

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มพร้อมชงจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ระยะห่าม โดยการอบแห้งแบบพ่นฝอย และศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และสมบัติเชิงฟังก์ชัน

The Development of Instant Juice Powder from Half-Ripe *Carissa carandas* L. by Spray Dryer and the Study on Physicochemical and Functional Properties

อุบลวรรณ ศรีมงคล¹, สุภาภรณ์ เลขวัต^{1,*}
Ubolwanna Srimongkoluk^{1*}, Supaporn Lekhvat¹

Received: October 12, 2023

Revised: December 12, 2023

Accepted: December 17, 2023

บทคัดย่อ

ทดลองพัฒนาเครื่องดื่มมะม่วงหาวมะนาวโห่จากผลระยะห่ามพร้อมชงด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยแปรระดับสารมอลโทเดกซ์ทริน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 20, 25 และ 30 ตามลำดับ และพัฒนาสูตรเครื่องดื่มพร้อมชงโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล ได้แก่ ซูคราโลส สารสกัดหญ้าหวาน และอิริทริทอล และเปรียบเทียบความหวานสัมพันธ์กับซูโครสที่ ร้อยละ 5, 7 และ 9 ตามลำดับ ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า น้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ระยะห่ามและสุกมีปริมาณของแข็งละลายน้ำได้เท่ากับ 22.77 ± 0.06 และ 23.10 ± 0.10 องศาบริกซ์ ค่าความเป็นกรดต่าง 4.0 สารประกอบฟีนอลิก 6.90 ± 1.63 และ 23.32 ± 0.96 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิก/มิลลิลิตร ค่า IC_{50} ของผลห่ามเท่ากับ 3.81 ± 0.73 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในขณะที่ผลสุกมีค่า 7.30 ± 0.38 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร พบว่าผงมะม่วงหาวมะนาวโห่ระยะห่ามหลังอบแห้งทั้ง 3 ระดับของมอลโทเดกซ์ทรินมีค่าปริมาณฟีนอลิก (4.48-5.44 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิก/มิลลิลิตร) ค่า IC_{50} (2.88-4.03 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) และค่ายับยั้งการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase (1.11-1.19 หน่วย/มิลลิกรัมโปรตีน) ไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) พบว่าผงมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ความเข้มข้น 5,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase ได้ถึงร้อยละ 35-38 เทียบกับยาพราวาสแตตินเข้มข้น 0.5 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ผลประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่า เครื่องดื่มพร้อมชงที่มีมอลโทเดกซ์ทริน ร้อยละ 30 ที่ประกอบด้วยซูคราโลส ร้อยละ 0.004 และสารสกัดหญ้าหวาน ร้อยละ 0.075 ที่ความหวานเทียบเท่าน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 9 ได้การยอมรับสูงสุดมากกว่า ร้อยละ 90

คำสำคัญ: คอลเลสเตอรอล มะม่วงหาวมะนาวโห่ สารให้ความหวาน

ABSTRACT

The development of instant juice powder product from half-ripe Karonda (*Carissa carandas* L.) extract using spray drying technique had been performed. Maltodextrin in feed solution in drying were varied at 20, 25, and 30% wt. of feed solution, respectively. Instant beverages formulae were developed by using sugar substitutes such as sucralose, stevioside and erythritol. Relative sweetness of each recipe to sucrose were controlled at 5, 7 and 9% of sucrose, respectively. After that sensory quality of instant beverages were evaluated. The results showed that soluble solids of juice extracts from ripe and half-ripe Karonda are in range of 22.77 ± 0.06 and 23.10 ± 0.10 °Brix. Both extracts had pH value of 4.0. Phenolic compounds of juice extracts from ripe and half-ripe Karonda are in range of 6.90 ± 1.63 and 23.32 ± 0.96 mg.GAE/mL., respectively. The IC_{50} value of half-ripe fruit was 3.81 ± 0.73 mg/mL, while that of ripe fruit had a higher IC_{50} value of 7.30 ± 0.38 mg/mL. However, it was not found any statistically significant of phenolic content (4.48-5.44 mg.GAE/mL), IC_{50} values (2.88-4.03 mg/mL), and HMG-CoA reductase enzyme inhibition values (1.11-1.19 unit/mg. protein) in spray dried half-ripe Karonda extract with three levels of maltodextrin. In addition, spray dried half-ripe Karonda extract at concentration of 5,000 µg/mL could inhibit the activity of HMG-CoA reductase enzyme by 35-38% compared to pravastatin at concentration of 0.5 µg/mL. From sensory evaluation results, it was showed that an instant powder recipe containing 30% of maltodextrin consisting of 0.004 % sucralose and 0.075% stevioside that had relative sweetness to 9% sucrose obtained consumer acceptance higher than 90%.

Keywords: cholesterol, *Carissa carandas*, sweetener

*Corresponding author, e-mail: supaporn_pis@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

¹ Expert Centre of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research

บทนำ

ปัจจุบันพฤติกรรมของผู้บริโภคเปลี่ยนไปจากอดีตเป็นอย่างมาก พฤติกรรมของการรับประทานอาหาร ตามค่านิยมสูงขึ้นโดยเฉพาะอาหารจานด่วน กระแสดังกล่าวเกิดขึ้นจากภาวะสังคมปัจจุบัน ผู้บริโภคส่วนมากมีวิถีชีวิตแบบเร่งรีบ รวมทั้งเวลาในการออกกำลังกายที่น้อยลง ข้อเสียของอาหารจานด่วนนั้นก็หลายอย่าง เช่น มีสารอาหารไม่ครบ 5 หมู่ ปริมาณไม่เหมาะสมกับความต้องการของร่างกายเพราะในร่างกายของมนุษย์นั้นจะต้องใช้พลังงานจากสารอาหาร ผู้บริโภคจะมีเหตุผลมากขึ้น ในการเลือกบริโภคอาหาร โดยเลือกอาหารที่ทำให้ผู้บริโภคมีสุขภาพที่แข็งแรง และยังคงส่งผลให้บริโภคอาหารเพื่อสุขภาพอื่นๆ ตามมา เช่น อาหารเสริม ผัก และผลไม้ โดยรับบริการหรือเลือกซื้อจากห้างสรรพสินค้า และร้านสะดวกซื้อ ที่ทำให้ผู้บริโภคมีความสะดวกสบายมากที่สุด อาหารและเครื่องดื่มแนวสุขภาพจึงมีความสำคัญมากขึ้นเรื่อยๆ ตามกระแสสุขภาพ [1]

มะม่วงหาวมะนาวโห่ มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Carissa carandas* L. ชื่อสามัญคือ Bengal-currants, Carandas-plum, Karanda และชื่ออื่นได้แก่ หนามขี้แฮด หนามแดง มะนาวไม่รู้โห่ มะนาวโห่ อยู่ในวงศ์ Ammoniae มีกลุ่มสารสำคัญที่พบในมะนาวโห่ ได้แก่ เทอร์ปีน ลิกแนน และสารประกอบฟีนอลิก สารต้านอนุมูลอิสระในผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ เช่น ใบโอโพลานอยด์ แอนโทไซยานิน เป็นต้น โดยในกลุ่มของเทอร์ปีนและลิกแนน พบว่ามีสารประกอบคาแรนดินอล (carandinal) และ นอร์ตราเคโลเจนิน (nortrachelogenin) ซึ่งมีผลต่อการต้านเซลล์เนื้องอก [2] ทั้งนี้พบว่าสารประกอบที่พบในส่วนของ ผล ใบ และรากของต้นมะม่วงหาวมะนาวโห่มีผลในการยับยั้งการเกิดเนื้องอกยับยั้งแบคทีเรียและไวรัส ฤทธิ์ต้านเชื้อมาลาเรีย และช่วยลดไขมัน กลุ่มสารสำคัญที่พบและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของมะม่วงหาวมะนาวโห่ ทำให้การวิจัยต่อยอดเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันสำหรับลดไขมันเป็นนวัตกรรมที่มีศักยภาพและมีความเป็นไปได้ในการผลิตเชิงพาณิชย์ เนื่องจากมะม่วงหาวมะนาวโห่มีความสามารถ

ในการต้านการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่พบในตับ ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล ซึ่งเป็นตัวการสำคัญทำให้เกิดภาวะไขมันในหลอดเลือดสูง และเป็นต้นเหตุของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังชนิดอื่นตามมาได้ เช่น ความดันโลหิตสูง เบาหวาน เป็นต้น เทคโนโลยีการทำแห้งแบบพ่นฝอย เป็นกระบวนการทำแห้งที่ของเหลวจะผ่านเครื่องพ่นละออง (atomizer) จากนั้นหยดของเหลวจะระเหยอย่างรวดเร็วโดยลมร้อนที่อุณหภูมิสูง ผลิตภัณฑ์สุดท้ายในรูปแบบอนุภาคผง ซึ่งการทำแห้งด้วยวิธีนี้จะช่วยประหยัดเวลาและต้นทุนการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณความชื้นและ a_w ต่ำ ซึ่งมีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น อย่างไรก็ตามในของเหลวที่มีปริมาณน้ำตาลสูงและมีความเป็นกรดอาจพบปัญหาการเกาะติดที่ผนังเครื่อง และอนุภาคผงมีแนวโน้มที่จะจับตัวเป็นก้อนและขึ้นง่ายงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของมะม่วงหาวมะนาวโห่ระยะห่าม ศึกษาสัดส่วนของสารช่วยทำแห้ง ในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพ รวมถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มพร้อมชงโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล จากนั้นทดสอบคุณสมบัติเชิงฟังก์ชันในผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการลดไขมันและคอเลสเตอรอล ทดสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.1 การเตรียมตัวอย่างมะม่วงหาวมะนาวโห่ระยะห่ามและระยะสุกสำหรับวิเคราะห์คุณภาพ

นำมะม่วงหาวมะนาวโห่ผลระยะห่ามและระยะสุก มาผ่าเมล็ดออกและล้างทำความสะอาด จนหมดยาง จากนั้นนำเข้าตู้อบลมร้อน (รุ่น UF110, บริษัท Memmert, ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนแห้งสนิทจึงนำไปบดด้วยเครื่องบด จากนั้นนำมาทำการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายอะซิโตนร้อยละ 70 (Sigma Aldrich, ประเทศสหพันธ์รัฐสวิส) ใช้ตัวอย่าง 30 กรัมต่อตัวทำละลายอะซิโตนร้อยละ

*Corresponding author, e-mail: supaporn_pisatistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

¹ Expert Centre of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research

70 ปริมาตร 600 มิลลิลิตร เขย่าต่อเนื่องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองแยกสารละลายที่สกัดได้ด้วยกระดาษกรอง และทำการสกัดซ้ำ 3 ครั้ง และนำมาระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (รุ่น R-100, บริษัท Buchi, ประเทศสมาพันธรัฐสวิส) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนได้สารสกัดที่มีลักษณะข้นหนืด จากนั้นนำมาวิเคราะห์ปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ ค่าความเป็นกรดต่าง และทำการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH คำนวณเป็นค่า IC₅₀ และค่าการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase

1.2 การเตรียมน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่เข้มข้นจากผลระยะห่าม

นำผลมะม่วงหาวมะนาวโห่มาผ่าเมล็ดออกและล้างทำความสะอาดเพื่อกำจัดยาง จากนั้นนำเนื้อมาปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ (รุ่น HR7310 บริษัท Philips ประเทศไทย) เติมเอนไซม์เพคตินาส 2,000 ppm (Sigma Aldrich ประเทศสาธารณรัฐสิงคโปร์) ทำการปั่นเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในตู้ปั่น (รุ่น ThermoStable IF-155 บริษัท Daihan ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี) ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส เมื่อครบเวลาทำการหยุดปฏิกิริยาเอนไซม์โดยต้มในน้ำเดือดนาน 10 นาที กรองแยกกากผ่านผ้าขาวบาง นำส่วนน้ำที่ได้ทำให้เข้มข้นด้วยวิธีการแช่เยือกแข็ง โดยลดอุณหภูมิน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ให้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง เพื่อให้บางส่วนเกิดเป็นผลึกน้ำแข็ง และทำการแยกผลึกน้ำแข็งออก จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่เข้มข้นที่ได้จากการแยกผลึกออกมา และบันทึกปริมาตรน้ำผลไม้เข้มข้นที่ได้ คำนวณร้อยละผลผลิต วิเคราะห์ปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ ความเป็นกรดต่าง และปริมาณกรดซิตริก

2. การพัฒนาเครื่องต้มพร้อมซัง

2.1 การทำผงมะม่วงหาวมะนาวโห่โดยอบแห้งแบบพ่นฝอย

นำน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่เข้มข้นที่เตรียมได้จากการแช่เยือกแข็งมาศึกษาสัดส่วนของสารช่วยทำ

แห้งที่เหมาะสม โดยเปรียบเทียบปริมาณสารมอลโทเดกซ์ทริน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 20, 25 และ 30 โดยน้ำหนัก โดยใช้อุณหภูมิเข้า 150 องศาเซลเซียส อุณหภูมิออก 90±2 องศาเซลเซียส อัตราเร็วของสารป้อนและอัตราไหลของอากาศร้อนที่ 5-10 มิลลิลิตร/นาที่ และ 35 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ตามลำดับ นำเครื่องต้มพร้อมซังที่ได้บรรจุในถุงพลาสติกปิดสนิทและบรรจุถุงฟอยล์แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อรอวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ความสามารถในการต้านการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase และพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องต้มมะม่วงหาวมะนาวโห่พร้อมซัง

2.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องต้มมะม่วงหาวมะนาวโห่พร้อมซัง

นำผงมะม่วงหาวมะนาวโห่จากข้อ 2.1 มาปรุงแต่งรสชาติโดยเปรียบเทียบชนิดและอัตราส่วนของสารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่เหมาะสม ได้แก่ ซูคราโลส (Su), น้ำตาลอิริทริทอล (E) และสารสกัดหญ้าหวาน (St) ที่อัตราส่วนของ Su : E : St เท่ากับ 0.5 : 0.5 : 0, 0 : 0.5 : 0.5, 0.5 : 0 : 0.5 และ 0.33 : 0.33 : 0.33 ตามลำดับ เทียบกับค่าความหวานของน้ำตาลซูโครสที่ปริมาณน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 5, 7 และ 9 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพเคมี ได้แก่ ค่าสี ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ การละลาย และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

3. วิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ การต้านอนุมูลอิสระ และสมบัติทางกายภาพเคมี

3.1 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH radical scavenging activity) [3]

เตรียมตัวอย่างสารสกัดที่ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และเติมสาร DPPH (Sigma Aldrich ประเทศสมาพันธรัฐสวิส) ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมล ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วบ่มในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที โดยวัด

*Corresponding author, e-mail: supaporn_pis@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

¹ Expert Centre of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท (รุ่น Infinite M200 Pro บริษัท TECAN ประเทศสมาพันธรัฐสวิส) โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐาน trolox (Merck ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี) ที่ความเข้มข้น 0.5-4 มิลลิโมลต่อลิตร คำนวณค่า % radical scavenging activity ดังสมการ

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = [(A_0 - A_1) / A_0] \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงควบคุม

A_1 = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %radical scavenging activity (แกน y) กับความเข้มข้นของตัวอย่าง (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) (แกน x) หาสมการเส้นตรงจากกราฟ ค่า R_2 (ควรมีค่าอยู่ในช่วง 0.9 ± 1.0) และคำนวณหาค่า IC_{50} จากสมการเส้นตรง โดยแทนค่า y ด้วย 50 แก้สมการหาค่า x (x คือ ปริมาณตัวอย่างที่ต้องใช้ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ร้อยละ 50)

3.2 การหาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Compound) [4]

นำสารสกัดตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับ Folin-ciocalteu' reagent (Merck ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี) ร้อยละ 10 ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และ Na_2CO_3 (Sigma Aldrich ประเทศสมาพันธรัฐสวิส) ร้อยละ 7.5 ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร เขย่าผสมให้เข้ากันแล้วบ่มในที่มืด เป็นเวลา 60 นาที โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765

นาโนเมตร ด้วยเครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท (รุ่น Infinite M200 Pro บริษัท TECAN ประเทศสมาพันธรัฐสวิส) นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปเทียบหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดจากกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก (Gallic acid) (Sigma Aldrich ประเทศสมาพันธรัฐสวิส) ที่มีความเข้มข้น 0-100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจะแสดงผลในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิก/มิลลิลิตร ของสารตัวอย่าง

3.3 การต้านการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase ด้วยชุดทดสอบ HMG-CoA Reductase (HMGR) Assay Kit CAS: CS1090 (Sigma Aldrich ประเทศสาธารณรัฐสิงคโปร์)

เตรียม 1x Assay Buffer โดยทำการเจือจาง 5x Assay Buffer ในชุดทดสอบ โดยนำ 5x Assay Buffer ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 8 มิลลิลิตร จากนั้นเตรียมสารละลาย NADPH โดยเติม 1x Assay Buffer ที่เตรียมปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ลงในขวด NADPH ในชุดทดสอบที่บรรจุ 25 มิลลิกรัม ผสมให้เข้ากันพักไว้สำหรับใช้วิเคราะห์ เตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ โดยชั่งตัวอย่างสารสกัดนำมาบ่มหาวมะนาวให้จำนวน 5 มิลลิกรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นเตรียมชุดทดสอบประกอบด้วย blank ชุดควบคุม และสารสกัด เติม reagents (Table 1) เพื่อทำปฏิกิริยาลงใน 96-well plate นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท (รุ่น Infinite M200 Pro บริษัท TECAN ประเทศสมาพันธรัฐสวิส) ที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส อ่านค่าทุกๆ 30 วินาที เป็นระยะเวลา 10 นาที

Table 1 Reagent volume in HMG-CoA reductase resistance assay

Sample	1x Assay Buffer (μl)	Sample (μl)	Pravastatin (μl)	NADPH (μl)	HMG-CoA (μl)	HMGR (μl)
Blank	184	-	-	4	12	-
Activity	172	10	-	4	12	2
Inhibition	181	-	1	4	12	2

*Corresponding author, e-mail: supaporn_pis@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

¹ Expert Centre of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research

การคำนวณหา HMG-CoA reductase activity (ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน) จากสมการ

$$\text{HMG-CoA activity} = [(\Delta A_{340}/\text{min}_{\text{sample}} - (\Delta A_{340}/\text{min}_{\text{blank}})) / (12.44 \times V \times 0.6 \times \text{LP})] \times \text{TV}$$

โดยที่

12.44 = ค่าสัมประสิทธิ์คงที่ของ NADPH ที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร

TV = ปริมาตรของสารละลายทั้งหมด (0.2 มิลลิลิตร)

V = ปริมาตรของเอนไซม์ HMG-CoA reductase ที่ใช้ทำปฏิกิริยา (มิลลิลิตร)

0.6 = ความเข้มข้นของเอนไซม์ในหน่วยมิลลิกรัมโปรตีนต่อมิลลิลิตร

LP = ความกว้างของคิวเวทที่แสงส่องผ่าน (0.55 เซนติเมตร)

3.4 การวิเคราะห์ผลทางกายภาพและเคมี

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น [5], ปริมาณน้ำอิสระ (a_w Serie 4 บริษัท Aqualab ประเทศสหรัฐอเมริกา), การละลาย [6], ค่าสี (Infinite M200pro บริษัท TECAN ประเทศสมาพันธรัฐสวิส)

4. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบสอบถามชนิด 7-point hedonic scale ทดสอบกับผู้ทดสอบอาสาสมัครที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส ความขม รสชาติ ความชอบโดยรวม และการยอมรับผลิตภัณฑ์

5. การประเมินผลทางสถิติ

นำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติโปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 17 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดลอง และวิจารณ์

ผลการศึกษาคุณภาพเบื้องต้นของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ พบว่ามะม่วงหาวมะนาวโห่ผลห่ามและผลสุก มีปริมาณของแข็งละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 22.77 ± 0.06 และ 23.1 ± 0.10 องศาบริกซ์ ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 4.0 และ พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 6.90 ± 1.63 และ 23.32 ± 0.96 มิลลิกรัมสมมูลย์กรด

แกลลิก/มิลลิลิตร ในขณะที่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระคำนวณเป็นค่า IC_{50} พบว่า ผลมะม่วงหาวมะนาวโห่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ร้อยละ 50 ซึ่งใช้ปริมาณเพียง 3.81 ± 0.73 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในขณะที่ผลสุก ต้องใช้ปริมาณถึง 7.30 ± 0.38 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัย คือ ผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละห่ามมีความสามารถต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ดีกว่าผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละสุก [7]

ผลการทดลองการเตรียมน้ำสกัดเข้มข้นด้วยการแช่เยือกแข็ง พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของค่าทางกายภาพเคมีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในน้ำสกัดหลังทำเข้มข้นรอบที่ 1 และ 2 คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 7 และ 20 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดซิตริก ร้อยละ 9.6 และ 26.88 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 2.34 ± 0.22 และ 3.56 ± 0.11 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิก/มิลลิลิตร เพิ่มขึ้นตามลำดับหลังการทำให้เข้มข้น ในทางกลับกันค่า IC_{50} 5.22 ± 0.15 , 4.30 ± 0.28 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณลดลงหลังการทำให้เข้มข้น ส่วนค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 2.0 ไม่แตกต่างกัน

จาก Figure 1 เมื่อพิจารณาค่าการต้านอนุมูลอิสระคำนวณเป็นค่า IC_{50} และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละห่ามหลังทำให้เข้มข้นโดยการแช่เยือกแข็งและแยกน้ำเข้มข้น 1 รอบ พบว่า น้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่เข้มข้นมีค่าการต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ไม่ได้ผ่านการทำให้เข้มข้น คือ มีค่า IC_{50} ในช่วง 4.30 ± 0.28 มิลลิกรัม/ลิตร ขณะที่น้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ก่อนทำให้เข้มข้นมีค่า 5.22 ± 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร ยังพบว่า น้ำ

*Corresponding author, e-mail: suporn_pisatistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

¹ Expert Centre of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research

มะม่วงหาวมะนาวโห่เข้มข้นมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ก่อนทำเข้มข้น โดยมีปริมาณเท่ากับ 3.56 ± 0.11 มิลลิกรัม/ลิตร ทั้งนี้ เนื่องมาจากการทำให้เข้มข้นด้วยวิธีการแช่เยือกแข็ง ใช้หลักการลดอุณหภูมิของสารละลายลงให้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง เพื่อให้ส่วนประกอบที่เป็นน้ำบางส่วนเกิดเป็นผลึก

น้ำแข็ง และทำการแยกผลึกน้ำแข็งนั้นออกจากสารละลาย มีผลทำให้น้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ได้มีความเข้มข้นสูงขึ้น เมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและค่าการต้านอนุมูลอิสระ จึงได้ผลที่ดีกว่าน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ไม่ได้ผ่านการทำให้เข้มข้น

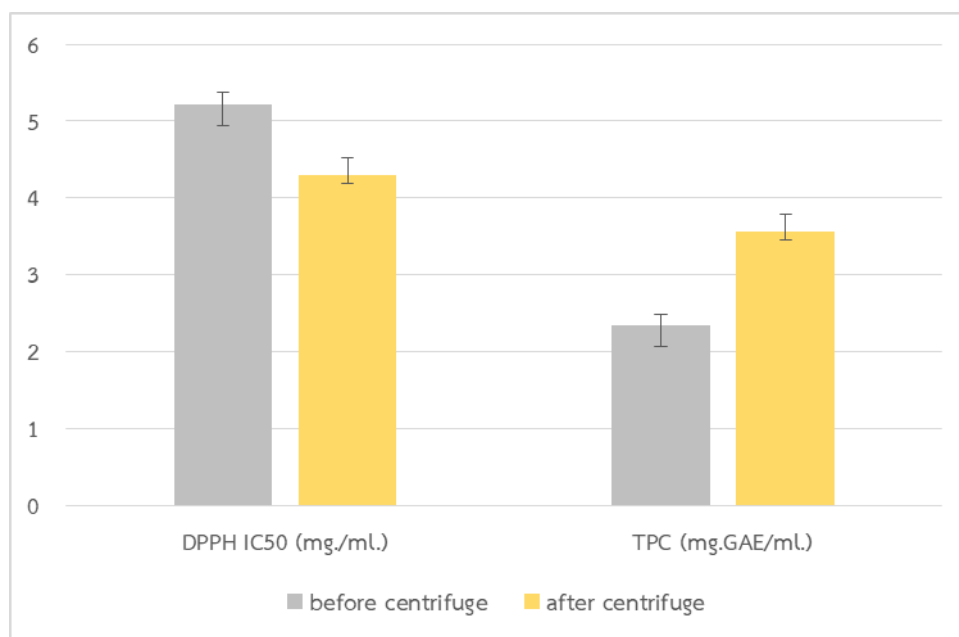


Figure 1 Phenolic contents (mg.GAE/mL) and antioxidants activity (IC₅₀) of half-ripe *Carissa carandas* L. before and after centrifuging.

จากผลการศึกษาการทำน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่เข้มข้นรูปแบบผงจากผลระยะห่ามโดยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่า ผงมะม่วงหาวมะนาวโห่ระยะห่ามทั้ง 3 สภาวะ มีปริมาณร้อยละของผลผลิตอยู่ในช่วงร้อยละ 15.76-23.43 มีผลวิเคราะห์ทางกายภาพเคมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 4.96-7.79 ปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.13-0.16 ค่าการละลายน้ำอยู่ในช่วง 1.31-2.24 นาที และค่าสี L, a*, และ b* เท่ากับ 92.93-93.35, 3.93-4.31 และ 6.11-6.91 ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งจากผลวิเคราะห์จะเห็นว่า ปริมาณมอลโทเดกซ์ทรีนที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และค่าโทนสีแดงลดลง แต่มีผลทำให้ เวลาที่ใช้ในการละลายเพิ่มขึ้น จาก Table 3 เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่า ผงมะม่วง

หาวมะนาวโห่ที่ใช้มอลโทเดกซ์ทรีน ร้อยละ 25 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด เท่ากับ 5.44 ± 0.68 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในขณะที่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ IC₅₀ พบว่า ผงมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีความสามารถต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดคือ ใช้มอลโทเดกซ์ทรีนร้อยละ 30 หมายถึง ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ ร้อยละ 50 ต้องใช้น้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ ปริมาณเพียง 3.15 ± 0.89 มิลลิกรัม/ลิตร ขณะที่สภาวะอื่นต้องใช้ปริมาณมากกว่าจึงจะสามารถต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ร้อยละ 50 อย่างไรก็ตามพบว่า การใช้มอลโทเดกซ์ทรีนทั้ง 3 ระดับมีค่า IC₅₀ ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และผลค่าการต้านการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase ของเครื่องต้มพร้อมซง โดยมียาพราวาสแตติน เป็นสารควบคุมบวก พบว่า ตัวอย่างเครื่องต้มพร้อมซง

*Corresponding author, e-mail: supaporn_pis@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

¹ Expert Centre of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research

ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/กรัมต่อมิลลิลิตรสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase คิดเป็นร้อยละอยู่ในช่วง 35.66-38.41 ขณะที่ยาพราวาสแตติน 0.5 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ร้อยละ 90.55 จะเห็นว่าตัวอย่างเครื่องดื่มพร้อมชงจากมะม่วงหาวมะนาวโห่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลได้ แต่ต้องใช้เครื่องดื่มพร้อมชงที่มีความเข้มข้นสูงกว่ายาพราวาสแตตินมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ทดสอบใช้สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 1,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เทียบกับยาพราวาสแตติน 0.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีความเข้มข้นต่างกัน 5,000 เท่า จึงจะสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase ได้ใกล้เคียง

กัน [8] (Table 2) ทั้งนี้ เนื่องมาจากเครื่องดื่มพร้อมชงมีปริมาณสารสกัดของมะม่วงหาวมะนาวโห่เป็นส่วนผสมในปริมาณน้อย และฤทธิ์ทางชีวภาพอาจถูกทำลายในขั้นตอนของการทำแห้ง จึงมีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase ได้น้อย เมื่อพิจารณาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเครื่องดื่มพร้อมชงที่อบแห้งทั้ง 3 สภาวะ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ จึงทำการคัดเลือกเครื่องดื่มพร้อมชงที่ใช้มอลโทเดกซ์ทรีน ร้อยละ 30 มาพัฒนาต่อเนื่องจากมีร้อยละผลผลิตที่สูงและมีลักษณะปรากฏที่เหมาะสม คือ ตัวผงไม่ขึ้นง่ายและไม่จับตัวเป็นก้อนหลังผ่านการเก็บรักษา จึงนำมาพัฒนาปรับสัดส่วนสารให้ความหวานต่อไป

Table 2 Physicochemical analysis of spray dried half-ripe *Carissa carandas* L. extract.

TRT (Koranda:MD)	%yield	% MC	a _w	Soluble (minute)	Color		
					L*	a*	b*
1 (80:20)	15.76%	7.79±0.66 ^a	0.16±0.02 ^a	1.32±0.08 ^b	92.93±0.64 ^{ab}	4.31±0.72 ^a	6.91±0.44 ^a
2 (75:25)	19.95%	6.55±0.27 ^b	0.15±0.02 ^a	2.10±0.62 ^a	92.88±0.90 ^b	4.30±0.78 ^a	6.38±0.27 ^b
3 (70:30)	23.43%	4.96±0.36 ^c	0.13±0.01 ^b	2.24±0.17 ^a	93.35±0.47 ^a	3.93±0.93 ^b	6.11±0.23 ^b

^{a-c}Means with in a column with different superscripts are significantly different (p<0.05)

^{ns}Means within the same column are not significantly different (p>0.05)

Table 3 Bioactive compound content and functional properties of spray dried *Carissa carandas* L. extract.

TRT (Koranda : MD)	Total phenolic compound (mg GAE/g. sample) ^{ns}	DPPH radical scavenging activities (mg./mL.) ^{ns}	HMG-CoA reductase (unit/mg. protein) ^{ns}	%Inhibition of HMG- CoA reductase
1 (80:20)	4.48±0.88	4.81±1.42	1.19±0.43	38.41±8.80 ^a
2 (75:25)	5.44±0.68	3.62±1.27	1.15±0.56	35.55±8.35 ^c
3 (70:30)	4.97±0.44	3.15±0.89	1.11±0.44	36.69±9.67 ^b

^{a-c}Means with in a column with different superscripts are significantly different (p<0.05)

^{ns}Means within the same column are not significantly different (p>0.05)

จากการพัฒนาเครื่องดื่มพร้อมชงโดยการปรับสัดส่วนสารให้ความหวาน เปรียบเทียบที่ระดับค่าความหวานเทียบเท่ากับน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 5 พบว่าทั้ง 4

สูตร มีปริมาณความเข้มข้นอยู่ในช่วงร้อยละ 3.16-4.87 มีปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.11-0.17 มีค่าการละลายน้ำอยู่ในช่วง 3.10-3.45 นาที และค่าสี L, a*, และ b*

*Corresponding author, e-mail: supaporn_pis@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

¹ Expert Centre of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research

เท่ากับ 92.93-93.71, 4.99-5.40 และ 4.23-4.50 ตามลำดับ (Table 4) จากนั้นทำการทดสอบการประเมินผลทางประสาทสัมผัสได้ผลปรากฏว่า ลักษณะปรากฏ สี ความขม ความชอบโดยรวม ทั้ง 6 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่กลิ่นรสและรสชาติมีความ

แตกต่างกันทางสถิติ และพบว่าสูตร 0.5Su:0E:0.5St และ 0Su:0.5E:0.5St ได้การยอมรับสูงสุดถึงร้อยละ 90 (Table 5) แต่เนื่องจากเครื่องตีผสมสูตร 0Su:0.5E:0.5St มีรสชาติติดขมช่วงปลาย จึงไม่นำมาพัฒนาต่อ

Table 4 Physicochemical properties of instant beverages from half-ripe *Carissa carandas* L. extract with mixed of sweetener.

TRT	%MC	a_w	Solubility ^{ns} (minute)	Color		
				L* ^{ns}	a*	b* ^{ns}
0.5Su:0.5E:0St	4.32±0.76 ^b	0.17±0.02 ^a	3.32±0.18	93.71±0.23	5.07±0.06 ^{ab}	4.34±0.05
0Su:0.5E:0.5St	4.45±0.28 ^a	0.14±0.01 ^b	3.10±0.62	93.30±0.93	4.99±0.44 ^b	4.23±0.36
0.5Su:0E:0.5St	4.87±0.46 ^a	0.11±0.01 ^b	3.24±0.27	93.34±0.63	5.05±0.21 ^{ab}	4.23±0.21
0.33Su:0.33E:0.33St	3.16±0.25 ^c	0.13±0.02 ^b	3.45±0.32	92.93±0.15	5.40±0.02 ^a	4.50±0.04

^{a-b}Means with in a column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

^{ns}Means within the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

Table 5 Sensory quality of instant beverages from half-ripe *Carissa carandas* L. extract with mixed of sweetener.

Attributes	Sensory evaluation						
	Appearance ^{ns}	Color ^{ns}	Flavor	Bitter taste ^{ns}	Taste	Overall liking ^{ns}	Acceptance
Control (pure)	5.95±0.83	5.88±0.61	4.95±0.83 ^b	4.53±1.25	4.27±1.14 ^c	4.23±1.14	63.33%
Control (5%)	5.90±0.66	5.90±0.92	5.10±1.05 ^b	5.13±1.04	5.10±1.40 ^{ab}	4.97±1.47	80.00%
0.5Su:0.5E:0St	6.05±0.85	5.83±0.87	5.02±0.79 ^b	5.22±0.96	4.85±1.09 ^b	5.00±1.05	80.00%
0Su:0.5E:0.5St	5.90±0.71	5.83±0.95	5.70±0.79 ^a	5.63±0.56	5.52±0.75 ^a	5.48±0.75	90.00%
0.5Su:0E:0.5St	6.23±0.85	6.25±0.77	5.42±0.70 ^{ab}	6.73±0.96	4.97±0.99 ^{ab}	5.03±1.07	90.00%
0.33Su:0.33E:0.33St	6.23±0.68 ^a	5.95±0.87	5.23±0.94 ^b	5.07±0.91	4.87±1.14 ^b	4.95±1.16	86.67%

^{a-c}Means with in a column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

^{ns}Means within the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

จากนั้นเลือกนำสูตร 0.5Su:0E:0.5St มาศึกษาเปรียบเทียบค่าความหวานกับน้ำตาลซูโครสที่ค่าความหวาน ร้อยละ 5, 7 และ 9 ทำการได้ประเมินผลทางประสาทสัมผัส (7-point hedonic scale) ทั้งหมด 30 คน แล้วนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติโปรแกรม SPSS เปรียบเทียบ

ค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า คะแนนความชอบรวมและการยอมรับเพิ่มขึ้นตามระดับความหวาน โดยสูตรที่เทียบกับความหวานของน้ำตาลทรายร้อยละ 9 คะแนนความชอบรวมสูงที่สุดเท่ากับ 5.01 คะแนน และการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุดเท่ากับร้อยละ 90 (Table 6)

*Corresponding author, e-mail: supaporn_pis@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

¹ Expert Centre of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research

Table 6 Sensory quality of instant beverages from half-ripe *Carissa carandas* L. extract at relative sweetness to sucrose at 5, 7 and 9%.

Attributes	Sensory evaluation						Acceptance
	Appearance ^{ns}	Color ^{ns}	Flavor	Bitter taste	Taste ^{ns}	Overall liking ^{ns}	
5%	5.80±1.06	6.00±0.87	4.93±1.26 ^b	4.37±1.43 ^b	4.57±1.30 ^b	4.70±1.24	66.67%
7%	6.03±0.81	5.87±1.05	5.57±0.73 ^a	4.87±1.17 ^a	4.97±1.19 ^{ab}	4.97±1.13	80.00%
9%	6.07±0.78	6.00±0.59	5.27±1.20 ^{ab}	5.00±1.44 ^{ab}	4.93±1.44 ^b	5.03±1.37	90.00%

^{a-b}Means with in a row with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

^{ns}Means within the same row are not significantly different ($p > 0.05$)

สรุปผล

ผลวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพเคมีและสมบัติเชิงฟังก์ชันของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ระยะห่ามและสุกมีค่าใกล้เคียงกัน มีปริมาณของแข็งละลายน้ำได้เท่ากับ 22.77 ± 0.06 และ 23.1 ± 0.10 องศาบริกซ์ ค่าความเป็นกรดต่าง 4.0 สารประกอบฟีนอลิก 6.90 ± 1.63 และ 23.32 ± 0.96 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิก/มิลลิลิตร ค่าการต้านอนุมูลอิสระ IC_{50} ของผลห่ามเท่ากับ 3.81 ± 0.73 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งใช้ปริมาณน้อยกว่าผลสุก เมื่อทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มพร้อมขง พบว่า การใช้สารมอลโทเดกซ์ทริน ร้อยละ 30 แต่งรสหวานด้วยซูคราโลส ร้อยละ 0.004 สารสกัดหว่าน ร้อยละ 0.075 และ อิริทริทอล ร้อยละ 0 แทนน้ำตาลซูโครสที่ความหวาน ร้อยละ 9 ได้การยอมรับสูงสุดถึงร้อยละ 90 โดยเครื่องดื่มพร้อมขงที่ความเข้มข้น 500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase ได้สูงสุดเท่ากับร้อยละ 38.41

เอกสารอ้างอิง

- [1] Waratornpaibul, T. (2010). Consumption behavior: consumerism food and health-conscious food. Panyapiwat Journal. 5(2): 255–264. (in Thai).
- [2] Simla, S., Boontang, S. and Siritrakulsak, P. (2013). The evaluation of some phytochemical content and antioxidant

activity in *Carissa carandas* L. Khon Kaen Agriculture Journal. 41(1): 602-606. (in Thai).

- [3] Wong, Y.J. and Chye, Y.F. (2009). Antioxidant properties of selected tropical wild edible mushrooms. Journal of Food Composition and Analysis. 22: 269–277.
- [4] Miliauskas, G., Venskutonis, P. R. and Beek, T. A. (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. Food Chemistry. 85(2): 231-237.
- [5] A.O.A.C. (2000) Official methods of analysis, 17th ed. Association of official chemists gaithersberg.
- [6] Tulardilok, K. (2009). Production of pickled garlic powder by foam-mat drying. Master's thesis, Chiang Mai University, Thailand. (in Thai).
- [7] Rattanawongsanit, M. (2019). Development on processing of half-ripened and fully-ripened stage of karanda (*Carissa carandas*) fruits. Master's thesis, Valaya Alongkong Rajabhat University. Pathumthani, Thailand. (in Thai).
- [8] Sumbul, S. and Ahmed, S.I. (2012). Anti-hyperlipidemic activity of *Carissa*

*Corresponding author, e-mail: supaporn_pis@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

¹ Expert Centre of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research

carandas (Auct.) leaves extract in egg
yolk induced hyperlipidemic rats.
Journal of Basic & Applied Sciences. 8:
124–134.

*Corresponding author, e-mail: supaporn_pis@tistr.or.th

¹ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

¹ Expert Centre of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research