ผลของการดองเค็มและการแช่อิ่มต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านออกซิเดชันของมะม่วง

EFFECT OF PICKLING AND SUGARING ON THE CHANGE OF VITAMIN C, PHENOLIC CONTENT AND ANTIOXIDANT PROPERTY OF MANGO

ธารีรัตน์ สายสระอาด

THAREERAT SAISA-ARD

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2555

KMITL-2012-AI-M-053-133

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของการดองเค็มและการแช่อิ่มต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านออกซิเดชันของมะม่วง

EFFECT OF PICKLING AND SUGARING ON THE CHANGE OF VITAMIN C, PHENOLIC CONTENT AND ANTIOXIDANT PROPERTY OF MANGO

ธารีรัตน์ สายสะอาด

THAREERAT SAISA-ARD

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 122976
วัน,เดือน,ปี 10 ต.ค. 2555

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2555

KMITL-2012-AI-M-053-133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF PICKLING AND SUGARING ON THE CHANGE OF VITAMIN C, PHENOLIC CONTENT AND ANTIOXIDANT PROPERTY OF MANGO

THAREERAT SAISA-ARD

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2012

KMITL-2012-AI-M-053-133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2012

AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของการดองเค็มและการแช่อิ่มต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านออกซิเดชันของมะม่วง

Effect of pickling and sugaring on the change of vitamin C, phenolic content and antioxidant property of mango

ชื่อนักศึกษา นางสาวธารีรัตน์ สายสะอาด

รหัสประจำตัว 52680311

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม	
ผศ.ดร.ยุพร พืชกุมุทร	
ดร.ประมวล ศรีกาหลง	
รศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ 4 เมษายน 2555 เวลา 10.00 น.เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 302 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ตั้งจริญชัย)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 26 เดือน เม.ย. พ.ศ. 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการดองเค็มและการแช่อิ่มต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านออกซิเดชันของมะม่วง
นักศึกษา	นางสาวธารีรัตน์ สายสะอาด
รหัสประจำตัว	52680311
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ	2555
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ. ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณวิตามินซีของเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงแก้ว ในระหว่างการดองเค็มและส่วนของเนื้อมะม่วงแก้วที่ผ่านการดองเค็มในระหว่างการแช่อิ่ม รวมถึงการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา การแปรรูปมะม่วงแก้วดองเค็มโดยการแช่ผลมะม่วงแก้วในน้ำเกลือความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยเก็บตัวอย่างทุกสัปดาห์ พบว่า เมล็ดมะม่วงมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด รองลงมาคือ เปลือกและเนื้อ ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณวิตามินซีจะพบในส่วนของเปลือกสูงที่สุด รองลงมาคือในเนื้อและเมล็ดใน ตามลำดับ ระยะเวลาการดองมะม่วงที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในส่วนของเปลือกมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ในส่วนของเนื้อและเมล็ดมะม่วงมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สำหรับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซี พบว่า เมื่อระยะเวลาในการดองเค็มเพิ่มขึ้น ปริมาณวิตามินซีในทุกส่วนของมะม่วงแก้วจะมีค่าลดลง ($p \leq 0.05$) เมื่อนำมะม่วงดองเค็มที่ได้มาเก็บรักษาโดยแช่ในน้ำเกลือต่อไปเป็นเวลา 2 เดือน พบว่า ทุกส่วนของมะม่วงมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลง ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ตรวจไม่พบปริมาณวิตามินซีตั้งแต่เดือนที่ 1 ของการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เมื่อนำเนื้อมะม่วงแก้วที่ผ่านการดองเค็มเป็นเวลา 4 สัปดาห์ มาแปรรูปเป็นมะม่วงดองแช่อิ่ม และเก็บตัวอย่างเนื้อมะม่วงในระหว่างขั้นตอนต่างๆของการแช่อิ่ม คือ เนื้อมะม่วงดองเค็มเริ่มต้น เนื้อมะม่วงดองหลังจากแช่น้ำเพื่อลดความเค็ม เนื้อมะม่วงดองหลังจากแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เนื้อมะม่วงดองหลังจากการลวก และเนื้อมะม่วงดองหลังจากแช่อิ่ม มาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณวิตามินซี พบว่าทุกขั้นตอนมีผลทำให้ค่าทั้งสามดังกล่าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยตรวจไม่พบวิตามินซีในผลิตภัณฑ์สุดท้ายของมะม่วงแช่อิ่มที่ได้ เมื่อนำมะม่วงดองแช่อิ่มที่ได้มาเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลีเอธิลีนที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงจากเริ่มต้นคิดเป็น 3.52 และ 57.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Thesis	Effect of pickling and sugaring on the change of vitamin C, phenolic content and antioxidant property of mango
Student	Miss Thareerat Saisa-ard
Student ID.	52680311
Degree	Master of Science
Program	Food Science
Year	2012
Thesis Advisor	Associate Professor Dr.Praphan Pinsirodom

ABSTRACT

This research was aimed to study the changes of total polyphenol content, antiradical activity and vitamin C content of the peel, flesh and seed kernel of mangoes cv. Kaew during the process of salting and during the sugaring of the salted mango flesh as well as the products storages. The mango fruits were soaked in 10% by wet of sodium chloride solution for 4 weeks and the salted fruit samples were taken every week for analysis. The salted mango seed kernels showed the highest content of total polyphenol and DPPH scavenging activity, followed by the peel and flesh of mangoes, respectively. In addition, the vitamin C content was found with the greatest amount in the mango peel and followed by the flesh and seed kernel, respectively. The longer salting period resulted in the decrease of total polyphenol content and DPPH scavenging activity for the mango peel, while the increase of these values were observed for mango flesh and seed kernel ($p \leq 0.05$). However the vitamin C content in all parts of the mango fruit were decreased when the salting time increased ($p \leq 0.05$). The salted mango fruits were further storage in the same salt solution for 2 months. It was found that all parts of the salted mango fruit showed the decrease of total polyphenol content and DPPH scavenging activity ($p \leq 0.05$), while the vitamin C content was not detected since the first month of the storage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

The salted mango flesh (after 4 weeks of salting) was further processed by subjecting to the multiple steps of sugaring process, including the initial salted mango flesh samples, the salted mango flesh after soaking in water to reduce saltiness, the salted mango flesh after soaking in calcium chloride solution, the salted mango flesh after blanching and the finish product after sugaring. All the steps of sugaring process resulted in the reduction of total polyphenol content, DPPH scavenging activity and vitamin C content of the mango flesh ($p \leq 0.05$). No vitamin C in the finish product after sugaring was detected. When the mango product after sugaring was stored in a polyethylene bag at 5 °C for 8 weeks, the total polyphenol content and DPPH scavenging activity of the samples decreased about 40.68 and 21.40 % according to the initial values, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อเรื่องผลของการดองเค็มและการแช่อิ่มต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านออกซิเดชันของมะม่วง ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ ในการดำเนินงานวิจัยนี้ให้ลุล่วงไปด้วยดี รวมไปถึงการให้ความช่วยเหลือในการแก้ไขงานในหลาย ๆ ด้านที่เป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัย และการได้รับโอกาสที่ดีหลายๆ อย่างที่ข้าพเจ้าได้รับมาเป็นความรู้และประสบการณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร, ดร.ประมวล ศรีกาหลง และรศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ อาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร ที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์และกรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมในส่วนที่บกพร่องในงานวิจัยให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่สนับสนุนทุนในการทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสิ้น ทั้งคุณพ่อคุณแม่และญาติทุกคนที่ค่อยให้กำลังใจ กำลังทรัพย์และอื่นๆ ขอบคุณพี่ๆนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ทุกคนที่คอยให้การดูแล ให้คำแนะนำ ตลอดจนพี่ๆเพื่อนๆน้องๆทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือให้คำปรึกษาและบุคคลต่างๆที่ช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ท้ายสุดนี้ผู้จัดทำหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจ

ธารีรัตน์ สายสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... III

กิตติกรรมประกาศ..... V

สารบัญ..... VI

สารบัญตาราง..... VIII

สารบัญภาพ..... IX

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความสำคัญและที่มา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 ลักษณะทั่วไปของมะม่วง..... 4

2.2 อนุมูลอิสระและสารต้านออกซิเดชัน..... 8

2.3 สารประกอบฟีนอลิก..... 12

2.4 วิตามินซี..... 19

2.5 การหมักดองผักและผลไม้..... 22

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 27

บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการดำเนินการทดลอง 30

3.1 วัสดุและอุปกรณ์..... 30

3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง..... 31

3.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ..... 34

3.4 สถานที่ดำเนินการทดลอง..... 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 37
4.1 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านออกซิเดชันของเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงแก้วในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษามะม่วงดองเค็ม.....37
4.2 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านออกซิเดชันของเนื้อมะม่วงแก้ว ในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษามะม่วงดองแช่อิ่ม.....41
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 45
5.1 สรุปผลการทดลอง..... 45
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 46

บรรณานุกรม..... 47

ภาคผนวก..... 53
ก. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น..... 54
ข. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด..... 55
ค. การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH..... 58
ง. การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี..... 63

ประวัติผู้เขียน..... 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการ (nutritive values) ของมะม่วงแก้วดิบและสุก ต่อส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม.....	7
2.2	เปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีของผลไม้สดและผลไม้แปรรูป (มิลลิกรัมกรัม/100กรัมตัวอย่างสด).....	22
4.1	การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ปริมาณวิตามินซี สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของมะม่วงแก้วในระหว่างการแปรรูปมะม่วงดองเค็ม.....	36
4.2	การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ปริมาณวิตามินซี สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของมะม่วงดองเค็มในระหว่างการเก็บรักษา	40
4.3	การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ปริมาณวิตามินซี สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างเนื้อมะม่วงแก้วจากขั้นตอนต่างๆในระหว่าง การแปรรูปมะม่วงดองแช่อิ่ม.....	42
4.4	การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และ สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของเนื้อมะม่วงดองแช่อิ่มในระหว่างการเก็บรักษา.....	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	โครงสร้างหลักของฟลาโวนอยด์กลุ่มต่างๆ	14
2.2	โครงสร้างทางเคมีของกรดฟีนอลิก (phenolic acids) (a) อนุพันธ์ของกรดไฮดรอกซีเบนโซอิก (hydroxybenzoic acids) และ (b) อนุพันธ์ของกรดไฮโดรซินนามิก (hydrocinnamicacids)	15
2.3	สูตรโครงสร้างวิตามินซี	19
3.1	ขั้นตอนการแปรรูปมะม่วงดองแช่อิ่ม	33
4.1	ปริมาณวิตามินซีของเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงแก้วในระหว่างการแปรรูปมะม่วงดอง	37
4.2	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงแก้วในระหว่างการแปรรูปมะม่วงดอง	37
4.3	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงแก้วในระหว่างการแปรรูปมะม่วงดอง	38
ข.1	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแกลลิกและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร	56
ค.1	กราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

มะม่วงเป็นผลไม้เมืองร้อนที่สำคัญและให้ผลผลิตมากเป็นอันดับ 5 ของโลก ปัจจุบันปลูกกันอย่างแพร่หลายทั่วไปในเขตร้อนและร้อนชื้น อินเดียเป็นประเทศที่มีการปลูกมะม่วงมากที่สุด ประเทศไทยมีปริมาณมะม่วงที่สามารถเก็บเกี่ยวได้เป็นอันดับ 3 ของประเทศที่สามารถปลูกมะม่วงได้ (สถาบันคีนันแห่งเอเชีย, 2549) แต่ละปีประเทศไทยมีผลผลิตมะม่วงรวม 1-1.4 ล้านตัน มะม่วงหลายพันธุ์สามารถส่งออกตลาดต่างประเทศคิดเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตทั้งหมดและอีกประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตทั้งหมดจะใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ น้ำมะม่วง มะม่วงดอง มะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง และมะม่วงกวน เป็นต้น มะม่วงจึงเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทย

มะม่วงเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคสดทั้งผลดิบและสุก รวมถึงสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้ ซึ่งผลิตภัณฑ์มะม่วงเป็นที่นิยมในประเทศและตลาดโลก ทุกส่วนของมะม่วงไม่ว่าจะเป็นเปลือก เนื้อ หรือเมล็ดมีองค์ประกอบที่มีประโยชน์คือ อุดมด้วยใยอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด เช่น วิตามินเอ วิตามินบี6 วิตามินซี วิตามินอี โพแทสเซียม ทองแดง และกรดอะมิโน 17 ชนิด (USDA, 2007) รวมทั้งยังมีสารพฤกษเคมีอีกหลายชนิด เช่น แคโรทีนอยด์ (carotenoids) แอนโธไซยานิน (anthocyanins) และสารโพลีฟีนอล (polyphenol) (Ajila และคณะ , 2007) สำหรับสารโพลีฟีนอลที่สำคัญซึ่งพบในเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วง ได้แก่ แมงจิเฟอริน (mangiferin) กรดแกลลิก (gallic acid) กรดคาเฟอิก (caffeic acid) และแทนนิน (tannin) เป็นต้น (Abdalla และคณะ, 2007; Ribeiro และคณะ, 2008) ซึ่งสารเหล่านี้มีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) โดยสามารถยับยั้งหรือทำลายอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในเซลล์ จึงมีส่วนช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคมะเร็ง และชะลอความชรา เป็นต้น (โอภา และคณะ, 2551)

สำหรับประเทศไทยมีมะม่วงสายพันธุ์เศรษฐกิจหลายสายพันธุ์ ได้แก่ น้ำดอกไม้ เขียวเสวย ฟ้าลั่น แรด โชคอนันต์ และแก้ว เป็นต้น โดยที่มะม่วงทั้ง 6 สายพันธุ์ จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านออกซิเดชันในส่วนของเมล็ดสูงที่สุด รองลงมา คือ เปลือก และเนื้อ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ทั้งผลดิบและผลสุกของมะม่วงโชคอนันต์และมะม่วงแก้วจะมีปริมาณสารประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพลีฟีนอลและสมบัติการต้านออกซิเดชันสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์อื่นๆ (ณัษฐภรณ์, 2552; ลลิตา , 2552)

โดยทั่วไปกระบวนการแปรรูปอาหารส่วนใหญ่จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสารต่างๆที่มีอยู่ในอาหาร กรรมวิธีแปรรูปที่เกี่ยวข้องกับการหมักดองก็มีผลต่อการลดลงของสารประกอบชนิดต่างๆ ซึ่งได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ขิงดอง (รุจิรา และคณะ, 2548) พบว่า มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของขิงดองลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากขั้นตอนแช่ขิงในน้ำเกลือทำให้สารประกอบโพลีฟีนอลที่อยู่ในขิงละลายออกไป สำหรับการดองเค็มมะม่วงนั้นนิยมดองมะม่วงแก้วหรือมะม่วงโชคอนันต์ทั้งผลไม่ปอกเปลือก โดยแช่ในน้ำเกลือความเข้มข้นมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ใช้เวลาในการดองประมาณ 4 สัปดาห์ นอกจากนี้มะม่วงดองเค็มยังนิยมใช้เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นสำหรับการแปรรูปมะม่วงดองแช่อิ่มในขั้นตอนต่อไป โดยนำมะม่วงที่ผ่านการดองเค็มมาปอกเปลือก จากนั้นฝานเอาเฉพาะเนื้อและหั่นเป็นชิ้นตามความยาวของผลมะม่วงก่อนนำไปแช่อิ่ม โดยนิยมแช่ในน้ำเชื่อมปรุงรสที่มีส่วนผสมของน้ำส้มสายชู เกลือ น้ำตาล (กาญจนารัตน์ และคณะ, 2545) ซึ่งการแช่มะม่วงในน้ำเกลือและน้ำเชื่อมในระหว่างการดองและการแช่อิ่ม อาจจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านออกซิเดชันของเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงแก้ว ในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษามะม่วงดองเค็ม
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านออกซิเดชันของเนื้อมะม่วงแก้ว ในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษามะม่วงดองแช่อิ่ม

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านออกซิเดชันของเปลือก เนื้อและเมล็ดมะม่วงแก้วในระหว่างกระบวนการแปรรูปโดยวิธีดองเค็มและในเนื้อมะม่วงแก้วในระหว่างการแช่อิ่ม โดยมะม่วงดองเค็มจะวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทุกๆสัปดาห์เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาทุกเดือนเป็นเวลา 2 เดือน จากนั้นนำเนื้อมะม่วงดองไปแปรรูปเป็นมะม่วงดองแช่อิ่ม วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าต่างๆในระหว่างการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปรรูป 5 ขั้นตอนและเก็บรักษามะม่วงดองแช่อิ่ม ทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยทำให้ทราบทิศทางการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านออกซิเดชันในเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงแก้วในระหว่างการแปรรูปโดยวิธีดองเค็มและแช่อิ่ม เพื่อเป็นฐานข้อมูลเชิงเปรียบเทียบเกี่ยวกับฤทธิ์ทางชีวภาพดังกล่าวของมะม่วงแก้วดิบที่ผ่านกระบวนการแปรรูป ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนากระบวนการแปรรูปมะม่วงต่อไป

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทั่วไปของมะม่วง

มะม่วง (Mangifera indica L.) เป็นผลไม้ในเขตร้อน (tropical fruit) ที่อยู่ในวงศ์ Anacardiaceae มีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และอินเดีย เป็นผลไม้ที่มีความสำคัญในทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก ประชากรในโลกมากกว่า 1 ใน 5 ใช้มะม่วงประกอบอาหาร และมีอย่างน้อย 87 ประเทศในโลกที่ปลูกมะม่วงเป็นการค้า (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544) แต่ละปีจะมีผลผลิตมะม่วงรวมจากทั่วโลกประมาณ 24 ล้านตัน (ข้อมูลระหว่างปี 2538-2542 ธวัชชัย และคณะ, 2546) โดยประเทศที่มีการผลิตมะม่วงเป็นปริมาณมาก ได้แก่ ประเทศอินเดีย เม็กซิโก บราซิล และปากีสถาน ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการผลิตมะม่วงมากติดอันดับ 1 ใน 10 ของโลก (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544) โดยมีการผลิตมะม่วงทั้งเพื่อการบริโภคในรูปผลสดและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งมะม่วงแก้วเป็นพันธุ์มะม่วงที่มีปริมาณผลผลิตออกสู่ตลาดมากที่สุดและมีพื้นที่ปลูกเป็นอันดับ 2 รองลงมาจากพันธุ์เขียวเสวย (ธวัชชัย และคณะ, 2546) สำหรับผลิตภัณฑ์มะม่วงแปรรูปประเทศไทยผลิตสินค้าในรูปของชิ้นเนื้อมะม่วงในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องเป็นสินค้าหลัก โดยมีตลาดต่างประเทศ ได้แก่ ประเทศอังกฤษและเยอรมัน ส่วนประเทศอินเดีย ปากีสถาน และบังคลาเทศ ส่งออกมะม่วงแปรรูปในรูปของมะม่วงดอง และชิ้นเนื้อมะม่วงในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง (Jethro และคณะ, 1990) และจากผลการสำรวจการแปรรูปมะม่วงในประเทศไทย พบว่า มีการแปรรูปผลิตภัณฑ์มะม่วงในรูปของเครื่องดื่ม ชิ้นเนื้อมะม่วงบรรจุกระป๋อง และมะม่วงดอง เป็นจำนวนมาก

มะม่วงในประเทศไทยสามารถแบ่งตามประโยชน์ที่ใช้ในการบริโภคได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ (ธนาธิป์, 2544)

1) มะม่วงที่บริโภคผลดิบ เป็นประเภทมะม่วงมัน จะมีรสมันเมื่อแก่จัดและมีรสหวานอมเปรี้ยวเมื่อผลสุก เช่น พันธุ์เขียวเสวย พิมเสนมัน หนองแซง แรด เขียวสะอาด ทองดำ สายฝน แห้วฟ้าลั่น มันหมู และมันทองเอก เป็นต้น

2) มะม่วงที่บริโภคผลสุก เป็นผลมะม่วงที่ต้องบ่มให้สุกเสียก่อนจึงบริโภคได้อร่อย มะม่วงกลุ่มนี้เมื่อผลดิบจะมีรสเปรี้ยวแต่เมื่อผลสุกแล้วจะมีรสหวานและบางพันธุ์เวลาสุกอาจมีรสเปรี้ยวหรือหวานอมเปรี้ยว เช่น พันธุ์อกร่อง น้ำดอกไม้ หนังกลางวัน แก้วลืมรัง ตับเป็ด ตะเพียนทอง พิมเสนแดง โชคอนันต์ และมหาชนก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) มะม่วงที่ใช้แปรรูป เป็นมะม่วงที่มีคุณภาพในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้ดีเช่น เนื้อแน่น มีผลดก ราคาถูก ขนาดผลโตปานกลาง เหมาะสำหรับทำน้ำมะม่วง มะม่วงอบแห้ง มะม่วงกวน มะม่วงแผ่นปรุงรส มะม่วงดอง และมะม่วงแช่อิ่ม เช่น พันธุ์แก้ว สามปี และตลับนาค เป็นต้น

มะม่วงมีความหลากหลายของสายพันธุ์ค่อนข้างสูง มีพันธุ์การค้าหลายพันธุ์ให้ผู้บริโภคในประเทศไทยได้เลือกไม่ต่ำกว่า 45 สายพันธุ์ (ธวัชชัย และศิวาพร, 2542) สำหรับมะม่วงที่โรงงานอุตสาหกรรมใช้เพื่อการแปรรูปมีทั้งพันธุ์แก้ว และโชคอนันต์ โดยมะม่วงพันธุ์แก้วเป็นวัตถุดิบที่โรงงานส่วนใหญ่นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆมากที่สุด (ธวัชชัย และคณะ, 2541) และมักถูกระบุว่ามะม่วงแก้วเขียวมีคุณภาพในการแปรรูปดีกว่ามะม่วงแก้วขาว

มะม่วงแต่ละพันธุ์มักมีลักษณะที่เหมาะสำหรับการแปรรูปแตกต่างกัน จากรายงานของมณฑาทิพย์ และคณะ (2543) กล่าวว่า พันธุ์มะม่วงเพื่ออุตสาหกรรมดองจะมีลักษณะเฉพาะตัว กล่าวคือ ผลมีขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ 150-400 กรัม เนื้อหนา เนื้อแน่น ไม่เละ เมื่อสุกให้เนื้อสีเหลืองเข้ม หรือสีส้ม เนื้อไม่มีเส้นใย รสหวานเล็กน้อยหรือหวานหอม ไม่ชอกช้ำเสียหายง่าย ทนทานต่อโรค แมลง และศัตรูพืช มีเปอร์เซ็นต์เนื้อหรือส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้สูง โดยทั่วไปอุตสาหกรรมแปรรูปมะม่วงใช้มะม่วงพันธุ์แก้วเป็นส่วนใหญ่ ทั้งแก้วเขียว แก้วดำ หรือแก้วจุก แต่ไม่นิยมแก้วขาว ดังนั้นมะม่วงแก้วจึงให้คุณค่าทางเศรษฐกิจสูงมาก เพราะเป็นพันธุ์ที่ใช้ในการแปรรูปสูงที่สุด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2543)

2.1.1 มะม่วงพันธุ์แก้ว (Mangifera indica L. cv. Kaew)

มะม่วงพันธุ์แก้วเป็นมะม่วงที่เหมาะสำหรับใช้แปรรูปในเชิงอุตสาหกรรม เนื่องจากเจริญเติบโตเร็วและทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี ให้ผลดก เปลือกค่อนข้างหนาและเหนียว ผิวเปลือกมีสีเขียวเข้ม มีต่อมน้ำมันขนาดใหญ่ มีเปอร์เซ็นต์แป้งในผลมาก ผลดิบมีเนื้อแน่นและกรอบเหมาะสำหรับใช้ทำมะม่วงดอง เมื่อผลสุกเนื้อจะมีรสหวานและเกาะตัวกันดีเหมาะที่จะใช้ทำผลิตภัณฑ์ต่างๆหลายชนิด (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544) มะม่วงแก้วมีพื้นที่ปลูกครอบคลุมในทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ มีหลายพันธุ์แยกตามลักษณะภายนอกของผล สีผิวและแหล่งการเพาะปลูก คือ

1) แก้วขาวหรือแก้วทอง (สีผิวผลออกสีเขียวซีด) ผลดิบแก่จะมีสีเหลืองอมเขียวหรือสีขาวนวล เมื่อผลสุกเนื้อมีสีอ่อนกว่ามะม่วงแก้วดำ พบมากในภาคกลาง

2) แก้วดำหรือแก้วแดง (สีผิวผลออกสีเขียวคล้ำ) ผลดิบมีสีเขียวคล้ำ ส่วนชื่อแก้วแดงเรียกตามลักษณะสีเนื้อ เมื่อผลสุกแล้วเนื้อมีสีแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) แก้วจุก มีลักษณะเหมือนพันธุ์แก้วดำและแก้วขาว คือมีสีผลทั้งเขียวคล้ำเหมือนพันธุ์แก้วดำและสีขาวนวลเหมือนพันธุ์แก้วขาว แต่มีขนาดผลค่อนข้างโตและหัวมีจุก (ธวัชชัย และศิวาพร, 2542)

นอกจากนี้ยังมีสายพันธุ์ที่ได้รับการปรับปรุงให้มีผลผลิตสูงและมีความต้านทานโรค ได้แก่ พันธุ์แก้วศรีสะเกษ แก้วชัยภูมิ และแก้วเชียงใหม่ เป็นต้น (ธวัชชัย และคณะ, 2546) ผลมะม่วงแก้วทั้งดิบและสุกนิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น มะม่วงดอง มะม่วงในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง แยมมะม่วง หรือมะม่วงผง (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544) ซึ่งเปลือกมะม่วงที่เป็นวัตถุดิบเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ของผล จัดเป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) และใยอาหาร (dietary fiber) ที่สำคัญ (Ajila และคณะ, 2007)

2.1.1.1 คุณค่าทางโภชนาการ

ม่วงแก้วจัดเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารแก่ร่างกาย โดยในเนื้อมะม่วงจะประกอบด้วยน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 0.5 เปอร์เซ็นต์ และเป็นแหล่งของวิตามินที่สำคัญ โดยเฉพาะวิตามินซี (ascorbic acid) ซึ่งเป็นวิตามินที่พบมากในผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว โดยวิตามินซีมีสมบัติสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ (Harris, 1996; Paganga และคณะ, 1999) กรมอนามัย (2544) รายงานว่าในมะม่วงแก้วดิบ มีปริมาณวิตามินซี (ascorbic acid) ประมาณ 35 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัมน้ำหนักสด ดังแสดงในตารางที่ 2.1

สารอาหารจากผลมะม่วงแก้วโดยทั่วไป อ้างจากกรมอนามัย (2544) ซึ่งวิเคราะห์จากส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม อาจแยกออกเป็นสามกลุ่มที่สำคัญ (ตารางที่ 2.1) ได้แก่

1) องค์ประกอบหลัก (proximate composition) ซึ่งหมายรวมถึง พลังงาน น้ำ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร และเถ้า สำหรับใยอาหารเป็นสารประกอบพอลิแซ็คคาไรด์และลิกนินที่ไม่ถูกย่อยด้วยน้ำย่อยในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ มีประโยชน์ในการลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด มีผลต่อระดับน้ำตาล ลดอัตราเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ ลดความอ้วน ป้องกันมะเร็ง ปรับปรุงหน้าที่ของลำไส้ใหญ่ และลดระดับการนำไปใช้ประโยชน์ของสารอาหาร

2) แร่ธาตุ (minerals) เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก

3) วิตามิน (vitamin) เช่น วิตามินเอรวม ไทอะมีน ไรโบฟลาวิน ไนอะซีน วิตามินซี และเบต้า-แคโรทีน ซึ่งมะม่วงแก้วสุกจะมีเบต้า-แคโรทีนสูงโดดเด่นกว่าผลไม้ทุกชนิดที่ปรากฏอยู่ในรายงาน โดยมีปริมาณถึง 1,768 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการ (nutritive values) ของมะม่วงแก้วดิบและสุก ต่อส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ		มะม่วงแก้วดิบ	มะม่วงแก้วสุก
องค์ประกอบหลัก			
	พลังงาน (กิโลแคลอรี)	76.0	93.0
	น้ำ (กรัม)	81.0	76.7
	ไขมัน (กรัม)	0.2	0.1
	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	18.1	22.4
	ใยอาหาร (dietary fibre) (กรัม)	2.4	1.6
	เถ้า (กรัม)	0.2	0.2
แร่ธาตุ			
	แคลเซียม (มิลลิกรัม)	14.0	34.0
	ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	2.0	10.0
	เหล็ก (มิลลิกรัม)	ปริมาณน้อยมาก	ปริมาณน้อยมาก
วิตามิน			
	เรตินอล (ไมโครกรัม)	-	-
	เบต้า-แคโรทีน (ไมโครกรัม)	219	1,768
	วิตามินเอรวม (ไมโครกรัม)	37	295
	วิตามินอี (มิลลิกรัม)	-	-
	ไทอะมีน (มิลลิกรัม)	0.05	0.05
	ไรโบฟลาวิน (มิลลิกรัม)	0.02	0.06
	ไนอะซีน (มิลลิกรัม)	0.2	1.1
	วิตามินซี (มิลลิกรัม)	35	28

ที่มา : กรมอนามัย, 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 อนุมูลอิสระและสารต้านออกซิเดชัน

2.2.1 อนุมูลอิสระ (free radicals)

อนุมูลอิสระ คือ โมเลกุลหรืออนุภาคที่อิเล็กตรอนวงนอกมีสภาพอิสระเนื่องจากการรับเพิ่ม หรือขาดอิเล็กตรอนไปหนึ่งตัว ทำให้โมเลกุลหรืออนุภาคนั้นไม่เสถียรและมีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาสูงมาก ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเสถียร โมเลกุลหรืออนุภาคนั้นจึงต้องแย่งอิเล็กตรอนจากโมเลกุลปกติมาหนึ่งตัวทำให้โมเลกุลนั้นขาดอิเล็กตรอนและกลายเป็นอนุมูลอิสระแทน จึงต้องแย่งอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่นไปเรื่อยๆ หากปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นในร่างกายมนุษย์จะก่อให้เกิดการทำลายสารชีวโมเลกุล เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และดีเอ็นเอ (Wiseman และ Halliwell, 1996) ซึ่งก่อให้เกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคผนังหลอดเลือดแข็งตัว โรคเบาหวาน แก่ก่อนวัย และโรคเสื่อมอื่นๆ เป็นต้น (Poulson และคณะ, 1998) นอกจากนี้ถ้าโมเลกุลที่สูญเสียอิเล็กตรอนเป็นเอนไซม์หรือฮอร์โมน มีผลทำให้เกิดการสูญเสียหน้าที่ ฮอร์โมนเกิดการทำงานมากขึ้นหรือน้อยลง หากเกิดที่เนื้อเยื่อของเลนส์ตาจะทำให้เกิดต้อกระจก หากเกิดที่เนื้อเยื่อใต้ผิวหนังจะสามารถทำให้เกิดรอยเหี่ยวย่นก่อนวัย หากเกิดที่เนื้อเยื่อข้อต่อและกระดูกทำให้เกิดข้อเสื่อม ปวดข้อและเข่า หากเกิดกับเซลล์เม็ดเลือดขาวจะทำให้ระบบภูมิแพ้ทำงานผิดปกติ ในวงการแพทย์เรียกโรคเหล่านี้ว่า "กลุ่มโรคจากอนุมูลอิสระ"

2.2.2 สารต้านออกซิเดชัน (antioxidant)

สารต้านออกซิเดชันหรือสารต้านอนุมูลอิสระ หมายถึง สารที่สามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยอนุมูลอิสระชนิดต่างๆได้ โดยสารเหล่านี้มีกลไกการทำงานเพื่อกำจัดอนุมูลอิสระด้วยกันหลายแบบ เช่น ดักจับอนุมูลอิสระโดยตรง ยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระ หรือเข้าจับกับเหล็ก และป้องกันการสร้างอนุมูลอิสระ เป็นต้น ปกติร่างกายมนุษย์มีสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติหลากหลายชนิดทั้งที่เป็นเอนไซม์ เช่น superoxide dismutase, catalase และ glutathione peroxidase เป็นต้น และสารต้านออกซิเดชันที่ไม่ใช่เอนไซม์ เช่น urate, bilirubin และ transferring เป็นต้น เนื่องจากสารเหล่านี้มีจำนวนจำกัด ดังนั้นเมื่อมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นเกินกว่าที่จะกำจัดได้หมดอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ (โอภา และคณะ, 2550)

นอกจากนี้สารต้านออกซิเดชันสามารถช่วยรักษาคุณภาพของอาหารได้ โดยการขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Kinsella และคณะ, 1993; Noguchi และคณะ, 1994) USDA ได้ให้คำนิยามของสารต้านออกซิเดชันว่า เป็นสารที่ใช้สำหรับยืดอายุการเก็บรักษาของอาหาร โดยชะลอการเสื่อมเสีย การเกิดกลิ่นหืนหรือการเปลี่ยนแปลงสีอันเป็นผลมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Shahidi และ Wanasundara, 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.1 ประเภทของสารต้านออกซิเดชัน

สารต้านออกซิเดชันสารมารถแบ่งออกได้เป็นหลายกลุ่มตามหน้าที่และกลไกการเกิดปฏิกิริยาโดยแบ่งออกเป็น 5 ประเภทใหญ่ๆดังนี้ (Hudson, 1990)

1) primary antioxidant สารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่ ได้แก่ สารประกอบฟีนอล (phenolic substance) ทำหน้าที่หยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระในปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน นอกจากนี้ยังรวมถึงสารโทโคฟีรอลจากธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ (natural และ synthetictocopherol) alkyl gallate, BHA, BHT, TBHQ และอื่นๆ ซึ่งสารในกลุ่มดังกล่าวทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอน

2) oxygen scavenger สารในกลุ่มนี้ ได้แก่ ascorbic acid, ascorbyl palmitate erythorbic acid (isoascorbic acid) และ sodium erythorbate เป็นต้น สารกลุ่มนี้จะเข้าไปทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจึงเป็นการช่วยกำจัดออกซิเจนในระบบปิดได้

3) secondary antioxidant สารในกลุ่มนี้ ได้แก่ dilaurylthiopropionate และ thiopropionic acid ทำหน้าที่สลายโมเลกุลของ lipid hydroperoxide ให้เป็นสารที่มีความเสถียร

4) enzymic antioxidant สารในกลุ่มนี้ ได้แก่ เอนไซม์ต่างๆซึ่งแบ่งเป็น primary antioxidant enzyme และ ancillary antioxidant enzyme สารในกลุ่มนี้ทำหน้าที่กำจัดออกซิเจนหรืออนุพันธ์ของออกซิเจนโดยเฉพาะไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

5) chelating agent หรือ sequestrant สารในกลุ่มนี้ ได้แก่ กรดซิตริก กรดอะมิโน และ ethylenediaminetetra-acetic acid (EDTA) เป็นต้น สารในกลุ่มนี้ทำหน้าที่ไปจับกับไอออนของโลหะ เช่น เหล็ก และทองแดง ซึ่งไอออนเหล่านี้เป็นไอออนที่ส่งเสริมและเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียร

เนื่องจากสารออกซิเดชันมีหน้าที่หลายอย่าง เช่น ทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ (reducing agent) เป็นตัวกำจัดอนุมูลอิสระ จับกับไอออนของโลหะที่เร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ยับยั้งการเกิดออกซิเจนในรูปแอคทีฟ ซึ่งพบในขั้นตอนอินนิทิเอชันของปฏิกิริยาออกซิเดชัน หน้าที่ต่างๆเหล่านี้จึงทำให้มีผลในการชะลอหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือสามารถหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ โดยการทำปฏิกิริยากับ peroxyl radical เพื่อให้เป็นสารที่มีความเสถียรหรือเป็นสารที่ไม่ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันอีกต่อไปจนได้เป็นสารที่ไม่ใช่อนุมูลอิสระ (non-radical product) (Basu และคณะ, 1999 ; Huang และคณะ, 1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 กลไกในการทำงานของสารต้านออกซิเดชัน (Gutteridge, 1993)

1) เข้าจับกับ oxygen-derived species โดยใช้เอนไซม์หรือเข้าทำปฏิกิริยาโดยตรงกับอนุมูลอิสระ

2) ลดการเกิดของ oxygen-derived species

3) เข้าจับไอออนโลหะเพื่อทำให้ปฏิกิริยาในการเปลี่ยนแปลง reactive species ลดลง เช่น $O_2^{-\bullet}$ และ H_2O_2 ส่งผลให้เกิด $OH^{\bullet}$ ได้น้อยลง

4) ช่วยซ่อมแซมส่วนที่ถูกทำลาย

5) ทำลายโมเลกุลที่ถูกทำลายและเติมโมเลกุลใหม่เข้าไปแทนที่

ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นกลไกในการป้องกันและควบคุมอนุมูลอิสระ โดยการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) และช่วยซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดจากอนุมูลอิสระ

2.2.2.3 การทดสอบฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

การทดสอบฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสามารถทำได้หลายวิธี สำหรับวิธีที่นิยมใช้มีดังนี้

1) วิธี thiobarbituric reactive substances (TBARS) เป็นวิธีการติดตามปริมาณสารประกอบอัลดีไฮด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของ low density lipoprotein (LDL) กับโลหะไอออน เช่น Fe^{2+} และ Cu^{2+} โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร (Pokorny และคณะ, 2001)

2) วิธี 2,2-azinobis[ethylbenzothiazoline-6-sulfonate] (ABTS) เป็นการทดสอบฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของ ABTS ในรูปของ $ABTS^{+}$ ซึ่งใช้ทดสอบกับสารสกัดจากอาหาร วัดการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร

3) การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ในรูปกรดแกลลิค) เป็นการทดสอบสารโพลีฟีนอลทั้งหมดโดยใช้สาร folin-ciocalteu reagent ทำปฏิกิริยากับตัวอย่างสารสกัดและทำการเปรียบเทียบด้วยสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิค โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโมเมตร (Waterman และ Mole, 1994)

4) การวิเคราะห์ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay เป็นการทดสอบฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยให้สารตัวอย่างทำปฏิกิริยากับสาร DPPH (2, 2-diphenyl-1-pricrylhydrazyl) ติดตามผลการทดลองโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 516 นาโนเมตร (Yen และ Hsieh, 1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.4 แหล่งของสารต้านออกซิเดชัน

แหล่งของสารต้านออกซิเดชันสามารถแบ่งได้เป็นกลุ่มใหญ่ๆ 2 กลุ่ม คือสารต้านออกซิเดชันที่ได้จากการสังเคราะห์ และสารต้านออกซิเดชันที่ได้จากธรรมชาติ (โอภา และคณะ, 2550)

1) สารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ (synthetic antioxidant)

เป็นสารต้านออกซิเดชันที่ได้จากการสังเคราะห์ ส่วนใหญ่ออกแบบให้มีโมเลกุลขนาดเล็ก และใช้โครงสร้างของสารต้านออกซิเดชันที่มีในธรรมชาติมาดัดแปลงให้มีคุณสมบัติทางเคมี และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันดีขึ้น (โอภา และคณะ, 2550)

สารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์สามารถแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ที่พัฒนาจากสารต้านออกซิเดชันธรรมชาติ และสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ที่พัฒนาจากสมุนไพร เช่น trolox เป็นสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ที่พัฒนามาจากวิตามินอี ซึ่งไม่สามารถละลายน้ำได้ให้มีความสามารถในการละลายน้ำได้ ทำให้ trolox ออกฤทธิ์ได้เร็วกว่าวิตามินอี ส่วนสาร α-pyridoin เป็นสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ที่พัฒนามาจากวิตามินซี ให้ฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันซึ่งทดสอบด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity สูงกว่าวิตามินซีต้นแบบ (Hatanaka และคณะ, 2005) เป็นต้น นอกจากนี้สารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มอนุพันธ์ของฟีนอล ประกอบด้วย บีเอชที ทีบีเอชคิว โพรพิลออกทิล และโดเดซิลแกลเลท สารต้านออกซิเดชันกลุ่ม polymeric เช่น Anoxomer, Ionox-330 และ Ionox-100 โดยปริมาณที่อนุญาตให้ใช้โดยทั่วไปของ บีเอชเอ บีเอชที หรือทีบีเอชคิว เท่ากับ 100-200 ppm ส่วนแกลเลทเท่ากับ 200-500 ppm สำหรับทำให้ไขมันและน้ำมันคงตัว (Rajalakshmi และ Narasimhon, 1995) สารกลุ่มนี้นิยมใช้มากในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารเพื่อใช้สำหรับยืดอายุการเก็บรักษา (Kapinska และคณะ, 2000)

2) สารต้านออกซิเดชันธรรมชาติ (natural antioxidant)

ปัจจุบันสารต้านออกซิเดชันในกลุ่มนี้ได้รับความนิยมมากกว่าสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์เนื่องจากสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์มีพิษต่อร่างกาย โดยพบว่าสารกลุ่มนี้เป็นสารก่อมะเร็งเมื่อได้รับในระยะเวลานาน (Kapinska และคณะ, 2000) ตัวอย่างสารต้านออกซิเดชันธรรมชาติ เช่น โทโคฟีรอล กรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก กรดไฟติก กรดทาร์ทาริก และ ฟอสฟาทิดิลโคลีน เป็นต้น (Rajalakshmi และ Narasimhon, 1995) นอกจากนี้สารต้านออกซิเดชันธรรมชาติที่พบส่วนใหญ่นั้นเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่พบในพืช เช่น สารประกอบฟลาโวนอยด์ กรดซินามิก และคูมาริน เป็นต้น (Shahidi และ Wanasndara, 1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds)

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารพฤกษเคมีที่พบได้ทั่วไปในพืช ปัจจุบันได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากสมบัติในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึงมีบทบาทสำคัญในการป้องกันการเจ็บป่วย และการเกิดโรคภัยไข้เจ็บต่างๆอันมีสาเหตุมาจากภาวะ oxidative stress ภายในร่างกาย นอกจากนั้นยังสามารถนำมาใช้กับอาหารเพื่อเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติในการป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันขององค์ประกอบไขมันในอาหาร

2.3.1 ลักษณะทางเคมีของสารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารในกลุ่ม secondary metabolites ที่พบในพืช มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของพืช รวมทั้งช่วยปกป้องพืชจากการติดเชื้อหรือถูกทำลายโดยแมลง และยังมีหน้าที่เกี่ยวกับการเกิดสี และกลิ่นรสในผักและผลไม้อีกด้วย โดยทั่วไปสารประกอบฟีนอลิกจะพบมากบริเวณผิวชั้นนอกของพืช โดยเฉพาะเปลือก เพื่อทำหน้าที่ป้องกันเชื้อโรคและแมลงดังกล่าว โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกประกอบด้วยวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ตั้งแต่ 1 หมู่ขึ้นไปมาเกาะอยู่ มีโครงสร้างตั้งแต่โมเลกุลอย่างง่ายไปจนถึงโครงสร้างที่เป็นโพลิเมอร์ ในธรรมชาติสารประกอบฟีนอลิกโดยส่วนใหญ่มักพบรวมอยู่กับโมเลกุลอื่น โดยเชื่อมต่อกับสารประกอบต่างๆของผนังเซลล์ เช่น โมโนหรือโพลิแซคคาไรด์ (mono/polysaccharides) หรือโปรตีน นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกยังอาจรวมกับสารประกอบอื่นอีกหลายชนิดโดยเชื่อมต่อกับหมู่ฟีนอลิก 1 หมู่หรือมากกว่า 1 หมู่ขึ้นไป (Balasundram และคณะ, 2006 ; Jeong และคณะ, 2004: Karakaya, 2004) สารประกอบฟีนอลิกสามารถแบ่งได้เป็นหลายชนิดตามจำนวนคาร์บอนอะตอมในโครงสร้าง แต่ที่พบในพืชส่วนใหญ่ ได้แก่ กรดฟีนอลิก (phenolic acid) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) (Balasundram และคณะ, 2006)

สารประกอบฟีนอลิกถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในกระบวนการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของพืช รวมทั้งช่วยปกป้องพืชจากการติดเชื้อหรือถูกทำลายโดยแมลงหรือจุลินทรีย์ และยังมีหน้าที่เกี่ยวกับการเกิดสีและกลิ่นรส (Karakaya, 2004) อย่างไรก็ตามหน้าที่ที่แน่นอนของสารประกอบฟีนอลิกส่วนใหญ่ในพืชนั้นยังเป็นที่สงสัย แต่ทั้งนี้อาจจำแนกหน้าที่ความสำคัญของสารประกอบฟีนอลิกออก เป็น 3 ประการดังนี้ (จริงแท้, 2541)

1) การต้านทานโรค สารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดสามารถป้องกันหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราบางชนิดได้ เช่น กรดโปรโทคาเทชูอิค (protocatechuic acid) ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่มีมากในหอมหัวใหญ่สีม่วงจะต้านทานต่อโรค smudge ที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum circinan* ได้ดี แต่ในหอมพันธุ์สีขาวจะไม่มีสารชนิดนี้จึงอ่อนแอต่อโรคดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนั้นยังพบว่าสารที่สกัดได้จากหัวหอมนี้สามารถป้องกันการงอกและยับยั้งการเจริญของเชื้อราชนิดนี้ด้วย

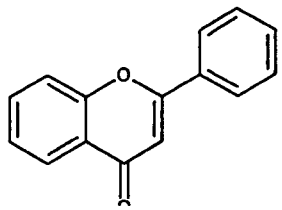
2) รสฝาด รสฝาดของผลไม้หลายๆชนิดขึ้นอยู่กับปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในผล ช่วงน้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิกที่ให้ความฝาดนั้นอยู่ในช่วง 500-3,000 ซึ่งสามารถที่จะรวมตัวกับโมเลกุลของโปรตีนในปากทำให้รู้สึกฝาดได้ เมื่อผลไม้แก่จัด (mature) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมักจะลดลง นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกยังเกิดการรวมตัวเป็นโมเลกุลใหญ่ (polymerization) และการรวมตัวจะเกิดขึ้นเรื่อยๆจากโมเลกุลที่ละลายน้ำกลายเป็นโมเลกุลที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งทำให้ความฝาดลดลง รสขมในพืชตระกูลส้มนั้นเป็นผลจากนารินจิน (naringin) ซึ่งพบมากและเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่ให้รสขมสูง ส่วนรสขมของแตงกวานั้นเกิดจากสารคูเคอไบทาซิน (cucurbitacin) หรือรสขมซึ่งเกิดจากลิโมนอยด์ (limonoids) ในพวกส้มไม่ใช่สารประกอบฟีนอลิกแต่เป็นสารประกอบพวกไตรเตอพีนอยด์ (triterpenoid)

3) สี นอกจากแอนโธไซยานิน ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิกชนิดหนึ่งที่ให้สีกับผักและผลไม้แล้ว สารประกอบฟีนอลิกอื่นๆที่ปกติไม่มีสีอาจทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นได้ เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase, PPO) ซึ่งเปลี่ยนโมเลกุลของฟีนอลไปเป็นควิโนน (quinone) แล้วเกิดโพลีเมอร์ไรเซชัน (polymerization) ขึ้นและมีสีน้ำตาล ปริมาณของ PPO จะมีมากในผลไม้เมื่อผลยังอ่อนและลดลงเมื่อผลเจริญเติบโตขึ้นจนสมบูรณ์และสุก สันนิษฐานกันว่าควิโนนที่ได้จากการทำงานของ PPO มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้

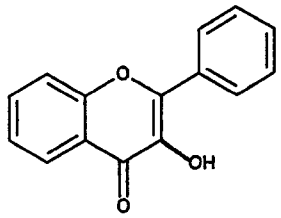
สารประกอบโพลีฟีนอลแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และนอนฟลาโวนอยด์ (non-flavonoids) (Burns และคณะ, 2000)

1) ฟลาโวนอยด์ เป็นกลุ่มของสารสารประกอบโพลีฟีนอลกลุ่มใหญ่ที่พบมากในพืชชั้นสูงในทุกส่วนของพืชไม่ว่าจะเป็นใบ ราก เนื้อไม้ เปลือก ต้น ดอก ผล หรือเมล็ด มีหน้าที่ทางชีวภาพหลายชนิดโดยเฉพาะการทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชัน มีโครงสร้างเป็นวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) 3 วง (A, B และ C) ประกอบด้วยคาร์บอน 15 อะตอมโครงสร้างพื้นฐานเป็นแบบไดฟีนิวโพรเพน (diphenylpropanes) (C_6-C_3-C_6) โดยมี A- และ B-ring เป็นวงแหวนฟีนิว (phenyl ring) และ C-ring เป็นวงแหวนแลคโตน (lactone ring) ทำให้โครงสร้างหลักที่ได้เหมือนโครงสร้างหลักของวิตามินอีที่เป็นโครงสร้างแบบโครแมน (chroman structure)

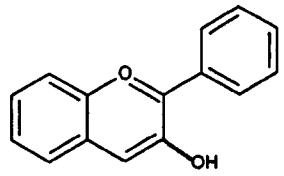
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



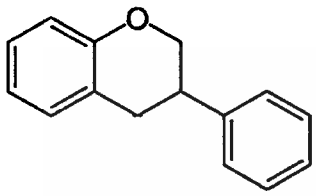
Flavones



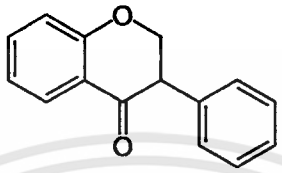
Flavonols



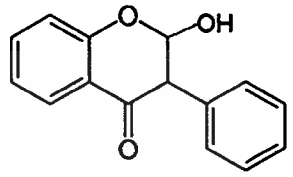
Anthocyanidins



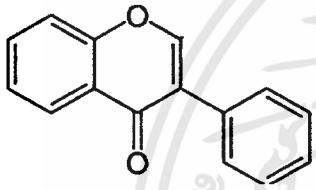
Isoflavanes



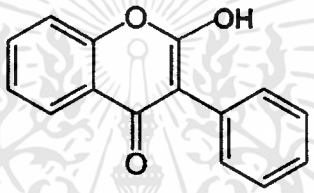
Isoflavanones



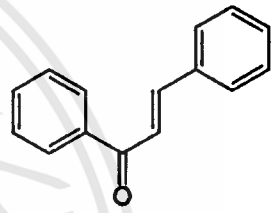
Isoflavanols



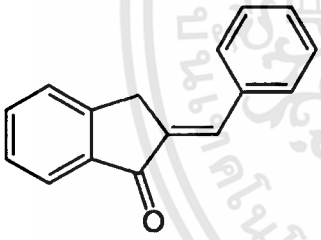
Isoflavones



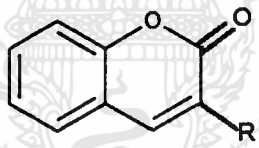
Isoflavonols



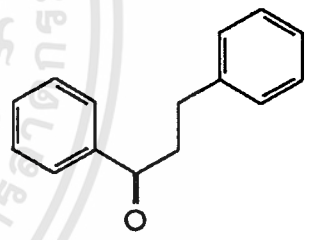
Chalcones



Aurones



Coumarins



Dihydrochalcones

ภาพที่ 2.1 โครงสร้างหลักของฟลาโวนอยด์กลุ่มต่างๆ
ที่มา: โอภา และคณะ (2551)

องค์ประกอบสำคัญที่ทำให้ฟลาโวนอยด์แต่ละชนิดมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระแตกต่างกัน คือ จำนวนและตำแหน่งของหมู่ OH ใน A- และ B-ring โดยเฉพาะที่ B-ring จะมีผลกระทบมากที่สุด ฟลาโวนอยด์สามารถแบ่งตามโครงสร้างพื้นฐานออกเป็นกลุ่มต่างๆได้ 12 กลุ่มย่อย คือ ฟลาโวน (flavone) ไอโซฟลาโวน (isoflavone) ฟลาโวนอล (flavonol) ฟลาวาโนน (flavanone) ฟลาวาโนนอล (flavanonol) ฟลาวานอล (flavanol) ลูโคแอนโธไซยานิน (lucoanthocyanin) แอนโธไซ-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

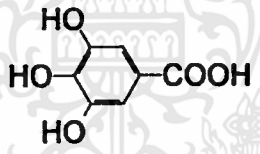
ยานิน (anthocyanin) ชาลโคน (chalcone) ไดไฮโดรชาลโคน (dihydrochalcone) ออโรน (aurone) และแซนโธน (xanthone) โครงสร้างแสดงในภาพที่ 2.1

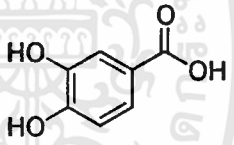
2) นอนฟลาโวนอยด์ที่สำคัญ ได้แก่ กรดฟีนอลิก (phenolic acid) ตัวอย่างที่พบมากในผลไม้ทั่วไป คือ กรดแกลลิก (gallic acid) กรดโปรโตเคทิชิวอิก (protocatechuic acid) กรดวานิลิก (vanillic acid) กรดพาราคูมาริก (p-coumaric acid) กรดเฟอรูลิก (ferulic acid) เป็นต้น นอกจากนี้ นอนฟลาโวนอยด์ชนิดอื่นๆ ได้แก่ ไฮดรอกซีซินนาเมต (hydroxycinnamate) สติลบิเนส (stibinase) เป็นต้น

2.3.2 กรดฟีนอลิก (Phenolic acids)

กรดฟีนอลิกจัดเป็นสารประกอบฟีนอลิกกลุ่มใหญ่ที่พบมากในพืชที่ใช้เป็นอาหาร สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ กรดฟีนอลิกที่เป็นอนุพันธ์ของกรดไฮโดรเบนโซอิก (hydroxybenzoicacids) ตัวอย่างได้แก่ กรดแกลลิก (gallic acid) กรดโปรโตคาเทชูอิก (protocatechuic acid) เป็นต้น และกรดฟีนอลิกที่เป็นอนุพันธ์ของกรดไฮโดรซินามิก (hydrocinnamic acids) ได้แก่ กรดพาราคูมาลิก (*p*-coumaric acid) กรดคาเฟอิก (caffeic acid) กรดเฟอรูลิก (ferulic acid) เป็นต้น สำหรับโครงสร้างทางเคมีของกรดฟีนอลิกทั้งสองกลุ่มแสดงดังภาพที่ 2.2

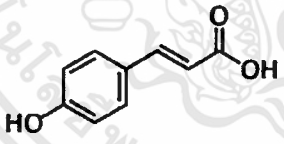
a.

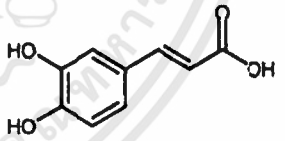




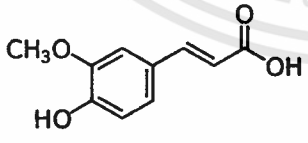
gallic acidprotocatechuic acid

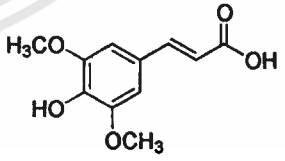
b.





p-coumaric acidcaffeic acid





ferulic acidsinapic acid

ภาพที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของกรดฟีนอลิก (phenolic acids) (a) อนุพันธ์ของกรดไฮดรอกซีเบนโซอิก (hydroxybenzoic acids) และ (b) อนุพันธ์ของกรดไฮโดรซินนามิก (hydrocinnamicacids)
ที่มา : Balasundram และคณะ (2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารในกลุ่มกรดฟีนอลิกและเอสเทอร์ของกรดฟีนอลิก จะขึ้นอยู่กับจำนวนหมู่แทนที่ไฮดรอกซิลในโมเลกุล สมบัติในการดึงอิเล็กตรอนของหมู่คาร์บอกซิลิกในกรดเบนโซอิกจะส่งผลให้ความสามารถในการให้ไฮโดรเจนของไฮดรอกซีเบนโซ-เอทน้อยลง ดังนั้นจะพบว่าสารกลุ่มไฮดรอกซีซินนามิกจะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่า (โอภา และคณะ, 2551)

กรดฟีนอลิกแต่ละชนิดจะมีสมบัติทางเภสัชวิทยา (pharmacological property) ที่แตกต่างกันออกไป เช่น กรด 4-โพรพอกซีซินนามิก (4-Propoxycinnamic acid) มีสมบัติต้านเชื้อมาลาเรีย กรดแกลลิกและอนุพันธ์มีความสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียทั้งแกรมลบและแกรมบวก รวมทั้งยังมีสมบัติต้านการอักเสบและมีความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง กรดเฟอรูริกและกรดคาเฟอิกมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และเชื้อรา กรดซินนามิกและอนุพันธ์ช่วยป้องกันการติดเชื้อจากจุลินทรีย์ก่อโรคและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae*

2.3.3 สมบัติการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิกทำหน้าที่เป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติ ทั้งในอาหารและระบบของสิ่งมีชีวิต โดยการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขององค์ประกอบไขมันในอาหาร หรือกำจัดอนุมูลอิสระที่มากเกินพออันเป็นสาเหตุของการเกิดภาวะการเจ็บป่วยต่างๆ ซึ่งการที่สารประกอบฟีนอลิกมีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันนั้นเกี่ยวเนื่องกับความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ โดยการให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระ ทำให้อนุมูลอิสระมีความคงตัวและมีพลังงานน้อยลงไม่สามารถทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นเพื่อเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระต่อไปได้อีก นอกจากนั้นอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลบางชนิดยังคงสามารถเข้าจับกับอนุมูลอิสระอื่นได้อีก ทำให้สามารถลดจำนวนอนุมูลอิสระลงได้ แสดงดังปฏิกิริยาต่อไปนี้ (พิชญ์อร, 2547; วิวัฒน์, 2545; Balasundram และคณะ, 2006)

$$R' + AH \longrightarrow RH + A'$$

$$RO' + AH \longrightarrow ROH + A'$$

$$ROO' + AH \longrightarrow ROOH + A'$$

$$R' + A' \longrightarrow RA$$

$$RO' + A' \longrightarrow ROA$$

$$ROO' + A' \longrightarrow ROOA$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.3.4 ความคงตัวของสารประกอบฟีนอลิกในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความคงตัวของสารประกอบฟีนอลิกในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อุณหภูมิ แสง เอนไซม์ รวมถึงการรวมตัวกับโมเลกุลอื่น (วิวัฒน์, 2545)

1) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

เนื่องจากหมู่ไฮดรอกซิลในแต่ละตำแหน่งของสารประกอบฟีนอลิกมีบทบาทต่อสมบัติของการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง จะมีผลให้หมู่ไฮดรอกซิลเกิดการเปลี่ยนแปลง จึงน่าจะมีผลต่อสมบัติการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกด้วยเช่นกัน

2) อุณหภูมิ

อุณหภูมิสูงในระหว่างการแปรรูป มีผลให้สารประกอบฟีนอลิกโมเลกุลเล็กๆระเหยกลายเป็นไอ เช่น ฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่มีโครงสร้างเป็นแบบ C_6-C_3-C_6 ซึ่งมีลักษณะเป็นวงแหวน 3 วงต่อกัน จะเกิดการแตกของวงแหวน C และสลายตัวต่อไป โดยวงแหวน B จะเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอกซิลิกและวงแหวน A จะเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอกซีอัลดีไฮด์และจะระเหยไปพร้อมกับน้ำ

3) แสง

แสงแดดเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เร่งการสลายตัวหรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก เช่น หมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ในโมเลกุลของแอนโทไซยานินจะสามารถเรืองแสงและไวต่อการสลายตัวเมื่อโดนแสงแดด นอกจากนี้แสงแดดยังเป็นปัจจัยเร่งให้เกิดการสลายตัวเนื่องจากความร้อนอีกด้วย

4) เอนไซม์

ในสภาวะที่มีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) อยู่ด้วยจะเร่งการเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟีนอลบางชนิดให้เกิดเร็วขึ้นได้ แต่อัตราการเร่งปฏิกิริยาจะแตกต่างกันออกไป เช่น เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสสามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอิพิแคทิชิน (-)-epicatechin ได้ดีกว่า แคทิชิน (+)-catechin

5) การรวมตัวกับโมเลกุลอื่น

สารประกอบฟีนอลิกสามารถเกิดการรวมตัวกับโมเลกุลอื่นๆ เช่น โปรตีน โพลิแซคคาไรด์อัลคาลอยด์และแอนโทไซยานินได้ง่าย ปฏิกิริยาที่เกิดอาจเป็นแบบผันกลับได้หรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆในขณะที่เกิดปฏิกิริยา เช่น ออกซิเจน ไอออนโลหะ เอนไซม์และกรด เป็นต้น ซึ่งจะเป็น

122976

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมดุลของปฏิกิริยา เช่น ทำให้สารประกอบในภาวะสมดุลรวมตัวกันและตกตะกอนแยกออกมาหรือเกิดพันธะโควาเลนท์รวมกันเป็นสารใหม่ ทำให้ปฏิกิริยาไม่สามารถผันกลับได้ ปรากฏการณ์เหล่านี้มีผลทำให้สารประกอบฟีนอลมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างทำให้สารประกอบฟีนอลิกสูญเสียสมบัติในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้

2.3.5 สารประกอบฟีนอลิกที่พบในมะม่วง

สารประกอบฟีนอลิกสามารถพบได้ในทุกส่วนของมะม่วง เช่น เปลือก ลำต้น ผล ราก และใบ ในส่วนของผลมะม่วงนั้นพบสารประกอบฟีนอลิก ทั้งในเปลือก เนื้อ และเมล็ด โดยมีปริมาณมากที่สุดในส่วนของเมล็ด (Soong และ Barlow, 2004) ในส่วนเปลือกมะม่วงนั้น พบว่า เปลือกมะม่วงสุกมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าในเปลือกมะม่วงดิบ (Ajila และคณะ, 2007) สารประกอบฟีนอลิกที่พบมากในมะม่วงคือ

1) สารในกลุ่มแซนโธนกลัยโคไซด์ (xanthone C-glycosides)

ซึ่งพบว่ามีองค์ประกอบของแมงจิเฟอริน (mangiferin) ไอโซแมงจิเฟอริน (isomangiferin) แมงจิเฟอริน แกลเลต (mangiferin gallate) และ ไอโซแมงจิเฟอริน แกลเลต (isomangiferin gallate) โดยมีปริมาณของแมงจิเฟอรินมากที่สุด (Berardini และคณะ, 2005)

2) สารในกลุ่มฟลาโวนอลกลัยโคไซด์ (flavonol *O*-glycosides)

ซึ่งพบว่า มีองค์ประกอบของเคอร์ซิตินกาแลคโตไซด์ (quercetin 3-*O*-glycosides) เคอร์ซิตินกลูโคไซด์ (quercetin 3-*O*glucoside) เคอร์ซิตินไซโลไซด์ (quercetin 3-*O*-xyloside) เคอร์ซิตินอะราบิโนไพราโนไซด์ (quercetin 3-*O*-arabinopyanoside) เคอร์ซิตินอะราบิโนฟูราโนไซด์ (quercetin 3-*O*arabinofuranoside) เคอร์ซิตินแรมโนไซด์ (quercetin 3-*O*-rhamnoside) แคมฟีรอลกลูโคไซด์ (kaempferol 3-*O*-glucoside) แรมเนตินกาแลคโตไซด์/กลูโคไซด์ (rhamnetin3-*O*-galactoside/glucoside) และเคอร์ซิติน (quercetin) โดยมีปริมาณของเคอร์ซิตินกาแลคโตไซด์มากที่สุด (Berardini และคณะ, 2005)

3) แอนโธไซยานิน (Anthocyanin)

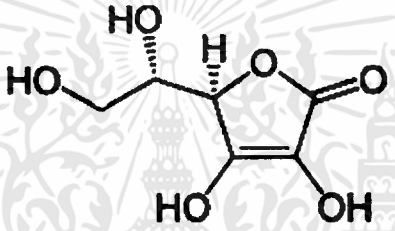
เป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ พบมากในส่วนของเปลือกมะม่วงสุก (Ajila และคณะ, 2007) ให้สีโทนแดง น้ำเงิน หรือม่วง โมเลกุลของแอนโธไซยานินประกอบด้วย แอนโธไซยานิดิน (anthocyanidin) และน้ำตาล 1-2 โมเลกุล ซึ่งน้ำตาลเหล่านี้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ที่อาจมีคาร์บอนในโมเลกุลจำนวน 5 หรือ 6 อะตอมก็ได้ เช่น น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโตส หรือน้ำตาลอะราบิโนส เป็นต้น แอนโธไซยานิดินที่พบมากในธรรมชาตินั้น มีเพียง 3 ชนิด คือ ไซยานิดิน (cyanidin) เพลาร์โกนิดิน (pelargonidin) และเดลฟินิดิน (delphindin) โครงสร้างพื้นฐานของแอนโธไซยานินมีชื่อเรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

flavylium cation ซึ่งประกอบด้วยวงแหวน 3 วง คือ วงแหวน A (A-ring) วงแหวน B (B-ring) และวงแหวน C (C-ring) โดยที่แอนโธไซยานินแต่ละชนิดจะแตกต่างกันที่หมู่แทนที่บนคาร์บอนตำแหน่งต่างๆ

2.4 วิตามินซี (Vitamin C)

วิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิค (Ascorbic acid) มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว ละลายได้ในน้ำและแอลกอฮอล์ แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายไขมัน มีสมบัติเป็นได้ทั้งกรดและสารรีดิวซ์อย่างแรงเพราะในโครงสร้างของมันมีอินีไดโอล (enediol) เชื่อมต่อกับกลุ่มคาร์บอนิล (carbonyl group) ในวงแหวนแลคโทรน (lactone ring) (อัญชลินทร์ และทศพร, 2551) ดังโครงสร้างภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 สูตรโครงสร้างวิตามินซี
ที่มา: (Vitamin C, 2010)

แหล่งที่พบวิตามินซีมาก ได้แก่ ผลไม้จำพวกส้ม สตรอเบอรี่ มะเขือเทศ กะหล่ำดอก มะขามป้อม ฝรั่ง มะขามเทศ มะละกอสุก ผักคะน้า ผักชี และมะรุม เป็นต้น โดยอาหารที่มีวิตามินบีมักจะขาดวิตามินซี ได้แก่ ยีสต์ ไข่แดง เนื้อ ธัญพืช และถั่วแห้ง เป็นต้น

วิตามินซีมีความจำเป็นมากต่อร่างกายในแต่ละวัน ถ้าร่างกายได้รับวิตามินซีประมาณ 100 มิลลิกรัมขึ้นไปจะทำให้สามารถป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟันได้ ปริมาณที่เหมาะสมและควรได้รับคือประมาณ 60 มิลลิกรัมต่อวัน มารดาขณะตั้งครรภ์และให้น้ำนมบุตรควรได้รับถึง 80-100 มิลลิกรัมต่อวัน โดยวิตามินซีมีหน้าที่ดังนี้

2.4.1 หน้าที่ของวิตามินซีในร่างกาย

วิตามินซีจะถูกออกซิไดส์ได้ง่ายในภาวะที่มีออกซิเจน โดยจะถูกออกซิไดส์ได้กรดดีไฮโดรแอสคอร์บิค ซึ่งจะเปลี่ยนกลับเป็นกรดแอสคอร์บิคได้ โดยกรดแอสคอร์บิคทั้ง 2 รูปนี้ร่างกายสามารถใช้ประโยชน์ได้เหมือนกัน ซึ่งวิตามินซีมีหน้าที่สำคัญในร่างกาย คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ช่วยในการสังเคราะห์คอลลาเจน (Collagen) ซึ่งเป็นสารที่จำเป็นในการสร้างกระดูก เอ็น ผิวหนัง และเนื้อเยื่อคอลลาเจน ประกอบด้วยไฮดรอกซีโพรลีน (hydroxyprolein) ซึ่งเปลี่ยนมาจากโพรลีน (prolein) การขาดวิตามินซีจะทำให้ไม่มีการเปลี่ยนโพรลีนเป็นไฮดรอกซีโพรลีน ทำให้เกิดอาการของโรคลักปิดลักเปิดและเกิดความผิดปกติของกระดูกและฟัน

2) ทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ ซึ่งใช้เป็นตัวเร่งในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสารพวกคอลลาเจน

3) ทำให้ผนังเส้นเลือดแข็งแรง การขาดวิตามินซีจะทำให้ผนังเส้นเลือดเปราะแตกง่าย ทำให้เลือดออกง่าย

4) มีส่วนร่วมในปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับกรดอะมิโน เช่น ไทโรซิน (tyrosine) เป็นทริฟโตเฟน (tryptophan) และวิตามินบี 9

5) ช่วยในการสังเคราะห์คาร์นิทีน (carnitine) เพื่อใช้ในการเผาผลาญกรดไขมันให้เกิดเป็นพลังงาน

6) ช่วยกระตุ้นการสร้างฮีโมโกลบินและการสะสมเหล็กในตับ วิตามินซีช่วยในการกระตุ้นขบวนการเมตาบอลิซึมของธาตุเหล็กโดยไปส่งเสริมการดูดซึมของธาตุเหล็กดีขึ้น

7) ช่วยป้องกันและสร้างภูมิต้านทานโรค นอกจากนี้ยังช่วยทำลายพิษของสารต่างๆที่เข้าสู่ร่างกาย

8) มีส่วนสำคัญต่อการต้านโรคมะเร็งได้แก่

ก. ยับยั้งการสร้างไนโตรซามีน (nitrosamine) จากปฏิกิริยาของไนไตร์ทและไนเตรตกับสารประกอบเอมีนในเนื้อสัตว์

ข.วิตามินซีที่มีอยู่ในเม็ดโลหิตขาว จะช่วยให้เม็ดโลหิตขาวสามารถต่อสู้กับสิ่งแปลกปลอมต่างๆ เช่น ไวรัส และแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง เป็นต้น

ค. ป้องกันการกระจายของเซลล์มะเร็ง โดยวิตามินซีที่มีส่วนทำลายเนื้อเยื่อรอบเซลล์มะเร็ง

ง. ช่วยในการดูดซึมธาตุซิลิเนียมในลำไส้ ซึ่งซิลิเนียมมีความจำเป็นต่อการทำงานของเอนไซม์กลูตาไธโอเพอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) ที่มีส่วนทำให้อัตราการเกิดมะเร็งลดลงโดยวิธีกระบวนการทำลายพิษ นอกจากนี้วิตามินซียังเป็นสารประกอบที่ไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันความผิดปกติของกระดูกและฟัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ผลของกรรมวิธีการปรุงอาหารต่อการสูญเสียวิตามินซี

ศิริลักษณ์ (2533) กล่าวว่ากรดแอสคอร์บิคถูกออกซิไดส์ได้ง่ายและสูญเสียได้มากโดยตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ เอนไซม์ ความร้อน ตัวกลางที่เป็นด่างทองแดง และออกซิเจน ในสภาพปกติเนื้อเยื่อพืชจะมีเอนไซม์แอสคอร์บิคออกซิเดสและจะแยกกันอยู่กับกรดแอสคอร์บิคในเซลล์พืชแต่เมื่อโครงสร้างพืชถูกทำลายโดยกระบวนการต่างๆ เช่น การบด การทุบ ก็จะทำให้เอนไซม์เข้าไปทำลายวิตามินซีได้โดยกระบวนการต่างๆจะมีผลต่อการสูญเสียวิตามินซีดังนี้

1) กรดแอสคอร์บิคเป็นสารประกอบที่ไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน และปฏิกิริยานี้จะเกิดได้รวดเร็วมากเมื่อมีโลหะหนัก เช่น ทองแดง เหล็ก และแมงกานีส เป็นต้น แสงและอุณหภูมิก็เป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งที่ทำให้กรดแอสคอร์บิกเสื่อมสลายได้เช่นกัน ดังนั้น จึงไม่ควรหุงต้มอาหารในภาชนะที่ทำจากทองแดง และจากผลของปฏิกิริยา กรดแอสคอร์บิคถูกออกซิไดซ์ได้เป็นกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิค (dehydroascorbic acid) ถ้าหากตัวกลางมีสมบัติเป็นกลาง และอยู่ในที่มีอุณหภูมิสูงเพียงเล็กน้อย กรดดีไฮโดรแอสคอร์บิคจะสลายตัวต่อไปเป็นกรด 2 -ดี โด-3 ดีโตเฮกซูโรนิค (2-keto-3 ketohexuronic acid) และกรด 2-ดีโต-3-ดีโตเฮกซูโรนิก จะสลายตัวต่อไปเป็นสารพวกเฟอฟูริล ซึ่งจะรวมตัวกันเป็นสารสีน้ำตาล การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเหล่านี้จะมีผลทำให้อาหารเกิดการสูญเสียวิตามินซี รส และสีของอาหารจะเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาล หรือมีสีคล้ำลง

2) การต้มผัก โดยใส่ผักในน้ำเย็นก่อนแล้วจึงต้มให้เดือดภายหลังจะมีการสูญเสียวิตามินมากกว่าการใส่ผักขณะที่น้ำเดือด เพราะน้ำที่เดือดแล้วจะไม่มีก๊าซออกซิเจนละลายอยู่เป็นการลดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และผักเหล่านี้จะมีผิวหน้าที่สัมผัสกับน้ำได้มากซึ่งการต้มโดยจุ่มผักทั้งหมดให้จมในน้ำจะสูญเสียวิตามินซีไปมากกว่าการที่ปล่อยให้ผักบางส่วนอยู่เหนือผิวน้ำ มันฝรั่งต้มจะสูญเสียวิตามินซีน้อยกว่าผักมีใบเพราะมันฝรั่งมีพื้นที่ผิวหน้าน้อยและเมื่อสุกจะกลายเป็นเจลการเกิดเจลของแป้งจะเป็นการป้องกันไม่ให้วิตามินซีละลายออกมาได้มาก

3) วิตามินซีถูกทำลายได้ง่ายด้วยสารละลายด่าง ดังนั้นจึงไม่ควรต้มผักในน้ำที่มีสภาพเป็นด่าง

4) การล้างผักหรือแช่ผักที่หั่นแล้วจะเกิดการสูญเสียวิตามินซีอย่างรวดเร็ว ดังนั้นในการหุงต้มผักไม่ควรหั่นผักเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยหรือแช่ทิ้งไว้ในน้ำ

5) อาหารที่ทำให้สุกด้วยความร้อนแล้วถ้าปล่อยให้ร้อนอยู่นานเกินความจำเป็นวิตามินซีจะสูญเสียไปทั้งหมดได้ ถ้าปล่อยให้อาหารร้อนอยู่นานประมาณ 15 นาทีอาจสูญเสียวิตามินซีไป 25 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าปล่อยให้ร้อนนานถึง 90 นาทีอาจสูญเสียวิตามินซีไปถึง 75 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นหากต้องการวิตามินซีจากผักและผลไม้ ต้องกินผักและผลไม้สดเท่านั้น เพราะถ้าเก็บรักษาอาหารไว้นานปริมาณวิตามินซีก็จะลดลง และหากนำไปแปรรูปโดยผ่านขั้นตอนต่างๆ เช่น ทุงต้ม ลวก ก็จะทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลงหรือหายไปเกือบหมดเช่นกัน ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีของผลไม้สดและผลไม้แปรรูป (มิลลิกรัมกรัม/100กรัม ตัวอย่างสด)

ผลไม้สด	วิตามินซี	ผลไม้แปรรูป	วิตามินซี
มะขามป้อม	276	มะขามป้อมแช่อิ่ม	3
มะละกอ	73	มะละกอแช่อิ่ม	0
พุทรา	46	พุทราแห้ง	6
มะเฟือง	38	มะเฟืองแช่อิ่ม	0
กล้วยน้ำว้า	31	กล้วยตาก	3
สับปะรด	22	สับปะรดกระป๋อง	6
สาลี่	14	สาลี่กระป๋อง	0

ที่มา : ศศิเกษม และพรรณี (2536)

2.5 การหมักดองผักและผลไม้ (กาญจนารัตน์, 2545)

การถนอมอาหารด้วยวิธีหมักดอง เป็นกระบวนการที่ไม่ต้องการอากาศ โดยใช้เกลือแห้งหรือน้ำเกลือที่ความเข้มข้นต่างๆ ทำให้เกิดการเลือกชนิดจุลินทรีย์ตามธรรมชาติที่เหมาะต่อกระบวนการหมักดอง โดยจำกัดการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์อื่นๆ เป็นส่วนใหญ่ มีเฉพาะแบคทีเรียที่ทนเกลือและเจริญได้ในน้ำเกลือที่สามารถเจริญเติบโตได้ การหมักดองเป็นการลดการทำงานของเอนไซม์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในผัก ผลไม้ ซึ่งมีหน้าที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีตามปกติ ทำให้ยับยั้งการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของการเกิดออกซิเดชัน ระงับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย การดองผักผลไม้ตามความเข้มข้นของเกลือ จัดแบ่งเป็นกลุ่มได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การดองผัก ผลไม้ โดยใช้น้ำเกลือความเข้มข้นต่ำ ความเข้มข้นประมาณ 2.5 – 5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกิดการหมักด้วยจุลินทรีย์กลุ่มแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (lactic acid bacteria) ผลิตภัณฑ์บริโภคได้ทันที กรรมวิธีการดองสามารถทำได้โดยใช้น้ำเกลือ เช่น กะหล่ำปลีดอง (Sauerkraut) และ กิมจิ

2) การดองผัก ผลไม้ ในน้ำเกลือความเข้มข้นประมาณ 6 – 12 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกิดการหมัก ผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้เรียกว่า Salt-stock pickles ก่อนนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆต้องนำผักผลไม้ดองมาแช่น้ำและเปลี่ยนน้ำหลายๆครั้ง เพื่อชะเกลือออกทำให้ความเค็มลดลง เช่น ผักกาดปลีดอง มะม่วงดอง มะกอกดอง แตงกวาดอง เป็นต้น

2.5.1 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการดองผักและผลไม้

1) จุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก

เป็นแบคทีเรียที่มีแหล่งอาศัยอยู่ทั่วไป มีความสามารถในการเจริญในสภาพต่างๆได้ดี แบคทีเรียกลุ่มนี้ส่วนมากมีประโยชน์ในการหมักผัก ผลไม้ และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ แต่บางจำพวกก็สามารถทำให้เกิดลักษณะที่ไม่ต้องการในอาหารได้ ลักษณะทั่วไปของแบคทีเรียกลุ่มนี้จะมีรูปร่างเป็นแท่ง สั้นและยาว ไม่มีสปอร์ และรูปร่างกลม เดี่ยว หรือเกาะกันเป็นคู่ หรือวางตัวเรียงกันเป็นสาย ในบางกรณีอาจจะมีเซลล์เกาะติดกัน 4 เซลล์ รูปร่างของเซลล์จะเปลี่ยนไปตามสภาวะแวดล้อม ต้องการสารอาหารหลายชนิดเพื่อช่วยในการเจริญเติบโตและเพื่อให้ประสิทธิภาพในการหมักที่ดี เช่น วิตามินบี และกรดอะมิโน โคโลนีขนาดเล็กสามารถทนต่อกรดได้ดี ชอบอาศัยอยู่ในแหล่งที่มีสารอาหารที่ใช้ในการหมักได้ สามารถเจริญได้ดีที่สุดในสภาพที่มีอากาศอยู่เพียงเล็กน้อยและในสภาพที่ไม่มีอากาศอยู่เลย นอกจากนี้มีบางชนิดอาจใช้ออกซิเจนได้ แบคทีเรียแลคติกจัดอยู่ใน Family Lactobacteriaceae แบ่งออกเป็น 10 Genus แต่ที่สำคัญและมีบทบาทในการหมักผัก และผลไม้คือ

1.1) Genus *Pediococcus* species ที่สำคัญและมีบทบาทในการหมักผักและผลไม้ ได้แก่ *Pendiococcus cerevisiae* เป็น Homofermentative อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญอยู่ในช่วง 25 – 32 องศาเซลเซียส

1.2) Genus *Leuconostoc* species ที่สำคัญและมีบทบาทในการหมักผัก และผลไม้ โดยเฉพาะในช่วงแรกของการหมัก ได้แก่ *Leuconostoc mesenteroids* เป็น Heterofermentative อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญอยู่ในช่วง 21 – 25 องศาเซลเซียส

1.3) Genus *Lactobacillus* species ที่สำคัญและมีบทบาทในการหมักผัก และผลไม้ ได้แก่ *Lactobacillus brevis* เป็น Heterofermentative อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญอยู่ในช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

28 – 32 องศาเซลเซียส และ *Lactobacillus plantarum* เป็น Homofermentative อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญอยู่ในช่วง 28 – 32 องศาเซลเซียส

นอกจากนี้จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการหมักชนิดสร้างกรดแลคติก (lactic acid fermentative) แบ่งกลุ่มตามลักษณะของการย่อยสารประเภทแป้ง และน้ำตาล ให้เป็นกรดแลคติกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1) Homofermentative lactic acid bacteria ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลเกือบทั้งหมดที่มีอยู่ในผักผลไม้ให้เป็นกรดแลคติกเพียงอย่างเดียว แบคทีเรียกลุ่มนี้ใช้น้ำตาล 85 – 95 เปอร์เซ็นต์ เพื่อผลิตกรดแลคติก แบคทีเรียกลุ่มนี้ ได้แก่ *Lactobacillus plantarum* และ *Pendiococcus cerevisiae*

2) Heterofermentative lactic acid bacteria ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นกรดแลคติกได้ 45 – 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ แอลกอฮอล์ และกรดอะซิติก แบคทีเรียกลุ่มนี้ ได้แก่ *Leuconostoc mesenteroid* และ *Lactobacillus brevis*

2) ยีสต์

ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่รู้จักกันดีและนำมาใช้อย่างแพร่หลายในผลิตภัณฑ์อาหารหมัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้ในการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ยีสต์มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์ในการหมักผัก และผลไม้ ช่วงแรกจะมีการเจริญของยีสต์ซึ่งจะใช้น้ำตาลสร้างแอลกอฮอล์และก๊าซ

2.5.2 ส่วนผสมที่สำคัญในการดองผักผลไม้

ส่วนผสมที่สำคัญในการดองผักผลไม้ ได้แก่ เกลือ น้ำส้มสายชู หรือกรดแลคติก สารเหล่านี้เมื่อใช้ในปริมาณที่พอเพียงจะทำหน้าที่ในการถนอมอาหาร อาจใช้ตัวใดตัวหนึ่งหรือร่วมกัน

เกลือ บทบาทของเกลือในการดอง

เกลือ (โซเดียมคลอไรด์) เป็นสารประกอบที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เป็นส่วนประกอบชนิดหนึ่งที่สำคัญของอาหารโดยทำให้เกิดรสชาติ นอกจากนั้นยังช่วยในการถนอมอาหารในด้านทำให้เกิดคุณภาพของการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยเฉพาะกลิ่น รส และเนื้อสัมผัส กล่าวคือ เมื่อผสมผักผลไม้กับเกลือหรือแช่ในน้ำเกลือ จะทำให้เกิดการออสโมซีสของสารที่ละลายได้ในผักผลไม้แพร่กระจายสู่น้ำเกลือ และสารละลายในน้ำเกลือจะซึมเข้าสู่เซลล์ของผักผลไม้ สารที่ละลายได้นอกจากเป็นสารอื่นๆแล้วยังมีน้ำตาลที่ทำให้สามารถเกิดการหมักด้วย ปริมาณน้ำตาลในผักผลไม้จึงมีผลต่อการผลิตกรด โดยจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติกซึ่งใช้น้ำตาลเป็นสารอาหารแล้วเปลี่ยนให้เป็นกรดแลคติกและกรดชนิดอื่นที่ระเหยได้ ความเป็นกรดในน้ำเกลือเพิ่มขึ้นจึงสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดเน่าเสียที่มีอยู่ในกระบวนการหมักและทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสและรสชาติที่น่ารับประทาน เกลือสามารถทำหน้าที่เป็นตัวเลือกชนิดจุลินทรีย์ ความเข้มข้นของเกลือในระดับต่างๆเป็นปัจจัยในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหาร เนื่องจากปริมาณเกลือและอุณหภูมิของน้ำเกลือมีผลต่อการผลิตกรดและชนิดของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง ปริมาณเกลือที่เพิ่มขึ้นทำให้อัตราการเกิดกรดช้าลงและจำนวนชนิดของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องมีน้อยลงด้วยในอาหารที่มีเกลือทำหน้าที่เป็นสารกันเสีย เกลือจะแตกตัวเป็นไอออน แต่ละไอออนจะดูดโมเลกุลของน้ำไว้ เมื่อความเข้มข้นของเกลือมากขึ้นจึงต้องการน้ำมากยิ่งขึ้น ถ้าปริมาณน้ำยังคงที่ เกลือจึงอิ่มตัวเพราะไอออนเกลือไม่มีน้ำที่จะจับกันได้ ที่จุดนี้เกลือเข้มข้น 26.4 เปอร์เซ็นต์ มีค่า a_w เท่ากับ 0.75 ซึ่งจุลินทรีย์พวกแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโต

การคัดเลือกจุลินทรีย์ตามความอดทนต่อเกลือ เป็นปัจจัยในการควบคุมการหมัก โดยทั่วไปในระยะต้นของการหมักเป็นช่วงที่สำคัญที่สุด วัตถุดิบมักจะมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ตามธรรมชาติจำนวนมากที่ไม่เกี่ยวข้องกับการหมักและมีปริมาณมากกว่าจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติกที่เกี่ยวข้อง จุลินทรีย์ดังกล่าว ได้แก่ แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก ยีสต์ และรา มีทั้งทนเกลือหรือทนเกลือปานกลาง ส่วนจุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์ชนิดต้องการอากาศและไม่ต้องการอากาศเป็นพวกไม่ทนเกลือ ไม่สามารถเจริญได้ ในขณะที่พวกราที่ทนเกลือสามารถใช้กรดในการเจริญเติบโตได้ ทำให้น้ำเกลือมีกรดลดลง ถ้าหากการหมักในระยะนี้ไม่เป็นไปตามปกติ มีผลทำให้จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นและทำให้อาหารเน่าเสียเพิ่มจำนวน ในที่สุดผลิตภัณฑ์ก็จะเน่าเสีย ดังนั้น การหมักจะเริ่มเกิดเมื่อน้ำเกลือที่ใช้ดองผักผลไม้มีความเข้มข้นของเกลือที่เหมาะสมและมีจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติก จึงทำให้มีกรดแลคติกและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น ซึ่งจะเห็นเป็นฟองปุดๆในระยะแรกของการหมัก ยีสต์ทนกรดที่ทำให้เกิดการหมักได้ (fermentative yeast) และฟิล์มยีสต์หรือออกซิเดทีฟยีสต์ (oxidative yeast) เริ่มเจริญด้วยและจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้เห็นเป็นฝ้าบางๆการหมักระยะแรกจะกินเวลาอย่างน้อย 2 - 3 วัน จนถึง 7 วันหรือนานกว่านั้น เมื่อปริมาณกรดในน้ำเกลือเพิ่มขึ้นและ pH ลดลง ทำให้จุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการลดจำนวนลงและหายไป ในระยะที่สองยีสต์เหล่านี้จะเจริญมากขึ้นและใช้สารอาหารจนหมดเมื่อการหมักสิ้นสุดแล้ว ซึ่งต้องใช้เวลามากกว่า 3 สัปดาห์ขึ้นไป โดยเฉพาะการดองที่ใช้น้ำเกลือเข้มข้น สังเกตได้จากการเปลี่ยนสีของเปลือกผลไม้หรือใบผักจากสีเขียวสดเป็นสีเขียวเหลือง น้ำดองมี pH ประมาณ 3.0 –3.5 ส่วนฟิล์มยีสต์และราที่ทำให้เกิดออกซิเดชันและแบคทีเรียที่ทำให้เกิดเน่าเสียยังคงสามารถเจริญที่ผิวน้ำเกลือที่สัมผัสอากาศได้ต่อไป ฉะนั้นหลังจากระยะที่สองของการหมัก จึงควรปิดผิวหน้าน้ำเกลือทำให้เป็นสภาพที่ไม่มีอากาศเพื่อป้องกันการสูญเสียความเป็นกรดในน้ำเกลือจากการเจริญของฟิล์มยีสต์และมีผลทำให้จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียเจริญได้บนผิวน้ำเกลือ เป็นการหลีกเลี่ยงการเสื่อมเสียและปัญหาทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนการดองผักผลไม้ด้วยน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นของเกลือสูง (มากกว่า 16 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเป็นวิธีการเก็บรักษาผักผลไม้ในน้ำเกลือ โดยไม่ทำให้เกิดการหมักเพราะจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เจริญได้น้อยมาก จึงเป็นการยับยั้งการเน่าเสียที่มีสาเหตุจากจุลินทรีย์ที่ไม่เกี่ยวข้อง แต่อาจมีผลทำให้ผักผลไม้เหี่ยวและอาจเกิดการออกซิเดชันทำให้ผักผลไม้มีสีคล้ำด้วย หรือหากต้องเก็บได้นานยิ่งขึ้นควรเพิ่มความเข้มข้นของเกลือทีละน้อยให้น้ำเกลือมีความเข้มข้น 16 เปอร์เซ็นต์ หรือใช้สารเจือปนอาหารบางชนิดร่วมด้วย และต้องควบคุมสภาพการดองไม่ให้มีอากาศบนผิวน้ำเกลือ

นอกจากนี้ มีการใช้สารที่ช่วยทำให้โครงสร้างของเนื้อผักผลไม้คงรูป (firming agent) มีความคงตัวของลักษณะเนื้อสัมผัสดีขึ้น เนื่องจากสารที่ช่วยให้คงรูปนี้ไปทำปฏิกิริยากับเพกตินทำให้ผนังเซลล์แข็งแรงขึ้นและยังช่วยยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์เพกติโนไลติค (pectinolytic enzyme) เช่น เพกตินเอสเตอเรส (pectinesterase) และโพลีกาแลคตูโรเนส (polygalacturonase) เป็นต้น สารแคลเซียมคลอไรด์จะทำให้ประสิทธิภาพของโพลีกาแลคตูโรเนสในน้ำเกลือต่ำลง สำหรับสารที่ช่วยให้คงรูปที่มีการใช้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 ได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์ แทนน้ำปูนใสและปูนขาวเนื่องจากใช้ง่ายไม่ทำให้น้ำเกลือมีสภาพเป็นด่างในช่วงการดอง

2.5.3 การแปรรูปผักหรือผลไม้ดองเกลือให้เป็นผลิตภัณฑ์แช่อิ่ม

ก่อนนำผักหรือผลไม้ดองเกลือมาทำเป็นผลิตภัณฑ์แช่อิ่มจะต้องนำมาล้างเอาเกลือออก ซึ่งอาจทำได้โดยการแช่ในน้ำอุ่นประมาณ 43-55 องศาเซลเซียส ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่ที่ใช้ขึ้นกับขนาดและความแข็ง ปกติจะทำซ้ำสองครั้งและในน้ำสุดท้ายจะเติมแคลเซียมคลอไรด์ลงไปประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อช่วยให้เนื้อแข็งขึ้น การล้างเกลืออาจทำได้ในน้ำเย็นแต่จะใช้ระยะเวลานานกว่าในการล้างเอาเกลือออก

นำผักผลไม้ดองที่ล้างเอาเกลือออกแล้วมาตัดแต่งให้เป็นชิ้นตามต้องการถ้าต้องการดองเปรี้ยวให้เติมน้ำส้มสายชูเจือจางลงไปในภาชนะตามขนาดที่ผู้บริโภคจะนำไปใช้ได้ หรือจะนำไปแช่ไว้ในน้ำส้มสายชูที่มีความเข้มข้น 4-5 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 2-3 วัน แล้วจึงนำไปผ่านกระบวนการบรรจุในน้ำส้มสายชูที่มีความเข้มข้นของกรดประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าต้องการดองหวานหลังจากล้างเกลือแล้วจะนำไปแช่ในน้ำส้มสายชูที่มีความเข้มข้นของกรดประมาณ 5.5 เปอร์เซ็นต์ 2-3 วันก่อนเพื่อป้องกันการเหี่ยวย่น หลังจากนั้นจึงนำไปบรรจุในภาชนะที่มีน้ำเชื่อมเพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์ดองหวานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัษฐภรณ์ (2552) ศึกษาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด และกรดฟีนอลิก ในเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงดิบและสุก 6 สายพันธุ์ คือ เขียวเสวย น้ำดอกไม้ แรด โชคอนันต์ ฟ้าลั่น และ แก้วดำ พบว่าเมล็ดมะม่วงดิบและสุกทุกสายพันธุ์มีปริมาณโพลีฟีนอลสูงที่สุด รองลงมาคือ เปลือกและเนื้อ ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณกรดฟีนอลิกชนิดต่างๆในมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์มีมากที่สุด รองลงมาคือ มะม่วงพันธุ์ฟ้าลั่น แก้วดำ น้ำดอกไม้ เขียวเสวย และแรด ตามลำดับ โดยมะม่วงแต่ละสายพันธุ์มีชนิดและปริมาณของกรดฟีนอลิกแตกต่างกันไป เมื่อพิจารณาในแต่ละส่วนของมะม่วงพบว่า เมล็ดมะม่วงทุกสายพันธุ์มีปริมาณกรดฟีนอลิกสูงสุด ส่วนในเปลือก และเนื้อมีปริมาณกรดฟีนอลิกใกล้เคียงกัน

ลลิตา (2552) ศึกษาสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงดิบและสุก 6 สายพันธุ์ คือ เขียวเสวย น้ำดอกไม้ แรด โชคอนันต์ ฟ้าลั่น และ แก้วดำ พบว่า เมล็ดของมะม่วงทุกสายพันธุ์มีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงที่สุดรองลงมา คือ เปลือก และเนื้อ นอกจากนี้ยังพบว่าเปลือก เนื้อ และเมล็ดของมะม่วงโชคอนันต์ที่ทั้งสองระดับความสุกจะมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงที่สุด

Ajila และคณะ (2007) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในเปลือกมะม่วงดิบและสุกของมะม่วง 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ Raspuri และ Badami พบว่า เปลือกมะม่วงประกอบด้วยองค์ประกอบที่มีความสำคัญ คือ สารประกอบฟีนอลิก แคโรทีนอยด์ วิตามินซี วิตามินอี และเส้นใยอาหาร โดยในส่วนของเปลือกมะม่วงดิบทั้ง 2 สายพันธุ์ มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าในเปลือกมะม่วงสุก ในขณะที่ปริมาณแคโรทีนอยด์ ปริมาณวิตามินซี ปริมาณวิตามินอี และปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำและใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำในเปลือกมะม่วงสุกมีค่ามากกว่าในเปลือกมะม่วงดิบ โดยเปลือกมะม่วงสุกพันธุ์ Badami มีปริมาณใยอาหารทั้งหมดสูงที่สุด และเปลือกมะม่วงดิบพันธุ์ Raspuri มีปริมาณของใยอาหารทั้งหมดต่ำที่สุด

Ribeiro และคณะ (2007) ศึกษาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในเนื้อมะม่วงสุก 4 สายพันธุ์ (Haden, Tommy Atkins, Palmer และ Ubá) พบว่า ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในเนื้อมะม่วงสุกทั้ง 4 สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอยู่ในช่วง 48.40 (พันธุ์ Haden) ถึง 208.70 มิลลิกรัมแกลลิก/100 กรัมน้ำหนักสด (พันธุ์Ubá) ต่อมาในปี 2008 Ribeiro และคณะได้ศึกษาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในเปลือกและเมล็ดของมะม่วงสุกทั้ง 4 สายพันธุ์ พบว่า ในเปลือกและเมล็ดมะม่วงสุกพันธุ์ Ubá มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงสุด โดยมีปริมาณ 57,240 และ 82,540 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง หรือมีมากกว่าเนื้อถึง 4.6 และ 7.3 เท่า ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Soong และ Barlow (2004) ที่ศึกษาปริมาณโพลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟีนอลทั้งหมดในส่วนเนื้อและเมล็ดของมะม่วง พบว่า ในส่วนของเมล็ดนั้นมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าในส่วนของเนื้อมะม่วง

ภัทราภรณ์ และคณะ (2547) ศึกษาผลของกระบวนการแปรรูปกระชายที่มีต่อสารฟลาโวนอยด์และคุณภาพบางประการในผลิตภัณฑ์กระชาย พบว่า การแช่กระชายในสารละลาย $K_2S_2O_3$ เป็นระยะเวลาต่างกัน มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก คือมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการแช่กระชายในสารละลาย $K_2S_2O_3$ ที่นานขึ้น เนื่องจากในสภาวะที่ความเป็นกรดต่ำ (pH สูง) อนุมูลไบซัลไฟต์ที่แตกตัวจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลิกบางชนิด ได้เป็น bisulfate addition compounds หรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกตรึง (bound sulfur dioxide) มากขึ้น (Amerine และคณะ, 1979) จึงทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีแนวโน้มลดลง

รุจิรา และคณะ (2548) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในระหว่างการแปรรูปขิงเป็นผลิตภัณฑ์ขิงดอง พบว่า ขั้นตอนการแช่ขิงในน้ำเกลือและระหว่างการแปรรูปขิงเป็นผลิตภัณฑ์ ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีค่าลดลง

Alvarez-Parrilla และคณะ (2011) ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของพริกฮาเปาแม็กซิกันสดและที่ผ่านกระบวนการแปรรูป พบว่า พริกฮาเปาเม็กซิโก (serrano peppers) ที่ผ่านกระบวนการดองมีผลทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลง จาก 1,385 $\pm$ 100 เป็น 584 $\pm$ 20 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง

Ping และ Zhu (2006) ศึกษาผลของการดองต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้ผักกาดเขียวปลี (leaf mustard) 4 พันธุ์ ดองในน้ำเกลือความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 วัน ที่อุณหภูมิ 15-25 องศาเซลเซียส พบว่า วิตามินซี สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ในผักกาดเขียวปลีทุกสายพันธุ์มีปริมาณลดลงเมื่อระยะเวลาในการดองนานขึ้น และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี FRAP และ TEAC ก็มีค่าลดลงเช่นกัน

Li และคณะ (2011) ศึกษาผลของกระบวนการแปรรูป เช่น การลวก การใช้ไอน้ำและการดอง ต่อคุณภาพของยอดมันเทศ (sweet potato tips) พบว่า ยอดมันเทศ ที่ดองในน้ำเกลือความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส 20 วัน ส่งผลให้ ปริมาณรูทิน (rutin) ซึ่งเป็นสารประกอบโพลีฟีนอลชนิดหนึ่งเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณ ควอซิทิน (quercetin) จะถูกตรวจพบเมื่อผ่านกระบวนการดอง ในขณะที่เริ่มต้นตรวจไม่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fang และคณะ (2007) ศึกษาผลของการดองต่อการเปลี่ยนแปลงกรดฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผักมิซูนา (potherb mustard) ที่ดองในน้ำเกลือความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 5 เปอร์เซ็นต์, 10 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์ ใช้ร่วมกับ starter culture นาน 5 สัปดาห์ พบว่า เมื่อระยะเวลาในการดองนานขึ้นมีผลทำให้ปริมาณ กรดฟีนอลิกอิสระทั้งหมด (total free phenolic acids) มีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณกรดฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic acids) และปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolics) มีปริมาณลดลง ในทุกความเข้มข้นของน้ำเกลือ โดยปริมาณกรดฟีนอลิกที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์มีมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ และมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้มากกว่า 65 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

มะม่วงแก้ว (Mangiferra indica L.cv.Kaew) พันธุ์แก้วจุก โดยเลือกผลแก่จัด เปลือกสีเขียวทั้งผล ซื้อจากตลาดไท ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

3.1.2 เครื่องมือ

- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (analytical balance)	Sartorius, BT 3100s	เยอรมัน
- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer)	SHIMADZU UV-1601	ญี่ปุ่น
- ชุดกรอง Suction Flask และ Vacuum pump	BUCHI B-169	สวิสเซอร์แลนด์
- เครื่องผสม (Vortex Mixer)	Wiggen Hauser	มาเลเซีย
- เครื่องปั่นละเอียด (blender)	Moulinex	แมกซิโก
- ตู้อบลมร้อน (hot air oven)	Memmert UM 400	เยอรมัน
- ออโต้ปิเปต (Auto Pipette)	Gilson	ฝรั่งเศส
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)	Memmert	เยอรมัน

3.1.3 สารเคมี

- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, NaOH)	Sigma	เยอรมัน
- ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein, $C_{20}H_{14}O_4$)	Fluka	เยอรมัน
- เอธานอล 95% (ethanol, C_2H_5OH)	Lab-Scan	ไอร์แลนด์
- โพแทสเซียม พาทาเลต (potassium phthalate, $KHC_8H_40_4$)	Sigma	เยอรมัน
- โพแทสเซียม โซเดียมทาร์เทรท (potassium sodium tartrate, $COOK(CHOH)_2COONa.4H_2O$)	Fluka	เยอรมัน
- 2, 2-diphenyl-1-picryhydrazyl radical (DPPH)	Sigma	เยอรมัน
- โทรลอกซ์ (trolox, $C_{14}H_{18}O_4$)	Aldrich	เยอรมัน
- Folin-Ciocalteu reagent	BDH	อังกฤษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate, Na_2CO_3)	Merck	เยอรมัน
- กรดแกลลิก (gallic acid)	Sigma	เยอรมัน
- กรดอะซิติก (acetic acid, CH_3COOH)	Merck	เยอรมัน
- กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid, $C_6H_8O_6$)	Sigma	USA
- 2, 6-Dichloroindophenol (DCIP) (sodium salt)	Sigma	เยอรมัน
- กรดเมตาฟอสฟอริก (metaphosphoric acid, HPO_3)	Sigma	เยอรมัน
- โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (sodium hydrogen carbonates, $NaHCO_3$)	Sigma	เยอรมัน

3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง

3.2.1 กรรมวิธีการดองเต็มมะม่วง

การเตรียมมะม่วงดองเค็มใช้วิธีที่รายงานโดย กาญจนารัตน์ และคณะ (2545) โดยมีขั้นตอนการเตรียมดังนี้

3.2.1.1 การเตรียมผลมะม่วง

ใช้มะม่วงพันธุ์แก้วจุก โดยเลือกผลมะม่วงที่ แก่จัด เปลือกเขียว เนื้อแน่นและแข็ง ปราศจากตำหนิหรือรอยช้ำ ไม่มีร่องรอยของเชื้อรา เลือกผลที่มีขนาดประมาณ 200 กรัม นำมาล้างน้ำให้สะอาด และสะเด็ดน้ำให้แห้ง

3.2.1.2 การเตรียมน้ำเกลือ

เตรียมน้ำเกลือความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เกลือ 1 กิโลกรัม น้ำ 9 กิโลกรัม เติมแคลเซียมคลอไรด์ 50 กรัม และ โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 10 กรัม โดยต้มน้ำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ใส่เกลือและแคลเซียมคลอไรด์ลงไปคนให้ละลาย ตั้งทิ้งไว้ให้อุ่นที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส แล้วเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ลงไปคนให้ละลาย

3.2.1.3 การดองมะม่วง

ใส่ผลมะม่วงที่เตรียมไว้ในข้อ 3.2.1.1 ลงในถังพลาสติก จากนั้นเทน้ำเกลือที่เตรียมตามข้อ 3.2.1.2 ลงไปให้ท่วมผลมะม่วง โดยใช้อัตราส่วนของมะม่วงต่อน้ำเกลือเท่ากับ 1:1 โดยน้ำหนัก จากนั้นใช้ถุงพลาสติกบรรจุน้ำเกลือกดทับ เพื่อไม่ให้มะม่วงลอยขึ้นมา ปิดฝาถังพลาสติก ดองมะม่วงเป็นเวลา 4 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านออกซิเดชันของเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงแก้ว ในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษามะม่วงดองเค็ม

3.2.2.1 ศึกษาผลของระยะเวลาในการดองเค็มมะม่วง

ทดลองเตรียมมะม่วงแก้วดองเค็มตามวิธีในข้อ 3.2.1 จากนั้นเก็บตัวอย่างมะม่วงดองเค็มทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยสุ่มตัวอย่างผลมะม่วงดองเค็มมาวิเคราะห์จำนวน 5 ลูก จากนั้นแยกส่วนของเปลือก เนื้อ และเมล็ด นำไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ AOAC, 1990 (ภาคผนวก ก) วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี ตามวิธีของ AOAC, 2000 (ภาคผนวก ง) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ตามวิธีของ Singleton และ Lamuela-Raventos, 1999 (ภาคผนวก ข) และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ตามวิธีของ Murakami และคณะ, 2004 (ภาคผนวก ค)

3.2.2.2 ศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษามะม่วงดองเค็ม

หลังจากดองมะม่วงครบ 4 สัปดาห์ จะเก็บรักษามะม่วงดองในถังเดิมที่มีสารละลายน้ำเกลือเดิม จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างมะม่วงดองเค็มทุกเดือน เป็นเวลา 2 เดือน โดยสุ่มตัวอย่างผลมะม่วงดองเค็มมา 5 ลูก จากนั้นแยกส่วนของเปลือก เนื้อ และเมล็ด นำไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธีของ AOAC, 2000 (ภาคผนวก ก) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ตามวิธีของ Singleton และ Lamuela-Raventos, 1999 (ภาคผนวก ข) และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ตามวิธีของ Murakami และคณะ, 2004 (ภาคผนวก ค)

3.2.3 การแปรรูปมะม่วงดองแช่อิ่ม

นำมะม่วงดองเค็ม ที่ดองเป็นเวลา 4 สัปดาห์ (เตรียมจากวิธีในข้อ 3.2.1) มาแปรรูปเป็นมะม่วงดองแช่อิ่ม โดยใช้วิธีที่รายงานโดย กาญจนารัตน์ และคณะ (2545) ซึ่งมีขั้นตอนการเตรียมดังแสดงในแผนภูมิภาพที่ 3.1 และมีรายละเอียดดังนี้

3.2.3.1 การเตรียมเนื้อมะม่วง

นำมะม่วงดอง 4 สัปดาห์ มาล้างน้ำ ปอกเปลือก ฝานเอาเฉพาะเนื้อและหั่นเป็นชิ้นตามความยาวของผลมะม่วง ขนาดความกว้างประมาณ 2 เซนติเมตร แช่ชิ้นเนื้อมะม่วงในน้ำสะอาด 2 ครั้ง ครั้งละ 45 นาที เพื่อลดความเค็มในชิ้นเนื้อมะม่วง จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (น้ำ 10 กิโลกรัม ใช้แคลเซียมคลอไรด์ 50 กรัม) นาน 30 นาที โดยใช้ปริมาณเนื้อมะม่วง 10 กิโลกรัมต่อสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 10 กิโลกรัม ใช้ตะแกรงตักชิ้นเนื้อมะม่วง จุ่มในน้ำร้อน 95 องศาเซลเซียส แล้วยกขึ้นทันที ทำให้สะเด็ดน้ำใส่ลงในภาชนะที่ใช้แช่อิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.2 การเตรียมน้ำเชื่อมปรุงรส

เตรียมน้ำเชื่อมปรุงรสโดยใช้ น้ำตาลทราย 5 กิโลกรัม น้ำส้มสายชู 1.4 กิโลกรัม เกลือ 200 กรัม กรดมะนาว 18 กรัม น้ำสะอาด 5.4 ลิตร โดยต้มน้ำที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ใส่น้ำตาลทราย เกลือ กรดมะนาว คนให้ละลาย แล้วเติมน้ำส้มสายชูลงไป กรองด้วยผ้าขาวบาง วางทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงเหลือ 50 องศาเซลเซียส

3.2.3.3 การแช่อิ่มมะม่วง

เทน้ำเชื่อมปรุงรสให้ท่วมชิ้นเนื้อมะม่วง แล้วกดทับด้วยถุงพลาสติกที่บรรจุน้ำเชื่อมปรุงรสอยู่ข้างในเพื่อไม่ให้ชิ้นเนื้อมะม่วงลอยขึ้นมา (ใช้อัตราส่วนของชิ้นเนื้อมะม่วงต่อน้ำเชื่อมปรุงรส เท่ากับ 1:1 โดยน้ำหนัก) ปิดฝาให้สนิท แช่ชิ้นเนื้อมะม่วงในน้ำเชื่อมทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง

ขั้นตอนการแปรรูปมะม่วงดองแช่อิ่ม สามารถสรุปได้ดังแผนภูมิภาพที่ 3.1

ผลมะม่วงดองเค็ม 4 สัปดาห์

↓ - ปอกเปลือก ฝานเอาเฉพาะเนื้อ
↓ - หั่นเป็นชิ้นตามยาว กว้างประมาณ 2 เซนติเมตร

ชิ้นเนื้อมะม่วงดองเค็ม (1)

↓ - แช่ในน้ำสะอาด 2 ครั้ง ครั้งละ 45 นาที

ชิ้นเนื้อมะม่วงดองที่ลดความเค็มลง (2)

↓ - แช่ในสารละลาย $CaCl_2$ 0.5 เปอร์เซ็นต์ นาน 30 นาที

ชิ้นเนื้อมะม่วงดองที่ผ่านการแช่ $CaCl_2$ (3)

↓ - ลวกผ่านน้ำร้อน (95 องศาเซลเซียส) แล้วสะเด็ดน้ำให้แห้ง

ชิ้นเนื้อมะม่วงดองพร้อมสำหรับแช่อิ่ม (4)

↓ - เทน้ำเชื่อมปรุงรสให้ท่วม
↓ - แช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง

มะม่วงดองแช่อิ่ม (5)

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการแปรรูปมะม่วงดองแช่อิ่ม

ที่มา : ดัดแปลงจาก กาญจนารัตน์ และคณะ (2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านออกซิเดชันของเนื้อมะม่วงแก้ว ในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษามะม่วงดองแช่อิ่ม

3.2.4.1 ศึกษาผลของกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์มะม่วงดองแช่อิ่ม

เตรียมมะม่วงดองแช่อิ่ม ตามวิธีในข้อ 3.2.2 เก็บตัวอย่างชิ้นเนื้อมะม่วงดองแช่อิ่มจากแต่ละขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามแผนภูมิภาพที่ 3.1 (โดยแต่ละขั้นตอนสุ่มตัวอย่างชิ้นเนื้อมะม่วงดองแช่อิ่มมา 10 ชิ้น) นำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ AOAC, 2000 (ภาคผนวก ก) วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี ตามวิธีของ AOAC, 1990 (ภาคผนวก ง) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ตามวิธีของ Singleton และ Lamuela-Raventos, 1999 (ภาคผนวก ข) และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ตามวิธีของ Murakami และคณะ, 2004 (ภาคผนวก ค)

3.2.4.2 ศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษามะม่วงดองแช่อิ่ม

นำชิ้นเนื้อมะม่วงดองแช่อิ่มที่แช่ในน้ำเชื่อมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ชิ้นเนื้อมะม่วงดองแช่อิ่มขั้นตอนที่ 5 จากแผนภาพ 3.1) บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอธิลีนถุงละ 100 กรัม ปิดปากถุงด้วยความร้อน นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ (โดยสุ่มตัวอย่างชิ้นเนื้อมะม่วงดองแช่อิ่มมา 10 ชิ้น) นำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ AOAC, 2000 (ภาคผนวก ก) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ตามวิธีของ Singleton และ Lamuela-Raventos, 1999 (ภาคผนวก ข) และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ตามวิธีของ Murakami และคณะ, 2004 (ภาคผนวก ค)

3.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

3.4 สถานที่ดำเนินการทดลอง

ห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเหล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านออกซิเดชันของเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงแก้ว ในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษามะม่วงดองเค็ม

4.1.1 ผลของระยะเวลาในการดองเค็มมะม่วง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ปริมาณวิตามินซี สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงแก้วในระหว่างดองเค็ม โดยนำมะม่วงแก้วมาดองในน้ำเกลือที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ สุ่มเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุกๆ 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ได้ผลดังตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1-4.3 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการดองเค็มมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ปริมาณวิตามินซี สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าความชื้น (ตารางที่ 4.1) พบว่า มะม่วงแก้วสดและมะม่วงแก้วที่ผ่านการดองจะมีปริมาณความชื้นในส่วนของเนื้อสูงที่สุด รองลงมาคือ เปลือก และเมล็ด ตามลำดับ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 78.03-86.65, 73.22–78.29 และ 51.54-59.75 ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาในการดองเค็มที่นานขึ้น คือระหว่าง 0-4 สัปดาห์ ปริมาณความชื้นในทุกส่วนของมะม่วงแก้วจะมีค่าลดลง โดยพิจารณาได้จากปริมาณความชื้นของเปลือก เนื้อ และเมล็ด ของมะม่วงในสัปดาห์แรกและสัปดาห์สุดท้ายของการดองเค็มซึ่งจะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการสูญเสียน้ำจากเนื้อเยื่อมะม่วงโดยการแพร่ออกไปในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นสูงกว่า จึงทำให้ปริมาณน้ำในทุกส่วนของมะม่วงดองลดลง

จากการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในเปลือก เนื้อ และเมล็ด ของมะม่วงแก้วในระหว่างการแปรรูปโดยการดองเค็ม โดยรายงานผลในหน่วยมิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1) จะเห็นได้ว่า สารสกัดจากเปลือกของมะม่วงเริ่มต้นและมะม่วงที่ผ่านกระบวนการดองเค็มมีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุดรองลงมาคือ เนื้อ และเมล็ด ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาในการดองต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี พบว่า ปริมาณวิตามินซีในเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงมีแนวโน้มลดลง โดยมีค่าลดลงจาก 49.90 เป็น 22.92, 34.71 เป็น 11.24 และ 18.44 เป็น 4.32 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาในการดองเพิ่มขึ้นเป็น 4 สัปดาห์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Alvarez-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Parrilla และคณะ (2011) พบว่า พริกภูเขาเม็กซิโก (serrano peppers) ที่ผ่านกระบวนการดองมีผลทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลง จาก 1,385 ± 100 เป็น 584 ± 20 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง และงานวิจัยของ Ping และ Zhu (2006) ที่ดองผักกาดเขียวปลี (leaf mustard) 4 พันธุ์ ในน้ำเกลือความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 วัน ที่อุณหภูมิ 15-25 องศาเซลเซียส พบว่า วิตามินซีในผักกาดเขียวปลีทุกสายพันธุ์มีปริมาณลดลงเมื่อระยะเวลาในการดองนานขึ้น

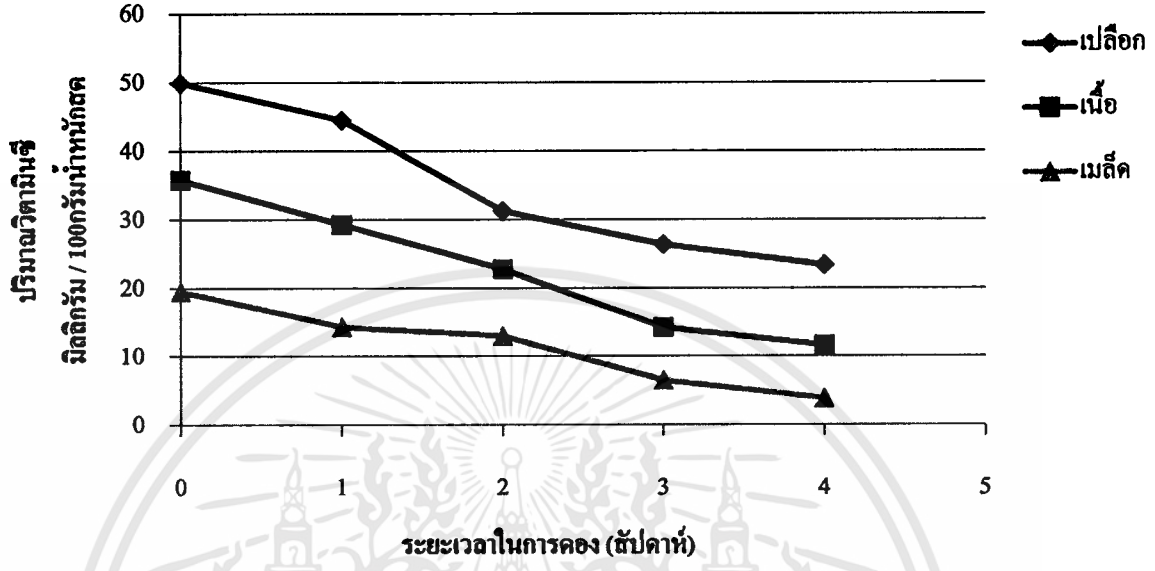
ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ปริมาณวิตามินซี สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของมะม่วงแก้วในระหว่างการแปรรูปมะม่วงดองเค็ม

มะม่วง	ระยะเวลาดอง (สัปดาห์)	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก)	ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100กรัมน้ำหนักสด)	ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิก/กรัมน้ำหนักสด)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPH (มิลลิกรัมโทรลอกซ์/กรัมน้ำหนักสด)
เปลือก	0	$78.29^{a} \pm 0.23$	$49.90^{a} \pm 1.87$	$11.08^{a} \pm 0.46$	$29.20^{a} \pm 1.27$
	1	$76.38^{b} \pm 0.18$	$44.48^{b} \pm 1.88$	$10.39^{b} \pm 0.48$	$26.21^{b} \pm 0.45$
	2	$73.81^{d} \pm 0.27$	$30.79^{c} \pm 0.75$	$9.00^{c} \pm 0.08$	$25.70^{b} \pm 0.76$
	3	$74.86^{c} \pm 0.44$	$26.38^{d} \pm 0.74$	$7.81^{d} \pm 0.12$	$21.61^{c} \pm 0.79$
	4	$73.22^{d} \pm 0.82$	$22.92^{e} \pm 0.74$	$6.69^{e} \pm 0.03$	$15.88^{d} \pm 0.43$
เนื้อ	0	$86.65^{a} \pm 0.24$	$34.71^{a} \pm 1.87$	$0.85^{d} \pm 0.01$	$1.03^{c} \pm 0.06$
	1	$81.18^{b} \pm 0.27$	$28.20^{b} \pm 1.87$	$2.36^{c} \pm 0.08$	$5.43^{b} \pm 0.06$
	2	$80.69^{c} \pm 0.25$	$23.85^{c} \pm 1.87$	$2.91^{c} \pm 0.03$	$6.28^{b} \pm 0.32$
	3	$77.93^{c} \pm 0.09$	$13.83^{d} \pm 0.74$	$2.95^{b} \pm 0.03$	$8.07^{b} \pm 0.66$
	4	$78.03^{d} \pm 0.28$	$11.24^{d} \pm 0.74$	$3.13^{a} \pm 0.04$	$8.91^{a} \pm 0.04$
เมล็ด	0	$59.75^{a} \pm 1.43$	$18.44^{a} \pm 1.87$	$39.44^{c} \pm 0.48$	$106.15^{b} \pm 1.06$
	1	$58.88^{a} \pm 0.76$	$14.75^{b} \pm 0.75$	$41.03^{d} \pm 0.25$	$124.25^{b} \pm 0.90$
	2	$53.41^{b} \pm 0.68$	$12.47^{b} \pm 0.93$	$51.95^{c} \pm 0.26$	$157.49^{a} \pm 5.99$
	3	$54.74^{b} \pm 0.73$	$7.56^{c} \pm 0.75$	$60.46^{b} \pm 0.27$	$164.05^{a} \pm 1.08$
	4	$51.54^{c} \pm 0.53$	$4.32^{d} \pm 0.75$	$65.74^{a} \pm 0.14$	$177.86^{a} \pm 0.51$

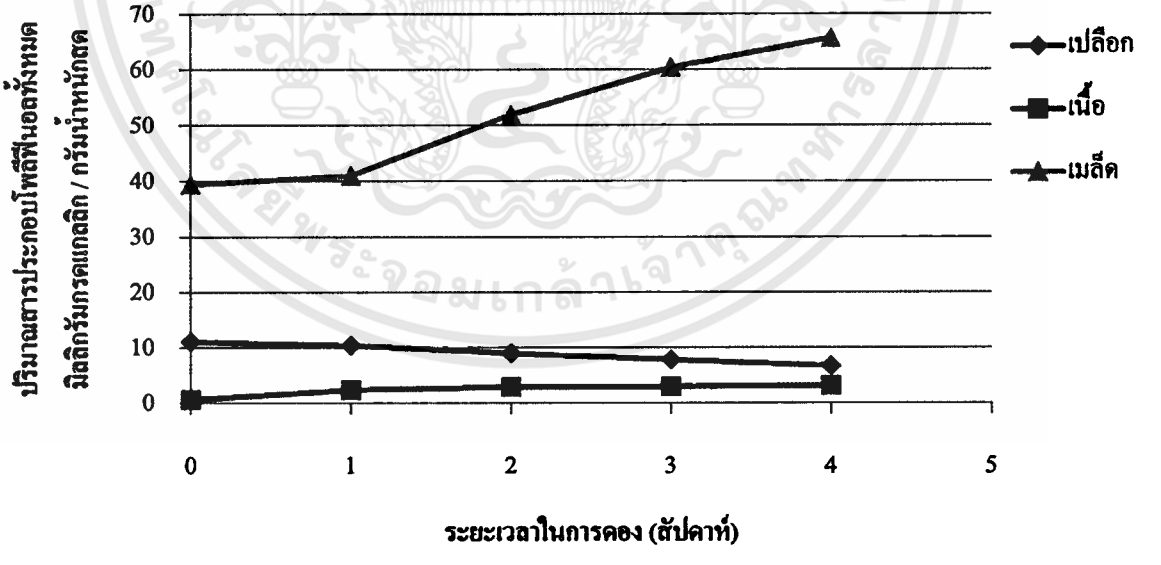
หมายเหตุ : - ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

- a, b, c, d ,e ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งในกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

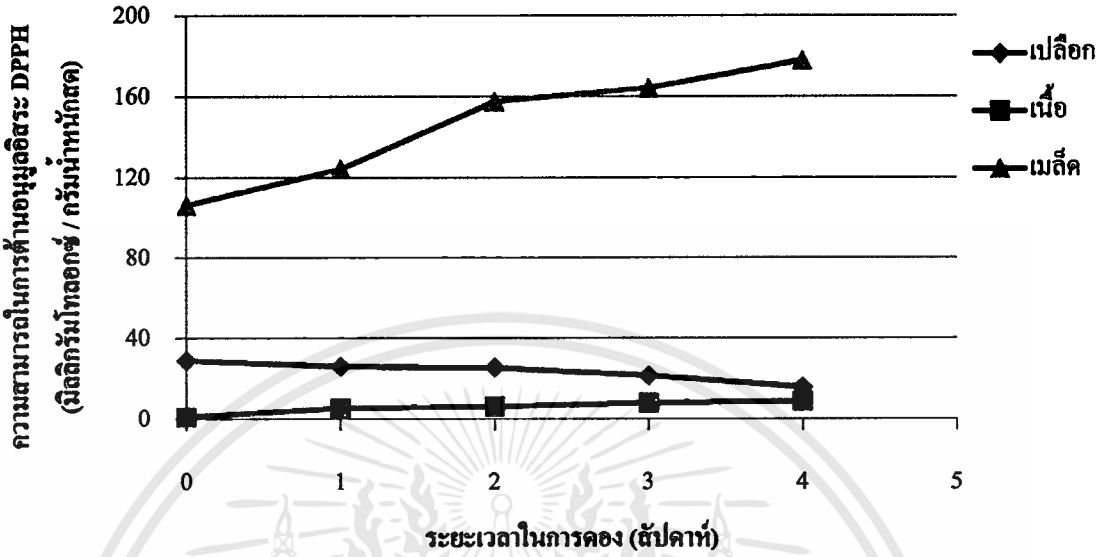


ภาพที่ 4.1 ปริมาณวิตามินซีของเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงแก้วในระหว่างการแปรรูปมะม่วงดอง



ภาพที่ 4.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงแก้วในระหว่างการแปรรูปมะม่วงดอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงแก้วในระหว่างการแปรรูปมะม่วงดอง

สารสกัดจากมะม่วงแก้วทั้งตัวอย่างเริ่มต้นและที่ผ่านการดองแล้วจะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในส่วนของเมล็ดสูงที่สุด รองลงมาคือ เปลือก และเนื้อ ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Soong และ Barlow (2004) และ Ribeiro และคณะ (2008) ที่รายงานว่า สารสกัดจากเมล็ดและเปลือกของมะม่วงมีปริมาณของสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าในส่วนของเนื้อ และงานวิจัยของณัษฐภรณ์ (2552) ที่ศึกษาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและกรดฟีนอลิก ในเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงดิบและสุก 6 สายพันธุ์ คือ เขียวเสวย น้ำดอกไม้ แรด โชคอนันต์ ฟ้าลั่น และ แก้วดำ พบว่า เมล็ดมะม่วงดิบและสุกทุกสายพันธุ์มีปริมาณโพลีฟีนอลสูงที่สุด รองลงมาคือ เปลือกและเนื้อ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาในการดองต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดพบว่า ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในเปลือกมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือ ลดลงจาก 11.08 เป็น 6.69 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัมน้ำหนักสด ในขณะที่ในเนื้อและเมล็ดของมะม่วงจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเพิ่มขึ้นจาก 0.85 เป็น 3.13 และจาก 39.44 เป็น 65.74 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาในการดองเพิ่มขึ้นเป็น 4 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.2) การที่ปริมาณของสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในส่วนของเนื้อและเมล็ดมีค่าเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากการดองเค็มอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนชนิดและปริมาณของสารประกอบโพลีฟีนอลที่มีอยู่ในตัวอย่าง ซึ่งตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมชาติจะมีทั้งรูปอิสระ (free form) และรูปที่จับอยู่กับองค์ประกอบอื่นๆ (bound form) ในระหว่างการดองเค็มมะม่วงอาจส่งผลให้สารประกอบโพลีฟีนอลในรูปที่จับอยู่กับองค์ประกอบอื่นเปลี่ยนเป็นรูปอิสระมากขึ้น จึงถูกสกัดออกมาได้มากขึ้นในขั้นตอนของการวิเคราะห์ ซึ่งมีงานวิจัยที่สนับสนุนข้อมูลดังกล่าว คือ รายงานของ Li และคณะ (2011) พบว่า ยอดมันเทศ (sweet potato tips) ที่ดองในน้ำเกลือความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส 20 วัน ส่งผลให้ ปริมาณรูทิน (Rutin) ซึ่งเป็นสารประกอบโพลีฟีนอลชนิดหนึ่งเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณ ควอซิทิน (Quercetin) จะถูกตรวจพบเมื่อผ่านกระบวนการดองในขณะที่เริ่มต้นตรวจไม่พบ และงานวิจัยของ Fang และคณะ (2007) ที่ดองผักมิซูนา (potherb mustard) ในน้ำเกลือความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ระดับ นาน 5 สัปดห์ พบว่า เมื่อระยะเวลาในการดองนานขึ้นมีผลทำให้ปริมาณ กรดฟีนอลิกอิสระทั้งหมด (total free phenolic acids) มีปริมาณเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณกรดฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic acids) และ ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolics) มีปริมาณลดลง ในทุกความเข้มข้นของน้ำเกลือ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดฟีนอลิกอิสระทั้งหมด เนื่องมาจาก เมื่อผ่านกระบวนการต่างๆมีผลทำให้กรดฟีนอลิกทั้งหมดเปลี่ยนมาอยู่ในรูปอิสระ (Free form) มากขึ้น เมื่อพิจารณาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างเปลือก เนื้อ และเมล็ดของมะม่วงแก้วในระหว่างการดองเค็ม (ตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.3) พบว่าสารสกัดเมล็ดมะม่วงที่ผ่านการดองและเริ่มต้นมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด รองลงมาคือเปลือกและเนื้อ ตามลำดับ โดยที่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดจากเปลือกมีค่าลดลงจาก 29.20 เป็น 15.88 มิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์/กรัมน้ำหนักสด ในขณะที่เนื้อ และเมล็ดมะม่วงจะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มขึ้นจาก 1.03 เป็น 8.91 และจาก 106.15 เป็น 177.86 มิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาในการดองเพิ่มขึ้นเป็น 4 สัปดาห์ ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ ลลิตา (2552) ที่ศึกษาสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือก เนื้อ และเมล็ด มะม่วงดิบและสุก 6 สายพันธุ์ คือ เขียวเสวย น้ำดอกไม้ แรด โชคอนันต์ ฟ้าลั่น และ แก้วดำ พบว่า เมล็ดของมะม่วงทุกสายพันธุ์มีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงที่สุดรองลงมา คือ เปลือก และเนื้อ นอกจากนี้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ยังสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดดังกล่าวข้างต้น

4.1.2 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษามะม่วงดองเค็ม

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ปริมาณวิตามินซี สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงแก้วในระหว่างการเก็บรักษามะม่วงดองที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 เดือน โดยหลังจากดองเค็มเป็นเวลา 4 สัปดาห์ เก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลมะม่วงดองเค็มในน้ำเกลือเดิมโดยบรรจุอยู่ในถังพลาสติกขุ่น สุ่มเก็บตัวอย่างทุก 1 เดือนเป็นเวลา 2 เดือน วิเคราะห์ค่าต่างๆดังกล่าว ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.2

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาที่นานขึ้น ปริมาณความชื้นในทุกส่วนของมะม่วงแก้วดองเค็มจะมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากการสูญเสียน้ำจากเนื้อเยื่อมะม่วงโดยการแพร่ออกไปในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นสูงกว่าจึงทำให้ปริมาณน้ำในทุกส่วนของมะม่วงลดลง

ตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ปริมาณวิตามินซี สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของมะม่วงดองเค็มในระหว่างการเก็บรักษา

มะม่วง	ระยะเวลา (เดือน)	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก)	ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100กรัมน้ำหนักสด)	ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิก/กรัมน้ำหนักสด)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (มิลลิกรัมโทรลอกซ์/กรัมน้ำหนักสด)
เปลือก	0	$73.22^{ab} \pm 0.82$	22.92 ± 0.75	$6.69^{a} \pm 0.04$	$15.88^{a} \pm 0.43$
	1	$74.60^{a} \pm 1.10$	ND	$5.26^{b} \pm 0.07$	$10.84^{b} \pm 0.18$
	2	$72.46^{c} \pm 0.01$	ND	$4.44^{c} \pm 0.12$	$8.17^{c} \pm 0.03$
เนื้อ	0	$78.03^{a} \pm 0.28$	11.24 ± 0.75	$3.13^{a} \pm 0.04$	$8.91^{a} \pm 0.04$
	1	$76.11^{b} \pm 0.10$	ND	$2.40^{b} \pm 0.15$	$8.23^{a} \pm 0.36$
	2	$75.08^{c} \pm 0.23$	ND	$2.10^{c} \pm 0.06$	$5.64^{b} \pm 0.21$
เมล็ด	0	$51.54^{b} \pm 0.53$	4.32 ± 0.75	$65.74^{a} \pm 0.14$	$177.86^{a} \pm 2.54$
	1	$53.14^{a} \pm 0.40$	ND	$47.61^{b} \pm 0.34$	$164.05^{b} \pm 5.41$
	2	$50.21^{c} \pm 0.22$	ND	$45.51^{c} \pm 0.07$	$159.68^{b} \pm 2.68$

หมายเหตุ : - ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

- a, b, c ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งในกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p \leq 0.05$)
- ND คือ ตรวจไม่พบ โดยค่า LOD (limit of detection) ของวิธีการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีที่ใช้มีค่าเท่ากับ 2.2 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี โดยสกัดวิตามินซีจากตัวอย่างด้วยสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริก ไม่สามารถตรวจพบปริมาณวิตามินซีได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเก็บรักษาเป็นเวลานานทำให้ปริมาณวิตามินซีถูกทำลายจนมีระดับต่ำกว่า 2.2 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งเป็นค่า LOD (limit of detection) ของวิธีวิเคราะห์ที่ใช้

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลง ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด จะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลทำให้ สารสกัดจากเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงดองมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น แต่เมื่อผ่านกระบวนการเก็บรักษานาน 2 เดือน สารสกัดจากเมล็ดมะม่วงยังคงมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงสุด รองลงมาคือ เปลือกและเนื้อตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 และ 2 เดือน ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นในทุกส่วนของมะม่วงดอง ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัด เปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงดองในระหว่างการเก็บรักษา โดยรายงานผลในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อกรัมน้ำหนักสด พบว่า เมื่อเก็บรักษามะม่วงดองเป็นเวลา 2 เดือน มีผลทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในทุกส่วนของมะม่วงมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดจากเมล็ดมะม่วงดองยังคงมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มากที่สุด รองลงมาคือ เปลือก และเนื้อ ตามลำดับ ผลการทดลองข้างต้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Granito และคณะ (2008) รายงานว่า สมบัติการต้านออกซิเดชันซึ่งทดสอบด้วยวิธี DPPH ของถั่วแขกไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 11 ในช่วงระยะเวลา 60 วันแรก แต่ลดลงเมื่อเก็บรักษานานกว่า 60 วัน โดยในวันที่ 150 กิจกรรมการต้านออกซิเดชันของถั่วแขกลดลง 71 เปอร์เซ็นต์

4.2 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านออกซิเดชันของเนื้อมะม่วงแก้วในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษามะม่วงดองแช่อิ่ม

4.2.1 ผลของกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์มะม่วงดองแช่อิ่ม

จากการทดลองเตรียมมะม่วงดองแช่อิ่ม ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 5 ขั้นตอน (แผนภูมิภาพที่ 3.1) คือ นำชิ้นเนื้อมะม่วงดองเค็ม (1) มาแช่ในน้ำสะอาด 2 ครั้ง ครั้งละ 45 นาที จะได้เนื้อมะม่วงที่ลดความเค็มลง (2) หลังจากนั้นแช่ในสารละลาย $CaCl_2$ 0.5 เปอร์เซ็นต์ นาน 30 นาที จะได้เนื้อมะม่วงดองที่ผ่านการแช่ $CaCl_2$ (3) และลวกผ่านน้ำร้อน 95 องศาเซลเซียส จะได้ชิ้นเนื้อมะม่วงพร้อมสำหรับแช่อิ่ม (4) แล้วนำชิ้นเนื้อมะม่วงไปแช่ในน้ำเชื่อมปรุงรสที่เตรียมไว้ จะได้เนื้อมะม่วงดอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แช่อิ่ม (5) สุ่มตัวอย่างเนื้อมะม่วงจากแต่ละขั้นตอนดังกล่าวมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณวิตามินซี ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ปริมาณวิตามินซี สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างเนื้อมะม่วงแก้วจากขั้นตอนต่างๆในระหว่างการแปรรูปมะม่วงดองแช่อิ่ม

ตัวอย่างเนื้อมะม่วงจากขั้นตอนการแปรรูปมะม่วงแช่อิ่ม	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก)	ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด)	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัมน้ำหนักสด)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (มิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์/กรัมน้ำหนักสด)
1. ชิ้นเนื้อมะม่วงดองเค็ม	$78.03^{a} \pm 0.28$	$4.34^{a} \pm 0.75$	$1.77^{a} \pm 0.04$	$2.57^{a} \pm 0.07$
2. ชิ้นเนื้อมะม่วงดองที่ลดความเค็มลง	$79.86^{a} \pm 0.03$	$3.90^{ab} \pm 0.75$	$1.17^{b} \pm 0.03$	$2.40^{a} \pm 0.06$
3. ชิ้นเนื้อมะม่วงดองที่ผ่านการแช่ $CaCl_2$	$80.95^{a} \pm 0.73$	$3.47^{ab} \pm 0.75$	$1.16^{b} \pm 0.01$	$2.28^{b} \pm 0.06$
4. ชิ้นเนื้อมะม่วงดองพร้อมสำหรับแช่อิ่ม	$73.03^{b} \pm 3.13$	$3.02^{c} \pm 0.74$	$1.07^{c} \pm 0.03$	$2.13^{b} \pm 0.01$
5. มะม่วงดองแช่อิ่ม	$68.67^{c} \pm 0.42$	ND	$1.05^{c} \pm 0.01$	$2.02^{b} \pm 0.05$

หมายเหตุ : - ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

- a, b, c ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งในกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p \leq 0.05$)
- ND คือ ตรวจไม่พบ โดยค่า LOD (limit of detection) ของวิธีการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีที่ใช้มีค่าเท่ากับ 2.2 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ในขั้นตอนการผลิตมะม่วงดองแช่อิ่มจากขั้นตอนเริ่มต้นจนถึงขั้นตอนสุดท้ายของการแช่อิ่มมีผลทำให้ปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในขั้นตอนที่ 5 ซึ่งได้จากการนำมะม่วงมาแช่อิ่มในน้ำเชื่อมเป็นเวลา 1 วัน จะทำให้ปริมาณความชื้นมีค่าลดลงจากเริ่มต้น 78.03 เปอรเซ็นต์ เป็น 68.67 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณความชื้นที่ลดลงเนื่องจากการผลิตผลไม้แช่อิ่ม อาศัยหลักการของการออสโมซีส ซึ่งทำให้น้ำตาลที่อยู่ในรูปของน้ำเชื่อมค่อยๆซึมผ่านเข้าไปในเนื้อเยื่อของชิ้นเนื้อมะม่วง ทั้งนี้ประสิทธิภาพของการออสโมซิสขึ้นกับความเข้มข้นของสารละลายน้ำเชื่อม และจะมีผลโดยตรงต่อปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ ถ้าหากสารละลายมีความเข้มข้นสูง จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นลดลงได้เร็ว

เมื่อพิจารณาปริมาณวิตามินซี พบว่า ปริมาณวิตามินซีของสารสกัดเนื้อมะม่วงดองแช่อิ่มมีค่าลดลงเล็กน้อยในขั้นตอนที่ 1-4 และเกิดการสูญเสียจนตรวจไม่พบในผลิตภัณฑ์สุดท้าย คือ มะม่วงดองแช่อิ่ม ทั้งนี้การสูญเสียปริมาณวิตามินซีอาจเกิดจากการละลายออกมาในน้ำเชื่อมและการสลายตัวของวิตามินซีในระหว่างการแช่ในน้ำเชื่อม นอกจากนี้ผลการทดลองในตารางที่ 4.3 ยังแสดงให้เห็นว่าในระหว่างกระบวนการแปรรูปมะม่วงดองแช่อิ่มทุกขั้นตอนมีผลทำให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีแนวโน้มลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Granito และคณะ (2008) ที่พบว่า ปริมาณโพลีฟีนอลและกิจกรรมการต้านออกซิเดชันของถั่วแขก (*Phaseolusvalgris*) มีปริมาณลดลงเมื่อผ่านการให้ความร้อนด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

4.2.2 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษามะม่วงดองแช่อิ่ม

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของเนื้อมะม่วงดองแช่อิ่มในระหว่างการเก็บรักษา โดยนำเนื้อมะม่วงดองแช่อิ่มเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติกโพลีเอธิลีน (Polyethylene: PE) ที่ปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึก สุ่มเก็บตัวอย่างทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ มาตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของค่าต่างๆ ให้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.4

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์มะม่วงดองแช่อิ่มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลดลงจากเริ่มต้น 68.67 เปอร์เซ็นต์ เป็น 65.24 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ สำหรับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่ามีค่าลดลงเล็กน้อยอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา 8 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และ สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของเนื้อมะม่วงดองแช่อิ่มในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก)	ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิก/กรัมน้ำหนักสด)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPH (มิลลิกรัมโทรลอกซ์/กรัมน้ำหนักสด)
0	$68.67^{a} \pm 0.33$	$1.05^{a} \pm 0.01$	$2.02^{d} \pm 0.49$
2	$67.10^{b} \pm 0.08$	$0.93^{b} \pm 0.01$	$3.17^{a} \pm 0.17$
4	$66.44^{bc} \pm 0.83$	$0.90^{b} \pm 0.01$	$2.88^{ab} \pm 0.09$
6	$65.62^{cd} \pm 0.15$	$0.83^{c} \pm 0.04$	$2.68^{bc} \pm 0.20$
8	$65.24^{d} \pm 0.55$	$0.76^{d} \pm 0.01$	$2.42^{cd} \pm 0.06$

หมายเหตุ : - ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

- a, b, c, d ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งในกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองทั้งหมดข้างต้นจะเห็นได้ว่า กระบวนการแปรรูปมะม่วงดองแช่อิ่ม โดยเริ่มตั้งแต่มะม่วงแก้วสดนำมาดองเค็ม (4 สัปดาห์) และนำเนื้อมะม่วงดองเค็มมาผ่านขั้นตอนการแช่อิ่ม มีผลทำให้ปริมาณวิตามินซี สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยการดองเค็มและการแช่อิ่มมีผลทำให้เนื้อมะม่วงมีปริมาณวิตามินซีลดลงจากเริ่มต้นคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลงจากเริ่มต้นคิดเป็น 3.52 และ 57.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มจึงมีปริมาณสารที่มีประโยชน์เชิงสุขภาพน้อยกว่ามะม่วงสดเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงแก้วในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษามะม่วงดองพบว่า ส่วนของเมล็ดมะม่วงแก้วสดเริ่มต้นและที่ผ่านการดองมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด รองลงมาคือส่วนของเปลือกและเนื้อ ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณวิตามินซีจะพบในส่วนของเปลือกสูงที่สุด รองลงมาคือในเนื้อและเมล็ดใน ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาในการดองและการเก็บรักษามะม่วงดองที่นานขึ้น เปลือกของมะม่วงดองจะมีแนวโน้มของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลง แต่ในส่วนเนื้อและเมล็ดจะมีแนวโน้มของค่าดังกล่าวเพิ่มขึ้นในระหว่างการดอง 4 สัปดาห์ โดยทุกส่วนของมะม่วงดองเค็มมีค่าดังกล่าวลดลงในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน สำหรับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซี พบว่า เมื่อระยะเวลาในการดองเค็มและการเก็บรักษามะม่วงดองที่นานขึ้น ปริมาณวิตามินซีในทุกส่วนของมะม่วงดองจะมีแนวโน้มลดลงจนตรวจไม่พบ

เมื่อนำเนื้อมะม่วงแก้วที่ผ่านการดองเค็มเป็นเวลา 4 สัปดาห์ มาแปรรูปเป็นมะม่วงดองแช่อิ่ม เก็บตัวอย่างเนื้อมะม่วงในระหว่างขั้นตอนต่างๆของการแช่อิ่ม และนำเนื้อมะม่วงดองแช่อิ่มที่ได้มาเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า บางขั้นตอนของการแปรรูปและการเก็บรักษามะม่วงดองแช่อิ่มมีผลทำให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีแนวโน้มลดลง และตรวจไม่พบวิตามินซีในผลิตภัณฑ์สุดท้ายของมะม่วงดองแช่อิ่มที่ได้ โดยปริมาณวิตามินซี ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายลดลงจากตัวอย่างเนื้อมะม่วงเริ่มต้นคิดเป็น 100, 3.52 และ 57.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าเนื้อมะม่วงซึ่งเป็นส่วนที่รับประทานได้มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ต่ำที่สุด ในขณะที่เปลือกและเมล็ดซึ่งเป็นส่วนเหลือทิ้งมากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ของผลมะม่วงจะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าและขั้นตอนการแปรรูปโดยการดองเค็มยังส่งผลให้ ปริมาณสารสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิสระ DPPH ของเนื้อ และเมล็ดของมะม่วงเพิ่มขึ้นอีกด้วย จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การแปรรูปโดยวิธีการดองเค็มไม่ใช่เพียงแค่เป็นการเพิ่มรสชาติของอาหารหรือการยืดอายุของผลิตภัณฑ์เท่านั้น แต่ยังพบว่าการดองช่วยเพิ่มระดับสารแอนติออกซิแดนซ์ในตัวอย่างเนื้อมะม่วงดองได้ถึง 0.07 เปอร์เซ็นต์ แต่กระบวนการแช่อิ่มกลับทำให้ปริมาณสารสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของเนื้อมะม่วงมีค่าลดลง แม้จะเป็นเพียงการวิจัยเบื้องต้น แต่ก็เป็นเรื่องที่น่าสนใจในการศึกษาวิจัยต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในระหว่างการแปรรูปโดยการดองมะม่วงพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านออกซิเดชันของเมล็ดมะม่วงเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาที่จะนำเมล็ดมะม่วงมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเป็นการเพิ่มมูลค่าวัฏดิบและลดปัญหาสภาพแวดล้อมของประเทศจากขยะเมล็ดมะม่วงต่อไป
2. ในระหว่างการผลิตผลิตภัณฑ์มะม่วงดองแช่อิ่มพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านออกซิเดชันของเนื้อมะม่วงลดลง ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเติมสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่ม เพื่อเพิ่มมูลค่าและคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2543. คู่มือพืชสวนเศรษฐกิจ. กองส่งเสริมพืชสวน กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2544. รายงานเกณฑ์คุณภาพและวิธีการตรวจคุณภาพวัตถุดิบมะม่วง. ส่วนอุตสาหกรรมเกษตร สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา, กรุงเทพฯ.

กรมอนามัย. 2544. ตารางแสดงคุณค่าทางอาหารของอาหารไทย. กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารและโภชนาการ กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี.

กาญจนารัตน์ ทวีสุข, ชิดชม ฮิรางะ, มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด และ รัศมี ศุภศรี. 2545. การยกระดับอุตสาหกรรมการแปรรูปมะม่วงในท้องถิ่นเพื่อให้ได้มาตรฐาน. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จริงแท้ ศิริพาณิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ณัษฐภรณ์ ไม่อ่อนมือ. 2552. การศึกษาเชิงเปรียบเทียบปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและกรดฟีนอลิกในเปลือกเนื้อและเมล็ดในมะม่วงดิบและสุกสายพันธุ์ต่างๆ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

ธนาธิป แซ่อุ่น. 2544. 8 เซียน มะม่วงนอกฤดู. สำนักพิมพ์นาคาอินเตอร์มีเดียจำกัด. กรุงเทพฯ.

ธวัชชัย รัตน์ชเลส, พฤกษ์ ยิบมันตะสิริ และ รุ่งทิพย์ อุทุมพันธ์. 2541. อุตสาหกรรมการแปรรูปมะม่วงในภาคเหนือตอนบน. MCC Agricultural Systems Working Paper. No (48).

ธวัชชัย รัตน์ชเลส และ ศิวาพร ธรรมดี. 2542. พันธุ์ไม้ผลการค้าในประเทศไทย คู่มือเลือกพันธุ์สำหรับผู้ปลูก. สำนักพิมพ์รั้วเขียว, กรุงเทพฯ.

ธวัชชัย รัตน์ชเลศ,พฤกษ์ ยิบมันตะสิริ และรุ่งทิพย์ อุทุมพันธ์. 2546. มะม่วงแก้ว: ไม้ผลเพื่อความหวังและฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. สำนักพิมพ์มติชน, กรุงเทพฯ.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภัทราภรณ์ ศรีสมรรถการ, ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน, รัตนพล พนมวัน ณ อยุธยา, พยุงศักดิ์ มะโนชัย และ ณัฐชัย เที่ยงบูรณธรรม. 2547. ผลของกระบวนการแปรรูปกระชายที่มีต่อสารฟลาโวนอยด์และคุณภาพบางประการในผลิตภัณฑ์กระชาย. สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และคณะเกษตรศาสตร์บางพระ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก.

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, กาญจนารัตน์ ทวีสุข, ชิดชม ฮิรางะ, วิภา สุโรจนะเมธากุล, สิริพร เสาวภาคย์ และ วินัย ปีติยนต์. 2543. การดองมะม่วงและการแปรรูปเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา: โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์มะม่วงเพื่อเพิ่มมูลค่าและการส่งออก รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สถาบันวิจัยค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รุจิรา ตาปราบ, จันทร์เพ็ญ มะลิพันธ์ และประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2548. สมบัติการต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากขิงและผลิตภัณฑ์ขิงในระหว่างกระบวนการแปรรูปอาหาร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

ลลิตา สมประสงค์. 2552. การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือกเนื้อและเมล็ดในมะม่วงดิบและสุกสายพันธุ์ต่างๆ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

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

ศศิเกษม ทองยงค์ และ พรรณี เดชกำแหง. 2536. เคมีอาหารเบื้องต้น. โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้า, กรุงเทพฯ.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2533. ทฤษฎีอาหาร เล่ม 2 หลักการถนอมอาหารและการควบคุมอาหาร.คณะวิชาคหกรรมศาสตร์วิทยาศาสตร์. วิทยาลัยเทคนิคกรุงเทพ, กรุงเทพฯ.

สถาบันดีนันแห่งเอเชีย. 2549. โครงการจัดทำแผนที่เครือข่ายวิสาหกิจ (Cluster Mapping) เพื่อยกระดับความสามารถในการแข่งขันของภาคการผลิตและบริการ. หจก. อุดมรัตน์การพิมพ์และดีไซน์, กรุงเทพฯ.

อัญชลินทร์ สิงห์คำ และ ทศพร นามโฮง. 2551. เคมีอาหาร1. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. เข้าถึงได้จาก http://courseware.rmutl.ac.th/courses/103/unit000.html (1 เมษายน 2554).

โอภา วัชระคุปต์, ปรีชา บุญญู, จันทนา บุญยะรัตน์ และ มาลีรักษ์ อัตต์สินทอง. 2551. สารต้านอนุมูลอิสระ. พิมพ์ครั้งที่ 2. นิวไทยมิตรการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abdalla, E. M. A., S. M. Darwish, E. H. E. Ayad, and R.M. E. Hamahmy. 2007. Egyptian mango by-product 2: Antioxidant and antimicrobial activities of extract and oil from mango seed kernel. Food Chem. 103:1141-1152.

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

Alvarez-Parrilla, E., L.A. De La Rosa , R. Amarowicz, and F. Shahidi. 2011. Antioxidant activity of fresh and processed jalapeno and serrano peppers. J. Agric. Food Chem. 59:163-173.

Amerine, M.A., C.S. Ough, and V.L. Singleton. 1979. The Technology of Wine Making. 4th ed. AVI Publishing Company Inc., Westport, Connecticut.

AOAC, Association of Official Analytical Chemists Official Methods. 1990. Official method of analysis of AOAC international. Virginia.

AOAC , Association of Official Analytical Chemists Official Method. 2000. Official method of analysis of AOAC international. 17th ed. Gaithersburg, USA.

Balasundram, N., K. Sundram, and S. Samman. 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products : Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chem. 99: 191-203.

Basu, T.K., N.J. Temple, and M.L. Garg. 1999. Antioxidants in Human Health and Disease. CABI Publishing, UK.

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

Burns, J., P.T. Gardner, J. O'Neil, S. Crawford, I. Morecroft, and D.B. McPhail. 2000. Relationship among antioxidant activity, vasodilation capacity and phenolic content of red wines. J. Agric. Food Chem. 48: 220-230.

Fang, Z., Y. Hu, D. Liu, J. Chen, and X. Ye. 2007. Changes of phenolic acids and antioxidant activities during potherb mustard (Brassica juncea, Coss.) pickling. Food Chem. 108: 811–817.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Granito, M., M. Paolini, and, S. Perez. 2008. Polyphenols and antioxidant capacity of Phaseolus vulgaris stored under extreme conditions and processed. Lebensm Wiss Technol. 41:994-999.

Gutteridge, J.M.C. 1993. Invited review free radicals in disease processes: a complication of caus and consequence. Free Radic Res Comm. 19: 141-58.

Harris, J.R. 1996. Subcellular Biochemistry, Ascorbic Acid: Biochemistry and Biomedical Cell Biology. Plenum, New York.

Hatanaka, M., K.Takahashi, S. Nakamura, and T. Mashino. 2005. Preparation and antioxidant activity of α-pyridoin and its derivatives. Bioorg. Med. Chem. 13: 6763-6770.

Huang, M.T., C.T. Ho, and C.Y. Lee. 1992. ACS Symposium Series 507. American Chemical Society, Washington, DC.

Hudson, B.J.F. 1990. Food Antioxidants. Elsevier Science Publisher Ltd, UK.

Jeong, S.M., S.Y. Kim, D.R. Kim, S.C. Jo, K.C. Nam, D.U. Ahn, and S.C. Lee. 2004. Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peel. J. Agric. Food Chem. 52(11): 3389-3393.

Jethro, J., T. Harvey, Jr. Chan, and S.S. Willium. 1990. Tropical Fruits Processing. California. Academic Press Inc. New York.

Kapinska, M., J. Borowski, and O.M. Danowska. 2000. The use of natural antioxidants in ready to serve food. Food Chem. 72: 5-9.

Karakaya, S. 2004. Bioavailability of phenolic compounds. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 44(6): 453-464.

Kinsella, J. E., E. Frankel, B. German, and J. Kanner. 1993. Possible mechanisms for the protective role of antioxidants in wine and plant food. Food Sci. Tech. 47(4) : 85-89.

Li, C., L. Chun-quan, L. Da-jing and, S. Jing-feng. 2011. Effect of processing on Taste quality and health-relevant functionality sweet potato tips. Agric. Sci. China. 10(3) : 456-462.

Murakami, M., T.Y. amaguchi, H. Takamura, and T. Matoba. 2004. Effect of thermal treatment on radical scavenging activity of single and mixed polyphenolic compounds. Food Sci. 69(1): 7-10.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Noguchi, N., E. Komuro, E. Niki, and R. L. Wilson. 1994. Action of curcumin as an antioxidant against lipid peroxidation. J. Jpn. Oil Chem. Soc. 43: 1045-1051.

Paganga, G., N. Miller, and C.A. Rice-Evans. 1999. The polyphenol content of fruit and vegetable and their antioxidant activies. What does a serving constitute. Free Radic. Res. 30: 153-162.

Ping, W., and Z. Zhu-jun. 2006. Effects of pickling on the contents of antioxidant and antioxidant activities in different cultivars of leaf mustard. J. Nuclear Agric. Sci. 20(6): 516-520.

Pokorny, J.; N. Yanishlieva, and M. Gordon. 2001. Antioxidants in food. Woodhead Pubishing Limited. Washington, DC.

Poulson, H. E., H. Prieme, and S. Loft. 1998. Role of oxidative DNA damage in cancer initiation and promotion. Eur. J. Cancer Prev. 7: 9-16.

Rajalakshmi, D., and F. Narasimhan. 1995. Food Antioxidants. (eds. Madhavi, D. L., Despande, S.S. and Salunkhe, D.K.) Marcel Dekker, Inc. New York.

Ribeiro, C., A. A. Vicente, A. J. Texixeiro, and C. Miranda. 2007. Optimization of edible composition to retard strawberry fruit senescence. Post. Biol. Tech. 44: 63-70.

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

Shahidi, F., and P.K. Wannasundara. 1992. Phenolic antioxidants. J. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 32: 67-103.

Singleton, V.L., and R.M. Lamuela-Raventos. 1999. Analysis of total phenol and other Oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Meth. Enzymol. 299: 152-178.

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

USDA. 2007. National Nutrient Database for Standard Reference. Washington, DC : United States Dept. of Agriculture.

Vitamin C. [Online] Available HTTP: http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:VitaminC.svg. (May 1, 2010).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Waterman, P.G., and S. Mole. 1994. Analysis of Phenolic Plant Metabolites. Oxford : Blackwell Scientific Publications. 38 : 1064

Wiseman, H., and B. Halliwell. 1996. Damage to DNA by reactive oxygen and nitrogen species: Role of inflammatory disease and progression to cancer. J. Biochem. 313: 17-29.

Yen, G.C., and G.L. Hsieh. 1997. Antioxidant effects on dopamine and related compounds. Biosci. Biotechnol. Biochem. 61:1646-1649.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น
(Moisture content)

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในตัวอย่างเปลือก เนื้อ และเมล็ดในของมะม่วง (AOAC, 2000) โดยมีหลักการคือ เป็นการหาน้ำหนักตัวอย่างที่หายไป เนื่องจากการระเหยของน้ำที่มีอยู่ในอาหารเป็นไอน้ำ ที่อุณหภูมิใกล้จุดเดือดหรือที่จุดเดือดของน้ำ

1. อุปกรณ์

1.1 ถ้วยอลูมิเนียม (aluminum can)

1.2 โถดูดความชื้น (desiccator)

1.3 ตู้อบลมร้อน (hot air oven)

1.4 คีม (tong)

1.5 เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (analytical balance)

1.6 ช้อนตักสาร (spatula)

2. วิธีวิเคราะห์

2.1 นำถ้วยอลูมิเนียมอบที่อุณหภูมิ 130 ± 3 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่

2.2 ชั่งตัวอย่างมะม่วงหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ตัวอย่างละ 5 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียดใส่ในถ้วยอลูมิเนียม

2.3 นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่

2.4 ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

2.5 ชั่งน้ำหนักแล้วคำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด
(Total polyphenol content)

การวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในส่วนเปลือก เนื้อ และเมล็ดในมะม่วง ใช้วิธีที่รายงานโดย Singleton และ Lamuela-Raventos (1999) โดยสารโพลีฟีนอลจะทำปฏิกิริยากับ folin-ciocalteu ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินที่มีการดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร และใช้กรดแกลลิกเป็นสารประกอบฟีนอลิกมาตรฐาน

1. สารเคมี

1.1 folin-ciocalteu reagent

1.2 โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate, $NaCO_3$)

1.3 กรดแกลลิก (Gallic acid)

2. การเตรียมกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้นเริ่มต้น 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (ชั่งกรดแกลลิก 0.04 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร)

2.2 ปิเปตสารละลายมาตรฐานดังกล่าวใส่หลอดทดลองหลอดละ 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.20, 0.25,0.30 และ 0.35 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร (ปริมาณกรดแกลลิกในแต่ละหลอดมีค่าเท่ากับ 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 ไมโครกรัม ตามลำดับ)

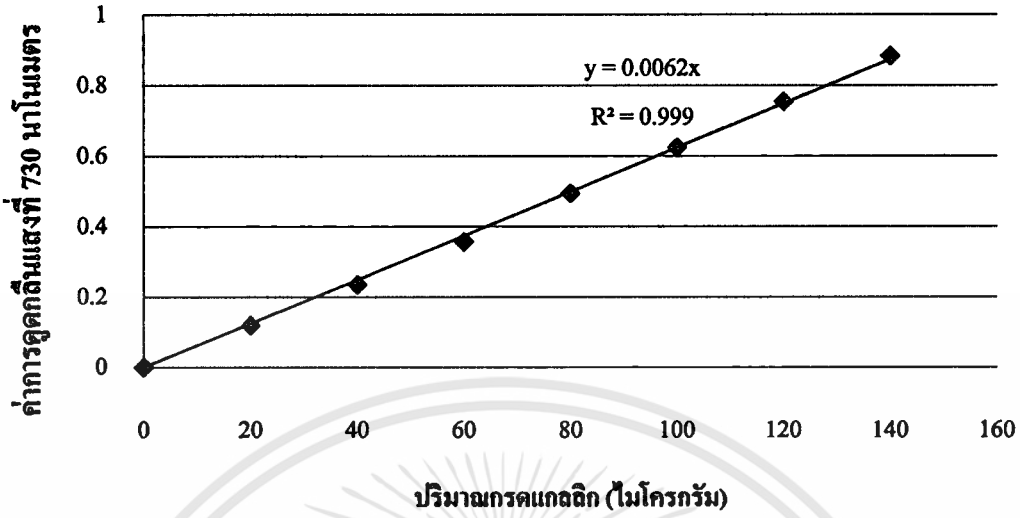
2.3 เติมสารละลาย folin-ciocalteu reagent ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันวางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 5 นาที

2.4 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันวางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที

2.5 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายกรดแกลลิกเป็น blank

2.6 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแกลลิกและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

3. วิธีการเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างมะม่วง

การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างมะม่วง ทำโดยการนำเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วง 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 ปรับปริมาตรให้เป็น100 มิลลิลิตรด้วยเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อไป

4. การวิเคราะห์ปริมาณสารโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างสารสกัดจากมะม่วง

4.1. ปิเปตตัวอย่างสารสกัดจากมะม่วงปริมาตรที่เหมาะสม ใส่ในหลอดทดลอง และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร

4.2. เติมสารละลาย folin-ciocalteu reagent ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที

4.3. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

4.4. สำหรับ blank ให้ใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างสารสกัดในข้อ 3.1 ในปริมาตรที่เท่ากัน

4.5. คำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างสารสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ตัวอย่างการคำนวณ

4.1 การคำนวณปริมาณสารโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างเปลือกมะม่วงแก้ว

คำนวณหาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างสารสกัดเปลือกมะม่วงแก้ว โดยนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้แทนค่าลงในสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

สมการจากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

$$y = 0.0062x \quad ; \quad R^2 = 0.999$$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

x = ปริมาณสารโพลีฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัม/ 0.5 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง)

c = จุดตัดแกน y

ตัวอย่างการคำนวณ

สารสกัดจากตัวอย่างเปลือกมะม่วงแก้ว

ครั้งที่1 ปริมาณสารสกัดตัวอย่างเปลือกมะม่วงแก้ว 0.5 มิลลิลิตร

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร เท่ากับ 0.433

แทนค่าในสูตรจะได้

$$0.433 = 0.0062x$$

$$x = 69.83 \text{ ไมโครกรัม / 0.5 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง}$$

สารสกัดตัวอย่างมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด = 69.83 ไมโครกรัม / 0.5 มิลลิลิตรของสารสกัด

สารสกัดตัวอย่างมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด = 13,967 ไมโครกรัม / 100 มิลลิลิตรของสารสกัด

ในสารสกัดตัวอย่างเปลือกมะม่วงแก้ว 100 มิลลิลิตรเตรียมได้จากการสกัดตัวอย่างเปลือกมะม่วงแก้ว 1 กรัม

ดังนั้น

เปลือกมะม่วงแก้วมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด = 13,967 ไมโครกรัม / 1 กรัมตัวอย่าง

= 13.96 มิลลิกรัม / 1 กรัมตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH scavenging activity)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH วิเคราะห์โดยใช้วิธีที่รายงานโดย Murakami และคณะ, (2004) โดยมีหลักการคือ เมื่อสารละลายของอนุมูลอิสระ DPPH ซึ่งมีสีม่วงแดงทำปฏิกิริยากับสารสกัดที่มีสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายจากสีม่วงแดงเป็นไม่มีสีหรือมีสีจางลง ซึ่งในกรณีที่สารสกัดมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดี จะทำให้สีม่วงแดงของสารละลาย DPPH จางลงได้มากกว่าสารสกัดที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้น้อย สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงโดยการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

1. สารเคมี

1.1 2, 2-diphenyl-1-picryhydrazyl radical (DPPH)

1.2 เอธานอล 95% (Ethanol, C_2H_5OH)

2. วิธีวิเคราะห์

2.1 ปิเปตตัวอย่างสารสกัดและเอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ลงในหลอดทดลอง โดยให้ปริมาตรรวมของตัวอย่างสารสกัดและเอธานอล ในหลอดเป็น 5.4 มิลลิลิตร

2.2 ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ (โดยชั่ง DPPH 0.0158 กรัมละลายในเอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร) 0.6 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองซึ่งปริมาตรของสารละลายที่ทำปฏิกิริยารวมทั้งหมดในหลอดทดลองเป็น 6 มิลลิลิตร

2.3 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที

2.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรโดยใช้เอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ เป็น blank และในหลอดควบคุมจะใช้เอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ แทนตัวอย่างสารสกัดในข้อ 2.1

2.5 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยแทนค่าในสมการดังนี้

{1 - (ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่าง / ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม)} x 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเตรียมกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์

3.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์(โดยชั่ง DPPH 0.0158 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาตรรวมเป็น 50 มิลลิลิตร)

3.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร(โดยชั่งโทรลอกซ์ 0.025 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ให้มีปริมาตรรวมเป็น100 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร) โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานดังกล่าวมา 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1, 0.12 และ 0.14 มิลลิลิตร ตามลำดับ ใส่หลอดทดลองแล้วปรับปริมาตรด้วยเอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 0.2 มิลลิลิตร (จะได้หลอดทดลองที่มีปริมาณโทรลอกซ์ 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 ไมโครกรัม ตามลำดับ)

3.3 ปรับปริมาตรด้วยเอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 5.4 มิลลิลิตร

3.4 เติมสารละลาย DPPH 0.6 มิลลิลิตร

3.5 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาทีในที่มืด

3.6 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์เป็น blank และใช้เอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ แทนสารละลายโทรลอกซ์สำหรับหลอดควบคุม

3.7 คำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยแทนค่าในสมการดังนี้

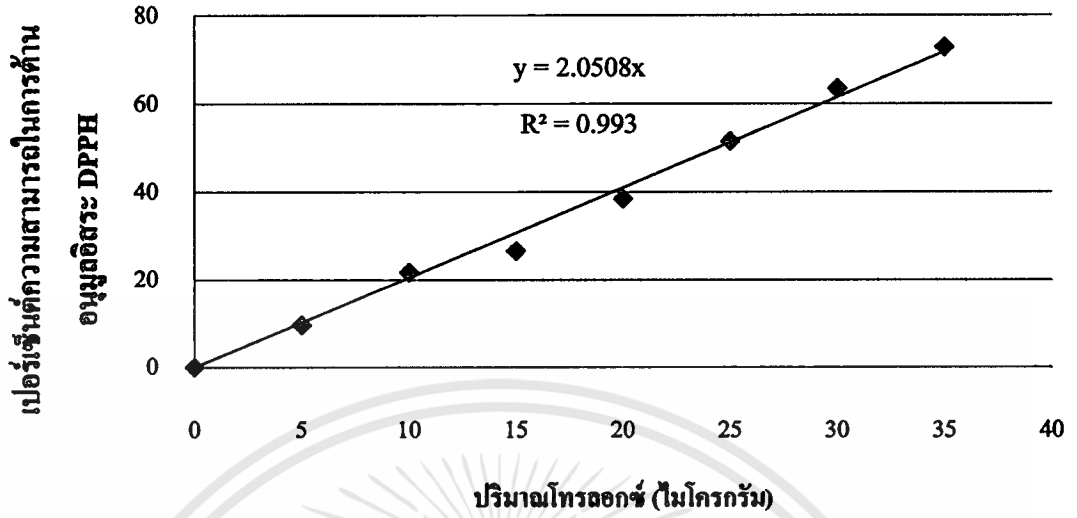
$$\text{เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH} = \left\{1- \left\{ \frac{A_{sample}}{A_{control}} \right\} \right\} \times 100$$

โดยที่ A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัด

$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม

3.8 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโทรลอกซ์ (ไมโครกรัม) ในแกน x และเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในแกน y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์

4. การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างมะม่วง

การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างมะม่วง ทำโดยการนำเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วง 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 ปรับปริมาตรให้เป็น100 มิลลิลิตรด้วยเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำไปวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อไป

5. การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างสารสกัดจาก เปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วง

วิธีวิเคราะห์ทำโดยปิเปตสารสกัดที่เจือจางให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม (0.5 มิลลิลิตร) ปรับปริมาตรด้วยเอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาตรรวมเป็น 5.4 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH 0.6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที ในที่มืดนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างเปลือก เนื้อ และเมล็ดในของมะม่วงโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

การคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPH

คำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างสารสกัดโดยคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ตามสมการต่อไปนี้

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

โดยที่ A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัด

$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม

ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาแทนค่าในสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานโทรอกซ์ ดังภาพที่ ค. 1 สมการจากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์

$$y = 2.0508x \quad ; R^2 = 0.993$$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

x = ค่าความเข้มข้นของสารละลาย DPPH (ไมโครกรัม/ 0.5 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง)

c = จุดตัดแกน y

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH จะรายงานในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างสด

ตัวอย่างการคำนวณ

สารสกัดจากตัวอย่างเปลือกมะม่วงแก้ว

ปริมาณสารสกัดตัวอย่างเปลือกมะม่วงแก้ว 0.08 มิลลิลิตร ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรเท่ากับ 0.451 และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรของตัวอย่างควบคุมเท่ากับ 0.788 แทนค่าในสมการจะได้

เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH = {1- (0.451/0.788) } x 100

= 42.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าในสมการจากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์

42.77 = 2.0508x

x = 20.86 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์/ 0.08 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง

สารสกัดตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH = 20.86 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ / 0.08 มิลลิลิตรของสารสกัด

สารสกัดตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH = 26,075 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ / 100 มิลลิลิตรของสารสกัด

ในสารสกัดตัวอย่างเปลือกมะม่วงแก้ว 100 มิลลิลิตร มาจากตัวอย่างเปลือกมะม่วงแก้ว 1 กรัมดังนั้น

สารสกัดตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH = 26,075 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ / 1 กรัมตัวอย่าง

สารสกัดตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH = 26.07 มิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ / 1 กรัมตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

(Vitamin C determination by indophenol method)

การหาปริมาณ ของ vitamin C หรือ L-ascorbic acid ซึ่งเป็น reducing agent มีหลักการ คือ กรดแอสคอร์บิกทำปฏิกิริยากับ 2,6-dichlorophenol indolphenol (dye) ซึ่งมีสีน้ำเงินในสภาพที่เป็น Oxidized form ในสารละลายที่เป็นกลางหรือเป็นด่าง ให้กลายเป็น reduced form ซึ่งไม่มีสี และเมื่อถึง end point จะได้สีชมพูอ่อนหรือชมพูอมม่วง

1. สารเคมี

1.1 กรดอะซิติก (acetic acid, CH_3COOH)

1.2 กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid, $C_6H_8O_6$)

1.3 2,6-ไดคลอโรอินโดฟีนอล (2,6-Dichloroindophenol)

1.4 กรดเมตาฟอสฟอริก (metaphosphoric acid, HPO_3)

1.5 โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (sodium hydrogen carbonate, $NaHCO_3$)

2. การเตรียมสารเคมี

2.1 สารละลายกรดเมตาฟอสฟอริกในอะซีติก (metaphosphoric acid-acetic acid solution)

เจือจางกรดอะซิติก 20 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เติมกรดเมตาฟอสฟอริก 7.5 กรัม ละลายให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรรวมเป็น 250 มิลลิลิตร

2.2 สารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid standard solution)

ชั่งกรดแอสคอร์บิก 50 มิลลิกรัม ปรับปริมาตรด้วยสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริกในอะซีติก (metaphosphoric acid-acetic acid solution) ให้ปริมาตรรวมเป็น 50 มิลลิลิตร

2.3 สารละลายอินโดฟีนอล (indophenol solution-dye)

ละลาย 2,6-ไดคลอโรอินโดฟีนอล 50 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แล้วเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) 42 มิลลิกรัม ละลายให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นครบ 200 มิลลิลิตร กรองแล้วเก็บในขวดสีชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วงปริมาณ 10 กรัม มาผสมกับสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริกในอะซีติก 50 มิลลิลิตร บดให้ละเอียด กรองของเหลวผ่านกระดาษกรอง Whatman NO. 4 ปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริกในอะซีติก นำน้ำกรองที่ได้มาวิเคราะห์ต่อไปในข้อ 4

4. วิธีวิเคราะห์

3.1 การปรับมาตรฐานสารละลายอินโดฟีนอล (indophenol solution-dye)

3.1.1 ปิเปตสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริกในอะซิติก 5 มิลลิลิตรลงในขวดรูปชมพู่ และเติมสารละลายกรดแอสคอร์บิก 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3.1.2 ไทเทรตด้วยสารละลายอินโดฟีนอลอย่างรวดเร็วจนกระทั่งสารละลายในข้อ 3.1.1 เปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาตรอินโดฟีนอล (dye) ที่ใช้

3.1.3 ทำ blank เช่นเดียวกันโดยปิเปตสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริกในอะซิติก 7 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่นปริมาตรเท่ากับ dye ที่ใช้

3.1.4 ไทเทรตด้วยสารละลายอินโดฟีนอล จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาตร dye ที่ใช้

3.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.2.1 ปิเปตสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริกในอะซิติก 5 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่และปิเปตตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3.2.2 ไทเทรตด้วยสารละลายอินโดฟีนอลอย่างรวดเร็วจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน (คงตัวนาน 15 วินาที) บันทึกปริมาตรอินโดฟีนอล dye ที่ใช้

4. ตัวอย่างการคำนวณ

- น้ำหนักกรดแอสคอร์บิกที่ใช้เท่ากับ 49.98 มิลลิกรัม
- ปริมาตรสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้กับสารละลายกรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน เท่ากับ 14.2 มิลลิลิตร (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ)
- ปริมาตรสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้กับ blank เท่ากับ 0.1 มิลลิลิตร (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ)
- ปริมาตรสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้กับตัวอย่างเท่ากับ 6.5 มิลลิลิตร (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 คำนวณ titer of dye

จากสูตร $F = \frac{[\text{น้ำหนักกรดแอสคอร์บิก (มิลลิกรัม)/50 มิลลิลิตร}] \times 2 \text{ มิลลิลิตร}}{(S-B)}$

เมื่อ S = ปริมาตรสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้กับสารละลายกรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน

B = ปริมาตรสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้กับ blank

แทนค่า

$$\text{Titer} = F = \frac{[(49.98 \text{ มิลลิกรัม} / 50 \text{ มิลลิลิตร}) \times 2 \text{ มิลลิลิตร}]}{(14.20 \text{ มิลลิลิตร} - 0.10 \text{ มิลลิลิตร})}$$

Titer of dye = 0.1418 มิลลิกรัม / มิลลิลิตร

4.2 คำนวณหาปริมาณวิตามินซีในตัวอย่าง

จากสูตร

ปริมาณวิตามินซี = (X-B) x (F/E) x (V/Y)

= (6.50 มิลลิลิตร – 0.10 มิลลิลิตร) x (0.1418 มิลลิกรัม / 2 มิลลิลิตร)

= 0.45376 มิลลิกรัม/กรัม

= 45.376 มิลลิกรัม / 100 กรัม #

เมื่อ X = ปริมาตรสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้กับตัวอย่างในการไตเตรท

B = ปริมาตรสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้กับ blank ในการไตเตรท

F = titer of dye

E = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวธารีรัตน์ สายสะอาด
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2530
ที่อยู่	91/2 หมู่ 5 ถนนสุขุมวิท ตำบลหนองปรือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี 20150 โทรศัพท์: 083-3006434, e-mail: Naza_haha@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	ปี 2552 จบการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา ปี 2552 เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานตีพิมพ์	ธารีรัตน์ สายสะอาด และประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. (2554). ผลของการดองเค็มและการแช่อิ่มต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก สมบัติการต้านออกซิเดชันและปริมาณวิตามินซี ของมะม่วง. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ “แม่โจ้–แพร่ วิจัย ครั้งที่ 2” ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ. 1-2 กันยายน 2554. หน้า 791.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้