รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

แผนงานวิจัยเรื่อง

การเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ให้กับผลเงาะครบทุกส่วนโดยการนำส่วนเนื้อเปลือกและเมล็ดเงาะมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง

Economic Value Added of Rambutan by Using Each Part to Produce Valuable Products

ผศ.ดร.วิชมณี ยืนยงพุทธกาล	ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย
ผศ.ดร.วิชมณี ยืนยงพุทธกาล	หัวหน้าโครงการวิจัยที่ 1
ผศ.ดร.กรองจันทร์ รัตนประดิษฐ์	หัวหน้าโครงการวิจัยที่ 2
ดร.สิริมา ชินสาร	หัวหน้าโครงการวิจัยที่ 3
ผศ.ดร.วิชมณี ยืนยงพุทธกาล	หัวหน้าโครงการวิจัยที่ 4

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้

จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 2558A10801001
สัญญาเลขที่ 50/2558

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

แผนงานวิจัยเรื่อง

การเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ให้กับผลเงาะครบทุกส่วนโดยการนำส่วนเนื้อเปลือกและเมล็ดเงาะมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง

Economic Value Added of Rambutan by Using Each Part to Produce Valuable Products

ผศ.ดร.วิชมณี ยืนยงพุทธกาล	ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย
ผศ.ดร.วิชมณี ยืนยงพุทธกาล	หัวหน้าโครงการวิจัยที่ 1
ผศ.ดร.กรองจันทร์ รัตนประดิษฐ์	หัวหน้าโครงการวิจัยที่ 2
ดร.สิริมา ชินสาร	หัวหน้าโครงการวิจัยที่ 3
ผศ.ดร.วิชมณี ยืนยงพุทธกาล	หัวหน้าโครงการวิจัยที่ 4

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

สิงหาคม 2560

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 50/2558 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย
สิงหาคม 2560

บทคัดย่อ

แผนงานวิจัยนี้มีโครงการวิจัยภายใต้แผน จำนวน 4 โครงการ ได้แก่ โครงการที่ 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้งให้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพมูลค่าสูงโดยใช้การดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสร่วมกับการทำแห้ง โครงการวิจัยที่ 2 การผลิตสารเอกโซโพลีแซกคาไรด์จากน้ำตาลที่เหลือจากกระบวนการออสโมซิส โครงการวิจัยที่ 3 การใช้ประโยชน์จากเปลือกเงาะเป็นใยอาหารในอาหารเพื่อสุขภาพ และโครงการวิจัยที่ 4 สมบัติทางเคมี-กายภาพ และฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมัน รวมทั้งสมบัติของแป้งหลังการสกัดน้ำมันจากเมล็ดเงาะที่เป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม

โครงการที่ 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้งให้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพมูลค่าสูงโดยใช้การดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสร่วมกับการทำแห้ง

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้งให้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพโดยใช้วิธีออสโมซิสร่วมกับการทำแห้ง จากการศึกษาผลของการใช้สารละลายออสโมติกในรูปแบบสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครส (0-50%) กับน้ำตาลโอลิโกฟรุกโตส (0-50%) มีผลทำให้ค่าการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ค่า WL SG และ WR รวมถึงคุณภาพของเงาะหลังการออสโมซิสด้านปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ค่าสี และคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติและความชอบโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การใช้สารละลายผสมมีผลให้ ค่า WL SG และ WR เพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้สารละลายน้ำตาลโอลิโกฟรุกโตสเพียงอย่างเดียว เท่ากับ 0.81-1.56% 0.68-1.93% และ0.55-0.92% ตามลำดับ จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทและกรดแอสคอร์บิกร่วมกับการใช้สภาวะสุญญากาศในการออสโมซิส พบว่าอิทธิพลร่วมของทั้ง 3 ปัจจัย มีผลต่อค่าการถ่ายเทมวลสาร ปริมาณวิตามินซี ค่าความแน่นเนื้อ ความชอบด้านรสชาติ และความชอบโดยรวม ($p<0.05$) และพบว่าไม่มีอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อความชอบด้านลักษณะปรากฏและความชอบด้านสี ($p\geq0.05$) สิ่งทดลองที่ใช้แคลเซียมแลคเตท 2% และกรดแอสคอร์บิก 1% ร่วมกับการใช้สภาวะสุญญากาศ 100 mbar เป็นเวลา 10 นาที ทำให้เงาะหลังการออสโมซิสมีปริมาณแคลเซียมและปริมาณวิตามินซีสูงและได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ($p<0.05$) การหมุนกวนสารละลายออสโมติกทำให้มีค่าการถ่ายเทมวลสาร ปริมาณแคลเซียม และ วิตามินซีเพิ่มมากขึ้น ($p<0.05$) โดยพบว่าการใช้ความเร็วการหมุนของลูกรีด 200 รอบ/นาที ทำให้เงาะหลังการออสโมซิสมีปริมาณแคลเซียมและวิตามินซีเพิ่มขึ้นมากที่สุด การออสโมซิสเงาะช่วยลดเวลาในการทำแห้งโดยใช้ตู้อบสุญญากาศลงได้ 62 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับเงาะที่ไม่ผ่านการออสโมซิส โดยพบว่าเงาะกึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (69.33 g/100g โดยน้ำหนักแห้ง) ปริมาณแคลเซียม (31.15 mg/100g โดยน้ำหนักแห้ง) และปริมาณวิตามินซี (1582.74 mg/100g โดยน้ำหนักแห้ง) มากกว่าเงาะกึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส รวมถึงได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่า อยู่ในระดับชอบปานกลาง ($p<0.05$) มีความปลอดภัยสำหรับการบริโภคที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเก็บรักษาอย่างน้อย 4 สัปดาห์ โดยเงาะกึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสได้รับความชอบโดยรวมมากกว่า 6 คะแนนขึ้นไป ตลอดเวลาการเก็บรักษา

โครงการวิจัยที่ 2 การผลิตสารเอกโซโพลีแซกคาไรด์จากน้ำตาลที่เหลือจากกระบวนการออสโมซิส

เอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์เป็นพอลิเมอร์ชีวภาพที่ผลิตได้จากจุลินทรีย์หลากหลายชนิด โดยเฉพาะในแบคทีเรียกลุ่มแลคติกโดยจะถูกขับออกสู่นอกเซลล์ในระหว่างการเจริญ มีลักษณะเป็นเมือกหรือติดอยู่กับเซลล์ในรูปของแคปซูล ซึ่งได้รับความสนใจในการนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด และเพิ่มความคงตัว สำหรับการศึกษาครั้งนี้ เป็นการผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์จากน้ำเชื่อมเหลือทิ้งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้งและแหล่งคาร์บอนราคาถูกโดยการเลี้ยงแบคทีเรียแลคติก 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *Lactobacillus plantarum* TISTR 050, *Lactobacillus plantarum* TISTR 096 และ *Lactobacillus casei* TISTR 047 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS, BMM และ SDM พบว่า *L. casei* TISTR 047 ที่เลี้ยงในอาหาร MRS ปรับค่าความเป็นกรดด่าง 6.0 ผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ได้สูงเท่ากับ 4.86$\pm$0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนการเลี้ยงด้วยน้ำตาลที่เหลือจากผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้งในรูปสารละลายออสโมติกซึ่งเป็นน้ำตาลผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลโอลิโกฟรุกโตส เป็นแหล่งคาร์บอนทดแทนในอัตราส่วนที่แตกต่างกันจำนวน 7 สูตรพบว่าการเลี้ยง *L. casei* TISTR 047 ด้วยน้ำตาลโอลิโกแซ็กคาไรด์เพียงอย่างเดียวให้ปริมาณเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ได้ 49.9±0.66 มิลลิกรัมต่อลิตร การเลี้ยงด้วยน้ำตาลโอลิโกแซ็กคาไรด์ต่อน้ำมะพร้าว (ร้อยละ 50: 50) ผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ได้สูงสุดคิดเป็น 69.18±2.07 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อนำมาเลี้ยงด้วยการลดปริมาณแหล่งไนโตรเจน ได้แก่ เพปโตน เนื้อสกัด และยีสต์สกัด ที่ร้อยละ 50 ทำให้เชื้อผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ได้เพิ่มขึ้นเป็น 107.17±1.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบว่าการใช้เด็กซตรินซ์เพียงอย่างเดียว สามารถผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ได้สูงที่สุด 182$\pm$1.67 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากเด็กทรินซ์มีจำนวนโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสสูงกว่าแหล่งคาร์บอนของกลูโคสไซรัปและน้ำตาลโอลิโกแซ็กคาไรด์

ในการศึกษาการสกัดและวิธีการวิเคราะห์เอ็กโซพอลิแซคคาไรด์ด้วยวิธีแอนโทรนฟีนอล-ซัลฟูริก และดีเอ็นเอส โดยใช้ตัวทำละลายสองชนิดเป็นตัวสกัดคือ เอทานอลและอะซิโตน พบว่าการใช้อะซิโตนในอัตราส่วนตัวทำละลายต่อน้ำหมัก 4: 1 สกัดเอ็กโซพอลิแซคคาไรด์ได้สูงกว่าเอทานอล และการใช้วิธีแอนโทรนวิเคราะห์ปริมาณเอ็กโซพอลิแซคคาไรด์ที่ผ่านการสกัดได้สูงกว่าวิธีฟีนอล-ซัลฟูริก และดีเอ็นเอสเมื่อตรวจสอบชนิดของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวและกรดอินทรีย์พบว่าน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่พบประกอบน้ำตาลกลูโคส เป็นส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 73.5 รองลงมาคือ น้ำตาลราฟิโนสร้อยละ 12.8 ส่วนที่เหลือเป็นน้ำตาลชนิดอื่น ๆ เพียงเล็กน้อย จึงสรุปได้ว่าชนิดตัวอย่างเอ็กโซพอลิแซคคาไรด์ที่เป็น hetaloexopolysaccharide ส่วนปริมาณกรดอินทรีย์ พบกรดซิตริกเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาคือ กรดแลคติก และกรดอะซิติก ตามลำดับ

โครงการวิจัยที่ 3 การใช้ประโยชน์จากเปลือกเงาะเป็นใยอาหารในอาหารเพื่อสุขภาพ

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้ประโยชน์จากเปลือกเงาะเป็นใยอาหารในอาหารเพื่อสุขภาพ ขั้นตอนแรก ศึกษาผลของวิธีการทำแห้งต่อคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ คุณสมบัติเชิงหน้าที่และคุณสมบัติต้านออกซิเดชันของผงเปลือกเงาะ จากนั้นทำการศึกษาการใช้ผงเปลือกเงาะในขนมปัง โดยศึกษาการเติมที่ระดับ 3-7 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งต่อการเปลี่ยนแปลงคุณค่าโภชนาการ สารสำคัญ และคุณภาพของขนมปัง ผลการทดลองพบว่า ผงเปลือกเงาะทำแห้งโดยวิธีแช่เยือกแข็งมีคุณภาพด้าน สี สารสำคัญ การต้านอนุมูลอิสระ การอุ้มน้ำ และการขัดขวางการแพร่ผ่านกลูโคส ดีกว่าผงเปลือกเงาะทำแห้งโดยลมร้อน อย่างไรก็ตามคุณสมบัติด้านองค์ประกอบของใยอาหาร การอุ้มน้ำมัน การดูดซับกลูโคส และการจับกับน้ำดีของผงเปลือกเงาะที่อบจากทั้งสองวิธีนั้นไม่แตกต่างกัน ดังนั้นผงเปลือกเงาะที่อบแห้งทั้งสองวิธีมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่และคุณสมบัติทางเคมีกายภาพที่ดี สามารถนำไปใช้เป็นสารผสมอาหารเพื่อสุขภาพได้ เมื่อนำไปเติมในขนมปัง โดยทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 3-7 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ช่วงระดับของการใช้นี้ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพด้านองค์ประกอบทางเคมี ความชื้น ค่าน้ำอิสระและปริมาณใยอาหารของขนมปัง เมื่อเปรียบเทียบสูตรขนมปังขาวปกติ ในขณะที่คุณภาพด้านสีทั้งเปลือกนอกและเนื้อในของขนมปังที่เติมเปลือกเงาะมีสีคล้ำขึ้นตามระดับแทนที่ที่เพิ่มขึ้น เมื่อใช้ผงเปลือกเงาะในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ปริมาตรของขนมปังลดลง และเนื้อสัมผัสมีความแข็งมากขึ้น อย่างไรก็ตามขนมปังที่เติมเปลือกเงาะนี้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์สูงมากกว่าสูตรขนมปังปกติอย่างชัดเจน และส่งผลให้ขนมปังที่ได้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากขึ้นด้วยเช่นกัน ปริมาณการใช้ที่เหมาะสมในขนมปังที่แนะนำ คือ ที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง เนื่องจากการแทนที่ที่ระดับนี้ขนมปังที่ได้มีปริมาตรและเนื้อสัมผัสไม่ต่างจากสูตรควบคุม ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาการฟอกสีผงเปลือกเงาะด้วยวิธี Alkaline Hydrogen Peroxide และการใช้เพื่อลดการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์ไก่ชุบแป้งทอด โดยแปรความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็น 0.5 1.0 และ 1.5 M ทำการแช่ผงเปลือกเงาะในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และปรับ pH เป็น 9 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 M ฟอกสีเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ผลการทดลอง พบว่า เมื่อความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) และความสามารถในการอุ้มน้ำมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1.5 M สำหรับการศึกษาผลของผงเปลือกเงาะที่ผ่านการฟอกสีต่อการลดการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์ไก่ชุบแป้งทอด โดยแปรปริมาณผงเปลือกเงาะเป็น 0 3 6 และ 9 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักส่วนผสมแป้งชุบทอดทั้งหมด นำเนื้อไก่ (ขนาด 1.5 x 1.5 x 1.5 cm) ชุบในแป้งชุบทอด แล้วนำไปทอดที่อุณหภูมิ 180°C เป็นเวลา 3 นาที ผลการทดลองพบว่า เมื่อปริมาณผงเปลือกเงาะเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) ค่าความกรอบ และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงขึ้น ส่วนปริมาณไขมันมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

โครงการวิจัยที่ 4 สมบัติทางเคมี-กายภาพ และฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมัน รวมทั้งสมบัติของแป้งหลังการสกัดน้ำมันจากเมล็ดเงาะที่เป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ สมบัติการป้องกันแสงแดด สมบัติต้านออกซิเดชัน สมบัติต้านการอักเสบและความเป็นพิษของไขมันจากเมล็ดเงาะ และ 2) ศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ สมบัติด้านความหนืด และสมบัติด้านหน้าที่ของแป้งฟลาวร์ที่ได้หลังการสกัดน้ำมันแล้ว

สัดส่วนของน้ำหนักของผลเงาะพันธุ์โรงเรียนที่นำมาทำการวิจัยเป็นส่วนเนื้อผลร้อยละ 44.0 เปลือกเงาะร้อยละ 44.0 และเมล็ดของเงาะร้อยละ 12 ของน้ำหนักเงาะสด ปริมาณน้ำมันของเมล็ดเงาะที่ได้จากการสกัดเย็น (28.01%) มีค่าน้อยกว่าปริมาณน้ำมันจากการสกัดด้วย Soxhlet (46.74%) อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ค่าเปอร์ออกไซด์ ของน้ำมันเมล็ดเงาะที่ได้จากการสกัดเย็นมีค่า 0.25 ± 0.05meq peroxide/Kg oil ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันเมล็ดเงาะที่ได้จากการสกัดแบบ soxhlet ด้วยเฮกเซน ที่มีค่า 2.51 ± 0.52meq peroxide/Kg oil ค่าซาพอนนิฟิเคชัน Unsaponifiable matter ค่าไอโอดีน และจุดหลอมเหลวของน้ำมันเมล็ดเงาะที่ได้จากการสกัดเย็นมีค่าสูงกว่าค่าของน้ำมันเมล็ดเงาะที่ได้จากการสกัดแบบ soxhlet ด้วยเฮกเซน ค่า refractive index ของน้ำมันเมล็ดเงาะที่ได้จากการสกัดเย็นและ น้ำมันเมล็ดเงาะที่ได้จากการสกัดแบบ soxhlet ด้วยเฮกเซน มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของไขมันเมล็ดเงาะ พบว่าองค์ประกอบหลักของไขมันเมล็ดเงาะที่สกัดแบบเย็นคือ ไตรกลีเซอไรด์ (52.9%) ของไขมันทั้งหมด ซึ่งแตกต่างจากไขมันเมล็ดเงาะที่สกัดแบบ soxhlet ที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระมากถึง 71.8% ปริมาณกรดไขมันแบบอิ่มตัวทั้งหมดของไขมันเมล็ดเงาะที่ได้จากการสกัดเย็นมีค่าต่ำกว่าไขมันเมล็ดเงาะที่ได้จากการสกัดแบบ soxhlet ด้วยเฮกเซน กรดไขมันที่พบในไขมันเมล็ดเงาะจากการทดลองนี้ประกอบด้วย กรดไขมันอิ่มตัว (SFA) ได้แก่ palmitic acid (C16:0), stearic acid (C18:0), และ arachidic acid (C20:0) Docosanoic acid (C22:0) Tetracosanoic acid (C24:0) กรดไขมันไม่อิ่มตัว (UFA) ประกอบด้วย กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) ได้แก่ กรดไขมัน palmitoleic acid (C16:1), oleic acid (C18:1 n-9t), eicosenoicacid (C20:1),erucic acid (C22:1n-9)และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) ได้แก่ กรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 6 (n-6 PUFA) ประกอบด้วย linoleic acid (C18:2 n-6), gamma linoleic acid (C18:3 n-6)

ประสิทธิภาพการป้องกันแสงแดดรังสี UVB ของไขมันเมล็ดเงาะที่สกัดเย็นมีความสามารถในการป้องกันแสงแดดได้ดีกว่าไขมันเมล็ดเงาะที่สกัดแบบ Soxhlet ความแตกต่างของค่าการเกิดออกซิเดชันของไขมันเมล็ดเงาะภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 56 ชั่วโมง พบว่าค่า PV และ TBARS ของตัวอย่างของไขมันเงาะที่สกัดด้วย hexane มีต่าสูงกว่าไขมันเมล็ดเงาะสกัดเย็น ปริมาณฟีนอลิกในไขมันเมล็ดเงาะที่สกัดเย็นมีค่ามากกว่าไขมันเมล็ดเงาะที่สกัดแบบ Soxhlet อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และปริมาณฟีนอลิกในไขมันเมล็ดเงาะสกัดเย็นมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณฟีนอลิกของ **α**-tocopherol ซึ่งสอดคล้องกับความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระDPPH และ chelating activity

ไขมันเมล็ดเงาะที่สกัดแบบเย็นมีความสามารถในการยับยั้ง proteinase ได้สูงกว่าไขมันเมล็ดเงาะที่สกัดด้วย Soxhlet อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการก่อความระคายเคืองเบื้องต้นต่อผิวหนัง

จากผลการทดลอง พบว่า แป้งดิบจากเมล็ดเงาะมีคาร์โบไฮเดรตสูง58.73% (คำนวณจากผลต่าง) และไขมันสูงถึง30.08% โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อนำไปสกัดน้ำมันพบว่าการสกัดเย็นสามารถสกัดน้ำมันออกได้น้อยกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลาย หลังการสกัดน้ำมันพบว่าแป้งฟลาวร์สกัดเย็นมีปริมาณอะไมโลสสูงกว่า (13.52%) แบบสกัดด้วยตัวทำละลาย (10.28%) จากการตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยา เม็ดแป้งของแป้งฟลาวร์จากเมล็ดเงาะมีลักษณะค่อนข้างกลมรี เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5-12 μmเมื่อนำไปศึกษาด้วยเครื่อง differential scanning calorimeter (DSC) พบว่าช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลาทิไนเซชันคือ 70.35-82.65°Cและมีค่าพลังงานในการเกิดเจลาทิไนเซชันอยู่ (ΔH) ระหว่าง 4.11-9.06 J/g เมื่อนำสารละลายแป้งฟลาวร์ที่ผ่านการเจลาทิไนเซชันแล้วมาเก็บที่อุณหภูมิ 5-10°C เป็นเวลา 7 วัน ไม่พบว่ามีการเกิดรีโทรกราเดชันในแป้งที่ผ่านการสกัดน้ำมันแล้ว ในขณะที่แป้งดิบมีอัตราการเกิดรีโทรกราเดชันเท่ากับ 205.03% ผลจากการวิเคราะห์สมบัติด้านความหนืดด้วย Rapid Visco Analyser (RVA) พบว่า ความหนืดของแป้งดิบนั้นมีค่าต่ำมากเมื่อให้ความร้อน แต่เมื่อผ่านการสกัดน้ำมันแล้วค่าความหนืดเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบพบว่าแป้งฟลาวร์ที่ผ่านการสกัดเย็นมีค่า peak viscosity, holding strength, และ final viscosity สูงกว่าแป้งฟลาวร์ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย ยกเว้นค่า breakdown และ setback จะมีค่าต่ำกว่า ($P \leq 0.05$)

ในการวิเคราะห์สมบัติด้านหน้าที่ แป้งฟลาวร์ที่ผ่านการสกัดน้ำมันทั้งสองวิธี มีค่าดัชนีการอุ้มน้ำและความสามารถในการดูดซับน้ำมันไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ส่วนแป้งฟลาวร์ที่ผ่านการสกัดเย็นมีค่าดัชนีการละลายน้ำและการรักษาความคงตัวของอิมัลชันสูงกว่าแป้งฟลาวร์ที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย แต่ความสามารถในการดูดซับน้ำและความสามารถในการเกิดอิมัลชันของแป้งฟลาวร์ที่ผ่านการสกัดเย็นต่ำกว่าแป้งฟลาวร์ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย($P \leq 0.05$) แป้งฟลาวร์สกัดน้ำมันทั้งสองวิธีมีกำลังการพองตัวไม่แตกต่างกันที่อุณหภูมิ 85-95°C และแป้งฟลาวร์ที่ได้จากการสกัดน้ำมันแบบสกัดเย็นจะมีค่าการละลายที่สูงกว่าแป้งฟลาวร์ที่สกัดโดยการใช้ตัวทำละลายในช่วง 90-95°C ($P \leq 0.05$)

Abstract

Research project 1 Development of Intermediate Moisture Rambutan as High Value Functional Food Product using Osmotic Dehydration combined with Drying

This research was developed the intermediate moisture rambutan meat product as functional food by using osmosis treatment combined with drying. The effect of the osmotic solution in a mixture of sucrose (0-50%) and oligofructose (0-50%) was investigated. It was resulted statistically significant in the mass transfer, including the WL SG and WR as well as the quality of the rambutan meat after osmosis in terms of moisture content, total sugar content, L* and liking sensory scores for flavor as well as overall liking ($p<0.05$). Using the mixture solution increased in WL SG and WR more than using oligofructose alone as 0.81-1.56% 0.68-1.93% and 0.55-0.92%, respectively. The effect of calcium lactate concentration and ascorbic acid concentration combined with osmosis under vacuum pressure were carried out. Interaction of all three factors significantly affected the mass transfer vitamin C content firmness taste liking and overall liking ($p<0.05$). There was no influence factors affected appearance liking and color liking ($p\geq0.05$). The treatment used 2% calcium lactate and 1% ascorbic acid under vacuum 100 mbar for 10 minutes enriched rambutan meat after osmosis with high calcium and vitamin C content and received the highest overall liking scores ($p<0.05$). Stirring of osmotic solution increased mass transfer, calcium and vitamin C content ($p <0.05$). It was found that using peristaltic pump speed at 200 rpm increased highest calcium and vitamin C content. Osmotic pretreatment of rambutan meat reduced the vacuum drying time up to 62 minutes compared with non-pretreatment. Intermediate moisture rambutan meat product through osmotic pretreatment had more total sugar content (69.33 g/100g dry weight) calcium content (31.15 mg/100g dry weight) and vitamin C content (1582.74 mg/100g dry weight) including received more overall liking score in moderately like level ($p <0.05$). Intermediate moisture rambutan meat product was safely to consumer at room temperature at least 4 weeks and gained more than 6 overall liking score along storage time.

Research project 2 Production of exopolysaccharide from spent osmotic sugar

Exopolysaccharides (EPSs) are biopolymers produced by many species of microorganisms,in particular, lactic acid bacteria. Normally, EPSs will be secreted during microorganism growth in form of mucus or capsules that attach to microbial cells. EPSs are of worldwide interest in food industries. It was applied as texture thickening agent stabilizer enhancement agents for various products.

In this study, EPSs were produced from residual syrup from semi-dried rambutan production and other cheap carbon sources. Each of 3 lactic acid bacteria namely, *Lactobacillus plantarum* TISTR 050, *Lactobacillus plantarum* TISTR 096 and*Lactobacillus casei* TISTR 047 was cultured in 3 types of culture media including MRS, BMM and SDM. It was found that *L. casei* TISTR 047 cultured in MRS (pH 6.0) gave highest EPSs of 4.86$\pm$0.15 mg/L. Thereafter, *L. casei* TISTR 047 was cultured inculture media containing 7 different proportions of residual osmotic solution of syrup from semi-dried rambutan production which was a mixture of sucrose and oligofructose that used as carbon source instead of glucose. *L. casei* TISTR 047 cultured in media contained oligosaccharide alone produced 49.9±0.66 mg/L of EPSs while culturing of this bacteria in media contained oligosaccharide and coconut juice (50%:50%) produced highest EPSs of 69.18±2.07 mg/L. Furthermore, culture of *L. casei* TISTR 047 in media that reduced expensive nitrogen sources including peptone, beef extract and yeast extract to 50% could produce more EPSs (107.17±1.05 mg/L). Moreover, *L. casei* TISTR 047 cultured in dextrin alone could produce highest EPSs of 182$\pm$1.67 mg/L. The latter might due to the fact that dextrin contains more glucose molecules than carbon source of glucose syrup and oligosaccharide.

Comparison of extraction and EPSs analysis methods were also conducted. Two solvents, ethanol and acetone, were used. It was found that using acetone with ratio to that of reaction mixture of 4:1 could extract more EPSs than ethanol. Three EPSs analysis methods including Anthrone method, Phenol-Sulfuric method and DNS methodwere compared. The analysis results revealed that Anthrone method gave higher values of EPSs than those obtained from Phenol-Sulfuric method and DNS method. Types of monosaccharides and organic acid characterized. Glucose and raffinose were observed as major monosaccharide with a value of 73.5% and 12.8%, respectively. The rest were other type of sugar. The results of monosaccharides determination lead to the conclusion that EPSs obtained in this study were hetaloexopolysaccharides. For organic acids, amount of citric acid, lactic acid and acetic acid were found, respectively.

Research project 3 Utilization of Rambutan Peel as Dietary Fiber in Health Food Products

This research was to study the utilization of rambutan peel as dietary fiber in health food products. First step, the effects of drying methods on the physicochemical, functional and antioxidant properties of rambutan peel powder were evaluated. The effects of rambutan peel powder incorporation (3-7% of total flour) on the nutritional, bioactive composition, and quality of bread were also investigated. Rambutan peel dried by freeze dried method (RPF) exhibited better qualities in terms of color, bioactive compound, antioxidant capacity, water holding capacity, and glucose retardation index than that dried by hot air method (RPT). Regarding total dietary fiber content, oil holding capacity, glucose absorption, and bile acid bining, two samples were not different. Rambutan peel powder either dried by freeze dried or hot air method can be used as functional ingredients due to its excellent physicochemical and functional properties. Proximate compositions, moisture content, a_w and dietary fiber of breads enriched with rambutan peel powder were not significantly different from control. Crumb and crust color were found to be darker when rambutan peel was added to the breads. The volume and hardness of enriched breads decreased with increasing substation levels. In addition, the contents of phenolic compounds, and flavonoids in enriched bread were signifincantly higher than those in control. Substition level of 3% of flour replacement was suggested because bread did not differed from the control in terms of hardness and volume. Second step, the bleaching of rambutan peel powder by Alkaline Hydrogen Peroxide method and the using for oil reduction in batter fried chicken product was studied. Concentration of hydrogen peroxide solution was varied to be 0.5, 1.0 and 1.5 M. Rambutan peel powder was soaked in hydrogen peroxide solution. Then, the solution was adjusted to pH 9 by using 4 M NaOH. The rambutan peel powder was bleached for 2 hours at room temperature. Results showed that L*, ΔE and water holding capacity (WHC) tended to increase with the solution concentration. Therefore, 1.5 M hydrogen peroxide was selected to be the suitable concentration to investigate the effect of bleached rambutan peel powder on oil reduction in batter fried chicken product. The

amount of rambutan peel powder was varied to be 0, 3, 6 and 9% of total batter ingredient weight. Then, chicken piece (1.5 x 1.5 x 1.5 cm) was dipped in the batter and fried at 180°C for 3 minutes. The results revealed that when the amount of Rambutan peel powder increased, L* value, crispness and moisture content of fried product increased but oil content decreased with significant difference ($p \leq 0.05$).

Research project 4 Physico-Chemical and Bioactivity Properties of Oil including Properties of Starch after Oil Extraction in Rambutan Seed obtained from Manufacturing Waste

The objectives of this research were 1) to study the physic-chemical properties, sun protection capacity, Antioxidant activity and toxicity of rambutan seed kernel fat and 2) to study the physic-chemical, viscosity, fuctional properties of rambutan seed kernel flour.

The proportion of rambutan fruit variety Rongrean in this study was the fruit pulp 44.0%, peel 44.0% and seed 12% (wet weight). The rambutan seed fat yield using cold pressed extraction (28.01%) was less than that extracted by Soxhlet (46.74%) significantly ($P \leq 0.05$). Peroxide value of cold-pressed rambutan seed fat equaled 0.25 ± 0.05 meq peroxide / Kg oil, which was lower than the peroxide value of the soxhlet extraction fat (2.51 ± 0.52meq. peroxide / Kg oil). Saponification number, unsaponifiable matter, iodine value and melting point of the cold-pressed rambutan seed fat were higher than the values of the fat from the soxhlet extraction with hexane. The refractive indexes of both fat samples were similar values. Considering the fatty acid composition of rambutan kernel fat, the main component of cold-pressed rambutan seed fat was triglycerides (52.9%), whereas soxhlet extraction fat composed of free fatty acid content up to 71.8%. Saturated fatty acid of cold-pressed rambutan seed fat was lower than that of soxhlet extraction fat. Fatty acid profile of rambutan kernel fat composed of saturated fatty acids (SFA), which were palmitic acid (C16: 0), stearic acid (C18: 0), and arachidic acid (C20: 0) Docosanoic acid (C22: 0) Tetracosanoic acid (C24: 0), unsaturated fatty acid (UFA), contained monounsaturated (MUFA) and polyunsaturated (PUFA). MUFA were

palmitoleic acid (C16: 1), oleic acid (C18: 1 n-9t), eicosenoicacid (C20: 1), erucic acid. (C22: 1n-9) and PUFA were the omega-6 (n-6 PUFA) containing linoleic acid (C18: 2 n-6) and gamma linoleic acid (C18: 3 n-6).

Sun protection factor for UVB rays of rambutan seed fat by cold extracted showed the ability to block the sun better than Soxhlet fat. The oxidative stability of rambutan kernel fat after incubated at 50 °c for 56 hours was found that the PV and TBARS of fat extracted with hexane exhibited higher than cold pressed fat. Total phenolic content of cold pressed rambutan seed fat was greater than that of Soxhlet fat significantly ($P \leq 0.05$) and the amount of phenolic in cold pressed rambutan seed fat was closed to the amount of phenolic of **α**-tocopherol, which is consistent with the ability to eliminate free radicals DPPH and chelating activity of both rambutan fat samples. Moreover, cold pressed seed fat had the ability to inhibit the proteinase higher than Soxhlet rambutan seed fat significantly ($P \leq 0.05$), consistent with the results of the skin irritation.

The flour obtained from rambutan seeds contained high amount of carbohydrate (58.73% dry weight, calculated from difference) and fat (30.08% dry weight). Cold pressed method had lower efficiency in oil removal than the solvent extraction method. After oil removal, the amylose content in defatted flour obtained from cold pressed method (13.52%) was higher than the one obtained from solvent extraction method 10.28%). The morphological characteristics of flour and defatted flour presented round or oval granules with 5-12 μm in diameter. Results from differential scanning calorimeter (DSC) showed that gelatinization temperature of flour was found in the range of 70.35-82.65^{o}C with enthalpy (**Δ**H) value between 4.11-9.06 J/g. After 7 days storage at 5-10^{o}C, degree of retrogradation was not found in defatted flour, while the raw flour was at 205.03 %. Pasting properties of raw flour and defatted flour were compared using a Rapid Visco Analyser (RVA). The raw flour gave low viscosity profile. After oil removal, defatted flour gave higher viscosity profile. Defatted flour using cold pressed gave higher peak viscosity, holding strength, and final viscosity characteristics compared to defatted

flour using solvent extraction, however breakdown and setback values were observed to be lower($P \leq 0.05$).

Functional properties were determined in defatted flour obtained from two methods of oil extraction, there were no significant differences in water absorption index and oil absorption capacity ($P > 0.05$). Water solubility index and emulsion stability were higher in defatted flour from solvent extraction method, while water absorption capacity and emulsion capacity were lower ($P \leq 0.05$). The defatted flour from both methods had no significant difference in swelling power during heating at 85-95°C but solubility was found to be higher in defatted flour from cold pressed method at 90-95°C ($P \leq 0.05$).

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
Abstract.....	ช
สารบัญ.....	ฐ
บทนำ.....	1
วิธีดำเนินการวิจัย.....	7
ผลการวิจัย.....	10
ผลผลิต (Output) ด้านผลงานการตีพิมพ์.....	17
บรรณานุกรม.....	18
หัวหน้าโครงการวิจัยในแผนงานวิจัย.....	20

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

เงาะ (*Nephelium lappaceum* Linn.) เป็นไม้ผลของประเทศเขตร้อน สำหรับประเทศไทยจัดเป็นผลไม้เศรษฐกิจชนิดหนึ่ง มีการปลูกมากในภาคตะวันออกและภาคใต้ คิดเป็นพื้นที่การปลูกที่ให้ผล 314,698 ไร่ ให้ผลผลิต 334,087 ตัน ผลผลิตเงาะที่คุณภาพดีมีการส่งออกจำหน่ายไปยังตลาดต่างประเทศ ได้แก่ มาเลเซีย สิงคโปร์จีน กัมพูชา สหรัฐอเมริกา อินเดีย ประเทศแถบตะวนออกกลาง และสหภาพยุโรป เงาะส่วนหนึ่งนำไปแปรรูปโดยเฉพาะในรูปแบบเงาะในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องและเงาะอบแห้ง และผลผลิตเงาะส่วนใหญ่ทั้งที่คุณภาพดีและเงาะคัดคุณภาพต่ำ ซึ่งมีขนาดผลเล็ก จะจำหน่ายเพื่อการบริโภคสดภายในประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556; สำนักบริหารการนำเข้าส่งออกสินค้าทั่วไป, 2553) เนื่องจากเนื้อเงาะมีกลิ่นรสและรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ จึงเป็นผลไม้ที่นิยมบริโภคอย่างมาก อย่างไรก็ตามพบว่าเกษตรกรผู้ปลูกเงาะมักประสบปัญหาเงาะล้นตลาด เงาะเน่าเสียง่ายระหว่างการรอจำหน่าย และราคาตกต่ำ ในปี 2555 พบว่า เงาะราคาตกถึงกิโลกรัมละ 6 บาท สำนักบริหารการนำเข้าส่งออกสินค้าทั่วไป (2553) รายงานว่าแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าวคือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้ความสำคัญกับการส่งออกในรูปผลิตภัณฑ์แปรรูปมากกว่าของสด เพื่อเพิ่มมูลค่าของเงาะและหลีกเลี่ยงปัญหาด้านเงาะล้นตลาดในประเทศ รวมถึงการกีดกันด้านแมลง โรคพืชและสารเคมีตกค้างในการส่งออกเงาะสด งานวิจัยนี้มีความมุ่งหมายเพื่อเพิ่มมูลค่าเงาะครบทุกส่วน ได้แก่ เนื้อ เปลือก และเมล็ด

สำหรับการเพิ่มมูลค่าเนื้อเงาะมีแนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่จากเงาะ คือ ผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้งที่เป็นอาหารเพื่อสุขภาพมูลค่าสูง โดยมีแนวคิดผลิตภัณฑ์ คือ เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทกึ่งแห้งที่พร้อมรับประทานได้ทันที (Ready to eat) โดยพยายามคงลักษณะกลิ่นรสและรสชาติของเงาะให้มากที่สุด มีสีไม่ดำคล้ำ มีรสหวานเล็กน้อย เก็บรักษาได้นานและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีการเสริมวิตามินซี ธาตุแคลเซียมและใช้น้ำตาลโอลิโกฟรุคโตส ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้งที่เป็นอาหารเพื่อสุขภาพมูลค่าสูงนี้ มีหลักการที่สำคัญคือ การแปรรูปผลิตภัณฑ์ให้มีความชื้นอยู่ในช่วง 15-40 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี (Water activity) อยู่ในช่วง 0.6-0.9 ซึ่งจะมีน้ำที่เป็นประโยชน์ในการทำปฏิกิริยาทางเคมี และเพื่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพียงเล็กน้อย (Smith and NorVell, 1975) วิธีการหนึ่งที่สามารถทำให้ได้ผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งที่มีคุณภาพดี คือการดำเนินการโดยใช้หลักการออสโมซิสร่วมกับการอบแห้ง สำหรับการออสโมซิสทำได้โดยแช่ชิ้นผลไม้ในสารละลายออสโมติกที่มีความเข้มข้นสูง โดยมีผลให้มีการถ่ายเทมวลสารระหว่างผลไม้กับสารละลายออสโมติกที่ใช้แช่ชิ้นผลไม้ และเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถนำสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเข้าสู่ชิ้นอาหารได้ และยังจัดเป็นการดึงน้ำบางส่วนออกจากชิ้นผลไม้อย่างช้าๆ ซึ่งเป็นการลดปริมาณน้ำในชิ้นผลไม้ลง โดยชิ้นผลไม้มีการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะด้านต่างๆ เพียงเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์ยังคงมีสี เนื้อสัมผัส กลิ่นรสและรสชาติ คุณค่าทางอาหาร ใกล้เคียงของสด ในการออสโมซิสสามารถเสริมสารที่มีคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลไม้ได้ โดยในงานวิจัยนี้มีขอบเขตการศึกษาคือ การใช้น้ำตาลโอลิโกฟรุกโตส (Oligofructose) เป็นสารละลายออสโมติก นอกจากนี้จะมีการเสริมวิตามินซี และแคลเซียม โดยการเติมลงในสารละลายออสโมติก เพื่อเป็นการเพิ่มวิตามินและแร่ธาตุที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย (Fito

et al., 2001) โดยการออสโมซิสนี้ดำเนินการศึกษาภายใต้สภาวะสุญญากาศและการหมุนกวนให้สารละลายออสโมติกเคลื่อนที่ตลอดเวลาโดยใช้ Peristaltic pump ซึ่งคาดว่าน่าจะสามารถเพิ่มการแพร่ของสารที่เติมลงไปในสารละลายออสโมติกได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยลดระยะเวลาการออสโมซิสลงได้ เป็นการลดโอกาสการเปลี่ยนแปลงที่อาจส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการ เนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏในระหว่างการออสโมซิสได้ งานวิจัยส่วนนี้คณะผู้วิจัยมีแนวคิดใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์การอาหาร เลือกกรรมวิธีการแปรรูปที่ไม่ซับซ้อนยุ่งยากหรือใช้เทคโนโลยีชั้นสูง ราคาแพง และให้ความสำคัญกับการสามารถนำมาใช้งานได้จริงกับชุมชนและเป็นประโยชน์ในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเงาะ ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเอกลักษณ์ อาจนำไปจำหน่ายในรูปของฝาก ซึ่งสนับสนุนการพัฒนาการท่องเที่ยว เพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจของท้องถิ่น ทำให้ชุมชนมีความเข้มแข็งมากขึ้น ได้เป็นอาหารสุขภาพที่เป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคทั่วไปได้ และอาจปรับใช้ในการผลิตระดับอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออกต่อไป

นอกจากนี้ส่วนเหลือทิ้งจากกระบวนการออสโมซิสคือน้ำเชื่อมที่เตรียมจากน้ำตาลซูโครส น้ำตาลโอลิโกแซคคาร์ไรด์ ยังมีประโยชน์สามารถนำไปใช้เพิ่มมูลค่าได้โดยนำส่วนเหลือของสารละลายผสมซึ่งมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่มาใช้ในการเลี้ยงแบคทีเรียแลคติกเพื่อผลิตเอกซ์โซโพลิแซคคาร์ไรค์แทนเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ขึ้น ในปัจจุบันเอ็กซ์โซโพลิแซคคาร์ไรค์ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางโดยได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อุตสาหกรรมสี และอุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นต้น โดยเข้าไปทำหน้าที่ปรับปรุงคุณสมบัติของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เป็นหลัก นอกจากนี้ได้มีรายงานการใช้เอกซ์โซโพลีแซคคาร์ไรค์ ในการยับยั้งเซลล์มะเร็ง ยับยั้งการเจริญของเนื้องอก ช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันในร่างกาย ลดระดับคลอเรสเตอรอลในเลือด มีฤทธิ์จุลชีพต่างๆ โดยเฉพาะกลุ่มแบคทีเรียก่อโรคในทางเดินอาหาร นอกจากนี้ในปัจจุบันพบว่าเอ็กซ์โซโพลิแซคคาร์ไรค์ยังทำหน้าที่เป็นพรีไบโอติก (prebiotic) ทั้งนี้เนื่องจากมีความสามารถในการส่งเสริมการเจริญของโปรไบโอติกได้อีกด้วย จึงได้มีการนำเอกซ์โซโพลิแซคคาร์ไรค์มาใช้ในเป็นใยอาหาร ในการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพอีกด้วย งานวิจัยขั้นตอนนี้จึงมีความสนใจในการพัฒนาการผลิตเอกซ์โซโพลีแซคคาร์ไรค์จากแบคทีเรียแลค ติกเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาต่อไปอีกทั้งเป็นการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าที่สุด

สำหรับส่วนเปลือกเงาะที่เป็นส่วนเหลือทิ้งจากการแปรรูปเงาะในอุตสาหกรรม ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนของเปลือกเงาะต่อน้ำหนักเงาะทั้งผลถึง 50% คณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะแปรรูปเปลือกเงาะให้สามารถใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆได้ เปลือกเงาะนั้นมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระได้ดี เนื่องจากเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ชีวภาพหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลิก แอนโธไซยานิน (Palanisamy et al, 2008; Sun et al., 2010; Thitileadecha et al, 2008 & Thitileadecha and Rakariyatham, 2011) นอกจากนี้ยังพบว่ามีคุณสมบัติในการลดภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (hyperglycemia) ซึ่งเป็นผลมาจากสารประกอบแทนนิน คือ geraniin ที่พบเป็นหลักในเปลือกเงาะ (Palanisamy et al, 2011) นอกจากเปลือกเงาะจะเป็นแหล่งที่ดีของสารออกฤทธิ์ชีวภาพแล้ว จากการสืบค้นข้อมูลยังพบว่า เปลือกเงาะเป็นแหล่งของใยอาหารที่ดี โดยมีปริมาณใยอาหารสูง ไขมันต่ำ ให้พลังงานน้อย (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2555) ซึ่งใยอาหารมี

ประโยชน์ในการช่วยขัดขวางการดูดซึมไขมันและคอเลสเตอรอล ลดอัตราเสี่ยงจากไขมันอุดตันหลอดเลือด ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ช่วยป้องกันหรือลดความเสี่ยงจากโรคมะเร็งลำไส้ ทำให้การเคลื่อนไหวของสำไส้เป็นปกติ และลดการเกิดอาการท้องผูก เป็นต้น การนำส่วนเปลือกเงาะมาแปรรูปเป็นส่วนผสมอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายหลายๆด้าน และนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร จะทำให้ผู้บริโภคมีทางเลือกในการดูแลสุขภาพตนเองให้ดีมากยิ่งขึ้น การใช้ส่วนของผลไม้ที่เหลือจากการแปรรูปมาใช้เป็นส่วนผสมของอาหารเพื่อสุขภาพเป็นที่นิยมมากขึ้น เพราะมีทั้งใยอาหารและสารออกฤทธิ์ชีวภาพ (Balasundram et al., 2006) การใช้ส่วนผสมเหล่านี้อาจใช้ในรูปของการทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น การใช้เปลือกมะม่วงในมะกะโรนี (Ajila et al., 2010) การใช้กากแอปเปิ้ลในเค้ก (Sudha et al., 2007) การใช้กากองุ่นในขนมปังข้าวไรน์ และเมล็ดองุ่นในอาหารว่างจากธัญพืช แพนเค้ก และบะหมี่ (Rosales Soto et al., 2012) เป็นต้น นอกจากนี้ จากคุณสมบัติที่สามารถอุ้มน้ำได้ของใยอาหารจึงอาจใช้เป็นส่วนผสมเพื่อลดการดูดซับน้ำมันในอาหารทอดได้อีกด้วย แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานการใช้เปลือกเงาะเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหาร งานวิจัยส่วนนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดใยอาหารจากเปลือกเงาะ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็นการสกัดแบบง่ายเพื่อใช้ในระบบการผลิตขนาดเล็ก และการสกัดแบบพิเศษเพื่อเป็นแนวทางการผลิตใยอาหารในระดับอุตสาหกรรมเพื่อช่วยฟอกสีใยอาหารให้มีสีที่อ่อนลง เนื่องจากเปลือกเงาะนั้นมีสีค่อนข้างเข้ม ซึ่งสารสีเหล่านี้เป็นข้อจำกัดสำหรับการนำใยอาหารไปใช้ประโยชน์ ดังนั้น เพื่อให้ใยอาหารที่สกัดจากเปลือกเงาะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย จึงจำเป็นต้องใช้วิธีในการผลิตที่มีการกำจัดหรือฟอกสีเปลือกเงาะที่ใช้ในการสกัดใยอาหารให้มีสีที่อ่อนลง และเพื่อเป็นแนวทางในการนำใยอาหารจากเปลือกเงาะไปประยุกต์ใช้ในอาหาร งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์ โดยการเสริมใยอาหารที่เตรียมได้ลงในขนมปัง และศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพ ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ และการเติมใยอาหารลงในแป้งชุบทอดเพื่อศึกษาความสามารถในการลดการดูดซับน้ำมันของใยอาหารจากเปลือกเงาะ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะช่วยในการส่งเสริมการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าจากเศษเหลือจากการแปรรูปเงาะ และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพรวมทั้งเป็นทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้บริโภค

สำหรับส่วนเมล็ดเงาะที่เป็นส่วนเหลือทิ้งจากการแปรรูปเงาะในอุตสาหกรรมเช่นกัน พบว่า มีองค์ประกอบทางเคมีคือ ความชื้น 34.4% ไขมัน 33.4% ลิกนิน 13.7% โปรตีน 7.8% เถ้า 1.22% และใยอาหาร 11.6% (Solis-Fuentes et al., 2010) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมล็ดเงาะมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบสูง นอกจากนี้ Harahap et al. (2012) รายงานว่าเมล็ดเงาะ *(Naphelium lappaceum L.)* มีปริมาณไขมันสูงเช่นกันโดยมีปริมาณสูงถึง 38.9% นอกจากนี้ยังมีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรตและความชื้นเท่ากับ 12.4 48.1 และ 3.31% ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณที่สูงด้วยเช่นกัน ดังนั้นปริมาณน้ำมันและแป้งจึงเป็นองค์ประกอบที่ควรพิจารณาในการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2555) ได้ศึกษาเนื้อในของเมล็ดเงาะและแปรรูปเป็นแป้ง จากนั้นนำไปแปรรูปเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ โดยทีมวิจัย วิมลศรี พรรธนประเทศ และคณะ (2555) พบว่า ผงแป้งจากเมล็ดเงาะหลังสกัดไขมัน มีสีเหลืองอ่อน มีโปรตีนประมาณ 10-12% ความชื้นเฉลี่ย 3-5% ค่า water activity 0.2-0.3 ร้อยละการละลาย 30-35 ค่ากำลังการพองตัวเฉลี่ย 10-15 และเมื่อทดสอบตรวจสอบความเป็นพิษแบบ

เฉียบพลันทางปากกับสัตว์ทดลอง พบว่ามีความปลอดภัย เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดได้นำแป้งจากเมล็ดเงาะไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ “น้ำสลัดแป้งเงาะไขมัน” ต่ำ โดยใช้แป้งเงาะเป็นสารเพิ่มความข้นหนืด (Thickening agent) แทนไข่แดงและน้ำมันพืชซึ่งใช้ในสูตรปกติ และเมื่อแปรรูปเป็นน้ำสลัดเธาซันด์ไอส์แลนด์สูตรแป้งเงาะ พบว่ากลุ่มตัวอย่าง 200 คน พึงพอใจน้ำสลัดสูตรนี้มากกว่าน้ำสลัดสูตรปกติถึงกว่า 63% งานวิจัยส่วนนี้คณะผู้วิจัยมีแนวคิดในการศึกษาความเป็นไปได้ของการนำน้ำมันและแป้งจากเงาะมาใช้ประโยชน์ โดยทำการศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ การต้านแบคทีเรียและการป้องกันแสงแดด การต้านออกซิเดชันของน้ำมันจากเมล็ดเงาะ รวมทั้ง ดัชนีการละลายน้ำ ดัชนีการดูดซับน้ำ และสมบัติด้านความหนืดของแป้งที่ได้จากเมล็ดเงาะ ทำให้ทราบแนวทางในการนำน้ำมันและแป้งจากเมล็ดเงาะไปประยุกต์ใช้ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเงาะ นอกจากนี้ยังเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเงาะมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ ที่เป็นผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติ ถือเป็นการเพิ่มศักยภาพของพืชไทยและลดการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศอีกด้วย และเป็นการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของท้องถิ่น ทำให้ชุมชนมีความเข้มแข็งมากขึ้น

จากภาพรวมของแผนงานวิจัยนี้ จึงเป็นการนำวัตถุดิบเงาะมาใช้ประโยชน์ครบทุกส่วน ทั้งส่วนเนื้อและส่วนเปลือกและเมล็ดจากการเหลือทิ้ง ซึ่งเป็นการสร้างให้วัตถุดิบเงาะมีมูลค่าเพิ่มขึ้น ได้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เป็นทางเลือกที่ตอบสนองความต้องการและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค สามารถนำไปถ่ายทอดสู่ชุมชนหรือกลุ่มอุตสาหกรรมเพื่อให้ชุมชนหรือผู้ประกอบการนำไปขยายผลสู่การจำหน่ายในเชิงพาณิชย์และต่อยอดการผลิตไปสู่ระดับอุตสาหกรรมได้

วัตถุประสงค์หลักของแผนงานวิจัย

เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลเงาะครบทุกส่วนทั้งส่วนเนื้อ เปลือกและเมล็ดเงาะโดยมุ่งหมายนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์ย่อยดังนี้

1) เพื่อนำเนื้อเงาะมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพชนิดใหม่ที่มีมูลค่าสูงขึ้นด้วยวิธี ออสโมซิสร่วมกับการทำแห้ง

2) เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตสารเอกโซโพลีแซกคาไรด์จากน้ำตาลที่เหลือจากกระบวนการออสโมซิส

3) เพื่อแปรรูปเปลือกเงาะเป็นใยอาหารสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ

4) เพื่อศึกษากรรมวิธีการสกัดน้ำมันและแป้งจากเมล็ดเงาะ

เป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ของแผนงานวิจัย

แผนงานวิจัยนี้ตอบสนองแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559) ในยุทธศาสตร์ความเข้มแข็งภาคเกษตร ความมั่นคงของอาหารและพลังงาน ด้านการสร้างมูลค่าเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรตลอดห่วงโซ่การผลิต เนื่องจากเป็นการนำเงาะซึ่งเป็นผลไม้เศรษฐกิจของประเทศมาใช้ประโยชน์ครบทุกส่วนโดยมีมูลค่าเพิ่ม มีส่วนช่วยให้ราคาวัตถุดิบเงาะไม่ตกต่ำสร้างความเข้มแข็งให้ภาคเกษตรกรได้

แผนงานวิจัยนี้ตอบสนองนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2555-2559) ในยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 2 การสร้างศักยภาพและความสามารถเพื่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจ กลยุทธ์การวิจัยที่ 1 สร้างมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรและพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันและการพึ่งพาตนเองของสินค้าเกษตร แผนงานวิจัยที่ 3 การวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาการผลิตพืชเศรษฐกิจเพื่อ

สร้างมูลค่าเพิ่มและนำไปสู่การแข่งขันและการพึ่งพาตนเอง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเนื้อเงาะ เมล็ดเงาะ และเปลือกเงาะนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ พัฒนาเป็นอาหารสุขภาพได้ ซึ่งกำลังอยู่ในกระแสความนิยมของผู้บริโภคทั่วโลก ที่ตื่นตัวอย่างมากกับการใส่ใจในสุขภาพ โดยเฉพาะการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความสะดวกกับการบริโภคและพร้อมใช้งานถือเป็นช่องทางที่จะมีโอกาสทางการตลาดสูง รวมทั้งกรรมวิธีการแปรรูปที่ใช้ในแผนงานวิจัยนี้ ไม่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงมากนักจึงมีโอกาสในการพัฒนาศักยภาพการผลิตของผู้ประกอบการในประเทศได้อย่างมาก ได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นเอกลักษณ์ของท้องถิ่นและมีมาตรฐาน

แผนงานวิจัยนี้ตอบสนองยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติรายประเด็น ยุทธศาสตร์การวิจัยด้านอาหารและความมั่นคงด้านอาหาร โดยผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นทั้งจากการนำเนื้อเงาะมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพชนิดใหม่ที่มีมูลค่าสูงขึ้น การแปรรูปเปลือกเงาะเป็นใยอาหารสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ และการสกัดน้ำมันและแป้งจากเมล็ดเงาะ ล้วนมีความสอดคล้องสนับสนุนกับการพัฒนาในวงการอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งมีส่วนในการสร้างความมั่นคงด้านอาหารโดยใช้วัตถุดิบที่มีในประเทศได้อีกทางหนึ่ง

แผนงานวิจัยนี้สอดคล้องของโครงการวิจัยกับนโยบายรัฐบาลเร่งด่วนที่จะเริ่มดำเนินการในปีแรก เรื่อง ยกระดับราคาสินค้าเกษตร และสอดคล้องกับนโยบายระยะการบริหารราชการ 4 ปี ของรัฐบาล ในนโยบายเศรษฐกิจด้านนโยบายสร้างรายได้ เนื่องจากเงาะมักมีปัญหาราคาตก เมื่อผลผลิตล้นตลาดการหาแนวทางการใช้ประโยชน์โดยการสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐศาสตร์มีส่วนช่วยยกระดับราคาเงาะให้สูงขึ้นได้จึงน่าจะมีโอกาสสร้างรายได้ให้กับชุมชน สอดคล้องกับการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงนิเวศน์ของท้องถิ่นและสามารถสร้างเป็นอาชีพเสริมหรืออาชีพหลักให้กับชุมชนได้ และสามารถนำมาเผยแพร่ให้กลุ่มผู้ประกอบการขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ดำเนินการผลิตได้ จึงเป็นแรงจูงใจให้คนในชุมชนใช้ประโยชน์วัตถุดิบในท้องถิ่นโดยสามารถสร้างรายได้เพิ่มขึ้นจึงสามารถพึ่งพาตนเองได้

เป้าหมายของผลผลิต (output) และตัวชี้วัด

1) เกิดการพัฒนากระบวนการพัฒนาการแปรรูปเนื้อเงาะ เปลือกเงาะ และเมล็ดเงาะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่
ที่สามารถสนับสนุนการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตทางการเกษตรและผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องได้

2) เกษตรกรมีโอกาสและทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าเงาะ ซึ่งเป็นผลไม้เศรษฐกิจของประเทศ เป็นการสนับสนุนการสร้างความเข้มแข็งให้กับเศรษฐกิจ ชุมชน เป็นการเพิ่มรายได้ให้กับครอบครัวและช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น

3) เป็นการเสริมสร้างการพัฒนาและส่งเสริมให้ประชาชนบริโภคอาหารสุขภาพที่มีประโยชน์ซึ่งสามารถผลิตได้ในประเทศ

4) นักวิจัยสามารถผลิตผลงานวิจัยคุณภาพที่สามารถเผยแพร่ในรูปแบบของเอกสารวิชาการ บทความและการนำเสนอ ต่อสาธารณชนทั้งภายในและต่างประเทศ

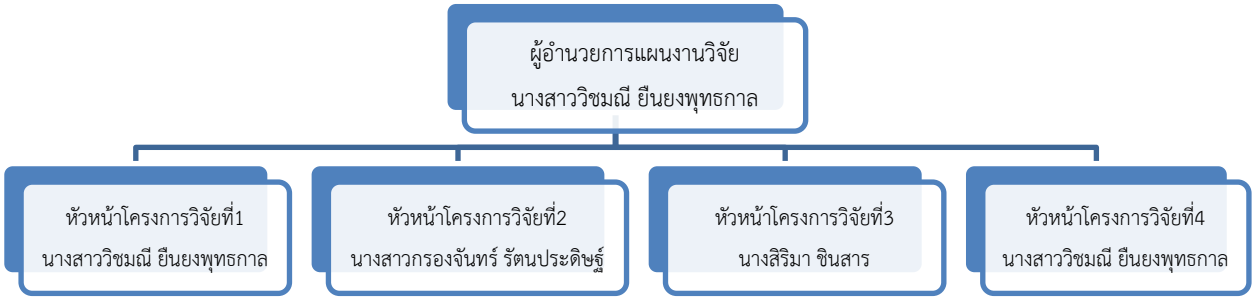
เป้าหมายของผลลัพธ์ (outcome) และตัวชี้วัด

1) เป้าหมายผลลัพธ์ของแผนวิจัยคือ ได้กระบวนการที่เหมาะสมในการแปรรูปต่างๆ ได้แก่ เงาะกึ่งแห้งที่เป็นอาหารสุขภาพ สารเอกโซโพลีแซกคาไรด์จากน้ำตาลที่เหลือจากกระบวนการออสโมซิส ใยอาหารจากเปลือกเงาะ รวมทั้งน้ำมันและแป้งจากเมล็ดเงาะ ซึ่งมีคุณภาพดีพร้อมใช้งาน เป็นที่ยอมรับ

ของผู้บริโภค ผู้ที่จะได้รับประโยชน์โดยตรง คือ เกษตรกร ผู้ประกอบการ ผู้ผลิตขนาดเล็กและขนาดกลาง นอกจากนี้ผู้บริโภคมีโอกาสบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีคุณประโยชน์ เป็นทางเลือกใหม่ซึ่งคุณภาพดีผลิตได้ในประเทศตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงและการพึ่งตนเองได้เป็นอย่างดี

2) นักวิจัยสามารถนำประสบการณ์ที่ได้จากการวิจัยมาถ่ายทอดให้นิสิต นักศึกษาและสาธารณชน ในรูปแบบการเรียนการสอน การสัมมนา การจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ บรรยายพิเศษ โดยสามารนำผลผลิตที่ได้จากงานวิจัยซึ่งเป็นรูปธรรมมาเป็นตัวอย่างในการถ่ายทอดความรู้ ซึ่งนอกจากจะเป็นการส่งเสริมความรู้ที่เป็นประโยชน์แล้ว ยังเป็นการสร้างโอกาสในการส่งเสริมแนวคิดการผลิตและการบริโภคอาหารสุขภาพได้ด้วย

แผนการบริหารแผนงานวิจัย เป็นไปตามโครงสร้างคณะผู้บริหารแผนงานวิจัยดังนี้



โครงการวิจัยที่ 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้งให้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพมูลค่าสูงโดยใช้การดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสร่วมกับการทำแห้ง
Development of Intermediate Moisture Rambutan as High Value Functional Food Product using Osmotic Dehydration combined with Drying

โครงการวิจัยที่ 2 การผลิตสารเอกโซโพลีแซกคาไรด์จากน้ำตาลที่เหลือจากกระบวนการออสโมซิส
Production of exopolysaccharide from spent osmotic sugar

โครงการวิจัยที่ 3 การใช้ประโยชน์จากเปลือกเงาะเป็นใยอาหารในอาหารเพื่อสุขภาพ
Utilization of Rambutan Peel as Dietary Fiber in Health Food Products

โครงการวิจัยที่ 4 สมบัติทางเคมี-กายภาพ และฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมัน รวมทั้งสมบัติของแป้งหลังการสกัดน้ำมันจากเมล็ดเงาะที่เป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม
Physico-Chemical and Bioactivity Properties of Oil including Properties of Starch after Oil Extraction in Rambutan Seed obtained from Manufacturing Waste

วิธีดำเนินการวิจัย

โครงการที่ 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้งให้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพมูลค่าสูงโดยใช้การดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสร่วมกับการทำแห้ง

งานวิจัยนี้มีแนวคิดพัฒนาผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้งให้เป็นอาหารสุขภาพมูลค่าสูง ขอบเขตโครงการวิจัยครอบคลุมตั้งแต่การพัฒนากรรมวิธีการผลิต การตรวจสอบคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา และการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน โดยแบ่งงานเป็น 6 ตอน ดังนี้คือ

ตอนที่ 1 การศึกษาผลของการใช้สารละลายออสโมติกในรูปแบบสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสกับน้ำตาลโอลิโกฟรุกโตส โดยแปรสิ่งทดลองดังนี้คือ น้ำเชื่อมที่เตรียมจาก 1) น้ำตาลซูโครสเพียงอย่างเดียว 2) น้ำตาลโอลิโกฟรุกโตสเพียงอย่างเดียว 3) สารละลายผสมของซูโครสและโอลิโกฟรุกโตสในอัตราส่วนต่างๆ โดยเลือกสิ่งทดลองที่ทำให้มีค่าการถ่ายเทมวลสารสูง ปริมาณน้ำตาลต่ำ และได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุด

ตอนที่ 2 การศึกษาผลของการเสริมแคลเซียมร่วมกับการใช้สภาวะสุญญากาศในการออสโมซิส เป็นการกระตุ้นสภาวะการออสโมซิสโดยการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศในระยะเวลาสั้นๆ ก่อนการแช่ในสภาวะสุญญากาศ โดยเติมแร่ธาตุแคลเซียมในรูปแคลเซียมแลคเตท และเติมวิตามินซีในรูปกรดแอสคอร์บิกในสารละลายออสโมติก เลือกสิ่งทดลองที่ทำให้มีค่าการถ่ายเทมวลสารสูง มีปริมาณแคลเซียมและวิตามินซีสูง

ตอนที่ 3 การศึกษาผลการหมุนกวนสารละลายออสโมติกโดยใช้ Peristaltic pump เป็นการกระตุ้นการออสโมซิสในขั้นตอนการแช่ในสภาวะบรรยากาศโดยการหมุนกวนให้สารละลายออสโมติกเคลื่อนที่ตลอดเวลาโดยใช้ Peristaltic pump ที่ระดับอัตราเร็วในการหมุนต่างๆ เลือกสิ่งทดลองที่ทำให้มีค่าการถ่ายเทมวลสารสูงและมีปริมาณแคลเซียมและวิตามินซีสูง

ตอนที่ 4 การเปรียบเทียบคุณภาพผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิส ในขั้นตอนนี้เป็นการอบแห้งเพื่อลดความชื้นของเงาะหลังการออสโมซิสให้เป็นผลิตภัณฑ์กึ่งแห้ง และเปรียบเทียบคุณภาพกับเงาะกึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส

ตอนที่ 5 การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้งที่ผลิตได้ระหว่างการเก็บรักษา เป็นการติดตามตรวจสอบคุณภาพเงาะกึ่งแห้งที่ผลิตได้ซึ่งบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตอนที่ 6 การถ่ายทอดเทคโนโลยีและความรู้ที่ได้จากการวิจัยสู่ชุมชน โดยการจัดทำเอกสารเผยแพร่ผลงานวิจัยสู่ชุมชน เกษตรกรในพื้นที่ปลูกเงาะ

โครงการวิจัยที่ 2 การผลิตสารเอกโซโพลีแซกคาไรด์จากน้ำตาลที่เหลือจากกระบวนการออสโมซิส

จากแนวทางการศึกษาเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้ง เพื่อลดปัญหาภาวะการล้นตลาดของเงาะสด และเงาะที่มีขนาดไม่ได้มาตรฐานสู่โรงงานการผลิตเงาะกระป๋องของภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งทำให้มีสารละลายผสมของน้ำตาลเกิดขึ้นจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จึงได้ทำวิจัยต่อยอดเพื่อนำส่วนเหลือในรูปแบบสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลโอลิโกฟรุกโตส มาใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงแบคทีเรียแลคติกในการผลิตเอ็กซ์โซโพลิแซคคาร์ไรค์ ร่วมกับการใช้น้ำมะพร้าวทดแทนแหล่งอาหารอื่นๆ ของแบคทีเรีย โดยแบ่งขอบเขตงานวิจัยเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นการคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกที่มีสร้างเอ็กซ์โซโพลิแซคคาร์ไรค์สูง โดยให้ความสนใจกลุ่มโปรไบโอติกซึ่งสามารถใช้สารให้ความหวานชนิดโอลิโกฟรุกโตสเป็นแหล่งคาร์บอนได้ดี

ตอนที่ 2 เป็นการใช้สารอาหารราคาถูกที่เหมาะสมต่อการผลิตเอ็กซ์โซโพลิแซคคาร์ไรค์ทดแทนองค์ประกอบอื่นๆในสูตรอาหารสังเคราะห์ ซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนสภาวะที่เหมาะสมของอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยการใช้น้ำมะพร้าวซึ่งเป็นส่วนเหลือจากนำเนื้อมะพร้าวมาปรุงอาหารมาเป็นแหล่งของสารอาหารอื่นๆ เพื่อชักนำให้เกิดการสร้างเอ็กซ์โซโพลิแซคคาร์ไรค์ได้สูงขึ้น ทำให้ต้นทุนการผลิตลง ตลอดจนค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสม

ตอนที่ 3 เป็นการแยกบริสุทธิ์ที่เหมาะสม โดยศึกษาวิธีการสกัด ตลอดจนชนิดและอัตราส่วนที่เหมาะสมของตัวทำละลายเพื่อตกตะกอนพอลิเมอร์ เพื่อแยกปริมาณเอ็กซ์โซโพลิแซคคาร์ไรค์ได้สูงและมีความบริสุทธิ์ ก่อนนำไปตรวจสอบองค์ประกอบของน้ำตาลและกรดอินทรีย์ที่มีอยู่ผลิตภัณฑ์เอ็กซ์โซโพลิแซคคาร์ไรค์

โครงการวิจัยที่ 3 การใช้ประโยชน์จากเปลือกเงาะเป็นใยอาหารในอาหารเพื่อสุขภาพ

การวิจัยนี้แบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 มุ่งที่จะศึกษาวิธีการสกัดใยอาหารจากเปลือกเงาะแบบง่ายเพื่อให้เหมาะแก่ระบบการผลิตขนาดเล็ก โดยศึกษาวิธีการเตรียมเป็นผงและศึกษาคุณสมบัติเคมีกายภาพ การต้านอนุมูลอิสระ และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหารที่เตรียมได้ และทำการศึกษาระดับของใยอาหารจากเปลือกเงาะที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด ทำการศึกษาคุณลักษณะทางเคมี กายภาพ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

ตอนที่ 2 การศึกษาและพัฒนาวิธีการสกัดใยอาหารจากเปลือกเงาะ ด้วยวิธีการผลิตโดยใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในสภาวะด่าง (AHP method) เพื่อเป็นแนวทางการผลิตใยอาหาร

ในระดับอุตสาหกรรม โดยแปรความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้เป็น 0.5 1 และ 1.5 M นำใยอาหารผงที่ผลิตได้แต่ละทรีทเมนต์และตัวอย่างควบคุมซึ่งสกัดใยอาหารด้วยวิธีบดเปียกมาวิเคราะห์คุณสมบัติด้านสี ปริมาณใยอาหาร การอุ้มน้ำ การอุ้มน้ำมัน และศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์ในการเป็นสารช่วยลดการดูดซับน้ำมันในแป้งชุบทอด ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารทอดที่ได้มีคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ดี และมีประโยชน์ต่อสุขภาพทั้งมีปริมาณใยอาหารสูง และการดูดซับน้ำมันน้อย

โครงการวิจัยที่ 4 สมบัติทางเคมี-กายภาพ และฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมัน รวมทั้งสมบัติของแป้งหลังการสกัดน้ำมันจากเมล็ดเงาะที่เป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม

งานวิจัยนี้มีแนวคิดศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเมล็ดเงาะมาใช้ประโยชน์ด้วยการสกัดน้ำมันและแป้ง โดยแบ่งงานเป็น 2 ตอน ดังนี้คือ

ตอนที่ 1 การศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ การต้านออกซิเดชันและการป้องกันแสงแดดของน้ำมันจากเมล็ดเงาะเนื่องจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องทราบสมบัติพื้นฐานของตัวอย่างก่อนที่จะนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม โดยศึกษาความเป็นไปได้ของไขมันจากเงาะที่จะนำไปพัฒนาต่อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอาง

ตอนที่ 2 การศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ สมบัติด้านความหนืด และสมบัติด้านหน้าที่ของแป้งที่ได้หลังการสกัดน้ำมันแล้ว ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมีค่าสี ค่า pH ปริมาณอะไมโลส สมบัติด้านความหนืด และสมบัติด้านหน้าที่ เนื่องจากแป้งจากเมล็ดพืชแต่ละชนิด มีความแตกต่างกันทั้งด้านคุณค่าทางโภชนาการ สมบัติทางเคมี-กายภาพ ความหนืด และสมบัติทางหน้าที่ จึงต้องมีการศึกษาสมบัติต่างๆ ของแป้งฟลาวร์จากเมล็ดเงาะก่อนการนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม

ผลการวิจัย

โครงการที่ 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้งให้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพมูลค่าสูงโดยใช้การดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสร่วมกับการทำแห้ง

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการเสริมสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย การใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลและการปรับปรุงกระบวนการออสโมซิสโดยใช้สภาวะสุญญากาศและปั๊มดูดจ่ายของเหลวในการออสโมซิสเนื้อเงาะร่วมกับการทำแห้ง ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้งที่มีคุณภาพดีมากขึ้น

1) ผลของการใช้สารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครส (0-50%) และน้ำตาลโอลิโกฟรุกโตส (0-50%) ต่อค่าการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของเนื้อเงาะหลังการออสโมซิส พบว่าการใช้สารละลายผสมที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน มีผลทำให้ค่า WL SG และ WR รวมถึงปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ค่าสี และคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ และความชอบโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีแนวโน้มว่าการใช้สารละลายซูโครสเพียงอย่างเดียวความเข้มข้น 50% ทำให้มีค่าการถ่ายเทมวลสาร และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมากที่สุด แต่พบว่าได้รับคะแนนความชอบโดยรวมต่ำที่สุด การใช้สารละลายผสมโดยใช้ซูโครส 5-25% ร่วมกับการใช้น้ำตาลโอลิโกฟรุกโตส 25-45% มีแนวโน้มให้ค่าการถ่ายเทมวลสารไม่แตกต่างกันมากนัก และมีค่า WL SG และ WR เพิ่มมากขึ้นจากการใช้สารละลายน้ำตาลโอลิโกฟรุกโตสเพียงอย่างเดียวเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.81%-1.56% 0.68%-1.39% และ0.55-0.92% ตามลำดับ ผลการคัดเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสมที่สุดคือการใช้สารละลายออสโมติกที่ใช้โอลิโกฟรุกโตส 50% โดยเงาะหลังการออสโมซิสมีค่าการถ่ายเทมวลสารได้แก่ ค่า WL SG และ WR เท่ากับ 23.08% 4.52% และ 18.56% ตามลำดับ มีปริมาณความชื้น เท่ากับ 61.93% ค่า a_w เท่ากับ 0.913 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 19.51 กรัม/100 กรัม ค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 53.98-1.77 และ 8.02 ตามลำดับ คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส ด้านความชอบโดยรวม เท่ากับ 6.23

2) ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตท (1%-2%) และกรดแอสคอร์บิก (1%-2%) ร่วมกับการใช้สภาวะสุญญากาศ (ใช้และไม่ใช้) ต่อค่าการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของเนื้อเงาะหลังการออสโมซิส พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่าง 3 ปัจจัยมีผลต่อค่าการถ่ายเทมวลสาร ปริมาณวิตามินซี ค่าความแน่นเนื้อ คะแนนความชอบทางด้านรสชาติ และคะแนนความชอบโดยรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อิทธิพลร่วม 2 ปัจจัยระหว่างความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทและกรดแอสคอร์บิกมีผลต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ($p<0.05$) และอิทธิพลร่วม 2 ปัจจัยระหว่างความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทกับการใช้สภาวะสุญญากาศมีผลต่อปริมาณแคลเซียม ($p<0.05$) และพบว่าอิทธิพลของปัจจัย

หลักด้านความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทมีผลต่อค่า a_w ($p<0.05$) อิทธิพลของปัจจัยหลักด้านความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกมีผลต่อความชอบด้านรสชาติ ($p<0.05$) และอิทธิพลของปัจจัยหลักด้านการใช้สภาวะสุญญากาศมีผลต่อปริมาณความชื้น ($p<0.05$) และพบว่าไม่มีอิทธิพลของปัจจัยใดที่มีผลต่อความชอบด้านลักษณะปรากฏ และความชอบด้านสี ($p\geq0.05$) ผลการคัดเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสม คือการเติมแคลเซียมแลคเตท 2% และกรดแอสคอร์บิก 1% ในสารละลาย ออสโมติกร่วมกับการใช้สภาวะสุญญากาศที่สภาวะ 100 mbar เป็นเวลา 10 นาที โดยเงาะหลังการออสโมซิสมีปริมาณแคลเซียมสูงที่สุด 3.23 มิลลิกรัม/100 กรัม และปริมาณวิตามินซี 558.78 มิลลิกรัม/100 กรัม รวมถึงมีค่าการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ค่า WL SG และ WR เท่ากับ 23.90% 9.61% และ 14.29% ตามลำดับ และได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 6.87 คะแนน

3) ผลของการหมุนกวนสารละลายออสโมติกต่อค่าการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของเนื้อเงาะหลังการออสโมซิสพบว่าการหมุนกวนสารละลายมีผลทำให้มีค่าการถ่ายเทมวลสาร ปริมาณแคลเซียม และ วิตามินซีเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่หมุนกวนสารละลาย ผลการคัดเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสมคือการใช้สภาวะหมุนกวนที่ความเร็วการหมุนของลูกรีด 200 รอบ/นาที ทำให้เงาะหลังการออสโมซิสมีปริมาณแคลเซียมและวิตามินซี สูงที่สุดเท่ากับ 6.13 มิลลิกรัม/100 กรัม และ 846.93 มิลลิกรัม/100 กรัมตามลำดับ มีค่าการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ค่า WL SG และ WR สูงที่สุดเท่ากับ 25.98% 9.79% และ 16.19% ตามลำดับ มีปริมาณความชื้นและค่า a_w ต่ำที่สุดเท่ากับ 58.04% และ 0.793 ตามลำดับ และได้รับคะแนนความชอบโดยรวม เท่ากับ 6.30 คะแนน

4) การออสโมซิสชิ้นเงาะก่อนการทำแห้งสามารถช่วยลดเวลาในการทำแห้งเมื่อใช้ตู้อบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 60 ℃ ภายใต้ความดัน 36 cmHg ลงได้ โดยพบว่าเงาะที่ผ่านการออสโมซิสใช้เวลา 491 นาที ในขณะที่การทำแห้งเงาะที่ไม่ผ่านการออสโมซิสใช้เวลา 553 นาที โดยมีความชื้นเท่ากับ 15.14% และ 15.43% ตามลำดับ ผลการเปรียบเทียบคุณภาพเงาะกึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิส พบว่ามีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) ผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด แคลเซียม วิตามินซี ค่าสี L* และ b* รวมถึงค่าความแน่นเนื้อมากกว่าเงาะกึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส ($p<0.05$) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสมีปริมาณค่าสี a* และค่า a_w มากกว่าเงาะกึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิส ($p<0.05$) ส่วนค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสเมื่อเปรียบเทียบกับเงาะสดพบว่า เงาะที่ผ่านการออสโมซิสมีค่า ΔE น้อยกว่าผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.47 คะแนนมากกว่าเงาะกึ่งแห้งที่ไม่ได้ผ่านการออสโมซิสที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 4.67 คะแนน

5)เนื้อเงาะกึ่งแห้งที่ผลิตได้เมื่อบรรจุในถุงโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเคลือบอลูมิเนียมฟอยด์ สามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องได้อย่างน้อย 4 สัปดาห์ โดยยังคงมีความปลอดภัยสำหรับการบริโภค เมื่อเก็บไว้ 4 สัปดาห์ ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 6.61 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

โครงการวิจัยที่ 2 การผลิตสารเอกโซโพลีแซกคาไรด์จากน้ำตาลที่เหลือจาก

1) ผลการคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกและการสร้างผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้น้ำตาลซูโครสเป็นแหล่งคาร์บอนทดแทน พบว่า จากการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ของเชื้อแบคทีเรียแลคติกทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *L. plantarum* TISTR 050, *L. plantarum* TISTR 926 และ *L. casei* TISTR 047 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ 3 สูตร โดยทำการเลี้ยงที่อุณหภูมิห้อง แบบไม่เขย่า เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง พบว่าเชื้อ *L. casei* TISTR 047 ผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ได้สูงที่สุดในสูตรอาหาร MRS คิดเป็น 4.58±0.27 กรัมต่อลิตร ที่เลี้ยงในระยะเวลา 36 ชั่วโมง เมื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าพีเอชเริ่มต้นที่แตกต่างกันในอาหารสูตร MRS พบว่า *L. casei* TISTR 047 ที่เลี้ยงในอาหารเหลว MRS โดยปรับค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 6.0 สามารถผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์สูงที่สุด คิดเป็น 4.86±0.15 กรัมต่อลิตร ดังนั้น จึงเลือกใช้ *L casei* TISTR 047 และสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS ที่ปรับค่าความพีเอชเริ่มต้น 6.0 ในการปรับปรุงสภาวะอื่นๆ ที่เหมาะสมต่อการสร้างเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ต่อไป

2) ผลการศึกษาน้ำตาลที่เหลือจากผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้ง ซึ่งอยู่ในรูปสารละลายออสโมติกในรูปแบบสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลโอลิโกฟรุกโตส พบว่า จากการศึกษาน้ำตาลที่เหลือจากผลิตภัณฑ์เงาะกึ่งแห้ง ซึ่งอยู่ในรูปสารละลายออสโมติก ในรูปแบบสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลโอลิโกฟรุกโตส เป็นแหล่งคาร์บอนทดแทนในอัตราส่วนที่แตกต่างกันในการดัดแปลงสูตรอาหารเหลว MRS ทั้งหมด 7 สูตรพบว่าการเลี้ยง *L. casei* TISTR 047 ในอาหารสูตรที่ 2 ซึ่งเป็นการเลี้ยงด้วยน้ำตาลโอลิโกแซ็กคาไรด์เพียงอย่างเดียวมีปริมาณเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ได้สูงสุด คือ 49.92±0.66 มิลลิกรัมต่อลิตร

3) ผลการใช้สารอาหารราคาถูกที่เหมาะสมต่อการผลิตเอ็กซ์โซโพลิแซคคาร์ไรค์ทดแทนอาหารสังเคราะห์ พบว่า จากการศึกษาแหล่งคาร์บอนผสมเพื่อทดแทนในสูตรอาหาร MRS ของแบคทีเรีย *L. casei* TISTR 047 โดยมีชนิดของแหล่งคาร์บอนผสม (น้ำตาลโอลิโกแซคคาร์ไรค์เหลือจากการพัฒนาเงาะกึ่งแห้ง น้ำมะพร้าว น้ำตาลซูโครส น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลกลูโคสไซรับ เด็กซตริน) ที่อัตราส่วนที่แตกต่างกัน และสัดส่วนของแหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกัน พบว่าแหล่งคาร์บอนที่ใช้เด็กซ ตรินซ์เพียงอย่างเดียว สามารถผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ได้มากที่สุด คิดเป็น 18.20±1.67 กรัมต่อลิตร เนื่องจากเด็กทรินซ์มีจำนวนโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสสูงกว่าแหล่งคาร์บอนของกลูโคสไซรับและน้ำตาลโอลิโกแซ็กคาไรด์ อีกทั้งแหล่งคาร์บอนที่ใช้น้ำตาลโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน สามารถผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ได้สูงกว่าน้ำตาลโอลิโอแซ็กคาไรด์ที่เหลือจากการพัฒนาเงาะกึ่งแห้ง และจากการศึกษาการเติมน้ำมะพร้าวเป็นตัวช่วยส่งเสริมการเจริญในการผลิตเอ็กโซพอลิ

แซ็กคาไรด์ พบว่า การใช้น้ำมะพร้าวแทนการใช้น้ำปราศจากไอออนในการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียสามารถผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ได้มากกว่าการใช้น้ำปราศจากไอออน หรือการใช้น้ำปราศจากไอออนต่อน้ำมะพร้าวผสมกัน และเมื่อลดปริมาณแหล่งไนโตรเจน (เปปโตน สารสกัดจากเนื้อและสารสกัดจากยีสต์) สามารถผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ ได้มากกว่าการไม่ลดปริมาณแหล่งไนโตรเจนในสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

4) ผลการศึกษาวิธีการแยกบริสุทธิ์ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณเอ็กซ์โซโพลิแซคคาร์ไรด์สูงที่สุด พบว่า จากการศึกษาผลการสกัดและการแยกบริสุทธิ์ของเอ็กโซพอลิแซคคาไรด์ ของเชื้อ *L. casei* TISTR 047 ที่เลี้ยงในอาหารสูตร MRS (Atlas, 1946) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้ ในการวิเคราะห์ปริมาณเอ็กโซพอลิแซคคาไรด์ในรูปของน้ำตาลทั้งหมดโดยใช้วิธีแอนโทรน พบว่าวิธีแอนโทรนสามารถใช้วัดปริมาณน้ำตาลทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 15.58 ± 0.16 กรัมต่อลิตร และวัดปริมาณเอ็กโซพอลิแซคคาไรด์ที่ผ่านการสกัดโดยเอทานอลในอัตราส่วน 1:1 มีค่าเท่ากับ 0.15 ± 0.03 กรัมต่อลิตร โดยระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้สารละลายแอนโทรน เนื่องจากสารละลายแอนโทรนมีการเปลี่ยน แปลงไปตามระยะเวลาที่เก็บรักษา จึงควรเตรียมสารละลายแอนโทรนให้เพียงพอต่อการใช้งานในแต่ละครั้ง ปริมาตรของสารละลายแอนโทรนที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ พบว่าควรเลือกใช้สารละลายแอนโทรนในปริมาตร 2 มิลลิลิตร โดยสภาวะของอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ไม่แตกต่างกันทั้งการทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิ และไม่ควบคุมอุณหภูมิ

ส่วนการศึกษาวิธีการวิเคราะห์ปริมาณเอ็กโซพอลิแซคคาไรด์ในรูปของน้ำตาลทั้งหมดโดยใช้วิธีฟีนอลซัลฟูริก พบว่าวิธีฟีนอลซัลฟูริกสามารถใช้วัดปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 22.49± 0.31 กรัมต่อลิตร และสามารถวัดปริมาณเอ็กโซพอลิแซคคาไรด์ที่ผ่านการสกัดโดยเอทานอลในอัตราส่วน 1:1 มีค่าเท่ากับ 0.33± 0.01 กรัมต่อลิตร จากการทดสอบด้วยวิธีนี้พบว่าปริมาณน้ำตาลที่วัดได้มีค่าสูงกว่าความเป็นจริงจากเดิมที่ในอาหารมีปริมาณน้ำตาลเริ่มต้น 20 กรัมต่อลิตร และการวิเคราะห์ปริมาณเอ็กโซพอลิแซคคาไรด์ในรูปของน้ำตาลทั้งหมดโดยใช้วิธีดีเอ็นเอส พบว่าในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างโดยการย่อยด้วยกรด ไม่จำเป็นต้องทำการปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร เพราะสามารถวัดค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดได้จากตัวอย่างที่ปริมาตรรวม 11 มิลลิลิตร โดยค่าที่วัดได้มีความใกล้เคียงกันและวิธีนี้วัดปริมาณเอ็กโซพอลิแซคคาไรด์ได้ 0.05 ± 0.01 กรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าน้อยเกินไป

ในการศึกษาตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดเอ็กโซพอลิแซคคาไรด์ในรูปแบบของน้ำตาล โดยใช้อะซิโตนและเอทานอลพบว่า การใช้อะซิโตนสามารถสกัดเอ็กโซพอลิแซคคาไรด์ได้สูงกว่าเอทานอล โดยการใช้ตัวทำละลายในอัตราส่วนของอะซิโตนต่อน้ำหมัก 4:1 สามารถวัดค่าน้ำตาลทั้งหมดโดยใช้วิธีแอนโทรนได้สูงสุดที่ 1.66 ±0.12 กรัมต่อลิตร ส่วนการใช้ตัวทำละลายอัตราส่วนเอทานอลต่อน้ำหมัก 4:1 ได้ค่าเท่ากับ 0.67 ±0.03 กรัมต่อลิตร ส่วนการวิเคราะห์ด้วยวิธีฟีนอลซัลฟูริก สามารถวัดปริมาณเอ็กโซพอลิแซคคาไรด์ได้สูงที่สุดที่ 2.14 ±0.03 และ 1.23 ±0.16 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบชนิดของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวและกรดอินทรีย์พบว่าน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่พบประกอบ

น้ำตาลกลูโคส เป็นส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 73.5 รองลงมาคือ น้ำตาลราฟิโนสร้อยละ 12.8 ส่วนที่เหลือเป็นน้ำตาลชนิดอื่น ๆ เพียงเล็กน้อย จึงสรุปได้ว่าชนิดตัวอย่างเอ็กโซพอลิแซคคาไรด์ที่เป็น hetaloexopolysaccharide ส่วนปริมาณกรดอินทรีย์ พบกรดซิตริกเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาคือ กรดแลคติก และกรดอะซิติก ตามลำดับ

โครงการวิจัยที่ 3 การใช้ประโยชน์จากเปลือกเงาะเป็นใยอาหารในอาหารเพื่อสุขภาพ

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์จากเปลือกเงาะ โดยผงเปลือกเงาะที่ผ่านอบแห้งด้วยวิธีที่ต่างกัน ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

- ด้านความชื้น สี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าการอบแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแข็ง จะรักษาคุณภาพด้านสี ความชื้น และสารสำคัญที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าวิธีอบแห้งแบบอบลมร้อน

- ปริมาณใยอาหารทั้งหมดของผงเปลือกเงาะอยู่ในช่วง 56-61% โดยเป็นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก (48-54%) ปริมาณใยอาหารที่ได้จากการอบแห้งด้วยลมร้อนจะมากกว่าการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งเล็กน้อย

- ด้านคุณสมบัติเชิงหน้าที่ พบว่า ผงเปลือกเงาะอบแห้งด้วยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการขัดขวางการแผร่ผ่านกลูโคส ดีกว่า อย่างไรก็ตามผงเปลือกเงาะทั้งสองตัวอย่างมีความสามารถในการอุ้มน้ำมัน การดูดซึมน้ำตาลกลูโคส การจับกับน้ำดีได้ดี และไม่แตกต่างกันระหว่างสองตัวอย่าง

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติโดยรวมสรุปได้ว่า ผงเปลือกเงาะที่ผ่านอบแห้งด้วยแช่เยือกแข็งจะให้คุณภาพโดยรวมดีกว่าผงเปลือกเงาะอบแห้งแบบอมลมร้อน อย่างไรก็ตามการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนจะมีต้นทุนต่ำกว่า แลยังคงให้คุณสมบัติต่างๆ ที่ดีสำหรับนำไปใช้เป็นสารผสมอาหารเพื่อสุขภาพ

เมื่อนำผงเปลือกเงาะไปใช้เสริมใยอาหารในขนมปังพบว่า ขนมปังที่ใช้ใยอาหารจากผงเปลือกเงาะทั้งสองวิธี เมื่อใช้ที่ระดับ 3-7% ไม่ส่งผลต่อค่าปริมาณน้ำอิสระ และความชื้น แต่เมื่อใช้ปริมาณผงเปลือกเงาะมากขึ้น ปริมาตรของขนมปังจะลดลงตามลำดับ และสอดคล้องกับค่าความแข็งที่เพิ่มขึ้นตามเช่นกัน ทั้งนี้การแทนที่ด้วยผงเปลือกเงาะอบแห้งด้วยลมร้อนที่ระดับ 3% มีปริมาตรและความแข็งไม่ต่างจากสูตรควบคุม คุณภาพด้านสีพบว่าขนมปังที่เสริมผงเปลือกเงาะมีสีออกน้ำตาลแดง ซึ่งต่างจากสูตรควบคุมอย่างชัดเจน โดยเมื่อระดับการใช้ผงเปลือกเงาะมากขึ้น สีของขนมปังจะเข้มขึ้น โดยขนมปังจากผงเปลือกเงาะอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะมีสีอ่อนกว่า

ในด้านคุณค่าโภชนาการ และประโยชน์ต่อสุขภาพ พบว่า ขนมปังที่เติมผงเปลือกเงาะไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี โดยทุกสูตรขนมปังมีค่าใกล้เคียงกับสูตรควบคุม และปริมาณใยอาหารที่ใช้ (3-7%) ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงใยอาหารในขนมปัง ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปริมาณใยอาหารในขนมปัง พบว่า ขนมปังที่แทนที่ด้วยผงเปลือกเงาะมีปริมาณใยอาหารอยู่ในช่วง

13-15 % จึงสามารถกล่าวอ้างว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นแหล่งของใยอาหารได้ นอกจากนี้ขนมปังที่ได้ยังเป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงขึ้นอย่างชัดเจน

จากการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการฟอกสีผงเปลือกเงาะ พบว่า สภาวะที่ดีที่สุดในการฟอกสีผงเปลือกเงาะ คือ ผงเปลือกเงาะที่ผ่านการฟอกสีด้วยความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1.5 M จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผงเปลือกเงาะ พบว่า มีค่าความสว่างและความสามารถในการอุ้มน้ำสูง โดยมีค่าความสว่าง (L*) มากที่สุด คือ 57.65 และความสามารถในการอุ้มน้ำสูงที่สุด คือ 7.78 กรัมน้ำต่อกรัมตัวอย่าง เมื่อนำมาทดลองเติมลงในแป้งชุบทอด พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ชุบแป้งทอดที่เติมผงเปลือกเงาะที่ผ่านการฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1.5 M ปริมาณ 3-9 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด มีการอมน้ำมันลดลงและมีความกรอบเพิ่มมากขึ้นเมื่อเติมผงเปลือกเงาะในปริมาณเพิ่มขึ้น

โครงการวิจัยที่ 4 สมบัติทางเคมี-กายภาพ และฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมัน รวมทั้งสมบัติของแป้งหลังการสกัดน้ำมันจากเมล็ดเงาะที่เป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม

1) ผลการศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ สมบัติการป้องกันแสงแดด สมบัติต้านออกซิเดชัน สมบัติต้านการอักเสบ และความเป็นพิษของไขมันจากเมล็ดเงาะ พบว่า เงาะพันธุ์โรงเรียนที่นำมาศึกษามีสัดส่วนเนื้อเท่ากับส่วนเปลือก แต่มีส่วนเมล็ดเพียงร้อยละ 12 ของน้ำหนักเงาะสดทั้งผล

การสกัดเย็นให้ไขมันที่มีคุณภาพด้านการหืนที่ดีกว่า โดยพบว่ามีค่า Peroxide value ต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นกรดที่ต่ำกว่า แสดงว่าการสกัดเย็นซึ่งไม่มีการให้ความร้อนกับตัวอย่างในระหว่างการสกัด ทำให้ไขมันไม่ถูกย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส๗งทำให้ไขมันที่สกัดเย็นมีค่า free fatty acid ต่ำกว่าไขมันที่สกัดด้วย Soxhlet ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นอกจากนี้การสกัดเย็นยังทำให้ได้ไขมันที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบมากกว่าการสกัดด้วย soxhlet ทำให้ค่าไอโอดีนของไขมันจากการสกัดเย็นมีค่าสูงกว่า นอกจากนี้การสกัดเย็นยังทำให้ได้กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลใหญ่กว่า ทำให้ได้ไขมันที่มีจุดหลอมเหลวสูงกว่าไขมันสกัดแบบ soxhlet ทำให้ไขมันที่ได้จากการสกัดแบบเย็นมีลักษณะเป็นไข แข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักในไขมันเมล็ดเงาะคือ arachidic acid และ oleic acid จึงเหมาะที่นะนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง นอกจากนี้การสกัดเย็นยังได้ไขมันเมล็ดเงาะที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันรังสี UVB ได้ดีกว่าการสกัดด้วย hexane และยังมีสมบัติการต้านออกซิเดชันที่ดีกว่า และพบปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าอีกด้วย รวมทั้งยังก่อความระคายเคืองต่อผิวหนังน้อยกว่าอีกด้วย

2) ผลการศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ สมบัติด้านความหนืด และสมบัติด้านหน้าที่ของแป้งที่ได้หลังการสกัดน้ำมันแล้ว จากผลการทดลองพบว่าแป้งดิบมีปริมาณไขมันสูงถึง 30.08% โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อนำไปสกัดน้ำมันออกโดยการสกัดเย็นพบว่ามีปริมาณไขมันคงเหลือ 19.35 % โดยน้ำหนักแห้ง ส่วนการสกัดด้วยตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันออกได้มากกว่า โดยจะพบว่ามีปริมาณไขมันคงเหลืออยู่ 10.14 % โดยน้ำหนักแห้ง หลังการสกัดน้ำมันแป้งฟลาวร์มีโปรตีน 10.18-10.20 %

โดยน้ำหนักแห้ง สำหรับการสกัดเย็นพบว่าแป้งฟลาวร์มีปริมาณอะไมโลสสูงกว่า (13.52%) แบบสกัดด้วยตัวทำละลาย (10.28%)

ผลการตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยเครื่อง SEM จะเห็นได้ว่า เม็ดแป้งของแป้งฟลาวร์จากเมล็ดเงาะมีลักษณะค่อนข้างกลม รี เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5-12 μmเมื่อนำไปศึกษาสมบัติทาง thermodynamicพบว่า แป้งฟลาวร์แบบสกัดและไม่สกัดน้ำมันมี Peak temperature (Tp) ไม่แตกต่างกัน (P>0.05)แต่แป้งฟลาวร์ที่สกัดน้ำมันโดยการสกัดเย็น มีค่า Onset temperature (To) ต่ำที่สุด และมีค่า Conclusion temperarure (Tc) สูงที่สุด(P≤0.05)แป้งฟลาวร์จากเมล็ดเงาะที่สกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายมีค่าพลังงานที่ใช้ในการเกิดเจลาทิไนเซชันสูงที่สุด(P≤0.05)เท่ากับ 9.06 J/g เมื่อนำสารละลายแป้งที่ผ่านการ เจลาทิไนเซชันแล้วมาเก็บที่อุณหภูมิ 5-10°C เป็นเวลา 7 วัน พบว่ามีการเกิดรีโทรกราเดชันเฉพาะในแป้งดิบไม่สกัดน้ำมันเท่านั้น โดยมีอุณหภูมิระหว่างเกิดการรีโทรกราเดชันระหว่าง 46.10-62.00°C และค่าพลังงานเท่ากับ 9.37 J/g คิดเป็น % Retrogradation เท่ากับ 205.03%

ผลจากการวิเคราะห์ด้วย RVA พบว่าความหนืดของแป้งดิบนั้นมีค่าต่ำมาก แต่เมื่อผ่านการสกัดน้ำมันแล้วความหนืดจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อให้ความร้อน โดยพบว่า ค่า peak viscosity, holding strength, breakdown, final viscosity และ setback ของแป้งดิบมีค่าต่ำที่สุด (P≤0.05) แต่ peak time ไม่แตกต่างกับแป้งฟลาวร์แบบสกัดน้ำมันทั้ง 2 แบบ(P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบแป้งฟลาวร์ที่ผ่านการสกัดน้ำมันพบว่าแป้งที่สกัดน้ำมันโดยการสกัดเย็นมีค่า peak viscosity, holding strength, และ final viscosity สูงกว่าแป้งฟลาวร์ที่สกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย ยกเว้นค่า breakdown และ setback จะมีค่าต่ำกว่า(P≤0.05) ค่า pasting temperature ของแป้งฟลาวร์จากเงาะทุกตัวอย่างมีค่าสูงมาก (94.03-95.22°C)

ในการวิเคราะห์สมบัติด้านหน้าที่ แป้งฟลาวร์ที่สกัดน้ำมันโดยการสกัดเย็นและการสกัดด้วยตัวทำละลายมีค่าดัชนีการอุ้มน้ำ (3.37-3.75 g/g) และ ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน (2.42-2.44 %) ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ส่วนแป้งฟลาวร์ที่ผ่านการสกัดเย็นมีค่าดัชนีการละลายน้ำ (9.30 %) และการรักษาความคงตัวของอิมัลชัน (22.94 %) สูงกว่าแป้งฟลาวร์ที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลายที่มีดัชนีการละลายน้ำเท่ากับ 6.60 % และการรักษาความคงตัวของอิมัลชันเท่ากับ 12.05 % แต่ความสามารถในการดูดซับน้ำและความสามารถในการเกิดอิมัลชันของแป้งฟลาวร์ที่ผ่านการสกัดเย็นต่ำกว่าแป้งฟลาวร์ที่สกัดด้วยตัวทำละลายค่ากำลังการพองตัวของแป้งฟลาวร์จากเงาะมีค่าค่อนข้างต่ำ และแป้งฟลาวร์สกัดน้ำมันทั้งสองวิธีมีค่ากำลังการพองตัวไม่แตกต่างกันที่อุณหภูมิ 85-95°C (P> 0.05) แต่ที่ 80°C กำลังการพองตัวมีความแตกต่างกัน (P≤0.05) และแป้งฟลาวร์ที่ได้จากการสกัดน้ำมันแบบสกัดเย็นมีค่าการละลายที่สูงกว่าแป้งฟลาวร์ที่สกัดโดยการใช้ตัวทำละลายเฉพาะในช่วงอุณหภูมิ 90-95°C (P≤0.05) โดยค่าการละลายของแป้งฟลาวร์สกัดเย็นที่ 95°C สูงถึง 58.11%

ผลผลิต (Output) ด้านผลงานการตีพิมพ์

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล อัคราช พาอ้อ อัฐภิญญา ปัทมภาสสกุล และอุดมลักษณ์ สุขอัตตะ. (2559). ผลของการหมุนกวนในการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสต่อการถ่ายโอนมวลสารของเนื้อเงาะและการยอมรับทางประสาทสัมผัส *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, *47*(2)(พิเศษ), 205-208.

เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์ กมลวรรณ สุขสวัสดิ์ อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และพิชญอร ไหมสุทธิสกุล. (2559). ผลของการสกัดต่อการประเมินความสามารถป้องกันแสงแดดและสมบัติทางออกซิเดชันของน้ำมันเมล็ดเงาะ. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 47*(2)(พิเศษ), 77-80.

สิริมา ชินสาร และธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล. (2558). การเตรียมเส้นใยผงจากเปลือกเงาะและการใช้เป็นสารลดการดูดซับน้ำมันในแป้งชุบทอด. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 46(3)(พิเศษ), 201-204.

กมลวรรณ สุขสวัสดิ์ อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และพิชญอร ไหมสุทธิสกุล. (2558). สมบัติทางกายภาพและเคมีของไขมันเมล็ดเงาะ (*Nephelium lappaceum* L.) ด้วยวิธีสกัดเย็น. ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 3*, 420-424.

นัชชา ไชยตะมาศ ประวีณวัชร กิมไซร้ สมจิตต์ ปาละกาศ และ กรองจันทร์ รัตนประดิษฐ. (2558). การสกัดและการวิเคราะห์ปริมาณเอ็กโซพอลิแซคคาไรด์ที่ผลิตจาก Lactobacillus casei TISTR 047. ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ “วิทยาศาสตร์วิจัย” ครั้งที่ 7*.

พิลาวัลย์ พิรุณกาญจน์ จรินทิพย์ จิตอารีย์ ขวัญเนตร บุญญา บุญสิริเปี่ยมสะอาด และ กรองจันทร์ รัตนประดิษฐ์. (2558). การผลิตเอ็กโซพอลิแซคคาไรด์จากน้ำเชื่อมเหลือทิ้งในการผลิตเงาะกึ่งแห้งโดยแบคทีเรียกลุ่มแลคติก.ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ “วิทยาศาสตร์วิจัย” ครั้งที่ 7*.

บรรณานุกรม

วิมลศรี พรรธนประเทศ, ศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล, โศรดา วัลภา, จิระวัฒน์ เอี่ยมวัฒน์, ภุมริน บุญโกสุมภ์ และกุลนที เลาหะกุล. (2555). การประยุกต์ใช้แป้งเมล็ดเงาะในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดแคลอรี่ต่ำ. *วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร, 43*(2) (พิเศษ), 517-520.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (20 มิถุนายน 2555). *แปรรูป "เมล็ดเงาะ" ให้บริโภคได้*. เข้าถึงได้จาก http://www.manager.co.th/science/viewnews.aspx?NewsID=9550000075753

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (2555) *ผลิตภัณฑ์แปรรูปเงาะครบวงจร.* เข้าถึงได้จาก http://www.tistr.or.th/tistr/newsboard/shownews.php?Category=newsboard&No=330

สำนักบริหารการนำเข้าส่งออกสินค้าทั่วไป, กลุ่มสินค้าเกษตร. (2553). *สถานการณ์ค้าเงาะและผลิตภัณฑ์*. วันที่สืบค้นข้อมูล 19 พฤศจิกายน 2556, เข้าถึงได้จาก http://www.dft.go.th/Default.aspx?tabid=101

สำนักบริหารการนำเข้าส่งออกสินค้าทั่วไป, กลุ่มสินค้าเกษตร. (2553). *สถานการณ์ค้าเงาะและผลิตภัณฑ์*. วันที่สืบค้นข้อมูล 19 พฤศจิกายน 2556, เข้าถึงได้จาก http://www.dft.go.th/เงาะ%20ปี%2053ไตรมาตส%201@25541128-14505218

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2555). *สถิติผลผลิตทางการเกษตรปี 2555*. วันที่สืบค้นข้อมูล 19 พฤศจิกายน 2556, เข้าถึงได้จาก http://www.oag.go.th/main.php?filename=index

Ajila, C. M., Aalami, M., Leelavathi, K. and Rao, U. J. S. P. (2010). Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Science & Emerging Technologies, 11*, 219-224.

Balasundram, N., Sundram, K. and Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agriindustrial by-products. Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, *99*(1), 191-203.

Fito, P., Chiralt, A., Betoret, N., Gras, M. L., Chafer, M., Martınez-Monzo, J., Andres, A. and Vidal, D. (2001). Vacuum impregnation and osmotic dehydration in matrix engineering. Application in functional fresh food development. *Journal of Food Engineering, 49*, 175–183.

Palanisamy, U., Manaharan, T., Teng, L. L., Radhakrishnan, A. K. C., Subramaniam, T. and Masilamani, T. (2011). Rambutan rind in the management of hyperglycemia. *Food Research International, 44*, 2278-2282.

Palanisamy, U., Ming, C. H., Masilamnai, T., Subramaniam, T., Teng, L. L. and Radhakrishnan, A. K. (2008). Rind of the rambutan, *Nephelium lappaceum*, a potential source of natural antioxidants. *Food Chemistry, 109*, 54-63.

Rosales Soto, M. U., Brown, K. and Ross, C. F. (2012). Antioxidant activity and consumer acceptance of grape seed flour-containing food products. *International Journal of Food Science & Technology*, *47*(3), 592-602.

Smith, R. E. and Norvell, M. A., (1975), Nutrition Over View of the Pet Food Industry, *Cereal Food World*, *20*, 8-11.

Solís-Fuentes, J. A., Camey-Ortíz, G., Hernández-Medel, M. R., Pérez-Mendoza, F. and Durán-de-Bazúa, C. (2010). Composition, phase behavior and thermal stability of natural edible fat from rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) seed. *Bioresource Technology, 101*(2), 799-803.

Sun, J, Peng, H, Su, W., Yao, J., Long, X and Wang, J. (2011). Anthocyanins extracted from rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) pericarp tissues as potential natural antioxidants. *Journal of Food Biochemistry, 35,* 1461-1467.

Thitileadecha, N., Teerawutgulrag, A. and Rakariyatham, N. (2008). Antioxidant and antibacterial activities of *Nephelium lappaceum* L. extracts. *LWT-Food Science and Technology, 41*, 2029-2035.

Thitileadecha, N. and Rakariyatham, N. (2011). Phenolic content and free radical scavenging activities in rambutan during fruit maturation. *Scientia Horticulturae, 129*, 247-252.