รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินกิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระของฝรั่งเพื่อการปรับปรุงพันธุ์

Evaluation of Antioxidant Activities of Guava for Breeding

คณะผู้วิจัย

1. นายทินน์ พรหมโชติ คณะเกษตรศาสตร์

2. นายรักเกียรติ แสนประเสริฐ คณะเกษตรศาสตร์

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2554

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินโครงการเรื่อง “การประเมินกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของฝรั่งเพื่อการปรับปรุงพันธุ์” ในครั้งนี้ได้รับการจัดสรรงบประมาณจากทุนนักวิจัยหน้าใหม่ กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ 2554 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อุณารุจ บุญประกอบ และ ผศ.ดร.เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์ โครงการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่ง คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อนุเคราะห์ต้นพันธุ์ฝรั่ง

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้การสนับสนุนทั้งด้านเครื่องมือ แปลงทดลอง และสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณ คุณปิยะวัฒน์ สุวะจันทร์ คุณทศพร วงษ์-สาลี และคุณสุภนิช นิยมวงค์ ที่เป็นส่วนหนึ่งให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วง

คณะผู้วิจัย

บทสรุปผู้บริหาร

(Executive summary)

ฝรั่งเป็นไม้ผลเขตร้อนที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกมากถึง 40,000 ไร่ และมีผลผลิตเกือบ 1 แสนตันต่อปี และยังเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงอีกด้วย โดยเฉพาะปริมาณวิตามินซี ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดหนึ่ง ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณและกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของกรดแอสคอบิก ฟีนอลิคทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดจากใบและผลของฝรั่ง รวมถึงการประเมินสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด แคโรทีนอยด์ทั้งหมด และกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS และ FRAP โดยทำการประเมินจากเชื้อพันธุกรรมฝรั่งที่รวบรวมได้ทั้งภายในและภายนอกประเทศรวม 20 พันธุ์ ประกอบด้วยกลุ่มรับประทานสด กลุ่มคั้นน้ำ และกลุ่มพื้นเมือง จากการประเมินปริมาณและกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากใบและผลของฝรั่งได้ผลเป็นดังนี้ ปริมาณกรดแอสคอบิก ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดใบฝรั่งมีค่าอยู่ระหว่าง 37.46-93.85 มิลลิกรัมกรดแอสคอบิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด 7.97-17.59 มิลลิกรัมแกลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และ 0.15-1.27 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ปริมาณกรดแอสคอบิก ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดผลฝรั่งมีค่าอยู่ระหว่าง 25.63-113.37 มิลลิกรัมกรดแอสคอบิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด 0.30-0.90 มิลลิกรัมแกลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และ 0.01-0.18 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ กิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของฟีนอลิคทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดใบฝรั่งเมื่อทดสอบด้วยวิธี ABTS มีค่าอยู่ระหว่าง 27.27-59.93 และ 3.13-11.92 ไมโครโมลาร์โทร็อกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และเมื่อทดสอบด้วยวิธี FRAP มีค่าอยู่ระหว่าง 39.39-82.08 และ 5.85-13.70 ไมโครโมลาร์โทร็อกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ กิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของฟีนอลิคทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดผลฝรั่งเมื่อทดสอบด้วยวิธี ABTS มีค่าอยู่ระหว่าง 287.10-722.40 และ 49.54-80.41 ไมโครโมลาร์โทร็อกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และเมื่อทดสอบด้วยวิธี FRAP มีค่าอยู่ระหว่าง 295.70-594.50 และ 41.56-134.86 ไมโครโมลาร์โทร็อกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และไม่พบสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด แคโรทีนอยด์ทั้งหมด และกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS และ FRAP จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าฝรั่งเป็นผลไม้อีกชนิดหนึ่งที่เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่สำคัญ ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการนำไปใช้ประโยชน์ทั้งด้านการส่งเสริมการบริโภคฝรั่ง ด้านการใช้ประโยชน์จากใบฝรั่ง และการพัฒนาฝรั่งพันธุ์ใหม่ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง เป็นต้น

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากใบและผลฝรั่ง โดยทำการศึกษาจากฝรั่งจำนวน 20 พันธุ์ สำหรับสารสกัดจากใบ และ 8 พันธุ์ สำหรับสารสกัดจากผล โดยสุ่มเก็บใบและผลของฝรั่งแต่ละสายพันธุ์จำนวน 3 ใบ/ผล ทำการประเมินสารต้านอนุมูลอิสระ 3 ชนิด ได้แก่ ปริมาณกรดแอสคอบิก ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด สำหรับการประเมินกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจะใช้วิธี ABTS และ FRAP นอกจากนี้ยังได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดกับกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS และ FRAP พบว่า ปริมาณกรดแอสคอบิก ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดใบฝรั่งมีค่าอยู่ระหว่าง 37.46-93.85 มิลลิกรัมกรดแอสคอบิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด 7.97-17.59 มิลลิกรัมแกลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และ 0.15-1.27 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ปริมาณกรดแอสคอบิก ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดผลฝรั่งมีค่าอยู่ระหว่าง 25.63-113.37 มิลลิกรัมกรดแอสคอบิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด 0.30-0.90 มิลลิกรัมแกลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และ 0.01-0.18 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ กิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของฟีนอลิคทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดใบฝรั่งเมื่อทดสอบด้วยวิธี ABTS มีค่าอยู่ระหว่าง 27.27-59.93 และ 3.13-11.92 ไมโครโมลาร์โทร๊อกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และเมื่อทดสอบด้วยวิธี FRAP มีค่าอยู่ระหว่าง 39.39-82.08 และ 5.85-13.70 ไมโครโมลาร์โทร๊อกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ กิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของฟีนอลิคทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดผลฝรั่งเมื่อทดสอบด้วยวิธี ABTS มีค่าอยู่ระหว่าง 287.10-722.40 และ 49.54-80.41 ไมโครโมลาร์โทร๊อกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และเมื่อทดสอบด้วยวิธี FRAP มีค่าอยู่ระหว่าง 295.70-594.50 และ 41.56-134.86 ไมโครโมลาร์โทร๊อกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และไม่พบสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด แคโรทีนอยด์ทั้งหมด และกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS และ FRAP ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าฝรั่งถือเป็นผลไม้อีกชนิดหนึ่งที่เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายแนวทาง เช่น การส่งเสริมให้เป็น superfruits การสกัดสารสำคัญในใบฝรั่ง และการพัฒนาฝรั่งพันธุ์ใหม่ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง เป็นต้น

Abstract

The objectives of this research were to determine bioactive ingredients of leaves (20 varieties) and fruits (8 varieties) in guava and their antioxidant activities. Ascorbic acid, total phenolic compounds and total carotenoid were evaluated by using randomly three leaves and fruits in each varieties. Antioxidant activities were conducted using ABTS method and FRAP method. Furthermore, a correlation between bioactive ingredients; total phenol compounds and total carotenoid and antioxidant activities; ABTS and FRAP was observed. The results revealed that leave extract contained 37.46-93.85 mg ascorbic acid per 100 g fresh weight of ascorbic acid, 7.97-17.59 mg. Eq galic acid per 100 g fresh weight and 0.15-1.27 mg per 100 g fresh weight. Fruits extract contained 25.63-113.37 mg ascorbic acid per 100 g fresh weight of ascorbic acid, 0.30-0.90 mg. Eq galic acid per 100 g fresh weight and 0.01-0.18 mg per 100 g fresh weight. The antioxidant activities of total phenolic compounds and total carotenoid of leave extract were 27.27-59.93 and 3.13-11.92 μM Trolox eq/ 100 g fresh weight, respectively (ABTS method) and were 39.39-82.08 and 5.85-13.70 μM Trolox eq/ 100 g fresh weight, respectively (FRAP method). In addition, their antioxidant activities of fruits extract were 287.10-722.40 and 49.54-80.41 μM Trolox eq/ 100 g fresh weight, respectively (ABTS method) and were 295.70-594.50 and 41.56-134.86 μM Trolox eq/ 100 g fresh weight, respectively (FRAP method). A correlation between bioactive ingredients; total phenolic compounds and total carotenoid, and antioxidant activities; ABTS and FRAP method, of leave and fruits extract was not found. The leave and fruits extract of guava were excellent source of bioactive compounds and antioxidant activities.

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
บทนำ	1
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
วิธีการดำเนินการวิจัย	11
ผลการวิจัย	15
วิจารณ์ผลการวิจัย	24
สรุปผลการวิจัย	32
เอกสารอ้างอิง	33

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	รายชื่อพันธุ์ การใช้ประโยชน์ และแหล่งที่รวบรวมฝรั่ง	11
2	ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดแอสคอบิก ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดที่พบในใบฝรั่ง 20 พันธุ์	16
3	ค่าเฉลี่ยกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของ ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดที่พบในใบฝรั่ง 20 พันธุ์ ด้วยวิธี ABTS และ FRAP (μM Trolox eq./100 g fresh weight)	18
4	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด แคโรทีนอยด์ทั้งหมด และกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดของใบฝรั่ง	19
5	ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดแอสคอบิก ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดที่พบในผลฝรั่ง 8 พันธุ์	20
6	ค่าเฉลี่ยกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของ ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดที่พบในผลฝรั่ง 8 พันธุ์ ด้วยวิธี ABTS และ FRAP (μM Trolox eq./100 g fresh weight)	22
7	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด แคโรทีนอยด์ทั้งหมด และกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดของผลฝรั่ง	23

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างของโมเลกุลก๊าซออกซิเจน	6

รางการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ประจำปีงบประมาณ 2554

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย ม.อบ. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ฝรั่งเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกมากกว่า 4 หมื่นไร่ มีผลผลิตออกสู่ตลาดประมาณ 94,882 ตัน และมีมูลค่ารวม 868 ล้านบาทต่อปี พื้นที่การผลิตทั้งประเทศเกือบ 4 หมื่นไร่ ส่วนใหญ่อยู่บริเวณภาคกลางของประเทศ ได้แก่ นครปฐม (14,498 ไร่) สมุทรสาคร (6,980 ไร่) และราชบุรี (6,863 ไร่) อย่างไรก็ตามเนื่องจากฝรั่งเป็นไม้ผลที่สามารถปรับตัวได้ดีกับสภาพแวดล้อมที่หลากหลายและสามารถเจริญเติบโตได้ดีทั่วทุกภาคของประเทศไทย สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศก็มีการปลูกฝรั่งเช่นเดียวกัน โดยพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่บริเวณจังหวัดนครราชสีมา (975 ไร่) ชัยภูมิ (662 ไร่) ขอนแก่น (510 ไร่) เลย (500 ไร่) และ ศรีสะเกษ (235 ไร่) มีผลผลิตโดยรวมประมาณ 3,417 ตันต่อปี (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ฝรั่งเป็นผลไม้ที่สามารถบริโภคได้ทั้งแบบรับประทานผลสด หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ฝรั่งอบแห้ง ฝรั่งดอง น้ำฝรั่ง และฝรั่งแช่บ๊วย เป็นต้น ซึ่งเป็นที่นิยมของคนไทยทั่วไป แนวโน้มการบริโภคฝรั่งในอนาคตจึงมีมากขึ้น ประกอบกับฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณวิตามินซีอยู่ระหว่าง 174.2-396.7 มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักสด (Thaipong *et al.*, 2006) นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารอาหารชนิดอื่นๆ อีกอาทิเช่น เบต้าแคโรทีน วิตามินอี โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ทองแดง และสังกะสี รวมถึงสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ เช่น โพลีฟีนอล แทนนิน คาเดชิน และไฟเตส เป็นต้น (ริญ และคณะ, 2547)

ฝรั่งจัดเป็นผลไม้ที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรม สามารถจำแนกเป็นกลุ่มต่างๆ ตามการใช้ประโยชน์จากผลได้ดังนี้ 1) กลุ่มรับประทานผลสด เช่น “กลมสาลี่” “ฝรั่งไท” “กิมจู” และ”แป้นสีทอง” เป็นต้น 2) กลุ่มเพื่อการแปรรูปหรือคั้นน้ำ เช่น “พจ.13-10” ‘Allahabad Safeda’ และ ‘MCL326-S’ เป็นต้น และ 3) กลุ่มพื้นเมือง เช่น “พื้นเมืองเพชรบูรณ์” “ขี้นกเนื้อแดง” และ “หลวงท่องสื่อ” เป็นต้น ซึ่งฝรั่งแต่ละกลุ่มจะมีความหลากหลายของสีที่ปรากฏ เช่น สีใบ (เขียว แดง และม่วง) สีผิวผล (เขียว เหลือง แดง และม่วง) และสีเนื้อ (ขาว ครีม ชมพู แดง และม่วง) ซึ่งสารสี (pigment) ที่ปรากฏนั้นเป็นดัชนีชนิดหนึ่งที่บ่งบอกถึงการมีอยู่ของสารต้านอนุมูลอิสระในฝรั่ง โดยทั่วไปนิยมบริโภคฝรั่งจากผลหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากผล แต่บางครั้งอาจพบว่าฝรั่งบางพันธุ์มีรสชาติไม่อร่อยแต่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงในใบ ซึ่งในอนาคตอาจมีการนำใบมาใช้ประโยชน์มากขึ้นก็ได้ ดังนั้นการทราบถึงชนิดและปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระในฝรั่งสายพันธุ์ต่างๆ ทั้งใน

ส่วนของใบและผลที่รวบรวมได้จากในและต่างประเทศจึงมีความสำคัญอย่างมากต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในอนาคตอันใกล้ เช่น การส่งเสริมให้เป็น super fruits กล่าวคือเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง การปรับปรุงพันธุ์ใหม่ๆ ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง และการนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงสารสกัดสำคัญของอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพ เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันมีการนำฝรั่งมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพอย่างมากมาย เช่น ชาชงสมุนไพรจากใบฝรั่งในประเทศไต้หวัน (Chen and Yen, 2007) ยาสมุนไพรจากใบและเปลือกฝรั่ง (Chen and Yang, 1983) เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

1. เพื่อประเมินปริมาณของกรดแอสคอบิก ฟีนอลิคทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดใบและผลของฝรั่ง

2. เพื่อประเมินกิจกรรมความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของฟีนอลิคทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดด้วยวิธี ABTS และ FRAP ในสารสกัดจากใบและผลฝรั่ง

3. เพื่อประเมินสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด แคโรทีนอยด์ทั้งหมด และกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS และ FRAP

ขอบเขตของโครงการวิจัย

วิเคราะห์ปริมาณและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ กรดแอสคอบิก ฟีนอลิคทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ในใบอ่อน และผลระยะเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์ต่างๆ ที่รวบรวมได้ ทั้งกลุ่มรับประทานสด กลุ่มแปรรูป และกลุ่มพื้นเมือง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานการนำไปใช้ประโยชน์ และการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปในอนาคต

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ฝรั่งเป็นไม้ผลเขตร้อน (tropical fruits) ถูกจัดอยู่ในวงศ์ Myrtaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Psidium guajava* L. สำหรับชื่อสามัญมีหลายชื่อ เช่น guava (ภาษาอังกฤษ) มะปุ่น (จังหวัดตาก) มะก้วย (จังหวัดเชียงใหม่) มะกา (จังหวัดแม่ฮ่องสอน) มะมั่น (จังหวัดลำปาง) หมากสีดา (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) จุ่มโป่ (จังหวัดสุราษฎร์ธานี) ชมพู่ (จังหวัดปัตตานี) แจมบู บาตู (ประเทศมาเลเซีย และอินโดนิเซีย) บายาบาส (ประเทศฟิลิปปินส์) มาลากาเปน (ประเทศเมียนม่า) กัวยาบ่า (ประเทศสเปน) โกจาบา (ประเทศโปรตุเกส) (อภิชาติ, 2543)

ฝรั่งเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก ลำต้นสูงประมาณ 3-10 เมตร เปลือกมีสีน้ำตาลอมแดงหรือสีน้ำตาลอมเขียว กิ่งอ่อนไม่มีขนปกคลุม ฝรั่งเป็นพืชที่มีอัตราการเจริญเติบโตเร็ว ต้นเป็นพุ่ม ไม่ทึบมาก มีกิ่งก้านสาขาแตกออกจากลำต้นมากมาย ตั้งแต่บริเวณใกล้โคนต้น *ใบ* เป็นไม้ประเภทใบเดี่ยว ก้านใบสั้น ใบหนาใหญ่ ใบอ่อนสีเขียวมีลักษณะไม่เรียบ มีขนอ่อนปกคลุม แผ่นใบเป็นรูปไข่ปลายมน ใบมีลักษณะการจัดเรียงเป็นแบบตรงกันข้าม (opposite) ใบมีรูปร่างแบบ elliptic จนถึง oblong ด้านหลังของใบจะมีสีเขียวเข้มกว้าด้านท้องใบ ก้านใบมีความยาวประมาณ 3-10 มิลลิเมตร ใบมีความกว้างประมาณ 3-7 เซนติเมตร และยาวประมาณ 5-15 เซนติเมตร *ดอก* เกิดที่ตาข้างหรือซอกใบมักจะไม่เกิดที่ตายอด โดยจะออกดอกที่ส่วนของลำต้นหรือกิ่ง มีทั้งเป็นดอกเดี่ยวหรือดอกช่อ ส่วนใหญ่จะมีประมาณ 2-3 ดอกต่อช่อ *ผล* รูปไข่ป่องตรงปลายหรือทรงกลม เปลือกขรุขระเล็กน้อยแต่เป็นมัน ผลเมื่อยังเล็กอยู่จะมีสีเขียวเข้ม พอผลแก่ผิวจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อน *เมล็ด* เกาะติดอยู่กับเนื้อชั้นในใจกลางของผลเป็นจำนวนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์ (อภิชาติ, 2543)

พันธุ์และการจำแนก

ฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกากลาง และกระจายตัวไปทั่วโลก โดยเฉพาะในเขตร้อนและกึ่งร้อน โดยทั่วไปสามารถจำแนกฝรั่งออกเป็น 4 กลุ่ม ตามการใช้ประโยชน์ ดังนี้ 1) กลุ่มรับประทานผลสด ซึ่งใช้ผลในการบริโภคเป็นหลัก จะมีผลขนาดใหญ่ ไส้ผลน้อย เมล็ดน้อย รสชาติหอมหวานถูกปากผู้บริโภค 2) กลุ่มแปรรูป จะเป็นฝรั่งที่มีการพัฒนาพันธุ์ขึ้นมาสำหรับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น น้ำฝรั่งเข้มข้น แยมฝรั่ง และลูกอม เป็นต้น ซึ่งลักษณะเฉพาะของฝรั่งในกลุ่มนี้ คือ สีเนื้อผลจะเป็นสีแดง ชมพู รสเปรี้ยวและมีกลิ่นรุนแรง แต่ไม่เน้นเรื่องขนาดผล สำหรับน้ำฝรั่งในบ้านเราไม่นิยมใช้พันธุ์สำหรับแปรรูป อาจเนื่องจากคนไทยไม่คุ้นเคยกับรสชาติและสีของน้ำฝรั่งเหมือนต่างประเทศ จึงนิยมนำผลฝรั่งที่จัดอยู่ในกลุ่มรับประทานสดมาแปรรูปเป็นน้ำฝรั่งแทน ซึ่งมีวางจำหน่ายทั่วไป 3) กลุ่มพื้นเมือง เป็นฝรั่งที่มีผลขนาดเล็ก ไส้

ผลขนาดใหญ่ เมล็ดมาก รสชาติเปรี้ยวอมหวาน และเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมทั่วๆ ไป ในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะมีชื่อเรียกว่า "ฝรั่งขี้นก" ซึ่งเชื่อกันว่า นกเป็นพาหะนำเมล็ดฝรั่งชนิดนี้ไปแพร่กระจายยังสถานที่ต่างๆ คุณสมบัติที่โดดเด่นของฝรั่งในกลุ่มนี้ คือ ความแข็งแรง เจริญเติบโตไว และสามารถนำมาใช้เป็นต้นตอสำหรับฝรั่งพันธุ์ดีได้เป็นอย่างดี และ 4) กลุ่มประดับ เป็นฝรั่งที่มีคุณภาพการรับประทานผลสดไม่ค่อยดี เช่น ผลขนาดเล็ก มีจำนวนเมล็ดมาก แต่มีข้อดีคือ ใบมีลักษณะสวยงาม เขียวเป็นมัน ขนาดเล็ก ออกเป็นกระจุก และยังสามารถออกดอกและติดผลได้ตลอดปีอีกด้วย จึงนิยมนำมาทำเป็นไม้ประดับ สามารถทำเป็นไม้กระถาง ไม้ประดับแปลง รั้วบ้าน และบอนไซได้ (เกศิณี, 2546; สรัสวดี, 2545; ชุติภัสร์, 2551)

ชุติภัสร์ (2551) จำแนกฝรั่งตามลักษณะของผลได้เป็น 2 ชนิด คือ 1) ชนิดผลกลม ลักษณะทั่วไปผลกลม ผิวของเปลือกจะเป็นสีเขียวอ่อนออกขาวเป็นมัน มีรสหวานกรอบ เนื้อหนา เมล็ดน้อย ขนาดโตเต็มที่เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร น้ำหนักผลโดยเฉลี่ย 1-2 กิโลกรัม ฝรั่งพันธุ์ผลกลม ได้แก่ "กลมทูลเกล้า" "กลมอัมพร" "กลมสาลี่" "เย็นสอง" "บางกอกแอปเปิ้ล" และ "ขาวเสวย" ต้นจะไม่สูงมากนักและให้ผลดก ยกเว้นพันธุ์ "บางกอกแอปเปิ้ล" จะให้ผลผลิตค่อนข้างน้อย และ 2) ชนิดผลยาว ลักษณะผลค่อนข้างยาว สีผิวของเปลือก รสชาติ และขนาดผลมีความใกล้เคียงกับชนิดแรก ได้แก่ พันธุ์ "ยาวเศวต" และ "ยาวบุญสม" เป็นต้น

ฝรั่งพันธุ์การค้าที่นิยมปลูกในปัจจุบันมี ดังนี้

1. พันธุ์ "แป้นสีทอง" เป็นฝรั่งที่จัดอยู่ในกลุ่มรับประทานผลสด ได้รับความนิยมและครองตลาดมาอย่างต่อเนื่อง นับตั้งแต่เปิดตัวเมื่อ พ.ศ. 2534 โดยคุณสมัย แดงสมบูรณ์ ชาวสวนฝรั่ง จ.นครปฐม โดยได้ส่งผลฝรั่งเข้าประกวดในงานวันเกษตรแห่งชาติ ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน และได้รับรางวัลชนะเลิศอันดับ 1 ลักษณะเด่นของพันธุ์นี้ คือ ต้นเตี้ย ติดผลดก ให้ผลผลิตเร็ว (8-9 เดือนหลังปลูก) ผลทรงกลมแป้น ขนาดใหญ่ (1 กิโลกรัม/ผล) เนื้อหนา ละเอียด จำนวนเมล็ดน้อย ผลทรงแป้น ผิวขรุขระ รสชาติหวาน กรอบ ลำต้นและกิ่งแข็งแรง สำหรับลักษณะด้อยของฝรั่งพันธุ์นี้ คือ ความไม่สม่ำเสมอของคุณภาพผล โดยพบว่า ถ้าเก็บเกี่ยวผลเร็วกว่ากำหนดจะมีรสชาติฝาด แต่ถ้าเก็บเกี่ยวผลในระยะแก่เกินไปจะทำให้สุกง่าย เกิดความเสียหายของผลผลิตก่อนถึงมือผู้บริโภค (ธวัชชัย และศิวาพร, 2542; อภิชาติ, 2543)

2. พันธุ์ "กลมสาลี่" เป็นฝรั่งที่จัดอยู่ในกลุ่มรับประทานผลสด ได้จากการที่คุณอัมพร มาเสริฐศรี นำเมล็ดมาจากเวียดนามเมื่อ พ.ศ. 2517 คุณสมบัติที่ดี ได้แก่ ผลดก ปลูกง่ายให้ผลเร็ว เก็บเกี่ยวผลได้ตลอดทั้งปี *ต้น* เป็นพุ่มสูงประมาณ 3-5 เมตร กิ่งค่อนข้างแผ่ *ใบ* สีเขียวเข้ม แตกเป็นคู่ตรงกันข้าม ขอบใบพลิ้ว *ดอก* เกิดบริเวณซอกใบตรงกันข้าม *ผล* ค่อนข้างใหญ่ น้ำหนักประมาณ 300-350 กรัม/ผล ทรงผลกลมแป้นถึงกลมสูง ความกว้างผล 10.5 เซนติเมตร ยาว 8.3 เซนติเมตร ด้านขั้วเว้าลงลึก ด้านก้นผลเรียบ ผิวเรียบถึงขรุขระเล็กน้อย สีเขียวอ่อน เนื้อหนา ด้านนอกเป็นสีขาวปนเขียว ด้านในสีขาว รสชาติหวานอมเปรี้ยว ปริมาณ

ของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดประมาณ 11.6 องศาบริกซ์ มีรสฝาดเล็กน้อย กรอบ แน่น ความแน่นเนื้อประมาณ 0.66 นิวตัน เนื้อละเอียด ไม่มีกาก เมื่อสุกเนื้อจะอ่อนนุ่มเป็นทราย มีกลิ่นหอม ไส้เป็นเนื้อตัน *เมล็ด* ขนาดเล็ก มีจำนวนมากประมาณ 200-300 เมล็ด/ผล ลักษณะแข็ง สีน้ำตาล เมื่อแก่แล้วสามารถปล่อยผลไว้บนต้นได้นานกว่าพันธุ์อื่นๆ อายุเก็บเกี่ยว 4-5 เดือนหลังดอกบาน (ธวัชชัย และศิวาพร, 2542) นอกจากนี้ยังพบว่าฝรั่งพันธุ์นี้ค่อนข้างทนทานต่อการขนส่ง ไม่เหี่ยวเร็ว เก็บรักษาและวางตลาดได้นาน รสชาติมีความสม่ำเสมอ จึงเหมาะสำหรับการผลิตเพื่อส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ (อภิชาติ, 2543)

3. พันธุ์ "บางกอกแอปเปิ้ล" เป็นฝรั่งที่ผสมโดยคุณดำรงศักดิ์ วิรยศิริ ขาวสวนจังหวัดกรุงเทพฯ ในปี พ.ศ. 2526 โดยได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ "กลมสาลี่" และ พันธุ์ "แห้ง" ซึ่งเป็นฝรั่งจากประเทศอินเดีย ได้ลูกผสมที่ไม่มีเมล็ด (อภิชาติ, 2543) ผลกลมคล้ายผลแอปเปิ้ล ขนาดใหญ่ (0.8-1.1 กิโลกรัม/ผล) ขนาดยาว 13 เซนติเมตร ผิวผลสีเขียวอ่อน เนื้อหนา ความแน่นเนื้อสูง กรอบ รสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย ลักษณะเด่น คือ ผลสุกข้า เมื่อสุกแล้วเนื้อไม่เละ มีก้านแข็งแรง ลักษณะด้อย คือ ติดผลน้อย (ธวัชชัย และศิวาพร, 2542)

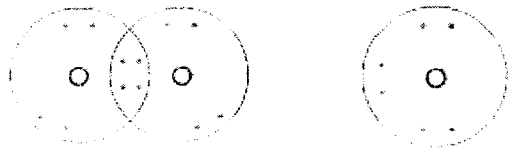
4. พันธุ์ "ไทย" เป็นชื่อเรียกฝรั่งที่รูปร่างคล้ายสาลี่ ผลขนาดปานกลาง สำหรับฝรั่งพันธุ์นี้ที่เห็นวางขายในท้องตลาดในปัจจุบัน การเรียกชื่อว่า "ฝรั่งไทย" เนื่องมาจากเข้าใจกันว่าเป็นฝรั่งที่มีการปลูกกันมานานในบ้านเราจนเรียกติดปาก แต่ความจริงแล้วก็ไม่ใช่ฝรั่งของบ้านเราแต่อย่างใด พันธุ์ดั้งเดิมที่ปลูกกันมานานของไทยและรู้จักกันดีก็คือ ฝรั่งขี้นก ซึ่งเป็นฝรั่งที่มีผลขนาดเล็กมาก (20-25 กิโลกรัม/ผล) ไส้สีแดง ซึ่งไม่มีการปลูกเป็นสวนเพื่อการค้ากัน แต่ฝรั่งที่เราเรียกกันว่าฝรั่งไทยในขณะนี้นั้นเข้าใจว่าน่าจะเป็นฝรั่งอินเดียที่มีการนำเข้ามาปลูกอย่างแพร่หลายในปี พ.ศ. 2490 และมีการพัฒนาพันธุ์ขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง และฝรั่งอินเดียก็ถือได้ว่ามีส่วนช่วยในการพัฒนาพันธุ์ฝรั่งกินสดของบ้านเราอย่างมากทีเดียว ฝรั่งไทยที่มีการปลูกเป็นการค้าในบ้านเราในปัจจุบันจะมีอยู่ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ไส้ขาว และพันธุ์ไส้แดง (อภิชาติ, 2543) ผลมีขนาดเล็ก ทรงสาลี่ ผิวสีเขียวอ่อน มีเมล็ดน้อย รสชาติหวานอมเปรี้ยว และราคาค่อนข้างสูง เนื่องจากมีพื้นที่ปลูกน้อย และความต้องการสูง

5. พันธุ์ "สามสีกรอบ" เจ้าของพันธุ์ คือ คุณดำรงศักดิ์ วิริยศิริ ซึ่งได้ทำการผสมพันธุ์ระหว่าง "ฝรั่งแดง" และ "แป้นสีทอง" รูปทรงผลคล้ายฝรั่งไทย เนื้อหนา ไส้สีแดง ปัจจุบันเริ่มมีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (อภิชาติ, 2543)

อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (free radicals) หรือเรียกอีกชื่อว่า reactive oxygen species (ROS) เป็นสารซึ่งมีอิเล็กตรอนเดี่ยวอยู่ในวงรอบของอะตอม หรือโมเลกุล ส่วนมากเป็นสารที่มีอะตอมออกซิเจนเป็นศูนย์กลาง หากสารอนุมูลอิสระมีศูนย์กลางเป็นอะตอมไนโตรเจน เราก็เรียกอนุมูลอิสระนั้นว่า reactive nitrogen

species (RNS) คำนิยามของอนุมูลอิสระ คือ อะตอมหรือโมเลกุลที่มีอะตอม เช่น ออกซิเจน และไนโตรเจน ที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยวในวงจรรอบนอกสุด การมีอิเล็กตรอนที่ไร้คู่ทำให้อะตอมดังกล่าวไม่เสถียรและมีความว่องไวมาก ปกติโมเลกุลหรืออะตอมที่เสถียรจะมีอิเล็กตรอนในวงโคจรรอบนอกสุดอยู่เป็นคู่ (ภาพที่ 1) โครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลก๊าซออกซิเจนปกติอยู่ด้านซ้ายมือ และก๊าซออกซิเจนที่เป็นอนุมูลอิสระอยู่ด้านขวามือ



ภาพที่ 1 โครงสร้างของโมเลกุลก๊าซออกซิเจน
ที่มา: http://www.chem.-guide.blogspot.com

อนุมูลอิสระมักจะแย่งหรือรับอิเล็กตรอนเดี่ยวจากที่อื่นมาไว้ในตัวมันเองได้อย่างง่าย เพื่อทำให้อะตอมหรือโมเลกุลเสถียรได้ อนุมูลอิสระอาจให้อิเล็กตรอนเดี่ยวของตัวเองแก่อะตอมอื่น การแย่งหรือการให้อิเล็กตรอนเดี่ยวจะทำให้อะตอมใหม่กลายเป็นอนุมูลอิสระใหม่ ถ้าไม่มีสารใดมาหยุดยั้ง ปฏิกิริยาอาจต่อเนื่องไปเรื่อยๆ การที่อนุมูลอิสระมีอิเล็กตรอนไร้คู่ทำให้โมเลกุลไม่เสถียรมันจึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นว่องไวมาก สามารถทำปฏิกิริยาเคมีกับโมเลกุลอื่นได้ง่ายและทันที เพื่อดึงเอาอิเล็กตรอนหนึ่งตัวจากโมเลกุลหรือสารเหล่านั้นมาไว้ในตัวมันเอง ทำให้มันมีความคงตัวมากขึ้น ตัวอย่างของปฏิกิริยาเคมีที่มีอนุมูลอิสระเข้ามาเกี่ยวข้อง คือ การเกิดสนิมเหล็ก การปอกผรั่งและผลไม้ เปลือกและเนื้อจะเกิดสีน้ำตาลคล้ำ และการเหม็นหืน (rancidity) ของน้ำมันพืชที่เก็บไว้นาน (ไมตรี, 2555)

สารอนุมูลอิสระในฝรั่ง

กรดแอสคอบิก

กรดแอสคอบิก เป็นผลึกสีขาวมีสูตรเคมี คือ $C_6H_8O_6$ ในธรรมชาติพบกรดแอสคอบิก 2 ลักษณะ คือ L-ascorbic acid หรือ reduced form และ L-dehydroascorbic acid หรือ oxidized form ละลายน้ำมีฤทธิ์เป็นกรด ถูกออกซิไดส์ได้ง่ายโดยออกซิเจนในอากาศ เมื่อถูกออกซิไดส์แล้วจะเปลี่ยนเป็นกรดดีฮัยโดรแอสคอร์บิก ซึ่งจะถูกฮัยโอรไลส์ต่อไปในภาวะที่เป็นกลางหรือเป็นด่าง ได้กรด 2,3-dioxo-L-gulonic (2,3-diketogulonic) และสลายต่อได้ oxalic acid ดังนั้น ถ้าได้รับวิตามินซีมากจะพบกรดนี้เพิ่มขึ้น (สมทรง, 2536) สำหรับผลฝรั่งมีรายงานว่าค้นพบปริมาณกรดแอสคอบิกประมาณ 95.0-396.7 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (จารุพันธุ์ และคณะ, 2543; ชุติภัสร์, 2551; Thaipong *et al.*, 2006)

สารประกอบฟีนอลิค

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารกลุ่มหนึ่งที่ได้จากพืช ซึ่งโพลีฟีนอลเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการเผาผลาญสารอาหารขั้นที่ 2 ของพืช มีโครงสร้างเป็นวงแหวนอะโรมาติก ซึ่งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลเพียงหมู่เดียว หรือมากกว่านั้น ในปัจจุบันมีสารประกอบฟีนอลิกที่สามารถจำแนกได้มากกว่า 8,000 ชนิด และสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยๆ ได้อีก โดยจำแนกตามจำนวนคาร์บอนอะตอมของสายหลักได้เป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้ Flavan-3ol Flavanone Flavone และ Flavon-3-ol เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกไกลโคไซด์ (Rietjens *et al.*, 2001) สารประกอบฟีนอลิกเป็นกลุ่มของสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติขนาดใหญ่ พบได้ทั่วไปในพืชผักและผลไม้ เช่น หอมใหญ่ ขึ้นช่าย ผักชีฝรั่ง แอปเปิ้ล พีช พลัม องุ่น และสตรอเบอรี่ เป็นต้น สำหรับในเปลือกและผลฝรั่ง Jimenez-Escrig *et al.* (2001) รายงานว่าพบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 77.9 ± 3.0 และ 26.2 ± 1.3 กรัมกรดแกลิคต่อ 1 กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ขณะที่ Nantitanon *et al.* (2010) พบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในใบเท่ากับ 24.3 ± 0.5 gallic acid equivalent (GAE)/ กรัมน้ำหนักสด

แคโรทีนอยด์

แคโรทีนอยด์เป็นกลุ่มของรงควัตถุในพืชมีสีเหลือง ส้ม แดง หรืออาจไม่มีสี มีสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในน้ำมัน และตัวทำละลายอินทรีย์ โครงสร้างโมเลกุลของแคโรทีนอยด์ประกอบด้วยหน่วยไอโซพรีน (isoprene unit) จำนวน 8 หน่วย ที่พันธะโควาเลนต์ ทำให้เกิดคอนจุเกชันของพันธะคู่เป็นสายยาว ซึ่งระดับคอนจุเกชั่นนี่เองที่ทำให้แคโรทีนอยด์สามารถดูดพลังงานแสงอัตราไวโอเลต และแสงสีขาว ทำให้แคโรทีนอยด์เป็นสารที่มีสีและมีคุณสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โมเลกุลของแคโรทีนอยด์อาจเป็นเส้นตรง ดังที่พบใน ไลโคพีน (lycopene) หรือเป็นวงแหวน (ring) ที่ปลายโซ่ของโมเลกุล ดังที่พบในเบตาแคโรทีน (beta-carotene) (โอภา, 2549) แคโรทีนอยด์สามารถจำแนกได้ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) hydrogenated หรือกลุ่มแคโรทีนเป็นรงควัตถุสีแดงส้มละลายได้ในน้ำ เช่น ไลโคปีน (lycopene) พบได้ในฝรั่งที่มีสีแดง เบต้าแคโรทีนเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์วิตามินเอ 2) แซนโทฟิลล์ (xanthophyll) เป็นรงควัตถุสีเหลืองเข้ม หรือสีเหลืองแกมน้ำตาล สามารถละลายได้ดีในเอธิลแอลกอฮอล์ และเอธิลอีเธอร์ (วรนันท์, 2538) เช่น แอสตาแซนทิน (astaxanthin) ลูทีน (lutein) ซีแซนทีน (zeaxanthin) ในผลฝรั่งมีการค้นพบเบต้าแคโรทีน 3.7 ± 0.7 ไมโครกรัม/กรัม และพบไลโคพีน 53.4 ± 6.3 ไมโครกรัม/กรัม (Wilberg and Rodriguez-Amaya, 1995)

ฝรั่งเป็นผลไม้ที่คนไทยนิยมบริโภคและมีผลผลิตออกสู่ตลาดตลอดทั้งปี โดยฝรั่งสามารถบริโภคได้ทั้งผลสด และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น น้ำฝรั่ง ฝรั่งแช่บ๊วย แยมฝรั่ง และฝรั่งบรรจุกระป๋อง เป็นต้น ฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกสารต้านอนุมูลอิสระ อาทิเช่น ผลฝรั่งน้ำหนัก 100 กรัม พบเบต้าแคโรทีน 2.93 มิลลิกรัม วิตามินซี 397 มิลลิกรัม (Thaipong *et al.*, 2006) เป็นต้น รัชนี และ

คณะ (2552) พบสารประกอบฟีนอลหลายชนิดในผลฝรั่งพันธุ์ "กิมจู" และ "แป้นสีทอง" ซึ่งเป็นพันธุ์การค้าในปัจจุบัน ได้แก่ Epigallocatechin, catechin, epigallocatechin 3-gallate, epicatechin, epicatechin 3-gallate, myricetin, quercetin, luteolin, hesperetin, kaemferol และ apigenin Mercadante *et al.* (1999) พบสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ เช่น phytofluene, β-carotene, β-cryptoxanthin, γ-carotene, lycopene, rubixanthin, cryptoflavin, lutein และ neochrome ในผลฝรั่งที่มีเนื้อสีแดง นอกจากนี้ยังพบสารต้านอนุมูลอิสระในส่วนของใบและลำต้นอีกด้วย (Tachakittirungrod *et al.*, 2007) โดย Tackhkittirungrod *et al.* (2007) พบว่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในฝรั่งจะพบมากที่สุดในส่วนของใบเมื่อเปรียบเทียบกับลำต้น และผล สำหรับสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในใบ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิค เช่น (+)-gallocatechin, gallic acid, quercetin, procatechuic acid, chlorogenic acid, caffeic acid, kaempferol และ ferulic acid (Matsuo *et al.*, 1994; Liang *et al.*, 2005) สารประกอบฟลาโวนอยด์ เช่น quercetin, kaempferol, quercetin 3-*O*-α-L-arabinoside, quercetin 3-*O*-β-D-glucoside, quercetin 3-*O*-β-D-galactoside และ kaempferol-glycoside (Liang *et al.*, 2005) จึงมีความเป็นไปได้ในการนำส่วนต่างๆ ของฝรั่งมาใช้ประโยชน์ในแง่ของการเป็นแหล่งผลิตสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จะมีประสิทธิภาพในการป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรังต่างๆ ได้ดีกว่าสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากการสังเคราะห์ (Finkel and Holbrook, 2000) ดังนั้นการทราบชนิดและปริมาณ รวมถึงกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในใบและผลฝรั่งจึงมีประโยชน์อย่างมากต่อการนำไปพัฒนาต่อยอด ไม่ว่าจะเป็นด้านการส่งเสริมการบริโภค การแปรรูป และการใช้เป็นแหล่งเชื้อพันธุกรรมเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ใหม่ที่มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงๆ เป็นต้น

อย่างไรก็ตามปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในพืชมักมีความแปรปรวนไม่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อายุของพืช อุณหภูมิ ระยะการสุกแก่ของผล การเขตกรรม และพันธุ์พืช เป็นต้น (Nantitanon *et al.*, 2010) สำหรับในฝรั่ง Nantitanon *et al.* (2010) ได้ทำการทดลองสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากใบฝรั่งในระยะต่างๆ กัน 3 ระยะตามอายุใบ กล่าวคือ ระยะที่ 1 เป็นใบอ่อนซึ่งมีสีเขียวอ่อนและยังไม่พัฒนาเต็มที่ ระยะที่ 2 เป็นใบที่พัฒนาเต็มที่แล้วมีสีเขียวเข้ม และระยะที่ 3 เป็นใบแก่ที่มีสีเขียวเข้มและมีตำแหน่งใบอยู่ใกล้ลำต้น พบว่า ใบอ่อนที่มีสีเขียวอ่อนจะให้ปริมาณและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าใบในระยะอื่นๆ จึงเป็นส่วนที่เหมาะสมในการนำมาศึกษาปริมาณ และกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในฝรั่งสายพันธุ์ต่างๆ ที่รวบรวมได้ นอกจากนี้อิทธิพลของพันธุ์ก็มีบทบาทต่อปริมาณและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระเช่นเดียวกัน จากผลการทดลองของรัชนี และคณะ (2552) ที่วิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในผลฝรั่ง 2 สายพันธุ์ คือ "กิมจู" และ "แป้นสีทอง" พบว่า ทั้งสองพันธุ์มีปริมาณ epigallocatechin, catechin, epigallocatechin 3-gallate, epicatechin, epicatechin 3-gallate, hesperetin, kaemferol และ apigenin ไม่เท่ากัน โดยส่วนใหญ่พบสารดังกล่าวในพันธุ์ "แป้นสีทอง" สูงกว่าพันธุ์ "กิมจู" นอกจากนี้ยังพบว่าพันธุ์ที่มีสีเนื้อผลแตกต่างกันย่อมมีฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน โดย Musa *et al.* (2010) พบว่า ฝรั่งที่มีเนื้อสีชมพูมีฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าพันธุ์ที่มีเนื้อสีขาว ดังนั้นพันธุ์ฝรั่งที่

รวบรวมได้ในโครงการจึงน่าจะมีปริมาณและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน การทราบถึงปริมาณและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในแต่ละพันธุ์จึงเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการนำไปใช้ในอนาคต ขณะที่ จารุพันธ์ และคณะ (2543) พบว่า ฤดูกาลมีอิทธิพลต่อปริมาณวิตามินซีที่พบในผลฝรั่ง โดยพบว่าผลฝรั่งที่ถูกเก็บเกี่ยวในฤดูหนาว (ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม) จะพบปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 325 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งมากกว่าผลฝรั่งที่เก็บเกี่ยวในฤดูฝน (ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม) จะพบปริมาณวิตามินซีเพียง 140 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เท่านั้น

วิธีการประเมินกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ

โดยปกติการประเมินปริมาณและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระมีหลากหลายวิธี แต่มีหลักการเดียวกัน คือ การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระแต่ละชนิด และการตรวจสอบกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระชนิดนั้นด้วยวิธีการวัดการดูดกลืนคลื่นแสง หรือการตรวจสอบด้วยวิธีการ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (Wilberg and Rodriguez-Amaya, 1995) ซึ่งแต่ละวิธีก็มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ปริมาณและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน สำหรับในฝรั่งได้มีการทดลองหาวิธีการที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ปริมาณและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ กล่าวคือ Musa *et al.* (2010) ศึกษาวิธีการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระในผลฝรั่ง ประกอบด้วยการบดด้วยเครื่อง homogenizer ที่ความเร็วรอบ 18,000 และ 24,000 rpm การเขย่าในตัวทำละลายเป็นเวลา 1 ชั่วโมง การสกัดด้วยเครื่อง ultrasonic การกวนตัวทำละลายด้วย magnetic stirrer เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และการแช่ในตัวทำละลายเป็นเวลา 1-3 วัน พบว่า การบดตัวอย่างด้วยเครื่อง homogenizer ที่ความเร็วรอบ 24,000 rpm สามารถสกัดสารต้านอนุมูลอิสระได้ปริมาณมากที่สุดและเมื่อประเมินกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระจากการสกัดด้วยวิธีดังกล่าวก็พบว่าสูงกว่าการสกัดด้วยวิธีการอื่นๆ และยังเป็นวิธีที่ใช้เวลาน้อยที่สุดอีกด้วย ตัวทำละลายที่ใช้สกัดสารต้านอนุมูลอิสระก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อปริมาณและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดได้ ตัวทำละลายที่มีการนำมาใช้สกัดตัวอย่างฝรั่ง ได้แก่ เมทานอล (Thaipong *et al.*, 2006) 50% และ 95% เอทานอล (Lim *et al.*, 2007; Tachakittirungrod *et al.*, 2007) อะซีโตนผสมกับเมทานอล (Jimenez-Escrig *et al*, 2001; Luximon-Ramma *et al.*, 2003; Vasco *et al.*, 2008) อะซีโตน (Alothman *et al.*, 2009; Musa *et al.*, 2010) และน้ำอุ่น (Nantitanon *et al.*, 2010) อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังไม่สามารถสรุปได้ว่าตัวทำละลายชนิดใดมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระในฝรั่ง สำหรับวิธีการประเมินกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในฝรั่งนั้น สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้ 2,2-azinobis(3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) (Arnao *et al.*, 2001) 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Brand-Williams *et al.*, 1995) ferric reducing antioxidant power (FRAP) (Benzie and Strain, 1996) และ oxygen radical absorption capacity (ORAC) (Prior *et al.*, 2003) Thaipong *et al.* (2006) ศึกษาเปรียบเทียบการประเมินกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในฝรั่ง (กรดแอสคอบิก, ฟีนอลิคทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมด) จำนวน 4 วิธี คือ ABTS, DPPH, FRAP และ ORAC พบว่า การประเมิน

กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระแบบ FRAP ให้ผลการประเมินดีที่สุด สะดวก และรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ ดังนั้นในการประเมินปริมาณและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระของใบและผลฝรั่งในการทดลองนี้จึงสามารถทำได้ โดยเลือกใบอ่อน และผลในระยะเก็บเกี่ยว บดตัวอย่างด้วย homogenizer ที่ความเร็ว 24,000 rpm สกัดด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม และประเมินกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และ ABTS

หลักการตรวจวัดกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS อาศัย superoxide anion-scavenging activity, cytochrome C และ $ABTS^{\cdot+}$ ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระจะยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลซุเปอร์ออกไซด์ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเป็นวิธีอาศัยการวัดความสามารถในการฟอกสีอนุมูลอิสระ $ABTS^{\cdot+}$ ซึ่งมีสีเขียวปนน้ำเงิน มีคุณสมบัติให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร เมื่อเติมสารต้านอนุมูลอิสระลงไปจะทำให้มีสีลดลง ข้อดีของวิธีนี้คือ อนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ ละลายได้ดีในน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ สามารถทำปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็วกับสารต้านอนุมูลอิสระภายในเวลา 30 นาที สามารถใช้งานได้ดีในช่วง pH ที่กว้าง ดังนั้นจึงสามารถตรวจสอบกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดตัวอย่างที่ละลายได้ดีในน้ำและละลายได้ดีในไขมัน สำหรับข้อด้อยของวิธีนี้คือ อนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ เป็นสารที่ต้องสังเคราะห์ขึ้นมา ไม่พบในร่างกายหรือเซลล์ของสิ่งมีชีวิต (พยุงศักดิ์ และสุรศักดิ์, 2555; ไมตรี, 2555)

หลักการตรวจวัดกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP กลไกสำคัญกลไกหนึ่งของสารต้านอนุมูลอิสระ คือ การดักจับอนุมูลอิสระ (radical scavenging) โดยสารต้านอนุมูลอิสระสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้โดยการให้ไฮโดรเจนหรืออิเล็คตรอนแก่อนุมูลอิสระ ทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียรขึ้นและไม่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับสารชีวโมเลกุลต่อไป สำหรับการประเมินกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP นั้นอาศัยหลักการสารต้านอนุมูลอิสระสามารถถ่ายเทอิเล็กตรอนให้กับสารประกอบเชิงซ้อน $[Fe(III)(TPTZ)_2]^{3+}$ ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปเป็น $[Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$ ซึ่ง $[Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$ มีความสามารถในการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร และมีสีน้ำเงิน ปริมาณ $[Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$ ที่เกิดขึ้นนี้สามารถใช้ประเมินกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ (ชลธิดา และนิจติยา, 2555)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การเก็บตัวอย่างใบและผลฝรั่ง

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างใบอ่อน (สีเขียวอ่อน) จากยอดใหม่จำนวน 3 ยอดๆ ละ 1 ใบ จำนวน 20 พันธุ์ และผล (ระยะเก็บเกี่ยว) ของฝรั่งจำนวน 3 ผล/พันธุ์ จำนวน 8 พันธุ์ เนื่องจากพันธุ์อื่นๆ กำลังอยู่ในช่วงการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ (vegetative growth) จึงไม่มีผลผลิต (ตารางที่ 1) ณ แปลงทดลอง สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จากนั้นนำใบและผลที่เก็บได้ทำความสะอาด และนำไปเก็บรักษาในตู้เย็น -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการนำมาสกัดสารต้านอนุมูลอิสระต่อไป

ตารางที่ 1 รายชื่อพันธุ์ การใช้ประโยชน์ และแหล่งที่รวบรวมฝรั่ง

ลำดับที่	ชื่อพันธุ์	กลุ่มพันธุ์	แหล่งรวบรวม
1	กลมสาลี่สีทอง	รับประทานสด	นครปฐม
2	กิมจู	รับประทานสด	-
3	ขี้นกเนื้อขาว	พื้นเมือง	อุบลราชธานี
4	ขี้นกเนื้อแดง	พื้นเมือง	เกษตรกร, นครปฐม
5	ขี้นกปราจีน	พื้นเมือง	ปราจีนบุรี
6	เด่นจินดา	รับประทานสด	เกษตรกร, นครปฐม
7	แดงอ่างขาง	พื้นเมือง	อ่างขาง, เชียงใหม่
8	บางกอกแอปเปิ้ล	รับประทานสด	ม.เกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
9	แป้นยักษ์	รับประทานสด	นครปฐม
10	แป้นสีทอง	รับประทานสด	นครปฐม
11	ฝรั่งจีน	รับประทานสด	กาญจนบุรี
12	สามสีกรอบ	รับประทานสด	นครปฐม
13	ไส้แดง	พื้นเมือง	เกษตรกร, นครปฐม
14	หลวงท่องสื่อ	พื้นเมือง	จันทบุรี
15	G097	แปรรูป	ขุนวาง, เชียงใหม่
16	Allahabad safeda	รับประทานสด	สหรัฐอเมริกา
17	Hong Kong Pink	รับประทานสด	สหรัฐอเมริกา
18	Patillo	แปรรูป	สหรัฐอเมริกา
19	Pink acid	แปรรูป	สหรัฐอเมริกา
20	MCL 326-S	แปรรูป	ขุนวาง, เชียงใหม่

การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ

กรดแอสคอบิค

สุ่มตัวอย่างเนื้อเยื่อใบหรือผล (ไม่ปอกเปลือก) ปริมาณ 3 กรัม เติมกรดออกซาลิก ความเข้มข้น 3% (w/v) รวมกับ กรดอะซิตริก ความเข้มข้น 8% (v/v) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร นำไปบดด้วยเครื่อง homogenizer ด้วยความเร็วรอบ 24,000 rpm จนตัวอย่างละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 15,000 rpm ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ดูดสารละลายส่วนบนเก็บไว้สำหรับวิเคราะห์กรดแอสคอบิกที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

ฟีนอลิคทั้งหมด

ทำการสกัดฟีนอลิคทั้งหมดด้วยเมทานอล ตามวิธีการของ Swain and Hillis (1959) นำตัวอย่างใบ/ผลฝรั่งปริมาณ 3 กรัม เติมเมทานอล 25 มิลลิลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 12,000 rpm เป็นเวลา 20 นาที ดูดสารละลายใสด้านบนเก็บไว้ ตะกอนที่เหลือจะถูกละลายอีกครั้งด้วย dichloromethane ปริมาตร 20 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 12,000 rpm เป็นเวลา 20 นาที ดูดสารละลายใสด้านบนนำไปรวมกับสารสกัดครั้งแรก และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

แคโรทีนอยด์ทั้งหมด

ทำการสกัดแคโรทีนอยด์ทั้งหมดตามวิธีการของ Wilberg and Rodriguez-Amaya (1995) แบบดัดแปลง ดังนี้ นำตัวอย่างใบหรือผลฝรั่งปริมาณ 3 กรัม เติมสารละลายที่ประกอบด้วย เอทานอลต่อเฮกเซน (1:1) 2,6-di-ter-butyl-p-cresol (ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชั่น) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปปั่นให้ผสมกันดี กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 เติมเฮกเซน ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และเก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียสเพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

การประเมินปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

ปริมาณกรดแอสคอบิก

ทำการประเมินปริมาณกรดแอสคอบิกตามวิธีการของ Association of Office Analytical Chemists (1996) โดยการไตเตรทด้วย 2,6-dichlorophenol-indophenol จนสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีชมพู และมี L-ascorbic acid เป็นค่ามาตรฐาน มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด

ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด

ทำการประเมินปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดตามวิธีการของ Swain and Hillis (1959) โดยการใช้ Folin-Ciocalteu reagen ที่มี gallic acid เป็นมาตรฐาน (Taga *et al.*, 1984) นำสารละลายที่สกัดได้ปริมาตร 150 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่น 2,400 ไมโครลิตร เติม Folin-Ciocalteu reagent ความเข้มข้น 0.25 N ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 3 นาที เติม 1N Na_2CO_3 ปริมาตร 300 ไมโครลิตร บ่มสารละลายไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ในที่มืด เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร มีหน่วยเป็น gallic acid equivalents mg/100 g น้ำหนักสด

ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด

ทำการประเมินปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในใบและผลฝรั่งตามวิธีการของ Talcott and Howard (1999) โดยวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นเท่ากับ 470 นาโนเมตร และมี β-carotene ความเข้มข้นระหว่าง 0.001-0.005 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เป็นมาตรฐาน มีหน่วยเป็น β-carotene equivalents mg/100 g น้ำหนักสด

การประเมินกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ

การประเมินกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในใบและผลของฝรั่ง 20 พันธุ์ ประกอบด้วย 2 วิธี คือ 2,2-azinobis(3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) และ Ferric reducing antioxidant power (FRAP)

การประเมินกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระด้วย ABTS

ทำการประเมินกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในใบและผลของฝรั่งด้วยวิธี ABTS ดัดแปลงจาก Arnao *et al.* (2001) ด้วยการนำสารละลายอนุมูล ABTS มาเจือจางด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์ให้ได้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร เท่ากับ 0.70 ± 0.02 จากนั้นนำสารตัวอย่างมาละลายในเอทานอลความเข้มข้น 70% ให้ได้ความเข้มข้นเป็น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ดึงสารละลายดังกล่าวปริมาตร 10 ไมโครลิตร เติมสารละลายอนุมูล ABTS ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที ในที่มืด นำไปวัดความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 734 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer บันทึกค่า คำนวณกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox ที่มีค่าความเข้มข้นระหว่าง 25 และ 600 ไมโครโมล มีหน่วยเป็นไมโครโมล Trolox equivalents/g น้ำหนักสด

การประเมินกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระด้วย FRAP

ทำการประเมินกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในใบและผลของฝรั่งด้วยวิธี FRAP ตามวิธีการของ Benzie and Strain (1996) เตรียมสารละลาย FRAP ด้วยการผสมระหว่าง Sodium acetate buffer (pH 3.6) : 2,4,6-Tripyridyl-s-triazine (TPTZ) ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ : $FeCl_3.6H_2O$ ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ อัตรา 10:1:1 บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที นำสารสกัด 100 ไมโครลิตร เติมสารละลาย FRAP ปริมาตร 3 มิลลิลิตร บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที วัดด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 593 นาโนเมตร และมี Trolox ความเข้มข้นระหว่าง 25 และ 800 ไมโครโมล เป็นมาตรฐาน มีหน่วยเป็นไมโครโมล Trolox equivalents/g น้ำหนักสด

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้โดยการหาค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละสายพันธุ์ ทำการเปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระแต่ละชนิดของใบและผลด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) ประกอบด้วย 5 ซ้ำ/พันธุ์ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละพันธุ์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของปริมาณและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในใบและผลของฝรั่งด้วยวิธีการของ Pearson's correlation coefficient

บทที่ 4
ผลการวิจัย

สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

สารสกัดจากใบฝรั่ง

ปริมาณกรดแอสคอบิก

จากการสกัดใบของฝรั่งทั้ง 19 พันธุ์ พบปริมาณกรดแอสคอบิกของฝรั่งแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมีค่าปริมาณกรดแอสคอบิกในน้ำคั้นของใบอยู่ระหว่าง 37.46 – 93.85 มิลลิกรัมกรดแอสคอบิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด โดยพบว่าพันธุ์ "ขี้นกเนื้อแดง" มีปริมาณสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 93.85 มิลลิกรัมกรดแอสคอบิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ขณะที่พันธุ์ "แดงอ่างขาง" มีปริมาณต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 37.46 มิลลิกรัมกรดแอสคอบิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ 2)

ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดของน้ำคั้นใบฝรั่งจำนวน 20 พันธุ์ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยพันธุ์ "เด่นจินดา" มีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 18.17 มิลลิกรัมกรดแกลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และกลุ่มพันธุ์ที่มีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดน้อย ได้แก่ พันธุ์ "แดงอ่างขาง" "แป้นสีทอง" "ฝรั่งจีน" 'Patilo' และ 'MCL 326 S' โดยพบปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดเท่ากับ 8.49 8.81 7.97 8.87 และ 8.56 มิลลิกรัมแกลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด

จากการวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของน้ำคั้นใบฝรั่ง 18 พันธุ์ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พบอยู่ระหว่าง 0.15 – 1.27 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด โดยพบว่าพันธุ์ "แป้นสีทอง" มีปริมาณแคโรทีนอยด์ค่อนข้างสูง ขณะที่พันธุ์ 'Hong Kong Pink' มีปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ค่อนข้างต่ำ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดแอสคอบิก ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดที่พบในใบฝรั่ง 20 พันธุ์

พันธุ์	กรดแอสคอบิก (mg. ascorbic acid/100 g fresh weight)	ฟีนอลิคทั้งหมด (mg.Eq galic acid/100 g fresh weight)	แคโรทีนอยด์ทั้งหมด (mg./100 g fresh weight)
กลมสาลี่สีทอง	43.37 ± 0.11 jk[1/]	17.38 ± 0.09 ab	0.48 ± 0.07
กิมจู	86.75 ± 0.16 b	17.59 ± 0.44 ab	0.37 ± 0.02
ขี้นกเนื้อขาว	87.93 ± 0.12 ab	17.11 ± 1.06 abc	0.23 ± 0.01
ขี้นกเนื้อแดง	93.85 ± 0.38 a	16.52 ± 0.47 abcd	0.34 ± 0.01
ขี้นกปราจีน	73.34 ± 0.11 de	15.07 ± 0.42 de	0.24 ± 0.02
เด่นจินดา	44.16 ± 0.08 j	18.17 ± 0.68 a	0.23 ± 0.00
แดงอ่างขาง	37.46 ± 0.11 k	8.49 ± 0.09 g	-
บางกอกแอปเปิ้ล	70.98 ± 0.11 ef	13.02 ± 0.75 f	0.75 ± 0.01
แป้นยักษ์	-	15.63 ± 0.42 cd	-
แป้นสีทอง	70.19 ± 0.24 efg	8.81 ± 0.04 g	1.27 ± 0.83
ฝรั่งจีน	68.61 ± 0.11 efgh	7.97 ± 0.37 g	0.26 ± 0.01
สามสีกรอบ	47.32 ± 0.11 j	15.59 ± 0.45 cd	0.29 ± 0.00
ไส้แดง	64.27 ± 0.30 fgh	15.17 ± 0.30 de	0.35 ± 0.01
หลวงท่องสื่อ	62.60 ± 0.30 hi	15.93 ± 0.53 bcd	0.48 ± 0.02
G097	77.68 ± 0.20 bc	14.98 ± 0.74 de	0.46 ± 0.04
Allahabad safeda	85.17 ± 0.22 b	16.87 ± 0.31 abc	0.26 ± 0.01
Hong Kong Pink	81.63 ± 0.36 bc	13.66 ± 0.98 ef	0.15 ± 0.03
Patillo	63.49 ± 0.21 gh	8.87 ± 0.13 g	0.29 ± 0.02
Pink acid	65.06 ± 0.36 fgh	16.72 ± 0.24 abcd	0.49 ± 0.02
MCL 326-S	56.78 ± 0.19 i	8.56 ± 0.04 g	0.50 ± 0.03
Prob.	*<0.001*	*<0.001*	*0.0844*

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 95% ด้วยวิธี DMRT

กิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด

จากการทดสอบกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดในน้ำคั้นใบฝรั่งทั้ง 20 พันธุ์ ด้วยวิธี ABTS และ FRAP พบว่า กิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของฟีนอลิคทั้งหมดในทุกพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ "แป้นสีทอง" ให้กิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เท่ากับ 57.31 ไมโครโมลาร์โทรอกซ์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด เมื่อทดสอบด้วยวิธี ABTS ขณะที่พันธุ์ "กลมสาลี่สีทอง" มีกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดสูงสุด เท่ากับ 82.08 ไมโครโมลาร์โทรอกซ์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด เมื่อทดสอบด้วยวิธี FRAP (ตารางที่ 3) สำหรับพันธุ์ที่พบกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดค่อนข้างต่ำ คือ พันธุ์ "แป้นยักษ์" โดยพบว่ามีกิจกรรมดังกล่าวเพียง 27.27 ไมโครโมลาร์โทร๊อกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด เมื่อทดสอบด้วยวิธี ABTS และพันธุ์ "บางกอกแอปเปิ้ล" พบว่ากิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของฟีนอลิคเท่ากับ 39.39 ไมโครโมลาร์โทร๊อกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด เมื่อทดสอบด้วยวิธี FRAP (ตารางที่ 3)

ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด

จากการทดสอบกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในน้ำคั้นใบฝรั่งทั้ง 18 พันธุ์ ด้วยวิธี ABTS และ FRAP พบว่า กิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในทุกพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ 'G097' และพันธุ์ 'Alahabad Safeda' ให้กิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างสูงโดยมีค่าเท่ากับ 11.92 และ 10.89 ไมโครโมลาร์โทรอกซ์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ เมื่อทดสอบด้วยวิธี ABTS ขณะที่พันธุ์ "กลมสาลี่สีทอง" และพันธุ์ "ขี้นกปราจีน" มีกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดค่อนข้างสูง เมื่อทดสอบด้วยวิธี FRAP โดยมีค่าเท่ากับ 13.69 และ 12.32 ไมโครโมลาร์โทรอกซ์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 3) สำหรับพันธุ์ที่พบกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดค่อนข้างต่ำ ได้แก่ พันธุ์ "ขี้นกเนื้อแดง" และ 'MCL 326-S' เมื่อทดสอบด้วยวิธี ABTS โดยพบว่ามีกิจกรรมดังกล่าวเพียง 3.13 และ 3.54 ไมโครโมลาร์โทร๊อกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 3) และพันธุ์ 'MCL 326-S' พบว่ากิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 5.85 ไมโครโมลาร์โทร๊อกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด เมื่อทดสอบด้วยวิธี FRAP (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของ ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดที่พบในใบฝรั่ง 20 พันธุ์ ด้วยวิธี ABTS และ FRAP (μM Trolox eq./100 g fresh weight)

พันธุ์	ฟีนอลิคทั้งหมด		แคโรทีนอยด์ทั้งหมด	
	ABTS	FRAP	ABTS	FRAP
กลมสาลี่สีทอง	43.36 ± 1.39 e[1/]	82.08 ± 4.67 a	9.00 ± 0.24 b	13.69 ± 0.83 a
กิมจู	35.36 ± 1.35 fg	59.13 ± 3.59 cd	3.93 ± 0.64 ghi	9.84 ± 1.07 cde
ขี้นกเนื้อขาว	28.29 ± 1.53 ij	55.61 ± 1.02 cd	5.87 ± 0.39 ef	11.58 ± 0.45 abc
ขี้นกเนื้อแดง	34.36 ± 0.79 gh	54.63 ± 1.56 cd	3.13 ± 0.36 i	9.80 ± 1.80 cde
ขี้นกปราจีน	55.17 ± 0.56 abc	48.87 ± 2.23 de	5.16 ± 0.34 efg	12.32 ± 0.62 ab
เด่นจินดา	51.40 ± 2.26 bcd	55.00 ± 2.44 cd	4.51 ± 0.46 fghi	8.48 ± 1.09 e
แดงอ่างขาง	50.47 ± 2.36 cd	76.16 ± 7.27 ab	-	-
บางกอกแอปเปิ้ล	56.45 ± 0.55 ab	39.39 ± 1.44 e	7.83 ± 0.49 bc	11.82 ± 0.36 abc
แป้นยักษ์	27.27 ± 1.67 j	47.80 ± 1.82 de	-	-
แป้นสีทอง	57.31 ± 2.16 a	58.03 ± 3.36 cd	7.35 ± 0.11 cd	9.75 ± 0.69 cde
ฝรั่งจีน	38.57 ± 2.30 efg	54.94 ± 4.19 cd	7.85 ± 0.70 bc	9.80 ± 0.68 cde
สามสีกรอบ	43.03 ± 1.00 e	60.58 ± 1.77 cd	5.35 ± 0.24 efg	10.93 ± 0.36 bcd
ไส้แดง	35.81 ± 1.98 fg	55.37 ± 1.35 cd	7.95 ± 0.19 bc	11.78 ± 0.36 abc
หลวงท่องสือ	35.28 ± 1.91 fg	55.45 ± 9.56 cd	6.34 ± 0.40 de	13.70 ± 0.37 a
G097	40.35 ± 0.97 ef	58.10 ± 8.71 cd	11.92 ± 0.58 a	8.33 ± 0.39 e
Allahabad safeda	59.93 ± 2.77 a	66.84 ± 1.37 bc	10.89 ± 0.48 a	8.90 ± 0.26 de
Hong Kong Pink	29.48 ± 1.93 hij	49.67 ± 4.24 de	4.87 ± 0.50 hgf	8.52 ± 0.27 e
Patillo	33.25 ± 1.17 ghi	61.39 ± 2.65 cd	7.41 ± 0.69 cd	8.87 ± 0.55 de
Pink acid	48.89 ± 2.24 d	64.89 ± 1.29 bc	5.29 ± 0.37 efg	8.95 ± 0.05 de
MCL 326-S	43.78 ± 0.56 e	64.19 ± 2.93 bc	3.54 ± 0.40 hi	5.85 ± 0.44 f
Prob.	*<0.001*	*<0.001*	*<0.001*	*<0.001*

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 95% ด้วยวิธี DMRT

สหสัมพันธ์ระหว่างสารต้านอนุมูลอิสระและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ

จากการประเมินสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด กับกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด พบว่าลักษณะดังกล่าวไม่มีความสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด แคโรทีนอยด์ทั้งหมด และกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดของใบฝรั่ง

สารต้านอนุมูลอิสระ [1/]	ABTS	FRAP
ฟีนอลิคทั้งหมด	-0.10	-0.03
Prob.	*0.3156*	*0.7881*
แคโรทีนอยด์ทั้งหมด	0.07	0.11
Prob.	*0.5320*	*0.3095*

[1/] ABTS คือ 2,2-azinobis(3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) และ FRAP คือ Ferric reducing antioxidant power

สารสกัดจากผลฝรั่ง

กรดแอสคอบิก

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดแอสคอบิก ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดที่พบในผลฝรั่ง 8 พันธุ์

พันธุ์	กรดแอสคอบิก (mg. ascorbic acid/100 g fresh weight)	ฟีนอลิคทั้งหมด (mg.Eq galic acid/100 g fresh weight)	แคโรทีนอยด์ทั้งหมด (mg./100 g fresh weight)
กิมจู	38.77 ± 0.80 de[1/]	0.44 ± 0.02	0.03 ± 0.00 b
ขี้นกเนื้อแดง	68.22 ± 0.08 cd	0.30 ± 0.10	0.07 ± 0.04 b
ขี้นกปราจีน	113.37 ± 0.49 b	0.50 ± 0.06	0.01 ± 0.01 b
เด่นจินดา	285.09 ± 1.61 a	0.90 ± 0.56	0.03 ± 0.01 b
บางกอกแอปเปิ้ล	52.58 ± 0.13 cde	0.35 ± 0.12	0.02 ± 0.00 b
ฝรั่งจีน	25.63 ± 0.00 e	0.48 ± 0.01	0.01 ± 0.00 b
ไส้แดง	74.13 ± 0.43 c	0.56 ± 0.04	0.01 ± 0.00 b
Patillo	30.76 ± 0.20 e	0.41 ± 0.02	0.18 ± 0.06 a
Prob.	*<0.001*	*0.863*	*0.006*

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 95% ด้วยวิธี DMRT

ผลการประเมินปริมาณกรดแอสคอบิกในน้ำคั้นผลฝรั่งทั้ง 8 พันธุ์ พบว่า ฝรั่งทุกพันธุ์มีปริมาณกรดแอสคอบิกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยพันธุ์ "เด่นจินดา" พบปริมาณกรดแอสคอบิกสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 285.09 มิลลิกรัมกรดแอสคอบิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และกลุ่มพันธุ์ที่พบปริมาณกรดแอสคอบิกค่อนข้างต่ำ ได้แก่ พันธุ์ "ฝรั่งจีน" 'Patilo' และ "กิมจู" มีค่าเท่ากับ 25.63 30.76 และ 38.77 มิลลิกรัมกรดแอสคอบิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ 5)

ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดที่พบในน้ำคั้นผลฝรั่งทั้ง 8 พันธุ์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดอยู่ระหว่าง 0.30 – 0.90 มิลลิกรัมกรดแกลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ 5)

ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของน้ำคั้นผลฝรั่งทั้ง 8 พันธุ์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 4) โดยพบว่า พันธุ์ 'Patilo' มีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 0.18 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ 5) ขณะที่พันธุ์ "กิมจู" "ขี้นกเนื้อแดง" "ขี้นกปราจีน" "เด่นจินดา" "บางกอกแอปเปิ้ล" "ฝรั่งจีน" และ "ไส้แดง" พบปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดค่อนข้างน้อย โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.01 – 0.07 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ 5)

กิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด

จากการทดสอบกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดในน้ำคั้นผลฝรั่งทั้ง 8 พันธุ์ ด้วยวิธี ABTS และ FRAP พบว่า กิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดในทุกพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่ากิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระอยู่ระหว่าง 287.10 – 722.40 ไมโครโมลาร์โทรอกซ์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด เมื่อทดสอบด้วยวิธี ABTS และมีค่าอยู่ระหว่าง 295.70 – 594.50 ไมโครโมลาร์โทรอกซ์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด เมื่อทดสอบด้วยวิธี FRAP (ตารางที่ 6)

ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด

จากการทดสอบกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในน้ำคั้นผลฝรั่งทั้ง 8 พันธุ์ ด้วยวิธี ABTS และ FRAP พบว่า กิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในทุกพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่ากิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระอยู่ระหว่าง 49.54 – 80.41 ไมโครโมลาร์โทรอกซ์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด เมื่อ

ทดสอบด้วยวิธี ABTS และมีค่าอยู่ระหว่าง 41.56 – 134.86 ไมโครโมลาร์โทรอกซ์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด เมื่อทดสอบด้วยวิธี FRAP (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของ ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดที่พบในผลฝรั่ง 8 พันธุ์ ด้วยวิธี ABTS และ FRAP (μM Trolox eq./100 g fresh weight)

พันธุ์	ฟีนอลิคทั้งหมด		แคโรทีนอยด์ทั้งหมด	
	ABTS	FRAP	ABTS	FRAP
กิมจู	722.40 ± 350.95	397.30 ± 91.01	59.57 ± 3.89	71.79 ± 13.16
ขี้นกเนื้อแดง	538.70 ± 131.25	343.90 ± 101.48	80.41 ± 5.16	41.56 ± 12.94
ขี้นกปราจีน	601.40 ± 48.04	519.80 ± 89.10	71.48 ± 0.01	91.60 ± 34.93
เด่นจินดา	287.10 ± 50.12	295.70 ± 43.84	66.13 ± 7.90	75.20 ± 12.79
บางกอกแอปเปิ้ล	428.30 ± 145.48	365.30 ± 223.27	50.05 ± 4.95	134.86 ± 31.38
ฝรั่งจีน	596.30 ± 29.23	572.90 ± 64.27	57.51 ± 0.61	66.71 ± 22.04
ไส้แดง	715.70 ± 27.99	594.50 ± 27.03	67.55 ± 7.96	59.02 ± 10.34
Patillo	539.60 ± 80.52	423.50 ± 51.38	49.54 ± 10.00	75.08 ± 20.26
Prob.	*0.072*	*0.093*	*0.178*	*0.106*

สหสัมพันธ์ระหว่างสารต้านอนุมูลอิสระและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ

จากการประเมินสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดกับกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด พบว่า ลักษณะดังกล่าวไม่พบสหสัมพันธ์ระหว่างกัน (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด แคโรทีนอยด์ทั้งหมด และกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดของผลฝรั่ง

สารต้านอนุมูลอิสระ [1/]	ABTS	FRAP
ฟีนอลิคทั้งหมด	-0.10	0.01
Prob.	*0.6084*	*0.9400*
แคโรทีนอยด์ทั้งหมด	0.06	-0.13
Prob.	*0.7670*	*0.4867*

[1/] ABTS คือ 2,2-azinobis(3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) และ FRAP คือ Ferric reducing antioxidant power

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการวิจัย

สารสกัดจากใบฝรั่ง

การสกัดสารสำคัญจากใบฝรั่ง พบว่า ฝรั่งทุกสายพันธุ์มีปริมาณกรดแอสคอบิก และฟีนอลิคทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 2) โดยพบปริมาณกรดแอสคอบิกค่อนข้างสูงในกลุ่มพันธุ์พื้นเมือง ได้แก่ พันธุ์ "ขี้นกเนื้อแดง" และ พันธุ์ "ขี้นกเนื้อขาว" โดยมีค่าเท่ากับ 93.85 และ 87.93 มิลลิกรัมกรดแอสคอบิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่ากลุ่มพันธุ์พื้นเมืองเป็นกลุ่มของฝรั่งที่น่าสนใจสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมสำหรับการพัฒนาพันธุ์ใหม่ๆ ให้มีปริมาณกรดแอสคอบิกสูงขึ้นได้ ในทางตรงกันข้ามจากการประเมินปริมาณกรดแอสคอบิกของฝรั่งทุกสายพันธุ์ พบว่า พันธุ์ "แดงอ่างขาง" ให้ปริมาณต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 37.46 มิลลิกรัมกรดแอสคอบิกต่อต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งเป็นฝรั่งเพียงสายพันธุ์เดียวในการทดลองครั้งนี้ที่มีใบเป็นสีแดง แสดงให้เห็นว่ารงควัตถุที่อยู่ในใบอาจใช้เป็นดัชนีทางอ้อมสำหรับการประเมินปริมาณกรดแอสคอบิกที่อยู่ในสารสกัดของใบฝรั่งได้ กล่าวคือ พันธุ์ฝรั่งที่มีใบสีเขียวมีโอกาสพบปริมาณกรดแอสคอบิกได้สูงกว่าสายพันธุ์ฝรั่งที่มีใบสีแดง ถ้าความสัมพันธ์ของลักษณะดังกล่าวเป็นจริง จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการคัดเลือกลูกผสมของนักปรับปรุงพันธุ์ กล่าวคือ ถ้านักปรับปรุงพันธุ์ต้องการฝรั่งพันธุ์ใหม่ที่มีปริมาณกรดแอสคอบิกสูงในน้ำคั้นใบฝรั่ง ก็สามารถเลือกจากต้นที่มีใบเป็นสีเขียวได้เลย เป็นต้น ซึ่งทำให้การคัดเลือกลูกผสมในแปลงสามารถทำได้ง่ายขึ้น และประหยัดต้นทุนอีกด้วย อย่างไรก็ตามอาจต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในเด็นนี้ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดแอสคอบิกที่พบในสารสกัดของใบและผลฝรั่ง จะเห็นว่าสารสกัดใบฝรั่งพบปริมาณกรดแอสคอบิกต่ำกว่าสารสกัดของผลฝรั่งถึงเกือบสองเท่า แสดงให้เห็นว่าแหล่งที่สำคัญของปริมาณกรดแอสคอบิกของฝรั่งน่าจะเป็นผลมากกว่าใบ แต่ถ้าในอนาคตนักปรับปรุงพันธุ์สามารถพัฒนาพันธุ์ใหม่ที่มีปริมาณกรดแอสคอบิกในสารสกัดใบได้สูงขึ้น ก็เป็นสิ่งที่น่าสนใจในการนำมาประยุกต์ใช้สกัดเป็นกรดแอสคอบิกบริสุทธิ์ สำหรับอุตสาหกรรมอาหารเสริมต่อไป โดยอาจจะพัฒนาเป็นพันธุ์ที่มีคุณภาพการบริโภคไม่ดีนัก แต่มีการเจริญเติบโตทางกิ่งก้านมากกว่า (vegetative growth) เพื่อนำใบที่ต้นฝรั่งสร้างขึ้นมาใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดกรดแอสคอบิกต่อไป

ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดที่ประเมินจากฝรั่งพันธุ์ต่างๆ พบว่า ทุกพันธุ์มีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 2) มีค่าอยู่ระหว่าง 7.97-18.17 มิลลิกรัมกรดแกลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีค่าต่ำกว่ารายงานของ Nantitanon *et al.* (2010) ที่พบปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดในใบอ่อนของฝรั่งอยู่ระหว่าง 196-627 มิลลิกรัมกรดแกลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวิธีการเตรียมตัวอย่างและการสกัด ซึ่งจากการทดลองของ Nantitanon *et al.*

(2010) พบว่า การจัดการตัวอย่างใบก่อนสกัดด้วยตัวทำละลายสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดสารฟีนอลิคจากใบอ่อนของฝรั่งได้ โดยนำใบอ่อนแช่ในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำมาสกัดด้วยเอทานอลต่อไป จากการทดลองครั้งนี้พบว่าพันธุ์ "เด่นจินดา" มีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 18.17 มิลลิกรัมกรดแกลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด แสดงให้เห็นว่าพันธุ์ "เด่นจินดา" นอกจากจะมีคุณภาพการรับประทานสดที่ดีแล้ว ยังมีลักษณะเด่นที่น่าสนใจอีก คือ ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดในใบ ซึ่งเป็นลักษณะที่ดีเหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์เพื่อการพัฒนาพันธุ์ฝรั่งต่อไปในอนาคต ซึ่งสารประกอบฟีนอลิคนี้เป็นสารที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาหลายประการ เช่น การป้องกันรักษาโรคเกี่ยวกับหัวใจ และหลอดเลือด ฤทธิ์ต้านมะเร็ง การต้านแบคทีเรีย ต้านการอักเสบ ต้านแพ้ และต้านไวรัส เป็นต้น (โอภา, 2549; Kimura *et al.*, 1985; Salib and Michael, 2004)

ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดที่ประเมินจากฝรั่งพันธุ์ต่างๆ พบว่า ทุกพันธุ์มีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ ฝรั่งทั้ง 18 พันธุ์ (ยกเว้นพันธุ์ "แดงอ่างขาง" และ "แป้นยักษ์) พบปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดอยู่ระหว่าง 0.15 – 1.27 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ 2) แคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุชนิดหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์แสงของพืช (Rivas *et al.*, 2011) และยังจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดหนึ่งที่สามารถป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรังได้ เช่น โรคหัวใจ โรคความดันโลหิต และโรคมะเร็ง เป็นต้น (Maughan, 2005) การทราบถึงปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พบทั้งหมดในใบฝรั่งจึงมีประโยชน์อย่างมากในแง่การประยุกต์ใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเราพบว่าฝรั่งพันธุ์ใดรับประทานไม่อร่อยหรือมีรสชาติไม่ถูกปาก เราก็อาจจะใช้ประโยชน์จากการสกัดสารสำคัญจากใบแทนได้ เป็นต้น

กิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในใบฝรั่ง

จากการศึกษากิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในใบฝรั่งทั้ง 18 พันธุ์ โดยวิธี 2,2-azinobis (3-ethylbenzothiaoline-6-sulfonic acid; ABTS) ซึ่งเป็นการวัดความสามารถในการฟอกสีอนุมูลอิสระ $ABTS^{\dot{+}}$ ซึ่งมีสีเขียวปนน้ำเงินให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร เมื่อเติมสารต้านอนุมูลอิสระลงไปจะทำให้สารละลายมีสีลดลง พบว่า ฟีนอลิคทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของฝรั่งทุกสายพันธุ์มีกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 3) โดยจะเห็นว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 27.27 -59.93 และ 3.13 – 11.92 ไมโครโมลโทรอกซ์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะพบว่า สารฟีนอลิคทั้งหมดให้ค่าสูงกว่าแคโรทีนอยด์ทั้งหมด สอดคล้องกับรายงานของ Nantitanon *et al.* (2010) ที่พบว่าปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระตัวหลักที่สกัดได้จากใบฝรั่ง และยังมีคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงอีกด้วย โดยมีค่าเท่ากับ 9.41-15.06

ไมโครโมลโทร็อกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด จากการทดลองพบว่า พันธุ์ 'Alahabad safeda' เป็นกลุ่มพันธุ์คั้นน้ำ และพันธุ์ "แป้นสีทอง" เป็นกลุ่มพันธุ์รับประทานสด มีกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ นั่นแสดงให้เห็นว่านอกจากจะสามารถนำผลมารับประทานสดแล้วยังสามารถนำใบมาสกัดสารสำคัญและใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในอุตสาหกรรมหรือประโยชน์ด้านอื่นๆ ได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดที่สกัดได้จะเห็นว่ามีการพบในพันธุ์ 'Alahabad safeda' มากกว่าพันธุ์ "แป้นสีทอง" แสดงให้เห็นว่าถึงแม้จะพบสารในปริมาณที่สูงกว่าแต่ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระก็ไม่แตกต่างกันเลย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดที่ได้จากสารสกัดใบฝรั่ง พันธุ์ "แป้นสีทอง" มีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าพันธุ์ "Alahabad safeda' เมื่อพิจารณาปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดใบฝรั่งทุกพันธุ์พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน แต่มีประสิทธิภาพหรือความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน โดยจะเห็นว่า พันธุ์ 'G097' และพันธุ์ 'Alahabad safeda' ให้กิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 11.92 และ 10.89 ไมโครโมลโทรอกซ์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่า แม้ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่สกัดได้จากใบฝรั่งมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมีความแตกต่างกันมาก จะเห็นว่าปริมาณและกิจกรรมของการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดที่ได้ไม่สอดคล้องกัน ซึ่งตามปกติถ้าพบปริมาณสารสำคัญมากก็น่าจะมีกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มากด้วย ทั้งนี้อาจเนื่องจากวิธีการวิเคราะห์หากิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่นำมาใช้ในการทดลองนี้ยังไม่เพียงพอต่อปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นของสารสกัดที่ได้จากฝรั่ง อาจนำวิธีการประเมินแบบอื่นๆ มาใช้ศึกษาเพิ่มเติม เช่น 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ oxygen radical absorption capacity (ORAC) เป็นต้น

สำหรับฝรั่งกลุ่มพื้นเมือง ได้แก่ "ขี้นกเนื้อขาว" "ขี้นกเนื้อแดง" และ "ขี้นกปราจีน" พบปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 2) แต่พบกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน โดยพันธุ์ "ขี้นกปราจีน" มีแนวโน้มว่ากิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ (ตารางที่ 3) แสดงให้เห็นว่าฝรั่งกลุ่มพันธุ์พื้นเมือง เป็นอีกกลุ่มหนึ่งที่มีลักษณะเด่นทางด้านปริมาณและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในใบ ดังนั้นถ้ามีการเก็บรวบรวมพันธุ์พื้นเมืองต่างๆ เหล่านี้ในปริมาณที่มากพอ เราอาจค้นพบความหลากหลายของปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ ซึ่งฝรั่งกลุ่มพื้นเมืองนี้น่าจะเป็นอีกกลุ่มหนึ่งที่สามารถนำพันธุกรรมมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนาสายพันธุ์ใหม่ๆ ที่นักปรับปรุงพันธุ์ต้องการได้ เช่น สายพันธุ์ที่มีปริมาณสารสำคัญและกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงในสารสกัดของใบ เป็นต้น

เมื่อพิจารณากิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใบฝรั่งด้วยวิธี Ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) อาศัยหลักการสารต้านอนุมูลอิสระถ่ายทอดอิเล็กตรอน

ให้กับสารประกอบเชิงซ้อน $[Fe(III)(TPTZ)_2]^{3+}$ ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปเป็น $[Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$ (Benzie and Strain, 1996) พบว่า ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของฝรั่งทุกสายพันธุ์มีกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยจะเห็นว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 39.39 – 82.08 และ 5.85 – 13.70 ไมโครโมลโทรอกซ์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ฝรั่งพันธุ์ "กลมสาลี่สีทอง" แสดงกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงทั้งในฟีนอลิคทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าสารสกัดใบฝรั่งจากสายพันธุ์นี้มีคุณสมบัติที่ดีในการเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อใช้สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป นอกจากนี้ผลยังสามารถนำมารับประทานสดได้อีกด้วยเนื่องจากมีคุณภาพการบริโภคดี ขณะที่พันธุ์ "หลวงท่องสื่อ" พบปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดมีกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงเช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นอีกพันธุ์หนึ่งที่จัดอยู่ในกลุ่มพื้นเมือง โดยมีคุณภาพการรับประทานสดไม่ดีนัก แต่มีข้อเด่นเรื่องของสารสำคัญในใบ ดังนั้นอาจเป็นไปได้ที่จะใช้พันธุ์ดังกล่าวเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ และใช้ประโยชน์จากสารสกัดของใบแทนการรับประทานผลสด สำหรับพันธุ์ที่พบกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี FRAP ค่อนข้างต่ำทั้งปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ได้แก่ พันธุ์ 'Hong Kong Pink' เป็นพันธุ์ที่รับประทานผลสด และนำเข้ามาจากประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ต่ำจึงไม่เหมาะสำหรับเป็นแหล่งพันธุกรรมเพื่อการพัฒนาพันธุ์ใหม่ที่มีคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงได้

สารสกัดจากผลฝรั่ง

ผลการประเมินกรดแอสคอบิกในผลฝรั่ง พบว่า พันธุ์ฝรั่งทั้ง 8 พันธุ์ ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มรับประทานสด แปรรูป และพื้นเมือง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 5) โดยพันธุ์ "เด่นจินดา" พบปริมาณกรดแอสคอบิกสูงที่สุด (285.09 มิลลิกรัมกรดแอสคอบิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Thaipong *et al.* (2006) ที่พบปริมาณกรดแอสคอบิกในน้ำคั้นผลฝรั่งพันธุ์ 'Allahabad safeda' 'Fan retief' และ 'Ruby supreme' อยู่ระหว่าง 174.20 – 396.70 มิลลิกรัมกรดแอสคอบิก/ 100 กรัมน้ำหนักสด และมีค่าสูงกว่ารายงานของ จารุพันธ์ และคณะ (2543) ที่พบว่าฝรั่งมีปริมาณกรดแอสคอบิกเท่ากับ 104 - 126 มิลลิกรัมกรดแอสคอบิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด เมื่อพิจารณาลักษณะของสีเนื้อผลระหว่างสีแดง เช่น พันธุ์ "ขี้นกเนื้อแดง" และ "ไส้แดง" กับสีขาว เช่น พันธุ์ "เด่นจินดา" จะพบว่าปริมาณกรดแอสคอบิกในฝรั่งพันธุ์ที่มีเนื้อสีขาวมักจะมีปริมาณกรดแอสคอบิกสูงกว่าพันธุ์ที่มีเนื้อสีแดง (Luximon-Ramma *et al.*, 2003) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จารุพันธ์ และคณะ (2543) ที่พบว่าฝรั่งเนื้อสีขาวมีปริมาณกรดแอสคอบิกสูงกว่าพันธุ์ที่มีเนื้อสีแดงประมาณ 20 มิลลิกรัมกรดแอสคอบิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ดังนั้นนักปรับปรุงพันธุ์อาจใช้ลักษณะสีเนื้อเป็นดัชนีเบื้องต้นในการคัดเลือกลูกผสมที่มีปริมาณกรดแอสคอบิกสูงหรือต่ำได้ ฝรั่งพันธุ์ "กิมจู" "ไส้แดง" และ 'Patillo' เป็นพันธุ์ที่พบปริมาณกรดแอสคอบิคค่อนข้างต่ำ โดยมีค่า

อยู่ระหว่าง 25.63 – 38.77 มิลลิกรัมกรดแอสคอบิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีค่าต่ำกว่ารายงานของ Kubola *et al.* (2011) ที่ทำการประเมินปริมาณกรดแอสคอบิกในน้ำคั้นผลฝรั่งพื้นเมืองของประเทศไทย แต่พันธุ์พื้นเมืองอีกสายพันธุ์หนึ่งที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือ พันธุ์ "ขี้นกปราจีน" พบปริมาณกรดแอสคอบิกสูงกว่าพันธุ์พื้นเมืองอื่นๆ คือ มีค่าเท่ากับ 113.37 มิลลิกรัมกรดแอสคอบิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด นั่นแสดงให้เห็นว่าฝรั่งกลุ่มพื้นเมืองมีความหลากหลายของปริมาณกรดแอสคอบิกหรือวิตามินซีเป็นอย่างมาก ซึ่งน่าจะเป็นแหล่งพันธุกรรมในการพัฒนาพันธุ์ฝรั่งใหม่ๆ ที่มีปริมาณวิตามินซีสูงได้เป็นอย่างดี

ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดที่ประเมินได้จากผลฝรั่งพันธุ์ต่างๆ พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.30-0.90 มิลลิกรัมกรดแกลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ 5) ซึ่งผลการทดลองที่ได้ต่ำกว่ารายงานของ Jimenez-Escrig *et al.* (2001) ที่พบปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดในน้ำคั้นฝรั่งเท่ากับ 2.63 มิลลิกรัมกรดแกลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และ Thaipong *et al.* (2006) ที่พบปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดอยู่ระหว่าง 170.00 – 344.90 มิลลิกรัมกรดแกลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าความแปรปรวนของปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดที่พบในสารสกัดผลฝรั่งทั้ง 8 พันธุ์ มีค่าน้อย แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์เหล่านี้อาจเป็นตัวแทนของแหล่งฟีนอลิคที่ไม่ดีนักในการนำมาใช้กับโครงการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งเพื่อเพิ่มปริมาณฟีนอลิคในผลของฝรั่ง จึงอาจต้องหาสายพันธุ์เพิ่มเติมจากต่างประเทศ เช่น พันธุ์ 'Fan Retief' ที่พบปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดสูงถึง 300.8 มิลลิกรัมกรดแกลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (Thaipong *et al.*, 2006) เข้ามาใช้ในการพัฒนาพันธุ์ใหม่ที่มีปริมาณฟีนอลิคสูงขึ้นได้ สำหรับปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ พบว่า มีค่าน้อยกว่าผลไม้ชนิดอื่นหลายชนิด เช่น พลับ (178 มิลลิกรัมกรดแกลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) มังคุด (249 มิลลิกรัมกรดแกลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) เงาะ (896 มิลลิกรัมกรดแกลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) และมะขาม (1344 มิลลิกรัมกรดแกลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) เป็นต้น (Maisuthisakul *et al.*, 2007) แสดงให้เห็นว่าฝรั่งอาจเป็นผลไม้ที่พัฒนาให้เป็นผลไม้ที่มีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดได้สูงกว่าผลไม้ชนิดอื่นๆ ได้ยาก แต่ก็ยังสามารถทำได้เนื่องจากยังมีบางสายพันธุ์ที่มีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดสูงดังที่ได้กล่าวไปแล้ว

ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดที่ประเมินจากผลฝรั่งพันธุ์ต่างๆ พบว่า ทุกพันธุ์มีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ ฝรั่งทั้ง 8 พันธุ์ พบปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดอยู่ระหว่าง 0.01 – 0.18 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ 5) มีค่าต่ำกว่ารายงานของ Kim *et al.* (2007) พบปริมาณเบต้าแคโรทีนในฝรั่งปริมาณ 0.25 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และมีค่าสูงกว่าผลไม้อื่นๆ อีกหลายชนิด เช่น แอปเปิ้ล พันธุ์ 'Fuji' (0.03 ± 0.01) มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) 'Granny Smith' (0.026 ± 0.005 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) (Charoensiri *et al.*, 2009) มังคุด (0.16 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) (Holden *et al.*, 1999) เงาะ (0.02 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) (Holden *et al.*, 1999) แต่ต่ำกว่ากล้วย (0.21-0.97 มิลลิกรัมต่อ

100 กรัมน้ำหนักสด) (Holden *et al.*, 1999; Setiawan *et al.*, 2001) มะละกอ (2.28-4.40 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (Tee and Lim, 1991; Holden *et al.*, 1999; Setiawan *et al.*, 2001) จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการพัฒนาฝรั่งที่มีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงสามารถทำได้ แต่อาจจะต้องหาแหล่งพันธุกรรมของฝรั่งที่มีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงก่อนเพื่อนำมาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์สำหรับการพัฒนาพันธุ์ใหม่ต่อไป

กิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากผลฝรั่ง

จากการประเมินกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีในสารสกัดผลฝรั่งทั้ง 8 พันธุ์ ด้วยวิธี ABTS โดยเป็นการวัดความสามารถในการฟอกสีอนุมูลอิสระเอบีทีเอส ($ABTS^{*+}$) หรือ 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical ซึ่งมีสีเขียวปนน้ำเงินให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร เมื่อเติมสารต้านอนุมูลอิสระลงไปจะทำให้มีสีลดลง จากผลการทดลองพบว่า กิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของฝรั่งทุกพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 287.10-722.40 และ 49.54-80.41 ไมโครโมลาร์โทรอกซ์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ Thaipong *et al.* (2005) ที่พบว่าฝรั่งแต่ละพันธุ์มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในฝรั่งทั้ง 8 พันธุ์ มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่พบมีความใกล้เคียงกัน กล่าวคือ จากการประเมินปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดของน้ำคั้นฝรั่ง พบว่าแต่ละพันธุ์มีปริมาณไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 5) จึงอาจส่งผลให้กิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันไปด้วย แต่ในขณะที่เมื่อพิจารณาปริมาณแคโรทีนอยด์กลับพบว่า แต่ละพันธุ์มีปริมาณแคโรทีนอยด์ที่แตกต่างกัน แต่กลับมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 6) แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่พบอาจไม่มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระก็ได้ ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพในการเกิดกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระขึ้นกับหลายปัจจัย โดยเฉพาะกลไกต่างๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง

จากการประเมินกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดผลฝรั่งด้วยวิธี Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) ซึ่งเป็นการแสดงความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในการจับกับ $Fe(TPTZ)_2^{3+}$ ซึ่ง ferrous ion นี้ถือว่าเป็นสารคะตะลิสต์ที่กระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น พบว่า ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของฝรั่งทุกพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของฝรั่งทั้ง 8 พันธุ์ มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน โดยพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 295.70-594.50 และ 41.56-134.86 ไมโครโมลาร์โทรอกซ์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 6) แตกต่างจากรายงานของ Thaipong *et*

al. (2005) ที่พบว่ากิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดในน้ำคั้นผลฝรั่ง 4 พันธุ์ ได้แก่ 'Allahabad Safeda' 'Fan Retief' 'Ruby Supreme' และ 'Advanced Selection' มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อทดสอบด้วยวิธี FRAP โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 15.5 – 33.3 μM TE/g FW

เมื่อพิจารณากิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระระหว่างฟีนอลิคทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดจะเห็นว่า ฟีนอลิคทั้งหมดจะมีค่าสูงกว่าแคโรทีนอยด์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Jimenez-Escrig *et al.* (2001) ที่พบว่า กิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของฟีนอลิคทั้งหมดในสารสกัดเปลือกและเนื้อฝรั่งสูงกว่ากิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดของเปลือกและเนื้อฝรั่งด้วยวิธี FRAP แสดงให้เห็นว่าถ้าฝรั่งพันธุ์ใดมีปริมาณฟีนอลิคมากก็น่าจะมีความสามารถการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากด้วย ดังนั้นในการพัฒนาพันธุ์ฝรั่งที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ในขั้นตอนการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์หรือการคัดเลือกลูกผสม อาจจะประเมินเบื้องต้นจากปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดก็เพียงพอแล้ว

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าฝรั่งถือเป็นผลไม้เขตร้อนชนิดหนึ่งที่เป็นแหล่งสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติที่สำคัญ อุดมไปด้วยสารพฤกษเคมีที่สำคัญหลายชนิด จากรายงานของฝ่ายวิเคราะห์อาหารและโภชนาการ (2535) รายงานว่า ในเนื้อฝรั่ง 100 กรัม ประกอบด้วย วิตามินบี2 0.13 มิลลิกรัม วิตามินซี 160 มิลลิกรัม วิตามินเอ 89 หน่วยสากล แคลเซียม 13 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 25 มิลลิกรัม คาร์โบไฮเดรต 11.6 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 0.9 เปอร์เซ็นต์ เส้นใย 6 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 0.1 เปอร์เซ็นต์ ชุติภัทร์ (2551) กล่าวว่าฝรั่งมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าส้มมากถึง 4-10 เท่า นอกจากนี้ยังมีสารจำพวกไธอะมีน ไรโบฟลาวิน ไพริดอกซามีน และเหล็ก ซึ่งเป็นสารที่จำเป็นต่อกระบวนการเผาผลาญสารอาหารในร่างกาย นอกจากคุณค่าทางอาหารด้านต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว ในด้านการผลิตฝรั่งจัดเป็นผลไม้ที่สามารถออกดอกและติดผลได้ตลอดทั้งปี ทำให้มีผลผลิตบริโภคได้ตลอดทั้งปี การทราบสารสำคัญในผลฝรั่ง โดยเฉพาะสารต้านอนุมูลอิสระจึงเป็นสิ่งที่จะช่วยส่งเสริมการบริโภคฝรั่งมากยิ่งขึ้น รวมถึงการใช้ประโยชน์จากใบฝรั่งในแง่การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะฝรั่งสายพันธุ์พื้นเมืองที่มีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดค่อนข้างสูง ซึ่งตามปกติแล้วมักจะมีคุณภาพผลต่ำไม่เหมาะกับการบริโภคผลสด ซึ่งถือเป็นแนวทางหนึ่งในการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้กับฝรั่งอีกด้วย นอกจากนี้จะเห็นว่าแนวทางการพัฒนาฝรั่งสายพันธุ์ใหม่ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงสามารถทำได้ เนื่องจากปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในใบและผลฝรั่งมีความแปรปรวนค่อนข้างมาก ซึ่งถือเป็นแหล่งพันธุกรรมที่ดีต่อการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งเพื่อให้มีสารต้านอนุมูลอิสระ

ผลของงานวิจัยชิ้นนี้ทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานของกิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระจากใบและผลฝรั่ง นอกจากจะนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์แล้ว งานวิจัยชิ้นนี้ยังนำไปต่อยอดในการศึกษาสารต้าน

อนุมูลอิสระจากผลิตภัณฑ์ชาจากใบฝรั่งหรือน้ำฝรั่ง รวมถึงศึกษาฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ (anti-inflammatory activity) ได้อีกด้วย

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย

6.1 ปริมาณกรดแอสคอบิก ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดใบฝรั่งมีค่าอยู่ระหว่าง 37.46-93.85 มิลลิกรัมกรดแอสคอบิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด 7.97-17.59 มิลลิกรัมแกลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และ 0.15-1.27 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ

6.2 ปริมาณกรดแอสคอบิก ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดผลฝรั่งมีค่าอยู่ระหว่าง 25.63-113.37 มิลลิกรัมกรดแอสคอบิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด 0.30-0.90 มิลลิกรัมแกลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และ 0.01-0.18 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ

6.3 กิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของฟีนอลิคทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดใบฝรั่งเมื่อทดสอบด้วยวิธี ABTS มีค่าอยู่ระหว่าง 27.27-59.93 และ 3.13-11.92 ไมโครโมลาร์โทร๊อกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และเมื่อทดสอบด้วยวิธี FRAP มีค่าอยู่ระหว่าง 39.39-82.08 และ 5.85-13.70 ไมโครโมลาร์โทร๊อกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ

6.4 กิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของฟีนอลิคทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดผลฝรั่งเมื่อทดสอบด้วยวิธี ABTS มีค่าอยู่ระหว่าง 287.10-722.40 และ 49.54-80.41 ไมโครโมลาร์โทร๊อกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และเมื่อทดสอบด้วยวิธี FRAP มีค่าอยู่ระหว่าง 295.70-594.50 และ 41.56-134.86 ไมโครโมลาร์โทร๊อกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ

6.5 ไม่พบสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด แคโรทีนอยด์ทั้งหมด และกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS และ FRAP

เอกสารอ้างอิง

เกศิณี ระมิงค์วงศ์. 2546. การจัดจำแนกไม้ผล. เชียงใหม่: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จารุพันธุ์ ทองแถม สุรินทร์ นิลสำราญจิต และเกตุชัย มานะ. 2543. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์: โครงการวิจัยพัฒนาพันธุ์ฝรั่งเพื่อการแปรรูป. มูลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่.

ชลธิดา เทพหินลัพ และนิจติยา สุวรรณสม. 2555. ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ. ใน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา (บรรณาธิการ). ตำราคู่มือการประชุมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง เทคนิคในการตรวจวัดอนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และดัชนีภาวะเครียดออกซิเดชั่น. บริษัท นพบุรีการพิมพ์ จำกัด, เชียงใหม่. 51 น.

ชุติภัสร์ เรืองวุฒิ. 2551. ฝรั่ง: ผลไม้มากคุณค่าทางอาหาร. การเกษตรราชภัฏ 7(1): 25-36.

พยุงศักดิ์ ตันติไพบูรย์วงศ์ และสุรศักดิ์ ใจเขียนดี. 2555. การวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลดีพีพีเอชและการฟอกสีอนุมูลเอบีทีเอส. ใน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา (บรรณาธิการ). ตำราคู่มือการประชุมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง เทคนิคในการตรวจวัดอนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และดัชนีภาวะเครียดออกซิเดชั่น. บริษัท นพบุรีการพิมพ์ จำกัด, เชียงใหม่. 51 น.

ไมตรี สุทธจิตต์. 2555. อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และดัชนีภาวะเครียดออกซิเดชั่น. ใน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา (บรรณาธิการ). ตำราคู่มือการประชุมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง เทคนิคในการตรวจวัดอนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และดัชนีภาวะเครียดออกซิเดชั่น. บริษัท นพบุรีการพิมพ์ จำกัด, เชียงใหม่. 51 น.

ธวัชชัย รัตน์ชเลศ และศิวาพร ธรรมดี. 2542. พันธุ์ไม้ผลการค้าในประเทศไทย: คู่มือเลือกพันธุ์สำหรับผู้ปลูก. ลินคอร์น โปรโมชั่น, กรุงเทพฯ. 292 น.

ฝ่ายวิเคราะห์อาหารและโภชนาการ. 2535. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ.

ริญ เจริญศิริ รัชนี คงคาฉุยฉาย สิริวรรณ สุขนิคม และชนิลเนตร ต่อสหะกุล. 2547. คุณค่าทางโภชนาการของผลไม้ที่นิยมบริโภคในประเทศไทย. สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

รัชนี คงคาฉุยฉาย วริญ เจริญศิริ และพงศธร สังข์เผือก. 2552. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการ "คุณค่าโภชนาการของผลไม้ไทยเพื่อสุขภาพ และเพิ่มมูลค่า" สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

วรนันท์ ศุภพิพัฒน์. 2538. อาหาร โภชนาการ และสารเป็นพิษ. แสงการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 282 น.

สมทรง เลขะกุล. 2536. วิตามินละลายในน้ำ ใน: ดารณี ชุมนุมศิริวัฒน์ และ สมทรง เลขะกุล (บรรณาธิการ) ชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล. โรงพิมพ์ไทยเขษม, กรุงเทพฯ.

สรัสวดี เผือกสกนธ์. 2545. สวนฝรั่ง. สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม, นนทบุรี.

สำนักเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2553. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี ๒๕๕๒. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กรุงเทพฯ.

อภิชาติ ศรีสะอาด. 2543. ฝรั่งเงินล้าน คู่มือทำสวนฝรั่งอย่างมืออาชีพ. พิมพ์ครั้งที่ 5. บริษัท นาคา อินเตอร์มีเดีย จำกัด, กรุงเทพฯ. 122 น.

โอภา วัชระคุปต์. 2549. สารต้านอนุมูลอิสระ. พี.เอส.พริ้นท์, กรุงเทพฯ. 190 น.

Alothman, M., Baht, R. and Karim, A.A. 2009. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. Food Chem 115: 785-788.

Arnao, M.B., Cano, A. and Acosta, M. 2001. The hydrophilic and lipophilie contribution to total antioxidant activity. Food Chemistry. 73: 239-244.

Benzie, I.F.F. and Strain, J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power" the FRAP assay. Analytical Biochemistry 239: 70-76.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensmittel Wissenschaft and Technologies 28: 25-30.

Charoensiri, R., Kongkachuichai, R., Suknicom, S. and Sungpuag, P. 2009. Beta-carotene, lycopene, and alpha-tocopherol contents of selected Thai fruits. Food Chemistry. 113: 202-207.

Chen, J.T. and Yang, R.S. 1983. Hypoglycemic effect of guava juice in mice and human subjects. The American Journal of Chinese Medicine. 11: 74-76.

Chen, H.Y. and Yen, G.C. 2007. Antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of extracts from guava (*Psidium guajava* L.) leaves. Food Chemistry 101: 686-694.

Finkel, T., and Holbrook, N.J. 2000. Oxidants, Oxidative stress and the biology of ageing. Nature. 408: 239-247.

Holden, J.M., Eldrige, A.L., Beecher, G.R., Buzzard, M., Bhagwat, S. And Carol, S. 1999. Carotenoid content of US foods: An update of database. Journal of Food Composition Analysis. 12: 169-196.

Jimenez-Escria, A., Rincon, M., Pulido, R. and Saura-Clixto, F. 2001. Guava fruit (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. J. Agr. Food Chem 49: 5489-5493.

Kim, Y., Giraud, D.W. and Driskell, J.A. 2007. Tocopherol and carotenoid contents of selected Korean fruits and vegetables. Journal of Food Composition and Analysis. 20: 458-465.

Kimura, S., Tamaki, T. and Aoki, N. 1985. Acceleration of fibrinolysis by the N-terminal peptide of alpha 2-plasmin inhibitor. Am. Soc. Hematol. 66: 157-160.

Kubola, J., Siriamornpun, S. and Meeso, N. 2011. Phytochemicals, vitamin C and sugar content of Thai wild fruits. Food Chemistry. 126: 972-981.

Liang, Q., Quian, H. and Yao, W. 2005. Identification of flavonoids and their glycosides by high-performance liquid chromatography with electrospray ionization mass spectrometry and with diode array ultraviolet detection. European Journal of Mass Spectrometry. 11(1): 93-101.

Lim, Y.Y., Lim, T.T and Tee, J.J. 2007. Antioxidant properties of several tropical fruits: a comparative study. Food Chem 103: 1003-1008.

Luximon-Ramma, A., Bahorun, T. and Crozier, A. 2003. Antioxidant actions and phenolic and vitamin C contents of common Mauritian exotic fruits. J. Sci. Food Agric. 83: 496-502.

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

Matsuo, T., Hananure, N., Shimoi, K., Nakamura, Y. and Tomita, I. 1994. Identification of (+) gallocatechin as a bio-antimutagenic compound in *Psidium guava* leaves. Phytochemistry. 36(4): 1027-1029

Maughan, R. 2005. Basic methabolism II: carbohydrate. Surgery 23(5): 154-158.

Mercadante, A.Z., Steck, A. and Pfander, H. 1999. Carotenoids from guava (*Psidium guajava* L.): isolation and structure elucidation. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 47: 145-151.

Musa, K.H., Abdullah, A., Jusoh, K. and Subramaniam, V. 2010. Antioxidant activity of pink-flesh guava (*Psidium guajava* L.): effect of extraction techniques and solvents. Food Anal. Methods.

Nantitanon, W, Yotsawimonwat, S. and Okonogi, S. 2010. Factors influencing antioxidant activities and total phenolic content of guava leaf extract. LWT-Food Science and Technology. 43: 1095-1103.

Prior, R.L., Hoang, H., Gu, L., Wu, X., Bacchiocca, M., Howard, L., Hampsch-Woodill, M., Huang, D., Ou, B. and Jacob, R. 2003. Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity ($ORAC_{FL}$) of plasma and other biological and food samples. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51: 3273-3279.

Rietjens, I.M.C.M., Boersma, M.G. and de Haan, L. 2001. The pro-oxidant chemistry of the natural antioxidants vitamin C, vitamin E, carotenoids and flavonoids. Environmental Toxicology and Phamacology. 11(3): 321-333.

Rivas, F., Fornes, F., Rodrigo, M.J., Zacarias, L. and Agusti, M. 2011. Changes in carotenoids and ABA content in Citrus leaves in response to girdling. Scientia Horticulturae 127: 482-487.

Salib, J.Y. and Michael, H.N. 2004. Cytotoxic phenylethanol gylcosides from *Psidium guajava* seeds. Phytochemistry. 65: 2091-2093.

Setiawan, B., Sulaeman, A., Giraud, D.W. and Driskell, J.A. 2001. Carotenoid content of selected Indonesian fruits. Journal of Food Composition Analysis. 14: 169-196.

Tachakittirungrod, S., Okonogi, S. and Chowwnapoonpohn, S. 2007. Study on antioxidant acitivity of certain plants in Thailand: Mechanism of antioxidant action of guava leaf extract. Food Chemistry. 103: 381-388.

Tee, E.S. and Lim, C.L. 1991. Carotenoid composition and content of Malaysian vegetables and fruits by the AOAC and HPLC methods, Food Chemistry. 41: 309-339.

Thaipong, K., Boonprakob, U., Cisneros-Zevallos, L. and Byrne, D. 2005. Hydrophilic and liposhilic andtioxidant activities of guava fruits. Southeast Asian J. Trop Med. Public Health. 36 (suppl 4): 254-257.

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L. and Byrne D.H. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. Journal of Food Composition and Analysis. 19: 669-675.

Wilberg, V.C. and D.B. Rodriguez- Amaya. 1995. HPLC quantitation of major carotenoids of fresh and processed guava, mango and papaya. Lebensm. Wiss. U. Technol. 28: 474-480.

ประวัติคณะผู้วิจัย

ผู้วิจัยคนที่ 1

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายทินน์ พรหมโชติ

   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Thin Promchot

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 2599 00028 55 7

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

   ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

   เลขที่ 85 ถนนสถลมาร์ค ตำบลเมืองศรีไค อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

   หมายเลขโทรศัพท์ 0-4535-3500 ต่อ 3593 และ 098-2605255

   หมายเลขโทรสาร 0-4528-8373

   อีเมล์ thin.p@ubu.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

คุณวุฒิ	ปีพ.ศ.ที่จบ	ชื่อสถานศึกษาและประเทศ
วท.ด. (พืชสวน)	2551	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ประเทศไทย
วท.ม. (เกษตรศาสตร์)	2545	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประเทศไทย
วท.บ. (เกษตรศาสตร์)	2541	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประเทศไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

   สาขา DNA Markers, Plant Breeding, Quantitative Genetics, Fruit Crop Production

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

   7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ไม่มี

   7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : โครงการวิจัย เรื่อง “การเพิ่มพื้นที่สีแดงบนผิวผลมะม่วงพันธุ์ “มหาชนก” ในระยะก่อนการเก็บเกี่ยว”

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

ไม่มี

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ :

ผู้วิจัยคนที่ 2

1.ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายรักเกียรติ แสนประเสริฐ

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Rugkeart Sanprasert

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 2512 00005 95 6

3. ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิชาการเกษตร 8 ระดับ 8 ชำนาญการ

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สำนักงานไร่ฝึกทดลองและห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เลขที่ 85 ถนนสถลมาร์ค ตำบลเมืองศรีไค อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

หมายเลขโทรศัพท์ 0-4535-3563 และ 081-4701596

หมายเลขโทรสาร 0-4528-8373

อีเมล์ rugkeart.s@ubu.ac.th และ r.sanprasert@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

คุณวุฒิ	ปีพ.ศ.ที่จบ	ชื่อสถานศึกษาและประเทศ
วท.บ. (พืชศาสตร์)	2531	มหาวิทยาลัยแม่โจ้

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

ระบบน้ำเพื่อการเกษตร การผลิตไม้ผล การขยายพันธุ์ไม้ผล

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : -

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : -

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : -

สำนักวิทยบริการ
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี