

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของไขมัน กรดไขมันที่สำคัญ และกรดอะมิโนที่สำคัญในเนื้อในเมล็ดมะกั้ง เมล็ดมะกั้งที่ใช้ ได้จากศูนย์วิจัยการเกษตรราวี (ดอยช้าง) จังหวัดเชียงราย ผิวเมล็ดมีสีน้ำตาลเข้ม มีความกว้าง 52.20 ± 4.02 mm. ความยาว 72.44 ± 4.71 mm. และความหนา 40.41 ± 4.81 mm. เมื่อผ่าออกด้วยมีดได้เนื้อในมีสีขาวขุ่น ซึ่งมีความชื้นร้อยละ 11.53 ± 3.19 จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีพื้นฐาน คำนวณโดยน้ำหนักแห้ง พบว่ามีไขมันร้อยละ 37.96 ± 0.97 โปรตีนร้อยละ 30.17 ± 0.37 เถ้าร้อยละ 4.31 ± 0.24 เส้นใยหยาบร้อยละ 2.63 ± 0.61 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 24.93 ± 1.44 เมื่อวิเคราะห์ไขมัน พบว่ามีไขมันอิ่มตัว 17.53 g/100g และมีไขมันไม่อิ่มตัว 27.31 g/100g มี trans fat น้อยกว่า 0.01 g/100g และมีวิตามินอีในรูป alpha-tocopherol 11.08 mg/100g เมื่อวิเคราะห์กรดไขมันอิสระ พบว่ามีกรดไขมันชนิด cis 9,12-Linoleic acid ในปริมาณที่มากที่สุด ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณที่มีอยู่ในเมล็ดดอกทานตะวัน กรดไขมันชนิดนี้เป็นกรดไขมันที่จำเป็น เนื่องจากร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นได้ ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น เมื่อวิเคราะห์กรดอะมิโนพบว่า กรดอะมิโนที่มีปริมาณสูง 4 อันดับแรกเป็นกรดอะมิโนจำเป็น ได้แก่ phenylalanine leucine histidine และ lysine (2815 2288 1929 และ 1852 mg/100g ตามลำดับ) กรดอะมิโนจำเป็นนี้ เป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายไม่สามารถสร้างได้ ต้องได้รับจากอาหารโดยตรงเท่านั้น ในคนต้องการกรดอะมิโนกลุ่มนี้ทั้งหมด 10 ชนิด งานวิจัยนี้พบว่ามีกรดอะมิโนจำเป็นในเนื้อในเมล็ดมะกั้งอยู่ถึง 9 ชนิด เมื่อศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเนื้อในเมล็ดมะกั้ง โดยวิธี DPPH พบว่ามีค่า IC_{50} 2.65 ± 0.20 และมีค่า GE 0.58 ± 0.05 mg/ml เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี FRAP พบว่ามีค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ 4.90 ± 1.05 mM / g $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ และเมื่อวิเคราะห์โดยวิธี ABTS พบว่ามีค่า EC_{50} 10.33 ± 0.12 และมีค่า TEVC 0.70 ± 0.06 micro mol/ml ซึ่งสมบัตการต้านอนุมูลอิสระนี้มีแนวโน้มต่ำกว่าน้ำมันจากเมล็ดดอกทานตะวัน

Abstract

This research aimed to study types and quantities of lipid, important fatty acids and important amino acids in making inner pulp. Making seeds were collected from a plant at Chiang Rai Agricultural Research and Development Center for this study. The seeds were hard stone seeds which were brown in color, 52.20 ± 4.02 mm. Width, 72.44 ± 4.71 mm. length, and 40.41 ± 4.81 mm. thickness. After breaking the seed coat with a knife, the inner pulp was white in color which had 11.53 ± 3.19 % moisture content. After proximate analysis base on dry basis, it was found that inner pulp had 37.96 ± 0.97 % lipid, 30.17 ± 0.37 % protein, 4.31 ± 0.24 % ash, 2.63 ± 0.61 % crude fiber and 24.93 ± 1.44 % carbohydrate. After fat analysis, making inner pulp had 17.53 g/100g saturated fat, 27.31 g/100g unsaturated fat, less than 0.01 g/100g trans fat and 11.08 mg/100g vitamin E. When free fatty acids were analyze, making inner pulp had the maximum amount of Cis 9,12-Linoleic acid (22.15 g/100g) which were similar to sunflower seed oil. This free fatty acid is an essential free fatty acid which human body cannot produce, must get directly from diet only. When its amino acids were analyzed, it was found that the forth ranks amount of amino acids were essential amino acids, such as Phenylalanine Leucine Histidine and Lysine (2815, 2288, 1929 and 1852 mg/100g, respectively). The essential amino acid is an amino acid which human body cannot produce, must get directly from diet only. Human body needs ten essential amino acids. In this study, it was found that making inner pulp had 9 essential amino acids. Antioxidant activities of making inner pulp were studied, in three methods. From DPPH method, it was found that it had 2.65 ± 0.20 mg/ml IC_{50} and 0.58 ± 0.05 mg/ml gallic acid equivalent (GE). From FRAP method, it was found that it had 4.90 ± 1.05 mM/g $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ antioxidant abilities. From ABTS method, it was found that it had 10.33 ± 0.12 micro mol/ml EC_{50} and 0.70 ± 0.06 micro mol/ml trolox equivalent antioxidant capacity (TEVC).

บทที่ 1

บทนำ

มะกั้ง (*Hodgsonia heteroclita* subsp. *Indochinensis*) จัดอยู่ในวงศ์ Cucurbitaceae เป็นไม้เถาเนื้อแข็ง ยาวประมาณ 30 เมตร เจริญเติบโตในสภาพนิเวศแบบป่าดิบแล้ง และป่าดิบเขาที่ระดับความสูง 800-1,000 เมตร เลื้อยพันอยู่กับต้นไม้ใหญ่ ตามริมห้วย หรือบริเวณที่มีความชุ่มชื้น ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด (Wilde de et al., 2001)

มะกั้งใช้เป็นอาหาร ถ้าเป็นใช้ผลอ่อนรับประทานเป็นผัก เมื่อผลมะกั้งแก่จัดเนื้อผลจะโป่งยุ่ยคล้ายเนื้อในเปลือกส้มโอ ผลแก่จัดที่หล่นจากต้น เนื้อผลจะย่อยสลายไปเอง เหลือเพียงเมล็ดมะกั้ง เมล็ดมะกั้งมีเปลือกแข็งมาก เมื่อผ่าเมล็ดออกจะได้เนื้อในเมล็ดที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดหุ้มอยู่ เยื่อหุ้มเมล็ดมีผิวนอกหยาบคล้ายกระดาษแข็งมีสีน้ำตาล เนื้อในเยื่อหุ้มมีสีขาวลักษณะคล้ายฟองน้ำ เมื่อแยกเอาเยื่อหุ้มเมล็ดออกจากเนื้อเมล็ด ได้เนื้อในเมล็ดสีขาวขุ่น เนื้อแน่น ไม่เหนียว มีน้ำมันมาก เนื้อในเมล็ดมะกั้งสามารถรับประทานได้เมื่อนำไปย่างไฟให้สุก เนื้อในเมล็ดมะกั้งที่ย่างสุกแล้วมีรสหวานมัน สามารถนำไปตำเป็นน้ำพริกได้

จากการที่มีการใช้ประโยชน์จากมะกั้งหลากหลายรูปแบบ ซึ่งเป็นการสืบทอดจากรุ่นสู่รุ่น แต่พืชชนิดนี้ยังมีการทำวิจัยในเชิงลึกน้อยมาก เนื้อในเมล็ดมะกั้งเป็นส่วนที่ถูกนำไปใช้ในการบริโภค จึงน่าจะต้องทำการศึกษาถึงส่วนประกอบทางเคมี คุณค่าทางโภชนาการ กรดอะมิโน ไขมัน และวิตามินที่สำคัญ รวมทั้งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเนื้อในเมล็ดมะกั้ง เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนในการนำมาใช้ประโยชน์ในทางอาหาร โดยเฉพาะในการใช้เป็นอาหารสุขภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาถึงชนิด และปริมาณของไขมันและกรดไขมันที่สำคัญ ในเนื้อในเมล็ดมะกั้ง
2. เพื่อศึกษาถึงชนิด และปริมาณของกรดอะมิโนที่สำคัญ ในเนื้อในเมล็ดมะกั้ง
3. เพื่อศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเนื้อในเมล็ดมะกั้ง

ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

ใช้เมล็ดจากผลมะกั้งที่สุก และหล่นจากต้นตามธรรมชาติ โดยผ่าแยกเมล็ด เอาเฉพาะเนื้อในเมล็ดมะกั้ง ไปทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบเคมีพื้นฐาน ชนิดและปริมาณของไขมันและกรดไขมัน ชนิดและปริมาณกรดอะมิโน วิตามิน รวมทั้งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเนื้อในเมล็ดมะกั้ง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงชนิดและปริมาณของไขมัน กรดไขมัน กรดอะมิโน และวิตามินที่สำคัญในเนื้อในเมล็ดมะก้าง
2. ทราบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเนื้อในเมล็ดมะก้าง
3. ข้อมูลที่ได้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้หรือต่อยอดงานวิจัยทางด้านอาหารสุขภาพ หรือด้านอื่นที่เกี่ยวข้องต่อ

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 มะกิ้ง (Making)

พืชสกุล *Hodgsonia* มีสมาชิกเพียง 2 ชนิดทั่วโลก มีเขตการกระจายพันธุ์กว้างตั้งแต่ ภูฏาน สิบมอินเดีย จีนตอนใต้ พม่า ภูมิภาคอินโดจีน บอร์เนียว และชวา ในไทยพบทั้งสองชนิดคือ มะกิ้ง (ป่ากิ้ง) *Hodgsonia heteroclita* subsp. *Indochinensis* และน้ำเต้าผี *H. macrocarpa* (สารานุกรมพืชในประเทศไทย, 2550)

มะกิ้ง (*Hodgsonia heteroclita* subsp. *Indochinensis*) จัดอยู่ในวงศ์ Cucurbitaceae เป็นไม้เถาเนื้อแข็ง ยาวประมาณ 30 เมตร เจริญเติบโตในสภาพนิเวศแบบป่าดิบแล้ง และป่าดิบเขาที่ระดับความสูง 800-1,000 เมตร เลื้อยพันอยู่กับต้นไม้ใหญ่ ตามริมห้วย หรือบริเวณที่มีความชุ่มชื้น ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด ใบมีลักษณะเป็นแฉกลึก 3-5 แฉก ผิวใบเกลี้ยง มีต่อมขนาดเล็กประปราย ก้านใบยาว 4-8 ซม. ที่โคนมีเกล็ดประดับคล้ายหนาม ยาวประมาณ 5 มม. มือพันแยกเป็น 2-3 แฉก ดอกมีการแยกเพศ ช่อดอกเพศผู้ยาว 15-35 ซม. ก้านช่อดอกยาว 8-15 ซม. แต่ละช่อประกอบด้วยดอก 10-20 ดอก ก้านดอกย่อยสั้น ยาว 2-6 มม. มีเกล็ดประดับที่โคนหลอดฐานดอกยาว 7-12 ซม. กลีบเลี้ยงขนาดยาว 2-4 มม. กลีบดอกยาว 3-5 ซม. สีเหลืองซีดมีครุยยาวได้ถึง 15 ซม. ลักษณะบิดและวน มีขนปกคลุมหนาแน่น เกสรเพศผู้ติดบนหลอดอับเรณูติดกัน เป็นรูปค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5-10 มม. จานฐานรองดอกเป็นแถบยาว 3-5 ซม. ส่วนดอกเพศเมีย เป็นดอกเดี่ยว ดอกคล้ายดอกตัวผู้ ก้านยาว 2-3 ซม. หลอดฐานดอกยาว 5-6 ซม. ก้านชูเกสรเพศเมียยาวประมาณ 5 ซม. ยอดเกสรเพศเมียแยกเป็น 2 แฉก ยาว 7-9 มม. รังไข่โตเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10 มม. ลักษณะผลกลม มีขนาดใหญ่ เส้นผ่าศูนย์กลาง 15-20 ซม. ผิวเกลี้ยง สีเขียวอมน้ำตาล มีเมล็ด 5-6 เมล็ดต่อผล ก้านผลยาว 2-3 ซม. (Wilde de et al., 2001)



ภาพ 2.1 ลักษณะของใบ ผล และเมล็ดผลมะก้าง
ที่มา : องค์ความรู้เพื่อการพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน (2556)

มะก้างใช้เป็นอาหาร โดยใช้ผลอ่อนรับประทานเป็นผัก เมื่อผลมะก้างแก่จัดเนื้อผลจะโปร่ง ยุ่ย เมื่อผลแก่จัดหล่นจากต้นเนื้อผลจะย่อยสลายไป เหลือเพียงเมล็ดมะก้าง เมล็ดมะก้างมีเปลือกแข็งมาก เมื่อผ่าเมล็ดออกจะได้เนื้อในเมล็ดที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดหุ้มอยู่ เยื่อหุ้มเมล็ดมีผิวนอกหยาบคล้ายกระดาษแข็งมีสีน้ำตาล เนื้อในเยื่อหุ้มมีสีขาวลักษณะคล้ายฟองน้ำ เมื่อแยกเอาเยื่อหุ้มเมล็ดออกจากเนื้อเมล็ด ได้เนื้อในเมล็ดสีขาว ชุ่ม เนื้อแน่น ไม่เหนียว มีน้ำมันมาก เนื้อในเมล็ดมะก้างสามารถรับประทานได้ โดยการนำไปย่างไฟให้สุก เนื้อในเมล็ดมะก้างที่ย่างสุกแล้วมีรสหวานมัน สามารถนำไปตำเป็นน้ำพริก ในประเทศจีนใช้เนื้อในเมล็ดมะก้างเป็นสมุนไพร ส่วนรากนำไปต้มน้ำดื่ม ช่วยลดไข้ทั้งเด็กและผู้ใหญ่

2.2 ไขมันและกรดไขมันในอาหาร

2.2.1 ไขมัน (lipid) เป็นกลุ่มของสารประกอบอินทรีย์ที่ละลายน้ำ โมเลกุลของไขมันประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ แบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ (นิธิยา, 2537) คือ

2.2.1.1 ไขมันเชิงเดี่ยว (simple lipid) เป็นเอสเทอร์ของแอลกอฮอล์ กับกรดไขมัน แบ่งย่อยออกเป็น 2 กลุ่มคือ ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) และ แวกซ์ (wax)

2.2.1.2 ไขมันเชิงซ้อน (complex lipid) เป็นเอสเทอร์ของกลีเซอรอล กับกรดไขมัน และมีสารอื่นเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลด้วย เช่น กรดฟอสฟอริก และสารประกอบไนโตรเจน

2.2.1.3 ไขมันอนุพันธ์ (derived lipid) ได้แก่ กรดไขมันชนิดต่างๆ โมโนกลีเซอไรด์ ไคคลีเซอไรด์ แครอทีนอยด์ คอเลสเตอรอล สเตอรอยด์ฮอร์โมน และวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน

2.2.2 กรดไขมัน (fatty acid) กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ คือ กรดอินทรีย์ที่มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่ ตั้งแต่ 4 ถึง 24 อะตอม ในธรรมชาติกรดไขมันมีอยู่ 2 ชนิด คือ

2.2.2.1 กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid, SFA) เป็นกรดไขมันที่โมเลกุลมีแต่พันธะเดี่ยวจึงไม่สามารถรับไฮโดรเจนเพิ่มได้อีก กรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากในอาหารมีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 4 ถึง 24 อะตอม เช่น กรดลอริกพบมากที่สุดในโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมันมะพร้าว กรดปาล์มิติกพบมากที่สุดในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันปาล์ม

2.2.2.2 กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid, UFA) เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่ในโมเลกุล ถ้ามีพันธะคู่อันเดียวเรียกว่า monounsaturated fatty acid (MUFA) ถ้ามีพันธะคู่หลายอันเรียกว่า polyunsaturated fatty acid (PUFA) กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น เรียกว่า กรดไขมันจำเป็น (essential fatty acid) ซึ่งกรดไขมันจำเป็นพบมากในน้ำมันพืช เช่น กรดลิโนเลอิก กรดลิโนเลนิก และกรดอะแรคิโดนิก

2.3 โปรตีนและกรดอะมิโน

2.3.1 โปรตีน (protein) โปรตีน เป็นสารอินทรีย์ ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ของ สายยาวของกรดอะมิโน (amino acid) ในแง่โภชนาการ โปรตีนเป็นสารอาหาร ที่ให้พลังงาน โปรตีน 1 กรัมให้พลังงาน 4 แคลอรี (calorie) โปรตีนเป็นส่วนประกอบของร่างกาย ที่มีปริมาณมากเป็นอันดับสองรองจากน้ำ โดยเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของเซลล์สิ่งมีชีวิต เช่น เอนไซม์ (enzyme) ฮอร์โมน ซึ่งจำเป็นต่อการทำงาน และการดำรงชีวิต มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการเสริมสร้างเนื้อเยื่อส่วนที่สึกหรอของสัตว์ เมื่อรับประทานอาหารที่มีโปรตีน ร่างกายจะย่อยสลายโปรตีนได้กรดอะมิโนและกรดอะมิโนที่ได้ร่างกายจะนำไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ในการประเมินคุณภาพโปรตีน ใช้วิธี Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score โดยดูจากค่า amino acid score ซึ่งเป็นค่าเปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโนในอาหารกับกรดอะมิโนจากโปรตีนอ้างอิง อัตราส่วนของกรดอะมิโนจำเป็นตัวใดมีค่าน้อยที่สุด ตัวเลขนั้นคือ amino acid scoreของอาหารนั้น และเรียกรดอะมิโนที่มีค่าน้อยที่สุด ว่า limiting amino acid (นิธิยา, 2557)

2.3.2 กรดอะมิโน (amino acid) โปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโน 20 ชนิด (standard amino acids) ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภทได้แก่กรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acid) และกรดอะมิโนไม่จำเป็น (non-essential amino acid) กรดอะมิโนจำเป็น เป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายสร้างเองไม่ได้ ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น มี 10 ชนิด ได้แก่ methionine arginine threonine tryptophan valine isoleucine leucine phenylalanine histidine และ lysine ซึ่งมีสูตรจำง่าย ๆ ตามชื่อย่อของกรดอะมิโนว่าเป็น MATT VILPHL ส่วนกรดอะมิโนอีก 10 ชนิดที่เหลือเป็นกรดอะมิโนไม่จำเป็น ซึ่งร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้เอง อย่างไรก็ตาม tyrosine สามารถสังเคราะห์ได้จาก phenylalanine โดย

เอนไซม์ phenylalanine hydroxylase แต่ tyrosine ไม่สามารถเปลี่ยนกลับมาเป็น phenylalanine ได้ ดังนั้นถ้าอาหารมี phenylalanine เพียงพอ ถึงแม้ว่าจะไม่มี tyrosine เลย ร่างกายก็จะมีอาการขาด tyrosine แต่ถ้าไม่มีทั้ง phenylalanine และ tyrosine ร่างกายจะเกิดการขาดกรดอะมิโนทั้งคู่ เมื่อให้ tyrosine อาการขาด tyrosine จะหายไป ดังนั้น tyrosine จึงได้ชื่อว่าเป็น semi-essential amino acid นั่นคือ จะแสดงลักษณะของกรดอะมิโนจำเป็นเฉพาะเมื่ออาหารขาด phenylalanine เท่านั้น กรดอะมิโนบางชนิด เช่น glycine มีความสำคัญหลายอย่าง เช่น เป็นส่วนประกอบของโปรตีน ฮอร์โมน เอนไซม์ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็น neurotransmitter และเป็นสารต้นของสารต่างๆหลายชนิด เช่น porphyrin heme creatine glutathione และ glycocholic acid ในน้ำดี เป็นต้น เมตะบอลิซึมของกรดอะมิโนก่อให้เกิดสารประกอบมากมายที่มีความสำคัญทางการแพทย์ เช่น decarboxylation ของกรดอะมิโนบางชนิด จะให้ amines ที่มีหน้าที่สำคัญ เช่น เป็นฮอร์โมน และ neurotransmitter ได้แก่ γ -butyric acid (GABA) จาก glutamate histamine จาก histidine 5-hydroxytryptamine หรือ serotonin จาก tryptophan ส่วน dopa dopamine norepinephrine epinephrine และ thyroid hormone นั้นสังเคราะห์จาก tyrosine amine บางตัว เป็นสารต้น (precursor) ของการสังเคราะห์สารอื่นๆ เช่น ethanolamine จาก serine เป็นสารต้นของ cephalin และ lecithins ส่วน beta-mercaptoethylamine จาก cysteine ใช้สังเคราะห์ coenzyme A ที่ต้องใช้ในปฏิกิริยา citric acid cycle หรือ Krebs' cycle หรือ tricarboxylic acid (TCA) cycle ส่วน melanin ในเซลล์ผิวหนึ่งจาก tyrosine ทำหน้าที่ป้องกันเซลล์จากแสงแดด และ carnitine จาก lysine ทำหน้าที่ขนส่งกรดไขมันเข้าไมโทคอนเดรีย เป็นต้น (Scimate, 2010)

2.4 วิตามินอีกับสุขภาพ

วิตามินอีเป็นสารประกอบพวกโทโคฟีรอล (tocopherol) โทโคฟีรอลที่พบในธรรมชาติที่มีคุณค่าทางชีวภาพของวิตามินอีมี 4 ชนิด ได้แก่ แอลฟา - บีตา - แกมมา - และเดลตา โทโคฟีรอล ชนิดที่มีคุณค่าทางชีวภาพมากที่สุดคือ แอลฟา - โทโคฟีรอล วิตามินอี มีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืดที่อุณหภูมิห้อง มีสีเหลืองอ่อนถึงเหลืองน้ำตาล ไม่ละลายน้ำ ละลายได้ดีในน้ำมันและตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น แอซีโตน เอทานอล คลอโรฟอร์ม และตัวทำละลายอินทรีย์อื่นๆที่มีสูตรโมเลกุล $C_{29}H_{50}O_2$ น้ำหนักโมเลกุล 430 วิตามินที่มีความบริสุทธิ์มากจะไม่มีสีและกลิ่น วิตามินอีทนต่อกรดและความร้อน แต่ไม่ทนต่อแสง รังสีอัลตราไวโอเลต แสง และออกซิเจน วิตามินอีเป็นสารต้านการออกซิเดชันที่ดี ช่วยป้องกันไม่ให้ไขมันและน้ำมันเกิดออกซิเดชันและเกิดการหืน วิตามินอีสามารถถูกออกซิไดส์ได้ด้วยออกซิเจนในอากาศ และปฏิกิริยาจะถูกเร่งด้วยความร้อน แสง ต่าง และโลหะไอออน หากไม่มีออกซิเจนวิตามินอีจะคงตัวต่อความร้อนและต่าง วิตามินอีที่สกัดแยกได้จากพืชมี 8 ชนิด เป็นโทโคฟีรอล 4 ชนิด และโทโคไตรอีนอล 4 ชนิด ซึ่งจะแตกต่างกันที่จำนวนและตำแหน่งของหมู่เมทิลบนวงแหวนฟีนอล โครงสร้างโมเลกุลของโทโค

ไทรอินอลคล้ายกับโทโคฟีรอล ยกเว้นสายแขนงที่มีพันธะคู่ 3 อันที่ตำแหน่ง 3' 7' และ 11' (นิธิยา, 2537)

ในด้านสุขภาพมีรายงานทางการแพทย์จำนวนมากที่ยืนยันประโยชน์ของวิตามิน อี ว่าสามารถใช้เพื่อป้องกันร่างกายจากความเสื่อมต่างๆ มากมาย เช่น ใช้ในโรคอัลไซเมอร์ พาร์กินสัน ใช้เพื่อบำรุงผิวพรรณ หรือใช้เพื่อบำรุงระบบหัวใจและหลอดเลือด ตราบใดที่ท่านเป็นคนหนึ่งที่ยังรับประทานอาหารร่างกายมีการหายใจ การเผาผลาญอาหาร ร่างกายจะมีการผลิตสารพิษชนิดหนึ่งที่เรียกว่า อนุมูลอิสระออกมาตลอดเวลา และหากท่านไม่สามารถเลือกรับประทานอาหารที่ให้สารต้านอนุมูลอิสระที่เพียงพอ จะทำให้มีอนุมูลอิสระส่วนเกินที่ร่างกายไม่สามารถกำจัดได้หมด และมีความเสี่ยงที่เซลล์ในร่างกายจะถูกทำลายจากอนุมูลอิสระได้อย่างไม่รู้ตัว (USDA, 2013)

วิตามิน อี เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ และเป็นที่ยอมรับในวงการแพทย์มาเป็นเวลานาน เป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน ซึ่งร่างกายผลิตเองไม่ได้ จำเป็นต้องได้รับจากการรับประทานเข้าไปเท่านั้น วิตามิน อี จะช่วยปกป้องเซลล์ต่างๆ ไม่ให้ถูกทำลายจากอนุมูลอิสระ เมื่อมีการเผาผลาญเกิดขึ้นในร่างกาย ซึ่งอนุมูลอิสระจะทำให้เกิดความเสียหายแก่ เซลล์ของระบบหัวใจและหลอดเลือด เซลล์สมอง เซลล์ผิวหนัง โดยวิตามิน อี จะสามารถป้องกันการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ และยังช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกายให้แข็งแรงขึ้น (USDA, 2013)

เนื่องจากการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน ต้องพบกับสภาพแวดล้อมหลายอย่างที่สามารถกระตุ้นให้ร่างกายสร้างอนุมูลอิสระมาก จนเกินความสามารถที่ร่างกายจะกำจัดออก เป็นเหตุให้อนุมูลอิสระเหล่านี้ทำร้ายเซลล์ต่างๆ ในร่างกาย ทำให้เซลล์เหล่านี้เสื่อมโทรมลงอย่างช้าๆ โดยไม่รู้ตัว เช่น เซลล์ผิวหนัง หัวใจ สมอง ผนังหลอดเลือด ฯลฯ ทำให้ร่างกายเสื่อมโทรมลง สังเกตได้จาก ผิวพรรณที่แห้งกร้าน มีอาการคล้ำ ความจำสั้นลงเมื่ออายุมากขึ้น ซึ่งวิตามิน อี จะมีฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันไม่ให้เซลล์ต่างๆ ถูกทำลาย และช่วยให้เซลล์ที่เกิดขึ้นใหม่แข็งแรง ไม่เสื่อมสภาพเร็วกว่าที่ควร (Placzek, 2004)

มีการศึกษาโดยสมาคมการค้นคว้าโรคผิวหนัง ประเทศเยอรมัน พบว่า วิตามิน อี สามารถช่วยให้เซลล์ผิวหนังต่อรังสี UV B ในแดดได้ดีขึ้น โดยการศึกษาให้อาสาสมัครรับประทานวิตามิน อี 1,000 หน่วย ร่วมกับวิตามิน ซี 2,000 มิลลิกรัม ทุกวันติดต่อกันเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าเซลล์ผิวหนังสามารถทนต่อการถูกทำลายได้เพิ่มขึ้น เท่าตัว ดังนั้น การรับประทานวิตามิน อี ในปริมาณที่เหมาะสมเป็นประจำ จะช่วยชะลอการเสื่อมของเซลล์ผิวหนัง (Stephens, 1996)

วิตามินอี จะช่วยป้องกันการอุดตันของหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงหัวใจ และป้องกันการเกาะตัวของเกล็ดเลือด ทำให้หลอดเลือดที่ไหลเวียนไปเลี้ยงหัวใจทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีรายงานการวิจัยของมหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ของอังกฤษ พบว่าคนไข้ที่ได้รับวิตามิน อี ธรรมชาติ วันละ 400-800 หน่วยสากล จะช่วยลดการเกิดอาการโรคหัวใจวายเฉียบพลันถึงร้อยละ 77 เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับวิตามินอี (Cavalier, 1998)

วิตามินอี มีคุณสมบัติสำคัญที่สามารถช่วยป้องกันความผิดปกติของระบบประสาท เนื่องจากวิตามินอี เป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน จึงสามารถผ่านเข้าไปที่เซลล์สมองได้ มีการศึกษาที่รวบรวมข้อมูลการวิจัยเป็นจำนวนมากสรุปผลว่าการได้รับวิตามินอี ในขนาดปานกลางประมาณ 200-500 ยูนิตสากล จะช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคพาร์กินสันได้ และมีการวิจัยที่พบว่าการรับประทานวิตามินอี ในขนาดสูง ประมาณ 2,000 ยูนิตสากล ยังสามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเซลล์ในสมองที่ทำงานเกี่ยวกับหน่วยความจำ ทำให้สามารถป้องกันการเกิดโรคอัลไซเมอร์ในผู้สูงอายุ (Grundman, 2000)

มีรายงานการวิจัยว่า วิตามิน อี สามารถป้องกันมิให้ไนโตรซามีน (ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งที่เรามักได้รับจากอาหาร) มาทำลายเซลล์ในร่างกาย และยังช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันให้กับร่างกายอีกด้วย รวมทั้งยังมีผลการวิจัยที่กล่าวว่า การรับประทานวิตามิน อี ในขนาดสูง สามารถลดอัตราการเกิดโรคมะเร็งที่ต่อมลูกหมากและเต้านมถึงแม้ว่าวิตามิน อี เป็นวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน สามารถสะสมในร่างกายส่วนที่เป็นไขมันได้ แต่จนถึงปัจจุบันยังไม่มีรายงานการพบอันตรายใดๆ จากการรับประทานวิตามิน อี อย่างต่อเนื่อง (Chan, 1998)

2.5 อนุมูลอิสระและการศึกษาการต้านอนุมูลอิสระ

2.5.1 อนุมูลอิสระ (free radicals) อนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลหรืออะตอมที่มีอิเล็กตรอน เดี่ยวอย่างน้อย 1 ตัวโคจรรอบวงนอกสุด อนุมูลอิสระ เกิดขึ้นได้เมื่อพันธะระหว่างอะตอมแตกออกและมีอิเล็กตรอนเดี่ยวคงเหลือบนอนุมูล อิเล็กตรอนเดี่ยวนี้นำให้อนุมูลอิสระมีเสถียรต่ำและไวต่อการเกิดปฏิกิริยาสูง จึงทำ ปฏิกิริยากับโมเลกุลที่อยู่รอบๆ โดยดึงหรือให้อิเล็กตรอน โมเลกุลข้างเคียงเพื่อให้ตัวมันเสถียร โมเลกุลข้างเคียงที่ สูญเสียหรือรับอิเล็กตรอนจะกลายเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่ที่ ไม่เสถียรและเข้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นต่อไปเป็น ปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) อนุมูลอิสระเกิดขึ้นในร่างกายจากการขนถ่าย อิเล็กตรอนในกระบวนการเผาผลาญอาหารให้เกิดเป็น พลังงานโดยใช้ออกซิเจนในไมโทคอนเดรีย อิเล็กตรอนที่ เกิดขึ้นจะถูกจับโดยออกซิเจนเกิดเป็นอนุมูลของออกซิเจน ที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา เรียกว่า reactive oxygen species (ROS) ตัวอย่างเช่น อนุมูลอิสระของ hydroxyl, superoxide และ peroxy อนุมูลอิสระชนิดอื่นที่เกิดขึ้นในร่างกาย เช่น reactive nitrogen species ตัวอย่างเช่น nitric oxide, nitrogen dioxide และอนุมูลอิสระ glutathyl และ methyl นอกจากการเผาผลาญอาหารที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระแล้ว แหล่งอื่นในร่างกายที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระได้แก่ ปฏิกิริยา ทางเอนไซม์เช่น xanthine oxidase, prostaglandin synthase, lipoxygenase, aldehyde oxidase ปฏิกิริยาเพอร์ออกซิเดชันของไขมัน (lipid peroxidation) โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัว สภาวะทางอารมณ์ เช่น ความเครียด และพยาธิสภาพของ ร่างกาย เช่น การมีไข้ การติดเชื้อ เป็นต้น แหล่งอนุมูลอิสระ จากภายนอกร่างกาย ได้แก่ รังสี ไอออน ควันทะลุ อนุภาคอินทรีย์ ตัวทำละลายอินทรีย์ และมลภาวะต่างๆ (Sherwin *et al.*, 1990 and Shahidi *et al.*, 1992)

2.5.2 สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) การลดลงของปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและน้ำมันสัมพันธ์กับการเสื่อมเสียของกลิ่นและรสชาติ ผลที่ตามมา ก็คือการลดลงของคุณภาพสารอาหารและความปลอดภัยของไขมันและน้ำมัน ซึ่งมีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงไปสู่รูปทุติยภูมิ (secondary form) สารพิษที่อาจเกิดขึ้นหรือองค์ประกอบอื่นๆ การเติมสารที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจำเป็นต่อการปกป้องรสชาติ สี หรือวิตามินไม่ให้เกิดการเสื่อมเสีย ถ้าหากพูดถึงสารที่มาจากการสังเคราะห์ สารที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในด้านอาหารคือ butylated hydroxyanisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT), propyl gallate (PG) and tert-butyl hydroquinone (TBHQ) โทโคฟีรอล (Tocopherol) ก็เป็นที่นิยมใช้ในอาหารเช่นกันระดับของประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเป็นลำดับดังนี้

$$\delta > \gamma > \beta > \alpha$$

จากผลการศึกษาพบว่า BHA และ BHT อาจจะมีความเป็นพิษและมีอัตราการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่ำกว่าโทโคฟีรอล ในขณะเดียวกันก็เพิ่มความสนใจของผู้บริโภคที่มีต่อความปลอดภัยของวัตถุดิบในการผลิตอาหาร สร้างความจำเป็นในการระบุแหล่งที่มาของวัตถุดิบจากธรรมชาติและความปลอดภัยของสารต้านอนุมูลอิสระในอาหาร (Sherwin *et al.*, 1990 and Shahidi *et al.*, 1992)

การเติมสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติลงในสูตรอาหารอาจเป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับอาหารได้ เช่น การละลายของไขมันและน้ำซึ่งจะกลายเป็นอิมัลชันในระบบย่อยอาหาร อย่างไรก็ตาม ส่วนหนึ่งของสารต้านอนุมูลอิสระจากวัตถุดิบเช่น สมุนไพรที่มีรสเผ็ด (oregano, thyme, dittany, marjoram, lavender, rosemary) ก็มีระดับในการทำปฏิกิริยาในระดับหนึ่งแม้จะมีความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากสามารถเติมวัตถุดิบลงในอาหารได้เพียงจำนวนหนึ่งเท่านั้น เพราะมีผลต่อรสชาติของอาหารไม่เช่นนั้นก็ต้องมีขั้นตอนการกำจัดกลิ่นเพิ่มเข้ามาในการผลิต สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติต้องได้รับการตรวจสอบด้านความปลอดภัย ต้องมีคำเตือนเกี่ยวกับการบริโภคเพื่อความปลอดภัยจากสารต้านอนุมูลอิสระจากวัตถุดิบจากธรรมชาติ ตั้งแต่มีการเปิดเผยความจริงว่าสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติไม่ได้ปลอดภัยเสมอไป (Hattori *et al.*, 1998)

พืชเป็นวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระอยู่มากมาย พืชบางชนิดมีการศึกษาเพื่อเป็นส่วนประกอบของการเติมสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่ปลอดภัยในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งนำสารที่สกัดได้เติมลงในอาหาร ซึ่งส่วนใหญ่คือโพลีฟีนอล (polyphenol) ซึ่งมีขนาดกว้างๆตั้งแต่สารที่มีโมเลกุลน้ำหนักน้อยไปจนถึงสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก ซึ่งสารจำพวกโพลีฟีนอลได้มีการศึกษาเพื่อป้องกันการออกซิเดชันของไขมันเป็นส่วนใหญ่ (Hagerman *et al.*, 1998)

2.5.3 การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระหลายวิธี ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร และการวิเคราะห์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจาก 3 วิธีการ คือ

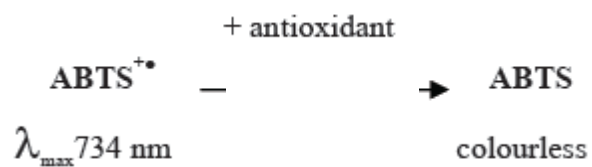
2.5.3.1 วิธี DPPH เป็นวิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน (antioxidant) ซึ่งใช้ reagent คือ 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl เป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว ง่ายต่อการวิเคราะห์ ให้ความถูกต้องและแม่นยำสูง DPPH เป็น stable radical ในตัวทำละลายเมทานอล (methanol) ซึ่งสารละลายนี้มีสีม่วง ดูดกลืนแสงได้ที่มีความยาวคลื่น 515-517nm เมื่อ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ สีของสารละลายสีม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง โดยเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้เป็นมาตรฐานคือ BHT ถ้าตัวอย่างมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันได้สูง ความเข้มของสารละลายสีม่วงก็จะลดลง วัดค่าดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 515nm ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน การศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันในสารตัวอย่างนิยมรายงานเป็นค่าร้อยละ 50 effective concentration (EC_{50}) ซึ่งหมายถึงปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่ทำให้ความเข้มข้นของ DPPH ลดลงร้อยละ 50 (พรรณี, 2550)

2.5.3.2 วิธี FRAP การหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 1,10-ฟีแนโนโทรลีน จะอาศัยหลักการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลายสีแดงอิฐของสารประกอบเชิงซ้อนเฟอร์รัส-1,10-ฟีแนโนโทรลีน ที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาระหว่างเหล็ก (II) กับ 1,10 - ฟีแนโนโทรลีน ซึ่งสามารถดูดกลืนแสงได้ที่มีความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร ใช้กราฟมาตรฐานในการหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งมีช่วงความเข้มข้นในช่วงความเข้มข้นของสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกที่ 10.0-150.0 พีพีเอ็ม

การวิเคราะห์หาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมีหลายวิธี ในที่นี้อาศัยการรีดิวซ์เหล็ก(III) โดยสารต้านอนุมูลอิสระ ทำให้เกิดเป็นเหล็ก(II) หรือใช้หลักการ ferric reducing antioxidant power (FRAP) นั้นเอง โดยหลังจากนั้นจะหาปริมาณเหล็ก (II) โดยทำปฏิกิริยากับ 1,10 ฟีแนโนโทรลีน เกิดเป็นสารเชิงซ้อนที่ดูดกลืนแสง จึงสามารถใช้หาปริมาณโดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรีได้

2.5.3.3 วิธี ABTS วิธีนี้เป็นวิธีวัดทางอ้อมโดยใช้สาร 2, 2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) หรือ ABTS มีสูตรโมเลกุล $C_{18}H_{18}N_4O_6S_4$ มาทำให้เป็นอนุมูลอิสระโดยการถูกออกซิไดซ์ด้วยโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ให้กลายเป็น $ABTS^+$ ซึ่งเป็นอนุมูลที่มีสีฟ้า-เขียว มีความยาวคลื่นสูงสุด ที่ 660, 734 และ 820 nm แต่จะนิยมวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 nm โดยปรับค่าการดูดกลืนแสงเริ่มต้น $ABTS^+$ ให้เป็น 0.700 ± 0.02 เมื่อเติมสารทดสอบที่มีกิจกรรมต้านออกซิเดชัน จะทำให้ $ABTS^+$ ลดลง ซึ่งทำให้สีจางลง และสามารถนำไปคำนวณเป็น ร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ ได้ตามสมการ ร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ = $[(A_{734} \text{ control} - A_{734} \text{ test sample}) / A_{734} \text{ control}] \times 100$ ผลการวิเคราะห์จะคำนวณเป็นค่าที่สัมพันธ์กับสารต้านออกซิเดชันมาตรฐาน Trolox จึงมีชื่อว่า Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) ข้อดีของวิธีนี้ คือ ทำได้ง่าย อนุมูล $ABTS^+$ จะทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับสารต้านออกซิเดชัน อนุมูล $ABTS^+$ ละลายได้ทั้งในน้ำและสารทำละลาย

อินทรีย์ จึงทำให้ศึกษาได้ทั้งในสารที่ละลาย ในน้ำหรือละลายในไขมัน ส่วนข้อเสียของวิธีนี้ คือ ABTS ไม่เป็นสารตามธรรมชาติที่ก่อให้เกิดอนุมูล ในเซลล์หรือร่างกาย (Re *et al.*, 1999)



ภาพ 2.2 ปฏิกริยาการผันแปรของ ABTS

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การเตรียมเมล็ดมะกั้ง

เมล็ดมะกั้งที่ใช้ในงานวิจัย รวบรวมจากผลมะกั้ง จากต้นมะกั้งเพียงต้นเดียว บริเวณหอประชุม ศูนย์วิจัยการเกษตรราวี (ดอยช้าง) จังหวัดเชียงราย เมื่อผลมะกั้งสุก แก่จัด และหล่นจากลำต้นตามธรรมชาติ ปล่อยให้เนื้อผลย่อยสลายไป รวบรวมเอาเฉพาะส่วนเมล็ดไปทำการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเมล็ดมะกั้ง นำเมล็ดของผลมะกั้งที่เก็บรวบรวมจากผลมะกั้ง ซึ่งเป็นเมล็ดที่เหลืออยู่หลังผลสุกงอมและร่วงลงพื้น เนื้อย่อยสลายไปแล้ว นำเมล็ดที่ได้ไปตรวจคุณภาพ ดังนี้

1.1 ขนาดเมล็ด วัดขนาดเมล็ดโดยใช้ Vernier caliper วัดส่วนที่ยาวที่สุด กว้างที่สุดและหนาที่สุดของเมล็ด ทำการตรวจเมล็ดมะกั้งทุกเมล็ดที่สมบูรณ์จากผลมะกั้ง 6 ผล แล้วหาค่าเฉลี่ย

1.2 สัดส่วนของส่วนประกอบของเมล็ดมะกั้ง ชั่งน้ำหนักเมล็ดมะกั้งทั้งเมล็ด แล้วผ่าเมล็ดด้วยมีดขนาดใหญ่ แยกส่วนของเนื้อใน เยื่อหุ้มเมล็ดและเปลือกแข็งออกจากกัน ชั่งน้ำหนักแต่ละส่วน เปรียบเทียบสัดส่วนน้ำหนักของแต่ละส่วนประกอบ โดยแบ่งเป็นส่วนเนื้อในเมล็ด และส่วนเปลือกแข็งกับส่วนเยื่อหุ้มเมล็ด ทำการตรวจเมล็ดมะกั้งทุกเมล็ดที่สมบูรณ์จากผลมะกั้ง 6 ผล แล้วหาค่าเฉลี่ย

1.3 ค่าสี นำเปลือกแข็งและเนื้อในเมล็ดมะกั้งที่แยกออก ในขั้นตอนการวัดสัดส่วนน้ำหนักวัดค่าสีด้วยด้วยเครื่อง Minolta Chroma Meter รุ่น CR-300 ทำการตรวจเมล็ดมะกั้งทุกเมล็ดที่สมบูรณ์จากผลมะกั้ง 6 ผล แล้วหาค่าเฉลี่ย

3.2 ศึกษาองค์ประกอบเคมีพื้นฐานของเนื้อในเมล็ดมะกั้ง นำเฉพาะส่วนเนื้อในเมล็ดมะกั้งที่แยกจากส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดและส่วนเปลือกเมล็ด ไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบเคมีพื้นฐาน ดังนี้

2.1 ความชื้น วิเคราะห์โดยใช้ Hot air oven (AOAC, 2000)

2.2 โปรตีน วิเคราะห์โดยวิธี Semi-Kjedahl (AOAC, 2000)

2.3 ไขมัน วิเคราะห์โดยวิธี Soxhlet (AOAC, 2000)

2.4 เถ้า วิเคราะห์โดย วิธีเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส (AOAC, 2000)

2.5 เส้นใยหยาบ โดยวิธีการย่อยด้วยกรดและด่าง (Ronald *et al.* 1984)

2.6 คาร์โบไฮเดรต วิเคราะห์โดยหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตจาก ร้อยละผลรวมโปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบและเถ้า ลบ ด้วย 100 (AOAC, 2000)

3.3 ศึกษาชนิดและปริมาณของไขมันและกรดไขมันในเนื้อในเมล็ดมะกัก นำเมล็ดมะกักที่รวบรวมได้ ผ่าแยก คัดเอาเปลือกแข็งและเยื่อหุ้มเมล็ดออก ได้เป็นเนื้อในเมล็ดมะกัก (เนื้อในเมล็ดส่วนนี้ ใช้ศึกษาในข้อ 3 4 5 และ 6) เอาเฉพาะส่วนเนื้อในเมล็ดไปทำการวิเคราะห์ โดยวิธี Gas chromatography (AOAC, 2000)

3.4 ศึกษาชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่ในเนื้อในเมล็ดมะกัก นำเนื้อในเมล็ดมะกักที่ได้จากข้อ 3 ไปวิเคราะห์ โดยใช้วิธี High performance liquid chromatography (AOAC, 2000)

3.5 ศึกษาปริมาณวิตามินอี และวิตามินซีในเนื้อในเมล็ดมะกัก นำเนื้อในเมล็ดมะกักที่ได้จากข้อ 3 ไปวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีและปริมาณวิตามินซี

3.5.1 ศึกษาปริมาณวิตามินอี นำเนื้อในเมล็ดมะกักที่ได้จากข้อ 3 ไปวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอี โดยใช้วิธี High performance liquid chromatography (AOAC, 2000)

3.5.2 ศึกษาปริมาณวิตามินซี นำเนื้อในเมล็ดมะกักที่ได้จากข้อ 3 ไปวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (Ronald *et al.*, 1984)

3.6 ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเนื้อในเมล็ดมะกัก นำเนื้อในเมล็ดมะกักที่ได้จากข้อ 3 ไปบดให้ละเอียดแล้วสกัดโดยใช้ ethanol ความเข้มข้นร้อยละ 80 ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชม.ในเครื่องเขย่า แล้วนำไปแยกแอลกอฮอล์ออกโดยใช้เครื่อง rotary evaporator จากนั้นนำสารละลายที่แยกออกมาได้ไปวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 3 วิธี ได้แก่

3.6.1 วิเคราะห์หาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging assay (Kriengsak *et al.*, 2006) โดยในแต่ละผล ทำการทดลองอย่างน้อย 3 ครั้ง

3.6.2 วิเคราะห์หาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP assay (Ronald *et al.*, 2005) โดยในแต่ละผล ทำการทดลองอย่างน้อย 3 ครั้ง

3.6.3 วิเคราะห์หาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS assay (Roberta *et al.*, 1999) โดยในแต่ละผล ทำการทดลองอย่างน้อย 3 ครั้ง

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 สมบัติทางกายภาพของเมล็ดมะกิ้ง

เมล็ดมะกิ้งมีเปลือกแข็งสีน้ำตาลแดงคล้ำ ผิวเมล็ดมีลักษณะเป็นร่องตื้นๆ ขรุขระ มีผิวมัน ในมะกิ้ง 1 ผลประกอบด้วยเมล็ดจำนวน 6 เมล็ด ซึ่งอาจจะเป็นเมล็ดสมบูรณ์หรือเมล็ดฝ่อ ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของผลมะกิ้ง หลังจากผ่าแยกส่วนเมล็ดมะกิ้ง พบว่าระหว่างเปลือกแข็งและเนื้อในเมล็ดจะมีเยื่อหุ้มลักษณะคล้ายฟองน้ำหุ้มอยู่ เนื้อในเมล็ดมีสีขาวนวลคล้ายเนื้อมะพร้าว เมล็ดมะกิ้งส่วนประกอบอยู่ 3 ส่วน คือ ส่วนของเปลือกเมล็ด ส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด และส่วนของเนื้อในเมล็ด (ภาพ 4.1) เมล็ดมะกิ้งที่รวบรวมได้มีทั้งเมล็ดที่สมบูรณ์ และเมล็ดที่ฝ่อไป เมล็ดที่ฝ่อเมื่อดูจากลักษณะภายนอกจะไม่สามารถทราบได้ว่าฝ่อหรือไม่ แต่จะมีน้ำหนักเบากว่าเมล็ดที่สมบูรณ์ เมล็ดที่ฝ่อจะมีเนื้อในลีบ แห้ง เบา มีสีน้ำตาล จากการวัดขนาดแต่ละเมล็ดที่สมบูรณ์ พบว่า มีขนาดใกล้เคียงกันทั้งความกว้าง ความยาว และความหนา มีรูปร่างไม่แตกต่างกัน

ในส่วนของน้ำหนักและสัดส่วนน้ำหนักของส่วนประกอบของเมล็ดมะกิ้ง หลังจากผ่าแยกส่วนเมล็ดมะกิ้งของแต่ละผล โดยให้น้ำหนักส่วนของเปลือกเมล็ดเป็นน้ำหนักของส่วนเปลือกเมล็ดรวมกับส่วนเยื่อหุ้มเมล็ด และน้ำหนักส่วนเนื้อในเมล็ดคือน้ำหนักของส่วนเนื้อในเมล็ดที่แยกเอาเยื่อหุ้มเมล็ดออกหมดแล้ว พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของส่วนของเนื้อใน เมล็ดและส่วนเปลือกเมล็ดมะกิ้งคือ 21.88 ± 4.40 และ 44.69 ± 7.59 g ตามลำดับ (ตาราง 4.1) และ สัดส่วนน้ำหนักของส่วนเนื้อในเมล็ดและส่วนเปลือกเมล็ดคือร้อยละ 32.79 ± 2.87 และ 67.15 ± 2.89 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์ในงานวิจัยแล้ว ถือว่าเมล็ดมะกิ้งมีส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์ได้ค่อนข้างน้อย คือมีส่วนของเนื้อในเมล็ดอยู่แค่ประมาณ 3 ใน 10 ส่วน

ในการศึกษาเรื่องสี ใช้เมล็ดมะกิ้งที่มีลักษณะสมบูรณ์จากผลมะกิ้งจำนวน 6 ผล พบว่าสีของส่วนเปลือกเมล็ดมีค่า L^* a^* และ b^* คือ 28.94 ± 1.07 80.18 ± 0.95 และ 33.17 ± 0.99 ตามลำดับ (ตาราง 4.2) ทำให้เห็นว่าส่วนของเปลือกเมล็ดมะกิ้ง มีสีแดงเข้ม และในส่วนของเนื้อในเมล็ด มีค่า L^* a^* และ b^* คือ 46.98 ± 2.02 8.03 ± 1.56 และ 12.38 ± 0.86 ตามลำดับ ทำให้เห็นว่าส่วนของเนื้อในเมล็ด มีสีขาว เมื่อพิจารณาถึงความแปรปรวนในส่วนของเปลือกเมล็ดและส่วนของเนื้อในเมล็ดเฉลี่ยจากเมล็ดมะกิ้งจากมะกิ้ง 6 ผล ความแปรปรวนที่ได้มีค่าน้อย แสดงถึงความแตกต่างของค่าสีของส่วนเปลือกเมล็ด และค่าสีของส่วนเนื้อในเมล็ดจากแต่ละผลแตกต่างกันน้อย เมล็ดมะกิ้งที่สมบูรณ์จากแต่ละผลมีค่าสีที่ใกล้เคียงกัน ในส่วนสีของส่วนเปลือกเมล็ดมะกิ้งที่สมบูรณ์และเมล็ดที่ฝ่อไป ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ส่วนเนื้อในเมล็ดมะกิ้งที่สมบูรณ์จะมีสีขาวขุ่น แต่ส่วนเนื้อในเมล็ดของเมล็ดที่ฝ่อจะมีสีน้ำตาลเข้ม



ภาพ 4.1 ลักษณะของเมล็ดมะพร้าว (a) เมล็ดมะพร้าว (b) เนื้อในเมล็ดและเยื่อหุ้มเมล็ดหลังการผ่า

ตาราง 4.1 คุณลักษณะเกี่ยวกับขนาด และน้ำหนักของเมล็ดมะพร้าว

คุณลักษณะ	ผลที่						เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	
ขนาดเมล็ด (mm)							
ความกว้าง	52.28	44.77	53.21	51.64	55.95	55.37	52.20 ± 4.02
ความยาว	70.66	63.94	74.56	72.68	76.43	76.34	72.44 ± 4.71
ความหนา	37.37	32.49	40.74	42.19	45.63	44.06	40.41 ± 4.81
น้ำหนัก (g)							
ส่วนของเปลือกเมล็ด	43.30	53.524	52.917	42.74	33.23	42.40	44.69 ± 7.59
ส่วนของเนื้อในเมล็ด	21.39	24.33	24.70	24.29	13.24	23.35	21.88 ± 4.40
ทั้งเมล็ด	64.69	77.85	77.61	67.03	46.02	65.08	66.42 ± 11.63
สัดส่วน (ร้อยละ)							
ส่วนของเปลือก	66.55	68.77	68.15	63.75	71.50	64.54	67.15 ± 2.89
ส่วนของเนื้อในเมล็ด	33.45	31.23	31.85	36.25	28.50	35.46	32.79 ± 2.87

ตาราง 4.2 ค่าสีของส่วนของเปลือกเมล็ด และส่วนของเนื้อในเมล็ดมะกัก

ค่าสี	เมล็ดจากผลที่						เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	
ส่วนของเปลือก							
เมล็ด							
L*	27.36	28.59	28.97	29.34	28.73	30.65	28.94 ± 1.07
a*	80.93	80.19	80.56	80.67	80.43	78.31	80.18 ± 0.95
b*	32.47	33.78	32.12	34.72	32.51	33.42	33.17 ± 0.99
ส่วนของเนื้อในเมล็ด							
L*	47.72	43.93	49.89	45.68	47.52	47.14	46.98 ± 2.02
a*	6.08	6.61	9.31	7.24	9.36	9.57	8.03 ± 1.56
b*	11.71	11.26	12.07	12.84	12.76	13.63	12.38 ± 0.86

หมายเหตุ ค่า L หมายถึงความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0-100 ยิ่งเข้าใกล้ 0 ยิ่งเป็นสีดำ ยิ่งเข้าใกล้100 ยิ่งเป็นสีขาว

a* หมายถึงค่าสีในช่วงจากสีเขียวไปเป็นสีแดง ค่ายิ่งมากยิ่งเป็นสีแดงมาก

b* หมายถึงค่าสีในช่วงจากสีน้ำเงินไปเป็นสีเหลือง ค่ายิ่งมากยิ่งเป็นสีเหลืองมาก

4.2 องค์ประกอบเคมีพื้นฐานของเนื้อในเมล็ดมะกัก

จากการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีพื้นฐานของเนื้อในเมล็ดมะกัก โดยใช้เนื้อในเมล็ดมะกักที่แยกเอาเยื่อหุ้มเมล็ดออกแล้วเอาเฉพาะส่วนเนื้อในไปวิเคราะห์ พบว่า เนื้อในเมล็ดมะกักมีความชื้นร้อยละ 11.53 ± 3.19 โดยน้ำหนัก เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีพื้นฐานโดยน้ำหนักแห้ง พบว่า ปริมาณไขมันร้อยละ 37.96 ± 0.97 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 30.17 ± 0.37 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 4.31 ± 0.24 เส้นใยหยาบร้อยละ 2.63 ± 0.61 และ คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 24.93 ± 1.44 (ตาราง 4.3) เมื่อพิจารณาจากข้อมูลที่ได้จะเห็นว่าเนื้อในเมล็ดมะกัก มีความชื้นต่ำ ซึ่งใกล้เคียงกับความชื้นในธัญพืชเมล็ดแห้ง มีไขมันสูง และมีโปรตีนเทียบเท่ากับเมล็ดถั่วเหลือง (USDA, 2013)

ตาราง 4.3 องค์ประกอบเคมีพื้นฐานของเนื้อในเมล็ดมะกั้ง

องค์ประกอบเคมี *	เนื้อในเมล็ดจากผลที่						เฉลี่ย
(ร้อยละ)	1	2	3	4	5	6	
ความชื้น	18.00	9.72	10.27	9.93	10.42	10.86	11.53 ± 3.19
ปริมาณเถ้า	3.89	4.4	4.51	4.23	4.27	4.56	4.31 ± 0.24
ปริมาณโปรตีน	29.45	30.2	30.41	30.17	30.43	30.35	30.17 ± 0.37
ไขมัน	36.53	37.58	37.42	38.61	38.37	39.24	37.96 ± 0.97
เส้นใยหยาบ	3.46	3.35	2.03	2.25	2.27	2.42	2.63 ± 0.61
คาร์โบไฮเดรต	30.13	27.82	27.66	26.99	26.93	25.85	24.93 ± 1.44

หมายเหตุ : * คำนวณเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง ยกเว้นความชื้น

4.3 ชนิดและปริมาณของไขมันและกรดไขมัน

จากการตรวจวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของไขมัน พบว่ามีไขมันอิ่มตัวอยู่ 17.53 g/100g (ตาราง 4.4) ซึ่งเมื่อพิจารณาไขมันอิ่มตัวเปรียบเทียบกับพืชไขมัน พบว่ามีไขมันอิ่มตัวอยู่ในระดับปานกลาง จากการวิเคราะห์ไขมันไม่อิ่มตัวพบว่ามีอยู่ 27.31 g/100g ซึ่งเป็นกรดไขมันเชิงเดี่ยวอยู่ 5.14 g/100g กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Monounsaturated fatty acid, MUFA) เป็นกรดไขมันที่ดีต่อการลดโคเลสเตอรอลในเส้นเลือด (ลัดดาวัลย์, 2557) เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่น พบว่า เนื้อในเมล็ดมะกั้งมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวอยู่น้อย และเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated fatty acid, PUFA) อยู่ 22.17 g/100g เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับพืชไขมันชนิดอื่น พบว่าเนื้อในเมล็ดมะกั้ง มีไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนสูงเทียบเท่ากับของเมล็ดดอกทานตะวัน กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน เป็นกรดไขมันที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย มีคุณสมบัติที่ดีต่อการลดโคเลสเตอรอลในเส้นเลือด นอกจากนั้นยังพบ trans fat น้อยกว่า 0.01g/100g ซึ่ง trans fat นี้เป็นไขมันชนิดที่ส่งผลเสียต่อสุขภาพ เนื่องจากไขมันนี้ ทำให้มีการทำงานของเอนไซม์ cholesterol acyltransferase ซึ่งเป็นเอนไซม์ในกระบวนการเมตาบอลิซึมของคอเลสเตอรอล เปลี่ยนเป็นคอเลสเตอรอลประเภท Low Density Lipoprotein (LDL) เพิ่มขึ้น ซึ่งคอเลสเตอรอลประเภทนี้ทำให้เกิดการอุดตันของไขมันในเส้นเลือด (Albert, 2007)

เมื่อพิจารณาชนิดของกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ในเนื้อในเมล็ดมะกั้ง พบว่า กรดไขมันที่มีปริมาณมากที่สุดในเนื้อในเมล็ดมะกั้งคือ cis 9,12-linoleic acid (22.15 g/100g) (ตาราง 4.5) ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับที่พบในเมล็ดดอกทานตะวัน กรดไขมัน linoleic เป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential fatty acid) เนื่องจากร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้เอง ต้องได้รับการบริโภคอาหารเท่านั้น โครงสร้างเป็นกรดไขมันกลุ่มโอเมกา 6 (omega - 6 fatty acid) ซึ่งมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต พัฒนาการและการทำงานของสมอง และการสืบพันธุ์ ช่วยให้ร่างกายเผาผลาญกรดไขมันอิ่มตัวได้ดีขึ้น ช่วยให้เซลล์ได้รับสารอาหารได้มากขึ้นโดยเป็นตัวป้อนสารอาหารให้แก่เซลล์ รักษาสมดุลของระบบ

การแข็งตัวของเลือด เสริมสร้างความแข็งแรงให้แก่ผนังหลอดเลือดและเยื่อหุ้มเซลล์ รวมทั้งกับคอเลสเตอรอล (cholesterol) เพื่อขนส่งไปในกระแสเลือด มีผลทำให้ระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ในเลือดลดลง ช่วยลดการสะสมของไขมันที่ผนังหลอดเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจ (นิธิยา, 2557)

ตาราง 4.4 ชนิดและปริมาณไขมันที่สำคัญในเนื้อในเมล็ดมะกักเปรียบเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่น

ไขมัน		เนื้อในเมล็ดมะกัก (g/100g)	พืชน้ำมันชนิดอื่น(g/100g)*		
			เนื้อ มะพร้าว	เมล็ดถั่วเหลือง	เมล็ดดอก ทานตะวัน
Type of fat					
saturated fat		17.53	29.70	2.88	4.46
unsaturated fat		27.31	1.80	15.66	41.66
Trans fat		<0.01	-	-	-
Fatty acid					
Polyunsaturated fatty acid		22.17	0.37	11.25	23.14
Monounsated fatty acid		5.14	1.43	4.40	18.53
Free Fatty acid					
Myristic acid		0.04	5.87	0.05	0.02
Palmitic (16:0)		14.15	2.84	2.12	2.21
Palmitoelic (16:1)		0.07	0.15	0.05	0.02
Stearic (18:0)		2.93	1.73	17.12	1.69
Cis-9-Oleic (18:1)		4.75	1.43	4.35	18.38
Cis-9,12-Linoleic (18:2)		22.15	0.37	9.93	23.14
Alpha-Linolenic (18:3)		0.02	ND	1.33	0.06

* ที่มา USDA (2013)

- = ไม่มีรายงานการตรวจวิเคราะห์

4.4 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในเนื้อในเมล็ดมะกั้ง

จากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนจำนวน 20 ชนิดที่มีอยู่ในเนื้อในเมล็ดมะกั้ง พบว่า กรดอะมิโนที่มีปริมาณมากที่สุด 4 อันดับแรก ได้แก่ phenylalanine leucine histidine และ lysine (2815 2288 1929 และ 1852 mg/100g ตามลำดับ) (ตาราง 4.5) ซึ่งทั้ง 4 ชนิด เป็นกรดอะมิโนจำเป็น กรดอะมิโนจำเป็นนี้ ร่างกายของมนุษย์ไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ ต้องได้รับจากการรับประทานอาหารเท่านั้น ในมนุษย์ต้องมีกรดอะมิโนจำเป็นทั้งหมด 10 ชนิด ซึ่งในเนื้อในเมล็ดมะกั้งมีกรดอะมิโนจำเป็นอยู่ถึง 9 ชนิด

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโนในเนื้อในเมล็ดมะกั้ง กับปริมาณกรดอะมิโนในเมล็ดถั่วลิสงและเมล็ดถั่วเหลือง (USDA, 2013) พบว่า ปริมาณของกรดอะมิโนส่วนใหญ่ในเมล็ดถั่วเหลืองและเมล็ดถั่วลิสง มีปริมาณสูงกว่าในเนื้อในเมล็ดมะกั้ง แต่ ในเนื้อในเมล็ดมะกั้ง มีกรดอะมิโนจำเป็น 2 ชนิดคือ phenylalanine และ histidine สูงกว่าในเมล็ดถั่วทั้ง 2 ชนิดเป็นอย่างมาก (2815 และ 1929 mg / 100g ตามลำดับ) ซึ่ง phenylalanine เป็นสารตั้งต้น ในการสังเคราะห์สารเคมีในระบบประสาท (Neurochemical) เมื่อถูกสร้างขึ้นจะทำให้รู้สึกสบาย มีความสุข และอารมณ์ดี และฮอร์โมนจากต่อมหมวกไต เช่น Dopamine, Epinephrine (หรือ Adrenaline) และ Norepinephrine (หรือ Noradrenaline) กรดอะมิโนชนิด Phenylalanine ถูกนำมาใช้สร้างเป็น Phenylethylamine ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกับที่พบอยู่ในช็อกโกแลต ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เมื่อรับประทานช็อกโกแลตจะรู้สึกอารมณ์ดี นอกจากนี้ Phenylalanine ยังเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์เป็นไทโรซีน Tyrosine ซึ่งมีหน้าที่ช่วยในการทำงานของฮอร์โมนไทรอยด์ กรดอะมิโนจำเป็นชนิด histidine นั้นมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเด็ก โดยจะช่วยให้การเสริมสร้างเส้นประสาทและกล้ามเนื้อในเด็ก (นิธิยา, 2537) ซึ่งเป็นที่น่าสนใจว่า เนื้อในเมล็ดมะกั้งนี้ มีโอกาสในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร และโปรตีนสกัดสำหรับเด็กได้ต่อไป

ตาราง 4.5 ปริมาณกรดอะมิโนในเนื้อในเมล็ดมะกัก เปรียบเทียบกับในเมล็ดถั่วลิสงและเมล็ดถั่วเหลือง

ชนิดของกรดอะมิโน	เนื้อในเมล็ดมะกัก (mg / 100g)	เมล็ดถั่ว (mg / 100g) *	
		ถั่วลิสง	ถั่วเหลือง
Alanine	361	1025	1915
Arginine	< 5	3085	3153
Aspartic acid	465	3146	5112
Cystine	616	331	655
Glutamic acid	1802	5390	7874
Glycine	377	1554	1880
Histidine	1929	652	1097
Hydroxylysine	<5	-	-
Hydroxyproline	<5	-	-
Isoleucine	1197	907	1971
Leucine	2288	1672	3309
Lysine	1852	926	2706
Methionine	400	317	547
Phenylalanine	2815	1337	2122
Proline	396	1138	2379
Serine	112	1271	2357
Threonine	97	883	1766
Tryptophan	247	250	591
Tyrosine	1826	1049	1539
Valine	753	1082	2029

* ที่มา USDA (2013)

- = ไม่มีรายงานการตรวจวิเคราะห์

4.5 วิตามินที่สำคัญ เนื่องจากเนื้อในเมล็ดมะกัก มีสีขาวขุ่น จึงไม่มีการตรวจวิเคราะห์ปริมาณวิตามินเอ ซึ่งมักอยู่ในรูป เบต้าแคโรทีนที่มีสีเหลือง ดังนั้นในหัวข้อนี้นี้จึงมีการตรวจวิเคราะห์วิตามินเพียง 2 ชนิด คือ วิตามินอี และวิตามินซี

4.5.1 ปริมาณวิตามินอี เมื่อตรวจวิเคราะห์ เพื่อหาปริมาณวิตามินอี ในรูปของ alpha-tocopherol พบว่าเนื้อในเมล็ดมะกัก มีปริมาณวิตามินอี 11.08 mg/100g (ตาราง 4.6) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณวิตามินอีกับพืชชนิดอื่น พบว่าเนื้อในเมล็ดมะกักมีปริมาณวิตามินอีในรูปของ alpha-tocopherol สูงกว่า เนื้อมะพร้าว เมล็ดถั่วเหลือง และเนื้อในเมล็ดปาล์ม แต่มีปริมาณน้อยกว่าในเมล็ดดอกทานตะวัน โดยวิตามินอีเป็นวิตามินที่ละลายได้ในน้ำมัน เป็นหนึ่งในสารต้านอนุมูลอิสระในอาหาร

4.5.2 ปริมาณวิตามินซี จากการนำเนื้อในเมล็ดมะกักไปตรวจหาปริมาณวิตามินซี ใช้กรด Ascorbic acid เป็นสารมาตรฐาน พบว่าในเนื้อในเมล็ดมะกัก มีปริมาณวิตามินซีอยู่ 2.9 mg/100g (ตาราง 4.6) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่น พบว่าเนื้อในเมล็ดมะกักมีปริมาณวิตามินซีต่ำกว่าเนื้อมะพร้าว เมล็ดถั่วเหลือง และเนื้อในเมล็ดปาล์ม แต่มากกว่าในเมล็ดดอกทานตะวัน ดังนั้นวิตามินซีที่มีอยู่น้อยในเนื้อในเมล็ดมะกักนั้น จึงไม่มีความสำคัญต่อสุขภาพมากนัก

ตาราง 4.6 ปริมาณวิตามินอี และวิตามินซี ในเนื้อในเมล็ดมะกักและพืชชนิดอื่น

ชนิดของวิตามิน	เนื้อใน เมล็ดมะกัก	พืชชนิดอื่น *			
		เนื้อ มะพร้าว	เมล็ดถั่วเหลือง	เนื้อในเมล็ด ปาล์ม	เมล็ดดอก ทานตะวัน
alpha-tocopherol (mg/100g)	11.08	0.24	0.85	3.81	35.17
วิตามินซี (mg/100g)	2.90	3.30	6.00	8.00	1.40

4.6 **ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเนื้อในเมล็ดมะกอก** จากการตรวจวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดมะกอกด้วยวิธีการ 3 วิธี ได้ผลดังนี้

4.6.1 **ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH** โดยใช้ gallic acid เป็นสารมาตรฐาน พบว่า เมล็ดมะกอกจากผลที่ 1 2 และ 3 มีค่า IC_{50} อยู่ที่ 2.668, 2.840 และ 2.341 ตามลำดับ (ตาราง 4.7) คำนวณหาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) โดยการเทียบระหว่าง IC_{50} ของ gallic acid กับ IC_{50} ของน้ำมันมะกอก เรียกว่า Gallic acid Equivalent (GE มีหน่วยเป็น mg/ml น้ำมันมะกอก) จะได้ GE ของน้ำมันจากเมล็ดมะกอกผลที่ 1 2 และ 3 มีค่า 0.577 0.542 และ 0.634 mg/ml ตามลำดับ

4.6.2 **ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP** จากการใช้เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) เป็นสารมาตรฐานในการวิเคราะห์น้ำมันเมล็ดมะกอก จากผลที่ 1 2 และ 3 พบว่ามีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระที่ 4.60, 3.96 และ 6.01 mM /g เฟอร์รัสซัลเฟต ตามลำดับ หรือมีค่าเฉลี่ยความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระที่ 4.90 mM /g เฟอร์รัสซัลเฟต (ตาราง 4.7)

4.6.3 **ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์ด้วยวิธี ABTS** โดยใช้ trolox เป็นสารมาตรฐาน พบว่ามีความสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ที่ร้อยละ 50 (EC_{50}) อยู่ที่ 10.20, 10.43 และ 10.35 ตามลำดับ คำนวณหาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) โดยการเทียบระหว่าง EC_{50} ของ trolox กับ EC_{50} ของน้ำมันมะกอก เรียกว่า trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC มีหน่วยเป็น micro mol/ml น้ำมันมะกอก) จะได้ TEAC ของน้ำมันจากเมล็ดมะกอกผลที่ 1 2 และ 3 มีค่า 0.63 0.70 และ 0.76 micro mol/ml ตามลำดับ (ตาราง 4.7)

จากการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดมะกอกดังกล่าวข้างต้น เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาวิจัยในน้ำมันดอกทานตะวัน พบว่ามีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย (Valavanidis, 2004) แสดงว่าเนื้อในเมล็ดมะกอกยังมีศักยภาพไม่โดดเด่นในสมบัติด้านการต้านอนุมูลอิสระ

ตาราง 4.7 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเนื้อในเมล็ดมะกอก

วิธีวิเคราะห์	การต้านอนุมูลอิสระ			
	ผลที่ 1	ผลที่ 2	ผลที่ 3	เฉลี่ย
DPPH				
IC_{50}	2.67	2.84	2.34	2.65 ± 0.20
GE (mg/ml)	0.58	0.54	0.63	0.58 ± 0.05
FRAP				
(mM / g $FeSO_4$)	4.60	3.96	6.01	4.90 ± 1.05
ABTS				
EC_{50}	10.20	10.43	10.35	10.33 ± 0.12
TEAC(micro	0.63	0.70	0.76	0.70 ± 0.06

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยศักยภาพของน้ำมันมะกิงเพื่อเป็นอาหารสุขภาพ ได้ผลการวิจัยสรุปได้ ดังนี้

1. ลักษณะของเมล็ดมะกิงจากแต่ละผลมีลักษณะคล้ายคลึงกัน สัดส่วนของเนื้อในเมล็ดมะกิง มีอยู่ร้อยละ 32.79 ± 2.87 โดยน้ำหนักของเมล็ดมะกิงทั้งเมล็ด ส่วนเนื้อในเมล็ดมะกิงมีความชื้นร้อยละ 11.53 ± 3.19 องค์ประกอบเคมีพื้นฐานของเนื้อในเมล็ดมะกิงโดยเฉลี่ย ประกอบด้วย ปริมาณเถ้าร้อยละ 4.31 ± 0.24 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 30.17 ± 0.37 ปริมาณไขมันร้อยละ 37.96 ± 0.97 เส้นใยหยาบร้อยละ 2.63 ± 0.61 และ คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 24.93 ± 1.44 โดยน้ำหนักแห้ง

2. เนื้อในเมล็ดมะกิง มีไขมันอิ่มตัวอยู่ $17.53 \text{ g}/100\text{g}$ มีไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ $27.31 \text{ g}/100\text{g}$ พบ trans fat น้อยกว่า $0.01 \text{ g}/100\text{g}$ มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated fatty acid, PUFA) อยู่สูงถึง $22.17 \text{ g}/100\text{g}$ และยังพบว่ามีการกรดไขมันจำเป็นคือ cis 9,12-linoleic acid อยู่ในปริมาณสูงสุด ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับในเมล็ดดอกทานตะวัน

3. ในเนื้อในเมล็ดมะกิงมีปริมาณวิตามินอีในรูปของ alpha-tocopherol $11.08 \text{ mg}/100\text{g}$ ซึ่งมากกว่าที่พบในเนื้อมะพร้าว เมล็ดถั่วเหลือง และเมล็ดปาล์ม แต่น้อยกว่าที่พบในเมล็ดดอกทานตะวัน

4. กรดอะมิโนที่มีปริมาณมากที่สุด 4 อันดับแรกในเนื้อในเมล็ดมะกิง ซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็น ได้แก่ phenylalanine leucine histidine และ lysine โดยเป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายสร้างเองไม่ได้ ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น ซึ่งในเนื้อในเมล็ดมะกิง มีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นชนิด phenylalanine และ histidine อยู่ในปริมาณที่สูงกว่าที่มีอยู่ในเมล็ดถั่วลิสงและเมล็ดถั่วเหลืองมาก และพบกรดอะมิโนถึง 9 ชนิด ที่เป็นกรดอะมิโนจำเป็นในมนุษย์ ซึ่งในมนุษย์ต้องการกรดอะมิโนจำเป็นอยู่ทั้งหมด 10 ชนิด

5. เนื้อในเมล็ดมะกิง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ตามวิธี DPPH มีค่า IC_{50} อยู่ที่ 2.65 ± 0.20 มีค่า GE อยู่ที่ $0.58 \pm 0.05 \text{ mg}/\text{ml}$ ตามวิธี FRAP มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระเฉลี่ย อยู่ที่ $4.90 \text{ mM}/\text{g}$ เพอร์ร็อกไซด์เฟต ตามวิธี ABTS มีค่า EC_{50} อยู่ที่ 10.33 ± 0.12 มีค่า TEVC อยู่ที่ $0.70 \pm 0.06 \text{ micro mol}/\text{ml}$ ซึ่งความสามารถนี้มีแนวโน้มที่ดีกว่าน้ำมันจากเมล็ดดอกทานตะวัน

ข้อเสนอแนะงานวิจัย

1. ในเนื้อในเมล็ดมะกึ่งมีกรดไขมันจำเป็นชนิด linoleic อยู่สูงสุด ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย เป็นจุดเด่นที่สามารถนำไปพัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอาหารสุขภาพจากพืชชนิดนี้
2. จากผลงานวิจัยที่พบว่า เนื้อในเมล็ดมะกึ่งมีกรดอะมิโนจำเป็นชนิด histidine อยู่ในปริมาณที่สูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่นที่นำมาเปรียบเทียบ นำทำการวิจัยในการนำจุดเด่นนี้ไปใช้ประโยชน์ ในแง่อาหารสุขภาพ โดยเฉพาะกับกลุ่มเป้าหมายที่เป็นวัยเด็ก
3. มะกึ่งเป็นพืชป่าตามธรรมชาติ ยังขาดการพัฒนาผลผลิต และสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง จึงควรมีแนวทางในการศึกษาวิจัยด้านนี้เพิ่มเติม
4. นอกจากศักยภาพทางโภชนาการแล้ว ควรมีการศึกษาวิจัยการออกฤทธิ์ในเชิงเภสัชกรรม หรือการแพทย์ ทั้งในรูปแบบของเนื้อในเมล็ดและน้ำมัน เช่น การยับยั้งเซลล์มะเร็ง เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- นิธิยา รัตนูปนนท์ และ วิบูลย์ รัตนูปนนท์. 2537. “โภชนศาสตร์เบื้องต้น.” สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์
วังบูรพา. กรุงเทพฯ.
- นิธิยา รัตนูปนนท์. 2557. “linoleic acid / กรดลิโนเลอิก.” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1647/linoleic-acid> (20 มกราคม
2557).
- พรรณี เค้นรุ่งเรือง. 2550. “ฤทธิ์การการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกต้นวงศ์อบเชย.” รายงานผลงานวิจัย
ประจำปี 2550. สำนักงานวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้. กรุงเทพมหานคร.
- ลัดดาวัลย์ วรรณนุช. 2557. “การเลือกบริโภคน้ำมันพืช จากสัดส่วนของกรดไขมัน.” [ระบบออนไลน์].
แหล่งที่มา <http://ku30.net/?tag=กรดไขมัน> (20 มกราคม 2557).
- สารานุกรมพืชในประเทศไทย. 2550. “มะกิง.” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
<http://web3.dnp.go.th/botany> (29 มกราคม 2557)
- องค์ความรู้เพื่อการพัฒนาพื้นที่สูงที่ยั่งยืน. 2556. “ป่ากิง (มะกิง).” [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา
http://mis.hrdi.or.th/inforcenter/xml_km/shdet.aspx?mnuid=266 (20 มกราคม
2557).
- Albert J. D., Richard J. H. and Hamm W. 2007. “Trans Fatty Acids.” Wiley-Blackwell.
USA.
- AOAC, 2000. “Official Methods of AOAC International.” 17th ed. The Association of
Official Analytical Chemists. USA.
- Cavalier L., Ouahchi K, Kayden H, Donato S, Reutenaucer L, Mandel J.L. and Koenig M.
1998.
- “Ataxia with isolated vitamin E deficiency: heterogeneity of mutations and phenotypic
variability in a large number of families.” Am J. Hum Genet. 62(3) : 1-10.
- Chan J. M., Stampfer M. J. and Giovannucci E. L. 1998. “What causes prostate cancer? a
brief summary of the epidemiology.” Semin Cancer Biol. 8(2) : 63-73.
- Etminan M. 2005. “Intake of vitamin E, vitamin C, and carotenoids and the risk of
parkinson’s disease: a meta-analysis.” Neurology. 3(6) : 2-5.
- Grundman M. 2000. “Vitamin E and alzheimer disease: the basis for additional clinical
trials.” Am J. Clin Nutr. 6(3) : 1-6.

- Hagerman A.E., Riedl K. M., Jones G. A., Sovik K. N., Ritchard N. T., Hartzfeld P. W. and Riechel T. L., 1998. "High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants." J. Agric Food Chem. 46 : 1887-1892.
- Hattori M., Yamauji T. K., Kimagai H., Feng Y., and Takahashi K. 1998. "Antioxidative activity of soluble elastin peptides." J. Agric Food Chem. 46 : 2167-2170.
- Kriengsak T., Unaroj B., Kevin C., Luis C. Z. and David H.B. 2006. "Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts." J. Food Comp Anal. 19 : 669-675.
- Placzek M. 2004. "Ultraviolet B-induced DNA damage in human epidermis is modified by the antioxidants ascorbic acid and D-alpha-tocopherol." Inves Soc Derma. 3 : 4-7.
- Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M. and Rice E. C. 1999. "Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay." Free Radic Biol Med. 26 : 1231-1237.
- Roberta R. E., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M. and Catherine R. E. 1999. "Antioxidant activity applying an improve ABTS radical cation decolorization assey." Free Radic Biol Med. 26 : 1231-1237.
- Ronald K., Keiver K. M., Beamish F. W. H. and Frank R. 1984. "Energy requirements for maintenance and faecal and urinary losses of the grey seal (*Halichoerus grypus*)." Can J. Zool. 62 : 1101-1105.
- Ronald L.P., Xianli W. and Karen S. 2005. "Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements." J. Agric Food Chem. 53 : 4290-4302.
- Scimate. 2010. "ความสำคัญของกรดอะมิโน" [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.scimath.org/> (20 มกราคม 2557).
- Sherwin E. R., Branen A. L., Davidson P. M. and Salminen S. (Eds.) 1990. "Food Additives." Marcel Dekker. New York.
- Shahidi F. and Wanasundara P. 1992. "Phenolic antioxidants." Cri Re Food Sci Nutr. 32: 67-103.
- Stephens N.G. 1996. "Randomised controlled trial of vitamin E in patients with coronary disease : cambridge heart antioxidant study (CHAOS)." Lancet. 34(7) : 81-86.

- USDA. 2013. "USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 16-1." Nutrient Data Laboratory. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp> (20 มกราคม 2557).
- Valavanidis A., Nisiotou C., Papageorgiou Y., Kremli I., Satravelas N., Zinieris N. and Zygalaki H. 2004. "Comparison of the radical scavenging potential of polar and lipidic fractions of olive oil and other vegetable oils under normal conditions and after thermal treatment." J. Agric Food Chem. 52 : 2358-2365.
- Wilde de W. J. J. O. and Duyfjes B. E. E. 2001. "Taxonomy of *Hodgsonia* (*Cucurbitaceae*) with a note on the ovules and seeds." Blumea. 46 : 169-179.