สำนักหอสมุด แม่โจ้ ๒๕๗๑ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

การศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และสารต้านอนุมูลอิสระของมะกิ๊ง

นารท นาคเฉลิม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และสารต้านอนุมูลอิสระของมะกิ๊ง

นารท นาคเฉลิม

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....อดิศักดิ์ จูมวง.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิศักดิ์ จูมวงษ์)
วันที่ 16 เดือน มี.ค. พ.ศ. 2561

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....อัจฉรา แกล้วกล้า.....
(อาจารย์ ดร.อัจฉรา แกล้วกล้า)
วันที่ 16 เดือน มี.ค. พ.ศ. 2561

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(อาจารย์ ดร.กัลย์ กัลยาณมิตร)
วันที่ 16 เดือน มี.ค. พ.ศ. 2561

ประธานอาจารย์ประจำหลักสูตร .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา ภูมิสุทธาผล)
วันที่ 16 เดือน มี.ค พ.ศ. 2561

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่ 19 เดือน มี.ค. พ.ศ. 2561

ชื่อเรื่อง การศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และสารต้านอนุมูลอิสระของมะกิ๊ง

ชื่อผู้เขียน นายนารท นาคเฉลิม

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิศักดิ์ จูมวงษ์

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และการต้านอนุมูลอิสระของใบ ผล และเมล็ดของมะกิ๊ง ผลการทดลองพบว่า ใบมะกิ๊งเพศเมียและเพศผู้มีค่าน้ำหนัก ความกว้าง และความยาวเพิ่มขึ้นตามลำดับของตำแหน่งใบ ส่วนค่าสีความสว่าง (L*) สีแดง (a*) สีเหลือง (b*) ใบมะกิ๊งเพศเมียและเพศผู้มีค่าคงที่ทุกลำดับของตำแหน่งใบ ใบมะกิ๊งเพศเมียและเพศผู้มีค่า ปริมาณกรดซิตริก กรดมาลิก กรดทาร์ทาริก ความเป็นกรด-เบส (pH) ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ (TSS) และปริมาณสารประกอบฟีนอล คงที่ทุกลำดับของตำแหน่งใบ ส่วนค่าปริมาณกรดแอสคอร์บิก และค่าการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ตามลำดับของตำแหน่งใบ ผลมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 1,860 กรัม ความกว้าง และความยาวเท่ากับ 181.50 และ 120.50 มิลลิเมตร ตามลำดับ ผลมีค่าสี L*, a* และ b* เท่ากับ 0.41, 19.63 และ 19.68 ตามลำดับ ผลมีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำเท่ากับ 2.44 %Brix ค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 6.00 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกเท่ากับ 0.95 mg/100g ค่ากรดซิตริก กรดมาลิก กรดทาร์ทาริกเท่ากับ 0.14, 0.14 และ 0.16 mg/100g ตามลำดับ ปริมาณสารประกอบฟีนอลเท่ากับ 0.10 mgGAE/100g และการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 36.73 mg/ml เมล็ดมีน้ำหนักเท่ากับ 44.19 กรัม ความกว้าง และความยาวเท่ากับ 32.68 และ 64.93 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมล็ดมีค่าสี L*, a* และ b* เท่ากับ 10.14, 7.55 และ 13.02 ตามลำดับ เมล็ดมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำเท่ากับ 3.50 %Brix ค่าความเป็นกรด-เบสเฉลี่ยเท่ากับ 6.62 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกเท่ากับ 2.59 mg/100g ค่ากรดซิตริก กรดมาลิก กรดทาร์ทาริกเท่ากับ 0.39, 0.41 และ 0.46 mg/100g ตามลำดับ ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลเท่ากับ 1.43 mgGAE/100g และเมล็ดมีการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 4.79 mg/ml

คำสำคัญ: มะกิ๊ง, สมบัติทางกายภาพ, สมบัติทางเคมี, สารประกอบฟีนอล, การต้านอนุมูลอิสระ

Title	Study on Total Phenolic Contents and Antioxidant of Chinese Lardplant
The Author	Mr. Narth Nakchalerm
Degree	Master of Science in Biotechnology
Advisor Committee Chairperson	Assistant Professor Dr. Adisak Joomwong

ABSTRACT

The objective of this research was explore the physical properties, chemical properties and antioxidant in leaves, fruits and seeds of Chinese lardpant. The results showed that, The weight, width and length of Female (FM) and Male (M) leaves increased with position, while Lightness (L*), Red color (a*) and Yellow color (b*) were constant. The critic, malic, tartaric acid, pH, total soluble solid (TSS) and phenolic compound of FM and M were constant with position. On the other hand, ascorbic acid and antioxidant were increase with position. The fruit weight, width and length were 1,860 g, 181.50 and 120.50 mm, respectively. The fruit color L*, a* and b* were 0.41, 19.63 and 19.68, respectively. The TSS was 2.44 %Brix, pH was 6.00, ascorbic acid was 0.95 mg/100g, critic acid, malic acid and tartaric acid were 0.14, 0.14 and 0.16 mg/100g, respectively, Phenolic compound was 0.10 mgGAE/100g and antioxidant was 36.73 mg/ml. The seed weight, width and length were 44.19 g, 32.68 and 44.19 mm, respectively. The seed color L*, a* and b* were 10.14, 7.55 and 13.02, respectively. The TSS was 3.50 %Brix, pH was 6.62, ascorbic acid was 2.59 mg/100g, critic acid, malic acid and tartaric acid were 0.39, 0.41 and 0.46 mg/100g, respectively, Phenolic compound was 1.43 mgGAE/100g and antioxidant was 4.79 mg/ml.

KEYWORDS: Chinese lardpant, physical properties, chemical properties, phenolic, antioxidant

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยในหัวข้อ “การศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และสารต้านอนุมูลอิสระของมะกิ๊ง” สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่าน ซึ่งไม่อาจจะนำมากล่าวได้ทั้งหมด ซึ่งผู้มีพระคุณท่านแรกที่ผู้ศึกษาใคร่ขอกราบขอบพระคุณคือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิศักดิ์ จูมวงษ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.อัจฉรา แกล้วกล้า อาจารย์ ดร.กัลย์ กัลยาณมิตร กรรมการที่ปรึกษา และ ดร.ปาริชาติ เทียนจุมพล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำตรวจทานและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน เพื่อให้งานวิจัยฉบับนี้สมบูรณ์ที่สุด ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ในการให้การสนับสนุนในการแสวงหาความรู้ และส่งเสริมทางด้านการศึกษาจนประสบความสำเร็จ พร้อมทั้งให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด เพื่อให้ข้าพเจ้าฝ่าฟันอุปสรรคจนประสบความสำเร็จ และขอขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ ที่นี้

นารท นาคเฉลิม

มีนาคม 2561

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(9)
สารบัญภาพผนวก	(11)
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์งานวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขอบเขตงานวิจัย	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
มะกิ้ง	3
การนำไปใช้ประโยชน์	10
แอสคอร์บิก	11
สารประกอบฟีนอลิก	12
อนุมูลอิสระ	13
แหล่งกำเนิดอนุมูลอิสระ	14
สารต้านอนุมูลอิสระ	16
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	21
เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี	21
การเตรียมพืชตัวอย่าง	22
การเตรียมน้ำคั้นตัวอย่าง	24
วิธีการทดลอง	25
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	30

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	31
ใบมะกิ๊ง	31
ผลและเมล็ดมะกิ๊ง	47
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	53
สมบัติทางกายภาพ	53
สมบัติทางเคมี	54
บรรณานุกรม	55
ภาคผนวก	59
ภาคผนวก ก การเตรียมสารเคมี	60
ภาคผนวก ข ประวัติผู้วิจัย	63

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าโภชนาการในเมล็ดมะกิ๊ง	11
2	ค่าน้ำหนักเฉลี่ยใบมะกิ๊ง	31
3	ค่าความกว้างเฉลี่ยใบมะกิ๊ง	32
4	ค่าความยาวเฉลี่ยใบมะกิ๊ง	33
5	ค่าความสว่างเฉลี่ยใบมะกิ๊ง	35
6	ค่าสีแดงเฉลี่ยใบมะกิ๊ง	36
7	ค่าสีเหลืองเฉลี่ยใบมะกิ๊ง	37
8	ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำเฉลี่ยใบมะกิ๊ง	38
9	ค่าความเป็นกรด-เบสเฉลี่ยใบมะกิ๊ง	40
10	ค่าปริมาณกรดแอสคอร์บิกเฉลี่ยใบมะกิ๊ง	41
11	ค่ากรดซิตริกเฉลี่ยใบมะกิ๊ง	42
12	ค่ากรดมาลิกเฉลี่ยใบมะกิ๊ง	44
13	ค่ากรดทาร์ทาริกเฉลี่ยใบมะกิ๊ง	45
14	ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลเฉลี่ยใบมะกิ๊ง	46
15	ค่าการต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยใบมะกิ๊ง	47
16	ค่าน้ำหนักของผลและเมล็ด	48
17	ค่าความกว้าง และความยาวของผลและเมล็ดมะกิ๊ง	48
18	ค่าความสว่าง สีแดง และสีเหลืองของผลและเมล็ด	49
19	ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำของผลและเมล็ด	49
20	ค่าความเป็นกรด-เบสของผลและเมล็ด	49
21	ค่าปริมาณกรดแอศคอร์บิกของผลและเมล็ด	50
22	ค่าปริมาณกรดซิตริก มาลิก และทาร์ทาริกของผลและเมล็ด	51
23	ค่าปริมาณสารประกบฟีนอลของผลและเมล็ด	51
24	ค่าการต้านอนุมูลอิสระของผลและเมล็ด	52
25	ค่าปริมาณน้ำมันทั้งหมดของผลและเมล็ด	52

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ต้นมะกิ๊ง	3
2	ใบมะกิ๊ง	4
3	ใบมะกิ๊งแบบมี 3 แฉก	5
4	ใบมะกิ๊งแบบมี 4 แฉก	5
5	ใบมะกิ๊งแบบมี 5 แฉก	6
6	ดอกตัวผู้ที่ยังเป็นดอกตูม	7
7	ดอกตัวผู้ที่บานแล้ว	7
8	ดอกตัวเมียที่กำลังบาน	8
9	ดอกตัวเมียที่บานและติดผลแล้ว	8
10	ผลมะกิ๊ง	9
11	ผลมะกิ๊งผ่าครึ่ง	9
12	เมล็ดมะกิ๊ง	10
13	โครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบฟีนอล	12
14	ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย (ดอยช้าง)	22
15	ใบมะกิ๊งตำแหน่งใบที่ 1-5	23
16	ผล (a) และเมล็ดมะกิ๊ง (b)	24
17	กราฟแสดงค่าสี	25
18	น้ำหนักใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา	32
19	ความกว้างของใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา	33
20	ความยาวของใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา	34
21	L* ของใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา	35
22	a* ของใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา	36
23	b* ของใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา	37
24	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำของใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา	39

ภาพที่ หน้า

25 ความเป็นกรด–เบสของใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา 40

26 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา 42

27 ปริมาณกรดซิตริกของใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา 43

28 ปริมาณกรดมาลิกของใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา 44

29 ปริมาณกรดทาร์ทาลิกของใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา 45

30 ปริมาณฟีนอลิกของใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา 46

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวกที่		หน้า
1	กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก	62

บทที่ 1
บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในประเทศไทยนั้นมีความอุดมสมบูรณ์ และความหลากหลายทางชีวภาพของพืชพรรณสูง เนื่องจากอยู่ในบริเวณเขตเส้นศูนย์สูตร จึงมีพืชพรรณหลายชนิดที่กระจายตัวขึ้นตามภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย ข้อมูลตามหนังสือของพรรณพฤกษชาติแห่งประเทศไทย (Flora of Thailand) และฐานข้อมูลของพรรณไม้สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ (ศูนย์ข้อมูลพืช สำนักวิชาการ-วิจัย องค์การสวนพฤกษศาสตร์, 2547) ได้ระบุไว้ว่า มีพืชพรรณหลายชนิดที่มีขอบเขตการกระจายพันธุ์ที่จำกัดในแต่ละพื้นที่หรือภูมิภาค ซึ่งจะมีพืชที่อยู่ในสถานภาพหายาก (rare plants) ได้แก่ พืชเฉพาะถิ่น และพืชที่ใกล้สูญพันธุ์ โดยเฉพาะพืชในวงศ์ *Hodgsonia* มีรายงานว่าเป็นพืชกลุ่มที่มีสถานภาพหายาก พบจำนวนน้อยมากในธรรมชาติ จะสามารถพบเจอเฉพาะในป่าดิบเขาที่มีความสูงเหนือจากระดับน้ำทะเล 800 - 1000 เมตร มีการใช้ประโยชน์เป็นพืชสมุนไพร และในส่วนของเมล็ดมีขนาดใหญ่ มีปริมาณน้ำมันถึง 50 – 60 % อีกด้วย

มะกิ้ง มีชื่อสามัญว่า Chinese Lardplant พืชวงศ์ *Hodgsonia* ในประเทศไทยมีอยู่ 2 สายพันธุ์ คือ มะกิ้ง *Hodgsonia heteroclita* (Roxb.) Hook. f. & Thomson sub sp. Indochinensis เป็นสายพันธุ์ที่พบได้ในบริเวณตอนเหนือของไทย และ น้ำเต้าผี *Hodgsonia macrocarpa* (Blume) Cogn. เป็นสายพันธุ์ที่พบได้บริเวณตอนใต้ของไทย มะกิ้งมีการพบจำนวนน้อยมากในธรรมชาติ และมีสถานภาพการอนุรักษ์ในระดับพืชใกล้สูญพันธุ์ หรือ EN (Endangered species – ระดับความเสี่ยงขั้นสูงต่อการสูญพันธุ์จากพื้นที่อาศัยตามธรรมชาติ) ตามมาตรฐานของ IUCN (Wilde and Duyfjes, 2001; GRIN, 2007) จากการวิจัยเกี่ยวกับโภชนาการในเนื้อในของเมล็ดมะกิ้ง พบว่า มีโปรตีน กรดไขมันไม่อิ่มตัว วิตามินอี และกรดอะมิโนจำเป็น (Khuntaseema and Jomduang, 2014) และน้ำมันที่ได้ของเมล็ดของน้ำเต้าผีสามารถสกัดให้เป็นน้ำมันไบโอดีเซล (Leichang and Shicheng, 2015) ส่วนการรายงานและการวิจัยการศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในใบและผลมะกิ้งมีรายงานที่ยังมีจำกัด

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในใบและผลมะกิ้ง จะสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของใบ ผล และเมล็ดของมะกิ๊ง
2. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของใบ ผล และเมล็ดของมะกิ๊ง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ข้อมูลสมบัติทางกายภาพของใบ ผล และเมล็ดของมะกิ๊ง
2. ได้ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของใบ ผล และเมล็ดของมะกิ๊ง

ขอบเขตงานวิจัย

1. สำรวจข้อมูลพื้นฐานของมะกิ๊ง
2. วางแผนการทดลองและการทดลอง

2.1 พืชทดลอง (มะกิ๊ง) เก็บเกี่ยวใบ และผลมะกิ๊งจากศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย (ดอยช้าง) ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย

2.2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมี ดังนี้

2.2.1 สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ น้ำหนัก ความกว้าง ความยาว และสี

2.2.2 สมบัติทางเคมี ได้แก่

1) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ
2) ปริมาณกรดซิตริก ทาร์ทาริก มาลิก และแอสคอร์บิก
3) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด
4) ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ
5) ปริมาณน้ำมันทั้งหมด

2.3 สถานที่ดำเนินการ

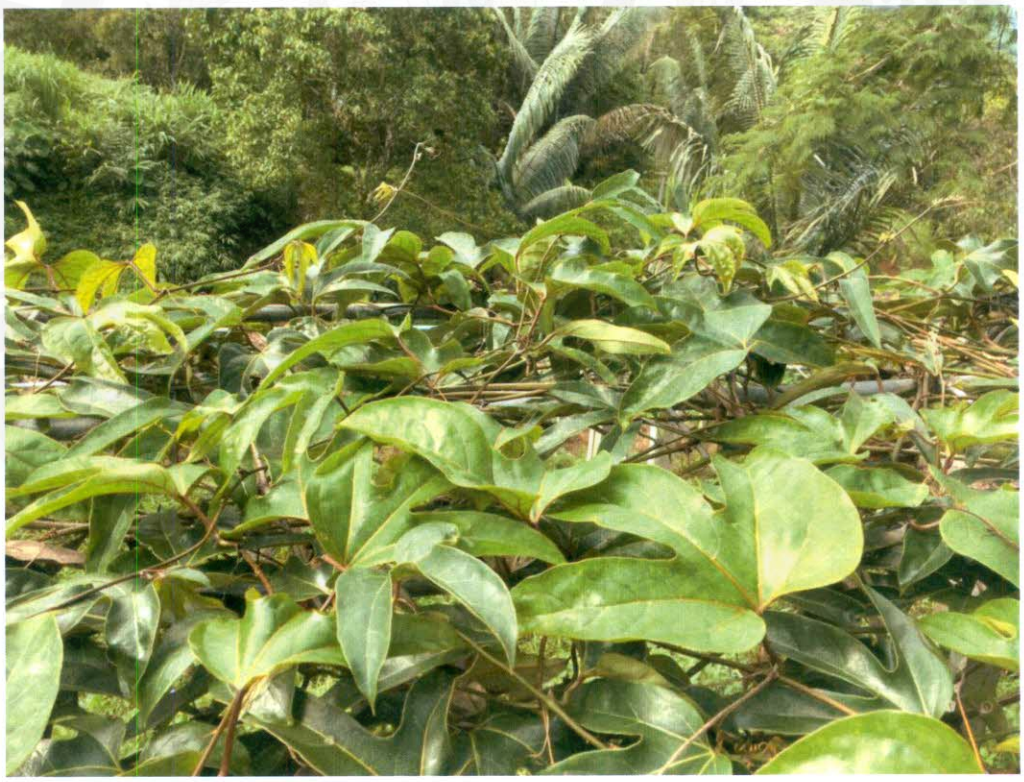
2.3.1 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

มะกิ๊ง

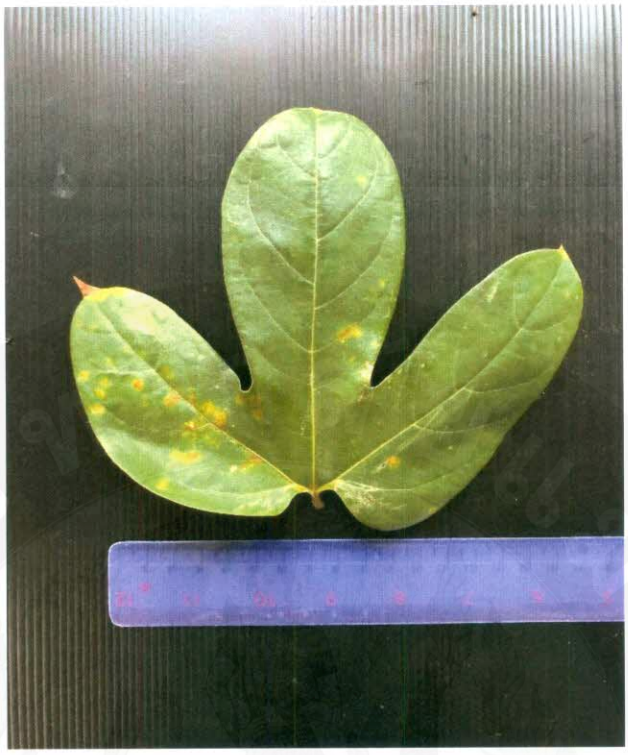
มะกิ๊ง (*Hodgsonia heteroclita* (Roxb.) Hook. f. & Thomson) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์แตง Cucurbitaceae เป็นพืชไม้เถาหรือพืชไม้เลื้อย (ภาพที่ 1) เถามีความยาวประมาณ 30 เมตร เกาะขึ้นตามต้นไม้ขนาดใหญ่ทั่วไป สามารถพบการกระจายพันธุ์ได้ตั้งแต่ ภูฏาน ตะวันออกเฉียงเหนือของอินเดีย บริเวณตอนใต้ของจีน พม่า และบริเวณตอนเหนือของไทย มะกิ๊งจะพบในสภาพแวดล้อมที่เป็นป่าดิบเขาบนพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 800 – 1000 เมตร ส่วนการขยายพันธุ์มะกิ๊งนั้นสามารถขยายพันธุ์ได้โดยการใช้เมล็ด (Wilde and Duyfjes, 2001; GRIN, 2007)



ภาพที่ 1 ต้นมะกิ๊ง

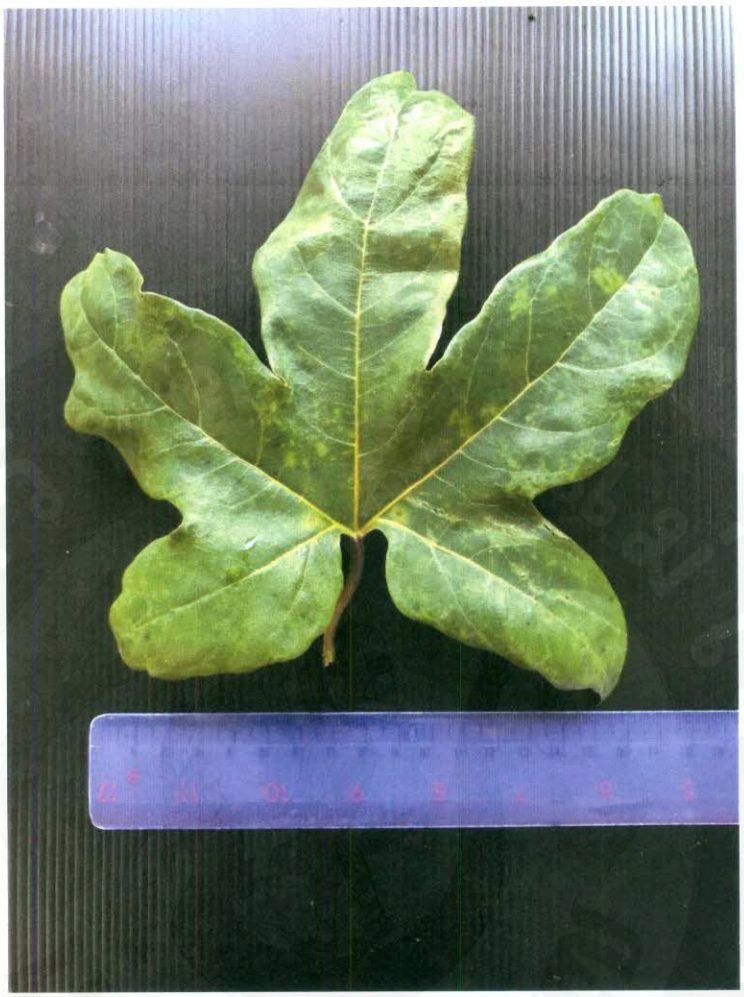
ลักษณะของใบ เป็นใบเดี่ยว เรียงใบสลับกัน ด้านบนใบมีสีเขียวเข้ม (ภาพที่ 2) ใบมีลักษณะเป็นรูปฝ่ามือ และแฉกอยู่ที่ 3 – 5 แฉก (ภาพที่ 3, 4 และ 5) โดยส่วนใหญ่เป็นใบ 5 แฉก ขอบใบเรียบ ขนาดความกว้างระหว่าง 15 – 24 เซนติเมตร และความยาวระหว่าง 15 – 24 เซนติเมตร

ภาพที่ 2 ใบมะกิ้ง



ภาพที่ 3 ใบมะกิ้งแบบมี 3 แฉก

ภาพที่ 4 ใบมะกิ้งแบบมี 4 แฉก

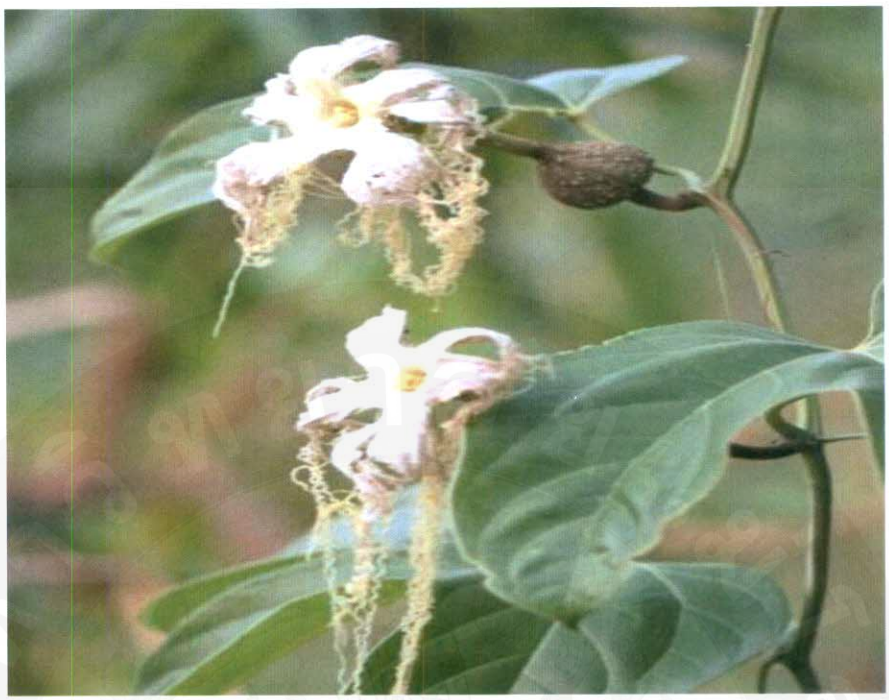


ภาพที่ 5 ใบมะกิ๊งแบบมี 5 แฉก

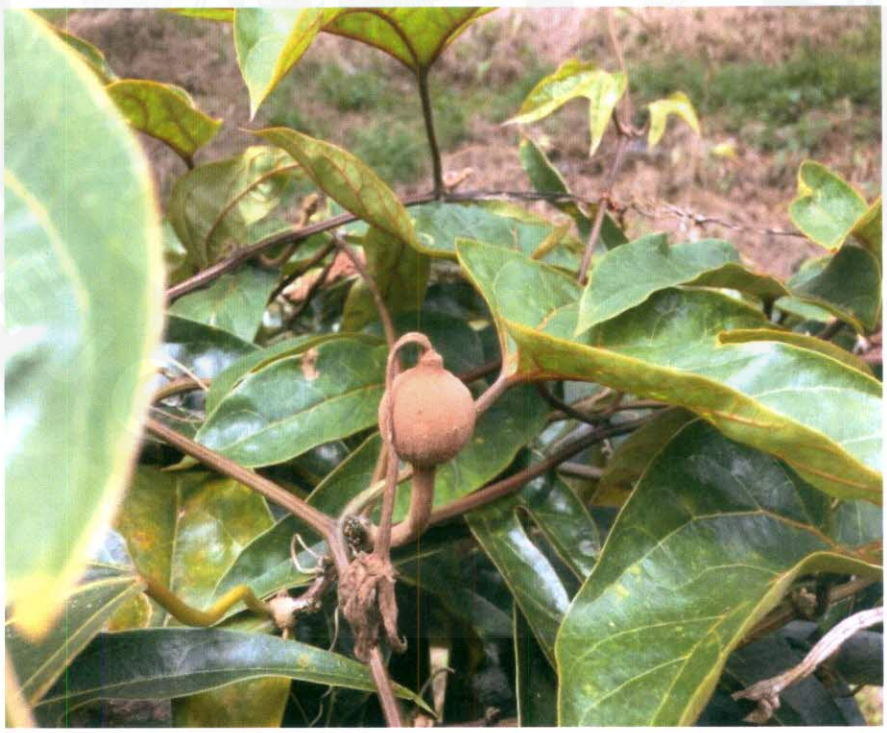
ลักษณะการออกดอกของมะกิ๊ง ต้นมะกิ๊งเป็นดอกแยกเพศ ที่ดอกตัวผู้จะออกดอกเป็นดอกช่อสีขาวครีม (ภาพที่ 6 และ 7) ส่วนดอกตัวเมียจะออกดอกเป็นดอกเดียวสีขาวครีมคล้าย ๆ กัน (ภาพที่ 8 และ 9) ดอกของต้นมะกิ๊งนั้นจะบานในเวลากลางคืน โดยมีผีเสื้อกลางคืน มด และกระแสลมเป็นตัวช่วยในการผสมเกสร

ภาพที่ 6 ดอกตัวผู้ที่ยังเป็นดอกตูม

ภาพที่ 7 ดอกตัวผู้ที่บานแล้ว



ภาพที่ 8 ดอกตัวเมียที่กำลังบาน



ภาพที่ 9 ดอกตัวเมียที่บานและติดผลแล้ว

ลักษณะของผล เป็นผลกลมขนาดใหญ่ เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 – 20 เซนติเมตร หนักประมาณ 0.8 – 2 กิโลกรัมต่อลูก ผิวเปลือกสีน้ำตาล หรือสีเขียวอ่อน ผิวเปลือกเรียบแต่จะเห็นเป็นร่องรอบ ๆ ผล (ภาพที่ 10 และ 11) ในแต่ละผลจะมีเมล็ดอยู่ผลละ 5 – 6 เมล็ด เปลือกของเมล็ดมีความแข็งสูง (ภาพที่ 12)

ภาพที่ 10 ผลมะกิ๊ง

ภาพที่ 11 ผลมะกิ๊งผ่าครึ่ง

ภาพที่ 12 เมล็ดมะกิ้ง

การนำไปใช้ประโยชน์

การใช้เป็นอาหาร

เมล็ดมะกิ้ง มีเมล็ดขนาดใหญ่ มีน้ำมันประมาณ 50 – 60 % และประกอบด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ อาทิ ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine) ลิวซีน (Leucine) และ ฟอสฟอรัส (Phosphorus) (ตารางที่ 1) สามารถรับประทานหรือใช้ประกอบอาหารได้ โดยนำเมล็ดไปเผาไฟให้สุก เมื่อรับประทานมีรสหวานมัน (Cai 1963; ศูนย์ข้อมูลพืช สานักวิชาการวิจัย องค์การสวนพฤกษศาสตร์, 2547) ในประเทศจีนพบที่เขตปกครองตนเองสิบสองปันนา มณฑลยูนนาน มีการใช้ประโยชน์โดยชาว Dai ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (Wang et al., 2004) ชนเผ่านาคานำใช้ไปเป็นส่วนประกอบของแกงเผ็ด โดยใช้เป็นน้ำมันสำหรับประกอบอาหาร (Cooking oil) (ธวัช, 2554) ในประเทศไทยพบว่ามีการนำเมล็ดไปเผาไฟเพื่อกินเป็นอาหารว่าง มีรสหอมหวานมัน หรือ นำไปทำเป็นน้ำพริกมะกิ้ง (เกรียงไกร, 2551) และมีศักยภาพในแง่ของพืชน้ำมันสำหรับอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น น้ำมันสำหรับบริโภค หรือใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอาง เป็นต้น (Schreiter et al., 2007)

การใช้เป็นพืชสมุนไพร

มีรายงานการใช้สารสกัดจากเมล็ด เพื่อรักษาโรคเกี่ยวกับมดลูก ใบมีสรรพคุณในการรักษาโรคทางเดินหายใจ แก้คัดจมูก โดยนำใบตากแห้งมาเผาไฟ แล้วสูดดมควัน ขี้เถ้าที่ได้จากการเผาไฟยัง

มีฤทธิ์สมานแผล (เธียรชัย, 2551) สามารถนำใบมาต้มสกัดเอาตัวยารักษาอาการไข้ น้ำคั้นจากใบและต้นอ่อนใช้ทาในรูจมูก (Burkill and Mohamed, 1930) ช่วยบรรเทาอาการระคายเคืองได้ เมื่อมีแมลงตัวเล็กๆ บินเข้าไป

ตารางที่ 1 ค่าโภชนาการในเมล็ดมะกิ้ง

องค์ประกอบทางเคมี	มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักสด
Phenylalanine	2,815
Leucine	2,288
Histidine	1,929
Lysine	1,852
Phosphorus	1,220
Potassium	830
Magnesium	410
Iron	6.73
Zinc	6.63
Manganese	1.26

ที่มา : Khuntaseema and Jomduang (2014)

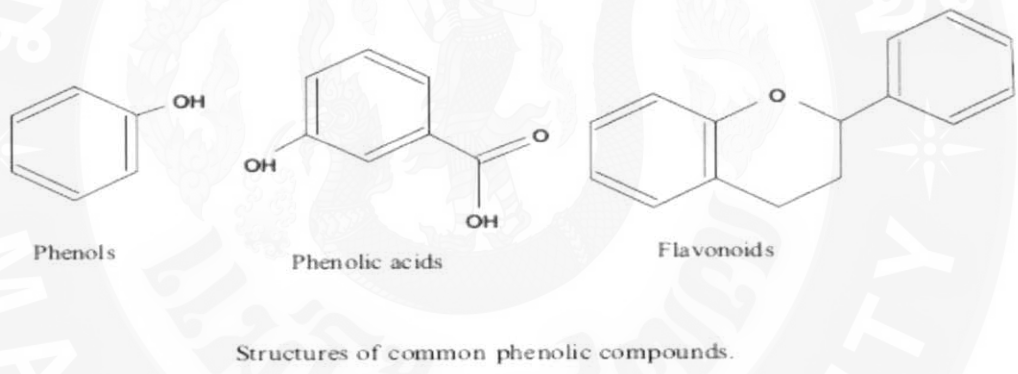
แอสคอร์บิก

กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) หรือ วิตามินซี (Vitamin C) จัดเป็นแลกโทน (Lactone) ของกรดน้ำตาล (Sugar acid) ซึ่งถูกสังเคราะห์ขึ้นในพืชจากกลูโคสหรือคาร์โบไฮเดรตอย่างง่ายชนิดอื่น วิตามินซีนับว่าเป็นวิตามินที่ละลายน้ำได้ ในพืชที่มีปริมาณมากกว่าวิตามินชนิดอื่น ๆ จัดเป็นสาระสำคัญ ที่มีผลต่อการทำงานหลายระบบของร่างกาย มีสรรพคุณหลายอย่าง เช่น เป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง ช่วยเสริมสร้างภูมิต้านทาน ช่วยเสริมสร้างกระดูกและฟัน ป้องกันโรคกระดูกพรุน ช่วยลดไขมันในเส้นเลือดป้องกันโรคในระบบหัวใจ และหลอดเลือด และช่วยป้องกันโรคตับ และโรคไต เป็นต้น แหล่งที่พบวิตามินซีได้ในธรรมชาติ ผลไม้รสเปรี้ยวจะมีวิตามินซีสูง เช่น ผลไม้

ตระกูลเบอร์รี่ ผักใบเขียว แคนตาลูป มันฝรั่ง มะเขือเทศ ดอกกะหล่ำ พริกไทย มีรายงานว่า ในฝรั่งมีประมาณ 300 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด มะนาว มีประมาณ 51 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และผักชี มีประมาณ 8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (วาสนา และเจริญ, 2525)

สารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound) หรือ สารประกอบฟีนอล เป็นสารที่พบได้ตามธรรมชาติ และในพืชหลายชนิด เช่น ผัก ผลไม้ เครื่องเทศ สมุนไพร ถั่วเมล็ดแห้ง เมล็ดธัญพืช ชาเขียว ช็อกโกแลต และไวน์แดง มีสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพ และมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) สามารถละลายได้ในน้ำ โครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบฟีนอล มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวน ที่เป็นอนุพันธ์ของวงแหวนเบนซิน มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH group) อย่างน้อยหนึ่งหมู่ (ภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 โครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบฟีนอล

ที่มา: โอภา (2550)

สารประกอบฟีนอลที่พบในธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด และมีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน ตั้งแต่กลุ่มที่มีโครงสร้างอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก (Phenolic acids) ไปจนถึงกลุ่มที่มีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ เช่น ลิกนิน (Lignin) แทนนิน (Tannin) กลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบคือสารประกอบพวกฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในอาหารและเครื่องดื่มที่มาจากพืชผักและผลไม้จะ แตกต่างกันออกไปตามชนิดของพืช วิธีการปลูก ระดับความสุก กระบวนการแปรรูป และการเก็บรักษา (ปรียนันท์, 2549; โอภา, 2550)

แหล่งที่พบ

สารประกอบฟีนอล พบอยู่ในส่วนของช่องว่างภายในเซลล์ (Cell vacuole) ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เป็นสารที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในกระบวนการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด

1. ถั่วเมล็ดแห้ง ได้แก่ ถั่วเหลือง และถั่วลิสง
2. เมล็ดธัญพืช ได้แก่ ข้าว และงา
3. ผลไม้ ได้แก่ องุ่น ส้ม และกระท้อน
4. เครื่องเทศ ได้แก่ พริกไทย พริก ขิง กระเทียม หอมแดง และหอมหัวใหญ่
5. พืชเครื่องดื่ม ได้แก่ ชา และโกโก้
6. พืชหัว ได้แก่ มันเทศ

อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (Free radical) เป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรเพราะมีอิเล็กตรอนไม่ครบคู่ในวงโคจรรอบนอกสุด (Outer orbital) เป็นโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยว (Unpaired electrons) โดยปกติในร่างกายของเรามีโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนอยู่เป็นจำนวนคู่ การที่อนุมูลอิสระไม่เสถียรสามารถทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นเพื่อดึงเอาอิเล็กตรอนมาให้ตัวเองได้ง่าย อนุมูลอิสระจึงแย่งจับกับอิเล็กตรอนของโมเลกุลอื่นที่อยู่เคียงข้างเพื่อให้ตัวเองเกิดความเสถียร จึงทำให้โมเลกุลอื่นที่ถูกดึงอิเล็กตรอนไปไม่เสถียร ขาดความสมดุล โมเลกุลที่สูญเสียอิเล็กตรอนจะกลายเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่ที่ไม่เสถียร และเข้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นต่อไปเรื่อยๆ เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain reaction)

อนุมูลอิสระอยู่ในสภาวะเป็นกลางทางไฟฟ้า และในสภาวะที่เป็นประจุไฟฟ้า มีทั้งเป็นประจุบวก (+) และประจุลบ (-) จะมีสัญลักษณ์ทางเคมี เช่น อนุมูล $R^{\bullet}$ แทนอนุมูลที่จำเพาะ อนุมูล $R^{-\bullet}$ และ $R^{+\bullet}$ แทนอนุมูลที่มีประจุ เนื่องจากอิเล็กตรอนเดี่ยวจะไม่เสถียรและพยายามจับคู่กับอิเล็กตรอนเดี่ยวอื่น ดังนั้นอนุมูลอิสระจึงมีคุณสมบัติเฉพาะ คือ มีความไวสูงในการเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นๆ อนุมูลอิสระที่มีความเสถียรมีจำนวนน้อยชนิดมาก ตัวอย่างอนุมูลอิสระที่มีความสำคัญในทางชีวภาพ ได้แก่ อนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์แอนอิออน ($O_2^{-\bullet}$) อนุมูลไฮดรอกซี ($^{\bullet}OH$) อนุมูลอัลคอกซี ($RO^{\bullet}$) และอนุมูลเปอร์ไฮดรอกซี ($HO_2^{\bullet}$) อนุมูลอิสระเหล่านี้จัดเป็นอนุมูลที่ไวในการเกิดปฏิกิริยาสูงมาก และอนุมูลอิสระที่มีความไวสูงรองลงมา เช่น ไนตริกออกไซด์ (NO) หรือ อนุมูลไนตริกออกไซด์ ($^{\bullet}NO$) อนุมูลวิตามินอี และอนุมูลวิตามินซี ซึ่งการเกิดอนุมูลอิสระมีได้หลายกลไกที่แตกต่างกัน (บุหรัน, 2556; โอภา และคณะ, 2549)

อนุมูลเหล่านี้จัดเป็นอนุมูลที่ไวในการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับสารอื่นสูงมาก การเกิดอนุมูลอิสระมีได้หลายกลไกที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. การแตกของพันธะโควาเลนท์แบบไอโมไลซิส (Imolysis)

$$A : B \longrightarrow A^{\bullet} + B^{\bullet} \qquad (1)$$

2. การเพิ่มอิเล็กตรอน 1 ตัว ให้แก่อะตอมที่เป็นกลางทางไฟฟ้า

$$A + e^{-} \longrightarrow A^{-\bullet} \qquad (2)$$

3. การสูญเสียอิเล็กตรอน 1 ตัว จากอะตอมที่เป็นกลางทางไฟฟ้า

$$A \longrightarrow A^{+\bullet} + e^{-} \qquad (3)$$

แหล่งกำเนิดอนุมูลอิสระ

แหล่งกำเนิดอนุมูลอิสระ (Sources of free radical) มีสาเหตุมาจากปัจจัยทั้งภายในและภายนอกร่างกายดังนี้

1. ปัจจัยภายในร่างกาย

ในร่างกายจะมีปฏิกิริยามากมายที่เกี่ยวข้องกับทั้งการสร้าง และการสลายโมเลกุลของสารที่เรียกว่า กระบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism) ซึ่งถือเป็นสาเหตุหลักอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ เป็นผลมาจากปฏิกิริยาเคมีและกิจกรรมของเซลล์ในร่างกาย (ประสงค์, 2551; โอภา และคณะ, 2549) เช่น

1.1 อนุมูลอิสระที่เกิดจากการหายใจและการสร้างพลังงานภายในร่างกาย

ไมโตคอนเดรียเป็นแหล่งที่สร้างพลังงานและเกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจ ซึ่งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นคือ อนุมูลซุปเปอร์ออไซด์แอนอิออน อนุมูลไฮดรอกซี และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เมื่อการสร้างพลังงาน ให้กับร่างกายโดยปฏิกิริยาออกซิเดทีฟฟอสโฟรีเลชัน (Oxidative phosphorylation)

1.2 อนุมูลอิสระที่สร้างขึ้นในระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย

เมื่อเซลล์ในร่างกายของเราพบว่ามีแบคทีเรียเข้าสู่ร่างกาย จะมีการสร้างอนุมูลอิสระมาทำลายแบคทีเรียนั้น ๆ ซึ่งระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายจะควบคุมการสร้างอนุมูลอิสระ แต่ถ้าเมื่อใดที่ระบบ ภูมิคุ้มกันไม่สามารถควบคุมการสร้างได้ จะทำให้เกิดโทษต่อร่างกายโดยอนุมูลอิสระที่มีการสร้างขึ้นมากมายจะไปทำลายเซลล์ร่างกาย เช่น การเป็นโรคออโตอิมมูน (Autoimmune diseases) หรือโรคแพ้ภูมิคุ้มกันตัวเอง (นันท์นภัส, 2551)

1.3 อนุมูลอิสระเป็นผลผลิตที่มาจากการทำงานของเอนไซม์หรือปฏิกิริยาเคมีในร่างกาย

อนุมูลอิสระจะถูกสร้างจากกระบวนการย่อยสลายของอะดีนาลีน (Adrenaline) กระบวนการเมตาบอลิซึมของไขมัน (Lipid metabolism) และเหล็ก (Iron metabolism)

2. ปัจจัยภายนอกร่างกาย

เกิดจากหลายปัจจัย คือ

2.1 ยารักษาโรค

ยาบางชนิดที่รับประทานเข้าไปในร่างกายสามารถก่อให้เกิดอนุมูลอิสระได้ โดยเฉพาะยาในกลุ่มต้านจุลชีพและต้านมะเร็ง เช่น บลีโอไมซิน (Bleomycin), แอนทราไซคลินส์ (Antracyclines) (Voest et al., 1994) และเมโธทรีเสต (Methotrexate) (Gressier et al., 1994) เนื่องจากมีฤทธิ์เสริมปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Pro-oxidation)

2.2 รังสี

การใช้รังสีรักษาโรค เช่น รังสีเอกซ์ (X-ray), รังสีแกมมา (γ-ray) เป็นสาเหตุทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้นในร่างกายจากการถ่ายทอดพลังงานให้กับน้ำ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเซลล์แล้วก่อให้เกิดปฏิกิริยาขั้นต่อไป (Secondary reaction) กับออกซิเจนที่ละลายอยู่ในเซลล์นั้นได้อนุมูลอิสระเกิดขึ้น (Halliwell et al., 1995)

2.3 ควันบุหรี่

ในควันบุหรี่มีส่วนประกอบของไนตริกออกไซด์ (NO), ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_2) และเพอรอกซีไนไตรท์ ($ONOO^-$) รวมทั้งสารมลพิษได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และคาร์บอนเตรตตะคลอ ไรด์ (CCl_4) ซึ่งจะถูกกำจัดออกจากร่างกายโดยการทำงานของเอ็นไซม์ไซโทโครม P-450 ไฮดรอกซีเจส (Cytochrome P-450 hydroxylase) ที่มีอยู่มากในเซลล์ตับและพบได้บ้างในเซลล์ปอดและลำไส้เล็ก ทำให้เป็นสาเหตุของการสร้างอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ภายในเซลล์ดังกล่าว (Bast et al., 1991)

2.4 โอโซน

โอโซนไม่ได้เป็นอนุมูลอิสระแต่จัดเป็นสารออกซิไดส์ที่รุนแรงสามารถเปลี่ยนรูปเป็นอนุมูลไฮดรอกซิลได้จากการกระตุ้นของคลื่นแสง (Valacchi et al., 2004)

สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) คือ สารที่ยับยั้งหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น หรือเป็นสารที่ขจัดอนุมูลอิสระได้ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ประเภทป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ ได้แก่ เอนไซม์ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมูเทส (Superoxide dismutase) กลูต้าไธโอนเพอร์ออกซิเดส (Glutathione peroxidase) แคทตาเลสเพอร์ออกซิเดส (Catalase peroxidase) และประเภททำลายปฏิกิริยาลูกโซ่ ได้แก่ วิตามินอี (Vitamin E) วิตามินซี (Vitamin C) เบต้าแคโรทิน (β-carotein) นอกจากนี้ยังมีสารประกอบฟีนอล (Phenolic compound) อีกด้วย

สารต้านอนุมูลอิสระควรมีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้ มีความเฉพาะเจาะจงสูงในการเข้าจับอนุมูลอิสระโดยตรงและกำจัดอนุมูลให้หมดสิ้นไป (Quenching) สามารถทำปฏิกิริยาคีเลทกับโลหะได้เป็นสารต้านออกซิเดชัน และไม่มีผลกระทบต่อการแสดงออกของยีน สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในอาหารเช่น ผลไม้ ผักจะเป็นสารจำพวก วิตามินซี เบต้าแคโรทีน แคโรทีนอยด์ และฟลาโวนอยด์และสมุนไพร ที่มีสารโพลีฟีนอลเป็นองค์ประกอบสำคัญจะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ กรดคาเฟอิคในกาแฟ เคอร์คูมินในขมิ้น แคปไซซินในพริกขี้หนู ในปัจจุบันพบว่าสารประกอบในกลุ่มโพลีฟีนอลิกเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ

โมเลกุลของสารต้านอนุมูลอิสระมีความเฉพาะเจาะจงสูงในการเข้าจับอนุมูลอิสระโดยตรงและกำจัดอนุมูลให้หมดสิ้นไป โดยสารต้านอนุมูลอิสระมีกลไกการทำงานต้านอนุมูลอิสระด้วยกันหลายแบบ เช่น ดักจับอนุมูลอิสระ (Radical scavenging) การยับยั้งการทำงานของออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน (Singlet oxygen quenching) จับกับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ (Metal chelation) หยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ (Chain-breaking) เสริมฤทธิ์ (Synergism) และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (Enzyme inhibition) ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลที่ได้รับจากภายนอกที่พบได้มากในธรรมชาติ ได้แก่ สารที่พบในผัก ผลไม้ ชา ช็อกโกแลต และไวน์แดง เป็นต้น (เจนจิรา และประสงค์, 2554)

ตัวอย่างสารต้านอนุมูลอิสระ

1. วิตามินซี (Vitamin C)

เป็นตัวเสริมประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระ โดยทำให้อนุมูล α-tocopherol (TO) เปลี่ยนกลับไปเป็น α-tocopherol (TOH) ดังเดิม ดังสมการ (4)

$$TO + AH^{\cdot} \longrightarrow TOH + A^{\cdot} \qquad (4)$$

2. วิตามินอี (Vitamin E)

ทำงานร่วมกับสารตานอนุมูลอิสระตัวอื่น เช่น วิตามินซี และซิลิเนียม เป็นต้น ช่วยป้องกันสารพิษที่มีผลจากโลหะ เช่น ตะกั่ว วิตามินอียังเป็นตัวให้ไฮโดรเจนแก่อนุมูล peroxyl อนุมูล α-tocopherol ที่เกิดขึ้นสามารถทำให้อนุมูลเสถียร เป็นผลทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นหยุดลง ดังสมการ (5)

$$\alpha\text{-tocopherol} + LOO^{\cdot} \longrightarrow LOO\text{-}\alpha\text{ tocopherol} \qquad (5)$$

3. ซิลิเนียม ทองแดง และสังกะสี (Selenium, Copper and Zinc)

ทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ (reducing agent) เป็นตัวไล่อนุมูลอิสระจับกับไอออนโลหะที่เร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น จึงทำให้ชะลอหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น สามารถที่จะหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่และทำให้สารเกิดความเสถียร

4. สารประกอบฟีนอล (Phenolic compounds)

สารประกอบฟีนอลมากกว่า 8,000 ชนิด ในธรรมชาติตั้งแต่โมเลกุลอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก ฟีนิลโปรพานอยด์ และฟลาโวนอยด์ ไปจนถึงโครงสร้างโพลิเมอร์ที่ซับซ้อน เช่น ลิกนิน เมลานิน และแทนนิน เป็นต้น สารพอลีฟีนอลเป็นสารที่บทบาทสำคัญเนื่องจากมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ต้านไวรัส ต้านการอักเสบ ต้านการแพ้ และมีคุณสมบัติในการสลายลิ่มเลือด รวมทั้งเป็นสารต้านการก่อมะเร็งประกอบด้วยโครงสร้างที่เป็นวงอะโรมาติก และมีหมู่แทนที่เป็นไฮดรอกซีอย่างน้อย 1 หมู่ ซึ่งเป็น secondary metabolites ของพืชผัก โดยจะกล่าวถึงคุณสมบัติทางโครงสร้างที่สัมพันธ์กับฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารกลุ่มนี้โดยจะกล่าวเฉพาะสารสำคัญ และพบมาก ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ และกรดฟีนอลิก

5. แคโรทีนอยด์ (Carotenoids)

แคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุที่พบทั่วไปในธรรมชาติ จะถูกสังเคราะห์ขึ้นในคลอโรพลาสต์ของพืช และพบมากในผักและผลไม้สุก โครงสร้างพื้นฐานของแคโรทีนอยด์ประกอบด้วยโครงสร้างหลักที่ซึ่งอาจมีวงแหวนที่บริเวณปลายด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้านของโมเลกุล วงแหวนนี้อาจเป็นวงแหวนห้าหรือหกเหลี่ยมก็ได้แคโรทีนอยด์สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ตามองค์ประกอบของโครงสร้างในโมเลกุลดังนี้

แคโรทีน (Carotene) เป็นแคโรทีนอยด์ที่โครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนเท่านั้น เช่น เบต้า-แคโรทีน (β-carotene) อัลฟ่า-แคโรทีน (α-carotene)

แกมม่า-แคโรทีน (γ-carotene) ไลโคปีน (Lycopene) เป็นต้น และซึ่ง เบต้า-แคโรทีน เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ การเปลี่ยนรูปจากเบต้า-แคโรทีนไปเป็นวิตามินเอโดยการแตกพันธะคู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของโมเลกุล โดยเอนไซม์ แคโรทีน ดีออกซีเนส (Carotene deoxygenase)

ออกโซแคโรทีนอยด์ (Oxocarotenoid) หรือ แซนโทฟิล (Xanthophyll) เป็นแคโรทีนอยด์ที่โครงสร้างโมเลกุลบริเวณวงแหวน ประกอบด้วยกลุ่มอื่นนอกเหนือจากคาร์บอนและไฮโดรเจน เช่น เบต้า-คริบโทแซนทิน (β-cryptoxanthin) และลูทีน (Lutein)

แหล่งอาหารที่สำคัญของการต้านอนุมูลอิสระ

1. วิตามินซี ได้จาก ฝรั่ง ส้ม มะขามป้อม มะละกอสุก พริกชี้ฟ้า บร็อกโคลี ผักคะน้า ยอดสะเดา ใบปอ และผักหวาน

2. วิตามินเอ ได้จาก น้ำมันจากจมูกข้าวสาลี น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดอกคำฝอย เมล็ดทานตะวัน เมล็ดอัลมอนด์ และจมูกข้าวสาลี

3. ซีลีเนียม พบใน อาหารทะเล ปลาทูน่า เนื้อสัตว์และตับ บะหมี่ ไก่ ปลา และขนมปังโฮลวีต

4. แคโรทีนอยด์ (เบตาแคโรทีน ลูทีน และไลโคฟีน ได้จาก ผักที่มีสีเขียวเข้ม และผลไม้ที่มีสีเหลือง ส้ม เช่น ผักตำลึง ผักกวางตุ้ง ผักบุ้ง ฟักทอง มะม่วงสุก มะละกอสุก และมะเขือเทศ

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging ; DPPH

เป็นวิธีวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระ ซึ่งจะใช้ reagent คือ DPPH เป็น stable radical ในตัวทำละลายที่มีขั้ว และละลายได้ดีในเมทานอล

อนุมูล DPPH เป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัว มีสีม่วง การวิเคราะห์เป็นการวัดความสามารถในการขจัดอนุมูลอิสระ โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดสเปคโทรโฟโตมเตอร์ (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ในการทดสอบความสามารถในการขจัดอนุมูลอิสระของสารละลาย จะเปลี่ยนจากสีม่วงไปเป็นสีเหลืองเมื่อได้รับอิเล็กตรอน

โดย DPPH จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (AH) กับชนิดอนุมูล (R) ดังสมการ (6) และ (7)

$$DPPH + AH \longrightarrow DPPH\text{-}H + A \quad (6)$$

$$DPPH + R \longrightarrow DPPH\text{-}R \quad (7)$$

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Wilde & Duyfjes (2001) ศึกษาลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของ *Hodgsonia* สองสายพันธุ์ ระหว่าง *Hodgsonia macrocarpa* และ *Hodgsonia heteroclita* โดยศึกษาลักษณะพฤกษศาสตร์ ต้น ใบ เกสร ผล และเมล็ด เพื่อแยกความแตกต่างระหว่างสองสายพันธุ์ โดยในสายพันธุ์ *Hodgsonia heteroclita* มีความยาวของต้น 30 เมตร ใบเป็นใบเดี่ยว ลักษณะใบเป็นรูปฝ่ามือ มี 3-5 แฉก ส่วนใหญ่จะเป็น 5 แฉก มีขนาดประมาณความกว้างระหว่าง 15-24 เซนติเมตร และขนาดความยาวระหว่าง 15-24 เซนติเมตร เกสรตัวผู้มีความยาว 5-10 มิลลิเมตร เกสรตัวเมียมีขนที่ละเอียด มีรังไข่ 6 อัน ผลเป็นผลกลมใหญ่ขนาด 15x20 เซนติเมตร มีเมล็ดขนาด 7 x 3 เซนติเมตร และในสายพันธุ์ *Hodgsonia macrocarpa* ใบจะมี 3 แฉก ก้านใบยาว 3-7 เซนติเมตร เกสรตัวผู้มีขนาด 10-12 มิลลิเมตร มีรังไข่ 6 อัน ผลมีขนาด 15x24 เซนติเมตร การศึกษานี้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานทางสัณฐานวิทยา

สุนีย์ และคณะ (2557) ศึกษาชนิดและปริมาณของไขมัน กรดไขมันที่สำคัญ และกรดอะมิโนที่สำคัญในเนื้อในเมล็ดมะกิ้ง ผิวเมล็ดมีสีน้ำตาลเข้ม มีความกว้างเฉลี่ย 52.20±4.02 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ย 72.44±4.71 มิลลิเมตร และความหนาเฉลี่ย 40.41±4.81 มิลลิเมตร เมื่อผ่าออกด้วยมีดได้เนื้อในมีสีขาวขุ่น ซึ่งมีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 11.53±3.19 จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีพื้นฐานคำนวณโดยน้ำหนักแห้ง พบว่ามีไขมันเฉลี่ยร้อยละ 37.96±0.97 โปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 30.17±0.37 เถ้าเฉลี่ยร้อยละ 4.31±0.24 เส้นใยหยาบเฉลี่ยร้อยละ 2.63±0.61 และคาร์โบไฮเดรตเฉลี่ยร้อยละ 24.93±1.44 เมื่อวิเคราะห์ไขมัน พบว่ามีไขมันอิ่มตัว 17.53 g/100g และมีไขมันไม่อิ่มตัว 27.31 g/100g มี trans fat น้อยกว่า 0.01 g/100g และมีวิตามินอีในรูป alpha-tocopherl 11.08 mg/100g เมื่อวิเคราะห์กรดไขมันอิสระ พบว่ามีกรดไขมันชนิด cis 9,12-Linoleic acid ในปริมาณที่มากที่สุด ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณที่มีอยู่ในเมล็ดดอกทานตะวัน กรดไขมันชนิดนี้เป็นกรดไขมันที่จำเป็นเนื่องจากร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นได้ ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น เมื่อวิเคราะห์กรดอะมิโนพบว่ากรดอะมิโนที่มีปริมาณสูง 4 อันดับแรกเป็นกรดอะมิโนจำเป็น ได้แก่ ฟินิลอะลานีน (Phenylalanine) ลูซิน (Leucine) ฮีสติดิน (Histidine) และไลซีน (Lysine) เท่ากับ 2815, 2288, 1929 และ 1852 mg/100g ตามลำดับ

Khuntaseema & Jomduang (2014) ศึกษาองค์ประกอบเคมีพื้นฐาน ชนิดและปริมาณของไขมัน กรดไขมันที่สำคัญ และกรดอะมิโนที่สำคัญ รวมไปถึงแร่ธาตุในเนื้อในเมล็ดมะกิ้ง พบว่ามีสัดส่วนของเนื้อในเมล็ดเฉลี่ยร้อยละ 32.79±2.87 และเปลือกเมล็ดเฉลี่ยร้อยละ 67.15±2.89 ในส่วนของเนื้อในเมล็ดมะกิ้ง พบว่ามีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 11.53±3.19 โปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 26.69±0.37 และไขมันเฉลี่ยร้อยละ 33.58±0.97 คำนวณโดยน้ำหนักเปียก เมื่อนำเนื้อในเมล็ดมะกิ้งไปวิเคราะห์

ชนิดของไขมัน พบว่าไขมันส่วนใหญ่เป็นไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 27.31 ส่วนไขมันไม่อิ่มตัวมีน้อยมาก ต่ำกว่าร้อยละ 0.01 และยังพบว่ามีวิตามินอีในรูปของ อัลฟาโทโคฟีรอล (Alpha-tocopherol) เท่ากับ 11.08 mg/100g เมื่อวิเคราะห์กรดไขมันอิสระ พบว่าในเนื้อในเมล็ดมะกิ๊งมีกรดไขมันชนิด cis 9,12-Linoleic acid อยู่ในปริมาณสูงสุดถึงร้อยละ 22.15 เมื่อวิเคราะห์ชนิดของกรดอะมิโน พบว่ามีกรดอะมิโนจำเป็น 4 ชนิด และมีปริมาณสูงเป็น 4 อันดับแรก ได้แก่ phenylalanine, leucine, histidine และ lysine เมื่อวิเคราะห์แร่ธาตุที่สำคัญในเนื้อในเมล็ดมะกิ๊ง พบว่ามี ฟอสฟอรัส (Phosphorus) โพแทสเซียม (Potassium) แมกนีเซียม (Magnesium) เหล็ก (Iron) สังกะสี (Zinc) และ แมงกานีส (Manganese) เท่ากับ 1,220, 830, 410, 6.73, 6.63 และ 1.26 mg/100g ตามลำดับ

Leichang & Shicheng (2015) ศึกษาการตรวจสอบคุณสมบัติการผลิตและการใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลที่ได้มาจากในเมล็ดของมะกิ๊งพันธุ์ *Hodgsonia macrocarpa* ปริมาณน้ำมันของเมล็ดคิดเป็นน้ำหนักร้อยละ 71.65 ซึ่งสูงกว่าพืชน้ำมันที่มีศักยภาพมาก ด้วย transesterification ฐานเร่งแบบดั้งเดิมถูกจัดทำไบโอดีเซลได้อย่างง่ายดายจากน้ำมันเมล็ด ผลผลิตไบโอดีเซลเป็นร้อยละ 95.46 โดยน้ำหนักจากน้ำมันเมล็ด ไบโอดีเซลที่ได้มาจาก HM พบ ASTM D6751 และ EN 14214

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้มีวัสดุอุปกรณ์และวิธีการดังนี้

1. เครื่องวัดสี (Color Reader) บริษัท Konica Minolta รุ่น CR-10, Japan
2. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (Digital Refractometer) บริษัท ATAGO รุ่น PAL-1, Japan
3. เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectronic Genesys 5) บริษัท EUROX V70
4. เครื่องชั่งดิจิตอลแบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง บริษัท Mettler Toledo รุ่น AG245, Switzerland
5. เครื่องชั่งดิจิตอลแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง บริษัท Mettler Toledo รุ่น AG245, Switzerland
6. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) บริษัท Grant, England
7. ตู้อบลมร้อน บริษัท BUCHI, Switzerland
8. ปิเปต
9. ไมโครปิเปต
10. เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์
11. ขวดแก้วรูปชมพู่
12. บิกเกอร์ (beaker)
13. กระดาษทิชชู
14. ถาดโฟม
15. ลูกยางดูดสาร
16. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1
17. ครูซิเบิ้ล
18. กรวยแยกขนาด 500 มิลลิลิตร
19. 2, 2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)
20. กรดแกลลิก
21. แอสคอบิก

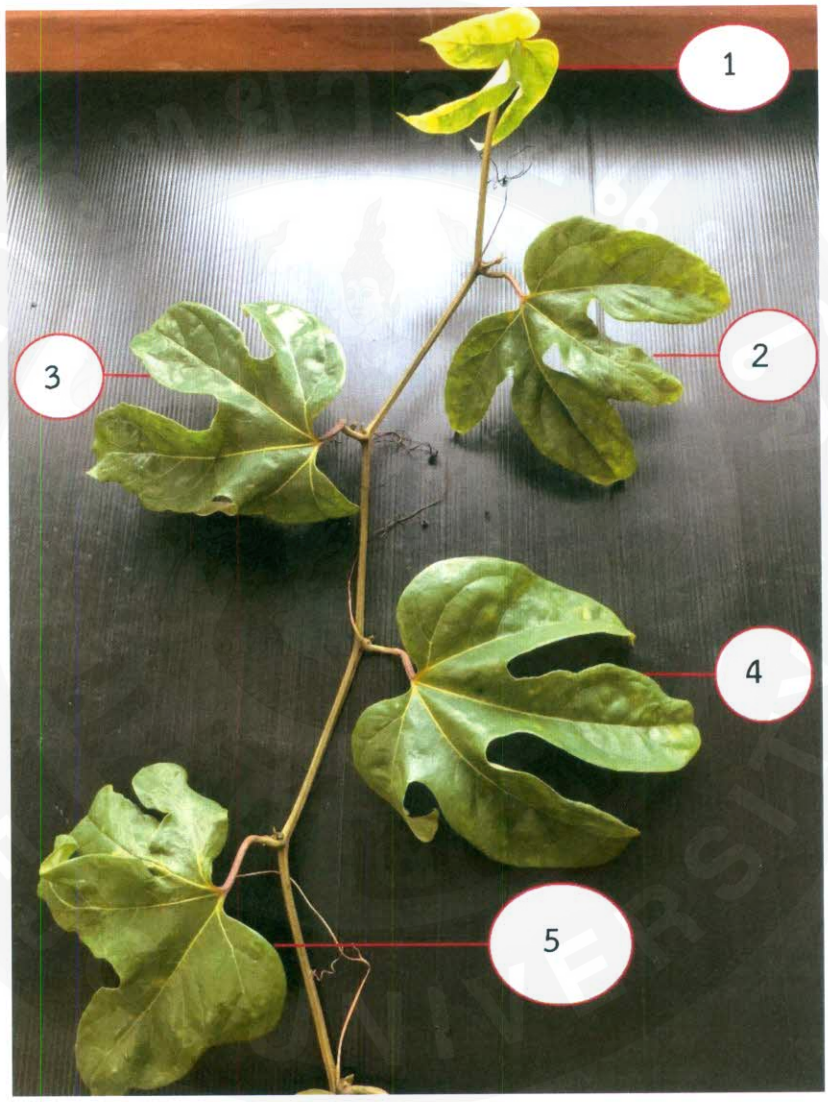
22. กรดออกซาลิก
23. ฟีนอล์ฟทาลีน
24. Folin– Ciocalteu reagent
25. โซเดียมไฮดรอกไซด์
26. เมทิลแอลกอฮอล์
27. โซเดียมไบคาร์บอเนต
28. อินโดฟีนอล
29. เฮกเซน

การเตรียมพืชตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างใบและผลมะกิ้ง จากศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย (ดอยช้าง) ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย (ภาพที่ 14) เก็บในกล่องน้ำแข็งเพื่อรักษาคุณภาพก่อนนำมายังห้องปฏิบัติการ ทดลองในห้องปฏิบัติการที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ก่อนจะทำการทดลอง

ภาพที่ 14 ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย (ดอยช้าง)

ทำการเก็บตัวอย่างใบมะกิ้งจากต้นเพศผู้ (Male, M) และต้นเพศเมีย (Female, FM) โดยการเก็บตัวอย่างใบ 5 ตำแหน่ง นับจากปลายยอด (ตำแหน่งใบที่ 1) และใบลำดับลงไป 4 ใบ จากปลายยอด (ตำแหน่งใบที่ 2-5) ตามลำดับ (ภาพที่ 15) และเก็บตัวอย่างผลที่แก่มาทำการทดลองโดยทดลองในเนื้อผลและเมล็ด (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 15 ใบมะกิ้งตำแหน่งใบที่ 1-5

(a) (b)

ภาพที่ 16 ผล (a) และเมล็ดมะกิ๊ง (b)

การเตรียมน้ำคั้นตัวอย่าง

ใบ

นำใบมะกิ๊งมาสับตัวอย่างให้เป็นชิ้นเล็กๆ ใส่เครื่องปั่นน้ำผลไม้แล้วจึงเทน้ำกลั่นลงไป ในอัตราส่วนตัวอย่าง 1 กรัม : น้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร จากนั้นปั่นให้ละเอียด เทกรองบนผ้าขาวบาง คั้นเอาแต่น้ำ เพื่อนำไปทำการทดลองต่อไป

ผล

นำผลมะกิ๊งมาตัดครึ่ง แล้วหั่นเอาแต่ส่วนเนื้อผลมาสับให้เป็นชิ้นเล็กๆ ใส่เครื่องปั่นน้ำผลไม้แล้วจึงเทน้ำกลั่นลงไป ในอัตราส่วนตัวอย่าง 1 กรัม : น้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร จากนั้นปั่นให้ละเอียด เทกรองบนผ้าขาวบาง คั้นเอาแต่น้ำ เพื่อนำไปทำการทดลองต่อไป

เมล็ด

นำเมล็ดมะกิ๊งมาเคาะเพื่อให้เปลือกแตกก่อน คว้านเอาแต่ส่วนที่เป็นเนื้อเมล็ดมาสับให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ใส่เครื่องปั่นน้ำผลไม้แล้วจึงเทน้ำกลั่นลงไป ในอัตราส่วนตัวอย่าง 1 กรัม : น้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร เช่นเดียวกับใบและผล จากนั้นปั่นให้ละเอียด เทกรองบนผ้าขาวบาง คั้นเอาแต่น้ำ เพื่อนำไปทำการทดลองต่อไป

วิธีการทดลอง

ในการทำทดลอง ทำการทดลองใช้ตัวอย่างใบมะกิ๊งทั้ง 5 ตำแหน่ง (ใบยอดตำแหน่งใบที่ 1 เรียงลงมาอีก 4 ใบ เป็นตำแหน่งใบที่ 2-5) ตำแหน่งตัวอย่างใบละ 50 ตัวอย่าง ผลมะกิ๊งได้จำนวนทั้งหมด 10 ผล และเมล็ดมะกิ๊งได้จำนวนทั้งหมด 50 เมล็ด

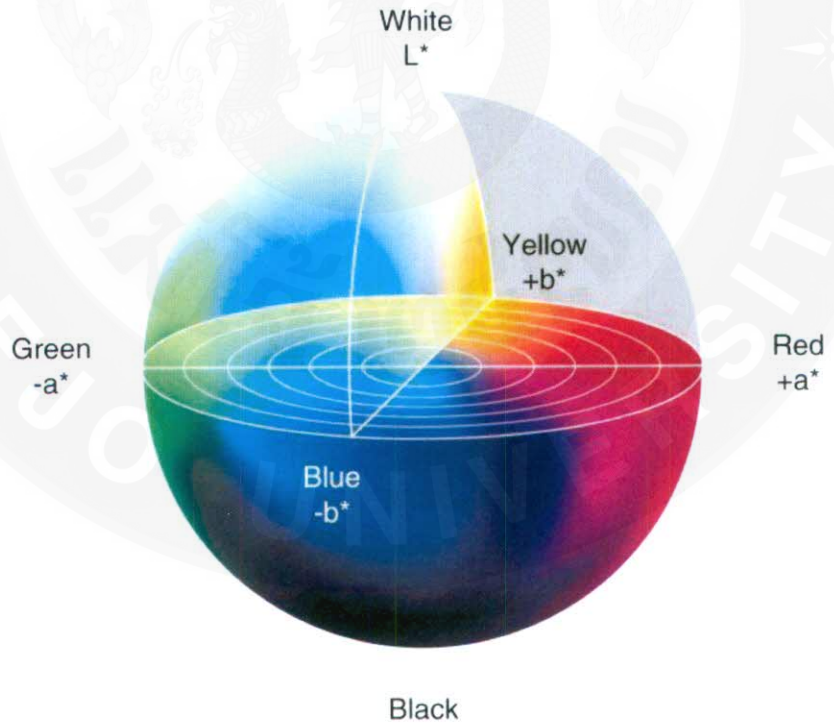
1. ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีในใบ

1.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ

1.1.1 น้ำหนักใบ ชั่งน้ำหนักใบด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่งหน่วยเป็นกรัม เพื่อบันทึกน้ำหนักสดและคำนวณค่าเฉลี่ย

1.1.2 ขนาดของใบ วัดความกว้าง และความยาว ของใบด้วยเครื่องเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ หน่วยเป็นมิลลิเมตร

1.1.3 สีใบ วัดสีใบโดยใช้เครื่อง Color Reader รุ่น CR-10 โดยค่าที่แสดงออกมาเป็นค่า L*, a*, b* แล้วคำนวณค่าเฉลี่ย



ภาพที่ 17 กราฟแสดงค่าสี

ที่มา: https://nixsensor.com/blog/category/color-science

หมายเหตุ ค่า L* (Lightness) คือ ค่าความสว่างและความมืดของสี
เริ่มจากสีขาว (L* = 100) ไปจนถึงสีดำ (L* = 0)
ค่า a* คือ ค่าของสีแดง เมื่อ a* มีค่าเป็นบวก (+)
หรือค่าของสีเขียว เมื่อ a* มีค่าเป็นลบ (-)
ค่า b* คือ ค่าของสีเหลือง เมื่อ b* มีค่าเป็นบวก (+)
หรือค่าของสีน้ำเงิน เมื่อ b* มีค่าเป็นลบ (-)

1.2 ศึกษาสมบัติทางเคมี

1.2.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ (total soluble solid : TSS)

นำน้ำคั้นตัวอย่าง มาวัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำด้วย digital refractometer (Atago model PR-101) ซึ่งจะใช้น้ำกลั่นปรับเครื่องให้อ่านค่าได้ศูนย์ จากนั้นทำความสะอาดแล้วจึงหยดตัวอย่างน้ำคั้นให้เต็มหลุม ไม่ให้เกิดฟองและอ่านค่า แล้วจึงทำความสะอาดบริเวณหลุมใส่ตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นและเช็ดด้วยกระดาษทิชชูก่อนและหลังใช้ทุกครั้ง

1.2.2 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity, TA)

นำน้ำคั้นตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร หยด 1% phenolphthalein 1-2 หยด จากนั้นทำการไทเทรตด้วยการหยด 0.1 N NaOH ลงไปในน้ำคั้น จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู จากนั้นนำมาคำนวณหาปริมาณกรด (AOAC, 2000)

%Titratable acidity = (100x(ml NaoH)(N NaOH)(meq.wt acid))/(ml of sample) (8)

citric acid = 0.06404

malic acid = 0.067

tartaric acid = 0.075

1.2.3 การหาปริมาณกรดแอสคอร์บิก

ปิเปตน้ำคั้นตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร ผสมกับกรดออกซาลิกความเข้มข้นร้อยละ 0.4 ปริมาตร 8 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

ปิเปตตัวอย่างที่เจือจาง 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ ไทเทรตด้วยสารละลายอินโดฟีนอลจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน ซึ่งสีคงตัวนานกว่า 15 วินาที จดบันทึกปริมาตรสารละลาย indophenol ที่ใช้ คำนวณปริมาณวิตามินซี ในรูปมิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (AOAC, 2000)

ปริมาตรของสาร indophenol ที่ใช้ไทเทรตกับวิตามินซีที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกัรม/มิลลิลิตร = A มิลลิลิตร

ปริมาตรของสาร indophenol ที่ใช้ไทเทรตกับน้ำผลไม้ 10 มิลลิลิตร = B มิลลิลิตร

= (1xB)/A

= C มิลลิกรัม

น้ำผลไม้ 10 มิลลิลิตร มีวิตามินซี = C มิลลิกรัม

ถ้าน้ำผลไม้ 100 มิลลิลิตร มีวิตามินซี = (Cx100)/10

= D มิลลิกรัม

เนื้อผลไม้ 10 กรัม มีปริมาณวิตามินซี = D มิลลิกรัม

ถ้าเนื้อผลไม้ 100 กรัม มีปริมาณวิตามินซี = (Dx100)/10

= E มิลลิกรัม/100 กรัม (9)

1.2.4 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (Phenolic compound)

ปิเปตน้ำคั้นตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร เจือจางด้วยการเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วปิเปตน้ำคั้นตัวอย่างที่เจือจางปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติม Folin- Ciocalteu 5 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 8 นาที เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วจึงวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตรมิเตอร์ คำนวณค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดด้วยกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค (gallic acid) รายงานผลเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมกรดแกลลิค (mg/g gallic acid equivalent, GAE) (Chan et al., 2007 and Anesini et al., 2008)

1.2.5 ศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้มข้น $6.5x10^{-5}$ โมลาร์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง เติมน้ำคั้นตัวอย่างความเข้มข้น 31.25, 62.5, 125, 250 และ 500 ml/l ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตรมิเตอร์ คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระต่อความเข้มข้นของน้ำคั้นตัวอย่าง นำไปเขียนกราฟคำนวณหาค่าการต้านอนุมูลอิสระ (อชิรญาณ์, 2554)

$$\% \text{ Inhibition} = [(1-A_{sample})/A_{control}]x100 \quad (10)$$

$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

2. ศึกษาสมบัติในผลและเมล็ดของมะกิ๊ง

2.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ

2.1.1 น้ำหนักผลและเมล็ด ชั่งน้ำหนักผลและเมล็ดด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่งหน่วยเป็นกรัม เพื่อบันทึกและคำนวณค่าเฉลี่ย

2.1.2 ขนาดของผลและเมล็ด วัดความกว้าง และความยาวของผลและเมล็ด ด้วยเครื่องเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ หน่วยเป็นมิลลิเมตร

2.1.3 สีเปลือกผลและเมล็ด นำตัวอย่างมาวัดสีโดยใช้เครื่อง Color Reader ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น CR-10 รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย โดยค่าที่แสดงออกมาเป็นค่า L*, a*, b*

2.2 ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี

2.2.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ (total soluble solid : TSS)

นำน้ำคั้นตัวอย่าง มาวัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำด้วย digital refractometer (Atago model PR-101) ซึ่งจะใช้น้ำกลั่นปรับเครื่องให้อ่านค่าได้ศูนย์ จากนั้นทำความสะอาดแล้วจึงหยดตัวอย่างน้ำคั้นให้เต็มหลุม ไม่ให้เกิดฟองและอ่านค่า แล้วจึงทำความสะอาดบริเวณหลุมใส่ตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นและเช็ดด้วยกระดาษทิชชูก่อนและหลังใช้ทุกครั้ง

2.2.2 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity, TA)

นำน้ำคั้นตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร หยด 1% phenolphthalein 1-2 หยด จากนั้นทำการไทเทรตด้วยการหยด 0.1 N NaOH ลงไปในน้ำคั้น จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู จากนั้นนำมาคำนวณหาปริมาณกรด (AOAC, 2000)

%Titratable acidity = (100x(ml NaoH)(N NaOH)(meq.wt acid))/(ml of sample) (11)

citric acid = 0.06404

malic acid = 0.067

tartaric acid = 0.075

2.2.3 การหาปริมาณกรดแอสคอร์บิก

ปิเปตน้ำคั้นตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร ผสมกับกรดออกซาลิกความเข้มข้นร้อยละ 0.4 ปริมาตร 8 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

ปิเปตตัวอย่างที่เจือจาง 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ ไทเทรตด้วยสารละลายอินโดฟีนอลจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน ซึ่งสีคงตัวนานกว่า 15 วินาที จดบันทึกปริมาตรสารละลาย indophenol ที่ใช้ คำนวณปริมาณวิตามินซี ในรูปมิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (AOAC, 2000)

ปริมาตรของสาร indophenol ที่ใช้ไทเทรตกับวิตามินซีที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร = A มิลลิลิตร

ปริมาตรของสาร indophenol ที่ใช้ไทเทรตกับน้ำผลไม้ 10 มิลลิลิตร = B มิลลิลิตร

= (1xB)/A

= C มิลลิกรัม

น้ำผลไม้ 10 มิลลิลิตร มีวิตามินซี = C มิลลิกรัม

ถ้าน้ำผลไม้ 100 มิลลิลิตร มีวิตามินซี = (Cx100)/10

= D มิลลิกรัม

เนื้อผลไม้ 10 กรัม มีปริมาณวิตามินซี = D มิลลิกรัม

ถ้าเนื้อผลไม้ 100 กรัม มีปริมาณวิตามินซี = (Dx100)/10

= E มิลลิกรัม/100 กรัม (12)

2.2.4 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (Phenolic compound)

ปิเปตน้ำคั้นตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร เจือจางด้วยการเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วปิเปตน้ำคั้นตัวอย่างที่เจือจางปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติม Folin- Ciocalteu 5 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 8 นาที เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วจึงวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตรมิเตอร์ คำนวณค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดด้วยกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค (gallic acid) รายงานผลเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมกรดแกลลิค (mg/g gallic acid equivalent, GAE) (Chan et al., 2007; Anesini et al., 2008)

2.2.5 ศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้มข้น $6.5x10^{-5}$ โมลาร์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง เติมน้ำคั้นตัวอย่างความเข้มข้น 31.25, 62.5, 125, 250 และ 500 ml/l ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตรมิเตอร์ คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระต่อความเข้มข้นของน้ำคั้นตัวอย่าง นำไปเขียนกราฟคำนวณหาค่าการต้านอนุมูลอิสระ (อชิรญาณ์, 2554)

$$\% \text{ Inhibition} = [(1-A_{sample})/A_{control}]x100 \quad (13)$$

$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

2.2.6 การหาเปอร์เซ็นต์น้ำมันทั้งหมดในเมล็ด

ปิเปตน้ำคั้นตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร เจือจางโดยเติมน้ำกลั่นให้ครบ 500 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำน้ำคั้นตัวอย่างที่เจือจางแล้วมา 350 มิลลิลิตร ใส่กรวยแยกขนาด 500 มิลลิลิตร เติมสารละลายเฮกเซนปริมาตร 20 มิลลิลิตร เขย่าแล้วค่อยปล่อยแก๊สออกให้หมดแล้วจึงปล่อยน้ำออกให้เหลือเฮกเซนไว้ เทใส่กระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วนำน้ำที่ปล่อยออกมาใส่เฮกเซนอีกครั้ง ทำซ้ำ 2-3 รอบ นำครูซิเบิ้ลที่ผ่านการกรองเฮกเซนแล้วไปอบตู้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 C° ระยะเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ปริมาณไขมันทั้งหมด (AOAC, 2000)

%น้ำมันทั้งหมด = [(นน. ครูซิเบิ้ลน้ำตัวอย่าง – นน. ครูซิเบิ้ลเปล่า)/ปริมาณน้ำที่ใช้] x 100 (14)

นน. = น้ำหนัก

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS version 16

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีในใบ ผล และเมล็ดของมะกิ๊ง ค่ารายละเอียดดังต่อไปนี้

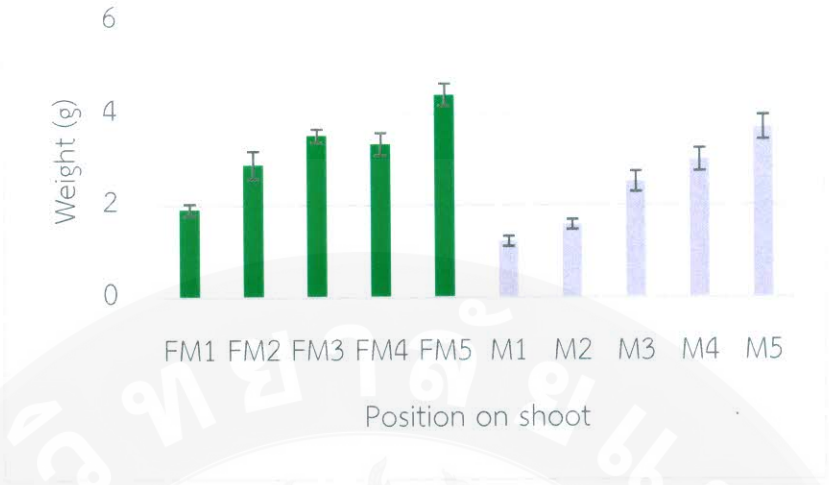
ใบมะกิ๊ง

น้ำหนักใบ

พบว่า น้ำหนักของใบมะกิ๊งเพศเมีย และเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 จนถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีค่าน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามลำดับของตำแหน่งใบของเถา โดยเพศเมียมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักมากกว่าใบมะกิ๊งเพศผู้ ใบมะกิ๊งเพศเมียจากตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 5 มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1.91±0.13, 2.88±0.30, 3.52±0.15, 3.33±0.25 และ 4.42±0.23 กรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 18) ส่วนใบมะกิ๊งเพศผู้มีน้ำหนักเฉลี่ยจากตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 5 เท่ากับ 1.22±0.11, 1.58±0.11, 2.52±0.22, 2.99±0.25 และ 3.70±0.27 กรัม ตามลำดับ ใบในตำแหน่งที่ 5 มีน้ำหนักที่มากสุดของทั้งเพศเมียและเพศผู้ ซึ่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตามตำแหน่งของใบ เป็นผลจากเกิดจากการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Florence et al. (2002) ได้ศึกษาการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักใบแตงกวา พบว่าใบแตงกวามีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยใบมะกิ๊ง

ตำแหน่งใบ	น้ำหนัก (กรัม)	
	FM	M
1	1.91±0.13^{c}	1.22±0.11^{c}
2	2.88±0.30^{b}	1.58±0.11^{c}
3	3.52±0.15^{b}	2.52±0.22^{b}
4	3.33±0.25^{b}	2.99±0.25^{b}
5	4.42±0.23^{a}	3.70±0.27^{a}



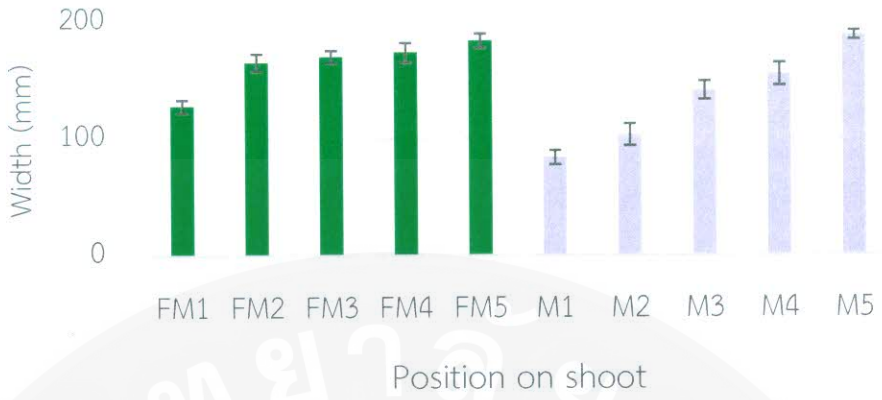
ภาพที่ 18 น้ำหนักใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา

ขนาดใบ (กว้าง - ยาว)

ค่าความกว้างของใบ พบว่า ความกว้างของใบมะกิ๊งเพศเมีย และเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 จนถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีความกว้างเพิ่มขึ้นตามลำดับตำแหน่งใบของเถา โดยใบมะกิ๊งเพศเมียมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของความกว้างมากกว่าใบมะกิ๊งเพศผู้ ใบมะกิ๊งเพศเมียจากตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 5 มีความกว้างเฉลี่ยเท่ากับ 128.30±5.63, 166.05±7.24, 170.75±5.17, 174.40±7.95 และ 184.25±5.87 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนใบเพศผู้มีจากตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 5 มีค่าความกว้างเฉลี่ยเท่ากับ 84.05±6.07, 103.30±9.27, 141.65±7.98, 155.5±9.74 และ 188.45±3.75 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 19)

ตารางที่ 3 ค่าความกว้างเฉลี่ยใบมะกิ๊ง

ตำแหน่งใบ	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	
	FM	M
1	128.30±5.63^{b}	84.05±6.07^{c}
2	166.05±7.24^{a}	103.30±9.27^{c}
3	170.75±5.17^{a}	141.65±7.98^{b}
4	174.40±7.95^{a}	155.5±9.74^{b}
5	184.25±5.87^{a}	188.45±3.75^{a}



ภาพที่ 19 ความกว้างของใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา

ความยาวของใบ พบว่า ความยาวของใบมะกิ๊งเพศเมีย และใบมะกิ๊งเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 จนถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีความยาวเพิ่มขึ้นตามลำดับตำแหน่งใบของเถา โดยใบมะกิ๊งเพศเมียมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของความยาวมากกว่าใบมะกิ๊งเพศผู้ ใบเพศเมียจากตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 5 มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 128.30±5.63, 166.05±7.24, 171.90, 171.80 และ 186.15 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนใบเพศผู้จากตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 5 มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 78.80±6.55, 93.65±9.06, 143.75±8.31, 146.00±8.23 และ 165.65±8.23 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 20)

ตารางที่ 4 ค่าความยาวเฉลี่ยใบมะกิ๊ง

ตำแหน่งใบ	คามยาว (มิลลิเมตร)	
	FM	M
1	122.15±4.21^{b}	78.80±6.55^{b}
2	164.75±6.33^{ab}	93.65±9.06^{b}
3	171.90±4.41^{ab}	143.75±8.31^{a}
4	171.80±6.25^{ab}	146.00±8.23^{a}
5	186.15±.738^{a}	165.65±8.23^{a}

ภาพที่ 20 ความยาวของใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา

จากผลการทดลองกล่าวได้ว่าใบมะกิ๊งเพศเมียมีความกว้าง และความยาวมากกว่าใบมะกิ๊งเพศผู้ จากการวิจัยใบมะกิ๊งเพศเมียและเพศผู้ในตำแหน่งใบที่ 5 มีค่าความกว้าง x ความยาว คือ 184.25 x 186.15 และ 188.45 x 165.65 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Anmin and Jeffrey (2011) พบว่าใบมะกิ๊งในประเทศจีนมีค่าความกว้างระหว่าง 150-240 และความยาวระหว่าง 150-240 มิลลิเมตร แตกต่างจากรายงานของ Semwal et al. (2013) ได้รายงานไว้ว่าใบมะกิ๊งของประเทศอินเดียมีขนาดความกว้างระหว่าง 250-300 และความยาวระหว่าง 200-300 มิลลิเมตร

สี

ผลการทดลองพบว่า ค่า L* ซึ่งแสดงถึงความสว่างของสีใบมะกิ๊งเพศเมียและเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 บนเถามีค่าที่ค่อนข้างคงที่ ใบมะกิ๊งเพศผู้มีค่าความสว่างที่มากกว่าใบมะกิ๊งเพศเมียที่มีค่าคงที่และไม่แตกต่างกันทางสถิติ ใบเพศเมียจากตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีค่าความสว่าง คือ 36.8±0.75, 35.3±0.63, 36.23±0.63, 36.69±0.63 และ 37.42±0.61 ตามลำดับ ส่วนใบเพศผู้จากตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีค่าความสว่าง คือ 44.47±0.96, 46.09±0.76, 45.22±1.21, 44.35±0.79 และ 41.88±1.14 ตามลำดับ (ภาพที่ 21)

ตารางที่ 5 ค่าความสว่างเฉลี่ยใบมะกิ๊ง

ตำแหน่งใบ	L*	
	FM	M
1	36.8±0.75^{ab}	44.47±0.96^{a}
2	35.3±0.63^{b}	46.09±0.76^{a}
3	36.23±0.63^{ab}	45.22±1.21^{a}
4	36.69±0.63^{ab}	44.35±0.79^{a}
5	37.42±0.61^{a}	41.88±1.14^{b}

ภาพที่ 21 L* ของใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา

ค่า a* ของใบมะกิ๊งเพศเมียและใบมะกิ๊งเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีค่าค่อนข้างคงที่ ใบเพศเมียตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีค่า a* เฉลี่ยเท่ากับ -5.19±0.54, 4.64±0.43, -4.33±0.54, -5.63±0.42 และ -5.06±0.47 ตามลำดับ ส่วนใบเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีค่า a* เฉลี่ยเท่ากับ -7.84±0.34, 7.99±0.32, -7.65±0.44, -6.90±0.92 และ -5.61±0.82 ตามลำดับ (ภาพที่ 22)

ตารางที่ 6 ค่าสีแดงเฉลี่ยใบมะกิ้ง

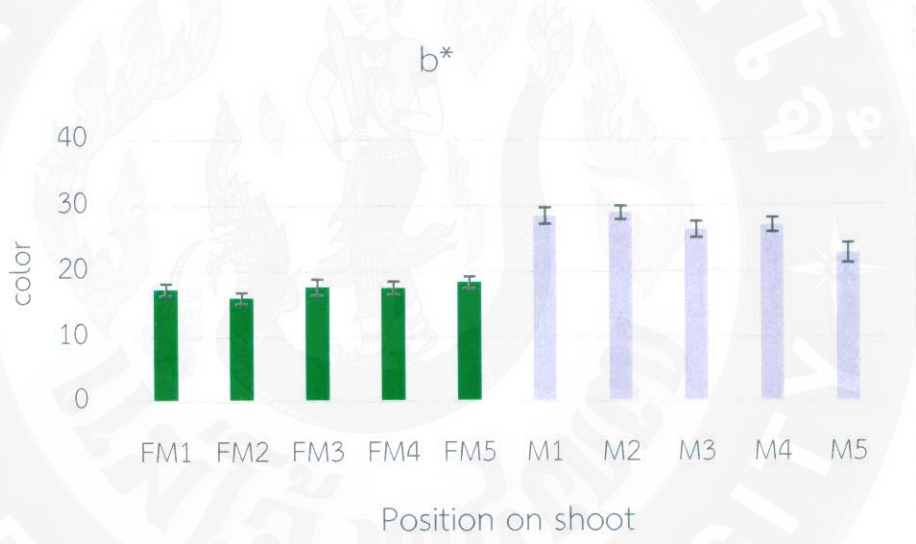
ตำแหน่งใบ	a*	
	FM	M
1	-5.19±0.54[a]	-7.84±0.34[a]
2	-4.64±0.43[a]	-7.99±0.32[a]
3	-4.33±0.54[a]	-7.65±0.44[a]
4	-5.63±0.42[a]	-6.90±0.92[ab]
5	-5.06±0.47[a]	-5.61±0.82[b]

ภาพที่ 22 a* ของใบมะกิ้งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา

ค่า b* ของใบมะกิ้งเพศเมียและใบมะกิ้งเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีค่าที่ค่อนข้างคงที่ ใบมะกิ้งเพศผู้มีค่าสีเขียวที่มากกว่าใบมะกิ้งเพศเมียที่ ใบเพศเมียจากตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีค่า b* เฉลี่ยเท่ากับ 17.27±0.96, 15.95±0.89, 17.65±1.23, 17.50±1.01 และ 18.34±0.93 ตามลำดับ ส่วนใบเพศผู้มีจากตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีค่า b* เฉลี่ยเท่ากับ 28.46±1.22, 28.92±1.01, 26.38±1.23, 27.04±1.08 และ 22.78±1.55 ตามลำดับ (ภาพที่ 23)

ตารางที่ 7 ค่าสีเหลืองเฉลี่ยใบมะกิ๊ง

ตำแหน่งใบ	b*	
	FM	M
1	17.27±0.96[a]	28.46±1.22[a]
2	15.95±0.89[a]	28.92±1.01[a]
3	17.65±1.23[a]	26.38±1.23[a]
4	17.50±1.01[a]	27.04±1.08[a]
5	18.34±0.93[a]	22.78±1.55[b]



ภาพที่ 23 b* ของใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา

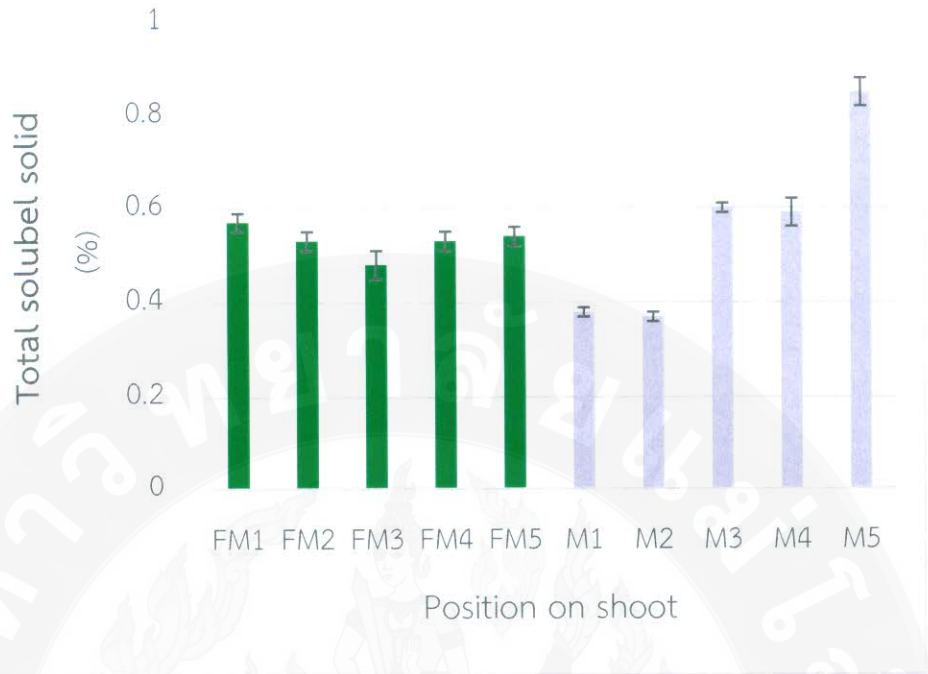
จากผลการทดลองกล่าวได้ว่าใบมะกิ๊งเพศผู้มีทั้งค่า L* ,a* และ b* มากกว่าเพศเมีย และค่าสีของใบมะกิ๊งทั้งเพศเมียและเพศผู้มีค่าค่อนข้างคงที่ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Santos et al. (2014) ที่วัดค่าสีของใบสเปียร์มินต์ ใบพาร์สลีย์ และใบผักชี เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าสีของใบตลอดระยะเวลาการเติบโตที่เพิ่มขึ้น ทั้งค่า L* ,a* และ b* พบว่าค่าสีของใบทั้งสามชนิดมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำของใบมะกิ๊งเพศเมียตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีค่าค่อนข้างคงที่ ส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำของใบมะกิ๊งเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามลำดับของตำแหน่งใบ โดยใบมะกิ๊งเพศผู้มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นมากกว่าใบมะกิ๊งเพศเมีย ใบมะกิ๊งเพศเมียตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.57±0.02, 0.53±0.02, 0.48±0.03, 0.53±0.02 และ 0.54±0.02 % ตามลำดับ ส่วนใบมะกิ๊งเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 ถึง ตำแหน่งใบที่ 5 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.38±0.01, 0.37±0.01, 0.60±0.01, 0.59±0.03 และ 0.85±0.03 % ตามลำดับ (ภาพที่ 24) เช่นเดียวกับรายงานของ Santos et al. (2014) ได้ทดลองในใบสเปียร์มินต์ ใบพาร์สลีย์ และใบผักชี พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำในใบสเปียร์มินต์มีค่าคงที่ และในใบพาร์สลีย์มีค่าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับที่กล่าวว่าในกระบวนหายใจจะสร้างน้ำตาลจึงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ Barrett et al. (2010)

ตารางที่ 8 ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำเฉลี่ยใบมะกิ๊ง

ตำแหน่งใบ	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ (%)	
	FM	M
1	0.57±0.02^{a}	0.38±0.01^{c}
2	0.53±0.02^{ab}	0.37±0.01^{c}
3	0.48±0.03^{b}	0.60±0.01^{b}
4	0.53±0.02^{ab}	0.59±0.03^{b}
5	0.54±0.02^{ab}	0.85±0.03^{a}



ภาพที่ 24 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำของใบมะกิ้งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา

ค่าความเป็นกรด-เบส

ค่าความเป็นกรด-เบสของใบมะกิ้งเพศเมียและเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 ค่อนข้างคงที่และไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่าความเป็นกรด-เบส ใบมะกิ้งเพศเมียตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 5 มีค่าเฉลี่ยเท่า 6.50±0.01, 6.61±0.01, 6.59±0.02, 6.61±0.02 และ 6.63±0.02 ตามลำดับ ส่วนใบมะกิ้งเพศผู้ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 5 มีค่าความเป็นกรด-เบสเฉลี่ยเท่ากับ 6.48±0.03, 6.50±0.02, 6.58±0.02, 6.58±0.02 และ 6.57±0.02 ตามลำดับ (ภาพที่ 25) ค่าความเป็นกรด-เบสของใบมะกิ้งเพศเมียและเพศผู้มีค่าใกลเคียงกัน และค่าค่าความเป็นกรด-เบสของใบมะกิ้งสอดคล้องกับรายงานของ Santos et al. (2014) ได้ที่ทดลองวัดค่าความเป็นกรด-เบสของใบสเปียร์มินต์ ใบพาร์สลีย์ และใบผักชี เมื่อศึกษาค่าความเป็นกรด-เบสของใบ ทั้งสามชนิดมีค่าที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ตลอดระยะเวลาการเติบโตขึ้น

ตารางที่ 9 ค่าความเป็นกรด-เบสเฉลี่ยใบมะกิ้ง

ตำแหน่งใบ	ความเป็นกรด-เบส	
	FM	M
1	6.50±0.01[b]	6.48±0.03[b]
2	6.61±0.01[a]	6.50±0.02[b]
3	6.59±0.02[a]	6.58±0.02[a]
4	6.61±0.02[a]	6.58±0.02[a]
5	6.63±0.02[a]	6.57±0.02[a]

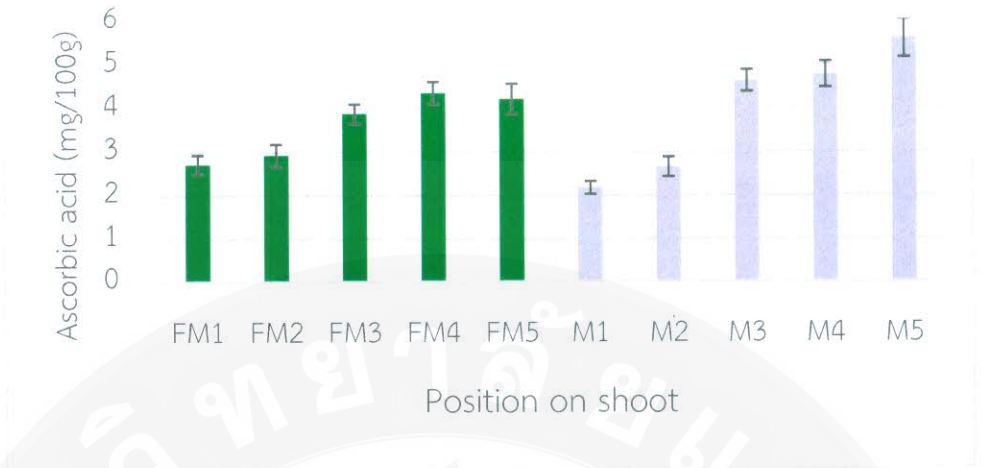
ภาพที่ 25 ความเป็นกรด–เบสของใบมะกิ้งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา

กรดแอสคอร์บิก

ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของใบมะกิ๊งเพศเมียและใบมะกิ๊งเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีปริมาณแอสคอร์บิกเพิ่มขึ้นตามลำดับตำแหน่งใบ ใบมะกิ๊งเพศผู้มีการแนวโน้มการเพิ่มขึ้นมากกว่าเพศเมีย ใบมะกิ๊งเพศเมียตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกเฉลี่ยเท่ากับ 2.72±0.22, 2.93±0.26, 3.88±0.22, 4.36±0.25 และ 4.22±0.34 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ส่วนใบมะกิ๊งเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกเฉลี่ยเท่ากับ 2.18±0.15, 2.66±0.23, 4.63±0.25, 4.77±0.30 และ 5.59±0.44 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 26) ซึ่งปริมาณกรดแอสคอร์บิกของใบมะกิ๊งเพศเมียและใบมะกิ๊งเพศผู้มีค่าใกล้เคียงกับใบส้มกบ ปริมาณกรดแอสคอร์บิกเท่ากับ 5.19 มิลลิกรัม/100 กรัม (Helena et al., 2010) และใบตำแหน่งที่ 3 ถึงใบตำแหน่งที่ 5 ของทั้งเพศเมียและเพศผู้คาดว่ามีแนวโน้มในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อเนื่องจากมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกปริมาณที่สูง

ตารางที่ 10 ค่าปริมาณกรดแอสคอร์บิกเฉลี่ยใบมะกิ๊ง

ตำแหน่งใบ	ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (มิลลิกรัม/100กรัม)	
	FM	M
1	2.72±0.22^{b}	2.18±0.15^{c}
2	2.93±0.26^{b}	2.66±0.23^{c}
3	3.88±0.22^{a}	4.63±0.25^{b}
4	4.36±0.25^{a}	4.77±0.30^{b}
5	4.22±0.34^{a}	5.59±0.44^{a}



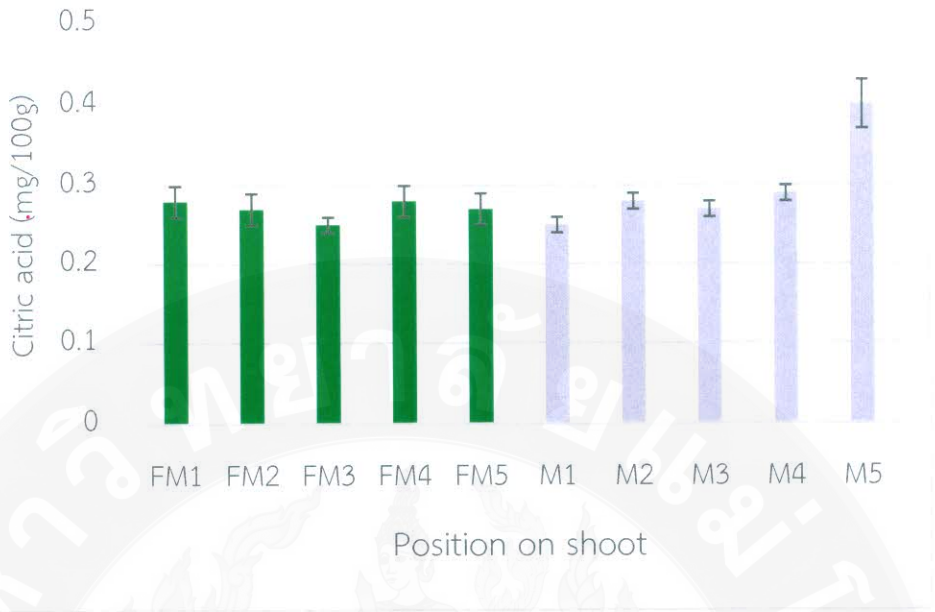
ภาพที่ 26 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของใบมะกิ้งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา

กรดซิตริก

ปริมาณกรดซิตริกของใบมะกิ้งเพศเมียตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีค่าค่อนข้างคงที่และไม่ต่างแตกกันทางสถิติ ส่วนใบมะกิ้งเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 4 มีค่าค่อนข้างคงที่และเพิ่มขึ้นในตำแหน่งใบที่ 5 ใบมะกิ้งเพศเมียตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีปริมาณกรดซิตริกเฉลี่ยเท่ากับ 0.28±0.02, 0.27±0.02, 0.25±0.01, 0.28±0.02 และ 0.27±0.02 มิลลิกรัม/ 100 กรัม ตามลำดับ ส่วนใบมะกิ้งเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีปริมาณกรดซิตริกเฉลี่ยเท่ากับ 0.25±0.01, 0.28±0.01, 0.27±0.01, 0.29±0.01 และ 0.40±0.03 มิลลิกรัม/ 100 กรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 27)

ตารางที่ 11 ค่ากรดซิตริกเฉลี่ยใบมะกิ้ง

ตำแหน่งใบ	ปริมาณกรดซิตริก (มิลลิกรัม/100กรัม)	
	FM	M
1	0.28±0.02[a]	0.25±0.01[b]
2	0.27±0.02[a]	0.28±0.01[b]
3	0.25±0.01[a]	0.27±0.01[b]
4	0.28±0.02[a]	0.29±0.01[b]
5	0.27±0.02[a]	0.40±0.03[a]



ภาพที่ 27 ปริมาณกรดซิตริกของใบมะกิ้งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา

กรดมาลิก

ปริมาณกรดมาลิกของใบมะกิ้งเพศเมียตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีค่าค่อนข้างคงที่และไม่ต่างแตกกันทางสถิติ ส่วนใบมะกิ้งเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 4 มีค่าค่อนข้างคงที่และเพิ่มขึ้นในตำแหน่งใบที่ 5 ใบมะกิ้งเพศเมียตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีปริมาณกรดมาลิกเฉลี่ยเท่ากับ 0.29±0.02, 0.28±0.02, 0.26±0.02, 0.30±0.02 และ 0.29±0.02 มิลลิกรัม/ 100 กรัม ตามลำดับ ใบมะกิ้งเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีปริมาณกรดมาลิกเฉลี่ยเท่ากับ 0.27±0.01, 0.30±0.01, 0.28±0.01, 0.30±0.01 และ 0.41±0.03 มิลลิกรัม/ 100 กรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 28)

ตารางที่ 12 ค่ากรดมาลิกเฉลี่ยใบมะกิ๊ง

ตำแหน่งใบ	ปริมาณกรดมาลิก (มิลลิกรัม/100กรัม)	
	FM	M
1	0.29±0.02[a]	0.27±0.01[b]
2	0.28±0.02[a]	0.30±0.01[b]
3	0.26±0.02[a]	0.28±0.01[b]
4	0.30±0.02[a]	0.30±0.01[b]
5	0.29±0.02[a]	0.41±0.03[a]

ภาพที่ 28 ปริมาณกรดมาลิกของใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา

กรดทาร์ทาริก

ปริมาณกรดทาทาร์ริกของใบมะกิ๊งเพศเมียตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีค่าค่อนข้างคงที่และไม่ต่างแตกกันทางสถิติ ส่วนใบมะกิ๊งเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 4 มีค่าค่อนข้างคงที่ และเพิ่มขึ้นในตำแหน่งใบที่ 5 ใบมะกิ๊งเพศเมียตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีปริมาณกรดทาร์ทาริกเฉลี่ยเท่ากับ 0.33±0.02, 0.31±0.02, 0.29±0.02, 0.33±0.02 และ 0.32±0.02 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ส่วนใบมะกิ๊งเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีปริมาณกรดทาร์ทาริก

เฉลี่ยเท่ากับ 030±0.01, 0.33±0.01, 0.31±0.01, 0.34±0.02 และ 0.46±0.03 มิลลิกรัม/ 100 กรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 29)

ตารางที่ 13 ค่ากรดทาร์ทาริกเฉลี่ยใบมะกิ๊ง

ตำแหน่งใบ	ปริมาณกรดทาร์ทาริก (มิลลิกรัม/100กรัม)	
	FM	M
1	0.33±0.02[a]	030±0.01[b]
2	0.31±0.02[a]	0.33±0.01[b]
3	0.29±0.02[a]	0.31±0.01[b]
4	0.33±0.02[a]	0.34±0.02[b]
5	0.32±0.02[a]	0.46±0.03[a]

ภาพที่ 29 ปริมาณกรดทาร์ทาลิกของใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา

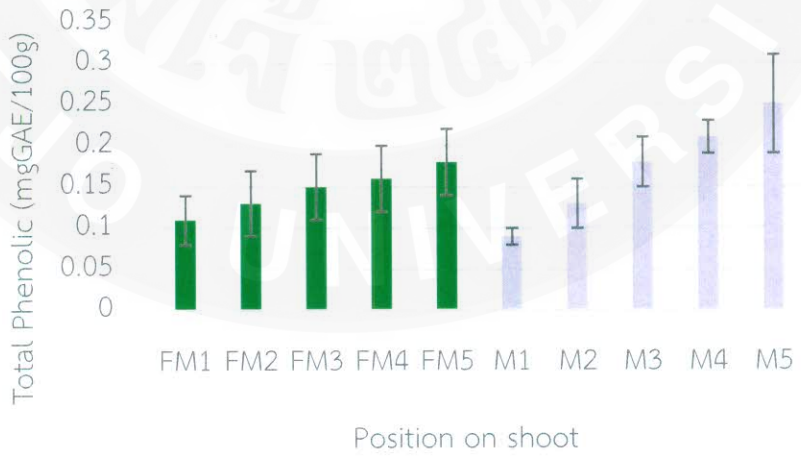
ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด

ปริมาณสารประกอบฟีนอลของใบมะกิ๊งเพศเมียและเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีแนวโน้วเพิ่มขึ้น ใบมะกิ๊งเพศเมียตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลเฉลี่ยเท่ากับ 0.11±0.03, 0.13±0.04, 0.15±0.04, 0.16±0.04 และ 0.18±0.04 มิลลิกรัมแกลลิก/ 100 กรัม ตามลำดับ ส่วนใบมะกิ๊งเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีปริมาณสารประกอบ

ฟีนอลเฉลี่ยเท่ากับ 0.09±0.01, 0.13±0.03, 0.18±0.03, 0.21±0.02 และ 0.25±0.36 มิลลิกรัมแกลลิก/ 100 กรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 30) ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลที่จากใบมะกิ๊งทั้งเพศเมียมีปริมาตรน้อยกว่าที่ได้จากใบมะกิ๊งเพศผู้มี และค่าปริมาตรสารประกอบฟีนอลจากทั้งใบมะกิ๊งเพศเมียและเพศผู้มีค่าน้อยกว่าที่ได้จากใบย่านางซึ่ง จันทร์เฉิดฉาย (2559) รายงานว่าใบย่านางมีปริมาณสารประกอบฟีนอลเท่ากับ 1.271 มิลลิกรัมแกลลิก/ 100 กรัม และฤทัยทิพย์ และคณะ (2558) รายงานว่าใบหม่อนสายพันธุ์ SNKM14123 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลเท่ากับ 5.76 มิลลิกรัมแกลลิก/ 100 กรัม ซึ่งในใบย่านางยังมีปริมาตรของสารประกอบฟีนอลที่มากกว่า

ตารางที่ 14 ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลเฉลี่ยใบมะกิ๊ง

ตำแหน่งใบ	ปริมาณสารประกอบฟีนอล (มิลลิกรัมแกลลิก/100กรัม)	
	FM	M
1	0.11±0.03^{b}	0.09±0.01^{c}
2	0.13±0.04^{b}	0.13±0.03^{b}
3	0.15±0.04^{ab}	0.18±0.03^{b}
4	0.16±0.04^{ab}	0.21±0.02^{a}
5	0.18±0.04^{a}	0.25±0.06^{a}



ภาพที่ 30 ปริมาณฟีนอลิกของใบมะกิ๊งเพศเมีย (FM) และเพศผู้ (M) ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของเถา

การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH scavenging assay

การวิเคราะห์ค่าการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH scavenging assay น้ำคั้นของใบมะกิ้ง พบว่า ใบมะกิ้งเพศเมียและใบมะกิ้งเพศผู้มีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ ตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 ใบมะกิ้งเพศเมียตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีค่าการต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยเท่ากับ 9.56±1.11, 12.00±0.91, 12.26±0.82, 12.54±1.02 และ 13.62±0.92 mg/ml ตามลำดับ ส่วนใบมะกิ้งเพศผู้ตำแหน่งใบที่ 1 ถึงตำแหน่งใบที่ 5 มีค่าการต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยเท่ากับ 5.86±1.10, 6.23±0.71, 12.21±0.80, 12.68±0.63 และ 13.71±0.75 mg/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 15) และมีแนวโน้มเช่นเดียวกับปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด แต่มีค่าน้อยกว่าใบย่านางซึ่ง รัชฎาพร และคณะ (2554) พบว่าใบย่านาง มีค่าการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 19.71 mg/ml เช่นเดียวกับ ปาลิดา และภาณุพงษ์ (2558) ที่รายงานว่าใบย่านาง มีค่าการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 21.23 mg/ml

ตารางที่ 15 ค่าการต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยใบมะกิ้ง

ตำแหน่งใบ	ค่าการต้านอนุมูลอิสระ (mg/ml)	
	FM	M
1	9.56±1.11^{c}	5.86±1.10^{c}
2	12.00±0.91^{b}	6.23±0.71^{c}
3	12.26±0.82^{b}	12.21±0.80^{b}
4	12.54±1.02^{b}	12.68±0.63^{b}
5	13.62±0.92^{a}	13.71±0.75^{a}

ผลและเมล็ดมะกิ้ง

น้ำหนัก

น้ำหนักผล พบว่า ผลมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1,860 กรัม ซึ่งแตกต่างจาก Wilde and Duyfjes (2001) รายงานว่า ผลมะกิ้งพันธุ์ *Hodgsonia heteroclita* มีน้ำหนักอยู่ที่ประมาณผลระหว่าง 800 – 1,200 กรัม ต่อ 1 ผล

น้ำหนักเมล็ด พบว่า เมล็ดมีน้ำหนัก คือ 44.19 กรัม ซึ่งแตกต่าง สุนีย์ และคณะ (2557) รายงานว่าเมล็ดมะกิ๊งพันธุ์ *Hodgsonia heteroclita* subsp. *Indochinensis* และมีน้ำหนักเท่ากับ 66.42 กรัม

ตารางที่ 16 ค่าน้ำหนักของผลและเมล็ด

ตัวอย่างมะกิ๊ง	น้ำหนัก (กรัม)
ผลมะกิ๊ง	1,860
เมล็ดมะกิ๊ง	44.19

ขนาด

ผลมะกิ๊งมีความกว้างเฉลี่ยเท่ากับ 181.50 มิลลิเมตร และความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 120.50 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 25) ส่วนเมล็ดมีความกว้างเฉลี่ยเท่ากับ 32.68 มิลลิเมตร และความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 64.93 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ สุนีย์ และคณะ (2557) พบว่าเมล็ดมะกิ๊งพันธุ์ *Hodgsonia heteroclita* subsp. *Indochinensis* มีความกว้างเท่ากับ 52.20 มิลลิเมตร และความยาวเท่ากับ 72.44 มิลลิเมตร เป็นมะกิ๊งคนละสายพันธุ์ทำให้ขนาดของเมล็ดมีค่าที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 17 ค่าความกว้าง และความยาวของผลและเมล็ดมะกิ๊ง

ตัวอย่างมะกิ๊ง	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)
ผลมะกิ๊ง	181.50 ± 1.50^{a}	120.50 ± 0.50^{a}
เมล็ดมะกิ๊ง	32.86 ± 0.23^{b}	64.93 ± 0.19^{b}

สี

พบว่า ผลมีค่า L* เฉลี่ยเท่ากับ 52.2 ค่า a* เฉลี่ยเท่ากับ 0.41 และค่า b* เฉลี่ยเท่ากับ 19.63 ส่วนเมล็ดมีค่า L* เฉลี่ยเท่ากับ 38.70 ค่า a* เฉลี่ยเท่ากับ 10.14 และค่า b* เฉลี่ยเท่ากับ 7.55 ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของ สุนีย์ และคณะ (2557) ที่ศึกษาค่าสีของเมล็ดมะกิ๊งพันธุ์ *Hodgsonia heteroclita* subsp. *Indochinensis* มีค่า L* เท่ากับ 28.94 ค่า a* เท่ากับ 80.18 และค่า b* เท่ากับ 33.17

ตารางที่ 18 ค่าความสว่าง สีแกดง และสีเหลืองของผลและเมล็ด

ตัวอย่างมะกิ๊ง	L*	a*	b*
ผลมะกิ๊ง	52.2±0.74[a]	0.41±0.24[b]	19.63±1.88[a]
เมล็ดมะกิ๊ง	38.7±0.15[b]	10.14±0.24[a]	7.55±0.17[b]

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ

ผลมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 2.44 % ส่วนเมล็ดมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 % ซึ่งผลมะกิ๊งมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำน้อยกว่าเมล่อนซึ่งเป็นพืชในตระกูลเดียวกันมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำเท่ากับ 12.17 % (รอสมี และ สมชาย, 2559)

ตารางที่ 19 ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำของผลและเมล็ด

ตัวอย่างมะกิ๊ง	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ (%)
ผลมะกิ๊ง	2.44±0.03[b]
เมล็ดมะกิ๊ง	3.50±0.19[a]

ค่าความเป็นกรด-เบส

ผลมีค่าความเป็นกรด-เบสเฉลี่ยเท่ากับ 6.00 ส่วนเมล็ดมีค่าความเป็นกรด-เบสเฉลี่ยเท่ากับ 6.62 จากผลมะกิ๊งมีค่าความเป็นกรด-เบสสูงกว่าฟักข้าวที่เป็นพืชที่อยู่ในตระกูลเดียวกันจากรายงานของ เปรมศิริ และ รณชัย (2554) ได้ศึกษาจากน้ำฟักข้าวและพบว่ามีค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 4.6

ตารางที่ 20 ค่าความเป็นกรด-เบสของผลและเมล็ด

ตัวอย่างมะกิ๊ง	ความเป็นกรด-เบส
ผลมะกิ๊ง	6.00±0.01[d]
เมล็ดมะกิ๊ง	6.62±0.03[a]

กรดแอสคอร์บิก

ผลมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกเฉลี่ยเท่ากับ 0.95 มิลลิกรัม/100 กรัม และเมล็ดมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกเฉลี่ยเท่ากับ 2.59 มิลลิกรัม/100 กรัม แม้ว่าเมล็ดมะกิ้งจะเป็นคนละสายพันธุ์กัน แต่ค่าแอสคอร์บิกของเมล็ดมะกิ้งมีค่าที่ใกล้เคียงกันกับรายงานของ สุนีย์ และคณะ (2557) ได้ศึกษาปริมาณกรอดแอสคอร์บิกในเมล็ดมะกิ้ง *Hodgsonia heteroclita* subsp. *Indochinensis* มีค่าเท่ากับ 2.90 มิลลิกรัม/100 กรัม

ตารางที่ 21 ค่าปริมาณกรดแอศคอร์บิกของผลและเมล็ด

ตัวอย่างมะกิ้ง	ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (มิลลิกรัม/ 100กรัม)
ผลมะกิ้ง	0.95 ± 0.07^{b}
เมล็ดมะกิ้ง	2.59 ± 0.21^{a}

กรดซิตริก มาลิก และ ทาร์ทาริก

การวิเคราะห์ค่าปริมาณกรดซิตริกในน้ำคั้นของผล และเมล็ดของมะกิ้ง พบว่า ผลมีปริมาณกรดซิกตริกเฉลี่ยเท่ากับ 0.14 มิลลิกรัม/ 100 กรัม และเมล็ดมีปริมาณกรดซิตริกเฉลี่ยเท่ากับ 0.39 มิลลิกรัม/ 100 กรัม

การวิเคราะห์ค่าปริมาณกรดมาลิกในน้ำคั้นของผล และเมล็ดของมะกิ้ง พบว่า ผลมีปริมาณกรดมาลิกเฉลี่ยเท่ากับ 0.14 มิลลิกรัม/ 100 กรัม และเมล็ดมีปริมาณกรดมาลิกเฉลี่ยเท่ากับ 0.41 มิลลิกรัม/ 100 กรัม

การวิเคราะห์ค่าปริมาณกรดทาร์ทาริกในน้ำคั้นของผล และเมล็ดของมะกิ้ง พบว่า ผลมีปริมาณกรดทาร์ทาริกเฉลี่ยเท่ากับ 0.16 มิลลิกรัม/ 100 กรัม และเมล็ดมีปริมาณกรดทาร์ทาริกเฉลี่ยเท่ากับ 0.46 มิลลิกรัม/ 100 กรัม

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะกิ้งมีค่าใกล้เคียงกับผลเมล่อนจากรายงานผลการทการทดลอง รอสมี และ สมชาย (2559) ได้รายงายว่า ผลเมล่อนมีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ระหว่าง 0.12-0.16 มิลลิกรัม/100กรัม

ตารางที่ 22 ค่าปริมาณกรดซิตริก มาลิก และทาร์ทาริกของผลและเมล็ด

ตัวอย่างมะกิ๊ง	ซิตริก (มิลลิกรัม/100 กรัม)	มาลิก (มิลลิกรัม/ 100กรัม)	ทาร์ทาริก (มิลลิกรัม/ 100กรัม)
ผลมะกิ๊ง	0.14±0.01[b]	0.14±0.01[b]	0.16±0.01[b]
เมล็ดมะกิ๊ง	0.39±0.02[a]	0.41±0.02[a]	0.46±0.02[a]

ปริมาณสารประกอบฟีนอล

การวิเคราะห์ค่าปริมาณสารปรกอบฟีนอลในน้ำคั้นของผล และเมล็ดของมะกิ๊ง พบว่า ผลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลเฉลี่ยเท่ากับ 0.10 มิลลิกรัมแกลลิก/ 100 กรัม เมล็ดของมะกิ๊งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลเฉลี่ยเท่ากับ 1.43 มิลลิกรัมแกลลิก/ 100 กรัม

ตารางที่ 23 ค่าปริมาณสารประกบฟีนอลของผลและเมล็ด

ตัวอย่างมะกิ๊ง	ปริมาณสารปรกอบฟีนอล (มิลลิกรัม แกลลิก/100กรัม)
ผลมะกิ๊ง	0.10±0.01[b]
เมล็ดมะกิ๊ง	1.43±0.02[a]

การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH scavenging assay

การวัดค่าการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH scavenging assay ในน้ำคั้นของผล และเมล็ดของมะกิ๊ง พบว่า ผลมีค่าการต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยเท่ากับ 36.73 mg/ml และเมล็ดของมะกิ๊งมีค่าการต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยเท่ากับ 4.79 mg/ml (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 24 ค่าการต้านอนุมูลอิสระของผลและเมล็ด

ตัวอย่างมะกิ้ง	ค่าการต้านอนุมูลอิสระ (mg/ml)
ผลมะกิ้ง	36.73±6.51[a]
เมล็ดมะกิ้ง	4.79±2.32[b]

ปริมาณน้ำมันทั้งหมด

การวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำมันทั้งหมดของเมล็ดมะกิ้ง พบว่า เมล็ดมีปริมาณน้ำมันทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 14.83 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าแตกต่างจาก สุนีย์ และคณะ (2557) ได้ศึกษาปริมาณน้ำมันของเมล็ดมะกิ้งเท่ากับ 27.31 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการสกัดกันคนละวิธีการแล้ว น้ำหนักของเมล็ดจากรายงานของสุนีย์ และยังมีขนาดที่มากกว่าทำให้มีปริมาตรที่สามารถจะมีน้ำมันที่มากกว่าได้

ตารางที่ 25 ค่าปริมาณน้ำมันทั้งหมดของผลและเมล็ด

ตัวอย่างมะกิ้ง	ปริมาณน้ำมันทั้งหมด (%)
เมล็ดมะกิ้ง	14.83±0.97

นอกจากนี้มีการรายงานของ สุนีย์ และคณะ (2557) ได้ศึกษาผลจากน้ำมันเมล็ดมะกิ้งมาประยุกต์ใช้การเวชสำอางแล้ว พบว่า ผลในการบำรุงผิวโดยเพิ่มความชุ่มชื้นต่อผิวและไม่ก่ออาการระคายเคือง และการแพ้ในอาสาสมัคร นอกจากนั้นเมล็ดมะกิ้งให้ผลผลิตน้ำมันในปริมาณที่สูง และมีคุณค่าทางอาหาร ดังนั้นพืชชนิดนี้เป็นพืชที่ควรมีการขยายพันธุ์และส่งเสริมให้มีการใช้แพร่หลายต่อไป

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และการต้านอนุมูลอิสระจากใบ ผล และเมล็ดของมะกิ๊ง

สมบัติทางกายภาพ

ใบมะกิ๊งเพศเมียและใบมะกิ๊งเพศผู้มี ค่าน้ำหนัก ความกว้าง และความยาวเพิ่มขึ้น ตามลำดับของตำแหน่งใบ ส่วนใบมะกิ๊งเพศเมียค่าสี L*, a* และ b* คงที่ทุกลำดับของตำแหน่งใบ แต่ใบมะกิ๊งเพศผู้มีค่าเพิ่มขึ้นในตำแหน่งใบที่ 5

ผลแก่ มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1,860 กรัม ความกว้าง และความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 181.50 และ 120.50 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีค่าสี L*, a* และ b* เฉลี่ยเท่ากับ 0.41, 19.63 และ 19.68 ตามลำดับ

เมล็ดมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 44.19 กรัม ความกว้าง และความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 32.68 และ 64.93 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีค่าสี L*, a* และ b* เฉลี่ยเท่ากับ 10.14, 7.55 และ 13.02 ตามลำดับ

สมบัติทางเคมี

ใบมะกิ๊งเพศเมียและเพศผู้มีค่า ปริมาณกรดซิตริก กรดมาลิก กรดทาร์ทาริก pH ปริมาณสารประกอบฟีนอล และค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลาย คงที่ทุกลำดับตำแหน่งใบ ส่วนค่าปริมาณกรดแอสคอร์บิก และค่าการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ตามลำดับตำแหน่งใบ

ผลมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 2.44 %Brix ค่าความเป็นกรด-เบสเฉลี่ยเท่ากับ 6.00 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกเฉลี่ยเท่ากับ 0.95 mg/100g ปริมาณสารประกอบฟีนอลเฉลี่ยเท่ากับ 0.10 mgGAE/100g ค่ากรดซิตริก กรดมาลิก กรดทาร์ทาริกเฉลี่ยเท่ากับ 0.14, 0.14 และ 0.16 mg/100g ตามลำดับ

เมล็ดมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 %Brix ค่าความเป็นกรด-เบสเฉลี่ยเท่ากับ 6.62 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกเฉลี่ยเท่ากับ 2.59 mg/100g ค่ากรดซิตริก กรดมาลิก กรดทาร์ทาริกเฉลี่ยเท่ากับ 0.39, 0.41 และ 0.46 mg/100g ตามลำดับ ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลเฉลี่ยเท่ากับ 1.43 mgGAE/100g

ผลมีการต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยเท่ากับ 36.73 mg/ml และเมล็ดมีการต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยเท่ากับ 4.79 mg/ml

จากผลการศึกษาจึงสรุปได้ว่า น้ำคั้นของมะกิ๊งทั้งจากใบ ผล และเมล็ดมีศักยภาพพอที่การนำไปศึกษาเพิ่มเติม และต่อยอดเพื่อการใช้ประโยชน์ในด้านอาหารและยา

บรรณานุกรม

เกรียงไกร เพาะเจริญ. 2551. **พืชอาหารและสมุนไพรท้องถิ่นบนพื้นที่สูง**. เชียงใหม่: บริษัททรีโอแอดเวอร์ไทซิ่งแอนด์มีเดียจำกัด.

จันทร์เฉิดฉาย สังเกตกิจ. 2559. ผลของการสกัดและเวลาต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและการต้านเชื้อแบคทีเรียของใบย่านาง (*Tiliacora tianda* (Colebr.) Diels) และผักแขยง (*Limnophila aromatic* (Lam.) Merr.). น. 31-35. ใน **การประชุมวิชาการชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. ครั้งที่ 7** "ทรัพยากรไทย: หวนดูทรัพย์สิ่งสินตน" ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วันที่ 24-26 มีนาคม 2559.

เจนจิรา จิรัมย์ และ ประสงค์ สีหานาม. 2554. อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ: แหล่งที่มาและกลไกการเกิดปฏิกิริยา. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์,** 1(1), 59-70.

ธวัช ปาลี. 2554. **ลูกมะกิ้งสมุนไพร.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://thawathotolee.blogspot.com/2011/09/ blog-post.html (16 กันยายน 2560).

นันท์นภัส เติมวงศ์. 2551. **ปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลลิก และวิตามินซีในผักและสมุนไพร.** สมุทรปราการ: คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.

บุหรัน พันธุ์สวรรค์. 2556. อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,** 21(3), 275-286.

ประสงค์ เทียนบุญ. 2551. บทบาทของสารต้านอนุมูลอิสระกับสุขภาพ. **วารสารคลินิกอาหารและโภชนาการ,** 4(2), 69-76.

ปรียนันท์ บัวสด. 2549. **การตรวจสอบความสามารถในการเป็นสารแอนตี้ออกซิแดนท์ของเครื่องดื่มชาโดยวิธีไซคลิกโวลแทมเมตรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ปาลิดา วัฒนสืบสิน. 2557. **การเตรียมสารสกัดมาตรฐานใบย่านางเพื่อใช้ในเครื่องสำอาง.** การศึกษาโดยอิสระปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

รัชฎาพร อุ่นศิวิไลย, จิราวรรณ อุ่นเมตตาอารี และ จิตรา สิงห์ทอง. 2554. **ฤทธิ์ทางชีวภาพและคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของสารสกัดย่านาง เครือหมาน้อย และรางจืด.** นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

รอสมี ยะสะแต และ สมชาย กล้าหาญ. 2559. ผลของระดับอุณหภูมิและชนิดบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของเมล่อนตัดแต่ง. **วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์,** 3(ฉบับพิเศษ (I)), 47-54.

ฤทัยทิพย์ สุระเสียง, พัชราภรณ์ ถิ่นจันทร์, พุทธพร วิวาจารย์, สิทธิชัย บุญมั่น, ประชาชาติ นพเสนีย์, ศุภกฤต จันทรวิชญ์, ชลธิรา แสงศิร และ ธนพร ขจรผล. 2558. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และวิตามินซีของใบหม่อนจำนวน 8 สายพันธุ์. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร,** 46(3)(พิเศษ), 381-384.

วาสนา จตุรนต์รัศมี และ เจริญ พรหมปัญญานันท์. 2525. **การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในน้ำผลไม้**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.siamchemi.com/วิตามินซี/ (20 กันยายน 2560).

สุนีย์ จันทร์สกาว, พาณี ศิริสะอาด, ดรุณี นาพรหม, ศรีสุลักษณ์ ธีรานุพัฒนา, สมชาย จอมดวง, อังคณา อินตา และคณะ. 2557. **การใช้ประโยชน์จากมะกิ้งเป็นอาหารสุขภาพ เครื่องสำอาง และสารช่วยทางเภสัชกรรม.** กรุงเทพฯ: โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี.

โอภา วัชระคุปต์, ปรีชา บุญจูง, จันทนา บุณยะรัตน์ และ มาลีรักษ์ อัตต์สินทอง. 2549. **สารต้านอนุมูลอิสระ.** กรุงเทพฯ: พี.เอส.พริ้นท์.

โอภา วัชระคุปต์. 2550. **สารต้านอนุมูลอิสระ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: นิวไทยมิตรการพิมพ์.

องค์การสวนพฤกษศาสตร์ สำนักวิชาการวิจัย ศูนย์ข้อมูลพืช. 2547. **ระบบสืบค้นข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์**. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

อชิรญาณ์ จันวรรณ์. 2554. **คุณสมบัติการต้านออกซิเตชันและการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดไพล.** เชียงใหม่: สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

Anesini, C., Ferraro, G. E. & Filip, R. 2008. Total polyphenol content and antioxidant capacity of commercially available tea (Camellia sinensis) in Argentina. **Food chemistry,** 56(19), 9225-9229.

AOAC. 2000. **Official Methods of AOAC International.** 17th ed. USA: The Association of Official Analytical Chemists.

Bast, A., Haeren, G. & Doelmen, C. 1991. Oxidants and antioxidants: state of art. **American Journal of Medicine,** 91, 2-13.

Burkill, I. H. & Haniff, M. 1930. Malay village medicine. **The Gardens' Bulletin (Straits Settlements),** 6(10–11), 165–321.

Cai, H. 1963. The Nutritious Ingredients of Hodgsonia macrocarpa - A New Oil Plant. **Science Bulletin**, (2), 64-65.

Chan, E. W. C., Lim, Y. Y. & Chew, Y. L. 2007. Antioxidant activity of Camellia sinensis leaves and tea from a lowland plantation in Malaysia. **Food chemistry,** 102, 1214-1222.

GRIN. 2007. **Hodgsonia heteroclita information from NPGS/GRIN. Germplasm Resources Information Network.** USA.: United States Department of Agriculture.

Halliwell, B. 1995. The characterization of antioxidants. **Food and Chemical Toxicology,** 33, 601-617.

Khuntaseema, B. & Jomduang, S. 2014. Nutritive Values of Inner Pilp from Making Seed (*Hodgsonia heteroclita* susp. *Indochinensis*). **Agricultural Sci. J.,** 45(2), 725-728.

Leichang, C. & Shicheng, Z. 2015. Production and characterization of biodiesel derived from *Hodgsonia macrocarpa* seed oil. **Applied Energy,** 146, 135–140.

Lu, A. & Jeffrey, C. 2011. HODGSONIA J. D. Hooker & Thomson, Proc. Linn. Soc. London 2: 257. 1854. **Fl. China,** 19(36). [Online]. Available http://flora.huh.harvard.edu/china/pdf/PDF19/Hodgsonia.pdf (10 September 2017).

Santos, J., Herrero, M., Mendiola, J. A., Oliva-Teles, M. T., Ib_a~nez, E., Delerue-Matos, C. & Oliveira, M. B. P. P. 2014. Fresh-cut aromatic herbs: Nutritional quality stability during shelf-life. **Food Science and Technology,** 59, 101-107.

Schreiter, J., Langenberger, G., Heller, J. & Margraf, J. 2007. ***Hodgsonia heteroclita* (Roxb.) Hook.f. & Thomson (Cucurbitaceae) a neglected oil plant in Southwest China.** Conference on International Agricultural Research for Development, University of Kassel-Witzenhausen and University of Göttingen, October 9–11.

Šircelj, H., Mikulic˘-Petkovšek, M. & Batic, F. 2010. Antioxidants in spring leaves of Oxalis acetosella L.. **Food Chemistry,** 123(2), 351–357.

Swmwal, D. P., Bhatt, K. C., Bhandari, D. C. & Panmwar, N. S. 2013. A note on distribution, ethnobotany and economic potential of *Hodgsonia heteroclita* (Roxb.) Hook. f. & Thoms. in North-eastern India. **Indian Journal of Natural Products and Resources,** 5(1), 88-91.

Vinit-Dunand, F., Epron, D., Alaoui-Sosse´, B. & Badot, P. M. 2002. Effects of copper on growth and on photosynthesis of mature and expanding leaves in cucumber plants. **Plant Science,** 163(1), 53- 58.

Voest, E. E., Vreugdenhil, G. & Marx, J. 1994. Iron- chelating agents in non-iron overload conditions. **Annals of Internal Medicine,** 120, 490-499.

Wang, Y., Li, C. & Wang, Z. 2004. **Story of Lard Fruit (*Hodgsonia macrocarpa*). Books about the sacred sites of Chinese Academy of Science, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Mr. Cai Xitao and the world known garden**. China: Hebei University Press.

Wilde, de W. J. J. O. & Duyfjes, B. E.E. 2001. Taxonomy of *Hodgsonia* (Cucurbitaceae) with a Note on the Ovules and Seeds. **Blumea,** 46, 169-179.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารเคมี

วิธีการเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. การเตรียมสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต

เตรียมสารโซเดียมคาร์บอเนต และชั่งสารโซเดียมคาร์บอเนตปริมาณ20 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรจนครบ 100 มิลลิลิตร

2. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Gallic acid stock solution 5 mg/ml

เตรียมสาร gallic aic และชั่งส่ร gallic acid 0.5 กรัม ละลายใน 95% เอทานอล 10 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร

3. การเตรียมสารละลาย DPPH

เตรียม 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) จากนั้นชั่งมาปริมาณ 0.078 มิลลิกรัม แล้วละลายในเมทานอลเล็กน้อย จากนั้นปรับปริมาตรด้วยเมทานอลจนครบ 100 มิลลิลิตร

4. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Ascorbic acid

เตรียม Ascaorbic acid และชั่งสาร Ascorbic acid ปริมาณ 25.0 mg ละลายในเมทานอล และปรับปริมาตรจนครบ 50 มิลลิลิตร

5. การเตรียมโซเดียมไฮดรอกไซด์

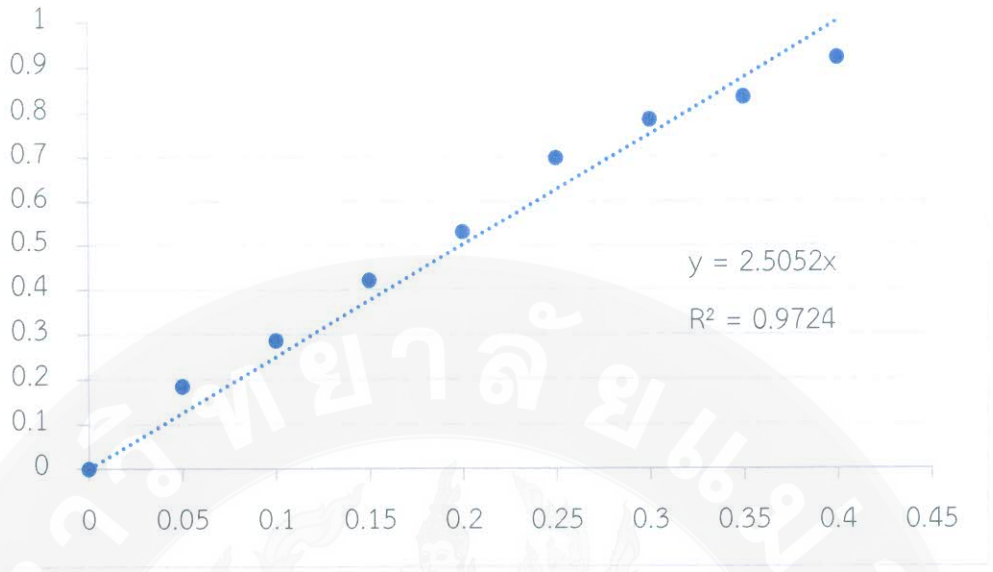
เตรียมสารโซเดียมไฮดอรกไซด์ ชั่งสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรจนครบ 1000 มิลลิลิตร

6. การเตรียมกรดออกซาลิก

เตรียมสารกรดออกซาลิก ชั่งสารกรดออกซาลิกปริมาณ 0.4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรจนครบ 100 มิลลิลิตร

7. การเตรียมอินโดฟีนอล

เตรียมสารอินโดฟีนอล ชั่งสารอินโดฟีนอลปริมาณ 0.4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรจนครบ 100 มิลลิลิตร



ภาพผนวกที่ 1 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

ภาคผนวก ข

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายนารท นาคเฉลิม
เกิดเมื่อ	17 พฤศจิกายน 2534
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2553 มัธยมศึกษา โรงเรียนวชิรวิทย์ จังหวัดเชียงใหม่ พ.ศ. 2557 ปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
E-mail	nar.th@hotmail.com
ผลงานวิจัย	นารท นาคเฉลิม, จินตนา จูมวงษ์, ภัทรวรรณ วัฒนกีบุตร และ อดิศักดิ์ จูมวงษ์. 2016. การประเมินสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของใบมะกิ้งต้นเพศผู้และเพศเมียที่ปลูกในจังหวัดเชียงราย. **วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์,** 3(ฉบับพิเศษ (III)), 38-44.