

ผลของระยะสุกต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของมะม่วงหาวมะนาวโห่ The Effect of Ripening Stage on Bioactive Compounds and Antioxidants Activity of Karanda (*Carissa carandas* Linn.)

อรุษา ชาวนาลิขิต^{1*}, วรารัตน์ เปรมปิยะกิจ², ธัญญลักษณ์ หวานอม², พิสุทธิ หนักแน่น²

¹ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ นครนายก 26120

²สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ นครนายก 26120

Arusa Chaovanalikit^{1*}, Wararat Prempiyakit², Thanyalak Wan-om², Phisut Naknean²

¹Center of Agricultural Product Innovation and Technology, Faculty of Agricultural Product Innovation
and Technology, Srinakharinwirot University, Nakhon Nayok 26120

²Food Science and Nutrition Division Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology,
Srinakharinwirot University, Nakhon Nayok 26120

Received 4 July 2024; Received in revised 1 September 2024; Accepted 25 September 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณวิตามินซี และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของมะม่วงหาวมะนาวโห่ (ระยะผลดิบ ระยะผลห่าม และระยะผลสุก) จากจังหวัดสงขลาและชลบุรี พบว่า มะม่วงหาวมะนาวโห่ มีความเป็นกรด-ด่าง 2.80-3.14 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ 6-10 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดร้อยละ 3.01-6.59 ระยะสุกและพื้นที่เพาะปลูก ส่งผลต่อปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อมะม่วงหาวมะนาวโห่สุกค่ามของสีจะอยู่ในช่วงสีแดง และมีความสว่าง L^* น้อยที่สุด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณแอนโทไซยานิน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการสุก โดยระยะผลสุกมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดอยู่ในช่วง 344.82 ± 10.23 ถึง 385.00 ± 14.64 มิลลิกรัมเทียบเท่ากรดแกลลิกต่อ 100 กรัม ปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุดอยู่ในช่วง 280.07 ± 25.91 ถึง 282.71 ± 24.52 มิลลิกรัมเทียบเท่าสารรูทีนต่อ 100 กรัม ปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุดอยู่ในช่วง 386.65 ± 85.27 ถึง 459.25 ± 69.82 มิลลิกรัมเทียบเท่าไซยานินดิน-3-กลูโคไซด์ (Cyanidin-3-glucoside) ต่อ 100 กรัม และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระอยู่สูงสุดในช่วงร้อยละ 86.19-91.22 อย่างไรก็ตามพบว่าผลระยะดิบมีปริมาณวิตามินซีสูงสุด

*ผู้รับผิดชอบบทความ: arusa@g.swu.ac.th

doi: 10.14456/tstj.2025.2

คำสำคัญ: มะม่วงหาวมะนาวโห่; ระยะการสุก; ฟีนอลิก; แอนโทไซยานิน; ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

This research aimed to investigate the physical properties of karanda fruit at different ripening stages (raw, ripe, and overripe) from Songkhla and Chonburi provinces. The pH of karanda fruit was found to range from 2.80 to 3.14, the soluble solid content from 6 to 10 °Brix, and the percentage of acidity from 3.01% to 6.59%. The ripening stage and cultivation area significantly affected the levels of phenolic compounds, flavonoids, and anthocyanins ($p < 0.05$). At the ripe stage, the hue angle indicated a red color, and the brightness (L^*) was at its lowest. As the fruit ripened, there were increases in total anthocyanin content, total flavonoid content, total phenolic compounds, and antioxidant activity. At the overripe stage, the fruit exhibited the highest phenolic content (344.82 ± 10.23 to 385.00 ± 14.64 mg GAE/100 g), the highest flavonoid content (280.07 ± 25.91 to 282.71 ± 24.52 mg RE/100 g), the highest anthocyanin content (386.65 ± 85.27 to 459.25 ± 69.82 mg cyanidin-3-glucoside/100 g), and the highest antioxidant activity (86.19% to 91.22%). However, the highest vitamin C content was observed in the raw stage.

Keywords: *Carissa carandas*; Ripening stages; Phenolic; Anthocyanin; Antioxidant activity

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารอยู่ในสภาวะการแข่งขันสูงประกอบกับการขับเคลื่อนประเทศไทยเข้าสู่ยุค 4.0 หรือยุคนวัตกรรม ส่งผลให้ภาคอุตสาหกรรมเกิดการปรับตัวสู่การพัฒนาสินค้าเชิงนวัตกรรม เพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันและสามารถตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภคได้ โดยนำวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและความคิดสร้างสรรค์ใหม่ๆ มาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากวัตถุดิบทางการเกษตร ส่วนนวัตกรรมผลิตภัณฑ์อาหารที่มีมูลค่าสูงที่สอดคล้องกับแนวโน้มตลาดอุตสาหกรรมอาหารโลก จากข้อมูลของ Euromonitor ประเมินมูลค่าตลาด Functional ingredients ในประเทศไทยอยู่ที่ประมาณ 68,000 ล้านบาทและคาดว่าจะในปี 2561-2565 จะเจริญเติบโตเฉลี่ยประมาณร้อยละ 4 ต่อปี [1] เนื่องจากพฤติกรรมของผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับสุขภาพจึงมีความสนใจต่ออาหารหรือองค์ประกอบที่มีฤทธิ์ของอาหารต่อการทำงานของร่างกายในการป้องกันหรือลดความเสี่ยงต่อโรค เช่น สารให้ความหวานสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน หรือผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก โปรตีนทางเลือกสำหรับผู้บริโภคมังสวิรัติ หรือสารสกัดจากผักและผลไม้ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น ขณะเดียวกันภาครัฐมีการรณรงค์ให้คนไทยหันมาใส่ใจดูแลสุขภาพเพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคภัยต่างๆ โดยเฉพาะกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังหรือ NCDs (Non-communicable diseases) ทำให้ผู้ประกอบการมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการคุณสมบัติที่หลากหลายจากอาหารนั้นๆ [2]

มะม่วงหาวมะนาวโห่ (*Carissa carandas* Linn.) เป็นผลไม้โบราณพื้นเมืองชนิดหนึ่งที่สามารเก็บเกี่ยวผลตลอดทั้งปี แต่จะมีมากในช่วงเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม เป็นไม้พุ่มสูง 2-4 เมตร มีดอกสีขาว โคนดอกมีสีชมพู ส่วนผลมีลักษณะเป็นรูปทรงค่อนข้างกลมมน ผลอ่อนมีสีขาวอมชมพู ผลแก่สุกหรือผลห่ามจะมีสีแดงชมพูเข้มจนถึงสีแดงเมื่อผลแก่ขึ้นและเมื่อผลแก่เต็มที่

จะมีสีม่วงเข้มแล้วเปลี่ยนเป็นสี ผลสุกจะมีรสเปรี้ยวอมหวานแต่ถ้ายังไม่สุกจะมีรสเปรี้ยวจัด [3] ผลของมะม่วงหาวมะนาวโห่ถือได้ว่ามีสรรพคุณทางยาในหลายด้าน โดยเฉพาะเปลือกและเนื้อที่อุดมไปด้วยสารประกอบกลุ่มแอนโทไซยานินที่เป็นสารรงควัตถุธรรมชาติที่ให้สีแดง สีม่วง และสีน้ำเงิน ซึ่งชนิดที่พบมากคือ Cyanidin-3-O-rhamnoside Cyanidin-3-O-glucoside และ Pelargonidin-3-O-glucoside [4] ต่อมาเป็นสารประกอบกรดฟีนอลิกชนิดที่พบมากคือ Vanillic Protocatechuic T-cinnamic Ferulic Chlorogenic 2,4-dihydroxy Benzoic Syringic และ Salicylic acids [5] นอกจากนี้ยังมีสารฟลาโวนอยด์ แทนนิน วิตามินและแร่ธาตุอื่นๆ อีกหลายชนิด ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ดี จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปเพื่อสุขภาพในลักษณะต่างๆ [2]

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือ การศึกษาผลของระยะการสุก (ระยะดิบ ระยะห่ามและระยะสุก) และ พื้นที่เพาะปลูกที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมี ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 การเตรียมมะม่วงหาวมะนาวโห่

นำมะม่วงหาวมะนาวโห่จากอำเภเทพา จังหวัดสงขลาและ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรีมาเก็บในตู้แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำมา คัดเลือกแต่ละระยะการสุก คือ 1. ผลดิบ เปลือกมีสีขาวเหลืองอ่อนปนชมพู มีสีชมพูไม่เกิน 60% เนื้อมีสีขาวเหลืองอ่อน 2. ผลห่าม เปลือกและเนื้อเริ่มมีสีแดงทั่วทั้งผล มีสีชมพูมากกว่า 60% 3. ผลสุก เปลือกและเนื้อมีสีแดงดำ

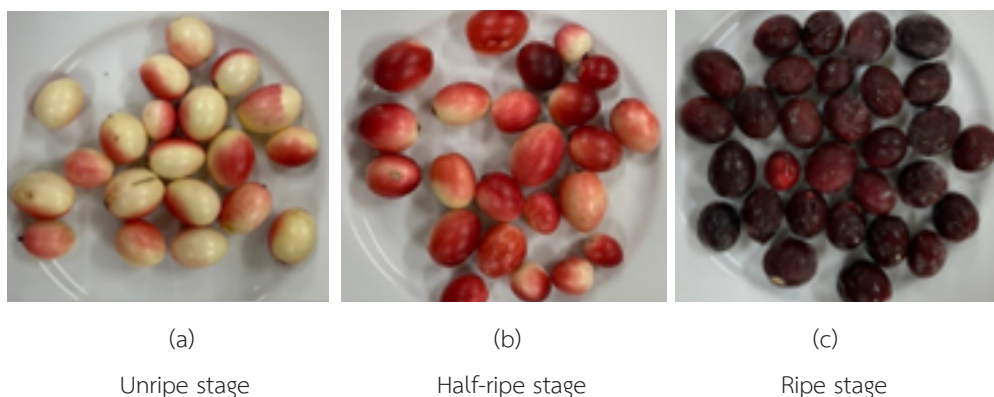


Figure 1 Karanda fruit from Songkla at different stages of ripening

เมื่อคัดระยะการสุกแล้วนำแช่แข็งที่อุณหภูมิ - 25 องศาเซลเซียส 1 คืน และนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิดแห้งระดับห้องปฏิบัติการ (FD-8, Epsilon, Thailand) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดให้เป็นผงด้วยเครื่องบด(PG300, Spring Green Evolution, Thailand) แล้วบรรจุลงถุงซีลสุญญากาศและปิดผนึกมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาใช้วิเคราะห์ ภายใน 1 เดือน

2.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของมะม่วงหาวมะนาวโห่

2.2.1 การวัดค่าสี

นำผงมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ได้มาวัดค่าสีตามระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) ด้วยเครื่องวัดสี ColorFlex EZ (HunterLab, USA) ซึ่งค่า L^* แสดงค่าความสว่างโดยค่า L^* เป็น 100 จะเป็นสีขาว ค่า a^* แสดงค่าสีแดงเมื่อมีค่าเป็นบวก แสดงค่าสีเขียวเมื่อมีค่าเป็นลบ และค่า b^* แสดงค่าสีเหลืองเมื่อมีค่าเป็นบวกและแสดงค่าสีน้ำเงินเมื่อมีค่าเป็นลบ แล้วนำค่าที่วัดได้มาคำนวณ ดังสมการ

$$\text{Chroma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$\begin{aligned} \text{Hue angle} &= \arctangent(b^*/a^*) + 90^\circ \text{ เมื่อ } a^* > 0 \text{ และ } b^* \geq 0 \\ &= \arctangent(b^*/a^*) + 180^\circ \text{ เมื่อ } a^* < 0 \text{ และ } b \geq 0 \\ &= \arctangent(b^*/a^*) + 270^\circ \text{ เมื่อ } a^* < 0 \text{ และ } b < 0 \\ &= \arctangent(b^*/a^*) + 360^\circ \text{ เมื่อ } a^* > 0 \text{ และ } b^* < 0 \end{aligned}$$

โดยที่ ค่า Chroma มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงวัตถุมีสีซีดจาง ในขณะที่ค่ายิ่งมากสีจะสดขึ้น ในขณะที่ค่า hue angle (h°) เป็นค่าที่แสดงมุมในการตกกระทบของค่า chroma ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-360 องศา ซึ่งจะเป็นค่าที่แสดงช่วงสีของวัตถุ ค่ามุมของสีในช่วง 0-45 แสดงสีส้มแดงถึงม่วงแดง ค่ามุมของสีในช่วง 45-90 แสดงสีส้มแดงถึงเหลือง [6]

2.2.2 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

นำผลมะม่วงหาวมะนาวโห่สดของแต่ละระยะการสุกมาบดคั้นน้ำและนำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง pH โดยใช้เครื่อง pH meter (PB10, Sartorius, Germany)

2.2.3 การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

นำผลมะม่วงหาวมะนาวโห่สดของแต่ละระยะการสุกมาบดคั้นน้ำและนำไปวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยเครื่อง Hand refractometer (N-3E refractometer, ATAGO, Japan) รายงานผลเป็นองศาบริกซ์ (°Brix)

ร้อยละปริมาณกรดทั้งหมด (% acidity) =

ปริมาตรของสารละลาย 0.1M NaOH ที่ใช้ไทเทรต (mL) X ความเข้มข้นของ NaOH X Milliequivalent weight XDF
ปริมาตรน้ำคั้นที่ใช้ในการไทเทรต

โดย ความเข้มข้นของ NaOH เท่ากับ 0.1 Milliequivalent weight Citric Acid = 0.064 Dilution factor = 30

2.3 การสกัดสารจากมะม่วงหาวมะนาวโห่

ซึ่งผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ จำนวน 1 กรัม เติมหักทำละลายสารละลายกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 0.01 ในเมทานอล ปริมาตร 15 มิลลิลิตร นำไปผ่านคลื่นความถี่สูงด้วยเครื่อง Ultrasonic bath (S30H, Elma, Switzerland) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Thermo scientific sorvall legend XTR, Germany) ที่ความเร็ว 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกส่วนใสออก ส่วนกากนำไปสกัดต่อด้วย สารละลายกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 0.01 ในเมทานอลร้อยละ 80 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง จากนั้นนำส่วนใสที่ได้มารวมกันเพื่อไประเหยต่อด้วยเครื่องระเหยแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ Rotary evaporator (Buchi R-210 Rotavator, USA) และนำไปปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร สกัดทั้งหมด 3 ชั่วโมง เก็บสารสกัดไว้ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส (Snijders scientific, Tilburg-Holland) เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่อไป

2.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด

หาปริมาณกรดทั้งหมดตามวิธีของ AOAC [7] โดยนำน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่เจือจางด้วยน้ำกลั่น 30 เท่าไปเติมน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่เจือจางแล้วมา 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 มิลลิลิตร จากนั้นเติม Phenolphthalein indicator 2-3 หยด แล้วผสมให้เข้ากัน ไทเทรตตัวอย่างในขวดรูปชมพู่ด้วยสารละลาย 0.1M NaOH จนถึงจุดยุติเป็นสีชมพูอ่อนหรือวัดค่า pH ได้เท่ากับ 8.2 แล้วบันทึกปริมาตรของ 0.1M NaOH ที่ใช้ นำไปคำนวณปริมาณกรดทั้งหมดดังสมการ

2.4 การวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

2.4.1 การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content)

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดวิเคราะห์ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric เป็นวิธีดัดแปลงจาก [8] โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกเข้มข้น 1000 ส่วนในล้านส่วน (Gallic acid) แล้วนำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้สารมาตรฐานความเข้มข้น 0 50 100 150 และ 200 ส่วนในล้านส่วน โดยแยกแต่ละหลอดทดลอง จากนั้นนำสารละลายกรดแกลลิกแต่ละความเข้มข้นหรือสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร กับ Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น ปริมาตร 7.5 มิลลิลิตร นำไปบ่มไว้ที่มีอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที และเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 20 (Na₂CO₃) (w/v) ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร จากนั้นผสมให้เข้ากันด้วย Vortex mixer และนำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นเขย่าอ่างน้ำเย็นทันที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis

Spectrophotometer (Thermo Scientific GENESYS 10S Series, USA) ที่ความยาวคลื่น 755 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดโดยเปรียบเทียบกับ กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกในหน่วยมิลลิกรัมของ กรดแกลลิกต่อน้ำหนักผงมะม่วงหาวมะนาวโห่ 100 กรัม (mg GAE/100g)

2.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ (Total flavonoid content)

ปริมาณฟลาโวนอยด์ด้วยวิธี Aluminum chloride colorimetric เป็นวิธีดัดแปลงจาก [9] โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานรูทีนเข้มข้น 1000 ส่วนใน ล้านส่วน (rutin) แล้วนำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้สาร มาตรฐานความเข้มข้น 0 50 100 150 และ 200 ส่วนใน ล้านส่วน จากนั้นนำสารละลายรูทีนแต่ละความเข้มข้น หรือสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติมด้วยสารละลายเมทานอล ปริมาตร 3 มิลลิลิตร สารละลายอะลูมิเนียม

คลอไรด์ ($AlCl_3$) ความเข้มข้นร้อยละ 10 (w/v) ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร สารละลายโพแทสเซียมอะซิเตด (CH_3COOK) ที่มีความเข้มข้น 1 M ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น ปริมาตร 5.6 มิลลิลิตร นำไปผสมให้เข้ากัน

ด้วย Vortex mixer จากนั้นตั้งทิ้งไว้ในที่มีอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (Thermo scientific GENESYS 10S Series, USA) ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณฟลาโวนอยด์โดยเปรียบ เทียบกับกราฟมาตรฐานของสารรูทีนในหน่วยมิลลิกรัม ของสารรูทีนต่อน้ำหนักผงมะม่วงหาวมะนาวโห่ 100 กรัม (mg RE/100g)

2.4.3 การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน (Total anthocyanin content)

เป็นวิธีดัดแปลงจาก [8] โดยนำสารสกัดจาก มะม่วงหาวมะนาวโห่ ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เจือจางด้วย สารละลายบัฟเฟอร์ ปริมาตร 2.8 มิลลิลิตร โดยสารละลาย บัฟเฟอร์ที่ใช้ มี 2 ชนิด ได้แก่ pH 1.0 (0.025 M KCL) และ pH 4.5 (0.04 M CH_3COONa) จากนั้นนำไปวัดค่าการดูด กลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis Spectro-photometer (Thermo scientific GENESYS 10S Series, USA) ที่ ความยาวคลื่น 520 และ 700 นาโนเมตร คำนวณปริมาณ แอนโทไซยานิน ซึ่งจะแสดงในรูปของมิลลิกรัมของไซยานิน ดิน-3-กลูโคไซด์ต่อน้ำหนักผงมะม่วงหาวมะนาวโห่ 100 กรัม (mg cyanidin-3-glucoside/100 กรัม) ดังสมการ

ปริมาณแอนโทไซยานิน ((mg cyanidin-3-glucoside/100 กรัม) = $(A \times MW \times DF \times 1000 \times 25 \times 100) / (\epsilon \times 1 \times 1000 \times B)$

เมื่อ $A = (A_{520} - A_{700 \text{ pH } 1.0}) - (A_{520} - A_{700 \text{ pH } 4.5})$
 MW ของ cyanidin-3-glucoside คือ $449.2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 ϵ คือ $26900 \text{ L} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
 DF คือ dilution factor
 B คือ น้ำหนักของผงมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่นำมาสกัด

2.4.4 การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (Vitamin C content)

เป็นวิธีที่ดัดแปลงจาก [10] ซึ่งสารละลายกรด แอสคอร์บิกมาตรฐาน จำนวน 100 มิลลิกรัม ละลายใน สารละลาย กรด Metaphosphoric ร้อยละ 5 (w/v) จน มีปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลาย

มาตรฐานวิตามินซี สารละลายกรด Metaphosphoric ร้อยละ 5 และสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ไทเทรตด้วยสารละลาย 2,6-dichlorophenol- lindophenol ร้อยละ 0.1 จนกระทั่งเกิดเป็นสีชมพู แล้ว บันทึกปริมาตรของ 2,6-dichlorophenol lindophenol ร้อยละ 0.1 ที่ใช้เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณวิตามินซี

ปริมาณวิตามินซี (mg/100 mL) = (T-B) / (S-B) x 100

โดย T คือ ปริมาณ 2,6-dichlorophenolindophenol ร้อยละ 0.1 ที่ใช้ในการไทเทรตกับสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

B คือ ปริมาณ 2,6-dichlorophenolindophenol ร้อยละ 0.1 ที่ใช้ในการไทเทรตกับสารละลายกรด Metaphosphoric ร้อยละ 5 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

S คือ ปริมาณ 2,6-dichlorophenolindophenol ร้อยละ 0.1 ที่ใช้ในการไทเทรตกับสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

2.4.5 การวิเคราะห์ DPPH Radical-Scavenging Activity (DPPH)

การวิเคราะห์ DPPH Radical-scavenging activity (DPPH) เป็นวิธีดัดแปลงจาก [11] โดยนำสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร กับสารละลาย 2, 2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl ความเข้มข้น 0.002 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ในตัวทำละลายเมทานอล ผสมให้เข้ากันด้วย Vortex mixer จากนั้นบ่มในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงด้วย UV-Vis Spectrophotometer (Thermo scientific GENESYS 10S Series, USA) ที่ความยาวคลื่น 520 และ 700 นาโนเมตร คำนวณค่า % DPPH radical inhibition จากสมการ

$$\% \text{ DPPH radical inhibition} = A-B/A \times 100$$

เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ไม่มีการเติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่

B คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่มีการเติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่

2.5 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ (Statistical analysis)

ทำผลการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยหาค่าเฉลี่ยและ

วิเคราะห์ความแปรปรวน โดยวิธี Two-way analysis of variance (ANOVA) และการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($p \leq 0.05$) โดยใช้โปรแกรม SPSS Statistics 23

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของมะม่วงหาวมะนาวโห่

การวิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIE ของมะม่วงหาวมะนาวโห่จากจังหวัดสงขลาและจังหวัดชลบุรีที่ระยะการสุกแตกต่างกัน ดังแสดงใน Table 1 พื้นที่เพาะปลูกและระยะการสุกมีผลต่อค่าสีของมะม่วงหาวมะนาวโห่อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อมะม่วงหาวมะนาวโห่อยู่ในระยะดิบ จะมีค่าความสว่าง L^* ค่าความเป็นสีเหลือง b^* ค่ามุมของเฉดสี Hue angle สูงที่สุด และเมื่อมะม่วงหาวมะนาวโห่สุกค่าตัวแปรสีทั้งสามค่าจะลดลง โดยค่ามุมของสีจะเปลี่ยนจากสีส้มแดงเป็นม่วงแดง [6] ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง a^* และค่าความอิ่มตัว (chroma, C^*) ของสี C^* ของมะม่วงหาวมะนาวโห่ระยะผลดิบไปยังระยะผลห่ามีค่าเพิ่มสูงขึ้นจากนั้นลดลงเมื่อเข้าสู่ระยะผลสุก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [12] พบว่า มะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่า L^* และค่า b^* ลดลงตามระยะการสุก ส่วนค่า a^* เพิ่มขึ้นตามระยะผลสีชาวมชมพูและสีแดง แต่ค่าจะลดลงในระยะผลสีดำ แสดงว่า เมื่อระยะการสุกของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและสังเคราะห์รงควัตถุเกิดการสะสมของสารแอนโทไซยานินมากขึ้น จึงทำให้สีของผลเปลี่ยนจากสีชาวมชมพูไปเป็นสีแดงดำ พื้นที่เพาะปลูกมีผลต่อความแตกต่างของสีในมะม่วงหาวมะนาวโห่ทั้ง 3 ระยะ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [13] และ [14] พบว่าพื้นที่เพาะปลูก ละติจูดมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินเนื่องจาก ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกลางวัน กลางคืน ความเข้มของแสงมีผลต่อการสังเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินและส่งผลต่อสี

Table 1 Color values (L^* a^* b^*), Hue angle, and Chroma of karanda fruit from Songkhla and Chonburi provinces at different ripening stages.

Provinces	Ripening Stages	Color values				
		L^*	a^*	b^*	Hue angles (H°)	Chroma (C^*)
Songkla	Unripe	67.35±0.00 ^a	15.14±0.01 ^f	22.75±0.01 ^a	56.36±0.01 ^a	27.32±0.01 ^d
	Half-ripe	53.68±0.01 ^c	25.26±0.01 ^c	16.71±0.00 ^b	33.49±0.01 ^b	30.29±0.01 ^b
	Ripe	26.71±0.00 ^f	20.80±0.02 ^e	8.43±0.03 ^f	22.07±0.50 ^e	22.44±0.02 ^f
Chonburi	Unripe	57.42±0.01 ^b	25.54±0.01 ^b	15.26±0.00 ^d	30.86±0.01 ^c	29.75±0.01 ^c
	Half-ripe	46.70±0.01 ^d	31.33±0.01 ^a	16.00±0.00 ^c	27.05±0.01 ^d	35.18±0.01 ^a
	Ripe	26.74±0.01 ^e	24.47±0.02 ^d	9.02±0.04 ^e	20.24±0.09 ^f	26.08±0.01 ^e

Values are expressed as mean±SD (n=3). Different letters in the same column indicate significant differences at $p<0.05$.

Table 2 แสดงค่า pH, Total soluble solid, Titratable acidity และปริมาณวิตามินซีของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีระยะการสุกแตกต่างกัน พบว่า พื้นที่เพาะปลูกและระยะการสุกมีผลต่อค่า pH Total soluble solid และ Titratable acidity อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อมะม่วงหาวมะนาวโห่เริ่มสุก ค่า pH และ Total soluble solid จะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ Titratable acidity ลดลง ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงบ่งบอกถึงความหวานเพิ่มขึ้น ซึ่งระหว่างการเจริญ

เติบโตของผลไม้ กรดในผลไม้ถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ และแบ่งที่สะสมระหว่างการเจริญเติบโตของผลไม้ถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล [15 - 17] นอกจากนั้นมีการวิจัยรายงานว่า บลูเบอร์รี่ที่มีระยะการเก็บเกี่ยว สายพันธุ์ และพื้นที่เพาะปลูกแตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้และปริมาณกรด โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะการสุก แต่ปริมาณกรดจะพบมากในระยะผลดิบและเมื่อบลูเบอร์รี่เข้าสู่ระยะผลสุกปริมาณกรดจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ [18]

Table 2 Physical properties of karanda fruit from Songkhla and Chonburi provinces at different ripening stages.

Provinces	Ripening Stages	pH	Total soluble solid (oBrix)	Titratable acidity (%citric acid equivalent)
Songkla	Unripe	2.80±0.01 ^e	7.00±0.29 ^e	6.59±0.22 ^a
	Half-ripe	2.84±0.01 ^d	6.00±0.00 ^f	5.05±0.11 ^b
	Ripe	3.14±0.03 ^a	8.50±0.00 ^c	3.52±0.29 ^d
Chonburi	Unripe	2.88±0.00 ^c	8.00±0.00 ^d	4.35±0.11 ^c
	Half-ripe	2.81±0.01 ^e	9.00±0.00 ^b	4.22±0.19 ^c
	Ripe	3.02±0.04 ^b	10.00±0.00 ^a	3.01±0.11 ^e

Values are expressed as mean±SD (n=3). Different letters in the same column indicate significant differences at $p<0.05$.

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของมะม่วงหาวมะนาวโห่จากจังหวัดสงขลาและชลบุรี ที่ระยะการสุกแตกต่างกัน 3 ระยะ พบว่า พื้นที่เพาะปลูกและระยะการสุกเป็นปัจจัยที่มีผลให้เกิดความแตกต่างของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนระยะการสุกมีผลต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

เมื่อพิจารณาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ทั้ง 3 ระยะ ดังแสดงใน Table 3 พบว่า ระยะการสุกเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์และปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น ในขณะที่มีปริมาณวิตามินซีลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยในระยะผลสุกจะมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์และปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด รองลงมาคือระยะผลห่ามและระยะดิบตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [19] ที่ประเมินปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีระยะการสุกแตกต่างกัน 3 ระยะ คือ ผลดิบ (ผลสีแดง) ผลห่าม (ผลสีแดงอมดำ) และผลสุก (ผลดำ) จะเห็นว่า เมื่อผลมีระยะการสุกที่เพิ่มมากขึ้นจะมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้การสุกมีผลทำให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ของผลห่ามและสารฟลาโวนอยด์ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นซึ่งอาจมาจากการสังเคราะห์สารเหล่านี้ระหว่างการสุก [20] งานวิจัยของ [21] พบว่ามะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ระยะสุกสมบูรณ์จะมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด เท่ากับ 13.65 mg/g การสังเคราะห์แอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นเห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและเนื้อของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่และจากการพิจารณาพื้นที่เพาะปลูกของมะม่วงหาวมะนาวโห่จากจังหวัดสงขลาและ

ชลบุรี พบว่า พื้นที่เพาะปลูกแต่ละจังหวัดจะมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับ [13] พบว่าระยะเวลาการเก็บเกี่ยว พื้นที่เพาะปลูก ละติจูดมีผลต่อปริมาณฟีนอลิกฟลาโวนอยด์และแอนโทไซยานิน

ปริมาณวิตามินซีของมะม่วงหาวมะนาวโห่พบมากที่สุดในระยะผลดิบและเมื่อระยะการสุกเพิ่มขึ้น ปริมาณวิตามินซีจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับงานวิจัยของ [22] และ [23] ที่พบว่า ผลดิบของมะม่วงหาวมะนาวโห่มีปริมาณของวิตามินซีสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับระยะการสุกอื่นๆ โดยในระหว่างการสุกของผลไม้ปริมาณวิตามินซีจะมีค่าลดลง เนื่องจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ Ascorbic oxidase หรือโดยการทำปฏิกิริยาร่วมกันของเอนไซม์เร่งปฏิกิริยา Oxidation พื้นที่เพาะปลูกที่แตกต่างกันมีปริมาณวิตามินซีที่แตกต่างกัน ซึ่งสายพันธุ์ สภาพแวดล้อมการปลูก ฤดูกาลเก็บเกี่ยว และระยะการสุก ทำให้ส่งผลต่อคุณภาพผลผลิตรวมถึงปริมาณวิตามินซีที่แตกต่างกันไป [24]

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณวิตามินซีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณแอนโทไซยานิน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์กันในระดับสูงและไปในทิศทางเดียวกัน ดังแสดงใน Table 4 เมื่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์และปริมาณแอนโทไซยานินสูงก็จะส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [25] ที่พบความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมากระหว่างความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของผลเชอร์รี่ที่ระยะสุกแตกต่างกัน เนื่องจากสารประกอบฟีนอลมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพของผลไม้รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น รสชาติ และให้ประโยชน์ต่อด้านสุขภาพด้วย [26] นอกจากนี้เมื่อผลเชอร์รี่สุกพบการ

สะสมปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุด ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมากกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณแอนโทไซยานินมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สอดคล้องกับงานวิจัยของ [27] ซึ่งศึกษาในผลสตรอเบอรี่ นอกจากนั้นในงานวิจัยนี้พบว่า ระยะการสุกมีผลต่อปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานิน วิตามินซีและความสามารถในการต้าน

อนุมูลอิสระ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [28] พบว่าเมื่อผลไม้สุกปริมาณวิตามินซีลดลง ดังนั้นเมื่อมะม่วงหาวมะนาวโห่สุก ปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณวิตามินซีลดลง ส่งผลให้ปริมาณวิตามินซีมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

Table 3 Total phenolic, flavonoid, tannin, anthocyanins contents and DPPH antioxidant activity of karanda fruit from Songkhla and Chonburi provinces at the ripe different stage.

Provinces	Ripening Stages	TPC (mg GAE/100 g)	TFC (mg RE/100 g)	TAC (mg C3G/100 g)	Vitamin C (mg/100 g)	%DPPH
Songkla	Unripe	292.73±17.10 ^c	179.95±30.01 ^d	2.61±1.74 ^e	423.89±36.49 ^b	14.47±5.78 ^d
	Half-ripe	298.10±25.19 ^c	256.68±2.98 ^b	15.31±5.49 ^d	336.79±42.68 ^c	89.26±3.02 ^{ab}
	Ripe	344.82±10.23 ^b	282.71±24.52 ^a	459.28±69.82 ^a	291.63±18.92 ^d	91.22±2.05 ^a
Chonburi	Unripe	258.70±26.33 ^d	178.10±15.31 ^d	27.66±7.50 ^{cd}	568.16±27.46 ^a	18.90±20.31 ^{de}
	Half-ripe	289.02±39.30 ^{cd}	250.63±6.96 ^b	29.43±4.30 ^c	397.17±21.78 ^{bc}	82.83±0.46 ^c
	Ripe	385.00±14.64 ^a	280.07±25.91 ^a	386.65±85.27 ^b	304.54±12.94 ^d	86.19±1.75 ^b

Values are expressed as mean±SD (n=3). Different letters in the same column indicate significant differences at p<0.05.

Table 4 Pearson correlation coefficients among the content of phenolics, flavonoids, tannins, anthocyanins, vitamin C and antioxidant activity of karanda fruits.

Correlation Coefficient					
	Phenolic	Flavonoid	Anthocyanin	Vitamin c	DPPH
Phenolic	1	0.625**	0.767**	-0.688**	0.549**
Flavonoid (RE)	0.625**	1	0.657**	-0.808**	0.872**
Anthocyanin	0.767**	0.657**	1	-0.636**	0.515**
Vitamin c	-0.688**	-0.808**	-0.636**	1	-0.795**
DPPH	0.549**	0.872**	0.515**	-0.795**	1

**Statistically significant relationship at p<0.05

4. สรุปผล

มะม่วงหาวมะนาวโห่เป็นผลไม้ท้องถิ่นที่เมื่อสุกผลจะออกสีม่วงเข้มมีรสเปรี้ยว สามารถปลูกได้หลายจังหวัด ขณะที่ผลดิบจะมีปริมาณวิตามินซีสูง และเมื่อสุกจะมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์และปริมาณแอนโทไซยานินสูง ซึ่งปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์และปริมาณแอนโทไซยานินจะส่งผลทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น มะม่วงหาวมะนาวโห่จึงเป็นผลไม้ไทยที่มีศักยภาพไม่แพ้กับผลไม้ต่างชาติที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นผลไม้ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ดังนั้นจึงเป็นผลไม้ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม ประจำปี พ.ศ. 2566

6. References

- [1] Lalitkulthorn, A., 2020, A Study for Mapping the Development of Technology for Functional Food in Industrial Dimensions, Master Thesis, Mahidol University, Nakhon Pathom, 3 p. (in Thai)
- [2] Fakngoen, S. and Meerod, S., 2017, Extraction and Separation of Anthocyanins from *Carissa Carandas*, The 4th National Conference KPRU, Kamphaeng Phet Rajabhat University, Kamphaeng Phet, 1002-1011 p. (in Thai)
- [3] Sunil, K., Pallavi, G. and Virupaksha, K.L., 2013, A critical review on Karamarda (*Carissa carandas* Linn.), Int. J. Pharm. Biol. Sci. Arch. 4(4): 637–642.
- [4] Kamlesh, P., Jale, R., Singh, M. and Kumar, R., 2010, Non-destructive evaluation of dimensional properties and physical characterization of *Carissa carandas* fruits, Int. J. Emerg. Sci. 2: 321-327.
- [5] Azeez, S., Karunakaran, G., Tripathi, P. and Shivashankara, K.S., 2016, Evaluation of antioxidant activity, total phenolics and phytochemical content of selected varieties of karonda fruits (*Carissa carandas*), Indian J. Agric. Sci. 86(6): 115-121.
- [6] McGuire, R.G., 1992, Reporting of objective color measurements, HortScience. 27: 1254-1255.
- [7] AOAC., 2000, Official Methods of Analysis. 17th Edition, The Association of Official Analytical Chemist, Gaithersburg, Md., USA.
- [8] Chaovanalikit, A., Thomson, M.M and Wrolstad, R.E., 2004, Charecterization and quantification of anthocyanin and polyphenolics in blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.), J. Agric. Food Chem. 52: 848-852.
- [9] Ordonez, A.A.L., Gomez, J.D., Vattuone, M.A. and Isla, M.I., 2006, Antioxidant activities of *Sechium edule* (Jacq.) Swartz extracts, Food Chem. 97: 452-458.
- [10] Thipnate, P., 2010, Lime concentrate powder, The Sci J of Phetchaburi Rajabhat University, 7(1): 3-17. (in Thai).

- [11] Hasan, R., Hossain, M., Akter, R., Jamila, M., Mazumber, H.E. and Rahman, S., 2009, DPPH free radical scavenging activity of some Bangladeshi medicinal plants, *J. Med. Plant Res.* 3: 875-879.
- [12] Klinsukhon, K., Sukatta, U., Rukthawon, P., Khacharat, L., Suravanichnirachorn, W. and Neumyem, P., 2017, Fruit Ripening Stages of *Carissa Carandas* Linn. on Antioxidant and α -glucosidase Inhibition Activities, The 55th Kasetsart University Annual Conference: Science and Genetic Engineering, Architecture and Engineering, Agro-Industry, Natural Resources and Environment, Bangkok, pp. 841-848. (in Thai)
- [13] De Silva A.B.H.K. and Rupasinghe H.P.V., 2021, Effect of growing location on anthocyanin content and total antioxidant capacity of haskap (*Lonicera caerulea* L.) berry: A preliminary investigation, *Hort. Sci. (Prague)*. 48(4):183-189.
- [14] Abera, A. A., Tadesse, E. E., Abera, B. B., Satheesh, N., and Tejada Moral, M., 2021, Effect of rice variety and location on nutritional composition, physicochemical, cooking and functional properties of newly released upland rice varieties in Ethiopia. *Cogent Food Agric.* 7(1):1-23.
- [15] Fawole, O.A. and Opara, U.L., 2013, Changes in physical properties, chemical and elemental composition and antioxidant capacity of pomegranate fruit at five maturity stages, *Sci. Hortic.* 150: 37-46.
- [16] Rittilert, P. and Warin, K., 2020, Development of karanda (*Carissa carandas* L.) gummy jelly product, *TJST.* 9(2): 342-354. (in Thai)
- [17] Kayyen, T., 2017, Effect of Maturation Stage on Biological Properties of *Carissa Carandas*. Master Thesis. Silpakorn University, Nakhon Pathom, 40 p. (in Thai)
- [18] Lin, Y., Huang, G., Zhang, Q., Wang, Y., Dia, V. P. and Meng, X., 2020, Ripening affects the physicochemical properties, phytochemicals and antioxidant capacities of two blueberry cultivars, *Postharvest Biol Technol.* 162(12): 1-8.
- [19] Simla, S., Boontang, S. and Siritrakulsak, P., 2013, The evalution of some phytochemical content and antioxidant activity in *Carissa Carandas* L., *Khon Kaen Agr. J.* 41(1): 602-606. (in Thai)
- [20] Lee, Y. and Hwang, K. T., 2017, Changes in physicochemical properties of mulberry fruits (*Morus alba* L.) during ripening, *Sci. Hortic.* 21: 189-196.
- [21] Le, X.T., Huynh, M.T., Pham, T.N., Than, V.T., Toan, T.Q., Bach, L.G. and Trung, N.Q., 2019, Optimization of total anthocyanin content, stability and antioxidant evaluation of the anthocyanin extract from vietnamese *Carissa Carandas* L. fruits, *Processes.* 7: 468.
- [22] Pewlong, W., Sajjabut, S., Singphet, S. and Eamsiri, J., 2013, Influence of fruit ripening stages on the bioactive compounds of *Carissa carandas*, *J. Agric. Sci.* 44(2): 337-340.

- [23] Boontang, S. and Simla, S., 2023, Changes in anthocyanins, total phenolic, total flavonoid, and antioxidant activity of karanda fruit at different stages of maturity, *Aust. J. Crop Sci.* 17(5): 431-437.
- [24] Pagamas, P., Somkul, C., Naenfaen, S., Leesuksomboon, S. and Kaika, K., 2019, Effects of harvesting stage on quality and yield of young chili fruit, King mongkut's Agr. J. 37(4): 590-597. (in Thai)
- [25] Serrano, M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S. and Valero, D., 2005, Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages, *J. Agric. Food Chem.* 53(7): 2741-2745.
- [26] Tomás-Barberán, F. and Espín, J., 2001, Phenolic compounds and related enzymes as determinations of quality in fruits and vegetables, *J Sci Food Agric.* 81: 853-876.
- [27] Siebeneichler, T.J., Crizel, R.L., Reisser, P.L., Perin, E.C., Messias, R.S., Rombaldi, C.V. and Galli, V., 2022, Changes in the abscisic acid, phenylpropanoids and ascorbic acid metabolism during strawberry fruit growth and ripening, *J. Food Compos. Anal.* 104398.
- [28] Hellström, J., Karhu, S., Karhu, J., Järvenpää, E. and Välimaa, A-L., 2024, Phenolic profiles differentiate wild bilberry and cultivated blueberry fruit, *LWT - Food Sci. Technol.* 199: 1-8.
- [29] Muhamma, I.N., Ashiru, S., Kanoma, A.I., Sani, I., and Garba, S.A., 2014, Effect of ripening stage on vitamin C content in selected fruits, *IJRAF.* 2: 60-65.