P-ISSN 0858-4435
E-ISSN 2651-1231

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี Homepage : *http://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj*
ปีที่ 30 ฉบับที่ 5 (กันยายน-ตุลาคม 2565) หน้า [63-79]

ผลของวิธีการสกัดด้วยความร้อน กรด และเอนไซม์ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของน้ำเชื่อมลองกอง

Effects of Thermal, Acidic, and Enzymatic Extraction Methods on the Physicochemical, Microbiological, and Sensory Properties of Longkong Syrup

สิปนนท์ ชายแก้ว[1], ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์[2], ศรชัย สินสุวรรณ[1,*]

[1]*สาขาวิชามนุษยนิเวศศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120*

[2]*สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900*

Sipanon Chaykaew[1], Parisut Chalermchaiwat[2], Sornchai Sinsuwan[1,*]

[1]*School of Human Ecology, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120*

[2]*Food and Nutrition Program, Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900*

Received 23 July 2022; Received in revised 3 September 2022; Accepted 20 September 2022

บทคัดย่อ

ลองกอง (*Lansium domesticum* Corr.) เป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ผลลองกองสดในฤดูกาลเก็บเกี่ยวมักมีราคาตกต่ำเนื่องจากผลผลิตในพื้นที่เพาะปลูกที่ออกมาจำนวนมาก งานวิจัยนี้จึงพยายามเพิ่มมูลค่าให้กับผลลองกองคุณภาพต่ำโดยการผลิตเป็นน้ำเชื่อมหรือไซรัป โดยศึกษาวิธีการสกัด (การปั่นผสมการใช้ความร้อน (90ºC, 15 นาที) การใช้กรดและความร้อน (กรดไฮดรอคลอลิกเข้มข้น 0.1 N ที่อุณหภูมิ 90ºC, 15 นาที) และการใช้เอนไซม์เพกติเนส) ที่เนื้อลองกองต่อน้ำ ณ อัตราส่วนต่างๆ (1:0 1:1 และ 1:2) เพื่อเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่า อัตราส่วนระหว่างเนื้อลองกองต่อน้ำที่ 1: 1 ด้วยวิธีการสกัดด้วยเอนไซม์เพกติเนสทำให้ได้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุด ($p \leq 0.05$) การสกัดด้วยเอนไซม์เพกติเนสเป็นเวลา 2 ชั่วโมงทำให้ได้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุด น้ำเชื่อมลองกองเตรียมโดยเติมน้ำตาลทรายลงในน้ำลองกองให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายที่ร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก น้ำเชื่อมที่เตรียมจากน้ำลองกองสกัดด้วยเอนไซม์เพกติเนสมีความใส การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า น้ำเชื่อมลองกองจากการสกัดด้วยเอนไซม์เพกติเนสเป็นที่ยอมรับจากผู้ชิมทดสอง ($p \leq 0.05$) การ

***ผู้รับผิดชอบบทความ:** sornchai.sin@stou.ac.th

doi: 10.14456/tstj.2022.52

ศึกษาทางด้านจุลินทรีย์ พบว่า น้ำเชื่อมลองกองที่ได้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส และแซลโมเนลลา เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) 1500/2561 ไซรัปจากพืช

คำสำคัญ: ลองกอง; น้ำเชื่อม; เพกติเนส; กรด; ความร้อน

Abstract

Longkong (*Lansium domesticum* Corr.) is an important economic fruit in Southern Thailand. The prices of fresh longkongs in the harvesting season were significantly low due to large domestic production. This research attempted to increase the values of longkongs with low-grade quality by producing syrup. Extraction methods (blending, hot water (90°C, 15 min), hot acid (0.1N HCl at 90°C, 15 min), and pectinase) with varying pulp: water ratio (1:0, 1:1, and 1:2) were performed to improve recovery of soluble solids (RSS). The pulp: water at ratio 1: 1 treated with pectinase showed the highest RSS ($p \leq 0.05$). It was found that the highest RSS could reach within 2 h of incubation with pectinase extraction. Longkong syrup was prepared by adding sucrose to longkong juices at a final concentration of 70% w/w. Clarified longkong syrup formulated with pectinase extract was obtained. Sensory evaluation showed that pectinase-treated longkong syrup was more appreciated by panelists ($p \leq 0.05$). A microbiological study showed that levels of aerobic plate count, yeast and mold count, *Staphylococcus aureus*, and *Salmonella* spp. of the longkong syrups complied with Thai Community Product Standard (TCPS) 1500/2561 for plant-based syrup.

Keywords: Longkong; Syrup; Pectinase; Acid; Heat

1. บทนำ

ลองกอง (longkong) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย เกษตรกรให้ความสนใจเพาะปลูกกันมากขึ้นและมีอัตราการขยายตัวของพื้นที่ปลูกอย่างต่อเนื่อง ใน พ.ศ. 2564 มีพื้นที่ปลูกที่ให้ผลลองกองในภาคใต้และภาคตะวันออก รวมกันประมาณ 169,896 ไร่ ให้ผลผลิตรวมประมาณ 55,790 ตัน [1] โดยมีต้นทุนการผลิตประมาณ 4,700 บาทต่อไร่ แหล่งปลูกที่สำคัญของไทยคือ ภาคใต้ ได้แก่ นราธิวาส ยะลา นครศรีธรรมราช ชุมพร ปัตตานี ระนอง สงขลา พังงา และภาคตะวันออก ได้แก่ จันทบุรี ระยอง ตราด ลองกองสามารถจำแนกพันธุ์ตามลักษณะของผลได้ 3 พันธุ์ คือ ลองกองแห้ง ลองกองน้ำ ลองกองปาลาแมหรือลองกองแปร์แมร์ ผลลองกองที่ผลิตได้ส่วนใหญ่บริโภคภายในประเทศ มีการส่งออกต่างประเทศบ้างเล็กน้อย สาเหตุที่การส่งออกลองกองค่อนข้างต่ำเนื่องจากสภาพปัญหาผลผลิตคุณภาพต่ำและการหลุดร่วงของผลจากช่อ รวมทั้งการเสื่อมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวที่รวดเร็ว สีผิวจะเปลี่ยนจากสีเหลืองนวลเป็นสีน้ำตาลไหม้ มีอาการผลเน่าเร็ว ช่วงเดือนสิงหาคมถึงตุลาคมเป็นช่วงที่มีผลผลิตลองกองออกสู่ตลาดมากที่สุด [2, 3] ซึ่งจะพบว่าลองกองที่จำหน่ายมีทั้งแบบเป็นผลติดช่อและลองกองตกเกรด โดยลองกองมักประสบปัญหาราคาตกต่ำ โดยเฉพาะใน ปี 2560 -2564 ตามราคากลางตลาดสดเทศบาลนครยะลา สำรวจปี 2564 พบลองกองที่ไม่ได้ขนาดมีราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 5-10 บาท ลองกองจำนวนมากที่ร่วงหล่นจากต้นจะไม่มีผู้รับซื้อ จึงส่งผลให้เกษตรกรผู้ปลูกลองกองได้รับความเดือดร้อน ใน พ.ศ. 2560 ลองกองประสบปัญหาล้นตลาดถึง 80,000 ตัน รัฐบาลในขณะนั้นจึงได้กำชับทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทำแผนการตลาดช่วยซื้อลองกอง และช่วยหาตลาดทั้งในและต่างประเทศ พร้อมมาตรการหนุนช่วยรองรับผลผลิตลองกอง ดังนั้นการนำผลลองกองสดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารจึงเป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าและลดปัญหาการจำหน่ายลองกองสดตกเกรดที่ไม่ได้ราคา

ลองกอง (longkong) จัดเป็นผลไม้เมืองร้อนมีชื่อสกุลเดียวกับลางสาดและดูกู (duku) ลองกองจัดอยู่ในวงศ์ Meliaceae ลองกองเป็นผลไม้ประเภทผลไม้ที่บ่มไม่ได้ (non-climacteric) เช่นเดียวกับลางสาด ส้ม เงาะ และลิ้นจี่ การเก็บเกี่ยวจะดำเนินการภายหลังจากผลสุกที่สีเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแล้ว แต่ด้วยการสุกของผลอาจเกิดไม่พร้อมกันในช่อเดียวกัน จึงเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพได้ ผลลองกองสุกจะมีรสหวานอมเปรี้ยว มีคุณค่าทางโภชนาการของผลลองกองในส่วนที่กินได้ 100 กรัม ประกอบด้วยความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 81 0.9 และ 16.2 กรัม ตามลำดับ มีไขมันน้อยมากเท่ากับ 0.1 กรัม มีเบต้าแคโรทีน 11 มิลลิกรัม วิตามินซี 4 มิลลิกรัม และให้ปริมาณแคลอรี 70 กิโลแคลอรี่ [4] มีรายงานการนำผลลองกองแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ลองกองแผ่นอบแห้งเสริม *Lactobacillus casei* TISTR 1463 ที่ห่อหุ้มด้วยอัลจิเนต [5] เยลลี่จากลองกอง [6] น้ำเชื่อมลองกองที่ใช้วิธีทำเข้มข้นด้วยวิธีระเหยแบบสุญญากาศ [7] เป็นต้น

น้ำเชื่อมหรือไซรัป (syrup) เป็นผลิตภัณฑ์น้ำหวานที่ได้จากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ช่อดอก ผล ราก ลำต้น เป็นต้น กรองและเคี่ยวจนได้ลักษณะข้นเหลวตามที่ต้องการ หรือได้จากการย่อยคาร์โบไฮเดรตของพืชโดยกรรมวิธีทางธรรมชาติหรือกรรมวิธีเฉพาะ บรรจุในภาชนะบรรจุปิดได้สนิท ทั้งนี้ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำเชื่อมต้องไม่น้อยกว่า 70 องศาบริกซ์ [8] ขั้นตอนสำคัญของการผลิตน้ำเชื่อมมี 2 ขั้นตอน ได้แก่ การสกัดน้ำผลไม้ และการทำให้เข้มข้น โดยการสกัดอาจทำให้หลายวิธี เช่น การปั่นผสม การใช้อุณหภูมิสูง การใช้หม้อนึ่งความดันสูง การใช้เอนไซม์เพกติเนส การใช้เอนไซม์-เซลลูเลส เป็นต้น [9] การใช้เอนไซม์สกัดน้ำผลไม้เป็นวิธีการที่นิยม โดยการใช้เอนไซม์เพกทิเนส (pectinase) และเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) ร่วมกันจะเพิ่มประสิทธิภาพการไฮโดรไลต์ผนังเซลล์และช่วยปรับปรุงสมบัติของการไหลของน้ำผลไม้ที่สกัดได้ เนื่องจากเอนไซม์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำผลไม้ให้มีโมเลกุล

เล็กลงและเปลี่ยนให้กลายเป็นสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ ทำให้ผลไม้ใสขึ้นได้อีกด้วย [10] การใช้แรงกลเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้สกัดน้ำผลไม้เนื่องจากมีต้นทุนต่ำ วัสดุอุปกรณ์หาได้ไม่ยาก และเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพการสกัดสูง โดยกระบวนการใช้ได้ทั้งผลไม้ที่ปอกและไม่ปอกเปลือก [11] นอกจากนี้ยังมีวิธีการใช้น้ำความร้อนหรือไมโครเวฟร่วมด้วยเพื่อเพิ่มผลผลิต (yield) และช่วยยับยั้งเอนไซม์ที่ทำให้น้ำผลไม้มีคุณภาพลดลง เช่น พอลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) เป็นต้น [12, 13] โดยปกติเนื้อลองกองมีปริมาณของแข็งที่ประมาณ 10-12 องศาบริกซ์ ดังนั้นในการทำให้เข้มข้นเพื่อผลิตน้ำเชื่อมลองกองจึงจำเป็นต้องเติมน้ำตาลเพื่อทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำเชื่อมเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด ได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความข้นหนืด มีกลิ่นผลไม้ และสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน โดยน้ำเชื่อมลองกองสามารถนำไปใช้เป็นสารให้ความหวาน ให้กลิ่นรสลองกอง รับประทานร่วมกับอาหารเพื่อให้ได้รสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เช่น ขนมหวาน ไอศกรีม ขนมอบ เครื่องดื่ม เป็นต้น

วิทยาลัยอาชีวศึกษายะลาได้มีการแปรรูปลองกองเป็นผลิตชนิดต่างๆ อาทิ ลองกองแช่อิ่มอบแห้ง แยมลองกอง ลองกองหยี 3 รส และน้ำเชื่อมลองกองอยู่ก่อนแล้ว แต่เนื่องจากขาดองค์ความรู้ในการผลิต ทำให้ผลิตภัณฑ์ไซรัปลองกองที่ได้มีลักษณะที่ขุ่น ข้น มีสีคล้ำ และมีลักษณะเป็นฟอง ผลิตภัณฑ์จึงไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาสภาวะการสกัดน้ำลองกองด้วยวิธีการใช้ความร้อน กรด และเอนไซม์เพกติเนส และคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ จุลินทรีย์ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำเชื่อมลองกองที่ได้

2. วิธีการ

2.1 การเตรียมน้ำลองกอง

ลองกอง (*Lansium domesticum* Corr.) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นลองกองตกเกรดจากแหล่งปลูกในพื้นที่ตำบลสะเอะ อำเภอกรงปินัง จังหวัดยะลา ช่วงการเก็บเกี่ยวผลิตผลเดือน สิงหาคม-ตุลาคม ซึ่งมีอายุการเก็บเกี่ยว 12-13 สัปดาห์ (180-200 วัน) ค่าของแข็งที่ละลายน้ำในส่วนของเหลวที่บีบคั้นจากเนื้อลองกองอยู่ในช่วง 10-12 องศาบริกซ์ นำผลลองกองสุกล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก คว้านเมล็ดออก และนำเนื้อลองกองที่ได้เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -18°C จนกว่าทำการวิเคราะห์และวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (moisture content) เถ้า (ash content) โปรตีน (protein) ไขมัน (fat) และคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ตามวิธีการของ AOAC Official Method [14] ตามลำดับ

นำเนื้อลองกองมาสกัดน้ำลองกองหรือของแข็งที่ละลายน้ำได้ (soluble solid) ด้วยวิธีการวิธีการใช้ความร้อน กรด และเอนไซม์เพกติเนส โดยสารเคมีและเอนไซม์ที่ใช้ในการสกัดเป็นสารที่ใช้ได้ในอาหาร (food grade) วิธีการมีรายละเอียดดังนี้ (1) นำเนื้อลองกอง 100 กรัม ไม่เติมน้ำสะอาด และที่เติมน้ำสะอาดปริมาตร 100 มิลลิลิตร และ 200 มิลลิลิตร ปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นผสมที่ความเร็ว 17,200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางหนา 5 ชั้น ส่วนของเหลวที่กรองได้ใช้เป็นตัวอย่างควบคุม (Control) (2) นำเนื้อลองกอง 100 กรัม ที่ไม่เติมน้ำสะอาด และที่เติมน้ำสะอาดปริมาตร 100 มิลลิลิตร และ 200 มิลลิลิตร ปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นผสมที่ความเร็ว 17,200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 วินาที นำของผสมที่ได้ให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 15 นาที พร้อมกวนผสมตลอดเวลา จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางหนา 5 ชั้น ส่วนของเหลวที่กรองได้ใช้เป็นตัวอย่าง Heat (3) นำเนื้อลองกอง 100 กรัม ที่ไม่เติมสารละลายกรดไฮดรอคลอลิกเจือจาง (0.1 N HCl) และที่เติมปริมาตร 100 มิลลิลิตร และ 200 มิลลิลิตร ปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นผสมที่ความเร็ว 17,200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 วินาที นำของผสมที่ได้ให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 15 นาที พร้อมกวนผสมตลอดเวลา จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางหนา 5 ชั้น ส่วนของเหลวที่กรองได้ใช้เป็นตัวอย่าง

Acid และ (4) นำเนื้อลองกอง 100 กรัม ที่ไม่เติมน้ำสะอาด และที่เติมในปริมาตร 100 มิลลิลิตร และ 200 มิลลิลิตร ปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นผสมที่ความเร็ว 17,200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นเติมเอนไซม์เพกติเนส ปริมาณ 2% v/w ของน้ำหนักเนื้อลองกอง นำของผสมที่ได้ให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พร้อมกวนผสมตลอดเวลา จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางหนา 5 ชั้น ส่วนของเหลวที่กรองได้ใช้เป็นตัวอย่างแทนด้วยคำว่า Pec (Figure 1) ตรวจวัดค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ จากนั้นจึงคำนวณร้อยละกลับคืนของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%recovery of soluble solids : RSS) ดังสมการ RSS = ((น้ำหนักน้ำลองกองที่สกัดได้ (g) x ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%)) / น้ำหนักเนื้อลองกองเริ่มต้น (g)) x 100 [9]

สำหรับตัวอย่าง Pec ทำการสกัดด้วยวิธีที่กล่าวแล้ว โดยเก็บตัวอย่างตามระยะเวลาการสกัดคือ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง จากนั้นคำนวณค่า RSS เช่นเดียวกับวิธีข้างต้น

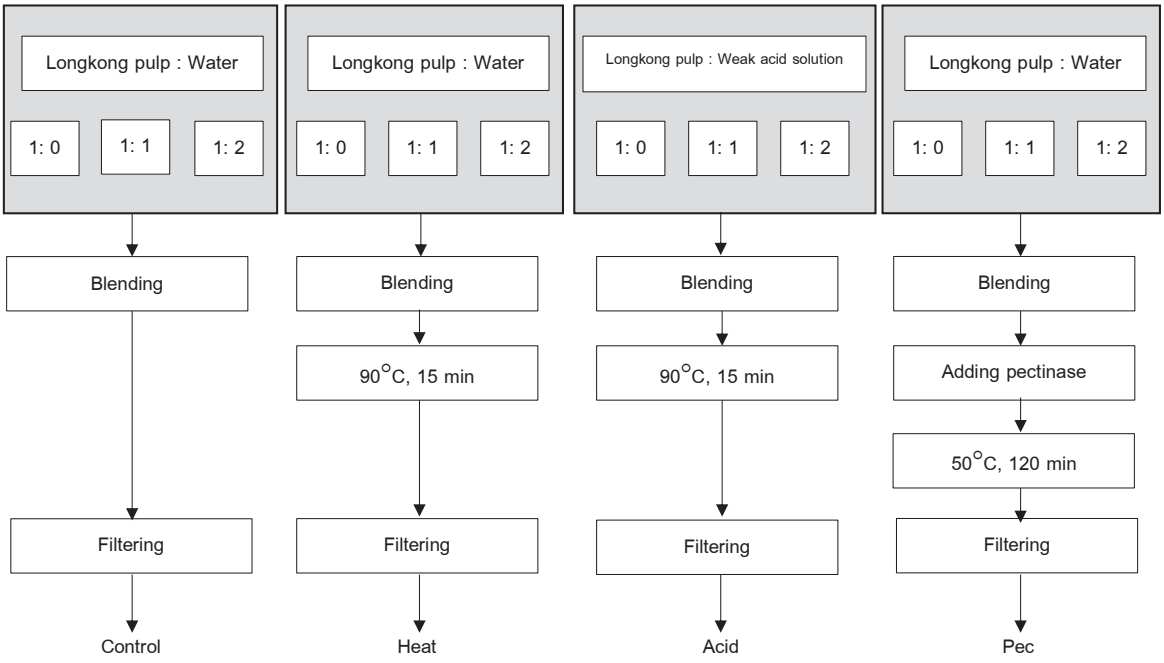

Figure 1 Schematic diagram of the juice extraction experiments.

2.2 การเตรียมน้ำเชื่อมลองกอง

นำสารสกัดของแข็งละลายน้ำที่ได้จากเนื้อลองกองที่มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำประมาณ 10-12 องศาบริกซ์ ให้ความร้อนมีอุณหภูมิ 70°C จากนั้นเติมน้ำตาลทรายขาวให้ได้ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ 70 องศาบริกซ์ บรรจุในขวดแก้วขณะร้อน ทำให้เย็น และรอการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ จุลินทรีย์ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำเชื่อมลองกองต่อไป

2.3 คุณสมบัติเคมี-กายภาพ

น้ำลองกองวิเคราะห์ค่าพีเอช ค่าสี และค่าความขุ่น ขณะที่น้ำเชื่อมลองกองวิเคราะห์ค่าพีเอช ค่าสี ค่าความขุ่น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณความชื้น และค่าความหนืด รายละเอียดดังนี้

2.3.1 ค่าพีเอช โดยนำน้ำลองกองที่สกัดได้ วัดค่าความเป็นกรดด่างด้วยเครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter)

ที่อุณหภูมิ 25°C ล้างหัววัดด้วยน้ำกลั่นและซับด้วยกระดาษทิชชูให้แห้งทุกครั้งก่อนใช้ในแต่ละตัวอย่าง ทำการวัดซ้ำจำนวน 3 ครั้ง

2.3.2 ค่าสี

ตรวจวัดค่าสีของน้ำลองกองสกัดด้วยระบบ CIE L* a* b* จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้เครื่องวัดสี (colorimeter) ดัดแปลงจากวิธีของ Wainwright and Hughes [15] รายงานค่าสีเป็นเฉลี่ยของค่า L* (ค่าความสว่าง) a* (-a* = ค่าความเป็นสีเขียว และ + a* = ค่าความเป็นสีแดง) และ b* (-b* = ค่าความเป็นสีน้ำเงิน และ +b* = ค่าความเป็นสีเหลือง)

2.3.3 ค่าความขุ่น

นำตัวอย่างเขย่าผสมอย่างทั่วถึงแล้ว ทำการวัด 3 ซ้ำ ด้วยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (UV/VIS spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่นที่ระดับ 660 นาโนเมตร [16]

2.3.4 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี

ตรวจวัดด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (water activity meter) โดยนำตัวอย่างบรรจุลงในถ้วยเพื่อเตรียมวัดค่าที่อุณหภูมิ 25°C ทำการวัดซ้ำจำนวน 3 ครั้ง

2.3.5 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

นำตัวอย่างที่มีอุณหภูมิ 28 ± 1°C ตรวจหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่องรีแฟลกโตมิเตอร์ (*refractometer) ทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง*

2.3.6 ปริมาณความชื้น

ตามวิธีการ AOAC Official Method [14]

2.3.7 ค่าความหนืด (viscosity)

ด้วยเครื่องวัดความหนืดบรูคฟิลด์ (Brookfield) วัดที่อุณหภูมิ 28 ± 1°C โดยนำตัวอย่างน้ำเชื่อมลองกองใส่บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร ใช้หัววัดความหนืดและกำหนดค่าความเร็วรอบในการหมุนหัวเข็มที่เหมาะสม อ่านค่าความหนืดภายใน 2 นาทีคำนวณค่าความหนืดโดยสมการ viscosity = dial reading × factor รายงานหน่วยเป็นเซนติพอยซ์ (centipoises: cPs) ทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง

2.4 คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของน้ำเชื่อมลองกอง

ประกอบด้วย (1) จุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) (2) ปริมาณยีสต์และเชื้อรา (yeast and mold count) (3) การตรวจวิเคราะห์แซลโมเนลลา (*Salmonella* sp.) ในอาหาร (4) การตรวจวิเคราะห์สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylocccus aureus*) ในอาหาร [17]

2.5 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำเชื่อมลองกอง

ใช้วิธี 9–point hedonic scale กำหนดคะแนนให้ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด ทดสอบกับผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน โดยให้รับประทานตัวอย่างน้ำเชื่อมลองกองคู่กับขนมปังแผ่นขาวนุ่ม (soft white bread) และดื่มน้ำหรือบ้วนปากทุกครั้งก่อนการชิมตัวอย่างต่อไป เพื่อประเมินความชอบในคุณลักษณะด้าน ลักษณะปรากฏ (appearance) สี (color) เนื้อสัมผัส (texture) กลิ่น (odor) รสชาติ (taste) และความชอบโดยรวม (overall acceptance)

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การสกัดของแข็งละลายน้ำที่ได้ด้วยวิธีการวิธีการใช้ความร้อน กรด และเอนไซม์เพกติเนส ออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล (factorial experiment) 4 x 3 ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 12 ทรีทเมนต์ ทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง สำหรับคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพของน้ำเชื่อมลองกองออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และการประเมินทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design: RCBD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมคำนวณทางสถิติ Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) version 17

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ผลลองกองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีความกว้างผลเฉลี่ย 2.77 ± 0.12 เซนติเมตร ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ย 10.67 ± 0.58 องศาบริกซ์ และค่าพีเอชเฉลี่ย 4.12 ± 0.01 ขนาดของผลลองกองที่ใช้ในการวิจัยเป็นผลร่วงจากช่อ มีคุณภาพต่ำ หากเป็นผลลองกองเกรด A, B และ C จะมีความกว้างของผลคือ 3.38, 3.36 และ 3.06 เซนติเมตร ตามลำดับ และค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้คือ 17.41, 17.21, และ 17.38 องศาบริกซ์ ตามลำดับ [18] เห็นได้ว่าลองกองผลร่วงจากช่อและมีคุณภาพต่ำจะมีขนาดและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำต่ำกว่าผลลองกองเกรดคุณภาพ ในส่วนของน้ำลองกองที่คั้นจากผลสด การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อลองกองประกอบด้วย ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต พบว่าปริมาณ องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อลองกอง ตามลำดับ แสดงดัง Table 1

Table 1 Proximate composition of longkong pulp from low-quality longkong.

Compositions	g/100 g
Moisture	80.5
Protein	0.87
Fat	0.06
Ash	0.79
Carbohydrate	17.7

3.1 ผลการสกัดน้ำลองกองด้วยวิธีการใช้ความร้อน กรด และเอนไซม์เพกติเนส

3.1.1 ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ด้วยตา

น้ำลองกองที่สกัดด้วยวิธีการที่แตกต่างกันมีผลต่อลักษณะปรากฏของของน้ำลองกองที่ได้แสดงดัง Figure 2 โดยพบว่าตัวอย่างสกัดด้วยการปั่นผสมเนื้อลองกอง (Control) มีสีน้ำตาลอ่อนและมีความขุ่นมากที่สุด ในขณะที่การสกัดด้วยความร้อน (Heat) และการสกัดด้วยกรดและความร้อน (Acid) มีความขุ่นที่น้อยกว่า ส่วนสารสกัดด้วยเอนไซม์เพกติเนส (Pec) เป็นสารสกัดที่มีสีเหลืองอ่อนและความใสมากที่สุด โดยปกติน้ำผลไม้จะมีความขุ่นจากอนุภาคของเพกติน (pectin particles) และอาจมีส่วนอื่นๆ จากผนังเซลล์ [19] ตัวอย่างควบคุม (Control) และตัวอย่างที่สกัดด้วยความร้อน (Heat) จึงสังเกตได้ว่ามีความขุ่นค่อนข้างสูง (Figure 2) การใช้ความร้อนในสภาวะที่มีความเป็นกรดมีผลทำให้เพกตินถูกย่อยสลายได้ด้วยกรด (acid hydrolysis) [20] จึงพบว่าน้ำลองกองที่สกัดโดยใช้ความร้อนร่วมกับสภาวะกรด (Acid) มีความขุ่นลดลง (Figure 2) ในขณะที่ตัวอย่างที่สกัดด้วยเอนไซม์เพกติเนส (Pec) มีความใสมากที่สุด (Figure 2) สอดคล้องการผลการศึกษาของ Locatelli et al. [21] รายงานว่าเมื่อเปรียบเทียบการย่อยเพกตินระหว่างสภาวะกรดกับเอนไซม์เพกติเนส พบว่า การใช้เอนไซม์เพกติเนสมีประสิทธิภาพการย่อยสลายเพกตินสูงกว่า

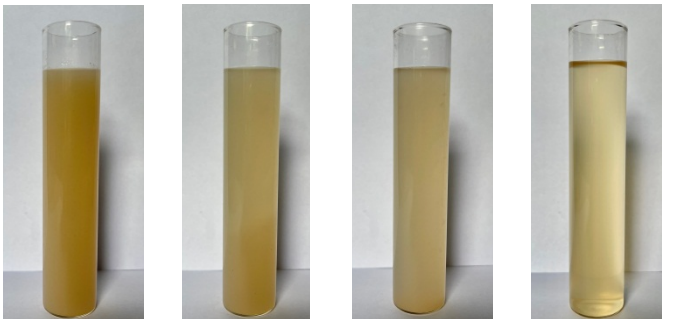

Figure 2 Longkong juices prepared from different extraction methods with pulp: water ratio at 1: 0, Control = juice was produced with blender, Heat = heating at 90°C, 15 min, Acid = 0.1 N HCl and heating at 90 °C, 15 min, Pec = 2% pectinase, pH 4, and incubating at 50°C, 2 h.

3.1.2 ค่าร้อยละกลับคืนของแข็งละลายน้ำ (RSS)

การสกัดน้ำลองกองด้วยวิธีการและอัตราส่วนของเนื้อลองกองกับปริมาณสารสกัดต่างๆ พบว่า วิธีสกัดที่ต่างกันทำให้ได้ค่า RSS เรียงจากมากไปหาน้อยลำดับได้ดังนี้ Pec > Acid > Heat ≈ Control ($p \leq 0.05$) เอนไซม์เพกติเนสนิยมสกัดของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลไม้เมล็ดแข็ง (stone fruit) เช่น ท้อ (peach) พลัม (plum) อะพริคอต (apricot) เป็นต้น รวมถึงใช้ในการเพิ่มค่าผลผลิต (yield) ของน้ำผลไม้ในขั้นตอนการสกัดด้วย [22, 23] Al-Hooti et al. [9] พบว่า การใช้เอนไซม์เพกติเนสร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลสทำให้ได้ค่าผลผลิตของของแข็งที่ละลายน้ำได้ในอินทผลัมได้ร้อยละ 67-68 เมื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดด้วยความร้อนที่ได้ค่าอยู่ที่ประมาณร้อยละ 32-33 นอกจากนี้น้ำลองกองที่สกัดด้วยเอนไซม์เพกติเนสมีความใสมากกว่าน้ำลองกองที่สกัดด้วยวิธีการอื่นๆ (Figure 2) แสดงให้เห็นว่าการใช้เอนไซม์เพกติเนสไม่เพียงเพิ่มค่าผลิตผลของของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่านั้น แต่ยังช่วยปรับปรุงคุณภาพของสารสกัดที่ได้ให้ใสขึ้นและสะดวกในกระบวนการกรองในขั้นต่อไปด้วย

ในขณะที่อัตราส่วนของเนื้อลองกองกับปริมาณสารสกัดมีผลต่อค่า RSS เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้ 1 : 1 > 1 : 2 ≈ 1 : 0 ($p \leq 0.05$) El-Sharmouby et al. [23] พบการสกัดของแข็งที่ละลายน้ำได้จากอินทผลัมที่อัตราส่วน 1 : 3 ได้ค่าร้อยละกลับคืนของแข็งละลายน้ำ (RSS) สูงกว่าการสกัดที่อัตราส่วน 1 : 1, 1 : 2, และ 1 : 4 ขณะที่ El-Nagga and El–Tawab [24] พบว่า การสกัดของแข็งที่ละลายน้ำได้จากอินทผลัมที่อัตราส่วน 1:2 ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 30 นาที ให้ค่าร้อยละกลับคืนของแข็งละลายน้ำ (RSS) สูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนเนื้อผลไม้ต่อน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการสกัดของแข็งละลายน้ำที่ได้

ดังนั้นสภาวะการสกัดน้ำลองที่ทำให้ได้ค่า RSS สูงที่สุดคือ Pec ที่อัตราส่วน 1 :1 ($p \leq 0.05$) (Table 2) แสดงให้เห็นว่าการสกัดด้วยเอนไซม์เพกติเนสด้วยอัตราส่วนของเนื้อลองกองกับปริมาณสารสกัดที่ 1 : 1 มีประสิทธิภาพการสกัดของแข็งที่ละลายน้ำได้มากที่สุด ซึ่งอาจเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการกระจายตัวของโมเลกุลของของแข็งละลายน้ำที่ได้ (molecular diffusion) ลดความหนืดของสารลงหรือเพิ่มการเคลื่อนที่ของสาร และเพิ่มพื้นที่การสัมผัสของสารสกัดกับของแข็งละลายน้ำที่ได้

3.1.3 คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ

ค่าพีเอชของน้ำลองกองที่ได้จากวิธีการปั่นผสมเนื้อลองกอง (Control) การสกัดด้วยความร้อน (Heat) และการสกัดด้วยเอนไซม์เพกติเนส (Pec) มีค่าพีเอชประมาณ

4 ($p>0.05$) ยกเว้นการสกัดด้วยกรด (Acid) ที่มีค่าพีเอชประมาณ 2.7 ($p>0.05$) เนื่องจากการเติมสารละลายกรดไฮดรอคลอลิกเจือจางในการสกัด

วิธีการสกัดมีผลต่อค่าสีของน้ำลองกองเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้ Control ≈ Heat > Acid ≈ Pec, Control > Heat ≈ Acid ≈ Pec, และ Control > Heat ≈ Pec > Acid สำหรับความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ตามลำดับ ($p\leq0.05$) (Table 2) น้ำลองกองที่สกัดด้วยวิธีปั่นผสมมีค่าสีสูงกว่าตัวอย่างอื่นอาจเกี่ยวข้องกับอนุภาคแขวนลอยด์ที่เป็นเนื้อเยื่อหรือองค์ประกอบของเนื้อลองกองที่มีสารให้สี ในขณะที่สารที่น้ำลองกองที่สกัดด้วยวิธีการอื่นๆ อนุภาคสารแขนลอยด์น้อยกว่าสังเกตได้จากความขุ่นที่มีน้อยกว่า (Figure 2, Table 2) อัตราส่วนของเนื้อลองกองกับปริมาณสารสกัดมีผลต่อค่าสีดังนี้ 1 : 1 > 1 : 0 > 1 : 2, 1 : 1 > 1 : 0 > 1 : 2, และ 1 : 0 ≈ 1: 1 > 1 : 2 สำหรับความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ตามลำดับ ($p\leq0.05$) (Table 2)

ค่าความขุ่นของน้ำลองกองที่สกัดด้วยวิธีการต่างๆ มีค่าเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้ control > Heat ≈ Acid > Pec ($p\leq0.05$) (Table 2) และอัตราส่วนของเนื้อลองกองกับปริมาณสารสกัดมีผลต่อค่าความขุ่นดังนี้ 1 : 0 > 1 : 1 ≈ 1 : 2 (Table 2) โดยปกติน้ำผลไม้มักความขุ่นสูงเนื่องจากสารพอลิแซคคาไรด์ (เช่น เพกติน เป็นต้น) ที่อยู่ในเนื้อผลไม้ ระดับความขุ่นมีผลต่อลักษณะปรากฏและการยอมรับของผู้บริโภค [25] วิธีการสกัดน้ำลองกองด้วยความร้อน (Heat) และการใช้ความร้อนร่วมกับสภาวะกรด (Acid) มีส่วนช่วยลดความขุ่นได้ แต่การใช้เอนไซม์เพกติเนสเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด เนื่องจากเอนไซม์จะย่อยสลายเพกตินทำให้สารที่ทำให้เกิดความขุ่นลดลง จึงจะส่งผลที่ดีต่อคุณภาพน้ำเชื่อมลองกองต่อไปได้

3.1.4 ผลของระยะเวลาต่อการสกัดน้ำลองกองด้วยเอนไซม์เพกติเนส

เมื่อนำตัวอย่างสกัดด้วยเอนไซม์เพกติเนส (Pec) ที่มีค่า RSS สูงสุดทำการศึกษาระยะเวลาต่อประสิทธิภาพการสกัดของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่า ตัวอย่างน้ำลองกองที่อัตราส่วนของเนื้อลองกองกับปริมาณสารสกัดที่ 1 : 1 มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า RSS สูงกว่าอัตราส่วนที่ 1 : 2 และ 1 : 0 (Figure 3) โดยที่ระยะเวลาการบ่ม 2 ชั่วโมง ทำให้ได้ค่า RSS สูงสุด (Figure 3) โดยอัตราส่วน 1 : 0 มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของ RSS น้อยกว่าตัวอย่างอื่นอาจเนื่องจากความข้นหนืดที่สูงกว่า

Table 2 Effect of extraction methods and pulp: water ratios on %recovery of soluble solids, pH, color, turbidity, and visual appearance.

Samples	Pulp : Water ratios	% Recovery of soluble solids (RSS)	pH	Colors			Turbidity	Visual appearance
				L*	a*	b*		
Control	1 : 0	7.70±0.20^{g}	4.25±0.02^{d}	42.53±0.57^{a}	1.31±0.08^{a}	10.18±0.59^{a}	0.87±0.07^{a}	turbid
	1 : 1	11.38±0.05^{c}	4.21±0.00^{e}	41.90±0.67^{a}	0.96±0.02^{b}	8.11±0.01^{c}	0.62±0.02^{bc}	turbid
	1 : 2	9.52±0.06^{e}	4.49±0.01^{a}	31.09±0.12^{d}	-1.56±0.02^{h}	-0.14±0.17^{j}	0.80±0.07^{ab}	turbid
Heat (90°C, 15 min)	1 : 0	9.44±0.23^{ef}	4.20±0.00^{e}	28.77±0.08^{e}	-1.88±0.01^{j}	3.99±0.09^{f}	0.77±0.07^{ab}	turbid
	1 : 1	11.48±0.10^{c}	3.74±0.01^{g}	42.31±0.24^{a}	0.61±0.01^{c}	6.68±0.04^{d}	0.71±0.13^{abc}	turbid
	1 : 2	9.38±0.25^{ef}	4.46±0.01^{b}	36.72±0.01^{b}	-1.67±0.02^{i}	-0.19±0.01^{j}	0.57±0.02^{c}	clear
Acid (0.1 N HCl, 90°C, 15 min)	1 : 0	8.96±0.22^{f}	4.21±0.00^{e}	15.07±0.02^{h}	-1.65±0.06^{i}	1.18±0.01^{h}	0.85±0.07^{a}	turbid
	1 : 1	12.87±0.58^{b}	2.19±0.01^{h}	34.45±0.62^{c}	-0.17±0.01^{d}	6.08±0.18^{e}	0.62±0.08^{bc}	clear
	1 : 2	10.08±0.11^{d}	1.79±0.01^{i}	20.40±0.11^{f}	-0.93±0.05^{e}	0.55±0.04^{i}	0.57±0.02^{c}	clear
Pec (2% pectinase, pH 4, 50°C, 2 h)	1 : 0	12.92±0.24^{b}	4.13±0.01^{f}	30.46±0.04^{d}	-1.04±0.00^{f}	9.20±0.03^{b}	0.54±0.10^{c}	clear
	1 : 1	14.28±0.17^{a}	4.14±0.01^{f}	17.35±0.38^{g}	-1.49±0.06^{h}	3.07±0.12^{g}	0.57±0.17^{c}	very clear
	1 : 2	11.40±0.00^{c}	4.32±0.01^{c}	13.61±0.71^{j}	-1.19±0.02^{g}	0.91±0.03^{hi}	0.54±0.06^{c}	very clear

Means within the same column bearing the same letter are not significantly different ($p>0.05$).

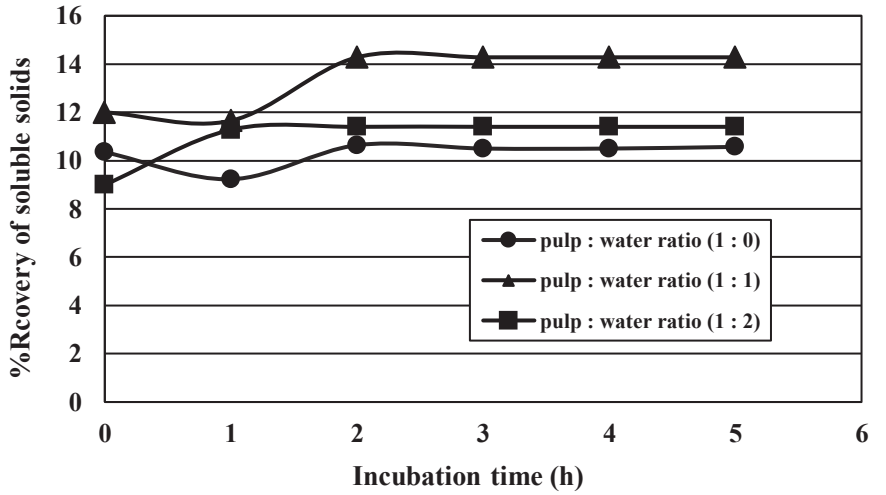

Figure 3 Effect of pectinase extraction with varying pulp: water ratios, incubated at 50°C for 5 h, on %recovery of soluble solids (RSS).

3.2 น้ำเชื่อมลองกอง

ผลการวิเคราะห์พบว่า การสกัดน้ำลองกองด้วยเอนไซม์เพกติเนส (อัตราส่วนของเนื้อลองกองกับปริมาณสารสกัด คือ 1 : 1) ที่อุณหภูมิ 50°C พีเอช (pH) 4 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ได้ค่า RSS สูงที่สุด จึงเลือกตัวอย่างดังกล่าวใช้ผลิตน้ำเชื่อมลองกอง โดยเติมน้ำตาลทรายขาวให้ได้ความเข้มข้นของแข็งที่ละลายน้ำได้ 70 องศาบริกซ์ ซึ่งใช้ปริมาณน้ำตาลทรายขาวไม่เกินร้อยละ 55 ทั้งนี้ตามมาตรฐานของสถาบันมาตรฐานศรีลังกา [26] กำหนด ว่าไซรัปผลไม้ (fruit syrup) หรือน้ำเชื่อมผลไม้ต้องมีผลไม้เป็นส่วนประกอบไม่น้อยกว่าร้อยละ 45 การทดลองได้ออกแบบให้มีตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง คือ น้ำเชื่อมลองการที่เตรียมจากน้ำลองกองสกัดด้วยการปั่นผสมโดยมีอัตราส่วนของเนื้อลองกองกับปริมาณสารสกัดที่ 1 : 0 น้ำเชื่อมลองกองที่เตรียมจากน้ำลองกองสกัดด้วยเอนไซม์เพกติเนสที่อัตราส่วนของเนื้อลองกองกับปริมาณสารสกัดที่ 1 : 0 และ 1 : 1

3.2.1 คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ

ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ด้วยตา (Figure 4) พบว่า น้ำเชื่อมลองกองที่เตรียมจากสารสกัดด้วยวิธีการปั่นผสมมีสีน้ำตาลและขุ่น ในขณะที่น้ำเชื่อมลองกองเตรียมจากสารสกัดด้วยเอนไซม์เพกติเนสมีสีเหลืองและใส โดยการใช้สารสกัดที่สกัดด้วยเอนไซม์ เพกติเนสที่อัตราส่วนของเนื้อลองกองกับปริมาณสารสกัด 1 : 1 มีความใสมากกว่าและมีสีเหลืองน้อยกว่าสารสกัดด้วยเอนไซม์เพกติเนสที่อัตราส่วน 1 : 0

Figure 4 Longkong syrups produced from longkong juices prepared from different extraction methods. Longkong juices were prepared with (A) blender at pulp: water ratio, 1 : 0 (B) pectinase at pulp: water ratio, 1 : 0 (C) pectinase at pulp: water ratio, 1 : 1

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำเชื่อมลองกองของทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 3) คือมีค่าประมาณ 71-72 องศาบริกซ์ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.1500/2561 เมื่อวิเคราะห์ปริมาณความชื้น พบว่า น้ำเชื่อมลองกองมีความชื้นอยู่ในช่วง 33-35% (Table 3) ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (a_w) ของน้ำเชื่อมลองกองมีค่าอยู่ในช่วง 0.66-0.68 (Table 3) และค่าพีเอชของทุกตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกันคือ 3.84-3.98 (Table 3) เห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์น้ำเชื่อมลองกองที่ได้มีสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ จึงมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน นอกจากนี้การที่น้ำเชื่อมลองกองมีค่าพีเอชต่ำ จึงมีส่วนช่วยการเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสให้เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) มีส่วนช่วยลดการเกิดผลึกของน้ำตาลทรายขาวในระหว่างการเก็บรักษาได้ [27, 28]

ค่าความขุ่นของน้ำเชื่อมลองกองที่เตรียมจากน้ำลองกองสกัดด้วยเอนไซม์เพกติเนสมีค่าความขุ่นต่ำกว่าน้ำเชื่อมลองกองที่เตรียมจากน้ำลองกองด้วยวิธีการปั่นผสม ($p \leq 0.05$) (Table 3) แสดงให้เห็นว่าการใช้เอนไซม์เพกติเนสเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความใสของน้ำเชื่อมลองกอง ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญผลิตภัณฑ์น้ำเชื่อม ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าสี พบว่า ค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของน้ำลองกองที่สกัดด้วยเอนไซม์เพกติเนสมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างที่สกัดด้วยวิธีการปั่นผสม ($p \leq 0.05$) (Table 3) อาจเนื่องสภาวะการสกัดด้วยเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 50°C มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลในน้ำลองกองสกัด จึงพบการเพิ่มขึ้นของสีน้ำตาล [29]

ความหนืดของน้ำเชื่อมลองกองที่เตรียมจากน้ำลองกองสกัดด้วยวิธีการปั่นผสม มีค่าสูงกว่าน้ำเชื่อมลองกองที่เตรียมจากสารสกัดที่ใช้เอนไซม์เพกติเนส ($p \leq 0.05$) (Table 3) โดยน้ำเชื่อมลองกองที่เตรียมจากสารสกัดที่ใช้เอนไซม์เพกติเนสมีอยู่ในช่วง 80-88 เซนติพอยด์ (c.p.) ทั้งนี้น้ำเชื่อมลองกองที่เตรียมจากน้ำลองกองสกัดด้วยวิธีการปั่นผสมอาจมีสารแขวนลอยด์กลุ่มพอลิแซคคาไรด์ที่ทำให้เพิ่มความหนืดของน้ำเชื่อมได้ โดยเฉพาะสารเพกตินที่จัดเป็นสารกลุ่มไฮโครคอลลอยด์ที่สามารถจับกับโมเลกุลของน้ำทำให้เกิดความข้นหนืดขึ้นได้ [30]

Table 3 Physio-chemical properties of longkong syrup prepared from longkong juice extracted with different methods (blender, pectinase with pulp: water ratio, 1 : 0, and pectinase with pulp : water ratio, 1 : 1).

Samples	Total soluble solid (^{o}Brix)	Moisture (%)	Water activity (a_w)	pH	Turbidity	Colors			Viscosity (c.p.)
						L*	a*	b*	
Longkong syrup - Blender	71.33±0.58^{a}	34.99±0.16^{a}	0.68±0.01^{a}	3.98±0.02^{a}	1.05± 0.01^{a}	20.25±0.01^{a}	-0.47±0.04^{a}	5.38 ±0.01^{a}	146.73 ± 14.95^{a}
Longkong syrup - Pectinase (pulp : water, 1 : 0)	71.25±0.58^{a}	32.95±0.26^{b}	0.66±0.01^{b}	3.98±0.03^{a}	0.08±0.00^{b}	2.58±0.01^{b}	-0.58±0.06^{b}	0.46±0.07^{b}	80.93 ± 2.27^{b}
Longkong syrup - Pectinase (pulp : water, 1 : 1)	71.67±0.58^{a}	34.70±0.58^{a}	0.68 ±0.00^{a}	3.84±0.05^{b}	0.07±0.01^{b}	1.63±0.02^{C}	-0.42±0.06^{a}	0.09±0.03^{C}	88.23 ± 6.53^{b}

Means within the same column bearing the same letter are not significantly different (p>0.05).

3.2.2 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

การตรวจวัดจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylocccus aureus*) และแซลโมเนลลา (*Salmonella* sp.) ในน้ำเชื่อมลองกอง พบว่า จุลินทรีย์ทั้งหมดของทุกตัวอย่างมีค่า <250 cfu/g ยีสต์และราทุกตัวอย่างมีค่า <100 cfu/g จำนวน สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส ตัวอย่างมีค่า <3 MPN/g และทุกตัวอย่างตรวจไม่พบแซลโมเนลลา (Table 4) ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.1500/2561 [4] แสดงให้เห็นวิธีการเตรียมน้ำเชื่อมลองกองมีความสะอาดและปลอดภัย

Table 4 Microbial quality of longkong syrup prepared from longkong juice extracted with different methods (blender, pectinase with pulp : water ratio, 1 : 0 , and pectinase with pulp : water ratio, 1 : 1).

Samples	Total Plate Count (cfu/g)	Yeast and mold (cfu/g)	*Staphylocccus aureus* (MPN/g)	*Salmonella* sp.(cfu/g)
Longkong syrup - Blender	<250 (EAPC)	10	<3	<1
Longkong syrup - Pectinase (pulp : water, 1 : 0)	<250 (EAPC)	$<1x10^2$	<3	<1
Longkong syrup - Pectinase (pulp : water, 1 : 1)	<250 (EAPC)	$<1x10^2$	<3	<1

EAPC = Estimate Aerobic Plate Count

3.2.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำเชื่อมลองกองพบว่า ผลการทดสอบลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ของน้ำเชื่อมลองกองที่เตรียมจากน้ำลองกองสกัดด้วยเอนไซม์เพกติเนสมีค่าคะแนนความชอบสูงกว่าน้ำเชื่อมลองการที่เตรียมจากน้ำลองกองสกัดด้วยการปั่นผสม ($p \leq 0.05$) (Table 5) โดยมีค่าคะแนนความชอบโดยรวมที่ประมาณ 8 คือ ชอบมาก ขณะที่น้ำเชื่อมลองกองที่เตรียมจากสารสกัดด้วยวิธีการปั่นผสม มีค่าคะแนนความชอบอยู่ที่ 7.04 คือ ชอบปานกลาง แสดงให้เห็นว่าการใช้สารสกัดจากเอนไซม์เพกติเนสมีผลสำคัญต่อการยอมรับและความชอบของผู้บริโภค โดยอาจเกี่ยวข้องกับความใสและความหนืดของน้ำเชื่อมลองกองที่พบว่าน้ำเชื่อมลองกองที่เตรียมจากการสกัดด้วยเอนไซม์เพกติเนสมีค่าความขุ่นและความหนืดต่ำกว่า ($p \leq 0.05$) (Table 3)

Table 5 Sensory evaluation of longkong syrup prepared from longkong juice extracted with different methods (blender, pectinase with pulp: water ratio, 1: 0 , and pectinase with pulp : water ratio, 1 : 1).

Samples	Appearance	Color	Texture	Odor	Taste	Overall acceptance
Longkong syrup - Blender	5.96±1.12^{b}	5.33±1.32^{b}	6.00±1.52^{b}	7.31±1.00^{b}	7.19±1.61^{b}	7.04±1.07^{b}
Longkong syrup - Pectinase (pulp : water, 1 : 0)	7.94±0.92^{a}	7.82±0.76^{a}	7.79±0.98^{a}	7.67±0.94^{a}	7.73±1.01^{a}	8.04±0.68^{a}
Longkong syrup - Pectinase (pulp : water, 1 : 1)	7.87±0.79^{a}	7.96±0.68^{a}	7.48±1.00^{a}	7.60±0.85^{ab}	7.77±0.98^{a}	8.12±0.55^{a}

4. สรุปการวิจัย

เอนไซม์เพกติเนสที่อัตราส่วนของเนื้อลองกองต่อปริมาณสารสกัดเท่ากับ 1 : 1 มีประสิทธิภาพการสกัดสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) โดยให้น้ำลองกองที่มีสีเหลืองและความใสเมื่อสังเกตด้วยตา เมื่อนำไปผลิตน้ำเชื่อมลองกองด้วยการเติมน้ำตาลซูโครสที่ผ่านการฟอกขาวแล้ว พบว่าน้ำเชื่อมลองกองที่ได้มีค่าพีเอช 3.8 ความชื้นร้อยละ 34.7 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 71.6 องศาบริกซ์ ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี 0.68 ค่าความหนืด 88.23 เซนติพอยด์ น้ำเชื่อมลองกองที่ได้มีความใส มีค่าคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงกว่าน้ำเชื่อมลองกองที่เตรียมจากวิธีการปั่นผสม ($p \leq 0.05$) และคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ที่วิเคราะห์ด้วยจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส และ แซลโมเนลลา มีค่าเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ไซรัปจากพืช มผช. 1500/2561

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.จริยา สุขจันทรา รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยพัฒนาชายแดนภาคใต้ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่กรุณาสนับสนุนห้องปฏิบัติการด้านอาหารเพื่อใช้ในการวิเคราะห์วัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ในงานวิจัย ตลอดจนการให้คำแนะนำในงานวิจัย

ขอขอบคุณ นางสาวกชพรรณ แซ่หย่อง ภาควิชาอาหารและโภชนาการ คณะคหกรรม วิทยาลัยอาชีวศึกษายะลา ที่ให้ความรู้ ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือเกี่ยวกับการทดลองและใช้เครื่องมือในงานวิจัย

ขอขอบคุณ นางสาวกฤษณพร ตุฉะโส ครู ภาควิชาอาหารและโภชนาการ คณะคหกรรม วิทยาลัยอาชีวศึกษายะลา ที่ให้ความรู้ ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม SPSS

6. References

[1] Office of Agricultural, 2021, Annual report 2021 office of agricultural, Office of Agricultural, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, 168 p. (in Thai)

[2] Sangkasanya, S. and Meenune, M., 2010, Physical, chemical and sensory quality of longkong (*Aglaia dookkoo*) as affected by storage at different atmospheres, As. J. Food Ag-Ind. 3: 64-74.

[3] Thong-in, P., Intani, K., and Janpanya, N., 2020. Fruit grading (durian, mangosteen, rambutan longkong, longan and lychee), Eleven Star Intertrade Limited Partnership, Bangkok, 132 p. (in Thai)

[4] Bureau of Nutrition, 2010, Nutritional value of fruit. Department of Health, Ministry of Public Health, Nonthaburi (in Thai)

[5] Chuthong, T., Sompong, R., and Raungwatcharin, U., 2017, Development of dried longkong leather product supplemented with alginate-encapsulated *Lactobacillus casei* TISTR 146, Sci. Tech. Nakhon Sawan Raj. Uni. J. 9: 63-72 (in Thai)

[6] Kaewruksa, C.K., and Lungmann, P., 2018, Product development of jelly from longkong falling grade. (*Lansium domesticum*, Corr.), BUSCIJ. 23: 767-778. (in Thai)

[7] Juthong, T., Intarasirisawat, R., and Theppradit, R., 2021, Development of longkong syrup processing, Wichcha J NSTRU. 40: 46-60. (in Thai)

[8] Thai Community Product Standard, 2018, Syrup TCPS number 1500/2561, Thai Industrial Standards Institute (TISI), Bangkok, 9 p. (in Thai)

[9] Al-Hooti, S. N., Sidhu, J. S., Al-Saqer, J. M., and Othman, A., 2002, Chemical composition and quality of date syrup as affected by pectinase/cellulase enzyme treatment, Food Chem. 79: 215-220.

[10] Sandri, I.G., Fontana, R. C., Barfknecht, D. M., and da Silveira, M. M., 2011, Clarification of fruit juices by fungal pectinases, LWT - Food Sci. Technol. 44: 2217-2222.

[11] Aviara, N.A., Lawal, A.A., Nyam, D.S., and Bamisaye, J., 2013, Development and performance evaluation of a multi-fruit juice extractor, GJEDT. 2: 16-21.

[12] Cendres, A., Chemat, F., Maingonnat, J.-F., and Renard, C.M.G.C., 2011, An innovative process for extraction of fruit juice using microwave heating, LWT - Food Sci. Technol. 44: 1035-1041.

[13] de Oliveira, C.F., Giordani, D., Gurak, P.D., Cladera-Olivera, F., and Marczak, L.D.F., 2015, Extraction of pectin from passion fruit peel using moderate electric field and conventional heating extraction methods, Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 29: 201-208.

[14] AOAC. 2016. Official Methods of Analysis of AOAC International, 20th ed. Association of Analytical Communities, Gaithersburg, MD, USA.

[15] Wainwright, H. and Hughes, P.A., 1989, Objective measurement of banana pulp colour, Int J Food Sci Technol. 24: 553-558.

[16] Jalali, M., Jahed, E., Haddad Khodaparast, M. H., Limbo, S. and Mousavi Khaneghah, A., 2014, Evolution of bentonite and

gelatin effects on clarification of variety of date fruit Kaluteh juice with response surface methodology, Int Food Res J., 21: 1893-1899.

[17] Department of Medical Sciences, 2018, Standard methods for food analysis, Ministry of public health, Nonthaburi. (in Thai)

[18] Wanichkul, K, and Thong-in, P., 2008, Guideline of fruit grading in longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.), Proceeding of 46th Kasetsart University Annual Conference : Plant, p. 279-286. (in Thai)

[19] Pinelo, M., Zeuner, B., and Meyer, A.S., 2010, Juice clarification by protease and pectinase treatments indicates new roles of pectin and protein in cherry juice turbidity, Food Bioprod Process. 88: 259-265.

[20] Krall, S., and McFeeters, R.F., 1998, Pectin Hydrolysis: Effect of Temperature, Degree of Methylation, pH, and Calcium on Hydrolysis Rates, J. Agric. Food Chem. 46: 1311–1315.

[21] Locatelli, G.O., Finkler, L., and Finkler, C.L.L., 2019, Comparison of acid and enzymatic hydrolysis of pectin, as inexpensive source to cell growth of cupriavidus necator, Anais da Academia Brasileira de Ciências. 91: e20180333

[22] Joshi, V. K., Chauham, S. K., and Lal, B. B., 1991ม. Extraction of juices from peaches, plums and apricots by pectinolytic treatment, J. Food Sci. Technol. 28: 64–65.

[23] El-Sharmouby, G.A., Aleid, S.M., and Al-Otaibi, M. M., 2014, Liquid sugar extraction from date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits, J. Food Process Technol. 5: 12.

[24] El-Nagga, E.A. and El–Tawab, Y.A.A., 2012, Compositional characteristics of date syrup extracted by different methods in some fermented dairy products, Ann. Agric. Sci. 57: 29-36.

[25] Sandri, I. G., Fontana, R. C., Barfknecht, D. M., and da Silveira, M. M., 2011, Clarification of fruit juices by fungal pectinases, LWT - Food Sci. Technol. 44: 2217-2222.

[26] Sri Lanka Standard Institute, 2010, Fruit cordial concentrates, fruit squash concentrates and fruit syrup concentrates. SLS. 730: 2010.

[27] Klasson, K.T., Sturm, M.P., and Cole, M.R., 2022, Acid hydrolysis of sucrose in sweet sorghum syrup followed by succinic acid production using a genetically engineered *Escherichia coli*, Biocatal. Agric. Biotechnol. 102231

[28] Ali, H., Saad, R., and El-Haj, B., 2015, Prevention of cap-locking of syrup product by treating the manufacturing process with citric acid monohydrate, Int. J. Pharm. Chem. 5: 218-226.

[29] Venkatachalam, K., and Meenune, M., 2012, Changes in physiochemical quality and browning related enzyme activity of longkong fruit during four different weeks of on-tree maturation, Food Chem. 131: 1437-1442

[30] Einhorn-Stoll, U., 2018, Pectin-water interactions in foods - from powder to gel, Food Hydrocoll. 78: 109-119.