

รายงานการวิจัยเรื่อง
การใช้ประโยชน์จากมะกั้งเป็นอาหารสุขภาพ เครื่องสำอาง
และสารช่วยทางเภสัชกรรม
Utilization of Making for Health Food, Cosmetics
and Pharmaceutical Aids

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภญ.สุนีย์ จันทร์สกา
รองศาสตราจารย์ ดร.พานิ ศิริสะอาด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดรุณี นามพรหม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีสุลักษณ์ ธีรานุกพัฒนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย จอมดวง
อาจารย์ ดร.อังคณา อินตา
และคณะ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556
ภายใต้การสนับสนุนของโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ
สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

กิตติกรรมประกาศ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นมหาวิทยาลัยในภาคเหนือที่ให้ความสำคัญกับการค้นคว้าวิจัยตลอดจน การส่งเสริมการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ดังจะเห็นได้จากมีโครงการวิจัยที่ได้ทำการสำรวจพรรณพืช ท้องถิ่น พืชศาสตร์พื้นบ้าน และการจัดทำฐานข้อมูลพืชพรรณ ณ ศูนย์การศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ทรัพยากร จังหวัดลำพูน ตลอดจนโครงการวิจัยที่หลากหลาย เพื่อสนองพระราชดำริโครงการอนุรักษ์ พันธุกรรมพืชในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

ชุดโครงการวิจัยการใช้ประโยชน์จากมะกั้งเป็นอาหารสุขภาพ เครื่องสำอาง และสารช่วยทางเภสัช กรรมนี้ เป็นหนึ่งในโครงการวิจัยที่ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 เพื่อสนองพระราชดำริโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยาม บรมราชกุมารี ของทีมวิจัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ซึ่งทำการศึกษา การกระจายตัว นิเวศวิทยา และการใช้ ประโยชน์ การศึกษาการขยายพันธุ์และสัณฐานวิทยา การขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพ ศักยภาพของน้ำมันมะกั้งเพื่อใช้เป็นอาหารสุขภาพ เครื่องสำอาง และสารช่วยทางเภสัชกรรม ซึ่งการศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถดำเนินการไปจนสำเร็จลุล่วงด้วยดีด้วยความ กรุณาและความร่วมมือของหลาย ๆ หน่วยงาน

ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้พิจารณาสนับสนุนทุนวิจัยตลอดโครงการนี้ ขอขอบพระคุณ คุณพรชัย จุฑามาศ รองผู้อำนวยการโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ, ดร.ปิยรัชฎ์ ปริญาพงษ์ เจริญทรัพย์ และคณะกรรมการโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพ รัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีทุกท่าน ที่ได้กรุณาประสานงาน อำนวยความสะดวกในการจัดหา วัสดุดิบ และให้ข้อเสนอแนะในการทำงานตลอดมา ขอขอบคุณ นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์ บริหารงานวิจัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คณะเกษตรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ คณะ วิทยาศาสตร์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ที่อำนวยความสะดวกในการวิจัยในทุกด้าน และขอขอบคุณ ศูนย์บริการวิชาการด้านพืชและปัจจัยการผลิตเชียงราย (ดอยวาวี) สำหรับวัสดุดิบมะกั้ง จึงขอขอบพระคุณ ทุกท่านและทุกหน่วยงานมา ณ ที่นี้

บทคัดย่อ

มะกั้ง (*Hodgsonia heteroclita* subsp. *indochinensis*) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Cucurbitaceae ซึ่งเป็นพืชหายากที่ใกล้สูญพันธุ์ ส่วนต่าง ๆ มีสรรพคุณทางยาที่มีการใช้ตามภูมิปัญญา และในเมล็ดมะกั้งมีน้ำมันปริมาณสูง มะกั้งจึงเป็นพืชอนุรักษ์ที่ควรศึกษาข้อมูลเพื่อสนับสนุนการใช้ประโยชน์เพื่อมิให้พืชสูญพันธุ์ไป ในแผนงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา การกระจายตัว นิเวศวิทยา และการใช้ประโยชน์ของพืชสกุลมะกั้ง การขยายพันธุ์ องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของมะกั้ง และศักยภาพของน้ำมันมะกั้ง จึงแบ่งเป็น 6 โครงการย่อย ดังนี้

1. โครงการที่ 1 การกระจายตัว นิเวศวิทยา และการใช้ประโยชน์ของพืชสกุลมะกั้ง
2. โครงการที่ 2 การศึกษาการขยายพันธุ์ และสัณฐานวิทยาของมะกั้ง
3. โครงการที่ 3 การขยายพันธุ์มะกั้งโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
4. โครงการที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของมะกั้ง
5. โครงการที่ 5 ศักยภาพของน้ำมันมะกั้งเพื่อใช้เป็นอาหารสุขภาพ
6. โครงการที่ 6 ศักยภาพของน้ำมันมะกั้งการพัฒนาเป็นสารช่วยทางเภสัชกรรม และเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

ผลการศึกษา ในแต่ละโครงการ มีรายละเอียดดังนี้

จากการสำรวจและการตรวจวินิจฉัยชนิด (identification) โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยา พบว่ามะกั้ง (*Hodgsonia heteroclita* subsp. *indochinensis*) คือพืชเพียงชนิดเดียวในสกุล *Hodgsonia* ที่มีการกระจายตัวใน 4 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย น่าน และแม่ฮ่องสอน พบการใช้ประโยชน์ใน 10 ชาติพันธุ์ ได้แก่ กะเหรี่ยง ละว้า ไทยวน ลahu ลื้อ เมี่ยน ดาราอาง (ปะหล่อง) อาข่า ไทเขิน และลีซอ โดยทุกชาติพันธุ์จะนำส่วนของเมล็ดปิ้งไฟรับประทานเป็นของกินเล่น หรือปรุงเป็นน้ำพริก

การศึกษากายภาพและสัณฐานวิทยาของมะกั้ง ผลการศึกษาพบว่า ผลมะกั้งมีลักษณะกลมขนาดใหญ่ สีเขียวและน้ำตาล เปลือกผลบาง ภายในผลประกอบด้วยเนื้อนุ่มสีขาว และเมล็ดขนาดใหญ่สีน้ำตาล รูปไข่ยาว ขนาดใหญ่ จำนวน 6 เมล็ด เมล็ดมีกะลาแข็ง สีน้ำตาลหุ้มเมล็ด เมล็ดประกอบด้วย 2 พู มีผนังสีน้ำตาล มีรูพรุนกันระหว่าง 2 พู แต่ละเมล็ดมีเยื่อหุ้มเมล็ด 2 ชั้น ผนังชั้นนอกสีขาว ผนังด้านในสีเหลือง ลักษณะเนื้อในเมล็ดเป็นสีขาวมีน้ำมัน และมีคัพภะอยู่ เมื่อนำเมล็ดมาเพาะในวัสดุปลูกประมาณ 2 สัปดาห์ เมล็ดจึงเริ่มงอก โดยต้นอ่อนจะเจริญทะลุผ่านรูเปิดบริเวณปลายเมล็ด และรอยแตกด้านข้างของเมล็ด บางเมล็ดเจริญเติบโตได้ 1 ต้น บางเมล็ดเจริญเติบโตได้ 2 ต้น และจากการศึกษาพบว่าเปลือกแข็งของเมล็ดไม่ใช่อุปสรรคในการงอกของเมล็ดมะกั้ง

การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตในการกระตุ้นการเกิดรากของกิ่งชำมะกั้งสามารถสรุปได้ว่า 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) ความเข้มข้น 1,000 มก/ลิตร สามารถกระตุ้นให้กิ่งชำมะกั้งเกิดรากได้จำนวนมาก ในขณะที่ Indole-3-butyric acid (IBA) ความเข้มข้น 2,000 มก/ลิตร สามารถ

กระตุ้นการเจริญเติบโตทำให้รากมีความยาวมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ส่วนการทดลองปลูกมะกึ่งด้วยเมล็ด ในระบบพรางแสง และปลูกกลางแจ้ง พบว่าการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ ประมาณ 70% ทำให้ต้นมะกึ่งมีการเจริญเติบโตดีกว่าการปลูกกลางแจ้ง

ในการศึกษาสภาวะของการฆ่าเชื้อที่ผิวและองค์ประกอบของอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่เหมาะสมต่อการขยายพันธุ์ชิ้นส่วนมะกึ่งในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า การฟอกฆ่าเชื้อที่เหมาะสมสำหรับใบและยอด ควรใช้สารละลายคลอโรกซ์เข้มข้น 5 % เขย่านาน 10 นาที ส่วนการฟอกฆ่าเชื้อส่วนปล้องและข้อที่มีตาข้าง ควรใช้สารละลายคลอโรกซ์เข้มข้น 10 % เขย่านาน 5 และ 10 นาที ตามลำดับ และการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดควรใช้สารละลายคลอโรกซ์เข้มข้น 20 % เขย่านาน 10 นาที จากนั้นได้เพาะเลี้ยงแต่ละชิ้นส่วนบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติมสารกลุ่มออกซินและไซโตไคนินในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน พบว่า ใบที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติม 2, 4-D ร่วมกับ TDZ และ BA พบว่าใบสามารถอยู่รอดและเกิดแคลลัสเล็กๆ ได้ การชักนำให้เกิดแคลลัสได้ดีที่สุดคือ เพาะเลี้ยงส่วนของใบเลี้ยง (cotyledon) ในอาหารสูตร MS ที่เติม 2,4-D ที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดมะกึ่ง นำส่วนของใบ เถา เนื้อผล มาสกัดด้วยวิธีการสกัดต่อเนื่องด้วย Soxhlet's apparatus โดยใช้ 95 % เอทานอล เป็นตัวทำละลาย และเนื้อในเมล็ดส่วนหนึ่งนำไปสกัดต่อเนื่องด้วย Soxhlet's apparatus โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ และคลอโรฟอร์ม เป็นตัวทำละลาย และอีกส่วนนำไปบีบน้ำมันโดยใช้วิธีการบีบเย็นเครื่องชนิดอัดเกลียว ปริมาณผลผลิตของสารสกัดแอลกอฮอล์จากส่วนใบ, เถา และเนื้อผล มีปริมาณดังนี้ 9.85 ± 1.61 , 6.24 ± 3.12 and 10.75 ± 4.35 % w/w ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดแอลกอฮอล์จาก ใบ เถา เนื้อผลพบสารพวกกลุ่มฟลาโวนอยด์ แอนทราควิโนน สเตอรอล และแทนนิน สำหรับน้ำมันมะกึ่ง พบว่ากรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันมะกึ่ง ส่วนใหญ่เป็น Linoleic acid 47.01 g/100g และ Oleic acid 14.92 g/100g สารสกัดแต่ละส่วนที่ได้ นำไปทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ฤทธิ์ก่อมะเร็งและต้านมะเร็งในแบบที่เรียกว่าการทดสอบเอ็มเอส ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียและไวรัส ผลพบว่าสารสกัดทุกส่วนของมะกึ่งไม่จัดว่าสารสกัดที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านจุลชีพต่อเชื้อ *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* และ *Candida albican* ในการศึกษาฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์และต้านการกลายพันธุ์ของสารสกัดมะกึ่ง รวมถึงความสามารถในการเหนี่ยวนำเอนไซม์ต้านมะเร็ง ฤทธิ์ฆ่าและยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งในหลอดทดลอง และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดมะกึ่งส่วนต่าง ๆ ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดมะกึ่งไม่มีฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์ในแบบที่เรียซัลโมเนลลา ธิฟิมิวเรียมสายพันธุ์ TA98 และ TA100 ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีเอนไซม์กระตุ้น และพบว่าในสภาวะที่มีเอนไซม์กระตุ้นสารสกัดมะกึ่งมีฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์จากการเหนี่ยวนำด้วยสารก่อกลายพันธุ์ MeIQ และ AFB₁ ในแบบที่เรียซัลโมเนลลา ธิฟิมิวเรียม โดยเถาที่สกัดด้วยเอทานอลมีฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์จากการเหนี่ยวนำด้วย MeIQ ได้สูงสุด ส่วนผลเนื้อที่สกัดด้วยเอทานอลฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์จากการเหนี่ยวนำด้วย AFB₁ ได้สูงสุด แต่ในสภาวะที่ไม่มีเอนไซม์กระตุ้นสารสกัดมะกึ่งส่วนใหญ่ไม่มีฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์

จากการเหนี่ยวนำด้วยสารก่อกลายพันธุ์ AF-2 และ NaN_3 ยกเว้นสารสกัดผลเนื้อที่สกัดด้วยเอทานอลเท่านั้นที่มีฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์อย่างอ่อนจากการเหนี่ยวนำด้วย AF-2 ได้ ส่วนผลการทดสอบฤทธิ์ฆ่าและยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ในหลอดทดลอง พบว่าสารสกัดมะกั้งทุกส่วนมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งโดยออกฤทธิ์ต่อเซลล์มะเร็งแต่ละชนิดได้ต่างกัน โดยสารสกัดผลเนื้อที่สกัดด้วยเอทานอลสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งปอดได้ดีที่สุด ส่วนสารสกัดเมล็ดที่สกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์อีเทอร์มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งตับได้ดีที่สุด แต่ในเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่พบว่าทั้งสารสกัดผลเนื้อที่สกัดด้วยเอทานอล และสารสกัดเมล็ดที่สกัดด้วยอีเทอร์มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดมะกั้งส่วนต่างๆ แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้แตกต่างกัน โดยสารสกัดเถาที่สกัดด้วยเอทานอลมีฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลได้สูงที่สุด ส่วนสารสกัดใบที่สกัดด้วยเอทานอลมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และมีความสามารถในการกำจัดเหล็กได้ดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตามสารสกัดมะกั้งไม่สามารถเหนี่ยวนำเอนไซม์ต้านมะเร็ง quinone reductase ได้

มะกั้งจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีพื้นฐาน คำนวณโดยน้ำหนักแห้ง พบว่ามีไขมันร้อยละ 37.96 ± 0.97 โปรตีนร้อยละ 30.17 ± 0.37 เกลือร้อยละ 4.31 ± 0.24 เส้นใยหยาบร้อยละ 2.63 ± 0.61 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 24.93 ± 1.44 เมื่อวิเคราะห์ไขมัน พบว่ามีไขมันอิ่มตัว $17.53 \text{ g}/100\text{g}$ และมีไขมันไม่อิ่มตัว $27.31 \text{ g}/100\text{g}$ มี trans fat น้อยกว่า $0.01 \text{ g}/100\text{g}$ และมีวิตามินอีในรูป α -tocopherol $11.08 \text{ mg}/100\text{g}$ เมื่อวิเคราะห์กรดไขมันอิสระ พบว่ามีกรดไขมันชนิด cis 9,12-Linoleic acid ในปริมาณที่มากที่สุด กรดอะมิโนที่มีปริมาณสูง 4 อันดับแรกเป็นกรดอะมิโนจำเป็น ได้แก่ phenylalanine leucine histidine และ lysine ($2815 \ 2288 \ 1929$ และ $1852 \text{ mg}/100\text{g}$ ตามลำดับ) ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเนื้อในเมล็ดมะกั้ง โดยวิธี DPPH พบว่ามีค่า $\text{IC}_{50} \ 2.65 \pm 0.20$ และมีค่า GE $0.58 \pm 0.05 \text{ mg}/\text{ml}$ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี FRAP พบว่ามีค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ $4.90 \pm 1.05 \text{ mM} / \text{g FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ และเมื่อวิเคราะห์โดยวิธี ABTS พบว่ามีค่า $\text{EC}_{50} \ 10.33 \pm 0.12$ และมีค่า TEAC $0.70 \pm 0.06 \text{ micro mol/}$

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันมะกั้งเพื่อใช้เป็นเครื่องสำอาง ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ พบว่าตำรับที่เตรียมด้วยอิมัลซิฟายเออร์ผสมที่มี HLB เท่ากับ 12 มีความคงตัวมากกว่าตำรับอื่น เมื่อนำน้ำมันมะกั้งไปเตรียมครีมใช้น้ำมันร้อยละ 5 ทุกตำรับ ทั้งหมด 5 สูตร พบว่าได้อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ มีสีขาวและเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีฟอง ความหนืดเหมาะสม มีความคงตัวดีไม่แยกชั้นหลังถูกปั่น เมื่อทาบนผิวหนังให้ความรู้สึกเนียน ไม่เหนอะหนะ แฝงกระจายได้ดี ให้ความชุ่มชื้นและไม่มันจนเกินไป ครีมทุกตำรับที่ผ่านการทดสอบความคงสภาพโดยที่สภาวะ 40°C , 4°C และที่อุณหภูมิห้อง จากข้อมูลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพ จะเห็นว่าน้ำมันมะกั้งมีแนวโน้มที่น่าจะเป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าในการใช้ประโยชน์เป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพและเครื่องสำอางต่อไป

คำสำคัญ: มะกั้ง น้ำมันมะกั้ง การกระจายตัวและนิเวศวิทยา การขยายพันธุ์ ฤทธิ์ทางชีวภาพ

Abstract

Making (*Hodgsonia heteroclita* subsp. *indochinensis*); a rare and endangers species, member in a family Cucurbitaceae. Various parts; leaves, stem, pulp and seeds, have been used as medicine followed the indigenous wisdom. High content of fixed oil found in their seeds. For conservation and sustainable uses, scientific supports are essential. The aims of this research project were to study on the distribution, ecology and uses of plants in Genus *Hodgsonia*, study on propagation, chemical constituents and biological activities and potential for their uses. This research project was divided into 6 subprojects as following;

1. Subproject 1: Distribution, ecology and uses of plants in Genus *Hodgsonia*
2. Subproject 2: Study on propagation and morphology of Making (*Hodgsonia heteroclita* subsp. *indochinensis*)
3. Subproject 3: Micropropagation of *Hodgsonia heteroclita* subsp. *Indochinensis*
4. Subproject 4: Chemical constituents and Biological Activities of *Hodgsonia heteroclita* subsp. *Indochinensis*
5. Subproject 5: Potential of Making oil for Health Food
6. Subproject 6: Potential of Making oil for Research and Development as Pharmaceutical Necessity and Cosmetic products

Results of each subproject were shown as following:

From the surveys and identification using morphological characters revealed that “Making” (*Hodgsonia heteroclita* subsp. *indochinensis*) was the only one species in the genus *Hodgsonia* which was found in four provinces including Chiang Mai, Chiang Rai, Nan and Mae Hong Son. In the upper of northern Thailand, the seed of Making was used as food by the ten ethnic groups, including the Karen, Lawa, Lahu, Mien, Palong, Akha, Tai kheun and Lisu. The oil-rich cotyledons were grilled for making chili sauce or snack.

Study on propagation and morphology of Making, the result found that *H. macrocapa* produces big brownish green fruit with thin peel and soft white mesocarp. Six oblong seeds are embedded inside. Seed coat is hard and brown color. It consists of 2 carpels which are separated by porous septa. White testa and yellow integument are

observed. Seed kernel is oily and embryo embedded near micropyle where plumule can grow out. One seed can produce 2 plants. Hard seed coat is not a problem for germination. Study on effects of plant growth regulators on rooting of climber cutting found that 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) 100 ppm promoted number of root, while Indole-3-butyric acid (IBA) promoted root elongation as compared to other treatments. Planting systems under 70 % shading and without shading were observed. Plant growth and development under shading was better than without shading.

For Micropropagation, in this study was carried out to select the most suitable surface-sterilized condition and culture media for *in vitro* propagation of Making's explants. For surface sterilization, leave and shoots were surface sterilized with 5 % Clorox for 5 min., node and internodes were surface sterilized with 10% for 5 and 10 min., respectively, and seed was sterilized with 20 % for 10 min. Then, sterilized explants were placed on semi-solid MS basal medium supplemented with different concentrations of auxins and cytokinins. It was found that leave could survived and produced tiny callus in MS supplemented with combination of 2, 4-D, TDZ and BA. The best callus induction was observed when cotyledon were cultured in MS supplemented with 0.5 mg/l 2, 4-D.

Chemical constituents and biological activities of *H. heteroclita* subsp. *Indochinensis* were studied. Each part of leaves, stem and flesh fruit was separately extracted with Soxhlet's apparatus using 95 % ethanol as solvent. The oil-rich cotyledons were divided into 2 parts; one was extracted with Soxhlet's apparatus using chloroform as solvent and another one was prepared by using screw press. The percentage yield of alcoholic extracts from leaves, stem and flesh fruit were 9.85 ± 1.61 , 6.24 ± 3.12 and 10.75 ± 4.35 % w/w, respectively. The result of phytochemical screening of all extracts found that flavonoids, anthraquinones, sterols and tannins were major phytochemical groups. Linoleic acid (47.01 g/100 g) and oleic acid (14.92 g/100 g) were major fatty acid found in Making oil.

Each fractions of alcoholic extracts was evaluated their antioxidant activities, antimutagenicity and mutagenicity by aims test, cytotoxicity test and antimicrobial activities. As results, all fractions did not showed significant results in antimicrobial activities against *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Candida albican*.

Anti-mutagenicity and mutagenicity by aims test, cytotoxicity test and also capacity of quinone reductase inducer were studied in each extracts. The results revealed

that the extracts of Making had no mutagenesis to *Salmonella typhimurium* strain TA 98 and TA100 in condition with and without enzymatic activation. Interestingly, in the condition with enzymatic activation the Making extracts showed anti-mutagenesis to *S. typhimurium* using MeIQ and AFB₁ as mutagens. The most potent was found in the extracts from stem (mutated with MeIQ) and flesh fruit (mutated with AFB₁). However, in the absence of enzymatic activation, almost of the extracts had no anti-mutagenesis to *S. typhimurium* strain mutated with AF-2 and NaN₃ except the extract of flesh fruit. Moreover, all of the extracts demonstrated of cytotoxicity with different potency. The extract of flesh fruit showed cytotoxicity in lung cancer cell line while petroleum ether extract of the oil-rich cotyledons gave high cytotoxicity in hepatic cancer cell line. Cytotoxicity of colon cancer cell line was found that the extract of flesh fruit and the oil-rich cotyledons gave high cytotoxicity. In addition, all fractions of the Making extracts gave antioxidant activities with different potency. The extract of stem revealed the most potent in hydroxyl free radical scavenging activity while the leaves extract gave potent activity in DPPH assay and FRAP assay. But all fractions did not induce quinone reductase.

Proximate analysis of Making; base on dry basis, was found that the oil-rich cotyledons had 37.96 ± 0.97 % of lipid, 30.17 ± 0.37 % of protein, 4.31 ± 0.24 % of ash, 2.63 ± 0.61 % of crude fiber and 24.93 ± 1.44 % of carbohydrate. Fat analysis of Making was revealed that The oil-rich cotyledons had 17.53 g/100 g of saturated fat, 27.31 g/100 g of unsaturated fat, less than 0.01 g/100 g of *trans* fat and 11.08 mg/100 g of vitamin E. Cis 9,12-Linoleic acid (22.15 g/100g) was found as the major fatty acid. Analysis of amino acids was found that the forth ranks of amino acids were essential amino acids, such as phenylalanine, leucine, histidine and lysine (2,815, 2,288, 929 and 1,852 mg/100 g, respectively). Antioxidant activities of Making oil were studied. The results revealed that it gave antioxidant activity in DPPH assay with the value of $IC_{50} = 2.65 \pm 0.20$ mg/ml and 0.58 ± 0.05 mg/ml gallic acid equivalent (GE). For FRAP method, it was found that it had 4.90 ± 1.05 mM/g FeSO₄ · 7H₂O antioxidant abilities. Moreover, Making oil demonstrated antioxidant activity in DPPH assay with the value of $EC_{50} = 10.33 \pm 0.12$ μ mol/ml and 0.70 ± 0.06 μ mol/ml trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC).

Development of skincare product from Making oil was studied in this project. Hyrophile-lipophile balance (HLB) of Making oil for formulation of oil-in-water emulsion

was determined and showed that emulsion which formulated by HLB 12 emulsifier was the most stable. Formulation of 5 emulsions by using 5 % of Making oil resulted in oil-in-water emulsions. The appearance of emulsions was white and homogenous with no bubble. Viscosity was appropriate. The emulsions showed no separating layer after centrifugation. The product showed smooth texture and good spreadability after applying on skin. All emulsion formulas showed good stability after stored at 40°C, 4°C and room temperature. With good properties of Making oil in its chemical compositions and biological activities resulted that the Making oil has a trend to be a valuable raw material for cosmetic products or health products.

Keyword: *Hodgsonia heteroclita* subsp. *Indochinensis*, Making oil, distribution and ecology, propagation and biological activity

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ฉ
สารบัญเรื่อง	ญ
สารบัญตาราง	ฐ
สารบัญภาพ	ด
บทนำรวม	น

โครงการย่อยที่ 1 การกระจายตัว นิเวศวิทยา และการใช้ประโยชน์ของพืชสกุลมะกั

บทคัดย่อ	1
Abstract	2
บทที่ 1 บทนำ	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	5
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	10
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	11
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล	23
เอกสารอ้างอิง	25

โครงการย่อยที่ 2 การศึกษาการขยายพันธุ์ และสัณฐานวิทยาของมะกั

บทคัดย่อ	26
Abstract	27
บทที่ 1 บทนำ	28
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	29
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	30
บทที่ 4 ผลการวิจัย	31
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล	46
เอกสารอ้างอิง	47

โครงการย่อยที่ 3 การขยายพันธุ์มะกิงโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

บทคัดย่อ	48
Abstract	49
บทที่ 1 บทนำ	50
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	51
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	58
บทที่ 4 ผลการวิจัย	60
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย	70
เอกสารอ้างอิง	71

โครงการย่อยที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของมะกิง

บทคัดย่อ	74
Abstract	76
บทที่ 1 บทนำ	78
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	80
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	86
บทที่ 4 ผลการวิจัย	93
บทที่ 5 สรุปและผลอภิปรายการศึกษา	126
เอกสารอ้างอิง	130

โครงการย่อยที่ 5 ศักยภาพของน้ำมันมะกิงเพื่อใช้เป็นอาหารสุขภาพ

บทคัดย่อ	134
Abstract	135
บทที่ 1 บทนำ	136
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	138
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	147
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	149
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	158
เอกสารอ้างอิง	160

หน้า

โครงการย่อยที่ 6 ศักยภาพของน้ำมันมะกักการพัฒนาเป็นสารช่วยทางเภสัชกรรม และเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

บทคัดย่อ	163
Abstract	164
บทที่ 1 บทนำ	165
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	166
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	168
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	176
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	192
เอกสารอ้างอิง	193

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก	195
ภาคผนวก ข	199
ภาคผนวก ค	204

ประวัติและผลงานวิจัยที่สำคัญของนักวิจัยและคณะ	212
---	-----

สารบัญตาราง

	หน้า
โครงการย่อยที่ 1 การกระจายตัว นิเวศวิทยา และการใช้ประโยชน์ของพืชสกุลมะกิง	
ตาราง 4.1 ข้อมูลการสำรวจการกระจายตัว นิเวศวิทยา และการใช้ประโยชน์มะกิงโดยชาติพันธุ์ต่างๆ	12
โครงการย่อยที่ 3 การขยายพันธุ์มะกิงโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ	
ตาราง 4.1 การกระจายตัวของมะกิง (<i>Hodgsonia heteroclita</i> (Roxb.) Hook.f. & Thomson)	60
ตาราง 4.2 เพอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของใบมะกิงที่ผ่านการพอกฆ่าเชื้อด้วยคลอโรกซ์	61
ตาราง 4.3 เพอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของใบเลี้ยงที่ผ่านการพอกฆ่าเชื้อด้วยคลอโรกซ์	61
ตาราง 4.4 เพอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของปลายยอดที่ผ่านการพอกฆ่าเชื้อด้วยคลอโรกซ์	62
ตาราง 4.5 เพอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของข้อที่มีตาข้างที่ผ่านการพอกฆ่าเชื้อด้วยคลอโรกซ์	63
ตาราง 4.6 เพอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของปล้องที่ผ่านการพอกฆ่าเชื้อด้วยคลอโรกซ์	63
ตาราง 4.7 น้ำหนักสดของแคลลัสจากชิ้นส่วนใบที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม 2,4-D ร่วมกับ TDZ และ BA เป็นเวลา 6 สัปดาห์	65
ตาราง 4.8 การเพาะเลี้ยงข้อที่มีตาข้างเพื่อชักนำให้เกิดยอด	67
โครงการย่อยที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของมะกิง	
ตาราง 3.1 Antimutagenic score	87
ตาราง 3.2 เซลล์ที่ใช้ในการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดมะกิง	91
ตาราง 4.1 ผลการสกัดสารสำคัญจากเนื้อในเมล็ดมะกิง	101
ตาราง 4.2 ผลการสกัดสารสำคัญจาก ใบ เถา และเนื้อผลมะกิง	102
ตาราง 4.3 รูปแบบของไอโซเลททดสอบของเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i>	104
ตาราง 4.4 ฤทธิ์ต้านเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> สายพันธุ์ทดสอบของสารสกัดมะกิง แสดงค่าในรูปของขอบเขตการยับยั้งเชื้อ หน่วยเป็นมิลลิเมตร	104
ตาราง 4.5 ฤทธิ์ต้านเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> ไอโซเลททดสอบของสารสกัดเมล็ดมะกิงหมายเลข 4 แสดงค่าในรูปของโคโลนีที่เจริญบนอาหาร Mueller Hinton Agar	105

ตาราง 4.6	รูปแบบของไอโซเลททดสอบของเชื้อ <i>Enterococcus faecalis</i>	106
ตาราง 4.7	ฤทธิ์ต้านเชื้อ <i>Enterococcus faecalis</i> สายพันธุ์ทดสอบของสารสกัดมะกัก แสดงค่าในรูปของขอบเขตการยับยั้งเชื้อ หน่วยเป็นมิลลิเมตร	106
ตาราง 4.8	รูปแบบของไอโซเลททดสอบของเชื้อ <i>Escherichia coli</i>	107
ตาราง 4.9	ฤทธิ์ต้านเชื้อ <i>Escherichia coli</i> สายพันธุ์ทดสอบของสารสกัดมะกัก แสดง ค่าในรูปของขอบเขตการยับยั้งเชื้อ หน่วยเป็นมิลลิเมตร	107
ตาราง 4.10	ฤทธิ์ต้านเชื้อ <i>Escherichia coli</i> ไอโซเลททดสอบของสารสกัดเมล็ดมะกัก หมายเลข 4-6 แสดงค่าในรูปของโคโลนีที่เจริญบนอาหาร Mueller Hinton Agar	108
ตาราง 4.11	ฤทธิ์ต้านเชื้อ <i>Candida albicans</i> สายพันธุ์ทดสอบของสารสกัดมะกัก แสดงค่าในรูปของขอบเขตการยับยั้งเชื้อ หน่วยเป็นมิลลิเมตร	109
ตาราง 4.12	ฤทธิ์ต่อเซลล์เพาะเลี้ยงทุติยภูมิ P388 ของสารสกัดมะกัก	110
ตาราง 4.13	ฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ของสารสกัดมะกักในแบคทีเรียชัลโมเนลลา อัยฟิมิวเรียม สายพันธุ์ TA98 ในสภาวะที่ไม่มี (-S9 mix) และมีเอนไซม์กระตุ้น (+S9 mix)	113
ตาราง 4.14	ฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ของสารสกัดมะกักในแบคทีเรียชัลโมเนลลา อัยฟิมิวเรียม สายพันธุ์ TA100 ในสภาวะที่ไม่มี (-S9 mix) และมีเอนไซม์กระตุ้น (+S9 mix)	114
ตาราง 4.15	ฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ของสารสกัดมะกักในแบคทีเรียชัลโมเนลลา อัยฟิมิว เรียม สายพันธุ์ TA98 ในสภาวะที่ไม่มี (-S9 mix) และมีเอนไซม์กระตุ้น (+ S9 mix)	115
ตาราง 4.16	ฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ของสารสกัดมะกักในแบคทีเรียชัลโมเนลลา อัยฟิมิว เรียม สายพันธุ์ TA100 ในสภาวะที่ไม่มี (-S9 mix) และมีเอนไซม์กระตุ้น (+S9 mix)	116
ตาราง 4.17	ผลของสารสกัดมะกักในการเหนี่ยวนำเอนไซม์ต้านมะเร็ง quinone reductase	117
ตาราง 4.18	ความเข้มข้นของสารสกัดมะกักต่อการยับยั้งการเจริญเติบโต 50 เปอร์เซ็นต์ (Growth inhibition 50, GI50) ของเซลล์มะเร็งและเซลล์ปกติในหลอด ทดลอง	121

ตาราง 4.19	ความเข้มข้นของสารสกัดมะกิงต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตทั้งหมด (Total growth inhibition, TGI) ของเซลล์มะเร็งและเซลล์ปกติในหลอดทดลอง	121
ตาราง 4.20	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดมะกิงในส่วนต่างๆ ด้วยวิธี DPPH scavenging assay	122
ตาราง 4.21	ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลของสารสกัดมะกิง (Hydroxyl scavenging activity)	123
ตาราง 4.22	ความสามารถในการจับเหล็กของสารสกัดมะกิง (Iron chelating activity)	124
ตาราง 4.23	แสดงลักษณะการออกฤทธิ์ของสารละลายสารสกัดที่ความเข้มข้นต่างๆ	125
ตาราง 5.1	ตาราง 5.1 แสดง % yield ของมะกิง ที่สกัดด้วยวิธีการสกัดต่อเนื่องด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ในส่วนของเนื้อในเมล็ดและส่วนอื่น ๆ	126
โครงการย่อยที่ 5 ศักยภาพของน้ำมันมะกิงเพื่อใช้เป็นอาหารสุขภาพ		
ตาราง 4.1	คุณลักษณะเกี่ยวกับขนาด และน้ำหนักของเมล็ดมะกิง	150
ตาราง 4.2	ค่าสีของส่วนของเปลือกเมล็ด และส่วนของเนื้อในเมล็ดมะกิง	151
ตาราง 4.3	องค์ประกอบเคมีพื้นฐานของเนื้อในเมล็ดมะกิง	152
ตาราง 4.4	ชนิดและปริมาณไขมันที่สำคัญในเนื้อในเมล็ดมะกิงเปรียบเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่น	153
ตาราง 4.5	ปริมาณกรดอะมิโนในเนื้อในเมล็ดมะกิง เปรียบเทียบกับในเมล็ดถั่วลิสง และเมล็ดถั่วเหลือง	155
ตาราง 4.6	ปริมาณวิตามินอี และวิตามินซี ในเนื้อในเมล็ดมะกิงและพืชชนิดอื่น	156
ตาราง 4.7	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเนื้อในเมล็ดมะกิง	157
โครงการย่อยที่ 6 ศักยภาพของน้ำมันมะกิงการพัฒนาเป็นสารช่วยทางเภสัชกรรม และเพื่อพัฒนา ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง		
ตาราง 3.1	ปิเปตสารละลาย stock solution ตามตารางแล้วปรับปริมาตรเป็น 50 mL ด้วยโหลอื่น	169
ตาราง 3.2	ชนิดและปริมาณของอิมัลซิฟายเออร์ที่ใช้หาค่า HLB ของน้ำมันเมล็ดมะกิง	173
ตาราง 4.1	ปริมาณน้ำมันมะกิง ที่สกัดด้วยเครื่องหีบแบบอัดเกลียวก่อนทำให้บริสุทธิ์ เบื้องต้น	176
ตาราง 4.2	ผลการทดสอบปริมาณกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันมะกิง	177
ตาราง 4.3	ค่าดัชนีหักเหของน้ำมันมะกิงรุ่นปี 2556	180

ตาราง 4.4	ค่าความหนืดของน้ำมันมะกักรุ่นปี 2556	180
ตาราง 4.5	ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันมะกักรุ่นปี 2556	180
ตาราง 4.6	การทดสอบค่า HLB ของน้ำมันมะกักรุ่นปี 2556	181
ตาราง 4.7	การดูดกลืนแสงของสารละลายวิตามินอีมาตรฐาน	182
ตาราง 4.8	ปริมาณวิตามินอีในน้ำมันมะกักรุ่นปี 2556	182
ตาราง 4.9	ผลการทดลองสารละลายมาตรฐาน	183
ตาราง 4.10	ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันมะกักรุ่นปี 2556	184
ตาราง 4.11	ผลการหาค่าโพลีฟีนอลในน้ำมันมะกักรุ่นปี 2556	184
ตาราง 4.12	% inhibition ของน้ำมันมะกักรุ่นปี 2556 ครั้งที่ 1	185
ตาราง 4.13	% inhibition ของน้ำมันมะกักรุ่นปี 2556 ครั้งที่ 2	186
ตาราง 4.14	ความเข้มข้นของ Trolox (mM) และ ค่าการดูดกลืนแสง	187
ตาราง 4.15	ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงในตัวอย่างน้ำมันมะกักรุ่นปี 2556	187
ตาราง 4.16	ผลการคำนวณ TEAC (mM Trolox/g, oil)	188
ตาราง 4.17	สรุปลักษณะทางกายภาพและความรู้สึกหลังใช้ครีมตำรับต่างๆหลังเตรียมเสร็จพื้นที่	189
ตาราง 4.18	ผลการวัดค่าความหนืด	190

สารบัญภาพ

	หน้า
โครงการย่อยที่ 1 การกระจายตัว นิเวศวิทยา และการใช้ประโยชน์ของพืชสกุลมะกิ้ง	
ภาพ 2.1 ลักษณะของพืชในสกุล Hodgsonia	5
ภาพ 2.2 ลักษณะดอกของพืชสกุล Hodgsonia (A. ดอกเพศผู้เป็นช่อ; B. ดอกเพศเมียเป็นดอกเดี่ยว)	6
ภาพ 2.3 การกระจายตัวของพืชสกุล Hodgsonia	6
ภาพ 2.4 น้ำเต้าผี หรือ มันทู (H. macrocarpa)	8
ภาพ 2.5 Hodgsonia macrocarpa (A. ตาดอกเพศผู้ B. ตาดอกเพศเมีย C. หลอดกลีบดอกเพศเมียตัดตามยาวแสดงก้านชูเกสรและยอดเกสรเพศเมีย D.- E. รังไข่ ตัดตามยาวและตัดตามขวาง)	8
ภาพ 4.1 แผนที่แสดงบริเวณที่พบการใช้ประโยชน์จากมะกิ้ง	15
ภาพ 4.2 บ้านจำปี ต.เทพเสด็จ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	16
ภาพ 4.3 บ้านป่าป่าน ต.เทพเสด็จ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	16
ภาพ 4.4 บ้านขุนลาว ต.เจดีย์ใหม่ อ.เวียงป่าเป้า จ.เชียงราย	17
ภาพ 4.5 ใบเลี้ยงของมะกิ้ง มีการสะสมอาหาร สีเหลืองฟาง และมีน้ำมันปริมาณมาก	17
ภาพ 4.6 ลักษณะวิสัยของมะกิ้งเป็นไม้เลื้อย	18
ภาพ 4.7 แก้วมะกิ้งขนาดใหญ่มีเนื้อไม้	18
ภาพ 4.8 ลักษณะใบของมะกิ้งแบบ 5 แฉก (แต่ละแฉกค่อนข้างกว้าง)	19
ภาพ 4.9 ลักษณะใบของมะกิ้งแบบ 5 แฉก (แต่ละแฉกค่อนข้างแคบ)	19
ภาพ 4.10 ลักษณะใบของมะกิ้งแบบ 3 แฉก	19
ภาพ 4.11 เกสรตัวผู้ (probract) มีต่อมน้ำต้อย	19
ภาพ 4.12 ดอกเพศเมียของมะกิ้งเป็นดอกเดี่ยว	19
ภาพ 4.13 กลีบดอกมะกิ้งเชื่อมติดกันเป็นหลอด(ออกตามซอกใบ) (ปลายแยกเป็น 5 แฉก)	19
ภาพ 4.14 ดอกตูมของมะกิ้ง กลีบเลี้ยงมีต่อมน้ำต้อย	20
ภาพ 4.15 ดอกเพศเมียของมะกิ้งมีรังไข่อยู่ใต้ฐานรองดอก (inferior ovary)	20
ภาพ 4.16 รังไข่ของมะกิ้งตัดตามขวาง	20
ภาพ 4.17 รังไข่มี 3 คาร์เพล ออวูลิติดแบบ parietal placentation	20
ภาพ 4.18 ผลและเมล็ดมะกิ้ง	20

ภาพ 4.19	ผลมะกิ้งที่โตเต็มที่ เปลือกผลมีจุดสีดำ	20
ภาพ 4.20	ผลอ่อนมะกิ้งตัดตามขวาง มี 6 ไพรีน	21
ภาพ 4.21	ใน 1 ไพรีนของผลอ่อนมะกิ้งประกอบด้วย 3 เมล็ด	21
ภาพ 4.22	ผลมะกิ้งแก่จะมีส่วนของเปลือกผล	21
ภาพ 4.23	เปลือกผลมะกิ้งมีน้ำยางใส	21
ภาพ 4.24	เมล็ดมะกิ้งมีส่วนของเปลือกไพรีนที่แข็ง	21
ภาพ 4.25	เมล็ดมะกิ้งขนาดต่างๆ	21
ภาพ 4.26	เมล็ดอ่อนของมะกิ้ง	22
ภาพ 4.27	เยื่อหุ้มเมล็ดและใบเลี้ยงของเมล็ดอ่อนมะกิ้ง	22
ภาพ 4.28	ส่วนต่างๆ ของเมล็ดมะกิ้ง	22
ภาพ 4.29	เยื่อหุ้มเมล็ดและใบเลี้ยงของมะกิ้ง	22

โครงการย่อยที่ 2 การศึกษาการขยายพันธุ์ และสัณฐานวิทยาของมะกิ้ง

ภาพ 4.1	ลักษณะภายนอกของผลมะกิ้ง	31
ภาพ 4.2	ลักษณะภายในผลมะกิ้งประกอบด้วยเนื้อผลนุ่มสีขาว มีเมล็ดฝังอยู่ 6 เมล็ด	31
ภาพ 4.3	ลักษณะเมล็ดมะกิ้งยาวรีรูปไข่ขนาดใหญ่เปลือกแข็งสีน้ำตาล	32
ภาพ 4.4	ลักษณะและส่วนประกอบของเมล็ดมะกิ้ง ก) เมล็ดมี 2 พู ประกบกัน ข) มีผนังกันระหว่าง 2 พู ค) เยื่อหุ้มเมล็ดชั้นนอกสีขาว ง) เยื่อหุ้มเมล็ดด้านในสีเหลือง	32
ภาพ 4.5	ลักษณะเนื้อในเมล็ด และ คัพภะ	33
ภาพ 4.6	การเพาะเมล็ดลงในวัสดุปลูก	33
ภาพ 4.7	การงอกของเมล็ดมะกิ้งแบบ 2 ลำต้น	34
ภาพ 4.8	การงอกของเมล็ดมะกิ้งแบบ 1 ลำต้น	34
ภาพ 4.9	การเจริญเติบโตของรากและลำต้นมะกิ้งแบบ 2 ลำต้น	35
ภาพ 4.10	การเจริญเติบโตของรากและลำต้นมะกิ้งแบบลำต้นเดียว	35
ภาพ 4.11	ลักษณะท่อลำเลียงของลำต้นมะกิ้งและน้ำเมือกจากท่ออาหาร	36
ภาพ 4.12	ลักษณะของกิ่งชำมะกิ้ง	37
ภาพ 4.13	การจุ่มโคนกิ่งลงในสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช	37

ภาพ 4.14	การปักชำกิ่งมะกั้งลงในวัสดุปลูกและการควบคุมความชื้น	38
ภาพ 4.15	ตำแหน่งการเกิดรากของกิ่งชำมะกั้ง	38
ภาพ 4.16	จำนวนรากของกิ่งชำมะกั้ง 30 วัน หลังกรรมวิธีต่าง ๆ	39
ภาพ 4.17	ลักษณะการเกิดรากของกิ่งชำมะกั้งหลังกรรมวิธีต่าง ๆ	39
ภาพ 4.18	ความยาวรากของกิ่งชำมะกั้ง 30 วัน หลังกรรมวิธีต่าง ๆ	40
ภาพ 4.19	การปลูกมะกั้งในระบบพรางแสง	41
ภาพ 4.20	การเจริญเติบโตของเถาใหม่จากบริเวณข้อของเถาเดิม	42
ภาพ 4.21	รูปแบบของใบมะกั้งที่มีความแตกต่างกันในต้นเดียวกัน	42
ภาพ 4.22	ลักษณะใบมะกั้งที่มีความแตกต่างกันในแต่ละต้น	43
ภาพ 4.23	ลักษณะใบเดี่ยวที่มีความหนา และสีเขียวของใบแตกต่างกัน	43
ภาพ 4.24	รูปแบบใบสองแฉกที่มีลักษณะแตกต่างกัน	44
ภาพ 4.25	การปลูกมะกั้งในระบบกลางแจ้ง	44
ภาพ 4.26	อาการใบจุดสีเหลือง และใบเหี่ยวแห้ง ของมะกั้งที่ปลูกในระบบกลางแจ้ง	45
ภาพ 4.27	การปลูกมะกั้งร่วมกับไม้ยืนต้นในสภาพธรรมชาติ	45

โครงการย่อยที่ 3 การขยายพันธุ์มะกั้งโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ภาพ 2.1	ใบมะกั้งหยักเป็น 3-5 แฉก	52
ภาพ 2.2	ลักษณะของดอกมะกั้งและตอมน้ำหวานที่อยู่บริเวณซอกใบ	52
ภาพ 2.3	ลักษณะผลและลักษณะเนื้อภายในของมะกั้ง	53
ภาพ 2.4	ลักษณะเมล็ดมะกั้ง	53
ภาพ 4.1	ลักษณะของชิ้นส่วนใบที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร MS ที่เติม 2,4-D เป็นเวลา 6 สัปดาห์	64
ภาพ 4.2	ลักษณะของชิ้นส่วนใบมะกั้งที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS (ที่มี 2,4-D ความเข้มข้น 0.25 และ 0.50 มก./ล. ร่วมกับ TDZ และ BA อย่างละ 1 มก./ล. เป็นเวลา 6 สัปดาห์)	65
ภาพ 4.3	ลักษณะของแคลลัสที่ได้จากชิ้นส่วน cotyledon ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS (ที่เติม 2,4-D ความเข้มข้น 0.25 และ 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร)	66
ภาพ 4.4	ยอดจากการเพาะเลี้ยงข้อมะกั้งในอาหารสูตร MS ที่เติม BA (1 (ก), 2 (ข) และ 4 (ค) มิลลิกรัม/ลิตร เลี้ยงนาน 6 สัปดาห์)	67

โครงการย่อยที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของมะกั้ง

ภาพ 2.1	กลไกการเหนี่ยวนำเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเมตาบอไลต์สารพิษ (Heyes et al., 2001)	82
ภาพ 2.2	เมตาบอลิซึมของสารประกอบ quinone และบทบาทของเอนไซม์ quinone reductase (Nioi et al., 2004)	84
ภาพ 2.3	ขั้นตอนการทดสอบฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ในการทดสอบเอมส์	85
ภาพ 4.1	Microscopic character of stem (1)	94
ภาพ 4.2	Microscopic character of stem (2)	95
ภาพ 4.3	Microscopic character of leaf (1)	96
ภาพ 4.4	Microscopic character of leaf (2)	97
ภาพ 4.5	Microscopic character of pericarp	98
ภาพ 4.6	Microscopic character of seed coat	99
ภาพ 4.7	Microscopic character of embryo	100
ภาพ 4.8	(ก) เมล็ดและเนื้อในเมล็ดของมะกั้ง (ข) ตัวอย่างสารสกัดของส่วนเนื้อในเมล็ด	101
ภาพ 4.9	ลักษณะส่วนต่าง ๆ ของตัวอย่างมะกั้ง	102
ภาพ 4.10	แสดงวิธีการสกัดตัวอย่างมะกั้งด้วยวิธีการสกัดต่อเนื่องด้วย Soxhlet's apparatus	103
ภาพ 4.11	ลักษณะสารสกัดจากส่วนใบ เถา และเนื้อผล	103
ภาพ 4.12	ฤทธิ์ของสารสกัดมะกั้งต่อการเจริญของเซลล์มะเร็งปอด (A549)	119
ภาพ 4.13	ฤทธิ์ของสารสกัดมะกั้งต่อการเจริญของเซลล์มะเร็งตับ (HepG2)	119
ภาพ 4.14	ฤทธิ์ของสารสกัดมะกั้งต่อการเจริญของเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ (SW620)	120
ภาพ 4.15	ฤทธิ์ของสารสกัดมะกั้งต่อการเจริญของเซลล์ปกติ (MRC5)	120

โครงการย่อยที่ 5 ศักยภาพของน้ำมันมะกั้งเพื่อใช้เป็นอาหารสุขภาพ

ภาพ 2.1	ลักษณะของใบ ผล และเมล็ดผลมะกั้ง	139
ภาพ 2.2	ปฏิกิริยาการผันแปรของ ABTS	146
ภาพ 4.1	ลักษณะของเมล็ดมะกั้ง (a) เมล็ดมะกั้ง (b) เนื้อในเมล็ดและเยื่อหุ้มเมล็ดหลังการผ่า	150

**โครงการย่อยที่ 6 ศักยภาพของน้ำมันมะกักการพัฒนาเป็นสารช่วยทางเภสัชกรรม
และเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง**

ภาพ 4.24	การเตรียมวัตถุดิบผลมะกักเพื่อนำไปเตรียมน้ำมัน	168
ภาพ 4.25	น้ำมันที่สกัดด้วยเครื่องหีบแบบอัดเกลียวแบบอัดเกลียว	176
ภาพ 4.26	น้ำมันมะกัก ก่อนกรอง (รูปซ้าย) และ หลังกรอง (รูปขวา)	179
ภาพ 4.27	ผลการหาค่า HLB ของน้ำมันมะกัก	181
ภาพ 4.28	กราฟมาตรฐานของวิตามินอี	182
ภาพ 4.29	กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก	183
ภาพ 4.30	% Inhibition & ความเข้มข้นของน้ำมันมะกัก ครั้งที่ 1	185
ภาพ 4.31	% Inhibition & ความเข้มข้นของน้ำมันมะกัก ครั้งที่ 2	186
ภาพ 4.32	การทดสอบการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH	186
ภาพ 4.33	กราฟมาตรฐานของ Trolox	187
ภาพ 4.34	การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP	188
ภาพ 4.35	ครีมมะกัก 10 % สูตร MK1 MK2 MK3 MK4 และ MK5	190

ภาคผนวก

ภาพ ก.1	ลักษณะเปลือกของเมล็ดมะกัก	195
ภาพ ก.2	เมล็ดมะกักที่สมบูรณ์ (บน) เมล็ดมะกักที่ฝ่อ เสีย (ล่าง)	195
ภาพ ก.3	เนื้อในเมล็ดมะกัก	196
ภาพ ก.4	ลักษณะเยื่อหุ้มเนื้อในเมล็ดมะกัก	196
ภาพ ก.5	กราฟมาตรฐาน gallic acid ในวิธี DPPH	197
ภาพ ก.6	กราฟมาตรฐาน ในวิธี FRAP	197
ภาพ ก.7	กราฟมาตรฐานของ tolox ในวิธี ABTS	198
ภาพ ค.1	ผลการวิเคราะห์ วิตามินอี และ กรดไขมัน	204
ภาพ ค.2	ผลการวิเคราะห์ไขมันและกรดไขมัน	205
ภาพ ค.3	ผลการวิเคราะห์ไขมัน กรดไขมัน และกรดอะมิโน	206
ภาพ ค.4	ผลการวิเคราะห์กรดอะมิโน	207
ภาพ ค.5	ตัวอย่างผลในการวิเคราะห์ไขมันและกรดไขมัน	208
ภาพ ค.6	ตัวอย่างผลการวิเคราะห์กรดอะมิโน	209
ภาพ ค.7	ตัวอย่างกราฟในการวิเคราะห์กรดอะมิโน	210
ภาพ ค.8	ตัวอย่างกราฟในการวิเคราะห์วิตามินอี	211

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์และความหลากหลายทางชีวภาพของพืชพรรณสูง และเป็นศูนย์กลางการกระจายของพรรณไม้ที่อยู่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จากข้อมูลจากหนังสือพรรณพฤกษชาติแห่งประเทศไทย (Flora of Thailand) (ราชันย์ 2548) สารานุกรมพืชในประเทศไทย (ราชันย์ 2554) และฐานข้อมูลพรรณไม้สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ (ศูนย์ข้อมูลพืช สำนักวิชาการ-วิจัย องค์การสวนพฤกษศาสตร์ 2547) พบว่ามีพืชพรรณหลายชนิดที่พบมีขอบเขตการกระจายพันธุ์ที่จำกัดในแต่ละพื้นที่หรือภูมิภาค รวมถึงพืชเฉพาะถิ่น ในพื้นที่ประเทศไทยทั้งหมดประมาณ 500,000 ตารางกิโลเมตร ซึ่งครอบคลุมสภาพป่าธรรมชาติที่แตกต่างกัน คาดการณ์ว่ามีพืชขึ้นสูงหรือพืชดอกอยู่ในประเทศไทยประมาณ 15,000 ชนิด จากประมาณ 260,000 ชนิดจากทั่วโลก ซึ่งประกอบด้วยพืชที่อยู่ในสถานภาพหายาก (rare plants) ได้แก่พืชเฉพาะถิ่น และพืชที่ใกล้สูญพันธุ์ประมาณ 1,000 ชนิด (ราชันย์ 2551) โดยพืชในสกุลมะกั้ง (*Genus Hodgsonia*) เป็นพืชกลุ่มหนึ่งที่มีสถานภาพหายาก เนื่องจากพบจำนวนน้อยมากในธรรมชาติ มีสถานะภาพการอนุรักษ์ในระดับ E (Endangered) ตามมาตรฐานของ IUCN เพราะพบเฉพาะในป่าดิบที่ลุ่มไปจนถึงป่าดิบเขาที่ความสูงจากระดับน้ำทะเล 800-1000 เมตร ส่วนของเมล็ดมีขนาดใหญ่และมีปริมาณน้ำมันถึง 50-60% มีคุณค่าในเชิงอาหาร เป็นพืชให้น้ำมัน และใช้เป็นสมุนไพร มะกั้งเป็นพืชล้มลุกที่มีดอกแยกเพศ และอาจต้องใช้เวลาในการเจริญเติบโตนานถึง 1-3 ปี จึงจะทราบเพศของดอกและสามารถผสมเกสรและติดผลได้ จึงมีแนวโน้มที่พืชสกุลมะกั้งอาจสูญพันธุ์ได้ในอนาคตอันใกล้ ด้วยเหตุนี้ทางโครงการอนุรักษ์พันธุ์พืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีฯ (อพ.สธ.) จึงได้กระตุ้นให้นักวิจัยตระหนักถึงความสำคัญในเรื่องนี้ ทางคณะผู้วิจัยจึงเห็นว่าควรต้องมีการเร่งสำรวจการกระจายตัว จำนวนประชากร นิเวศวิทยาของแหล่งที่อยู่ แนวทางในการขยายพันธุ์พืช การศึกษาทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพ ตลอดจนการใช้ประโยชน์ เพื่อจะได้นำข้อมูลพื้นฐานนี้ไปต่อยอดและเป็นข้อมูลสำหรับการจัดการการอนุรักษ์ในสภาพธรรมชาติ ตลอดจนการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนของชุมชนต่างๆ ต่อไปในอนาคต

มะกั้งเป็นพืชที่เมล็ดมีขนาดใหญ่และมีปริมาณน้ำมันถึง 50-60% มีคุณค่าในเชิงอาหาร พืชให้น้ำมัน และสมุนไพร แต่เนื่องจากเป็นพืชล้มลุกที่มีดอกแยกเพศ และอาจต้องใช้เวลาในการเจริญเติบโตนานถึง 1-3 ปี จึงจะทราบเพศของดอกและสามารถผสมเกสรและติดผลได้ จึงมีแนวโน้มที่พืชสกุลมะกั้งอาจสูญหายไปจากสภาพธรรมชาติของประเทศไทยได้ในอนาคตอันใกล้ การสำรวจการกระจายตัว จำนวนประชากร นิเวศวิทยาของแหล่งที่อยู่ ตลอดจนการใช้ประโยชน์โดยชุมชนในท้องถิ่นใกล้เคียงกับแหล่งที่อยู่ของพืชสกุลนี้อย่างเร่งด่วนจึงจำเป็นอย่างมาก ในขณะเดียวกันการศึกษากายภาพการขยายพันธุ์ และสัณฐานวิทยาของมะกั้ง จะเป็นข้อมูลที่สำคัญในการพัฒนาศักยภาพการผลิตวัตถุดิบเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางอาหารและยา หรือพลังงานเชื้อเพลิงต่อไป

มะกั้งเป็นพืชที่มีข้อมูลการศึกษาวิจัยน้อย แนวโน้มของการนำมะกั้งไปใช้ประโยชน์นั้นคาดว่าน้ำมันมะกั้งมีแนวโน้มที่จะนำไปใช้เป็นสารช่วยทางเภสัชกรรม สำหรับส่วนอื่น ๆ ได้แก่ ใบ เถา และเนื้อผลนั้น ยังไม่พบรายงานผลการวิจัย การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ เป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการสนับสนุนการนำไปใช้ประโยชน์ทั้งทางด้านอาหาร เภสัชกรรม เครื่องสำอาง ทั้งด้านคุณภาพ ความปลอดภัย และแนวโน้มของประสิทธิผลต่อไป

วัตถุประสงค์หลักของแผนงานวิจัย

1. เพื่อสำรวจข้อมูลการกระจายตัว จำนวนประชากร นิเวศวิทยา และการใช้ประโยชน์ของพืชสกุลมะกั้งในประเทศไทย
2. เพื่อศึกษาการขยายพันธุ์ การปลูก และการเจริญเติบโตของมะกั้ง
3. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของมะกั้ง
4. เพื่อศึกษาแนวทางในการใช้ประโยชน์มะกั้งในทางอาหาร สารช่วยทางเภสัชกรรม และแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง