ผลของระดับความแก่อ่อน และแหล่งเพาะปลูก ต่อปริมาณกรดไขมัน สารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในมะพร้าวน้ำหอม และมะพร้าวกะทิ

โดย
นางสาวอินทิรา คุ้มญาติ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร
ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผลของระดับความแก่อ่อน และแหล่งเพาะปลูก ต่อปริมาณกรดไขมัน สารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในมะพร้าวน้ำหอม และมะพร้าวกะทิ

โดย
นางสาวอินทิรา คุ้มญาติ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร
ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

EFFECT OF MATURITIES AND PLANTATION AREA ON QUANTITY OF FATTY ACID, PHENOLIC COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT CAPACITY IN AROMATIC COCONUT AND MAKAPUNO

By

Intira Koomyard

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

MASTER OF SCIENCE

Department of Food Technology

Graduate School

SILPAKORN UNIVERSITY

2009

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง " ผลของระดับความแก่อ่อน และแหล่งเพาะปลูก ต่อปริมาณกรดไขมัน สารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในมะพร้าวน้ำหอม และมะพร้าวกะทิ " เสนอโดย นางสาวอินทิรา คุ้มญาติ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

…….....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ชินะตังกูร)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุศรากรณ์ มหาโยธี
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเชษฐ์ สมุหเสนีโต
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ คูวิจิตรจารุ)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.มารุจ ลิมปะวัฒนะ)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุศรากรณ์ มหาโยธี)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเชษฐ์ สมุหเสนีโต)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ)

...../...../.....

51403215 : สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร
คำสำคัญ : มะพร้าวน้ำหอม/ มะพร้าวกะทิ/ สารประกอบฟีนอลิก/ กรดไขมัน/ สารต้านอนุมูลอิสระ

อินทิรา คุ้มญาติ : ผลของระดับความแก่อ่อน และแหล่งเพาะปลูก ต่อปริมาณกรดไขมัน สารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทิ. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผศ.ดร.บุศรากรณ์ มหาโยธี , ผศ.ดร.สุเชษฐ์ สมุหเสนีโต และ ผศ.ดร.ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ. 102 หน้า.

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะพร้าวน้ำหอมอายุ 180, 190 และ 225 วันหลังดอกบาน จาก อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี และ อ.บ้านแพ้ว จ.สมุทรสาคร พบว่า ความหนาและน้ำหนักของเนื้อมะพร้าวเพิ่มขึ้นตามอายุของมะพร้าว ส่วนน้ำมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงสุดในมะพร้าวอายุ 190 วัน โดยมีน้ำตาลกลูโคสเป็นองค์ประกอบหลักเท่ากับ 2.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 41.96 ของน้ำตาลทั้งหมด) รองลงมาคือน้ำตาลฟรุกโตสและซูโครส ส่วนในเนื้อมะพร้าวมีน้ำตาลซูโครส 1.07 มิลลิกรัมต่อกรัม (ร้อยละ 39.62) สูงกว่าน้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเมื่อประเมินด้วยวิธี TEAC และ DPPH สูงสุด เมื่อผลมะพร้าวมีอายุ 225 วัน ซึ่งเป็นระยะที่มะพร้าวน้ำหอมมีความบริบูรณ์ และมีปริมาณรวมของกรดลอริก กรดไมริสติก คาไพรลิก และคาพริกสูงสุดเท่ากับร้อยละ 76 ของไขมันทั้งหมด หรือ 5,780 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และการศึกษาในมะพร้าวกะทิอายุ 210 และ 240 วันหลังบาน จาก อ.บ้านแพ้ว จ.สมุทรสาคร และ อ.ทับสะแก จ.ประจวบคีรีขันธ์ พบว่า มะพร้าวกะทิมีการพัฒนาผล ความหนาเนื้อตามระดับอายุที่เพิ่มขึ้น เนื้อของมะพร้าวกะทิอายุ 210 วัน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด มีน้ำตาลซูโครสร้อยละ 52 ของน้ำตาลทั้งหมด โดยผลมะพร้าวที่มีอายุมากกว่ามีน้ำตาลซูโครสน้อยกว่า มะพร้าวกะทิอายุ 240 วันหลังดอกบาน มีปริมาณไขมันทั้งหมดต่ำ คือประกอบด้วยกรดลอริก ไมริสติก คาไพรลิก และคาพริกสูงสุดเท่ากับร้อยละ 80 ของไขมันทั้งหมด (2,894 มิลลิกัมต่อ 100 กรัม) เนื้อมะพร้าวกะทิมีเส้นใยสูงกว่ามะพร้าวธรรมดาและน้ำหอม โดยที่ผลที่มีอายุมากกว่ามีปริมาณเส้นใยสูงกว่า

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2552

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์1. ..... 2. ..... 3. .....

51403215 : MAJOR : FOOD TECHNOLOGY
KEY WORDS : AROMATIC COCONUT/ MAKAPUNO/ PHENOLIC COMPOUNDS/ ANTIOXIDANT

INTIRA KOOMYARD : EFFECT OF MATURITIES AND PLANTATION AREA ON QUANTITY OF FATTY ACID, PHENOLIC COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT CAPACITY IN AROMATIC COCONUT AND MAKAPUNO. THESIS ADVISORS : ASST. PROF. BUSARAKORN MAHAYOTHEE, Ph.D., ASST. PROF. SUCHED SAMUHASENEETOO, Ph.D., AND ASST. PROF. PRASONG SIRIWONGWILAICHAT, Ph.D.. 102 pp.

Determination of the changes of aromatic coconut (*Cocos nucifera Linn*) was done on 180, 190 and 225 days after full bloom coconut fruit from orchard areas in Ratchaburi and Samutsakorn. The more mature fruit showed the higher thickness and weight. Total soluble solid and total sugar contents were the highest at 190 days. Glucose was the major sugar in coconut water, 41.96% of total sugar and followed by fructose and sucrose. The total phenolics content and antioxidant capacity with TEAC and DPPH radicals scavenging are the highest in 190 days aromatic coconut fruits. The 225 days fruits showed the the maturity stage of fruits, the lauric acid, myristic acid, capric and caprylic acid about 76% of total fatty acids or 5780 mg/100 g. And makapuno between 210 and 240 days after pollination from Prachuapkhirikhan and Samutsakorn showed the thickness and weight have higher with maturity. The 210 days makapuno meat has the highest of the total phenolics content and antioxidant capacity with TEAC and DPPH. Sucrose was the major sugar, 41.96% of total sugar and followed by glucose and fructose. And the mature fruits had a lower content of sucrose than lower maturity stages fruits. The fruits of 240 days makapuno had the low content of total fat, the lauric acid, myristic acid, capric and caprylic acid about 80% of total fatty acids (2489 mg/100 g). And this stages of fruits had higher of fiber than coconut for coconut milk and aromatic coconut, that the mature fruits had a higher content of fibers.

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

Department of Food Technology Graduate School, Silpakorn University Academic Year 2009
Student's signature……
Thesis Advisor's signature 1……..2……3……

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้น ณ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ซึ่งความสำเร็จในครั้งนี้ต้องขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุศรากรณ์ มหาโยธี เป็นอย่างยิ่งที่กรุณาให้คำแนะนำ และเป็นที่ปรึกษาทั้งแนวทางการวิจัย และดูแลการวิจัย จนกระทั่งงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเชษฐ์ สมุหเสนีโต ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ คูวิจิตรจารุ และอาจารย์ ดร. มารุจ ลิมปะวัฒนะ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณแหล่งทุนวิจัย จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร ในการให้ทุนสนับสนุนชุดโครงการ การพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์จากมะพร้าว

ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารทุกท่าน พี่เจ้าหน้าที่สำนักงาน และเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ทุกคน ที่ให้อำนวยความสะดวก เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างราบรื่นและประสบความสำเร็จได้ในวันนี้

และที่สำคัญที่สุด ขอขอบพระคุณพ่อ แม่ และครอบครัวที่ช่วยส่งเสริม สนับสนุนการศึกษาและทุกสิ่งทุกอย่างมาโดยตลอด รวมถึงเพื่อนๆ พี่ ที่คอยให้กำลังใจ คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือแก่ข้าพเจ้า

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฑ
บทที่	
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์งานวิจัย	2
สมมติฐานของการศึกษา	2
ขอบเขตการศึกษา	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
มะพร้าวและพันธุ์มะพร้าว	4
ระดับความแก่อ่อนและการเก็บเกี่ยวมะพร้าว	7
ประโยชน์ของมะพร้าวต่อสุขภาพ	8
สารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ	11
3 วิธีดำเนินงานวิจัย	18
วัตถุดิบ	18
สารเคมี	20
อุปกรณ์และเครื่องมือ	21
วิธีการทดลอง	22
ศึกษาผลของแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนต่อสมบัติทางเคมีของมะพร้าว	22
ศึกษาผลของแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนต่อชนิดและปริมาณของน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมะพร้าวน้ำหอม เนื้อมะพร้าวน้ำหอม และเนื้อมะพร้าวกะทิ	23

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

บทที่ หน้า

ศึกษาผลของแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนต่อปริมาณแร่ธาตุในน้ำมะพร้าวน้ำหอม 24

ศึกษาผลของแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนต่อปริมาณกรดไขมันชนิดที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในเนื้อมะพร้าวน้ำหอม และเนื้อมะพร้าวกะทิด้วยเครื่อง Gas Chromatography FID (GC-FID) 25

ศึกษาผลของแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนต่อชนิดและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในมะพร้าว..... 26

การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและความสัมพันธ์ของสารประกอบฟีนอลิกกับความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ..... 27

การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติ 28

4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล..... 29

ผลของแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของมะพร้าว 29

คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของมะพร้าวน้ำหอม 29

คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของมะพร้าวกะทิ 32

ชนิดและปริมาณของน้ำตาล และแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบในมะพร้าว

ชนิดและปริมาณของน้ำตาล..... 34

แร่ธาตุ..... 39

ปริมาณกรดไขมันชนิดที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในมะพร้าว..... 45

สารประกอบฟีนอลิกในมะพร้าว 52

สารประกอบฟีนอลิกที่เป็นองค์ประกอบในมะพร้าว 52

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในมะพร้าว..... 56

ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและความสัมพันธ์ของสารประกอบ ฟีนอลิกกับความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูอิสระ..... 61

5 สรุปผลการทดลอง 65

บรรณานุกรม 67

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

หน้า

ภาคผนวก 72
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี 73
ภาคผนวก ข ตารางวิเคราะห์ทางสถิติ 82
ภาคผนวก ค ตารางผลการทดลอง 94
ภาคผนวก ง ชนิดของตัวทำละลายต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด
ในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทิ..... 100

ประวัติผู้วิจัย 102

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สารอาหารที่มีในมะพร้าวพันธุ์ Green dwarf และผลิตภัณฑ์ (ต่อ 100 กรัม ส่วนที่รับประทานได้)	9
2	ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกชนิดต่างๆ ที่พบในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ เปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน Trolox (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity, TEAC)	14
3	คุณภาพทางเคมีและกายภาพของมะพร้าวมะพร้าวน้ำหอม	31
4	คุณภาพทางเคมีและกายภาพของมะพร้าวมะพร้าวกะทิ	33
5	อัตราส่วนของน้ำตาลกลูโคส: ซูโครส: ฟรุกโตส ของน้ำตาลในมะพร้าวน้ำหอม (แสดงในรูปร้อยละของน้ำตาลทั้งหมด)	37
6	อัตราส่วนของน้ำตาลกลูโคส: ซูโครส: ฟรุกโตส ของน้ำตาลในมะพร้าวกะทิ (แสดงในรูปร้อยละของน้ำตาลทั้งหมด)	39
7	ความเข้มข้น (ppm) ของแร่ธาตุต่าง ๆ ในน้ำมะพร้าวน้ำหอม เปรียบเทียบกับน้ำมะพร้าวพันธุ์ green dwarf ที่มีระดับความแก่แตกต่างกัน	41
8	แร่ธาตุและน้ำตาลเทียบกับปริมาณที่คนไทยควรได้รับต่อวัน (Thai RDI) จากการบริโภคน้ำมะพร้าวน้ำหอมที่ระดับอายุต่างกัน และเครื่องดื่มสำหรับผู้ออกกำลังกาย (1 หน่วยบริโภค)	41
9	องค์ประกอบในมะพร้าวน้ำหอม	43
10	องค์ประกอบของมะพร้าวกะทิ (100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	44
11	ปริมาณกรดไขมันสายโซ่สั้นและปานกลาง (มิลลิกรัม) ในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่ระดับความแก่แตกต่างกันในตัวอย่าง 100 กรัม	48
12	ปริมาณกรดไขมันสายโซ่สั้นและปานกลางในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีระดับความแก่แตกต่างกันจำนวน 100 กรัม	51
13	ชนิดและค่า TEAC ของสารประกอบฟีนอลิกในมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทิ	55
14	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในผักและผลไม้ที่บริโภคในชีวิตประจำวัน	60
15	ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเนื้อมะพร้าวน้ำหอม	62
16	ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมะพร้าวน้ำหอม	62
17	ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของเนื้อมะพร้าวกะทิ	63

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ หน้า

18 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 83

19 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในน้ำมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 83

20 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลซูโครสในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 84

21 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลซูโครสในน้ำมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 84

22 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูก และระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 84

23 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสในน้ำมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูก และระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 85

24 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 85

25 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลกลูโคสในน้ำมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 85

26 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดคาไพรลิกในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 86

27 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดคาพริกในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 86

28 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดลอริกในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 86

29 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดไมริสติกในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 87

30 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดปาล์มิติกในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 87

31 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า % Inhibition ในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 87

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ หน้า

32 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า % Inhibition ในน้ำมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 88

33 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า TEAC ในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 88

34 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า TEAC ในน้ำมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 88

35 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 89

36 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลซูโครสในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 89

37 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 89

38 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลกลูโคส ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 90

39 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลกลูโคส ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 90

40 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดคาไพรลิก ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 90

41 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดคาพริก ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 91

42 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดลอริก ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 91

43 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดไมริสติก ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 91

44 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดปาล์มิติก ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 92

45 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดไมริสติก ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 92

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ หน้า

46 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า % Inhibition ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 92

47 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า TEAC ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน..... 93

48 ปริมาณน้ำตาลในเนื้อมะพร้าวกะทิจากสมุทรสาคร ประจวบคีรีขันธ์ และมะพร้าวคั้นกะทิจากตลาด (ร้อยละขององค์ประกอบทั้งหมด)..... 95

49 ปริมาณน้ำตาล (ร้อยละขององค์ประกอบทั้งหมด) ของมะพร้าวน้ำหอมจากจังหวัดราชบุรีและสมุทรสาคร..... 96

50 สารประกอบฟีนอลิกของมะพร้าวน้ำหอม และมะพร้าวกะทิ..... 97

51 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในมะพร้าวน้ำหอม และมะพร้าวกะทิ..... 98

52 ความเข้มข้นของกรดไขมันสายโซ่สั้นและปานกลาง (ร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด)..... 98

53 กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในมะพร้าวจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-FID..... 99

54 กรดไขมันสายโซ่สั้นและปานกลาง (ร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด) ในมะพร้าวกะทิที่มีระดับความแก่แตกต่างกัน..... 99

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1 ภาพตัดตามยาวของผลมะพร้าวซึ่งประกอบด้วยส่วนที่บริโภคได้ (น้ำและเนื้อ) และบริโภคไม่ได้ (เปลือกนอก กะลา และเปลือกหุ้มเนื้อ)..... 5

2 ลักษณะทางโครงสร้างและการจัดเรียงตัวของกาแลคโตแมนแนน..... 6

3 ตัวอย่างผลมะพร้าว และแสดงตำแหน่งที่วัดความหนาของเนื้อมะพร้าว..... 20

4 ปริมาณน้ำตาลในน้ำมะพร้าวน้ำหอมจากราชบุรีและสมุทรสาคร (ตารางที่ 49 ภาคผนวก ค)..... 35

5 ปริมาณน้ำตาลในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมจากราชบุรีและสมุทรสาคร (ตารางที่ 49 ภาคผนวก ค)..... 36

6 ปริมาณน้ำตาลในเนื้อมะพร้าวกะทิจากสมุทรสาครและประจวบคีรีขันธ์ (ตารางที่ 48 ภาคผนวก ค 38

7 โครมาโตแกรมแสดงชนิดของกรดไขมันที่สกัดได้จากมะพร้าวน้ำหอม 45

8 การเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันในมะพร้าวน้ำหอมจากราชบุรีและสมุทรสาคร ที่มีระดับความแก่แตกต่างกัน (ตารางที่ 52 ภาคผนวก ค) 46

9 การเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันในมะพร้าวกะทิจากสมุทรสาครและประจวบคีรีขันธ์ ที่มีระดับความแก่แตกต่างกัน (ตารางที่ 54 ภาคผนวก ค) 50

10 โครมาโตแกรมของสารประกอบฟีนอลิกที่พบในน้ำมะพร้าวน้ำหอม (a) เนื้อมะพร้าวน้ำหอม (b) และเนื้อมะพร้าวกะทิ (c)..... 54

11 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ในเนื้อและน้ำมะพร้าวน้ำหอมจากสมุทรสาคร และราชบุรี (ตารางที่ 51 ภาคผนวก ค) 57

12 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ในเนื้อมะพร้าวกะทิจากสมุทรสาครและประจวบคีรีขันธ์ (ตารางที่ 51 ภาคผนวก ค)..... 58

13 ความสัมพันธ์ของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดกับความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี TEAC (a) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดกับค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ (b) และค่าความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี TEAC กับค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ (c)..... 64

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาพที่ หน้า

14 กราฟมาตรฐานกลูโคสสำหรับการวิเคราะห์น้ำตาลทั้งหมด 75
15 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกสำหรับการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 79

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะพร้าว (*Cocos nucifera Linn.*) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศ คนไทยจะใช้เนื้อและน้ำมะพร้าวสำหรับการบริโภคในรูปแบบเป็นอาหารทั้งคาวและหวานในชีวิตประจำวันมาเป็นเวลานาน (ณรงค์, 2548) ภาคที่มีการปลูกมะพร้าวมากและปลูกเป็นอาชีพ คือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก โดยในภาคตะวันตก จังหวัดที่ปลูกมากคือ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สมุทรสงคราม และสมุทรสาคร แต่มะพร้าวและผลิตภัณฑ์ ถูกทำให้มีภาพพจน์ในอันที่จะส่งผลลบต่อสุขภาพ เนื่องจากการได้รับข้อมูลที่สับสนและผิดพลาดเกี่ยวกับบทบาทของมะพร้าวต่อสุขภาพ โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fat) ที่พบมากในน้ำมันมะพร้าว ว่าจะมีผลลบต่อสุขภาพคล้ายกับกรดไขมันที่พบในไขมันสัตว์ ความเข้าใจที่ผิดพลาดนี้ส่งผลกระทบอย่างมากต่อประเทศที่ผลิตมะพร้าวและอุตสาหกรรมมะพร้าวในประเทศดังกล่าว ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นประเทศในแถบเอเชีย เช่น ฟิลิปปินส์ อินโดนิเซีย และอินเดีย (Snowdon และคณะ, 2003) ทั้งนี้ผลกระทบในแง่ลบดังกล่าวได้ส่งผลต่อประเทศไทยด้วย และเป็นสาเหตุต่อความไม่เชื่อมั่นในอาหารไทยต่อผลการส่งเสริมสุขภาพ ทั้งที่มะพร้าวไทย เช่น มะพร้าวน้ำหอม (aromatic coconut) และมะพร้าวกะทิ (makapuno) เป็นมะพร้าวที่มีเอกลักษณ์และเป็นที่ยอมรับของคนทั่วโลก ดังนั้นการวิจัยเชิงคุณภาพเกี่ยวกับคุณค่าของมะพร้าวไทยต่อสุขภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เกี่ยวกับมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทิ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ในปัจจุบันมีรายงานทางวิชาการเกี่ยวกับผลดีของมะพร้าวและผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนมาก (ณรงค์, 2548; Snowdon และคณะ, 2003; Nevin และ Rajamohan, 2004) โดยพบว่าการบริโภคน้ำมะพร้าวอ่อน จะได้รับน้ำตาล แร่ธาตุโพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (นุชจรินทร์, 2546) ในขณะที่การบริโภคมะพร้าวแก่และกะทิจะได้รับ กรดลอริก และกรดไมริสติก ซึ่งจัดเป็นกรดไขมันชนิดมีความยาวของสายโมเลกุลขนาดกลาง (medium chain) กรดไขมันประเภทนี้มีรายงานสนับสนุนว่ามีประโยชน์ต่อสุขภาพโดยสามารถลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด ป้องกันโรคอ้วนและสามารถใช้ในการช่วยลดน้ำหนักได้ (Snowdon และคณะ, 2003)

ลักษณะพิเศษของกรดไขมันสายปานกลางคือ แตกตัว ถูกย่อย และดูดซึมไปใช้ได้ง่ายกว่ากรดไขมันสายยาวจึงถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานได้หมด ไม่เกิดการสะสมเป็นไขมันในหลอดเลือด (Marten, Pfeuffer และ Schrezenmeir, 2006) นอกจากนี้ยังตรวจพบสารประกอบฟีนอลิก เช่น gallic acid, epigallocatechin และ syringic acid ในน้ำมะพร้าวและน้ำมันที่สกัดจากเนื้อมะพร้าว (Seneviratne, Hapuarachchl และ Ekanayake, 2008) แต่การศึกษาถึงปริมาณของกรดไขมัน และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทิยังมีน้อย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งหมายที่จะศึกษาปริมาณสารประกอบที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของมะพร้าวไทยและผลิตภัณฑ์ เพื่อให้มีข้อมูลทางวิชาการที่ชัดเจน โดยเน้นศึกษาในมะพร้าวน้ำหอม และมะพร้าวกะทิ ซึ่งเป็นสินค้าเกษตรชนิดหนึ่งของประเทศไทยที่มีศักยภาพในการผลิตและเป็นสินค้าเกษตรส่งออก

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาปริมาณสารประกอบที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทิ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของระดับความแก่อ่อน แหล่งเพาะปลูก ต่อปริมาณสารประกอบที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทิ

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

แหล่งเพาะปลูกมะพร้าว และระดับความแก่อ่อน จะมีผลต่อปริมาณสารประกอบที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ สารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในมะพร้าวกะทิและมะพร้าวน้ำหอม

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 ศึกษามะพร้าวพันธุ์ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจและนิยมบริโภคสดคือ มะพร้าวน้ำหอม และมะพร้าวกะทิ โดยศึกษามะพร้าวน้ำหอม ที่ระดับความแก่อ่อนต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ มะพร้าวที่มีอายุผลประมาณ 180 วัน (มะพร้าวน้ำหอมชั้นครึ่ง) 190 วัน (มะพร้าวน้ำหอมสองชั้น) และ 225 วัน (มะพร้าวน้ำหอมก้ามปู) หลังดอกบาน โดยที่วัตถุดิบมาจากแหล่งเพาะปลูก 2 แหล่ง คือจากสวน อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี และสวน อ.บ้านแพ้ว จ.สมุทรสาคร ส่วนมะพร้าวกะทินั้นได้จาก จ.สมุทรสาคร และ จ.ประจวบคีรีขันธ์ ที่มีอายุ 210 วัน และ 240 วันหลังดอกบาน

1.4.2 ศึกษาปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของมะพร้าว ในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมและเนื้อมะพร้าวกะทิตามที่เลือกศึกษาในข้อ 1.4.1 เนื่องจากเนื้อมะพร้าวเป็นส่วนที่มีการสะสมของไขมันอยู่มาก

1.4.3 ศึกษาชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ในส่วนของเนื้อมะพร้าวน้ำหอม น้ำมะพร้าวน้ำหอม เนื้อมะพร้าวกะทิ ที่มาจากแหล่งเพาะปลูกในพื้นที่ที่แตกต่างกัน และมีระดับความแก่อ่อนต่างกันตามที่เลือกศึกษาในข้อ 1.4.1

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

1.4.4 ศึกษาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในเนื้อมะพร้าวน้ำหอม น้ำมะพร้าวน้ำหอม เนื้อมะพร้าวกะทิในข้อ 1.4.1 โดยจะใช้การวิเคราะห์ DPPH (1,1-diphenyl-2-picryhydrazyl) scavenging capacity และ TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) assay

1.4.5 ศึกษาปริมาณแร่ธาตุโพแทสเซียม โซเดียม แมกนีเซียม แคลซียม และฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นแร่ธาตุชนิดที่พบมากในน้ำมะพร้าว และเป็นชนิดที่เป็นองค์ประกอบของเครื่องดื่มสำหรับผู้ออกกำลังกาย โดยศึกษาในน้ำของมะพร้าวน้ำหอมที่มีระดับความแก่อ่อนและแหล่งเพาะปลูกตามข้อ 1.4.1

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะพร้าวและพันธุ์มะพร้าว

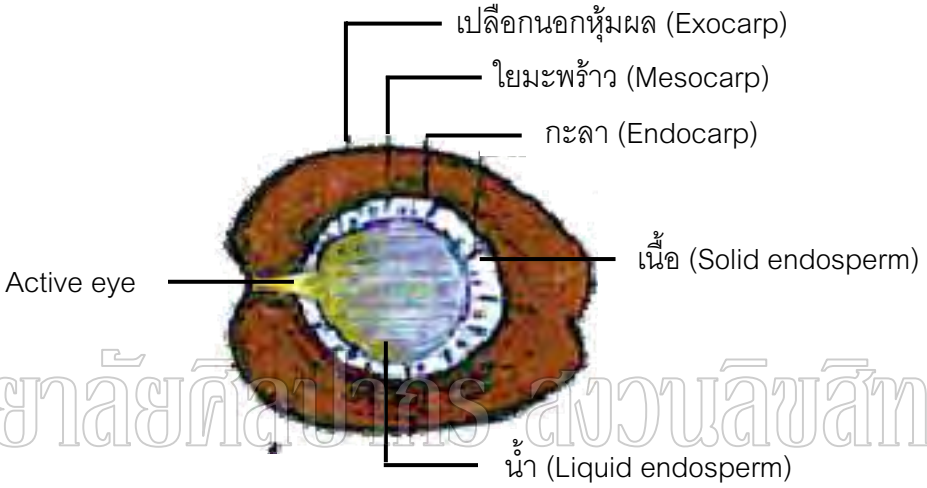
มะพร้าวเป็นพืชตระกูลปาล์ม ที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera Linn.* มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตั้งแต่บริเวณแหลมมลายูถึงปาปัวนิวกินี ปัจจุบันการปลูกมะพร้าวเพื่อเป็นการค้ามีมากในประเทศริมฝั่งทะเลในเอเชีย และหมู่เกาะต่าง ๆ ในมหาสมุทรแปซิฟิก (เกสร, 2541) มะพร้าวเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของไทย แต่การเจริญเติบโตนั้นแตกต่างกันตามสภาพแวดล้อม ซึ่งต้องคำนึงถึงปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ กระแสลม ชนิดของดินและระดับความสูงของพื้นที่ (เกสร, 2541)

มะพร้าว เป็นพืชยืนต้น ใบมีลักษณะเป็นใบประกอบแบบขนนก ผลประกอบด้วยเปลือกชั้นนอก (exocarp) ถัดไปข้างในจะเป็นใยมะพร้าว (mesocarp) ถัดไปข้างในเป็นกะลามะพร้าว (endocarp) ถัดจากส่วนเอนโดคาร์ปเข้าไปจะเป็นส่วนเอนโดสเปิร์ม 2 ส่วน ได้แก่ เนื้อมะพร้าว (solid endosperm) และน้ำมะพร้าว (liquid endosperm) (ภาพที่ 1) ซึ่งขณะที่มะพร้าวยังอ่อนเปลือกนอกมีสีเขียว ชั้นเอนโดสเปิร์มส่วนของเนื้อมะพร้าวภายในผลมีลักษณะบางและอ่อนนุ่มภายในมีน้ำมะพร้าว เมื่อมะพร้าวแก่เอนโดสเปิร์มก็จะดูดเอาน้ำมะพร้าวไปใช้ในการสร้างไขมันและเส้นใย ทำให้เนื้อมะพร้าวแข็งและหนาขึ้น ซึ่งในระยะนี้จะใช้ในการทำกะทิ ระยะการเก็บเกี่ยวสังเกตได้จากการที่เปลือกนอกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล จนในที่สุดเมื่อถึงระยะ over maturity มะพร้าวก็หล่นร่วงลงจากต้น (เกษตรสัญจร, 2541)

พันธุ์มะพร้าวสามารถแบ่งออกเป็น 2 พันธุ์ตามขนาดของลำต้นและอายุที่เริ่มให้ผล ได้แก่ มะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ยและต้นสูง โดยมะพร้าวประเภทต้นเตี้ย นิยมปลูกไว้เพื่อรับประทานผลอ่อนที่เนื้อมีลักษณะอ่อนนุ่ม และน้ำมีรสหวาน เช่น มะพร้าวเตี้ย มะพร้าวน้ำหอม และมะพร้าวไฟ ซึ่งปัจจุบันมะพร้าวน้ำหอมกำลังเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่ง ที่นิยมใช้ในการบริโภคสดและส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ ตลอดจนใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม และอีกสายพันธุ์คือมะพร้าวพันธุ์ต้นสูง เป็นมะพร้าวเศรษฐกิจ ซึ่งส่วนใหญ่ปลูกเป็นสวนอาชีพ เพื่อใช้เนื้อจากผล-

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

แก่ที่มีปริมาณไขมันสูง นำไปทำมะพร้าวแห้งเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมน้ำมันพืช มะพร้าวพันธุ์ต้นสูงมีความหลากหลายทางสายพันธุ์ ซึ่งพันธุ์ที่เป็นที่รู้จัก และปลูกกันในประเทศไทย ได้แก่ พันธุ์กะโหลก มะพร้าวใหญ่ มะพร้าวกลาง ปากจก ทะลายร้อย เปลือกหวานและมะพร้าวกะทิ (เกษตรสัญจร, 2541) โดยมะพร้าว 2 ชนิด ที่มีความต้องการต่อการบริโภคทั่วไปในรูปแบบของการบริโภคสดหรือเป็นของว่าง คือ มะพร้าวกะทิ และมะพร้าวน้ำหอม



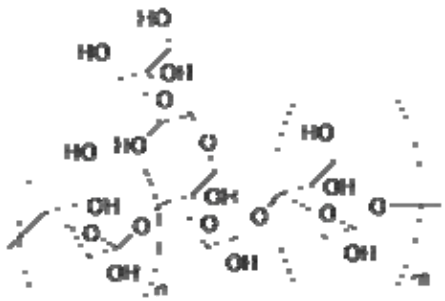
มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาพที่ 1 ภาพตัดตามยาวของผลมะพร้าวซึ่งประกอบด้วยส่วนที่บริโภคได้ (น้ำและเนื้อ) และบริโภคไม่ได้ (เปลือกนอก กะลา และเปลือกหุ้มเนื้อ)
ที่มา: โครงการอนุรักษ์พันธุ์พืช (2553)

2.1.1 **มะพร้าวกะทิ**

ในอดีตมะพร้าวกะทิเป็นมะพร้าวพิเศษที่หายาก ซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เนื่องจากความผิดปกติทางพันธุกรรม ซึ่งถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้ มักเป็นเพียงบางผลในแต่ละทะลายของมะพร้าวพันธุ์ต้นสูงทั่วไป ไม่มีพันธุ์สำหรับเพาะปลูก จึงทำให้มีราคาแพง และหาบริโภคได้ยาก เนื้อมะพร้าวกะทิแตกต่างจากเนื้อมะพร้าวธรรมดาทั่วไปคือ การพัฒนาเนื้อมะพร้าวปกติ กาแลคโตแมนแนน (ภาพที่ 2) ในเนื้อมะพร้าวถูกเปลี่ยนเป็นแมนแนนด้วยเอนไซม์แอลฟากาแลคโตซิเดส (α-galactocidase) แต่ในมะพร้าวกะทิจะไม่มีเอนไซม์ชนิดดังกล่าว จึงทำให้เนื้อมะพร้าวกะทิคง

สภาพของกาแลคโตแมนแนนไว้เช่นเดิม (สมชาย, 2551) เมื่อผลแก่เนื้อในผลมีลักษณะฟู ผิวหน้ามีน้ำข้นใสเหมือนวุ้น รับประทานหรือทำขนมหวานมีรสชาติดี ในปัจจุบันวิทยาการและเทคโนโลยีต่าง ๆ ก้าวหน้าขึ้น จึงสามารถสร้างพันธุ์มะพร้าวกะทิขึ้น และสามารถปลูกมะพร้าวกะทิได้ เช่น เกาะมะพร้าวกะทิในจังหวัดกาญจนบุรี นายณรงค์ โฉมเฉลา ประธานเครือข่ายปลูกพืชพื้นเมืองไทยกล่าวว่า มะพร้าวกะทิ เป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งของไทยที่ควรมีการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเพิ่มขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการในตลาดต่างประเทศที่เพิ่มสูงขึ้น



มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาพที่ 2 ลักษณะทางโครงสร้างและการจัดเรียงตัวของกาแลคโตแมนแนน
ที่มา: ฤดี (2547)

กาแลคโตแมนแนน ที่พบว่าเป็นองค์ประกอบหลักในมะพร้าวกะทินั้นเป็นโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides) ชนิดที่ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ (dietary fiber) จึงเป็นแหล่งที่ดีของใยอาหาร มีประโยชน์ในการช่วยให้ระบบขับถ่ายทำงานเป็นปกติ (ฤดี, 2547) นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเป็นสารให้ความข้นหนืด และความคงตัวที่ เนื่องจากสามารถกระจายตัวในน้ำเย็นแล้วทำให้เกิดความข้นหนืด ถึงแม้ว่าจะไม่ใช่สารทดแทนไขมัน (fat replacer) โดยตรง แต่กาแลคโตแมนแนนมีบทบาทในการควบคุมความหนืด และช่วยอุ้มน้ำ จึงมีความสำคัญในการช่วยลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ต้องใช้ไขมันเป็น binder agent เช่น ไส้กรอก และเบเกอรี่ (Aroldi, 2004) ดังนั้นกาแลคโตแมนแนนในมะพร้าวกะทิจึงส่งผลต่อลักษณะของเนื้อสัมผัส ที่ให้ความนุ่มและความชุ่มฉ่ำในเนื้อมะพร้าวกะทิ

2.1.2 มะพร้าวน้ำหอม

มะพร้าวน้ำหอมเป็นมะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ยของไทย จุดประสงค์หลักในการปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวผลอ่อนที่มีอายุประมาณ 170-200 วันหลังดอกบาน ที่จะให้คุณลักษณะพิเศษคือน้ำที่มีรสหวาน และมีกลิ่นหอม ความต้องการบริโภคน้ำมะพร้าวน้ำหอมมีทั้งผู้บริโภคภายในประเทศและผู้บริโภคต่างชาติ มะพร้าวน้ำหอมจึงเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่ง ที่นิยมใช้ในการบริโภคสดและส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ ตลอดจนใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม (กรมวิชาการเกษตร, 2551) น้ำมะพร้าวน้ำหอมเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนของเอนโดสเปิร์มที่เป็นของเหลวในผลมะพร้าวเช่นเดียวกับน้ำของมะพร้าวพันธุ์ต้นสูงทั่วไป

2.2 ระดับความแก่อ่อนและการเก็บเกี่ยวมะพร้าว

ระดับความแก่อ่อนและการเก็บเกี่ยวเป็นตัวแปรที่สำคัญตัวแปรหนึ่งที่เป็นปัจจัยในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมะพร้าว ในปี 2004 Jackson และคณะได้ศึกษาระดับความแก่อ่อนในมะพร้าวที่มีอายุต่างกัน 4 ระดับ พบว่าปริมาณไขมัน โปรตีนของแข็งที่ละลายในน้ำ และความขุ่นของน้ำมะพร้าว มีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุของมะพร้าว ส่วนความเป็นกรดด่างและปริมาณแร่ธาตุนั้นมีความแตกต่างออกไปในแต่ละระดับของอายุ ไม่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างต่อเนื่องตามอายุที่เพิ่มขึ้นของมะพร้าว

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

มะพร้าวน้ำหอมมีระดับความแก่อ่อนของการเก็บเกี่ยวมีอยู่ 3 แบบ คือ มะพร้าวชั้นเดียว มะพร้าวชั้นครึ่งและมะพร้าวสองชั้น โดยที่มะพร้าวชั้นเดียวเนื้อจะบางมากส่วนหัวยังเห็นกะลาสีเหลืองอ่อนชัดเจน ถือว่าเป็นมะพร้าวที่ยังอ่อนเกินไปยังไม่ควรเก็บเกี่ยว มะพร้าวชั้นครึ่งมีอายุตั้งแต่ดอกบานประมาณ 180 วัน เนื้อเป็นวุ้นสีขาวเต็มผล ความหวานของน้ำมะพร้าวประมาณ 6-6.6 องศาบริกซ์ ส่วนมะพร้าวสองชั้นเป็นมะพร้าวที่มีเนื้อเต็มผล มีความหวาน 7-8 องศาบริกซ์ อายุประมาณ 190-200 วันหลังดอกบาน ซึ่งระดับความแก่อ่อนดังกล่าวนี้ ใช้เป็นดัชนีของการเก็บเกี่ยวเพื่อขายส่งตลาด แต่มะพร้าวที่เป็นมะพร้าวน้ำหอมแก่ กะลามีสีดำ น้ำหนักเบาและเนื้อหนา (นุชจรินทร์, 2546) มักใช้คั้นเป็นกะทิเพื่อบริโภคกันในครัวเรือนเท่านั้น ไม่นิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกะทิ หรือน้ำมันมะพร้าวเหมือนมะพร้าวพันธุ์ต้นสูง เพราะมีเนื้อบางและให้กะทิน้อย ส่วนมะพร้าวกะทินั้นนิยมเก็บเกี่ยวเมื่อผลแก่เช่นเดียวกับมะพร้าวพันธุ์ต้นสูงชนิดอื่นๆ แต่การที่จะทราบถึงระดับความแก่อ่อนของะพร้าวนั้นเป็นเรื่องยาก เพราะไม่สามารถสังเกตจากลักษณะ

ภายนอกของผลมะพร้าวเพียงอย่างเดียวเท่านั้น โดยเฉพาะมะพร้าวอ่อน ซึ่งในทางปฏิบัติการเก็บเกี่ยวมะพร้าวอ่อน ชาวสวนจะใช้วธีการนับวันหลังจากที่ดอกมะพร้าวต้นแรกบาน แล้วเว้นระยะ 20 วัน ในการเก็บเกี่ยว 1 ครั้ง ส่วนมะพร้าวแก่จะใช้วิธีการสังเกตจากสีของเปลือกซึ่งจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาล หรือที่เกษตรกรเรียกว่าสีก้ามปู เพื่อใช้เนื้อในการบริโภค เนื้อของมะพร้าวจะเริ่มมีการพัฒนาขึ้นภายในผลของมะพร้าวเมื่อมะพร้าวมีอายุ 180 วันหลังดอกบาน มะพร้าวจึงมีระดับของการพัฒนาของน้ำและเนื้อ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีหลายด้าน ได้แก่ น้ำตาล แร่ธาตุ และไขมัน (Azeez, 2007) มะพร้าวแก่จะให้เนื้อมากกว่ามะพร้าวอ่อน เพราะมีการสร้างอย่างสมบูรณ์จากน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมะพร้าว โดยการใช้กลูโคสเป็นวัตถุดิบในการสร้างน้ำตาลที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ขึ้นไปจนถึงคาร์โบไฮเดรต สร้างสารจำพวกไขมัน และโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบในเนื้อมะพร้าว (Snowdon และคณะ, 2003)

2.3 ประโยชน์ของมะพร้าวต่อสุขภาพ

มะพร้าวเป็นพืชที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยสารอาหารในมะพร้าวแต่ละชนิดที่พบในมะพร้าวนั้น มีการเปลี่ยนแปลงตามระดับความแก่อ่อนของผลมะพร้าว (ตารางที่ 1) (Snowdon และคณะ, 2003) และสารอาหารหลักที่ได้รับจากการบริโภคมะพร้าวคือ แร่ธาตุ น้ำตาล และกรดไขมันชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

Snowdon และคณะ (2003) ยังรายงานว่าการที่มะพร้าวประกอบด้วยกรดไขมันคือกรดลอริกและกรดไมริสติกเป็นหลัก ซึ่งกรดไขมันทั้งสองชนิดนี้เป็นกรดไขมันอิ่มตัวชนิดที่มีความยาวของสายโซ่โมเลกุลขนาดปานกลาง (medium chain) จำนวนอะตอมของคาร์บอนในกรดลอริกและกรดไมริสติกคือ 12 และ 14 ตามลำดับ ข้อดีของกรดไขมันที่มีความยาวของสายโซ่โมเลกุลปานกลางคือสามารถ แตกตัว ถูกย่อยและถูกดูดซึมในร่างกายเพื่อไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายกว่ากรดไขมันที่มีความยาวของสายโซ่โมเลกุลขนาดยาว จึงถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานได้หมด ไม่เกิดการสะสมเป็นไขมันในหลอดเลือด (Marten และคณะ, 2006) และการบริโภคอาหารที่กรดไขมันที่มีความยาวของสายโซ่โมเลกุลปานกลาง สามารถใช้ลดน้ำหนักตัวได้ ป้องกันโรคอ้วนและลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคหัวใจและโรคหลอดเลือดหัวใจตีบตัน ในปี ค.ศ. 2000 มีรายงานว่าประชากรที่อาศัยอยู่ในท้องถิ่นของหมู่เกาะแปซิฟิก ที่บริโภคกรดไขมันจากมะพร้าวเป็นประจำ มีปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดต่ำ และในปี ค.ศ. 2001 มีการศึกษาพบว่าในแถบตะวันตกของเกาะสุมาตรา ในประเทศอินโดนีเซีย ที่ประชากรมีการใช้มะพร้าวกันมากในอาหารพื้นบ้าน พบว่ามี

ประชากรที่ป่วยเป็นโรคหัวใจต่ำ (Snowdon และคณะ, 2003) ในการศึกษาของ Nevin และ Rajamohan (2004) ถึงข้อดีของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธ์ (virgin coconut oil) พบว่าสามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอล LDL (low density lipoprotein) และ VLDL (very low density lipoprotein) คอเลสเตอรอล ที่เป็นคอเลสเตอรอลตัวร้าย ที่ก่อให้เกิดการอุดตันของหลอดเลือด และเพิ่มคอเลสเตอรอล HDL (high density lipoprotein) ซึ่งเป็นคอเลสเตอรอลตัวที่ดีต่อสุขภาพ

ตารางที่ 1 สารอาหารที่มีในมะพร้าวพันธุ์ Green dwarf และผลิตภัณฑ์ (ต่อ 100 กรัมส่วนที่รับประทานได้)

สารอาหาร	มะพร้าวอ่อน		มะพร้าวแก่		
	น้ำ	เนื้อ	น้ำ	เนื้อ	กะทิ
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	16	77	22	389	326
โปรตีน (กรัม)	NA	1.4	0.3	3.5	4.4
ไขมัน (กรัม)	NA	3.6	0.2	39	32.3
น้ำตาล (กรัม)	4.1	10	5	4	5
ใยอาหาร (กรัม)	0	0.7	0	7.5	1.7
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	NA	257	310	360	280
เหล็ก (มิลลิกรัม)	NA	1	1.1	1.1	1.8
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	NA	6	2	2	1

NA หมายถึง not analyzed

ที่มา: Snowdon และคณะ (2003)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

2.3.1 แร่ธาตุ

น้ำมะพร้าวเป็นแหล่งแร่ธาตุหลายชนิดที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ โพแทสเซียม โซเดียม คลอรีน แมกนีเซียม แคลเซียม และน้ำตาลกลูโคส (นุจรินทร์, 2546) น้ำมะพร้าวอ่อนมีปริมาณของแร่ธาตุสูงกว่ามะพร้าวแก่ อีกทั้งรสชาติที่ดีกว่าจึงทำให้ผู้บริโภคนิยมบริโภคน้ำมะพร้าวอ่อนกันมาก องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and agricultural organization, FAO) ได้ส่งเสริมให้มีการผลิตเครื่องดื่มน้ำมะพร้าว เพื่อใช้เป็นเครื่องดื่มสำหรับการทดแทนการเสียน้ำของร่างกาย (oral rehydration) เพราะในน้ำมะพร้าวอุดมไปด้วย สารละลาย

เกลือแร่ (electrolyte minerals) ชนิดต่างๆ ได้แก่ โพแทสเซียม ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่สำคัญในน้ำมะพร้าว ที่มีบทบาทต่อระบบไหลเวียนเลือด การช่วยขับปัสสาวะ (urinary output) (FAO, 1998) นอกจากนี้โพแทสเซียม ยังทำงานร่วมกับโซเดียมในกระบวนการโซเดียมโพแทสเซียมปั๊ม (sodium potassium pump) ของเซลล์กล้ามเนื้อและเซลล์ประสาทด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสำหรับผู้ออกกำลังกาย (sport drink) พบว่า น้ำมะพร้าวมีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการทดแทนการเสียเหงื่อ ได้แก่ โพแทสเซียม โซเดียม คลอไรด์ และแมกนีเซียมสูง แต่มีน้ำตาลต่ำกว่าเครื่องดื่มสำหรับผู้ออกกำลังกายทั่วไป (นุชจรินทร์, 2546)

การดื่มน้ำมะพร้าวสามารถทดแทนการสูญเสียเหงื่อจากการเล่นกีฬาหรือออกกำลังกายเนื่องจากเป็น isotonic drinks มีค่าสมดุลย์เกลือแร่ (electrolytic balance) อยู่ในระดับเดียวกับระดับเกลือแร่ในเซลล์ปกติของมนุษย์ สามารถใช้น้ำมะพร้าวเป็นเครื่องดื่มสำหรับบุคคลที่สูญเสียน้ำอย่างมากจากระบบทางเดินอาหารของร่างกาย (Richter และคณะ, 2005) ผลิตภัณฑ์น้ำมะพร้าวจึงเป็นเครื่องดื่มให้พลังงานที่มีโอกาสการขยายตลาดได้มากขึ้น (FAO, 1998)

2.3.2 กรดลอริกและกรดไขมันอิ่มตัว

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

น้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยกรดไขมันที่อิ่มตัวกว่าร้อยละ 90 ของไขมันทั้งหมด อะตอมของธาตุคาร์บอนของกรดไขมันอิ่มตัวจะต่อกันเป็นสายโซ่ด้วยพันธะเดี่ยว แต่ละอะตอมของคาร์บอนจะไม่สามารถรับไฮโดรเจนได้อีก กรดไขมันอิ่มตัวในมะพร้าวส่วนใหญ่มีจำนวนคาร์บอนอะตอม 8 ถึง 14 อะตอม กรดไขมันที่สำคัญได้แก่ กรดคาไพรลิก ($C_{8:0}$) กรดคาพริก ($C_{10:0}$) กรดลอริก ($C_{12:0}$) และกรดไมริสติก ($C_{14:0}$) (ณรงค์, 2548) กรดไขมันเหล่านี้มีคุณสมบัติแตกต่างจากน้ำมันพืชชนิดอื่น ๆ คือ เป็นไขมันอิ่มตัวที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ โดยกรดไขมันในมะพร้าวจะมีกรดลอริกเป็นองค์ประกอบมากกว่าร้อยละ 50 ของกรดไขมันทั้งหมด รองลงมาคือกรดไมริสติก กรดปาล์มิติก ($C_{16:0}$) และกรดโอเลอิก ($C_{18:1}$) ตามลำดับ (นิธิยา, 2548) คุณสมบัติทางสรีรวิทยาดังกล่าว มีบทบาทเสริมให้ไขมันมะพร้าวเป็นไขมันที่ดีที่สุดสำหรับสุขภาพของผู้บริโภคโดย

1. การสร้างภูมิคุ้มกัน กรดลอริกและไมริสติก เป็นกรดไขมันชนิดสายโซ่ขนาดปานกลาง (medium chain) เป็นกรดไขมันชนิดเดียวกับกรดไขมันที่พบในน้ำนมแม่ และให้คุณค่าทางอาหารเช่นเดียวกัน ซึ่งร่างกายทั้งเด็กและผู้ใหญ่ต้องการกรดลอริก 10 ถึง 20 กรัมต่อวัน (Mary, 2004) เมื่อได้รับกรดลอริกแล้วร่างกายมนุษย์จะมีการสังเคราะห์โมโนกลีเซอไรด์ ที่เรียกว่า โมโน-ลอริน (monolaurin) Neiman (2009) อธิบายว่าทารกได้รับภูมิคุ้มกันโรคจากการดื่มน้ำนมแม่ที่มีโมโนลอรินในปริมาณสูง นอกจากนี้มีศึกษาการใช้โมโนลอรินที่สังเคราะห์จากกรดลอริกเพื่อยับยั้ง

Listeria monocytogenes ในผลิตภัณฑ์ Stracchino cheese โดยเปรียบเทียบกับการล้างด้วยกรดแลคติก พบว่าโมโนลอรินเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *Listeria monocytogenes* ได้ดีเทียบเท่ากับกรดแลคติกเข้มข้นร้อยละ 1.4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (Stecchini และคณะ, 2002) ซึ่งเป็นกรดชนิดที่ใช้สำหรับการยับยั้งเชื้อดังกล่าวในผลิตภัณฑ์อาหาร (Doores, 1993) การประยุกต์ใช้งานจริงในระดับอุตสาหกรรมอาจใช้โมโนลอรินร่วมกับกรดแลคติก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ดีขึ้น (Stecchini และคณะ, 2002)

2. เปลี่ยนเป็นพลังงานทั้งหมด และเพิ่มอัตราเมตาบอลิซึม กรดไขมันของน้ำมันมะพร้าวมีโมเลกุลขนาดกลาง ($C_{8:0}$– $C_{14:0}$) เมื่อบริโภคเข้าไป ไขมันจะผ่านจากกระเพาะอาหารไปยังลำไส้ แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานที่ตับอย่างรวดเร็ว (ภายในหนึ่งชั่วโมง) มีผลทำให้เกิดความร้อนสูง (thermogenesis) โดยไปกระตุ้นต่อมไทรอยด์ให้ทำงานเร็วขึ้น คล้ายกับบุคคลประเภทไฮเปอร์-ไทรอยด์ (hyperthyroid) ที่ต่อมไทรอยด์ทำงานในอัตราที่สูงกว่าคนธรรมดา จึงทำให้ต้องใช้พลังงานมาก ทำให้เป็นคนกระฉับกระเฉง (active) และไม่อ้วน เพราะน้ำมันมะพร้าวที่บริโภคเข้าไปถูกเผาผลาญเป็นพลังงานหมดไม่สะสมเป็นไขมันในร่างกาย

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

2.4 สารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

2.4.1 สารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิกพบได้ตามธรรมชาติของพืช ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารอินทรีย์ที่มีทั้งโมเลกุลอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ จนถึงโครงสร้างโพลีเมอร์ที่ซับซ้อน เช่น ลิกนิน เมลานิน และแทนนิน เป็นต้น

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารตามธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากทำหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับสีและกลิ่นรส สารประกอบฟีนอลิกที่พบในธรรมชาติส่วนมากมักจะเชื่อมต่ออยู่กับน้ำตาลทั้งแบบโมเลกุลเดี่ยว และโมเลกุลคู่ (Harborn, Baxter และ Moss, 1999)

สารประกอบฟีนอลิกในพืชสามารถจำแนกชนิดตามโครงสร้างพื้นฐานได้ 4 กลุ่ม คือ

1. อนุพันธ์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxylated derivatives) ของกรดเบนโซอิก และกรดซินนามิก ได้แก่ สารประกอบที่มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นกรดฟีนอลิก (phenolic acids) โดย

อนุพันธ์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลจะมีโครงสร้างเป็นสารประกอบอะโรมาติกที่มีลูกโซ่ด้านข้าง (side chain) เป็นคาร์บอน 1 อะตอม (C_6-C_1) เช่น พาราไฮดรอกซีเบนโซอิก (*p*-hydroxybenzoic) วานิลลิก (vanillic) แกลลิก (gallic) ส่วนอนุพันธ์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลของกรดซินนามิก มีโครงสร้างเป็นสารประกอบอะโรมาติกที่มีลูกโซ่ด้านข้างเป็นคาร์บอน 3 อะตอม (C_6-C_3) เช่น กรดพาราคิวมาริก (*p*-coumaric acid) กรดคาเฟอิก (caffeic acid) และกรดเฟอรูลิก (ferulic acid) (Bravo,1998)

2. คิวมาริน (coumarins) เป็นสารที่มีโครงสร้างเป็น (C_6-C_3) เหมือนกรดซินนามิก แต่ C_3 จะเกิดเป็นออกซิเจน เฮทเทอโรไซเคิล (oxygen heterocycle) คิวมารินจะพบมากในส่วนของเมล็ด และจะอยู่ในรูปของกลูโคซายด์ (glucoside)

3. ฟลาโวนอยด์ เป็นสารประกอบฟีนอลิกหลักที่พบในพืช มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ โครงสร้างประกอบด้วยคาร์บอน 15 อะตอม จัดเรียงตัวเป็น C_6-C_3-C_6 เป็นวงแหวนอะโรมาติก 2 วง ต่ออยู่กับคาร์บอน 3 อะตอม ซึ่งปกติแล้วมักจะอยู่ในรูปของวงแหวนเฮทเทอโรไซคลิก (hetero - cyclic ring) (Blasundram, Sundram และ Samman, 2006) สามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยตามความแตกต่างของ C_3 ทำให้ได้เป็นสารกลุ่มฟาโวนอยด์ชนิดต่างๆ เช่น ฟลาโวน (flavone) ฟลาโวนอล (flavonol) ฟลาวานอล (flavanol) และแอนโทไซยานิดิน (anthocyanidin) เป็นต้น (Hollman และ katan, 1999)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

4. โพลีฟีนอลิกแทนนิน (polyphenolic tannin) และลิกนิน (lignin) ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่มีโมเลกุลใหญ่ สามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อยตามผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการให้ความร้อนด้วยกรด หรือด่าง คือ

4.1 แทนนินที่สามารถถูกไฮโดรไลส์ได้ (hydrolysable tannins) เมื่อถูกไฮโดรไลส์ด้วยกรดจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดฟีนอลิกกับน้ำตาลกลูโคส

4.2 คอนเดนส์แทนนิน (condensed tannin) เมื่อถูกไฮโดรไลส์ด้วยกรดจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นฟลาวานอลกับสารสีน้ำตาล

4.3 ลิกนิน เมื่อถูกไฮโดรไลส์ด้วยด่างจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นอนุพันธ์ของกรดเบนโซอิก และกรดซินนามิก

สารประกอบฟีนอลิกชนิดที่พบมากในผลิตภัณฑ์มะพร้าว ได้แก่ กรดแกลลิก อะพิแกลโลคะเตชิน (epigallocatechin) และกรดไซรินจิก (syringic acid) (Seneviratne , Hapuarachchl

และ Ekanayake, 2008) ซึ่งเป็นกรดฟีนอลิกในกลุ่มอนุพันธ์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลของกรดเบนโซอิก และกลุ่มฟลาโวนอยด์ดังที่ได้กล่าวแล้วในข้างต้น

โดยกลไกการออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารกลุ่มนี้ ประกอบด้วย

1. เป็นสารคีเลต (chelating agent) โดยเฉพาะสารโพลีฟีนอลที่มีโครงสร้างเป็นออร์โทไฮดรอกซีฟีนอลิก ทำหน้าที่ในการเกิดพันธะโคออร์ดิเนตกับโลหะหนัก เช่น ทองแดง และเหล็ก ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการสร้างอนุมูลอิสระ

2. เป็นสารต้านออกซิเดชันโดยหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ ทำหน้าที่เป็นตัวให้ไฮโดรเจนแก่อนุมูล (hydrogen donor) ซึ่งหลังจากที่ถูกออกซิไดซ์แล้วจะได้อนุมูลของฟลาโวนอยด์ซึ่งมีความเสถียรสูง

3. ทำหน้าที่ในการคืนรูป (regenerate) ของวิตามินอี โดยจะรีดิวส์อนุมูลโทโคฟีรอลที่สูญเสียไฮโดรเจน ให้กลับเป็นโทโคฟีรอลที่สามารถเป็นสารต้านอนุมูลที่ให้อะตอมไฮโดรเจนได้อีกครั้ง (โอภา และคณะ, 2549)

2.4.2 ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกเกิดขึ้นเนื่องจากการที่สารกลุ่มนี้สามารถจับกับอนุมูลอิสระได้ สามารถให้อะตอมของไฮโดรเจนหรืออิเล็กตรอนได้ หรือสามารถจับโลหะได้ (Amarowicz และคณะ, 2004) โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสามารถในการจับอนุมูลอิสระและโลหะ การมีไฮดรอกซิลเพียงหมู่เดียวที่ตำแหน่งออร์โท (ortho-) หรือพารา (para-) จะทำให้สารไม่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน โดยการให้ไฮโดรเจนน้อยมาก แต่หากวางอยู่ในตำแหน่งเมทา (meta-) จะให้ฤทธิ์ที่ดีกว่า ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของหมู่คาร์บอกซิลิก (-COOH) ที่มีคุณสมบัติดึงอิเล็กตรอน โดยเฉพาะที่ตำแหน่งออร์โทและพาราจะได้รับผลนี้มากกว่า (โอภา และคณะ, 2549) ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกที่พบในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (ตารางที่ 2) จะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการเติมหมู่ไฮดรอกซิล (degree of hydroxylation) เพิ่มขึ้น ดังเช่น กรณีของกรดแกลลิกที่มีหมู่ไฮดรอกซิล 3 หมู่ จะแสดงความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้สูงมาก แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่งที่ 3 และ 5 ด้วยหมู่เมทอกซิล (methoxyl group) ตัวอย่างเช่น กรด ไซรินจิกจะลดความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระลง

ตารางที่ 2 ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกชนิดต่างๆ ที่พบในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ เปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน Trolox (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity, TEAC)

สาร	ตำแหน่งหมู่ -OH	TEAC (mM)*	โครงสร้างหลัก
Gallic acid	3,5,7	3.01±0.05	Phenolic acid
Syringic acid	3,5-diOMe,4-OH	1.36±0.01	Phenolic acid
Ferulic acid	3-OCH_3,4-OH	1.90±0.02	Phenolic acid
Caffeic acid	3,4	1.26±0.01	Phenolic acid
Phydroxybenzoic acid	2	0.04±0.01	Phenolic acid
Catechin	3,5,7,3',4'	2.40±0.05	Flavan-3-ol
Epicatechin	3,5,7,3',4'	2.50±0.02	Flavan-3-ol
Epigallocatechin	3,5,7,3',4',5'	3.80±0.06	Flavan-3-ol

* ดัดแปลงจาก โอภา และคณะ (2549)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

การวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant capacity) หรือการหาความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ซึ่งเป็นการรวมองค์ประกอบทั้งหมดของภาวะรีด็อกซ์ โดยอาศัยการวิเคราะห์การส่งผ่านอิเลคตรอนเดี่ยว (electron transfer) ซึ่งจะเปรียบเทียบความสามารถในการทำให้โปรตอนหลุดออกจากโมเลกุล และการแตกออกเป็นอิออน แสดงถึงความสามารถในการให้อิเลคตรอนเพื่อทำให้โปรตอนหลุดออก วิธีการวิเคราะห์เป็นการหาความสามารถในในการยับยั้งหรือกำจัดอนุมูลอิสระที่ทำให้เกิดขึ้น เป็นวิธีการวิเคราะห์โดยอ้อม เริ่มด้วยการสร้างอนุมูลอิสระให้เกิดขึ้น จากนั้นนำพลาสมา หรือสารต้านอนุมูลอสระที่ต้องการทดสอบเติมลงไป ซึ่งวิธีที่ง่ายในการวิเคราะห์ ได้แก่

1. วิธี TRAP วึ่งจะใช้สารประกอบ ABTS ABAP หรือ AAPH, 2,2'-azobis (2-amidopropane) ที่จะสลายตัวให้อนุมูลเปอร์ออกซี ซึ่งหาปริมาณได้จากการที่อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสาร ABTS เกิดเป็นอนุมูล $ABTS^{\bullet+}$ (2,2-azino-bis(3-ethylbenzo thiazoline-6-sulphonic acid) ที่มีสี และมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 660 734 และ 820 นาโนเมตร เมื่อเติมสารต้านอนุมูลอิสระลงไป จะทำให้เกิดสีของ $ABTS^{\bullet+}$ ช้าและน้อยลง

ทำให้มีสีจางลง การวิเคราะห์ทำได้ทั้งการวัดระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดสีของ $ABTS^{\bullet+}$ หลังการทำปฏิกิริยา หรือวัดปริมาณ $ABTS^{\bullet+}$ ที่เกิดขึ้นจากค่าการดูดกลืนแสงในเวลาที่กำหนด เทียบกับสารมาตรฐาน Trolox™ (6-hydroxy-2,5,7,8 tetramethyl -chroman-2-carboxylic acid)

2. วิธี ORAC จัดเป็นวิธีการวิเคราะห์ทางอ้อม โดยการวัดความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระ ในการยับยั้งอนุมูลเปอร์ออกซีไม่ให้ทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน การวิเคราะห์จะวัดแสงฟลูออเรสเซนส์ โดยอนุมูลเปอร์ออกซีจะทำปฏิกิริยาเปลี่ยนสารที่ให้แสงฟลูออเรสเซนส์เป็นสารที่ไม่ให้แสงฟลูออเรสเซนส์ ดังนั้น เมื่อเติมสารต้านอนุมูลลงไปขจัดอนุมูลเปอร์ออกซีจะทำให้มีแสงฟลูออเรสเซนส์เพิ่มขึ้นตามปริมาณและความแรงของสารทดสอบที่เติมลงไป

วิธีนี้จะใช้ β-phycoerythrin (β-PE) แทน $ABTS^{\bullet+}$ ซึ่ง β-PE มีคุณสมบัติให้แสงฟลูออเรสเซนส์ที่ 565 นาโนเมตร เมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสงหรือรังสีที่มีความยาวคลื่นเท่ากับ 540 นาโนเมตร β-PE จะถูกทำลายโดยอนุมูลอิสระ ทำให้คุณสมบัติในการให้แสวงฟลูออเรสเซนส์เสียไป ดังนั้นเมื่อผสมสาร AAPH ซึ่งสลายตัวให้อนุมูลอเปอร์ออกซี ($ROO^{\bullet}$) จะทำให้เกิดแสงฟลูออเรสเซนส์ของ β-PE ลดลง (สมการ 2) ดังนั้นการเติมสารต้านออกซิเดชันลงในสารละลายทดสอบจะยับยั้งการสูญเสียแสงฟลูออเรสเซนส์ของ β-PE (สมการ 3 และ 4)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

$$R\text{-}N{=}N\text{-}R \longrightarrow N_2 + 2\,ROO^{\bullet} \qquad (1)$$

$$ROO^{\bullet} + \beta\text{-PE} \longrightarrow ROOH + \text{oxidized-}\beta\text{-PE} \qquad (2)$$

(แสงฟลูออเรสเซนส์) (ไม่ให้แสงฟลูออเรสเซนส์)

$$ROO^{\bullet} + AH \longrightarrow ROOH + A^{\bullet} \qquad (3)$$

(สารต้านอนุมูล)

$$ROO^{\bullet} + A^{\bullet} \longrightarrow ROOA \qquad (4)$$

เพื่อกำจัดความแปรปรวนจากสารเคมี เครื่องมือ และผู้วิเคราะห์ค่า ORAC จะคำนวณเป็นค่าที่มีความสมมูลกับสารมาตรฐาน Trolox™ มีหน่วยเป็นไมโครโมลเทียบเท่ากับ Trolox แต่ข้อจำกัดของวิธีนี้คือ เป็นวิธีที่วัดเฉพาะความสามารถในการหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่เกิดจากอนุมูลเปอร์ออกซีที่ละลายน้ำเท่านั้น (แต่อนุมูลเปอร์ออกซีเป็นอนุมูลชนิดละลายน้ำที่พบในร่าง-

กายของมนุษย์) ไม่ได้วัดความสามารถในการต้านอนุมูลชนิดอื่นๆ และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลในลิปิดที่มีความสำคัญในการเกิดลิปิดออกซิเดชัน

3. วิธี FRAP เป็นวิธีการหาค่าความสามารถรวมในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยตรง ซึ่งสารต้านอนุมูลทำหน้าที่ในการให้อิเลคตรอนจึงจัดเป็นสารรีดิวซ์ ใช้สารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก Fe^{3+}-TPTZ (ferric triazine) เป็นสารทดสอบ อะตอมของเหล็กจะถูกรีดิวซ์โดยสารต้านออกซิเดชัน ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กเฟอร์รัส Fe^{2+}-TPTZ สีน้ำเงินที่ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

ทั้งวิธี TEAC และ FRAP เป็นการวิเคราะห์หาความสามารถในการรีดิวซ์ซึ่งเกิดอย่างรวดเร็วภายใน 4-5 นาที แต่ในการวิเคราะห์สารต้านออกซิเดชันจากพืชจำพวกฟีนอล จะพบว่าค่าการดูดกลืนแสงที่ 595 นาโนเมตร จะเพิ่มขึ้นเมื่อทิ้งไว้ ดังนั้นการวัดครั้งเดียวตามเวลาที่กำหนด อาจไม่ใช่การเกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ วิธี FRAP มีข้อดีคือเป็นวิธีที่ง่าย ใช้เวลาน้อย ไม่แพง และไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ แต่มีข้อเสียคือกลไกของปฏิกิริยาที่ใช้วิเคราะห์ไม่เกี่ยวข้องกับกลไกในร่างกาย

4. วิธี DPPH คือ การวัดความสามารถในการรีดิวซ์อนุมูล $DPPH^{\bullet}$ (2,2-diphenyl-1-picryhydrazyl radical) ซึ่งเป็นการวัดกิจกรรมในการกำจัด hydrogen radicals โดย $DPPH^{\bullet}$ ซึ่งเป็นสารอนุมูลอิสระที่ให้สีม่วงเมื่อละลายในเอทานอล จึงสามารถวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตร เมื่อ $DPPH^{\bullet}$ รับอิเลคตรอน หรือ hydrogen radical สีม่วงจะจางลง แสดงว่ามีสารประกอบที่สามารถต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยไปกำจัดอนุมูลอิสระ ผลการวิเคราะห์จะแสดงในรูปร้อยละที่ลดลงจากค่าควบคุม (Brand-William, 1995) ข้อดีของวิธีนี้คือง่าย สามารถใช้เป็นวิธีเบื้องต้นในการทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลของสารต้านอนุมูลอิสระในธรรมชาติ ยกเว้นสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่มีการดูดกลืนแสงในย่านเดียวกัน อนุมูล $DPPH^{\bullet}$ มีความคงตัวไม่ไวต่อปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลที่เกิดในร่างกาย ดังนั้นจึงไม่สามารถแยกแยะจัดอันดับอนุมูลที่มีความไวสูงได้ นอกจากนี้โครงสร้างทางเคมีของ $DPPH^{\bullet}$ ที่แสดงจะเห็นว่าอิเลคตรอนเดี่ยวของอนุมูลอิสระถูกบดบังด้วยวงแหวนเบนซีน 3 วง และหมู่ไนโตร ทำให้สารต้านอนุมูลที่มีฤทธิ์แรงแต่มีขนาดใหญ่บางสารไม่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาขจัดอนุมูล หรือต้องใช้เวลานาน ทั้งๆ ที่สารนั้นมีฤทธิ์ในการขจัดอนุมูลเปอร์ออกซี นอกจากนี้สารรีดิวซ์สามารถทำให้สี $DPPH^{\bullet}$ จางลงได้อีกด้วย

5. วิธี TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) เป็นวิธีที่วัดความสามารถของสารในการกำจัดอนุมูล $ABTS^{\bullet+}$ ซึ่งเป็นอนุมูลที่มีความคงตัว เปรียบเทียบกับ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

สารต้านอนุมูลมาตรฐาน Trolox ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับสารละลายทดสอบความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ ข้อดีของวิธีนี้คือ ทำได้ง่าย อนุมูล $ABTS^{\bullet+}$ จะทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับสารต้านอนุมูล ปกติจะใช้เวลาประมาณ 5 นาที สามารถวิเคราะห์ได้ในช่วงสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่กว้าง อนุมูล $ABTS^{\bullet+}$ ละลายได้ทั้งในน้ำและสารทำละลายอินทรีย์ ใช้วิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นสารที่ละลายน้ำ หรือสารที่ละลายในไขมัน แต่ ABTS ไม่เป็นสารตามธรรมชาติที่ก่อให้เกิดอนุมูลในเซลล์ของร่างกาย เช่นเดียวกันกับ Fe^{3+}-TPTZ (โอภา และคณะ, 2549)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 มะพร้าวน้ำหอม

วัตถุดิบที่ใช้คือ มะพร้าวน้ำหอม (*Cocos nucifera Linn ;* Aromatic coconut) จากสวนในพื้นที่ อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี และ อ.บ้านแพ้ว จ.สมุทรสาคร ที่มีระดับความแก่ 3 ระดับ ได้แก่

- มะพร้าวน้ำหอมชั้นครึ่ง คือมีอายุ 180 วันหลังดอกบาน ที่มีเนื้อเป็นวุ้นบางเกือบเต็มผล ความหวานของน้ำมะพร้าวประมาณ 6-6.6 องศาบริกซ์ เป็นมะพร้าวระยะที่ไม่เหมาะกับการบริโภคทั้งผล เพราะเนื้อบาง แต่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องดื่มน้ำมะพร้าวได้

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

- มะพร้าวน้ำหอมสองชั้น มีอายุ 190 วันหลังดอกบาน เป็นมะพร้าวน้ำหอมมีเนื้อเต็มผลแล้ว แต่ยังไม่แก่เกินไปหรือไม่แก่จนเนื้อภายในผลแข็ง ความหวานของน้ำมะพร้าว 7-8 องศาบริกซ์ เป็นมะพร้าวที่มีระดับความแก่เหมาะสมในการบริโภคทั้งผล หรือทำมะพร้าวเผา

- มะพร้าวน้ำหอมก้ามปู มีอายุ 225 วันหลังดอกบาน คือมะพร้าวผลแก่ที่มีเนื้อหนา กะลาสีดำความหวานของน้ำมะพร้าวประมาณลดลงเหลือ 7 องศาบริกซ์ เก็บเกี่ยวเพื่อใช้คั้นเป็นกะทิ ไม่เหมาะในการบริโภคสด

ในการเก็บเกี่ยวมะพร้าว ซึ่งไม่สามารถมองการเจริญของเนื้อภายในผลได้ จึงต้องใช้การนับวันหลังจากที่ดอกของมะพร้าวบานร่วมกับการสังเกตการเจริญของทะลายและผลมะพร้าวโดยเก็บเกี่ยวผลมะพร้าวในแต่ละระดับความแก่ ระดับละ 30 ลูก การเก็บเกี่ยวแต่ละครั้ง ทำในวันเดียวกัน แล้วขนส่งมาที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร ซึ่งเก็บเกี่ยวมะพร้าวน้ำหอมทั้งหมด 3 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 เดือนตุลาคม 2551 ครั้งที่ 2 เดือนมกราคม 2552 และครั้งที่ 3 เดือนกรกฎาคม 2552

3.1.2 มะพร้าวกะทิ

มะพร้าวกะทิที่ใช้ในการวิจัยเป็นพันธุ์ต้นสูง (*Cocos nucifera Linn* ; Makapuno) จากสวนในพื้นที่ อ.ทับสะแก จ.ประจวบคีรีขันธ์ และ อ.บ้านแพ้ว จ.สมุทรสาคร ที่มีระดับความแก่ 2 ระดับ ได้แก่

- มะพร้าวกะทิอายุ 210 วันหลังดอกบาน เป็นมะพร้าวที่มีอายุเข้าสู่ระยะบริบูรณ์แล้ว แต่เปลือกหุ้มภายนอกยังเป็นสีเขียวอมน้ำตาล ขุยมะพร้าวชื้นและมีสีเหลือง มีเนื้อหนาเต็มทั้งผลแล้ว

- มะพร้าวกะทิอายุ 240 วันหลังดอกบาน เป็นมะพร้าวที่มีระดับความแก่ยังอยู่ในระยะบริบูรณ์ ซึ่งแตกต่างจากมะพร้าวกะทิอายุ 210 วัน คือ เปลือกหุ้มมีสีน้ำตาลทั่วทั้งผล ใยและขุยมะพร้าวแห้งเหนียว มีสีน้ำตาลแดง เนื้อมะพร้าวมีความหนาและฟูกว่ามะพร้าวอายุ 210 วัน

ทำการเก็บเกี่ยวตัวอย่างมะพร้าว 30 ลูกตามระดับความแก่หนึ่งๆ ขนส่งมาที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร ซึ่งเก็บเกี่ยวมะพร้าวน้ำหอมทั้งหมด 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ในเดือนกุมภาพันธ์ 2552 และครั้งที่ 2 เดือนกุมภาพันธ์ 2553

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

3.1.3 มะพร้าวคั้นกะทิ

วัตถุดิบที่ใช้คือ มะพร้าวพันธุ์ต้นสูง (*Cocos nucifera Linn*) โดยซื้อจากตลาดปฐมมงคล อ.เมือง จ.นครปฐม ที่มีอายุ 240 วันหลังดอกบาน คือมีเปลือกหุ้มสีน้ำตาลทั้งผล ใยและขุยมะพร้าวมีสีน้ำตาล แต่ยังไม่มีจาวมะพร้าว (sprouted coconut) เกิดขึ้นที่บริเวณ active eye (ภาพที่ 1) เนื้อมะพร้าวมีความหนา 1-1.5 เซนติเมตร จำนวน 30 ลูก โดยทำการทดลองทั้งหมด 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ในเดือนกุมภาพันธ์ 2552 และครั้งที่ 2 เดือนกุมภาพันธ์ 2553 โดยทั้งนี้ที่ไม่เลือกใช้มะพร้าวคั้นกะทิในพื้นที่เพาะปลูกเดียวกับมะพร้าวกะทิ คือ จ.สมุทรสาคร และ จ.ประจวบคีรีขันธ์ เนื่องจากข้อจำกัดในการจัดการระบบการป้องกันการข้ามสายพันธุ์ของมะพร้าวพันธุ์ต้นสูง มะพร้าวน้ำหอม และมะพร้าวกะทิ ที่ไม่สามารปลูกในพื้นที่เดียวกันได้

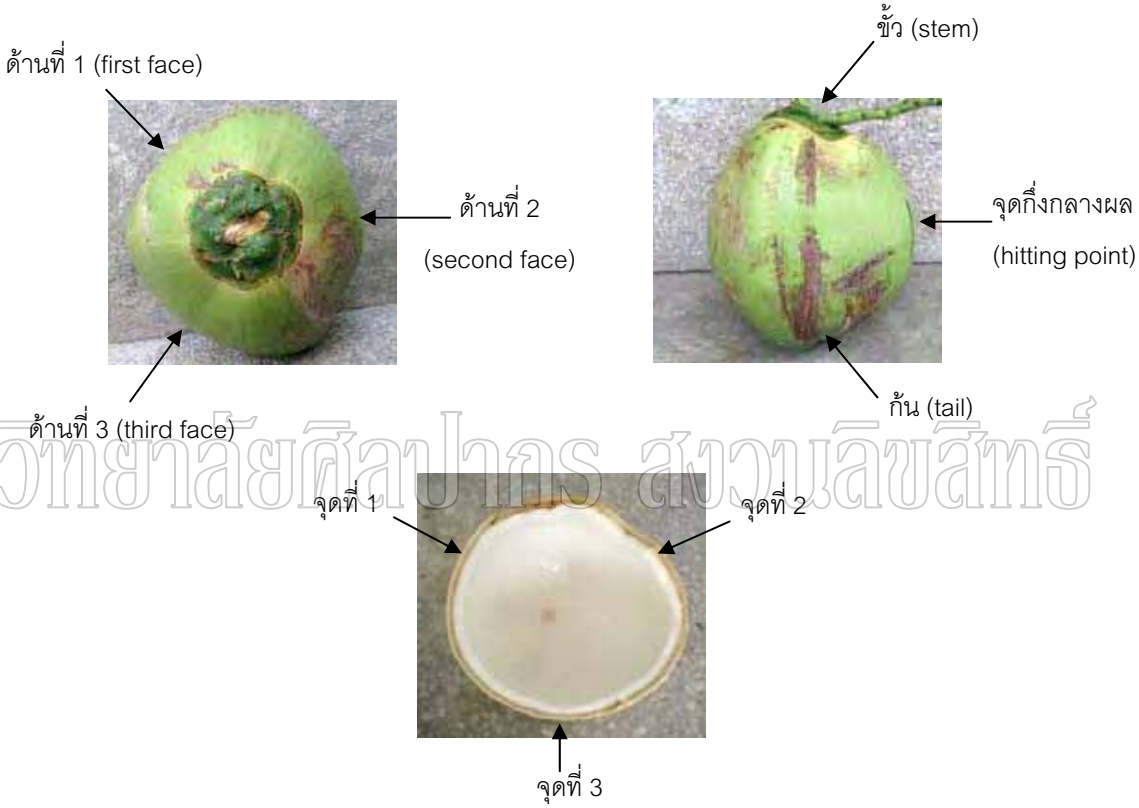
3.1.4 การเตรียมวัตถุดิบ

3.1.4.1 ชั่งน้ำหนักของผลมะพร้าวแต่ละระดับความแก่ ทุกๆ ผลด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (รุ่น BP 221S Sartorius, Germany)

3.1.4.2 ปอกเปลือกส่วนที่หุ้มกะลา (exocarp และ mesocarp) ออกด้วยที่ปอกมะพร้าว แยกน้ำมะพร้าว (liquid endosperm) ออกจากผลมะพร้าวโดยการใช้มีดต่อยลงที่จุด

กึ่งกลางของผลมะพร้าว จากนั้นวัดความหนาของเนื้อมะพร้าวแต่ละผล ที่กึ่งกลางระหว่างขั้วและก้นของผล 3 จุด (ภาพที่ 3) ด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์

3.1.4.3 เก็บน้ำมะพร้าวในขวดบรรจุน้ำขนาด 1 ลิตร ขวดละ 500 มิลลิลิตร ส่วนเนื้อมะพร้าวที่ได้ นำมาปอกผิวสีน้ำตาลที่ติดกับเนื้อออก หั่นให้มีขนาด 5x5 มิลลิเมตร แช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน ก่อนการวิเคราะห์



มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาพที่ 3 ตัวอย่างผลมะพร้าว และแสดงตำแหน่งที่วัดความหนาของเนื้อมะพร้าว

3.2 สารเคมี

3.2.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Merck KGaA., Germany)

3.2.2 เมทานอล (Merck KGaA., Germany)

3.2.3 คลอโรฟอร์ม (RCI Labscan Ltd., Thailand)

3.2.4 ไอโซโพรพานอล (Merck KGaA., Germany)

3.2.5 เฮกเซน (Millinckrodt Baker, Inc., USA)

3.2.6 กรดอะซิติก (Millinckrodt Baker, Inc., Thailand)

3.2.7 สารต้านอนุมูลอิสระวิตามินอีมาตรฐาน (Trolox) (Fluka Sigma-Aldrich™ Chemie GmbH, Germany)

3.2.8 2,2-Azino-bis(3-ethybenzothiazoline-6-sulfonic acid) Diammonium (ABTS) (Fluka Sigma-Aldrich™ Chemie GmbH, USA)

3.2.9 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Fluka Sigma-Aldrich™ Chemie GmbH, USA)

3.2.10 โซเดียมเมทท็อกไซด์ (Fluka Sigma-Aldrich™ Chemie GmbH, Germany)

3.2.11 กรดไขมันเมทิลเอสเทอร์มาตรฐาน (Fluka Sigma-Aldrich™ Chemie GmbH, Germany) ได้แก่ caprylate, caprate, laurate, myristate และ palmitate

3.2.12 ไนโตรเจนเหลว

3.2.13 สารประกอบฟีนอลิกมาตรฐาน (Fluka Sigma-Aldrich™ Chemie GmbH, Germany) ประกอบด้วย salicylic, 4-hydroxybenzoic acid, syringic acid, *m*-coumaric acid, *p*-coumaric acid, gallic acid, caffeic acid และ catechin

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

3.2.14 Trimethylchlorosilane (TCMS) 99.0%(GC) (Fluka Sigma-Aldrich™ Chemie GmbH, Germany)

3.2.15 N,O-bis-trimethylsilyl acetamide (BSA) 95.0%(GC) (Fluka Sigma-Aldrich™ Chemie GmbH, Germany)

3.2.16 Pyridene 99.0%(GC) (Fluka Sigma-Aldrich™ Chemie GmbH, Germany)

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.3.1 เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (GC-FID) Shimadzu รุ่น 2010 คอลัมน์ AT-WAX เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.20 มิลลิเมตร ยาว 50 เมตร หนา 0.25 ไมโครเมตร

3.3.2 เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี-แมสสเปกโทรมิเตอร์ (GC-MS) (Hewlett-Packard 6890-MS detector คอลัมน์ HP 5973 เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.20 มิลลิเมตร ยาว 30 เมตร หนา 0.25 ไมโครเมตร

3.3.3 เครื่องกลั่นหาปริมาณไนโตรเจน (รุ่น Vapodest 20 Gerhardt, Germany)

3.3.4 ชุดสกัดไขมัน (Tecator - Soxtec system HT)

3.3.5 เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) (รุ่น Spectronic 20 Genesys, USA)

3.3.6 เครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (Rotary evaporator) (Büchi Co.Ltd., Japan)

3.3.7 มาตรดัชนีหักเห (refractometer) (รุ่น 2110-W06 Atago Co.Ltd., Japan)

3.3.8 เครื่องเหวี่ยงแยกตะกอน (รุ่น Universal 16 Hettich, Germany)

3.3.9 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (Radiometer รุ่น PHM 210 Metro Lab Co.Ltd., France)

3.3.10 เครื่องปั่นผสมความเร็วสูง (รุ่น Ultra Turrax T25 Basic Becthai, Malaysia)

3.3.11 เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดหยาบ 2 ตำแหน่ง (KERN & Sohn GmbH D-72336, Balingen, Germany)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

3.3.12 เครื่องชั่งชนิดละเอียด 4 ตำแหน่ง (รุ่น BP 221S Sartorius, Germany)

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 ศึกษาผลของแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนต่อสมบัติทางเคมีของมะพร้าว

วิเคราะห์คุณภาพของมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทิแต่ละตัวอย่าง โดยทำการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids) ในน้ำมะพร้าวด้วยมาตรวัดดัชนีหักเห (AOAC, 1999) การวิเคราะห์ทำได้โดยนำตัวอย่างน้ำมะพร้าวน้ำหอม และมะพร้าวกะทิแต่ละระดับความแก่ กรองแยกสิ่งเจือปนด้วยผ้าขาวบาง และนำมาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดโดยการใช้มาตรวัดดัชนีหักเห

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในน้ำมะพร้าวด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง โดยนำตัวอย่างน้ำมะพร้าวน้ำหอม และมะพร้าวกะทิแต่ละตัวอย่าง กรองแยกสิ่งเจือปน และนำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

- ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity, TA) โดยการไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก)

- ปริมาณความชื้น (moisture content) (AOAC, 1999) ในเนื้อมะพร้าว โดยนำเนื้อมะพร้าวหั่นเป็นชิ้นขนาด 3x3 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนักประมาณ 5 กรัม ใส่ในถ้วยหาความชื้นที่แห้ง สะอาด และทราบน้ำหนักแน่นอน นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักหลังอบแล้ว 12 ชั่วโมง คำนวณหาความชื้นในเนื้อมะพร้าว

- ค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของมะพร้าวทั้งผลด้วยวิธีการแทนที่ (Mohsenin, 1996) คือนำมะพร้าวทั้งผลแทนที่ของน้ำที่ทราบปริมาตรแน่นอน จากนั้นนำปริมาตรของมะพร้าวเทียบกับน้ำหนัก ได้ค่าความหนาแน่นของผลมะพร้าวทั้งผล โดยหาค่าความหนาแน่นของมะพร้าว เทียบกับค่าความหนาแน่นของน้ำ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และวัดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมะพร้าวด้วยขวดวัดค่าความถ่วงจำเพาะ (พิคโนมิเตอร์)

3.4.2 ศึกษาผลของแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนต่อชนิดและปริมาณของน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมะพร้าวน้ำหอม เนื้อมะพร้าวน้ำหอม และเนื้อมะพร้าวกะทิ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

การศึกษาผลของความแตกต่างของแหล่งเพาะปลูก และระดับความแก่อ่อนในมะพร้าวต่อปริมาณน้ำตาล จะวิเคราะห์เฉพาะในส่วนของมะพร้าวที่ใช้ในการบริโภคเท่านั้น ซึ่งในมะพร้าวน้ำหอมประกอบด้วย น้ำและเนื้อ ส่วนมะพร้าวกะทิจะวิเคราะห์เฉพาะในส่วนของเนื้อ เนื่องจาก ตัวอย่างมะพร้าวกะทิในการวิจัยนี้ มีลักษณะเนื้อฟูเล็กน้อย และน้ำใสซึ่งไม่นิยมบริโภคพร้อมกับเนื้อมะพร้าวกะทิเหมือนกับน้ำที่มีลักษณะข้นเหนียว ดังนั้นตัวอย่างในการวิเคราะห์จึงประกอบด้วย

- เนื้อมะพร้าวน้ำหอมจากราชบุรี อายุ 180, 190 และ 225 วันหลังดอกบาน
- น้ำมะพร้าวจากราชบุรี อายุ 180, 190 และ 225 วันหลังดอกบาน
- เนื้อมะพร้าวน้ำหอมจากสมุทรสาคร อายุ 180, 190 และ 225 วันหลังดอกบาน
- น้ำมะพร้าวน้ำหอมจากสมุทรสาคร อายุ 180, 190 และ 225 วันหลังดอกบาน
- เนื้อมะพร้าวกะทิจากจังหวัดสมุทรสาคร อายุ 210 และ 240 วันหลังดอกบาน
- เนื้อมะพร้าวกะทิจากประจวบคีรีขันธ์ อายุ 210 และ 240 วันหลังดอกบาน

โดยชนิดของน้ำตาลที่วิเคราะห์ประกอบด้วย

- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ตามวิธีของ Nelson-Somogyi (1952) วิเคราะห์โดยการเติมสารละลาย Somogyi และสารละลาย Nelson ลงในตัวอย่างที่ผ่านการสกัดแล้ว (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 345 นาโนเมตร หาความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ในตัวอย่างจากการเทียบกับกราฟกลูโคสมาตรฐาน

- ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในรูปน้ำตาลทั้งหมดตามวิธี Phenol-Sulforic (Dubois และคณะ, 1956) โดยการนำตัวอย่างมา ทำปฏิกิริยากับสารละลายฟีนอลเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และกรดซัลฟิวริกเข้มข้น จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 488 นาโนเมตร หาความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมดในตัวอย่างด้วยกราฟกลูโคสมาตรฐาน (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก)

- ปริมาณน้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส โดยการทดสอบด้วยชุดวิเคราะห์น้ำตาล คือ เอนไซม์ คิท (Cat. Nr. 10 716 260 035 Boehringer Mannheim, R-Biopharm AG, Germany) ผลการทดลองแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบทั้งหมด (ดัดแปลงจาก Dubois และคณะ, 1956) (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก)

3.4.3 ศึกษาผลของแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนต่อปริมาณแร่ธาตุในน้ำมะพร้าวน้ำหอม

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ในการศึกษาปริมาณเกลือแร่ที่เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ โพแทสเซียม โซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม และฟอสฟอรัส ในน้ำมะพร้าวที่มีแหล่งเพาะปลูก และระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน โดยวิเคราะห์ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (AAS) ตัวอย่างประกอบด้วย

- น้ำมะพร้าวจากราชบุรี อายุ 180, 190 และ 225 วันหลังดอกบาน
- น้ำมะพร้าวน้ำหอมจากสมุทรสาคร อายุ 180, 190 และ 225 วันหลังดอกบาน

ซึ่งน้ำมะพร้าวน้ำหอมแต่ละแหล่งเพาะปลูก และระดับความแก่อ่อน ระดับละ 30 ลูก ผสมกัน กรองด้วยผ้าขาวบาง บรรจุตัวอย่างในกระบอกน้ำปริมาตร 500 มิลลิลิตร นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วส่งไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุที่ไอคิวเอ แล็บส์ (กรุงเทพมหานคร) (รักษาอุณหภูมิของตัวอย่างด้วยการเก็บกระบอกตัวอย่างในกระติกน้ำบรรจุน้ำแข็งแห้ง) ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที

3.4.4 ศึกษาผลของแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนต่อปริมาณกรดไขมันชนิดที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในเนื้อมะพร้าวน้ำหอม และเนื้อมะพร้าวกะทิด้วยเครื่อง Gas Chromatography FID (GC-FID)

การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมัน จะวิเคราะห์เฉพาะในเนื้อของตัวอย่างเท่านั้น คือ ประกอบด้วย

- เนื้อมะพร้าวน้ำหอมจากราชบุรี อายุ 180, 190 และ 225 วันหลังดอกบาน
- เนื้อมะพร้าวน้ำหอมจากสมุทรสาคร อายุ 180, 190 และ 225 วันหลังดอกบาน
- เนื้อมะพร้าวกะทิจากจังหวัดสมุทรสาคร อายุ 210 และ 240 วันหลังดอกบาน
- เนื้อมะพร้าวกะทิจากประจวบคีรีขันธ์ อายุ 210 และ 240 วันหลังดอกบาน

เนื่องจากทั้งในน้ำมะพร้าวและมะพร้าวกะทิ มีปริมาณไขมันเพียงร้อยละ 0.2 ขององค์ปะกอบทั้งหมด ซึ่งมีปริมาณที่ต่ำมาก ไม่ใช่แหล่งของไขมัน เมื่อเทียบกับส่วนของเนื้อมะพร้าวที่มีไขมันร้อยละ 39 ขององค์ประกอบทั้งหมด (Snowdon และคณะ, 2003) ดังนั้น ในการบริโภคร่างกายจะได้รับไขมันจากเนื้อมะพร้าว ไม่ได้มาจากส่วนของน้ำมะพร้าว ดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่จะต้องวิเคราะห์กรดไขมันในน้ำมะพร้าว ซึ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์ประกอบด้วย

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

- การกำจัดโปรตีนและเอนไซม์ออกจากตัวอย่าง โดยนำตัวอย่างมาปั่นผสมกับตัวทำละลายไอโซโพรพานอล และสกัดซ้ำด้วยเมทานอลและไอโซโพรพานอลอีกเป็นเวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก) เพื่อให้แน่ใจว่าสามารถสกัดเอาโปรตีนหรือเอนไซม์ออกมา ป้องกันการที่ไขมันตัวอื่นๆ ในเนื้อมะพร้าวถูกย่อยเป็นกรดไขมันอิสระ
- การสกัดไขมันในเนื้อมะพร้าวด้วยวิธีของโฟล์ช (Folch method) (Reynolds, Dring และ Hughes, 1991) (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก) ซึ่งสารละลายเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ที่เติมลงไปนั้น มีหน้าที่ในการที่จะช่วยแยกส่วนประกอบที่เป็นน้ำตาล และคาร์โบไฮเดรต หลังจากที่องค์ประกอบดังกล่าวละลายในสารละลายเกลือแล้ว ทำให้ไขมันที่สกัดได้มีความบริสุทธิ์มากขึ้น
- การทำเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก) เพื่อให้ระเหยได้ง่ายกว่ากรดไขมัน โดยสารที่ใช้ในการทำให้เกิดอนุพันธ์คือ โซเดียมเมทอกไซด์ (sodium methoxide) ซึ่งเป็นสารชนิดที่เหมาะกับกรดไขมันสายสั้นและปานกลาง เนื่องจากไม่ต้องให้ความร้อนในการทำปฏิกิริยา

- การวิเคราะห์อนุพันธ์ของกรดไขมันด้วยเครื่อง GC-FID ของ Shimadzu รุ่น GC 2010 คอลัมน์ AT-WAX (Alltech Heliflex) เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 มิลลิเมตร ยาว 50 เมตร ความหนาของฟิล์ม 0.20 ไมโครเมตร โดยฉีดตัวอย่างปริมาณ 1 ไมโครลิตร ตั้งอุณหภูมิใน inject port เป็น 210 องศาเซลเซียส โดยใช้ split ratio 1:10 อุณหภูมิของคอลัมน์เริ่มต้นที่ 120 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที และเพิ่มขึ้นเป็น 210 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 5 องศาเซลเซียสต่อนาที ใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นตัวพา (carrier gas) ที่อัตราการไหล 40 มิลลิลิตรต่อนาที ความดัน 131.9 กิโลปาสคัล ระบุชนิดของกรดไขมันด้วยการเปรียบเทียบ retention time ของกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์มาตรฐาน และหาปริมาณของกรดไขมันจากกราฟของกรดไขมันมาตรฐาน ที่มีความเข้มข้น 50-500 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.4.5 ศึกษาผลของแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนต่อชนิดและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในมะพร้าว

ศึกษาผลของความแตกต่างของแหล่งเพาะปลูก และระดับความแก่อ่อนในมะพร้าว ซึ่งตัวอย่างมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทิ ได้แก่

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

- เนื้อมะพร้าวน้ำหอมจากราชบุรี อายุ 180, 190 และ 225 วันหลังดอกบาน
- น้ำมะพร้าวจากราชบุรี อายุ 180, 190 และ 225 วันหลังดอกบาน
- เนื้อมะพร้าวน้ำหอมจากสมุทรสาคร อายุ 180, 190 และ 225 วันหลังดอกบาน
- น้ำมะพร้าวน้ำหอมจากสมุทรสาคร อายุ 180, 190 และ 225 วันหลังดอกบาน
- เนื้อมะพร้าวกะทิจากสมุทรสาคร อายุ 210 และ 240 วันหลังดอกบาน
- เนื้อมะพร้าวกะทิจากประจวบคีรีขันธ์ อายุ 210 และ 240 วันหลังดอกบาน

นำตัวอย่างเนื้อมะพร้าวแต่ละตัวอย่าง 20 กรัม ไปสกัดด้วยเมทานอลปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่าในที่มืดเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ระเหยเมทานอลออก ได้สารสกัดฟีนอลิก แล้วนำมาวิเคราะห์ โดยทำการตรวจวิเคราะห์หาชนิดของสารประกอบฟีนอลิก และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolics content) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu

3.4.5.1 วิเคราะห์ชนิดสารประกอบฟีนอลิกด้วย GC-MS

- การเตรียมอนุพันธุ์ โดยการเติมไพริดีน 50 ไมโครลิตร ลงในสารสกัดฟีนอลิก 5 กรัม ผสมเป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นเติม Trimethylchlorosilane

(TCMS) 200 ไมโครลิตร และ N,O-bis-trimethylsilyl acetamide (BSA) 500 ไมโครลิตร เป็นเวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นำไปวิเคราะห์ด้วย GC-MS

- วิเคราะห์ชนิดของสารประกอบฟีนอลิกด้วย GC-MS ดัดแปลงจากวิธีของ Zadernowski (2005) ด้วยคอลัมน์ HP5 (30 m x 0.25 mm x 0.25 μm) โดยใช้ก๊าซฮีเลียมเป็นก๊าซตัวพาที่มีอัตราการไหล 1.5 มิลลิลิตรต่อนาที ความดัน 131.9 กิโลปาสคัล ฉีดตัวอย่างปริมาณ 1 ไมโครลิตร ตั้งอุณหภูมิใน inject port เป็น 240 องศาเซลเซียส ระบบ splitless อุณหภูมิของคอลัมน์เริ่มต้นที่ 90 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที และเพิ่มขึ้นเป็น 240 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 20 องศาเซลเซียสต่อนาที คงที่เป็นเวลา 10 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 280 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 20 องศาเซลเซียสต่อนาที แล้วคงที่เป็นเวลา 5 นาที

3.4.5.2 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu

นำตัวอย่างสารสกัดจากเนื้อมะพร้าว และตัวอย่างน้ำมะพร้าวที่ไม่ต้องผ่านขั้นตอนการสกัด เนื่องจากน้ำมะพร้าวเป็นของเหลวใสอยู่แล้ว สามารถละลาย และทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu ได้โดยที่ไม่มีการรบกวนของสีจากน้ำมะพร้าว มาทำปฏิกิริยากับสารรีเอเจนต์ดังกล่าว ซึ่งผลการทดลองแสดงในหน่วยของ มิลลิกรัมกรดแกลลิก (mg GAE) ต่อกรัมน้ำหนักเปียกของตัวอย่าง (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก) ในการแสดงปริมาณเทียบกับน้ำหนักเปียก ทั้งนี้เนื่องจากต้องการใช้ในการเปรียบเทียบปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่ได้รับจริงจากการบริโภคตัวอย่างสดแต่ละชนิด

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

3.4.6 การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและความสัมพันธ์ของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดกับความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างมะพร้าวทั้งหมด 16 ตัวอย่าง ประกอบด้วย

- เนื้อมะพร้าวน้ำหอมจากราชบุรี อายุ 180, 190 และ 225 วันหลังดอกบาน
- น้ำมะพร้าวจากราชบุรี อายุ 180, 190 และ 225 วันหลังดอกบาน
- เนื้อมะพร้าวน้ำหอมจากสมุทรสาคร อายุ 180, 190 และ 225 วันหลังดอกบาน
- น้ำมะพร้าวน้ำหอมจากสมุทรสาคร อายุ 180, 190 และ 225 วันหลังดอกบาน

- เนื้อมะพร้าวกะทิจากสมุทรสาคร อายุ 210 และ 240 วันหลังดอกบาน
- เนื้อมะพร้าวกะทิจากประจวบคีรีขันธ์ อายุ 210 และ 240 วันหลังดอกบาน

วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH และ TEAC (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก) ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวโน้มของค่าความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระดังกล่าวกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

3.5 การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ในการทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบ Factorial Randomized Complete Block Designs ทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แสดงข้อมูลด้วยค่า mean±S.D. และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (NMRT) ซึ่งเป็นวิธีการเปรียบเทียบ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (α=0.05)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ผลของแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของมะพร้าว

4.1.1 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของมะพร้าวน้ำหอม

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของมะพร้าวน้ำหอม เพื่อสังเกตการพัฒนาของผลมะพร้าวน้ำหอมที่มีระดับความแก่ของผลตั้งแต่ 180-225 วันหลังดอกบาน คุณสมบัติทางกายภาพดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า มะพร้าวน้ำหอมมีอัตราส่วนของน้ำหนักส่วนที่บริโภคได้ (น้ำมะพร้าวและเนื้อมะพร้าว) ต่อส่วนที่บริโภคไม่ได้ (เปลือกนอก ใยมะพร้าว และกะลา) ที่มีค่าเพิ่มขึ้นในมะพร้าวผลแก่อายุ 225 วันหลังดอกบาน และอัตราส่วนของน้ำหนักน้ำมะพร้าวต่อเนื้อมะพร้าวมีค่าสูงสุดที่มะพร้าวน้ำหอม 180 วัน และลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ที่ 190 และ 225 วัน ความหนาของเนื้อมะพร้าวมีค่าเพิ่มขึ้นจากประมาณ 3.7 เป็น 6 เซนติเมตร ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ในน้ำมะพร้าวน้ำหอมเพิ่มขึ้นจาก 7.2 เป็น 7.9 องศาบริกซ์ โดยมีการเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อผลมีอายุ 190 วัน และลดลงเมื่ออายุ 225 วัน ส่วนในมะพร้าวอายุ 180 วัน ซึ่งปริมาณของแข็งที่ลดลง ทำให้น้ำมะพร้าวมีความหนาแน่นลดลง ความถ่วงจำเพาะในน้ำมะพร้าวอายุ 225 วันจึงมีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยที่สุด ปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้ (TA) มีค่าสูงสุดร้อยละ 0.08 ขององค์ประกอบทั้งหมด และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำสุดเท่ากับ 4.84 อัตราส่วนของน้ำตาลต่อกรด (TSS/TA) มีค่า 100-110 โดยที่อัตราส่วนดังกล่าวเพิ่มขึ้นตามระดับความแก่ของมะพร้าวที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะว่ามะพร้าวอายุ 225 วัน จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่ำ แต่ปริมาณของกรดก็มีค่าต่ำกว่ามะพร้าวอายุอื่นๆ จึงทำให้มีค่าอัตราส่วนน้ำตาลต่อกรดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ ธีรนุต และสมนึก (2551) ที่พบว่ามะพร้าวน้ำหอมอายุ ประมาณ 170-190 วันหลังดอกบาน มีการพัฒนาปริมาตรเพิ่มขึ้น ทำให้ความถ่วงจำเพาะลดลง ความหนาเนื้อ และน้ำหนักแห้งของเนื้อมะพร้าวเพิ่มขึ้นตามระดับความแก่ของผลมะพร้าว ในขณะที่น้ำมะพร้าวมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มขึ้น และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลง อัตราส่วนของ TSS/TA จึงเพิ่มขึ้น และมีค่ามากกว่า 95 ในมะพร้าวอายุ 180 วัน

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะพร้าวน้ำหอมที่มีอายุต่างกันของ Pimolphan และ Jangchud (2005) ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้น และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงเมื่อน้ำมะพร้าวมีอายุ 170 ถึง 190 วันหลังดอกบาน ตามลำดับ นอกจากนี้ Rosario และ Rubico ในปี 1979 ซึ่งได้วิจัยการใช้น้ำมะพร้าวแก่พันธุ์ต้นสูงในการผลิตเครื่องดื่มจากมะพร้าว ก็พบว่าน้ำมะพร้าวแก่อายุ 210 วันหลังดอกบาน มีค่าความเป็นกรดด่างสูงกว่าน้ำมะพร้าวอ่อนอายุ 180 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นอายุของมะพร้าวมีอิทธิพลต่อความเป็นกรดของน้ำมะพร้าวอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสามารถอธิบายได้จากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของมะพร้าวว่า เมื่อผลยังอ่อนกรดอินทรีย์มีการสะสมอยู่ในแวคิวโอล เพื่อใช้ในการป้องกันการทำลายจากแมลง และไวรัส เมื่อผลมะพร้าวมีการพัฒนาเข้าสู่ความบริบูรณ์ เปลือกและกะลาของมะพร้าวจะมีความแข็งแรงมากขึ้นเพื่อทำหน้าที่ป้องกันศัตรูพืชแทน ปริมาณกรดจะลดลงโดยถูกนำไปใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมต่างๆ (จริงแท้, 2549)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 3 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของมะพร้าวน้ำหอม

คุณสมบัติ	ระยะหลังดอกบาน					
	ราชบุรี			สมุทรสาคร		
	180 วัน	190 วัน	225 วัน	180 วัน	190 วัน	225 วัน
ความหนาเนื้อ (มิลลิเมตร)	3.85^{c}±0.40	4.81^{b}±0.41	5.97^{a}±0.72	3.67^{c} ±0.60	4.64^{b}±0.37	6.04^{a}±0.65
อัตราส่วนน้ำหนักน้ำ:เนื้อ	3.65^{a}±0.36	2.37^{bc}±0.32	2.04^{c}±0.58	2.63^{b}±0.59	2.29^{c}±0.13	1.90^{c}±0.27
ส่วนที่บริโภคได้:ส่วนที่บริโภคไม่ได้	0.27^{d}±0.04	0.31^{bc}±0.10	0.38^{a}±0.09	0.26^{d}±0.06	0.28^{cd}±0.04	0.35^{b}±0.03
ความถ่วงจำเพาะของมะพร้าวทั้งผล^{ns}	1.17±0.02	1.13±0.02	1.12±0.02	1.15±0002	1.13±0.03	1.09±0.05
ค่าความเป็นกรดด่างในน้ำมะพร้าว	4.95^{d}±0.10	5.25^{c}±0.31	5.58^{b}±0.12	4.84^{d}±0.02	5.56^{b}±0.14	5.84^{a}±0.22
ของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (TSS) (องศาบริกซ์)	7.8^{b}±0.31	7.9^{a}±0.12	7.6^{bc}±0.21	7.7^{ab} ±0.10	7.9^{a} ±0.12	7.2^{c} ±0.12
กรดที่ไทเทรตได้ในน้ำ (TA) (g malic/100 g)	0.08^{a}±0.02	0.07^{b}±0.04	0.05^{c}±0.01	0.07^{ab}±0.01	0.06^{bc}±0.02	0.05^{c}±0.01
TSS:TA ในน้ำ	100^{d} ±0.4	119.7^{c}±0.4	158.3^{a}±0.3	110^{d} ±0.1	127.4^{c}±0.3	141.2^{b}±0.3

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (n=30)

^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4.1.2 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของมะพร้าวกะทิ

มะพร้าวกะทิที่ใช้ในการศึกษาเป็นมะพร้าวกะทิพันธุ์ต้นสูง เนื้อมะพร้าวกะทิทุกผล มีลักษณะนุ่มฟูเล็กน้อย น้ำใส มีอัตราส่วนของน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักเนื้ออยู่ในช่วง 1.28-1.46 ซึ่งถ้าเปรียบเทียบอัตราส่วนน้ำหนักน้ำต่อเนื้อแล้วก็จะพบว่า มะพร้าวกะทิมีค่าของอัตราส่วนดังกล่าวน้อยกว่ามะพร้าวน้ำหอม และมะพร้าวธรรมดาที่มีอายุผลใกล้เคียงกัน น้ำมะพร้าวกะทิมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 5.7-8.3 องศาบริกซ์ มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (ร้อยละ 0.035-0.048 ขององค์ประกอบทั้งหมด) ดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งจากการรายงานของสมชาย (2551) ที่ได้ศึกษาคุณภาพของมะพร้าวกะทิสายพันธุ์มะพร้าวต้นเตี้ยอายุ 240 วันหลังดอกบาน พบว่า มะพร้าวกะทิมีขนาดของผลเล็กกว่ามะพร้าวกะทิในงานวิจัยนี้ คือมีขนาดผล 1.8-2.2 กิโลกรัม (ในงานวิจัยมะพร้าวกะทิมีน้ำหนักประมาณ 2.1-2.5 กิโลกรัม) มีเนื้อคิดเป็นร้อยละ 39.4-46.3 ของน้ำหนักทั้งผล มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 8.7 องศาบริกซ์ ซึ่งสูงกว่ามะพร้าวกะทิจากการวิจัยนี้ สาเหตุที่มะพร้าวกะทิจากจังหวัดสมุทรสาครมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่ไม่ชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากโดยธรรมชาติของมะพร้าวกะทิที่ออกผลผลิตมาจากมะพร้าวกะทิต่างต้นกัน จะให้มะพร้าวกะทิที่ให้รสหวาน (ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมากกว่า 7 องศาบริกซ์) และมะพร้าวที่ไม่ให้รสหวานในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ลักษณะของเนื้อมะพร้าวกะทิและรสหวานดังกล่าวขึ้นอยู่กับพันธุกรรมที่ได้รับการถ่ายทอดมาจากต้นพ่อพันธุ์กะทิ ซึ่งมีลักษณะที่เกิดเฉพาะต้นเท่านั้น ซึ่งจากการวิจัยนี้ รายงานค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดจากค่าเฉลี่ยของมะพร้าวกะทิที่ระดับความแก่อ่อนละ 30 ลูก ซึ่งมีทั้งมะพร้าวกะทิชนิดหวานและชนิดไม่หวาน จึงไม่สามารถยืนยันถึงอิทธิพลของระดับควาทแก่อ่อนต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในมะพร้าวกะทิจากสมุทรสาครได้ ส่วนมะพร้าวกะทิจากประจวบคีรีขันธ์เป็นชนิดหวานทั้งหมด ซึ่งมีค่าปริมาณของแข็งที่ลายได้ทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงว่าน้ำตาลในน้ำมะพร้าวกะทิถูกนำไปใช้ในกระบวนการสร้างเนื้อและโครงสร้างของไขมันที่จะสะสมอยู่ในเนื้อมะพร้าวดังกล่าว

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 4 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของมะพร้าวกะทิ

คุณสมบัติ	ระยะหลังดอกบาน				
	สมุทรสาคร		ประจวบคีรีขันธ์		มะพร้าวคั้นกะทิ
	210 วัน	240 วัน	210 วัน	240 วัน	240 วัน
ความหนาเนื้อ (มิลลิเมตร)	$12.7^{c}\pm0.35$	$14.0^{b}\pm0.44$	$13.3^{bc}\pm0.91$	$15.1^{a}\pm0.45$	$12.2^{c}\pm0.73$
อัตรส่วนน้ำหนักน้ำ:เนื้อ	$1.46^{b}\pm0.04$	$1.41^{b}\pm0.02$	$1.35^{c}\pm0.08$	$1.28^{cd}\pm0.03$	$2.92^{a}\pm0.13$
ส่วนที่บริโภคได้:ส่วนที่บริโภคไม่ได้	$0.54^{b}\pm0.04$	$0.66^{a}\pm0.10$	$0.49^{bc}\pm0.09$	$0.64^{a}\pm0.06$	$0.38^{c}\pm0.04$
ความถ่วงจำเพาะของมะพร้าวทั้งผล	$1.21^{a}\pm0.14$	$1.10^{b}\pm0.27$	$1.23^{a}\pm0.17$	$1.04^{c}\pm0.33$	$0.85^{cd}\pm0.40$
ค่าความเป็นกรดด่างในน้ำมะพร้าว	$5.15^{a}\pm0.28$	$5.78^{b}\pm0.37$	$5.01^{a}\pm0.41$	$6.00^{bc}\pm0.19$	$5.87^{b}\pm0.12$
ของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (TSS) (องศาบริกซ์)	$7.28^{c}\pm0.49$	$7.25^{c}\pm0.12$	$8.76^{a}\pm0.55$	$7.72^{b}\pm0.48$	$5.7^{d}\pm0.56$
กรดที่ไทเทรตได้ในน้ำ (g malic/100 g)	$0.048^{bc}\pm0.007$	$0.051^{b}\pm0.04$	$0.035^{c}\pm0.01$	$0.048^{bc}\pm0.007$	$0.06^{a}\pm0.009$
TSS:TA ในน้ำ	$151.67^{a}\pm0.88$	$142.16^{b}\pm0.94$	$143.13^{b}\pm1.57$	$125.00^{c}\pm0.73$	$97.83^{d}\pm1.36$

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (n=30)

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

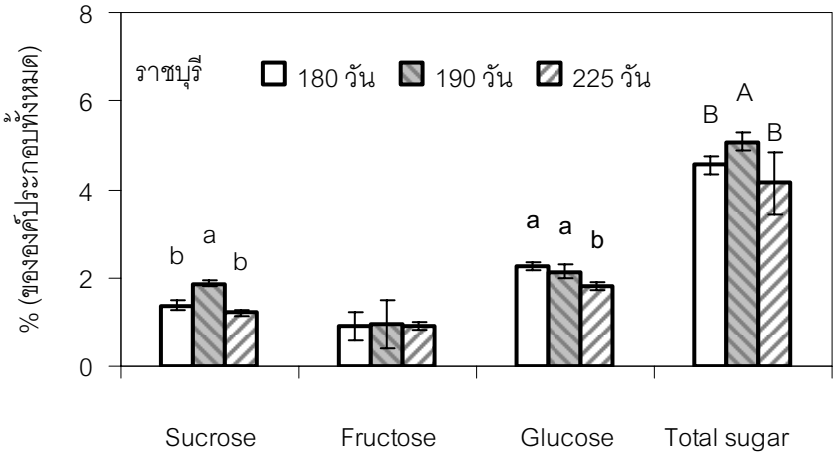
4.2 ชนิดและปริมาณของน้ำตาล และแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบในมะพร้าว

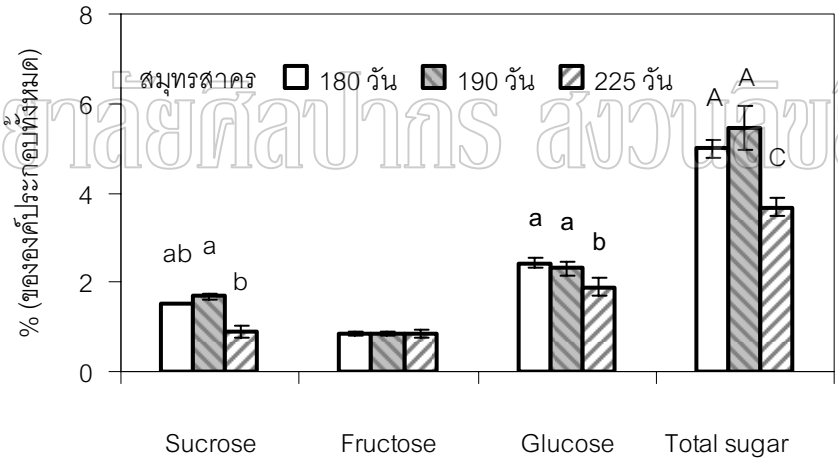
4.2.1 ชนิดและปริมาณของน้ำตาล

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลของมะพร้าวน้ำหอมทั้ง 3 อายุ พบว่า น้ำและเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่อายุ 190 วัน มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงสุด รองลงมา คือ ที่ 180 และ 225 วัน ตามลำดับ น้ำมะพร้าวมีน้ำตาลกลูโคสเป็นส่วนประกอบถึงร้อยละ 41.96 ของน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบทั้งหมด (ร้อยละ ขององค์ประกอบทั้งหมด) รองลงมาคือ น้ำตาลฟรุกโตส และซูโครส (ภาพที่ 4) ซึ่งตารางที่ 5 แสดงอัตราส่วนร้อยละของน้ำตาลกลูโคส: ซูโครส: ฟรุกโตส น้ำมะพร้าวสองชั้น (190 วันหลังดอกบาน) เท่ากับ 43:38:19 และ 47:35:18 ในน้ำมะพร้าวจากราชบุรีและสมุทรสาคร สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Santoso และคณะ (1996) ที่พบว่าน้ำมะพร้าวอ่อนพันธุ์ Green dwarf อายุ 195 วันหลังดอกบาน มีรสหวานจากน้ำตาลกลูโคส ปริมาณน้ำตาลกลูโคสลดลง และทำให้มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลง เมื่อผลมะพร้าวมีระดับความแก่มากขึ้น

ส่วนน้ำตาลในเนื้อมะพร้าว (ภาพที่ 5) มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์ต่ำกว่าที่พบในน้ำมะพร้าว โดยที่น้ำตาลซูโครสมีปริมาณมากที่สุด (ร้อยละ 39.62) รองลงมาได้แก่น้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส ซึ่งปริมาณของน้ำตาลจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในมะพร้าวที่มีระดับความแก่เพิ่มขึ้น อัตราส่วนร้อยละของน้ำตาลกลูโคส: ซูโครส: ฟรุกโตส ที่อายุต่างๆ แสดงในตารางที่ 5 ซึ่งพบว่าอัตราส่วนของน้ำตาลซูโครสจะลดลง และมีอัตรส่วนน้อยกว่าน้ำตาลกลูโคสในช่วงที่มีอายุ 225 วัน (ก้ามปู) โดยมีแนวโน้มที่เหมือนกันทั้งจากราชบุรี และสมุทรสาคร สอดคล้องกับการศึกษาผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของ Pimolphan และ Jangchud (2005) ในมะพร้าวน้ำหอมอายุ 170 ถึง 190 วันหลังดอกบาน ซึ่งพบว่า เมื่อระดับความแก่ของมะพร้าวเพิ่มขึ้น น้ำมะพร้าวจะมีค่าความเข้มด้านกลิ่นหอมและรสหวานมากขึ้น ค่าความเข้มของรสเปรี้ยวลดลง ส่วนเนื้อมะพร้าวมีค่าด้านความหวานลดลง แต่มีค่าด้านความมันเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อมะพร้าวมีระดับความแก่มากขึ้น จะมีกระบวนการซึ่งใช้น้ำตาลที่มีอยู่ในน้ำมากกว่าในเนื้อ จนถึงระยะหนึ่งแล้วจะเป็นสารตั้งต้นเพื่อผลิตเป็นกรดไขมัน และโปรตีนสะสมในเนื้อมะพร้าว (Child, 1974) ทั้งเนื้อและน้ำของมะพร้าวก็จะมีความหวานลดลง

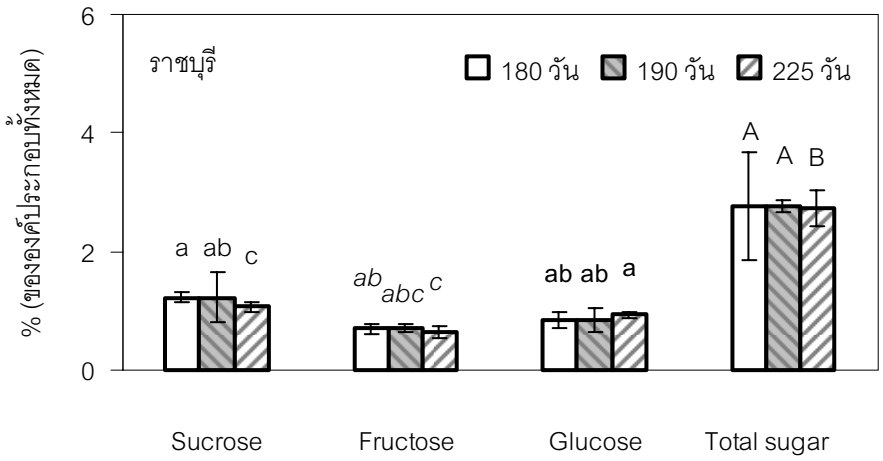
มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

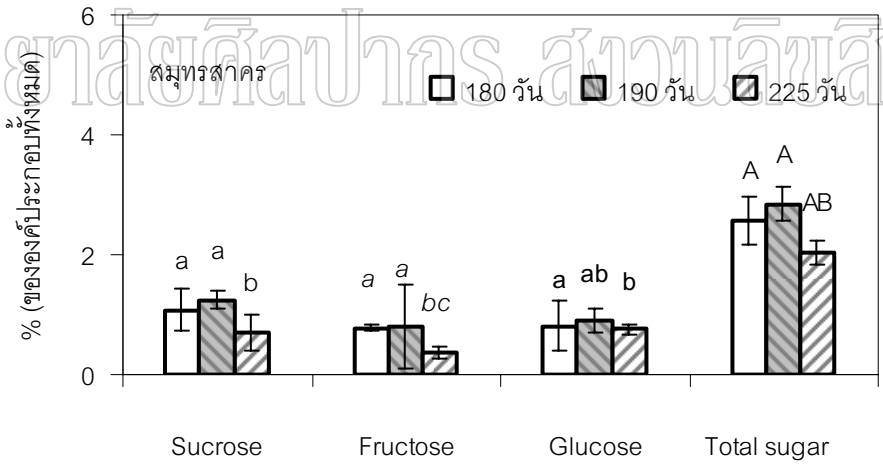




มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาพที่ 4 ปริมาณน้ำตาล ในน้ำมะพร้าวน้ำหอมจากราชบุรีและสมุทรสาคร (ตารางที่ 49 ภาคผนวก ค)





มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำตาลในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมจากราชบุรีและสมุทรสาคร (ตารางที่ 49 ภาคผนวก ค)

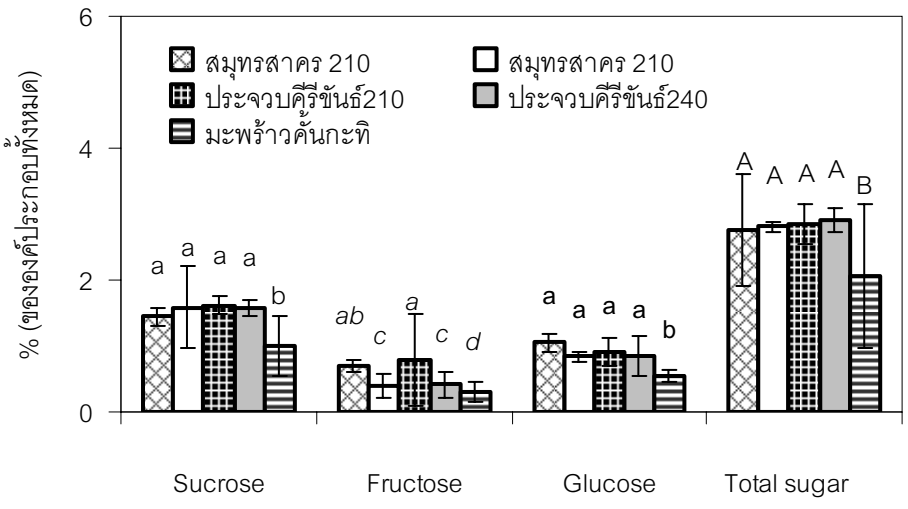
ตารางที่ 5 อัตราส่วนของน้ำตาลกลูโคส: ซูโครส: ฟรุกโตส ของน้ำตาลในมะพร้าวน้ำหอม (แสดงในรูปร้อยละของน้ำตาลทั้งหมด)

น้ำตาลในมะพร้าว	ระยะหลังดอกบาน					
	ราชบุรี			สมุทรสาคร		
	180 วัน	190 วัน	225 วัน	180 วัน	190 วัน	225 วัน
น้ำมะพร้าว						
กลูโคส (%)	50	43	46	50	47	52
ซูโครส (%)	30	38	31	32	35	25
ฟรุกโตส (%)	20	19	23	18	18	23
กลูโคส: ซูโครส: ฟรุกโตส	0.5:0.3:0.2	0.4:0.4:0.2	0.5:0.3:0.2	0.5:0.3:0.2	0.5:0.3:0.2	0.5:0.3:0.3
เนื้อมะพร้าว						
กลูโคส (%)	31	35	39	30	31	42
ซูโครส (%)	44	41	33	40	42	38
ฟรุกโตส (%)	25	24	28	30	27	20
กลูโคส: ซูโครส: ฟรุกโตส	0.3:0.4:0.3	0.4:0.4:0.2	0.4:0.3:0.3	0.3:0.4:0.3	0.3:0.4:0.3	0.4:0.4:0.2

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี SURATTHANI RAJABHAT UNIVERSITY

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลของมะพร้าวกะทิจากจังหวัดสมุทรสาคร และประจวบ-คีรีขันธ์ ทั้ง 2 ระดับความแก่อ่อน พบว่า เนื้อมะพร้าวกะทิ มีน้ำตาลซูโครสเป็นองค์ประกอบหลัก ประมาณร้อยละ 1.40-1.70 ขององค์ประกอบทั้งหมด รองลงมาได้แก่ น้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส ประมาณร้อยละ 0.75-0.91 และ 0.36-0.7 ขององค์ประกอบทั้งหมด คิดเป็นอัตราส่วนร้อยละของน้ำตาลกลูโคส: ซูโครส: ฟรุกโตส เท่ากับ 30:50:20 (ตารางที่ 6) ซึ่งปริมาณของน้ำตาลแต่ละชนิดไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในมะพร้าวกะทิที่มีระดับความแก่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 6) ทั้งนี้เนื่องจากระดับความแก่ของผลมะพร้าวกะทิที่ใช้ในการวิจัยนั้น เป็นมะพร้าวที่มีในระดับที่สมบูรณ์แล้ว การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลค่อนข้างคงที่ ซึ่งในน้ำมะพร้าวน้ำหวานอายุ 202 ถึง 225 วันหลังดอกบาน เป็นระยะที่มะพร้าวมีความบริบูรณ์ จะพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดประมาณ 7.6 และ 7.7 องศาบริกซ์ ปริมาณไขมัน และคาร์ไฮเดรต มีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Terdwongworakul, 2009) ในขณะที่ระดับน้ำตาลซูโครส และกลูโคสในมะพร้าวกะทิยังคงมีปริมาณสูงกว่าน้ำตาลในมะพร้าวคั้นกะทิที่ซื้อจากตลาด แต่น้ำตาลฟรุกโตสซึ่งเป็นน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบน้อยที่สุดในเนื้อมะพร้าวกะทิ และมะพร้าวคั้นกะทิมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 6 ปริมาณน้ำตาลในเนื้อมะพร้าวกะทิจากสมุทรสาครและประจวบคีรีขันธ์ (ตารางที่ 48 ภาคผนวก ค)

ตารางที่ 6 อัตราส่วนของน้ำตาลกลูโคส: ซูโครส: ฟรุกโตส ของน้ำตาลในมะพร้าวกะทิ (แสดงในรูปร้อยละของน้ำตาลทั้งหมด)

	ระยะหลังดอกบาน				
	สมุทรสาคร		ประจวบคีรีขันธ์		มะพร้าวคั้นกะทิ
เนื้อมะพร้าว	210 วัน	240 วัน	210 วัน	240 วัน	240 วัน
กลูโคส (%)	33	29	27	30	30
ซูโครส %)	45	56	49	55	54
ฟรุกโตส %)	22	14	24	15	16
กลูโคส:ซูโครส:ฟรุกโตส	0.3:0.5:0.2	0.3:0.6:0.1	0.3:0.5:0.2	0.3:0.6:0.1	0.3:0.5:0.2

4.2.2 แร่ธาตุ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

น้ำมะพร้าวประกอบด้วยแร่ธาตุสำคัญ ได้แก่ โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ซึ่งจากตารางที่ 7 พบว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในมะพร้าวน้ำหอม มีความเข้มข้นลดลงตามระดับความแก่ คือ โพแทสเซียม ลดลงจาก 2400, 2620 ppm เป็น 2090, 2210 ppm ในขณะที่โซเดียมมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจาก 66.5, 51.6 ppm เป็น 110, 125 ppm ในมะพร้าวอายุ 180 และ 225 วัน ตามลำดับ เปรียบเทียบกับผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุในน้ำมะพร้าวพันธุ์ green dwarf ของ Vigliar และคณะ (2006) ที่รายงานว่าแร่ธาตุทั้ง 4 ชนิด ที่สนใจศึกษานั้นให้ผลที่มีแนวโน้มในแบบเดียวกัน คือ ระดับความเข้มข้นของโซเดียมมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม มีความเข้มข้นลดลงเมื่อระดับความแก่ของมะพร้าวเพิ่มขึ้นจาก 165 ถึง 255 วันหลังดอกบาน แต่โซเดียมมีปริมาณเพิ่มขึ้นตลอดจนถึงอายุ 225 วัน แล้วลดลงเมื่อผลมะพร้าวพัฒนาเข้าสู่ระยะ over maturity (255 วัน) เช่นเดียวกับโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ทั้งนี้เนื่องจากแร่ธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมนั้นมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของผลมะพร้าว เช่น แมกนี - เซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์สำหรับกระบวนการสังเคราะห์แสง ฟอสฟอรัสเป็นแร่ธาตุในกระบวนการผลิตโปรตีน และไขมันที่สะสมในเนื้อมะพร้าว และโพแทสเซียมเป็นแร่ธาตุที่ทำให้เซลล์สามารถดำเนินการทางเมตาบอลึมได้ เมื่ออายุของผลมะพร้าวเพิ่มขึ้น แร่ธาตุเหล่านี้ก็จะถูก

นำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ ในขณะที่โซเดียมเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการสร้างเอมบริโอ (จริงแท้, 2549) ซึ่งจะสร้างขึ้นในผลของมะพร้าวหลังจากที่เลยระยะบริบูรณ์แล้ว จึงทำให้มีปริมาณลดลงเมื่อมะพร้าวมีอายุ 255 วันหลังดอกบาน

องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้ส่งเสริมให้มีการผลิตเครื่องดื่มน้ำมะพร้าว เพื่อใช้เป็นเครื่องดื่มสำหรับการทดแทนการเสียน้ำของร่างกาย (oral rehydration) (นุชจรินทร์, 2546) เพราะในน้ำมะพร้าวอุดมไปด้วยสารละลายเกลือแร่ (electrolyte minerals) ชนิดต่างๆ ที่จำเป็นต่อร่างกาย เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสำหรับผู้ออกกำลังกาย (sport drink) พบว่า น้ำมะพร้าวน้ำหอมมีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการทดแทนการเสียเหงื่อ ได้แก่ โพแทสเซียม โซเดียม คลอรีน และแมกนีเซียมสูงกว่าเครื่องดื่มสำหรับผู้ออกกำลังกายทั่วไป ดังแสดงในตารางที่ 8

การดื่มน้ำมะพร้าวสามารถทดแทนการสูญเสียเหงื่อจากการเล่นกีฬาหรือออกกำลังกาย เนื่องจากเป็น isotonic drink มีระดับ electrolytic balance เช่นเดียวกับระดับเกลือแร่ในเซลล์ปกติของมนุษย์ สามารถใช้น้ำมะพร้าวเป็นเครื่องดื่มสำหรับบุคคลที่สูญเสียน้ำอย่างมากจากระบบทางเดินอาหารของร่างกาย (Richter และคณะ, 2005) ในตารางที่ 8 แสดงปริมาณของแร่ธาตุชนิดต่างๆ ที่ร่างกายได้รับจากการดื่มน้ำมะพร้าว เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสำหรับผู้ออกกำลังกายขนาด 250 มิลลิลิตร (1 หน่วยบริโภค) การดื่มน้ำมะพร้าวน้ำหอมจะได้แร่ธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมสูงกว่า แต่มีน้ำตาล และโซเดียมต่ำกว่า กล่าวคือ ถ้าต้องการให้ร่างกายได้รับโพแทสเซียมในปริมาณ 3,500 มิลลิกรัม ตามปริมาณที่ควรได้รับ 1 วัน ต้องดื่มน้ำมะพร้าว (190 วันหลังดอกบาน) ประมาณ 1,440 มิลลิลิตร ในขณะที่ต้องดื่มเครื่องดื่มสำหรับผู้ออกกำลังกาย 2,990 มิลลิลิตร ซึ่งจะได้รับน้ำตาลสูงถึง 179.4 กรัม แต่น้ำมะพร้าวมีน้ำตาลเพียง 11.5 กรัม น้อยกว่าเครื่องดื่มสำหรับผู้ออกกำลังกาย 15.6 เท่า ผลิตภัณฑ์น้ำมะพร้าวจึงเป็นเครื่องดื่มสำหรับผู้ออกกำลังกายชนิดไม่เติมน้ำตาล ที่มีโอกาสการแข่งขันสำหรับการบริโภคเพื่อสุขภาพที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลดังกล่าวจะก่อให้เกิดประโยชน์กับประเทศไทยที่เป็นผู้ผลิตและผู้ส่งออกมะพร้าวอ่อนให้มีการขยายตลาดได้มากขึ้น

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 7 ความเข้มข้น (ppm) ของแร่ธาตุต่าง ๆ ในน้ำมะพร้าวน้ำหอม เปรียบเทียบกับน้ำมะพร้าวพันธุ์ green dwarf ที่มีระดับความแก่แตกต่างกัน

แร่ธาตุ	ระยะหลังดอกบาน						
	มะพร้าวพันธุ์ green dwarf (Vigliar และคณะ, 2006)				มะพร้าวน้ำหอม (งานวิจัยนี้)		
	165 วัน	185 วัน	225 วัน	255 วัน	180 วัน	190 วัน	225 วัน
โซเดียม	57.5	62.5	80.5	46	59.1	82.3	117.5
โพแทสเซียม	3,900	1,989	1,560	1,911	2,510	2,435	2,150
แคลเซียม	212	325	281	184	175.5	171	149.5
แมกนีเซียม	235	136	82	82.6	81.35	67.2	77.2

ตารางที่ 8 แร่ธาตุและน้ำตาลเทียบกับปริมาณที่คนไทยควรได้รับต่อวัน (Thai RDI) จากการบริโภคน้ำมะพร้าวน้ำหอมที่ระดับความแก่ต่างกัน และเครื่องดื่มสำหรับผู้ออกกำลังกาย (1 หน่วยบริโภค)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

องค์ประกอบ	น้ำมะพร้าวน้ำหอม (250 มิลลิลิตร)			Sport drinks*	Thai RDI**
	180 วัน	190 วัน	225 วัน	(250 มิลลิลิตร)	(อายุ 6 ปีขึ้นไป)
น้ำตาล (กรัม)	1.2	2	1	15	300
แคลเซียม (มก.)	43.9	42.8	37.4	NA	800
แมกนีเซียม (มก.)	20.3	16.8	19.3	17.5	350
โพแทสเซียม (มก.)	627.5	608.8	537.5	293	3500
โซเดียม (มก.)	14.8	20.6	29.4	102.5	2400

* นุชจรินทร์ (2546)

** www.fda.moph.go.th

NA; Not analysis

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของเนื้อมะพร้าวน้ำหอมจากราชบุรีและสมุทรสาคร (ตารางที่ 9) ที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบ พบว่าปริมาณไขมัน โปรตีน และใยอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อผลมะพร้าวมีระดับความแก่มากขึ้น ไขมันมีการเพิ่มขึ้นตามระดับความแก่ของมะพร้าว โดยมะพร้าวน้ำหอมจากราชบุรีมีปริมาณไขมันร้อยละ 4.70, 11.15 และ 21.25 และมะพร้าวน้ำหอมสมุทรสาครมีไขมันร้อยละ 5.04, 10.47 และ 24.22 ที่ 180, 190 และ 225 วัน ตามลำดับ ซึ่งมะพร้าวน้ำหอมราชบุรีและสมุทรสาครมีปริมาณไขมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของมะพร้าวกะทิในตารางที่ 10 พบว่ามะพร้าวกะทิมีสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการหลายชนิด ซึ่งมะพร้าวกะทิอายุ 240 วันหลังดอกบาน เป็นมะพร้าวที่มีสารอาหารที่มีประโยชน์ในปริมาณที่สูงกว่า มะพร้าวกะทิอายุ 210 วัน มีปริมาณ ไขมันร้อยละ14.98 และ 16.03 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 12.78 และ 11.87 โปรตีนร้อยละ 1.4 และ 1.35 เยื่อใย (crude fiber) ร้อยละ 8.02 และ 8.77 ขององค์ประกอบทั้งหมด

จากข้อมูลข้างต้นนอกจากมะพร้าวน้ำหอม 180 และ 190 วันหลังดอกบาน จะเหมาะกับการบริโภคสดแล้ว มะพร้าวกะทิควรได้รับการส่งเสริมให้รับประทานเป็นอาหารว่างเสริมสุขภาพ เพราะมะพร้าวกะทิอายุ 210 และ 240 วัน มีคุณค่าทางโภชนาการ คือมีเส้นใยอาหารสูง ในปริมาณ 7.11-8.77 กรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อมะพร้าว ในขณะที่เนื้อมะพร้าวคั้นกะทิมีเพียง 2.1 กรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อมะพร้าว ซึ่งเส้นใยอาหารมีประโยชน์ช่วยในระบบการขับถ่ายของมนุษย์ (Gonzales, 1983) และถ้าเปรียบเทียบปริมาณไขมันในมะพร้าวกะทิมีไขมัน 12.74-16.03 กรัมต่อ 100 กรัม ในขณะที่มะพร้าวธรรมดามีไขมัน 30.9 กรัมต่อ 100 กรัม เพื่อให้ได้ไขมันที่พอเพียงจากมะพร้าวกะทิที่เป็นกรดไขมันสายสั้นและปานกลาง จึงสามารถบริโภคมะพร้าวกะทิได้มากกว่ามะพร้าวธรรมดา

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 9 องค์ประกอบในมะพร้าวน้ำหอม

องค์ประกอบ	ราชบุรี			สมุทรสาคร		
เนื้อมะพร้าว (100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	180 วัน	190 วัน	225 วัน	180 วัน	190 วัน	225 วัน
ความชื้น (กรัม)	$74.2^{a}\pm3.09$	$66.4^{b}\pm2.84$	$57.4^{c}\pm1.15$	$74.7^{a}\pm2.81$	$67.3^{b}\pm1.12$	$55.2^{c}\pm4.02$
โปรตีน (กรัม)*	$2.67^{d}\pm0.91$	$3.11^{c}\pm0.40$	$4.49^{a}\pm0.27$	$2.71^{cd}\pm0.78$	$2.99^{c}\pm0.33$	$4.19^{b}\pm0.17$
ไขมัน (กรัม)	$4.7^{c}\pm0.54$	$11.15^{b}\pm0.08$	$23.25^{a}\pm0.49$	$5.04^{c}\pm0.13$	$10.17^{c}\pm1.21$	$24.22^{a}\pm0.05$
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)**	$15.92^{a}\pm0.35$	$15.36^{b}\pm0.06$	$7.82^{d}\pm0.54$	$14.79^{c}\pm0.28$	$15.38^{ab}\pm0.49$	$7.88^{d}\pm1.01$
เส้นใยหยาบ (กรัม)	$0.92^{f}\pm0.08$	$1.75^{d}\pm0.01$	$4.84^{b}\pm0.11$	$1.33^{e}\pm0.09$	$2.12^{c}\pm0.25$	$6.51^{a}\pm0.05$
เถ้า (กรัม)	$1.59^{c}\pm0.06$	$2.23^{a}\pm0.42$	$2.20^{a}\pm0.36$	$1.43^{c}\pm0.71$	$2.04^{b}\pm0.19$	$2^{b}\pm0.04$
น้ำมะพร้าว (100 กรัมน้ำหนักเปียก)						
โพแทสเซียม (น้ำ) (มิลลิกรัม)	$2090^{d}\pm113$	$2360^{bc}\pm125$	$2400^{b}\pm98.73$	$2210^{c}\pm146.21$	$2720^{a}\pm144.3$	$2510^{ab}\pm235.15$
โซเดียม (มิลลิกรัม)	$6.7^{d}\pm0.87$	$8.5^{c}\pm1.33$	$11^{b}\pm0.54$	$5.2^{e}\pm0.73$	$8.2^{cd}\pm0.56$	$18.5^{a}\pm0.48$
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	$15.9^{c}\pm1.43$	$16.8^{b}\pm1.36$	$16.8^{b}\pm0.63$	$18.3^{a}\pm1.25$	$17.6^{ab}\pm0.09$	$11.0^{d}\pm0.55$

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (n=30)

*ใช้ค่า nitrogen conversion factor เท่ากับ 6.25

**ได้จากการคำนวณ คาร์โบไฮเดรต = 100 – (ความชื้น+โปรตีน+ไขมัน+เถ้า)

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตารางที่ 10 องค์ประกอบของเนื้อมะพร้าวกะทิ (100 กรัมน้ำหนักแห้ง)

องค์ประกอบ	ระยะหลังดอกบาน				
	สมุทรสาคร		ประจวบคีรีขันธ์		มะพร้าวคั้นกะทิ
	210 วัน	240 วัน	210 วัน	240 วัน	240
ความชื้น (กรัม)^{ns}	62.35±7.06	61.03±4.15	61.51±7.61	61.03±1.44	59.36±5.42
โปรตีน (กรัม)*	3.65^{a}±0.19	3.32^{ab}±0.38	3.53^{a}±0.54	2.92^{b}± 0.03	2.97^{b}±0.01
ไขมัน (กรัม)	12.74^{c}±1.49	14.98^{b}±4.27	13.04^{c}±2.69	16.03^{b}±1.32	30.9^{a}±4.11
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)**	10.16^{bc}±0.54	12.78^{a}±1.21	9.39^{c}±0.32	11.87^{ab}± 2.63	10.64^{b}±3.44
เส้นใยหยาบ (กรัม)	7.11^{c}±0.70	8.02^{ab}±1.76	7.86^{b}±0.96	8.77^{a}±2.00	6.45^{d}±0.78
เถ้า (กรัม)	6.42^{b}±0.83	1.79^{c}±0.26	7.01^{a}±0.48	1.95^{c}± 0.96	0.89^{d}±0.68

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (n=30)

^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

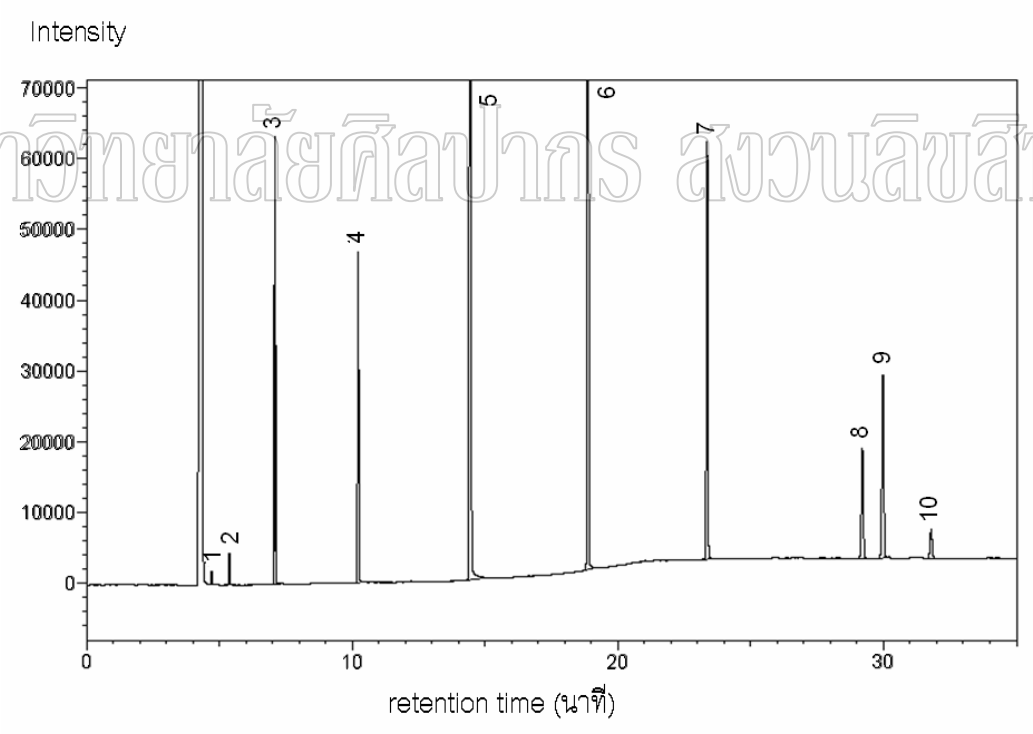
*ใช้ค่า nitrogen conversion factor เท่ากับ 6.25

**ได้จากการคำนวณ คาร์โบไฮเดรต = 100 – (ความชื้น+โปรตีน+ไขมัน+เถ้า)

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4.3 ปริมาณกรดไขมันชนิดที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในมะพร้าว

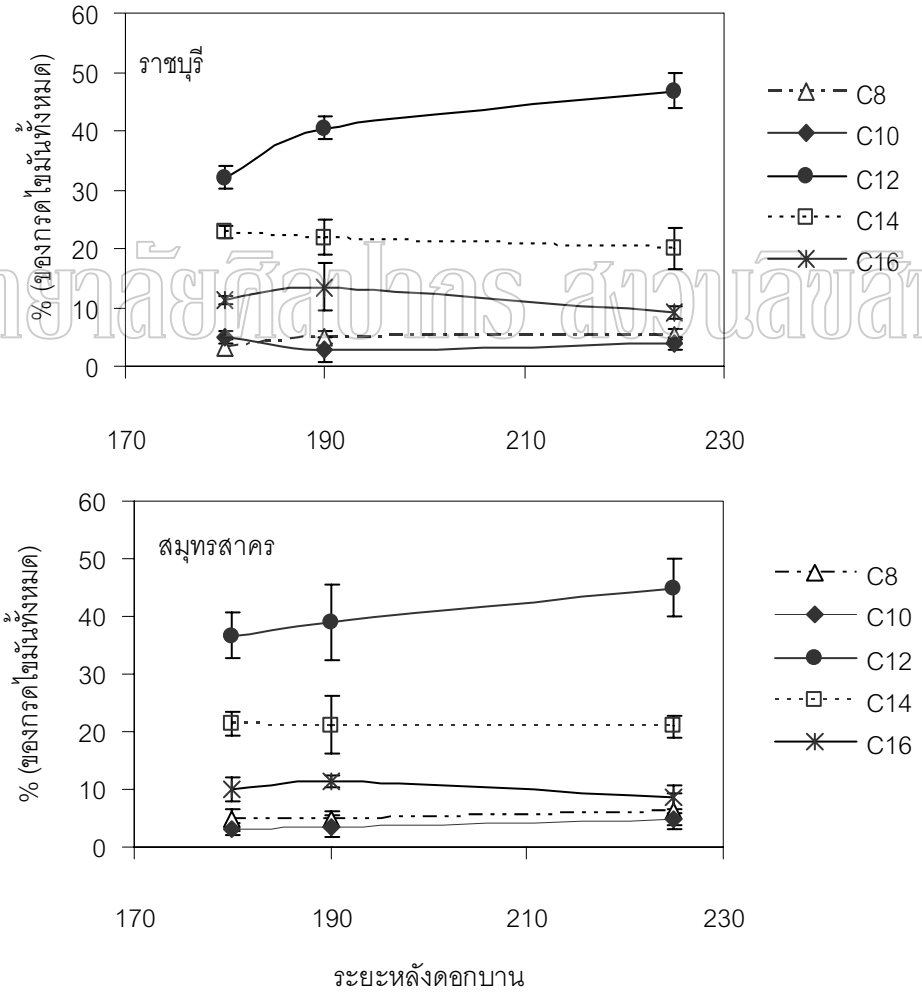
จากการวิเคราะห์ เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของกรดไขมันชนิดความยาวสายโซ่สั้นและปานกลาง ได้แก่ กรดคาไพรลิก กรดคาพริก กรดลอริก และกรดไมริสติก ในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทิ ที่มีระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน พบว่า มะพร้าวมีองค์ประกอบของกรดไขมันหลายชนิด ได้แก่ กรดคาไพรลิก กรดคาพริก กรดลอริก กรดไมริสติก กรดปาล์มิติก และกรดสเตีย-ริก ดังแสดงโครมาโตแกรม (ภาพที่ 7) โดยกรดไขมันที่พบมากในเนื้อมะพร้าวทั้งมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทิ คือ กรดลอริก และกรดไมริสติก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Azeez (2007) ที่พบว่าในน้ำมันมะพร้าวมีกรดลอริก เป็นกรดไขมันหลัก มีค่าประมาณร้อยละ 48 ของกรดไขมันทั้งหมด รองลงมาคือกรดไมริสติก (ร้อยละ 19 ของกรดไขมันทั้งหมด) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับกรดไขมันที่พบในมะพร้าวน้ำหอมอายุ 225 วัน (ตารางที่ 53 ภาคผนวก ค)



มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาพที่ 7 โครมาโตแกรมแสดงชนิดของกรดไขมันที่สกัดได้จากมะพร้าวน้ำหอม โดยที่ 3 คือ กรดคาไพรลิก 4 คือ กรดคาพริก 5 คือ กรดลอริก 6 คือ กรดไมริสติก 7 คือ กรดปาล์มิติก และ 9 คือ กรดสเตียริก

การวิเคราะห์กรดไขมันที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในน้ำมันที่สกัดจากเนื้อมะพร้าวน้ำหอม ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีคาร์บอนตั้งแต่ 8 ถึง 14 อะตอม พบว่า ในมะพร้าวน้ำหอมมีกรดไขมันสายปานกลาง ได้แก่ กรดลอริก ($C_{12:0}$) ร้อยละ 32.04 ถึง 44.98 ของกรดไขมันทั้งหมด (ตารางที่ 12) รองลงมาคือ กรดไมริสติก ($C_{14:0}$) คิดเป็นร้อยละ 20.02 ถึง 22.88 โดยที่ระดับความเข้มข้นของกรดลอริกเพิ่มขึ้นตามระดับความแก่ของผลมะพร้าว ส่วนระดับความเข้มข้นของกรดไขมันสายสั้น ได้แก่ กรดคาไพรลิก ($C_{8:0}$) มีความเข้มข้นระหว่างร้อยละ 3.12 ถึง 6.20 และคาพริก ($C_{10:0}$) มีความเข้มข้นร้อยละ 2.84 ถึง 4.8 ซึ่งพบว่าระดับความเข้มข้นดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับระดับความแก่ของผลมะพร้าวน้ำหอมที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (รูปที่ 8)



มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันในมะพร้าวน้ำหอมจากราชบุรี และสมุทรสาคร ที่มีระดับความแก่แตกต่างกัน (ตารางที่ 52 ภาคผนวก ค)

ปริมาณไขมันในมะพร้าวน้ำหอมจากราชบุรีและสมุทรสาครที่แสดงในตารางที่ 11 ไขมันในมะพร้าวมีองค์ประกอบของกรดลอริก ซึ่งเป็นกรดไขมันสายปานกลางเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับผลการวิจัยในมะพร้าวพันธุ์ต้นสูงที่มีรายงานไว้ (Child,1974; Akpan และคณะ, 2006; Azeez, 2007) กรดลอริก และปาล์มิติกสามารถบอกถึงระดับความบริบูรณ์ของมะพร้าวได้ ซึ่งจากการศึกษาของ Azeez (2007) ที่พบว่าดัชนีที่ใช้ในการวัดความบริบูรณ์ของมะพร้าว คือ ความเข้มข้นของกรดไขมันสายสั้น (กรดคาพริก และกรดคาไพรลิก) และกรดไขมันสายกลาง (กรดลอริก) ที่เป็นองค์ประกอบหลักของไขมันในมะพร้าวมีความเข้มข้นสูงสุด ในขณะที่กรดไขมันสายยาวอย่างกรดปาล์มิติกมีความเข้มข้นลดลง เป็นระยะที่แสดงให้เห็นว่ากรดไขมันสายสั้นและปานกลางมีการพัฒนาอย่างสมบูรณ์แล้ว จากผลการทดลองค่าร้อยละของกรดไขมันแต่ละชนิด และปริมาณของกรดไขมัน มะพร้าวน้ำหอมอายุ 225 วัน เป็นระยะที่มะพร้าวน้ำหอมราชบุรี และสมุทรสาครมีความบริบูรณ์ เนื่องจากความเข้มข้นของกรดปาล์มิติกลดลง ในขณะที่ระดับความเข้มข้นของกรดลอริกมีค่าสูงสุด

โดยมีคุณค่าทางโภชนาการของกรดไขมันในมะพร้าว พบว่าจากร้อยละของกรดไขมันอิ่มตัวที่ควรได้รับต่อวัน (%RDI) ในเด็กอายุมากกว่า 6 ปี และผู้ใหญ่เท่ากับ 20 กรัม (คณะอนุกรรมการพิจารณาการแสดงคุณค่าทางโภชนาการบนฉลากของอาหาร, 2551) จากตารางที่ 11 การบริโภคเนื้อมะพร้าว 100 กรัม (1 หน่วยบริโภค) ที่มีปริมาณกรดลอริก กรดไมริสติก กรดคาไพรลิก และกรดคาพริก ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีประโยชน์ถึง 5.8 กรัมต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 24 ของปริมาณที่ควรได้รับต่อวัน มะพร้าวน้ำหอมจึงเป็นแหล่งอาหารที่ดีของกรดไขมันอิ่มตัวชนิดที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 11 ปริมาณกรดไขมันสายโซ่สั้นและปานกลาง (มิลลิกรัม) ในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่ระดับความแก่แตกต่างกันในตัวอย่าง 100 กรัม

กรดไขมัน	ระยะหลังดอกบาน					
	ราชบุรี			สมุทรสาคร		
	180 วัน	190 วัน	225 วัน	180 วัน	190 วัน	225 วัน
C8:0 (Capric acid)	353.20^{c} ±0.64	410.11^{b} ±1.45	649.21^{a} ±4.57	286.76^{c} ±1.64	451.32^{b} ±0.64	500.48^{ab} ±5.44^{ab}
C10:0 (Capryric acid)	334.27^{bc} ±1.05	372.09^{b} ±2.33	548.16^{a} ±4.20	289.60^{d} ±0.90	408.37^{b} ±1.05	434.42^{ab} ±2.80
C12:0 (Lauric acid)	1530.13^{d} ±8.87	1913.98^{c} ±12.36	3217.63^{a} ±16.23	1309.67^{d} ±5.40	2258.27^{b} ±8.87	2568.50^{b} ±4.67^{b}
C14:0 (Myristic acid)	799.22^{c} ±9.56	966.01^{b} ±4.00	1365.84^{a} ±12.19	832.82^{b} ±6.27	675.49^{d} ±9.56	648.65^{d} ±2.00
รวม	3016.82^{c} ±69.48	3662.19^{bc} ±53.67	5780.05^{a} ±91.32	2718.85^{d} ±68.71	3793.45^{bc} ±102.1	4152.05^{b} ±70.12
%Thai RDI*	12.57	15.25	24.08	11.33	15.80	17.3

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (n=30)

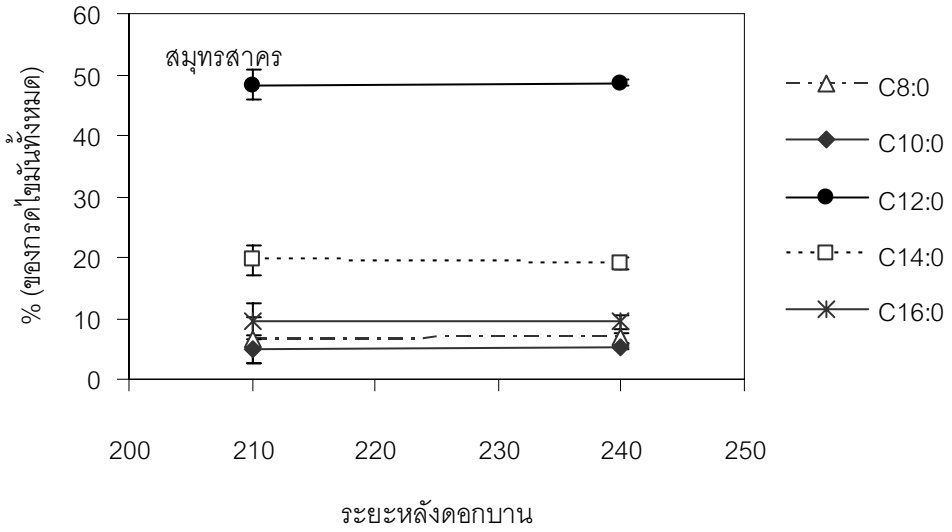
* อ้างอิงจาก Thai Recommended Daily Intakes; Thai RDI (คณะอนุกรรมการพิจารณาการแสดงคุณค่าทางโภชนาการบนฉลากของอาหาร)

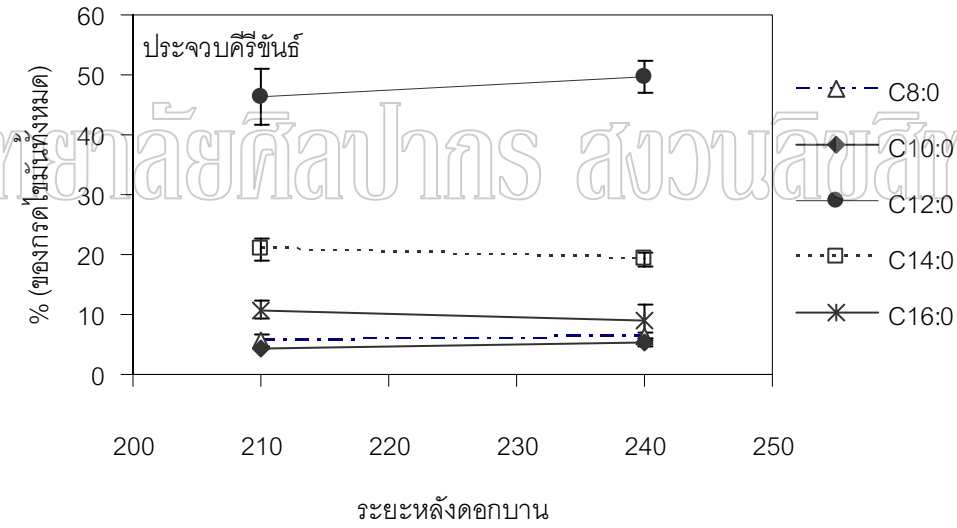
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณไขมันในมะพร้าวกะทิจากสมุทรสาครและประจวบคีรีขันธ์ ที่แสดงในตารางที่ 12 ไขมันในมะพร้าวมีองค์ประกอบของกรดลอริก ซึ่งเป็นกรดไขมันสายปานกลางเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับผลการวิจัยในมะพร้าวน้ำหอม โดยมีกรดลอริกร้อยละ 46.45- 49.58 ของกรดไขมันทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบ และปริมาณของกรดไขมันชนิดที่มีประโยชน์ที่ได้รับจากมะพร้าวกะทิทั้ง 2 ระดับความแก่อ่อน คือ 2.9 กรัม (ตารางที่ 12) ซึ่งไม่สูงเท่ากับที่ได้รับจากมะพร้าวน้ำหอมก้ามปูอายุ 225 วัน ที่มีกรดไขมันประมาณ 5.8 กรัม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเนื้อมะพร้าวกะทิมีไขมันน้อยกว่ามะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวคั้นกะทิ ทั้งนี้เนื่องจากอาหารสะสมในมะพร้าวกะทิมีส่วนประกอบหลักเป็นกาแลคโตแมนแนน (galactomannan) ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรต แทนที่จะเป็นน้ำมันมะพร้าวเหมือนกับมะพร้าวแก่สำหรับคั้นกะทิทั่วๆ ไป (อุทัย, 2547)

การพัฒนาเนื้อมะพร้าวปกติ หลังจากใบมะพร้าวสงเคราะห์แสงได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharide) จะเคลื่อนย้ายจากใบผ่านท่ออาหาร (phloem) เข้าสู่ผลมะพร้าวแล้วแปรรูปโดยเอ็นไซม์แอลฟากาแลคโตซิเดส กาแลคโตแมนแนนในเนื้อมะพร้าวถูกเปลี่ยนเป็นแมนแนนด้วยเอนไซม์แอลฟากาแลคโตซิเดส แล้วแปรรูปเป็นน้ำมันมะพร้าว และมีเส้นใยที่เป็นเนื้อมะพร้าวเป็นโครงสร้างส่วนที่ทำให้เนื้อมะพร้าวแข็งในมะพร้าวแก่ แต่การสร้างเนื้อมะพร้าวในมะพร้าวกะทิ ไม่มีเอนไซม์แอลฟากาแลคโตซิเดส จึงทำให้เนื้อมะพร้าวกะทิยังคงสภาพของกาแลคโตแมนแนนไว้เช่นเดิม (สมชาย, 2551) กาแลคโตแมนแนนที่สะสมในเนื้อมะพร้าวกะทิ ไม่เกิดน้ำมันมะพร้าว ไม่สร้างเส้นใยที่เป็นเนื้อมะพร้าวแบบที่มีโครงสร้างแข็ง แต่เกิดเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีโครงสร้างนุ่มเหนียวขึ้นมาแทน

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์





มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันในมะพร้าวกะทิจากสมุทรสาคร และประจวบคีรีขันธ์ที่มีระดับความแก่แตกต่างกัน (ตารางที่ 54 ภาคผนวก ค)

ตารางที่ 12 ปริมาณกรดไขมันสายโซ่สั้นและปานกลางในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีระดับความแก่แตกต่างกันจำนวน 100 กรัม

กรดไขมัน (มิลลิกรัม)	ระยะหลังดอกบาน			
	ประจวบคีรีขันธ์		สมุทรสาคร	
	210 วัน	240 วัน	210 วัน	240 วัน
$C_{8:0}$ (Caprylic acid)^{ns}	333.10±11.27	339.06±24.99	293.71±28.11	335.09±23.31
$C_{10:0}$ (Capric acid)^{ns}	299.44±30.42	304.34±27.27	266.38±42.28	303.56±32.61
$C_{12:0}$ (Lauric acid)	1393.62^{b}±67.35	1548.03^{a}±66.97	1264.80^{c}±82.98	1513.92^{a}±97.91
$C_{14:0}$ (Myristic acid)^{ns}	660.43±31.06	703.97±21.97	658.63±13.98	684.97±16.66
รวม	2685^{ab}±124	2894^{a}±86.3	2481^{b}±155	2835^{a}±97.1
% Thai RDI*	11.19	12.06	10.34	11.81

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* อ้างอิงจาก Thai Recommended Daily Intakes; Thai RDI (คณะอนุกรรมการพิจารณาการแสดงคุณค่าทางโภชนาการบนฉลากของอาหาร)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

4.4 สารประกอบฟีนอลิกในมะพร้าว

4.4.1 สารประกอบฟีนอลิกที่เป็นองค์ประกอบในมะพร้าว

จากผลของชนิดตัวทำละลายอินทรีย์ พบว่า เมทานอลเป็นตัวทำละลายที่ให้ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด รองลงมาคือเอทานอล และเอทิลอะซิเตท ตามลำดับ ซึ่งสัมพันธ์กับสภาพความเป็นขั้วของตัวทำละลาย คือ เมทานอลมีความเป็นขั้วสูงสุด และเอทิลอะซิเตทมีค่าความเป็นขั้วต่ำสุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิวาพร และณัฏฐินี (2545) ซึ่งทำการสกัดสารประกอบฟีนอลิกในเปลือกมันฝรั่ง ด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด คือ น้ำ เอทานอล (ความเข้มข้นร้อยละ 95) เมทานอล และอะซิโตน พบว่าการสกัดด้วยเมทานอลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่า เอทานอล อะซิโตน และน้ำ ตามลำดับ และเมื่อนำมาวิเคราะห์หาชนิดของสารประกอบฟีนอลิกก็เป็นชนิดที่มีความเป็นขั้ว สอดคล้องกับสภาพความเป็นขั้วของตัวทำละลาย

การสกัดด้วยน้ำนั้น ได้สารสกัดที่มีความข้นหนืด และตกตะกอน เนื่องจากการแยกชั้นของไขมันในมะพร้าวที่ถูกสกัดออกมาพร้อมกับสารประกอบฟีนอลิก และน้ำมีความสามารถในการละลายองค์ประกอบอื่นๆ เช่น น้ำตาล คาร์โบไฮเดรต กรดอินทรีย์ โปรตีน เป็นต้น (ศิวาพร และณัฏฐินี, 2545) ที่มีอยู่ในมะพร้าวได้ดีกว่าตัวทำละลายอินทรีย์ จึงทำให้สารสกัดที่ได้มีลักษณะมีลักษณะข้นหนืดเกิดเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ ซึ่งลักษณะการมีสีขาว และโปรตีนของอิมัลชันนั้นมีผลรบกวนการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในมะพร้าว น้ำจึงไม่เหมาะในการใช้เป็นตัวทำละลายในการสกัดสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในมะพร้าว

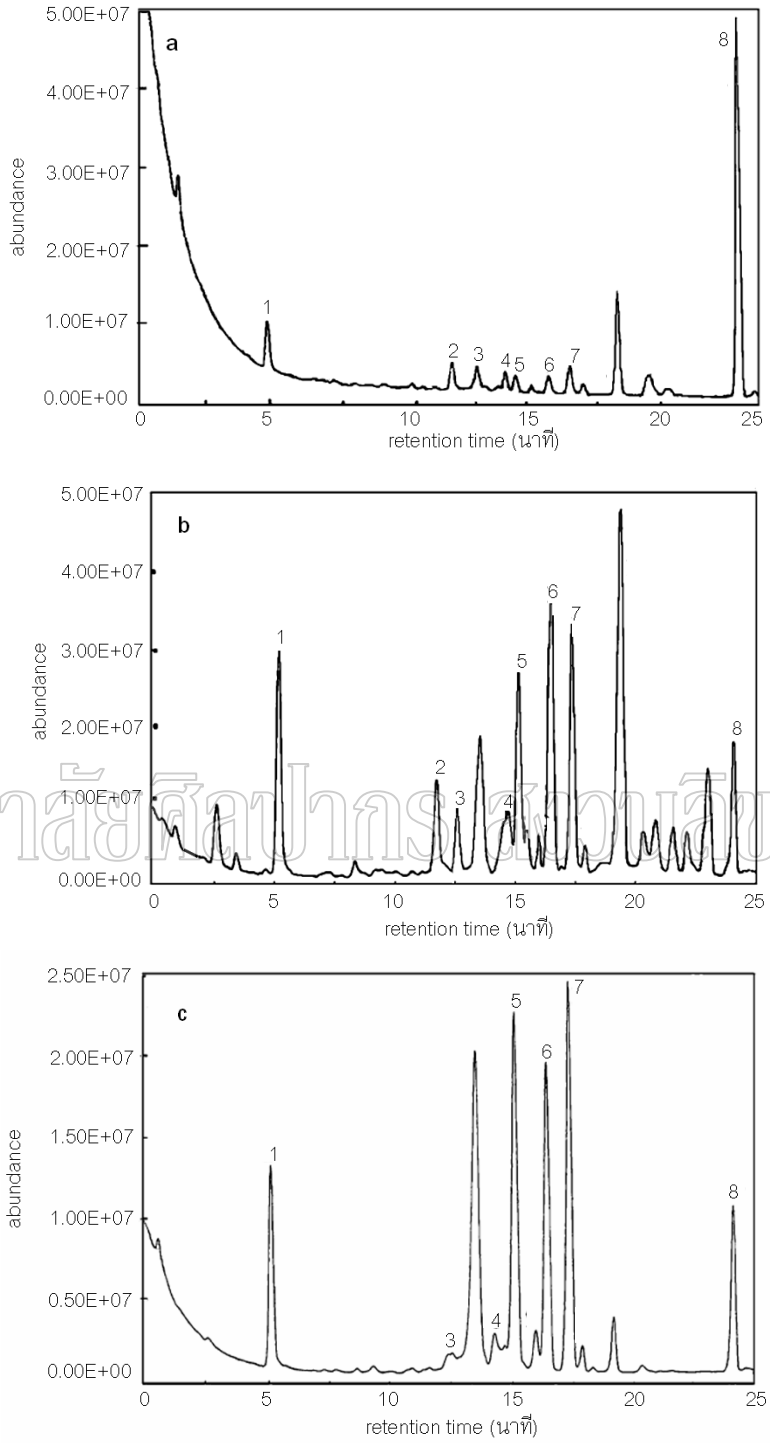
จากการรายงานของ Seneveratne และคณะ (2008) ถึงชนิดของสารประกอบฟีนอลิกในมะพร้าว เป็นสารที่มีความเป็นขั้วจึงสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีสภาพความเป็นขั้วเหมือนกัน คือ เมทานอลซึ่งเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีสภาพความเป็นขั้วสูง (Walter และ Purcell, 1979) และเมื่อนำสารสกัดที่สกัดด้วยเมทานอลมาวิเคราะห์หาชนิดของสารประกอบฟีนอลิกด้วย GC-MS พบว่ามีสารประกอบฟีนอลิก 8 ชนิด (ตารางที่ 13) เป็นองค์ประกอบในเนื้อมะพร้าวน้ำหอม ในขณะที่น้ำมะพร้าวน้ำหอมมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 7 ชนิด แสดงดังรูปที่ 10 และมะพร้าวกะทิมี 6 ชนิด (รูปที่ 9) โดยสารประกอบฟีนอลิกส่วนใหญ่เป็นสารประกอบฟีนอลิกในกลุ่มอนุพันธ์ของกรดเบนโซอิก ได้แก่ salicylic, syringic acid และ 4- hydroxybenzoic acid และสารประกอบฟีนอลิกในกลุ่มอนุพันธ์ของกรดซินนามิก ซึ่งประกอบด้วย *m*-coumaric acid, *p*-coumaric acid และ caffeic acid จากการศึกษาของ Seneveratne, และคณะ (2008)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

พบว่าสารประกอบที่พบในน้ำมันมะพร้าวสกัด ประกอบด้วย gallic acid, epigallocatechin, catechin, 4-hydroxybenzoic acid, epicatechin, caffeic acid, syringic acid และ ferulic acid แต่จากการศึกษานี้พบสารในกลุ่ม ฟลาโวนอยด์เพียง 1 ชนิด คือ catechin ไม่พบ epigallocatechin กับ epicatechin ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากความแตกต่างเทคนิคการวิเคราะห์ โดย Seneveratne และคณะ ใช้เทคนิคการสกัดด้วยความร้อนอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส แล้ววิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC แต่จากการศึกษานี้สกัดที่อุณหภูมิห้อง และใช้เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS ซึ่งข้อด้อยของการวิเคราะห์ด้วย เครื่อง GC-MS คือต้องทำให้สารมีคุณสมบัติระเหยง่าย แต่ epigallocatechin กับ epicatechin ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่า 280 องศาเซลเซียส (มนตรี และคณะ, 2549) แต่คอลัมน์ชนิดที่ใช้ในการวิจัยสามารถตั้งอุณหภูมิสูงสุดได้ 270 องศาเซลเซียส

จากผลการทดลองสารประกอบฟีนอลิกในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอายุ 190 วัน มีพื้นที่ใต้กราฟของ *m*-coumaric acid, *p*-coumaric acid, caffeic acid และ gallic acid มากกว่ามะพร้าวน้ำหอมอายุ 180 และ 225 วัน ส่วนน้ำมะพร้าวน้ำหอมไม่พบ gallic acid มะพร้าวกะทิไม่พบ gallic acid และ 4-hydroxybenzoic acid ซึ่งชนิดและความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกมีผลโดยตรงต่อความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของทั้งมะพร้าวน้ำหอม และมะพร้าวกะทิ เนื่องจากฤทธิ์ในการต้านอนุมูลขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการให้ไฮโดรเจน กรดไฮดรอกซีซินนามิกและกรดไฮดรอกซีเบนโซอิกซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่พบในมะพร้าวที่มีหมู่ไฮดรอกซิล ($-CH_3$) 1 หมู่ จะมีความเหมาะสมต่อคุณสมบัติการให้ไฮโดรเจนดีกว่าอนุพันธ์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล 2 หมู่ (โอภา และคณะ, 2549) ซึ่งจากค่า TEAC ที่สามารถบอกถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกทั้ง 8 ชนิดที่พบในมะพร้าว โดย gallic acid มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้สูงสุด คือมีค่า TEAC เท่ากับ 3.01 มิลลิโมลต่อกรัม รองลงมาคือ catechin, *p*-coumaric acid, syringic acid, caffeic acid, 4- hydroxybenzoic acid และ salicylic (ตารางที่ 15)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์



มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาพที่ 10 โครมาโตแกรมของสารประกอบฟีนอลิกที่พบในน้ำมะพร้าวน้ำหอม (a) เนื้อมะพร้าวน้ำหอม (b) และเนื้อมะพร้าวกะทิ (c) โดยที่ 1 คือ salicylic, 2 คือ 4-hydroxybenzoic acid, 3 คือ syringic acid, 4 คือ *m*-coumaric acid, 5 คือ *p*-coumaric acid, 6 คือ gallic acid, 7 คือ caffeic acid และ 8 คือ catechin

ตารางที่ 13 ชนิดและค่า TEAC ของสารประกอบฟีนอลิกในมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทิ

ชนิดของ สารประกอบฟีนอลิก	RT (นาที)	ชนิดของอนุพันธ์	โครงสร้างหลัก	TEAC* (มิลลิโมลาร์)
salicylic	5.02	hydroxybenzoic acid	phenolic acid	0.04±0.01
4-hydroxybenzoic acid	10.64	hydroxybenzoic acid	phenolic acid	0.081±0.001
syringic acid	11.24	hydroxybenzoic acid	phenolic acid	1.36±0.01
m-coumaric acid	14.82	hydroxycinnamic acid	phenolic acid	1.21±0.02
p-coumaric acid	15.08	hydroxycinnamic acid	phenolic acid	2.22±0.06
gallic acid	17.01	hydroxybenzoic acid	phenolic acid	3.01±0.05
caffeic acid	17.63	hydroxycinnamic acid	phenolic acid	1.26±0.06
catechin	23.86	flavonoid	flavanol	2.4±0.005

* โอภา และคณะ (2549)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

4.4.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในมะพร้าว

สารประกอบฟีนอลิกที่มีในมะพร้าวน้ำหอมที่ได้จากการสกัดด้วยเมทานอล เมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเนื้อ และน้ำของมะพร้าวน้ำหอมจากราชบุรีและสมุทรสาคร ซึ่งในรูปที่ 11 ให้ผลในลักษณะเดียวกัน โดยที่ระดับอายุ 190 วันหลังดอกบาน มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในเนื้อและน้ำมากที่สุด เท่ากับ 100.06 และ 62.85 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก (fresh weight) ตามลำดับ รองลงมาคือ มะพร้าวน้ำหอมอายุ 180 วัน (70.86 และ 53.9 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก) และ 225 วัน (68.23 และ 60.27 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก) ตามลำดับ ระดับความแก่อ่อนที่แตกต่างกันจึงเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในมะพร้าว

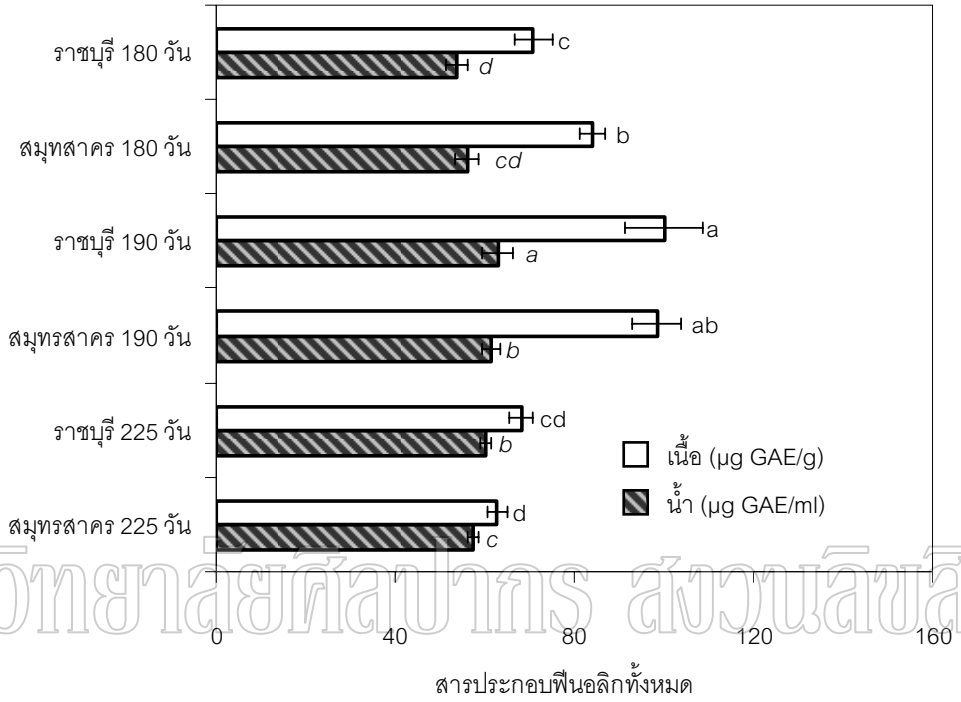
โดยผลการทดลองที่ได้ ทำให้สนับสนุนผลการวิเคราะห์ชนิดของสารประกอบฟีนอลิก ที่พบว่ามะพร้าวน้ำหอมอายุ 190 วันหลังดอกบาน มีความเข้มข้น (พื้นที่ใต้กราฟ) ของ gallic acid, coumaric acid และ caffeic acid ซึ่งเป็นกรดฟีนอลิกในมะพร้าว 3 ชนิดแรก ที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลได้ดี (ตารางที่ 13) พบว่ากรดฟีนอลิก 3 ชนิดนี้สูงกว่าในมะพร้าวน้ำหอมที่มีระดับความแก่ 180 และ 225 วัน

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ปัจจัยที่มีผลสำคัญต่อสารประกอบฟีนอลิกในพืช คือ ระดับของความแก่อ่อน ซึ่งโดยปกติแล้วพืชที่มีผลอ่อนมักจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกอยู่มากเพื่อช่วยป้องกันตัวเองจากศัตรูพืช เช่น แมลง และโรคพืชต่างๆ เมื่อพืชมีผลเข้าสู่ระยะบริบูรณ์ สารประกอบจะมีปริมาณลดลงเนื่องจาก พืชมีการรวมตัวกันเป็นชีวโมเลกุลใหญ่ ได้แก่ โปรตีน และไขมัน (จริงแท้, 2549) มะพร้าว 180 วัน ผลของมะพร้าวยังเป็นผลอ่อนและมีเนื้อบาง กะลาที่ห่อหุ้มผลยังอ่อนอยู่ จึงเป็นช่วงที่ยังมีการสร้างและสะสมสารฟีนอลิกในเอนโดสเปิร์มมีการสะสมของไขมันและโปรตีนต่ำ และเมื่อมะพร้าวมีอายุ 190 วัน เริ่มมีการสะสมไขมันและโปรตีนมากขึ้น แต่มีการพัฒนาของน้ำตาลสูงขึ้นจาก 180 วัน อย่างรวดเร็ว สารประกอบฟีนอลิกมีการสร้างและสะสมไว้ สามารถจับกับน้ำตาลที่มีการสร้างขึ้นใหม่ ทำให้มีสารประกอบฟีนอลิกที่ละลายได้อยู่มาก ทำให้มีค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูง ส่วนมะพร้าวอายุ 225 วัน ผลของมะพร้าวแก่ และมีกะลาแข็ง การเข้าทำลายของแมลงทำได้ยาก สารประกอบฟีนอลิก และน้ำตาลจึงมีการรวมตัวกันด้วยกระบวนการเมตาบอลิซึมกลายเป็นชีวโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น ไขมัน โปรตีน

นอกจากอิทธิพลของระดับความแก่อ่อนแล้ว ในการศึกษานี้มีการรายงานปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเป็นไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ซึ่งอิทธิพลของความชื้น หรือน้ำที่เป็น

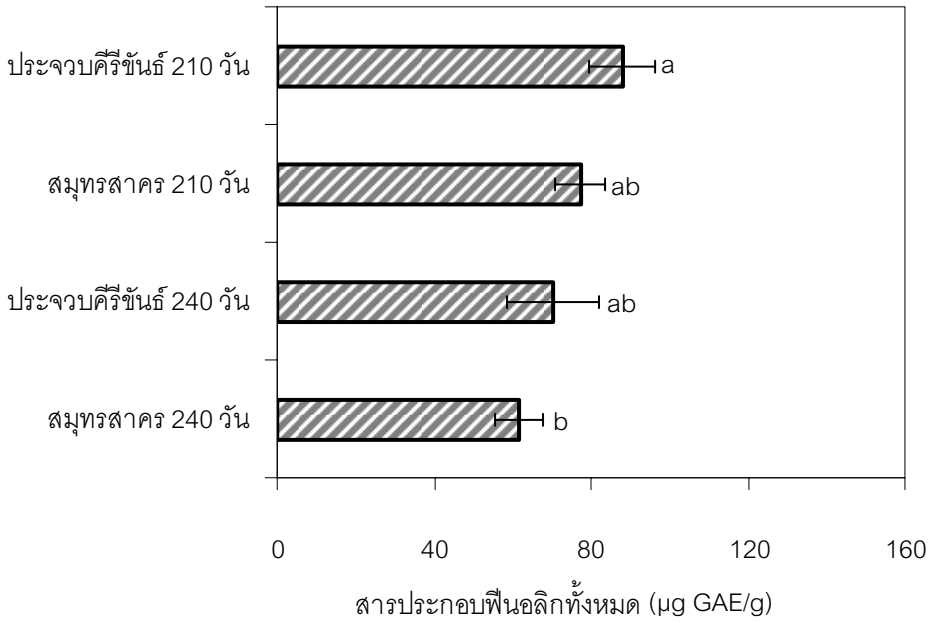
องค์ประกอบในมะพร้าว จะเจือจางสารประกอบฟีนอลิกที่สะสมอยู่ จึงทำให้มะพร้าวมีค่าของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดน้อยกว่ามะพร้าวน้ำหอมที่มีระดับความแก่ 190 วัน



มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาพที่ 11 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ในเนื้อและน้ำมะพร้าวน้ำหอมจากสมุทรสาครและราชบุรี (ตารางที่ 51 ภาคผนวก ค)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเนื้อมะพร้าวกะทิแสดงในรูปที่ 12 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในมะพร้าวกะทิจากสมุทรสาคร และประจวบคีรีขันธ์ที่มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ของสารประกอบฟีนอลิกจาก 88.14 เป็น 70.29 ไมโครกรัม ต่อกรัมน้ำหนักเปียก ในมะพร้าวกะทิจากประจวบคีรีขันธ์ และจาก 77.33 เป็น 61.55 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ในมะพร้าวกะทิจากสมุทรสาคร และเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อของมะพร้าวน้ำหอม ในมะพร้าวกะทิจะมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกน้อยกว่า



มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาพที่ 12 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ในเนื้อมะพร้าวกะทิจากสมุทรสาครและประจวบคีรีขันธ์ (ตารางที่ 51 ภาคผนวก ค)

ในด้านของคุณค่าทางโภชนาการเมื่อบริโภคมะพร้าวน้ำหอมทั้งผล ซึ่งเท่ากับ 400 กรัมต่อ 1 หน่วยบริโภค จะได้รับสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 31 มิลลิกรัม ดังแสดงในตารางที่ 14 และเมื่อเปรียบเทียบการบริโภคแบบอื่น ๆ ได้แก่ การบริโภคน้ำมะพร้าวอย่างดียว ซึ่งเป็นพฤติกรรมการบริโภคมะพร้าวของชาวต่างชาติที่บริโภคเฉพาะน้ำมะพร้าว ซึ่งต่างจากการบริโภคของคนไทยที่นิยมบริโภคน้ำ และเนื้อมะพร้าวประมาณ 1 ใน 3 ส่วน จะได้สารประกอบฟีนอลิก 16 และ 21 มิลลิกรัม ตามลำดับ ดังนั้นการบริโภคมะพร้าวทั้งผลจึงจะได้รับประโยชน์มากกว่าการบริโภคน้ำ และเนื้อเพียงบางส่วน และเมื่อเปรียบเทียบกับการบริโภคผักผลไม้ชนิดอื่น ในรูปแบบต่าง ๆ พบว่า การบริโภคมะเขือเทศ ผักโขม จะได้รับสารประกอบฟีนอลิกที่ใกล้เคียงกับมะพร้าวน้ำหอม ในขณะที่สตรอเบอรี่ ส้ม และมังคุดมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่ามาก

แต่อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในร่างกายของสารประกอบฟีนอลิกนั้นต้องคำนึงถึง ความสามารถในการดูดซึมสารประกอบฟีนอลิกเหล่านี้ในร่างกาย ความคงตัวเมื่อเข้าสู่ร่างกาย และกลไกในการยับยั้งหรือการเป็นสารต้านอนุมูลในร่างกาย (โอภา

และคณะ, 2549) สตรอเบอรี่ และผักโขมเป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่า สารประกอบฟีนอลิกที่ร่างกายสามารถดูดซึมได้จากการบริโภคผักผลไม้ดังกล่าว ไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารเริ่มต้นเท่านั้น เพราะสังเกตได้ว่า ร่างกายได้รับสารประกอบฟีนอลิกจากสตรอเบอรี่ และผักโขมเพียงร้อยละ 6 และ 2.5 ของที่มีอยู่จริงเท่านั้น ดังนั้น การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกทั้งหมดเพียงอย่างเดียวจึงไม่เพียงพอในการใช้แสดงถึงความมีประโยชน์ต่อร่างกายได้ จึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ความสามาถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณการดูดซึม ฯลฯ ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตที่ต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

นอกจากนี้ข้อดีของมะพร้าวน้ำหอมคือ สามารถดื่มน้ำมะพร้าวแทนน้ำ หรือเครื่องดื่มสำหรับผู้ออกกำลังกายได้ ผู้บริโภคโดยเฉพาะคนไทยมีโอกาสในการบริโภคมะพร้าวน้ำหอมได้มากกว่าการบริโภคสตรอเบอรี่ ส้มที่เป็นผลไม้ตามฤดูกาลและนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้โอกาสในการบริโภคน้อยกว่ามะพร้าวน้ำหอมที่มีราคาถูกและมีผลผลิตตลอดทั้งปี จึงมีโอกาสที่จะได้รับสารประกอบฟีนอลิกในระดับที่สูงขึ้นได้ ในขณะที่การบริโภคมะพร้าวกะทิเป็นอาหารว่างนั้นร่างกายจะได้รับสารประกอบฟีนอลิกที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่าการบริโภคมะพร้าวน้ำหอม แต่จะได้รับประโยชน์จากการได้ใยอาหารปริมาณที่สูงกว่าในขณะที่มีปริมาณไขมันไม่แตกต่างกันดังที่ได้กล่าวแล้วในข้อ 4.1

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 14 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในผักและผลไม้ที่บริโภคในชีวิตประจำวัน

ผักและผลไม้	ส่วนที่บริโภคได้	ขนาด (1 หน่วยบริโภค)	Total phenolics (mg GAE)	Total phenolics (mg GAE/วัน)*	Total phenolics Intake (%)*
มะพร้าวน้ำหอม	ทั้งผล	400 กรัม	31	-	-
	น้ำ	250 มิลลิกรัม	16	-	-
	น้ำและเนื้อ (1 ใน 3 ส่วน)	300 กรัม	21	-	-
มะพร้าวกะทิ	เนื้อ	150 กรัม	13	-	-
*สตรอเบอรี่**	ทั้งผล	120 กรัม	270	16.2	6.1
	น้ำสตรอเบอรี่ปั่น	200 มิลลิลิตร	79	-	-
*ส้ม**	ทั้งผล	150 กรัม	168	117.1	69.7
	น้ำส้มคั้น	200 มิลลิลิตร	137	95	69.3
*มังคุด***	เนื้อ	100 กรัม	640	-	-
*ผักโขม**	ทั้งต้น	100 กรัม	32.5	0.8	2.5
*มะเขือเทศ**	ทั้งผล	100 กรัม	24.4	23.7	97.1

ที่มา: *Ock และคณะ (2005)

**Zadernowski และคณะ (2008)

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4.5 ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและความสัมพันธ์ของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดกับความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระในการกำจัดอนุมูล DPPH ซึ่งรายงานเป็นค่าร้อยละของการยับยั้ง (% Inhibition of DPPH radicals) พบว่าเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอายุ 190 วัน มีค่า % Inhibition สูงสุด เท่ากับ 77.59 และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี TEAC สูงที่สุดคือ 47.61 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำหนักเปียก (ตารางที่ 15) และในน้ำมะพร้าวน้ำหอมมีค่าเท่ากับร้อยละ 27.27 และ 26.1 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ และในน้ำมะพร้าวพบว่าให้ผลที่มีแนวโน้มเดียวกันกับค่าความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในเนื้อมะพร้าว ดังแสดงในตารางที่ 16

จากการวิเคราะห์ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จะเห็นว่ามะพร้าวน้ำหอมแต่ละระดับความแก่อ่อน ปริมาณสารประกอบฟีนอ-ลิก และ % Inhibition มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมะพร้าวน้ำหอมอายุ 190 วัน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH, TEAC สูงสุด จึงกล่าวได้ว่าผลของมะพร้าวที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูง จะมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงด้วย และในทางตรงกันข้าม ผลมะพร้าวที่มีอายุผล 180 วันหลังดอกบาน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกต่ำ จึงมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระต่ำด้วยเช่นกัน จากผลการวิเคราะห์นั้นทำให้เราทราบว่ามะพร้าวน้ำหอมอายุ 190 วัน จากราชบุรีและสมุทรสาคร มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับมะพร้าวน้ำหอมระยะอื่นๆ ที่ขายในท้องตลาด จึงเป็นระดับที่เหมาะกับการบริโภคแบบสด เพื่อให้เป็นประโยชน์ทางด้านโภชนาการที่สำคัญต่อร่างกายได้มากที่สุด

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 15 ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเนื้อมะพร้าวน้ำหอม

	ระยะหลังดอกบาน	ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ	
		% Inhibition (60 mg extract/ml)	TEAC (mM/g)
ราชบุรี	180 วัน	58.8^{c}±13.7	8.4^{c}±0.4
	190 วัน	71.7^{ab}±0.9	16.1^{a}±0.6
	225 วัน	69.7^{b}±8.8	13.3^{b}±0.5
สมุทรสาคร	180 วัน	57.7^{c}±9.5	10.4^{c}±0.7
	190 วัน	77.6^{a}±11	15.6^{a}±0.7
	225 วัน	71.6^{ab}±2	14.9^{b}±0.9

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 16 ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมะพร้าวน้ำหอม

	ระยะหลังดอกบาน	ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ	
		% Inhibition (ml/ml)	TEAC (mM/ml)
ราชบุรี	180 วัน	15.9^{c}±5	0.27±0.06
	190 วัน	21.1^{ab}±1.2	0.39^{ab}±0.09
	225 วัน	20.55^{c}±6.6	0.3^{abc}±0.09
สมุทรสาคร	180 วัน	18.9^{c}±4.6^{c}	0.31^{bc}±0.12
	190 วัน	27.3^{a}±4.9	0.41^{a}±0.11
	225 วัน	19.9^{c}±3.5	0.37^{ab}±0.09

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในตารางที่ 17 แสดงผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่ามะพร้าวกะทิอายุ 210 วันหลังดอกบาน มีค่าความสามารถในการยับยั้งอนุมูล DPPH ร้อย

ละ 48.8 และ 49.7 ในมะพร้าวกะทิจากประจวบคีรีขันธ์ และสมุทรสาคร ตามลำดับ และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี TEAC สูงที่สุดคือ 8.3 มิลลิโมลต่อกรัม ซึ่งถ้าเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระแล้ว การบริโภคมะพร้าวกะทิจะได้รับประโยชน์ดังกล่าวน้อยกว่าการบริโภคมะพร้าวน้ำหอมทั้งผล แต่ก็ยังคงมีปริมาณสูงกว่าการบริโภคน้ำมะพร้าวอย่างเดียว

ตารางที่ 17 ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของเนื้อมะพร้าวกะทิ

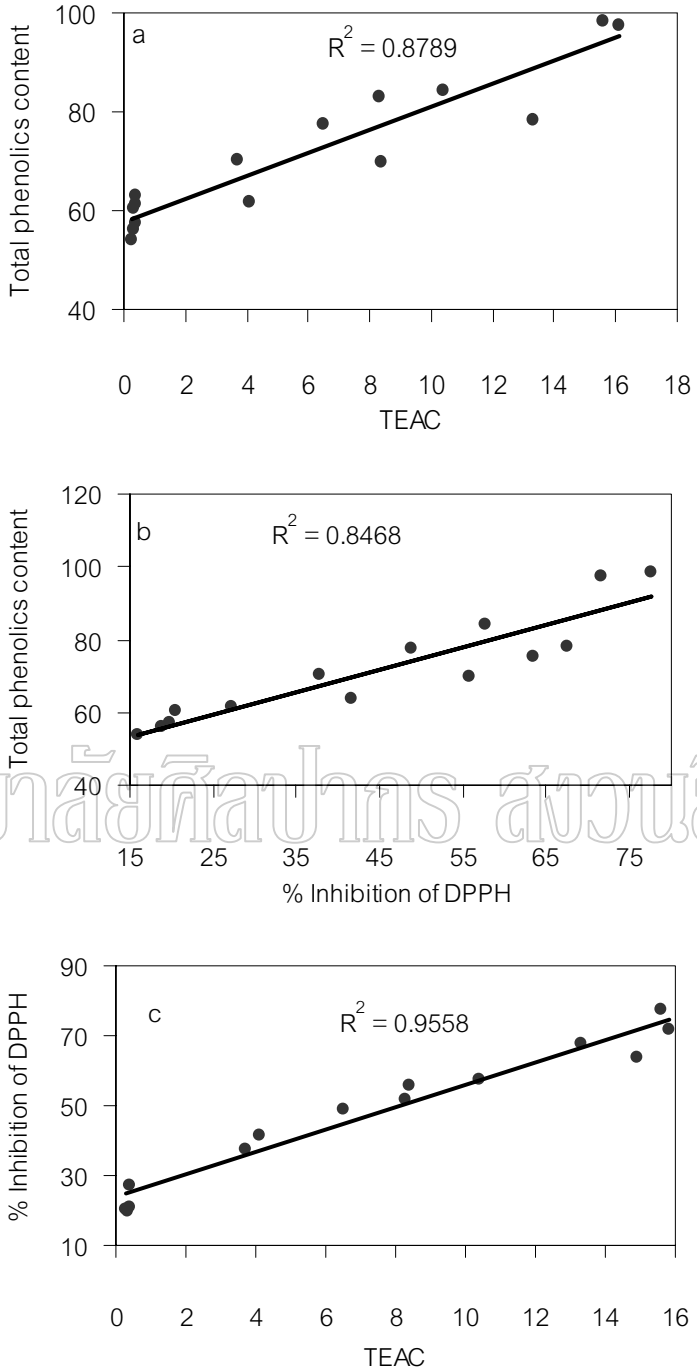
	ระยะหลังดอกบาน	ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ	
		% Inhibition[ns] (60 mg extract/ml)	TEAC (mM/g)
สมุทรสาคร	210 วัน	48.8 ±11.0	6.5[ab]±0.7
	240 วัน	41.7±3.4	4.1[bc]±0.9
ประจวบคีรีขันธ์	210 วัน	49.7±9.2	8.3[a]±1.4
	240 วัน	37.7±6.5	3.7[c]±0.7

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[ns] ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถรวมในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี TEAC ในเนื้อมะพร้าว พบว่าค่าที่ได้มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก โดยมีค่า R^2 = 0.8789 เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบฟีนอลิกและค่า % Inhibition พบว่าค่าที่ได้มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก โดยมีค่า R^2 = 0.8468 และความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ประเมินด้วยวิธี TEAC และ % Inhibition มีความสัมพันธ์กันเชิงบวก โดยมีค่า R^2 = 0.9558 ดังแสดงในรูปที่ 13 จึงกล่าวได้ว่าความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมาจากสารประกอบฟีนอลิกที่เป็นองค์ประกอบในมะพร้าว



มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดกับค่าความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี TEAC (a) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดกับค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ (b) และค่าความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี TEACกับค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ (c)

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

มะพร้าวน้ำหอมจากราชบุรี และสมุทรสาครที่มีระดับความแก่เพิ่มขึ้น มีคุณภาพทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมันสูง ในขณะที่ความถ่วงจำเพาะ ปริมาณกรด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดลงในมะพร้าวที่มีอายุ 225 วันหลังดอกบาน และมะพร้าวที่มีอายุผล 190 วัน มีปริมาณน้ำตาลมากที่สุด ซึ่งน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบหลักในเนื้อมะพร้าวคือน้ำตาลซูโครส และกลูโคส ส่วนน้ำมะพร้าวมีน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสเป็นองค์ประกอบหลัก น้ำมะพร้าวน้ำหอม 180 วัน จะให้คุณค่าโภชนาการด้านแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกายได้มากกว่าที่อายุอื่นๆ ในมะพร้าวกะทิผลที่ได้นั้นให้ผลเช่นเดียวกับมะพร้าวน้ำหอม คือ เมื่อมะพร้าวมีอายุมากขึ้นจะมีไขมัน โปรตีน เส้นใยเพิ่มขึ้น ความถ่วงจำเพาะ ปริมาณกรด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดลง และมีน้ำตาลซูโครสเป็นองค์ประกอบหลักในเนื้อมะพร้าว

ความเข้มข้นของกรดไขมันสายสั้นและปานกลางมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุผลของมะพร้าว โดยพบว่ามะพร้าวที่มีระดับอายุ 225 วัน เป็นระดับที่สมบูรณ์ เนื่องจากมีปริมาณของกรดลอริกสูงที่สุด และกรดปาล์มิติกมีระดับความเข้มข้นลดลง ซึ่งปริมาณของกรดไขมันสายสั้นและปานกลางซึ่งเป็นกรดไขมันที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมีน้อยที่สุดที่ระดับอายุ 180 วัน และมีมากที่สุดในมะพร้าวอายุ 225 วัน ในขณะที่มะพร้าวกะทิให้ปริมาณไขมันที่ต่ำกว่ามะพร้าวน้ำหอมทั้ง 3 ระดับอายุ และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของกรดลอริกเมื่อมะพร้าวมีอายุเพิ่มขึ้น

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและค่าความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี TEAC และร้อยละของการยับยั้ง มีค่าสูงขึ้น ในมะพร้าวอายุ 180 ถึง 190 และลดลงในมะพร้าวอายุ 225 วัน เช่นเดียวกับค่า EC_{50} ที่ลดลงในมะพร้าวอายุ 180 ถึง 190 และเพิ่มขึ้นในมะพร้าวอายุ 225 วัน ซึ่งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและค่าความสามารถรวมในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี TEAC และร้อยละของการยับยั้ง มีความสัมพันธ์กันเชิงบวก และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่า EC_{50} มะพร้าวที่มีระดับอายุ 190 วันหลังดอกบาน จึงเป็นระดับที่มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุด ส่วนในมะพร้าวกะทินั้น มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่ามะพร้าวน้ำหอม ซึ่งในมะพร้าวกะทิที่ศึกษานั้นอิทธิพลของระดับความแก่อ่อนและแหล่งเพาะปลูก ไม่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องจากมะพร้าวกะทิที่

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ศึกษาถึงแม้ว่าจะมีจำนวนวันหลังดอกบานต่างกัน แต่เป็นระยะมะพร้าวที่มีระดับความบริบูรณ์ในระดับเดียวกัน จึงมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆ น้อยมาก

ในการบริโภคมะพร้าวน้ำหอมนั้นควรบริโภคในหลายๆ อายุ เพื่อให้ได้รับสารอาหารและมีประโยชน์ต่อร่างกายได้สูงสุด และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณในการบริโภคเพื่อให้ได้รับปริมาณกรดไขมันที่เพียงพอจากมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทินั้น สามารถบริโภคมะพร้าวกะทิได้มากกว่าเนื้อมะพร้าวน้ำหอม ซึ่งจะได้ประโยชน์จากใยอาหารที่มีมากในมะพร้าวกะทิด้วย

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2551. ฐานความรู้ด้านพืช. [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 27 มิถุนายน 2551. http://www.doa.go.th

กลุ่มเกษตรสัญจร. 2541. มะพร้าวน้ำหอม. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม, นนทบุรี. 78 หน้า.

เกสร สุนทรเสรี. 2541. มะพร้าวต้นไม้แห่งชีวิต. ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

โครงการอนุรักษ์พันธุ์พืช. 2553. พืชน้ำมัน: มะพร้าว. [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2553. http://www.rspg.or.th/plants_data/use/oil-5.htm

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 6. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 396 หน้า.

ณรงค์ โฉมเฉลา. 2548. บทบาทของน้ำมันมะพร้าวต่อสุขภาพและความงาม. หน้า 1-9. ในการบรรยายประชุมวิชาการกรมพัฒน์. กรุงเทพฯ: กรมพัฒน์ฯ.

ธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดิ์ และสมนึก ทองบ่อ. 2551. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลมะพร้าวน้ำหอมก่อนและภายหลังการเก็บเกี่ยว. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร. ปีที่ 39. ฉบับที่ 3 (พิเศษ) หน้า 99-102.

นุชจรินทร์ เกตุนิล. 2543. สถานการณ์: การผลิตและการตลาดน้ำมะพร้าว. วารสารฟู้ดอินไซด์. ปีที่1 ฉบับที่ 3. หน้า 1-14.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน. โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์. กรุงเทพฯ. 244 หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และ ดนัย บุณยเกียรติ. 2548. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.พิมพ์ครั้งที่ 5. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 236 หน้า.

ฤดี สุราฤทธิ์. 2547. น้ำตาล. ภาควิชาสรีรวิทยาและชีวเคมี คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 12 เมษายน 2553. http:// dental.anamai.moph.go.th/sweet2/StockData/story01.pdf

ศิวาพร ศิวเวชช และณัฏฐินี ใจสอาด. 2545. การสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกมันฝรั่ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 1 มีนาคม 2553. http://kucon.lib.ku.ac.th/cgi-bin/kucon...TFMON

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ศูนย์สารสนเทศ กรมส่งเสริมการเกษตร.[ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 6 ตุลาคม 2549. http://production.doae.go.th

สมชาย วัฒนโยธิน. การปรับปรุงพันธุ์มะพร้าวกะทิ. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

โอภา วัชระคุปต์ ปรีชา บุญจูง จันทนา บุณยะรัตน์ และมาลีรักษ์ อัตต์สินทอง. 2549. สารต้านอนุมูลอิสระ: สารต้านอนุมูลสังเคราะห์. พี.เอส.พริ้นท์. กรุงเทพฯ. 190 หน้า.

Akpan, E.J., Etim, O.E., Akpan, H.D. and Usoh, I.F. 2006. Fatty acid profile and oil yield in six different varieties of fresh and dry samples of coconuts (*Cocos nucifera*). *Pakistan Journal of Nutrition*. Vol.5, No.2, 106-109.

Amarowicz R., Pegg R.B., Rahimi-Moghaddam P., Barl B., Weil J.A. 2004. Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. *Food Chem*. Vol. 84, 551-562.

AOAC. 1999. Association of official analytical chemistry.Washington, D.C.: Association of official chemistry, Inc.

Aragon, R.N. 2008. Price Outlook of Coconut (Lauric oil) 2008/09*. Asian and Pacific Coconut Community at the 19th Annual Palm and Lauric Oils Conference and Exhibition. Kuala Lumpur Convention Center, Malaysia. 25 – 27 February 2008.

Arodi, A. 2004. Functional foods, cardiovascular disease and diabetes: Developments in fat replacers. Woodhead Publising Limited., England. 397 pp.

Azeez, S. 2007. Fatty acid profile of coconut oil in relation to nut maturity and season in selected cultivars/hybrids. *British Food Journal*. Vol.109, No.4, 272-279.

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

Brand-William, W., Cuvelier, M.E., and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, *Lebensmittel-Wissenschaft & Technology*. Vol. 28, 25–30.

Child, R. 1974. Coconuts, 2nd ed. Longman Group Ltd., London. 335 p.

Doores, S. 1993. Organic acids in antimicrobials in foods. Marcel Dekker, Inc.

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

Dubois, M. K., Gils, J.K., Hanniton, P.A., Robes, and Smith, F. 1956. Use of phenol reagent for the determination of total sugar. *Journal Anl. Chem.,* Vol. 28, 350-356.

FiFe, B.C.N. 2004. The coconut oil Miracle. A member of pemguim group (USA) Inc. 239 p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1998. Coconut water: A new isotonic sports drink. Available : http://www.fao.org/ag/magazine/9810/spot3.htm. 3,18 December 2008.

Gonzales, O.N. 1983. Research efforts on the food uses of the coconut, Coconut today. Vol.1, No.2, 73-90.

Harborne, J.B., Baxter, H. and Moss, G.P. 1999. Phytochemical dictionary: Handbook of bioactive compounds from plants. 2nd ed. London: Taylor and Francis.

Hollman, P.C.H. and Katan, M.B. 1999. Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability. *Food and Chemical Toxicology*. Vol.37, 937-942.

Jackson, J.C., Gordon, A., Wizzard, G., MaCook, K., and Rolle, R. 2004. Changes in chemical composition of coconut (*Cocos nucifera*) water during maturation of the fruit.. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 84, 1049-1052.

Maisuthisakul, P., Suttajit, M., Pongsawatmanit, R. 2007. Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. Food Chemistry. Vol.100, 1409-1418.

Marten, B., Pfeuffer, M., Schrezenmeir, J. 2006. Medium-Chain Triglycerides. *International Dairy Journal*. Vol,16. 1374-1382.

Mary, G.E., 2004. Coconut oil: An Important Functional Food.[online]. Accessed February 10, 2009. Available from: http://www.kerala.gov.in/keralacallmay04/p12-14.pdf

Mohsenin, N. N. 1996. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Publisher Inc. Thailand 841 p.

Neiman, L. 2009. Monolaurin (Antiviral agent that's non-toxic to humans). Fellow American Academy OtolarynGic Allergy.

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

Nevin, K.G., Rajamohan, T. 2004. Beneficial effects of virgin coconut oil on lipid parameters and in vitro LDL oxidation. *Clinical Biochemistry*. Vol.37, 830-835.

Ock, K.C., Dae-Ok, K., Nancy, S., David, S., Jae, T.H. and Chang, Y.L. 2005. Daily consumption of phenolics and total antioxidant capacity from fruit and vegetables in the American diet. *Journal of the Science of Food and Agricultural*. No.85, 1715-1724.

Puchakawimol, P. and Jangchud, K. 2005. Study on the quality changes of aromatic coconut at different maturity. Department of Product Development, Kasetsart University.

Plessi,M., Bertelli, D. and Miglietta, F. 2006. Extraction and identification by GC–MS of phenolic acids in traditional balsamic vinegar from Modena, *Journal of Food Composition Analysis* Vol.19, 49–54.

Reddy, K.V., Madhusweta, D., Das, S.K. 2005. Filtration resistances in non-thermal sterilization of green coconut water. *Journal of Engineering*. Vol, 69. 381-385.

Reynolds, T., Dring, J.V., and Hughes, C.2001. Lauric acid contaning triglycerides in seed of Umbellularia califonica nutt (Lauraceae). *Journal of the American Oil Chemists' Society*. Vol. 68, 976-977.

Richter, E.M., de Jesus, D.P., Munoz, A.A., do Lago, C.L., Angnes, L. 2005. Determination of anions, cations and sugars in coconut water by capillary electrophoresis. *Journal Braz .Chem. Soc*. Vol.16, No.6, 1134-1139.

Rosario, del R.R. and Rubico, S.M. 1979. Formulation of coco beverage from mature coconut water. *Phil. Journa*l. Coconut Studies. Vol. 4, No.4, 1-5.

Santoso, U., K. Kubo, T. Ota, T. Tadokoro and A. Maekawa. 1996. Nutrient composition of *kopyor* coconuts (*cocos nucifera* L.). *Food Chemistry*. Vol. 57, No. 2, 299-304.

Seneviratne, K.N., HapuarachchI, C.D. and Ekanayake, S. 2008. Comparison of the phenolic-dependent antioxidant properties of coconut oil extracted under cold and hot conditions. *Food Chemistry*. Accepted Manuscript, November 11, 2008.

Snowdon W., Osborn, T., Aarlbersberg, B., Schultz, J. 2003. Coconut:its role in health. Secretariat of the Pacific Community. SPC Publications section.

Stecchini, M. L., Di Luch, R., Bortolussi, G. and Del Torre M. 2002. Evaluation of lactic acid and monolaurinto control Listeria monocytogenes on Stracchino cheese. *Food Microbiology*. Vol. 13. 483-488.

Terdwongworakul, A. 2009. Development of technique for detecting the translucence in mangosteen by measurement of heat transfer in rind. Accessed March 1, 2010.Avaliable from: http://library.stks.or.th:8080/dspace/handle/123456789/12907

Vigliar, R., Sdepanian, V.L. and Fagundes-Neto, U. 2006. Biochemical profile of coconut water from coconut palms planted in an inland region. *Journal de Pediatria* Vol. 82, No.4, 308-312.

Walter, W.M., and Jr., Purcell, A.E., 1979. Evaluation of several methods for analysis of sweet potato phenolics. *Journal of Agricuhure and Food Chemistry*. Vol.27, No.5, 942-946.

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

Whewell, C. J. 2008. New from Genouveau Coorporation Glyceryl Azelate Laurate (GAL) Esters. [online]. Accessed February 8, 2009. Avaliable from: http:// www.glycerylazelate.com,

Zadernowski, R., Czaplicki, S. and Naczk, M. 2008. Phenolic acid profiles of mangosteen fruits (Garcinia mangostana). *Food Chem*. Vol. 112, No. 3, 685-689.

Zadernowski, R., Naczk, M. and Nesterowicz, J. 2005. Phenolic ccid profiles in some small berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 53, 2118-2124. [online]. Accessed January 1, 2010. Avaliable from: http://www. fda.moph.go.th.

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาคผนวก ก

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

การวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี

1. ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

นำตัวอย่างน้ำมะพร้าวปริมาณ 5 มิลลิลิตร (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ส่วนตัวอย่างเนื้อมะพร้าว หั่นให้มีขนาดเล็กลง จากนั้นนำมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสมความเร็วสูง ชั่งน้ำหนัก 5 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยขณะไทเทรตใช้แท่งแม่เหล็กกวนสารละลายตลอดเวลา จากนั้นไทเทรตจนถึงจุดยุติ ซึ่งสารละลายจะมี pH เท่ากับ 8.1 (วัด pH ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรดด่าง) บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ คำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดเมื่อเทียบกับกรดมาลิกตามสมการด้านล่าง

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)} = \frac{\text{ปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)} \times 0.067}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

2. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดด้วยวิธี Phenol-Sulfuric (ดัดแปลงจาก Dubois, 1956)

2.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานกลูโคส

2.1.1 ชั่งน้ำหนักกลูโคส (อบแห้งที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์) จำนวน 0.01±0.001 กรัม (จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน)

2.1.2 ละลายกลูโคสด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายกลูโคสเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และใช้เป็นสารละลาย stock

2.1.3 ปิเปตสารละลาย stock ที่เตรียมไว้มา 0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 และ 10.0 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายมาตรฐานกลูโคสที่ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

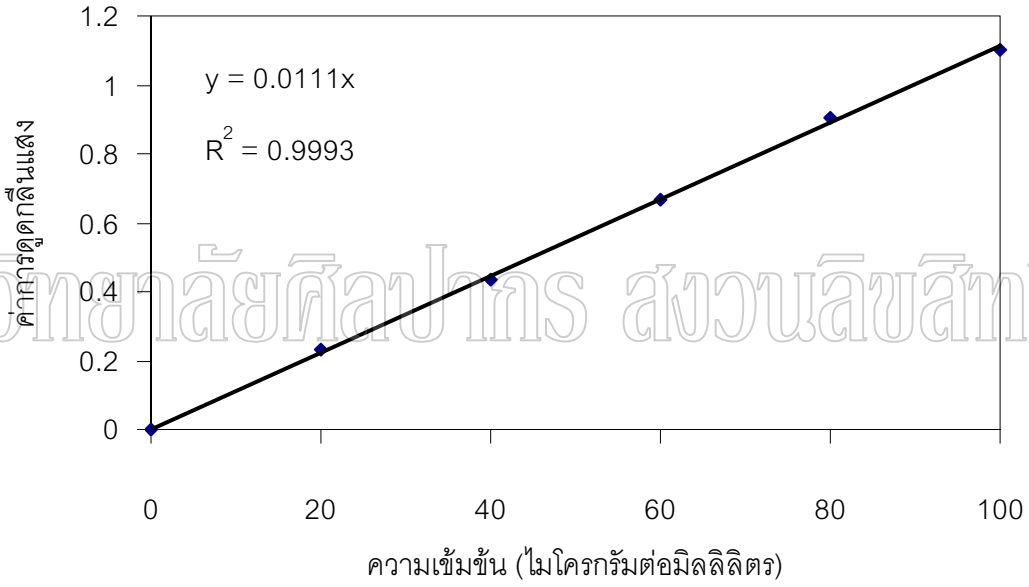
2.2 การวิเคราะห์

2.2.1 ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง ขนาด 20 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายฟีนอล 5% (ฟีนอล 5 กรัม ในน้ำกลั่น 95 มิลลิลิตร)

2.2.2 เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ปล่อยให้กรดซัลฟิวริกไหลกระทบผิวหน้าของสารละลายในหลอดทดลองโดยตรง จะมีไอเกิดขึ้น เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ 10 นาที จุ่มลงในน้ำเย็น 25 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที

2.2.3 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 488 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer โดยใช้น้ำกลั่นเป็น blank

2.2.4 ใช้กลูโคสเป็นสารละลายมาตรฐานในการทำ calibration curve โดยใช้สารละลายมาตรฐานกลูโคสที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่เตรียมไว้ในข้อ 2.1 มาทำเช่นเดียวกับข้อที่ 2.2.1-2.2.3 ตัวอย่างกราฟมาตรฐานของกลูโคสแสดงดังรูปที่ 14



มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

รูปที่ 14 กราฟมาตรฐานกลูโคสสำหรับการวิเคราะห์น้ำตาลทั้งหมด

3. ปริมาณน้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และซูโครสด้วยเอนไซม์

3.1 การสกัดตัวอย่าง

3.1.1 ชั่งตัวอย่างมะพร้าว หรือน้ำมะพร้าว 5±0.1 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.1.2 เติมสารลายเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3.1.3 นำไปอุ่นในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

3.1.4 กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 4

3.1.5 เก็บตัวอย่างใส่ในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ด้วยเอนไซม์

3.2 การวิเคราะห์

3.2.1 นำตัวอย่างที่ผ่านการกรองปริมาตร 10 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำรีดิสทิวท์ ปรับปริมาตรเป็น 200 มิลลิลิตร

3.2.2 เติมเอนไซม์กลูโคซิเดส (Cat. Nr. 10 716 260 035 Boehringer Mannheim, R-Biopharm AG, Germany) ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

3.2.3 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 345 นาโนเมตร ด้วย UV-VIS Spectrophotometer ทุกๆ 30 นาที จนค่าการดูดกลืนแสงมีค่าคงที่

3.2.4 คำนวณหาค่าความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสจากกราฟกลูโคสมาตรฐาน โดยผลการทดลองแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลทั้งหมด

3.2.5 ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.2.1- 3.2.4 เพื่อหาความเข้มข้นของน้ำตาลฟรุกโตส และซูโครส ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

4. ปริมาณกรดไขมันที่มีประโยชน์ด้วย Gas Chromatography FID

4.1 การสกัดไขมันจากตัวอย่าง

4.1.1 ชั่งตัวอย่างมะพร้าว 20±0.1 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน)

4.1.2 เติมสาร isopropanol ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นผสมความเร็วสูง ทิ้งไว้ 5 นาที

4.1.3 กรองแยกกากตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 4

4.1.4 สกัดซ้ำอีกครั้งเช่นเดียวกับข้อ 4.1.2-4.1.3

4.1.5 นำกากตัวอย่างที่ได้ ผสมกับสารละลาย isochroloform-chloroform (อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

4.1.6 นำไปสกัดที่อุณหภูมิปกติเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ด้วย continuous shaker ความเร็ว 90 รอบต่อนาที

4.1.7 กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 4

4.1.8 ระเหยสารละลายส่วนเกินออกด้วยเครื่อง Rotary evaporator ที่ความดัน 50 มิลลิเมตรปรอท และอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ไขมันสกัดหยาบที่ได้มีลักษณะข้นหนืด

4.1.9 นำไขมันสกัดหยาบมาผสมกับ chloroform-methanol (อัตราส่วน 2:1 โดยปริมาตร) ปริมาตร 30 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 3 นาที

4.1.10 กรองสารละลายออก แล้วสกัดซ้ำตามข้อ 4.1.9 อีกครั้ง

4.1.11 นำสารละลายทั้งหมดที่กรองได้ ใส่ในกระบอกตวงแก้ว ขนาด 100 มิลลิลิตร

4.1.12 เติมสารละลายโปแทสเซียมคลอไรด์ (KI) ความเข้มข้นร้อยละ 0.88 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (KI จำนวน 0.88 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น) ปริมาตร 15 มิลลิลิตร เขย่าสารผสม แล้วปล่อยให้เกิดการแยกชั้น จากนั้นแยกสารละลายชั้นบนออก

4.1.13 เติมสารละลาย methnol-saline (สารละลายผสม methanol:0.88% KI ในอัตราส่วน 1:1) ปริมาตร 15 มิลลิลิตร

4.1.14 ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 4.1.9-4.1.12 อีกครั้ง

4.1.15 ระเหยตัวทำละลายออกด้วย Rotary evaporator ที่ความดัน 50 มิลลิเมตรปรอท และอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

4.1.16 ปรับปริมาตรด้วย chloroform เป็น 10 มิลลิลิตร เก็บสารสกัดไขมันในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

4.2 การทำอนุพันธ์ของกรดไขมัน

4.2.1 นำตัวอย่างไขมันสกัดปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองแก้วแบบมีฝาปิด เติมเฮกเซนปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

4.2.2 เติมสารละลายโซเดียมเมทอกไซด์ ($NaCH_3O$) ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ (ชั่ง $NaCH_3O$ จำนวน 1.35 กรัม ละลายและปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยเมทานอล) ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เขย่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที

4.2.3 เติมกรดอะซิติกเข้มข้นปริมาตร 10 ไมโครลิตร จากนั้นเติมแคลเซียมคลอ-ไรด์จำนวน 1 กรัม ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

4.2.4 นำสารละลายผสมมาเหวี่ยงแยกตะกอนที่ความเร็ว 7000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที

4.2.5 นำสารละลายส่วนใสไปวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันด้วย GC-FID

5. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ดัดแปลงจาก Maisuthisakul และคณะ, 2007)

5.1 การเตรียมสารสกัด

5.1.1 นำตัวอย่างมะพร้าวมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสม เป็นเวลา 1 นาที

5.1.2 ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการบดแล้วจำนวน 20±0.1 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร

5.1.3 เติมเมทานอล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในขวดชมพู่ที่ชั่งตัวอย่างแล้ว

5.1.4 นำไปสกัดในที่มืดที่อุณหภูมิปกติเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ด้วย continuous shaker ความเร็ว 90 รอบต่อนาที

5.1.5 กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 4

5.1.6 ระเหยเมทานอลออกด้วยเครื่อง Rotary evaporator ที่ความดัน 50 มิลลิเมตรปรอท และอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สารสกัดที่ได้มีลักษณะข้นเหนียว

5.1.7 ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลในขวดปริมาตร 10 มิลลิลิตร

5.1.8 ใส่ในขวดสีชา เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส (ไม่ควรเก็บสารสกัดไว้นานเกิน 3 วัน)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

5.2 การเตรียมสารลายกรดมาตรฐานกรดแกลลิก

5.2.1 ชั่งน้ำหนักกรดแกลลิก 0.1±0.01 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน)

5.2.2 ละลายกรดแกลลิกด้วยเมทานอล ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ 50 มิลลิลิตร ใช้เป็น stock solution

5.2.3 ปิเปต stock solution ที่เตรียมไว้มา 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 มิลลิลิตรแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร จะได้สารละลายกรดแกลลิกมาตรฐาน ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

5.3 การวิเคราะห์

5.3.1 เจือจางสารสกัด โดยปิเปตสารสกัด 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลเป็น 10 มิลลิลิตร

5.3.2 ปิเปตสารละลายที่ได้ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง แล้วเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ความเข้มข้นร้อยละ 10 (w/w) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ 3 นาที

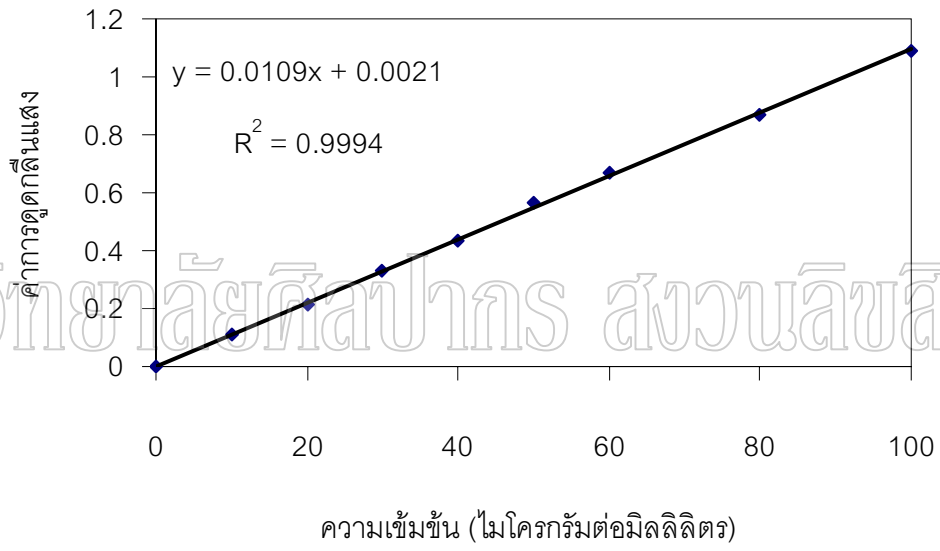
5.3.3 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer

5.3.4 ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 120 นาที

5.3.5 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

5.3.6 ใช้กรดแกลลิกเป็นสารละลายมาตรฐานในการทำ calibration curve เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ในตัวอย่างในข้อ 5.3.2-5.3.5 ตัวอย่างกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกแสดงดังรูปที่ 15

5.3.7 คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐาน แล้วรายงานผลในหน่วยของมิลลิกรัมเมื่อเทียบกับกรดแกลลิก (mg gallic acid equivalent; mg GAE) ต่อกรัมน้ำหนักของตัวอย่าง



มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

รูปที่ 15 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกสำหรับการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

6. **ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี** TEAC

6.1 การเตรียมสารละลาย ABTS

6.1.1 ชั่ง 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid (ABTS) จำนวน 0.384 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

6.1.2 ชั่งโปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ($K_2S_2O_8$) 0.066 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

6.1.3 ผสมสารละลายที่ได้จากข้อ 6.1.1 และ 6.1.2 ในอัตราส่วน 2:1 จากนั้นเก็บในที่มืด (ที่อุณหภูมิห้อง) เป็นเวลา 12-16 ชั่วโมง ได้สารผสมเป็น stock solution

6.1.4 เจือจาง stock solution ด้วยเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 95 ปรับให้มีค่าการดูดกลืนแสง 0.70±0.02 ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร จะได้เป็นสารละลาย $ABTS^{\bullet+}$

6.2 การวิเคราะห์

6.2.1 เจือจางสารสกัดที่ได้จากข้อ 5.1 โดยชั่งน้ำหนักสารสกัด 0.2±0.01 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ละลายและปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร ด้วยเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 95

6.2.2 ปิเปตสารละลาย $ABTS^{\bullet+}$ ปริมาตร 4 มิลลิลิตร เติมสารสกัดตัวอย่างที่ได้จากข้อ 6.2.1 40 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ 6 นาที

6.2.3 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร เทียบกับสารมาตรฐาน 6-hydroxy-2, 5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox) เข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ (ชั่ง Trolox จำนวน 0.25 กรัม ละลายในเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

หมายเหตุ ใช้เอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 40 ไมโครลิตร ผสมกับ $ABTS^{\bullet+}$ ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 6 นาที เป็น blank

6.2.4 คำนวณร้อยละการยับยั้งการเกิดสีของสารตัวอย่างจากสูตร

$$\text{ร้อยละการยับยั้งการเกิดสี} = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงของ Blank} - \text{ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง} \times 100}{\text{การดูดกลืนแสงของ Blank}}$$

$$\text{ค่า TEAC (mmol/g)} = \frac{\text{\%การยับยั้งการเกิดสีของตัวอย่าง}}{\text{\%การยับยั้งการเกิดสีของ Trolox} \times \text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

7. ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

7.1 การเตรียมสารละลาย DPPH

7.1.1 ชั่ง 2,2-Diphenyl-1-picrydazyl (DPPH) จำนวน 0.023 กรัม ละลายด้วยเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 95 แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร จะได้ stock solution เข้มข้น $6x10^{-4}$ โมลาร์

7.1.2 ปิเปต stock solution เข้มข้น $6x10^{-4}$ โมลาร์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ละลายด้วยเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 95 และปรับให้มีปริมาตร 50 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น $6x10^{-5}$ โมลาร์

7.2 การวิเคราะห์

7.2.1 เตรียมสารสกัดตามวิธีในภาคผนวก ข้อ 5.1

7.2.2 เจือจางสารสกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 95 จนได้ความเข้มข้น 120 มิลลิลิตรสารสกัดต่อมิลลิลิตร เพื่อใช้เป็น working solution

7.2.3 นำ working solution มาเจือจางจนได้ความเข้มข้น 10, 20, 40, 80 และ 100 มิลลิกรัมสารสกัดต่อมิลลิลิตร

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

7.2.4 ผสมสารสกัดที่เจือจางแต่ละความเข้มข้น 0.1 มิลลิลิตร กับสารละลาย DPPH เข้มข้น $6x10^{-5}$ โมลาร์ ปริมาตร 3.9 มิลลิลิตร แล้วเก็บสารผสมที่ได้ไว้ในที่มืดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิปกติ

7.2.5 วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 95 เป็น blank

7.2.6 คำนวณ % inhibition of DPPH จากสูตร

$$\% \text{ Inhibition} = (A_0 - A_{ext}) / A_0 \times 100$$

A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ 0 นาที (สารละลาย DPPH)

A_{ext} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ 2 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาคผนวก ข

ตารางวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.3675	0.3675	8.86	0.0309	*
P	1	0.4083	0.0408	0.98	0.3668	-
M	2	4.2667	2.1233	51.16	0.0005	*
PxM	2	0.8067	0.4033	1.72	0.5189	-

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในน้ำมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูก และระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.2080	0.2080	14.74	0.0121	*
P	1	0.0588	0.0588	4.17	0.0967	-
M	2	3.8451	1.9225	136.22	<.0001	*
PxM	2	0.5408	0.2704	19.16	0.0045	*

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 20 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลซูโครสในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.1541	0.0385	17.73	0.0084	*
P	1	0.0012	0.0012	0.14	0.7255	-
M	2	0.7562	0.3781	73.49	0.0007	*
PxM	2	0.0546	0.0273	3.14	0.13.08	-

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลซูโครสในน้ำมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.0243	0.0243	16.42	0.0098	*
P	1	0.8427	0.8427	569.39	<.0001	*
M	2	0.3931	0.1965	132.79	<.0001	*
PxM	2	1.1827	0.5913	399.54	<.0001	*

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 22 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูก และระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.0243	0.0243	34.71	0.0020	*
P	1	0.0280	0.0280	40.05	0.0015	*
M	2	0.0950	0.0475	67.86	0.0002	*
PxM	2	0.0045	0.0022	3.19	0.1.279	-

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 23 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสในน้ำมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.0044	0.0044	0.06	0.8136	-
P	1	0.0001	0.0001	0.00	0.9754	-
M	2	0.2429	0.1214	1.70	0.273	-
PxM	2	0.1134	0.0567	0.79	0.5015	-

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

ตารางที่ 24 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลกลูโครสในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.1027	0.1027	12.29	0.0172	*
P	1	0.0002	0.0002	0.02	0.8807	-
M	2	0.0648	0.0324	3.88	0.0962	-
PxM	2	0.0381	0.0019	0.23	0.8037	-

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 25 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลกลูโครสในน้ำมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.1027	0.0324	12.29	0.0172	*
P	1	0.0002	0.0002	0.02	0.8807	-
M	2	0.0648	0.0324	3.88	0.0962	-
PxM	2	0.0038	0.0019	0.23	0.8037	-

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 26 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดคาไพรลิกในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.0033	0.0033	0.17	0.6952	-
P	1	1.7633	1.7633	91.21	0.0002	*
M	2	5.7817	2.8908	149.53	<0.0001	*
PxM	2	1.2017	0.6008	31.08	0.0015	*

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 27 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดคาพริกในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.0408	0.0408	5.98	0.0583	-
P	1	0.0675	0.0675	9.88	0.0256	*
M	2	0.4652	2.3258	340.37	<0.001	*
PxM	2	0.195	0.0975	14.27	0.0086	*

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 28 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดลอริกในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.1008	0.1008	0.11	0.7528	-
P	1	1.5408	1.5408	1.69	0.2501	-
M	2	236.2317	118.1158	129.68	<0.0001	*
PxM	2	15.0817	7.5408	8.28	0.0259	*

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 29 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดไมริสติกในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.0075	0.0075	0.12	0.7451	-
P	1	0.8008	0.8008	12.61	0.0164	*
M	2	3.7917	1.8958	29.86	0.0017	*
PxM	2	2.5317	1.2658	19.93	0.0041	*

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 30 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดปาล์มิติกในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.0833	0.0833	0.33	0.5897	-
P	1	10.4533	10.4533	41.59	0.0013	*
M	2	29.2717	14.6358	58.23	0.0003	*
PxM	2	0.7117	0.3558	1.42	0.3257	-

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 31 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า % Inhibition ในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	6.192	6.192	0.27	0.6267	-
P	1	17.812	17.812	0.77	0.42	-
M	2	160.0638	80.0319	3.47	0.1137	-
PxM	2	1.5758	0.7879	0.03	0.9667	-

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

ตารางที่ 32 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า % Inhibition ในน้ำมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	9.3987	9.3987	2.12	0.205	-
P	1	5.1221	5.1221	1.16	0.3313	-
M	2	73.3878	36.6939	8.29	0.0259	*
PxM	2	3.1382	1.5691	0.35	0.718	-

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 33 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า TEAC ในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.1633	0.1633	0.23	0.6542	-
P	1	0.48	0.48	0.67	0.4517	-
M	2	87.405	43.7025	60.59	0.0003	*
PxM	2	0.665	0.3325	1.46	0.655	-

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 34 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.0027	0.0276	0.32	0.6131	-
P	1	0.0021	0.0021	0.02	0.8862	-
M	1	0.009	0.0091	0.1	0.7678	-
PxM	1	0.1035	0.1035	1.19	0.3558	-

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

ตารางที่ 35 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.0578	0.0578	0.54	0.5141	-
P	1	0.0338	0.0338	0.32	0.6121	-
M	1	0.0072	0.0072	0.07	0.8114	-
PxM	1	0.0032	0.0032	0.03	0.8732	-

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

ตารางที่ 36 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลซูโครส ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.0512	0.0512	1.03	0.385	-
P	1	0.1105	0.1105	2.22	0.2329	-
M	1	0.0085	0.0085	0.17	0.7079	-
PxM	1	0.0041	0.0041	0.08	0.7939	-

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 37 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.0045	0.0045	0.01	0.9289	-
P	1	0.0015	0.0015	0	0.9588	-
M	1	0.0351	0.0351	0.07	0.8044	-
PxM	1	0.0078	0.0078	0.02	0.9066	-

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

ตารางที่ 38 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลกลูโคส ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.0242	0.0242	8.85	0.0588	-
P	1	0.0145	0.0145	5.29	0.1051	-
M	1	0.0005	0.0005	0.16	0.7121	-
PxM	1	0.0113	0.0113	4.12	0.1355	-

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

ตารางที่ 39 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลกลูโคส ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.0242	0.0242	8.85	0.0588	-
P	1	0.0145	0.0145	5.29	0.1051	-
M	1	0.0005	0.0005	0.16	0.7121	-
PxM	1	0.0113	0.0113	4.12	0.1355	-

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 40 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดคาไพรลิก ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.0231	0.0231	0.81	0.4348	-
P	1	0.7503	0.7503	26.25	0.0144	*
M	1	1.0878	1.0878	38.06	0.0086	*
PxM	1	0.1081	0.1081	3.78	0.1470	-

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 41 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดคาพริก ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.0162	0.0162	3.16	0.1737	-
P	1	0.3121	0.3121	10.79	0.0044	*
M	1	0.7081	0.7081	137.93	0.0013	*
PxM	1	0.0841	0.0841	16.37	0.072	-

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 42 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดลอริก ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.4325	0.4325	122.07	0.0016	*
P	1	0.6161	0.6161	175.18	0.0009	*
M	1	5.346	5.346	1520.32	<.0001	*
PxM	1	3.565	3.565	1013.59	<.0001	*

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 43 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดไมริสติก ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.0041	0.0041	0.19	0.6928	-
P	1	1.155	1.155	54.02	0.0052	*
M	1	2.599	2.599	121.55	0.0016	*
PxM	1	0.7442	0.7442	34.80	0.0097	*

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 44 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดปาล์มิติก ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.0242	0.0242	72.60	0.0034	*
P	1	0.4802	0.4802	1440.60	<.0001	*
M	1	1.8432	1.8432	5529.60	<.0001	*
PxM	1	1.5842	1.5842	4752.60	<.001	*

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 45 การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณกรดไมริสติก ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	5.4056	5.4056	0.04	0.8458	-
P	1	88.5115	88.5115	0.73	0.4544	-
M	1	160.016	160.016	1.33	0.3327	-
PxM	1	29.5788	29.5788	0.25	0.6543	-

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 46 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า % Inhibition ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	0.0613	0.0613	0	0.9684	-
P	1	52.5313	52.5313	1.59	0.297	-
M	1	213.2113	213.2113	6.44	0.0849	-
PxM	1	25.5613	25.5613	0.77	0.4444	-

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

ตารางที่ 47 การวิเคราะห์ทางสถิติค่า TEAC ในเนื้อมะพร้าวกะทิที่มีแหล่งเพาะปลูกและระดับความแก่อ่อนแตกต่างกัน

Source	d.f.	Sum of Square	Mean Square	*F* value	*P* level	significant
B	1	1.2013	1.2013	262.09	0.0005	-
P	1	0.9113	0.9113	198.82	0.0008	*
M	1	24.1513	24.1513	5269.36	<.0001	*
PxM	1	2.7613	2.7613	602.45	0.0001	*

B หมายถึง block P หมายถึง แหล่งเพาะปลูก M หมายถึง ระดับความแก่อ่อน

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาคผนวก ค

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางผลการทดลอง

ตารางที่ 48 ปริมาณน้ำตาลในเนื้อมะพร้าวกะทิจากสมุทรสาคร ประจวบคีรีขันธ์ และมะพร้าวคั้นกะทิจากตลาด (ร้อยละขององค์ประกอบทั้งหมด)

น้ำตาล	ระยะหลังดอกบาน				
	สมุทสาคร		ประจวบคีรีขันธ์		มะพร้าวคั้นกะทิ
	210 วัน	240 วัน	210 วัน	240 วัน	
น้ำตาลทั้งหมด	2.76^{a}±0.85	2.81^{a}±0.07	2.95^{a}±0.29	2.79^{a}±0.08	2.07^{b}±1.09
น้ำตาลรีดิวซ์^{ns}	1.32±0.04	1.30±0.10	1.23±0.05	1.13±0.87	1.07±0.65
น้ำตาลซูโครส	1.40^{a}±0.14	1.51^{a}±0.62	1.66^{a}±0.14	1.70^{a}±0.03	0.99^{b}±0.45
น้ำตาลฟรุกโตส	0.7^{ab}±0.08	0.39^{c}±0.19	0.59^{a}±0.7	0.36^{c}±0.21	0.30^{d}±0.16
น้ำตาลกลูโครส	0.75^{a}±0.13	0.84^{a}±0.1	0.91^{a}±0.2	0.80^{a}±0.3	0.54^{b}±0.09

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (n=30)

^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 49 ปริมาณน้ำตาล (ร้อยละขององค์ประกอบทั้งหมด) ของมะพร้าวน้ำหอมจากจังหวัดราชบุรีและสมุทรสาคร

น้ำตาล		ระยะหลังดอกบาน					
		ราชบุรี			สมุทรสาคร		
		180 วัน	190 วัน	225 วัน	180 วัน	190 วัน	225 วัน
น้ำตาลรีดิวซ์	น้ำ	3.18^{a}±0.92	3.00^{ab}±0.7	2.92^{bc}±0.16	3.27^{a}±0.71	3.09^{ab}±0.7	2.77^{b}±0.19
	เนื้อ	1.58^{b}±0.06	1.73^{ab}±0.11	1.31^{c}±0.07	1.50^{ab}±0.07	1.62^{a}±0.08	1.39^{c}±0.03
น้ำตาลทั้งหมด	น้ำ	4.55^{b}±0.24	5.07^{a}±0.17	4.14^{b}±0.17	5.01^{a}±0.21	5.44^{a}±0.49	3.68^{c}±0.2
	เนื้อ	2.76^{a}±0.85	2.73^{a}±0.12	1.82^{b}±0.28	2.57^{a}±0.43	2.85^{a}±0.29	2.04^{ab}±0.17
น้ำตาลซูโครส	น้ำ	1.37^{b}±0.05	2.07^{a}±0.06	1.20^{b}±0.08	1.52^{ab}±0.02	0.68^{c}±0.06	0.89^{b}±0.15
	เนื้อ	1.23^{a}±0.14	1.07^{ab}±0.42	0.61^{c}±0.09	1.08^{a}±0.35	1.25^{a}±0.14	0.69^{bc}±0.3
น้ำตาลฟรุกโตส	น้ำ^{ns}	0.91±0.32	0.96±0.54	0.90±0.09	0.85±0.06	0.86±0.05	0.8±0.08
	เนื้อ	0.70^{ab}±0.08	0.64^{abc}±0.06	0.51^{c}±0.1	0.78^{a}±0.06	0.79^{a}±0.17	0.57^{bc}±0.09
น้ำตาลกลูโคส	น้ำ^{ns}	2.27±0.64	2.14±0.16	1.99±0.17	2.42±0.11	2.23±0.16	1.88±0.21
	เนื้อ	0.85^{ab}±0.13	0.93^{ab}±0.2	0.72^{b}±0.06	0.81^{a}±0.42	0.91^{ab}±0.2	0.76^{b}±0.08

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตารางที่ 50 สารประกอบฟีนอลิกของมะพร้าวน้ำหอม และมะพร้าวกะทิ

ชนิดของสารประกอบฟีนอลิก	พื้นที่ใต้กราฟ ($x10^7$)							
	เนื้อมะพร้าวน้ำหอม			น้ำมะพร้าวน้ำหอม			เนื้อมะพร้าวกะทิ	
	180 วัน	190 วัน	225 วัน	180 วัน	190 วัน	225 วัน	210 วัน	240 วัน
salicyric	3.09^{a}±0.45	2.84^{b}±0.23	2.81^{b}±0.10	1.15^{d}±0.51	1.12^{de}±0.14	1.01^{e}± 0.09	1.47^{c}±0.2	1.32^{c}±0.16
4-hydroxybenzoic acid	1.62^{c}±0.29	2.67^{b}±0.2	3.22^{a}±0.34	0.51^{e}±0.32	0.78^{d}±0.47	0.77^{d}±0.2	-	-
syringic acid	1.19^{b}±0.08	1.24^{a}±0.16	0.89^{c}±0.11	0.49^{d}±0.09	0.22^{e}±0.26	0.10^{f}±0.09	0.11^{f}±0.04	0.04^{g}±0.02
m-coumaric acid	0.91^{b}±0.19	1.44^{a}±0.07	0.41^{e}±0.09	0.45^{e}±0.16	0.61^{c}±0.19	0.53^{d}± 0.06	-	-
p-coumaric acid	2.74^{a}±0.36	2.81^{a}±0.34	2.24^{c}±0.17	0.39^{d}±0.23	0.31^{e}±0.09	0.25^{f}±0.03	2.40^{b}± 0.25	2.46^{ab}±0.43
gallic acid	3.22^{a}±0.55	3.64^{a}±0.46	2.59^{b}±0.15	-	-	-	2.06^{c}± 0.09	1.47^{d}±0.08
caffeic acid	3.45^{ab}±0.11	3.72^{a}±0.16	3.01^{b}±0.59	0.41^{d}±0.27	0.33^{d}±0.15	0.27^{e}± 0.01	2.49^{c}±0.36	2.30^{c}±0.11
catechin	2.14^{c}±0.4	1.83^{d}±0.42	2.04^{c}±0.07	4.95^{a}±0.52	4.02^{b}±0.31	4.32^{b}±0.05	1.09^{e}±0.30	1.75^{d}±0.51

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (n=30)

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตารางที่ 51 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในมะพร้าวน้ำหอม และมะพร้าวกะทิ

มะพร้าว	ระยะหลังดอกบาน	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (μg GAE/g fresh weight)	
		เนื้อ	น้ำ
มะพร้าวน้ำหอมจากราชบุรี	180	70.86^{c}±4.11	53.9^{d}±2.44
	190	100.06^{a}±13.78	68.23^{a}±0.26
	225	68.23^{cd}±0.26	60.27^{b}±1.29
มะพร้าวน้ำหอมจากสมุทรสาคร	180	84.10^{b}±2.86	55.98^{cd}±5
	190	98.41^{ab}±5.57	61.37^{b}±1.86
	225	62.8^{d}±2.31	57.36^{c}±1.12
มะพร้าวกะทิจากประจวบคีรีขันธ์	210	88.14^{b}±8.4	-
	240	70.29^{cd}±11.76	-
มะพร้าวกะทิจากสมุทรสาคร	210	77.33^{bc}±6.44	-
	240	61.55^{d}±6.21	-

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (n=30)

ตารางที่ 52 ความเข้มข้นของกรดไขมันสายโซ่สั้นและปานกลาง (ร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด) ในมะพร้าวน้ำหอม

กรดไขมัน	ราชบุรี			สมุทรสาคร		
	180 วัน	190 วัน	225 วัน	180 วัน	190 วัน	225 วัน
$C_{8:0}$(Caprylic)	4.7^{c}±0.2	4.8^{c}±0.1	6.2^{a} ±0.1	3.1^{d}±0.3	4.9^{c}±0.1	5.4^{b}±0.1
$C_{10:0}$(Capric)	3.1^{d}±0.1	3.6^{c}±0.2	4.8^{a} ±0.1	2.8^{d}±0.2	3.8^{c}±0.2	4.3^{b}±0.1
$C_{12:0}$(Lauric)	36.6^{c}±0.4	38.9^{b}±1.3	45.0^{a}±0.1	32.1^{d}±1.8	40.5^{b}±2.0	46.7^{a}±0.3
$C_{14:0}$(Myristic)	21.3^{bc}±0.2	21.1^{bc}±0.1	20.9^{c}±0.2	22.9^{a}±0.1	21.8^{b}±0.3	20.0^{d}±0.7
$C_{16:0}$(Palmitic)	9.9^{c}±0.5	11.4^{b}±0.2	8.7^{d}±1.3	11.3^{b}±0.8	13.5^{a}±0.4	9.2^{c}±0.1

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (n=30)

ตารางที่ 53 กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในมะพร้าวจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-FID

ลำดับที่	RT (นาที)	กรดไขมัน	ปริมาณกรดไขมัน (mg/g fresh weight)		
			มะพร้าวคั้นกะทิ 240 วัน	มะพร้าวน้ำหอม 225 วัน	มะพร้าวกะทิ 210 วัน
1	4.84	unknown	-	-	-
2	5.64	unknown	-	-	-
3	7.66	caprylic acid	4.57±0.74	4.51±20.64	3.33±1.12
4	11.15	capric acid	5.20±0.11	4.08±0.11	2.99±0.30
5	15.56	lauric acid	29.21±0.77	22.58±0.89	13.93±0.67
6	20.12	myristic acid	9.37±0.82	6.75 ±0.95	6.60±0.31
7	24.87	palmitic acid	4.67±0.68	3.03±0.47	3.98±0.48
8	31.46	linoleic acid	1.61±0.22	1.03±0.13	2.99±0.18
9	32.37	oleic acid	3.44±0.10	2.01±0.27	0.84±0.32
10	33.89	Stearic acid	0.18±0.04	0.03±0.12	0.08±0.02

RT หมายถึง Retention time

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 54 กรดไขมันสายโซ่สั้นและปานกลาง (ร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด) ในมะพร้าวกะทิที่มีระดับความแก่แตกต่างกัน

กรดไขมัน (% ของกรดไขมันทั้งหมด)	ระยะหลังดอกบาน			
	ประจวบคีรีขันธ์		สมุทรสาคร	
	210 วัน	240 วัน	210 วัน	240 วัน
$C_{8:0}$ (Caprylic acid)	6.42^{b}±0.38	6.73^{a}±0.07	5.56^{c}±0.01	6.35^{ab}±0.05
$C_{10:0}$ (Capric acid)	5.00^{b}±0.23	5.39^{a}±0.05	4.40^{c}±0.02	5.20^{ab}±0.04
$C_{12:0}$ (Lauric acid)	48.34^{b}±0.25	48.64^{ab}±0.38	46.45^{c}±0.47	49.58^{a}±0.27
$C_{14:0}$ (Myristic acid)	19.56^{b}±0.25	19.03^{c}±0.11	20.93^{a}±0.19	19.18^{c}±0.11
$C_{16:0}$ (Palmitic acid)	9.42^{b}±0.09	9.35^{b}±0.11	10.80^{a}±0.14	8.95^{c}±0.08

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (n=30)

ภาคผนวก ง

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ชนิดของตัวทำละลายต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทิ

การสกัดสารประกอบฟีนอลิกออกจากตัวอย่างเนื้อมะพร้าวเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกเป็นองค์ประกอบภายในเนื้อเยื่อที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อน (complex matrix) และมีปริมาณน้อยกว่าไขมัน คาร์โบไฮเดรต หรือน้ำตาล (Pless, Bertelli และ Miglietta, 2006) ที่เป็นองค์ประกอบหลัก (major components) ของมะพร้าว การสกัดด้วยตัวทำละลายจึงต้องเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถสกัดสารประกอบฟีนอลิกที่มีในเนื้อมะพร้าวออกมาให้มีความเข้มข้นที่มากที่สุด

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเนื้อมะพร้าวน้ำหอมจากสมุทรสาคร อายุ 190 วัน และมะพร้าวกะทิจากสมุทรสาคร อายุ 210 วัน โดยเทียบจากปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (ตารางที่ 55) ที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด ซึ่งก็คือน้ำ เอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตร เมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 99 โดยปริมาตร และเอทิลอะซิเตท จากผลของชนิดตัวทำละลายอินทรีย์ พบว่า เมทานอลเป็นตัวทำละลายที่ให้ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด รองลงมาคือเอทานอล และเอทิลอะซิเตท ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 55 ลักษณะและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสารสกัดจากมะพร้าวน้ำหอมอายุ 190 วัน และมะพร้าวกะทิอายุ 210 วัน จากสมุทรสาคร ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด

ตัวทำละลาย	ความเป็นขั้ว	ลักษณะสารสกัด	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (µg GAE/g dry weiht)	
			มะพร้าวน้ำหอม	มะพร้าวกะทิ
เอทิลอะซิเตท	nonpolar	สีส้ม	56.34	37.94
เอทานอล (95%)	polar	สีขาวขุ่น	121.95	110.06
เมทานอล (99%)	polar	สีขาวขุ่น ตะกอน	277.94	238.09
น้ำ	polar	อิมัลชัน	-	-

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาวอินทิรา คุ้มญาติ
(ภาษาอังกฤษ) MISS INTIRA KOOMYARD

ที่อยู่ 79 หมู่ 14 ต.ตะพง อ.เมือง จ.ระยอง 21000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2550 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

พ.ศ. 2551 ศึกษาต่อระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศิลปากร

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

การเสนอผลงาน

อินทิรา คุ้มญาติ และบุศรากรณ์ มหาโยธี. 2553. ผลของแหล่งเพาะปลูก และระดับความแก่อ่อนต่อปริมาณเกลือแร่ น้ำตาลและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำมะพร้าวน้ำหอม. ในการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 9 กรุงศรีริเวอร์, พระนครศรีอยุธยา. (บรรยาย)