

ดัชนีการเก็บเกี่ยวฝรั่งแปรรูปลูกผสมคัดเลือกชั้นสูง P3

Maturity index of an advanced selection of processing-type guava cultivar P3

ศุภกร ออมสินทวิโชค¹, ปัทมวรรณ อนุสรพรพงศ์², อุณารุจ บุญประกอบ¹,
เพชรรัตน์ เนตรลักษณ์¹ และ วชิรญา อิมสabay^{1*}

Supakorn Omsintaveechok¹, Pattamawan Anusornpornpong², Unaruj Boonprakob¹,
Petcharat Netlak¹ and Wachiraya Imsabai^{1*}

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมฝรั่งแปรรูปมีหลากหลายชนิด ซึ่งภาควิชาชีพสวน คณะเกษตร กำแพงแสน ม. เกษตรศาสตร์ ได้ปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งแปรรูปเพื่อให้เป็นฝรั่งคั้นน้ำ P3 ซึ่งเป็นลูกผสมคัดเลือกชั้นสูงที่แสดงศักยภาพเชิงพาณิชย์ แต่ยังไม่มีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงดัชนีที่ใช้บ่งบอกระยะการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของฝรั่งแปรรูป P3 ที่ปลูกในแปลงทดลองภาควิชาชีพสวน วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เก็บเกี่ยวที่อายุผล 110, 115 และ 120 วันหลังดอกบาน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 10 ซ้ำ พบว่า ผลที่อายุ 115 และ 120 วันหลังดอกบาน มีขนาดผลเจริญเติบโตเต็มที่ มีน้ำหนักผลเฉลี่ย 374.10 และ 368.30 กรัม และความกว้างผลเฉลี่ย 8.47 และ 8.38 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าผลที่ 110 วันหลังดอกบาน ในทำนองเดียวกัน ผลที่อายุ 115 และ 120 วันหลังดอกบาน มีค่าสีเปลือก (L^* , a^* และ b^*) และค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของสีเนื้อ เพิ่มขึ้นตามอายุผลที่มากขึ้น ขณะที่ค่าความสว่างของเนื้อ (L^*) และความแน่นเนื้อลดลง สำหรับองค์ประกอบทางเคมี พบว่า สัดส่วนของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) / ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) และปริมาณวิตามินซี เพิ่มขึ้นตามอายุผลที่มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ผลฝรั่งที่อายุ 120 วันหลังดอกบานเริ่มหลุดร่วงจากต้น จึงสรุปได้ว่า ควรเก็บเกี่ยวฝรั่งแปรรูป P3 เมื่อผลมีอายุ 115 วันหลังดอกบาน ซึ่งจะได้ผลฝรั่งที่มีเปลือกสีเขียวอมเหลือง เนื้อสีชมพูอมแดง และมีองค์ประกอบทางเคมีสูงสุด

คำสำคัญ: ฝรั่งแปรรูป, ระยะเก็บเกี่ยว, วิตามินซี

Abstract

The processed-guava industry offers a wide variety of products. The Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University has conducted a guava breeding program for processing types. P3 is an advanced selection that shows commercial potential. However, this advanced selection has not been studied for its maturity index under Horticultural field, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom province. The experiment was arranged as a completely randomized design (CRD) with 10 replications. Guava fruits were harvested at three different stages: 110, 115 and 120 days after full bloom (AFB). The results showed that guava harvested at 115 and 120 AFB reached full development, with average weights of 374.10 and 368.30g as well as average widths of 8.47 and 8.38cm, respectively.

¹ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

¹ Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen District, Nakhon Pathom 73140, Thailand

² คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ อำเภอมหาชนะชัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

² Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Phra Nakhon Si Ayutthaya 13000, Thailand

* Corresponding author. E-mail: agrwyi@ku.ac.th

These data were higher than those of fruits harvested at 110days after flowering. Similarly, at 115 and 120 AFB exhibited increased peel color values (L^* , a^* and b^*) and redness (a^*) of the flesh increased with fruit age, whereas lightness (L^*) and firmness decreased. Regarding chemical composition, the ratio of total soluble solids (TSS) / titratable acidity (TA) [TSS/TA] and the vitamin C content increased with fruit age. However, guava at 120days after flowering began to abscise from the tree. In conclusion, the maturity index for P3 processing-guava was based on days after full bloom, skin and flesh color. P3 processing guava should be harvested at 115 AFB, when the skin turns yellowish green and the flesh is pinkish red, and the chemical composition is highest.

Keywords: processing-type guava, harvest time, vitamin C

บทนำ

ฝรั่ง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Psidium guajava* L. เชื่อกันว่ามีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบตอนใต้ของเม็กซิโกผ่านไปยังอเมริกากลาง ซึ่งเจริญเติบโตได้ดีในประเทศไทย สามารถให้ผลผลิตหลังปลูกประมาณ 1 ปี ฤดูกาลเก็บเกี่ยวปกติอยู่ในช่วงเดือนมีนาคม-มิถุนายน และเดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ (Tate, 2000; Department of Agricultural Extension, 2021) จากข้อมูลของ Bureau of Nutrition, Department of Health, Ministry of Public Health, Thailand (2010) และ Seraglio et al., (2024) แสดงให้เห็นว่าฝรั่งมีคุณค่าทางอาหารสูง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม เช่น ฝรั่งพันธุ์กิมจู และพันธุ์กลมสลีในสัดส่วนที่กินได้ 120-125 กรัม พบว่าฝรั่งทั้งสองพันธุ์ให้พลังงาน น้ำตาล และเส้นใยใกล้เคียงกัน แต่พันธุ์กลมสลีมีปริมาณวิตามินซีมากกว่าพันธุ์กิมจูเกือบเท่าตัว นอกจากนี้ ผลฝรั่งยังถูกกล่าวถึงประโยชน์ต่อสุขภาพอีกหลายด้าน เช่น ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด เสริมสร้างภูมิคุ้มกัน เหมาะสำหรับคนที่ต้องการลดน้ำหนัก ผลอ่อนมีรสฝาด ใช้เป็นยาแก้อาการท้องเดิน แก้อาการท้องเสีย แก้อาการท้องร่วง และบิดเรื้อรัง ส่วนผลสุก มีรสหวาน ใช้เป็นยาระบายได้ (Faculty of Pharmacy, Silpakorn University, 2007; Brown, 2025)

การแบ่งฝรั่งตามการใช้ประโยชน์เพื่อการบริโภค สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ ฝรั่งรับประทานสด และฝรั่งแปรรูป โดยพันธุ์ฝรั่งรับประทานสด ได้แก่ พันธุ์หวานพิรุณ กิมจู แป้นสีทอง กลมสลี และทูลเกล้า เป็นต้น ส่วนพันธุ์ฝรั่งแปรรูป ได้แก่ พันธุ์บ่มองท์ คาสังคูล่า และ พจ.13-10 เป็นต้น (Dangpiam et al., 2004) โดยทั่วไป ดัชนีการเก็บเกี่ยวของฝรั่งต้องให้หลายลักษณะร่วมกัน ไม่ว่าจะเป็นสีผิว ขนาด รูปร่าง ความแน่นเนื้อ กลิ่น การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ฝรั่งรับประทานสดโดยทั่วไปผลที่ยังอ่อน ผิวจะมีสีเขียวเข้ม เมื่อเริ่มแก่จะมีสีเขียวอ่อนสม่ำเสมอและผิวไม่ขรุขระ แต่สำหรับฝรั่งแปรรูปควรเก็บผลที่มีผิวเปลือกยังคงเต่งมีสีเหลืองสุก รสชาติดี วิตามินซีสูง อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 120 วันหลังดอกบาน (Menzel, 1985; Menzel & Paxton, 1986; Siripanich & Romphopphak, 2006) นอกจากนี้ Rathore (1976) และ Damkaew & Jaroenkit (2023) รายงานในฝรั่งพันธุ์ Redfleshed, Safeda, Lucknow 49, Chittidar, กิมจู, แดงโม, และนิโกร ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของผลฝรั่งเป็นแบบ double sigmoid curve โดยการเจริญเติบโตของผลช่วงแรกเป็นไปอย่างช้า ๆ และประมาณ 100 วันหลังดอกบานขึ้นไป ผลจะขยายขนาดและสุกแก่อย่างรวดเร็ว

ดัชนีการเก็บเกี่ยวมีผลต่อคุณภาพผลไม้ การเก็บเกี่ยวผลไม้ในขณะที่ยังไม่บรรลุนิยามจะทำให้ผลไม้ไม่สุกได้ เช่น มะม่วง ทุเรียน และกล้วย เป็นต้น ทั้งนี้ สามารถจำแนกดัชนีการเก็บเกี่ยว ได้แก่ การนับเวลา การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ระหว่างการเจริญเติบโต เช่น สี รูปร่าง ขนาด ความแน่น การเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น การสะสมแป้งหรือน้ำตาล นอกจากนี้ ความถ่วงจำเพาะสามารถใช้วัดความบรรลุนิยามได้ โดยเฉพาะมะม่วง ดัชนีการเก็บเกี่ยวที่ดีควรใช้มากกว่าหนึ่งดัชนี ต้องสามารถตรวจสอบได้ ไม่มีความซับซ้อนทำได้ง่ายและไม่ทำลายผลผลิต อุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดลองไม่มีความยุ่งยาก ซับซ้อนสามารถปฏิบัติงานได้ที่แปลงปลูก (Ryugo, 1988; Siripanich, 1995; Siripanich & Romphopphak, 2006; Sangudom et al., 2014; Lueangprasert et al., 2023) เช่น การนับจำนวนวันหลังดอกบาน การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากเขียวเป็นเหลือง

ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ หรือพันธุ์มหาชนกที่เลือกมีการเปลี่ยนเป็นสีแดง เป็นต้น (Whanagchai et al., 2008; Rayong Agriculture Occupation Promotion and Development Center, 2021) นอกจากนี้ Damkaew & Jaroenkit (2023) ยังชี้ให้เห็นว่า ฝรั่งต่างสายพันธุ์มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันด้วย คือ ฝรั่งพันธุ์ภูมิจะมีระยะเก็บเกี่ยวที่ช่วงอายุ 108-116 วันหลังดอกบาน พันธุ์แดงโมมีระยะเก็บเกี่ยวที่ช่วงอายุ 104-110 วันหลังดอกบาน และพันธุ์นิโกรมีระยะเก็บเกี่ยวที่ช่วงอายุ 99-101 วันหลังดอกบาน

อุตสาหกรรมแปรรูปฝรั่ง เช่น เครื่องดื่ม น้ำเชื่อม ไอศกรีม แยม เยลลี่ เนยแข็ง น้ำผลไม้ น้ำผลไม้ ไวน์ ฝรั่งอบแห้ง และฝรั่งบรรจุกระป๋อง (Adsule & Kadam, 1995) เป็นที่น่าสนใจ ดังนั้น โครงการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่ง ของภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งเพื่อการแปรรูปและมีคุณภาพที่ดีขึ้น โดยคัดเลือกจากฝรั่งลูกผสม (selection from a hybrid population) ทำการผสมพันธุ์แบบควบคุมระหว่างฝรั่งหลายพันธุ์ ที่มีลักษณะตามที่ต้องการ นำต้นลูกผสมปลูกทดสอบในแปลงทดลอง ภาควิชาพืชสวน วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม คัดเลือกต้นลูกผสมระหว่างแม่พันธุ์ พ.จ. 13-10 และพ่อพันธุ์ แป้นสีทอง ซึ่งเป็นต้นที่มีการเจริญเติบโตดี ต้นแข็งแรง ให้ผลดก ผลมีขนาดใหญ่ เนื้อและไส้สีชมพู และมีกลิ่นหอมจนได้เป็นฝรั่งแปรรูป P3 เนื่องจากฝรั่งแปรรูป P3 เป็นพันธุ์ใหม่ จึงยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับดัชนีการเก็บเกี่ยว โดยทั่วไปฝรั่งแปรรูปจะเก็บเกี่ยวที่อายุผลประมาณ 120 วันหลังดอกบาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาดัชนีการเก็บเกี่ยวของฝรั่งแปรรูป P3 ที่อายุผล 110, 115 และ 120 วันหลังดอกบาน โดยพิจารณาจากลักษณะภายนอกของผล ได้แก่ ขนาดผล สีผล ความแน่นเนื้อของผล และองค์ประกอบเคมีภายในผล ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซี

วิธีการศึกษา

ศึกษาฝรั่งแปรรูป P3 ที่แปลงทดลอง 2 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ทำการผูกดอกฝรั่งแปรรูป P3 ด้วยไหมพรมหลังวันดอกบาน ทั้งหมด 4 ต้น และทำการห่อผลฝรั่งด้วยถุงพลาสติก เก็บเกี่ยวผลฝรั่งแบบสุ่มที่มีการพัฒนา 3 ระยะ คือ ผลฝรั่งอายุ 110, 115 และ 120 วันหลังดอกบาน ระยะละ 10 ผล จากนั้นนำไปประเมินคุณภาพผลต่อไปนี้

1. ลักษณะภายนอก ได้แก่

1.1 น้ำหนักและขนาดของผล

1.1.1 ชั่งน้ำหนักผลฝรั่ง มีหน่วยเป็นกรัม ด้วยเครื่องชั่ง digital scale ที่มีทศนิยม 4 ตำแหน่ง

1.1.2 ขนาดของผลวัดจากความกว้างผล โดยการผ่ากลางผลในแนวยาวและใช้เครื่อง Vernier caliper วัดจากส่วนที่กว้างที่สุดของผล มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

1.1.3 วัดสีเปลือกและสีเนื้อ โดยวัดสีเปลือกและสีเนื้อแบบสุ่ม 3 ครั้ง ทำการบันทึกผลและหาค่าเฉลี่ย โดยใช้เครื่องวัดสี (CR-10, Minolta, Japan) ในระบบ C.I.E. รายงานผลเป็นค่า L^* คือ ความสว่าง มีค่า 0-100 (มืด-สว่าง), ค่า a^* คือ (-a) สีเขียว (+a) สีแดง และ ค่า b^* คือ (+) เหลือง (-) น้ำเงิน

1.1.4 ความแน่นเนื้อ วัดด้วยเครื่อง firmness tester โดยกดบริเวณกลางผล 3 ครั้ง ค่าที่ได้จากหน่วย กิโลกรัม นำมาคูณด้วย 9.807 มีหน่วยเป็นนิวตัน

2. องค์ประกอบทางเคมีภายในผล

2.1 วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid: TSS) มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ด้วยเครื่อง Brix refractometer (PAL-1, Atago, Japan)

2.2 วัดปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity: TA) โดยการไทเทรตน้ำคั้นฝรั่งด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล กับอินดิเคเตอร์ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein) ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ไทเทรตจนสี สารละลายเปลี่ยนเป็นชมพู (end point) โดยกำหนดให้ ค่า meq. wt. ของกรดซิตริกมีค่าเท่ากับ 0.064 จากนั้นนำค่าที่ได้ คำนวณหาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังสูตร (1)

$$TA = \frac{\text{ความเข้มข้น } NaOH \times \text{ปริมาตร } NaOH \text{ (มิลลิเมตร)} \times \text{meq. wt. ของ malic acid} \times 100}{\text{ปริมาตรของน้ำคั้น (มิลลิเมตร)}} \quad (1)$$

2.3 วัดปริมาณวิตามินซี (vitamin C) (Alam et al., 2023)

หาปริมาณ vitamin C โดยการนำน้ำคั้น 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรด oxalic 5 มิลลิลิตร แล้วไทเทรต ด้วยสารละลาย 2,6-dichlorophenolindophenol (dye solution) จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอมม่วง คำนวณหา ปริมาณวิตามินซีเทียบกับสารละลายกรด ascorbic โดยการนำสารละลายกรด ascorbic 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรด oxalic 5 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตด้วย dye solution เช่นเดียวกัน มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม ascorbic acid/100 มิลลิลิตรน้ำคั้น ดังสูตร (2)

$$\text{Vitamin C} = \frac{\text{Vol. of dye sol}^n \text{ of sample} \times 100}{\text{Vol. of dye sol}^n \text{ of standard}} \quad (2)$$

Vol. of dye solⁿ of sample คือ ปริมาตร 2,6-dichlorophenolindophenol ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำคั้น (มิลลิลิตร)

Vol. of dye solⁿ of standard คือ ปริมาตร 2,6-dichlorophenolindophenol ที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายกรด ascorbic (มิลลิลิตร)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ด้วยโปรแกรม SPSS version 20

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. ลักษณะภายนอก

1.1 น้ำหนักและความกว้างของผลฝรั่งแปรรูป P3

ผลฝรั่งที่อายุเก็บเกี่ยว 110, 115 และ 120 วัน มีน้ำหนักผลเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีน้ำหนักผลเฉลี่ยเท่ากับ 282.20, 374.10 และ 368.30 กรัม ตามลำดับ ดัง (Figure 1a) สำหรับความกว้างของผลฝรั่ง พบว่า เมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น ความกว้างของผลเพิ่มขึ้นโดยมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งค่าเฉลี่ยความกว้างผลเท่ากับ 7.61, 8.47 และ 8.38 เซนติเมตร ตามลำดับ ดัง (Figure 1b) นอกจากนี้พบว่าที่อายุการเก็บเกี่ยว 120 วันหลังดอกบาน มีผลหลุดร่วงจำนวนมาก

จากรายงานว่าการเจริญเติบโตของผลฝรั่งพบว่าเป็นลักษณะ double sigmoid curve โดยการเจริญเติบโต ของผลช่วงแรกประมาณ 7-49 วันหลังดอกบาน คือ เริ่มการติดผลและการเจริญของผลเป็นไปอย่างช้า ๆ ช่วงที่ 2 ประมาณ 50-100 วันหลังดอกบาน เป็นช่วงที่เริ่มขยายขนาดผลแต่ก็ยังเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ เช่นกัน เมื่อเข้าสู่ระยะที่ 3 ประมาณ 100 วันหลังดอกบานขึ้นไป ผลจะขยายขนาดและสุกแก่อย่างรวดเร็ว (Rathore, 1976; Damkaew & Jaroenkit 2023) จากข้อมูล ฝรั่งแปรรูป P3 จะเห็นว่า ช่วง 110-120 วันหลังดอกบาน น่าจะเข้าสู่ระยะที่ 3 ซึ่งสังเกตได้ว่าความกว้างและน้ำหนักของ

ผลที่อายุ 115 วันหลังดอกบาน ยังคงเพิ่มขึ้นจาก 110 วันหลังดอกบาน และเริ่มชะลอการขยายขนาดจนกระทั่งไม่แตกต่างกับที่อายุผล 120 วันหลังดอกบาน จึงบ่งชี้ได้ว่าฝรั่งแปรรูป P3 ที่อายุ 115 วันหลังดอกบาน เป็นระยะที่ผลเจริญเติบโตเต็มที่ ส่วนผลที่อายุ 120 วันหลังดอกบาน เข้าสู่กระบวนการสุกแล้ว เนื่องจากพบว่าผลฝรั่งมีการหลุดร่วงเป็นจำนวนมาก

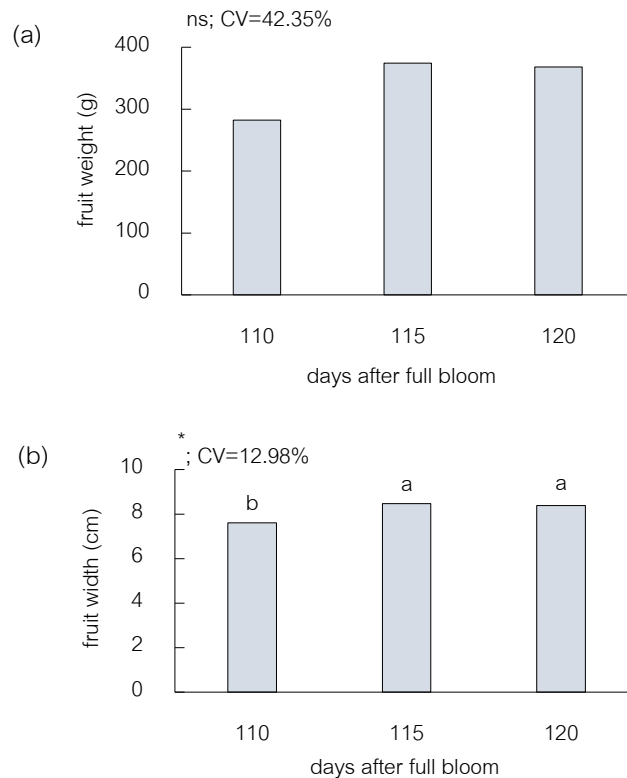


Figure 1 Fruit weight (a) and fruit width (b) of processing-type guava cv. P3 at 110, 115, and 120 days after full bloom. Statistical differences among the days after full bloom were compared using Duncan's multiple range test (DMRT). ns indicates no significant difference and the different letters indicate statistically significant differences among means (*; $P < 0.05$, $n = 10$).

2. สีเปลือกและสีเนื้อ

สีเปลือก พบว่าค่าความสว่าง (L^* value) สีเปลือกของฝรั่งเพิ่มขึ้นตามอายุผลอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลที่อายุ 120 วัน มีค่าความสว่างมากที่สุดเท่ากับ 65.32 ส่วนอายุผล 110 และ 115 วัน มีค่าไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 58.22 และ 60.37 ตามลำดับ สำหรับค่าสีแดง (a^* value) และค่าสีเหลือง (b^* value) แสดงผลเช่นเดียวกับค่า L^* value คือ ค่า a^* value และค่า b^* value เพิ่มขึ้นตามอายุผลอย่างมีนัยสำคัญและผลฝรั่งที่ 120 วัน มีค่าสูงที่สุด คือ a^* value เท่ากับ 10.51 และค่า b^* value เท่ากับ 39.07 จากข้อมูลชี้ให้เห็นว่า ผลฝรั่งแปรรูป P3 สีผลมีการเปลี่ยนแปลงเมื่ออายุผลมากขึ้น คือ อายุผล 110 วัน ผิวเปลือกมีสีเขียวเข้ม อายุผล 115 วัน มีสีเขียวอ่อนอมเหลือง และอายุผล 120 วัน มีสีเหลืองอมเขียวและแซมด้วยสีชมพูระเรื่อดัง (Figures 2a-c)

สีเนื้อ พบว่าค่า L^* value สีเนื้อลดลงตามอายุผลที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ที่อายุผล 110 วัน มีค่า L^* value มากที่สุด เท่ากับ 65.97 ส่วนอายุผล 110 และ 115 วัน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ เท่ากับ 60.42 และ 57.63 ตามลำดับ สำหรับค่า a^* value ที่อายุผล 115 และ 120 วัน มีค่าเท่ากับ 57.25 และ 34.81 ซึ่งสูงกว่าที่อายุผล 110 วัน และ ค่า b^* value

ทุกอายุผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 19.85, 20.15 และ 20.09 ตามลำดับ จากข้อมูล ค่าสีเนื้อแสดงให้เห็นว่าเนื้อฝรั่งแปรรูป P3 เมื่ออายุผลมากขึ้น ค่าความสว่างจะลดลง และ สีแดงจะชัดเจนมากขึ้น ดัง (Figures 2d-f)

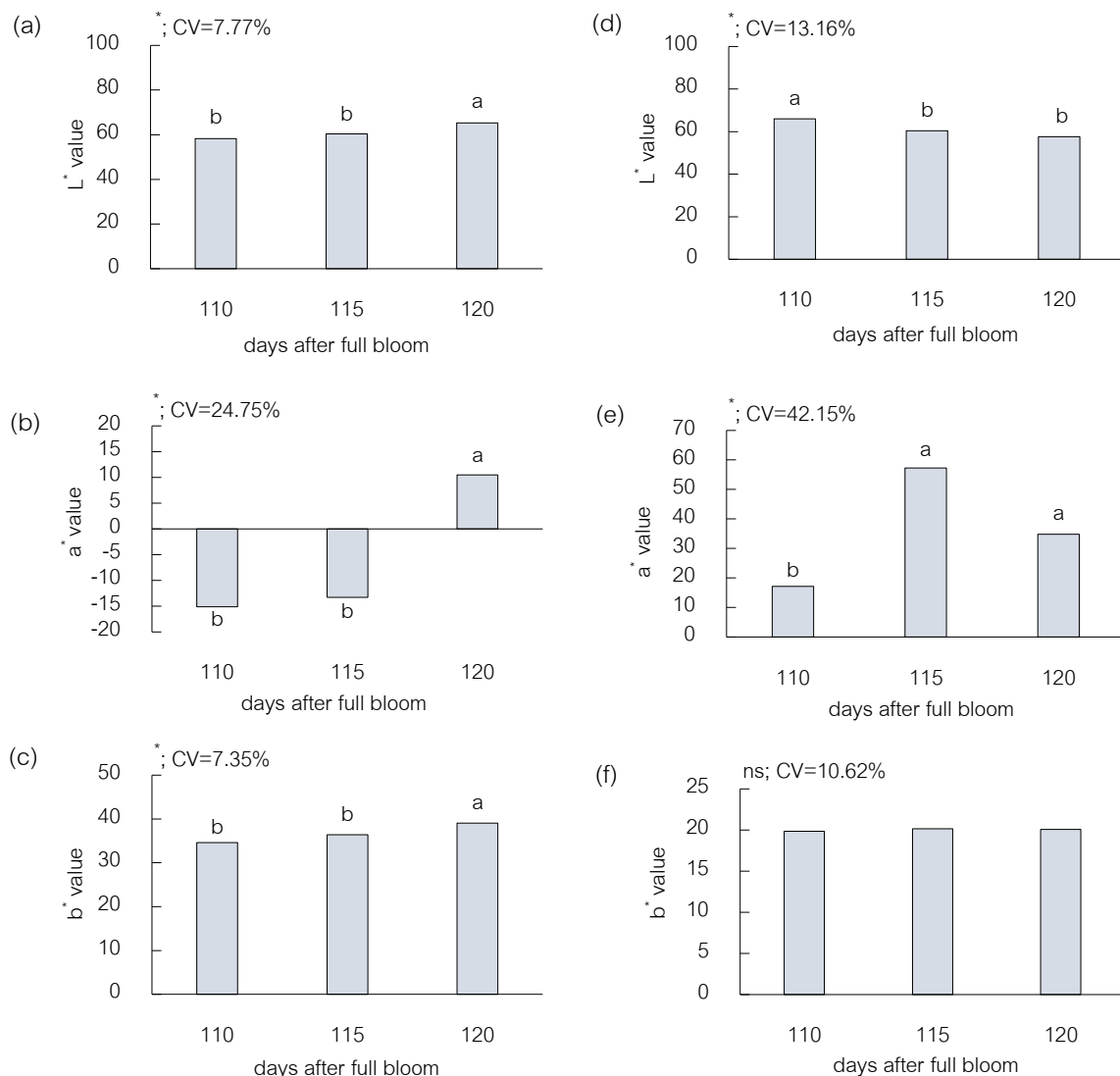


Figure 2 Peel color (a-c) and pulp color (d-f) of processing-type guava cv. P3 at 110, 115, and 120 days after full bloom. Statistical differences among the days after full bloom were compared using Duncan's multiple range test (DMRT). ns indicates no significant difference and the different letters indicate statistically significant differences among means (* ; $P < 0.05$, $n = 10$).

จากข้อมูลค่าสีชี้ให้เห็นว่าค่าสีเปลือกของผลฝรั่งทั้ง 3 ระยะ มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยอายุผล 120 วันหลังดอกบาน ค่าสีเปลือกทั้ง L^* , a^* และ b^* value สูงที่สุดทั้งสามค่า แสดงว่าสีเปลือกผลฝรั่งมีความสว่างมากขึ้น มีสีเขียวลดลงและสีเหลืองมากขึ้น ขณะที่ค่า a^* value เป็นบวกที่ระยะนี้เท่านั้น จึงทำให้เห็นว่าเปลือกของผลฝรั่งมีสีชมพูเข้มขึ้นมาด้วย สำหรับสีเนื้อค่าความสว่าง (L^* value) ของลักษณะสีเนื้อผลมีแนวโน้มลดลง และค่า a^* value มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื้อของฝรั่งจึงมีสีแดงมากขึ้น แสดงให้เห็นว่า ฝรั่งแปรรูป P3 มีเนื้อเป็นสีแดงชัดเจนเมื่อผลมีความบริบูรณ์มากขึ้น (Figure 3) ซึ่งสอดคล้องกับ Patterson (1970) และ Will et al., (1981) ที่กล่าวว่า ผลฝรั่งที่บริบูรณ์ มีสีเหลือง

ชัดเจนขึ้น สีเขียวจางลงและผิวเต่งเป็นมัน นอกจากนี้ งานวิจัยของ Ishartani et al., (2017) ให้ผลการศึกษาในทำนองเดียวกัน คือ ฝรั่งไล่แดงแปรรูปพันธุ์ Velva เมื่อผลสุกเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและเนื้อจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม

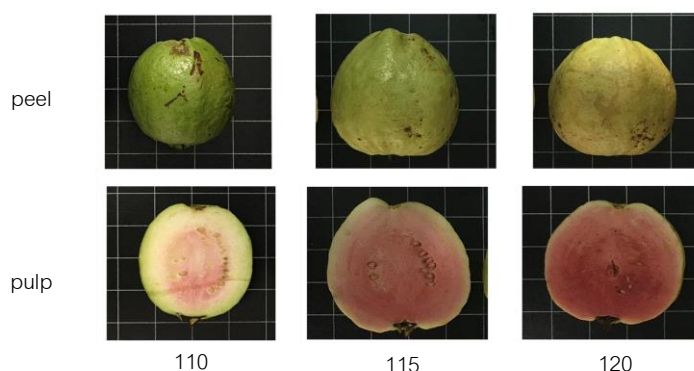


Figure 3 Peel and pulp color development of processing-type guava cv. P3 at 110, 115 and 120days after full bloom.

3. ความแน่นเนื้อ

3.1 ความแน่นเนื้อ ลดลงอย่างชัดเจนเมื่ออายุผลมากขึ้น โดยผลที่อายุ 110 วัน มีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 31.79 นิวตัน และผลที่อายุ 115 และ 120 วัน มีค่าเท่ากับ 6.25 และ 5.38 นิวตัน ตามลำดับ ดัง (Figure 4)

จากข้อมูลจะเห็นว่าฝรั่งที่อายุผล 110 วันหลังดอกบาน มีความแน่นเนื้อสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งหมายถึงผลฝรั่งยังมีความแข็ง ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการบริโภคหรือการแปรรูป ทั้งนี้ ความแน่นเนื้อลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น คาดว่าเมื่อผลเริ่มเข้าสู่ระยะบริบูรณ์จะเกิดการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาล และเกิดการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ โดยเฉพาะเพกทินซึ่งเดิมอยู่ในรูปของ protopectin ซึ่งไม่ละลายน้ำเปลี่ยนเป็นรูปที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น เนื้อผลไม้จึงอ่อนนุ่มลง สอดคล้องกับการศึกษาในผลไม้อื่น ๆ เช่น ทุเรียน หรือ กีวี่ เป็นต้น (Palapol, 2016; Wang et al., 2021)

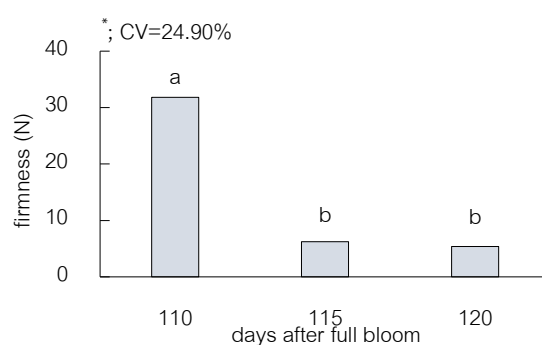


Figure 4 Firmness of processing-type guava cv. P3 at 110, 115, and 120days after full bloom. Statistical differences among the days after full bloom were compared using Duncan's multiple range test (DMRT). ns indicates no significant difference and the different letters indicate statistically significant differences among means (*; $P < 0.05$, $n = 10$).

3.2 องค์ประกอบทางเคมี

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติทุกอายุผล โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 11.50-12.30 องศาบริกซ์ในทำนองเดียวกัน ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ก็ไม่แตกต่างทางสถิติ และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.14-0.16 เปอร์เซ็นต์

(Figures 5a-b) แต่เมื่อวิเคราะห์สัดส่วน TSS/TA พบว่า เพิ่มขึ้นตามอายุของผลฝรั่ง โดยมีค่าเท่ากับ 69.60, 86.80 และ 92.10 ตามลำดับ (Figure 5c) สำหรับปริมาณวิตามินซี เพิ่มขึ้นตามอายุผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอายุผล 110 วัน มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 87.01 มิลลิกรัม ascorbic acid/100 มิลลิลิตรน้ำคั้น สำหรับอายุผล 115 และ 120 วัน มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 105.41 และ 118.65 มิลลิกรัม ascorbic acid/100 มิลลิลิตรน้ำคั้น (Figure 5d)

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมี พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ มีปริมาณแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย และไม่แตกต่างกันทางสถิติทุกอายุผล คล้ายกับฝรั่งพันธุ์ Kumagai และ Paluma ที่มีการเปลี่ยนแปลงของ TSS และ TA น้อย (Cavalini et al., 2006) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่สัดส่วนของ TSS/TA พบว่า สัดส่วน TSS/TA เพิ่มขึ้นตามอายุผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากข้อมูลชี้ให้เห็นว่าผลฝรั่ง P3 มีความหวานเพิ่มมากขึ้น เมื่อสุระะยะบิรูร์ ซึ่งสอดคล้องกับวิจัยในผลไม้อื่น ๆ เช่น มะม่วง กล้วย ที่รายงานว่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด จะเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าสู่ระยะบิรูร์ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้จะลดลง (Sombatpraiwan et al., 2012; Mebratie et al., 2015; Mohapatra et al., 2016) สำหรับปริมาณวิตามินซีสูงขึ้นตามอายุผลที่มากขึ้น โดยผลฝรั่งอายุ 120 วันหลังดอกบาน มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด แสดงว่า ผลฝรั่งมีกระบวนการสะสมวิตามินซีมากขึ้นเมื่อเข้าสู่ระยะบิรูร์ ซึ่งสอดคล้องกับ Siripanich (1995) กล่าวว่า การสุกของผลไม้ทำให้มีปริมาณวิตามินซีหรือกรด ascorbic มากขึ้น และสามารถพบการเพิ่มขึ้นของวิตามินซีได้ในพืชอื่น เช่น มะเขือเทศและทับทิม เป็นต้น (Mphahlele et al., 2014; Duma et al., 2015)

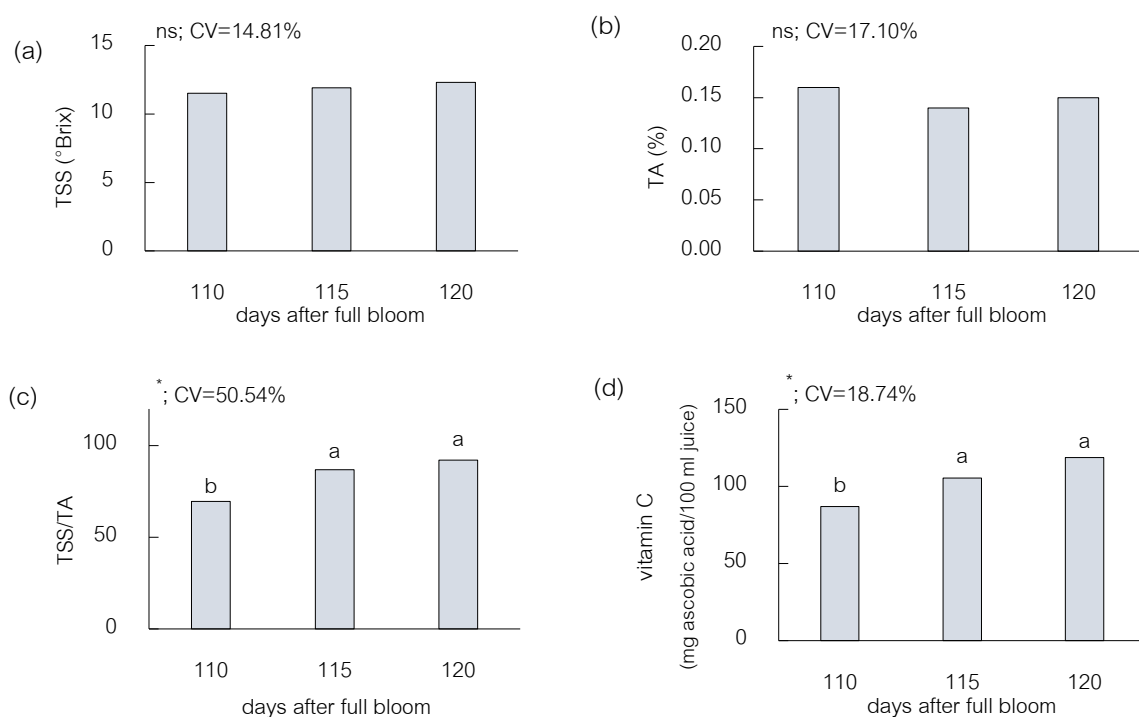


Figure 5 Total soluble solid (TSS) (a) titratable acid (TA) (b) TSS/TA ratio (c) and vitamin C (d) of processing-type guava cv. P3 at 110, 115, and 120 days after full bloom. Statistical differences among the days after full bloom were compared using Duncan's multiple range test (DMRT). ns indicates no significant difference and the different letters indicate statistically significant differences among means (*; $P < 0.05$, $n = 10$).

จากรายงานของ Siripanich (1995) กล่าวว่า ดัชนีการเก็บเกี่ยวที่ดีควรใช้มากกว่าหนึ่งดัชนีต้องสามารถตรวจสอบได้ ไม่มีความซับซ้อนทำได้ง่ายและไม่ทำลายผลผลิต อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำการทดลองไม่มีความยุ่งยากซับซ้อนสามารถปฏิบัติงานได้ที่แปลงปลูก แต่เมื่อนำมาปฏิบัติภายในแปลงปลูกฝรั่ง ต้องใช้การผูกไหมพรมหลังวันดอกบานและนับวัน มีความยุ่งยากและซับซ้อนและต้องทำลายผลผลิตเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ เกษตรกรไม่สามารถนำไปใช้ปฏิบัติได้ งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินทั้งลักษณะทางกายภาพควบคู่ไปกับองค์ประกอบทางเคมี พบว่า ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลฝรั่งแปรรูปชั้นสูง P3 ควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลมีอายุ 115 วันหลังดอกบาน เนื่องจาก น้ำหนักผล วิตามินซี ปริมาณ TSS ปริมาณ TA สัดส่วน TSS/TA และความแน่นเนื้อ ไม่แตกต่างจากฝรั่งอายุ 120 วันหลังดอกบาน ร่วมกับการประเมินลักษณะภายนอก คือ ผลฝรั่งจะต้องมีสีเปลือกเขียวอมเหลือง และเมื่อผ่าผลฝรั่ง เนื้อฝรั่งจะต้องมีสีชมพูอมแดง

สรุป

ผลฝรั่งแปรรูปชั้นสูง P3 มีการขยายขนาดของผลเต็มที่เมื่อมีอายุผล 115 วันหลังดอกบาน เปลือกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง เนื้อมีสีแดงเพิ่มขึ้น สัดส่วน TSS/TA และปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นตามอายุผลที่มากขึ้น ขณะที่ความแน่นเนื้อลดลง และพบผลฝรั่งเริ่มมีการหลุดร่วงของผลที่ 120 วันหลังดอกบาน ดังนั้นดัชนีการเก็บเกี่ยวฝรั่งแปรรูปลูกผสมชั้นสูง P3 ที่เหมาะสม คือ ผลมีอายุ 115 วันหลังดอกบาน โดยมีลักษณะสังเกตจากภายนอก คือ ผลฝรั่งมีสีเปลือกเขียวอมเหลืองและเนื้อสีชมพูอมแดง

เอกสารอ้างอิง

- Adsule, R. N., & Kadam, S. S. (1995). Guava. In Salunkhe, D. K., & Kadam, S. S. (Eds.). *Handbook of fruit science and technology: Production composition storage and processing* (pp. 419-433). Marcel Dekker, Inc. New York.
- Alam, A., Biswas, M., Ahmed, T., Zahid, Md. A., Alam, M., Hasan, M. K., Biswas, B., & Zaman, R. (2023). Effect of ultrasound and thermal pasteurization on physicochemical properties and antioxidant activity of juice extracted from ripe and overripe pineapple. *Food and Nutrition Sciences*, 14, 300-314. <https://doi.org/10.4236/fns.2023.144020>
- Brown, M. J. (2025, May). 8 health benefits of guava fruit and leaves. <https://www.healthline.com/nutrition/8-benefits-of-guavas#blood-sugar-levels>
- Bureau of Nutrition, Department of Health, Ministry of Public Health, Thailand. (2010, June). *Nutritional composition of fruits*. https://nutrition2.anamai.moph.go.th/th/thai-food-compositionable/download?id=39843&mid=31993&mkey=m_document&lang=th&did=13913 (in Thai)
- Cavalini, F. C., Jacomino, A. P., Lochoski, M. A., Kluge, R. A., & Ortega, E. M. M. (2006). Maturity indexes for 'Kumagai' and 'Paluma' guavas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 28(2), 176-179. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000200005>
- Damkaew, J., & Jaroenkit, T. (2023). Fruit development, harvest index and growing degree day of 'Kimju', 'Teangmo' and 'Nikro' guavas. *Journal of Agricultural Production*, 5(2), 86-96. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/japmju/article/view/254458/176744> (in Thai)

- Dangpiam, N., Poonpoem, N., Tayamanon, P., & Amatrattana, D. (2004). *Guava breeding for processing*. The Office of Agricultural Research and Development Region 2, Phitsanulok, Department of Agriculture. (in Thai)
- Department of Agricultural Extension. (2021, June). *Techniques for mango cultivation and management*. <https://esc.doae.go.th/wp-content/uploads/2021/06/Guava.pdf> (in Thai)
- Duma, M., Alsina, I., Dubova, L., & Erdberga, I. (2015). Chemical composition of tomatoes depending on the stage of ripening. *Chemical Technology*, 66(1), 24-28. <http://dx.doi.org/10.5755/j01.ct.66.1.12053>
- Faculty of Pharmacy, Silpakorn University. (2007, June). *Guava*. https://pharmacy.su.ac.th/herbmed/herb/text/herb_detail.php?herbID=265
- Ishartani, D., Rahman, F. L. F., Hartanto, R., Utami, R., & Khasanah, L. U. (2017). Physical, chemical and sensory characteristics of red guava (*Psidium guajava*) velva at different fruit ripening time. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 102, 012075. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/102/1/012075>
- Lueangprasert, K., Pattanayaiying R., Chuajedton, A., Choojit, S., & Saelim, K. (2023). Quality evaluation of Kaew Kamin mango with specific gravity at commercial maturity stage. *RMUTSB Academic Journal*, 11(2), 211-222. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsb-sci/article/view/258683> (in Thai)
- Mebratie, A. M., Woldetsadik K., Ayalew, A., & Haji, J. (2015). Comparative study of different banana ripening methods. *Science, Technology and Arts Research Journal*, 4(2), 32-38. <https://doi.org/10.4314/STAR.V4I2.4>
- Menzel, C. M. (1985). Guava: An exotic fruit with potential in Queensland. *Queensland Agricultural Journal*, 111(2), 93-98. <https://www.researchgate.net/publication/286781042>
- Menzel, C. M., & Paxton, B. F. (1986). The pattern of growth, flowering and fruiting of guava varieties in subtropical Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 26(1), 123-128. <https://doi.org/10.1071/EA9860123>
- Mohapatra, A., Yuvraj, K. B., & Shanmugasundaram, S. (2016). Physicochemical change during ripening of Red banana. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 5, 1340-1348. <https://www.ijset.net/journal/1007.pdf>
- Mphahlele, R. R., Stander, M. A., Fawole, O. A., & Opara, U. L. (2014). Effect of fruit maturity and growing location on the postharvest contents of flavonoids, phenolic acids, vitamin C and antioxidant activity of pomegranate Juice (cv. Wonderful). *Scientia Horticulturae*, 17, 36-45. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.09.007>
- Palapol, Y. (2016). *Characterization and expression of cell wall hydrolase genes during fruit ripening of durian fruit*. Research funded by the government budget on 2016, Burapha University. (in Thai)
- Patterson, R. E. (1970). The role of ripening in the affairs of man. *Horticultural Science*, 5, 30-33. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.5.1.30>

- Rathore, D. S. (1976). Effect of season on the growth and chemical composition of guava (*Psidium Guajava* H.) fruits. *Journal of Horticultural Science*, 51, 41-47.
<https://doi.org/10.1080/00221589.1976.11514662>
- Rayong Agriculture Occupation Promotion and Development Center. (2021, September). *Techniques for mango cultivation and management*. <https://aopdh02.doae.go.th/wp-content/uploads/2021/09/Mango.pdf> (in Thai)
- Ryugo, K. (1988). *Fruit culture: Its science and art*. New York: Wiley.
- Sangudom, T., Wasuri, T., Wongs-Aree, C., Srilaong, V., & Kanlayanarat, S. (2014). Maturity index and quality of 'Kluai Khai' as related to growing season. *Acta Horticulturae*, 1024, 399-405.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1024.55>
- Seraglio, S. K. T., Schulz, M., Silva, B., Deolindo, C. T. P., Hoff, R. B., Gonzaga, L. V., Fett, R., & Costa, A. C. O. (2024). Chemical constituents and antioxidant potential of Red Guava (*Psidium cattleianum* Sabine) from Southern Brazil in different edible ripening stages. *Plant Foods for Human Nutrition*, 79, 166-172. <https://doi.org/10.1007/s11130-024-01141-6>
- Siripanich, J. (1995). *Physiology and technology of vegetables and fruits*. National Agricultural Extension and Training Center (NAETC), Kasetsart University, Nakhon Pathom. (in Thai)
- Siripanich, J., & Rompophak, T. (2006). *Postharvest handling of fruits and vegetables*. National Agricultural Extension and Training Center (NAETC), Kasetsart University, Nakhon Pathom. (in Thai)
- Sombatpraiwan, S., Tipyavimol, T., & Treeamnuk, K. (2012). Factors related to ripening-stages of Nam Dok-mai mango after harvesting. *Journal of the Thai Society of Agricultural Engineering*, 18(1), 52-58.
<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/TSAEJ/article/view/64147/52629> (in Thai)
- Tate, D. (2000). *Tropical fruit of Thailand*. Asia Books Co., Ltd., Bangkok.
- Wang, H., Wang, J., Mujumdar A. S., Jin, X., Liu, Z. L., Zhang, Y., & Wei, H. (2021). Effects of postharvest ripening on physicochemical properties, microstructure, cell wall polysaccharides contents (pectin, hemicellulose, cellulose) and nanostructure of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Food Hydrocolloids*, 118, 106808. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106808>
- Whangchai, K., Uthaibut, J., & Kampuan, W. (2008). *Effect of maturity stages and low temperature storage on postharvest quality of 'Mahajanaka' mango fruit for export*. Research funded by the Postharvest Technology Innovation Center year 2008, Chaingmai University. (in Thai)
- Will, R. H. H., Lee, T. H., Grapham, D., Mcglasson, W. B., & Hall, E. G. (1981). *Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables*. New South Wales University.