แนวทางการพัฒนาการสกัดน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมสำหรับกลุ่มเกษตรกรภาคใต้
Development of Mixed Crude Palm Oil Extraction for Southern Agriculturist

ปริญญา หม่อมพิบูลย์* สิริพรรณ ตระกูลดิษฐ์ อนุรักษ์ ตรีเพ็ชร***
มนตรี เรืองประดับ* กรีฑา แก้วคงธรรม* และ วิทยา วงษ์กลาง*
Parinya Mompiboon*, Siripan Trakuldit**, Anurak Tripatch*,
Montri Ruangpradap*, kreetha kaewkongtham* and Wittaya Wongklang*

บทคัดย่อ

จากการเพิ่มขึ้นของค่าครองชีพในปัจจุบัน ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของประชาชน กลุ่มเกษตรกรภาคใต้เป็นกลุ่มอาชีพหนึ่งที่ประสบปัญหารายได้ไม่เหมาะสมกับค่าครองชีพ เนื่องจากผลผลิตทางการเกษตรมีราคาต่ำลง บทความฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวและแนวทางการพัฒนาในอนาคต โดยทบทวน รวมรวบ และสรุปข้อมูลจากเอกสารวรรณกรรมและงานวิจัยที่ผ่านมา จากการศึกษาพบว่าการส่งเสริมให้กลุ่มเกษตรกร ปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น ผลิตและส่งขายผลผลิตปาล์มน้ำมันในรูปแบบน้ำมันปาล์มดิบหีบรวม และพัฒนากระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาและการพัฒนาในอนาคต ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาถูกเก็บเป็นฐานข้อมูลสำหรับใช้และส่งเสริมพัฒนาต่อยอดงานวิจัยที่เป็นประโยชน์สำหรับกลุ่มเกษตรกรต่อไปในอนาคต เช่น การพัฒนาเครื่องอบแห้งหรือเตาอบไมโครเวฟปาล์มน้ำมันสำหรับกลุ่มเกษตรกร การเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับวิธีการปรับสภาพทางความร้อนปาล์มน้ำมัน และวิธีการปรับสภาพพื้นผิวของเครื่องสกัดน้ำมันปาล์มแบบอัดสกรู เป็นต้น

คำสำคัญ : ปาล์มน้ำมัน, การสกัด, น้ำมันปาล์มดิบหีบรวม

* อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
e-mail: parinyaz@hotmail.com

** อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

Abstract

Increasing living cost has affected the livelihood of many people especially, agriculturists in the South of Thailand. Agriculturist is one of the occupations that have insufficient income unmatched for the cost of living due to declining price of agricultural product. This article intended to propose solutions to the problem and suggest future development by reviewing, compiling and summarizing information from literatures and research papers. This study found that agriculturists were encouraged to plant oil palm trees which was produced and distributed in form of mixed crude palm oil. Thus, the improvement of palm oil extraction process could be a way to lead cultivator into the future development. For instance, the using of hot air dryer or microwave oven for palm oil production as well as, comparative economic in method of heat adjustment and surface-conditioning of palm oil extraction by screw compressor that could reduce the production costs of palm oils and it could produce as small scale industries for the agriculturists in the future.

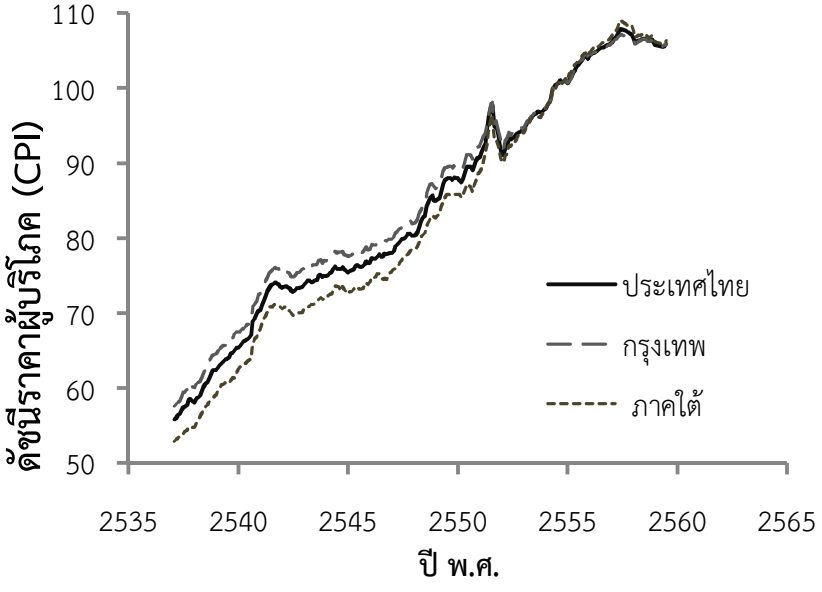
Keywords: Oil Palm, Extraction, Mixed Crude Palm Oil

1. บทนำ

รอบหลายปีที่ผ่านมา เมื่อพิจารณาดัชนีผู้บริโภค (CPI) พบว่าแนวโน้มค่าครองชีพของประชากรทั้งในระดับประเทศและภาคใต้มีพฤติกรรมสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องแสดงดังภาพที่ 1 (สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า, 2559) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงควรพิจารณาช่องทางความเป็นไปได้ในการสร้างรายได้ให้กับประชากร ในปี พ.ศ.2556 โครงสร้างเศรษฐกิจภาคใต้ส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มภาคเกษตรคิดเป็น 27.5% ตามผลิตภัณฑ์มวลรวม โดยผลิตภัณฑ์ของกลุ่มที่มีสัดส่วนสูงสุดคือการปลูกพืช พืชเศรษฐกิจที่สำคัญคือยางพาราและปาล์มน้ำมัน (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2556) เมื่อพิจารณาราคาผลิตภัณฑ์จากยางพาราตั้งแต่ปี พ.ศ.2554 ถึง พ.ศ.2559 ของประเทศไทย พบว่ามีแนวโน้มลดลงอย่างน่าตกใจแสดงดังภาพที่ 2 (สมาคมยางพาราไทย, 2559) สาเหตุเกิดจาก 1) ต้นทุนการผลิตยางพาราของประเทศไทยสูงที่สุดเมื่อเทียบกับประเทศผู้ผลิตยางพาราอื่นๆ เนื่องจากต้นทุนแรงงานของประเทศไทยสูงถึง 65% ของต้นทุนทั้งหมด 2) ผลผลิตยางพาราต่อไร่ของประเทศไทยลดลงจึงทำให้ต้นทุนการผลิตยางพาราสูงขึ้น 3) ปริมาณยางพาราของประเทศไทยล้นตลาดเนื่องจากประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกยางพาราเพิ่มขึ้น 4) ประเทศจีนผู้ซื้อยางพาราหันมาใช้ยางพาราในสต็อกของตนเอง และ 5) การนำนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ จากยางพาราไปขยายการผลิตระดับอุตสาหกรรมในประเทศเพื่อเพิ่มมูลค่ายังมีค่อนข้างน้อย (บัญชา สมบูรณ์สุข และคนอื่นๆ, 2556) ในส่วนของปาล์มน้ำมัน ราคาผลิตภัณฑ์จากปาล์มน้ำมันตั้งแต่ปี พ.ศ.2555 ถึง พ.ศ.2559 อยู่ในสภาวะปกติเปลี่ยนแปลงขึ้นลงไม่มากนักแสดงดังภาพที่ 3 (สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร, 2554;

กองส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร 1; สำนักงานการค้าภายในจังหวัดชุมพร, 2559)

จากการประมวล เมื่อเปรียบเทียบพืชทั้งสองชนิดในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา ราคาปาล์มน้ำมันอยู่ในสภาวะปกติ ขณะที่ราคายางพารากลับมีแนวโน้มลดลงอย่างมาก ปาล์มน้ำมันจึงจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่เป็นความหวังของกลุ่มเกษตรกรภาคใต้ในปัจจุบัน สาเหตุคาดว่าทุกส่วนของต้นปาล์มน้ำมันสามารถเปลี่ยนเป็นรายได้และถูกใช้จนหมด ความต้องการปาล์มน้ำมันจึงมีอย่างต่อเนื่องและไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ดังนั้นจึงควรส่งเสริมให้เกษตรกรที่ปลูกยางพาราปรับเปลี่ยนมาปลูกปาล์มน้ำมันมากขึ้น เนื่องจากแนวโน้มความต้องการผลิตภัณฑ์จากปาล์มน้ำมันที่สูงกว่า เป็นการเพิ่มรายได้และลดค่าครองชีพให้กับกลุ่มเกษตรกร และช่วยแก้ไขปัญหาปริมาณยางพาราล้นตลาด แต่ทั้งนี้ต้องอยู่บนความสมดุลระหว่างอุปสงค์และอุปทานของปาล์มน้ำมันและยางพาราที่เหมาะสม



ภาพที่ 1 ดัชนีผู้บริโภค ตั้งแต่ปี พ.ศ.2537 ถึง พ.ศ.2559

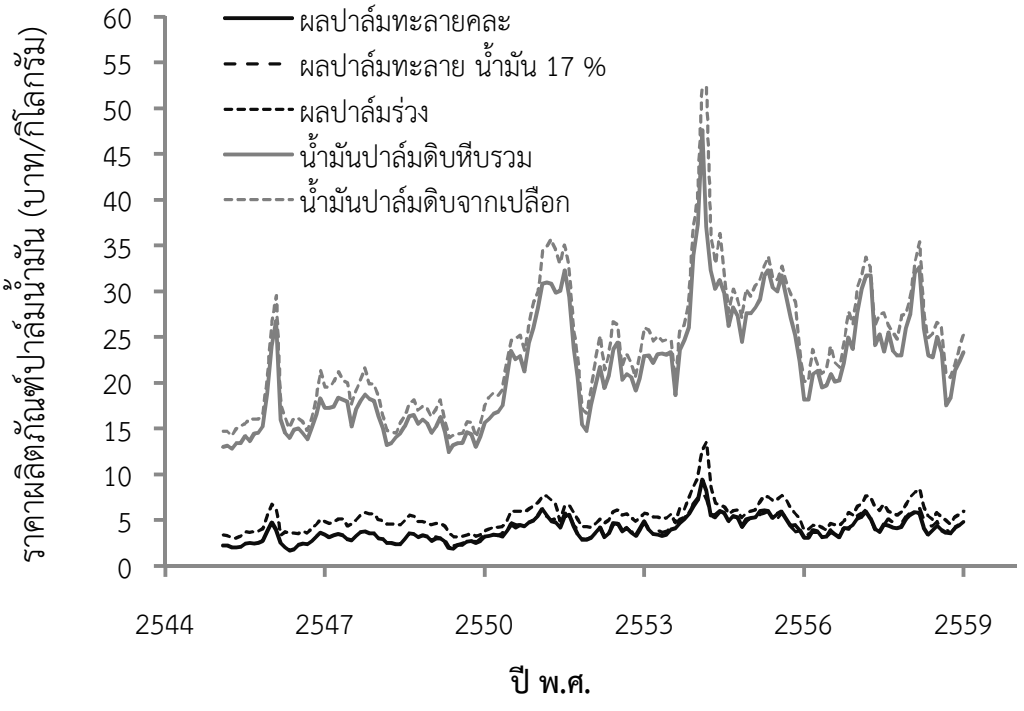
2. ปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นปลูกได้ในเขตร้อนชื้นอยู่ระหว่างเส้นละติจูด 10 องศาเหนือ-ใต้ และเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญของโลก มีศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงสูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่น มีต้นทุนต่ำและให้ผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด มีความต้องการทั่วโลกประมาณ 33% ของพืชน้ำมันทั้งหมด สายพันธุ์ที่นิยมปลูกคือลูกผสมเทเนอรา ซึ่งมีความหนาแน่นในพื้นที่ปลูก 22-25 ต้น/ไร่ ให้ผลผลิตตลอดทั้งปี เริ่มตั้งแต่อายุ 2.5 ปีหลังจากการปลูก มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 20 ปี ให้ทะลายสด 2.75-2.87 ตัน/ไร่/ปี ให้ผลผลิตน้ำมัน 640-800 กก./ไร่ ประมาณ 0.72 ตัน/ไร่/ปี ทะลายปาล์มมีน้ำหนัก 10-30 กก. มีผลปาล์ม 500-4,000 ผล/ทะลาย น้ำหนักผลปาล์มคิดเป็น60-65% ต่อน้ำหนักทะลาย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผลปาล์มน้ำมัน 2-5 ซม.(จำลอง ปราบแก้ว และคนอื่นๆ, 2545; ชนินทร พรนภดล, 2550; ชัยวัฒน์ พรหมเพชร, 2556; ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคนอื่นๆ, 2548; เบญจมาภรณ์ พิมพา

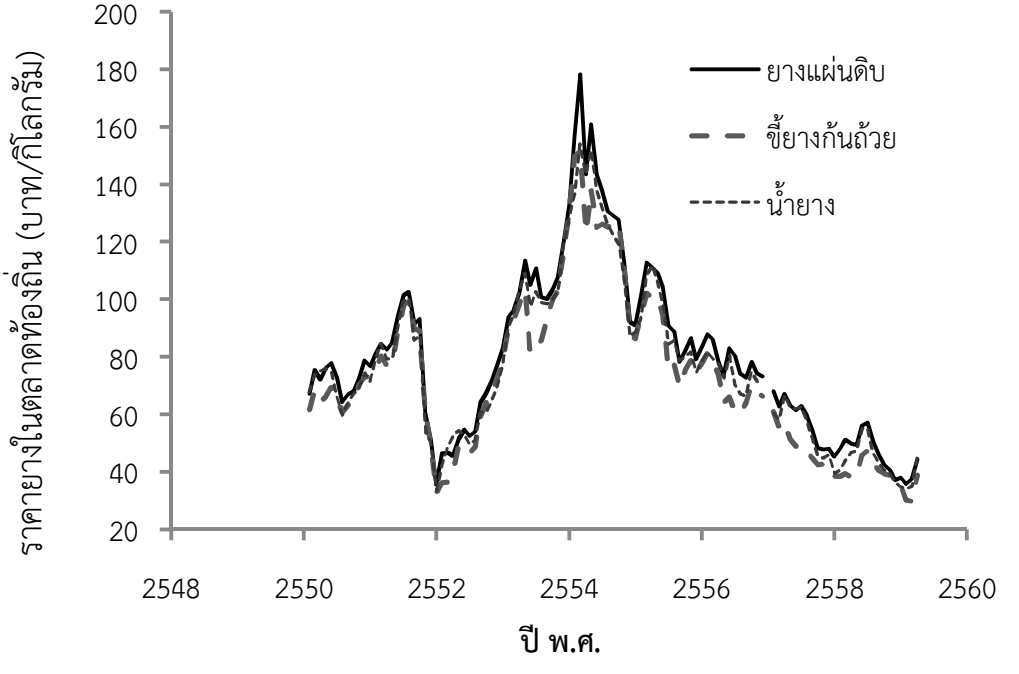
และคนอื่นๆ, 2553; สำนักงานพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน, 2558; Sumathi, Chai & Mohamed, 2008)

สำหรับประเทศไทยมีผลผลิตจากปาล์มน้ำมันมากเป็นอันดับ 3 ของโลก รองจากประเทศอินโดนิเซียและประเทศมาเลเซีย มีความต้องการบริโภคปาล์มน้ำมันเป็นอาหารและเชื้อเพลิงประมาณ 2% ของการบริโภคทั่วโลก เมื่อจำแนกความต้องการภายในประเทศ พบว่าอุตสาหกรรมน้ำมันพืชและอาหาร อุตสาหกรรมไบโอดีเซล และอุตสาหกรรมโอลิโอเคมี มีความต้องการประมาณ 51, 38 และ 11% ประเทศไทยมีการขยายพื้นที่ปลูกและเพิ่มผลผลิตปาล์มน้ำมันสูงขึ้นทุกปีแสดงดังภาพที่ 4 สาเหตุเกิดจากรัฐบาลส่งเสริมให้เกษตรกรและภาคเอกชนปลูกปาล์มน้ำมันมากยิ่งขึ้น เนื่องจากประเทศมีความต้องการสูง เกษตรกรปาล์มน้ำมันทั่วประเทศมีจำนวนมากกว่า 1 แสนครัวเรือน ประกอบอาชีพอยู่ทุกภูมิภาคของประเทศ แต่พบว่า พื้นที่ปลูกและให้ผลผลิตต่อไร่สูงที่สุดคือภาคใต้ เนื่องจากปาล์มน้ำมันเหมาะสมสำหรับการปลูกในบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตร โดยจังหวัดกระบี่และจังหวัดสุราษฎร์ธานีมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุด เกษตรกรภาคใต้ส่วนใหญ่จะส่งผลผลิตปาล์มน้ำมันในรูปทะลายปาล์มขายให้กับพ่อค้าคนกลางที่เรียกว่าลานเท หรือขายให้กับโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยตรง (ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคนอื่นๆ, 2552; วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ และคนอื่นๆ, 2558; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557; สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร, 2554; Sumathi, Chai & Mohamed, 2008; Watcharee & Panee)

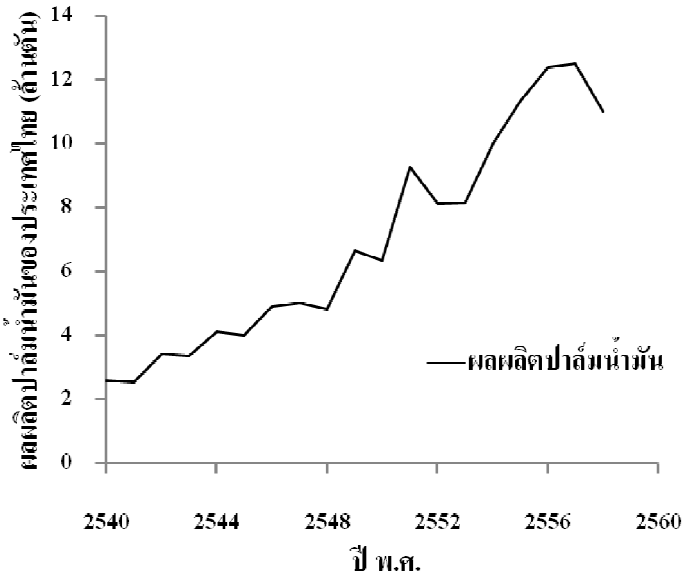
การใช้ประโยชน์ของปาล์มน้ำมันโดยตรงคือการใช้น้ำมันปาล์มเป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมน้ำมันพืชและอาหาร อุตสาหกรรมไบโอดีเซล และอุตสาหกรรมโอลิโอเคมี (วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ และคนอื่นๆ; สำนักงานพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน, 2558) รายชื่อผลิตภัณฑ์จากผลปาล์มน้ำมันแสดงดังภาพที่ 5 (ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคนอื่นๆ, 2548) ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้บางชนิดสามารถใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เช่น อุตสาหกรรมอาหารขบเคี้ยว บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป นมข้นหวาน ครีมเทียม และนมผงดัดแปลงสำหรับทารก ในปัจจุบันมีการวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์จากน้ำมันปาล์มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เช่น การผลิตน้ำมันทอดอาหารโดยการผสมกันระหว่างน้ำมันปาล์มกับน้ำมันพืชชนิดอื่นเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติด้านโภชนาการ ด้านการรักษาสภาพน้ำมัน และด้านราคา (Ogan, Marie-Jose & Michael, 2015) และการผลิตเชื้อเพลิงเพื่อใช้เดินเครื่องยนต์ (Leevijit & Prateepchaikul, 2011) ส่วนการใช้ประโยชน์ของปาล์มน้ำมันโดยอ้อมคือการนำส่วนที่หลงเหลืออยู่เริ่มตั้งแต่การเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มจนถึงการสกัดน้ำมันมาใช้ให้เกิดประโยชน์ หรือจำหน่ายเป็นรายได้เสริมให้กับกลุ่มเกษตรกรได้ดังนี้ ลำต้นปาล์มใช้ทำแผ่นไม้สำหรับผนังห้อง เพดาน โต๊ะ หลังคา และใช้ทำเชื้อเพลิงอัดเม็ด ทางใบปาล์มใช้คลุมโคนต้นปาล์มเพื่อรักษาความชื้นและลดการชะล้างของหน้าดิน ใช้เป็นอาหารสัตว์ และใช้ทำเนื้อเยื่อกระดาษ อีกทั้งใบปาล์มยังมีวิตามินอีสูง ทะลายปาล์มใช้คลุมโคนต้นปาล์มเพื่อรักษาความชื้นและลดการชะล้างของหน้าดิน ใช้ทำปุ๋ย และใช้แทนขี้เลื่อยสำหรับการเพาะเห็ด เปลือกปาล์มมีขนาดเล็ก 1-2 ซม. มีความชื้นต่ำ ให้ค่าความร้อนค่อนข้างสูง และเป็นวัตถุดิบพลังงานความร้อนที่โรงงานอุตสาหกรรมต้องการ เส้นใยปาล์มใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตน้ำมันปาล์ม และเป็นสวนผสมของวัตถุดิบเพาะกล้าปาล์ม กะลาปาล์มมีคุณสมบัติเหมาะสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิง เป็นสวนผสมวัสดุเพาะกล้าปาล์ม และเป็นวัตถุดิบทำถ่านกัมมันต์ กากเนื้อเมล็ดในปาล์มใช้เป็นสวนผสมของอาหารสัตว์ กากปาล์มใช้ทำปุ๋ย และใช้เป็นอาหารสัตว์ (ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคนอื่นๆ, 2552; Watcharee & Panee)



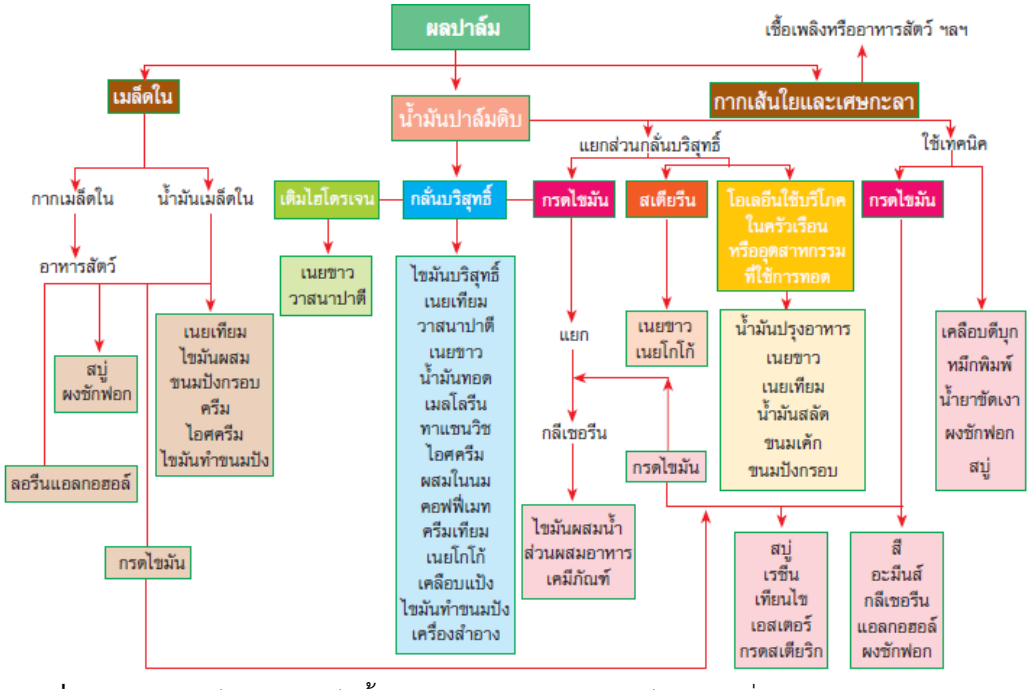
ภาพที่ 2 ราคาผลิตภัณฑ์ตั้งต้นจากปาล์มน้ำมัน ตั้งแต่ปี พ.ศ.2545 ถึง พ.ศ.2559



ภาพที่ 3 ราคาผลิตภัณฑ์ตั้งต้นจากยางพารา ตั้งแต่ปี พ.ศ.2550 ถึง พ.ศ.2559



ภาพที่ 4 ผลผลิตปาล์มน้ำมันของประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2557



ภาพที่ 5 ผลิตภัณฑ์จากผลปาล์มน้ำมัน (ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคนอื่นๆ, 2548)

จากการประมวล ราคาผลผลิตจากปาล์มน้ำมันภายในประเทศตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2545 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2558 (ภาพที่ 2) มีราคาเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบผลต่างราคาระหว่าง ปาล์มทะลายคละ ปาล์มทะลาย 17% และผลปาล์มร่วง กับน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมในตารางที่ 1 พบว่าผลต่างราคาดังกล่าวถ้านำไปคำนวณร่วมกับผลผลิตปาล์มน้ำมันของกลุ่มเกษตรกร

ในประเทศ (ภาพที่ 4) จะพบช่องว่างทางการตลาดที่เป็นโอกาสทางธุรกิจ เนื่องจากราคาขายน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมสูงกว่า ปาล์มทะลายคละ ปาล์มทะลาย 17% และปาล์มร่วง อย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นจึงควรส่งเสริมเกษตรกรปาล์มน้ำมันหันมาผลิตและส่งขายผลผลิตจากปาล์มน้ำมันในรูปแบบน้ำมันปาล์มดิบหีบรวม ซึ่งดีกว่าการขายในรูปแบบปาล์มทะลายและปาล์มร่วง ซึ่งจะช่วยเพิ่มรายได้และช่วยลดค่าครองชีพให้กับกลุ่มเกษตรกร ยิ่งไปกว่านั้นส่วนที่หลงเหลือจากการขายปาล์มน้ำมันในรูปแบบน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์โดยอ้อมได้ทุกส่วน สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรอีกช่องทางหนึ่ง นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์จากปาล์มน้ำมันรูปแบบใหม่ๆ รวมถึงการเพิ่มสัดส่วนวัตถุดิบที่ผลิตจากปาล์มน้ำมันในส่วนผสมที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ ให้มากขึ้น ปาล์มน้ำมันจึงมีความต้องการอย่างต่อเนื่อง มีราคาตกต่ำได้ยาก และเป็นพืชความหวังของกลุ่มเกษตรกร

ตารางที่ 1 ราคาเฉลี่ยผลผลิตจากปาล์มน้ำมันภายในประเทศตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2545 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2558

ผลผลิตจากปาล์มน้ำมัน	ราคาเฉลี่ย (บาท/กก.)	เปรียบเทียบผลต่างราคากับน้ำมันปาล์มดิบหีบรวม	
		(บาท/กก.)	คิดเป็น % ของผลผลิตเริ่มต้น
ปาล์มทะลายคละ	4.33	19.47	449
ปาล์มทะลาย 17%	4.43	19.37	437
ผลปาล์มร่วง	5.77	18.03	312
น้ำมันปาล์มดิบหีบรวม	23.80	-	-
น้ำมันปาล์มดิบ (จากเปลือก)	26.07	-	-

3. การสกัดน้ำมันปาล์ม

ขั้นตอนแรกของการผลิตผลิตภัณฑ์จากปาล์มน้ำมันคือการสกัดน้ำมัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้น้ำมันเป็นสารตั้งต้นในการผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นตอนต่อไป วิธีการสกัดน้ำมันทำได้โดยการสกัดด้วยมือ การสกัดทางกล และการสกัดทางเคมี (Ibrahim & Onwualu, 2005) การสกัดทางกลต้องใช้อุปกรณ์ เช่น เครื่องอัดไฮดรอลิก และเครื่องอัดแบบสกรู (Christine, Rosnah & Azhari, 2014) ส่วนการสกัดทางเคมีเป็นวิธีการกู้คืนน้ำมัน เช่น การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction) คลอริเนเตดไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ เฮกเซน หรือคีโตน และการสกัดด้วยของเหลวเหนือจุดวิกฤต (Supercritical fluid extraction) (Ibrahim & Onwualu, 2005; Lau, Choo, Ma & Chuah, 2006) การสกัดน้ำมันต้องพิจารณาถึงความพร้อมและความเหมาะสมด้านต่างๆ เช่น ต้นทุนการผลิต ราคาขาย กำไร ปริมาณการได้คืน (Yield) เครื่องมือและอุปกรณ์ กำลังการผลิต กำลังแรงงาน ความสะดวก และการเกิดมลพิษสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปโรงงานขนาดใหญ่ที่มีกำลังการผลิตสูงประมาณ 30-80 ตัน/ชั่วโมง สกัดน้ำมันโดยแยกชนิดของน้ำมันออกเป็นน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม ส่วนโรงงานที่มีกำลังการผลิตค่อนข้างต่ำหรือกลุ่มเกษตรกรที่มีความพร้อม

น้อยกว่า สกัดน้ำมันที่มีส่วนผสมระหว่างน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในปาล์มเรียกว่าน้ำมันปาล์มดิบ หีบรวม ซึ่งมีราคาขายต่ำกว่าน้ำมันปาล์มดิบประมาณ 1.00-1.50 บาท/กก. (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2559) วิธีการสกัดน้ำมันปาล์มดิบหีบรวม นำผลปาล์มแยกออกจากทะลาย ปรับสภาพทางความร้อนของผลปาล์ม เช่น การคั่วปาล์ม การย่างปาล์ม การอบปาล์ม หรือการนึ่งปาล์ม จากนั้นนำผลปาล์มร้อนไปสกัดน้ำมันด้วยเครื่องอัดจะได้น้ำมันปาล์มดิบหีบรวมและกากปาล์ม ปัจจุบันมีการพัฒนางานวิจัยการสกัดน้ำมันปาล์มสำหรับกลุ่มเกษตรกร (จำลอง ปราบแก้ว และปัญญา แดงวิไลลักษณ์, 2547; สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2559) แต่จากการทบทวนเอกสารงานวิจัยและการสอบถามปัญหาของผู้สกัดน้ำมันปาล์มพบว่าปัญหาหลักของการสกัดได้แก่ ปัญหาต้นทุนการผลิต ปัญหา การเสื่อมสภาพเครื่องมือและอุปกรณ์ ปัญหากำลังแรงงาน และปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม (Sivasothy, Basiron, Suki, Taha, Hwa & Sulong, 2006) สำหรับปัญหาต้นทุนการผลิต ขั้นตอนการปรับสภาพทางความร้อนเป็นขั้นตอนที่มีรายจ่ายสูง(Christine, Rosnah & Azhari, 2014) และขั้นตอนนี้ ผลปาล์มที่ถูกอัดแน่นอยู่ภายในส่วนลึกได้รับความร้อนไม่ทั่วถึง (บัญญัติ นิยมวาส, 2544) ส่วนปัญหาการเสื่อมสภาพเครื่องมือและอุปกรณ์ที่พบบ่อยคือเครื่องสกัดน้ำมันทำงานผิดปกติ สึกหรอเร็ว และมีอายุการใช้งานสั้น (Harun, Yunus, Morad & Ismail, 2015)

จากการประมวล ควรส่งเสริมพัฒนาต่อยอดงานวิจัยการสกัดน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมสำหรับกลุ่มเกษตรกร โดยเฉพาะวิธีการปรับสภาพทางความร้อน และการพัฒนาเครื่องสกัดน้ำมันในส่วนของความต้านทานการสึกหรอ ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิตและบำรุงรักษาในกระบวนการสกัดน้ำมัน

4. แนวทางการพัฒนาวิธีการสกัดน้ำมันปาล์มดิบหีบรวม

การพัฒนาวิธีการสกัดน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมที่ควรส่งเสริมพัฒนาต่อยอดสำหรับกลุ่มเกษตรกร ได้แก่ การพัฒนาการปรับสภาพทางความร้อนปาล์มน้ำมัน และการพัฒนาเครื่องสกัดน้ำมัน

4.1 การพัฒนาการปรับสภาพทางความร้อนปาล์มน้ำมัน

การปรับสภาพทางความร้อนเป็นการผลิตขั้นต้นที่สำคัญของระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง ช่วยส่งให้วัตถุดิบผ่านการผลิตขั้นต่อไปง่ายยิ่งขึ้น (Christine, Rosnah & Azhari, 2014) การปรับสภาพทางความร้อนปาล์มน้ำมันช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ที่เกิดขึ้นจากเอนไซม์ไลเปส ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระ (Ngando-Ebongue, Dhouib, Carriere, Amvam & Arondel, 2006) โดยเฉพาะทะลายปาล์มที่มีรอยช้ำหลังการเก็บเกี่ยวหรือการเก็บรักษาและผลปาล์มที่หลุดร่วง จะมีอัตราการเกิดกรดไขมันอิสระที่รวดเร็ว จึงควรปรับสภาพทางความร้อนหรือสกัดน้ำมันปาล์มหลังการเก็บเกี่ยวทันที ซึ่งจะช่วยเพิ่มคุณภาพน้ำมันให้ดียิ่งขึ้นสำหรับกรณีที่นำไปผลิตไบโอดีเซล เนื่องจากระยะเวลาการขนส่งทะลายปาล์มไปสู่โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มเพื่อผ่านขั้นตอนต่างๆ จนถึงขั้นตอนการสกัดของโรงงาน ต้องใช้ระยะเวลาสูงถึง 72 ชม. ส่งผลให้ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันเพิ่มมากขึ้น (เบญจมาภรณ์ พิมพา และคนอื่นๆ, 2553) การผลิตไบโอดีเซล จึงต้องใช้สารเคมี (เมทานอล หรือเอทานอล) เพิ่มขึ้นตามสัดส่วน (Jansri, 2007) สมาคมน้ำมัน

ปาล์มมาเลเซีย (Malaysian Palm Oil Association) กำหนดมาตรฐานการซื้อขายน้ำมันปาล์มดิบมีกรดไขมันอิสระไม่เกิน 5 wt.% (Christine, Rosnah & Azhari, 2014) อีกสาเหตุสำคัญที่ต้องปรับสภาพทางความร้อน เกิดจากน้ำมันในผลปาล์มที่อุณหภูมิห้องมีสถานะกึ่งของแข็งของเหลวและมีความหนืดสูง ส่งผลให้สกัดน้ำมันแยก ออกจากผลปาล์มได้ยาก จึงต้องเพิ่มอุณหภูมิผลปาล์มให้สูงขึ้นเพื่อลดความหนืดของน้ำมัน ซึ่งจะช่วยสกัดน้ำมันได้ดียิ่งขึ้น (ปริญญา หม่อมพิบูลย์, 2555) แต่การปรับสภาพทางความร้อนต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมของการรักษาสารอาหารให้คงอยู่ เนื่องจากปาล์มน้ำมันมีแคโรทีนอยด์ วิตามิน อีโคเอนไซม์คิวเทน และ สเตอรอล เป็นส่วนประกอบที่มีมูลค่าเชิงพาณิชย์สามารถสกัดนำไปใช้ประโยชน์ (Ogan, Marie-Jose & Michael, 2015) การพัฒนาเทคโนโลยีการปรับสภาพทางความร้อนมีดังนี้

4.1.1 การนึ่งปาล์มน้ำมันแบบต่อเนื่อง

การนึ่งเป็นการปรับสภาพทางความร้อนที่นิยมในโรงงานขนาดใหญ่ ช่วยให้ผลปาล์ม อ่อนนุ่มหลุดจากขั้วผลได้ง่าย (Christine, Rosnah & Azhari, 2014) วิธีทั่วไปคือการนึ่งแบบกะด้วยไอน้ำ ซึ่งกำหนดรอบการนึ่งตามอายุและน้ำหนักทะลายปาล์ม การนึ่งโดยทั่วไปใช้เวลา 70-90 นาที ที่สภาวะอุณหภูมิ 140 $^{\circ}$C ความดันไอน้ำอิ่มตัว 40 psig (Sivasothy, Rohaya & Basiron, 2005) แต่การนึ่งแบบกะไม่มีประสิทธิภาพทางความร้อน เนื่องจากใช้ปริมาณไอน้ำและเวลามาก เพื่อถ่ายเทความร้อนไปสู่กระชังที่อัดแน่นด้วยทะลายปาล์ม โดยเฉพาะส่วนในสุดของกระชัง (Hadi, Ng, Choo & Ma, 2012) วิธีการนี้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันไอน้ำมาก สูญเสียความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมภายนอก โดยเฉพาะช่วงถ่ายโอนกระชัง และในช่วงการนึ่งไอน้ำบางส่วนควบแน่นเป็นหยดน้ำหรือคอนเดนเสท ไปสะสมอยู่ในรูปของน้ำเสียจากโรงงาน ซึ่งโรงงานต้องผ่านมาตรฐานการปล่อยน้ำเสียตามที่หน่วยงานราชการด้านสิ่งแวดล้อมกำหนด นอกจากนี้การนึ่งแบบกะยังทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพต่ำ (Christine, Rosnah & Azhari, 2014)

การนึ่งแบบต่อเนื่องด้วยไอน้ำได้พัฒนาขึ้นโดยคณะกรรมการน้ำมันปาล์มมาเลเซีย (Malaysian Palm Oil Board) ขั้นตอนแรกของการนึ่งแบบต่อเนื่องคือ บด และอัดแน่นทะลายปาล์มด้วยลูกกลิ้งคู่ ขั้นตอนต่อไปส่งทะลายปาล์มอัดแน่นไปสู่ห้องนึ่งที่ถูกปิดล้อมด้วยระบบสายพานลำเลียง ภายในห้องนึ่งทะลายปาล์มถูกลำเลียงและนึ่งไปพร้อมกัน โดยใช้ไอน้ำที่ความดันบรรยากาศซึ่งเป็นความดันต่ำเพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมความดัน เมื่อนึ่งเสร็จแล้วจึงส่งทะลายปาล์มออกจากทางวาล์วประตูหมุน การนึ่งแบบต่อเนื่องนี้รวมการบด อัดแน่น และนึ่งเข้าด้วยกัน ซึ่งช่วยลดการเปลี่ยนแปลงความดันไอน้ำ จำนวนอุปกรณ์ ค่าบำรุงรักษา การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระและกำลังแรงงาน เมื่อเทียบกับการนึ่งแบบกะ (Sivasothy, Basiron, Suki, Taha, Hwa & Sulong, 2006) อีกวิธีการพัฒนาคือการนึ่งด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต (Supercritical carbon dioxide) วิธีการนี้ช่วยแก้ปัญหาน้ำเสียจากการนึ่งด้วยไอน้ำซึ่งมีน้ำมันตกค้างประมาณ 3% ต่อผลปาล์ม สูญเสียรายได้สะสมในรูปแบบน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญ การนึ่งด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีข้อดีคือ ไม่มีสารพิษ ไม่ติดไฟ ราคาไม่แพง และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Norulaini, Ahmad, Omar, Banana, Zaidul & Kadir, 2008)

4.1.2 การอบปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องอบแห้ง

การอบแห้งเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อน การถ่ายเทมวล และการเปลี่ยนวัฏภาค อัตราการอบแห้งกำหนดโดยอุณหภูมิ ความชื้น และอัตราการพาความร้อน (Christine, Rosnah & Azhari, 2014) การอบแห้งปาล์มน้ำมันเป็นวิธีที่เหมาะสำหรับพื้นผิวผลปาล์ม และเป็นไปได้สูงที่จะมาแทนที่การนึ่ง แต่ผลปาล์มก็มีแนวโน้มที่จะเสียหายเมื่อได้รับความร้อนเป็นเวลานาน (Chow & Ma, 2007) การกำหนดระยะเวลาการอบ อุณหภูมิ และความดัน ของการอบแห้งปาล์มน้ำมัน จะส่งผลต่อคุณภาพน้ำมันและปริมาณการได้คืน (Christine, Rosnah & Azhari, 2014) ปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัด (Screw pressing process) โดยรวมขั้นตอนการอบแห้งและการสกัดน้ำมันเข้าด้วยกัน (Hadi, Ng, Choo & Ma, 2012) และมีการพัฒนาเตาอบแห้งที่ผสมผสานกับการสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction) (Ibrahim & Onwualu, 2005) เตาอบแห้งผสมผสานช่วยลดระยะเวลาการปรับสภาพทางความร้อน โดยใช้เวลาเพียง 3 นาที ก็สามารถทำให้ผลปาล์มอ่อนนุ่ม เมล็ดหลุดร่อนจากผลปาล์มได้ง่าย ลดการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระ และช่วยเพิ่มปริมาณการได้คืน (Hadi, Ng, Choo & Ma, 2012)

4.1.3 การอบปาล์มน้ำมันด้วยเตาอบไมโครเวฟ

การอบไมโครเวฟคือการให้ความร้อนแบบไดอิเล็คตริค เกิดจากวัสดุมีสสารที่มีโครงสร้างโมเลกุลแบบมีขั้วเป็นส่วนประกอบ ตัวอย่างเช่นน้ำในวัสดุได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดูดซับพลังงานคลื่น ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนของโมเลกุลภายในวัสดุ จนเกิดเป็นพลังงานความร้อนทั่วทั้งวัสดุ (Venkatesh & Raghavan, 2004) ข้อดีของการปรับสภาพทางความร้อนโดยวิธีการอบไมโครเวฟคือ ความร้อนส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะ ทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง สูญเสียความร้อนให้ผนังด้านในเตาอบและสิ่งแวดล้อมน้อยมาก ลดระยะเวลาการให้ความร้อน สามารถตั้งค่าควบคุมการทำงานได้หลากหลายรูปแบบ ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบมีคุณภาพ (Christine, Rosnah & Azhari, 2014) และมีอัตราให้ความร้อนเร็วขึ้นเมื่อเทียบกับการถ่ายเทความร้อนทั่วไปที่ถ่ายเทความร้อนจากพื้นผิวไปสู่ภายในวัสดุจากการไล่ระดับความร้อน (Thermal gradients) (Nour, Sothilakshmi & Nour, 2010) สำหรับการอบปาล์มน้ำมันด้วยไมโครเวฟ คุณสมบัติไดอิเล็คตริค ของปาล์มน้ำมันแต่ละส่วนมีความแตกต่างกันโดยเฉพาะบริเวณรอยต่อ ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับพลังงานไมโครเวฟ แต่การหลุดร่วงของผลปาล์มจากทะลายด้วยการอบไมโครเวฟไม่ทำให้ส่วนอื่นๆ ได้รับความเสียหาย (Sukaribin & Khalid, 2009) การอบปาล์มน้ำมันด้วยไมโครเวฟที่อุณหภูมิ 100 $^{\circ}$C คุณภาพน้ำมันที่ได้ไม่แตกต่างจากการนึ่งที่อุณหภูมิ 140 $^{\circ}$C ซึ่งระยะเวลาการอบเพียง 3 นาที ก็เพียงพอที่จะแยกเมล็ดออกจากผลปาล์มได้ง่ายและเมล็ดไม่เปลี่ยนสี แต่การให้ความร้อนเป็นเวลานานจะทำให้บริเวณศูนย์กลางของเมล็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและเกิดการไหม้ (Chow & Ma, 2007) อุณหภูมิภายในผลปาล์มโดยเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิพื้นผิว 3-7 $^{\circ}$C (Law, Liew, Chang, Chan & Leo, 2016) การแก้ปัญหาการลดระยะเวลารอคอยปาล์มน้ำมันหลุดร่วงทำได้โดยการเพิ่มระดับพลังงานไมโครเวฟ (Sukaribin & Khalid, 2009) อย่างไรก็ตาม การอบด้วยไมโครเวฟที่กล่าวมาข้างต้นได้ผสมผสานกับการสกัดด้วยตัวทำละลาย ซึ่งช่วยรักษาสภาพการทำแห้ง สี และคุณค่าสารอาหารของปาล์มน้ำมัน (Chow & Ma, 2007)

4.2 การพัฒนาเครื่องสกัดน้ำมันปาล์ม

เครื่องสกัดน้ำมันปาล์มแบบอัดสกรูเป็นวิธีการสกัดทางกลที่นิยมใช้ในปัจจุบัน มีทั้งเครื่องอัดสกรูแบบอัดเดี่ยวและแบบอัดคู่ ขั้นตอนการสกัดน้ำมันมีดังนี้ นำผลปาล์มที่ผ่านการปรับสภาพทางความร้อนป้อนเข้าสู่เครื่องอัดสกรูที่ส่วนป้อน (Feed section) ผลปาล์มถูกลำเลียงเข้ามาและถูกอัดให้รวมตัวกัน ส่วนนี้แรงเสียดทานต่ำ มีความร้อนเกิดขึ้นน้อยมาก จากนั้นผลปาล์มถูกลำเลียงต่อไปยังเครื่องอัดสกรูที่ส่วนอัด (Compression section) แรงอัดเกิดจากระยะห่างระหว่างเกลียวสกรูที่ลดลง หรือร่องเกลียวที่มีความลึกลดลง ส่วนนี้ผลปาล์มจะถูกบดและอัด เกิดความร้อนจากการเสียดสี ทำให้น้ำมันปาล์มถูกบีบแยกออกจากผลปาล์ม โดยทั่วไปเครื่องอัดสกรู ใช้งานง่าย สะดวก ไม่ซับซ้อน แต่ต้องบำรุงรักษาและซ่อมแซมเป็นประจำทุก 1,000 ชม. หรือ 6 เดือน (Harun, Yunus, Morad & Ismail, 2015) การตรวจสอบเครื่องสกัดน้ำมันปาล์มแบบอัดสกรูในโรงงานปาล์มน้ำมันที่ประเทศมาเลเซีย พบว่าเพลาเป็นชิ้นส่วนหลักที่ได้รับความเสียหายเป็นประจำ คือมีสภาพถูกกัดกร่อนหรือแตกหักทุก 6 เดือน เมื่อนำเพลาทดสอบด้วยรูปภาพ การวิเคราะห์ทางเคมีกับวัสดุ และการทดสอบความล้า (Fatigue test) พบว่าส่วนที่ได้รับความเสียหายมากที่สุดคือบริเวณที่เนื้อเพลาถูกเซาะร่องลึก เช่น พื้นผิวรอบๆ เพลาแบบฟันเฟือง (Splined shaft) รูสลักหรือรูกุญแจ (Keyways) หรือรูเพลา (Shaft hole) การแตกหักเนื่องจากความล้า (Fatigue fracture) ของเพลาเป็นการเสียหายที่ร้ายแรงที่สุด เกิดจากส่วนที่เปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหรือส่วนที่เปลี่ยนแปลงรูปทรงของเพลาได้รับภาระหนัก และมีความเค้นรวมศูนย์ (Stress concentration) ความเค้นรวมศูนย์นี้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยการออกแบบชิ้นงานหรือเกิดขึ้นโดยขั้นตอนการสร้างและการประกอบชิ้นงาน โดยทั่วไปการออกแบบเพลามี 2 ลักษณะ คือ การออกแบบถาวร และการออกแบบชั่วคราว ในการออกแบบเพลาของเครื่องสกัดน้ำมันปาล์มแบบอัดสกรูส่วนใหญ่เป็นการออกแบบถาวร แต่สภาพการทำงานจริงก่อให้เกิดปัญหา เนื่องจากพื้นผิวเพลาสัมผัสกับน้ำมันโดยตรง ซึ่งน้ำมันมีคุณสมบัติเป็นกรดไปกัดกร่อนพื้นผิวเพลา ทำให้เพลามีขนาดเล็กลงโดยเฉพาะบริเวณรอบๆ รูกุญแจ ส่งผลให้เพลาเกิดการแตกหักในที่สุด (Loganathan, Purbolaksono, Inayat-Hussain, Muthaiyah & Wahab, 2010)

จากการประมวลแนวทางการพัฒนาวิธีการสกัดน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมสำหรับกลุ่มเกษตรกร การปรับสภาพทางความร้อนปาล์มน้ำมันที่น่าสนใจคือการอบแห้งและการอบไมโครเวฟ เนื่องจากมีงานวิจัยรายงานว่าการผลิตทำได้สะดวกและรวดเร็ว แต่ตัวเครื่องควรแก้ปัญหาให้ผลปาล์มที่อยู่ภายในส่วนลึกได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง เช่น การคลุกเคล้าด้วยใบกวนหรือแรงเหวี่ยง อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบในเชิงเศรษฐศาสตร์ และการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียสำหรับวิธีการปรับสภาพทางความร้อนที่มีลักษณะต่างกัน เพื่อประกอบการพิจารณาในด้านต่างๆ เพิ่มเติม ส่วนการพัฒนาเครื่องสกัดน้ำมันปาล์มให้มีความแข็งแรง ทนทาน มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น ความรู้ที่แก้ปัญหาดังกล่าวเป็นสิ่งที่ควรศึกษาเพิ่มเติมเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะวิธีการปรับสภาพพื้นผิว (Heat treatment) ของเพลาหรือส่วนอื่นๆ ที่สัมผัสกับน้ำมัน ซึ่งจะช่วยลดอัตราการกัดกร่อนให้น้อยลง

5. ปัญหาและความต้องการการวิจัย

จากสถานการณ์ปัจจุบันที่มีปัญหาค่าครองชีพเพิ่มสูงขึ้น และปัญหาราคายางพาราตกต่ำ ซึ่งส่งผลกระทบ ต่อกลุ่มเกษตรกรภาคใต้ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงทบทวนเอกสารเสนอแนวทางให้กลุ่มเกษตรกรหันมาปลูกปาล์มน้ำมัน และมีขั้นตอนการสร้างรายได้ดังภาพที่ 6 เริ่มจากการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน จากนั้นนำปาล์มน้ำมันไปสกัดเป็นน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมในพื้นที่สวนปาล์มของเกษตรกรเอง ซึ่งเกษตรกรจะได้น้ำมัน กากปาล์ม และส่วนที่หลงเหลืออื่นๆ จากปาล์มน้ำมัน สามารถนำไปจำหน่ายสร้างรายได้ ใช้ประโยชน์ หรือทำเกษตรผสมผสานตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เช่น การเลี้ยงสัตว์ด้วยกากปาล์ม เป็นต้น

แต่แนวคิดดังกล่าวยังมีความต้องการการวิจัยในส่วนของการพัฒนาวิธีการสกัดน้ำมันปาล์มสำหรับกลุ่มเกษตรกร ที่ต้องพิจารณาถึงความพร้อมและความเหมาะสมด้านต่างๆ เช่น ต้นทุนการผลิต ปริมาณการได้คืน เครื่องมือและอุปกรณ์ ความสะดวก และการเกิดมลพิษสิ่งแวดล้อม เมื่อพิจารณาจากหัวข้อที่ 4.1 ผู้เขียนบทความเกิดแนวคิดว่าการอบแห้งหรือการอบไมโครเวฟปาล์มน้ำมันเป็นวิธีการปรับสภาพทางความร้อนก่อนสกัดน้ำมันที่มีความน่าสนใจและเป็นไปได้ ซึ่งถ้าพัฒนาตัวเครื่องให้มีขนาดเหมาะสมสามารถใช้งานได้จริงในเชิงพาณิชย์ เหมือนกรณีเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านทั่วไป ก็จะช่วยให้แนวคิดนี้สำเร็จได้จริง นอกจากนี้ยังมีความต้องการการวิจัยการพัฒนาเครื่องสกัดน้ำมันในส่วนของความต้านทานการสึกหรอ เพื่อให้เครื่องสกัดน้ำมันมีอายุการใช้งานที่ยาวนานมากยิ่งขึ้น

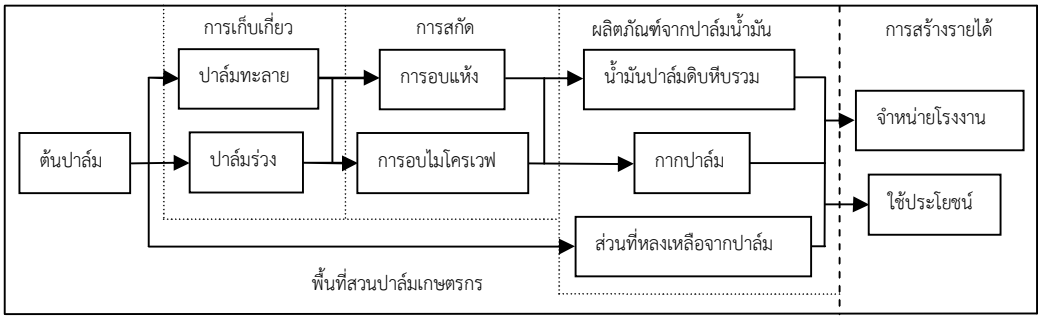
6. สรุป

6.1 ควรส่งเสริมให้เกษตรกรที่ปลูกยางพาราหันมาปลูกปาล์มน้ำมัน โดยผลิตและส่งขายผลผลิตปาล์มน้ำมันในรูปแบบน้ำมันปาล์มดิบหีบรวม เป็นการเพิ่มรายได้และลดค่าครองชีพให้กับกลุ่มเกษตรกรได้ดียิ่งขึ้น ส่วนที่หลงเหลือจากการสกัดก็สามารถจำหน่ายเป็นรายได้เสริม และยังช่วยแก้ปัญหาปริมาณยางพาราล้นตลาด ซึ่งทำให้ราคายางพาราตกต่ำ แต่ทั้งนี้ต้องอยู่บนความสมดุลระหว่างอุปสงค์และอุปทานของปาล์มน้ำมันที่เหมาะสม

6.2 ควรส่งเสริมพัฒนาต่อยอดงานวิจัยการปรับสภาพทางความร้อนปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องอบแห้ง หรือเตาอบไมโครเวฟ เพื่อให้ตัวเครื่องมีขนาดเหมาะสมสำหรับกลุ่มเกษตรกร สามารถใช้งานได้จริงในเชิงพาณิชย์ และผลปาล์มที่อยู่ภายในตัวเครื่องได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง

6.3 ควรมีการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบในเชิงเศรษฐศาสตร์ และการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียสำหรับวิธีการปรับสภาพทางความร้อนปาล์มน้ำมันที่มีลักษณะแตกต่างกัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาความเหมาะสม

6.4 ควรมีการศึกษาวิจัยวิธีการปรับสภาพพื้นผิวของเพลาหรืออุปกรณ์ส่วนอื่นๆ ของเครื่องสกัดน้ำมันปาล์มที่สัมผัสกับน้ำมัน เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของเครื่องสกัดน้ำมัน



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมสำหรับกลุ่มเกษตรกร

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งต่อผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศ์เทพ วีระพงศ์ อาจารย์อดิศร ไกรนรา อาจารย์นพวรรณ แท่นเล็ก และอาจารย์เฉลิมขวัญ สมใจ ที่ให้คำปรึกษาที่มีประโยชน์ ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ให้การสนับสนุนในการเขียนบทความ

8. เอกสารอ้างอิง

กองส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร 1. (2559). **ราคาผลปาล์มและน้ำมันปาล์ม รายวัน เดือน**. ค้นเมื่อ เมษายน 15, 2559, จาก http://agri.dit.go.th/web_dit_sec4/home/index.aspx

จำลอง ปราบแก้ว และคนอื่นๆ. **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการ "การพัฒนาเครื่องแยกผลจากทะลายปาล์มน้ำมันแบบติดตั้งบนรถบรรทุก"**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

จำลอง ปราบแก้ว และคนอื่นๆ. (2545). **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการ "การพัฒนาเครื่องแยกผลจากทะลายปาล์มน้ำมันสำหรับกลุ่มเกษตรกร"**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

จำลอง ปราบแก้ว และปัญญา แดงวิไลลักษณ์. (2547). **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการเครื่องหีบน้ำมันปาล์มขนาดเล็กสำหรับกลุ่มเกษตรกร**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ชนินทร พรนภดล. (2550). **การวิเคราะห์และออกแบบตู้นึ่งปาล์ม**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยวัฒน์ พรหมเพชร. (2556). **เครื่องอบผลปาล์มแบบสกรู**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2556). **โครงสร้างเศรษฐกิจภาคใต้**. ค้นเมื่อ เมษายน 15, 2559, จาก https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/Southern/EconomicReport/DocLib_Structure/EconomicStructure_south.pdf

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคนอื่นๆ. (2548). **เส้นทางสู่ความสำเร็จ การผลิตปาล์มน้ำมัน**. สงขลา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคนอื่นๆ. (2552). **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการ "การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและเพิ่มมูลค่าสวนปาล์มน้ำมัน และพัฒนาอาชีพเสริมของเกษตรกรจากทรัพยากรปาล์มน้ำมัน"**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

บัญชา สมบูรณ์สุข และคนอื่นๆ. (2556). **แนวทางแก้ไขปัญหาราคายางพาราตกต่ำ**. สงขลา : คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บัญญัติ นิยมวาส. (2544). **การพัฒนาระบบอบแห้งผลปาล์ม**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เบญจมาภรณ์ พิมพา และคนอื่นๆ. (2553). **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์การศึกษาปริมาณน้ำมันในทะลายปาล์มสุกและสภาวะการบ่มที่มีผลต่อคุณภาพและปริมาณน้ำมันปาล์มดิบในจังหวัดสุราษฎร์ธานี**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ปริญญา หม่อมพิบูลย์. (2555). **คุณลักษณะการเป็นของเหลวของเชื้อเพลิงที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมผสมกับดีเซล**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ และคนอื่นๆ. (2558). **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการ “กลไกในการวิเคราะห์สถานการณ์ของราคาปาล์มน้ำมัน”**. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (2559). **สาระน่ารู้ : ระบบสกัดน้ำมันปาล์มแบบไม่ใช้ไอน้ำ**. ค้นเมื่อ กันยายน 10, 2559, จาก https://www.mtec.or.th/

สำนักงานพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน. (2558). **คู่มือการฝึกอบรม หลักสูตรพลังงานทดแทนสำหรับอาคารธุรกิจ โครงการพัฒนาบุคลากรด้านพลังงานทดแทนในโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจ**. ปทุมธานี: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.

สมาคมยางพาราไทย. (2559). **ราคายางในตลาดท้องถิ่น**. ค้นเมื่อ เมษายน 15, 2559, จาก http://www.thainr.com/th/?detail=pr-local

สำนักงานการค้าภายในจังหวัดชุมพร. (2559). **ราคารับซื้อ ณ แหล่งผลิตจังหวัดชุมพร ปี 2545-ปัจจุบัน**. ค้นเมื่อ เมษายน 15, 2559, จาก http://www.dit.go.th/chumpon/contentdet.asp?deptid=67&id=8233

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2559). **ระบบสกัดน้ำมันปาล์มแบบแยกเมล็ดโดยไม่ใช้ไอน้ำ**. ค้นเมื่อ เมษายน 15, 2559, จาก http://www.nstda.or.th/nstda-r-and-d/16948-plam-oil-technology

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2557). **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2551-2557**. ค้นเมื่อ เมษายน 15, 2559, จาก http://www.oae.go.th/main.php?filename=journal_all

สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า. (2559). **ตารางสรุปดัชนีราคาผู้บริโภคชุดทั่วไป ปี 2537- 2559**. ค้นเมื่อ เมษายน 15, 2559, จาก http://www.indexpr.moc.go.th/price_present/cpi/stat/others/indexg_report2.asp

สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร. (2554). **การผลิต การตลาด ปาล์มน้ำมัน ปี 2554**. ค้นเมื่อ เมษายน 15, 2559, จาก http://agri.dit.go.th/web_dit_sec4/admin/uploadfiles/multi_files/plame%20for%20you07.pdf

Chow, M.C. & Ma, A.N. (2007). Processing of fresh palm fruits using microwaves. **J. Microwave Power Electromag. Energy**, 40, 165-173.

Christine, J.V.; Rosnah, S. & Azhari, S.B. (2014). Pre-treatment of oil palm fruits: A review. **Journal of Food Engineering**, 143, 123-131.

Hadi, N.A.; Ng, M.H.; Choo, Y.M. & Ma, A.N. (2012). Dry heating of palm fruits: effect on selected parameters. **Am. J. Eng. Appl. Sci.**, 5(2), 128-131.

Harun, M.Y.; Yunus, M.A.C.; Morad, N.A. & Ismail, M.H.S. (2015). An industry survey of the screw press system in palm oil mills: Operational data and malfunction issues. **Engineering Failure Analysis**, 54, 146-149.

Ibrahim, A. & Onwualu, A.P. (2005). Technologies for extraction of oil from oil-bearing agricultural products: a review. **J. Agric. Eng. Technol.**, 13, 58-70.

Jansri, S. (2007). **Kinetics of methyl ester production from crude palm oil by using acid-alkali catalyst**. A Thesis for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering, Graduate School, Prince of Songkla University.

Law, M.C.; Liew, E.L.; Chang, S.L.; Chan, Y.S. & Leo, C.P. (2016). Modelling microwave heating of discrete samples of oil palm kernels. **Applied Thermal Engineering**, 98, 702-726.

Lau, H.L.N.; Choo, Y.M.; Ma, A.N. & Chuah. (2006). Quality of residual oil from palm pressed mesocarp fiber (Elaeis guineensis) using supercritical CO_2 with and without ethanol. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, 83, 893-898.

Leevijit, T. & Prateepchaikul, G. (2011). Comparative performance and emissions of IDI-turbo automobile diesel engine operated using degummed, deacidified mixed crude palm oil–diesel blends. **Fuel**, 90, 1487-1491.

Loganathan, T.M.; Purbolaksono, J.; Inayat-Hussain, J.I.; Muthaiyah, G. & Wahab, N. (2010). Pitting corrosion of triggering initial fractures of palm oil screw press machine shafts. **Engineering Failure Analysis**, 17, 1086-1093.

Ngando-Ebongue, G.F.; Dhouib, R.; Carriere, F.; Amvam, Z.P.H. & Arondel, V. (2006). Assaying lipase activity from oil palm fruit (Elaeis guineensis Jacq.) mesocarp, **Plant Physiol. Biochem**, 44, 611-617.

Norulaini, N.A.N.; Ahmad, A.; Omar, F.M.; Banana, A.A.S.; Zaidul, I.S.M. & Kadir, M.O.A. (2008). Sterilization and extraction of palm oil from screw pressed palm fruit fiber using supercritical carbon dioxide. **Separation and Purification Technology**, 60, 272-277.

Nour, A.H.; Sothilakshmi, R. & Nour, H.A. (2010). Microwave heating and separation of water-in-oil emulsions: an experimental study. **Int. J. Chem. Technol.**, 2, 1-11.

Ogan, I.M.; Marie-Jose D. & Michael N. (2015). Palm oil: Processing, characterizationandutilization in the food industry - A review. **Food Bioscience**, 10, 26-41.

Sivasothy, K.; Basiron, Y.; Suki, A.; Taha, R.M.; Hwa, T.Y. & Sulong, M. (2006). Continuous sterilization: the new paradigm for modernizing palm oil milling, **J. Oil Palm Res.**, April 2006, 144-152.

Sivasothy, K.; Rohaya, M.H. & Basiron, Y. (2005). A new system for continuous sterilization of oil palm fresh fruit bunches. **J. Oil Palm Res.**, 17, 145-151.

Sukaribin, N. & Khalid, K. (2009). Effectiveness of sterilisation of oil palm bunch using microwave technology. **J. Ind. Crops Prod.**, 30 (2), 179-183.

Sumathi, S.; Chai, S.P. & Mohamed, A.R. (2008). Utilization of oil palm as a source of renewable energy in Malaysia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 12, 2404-2421.

Venkatesh, M.S. & Raghavan, G.S.V. (2004). An overview of microwave processing and dielectric properties of agri-food materials. **J. Biosyst. Eng.**, 88 (1), 1-18.

Watcharee, K. & Panee, C. **Biomass ชีวมวล**. Bangkok: Energy for Environment Foundation.