

สมรรถนะการผสมและความดีเด่นในลักษณะคุณค่าทางโภชนาการและ ปริมาณเส้นใยอาหารของผลฝรั่ง

Combining ability and heterosis of nutrition values and dietary fiber in guava fruit

วรพล ลากุล¹ และ อุณารุจ บุญประกอบ^{1*}

Worapol Lakul¹ and Unaruj Boonprakob^{1*}

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสมรรถนะการผสมและความดีเด่นเหนือพ่อแม่พันธุ์ในลักษณะคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณเส้นใยอาหารของประชากรฝรั่ง โดยใช้แผนการผสมพันธุ์แบบแฟคทอเรียล ฝรั่งสายพันธุ์แม่ 4 พันธุ์และสายพันธุ์พ่อ 2 พันธุ์ ปลูกทดสอบลูกผสมจำนวน 8 คู่ผสม ที่แปลงทดสอบลูกผสมระยะประชิด ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ประเมินลักษณะต่าง ๆ ในฤดูหนาวปี พ.ศ. 2559 พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในทุกลักษณะของค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปและสมรรถนะการผสมเฉพาะ ยกเว้นเปอร์เซ็นต์ใยอาหาร โดยพันธุ์ “หวานพิรุณ” และ D8 มีค่าสมรรถนะการผสมพันธุ์ทั่วไปสูงที่สุดในทุกลักษณะ ขณะที่พันธุ์ “หวานพิรุณ” และ D8 มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะในลักษณะปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำกับคู่ผสม D7 x กิมจู (0.122*) และลักษณะปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดและปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้กับคู่ผสม D18 x กิมจู (13.846* 0.504* และ 0.549* ตามลำดับ) ดังนั้นพันธุ์ “หวานพิรุณ” และ D8 สามารถใช้เป็นพันธุ์พ่อแม่ เพื่อสร้างพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวที่มีคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณเส้นใยอาหารสูง

คำสำคัญ: การปรับปรุงพันธุ์พืช, ฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ, ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด, ปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

ABSTRACT: The objective of this research was to evaluate combining ability and heterosis for nutrition value and dietary fiber of guava populations. Factorial mating design using four female and two male parents was done. The eight families were evaluated in a high-density plot at Department of Horticulture; Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen campus in winter season of 2016. General combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) of the guava families showed significant difference for all traits except fiber content. ‘Wan Pirun’ and D8 had the highest GCA values for all traits. The hybrids of D7 x Kimju had the highest SCA effects for insoluble dietary fiber (0.122*) and the hybrids of D18 x Kimju had the highest SCA effects for total phenolic content, total dietary fiber and soluble dietary fiber (13.846*, 0.504* and 0.549* respectively). It is proposed that ‘Wan Pirun’ and D8 had potential to be used as parental lines for development of guava hybrids with high antioxidants nutritional value and dietary fiber.

Keywords: plant breeding, antioxidant activity, total phenolic content, insoluble dietary fiber

¹ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140.

Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

* Corresponding author: unaruj.b@ku.ac.th.

บทนำ

ฝรั่ง (*Psidium guajava* L.) เป็นไม้ผลที่มีผลอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด โดยฝรั่งพันธุ์รับประทานสดที่มีคุณภาพผลดีและคุณค่าทางโภชนาการสูง จะส่งเสริมให้มีสุขภาพที่ดีและลดโอกาสในการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-Communicable Diseases) ให้แก่ผู้บริโภค เนื้อของผลฝรั่งมีสารพฤกษเคมี (Phytochemicals) ที่มีประโยชน์หลายชนิดและเป็นแหล่งสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระ โดยสารต้านอนุมูลอิสระที่พบมากในผลของฝรั่ง ได้แก่ วิตามินซี แคโรทีนอยด์ แอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลิก นอกจากนี้เนื้อฝรั่งยังมีปริมาณเส้นใยอาหารสูงที่ช่วยให้ระบบขับถ่ายทำงานได้ดีขึ้น จากการศึกษาของ Antonio *et. al.* (2001) พบว่าเนื้อฝรั่งมีปริมาณเส้นใยอาหาร 48.55 – 49.42 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระ 2.62 – 3.72 g dw/g DPPH และ 233 – 392 μmol Trolox/g dw และปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 26.2 – 77.9 g Galic acid/kg dw โดยปริมาณเส้นใยอาหารภายในเนื้อฝรั่งมีมากกว่าเนื้อสับปะรด ซึ่งสับปะรดถูกจัดว่าเป็นผลไม้ที่มีปริมาณเส้นใยอาหารสูงชนิดหนึ่ง และ Dey *et. al.* (2014) ทำการทดสอบสมรรถนะการรวมตัวและความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลักษณะวิตามินและสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบความดีเด่นของลักษณะในพันธุ์ลูกผสมชั่วแรก (F_1) เกิดจากปฏิกิริยาของยีนแบบซ่ม (dominant effect) ส่งผลให้มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูงและค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปต่ำ ทำให้ลักษณะที่มีการรวมตัวของยีนในสภาพ heterozygous แสดงออกได้มากกว่าลักษณะของพ่อหรือแม่ คุณสมบัติดังกล่าวนี้นำมาให้นักวิจัยและผู้บริโภคให้ความสนใจถึงคุณภาพและปริมาณสารสำคัญชนิดต่าง ๆ ในผลฝรั่ง ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งในปัจจุบันจึงมุ่งพัฒนาคุณค่าทางโภชนาการและเส้นใยอาหารในผลฝรั่ง เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค จึงเป็นวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อทดสอบสมรรถนะการผสมทั่วไป (general combining ability, GCA) สมรรถนะการผสมเฉพาะ (specific combining ability, SCA) และความดีเด่นเหนือพ่อและแม่ (heterosis) ระหว่างพันธุ์ฝรั่งจำนวน 6 พันธุ์ ที่ใช้แผนผสมพันธุ์แบบแฟคทอเรียล เพื่อใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือก

พ่อแม่พันธุ์ในการผสมพันธุ์ได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การสร้างลูกผสมและการปลูกทดสอบ

ทำการผสมพันธุ์โดยใช้แผนการผสมพันธุ์แบบแฟคทอเรียล (factorial mating design) จากกลุ่มพันธุ์ที่ใช้เป็นพันธุ์แม่ 4 พันธุ์ คือ “หวานพิรุณ” (D1) D7 D8 และ D18 และพันธุ์ที่ใช้เป็นพันธุ์พ่อ 2 พันธุ์ คือ “กิมจู” (KJ) และ “แดงสยาม” (DS) ได้ลูกผสมจำนวน 8 คู่ผสม ได้แก่ หวานพิรุณ x กิมจู หวานพิรุณ x แดงสยาม D7 x กิมจู D7 x แดงสยาม D8 x กิมจู D8 x แดงสยาม D18 x กิมจู และ D18 x แดงสยาม จากนั้นนำลูกผสมที่ได้ไปปลูกทดสอบในแปลงทดสอบลูกผสมระยะชิด (0.5 x 4 เมตร) ทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) สุ่มเก็บตัวอย่างผลฝรั่งในระยะแก่บริบูรณ์หรือเมื่อผลฝรั่งมีอายุประมาณ 14-15 สัปดาห์หลังดอกบานจำนวน 10 ต้น ต้นละ 5 ผล โดยทำการเก็บผลเพื่อประเมินคุณภาพต่าง ๆ ในฤดูหนาว (เดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2560)

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและปริมาณเส้นใยอาหาร

เตรียมตัวอย่างสารสกัดจากผลฝรั่งด้วยวิธี methanol extract analysis นำเนื้อฝรั่ง 3 กรัม ผสมกับ absolute methanol ปริมาตร 20 มิลลิลิตร บั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้ Ultra-Turrax homogenizer (T25, Ika Work Inc, U.S.A.) นำไปหมุนเหวี่ยงโดยใช้ vacuum micro centrifuge (J2-HS, Beckman Instrument Inc., 19 U.S.A.) ความเร็ว 15,000 rpm ที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ดูดสารละลายส่วนใสเก็บไว้เพื่อรอวิเคราะห์ต่อไป

1. วิเคราะห์ฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ

1.1 วิธี Ferric-reducing antioxidant power (FRAP) assay โดยวิธีของ Thaipong *et al.* (2006) เตรียม stock solution และ working solution ประกอบด้วย 300 mM acetate buffer 10 mM TPTZ และ 20 mM $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เริ่มการวิเคราะห์โดยใช้สารสกัดจากฝรั่ง 150 ไมโครลิตร ทำปฏิกิริยากับ FRAP ปริมาตร

2850 ไมโครลิตร ในที่มีด 60 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร เปรียบกราฟมาตรฐานโดยใช้ ascorbic acid

1.2 วิธี Free radical scavenging activity (DPPH) assay (Suda, 2000) สารสกัดฝรั่ง 150 ไมโครลิตร ทำปฏิกิริยากับ DPPH solution (200 mM MES buffer 20% เอทานอลและ 400 μ M DPPH) 2850 ไมโครลิตร นำไปไว้ในที่มีด 60 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร กราฟมาตรฐานโดยใช้ Trolox

2. วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (total flavonoid content, TFV) โดยใช้วิธี colorimetric assay โดยวิธี Thaipong et al. (2006) สารสกัด 1 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยากับ 5% NaNO_2 300 ไมโครลิตร 10 % AlCl_3 300 ไมโครลิตร 1 N NaOH 2 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรสารละลายด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 10 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร เทียบปริมาณฟลาโวนอยด์กับกราฟมาตรฐานของ catechin

3. วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content, TPH) ด้วยวิธี Folin – Ciocalteu method โดยวิธี Thaipong et al. (2006) สารสกัด 150 ไมโครลิตร น้ำกลั่น 2400 ไมโครลิตร และ 0.25 N Folin – Ciocalteu reagent 150 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยา 3 นาที ต่อจากนั้นเติม 1 N Na_2CO_3 300 ไมโครลิตร ไว้ในที่มีด 2 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร เทียบปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid

4. วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (Ascorbic acid, AA) ด้วยวิธี 2,6 dichlorophenolindophenol titration method (A.O.A.C, 1997) โดยนำเนื้อฝรั่ง 3 กรัม สกัดด้วยสารละลาย 3% oxalic acid และ 8% glacial acetic acid ปริมาณ 20 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเหวี่ยงด้วย Refrigerated Centrifuge รุ่น J2-HS (Beckman, USA) ความเร็ว 15,000 rpm เป็นเวลา 20 นาที นำสารละลายส่วนใสไปคำนวณปริมาณ ascorbic acid โดยเทียบกับ L-ascorbic

5. วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ใยอาหาร (fiber content) ด้วยวิธีของ Gould (1997) นำเนื้อฝรั่ง 10 กรัม ต้มด้วยน้ำเดือด 10 นาที แล้วนำไปต้มใน 50% NaOH 5 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ

100 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง

6. วิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้และปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ด้วยวิธีของ A.O.A.C (1997) นำเนื้อฝรั่ง 1 กรัม มาทำการ gelatinization และบ่มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เติมเอนไซม์ α -amylase 0.1 มิลลิลิตร นาน 15 นาที pH 6.0 จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยเติมเอนไซม์ protease 0.1 มิลลิลิตร นาน 30 นาที pH 7.5 และเติมด้วยเอนไซม์ amloglucosidase นาน 30 นาที ที่ pH 4.5 จากนั้นตกตะกอนเส้นใยอาหารด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 50 มิลลิลิตร และอะซิโตน 20 มิลลิลิตร และนำไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและเถ้า

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD ส่วนการวิเคราะห์สมรรถนะการรวมตัวตามวิธีของ Becker (1984) และค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ด้วยวิธีของ Singh (1973)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 พบว่า ค่าเฉลี่ยของลักษณะคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณเส้นใยอาหารทั้ง 9 ลักษณะของลูกผสมฝรั่งทั้ง 8 คู่ผสม มีความแตกต่างกันสถิติโดยคู่ผสม D8 x แดงสยาม มีค่าเฉลี่ยของลักษณะปริมาณวิตามินซี ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระทั้งสองวิธีสูงสุด ในขณะที่ลักษณะปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด พบว่า คู่ผสม D8 x กิมจู มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ส่วนลักษณะเปอร์เซ็นต์ใยอาหารและปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ พบว่า คู่ผสม D18 x กิมจู มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดและ คู่ผสม หวานพิรุณ x แดงสยาม มีค่าเฉลี่ยของลักษณะปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดและปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด

การประเมินค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) (Table 2) ของพันธุ์พ่อและแม่ พบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติต่อลักษณะปริมาณวิตามินซี ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระทั้งสองวิธี (FRAP และ DPPH) ส่วนค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) มีนัยสำคัญทางสถิติต่อลักษณะปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด

Table 1. Antioxidant and dietary fiber components of eight guava families.

Families	AA (mg/100 g FW)	TFV (mg CE/ 100 g FW)	TPC (mgGAE/ 100 g FW)	FRAP (μ Mol AAE/ g FW)	DPPH (μ Mol Trorox/ g FW)	Fiber Content (%)	TDF (g/100 g FW)	IDF (g/100 g FW)	SDF (g/100 g FW)
D1xKJ	122.31	68.78	150.94	13.23	12.41	1.51	6.81	1.03	5.78
D1xDS	148.12	57.70	163.02	15.20	15.03	1.50	7.48	0.93	6.55
D7xKJ	135.07	80.79	155.45	14.26	13.56	1.65	5.77	1.17	4.59
D7xDS	187.00	78.07	176.16	17.43	17.02	1.53	6.61	0.77	5.84
D8xKJ	185.13	93.36	184.03	18.59	18.58	1.65	6.21	1.24	4.98
D8xDS	218.68	84.86	203.27	21.48	20.99	1.51	6.90	1.17	5.73
D18xKJ	170.27	86.14	201.89	18.00	17.43	1.81	7.12	1.33	5.79
D18xDS	196.26	73.97	182.31	19.69	18.57	1.59	6.51	1.26	5.25
P-value	<.0001	0.000	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
LSD 0.05	27.82	14.16	17.05	2.35	2.49	0.13	0.62	0.12	0.62
CV (%)	18.32	20.34	10.79	15.26	16.72	9.01	10.48	12.10	12.49

AA=ascorbic acid (vitamin C), TFV=total flavonoid content, TPC= total phenolic content, FRAP= Ferric-reducing antioxidant power, DPPH= free radical scavenging activity, TDF=total dietary fiber, IDF and SDF=insoluble and soluble dietary fiber.

ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้และปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ดังนั้นลักษณะเหล่านี้มีความเฉพาะเจาะจงในการเลือกพันธุ์พ่อและแม่ต่อค่าเฉลี่ยของลูกผสมฝรั่ง ส่วนลักษณะเปอร์เซ็นต์ใยอาหารไม่พบอิทธิพลของ GCA และ SCA

สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) ใน Table 3 พบว่า พันธุ์ฝรั่งที่ให้ค่า GCA สูงในลักษณะวิตามินซี

ปริมาณฟลา-โวนอยด์ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้งสองวิธี คือพันธุ์ D8 มีค่า GCA เท่ากับ 31.551 11.149 16.517 2.8 และ 3.089 ตามลำดับ พันธุ์ "หวานพิจิตร" มีค่า GCA สูงในลักษณะปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดและปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ และพันธุ์ D18 มี GCA สูงในลักษณะเปอร์เซ็นต์ใยอาหารและปริมาณเส้นใย

Table 2. Expected mean squares of combining ability of antioxidant and dietary fiber components in guava.

SOV	AA	TFV	TPC	FRAP	DPPH	Fiber	TDF	IDF	SDF
GCA (female)	16558.4*	2316.49*	6875.3	143.24**	147.49**	0.13	3.28	0.51	3.51
GCA (male)	23557.9*	1486.21*	1317.1	118.65**	115.84*	0.32	3.13	0.52	6.20
SCA	754.3	89.01	1775.1**	2.55	4.63	0.04	2.29**	0.13**	2.94**
Error	689.6	193.24	279.4	5.31	5.97	0.02	0.38	0.01	0.38

AA=ascorbic acid (vitamin C), TFV=total flavonoid content, TPC= total phenolic content, FRAP= Ferric-reducing antioxidant power, DPPH= free radical scavenging activity, TDF=total dietary fiber, IDF and SDF=insoluble and soluble dietary fiber.

*, ** Significant at $p=0.05$ and 0.01 respectively.

อาหารที่ไม่ละลายน้ำ ลักษณะเหล่านี้เกิดจากการแสดงออกของยีนแบบบวกรวม สมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ถูกแสดงใน Table 4 พบว่ามีนัยสำคัญกับ 4 ลักษณะ คือ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดและปริมาณเส้นใยอาหารทั้งแบบละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ โดยลักษณะปริมาณฟีนอลิก ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดและปริมาณ

เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ พันธุ์ D18 ควรผสมพันธุ์กับพันธุ์ "กิมจู" มีค่า SCA เท่ากับ 13.846 0.504 และ 0.549 ตามลำดับ และลักษณะปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำคือ พันธุ์ D7 ควรผสมพันธุ์กับพันธุ์ "กิมจู" มีค่า SCA เท่ากับ 0.122 ความเฉพาะเจาะจงของคู่ผสมที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการแสดงออกของยีนแบบไม่บวกรวม (Afekhai *et. al.*, 2017)

Table 3. General combining ability (GCA) of antioxidant and dietary fiber components in guava.

Lines	AA	TFV	TPC	FRAP	DPPH	Fiber	TDF	IDF	SDF
D1	-35.139**	-14.718**	-20.154**	-3.021**	-2.982**	-0.086*	0.470*	-0.130**	0.600*
D7	-9.320	1.473	-11.328*	-1.389*	-1.411*	-0.005	-0.487*	-0.139**	-0.347*
D8	31.551**	11.149*	16.517*	2.800**	3.089**	-0.014	-0.121	0.089*	-0.210
D18	12.908	2.096	14.965*	1.610*	1.304*	0.105*	0.138	0.180**	-0.043
KJ	-17.160	4.310	-4.057	-1.218	-1.203	0.063	-0.198	0.081	-0.278
DS	17.160	-4.310	4.057	1.218	1.203	-0.063	0.198	-0.081	0.278

Table 4. Specific combining ability (SCA) of antioxidant and dietary fiber components in guava.

Families	AA	TFV	TPC	FRAP	DPPH	Fiber	TDF	IDF	SDF
D1xKJ	4.254	1.233	-1.984	0.229	-0.105	-0.057	-0.134	-0.032	-0.102
D7xKJ	-8.806	-2.947	-6.300	-0.372	-0.529	-0.002	-0.223	0.122*	-0.346
D8xKJ	0.387	-0.059	-5.562	-0.230	-0.001	0.010	-0.146	-0.046	-0.101
D18xKJ	4.166	1.773	13.846*	0.372	0.635	0.050	0.504*	-0.045	-0.549*
D1xDS	-4.254	-1.233	1.984	-0.229	0.105	0.057	0.134	0.032	0.102
D7xDS	8.806	2.947	6.300	0.372	0.529	0.002	0.223	-0.122*	0.346
D8xDS	-0.387	0.059	5.562	0.230	0.001	-0.010	0.143	0.046	0.101
D18xDS	-4.166	-1.773	-13.846*	-0.372	-0.635	-0.050	-0.504*	0.045	-0.549*

AA=ascorbic acid (vitamin C), TFV=total flavonoid content, TPC= total phenolic content, FRAP= Ferric-reducing antioxidant power, DPPH= free radical scavenging activity, TDF=total dietary fiber, IDF and SDF=insoluble and soluble dietary fiber.

*, ** Significant at $p=0.05$ and 0.01 respectively.

ความดีเด่นของลูกผสม (Table 5) พบว่าลูกผสมรุ่นทั้ง 8 คู่ แสดงค่าความดีเด่นเหนือพันธุ์พ่อแม่และแม่ทั้งทางบวกและลบในทุกลักษณะอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีลักษณะปริมาณฟีนอลิกที่แสดงค่าลบเท่านั้น ลูกผสม หวานพิรุณ x กิมจู มีค่า heterosis ของปริมาณวิตามินซีและฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP สูงสุดเท่ากับ 29.73 และ 19.1 ตามลำดับ ลูกผสม D8 x กิมจู มีค่าสูงสุดในลักษณะปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เปอร์เซ็นต์ใยอาหารและปริมาณเส้นใยอาหาร

ทั้งหมด ลูกผสม D18 x กิมจู มีค่า heterosis สูงในลักษณะปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำเท่ากับ 1.73 และลูกผสม D8 x แดงสยาม มีค่า heterosis สูงที่สุดในลักษณะปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 45.98 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจะพบว่าคู่ผสมที่มีค่า heterosis สูง ไม่ใช่คู่ผสมที่มีค่าเฉลี่ยของลักษณะนั้นสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ Dey *et. al.* (2014) ที่รายงานว่า ความดีเด่นของลูกผสมจะมีค่ามากในทางบวก เกิดจากการนำพันธุ์พ่อแม่ที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันมาก ๆ มาผสมพันธุ์

Table 5. Percentage of heterosis for antioxidant and dietary fiber components of eight guava families.

Families	AA	TFV	TPC	FRAP	DPPH	Fiber	TDF	IDF	SDF
D1xKJ	29.73**	11.07*	2.36	19.10**	35.16**	-3.45**	4.76**	-32.24**	16.06**
D7xKJ	11.52	22.97**	-9.32	6.56**	21.74**	6.49**	-5.78**	-13.39**	-3.62**
D8xKJ	-4.95	26.24**	-7.37	15.53**	43.76**	16.71**	20.13**	-10.14**	31.09**
D18xKJ	-1.30	6.84	4.51	16.86**	39.79**	-2.47**	15.80**	1.73**	18.76**
D1xDS	-21.95*	6.18	-38.23**	-22.81**	-8.84**	-4.21**	14.97**	-50.70**	31.34**
D7xDS	-1.47	18.82**	-33.25**	-11.47**	3.26**	-1.57**	7.97**	-59.35**	22.57**
D8xDS	12.27	14.74**	-22.98**	9.08**	27.36**	-2.90**	18.59**	-38.33**	45.98**
D18xDS	3.41	-8.25	-30.92**	-0.02	12.68**	-14.64**	5.85**	-33.58**	7.67**

AA=ascorbic acid (vitamin C), TFV=total flavonoid content, TPC= total phenolic content, FRAP= Ferric-reducing antioxidant power, DPPH= free radical scavenging activity, TDF=total dietary fiber, IDF and SDF=insoluble and soluble dietary fiber.

*, ** Significant at $p=0.05$ and 0.01 respectively.

กัน จะให้ผลดีกว่าการนำพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงมาผสมกัน เนื่องจากเกิดการข่มเกิน (Overdominance) ขึ้น ส่งผลให้ยีนที่อยู่ในรูป heterozygous แสดงลักษณะออกมาเหนือกว่ายีนแบบ homozygous ของพันธุ์พ่อและแม่

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาค่าสมรรถนะการผสมของฝรั่ง 6 พันธุ์ที่ผสมพันธุ์ด้วยแผนการผสมแบบแฟคทอเรียล ในลักษณะคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณเส้นใยอาหาร พบว่าลูกผสมที่ใช้พันธุ์ “หวานพิรุณ” และ D8 เป็นพันธุ์พ่อและแม่จะมีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป ค่าเฉลี่ยของลักษณะสูงและมีค่า Heterosis ของลักษณะส่วนใหญ่เป็นบวก และพบสมรรถนะการผสมเฉพาะของลักษณะปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณเส้นใยอาหารในคู่ผสม D7 x กิมจู และ D18 x กิมจู

เอกสารอ้างอิง

Afekhai, A.D., C.N.C. Nwaoguala, and J.E. Alika. 2017. Estimation of combining ability for yield and component traits in maize (*Zea mays* L.) cultivars using North Carolina mating design II. J. agric. Sci. 16: 192-201.

Antonio, J.E., M. Rincon, R. Pulido, and F.S. Calixtoc. 2001. Guava Fruit (*Psidium guajava* L.) as a New Source of Antioxidant Dietary Fiber. J. Agric. Food Chem. 49: 5489-5493.

Association of office analytical chemists. 1997. Official method of analysis 16th ed. George Banta, Washington, DC.

Becker, W.A. 1984. Manual of Quantitative Genetics (4th ed.). Academic Enterprises, Pullman, Washington, DC.

Dey, S.S., N. Singh, and R. Bhatia. 2014. Genetic combining ability and heterosis for important vitamins and antioxidant pigments in cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.). Euphytica.195: 169-181.

Gould, W.A. 1997. Food quality assurance. The AVI publishing company, Inc. Washington, DC.

Suda I. 2000. Determination of DPPH radical scavenging activity by spectrophotometry. Korin; Tokyo.

Thaipong, K., U. Boonprakop, 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 +Compos. Anal.19: 669-675.