

ผลของการเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่มีต่อคุณลักษณะ ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

Influence of Dietary Fiber Supplement From Mango Peel on The Characteristics of Yogurt

ครองจิต วรรณวงศ์^{1*} และ ชัยนันท์ ฤทธิมนี¹

Krongjit Wannawong^{1*} and Thanyanun Rithmanee¹

¹ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

¹ Department of Home Economics, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

* Corresponding author, E-mail: krongjit_wan@cmru.ac.th, krongjit_wa@hotmail.com

Received: April 22, 2023;

Revised: January 17, 2024;

Accepted: February 14, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต โดยศึกษาการสกัดเส้นใยจากเปลือกมะม่วง 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์มหาชนกและพันธุ์มันศรีวิชัย (ผลดิบและผลสุก) พบว่าเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบสกัดเส้นใยได้ปริมาณผลผลิตเส้นใยสูงที่สุด ($P \leq 0.05$) และมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ละลายน้ำได้ มากกว่าพันธุ์มหาชนก เมื่อนำไปบดผงแล้วร่อนผ่านตะแกรง 2 ขนาด พบว่าอนุภาคผงที่มีขนาดเล็ก จะมีค่าความสว่าง (L^*) และมีความสามารถในการอุ้มน้ำมันมากกว่าอนุภาคผงขนาดใหญ่ จึงนำใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบเสริมในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต (โดยใช้ความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ คือ 0%, 1%, 2% และ 3%) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณใยอาหารทำให้โยเกิร์ตมีค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ($P \leq 0.05$) การเติมใยอาหารเพียง 1% พบเชื้อ *Lactobacillus spp.* (4.40×10^7 CFU/g) จำนวนสองเท่าของสูตรควบคุมที่ไม่เสริมใยอาหาร และทำให้โยเกิร์ตมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณใยอาหารมากกว่าร้อยละ 1.20 โปรตีนมากกว่าร้อยละ 3.63 คาร์โบไฮเดรตมากกว่าร้อยละ 14.64 แต่พบว่าปริมาณไขมันและความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดลง โดยมีไขมันน้อยกว่าร้อยละ 3.64 และความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 76.30 ($P \leq 0.05$)

คำสำคัญ : เปลือกมะม่วง ใยอาหารผง โยเกิร์ต

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluated effect of dietary fiber supplement made from mango peel on the characters of yoghurt products. The fiber extraction was extracted from two mango cultivars as Mahachanok and Mansriwichai (raw and ripe). The result revealed the total of extracted fiber from raw mango peel of Mansriwichai cultivar was the significantly highest yield ($P \leq 0.05$). Furthermore, the total extracted fiber, soluble and insoluble fiber from raw mango peel of Mansriwichai cultivar were higher than the fiber from Mahachanok cultivar. Then, the fibers ground into powder and sifted through two sizes of sieves, the small powder particles exhibited higher lightness value (L^*) and higher oil holding capacity compared to the large powder particles. Therefore, the dietary fiber extracted from Mansriwichai cultivar was selected to add in tested yoghurt products, using four different concentrations as 0%, 1%, 2% and 3% (w/w). The results were showed the yoghurt products with added dietary fibers had significantly lower lightness value (L^*) ($P \leq 0.05$). The treatment of added at least 1 % of dietary fiber in yoghurt product had as many twice amount of *Lactobacillus spp.* (4.40×10^7 CFU/ml) as the 0% dietary fiber in yoghurt product. In addition, the nutrition value of yoghurt product adding dietary fiber were significant increase as more than 1.20% of total fiber, 3.63% of protein content and 14.64% of carbohydrate. However, the lipid and moisture contents of yoghurt products adding dietary fiber were significant decrease as less than 3.64% of lipid and 76.30% of moisture.

Keywords : Mango peel, Dietary fiber powder, Yogurt

บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจในการดูแลสุขภาพ ความต้องการในการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ จึงมีแนวโน้มสูงขึ้น โยเกิร์ตเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยม มีประโยชน์ในการช่วยย่อยอาหาร การขับถ่าย ลดกรดในกระเพาะอาหาร ช่วยบำรุงผิวพรรณ และลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด จึงมีการผลิตโยเกิร์ตรูปแบบที่เน้นเพิ่มคุณสมบัติด้านโภชนาการ เช่น โยเกิร์ตไขมันต่ำ โยเกิร์ตโปรไบโอติก และโยเกิร์ตเสริมใยอาหาร เป็นต้น

เปลือกมะม่วงเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแปรรูป ถือเป็นผลพลอยได้หลังจากการแปรรูป (Mango by-products) เนื่องจากมีผลการวิจัยพบว่า เปลือกมะม่วงอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีสารประกอบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น สารฟลาโวนอยด์ หรือ สารไฟโตเคมีคอล สารโพลีฟีนอล แคโรทีนอยด์ เอนไซม์ ใยอาหาร เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ไขมัน โปรตีน เพคติน (Ajila et al., 2007) วิตามินอี และวิตามินซี ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี ระยะเวลาการสุกของผลมะม่วงที่ต่างกัน มีผลต่อสมบัติทางเคมีของเปลือกมะม่วง โดยพบว่าเปลือกมะม่วงผลดิบมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี และรวม สูงกว่าเปลือกมะม่วงผลสุก และเปลือกมะม่วงผลดิบมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีปริมาณฟีนอลรวม มีปริมาณโปรตีน สูงกว่าเปลือกของมะม่วงผลสุก แต่เปลือกมะม่วงผลสุกจะมีปริมาณใยอาหาร สูงกว่าเปลือกมะม่วงผลดิบ (วัลลภ ภาควาญ, 2562)

ใยอาหารเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่ได้รับความนิยม เนื่องจากการบริโภคใยอาหารมีบทบาทสำคัญในการป้องกันการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคท้องผูก โรคกรดไหลย้อน ภาวะไขมันในเลือดสูง และโรคเมตาบอลิซึม เป็นต้น แหล่งใยอาหารจากผักผลไม้จัดเป็นแหล่งใยอาหารที่มีคุณภาพสูง เนื่องจากมีใยอาหารที่ละลายน้ำและใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำปริมาณมาก สามารถดูดซับน้ำและไขมันได้ดี ซึ่งเปลือกมะม่วง (Mango peel) มีสัดส่วนประมาณ 7-24% ของผลมะม่วง เป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีเส้นใยอาหารสูง (ใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ 16-28% และ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ 29-50%) (Ajila et al., 2007) และมีสารประกอบที่มีคุณค่าทางโภชนาการ การนำเปลือกมะม่วงมาผลิตเป็นใยอาหาร เป็นการเพิ่มมูลค่าเพิ่มให้ของเหลือทิ้งและลดปัญหามลภาวะ จากการกล่าวถึงประโยชน์ของโยเกิร์ตและใยอาหารที่มีต่อร่างกายหลายประการ จึงสนใจศึกษาการผลิตโยเกิร์ตเสริมใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วง โดยงานวิจัยนี้ศึกษาเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนก และพันธุ์มันศรีวิชัย ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกในท้องถิ่นทางภาคเหนือ เพื่อให้ได้โยเกิร์ตที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงขึ้น ช่วยเพิ่มมูลค่า และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคูณสมบัติทางเคมีและกายภาพของใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วง และเพื่อศึกษาผลของการเสริมใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วงที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

วิธีการวิจัย

1. ศึกษาวิธีการผลิตใยอาหารจากเปลือกมะม่วง

วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้มะม่วง 2 สายพันธุ์ คือ มะม่วงพันธุ์มหาชนก และ มะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัย โดยใช้มะม่วงที่เก็บในพื้นที่ ต.เหล่ายาว อ.บ้านโฮ้ง จ.ลำพูน ระยะเวลาการสุกของมะม่วง 2 ระดับ คือ มะม่วงผลดิบ โดยคัดเลือกจากสีเปลือกของผลมะม่วงดิบที่มีสีเขียวทั้งผล และมะม่วงผลสุก โดยคัดเลือกจากสีเปลือกของผลมะม่วงสุกที่มีสีเหลืองอย่างชัดเจน

ประยุกต์ใช้วิธีการสกัดใยอาหารจากเปลือกมะม่วงของ อรพรรณ นาสะอาด และคณะ (2558) โดยใช้วิธีการบดเปียกร่วมกับการแช่น้ำร้อน นำเปลือกมะม่วงบดหยาบ ล้างด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที (อัตราส่วนเปลือกมะม่วง : น้ำร้อน เท่ากับ 1:5) แช่ทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง กรองแยกกาก จากนั้นอบแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิภายในตู้อบประมาณ 50 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณความชื้น วิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ (aw) ด้วยเครื่อง Water activity meter วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total dietary fiber) (AOAC, 2016) ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) (AOAC, 2016) และใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (Soluble dietary fiber) (AOAC, 2016) วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) วัดด้วยเครื่อง pH meter และคำนวณปริมาณผลผลิตของใยอาหารที่สกัดได้ (%Yield)

2. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วง

ลดขนาดโยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงให้เป็นผงละเอียดโดยใช้เครื่องปั่นของแห้ง ร่อนผงผ่านตะแกรง ASTM test sieves 2 ขนาด คือ 40 mesh และ 100 mesh ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผงโยอาหารจากเปลือกมะม่วง โดยวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ (aw) ด้วยเครื่อง water activity meter วิเคราะห์ค่าสี ระบบ CIE ($L^* a^* b^*$) ด้วยเครื่อง Colorimeter วิเคราะห์คุณสมบัติในการอุ้มน้ำมัน (Oil holding capacity, OHC) วิเคราะห์คุณสมบัติในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity, WHC) โดยประยุกต์ใช้วิธีของ ธัญนันท์ ฤทธิธนิ (2560)

3. ศึกษาผลของการเสริมโยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วงที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

การผลิตโยเกิร์ต : ให้ความร้อนนมไขมันเต็ม ที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส เติมนมผงพร่องมันเนย 2% (w/w) น้ำตาลทราย 6% (w/w) เจลาติน 0.4% (w/w) (ปิยนุสรณ์ น้อยด้วง และปัทมา คล้ายจันทร์, 2548) เติมโยอาหารจากเปลือกมะม่วง โดยศึกษาปริมาณการเสริมโยอาหารจากเปลือกมะม่วงผลดิบแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0% (w/w), 1% (w/w), 2% (w/w) และ 3% (w/w) จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (E. Sandra et al, 2010) แล้วลดอุณหภูมิลงเหลือ 45 องศาเซลเซียส เติมเชื้อทางการค้า 12% (w/w) (*Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus*) บ่มที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (ปิยนุสรณ์ น้อยด้วง และปัทมา คล้ายจันทร์, 2548) เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปวิเคราะห์ผล

ศึกษาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมโยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วง โดยการวัดค่าสีระบบ CIE ($L^* a^* b^*$) ด้วยเครื่อง Colorimeter วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) (ค่า pH เริ่มต้นก่อนหมักอยู่ในช่วง 6.0-6.5) วิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมโยอาหารจากเปลือกมะม่วง ได้แก่ ปริมาณเชื้อ *Lactobacillus* spp. ปริมาณยีสต์และรา (Yeast&Mold) (COMP, 2015) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมโยอาหารจากเปลือกมะม่วง ได้แก่ โยอาหาร โปรตีน ไขมัน เกล็ด ความชื้น คาร์โบไฮเดรต พลังงาน (AOAC, 2019) วิเคราะห์ทางสถิติ โดยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของโยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วง

จากผลการทดลองในตารางที่ 1 พบว่าปริมาณเส้นใยของเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัย ได้ผลผลิตมากกว่าเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนก และเปลือกผลดิบมีปริมาณผลผลิตเส้นใยมากกว่าเปลือกผลสุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณผลผลิตของเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบได้ผลผลิตสูงที่สุดคือ 16.81% ($P < 0.05$) วิธีการบดเปียกและลวกด้วยน้ำร้อน 95 องศาเซลเซียสได้ผลผลิตเส้นใยน้อยกว่าวิธีการสกัดด้วยน้ำธรรมดา และสกัดด้วยเอทานอล 95% (อรพรรณ นาสะอาด และคณะ, 2558) แต่การลวกด้วยน้ำร้อนจะช่วยกำจัดองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออกไปจากวัตถุดิบ เช่น น้ำตาล ไขมัน สารสี สารที่ก่อให้เกิดรสขม หรือเอนไซม์ที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เพื่อปรับปรุงคุณภาพของโยอาหารผงและช่วยกำจัดจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ (หยาดฝน ทนการกิจ, 2557) นอกจากนี้งานวิจัยของ Bongkochrat et al. (2013) พบว่าสายพันธุ์ของผลไม้ส่งผลต่อปริมาณโยอาหารผงที่ผลิตได้แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยนี้ที่พบว่าผลผลิตเส้นใยที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงสองสายพันธุ์นั้นได้ปริมาณผลผลิตที่แตกต่างกัน ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 1 ปริมาณผลผลิตโยอาหารและปริมาณความชื้นของเปลือกมะม่วงผงแต่ละพันธุ์

สายพันธุ์มะม่วง	ผลผลิตที่ได้ (% Yield)	ความชื้น (% Moisture content)
เปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกผลดิบ	14.68b $\pm$ 0.45	8.32 $\pm$ 0.45
เปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกผลสุก	9.43c $\pm$ 0.62	7.78 $\pm$ 0.14
เปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบ	16.81a $\pm$ 0.83	8.17 $\pm$ 0.24
เปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลสุก	10.42 c $\pm$ 1.37	7.69 $\pm$ 0.24

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a, b, c, ... กำกับต่างกันในแต่ละแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และค่าที่มีตัวอักษร ns กำกับในแต่ละแถวเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพและชนิดของเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงในตารางที่ 2 พบว่าเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ในปริมาณที่มากกว่าเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนก ปริมาณใยอาหารทั้งหมดของเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยมีค่าอยู่ในช่วง 61.20-65.60 กรัม/100 กรัม และเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกอยู่ที่ 58.70-60.8 กรัม/100 กรัม สายพันธุ์ของผลไม้ไม่มีผลทำให้ปริมาณใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมีปริมาณที่แตกต่างกัน (Bongkochrat et al., 2013)

ใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกและพันธุ์มันศรีวิชัย มีค่า pH อยู่ในช่วง 4.67-5.23 โดยใยอาหารจากเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกผลดิบจะมีค่า pH ต่ำที่สุด ดังนั้นการนำใยอาหารจากเปลือกมะม่วงไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารนั้น อาจส่งผลกระทบต่อระดับความเป็นกรด-เบส ของผลิตภัณฑ์อาหารที่เสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วง (อรพรรณ นาสะอาด และคณะ, 2558)

จากผลการทดลองพบว่า เปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยได้ปริมาณผลผลิต ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ สูงกว่าเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนก จึงเลือกใช้เปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยสำหรับการทดลองในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วง

ผลิตภัณฑ์เปลือกมะม่วง	ผลการวิเคราะห์ใยอาหารจากเปลือกมะม่วง				
	Total dietary fiber (g/100 g)	Soluble dietary fiber (g/100 g)	Insoluble dietary fiber (g/100 g)	pH	Water activity (aw)ns
พันธุ์มหาชนกผลดิบ	58.70d±0.20	19.9c±0.03	38.8d±0.16	4.67b±0.08	0.45±0.03
พันธุ์มหาชนกผลสุก	60.80c±0.02	20.7b±0.09	40.1c±0.03	5.17a±0.25	0.44±0.01
พันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบ	61.20b±0.10	20.8 b±0.06	40.4b±0.11	5.21a±0.25	0.44±0.03
พันธุ์มันศรีวิชัยผลสุก	65.60a±0.08	21.8a±0.13	43.8 a±0.05	5.23a±0.15	0.40±0.05

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a, b, c, ... กำกับต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และค่าที่มีตัวอักษร ns กำกับในแต่ละแถวเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

2. ผลการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพของใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วง

คัดเลือกใยอาหารที่ได้จากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยทั้งผลดิบและผลสุก มาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดของแห้ง จะได้ใยอาหารผง นำผงใยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่บดละเอียดแล้วมาร่อนผ่านตะแกรง ASTM Test Sieves 2 ขนาด คือ 40 mesh (ขนาดอนุภาค 400 ไมครอน) และ 100 mesh (ขนาดอนุภาค 150 ไมครอน) ผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 3 พบว่าขนาดอนุภาคไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณน้ำอิสระ (aw) ของใยอาหารผง ($P > 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 0.40-0.44 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 0.6 อยู่ในระดับที่สามารถลดหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการเจริญของจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาได้ (นิธิยา รัตนานนท์, 2549)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่า aw และผลการวิเคราะห์ค่าสีของใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วง

ผงเปลือกมะม่วง	ขนาดตะแกรง (mesh)	water activity (aw) ns	ผลการวิเคราะห์ค่าสี		
			L*	a*	b*
พันธุ์มันศรีวิชัย ผลดิบ	40	0.44 ± 0.02	60.87c ± 0.16	0.36b ± 0.01	16.26d ± 0.11
	100	0.44 ± 0.03	75.53a ± 0.11	-0.84d ± 0.04	20.11c ± 0.09
พันธุ์มันศรีวิชัย ผลสุก	40	0.40 ± 0.07	58.13d ± 0.04	0.99a ± 0.02	20.55b ± 0.03
	100	0.40 ± 0.04	68.45b ± 0.09	0.11c ± 0.04	26.30a ± 0.07

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a, b, c, ... กำกับต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และค่าที่มีตัวอักษร ns กำกับในแต่ละแถวเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผงใยอาหารด้วยการวัดค่าสีด้วยระบบ CIE ($L^* a^* b^*$) ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3 พบว่า ระยะการสุกของมะม่วงมีผลต่อค่าสีของผงใยอาหาร เปลือกผลดิบจะมีค่า L^* สูงกว่าผลสุก แต่มีค่า b^* น้อยกว่าผลสุก เนื่องจากมะม่วงผลสุกมีเปลือกสีเหลือง เมื่อโดนความร้อนจากการอบแห้งจะทำให้เป็นเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลสีของผงใยอาหารจากเปลือกมะม่วงผลสุกจะมีสีคล้ำเป็นสีเหลืองอมน้ำตาล จึงทำให้ค่า b^* ของผลสุกมีค่ามากกว่าผลดิบสำหรับเปลือกผลดิบมีสีเขียว การเปลี่ยนแปลงสีระหว่างการอบแห้งเกิดขึ้นน้อยกว่า ทำให้ค่า a^* ของเปลือกมะม่วงผลดิบมีค่าน้อยกว่าผลสุก นอกจากนี้ขนาดของอนุภาคผงใยอาหารมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีที่วัดได้ โดยพบว่า เมื่อลดขนาดอนุภาคใยอาหารผงเล็กน้อย ค่า a^* จะลดลง ($P \leq 0.05$) ขนาดของอนุภาคผงมีผลต่อค่าสีของใยอาหาร โดยพบว่าผงที่มีขนาดอนุภาคเล็ก (ขนาดอนุภาค 150 ไมครอน) จะมีค่า L^* และค่า b^* มากกว่าผงใยอาหารที่มีขนาดอนุภาคที่ใหญ่กว่า (ขนาดอนุภาค 400 ไมครอน) ($P \leq 0.05$) แต่มีค่า a^* ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 ผลวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและน้ำมันของใยอาหารจากเปลือกมะม่วง

ผงเปลือกมะม่วง พันธุ์มันศรีวิชัย	ขนาดตะแกรง (mesh)	ผลการวิเคราะห์	
		การอุ้มน้ำ (WHC) (g water/g sample)	การอุ้มน้ำมัน (OHC) (g oil/g sample)
ผลดิบ	40	5.70c±0.11	1.35b±0.05
	100	5.67c±0.21	1.64a±0.03
ผลสุก	40	6.46a±0.00	1.33b±0.09
	100	5.89b±0.00	1.34b±0.01

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a, b, c, ... กำกับในแนวดิ่งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน เป็นคุณสมบัติสำคัญอย่างหนึ่งของใยอาหาร ซึ่งผลการวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (oil holding capacity) ของใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วงแสดงผลในตารางที่ 4 พบว่า ใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบ ที่ขนาดอนุภาคผงเล็กมีความสามารถในการอุ้มน้ำมันมากกว่าอนุภาคผงที่มีขนาดใหญ่กว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Figuerola et al. (2005) ที่อธิบายว่าขนาดของอนุภาคผง มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำมันของใยอาหาร ซึ่งคุณสมบัติในด้านความสามารถในการอุ้มน้ำมันของใยอาหาร จะส่งเสริมความสามารถในการดูดซับสารก่อกลายพันธุ์ (mutagen) และคอเลสเตอรอลของใยอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ธัญนันท์ ฤทธิธัมณี, 2560) จากผลการศึกษาพบว่า ความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบ มีค่า 1.64 กรัมไขมัน/กรัมตัวอย่าง ความสามารถในการอุ้มน้ำมันของนี้สามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันและผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นอิมัลชันได้

ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัย แสดงผลในตารางที่ 4 พบว่า ใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงที่ใช้ผลสุกมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากกว่าใยอาหารที่ได้จากเปลือกมะม่วงที่เป็นผลดิบ และเมื่อลดขนาดอนุภาคผงให้เล็กลง มีผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง อาจเนื่องมาจากขั้นตอนการบดที่ใช้ความแรงและระยะเวลานาน มีผลต่อโครงสร้างของเส้นใย มีพื้นที่ผิวและปริมาณรูพรุนเพิ่มขึ้น ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น แต่ถ้าขนาดเล็เกินไป อาจเกิดความเสียหายกับโครงสร้างที่เป็น matrix ทำให้เกิดการยุบตัวของรูพรุน ส่งผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารลดลงได้ (Bongkochrat et al., 2013) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cadden (1987) ที่พบว่า การลดขนาดอนุภาคมีผลต่อโครงสร้างทางกายภาพของเส้นใยอาหารแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยการลดขนาดอนุภาคของ รำข้าวสาลี ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง แต่การลดขนาดอนุภาคของข้าวโอ๊ตมีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งความสามารถในการอุ้มน้ำของใยอาหารเป็นคุณสมบัติสำคัญที่แสดงถึงประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำในโครงสร้างของใยอาหาร หากใยอาหารที่สกัดได้จับกับน้ำได้ดีจะส่งผลให้ความหนืดของอาหารเพิ่มขึ้นได้ (Figuerola et al., 2005)

จากผลการทดลองพบว่าโยเกิร์ตจากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยที่ใช้ผลดิบ และมีขนาดอนุภาคขนาดเล็กที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 100 mesh เมื่อพิจารณาค่าสีของโยเกิร์ตจากเปลือกมะม่วงผลดิบมีค่าความสว่าง (L^*) มากที่สุด มีค่า a^* ต่ำที่สุด ซึ่งค่าสีของโยเกิร์ตจากเปลือกมะม่วงมีผลต่อค่าสีและคุณลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ได้ จึงคัดเลือกโยเกิร์ตจากเปลือกมะม่วงมันศรีวิชัยผลดิบ อนุภาคขนาดเล็กที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh เพื่อใช้ศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3. ผลของการเสริมโยเกิร์ตจากเปลือกมะม่วงที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

การเสริมโยเกิร์ตจากเปลือกมะม่วงที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0% (control), 1%, 2% และ 3% (w/w) พบว่า โยเกิร์ตจากเปลือกมะม่วงมีผลทำให้ค่า L^* ของโยเกิร์ตลดลง แต่ค่า a^* และ b^* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5 การเพิ่มปริมาณโยเกิร์ตทำให้โยเกิร์ตมีสีคล้ำเข้มขึ้น สอดคล้องกับการวิจัยของ B.N.P. Sah et al. (2016) ที่พบว่าเมื่อเสริมโยเกิร์ตจากเปลือกสับปะรดลงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ค่า L^* ลดลง ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้มีสีเข้มขึ้นและค่าสีเหลืองสูงกว่าโยเกิร์ตสูตรธรรมดา นอกจากนี้งานวิจัยของ มนฤทัย ศรีทองเกิด และคณะ (2557) ยังพบว่าการเพิ่มปริมาณเปลือกมะม่วงมากขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่มีค่าความสว่างลดลง ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมโยเกิร์ตจากเปลือกมะม่วง มีค่า pH อยู่ในช่วง 4.57-4.69 ซึ่งปริมาณโยเกิร์ตที่เติมลงไปไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต สอดคล้องกับงานวิจัยของ E.Sendra et al. (2010) ที่พบว่า การเพิ่มปริมาณโยเกิร์ตจากเปลือกส้มในกระบวนการผลิตโยเกิร์ต ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์โยเกิร์ตเสริมโยเกิร์ตจากเปลือกมะม่วงความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0%, 1%, 2%, 3%

ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง (% w/w)	ผลการวิเคราะห์			
	L^*	a^*	b^*	pHns
โยเกิร์ตสูตรควบคุม (0%)	89.68 a $\pm$ 0.03	-3.30 c $\pm$ 0.01	9.84 d $\pm$ 0.01	4.57 $\pm$ 0.04
โยเกิร์ตเสริมโยเกิร์ต 1%	80.70 b $\pm$ 0.17	-1.91 a $\pm$ 0.02	10.19 c $\pm$ 0.01	4.68 $\pm$ 0.11
โยเกิร์ตเสริมโยเกิร์ต 2%	74.67 c $\pm$ 0.44	-1.40 b $\pm$ 0.08	12.98 b $\pm$ 0.05	4.67 $\pm$ 0.11
โยเกิร์ตเสริมโยเกิร์ต 3%	73.03 d $\pm$ 0.03	-1.14 a $\pm$ 0.00	14.73 a $\pm$ 0.01	4.69 $\pm$ 0.06

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a, b, c, ... กำกับต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และค่าที่มีตัวอักษร ns กำกับในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมโยเกิร์ตจากเปลือกมะม่วง พบว่าปริมาณโยเกิร์ตจากเปลือกมะม่วงมีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus* spp. ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ดังแสดงในตารางที่ 6 โดยเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus* spp. เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณโยเกิร์ตที่เสริมลงในผลิตภัณฑ์ แต่ไม่พบเชื้อยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ การเติมโยเกิร์ตจากเปลือกมะม่วงเพียง 1% พบจำนวนเชื้อ *Lactobacillus* spp. ประมาณ 4.40×10^7 CFU/g ซึ่งเพิ่มขึ้นกว่าสองเท่าของโยเกิร์ตสูตรควบคุมที่ไม่มีการเสริมโยเกิร์ต ซึ่งมี *Lactobacillus* spp. อยู่ที่ประมาณ 1.70×10^7 CFU/g ดังนั้นผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าโยเกิร์ตจากเปลือกมะม่วงมีผลต่อการเพิ่มจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ana et al. (2012) ที่พบว่าโยเกิร์ตจากเปลือกผลไม้ (แอปเปิ้ล กล้วย และสับปะรด) ในการผลิตโยเกิร์ต สามารถช่วยเพิ่มจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในระหว่างการเก็บรักษาได้ วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตที่มีสารอาหารมากเพียงพอจะสามารถช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่ม probiotic ได้ โดยสารอาหารเหล่านี้อยู่ในรูปของ prebiotic ที่จะช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของเชื้อกลุ่มนี้ ซึ่งการเพิ่มสารอาหารอาจจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณลักษณะทางกายภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต (Gustaw et al., 2011)

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วง

ชนิดของจุลินทรีย์	โยเกิร์ตสูตรควบคุม ใยอาหาร 0%	โยเกิร์ตเสริม ใยอาหาร 1%	โยเกิร์ตเสริม ใยอาหาร 2%	โยเกิร์ตเสริม ใยอาหาร 3%
<i>Lactobacillus</i> spp. (CFU/g)	1.70×10^7	4.40×10^7	4.50×10^7	1.20×10^8
Yeast & Mold (CFU/g)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

ผลการศึกษาองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วง แสดงในตารางที่ 7 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณผงใยอาหารจากเปลือกมะม่วงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีผลทำให้ปริมาณใยอาหาร คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่มีผลทำให้ปริมาณไขมันลดลงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของ E. Sendra et al. (2010) ที่พบว่าการเสริมใยอาหารจากเปลือกส้ม ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมด ไขมัน เกล็ด และโปรตีน ที่เป็นองค์ประกอบของโยเกิร์ต

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วง

องค์ประกอบทางเคมี	โยเกิร์ตสูตรควบคุม ใยอาหาร 0%	โยเกิร์ตเสริม ใยอาหาร 1%	โยเกิร์ตเสริม ใยอาหาร 2%	โยเกิร์ตเสริม ใยอาหาร 3%
ใยอาหาร (%)	0.44c±0.02	1.20b±0.03	1.79a±0.11	1.91a±0.08
โปรตีน (%)	3.83b±0.04	3.63c±0.12	3.88b±0.03	4.11a±0.05
คาร์โบไฮเดรต (%)	14.31d±0.05	14.64c±0.08	16.54b±0.04	17.42a±0.09
ไขมัน (%)	4.12a±0.08	3.64b±0.04	3.55b±0.06	3.59 b±0.05
เถ้า (%)	0.84b±0.05	0.87b±0.03	0.89ab±0.01	0.95a±0.04
ความชื้น (%)	76.90a±0.10	76.30b±0.46	75.20c±0.08	73.60d±0.02

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a, b, c, ... กำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระบวนการที่ใช้ในการสกัดและกระบวนการผลิตเส้นใยอาหารที่แตกต่างกันอาจส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบทางเคมีของใยอาหารผง รวมถึงชนิดของวัตถุดิบและสายพันธุ์ที่นำมาสกัดเส้นใย (E. Sendra et al., 2010) ผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (fat) ที่เป็นองค์ประกอบในโยเกิร์ตของงานวิจัยนี้ พบว่าปริมาณไขมันในโยเกิร์ตเสริมใยอาหารลดลงเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ($P \leq 0.05$) แต่การเสริมใยอาหาร 1, 2 และ 3% ไม่มีผลต่อเปลี่ยนแปลงของไขมันที่มีในโยเกิร์ต ($P > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ E. Sendra et al. (2010) ที่ระบุว่าปริมาณใยอาหารที่เสริมลงไปโยเกิร์ตไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์

ผลการทดลองพบว่าความชื้นของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตลดลงเมื่อปริมาณใยอาหารจากเปลือกมะม่วงเพิ่มขึ้น ($P \leq 0.05$) เนื่องจากใยอาหารมีคุณสมบัติที่สามารถในการอุ้มน้ำ ทำให้ใยอาหารเกิดการพองตัว โยเกิร์ตเสริมใยอาหารจึงมีความชื้นหนืดมากกว่าสูตรควบคุม ลักษณะเนื้อสัมผัส (firmness) เพิ่มขึ้น ความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณใยอาหาร (E. Sendra et al., 2010; B.N.P. Sah et al., 2016)

สรุปผลการวิจัย

การเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้ผงใยอาหารจากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิจัยผลิตที่ได้ปริมาณผลผลิตสูง (%Yield) มีค่าความสว่าง (L^*) สูงที่สุด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh เพื่อให้ได้ใยอาหารที่เป็นผงละเอียด ปริมาณใยอาหารที่เติมลงไประหว่างการผลิตโยเกิร์ต มีผลต่อการเพิ่มจำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติกสูงกว่าสูตรควบคุม ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มนี้มีประโยชน์ต่อร่างกาย แต่ปริมาณใยอาหารมีผลต่อสมบัติทางกายภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต หากเสริมปริมาณใยอาหารมากเกินไปจะทำให้โยเกิร์ตมีสีคล้ำ ไม่น่ารับประทาน ดังนั้นปริมาณการเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่แนะนำไม่ควรเกิน 1% (w/w) เพื่อให้โยเกิร์ตมีลักษณะปรากฏที่ดี และควร

ต่อ ยอดงานวิจัยด้วยการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วงเพิ่มเติม ซึ่งงานวิจัยนี้แสดงถึงความเป็นไปได้ในการผลิตโยเกิร์ตเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วง เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เป็นผลพลอยได้ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นและมีโปรไบโอติกที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

คำขอบคุณ

กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 และภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

- ธัญนันท์ ฤทธิมนี. (2560). *การสกัดและการใช้ประโยชน์จากหอยวกกล้วยหอมทองเพื่อเสริมใยอาหารในไส้วุ้น*. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
- ปิยนุสรณ์ น้อยดั่ง และปัทมา คล้ายจันทร์. (2548). การผลิตโยเกิร์ตกล้วยหอม. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*. 1(1), 24–30.
- นิธิยา รัตนพานนท์. (2549). *เคมีอาหาร*. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- มนฤทัย ศรีทองเกิด กัณณิกา ทิพประมวล และปวีณา ชานาญยงค์. (2557). *การใช้ประโยชน์จากผงเปลือกมะม่วงเพื่อเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระและใยอาหารในผลิตภัณฑ์บะหมี่และแผ่นกึ่งวุ้น*. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.
- วัลลีย์ ภาควงษ์. (2562). *องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 และการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ บราวน์*. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- หยาดฝน ทนการกิจ. (2557). การใช้ประโยชน์จากเศษผักผลไม้เหลือทิ้งเพื่อผลิตเป็นโยเกิร์ตผง. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*. 9(1), 31–38.
- อรพรรณ นาสะอาด สุชาดา ไชยสวัสดิ์ และ ภาณุ พลายบัว. (2558). *การพัฒนากระบวนการสกัดใยอาหารจากมะม่วงระดับต้นแบบเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านอาหารเสริมสุขภาพ*. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- Ajila, C. M., Bhat, S. G., & Rao, U. J. S. (2007). Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. *Food Chemistry*. 102, 1006-1011.
- Ana, P.E.S., Nathalie, S.C., Thaiane, F. S., Fabiana, A.S.M. S., Luiz, A. G., Patriza, P., Attilio, C. & Maricê, N. O. (2012). Fibers from fruit by-products enhance probiotic viability and fatty acid profile and increase CLA content in yoghurts. *International Journal of Food Microbiology*. 154, 135–144
- A.O.A.C. (2016). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analysis Chemistry. 20th ed. AOAC INTERNATIONAL, USA.
- A.O.A.C. (2019). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analysis Chemistry. 21st ed. AOAC INTERNATIONAL, USA.
- B.N.P. Sah, T. Vasiljevic, S. McKechnie & O.N. Donkor. (2016). Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pineapple peel powder during refrigerated storage. *LWT - Food Science and Technology*. 65, 978-986.
- Bongkochrat Naowakul, Tri Indrarini Wirjantoro and Aphirak Phianmongkhon. (2013). Effects of speed and time of wet milling on properties of dietary fiber powder from pomelo's albedo. *Food and Applied Bioscience Journal*. 1(1), 34-48.

- Cadden, A.M. (1987). Comparative effect of particle size reduction on physical structure and water binding properties of several plant fibers. *Journal of Food Science*. 52(6): 1595-1599.
- COMP. (2015). *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods (APHA)*, 5th Edition, Chapter 19.
- E. Sandra, V. Kuri, J. Fernández-Lo'pez, E. Sayas-Barbera', C. Navarro a, & J.A. Pe'rez-Alvarez. (2010). Viscoelastic properties of orange fiber enriched yogurt as a function of fiber dose size and thermal treatment. *LWT - Food Science and Technology*. 43, 708-714.
- Figuerola, F., Hurtado, M. L., Estevez, A. M., Chiffelle, I. & Asenjo, F. (2005). Fibreconcentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*. 91, 395-401
- B.N.P. Sah, W., Kordowska-Wiater, M., & Koziol, J. (2011). The influence of selected prebiotics on the growth of lactic acid bacteria for bio-yoghurt production. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 10(4), 455-466.