

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองสิ้นสุดปี 2561

- 1. แผนงานวิจัย** การคุ้มครองและบริหารจัดการทรัพยากรพันธุกรรมพืชตามกฎหมายภายในและระหว่างประเทศ
- 2. โครงการวิจัย** วิจัยความหลากหลายทางพันธุกรรมและพฤกษเคมีของพืชพื้นเมืองทั่วไป ที่มีศักยภาพในท้องถิ่นในแปลงรวบรวมพันธุ์และ/หรือถิ่นที่อยู่
- 3. ชื่อการทดลอง** การทดลองที่ 8 ศึกษาวิจัยลักษณะทางพันธุกรรม ลักษณะประจำพันธุ์ และพฤกษเคมีของมะกิ้ง (*Hodgsonia*) ในถิ่นที่อยู่เพื่อการใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร
Genetic Research Species Characteristics and Phytochemicals of *Hodgsonia* in the Habitat for Agricultural Use

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าแผนงานวิจัย	นางสาวดวงเดือน ศรีโพธา	สำนักคุ้มครองพันธุ์พืช
หัวหน้าการทดลอง	นางสาวบุญปิยธิดา คล่องแคล่ว	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย
ผู้ร่วมงาน	นายนัด ไชยมงคล	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย
	นายวัฒนนิกรณ์ เทพโพธา	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย

5. บทคัดย่อ

จากการสำรวจในพื้นที่จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง และน่าน โดยทำการบันทึกลักษณะสัณฐานวิทยาของลำต้น ใบ ช่อดอก ผล และเมล็ด พร้อมทั้งเขียนคำบรรยายลักษณะและบันทึกภาพ นอกจากนี้ยังทำการบันทึกสภาพนิเวศวิทยาของป่าที่พบการเจริญเติบโตของมะกิ้ง พบว่า ลักษณะนิเวศวิทยาถิ่นอาศัยของมะกิ้ง โดยมากพบตามร่องห้วยหรือลำห้วยธรรมชาติที่มีความชุ่มชื้นตลอดปี และเลื้อยพันขึ้นต้นไม้ใหญ่ที่มีความสูงตั้งแต่ 10 - 30 เมตร สามารถพบได้ในป่าดิบแล้ง ป่าไม้ก่อ และป่าดิบเขาที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 345 - 1,702 เมตร และพบมะกิ้ง จำนวน 2 ชนิดย่อย ได้แก่ *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* และ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* สำหรับ *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* พบเฉพาะที่ป่าไม้ก่อและป่าดิบเขาเท่านั้น ที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 1,259 - 1,702 เมตร ซึ่งมีสภาพอากาศเย็นตลอดปี

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* และ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* มีลักษณะของลำต้น ใบ และเมล็ดที่คล้ายกัน โดยลำต้นสีครีมออกเขียว ผิวขรุขระและแตกเป็นร่อง แต่ละข้อมีเกล็ดประดับ จำนวน 1 อัน ใบเป็นใบเดี่ยว รูปฝ่ามือ มี 3 - 5 แฉก ใบหนาคล้ายหนัง เมล็ดมีจำนวน 6 ไพรีน สีน้ำตาลออกแดง รูปร่างกลมและแบน สำหรับลักษณะสัณฐานวิทยาที่

แตกต่างกัน ได้แก่ ใบอ่อน เส้นใบ ดอก และผล โดย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* มีใบอ่อนและเส้นใบสีเขียวอ่อน ดอกเพศผู้และเพศเมียสีขาวออกเขียวหรือครีมออกเขียว รังไข่รูปหัวใจกลับ สีสน้ำตาลออกเขียว ผิวไม่เรียบ มีต่อมสีเขียวอ่อนขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วไป ผลรูปทรงกลมแบน สีเขียวออกเทา ผิวเรียบเป็นร่อง จำนวน 10 - 12 ร่องต่อผล ส่วน *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* มีใบอ่อนและเส้นใบสีน้ำตาลออกแดง ดอกเพศผู้และเพศเมียสีน้ำตาลออกเหลืองหรือครีมออกเหลือง รังไข่รูปทรงกลม สีสน้ำตาลออกแดง ผิวไม่เรียบ ผลรูปทรงกลมแบน สีเขียวออกเทา ผิวเรียบไม่มีร่อง

การศึกษาเจริญเติบโตของมะกั้งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* และ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* โดยทำการบันทึกพัฒนาการการเจริญเติบโตตั้งแต่วันที่เริ่มแทงช่อดอก ดอกบาน เริ่มติดผล จนกระทั่งผลเจริญและสุกแก่เต็มที่ พบว่า มะกั้งทั้ง 2 ชนิดย่อย มีการเจริญเติบโตคล้ายคลึงกัน คือ ดอกเพศผู้ จะแทงช่อดอกที่บริเวณข้อของเถาแขนง ซึ่งในแต่ละช่อจะมีตาใบและตาดอกอยู่ตรงข้ามกัน ดอกมีลักษณะเป็นช่อ สีสน้ำตาลออกเขียวหรือน้ำตาลออกแดงมีขนละเอียดคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม ใช้ระยะเวลาเจริญเติบโตจนกระทั่งดอกบาน 50 - 60 วัน และทยอยบานที่ละดอกจนกระทั่งบานหมดทั้งช่อใช้เวลา 90 - 100 วัน มีจำนวน 5 - 30 ดอกต่อช่อ ดอกจะบานในเวลากลางคืนตั้งแต่เวลา 22.00 - 5.00 น. และบานเพียงวันเดียว ดอกเพศเมีย จะแทงช่อดอกที่บริเวณข้อของเถาแขนง เช่นเดียวกับดอกเพศผู้ ดอกเป็นดอกเดี่ยว สีสน้ำตาลออกเขียวหรือน้ำตาลออกแดงมีขนละเอียดคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม บริเวณใกล้กับโคนดอกจะเห็นรังไข่รูปหัวใจหรือกลมชัดเจน ใช้ระยะเวลาเจริญเติบโตจนกระทั่งดอกบาน 50 - 60 วัน ดอกจะเริ่มบานเมื่ออายุ 50 - 60 วัน และดอกจะบานเฉพาะในเวลากลางคืน และบานเพียงวันเดียว เช่นเดียวกับดอกเพศผู้ หลังจากที่ได้รับการผสมแล้ว จะเริ่มติดผลและใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโต 5 - 6 เดือน กระทั่งผลสุกแก่เต็มที่ใช้เวลา 6 - 7 เดือน ผลเมื่อเริ่มสุกจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีดำหรือน้ำตาลออกดำและแตก

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของมะกั้งด้วยการใช้เทคนิค ISSR โดยใช้ไพรเมอร์จำนวน 10 ชนิด พบว่า มะกั้งที่นำมาศึกษาทั้งหมดมีความใกล้เคียงทางพันธุกรรมกันตั้งแต่ 0.59 ถึง 0.86 หรือ 59 เปอร์เซ็นต์ ถึง 86 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่อย่างชัดเจน ที่ระดับ 0.59 โดยกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* จำนวน 8 หมายเลข ได้แก่ CM01 CM02 CM03 CM04 CM05 CM06 CM07 และ NAN01 ในกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย 11 หมายเลข ที่รวมทั้ง *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* และ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* ในกลุ่มที่ 2 นี้ พบว่า CR11 ซึ่งเป็นชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* มีความแตกต่างจากชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* อย่างชัดเจน จะเห็นได้ว่าตัวอย่างในกลุ่มที่ 2 มีความหลากหลายทาง

พันธุ์กรรมที่สูงกว่ากลุ่มที่ 1 และพบว่าชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* มีความหลากหลายทางพันธุ์กรรมสูงกว่าชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* สังเกตได้จากการกระจายตัวของ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* อยู่ทั้ง 2 กลุ่ม ในขณะที่ *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* พบอยู่ในเฉพาะกลุ่มที่ 2 เท่านั้น

การศึกษานี้สำคัญจากตัวอย่างเมล็ดมะกึ่งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* จำนวน 5 ตัวอย่าง และ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* จำนวน 3 ตัวอย่าง พบว่ามีคุณค่าทางโภชนาการและองค์ประกอบของสารอาหาร ได้แก่ กรดไขมัน กรดอะมิโน โปรตีนและวิตามินอี ซึ่งมีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยกรดไขมันที่พบมากที่สุด คือ ไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง เท่ากับ 39.10 - 42.70 กรัมต่อ 100 กรัม รองลงมา ได้แก่ กรดไลโนลีนิกและกรดไขมันโอเมก้า 6 เท่ากับ 38.90 - 42.50 กรัมต่อ 100 กรัม ไขมันอิ่มตัว 28.60 - 30.30 กรัมต่อ 100 กรัม และกรดปาล์มมิติก เท่ากับ 21.7 - 24.3 กรัมต่อ 100 กรัม กรดอะมิโนที่พบมากที่สุด คือ กรดกลูตามิก เท่ากับ 3.80 - 4.46 กรัมต่อ 100 กรัม รองลงมา ได้แก่ อาร์จินีน และ กรดแอสพาร์ติก เท่ากับ 3.51 - 4.20 และ 2.09 - 2.54 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ โปรตีน เท่ากับ 29.00 - 32.60 กรัมต่อ 100 กรัม และวิตามินอี เท่ากับ 5.10 - 13.10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม โดย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* มีปริมาณกรดไขมัน กรดอะมิโน และโปรตีน มากกว่า *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* ยกเว้นปริมาณวิตามินอีที่น้อยกว่า *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* เนื่องจาก *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* พบเฉพาะบนพื้นที่สูงตั้งแต่ระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,000 เมตร ขึ้นไป มีสภาพอากาศเย็นตลอดทั้งปี ทำให้การเจริญเติบโตช้าส่งผลให้มีการสะสมสารสำคัญเพิ่มมากขึ้น

Abstract

Surveys habitats ecology and collection data with picture of specific character of two subspecies were *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* and *H. heteroclita* subsp. *indochinensis*, the morphology such as stem, leaf, flower, fruit and seed were record, the survey area were Changrai, Changmai, Lampang, and Nan province, found that both of two subspecies grow in channel of water which high moisture all year and to climb of the big tree with 10 - 30 m. high, sometime found in dry evergreen forest, lower montane oak forest and lower montane rain forest with 345 - 1,702 m. high from sea level, but only *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* was found at 1,259 - 1,702 m. this area had low temperature all year.

The morphology of stem leaves and seed of *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* and *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* had similarly, bark of stem with green cream color, rough and break to channel, each node had 1 small scale leaves, single thick palminerved leaves had 3 - 5 lobe, fruit had 6 pyrene seeds with red brown color, round and flat shape, but different morphology was young leaves, leaves vein, flower and fruit, for *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* had faded green young leaf color, male and female with green white color flower or green cream color, ovary vertical obcordate shape, green brown rough skin had green small gland distribute all ovary, fruit round and flat, gray green, smooth groove surfaced 10 - 12 groove/fruit, but *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* had red brown young leaf and vein leaf color, male and female with yellow brown color flower or yellow cream color, round ovary and red brown color rough skin, fruit round and flat shape with gray green, smooth surface no groove.

Flower growth study of *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* and *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* beginning at flower panicle emerge, bloom flower, fruit set and fruit ripening, found that the both had similar growth, male flower emerge from node of vine brane, each node had flower bud and leaves bud which opposite position, panicle flower had 5 - 30 flower/panicle green brown or red brown cover with fine hair, growth time between flower panicle emerge to early bloom flower state was 50 - 60 days and the time flower bloom in the night between 22.00 pm - 5.00 am., time of the first flower bloom until to full bloom flower all panicle were 90 - 100 days, only 1 day each flower bloom, female flower emerge from node of vine brane was single flower green brown or red brown cover with fine hair, ovary at base of stalk flower was round or obcordate shape, state of female flower before bloom was 50 - 60 days and bloom state were 50 - 60 days, only 1 day each flower bloom in the night the same as male flower, after fertilization was fruit growth state 5 - 6 months and mature fruit at 6 - 7 months with brown or dark color and fruit clacking.

The study of the genetic diversity of the Ma-king by using ISSR technique using 10 species of primers showed that all of the mingling were genetically close from 0.59 to 0.86 or 59 percent to 86. Percentages were clearly divided into 2 groups at the level of 0.59.

Group 1 consisted of *H. heteroclita* subsp. *indochinensis*, 8 numbers, namely CM01, CM02, CM03, CM04, CM05, CM06, CM07 and NAN01. With 11 numbers including *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* and *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* in this second group found that CR11, a subtype of *H. heteroclita* subsp. *heteroclita*, is different from *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* subspecies It can be clearly seen that the sample in group 2 has a higher genetic diversity than group 1 and found that *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* subspecies *heteroclita* observed from the distribution of *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* in both groups while *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* was found only in group 2.

The study of the important substances from seed of *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* 5 samples and from seed of *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* 3 samples, showed that nutritional value and nutrient composition were fatty acids, amino acids, proteins and vitamin E which has different quantities. The most common fatty acids are polyunsaturated fats, equal to 39.10 - 42.70 grams per 100 grams, followed by linoleic acid and omega 6 fatty acid equal to 38.90 - 42.50 grams per 100 grams, saturated fat 28.60 - 30.30 grams per 100 grams and palmitic acid equal to 21.70 - 24.3 grams per 100 grams. The most common amino acid is glutamic acid equal to 3.80 - 4.46 grams per 100 grams, followed by arginine and aspartic acid equal to 3.51 - 4.20 and 2.09 - 2.54 grams per 100 grams respectively. Protein equal to 29.00 - 32.60 grams per 100 grams, and vitamin E is 5.10 - 13.10 milligrams per 100 grams by *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* with fatty acids, amino acids and protein. *H. heteroclita* subsp. *indochinensis*. Except the amount of vitamin E that is less than *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* due to *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* is found only on high ground, from the average sea level of 1,000 meters or more, with cold weather throughout the year. Causing slow growth resulting in increased accumulation of important substances.

6. คำนำ

ทั่วโลกพบพืชสกุลมะกิ้ง (*Hodgsonia*) เพียง 2 ชนิด คือ *Hodgsonia macrocarpa* (Blume) Cogn. และ *H. heteroclita* (Roxb.) Hook. f. & Thomson ซึ่งมะกิ้งชนิดหลังมีเพียง 2 ชนิดย่อย คือ *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* และ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* W.J. de Wilde

& Duyfjes (Wilde and Duyfjes, 2001) สำหรับประเทศไทยพบ 2 ชนิด คือ *H. macrocarpa* และ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* การกระจายพันธุ์ทั่วไปในแถบเอเชียโดยเฉพาะเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตั้งแต่ประเทศจีน อินเดีย ภูฏาน พม่า ไทย ลาว กัมพูชา เวียดนาม มาเลเซีย และอินโดนีเซีย สำหรับประเทศไทยพบตั้งแต่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง แพร่ น่าน เพชรบุรี ชุมพร สุราษฎร์ธานี พัทลุง ปัตตานี และนราธิวาส โดยพบพันธุ์ย่อยขึ้นตามต้นไม้ใหญ่ ตามป่าดิบชื้นและป่าดิบแล้ง ซึ่งเป็นป่าที่เขียวตลอดทั้งปี โดยเฉพาะตามลำห้วยที่มีความชุ่มชื้นตลอดปีและมีไม้ใหญ่ขึ้นปกคลุม (Santisuk and Larsen, 2008)

ลักษณะพฤกษศาสตร์ของพืชสกุล *Hodgsonia* เป็นไม้เถาขนาดใหญ่ มีข้อปล้องชัดเจน แต่ละข้อมีเกล็ดประดับ (probract) ลักษณะคล้ายหนาม มีมือจับแตกแขนง 2 - 3 อัน ใบเดี่ยว รูปร่างแบบฝ่ามือ มี 3 - 5 แฉก ใบขนาดคล้ายหนัง ก้านใบยาวและผลัดใบ ดอกเป็นดอกแบบแยกเพศต่างต้น (dioecious) ออกดอกที่ซอกใบ ดอกบานตอนกลางคืน ดอกเพศผู้และเพศเมียคล้ายกัน ดอกเพศผู้เป็นช่อแบบกระจุก กลีบเลี้ยง จำนวน 5 กลีบ เชื่อมกันเป็นหลอดยาว (campanulate) แต่ละกลีบขนาดเล็ก คล้ายซี่ฟัน กลีบดอก จำนวน 5 กลีบ เชื่อมติดกันบริเวณโคนกลีบ ปลายกลีบมีชายครุยยาวมาก เกสรเพศผู้จำนวน 3 อัน แยกกัน มีก้านชูเกสรสั้นมาก อับเรณูเชื่อมติดกัน รูปร่างเรียวยาว มี 1 - 2 เซลล์ ดอกเพศเมียเป็นดอกเดี่ยว กลีบเลี้ยงและกลีบดอกคล้ายดอกเพศผู้ รังไข่กลม มี 3 คาร์เพล จำนวน 6 ช่อง แต่ละช่องมี 1 - 3 ออวูล ติดกับผนังรังไข่แบบตามแนวตะเข็บ (parietal placentation) ก้านชูเกสรเพศเมียยาว ยอดเกสรเพศเมียมีลักษณะเป็น 3 พู ผลเป็นแบบที่มีเปลือกแข็ง (drupe) รูปร่างกลม ขนาดใหญ่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 - 25 ซม ผลกลมเป็นร่อง 12 ร่อง เมล็ดขนาดใหญ่ จำนวน 6 เมล็ด รูปร่างรีวงรีและแบนด้านหนึ่ง (Hooker, 1879 และ Wilde and Duyfjes, 2001)

จากการตรวจวินิจฉัยชนิดโดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาเพื่อยืนยันว่า พืชสกุล *Hodgsonia* ที่สำรวจพบดังกล่าว คือ มะกั้งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* เนื่องจากลักษณะสำคัญที่มะกั้งแตกต่างจากน้ำเต้าผีหรือมันหมู (*H. macrocarpa*) คือ เกสรเพศเมียมีช่องว่างภายในรังไข่ จำนวน 6 ช่อง แต่ละช่องมีไข่อ่อน (ovule) 1-3 อัน ส่วนใหญ่มักจะมี 3 อัน เมื่อได้รับการผสมรังไข่จะพัฒนาไปเป็นผลที่มี 6 ไพรีน (pyrene) แต่ละไพรีนจะมีเมล็ดย่อยอยู่ 1-3 เมล็ด ส่วนใหญ่มี 3 เมล็ด ในขณะที่น้ำเต้าผี เกสรเพศเมียรังไข่มี 6 ช่อง เช่นกัน แต่ในแต่ละช่องจะมีไข่อ่อนเพียง 1 อัน ซึ่งเมื่อรังไข่ที่ได้รับการผสมแล้วจะพัฒนาไปเป็นผลที่มี 6 เมล็ด ไม่มีไพรีนเหมือนมะกั้ง นอกจากนี้ยังมีสีผิวของผลที่แตกต่างกัน โดยสีของผลมะกั้งมีสีเขียวแกมเทาในขณะที่น้ำเต้าผีมีสีน้ำตาล ทั้งมะกั้งและน้ำเต้าผีแตกต่างจาก *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* คือ ลักษณะของผล โดยมะกั้งและน้ำเต้าผีมีผลเป็น

ทรงกลมไม่มีร่องเป็นพู แต่ *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* มีผลเป็นทรงกลมและมีร่องเป็นพู และจากการสำรวจการกระจายตัวของมะกิ้งในพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ น่าน และแม่ฮ่องสอน โดยสำรวจทั้งหมด 34 หมู่บ้าน 10 ชนิดพันธุ์ ได้แก่ ไทยวน ไทจีน กะเหรี่ยง ละว้า ล่าหู่ ถิ่นเมี่ยน ดาราอาง (ปะหล่อง) อาข่า และลีซอ พบมะกิ้งมีการกระจายตัวอยู่ในทุกจังหวัดดังกล่าว และพบว่าทุกชาติพันธุ์ใช้เมล็ดมะกิ้งเป็นอาหาร โดยนำมาย่างไฟให้สุกแล้วรับประทาน มีรสหวานมันคล้ายเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ หรือใช้ปรุงเป็นน้ำพริกได้

Semwal *et.al.*, (2014) รายงานว่า *H. heteroclita* (Roxb.) Hook. f. & Thoms. เป็นพืชที่อยู่ในพืชวงศ์แตงที่ให้ปริมาณน้ำมันสูง น้ำมันประกอบด้วย ไขมัน 62.71 % โปรตีน 31.25 % Palmitic acid 17.28 % Stearic acid 9.36 % Oleic acid 27.10 % Linoleic acid 33.90 % และ Arachidic acid 6.86 % และเป็นพืชทางวัฒนธรรมของชนเผ่าที่อาศัยบนพื้นที่สูงทางตอนเหนือของประเทศอินเดีย โดยนำมาใช้เป็นอาหารและยารักษาโรคซึ่งประชากรส่วนใหญ่ยังคงรักษาภูมิปัญญาการใช้พืชท้องถิ่นไว้อย่างดี และพืชชนิดนี้ได้รับการส่งเสริมให้มีการปลูกเพื่อการค้าซึ่งเป็นทั้งพืชน้ำมัน อาหารและยารักษาโรค ในอินเดียชาวนาคาและชนเผ่าอื่นๆ นำเมล็ดมาอย่างไฟแล้วนำมาผสมกับอากาศเพื่อบำรุงกำลังทำให้แข็งแรง กระปรี้กระเปร่า หรือใช้ส่วนของเปลือกผลเป็นยารักษาโรคที่เกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรียที่เท้า เปลือกหุ้มเมล็ดนำมาฝนเป็นผงแก้อาการปวดท้อง ยางใช้ในการห้ามเลือดและรักษาฝีหนอง และน้ำมันถูกนำมาใช้เป็นยารักษาโรค ชาวมาลาयाและชาวจะคั่นเอาน้ำจากยอดหรือใบเพื่อบรรเทาอาการจากแมลงเข้าจุมูก น้ำที่ได้จากการนำใบมาต้มนำไปหยอดจุมูกเพื่อลดไข้ ใบนำมาอย่างไฟใช้รักษาแผลบวมช้ำ ในมาเลเซียใช้น้ำมันผสมกับน้ำมันมะพร้าวและต้นเปราะนำมาทาตัวหลังจากการคลอดบุตร

จากการศึกษาของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่า มะกิ้ง มีปริมาณน้ำมันถึง 54 % สีเหลือง ไม่มีกลิ่น และน้ำมันดังกล่าวประกอบด้วย 1. กรดอะมิโนจำเป็น 2 ชนิด คือ phenylalanine และ histidine สูงกว่าในเมล็ดถั่วลิสงและถั่วเหลือง 2. วิตามินอี 11.08 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งอยู่ในรูป alpha-tocopherol สูงกว่าในเนื้อมะพร้าว เมล็ดถั่วเหลืองและเมล็ดปาล์ม แต่น้อยกว่าเมล็ดทานตะวัน 3. ไขมัน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไขมันที่ไม่อิ่มตัวและไม่มีไขมันทรานส์ (trans fat) ซึ่งไม่ดีต่อสุขภาพ กรดไขมันประกอบด้วย Linoleic acid 47.01 กรัม/100 กรัม และ Oleic acid 14.92 กรัม/100 กรัม กรดไขมันเหล่านี้ช่วยในการบำรุงผิว รักษาความชุ่มชื้นและเพิ่มความยืดหยุ่นของผิว 4. โอเมก้า 3 6 และ 9 เท่ากับ 131.74 47,012.31 และ 14,923.33 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งปริมาณโอเมก้า 6 และ 9 มีค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเซลล์มะเร็ง อีกทั้งน้ำมันมะกิ้งมีศักยภาพเหมาะสำหรับทำเป็นอาหารเสริมเพื่อสุขภาพและมีแนวโน้มที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในทางเครื่องสำอางบำรุงผิวหรือใช้ในการต้านริ้วรอยได้ จากการสำรวจของ

อังคณาและคณะในพื้นที่จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน และน่าน พบเพียงชนิดเดียว คือ มะกั้ง และเป็นชนิดย่อย *H. heteroclita* subspecies *indochinensis* เท่านั้นและในรายงานของ Flora of Thailand พบเพียงชนิดย่อยดังกล่าวเช่นเดียวกัน แต่ในพื้นที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูง เชียงรายพบอีกหนึ่งชนิดย่อย คือ *H. heteroclita* subspecies *heteroclita* ซึ่งไม่เคยมีรายงานมาก่อนในประเทศไทยและอาจเป็นการพบครั้งแรกของประเทศไทย ขณะนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลลักษณะทางพฤกษศาสตร์เพื่อเสนอเป็นพืชที่พบใหม่ (new record) ประกอบกับพืชชนิดนี้พบจำนวนน้อยในธรรมชาติ และมีสถานภาพการอนุรักษ์ในระดับพืชใกล้สูญพันธุ์จากที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติ (endangered species) ตามมาตรฐานของ International Union for Conservation of Nature (IUCN) จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น จึงเป็นสาเหตุทำให้ทางคณะผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษาวิจัย โดยการสำรวจลักษณะนิเวศวิทยาและลักษณะสัณฐานวิทยาของมะกั้งที่พบทางภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย เพื่อการอนุรักษ์และการนำมาใช้ประโยชน์ในอนาคต แต่เนื่องพืชชนิดนี้ยังขาดข้อมูลทางด้านชีววิทยาและการเกษตร อีกทั้งมีดอกซึ่งเป็นดอกแยกเพศต่างต้น การออกดอกและติดผลขึ้นอยู่กับฤดูกาล อุณหภูมิ และแสงที่ช่วยผสมเกสรทำให้การผสมติดตามธรรมชาติต่ำ และในแต่ละพื้นที่ที่พบมะกั้งทั้ง 2 ชนิดย่อย นี้ มีความแตกต่างทางสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของสารสำคัญ ได้แก่ กรดอะมิโน วิตามินอี กรดไขมัน และโอเมก้า จึงจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาถึงลักษณะนิเวศวิทยา การกระจายพันธุ์ ลักษณะพฤกษศาสตร์ ความหลากหลายทางพันธุกรรม การเจริญเติบโต และการนำไปใช้ประโยชน์ของมะกั้ง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานของพันธุ์พืชซึ่งสามารถนำไปใช้ในการวางแผนงานวิจัยและพัฒนามะกั้งต่อไปในอนาคต

7. วิธีดำเนินการ

1. การสำรวจและลักษณะนิเวศวิทยาของมะกั้ง

เป็นการสำรวจแหล่งกระจายพันธุ์และลักษณะนิเวศวิทยาที่พบต้นมะกั้ง ทางภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง และน่าน

1.1 อุปกรณ์ ได้แก่ สมุดบันทึก ดินสอ ไม้บรรทัด กรรไกรตัดกิ่ง ถุงพลาสติก ป้ายชื่อ และกล้องถ่ายภาพ

1.2 วิธีการ

1.2.1 รวบรวมข้อมูลการกระจายพันธุ์ของมะกั้ง แล้วทำการเลือกพื้นที่ก่อนเข้าทำการสำรวจ สร้างแบบบันทึกข้อมูล

1.2.2 ทำการเก็บตัวอย่างลำต้น ใบ ดอก ผล และเมล็ดของมะกั้ง

1.2.3 สัมภาษณ์และบันทึกการใช้ประโยชน์ โดยการสอบถามจากผู้รู้และผู้นำชุมชนในท้องถิ่น

1.2.4 บันทึกลักษณะนิเวศวิทยาและลักษณะภูมิประเทศ พร้อมกับบันทึกภาพประกอบ

1.3 เวลาและสถานที่

เริ่มทำการสำรวจในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2560 ในจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำปางและน่าน

2. การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของมะกิ้ง

เป็นการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำต้น ใบ ดอก ผล และเมล็ดของมะกิ้ง โดยทำการวัด และบันทึกข้อมูลพร้อมกับบันทึกภาพ และเขียนบรรยายลักษณะดังกล่าวข้างต้น

2.1 อุปกรณ์

2.1.1 มะกิ้ง 2 ชนิดย่อย คือ *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* และ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* จำนวนชนิดย่อยละ 10 ตัวอย่าง

2.2.2 เครื่องมือบันทึกข้อมูล ได้แก่ สมุดบันทึก ดินสอ ไม้บรรทัด มีดผ่าตัด ปากคีบ กรรไกร ตัดกิ่ง ป้ายชื่อ และกล้องถ่ายภาพ

2.2 วิธีการ

บันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยาของส่วนประกอบของพืชทดลอง ได้แก่ ลำต้น ใบ ดอก ผล และเมล็ด ในระยะที่ส่วนต่างๆ ของพืชเจริญเติบโตเต็มที่ โดยบันทึกลักษณะชนิดย่อยละ 10 ต้น

2.2.1 บันทึกจำนวนและขนาดของส่วนประกอบของต้นพืช ได้แก่

2.2.1.1 ลำต้น สี ลักษณะทรงพุ่ม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวของลำต้น

2.2.1.2 ใบ รูปร่าง สี ขนาดความกว้างและความยาวของใบ

2.2.1.3 ดอก รูปร่าง สี ขนาดของดอก จำนวนสีเลี้ยงและกลีบดอก จำนวนเกสรเพศผู้ ความกว้างและความยาวของกลีบเลี้ยง กลีบดอก ก้านชูเกสร และรังไข่

2.2.1.4 ผล รูปร่าง สี ความหนาเปลือก ความกว้าง ความยาว และน้ำหนักของผล

2.2.1.5 เมล็ด รูปร่าง สี จำนวน ความกว้าง ความยาว และน้ำหนักของเมล็ด

2.3 เวลาและสถานที่

เริ่มบันทึกลักษณะในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 ดำเนินการที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย จังหวัดเชียงราย

3. การศึกษาการเจริญเติบโตของดอกมะกิ้ง

เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างลักษณะสัณฐานวิทยาของดอกและผล ทั้งการเพิ่มขนาด จากการเติบโตและการเปลี่ยนสภาพตั้งแต่การออกดอกจนกระทั่งพัฒนาเป็นผลสุกแก่

2.1 อุปกรณ์

2.1.1 มะกั้ง 2 ชนิดย่อย คือ *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* และ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* จำนวนชนิดย่อยละ 5 ตัวอย่าง

2.2.2 เครื่องมือบันทึกข้อมูล ได้แก่ สมุดบันทึก ดินสอ ไม้บรรทัด มีดผ่าตัด ปากคีบ กรรไกร ตัดกิ่ง ป้ายชื่อ และกล้องถ่ายภาพ

2.2 วิธีการ

บันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยาของส่วนประกอบของพืชทดลอง ได้แก่ ลำต้น ใบ ดอก และ ผล ในระยะที่ส่วนต่างๆ ของพืชเจริญเติบโตเต็มที่ โดยบันทึกลักษณะชนิดย่อยละ 10 ต้น

2.2.1 บันทึกจำนวนและขนาดของส่วนประกอบของต้นพืช ได้แก่

2.2.1.1 ลำต้น สี ลักษณะทรงพุ่ม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวของลำต้น

2.2.1.2 ใบ รูปร่าง สี ขนาดความกว้างและความยาวของใบ

2.2.1.3 ดอก รูปร่าง สี ขนาดของดอก จำนวนลีบเลี้ยงและกลีบดอก จำนวนเกสรเพศผู้ ความกว้างและความยาวของกลีบเลี้ยง กลีบดอก ก้านชูเกสร และรังไข่

2.2.1.4 ผล รูปร่าง สี ความหนาเปลือก ความกว้าง ความยาว และน้ำหนักของผล

2.2.1.5 เมล็ด รูปร่าง สี จำนวน ความกว้าง ความยาว และน้ำหนักของเมล็ด

2.3 เวลาและสถานที่

เริ่มบันทึกลักษณะในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2561 ดำเนินการที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย จังหวัดเชียงราย

4. การวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมของมะกั้ง

เป็นการศึกษาความหลากหลายขององค์ประกอบทางพันธุกรรม ซึ่งแสดงออกด้วยลักษณะทางพันธุกรรมที่ปรากฏให้เห็นในสิ่งมีชีวิตเดียวกันและระหว่างต่างชนิดกัน ระดับความแตกต่างจะใช้กำหนดความใกล้ชิดหรือความห่างทางพันธุกรรม

4.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1. ใบมะกั้ง 2 ชนิดย่อย คือ *H. heteroclita* subsp. *heteroclite* จำนวน 5 ตัวอย่าง และ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* จำนวน 14 ตัวอย่าง

2. Lysis Buffer PL1

3. Lysis Buffer PL2

4. Precipitation Buffer PL3

5. Binding Buffer PC
6. Wash Buffer PW1
7. Wash Buffer PW2 (Concentrate) (25 mL add 100 mL of 96 - 100 % ethanol)
8. Elution Buffer PE (Composition of Elution Buffer PE:5 mM Tris/HCl, pH 8.5)
9. RNase A (Lyophilized) (6 mg dissolve in 600 μ L H₂O)
10. NucleoSpin® Filters (violet rings)
11. NucleoSpin® Plant II Columns (green rings)
12. Collection Tubes (2 mL)
13. 96 - 100 % ethanol
14. 1.5 mL microcentrifuge tubes, Disposable tips
15. Manual pipettors
16. Centrifuge for microcentrifuge tubes
17. Thermal heating block or water bath for incubation and preheating of Elution Buffer PE (to 65 °C)
18. Liquid nitrogen
19. Mortar and pestle

4.2 วิธีการ

4.2.1 วิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมโดยใช้เทคนิค Inter - simple sequence repeat (ISSR)

4.2.1.1 วิธีการสกัดดีเอ็นเอ

1. นำตัวอย่างพืช ใส่ในโกร่งบดยา เติมไนโตรเจนเหลวให้ท่วมตัวอย่างบดด้วยลูกบิด ระหว่างการบดตัวอย่างระวังไม่ให้ตัวอย่างละลาย อาจต้องเติมไนโตรเจนเหลวเป็นครั้งคราวเพื่อให้ตัวอย่างเยือกแข็งระหว่างการบด บดตัวอย่างจนเป็นผงแป้ง ใช้ช้อนตักสารที่แช่เย็นตักตัวอย่างใส่ในหลอด microcentrifuge ปล่อยให้ไนโตรเจนเหลวระเหยให้หมดก่อนที่จะปิดฝาหลอด

2. การทำให้เซลล์พืชแตกโดยใช้ Buffer PL1 หรือ Buffer PL2 ขึ้นกับชนิดของพืชตัวอย่าง

2.1 การทำให้เซลล์แตกด้วย Buffer PL1 โดยแบ่งนำผงตัวอย่างพืชมาใส่ในหลอดใหม่ เติม Buffer PL1 400 ไมโครลิตร (μl) ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer เติม RNase A 10 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วทำตาม ข้อ 3.

2.2 การทำให้เซลล์แตกด้วย Buffer PL2 โดยแบ่งนำผงตัวอย่างพืชมาใส่ในหลอดใหม่ เติม Buffer PL2 300 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer เติม RNase A 10 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปบ่มที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติม Buffer PL3 75 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน และบ่มบนน้ำแข็ง เป็นเวลา 5 นาที แล้วทำตาม ข้อ 3.

3. การกรอง วาง NucleoSpin® Filter บนหลอดเก็บสารละลาย เทตัวอย่างจากข้อ 2. ใส่ในหลอด filter นำไปปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็ว 11,000 xg เป็นเวลา 2 นาที เก็บสารละลายใส่ที่ผ่าน filter ออกมา แล้วทำตาม ข้อ 4.

4. แยกดีเอ็นเอในสารละลายใส โดยการเติม Buffer PC 450 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน

5. การแยกดีเอ็นเอออกจากสารละลายข้อ 4. วางหลอด NucleoSpin® Plant II Column บนหลอดเก็บตัวอย่าง เทสารละลายข้อ 4. ไม่เกิน 700 ไมโครลิตร ใส่ในหลอด Column นำไปปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็ว 11,000 xg เป็นเวลา 1 นาที ที่สารละลายที่ผ่าน Column ออกมา

6. การล้างและทำให้ silica membrane แห้ง

การล้างครั้งที่ 1 เติม Buffer PW1 400 ไมโครลิตร ใส่ในหลอด Column นำไปปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็ว 11,000 xg เป็นเวลา 1 นาที ที่สารละลายที่ผ่าน Column ออกมา

การล้างครั้งที่ 2 เติม Buffer PW2 700 ไมโครลิตร ใส่ในหลอด Column นำไปปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็ว 11,000 xg เป็นเวลา 1 นาที ที่สารละลายที่ผ่าน Column ออกมา

การล้างครั้งที่ 3 เติม Buffer PW2 200 ไมโครลิตร ใส่ในหลอด Column นำไปปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็ว 11,000 xg เป็นเวลา 2 นาที ที่สารละลายที่ผ่าน Column ออกมา

7. การชะดีเอ็นเอ โดยนำหลอด Column วางบนหลอด microcentrifuge ขนาด 1.5 มิลลิลิตร (ml) ดูด Buffer PE 50 ไมโครลิตร (อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส) เติมในหลอด Column นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้น นำไปปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็ว 11,000 xg เป็นเวลา 1 นาที ดีเอ็นเอจะถูกชะออกมาอยู่ในหลอด 1.5 มิลลิลิตร และทำซ้ำในชุดเดิม โดยการเติม Buffer PE 50 ไมโครลิตร (อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส) เติมในหลอด Column เติม นำไปบ่ม

ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้น นำไปปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็ว 11,000 xg เป็นเวลา 1 นาที ดีเอ็นเอจะถูกชะออกมาอยู่ในหลอด 1.5 มิลลิลิตร เดิม

จากนั้นนำตัวอย่างที่สกัดได้ไปตรวจสอบคุณภาพและปริมาณของดีเอ็นเอ ด้วยวิธีการอิเล็กโทรโฟรีซิสในเจลอะกาโรส (Agarose gel electrophoresis) นำตัวอย่างดีเอ็นเอเก็บไว้ที่ อุณหภูมิ - 20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส Polymerase chain reaction (PCR)

4.2.1.2 การวิเคราะห์ดีเอ็นเอโดยเทคนิค ISSR

การตรวจสอบไพรเมอร์ที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ โดยการเตรียม ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ ดังนี้ ในปริมาตร 25 ไมโครลิตร ประกอบด้วย 1 x PCR buffer 0.4 mM dNTP 2 mM MgCl₂ 0.6 mM primer 0.5 unit Taq polymerase (Fermentas) และดีเอ็นเอต้นแบบ 50 ng ทำการสังเคราะห์ดีเอ็นเอในเครื่อง PCR โดยตั้งโปรแกรม PCR ดังนี้ ขั้นที่ 1 (Initial denaturation) ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส เป็นเวลา นาน 2 นาที ขั้นที่ 2 (Denaturation) ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส เป็น เวลนานาน 30 วินาที ขั้นที่ 3 (Primer annealing) ที่อุณหภูมิ 50 - 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลนานาน 30 วินาที ขั้นที่ 4 (Primer extension) ที่อุณหภูมิ 72 องศา เซลเซียส เป็นเวลนานาน 2 นาที โดยทำซ้ำใน ขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 จำนวน 35 รอบ ขั้นสุดท้าย (Final extension) ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็น เวลนานาน 7 นาที หลังจากนั้นนำผลผลิตดีเอ็นเอที่ได้มาตรวจสอบ ด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิสในเจลอะกา โรส ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ ใน TBE buffer ความเข้มข้น 1 เท่า แล้วย้อมด้วยเอธิเดียมโบรไมด์ ส่องดู ภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต ด้วยเครื่องถ่ายภาพสารพันธุกรรม (Geldocumentation) เปรียบเทียบกับดีเอ็น เอมาตรฐาน 1kb DNA ladder plus และ 100bp DNAladderplus (Fermentas) คัดเลือกไพรเมอร์ที่ สามารถเพิ่มปริมาณและให้แถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างชัดเจน

จากนั้นทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ISSR โดยเลือกใช้ไพรเมอร์จำนวน 10 ชนิด คือ UBC-807 (5' AGA GAG AGA GAG AGA GT 3') UBC-810 (5' GAG AGA GAG AGA GAG AT 3') UBC-112 (5' GAG AGA GAG AGA GAG AA 3') UBC-820 (5' GTG TGT GTG TGT GTG TC 3') UBC-826 (5' ACA CAC ACA CAC ACA CC 3') UBC-827 (5' ACA CAC ACA CAC ACA CG 3') UBC-841 (5' GAG AGA GAG AGA GAG AYC 3') UBC- 858 (5' TGT GTG TGT GTG TGT GRT 3') UBC-864 (5' AGT ATG ATG ATG ATG ATG 3') UBC-895 (5' AGA GTT GGT AGC TCT TGA TC 3') โดย: Y = Purine (Adenine (A) and Guanine (G)), R = Pyrimidine (Cytosine (C) and Thymine (T)) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมแบบ binary data matrix คำนวณหาความแตกต่าง ทางพันธุกรรมของประชากร (Genetic distance, D) สร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม

(Dendrogram) ด้วยวิธี Unweight pair-group method (UPGMA) ตามวิธีของ Nei และ Li (1979) จากโปรแกรม Numerical Taxonomy System (NTsys) v2.01e

4.3 เวลาและสถานที่

เริ่มทำการวิเคราะห์ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยและบริการจีโนมพืชเศรษฐกิจ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

5. การวิเคราะห์สารสำคัญของเมล็ดมะกิ้ง

เป็นการศึกษาสารประกอบเคมีที่มีฤทธิ์ในพืช เพื่อให้ทราบโครงสร้าง ปริมาณ การสกัด การจำแนก และการตรวจสอบคุณค่าทางโภชนาการและสมุนไพร

5.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1. เมล็ดมะกิ้ง 2 ชนิดย่อย คือ *H. heteroclita* subsp. *heteroclite* จำนวน 5 ตัวอย่าง และ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* จำนวน 3 ตัวอย่าง

2. Oven
3. Centrifuge
4. Evaperater
5. UV - detector
6. Amino acid analyser
7. Gas Chromatograph - Mass Spectrometer (GCMS)
8. High Performance Liquid Chromatography (HPLC)
9. Petroluem ether
10. Internal standard
11. Hexane
12. Totuene
13. Ascorbic acid
14. Sodium sulfater
15. Formic peroxide
16. Sodium citrate loading buffer

17. Triglyceride internal standard

5.2 วิธีการ

5.2.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ไขมัน

5.2.1.1 ขั้นตอนการสกัดไขมัน

นำตัวอย่างเนื้อในของเมล็ดมะกอกที่บดแล้ว จำนวน 350 กรัม ใส่ลงใน flask ขนาด 500 มิลลิลิตร เติม petroleum ether จำนวน 300 มิลลิลิตร แล้วนำมาเขย่าเป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง เพื่อสกัดน้ำมัน นำสารละลายที่สกัดได้ไป centrifuge นาน 10 - 15 นาที เพื่อให้ตกตะกอน แล้วนำสารละลายส่วนที่ใสมารองด้วยกระดาษกรอง No. 42 นำสารละลายส่วนที่ใส มาทำการระเหยตัวทำละลาย petroleum ether ออก ด้วยเครื่อง Evaperater ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ได้น้ำมันที่จะนำไปวิเคราะห์เพื่อหาค่าส่วนประกอบของกรดไขมันต่อไป

5.2.1.2 ขั้นตอนการทำ Methylation

ชั่งตัวอย่างน้ำมันที่สกัดได้ 0.1 กรัม แล้วเติม internal standard จำนวน 2 มิลลิลิตร ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของ triglyceride internal standard (C 11:0) ทำการระเหยแห้งด้วย N_2 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เติมด้วย BF_3 จำนวน 2 มิลลิลิตร และเติม toluene จำนวน 1 มิลลิลิตร ปิดฝาให้แน่น นำไปอบในตู้ Oven ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 45 นาที เขย่าเป็นระยะทุก 10 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำ จำนวน 5 มิลลิลิตร hexane จำนวน 1 มิลลิลิตร และ Na_2SO_4 จำนวน 1 กรัม ปิดฝาให้แน่น เขย่านาน 1 นาที ทิ้งไว้ให้แยกชั้น ดูดเฉพาะชั้นบนลงใน vial ที่มี Na_2SO_4 จำนวน 1 กรัม ดูดเฉพาะชั้นบนลงใน vial ฉีดเข้าเครื่อง GC ประมวลผลโดยเทียบกับสารมาตรฐาน

5.2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์กรดอะมิโน

5.2.2.1 การทดสอบกรดอะมิโน จำนวน 15 ชนิด

ชั่งตัวอย่างตามสัดส่วนปริมาณโปรตีนที่ทดสอบได้ลงในหลอดย่อย เพื่อย่อยสลายตัวอย่างด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 6 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่ย่อยสลายแล้วมาระเหยภายใต้สุญญากาศ ละลายตัวอย่างที่ย่อยสลายแล้วภายใต้สุญญากาศ ด้วยสารละลาย sodium citrate loading buffer แล้งกรองสารละลายด้วยตัวกรองชนิด PVDF ขนาด 0.22 ไมโครเมตร ฉีดเข้าเครื่อง Amino acid analyser ปริมาตร 20 ไมโครลิตร การคำนวณปริมาณกรดอะมิโนแต่ละชนิดโดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดอะมิโน

5.2.2.2 การทดสอบกรดอะมิโนเฉพาะ Cystine และ Methionine

ซึ่งตัวอย่างตามสัดส่วนปริมาณโปรตีนที่ทดสอบได้ลงในหลอดย่อย เติมด้วยกรด formic peroxide จำนวน 2 มิลลิลิตร นำไปแช่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นาน 16 ชั่วโมง นำออกจากตู้เย็นแล้ววางไว้ที่อุณหภูมิห้อง ย่อยสลายตัวอย่างด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 6 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่ย่อยสลายแล้ว มาระเหยภายใต้สุญญากาศ ละลายตัวอย่างที่ย่อยสลายแล้วภายใต้สุญญากาศ ด้วยสารละลาย sodium citrate loading buffer แล้วกรองสารละลายด้วยตัวกรองชนิด PVDF ขนาด 0.22 ไมโครเมตร ฉีดเข้าเครื่อง Amino acid analyser ปริมาตร 20 ไมโครลิตร การคำนวณปริมาณกรดอะมิโนแต่ละชนิดโดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดอะมิโน

5.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์วิตามินอี

ซึ่งตัวอย่างเนื้อในของเมล็ดมะกอก จำนวน 1 กรัม ใส่ลงในขวดที่มี ascorbic acid จำนวน 1 กรัม KOH 60 % จำนวน 20 มิลลิลิตร และ ETOH 95 % จำนวน 20 มิลลิลิตร นำไป reflux เป็นเวลานาน 30 นาที สกัดด้วย petroleum ether จำนวน 3 ครั้งๆ ละ 70 60 และ 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ ทำการรวม petroleum ether แล้วกำจัดต่างด้วยน้ำ ผ่าน petroleum ether ด้วย sodium sulfate เพื่อกำจัดน้ำออก นำไประเหยให้แห้ง แล้วนำมาปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร ฉีดเข้าเครื่อง HPLC โดยใช้ UV-detector 292 nm. การคำนวณปริมาณวิตามินซีตามสูตร

5.3 เวลาและสถานที่

เริ่มทำการวิเคราะห์ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2561 ดำเนินการที่กองผลิตภัณฑ์อาหารและวัสดุสัมผัสอาหาร กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรุงเทพมหานคร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

การสำรวจและนิเวศวิทยาของมะกอก

1.1 จังหวัดเชียงราย

จากการสำรวจการกระจายพันธุ์ของมะกอกในพื้นที่จังหวัดเชียงราย พบว่า ส่วนใหญ่สามารถพบมะกอกได้ตามร่องห้วยหรือลำห้วยธรรมชาติซึ่งมีความชื้นตลอดปี โดยพบเลื้อยพันขึ้นต้นไม้ใหญ่ที่มีความสูงตั้งแต่ 10 - 30 เมตร สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเนินเขาและมีความลาดชันตั้งแต่ 15 - 40 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะที่ดอยช้างมีความลาดชันมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ สามารถพบได้ตั้งแต่ที่ระดับความสูง 691 - 1,504 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง และจากการศึกษาลักษณะนิเวศวิทยาถิ่นอาศัยของมะกอก สามารถพบได้ในป่า 2 ชนิด คือ ป่าดิบแล้งและป่าไม้ก่อ โดย (ตารางที่ 1)

ป่าดิบแล้ง (dry evergreen forest)

พบ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* ที่อำเภอแม่ฟ้าหลวง แม่สรวย และเวียงป่าเป้า ที่ระดับความสูงตั้งแต่ 691 - 1,151 เมตร โดยพบตามที่ราบเชิงเขา ไหล่เขา หุบเขาที่ชุ่มชื้นตลอดปี ไม้เรือนยอดหนาแน่นและเขียวชอุ่มตลอดปี ไม้เด่นในป่านี้ ได้แก่ ยางนา ยางแดง ตะเคียนทอง ประดู่ส้ม ทองหลาง และยมหอม ไม้เรือนยอดชั้นบนที่พบ ได้แก่ ยางนา ทองหลาง ลำพูป่า และไคร้ น้ำ ไม้เรือนยอดชั้นกลางที่พบ ได้แก่ ต้างหลวง มะเดื่อ ส้าน และไผ่ ไม้เรือนยอดชั้นล่างที่พบ ได้แก่ กัลยป่า ตองสาต เพริน และพีช วงศ์ชิง แต่เนื่องจากสภาพป่าที่เคยถูกตัดไม้ แผ้วถาง และเลี้ยงสัตว์ รวมถึงการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ทำให้เป็นป่าดิบแล้งรุ่นสองในบางพื้นที่ เช่น ดอยช้างและดอยตุง แต่สำหรับป่าดิบแล้งที่อำเภอเวียงป่าเป้านั้น สภาพป่ายังคงค่อนข้างสมบูรณ์ มีไม้วงศ์ยางขนาดใหญ่จำนวนมากและมีไม้เรือนยอดหนาแน่นเขียวตลอดปี สืบเนื่องมาจากชาวบ้านส่วนใหญ่ที่อาศัยอยู่ในป่าประกอบอาชีพทำสวนเมี่ยง จึงยังคงรักษาต้นไม้ และสภาพป่าได้เป็นอย่างดี (ภาพที่ 1)

ป่าไม้ก่อ (lower montane oak forest)

พบ *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* ที่บ้านดอยช้าง อำเภอแม่สรวย ที่ระดับความสูงตั้งแต่ 1,259 - 1,504 เมตร ลักษณะเรือนยอดค่อนข้างโปร่ง ลมพัดผ่านไม้เรือนยอดชั้นบนได้สะดวกสังเกตได้จากผอมลมที่ห้อยระย้า ป่าไม้ก่อที่พบการอาศัยของมะกั้งเป็นป่ารุ่นสอง ที่เกิดจากการฟื้นตัวของป่าดิบเขาต่ำซึ่งถูกตัดไม้สำหรับใช้สอย การเก็บหาของป่า การเลี้ยงสัตว์ ไฟป่า และบางพื้นที่ถูกทิ้งร้างมานานแล้ว โดยเฉพาะพื้นที่ป่าไม้ก่อที่ดอยช้าง ไม้เด่นในป่าชนิดนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยไม้วงศ์ก่อ เมียง และอบเชย ไม้เรือนยอดชั้นบนที่พบ ได้แก่ ก่อเดือย ก่อแป้น ยางนา และก่าง ไม้เรือนยอดชั้นกลางที่พบ ได้แก่ มะเดื่อ และไผ่ ไม้เรือนยอดชั้นล่างที่พบ ได้แก่ ตองสาต กัลยป่า เอนอ้า กูดดอย กัลยไม้ดิน และพีชวงศ์ชิง นอกจากนี้ยังพบพืชอิงอาศัย เช่น กัลยไม้และเพริน (ภาพที่ 2)

1.2 จังหวัดเชียงใหม่

จากการสำรวจการกระจายพันธุ์ของมะกั้งในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ สามารถพบได้ตามร่องห้วยหรือลำห้วยธรรมชาติที่มีความชื้นตลอดปี โดยพบเลื้อยพันขึ้นต้นไม้ใหญ่ สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเนินเขาและมีความลาดชันตั้งแต่ 15 - 35 เปอร์เซ็นต์ บางพื้นที่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ พบได้ตั้งแต่ที่ระดับความสูง 640 - 1,062 เมตร และจากการศึกษาลักษณะนิเวศวิทยาถิ่นอาศัยของมะกั้งพบเฉพาะที่ป่าดิบแล้ง (ตารางที่ 1)

1.2.1 ป่าดิบแล้ง

พบ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* ที่อำเภอพร้าว แม่แตง และแมริม โดยพบตามที่ราบเชิงเขา ไร่เขา หุบเขาที่ชุ่มชื้นตลอดปี เป็นป่าดิบแล้งร้อนสองซึ่งเคยถูกตัดไม้ใหญ่และเลี้ยงสัตว์ ไม้เรือนยอดหนาแน่นและเขียวชอุ่มตลอดปี ไม้เรือนยอดชั้นบนที่พบ ได้แก่ ยางนา ยางปาย ลำพูป่า ทะโล้ และไทร ไม้เรือนยอดชั้นกลางที่พบ ได้แก่ กล้วยฤาษี ปอสา มะเดื่อ ต่างหลวง ทองเต้า และไผ่ ไม้เรือนยอดชั้นล่างที่พบ ได้แก่ กล้วยป่า ทองสาต กูด กล้วยไม้ดิน และพืชวงศ์ขิง ลักษณะป่าดิบแล้งที่อำเภอพร้าวมีสภาพที่ค่อนข้างสมบูรณ์ ต้นไม้มีขนาดใหญ่ โดยเฉพาะไม้วงศ์ยางที่มีขนาดใหญ่และสูงมาก ส่วนป่าดิบแล้งที่อำเภอแม่แตงและแมรินั้น ถูกรบกวนจากมนุษย์บ่อยครั้งทำให้มีต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่จำนวนน้อย โดยป่าดิบแล้งที่แม่แตงเป็นป่าชุมชนที่ชาวบ้านช่วยกันดูแลรักษาและมีการแบ่งปันการใช้ประโยชน์ร่วมกัน (ภาพที่ 1)

1.3 จังหวัดลำปาง

จากการสำรวจการกระจายพันธุ์ของมะกั้งในพื้นที่จังหวัดลำปาง สามารถพบมะกั้งได้ตามร่องห้วยหรือลำห้วยธรรมชาติซึ่งมีความชื้นตลอดปี เช่นเดียวกับที่พบที่จังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ โดยพบเลื้อยพันขึ้นต้นไม้ใหญ่ สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเนินเขาและความลาดชันตั้งแต่ 15 - 35 เปอร์เซ็นต์ สามารถพบได้ตั้งแต่ที่ระดับความสูง 884 - 1,089 เมตร และจากการศึกษาลักษณะนิเวศวิทยาถิ่นอาศัยของมะกั้งพบเฉพาะที่ป่าดิบแล้ง (ตารางที่ 1)

1.3.1 ป่าดิบแล้ง

พบ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* ที่อำเภอเมืองปาน โดยพบตามที่ราบเชิงเขา ไร่เขา หุบเขาที่ชุ่มชื้นตลอดปี เป็นป่าดิบแล้งร้อนสองเช่นเดียวกับที่พบที่จังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ ไม้เรือนยอดชั้นบนที่พบ ได้แก่ ยางนา ทองกลาง ลำพูป่า และลุง ไม้เรือนยอดชั้นกลางที่พบ ได้แก่ กล้วยฤาษี ต่างหลวง มะเกลือ กัดแดง และไผ่ ไม้เรือนยอดชั้นล่างที่พบ ได้แก่ กล้วยป่า นางลาว และพืชวงศ์ขิง นอกจากนี้ยังพบพืชอิงอาศัย เช่น กล้วยไม้และเฟริน ป่าดิบแล้งที่อำเภอเมืองปานมีลักษณะนิเวศวิทยาคล้ายคลึงกับป่าดิบแล้งที่อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย และอำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีสภาพค่อนข้างสมบูรณ์ไม้เด่นเป็นไม้วงศ์ยางที่มีขนาดใหญ่และเขียวตลอดปี ประกอบกับเป็นผืนป่าที่อยู่ในเทือกเขาเดียวกันจึงมีลักษณะของสังคมพืชที่คล้ายคลึงกัน อีกทั้งชาวบ้านส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทำสวนเมี่ยง ซึ่งต้องพึ่งพาสภาพป่าที่มีไม้ใหญ่เป็นไม้พี่เลี้ยงสำหรับการปลูกเมี่ยง (ภาพที่ 1)

1.4 จังหวัดน่าน

จากการสำรวจการกระจายพันธุ์ของมะกั้งในพื้นที่จังหวัดน่าน พบว่า ส่วนใหญ่สามารถพบมะกั้งได้ตามร่องห้วยหรือลำห้วยธรรมชาติซึ่งมีความชื้นตลอดปี โดยพบเลื้อยพันขึ้นต้นไม้ใหญ่ สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเนินเขาและความลาดชันตั้งแต่ 15 - 40 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะที่ดอยภูคาที่มีความลาดชันมากกว่า 40

เปอร์เซ็นต์ สามารถพบได้ตั้งแต่ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 345 - 1,702 เมตร และจากการศึกษาลักษณะนิเวศวิทยาถิ่นอาศัยของมะกิ้ง สามารถพบได้ในป่า 2 ชนิด คือ ป่าดิบแล้งและป่าดิบเขา (ตารางที่ 1)

1.4.1 ป่าดิบแล้ง

พบ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* ที่อำเภอเมืองและบ่อเกลือ ที่ระดับความสูงตั้งแต่ 345 - 945 เมตร เป็นป่าดิบแล้งรุ่นสองเช่นเดียวกับที่พบที่จังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ โดยพบตามที่ราบเชิงเขา ไหล่เขา หุบเขาที่ชุ่มชื้นตลอดปี ไม้เรือนยอดชั้นบนที่พบ ได้แก่ ยางนา ลุง ยมหิน และทองหลาง ไม้เรือนยอดชั้นกลางที่พบ ได้แก่ ซ้อ ส้าน ต่างหลวง และทะเล่ ไม้เรือนยอดชั้นล่างที่พบ ได้แก่ กัล้วยป่าและพีชวงศ์ชิง นอกจากนี้ยังพบพืชอิงอาศัย เช่น กัล้วยไม้และเฟริน ป่าดิบแล้งที่อำเภอเมืองมีลักษณะนิเวศวิทยาคล้ายคลึงกับป่าดิบแล้งที่อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง ชาวบ้านส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทำสวนเมี่ยง ซึ่งต้องพึ่งพาสภาพป่าที่มีไม้ใหญ่เป็นไม้พี่เลี้ยงสำหรับการปลูกเมี่ยง (ภาพที่ 1)

1.4.2 ป่าดิบเขา (lower montane rain forest)

พบ *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* ที่ดอยภูคา อำเภอปัว ที่ระดับความสูงตั้งแต่ 1,450 - 1,702 เมตร โดยพบตามที่ราบเชิงเขา ไหล่เขา และหุบเขาที่ชุ่มชื้นตลอดปี ไม้เรือนยอดชั้นบนที่พบ ได้แก่ เต่าร้างยักษ์ ยางนา และค้อ ไม้เรือนยอดชั้นกลางที่พบ ได้แก่ ก่อเดือย ก่อแป้น มณฑาดอย เฟรินต้น และตัว ไม้เรือนยอดชั้นล่างที่พบ ได้แก่ ตองสาด กัล้วยป่า หวาย และพีชวงศ์ชิง นอกจากนี้ยังพบพืชอิงอาศัย เช่น กัล้วยไม้และเฟริน บริเวณที่พบมะกิ้งอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติดอยภูคา ซึ่งสภาพป่าโดยทั่วไปถูกรบกวนน้อยจึงคงความสมบูรณ์ของป่าดั้งเดิมและมีสภาพอากาศเย็นตลอดปี (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 1 สภาพป่าดิบแล้งที่พบการกระจายพันธุ์ของมะกิ้ง

ก = เชียงราย ข = เชียงใหม่ ค = ลำปาง ง = น่าน



ภาพที่ 2 สภาพป่าไม้ก่อที่พบการกระจายพันธุ์ของมะกิ้งในจังหวัดเชียงราย



ภาพที่ 3 สภาพป่าดิบเขาที่พบการกระจายพันธุ์ของมะกิ้งในจังหวัดน่าน

ตารางที่ 1 แสดงแหล่งที่พบการกระจายพันธุ์ของมะกั้งทั้ง 2 ชนิดย่อย

จังหวัด	สถานที่พบ	ความสูงจากระดับน้ำทะเล		เพศดอก	ชนิดย่อย	การใช้ประโยชน์
		ปานกลาง (เมตร)				
เชียงราย	บ้านปางผึ้ง ต.แม่พริก อ.แม่สรวย	691	เมีย	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>indochinensis</i>	ปลูกน้ำพริก	
	บ้านปางผึ้ง ต.แม่พริก อ.แม่สรวย	723	เมีย	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>indochinensis</i>	ปลูกน้ำพริก	
	บ้านป่าคา ต.ดอยตุง อ.แม่ฟ้าหลวง	764	เมีย	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>indochinensis</i>	ปลูกน้ำพริก	
	บ้านปางมะหัน ต.เทอดไทย อ.แม่ฟ้าหลวง	770	เมีย	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>indochinensis</i>	ปลูกน้ำพริก	
	บ้านห้วยคุณพระ ต.แม่เจดีย์ใหม่ อ.เวียงป่าเป้า	1,151	เมีย	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>indochinensis</i>	ปลูกน้ำพริก	
	บ้านดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย	1,259	เมีย	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>heteroclita</i>	ปลูกน้ำพริก	
	บ้านดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย	1,320	ผู้	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>heteroclita</i>	ปลูกน้ำพริก	
	บ้านดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย	1,430	เมีย	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>heteroclita</i>	ปลูกน้ำพริก	
	บ้านดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย	1,504	ผู้	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>heteroclita</i>	ปลูกน้ำพริก	
เชียงใหม่	บ้านแม่สาย ต.โหล่งขอด อ.พร้าว	640	เมีย	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>indochinensis</i>	ปลูกน้ำพริก	
	บ้านเอืยก ต.สันป่ายาง อ.แม่แตง	684	ผู้	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>indochinensis</i>	ปลูกน้ำพริก	
	บ้านแม่สาย ต.โหล่งขอด อ.พร้าว	881	เมีย	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>indochinensis</i>	ปลูกน้ำพริก	
	บ้านตีนผา ต.ช่างเคิ่ง อ.แม่แจ่ม	902	เมีย	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>indochinensis</i>	ปลูกน้ำพริก	
	บ้านกองแหะ ต.โป่งแยง อ.แม่ริม	1,062	เมีย	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>indochinensis</i>	ปลูกน้ำพริก	

ตารางที่ 1 แสดงแหล่งที่พบการกระจายพันธุ์ของมะกิ้งทั้ง 2 ชนิดย่อย (ต่อ)

จังหวัด	สถานที่พบ	ความสูงจากระดับน้ำทะเล		เพศดอก	ชนิดย่อย	การใช้ประโยชน์
		ปานกลาง (เมตร)				
ลำปาง	บ้านป่าเมียง ต.แจ้ซ้อน อ.ปาน	884	ผู้	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>indochinensis</i>	ปรุงน้ำพริก	
	บ้านป่าเมียง ต.แจ้ซ้อน อ.ปาน	963	เมีย	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>indochinensis</i>	ปรุงน้ำพริก	
	บ้านป่าเมียง ต.แจ้ซ้อน อ.ปาน	1,089	เมีย	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>indochinensis</i>	ปรุงน้ำพริก	
น่าน	บ้านศรีนาปาน ต.เรือง อ.เมือง	345	เมีย	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>indochinensis</i>	ปรุงน้ำพริก	
	บ้านสำน ต.สันทะ อ.น่าน้อย	561	เมีย	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>indochinensis</i>	ปรุงน้ำพริก	
	บ้านบ่อหลวง ต.บ่อเกลือใต้ อ.บ่อเกลือ	789	ผู้	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>indochinensis</i>	ปรุงน้ำพริก	
	บ้านสะเก็น ต.ยอด อ.สองแคว	827	ผู้	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>indochinensis</i>	ปรุงน้ำพริก	
	บ้านเตี้ยกลาง ต.ภูคา อ.ปัว	949	เมีย	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>indochinensis</i>	ปรุงน้ำพริก	
	อุทยานแห่งชาติดอยภูคา ต.ภูคา อ.ปัว	1,450	เมีย	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>heteroclita</i>	ปรุงน้ำพริก	
	อุทยานแห่งชาติดอยภูคา ต.ภูคา อ.ปัว	1,702	ผู้	<i>H. heteroclita</i> subsp. <i>heteroclita</i>	ปรุงน้ำพริก	

2. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของมะกั้ง

2.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ *H. heteroclita* (Roxb.) Hook. f. & Thomson subspecies *heteroclita*

ลำต้น เป็นเถาขนาดใหญ่ ยาว 20 - 100 เมตร ขนาดเส้น รอบวง 12.4 - 45.4 เซนติเมตร (ซม.) สีครีมออกเขียวหรือน้ำตาลออกเขียว ลักษณะผิวเปลือกขรุขระและแตกเป็นร่อง เมื่ออายุน้อยมีข้อปล้องชัดเจนและเมื่อมีอายุมากขึ้นข้อปล้องจะเห็นไม่ชัดเจน แต่ละข้อมีจำนวน 1 ใบ มือจับ (tendrils) 1 เส้น แตกแขนงเป็น 2-3 เส้น มีเกสรัดประดับ (bract) จำนวน 1 อัน สีเขียวเข้มและมีต่อมขนาดเล็กสีเขียวอ่อนกระจายอยู่ทั่วไป อีกทั้งมีตาดอกและตายอด (ภาพที่ 4)

ใบ เป็นใบเดี่ยว (simple) สีเขียว รูปฝ่ามือ (palmate) มี 3 - 5 แฉก กว้าง 19.30 - 35.40 ซม. ยาว 18.40 - 40.90 ซม. เส้นใบด้านบนสีเขียวอ่อน ด้านล่างสีเขียวอ่อนและนูน สีใบด้านบนสีเขียวเข้ม ด้านล่างสีเขียวอ่อนออกเทา ลักษณะใบหนาคล้ายหนัง (coriaceous) ผิวเรียบเป็นคลื่น โคนใบรูปหัวใจ (cordate) ขอบใบเป็นคลื่น (undulate) ปลายใบเป็นติ่งแหลม (cuspidate) ยอดอ่อนสีเขียว ก้านใบสีเขียว ยาว 6.17 - 13.50 ซม. หนา 0.36 - 0.56 ซม. เกสรัดประดับสีเขียวเข้มและมีต่อมขนาดเล็กสีเขียวอ่อนเป็นมันวาว กว้าง 0.46 - 0.74 ซม. ยาว 0.41 - 0.84 ซม. หนา 0.19 - 0.35 ซม. มือจับสีเขียว เมื่ออายุมากเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (ภาพที่ 4)

ดอกเพศผู้ เป็นดอกช่อแบบกระจุก (raceme) กว้าง 3.70 - 10.50 ซม. ยาว 21.10 - 31.70 ซม. จำนวน 18 - 21 ดอกต่อช่อ ก้านช่อดอก (peduncle) สีน้ำตาลออกแดงมีขนละเอียดสีน้ำตาลออกเขียว คล้ายกำมะหยี่ปกคลุม ยาว 26.20 - 31.50 ซม. หนา 0.45 - 0.62 ซม. บริเวณโคนก้านช่อดอก มีเกสรัดประดับสีเขียวเข้มและมีต่อมขนาดเล็กสีเขียวอ่อน กว้าง 0.89 - 1.23 ซม. ยาว 0.55 - 0.60 ซม. หนา 0.17 - 0.22 ซม. ก้านดอกย่อย (pedicel) สั้นมาก ดอกเป็นรูปกรวย (funnelform) สีขาวออกเขียวหรือครีมออกเขียว กว้าง 1.84 - 2.32 ซม. ยาว 7.60 - 9.20 ซม. กลีบเลี้ยงลดรูปคล้ายเกสรัด จำนวน 5 กลีบ รูปไข่ (ovate) หรือรูปสามเหลี่ยม (deltoid) กว้าง 0.25 - 0.31 ซม. ยาว 0.30 - 0.41 ซม. บริเวณกลางกลีบมีสัน ด้านนอกสีน้ำตาลออกเหลือง ผิวมีขนละเอียดสีน้ำตาลออกเขียวคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม และมีต่อมขนาดเล็กสีเขียวเข้มบริเวณสันกลีบ ด้านในสีครีมออกเหลือง โคนกลีบเชื่อมติดกันเป็นหลอดยาว (campanulate) ขอบกลีบเรียบ (entire) ปลายกลีบแหลม (acuminate) กลีบดอก จำนวน 5 กลีบ รูปร่างค่อนข้างกลมหรือรูปไข่กลับ กว้าง 2.50 - 3.01 ซม. ยาว 3.98 - 4.15 ซม. ด้านนอกสีน้ำตาลออกเหลืองหรือสีครีมออกเขียว มีเส้นสีน้ำตาลเข้ม จำนวน 3 เส้น เส้นข้าง 2 เส้น แตกแขนง มีขนละเอียดสีน้ำตาลออกเขียวคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม ด้านในสีครีมออกเหลืองหรือสีเหลือง มีเส้นสีเหลืองออกเขียว จำนวน 3 เส้น เส้นข้าง 2 เส้น แตก

แขนง โคนกลีบเชื่อมติดกับกลีบเลี้ยง ขอบเป็นคลื่น ปลายกลีบเป็นชายครุย (filament) ยาวมาก ยาว 9.78 - 25.68 ซม. โคนชายครุยสีเหลืองปลายสีเหลืองเข้มออกส้ม ลักษณะเหนียวมีฝงละเอียดสีเหลืองคล้ายละอองเรณู เกสรเพศผู้ จำนวน 3 อัน ก้านชูเกสรเพศผู้ สีขาวออกครีม ยาว 0.97 - 1.23 ซม. โคนเชื่อมติดกับกลีบดอก ส่วนปลายเกสรเพศผู้ สีขาวออกเหลืองและเชื่อมติดกัน รูปร่างกลมและหยักเว้ามีลักษณะเป็น 3 พู (ภาพที่ 4)

ดอกเพศเมีย เป็นดอกเดี่ยว ก้านดอก สีน้ำตาลออกเขียวมีขนละเอียดสีน้ำตาลออกเขียวคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม ยาว 2.31 - 3.09 ซม. หนา 0.60 - 0.67 ซม. บริเวณโคนก้านดอกมีเกิร์ตประดับสีเขียวเข้มและมีต่อมขนาดเล็กสีเขียวอ่อน ดอกรูปร่างแบบกรวย สีขาวออกเขียวหรือครีมออกเขียว กว้าง 9.00 - 10.50 ซม. ยาว 9.64 - 11.76 ซม. กลีบเลี้ยงลดรูปคล้ายเกล็ด จำนวน 5 กลีบ รูปไข่หรือรูปสามเหลี่ยม กว้าง 0.28 - 0.44 ซม. ยาว 0.34 - 0.48 ซม. บริเวณกลางกลีบมีสัน ด้านนอกสีเขียวออกน้ำตาล ผิวมีขนละเอียดสีน้ำตาลออกเขียวคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม และมีต่อมขนาดเล็กสีเขียวเข้มบริเวณสันกลีบ ด้านในสีขาวออกเขียว โคนกลีบเชื่อมติดกันเป็นหลอดยาว ขอบกลีบเรียบ ปลายกลีบแหลม กลีบดอก จำนวน 5 กลีบ รูปร่างค่อนข้างกลม (globular) หรือรูปไข่กลับ (obovate) กว้าง 2.00 - 4.00 ซม. ยาว 3.60 - 5.00 ซม. ด้านนอกสีน้ำตาลออกเขียว มีเส้นสีเขียวอ่อน จำนวน 3 เส้น เส้นข้าง 2 เส้น แตกแขนง มีขนละเอียดสีน้ำตาลออกเขียวคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม ด้านในสีขาวครีมหรือสีขาวออกเขียว มีเส้นสีเขียวอ่อน จำนวน 3 เส้น เส้นข้าง 2 เส้น แตกแขนง โคนกลีบเชื่อมติดกับกลีบเลี้ยง ขอบเป็นคลื่น ปลายกลีบเป็นชายครุยยาวมาก ยาว 10.00 - 29.08 ซม. โคนชายครุยสีขาวครีม ปลายสีขาวออกเขียว มีลักษณะเหนียวมีฝงละเอียดสีเหลืองอ่อนคล้ายละอองเรณู ตำแหน่งรังไข่อยู่ใต้วงกลีบ (inferior ovary) รูปร่างไข่กลมหรือรูปหัวใจกลับ (obcordate) สีน้ำตาลออกเขียว ผิวไม่เรียบมีต่อมขนาดเล็กสีเขียวอ่อนกระจายอยู่ทั่วไป และมีขนละเอียดสีน้ำตาลออกเขียวคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม กว้าง - 2.76 - 3.06 ซม. ยาว 2.55 - 2.92 ซม. ก้านชูเกสรเพศเมีย เชื่อมติดกับกลีบดอก ปลายเกสรเพศเมีย สีขาวครีมลักษณะหยักเป็น 3 พู จำนวนช่องว่างภายในรังไข่ มี 3 ช่อง แต่ละช่อง มี 4 ออวูล ติดกับผนังรังไข่แบบตามแนวตะเข็บ (parietal placentation) (ภาพที่ 4)

ผล เป็นผลเดี่ยว มีขนาดใหญ่ จำนวน 12 - 45 ผลต่อต้น ก้านผลสีเขียวเข้มหรือเขียวออกน้ำตาล ยาว 3.90 - 6.00 ซม. หนา 0.84 - 0.98 ซม. ผลรูปร่างกลมแป้น มีเขียวหม่นหรือเขียวออกเทา ผิวเรียบเป็นร่อง จำนวน 10 - 13 ร่องต่อผล น้ำหนักผล 1.41 - 2.71 กิโลกรัม กว้าง 14.60 - 23.10 ซม. ยาว 12.20 - 16.02 ซม. เปลือกสีขาวออกเขียว หนา 3.39 - 4.70 ซม. (ภาพที่ 4)

เมล็ด เรียกว่า “ไพรีน” (pyrene) แต่ละไพรีน มี 1-3 เมล็ด จำนวน 6 ไพรีน สีน้ำตาลออกแดง รูปร่างกลมและแบน โดยด้านหนึ่งแบนและมีร่องชัดเจน กว้าง 1.55 - 3.91 ซม. ยาว 2.58 - 7.89 ซม. หนา 1.65 - 3.16 ซม. น้ำหนัก 10.00 - 98.00 กรัม เนื้อในเมล็ดสีขาวครีมหรือขาวออกเหลือง (ภาพที่ 4)

2.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ *H. heteroclita* (Roxb.) Hook. f. & Thomson subspecies *indochinensis* W. J. de Wilde & Duyfjes.

ลำต้น เป็นเถาขนาดใหญ่ ยาว 15 - 100 เมตร ขนาดเส้นรอบวง 14.80 - 44.80 ซม. สีครีมออกเขียวหรือน้ำตาลออกเขียว ลักษณะผิวเปลือกขรุขระและแตกเป็นร่อง เมื่ออายุน้อยมีข้อปล้องชัดเจนและเมื่อมีอายุมากขึ้นข้อปล้องจะเห็นไม่ชัดเจน แต่ละข้อมีจำนวน 1 ใบ มือจับ 1 เส้น แตกแขนงเป็น 2-3 เส้น มีเกร็ดประดับ จำนวน 1 อัน สีเขียวเข้มและมีต่อมขนาดเล็กสีเขียวอ่อนกระจายอยู่ทั่วไป อีกทั้งมีตาดอกและตายอด (ภาพที่ 5)

ใบ เป็นใบเดี่ยว สีเขียว รูปฝ่ามือ มี 3 - 5 แฉก กว้าง 14.8 - 29.0 ซม. ยาว 12.5 - 36.1 ซม. เส้นใบด้านบนสีน้ำตาลออกแดง ด้านล่างสีน้ำตาลออกแดงและนูน สีใบด้านบนสีเขียวเข้ม ด้านล่างสีเขียวอ่อนออกเทา ลักษณะใบหนาคล้ายหนัง ผิวเป็นเรียบเป็นคลื่น โคนใบรูปหัวใจ ขอบใบเป็นคลื่น ปลายใบเป็นติ่งแหลม ยอดอ่อนสีน้ำตาลออกแดง ก้านใบสีน้ำตาลออกเขียว ยาว 4.45 - 6.50 ซม. หนา 0.31 - 0.43 ซม. เกล็ดประดับสีเขียวเข้มและมีต่อมขนาดเล็กสีเขียวอ่อนเป็นมันวาว กว้าง 0.52 - 0.74 ซม. ยาว 0.66 - 0.82 ซม. หนา 0.20 - 0.41 ซม. มือจับสีน้ำตาลออกแดง เมื่อมีอายุมากเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลออกเหลือง (ภาพที่ 5)

ดอกเพศผู้ เป็นดอกช่อแบบกระจุก กว้าง 4.19 - 10.50 ซม. ยาว 29.10 - 39.20 ซม. จำนวน 20 - 23 ดอกต่อช่อ ก้านช่อดอก สีน้ำตาลออกแดงมีขนละเอียดสีน้ำตาลแดงคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม ยาว 26.20 - 31.50 ซม. หนา 0.45 - 0.62 ซม. บริเวณโคนก้านช่อดอก มีเกร็ดประดับสีเขียวเข้มและมีต่อมขนาดเล็กสีเขียวอ่อน กว้าง 0.77 - 1.04 ซม. ยาว 0.43 - 0.62 ซม. หนา 0.19 - 0.24 ซม. ก้านดอกย่อย สั้นมาก ดอกเป็นรูปกรวย สีน้ำตาลออกเหลืองหรือครีมออกเหลือง กว้าง 1.14 - 1.84 ซม. ยาว 4.39 - 7.6 ซม. กลีบเลี้ยงลดรูปคล้ายเกล็ด จำนวน 5 กลีบ รูปไข่ หรือรูปสามเหลี่ยม กว้าง 0.52 - 0.98 ซม. ยาว 0.39 - 0.87 ซม. บริเวณกลางกลีบมีสัน ด้านนอกสีน้ำตาลออกเหลือง ผิวมีขนละเอียดสีน้ำตาลแดงคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม และมีต่อมขนาดเล็กสีเขียวเข้มบริเวณสันกลีบ ด้านในสีครีมออกเหลือง โคนกลีบเชื่อมติดกันเป็นหลอด ยาว ขอบกลีบเรียบ ปลายกลีบแหลม กลีบดอก จำนวน 5 กลีบ รูปร่างค่อนข้างกลมหรือรูปไข่กลับ กว้าง 1.82 - 2.48 ซม. ยาว 1.64 - 1.89 ซม. ด้านนอกสีน้ำตาลออกเหลืองหรือสีครีมออกเขียว มีเส้นสีน้ำตาลเข้ม จำนวน 3 เส้น เส้นข้าง 2 เส้น แตกแขนง มีขนละเอียดสีน้ำตาลแดงคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม ด้านในสีครีมออกเหลืองหรือสีเหลือง มีเส้นสีเหลืองออกเขียว จำนวน 3 เส้น เส้นข้าง 2 เส้น แตกแขนง โคนกลีบ

เชื่อมติดกับกลีบเลี้ยง ขอบเป็นคลื่น ปลายกลีบเป็นชายครุยยาวมาก ยาว 5.88 - 9.78 ซม. โคนชายครุยสีเหลืองปลายสีเหลืองเข้มออกส้ม มีลักษณะเหนียวมีผงละเอียดสีเหลืองคล้ายละอองเรณู เกสรเพศผู้ จำนวน 3 อัน ก้านชูเกสรเพศผู้ สีขาวออกครีม ยาว 0.98 - 1.23 ซม. โคนเชื่อมติดกับกลีบดอก ส่วนปลายเกสรเพศผู้ สีขาวออกเหลืองและเชื่อมติดกัน รูปร่างกลมและหยักเว้ามีลักษณะเป็น 3 พู (ภาพที่ 5)

ดอกเพศเมีย เป็นดอกเดี่ยว ก้านดอก สีน้ำตาลออกแดงมีขนละเอียดปกคลุม ยาว 3.90- 4.30 ซม. หนา 0.44 - 0.51 ซม. บริเวณโคนก้านดอกมีเกิร์ตประดับสีเขียวเข้มและมีต่อมขนาดเล็กสีเขียวอ่อน ดอกรูปร่างแบบกรวย สีน้ำตาลออกเหลืองหรือครีมออกเหลือง กว้าง 8.10 - 11.30 ซม. ยาว 11.42 - 15.50 ซม. กลีบเลี้ยงลดรูปคล้ายเกล็ด จำนวน 5 กลีบ รูปไข่หรือรูปสามเหลี่ยม กว้าง 0.48 - 0.69 ซม. ยาว 0.35 - 0.45 ซม. บริเวณกลางกลีบมีสัน ด้านนอกสีน้ำตาลออกเหลือง ผิวมีขนละเอียดสีน้ำตาลแดงคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม และมีต่อมขนาดเล็กสีเขียวเข้มบริเวณสันกลีบ ด้านในสีครีมออกเหลือง โคนกลีบเชื่อมติดกันเป็นหลอดยาว ขอบกลีบเรียบ ปลายกลีบแหลม กลีบดอก จำนวน 5 กลีบ รูปร่างค่อนข้างกลมหรือรูปไข่กลับ กว้าง 5.00 - 7.00 ซม. ยาว 3.32 - 3.56 ซม. ด้านนอกสีน้ำตาลออกเหลืองหรือสีครีมออกเหลือง มีเส้นสีน้ำตาลเข้ม จำนวน 3 เส้น เส้นข้าง 2 เส้น แตกแขนง มีขนละเอียดสีน้ำตาลแดงคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม ด้านในสีครีมออกเหลืองหรือสีเหลือง มีเส้นสีเหลืองออกเขียว จำนวน 3 เส้น เส้นข้าง 2 เส้น แตกแขนง โคนกลีบเชื่อมติดกับกลีบเลี้ยง ขอบเป็นคลื่น ปลายกลีบเป็นชายครุยยาวมาก ยาว 2.70 - 5.68 ซม. โคนชายครุยสีเหลืองปลายสีเหลืองเข้มออกส้ม มีลักษณะเหนียวมีผงละเอียดสีเหลืองคล้ายละอองเรณู รังไข่ เป็นแบบรังไข่อยู่ใต้วงกลีบ รูปร่างกลม สีน้ำตาลออกแดง ผิวไม่เรียบมีขนละเอียดสีน้ำตาลแดงคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม กว้าง 1.98 - 2.31 ซม. ยาว 2.10 - 2.36 ซม. ก้านชูเกสรเพศเมีย เชื่อมติดกับกลีบดอก ปลายเกสรเพศเมีย สีขาวครีมลักษณะหยักเป็น 3 พู จำนวนช่องว่างภายในรังไข่ มี 3 ช่อง แต่ละช่อง มี 4 ออวูล ติดกับผนังรังไข่แบบตามแนวตะเข็บ (ภาพที่ 5)

ผล เป็นผลเดี่ยว มีขนาดใหญ่ จำนวน 10 - 30 ผลต่อต้น ก้านผลสีเขียวเข้มออกน้ำตาล ยาว 4.8 - 7.0 ซม. หนา 0.71 - 1.18 ซม. รูปร่างกลมแบน มีเขียวหม่นหรือเขียวออกเทา ผิวเรียบ น้ำหนักผล 1.10 - 2.1 กิโลกรัม กว้าง 13.00 - 19.20 ซม. ยาว 11.50 - 17.52 ซม. เปลือกสีขาวออกเขียว หนา 2.53 - 3.47 ซม. (ภาพที่ 5)

เมล็ด เรียกว่า “ไพรีน” (pyrene) แต่ละไพรีน มี 1 - 3 เมล็ด จำนวน 6 ไพรีน สีน้ำตาลออกแดง รูปร่างกลมและแบน โดยด้านหนึ่งแบนและมีร่องชัดเจน กว้าง 2.75 - 5.44 ซม. ยาว 5.22 - 8.18 ซม. หนา 1.65 - 3.16 ซม. น้ำหนัก 12.90 - 69.30 กรัม เนื้อในเมล็ดสีขาวครีมหรือขาวออกเหลือง (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 4 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ *H. heteroclitia* subsp. *heteroclitia*

ก = ใบ ข และ ค = ดอกเพศเมีย ง = ดอกเพศผู้ จ = ผล ฉ = เมล็ด



ภาพที่ 5 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis*

ก = ใบ ข = ดอกเพศผู้ ค และ ง = ดอกเพศเมีย จ = ผล ฉ = เมล็ด

3. การเจริญเติบโตของดอกมะกิ้ง

มะกิ้งเป็นพืชวงศ์แตง (Cucurbitaceae) มีดอกไม้สมบูรณ์เพศและดอกแยกเพศต่างต้น (Dioecious) โดยดอกเพศผู้และเพศเมียอยู่เพศละต้นทำให้เป็นพืชผสมข้าม มะกิ้งทั้ง 2 ชนิดย่อย มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทั้งดอกเพศผู้และเพศเมีย ช่วงระยะเวลาในการพัฒนาของดอกคล้ายคลึงกัน โดยดอกเพศผู้จะออกดอกเป็นช่อส่วนเพศเมียเป็นดอกเดี่ยว ดอกใช้เวลาบานเพียง 1 วัน เช่นเดียวกัน และบานในช่วงเวลา 22.00 - 05.00 น. จากนั้นจะร่วงหล่น ในการแทงดอกและช่อดอกตาดอกจะสร้างที่บริเวณข้อของเถาแขนงเท่านั้นซึ่งแตกออกมาจากเถาหลักโดยเถาหลักจะไม่มีตาดอกมีเพียงตาใบและตาเถาแขนง นอกจากนี้ยังมีเถาที่เลื้อยไปตามพื้นดินซึ่งไม่มีการสร้างใบและดอกเพียงเพื่อใช้ในการหาอาหารและน้ำ ดอกเพศผู้จะสร้างตาดอกที่ข้อของเถาแขนงแทบจะทุกข้อเริ่มจากข้อที่ 3 เป็นต้นไป โดยดอกจะทยอยบานที่ละดอกจนกระทั่งบานหมดทั้งข้อและช่อดอกจะร่วงหล่น และในปีถัดไปจะเริ่มมีการสร้างตาดอกจากเถาแขนงกิ่งใหม่ สำหรับดอกเพศเมียจะสร้างตาดอกที่ข้อของเถาแขนงบริเวณโคนก้านใบเช่นกัน โดยตาดอกจะสร้างเฉพาะข้อที่ 3 - 7 เท่านั้น ฉะนั้นจะพบการติดผลของมะกิ้งมากที่สุดเพียง 3 ผลต่อเถาแขนง ซึ่งดอกเพศเมียตั้งแต่ข้อที่ 6 - 7 ไม่สามารถพัฒนาไปเป็นผลได้สำเร็จเนื่องด้วยไม่ได้รับการผสมและถูกสลัดทิ้ง

3.1 การเจริญเติบโตของดอกมะกิ้งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita*

ดอกเพศผู้ เริ่มแทงช่อดอกในเดือนตุลาคม โดยจะแทงช่อดอกที่บริเวณข้อของเถาแขนง ซึ่งในแต่ละข้อจะมีตาใบและตาดอกอยู่ตรงข้ามกัน ดอกมีลักษณะเป็นช่อ สีสน้ำตาลออกเขียวมีขนละเอียดคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตจนกระทั่งดอกเริ่มบาน 50 - 60 วัน ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงธันวาคม จากนั้นดอกจะทยอยบานที่ละดอกใช้ระยะเวลา 90 - 100 วัน จนกระทั่งบานหมดทั้งข้อ ตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ ช่อดอกมีจำนวน 5 - 15 ดอก ดอกจะบานในเวลากลางคืนตั้งแต่เวลา 22.00 - 5.00 น. และบานเพียงวันเดียว (ภาพที่ 6)

ดอกเพศเมีย เริ่มแทงดอกในเดือนพฤศจิกายน โดยจะแทงดอกที่บริเวณข้อของเถาแขนงเช่นเดียวกับดอกเพศผู้ ดอกเป็นดอกเดี่ยว สีสน้ำตาลออกเขียวมีขนละเอียดคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม บริเวณใกล้กับโคนก้านดอกจะเห็นรังไข่รูปร่างหัวใจชัดเจน ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโต 50 - 60 วัน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม ดอกจะเริ่มบานเมื่ออายุ 55 - 60 วัน ในเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ บานเฉพาะในเวลากลางคืนและบานเพียงวันเดียวเช่นเดียวกับดอกเพศผู้ หลังจากที่ได้รับการผสมแล้วจะเริ่มติดผลในเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม และใช้เวลาในการเจริญเติบโต 5 - 6 เดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม จนกระทั่งถึงระยะผลสุกแก่ใช้เวลา 6 - 7 เดือน ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงตุลาคม ผลเมื่อเริ่มสุกจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีดำหรือน้ำตาลออกดำและแตก (ภาพที่ 7)



ระยะเริ่มแทงช่อดอก

เดือนตุลาคม



ระยะช่อดอกเจริญเติบโต

25 - 30 วัน

เดือนตุลาคม - พฤศจิกายน



ระยะช่อดอกเจริญเติบโต

50 - 60 วัน

เดือนตุลาคม - ธันวาคม



ระยะดอกบาน

90 - 100 วัน

เดือนธันวาคม - กุมภาพันธ์

ภาพที่ 6 การเจริญเติบโตดอกเพศผู้ของ *H. heteroclita* subsp. *heteroclita*



ระยะเริ่มแทงดอก

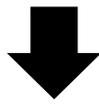
เดือนพฤศจิกายน



ระยะดอกเจริญเติบโต

50 - 60 วัน

เดือนพฤศจิกายน - มกราคม



ระยะดอกบาน

55 - 60 วัน

เดือนมกราคม - กุมภาพันธ์



ระยะเริ่มติดผล

60 - 70 วัน

เดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม





ระยะผลเจริญเติบโต

1 - 2 เดือน

เดือนมีนาคม - เมษายน



ระยะผลเจริญเติบโต

3 - 4 เดือน

เดือนพฤษภาคม - มิถุนายน



ระยะผลเจริญเติบโตเต็มที่

5 - 6 เดือน

เดือนกรกฎาคม - สิงหาคม



ระยะผลสุกแก่

6 - 7 เดือน

เดือนกันยายน - ตุลาคม

ภาพที่ 7 การเจริญเติบโตดอกเพศเมียของ *H. heteroclitia* subsp. *heteroclitia*

3.2 การเจริญเติบโตของดอกมะกิงชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *indochinesis*

ดอกเพศผู้ เริ่มแทงช่อดอกในเดือนธันวาคม ดอกมีลักษณะเป็นช่อ สีสน้ำตาลออกเหลืองมีขนละเอียดคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม โดยจะแทงช่อดอกที่บริเวณข้อของเถาแขนง ซึ่งในแต่ละช่อจะมีตาใบและตาดอกอยู่ตรงข้ามกัน เมื่อดอกเริ่มแทงช่อดอกจะปรากฏลักษณะของตุ่มดอกขนาดเล็ก จำนวน 2 - 3 ดอก สีสน้ำตาลมีขนละเอียดคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม และปรากฏเกล็ดประดับขนาดเล็กสีเขียว เมื่อเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตของช่อดอก 25 - 30 วัน ในช่วงเดือนธันวาคมถึงมกราคม ช่อดอกยืดยาวและตุ่มดอกสีน้ำตาลขยายขนาดเพิ่มมากขึ้น และสามารถเห็นเกล็ดประดับบริเวณโคนก้านดอกชัดเจนสีเขียวเข้มมีต่อมขนาดเล็กสีเขียวอ่อนกระจายอยู่ทั่วไป ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตจนกระทั่งดอกเริ่มบาน 50 - 60 วัน ตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ จำนวนดอกต่อช่อเพิ่มขึ้น ช่อดอกยืดยาวและขยายขนาดอย่างรวดเร็ว ดอกที่พร้อมจะบานมีก้านดอกยาวมากสีเหลืองออกน้ำตาล กลีบเลี้ยงลดรูปมีลักษณะคล้ายเกล็ดสีเหลืองออกเขียว กลีบดอกตูมเต็มที่มีสีเหลืองมีเส้นแตกแขนงสีน้ำตาลออกเขียว จากนั้นดอกจะทยอยบานทีละดอกใช้ระยะเวลา 90 - 100 วัน จนกระทั่งบานหมดทั้งช่อตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม ช่อดอกมีจำนวน 5 - 30 ดอก ดอกจะบานในเวลากลางคืนตั้งแต่เวลา 22.00 - 5.00 น. และบานเพียงวันเดียว (ภาพที่ 8)

ดอกเพศเมีย เริ่มแทงดอกในเดือนมกราคม โดยจะแทงดอกที่บริเวณข้อของเถาแขนงเช่นเดียวกับดอกเพศผู้ ดอกเป็นดอกเดี่ยว สีสน้ำตาลออกเหลืองมีขนละเอียดคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม บริเวณใกล้กับโคนก้านดอกจะมองเห็นรังไข่รูปทรงกลมชัดเจน ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโต 50 - 60 วัน ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงมีนาคม รังไข่มีการขยายขนาดและมีจุดสีเหลืองทั่วไป ดอกยืดยาว กลีบเลี้ยงลดรูปเป็นเกล็ดสีเหลืองออกเขียว กลีบดอกตูมเต็มที่มีสีเหลืองมีเส้นแตกแขนงสีน้ำตาลออกเขียวบริเวณกลางกลีบตามยาว ดอกจะเริ่มบานเมื่ออายุ 55 - 60 วัน ในเดือนมีนาคมและเมษายน บานเฉพาะในเวลากลางคืนและบานเพียงวันเดียวเช่นเดียวกับดอกเพศผู้ หลังจากที่ได้รับการผสมแล้วจะเริ่มติดผลใช้ระยะเวลา 60 - 70 วัน ในเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม รังไข่ขยายขนาดเพิ่มขึ้นสีน้ำตาลออกเหลือง ผิวขรุขระ มีต่อมนูนสีน้ำตาลเข้มกระจายอยู่ทั่วไป และเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตของผล 1 - 2 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน รังไข่ขยายขนาดอย่างรวดเร็ว สีครีมออกเหลือง มีต่อมนูนเล็กน้อยสีน้ำตาลออกเขียว เมื่อผลเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโต 3 - 4 เดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม รังไข่หรือผลเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเขียวออกเทา มีจุดสีน้ำตาลออกเขียว และเข้าสู่ระยะผลเจริญเติบโตเต็มที่ 5 - 6 เดือน ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงตุลาคม ผลที่เจริญเต็มที่ที่มีสีเขียวและปกคลุมด้วยไข (wax) สีเทา จนกระทั่งถึงระยะผลสุกแก่ใช้เวลา 6 - 7 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม ผลเมื่อเริ่มสุกจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีดำหรือน้ำตาลออกดำและแตก (ภาพที่ 9)



ระยะเริ่มแทงช่อดอก

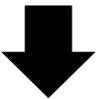
เดือนธันวาคม



ระยะช่อดอกเจริญเติบโต

25 - 30 วัน

เดือนธันวาคม - มกราคม



ระยะช่อดอกเจริญเติบโต

50 - 60 วัน

เดือนธันวาคม - กุมภาพันธ์



ระยะดอกบาน

90 - 100 วัน

เดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม

ภาพที่ 8 การเจริญเติบโตดอกเพศผู้ของ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis*



ระยะเริ่มแทงดอก

เดือนมกราคม



ระยะดอกเจริญเติบโต

50 - 60 วัน

เดือนมกราคม - มีนาคม



ระยะดอกบาน

55 - 60 วัน

เดือนมีนาคม - เมษายน



ระยะเริ่มติดผล

60 - 70 วัน

เดือนเมษายน - พฤษภาคม





ระยะผลเจริญเติบโต

1 - 2 เดือน

เดือนพฤษภาคม - มิถุนายน



ระยะผลเจริญเติบโต

3 - 4 เดือน

เดือนกรกฎาคม - สิงหาคม



ระยะผลเจริญเติบโตเต็มที่

5 - 6 เดือน

เดือนกันยายน - ตุลาคม



ระยะผลสุกแก่

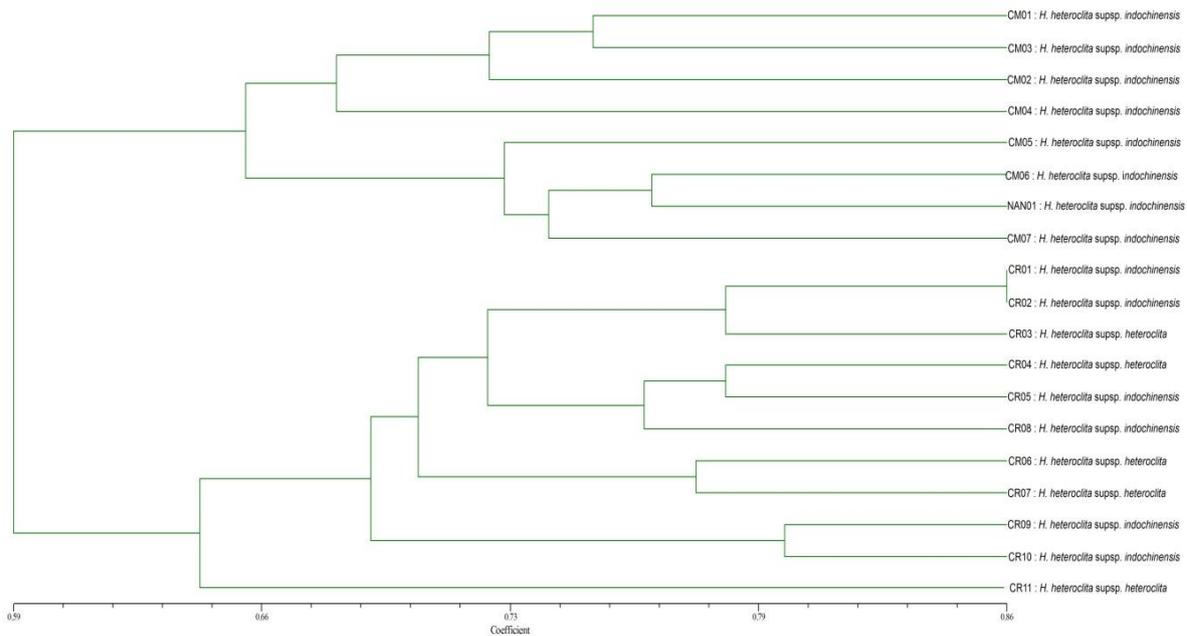
6 - 7 เดือน

เดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม

ภาพที่ 9 การเจริญเติบโตดอกเพศเมียของ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis*

4. การวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมของมะกั้ง

จากการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของมะกั้งจำนวน 19 ตัวอย่าง ได้แก่ CR01 CR02 CR03 CR04 CR05 CR06 CR07 CR08 CR09 CR10 CR11 CM01 CM02 CM03 CM04 CM05 CM06 CM07 และ NAN01 แบ่งเป็น *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* จำนวน 5 ตัวอย่าง และ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* จำนวน 14 ตัวอย่าง โดยใช้เครื่องหมาย ISSR จำนวน 10 ชนิด พบว่า มะกั้งที่นำมาศึกษาทั้งหมดมีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมกันตั้งแต่ 0.59 ถึง 0.86 หรือ 59 เปอร์เซ็นต์ ถึง 86 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าทุกหมายเลขมีพันธุกรรมที่แตกต่างกันทั้งสิ้น เมื่อวิเคราะห์การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม พบว่าแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ อย่างชัดเจนที่ระดับ 0.59 โดยกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* จำนวน 8 หมายเลข ได้แก่ CM01 CM03 CM02 CM04 CM05 CM06 NAN01 และ CM07 ภายในกลุ่มที่ 1 นี้ยังสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้อีก ในกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย 11 หมายเลข ที่รวมทั้ง *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* และ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* โดยตัวอย่างทั้งหมดเป็นตัวอย่างจากสำรวจจาก CR01 และ CR02 อาจกระจายพันธุ์มาจากต้นกำเนิดเดียวกัน เนื่องจากมีความใกล้ชิดกันในระดับ 0.86 หรือ 86 เปอร์เซ็นต์ ในกลุ่มที่ 2 นี้ พบว่า CR11 ซึ่งเป็นชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* นั้นน่าจะมีความแตกต่างจากชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* อย่างชัดเจนหรือเด่นชัด ในขณะที่ CR06 CR07 CR03 และ CR04 นั้นอาจมีความแตกต่างจากชนิดย่อย subsp. *indochinensis* น้อยกว่า จะเห็นได้ว่าตัวอย่างในกลุ่มที่ 2 นี้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมที่สูงกว่ากลุ่มที่ 1 ทั้งนี้สืบเนื่องจากการรวมทั้ง 2 ชนิดย่อยมาอยู่ในกลุ่มนี้ ในขณะที่กลุ่มที่ 1 มีเพียงชนิดย่อยเดียว เมื่อพิจารณาถึงความหลากหลายทางพันธุกรรมของชนิดย่อยทั้ง 2 ชนิด ที่รวบรวมได้ในงานวิจัยนี้ จะพบว่าชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* มีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูงกว่าชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* สังเกตได้จากการกระจายของ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* ในทั้ง 2 กลุ่มใหญ่ ในขณะที่ *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* พบอยู่ในเฉพาะกลุ่มที่ 2 นอกจากนี้ยังพบว่าการแยกกลุ่มของมะกั้งที่นำมาศึกษาทั้ง 2 ชนิดย่อยนี้ สอดคล้องกับแหล่งกระจายพันธุ์เดิม ทั้งนี้อาจจะเกิดจากตัวอย่างที่รวบรวมได้ของแต่ละหมายเลขมาจากแหล่งปลูกที่อยู่ใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 เต้นโดรแกรมแสดงความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของมะกิ้งทั้ง 19 ตัวอย่าง

UPGMA dendrogram of the genetic relationships among 19 accessions of *Hodgsonia heteroclita* (Roxb.) Hook.f. & Thomson, collected from 19 different Locations of 3 provinces. The dendrogram was generated using the Nei and Lee similarity coefficient based on 10 ISSR primers. Dendrogram was calculated by NTSys 2.0e Program.

5. การวิเคราะห์สารสำคัญของเมล็ดมะกิ้ง

5.1 สารสำคัญที่พบใน *H. heteroclita* subsp. *heteroclita*

จากการวิเคราะห์สารสำคัญของเมล็ดมะกิ้งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* จำนวน 5 ตัวอย่าง พบสารสำคัญในเมล็ดมะกิ้ง ดังนี้ กรดไขมัน กรดอะมิโน โปรตีนและวิตามินอี (ตารางที่ 3)

5.1.1 กรดไขมัน (Fatty acid)

กรดไขมันเป็นกรดอินทรีย์ที่ประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน กรดไขมันที่มีพันธะระหว่างอะตอมของคาร์บอนเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด เรียกว่า กรดไขมันอิ่มตัว แต่กรดไขมันที่มีพันธะระหว่างอะตอมของคาร์บอนมากกว่าพันธะ เรียกว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัว กรดไขมันที่พบในอาหารมีขนาดโมเลกุลประกอบด้วยคาร์บอนตั้งแต่ 4 - 26 อะตอม ส่วนกรดไขมันที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้เองต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น จึงเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย และผลการวิเคราะห์กรดไขมันของเมล็ดมะกิ้งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* พบว่า เนื้อในเมล็ดมะกิ้งมีกรดไขมันที่เป็นประโยชน์มากมายหลายชนิด ซึ่งสามารถจำแนกกรดไขมันตามลักษณะโครงสร้างได้ 2 ประเภท ดังนี้

5.1.1.1 กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid)

กรดไขมันอิ่มตัวมีโครงสร้างอะตอมคาร์บอนและไฮโดรเจนเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเดี่ยวตลอดสาย กรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากที่สุดในธรรมชาติ คือ กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid) รองลงมาคือ กรดไมริสติก (Myristic acid) ซึ่งกรดไขมันอิ่มตัวเหล่านี้ร่างกายได้รับจากอาหารหรือสังเคราะห์เองได้

เนื้อในของเมล็ดมะกั่งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว ตั้งแต่ 28.6 - 32.0 กรัมต่อ 100 กรัม ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว จำนวน 11 ชนิด ได้แก่ 1) กรดลอริก (Lauric acid) มีปริมาณ 0.01 กรัมต่อ 100 กรัม 2) กรดไมริสติก (Myristic acid) มีปริมาณ 0.05 - 0.07 กรัมต่อ 100 กรัม 3) กรดเพนตะดีคานอิก (Pentadecanoic acid) มีปริมาณ 0.01 กรัมต่อ 100 กรัม 4) กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid) มีปริมาณ 21.70 - 25.10 กรัมต่อ 100 กรัม 5) กรดเฮพตะดีคานอิก (Heptadecanoic acid) มีปริมาณ 0.06 - 0.10 กรัมต่อ 100 กรัม 6) กรดสเตียริก (Stearic acid) มีปริมาณ 4.40 - 6.57 กรัมต่อ 100 กรัม 7) กรดอะราซิติค (Arachidic acid) มีปริมาณ 0.34 - 0.40 กรัมต่อ 100 กรัม 8) กรดไอโคซีนอิก (Icosanoic acid) มีปริมาณ 0.06 - 0.07 กรัมต่อ 100 กรัม 9) กรดบีฮีนิก (Behenic acid) มีปริมาณ 0.15 - 0.17 กรัมต่อ 100 กรัม 10) กรดไตรโคซานอิก (Tricosanoic acid) มีปริมาณ 0.03 กรัมต่อ 100 กรัม และ 11) กรดลิโนซีริก (Lignoceric acid) มีปริมาณ 0.05 - 0.90 กรัมต่อ 100 กรัม และจากการวิเคราะห์กรดไขมันอิ่มตัวในเมล็ดมะกั่ง พบว่า กรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากที่สุด ได้แก่ กรดปาล์มมิติก เท่ากับ 21.70 - 25.10 กรัมต่อ 100 กรัม รองลงมา ได้แก่ กรดสเตียริก เท่ากับ 4.40 - 6.57 กรัมต่อ 100 กรัม กรดอะราซิติค เท่ากับ 0.34 - 0.40 กรัมต่อ 100 กรัม และกรดบีฮีนิก เท่ากับ 0.15 - 0.17 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ กรดอะมิโนที่พบน้อยที่สุด คือ กรดลอริกและเพนตะดีคานอิก เท่ากับ 0.01 กรัมต่อ 100 กรัม

5.1.1.2 กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid)

กรดไขมันไม่อิ่มตัวมีพันธะคู่อยู่บนโครงสร้างคาร์บอน ตรงตำแหน่งพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีโครงสร้าง 2 แบบ คือ แบบ *cis* และ *trans* ส่วนใหญ่กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีพันธะคู่อยู่ในรูปแบบ *cis* ในธรรมชาติจะพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากที่สุด และพบว่าพันธะคู่จะอยู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอนที่ 9 หรือ 10

เนื้อในของเมล็ดมะกั่งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (Monounsaturated fatty acid) ตั้งแต่ 10.80 - 18.20 กรัมต่อ 100 กรัม และมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (Polyunsaturated fatty acid) ตั้งแต่ 39.10 - 42.70 กรัมต่อ 100 กรัม ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว จำนวน 10 ชนิด ได้แก่ 1) กรดปาล์มมิโตลินิก

(Palmitoleic acid) มีปริมาณ 0.06 - 0.12 กรัมต่อ 100 กรัม 2) กรดโอเลอิก (Oleic acid) มีปริมาณ 10.00 - 17.50 กรัมต่อ 100 กรัม 3) กรดแวกซีนิก (Vaccinic acid) มีปริมาณ 0.41 - 0.66 กรัมต่อ 100 กรัม 4) กรดไลโนอิก (Linoleic acid) มีปริมาณ 38.90 - 45.40 กรัมต่อ 100 กรัม 5) กรดไลโนลินิก (Linolenic acid) มีปริมาณ 0.03 - 0.11 กรัมต่อ 100 กรัม 6) กรดไอโคซะเพนตะอีนอิก (Eicosapentanoic acid) มีปริมาณ 0.01 - 0.16 กรัมต่อ 100 กรัม 7) กรดฮีนโคซะนอิก (Hinicanoic acid) มีปริมาณ 0.02 กรัมต่อ 100 กรัม 8) กรดไขมันโอเมก้า 3 (Omega 3 fatty acid) มีปริมาณ 0.09 - 0.19 กรัมต่อ 100 กรัม 9) กรดไขมันโอเมก้า 6 (Omega 6 fatty acid) มีปริมาณ 38.90 - 45.40 กรัมต่อ 100 กรัม และ 10) กรดไขมันโอเมก้า 9 (Omega 9 fatty acid) มีปริมาณ 10.10 - 17.50 กรัมต่อ 100 กรัม และจากการวิเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวในเมล็ดมะกอก พบว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งมีปริมาณมากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบมากที่สุด ได้แก่ กรดไลโนลินิก และกรดไขมันโอเมก้า 6 เท่ากับ 38.90 - 45.40 กรัมต่อ 100 กรัม รองลงมา ได้แก่ กรดไขมันโอเมก้า 9 เท่ากับ 10.10 - 17.50 กรัมต่อ 100 กรัม กรดโอเลอิก เท่ากับ 10.00 - 17.50 กรัมต่อ 100 กรัม และกรดแวกซีนิก เท่ากับ 0.41 - 0.66 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ กรดอะมิโนที่พบน้อยที่สุด คือ กรดฮีนโคซะนอิก เท่ากับ 0.02 กรัมต่อ 100 กรัม โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิด ตามลักษณะของโครงสร้างและจำนวนพันธะคู่ ดังนี้

1. กรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (Monounsaturated fatty acid)

เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่เพียง 1 พันธะ มีโครงสร้างคาร์บอนตำแหน่งเดียวที่เป็นดับเบิลบอน เป็นกรดไขมันที่มีความคงตัวสูง ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศน้อย เป็นกรดไขมันที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย กรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียวที่พบในเมล็ดมะกอก เช่น กรดปาล์มมิโตลินิก และกรดโอเลอิก โดยกรดโอเลอิกนั้นร่างกายสามารถสร้างขึ้นเองได้

2. กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (Polyunsaturated fatty acid)

เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 พันธะ มีโครงสร้างคาร์บอนหลายตำแหน่งที่เป็นดับเบิลบอนที่ไวต่อปฏิกิริยาเคมี เป็นกรดไขมันที่ร่างกายไม่สามารถสร้างได้เอง พบมากในน้ำมันทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันข้าวโพด ไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งที่พบในเนื้อเมล็ดมะกอก เช่น กรดไลโนลินิกและกรดไลโนลินิก โดยกรดไลโนลินิกหรือวิตามินเอพี เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งในกลุ่มโอเมก้า 6 ส่วนกรดไลโนลินิก เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งในกลุ่มโอเมก้า 3 ซึ่งกรดไขมันทั้ง 2 ชนิด นี้เป็นกรดไขมันที่จำเป็นร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้

5.1.2 กรดอะมิโน (Amino acid)

กรดอะมิโนเป็นหน่วยพื้นฐานของเปปไทด์และโปรตีนหรือเป็นโมโนเมอร์ของโปรตีน โปรตีนส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 20 ชนิด ซึ่งเป็นกรดอะมิโนมาตรฐานและกรดอะมิโนประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจนและออกซิเจนเป็นหลัก กรดอะมิโนแบ่งออกเป็นกรดอะมิโนจำเป็นและกรดอะมิโนไม่จำเป็น และผลการวิเคราะห์กรดอะมิโนของเมล็ดมะกั๊งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* พบว่า เนื้อในเมล็ดมะกั๊งมีกรดอะมิโนที่เป็นประโยชน์มากมายหลายชนิด ซึ่งสามารถจำแนกกรดอะมิโนได้ 2 กลุ่ม ดังนี้

5.1.2.1 กรดอะมิโนจำเป็น (Essential amino acid)

เป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ หรือสังเคราะห์ได้แต่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายจำเป็นต้องได้รับจากอาหาร กรดอะมิโนจำเป็น มี 10 ชนิด ได้แก่ อาร์จินีน ฮิสทีดีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน เมธิโอนีน ฟีนิลอะลานีน ทรีโอนีน ทริปโทเฟน และวาเลีน สำหรับในเมล็ดมะกั๊งพบกรดอะมิโนจำเป็น 9 ชนิด แต่ไม่พบทริปโทเฟน

เนื้อในของมะกั๊งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็น 9 ชนิด ได้แก่ 1) ทรีโอนีน (Threonine) มีปริมาณ 0.72 - 0.90 กรัมต่อ 100 กรัม 2) วาเลีน (Valine) ปริมาณ 1.12 - 1.34 กรัมต่อ 100 กรัม 3) เมธิโอนีน (Methionine) ปริมาณ 0.43 - 0.59 กรัมต่อ 100 กรัม 4) ไอโซลิวซีน (Isoleucine) ปริมาณ 0.94 - 1.14 กรัมต่อ 100 กรัม 5) ลิวซีน (leucine) ปริมาณ 1.78 - 2.06 กรัมต่อ 100 กรัม 6) ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine) ปริมาณ 1.20 - 1.48 กรัมต่อ 100 กรัม 7) ฮิสทีดีน (Histidine) ปริมาณ 0.71 - 0.91 กรัมต่อ 100 กรัม 8) ไลซีน (Lysine) ปริมาณ 0.69 - 0.90 กรัมต่อ 100 กรัม และ 9) อาร์จินีน (Arginine) ปริมาณ 3.01 - 4.20 กรัมต่อ 100 กรัม จากการวิเคราะห์กรดอะมิโนจำเป็นในเมล็ดมะกั๊ง พบว่า กรดอะมิโนจำเป็นที่พบมากที่สุด ได้แก่ อาร์จินีน เท่ากับ 3.01 - 4.20 กรัมต่อ 100 กรัม รองลงมา ได้แก่ ลิวซีน เท่ากับ 1.78 - 2.06 กรัมต่อ 100 กรัม ฟีนิลอะลานีน เท่ากับ 1.20 - 1.48 กรัมต่อ 100 กรัม และวาเลีน เท่ากับ 1.12 - 1.34 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ กรดอะมิโนที่พบน้อยที่สุด คือ เมธิโอนีน เท่ากับ 0.43 - 0.59 กรัมต่อ 100 กรัม

5.1.2.2 กรดอะมิโนไม่จำเป็น (Nonessential amino acid)

เป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์เองได้ เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย สังเคราะห์ขึ้นจากสารประกอบไนโตรเจน กรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับร่างกาย จากไขมันและจากคาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโนไม่จำเป็น ได้แก่ กรดกลูตามิก ไกลซีน ซีสทีน และไทโรซีน สำหรับในเมล็ดมะกั๊งพบกรดอะมิโนไม่จำเป็น 8 ชนิด

เนื้อในของมะกั้งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* ประกอบด้วยกรดอะมิโนไม่จำเป็น 8 ชนิด ได้แก่ 1) กรดแอสพาร์ติก (Aspartic acid) มีปริมาณ 2.09 - 2.54 กรัมต่อ 100 กรัม 2) เซอรีน (Serine) ปริมาณ 1.25 - 1.51 กรัมต่อ 100 กรัม 3) กรดกลูตามิก (Glutamic acid) ปริมาณ 3.80 - 4.46 กรัมต่อ 100 กรัม 4) โพรลีน (Proline) ปริมาณ 0.88 - 1.08 กรัมต่อ 100 กรัม 5) ไกลซีน (Glycine) ปริมาณ 1.05 - 1.26 กรัมต่อ 100 กรัม 6) อะลานีน (Alanine) ปริมาณ 1.08 - 1.35 กรัมต่อ 100 กรัม 7) ซีสทีน (Cystine) ปริมาณ 0.32 - 0.39 กรัมต่อ 100 กรัม และ 8) ไทโรซีน (Tyrosine) ปริมาณ 0.82 - 1.05 กรัมต่อ 100 กรัม จากการวิเคราะห์กรดอะมิโนไม่จำเป็นในเมล็ดมะกั้ง พบว่า กรดอะมิโนไม่จำเป็นที่พบมากที่สุด ได้แก่ กรดกลูตามิก เท่ากับ 3.80 - 4.46 กรัมต่อ 100 กรัม รองลงมา ได้แก่ กรดแอสพาร์ติก เท่ากับ 2.09 - 2.54 กรัมต่อ 100 กรัม เซอรีน เท่ากับ 1.25 - 1.51 กรัมต่อ 100 กรัม และอะลานีน เท่ากับ 1.08 - 1.35 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับกรดอะมิโนที่พบน้อยที่สุด คือ ซีสทีน เท่ากับ 0.32 - 0.39 กรัมต่อ 100 กรัม

5.3 โปรตีน (Protine)

โปรตีนเป็นสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง โปรตีนพบในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด และมีบทบาทเกี่ยวกับกระบวนการต่างๆ ในร่างกาย และเป็นส่วนประกอบของอวัยวะโครงสร้างที่อ่อนนุ่ม สัตว์ต้องการใช้โปรตีนตลอดชีวิต เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ อีกทั้งยังต้องการโปรตีนเป็นส่วนประกอบของเลือด เอนไซม์และฮอร์โมนเพื่อการสืบพันธุ์

จากการวิเคราะห์โปรตีนในเมล็ดมะกั้งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* พบว่า มีปริมาณโปรตีน อยู่ระหว่าง 29.00 - 32.60 กรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งมีปริมาณที่มากกว่ามะกั้งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis*

5.4 วิตามินอี (Vitamin E)

วิตามินอีมีความสำคัญต่อการเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เซลล์และโครงสร้างของเซลล์ หรือป้องกันกระบวนการแก่ (aging) ของเซลล์ นอกจากนี้ยังมีบทบาทต่อการสืบพันธุ์ ช่วยให้ร่างกายใช้ประโยชน์วิตามินเอในอาหารให้ดีขึ้น ช่วยลด peroxide ที่เป็นพิษในร่างกาย และวิตามินอียังช่วยเร่งกระบวนการเมตาบอลิซึมในร่างกายให้เป็นปกติ การขาดวิตามินอีอาจพบในคนไข้ที่มีความผิดปกติในการดูดซึมสารอาหารพวกไขมัน วิตามินอีพบได้ในเมล็ดธัญพืช น้ำมันพืช เนยเทียม ไข่ ตับ มีมากในเอ็มบริโอของเมล็ดพืช

จากการวิเคราะห์โปรตีนในเมล็ดมะกั้งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* พบว่า มีปริมาณโปรตีน อยู่ระหว่าง 5.10 - 13.10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งมีปริมาณที่น้อยกว่ามะกั้งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis*

5.2 สารสำคัญที่พบใน *H. heteroclita* subsp. *indochinensis*

จากการวิเคราะห์สารสำคัญของเมล็ดมะกั้งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* จำนวน 3 ตัวอย่าง พบสารสำคัญในเมล็ดมะกั้ง ดังนี้ กรดไขมัน กรดอะมิโน โปรตีนและวิตามินอี (ตารางที่ 3)

5.1.1 กรดไขมัน (Fatty acid)

ผลการวิเคราะห์กรดไขมันของเมล็ดมะกั้งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* พบว่า เนื้อในเมล็ดมะกั้งมีกรดไขมันที่เป็นประโยชน์มากมายหลายชนิด ซึ่งสามารถจำแนกกรดไขมันตามลักษณะโครงสร้างได้ 2 ประเภท ดังนี้

5.1.1.1 กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid)

กรดไขมันอิ่มตัวมีโครงสร้างอะตอมคาร์บอนและไฮโดรเจนเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเดี่ยวตลอดสาย กรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากที่สุดในประเทศไทย คือ กรดปาล์มมิติก รองลงมา คือ กรดไมริสติก ซึ่งกรดไขมันอิ่มตัวเหล่านี้ร่างกายได้รับจากอาหารหรือสังเคราะห์เองได้

เนื้อในของเมล็ดมะกั้งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว ตั้งแต่ 30.70 - 31.70 กรัมต่อ 100 กรัม ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว จำนวน 11 ชนิด ได้แก่ 1) กรดลอริก (Lauric acid) มีปริมาณ 0.01 กรัมต่อ 100 กรัม 2) กรดไมริสติก (Myristic acid) มีปริมาณ 0.05 - 0.08 กรัมต่อ 100 กรัม 3) กรดเพนตะดีคานอิก (Pentadecanoic acid) มีปริมาณ 0.01 กรัมต่อ 100 กรัม 4) กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid) มีปริมาณ 23.00 - 25.10 กรัมต่อ 100 กรัม 5) กรดเฮพตะดีคานอิก (Heptadecanoic acid) มีปริมาณ 0.04 - 0.06 กรัมต่อ 100 กรัม 6) กรดสเตียริก (Stearic acid) มีปริมาณ 2.84 - 6.23 กรัมต่อ 100 กรัม 7) กรดอะราซิติก (Arachidic acid) มีปริมาณ 0.20 - 0.43 กรัมต่อ 100 กรัม 8) กรดไอโคซิโนอิก (Icosanoic acid) มีปริมาณ 0.03 - 0.06 กรัมต่อ 100 กรัม 9) กรดบีฮีนิก (Behenic acid) มีปริมาณ 0.08 - 0.21 กรัมต่อ 100 กรัม 10) กรดไตรโคซานอิก (Tricosanoic acid) มีปริมาณ 0.03 กรัมต่อ 100 กรัม และ 11) กรดลิกโนซีลิก (Lignoceric acid) มีปริมาณ 0.34 - 0.68 กรัมต่อ 100 กรัม และจากการวิเคราะห์กรดไขมันอิ่มตัวในเมล็ดมะกั้ง พบว่า กรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากที่สุด ได้แก่ กรดปาล์มมิติก เท่ากับ 23.00 - 25.10 กรัมต่อ 100 กรัม รองลงมา ได้แก่ กรดสเตียริก เท่ากับ 2.84 - 6.23 กรัมต่อ 100 กรัม กรดลิกโนซีลิก เท่ากับ 0.34 - 0.68 กรัมต่อ 100 กรัม และกรดอะราซิติก เท่ากับ 0.20 - 0.43 กรัมต่อ 100 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ กรดอะมิโนที่พบน้อยที่สุด คือ กรดลอริกและเพนตะดีคานอิก เท่ากับ 0.01 กรัมต่อ 100 กรัม

5.1.1.2 กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid)

เนื้อในของเมล็ดมะกั่งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (Monounsaturated fatty acid) ตั้งแต่ 5.14 - 10.60 กรัมต่อ 100 กรัม และมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (Polyunsaturated fatty acid) ตั้งแต่ 43.30 - 44.50 กรัมต่อ 100 กรัม ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว จำนวน 9 ชนิด ได้แก่ 1) กรดปาล์มมิตอสติก (Palmitoleic acid) มีปริมาณ 0.07 - 0.08 กรัมต่อ 100 กรัม 2) กรดโอเลอิก (Oleic acid) มีปริมาณ 5.04 - 9.87 กรัมต่อ 100 กรัม 3) กรดแวกซีนิก (Vaccinic acid) มีปริมาณ 0.48 - 0.57 กรัมต่อ 100 กรัม 4) กรดไลนอิก (Linoleic acid) มีปริมาณ 43.20 - 44.40 กรัมต่อ 100 กรัม 5) กรดไลโนลินิก (Linolenic acid) มีปริมาณ 0.03 - 0.06 กรัมต่อ 100 กรัม 6) กรดไอโคซะเพนตะอีโนอิก (Eicosapentanoic acid) มีปริมาณ 0.08 - 0.13 กรัมต่อ 100 กรัม 7) กรดไขมันโอเมก้า 3 (Omega 3 fatty acid) มีปริมาณ 0.15 - 0.18 กรัมต่อ 100 กรัม 8) กรดไขมันโอเมก้า 6 (Omega 6 fatty acid) มีปริมาณ 43.20 - 44.40 กรัมต่อ 100 กรัม และ 9) กรดไขมันโอเมก้า 9 (Omega 9 fatty acid) มีปริมาณ 9.40 - 9.90 กรัมต่อ 100 กรัม และจากการวิเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวในเมล็ดมะกั่ง พบว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งมีปริมาณมากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบมากที่สุด ได้แก่ กรดไลโนลินิกและกรดไขมันโอเมก้า 6 เท่ากับ 43.20 - 44.40 กรัมต่อ 100 กรัม รองลงมา ได้แก่ กรดไขมันโอเมก้า 9 เท่ากับ 9.40 - 9.90 กรัมต่อ 100 กรัม กรดโอเลอิก เท่ากับ 5.04 - 9.87 กรัมต่อ 100 กรัม และกรดแวกซีนิก เท่ากับ 0.48 - 0.57 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ กรดอะมิโนที่พบน้อยที่สุด คือ กรดไตรโคซะโนอิก เท่ากับ 0.03 กรัมต่อ 100 กรัม โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิด

5.1.2 กรดอะมิโน (Amino acid)

ผลการวิเคราะห์กรดอะมิโนของเมล็ดมะกั่งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* พบว่า เนื้อในเมล็ดมะกั่งมีกรด อะมิโนที่เป็นประโยชน์มากมายหลายชนิด ซึ่งสามารถจำแนกกรดอะมิโนได้ 2 กลุ่ม ดังนี้

5.1.2.1 กรดอะมิโนจำเป็น (Essential amino acid)

เป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ หรือสังเคราะห์ได้แต่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายจำเป็นต้องได้รับจากอาหาร กรดอะมิโนจำเป็น มี 10 ชนิด ได้แก่ อาร์จินีน ฮีสทิดีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน เมธิโอนีน ฟินิลอะลานีน ทรีโอนีน ทริปโทเฟน และวาเลีน สำหรับในเมล็ดมะกั่งพบกรดอะมิโนจำเป็น 9 ชนิด แต่ไม่พบทริปโทเฟน

เนื้อในของมะกั้งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็น 9 ชนิด ได้แก่ 1) ทรีโอนีน (Threonine) มีปริมาณ 0.63 - 0.71 กรัมต่อ 100 กรัม 2) วาลีน (Valine) ปริมาณ 0.92 - 1.10 กรัมต่อ 100 กรัม 3) เมธิโอนีน (Methionine) ปริมาณ 0.43 - 0.49 กรัมต่อ 100 กรัม 4) ไอโซลิวซีน (Isoleucine) ปริมาณ 0.81 - 0.5 กรัมต่อ 100 กรัม 5) ลิวซีน (leucine) ปริมาณ 1.42 - 1.70 กรัมต่อ 100 กรัม 6) ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine) ปริมาณ 1.03 - 1.21 กรัมต่อ 100 กรัม 7) ฮิสทิดีน (Histidine) ปริมาณ 0.62 - 0.73 กรัมต่อ 100 กรัม 8) ไลซีน (Lysine) ปริมาณ 0.56 - 0.71 กรัมต่อ 100 กรัม และ 9) อาร์จินีน (Arginine) ปริมาณ 2.77 - 3.39 กรัมต่อ 100 กรัม จากการวิเคราะห์กรดอะมิโนจำเป็นในเมล็ดมะกั้ง พบว่า กรดอะมิโนจำเป็นที่พบมากที่สุด ได้แก่ อาร์จินีน เท่ากับ 2.77 - 3.39 กรัมต่อ 100 กรัม รองลงมา ได้แก่ ลิวซีน เท่ากับ 1.42 - 1.70 กรัมต่อ 100 กรัม ฟีนิลอะลานีน เท่ากับ 1.03 - 1.21 กรัมต่อ 100 กรัม และวาลีน เท่ากับ 0.92 - 1.10 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับกรดอะมิโนที่พบน้อยที่สุด คือ เมธิโอนีน เท่ากับ 0.43 - 0.49 กรัมต่อ 100 กรัม

5.1.2.2 กรดอะมิโนไม่จำเป็น (Nonessential amino acid)

เป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์เองได้ เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย สังเคราะห์ขึ้นจากสารประกอบไนโตรเจน กรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับร่างกาย จากไขมันและจากคาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโนไม่จำเป็น ได้แก่ กรดกลูตามิก ไกลซีน ซีสทีน และไทโรซีน สำหรับในเมล็ดมะกั้งพบกรดอะมิโนไม่จำเป็น 8 ชนิด

เนื้อในของมะกั้งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* ประกอบด้วยกรดอะมิโนไม่จำเป็น 8 ชนิด ได้แก่ 1) กรดแอสพาร์ติก (Aspartic acid) มีปริมาณ 1.71 - 2.05 กรัมต่อ 100 กรัม 2) เซอรีน (Serine) ปริมาณ 1.02 - 1.24 กรัมต่อ 100 กรัม 3) กรดกลูตามิก (Glutamic acid) ปริมาณ 2.62 - 3.29 กรัมต่อ 100 กรัม 4) โพรลีน (Proline) ปริมาณ 0.73 - 0.86 กรัมต่อ 100 กรัม 5) ไกลซีน (Glycine) ปริมาณ 0.84 - 1.02 กรัมต่อ 100 กรัม 6) อะลานีน (Alanine) ปริมาณ 0.89 - 1.09 กรัมต่อ 100 กรัม 7) ซีสทีน (Cystine) ปริมาณ 0.30 - 0.33 กรัมต่อ 100 กรัม และ 8) ไทโรซีน (Tyrosine) ปริมาณ 0.72 - 0.85 กรัมต่อ 100 กรัม จากการวิเคราะห์กรดอะมิโนไม่จำเป็นในเมล็ดมะกั้ง พบว่า กรดอะมิโนไม่จำเป็นที่พบมากที่สุด ได้แก่ กรดกลูตามิก เท่ากับ 2.62 - 3.29 กรัมต่อ 100 กรัม รองลงมา ได้แก่ กรดแอสพาร์ติก เท่ากับ 1.71 - 2.05 กรัมต่อ 100 กรัม เซอรีน เท่ากับ 1.02 - 1.24 กรัมต่อ 100 กรัม และอะลานีน เท่ากับ 0.89 - 1.09 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับกรดอะมิโนที่พบน้อยที่สุด คือ ซีสทีน เท่ากับ 0.30 - 0.33 กรัมต่อ 100 กรัม

5.3 โปรตีน (Protine)

จากการวิเคราะห์โปรตีนในเมล็ดมะกึ่งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* พบว่า มีปริมาณโปรตีน อยู่ระหว่าง 23.00 - 27.00 กรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งมีปริมาณที่น้อยกว่ามะกึ่งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita*

5.4 วิตามินอี (Vitamin E)

จากการวิเคราะห์โปรตีนในเมล็ดมะกึ่งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* พบว่า มีปริมาณโปรตีน อยู่ระหว่าง 12.00 - 21.80 มิลลิกรัมกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งมีปริมาณที่มากกว่ามะกึ่งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita*

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การสำรวจและนิเวศวิทยาของมะกึ่ง

การศึกษาลักษณะทางพันธุกรรม ลักษณะประจำพันธุ์ และพฤกษเคมีของมะกึ่ง (*Hodgsonia*) ในถิ่นที่อยู่เพื่อการใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร โดยทำการสำรวจและศึกษาลักษณะนิเวศวิทยาของมะกึ่ง ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำปางและน่าน พร้อมทั้งศึกษาลักษณะ สัณฐานวิทยาของมะกึ่ง จำนวน 2 ชนิดย่อย เพื่อให้ทราบถึงการกระจายพันธุ์และเป็นข้อมูลในการจำแนกชนิด พบว่า ลักษณะนิเวศวิทยาถิ่นอาศัยของมะกึ่ง โดยมากพบตามร่องห้วยหรือลำห้วยธรรมชาติที่มีความชุ่มชื้นตลอดปี และเลื้อยพันขึ้นต้นไม้ใหญ่ที่มีความสูงตั้งแต่ 10 - 30 เมตร สามารถพบได้ในป่าดิบแล้ง ป่าไม้ก่อ และป่าดิบเขา ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 345 - 1,702 เมตร และพบมะกึ่งจำนวน 2 ชนิดย่อย ได้แก่ *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* และ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* สำหรับ *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* พบเฉพาะที่ป่าไม้ก่อและป่าดิบเขาเท่านั้น ที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 1,259 - 1,702 เมตร ซึ่งมีสภาพอากาศเย็นตลอดปี

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณกรดไขมัน กรดอะมิโน โปรตีนและวิตามินอี ของเมล็ดมะกัก 2 ชนิดย่อย

ผลการทดสอบ	<i>H. heteroclita</i>	<i>H. heteroclita</i>
	supsp. <i>heteroclita</i>	supsp. <i>indochinensis</i>
ส่วนประกอบของกรดไขมัน (กรัม/100 กรัม)		
กรดลอริก	0.01	0.01
กรดไมริสติก	0.05 - 0.07	0.05 - 0.08
กรดเพนตะดีคาโนอิก	0.01	0.01
กรดปาล์มมิติก	21.7 - 25.1	23.0 - 25.1
กรดปาล์มมิโดลีนอิก	0.06 - 0.12	0.07 - 0.08
กรดเฮพตะดีคาโนอิก	0.06 - 0.10	0.04 - 0.06
กรดสเตียริก	4.40 - 6.57	2.84 - 6.23
กรดโอลีนอิก	10.0 - 17.5	5.04 - 9.87
กรดแวกซีนิก	0.41 - 0.66	0.48 - 0.57
กรดไลโนลีนอิก	38.9 - 45.4	43.2 - 44.4
กรดไลโนลีนิก	0.03 - 0.11	0.03 - 0.06
กรดอร่าซิดิก	0.34 - 0.40	0.20 - 0.43
กรดไอโคซีนอิก	0.06 - 0.07	0.03 - 0.06
กรดไอโคซะเพนตะอีโนอิก	0.01 - 0.16	0.08 - 0.13
กรดฮีโนโคซะโนอิก	0.02	-
กรดปีฮีนิก	0.15 - 0.17	0.08 - 0.21
กรดไตรโคซะโนอิก	0.03	0.03
กรดลิกโนซีริก	0.05 - 0.90	0.34 - 0.68
ไขมันอิ่มตัว	28.6 - 32.0	30.7 - 31.7
ไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว	10.8 - 18.2	5.14 - 10.6
ไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง	39.1 - 42.7	43.3 - 44.5
กรดไขมันโอเมก้า 3	0.09 - 0.19	0.15 - 0.18
กรดไขมันโอเมก้า 6	38.9 - 45.4	43.2 - 44.4
กรดไขมันโอเมก้า 9	10.1 - 17.5	9.40 - 9.90

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณกรดไขมัน กรดอะมิโน โปรตีนและวิตามินอี ของเมล็ดมะกัก 2 ชนิดย่อย (ต่อ)

ผลการทดสอบ	<i>H. heteroclita</i>	<i>H. heteroclita</i>
	supsp. <i>heteroclita</i>	supsp. <i>indochinensis</i>
ส่วนประกอบของกรดอะมิโน (กรัม/ 100กรัม)		
กรดแอสพาทิก	2.09 - 2.54	1.71 - 2.05
ทรีโอนีน	0.72 - 0.90	0.63 - 0.71
เซอรีน	1.25 - 1.51	1.02 - 1.24
กรดกลูตามิก	3.80 - 4.46	2.62 - 3.29
โพรลีน	0.84 - 1.08	0.73 - 0.86
ไกลซีน	1.05 - 1.26	0.84 - 1.02
อะลานีน	1.08 - 1.35	0.89 - 1.09
ซีสทีน	0.32 - 0.39	0.30 - 0.33
วาเลีน	1.12 - 1.34	0.92 - 1.10
เมธิโอนีน	0.43 - 0.59	0.43 - 0.49
ไอโซลิวซีน	0.94 - 1.14	0.81 - 0.95
ลิวซีน	1.78 - 2.06	1.42 - 1.70
ไทโรซีน	0.82 - 1.05	0.72 - 0.85
ฟินิลอะลานีน	1.20 - 1.48	1.03 - 1.21
ฮีสทีดีน	0.71 - 0.91	0.62 - 0.73
ไลซีน	0.69 - 0.90	0.56 - 0.71
อาร์จินีน	3.01 - 4.20	2.77 - 3.39
โปรตีน (Nx6.25) (กรัม/100กรัม)	29.0 - 32.6	23.0 - 27.0
วิตามินอี (มิลลิกรัม/100กรัม)	5.10 - 13.1	12.0 - 21.8

ที่มาของข้อมูล : หมายเลขปฏิบัติการ L.60/0696.1 - L.60/0696.3 กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ถนนพระรามที่ 6 ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 ประเทศไทย

วิธีทดสอบ : In-house method based TE-CH-208 on AOAC (2012) 996.06

In-house method based on ASEAN Manual of Food Analysis (2011) p.81-87

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของมะกิ้ง

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* ลำต้น เป็นไม้เถาขนาดใหญ่ ลักษณะผิวเปลือกขรุขระและแตกเป็นร่อง แต่ละข้อมีเกล็ดประดับ จำนวน 1 อัน ลำต้น ยาว 15 - 100 ม. ใบ เป็นใบเดี่ยว (simple) รูปฝ่ามือ (palmate) มี 3 - 5 แฉก ใบหนาคล้ายหนัง (coriaceous) ยอดอ่อนสีน้ำตาลออกแดง ดอกเพศผู้ เป็นดอกช่อแบบกระจุก (raceme) จำนวน 20 - 23 ดอกต่อช่อ ก้านดอกย่อย (pedicel) สั้นมาก ดอกเป็นรูปกรวย (funnel form) สีเหลืองออกเขียวหรือครีมออกเหลือง กลีบเลี้ยงลดรูปคล้ายเกล็ด จำนวน 5 กลีบ โคนกลีบเชื่อมติดกันเป็นหลอดยาว (campanulate) กลีบดอก จำนวน 5 กลีบ รูปร่างค่อนข้างกลมหรือรูปไข่กลับ ปลายกลีบเป็นชายครุยยาว เกสรเพศผู้ จำนวน 3 อัน โคนเชื่อมติดกับกลีบดอก ส่วนปลายเกสรเพศผู้มีลักษณะเป็น 3 พู ดอกเพศเมีย เป็นดอกเดี่ยว ดอกรูปร่างแบบกรวย สีน้ำตาลออกเหลืองหรือครีมออกเหลือง กลีบเลี้ยงลดรูปคล้ายเกล็ด จำนวน 5 กลีบ โคนกลีบเชื่อมติดกันเป็นหลอดยาว กลีบดอก จำนวน 5 กลีบ รูปร่างค่อนข้างกลม (globular) หรือรูปไข่กลับ (obovate) โคนกลีบเชื่อมติดกับกลีบเลี้ยง ปลายกลีบเป็นชายครุยยาว รังไข่ เป็นแบบรังไข่อยู่ใต้วงกลีบ (inferior ovary) รูปร่างกลม สีน้ำตาลออกแดง ผิวไม่เรียบมีขนละเอียดสีน้ำตาลแดงคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม ก้านชูเกสรเพศเมีย เชื่อมติดกับกลีบดอก ปลายเกสรเพศเมียมีลักษณะหยักเป็น 3 พู จำนวนช่องว่างภายในรังไข่ มี 3 ช่อง แต่ละช่อง มี 4 ออวูล ติดกับผนังรังไข่แบบตามแนวตะเข็บ (parietal placentation) ผล เป็นผลเดี่ยว มีขนาดใหญ่ จำนวน 10 - 30 ผลต่อต้น รูปร่างกลมแป้น มีเขียวหม่นหรือเขียวออกเทา ผิวเรียบ น้ำหนักผล 1.10 - 2.1 กิโลกรัม ไพเริน (pyrene) มีจำนวน 6 ไพเริน สีน้ำตาลออกแดง รูปร่างกลมและแบน

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* ลำต้น เป็นไม้เถาขนาดใหญ่ สีครีมออกเขียวหรือน้ำตาลออกเขียว ลักษณะผิวเปลือกขรุขระและแตกเป็นร่อง แต่ละข้อมีเกล็ดประดับ จำนวน 1 อัน ลำต้น ยาว 20 - 100 ม. ใบ เป็นใบเดี่ยว รูปฝ่ามือ มี 3 - 5 แฉก ใบหนาคล้ายหนัง ยอดอ่อนสีเขียว ดอกเพศผู้ เป็นดอกช่อแบบกระจุก จำนวน 20 - 23 ดอกต่อช่อ ก้านดอกย่อยสั้นมาก ดอกเป็นรูปกรวย สีเหลืองออกเขียวหรือครีมออกเหลือง กลีบเลี้ยงลดรูปคล้ายเกล็ด จำนวน 5 กลีบ รูปไข่หรือรูปสามเหลี่ยม บริเวณกลางกลีบมีสัน โคนกลีบเชื่อมติดกันเป็นหลอดยาว กลีบดอก จำนวน 5 กลีบ รูปร่างค่อนข้างกลมหรือรูปไข่กลับ โคนกลีบเชื่อมติดกับกลีบเลี้ยง ปลายกลีบเป็นชายครุยยาว เกสรเพศผู้ จำนวน 3 อัน โคนเชื่อมติดกับกลีบดอก ส่วนปลายเกสรเพศผู้มีลักษณะเป็น 3 พู ดอกเพศเมีย เป็นดอกเดี่ยว ดอกรูปร่างแบบกรวย สีขาวออกเขียวหรือครีมออกเขียว กลีบเลี้ยงลดรูปคล้ายเกล็ด จำนวน 5 กลีบ บริเวณกลางกลีบมีสัน โคนกลีบเชื่อมติดกันเป็นหลอดยาว กลีบดอก จำนวน 5 กลีบ รูปร่างค่อนข้างกลมหรือรูปไข่กลับ โคนกลีบเชื่อมติดกับกลีบเลี้ยง ปลายกลีบเป็นชายครุยยาว รังไข่อยู่ใต้วงกลีบ รูปร่างไข่กลมหรือรูป

หัวใจกลับ (obcordate) สีสน้ำตาลออกเขียว ผิวไม่เรียบ มีต่อมสีเขียวย่อขนาดเล็กระบายอยู่ทั่วไป และมีขนละเอียดสีน้ำตาลออกเขียวคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม ก้านชูเกสรเพศเมีย เชื่อมติดกับกลีบดอก ปลายเกสรเพศเมียลักษณะหยักเป็น 3 พู จำนวนช่องว่างภายในรังไข่ มี 3 ช่อง แต่ละช่อง มี 4 ออวูล ติดกับผนังรังไข่แบบตามแนวตะเข็บ ผล เป็นผลเดี่ยว มีขนาดใหญ่ จำนวน 12 - 45 ผลต่อต้น รูปร่างกลมแป้น มีเขี้ยวหม่นหรือเขี้ยวออกเทา ผิวเรียบเป็นร่อง จำนวน 10 - 12 ร่องต่อผล น้ำหนักผล 1.41 - 2.71 กิโลกรัม มีจำนวน 6 ไพริน สีน้ำตาลออกแดง รูปร่างกลมและแบน

การเจริญเติบโตของดอกมะกิ้ง

การเจริญเติบโตของดอกมะกิ้งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* ดอกเพศผู้ เริ่มแทงช่อดอกในเดือนตุลาคม โดยจะแทงช่อดอกที่บริเวณข้อของเถาแขนง ซึ่งในแต่ละช่อจะมีตาใบและตาดอกอยู่ตรงข้ามกัน ดอกมีลักษณะเป็นช่อ สีสน้ำตาลออกเขียวมีขนละเอียดคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตจนกระทั่งดอกเริ่มบาน 50 - 60 วัน ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงธันวาคม จากนั้นดอกจะทยอยบานที่ละดอกใช้ระยะเวลา 90 - 100 วัน จนกระทั่งบานหมดทั้งช่อ ตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ ช่อดอกมีจำนวน 5 - 15 ดอก ดอกจะบานในเวลากลางคืนตั้งแต่เวลา 22.00 - 5.00 น. และบานเพียงวันเดียว ดอกเพศเมีย เริ่มแทงดอกในเดือนพฤศจิกายน โดยจะแทงดอกที่บริเวณข้อของเถาแขนง เช่นเดียวกับดอกเพศผู้ ดอกเป็นดอกเดี่ยว สีสน้ำตาลออกเหลืองมีขนละเอียดคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม บริเวณใกล้กับโคนก้านดอกจะเห็นรังไข่รูปร่างหัวใจชัดเจน ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโต 50 - 60 วัน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม ดอกจะเริ่มบานเมื่ออายุ 55 - 60 วัน ในเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ บานเฉพาะในเวลากลางคืนและบานเพียงวันเดียวเช่นเดียวกับดอกเพศผู้ หลังจากที่ได้รับการผสมแล้วจะเริ่มติดผลในเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม และใช้เวลาในการเจริญเติบโต 5 - 6 เดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม จนกระทั่งถึงระยะผลสุกแก่ใช้เวลา 6 - 7 เดือน ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงตุลาคม ผลเมื่อเริ่มสุกจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีดำหรือน้ำตาลออกดำและแตก

การเจริญเติบโตของดอกมะกิ้งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* ดอกเพศผู้ เริ่มแทงช่อดอกในเดือนธันวาคม โดยจะแทงช่อดอกที่บริเวณข้อของเถาแขนง ซึ่งในแต่ละช่อจะมีตาใบและตาดอกอยู่ตรงข้ามกัน ดอกมีลักษณะเป็นช่อ สีสน้ำตาลออกเหลืองมีขนละเอียดคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตจนกระทั่งดอกเริ่มบาน 50 - 60 วัน ตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ จากนั้นดอกจะทยอยบานที่ละดอกใช้ระยะเวลา 90 - 100 วัน จนกระทั่งบานหมดทั้งช่อ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม ช่อดอกมีจำนวน 5 - 30 ดอก ดอกจะบานในเวลากลางคืนตั้งแต่เวลา 22.00 - 5.00 น. และบานเพียงวันเดียว ดอกเพศเมีย เริ่มแทงดอกในเดือนมกราคม โดยจะแทงดอกที่บริเวณข้อของเถาแขนง

เช่นเดียวกับดอกเพศผู้ ดอกเป็นดอกเดี่ยว สีสน้ำตาลออกเหลืองมีขนละเอียดคล้ายกำมะหยี่ปกคลุม บริเวณใกล้กับโคนก้านดอกจะเห็นรังไข่รูปร่างหัวใจชัดเจน ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโต 50 - 60 วัน ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงมีนาคม ดอกจะเริ่มบานเมื่ออายุ 55 - 60 วัน ในเดือนมีนาคมถึงเมษายน บานเฉพาะในเวลากลางคืนและบานเพียงวันเดียวเช่นเดียวกับดอกเพศผู้ หลังจากที่ได้รับการผสมแล้วจะเริ่มติดผลในเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม และใช้เวลาในการเจริญเติบโต 5 - 6 เดือน ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงตุลาคม จนกระทั่งถึงระยะผลสุกแก่ใช้เวลา 6 - 7 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม ผลเมื่อเริ่มสุกจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีดำหรือน้ำตาลออกดำและแตก

การวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมของมะกิ้ง

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของมะกิ้งด้วยการใช้เครื่องหมาย ISSR จำนวน 10 ชนิด พบว่า มะกิ้งที่นำมาศึกษาทั้งหมดมีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมกันตั้งแต่ 0.59 ถึง 0.86 หรือ 59 เปอร์เซ็นต์ ถึง 86 เปอร์เซ็นต์ พบว่าแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่อย่างชัดเจนที่ระดับ 0.59 โดยกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* จำนวน 8 หมายเลข ได้แก่ CM01 CM02 CM03 CM04 CM05 CM06 CM07 และ NAN01 ในกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย 11 หมายเลข ที่รวมทั้ง *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* และ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* โดยตัวอย่างทั้งหมดเป็นตัวอย่างจากสำรวจจาก CR01 และ CR02 ในกลุ่มที่ 2 นี้ พบว่า CR11 ซึ่งเป็นชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* มีความแตกต่างจากชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* อย่าง จะเห็นได้ว่าตัวอย่างในกลุ่มที่ 2 นี้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมที่สูงกว่ากลุ่มที่ 1 จะพบว่าชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* มีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูงกว่าชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* สังเกตได้จากมีการกระจายของ *H. heteroclita* subsp. *indochinensis* ในทั้ง 2 กลุ่มใหญ่ ในขณะที่ *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* พบอยู่ในเฉพาะกลุ่มที่ 2

การวิเคราะห์สารสำคัญของเมล็ดมะกิ้ง

ปริมาณสารสำคัญของ *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* จากการวิเคราะห์สารสำคัญของเมล็ดมะกิ้งชนิดย่อย *H. heteroclita* subsp. *heteroclita* จำนวน 2 ตัวอย่าง พบว่าเมล็ดมะกิ้งประกอบด้วยกรดไขมัน กรดอะมิโน และวิตามินอี โดยกรดไขมันที่พบมากที่สุด คือ ไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง เท่ากับ 39.10 - 42.70 กรัมต่อ 100 กรัม รองลงมา ได้แก่ กรดไลโนลีนิกและโอเมก้า 6 เท่ากับ 38.90 - 45.40 กรัมต่อ 100 กรัม ไขมันอิ่มตัว 28.60 - 32.00 กรัมต่อ 100 กรัม และกรดพาล์มมิก เท่ากับ 21.70 - 25.10 กรัมต่อ 100 กรัม กรดอะมิโนที่พบมากที่สุด คือ กรดกลูตามิก เท่ากับ 3.80 - 4.46 กรัมต่อ 100 กรัม รองลงมา ได้แก่ อาร์จีนิน และ กรดแอสพาร์ติก เท่ากับ 3.01 - 4.20 และ 2.09 - 2.54

กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ โปรตีน เท่ากับ 29.00 - 32.60 กรัมต่อ 100 กรัม และวิตามินอี เท่ากับ 5.10 - 13.1 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

ปริมาณสารสำคัญของ *H. heteroclita* supsp. *indochinensis* จากการวิเคราะห์สารสำคัญของ เมล็ดมะกั้งชนิดย่อย *H. heteroclita* supsp. *indochinensis* จำนวน 2 ตัวอย่าง พบว่า เมล็ดมะกั้ง ประกอบด้วยกรดไขมัน กรดอะมิโน และวิตามินอี โดยกรดไขมันที่พบมากที่สุด คือ ไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง เท่ากับ 43.30 - 44.50 กรัมต่อ 100 กรัม รองลงมา ได้แก่ กรดไลโนลีนิกและโอเมก้า 6 เท่ากับ 43.20 - 44.40 กรัมต่อ 100 กรัม ไขมันอิ่มตัว 30.70 - 31.70 กรัมต่อ 100 กรัม และกรดปาล์มมิติก เท่ากับ 23.00 - 25.10 กรัมต่อ 100 กรัม กรดอะมิโนที่พบมากที่สุด คือ อาร์จีนิน เท่ากับ 2.77 - 3.39 กรัมต่อ 100 กรัม รองลงมา ได้แก่ กรดกลูตามิก และ กรดแอสพาทิก เท่ากับ 2.77 - 3.39 และ 2.52 - 3.29 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ โปรตีน เท่ากับ 23.00 - 27.00 กรัมต่อ 100 กรัม และวิตามินอี เท่ากับ 12.00 - 21.80 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ปัจจุบันมะกั้งพบจำนวนน้อยในธรรมชาติและมีสถานภาพการอนุรักษ์ในระดับพืชใกล้สูญพันธุ์จากที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติ (endangered species) ตามมาตรฐานของ IUCN ประกอบกับเป็นพืชเป้าหมายในการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ตามโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ซึ่งผลจากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้เป็นแหล่งข้อมูลการสำรวจนิเวศวิทยาและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของมะกั้ง เพื่อใช้สนับสนุนงานวิจัยของ รศ.ดร. ชูศรี ไตรสนธิ ซึ่งจะนำไปใช้ในการเขียนบันทึกพืชที่พบใหม่ในประเทศไทย (new record)

นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งรวบรวมพันธุ์เพื่อสนับสนุนงานวิจัยของหลายหน่วยงาน อาทิเช่น งานวิจัยการใช้ประโยชน์จากมะกั้งเป็นอาหารสุขภาพ เครื่องสำอางและสารช่วยทางเภสัชกรรม ของ ผศ. ดร. ภญ. สุณีย์ จันท์สกา คณบดีเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยได้พัฒนาผลิตภัณฑ์จากน้ำมันมะกั้ง เพื่อใช้เป็นเครื่องสำอาง เช่น ครีมบำรุงผิว โลชั่น ยามแต้มสิว และน้ำมันนวด และสนับสนุนงานวิจัยการศึกษาคุณภาพทางเคมีบางประการของใบมะกั้ง ของ พศ.ดร. อติศักดิ์ จูมวงษ์ คณบดีวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ทำการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ วิตามินซี ฟีนอลิก และการต้านอนุมูลอิสระ

11. คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณ ดร. ฉันทนา สุวรรณธาดา รศ.ดร. ชูศรี ไตรสนธิ ผศ. ปรีทรศน์ ไตรสนธิ ที่ปรึกษา และคณะปฏิบัติงานวิทยาการโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ผศ.ดร. พิระวุฒิ วงศ์สวัสดิ์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คุณมโนวิช เรืองดิษฐ์ คุณวิภาวรรณ ศรีมุข กองผลิตภัณฑอาหารและวัสดุสัมผัสอาหาร กรมวิทยาศาสตร์บริการ ผู้ร่วมวิจัยและเจ้าหน้าที่ทุกท่านของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูง เชียงราย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 เชียงใหม่

12. เอกสารอ้างอิง

อดุมวิทย์ ไวยการ มนตรี ปานตู และเถลิงศักดิ์ วีระวุฒิ. 2557. มะกิ้งพืชพื้นบ้านใกล้สูญพันธุ์. กสิกร. 87 (2) : 31-37 หน้า.

Jennifer L. S., G. Langenberger, J. Heller and J. Margraf. 2007. *Hodgsonia heteroclita* Hook. f. & Thomson (Cucurbitaceae) - A neglected Oil Plant in Southwest China and its Relationship with the Weaver Ant *Oecophylla smaragdina*. Conference on International Agricultural Research for Development, Tropentag, October 9-11 p.

Semwal D. P., K. C. Bhatt, D. C. Bhandari and N. S. Panwar. 2014. A note on Distribution, Ethnobotany and Economic Potential of *Hodgsonia heteroclita* (Roxb.) Hook. f. & Thom. In North-eastern India. Indian Journal of Natural Products and Resources. 5 (1) : 88-91 p.

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

Wilde de W. J. J. O. and B. E. E. Duyfjes. 2008. Miscellaneous South East Asia Cucurbit News. Reinwardtia. 12 (4) : 267-274 p.

Yang Shing-hwa. 1978. Studies on the Development of Pistillate Flowers and Staminate Flowers in *Hodgsonia macrocarpa* Cogn. Acta Botanica Sinica. 20 (4) : 314-324 p.