

การประเมินคุณภาพของมะม่วงแก้วขมิ้นด้วยความถ่วงจำเพาะ ในระยะบริบูรณ์ทางการค้า

Quality evaluation of Kaew Kamin mango with specific gravity at commercial maturity stage

กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ¹ รินรดา พัฒนใหญ่ยิ่ง² อังคณา เชื้อเจ็ดตน³
เสาวณีย์ ชูจิต⁴ และ ไกรยศ แซ่ลิ้ม^{1*}

Kanyarat Lueangprasert¹, Rinrada Pattanayaiying², Angkhana Chuajedton³,
Saovane Choojit⁴ and Kraiyot Saelim^{1*}

บทคัดย่อ

มะม่วงแก้วขมิ้นเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งของจังหวัดสระแก้ว โดยทั่วไปนิยมรับประทานดิบ เนื้อผลมีความกรอบและมีรสเปรี้ยวอมหวานเล็กน้อย แม้ว่าคุณภาพที่ดีที่สุดของมะม่วงขึ้นอยู่กับระยะที่เหมาะสมของการเก็บเกี่ยวหรือระยะบริบูรณ์ทางการค้า โดยนำผลมะม่วงดิบระยะบริบูรณ์ทางการค้า ทำความสะอาดและแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ผลที่ลอยน้ำ (T1) และผลที่จมน้ำ แต่ลอยในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (T2) นำผลผลิตแต่ละกลุ่มวัดผลทางด้านกายภาพ เคมี และสรีรวิทยาต่อคุณภาพมะม่วงในระยะบริบูรณ์ทางการค้า โดยนำผลมะม่วงดิบระยะบริบูรณ์ทางการค้า ทำความสะอาดและแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ผลที่ลอยน้ำ (T1) และผลที่จมน้ำ แต่ลอยในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (T2) นำผลผลิตแต่ละกลุ่มวัดผลทางด้านกายภาพ เคมี และสรีรวิทยา พบว่า น้ำหนักผล ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) และปริมาณความชื้นมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ต่อการจมน้ำหรือลอยในน้ำ กลุ่ม T2 แสดงคุณลักษณะที่ดีของผลบริบูรณ์ โดยเลือกผลเป็นสีเขียวอ่อนมีค่า L^* , a^* , b^* , C^* และ H^* เท่ากับ 60.80, -10.06, 36.79, 40.63 และ 105.57 ตามลำดับ เนื้อผลเป็นสีเหลืองปนส้มมีค่า L^* , a^* , b^* , C^* และ H^* เท่ากับ 75.30, 3.54, 42.48, 41.97 และ 85.94 ตามลำดับ เนื้อผลมีความเข้มข้นของแป้งสูงและมีค่า TSS มีค่าสูง เท่ากับ 9.24% brix ค่า TA และปริมาณความชื้นต่ำ เท่ากับ 3.75 เปอร์เซ็นต์ และ 85.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่ม T1 โดยสรุปพบว่าการใช้วิธีการถ่วงจำเพาะสามารถประเมินคุณภาพของมะม่วงแก้วขมิ้นในระยะบริบูรณ์ทางการค้า

คำสำคัญ: มะม่วงแก้วขมิ้น ความถ่วงจำเพาะ ระยะบริบูรณ์ทางการค้า

¹ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว

¹ Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

² Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

³ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

³ Faculty of Science, Lampang Rajabhat University

⁴ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

⁴ Faculty of Science and Technology, Muban Chombueng Rajabhat University

* Corresponding author. E-mail: kriyot@buu.ac.th

Abstract

Kaew Kamin mango is one of the economic important crops of Sa Kaeo province. Generally, Kaew Kamin mango is consumed in the unripe stage with crunchy texture, slightly sour and sweet taste. The best quality of mango depends on suitable harvesting stage (maturity), however most farmers classify the maturity stages by visual assessment which lack of accuracy. Therefore, this research aimed to study in relationship between specific gravity (SG) and physicochemical and physiology properties of the mango quality at commercial maturity stage. Unripe mangoes at commercial maturity stage were cleaned and divided into two groups: floating in water (T1) and sinking in water with floating in 2% sodium chloride (NaCl) solution (T2). The physical, chemical and physiological properties for each mango group were investigated. It was found that fresh weight, total soluble solids content (TSS), titratable acidity content (TA) and moisture content of mangoes varied significantly ($p<0.05$) with both floating and sinking in water. T2 group was showed the good properties for unripe mangoes, considering as mature. The peel was light green color with L^* , a^* , b^* , C^* and H^* values of 60.80, -10.06, 36.79, 40.63 and 105.57, respectively. The pulp of mango was orange-yellow color with L^* , a^* , b^* , C^* and H^* values of 75.30, 3.54, 42.48, 41.97 and 85.94, respectively. Its pulp had high starch concentration and TSS (9.24 °brix). TA and moisture content of T2 group were low values at 3.75% and 85.13%, respectively, which were significantly different compared to T1 group. In conclusion, SG method can be used to separate the Kaew Kamin mangoes quality at commercial maturity stage.

Keywords: Kaew Kamin mango, specific gravity, commercial maturity stage

บทนำ

มะม่วงแก้วขมิ้น (*Mangifera indica* L.) เป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจอีกหนึ่งชนิดของจังหวัดสระแก้ว โดยมีพื้นที่ปลูกมะม่วงประมาณ 40,659 ไร่ มีผลผลิตรวมประมาณ 50,205 ตัน มีผลผลิตเฉลี่ย 1,486 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่ามีพื้นที่ปลูกมากในหลายอำเภอ ได้แก่ เขาฉกรรจ์ วังน้ำเย็น วัฒนานคร อรัญประเทศ กิ่งวังสมบูรณ์ และอำเภอเมือง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีมะม่วงที่นิยมปลูกอีกหลายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์แก้ว พิมเสน อกร่อง น้ำดอกไม้ เชียวสวย โชคอนันต์ และพัลลัน เป็นต้น เกษตรกรในจังหวัดสระแก้วจึงสามารถกำหนดราคาขายมะม่วงตามขนาดและคุณภาพได้โดยมีการผลิตผลผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศรวมทั้งเพื่อการส่งออก โดยผู้ประกอบการนิยมใช้

มะม่วงแก้วมาแปรรูปเป็นมะม่วงดอง ส่วนพันธุ์มหาชนก แก้ว โชคอนันต์ เชียวมรกต นิยมแปรรูปเป็นน้ำมะม่วงและมะม่วงอบแห้ง แต่ในปี พ.ศ. 2558 นโยบายประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) ส่งผลกระทบต่อเกษตรกรชาวสวนมะม่วงไทยเป็นอย่างมากเนื่องจากทำให้มีมะม่วงแ้วละเม็ด (มะม่วงแก้วขมิ้นหรือแก้วเขมร) ของกัมพูชาเข้ามาในตลาดมะม่วงภายในประเทศไทยในปริมาณมาก (Bang Khae Girl 22, 2022)

มะม่วงแก้วขมิ้น มีความกรอบ รสชาติหวานอมเปรี้ยวน้อยกว่ามะม่วงแก้วของไทย ผลมีลักษณะคล้ายมะม่วงแก้วของไทย เนื้อในมีสีเหลืองขมิ้นเหมือนมะม่วงขายตึก มีลักษณะเด่นคือ ผลดิบมีสีเขียวอ่อนและมีนิวล เนื้อสีเหลือง รสหวานปนเปรี้ยว

ลูกมีขนาดใหญ่ ซึ่งนิยมรับประทานระยะดิบกับน้ำปลาหวาน หรือเมนูอื่น ๆ ได้แก่ เมนูยำมะม่วงและส้มตำมะม่วง เป็นต้น หากบ่มให้ผลสุกเปลือกมีสีเหลืองนวล เนื้อผลมีสีเหลืองอมแดง มีเสี้ยนน้อย ให้รสชาติหวานอร่อย ทำให้มะม่วงพันธุ์นี้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในประเทศไทยอย่างกว้างขวาง ซึ่งในปัจจุบันมีการนำมามีปลูกในพื้นที่จังหวัดสระแก้วเป็นจำนวนมาก เพื่อลดการนำเข้าผลผลิตจากประเทศเพื่อนบ้าน และมีแนวโน้มที่เกษตรกรจะผลิตผลผลิตเพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศและเพื่อการส่งออก โดยขายในรูปของผลสดสำหรับรับประทานดิบและทานสุก หรือนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ (Techno Kaset, 2021)

ในปัจจุบันผลผลิตของมะม่วงแก้วขมิ้นออกสู่ตลาดภายในประเทศและนอกประเทศเป็นจำนวนมาก แต่การเก็บเกี่ยวส่วนใหญ่จะอาศัยความชำนาญของเกษตรกร ซึ่งไม่สามารถควบคุมคุณภาพได้อย่างคงที่และแม่นยำ เมื่อต้องการส่งออกทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ ทำให้พบผลผลิตของมะม่วงแก้วขมิ้นมีผลหลายระยะปนกัน ตั้งแต่ผลอ่อนเหมาะสำหรับทานดิบ ผลบิรูณ์น้อยเป็นระยะมีรสเปรี้ยวอมหวาน และบิรูณ์เต็มที่โดยมีความบิรูณ์ทางสรีรวิทยามีรสหวานอมเปรี้ยวพร้อมจะนำไปบ่มสำหรับรับประทานสุก ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการประเมินคุณภาพผลผลิตให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสำหรับขายให้ผู้บริโภคภายในประเทศรวมไปถึงเพื่อการส่งออกต่างประเทศ ให้ได้ผลผลิตที่ตรงตามความต้องการในระยะบิรูณ์ที่เหมาะสม โดยการประเมินคุณภาพมีหลากหลายวิธีซึ่งส่งผลต่อผู้บริโภคสำหรับการตัดสินใจเลือกซื้อเป็นอย่างมาก เช่น สีเปลือกและ

เนื้อ รูปร่าง น้ำหนัก ความเข้มข้นของแป้ง ความหวาน และความแน่นเนื้อ เป็นต้น (Sombatpraiwan, Tipyavimol, & Treeamnuk, 2012) ซึ่งผลผลิตแต่ละชนิดจะใช้เกณฑ์ในการจำแนกความบิรูณ์แตกต่างกันไป เช่น มะเขือเทศใช้สีผิวแบ่งระดับที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวตั้งแต่ระยะสีเขียว (green) 100 เปอร์เซ็นต์ ถึงระยะมีสีแดง (red) มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (USDA, 2017) ลูกแพร์ใช้ความแน่นเนื้อบอกถึงความแข็งของผลมีค่ามากกว่า 70 นิวตัน ระดับปานกลาง 44-70 นิวตัน และนิ่มมีค่าน้อยกว่า 44 นิวตัน (Delwiche, Arevalo, & Mehischau, 1996) หรือใช้ค่าความถ่วงจำเพาะแยกความบิรูณ์ของมะม่วงพันธุ์สามปี มีค่าน้อยกว่า 1.00 (ลอยน้ำ) 1.00-1.02 (ผลจมน้ำแต่ลอยในน้ำเกลือ 2 เปอร์เซ็นต์) 1.02-1.03 (ผลจมในน้ำเกลือ 2 เปอร์เซ็นต์ แต่ลอยในน้ำเกลือ 4 เปอร์เซ็นต์) 1.03-1.04 (ผลจมในน้ำเกลือ 4 เปอร์เซ็นต์ แต่ลอยในน้ำเกลือ 6 เปอร์เซ็นต์) เป็นต้น (Siripattanakul, Tuntratian, & Charittsean, 2002) ดังนั้นการหาวิธีประเมินคุณภาพผลผลิตมะม่วงแก้วขมิ้นอย่างง่าย สะดวก จะช่วยลดเวลาในการจัดการคัดเลือกผลผลิตให้ได้คุณภาพสำหรับเกษตรกร หรือผู้ส่งออกได้รวดเร็วยิ่งขึ้น และตอบสนองต่อความต้องการผลผลิตที่ได้คุณภาพของผู้บริโภค โดยการศึกษาครั้งนี้สนใจการทดสอบคุณภาพของมะม่วงแก้วขมิ้นที่เก็บเกี่ยวในระยะบิรูณ์ทางการค้าโดยไม่ทำลาย (non-destructive testing) ด้วยวิธีการถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ควบคู่กับการวิเคราะห์คุณภาพของผลผลิตทางกายภาพ เคมี และสรีรวิทยา เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการคัดคุณภาพของมะม่วงแก้วขมิ้น รวมถึงปัจจัยในการบ่งชี้ระยะ

บิรูณ์ทางการค้า (maturity) ที่เหมาะสมในเชิงพาณิชย์ต่อไป

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมพืชตัวอย่าง

มะม่วงแก้วขมิ้นที่ใช้การทดลองครั้งนี้ได้รับมาจากสวนบ้านไร่ ณ ชายแดน จังหวัดสระแก้ว พิกัดสถานที่ทดลองที่ละติจูดที่ $13^{\circ}32'35.9''N$ ลองจิจูดที่ $102^{\circ}19'03.9''E$ มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 114 เมตร โดยทำการคัดเลือกต้นมะม่วงแก้วขมิ้นจากสวนมะม่วง อายุประมาณ 3-4 ปี จำนวน 40 ต้น ทำการผูกช่อดอกโดยเลือกช่อดอกที่มีดอกบานในช่อแล้วประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนดอกทั้งหมด (ช่วงประมาณปลายเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2565) ทำการนับจำนวนวันหลังดอกบานและผูกผลเมื่ออายุประมาณ 6 สัปดาห์ (ช่วงประมาณต้นเดือนมกราคม พ.ศ. 2566) ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตในระยะแก่บิรูณ์ทางการค้า (commercial maturity) และนำกลับมาสู่ห้องปฏิบัติการ

2. วิธีการทดลอง

นำผลผลิตตัวอย่างที่เก็บมาจากสวน ทำการปลิดขั้วและล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด เช็ดผลให้แห้ง ทำการคัดเลือกผลผลิตด้วยวิธีการถ่วงจำเพาะที่แตกต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) ผลที่ลอยน้ำ (ความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1.00; T1) 2) ผลที่จมน้ำแต่ลอยในน้ำเกลือที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (ความถ่วงจำเพาะ 1.00 ถึง 1.02; T2) นำผลผลิตแต่ละกลุ่มวัดผลทางด้านกายภาพ เคมี และสรีรวิทยา ดังต่อไปนี้ ทางกายภาพ ได้แก่ 1) ค่าสีเปลือกและสีเนื้อ ด้วยเครื่อง colorimeter โดยวัดค่าความสว่าง

(L* value) ค่าสีแดงและสีเขียว (+a* value และ -a* value) ค่าสีเหลืองและน้ำเงิน (+b* value และ -b* value) ค่าความเข้มสี (chroma; C* value) และค่าสี (Hue; H° value) 2) ความเข้มข้นของแป้งในเนื้อผลด้วยไอโอดีน (starch iodine test) (Dadzie, & Orchard, 1997) 3) น้ำหนักผล (กรัม; g) 4) ค่าความแน่นเนื้อ (นิวตัน; N) ด้วยเครื่อง fruit hardness tester (Punfujinda, Chumkaew, Gaveevangso, Atthatham, & Suttapong, 2019) ทางเคมี ได้แก่ 5) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อผล (total soluble solids content (TSS); %brix) โดยใช้เครื่อง digital refractometer 6) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเนื้อผล (titratable acidity content (TA); %) (AOAC, 2000) 7) ค่า pH ของเนื้อผล 8) ปริมาณวิตามินซีของเนื้อผล (vitamin C content; mg/100 g fresh weight) (AOAC, 2000) ทางสรีรวิทยา ได้แก่ 9) การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของเนื้อผล (Hong, & Gross, 1998) 10) อัตราการหายใจ โดยการวัดเปอร์เซ็นต์ CO₂ ของผลด้วยเครื่อง CO₂/O₂ headspace analyzer 11) ค่าแอกทิวิตีของน้ำ (water activity; a_w) และ 12) ปริมาณความชื้นของเนื้อผล (%)

3. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

สำหรับการทดลองนี้จะวางแผนการทดลองแบบ t-test และวิเคราะห์ข้อมูลความแปรปรวน และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ treatment combinations โดยใช้ independent-samples t-test ด้วยโปรแกรม IBM SPSS statistic 26 (trial version) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

ผลการศึกษา

ค่าสีเปลือกและสีเนื้อ (L^* , a^* , b^* , C^* และ H^* value)

จากการทดลองพบว่า ค่าสีเปลือกของผลมะม่วงแก้วขมิ้นในระยะบรรจุน้ำในระหว่างกระบวนการคั่ว ดัง (Figure 1a) และ (Table 1) มีค่าความสว่าง (L^* value) ในผลกลุ่มที่จมน้ำแต่ลอยในน้ำเกลือที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (T2) สูงกว่าผลกลุ่มที่ลอยน้ำ (T1) โดยมีค่าเท่ากับ 60.80 และ 59.13 ตามลำดับ ค่าสีแดงและสีเขียว ($+a^*$ value และ $-a^*$ value) ของเปลือกผลในผลกลุ่ม T2 สูงกว่าผลกลุ่ม T1 โดยมีค่าเท่ากับ -10.06 และ -10.36 ตามลำดับ ค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน ($+b^*$ value และ $-b^*$ value) ของเปลือกผลในผลกลุ่ม T2 สูงกว่าผลกลุ่ม T1 โดยมีค่าเท่ากับ 36.79 และ 36.05 ตามลำดับ และค่าสี (H^* value) ของเปลือกผลในผลกลุ่ม T1 สูงกว่าผลกลุ่ม T2 โดยมีค่าเท่ากับ 106.29 และ 105.57 ตามลำดับ ซึ่งค่า L^* , a^* , b^* และ H^* ในกลุ่ม T1 และ T2 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าความเข้มสี (C^* value) ของเปลือกผลในผลกลุ่ม T2 สูงกว่าผลกลุ่ม T1 โดยมีค่าเท่ากับ 40.63 และ 38.06 ตามลำดับ และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่าสีเนื้อของผลมะม่วงแก้วขมิ้นในระยะ

บรรจุน้ำในระหว่างกระบวนการคั่ว ดัง (Figure 1b) และ (Table 2) มีค่าความสว่าง (L^* value) ในผลกลุ่มที่ลอยน้ำ (T1) สูงกว่าผลกลุ่มที่จมน้ำแต่ลอยในน้ำเกลือที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (T2) โดยมีค่าเท่ากับ 75.90 และ 75.30 ตามลำดับ ค่าสีแดงและสีเขียว ($+a^*$ value และ $-a^*$ value) ของเนื้อผลในผลกลุ่ม T2 สูงกว่าผลกลุ่ม T1 โดยมีค่าเท่ากับ 3.54 และ 3.30 ตามลำดับ และค่าความเข้มสี (C^* value) ของเนื้อผลในผลกลุ่ม T2 สูงกว่าผลกลุ่ม T1 โดยมีค่าเท่ากับ 41.97 และ 40.97 ตามลำดับ ซึ่งค่า L^* , a^* และ C^* ในกลุ่ม T1 และ T2 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน ($+b^*$ value และ $-b^*$ value) ของเนื้อผลในผลกลุ่ม T2 สูงกว่าผลกลุ่ม T1 โดยมีค่าเท่ากับ 42.48 และ 39.78 ตามลำดับ และค่าสี (H^* value) ของเนื้อผลในผลกลุ่ม T1 สูงกว่าผลกลุ่ม T2 โดยมีค่าเท่ากับ 88.78 และ 85.94 ตามลำดับ ซึ่งค่า b^* และ H^* ในกลุ่ม T1 และ T2 และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

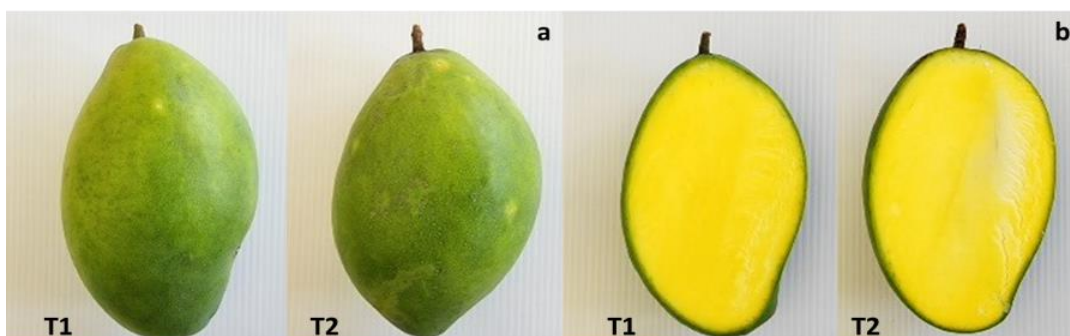


Figure 1 Peel (a) and pulp (b) color of Kaew Kamin mango fruit at commercial maturity stage for floating in water (T1), and sinking in water and floating in 2% NaCl solution (T2).

Table 1 L^* , a^* , b^* , C^* and H^* values of Kaew Kamin mango peel at commercial maturity stage for floating in water (T1), and sinking in water and floating in 2% NaCl solution (T2) (mean $\pm$ SD).

treatments	L^* value	a^* value	b^* value	C^* value ^{1/}	H^* value
T1	59.13 $\pm$ 3.70	-10.36 $\pm$ 0.69	36.05 $\pm$ 3.97	38.06 $\pm$ 1.81 ^b	106.29 $\pm$ 3.05
T2	60.80 $\pm$ 3.31	-10.06 $\pm$ 0.99	36.79 $\pm$ 3.81	40.63 $\pm$ 2.52 ^a	105.57 $\pm$ 1.99
t-test	ns	ns	ns	**	ns

** significantly different at $p < 0.05$.

^{1/} the superscript different letters mean significantly different at $p < 0.05$.

Table 2 L^* , a^* , b^* , C^* and H^* values of Kaew Kamin mango pulp at commercial maturity stage for floating in water (T1), and sinking in water and floating in 2% NaCl solution (T2) (mean $\pm$ SD).

treatments	L^* value	a^* value	b^* value ^{1/}	C^* value	H^* value ^{1/}
T1	75.90 $\pm$ 1.81	3.30 $\pm$ 1.15	39.78 $\pm$ 2.23 ^b	40.97 $\pm$ 3.18	88.78 $\pm$ 3.96 ^a
T2	75.30 $\pm$ 0.86	3.54 $\pm$ 1.41	42.48 $\pm$ 3.27 ^a	41.97 $\pm$ 3.55	85.94 $\pm$ 2.50 ^b
t-test	ns	ns	**	ns	**

** significantly different at $p < 0.05$.

^{1/} the superscript different letters mean significantly different at $p < 0.05$.

ความเข้มข้นของแป้งในเนื้อผล

การเปลี่ยนแปลงสีของผลมะม่วงแก้วขมิ้น ในระยะบรรจบการดำ ดั่ง (Figure 2a) ในผล กลุ่มที่ลอยน้ำ (T1) และผลกลุ่มที่จมน้ำแต่ลอย ในน้ำเกลือที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (T2) มีการพัฒนาเพิ่มปริมาณของแป้งมากขึ้นตาม ลักษณะการบรรจบทางสรีรวิทยา ซึ่งความเข้มข้น ของแป้งที่พบในเนื้อผลมีระดับสีน้ำตาลเข้มในทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ดัง (Figure 2b)

ค่าน้ำหนักและค่าความแน่นเนื้อ

ค่าน้ำหนักผลของผลมะม่วงแก้วขมิ้นในระยะ บรรจบการดำ ดั่ง (Table 3) ในผลกลุ่มที่ลอยน้ำ (T1) สูงกว่าผลกลุ่มที่จมน้ำแต่ลอยในน้ำเกลือที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (T2) โดยมีค่าเท่ากับ 468.06 และ 443.63 กรัม ตามลำดับ และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่าความแน่นเนื้อของผลในกลุ่ม T2 มีค่าสูงกว่ากลุ่ม T1 โดยมีค่าเท่ากับ 170.78 และ 165.16 นิวตัน ตามลำดับ แต่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

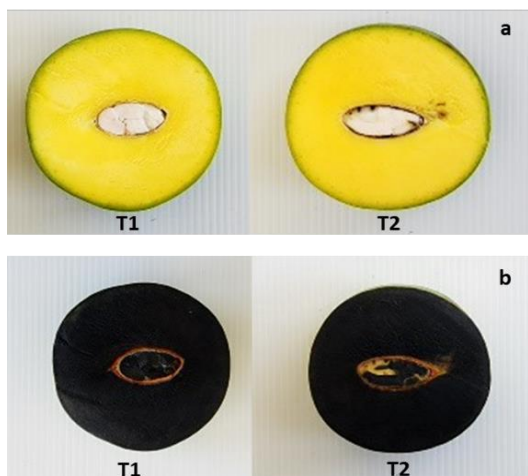


Figure 2 Color changes of Kaew Kamin mango fruit pulp (a) and starch content of pulp (b) at commercial maturity stage for floating in water (T1), and sinking in water and floating in 2% NaCl solution (T2).

Table 3 Weight (g) and firmness (N) of Kaew Kamin mango fruit at commercial maturity stage for floating in water (T1), and sinking in water and floating in 2% NaCl solution (T2) (mean $\pm$ SD).

treatments	weight ^{1/} (g)	firmness (N)
T1	468.06 $\pm$ 14.97 ^a	165.16 $\pm$ 9.62
T2	443.63 $\pm$ 19.42 ^b	170.78 $\pm$ 11.13
t-Test	**	ns

** significantly different at $p<0.05$.

^{1/} the superscript different letters mean significantly different at $p<0.05$.

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ของเนื้อผล

จากการทดลองพบว่าในผลกลุ่มที่จมน้ำแต่ลอยในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (T2) มีค่า TSS สูงกว่าผลกลุ่มที่ลอยน้ำ (T1) โดยมีค่าเท่ากับ 9.24 และ 8.64 %brix ตามลำดับ และในผลกลุ่ม T1 ค่า TA สูงกว่าผลกลุ่ม T2 โดยมีค่าเท่ากับ 3.99 และ 3.75 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งค่า TSS และ TA ของกลุ่ม T1 และ T2 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Table 4)

pH และปริมาณวิตามินซีของเนื้อผล

ในผลกลุ่มที่จมน้ำแต่ลอยในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (T2) มีค่า pH สูงกว่าผลกลุ่มที่ลอยน้ำ (T1) โดยมีค่าเท่ากับ 3.64 และ 3.60 ตามลำดับ และปริมาณวิตามินซีของเนื้อผลกลุ่ม T1 มีค่าสูงมากกว่า T2 โดยมีค่าเท่ากับ 26.31 และ 25.94 mg/100g FW ตามลำดับ ซึ่งค่า pH และปริมาณวิตามินซีของกลุ่ม T1 และ T2 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดัง (Table 4)

การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของเนื้อผลและอัตราการหายใจ

ในผลกลุ่มที่ลอยน้ำ (T1) มีค่าการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์สูงกว่าผลกลุ่มที่จมน้ำแต่ลอยในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (T2) โดยมีค่าเท่ากับ 27.63 และ 25.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในผลกลุ่ม T1 มีค่าอัตราการหายใจสูงกว่าผลกลุ่ม T2 โดยมีค่าเท่ากับ 0.94 และ 0.93 % CO₂/kg/hr ตามลำดับ ซึ่งค่าการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์และอัตราการหายใจของกลุ่ม T1 และ T2 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดัง (Table 5)

ค่าแอสทิวติของน้ำ (a_w) และปริมาณความชื้นของเนื้อผล

ค่าแอสทิวติของน้ำในผลกลุ่มที่ลอยน้ำ (T1) มีค่าสูงกว่าผลกลุ่มที่จมน้ำแต่ลอยในน้ำเกลือที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (T2) โดยมีค่าเท่ากับ 0.9810

และ 0.9805 ตามลำดับ และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ และปริมาณความชื้นของเนื้อผลในกลุ่ม T1 มีค่าสูงกว่า T2 โดยมีค่าเท่ากับ 87.03 และ 85.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดัง (Table 5)

Table 4 Total soluble solids content (TSS; °brix), titratable acidity content (TA; %), pH and vitamin C content (mg/100g fresh weight; FW) of Kaew Kamin mango pulp at commercial maturity stage for floating in water (T1), and sinking in water and floating in 2% NaCl solution (T2) (mean±SD).

treatments	TSS content ^{1/} (%brix)	TA content ^{1/} (%)	pH	vitamin C content (mg/100g FW)
T1	8.64±0.21 ^b	3.99±0.15 ^a	3.60±0.05	26.31±1.04
T2	9.24±0.39 ^a	3.75±0.80 ^b	3.64±0.03	25.94±1.04
t-test	**	**	ns	ns

** significantly different at $p<0.05$.

^{1/} the superscript different letters mean significantly different at $p<0.05$.

Table 5 Electrolyte leakage (%), respiration rate (%CO₂/kg/hr), water activity (a_w) and moisture content (%) of Kaew Kamin mango pulp at commercial maturity stage for floating in water (T1), and sinking in water and floating in 2% NaCl solution (T2) (mean±SD).

treatments	electrolyte leakage (%)	respiration rate (%CO ₂ /kg/hr)	a_w	moisture content ^{1/} (%)
T1	27.63±2.96	0.94±0.03	0.98±0.00	87.03±.008 ^a
T2	25.21±4.16	0.93±0.03	0.98±0.00	85.13±1.42 ^b
t-test	ns	ns	ns	**

** significantly different at $p<0.05$.

^{1/} the superscript different letters mean significantly different at $p<0.05$.

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาค่าสีเปลือกของผลมะม่วง แก้วขมิ้นในระยะบรรจุน้ำเพื่อการค้าพบว่า เปลือกผลมีสีเขียวคลดง ($-a^*$ value) มีสีเหลือง ($+b^*$ value) และความสว่าง (L^* value) เพิ่มขึ้น และเปลือกมี

สีเขียวอ่อน (H^o value) ทั้งในกลุ่มที่ลอยน้ำ (T1) และในผลกลุ่มที่จมน้ำแต่ลอยในน้ำเกลือที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (T2) โดยมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีเพียงค่าความเข้มสี (C^* value) ของ T2 มีค่าสูงกว่า T1 แสดงให้เห็นว่าเปลือกผลของกลุ่ม T2

มีสีเหลืองมากกว่า T1 เนื่องจาก T2 เข้าสู่ระยะการแก่ทางสรีรวิทยามากกว่า T1 (Siripattanakul, Tuntratian, & Charittsean, 2002) ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อมีการพัฒนาของค่าสีเหลือง ($+b^*$ value) และมีสีเหลืองปนส้มเพิ่มขึ้น (H^* value) ในกลุ่ม T2 มากขึ้นกว่ากลุ่ม T1 เนื่องจากมีการสะสมของปริมาณเบต้าแคโรทีนเพิ่มสูงขึ้นตามการเจริญของผลจนกระทั่งเข้าสู่ระยะบรรจบ สอดคล้องกับมะม่วง 4 พันธุ์ของบังคลาเทศ ได้แก่ Fazli, Khirsapat, Langra และ Gopalbhog (Ittafaquul Azad, Golum Mortuza, Al-Amin, Naher, & Khorshed Alam, 2009) รวมทั้งความเข้มข้นของแป้งในเนื้อผลปริมาณสูงในทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง เนื่องจากในระยะการเจริญของผลมะม่วงจนกระทั่งบรรจบเต็มที่เซลล์ของมะม่วงมีการสะสมแป้งสูงขึ้นภายหลังจากหยุดการแบ่งเซลล์ สอดคล้องกับการศึกษาในมะม่วงพันธุ์ทองดำ (Ketsa, Rattanamalee, & Bahprasert, 1991) และมะม่วงอีก 4 พันธุ์ ได้แก่ Haden, Kent, Palmer และ Keitt ระหว่างการเจริญของผลพบว่าเนื้อผลจะไต่ระดับของสีน้ำเงินเข้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงระยะบรรจบทางสรีรวิทยาจะมีสีน้ำเงินเข้มที่สูงที่สุดซึ่งแตกต่างกันขึ้นกับมะม่วงแต่ละสายพันธุ์ โดยมีความเข้มข้นของแป้งสูงสุดวันที่ 112, 126, 133 และ 140 วันหลังติดผล ตามลำดับ (Abu, Olympio, & Darko, 2020) ทั้งนี้จากการทดลองในครั้งนี้ไม่สามารถแยกความแตกต่างของความเข้มข้นของแป้งในกลุ่ม T1 และ T2 ได้อย่างชัดเจนด้วยสายตา

ผลมะม่วงระยะบรรจบทางการค้าพบค่าน้ำหนักของผลมีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้นตามอายุ ในกลุ่ม T1 แตกต่างจาก T2 เนื่องจากมีการสะสมขององค์ประกอบ

ต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำพวกแป้งมากขึ้นตามระยะการเจริญของผล และช่วงเวลาใกล้บรรจบเต็มที่จะพบปริมาณออกซินลดลงทำให้ผลและเมล็ดเติบโตอย่างช้า ๆ จนกระทั่งผลแก่ ซึ่งสามารถใช้น้ำหนัก ความหนาแน่น ความกว้าง ความยาว และความหนาของผล รวมทั้งความเข้มข้นของแป้งในเนื้อผลสำหรับแนะนำถึงระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ (Ketsa, Rattanamalee, & Bahprasert, 1991; Singh, Singh, Chakraborty, Panji, & Hynniewta, 2014) โดยพบความแน่นเนื้อในกลุ่ม T2 สูงมากกว่า T1 เนื่องจากผลในระยะก่อนบรรจบเต็มจะมีค่าความแน่นเนื้อเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีค่าสูงสุดเข้าสู่ระยะบรรจบทางการค้า และมีค่าลดลงอย่างช้า ๆ เมื่อผลเข้าสู่ระยะบรรจบเต็มที่ สอดคล้องกับงานวิจัยของมะม่วงโชคอนันต์และน้ำดอกไม้ม (Jarimopas, & Kitthawee, 2007) และจากความแน่นเนื้อที่มีค่าสูงในผลระยะบรรจบทางการค้าส่งผลให้พบค่าการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ลดต่ำลง เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์เพคตินเมทิลเอสเทอเรส (pectin methylesterase) และโพลิกลาแลคทูโรเนส (polygalacturonase) มีค่าต่ำในผลที่ยังไม่เข้าสู่ระยะบรรจบ ทำให้ผนังเซลล์แข็งแรง และเมื่อผลเข้าสู่ระยะบรรจบทางสรีรวิทยาและผลถูกเก็บเกี่ยวพร้อมเข้าสู่กระบวนการสุก ค่าการทำงานของเอนไซม์ทั้งสองชนิดจะเริ่มเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยในมะม่วงพันธุ์ Arumanis (Tridjaja, & Mahendra, 2000)

จากการทดลองพบค่าแอคทิวิตีของน้ำและความชื้นของเนื้อผลที่มีค่าต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อผลมะม่วงมีอายุมากขึ้นจะมีน้ำหนักแห้งเพิ่มมากขึ้น

ส่งผลให้มีค่าถ่วงจำเพาะของผลที่เพิ่มสูงตามไปด้วย มะม่วงที่ระยะเดียวกัน ความอ่อน-แก่ต่างกัน จะเกิดการจมและลอยในน้ำที่แตกต่างกัน รวมไปถึงองค์ประกอบทางเคมีในเรื่องของปริมาณแป้งที่มีการสะสมในปริมาณมากเมื่อผลถึงระยะบรรจุน้ำ สอดคล้องกับมะม่วงพันธุ์สามปีที่มีปริมาณแป้งสูงที่สุดเท่ากับ 10.13 เปอร์เซ็นต์ (Siripattanakul, Tuntratian, & Charittsean, 2002) และเมื่อผลเข้าสู่ระยะบรรจุน้ำทางการค้าจะพบค่าความชื้นของเนื้อผลจะลดต่ำลงดังการศึกษาในมะม่วงพันธุ์ Arumanis ที่อายุ 11 สัปดาห์หลังดอกบาน พบความชื้นต่ำสุดที่ 8.74 เปอร์เซ็นต์ (Tridjaja, & Mahendra, 2000) รวมทั้งอัตราการหายใจที่พบมีค่าต่ำตามไปด้วย เนื่องจากมะม่วงซึ่งเป็นผลไม้กลุ่ม climacteric จะมีค่าอัตราการหายใจที่ลดลงระหว่างการเจริญของผลจนกระทั่งก่อนระยะบรรจุน้ำทางสรีรวิทยา ซึ่งเป็นระยะพร้อมเก็บเกี่ยวทางการค้าเหมาะสมสำหรับการขนส่งและเก็บรักษา หลังจากนั้นอัตราการหายใจจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเข้าสู่ระยะการสุก (Abu, Olympio, & Darko, 2021)

จากปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในกลุ่ม T2 สูงกว่า T1 เนื่องจากแป้งที่สะสมในส่วนขอเนื้อผลมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นน้ำตาลที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นในผลที่เจริญในระยะบรรจุน้ำ และมีค่า TSS สะสมเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าสู่กระบวนการสุก สอดคล้องกับผลมะม่วงพันธุ์ทองดำ Carabao และน้ำดอกไม้ (Ketsa, Rattanamalee, & Bahprasert, 1991; Tridjaja, & Mahendra, 2000; Sombatpraiwan, Tipyavimol, & Treeamnuak, 2012) ส่วน TA และปริมาณวิตามินซีในกลุ่มผล T2 มีค่าต่ำกว่า T1 สอดคล้องกับ pH มีค่า

เพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับมะม่วงพันธุ์ Arumanis ซึ่งพบปริมาณ TA ลดลงในผลระยะบรรจุน้ำในช่วงอายุ 16 สัปดาห์หลังดอกบาน (0.13 เปอร์เซ็นต์) แต่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับผลอายุ 13-15 สัปดาห์หลังดอกบาน ปริมาณวิตามินซีลดลง (23.20 mg/l) ในระยะเก็บเกี่ยว และพบ pH มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย (Tridjaja, & Mahendra, 2000) นอกจากนี้ปริมาณ TA ที่ลดลงถูกนำไปเปลี่ยนเป็นน้ำตาลในมะม่วงพันธุ์ทองคำ (Ketsa, Rattanamalee, & Bahprasert, 1991)

สรุป

จากการประเมินคุณภาพของผลมะม่วงแก้วขมิ้นในระยะบรรจุน้ำทางการค้าโดยอาศัยวิธีการถ่วงจำเพาะพบว่า การจมและการลอยในน้ำเกลือที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแปรผันไปตามค่าน้ำหนักผล ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และปริมาณความชื้นของเนื้อผล ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าวิธีการถ่วงจำเพาะสามารถใช้คัดแยกคุณภาพของมะม่วงแก้วขมิ้นในระยะบรรจุน้ำทางการค้าได้ โดยสามารถคัดแยกมะม่วงได้เป็น 2 ระยะ ได้แก่ ระยะผลอ่อน และระยะบรรจุน้ำทางการค้า การอาศัยการถ่วงจำเพาะด้วยน้ำเกลือเป็นวิธีการที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว และไม่ทำลายผลผลิต เหมาะต่อการนำไปใช้แยกคุณภาพของผลมะม่วงแก้วขมิ้นในแปลงปลูกได้ในอนาคต

คำขอบคุณ

โครงการวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยบูรพา งบประมาณเงิน

อุดหนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประเภท Fundamental Fund ปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 เลขที่สัญญา ววน. 20/2566 ขอขอบคุณ นางสาวมัทนา คำวิชัย เจ้าของสวนเกษตรทุ่งนาตาล By ณ ชายแดน สำหรับการอนุเคราะห์ข้อมูลและมะม่วงแก้วขมิ้นสำหรับทำวิจัย และขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Abu, M., Olympio, N. S., & Darko, J. O. (2020). Appropriate harvest maturity for mango (*Mangifera indica* L.) fruit using age control and fruit growth and development attributes. *Horticulture International Journal*, 4(5), 213-219.
- Abu, M., Olympio, N. S., & Darko, J. O. (2021). Determination of harvest maturity for mango (*Mangifera indica* L.) fruit by non-destructive criteria. *Agricultural Sciences*, 12, 1103-1118.
- AOAC. (2000). *Official methods of analysis* (17th ed.). Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemist.
- Bang Khae Girl 22. (2022). *Kaew Kamin mango new economic crops of Sa Kaeo*. Retrieved 1 March 2023, from https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology/article_55332 (in Thai)
- Dadzie, B. K., & Orchard, J. E. (1997). *Routine post-harvest screening of banana/plantain hybrids: criteria and methods*. Rome: International Plant Genetic Resources Institute.
- Delwiche, M. J., Arevalo, H., & Mehischau, J. (1996). Second generation impact force response fruit firmness sorter. *Transactions of the ASAE*, 39(3), 1025-1033.
- Hong, J. H., & Gross, K. C. (1998). Surface sterilization of whole tomato fruit with sodium hypochlorite influences subsequent postharvest behavior of fresh-cut slices. *Postharvest Biology and Technology*, 13, 51-58.
- Ittafaqul Azad, M., Golum Mortuza, M., Al-Amin, M., Naher, M. N. A., & Khorshed Alam, S. M. (2009). Qualitative analysis of mango (*Mangifera indica* L.) fruits at different maturity stages. *The Agriculturists*, 7(1&2), 1-5.
- Jarimopas, B., & Kitthawee, U. (2007). Firmness properties of mangoes. *International Journal of Food Properties*, 10, 899-909.
- Ketsa, S., Rattanamalee, S., & Bahprasert, C. (1991). Growth, development, biochemical changes and harvesting index of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Tongdum. *Kasetsart Journal: Natural Science*, 25(4), 391-399. (in Thai)
- Punfujinda, C., Chumkaew, K., Gaveevangso, A., Atthatham, A., & Suttapong, S. (2019). Effects of ground dried basil leaves on chemical composition and sensory acceptance of bread. *RMUTSB Academic Journal*, 7(2), 192-204. (in Thai)
- Siripattanakul, W., Tuntratian, S., & Charittsean, T. (2002). Maturity and aging condition of mango variety Sam-pee for mango juice production. *Proceeding of the 40th Kasetsart University Annual Conference: Plants, Agricultural Extension and Communication, Ago-Industry* (pp. 413-420). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Singh, B., Singh, H., Chakraborty, I., Panja, P., & Hynniewta, L. (2014). Physicochemical properties of three commercial varieties of mango

(*Mangifera indica* L.) in West Bengal. *National Seminar on Integrated Approaches in Horticulture for Sustainable Development*. Visva-Bharati, Sriniketan, West Bengal: Palli Siksha Bhavana (Institute of Agriculture).

Sombatpraiwan, S., Tipyavimol, T., & Treeamnuk, K. (2012).

Postharvest changes in quality characteristics of Nam Dokmai mango. *Proceeding of the 13th the Thai Society of Agricultural Engineering* (pp. 518-525). Chiangmai: The Thai Society of Engineering. (in Thai)

Techno Kaset. (2021). *Investigate the path of fruits that make money, Kaew Kamin, cross the border to seize Thailand*. Retrieved 1 March 2023, from https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology/article_180119 (in Thai)

Tridjaja, N. O., & Mahendra, M. S. (2000). Maturity indices and harvesting practice of "Arumanis" mango related to the target market. *Journal of Agricultural Technology*, 1(3), 17-22.

USDA. (2017). *Equipment catalog for fresh and processed products inspections*. Washington, D.C.: Equipment & Forms Depot USDA.