

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและการต้านอนุมูลอิสระของน้ำจิ้มมะแขว่นทำให้ข้นด้วยแซนแทนกัม

Physicochemical and Antioxidant Properties of Ma Khuan Dipping Sauce Thickened by Xanthan Gum

เกวริน สายบุญทา¹, โมนิกา เซง¹, ปิลันธสุทธิ์ สุวรรณเลิศ¹, และ นักสิทธิ์ ปัญญาใหญ่^{1*}
 Kaewarin Saiboonta¹, Monika Seng¹, Pilunthasut Suwannalert¹, and Naksit Panyoyai^{1*}

Received: August 21, 2022

Revised: December 14, 2022

Accepted: December 21, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อ ได้แก่ 1) เพื่อเปรียบเทียบความข้นหนืดของน้ำจิ้มมะแขว่นที่เติมแซนแทนกัมปริมาณ ร้อยละ 0, 0.25, 0.5 และ 1 ตามลำดับและอุณหภูมิในช่วง 25-85 องศาเซลเซียส ที่มีต่อความหนืด และ 2) เปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากพืชเคมีในมะแขว่นที่เติมในน้ำจิ้มระหว่างผงมะแขว่นและน้ำมันมะแขว่น พบว่า น้ำจิ้มมะแขว่นจัดเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดที่ค่าพีเอช 3.4 การผสมแซนแทนกัมมากขึ้นถึง ร้อยละ 1 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นเป็น 62 °Brix สัมผัสกลิ่นรสหวานมากขึ้น ความคงตัวและการเกาะติดพื้นผิวเพิ่มขึ้น น้ำจิ้มมะแขว่นที่เติมแซนแทนกัมปริมาณมากขึ้นเคลือบผิวลูกชิ้นสุกได้มากขึ้น ความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องเพิ่มขึ้น แต่ระยะทางการไหลของน้ำจิ้มกลับลดลง ซึ่งแตกต่างจากน้ำจิ้มมะแขว่นควบคุม ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ การเพิ่มอุณหภูมิจาก 25 เป็น 85 องศาเซลเซียส ทำให้ความหนืดของน้ำจิ้มมะแขว่นลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำจิ้มที่เติมมะแขว่นในรูปแบบผงหรือน้ำมันที่ความเข้มข้น ร้อยละ 2 และแซนแทนกัม ร้อยละ 0.5 โดยมวลต่อมวล น้ำจิ้มที่เติมผงมะแขว่นมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ABTS และ FRAP มากกว่าน้ำจิ้มที่เติมน้ำมันมะแขว่นและไม่มีการเติมมะแขว่น ($p \leq 0.05$) น้ำจิ้มมะแขว่นมีความปลอดภัยต่อจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหารได้ตามมาตรฐานของน้ำจิ้มลูกชิ้น ดังนั้น น้ำจิ้มลูกชิ้นที่เติมมะแขว่นมีความข้นหนืดไหลได้สะดวก ไม่เกิดการแยกชั้น และมีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดควบคุม

คำสำคัญ: น้ำจิ้ม, มะแขว่น, คุณสมบัติเคมีกายภาพ, รีโอโรยี, การต้านอนุมูลอิสระ

ABSTRACT

The two research objectives were 1) to compare the thickness of Ma Khuan dipping sauce containing 0, 0.25, 0.5 and 1% of xanthan gum and effect of temperature in between 25-85°C on its viscosity, and 2) to compare the antioxidant activities of phytochemicals in the sauce in the forms of Ma Khuan powder or oil. It was found that the sauce was classified as acid food at pH 3.4. The higher the xanthan gum content in the sauce, the higher the total soluble solids up to 62°Brix. The physical properties of a product with 1% xanthan gum were brighter in colour, and higher in consistency and adhesiveness. Coating ability of cooked meat ball and viscosity of sauce at an ambient temperature increased, but flowability of sauce decreased as compare to the control ($p \leq 0.05$). In addition, an increase in the temperature from 25 to 85°C reduced the viscosity. With comparison of the sauce with 2% Ma Khuan powder and 2% Ma Khuan oil at a constant 0.5% xanthan gum, the sauce with Ma Khuan powder contained higher phenolic and flavonoid compounds, as well as higher antioxidant activities (DPPH, ABTS, and FRAP) than the sauce added with Ma Khuan oil ($p \leq 0.05$). The sauce was safe from food pathogens. Therefore, the Ma Khuan dipping sauce had a stable viscosity, flowability, and a higher antioxidant efficiency than control.

Keywords: dipping sauce, Ma Khuan, physicochemical property, rheology, antioxidant activity

*Corresponding author: naksit_pan@cmru.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แมริม ตำบลสะลวง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ 50330

¹Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Mae-Rim Campus, Mae-Rim District, Chiang Mai, 50330

บทนำ

“มะแขว่น” หรือ ภาษาเหนือเรียก “บะแขว่น” มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zanthoxylum limonella* Alston พืชชนิดนี้พบในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ขึ้นยืนต้นตามไหล่เขาและดอยสูงชันของจังหวัดน่าน แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ มะแขว่นขึ้นเจริญตามธรรมชาติ หรือการปลูกโดยชุมชนในระบบเกษตรอินทรีย์ เดิมเกษตรกรใช้มะแขว่นที่มีกลิ่นฉุนแรงไล่แมลงในแปลงเกษตร ภายหลังมีการนำมาผสมในน้ำมันนวด น้ำยาดับกลิ่นปาก น้ำยาดับกลิ่นเท้า ผลมะแขว่นสดออกผลในเดือนสิงหาคมและเก็บเกี่ยวได้ในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม โดยการเด็ดเป็นก้านชอนนำมามัดรวมกันอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมงจนแห้งสนิท โดยผลสด 3 กิโลกรัม อบแห้งแล้วเหลือน้ำหนัก 1 กิโลกรัม [1] ผลแห้งของมะแขว่นโดยเฉพาะส่วนเปลือกมะแขว่นเมื่อนำมาคั่วมีกลิ่นหอมจึงใช้ดับกลิ่นคาวอาหารพื้นเมืองที่มีเนื้อสัตว์ เช่น ลาบหมู ลาบควาย ลาบวัว ลาบไก่ หลู้ (เลือดสดใส่เครื่องเทศ) แกงเนื้อ และในปัจจุบันมีการนำผลมะแขว่นแห้งมาประยุกต์ใช้กับอาหารฟิวชั่น (fusion food) โดยรวมกลิ่นเครื่องเทศมะแขว่นไปผสมกับอาหารจากวัฒนธรรมอื่น ๆ เช่น คลุกกับสเต็กเนื้อ แพนกลีน พริกเสฉวนในหมอลำจีนเคลือบเนื้อมีอย่าง ไก่และหมูทอดมะแขว่น และนำไปทำผลิตภัณฑ์เครื่องจิ้ม เช่น น้ำจิ้มแจ่ว ช่วยเจริญอาหารมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การนำมะแขว่นซึ่งเป็นเครื่องเทศท้องถิ่นที่เป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรมการบริโภคในภาคเหนือยังจำกัดเฉพาะในตำรับอาหาร งานวิจัยนี้จึงนำมะแขว่นมาผสมกับผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มซึ่งเป็นสินค้าที่ผู้บริโภคไทยรู้จักและนิยมรับประทานโดยใช้หลักการทางด้านรีโอโรยีมาศึกษาผลการเติมไฮโดรคอลลอยด์ลงในน้ำจิ้มเพื่อให้ส่วนผสมคงตัวไม่ตกตะกอนแต่ยังเกิดการไหลได้ระหว่างการผสมและเทออกจากบรรจุภัณฑ์ นอกจากนี้การปรับปรุงปัจจัยในการแปรรูปให้ผสมผสานตามหลักเทคโนโลยีเฮิร์ดเดิล (hurdle technology) เช่น การพาสเจอร์ไรส์ การปรับพีเอช การเติมไฮโดรคอลลอยด์ในการกักเก็บ การทำละลายของน้ำในอาหาร และการเติมมะแขว่นจะ

ทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มมีความปลอดภัยจากการเน่าเสียด้วยจุลินทรีย์ [2,3]

“น้ำจิ้มมะแขว่น” เป็นผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาสูตรส่วนผสมประยุกต์จากพริกจากโดยนำมะแขว่นซึ่งเป็นสมุนไพรท้องถิ่นไปปรับให้เป็นส่วนผสมในน้ำจิ้มลูกชิ้น (dipping sauce for meatballs) ซึ่งมีส่วนผสมสำคัญเป็น พริก กระเทียม กระเทียมดอง เครื่องปรุงรส ได้แก่ น้ำตาล น้ำมะขาม น้ำส้มสายชู เกลือ กรดซิตริก เป็นต้น นำส่วนผสมมาบดผสมให้เข้ากัน ผลิตภัณฑ์นำมาผ่านความร้อนจนได้ของเหลวข้น ส่วนผสมมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ โดยลักษณะที่ต้องการของน้ำจิ้มโดยทั่วไป คือ ต้องเป็นของเหลวข้น ไม่ตกผลึก ส่วนประกอบที่ใช้กระจายตัวสม่ำเสมอ อาจแยกชั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ [4] ซึ่งหากมีการผสมมะแขว่นลงไปด้วยจะเพิ่มคุณสมบัติในทางเภสัชวิทยาด้วย เหตุที่ว่ามีมะแขว่นเป็นเครื่องเทศที่มีรายงานการศึกษาวิจัยไทยพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกหุ้มเมล็ดยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร ได้แก่ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* [5] เพราะมีสารลิโมนีน (limonene) ซาไบนีน (sabinene) และ เทอร์พีนิน-4-ออล (terpinen-4-ol) [6,7] สารสกัดลำต้นมะแขว่นมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเพิ่มปริมาณกลูตาไทโอน (glutathione) และ คาตาเลส (catalase) ป้องกันการแตกเซลล์มะเร็งต่อมลูกหมาก [8] รายงานวิจัยการพัฒนาน้ำจิ้มไก่ด้วยการเติมวัตถุดิบท้องถิ่น คือ มะม่วงหาวมะนาวโห่ แพนน้ำส้มสายชูพบว่ามียุทธการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าน้ำจิ้มไก่ที่ใช้น้ำส้มสายชู เพราะมีสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซีในมะม่วงหาวมะนาวโห่ [9]

“แซนแทนกัม” จัดเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่มีความปลอดภัย รหัสของของวัตถุเจือปนอาหารนี้คือ E415 ซึ่งเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์ในจีนัสแซนโทโมนาส (*Xanthomonas*) โดยเฉพาะสายพันธุ์ *Xanthomonas campestris* NRRL B-1459 ใช้ผลิตแซนแทนกัมในทางการค้า [10] สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข ประเทศไทย

*Corresponding author: naksit_pan@cmru.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แมริม ตำบลสะลวง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ 50330

¹Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Mae-Rim Campus, Mae-Rim District, Chiang Mai, 50330

กำหนดให้ใช้แซนแทนกัมเป็นวัตถุเจือปนอาหารทำให้ข้น ทำให้คงตัวในผลิตภัณฑ์ซอส ชุป ในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งการวิจัยของ Razak et al. [11] ทำให้มะม่วงโศคนันต์ที่ใส่ขุ่น หากเติมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.2 ทำให้ใส่ขุ่นมีความหนืดเพิ่มขึ้น สมบัติรีโอโรยีการไหลเป็นแบบซูโดพลาสติก (pseudoplastic) แบบเฉียทินนิง (shear thinning) การวิจัยของ Okonkwo et al. [12] เสริมว่าความหนืดของซอสจิ้มเนื้อลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 25 องศาเซลเซียส เป็น 75 องศาเซลเซียส นอกจากนี้การผสมแซนแทนกัมกับสตาร์ชเพิ่มความหนืดในซอสขุ่นหวานและซอสพริก [13,14] ดังนั้นในการวิจัยน้ำจิ้มมะแว่นจึงเลือกแซนแทนกัมเป็นสารที่เพิ่มความคงตัว (stabilizer) และอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ให้ส่วนผสมที่เป็นของแข็งและน้ำมันเข้ากันได้และไม่แยกชั้นตามที่มาตราฐานผลิตภัณฑ์ซอสขุ่นน้ำจิ้มลูกชิ้นกำหนดไว้ [4]

งานวิจัยเรื่องนี้จึงมีวัตถุประสงค์ 2 ข้อ คือ 1) ศึกษาปริมาณแซนแทนกัม (ร้อยละ 0-1) ที่ผสมลงในน้ำจิ้มมะแว่นที่มีต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ (ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ค่าพีเอช) สมบัติกายภาพ (ค่าสี เนื้อสัมผัส น้ำหนักน้ำจิ้มที่เคลือบติดลูกชิ้น) สมบัติรีโอโรยี (ระยะทางการไหล ความหนืด) และผลของอุณหภูมิ (25 to 85 องศาเซลเซียส) ที่มีต่อความหนืดของน้ำจิ้ม การทดลองตามวัตถุประสงค์ข้อแรกเพื่อให้ทราบความหนืดที่เหมาะสมในการใช้งานได้แก่ การไหลออกจากภาชนะบรรจุและการเคลือบติดลูกชิ้นที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ จากนั้นคัดเลือกสูตรที่มีปริมาณแซนแทนกัมที่เหมาะสม

ไปศึกษาวัตถุประสงค์ข้อที่ 2) รูปแบบการเติมมะแว่น (ผงมะแว่น, น้ำมันมะแว่น, และไม่เติมมะแว่น หรือสูตรควบคุม) ผสมในน้ำจิ้มผสมแซนแทนกัมที่มีต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (DPPH, ABTS และ FRAP) รวมทั้งจุลินทรีย์ทั้งหมดและจุลินทรีย์ก่อโรค

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

1.วัตถุดิบ

มะแว่นสด Figure 1(a) เก็บเกี่ยวเดือนกันยายนปี 2564 จากชุมชนป่าแป๋ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ อบให้แห้ง Figure 1(b) นำมาผ่านการเตรียมผงมะแว่นและน้ำมันมะแว่น ดังนี้ 1) ผงมะแว่น คัดมะแว่นทั้งเปลือกและเมล็ดทำการร่อนแยกเอาผง เศษตะกอนออกไป ด้วยตะแกรงขนาด 10 Mesh คั่วมะแว่นด้วยอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที จนมีกลิ่นหอม นำไปบดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 Mesh จนได้ผงมะแว่น ตาม Figure 1(c) 2) น้ำมันมะแว่น นำมะแว่นทั้งเปลือกและเมล็ดที่คั่วด้วยความร้อนปานกลางอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที บีบอัดด้วยสกรูเดี่ยวของเครื่องสกัดน้ำมันขนาด 5.5 กิโลวัตต์ 4 แรงม้า อัตราการบีบอัด 40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (Seed oil screw press, Model ZX128, China) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แยกส่วนกากออกไป จะได้น้ำมันมะแว่น ตาม Figure 1(d)

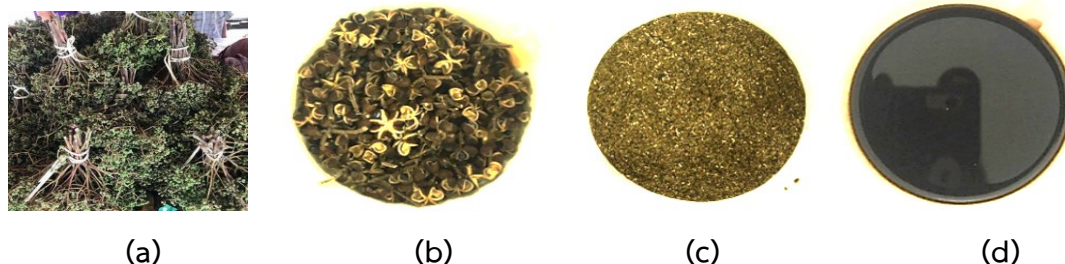


Figure 1 Bunches of (a) Ma Khuan(a), (b) Dried Ma Khuan , (c) Ma Khuan powder and (d) Ma Khuan oil

*Corresponding author: naksit_pan@cmru.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แมริม ตำบลสะลวง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ 50330

¹Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Mae-Rim Campus, Mae-Rim District, Chiang Mai, 50330

ส่วนผสมที่ใช้ทำน้ำจิ้ม ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลปี๊บ ซอสพริก ซีอิ๊วขาว งาขาว พริกป่นเป็นส่วนผสมที่ได้รับเครื่องหมายอาหารและยา ส่วนมะนาว ได้จากตลาดสดหัวโอรจน์ แมร์ม เชียงใหม่ และ แชนแทนกัมได้จากร้านซีเอ็ม เคมีคัล เชียงใหม่

2. การแปรรูปน้ำจิ้มมะแขว่น

การแปรรูปน้ำจิ้มมะแขว่นเตรียมสัดส่วนการผสม ดังนี้ ซอสพริก (ร้อยละ 50) น้ำมันถั่วเหลือง (ร้อยละ 12) น้ำตาลทรายแดง (ร้อยละ 10) น้ำตาลปี๊บ (ร้อยละ 10) น้ำมะนาว ซีอิ๊วขาว พริกป่น รวม (ร้อยละ 16) และ มะแขว่น (ร้อยละ 2) กระบวนการแปรรูปแสดงดัง Figure 2

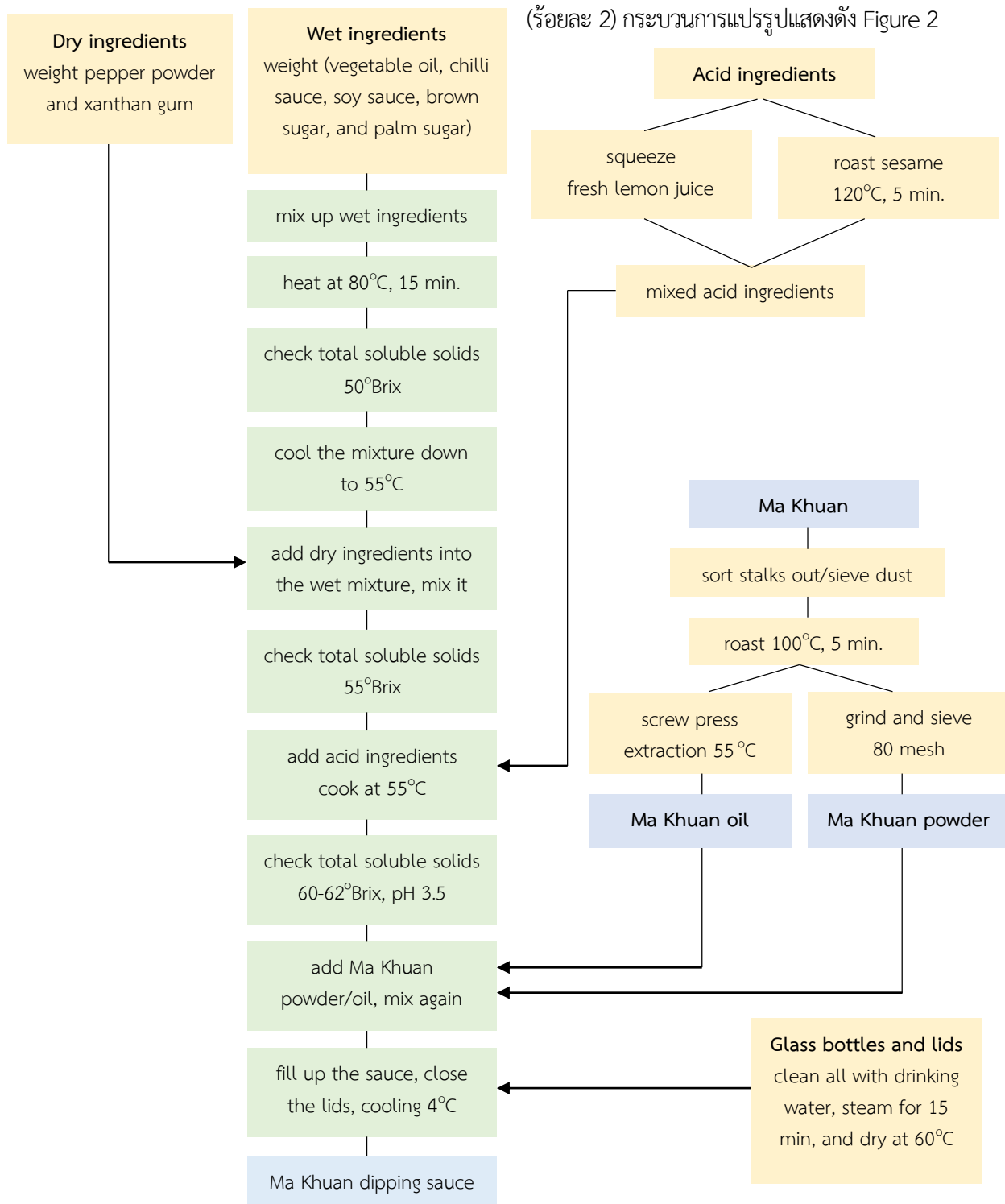


Figure 2 processing of Ma Khuan dipping sauce

*Corresponding author: naksit_pan@cmru.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แมร์ม ตำบลสะเลียง อำเภอแมร์ม จังหวัดเชียงใหม่ 50330

¹Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Mae-Rim Campus, Mae-Rim District, Chiang Mai, 50330

3. การออกแบบการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

การศึกษาตอนที่ 1 ระดับแซนแทนกัม (ร้อยละ 0, 0.25, 0.5 และ 1.0) ผสมลงในน้ำจิ้มมะแขว่นที่มีต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ (ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ค่าพีเอช) สมบัติกายภาพ (ค่าสี เนื้อสัมผัส น้ำหนักน้ำจิ้มที่เคลือบติดลูกชิ้น) และสมบัติรีโอโรยี (ระยะทางการไหล ความหนืด) เพื่อคัดเลือกระดับแซนแทนกัมที่เหมาะสมกับการใช้งานผลิตภัณฑ์ เช่น ความเหนียว การไหล การเคลือบติดบนลูกชิ้น และความหนืดที่แปรตามอุณหภูมิ จากนั้นคัดเลือกปริมาณแซนแทนกัมคงที่ไปศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและการต้านจุลินทรีย์ที่แตกต่างจากการเติมมะแขว่นในรูปแบบผงหรือน้ำมัน โดยใช้ น้ำจิ้มที่ไม่เติมมะแขว่นเป็นสูตรควบคุม

การศึกษาตอนที่ 2 รูปแบบการเติมมะแขว่น (ผงมะแขว่น ร้อยละ 2, น้ำมันมะแขว่น ร้อยละ 2, และไม่เติมมะแขว่น) ผสมในน้ำจิ้มที่มีแซนแทนกัมที่มีต่อปริมาณพฤกษเคมี (ฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (DPPH, ABTS และ FRAP) รวมทั้งจุลินทรีย์ทั้งหมดและจุลินทรีย์ก่อโรค

4. การศึกษาตอนที่ 1 ระดับแซนแทนกัมในน้ำจิ้มมะแขว่น

แบ่งเป็นการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

4.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ใช้ดิจิทัล รีแฟร็กโทมิเตอร์ (ATAGO, PAL-102S, Japan) ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ใช้วอเตอร์แอกติวิตีมิเตอร์ (AquaLab, 4TE, USA) วัดที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ส่วนค่าพีเอชใช้ค่าพีเอชมิเตอร์ (Mettler-Toledo, S220, USA) วัดตัวอย่างน้ำจิ้มที่บรรจุในปิเก็ตเตอร์ ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส

4.2 การวิเคราะห์สมบัติกายภาพ

4.2.1 การวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Konica Minolta, CR-400, Japan) แสดงค่าสีที่วัดได้เป็นค่าสี L^* , a^* และ b^* โดย L^* แสดงค่าความสว่าง

มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (สว่าง) ค่า a^* แสดงค่าความเป็นสีแดง (ค่า $+$) และสีเขียว (ค่า $-$) และค่า b^* แสดงค่าความเป็นสีเหลือง (ค่า $+$) และสีน้ำเงิน (ค่า $-$)

4.2.2 การวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้เทกเจอร์อะนาไลเซอร์ (Texture analyzer, TA-XT2, Stable Micro System, UK) วัดแรงในการกดจิ้มลงบนผิวหน้า น้ำจิ้มโดยดัดแปลงจากวิธีของ de J. Millán Cardona et al. [3] ใช้หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.25 cm กดลงไปลึก 3 cm ด้วยความเร็วก่อนกด ขณะที่กด และหลังกด 0.1, 0.1, และ 0.1 cm/s บันทึกค่าพื้นที่จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงและเวลาที่ใช้ในการจิ้มตัวอย่างหน่วยนิวตันวินาที (N.s) แสดงถึงความคงตัวของน้ำจิ้ม และพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงและเวลาในการดึงหัววัดออกจากตัวอย่าง แสดงถึงการเกาะตัวกันของน้ำจิ้มหน่วยนิวตันวินาที (N.s)

4.2.3 การวัดการเกาะติดของน้ำจิ้มบนลูกชิ้น ดัดแปลงจากวิธีของ Raybeck and Hines [15] ทำโดยการชั่งน้ำหนัก (g) ลูกชิ้นหนึ่งลูกที่มีอุณหภูมิในกลาง 70 องศาเซลเซียส จากนั้นใช้ไม้ปลายแหลมจิ้มลูกชิ้นแล้วจุ่มลงในน้ำจิ้มจนหมดพื้นที่ผิวลูกชิ้น กลับลูกชิ้นขึ้นแล้วปักไม้เสียบบนโฟม จับเวลา 1 นาทีให้น้ำจิ้มไหลตกจากลูกชิ้น ครบเวลา นำลูกชิ้นมีน้ำจิ้มเคลือบติดไปชั่งน้ำหนัก (g) ผลต่างระหว่างน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งจะเป็นปริมาณน้ำจิ้มที่เกาะติดลูกชิ้น (g)

4.2.4 การทดสอบระยะทางการไหลของน้ำจิ้มใช้บอสวิก วิสคอสิที คอนซิสโตมิเตอร์ (Boswick viscosity consistometer, VBOS-355-75, USA) ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส โดยการใส่ตัวอย่างน้ำจิ้มในช่องรับตัวอย่างให้เต็ม 30 ml ปลอ่ยให้ตัวอย่างไหลในช่วงเวลา 1 นาที แล้วรายงานระยะทางการไหลหน่วย cm

4.3 การวิเคราะห์สมบัติรีโอโรยี

การทดสอบใช้รีโอมิเตอร์ (rheometer, Anton-Paar's MCR302, Austria) ใช้หัววัดชนิดแผ่นเรียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm (PP25/TG) ชุดฐานรองรับที่ปรับอุณหภูมิและส่วนครอบตัวอย่างที่

*Corresponding author: naksit_pan@cmru.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แมริม ตำบลสะลวง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ 50330

¹Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Mae-Rim Campus, Mae-Rim District, Chiang Mai, 50330

ป้องกันการสูญเสียความร้อนระหว่างทดสอบ ระหว่างหัววัดและชุดฐานรองรับเมื่อมีตัวอย่างแทรก 1 mm การทดสอบใช้ตัวอย่างประมาณ 2 กรัม การทดสอบแบ่งเป็น วัดความหนืดที่เปลี่ยนเมื่อเพิ่มอัตราเฉือนในช่วง 10 ถึง 300 rpm/s ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และวัดความหนืดที่เปลี่ยนไปเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในช่วง 25 ถึง 85 องศาเซลเซียส บันทึกค่าความหนืดปรากฏ (Pa.s) ที่เปลี่ยนไปตามอัตราเฉือนหรืออุณหภูมิ

5. การศึกษาตอนที่ 2 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและจุลินทรีย์ในน้ำจิ้มมะเขว่น

แบ่งเป็นการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

5.1 การวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกใช้สารละลายโฟลีน (Folin-Ciocalteu reagent) วัดการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร โดยใช้กรดแกลลิก (gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน คำนวณปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยมิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำจิ้มมะเขว่น การวิเคราะห์ฟลาโวนอยด์ใช้การวัดการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร โดยใช้เคอเซทิน (quercetin) เป็นสารมาตรฐาน คำนวณปริมาณฟลาโวนอยด์ในหน่วยมิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำจิ้มมะเขว่น

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 3 วิธี ดัดแปลงจากวิธีของ Du et al. [16] ได้แก่ วิธี DPPH โดยนำน้ำจิ้มมะเขว่นมาปั่นผสมกับน้ำกลั่นแล้วกรองแยกกากออกไป นำสารละลายใส่น้ำจิ้มมะเขว่นไปทำปฏิกิริยากับ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร คำนวณเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH (%DPPH scavenging activity) วิธี ABTS โดยนำสารละลายใส่น้ำจิ้มมะเขว่นทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตและ ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethyl benzthiazoline-6-sulphonic acid) ให้เป็นอนุมูลอิสระ ABTS⁺ วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร คำนวณเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระ ABTS (%ABTS scavenging activity) และ วิธี FRAP วัดความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กของแอนตioxidant โดยใช้สาร

TPTZ (2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine) ในรูป Fe³⁺ ทำปฏิกิริยากับสารละลายใส่น้ำจิ้มมะเขว่นเปลี่ยนเป็น Fe²⁺ มีสีม่วงที่ดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร คำนวณการต้านอนุมูลอิสระเทียบกับสารละลาย Trolox (Trolox)

5.2 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ใช้น้ำจิ้มมะเขว่นดำเนินการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มลูกชิ้น [4] ประกอบด้วยจุลินทรีย์ทั้งหมด, ยีสต์และรา และจุลินทรีย์ก่อโรค *Salmonella* spp. (ใน 25 กรัม), *Staphylococcus aureus* (ใน 1 กรัม), *Bacillus cereus* (ใน 1 กรัม), *Clostridium perfringens* (ใน 1 กรัม), และ *Escherichia coli* (ใน 1 กรัม)

6. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ ภายภาพและเคมี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจำนวน 5 ซ้ำ ด้วยวิธีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญน้อยที่สุด (Least Significant Difference, LSD) ที่ความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistix8 (USA)

ผลการทดลอง และวิจารณ์

1. ผลระดับแซนแทนกัมที่มีต่อสมบัติทางเคมีกายภาพสมบัติกายภาพ และสมบัติรีโอไรย์ของน้ำจิ้มมะเขว่น

จากการตรวจวิเคราะห์สมบัติเคมีทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ค่าวเทอร์แอคทีวิตี และค่าพีเอชของน้ำจิ้มมะเขว่นที่เติมแซนแทนกัมปริมาณ 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.25, 0.5 และ 1 เทียบกับน้ำจิ้มมะเขว่นที่ไม่เติมแซนแทนกัม (สูตรควบคุม) แสดงใน Table 1 พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของน้ำจิ้มมะเขว่นที่เติมแซนแทนกัมทั้ง 3 ระดับมีค่ามากกว่าน้ำจิ้มมะเขว่นควบคุม ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณแซนแทนกัมที่ใช้ในน้ำจิ้มมะเขว่นนั้นอยู่ในระดับที่ใช้ทั่วไปในผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆ ที่มีรายงานการศึกษาก่อนหน้านี้ เช่น ใส่มะม่วง (mango filling)

*Corresponding author: naksit_pan@cmru.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แมริม ตำบลสะลวง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ 50330

¹Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Mae-Rim Campus, Mae-Rim District, Chiang Mai, 50330

ใช้แซนแทนกัมเป็นไฮโดรคอลลอยด์ให้ความหนืดสูงสุดที่ร้อยละ 1 [9] และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเฉลี่ยมากกว่า 60° Brix เช่นเดียวกับในผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มไก่ [11] พบว่า ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของน้ำจิ้มมะแขว่นในทุกสิ่งทดลองมีค่าเท่ากับ 0.83-0.84 (Table 1) ดังนั้น น้ำจิ้มมะแขว่นทุกตัวอย่างหากพิจารณาเฉพาะค่าวอเตอร์แอกติวิตีจึงมีความเสี่ยงต่อการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้อาหารเน่าเสีย เช่น แบคทีเรียเจริญได้ดี

เมื่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของอาหารมากกว่า 0.8 [9] แต่หากวิเคราะห์ค่าพีเอชของอาหารประกอบด้วย พบว่าการปรับสภาพความเป็นกรดด้วยน้ำมะนาวที่มีกรดซิตริกตามธรรมชาติช่วยลดค่าพีเอชให้ต่ำกว่า 4.6 ดังนั้น น้ำจิ้มมะแขว่นจึงเป็นอาหารที่มีความเป็นกรด (acid food) ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้อาหารเน่าเสียและจุลินทรีย์ก่อโรค

Table 1 Effect of xanthan gum addition on physicochemical properties of Ma Khuan dipping sauce

Xanthan gum concentration (% w/w)	Total soluble solids (°Brix)	Water activity ^{ns}	pH ^{ns}
0	60.60±0.85 ^a	0.82±0.03	3.42±0.15
0.25	60.88±0.95 ^b	0.83±0.02	3.45±0.12
0.5	61.40±0.24 ^b	0.84±0.01	3.46±0.17
1	62.00±0.31 ^b	0.84±0.02	3.52±0.10

Note: The abbreviation, ns means there are not significantly different ($p>0.05$) within the same column.

The superscripts (a and b) within the same column are significantly different ($p\leq 0.05$).

สีเป็นปัจจัยกายภาพหนึ่งที่มีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มมะแขว่นสูตรควบคุมมีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลือง คือ 22.10, 10.82, และ 6.92 ตามลำดับ (Table 2) ลักษณะปรากฏน้ำจิ้มที่เติมผงมะแขว่นทำให้มีสีคล้ำและดำ Figure 3(a) การเติมแซนแทนกัมซึ่งเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่อุ้มน้ำและช่วยการแขวนลอยส่วนผสมต่างๆ ที่เป็นของแข็งในน้ำจิ้มให้กระจายตัวได้ดี และป้องกันน้ำมันในส่วนผสมไม่ให้แยกชั้นจากของแข็งไว้ได้จึงทำให้น้ำจิ้มมะแขว่นมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณแซนแทนกัมที่

เติมเข้าไปเพราะแซนแทนกัมเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ช่วยให้อนุภาคของผงมะแขว่นมีการกระจายตัวในส่วนผสมสม่ำเสมอ [10] และสีของผงแซนแทนกัมมีสีน้ำตาลอ่อน (L^* , a^* , และ b^* เท่ากับ 45.62, 2.32, และ 4.68 ตามลำดับ) เมื่อนำแซนแทนกัมมาผสมกับผงมะแขว่นทำให้สีผลิตภัณฑ์จางลงไป เช่น น้ำจิ้มมะแขว่นที่ผสมแซนแทนกัม ร้อยละ 1 มีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลือง คือ 25.41, 9.01, และ 5.96 ตามลำดับ และค่าสีมีความสอดคล้องกับ Figure 3(d) ที่เป็นน้ำจิ้มมะแขว่นที่มีความสว่างมากและสีคล้ำน้อยกว่าสูตรควบคุม

Table 2 Effect of xanthan gum addition on colour of Ma Khuan dipping sauce

Xanthan gum concentration (% w/w)	Lightness (L^*)	Redness (a^*)	Yellowness (b^*)
0	22.10±0.54 ^a	10.82±0.71 ^a	6.92±0.67 ^a
0.25	22.35±0.61 ^a	10.04±0.64 ^{ab}	6.78±0.51 ^{ab}
0.5	24.16±0.66 ^b	9.75±0.70 ^{ab}	6.13±0.44 ^{ab}
1	25.41±0.40 ^c	9.01±0.74 ^b	5.96±0.35 ^b

Note: The superscripts (a, b and c) within the same column are significantly different ($p\leq 0.05$).

*Corresponding author: naksit_pan@cmru.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริม ตำบลสะลวง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ 50330

¹Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Mae-Rim Campus, Mae-Rim District, Chiang Mai, 50330

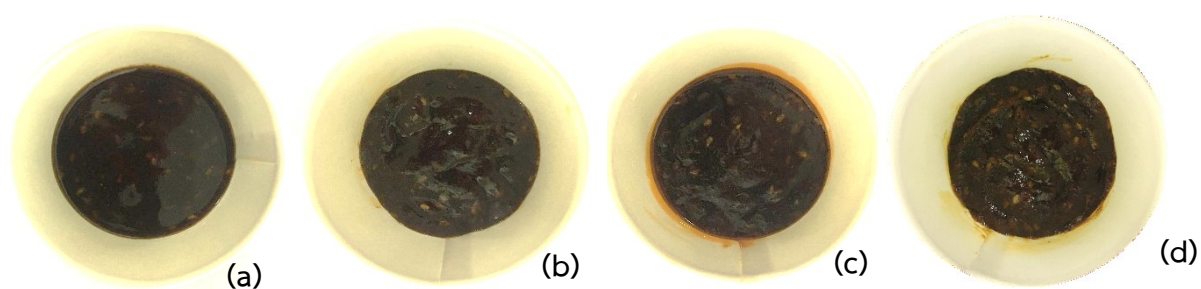


Figure 3. Colour of Ma Khuan dipping sauce with different xanthan gum concentration (w/w), (a) 0%, (b) 0.25%, (c) 0.5%, and (d) 1.0%

สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ เนื้อสัมผัส การเคลือบติดลูกชิ้น และการไหลของน้ำจิ้มมะแขว่นอธิบายได้ ดังนี้

เนื้อสัมผัสของน้ำจิ้มเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้งาน กล่าวคือ น้ำจิ้มที่มีความคงตัวมากขึ้นจากการเติมแซนแทนกัมซึ่งเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่มีประจุลบ (anionic) จึงจับกับน้ำด้วยพันธะไฮโดรเจนอุ้มน้ำไว้ได้ น้ำที่ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายในส่วนผสมน้ำจิ้มจึงลดบทบาทลงไป เนื้อสัมผัสน้ำจิ้มจึงเกาะตัวกันแน่นและลดการไหลของส่วนผสมในที่สุด ทดสอบโดยการนำลูกชิ้นเสียบอยู่บนไม้ไปกดลงบนน้ำจิ้มแล้วจุ่มลงไปก็ต้องออกแรงดันให้น้ำจิ้มไหลมาเคลือบติดกับผิวลูกชิ้นมากขึ้น ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเคลือบน้ำจิ้มให้ติดลูกชิ้นคือ ความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่เหมาะสม หากความเข้มข้นแซนแทนกัมที่มากเกินไปส่วนผสมน้ำจิ้มมีความคงตัวสูงและไม่ไหลไปเคลือบผิวลูกชิ้นจนสม่ำเสมอ แสดงว่าส่วนผสมน้ำจิ้มจึงมีความเหนียวมากเกินไป จาก Figure 4(a) แสดงชัดเจนว่าน้ำจิ้มมะแขว่นที่เติมแซนแทนกัมเพิ่มขึ้นถึง ร้อยละ 1 มีความคงตัวและความเหนียวมากกว่าตัวอย่างน้ำจิ้มมะแขว่นสูตรที่เหลือ

การเคลือบติดลูกชิ้นเป็นสมบัติกายภาพที่สำคัญของน้ำจิ้ม น้ำจิ้มที่มีความเหนียวไม่มากพอ เช่น

น้ำจิ้มมะแขว่นสูตรควบคุมและน้ำจิ้มมะแขว่นที่เติมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.25 เมื่อน้ำจิ้มสัมผัสกับผิวลูกชิ้นที่ผ่านการทำให้สุกด้วยความร้อน ความร้อนที่ผิวของลูกชิ้นจะถ่ายเทมาให้น้ำจิ้มเกิดการไหลย้อยดัง Figure 5(a,b) ส่วนน้ำจิ้มมะแขว่นที่เติมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.5 และร้อยละ 1 มีการเคลือบติดลูกชิ้นที่แตกต่างจากน้ำจิ้มมะแขว่นที่ไม่เติมแซนแทนกัมและเติมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.25 ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะน้ำจิ้มมะแขว่นที่เติมแซนแทนกัม ร้อยละ 1 น้ำจิ้มเคลือบติดลูกชิ้นโดยไม่มีการไหลตามแรงโน้มถ่วง แต่พบปัญหาคือเนื้อน้ำจิ้มเกาะตัวเป็นก้อน เพราะความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่มีปริมาณสูงเกินไปถึง ร้อยละ 1 ทำให้น้ำจิ้มมะแขว่นมีความหนืดเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่า เทียบกับการไม่เติมแซนแทนกัม (Figure 4(c)) ลักษณะปรากฏน้ำจิ้มมะแขว่นที่เติมแซนแทนกัม ร้อยละ 1 ใน Figure 5(d) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำจิ้มมะแขว่นที่เติมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.5 พบว่าลูกชิ้นที่มีน้ำจิ้มมะแขว่นที่มีแซนแทนกัมในปริมาณต่ำกว่ามีการเคลือบผิวสม่ำเสมอกว่า Figure 5(c) แต่สีของลูกชิ้นที่เคลือบด้วยน้ำจิ้มมะแขว่นที่มีการผสมแซนแทนกัมในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้ลูกชิ้นมีสีเข้มขึ้นมากกว่าน้ำจิ้มที่ไม่มีการผสมแซนแทนกัมเพราะมีปริมาณน้ำจิ้มมาเกาะติดผิวเป็นก้อนหนากว่า

*Corresponding author: naksit_pan@cmru.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แมริม ตำบลสะลวง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ 50330

¹Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Mae-Rim Campus, Mae-Rim District, Chiang Mai, 50330

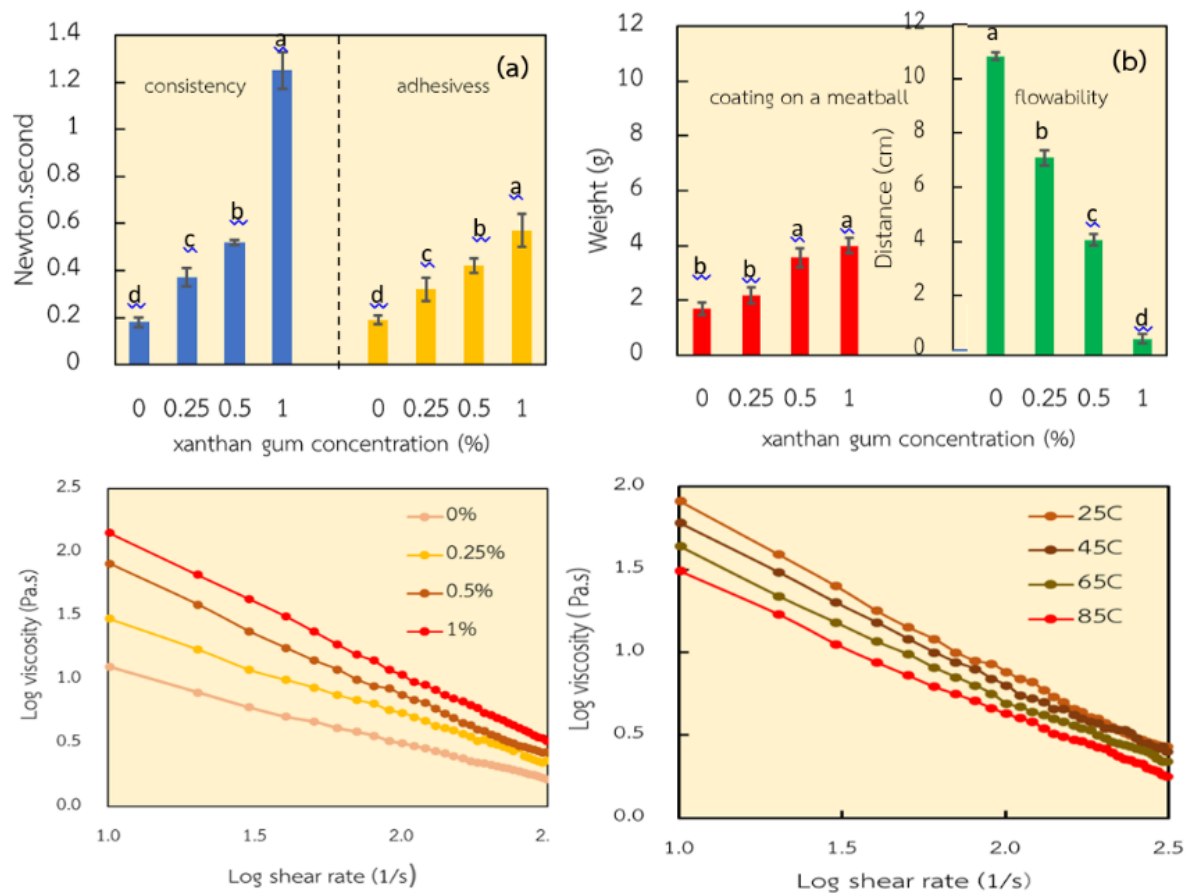


Figure 4. Physical and rheological properties of Ma Khuan dipping sauce with different xanthan gum concentration, 0, 0.25, 0.5, and 1% (w/w); (a) consistency and adhesiveness, (b) coating on a meatball and flowability, (c) viscosity as a function of shear rate and (d) viscosity of Ma Khuan dipping sauce with 0.5% xanthan gum as a function of temperature

Note: The different letters (a, b, c, and d) on the same colour bars are significantly different ($p \leq 0.05$).

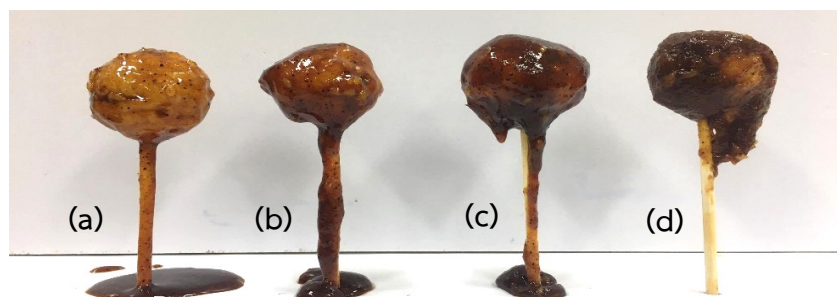


Figure 5. coating of Ma Khuan dipping sauce with different xanthan gum concentration (w/w), on cooked meatballs (70°C), (a) 0%, (b) 0.25%, (c) 0.5%, and (d) 1.0%

*Corresponding author: naksit_pan@cmru.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แมริม ตำบลสะลวง อำเภอมะริม จังหวัดเชียงใหม่ 50330

¹Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Mae-Rim Campus, Mae-Rim District, Chiang Mai, 50330

การไหลของน้ำจิ้มเกี่ยวข้องกับการใช้งานของผลิตภัณฑ์ Figure 4(b) พบว่า การไหลของน้ำจิ้มมะแขว่นมีระยะทางลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแซนแทนกัม โดยเฉพาะน้ำจิ้มมะแขว่นที่เติมแซนแทนกัม ร้อยละ 1 มีระยะการไหลน้อยที่สุดเนื่องจากค่าความหนืดของแซนแทนกัมที่ระดับนี้ทำให้น้ำจิ้มมะแขว่นมีความคงตัวสูง ส่งผลให้ส่วนผสมเกาะตัวกันได้ดีซึ่งผลการทดสอบนี้สอดคล้องกับการไหลของน้ำจิ้มที่เคลือบติดลูกชิ้น อย่างไรก็ตามน้ำจิ้มมะแขว่นที่เติมแซนแทนกัม ร้อยละ 1 กลับพบปัญหาในการนำไปใช้งาน คือ การเทให้น้ำจิ้มไหลออกจากขวดบรรจุได้ยากที่อุณหภูมิห้อง สอดคล้องกับค่าการเกาะติดพื้นผิว (adhesives) ของน้ำจิ้มมะแขว่นที่เติมแซนแทนกัม ร้อยละ 1 ใน Figure 4(a) ที่มีค่ามากที่สุด ($p \leq 0.05$)

เมื่อศึกษาสมบัติรีโอโรยีของน้ำจิ้มมะแขว่นแสดงด้วยความหนืดที่เปลี่ยนไปตามแรงเฉือนที่มากระทำดัง Figure 4(c) พบว่า การเพิ่มอัตราแรงเฉือนให้กับน้ำจิ้มมะแขว่นจาก 100 1/s เป็น 300 1/s ทำให้ความหนืดของน้ำจิ้มมะแขว่นไม่เติมแซนแทนกัมจากวัดความหนืดได้ 15 Pa.s หรือค่า $\log$ คำนวณได้ 1.10 Pa.s ที่อัตราเฉือน 100 1/s การเพิ่มอัตราเฉือนเป็น 300 1/s ความหนืดลดลงเหลือ 1.66 Pa.s หรือคำนวณค่าได้ $\log$ 0.22 Pa.s ส่วนน้ำจิ้มมะแขว่นที่เติมแซนแทนกัม 1% การเพิ่มอัตราแรงเฉือนทำให้ความหนืดของน้ำจิ้มจาก 39.90 Pa.s หรือค่า $\log$ 1.48 Pa.s ที่ 100 1/s ลดลงเหลือ 2.91 Pa.s หรือค่า $\log$ 0.36 Pa.s ที่อัตราเฉือน 300 1/s โดยพฤติกรรมการไหลของน้ำจิ้มมะแขว่นทุกตัวอย่างเป็นแบบซูโดพลาสติก (pseudoplastic) หรือ เซียร์ ทินนิง (shear thinning) นั่นคือเมื่อเพิ่มแรงเฉือนหรือการกวนผสมในระหว่างการแปรรูปน้ำจิ้มมะแขว่นให้เร็วมากขึ้น [17] ความหนืดที่ปรากฏมีค่าลดลง [14] เช่นเดียวกับการเพิ่มอุณหภูมิจาก 25 องศาเซลเซียส เพิ่มเป็น 45, 65, และ 85 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ความหนืดของน้ำจิ้มมะแขว่นที่ผสมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.5 มีแนวโน้มลดลง 83.6, 47.2, 37.2 และ 30.9 Pa.s หรือค่า $\log$ 1.91, 1.78, 1.64 และ 1.49 Pa.s ตามลำดับดัง Figure 4(d) ทั้งนี้ อุณหภูมิที่

กำหนดมีผลต่อความหนืดของน้ำจิ้มมะแขว่นในช่วง 25, 45, 65 และ 85 องศาเซลเซียส เพราะว่าเป็นอุณหภูมิที่สอดคล้องกับการแปรรูปและใช้งานผลิตภัณฑ์กล่าวคือการเก็บรักษาน้ำจิ้มอุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25 องศาเซลเซียส) ความหนืดของน้ำจิ้มมากกว่าน้ำจิ้มในขณะผ่านความร้อนในการพาสเจอร์ไรซ์สูงถึง 80-85 องศาเซลเซียส การเคี่ยวผสมน้ำจิ้มให้ขึ้นที่อุณหภูมิ 55-65 องศาเซลเซียส และอาหารที่ผ่านความร้อน เช่น ลูกชิ้นนึ่ง ลูกชิ้นทอด มีอุณหภูมิพื้นผิวอาหาร 70 องศาเซลเซียส โดยสรุปแนวโน้มการเพิ่มอุณหภูมิน้ำจิ้มสูงขึ้นทำให้น้ำจิ้มมีความหนืดลดลง ซึ่งการลดลงของความหนืดเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอาจเกิดจากการเพิ่มพลังงานความร้อนให้ระบบไฮโดรคอลลอยด์จนมากกว่าแรงเคมีที่ยึดเกาะกันของโมเลกุล เช่น ไขมัน สตาร์ช โปรตีน และไฮโดรคอลลอยด์ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของโมเลกุลได้ง่าย [12]

ดังนั้น การนำน้ำจิ้มมะแขว่นที่มีการผสมแซนแทนกัมเกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของแซนแทนกัม การเพิ่มความเข้มข้นแซนแทนกัมในน้ำจิ้มมะแขว่นจากร้อยละ 0 เป็น ร้อยละ 1 ทำให้ความหนืดน้ำจิ้มเพิ่มขึ้นแต่อุณหภูมิเป็นปัจจัยประกอบที่ต้องนำมาพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความหนืดที่อุณหภูมิสูงขึ้นด้วย กรณีน้ำจิ้มนำไปจิ้มอาหารที่ผ่านความร้อนผ่านการปรุงจนสุก เพราะการเพิ่มอุณหภูมิจาก 25 องศาเซลเซียส เป็น 85 องศาเซลเซียส กลับลดความหนืดน้ำจิ้มลง ในงานวิจัยนี้จึงได้คัดเลือกน้ำจิ้มมะแขว่นที่ผสมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.5 ซึ่งมีความหนืดเหมาะสม สามารถเทไหลออกจากขวดบรรจุภัณฑ์ได้ สามารถเคลือบลูกชิ้นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ได้สม่ำเสมอไปศึกษาทางเคมีเกี่ยวกับปริมาณพหุซเคมี ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และจุลินทรีย์ต่อไป

2. รูปแบบการเติมมะแขว่นที่มีต่อปริมาณพหุซเคมี ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และจุลินทรีย์

มะแขว่นเป็นส่วนผสมที่สำคัญของน้ำจิ้มสูตรสมุนไพรจากท้องถิ่น รูปแบบการเติมมะแขว่นลงในส่วนผสมเช่น ผงมะแขว่น หรือ น้ำมันมะแขว่นอาจมีผล

*Corresponding author: naksit_pan@cmru.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แมริม ตำบลสะลวง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ 50330

¹Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Mae-Rim Campus, Mae-Rim District, Chiang Mai, 50330

ต่อสมบัติเคมีกายภาพของน้ำจิ้มมะแขว่น ดัง Table 3 การเติมผงมะแขว่นลงในส่วนผสมที่มีแซนแทนกัมเป็นสารให้ความข้นหนืด ร้อยละ 0.5 พบว่า การเติมผงมะแขว่นลงไป ร้อยละ 2 ไม่มีผลต่อค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ($p>0.05$) แต่การเติมน้ำมันมะแขว่นลงไป ร้อยละ 2 กลับลดค่าดังกล่าว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะส่วนผสมที่มีน้ำมันมะแขว่นไม่ละลายในน้ำ ด้วยโครงสร้างเคมีน้ำมันมีความเป็นขั้วน้อยมาก ซึ่งแตกต่างจากน้ำตาลที่มีขั้วในโมเลกุลเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ การเติมน้ำมันมะแขว่นจึงทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละลดลงไป การเติมมะแขว่นลงไปไม่ส่งผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีและค่าพีเอชของส่วนผสมน้ำจิ้ม ($p>0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ยังจัดเป็นอาหารที่มีความเป็นกรด การเติมผง

มะแขว่นหรือน้ำมันมะแขว่นไปผสมกับส่วนผสมในน้ำจิ้ม พบว่าการเติมผงมะแขว่นทำให้น้ำจิ้มมีสีคล้ำขึ้น Figure 6(b) ทั้งนี้เนื่องจากการคั่วผงมะแขว่นทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบ เมลลาร์ด (Maillard reaction) ที่กรดอะมิโนทำปฏิกิริยากับน้ำตาลที่มีหมู่คาร์บอนิลที่อุณหภูมิ 120-180 องศาเซลเซียส การคั่วทำให้เกิดสารประกอบเมลานอยดิน (melanoidin) รวมทั้งสารประกอบให้กลิ่น สารประกอบฟีนอลิกและนำไปสู่การเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ดังที่พบในการคั่วผงคารอบ (carob) ที่มีกลินและรสชาติคล้ายโกโก้ [18-20] ส่วนการเติมน้ำมันมะแขว่นลงไปผสมกลับให้น้ำจิ้มสว่างเห็นเฉดสีแดงและสีเหลือง Figure 6(c) ชัดเจนกว่าน้ำจิ้มที่ไม่มีมะแขว่นผสม Figure 6(a)

Table 3 Effect of Ma Khuan addition on physicochemical properties of dipping sauce with 5% xanthan gum

Treatment	Total soluble solids (°Brix)	Water activity ^{ns}	pH ^{ns}
Control	60.80±0.52 ^a	0.83±0.01	3.40±0.12
Ma Khuan powder	61.10±0.41 ^a	0.85±0.02	3.44±0.13
Ma Khuan oil	58.80±0.33 ^b	0.84±0.02	3.32±0.14

Note: The abbreviation, ns means there are not significantly different ($p>0.05$) within the same column. The superscripts (a and b) within the same column are significantly different ($p\leq 0.05$).

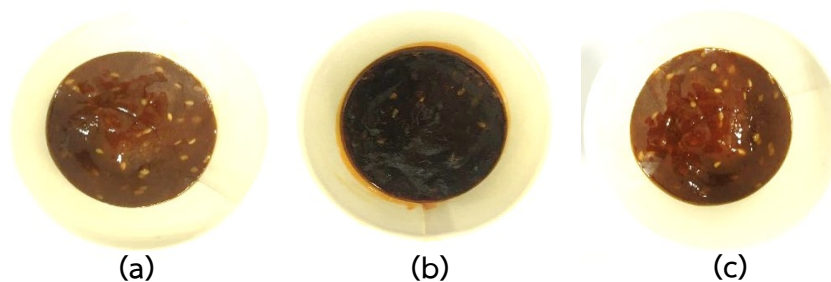


Figure 6. Colour of dipping sauce (a) control (b) with Ma Khuan powder and (c) with Ma Khuan oil

Table 4 Effect of Ma Khuan addition on colour of Ma Khuan dipping sauce

Treatment	Lightness (L*)	Redness (a*)	Yellowness (b*)
Control	25.11±0.67 ^b	10.82±0.70 ^a	5.06±0.82 ^a
Ma Khuan powder	22.35±0.61 ^a	10.44±0.64 ^a	6.13±0.74 ^a
Ma Khuan oil	29.43±0.71 ^c	12.57±0.74 ^b	13.15±0.83 ^b

Note: The superscripts (a, b and c) within the same column are significantly different ($p\leq 0.05$).

*Corresponding author: naksit_pan@cmru.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แมริม ตำบลสะลวง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ 50330

¹Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Mae-Rim Campus, Mae-Rim District, Chiang Mai, 50330

สมบัติทางด้านรีโอโรยของน้ำจิ้มที่ผสมน้ำมันมะเขว่นมีความหนืด 17.4 Pa.s ที่อัตราเฉือน 10 1/s ในขณะที่น้ำจิ้มที่ผสมผงมะเขว่นมีความหนืดมากกว่า 34.5 Pa.s ที่อัตราเฉือน 10 1/s หากเปรียบเทียบพฤติกรรมการไหล พบว่า น้ำจิ้มที่ผสมน้ำมันมะเขว่นไหลได้ง่ายกว่า การเคลือบเกาะติดลูกชิ้นและความเหนียวต่ำกว่า และออกแรงในการกดจิ้มต่ำกว่าน้ำจิ้มที่ผสมผงมะเขว่น (ข้อมูลไม่ได้แสดง) เพราะน้ำมันมะเขว่นช่วยในการหล่อลื่นการเคลื่อนที่ของส่วนผสมในน้ำจิ้มให้การไหลเกิดได้สะดวก

มะเขว่นเป็นแหล่งของพฤกษเคมีหลายชนิด เช่น สารฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ นอกจากนี้พบสารควิโนโลน สารอัลคาลอยด์ (quinolone alkaloid) และสารลิโมนเนลลोन (limonellone) [7] Figure 7(a) แสดงให้เห็นว่าการเติมมะเขว่นลงในน้ำจิ้มในปริมาณ ร้อยละ 2 เพิ่มปริมาณพฤกษเคมีสารฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ ได้มากกว่า 2 เท่า เปรียบเทียบกับน้ำจิ้มที่ไม่มีมะเขว่น ($p \leq 0.05$) ปริมาณสารฟีนอลิกและสารฟลาโวนอยด์พบในน้ำจิ้มมะเขว่นที่ผสมผงมะเขว่นมากกว่าผสมน้ำมันมะเขว่น ลิโมนีน (limonene) จัดเป็นโมโน เทอร์พีน ฟลาโวนอยด์ (mono terpene flavonoid) ที่มีกลิ่นหอมคล้ายพริกเสฉวน การศึกษาของ Wongsrisom et al. [5] รายงานว่า ลิโมนีนเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่พบมากที่สุด ในมะเขว่นโดยพบในส่วนเมล็ดและส่วนเปลือก การสกัดน้ำมันมะเขว่นจากเมล็ดและเปลือก รวมกันทำให้ปริมาณลิโมนีนน้อยกว่าสกัดจากแต่ละส่วน แยกกัน ดังนั้น การใช้ความร้อนที่ 55 องศาเซลเซียส บีบสกัดน้ำมันมะเขว่นจึงส่งผลต่อการลดสารฟลาโวนอยด์เมื่อเทียบกับการนำทั้งเปลือกและเมล็ดคั่วให้หอม นำมาผสมกัน บดเป็นผงร่อนแล้วนำไปผสมในน้ำจิ้มโดยตรง

ปริมาณพฤกษเคมีมีผลต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ในที่นี้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระแบ่งออกเป็น 2 กลไก ได้แก่ 1) การจับกับอนุมูลอิสระ (free radical scavenging) โดยสารกลุ่มฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์จับกับอนุมูลอิสระ ได้แก่ DPPH และ ABTS และ 2) การที่

สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ไปจับกับโลหะหนัก เช่น Fe^{2+}/Fe^{3+} ช่วยลดการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและเร่งการเกิดอนุมูลอิสระเพอร์ออกไซด์ (peroxide radical) [21,22] Figure 7(b) จากกราฟเห็นว่าการเติมมะเขว่นทั้งในรูปแบบผงหรือน้ำมันเพิ่มฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระได้มากกว่าน้ำจิ้มที่ไม่มีมะเขว่นผสมอยู่สอดคล้องกับปริมาณโดยสารกลุ่มฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่แสดงใน Figure 7(a) การศึกษานี้ชี้ให้เห็นคุณสมบัติของน้ำจิ้มมะเขว่นที่ช่วยในการต้านอนุมูลอิสระในระบบชีวเคมี นอกจากนี้ อุณหภูมิในการสกัดน้ำมันมะเขว่นที่ 55 องศาเซลเซียส ปัจจัยหนึ่งที่ทำให้สารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดถูกทำลายไปส่งผลให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำจิ้มที่เติมน้ำมันมะเขว่นน้อยกว่าที่เติมผงมะเขว่น ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาน้ำจิ้มมะเขว่นที่กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำจิ้มลูกชิ้น [2] ประกอบด้วยจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และจุลินทรีย์ก่อโรค *Salmonella* spp. *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* และ *Escherichia coli* โดยจุลินทรีย์ทั้งหมดของน้ำจิ้มที่เติมมะเขว่นมีปริมาณน้อยกว่า 100 CFU/g เทียบกับ 500 CFU/g ที่ไม่เติมมะเขว่น ส่วนยีสต์และราในน้ำจิ้มทั้งที่เติมมะเขว่นและไม่เติมมะเขว่นมีปริมาณน้อยกว่า 10 CFU/g และทุกตัวอย่างตรวจไม่พบจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* ส่วน *Escherichia coli* มีปริมาณน้อยกว่า 3 MPN/g ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำจิ้มลูกชิ้น ซึ่ง Wongsrisom et al. และ Tangitjaroenkun et al. รายงานว่า น้ำมันมะเขว่นมีฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* และ *Escherichia coli* ได้ [5,23] รวมทั้งการปรับสภาพน้ำจิ้มมะเขว่นให้เป็นกรดที่ค่าพีเอชต่ำลงถึง 3.4 และการพาสเจอร์ไรซ์ผลิตภัณฑ์ก่อนบรรจุขวดทำให้น้ำจิ้มที่เติมมะเขว่นมีสารต้านการเจริญจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ปลอดภัยจากจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์เน่าเสียตามหลักของเทคโนโลยีฮอ์เดิล [24]

*Corresponding author: naksit_pan@cmru.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แมริม ตำบลสะลวง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ 50330

¹Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Mae-Rim Campus, Mae-Rim District, Chiang Mai, 50330

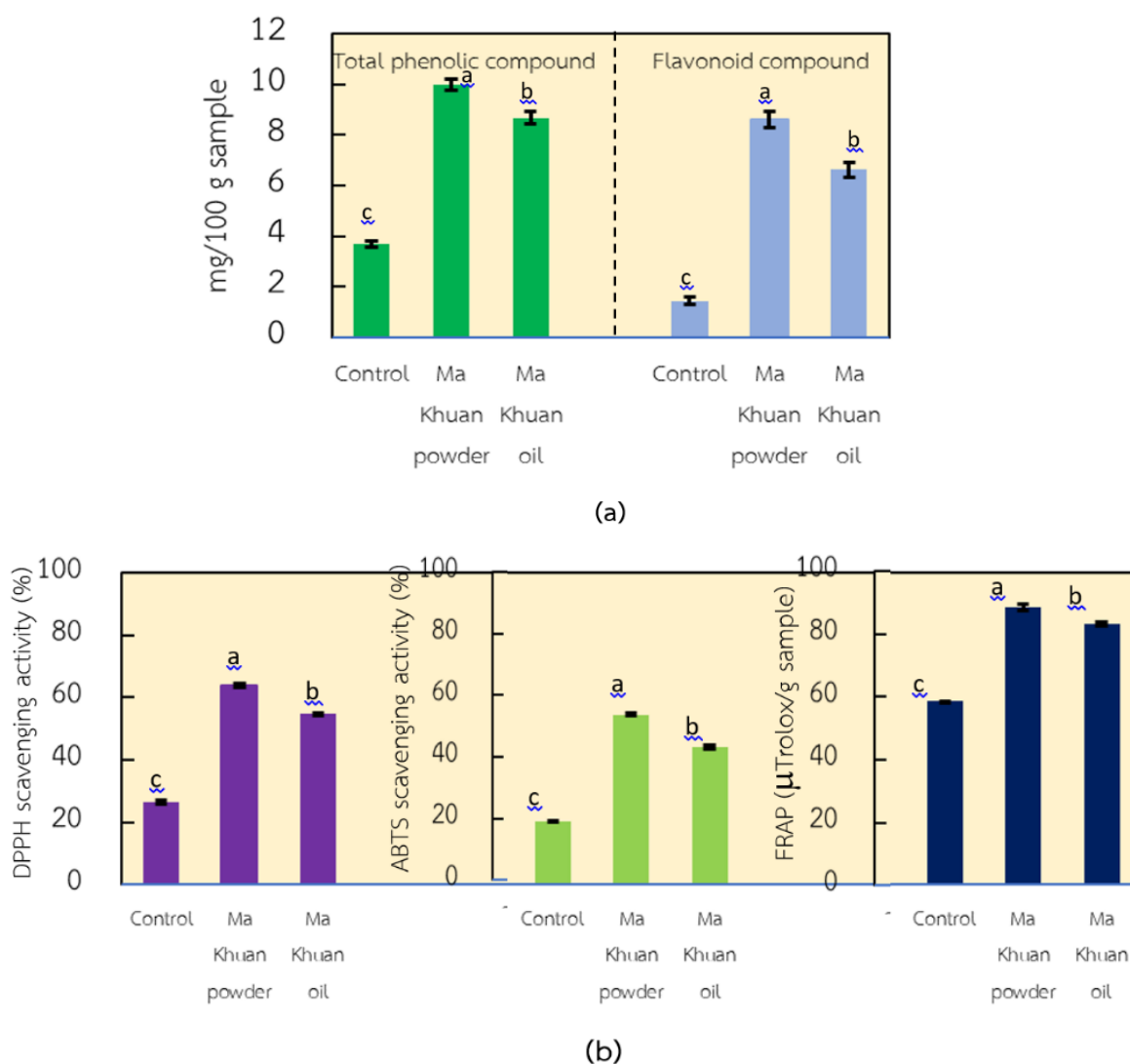


Figure 7 Chemical properties of dipping sauce with and without Ma Khuan
 (a) phenolic compound and flavonoid contents and (b) DPPH, ABTS, and FRAP antioxidant activities
Note: The superscript with different letters on the same colour bars are significantly different ($p \leq 0.05$).

สรุปผล

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำจิ้มมะแขว่นทำให้ชั้นด้วยแซนแทนกัม พบว่า การเติมแซนแทนกัมลงไป ในน้ำจิ้มมะแขว่น ร้อยละ 0.25-1 ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ สีน้ำจิ้มสว่างขึ้น และไม่เกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำมันและส่วนผสมอื่นๆ ซึ่งแตกต่างจากน้ำจิ้มมะแขว่นสูตรควบคุม แต่การเติมแซนแทนกัมไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคติวิตีและค่าพีเอช สมบัติกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของน้ำจิ้มมะแขว่นที่

เติมแซนแทนกัมเพิ่มจนถึง ร้อยละ 1 ทำให้น้ำจิ้มมะแขว่นมีเนื้อสัมผัสคงตัว ความสามารถในการต้านทานแรงกดจิ้มมากขึ้น น้ำจิ้มมีความเหนียวจึงเคลือบติดผิวลูกชิ้นนึ่งสุกได้ การเพิ่มอุณหภูมิทำให้ความหนืดของน้ำจิ้มมะแขว่นที่เติมแซนแทนกัมลดลง น้ำจิ้มมะแขว่นที่เพิ่มปริมาณแซนแทนกัมให้มากขึ้นส่งผลต่อค่าความหนืดมากขึ้น แต่การไหลของน้ำจิ้มกลับลดลงที่อุณหภูมิห้อง หากเติมแซนแทนกัมมากจนถึง ร้อยละ 1 เกิดปัญหาเหนียวไหลออกจากขวดไม่ได้ ดังนั้น การ

*Corresponding author: naksit_pan@cmru.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แมริม ตำบลสะลวง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ 50330

¹Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Mae-Rim Campus, Mae-Rim District, Chiang Mai, 50330

เติมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.5 ในน้ำจิ้มจึงเป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการทดลอง คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของน้ำจิ้ม พบว่า การเติมผงมะแขว่นลงในน้ำจิ้มเพิ่มปริมาณพฤกษเคมี เช่น สารฟีนอลิก และสารฟลาโวนอยด์ รวมทั้งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากกว่าการเติมน้ำมันมะแขว่นลงไปผสมกับน้ำจิ้ม น้ำจิ้มมะแขว่นมีปริมาณจุลินทรีย์ได้คุณภาพมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำจิ้มลูกชิ้น (มผช. 1343-2556) ดังนั้น น้ำจิ้มมะแขว่นที่ได้จากงานวิจัยนี้จึงมีสมบัติเคมีกายภาพตามคุณลักษณะผลิตภัณฑ์และปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ สร้างคุณค่าในการส่งเสริมสุขภาพจากประโยชน์ของพืชสมุนไพรในชุมชน ส่วนข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการวิจัยต่อไป คือ การศึกษาทางประสาทสัมผัสและกำหนดอายุการเก็บรักษาน้ำจิ้มที่เติมมะแขว่น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับการสนับสนุนทุนเพื่อสร้างและถ่ายทอดองค์ความรู้พัฒนาท้องถิ่นจากโครงการ “เทคโนโลยีการเกษตร ก้าวสู่วิถีชีวิตดี๊ดีที่ยั่งยืน” คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และ โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

- [1] Department of Agricultural Extension. (2018). Ma Khuan : Spices of Northern Thailand. [Online] Available from https://www.technologychaoban.com/thai-local-wisdom/article_81462 [Accessed July, 14, 2022].
- [2] Phoem, A.N., Sankalee, S., and Aryae, P. (2019). Evaluation of hurdle technology on shelf-life extension of Thai red curry paste and sour curry paste. Journal

Applied Mechanics and materials. 886: 92-97.

- [3] de J. Millán Cardona, L., Salazar, B.L.C., Herrera, M.J.A., Arbeláez, R.D. and Gutiérrez, M.D.E. (2010). Sensorial and instrumental (texture) analysis for a bittersweet borojo sauce. Revista Lasallista de Investigación. 7(1) : 36-41.
- [4] Thai Industrial Standards Institute. (2013). Thai community product standard: Dipping sauce for meatball, TPCS. 1343-2556. (in Thai).
- [5] Wongsrisom, N., Jinata, J., Manosan, B., Kuntakhoo, J., Wankuan, S. and Sriyam, S. (2014). Antibacterial activities of essential oils from Mah-Khwuan (*Zanthoxylum limonella* Alston). KMUTT Research & Development Journal. 37(1): 3-15. (in Thai).
- [6] Charoensup, R., Duangyod, T., Phuneerub, P. and Singharachai, C. (2016). Pharmacognostic specification of *Zanthoxylum limonella* (Dennst.) Alston: Fruits and seeds in Thailand. Journal of Advanced Pharmaceutical Technology and Research. 7(4): 134-138.
- [7] Tanggitjaroenkun, J., Chantarasriwong, O. and Chavasiri, W. (2012). Chemical constituents of the stems of *Zanthoxylum limonella* Alston. Phytochemistry Letters. 5(3): 443-445.
- [8] Tangjitjaroenhun, J., Supabphol, R. and Chavasiri, W. (2012). Antioxidant effect of *Zanthoxylum limonella* Alston. Journal of Medicinal Plants Research. 68(8): 1407-1414.

*Corresponding author: naksit_pan@cmru.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แมริม ตำบลสะเลียง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ 50330

¹Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Mae-Rim Campus, Mae-Rim District, Chiang Mai, 50330

- [9] Tubbiyam, P. and Manaroje, A. (2022). Development of karanda (*Carissa carandas* L.) Thai dipping sauce for chicken. *Journal of Food Technology*, Siam University. 17(1): 37-47. (in Thai).
- [10] De Monaco Lopez, B., Lessa, V.L., Silva, B.M., Da Silva Carvalho, M.A., Schnitzler, E. and Lacerda, L.G. (2015). Xanthan gum: properties, production conditions, quality and economic perspective. *Journal of Food and Nutrition Research*. 54(3): 185-194.
- [11] Razak, R.A., Karim, R., Sulaiman, R. and Hussain, N. (2018). Effect of different types and concentration of hydrocolloids on mango filling. *International Food Research Journal*. 25(3): 1109-1119.
- [12] Okonkwo, V.C., Mba, O.I. Kwofie, E.M. and Ngadi, M.O. (2021). Rheological properties of meat sauce as influenced by temperature. *Food and Bioprocess Technology*. 14: 2146-2160.
- [13] Sikora, M., Kowalski, S., Tomasik, P. and Sady, M. (2007). Rheological and sensory properties of dessert sauce thickened by starch-xanthan gum combinations. *Journal of Food Engineering*. 79(4): 1144-1151.
- [14] Gamonpilas, C., Pongjaruvat, W., Fuongfuchat, A., Methacanon, P., Seetapan, N. and Thamjedsuda, N. (2011). Physicochemical and rheological characteristics of commercial chilli sauces as thickened by modified starch or modified starch/xanthan mixture. *Journal of Food Engineering*. 105: 233-240.
- [15] Raybeck, R.M. and Hines, C.R. (1974). Method for determination of oil coating weight on non-oil absorbing surfaces. [Online] Available from <https://patents.google.com/patent/US3884084A/en> [Accessed July, 30, 2022].
- [16] Du, B., He, B., Shi, P., Li, F., Li, J. and Zhu, F. (2012). Phenolic content and antioxidant activity of wine grapes and table grapes. *Journal of Medicinal Plant Research*. 6(17): 3381-3387.
- [17] Tattiyakul, J. (2014). Food rheology. Chulalongkorn University, Bangkok. (in Thai).
- [18] Rattanapanon, N. (2014). Food Chemistry. Odian Store Ltd., Bangkok. (in Thai).
- [19] Grigoriou, A.M.O. and Pinakoulaki, E. (2021). Linking the dynamic changes in the in vitro antioxidant activity of carob kibbles upon roasting to the chemical and structural changes revealed by FTIR spectroscopy. *Antioxidants*. 10(12): 2025 doi:10.3390/antiox10122025
- [20] Şahin, H., Topuz, A., Pischetsrieder, M. and Ozdemir, F. (2009). Effect of roasting process on phenolic, antioxidant and browning properties of carob powder. *European Food Research Technology*. 230:155. doi.org/10.1007/s00217-009-1152-7
- [21] Loypimai, P. (2012). Total antioxidant capacity assessment in vitro. *Journal of Science Technology Mahasarakham University*. 31(2): 164-170.
- [22] Choe E. and Min D.B. (2009). Mechanisms of antioxidants in the oxidation of foods.

*Corresponding author: naksit_pan@cmru.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แมริม ตำบลสะลวง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ 50330¹Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Mae-Rim Campus, Mae-Rim District, Chiang Mai, 50330

Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 8(4): 345-358.

- [23] Tangitjaroenkun, J., Chavasin, W., Thunyaharn, S. and Yompakdee, C. (2012). Bacterial effects and time-kill studies of the essential oil from the fruits of *Zanthoxylum limonella* on multi-drug resistant bacteria. Journal of Essential Oil Research. 24(4):363-370.
- [24] Maity, T. and Raju, P.S. (2015). Development of shelf stable tomato *rasam* paste using hurdle technology. International Food Research Journal. 22(1): 171-177.

*Corresponding author: naksit_pan@cmru.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แมริม ตำบลสะลวง อำเภอมะริม จังหวัดเชียงใหม่ 50330

¹Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Mae-Rim Campus, Mae-Rim District, Chiang Mai, 50330