



บทความวิจัย

การพัฒนาเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล

กานต์ จันทร¹ ยุทธศิลป์ ชัยสิทธิ์² ปานฤทัย พุทธทองศรี³ ชัยพลฤกษ์ หงษ์ลัดดาพร⁴ สรินทร คุ่มเขต⁵ และชมภูนาฏ ชมภูพันธ์^{6*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000 ประเทศไทย

² สาขาวิชาวิศวกรรมการออกแบบและผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000 ประเทศไทย

³ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000 ประเทศไทย

⁴ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000 ประเทศไทย

⁵ สาขาวิชานาฏศิลป์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000 ประเทศไทย

⁶ กลุ่มวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000 ประเทศไทย

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 8 สิงหาคม 2567

แก้ไข: 22 พฤศจิกายน 2568

ตอบรับการตีพิมพ์: 27 มีนาคม 2568

ตีพิมพ์ออนไลน์: 8 พฤษภาคม 2568

คำสำคัญ

เครื่องมือสกัด

มะม่วง

ระดับนาโนโมเลกุล

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล โดยนำส่วนสกัดหยาบ “เบต้าแคโรทีน” จากมะม่วงสุกโดยเฉพาะมะม่วงที่ไม่ผ่านการคัดเกรดส่งออกของจังหวัดเลย มาพัฒนาเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดนาโนเมตร ผลการศึกษาพบว่า เครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล มีขนาดเครื่องบริเวณฐาน 60 x 40 เซนติเมตร ความสูงรางสไลด์ 40 เซนติเมตร ประกอบด้วย 3 ใบวน ต้นกำลัง มอเตอร์ไฟฟ้า สปีดมอเตอร์ ขนาด 1500 วัตต์ ความถี่ 300 เฮิร์ต พร้อมชุดควบคุมความเร็ว (อินเวอร์เตอร์ ขนาด 1500 วัตต์) ชุดทำความร้อน ใช้เตาความร้อนแม่เหล็กไฟฟ้า 220 โวลต์ 50 เฮิร์ต 2200 วัตต์ จากการศึกษาสมรรถนะของเครื่อง พบว่า ความเร็วรอบของเครื่องที่ 900 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่ดีที่สุด ในสภาวะการผลิตที่ประกอบด้วย 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร เบต้าแคโรทีน จำนวนร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก เติมหิน 20 ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และเลซิติน ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ความเร็วรอบของเครื่องมีผลต่อการเกิดอิมัลชัน ซึ่งจะทำให้เบต้าแคโรทีนถูกห่อหุ้มอยู่ในหรือจับกับเลซิติน ทำให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลง สอดคล้องกับร้อยละการเกิดอิมัลชันที่พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบร้อยละการเกิดอิมัลชันจะเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ เครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุลที่สร้างขึ้น สามารถลดขนาดของอิมัลชันน้อยกว่า 200 นาโนเมตร ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานของนาโนอิมัลชันที่ต้องอยู่ในช่วง 20-200 นาโนเมตร

บทนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมะม่วง ประมาณ 994,087 ไร่ ในส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ปลูกประมาณ 245,042 ไร่ หรือร้อยละ 24.65 ของพื้นที่ปลูกมะม่วงทั้งประเทศ พบมากที่สุดในจังหวัดเลย (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2018) ในปีการผลิต 2566/67 จังหวัดเลย มีพื้นที่เพาะปลูกมะม่วง 62,644 ไร่ ผลผลิตรวม 69,580 ตัน พันธุ์ที่นิยมปลูก คือ พันธุ์โชคอนันต์ เชียวสวย เชียวใหญ่ น้ำดอกไม้ สีทอง ทองดำ มหาชนก เป็นต้น มีปริมาณผลผลิตมะม่วงออกมาสู่ตลาดมากในช่วงประมาณปลายเดือนเมษายน-มิถุนายน (Office of Provincial Commercial Affairs Loei, 2024) จากประสบการณ์ที่นักวิจัยเคยศึกษาเกี่ยวกับผลผลิตมะม่วงของจังหวัดเลย พบประเด็นปัญหาสำคัญ คือมะม่วงที่ส่งขายในประเทศมีราคาค่อนข้างต่ำ หากต้องการราคาสูงต้องส่งขายตลาดต่างประเทศ ส่งผลให้มะม่วงที่ไม่ผ่านการคัดเกรดส่งออก ตกค้างอยู่ที่สถานที่รับซื้อมะม่วงเป็นจำนวนมาก ในขณะที่มะม่วงยังคงมีลักษณะทางกายภาพและคุณภาพดี แต่ถูกทิ้งเน่าเสียเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ และเป็นที่ขยายพันธุ์ของ

แมลงก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งผู้ประกอบการได้กล่าวว่า มะม่วงที่ไม่ผ่านการคัดเกรดเหล่านี้ สามารถนำไปแปรรูปหรือนำไปแปรรูปได้โดยไม่คิดค่าใช้จ่าย ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำมะม่วงที่ไม่ผ่านการคัดเกรดส่งออกที่ถูกทิ้งไว้ที่สถานรับซื้อมาสกัดสารสำคัญเพื่อสร้างมูลค่าให้สินค้าทางการเกษตรอีกทางหนึ่ง มะม่วงสุกประกอบด้วยเบต้าแคโรทีน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของโปรวิตามินเอ จัดอยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoids) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบแคโรทีนอยด์ที่มากจากธรรมชาติยังควบคุมกระบวนการเผาผลาญอาหารของมนุษย์ ป้องกันโรคริ้วรอย โรคหัวใจและหลอดเลือด เสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน ลดความเสี่ยงของโรคมะเร็งหลายชนิด (Pakpot, 2019) จึงถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อาหารและเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมทางการเกษตร ผสมในอาหารสัตว์น้ำ และสัตว์ปีก (Phukasmas, 2015) จากกระแสความนิยมด้านสุขภาพที่ผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพและความงามตามวิถีธรรมชาติ ประกอบกับประเทศไทยมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง พืชพันธุ์ไม้ที่

*Corresponding author

E-mail address: chomphunat@gmail.com (C. Chomphuphan)

Online print: XX May 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.7>

หลากหลายเป็นข้อได้เปรียบต่อการตอบสนองกระแสความต้องการของผู้บริโภค การนำมาซึ่งที่ไม่ผ่านการคัดกรองของจังหวัดเลย มาสกัดสารสำคัญและพัฒนาเป็นนวัตกรรมเพื่อประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง และใช้ในระบบการเลี้ยงไก่เนื้อและไก่ไข่ จึงตอบโจทย์กระแสความนิยม ทั้งยังเป็นแนวทางแก้ปัญหาเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดเลยได้อีกรูปแบบหนึ่ง

เทคนิคการสกัด (extraction) สารสำคัญในพืช ผัก ผลไม้ สมุนไพรชนิดต่าง ๆ เป็นเทคนิคในการแยกสารอินทรีย์ออกจากของผสม ตัวอย่าง โดยใช้กระบวนการที่เหมาะสม เช่น การสกัดแยกสารประกอบบางชนิดออกจากแหล่งผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ รวมทั้งการสกัดแยกสารผลิตภัณฑ์ออกจากของผสมหลังทำปฏิกิริยา (Athipornchai & Saeeng, 2015) เพื่อนำสารสำคัญที่ได้ไปพัฒนาเป็นอาหารเสริม ยา รักษาโรค หรือเครื่องสำอาง โดยนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในการผลิต อย่างไรก็ตามพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มักออกฤทธิ์ได้ไม่นานและไม่เฉพาะเจาะจง ทั้งนี้เพราะการนำส่งสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ไปยังเป้าหมายที่ต้องการเป็นไปได้ยากเนื่องจากโมเลกุลเหล่านี้จะต้องนำส่งผ่านเยื่อกั้นชนิดต่างๆ ในร่างกาย และอาจเสียสภาพก่อนถึงอวัยวะเป้าหมายได้ (Crommelin et al., 2003) จึงต้องมีการพัฒนาระบบการนำส่งสารสำคัญที่เพิ่มการดูดซึมและการนำส่งสู่บริเวณเป้าหมาย การใช้อนุภาคนาโนเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้แก้ปัญหา โดยอนุภาคนาโนสามารถป้องกันโมเลกุลไม่ให้ถูกทำลายระหว่างนำส่ง ช่วยเพิ่มการซึมของโมเลกุลขนาดใหญ่ผ่านเยื่อเมือก และควบคุมการปลดปล่อยโมเลกุลขนาดใหญ่ที่ถูกกักไว้ภายในอนุภาคได้ (Takeuchi et al., 2001) นาโนอิมัลชัน (nanoemulsion) หมายถึงระบบที่ประกอบด้วยสารลดแรงตึงผิว น้ำมันหอมระเหยและน้ำโดยทั่วไปจะมีขนาดอยู่ในช่วง 20-200 นาโนเมตร มีลักษณะโปร่งใส หรือโปร่งแสงเมื่อมองด้วยตาเปล่า เนื่องจากมีความคงตัวทางจลนศาสตร์สูง และมีการเคลื่อนไหวแบบบราวน์เนียน อีกทั้งเป็นระบบที่ไม่เป็นพิษ และไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง และเยื่อต่างๆ ในร่างกาย ในด้านการผลิตระบบนาโนอิมัลชันเป็นระบบที่ง่ายต่อการเพิ่มปริมาณการผลิตต้นทุนการผลิตต่ำ และมีความคงตัวสูง (Thirapong, 2018)

การสกัดสารสำคัญเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ สามารถผลิตได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องไฮไมจีในเซอร์ที่มีราคาสูง แต่ผลิตจากวิธีการเกิดอิมัลชันได้เอง โดยก่อกำเนิดระหว่างกวนส่วนผสมที่ประกอบด้วยน้ำมัน สารลดแรงตึงผิว และน้ำ วิธีการเกิดอิมัลชันได้เองสามารถนำไปประยุกต์ใช้จริงในอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เนื่องจากทำได้ง่าย ต้นทุนต่ำ และใช้เพียงอุปกรณ์ปั่นผสมที่ความเร็วรอบไม่สูงนัก (Ariyaprakai, 2017) อย่างไรก็ตาม เครื่องไฮไมจีในเซอร์ที่มีขนาดและกำลังการผลิตต่ำ มักมีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาการใช้งาน เมื่อใช้ไปในระยะเวลาหนึ่งตัวเครื่องจะมีอุณหภูมิสูงจนไม่สามารถใช้งานต่อได้ ในขณะที่เครื่องขนาดใหญ่มีเทคโนโลยีและระบบควบคุมที่ใช้

ดีกว่าจะมีราคาสูงจนผู้ประกอบการรายย่อยไม่สามารถนำมาใช้ในสถานประกอบการได้ งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุลที่ใช้ต้นทุนการพัฒนาไม่สูง แต่มีประสิทธิภาพในการผลิต โดยเทคนิคสำคัญที่ทำให้สารสำคัญอยู่ในรูปของนาโนโมเลกุลในงานวิจัยนี้ ได้แก่ water-in-oil ซึ่งจะอยู่ในรูปของ microemulsion ที่ถือว่าเป็นระดับนาโนโมเลกุล เป็นการนำส่วนสกัดหยาบเบตาแคโรทีนจากมะม่วงสุก มาพัฒนาเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดนาโนเมตรจากเครื่องที่สร้างขึ้น เพื่อนำสารสำคัญที่สกัดได้ไปประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง และกระบวนการเลี้ยงไก่เนื้อและไก่ไข่ในจังหวัดเลยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. หลักการสร้างเครื่อง ผู้วิจัยได้ออกแบบโดยมีหลักการคือเป็นเครื่องที่มีขนาดกะทัดรัด แข็งแรง ใช้งานง่าย วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างและซ่อมบำรุงหาได้ง่าย เหมาะสำหรับผู้ประกอบการในระดับวิสาหกิจชุมชนของจังหวัดเลย การออกแบบและสร้างเครื่องคำนึงถึงหลักการสำคัญที่ทำให้วัตถุดิบพืช ผัก ผลไม้และสมุนไพรในท้องถิ่นต่างๆ โดยเฉพาะมะม่วง ให้สารสกัดออกมาในลักษณะ water-in-oil ซึ่งจะอยู่ในรูปของ microemulsion โดยการพัฒนาเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล เพื่อสามารถนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นไปประยุกต์ใช้ในการทำเครื่องสำอาง และใช้ในระบบการเลี้ยงไก่เนื้อและไก่ไข่ในจังหวัดเลยต่อไป

2. การออกแบบและสร้างเครื่อง ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดการจัดสร้างเครื่องเริ่มจากการวางแผนและออกแบบเครื่องจักรตามกระบวนการทางด้านวิศวกรรมโดยเบื้องต้น คือ การวิเคราะห์ปัญหาและออกแบบเครื่องค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องและรูปแบบการทำงานวิจัย และทำการออกแบบเครื่องด้วยโปรแกรมการออกแบบ 3 มิติ Solid work และ SolidCAM ดังแสดงใน Figure 1

ผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล มีขนาดของเครื่องบริเวณฐานขนาด 60 x 40 เซนติเมตร มีรางสไลด์ความสูง 40-70 เซนติเมตร สำหรับยึดมอเตอร์เคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวตั้งประกอบชุดใบกวน 3 แบบ ที่สามารถถอดออกจากตัวเครื่องได้ ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า สปินเดิลมอเตอร์ ขนาด 1,500 วัตต์ ความถี่ 300 เฮิร์ต ความเร็วรอบสูงสุด 18,000 รอบต่อนาที ถึงกวนรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ความจุถึง 6,280 มิลลิลิตร พร้อมชุดทำความร้อนและชุดตรวจวัดใช้ควบคุมอุณหภูมิของเหลวในถังให้อยู่ในระดับที่ต้องการ

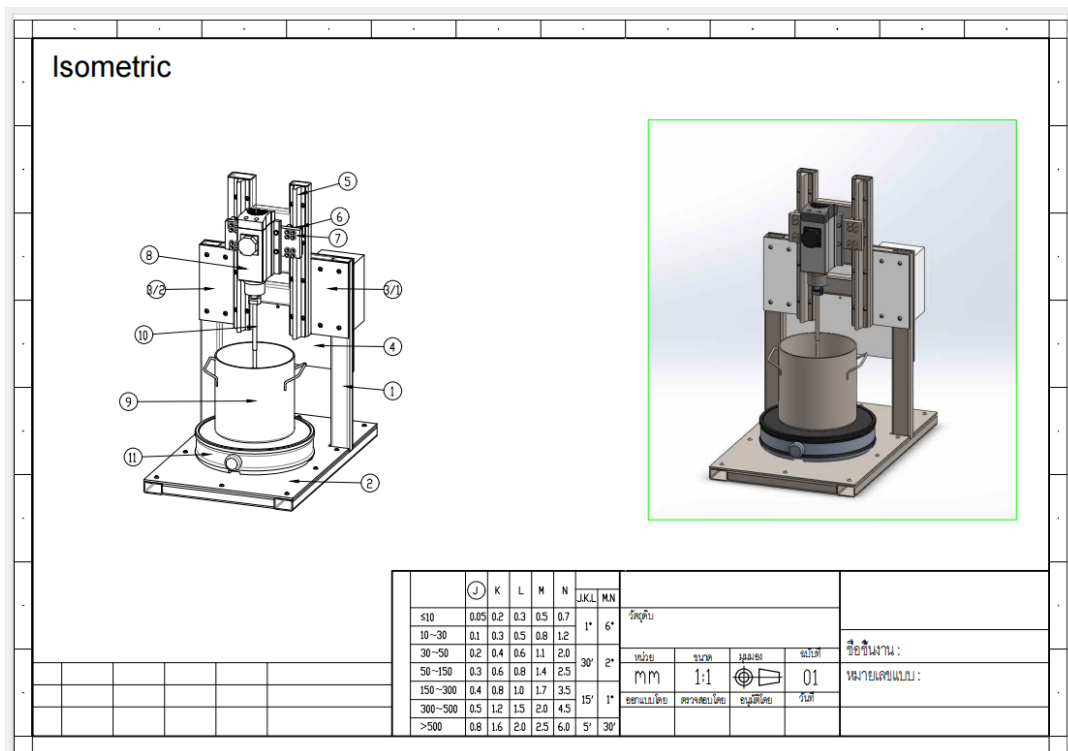


Figure 1 The designing of a machine for transforms active compounds of mango into nanoparticles

3. การหาประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องทำให้อายุสั้นจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล มีกระบวนการศึกษา ดังนี้

1) ศึกษาความเร็วรอบของเครื่องทำให้อายุสั้นจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล และลักษณะของใบกวน จากปัญหาของการวิจัยที่พบว่า เครื่องโม่โม่จืดในเซอร์ที่มีขนาดและกำลังการผลิตต่ำ ที่มีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาการใช้งาน เมื่อใช้ไปในช่วงเวลาหนึ่งตัวเครื่องจะมีอุณหภูมิสูงจนไม่สามารถใช้งานต่อได้ งานวิจัยครั้งนี้จึงต้องการศึกษาความเร็วรอบที่เหมาะสมต่ออุณหภูมิของสปีนเดอร์มอเตอร์สำหรับทำให้อายุสั้นจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล รวมถึงเมื่อต้องการใช้งานในระดับชีวทิกซมชนที่เพิ่มปริมาณการผลิตต่อครั้งมากกว่าการทดลองในห้องปฏิบัติการ จึงมีการศึกษาลักษณะของใบกวนที่สามารถกวนสารที่เหมาะสมกับปริมาณความจุของสารละลาย จึงแบ่งการทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1: ศึกษาหาความเร็วรอบของมอเตอร์ต่ออุณหภูมิของมอเตอร์

แผนการทดลอง: ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี จำนวน 5 ปัจจัย คือ ความเร็วรอบของเครื่องปั่น จำนวน 5 ระดับ (ความเร็วรอบ 100, 300, 500, 700 และ 900 รอบต่อนาที) ปัจจัยละ 3 ซ้ำ

การเก็บข้อมูล: บันทึกข้อมูล อุณหภูมิของมอเตอร์ที่เวลา 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 และ 120 นาที ของแต่ละความเร็วรอบ โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิอัตโนมัติ (Model: Benetech GM320)

ลักษณะที่ต้องการศึกษา: อุณหภูมิของมอเตอร์แต่ละความเร็วรอบในแต่ละช่วงเวลา

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ: ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี จำนวน 5 ปัจจัย (ความเร็วรอบ 100, 300, 500, 700 และ 900 รอบต่อนาที)

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย The Duncan's New Multiple Range Tests (Steel and Torrie, 1980) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1998)

การทดลองที่ 2: ศึกษาหาชนิดของใบกวนต่อปริมาณความจุของสารละลาย

แผนการทดลอง: ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี จำนวน 3 ปัจจัย คือ ชนิดของใบกวน จำนวน 3 ชนิด (spinning mixer, spiral mixer, bridges mixer) ปัจจัยละ 4 ซ้ำ ที่ความเร็วรอบ 100, 300, 500, 700 และ 900 รอบต่อนาที

การเก็บข้อมูล: บันทึกข้อมูลปริมาณสารละลายที่บรรจุได้สูงสุดของใบกวนแต่ละชนิด ที่ความเร็วรอบ 100, 300, 500, 700 และ 900 รอบต่อนาที

ลักษณะที่ต้องการศึกษา: ปริมาณสารละลายที่บรรจุได้สูงสุดของใบกวนแต่ละชนิด ในแต่ละความเร็วรอบ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ: ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี จำนวน 3 ปัจจัย (spinning mixer, spiral mixer, bridges mixer) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย The Duncan's New Multiple Range Tests (Steel and Torrie, 1980) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1998)

2) ศึกษาสมรรถนะของเครื่องในการทำให้อายุสั้นจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล มีการทดสอบประสิทธิภาพโดยการนำส่วนสกัดหยาบ “เบต้าแคโรทีน” จากมะม่วงสุก มาพัฒนาเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดนาโนเมตร โดยเฉพาะในระบบการทำให้อยู่ในรูป

ของไลโปโซมและอิมัลชัน เพื่อให้ได้ขนาดของอิมัลชันน้อยกว่า 200 นาโนเมตร มีรายละเอียดดังนี้

แผนการทดลอง: ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี จำนวน 5 ปัจจัย คือ ความเร็วรอบของเครื่องปั่น จำนวน 5 ระดับ (ความเร็วรอบ 100, 300, 500, 700 และ 900 รอบต่อนาที) ปัจจัยละ 3 ซ้ำ

มะม่วงที่ใช้ในการทดลอง: มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่ไม่ผ่านการคัดเกรดส่งออก ที่ถูกทิ้งไว้ที่สถานรับซื้อมะม่วง อำเภอปากชม จังหวัดเลย

การเก็บข้อมูล: เมื่อนำในสภาวะที่ประกอบด้วย 1000 ppm betacarotene จำนวน 10% w/w เติม tween 20 5% w/w เลซิทีน 1 % w/w ปรับปริมาตรให้ได้ 100 กรัมด้วยน้ำกลั่น นำมาทวนด้วยเครื่อง ใช้ใบกวน spinning mixer ด้วยความเร็วรอบ 100, 300, 500, 700 และ 900 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที แต่ละสภาวะศึกษาลักษณะของสารละลายอิมัลชัน ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH และร้อยละการเกิดอิมัลชันโดยคำนวณจากปริมาณเบต้า แคโรทีนก่อนและหลังการเกิดเป็นอิมัลชันที่ความเร็วรอบทั้งหมดข้างต้น นำมาศึกษาขนาดโมเลกุลด้วยกล้องจุลทรรศน์ รุ่น OLYMPUS CX23 กำลังขยาย 100 และศึกษาฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

ลักษณะที่ต้องการศึกษา: ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และร้อยละการเกิดอิมัลชัน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ: ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี จำนวน 5 ปัจจัย (ความเร็วรอบ 100, 300, 500, 700 และ 900 รอบต่อนาที) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย The Duncan's New Multiple Range Tests (Steel and Torrie, 1980) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1998)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลการสร้างเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล ได้เครื่องต้นแบบ โครงสร้างเครื่อง มีขนาดของเครื่องบริเวณฐานขนาด 60 x 40 เซนติเมตร ทำจากเหล็กกล่องสแตนเลสสตีล 304 ขนาด 1 นิ้ว x 2 นิ้ว หนา 2.0 มิลลิเมตร พื้นทำจากสแตนเลสแผ่น 304 หนา 2.0 มิลลิเมตร ยึดรางสไลด์ความสูง 40-70 เซนติเมตร สำหรับจับยึดมอเตอร์ให้สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวตั้งได้ ทำจากสแตนเลสสตีลทั้งชุด มีรายละเอียดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

1) ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า สปินเดิลมอเตอร์ ขนาด 1500 วัตต์ ความถี่ 300 เฮิร์ต ความเร็วรอบสูงสุด 18,000 รอบต่อนาที พร้อมชุดควบคุมความเร็ว (inverter ขนาด 1,500 วัตต์) สามารถควบคุมกำหนดระดับความเร็วรอบของสปินเดิลมอเตอร์ ได้ตามต้องการ

2) ชุดทำความร้อน ประกอบไปด้วย เตาความร้อนแม่เหล็กไฟฟ้า 220 โวลต์ 50 เฮิร์ต 2,100 วัตต์ ให้ความร้อนแก่ถังบรรจุ และชุดตรวจวัด ใช้ควบคุมอุณหภูมิของของเหลวในถังให้อยู่ในระดับที่ต้องการ รวมถึงปลั๊กไฟฟ้า เซอร์กิตเบรกเกอร์ และชุดสายไฟต่าง ๆ ภายในเครื่อง

3) ชุดใบกวน ใบกวนทำจากสแตนเลสสตีล 304 ทั้งชุด ความสูงสำหรับชุดเพลลาที่ติดกับมอเตอร์ 30 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เซนติเมตร ประกอบด้วย 3 ใบกวน (spinning mixer, spiral mixer, Bridges mixer) หมุนวนเข้มนาฬิกา จากมุมมองของมอเตอร์ที่มองลง

4) ถังปั่น ตัวถังสร้างจากสแตนเลสสตีล (Food Grade 304) ความหนาประมาณ 0.3-0.5 เซนติเมตร ตัวถังความจุ 6,280 มิลลิลิตร ความสูง 20 เซนติเมตร ขอบรัศมีปากถังและก้นถัง 20 เซนติเมตร มีด้ามจับ 2 ข้าง รายละเอียดของเครื่องแสดงดัง Figure 2 และ Figure 3 เพื่อใช้ในการทดลองประสิทธิภาพต่อไป

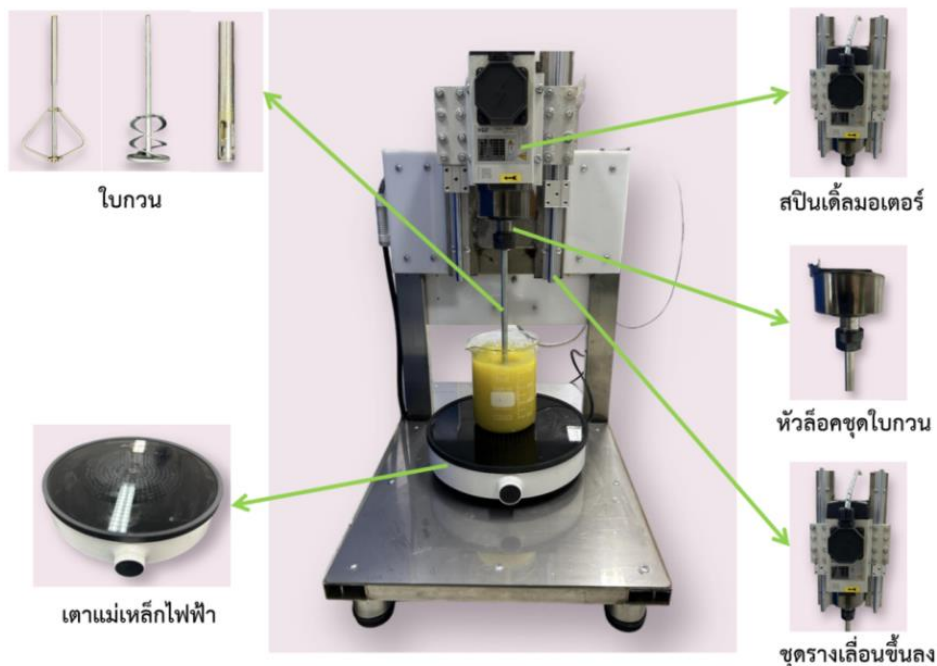


Figure 2 Front components of a machine for transforms active compounds of mango into nanoparticles.

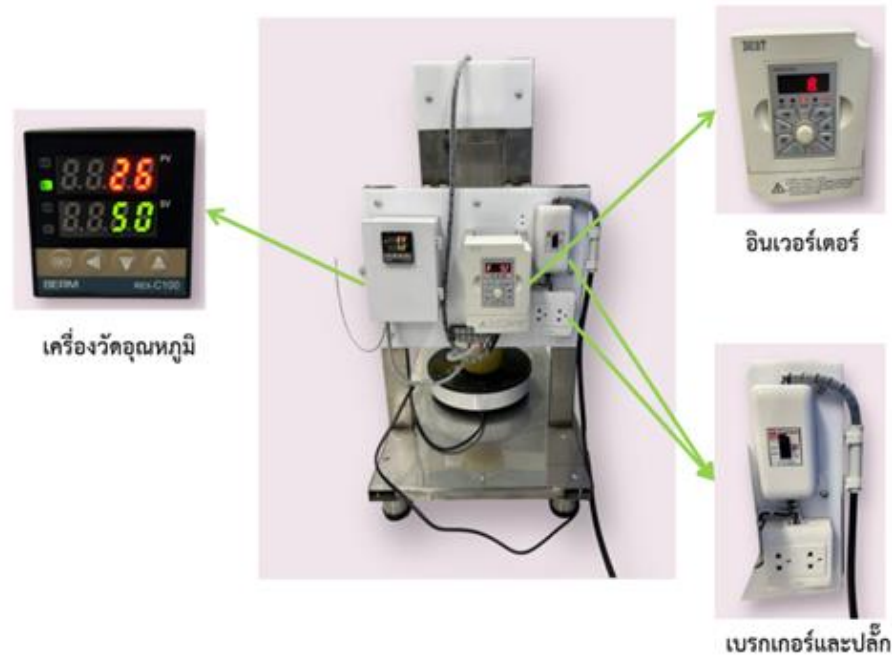


Figure 3 Rear components of a machine for transforms active compounds of mango into nanoparticles.

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล มีผลการทดสอบประสิทธิภาพดังต่อไปนี้

1) ผลการศึกษาลักษณะใบกวนและความเร็วรอบของเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุลแบ่งเป็น

การศึกษาค้นหาความเร็วรอบของมอเตอร์ต่ออุณหภูมิของมอเตอร์ จากผลการศึกษา พบว่าความเร็วรอบของมอเตอร์มีผลกระทบต่ออุณหภูมิของมอเตอร์ โดยพบว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ความเร็วรอบต่ำ 100 รอบต่อนาที จะมีอุณหภูมิของมอเตอร์สูงกว่าความเร็วรอบ 300, 500, 700 และ 900 รอบต่อนาที และอุณหภูมิของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการใช้งานเพิ่มขึ้น ผลการศึกษพบว่าเมื่อเครื่องทำงานเป็นเวลา 15 นาที อุณหภูมิของเครื่องที่ความเร็วรอบ 100, 300, 500, 700 และ 900 รอบต่อนาที มีค่าเป็น 53.20, 31.00, 30.50, 30.00 และ 29.60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เช่นเดียวกับเมื่อเครื่องทำงานเป็นเวลา 30 นาที (56.20, 35.40, 34.20, 34.10 และ 34.00 องศาเซลเซียส ตามลำดับ), 45 นาที (70.00, 36.30, 35.00, 36.00 และ 35.80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ), 60 นาที (76.00, 37.50, 36.20, 37.30 และ 37.00 องศาเซลเซียส ตามลำดับ), 75

นาที (80.00, 38.00, 37.90, 37.80 และ 37.60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ), 90 นาที (84.00, 38.50, 38.20, 38.10 และ 38.00 องศาเซลเซียส ตามลำดับ), 105 นาที (86.00, 38.80, 38.40, 38.30 และ 38.10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ) และ 120 นาที (90.00, 39.00, 38.70, 38.40 และ 38.30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ดังแสดงใน Table 1

ศึกษาค้นหาชนิดของใบกวนต่อปริมาณความจุของสารละลาย จากผลการศึกษา พบว่า ใบกวนแบบที่ 1 (spinning mixer) สามารถกวนของเหลวได้ 6000 มิลลิลิตร (95.5%) เกือบเต็มความจุของภาชนะ ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 100, 300, 500, 700 และ 900 รอบต่อนาที โดยไม่ทำให้ของเหลวกระเด็นออกนอกภาชนะแม้จะใช้ความเร็วเพิ่มขึ้น ใบกวนชนิดที่ 2 (spiral mixer) ใช้ความเร็วได้สูงสุดที่ 500 รอบต่อนาที ได้ปริมาณความจุของเหลว 500 มิลลิลิตร (7.96%) ส่วนใบกวนชนิดที่ 3 (bridge mixer) ใช้ความเร็วสูงสุดไม่เกิน 100 รอบต่อนาที ได้ปริมาณความจุของเหลว 500 มิลลิลิตร (7.96%) ทั้งนี้ ใบกวนกวนของเหลวจากตรงกลางไปสู่ขอบภาชนะ และทำให้ของเหลวกระเด็นออกนอกภาชนะได้ง่าย เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นการกระเด็นก็เพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งชนิดของใบกวนส่งผลต่อปริมาณความจุของสารละลาย แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ดังแสดงใน Table 2

Table 1 Effect of motor speed on motor temperature

Item	Motor speed (rpm)					P- Value
	100	300	500	700	900	
15 minute	53.20 ^a	31.00 ^b	30.50 ^b	30.00 ^b	29.60 ^b	0.0001
30 minute	56.20 ^a	35.40 ^b	34.20 ^b	34.10 ^b	34.00 ^b	0.0001
45 minute	70.00 ^a	36.30 ^b	35.00 ^b	36.00 ^b	35.80 ^b	0.0001
60 minute	76.00 ^a	37.50 ^b	36.20 ^b	37.30 ^b	37.00 ^b	0.0001
75 minute	80.00 ^a	38.00 ^b	37.90 ^b	37.80 ^b	37.60 ^b	0.0001
90 minute	84.00 ^a	38.50 ^b	38.20 ^b	38.10 ^b	38.00 ^b	0.0001
105 minute	86.00 ^a	38.80 ^b	38.40 ^b	38.30 ^b	38.10 ^b	0.0001
120 minute	90.00 ^a	39.00 ^b	38.70 ^b	38.40 ^b	38.30 ^b	0.0001

Remark: Means in the same row with different superscript letters are significantly different ($p < 0.01$).

Table 2 Effect of stirring blades type on solution capacity

Item	Stirring blades type			P- Value
	spinning mixer	Spiral mixer	Bridges mixer	
100 rpm	6000 ^a	2000 ^b	500 ^c	0.0001
300 rpm	6000 ^a	1000 ^b	0 ^c	0.0001
500 rpm	6000 ^a	500 ^b	0 ^c	0.0001
700 rpm	6000 ^a	0 ^b	0 ^c	0.0001
900 rpm	6000	0 ^b	0 ^c	0.0001

Remark: Means in the same row with different superscript letters are significantly different ($p < 0.01$).

2) สมรรถนะของเครื่องในการทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล มีการทดสอบโดยนำส่วนผสมยาบ “เบต้าแคโรทีน” จากมะม่วงสุก มาพัฒนาเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดนาโนเมตร

การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และร้อยละการเกิดอิมัลชัน จากผลการศึกษา พบว่าความเร็วรอบมอเตอร์ของเครื่องในการทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล มีผลต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และ ร้อยละการเกิดอิมัลชัน โดยพบว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 900 รอบต่อนาที อิมัลชันมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดีกว่าความเร็วรอบ 700, 500, 300 และ 100 รอบต่อนาที มีค่าเป็น 8.98, 9.88, 10.06, 10.65 และ 24.25 ตามลำดับ และความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 900 รอบต่อนาที มีร้อยละการเกิดอิมัลชันสูงกว่าความเร็วรอบ 700, 500, 300 และ 100 รอบต่อนาที มีค่าเป็น 33.52, 32.57, 29.81, 26.04 และ 10.02 ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มความเร็วรอบจาก 100 รอบต่อนาที เป็น 300 รอบต่อนาที อิมัลชันมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่เมื่อเพิ่มความเร็วรอบจาก 300 รอบต่อนาที เป็น 700 และ 900 รอบต่อนาที อิมัลชันมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงเล็กน้อยไม่ชัดเจน แสดงให้เห็นว่าความเร็วรอบมีผลต่อการเกิดอิมัลชัน ซึ่งทำให้เบต้าแคโรทีนถูกห่อหุ้มอยู่ภายในหรือจับกับเลซิทีน ทำให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลง สอดคล้องกับร้อยละการเกิดอิมัลชันที่พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบร้อยละการเกิดอิมัลชันจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ทั้งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและร้อยละการเกิดอิมัลชันแสดงดัง **Table 3** และ **Table 4**

จากผลการศึกษา สามารถสรุปได้ว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ตั้งแต่ 300 รอบต่อนาทีขึ้นไป เป็นความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการปั่นสารละลาย เนื่องจากเมื่อมอเตอร์หมุนที่ความเร็วรอบสูง ใบพัดของระบบการระบายความร้อนที่ยึดติดกับแกนของมอเตอร์จะหมุนเร็วตามไปด้วย ทำให้ระบายความร้อนได้ดีกว่าความเร็วรอบต่ำ ส่วนความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 100 รอบต่อนาที จะทำให้อุณหภูมิของมอเตอร์สูงเนื่องจากใบพัดของระบบระบายความร้อนหมุนช้า ทำให้ระบายความร้อนออกจากมอเตอร์ได้ไม่ดีเท่ากับความเร็วยรอบที่สูง ความเร็วรอบของเครื่องที่ 900 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่ดีที่สุด ในสภาวะการผลิตที่ประกอบด้วย 1000 ppm betacarotene จำนวน 10% w/w เติม tween 20 5% w/w เลซิทีน 1 % w/w ปริมาณให้ได้ 100 กรัมด้วยน้ำกลั่น นำมากรวนด้วยเครื่อง ใช้ใบกวน spinning mixer เนื่องจากความเร็วรอบของเครื่องยิ่งสูงจะมีผลต่อการเกิดอิมัลชัน ซึ่งทำให้เบต้าแคโรทีนถูกห่อหุ้มอยู่ภายในหรือจับกับเลซิทีน ส่งผลให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลง

เครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล มีหลักการออกแบบคือ มีขนาดกะทัดรัด แข็งแรง ใช้งานง่าย

วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างและซ่อมบำรุงหาได้ง่าย และเหมาะสำหรับผู้ประกอบการในระดับวิสาหกิจชุมชนเพื่อใช้ในการทำให้วัตถุดิบพืช ผัก ผลไม้และสมุนไพรในท้องถิ่นให้สารสกัดออกมาเพื่อไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุลที่สร้างขึ้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด รวมทั้งลดระยะเวลาในการสกัดเนื่องจากเลือกใช้ใบกวน (impeller) เหมาะสมกับการใช้งาน การทำงานของใบกวนที่ยึดติดอยู่บนเพลาทาหน้าที่หมุนวนของเหลวเพื่อแลกเปลี่ยนสารตามความต้องการของกระบวนการผลิตลักษณะการไหลในถังผสมเป็น Axial flow กล่าวคือ ของเหลวถูกดูดและไหลในแนวแกนขนานกับเพล่า และใบกวนกลุ่มนี้ใช้เพิ่มการไหลของของเหลว (pumping capacity) เหมาะสำหรับการผสมของเหลวที่สามารถละลายเข้าด้วยกัน (blending) และการผสมของแข็งเข้ากับของเหลว (suspension) (Wannaphrom et al., 2020) ผลของการกรวนด้วยเครื่องที่ 700 rpm เป็นเวลา 2 ชั่วโมง สามารถลดขนาดของอิมัลชันน้อยกว่า 200 นาโนเมตร มีปัจจัยที่สำคัญ คือการออกแบบความสัมพันธ์ระหว่างใบกวน ระยะเวลา และความเร็วในการหมุน สอดคล้องกับ Boonrong et al. (2020) ที่ศึกษาผลกระทบของปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการลดขนาดอนุภาคของเม็ดแป้งมันสำปะหลังมากที่สุด ผลการศึกษพบว่า ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการลดขนาดอนุภาคคือรูปแบบของใบพัด ตามด้วยความเร็วปลายใบพัด ชนิดของแป้งมันสำปะหลัง และความชื้นของแป้งมันสำปะหลัง ตามลำดับ เนื่องจากอุปกรณ์ส่วนใหญ่ที่ทำให้การผสมสารเป็นไปอย่างไม่ราบรื่น คือ ความหนืด เมื่อใดที่ทำการกรวนสารผสมที่มีความหนืดสูงขณะความเร็วกรวนสูง จะทำให้แรงต้านจากแรงเฉือนระหว่างใบพัดกวนสารกับสารผสมมากกว่าแรงที่ถูกส่งมาจากมอเตอร์ ส่งผลทำให้ความเร็วและประสิทธิภาพของเครื่องกวนสารลดลงไปด้วย ดังนั้น สมรรถนะที่ดีของเครื่องกวนสารถือเป็นสิ่งสำคัญ (Phuisaengpan, 2022) การจัดวางถังกวนและใบกวน ใช้รูปแบบ Top entry เครื่องกวนติดตั้งด้านบนเนื่องจากติดตั้งง่าย ประสิทธิภาพในการผสมของเหลวที่มีความหนืดต่างกัน ทำความสะอาดง่าย (Phaiwan, 2024)

การสร้างเครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล อาศัยหลักการของเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (homogenizer) ทำให้สารที่เป็นองค์ประกอบในการผลิตรวมตัวเป็นอิมัลชันไม่แยกชั้น โดยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์จะทำให้เม็ดอนุภาคไขมันแตก เพื่อลดขนาดของเม็ดไขมันให้มีขนาดเล็กโดยเฉลี่ยต่ำกว่า 1 ไมครอน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดไขมันเกิด การรวมตัวกันเป็นชั้นของครีม และทำให้ส่วนผสมต่าง ๆ ละลายเป็นเนื้อเดียว ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อละเอียดเนียน (Pornchaloempong, n.d.) โดยความเร็วรอบมีผลต่อการทำให้อนุภาคเล็กลง ซึ่งเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น สามารถปั่นเหวี่ยงได้ถึง 18,000 rpm สอดคล้องกับ Kongwan et al. (2017) ในการปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพของเจลอิโนลิน เพื่อ

นำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้ก โดยการนำสารละลายอีโนลิน ความเข้มข้นร้อยละ 20 มาผ่านกระบวนการโฮโมจิไนซ์เซชันที่ความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจาก 0 ไปเป็น 10,000 รอบต่อนาที และเก็บที่ อุณหภูมิ 10+1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลการศึกษา พบว่าการเพิ่มความเร็วรอบในกระบวนการโฮโมจิไนซ์เซชันส่งผลให้เจลอีโนลินมีขนาดอนุภาคที่เล็กลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สอดคล้องกับ Phromyothin et al. (2016) พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดของอนุภาคเฉลี่ยของอิมัลชันในระดับนัยสำคัญ แบ่งออกเป็นปัจจัยหลัก คือ ค่าความเร็วรอบในการปั่นเหวี่ยง (ค่าอุณหภูมิที่ใช้ขณะปั่นเหวี่ยง และปัจจัยร่วมของค่าความเร็วรอบกับอุณหภูมิที่ใช้ในการปั่นเหวี่ยง โดยความสัมพันธ์ของปัจจัยร่วมเป็นแบบแปรผกผันตรงกัน คือ ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที จะให้ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของอิมัลชันเล็กที่สุด ที่อุณหภูมิขณะปั่นเหวี่ยงสาร ที่ 25 องศาเซลเซียส และที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที จะให้ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของอิมัลชันเล็กที่สุด ที่อุณหภูมิขณะปั่นเหวี่ยงสาร ที่ 25 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ นาโนอิมัลชันกักเก็บน้ำมันในน้ำที่มีขนาดอนุภาคเล็กระดับ 50–200 นาโนเมตร สามารถเตรียมได้โดยวิธีการเกิดอิมัลชันได้เอง สัดส่วนผสมที่เหมาะสมโดยประมาณประกอบด้วย สารลดแรง

ดึงผิวในปริมาณอย่างน้อย 10% โดยน้ำหนัก น้ำมัน 10% โดยน้ำหนัก และน้ำ 80% โดยน้ำหนัก กวนผสมด้วยความเร็วรอบ ~800 รอบต่อนาที เป็นเวลา~15 นาที (Ariyaprakai, 2017)

นาโนอิมัลชัน สามารถผลิตได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องโฮโมจิไนเซอร์ที่มีราคาสูง หรือใช้พลังงานสูงในการออกแรงเฉือน แต่ผลิตจากวิธีที่เรียกว่าวิธีการเกิดอิมัลชันได้เอง โดยอิมัลชันสามารถก่อกำเนิดได้เองระหว่างกวนส่วนผสมที่ประกอบด้วยน้ำมัน สารลดแรงดึงผิว และน้ำ ทั้งนี้ วิธีการเกิดอิมัลชันได้เองเป็นวิธีที่น่าสนใจในการนำไปประยุกต์ใช้จริงในอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เนื่องจากเป็นวิธีทำได้ง่าย ต้นทุนต่ำ และใช้เพียง อุปกรณ์ปั่นผสมที่ความเร็วรอบไม่สูงนัก (Ariyaprakai, 2017) เครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล สามารถช่วยแก้ปัญหา มะม่วงที่ไม่ผ่านการคัดเกรดส่งออกของจังหวัดเลย โดยนำมะม่วงที่ยังมีลักษณะทางกายภาพ และคุณภาพดี มาทำให้เกิดมูลค่า โดยใช้เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเองที่ใช้งานง่าย ราคาถูก เหมาะสำหรับผู้ประกอบการในระดับวิสาหกิจชุมชน เพื่อประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง และกระบวนการเลี้ยงไก่เนื้อและไก่ไข่ของจังหวัดเลยต่อไป

Table 3 Results of the study on the antioxidant activity and percentage of emulsification of machine for transforms active compounds of mango into nanoparticles

Motor speed (rpm)	Property	Time	Result	Mean	Physical appearance
100	antioxidant activity DPPH (%)	1	23.12	24.25	
		2	25.28		
		3	24.35		
	% of emulsion formation	1	10.29	10.02	
		2	9.82		
		3	9.95		
300	antioxidant activity DPPH (%)	1	10.03	10.65	
		2	10.98		
		3	10.95		
	% of emulsion formation	1	25.38	26.04	
		2	26.08		
		3	26.68		
500	antioxidant activity DPPH (%)	1	10.35	10.06	
		2	9.94		
		3	9.89		
	% of emulsion formation	1	29.28	29.81	
		2	30.32		
		3	29.85		
		2	34.01		
		3	33.56		

Table 3 Results of the study on the antioxidant activity and percentage of emulsification of machine for transforms active compounds of mango into nanoparticles (Continue)

Motor speed (rpm)	Property	Time	Result	Mean	Physical appearance
700	antioxidant activity DPPH (%)	1	9.92	9.88	
		2	9.78		
		3	9.95		
	% of emulsion formation	1	32.95	32.57	
		2	32.87		
		3	31.89		
900	antioxidant activity DPPH (%)	1	9.34	8.98	
		2	8.65		
		3	8.96		
	% of emulsion formation	1	32.99	33.52	
		2	34.01		
		3	33.56		

Table 4 Effect of rotational speed on antioxidant activity and emulsion formation

Item	Motor speed (rpm)					P- Value
	100	300	500	700	900	
antioxidant activity DPPH	24.25 ^a	10.65 ^b	10.06 ^{bc}	9.88 ^{bc}	8.98 ^c	0.0001
% of emulsion formation	10.05 ^e	26.05 ^d	29.82 ^c	32.57 ^b	33.52 ^a	0.0001

Remark: Means in the same row with different superscript letters are significantly different ($p < 0.01$).

สรุปผลการวิจัย

เครื่องทำให้สารสำคัญจากมะม่วงมีอนุภาคในระดับนาโนโมเลกุล ที่สร้างขึ้นสามารถแก้ปัญหาข้อจำกัดเรื่องอุณหภูมิของเครื่องที่สูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการใช้งานมากขึ้นของเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ที่มีขนาดและกำลังการผลิตต่ำ รวมถึงออกแบบให้สามารถปรับใช้งานในระดับวิสาหกิจชุมชนที่เพิ่มปริมาณการผลิตต่อครั้งมากกว่าการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยการทำงานของเครื่องกวนที่ความเร็วรอบ 900 รอบต่อนาที ใช้ใบพัดแบบ spinning mixer สามารถกวนสารได้ 24 ลิตรต่อชั่วโมง การปั่นกวนสามารถทำให้ส่วนสกัดหายจากมะม่วงสุกมีอนุภาคเล็กลงขนาดนาโนเมตร มีประสิทธิภาพที่สุดในสภาวะการผลิตที่ประกอบด้วย 1000 มิลลิลิตรต่อลิตร เบต้าแคโรทีน จำนวนร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก เติมน้ำตาล 20 ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และเลซิติน ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก สามารถลดขนาดของอิมัลชันน้อยกว่า 200 นา

โนเมตร ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานของนาโนอิมัลชันที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง และกระบวนการเลี้ยงไก่เนื้อและไข่ ที่ต้องอยู่ในช่วง 20-200 นาโนเมตร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ประเภท Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 (รหัสข้อเสนอการวิจัย 65A152000005 รหัสโครงการ 172527) โดยสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ผู้เขียนขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย สำหรับอุปกรณ์และสถานที่สำหรับใช้ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

References

- Ariyaprakai, S. (2017). Nanoemulsion production by simple and low energy method. *Food and Applied Bioscience Journal*, 5(3), 155–164. (in Thai)
- Athipornchai, A., & Saeeng, R. (2015). *Bioactive compounds from plants in the genus tabernaemontana* (Research reports). Chonburi, Thailand: Faculty of Science, Burapha University. (in Thai)
- Boonrong, W., Siwadamrongpong, S., & Rooppakhun, S. (2020). Parameters affecting particle size reduction of tapioca starch in drying process. *The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 30(1), 60–70. (in Thai)
- Crommelin, D. J. A., Storm, G., Jiskoot, W., Stenekes, R., Mastrobattista, E., & Hennink, W. E. (2003). Nanotechnological approaches for the delivery of macromolecules. *Journal of Controlled Release*, 87, 81–88. doi: 10.1016/s0168-3659(03)00014-2.
- Kongwan, S., Waidecha, S., & Teepat, P. (2017). Modification of physical properties of inulin gel with homogenization for using as a fat replacement in butter cake product. *Naresuan University Journal Science and Technology*, 25(3), 89–101. (in Thai)
- Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2018). *Land use zone for mango economic crops*. Accessed July 1, 2024. Retrieved from https://webapp.odd.go.th/lpd/node_modules/img/Download/zonmap/zonmap1/mango.pdf. (in Thai)
- Office of Provincial Commercial Affairs Loei. (2024). *Office of Provincial Commercial Affairs Loei, go to the area to survey and follow up and evaluate production situation and marketing of mangoes, production year 2023/24*. Accessed July 1, 2024. Retrieved from <https://loeimoc.go.th/th/content/category/detail/id/161/iid/34259>. (in Thai)
- Pakpot, W. (2019). *Chemical composition of mango “Nam Dok Mai No. 4” peels and brownie product development*. (Master’s thesis). Pathum Thani, Thailand: Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology. (in Thai)
- Phaiwan, P., Lonkuthos, N., Wannakayont, A., & Sitthichantsen, T. (2024). Development of prototype semi-automatic chitosan stirrer for community. *Journal of Social Science and Cultural*, 8(7), 1–12. (in Thai)
- Phromyothin, D., Chutipaijit, S., Hoangkamhaeng, N., Charoenkul, K., & Chanthawong, D. (2016). *Preparation and characterization of nanoemulsion from natural products*. (Research reports). Bangkok, Thailand: College of nanotechnology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)
- Phuisaengpan, P. (2022). *The operation controlling of portable agitator using closed loop control system*. (Master’s thesis). Mahasarakham, Thailand. Department of electrical and computer engineering, Mahasarakham University. (in Thai)
- Phukasmas, U. (2015). Carotenoid: color compound in food. *Food Journal*, 45(2), 47–49. (in Thai)
- Pornchaloempong, P. (n.d.). *Homogenizer*. Accessed July 1, 2024. Retrieved from <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1026/homogenizer>. (in Thai)
- SAS. (1998). *SAS/STAT user’s guide*. North Carolina: SAS Institute Inc.
- Steel, J. C., & J. H. Torrie. (1980). *Principles and procedures of statistics: A biometrical approach* (2nd Ed.). New York: Mc Graw-Hill Book Co.
- Takeuchi, H., Yamamoto, H., & Kawashima, Y. (2001). Mucoadhesivenanoparticulate systems for peptide drug delivery. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 47(1), 39–54. doi: 10.1016/S0169-409X(00) 00120-4.
- Thirapong, S. (2018). *Development of Angelica sinensis extractin nanoemulsion form*. (Master’s thesis). Pathum Thani, Thailand: College of Oriental Medicinegraduate School, Rangsit University. (in Thai)
- Wannaphrom, W., Kerdachchan, C., Salee, S., Lertbuaban, P., Siruang, S., Kittiworachet, W., & Salee, N. (2020). *Semi-automatic of pasteurization and curd production for Feta cheese processing*. (Research reports). Bangkok, Thailand: Royal Project Foundation. (in Thai)

Research article

The development of a machine for transforms active compounds of mango into nanoparticles

Kan Jantara¹ Yutthasin Chaisit² Panruethai Putthongsri³ Chaiyapruet Hongladdaporn⁴ Sarinthorn Khumkhat⁵ and Chomphunat Chomphuphan^{6*}

¹Industrial Management Engineering Program, Faculty of Industrial Technology, Loei Rajabhat University, Muang District, Loei Province, 42000 Thailand

²Design & Production Engineering Program, Faculty of Industrial Technology, Loei Rajabhat University, Muang District, Loei Province, 42000 Thailand

³Chemical Program, Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University, Muang District, Loei Province, 42000 Thailand

⁴Animal Science Program, Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University, Muang District, Loei Province, 42000 Thailand

⁵Dramatic arts Program, Faculty of Education, Loei Rajabhat University, Muang District, Loei Province, 42000 Thailand

⁶Educational technology and innovation Division, Faculty of Education, Loei Rajabhat University, Muang District, Loei, 42000 Thailand

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 8 August 2024

Revised: 22 November 2025

Accepted: 27 March 2025

Online published: 8 May 2025

Keyword

extraction tools

mango

nano-molecular level

ABSTRACT

This study aims to develop extraction tools and synthesize key bioactive compounds from mangoes at the nano-molecular level. Beta-carotene was extracted from ripe mangoes, particularly those that failed to meet export standards in Loei Province and was subsequently processed into a nano-sized formulation. The extraction system developed in this study consists of a machine with a base area of 60 × 40 cm and a slide rail height of 40 cm, equipped with three stirring blades. It is powered by a 1500-watt, 300-Hz electric spindle motor, a 1500-watt inverter for speed control, and a 220-volt, 50-Hz, 2200-watt electromagnetic heating element. Performance evaluation revealed that the optimal rotational speed for the system was 900 rpm. Under production conditions using 1000 ppm beta-carotene at 10% w/w, with 5% w/w Tween 20 and 1% w/w lecithin, it was found that mixing speed significantly influenced emulsion formation. Increased speed promoted the encapsulation of beta-carotene with lecithin, which corresponded to a reduction in antioxidant activity. This result aligned with the trend of higher emulsion formation percentages at increased rotational speeds. The developed machine successfully transformed mango-derived active compounds into nanoemulsions with droplet sizes below 200 nanometers, meeting the standard nanoemulsion size range of 20–200 nanometers.

*Corresponding author

E-mail address: chomphunat@gmail.com (C. Chomphuphan)

Online print: 8 May 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.7>