ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การปรับปรุงพันธุ์พืช)

ปริญญา

การปรับปรุงพันธุ์พืช | เกษตร กำแพงแสน

สาขา | **คณะ**

เรื่อง ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมของสารประกอบฟีนอลิกในผลฝรั่ง

Genotype by Environment Interaction of Phenolic Compounds in Guava Fruit

นามผู้วิจัย นางสาวสุพรรณิกา สงวนศิลป์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์, วท.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์อุณารุจ บุญประกอบ, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสกสม อาตมางกูร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมของสารประกอบฟีนอลิกในผลฝรั่ง

Genotype by Environment Interaction of Phenolic Compounds in Guava Fruit

โดย

นางสาวสุพรรณิกา สงวนศิลป์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การปรับปรุงพันธุ์พืช)
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุพรรณิกา สงวนศิลป์ 2555: ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมของสารประกอบฟีนอลิกในผลฝรั่ง ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การปรับปรุงพันธุ์พืช) สาขาการปรับปรุงพันธุ์พืช คณะเกษตร กำแพงแสน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์, วท.ด. 118 หน้า

ประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 11 ชนิด (gallic acid, ellagic acid, ferulic acid, chlorogenic acid, quercetin, kaempferol, myricetin, catechin, epicatechin, apigenin และ cyanidin-3-glucoside) ปริมาณวิตามินซีและคุณภาพผลฝรั่ง 21 พันธุ์ ประกอบด้วยพันธุ์เนื้อสีขาว 9 พันธุ์ เนื้อสีม่วงแดง 2 พันธุ์ เนื้อสีชมพู 7 พันธุ์และเนื้อสีครีม 3 พันธุ์ ในฤดูร้อนและฤดูฝนปี 2553 และฤดูหนาวปี 2554 พบว่าพันธุ์ฝรั่งมีความหลากหลายในทุกลักษณะ ดังนี้ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ [6.9-17.1 µMol/g fresh weight (FW)] ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (119-239 mg/100 g FW) ปริมาณวิตามินซี (30-140 mg/100 g FW) น้ำหนักผล (54-526 กรัม) Hue angle ของสีผิว (61-115) Hue angle ของสีเนื้อ (24-116) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (6.6-10.7 %Brix) และปริมาณกรด (0.25-1.42%) สารประกอบฟีนอลิกที่พบมากในผลฝรั่ง (> 10 mg/100 g FW) ได้แก่ catechin (26.7-86.6) ferulic acid (25.0-65.3) และ quercetin (11.8-65.6) ส่วนอีก 8 ชนิดนั้นพบในปริมาณค่อนข้างน้อย (< 10 mg/100 g FW) โดยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซีส่วนใหญ่พบมากที่สุดในฝรั่งพันธุ์เนื้อสีม่วงแดง จากการวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนพบว่าอิทธิพลของพันธุกรรมมีค่าระหว่าง 1.2% ใน gallic acid ถึง 82.6% ใน kaempferol อิทธิพลของฤดูกาลมีค่าระหว่าง 0.0% ใน gallic acid และ kaempferol ถึง 22.1% ในวิตามินซี อิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาลมีค่าระหว่าง 5.2% ใน quercetin ถึง 35.0% ใน chlorogenic acid และอิทธิพลระหว่างผลภายในพันธุ์มีค่าระหว่าง 3.2% ใน Hue angle ของสีเนื้อถึง 81.1% ใน quercetin โดยชนิดสารประกอบฟีนอลิกที่มีความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของพันธุกรรมสูงได้แก่ kaempferol (82.6%) apigenin (78.7%) และ cyanidin-3-glucoside (62.8%) และจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ปรากฏระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระกับสารประกอบฟีนอลิก วิตามินซีและคุณภาพผล พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซีแต่มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกับน้ำหนักผล Hue angle ของสีผิวและ Hue angle ของสีเนื้อ

_____ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Supannika Sanguansil 2012: Genotype by Environment Interaction of Phenolic Compounds in Guava Fruit. Master of Science (Plant Breeding), Major Field: Plant Breeding, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen. Thesis Advisor: Assistant Professor Kriengsak Thaipong, Ph.D. 118 pages.

Fruits of 21 guava cultivars consisted of 9 white, 2 maroon, 7 pink and 3 creamy-fleshed collected in summer and rainy season of 2010 and in winter seasons of 2011 were determined for antioxidant activity (AOA), 11 phenolics content (gallic acid, ellagic acid, ferulic acid, chlorogenic acid, quercetin, kaempferol, myricetin, catechin, epicatechin, apigenin and cyanidin-3-glucoside), ascorbic acid content and fruit qualities. Guava cultivars showed large variation for all traits that were 6.9 - 17.1 μMol/g fresh weight (FW) in AOA, 119 - 239 mg/100 g FW in total phenolics content, 30 - 140 mg/100 g FW in ascorbic acid content, 54 - 526 g in fruit weight, 61 - 115 in Hue angle of skin color (Shue), 24 - 116 in Hue angle of flesh color (Fhue), 6.6 - 10.7 %Brix in total soluble solids and 0.25 - 1.42% in titratable acidity. The major phenolic compounds in guava fruits (> 10 mg/100 g FW) were catechin (26.7 - 86.6), ferulic acid (25.0 - 65.3) and quercetin (11.8 - 65.6%) whereas the other 8 compounds were relatively low contents (< 10 mg/100 g FW). The highest value of most of antioxidant activity, phenolics content and ascorbic acid content were found in maroon-fleshed guavas. Variance component analysis showed that genotypic effect ranged from 1.2% in gallic acid content to 82.6% in kaempferol content, seasonal effect ranged from 0.0% in gallic acid and kaempferol content to 22.1% in ascorbic acid content, genotype by season interaction effect ranged from 5.2% in quercetin content to 35.0% in chlorogenic acid content and among fruits within genotype effect ranged from 3.2% in Fhue to 81.1% in quercetin content. Large genotypic variance of phenolic compounds was found in kaempferol (82.6%), apigenin (78.7%) and cyanidin-3-glucoside (62.8%). Phenotypic correlation analysis revealed that antioxidant activity was positively correlated with phenolic compounds and ascorbic acid but was negatively correlated with fruit weight, Shue and Fhue.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ รองศาสตราจารย์ ดร.อุณารุจ บุญประกอบ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา อบรมสั่งสอนให้ความรู้แก่ข้าพเจ้าและแนะนำในเรื่องการเรียน แนวทางในการทำงานวิจัย ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ จอมพุก ประธานการสอบและอาจารย์ทรงพล สมศรี ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KURDI) ที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนทุนการทำวิทยานิพนธ์ ทำให้การวิจัยในครั้งนี้ดำเนินไปได้ด้วยความสะดวก

ขอกราบขอบพระคุณ ครู -อาจารย์ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันของข้าพเจ้าที่ได้ประสาทวิชาความรู้ สั่งสอนและอบรมข้าพเจ้า ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ นิสิตปริญญาโทและเอกห้องปฏิบัติการปรับปรุงพันธุ์พืชและเทคโนโลยีชีวภาพและภาควิชาพืชสวนที่ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นในเรื่องการเรียน เรื่องงานวิจัยและความช่วยเหลือที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้ซึ่งให้กำเนิด อบรมเลี้ยงดูและให้การสนับสนุนการศึกษาของข้าพเจ้ามาโดยตลอด ขอบคุณพี่ชาย น้องสาวและสมาชิกในครอบครัวทุกท่านที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีที่สุดของข้าพเจ้าตลอดมา

สุพรรณิกา สงวนศิลป์

ตุลาคม 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	24
ผลและวิจารณ์	42
สรุปและข้อเสนอแนะ	78
สรุป	78
ข้อเสนอแนะ	79
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	80
ภาคผนวก	93
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	118

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในผลไม้ชนิดต่าง ๆ	8
2	Expected mean square (EMS) และ F ratios ในแต่ละ statistic models	19
3	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของลักษณะคุณภาพผลฝรั่งจากรูปแบบทางสถิติของสมการที่ (5) เมื่อประเมินจากฝรั่ง g พันธุ์ จำนวน k ผลต่อพันธุ์ ใน s ฤดูกาล	40
4	องค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะต่าง ๆ จากรูปแบบทางสถิติของสมการที่ (5) โดยกำหนดให้ปัจจัยต่าง ๆ ในสมการเป็นปัจจัยแบบสุ่ม (random effect) เมื่อประเมินจากฝรั่ง 21 พันธุ์ จำนวน 4 ผลต่อพันธุ์ เป็นเวลา 3 ฤดูกาล	41
5	ค่าเฉลี่ยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณวิตามินซีและคุณภาพผลของฝรั่งแยกตามสีเนื้อ (mean ± SD)	60
6	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกแต่ละชนิด (%) ระหว่างกลุ่มพันธุ์ฝรั่งสีเนื้อต่าง ๆ	61
7	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณวิตามินซีและคุณภาพผลของฝรั่งจำนวน 21 พันธุ์ พันธุ์ละ 4 ผล เป็นเวลา 3 ฤดูกาล	64
8	องค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะคุณภาพผลฝรั่ง	66
9	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปรากฏระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณวิตามินซีและคุณภาพผลฝรั่ง	77

ตารางผนวกที่

1	ค่าเฉลี่ยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลฝรั่งทั้ง 3 ฤดูกาล	94
2	ค่าเฉลี่ยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในผลฝรั่งทั้ง 3 ฤดูกาล	95
3	ค่าเฉลี่ยปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในผลฝรั่งทั้ง 3 ฤดูกาล	96
4	ค่าเฉลี่ยปริมาณ gallic acid ในผลฝรั่งทั้ง 3 ฤดูกาล	97

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
5	ค่าเฉลี่ยปริมาณ ellagic acid ในผลฝรั่งทั้ง 3 ฤดูกาล	98
6	ค่าเฉลี่ยปริมาณ ferulic acid ในผลฝรั่งทั้ง 3 ฤดูกาล	99
7	ค่าเฉลี่ยปริมาณ chlorogenic acid ในผลฝรั่งทั้ง 3 ฤดูกาล	100
8	ค่าเฉลี่ยปริมาณ quercetin ในผลฝรั่งทั้ง 3 ฤดูกาล	101
9	ค่าเฉลี่ยปริมาณ kaempferol ในผลฝรั่งทั้ง 3 ฤดูกาล	102
10	ค่าเฉลี่ยปริมาณ myricetin ในผลฝรั่งทั้ง 3 ฤดูกาล	103
11	ค่าเฉลี่ยปริมาณ catechin ในผลฝรั่งทั้ง 3 ฤดูกาล	104
12	ค่าเฉลี่ยปริมาณ epicatechin ในผลฝรั่งทั้ง 3 ฤดูกาล	105
13	ค่าเฉลี่ยปริมาณ apigenin ในผลฝรั่งทั้ง 3 ฤดูกาล	106
14	ค่าเฉลี่ยปริมาณ cyanidin-3-glucoside ในผลฝรั่งทั้ง 3 ฤดูกาล	107
15	ค่าเฉลี่ยปริมาณวิตามินซีในผลฝรั่งทั้ง 3 ฤดูกาล	108
16	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลของฝรั่งทั้ง 3 ฤดูกาล	109
17	ค่าเฉลี่ย Hue angle ของสีผิวผล ฝรั่งทั้ง 3 ฤดูกาล	110
18	ค่าเฉลี่ย Hue angle ของสีเนื้อฝรั่งทั้ง 3 ฤดูกาล	111
19	ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในผลฝรั่งทั้ง 3 ฤดูกาล	112
20	ค่าเฉลี่ยปริมาณกรดในผลฝรั่งทั้ง 3 ฤดูกาล	113
21	ข้อมูลสภาพอากาศตลอดการทดลอง	114

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกในพืช	6
2	การจำแนกสารประกอบฟีนอลิก	7
3	แผนผังการสังเคราะห์ flavonoid และ phynylpropanoid ในมะเขือเทศ	11
4	รูปแบบการตอบสนองของพันธุกรรมต่อสภาพแวดล้อม แบบ (ก) ไม่แสดงปฏิกิริยาร่วมและแบบที่ (ข) (ค) และ (ง) มีปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม	18
5	การใช้ค่า a และ b คำนวณ (ก) แปลงเป็นค่า Hue angle แสดงถึงค่าสีต่าง ๆ (ข)	26
6	กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ด้วย spectrophotometer	28
7	กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดที่วิเคราะห์ด้วย spectrophotometer	29
8	กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่วิเคราะห์ด้วย spectrophotometer	30
9	กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ gallic acid ที่วัดด้วย HPLC	31
10	กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ catechin ที่วัดด้วย HPLC	32
11	กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ ellagic acid ที่วัดด้วย HPLC	32
12	กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ quercetin ที่วัดด้วย HPLC	33
13	กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ ferulic acid ที่วัดด้วย HPLC	34
14	กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ chlorogenic acid ที่วัดด้วย HPLC	34
15	กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ myricetin ที่วัดด้วย HPLC	35
16	กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ kaempferol ที่วัดด้วย HPLC	36
17	กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ apigenin ที่วัดด้วย HPLC	36
18	กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ epicatechin ที่วัดด้วย HPLC	37
19	กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ cyanidin-3-glucoside ที่วัดด้วย HPLC	38

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	รูปแบบการตอบสนองของพันธุกรรมต่อฤดูกาลของลักษณะปริมาณ chlorogenic acid ในผลฝรั่ง 21 พันธุ์	69
21	รูปแบบการตอบสนองของพันธุกรรมต่อฤดูกาลของลักษณะปริมาณ ellagic acid ในผลฝรั่ง 21 พันธุ์	70
22	รูปแบบการตอบสนองของพันธุกรรมต่อฤดูกาลของลักษณะปริมาณวิตามินซีในผลฝรั่ง 21 พันธุ์	71
23	รูปแบบการตอบสนองของพันธุกรรมต่อฤดูกาลของลักษณะปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในผลฝรั่ง 21 พันธุ์	72

ภาพผนวกที่

1	โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน ก) gallic acid ข) catechin ค) ellagic acid และ ง) quercetin ความเข้มข้น 0.5 mg/ml และฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC	115
2	โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน ก) ferulic acid และ ข) chlorogenic acid ความเข้มข้น 0.5 mg/ml ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC	116
3	โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน ก) myricetin ข) kaempferol และ ค) apigenin ความเข้มข้น 0.25 mg/ml ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC	116
4	โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน epicatechin ความเข้มข้น 0.25 mg/ml ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC	117
5	โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน cyanidin-3-glucoside ความเข้มข้น 0.5 mg/ml ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC	117

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

AOA	=	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant acitivity)
TPH	=	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolics content)
TFL	=	ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (total flavonoid content)
Gal	=	gallic acid
Ell	=	ellagic acid
Fer	=	ferulic acid
Chlo	=	chlorogenic acid
Quer	=	quercetin
Kaem	=	kaempferol
Myr	=	myricetin
Cat	=	catechin
Epi	=	epicatechin
Api	=	apigenin
Cya	=	cyanidin-3-glucoside
AA	=	ปริมาณวิตามินซี (ascorbic acid content)
FW	=	น้ำหนักผล (fruit weight)
Shue	=	Hue angle ของสีผิว
Fhue	=	Hue angle ของสีเนื้อ
TSS	=	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids)
TA	=	ปริมาณกรด (titratable acidity)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมของสารประกอบฟีนอลิกในผลฝรั่ง

Genotype by Environment Interaction of Phenolic Compounds in Guava Fruit

คำนำ

นอกจากสีสันและรสชาติของผลไม้แล้ว คุณค่าทางอาหาร เช่น วิตามิน เกลือแร่ และสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น เป็นอีกหนึ่งปัจจัยหลักที่ผู้บริโภคคำนึงถึงในการเลือกรับประทานอาหาร โดยเฉพาะการรับประทานผักและผลไม้ซึ่งมีข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ว่าช่วยทำให้มีสุขภาพดี (Scalzo *et al.*, 2005) ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งและโรคหัวใจ (Veer *et al.*, 2000)

ฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงชนิดหนึ่ง เนื่องจากมีวิตามินเอ วิตามินซี แคลเซียม และสารประกอบฟีนอลิกในปริมาณที่สูง สารประกอบฟีนอลิกที่พบในฝรั่ง เช่น myricetin, apigenin (Miean and Mohamed, 2001) ellagic acid, anthocyanins (Misra and Seshadri, 1968) อีกทั้งฝรั่งยังเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของไทย จากสถิติการปลูกฝรั่ง พ.ศ. 2550 พบว่ามีพื้นที่ปลูกฝรั่งรวมทั้งประเทศ 41,411 ไร่ ให้ผลผลิตรวม 117,829 ตันและผลผลิตเฉลี่ย 2,959 กิโลกรัม/ไร่ โดยจังหวัดที่มีพื้นที่การปลูกฝรั่งมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ จังหวัดนครปฐม สมุทรสาคร และราชบุรี ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) ฝรั่งเป็นไม้ผลที่ปลูกและดูแลรักษาง่าย ให้ผลผลิตได้ตลอดปี จึงทำให้ฝรั่งเป็นผลไม้ที่เป็นที่นิยมบริโภคโดยทั่วไป

จากคุณสมบัติทางด้านคุณค่าทางอาหารและปริมาณในการผลิตฝรั่งแล้วพบว่าฝรั่งเป็นไม้ผลที่สามารถสนับสนุนและส่งเสริมให้เป็นผลไม้เพื่อสุขภาพได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ที่สำคัญอย่างหนึ่งของโครงการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งคือเพื่อให้ได้พันธุ์ที่มีฤทธิ์และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น โดยชนิดของสารต้านอนุมูลอิสระที่พบมากในผลฝรั่งได้แก่วิตามินซีและสารประกอบฟีนอลิก โดยสารประกอบฟีนอลิกในผลไม้นั้นมีหลากหลายชนิด จึงควรมีการศึกษาถึงชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่พบในฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ

สารประกอบฟีนอลิกจัดเป็นลักษณะทางปริมาณ (quantitative trait) เนื่องจากสภาพแวดล้อมมีบทบาทต่อการแสดงออกของลักษณะค่อนข้างมาก จากโครงการปรับปรุงพันธุ์บลูเบอร์รี่ได้มีการศึกษาอิทธิพลของพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมซึ่งแบ่งเป็นอิทธิพลของพื้นที่ปลูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และอิทธิพลของปีต่อลักษณะฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด พบว่าทั้งสามลักษณะมีความแตกต่างกันเมื่อวิเคราะห์ในพื้นที่และปีที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องในการแสดงออกของลักษณะสารประกอบฟีนอลิก (Connor *et al.*, 2002) ซึ่งการปรับปรุงพันธุ์พืชทางด้านลักษณะทางปริมาณนี้จำเป็นต้องมีการประเมินปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมร่วมด้วย (Thaipong and Boonprakob, 2005) โครงการปรับปรุงพันธุ์พืชและเนคทารีนได้ศึกษาปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมของพืชและเนคทารีนที่ต้องการความหนาวเย็นต่ำที่ปลูกทางภาคเหนือของประเทศไทยพบว่าปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมส่งผลต่อการแสดงออกของลักษณะรูปทรงผล จำนวนตาดอกและความแน่นเนื้อ ดังนั้นในการประเมินทั้งสามลักษณะนี้จึงควรทำในหลายพื้นที่ (Promchot *et al.*, 2008) โครงการปรับปรุงพันธุ์ราสเบอร์รี่ได้ศึกษาปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมต่อลักษณะคุณภาพผลของราสเบอร์รี่ พบว่าปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะปริมาณกรดและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ทั้งยังได้สรุปไว้ว่าการประเมินคุณภาพผลหลายปีมีความสำคัญมากกว่าการประเมินคุณภาพผลในหลายสภาพแวดล้อม (Burrows and Moore, 2002)

ดังนั้นในโครงการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งเพื่อให้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระชนิดสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซีที่สูงนั้นจำเป็นต้องมีการประเมินในฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ และควรประเมินปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมต่อการแสดงออกของลักษณะปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เพื่อนำผลที่ได้เป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการวางแผนการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณวิตามินซีและคุณภาพผลฝรั่งจำนวน 21 พันธุ์

2. เพื่อประเมินอิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณวิตามินซีและคุณภาพผลฝรั่ง

3. เพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณวิตามินซีและคุณภาพผลฝรั่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

ฝรั่งเป็นไม้ผลเขตร้อนขนาดกลาง มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปอเมริกา เป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพภูมิอากาศทั่วไปในเขตร้อนและกึ่งร้อน (Menzel, 1985) จัดอยู่ในวงศ์ (Family) Myrtaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Psidium guajava* L. ซึ่งเป็นชนิดที่ปลูกเพื่อรับประทานผลสด นอกจากนี้ยังมีชนิดอื่น ๆ เช่น *P. guineense*, *P. pomiferum*, *P. montanum* และ *P. catteianum* เป็นต้น (Nakasone and Paull, 1998)

ฝรั่งมีจำนวนโครโมโซม 1 ชุดเท่ากับ 11 แท่ง (X = 11) ฝรั่งส่วนใหญ่และพันธุ์การค้าที่สำคัญ เช่น 'แป้นสีทอง' 'กลมสาลี่' มีโครโมโซม 2 ชุด (diploid) พันธุ์ที่ไม่มีเมล็ดมีทั้งที่เป็น triploid (3X) ได้แก่พันธุ์ 'Indonesian Seedless' และ 'บางกอกแอปเปิ้ล' และ diploid (2X) ได้แก่ พันธุ์ 'สาลี่ทอง' (อัญชลี, 2546)

อนุมูลอิสระ

สิ่งมีชีวิตที่มีการใช้ออกซิเจนในกระบวนการทางชีวเคมีต่าง ๆ ภายในร่างกาย จะเกิดอันตรายจากการใช้ออกซิเจนคือเกิดการสร้าง reactive oxygen species ซึ่งบางชนิดมีคุณสมบัติเป็นอนุมูลอิสระ เช่น hydroxyl radical ($OH^{\bullet}$), superoxide radical ($O_2^{\bullet-}$), nitric oxide radical ($NO^{\bullet}$), lipid peroxyl radical ($LOO^{\bullet}$) เป็นต้น (Langseth, 1995)

อนุมูลอิสระ (free radical) คือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนวงโคจรชั้นนอกสุดปราศจากคู่ เกิดขึ้นเมื่อวงโคจรของอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดของโมเลกุลนั้น ๆ ได้รับอิเล็กตรอนเข้ามาหรือสูญเสียอิเล็กตรอนออกไปหนึ่งอิเล็กตรอน (จริงแท้, 2549) ทำให้ไม่เสถียรและว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา สาเหตุการเกิดอนุมูลอิสระเกิดทั้งจากปัจจัยภายนอก เช่น ควันบุหรี่ รังสี แสง UV และมลพิษทางสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ส่วนสาเหตุจากปัจจัยภายใน เช่น การทำงานของ mitochondria เม็ดเลือดขาว และเอนไซม์ต่าง ๆ ความเสียหายที่เกิดจากการทำลายของอนุมูลอิสระขึ้นกับชนิดของโมเลกุลที่อนุมูลอิสระเข้าไปทำลาย เช่น ในโปรตีนจะทำให้เกิดเนื้องอกและลดการทำงานของเอนไซม์และทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ ในไขมันทำให้เยื่อหุ้มเซลล์และ low density lipid ถูกทำลาย ในสารชีวโมเลกุล (DNA) ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ (mutation) ซึ่งทำให้การแสดงออกเปลี่ยนแปลงไป เป็นต้น อย่างไรก็ตามอนุมูลอิสระที่เป็นอันตรายต่อร่างกายจะถูกกำจัดโดยสารที่ร่างกายสร้างขึ้นมา แบ่งได้เป็น 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลุ่มหลัก คือ กลุ่มของเอนไซม์ เช่น catalase, glutathione peroxidase, superoxide dismutase เป็นต้น ส่วนอีกกลุ่มเป็นสารที่เรียกว่าสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เช่น glutathione, ubiquinol (coenzyme Q10), uric acid เป็นต้น (Langseth, 1995)

สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) คือ โมเลกุลที่สามารถรับเอิเล็กตรอนจากอนุมูลอิสระได้โดยที่โมเลกุลนั้นไม่เปลี่ยนเป็นอนุมูลอิสระ ดังนั้นสารต้านอนุมูลอิสระจึงสามารถกำจัดหรือหยุดการทำงานของอนุมูลอิสระได้ (จริงแท้, 2549) แต่เนื่องจากปริมาณเอนไซม์และสารต้านอนุมูลอิสระที่ร่างกายสร้างขึ้นมีอยู่อย่างจำกัด ไม่เพียงพอต่อการกำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย จึงมีความจำเป็นที่จะต้องอาศัยแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระจากภายนอกร่างกายเพื่อรักษาระบบสมดุลต่าง ๆ ภายในร่างกายให้ดำเนินไปได้อย่างปกติ แหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระจากภายนอกร่างกายที่หาได้ง่ายและปลอดภัย คือ อาหารจำพวกผักและผลไม้ ซึ่งจะพบสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) วิตามินซี (ascorbic acid) แคโรทีนอยด์ (carotenoids) และวิตามินอี (tocopheral) (Langseth, 1995)

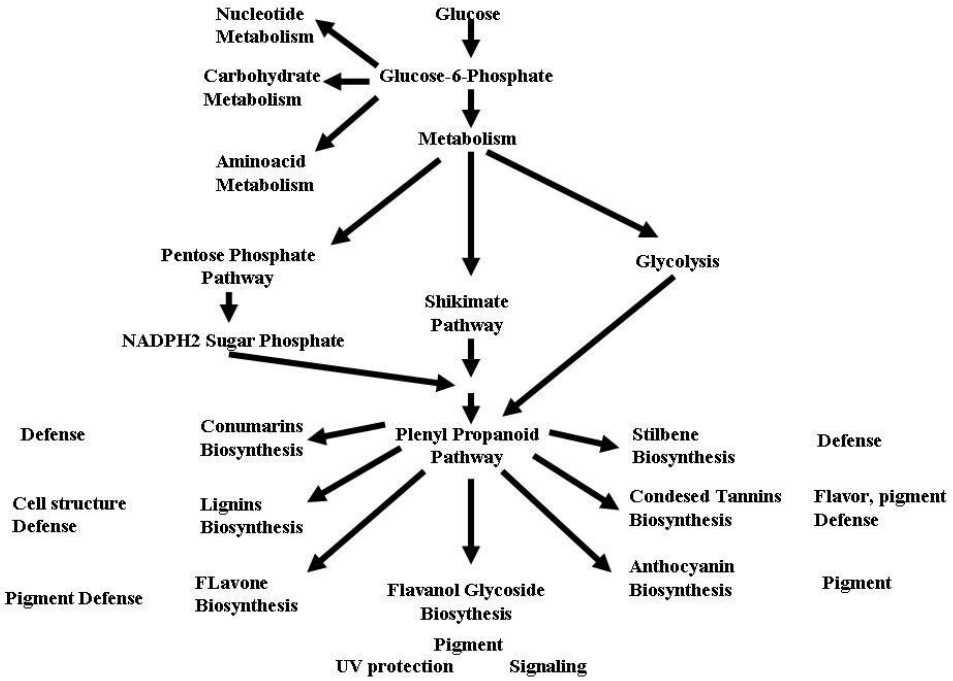
สารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบในพืชนอกจากสารปฐมภูมิ (primary metabolite) ซึ่งเป็นสารที่พืชสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและพัฒนาของต้นพืชเองแล้ว พืชยังได้สร้างสารอีกชนิดที่เรียกว่า สารทุติยภูมิ (secondary metabolite) เพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะอย่าง ซึ่งสารทุติยภูมินี้เมื่อจำแนกตามหมู่ทางเคมีทำให้สามารถแบ่งได้เป็นหลายกลุ่ม

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารทุติยภูมิที่พืชสร้างขึ้นผ่านกระบวนการ Pentose phosphate pathway, Shikimate pathway และ Glycolysis (ภาพที่ 1) (Vattem *et al*., 2005) โดยโครงสร้างพื้นฐานของสารกลุ่มนี้คือมีวงแหวนอโรมาติก (aromatic ring) ที่มีหมู่แทนที่เป็นสารในกลุ่มไฮดรอกซิล (hydroxyl group) อย่างน้อยหนึ่งกลุ่ม สารประกอบฟีนอลิกส่วนใหญ่สามารถละลายน้ำได้และมักพบอยู่ในแวคิวโอล (vacuoles) ส่วนสารกลุ่มที่สามารถละลายน้ำได้บางส่วนได้แก่ tannins และสารกลุ่มที่ไม่ละลายน้ำได้แก่ lignins (Macheix *et al*., 1990) สารประกอบฟีนอลิกสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้ตามโครงสร้างพื้นฐาน จำนวนคาร์บอนอะตอม และคุณสมบัติทางเคมี

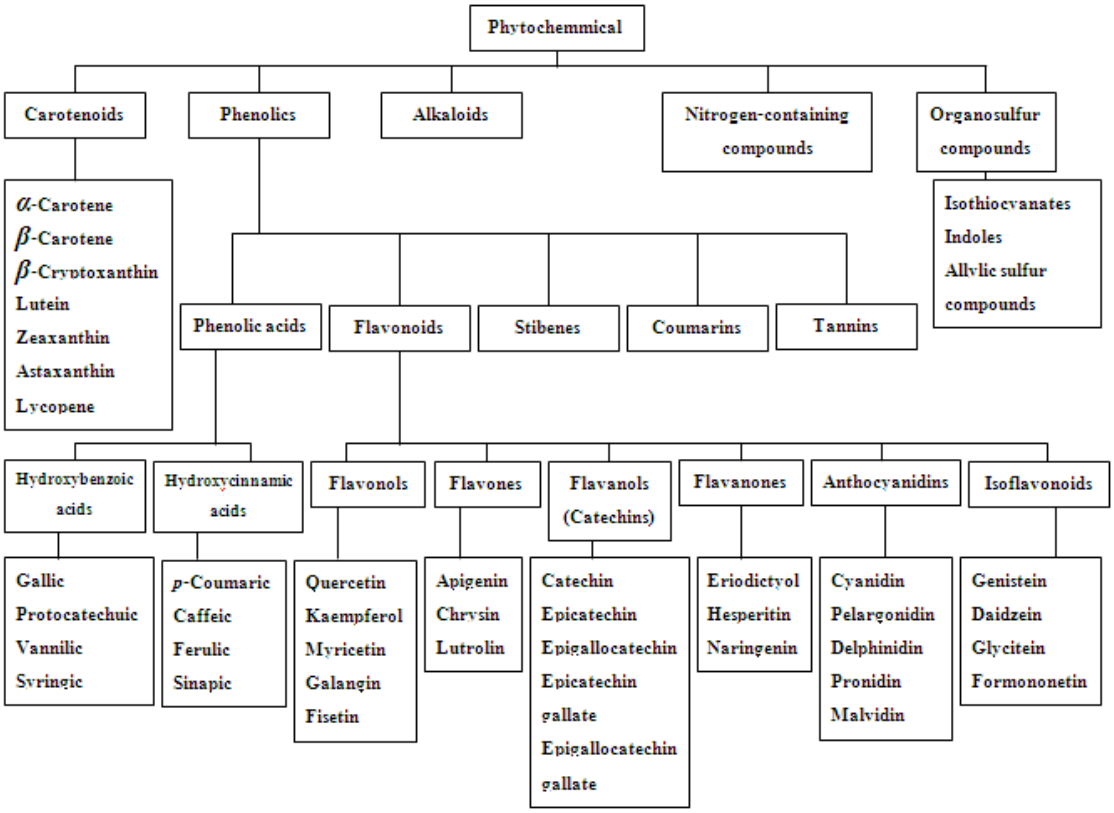
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อื่น ๆ กลุ่มของสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญได้แก่ กลุ่ม phenolic acids และ flavonoids (ภาพที่ 2) (Liu, 2004)



ภาพที่ 1 กระบวนการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกในพืช [ดัดแปลงจาก Vattem *et al*. (2005)]

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 การจำแนกสารประกอบฟีนอลิก [ดัดแปลงจาก Liu (2004)]

สารประกอบฟีนอลิกในผลไม้

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารทุติยภูมิชนิดหนึ่งที่สามารถพบได้ในผลไม้หลายชนิด โดยบางชนิดสามารถพบได้ทั่วไปในขณะที่บางชนิดจะจำเพาะกับชนิดหรือกลุ่มของพืช (Macheix *et al*., 1990) และเนื่องด้วยสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดหนึ่ง ทำให้มีการศึกษาสารประกอบฟีนอลิกในผลไม้กันอย่างแพร่หลาย (ตารางที่ 1) โดยในผลฝรั่งพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 170-462 mg Gallic Acid Equivalent (GAE) ต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในผลไม้ชนิดต่าง ๆ

ชนิดผลไม้	Chemistry analyzer (mg of GAE/100 g) (Wu *et al*., 2004)	The Folin–Ciocalteu method (mg of GAE/100 g)
แอปเปิ้ล	211-347	272 (Sun *et al*., 2002)
แอปริคอท	133	52[1] (Stratil *et al*., 2007)
แบลคเบอร์รี่	660	2167 (Vasco *et al*., 2008)
บูลเบอร์รี่	531-795	-
เชอร์รี่	339	-
แครนเบอร์รี่	709	-
กีวี่	278	-
เนคเทอรีน	107	-
พีช	163	65 (Sun *et al*., 2002)
พลัม	366-478	440 (Vasco *et al*., 2008)
ราสเบอร์รี่	504	144-215[2] (Khanizadeh *et al*., 2009)
สตรอเบอรี่	368	238 (Vasco *et al*., 2008)
องุ่นสีเขียว	145	-
องุ่นสีแดง	175	182 (Sun *et al*., 2002)
เกรฟฟรุ๊ต	214	31 (Sun *et al*., 2002)
ส้ม	337	57 (Sun *et al*., 2002)
กล้วย	231	56 (Sun *et al*., 2002)
ฝรั่ง	-	170–462 (Thaipong *et al*., 2006; Vasco *et al*., 2008)
อโวกาโด	187	2.8-28.7 (Golan *et al*., 1977)
แคนตาลูป	124	-

หมายเหตุ [1] ใช้ caffeic acid ในการทำกราฟมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

[2] แสดงปริมาณสารในหน่วยต่อน้ำหนักสดแช่แข็ง (fresh-frozen weight)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชนิดผลไม้	Chemistry analyzer (mg of GAE/100 g) (Wu *et al*., 2004)	The Folin–Ciocalteu method (mg of GAE/100 g)
มะม่วง	266	60 (Vasco *et al*., 2008)
ฮันนี่ดิว	72	-
เลมอน	-	66 (Sun *et al*., 2002)
แพร์	218-220	54 (Sun *et al*., 2002)
สับปะรด	174	40 (Sun *et al*., 2002)
ส้มจีน	192	-
มะเขือเทศ	-	81 (Vasco *et al*., 2008)
แตงโม	59	-

หมายเหตุ [1] ใช้ caffeic acid ในการทำกราฟมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

[2] แสดงปริมาณสารในหน่วยต่อน้ำหนักสดแช่แข็ง (fresh-frozen weight)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกในผลไม้

ปริมาณการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกในแต่ละระยะทางสรีรวิทยา (physiological stage) เกี่ยวข้องกับปัจจัยมากมายทั้งภายนอก เช่น อุณหภูมิ แสง และภายใน เช่น ฮอร์โมน สารอาหาร จึงมีการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ เพื่อที่จะสามารถใช้ในการควบคุมปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในผลไม้ให้ได้ตามต้องการ

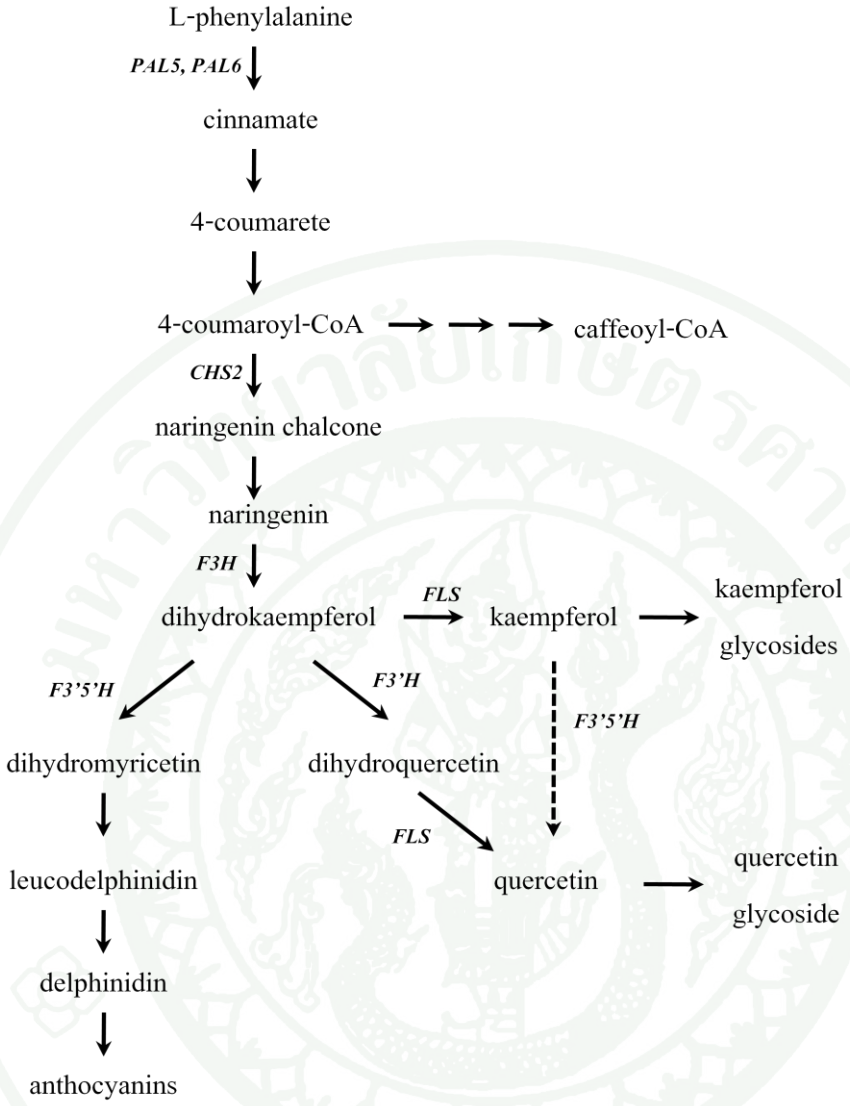
แสงเป็นปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกที่มีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการศึกษาความสำคัญของแสงต่อการสะสมของสาร anthocyanins ในผลซึ่งสารดังกล่าวนี้มักใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวในไม้ผลหลายชนิด การศึกษาอิทธิพลของแสงจะรวมทั้งความเข้มแสง (light intensity) ช่วงเวลาที่ได้รับแสง (photoperiod) และความยาวคลื่นแสง (wavelength) ที่ส่งผลต่อปริมาณสารทุติยภูมิต่าง ๆ เหล่านี้ โดยเอนไซม์ต่างชนิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กันจะตอบสนองต่อปัจจัยต่าง ๆ แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น *PAL* ซึ่งเป็นเอนไซม์ชนิดหนึ่งที่จำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์สารประกอบ flavonoids และ anthocyanins โดย *PAL* จะเปลี่ยน L-phenylalanine เป็น cinnamate ดังภาพที่ 3 พบว่า *PAL* จะสามารถทำงานได้ดีเมื่อมีความเข้มของแสงสูง (Løvdal *et al*., 2010) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่ายีน *CHS2* และ *F3H* ซึ่งเป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นให้เกิดการสะสมของสารประกอบ flavonols โดยทำงานร่วมกับเอนไซม์ *CHS*, *FLS* และ *F3H* (ภาพที่ 3) และสามารถทำงานได้ดีเมื่อมีความเข้มของแสงที่สูง ในขณะที่การศึกษาในผลสาลี่พบว่าเนื้อเยื่อด้านที่ไม่ได้รับแสงมีปริมาณของสาร chlorogenic acid มากกว่าเนื้อเยื่อด้านที่ได้รับแสงถึง 4 เท่า (Macheix *et al*., 1990) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าชนิดของสารที่แตกต่างกันมีการตอบสนองต่อแสงแตกต่างกัน

การศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของอุณหภูมิต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกพบว่าอุณหภูมิต่ำทำให้มีการสะสมของสาร anthocyanins เพิ่มขึ้นดังที่มีรายงานในแอปเปิ้ลและองุ่น (Macheix *et al*., 1990) ในขณะที่อุณหภูมิที่สูงจะทำให้เกิดการจำกัดของการสะสมของสาร anthocyanins ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสะสมน้ำตาลในผลไม้ แต่อุณหภูมิที่ต่ำจะไม่ส่งผลต่อการสะสมของสาร flavonols และอนุพันธ์ของสาร caffeoyl นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกขององุ่นที่ปลูกในเขตอากาศหนาวจะมีปริมาณสูงกว่าที่ปลูกในเขตอื่น ๆ อุณหภูมิยังมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ *PAL* ซึ่งส่งผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก โดยการเก็บรักษาผลไม้ที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้เอนไซม์ *PAL* สามารถทำงานได้ดีทำให้เพิ่มการสะสมของสารประกอบฟีนอลิก (Løvdal *et al*., 2010)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 แผนผังการสังเคราะห์ flavonoid และ phynylpropanoid ในมะเขือเทศ (ดัดแปลงจาก Løvdal *et al*., 2010) (Phynylalanine ammonia lyase; *PAL*, Chalcone synthase; *CHS*, Flavanone 3-hydroxylase; *F3'H*, Flavonol synthase; *FLS*, Dihydroflavonol 4- reductase; *DFR*, Flavonoid 3',5'-hydroxylase; *F3'5'H*)

ความสำคัญและหน้าที่ของสารประกอบฟีนอลิกในผลไม้

ความสำคัญและหน้าที่ของสารประกอบฟีนอลิกในผลไม้สามารถแบ่งออกเป็นสองด้าน คือ ด้านคุณภาพผล เช่น สี สารในกลุ่ม anthocyanins ทำให้ผลไม้มีสีแดง ฟ้า ม่วงจางและดำ ส่วนสารในกลุ่ม flavonol และอนุพันธ์ของ flavone ทำให้มีสีเหลือง รสขม ได้แก่ proanthocyanidins

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อนุพันธ์ของ hydroxycinnamate และกลิ่น สารให้กลิ่นจะมีความจำเพาะกับพืชสูง พืชต่างชนิดกันจะมีสารในกลุ่มนี้ต่างกัน เช่น ในส้มมี coumarin (citral, nootketone, citropten) ในกล้วยมี eugenol elimicin และ vanillin เป็นต้น ส่วนสารบางชนิดมีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาสามารถใช้ในกระบวนการป้องกันและรักษาโรคได้ (Macheix *et al*., 1990)

คุณสมบัติทางเภสัชวิทยาของสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซี

กลุ่ม Phenolic acid

1. Hydroxybenzoic acid

1.1 Gallic acid มีคุณสมบัติยับยั้งปฏิกิริยา mast cell-derived inflammatory allergic reaction โดยขัดขวางการปลดปล่อยของ histamine และขัดขวางการแสดงออกของ pro-inflammatory cytokine นอกจากนั้นจากการศึกษาทั้งภายใน (*in vivo*) และภายนอก (*in vitro*) สิ่งมีชีวิตพบว่า gallic acid สามารถรักษาโรค inflammatory allergic diseases ได้ (Kim *et al*., 2006)

1.2 Ellagic acid ที่ความเข้มข้น 10 – 50 mmol/L จะกระตุ้นกระบวนการที่ทำให้เกิดการตายของเซลล์ (apoptosis) เนื้องอกที่เป็นอันตราย (adenocarcinoma cell) ในตับอ่อนของมนุษย์ นอกจากนี้ ellagic acid ที่ความเข้มข้น 50 mmol/L ยังลดกระบวนการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของเซลล์ดังกล่าวอีกด้วย (Edderkaoui *et al*., 2008)

2. Hydroxycinnamic acid

2.1 Ferulic acid สามารถกำจัดอนุมูลอิสระจำพวก superoxide anion และยังสามารถยับยั้งกระบวนการ lipid peroxidation ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดอนุมูลอิสระ โดยหมู่ hydroxyl และ phenoxy ของ ferulic acid จะให้อิเล็กตรอนเพื่อระงับอนุมูลอิสระ (Srinivasan *et al*., 2007)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 Chlorogenic acid สามารถยับยั้งการเกิดเนื้องอกเมื่อใช้สาร 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate (TPA) กระตุ้นให้เกิดเนื้องอก นอกจากนี้ยังยับยั้ง ornithine decarboxylase activity ในหนูทดลองอีกด้วย (Huang *et al*., 1988)

กลุ่ม Flavonoid

1. Flavonol

1.1 Quercetin สามารถป้องกันการเกิด oxidative DNA damage และ bulky DNA adducts ในเม็ดเลือดขาวของคนจากการศึกษาภายนอกสิ่งมีชีวิต (*in vitro*) (Wilms *et al*., 2005)

1.2 Kaempferol สามารถยับยั้งเอนไซม์ tyrosine kinase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีความสำคัญต่อการแสดงออกของ COX-2 gene ที่เกี่ยวกับ inflammation mediated pathologies เช่น neurodegeneration และมะเร็ง (Soobrattee *et al*., 2005)

1.3 Myricetin มีผลยับยั้งการเกิดโรคมะเร็งโดยยับยั้งการเกิดเอนไซม์ thioredoxin reductase (TrxR) และ thioredoxin (Trx) ซึ่งในปัจจุบันได้ใช้เอนไซม์ทั้งสองเป็นเป้าหมายสำคัญในการพัฒนายารักษาโรคมะเร็งเนื่องจากเอนไซม์ทั้งสองจะเกิดจำนวนมากเมื่อเกิดเนื้องอกที่เป็นอันตรายที่มีแนวโน้มที่จะพัฒนาเป็นเซลล์มะเร็งมากกว่าเมื่อเกิดเนื้องอกธรรมดา (Lu *et al*., 2006)

2. Flavan-3-ols

2.1 Catechin และ Epicatechin มีคุณสมบัติดังนี้ catechin มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระใน plasma ของคนโดยยับยั้งการลดลงของ R-tocopherol และ â-carotene และยังยับยั้งกระบวนการ oxidation ของไขมันใน plasma อีกด้วย (Lotito and Fraga, 1998) อีกทั้งยังสามารถกำจัดอนุมูลอิสระชนิด hydroxyl radicals (Moini *et al*., 2002) peroxyl (Scott *et al*., 1993) superoxide radicals (Bors and Michel, 1999) และ DPPH radicals (Fukumoto and Mazza, 2000) ส่วน epicatechin สามารถกำจัดอนุมูลอิสระชนิด hydroxyl radicals (Moini *et al*., 2002) peroxyl radicals (Liu *et al*., 2000) superoxide radicals (Bors and Michel, 1999) และ DPPH radicals (Fukumoto and Mazza,

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2000) จากการศึกษาของ Nakao *et al.* (1998) ทำการศึกษาในแบคทีเรียพบว่า catechin และ epicatechin มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระสูงกว่า L-ascorbate และ â-carotene ถึง 10 เท่า

3. Flavone

3.1 Apigenin สามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งในตับอ่อน โดยจะยับยั้งการสังเคราะห์ DNA และยับยั้งการเพิ่มจำนวนเซลล์อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังลดระดับของสาร Cyclin A, Cyclin B cdc2 และ cdc25 ซึ่งเป็นโปรตีนที่จำเป็นในขั้นตอน G2/M transition ของการแบ่งเซลล์ (Ujiki *et al*., 2006)

4. Anthocyanins

4.1 Cyanidin-3-glucoside (C3G) หรือ Kuromanin แสดงออกถึงความสามารถในการป้องกันและรักษาโรคผ่านทาง ROS scavenger capacity โดยจะขัดขวางการส่งสัญญาณทางโมเลกุลของ AP-1 MAPK NF-κB COX-2 และ TNFα ผ่านทาง ROS scavenger capacity ของ C3G (Ding *et al*., 2006) ได้มีการศึกษาใช้สาร anthocyanins ในราสเบอร์รี่ยับยั้งการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และมะเร็งลำไส้เล็กในหนูได้ โดยสามารถยับยั้งการเกิดโรคได้ถึง 30-60% และ 80% ตามลำดับ (Seeram, 2008)

วิตามินซี

วิตามินซี หรือ ascorbic acid เป็นสารอาหารจำเป็นสำหรับคนและสัตว์เนื่องจากร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้ วิตามินซีมีบทบาทสำคัญต่ออวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น เกี่ยวข้องกับกระบวนการ collagen hydroxylation ซึ่งทำให้คอลลาเจนมีความแข็งแรงและคงตัวมากขึ้น นอกจากนี้ วิตามินซียังมีความสำคัญต่อการสร้าง carnitine ซึ่งจำเป็นสำหรับการขนส่งกรดไขมันเข้าไปในไมโทคอนเดรียเพื่อการสร้าง ATP การสร้างฮอร์โมน norepinephine ก็ต้องอาศัยวิตามินซี และที่สำคัญคือ วิตามินซี สามารถให้อิเล็กตรอน เพราะฉะนั้นวิตามินซีจึงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยวิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญที่ละลายน้ำได้ โดยปริมาณวิตามิซีที่แนะนำต่อวัน คือ 40 มิลลิกรัมในเด็กอายุ 1-8 ปี 75 มิลลิกรัมในผู้หญิง และ 90 มิลลิกรัมในผู้ชาย (Levine *et al.*, 2001)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และปริมาณวิตามินซีที่แนะนำต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป คือ 60 มิลลิกรัม (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2541)

ลักษณะปรากฏ

ลักษณะปรากฏ (phenotype) เป็นลักษณะที่สิ่งมีชีวิตแสดงออกมาสามารถมองเห็น ทดสอบหรือวัดได้ ซึ่งลักษณะปรากฏนี้เกิดจากการแสดงออกของลักษณะพันธุกรรม (genotype) ร่วมกับอิทธิพลของสภาพแวดล้อม

โดยทั่วไปแล้วการแสดงออกของลักษณะปรากฏที่เป็นลักษณะทางปริมาณ (quantitative trait) ของพืชเป็นผลมาจากอิทธิพลของลักษณะทางพันธุกรรม (Genotype) สภาพแวดล้อม (Environment) และปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม (Genotype and Environment Interaction) สามารถเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ (1) (กฤษฎา, 2544; สมชัยและพีระศักดิ์, 2546)

$$P = G + E + GE \qquad \ldots(1)$$

เมื่อ P = ลักษณะปรากฏ (phenotype)

G = ลักษณะพันธุกรรม (genotype)

E = สภาพแวดล้อม (environment)

GE = ปฏิกิริยาร่วมระหว่างลักษณะพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม (genotype by environment interaction)

จากสมการทำให้ทราบว่าลักษณะปรากฏจะแสดงออกในระดับต่างกันเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน โดยเฉพาะในลักษณะปริมาณซึ่งสภาพแวดล้อมมีบทบาทในการแสดงออกมากกว่าในลักษณะคุณภาพ

จากปฏิกิริยาร่วมดังกล่าวทำให้พืชที่แสดงออกต่างกัน ไม่จำเป็นที่ต้องมีพันธุกรรมที่ต่างกัน และในทางกลับกัน พืชที่มีพันธุกรรมต่างกัน อาจแสดงออกได้เหมือนกัน (สมชัยและพีระศักดิ์, 2546) ดังนั้นในการประเมินปฏิกิริยาร่วมของพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมจึงมีความสำคัญต่อการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรับปรุงพันธุ์พืช 2 ประการ ประการแรก คือ ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม จะนำไปใช้ในขั้นตอนการคัดเลือกพันธุ์เพื่อทำให้สามารถเลือกพ่อแม่ที่เหมาะสมเพื่อที่จะให้ได้ลูกที่มีลักษณะที่ต้องการต่อไป ส่วนประการที่สอง คือ ถ้าไม่มีการประเมินปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมก็ยากที่จะตัดสินว่าลักษณะที่ปรากฏนั้นเป็นผลจากอิทธิพลของพันธุกรรมหรือสภาพแวดล้อมมากกว่ากัน (Cotes *et al*., 2002)

องค์ประกอบของการทดสอบปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมอาจจะประกอบด้วยจำนวนพันธุ์ สถานที่ทำการทดสอบ จำนวนซ้ำต่อสถานที่ จำนวนปีที่ทดลองและฤดูกาล (กฤษฎา, 2544)

รูปแบบของสภาพแวดล้อม

Comstock and Moll (1963) ได้แบ่งสภาพแวดล้อมเป็น 2 ชนิด คือ สภาพแวดล้อมระดับจุลภาค (micro-environment) ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมของพืชแต่ละต้นซึ่งอาจแตกต่างจากสภาพแวดล้อมของพืชต้นอื่นที่ปลูกในเวลาและสถานที่เดียวกัน เช่น ส่วนประกอบทางกายภาพและเคมีของดิน ปริมาณแสงที่ส่องถึง เป็นต้น ส่วนสภาพแวดล้อมอีกชนิดเป็นสภาพแวดล้อมระดับมหภาค (macro-environment) เป็นสภาพแวดล้อมโดยรวมของสถานที่หรือพื้นที่ที่จำเพาะ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง ซึ่งสภาพแวดล้อมระดับมหภาคเกิดจากการรวมสภาพแวดล้อมระดับจุลภาคเข้าด้วยกัน ต่อมา Allard and Bradshaw (1964) แบ่งสภาพแวดล้อมเป็นสภาพแวดล้อมที่สามารถทำนายได้ (predictable environment) เช่นการทำนายสภาพอากาศจากเส้นรุ้ง (latitude) และเส้นแวง (longitude) ส่วนสภาพแวดล้อมที่ไม่สามารถทำนายได้ (unpredictable environment) เช่น ความผันแปรของสภาพอากาศในแต่ละฤดูและการกระจายของฝน

รูปแบบการตอบสนองของพันธุกรรมต่อสภาพแวดล้อม

เมื่อนำพืชที่มีพันธุกรรมต่างกัน 2 พันธุ์ (สมมติให้เป็นพันธุ์ G_1 กับ G_2) ไปปลูกในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน 2 สภาพแวดล้อม (E_1 กับ E_2) จะทำให้เกิดรูปแบบการตอบสนองของพันธุกรรมต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

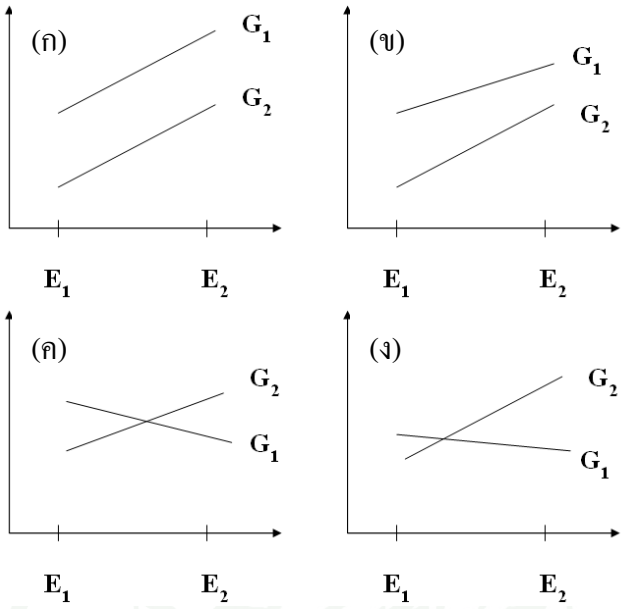
แบบที่ 1 พันธุ์ G_1 มีลักษณะดีเด่นกว่าพันธุ์ G_2 ในทุกสภาพแวดล้อม โดยที่ค่าของความแตกต่างระหว่างพันธุ์ในแต่ละสภาพแวดล้อมมีค่าคงที่ ดังภาพที่ 4 (ก) ทำให้เกิดเส้นคู่ขนานแสดงว่าไม่มีปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมเกิดขึ้น ความแตกต่างระหว่างลักษณะปรากฏเป็นผลจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างเท่านั้น ในรูปแบบการตอบสนองแบบนี้ทำให้นักปรับปรุงพันธุ์สามารถทดสอบพันธุ์และคัดเลือกในสภาพแวดล้อมเดียวได้จะทำให้ได้พันธุ์ที่มีลักษณะดีที่สุดเมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมอื่นด้วย

แบบที่ 2 พันธุ์ G_1 มีลักษณะดีเด่นกว่าพันธุ์ G_2 ในทุกสภาพแวดล้อม โดยที่ค่าของความแตกต่างระหว่างพันธุ์ในแต่ละสภาพแวดล้อมมีค่าไม่คงที่ ดังภาพที่ 4 (ข) แม้ว่าลำดับ (rank) การแสดงออกของลักษณะปรากฏไม่เปลี่ยนแปลง แต่ก็จัดว่ามีปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม ซึ่งอาจเรียกว่า noncrossover interaction

แบบที่ 3 พันธุ์ G_1 และพันธุ์ G_2 มีลักษณะดีเด่นแตกต่างกันในแต่ละสภาพแวดล้อม ทำให้เกิดเส้นตัดกัน ดังภาพที่ 4 (ค) เรียกปฏิสัมพันธ์แบบนี้ว่า crossover interaction แต่ค่าสมบูรณ์ของความแตกต่างของลักษณะปรากฏจะมีค่าคงที่

แบบที่ 4 พันธุ์ G_1 และพันธุ์ G_2 มีลักษณะดีเด่นแตกต่างกันในแต่ละสภาพแวดล้อม ทำให้เกิดเส้นตัดกันคล้ายแบบที่ 3 แต่ค่าสมบูรณ์ของความแตกต่างของลักษณะปรากฏจะมีค่าไม่คงที่สามารถเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม ดังภาพที่ 4 (ง) (บุบผา, 2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 รูปแบบการตอบสนองของพันธุกรรมต่อสภาพแวดล้อม แบบ (ก) ไม่แสดงปฏิกิริยาร่วม และแบบที่ (ข) (ค) และ (ง) มีปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม

การประเมินอิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม

ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมเป็นส่วนหนึ่งของความแปรปรวนทั้งหมดที่เกิดขึ้นซึ่งสามารถประเมินและทดสอบได้ด้วยวิธีการทางสถิติ ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมจะไม่มีเมื่อพืชแสดงออกเหมือนกันในทุกสภาพแวดล้อม ซึ่งทำให้ความแปรปรวนทั้งหมดเกิดจากความแตกต่างของพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมเท่านั้นสามารถเขียนเป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ของลักษณะที่แสดงออกได้ดังสมการที่ (2)

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + E_j + (GE)_{ij} + e_{ijk} \qquad ...(2)$$

เมื่อ Y_{ijk} คือ ค่าสังเกตซ้ำที่ k พันธุกรรมที่ i และสภาพแวดล้อมที่ j

μ คือ ค่าเฉลี่ย

G_i คือ อิทธิพลของพันธุกรรมที่ i

E_j คือ อิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่ j

$(GE)_{ij}$ คือ อิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมที่ i และสภาพแวดล้อมที่ j

e_{ijk} คือ ความคลาดเคลื่อนของซ้ำที่ k พันธุกรรมที่ i และสภาพแวดล้อมที่ j

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สามารถประเมินค่าความแปรปรวนที่เกิดจากปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมอย่างไม่มีอคติได้จาก Expected mean square (EMS) ของตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแผนการทดลองที่เหมาะสมและต้องทำการทดสอบหลายซ้ำ หลายจีโนไทป์ ในหลายพื้นที่หรือหลายปี หรือทั้งหลายท้องที่และหลายปี ความถูกต้องของ EMS ขึ้นอยู่กับโมเดลที่กำหนด เช่น random, fixed หรือ mixed กรณีของ Random model ทั้ง จีโนไทป์ และสภาพแวดล้อม (ท้องที่, ฤดูปลูก) ที่คัดเลือกมาใช้ในการทดลองแสดงถึงตัวอย่างสุ่มมาจากประชากร ขณะที่ Fixed model จีโนไทป์ไม่ได้สุ่มมาจากประชากร เช่น การทดสอบเฉพาะพันธุ์ลูกผสมหรือพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกที่ดีเด่นเท่านั้น หรือเลือกทดสอบในท้องที่ที่กำหนดโดยที่ท้องที่ดังกล่าวไม่ได้เกิดจากการสุ่มจากท้องที่เพาะปลูกทั่วไป นักปรับปรุงพันธุ์อาจกำหนดให้ท้องที่เป็นปัจจัยสุ่ม และเมื่อจีโนไทป์เป็นปัจจัยกำหนดแต่ละท้องที่และ/หรือฤดูปลูกเป็นปัจจัยสุ่ม หรือในทางตรงกันข้ามจัดเป็น mixed model ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 Expected mean square (EMS) และ F ratios ในแต่ละ statistic models

Source	MS	Fixed effects		Random effects		Mixed effects	
		EMS	F	EMS	F	EMS	F
Environment	M_1	$\sigma_e^2 + rg\frac{\sum_i e_j^2}{n-1}$	$\frac{M_1}{M_4}$	$\sigma_e^2 + r\sigma_{ge}^2 + rg\sigma_e^2$	$\frac{M_1}{M_3}$	$\sigma_e^2 + rg\sigma_e^2$	$\frac{M_1}{M_4}$
Genotype	M_2	$\sigma_e^2 + rn\frac{\sum_i g_i^2}{n-1}$	$\frac{M_2}{M_4}$	$\sigma_e^2 + r\sigma_{ge}^2 + rn\sigma_e^2$	$\frac{M_2}{M_3}$	$\sigma_e^2 + r\sigma_{ge}^2 + \frac{rn\sigma_g^2}{g-1}$	$\frac{M_2}{M_4}$
Geno. × Env.	M_3	$\sigma_e^2 + rg\frac{\sum_i\sum_j (ge)_{ij}^2}{(g-1)(n-1)}$	$\frac{M_3}{M_4}$	$\sigma_e^2 + r\sigma_{ge}^2$	$\frac{M_3}{M_4}$	$\sigma_e^2 + r\sigma_{ge}^2$	$\frac{M_3}{M_4}$
Pools error	M_4	σ_e^2		σ_e^2		σ_e^2	

ที่มา: Chahal and Gosal (2002)

ในการทดสอบปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมนี้ในแต่ละสภาพแวดล้อมต้องทดสอบอย่างน้อย 2 ซ้ำ เพื่อประเมินค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการทดลอง (experimental error) สำหรับใช้ทดสอบอิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม การเพิ่มจำนวนซ้ำมากขึ้นจะทำให้ประเมินค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการทดลองได้ถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น ทั้งนี้ขึ้นกับความเหมาะสมของทรัพยากรที่มีอยู่ด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Bernardo (2002) ได้กล่าวถึงการจัดการกับปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม 3 วิธีด้วยกัน คือ

1. ไม่ให้ความสำคัญกับ G×E interaction (ignore it) วิธีนี้ต้องอยู่บนข้อกำหนดที่ว่ามีปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมเกิดขึ้น ค่าของ V_E และ V_{GE} ที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนนำมาใช้ประโยชน์ในการจัดการแปลงและจัดสรรทรัพยากรที่เหมาะสมเท่านั้น การคัดเลือกจีโนไทป์ที่ดีเด่นจะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของจีโนไทป์ของทุกสภาพแวดล้อม กล่าวคือจีโนไทป์ที่คัดเลือกจะมีค่าเฉลี่ยโดยรวมสูงกว่าจีโนไทป์อื่น ๆ ที่ทดสอบในหลายสภาพแวดล้อม แต่จีโนไทป์นั้นอาจไม่ใช่จีโนไทป์ที่ดีที่สุดในบางสภาพแวดล้อมก็ได้

2. ลดความแปรปรวนเนื่องจาก G×E interaction ลง (reduce it) โดยแบ่งสภาพแวดล้อมที่ทดสอบเป็นกลุ่มย่อยที่มีความคล้ายคลึงกันหรือมีความแตกต่างระหว่างสภาพแวดล้อมน้อยลง เช่น การจัดแบ่งกลุ่มตามชนิดดิน อุณหภูมิและรูปแบบของฝน ช่วงแสงและความเครียดที่เกิดจากทั้งปัจจัยที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต (biotic and abiotic stress) เป็นต้น คัดเลือกพันธุ์ดีเด่นจากแต่ละกลุ่มของสภาพแวดล้อมย่อย ซึ่งวิธีทางสถิติที่สามารถช่วยในการแบ่งกลุ่มสภาพแวดล้อมให้มีลักษณะ homogeneous มากขึ้น ได้แก่ Cluster analysis และ Principal component analysis (PCA)

3. ใช้ประโยชน์จาก G×E interaction (exploit it) วิธีนี้ใช้แยกจีโนไทป์ที่ดีที่สุดสำหรับสภาพแวดล้อมที่จำเพาะ กล่าวคือ ให้ลักษณะดีเมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่จำเพาะเท่านั้น โดยทั่วไปอาจใช้วิธี stability analysis และ multiplicative models

สหสัมพันธ์ปรากฏ

ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) เป็นสถิติที่ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปร โดยหาว่าตัวแปรดังกล่าวนั้นมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และมีขนาดหรือระดับของความสัมพันธ์มากน้อยเพียงใด ซึ่งขนาดหรือระดับของความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัว ดังกล่าว เรียกชื่อเฉพาะว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (pearson product moment correlation) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3) (ไพศาล, 2526)

$$r_{xy} = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x^2)][n\sum y^2 - (\sum y^2)]}} \quad ...(3)$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อ r_{xy} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร x กับ y

n คือ จำนวนคู่ของข้อมูล

ทิศทางของความสัมพันธ์ (Direction of the Relationship)

ในการหาลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้นเราสามารถสร้างแผนภาพกระจัดกระจาย (Scattertplot) เพื่อดูทิศทางของความสัมพันธ์ได้ โดยมีลักษณะความสัมพันธ์ 3 แบบ คือ

1. สหสัมพันธ์ทางบวก (Positive correlations) โดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าเป็นบวก ซึ่งหมายความว่าเมื่อตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มหรือลดลงอีกตัวแปรหนึ่งก็จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปด้วย

2. สหสัมพันธ์ทางลบ (Negative correlations) โดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าเป็นลบ หมายถึงเมื่อตัวแปรตัวหนึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงอีกตัวหนึ่งจะมีค่าเพิ่มหรือลดลงตรงข้ามเสมอ

3. สหสัมพันธ์เป็นศูนย์ (Zero correlations) โดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าเป็นศูนย์ หมายถึงตัวแปรสองตัวไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Burrows and Moore (2002) ได้ศึกษาอิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมต่อลักษณะคุณภาพผลของราสเบอร์รี่ ศึกษาในราสเบอร์รี่สีแดงทั้งหมด 5 พันธุ์ ปัจจัยสภาพแวดล้อมแบ่งออกเป็นพื้นที่ศึกษา 3 พื้นที่และปี 2 ปี คือตั้งแต่ 1997-1998 บันทึกลักษณะคุณภาพผลทั้งหมด 13 ลักษณะ ทำให้สามารถแบ่งปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมออกเป็นปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและพื้นที่ศึกษา ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและปี และปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรม พื้นที่และปี พบว่าอิทธิพลของพันธุกรรมส่งผลต่อการแสดงออกของลักษณะ 10 ลักษณะ อิทธิพลของพื้นที่ส่งผลต่อ 6 ลักษณะ อิทธิพลของปีส่งผลต่อ 7 ลักษณะ อิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและพื้นที่ส่งผลต่อคุณภาพผลราสเบอร์รี่เพียงลักษณะเดียว อิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับปีส่งผลต่อ 4 ลักษณะ และอิทธิพลระหว่างปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรม พื้นที่และปีส่งผลต่อการแสดงออกของ 8 ลักษณะ ดังนั้นการทดสอบคุณภาพผลของราสเบอร์รี่ที่ดำเนินการในหลายพื้นที่จึงสำคัญน้อยกว่าการทดสอบหลายปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Moore *et al.* (2002) ได้ศึกษาอิทธิพลของพันธุกรรม สภาพแวดล้อมและปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมต่อชนิดและปริมาณสารหอมระเหย (aroma volatiles compound) จากผลราสเบอร์รี่แดง ณ พื้นที่ติดมหาสมุทรแปซิฟิคด้านตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนนาดา โดยสามารถแบ่งสภาพแวดล้อมออกเป็น 3 พื้นที่ปลูก จำนวน 2 ปี จากสารหอมระเหยทั้ง 29 ชนิด สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ aldehydes, esters, ketones และ terpenes พบว่าปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมส่งผลต่อสารหอมระเหย 15 ชนิดในปี 1997 และส่งผลต่อสารหอมระเหย 13 ชนิดในปี 1998 อีกทั้งยังพบว่าปริมาณสารหอมระเหยทั้งหมดในปี 1998 มากกว่าปริมาณสารหอมระเหยในปี 1997 ถึง 2 เท่า ซึ่งเกิดเนื่องจากความแตกต่างของสภาพแวดล้อมของทั้ง 2 ปี เมื่อทดสอบอิทธิพลของพันธุกรรม พื้นที่ปลูก ปี ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและพื้นที่ปลูก ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและปี และปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรม พื้นที่ปลูกและปี ในราสเบอร์รี่จำนวน 5 พันธุ์เป็นเวลา 2 ปี ณ Puyallup และภูเขา Vernon พบว่าอิทธิพลของปีส่งผลต่อปริมาณสารหอมระเหย 31 ชนิดจากทั้งหมด 34 ชนิด ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและปี และปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรม พื้นที่ปลูกและปีส่งผลต่อปริมาณสารหอมระเหย 22 ชนิด ส่วนปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและพื้นที่ปลูกส่งผลต่อปริมาณสารหอมระเหย 11 ชนิด เนื่องจากพบว่าอิทธิพลของปี ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและปี และปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรม พื้นที่ปลูกและปี ส่งผลต่อปริมาณสารหอมระเหยจำนวนมากทำให้เป็นเครื่องบ่งชี้ว่าปีเป็นแหล่งของความแปรปรวนที่สำคัญ พันธุ์ของราสเบอร์รี่แต่ละพันธุ์จะแสดงออกถึงปริมาณสารหอมระเหยไม่เหมือนกันในแต่ละปี ดังนั้นการเพิ่มจำนวนปีที่ใช้ในการทดสอบจึงน่าจะมีความสำคัญมากกว่าการทดสอบหลายพื้นที่ในปีเดียว

Conner *et al.* (2005) ได้ศึกษาความแปรปรวนของพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม (พื้นที่ปลูกและปี) ของปริมาณสารกลุ่ม anthocyanins ปริมาณวิตามินซีและน้ำหนักผลและหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารกลุ่ม anthocyanins กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในแบลคเบอร์รี่และเบอร์รี่ลูกผสม พบว่าปริมาณสารกลุ่ม anthocyanins มีความแปรปรวนอย่างมาก โดยความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของพันธุ์ส่งผลต่อปริมาณ anthocyanins ทั้งหมด คิดเป็น 40% ของความแปรปรวนทั้งหมด และปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรม พื้นที่ปลูกและปีมีอิทธิพลต่อปริมาณ anthocyanins ทั้งหมด คิดเป็น 39% ของความแปรปรวนทั้งหมด ความแปรปรวนที่เกิดจากพันธุกรรมของปริมาณ cyanidin 3-*o*-glucoside (63%) และ cyanidin 3-*o*-rutinoside (92%) มากกว่าความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของพันธุ์ของลักษณะปริมาณ anthocyanins ทั้งหมด ในขณะที่ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรม พื้นที่ปลูกและปีมีค่าน้อยกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(23% ในลักษณะปริมาณ cyanidin 3-*o*-glucoside และ 7% ในลักษณะ cyanidin 3-*o*-rutinoside) สำหรับปริมาณ cyanidin 3-*o*-sophoroside และ cyanidin 3- *o* –(2^{G}-glucosylrutinoside) มีความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของพันธุกรรม 64% และ 76% ตามลำดับ ส่วนความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรม พื้นที่ปลูกและปีมีค่า 18% และ 24% ตามลำดับ สำหรับปริมาณวิตามินซีไม่พบนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของพันธุกรรม (11%) ในทางกลับกันอิทธิพลของปี และอิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรม พื้นที่ปลูก และปีส่งผลอย่างมากต่อการแสดงออกของปริมาณวิตามินซี (22% และ 55% ตามลำดับ) เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏพบว่าลักษณะปริมาณวิตามินซีกับปริมาณ anthocyanins ทั้งหมดมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน (r = 0.63) แต่ความสัมพันธ์น้อยกว่าลักษณะปริมาณวิตามินซีกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (r = 0.97) และลักษณะน้ำหนักผลมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกับปริมาณ anthocyanins แต่ละชนิดและปริมาณวิตามินซี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างผลฝรั่ง

เก็บผลฝรั่งในระยะเก็บเกี่ยว (อายุประมาณ 16-17 สัปดาห์หลังดอกบาน) ในฝรั่ง 21 พันธุ์ โดยแบ่งเป็นกลุ่มตามสีเนื้อได้ 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มพันธุ์ที่มีเนื้อสีขาวจำนวน 9 พันธุ์ ได้แก่ ‘แป้นสีทอง’ ‘หวานพิรุณ’ ‘กิมจู’ ‘เย็นสอง’ ‘ไต้หวัน’ ‘Pearl’ ‘อินเดีย’ ‘Alla Habad Safeda’ และ ‘Indonesian Seedless’ กลุ่มพันธุ์ที่มีเนื้อสีชมพูจำนวน 7 พันธุ์ ได้แก่ ‘พจ.13-10’ ‘KU Guard#1’ ‘Gushiken Sweet’ ‘Poamoho Pink’ ‘Patillo’ ‘Holmberg’ และ ‘G097’ กลุ่มพันธุ์ที่มีเนื้อสีม่วงแดง จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ ‘แดง AK’ และ ‘แดงสยาม’ และกลุ่มพันธุ์ที่มีเนื้อสีครีมจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ ‘ทอนเทกลม’ ‘ดอยปุย’ และ ‘ขี้นกเมืองกาญน์’ จำนวน 12 ผลต่อพันธุ์ ในฤดูร้อน (เมษายน-พฤษภาคม 2553) ฤดูฝน (สิงหาคม-กันยายน 2553) และ ฤดูหนาว (ธันวาคม 2553-มกราคม 2554) ฤดูกาลละ 4 ผลต่อพันธุ์ โดยใช้สีผิวของผลเป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยว ได้แก่ ผิวผลสีเขียวอ่อน (ผลแข็ง) สำหรับกลุ่มพันธุ์ที่มีเนื้อสีขาว ผิวผลสีเหลือง (ผลนิ่มเล็กน้อย) สำหรับกลุ่มพันธุ์ที่มีเนื้อสีชมพูและสีครีม และผิวผลสีม่วงอ่อน (ผลแข็ง) สำหรับกลุ่มพันธุ์ที่มีเนื้อสีม่วงแดง

การบันทึกข้อมูล

บันทึกลักษณะคุณภาพผลฝรั่ง ดังนี้ น้ำหนักผล (fruit weight) สีผิว (skin color) สีเนื้อ (flesh color) ปริมาณกรด (titratable acidity; TA) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid; TSS) ปริมาณวิตามินซี (ascorbic acid content; AA) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolics content; TPH) ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (total flavonoids content; TFL) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity; AOA) และวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High performance liquid chromatography; HPLC) จำนวน 11 ชนิด ได้แก่ gallic acid, ellagic acid, ferulic acid, chlorogenic acid, quercetin, kaempferol, myricetin, catechin, epicatechin, apigenin และ cyanidin-3-glucoside (kuromanin) โดยมีวิธีการดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำหนักผล

ชั่งน้ำหนักผล (กรัม) โดยใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียด 0.01 กรัม (BA4100S, Sartorius Basic, Deutschland)

สีผิวและสีเนื้อ

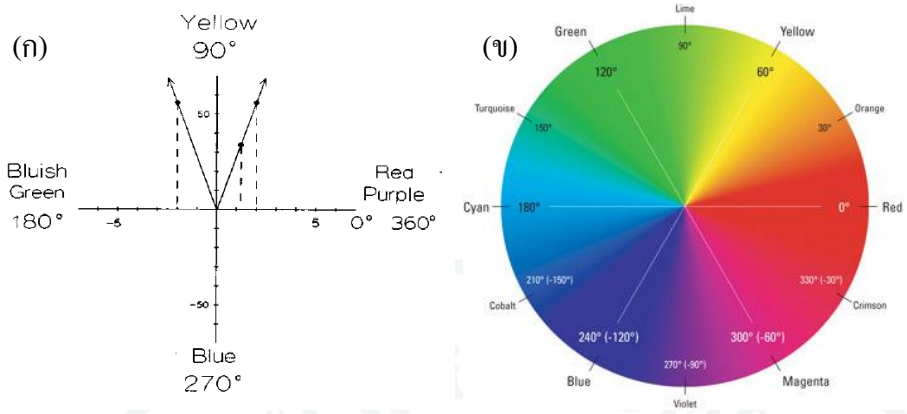
วัดสีผิวโดยใช้เครื่อง Color Reader รุ่น CR-10 (Minolta CO., LTD., Japan) โดยวัดที่ผิวผลฝรั่งจำนวน 2 จุดที่อยู่ตรงข้ามกัน และวัดสีเนื้อโดยผ่าครึ่งผลนำเครื่อง Color Reader มาวัดที่เนื้อฝรั่งทั้งสองด้าน บันทึกผลในหน่วย L a b จากนั้นนำค่าเฉลี่ย a b แปลงเป็นค่า Hue angle ตามวิธีการของ McGuire (1992) ดังนี้

ให้ $\text{Theta} = [(\tan^{-1}(b/a)/6.2832] \times 360$

เมื่อ	$a > 0$ และ $b \geq 0$	ดังนั้น	Hue angle = Theta
	$a < 0$ และ $b \geq 0$	ดังนั้น	Hue angle = 180 ± Theta
	$a < 0$ และ $b < 0$	ดังนั้น	Hue angle = 180 ± Theta
	$a > 0$ และ $b < 0$	ดังนั้น	Hue angle = 360 + Theta

ค่า Hue angle เป็นค่าแสดงสีของวัตถุที่สามารถอธิบายสีของวัตถุได้ดีกว่าแบ่งค่าสีแยกเป็นค่า a และ b โดยค่า Hue angle จะคำนวณค่า a และ b แบ่งเป็นมุมเมื่อค่า Hue angle เท่ากับ 0 หรือ 360 แสดงถึงวัตถุมีสีม่วง-แดง ค่า Hue angle เท่ากับ 90 แสดงว่าวัตถุมีสีเหลือง ค่า Hue angle เท่ากับ 180 แสดงว่าวัตถุมีสีเขียวและ ค่า Hue angle เท่ากับ 270 แสดงว่าวัตถุมีสีน้ำเงิน (ภาพที่ 5)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 การใช้ค่า a และ b คำนวณ (ก) แปลงเป็นค่า Hue angle แสดงถึงค่าสีต่าง ๆ (ข)
ที่มา: McGuire (1992) (ก), McClelland and Fuller (2005) (ข)

ปริมาณกรด

วิเคราะห์ปริมาณกรดโดยนำชิ้นส่วนตัวอย่างผลฝรั่งที่หั่นจากขั้วผลไปยังปลายผลมาคั้นน้ำ นำน้ำคั้นจากผลฝรั่งแต่ละผลปริมาตร 1 มิลลิลิตร นำไปไตเตรทด้วยเครื่องบิวเรต ดิจิตอล III และใช้สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล มีฟีนอฟธาลีนความเข้มข้น 1% เป็นอินดิเคเตอร์ (indicator) ไตเตรทจนได้สารละลายเป็นสีชมพูอ่อน นำไปคำนวณปริมาณด่างที่ใช้เป็นร้อยละของปริมาณกรดดังสมการที่ (4)

$$TA\ (\%) = \frac{\text{N base} \times \text{มิลลิลิตรของ NaOH} \times \text{meq. Wt. กรดซิตริก}}{\text{มิลลิลิตรของน้ำคั้นที่ใช้}} \times 100 \qquad \ldots(4)$$

เมื่อ N base คือ Normality ของสารละลายด่างมาตรฐาน NaOH
มิลลิลิตรของ NaOH คือ จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายด่างที่ใช้ไตเตรท
meq. Wt. กรดซิตริก มีค่าเท่ากับ 0.06404

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด

วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด โดยนำชิ้นส่วนตัวอย่างผลฝรั่งที่หั่นจากขั้วผลไปยังปลายผลมาคั้นน้ำ นำน้ำคั้นจากผลฝรั่งหยดลงบน Pocket Refractometer รุ่น PAL-1 (Atago, Japan) บันทึกผลเป็นเปอร์เซ็นต์บริกซ์ (%Brix)

การเตรียมตัวอย่างสารสกัด

เตรียมตัวอย่างสารสกัดจากผลฝรั่งด้วยวิธี methanol extract analysis เพื่อนำสารสกัดที่ได้มาวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดและการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยวิธี HPLC ตามวิธีการของ Swain and Hillis (1959) ซึ่งดัดแปลงโดย Thaipong *et al.* (2006) ดังนี้ นำเนื้อผล 3 กรัม ผสมกับ absolute methanol ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้ Ultra-Turrax homogenizer (T25, Ika Works Inc, U.S.A.) นำไปหมุนเหวี่ยงโดยใช้ vacuum micro centrifuge (J2-HS, Beckman Instruments Inc., U.S.A.) ความเร็ว 15,000 rpm ที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ดูดสารละลายส่วนใสเก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

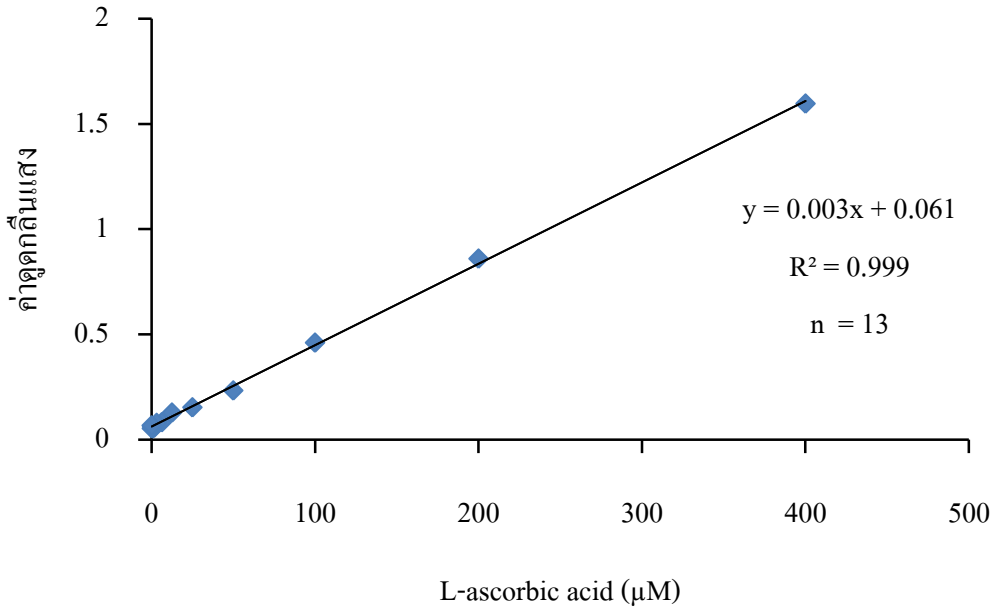
เตรียมตัวอย่างสารสกัดจากผลฝรั่งสำหรับวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี ด้วยการนำเนื้อฝรั่ง 3 กรัม ปั่นรวมกับสารละลาย 20 มิลลิลิตรที่มี oxalic acid 3% (v/v) และ gracial acetic acid 8% (v/v) ด้วยเครื่อง Ultra-Turrax homogenizer นำไปหมุนเหวี่ยงให้ตกตะกอนโดยใช้ vacuum micro centrifuge ความเร็ว 15,000 rpm ที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ดูดสารละลายส่วนใสไปวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีต่อไป

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Ferric-reducing antioxidant power (FRAP) assay (Benzie and Strain, 1996) ดัดแปลงโดย Thaipong *et al.* (2006) ดังนี้ เตรียม stock solution ประกอบด้วย 300 mM acetate buffer (3.1 กรัม $C_2H_3NaO_2 \cdot 3H_2O$ และ 16 มิลลิลิตร $C_2H_4O_2$) ปรับให้ค่า pH เท่ากับ 3.6 ต่อมาเตรียมสารละลาย 10 mM TPTZ (2, 4, 6-tripyridyl-s-triazine) ใน 40 mM HCl และสารละลาย 20 mM $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ เตรียม working solution ใช้ acetate buffer ปริมาตร 25

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มิลลิลิตร สารละลาย TPTZ ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และ สารละลาย $FeCl_3.6H_2O$ ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสโดยใช้ incubator (polar 1000C, Contherm, New Zealand) เริ่มการวิเคราะห์โดยใช้สารสกัดจากผลฝรั่งปริมาตร 150 ไมโครลิตร ทำปฏิกิริยากับสารละลาย FRAP ปริมาตร 2850 ไมโครลิตร ในที่มืดเป็นเวลา 60 นาที นำไปวัดสารสี (ferrous tripyridyltriazine complex) ที่เกิดขึ้นโดยใช้ spectrophotometer (Spectronic 20 Genesys, Spectronic Instruments, U.S.A.) ที่ความยาวคลื่น 593 nm เตรียมกราฟมาตรฐานโดยใช้ ascorbic acid และต้องเจือจางตัวอย่างถ้าค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ออกนอกกราฟมาตรฐาน คำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน (ภาพที่ 6) ในหน่วย ไมโครโมลวิตามินซีต่อกรัมน้ำหนักสด [µMol ascorbic acid equivalents (AAE)/g fresh weight (FW)]



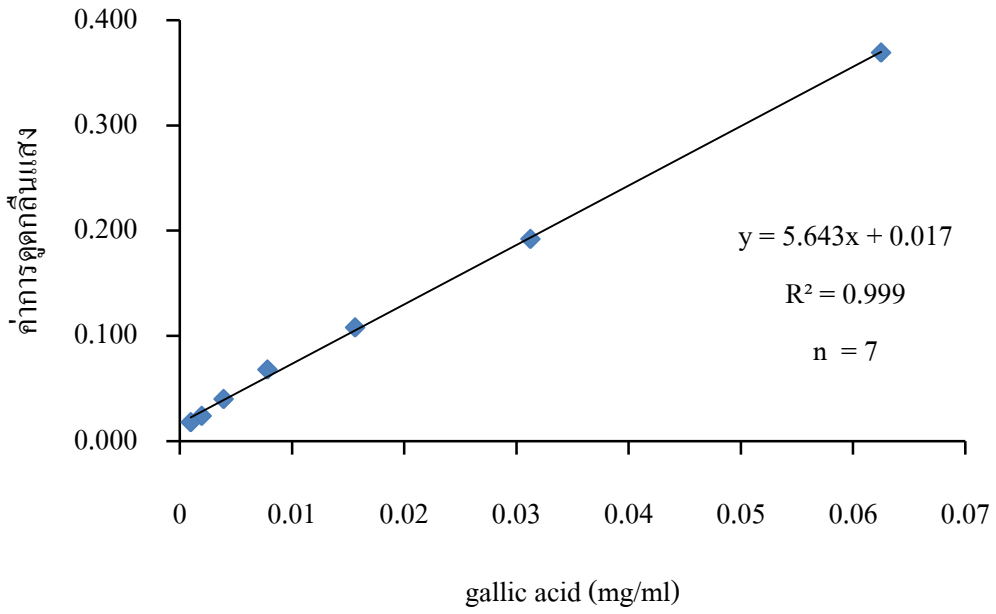
ภาพที่ 6 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ด้วย spectrophotometer

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดโดยใช้ Folin-Ciocalteu method (Swain and Hillis, 1959) ดัดแปลงโดย Thaipong *et al.* (2006) ดังนี้ รวมสารสกัดจากผลฝรั่งปริมาตร 150 ไมโครลิตร น้ำกลั่นปริมาตร 2400 ไมโครลิตร และ 0.25 N Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้ Vortex (Vortex-2 genie, U.S.A.) ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยา 3 นาที ต่อจากนั้นเติม 1 N Na_2CO_3 ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้ Vortex นำสารละลายไว้ในที่มืด ที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยนำสารผสมมาเขย่าโดยใช้ Vortex ทุก 30 นาที นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 nm โดยใช้เครื่อง spectrophotometer คำนวณปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid (ภาพที่ 7) ในหน่วย มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด [mg gallic acid equivalents (GAE)/100 g FW] โดยต้องเจือจางตัวอย่างถ้าค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ออกนอกกราฟมาตรฐาน



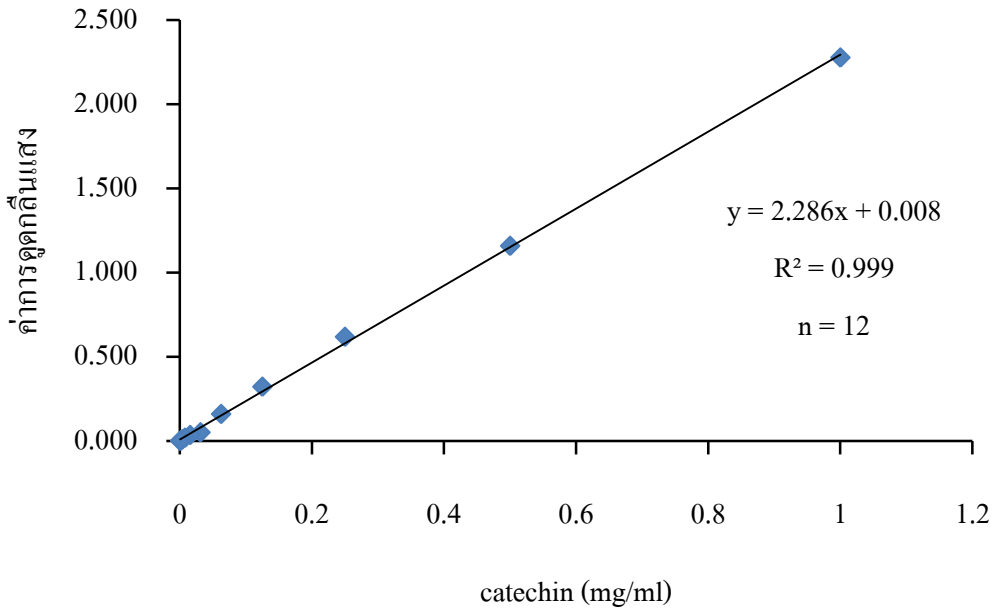
ภาพที่ 7 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดที่วิเคราะห์ด้วย spectrophotometer

การวิเคราะห์สารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดโดยใช้ colorimetric assay ซึ่งพัฒนาโดย Zhishen *et al.* (1999) ดังนี้ เติมสารสกัดจากฝรั่งปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงใน dH_2O ปริมาตร 4 มิลลิลิตร หลังจากทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยา 5 นาที เติม 0.3 มิลลิลิตรของ 5% $NaNO_2$ และ 0.3 มิลลิลิตรของ 10% $AlCl_3$ ทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยา 6 นาที หลังจากนั้นเติม 2 มิลลิลิตรของ 1 M NaOH ปรับปริมาตรให้เท่ากับ 10 มิลลิลิตรด้วย dH_2O นำสารละลายสีชมพูไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 nm โดยใช้เครื่อง spectrophotometer คำนวณปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของ catechin (ภาพที่ 8) ในหน่วย มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด [mg

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

catechin equivalents (CE)/100 g FW] โดยต้องเจือจางตัวอย่างถ้าค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ออกนอกกราฟมาตรฐาน



ภาพที่ 8 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่วิเคราะห์ด้วย spectrophotometer

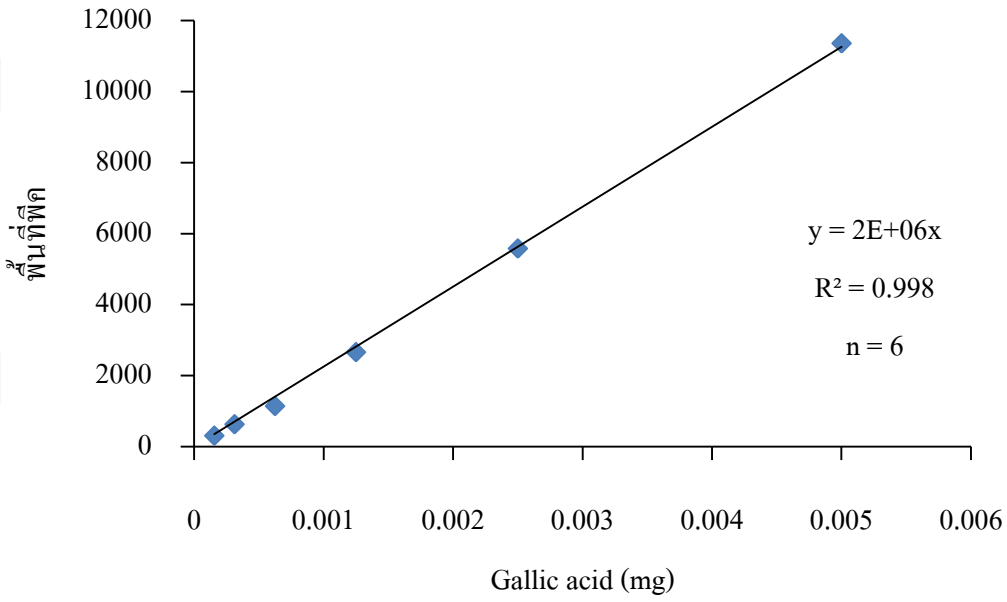
การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกโดยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High performance liquid chromatography; HPLC) จำนวน 11 ชนิด ได้แก่ กลุ่ม Phenolic acid ได้แก่ Hydroxybenzoic acid (gallic acid และ ellagic acid) และ Hydroxycinnamic acid (ferulic acid และ chlorogenic acid) และกลุ่ม Flavonoid ได้แก่ Flavonol (quercetin, kaempferol และ myricetin), Flavan-3-ols (catechin และ epicatechin), Flavone (apigenin) และ Anthocyanins (cyanidin-3-glucoside) ดังนี้

วิเคราะห์ปริมาณสาร gallic acid, catechin, ellagic acid และ quercetin โดยดัดแปลงจากวิธีของ Samee and Vorarat (2007) ดังนี้ ใช้ระบบ HPLC (Agilent 1100 Series, Agilent Technologies, Germany), C18 column (BETASIL C18: 220 mm × 4.6 mm, ThermoHypersil-Keystone, U.S.A.) และ guard column (UNIGUARD, Thermo Electron Corporation, U.S.A.) ก่อนฉีดสารสกัด

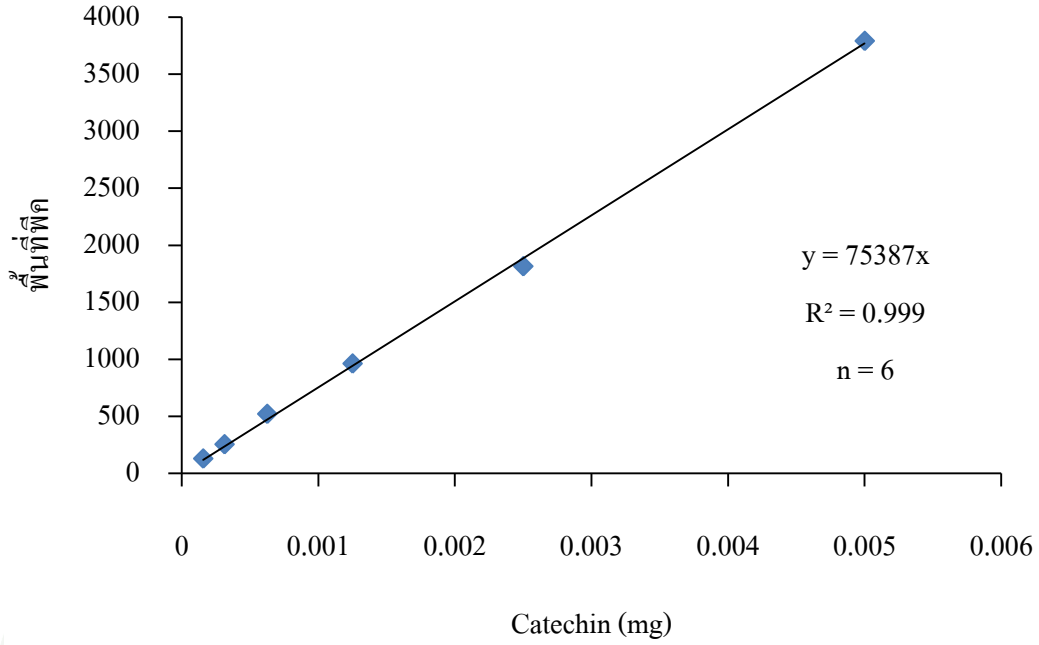
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาตร 10 µl เข้าระบบต้องกรองด้วย 0.45 µm nylon membrane filter เฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) ใช้ water : acetic acid (25:1) (v/v) เป็นสารละลาย A และ methanol เป็นสารละลาย B ตั้งโปรแกรมการไหลดังนี้ 0 นาที 90% A และ 10% B, 4 นาที 18% A และ 82% B ใช้อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที ใช้เวลาทั้งหมด 10 นาที ตรวจวัดด้วย uv-detector ที่ความยาวคลื่น 280 nm อุณหภูมิ column ที่ 25 องศาเซลเซียส โดย gallic acid มี retention time (R_t) = 4.25 นาที catechin มี R_t = 5.31 นาที ellagic acid มี R_t = 6.86 นาทีและ quercetin มี R_t = 7.55 นาที (ภาพผนวกที่ 1) คำนวณปริมาณ gallic acid, catechin, ellagic acid และ quercetin โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานดังภาพที่ 9, 10, 11 และ 12 ตามลำดับ มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด [mg/100 g FW]

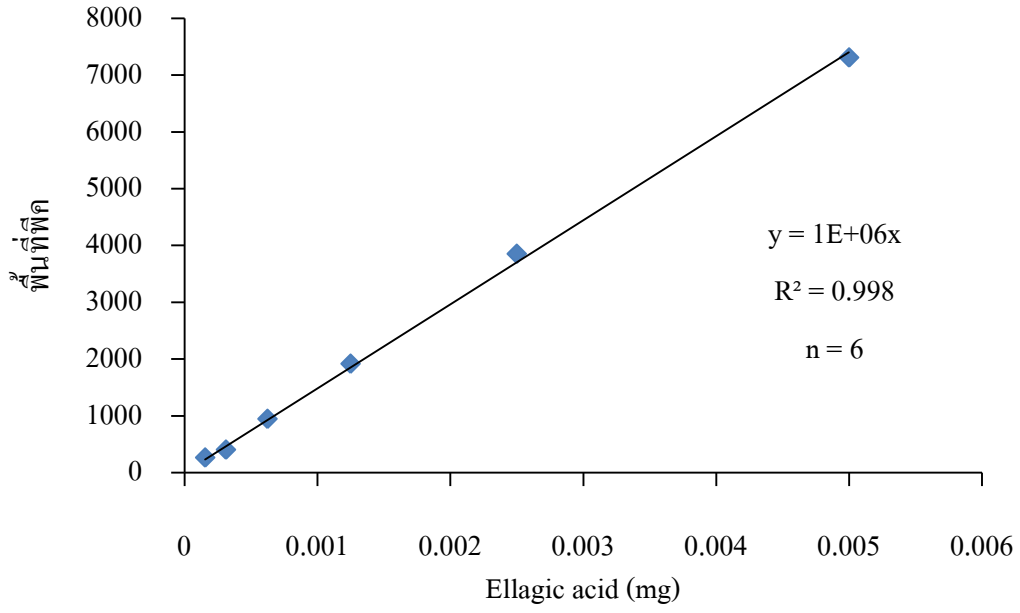


ภาพที่ 9 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ gallic acid ที่วัดด้วย HPLC

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

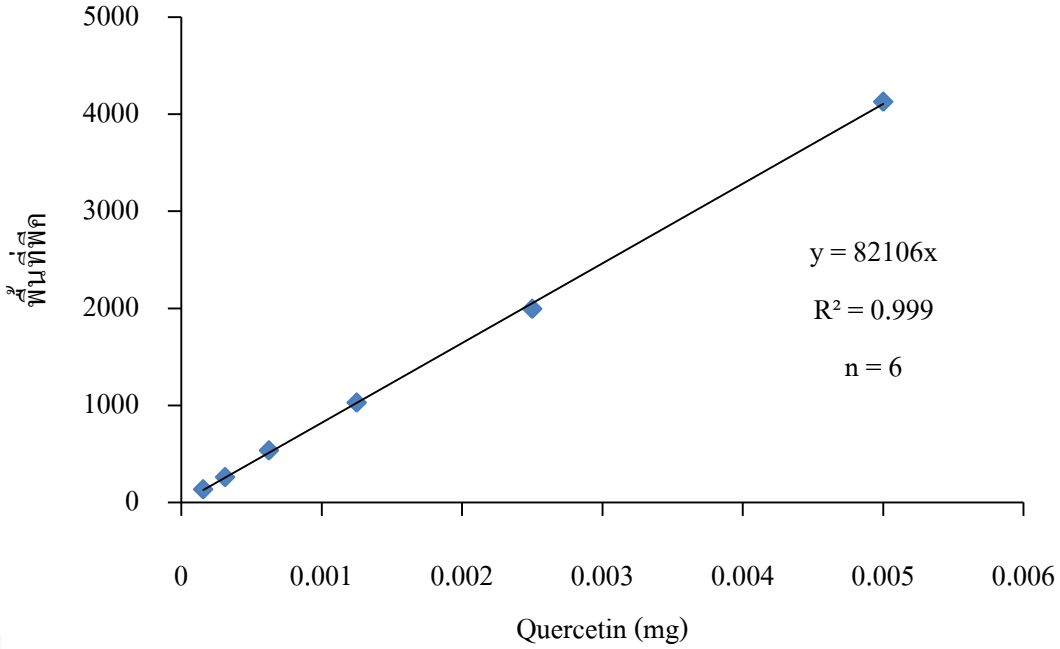


ภาพที่ 10 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ catechin ที่วัดด้วย HPLC



ภาพที่ 11 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ ellagic acid ที่วัดด้วย HPLC

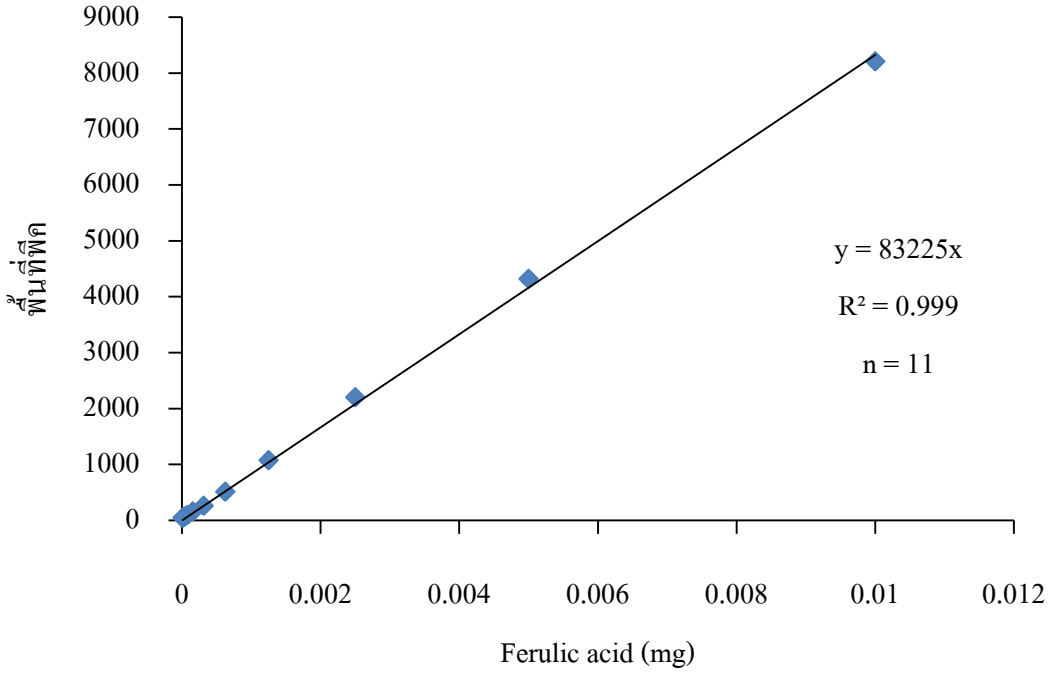
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



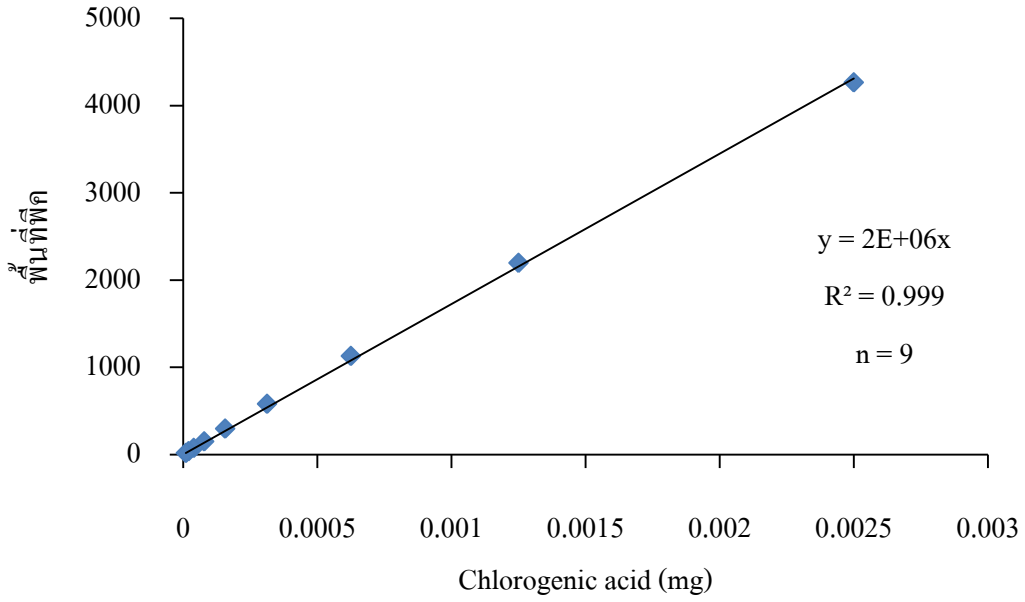
ภาพที่ 12 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ quercetin ที่วัดด้วย HPLC

วิเคราะห์ปริมาณสาร ferulic acid และ chlorogenic acid โดยดัดแปลงจากวิธีของ Bubenchikova and Drozdova (2004) ดังนี้ ใช้ระบบ HPLC, C18 column และ guard column ก่อนฉีดสารสกัดปริมาตร 10 µl เข้าระบบต้องกรองด้วย 0.45 µm nylon membrane filter เฟสเคลื่อนที่ใช้ water : acetic acid : methanol (600 : 5 : 400) (v/v/v) ใช้อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที ใช้เวลาทั้งหมด 11 นาที ตรวจวัดด้วย uv-detector ที่ความยาวคลื่น 254 nm ตั้งอุณหภูมิ column ที่ 28 องศาเซลเซียส โดย chlorogenic acid มี R_t = 3.78 นาที และ ferulic acid มี R_t = 10.14 นาที (ภาพผนวกที่ 2) คำนวณปริมาณ ferulic acid และ chlorogenic acid โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน ดังภาพที่ 13 และ 14 ตามลำดับ มีหน่วยเป็น mg/100 g FW

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



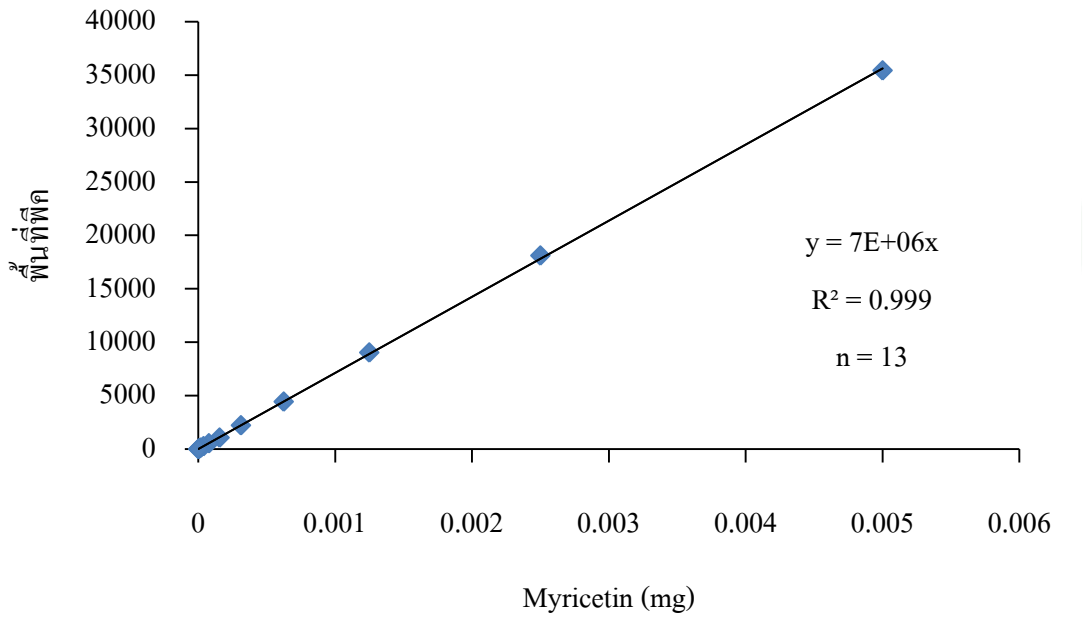
ภาพที่ 13 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ ferulic acid ที่วัดด้วย HPLC



ภาพที่ 14 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ chlorogenic acid ที่วัดด้วย HPLC

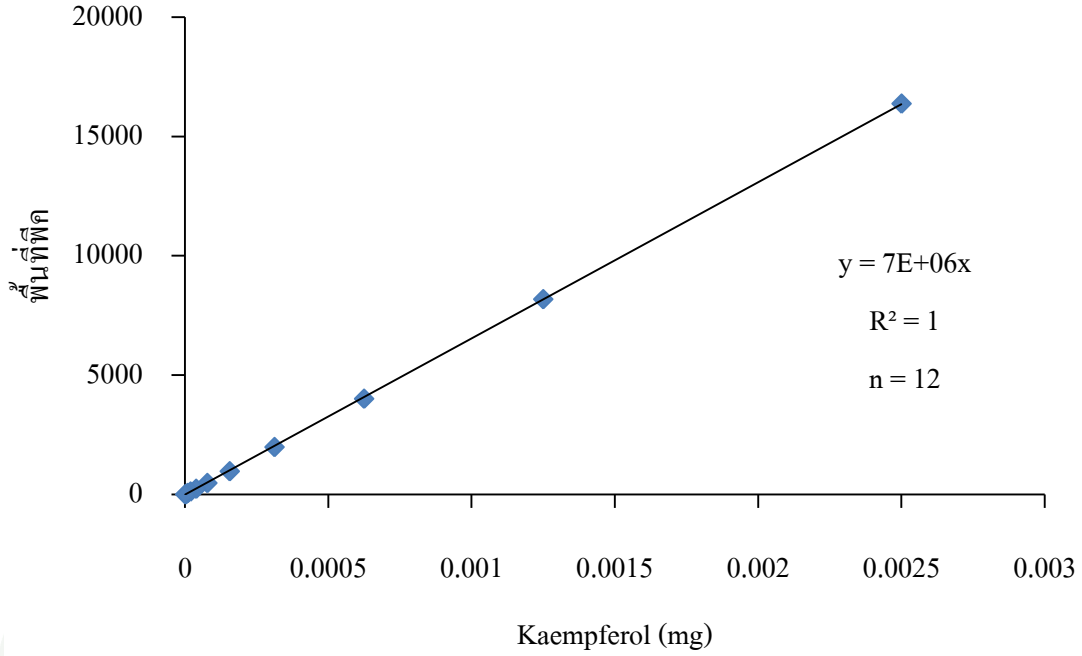
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิเคราะห์ปริมาณสาร myricetin, kaempferol และ apigenin โดยดัดแปลงจากวิธีของ Rodríguez-Bernaldo de Quirós *et al.* (2009) ดังนี้ ใช้ระบบ HPLC, C18 column และ guard column ก่อนฉีดสารสกัดปริมาตร 20 µl เข้าระบบต้องกรองด้วย 0.45 µm nylon membrane filter เฟสเคลื่อนที่ใช้ water : acetic acid : methanol (67 : 32 : 1) (v/v/v) เป็นสารละลาย A และ methanol เป็นสารละลาย B ตั้งโปรแกรมการไหล 10% A และ 90% B ใช้อัตราการไหล 0.8 มิลลิลิตรต่อนาที ใช้เวลาทั้งหมด 6 นาที ตรวจวัดด้วย uv-detector ที่ความยาวคลื่น 360 nm ตั้งอุณหภูมิ column ที่ 30 องศาเซลเซียส โดย myricetin มี R_t = 3.02 นาที kaempferol มี R_t = 3.53 นาที และ apigenin มี R_t = 3.70 นาที (ภาพผนวกที่ 3) คำนวณปริมาณ myricetin, kaempferol และ apigenin โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานดังภาพที่ 15, 16 และ 17 ตามลำดับ มีหน่วยเป็น mg/100 g FW

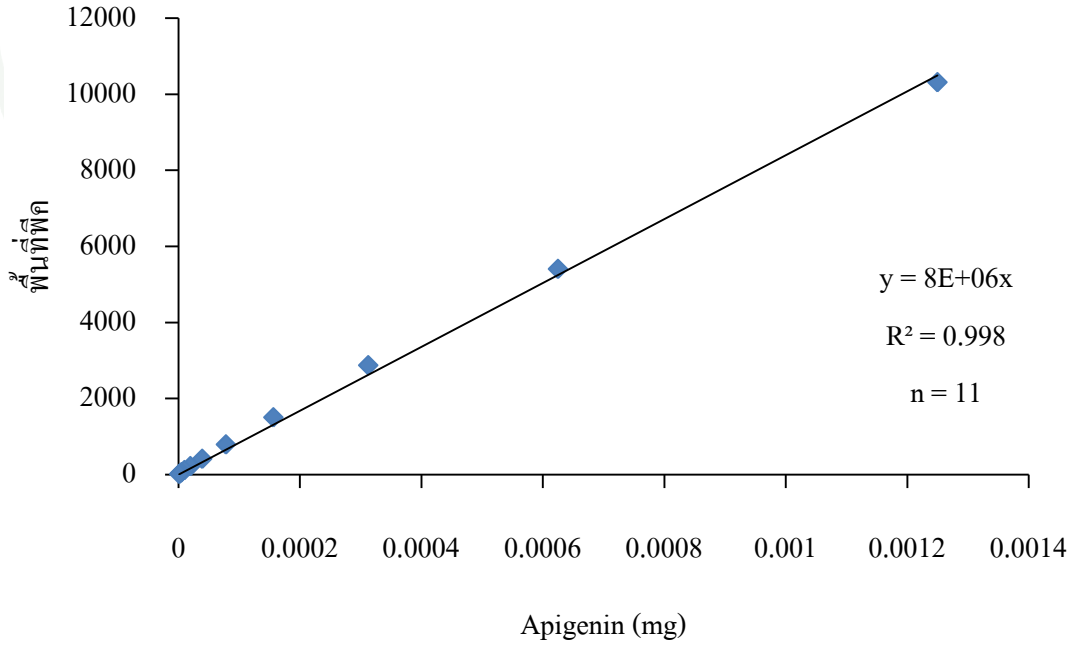


ภาพที่ 15 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ myricetin ที่วัดด้วย HPLC

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



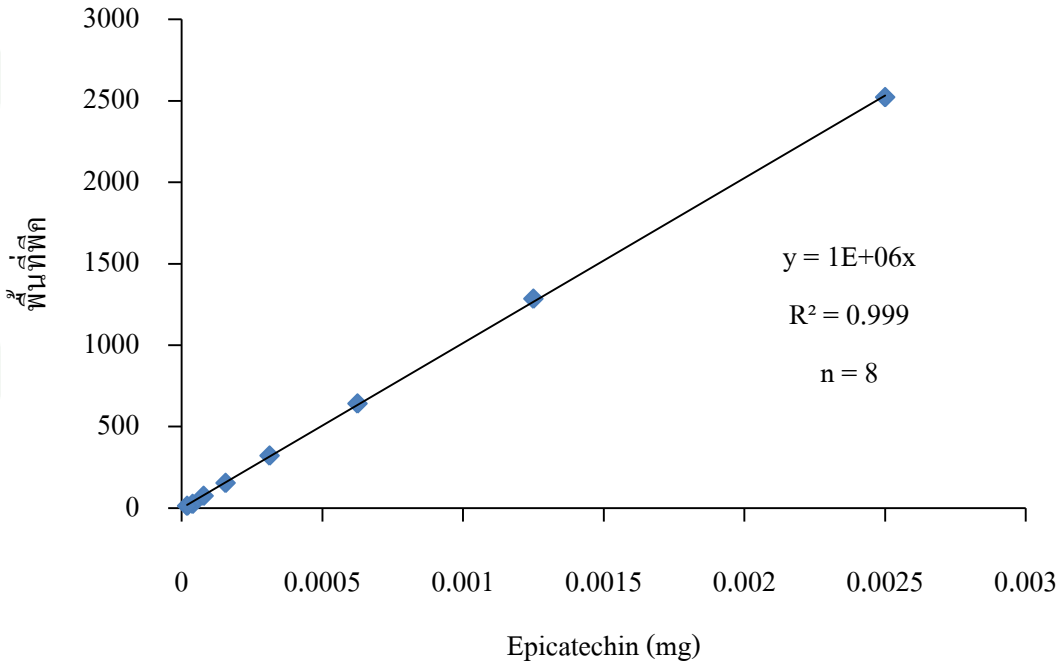
ภาพที่ 16 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ kaempferol ที่วัดด้วย HPLC



ภาพที่ 17 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ apigenin ที่วัดด้วย HPLC

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิเคราะห์ปริมาณสาร epicatechin โดยดัดแปลงจากวิธีของ Rodríguez-Bernaldo de Quirós *et al.* (2009) ดังนี้ ใช้ระบบ HPLC, C18 column และ guard column ก่อนฉีดสารสกัดปริมาตร 20 µl เข้าระบบต้องกรองด้วย 0.45 µm nylon membrane filter เฟสเคลื่อนที่ใช้ water : methanol : acetic acid (67 : 32 : 1) (v/v/v) เป็นสารละลาย A และ water : acetic acid (99 : 1) (v/v) เป็นสารละลาย B ตั้งโปรแกรมการไหลดังนี้ 0 นาที 20% A และ 80% B, 4 นาที 30% A และ 70% B, 8 นาที 40% A และ 60% B และ 12 นาที 65% A และ 35% B ใช้อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที ใช้เวลาทั้งหมด 16 นาที ตรวจวัดด้วย uv-detector ที่ความยาวคลื่น 280 nm ตั้งอุณหภูมิ column ที่ 28 องศาเซลเซียส โดย epicatechin มี R_t = 14.26 นาที (ภาพผนวกที่ 4) คำนวณปริมาณ epicatechin [mg/100 g FW] โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน (ภาพที่ 18)

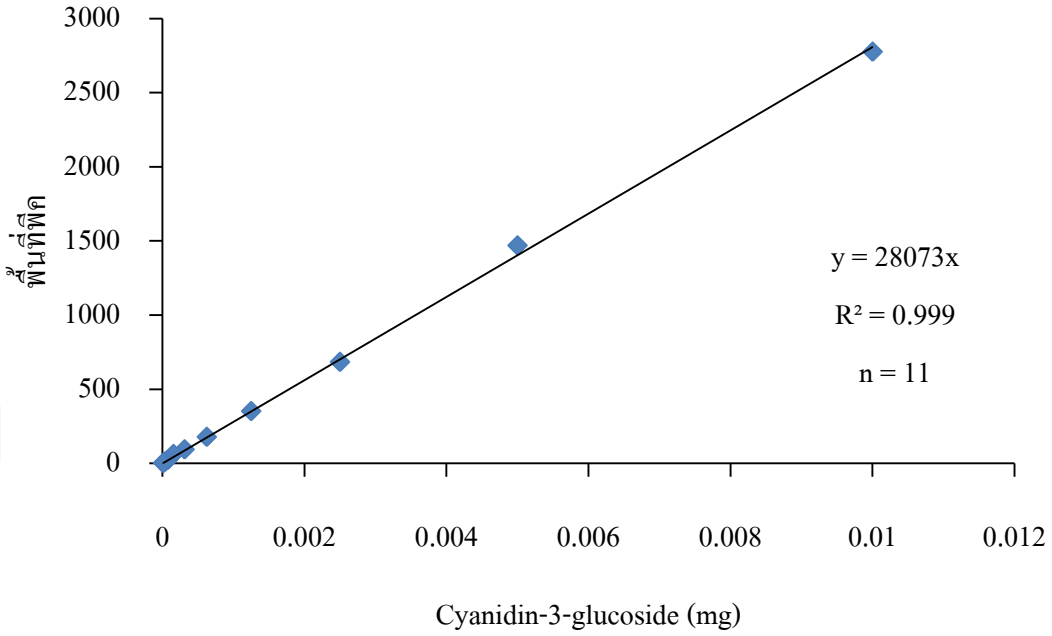


ภาพที่ 18 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ epicatechin ที่วัดด้วย HPLC

วิเคราะห์ปริมาณสาร cyanidin-3-glucoside โดยดัดแปลงจากวิธีของ Cooke *et al.* (2006) ดังนี้ ใช้ระบบ HPLC, C18 column และ guard column ก่อนฉีดสารสกัดปริมาตร 10 µl เข้าระบบต้องกรองด้วย 0.45 µm nylon membrane filter เฟสเคลื่อนที่ใช้ water : acetic acid (99:1) (v/v) เป็นสารละลาย A และ methanol เป็นสารละลาย B ตั้งโปรแกรมการไหล 90% A และ 10% B ใช้อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที ใช้เวลาทั้งหมด 10 นาที ตรวจวัดด้วย uv-detector ที่ความยาวคลื่น 520

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

nm ตั้งอุณหภูมิ column ที่ 40 องศาเซลเซียส โดย cyanidin-3-glucoside มี R_t = 7.72 นาที (ภาพผนวกที่ 5) คำนวณปริมาณ cyanidin-3-glucoside [mg/100 g FW] โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ cyanidin-3-glucoside ที่วัดด้วย HPLC

การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดยใช้วิธี 2 , 6-dichlorophenolindophenol titration method (AOAC, 1990) โดยนำสารสกัดจากฝรั่งปริมาณ 2 มิลลิลิตร ใส่ใน flask ที่มี oxalic acid 3% (v/v) และ gracial acetic acid 8% (v/v) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร นำไปไตเตรทกับสารละลาย 2,6-dichlorophenolIndophenol จนกระทั่งสารละลายมีสีชมพูอ่อน คำนวณปริมาณ ascorbic acid เทียบกับ L-ascorbic acid ซึ่งใช้เป็นสารละลายมาตรฐาน (1 mg/ml) แสดงผลในหน่วยมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด [mg/100 g FW]

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

1. ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม

นำข้อมูลจากการทดลองในแต่ละฤดูกาลของลักษณะต่าง ๆ มาวิเคราะห์ตามรูปแบบทางสถิติของ completely randomized design (CRD) ซึ่งจัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล มีรูปแบบสถิติ (statiatical model) ดังสมการที่ (5)

$$Y_{k(ij)} = \mu + G_i + S_j + (GS)_{ij} + e_{k(ij)} \quad \ldots(5)$$

เมื่อ $Y_{k(ij)}$ = ค่าสังเกตของซ้ำที่ k พันธุกรรมที่ i ฤดูกาลที่ j

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมด

G_i = อิทธิพลของพันธุกรรมที่ i, i = 1, 2, …, g เมื่อ g = 21

S_j = อิทธิพลของฤดูกาลที่ j, j = 1, 2, …, s เมื่อ s = 3

$(GS)_{ij}$ = ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมที่ i และฤดูกาลที่ j

$e_{k(ij)}$ = ค่าความคลาดเคลื่อนของซ้ำที่ k พันธุกรรมที่ i ฤดูกาลที่ j เมื่อ n = 4

กำหนดให้พันธุกรรมและฤดูกาลเป็นปัจจัยแบบสุ่ม (random effect)

ทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลที่เกิดจากพันธุกรรม ฤดูกาล และปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาลของลักษณะคุณภาพผลฝรั่ง โดยใช้โปรแกรม SAS (SAS Institute, Cary, N.C.) ด้วยวิธี General Linear Model (PROC GLM) สามารถจำแนกองค์ประกอบความแปรปรวนออกเป็น อิทธิพลของพันธุกรรม อิทธิพลของฤดูกาล และอิทธิของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาล ดังตารางที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของลักษณะคุณภาพผลฝรั่งจากรูปแบบทางสถิติของสมการที่ (5) เมื่อประเมินจากฝรั่ง g พันธุ์ จำนวน k ผลต่อพันธุ์ ใน s ฤดูกาล

Source of Variation	d.f.	SS	MS	EMS	F-test
Genotype (G)	(g-1)	SS_1	MS_1	$\sigma^2_e + k\,\sigma^2_{GS} + ks\,\sigma^2_G$	MS_1 / MS_3
Season (S)	(s-1)	SS_2	MS_2	$\sigma^2_e + k\,\sigma^2_{GS} + kg\,\sigma^2_S$	MS_2 / MS_3
G × S	(g-1) (s-1)	SS_3	MS_3	$\sigma^2_e + k\,\sigma^2_{GS}$	MS_3 / MS_4
Error	(k-1) (gs)	SS_4	MS_4	σ^2_e	
Total	kgs-1				

หมายเหตุ g คือ จำนวนพันธุ์ s คือ จำนวนฤดูกาล และ k คือ จำนวนซ้ำ

2. ค่าองค์ประกอบความแปรปรวน

วิเคราะห์ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณวิตามินซีและคุณภาพผลฝรั่งตามรูปแบบสถิติ (statistical model) ของสมการที่ (5) โดยใช้โปรแกรม SAS (SAS Institute, Cary, N.C.) ด้วยวิธี PROC VARCOMP สามารถจำแนกองค์ประกอบความแปรปรวนออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้ 1) ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของพันธุกรรม (σ^2_G) 2) ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของฤดูกาล (σ^2_S) 3) ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาล (σ^2_{GS}) และ 4) ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของผลภายในพันธุ์ (σ^2_e) ดังตารางที่ 4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 องค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะต่าง ๆ จากรูปแบบทางสถิติของสมการที่ (5) โดยกำหนดให้ปัจจัยต่าง ๆ ในสมการเป็นปัจจัยแบบสุ่ม (random effect) เมื่อประเมินจากฝรั่ง 21 พันธุ์ จำนวน 4 ผลต่อพันธุ์ เป็นเวลา 3 ฤดูกาล

Source of variation	d.f.	MS	EMS
Genotype (G)	20	MS_1	$\sigma^2_e + 4\,\sigma^2_{GS} + 12\,\sigma^2_G$
Season (S)	2	MS_2	$\sigma^2_e + 4\,\sigma^2_{GS} + 84\,\sigma^2_S$
G × S	40	MS_3	$\sigma^2_e + 4\,\sigma^2_{GS}$
Error	189	MS_4	σ^2_e
Total	251		

3. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปรากฏ

วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปรากฏระหว่างลักษณะฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณวิตามินซีและคุณภาพผลฝรั่งโดยใช้โปรแกรม SAS ด้วยวิธี PROC CORR โดยลักษณะที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปรากฏเป็นบวก (positive correlation coefficient) แสดงว่าลักษณะมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันและลักษณะที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปรากฏเป็นลบ (negative correlation coefficient) แสดงว่าลักษณะมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณวิตามินซีและคุณภาพผลของฝรั่ง

1.1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผลฝรั่ง 21 พันธุ์ จาก 3 ฤดูกาล พบว่ามีค่าเฉลี่ย 11.02 ± 3.84 µMol AAE/g FW โดยพันธุ์ 'แดงสยาม' มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 17.13 ± 2.72 µMol AAE/g FW รองลงมาคือพันธุ์ 'KU Guard #1' (16.41 ± 1.70 µMol AAE/g FW) และ 'แดงอ่างขาง' (16.02 ± 3.06 µMol AAE/g FW) ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 1) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในฤดูฝน (12.478 ± 4.10 µMol AAE/g FW) ตามด้วยฤดูหนาว (11.68 ± 3.58 µMol AAE/g FW) และฤดูร้อน (8.89 ± 2.78 µMol AAE/g FW) เมื่อพิจารณาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผลฝรั่งแยกตามกลุ่มสีเนื้อแล้วพบว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงมีค่าสูงที่สุด คือ 16.6 ± 0.8 µMol AAE/g FW (ตารางที่ 5)

ฝรั่งจัดเป็นผลไม้ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระระดับกลางเมื่อเทียบกับผลไม้เขตร้อนอื่น ๆ โดย Thaipong and Thanutong (2011) รายงานฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผลไม้ดังนี้ มะเฟือง 23.3 µMol AAE/g FW มะขามสีทอง 19.3 µMol AAE/g FW ระกำ 13.9 µMol AAE/g FW หม่อน 13.3 µMol AAE/g FW กระท้อนปุยฝ้าย 13.2 µMol AAE/g FW มะไฟ 11.5 µMol AAE/g FW น้อยหน่าเพชรปากช่อง 10 µMol AAE/g FW ลำไยอีดอ 9.8 µMol AAE/g FW พุทราจัมโบ้ 9.6 µMol AAE/g FW ลิ้นจี่ 9.3 µMol AAE/g FW อโวกาโด 9 µMol AAE/g FW สละเนินวงศ์ 9 µMol AAE/g FW มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์4 8.7 µMol AAE/g FW ทุเรียนหมอนทอง 7.9 µMol AAE/g FW เงาะโรงเรียน 7.8 µMol AAE/g FW มะนาวแป้นรำไพ 7.6 µMol AAE/g FW มะละกอปลักไม้ลาย 7.4 µMol AAE/g FW ส้มโอทองดี 7.4 µMol AAE/g FW มะยม 7.0 µMol AAE/g FW มังคุด 6.5 µMol AAE/g FW แก้วมังกร 6.4 µMol AAE/g FW ชมพู่ทับทิมจันทร์ 6.2 µMol AAE/g FW ลองกอง 6.1 µMol AAE/g FW องุ่นไวท์มะละกา 6.0 µMol AAE/g FW สับปะรดปัตตาเวีย 5.6 µMol AAE/g FW ขนุน 5.5 µMol AAE/g FW กล้วยหอมทอง 5.3 µMol AAE/g FW แคนตาลูปซันเลดี้ 5.2 µMol AAE/g FW ลางสาด 4.7 µMol AAE/g FW แตงโมจินตรา 4.6 µMol AAE/g FW ส้มสายน้ำผึ้ง 4.3 µMol AAE/g FW และมะพร้าวน้ำหอม 4.2 µMol AAE/g FW

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระระหว่างฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าฝรั่งรับประทานสดพันธุ์การค้า ได้แก่ พันธุ์ ‘แป้นสีทอง’ (7.93 ± 0.62 µMol AAE/g FW) และ ‘กิมจู’ (8.70 ± 0.20 µMol AAE/g FW) มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของฝรั่ง 21 พันธุ์ (11.02 ± 3.84 µMol AAE/g FW) และมีค่าต่ำกว่าพันธุ์ ‘แดงสยาม’ (17.13 ± 2.72 µMol/g FW) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดอยู่ประมาณ 2 เท่า โดยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลฝรั่ง 21 พันธุ์มีค่าอยู่ระหว่าง 6.87-17.13 µMol AAE/g FW (ตารางผนวกที่ 1)

1.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในผลฝรั่ง 21 พันธุ์ จาก 3 ฤดูกาล พบว่ามีค่าเฉลี่ย 167.75 ± 46.51 mg GAE/100 g FW โดยพันธุ์ ‘แดงสยาม’ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 239.23 ± 27.00 mg GAE/100 g FW รองลงมาคือพันธุ์ ‘KU Guard #1’ (238.62 ± 30.18 mg GAE/100 g FW) และ ‘แดงอ่างขาง’ (235.09 ± 28.05 mg GAE/100 g FW) ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 2) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในฤดูหนาว (174.36 ± 50.23 mg GAE/100 g FW) ตามด้วยฤดูฝน (173.71 ± 50.44 mg GAE/100 g FW) และฤดูร้อน (155.17 ± 35.15 mg GAE/100 g FW) เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในผลฝรั่งแยกตามกลุ่มสีเนื้อแล้วพบว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงมีค่าสูงที่สุด คือ 237.2 ± 2.9 mg GAE/100 g FW (ตารางที่ 5)

ค่าเฉลี่ยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากฝรั่ง 21 พันธุ์ (167.75 ± 46.51 mg GAE/100 g FW) มีค่าอยู่ในช่วงที่เคยมีรายงานมา ดังนี้ 247.3 mg/100 g FW ในฝรั่งเนื้อสีขาว 126.4 mg/100 g FW ในฝรั่งเนื้อสีชมพู (Luximon-Ramma *et al.*, 2003) 138 mg/100 g FW ในฝรั่งมีเมล็ด 179 mg/100 g FW ในฝรั่งไร้เมล็ด (Lim *et al.*, 2007) 162-278 mg/100 g FW (Thaipong, 2007) 109 mg/100 g FW (Alothman *et al.*, 2009) โดย ฝรั่งจัดเป็นผลไม้ที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงเมื่อเทียบกับผลไม้เขตร้อนอื่น ๆ ดังนี้ มะเฟือง 14.3-131 mg/100 g FW (Luximon-Ramma *et al.*, 2003; Lim *et al.*, 2007; Barreto *et al.*, 2009) กล้วย 1.2-117.8 mg/100 g FW (Luximon-Ramma *et al.*, 2003; Lim *et al.*, 2007; Alothman *et al.*, 2009; Barreto *et al.*, 2009) ลางสาด 100 mg/100 g FW ส้ม 75 mg/100 g FW มังคุด 54 mg/100 g FW แก้วมังกร 21 mg/100 g FW (Lim *et al.*, 2007) สับปะรด 4.8-35.6 mg/100 g FW (Luximon-Ramma *et al.*, 2003; Alothman et al., 2009) ชมพู่ 3.2-35.0 mg/100 g FW มะกอก 10.5-33.0 mg/100 g FW มะละกอ 5.8-28 mg/100 g FW (Luximon-Ramma *et al.*, 2003; Lim *et al.*, 2007) ขนุน 34.1 mg/100 g FW (Barreto

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

et al., 2009) เสาวรส 5.7 mg/100 g FW มะม่วง 5.6 mg/100 g FW ลิ้นจี่ 2.9 mg/100 g FW อโวกาโด 2.4 mg/100 g FW และลำไย 1.5 mg/100 g FW (Luximon-Ramma *et al*., 2003)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดระหว่างฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ พบว่า ฝรั่งรับประทานสดพันธุ์การค้า ได้แก่ พันธุ์ 'แป้นสีทอง' (131.03 ± 4.31 mg GAE/100 g FW) และ 'กิมจู' (139.53 ± 14.48 mg GAE/100 g FW) มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของฝรั่ง 21 พันธุ์ (167.75 ± 46.51 mg GAE/100 g FW) และมีค่าต่ำกว่าพันธุ์ 'แดงสยาม' (239.23 ± 27.00 mg/100 g FW) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดอยู่ประมาณ 1.7 เท่า โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของฝรั่ง 21 พันธุ์มีค่าอยู่ระหว่าง 119.00-239.23 mg GAE/100 g FW (ตารางผนวกที่ 2)

1.3 ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในผลฝรั่ง 21 พันธุ์ จาก 3 ฤดูกาล พบว่ามีค่าเฉลี่ย 53.96 ± 19.35 mg CE/100 g FW โดยพันธุ์ 'Alla Habad Safeda' มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 75.61 ± 21.53 mg CE/100 g FW รองลงมาคือพันธุ์ 'ทอนเทกลม' (74.86 ± 16.08 mg CE/100 g FW) และ 'KU Guard #1' (75.61 ± 21.53 mg CE/100 g FW) ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 3) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในฤดูฝน (61.62 ± 19.83 mg CE/100 g FW) ตามด้วยฤดูร้อน (57.29 ± 18.72 mg CE/100 g FW) และฤดูหนาว (42.99 ± 14.04 mg CE/100 g FW) เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในผลฝรั่งแยกตามกลุ่มสีเนื้อแล้วพบว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงมีค่าสูงที่สุด คือ 64.4 ± 0.6 mg CE/100 g FW (ตารางที่ 5)

ค่าเฉลี่ยปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (53.96 ± 19.35 mg CE/100 g FW) จากฝรั่ง 21 พันธุ์ มีค่าสูงกว่าที่เคยมีรายงานมา ดังนี้ 13.9 ± 0.57 mg/100 g FW (Alothman *et al*., 2009) โดยฝรั่งจัดเป็นผลไม้ที่มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงเมื่อเทียบกับผลไม้เขตร้อนอื่น ๆ ดังนี้ กล้วย 4.70 – 62.8 mg/100 g FW (Alothman *et al*., 2009; Barreto *et al*., 2009) มะเฟือง 42.6 mg/100 g FW ขนุน 18.3 mg/100 g FW (Barreto *et al*., 2009) และสับปะรด 1.37 mg/100 g FW (Alothman *et al*., 2009)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดระหว่างฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าฝรั่งรับประทานสดพันธุ์การค้า ได้แก่ พันธุ์ ‘แป้นสีทอง’ (56.17 ± 8.57 mg CE/100 g FW) และ ‘กิมจู’ (48.60 ± 2.07 mg CE/100 g FW) มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดประมาณค่าเฉลี่ยของฝรั่ง 21 พันธุ์ (53.96 ± 19.35 mg CE/100 g FW) และมีค่าต่ำกว่าพันธุ์ ‘Alla Habad Safeda’ (75.61 ± 21.53 mg CE/100 g FW) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงที่สุดอยู่ประมาณ 1.3 เท่า โดยปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของผลฝรั่งทั้ง 21 พันธุ์มีค่าอยู่ระหว่าง 36.20-75.61 mg CE/100 g FW (ตารางผนวกที่ 3)

1.4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกแต่ละชนิด

1.4.1 สารกลุ่ม Phenolic acid กลุ่มย่อย Hydroxybenzoic acid

1.4.1.1 Gallic acid

จากการวิเคราะห์ปริมาณ gallic acid ในผลฝรั่ง 21 พันธุ์ จาก 3 ฤดูกาล พบว่ามีค่าเฉลี่ย 0.60 ± 0.17 mg/100 g FW โดยพันธุ์ ‘Indonesian Seedless’ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.98 ± 0.72 mg/100 g FW รองลงมาคือพันธุ์ ‘แดงสยาม’ (0.92 ± 0.7 mg/100 g FW) และ ‘ดอยปุย’ (0.88 ± 1.03 mg/100 g FW) ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 4) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในฤดูฝน (0.63 ± 0.13 mg/100 g FW) ตามด้วยฤดูหนาว (0.51 ± 0.46 mg/100 g FW) และฤดูร้อน (0.46 ± 0.08 mg/100 g FW) เมื่อพิจารณาปริมาณ gallic acid ในผลฝรั่งแยกตามกลุ่มสีเนื้อแล้วพบว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงมีค่าสูงที่สุด คือ 0.77 ± 0.21 mg/100 g FW (ตารางที่ 5)

ค่าเฉลี่ยปริมาณ gallic acid จากฝรั่ง 21 พันธุ์ (0.60 ± 0.17 mg/100 g FW) มีค่าสูงกว่าที่เคยมีรายงานมา ดังนี้ ฝรั่งกลมสาลี่ 0.37 mg/100 g FW (Gorinstein *et al*., 1999) โดยฝรั่งจัดเป็นผลไม้ที่มีปริมาณ gallic acid สูงเมื่อเทียบกับผลไม้เขตร้อนอื่น ๆ ดังนี้ มะม่วง 0.23-0.69 mg/100 g FW (Gorinstein *et al*., 1999; Schieber *et al*., 2000) ลิ้นจี่ฮงฮวย 0.31 mg/100 g FW สับปะรด 0.15-0.24 mg/100 g FW เงาะ 0.23 mg/100 g FW ชมพู่ 0.15 mg/100 g FW (Gorinstein *et al*., 1999) แต่มีปริมาณ gallic acid ต่ำกว่ามะเฟือง 1.95 mg/100 ml (Shui and Leong, 2004) ส่วนปริมาณ gallic acid ในผลฝรั่งต่ำกว่าในผลไม้เขตหนาว ได้แก่ แอปเปิ้ล 16.2 mg/100 g FW

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(Gorinstein *et al*, 1999) บลูเบอร์รี่ 7.88 mg/100 g FW (Ayaz *et al*., 2005) และพลับ 22.1-0.22 mg/100 g FW (Gorinstein *et al*., 1999; Gorinstein *et al*., 2001)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ gallic acid ระหว่างฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าฝรั่งรับประทานสดพันธุ์การค้า ได้แก่ พันธุ์ ‘แป้นสีทอง’ (0.66 ± 0.37 mg/100 g FW) และ ‘กิมจู’ (0.53 ± 0.26 mg/100 g FW) มีปริมาณ gallic acid ประมาณค่าเฉลี่ยของฝรั่ง 21 พันธุ์ (0.6 ± 0.17 mg/100 g FW) และมีค่าต่ำกว่าพันธุ์ ‘Indonesian Seedless’ (0.98 ± 0.72 mg/100 g FW) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณ gallic acid สูงที่สุดอยู่ประมาณ 1.5 เท่า โดยปริมาณ gallic acid ของผลฝรั่งทั้ง 21 พันธุ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.44-0.98 mg/100 g FW (ตารางผนวกที่ 4)

1.4.1.2 Ellagic acid

จากการวิเคราะห์ปริมาณ ellagic acid ในผลฝรั่ง 21 พันธุ์ จาก 3 ฤดูกาล พบว่ามีค่าเฉลี่ย 2.64 ± 1.03 mg/100 g FW โดยพันธุ์ ‘ดอยปุย’ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 6.05 ± 4.4 mg/100 g FW รองลงมาคือพันธุ์ ‘Alla Habad Safeda’ (4.04 ± 1.69 mg/100 g FW) และ ‘Indinesian seedless’ (4.03 ± 2.68 mg/100 g FW) ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 5) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในฤดูหนาว (3.15 ± 1.88 mg/100 g FW) ตามด้วยฤดูฝน (2.59 ± 1.43 mg/100 g FW) และฤดูร้อน (2.16 ± 0.77 mg/100 g FW) เมื่อพิจารณาปริมาณ ellagic acid ในผลฝรั่งแยกตามกลุ่มสีเนื้อแล้วพบว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีครีมมีค่าสูงที่สุด คือ 3.79 ± 2.02 mg/100 g FW (ตารางที่ 5)

ฝรั่งจัดเป็นผลไม้ที่มีปริมาณ ellagic acid ระดับกลางเมื่อเทียบกับผลไม้อื่น ๆ ดังนี้ ราสเบอร์รี่ 20.7-24.4 mg/100 g FW (Ancos *et al*., 2000) และสตรอเบอร์รี่ 0.9-58.6 mg/100 g FW (HaÈkkinen and ToÈrroÈnen, 2000; Cordenunsi *et al*., 2002)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ ellagic acid ระหว่างฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าฝรั่งรับประทานสดพันธุ์การค้า ได้แก่ พันธุ์ ‘แป้นสีทอง’ (2.65 ± 1.65 mg/100 g FW) และ ‘กิมจู’ (1.58 ± 0.5 mg/100 g FW) มีปริมาณ ellagic acid ประมาณค่าเฉลี่ยของฝรั่ง 21 พันธุ์ (2.64 ± 1.03 mg/100 g FW) และมีค่าต่ำกว่าพันธุ์ ‘ดอยปุย’ (6.05 ± 4.4 mg/100 g FW) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณ ellagic acid สูงที่สุดอยู่ประมาณ 2.3 เท่า โดยปริมาณ ellagic acid ของผลฝรั่งทั้ง 21 พันธุ์มีค่าอยู่ระหว่าง 1.58-6.05 mg/100 g FW (ตารางผนวกที่ 5)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4.2 สารกลุ่ม Phenolic acid กลุ่มย่อย Hydroxycinamic acid

1.4.2.1 Ferulic acid

จากการวิเคราะห์ปริมาณ ferulic acid ในผลฝรั่ง 21 พันธุ์ จาก 3 ฤดูกาล พบว่ามีค่าเฉลี่ย 35.83 ± 8.93 mg/100 g FW โดยพันธุ์ ‘แดงสยาม’ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 65.32 ± 33.79 mg/100 g FW รองลงมาคือพันธุ์ ‘แดงอ่างขาง’ (46.22 ± 32.58 mg/100 g FW) และ ‘ดอยปุย’ (44.38 ± 12.8 mg/100 g FW) ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 6) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในฤดูร้อน (42.83 ± 15.34 mg/100 g FW) ตามด้วยฤดูฝน (35.65 ± 11.54 mg/100 g FW) และฤดูหนาว (29.02 ± 9.47 mg/100 g FW) เมื่อพิจารณาปริมาณ ferulic acid ในผลฝรั่งแยกตามกลุ่มสีเนื้อแล้วพบว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงมีค่าสูงที่สุด คือ 55.77 ± 13.51 mg/100 g FW (ตารางที่ 5)

ฝรั่งจัดเป็นผลไม้ที่มีปริมาณ ferulic acid สูงเมื่อเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ๆ ดังนี้ เสาวรส 78.7 mg/100 ml (Talcott *et al*., 2003) บลูเบอร์รี่ 21.02 mg/100 g FW (Ayaz *et al*., 2005) แอปเปิ้ล 12.2 mg/100 g FW (Gorinstein *et al*, 2001) พลับ 10.3 mg/100 g FW (Gorinstein *et al*, 2001) และเลมอน 1.6 mg/100 g FW (Wang *et al*., 2007)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ ferulic acid ระหว่างฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าฝรั่งรับประทานสดพันธุ์การค้า ได้แก่ พันธุ์ ‘แป้นสีทอง’ (30.03 ± 14.64 mg/100 g FW) และ ‘กิมจู’ (25.01 ± 4.33 mg/100 g FW) มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของฝรั่ง 21 พันธุ์ (35.83 ± 8.93 mg/100 g FW) และมีค่าต่ำกว่าพันธุ์ ‘แดงสยาม’ (65.32 ± 33.79 mg/100 g FW) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณ ferulic acid สูงที่สุดอยู่ประมาณ 2.6 เท่า โดยปริมาณ ferulic acid ของฝรั่ง 21 พันธุ์มีค่าอยู่ระหว่าง 25.01-65.32 mg/100 g FW (ตารางผนวกที่ 6)

1.4.2.2 Chlorogenic acid

จากการวิเคราะห์ปริมาณ chlorogenic acid ในผลฝรั่ง 21 พันธุ์ จาก 3 ฤดูกาล พบว่ามีค่าเฉลี่ย 0.33 ± 0.22 mg/100 g FW โดยพันธุ์ ‘KU Guard#1’ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.92 ± 0.42 mg/100 g FW รองลงมาคือพันธุ์ ‘Gushiken sweet’ (0.66 ± 0.37 mg/100 g FW) และ ‘แดงอ่างขาง’ (0.61 ± 1.12 mg/100 g FW) ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 7) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในฤดู

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หนาว (0.41 ± 0.46 mg/100 g FW) ตามด้วยฤดูร้อน (0.33 ± 0.25 mg/100 g FW) และฤดูฝน (0.26 ± 0.25 mg/100 g FW) เมื่อพิจารณาปริมาณ chlorogenic acid ในผลฝรั่งแยกตามกลุ่มสีเนื้อแล้วพบว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงมีค่าสูงที่สุด คือ 0.55 ± 0.09 mg/100 g FW (ตารางที่ 5)

ฝรั่งจัดเป็นผลไม้ที่มีปริมาณ chlorogenic acid สูงเมื่อเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ๆ ดังนี้ บลูเบอร์รี่ 24.8-167.3 mg/100 g FW (Wang *et al*., 2008) เลมอน 9.3 mg/100 g FW (Wang *et al*., 2007) แอปเปิ้ล 12.4 mg/100 g FW พีช 5.3 mg/100 g FW สาลี่ 0.92 mg/100 g FW (Sakakibara *et al*., 2002) และไม่พบ chlorogenic acid ในแครนเบอร์รี่ (Chen *et al*., 2001)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ chlorogenic acid ระหว่างฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าฝรั่งรับประทานสดพันธุ์การค้า ได้แก่พันธุ์ ‘แป้นสีทอง’ (0.10 ± 0.16 mg/100 g FW) และ ‘กิมจู’ (0.11 ± 0.17 mg/100 g FW) มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของฝรั่ง 21 พันธุ์ (0.33 ± 0.22 mg/100 g FW) และมีค่าต่ำกว่าพันธุ์ ‘KU Guard #1’ (0.92 ± 0.42 mg/100 g FW) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณ chlorogenic acid สูงที่สุดอยู่ประมาณ 8.4 เท่า โดยปริมาณ chlorogenic acid ของฝรั่ง 21 พันธุ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-0.92 mg/100 g FW (ตารางผนวกที่ 7)

1.4.3 สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ กลุ่มย่อย Flavonol

1.4.3.1 Quercetin

จากการวิเคราะห์ปริมาณ quercetin ในผลฝรั่ง 21 พันธุ์ จาก 3 ฤดูกาล พบว่ามีค่าเฉลี่ย 29.26 ± 23.42 mg/100 g FW โดยพันธุ์ ‘แดงสยาม’ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 65.61 ± 45.22 mg/100 g FW รองลงมาคือพันธุ์ ‘แดงอ่างขาง’ (56.16 ± 35.09 mg/100 g FW) และ ‘KU Guard#1’ (41.74 ± 21.01 mg/100 g FW) ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 8) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในฤดูหนาว (47.48 ± 25.51 mg/100 g FW) ตามด้วยฤดูฝน (26.23 ± 17.80 mg/100 g FW) และฤดูร้อน (24.29 ± 24.23 mg/100 g FW) เมื่อพิจารณาปริมาณ quercetin ในผลฝรั่งแยกตามกลุ่มสีเนื้อแล้ว พบว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงมีค่าสูงที่สุด คือ 60.89 ± 39.87 mg/100 g FW (ตารางที่ 5)

ฝรั่งจัดเป็นผลไม้ที่มีปริมาณ quercetin สูงเมื่อเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ๆ ดังนี้ แครนเบอร์รี่ 0.0-149.0 mg/100 g FW (Chen *et al*., 2001; Aherne and O’Brien, 2002; Harnly

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

et al., 2006; Mullen *et al*., 2007) เลมอน 57.3 mg/100 g FW (Wang *et al*., 2007) มะเขือเทศ 43 mg/100 g FW (Aherne and O'Brien, 2002) แอปเปิ้ล 0.3-26 mg/100 g FW สาลี่ 4.5-8.1 mg/100 g FW (Aherne and O'Brien, 2002; Harnly *et al*., 2006) สตรอเบอร์รี่ 0.3-5.71 mg/100 g FW (HaÈkkinen and ToÈrroÈnen, 2000; Cordenunsi *et al*., 2002; Harnly *et al*., 2006) องุ่นแดง 0.05-3.7 mg/100 g FW (Aherne and O'Brien, 2002; Mullen *et al*., 2007) พลัม 1.2-23.1 mg/100 g FW บลูเบอร์รี่ 3.1-8.3 mg/100 g FW แบลคเบอร์รี่ 0.9-4.4 mg/100 g FW เชอร์รี่ 1.8-2.8 mg/100 g FW ราสเบอร์รี่ 0.9-2.0 mg/100 g FW อินทผาลัม 0.9 mg/100 g FW เนคทารีน 0.6-0.7 mg/100 g FW พีช 0.3-0.7 mg/100 g FW เกรพฟรุ๊ต 0.3 mg/100 g FW (Harnly *et al*., 2006) และทับทิม 0.04 mg/100 ml (Mullen *et al*., 2007)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ quercetin ระหว่างฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าฝรั่งรับประทานสดพันธุ์การค้า ได้แก่ พันธุ์ 'แป้นสีทอง' (26.04 ± 31.76 mg/100 g FW) และ 'กิมจู' (19.43 ± 14.41 mg/100 g FW) มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของฝรั่ง 21 พันธุ์ (29.26 ± 23.42 mg/100 g FW) และมีค่าต่ำกว่าพันธุ์ 'แดงสยาม' (65.61 ± 45.22 mg/100 g FW) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณ quercetin สูงที่สุดอยู่ประมาณ 2.5 เท่า โดยปริมาณ quercetin ของฝรั่ง 21 พันธุ์มีค่าอยู่ระหว่าง 11.79-65.61 mg/100 g FW (ตารางผนวกที่ 8)

1.4.3.2 Kaempferol

จากการวิเคราะห์ปริมาณ kaempferol ในผลฝรั่ง 21 พันธุ์ จาก 3 ฤดูกาล พบว่ามีค่าเฉลี่ย 2.42 ± 4.65 mg/100 g FW โดยพันธุ์ 'แดงสยาม' มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 16.81 ± 5.09 mg/100 g FW รองลงมาคือพันธุ์ 'แดงอ่างขาง' (15.93 ± 7.13 mg/100 g FW) และ 'KU Guard #1' (2.08 ± 0.5 mg/100 g FW) ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 9) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในฤดูฝน (2.8 ± 6.14 mg/100 g FW) ตามด้วยฤดูร้อน (2.25 ± 3.76 mg/100 g FW) และฤดูหนาว (2.2 ± 4.32 mg/100 g FW) เมื่อพิจารณาปริมาณ kaempferol ในผลฝรั่งแยกตามกลุ่มสีเนื้อแล้วพบว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงมีค่าสูงที่สุด คือ 16.37 ± 0.62 mg/100 g FW (ตารางที่ 5)

ฝรั่งจัดเป็นผลไม้ที่มีปริมาณ kaempferol ระดับกลางเมื่อเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ๆ ดังนี้ เลมอน 61.1 mg /100 g dried weight (DW) (Wang *et al*., 2007) สตรอเบอร์รี่ 0.4-2.2 mg/100 g FW (HaÈkkinen and ToÈrroÈnen, 2000; Cordenunsi *et al*., 2002; Harnly *et al*.,

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2006) บลูเบอร์รี่ 1.8 mg/100 g FW แครนเบอร์รี่ 0.1 mg/100 g FW แบลคเบอร์รี่ 0.1 mg/100 g FW และราสเบอร์รี่ 0.1 mg/100 g FW (Harnly *et al*., 2006)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ kaempferol ระหว่างฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าฝรั่งรับประทานสดพันธุ์การค้า ได้แก่ พันธุ์ 'แป้นสีทอง' (0.83 ± 0.30 mg/100 g FW) และ 'กิมจู' (0.78 ± 0.20 mg/100 g FW) มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของฝรั่ง 21 พันธุ์ (2.42 ± 4.65 mg/100 g FW) และมีค่าต่ำกว่าพันธุ์ 'แดงสยาม' (16.81 ± 5.09 mg/100 g FW) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณ kaempferol สูงที่สุดอยู่ประมาณ 20.3 เท่า โดยปริมาณ kaempferol ของฝรั่ง 21 พันธุ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.65-16.81 mg/100 g FW (ตารางผนวกที่ 9)

1.4.3.3 Myricetin

จากการวิเคราะห์ปริมาณ myricetin ในผลฝรั่ง 21 พันธุ์ จาก 3 ฤดูกาล พบว่ามีค่าเฉลี่ย 1.1 ± 0.5 mg/100 g FW โดยพันธุ์ 'แดงสยาม' มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 2.88 ± 2.83 mg/100 g FW รองลงมาคือพันธุ์ 'แดงอ่างขาง' (1.82 ± 0.58 mg/100 g FW) และ 'ดอยปุย' (1.59 ± 0.45 mg/100 g FW) ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 10) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในฤดูร้อน (1.26 ± 0.45mg/100 g FW) ตามด้วยฤดูฝน (1.05 ± 0.87 mg/100 g FW) และฤดูหนาว (0.97 ± 0.34 mg/100 g FW) เมื่อพิจารณาปริมาณ myricetin ในผลฝรั่งแยกตามกลุ่มสีเนื้อแล้วพบว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงมีค่าสูงที่สุด คือ 2.35 ± 0.75 mg/100 g FW (ตารางที่ 5)

ฝรั่งจัดเป็นผลไม้ที่มีปริมาณ myricetin ระดับกลางเมื่อเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ๆ ดังนี้ แครนเบอร์รี่ 0.51-16.6 mg/100 g FW (Chen *et al*., 2001; Harnly *et al*., 2006; Mullen *et al*., 2007) บลูเบอร์รี่ 3.4 mg/100 g FW และแบลคเบอร์รี่ 0.9 mg/100 g FW (Harnly *et al*., 2006)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ myricetin ระหว่างฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าฝรั่งรับประทานสดพันธุ์การค้า ได้แก่ พันธุ์ 'แป้นสีทอง' (0.75 ± 0.32 mg/100 g FW) และ 'กิมจู' (0.82 ± 0.16 mg/100 g FW) มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของฝรั่ง 21 พันธุ์ (1.10 ± 0.50 mg/100 g FW) และมีค่าต่ำกว่าพันธุ์ 'แดงสยาม' (2.88 ± 2.83 mg/100 g FW) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณ myricetin สูงที่สุดอยู่ประมาณ 3.5 เท่า โดยปริมาณ myricetin ของผลฝรั่งทั้ง 21 พันธุ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-2.88 mg/100 g FW (ตารางผนวกที่ 10)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4.4 สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ กลุ่มย่อย Flavan-3-ol

1.4.4.1 Catechin

จากการวิเคราะห์ปริมาณ catechin ในผลฝรั่ง 21 พันธุ์ จาก 3 ฤดูกาล พบว่ามีค่าเฉลี่ย 45.92 ± 18.6 mg/100 g FW โดยพันธุ์ ‘แดงสยาม’ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 86.57 ± 55.19 mg/100 g FW รองลงมาคือพันธุ์ ‘แดงอ่างขาง’ (82.04 ± 46.05 mg/100 g FW) และ ‘ดอยปุย’ (81.21 ± 21.85 mg/100 g FW) ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 11) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในฤดูหนาว (50.28 ± 28.44 mg/100 g FW) ตามด้วยฤดูฝน (49.20 ± 27.08 mg/100 g FW) และฤดูร้อน (38.29 ± 14.80 mg/100 g FW) เมื่อพิจารณาปริมาณ catechin ในผลฝรั่งแยกตามกลุ่มสีเนื้อแล้วพบว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงมีค่าสูงที่สุด คือ 84.31 ± 3.20 mg/100 g FW (ตารางที่ 5)

ฝรั่งจัดเป็นผลไม้ที่มีปริมาณ catechin สูงเมื่อเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ๆ ดังนี้ แบลคเบอร์รี่ 0.8-116.4 mg/100 g FW บลูเบอร์รี่ 2.1-64.1 mg/100 g FW พลัม 1.5-11.6 mg/100 g FW กล้วย 5.2 mg/100 g FW ราสเบอร์รี่ 0.8-4.2 mg/100 g FW สตรอเบอร์รี่ 3.1-3.6 mg/100 g FW เนคทารีน 0.6-3.5 mg/100 g FW เชอร์รี่ 0.7-1.4 mg/100 g FW สาลี่ 0.5 mg/100 g FW มะเดื่อ 0-0.3 mg/100 g FW เกรพฟรุ๊ต 0.1 mg/100 g FW (Harnly *et al*., 2006) พี้ช 3.3-27.0 mg/100 g FW แอปเปิ้ล 0.1-12.8 mg/100 g FW (Sakakibara *et al*., 2002; Harnly *et al*., 2006) แครนเบอร์รี่ 0-0.8 mg/100 g FW (Chen *et al*., 2001; Harnly *et al*., 2006)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ catechin ระหว่างฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าฝรั่งรับประทานสดพันธุ์การค้า ได้แก่ พันธุ์ ‘แป้นสีทอง’ (34.78 ± 18.87 mg/100 g FW) และ ‘กิมจู’ (35.06 ± 13.78 mg/100 g FW) มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของฝรั่ง 21 พันธุ์ (45.92 ± 18.60 mg/100 g FW) และมีค่าต่ำกว่าพันธุ์ ‘แดงสยาม’ (86.57 ± 55.19 mg/100 g FW) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณ catechin สูงที่สุดอยู่ประมาณ 2.5 เท่า โดยปริมาณ catechin ของฝรั่ง 21 พันธุ์มีค่าอยู่ระหว่าง 26.72-86.57 mg/100 g FW (ตารางผนวกที่ 11)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4.4.2 Epicatechin

จากการวิเคราะห์ปริมาณ epicatechin ในผลฝรั่ง 21 พันธุ์ จาก 3 ฤดูกาล พบว่ามีค่าเฉลี่ย 0.66 ± 0.14 mg/100 g FW โดยพันธุ์ ‘Alla Habad Safeda’ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.94 ± 0.14 mg/100 g FW รองลงมาคือพันธุ์ ‘ดอยปุย’ (0.85 ± 0.23 mg/100 g FW) และ ‘ทอนเทกลม’ (0.83 ± 0.29 mg/100 g FW) ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 12) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในฤดูฝน (0.69 ± 0.16 mg/100 g FW) ตามด้วยฤดูหนาว (0.67 ± 0.18 mg/100 g FW) และฤดูร้อน (0.62 ± 0.2 mg/100 g FW) เมื่อพิจารณาปริมาณ epicatechin ในผลฝรั่งแยกตามกลุ่มสีเนื้อแล้วพบว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีครีมมีค่าสูงที่สุด คือ 0.62 ± 0.04 mg/100 g FW (ตารางที่ 5)

ฝรั่งจัดเป็นผลไม้ที่มีปริมาณ epicatechin ระดับกลางเมื่อเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ๆ ดังนี้ แอปเปิ้ล 0.9-17.42 mg/100 g FW (Gorinstein *et al*, 2001; Sakakibara *et al*., 2002; Harnly *et al*., 2006) บลูเบอร์รี่ 0.7-15.6 mg/100 g FW สาลี่ 9.0 mg/100 g FW เชอร์รี่ 5.0-8.5 mg/100 g FW แบลคเบอร์รี่ 0.2-5.0 mg/100 g FW พลัม 2.4-4.7 mg/100 g FW ราสเบอร์รี่ 1.4-4.6 mg/100 g FW เนคทารีน 0.0-3.1 mg/100 g FW พีช 0.1-2.9 mg/100 g FW กีวี 0.1-0.6 mg/100 g FW อโวกาโด 0.3-0.4 mg/100 g FW สตรอเบอร์รี่ 0.1-0.2 mg/100 g FW กล้วย 0.0-0.2 mg/100 g FW (Harnly *et al*., 2006) มะเฟือง 7.31 mg/100 g FW (Shui and Leong, 2004) แครนเบอร์รี่ 1.1-4.5 mg/100 g FW (Harnly *et al*., 2006; Mullen *et al*., 2007) พลับ 1.4 mg/100 g FW (Gorinstein *et al*, 2001)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ epicatechin ระหว่างฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าฝรั่งรับประทานสดพันธุ์การค้า ได้แก่ พันธุ์ ‘แป้นสีทอง’ (0.68 ± 0.16 mg/100 g FW) และ ‘กิมจู’ (0.63 ± 0.15 mg/100 g FW) มีปริมาณ epicatechin ประมาณค่าเฉลี่ยของฝรั่ง 21 พันธุ์ (0.66 ± 0.14 mg/100 g FW) และมีค่าต่ำกว่าพันธุ์ ‘Alla Habad Safeda’ (0.94 ± 0.14 mg/100 g FW) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณ epicatechin สูงที่สุดอยู่ประมาณ 1.4 เท่า โดยปริมาณ epicatechin ของฝรั่ง 21 พันธุ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.38-0.94 mg/100 g FW (ตารางผนวกที่ 12)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4.5 สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ กลุ่มย่อย Flavone

Apigenin

จากการวิเคราะห์ปริมาณ apigenin ในผลฝรั่ง 21 พันธุ์ จาก 3 ฤดูกาล พบว่ามีค่าเฉลี่ย 1.28 ± 1.49 mg/100 g FW โดยพันธุ์ ‘แดงอ่างขาง’ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 5.65 ± 1.83 mg/100 g FW รองลงมาคือพันธุ์ ‘แดงสยาม’ (5.59 ± 1.87 mg/100 g FW) และ ‘KU Guard #1’ (2.25 ± 0.7 mg/100 g FW) ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 13) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในฤดูหนาว (1.5 ± 1.82 mg/100 g FW) ตามด้วยฤดูฝน (1.23 ± 1.67 mg/100 g FW) และฤดูร้อน (1.09 ± 1.04 mg/100 g FW) เมื่อพิจารณาปริมาณ apigenin ในผลฝรั่งแยกตามกลุ่มสีเนื้อแล้วพบว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงมีค่าสูงที่สุด คือ 5.62 ± 0.04 mg/100 g FW (ตารางที่ 5)

ฝรั่งจัดเป็นผลไม้ที่มีปริมาณ apigenin ระดับกลางเมื่อเทียบกับผักและผลไม้ชนิดอื่น ๆ ดังนี้ Beach naupaka 2.7 mg/100 g FW, Chili pepper 2.2 mg/100 g FW, Chinese violet 12.7 mg/100 g FW, Rosemary 3.2 mg/100 g FW (Yang *et al*., 2008) Celery 2.5-75 mg/100 g FW, Parsley 71.8-185 mg/100 g FW (Justesen *et al*., 1998; Yang *et al*., 2008)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ apigenin ระหว่างฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าฝรั่งรับประทานสดพันธุ์การค้า ได้แก่ พันธุ์ ‘แป้นสีทอง’ (0.57 ± 0.19 mg/100 g FW) และ ‘กิมจู’ (0.55 ± 0.12 mg/100 g FW) มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของฝรั่ง 21 พันธุ์ (1.28 ± 1.49 mg/100 g FW) และมีค่าต่ำกว่าพันธุ์ ‘แดงอ่างขาง’ (5.65 ± 1.83 mg/100 g FW) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณ apigenin สูงที่สุดอยู่ประมาณ 9.9 เท่า โดยปริมาณ apigenin ของผลฝรั่งทั้ง 21 พันธุ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.45-5.65 mg/100 g FW (ตารางผนวกที่ 13)

1.4.6 สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ กลุ่มย่อย Anthocyanins

Cyanidin-3-glucoside

จากการวิเคราะห์ปริมาณ cyanidin-3-glucoside ในผลฝรั่ง 21 พันธุ์ จาก 3 ฤดูกาล พบว่ามีค่าเฉลี่ย 6.01 ± 12.37 mg/100 g FW โดยพันธุ์ ‘แดงอ่างขาง’ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 44.10 ±

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

28.55 mg/100 g FW รองลงมาคือพันธุ์ ‘แดงสยาม’ (42.21 ± 22.01 mg/100 g FW) และ ‘KU Guard #1’ (3.52 ± 1.43 mg/100 g FW) ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 14) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในฤดูฝน (7.71 ± 18.82 mg/100 g FW) ตามด้วยฤดูหนาว (6.60 ± 13.59 mg/100 g FW) และฤดูร้อน (3.71 ± 5.66 mg/100 g FW) เมื่อพิจารณาปริมาณ cyanidin-3-glucoside ในผลฝรั่งแยกตามกลุ่มสีเนื้อแล้วพบว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงมีค่าสูงที่สุด คือ 43.16 ± 1.34 mg/100 g FW (ตารางที่ 5)

ฝรั่งจัดเป็นผลไม้ที่มีปริมาณ cyanidin-3-glucoside ระดับกลางเมื่อเทียบกับผักและผลไม้ชนิดอื่น ๆ ดังนี้ ทับทิม 0.7-16 mg/100 ml (Mousavinejad *et al*., 2009) พีช 25-7.2 mg/100 g FW (Orazem *et al*., 2011) บิลเบอร์รี่ 130.4 mg/100 g FW บลูเบอร์รี่ 2.6 mg/100 g FW (Moǯe *et al*., 2011) ราสเบอร์รี่ 4.48 mg/100 g FW (Mullen *et al*., 2002)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ cyanidin-3-glucoside ระหว่างฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าฝรั่งรับประทานสดพันธุ์การค้า ได้แก่ พันธุ์ ‘แป้นสีทอง’ (2.70 ± 2.65 mg/100 g FW) และ ‘กิมจู’ (2.92 ± 1.83 mg/100 g FW) มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของฝรั่ง 21 พันธุ์ (6.01 ± 12.37 mg/100 g FW) และมีค่าต่ำกว่าพันธุ์ ‘แดงอ่างขาง’ (44.10 ± 28.55 mg/100 g FW) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณ cyanidin-3-glucoside สูงที่สุดอยู่ประมาณ 15.1 เท่า โดยปริมาณ cyanidin-3-glucoside ของฝรั่ง 21 พันธุ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.6-44.10 mg/100 g FW (ตารางผนวกที่ 14)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในผลฝรั่งทั้ง 11 ชนิดพบสาร catechin มากที่สุด (36.4%) รองลงมาคือ ferulic acid (28.4%) และ quercetin (23.2%) ตามลำดับ ในฝรั่งกลุ่มเนื้อสีขาว (9 พันธุ์) มีปริมาณ catechin มากที่สุด (39.2%) รองลงมาคือ ferulic acid (32.0%) และ quercetin (20.0%) ตามลำดับ ในฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดง (2 พันธุ์) มีปริมาณ catechin มากที่สุด (30.9%) รองลงมาคือ quercetin (22.3%) และ ferulic acid (20.4%) ตามลำดับ ในฝรั่งกลุ่มเนื้อสีชมพู (7 พันธุ์) มีปริมาณ catechin มากที่สุด (33.6%) รองลงมาคือ quercetin (29.6%) และ ferulic acid (29.1%) ตามลำดับ และในฝรั่งกลุ่มเนื้อสีครีม (3 พันธุ์) มีปริมาณ catechin มากที่สุด (44.2%) รองลงมาคือ ferulic acid (30.2%) และ quercetin (17.6%) ตามลำดับ (ตารางที่ 6) เมื่อรวมปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้ง 11 ชนิดในฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 167.8 mg/100 g FW (ตารางที่ 6) แสดงว่าอาจมีสารประกอบฟีนอลิกชนิดอื่น ๆ อีกที่สามารถพบในฝรั่ง เนื่องจากสามารถตรวจพบพีคของโครมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทแกรมจากการวิเคราะห์ HPLC ที่ไม่ทราบชนิดสารเนื่องจากไม่ตรงกับสารละลายมาตรฐานที่มี (ภาพผนวกที่ 1)

ปริมาณสาร cyanidin-3-glucoside ในฝรั่งกลุ่มสีม่วงแดง (43.16 ± 1.34 mg/100 g FW) มีมากกว่าฝรั่งในกลุ่มเนื้อสีขาว (2.23 ± 0.47 mg/100 g FW) และชมพู (2.15 ± 0.94 mg/100 g FW) 16 เท่า และมีมากกว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีครีม (1.59 ± 0.41 mg/100 g FW) 22 เท่า เนื่องจากสาร cyanidin-3-glucoside เป็นสารในกลุ่ม anthocyanins ซึ่งเป็นกลุ่มสารที่มีสีม่วงแดงจึงสามารถพบสารชนิดนี้ในฝรั่งกลุ่มสีม่วงแดงได้มากกว่ากลุ่มเนื้อสีอื่น ส่วนสารประกอบฟลาโวนอยด์กลุ่มย่อย Flavonol เป็นสารที่สามารถพบได้ทั่วไปแต่จะมีมากในผักและผลไม้ โดยสารในกลุ่มนี้ที่พบได้บ่อยได้แก่ isorhamnetin, kaempferol, myricetin และ quercetin และสารประกอบฟลาโวนอยด์ กลุ่มย่อย Flavone สามารถพบได้ทั่วไปในผัก ผลไม้ ธัญพืชและสมุนไพลแต่จะพบได้มากในธัญพืชและสมุนไพลโดยสารทั้ง 2 กลุ่มนี้จะให้สีเหลืองอ่อน ๆ (Peterson and Dwyer, 1998) ดังนั้นสาร quercetin, kaempferol และ myricetin ซึ่งเป็นสารกลุ่มย่อย Flavonol และสาร apigenin ซึ่งเป็นสารกลุ่มย่อย Flavone ที่ศึกษาในครั้งนี้ควรจะพบมากในฝรั่งกลุ่มเนื้อสีครีมแต่พบว่ามีมากในฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงมากกว่าในฝรั่งกลุ่มเนื้อสีครีมเนื่องจากฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงมี anthocyanin ที่ให้สีม่วงแดงจึงอาจบดบังการปรากฏของสารสีเหลืองในกลุ่ม Flavonol และ Flavone นี้ได้

1.5 ปริมาณวิตามินซี

จากการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในผลฝรั่ง 21 พันธุ์ จาก 3 ฤดูกาล พบว่ามีค่าเฉลี่ย 74.26 ± 54.60 mg/100 g FW โดยพันธุ์ ‘KU Guard#1’ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 139.63 ± 83.74 mg/100 g FW รองลงมาคือพันธุ์ ‘แดงอ่างขาง’ (139.29 ± 94.70 mg/100 g FW) และ ‘แดงสยาม’ (119.17 ± 71.83 mg/100 g FW) ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 15) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในฤดูหนาว (91.94 ± 53.19 mg/100 g FW) ตามด้วยฤดูฝน (88.72 ± 62.44 mg/100 g FW) และฤดูร้อน (42.12 ± 26.68 mg/100 g FW) เมื่อพิจารณาปริมาณวิตามินซีในผลฝรั่งแยกตามกลุ่มสีเนื้อแล้วพบว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงมีค่าสูงที่สุด คือ 129.2 ± 14.2 mg/100 g FW (ตารางที่ 5)

ค่าเฉลี่ยปริมาณวิตามินซีจากฝรั่งทั้ง 21 พันธุ์ (74.26 ± 54.60 mg/100 g FW) มีค่าอยู่ในช่วงที่เคยมีรายงานมา ดังนี้ 72.2-216.0 mg/100 g FW (Luximon-Ramma *et al*., 2003; Lim *et al*., 2007; Thaipong, 2007) โดยฝรั่งจัดเป็นผลไม้ที่มีปริมาณวิตามินซีสูงเมื่อเทียบกับผลไม้เขตร้อนอื่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ๆ ดังนี้ มะละกอ 92.9-108.0 mg/100 g FW ชมพู่ 4.1-15.1 mg/100 g FW (Luximon-Ramma *et al*., 2003; Lim *et al*., 2007) ส้ม 67 mg/100 g FW มะกอก 30 mg/100 g FW แก้วมังกร 8 mg/100 g FW มังคุด 5.8 mg/100 g FW ลางสาด 3.9 mg/100 g FW (Lim *et al*., 2007) มะม่วง 60.5 mg/100 g FW สับปะรด 27.5 mg/100 g FW ลำไย 26.6 mg/100 g FW มะกอก 24.4 mg/100 g FW ลิ้นจี่ 13.8 mg/100 g FW เสาวรส 8.6 mg/100 g FW อโวกาโด 1.1 mg/100 g FW (Luximon-Ramma *et al*., 2003) มะเฟือง 0.7-19.0 mg/100 g FW (Luximon-Ramma *et al*., 2003; Barreto *et al*., 2009) กล้วย 0.6-4.9 mg/100 g FW (Luximon-Ramma *et al*., 2003; Lim *et al*., 2007; Barreto *et al*., 2009) ขนุน 1.0 mg/100 g FW (Barreto *et al*., 2009)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีระหว่างฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าฝรั่งรับประทานสดพันธุ์การค้า ได้แก่ พันธุ์ ‘แป้นสีทอง’ (40.89 ± 18.49 mg/100 g FW) และ ‘กิมจู’ (61.66 ± 33.15 mg/100 g FW) มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของฝรั่ง 21 พันธุ์ (74.26 ± 54.60 mg/100 g FW) และมีค่าต่ำกว่าพันธุ์ ‘KU Guard#1’ (139.63 ± 83.74 mg/100 g FW) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุดอยู่ประมาณ 2.3 เท่า โดยปริมาณวิตามินซีของฝรั่ง 21 พันธุ์มีค่าอยู่ระหว่าง 29.51-139.63 mg/100 g FW (ตารางผนวกที่ 15)

1.6 คุณภาพผล

1.6.1 น้ำหนักผล

จากการวิเคราะห์น้ำหนักผลของฝรั่ง 21 พันธุ์ จาก 3 ฤดูกาล พบว่ามีค่าเฉลี่ย 225.12 ± 139.45 กรัม โดยพันธุ์ ‘อินเดีย’ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 525.81 ± 183.78 กรัม รองลงมาคือ พันธุ์ ‘แป้นสีทอง’ (396.35 ±180.67 กรัม) และ ‘หวานพิรุณ’ (388.89 ±170.42 กรัม) ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 16) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในฤดูฝน (255.09 ± 150.40 กรัม) ตามด้วยฤดูหนาว (251.06 ± 151.78 กรัม) และฤดูร้อน (169.21 ± 91.64 กรัม) เมื่อพิจารณาน้ำหนักผลของฝรั่งแยกตามกลุ่มสีเนื้อแล้วพบว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีขาวมีค่าสูงที่สุด คือ 302.2 ± 121.3 กรัม (ตารางที่ 5)

เมื่อเปรียบเทียบขนาดผลระหว่างฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าฝรั่งรับประทานสดพันธุ์การค้า ได้แก่ พันธุ์ ‘แป้นสีทอง’ (396.35 ± 180.67 กรัม) และ ‘กิมจู’ (300.18 ± 124.12 กรัม) มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของฝรั่ง 21 พันธุ์ (225.12 ± 139.45 กรัม) โดยน้ำหนักผลของฝรั่ง 21 พันธุ์มีค่าอยู่ระหว่าง 54.41-525.81 กรัม (ตารางผนวกที่ 16) ลักษณะน้ำหนักผลมีความสำคัญเนื่องจากนำมาใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นเกณฑ์ในการจัดเกรดของฝรั่งเพื่อกำหนดมาตรฐานของการซื้อขาย โดยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2553) ได้มีการกำหนดขนาดมาตรฐานของฝรั่งเป็น เป็น 6 ขนาด ดังนี้ ขนาด 1 (> 450 กรัม) ขนาด 2 (350-450 กรัม) ขนาด 3 (250-350 กรัม) ขนาด 4 (200-250 กรัม) ขนาด 5 (150-200 กรัม) และขนาด 6 (100-150 กรัม) ซึ่งฝรั่งรับประทานสดพันธุ์การค้า ได้แก่พันธุ์ ‘แป้นสีทอง’ และ ‘กิมจู’ นั้นเป็นพันธุ์กลุ่มเนื้อสีขาว มีขนาดผลใหญ่และเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ส่วนพันธุ์ที่มีขนาดผลเล็กได้แก่กลุ่มพันธุ์ที่มีเนื้อสีชมพูและสีครีมนั้นมีขนาดเล็กเนื่องจากส่วนใหญ่เป็นพันธุ์พื้นเมืองเช่นพันธุ์ ‘ดอยปุย’ จึงไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งสำหรับรับประทานสดที่มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงขนาดผลด้วย

1.6.2 Hue angle ของสีผิวผลและสีเนื้อ

จากการวิเคราะห์ค่า Hue angle ของสีผิวผลฝรั่ง 21 พันธุ์ จาก 3 ฤดูกาล พบว่ามีค่าเฉลี่ย 105.05 ± 15.53 โดยพันธุ์ ‘แป้นสีทอง’ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 115.16 ± 5.12 รองลงมาคือพันธุ์ ‘กิมจู’ (115.07 ± 5.82) และ ‘หวานพิรุณ’ (114.78 ± 3.85) ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 17) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในฤดูร้อน (110.44 ± 14.91) ตามด้วยฤดูฝน (102.62 ± 16.51) และฤดูหนาว (102.10 ± 13.78) เมื่อพิจารณาค่า Hue angle ของสีผิวผลฝรั่งแยกตามกลุ่มสีเนื้อแล้วพบว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีขาวมีสูงที่สุด คือ 112.63 ± 5.88 (ตารางที่ 5)

จากการวิเคราะห์ค่า Hue angle ของสีเนื้อฝรั่ง 21 พันธุ์ จาก 3 ฤดูกาล พบว่ามีค่าเฉลี่ย 83.19 ± 35.46 โดยพันธุ์ ‘หวานพิรุณ’ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 116.39 ± 10.47 รองลงมาคือพันธุ์ ‘กิมจู’ (115.46 ± 11.83) และ ‘แป้นสีทอง’ (114.85 ± 10.20) ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 18) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในฤดูร้อน (94.93 ± 33.54) ตามด้วยฤดูหนาว (77.88 ± 34.97) และฤดูฝน (76.75 ± 35.29) เมื่อพิจารณาค่า Hue angle ของสีเนื้อฝรั่งแยกตามกลุ่มสีเนื้อแล้วพบว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีขาวมีค่าสูงที่สุด คือ 111.90 ± 9.31 (ตารางที่ 5)

ค่า Hue angle ของสีผิวผลและสีเนื้อต่างกันในฝรั่งกลุ่มสีเนื้อต่างกัน โดยฝรั่งกลุ่มเนื้อสีขาวมีค่า Hue angle ของสีผิวผลสูงที่สุดเนื่องจากฝรั่งกลุ่มนี้เก็บเกี่ยวเมื่อผลฝรั่งมีผลสีเขียวอ่อนและสีเขียวอ่อนนี้จะให้ค่า Hue angle สูงกว่าค่า Hue angle ของสีผิวฝรั่งกลุ่มอื่น ๆ ส่วนฝรั่งกลุ่มเนื้อสีชมพูและสีครีมมีค่า Hue angle ของสีผิวผลใกล้เคียงกันเนื่องจากเก็บเกี่ยวในระยะฝรั่งมีผลสีเหลือง ตามด้วยฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงเนื่องจากเก็บเกี่ยวในระยะผิวผลสีม่วงอ่อนจึงให้ค่า Hue angle ต่ำที่สุด ส่วนค่า Hue angle ของสีเนื้อนั้น ฝรั่งกลุ่มเนื้อสีขาวมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลุ่มเนื้อสีครีม สีชมพูและสีม่วงแดง ตามลำดับ โดยพบว่าฝรั่งพันธุ์ที่มีค่า Hue angle ของสีผิวและสีเนื้อที่ต่ำนั้นจะให้ค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณวิตามินซีสูงกว่าฝรั่งที่มีค่า Hue angle ของสีผิวและสีเนื้อสูง

1.6.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและปริมาณกรด

จากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในผลฝรั่ง 21 พันธุ์ จาก 3 ฤดูกาล พบว่ามีค่าเฉลี่ย 8.91 ± 1.60 %Brix โดยพันธุ์ ‘เย็นสอง’ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 10.67 ± 1.21 %Brix รองลงมาคือพันธุ์ ‘กิมจู’ (9.91 ± 1.92 %Brix) และ ‘Pearl’ (9.88 ± 1.00) ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 19) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในฤดูร้อน (9.24 ± 1.60 %Brix) ตามด้วยฤดูฝน (8.78 ± 1.61 %Brix) และฤดูหนาว (8.72 ± 1.54 %Brix) เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในผลฝรั่งแยกตามกลุ่มสีเนื้อแล้วพบว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีขาวมีค่าสูงที่สุด คือ 9.6 ± 0.7 %Brix (ตารางที่ 5)

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดในผลฝรั่ง 21 พันธุ์ จาก 3 ฤดูกาล พบว่ามีค่าเฉลี่ย 0.60 ± 0.33 % โดยพันธุ์ ‘Patillo’ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 1.42 ± 0.46 % รองลงมาคือพันธุ์ ‘G097’ (1.08 ± 0.21%) และ ‘Gushiken Sweet’ (1.03 ± 0.43%) ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 20) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในฤดูฝน (0.66 ± 0.40 %) ตามด้วยฤดูหนาว (0.62 ± 0.33 %) และฤดูร้อน (0.53 ± 0.25 %) เมื่อพิจารณาปริมาณกรดในผลฝรั่งแยกตามกลุ่มสีเนื้อแล้วพบว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีชมพูมีค่าสูงที่สุด คือ 0.8 ± 0.4 % (ตารางที่ 5)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและปริมาณกรดมีความสัมพันธ์กับรสชาติของฝรั่ง โดยฝรั่งกลุ่มเนื้อสีขาวซึ่งเป็นพันธุ์ทางการค้าสำหรับบริโภคผลสดมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดสูงและปริมาณกรดต่ำ ทำให้ฝรั่งในกลุ่มนี้เหมาะสำหรับการบริโภคผลสดและเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ส่วนฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงนั้นมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดสูงเช่นกันแต่ปริมาณกรดของฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงมีค่าสูงกว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีขาวเล็กน้อย ทำให้ฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงมีรสชาติหวานอมเปรี้ยวกว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีขาว อีกทั้งฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงนั้นมีสีที่ไม่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคทำให้ไม่เป็นที่นิยมในท้องตลาด ส่วนฝรั่งกลุ่มเนื้อสีชมพูและสีครีมนั้นมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดที่ต่ำและปริมาณกรดที่สูงกว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีขาวและเนื้อสีม่วงแดงทำให้มีรสชาติเปรี้ยวไม่เหมาะสำหรับการบริโภคผลสด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง (Jime´nez-Escrig *et al*., 2001; Thaipong *et al*., 2005; Chen and Yen, 2007) เมื่อเทียบกับผลไม้เขตร้อนชนิดอื่น ๆ แต่ยังพบความแปรปรวนของลักษณะปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ โดยฝรั่งกลุ่มพันธุ์เนื้อสีขาว เช่นพันธุ์ ‘แป้นสีทอง’ ‘กิมจู’ และ ‘หวานพิรุณ’ ซึ่งเป็นฝรั่งพันธุ์ทางการค้าในปัจจุบัน มีความเหมาะสมสำหรับการบริโภคสดเนื่องจากมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดสูงและมีปริมาณกรดต่ำกว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีอื่น ๆ ทำให้มีรสชาติเป็นที่นิยมในท้องตลาด อย่างไรก็ตามฝรั่งกลุ่มเนื้อสีขาวนั้นยังมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าฝรั่งกลุ่มเนื้อสีอื่น ๆ ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งเพื่อให้ได้ลูกผสมที่มีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจึงควรผสมข้ามระหว่างฝรั่งกลุ่มเนื้อสีขาวเพื่อคงลักษณะที่ดีอย่างอื่นไว้กับฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงซึ่งมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงแต่มีสีเนื้อไม่เป็นที่นิยมในท้องตลาด เพื่อเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในฝรั่งพันธุ์ลูกผสม สำหรับฝรั่งกลุ่มเนื้อสีชมพูและสีครีมนั้นมีคุณภาพผลไม่เหมาะสำหรับการบริโภคสดและมีกลิ่นแรงไม่เหมาะสำหรับนำมาบริโภคผลสดจึงอาจนำฝรั่งทั้งสองกลุ่มนี้ไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่น เช่น ผลไม้กระป๋อง แยม เครื่องสำอาง เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณวิตามินซีและคุณภาพผลของฝรั่งแยกตามสีเนื้อ (mean ± SD)

ลักษณะ	สีขาว (n = 9)		สีม่วงแดง (n = 2)		สีชมพู (n = 7)		สีครีม (n = 3)		Prob.
AOA[1]	9.0 ± 1.4	b[2]	16.6 ± 0.8	a	11.6 ± 2.4	b	11.8 ± 2.3	b	< 0.01
TPH	148.2 ± 18.9	b	237.2 ± 2.9	a	171.0 ± 34.1	b	172.6 ± 36.5	b	< 0.01
TFL	53.1 ± 10.6	a	64.4 ± 0.6	a	47.8 ± 10.5	a	64.1 ± 9.9	a	0.09
Gal	0.57 ± 0.17		0.77 ± 0.21		0.58 ± 0.14		0.64 ± 0.22		0.20
Ell	2.44 ± 0.96	b	2.38 ± 0.09	b	2.47 ± 0.41	b	3.79 ± 2.02	a	< 0.01
Fer	30.31 ± 3.64	c	55.77 ± 13.51	a	35.59 ± 5.01	bc	39.67 ± 4.61	b	< 0.01
Chlo	0.16 ± 0.11	b	0.55 ± 0.09	a	0.51 ± 0.23	a	0.28 ± 0.06	b	< 0.01
Quer	18.92 ± 16.58	c	60.89 ± 39.88	a	36.20 ± 16.93	b	23.05 ± 14.08	c	< 0.01
Kaem	0.82 ± 0.08	b	16.37 ± 0.62	a	1.01 ± 0.49	b	1.22 ± 0.15	b	< 0.01
Myr	0.82 ± 0.08	c	2.35 ± 0.75	a	1.01 ± 0.20	bc	1.28 ± 0.27	b	< 0.01
Cat	37.08 ± 10.32	c	84.31 ± 3.20	a	41.14 ± 12.66	c	58.05 ± 20.55	b	< 0.01
Epi	0.68 ± 0.15	b	0.62 ± 0.04	a	0.58 ± 0.12	b	0.81 ± 0.06	b	< 0.01
Api	0.60 ± 0.10	b	5.62 ± 0.04	a	1.05 ± 0.54	b	0.94 ± 0.20	b	< 0.01
Cya	2.23 ± 0.47	c	43.16 ± 1.34	a	2.15 ± 0.94	b	1.59 ± 0.41	b	< 0.01
AA	55.4 ± 17.7	b	129.2 ± 14.2	a	87.4 ± 29.7	b	63.6 ± 41.0	b	< 0.01
FW	302.2 ± 121.3	a	227.0 ± 28.5	ab	176.3 ± 63.3	ab	106.5 ± 60.1	b	0.02
Shue	112.63 ± 5.88	a	63.86 ± 11.29	c	106.74 ± 7.90	b	106.50 ± 6.67	b	< 0.01
Fhue	111.90 ± 9.31	a	26.47 ± 10.67	d	55.87 ± 25.53	c	104.84 ± 7.51	b	< 0.01
TSS	9.6 ± 0.7		9.3 ± 0.6		8.2 ± 1.1		8.3 ± 1.4		0.05
TA	0.5 ± 0.1		0.6 ± 0.1		0.8 ± 0.4		0.5 ± 0.0		0.05

หมายเหตุ [1]AOA = ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, TPH = ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, TFL = ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด, Gal = gallic acid, Ell = ellagic acid, Fer = ferulic acid, Chlo = chlorogenic acid, Quer = quercetin, Kaem = kaempferol, Myr = myricetin, Cat = catechin, Epi = epicatechin, Api = apigenin, Cya = cyanidin-3-glucoside, AA = ปริมาณวิตามินซี, FW = น้ำหนักผล, Shue = Hue angle ของสีผิว, Fhue = Hue angle ของสีเนื้อ, TSS = ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด, TA = ปริมาณกรด, [2]ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's multiple range test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกแต่ละชนิด (%) ระหว่างกลุ่มพันธุ์ฝรั่งสีเนื้อต่าง ๆ

	สีขาว (n = 9)	สีม่วงแดง (n = 2)	สีชมพู (n = 7)	สีครีม (n =3)	เฉลี่ย
กลุ่ม phenolic acid					
กลุ่มย่อย hydroxybenzoic acid					
gallic acid	0.57 (0.6)	0.77 (0.3)	0.58 (0.5)	0.64 (0.5)	0.60 (0.5)
ellagic acid	2.44 (2.6)	2.38 (0.9)	2.47 (2.0)	3.79 (2.9)	2.64 (2.1)
กลุ่มย่อย hydeoxycinnamic acid					
ferulic acid	30.3 (32.0)	55.8 (20.4)	35.6 (29.1)	39.7 (30.2)	35.8 (28.4)
chlorogenic acid	0.16 (0.2)	0.55 (0.2)	0.51 (0.4)	0.28 (0.2)	0.33 (0.3)
กลุ่มฟลาโวนอยด์					
กลุ่มย่อย flovonol					
quercetin	18.9 (20.0)	60.9 (22.3)	36.2 (29.6)	23.1 (17.6)	29.3 (23.2)
kaempferol	0.82 (0.9)	16.4 (6.0)	1.01 (0.8)	1.22 (0.9)	2.42 (1.9)
myricetin	0.82 (0.9)	2.35 (0.9)	1.01 (0.8)	1.28 (1.0)	1.10 (0.9)
กลุ่มย่อย flavan-3-ols					
catechin	37.1 (39.2)	84.3 (30.9)	41.1 (33.6)	58.1 (44.2)	45.9 (36.4)
epicatechin	0.68 (0.7)	0.62 (0.2)	0.58 (0.5)	0.81 (0.6)	0.66 (0.5)
กลุ่มย่อย flavone					
apigenin	0.60 (0.6)	5.63 (2.1)	1.05 (0.9)	0.94 (0.7)	1.28 (1.0)
กลุ่มย่อย anthocyanins					
cyanidin-3-glucoside	2.23 (2.4)	43.2 (15.8)	2.15 (1.8)	1.59 (1.2)	6.01 (4.8)
รวม (mg/100 g FW)	94.62	272.9	122.26	131.45	126.04
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg/100 g FW)	148.2	237.2	171.0	172.6	167.8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. องค์ประกอบความแปรปรวน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พบว่าพันธุกรรม ฤดูกาลและปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาลมีอิทธิพลต่อลักษณะส่วนใหญ่ของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณวิตามินซีและคุณภาพผลฝรั่ง (Prob.< 0.01) (ตารางที่ 7)

เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณวิตามินซีและคุณภาพผลฝรั่งจำนวน 21 พันธุ์ พันธุ์ละ 4 ผล เป็นเวลา 3 ฤดูกาล สามารถจำแนกแหล่งความแปรปรวนได้ 4 ประเภท คือ 1) ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของพันธุกรรม (σ^2_G) 2) ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของฤดูกาล (σ^2_S) 3) ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาล (σ^2_{GS}) และ 4) ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของผลภายในพันธุ์ (σ^2_e)

2.1 ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของพันธุกรรม

ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของพันธุกรรมหรือค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad sense heritability) มีค่าอยู่ระหว่าง 1.2-82.6% โดยลักษณะที่มีความแปรปรวนระดับสูง (≥ 60%) ได้แก่ kaempferol (82.6%) Hue angle ของสีเนื้อ (81.8%) apigenin (78.7%) Hue angle ของสีผิว (76.6%) ปริมาณกรด (63.5%) และ cyanidin-3-glucoside (62.8%) ลักษณะที่มีความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของพันธุกรรมระดับปานกลาง (30-59%) ได้แก่ น้ำหนักผล (57.4%) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (47.8%) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (42.8%) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (33.8%) ส่วนลักษณะที่มีความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของพันธุกรรมระดับต่ำ (< 30%) ได้แก่ myricetin (28.0%) quercetin (24.46%) catechin (22.9%) ปริมาณวิตามินซี (22.1%) epicatechin (21.6%) ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (19.7%) ellagic acid (15.9%) ferulic acid (11.9%) chlorogenic acid (9.9%) และ gallic acid (1.2%) (ตารางที่ 8)

ความแปรปรวนทางพันธุกรรมมีความสำคัญสำหรับการปรับปรุงพันธุ์พืช โดยลักษณะที่พันธุกรรมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกสูงก็จะมีโอกาสประสบความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์สูงด้วยเช่นกัน ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งเพื่อสร้างพันธุ์ที่มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงก็จะมีโอกาสประสบความสำเร็จในการเพิ่มปริมาณ kaempferol, apigenin และ cyanidin-3-glucoside

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มากกว่าในลักษณะอื่น ๆ ส่วนลักษณะที่มีความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของพันธุกรรมระดับปานกลางและระดับต่ำนั้นโอกาสที่จะคัดเลือกให้สำเร็จก็จะมีน้อยหรือต้องใช้เวลาในการปรับปรุงพันธุ์มากขึ้น โดยสามารถเพิ่มโอกาสประสบความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์โดยเพิ่มความแปรปรวนทางพันธุกรรมได้หลายวิธี เช่น การรวบรวมพันธุ์เพิ่มในเชื้อพันธุกรรม การผสมข้ามหรือการทำให้เกิดความหลากหลายโดยการกลายพันธุ์ เป็นต้น

ในลักษณะปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระนั้น ปริมาณ cyanidin-3-glucoside มีความแปรปรวนซึ่งเกิดจากอิทธิพลของพันธุกรรมสูง (62.8%) ซึ่งตรงกับรายงานของ Macheix *et al.* (1990) ที่ว่าสัดส่วนของ anthocyanin เกิดจากอิทธิพลของพันธุกรรมเป็นหลัก ดังจะเห็นได้จากฝรั่งพันธุ์ที่มีเนื้อสีม่วงแดงจะมีปริมาณ cyanidin-3-glucoside สูงกว่าฝรั่งพันธุ์อื่น ๆ ถึง 12 เท่า ส่วนปริมาณ kaempferol และ apigenin มีสัดส่วนความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูงด้วยเช่นกัน (82.6% และ 78.7% ตามลำดับ) เนื่องจากสารทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นสารที่ให้สีเหลืองอ่อนซึ่งเป็นลักษณะประจำพันธุ์แต่อาจถูกบดบังด้วยสารสีอื่น ๆ เช่น สีม่วงแดงของสารในกลุ่ม anthocyanins และสีแดงส้มของสารกลุ่ม carotenoids ดังนั้นจึงพบปริมาณ kaempferol และ apigenin ในพันธุ์ฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงและกลุ่มเนื้อสีชมพูมากกว่ากลุ่มเนื้อสีครีม (ตารางที่ 5)

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบความแปรปรวนเนื่องจากพันธุกรรมหรือค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้างในครั้งนี้พบว่ามีค่าต่ำกว่าค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบที่ Thaipong (2007) ได้เคยรายงานไว้ในลักษณะฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (0.55) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (0.69) และ catechin (0.22) เนื่องจากประชากรที่ใช้ในการศึกษาและสภาพแวดล้อมที่ใช้ทดสอบต่างกัน ดังนั้นค่าองค์ประกอบความแปรปรวนเนื่องจากพันธุกรรมหรือค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้างซึ่งเป็นค่าจำเพาะกับประชากรจึงมีความแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณวิตามินซีและคุณภาพผลของฝรั่งจำนวน 21 พันธุ์ พันธุ์ละ 4 ผล เป็นเวลา 3 ฤดูกาล

Traits	SOV	d.f.	MS	Prob.	Traits	SOV	d.f.	MS	Prob.
AOA[1]	G	20	98.03	< 0.01	TPH	G	20	15442.00	< 0.01
	S	2	298.43	< 0.01		S	2	9973.84	< 0.01
	G × S	40	14.90	< 0.01		G × S	40	2563.86	< 0.01
	Error	189	2.87			Error	189	591.05	
TFL	G	20	1529.96	< 0.01	Gal	G	20	0.34	< 0.01
	S	2	7977.06	< 0.01		S	2	0.24	0.22
	G × S	40	565.26	< 0.01		G × S	40	0.31	< 0.01
	Error	189	131.48			Error	189	0.16	
Ell	G	20	12.81	< 0.01	Fer	G	20	957.35	< 0.01
	S	2	20.96	< 0.01		S	2	4004.13	< 0.01
	G × S	40	5.97	< 0.01		G × S	40	437.11	< 0.01
	Error	189	1.79			Error	189	227.17	
Chlo	G	20	0.60	< 0.01	Quer	G	20	2367.48	< 0.01
	S	2	0.53	< 0.01		S	2	4318.40	< 0.01
	G × S	40	0.37	< 0.01		G × S	40	6.63.64	< 0.01
	Error	189	0.10			Error	189	285.51	
Kaem	G	20	259.56	< 0.01	Myr	G	20	2.99	< 0.01
	S	2	9.38	0.01		S	2	1.86	0.01
	G × S	40	11.26	< 0.01		G × S	40	0.66	0.03
	Error	189	2.08			Error	188	0.43	

หมายเหตุ [1] AOA = ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, TPH = ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, TFL = ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด, Gal = gallic acid, Ell = ellagic acid, Fer = ferulic acid, Chlo = chlorogenic acid, Quer = quercetin, Kaem = kaempferol, Myr = myricetin, Cat = catechin, Epi = epicatechin, Api = apigenin, Cya = cyanidin-3-glucoside, AA = ปริมาณวิตามินซี, FW = น้ำหนักผล, Shue = Hue angle ของสีผิว, Fhue = Hue angle ของสีเนื้อ, TSS = ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด, TA = ปริมาณกรด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 (ต่อ)

Traits	SOV	d.f.	MS	Prob.	Traits	SOV	d.f.	MS	Prob.
Cat[1]	G	20	4152.1	< 0.01	Epi	G	20	0.23	< 0.01
	S	2	3700.0	< 0.01		S	2	0.10	0.05
	G × S	40	1446.2	< 0.01		G × S	40	0.08	< 0.01
	Error	189	496.0			Error	189	0.03	
Api	G	20	25.34	< 0.01	Cya	G	20	1836.44	< 0.01
	S	2	3.57	< 0.01		S	2	358.04	< 0.01
	G × S	40	1.13	< 0.01		G × S	40	223.24	< 0.01
	Error	188	0.20			Error	189	29.64	
AA	G	20	13276.97	< 0.01	FW	G	20	157245.2	< 0.01
	S	2	65308.56	< 0.01		S	2	197307.5	< 0.01
	G × S	40	4631.67	< 0.01		G × S	40	14440.0	< 0.01
	Error	189	882.39			Error	189	4041.7	
Shue	G	20	2462.23	< 0.01	Fhue	G	20	13604.32	< 0.01
	S	2	1831.72	< 0.01		S	2	8718.07	< 0.01
	G × S	40	101.32	< 0.01		G × S	40	450.43	< 0.01
	Error	189	18.75			Error	189	42.99	
TSS	G	20	14.05	< 0.01	TA	G	20	0.96	< 0.01
	S	2	6.97	< 0.01		S	2	0.37	< 0.01
	G × S	40	3.47	< 0.01		G × S	40	0.08	< 0.01
	Error	189	1.09			Error	189	0.03	

หมายเหตุ [1] AOA = ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, TPH = ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, TFL = ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด, Gal = gallic acid, Ell = ellagic acid, Fer = ferulic acid, Chlo = chlorogenic acid, Quer = quercetin, Kaem = kaempferol, Myr = myricetin, Cat = catechin, Epi = epicatechin, Api = apigenin, Cya = cyanidin-3-glucoside, AA = ปริมาณวิตามินซี, FW = น้ำหนักผล, Shue = Hue angle ของสีผิว, Fhue = Hue angle ของสีเนื้อ, TSS = ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด, TA = ปริมาณกรด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 องค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะคุณภาพผลฝรั่ง

ลักษณะ	σ^2_G		σ^2_S		σ^2_{GS}		σ^2_e	
	Variance	%	Variance	%	Variance	%	Variance	%
AOA[1]	6.93	42.8	3.38	20.9	3.01	18.6	2.87	17.7
TPH	1073.20	47.8	88.21	3.9	493.20	22.0	591.05	26.3
TFL	80.39	19.7	88.24	21.6	108.44	26.5	131.48	32.2
Gal	0.0024	1.2	-0.0008	0.0	0.0380	19.4	0.1551	79.3
Ell	0.571	15.9	0.179	5.0	1.045	29.2	1.789	49.9
Fer	43.35	11.9	42.46	11.6	52.48	14.4	227.17	62.2
Chlo	0.019	9.9	0.002	1.0	0.067	35.0	0.104	54.1
Quer	139.49	24.26	43.15	7.6	102.03	17.9	285.51	50.07
Kaem	20.692	82.6	-0.022	0.0	2.295	9.2	2.076	8.3
Myr	0.19451	28.0	0.01425	2.1	0.05786	8.3	0.4282	61.6
Cat	225.5	22.9	26.8	2.7	237.6	24.1	496.0	50.3
Epi	0.01282	21.6	0.000286	0.5	0.01154	19.5	0.03466	58.4
Api	1.983	78.7	0.030	1.2	0.261	10.4	0.245	9.7
Cya	134.43	62.8	1.60	0.7	48.40	22.6	29.64	13.8
AA	720.44	22.1	722.34	22.1	937.32	28.7	882.39	27.0
FW	11900.40	57.4	2177.00	10.5	2599.60	12.5	4041.70	19.5
Shue	196.74	76.6	20.60	8.0	20.64	8.0	18.75	7.3
Fhue	1096.20	81.8	98.42	7.3	101.86	7.6	42.99	3.2
TSS	0.8820	33.8	0.0417	1.6	0.5940	22.8	1.0910	41.8
TA	0.0734	63.5	0.0035	3.0	0.0124	10.7	0.0264	22.8

หมายเหตุ [1] AOA = ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, TPH = ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, TFL = ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด, Gal = gallic acid, Ell = ellagic acid, Fer = ferulic acid, Chlo = chlorogenic acid, Quer = quercetin, Kaem = kaempferol, Myr = myricetin, Cat = catechin, Epi = epicatechin, Api = apigenin, Cya = cyanidin-3-glucoside, AA = ปริมาณวิตามินซี, FW = น้ำหนักผล, Shue = Hue angle ของสีผิว, Fhue = Hue angle ของสีเนื้อ, TSS = ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด, TA = ปริมาณกรด, σ^2_G = ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของพันธุกรรม, σ^2_S = ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของฤดูกาล, σ^2_{GS} = ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาล, σ^2_e = ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของผลภายในพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของฤดูกาล

ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของฤดูกาลมีค่าอยู่ระหว่าง 0-22.1% โดยลักษณะที่มีความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของฤดูกาลระดับปานกลาง (> 10%) ได้แก่ ปริมาณวิตามินซี (22.1%), ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (21.6%), ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (20.9%), Ferulic acid (11.6%) และน้ำหนักผล (10.5%) ส่วนลักษณะที่มีความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของฤดูกาลระดับต่ำ (< 10%) ได้แก่ Hue angle ของสีผิว (8.0%) quercetin (7.6%) Hue angle ของสีเนื้อ (7.3%) ellagic acid (5.0%) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (3.9%) ปริมาณกรด (3.0%) catechin (2.7%) myricetin (2.1%) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (1.6%) apigenin (1.2%) chlorogenic acid (1.0%) cyanidin-3-glucoside (0.7%) epicatechin (0.5%) kaempferol (0.0%) และ gallic acid (0.0%) (ตารางที่ 8)

ลักษณะที่มีความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของฤดูกาลสูงแสดงว่าลักษณะนั้นมีการแสดงออกขึ้นกับสภาพแวดล้อมในฤดูกาลนั้น ๆ สภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมีทั้งอิทธิพลของปริมาณแสง อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน (ตารางผนวกที่ 21) โดยปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของผลฝรั่งในฤดูฝนและฤดูหนาวส่วนใหญ่มีค่าไม่แตกต่างกันแต่จะแตกต่างกับฤดูร้อน ส่วนหนึ่งเป็นเพราะตัวอย่างที่เก็บในฤดูร้อนมีระยะเวลาการเก็บรักษาในตู้แช่แข็ง -20 องศาเซลเซียสเพื่อรอวัดปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่าง ๆ ที่นานกว่าฤดูฝนและฤดูหนาว ทำให้ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซีของฝรั่งที่เก็บในฤดูร้อนส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่าฤดูฝนและฤดูหนาว โดยในราสเบอร์รี่พบว่าเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ปีทำให้ปริมาณ ellagic acid ลดลง 14-21% และปริมาณวิตามินซีลดลง 33-55% (Ancos *et al.*, 2000)

2.3 ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาล

ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาลมีค่าอยู่ระหว่าง 5.2-35.0% โดยลักษณะที่มีความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาลระดับสูง (> 25%) ได้แก่ chlorogenic acid (35.0%) ellagic acid (29.2%) ปริมาณวิตามินซี (28.7%) และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (26.5%) ลักษณะที่มีความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาลระดับปานกลาง

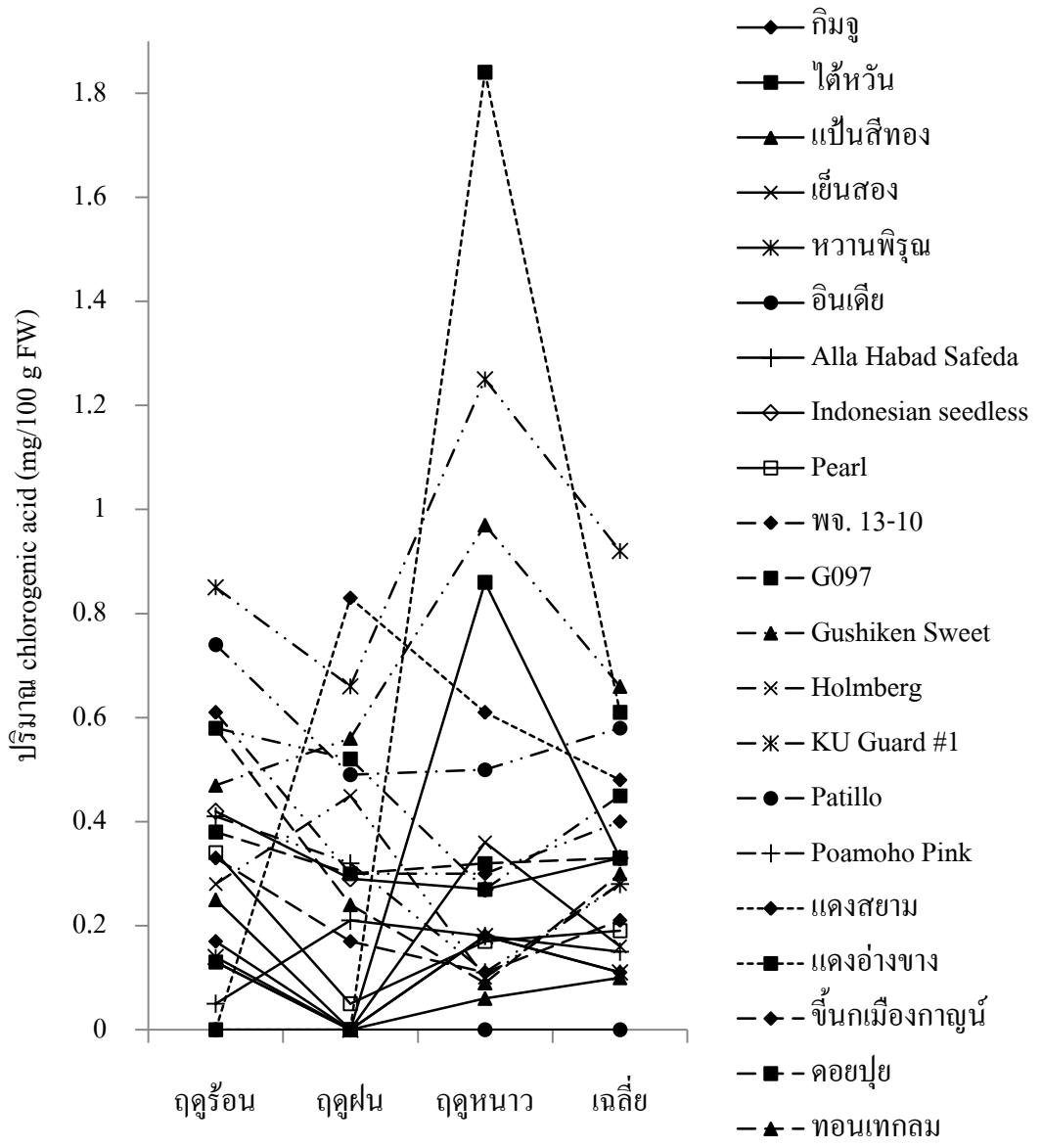
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(15-25%) ได้แก่ catechin (24.1%) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (22.8%) cyanidin-3-glucoside (22.6%) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (22.0%) epicatechin (19.5%) gallic acid (19.4%) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (18.6%) และ quercetin (17.89%) ส่วนลักษณะที่มีความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาลระดับต่ำ (< 15%) ได้แก่ ferulic acid (14.4%) น้ำหนักผล (12.5%) ปริมาณกรด (10.7%) apigenin (10.4%) kaempferol (9.2%) myricetin (8.3%) Hue angle ของสีผิว (8.0%) และ Hue angle ของสีเนื้อ (7.6%) (ตารางที่ 8)

ลักษณะที่ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาลมีอิทธิพลต่อการแสดงออกในระดับสูงดังลักษณะ chlorogenic acid (35.0%) ellagic acid (29.2%) ปริมาณวิตามินซี (28.7%) และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (26.5%) นั้นแสดงว่าสภาพแวดล้อมจะเข้ามามีบทบาทต่อปริมาณของสารเหล่านี้ ดังจะเห็นได้จากรูปแบบการตอบสนองของพันธุกรรมต่อฤดูกาลของปริมาณ chlorogenic acid, ellagic acid ปริมาณวิตามินซีและปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด พบว่าได้กราฟเส้นที่ตัดกัน ซึ่งเรียกปฏิสัมพันธ์แบบนี้ว่า crossover interaction (ภาพที่ 20-23)

ลำดับการแสดงออกของปริมาณ chlorogenic acid ในผลฝรั่งทั้ง 21 พันธุ์แต่ละฤดูกาลแตกต่างกัน โดยฝรั่งพันธุ์ ‘Patillo’ มีปริมาณ chlorogenic acid สูงที่สุดในฤดูร้อน พันธุ์ ‘แดงสยาม’ มีปริมาณ chlorogenic acid สูงที่สุดในฤดูฝน และพันธุ์ ‘แดงอ่างขาง’ มีปริมาณ chlorogenic acid สูงที่สุดในฤดูหนาว (ภาพที่ 20) ดังนั้นการคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณ chlorogenic acid สูงถ้าประเมินเพียงฤดูกาลเดียวจะทำให้การคัดเลือกผิดพลาดได้ จึงควรประเมินในทุกฤดูกาลและใช้ค่าเฉลี่ยจากทุกฤดูกาลเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก ซึ่งฝรั่งพันธุ์ที่มีปริมาณ chologenic acid สูงที่สุดคือ ‘KU Guard#1’

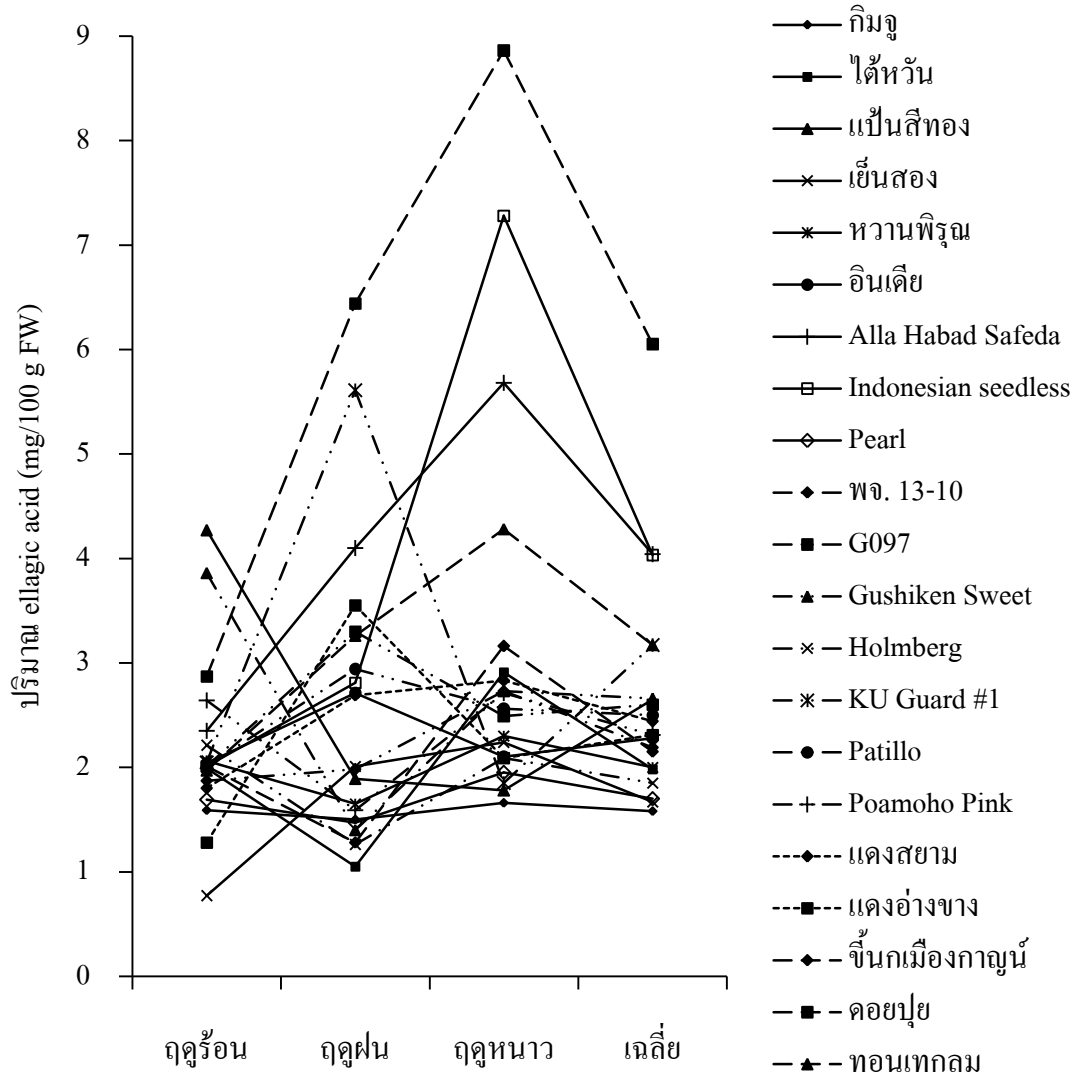
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 20 รูปแบบการตอบสนองของพันธุกรรมต่อฤดูกาลของลักษณะปริมาณ chlorogenic acid ในผลฝรั่ง 21 พันธุ์

ลำดับการแสดงออกของปริมาณ ellagic acid ในผลฝรั่งทั้ง 21 พันธุ์แต่ละฤดูกาลแตกต่างกัน ฝรั่งพันธุ์ ‘แป้นสีทอง’ มีปริมาณ ellagic acid สูงที่สุดในฤดูร้อน พันธุ์ ‘ดอยปุย’ มีปริมาณ ellagic acid สูงที่สุดในฤดูฝน และฤดูหนาว (ภาพที่ 21) ดังนั้นการคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณ ellagic acid สูงถ้าประเมินเพียงฤดูกาลเดียวก็จะทำให้การคัดเลือกผิดพลาดได้ จึงควรประเมินในทุกฤดูกาลและใช้ค่าเฉลี่ยจากทุกฤดูกาลเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก ซึ่งพันธุ์ที่มีปริมาณ ellagic acid สูงที่สุดคือ ‘ดอยปุย’

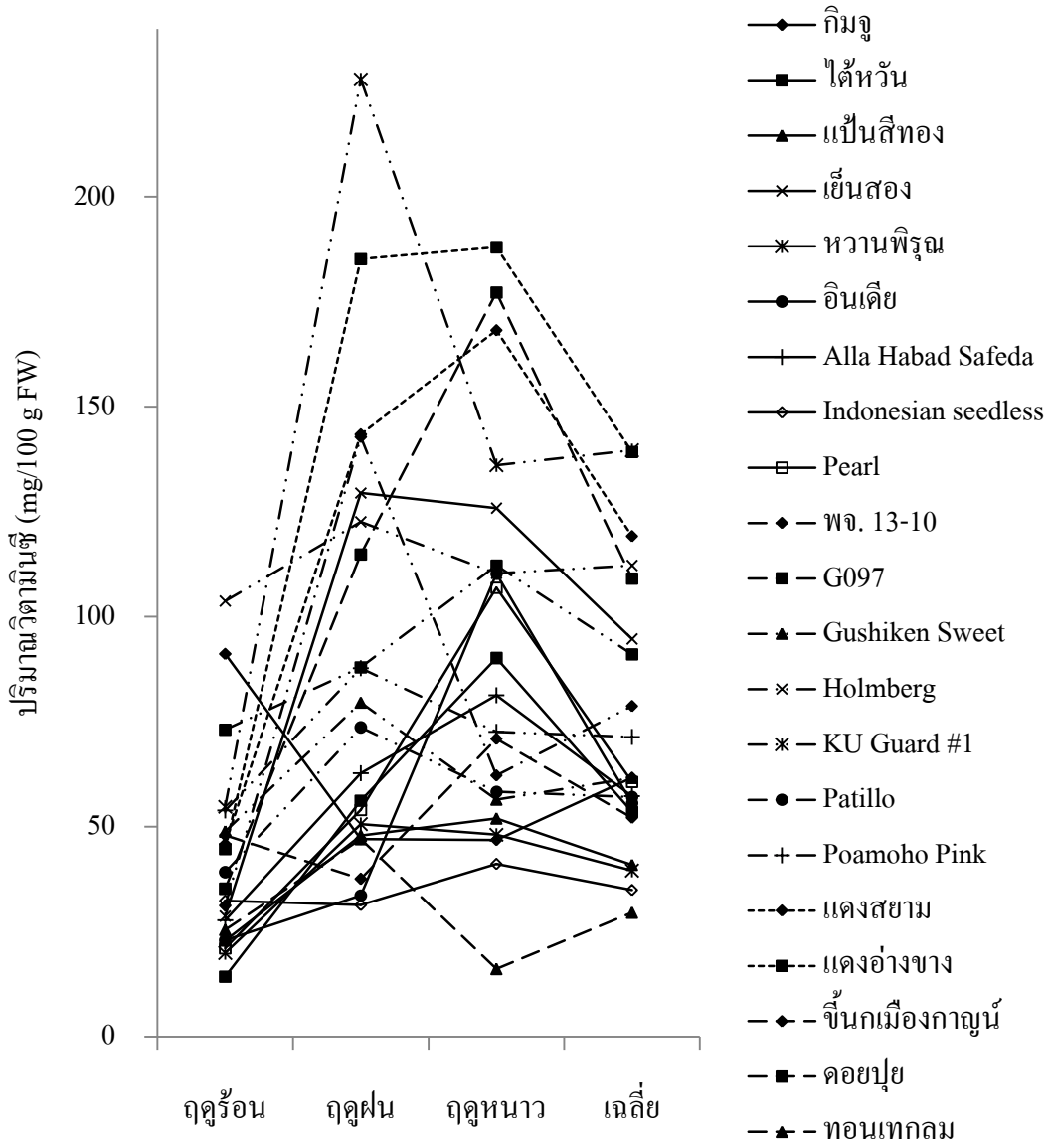
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 21 รูปแบบการตอบสนองของพันธุกรรมต่อฤดูกาลของลักษณะปริมาณ ellagic acid ในผลฝรั่ง 21 พันธุ์

ลำดับการแสดงออกของปริมาณวิตามินซีในผลฝรั่งทั้ง 21 พันธุ์แต่ละฤดูกาลแตกต่างกัน ฝรั่งพันธุ์ ‘Holmberg’ มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุดในฤดูร้อน พันธุ์ ‘KU Guard #1’ มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุดในฤดูฝน และพันธุ์ ‘แดงอ่างขาง’ มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุดในฤดูหนาว (ภาพที่ 22) ดังนั้นการคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณวิตามินซีสูง ถ้าประเมินเพียงฤดูกาลเดียวก็จะทำให้การคัดเลือกผิดพลาดได้ จึงควรประเมินในทุกฤดูกาลและใช้ค่าเฉลี่ยจากทุกฤดูกาลเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก ซึ่งฝรั่งพันธุ์ที่มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุดคือ ‘KU Guard #1’

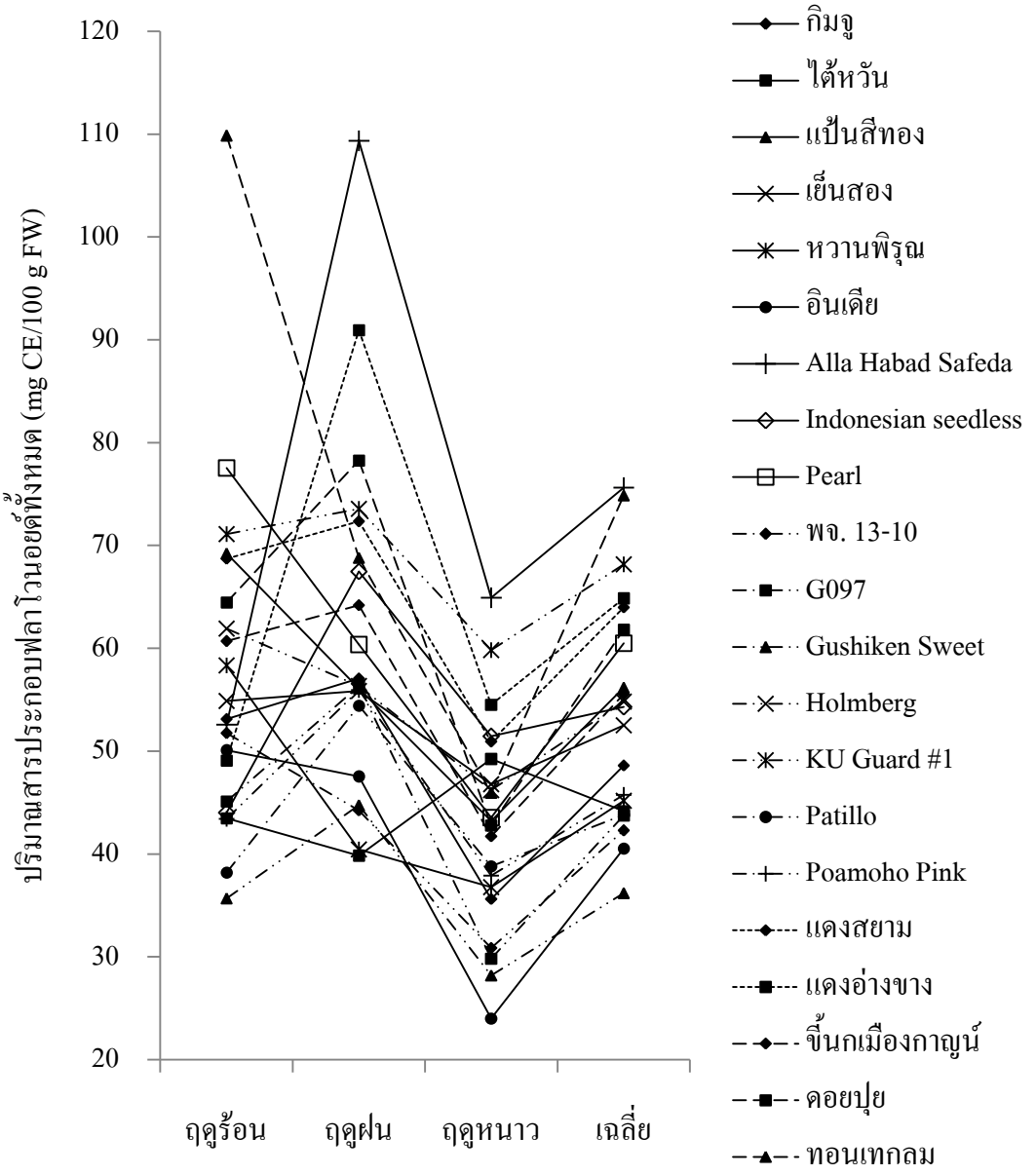
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 22 รูปแบบการตอบสนองของพันธุกรรมต่อฤดูกาลของลักษณะปริมาณวิตามินซีในผลฝรั่ง 21 พันธุ์

ลำดับการแสดงออกของปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในผลฝรั่งทั้ง 21 พันธุ์แต่ละฤดูกาลแตกต่างกัน ฝรั่งพันธุ์ ‘ทอนเทกลม’ มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงที่สุดในฤดูร้อน พันธุ์ ‘Alla Habad Safeda’ มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงที่สุดในฤดูฝน และฤดูหนาว (ภาพที่ 23) ดังนั้นการคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงถ้าประเมินเพียงฤดูกาลเดียวก็จะทำให้การคัดเลือกผิดพลาดได้ จึงควรประเมินในทุกฤดูกาลและใช้ค่าเฉลี่ยจากทุกฤดูกาลเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก ซึ่งฝรั่งพันธุ์ที่มีปริมาณปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงที่สุดคือ ‘Alla Habad Safeda’

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 23 รูปแบบการตอบสนองของพันธุกรรมต่อฤดูกาลของลักษณะปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในผลฝรั่ง 21 พันธุ์

ดังนั้นเมื่อปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาลมีผลต่อการแสดงออกของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ โดยในสภาพแวดล้อมหนึ่งให้ค่าสูงและให้ค่าต่ำลงในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม การคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงควรใช้ค่าเฉลี่ยจากทุกฤดูกาลเพื่อให้การคัดเลือกมีความแม่นยำมากที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของผลภายในพันธุ์

ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของผลภายในพันธุ์มีค่าอยู่ระหว่าง 3.2–81.1% โดยลักษณะที่มีความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของผลภายในพันธุ์ระดับสูง (≥ 60%) ได้แก่ gallic acid (79.3%) ferulic acid (62.2%) และ myricetin (61.6%) ลักษณะที่มีความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของผลภายในพันธุ์ระดับปานกลาง (30-59%) ได้แก่ epicatechin (58.4%) chlorogenic acid (54.1%) catechin (50.3%) quercetin (50.1%) ellagic acid (49.9%) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (41.8%) และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ (32.2%) ส่วนลักษณะที่มีความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของผลภายในพันธุ์ระดับต่ำ (< 30%) ได้แก่ ปริมาณวิตามินซี (27.0%) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (26.3%) ปริมาณกรด (22.8%) น้ำหนักผล (19.5%) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (17.7%) cyanidin-3-glucoside (13.8%) apigenin (9.7%) kaempferol (8.3%) Hue angle ของสีผิว (7.3%) และ Hue angle ของสีเนื้อ (3.2%) (ตารางที่ 8)

การศึกษาในครั้งนี้มีความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของผลภายในพันธุ์บางลักษณะค่อนข้างสูง ตรงกับรายงานของเกรียงศักดิ์ (2545) ที่ว่าความแปรปรวนของผลภายในต้นมีค่าค่อนข้างสูงในลักษณะปริมาณวิตามินซี (21.5%) น้ำหนักผล (24.9%) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (41.5%) และปริมาณกรด (39.4%) ซึ่งอาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น การสุ่มเก็บเกี่ยวผลที่ระยะเก็บเกี่ยวซึ่งไม่ได้มีการนับระยะเวลาที่ชัดเจน ทำให้ผลที่เก็บมานั้นอาจมีระยะการสุกแก่ที่ต่างกันส่งผลให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระต่างกันด้วย นอกจากนี้อาจเกิดจากการสุ่มชิ้นตัวอย่างที่จะนำมาวัดปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในบางผลอาจมีสัดส่วนระหว่างผิวกับเนื้อไม่เท่ากัน โดยเฉพาะผลที่มีขนาดเล็กก็มีโอกาสที่จะมีสัดส่วนผิวต่อเนื้อที่มากกว่าผลขนาดใหญ่ ดังนั้นตัวอย่างที่มีการสุ่มสัดส่วนผิวต่อเนื้อมากกว่าก็จะทำให้มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าได้ เนื่องจากมีรายงานว่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของผลจะมีมากที่สุดที่ผิวรองลงมาคือที่เนื้อ (Macheix *et al*., 1990) ดังนั้นการลดความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของผลภายในพันธุ์ทำได้โดยเพิ่มจำนวนผลฝรั่งที่เก็บตัวอย่างหรือเก็บตัวอย่างที่ระยะเดียวกันโดยอาจนับจำนวนวันในการพัฒนาของผลและสามารถลดความแปรปรวนที่เกิดจากการสุ่มชิ้นตัวอย่างโดยการสับตัวอย่างให้ละเอียดที่สุดก่อนที่จะนำไปแช่ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปรากฏ

ลักษณะที่มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นบวก (positive correlation coefficient) ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระกับ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (0.90) ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (0.37) gallic acid (0.12) ellagic acid (0.32) ferulic acid (0.23) chlorogenic acid (0.27) quercetin (0.38) kaempferol (0.51) myricetin (0.33) catechin (0.50) epicatechin (0.22) apigenin (0.59) cyanidin-3-glucoside (0.49) และปริมาณวิตามินซี (0.69) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดกับปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (0.43) gallic acid (0.16) ellagic acid (0.32) ferulic acid (0.28) chlorogenic acid (0.28) quercetin (0.38) kaempferol (0.53) myricetin (0.31) catechin (0.51) epicatechin (0.23) apigenin (0.62) cyanidin-3-glucoside (0.48) และปริมาณวิตามินซี (0.64) ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดกับ ellagic acid (0.15) ferulic acid (0.29) kaempferol (0.30) myricetin (0.21) catechin (0.33) epicatechin (0.47) apigenin (0.27) cyanidin-3-glucoside (0.26) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (0.13) gallic acid กับ ferulic acid (0.18) quercetin (0.12) kaempferol (0.14) catechin (0.33) apigenin (0.17) และ cyanidin-3-glucoside (0.15) ellagic acid กับ catechin (0.33) epicatechin (0.24) และ ปริมาณวิตามินซี (0.19) ferulic acid กับ quercetin (0.14) kaempferol (0.42) myricetin (0.27) catechin (0.14) apigenin (0.33) และ cyanidin-3-glucoside (0.31) chlorogenic acid กับ quercetin (0.22) myricetin (0.24) catechin (0.13) apigenin (0.23) ปริมาณวิตามินซี (0.28) และปริมาณกรด (0.14) quercetin กับ kaempferol (0.41) myricetin (0.20) catechin (0.30) apigenin (0.49) cyanidin-3-glucoside (0.41) ปริมาณวิตามินซี (0.32) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (0.13) และปริมาณกรด (0.20) kaempferol กับ myricetin (0.46) catechin (0.51) apigenin (0.93) cyanidin-3-glucoside (0.94) และปริมาณวิตามินซี (0.33) myricetin กับ apigenin (0.42) cyanidin-3-glucoside (0.41) และ ปริมาณวิตามินซี (0.15) catechin กับ epicatechin (0.18) apigenin (0.54) cyanidin-3-glucoside (0.54) และปริมาณวิตามินซี (0.32) epicatechin กับ Hue angle ของสีเนื้อ (0.21) apigenin กับ cyanidin-3-glucoside (0.90) และปริมาณวิตามินซี (0.41) cyanidin-3-glucoside กับปริมาณวิตามินซี (0.35) น้ำหนักผลกับ Hue angle ของสีเนื้อ (0.14) Hue angle ของสีผิวกับ Hue angle ของสีเนื้อ (0.69) Hue angle ของสีเนื้อกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (0.31) (ตารางที่ 9)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณวิตามินซีและคุณภาพผลที่มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกัน โดยจะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นลบ (negative correlation coefficient) ได้แก่ ปริมาณ chlorogenic acid กับ ferulic acid (-0.13) น้ำหนักผลกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (-0.18) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (-0.23) ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (-0.21) ellagic acid (-0.21) ferulic acid (-0.16) chlorogenic acid (-0.24) myricetin (-0.19) catechin (-0.18) และepicatechin (-0.13) Hue angle ของสีผิวกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (-0.57) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (-0.52) ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (-0.15) ferulic acid (-0.33) quercetin (-0.49) kaempferol (-0.85) myricetin (-0.40) catechin (-0.44) apigenin (-0.84) cyanidin-3-glucoside (-0.81) และปริมาณวิตามินซี (-0.39) Hue angle ของสีเนื้อกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (-0.49) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (-0.39) ferulic acid (-0.21) chlorogenic acid (-0.30) quercetin (-0.52) kaempferol (-0.49) myricetin (-0.25) catechin (-0.21) apigenin (-0.55) cyanidin-3-glucoside (-0.46) และปริมาณวิตามินซี (-0.40) ปริมาณกรดกับปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (-0.20) epicatechin (-0.22) Hue angle ของสีเนื้อ (-0.45) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (-0.18) (ตารางที่ 9)

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปรากฏระหว่างสารประกอบฟีนอลิกชนิดต่าง ๆ และวิตามินซีกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สามารถแบ่งเป็นกลุ่มสารที่มีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง ($r \geq 0.60$) ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (0.90) และปริมาณวิตามินซี (0.69) กลุ่มสารที่มีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระปานกลาง ($0.30 \leq r < 0.60$) ได้แก่ apigenin (0.59) kaempferol (0.51) catechin (0.50) cyanidin-3-glucoside (0.49) quercetin (0.38) ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (0.37) myricetin (0.33) และ ellagic acid (0.32) ส่วนสารกลุ่มที่มีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำ ($r < 0.30$) ได้แก่ chlorogenic acid (0.27) ferulic acid (0.23) epicatechin (0.22) และ gallic acid (0.12) โดยลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าก็จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้มากกว่าสารที่มีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่า

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซีส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกับลักษณะน้ำหนักผล Hue angle ของสีผิวและสีเนื้อ โดยค่าน้ำหนักผล Hue angle ของสีผิวและสีเนื้อที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลง เช่น ในฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงมีค่า Hue angle ของสีผิวและสีเนื้อที่ต่ำแต่ฝรั่งกลุ่มนี้จะให้ค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สูง ในทาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลับกันฝรั่งกลุ่มเนื้อสีขาวมีค่า Hue angle ของสีเนื้อที่สูงกลับให้ค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ต่ำ โดยลักษณะสีผิวและสีเนื้อจะสามารถบอกกลุ่มของสารสี (pigment) ที่มีอยู่ในผักและผลไม้ได้เช่น สารกลุ่ม carotenoids ในผักและผลไม้ที่มีเหลือง-แดง สารกลุ่ม anthocyanins ในผักผลไม้ที่มีสีม่วง แดงเข้มและสีน้ำเงิน ซึ่งสารสีเหล่านี้บางชนิดก็ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วย ส่วนในลักษณะน้ำหนักผลนั้นผลที่มีขนาดเล็กก็จะมีสัดส่วนของผิวผลต่อเนื้อที่สูงกว่า ดังนั้นผลที่มีขนาดเล็กกว่าโอกาสที่ชิ้นส่วนของผิวผลที่นำมาวัดค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระนั้นก็จะมีมากกว่า ทำให้สามารถให้ค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าผลที่มีขนาดใหญ่

จากการศึกษาในครั้งนี้ลักษณะที่มีความสัมพันธ์สูงกับลักษณะฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซี ได้แก่ Hue angle ของสีผิวและสีเนื้อ ดังนั้นสามารถใช้ลักษณะทั้ง 2 ลักษณะนี้ในการคัดเลือกฝรั่งที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซีสูง เนื่องจากการประเมินลักษณะเหล่านั้นมีความยุ่งยากและใช้สารเคมีที่เป็นอันตราย อีกทั้งการใช้ลักษณะคุณภาพผลที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและสามารถประเมินได้ง่ายมีความสะดวกในการประเมินลูกผสม โดยเฉพาะรุ่นแรก ๆ ซึ่งมีจำนวนมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปรากฏระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณวิตามินซีและคุณภาพผลฝรั่ง

	AOA	TPH	TFL	Gal	Ell	Fer	Chlo	Quer	Kaem	Myr	Cat	Epi	Api	Cya	AA	FW	Shue	Fhue	TSS
TPH	.90**																		
TFL	.37**	.43**																	
Gal	.12	.16*	.01																
Ell	.32**	.32**	.15*	.08															
Fer	.17**	.22**	.26**	.14*	-.02														
Chlo	.27**	.28**	.00	-.01	.05	-.13*													
Quer	.38**	.38**	-.05	.12*	.08	.14*	.22**												
Kaem	.51**	.53**	.30**	.14*	.01	.42**	.06	.41**											
Myr	.33**	.31**	.21**	.09	.03	.27**	.24**	.20**	.46**										
Cat	.50**	.51**	.33**	.33**	.33**	.14*	.13*	.30*	.51**	.28**									
Epi	.22**	.23**	.47**	-.01	.24**	.07	-.02	-.03	.00	.07	.18**								
Api	.59**	.62**	.27**	.17*	.05	.33**	.23**	.49**	.93**	.42**	.54**	.02							
Cya	.49**	.48**	.26**	.15*	.02	.31**	.10	.41**	.94**	.41**	.54**	.01	.90**						
AA	.69**	.64**	-.01	.02	.19**	-.03	.28**	.32**	.33**	.15*	.32**	.01	.41**	.35**					
FW	-.18**	-.23**	-.21**	-.08	-.21**	-.16*	-.24**	-.11	-.03	-.19**	-.18**	-.13*	-.11	.03	-.03				
Shue	-.57**	-.52**	-.15*	-.12	-.04	-.33**	-.10	-.49**	-.85**	-.40**	-.44**	.02	-.84**	-.81**	-.39**	.05			
Fhue	-.49**	-.39**	.10	-.07	.02	-.21**	-.30**	-.52**	-.49**	-.25**	-.21**	.21**	-.55**	-.46**	-.40**	.14*	.69**		
TSS	-.01	.11	.13*	.07	-.06	.09	-.11	.13*	.09	.04	.00	-.02	.03	.05	.02	.05	.03	.31**	
TA	.10	.00	-.20**	-.08	-.07	.03	.14*	.20**	-.04	-.05	-.12	-.22**	-.03	-.03	.06	-.06	-.11	-.45**	-.18**

หมายเหตุ [1]AOA = ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, TPH = ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, TFL = ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด, Gal = Gallic acid, Ell = Ellagic acid, Fer = Ferulic acid, Chlo = Chlorogenic acid, Quer = Quercetin, Kaem = Kaempferol, Myr = Myricetin, Cat = Catechin, Epi = Epicatechin, Api = Apigenin, Cya = Cyanidin-3-glucoside, , AA = ปริมาณวิตามินซี, FW = น้ำหนักผล, Shue = Hue angle ของสีผิว, Fhue = Hue angle ของสีเนื้อ, TSS = ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด, TA = ปริมาณกรด

* และ ** คือ มีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. พันธุ์ฝรั่งมีความหลากหลายของลักษณะฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณวิตามินซีและคุณภาพผล โดยฝรั่งกลุ่มพันธุ์เนื้อสีม่วงแดงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณวิตามินซีสูงที่สุดแต่มีคุณภาพผลไม่เหมาะสมสำหรับรับประทานสด (เนื้อนิ่ม กลิ่นแรง) ในขณะที่กลุ่มพันธุ์เนื้อสีขาวมีปริมาณค่อนข้างต่ำ แต่มีคุณภาพผลเหมาะสมสำหรับรับประทานสด

2. สารประกอบฟีนอลิกหลักในผลฝรั่ง ได้แก่ catechin (36.4%), ferulic acid (28.4%) และ quercetin (23.2%) ส่วน gallic acid, ellagic acid, chlorogenic acid, kaempferol, myricetin, epicatechin, apigenin และ cyanidin-3-glucoside มีปริมาณค่อนข้างน้อย ยกเว้น cyanidin-3-glucoside ที่พบมากในกลุ่มพันธุ์เนื้อสีม่วงแดง

3. องค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณวิตามินซีและคุณภาพผลฝรั่งเกิดจากอิทธิพลของพันธุกรรม 1.2-82.6% อิทธิพลของฤดูกาล 0.0-22.1% อิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาล 5.2-35.0% และอิทธิพลของผลภายในพันธุ์ 3.2-81.1% โดยลักษณะที่มีความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของพันธุกรรมสูง ($\geq$ 60%) ได้แก่ ปริมาณ kaempferol, apigenin, cyanidin-3-glucoside, Hue angle ของสีเนื้อ Hue angle ของสีผิวและปริมาณกรด

4. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซีแต่มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกับน้ำหนักผล Hue angle ของสีผิวและ Hue angle ของสีเนื้อ โดยสารประกอบฟีนอลิกที่มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างมาก ได้แก่ apigenin (r =0.59), kaempferol (r = 0.51), catechin (r = 0.50) และ cyanidin-3-glucoside (r = 0.49)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากกลุ่มพันธุ์สีม่วงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงแต่มีคุณภาพไม่เหมาะสมกับการบริโภคสดในขณะที่กลุ่มพันธุ์เนื้อสีขาวโดยเฉพาะพันธุ์การค้ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างต่ำแต่มีคุณภาพเหมาะสมกับการบริโภคสด ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งเพื่อให้ได้ลูกผสมที่มีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจึงควรผสมข้ามระหว่างฝรั่งกลุ่มเนื้อสีขาวเพื่อคงลักษณะคุณภาพผลที่ดีไว้กับฝรั่งกลุ่มเนื้อสีม่วงแดงซึ่งมีสารต้านอนุมูลอิสระชนิดสารประกอบฟีนอลิกสูง แต่มีสีเนื้อไม่เป็นที่นิยมในท้องตลาด เพื่อเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในฝรั่งพันธุ์ลูกผสม สำหรับฝรั่งกลุ่มเนื้อสีชมพูและสีครีมนั้นมีคุณภาพผลและมีกลิ่นไม่เหมาะสำหรับนำมาบริโภคผลสดจึงอาจนำฝรั่งทั้งสองกลุ่มนี้ไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นเช่นเป็นพันธุ์ฝรั่งสำหรับแปรรูป

เนื่องจากฤดูกาลและปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับฤดูกาลมีอิทธิพลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ประมาณวิตามินซีและคุณภาพผล ดังนั้นการประเมินจึงควรทำในหลายฤดูกาลและใช้ค่าเฉลี่ยจากหลายฤดูกาลเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2544. **ปรับปรุงพันธุ์พืช: ความหลากหลายของแนวคิด**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์. 2545. **อัตราซ้ำและลักษณะคุณภาพผลที่สำคัญของฝรั่ง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช**. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม.

บุบผา คงสมัย. 2552. เอกสารประกอบการสอนวิชาการปรับปรุงพันธุ์พืชขั้นสูง 1 (003575). ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ไพศาล หวังพานิช. 2526. การวัดผลการศึกษา. ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

สมชัย จันทร์สว่าง และ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2546. **พันธุศาสตร์ประชากร**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. 2541. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ. 2541 เรื่อง ฉลากโภชนาการ**. 20 มีนาคม 2541. แหล่งที่มา: www.centrallabthai.com/web/.../MOPH_182_27032012.pdf.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ . 2553. **ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร : ฝรั่ง ตามพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ. 2551.** สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งที่มา: http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2553/E/147/9.PDF.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. **รายงานผลการสำรวจฝรั่ง ปี 2550 เอกสารสถิติการเกษตร เลขที่ 430**. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กรุงเทพฯ.

อัญชลี ศรีสุวรรณ. 2546. **จำนวนโครโมโซมของฝรั่งกลุ่มรับประทานผลสด กลุ่มแปรรูป และลูกผสม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Aherne, S.A. and N.M. O'Brien. 2002. Dietary flavonols: chemistry, food content, and metabolism. **Nutrition** 18: 75-81.

Allard, R.W. and A.D. Bradshaw. 1964. Implications of genotype-environment interactions in applied plant breeding. Crop Sci. 4: 503-508. *In* G.S. Chahal and S.S. Gosal. 2002. **Principle and Procedures of Plant Breeding: Biotechnological and Conventional Approaches**. Alpha science international Ltd, UK.

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

Ancos de, B., E.M. Gonzalez and M.P. Cano. 2000. Ellagic acid, vitamin C and total phenolic contents and radical scavenging capacity affected by freezing and frozen storage in raspberry fruit. **J. Agric. Food Chem.** 48: 4565-4570.

Association of Office Analytical Chemists. 1990. **Official Methods of Analysis**, 15th ed. George Banta, Washington, DC.

Ayaz, F.A., S.H. Ayaz, J. Gruz, O. Novak and M. Strnad. 2005. Separation, characterization, and quantitation of phenolic acids in a little-known blueberry (*Vaccinium arctostaphylos* L.) fruit by HPLC-MS. **J. Agric. Food Chem.** 53: 8116–8122.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Barreto, G.P.M., M.T. Benassi and A.Z. Mercadante. 2009. Bioactive compounds from several tropical fruits and correlation by multivariate analysis to free radical scavenger activity. **J. Braz. Chem. Soc.** 20: 1856-1861.

Barreto, J.C., M.T.S. Trevisan, W.E. Hull, G. Erben, E.S. de Brito, B. Pfundstein, G. Würtele, B. Spiegelhalder and R.W. Owen. 2008. Characterization and quantitation of polyphenolic compounds in bark, kernel, leaves, and peel of mango (*Mangifera indica* L.). **J. Agric. Food Chem.** 56: 5599–5610.

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

Bernardo, R. 2002. **Breeding for Quantitative Traits in Plant**. Stemma Press, Minnesota, US.

Bors, W. and C. Michel. 1999. Antioxidant capacity of flavanols and gallate esters: pulse radiolysis studies. **Free Radical Biol. Med.** 27: 1413-1426.

Bubenchikova1, V.N. and I.L. Drozdova1. 2004. HPLC analysis of phenolic compounds in yellow sweet-clover. **Azerb. Khim. Zh.** 38: 24–25.

Burrows, C. and P.P. Moore. 2002. Genotype × environment effects on raspberry fruit quality. **Acta Hort.** 585: 467-473.

Chahal, G.S. and S.S. Gosal. 2002. **Principle and Procedures of Plant Breeding**: **Biotechnological and Conventional Approaches**. Alpha science international Ltd, UK.

Chen, H., Y. Zuo and Y. Deng. 2001. Separation and determination of flavonoids and their phenolic compounds in cranberry juice by high-performance liquid chromatography. **J. Chromatogr. A.** 913: 387–395.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

Comstock, R.E. and R.H. Moll. 1963. Genotype-Environment Interaction. Statistical Genetics and Plant Breeding. pp 164-196. *Cited* G.S. Chahal and S.S. Gosal. 2002. **Principle and Procedures of Plant Breeding: Biotechnological and Conventional Approaches**. Alpha science international Ltd, UK.

Connor, A.M., C.E. Finn, T.K. McGhie and P.A. Alspach. 2005. Genetic and environmental variation in anthocyanins and their relationship to antioxidant activity in blackberry and hybridberry cultivars. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 130: 680-687.

_____, A.M., J.J. Luby, C.B.S. Tong, C.E. Finn and J.F. Hancock. 2002. Genotype and environment variation in antioxidant activity, total phenolic content and anthocyanin content among blueberry cultivars. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 127:89-97.

Cooke, D., M. Schwarz, D. Boocock, P. Winterhalter, W.P. Steward, A.J. Gescher and T.H. Marczylo. 2006. Effect of cyanidin-3-glucoside and an anthocyanin mixture from bilberry on adenoma development in the ApcMin mouse model of intestinal carcinogenesis—relationship with tissue anthocyanin levels. **Int. J. Cancer.** 119: 2213–2220.

Cordenunsi, B.R., J.R.O. do Nascimento, M.I. Genovese and F.M. Lajolo. 2002. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in brazil. **J. Agric. Food Chem.** 50: 2581-2586.

Cotes, J.M., C.E. Ñustez, R. Martinez and N. Estrada. 2002. Analyzing genotype by environment interaction in potato using yield-stability index. **Amer. J. Potato Res.** 79: 211-218.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Ding, M., R. Feng, S.Y. Wang, L. Bowman, Y. Lu, Y. Qian, V. Castranova, B. Jiang and X. Shi. 2006. Cyanidin-3-glucoside, a natural product derived from blackberry, exhibits chemopreventive and chemotherapeutic activity. **J. Biol. Chem.** 281: 17359–17368.

Edderkaoui, M., I. Odinokova, I. Ohno, I. Gukovsky, V.L.W Go, S.J. Pandol and A.S. Gukovskaya. 2008. Ellagic acid induces apoptosis through inhibition of nuclear factor kB in pancreatic cancer cells. **World J. Gastroenterol 2008.** 14: 3672-3680.

Fukumoto, L.R. and G. Mazza. 2000. Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. **J. Agric. Food Chem.** 48: 3597-3604.

Golan, A., V. Kahn and A.Y. Sadovski. 1977. Relationship between polyphenols and browning in avocado mesocarp comparison between the Fuerte and Lerman cultivars. **J. Agric. Food Chem.** 25: 1253-1260.

Gorinstein, S., M. Zemser, R. Haruenkit, R. Chuthakorn, F. Grauer, O. Martin-Belloso and S. Trakhtenberg. 1999. Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon. **J. Nutr. Biochem.** 10: 367–371.

_____, S., Z. Zachwieja, M. Folta, H. Barton, J. Piotrowicz, M. Zemser, M. Weisz, S. Trakhtenberg and O. Martin-Belloso. 2001. Comparative contents of dietary fiber, total phenolics, and minerals in persimmons and apples. **J. Agric. Food Chem**. 49: 952-957.

HaÈkkinen, S.H. and A.R. ToÈrroÈnen. 2000. Content of favonols and selected phenolic acids in strawberries and *Vaccinium* species: influence of cultivar, cultivation cite and technique. **Food Res. Int.** 33: 517-524.

Harnly, J.M., R.F. Doherty, G.R. Beecher, J.M. Holden, D.B. Haytowitz, S. Bhagwat and S. Gebhardt. 2006. Flavonoid content of U.S. fruits, vegetables, and nuts. **J. Agric. Food Chem.** 54: 9966-9977.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Huang, M., R.C. Smart, C. Wong and A.H. Conney. 1988. Inhibitory effect of curcumin, chlorogenic acid, caffeic acid, and ferulic acid on tumor promotion in mouse skin by 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate. **Cancer Res.** 48: 5941-5946.

Hussin, N.M., R. Muse, S. Ahmad, J. Ramli, M. Mahmood, M.R. Sulaiman, M.Y.A. Shukor, M.F.A. Rahman and K.N.K. Aziz. 2009. Antifungal activity of extracts and phenolic compounds from *Barringtonia racemosa* L. (Lecythidaceae). **Afr. J. Biotechnol.** 8: 2835-2842.

Jime´nez-Escrig, A., M. Rinco´n, R. Pulido and F. Saura-Calixto. 2001. Guava fruit (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. J**. Agric. Food Chem.** 49: 5489-5493.

Justesen, U., P. Knuthsen and T. Leth. 1998. Quantitative analysis of flavonols, flavones, and flavanones in fruits, vegetables and beverages by high-performance liquid chromatography with photo-diode array and mass spectrometric detection. **J. Chromatogr. A.** 799: 101–110.

Khanizadeh, S., D. Rekika, B. Ehsani-Moghaddam, R. Tsao, R. Yang, M.T.Charles, J.A. Sullivan, L. Gauthier, A. Gosselin, A. Potel, G. Reynaud and E. Thomas. 2009. Horticultural characteristics and chemical composition of advanced raspberry lines from Quebec and Ontario. **Food Sci. Technol.** 42: 893–898.

Khanizadeh, S., R. Tsao, D. Rekika, R. Yang and J. DeEll. 2007. Phenolic composition and antioxidant activity of selected apple genotypes. **J. Food Agric. Environ.** 5: 61-66.

Kim, S., C. Jun, K. Suk, B. Choi, H. Lim, S. Park, S.H. Lee, H. Shin, D. Kim and T. Shink. 2006. Gallic acid inhibits histamine release and pro-inflammatory cytokine production in mast cells. **Toxicol Sci.** 91: 123–131.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Langseth, L. 1995. **Oxidants Antioxidants and Disease Prevention**. International Life Sciences Institute. ILSI Press, Belgium.

Levine, M., Y. Wang, S.J. Padayatty and J. Morrow. 2001. A new recommended dietary allowance of vitamin C for health young women. **Proc. Natl. Acad. Sci.** 98: 9842-9846.

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

Liu, R.H. 2004. Potential synergy of phytochemical in cancer prevention: mechanism of action. **The American Society for Nutritional Sciences** 134: 3479-3485.

Liu, Z.Q., L.P. Ma, B. Zhou, L. Yang and Z.L. Liu. 2000. Antioxidative effects of green tea polyphenols on free radical initiated and photosensitized peroxidation of human low-density lipoprotein. **Chem. Phys. Lipids.** 106: 53-63.

Lotito, S.B. and C. G. Fraga. 1998. (+)-Catechin prevents human plasma oxidation. **Free Radical Biol.** 24: 435-441.

Løvdal, T., K.M. Olsen, R. Slimestad, M. Verheul and C. Lillo. 2010. Synergetic effects of nitrogen depletion, temperature and light on the content of phenolic compounds and gene expression in leaves of tomato. **Phytochemical** 71: 605-613

Lu, J., L.V. Papp, J. Fang, S. Rodriguez-Nieto, B. Zhivotovsky and A. Holmgren. 2006. Inhibition of mammalian thioredoxin reductase by some flavonoids: implications for myricetin and quercetin anticancer activity. **Cancer Res.** 66: 4410-4418.

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Macheix, J-J., A. Fleuriet and J. Billot. 1990. **Fruit Phenolics**. CRC Press, Inc., Florida.

Markowski, J. and W. Plocharski. 2006. Determination of phenolic compound in apple and processed apple product. **J. Fruit Ornam. Plant Res.** 14: 133-142.

McClelland, D. and R.C. Fuller. **2005. Photoshop CS2 Bible**. Wiley Publishing, Inc. Indiana.

McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. **Hortscience** 27: 1254-1255.

Menzel, C.M. 1985. Guava: an exotic fruit with potential in Queensland. **Queensland Agriculture J.** 112: 93-98.

Miean, K.H. and S. Mohamed. 2001. Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, andapigenin) content of edible tropical plants. **J. Agric. Food Chem.** 49: 3106-3112.

Misra, K. and T.R Seshadri. 1968. Chemical components of the fruits of *Psidium guajava*. **Phytochemistry** 7: 641-645.

Moini, H., Q. Guo and L. Packer. 2002. Xanthine oxidase and xanthine dehydrogenase inhibition by the procyanidin-rich French maritime pine bark extract, Pycnogenol: a protein binding effect. **J. Agric. Food Chem.** 48: 5630–5639.

Moore, P.P., C. Burrows, J. Fellman and D.S. Mattinson. 2002. Genotype × environment variation in raspberry fruit aroma volatiles. **Acta Hort.** 585: 511-516.

Mousavinejad, G., Z. Emam-Djomeh, K. Rezaei, M. Hossein and H. Khodaparast. 2009. Identification and quantification of phenolic compounds and their effects on antioxidant activity in pomegranate juices of eight iranian cultivars**. Food Chem.** 115: 1274–1278.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Možе, S. T. Polak, L. Gašperlin, D. Koron, A. Vanzo, N.P. Ulrih and V. Abram. 2011. Phenolics in slovenian bilberries (*Vaccinium myrtillus* L.) and blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). **J. Agric. Food Chem.** 59: 6998–7004.

Mullen, W., A.J. Stewart, M.J. Lean, P. Gardner, G.G. Duthie and A. Crozier. 2002. Effect of freezing and storage on the phenolics, ellagitannins, flavonoids, and antioxidant capacity of red raspberries. **J. Agric. Food Chem.** 50: 5197–5201.

_____, W., S.C. Marks and A. Crozier. 2007. Evaluation of phenolic compounds in commercial fruit juices and fruit drinks. **J. Agric. Food Chem.** 55: 3148-3157.

Nakao, M., S. Takio and K. Ono. 1998. Alkyl peroxyl radical-scavenging activity of catechins. **Phytochemistry** 49: 2379-2382.

Nakasone, H.Y. and R.E. Paull. 1998. **Tropical Fruits**. Biddles Ltd, UK.

Orazem, P., F. Stampar and M. Hudina. 2011. Quality analysis of 'Redhaven' peach fruit grafted on 11 rootstocks of different genetic origin in a replant soil. **Food Chem.** 124: 1691–1698.

Peterson, J. and J. Dwyer. 1998. Flavonoids: dietary occurrence and biochemical activity. **Nutr. Res.** 18: 1995-2018.

Promchot, S., U. Boonprakob and D.H. Byrne. 2008. Genotype and environment interaction of low-chill peachesand nectarines in subtropical highlands of Thailand. **Thai Journal of Agricultural Science** 41: 53-61.

Rodríguez-Bernaldo de Quirós, A., M.A. Lage-Yusty and J. López-Hernández. 2009. HPLC-analysis of polyphenolic compounds in spanish white wines and determination of their antioxidant activity by radical scavenging assay. **Food Res. Int.** 42: 1018–1022.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sakakibara, H., Y. Honda, S. Nakagawa, H. Ashida and K. Kanazawa. 2002. Simultaneous determination of all polyphenols in vegetables, fruits, and teas. **J. Agric. Food Chem.** 51: 571–581.

Samee, W. and S. Vorarat. 2007. Simultaneous determination of gallic acid, catechin, rutin, ellagic acid and quercetin in flower extracts of *Michelia alba*, *Caesalpinia pulcherrima* and *Nelumbo nucifera* by HPLC. **Thai Pharmaceutical and Health Science Journal** 2: 131-137.

Scalzo, J., A. Politi, N. Pellerini, B. Mezzetti and M. Battino. 2005. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. **Nutrition** 21: 207-213.

Schieber, A., W. Ullrich and R. Carle. 2000. Characterization of polyphenols in mango puree concentrate by HPLC with diode array and mass spectrometric detection. **Innov. Food Sci. Emerg.** 1: 161-166.

Stoner G., L. Kresty, M. Morse, P. Carlton, A. Gupta, M. Blackwood, C. Morgan and J. Lu. n.d. Black raspberries show multiple defenses in thwarting cancer. **The Ohio State University Research News.** Available Source: http://researchnews.osu.edu/archive/canberry.htm

Scott, B.C., J. Butler, B. Halliwell and O.I. Aruoma. 1993. Evaluation of the antioxidant actions of ferulic acid and catechins. **Free Radical Res. Commun.** 19: 241-253.

Seeram, N.P. 2008. Berry fruits: compositional elements, biochemical activities, and the impact of their intake on human health, performance and disease. **J. Agric. Food Chem.** 56: 627–629.

Shui, G. and L.P. Leong. 2004. Analysis of polyphenolic antioxidants in star fruit using liquid chromatography and mass spectrometry. **J. Chromatogr.** 1022: 67–75.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Skerget, M., P. Kotnik, M. Hadolin, A.R. Hras, M. Simonic and Z. Knez. 2005. Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. **Food Chem.** 89: 191–198.

Soobrattee, M.A., V.S. Neergheen, A. Luximon-Rammaa, O.I. Aruomab and T. Bahorun. 2005. Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: mechanism and actions. **Mutat. Res.** 579: 200–213.

Srinivasan, M., A.R. Sudheer and V.P. Menon. 2007. Ferulic acid: therapeutic potential through its antioxidant property. **Clin. Biochem. Nutr.** 40: 92–100.

Stratil, P., B. Klejdus and V. Kubán. 2007. Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals. **Talanta** 71: 1741–1751.

Sun, J., Y. Chu, X. Wu and R. Liu. 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. **J. Agric. Food Chem.** 50: 7449-7454.

Swain, T. and W.E. Hillis. 1959. The phenolic constituents of *Prunus* domestica I-the quantitative analysis of phenolic constituents. **J. Sci. Food Agr.** 10: 63-68.

Talcott, S.T., S.S. Percival, J. Pittet-Moore and C. Celoria. 2003. Phytochemical composition and antioxidant stability of fortified yellow passion fruit (*Passiflora edulis*). **J. Agric. Food Chem.** 51: 935–941.

Thaipong, K. 2007. **Heritability and Variance Components of Antioxidants in Guava Fruits.** Ph.D. Thesis, Kasetsart University.

_____, K. and U. Boonprakob. 2005. Genetic and environmental variance components in guava fruit qualities. **Sci. Hort.** 104: 37-47.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

_____, K., U. Boonprakob, K. Crosby, L. Cisneros-Zevallos and D.H. Byrne. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **J. Food Comp. Anal.** 19: 669–675.

_____, K. and P. Thanutong. 2011. Antioxidant content of Thai fruits. pp. 126. *In* **The International Symposium on Tropical and Suptropical Fruits**. 29 November – 2 December 2011. Chiang Mai, Thailand.

Ujiki, M.B., X. Ding, M.R. Salabat, D.J. Bentrem, L. Golkar, B. Milam, M.S. Talamonti, R.H. Bell, T. Iwamura and T.E. Adrian. 2006. Apigenin inhibits pancreatic cancer cell proliferation through G2/M cell cycle arrest. **Molecular Cancer.** 5: 76. Available Source: http://www.molecular-cancer.com/content/5/1/76

Vasco, J., J. Ruales and A. Kamal-Eldin. 2008. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chem.** 111: 816-823.

Vattem, D.A., R. Ghaedian and K. Shetty. 2005. Enhancing health benefits of berries through phenolic antioxidant enrichment: focus on cranberry. **Asia Pac. J. Clin. Nutr.** 14: 120-130.

Veer, P. van 't, M.C.F. Jansen, M. Klerk and F.J. Kok. 2000. Fruits and vegetables in the prevention of cancer and cardiovascular disease. **Public Health Nutrition** 3: 103-107.

Wang, S.Y., C. Chen, W. Sciarappa, C.Y. Wang and M.J. Camp. 2008. Fruit quality, antioxidant capacity, and flavonoid content of organically and conventionally grown blueberries. **J. Agric. Food Chem.** 56: 5788–5794.

Wang, Y-C, Y-C Chuang and Y-H Ku. 2007. Quantitation of bioactive compounds in citrus fruits cultivated in Taiwan. **Food Chem.** 102: 1163–1171.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Wilms, L.C., P.C.H. Hollman, A.W. Boots and J.C.S. Kleinjans. 2005. Protection by quercetin and quercetin-rich fruit juice against induction of oxidative DNA damage and formation of BPDE-DNA adducts in human lymphocytes. **Mutat. Res.** 582: 155–162.

Wu, X., G.R. Beecher, J.M. Holden, D.B. Haytowitz, S.E. Gebhardt and R.L. Prior. 2004. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. J**. Agric. Food Chem.** 52: 4026-4037.

Yang, R.Y., S. Lin and G. Kuo. 2008. Content and distribution of flavonoids among 91 edible plant species. **Asia Pac. J. Clin. Nutr.** 17: 275-279.

Zhishen, J., T. Mengcheng and W. Jianming. 1999. The Determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chem.** 64: 555–559.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ค่าเฉลี่ยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (μMol AAE/g FW) ของผลฝรั่ง 21 พันธุ์ ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว (n = 4)

พันธุ์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	เฉลี่ย
กิมจู	9.91 ± 0.79	7.63 ± 1.44	8.56 ± 2.14	8.70 ± 0.20
ไต้หวัน	5.83 ± 1.62	10.09 ± 0.57	12.96 ± 2.74	9.62 ± 2.64
แป้นสีทอง	7.21 ± 1.45	8.57 ± 3.74	8.02 ± 1.27	7.93 ± 0.62
เย็นสอง	5.89 ± 1.10	11.64 ± 0.94	11.14 ± 0.99	9.56 ± 2.62
หวานพิรุณ	6.44 ± 1.04	7.69 ± 0.98	6.49 ± 1.12	6.87 ± 0.74
อินเดีย	5.69 ± 1.13	9.78 ± 3.85	11.15 ± 1.20	8.88 ± 1.77
Alla Habad Safeda	7.33 ± 0.54	14.72 ± 1.32	13.22 ± 2.46	11.76 ± 3.64
Indonesian Seedless	6.59 ± 0.62	12.08 ± 0.24	10.86 ± 0.72	9.84 ± 2.75
Pearl	6.90 ± 1.07	8.61 ± 0.28	9.13 ± 0.64	8.22 ± 0.38
พจ. 13-10	10.43 ± 2.25	11.41 ± 2.43	9.04 ± 0.79	10.29 ± 1.84
G097	10.98 ± 1.21	14.76 ± 0.99	13.54 ± 2.21	13.09 ± 2.54
Gushiken Sweet	8.42 ± 1.99	11.87 ± 0.39	11.16 ± 1.30	10.48 ± 3.39
Holmberg	9.78 ± 2.70	13.47 ± 0.47	11.69 ± 0.94	11.64 ± 1.41
KU Guard #1	13.46 ± 0.49	21.48 ± 1.03	14.31 ± 2.22	16.41 ± 1.70
Patillo	6.45 ± 1.02	11.71 ± 1.69	9.89 ± 0.56	9.35 ± 2.63
Poamoho Pink	7.06 ± 1.71	11.73 ± 1.75	11.62 ± 2.54	10.14 ± 1.53
แดงสยาม	11.96 ± 1.41	18.48 ± 0.45	20.94 ± 2.09	17.13 ± 2.72
แดงอ่างขาง	12.15 ± 1.19	20.15 ± 3.23	15.75 ± 3.03	16.02 ± 3.06
ขี้นกเมืองกาญน์	10.06 ± 1.60	9.95 ± 1.12	10.88 ± 0.92	10.30 ± 0.25
ดอยปุย	11.83 ± 1.22	15.72 ± 1.13	15.76 ± 3.44	14.44 ± 2.53
ทอนเทกลม	12.32 ± 1.08	10.51 ± 0.86	9.27 ± 2.44	10.70 ± 0.26
เฉลี่ย	8.89 ± 2.78	12.478 ± 4.10	11.68 ± 3.58	11.02 ± 3.84

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ค่าเฉลี่ยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/100 g FW) ของผลฝรั่ง 21 พันธุ์ ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว (n = 4)

พันธุ์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	เฉลี่ย
กิมจู	167.48 ± 9.67	122.99 ± 14.01	128.14 ± 16.37	139.53 ± 14.48
ไต้หวัน	117.97 ± 16.95	168.86 ± 0.95	204.84 ± 31.47	163.89 ± 33.25
แป้นสีทอง	146.89 ± 35.78	125.78 ± 46.40	120.44 ± 33.14	131.03 ± 4.31
เย็นสอง	133.79 ± 31.44	175.00 ± 13.77	181.30 ± 7.95	163.36 ± 34.55
หวานพิรุณ	126.84 ± 17.16	115.12 ± 14.64	115.03 ± 29.72	119.00 ± 19.88
อินเดีย	117.12 ± 15.71	148.08 ± 43.99	162.68 ± 12.12	142.63 ± 5.80
Alla Habad Safeda	141.22 ± 3.78	204.04 ± 24.86	190.61 ± 26.09	178.62 ± 29.76
Indonesian Seedless	120.36 ± 9.34	177.02 ± 28.43	176.35 ± 19.61	157.91 ± 27.55
Pearl	135.22 ± 8.43	134.52 ± 12.01	143.41 ± 9.24	137.72 ± 1.73
พจ. 13-10	167.45 ± 44.34	146.34 ± 14.01	130.02 ± 12.68	147.94 ± 60.12
G097	181.24 ± 18.33	195.82 ± 23.39	177.35 ± 24.00	184.80 ± 18.40
Gushiken Sweet	141.96 ± 27.17	171.18 ± 4.66	155.59 ± 24.88	156.24 ± 37.68
Holmberg	167.63 ± 32.02	179.28 ± 3.91	188.04 ± 19.89	178.32 ± 26.24
KU Guard #1	199.69 ± 12.09	284.20 ± 31.73	231.95 ± 30.53	238.62 ± 30.18
Patillo	119.76 ± 6.92	152.69 ± 22.50	141.60 ± 20.90	138.02 ± 18.02
Poamoho Pink	135.26 ± 25.77	161.08 ± 13.81	162.46 ± 23.16	152.93 ± 14.34
แดงสยาม	200.19 ± 18.54	222.29 ± 26.36	295.21 ± 35.38	239.23 ± 27.00
แดงอ่างขาง	191.89 ± 26.68	274.09 ± 44.66	239.28 ± 38.43	235.09 ± 28.05
ขี้นกเมืองกาญน์	153.09 ± 18.19	124.86 ± 11.10	149.18 ± 16.74	142.37 ± 24.89
ดอยปุย	190.03 ± 15.54	222.19 ± 19.49	227.28 ± 49.57	213.17 ± 11.86
ทอนเทกลม	203.45 ± 22.08	142.47 ± 14.03	140.78 ± 31.28	162.23 ± 10.88
เฉลี่ย	155.17 ± 35.15	173.71 ± 50.44	174.36 ± 50.23	167.75 ± 46.51

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ค่าเฉลี่ยปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (mg CE/100 g FW) ของผลฝรั่ง 21 พันธุ์ ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว (n = 4)

พันธุ์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	เฉลี่ย
กิมจู	53.12 ± 5.09	57.06 ± 13.59	35.62 ± 11.98	48.60 ± 2.07
ไต้หวัน	43.47 ± 12.25	39.81 ± 8.23	49.22 ± 5.29	44.17 ± 7.99
แป้นสีทอง	69.22 ± 21.92	56.08 ± 15.17	43.19 ± 14.35	56.17 ± 8.57
เย็นสอง	54.88 ± 12.71	55.85 ± 4.62	46.78 ± 18.91	52.51 ± 8.97
หวานพิรุณ	58.32 ± 4.89	40.42 ± 10.84	36.75 ± 5.57	45.16 ± 10.81
อินเดีย	50.07 ± 6.30	47.52 ± 19.51	24.00 ± 3.52	40.53 ± 7.92
Alla Habad				
Safeda	52.55 ± 9.98	109.35 ± 21.89	64.92 ± 15.19	75.61 ± 21.53
Indonesian				
Seedless	44.00 ± 5.48	67.45 ± 8.19	51.44 ± 10.82	54.30 ± 7.00
Pearl	77.52 ± 11.15	60.36 ± 13.77	43.53 ± 6.64	60.47 ± 13.61
พจ. 13-10	51.74 ± 16.77	44.23 ± 2.71	30.85 ± 5.21	42.27 ± 20.10
G097	45.10 ± 5.92	56.32 ± 6.98	29.83 ± 6.22	43.75 ± 4.17
Gushiken Sweet	35.67 ± 5.64	44.74 ± 1.62	28.19 ± 3.10	36.20 ± 4.07
Holmberg	61.92 ± 12.08	56.31 ± 5.87	46.19 ± 7.34	54.81 ± 13.66
KU Guard #1	71.09 ± 6.31	73.54 ± 7.47	59.81 ± 18.69	68.15 ± 1.71
Patillo	38.20 ± 5.79	54.41 ± 6.43	38.79 ± 11.62	43.80 ± 7.25
Poamoho Pink	43.39 ± 9.35	55.94 ± 4.57	37.87 ± 12.39	45.73 ± 8.20
แดงสยาม	68.70 ± 8.17	72.33 ± 24.16	50.92 ± 9.02	63.98 ± 10.19
แดงอ่างขาง	49.08 ± 14.38	90.94 ± 13.89	54.51 ± 18.62	64.84 ± 0.60
ขี้นกเมืองกาญน์	60.68 ± 12.83	64.19 ± 13.56	41.72 ± 5.59	55.53 ± 13.07
ดอยปุย	64.45 ± 10.85	78.26 ± 14.12	42.78 ± 10.97	61.83 ± 7.74
ทอนเทกลม	109.85 ± 8.21	68.79 ± 12.91	45.94 ± 8.73	74.86 ± 16.08
เฉลี่ย	57.29 ± 18.72	61.62 ± 19.83	42.99 ± 14.04	53.96 ± 19.35

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ค่าเฉลี่ยปริมาณ gallic acid (mg/100 g FW) ของผลฝรั่ง 21 พันธุ์ ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว (n = 4)

พันธุ์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	เฉลี่ย
กิมจู	0.46 ± 0.08	0.63 ± 0.13	0.51 ± 0.46	0.53 ± 0.26
ไต้หวัน	0.59 ± 0.20	0.45 ± 0.02	0.41 ± 0.05	0.48 ± 0.13
แป้นสีทอง	0.48 ± 0.12	0.86 ± 0.58	0.63 ± 0.22	0.66 ± 0.37
เย็นสอง	0.59 ± 0.44	0.53 ± 0.12	0.24 ± 0.17	0.45 ± 0.30
หวานพิรุณ	0.48 ± 0.04	0.50 ± 0.22	0.50 ± 0.21	0.49 ± 0.16
อินเดีย	0.45 ± 0.09	0.52 ± 0.79	0.66 ± 0.58	0.54 ± 0.52
Alla Habad Safeda	0.58 ± 0.18	0.66 ± 0.16	0.38 ± 0.29	0.54 ± 0.23
Indonesian Seedless	1.25 ± 1.20	0.86 ± 0.30	0.82 ± 0.44	0.98 ± 0.72
Pearl	0.40 ± 0.05	0.49 ± 0.09	0.47 ± 0.37	0.45 ± 0.20
พจ. 13-10	0.76 ± 0.28	0.72 ± 0.22	0.44 ± 0.03	0.64 ± 0.24
G097	0.46 ± 0.02	0.45 ± 0.07	0.43 ± 0.38	0.45 ± 0.20
Gushiken Sweet	0.56 ± 0.07	0.24 ± 0.27	0.53 ± 0.37	0.44 ± 0.28
Holmberg	0.34 ± 0.42	0.45 ± 0.07	0.92 ± 0.41	0.57 ± 0.41
KU Guard #1	0.48 ± 0.04	0.49 ± 0.10	0.58 ± 0.09	0.52 ± 0.08
Patillo	0.64 ± 0.25	0.64 ± 0.13	0.59 ± 0.24	0.62 ± 0.19
Poamoho Pink	0.78 ± 0.25	0.42 ± 0.08	1.37 ± 1.16	0.85 ± 0.74
แดงสยาม	0.43 ± 0.06	0.55 ± 0.19	1.80 ± 0.50	0.92 ± 0.70
แดงอ่างขาง	0.67 ± 0.23	0.54 ± 0.08	0.66 ± 0.06	0.62 ± 0.14
ขี้นกเมืองกาญน์	0.80 ± 0.18	0.42 ± 0.04	0.59 ± 0.08	0.60 ± 0.19
ดอยปุย	1.61 ± 1.64	0.64 ± 0.20	0.41 ± 0.27	0.88 ± 1.03
ทอนเทกลม	0.49 ± 0.04	0.38 ± 0.02	0.47 ± 0.43	0.45 ± 0.23
เฉลี่ย	0.46 ± 0.08	0.63 ± 0.13	0.51 ± 0.46	0.60 ± 0.17

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 ค่าเฉลี่ยปริมาณ ellagic acid (mg/100 g FW) ของผลฝรั่ง 21 พันธุ์ ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว (n = 4)

พันธุ์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	เฉลี่ย
กิมจู	1.59 ± 0.62	1.50 ± 0.39	1.66 ± 0.61	1.58 ± 0.50
ไต้หวัน	1.99 ± 0.30	1.05 ± 0.32	2.91 ± 2.60	1.98 ± 1.59
แป้นสีทอง	4.27 ± 1.83	1.89 ± 1.16	1.78 ± 0.14	2.65 ± 1.65
เย็นสอง	0.77 ± 0.54	2.01 ± 0.53	2.24 ± 0.44	1.67 ± 0.81
หวานพิรุณ	2.06 ± 0.45	1.65 ± 0.49	2.30 ± 0.38	2.00 ± 0.49
อินเดีย	2.04 ± 0.81	2.71 ± 2.02	2.10 ± 1.33	2.28 ± 1.37
Alla Habad Safeda	2.35 ± 0.41	4.10 ± 0.39	5.68 ± 1.66	4.04 ± 1.69
Indonesian Seedless	2.01 ± 0.68	2.81 ± 1.47	7.28 ± 1.46	4.03 ± 2.68
Pearl	1.69 ± 0.31	1.47 ± 0.38	1.95 ± 0.96	1.70 ± 0.60
พจ. 13-10	1.87 ± 1.75	1.98 ± 1.07	2.73 ± 0.65	2.19 ± 1.19
G097	2.01 ± 0.46	3.30 ± 0.17	2.49 ± 0.37	2.60 ± 0.64
Gushiken Sweet	3.86 ± 1.53	1.40 ± 0.20	2.73 ± 1.31	2.66 ± 1.49
Holmberg	2.21 ± 0.96	1.26 ± 0.20	2.09 ± 0.74	1.85 ± 0.78
KU Guard #1	2.05 ± 0.28	5.61 ± 2.70	1.85 ± 0.54	3.17 ± 2.31
Patillo	2.01 ± 0.28	2.94 ± 0.98	2.56 ± 0.89	2.50 ± 0.81
Poamoho Pink	2.64 ± 2.12	1.59 ± 0.35	2.71 ± 0.53	2.31 ± 1.27
แดงสยาม	1.80 ± 0.97	2.69 ± 0.83	2.83 ± 0.98	2.44 ± 0.97
แดงอ่างขาง	1.28 ± 0.97	3.55 ± 1.15	2.09 ± 0.58	2.31 ± 1.29
ขี้นกเมืองกาญน์	2.01 ± 0.22	1.28 ± 0.29	3.16 ± 0.97	2.15 ± 0.97
ดอยปุย	2.87 ± 3.11	6.44 ± 3.04	8.86 ± 5.29	6.05 ± 4.40
ทอนเทกลม	1.97 ± 0.24	3.26 ± 0.46	4.28 ± 2.22	3.17 ± 1.55
เฉลี่ย	2.16 ± 0.77	2.59 ± 1.43	3.15 ± 1.88	2.64 ± 1.03

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ค่าเฉลี่ยปริมาณ ferulic acid (mg/100 g FW) ของผลฝรั่ง 21 พันธุ์ ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว (n = 4)

พันธุ์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	เฉลี่ย
กิมจู	26.19 ± 4.07	24.4 ± 4.27	24.45 ± 5.58	25.01 ± 4.33
ไต้หวัน	37.06 ± 6.47	29.29 ± 1.56	41.06 ± 7.11	35.80 ± 7.20
แป้นสีทอง	41.8 ± 2.68	30.23 ± 18.64	18.07 ± 7.44	30.03 ± 14.64
เย็นสอง	25.54 ± 4.26	27.79 ± 4.42	29.02 ± 0.98	27.45 ± 3.58
หวานพิรุณ	35.53 ± 9.12	41.98 ± 25.39	27.31 ± 9.59	34.94 ± 16.21
อินเดีย	25.84 ± 6.9	35.29 ± 31.67	25.4 ± 13.51	28.84 ± 18.95
Alla Habad				
Safeda	34.28 ± 4.13	29.51 ± 37.92	19.72 ± 13.98	27.84 ± 22.14
Indonesian				
Seedless	28.53 ± 8.99	41.65 ± 14.38	29.86 ± 9.74	33.35 ± 11.93
Pearl	40.11 ± 3.97	27.04 ± 4.12	21.46 ± 9.47	29.53 ± 10.00
พจ. 13-10	59.07 ± 8.03	43.45 ± 10.09	29.97 ± 9.43	44.16 ± 14.96
G097	34.86 ± 10.81	27.28 ± 7.23	21.95 ± 7.21	28.03 ± 9.53
Gushiken Sweet	31.03 ± 4.75	38.37 ± 8.03	38.29 ± 17.98	35.90 ± 11.17
Holmberg	35.54 ± 7.41	32.19 ± 0	30.11 ± 13.68	32.61 ± 8.45
KU Guard #1	53.57 ± 26.48	35.87 ± 11.54	11.31 ± 22.63	33.58 ± 26.36
Patillo	42.76 ± 4.52	44.51 ± 28.17	25.9 ± 2.48	37.72 ± 17.33
Poamoho Pink	44.7 ± 9.75	34 ± 9.12	32.67 ± 7.12	37.12 ± 9.70
แดงสยาม	90.82 ± 13.33	51.23 ± 34.55	53.92 ± 38.87	65.32 ± 33.79
แดงอ่างขาง	47.66 ± 15.17	71.01 ± 18.02	19.99 ± 39.98	46.22 ± 32.58
ขี้นกเมืองกาญน์	48.03 ± 16.01	32.51 ± 4.11	37.87 ± 10.52	39.47 ± 12.24
ดอยปุย	58.58 ± 3.16	37.25 ± 11.01	37.31 ± 8.15	44.38 ± 12.80
ทอนเทกลม	57.88 ± 6.63	13.77 ± 15.94	33.83 ± 7.43	35.16 ± 21.24
เฉลี่ย	42.83 ± 15.34	35.65 ± 11.54	29.02 ± 9.47	35.83 ± 8.93

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 ค่าเฉลี่ยปริมาณ chlorogenic acid (mg/100 g FW) ของผลฝรั่ง 21 พันธุ์ ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว (n = 4)

พันธุ์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	เฉลี่ย
กิมจู	0.17 ± 0.20	0.00 ± 0.00	0.18 ± 0.21	0.11 ± 0.17
ไต้หวัน	0.13 ± 0.15	0.00 ± 0.00	0.86 ± 0.67	0.33 ± 0.53
แป้นสีทอง	0.25 ± 0.18	0.00 ± 0.00	0.06 ± 0.12	0.10 ± 0.16
เย็นสอง	0.13 ± 0.15	0.00 ± 0.00	0.36 ± 0.41	0.16 ± 0.28
หวานพิรุณ	0.14 ± 0.16	0.00 ± 0.00	0.18 ± 0.23	0.11 ± 0.17
อินเดีย	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Alla Habad Safeda	0.05 ± 0.11	0.21 ± 0.02	0.18 ± 0.20	0.15 ± 0.14
Indonesian Seedless	0.42 ± 0.02	0.29 ± 0.03	0.27 ± 0.28	0.33 ± 0.16
Pearl	0.34 ± 0.15	0.05 ± 0.11	0.17 ± 0.20	0.19 ± 0.19
พจ. 13-10	0.61 ± 0.11	0.30 ± 0.07	0.30 ± 0.27	0.40 ± 0.22
G097	0.58 ± 0.17	0.52 ± 0.08	0.27 ± 0.21	0.45 ± 0.21
Gushiken Sweet	0.47 ± 0.12	0.56 ± 0.02	0.97 ± 0.55	0.66 ± 0.37
Holmberg	0.28 ± 0.04	0.45 ± 0.00	0.10 ± 0.12	0.28 ± 0.16
KU Guard #1	0.85 ± 0.41	0.66 ± 0.18	1.25 ± 0.44	0.92 ± 0.42
Patillo	0.74 ± 0.25	0.49 ± 0.13	0.50 ± 0.22	0.58 ± 0.22
Poamoho Pink	0.41 ± 0.16	0.32 ± 0.12	0.11 ± 0.13	0.28 ± 0.18
แดงสยาม	0.00 ± 0.00	0.83 ± 0.96	0.61 ± 1.23	0.48 ± 0.89
แดงอ่างขาง	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.84 ± 1.27	0.61 ± 1.12
ขี้นกเมืองกาญน์	0.33 ± 0.09	0.17 ± 0.12	0.11 ± 0.13	0.21 ± 0.14
ดอยปุย	0.38 ± 0.10	0.30 ± 0.10	0.32 ± 0.43	0.33 ± 0.24
ทอนเทกลม	0.58 ± 0.32	0.24 ± 0.04	0.09 ± 0.18	0.30 ± 0.29
เฉลี่ย	0.33 ± 0.25	0.26 ± 0.25	0.41 ± 0.46	0.33 ± 0.22

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 ค่าเฉลี่ยปริมาณ quercetin (mg/100 g FW) ของผลฝรั่ง 21 พันธุ์ ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว (n = 4)

พันธุ์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	เฉลี่ย
กิมจู	28.92 ± 22.91	17.98 ± 4.97	11.38 ± 1.68	19.43 ± 14.41
ไต้หวัน	18.65 ± 8.09	15.89 ± 1.20	23.05 ± 4.92	19.20 ± 5.86
แป้นสีทอง	9.18 ± 3.74	7.79 ± 5.34	61.15 ± 34.50	26.04 ± 31.76
เย็นสอง	16.64 ± 19.21	12.10 ± 1.29	12.68 ± 1.42	13.81 ± 10.30
หวานพิรุณ	15.15 ± 5.64	11.71 ± 1.73	12.07 ± 6.31	12.98 ± 4.79
อินเดีย	15.01 ± 7.61	36.44 ± 44.21	28.28 ± 9.04	26.58 ± 25.61
Alla Habad Safeda	8.38 ± 13.38	17.53 ± 3.38	17.10 ± 2.97	14.33 ± 8.59
Indonesian Seedless	19.46 ± 18.18	23.98 ± 9.44	34.92 ± 16.43	26.12 ± 15.30
Pearl	10.26 ± 1.61	11.04 ± 1.04	14.08 ± 3.82	11.79 ± 2.82
พจ. 13-10	24.37 ± 25.67	35.33 ± 4.23	37.97 ± 9.35	32.56 ± 15.69
G097	33.14 ± 2.74	39.07 ± 12.93	43.41 ± 14.67	38.54 ± 11.21
Gushiken Sweet	22.13 ± 6.29	36.61 ± 0.13	62.69 ± 11.93	40.48 ± 18.89
Holmberg	26.33 ± 10.64	17.36 ± 7.34	34.45 ± 4.31	26.05 ± 10.19
KU Guard #1	15.58 ± 4.29	48.25 ± 9.04	61.40 ± 5.86	41.74 ± 21.01
Patillo	51.12 ± 9.12	27.78 ± 11.60	39.04 ± 9.44	39.31 ± 13.52
Poamoho Pink	16.87 ± 14.24	36.19 ± 2.79	51.09 ± 29.31	34.72 ± 22.49
แดงสยาม	79.25 ± 75.25	44.73 ± 7.36	72.86 ± 29.70	65.61 ± 45.22
แดงอ่างขาง	19.35 ± 16.74	60.90 ± 17.92	88.22 ± 26.57	56.16 ± 35.09
ขี้นกเมืองกาญน์	35.70 ± 13.12	13.65 ± 4.42	23.24 ± 11.92	24.20 ± 13.41
ดอยปุย	25.24 ± 23.93	17.92 ± 9.72	29.39 ± 23.63	24.18 ± 18.94
ทอนเทกลม	19.28 ± 5.44	14.33 ± 2.03	28.68 ± 11.52	20.76 ± 9.17
เฉลี่ย	24.29 ± 16.00	26.03 ± 14.62	37.48 ± 25.51	29.26 ± 23.42

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 ค่าเฉลี่ยปริมาณ kaempferol (mg/100 g FW) ของผลฝรั่ง 21 พันธุ์ ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว (n = 4)

พันธุ์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	เฉลี่ย
กิมจู	0.78 ± 0.11	0.97 ± 0.19	0.59 ± 0.08	0.78 ± 0.20
ไต้หวัน	0.95 ± 0.17	0.75 ± 0.04	0.91 ± 0.13	0.87 ± 0.15
แป้นสีทอง	1.15 ± 0.21	0.79 ± 0.18	0.56 ± 0.08	0.83 ± 0.30
เย็นสอง	0.96 ± 0.20	0.76 ± 0.10	1.06 ± 0.34	0.92 ± 0.25
หวานพิรุณ	0.99 ± 0.20	0.54 ± 0.09	0.61 ± 0.15	0.71 ± 0.25
อินเดีย	0.84 ± 0.10	0.79 ± 0.17	0.53 ± 0.04	0.72 ± 0.17
Alla Habad Safeda	0.60 ± 0.09	1.20 ± 0.48	0.75 ± 0.11	0.85 ± 0.37
Indonesian Seedless	1.18 ± 0.19	0.72 ± 0.09	0.93 ± 0.26	0.94 ± 0.26
Pearl	0.91 ± 0.13	0.77 ± 0.35	0.57 ± 0.14	0.75 ± 0.25
พจ. 13-10	0.80 ± 0.20	0.73 ± 0.24	0.76 ± 0.28	0.77 ± 0.22
G097	1.11 ± 0.25	1.13 ± 0.16	0.73 ± 0.10	0.99 ± 0.26
Gushiken Sweet	0.76 ± 0.27	0.63 ± 0.10	0.87 ± 0.37	0.75 ± 0.27
Holmberg	1.07 ± 0.14	0.76 ± 0.11	0.75 ± 0.15	0.86 ± 0.20
KU Guard #1	2.19 ± 0.68	1.87 ± 0.46	2.19 ± 0.38	2.08 ± 0.50
Patillo	0.64 ± 0.18	0.60 ± 0.10	0.72 ± 0.32	0.65 ± 0.21
Poamoho Pink	1.03 ± 0.43	0.93 ± 0.16	0.85 ± 0.14	0.94 ± 0.26
แดงสยาม	15.49 ± 2.12	17.23 ± 7.06	17.71 ± 6.09	16.81 ± 5.09
แดงอ่างขาง	11.15 ± 3.78	24.58 ± 2.92	12.06 ± 3.66	15.93 ± 7.13
ขี้นกเมืองกาญน์	1.29 ± 0.29	0.86 ± 0.20	1.00 ± 0.24	1.05 ± 0.29
ดอยปุย	1.80 ± 0.11	0.97 ± 0.15	1.21 ± 0.40	1.32 ± 0.43
ทอนเทกลม	1.62 ± 0.19	1.35 ± 0.36	0.92 ± 0.17	1.30 ± 0.38
เฉลี่ย	2.25 ± 3.76	2.80 ± 6.14	2.20 ± 4.32	2.42 ± 4.65

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 ค่าเฉลี่ยปริมาณ myricetin (mg/100 g FW) ของผลฝรั่ง 21 พันธุ์ ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว (n = 4)

พันธุ์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	เฉลี่ย
กิมจู	0.88 ± 0.15	0.89 ± 0.11	0.69 ± 0.15	0.82 ± 0.16
ไต้หวัน	1.00 ± 0.10	0.79 ± 0.04	0.78 ± 0.09	0.85 ± 0.13
แป้นสีทอง	1.13 ± 0.27	0.50 ± 0.11	0.64 ± 0.08	0.75 ± 0.32
เย็นสอง	1.37 ± 0.30	0.67 ± 0.14	0.73 ± 0.06	0.92 ± 0.37
หวานพิรุณ	0.76 ± 0.04	0.63 ± 0.11	0.62 ± 0.09	0.67 ± 0.10
อินเดีย	0.77 ± 0.10	0.87 ± 0.25	0.61 ± 0.08	0.75 ± 0.18
Alla Habad Safeda	0.80 ± 0.10	1.02 ± 0.43	0.81 ± 0.04	0.88 ± 0.26
Indonesian Seedless	1.03 ± 0.11	0.77 ± 0.11	0.91 ± 0.06	0.90 ± 0.14
Pearl	1.08 ± 0.07	0.82 ± 0.20	0.72 ± 0.14	0.87 ± 0.21
พจ. 13-10	1.31 ± 0.31	0.78 ± 0.13	0.78 ± 0.16	0.95 ± 0.33
G097	1.28 ± 0.40	0.58 ± 0.05	0.77 ± 0.11	0.88 ± 0.38
Gushiken Sweet	0.91 ± 0.16	0.79 ± 0.07	1.50 ± 0.34	1.07 ± 0.38
Holmberg	1.03 ± 0.27	0.57 ± 0.01	0.90 ± 0.07	0.83 ± 0.25
KU Guard #1	1.41 ± 0.06	1.16 ± 0.13	1.57 ± 0.29	1.38 ± 0.25
Patillo	0.83 ± 0.10	0.80 ± 0.24	0.80 ± 0.10	0.81 ± 0.15
Poamoho Pink	1.58 ± 0.33	0.78 ± 0.20	1.03 ± 0.18	1.13 ± 0.41
แดงสยาม	2.46 ± 0.20	4.46 ± 4.90	1.73 ± 0.14	2.88 ± 2.83
แดงอ่างขาง	1.71 ± 0.66	2.37 ± 0.14	1.40 ± 0.36	1.82 ± 0.58
ขี้นกเมืองกาญน์	1.53 ± 0.73	0.73 ± 0.10	1.08 ± 0.21	1.11 ± 0.53
ดอยปุย	2.17 ± 0.11	1.31 ± 0.17	1.30 ± 0.18	1.59 ± 0.45
ทอนเทกลม	1.46 ± 0.28	0.83 ± 0.14	1.08 ± 0.14	1.13 ± 0.32
เฉลี่ย	1.26 ± 0.45	1.05 ± 0.87	0.97 ± 0.34	1.10 ± 0.50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 11 ค่าเฉลี่ยปริมาณ catechin (mg/100 g FW) ของผลฝรั่ง 21 พันธุ์ ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว (n = 4)

พันธุ์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	เฉลี่ย
กิมจู	30.93 ± 2.59	47.16 ± 15.98	27.10 ± 11.50	35.06 ± 13.78
ไต้หวัน	27.94 ± 3.68	30.14 ± 4.12	33.69 ± 2.98	30.59 ± 4.11
แป้นสีทอง	37.50 ± 18.21	41.63 ± 26.93	25.22 ± 7.33	34.78 ± 18.87
เย็นสอง	16.15 ± 6.36	29.28 ± 1.24	35.66 ± 7.23	27.03 ± 9.89
หวานพิรุณ	40.03 ± 8.99	20.78 ± 7.24	20.27 ± 8.18	27.03 ± 12.12
อินเดีย	37.52 ± 14.92	39.74 ± 51.36	22.17 ± 21.89	33.14 ± 31.26
Alla Habad				
Safeda	20.77 ± 10.25	51.69 ± 3.46	58.76 ± 14.65	43.74 ± 19.68
Indonesian				
Seedless	42.95 ± 25.75	71.89 ± 34.94	63.89 ± 39.24	59.58 ± 33.11
Pearl	21.55 ± 11.05	34.26 ± 3.13	72.50 ± 80.36	42.77 ± 48.05
พจ. 13-10	35.47 ± 43.86	26.87 ± 14.65	17.84 ± 2.68	26.72 ± 25.33
G097	49.06 ± 6.96	31.63 ± 11.72	21.25 ± 4.45	33.98 ± 14.13
Gushiken Sweet	57.13 ± 10.60	32.45 ± 2.28	38.68 ± 13.30	42.75 ± 14.15
Holmberg	58.00 ± 32.49	30.16 ± 6.87	39.70 ± 11.21	42.62 ± 21.92
KU Guard #1	43.39 ± 8.59	64.11 ± 18.98	92.40 ± 21.84	66.63 ± 26.24
Patillo	33.30 ± 27.72	30.56 ± 4.76	38.72 ± 10.54	34.19 ± 16.08
Poamoho Pink	22.07 ± 11.77	42.60 ± 9.13	58.57 ± 9.41	41.08 ± 18.12
แดงสยาม	26.08 ± 6.45	109.27 ± 47.44	124.36 ± 37.47	86.57 ± 55.19
แดงอ่างขาง	40.69 ± 14.31	123.60 ± 51.91	81.84 ± 17.10	82.04 ± 46.05
ขี้นกเมืองกาญน์	37.99 ± 10.55	51.30 ± 10.77	63.49 ± 11.69	50.93 ± 14.75
ดอยปุย	79.81 ± 29.03	80.27 ± 11.92	83.55 ± 27.48	81.21 ± 21.85
ทอนเทกลม	45.73 ± 16.94	43.95 ± 6.93	36.31 ± 20.00	42.00 ± 14.79
เฉลี่ย	38.29 ± 14.80	49.20 ± 27.08	50.28 ± 28.44	45.92 ± 18.60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 12 ค่าเฉลี่ยปริมาณ epicatechin (mg/100 g FW) ของผลฝรั่ง 21 พันธุ์ ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว (n = 4)

พันธุ์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	เฉลี่ย
กิมจู	0.61 ± 0.06	0.69 ± 0.20	0.60 ± 0.18	0.63 ± 0.15
ไต้หวัน	0.38 ± 0.17	0.51 ± 0.02	0.62 ± 0.04	0.50 ± 0.13
แป้นสีทอง	0.66 ± 0.10	0.69 ± 0.26	0.68 ± 0.12	0.68 ± 0.16
เย็นสอง	0.66 ± 0.12	0.80 ± 0.14	0.91 ± 0.23	0.79 ± 0.19
หวานพิรุณ	0.69 ± 0.14	0.50 ± 0.06	0.52 ± 0.22	0.57 ± 0.17
อินเดีย	0.52 ± 0.15	0.48 ± 0.22	0.42 ± 0.11	0.47 ± 0.16
Alla Habad Safeda	0.89 ± 0.12	1.02 ± 0.16	0.92 ± 0.14	0.94 ± 0.14
Indonesian Seedless	0.52 ± 0.16	0.83 ± 0.14	0.90 ± 0.04	0.75 ± 0.20
Pearl	0.77 ± 0.06	0.77 ± 0.14	0.73 ± 0.05	0.75 ± 0.08
พจ. 13-10	0.56 ± 0.10	0.33 ± 0.30	0.25 ± 0.16	0.38 ± 0.23
G097	0.31 ± 0.19	0.71 ± 0.09	0.66 ± 0.55	0.56 ± 0.36
Gushiken Sweet	0.28 ± 0.22	0.65 ± 0.06	0.74 ± 0.32	0.56 ± 0.29
Holmberg	0.70 ± 0.33	0.45 ± 0.03	0.77 ± 0.12	0.64 ± 0.23
KU Guard #1	0.73 ± 0.05	0.68 ± 0.23	0.55 ± 0.15	0.65 ± 0.17
Patillo	0.45 ± 0.17	0.71 ± 0.25	0.43 ± 0.09	0.53 ± 0.21
Poamoho Pink	0.72 ± 0.20	0.66 ± 0.22	0.93 ± 0.23	0.77 ± 0.23
แดงสยาม	0.52 ± 0.13	0.68 ± 0.08	0.59 ± 0.10	0.59 ± 0.12
แดงอ่างขาง	0.34 ± 0.05	0.84 ± 0.16	0.75 ± 0.12	0.64 ± 0.25
ขี้นกเมืองกาญน์	0.81 ± 0.25	0.76 ± 0.09	0.66 ± 0.07	0.74 ± 0.16
ดอยปุย	0.87 ± 0.21	0.93 ± 0.31	0.76 ± 0.18	0.85 ± 0.23
ทอนเทกลม	1.05 ± 0.19	0.78 ± 0.35	0.68 ± 0.25	0.83 ± 0.29
เฉลี่ย	0.62 ± 0.20	0.69 ± 0.16	0.67 ± 0.18	0.66 ± 0.14

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 13 ค่าเฉลี่ยปริมาณ apigenin (mg/100 g FW) ของผลฝรั่ง 21 พันธุ์ ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว (n = 4)

พันธุ์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	เฉลี่ย
กิมจู	0.55 ± 0.09	0.56 ± 0.14	0.54 ± 0.15	0.55 ± 0.12
ไต้หวัน	0.57 ± 0.06	0.62 ± 0.07	0.84 ± 0.18	0.68 ± 0.16
แป้นสีทอง	0.63 ± 0.18	0.66 ± 0.23	0.42 ± 0.10	0.57 ± 0.19
เย็นสอง	0.69 ± 0.18	0.54 ± 0.13	0.91 ± 0.26	0.71 ± 0.24
หวานพิรุณ	0.52 ± 0.17	0.41 ± 0.08	0.47 ± 0.14	0.47 ± 0.13
อินเดีย	0.50 ± 0.05	0.46 ± 0.14	0.39 ± 0.04	0.45 ± 0.09
Alla Habad Safeda	0.54 ± 0.09	0.93 ± 0.23	0.68 ± 0.14	0.71 ± 0.22
Indonesian Seedless	0.59 ± 0.02	0.55 ± 0.13	0.80 ± 0.05	0.65 ± 0.14
Pearl	0.59 ± 0.20	0.52 ± 0.23	0.60 ± 0.16	0.57 ± 0.19
พจ. 13-10	0.80 ± 0.22	0.70 ± 0.19	1.21 ± 0.51	0.90 ± 0.39
G097	0.88 ± 0.02	1.00 ± 0.13	1.40 ± 0.31	1.09 ± 0.29
Gushiken Sweet	0.60 ± 0.17	0.59 ± 0.10	1.39 ± 0.44	0.86 ± 0.47
Holmberg	0.72 ± 0.16	0.58 ± 0.23	0.84 ± 0.34	0.71 ± 0.26
KU Guard #1	1.88 ± 0.65	1.91 ± 0.41	2.95 ± 0.48	2.25 ± 0.70
Patillo	0.62 ± 0.11	0.61 ± 0.11	0.91 ± 0.43	0.71 ± 0.28
Poamoho Pink	1.02 ± 0.42	0.69 ± 0.12	0.89 ± 0.20	0.86 ± 0.29
แดงสยาม	4.53 ± 0.55	4.99 ± 2.27	7.09 ± 1.74	5.59 ± 1.87
แดงอ่างขาง	3.48 ± 1.03	7.12 ± 1.11	6.35 ± 0.34	5.65 ± 1.83
ขี้นกเมืองกาญน์	1.08 ± 0.44	0.57 ± 0.20	0.70 ± 0.17	0.78 ± 0.35
ดอยปุย	0.86 ± 0.12	0.77 ± 0.13	0.99 ± 0.22	0.87 ± 0.17
ทอนเทกลม	1.30 ± 0.03	1.11 ± 0.34	1.07 ± 0.17	1.16 ± 0.22
เฉลี่ย	1.09 ± 1.04	1.23 ± 1.67	1.50 ± 1.82	1.28 ± 1.49

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 ค่าเฉลี่ยปริมาณ cyanidin-3-glucoside (mg/100 g FW) ในผลฝรั่ง 21 พันธุ์ ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว (n = 4)

พันธุ์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	เฉลี่ย
กิมจู	2.85 ± 2.03	3.13 ± 2.12	2.78 ± 1.90	2.92 ± 1.83
ไต้หวัน	1.60 ± 1.86	3.35 ± 0.43	1.05 ± 2.10	2.00 ± 1.80
แป้นสีทอง	2.19 ± 2.58	1.05 ± 2.11	4.85 ± 2.13	2.70 ± 2.65
เย็นสอง	1.78 ± 2.10	2.12 ± 2.54	0.66 ± 1.33	1.52 ± 1.96
หวานพิรุณ	2.63 ± 1.85	1.61 ± 1.85	2.12 ± 2.45	2.12 ± 1.92
อินเดีย	2.05 ± 2.46	2.98 ± 3.60	3.02 ± 2.12	2.68 ± 2.57
Alla Habad Safeda	2.52 ± 1.93	0.78 ± 1.57	1.89 ± 3.78	1.73 ± 2.48
Indonesian Seedless	3.07 ± 2.82	2.86 ± 2.08	1.09 ± 2.17	2.34 ± 2.35
Pearl	1.86 ± 2.18	0.96 ± 1.91	3.30 ± 2.24	2.04 ± 2.16
พจ. 13-10	2.71 ± 1.94	2.01 ± 2.34	2.08 ± 2.75	2.27 ± 2.16
G097	0.00 ± 0.00	1.22 ± 2.45	2.90 ± 1.98	1.37 ± 2.06
Gushiken Sweet	3.55 ± 0.59	2.04 ± 2.35	2.46 ± 3.36	2.68 ± 2.26
Holmberg	1.92 ± 2.22	3.06 ± 3.53	2.32 ± 2.75	2.43 ± 2.66
KU Guard #1	3.57 ± 0.97	4.14 ± 0.87	2.86 ± 2.16	3.52 ± 1.43
Patillo	1.47 ± 1.70	1.65 ± 1.97	3.37 ± 2.28	2.16 ± 2.01
Poamoho Pink	0.97 ± 1.94	0.00 ± 0.00	0.84 ± 1.69	0.60 ± 1.41
แดงสยาม	25.05 ± 3.21	49.19 ± 23.67	52.40 ± 24.68	42.21 ± 22.01
แดงอ่างขาง	14.35 ± 5.93	76.29 ± 16.84	41.67 ± 10.01	44.10 ± 28.55
ขี้นกเมืองกาญน์	1.97 ± 2.33	0.00 ± 0.00	3.26 ± 2.19	1.75 ± 2.18
ดอยปุย	1.88 ± 2.24	1.51 ± 1.76	2.30 ± 2.70	1.90 ± 2.08
ทอนเทกลม	0.00 ± 0.00	2.04 ± 2.60	1.33 ± 2.65	1.12 ± 2.13
เฉลี่ย	3.71 ± 5.66	7.71 ± 18.82	6.60 ± 13.59	6.01 ± 12.37

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 15 ค่าเฉลี่ยปริมาณวิตามินซี (mg/100 g FW) ของผลฝรั่ง 21 พันธุ์ ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว (n = 4)

พันธุ์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	เฉลี่ย
กิมจู	91.16 ± 32.53	47.00 ± 27.58	46.81 ± 21.65	61.66 ± 33.15
ไต้หวัน	14.30 ± 2.41	56.22 ± 29.93	90.13 ± 14.13	53.55 ± 36.74
แป้นสีทอง	22.87 ± 4.83	47.85 ± 23.04	51.94 ± 6.27	40.89 ± 18.49
เย็นสอง	28.67 ± 13.29	129.52 ± 19.67	125.81 ± 29.79	94.67 ± 52.67
หวานพิรุณ	19.89 ± 2.82	50.58 ± 7.57	48.11 ± 13.70	39.53 ± 16.75
อินเดีย	22.92 ± 6.53	33.61 ± 11.40	110.23 ± 11.68	55.58 ± 41.64
Alla Habad Safeda	27.72 ± 11.97	62.75 ± 28.68	81.28 ± 17.00	57.25 ± 29.67
Indonesian Seedless	32.30 ± 10.91	31.32 ± 11.05	41.11 ± 9.75	34.91 ± 10.62
Pearl	21.04 ± 8.74	54.04 ± 17.34	106.91 ± 43.15	60.67 ± 44.45
พจ. 13-10	31.17 ± 14.20	142.80 ± 51.09	62.19 ± 13.56	78.72 ± 56.85
G097	73.11 ± 10.64	87.97 ± 30.30	112.23 ± 28.38	91.10 ± 28.01
Gushiken Sweet	48.83 ± 18.29	79.56 ± 2.84	56.44 ± 32.40	61.61 ± 23.79
Holmberg	103.69 ± 14.33	122.56 ± 8.98	110.29 ± 23.82	112.18 ± 17.30
KU Guard #1	54.79 ± 20.83	228.03 ± 71.09	136.07 ± 13.93	139.63 ± 83.74
Patillo	39.12 ± 5.36	73.61 ± 22.06	58.32 ± 24.59	57.02 ± 22.86
Poamoho Pink	53.89 ± 19.73	87.71 ± 13.13	72.55 ± 21.04	71.39 ± 21.97
แดงสยาม	45.85 ± 25.34	143.46 ± 56.38	168.20 ± 62.77	119.17 ± 71.83
แดงอ่างขาง	44.70 ± 21.21	185.19 ± 118.45	187.97 ± 22.38	139.29 ± 94.70
ขี้นกเมืองกาญน์	47.91 ± 9.13	37.54 ± 15.53	70.91 ± 23.84	52.12 ± 21.35
ดอยปุย	35.18 ± 19.17	114.88 ± 27.43	177.25 ± 74.12	109.10 ± 74.11
ทอนเทกลม	25.42 ± 13.83	47.00 ± 20.76	16.10 ± 3.27	29.51 ± 18.85
เฉลี่ย	42.12 ± 26.68	88.72 ± 62.44	91.94 ± 53.19	74.26 ± 54.60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 16 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักผล (กรัม) ของผลฝรั่ง 21 พันธุ์ ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว (n = 4)

พันธุ์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	เฉลี่ย
กิมจู	172.01 ± 13.97	315.87 ± 68.15	412.66 ± 112.02	300.18 ± 124.12
ไต้หวัน	173.45 ± 58.06	335.17 ± 5.23	319.41 ± 46.33	276.01 ± 85.41
แป้นสีทอง	274.21 ± 34.57	543.73 ± 261.81	371.11 ± 15.67	396.35 ± 180.67
เย็นสอง	234.34 ± 29.86	317.92 ± 81.72	202.71 ± 29.71	251.66 ± 69.87
หวานพิรุณ	177.39 ± 10.60	519.20 ± 119.13	470.08 ± 33.35	388.89 ± 170.42
อินเดีย	461.78 ± 20.04	444.89 ± 190.61	670.75 ± 211.90	525.81 ± 183.78
Alla Habad Safeda	204.84 ± 8.38	241.39 ± 60.80	310.89 ± 0.00	252.37 ± 56.02
Indonesian Seedless	65.60 ± 7.41	146.78 ± 41.74	96.69 ± 18.13	103.02 ± 42.42
Pearl	162.09 ± 23.43	210.85 ± 56.78	303.92 ± 80.20	225.62 ± 80.99
พจ. 13-10	128.42 ± 31.70	183.23 ± 19.64	202.26 ± 41.01	171.30 ± 43.67
G097	73.24 ± 6.43	126.16 ± 9.82	133.63 ± 19.37	111.01 ± 30.47
Gushiken Sweet	176.35 ± 19.03	219.27 ± 62.58	219.45 ± 52.29	205.03 ± 48.59
Holmberg	233.01 ± 28.30	345.09 ± 68.24	254.46 ± 27.24	277.52 ± 65.31
KU Guard #1	72.17 ± 8.83	99.62 ± 26.62	95.01 ± 17.94	88.932 ± 21.43
Patillo	143.90 ± 8.38	210.64 ± 26.22	161.64 ± 37.37	172.06 ± 38.17
Poamoho Pink	165.26 ± 24.94	280.39 ± 39.13	178.71 ± 33.55	208.12 ± 61.45
แดงสยาม	208.95 ± 47.05	272.27 ± 36.07	260.27 ± 19.88	247.16 ± 43.46
แดงอ่างขาง	154.31 ± 17.83	231.15 ± 63.11	235.25 ± 38.38	206.90 ± 55.56
ขี้นกเมือง กาญน์	142.13 ± 33.96	166.49 ± 42.79	208.03 ± 43.77	172.21 ± 46.30
ดอยปุย	36.03 ± 5.91	70.80 ± 23.24	56.42 ± 12.19	54.41 ± 20.48
ทอนเทกลม	93.82 ± 7.97	76.03 ± 28.16	109.01 ± 24.60	92.95 ± 24.43
เฉลี่ย	169.21 ± 91.64	255.09 ± 150.40	251.06 ± 151.78	225.12 ± 139.45

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 17 ค่าเฉลี่ย Hue angle ของสีผิวผล ฝรั่ง 21 พันธุ์ ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว (n = 4)

พันธุ์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	เฉลี่ย
กิมจู	122.05 ± 1.96	113.46 ± 1.25	109.70 ± 3.45	115.07 ± 5.82
ไต้หวัน	113.79 ± 6.55	110.34 ± 0.34	115.88 ± 1.28	113.34 ± 4.23
แป้นสีทอง	121.95 ± 1.18	111.60 ± 1.17	111.92 ± 0.94	115.16 ± 5.12
เย็นสอง	120.19 ± 5.59	111.18 ± 2.29	108.44 ± 1.11	113.27 ± 6.14
หวานพิรุณ	119.13 ± 1.24	111.15 ± 2.86	114.05 ± 1.07	114.78 ± 3.85
อินเดีย	110.31 ± 0.93	110.83 ± 3.16	110.58 ± 3.17	110.58 ± 2.40
Alla Habad				
Safeda	105.40 ± 3.75	110.34 ± 1.37	111.20 ± 0.00	108.98 ± 3.39
Indonesian				
Seedless	120.66 ± 0.86	102.79 ± 2.19	100.52 ± 1.06	107.99 ± 9.50
Pearl	119.14 ± 5.32	111.87 ± 1.42	112.22 ± 2.58	114.41 ± 4.72
พจ. 13-10	109.57 ± 3.93	99.26 ± 4.01	96.99 ± 6.36	101.94 ± 7.23
G097	109.84 ± 3.57	103.07 ± 2.16	95.01 ± 5.16	102.64 ± 7.22
Gushiken Sweet	115.90 ± 5.54	104.14 ± 2.22	100.36 ± 6.21	106.80 ± 8.25
Holmberg	119.32 ± 1.13	102.88 ± 5.54	106.03 ± 3.94	109.41 ± 8.26
KU Guard #1	121.76 ± 1.41	110.17 ± 1.58	101.97 ± 3.44	111.30 ± 8.74
Patillo	114.43 ± 5.32	98.70 ± 3.13	101.50 ± 3.64	104.88 ± 8.08
Poamoho Pink	110.65 ± 6.09	109.14 ± 1.65	105.33 ± 2.35	108.37 ± 4.22
แดงสยาม	71.48 ± 5.24	62.41 ± 11.47	66.26 ± 9.23	66.72 ± 9.04
แดงอ่างขาง	69.37 ± 4.47	48.34 ± 7.50	65.31 ± 14.31	61.009 ± 12.93
ขี้นกเมืองกาญน์	119.42 ± 1.33	108.79 ± 3.82	100.99 ± 2.52	109.73 ± 8.27
ดอยปุย	107.44 ± 3.26	109.69 ± 2.90	103.97 ± 4.48	107.03 ± 4.08
ทอนเทกลม	97.38 ± 2.86	104.96 ± 4.89	105.87 ± 4.11	102.74 ± 5.40
เฉลี่ย	110.44 ± 14.79	102.62 ± 16.43	102.10 ± 13.32	100.30 ± 19.25

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 18 ค่าเฉลี่ย Hue angle ของสีเนื้อฝรั่ง 21 พันธุ์ ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว (n = 4)

พันธุ์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	เฉลี่ย
กิมจู	130.64 ± 3.87	109.73 ± 4.56	105.99 ± 2.66	115.46 ± 11.83
ไต้หวัน	107.26 ± 0.72	105.75 ± 0.31	113.54 ± 0.37	108.85 ± 3.56
แป้นสีทอง	128.22 ± 3.42	109.49 ± 2.12	106.83 ± 1.67	114.85 ± 10.20
เย็นสอง	122.37 ± 10.00	107.61 ± 0.87	107.94 ± 1.03	112.64 ± 8.91
หวานพิรุณ	130.40 ± 2.13	108.49 ± 0.56	110.29 ± 1.50	116.39 ± 10.47
อินเดีย	105.45 ± 1.27	105.30 ± 3.29	109.23 ± 2.13	106.66 ± 2.87
Alla Habad				
Safeda	106.66 ± 4.39	108.20 ± 1.90	105.39 ± 0.00	106.75 ± 2.77
Indonesian				
Seedless	129.38 ± 1.00	103.29 ± 1.71	101.66 ± 2.39	111.44 ± 13.37
Pearl	121.69 ± 7.70	108.51 ± 1.91	109.76 ± 1.94	113.32 ± 7.53
พจ. 13-10	58.28 ± 7.80	29.35 ± 1.40	31.23 ± 1.31	39.62 ± 14.43
G097	58.21 ± 15.99	38.81 ± 6.28	36.77 ± 1.89	44.59 ± 13.54
Gushiken Sweet	44.49 ± 4.68	38.40 ± 4.13	36.19 ± 5.69	39.69 ± 5.73
Holmberg	113.41 ± 3.38	38.48 ± 3.86	44.32 ± 7.17	65.40 ± 35.84
KU Guard #1	106.88 ± 4.61	55.52 ± 10.17	59.93 ± 18.60	74.11 ± 26.79
Patillo	72.27 ± 9.20	47.71 ± 13.64	51.87 ± 15.71	57.28 ± 16.33
Poamoho Pink	66.94 ± 5.71	44.45 ± 4.69	45.87 ± 17.47	52.42 ± 14.61
แดงสยาม	24.60 ± 2.64	23.38 ± 8.54	22.78 ± 5.55	23.59 ± 5.55
แดงอ่างขาง	41.01 ± 19.37	20.87 ± 4.67	26.19 ± 2.49	29.36 ± 13.75
ขี้นกเมืองกาญน์	124.63 ± 3.49	102.56 ± 1.12	102.09 ± 0.22	109.76 ± 11.15
ดอยปุย	101.30 ± 2.00	103.42 ± 1.08	105.08 ± 4.07	103.27 ± 2.92
ทอนเทกลม	99.50 ± 1.26	102.39 ± 1.51	102.56 ± 2.72	101.48 ± 2.29
เฉลี่ย	94.93 ± 33.55	76.75 ± 35.67	77.88 ± 35.05	83.19 ± 33.67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 19 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (%Brix) ของผลฝรั่ง 21 พันธุ์ ใน ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว (n = 4)

พันธุ์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	เฉลี่ย
กิมจู	11.63 ± 0.54	7.93 ± 0.55	10.18 ± 1.91	9.91 ± 1.92
ไต้หวัน	8.65 ± 1.69	10.10 ± 0.23	11.28 ± 0.38	10.01 ± 1.45
แป้นสีทอง	8.68 ± 1.21	8.80 ± 1.48	8.43 ± 0.13	8.63 ± 1.01
เย็นสอง	10.75 ± 1.32	11.15 ± 1.67	10.10 ± 0.36	10.67 ± 1.21
หวานพิรุณ	9.35 ± 1.35	8.90 ± 1.27	10.43 ± 0.32	9.56 ± 1.19
อินเดีย	7.13 ± 0.75	9.63 ± 3.04	9.90 ± 1.47	8.88 ± 2.23
Alla Habad Safeda	8.97 ± 0.09	8.90 ± 0.64	8.50 ± 0.00	8.79 ± 0.40
Indonesian Seedless	10.50 ± 1.13	9.95 ± 0.39	9.20 ± 1.27	9.88 ± 1.07
Pearl	10.05 ± 0.77	10.63 ± 0.95	8.98 ± 0.56	9.88 ± 1.00
พจ. 13-10	8.63 ± 0.95	8.73 ± 0.67	8.48 ± 0.58	8.61 ± 0.69
G097	8.85 ± 2.25	7.03 ± 0.56	5.88 ± 0.30	7.25 ± 1.77
Gushiken Sweet	7.10 ± 0.60	5.80 ± 0.75	6.83 ± 0.99	6.58 ± 0.93
Holmberg	8.53 ± 1.44	9.27 ± 0.05	8.13 ± 0.64	8.64 ± 0.96
KU Guard #1	10.90 ± 0.65	8.60 ± 0.85	9.75 ± 1.15	9.75 ± 1.28
Patillo	8.90 ± 0.44	8.73 ± 0.89	8.53 ± 0.61	8.72 ± 0.63
Poamoho Pink	9.15 ± 0.31	7.13 ± 0.60	7.28 ± 0.40	7.85 ± 1.05
แดงสยาม	8.83 ± 0.55	9.10 ± 0.89	8.68 ± 1.88	8.87 ± 1.14
แดงอ่างขาง	11.05 ± 0.76	9.65 ± 0.77	8.45 ± 1.16	9.72 ± 1.39
ขี้นกเมืองกาญน์	7.03 ± 1.07	6.63 ± 0.86	6.83 ± 0.74	6.83 ± 0.83
ดอยปุย	10.71 ± 1.01	8.43 ± 1.33	9.50 ± 0.28	9.55 ± 1.32
ทอนเทกลม	8.77 ± 1.42	9.33 ± 1.01	7.78 ± 0.95	8.63 ± 1.23
เฉลี่ย	9.24 ± 1.60	8.78 ± 1.61	8.72 ± 1.54	8.91 ± 1.60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 20 ค่าเฉลี่ยปริมาณกรด (%) ของผลฝรั่ง 21 พันธุ์ ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว (n = 4)

พันธุ์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	เฉลี่ย
กิมจู	0.40 ± 0.06	0.38 ± 0.14	0.52 ± 0.15	0.43 ± 0.13
ไต้หวัน	0.33 ± 0.07	0.58 ± 0.07	0.54 ± 0.06	0.48 ± 0.13
แป้นสีทอง	0.46 ± 0.12	0.42 ± 0.10	0.50 ± 0.11	0.46 ± 0.11
เย็นสอง	0.50 ± 0.05	0.81 ± 0.46	0.57 ± 0.04	0.63 ± 0.28
หวานพิรุณ	0.26 ± 0.05	0.41 ± 0.07	0.50 ± 0.13	0.39 ± 0.13
อินเดีย	0.43 ± 0.11	0.65 ± 0.24	0.59 ± 0.06	0.56 ± 0.17
Alla Habad Safeda	0.43 ± 0.05	0.58 ± 0.14	0.61 ± 0.00	0.54 ± 0.11
Indonesian Seedless	0.17 ± 0.05	0.37 ± 0.12	0.22 ± 0.03	0.25 ± 0.11
Pearl	0.62 ± 0.11	0.49 ± 0.12	0.46 ± 0.12	0.53 ± 0.13
พจ. 13-10	0.78 ± 0.10	1.16 ± 0.05	0.89 ± 0.15	0.94 ± 0.20
G097	1.23 ± 0.20	0.90 ± 0.09	1.10 ± 0.17	1.08 ± 0.21
Gushiken Sweet	0.72 ± 0.08	1.36 ± 0.51	1.02 ± 0.37	1.03 ± 0.43
Holmberg	0.42 ± 0.05	0.46 ± 0.10	0.46 ± 0.08	0.45 ± 0.07
KU Guard #1	0.42 ± 0.09	0.45 ± 0.09	0.29 ± 0.12	0.39 ± 0.12
Patillo	0.97 ± 0.19	1.73 ± 0.53	1.58 ± 0.13	1.42 ± 0.46
Poamoho Pink	0.47 ± 0.03	0.49 ± 0.13	0.55 ± 0.07	0.50 ± 0.09
แดงสยาม	0.62 ± 0.12	0.57 ± 0.11	0.81 ± 0.25	0.67 ± 0.19
แดงอ่างขาง	0.54 ± 0.11	0.44 ± 0.10	0.52 ± 0.14	0.50 ± 0.12
ขี้นกเมืองกาญน์	0.47 ± 0.07	0.48 ± 0.15	0.48 ± 0.11	0.48 ± 0.11
ดอยปุย	0.42 ± 0.07	0.55 ± 0.15	0.43 ± 0.11	0.47 ± 0.12
ทอนเทกลม	0.39 ± 0.05	0.51 ± 0.03	0.46 ± 0.18	0.45 ± 0.11
เฉลี่ย	0.53 ± 0.25	0.66 ± 0.40	0.62 ± 0.33	0.60 ± 0.33

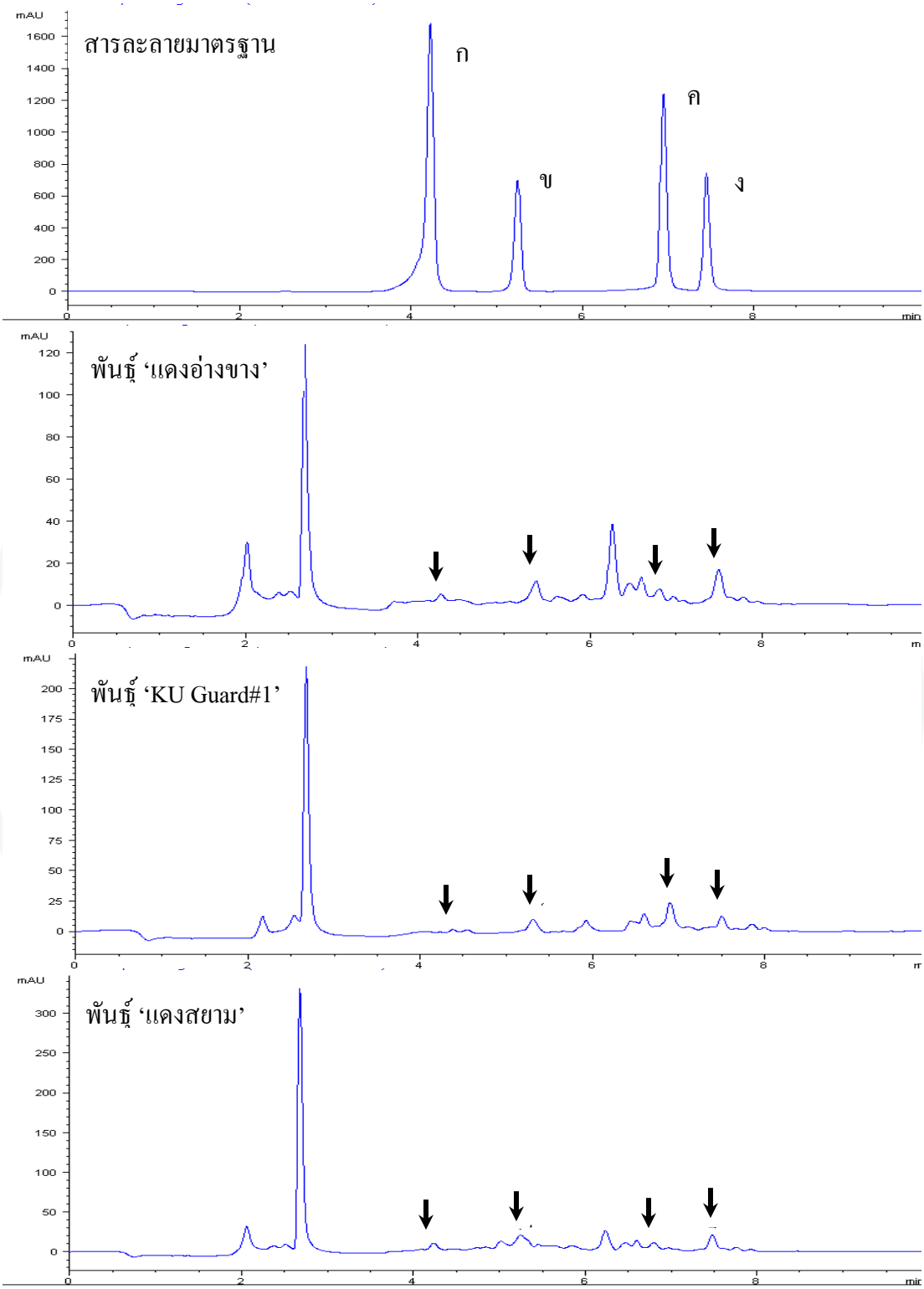
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 21 ข้อมูลสภาพอากาศตลอดการทดลอง

เดือน	อุณหภูมิ (°C)			ปริมาณน้ำฝน	ปริมาณแสงแดด
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	(มิลลิเมตร)	(ชั่วโมง/วัน)
ปี 2553					
มกราคม	31.9	21.5	18.3	3.5	7.3
กุมภาพันธ์	35.4	23.4	20.2	0.0	9.0
มีนาคม	35.6	23.5	20.9	21.0	8.3
เมษายน	37.3	25.5	23.4	19.6	9.3
พฤษภาคม	37.1	25.6	24.8	64.2	8.3
มิถุนายน	35.7	24.8	24.2	289.6	8.1
กรกฎาคม	34.2	25.1	23.8	113.4	5.8
สิงหาคม	33.3	24.3	23.3	185.8	4.2
กันยายน	33.8	24.0	23.1	287.5	6.7
ตุลาคม	31.5	23.1	21.9	239.8	4.8
พฤศจิกายน	30.6	21.8	20.1	<0.1	6.6
ธันวาคม	30.7	20.7	18.4	11.1	6.8
ปี 2554					
มกราคม	29.8	18.8	15.9	0.0	7.6
กุมภาพันธ์	34.2	21.8	18.9	0.1	8.2
มีนาคม	30.9	21.7	20.4	53.8	4.3

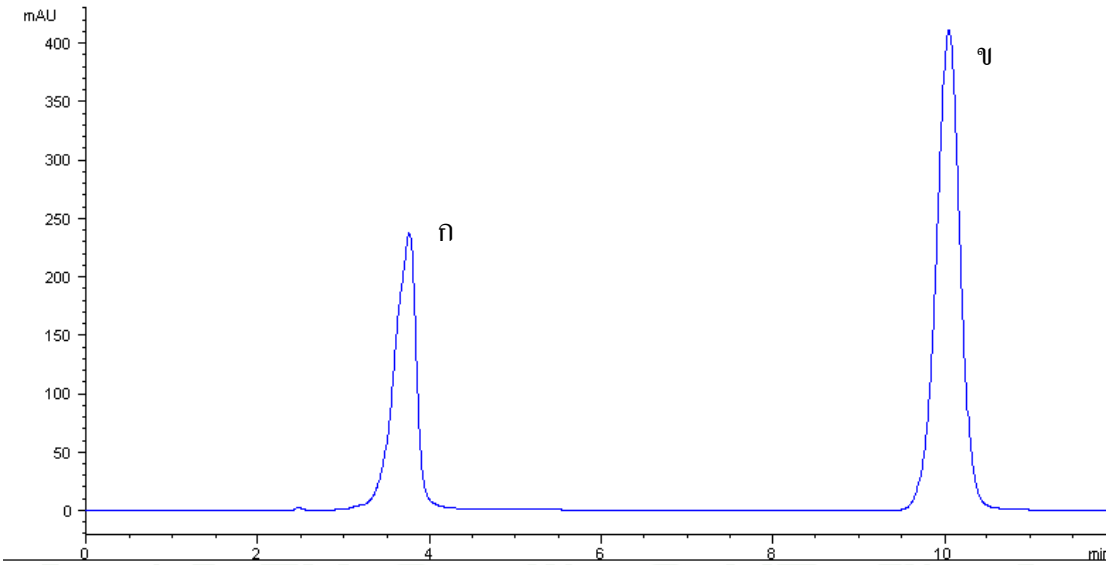
ที่มา: สถานีตรวจวัดอากาศกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

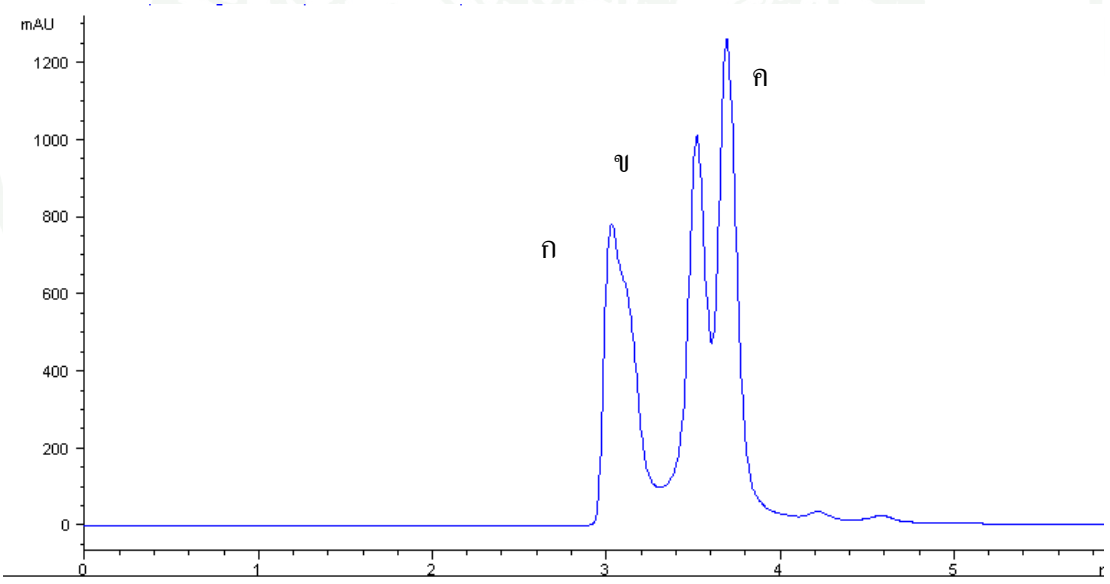


ภาพผนวกที่ 1 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน ก) gallic acid ข) catechin ค) ellagic acid และ ง) quercetin ความเข้มข้น 0.5 mg/ml และฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

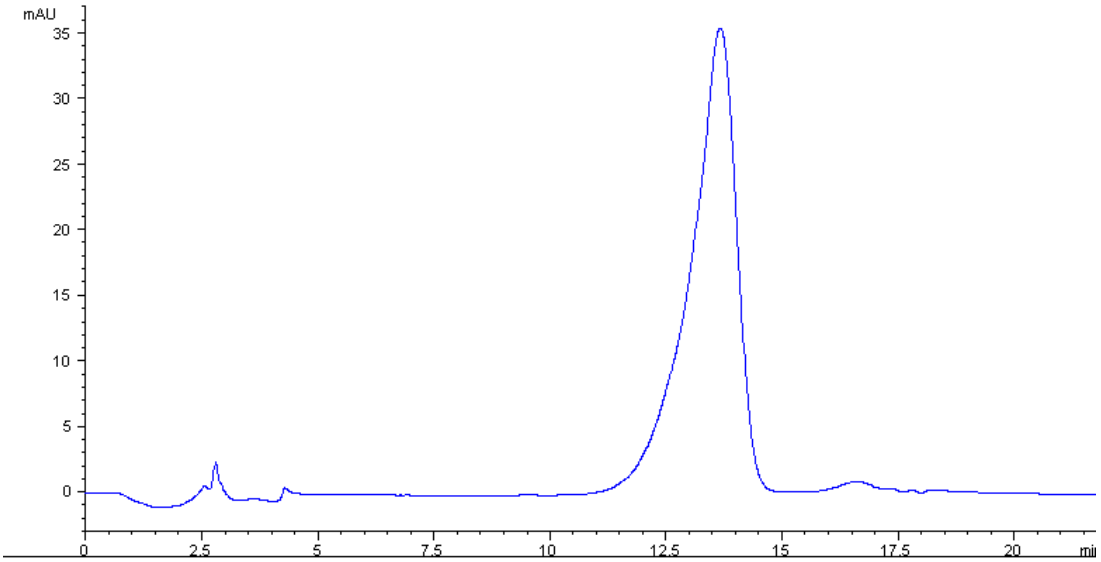


ภาพผนวกที่ 2 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน ก) ferulic acid และ ข) chlorogenic acid ความเข้มข้น 0.5 mg/ml ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC

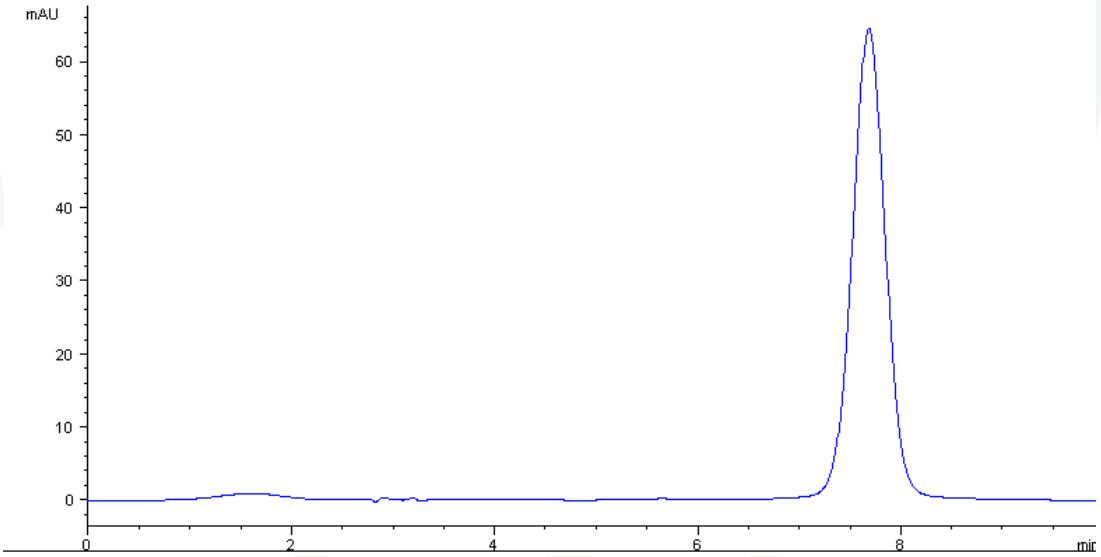


ภาพผนวกที่ 3 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน ก) myricetin ข) kaempferol และ ค) apigenin ความเข้มข้น 0.25 mg/ml ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 4 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน epicatechin ความเข้มข้น 0.25 mg/ml ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC



ภาพผนวกที่ 5 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน cyanidin-3-glucoside ความเข้มข้น 0.5 mg/ml ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ นางสาวสุพรรณิกา สงวนศิลป์

เกิดวันที่ 27 มีนาคม 2528

สถานที่เกิด อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

ประวัติการศึกษา วท.บ. (ชีววิทยา) เกียรตินิยมอันดับสอง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ (พ.ศ.2550)

ตำแหน่งปัจจุบัน -

สถานที่ทำงานปัจจุบัน -

ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ - รางวัลชมเชย การนำเสนอผลงานภาคโปสเตอร์เรื่อง 'กิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ สารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์และคุณภาพผลของฝรั่งชนิดรับประทานสด' งานประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 10

- รางวัลชมเชย การนำเสนอผลงานภาคบรรยายกลุ่มไม้ผล-ไม้ยืนต้นเรื่อง 'ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมของสารต้านอนุมูลอิสระในผลฝรั่ง' งานประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 11

ทุนการศึกษาที่ได้รับ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2555 ระดับปริญญาโทจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์