กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร
Executive Summary

โครงการศึกษาวิจัยเชิงนโยบาย การบริหารจัดการอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันแบบครบวงจร ตาม BCG Model

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผล
ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กรกฎาคม 2563

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร

โครงการศึกษาวิจัยเชิงนโยบายการบริหารจัดการอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันแบบครบวงจรตาม BCG Model

จัดทำโดย

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร
โครงการศึกษาวิจัยเชิงนโยบายการบริหารจัดการอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน
แบบครบวงจรตาม BCG Model

แนวโน้มการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมของเศรษฐกิจโลกปัจจุบันกำลังจะเปลี่ยนผ่านจากเศรษฐกิจที่ต้องพึ่งพาฟอสซิลหรือน้ำมันปิโตรเลียมเป็นหลัก ไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยชีวมวล หรือเศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy) เพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกและเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมอย่างยั่งยืน ซึ่งหลักเศรษฐกิจชีวภาพส่งเสริมให้มีการใช้ผลผลิตทางการเกษตรในรูปแบบใหม่เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ เพิ่มประสิทธิภาพและศักยภาพด้านการผลิตในเกษตรกรรม รวมถึงการขยายโอกาสในการจ้างงานจากการก่อตั้งอุตสาหกรรมใหม่ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยมุ่งเน้นการแปรรูปวัตถุดิบจากธรรมชาติ โดยเฉพาะชีวมวลเพื่อผลิตชีวผลิตภัณฑ์ (Bio-product) ที่มีมูลค่าน้อยไปจนถึงผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีหลักการทางเศรษฐกิจที่มุ่งเน้นการบริหารจัดการทรัพยากรให้คุ้มค่าเพื่อลดการเกิดของเสีย ในขณะเดียวกันสามารถรักษาคุณภาพและคุณค่าของวัตถุดิบ ทรัพยากร และผลิตภัณฑ์ไว้ให้ได้มากที่สุด หรือกลับสู่สภาพเดิมและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เพื่อรับมือกับปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรในอนาคตที่เรียกว่า เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ซึ่งมีแนวคิดในการเปลี่ยนระบบการผลิตแบบเดิมซึ่งเรียกว่าระบบเศรษฐกิจแบบเส้นตรง (Linear economy) คือ การนำทรัพยากรธรรมชาติมาผลิตหรือบริการ ใช้แล้วทิ้งเป็นขยะ ไปเป็นการผลิตระบบเศรษฐกิจแบบหมุนเวียนที่เน้นให้มีการนำกลับมาใช้ใหม่ โดยแนวคิดหลักของทั้ง 2 ระบบเศรษฐกิจที่กล่าวมา มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีความสอดคล้องกับหลักการของเศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) ที่เป็นรูปแบบการพัฒนาเศรษฐกิจจะมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างสมดุล ก่อให้เกิดการพัฒนาทั้ง ด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ที่จะนำไปสู่ความยั่งยืนและเพิ่มขีดความสามารถในแข่งขันได้ในระดับสากล รัฐบาลไทยจึงได้มีการประยุกต์ใช้กรอบแนวคิดการพัฒนาโดยยึดระบบเศรษฐกิจทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ Bioeconomy, Circular Economy และ Green Economy เป็นระบบเศรษฐกิจใหม่ในรูปแบบการการพัฒนาเศรษฐกิจแบบองค์รวมนี้ว่า Bio Circular Green Economy (BCG Model) มากำหนดเป็นนโยบายในการขับเคลื่อนอุตสาหกรรมภาคการผลิตของประเทศไทย ด้วยกลยุทธ์การพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ

ปาล์มน้ำมันเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย และเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญในหลายอุตสาหกรรมหลายประเภท ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมพลังงาน และอุตสาหกรรมโอเลโอเคมี อีกทั้งอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันยังส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ดังนั้นเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนและยกระดับBCG Model มาประยุกต์ใช้ในการสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ และสังคมควบคู่ไปกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งในการหาแนวทางในการการสร้างความมั่นคงทางพลังงานของประเทศควบคู่ไปกับการสร้างสมดุลให้อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมในระยะยาวได้ โดยยึดหลักการพัฒนาเศรษฐกิจตาม BCG Model และเพื่อเป็นการขับเคลื่อนตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (Alternative Energy Development Plan: AEDP) ซึ่งปาล์มน้ำมัน

เป็นหนึ่งในชีวมวลที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมพลังงานทดแทนอันได้แก่ ไบโอดีเซล จึงเป็นที่มาของโครงการศึกษาวิจัยเชิงนโยบายการบริหารจัดการอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันแบบครบวงจรตาม BCG Model เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างความสมดุลแก่อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของประเทศ ส่งเสริมการต่อยอด BCG Model เชื่อมโยงอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันแบบครบวงจร ตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ ปลายน้ำ และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เพื่อสร้างความมั่นคงให้แก่อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันและด้านพลังงานของประเทศ รวมไปถึงเป็นแนวทางในการขยายผลการพัฒนากับอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ เพื่อการแก้ไขปัญหาเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม อีกทั้งเป็นการเตรียมความพร้อมเพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนธุรกิจและความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ โดยมีโครงการศึกษาวิจัยเชิงนโยบายการบริหารจัดการอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันแบบครบวงจรตาม BCG Model มีวัตถุประสงค์และผลการศึกษาดังนี้

1. วัตถุประสงค์

1) เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างความสมดุลแก่อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของประเทศ
2) เพื่อเป็นแนวทางส่งเสริมการเชื่อมโยงอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันแบบครบวงจร ตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ ปลายน้ำ และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มปาล์มน้ำมัน และสร้างความมั่นคง
ด้านพลังงานของประเทศ
3) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการขยายผลการพัฒนากับอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ

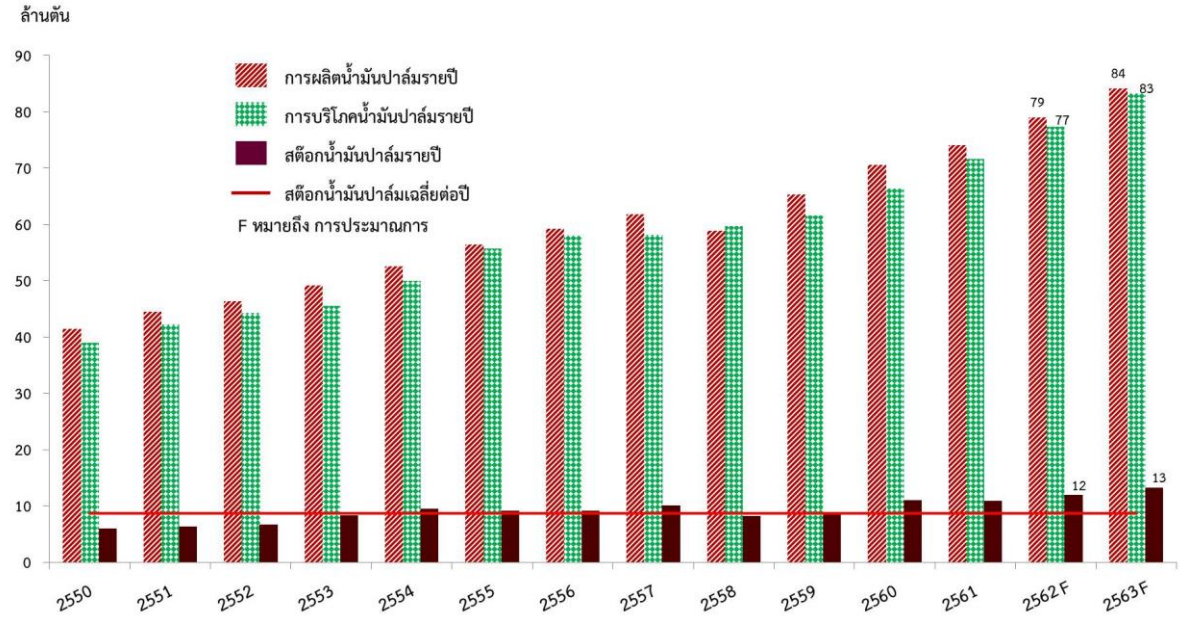
2. สถานภาพอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน

2.1 สถานภาพอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของโลก

ในบรรดาพืชน้ำมันทั้งหมด ปาล์มน้ำมันมีปริมาณการผลิตมากที่สุด ประมาณร้อยละ 36 ของปริมาณน้ำมันพืชทั้งหมด โดยในช่วง ปี 2552–2560 ผู้ผลิตปาล์มน้ำมันสดรายใหญ่ 3 อันดับแรกของโลก คือ อินโดนีเซีย มาเลเซีย และไทย สำหรับประเทศผู้ส่งออกหลักการส่งออกน้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์ในตลาดโลกมีผู้ส่งออกหลัก คือ อินโดนีเซีย และมาเลเซีย สินค้าที่เป็นคู่แข่งหลักของน้ำมันปาล์มอย่างน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันเรพซีด จะมีการกระจายตัวของตลาดมากกว่าตลาดของน้ำมันปาล์ม แต่หากพิจารณาในแง่ของราคา น้ำมันปาล์มยังมีราคาต่ำที่สุด นอกจากนี้พบว่าน้ำมันพืชทั้ง 3 ชนิด ยังคงมีตลาดเดียวกัน คือ ประเทศอินเดีย จีน เม็กซิโก และสหรัฐอเมริกา แต่สำหรับน้ำมันปาล์ม ประเทศที่มีการบริโภคหลัก 5 อันดับแรกของโลก คือ อินโดนีเซีย อินเดีย สหภาพยุโรป จีน และมาเลเซีย ในปัจจุบันทุกประเทศที่ผลิตพืชน้ำมัน กำลังดำเนินนโยบายการพัฒนาอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับพืชน้ำมันซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ 1) การลดการพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศ 2) เพิ่มรายได้จากการส่งออก 3) ส่งเสริมการเพิ่มมูลค่าอุตสาหกรรมภายในประเทศ ส่งเสริมวิธีการผลิตแบบยั่งยืน ซึ่งถือเป็นปัจจัยหลัก ที่ส่งผลต่อแนวโน้มการบริโภคพืชน้ำมันในตลาดโลก

อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันในระดับโลกนั้นมีความเสี่ยงด้านความมั่นคงทางด้านอาหารอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากการผลิตปาล์มน้ำมันมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี และหากพิจารณานโยบายด้านปาล์มน้ำมันของแต่ละประเทศซึ่งส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญกับความต้องการของตลาดเพื่อการบริโภคสำหรับอาหารเป็น

อันดับแรก ส่งผลให้การใช้น้ำมันปาล์มในอุตสาหกรรมอื่นมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ดังนั้นจึงทำให้ความมั่นคงด้านพลังงาน มีความเสี่ยงอยู่ในระดับต่ำเช่นเดียวกัน โดยสังเกตได้จากสต็อกน้ำมันปาล์มในตลาดโลกในช่วงปี 2559-2562 มีปริมาณที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยระหว่างปี 2550-2561 ดังแสดงแนวโน้มการผลิต การบริโภค และสต็อกน้ำมันปาล์มดิบของโลก ในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แนวโน้มการผลิต การบริโภค และสต็อกน้ำมันปาล์มดิบของโลก ปี 2550-2563

นอกจากการผลิตน้ำมันปาล์มที่มีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปีแล้ว ประเทศผู้นำทางการผลิต เช่น มาเลเซีย อินโดนีเซีย ผู้นำทางด้านเทคโนโลยีการผลิตในอุตสาหกรรมน้ำมันพืช เช่น สหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา และผู้บริโภคน้ำมันรายใหญ่ เช่น อินเดีย จีน สหภาพยุโรป เป็นต้น มีความพยายามที่จะพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตน้ำมันพืชและน้ำมันปาล์มให้มีประสิทธิภาพในการสกัดปริมาณน้ำมันให้สูงขึ้น และลดการใช้ทรัพยากรในการผลิต เช่น พลังงาน น้ำ เป็นต้น รวมไปถึงการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มมูลค่าของเสียที่เหลือจากการผลิต ให้มีมูลค่าสูงขึ้น หรือมีการใช้ประโยชน์ได้สูงสุด เช่น การผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas) เพื่อผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าจากน้ำเสีย การใช้ประโยชน์จากชีวมวล อาทิ ทะลายปาล์มเปล่า ต้นปาล์ม เพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงและพลังงาน เป็นต้น

2.2 สถานภาพอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันในประเทศไทย

อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของประเทศไทย มีการพัฒนาอย่างครบถ้วนในทั้งอุตสาหกรรมต้นน้ำ และอุตสาหกรรมกลางน้ำ แต่สำหรับอุตสาหกรรมปลายน้ำและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ยังมีการผลิตผลิตภัณฑ์ไม่ครบถ้วน จำเป็นต้องมีการนำเข้าวัตถุดิบมาผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคต่างๆ ทั้งเพื่อการบริโภคภายในประเทศและการส่งออก การผลิตปาล์มน้ำมันของไทย ปัจจุบันทะลายปาล์มน้ำมันสดที่มาจากเกษตรกรจะเข้าสู่โรงงานสกัดหรือโรงหีบและโรงกลั่นน้ำมันปาล์มทั้งหมด เพื่อให้ได้เป็นน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์ตามลำดับ โดยที่ตั้งของโรงสกัดน้ำมันปาล์มจะมีการกระจายตัวอยู่ใกล้กับพื้นที่ที่มีการ

ปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุด คือ บริเวณภาคใต้ของประเทศไทย ส่วนของโรงกลั่นน้ำมันปาล์มจะมีการกระจุกตัวที่บริเวณภาคกลางของประเทศ เหตุผลเพื่อความสะดวกในการขนส่งสินค้าและผลิตภัณฑ์ไปยังอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ในส่วนของโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่จะมีการกระจายอยู่ในภาคกลางและภาคตะวันออกเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะรับวัตถุดิบจากโรงกลั่นน้ำมันปาล์ม และจากที่อื่นๆ มาผลิตเป็นไบโอดีเซล สำหรับอุตสาหกรรมโอเลโอเคมีจะตั้งอยู่บริเวณภาคกลางและภาคตะวันออก โดยผลิตภัณฑ์ที่สำคัญคือ กรดไขมัน แฟตตี้แอลกอฮอล์ อิท็อกซิเลต กลีเซอรีนดิบ กลีเซอรีนบริสุทธิ์ และอิพิคลอโรไฮดริน ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนี้มีปริมาณการนำเข้า และส่งออกในสัดส่วนที่แตกต่างกันไปในแต่ละปี

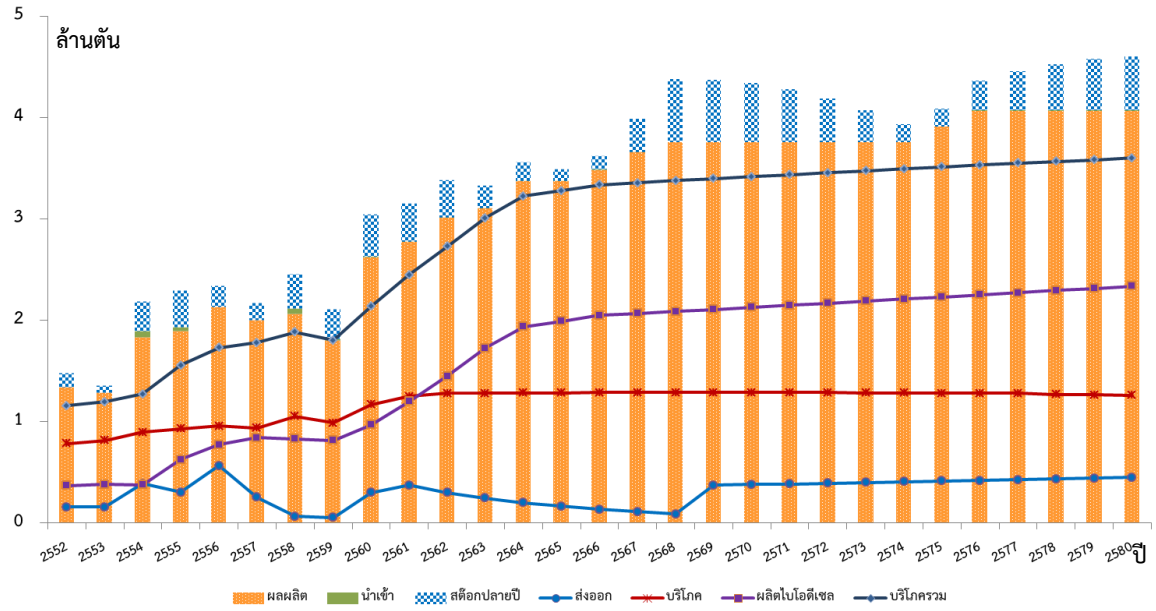
ในปี 2557-2561 ประเทศไทยมีการนำเข้าน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดใน ปาล์มดิบในปริมาณที่น้อยมาก เนื่องจากรัฐบาลได้ประกาศให้จำกัดการนำเข้าสินค้าดังกล่าว เพื่อรักษาเสถียรภาพด้านราคาผลผลิตภายในประเทศ สำหรับอุตสาหกรรมปลายน้ำ มีการนำเข้าน้ำมันปาล์มกลั่นจาก 2 ประเทศหลัก ได้แก่ ประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซีย และมีการนำเข้าไบโอดีเซลจากมาเลเซีย ประเทศไทยมีการส่งออกทั้งน้ำมันเมล็ดในปาล์มดิบ และน้ำมันเมล็ดในปาล์มกลั่น โดยตลาดหลักของการส่งออกน้ำมันเมล็ดในปาล์มดิบตั้งแต่ปี 2556-2562 คือ ประเทศมาเลเซีย ซึ่งมีส่วนแบ่งทางการตลาดเฉลี่ยมากที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 86 รองลงมาคือ สหภาพยุโรป อินเดีย และจีน มีส่วนแบ่งทางการตลาดการส่งออกเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 84 และร้อยละ2 ตามลำดับ ส่วนตลาดหลักของน้ำมันเมล็ดในปาล์มกลั่นของประเทศไทย คือ ประเทศมาเลเซีย ที่มีส่วนแบ่งทางการตลาดเฉลี่ยในช่วงปี 2556-2562 มากถึงร้อยละ 97 และส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 3 เป็นการส่งออกไปยังประเทศต่างๆ เช่น อินเดีย ปากีสถาน กัมพูชา ฟิลิปปินส์ เป็นต้น

จากการประมาณการมูลค่าผลิตภัณฑ์หลักของตลาดภายในประเทศ พบว่า มูลค่าอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของไทยมีมูลค่ารวมประมาณ 205,524 ล้านบาท โดยอุตสาหกรรมต้นน้ำมีมูลค่าประมาณ 48,000 ล้านบาท อุตสาหกรรมกลางน้ำมีมูลค่าประมาณ 60,000 ล้านบาท อุตสาหกรรมปลายน้ำ 71,000 ล้านบาท และอุตสาหกรรมต่อเนื่องโดยตรงจากน้ำมันปาล์ม คือ อุตสาหกรรมโอเลโอเคมี ซึ่งมีมูลค่าประมาณ 27,000 ล้านบาท จะเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่ คือ อุตสาหกรรมน้ำมันพืช และอุตสาหกรรมไบโอดีเซล

สำหรับแนวโน้มของอุปสงค์และอุปทานอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันไทยในปัจจุบันและอนาคตนั้น เมื่อพิจารณาข้อมูลในช่วงปี 2561-2562 จะเห็นว่าการผลิตน้ำมันปาล์มมีการเติบโตเฉลี่ยร้อยละ 7.2 ต่อปี สำหรับภาคการส่งออกน้ำมันปาล์มดิบในปัจจุบันมีความผันผวนค่อนข้างมาก ในการศึกษานี้จึงใช้การเติบโตภาคการส่งออกที่ประเทศไทยได้รับผลกระทบมาใช้ในการประเมินอัตราการส่งออกร้อยละ -18 เนื่องจากปัจจุบันอินเดียได้มีการขึ้นภาษีการนำเข้าน้ำมันปาล์มดิบ เพื่อปกป้องเกษตรกรภายในประเทศ ส่งผลต่อปริมาณการส่งออกของประเทศไทย ซึ่งปัจจุบันส่งผลกระทบต่อยอดส่งออกลดลงร้อยละ -15 และผลกระทบจากนโยบายกีดกันทางการค้าของสหภาพยุโรปที่ส่งผลกระทบโดยตรงกับผู้ผลิตหลักอย่าง มาเลเซียและอินโดนีเซียและมีมีผลกระทบกับตลาดส่งออกของไทยเช่นเดียวกัน ซึ่งทำให้อัตราการส่งออกลดลงเล็กน้อย และการนำเข้าน้ำมันปาล์มกำหนดให้คงที่ในปริมาณต่ำสุดตามกรอบการค้าที่ 2,560 ตันต่อปี เนื่องจากประเทศไทยมีการจำกัดการนำเข้าเพื่อรักษาเสถียรภาพด้านราคาน้ำมันปาล์มดิบอยู่แล้ว

ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันสดภายในประเทศ สำหรับการบริโภคคำนวณโดยใช้จำนวนประชากรที่ศึกษาโดยสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ และการบริโภคไบโอดีเซลในปี 2563

ประมาณการจากนโยบายการใช้ไบโอดีเซลจากร่างแผนพัฒนา AEDP 2018 ที่ได้ประมาณการเติบโตของการใช้ไบโอดีเซลตามแผนร้อยละ 3.77 ต่อปี จากการประมาณการการผลิต การนำเข้า การส่งออก และการบริโภคน้ำมันปาล์มดิบ จะส่งผลให้ประเทศไทยมีสต็อกน้ำมันปาล์มดิบในช่วงปี 2564-2566 มีแนวโน้มลดลง และจะเริ่มปรับตัวสูงขึ้นอีกครั้งในช่วง ปี 2569–2572 ดังแสดงแนวโน้มในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แนวโน้มการผลิต การนำเข้า การส่งออก การบริโภค และสต็อกน้ำมันปาล์มดิบ

3. พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน

จากข้อมูลสถิติปี 2561ประเทศไทยมีเกษตรกรที่ปลูกปาล์มน้ำมันมากกว่า 235,386 ครัวเรือน มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมด 6.97 ล้านไร่ ผลผลิตปาล์มสดรวม 15,389,225 ตัน ผลผลิตปาล์มสดต่อไร่ 3,024 กิโลกรัม พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่อยู่ในภาคใต้ คิดเป็นร้อยละ 83 ของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมด รองลงมาเป็นภาคตะวันออก ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาระดับความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงซ้อนทับร่วมกันโดยผ่านวิธีการ Weighted Linear Combination พบว่าพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันอยู่ในเขตความเหมาะสมสำหรับปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมด 4.66 ล้านไร่ จากพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมด 6.97 ล้านไร่ สามารถจำแนกระดับความเหมาะสมของพื้นที่ได้ดังนี้

ปาล์มน้ำมันที่ปลูกในพื้นที่เหมาะสมมาก	0.85	ล้านไร่
ปาล์มน้ำมันที่ปลูกในพื้นที่เหมาะสมปานกลาง	1.43	ล้านไร่
ปาล์มน้ำมันที่ปลูกในพื้นที่เหมาะสมน้อย	0.66	ล้านไร่
ปาล์มน้ำมันที่ปลูกในพื้นที่ไม่เหมาะสม	1.72	ล้านไร่

ความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกปาล์มน้ำมันถูกกำหนดโดยข้อจำกัดของคุณภาพของที่ดิน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความต้องการของพืช ด้านการจัดการพื้นที่ และด้านการอนุรักษ์ ซึ่งข้อจำกัดของคุณภาพดินในพื้นที่เฉพาะสำหรับปลูกปาล์มน้ำมันในด้านต่างๆ สามารถนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยจัดการ แก้ไขหรือ

ปรับปรุงข้อจำกัดของพื้นที่ เพื่อให้สามารถเปลี่ยนเป็นพื้นที่เหมาะสมมากสำหรับปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อให้มีผลผลิตต่อไร่ และเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงขึ้นได้

4. การศึกษาด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ในการส่งเสริมการปลูกปาล์มน้ำมัน

4.1 การประเมินพืชเศรษฐกิจที่มีปัญหาและส่งเสริมการปลูกปาล์มน้ำมันทดแทน

จากการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการการปลูกพืชเศรษฐกิจ 6 ชนิด ได้แก่ ข้าว ยางพารา อ้อย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มันสำปะหลัง และปาล์มน้ำมัน โดยพิจารณาปัจจัย 3 ด้าน คือ เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม พบว่า ข้าวและยางพาราเป็นพืชที่ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามในการส่งเสริมการปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อทดแทนพืชเศรษฐกิจที่มีปัญหาดังกล่าว จำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยสำคัญที่ทำ ให้การปลูกปาล์มน้ำมันมีประสิทธิภาพและเพื่อให้ได้ผลผลิตสูง นั่นคือ ควรปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมสูง ซึ่งเมื่อพิจารณาจากข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน พืชเศรษฐกิจที่มีการเพาะปลูกในพื้นที่เหมาะสมกับการปลูกปาล์มน้ำมันสูง คือ ยางพารา ข้าว และมันสำปะหลัง ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน และพืชเศรษฐกิจที่มีผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม พบว่า ยางพาราเป็นพืชที่ปลูกในพื้นที่ที่เหมาะสมกับการปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุด หรือประมาณ 34,500 ไร่ ในขณะที่พืชอื่นๆ มีพื้นที่ปลูกในพื้นที่ที่เหมาะสมกับการปลูกปาล์มน้ำมันตั้งแต่ 50 ไปจนถึง 3,500 ไร่ จากจำนวนพื้นที่ปลูกข้างต้น ยางพาราจึงเป็นพืชที่ควรทำการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการเงินในการนำปาล์มน้ำมันไปส่งเสริมปลูกทดแทนต่อไป

4.2 ความคุ้มค่าในการลงทุน การปลูกปาล์มทดแทนพืชเศรษฐกิจในพื้นที่แต่ละภาค

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการเงินของการปลูกปาล์มน้ำมันทดแทนยางพาราในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการปลูกปาล์มน้ำมันสูง ซึ่งกระจายตัวอยู่ใน 3 ภูมิภาค คือ ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ พบว่าการปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อทดแทนยางพาราไม่มีความคุ้มค่าทั้งทางเศรษฐศาสตร์และทางการเงินในทั้ง 3 ภูมิภาค โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่การปลูกทดแทนไม่มีความคุ้มค่ามากที่สุด รองลงมาคือภาคตะวันออก และภาคใต้ตามลำดับ ดังนั้นการส่งเสริมการปลูกปาล์มน้ำมันทดแทนยางพาราจึงเป็นแนวทางที่ไม่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย เนื่องจากการปลูกปาล์มน้ำมันให้ผลตอบแทนที่ต่ำกว่าการปลูกยางพารา

4.3 การกำหนดพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทดแทนพืชเศรษฐกิจ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตและความต้องการน้ำมันปาล์มดิบให้สอดคล้องกับเป้าหมายตามร่างแผน AEDP 2018 พบว่า พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันไม่ควรเพิ่มเกิน 1.54 ล้านไร่ นับจากปัจจุบันจนถึงปี 2567 หากผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ยังคงเป็น 3.02 ตันต่อไร่ เหมือนในปัจจุบัน และมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันร้อยละ 19 หลังจากปี 2567 ก็ยังไม่ควรเพิ่มพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันหากแผนการบริโภคไบโอดีเซลเป็นไปตามร่างแผน AEDP 2018 จึงได้ทำการศึกษาการเพิ่มผลผลิตปาล์มน้ำมันด้วยการปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อทดแทนพืชอื่นในพื้นที่ต่างๆ เช่น สวนปาล์มน้ำมันเก่า สวนยางพาราในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม สวนผลไม้ร้าง พื้นที่ดินพรุในสามจังหวัดชายแดนใต้ และพื้นที่เขตลุ่มน้ำปากพนัง พบว่าไม่ควรขยายพื้นที่ปลูกเมื่อคำนึงถึงผลกระทบในด้านต่างๆ แต่ควรให้ความสำคัญกับการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตจากพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเดิมเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตปาล์ม

น้ำมันให้มากขึ้นแทน โดยควรส่งเสริมให้มีการปรับปรุงพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้

4.4 ผลกระทบจากการส่งเสริมการปลูกปาล์มน้ำมัน

จากผลการศึกษาด้านการกำหนดพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อทดแทนพืชเศรษฐกิจควรปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเดิมที่มีอยู่ในปัจจุบันดังที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อพิจารณาด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม เฉพาะกรณีที่มีความคุ้มค่าทั้งทางเศรษฐกิจและการเงินจะมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ควรปรับปรุงรวมทั้งสิ้นประมาณ 1,228,740 ไร่ โดยคาดการณ์ว่าจะมีผลผลิตปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น 2,376.65 ล้านกิโลกรัมหลังทำการปรับปรุงพื้นที่ และส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1,501.43 บาทต่อไร่ เกิดผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ต่อประเทศเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1,913.65 บาทต่อไร่ และเกิดผลประโยชน์ต่อเศรษฐกิจในภาพรวมของประเทศทั้งสิ้นประมาณ 3 ล้านบาท ตลอดอายุเฉลี่ยโครงการ 15 ปี ในการลงทุนและได้รับผลตอบแทนจากการปรับปรุงพื้นที่[1]

อย่างไรก็ตามผลประโยชน์ทางการเงินทั้งปาล์มน้ำมันและยางพาราขึ้นอยู่กับราคาผลผลิตในแต่ละช่วงเวลา ดังนั้นการพิจารณาส่งเสริมการปลูกแทนหรือการปรับปรุงพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันจึงมีความจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยด้านราคา ณ ขณะที่กำหนดนโยบาย รวมถึงการบริหารจัดการอุปสงค์และอุปทานของปาล์มน้ำมันให้เหมาะสม เพื่อให้การส่งเสริมการปลูกทดแทนหรือการปรับปรุงพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

5. การเพิ่มประสิทธิภาพอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันแบบครบวงจรตลอดห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain): อุตสาหกรรมต้นน้ำ กลางน้ำ ปลายน้ำ และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง

อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันเป็นอุตสาหกรรมที่มีผู้เกี่ยวข้องหลายภาคส่วน ตั้งแต่เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันรายย่อย ซึ่งอาจมีการรวมตัวกันในลักษณะนิติบุคคลต่างๆ เช่น สหกรณ์ สมาคม หรือ การรวมตัวกันในลักษณะที่ไม่ใช่นิติบุคคล ผู้ประกอบการที่เกี่ยวกับอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน ผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับชีวมวล รวมทั้งหน่วยงานต่างๆ จากการสำรวจความเห็นของเกษตรกรพบว่าปัญหาหลักในอุตสาหกรรมต้นน้ำหรือการปลูกปาล์มน้ำมันคือ เกษตรกรขาดความรู้ความเข้าใจ และการจัดการในด้านต่างๆ เช่น เงินลงทุน เทคโนโลยีการปลูก การใช้ปุ๋ย ส่งปริมาณผลให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ ซึ่งแนวทางในการแก้ปัญหาคือ ควรให้ความรู้ในเชิงวิชาการและภูมิปัญญาชาวสวนในการจัดการสวนที่ดีเพื่อให้เกษตรกรสามารถพึ่งพาตนเองได้ และสามารถผลิตปาล์มน้ำมันที่มีคุณภาพ นอกจากนี้รัฐบาลควรมีนโยบายออก พ.ร.บ. ปาล์มน้ำมัน เพื่อกำกับและควบคุมผู้ประกอบการลานเทให้มีมาตรฐานที่ชัดเจน มีการขึ้นทะเบียนและอยู่ในการควบคุมของหน่วยงานที่รับผิดชอบ เพื่อผลักดันให้เกิดอุตสาหกรรมต่อเนื่องในประเทศไทย

ในอุตสาหกรรมกลางน้ำหรือการสกัดน้ำมันนั้น เมื่อนำวัตถุดิบตั้งต้นคือผลปาล์ม เข้าสู่กระบวนการผลิตสำหรับการสกัดน้ำมัน จะได้น้ำมันปาล์มดิบเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย นอกจากนี้ยังมีเศษเหลือใน

[1]อายุเฉลี่ยของโครงการในการปรับปรุงพื้นที่ ประมาณจากผลประโยชน์ที่จะได้รับหลังการปรับปรุงพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน ซึ่งอาจจะมีการปรับปรุงพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเดิมที่มีอายุการปลูกปาล์มน้ำมันขณะเริ่มปรับปรุงแตกต่างกันออกไปในแต่และบริเวณ การศึกษาครั้งนี้จึงประมาณการอายุเฉลี่ยของโครงการไว้ที่ 15 ปี ซึ่งจะมีระยะเวลาสั้นกว่าการปลูกปาล์มน้ำมันปกติที่มีอายุโครงการเฉลี่ยประมาณ 25 ปี

กระบวนการ เช่น ทะลายปาล์มเปล่า เมล็ดในปาล์ม กะลาปาล์ม และเส้นใยปาล์ม เป็นต้น โดยแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพ คือการนำเศษเหลือต่างๆ ซึ่งเป็นแหล่งชีวมวลไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำ หรือนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ เส้นใย อุตสาหกรรมปุ๋ย เป็นต้น ส่วนที่เหลือจากกระบวนการผลิตอื่นๆ เช่น ไอน้ำ และน้ำเสีย สามารถนำไปทำเป็นน้ำหมักเพื่อผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ (Biogas) และปุ๋ยสำหรับภาคการเกษตร ในส่วนของเทคโนโลยีควรมุ่งเน้นการลดการสูญเสียเปอร์เซ็นต์น้ำมันในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม การลดการใช้พลังงานและน้ำ การเพิ่มประสิทธิภาพบางขั้นตอนเพื่อลดต้นทุนการผลิต การลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการมุ่งเน้นการปรับปรุงเทคโนโลยีในด้านการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันดิบเพื่อให้จำหน่ายได้มูลค่าสูงขึ้น หรือเพิ่มมูลค่าจากการแยกเมล็ดในปาล์มดิบที่กระบวนการผลิตแบบเดิมไม่สามารถแยกได้ ก็เป็นอีกหนึ่งแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพในอุตสาหกรรมกลางน้ำเช่นกัน

ในส่วนของอุตสาหกรรมปลายน้ำหรือการกลั่นน้ำมันปาล์ม ควรให้ความสำคัญในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของเทคโนโลยีเดิม ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อให้ได้น้ำมันที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น และมีคุณสมบัติที่หลากหลายขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่นำน้ำมันไปใช้ในรูปแบบต่างๆ ถึงแม้จะมีเทคโนโลยีใหม่ที่อาจจะทำให้เกิดการพัฒนาที่สำคัญ เช่น Enzymatic Degumming Short-path Distillation และ Supercritical Processing เป็นต้น แต่ก็ยังมีข้อจำกัดด้านขนาดของเทคโนโลยีการผลิต ข้อจำกัดด้านเทคนิคบางประการ เช่น การกำจัดกลิ่น และข้อจำกัดด้านการลงทุนและต้นทุนการผลิตที่ยังคงสูงอยู่สำหรับเทคโนโลยีใหม่ จึงไม่สามารถทำการจัดเรียงหรือคัดเลือกเทคโนโลยีได้เนื่องจากขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านการลงทุนของแต่ละโรงงาน

สำหรับอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่างๆ ซึ่งแบ่งเป็น อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงพลังงาน อุตสาหกรรมโอเลโอเคมี และอุตสาหกรรมเยื่อและเส้นใย สามารถสรุปแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพได้ดังนี้

1) อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงพลังงาน จะเป็นแนวทางการทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ ทั้งทางบกและทางอากาศ โดยการเพิ่มสัดส่วนการผสมให้สูงขึ้น โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ผลิตภัณฑ์ อันได้แก่ ไบโอดีเซลคุณภาพสูงสำหรับการผสมในสัดส่วนที่สูงขึ้น และ Biohydrotreated diesel (BHD) ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายน้ำมันดีเซลฟอสซิส ที่มี co-product คือ น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานชีวภาพ (Biojet)

2) อุตสาหกรรมโอเลโอเคมี โดยเน้นสองผลิตภัณฑ์หลัก คือ เมทิลเอสเทอร์ซัลโฟเนต และกลีเซอรีนบริสุทธิ์ โดยเน้นมูลค่าที่เกิดขึ้นและความเป็นไปได้ในการผลิตจากวัตถุดิบที่ได้จากอุตสาหกรรมปลายน้ำ โดยที่เมทิลเอสเทอร์ซัลโฟเนตสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลของเมทิลเอสเทอร์ โดยเพิ่มเทคโนโลยีการเติมหมู่ซัลโฟเนตในเมทิลเอสเทอร์ ซึ่งมีหลายเทคโนโลยีขึ้นกับขนาดของโรงงาน โดยได้เสนอแนะเทคนิคการใช้โซเดียมไบซัลไฟต์ เนื่องจากลดการเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมได้ดีกว่า และเครื่องมือที่ใช้ยุ่งยากน้อยกว่า รวมทั้งสามารถใช้น้ำมันที่ใช้แล้วมาเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตอุตสาหกรรมผงซักฟอกซึ่งในปัจจุบันต้องนำเข้า และผลิตจากสารเคมีสังเคราะห์เป็นหลัก สำหรับผลิตภัณฑ์กลีเซอรีนบริสุทธิ์ เป็นผลผลิตที่ได้จากการผลิตไบโอดีเซลเช่นกัน ซึ่งการนำมาเพิ่มความบริสุทธิ์มากขึ้นและเพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์ ทำให้เพิ่มความบริสุทธิ์มูลค่าเกรดของกลีเซอรีนบริสุทธิ์ทำให้สามารถใช้ในอุตสาหกรรมขั้นสูง เช่น เครื่องสำอาง หรือทาง

การแพทย์ได้ นอกจากนี้ยังมีสารหล่อลื่นชีวภาพ (Biolubricant) ที่มีความต้องการเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงเป็นอีกผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจสำหรับอุตสาหกรรมโอเลโอเคมี

3) อุตสาหกรรมเยื่อและเส้นใย ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าเศษเหลือทิ้งจากการสกัดน้ำมันในโรงงานสกัดน้ำมันและในสวนปาล์ม โดยที่แนวทางในการเพิ่มมูลค่าการใช้เยื่อ เส้นใยของทะลายปาล์ม กาบใบ และลำต้นปาล์ม สำหรับทำผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์กระดาษ หรือนำมาทำเฟอร์นิเจอร์ ด้วยการปรับปรุงเทคนิคเดิมจากการเตรียมเยื่อด้วยวิธีเดิมแบบคราฟท์ (Kraft pulping) เป็นการระเบิดด้วยไอน้ำ (Stream explosion) ทำให้ลดการใช้สารเคมีและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการนำลิกนินกลับมาใช้ใหม่ สามารถเพิ่มมูลค่าใช้อุตสาหกรรมต่างๆ ได้อีกทางหนึ่ง

6. การประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของการปลูกปาล์มน้ำมันและผลิตภัณฑ์น้ำมันปาล์ม

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprint of Product) คือการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน ในการศึกษานี้จะรวบรวมเฉพาะผลิตภัณฑ์หลักของอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน ดังนี้

6.1 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์การปลูกปาล์มน้ำมัน (Oil Palm Plantation)

จากการศึกษาแยกรายภูมิภาคได้พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคใต้ และภาคตะวันออก คิดเป็น 190.21, 117.90, 110.35, 88.93 และ 84.99 $kgCO_2eq./tonne$ FFB ตามลำดับ โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการปลูกปาล์มน้ำมันของประเทศไทยจากสัดส่วนผลผลิตปาล์มน้ำมันในแต่ละภูมิภาค มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 91.24 $kgCO_2eq./tonne$ FFB ผลกระทบส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นมาจากการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน การผลิตปุ๋ยเคมี และการใช้เชื้อเพลิงในเครื่องจักรกลการเกษตร หากพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Land Use Change : LUC) ของการปลูกปาล์มน้ำมัน พบว่าการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่ามาปลูกปาล์มน้ำมันก่อให้เกิดผลกระทบด้านลบคือ ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น กรณีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ไม้ยืนต้น (สวนผลไม้) ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น ส่วนกรณีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ปลูกพืชไร่ (พืชล้มลุก) ข้าว และพื้นที่รกร้าง มาปลูกปาล์มน้ำมันก่อให้เกิดผลกระทบด้านบวก คือ มีการกักเก็บคาร์บอนในสวนปาล์ม จึงช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก LUC ของการปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทยเท่ากับ 45 $kgCO_2eq.$ต่อตันทะลายปาล์มสด

6.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

ผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่โรงงานไม่มีระบบผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas) คิดเป็น 1,580 $kgCO_2eq$ ต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ โดยเกิดจากการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเปิด รองลงมา คือ ภาระทางสิ่งแวดล้อมที่ติดตัวมาของผลปาล์มสดที่เข้าสู่กระบวนการผลิต ส่วนกรณีที่โรงงานมีระบบผลิตก๊าซชีวภาพ จะปล่อยก๊าซเรือนกระจก 676 $kgCO_2eq$ ต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งมีค่าต่ำ

กว่ากรณีที่ไม่มีระบบผลิตก๊าซชีวภาพถึงร้อยละ 57 สำหรับการผลิตน้ำมันเมล็ดในปาล์มดิบ มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คิดเป็น 962 $kgCO_2eq$ ต่อตันน้ำมันเมล็ดในปาล์มดิบ

6.3 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์สามารถแบ่งได้เป็น 2 กรณีศึกษา คือ 1) ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิต (ถ่านหินและน้ำมันเตา) และ 2) ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในการผลิต (กะลาปาล์ม ทะลายปาล์มเปล่า และก๊าซชีวภาพ) ผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่โรงงานใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล คิดเป็น 1,081 $kgCO_2eq$ ต่อตันน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ส่วนกรณีโรงงานใช้เชื้อเพลิงชีวมวล ปล่อยก๊าซเรือนกระจก 905 $kgCO_2eq$ ต่อตันน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากรณีที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ประมาณร้อยละ 16 โดยทั้ง 2 กรณีศึกษา ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละผลิตภัณฑ์มีผลกระทบหลักมาจากน้ำมันปาล์มดิบ หากเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งวัตถุดิบระหว่างกรณีศึกษาที่ 1 กับกรณีศึกษาที่ 2 พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งวัตถุดิบของกรณีศึกษาที่ 1 มีค่าสูงกว่า กรณีศึกษาที่ 2 เนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินของกรณีศึกษาที่ 1 จำเป็นต้องนำเข้าถ่านหินจากประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งมีระยะทางขนส่งทางทะเลประมาณ 2,400 กิโลเมตร ในขณะที่กรณีศึกษาที่ 2 ใช้เชื้อเพลิง ชีวมวลซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบภายในโรงงานหรือจากโรงงานใกล้เคียง จึงมีภาระสิ่งแวดล้อมจากการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่น้อยกว่า

6.4 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตไบโอดีเซล

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไบโอดีเซล เมื่อพิจารณาภาระการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต และการขนส่งที่เกี่ยวข้อง สามารถกำหนดกรณีศึกษาออกเป็น 2 กรณี คือ 1) กรณีใช้ไอน้ำที่ผลิตจากก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน ชีวมวล และน้ำมันเตา และ 2) กรณีใช้ไอน้ำที่ผลิตจากเชื้อเพลิงชีวมวลเพียงอย่างเดียว ผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่โรงงานใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวล (กรณีศึกษาที่ 1) คิดเป็น 1,308 kg CO_2eq ต่อตันไบโอดีเซล โดยผลกระทบส่วนใหญ่มาจากวัตถุดิบ (น้ำมันปาล์มกึ่งบริสุทธิ์ ปาล์มสเตียริน และกรดไขมันปาล์ม) รองลงมา คือ การใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต ส่วนกรณีที่โรงงานใช้เชื้อเพลิงชีวมวล (กรณีศึกษาที่ 2) จะปล่อยก๊าซเรือนกระจก 1,238 $kgCO_2eq$ ต่อตันไบโอดีเซล โดยผลกระทบส่วนใหญ่มาจากวัตถุดิบ (น้ำมันปาล์มกึ่งบริสุทธิ์ และปาล์มสเตียริน) ซึ่งกรณีที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเพียงอย่างเดียวในการผลิตไบโอดีเซล มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลร่วมกับเชื้อเพลิงอื่นๆ ประมาณร้อยละ 5 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการผลิตผลิตภัณฑ์หลักของปาล์มน้ำมัน

ผลิตภัณฑ์	**ทะลายปาล์มสด (1 ตันทะลายปาล์มสด)**		**น้ำมันปาล์มดิบ (1 ตันน้ำมันปาล์มดิบ)**		**น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (1 ตันน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์)**		**ไบโอดีเซล (1 ตันไบโอดีเซล)**	
กรณีศึกษา	ภาคใต้	ค่าเฉลี่ย	CPO w/o biogas	CPO with biogas	ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	ใช้เชื้อเพลิงชีวมวล	ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและชีวมวล	ใช้เชื้อเพลิงชีวมวล
GHG emission (kg CO_2eq)	88.51	91.24	1,580	676	1,081	905	1,308	1,238

หมายเหตุ: w/o biogas คือ ไม่มีการติดตั้งระบบก๊าซชีวภาพ และ with biogas คือ มีการติดตั้งระบบก๊าซชีวภาพ

7. แนวทางการขยายการใช้ประโยชน์จากปาล์มน้ำมันตลอดวัฏจักรชีวิตเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตความร้อนและกระแสไฟฟ้า

แนวทางการขยายการใช้จากประโยชน์ปาล์มน้ำมัน ผลพลอยได้ และของเสียจากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน ในด้านพลังงานไฟฟ้าและความร้อน มีเป้าประสงค์ เพื่อทำให้ขยะเหลือศูนย์ โดยการกำจัดด้วยเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพ เพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ หรือที่เรียกว่า “Zero Waste” สามารถดำเนินการได้ 2 แนวทางหลัก คือ การผลิตไฟฟ้า และการผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม สำหรับการผลิตไฟฟ้านั้น แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ และการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล ส่วนการผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม จะเป็นการผลิตโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ ชีวมวลที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ ประกอบด้วย ทะลายปาล์มเปล่า กะลาปาล์ม เส้นใยเปลือกผลปาล์ม และทางใบปาล์ม อย่างไรก็ดี ชีวมวลบางชนิดอาจมีคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมกับการใช้เป็นเชื้อเพลิง เช่น ทางใบปาล์ม เนื่องจากมีความชื้นสูงและมีค่าความร้อนต่ำ จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการแปลงสภาพเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติให้เหมาะสมกับการเป็นเชื้อเพลิงที่ดี ซึ่งสามารถสรุปแนวทางการใช้ประโยชน์วัสดุเหลือใช้และของเสียจากปาล์มน้ำมันในด้านพลังงานไฟฟ้าและความร้อน ดังแสดงในภาพที่ 3

ภาพที่ 3 แนวทางขยายการใช้ประโยชน์วัสดุเหลือใช้ ของเสียจากปาล์มน้ำมันในด้านไฟฟ้า และความร้อน

1) การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียของโรงสกัดน้ำมันปาล์มดิบ แม้ว่าโรงสกัดน้ำมันปาล์มส่วนใหญ่จะมีการติดตั้งระบบผลิตก๊าซชีวภาพแล้ว แต่อย่างไรก็ตามน้ำเสียที่ผ่านระบบผลิตก๊าซชีวภาพ จะยังคงมีค่า COD อยู่ในระดับสูง และยังมีโรงสกัดน้ำมันปาล์มอีกหลายแห่งยังไม่มีระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ดังนั้นจึงมีศักยภาพสำหรับนำมาผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อนำก๊าซชีวภาพที่ได้ไปผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งคิดเป็นมูลค่าเชิงเศรษฐกิจ ประมาณ 394 ล้านบาทต่อปี (อ้างอิงข้อมูลโรงงานสกัด 60 ตันทะลายปาล์มสดต่อชั่วโมง) โดยระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมที่สุด คือ ระบบเทคโนโลยีแบบถังกวนสมบูรณ์ (Continuous Stirred Tank Reactor: CSTR) เนื่องจากมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) สูงสุด ประกอบกับการใช้พื้นที่น้อยในการติดตั้งระบบ ใช้เงินลงทุนปานกลาง และมีประสิทธิภาพในการกำจัด COD สูง รองลงมา คือ ระบบ Covered Lagoon โดยมีค่า NPV เป็นลำดับที่สอง ใช้เงินลงทุนต่ำสุด แต่ต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งระบบมากที่สุดและประสิทธิภาพในการกำจัด COD ต่ำที่สุด อย่างไรก็ดี หากมีการดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบผลิตก๊าซชีวภาพของโรงงานที่ติดตั้งระบบก๊าซชีวภาพไปแล้วให้มีประสิทธิภาพในการกำจัด COD สูงขึ้น รวมถึงการหมักร่วมกับวัสดุเหลือใช้อื่น ๆ เช่น กากตะกอนน้ำมันปาล์ม จะช่วยเพิ่มผลผลิตก๊าซชีวภาพให้สูงขึ้น ส่งผลให้มูลค่าทางเศรษฐกิจจากการลงทุนระบบผลิตก๊าซชีวภาพสูงขึ้นตามไปด้วย สำหรับโรงงานไบโอดีเซลนั้น น้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีค่า COD สูง สามารถนำไปผลิตก๊าซชีวภาพได้เช่นเดียวกับโรงสกัดน้ำมันปาล์ม และในปัจจุบันมีโรงงานไบโอดีเซลเพียง 1-2 โรง ที่มีระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ดังนั้น น้ำเสียจากโรงงานไบโอดีเซล จึงมีศักยภาพสำหรับนำมาผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้

2) การผลิตไฟฟ้าและความร้อนจากเชื้อเพลิงชีวมวลทะลายปาล์มเปล่า มีศักยภาพคงเหลือเพียงพอสำหรับการนำชีวมวลดังกล่าวมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าและความร้อน โดยคิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจประมาณ 4,930 ล้านบาทต่อปี (อ้างอิงข้อมูลโรงงานสกัด 60 ตันทะลายปาล์มสดต่อชั่วโมง) โดยระบบผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด คือ การใช้ทะลายปาล์มเปล่าผสมกับเส้นใยเปลือกผลปาล์มและกะลาปาล์ม เนื่องจาก

มีค่า NPV สูงสุด ประกอบกับการมีปริมาณเชื้อเพลิงเพียงพอสำหรับป้อนเข้าโรงไฟฟ้าทั้งปี สามารถรักษาเสถียรภาพด้านต้นทุนเชื้อเพลิงได้ ส่วนการใช้ทะลายปาล์มเปล่า เพียงชนิดเดียวเป็นเชื้อเพลิง มีความคุ้มค่าทางการเงินรองลงมา เนื่องจากต้องใช้เงินลงทุนสูงกว่าระบบที่ใช้เชื้อเพลิงทั้งสามชนิดผสมกัน นอกจากนี้ ยังต้องดำเนินการปรับปรุงเทคโนโลยีการเผาไหม้ และกระบวนการเตรียมเชื้อเพลิงให้มีความเหมาะสม สำหรับพื้นที่ที่มีศักยภาพ คือ ภาคใต้ เนื่องจากเป็นพื้นที่ปลูกปาล์มและมีโรงสกัดน้ำมันปาล์มแบบใช้ไอน้ำมากที่สุด จึงมีปริมาณวัตถุดิบเพียงพอสำหรับใช้นำมาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า

3) การผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดจากทางใบปาล์ม มีศักยภาพสูงเนื่องจากมีปริมาณชีวมวลคงเหลือในสวนปาล์มจำนวนมาก หากนำทางใบปาล์มจากสวนปาล์มประมาณร้อยละ 70 ของปริมาณที่คงเหลืออยู่จากทั้งประเทศมาแปลงสภาพเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด จะทำให้ได้เชื้อเพลิงชีวมวลที่มีสมบัติเหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งสามารถจำหน่ายให้กับอุตสาหกรรมต่างๆ เพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตความร้อนหรือไฟฟ้าได้ โดยคิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจ ประมาณ 9,000–10,000 ล้านบาทต่อปี ซึ่งจะช่วยสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรได้อีกทางหนึ่ง

4) การนำน้ำมันปาล์มดิบไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเตาในการผลิตไฟฟ้านั้น ไม่มีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันปาล์มดิบมีต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตสูงกว่าราคารับซื้อไฟฟ้า ทำให้ไม่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน โดยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การประเมินศักยภาพและมูลค่าเชิงเศรษฐกิจด้านการผลิตพลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของปาล์มน้ำมัน

ประเด็น	**น้ำเสียจากโรงสกัดน้ำมันปาล์มดิบ/โรงงานไบโอดีเซล**		**การผลิตไฟฟ้าและความร้อน**		**การผลิตไฟฟ้า**	**การผลิตชีวมวลอัดเม็ด**
	CSTR	**Covered Lagoon**	**ทะลายปาล์มเปล่าผสมใยปาล์มและกะลาปาล์ม**	**ทะลายปาล์มเปล่าเพียงชนิดเดียว**	**ใช้น้ำมันปาล์มดิบทดแทนน้ำมันเตา**	**ทางใบปาล์ม**
ศักยภาพวัตถุดิบ	เพียงพอ	เพียงพอ	เพียงพอ	ซื้อจากภายนอก 55%	ช่วงราคาปาล์มน้ำมันตกต่ำ	เพียงพอ
NPV (ล้านบาท)	103.30	93.90	811.68	651.92	ต้นทุนวัตถุดิบสูงกว่าราคารับซื้อไฟฟ้า	-
มูลค่าเชิงเศรษฐกิจ (ล้านบาทต่อปี)	394		4,930			9,000 – 10,000

8. แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยี นวัตกรรม การแปรรูปน้ำมันปาล์มเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ตามรูปแบบการพัฒนาเศรษฐกิจแบบ BCG (Bio Circular Green) Economy

การศึกษาแนวทางพัฒนาเทคโนโลยี นวัตกรรม ในการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ปาล์มน้ำมันตามรูปแบบการพัฒนาเศรษฐกิจแบบ BCG (Bio Circular Green) Economy โดยใช้แนวคิดการวิเคราะห์ SWOT มาใช้ในการวิเคราะห์ถึงจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค แล้วพิจารณาวางแนวทางการพัฒนาโดยใช้แนวคิด TOWS ซึ่งสามารถสรุปแนวทางการพัฒนาที่สำคัญได้ ดังนี้

1) แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีมูลค่าสูงในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ต้องสนับสนุนผู้ประกอบการไทยให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ร่วมกัน เพื่อลดต้นทุนการวิจัย และผลักดันให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมโอเลโอเคมีพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีมูลค่าสูงผ่านการสนับสนุนเงินทุนดอกเบี้ยต่ำ การให้การสนับสนุนด้านเทคโนโลยี และสิทธิประโยชน์ต่างๆ รวมไปถึงการสร้างตลาดภายในประเทศเพื่อรองรับผลิตภัณฑ์ใหม่ อาทิ การจัดงานแสดงสินค้าหรือนำไปใช้ในกิจการต่างๆ ของรัฐ

2) แนวทางในการผลิตที่เป็นนวัตกรรมเพื่อให้เกิดของเสียเป็นศูนย์ (Zero Waste) ควรมีการสนับสนุนทุนวิจัยเพื่อสร้างแรงจูงใจในการวิจัย สร้างโรงงานต้นแบบเพื่อเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ ส่งเสริมให้ภาคอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันนำของเสียไปใช้ประโยชน์ตามหลัก 3Rs (Reduce, Reuse, Recycle) โดยให้สิทธิพิเศษต่างๆ เช่น การลดหย่อนภาษี เป็นต้น

3) แนวทางในการใช้ประโยชน์จากของเสียและเศษวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันแบบครบวงจรในการผลิตพลังงานใช้เองในกระบวนการผลิตหรือจำหน่าย ควรมีการส่งเสริมการนำเศษวัสดุที่ได้จากปาล์มน้ำมันมาใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงาน เพื่อลดปริมาณของเหลือทิ้งและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ โดยสร้างแรงจูงใจในด้านการผลิตเป็นพลังงาน สนับสนุนเงินลงทุนและเทคโนโลยี สนับสนุนธุรกิจที่เสนอแผนการใช้ประโยชน์จากของเสียและเศษวัสดุเหลือใช้ในการผลิตพลังงานใช้เองในกระบวนการผลิตหรือจำหน่าย สนับสนุนการทำงานวิจัยร่วมกันระหว่างมหาวิทยาลัย โรงงาน และหน่วยงานภาครัฐ และการจัดทำฐานข้อมูลปริมาณของเสียและวัสดุเหลือจากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของทั้งประเทศเพื่อให้มีข้อมูลในการวางแผนพัฒนาพลังงานจากชีวมวล

4) แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลและผลิตผลพลอยได้ อาทิ การใช้กลยุทธ์สร้างแรงจูงใจในการใช้ไบโอดีเซลในประเทศ การกำหนดมาตรฐานการผลิตไบโอดีเซลที่ชัดเจน การศึกษาแนวทางการใช้ไบโอดีเซลเพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เพื่อเตรียมพร้อมรับสถานการณ์การใช้น้ำมันที่อาจลดลงและเพิ่มความเข้มงวดในการตรวจสอบย้อนกลับมากขึ้น รวมไปถึงส่งเสริมการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มจากการผลิตไบโอดีเซล เช่น กลีเซอรีนบริสุทธิ์ เมทิสเอสเตอร์ซัลโฟเนท (Methyl Ester Sulfonate : MES) และสารหล่อลื่นชีวภาพ (Biolubricant)

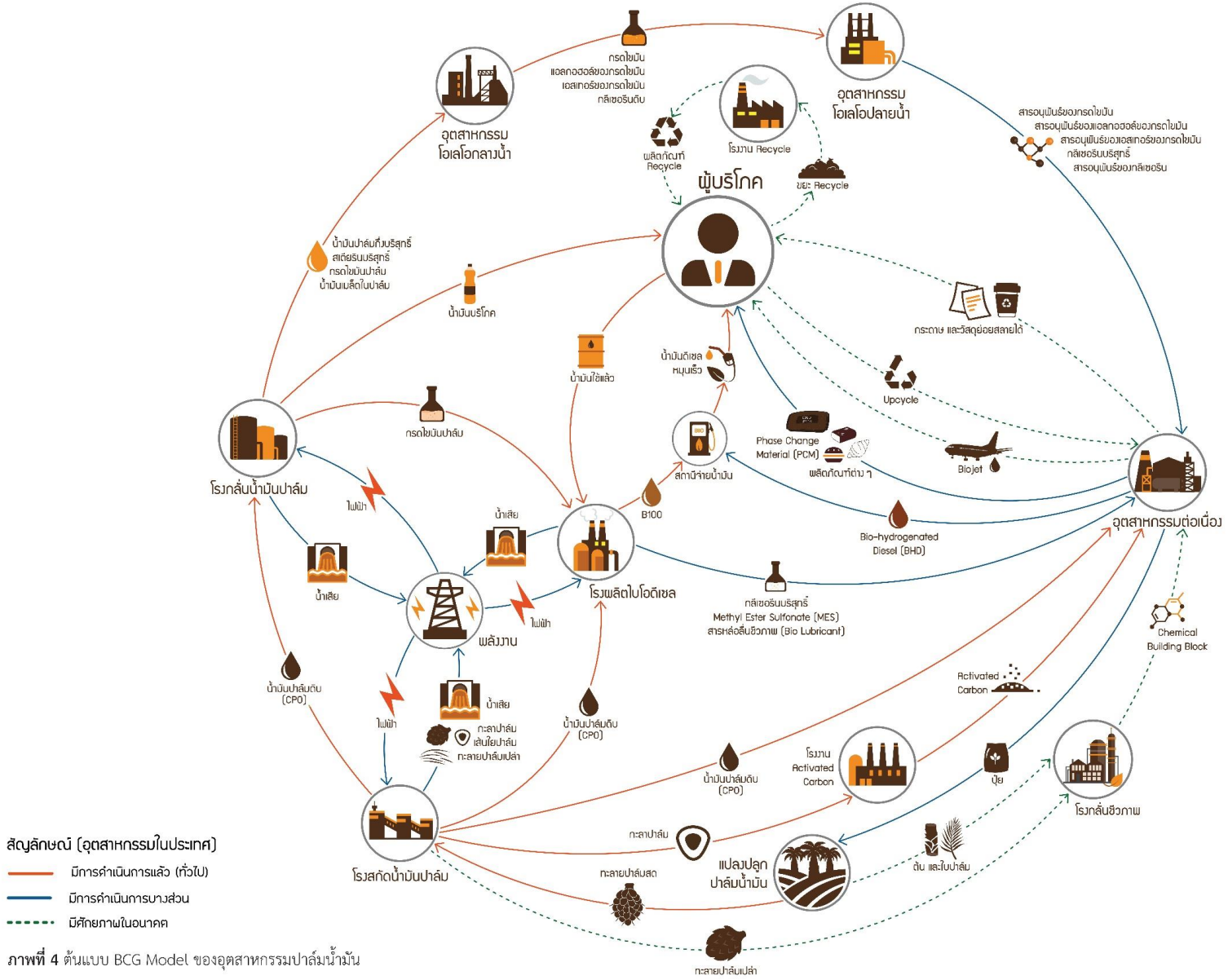
5) การวิเคราะห์ของเสียที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มที่มีโอกาสสร้างมูลค่าเพิ่มและไม่เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมและชุมชนหรือที่เรียกว่า “Zero Waste” นั้น ในปี 2562 สามารถนำของเสียมาบำบัดและสร้างมูลค่าเพิ่มเพื่อให้ของเสียเป็นศูนย์ (Zero Waste) คิดเป็นมูลค่าเพิ่มทั้งประเทศประมาณ 11,100 ล้านบาท ที่ได้จากอุตสาหกรรมปาล์มจากต้นน้ำและโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

จากการศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของอุตสาหกรรมต่อเนื่อง และการเปรียบเทียบโดยใช้แบบจำลองเพชร (Diamond Model) ของกลีเซอรีนบริสุทธิ์ เมทิลเอสเตอร์ซัลโฟเนต และสารหล่อลื่นชีวภาพ เพื่อวิเคราะห์ว่าผลิตภัณฑ์โอเลโอเคมีใดที่มีศักยภาพในการพัฒนาเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและเป็นความต้องการของตลาด สามารถสรุปได้ว่า กลีเซอรีนบริสุทธิ์ เมทิสเอสเตอร์ซัลโฟเนท (Methyl Ester Sulfonate : MES) และสารหล่อลื่นชีวภาพ (Biolubricant) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพในการพัฒนาเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและเป็นความต้องการของตลาด

9. ต้นแบบ BCG ของอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของไทย

ต้นแบบ BCG Model สำหรับอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจควบคู่ไปกับความยั่งยืนทางธรรมชาติด้วยเทคโนโลยีสะอาด ปัจจุบันในอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน มีการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้ 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ส่วนแรกคือชีวมวล และเส้นใยปาล์ม เช่น การฝังกลบส่วนของลำต้นก่อนการปลูกใหม่ หรือ ทิ้งให้ย่อยสลายเป็นปุ๋ยภายในแปลง ใบและทางปาล์มมีการนำไปใช้เป็นวัสดุคลุมดิน ทะลายปาล์มเปล่าที่เหลือจากกระบวนการหีบปาล์มน้ำมัน มีการนำไปใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ด วัสดุคลุมดิน และเป็นวัตถุดิบในการผลิตไฟฟ้า เส้นใยปาล์มมีการนำมาผลิตเป็นพลังงานความร้อนหรือไฟฟ้า ผลปาล์มดิบไปผลิตเป็นปุ๋ยหมัก และกะลาปาล์มที่มีคุณสมบัติให้ความร้อนสูงจะถูกนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานความร้อนและไฟฟ้า หรือ นำไปผลิต Activated Carbon ส่วนที่สองเป็นน้ำมันและไขมัน จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ด้านอาหาร เช่น น้ำมันพืช มาการีน ชอตเทนนิ่ง น้ำมันทอด เป็นต้น ส่วนการใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน เช่น ไบโอดีเซล นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกองค์ประกอบของน้ำมันและไขมัน เช่น กรดไขมันปาล์ม สเตียรินบริสุทธิ์ แอลกอฮอล์ของกรดไขมัน เอสเธอร์ของกรดไขมัน กลีเซอรีนดิบ และสารอนุพันธ์ต่างๆ ไปผลิตเป็นสินค้าอุปโภคบริโภค ส่วนของเศษเหลือจากกระบวนการผลิต ได้แก่ กากปาล์มและน้ำเสีย มีการนำไปผลิตไบโอแก๊สสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อการผลิตพลังงานความร้อนหรือไฟฟ้า ซึ่งถือเป็นวิธีการบำบัดและการใช้ประโยชน์จากน้ำเสียไปด้วยวิธีหนึ่ง ส่วนที่สามคือกากเมล็ดในปาล์มและกากตะกอน จะใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารสัตว์ อย่างไรก็ตามการดำเนินการตามกระบวนการดังกล่าวยังไม่สมบูรณ์นัก อีกทั้งยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ เช่น การนำทะลายปาล์มเปล่ามาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์อาจมีวงจรชีวิตที่สั้นเกินไป ส่งผลให้การใช้ทรัพยากร การสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจและผลกระทบทางด้านสังคมยังไม่เต็มประสิทธิภาพ รวมไปถึงอาจมีความเสี่ยงที่จะปลดปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นเพื่อรักษาความมั่นคงทางวัตถุดิบ เกิดสมดุลของสิ่งแวดล้อม ควบคู่ไปกับการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ จึงควรมีการดำเนินการตามหลักของเศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจชีวภาพให้มากขึ้น เพื่อเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันของอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันด้วยเทคโนโลยีแห่งอนาคต ไม่ว่าจะเป็นการใช้เทคโนโลยีสะอาดอย่างเทคโนโลยีเอนไซม์ การใช้วัตถุดิบจากชีวภาพให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วยเทคโนโลยีการกลั่นชีวภาพ (Biorefinery) ทั้งในด้านการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ และการผลิตวัสดุชีวภาพ เพื่อสนับสนุนการใช้งานผลิตภัณฑ์อย่างครบวงจร และแปรสภาพเพื่อกลับมาใช้ใหม่ด้วยการ Recycle หรือ Upcycle โดยเฉพาะส่วนของพลังงานที่จะนำน้ำเสียมาผลิตเป็นพลังงานความร้อน และไฟฟ้าได้มากขึ้น รวมทั้งการนำเศษเหลือชีวมวล เช่น ทะลายปาล์มเปล่า ลำต้นและทางปาล์ม มาผลิตเป็นพลังงานโดยตรง

หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์พลังงานต่างๆ เช่น เอทานอล ไบโอออยล์ หรือแม้กระทั่งการต่อยอดเทคโนโลยี Hydroprocessing เพื่อผลิต BHD และ BioJet เป็นต้น ซึ่งหากมีการดำเนินการตาม BCG Model แล้ว จะสามารถเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจจากผลิตภัณฑ์ได้อย่างน้อยร้อยละ 19 จากผลพลอยได้อย่างน้อยร้อยละ 12 และจะสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันผลิตภัณฑ์ลงได้สูงถึงร้อยละ 25 นอกจากนี้ยังสามารถผลิตพลังงานหมุนเวียนได้เพิ่มขึ้นจากเดิมถึงร้อยละ 55 โดยการผลิตแบบใหม่จะเป็นระบบที่มีการหมุนเวียนทรัพยากรการผลิตได้มากกว่าเดิม ลดการพึ่งพิงทรัพยากรจากฟอสซิลที่ใช้แล้วหมดไป ทำให้สามารถควบคุมปัจจัยการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดการหมุนเวียนได้อย่างไม่มีที่สิ้นสุด โดยได้แสดงต้นแบบ BCG Model ในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ต้นแบบ BCG Model ของอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน

10. โครงสร้างและการวิเคราะห์ขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของไทย

พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันของไทย มีการกระจายตัวอยู่ทั่วประเทศ แต่ส่วนใหญ่จะปลูกมากบริเวณภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคอีสานตอนบน ซึ่งก็มักจะพบโรงสกัดน้ำมันกระจายตัวอยู่ตามแหล่งที่มีการปลูกหรือใกล้ๆ กับแหล่งวัตถุดิบผลปาล์มสดมากเช่นกัน โดยจะมีการกระจุกตัวอย่างมากในภาคใต้ สำหรับโรงงานแปรรูปอื่นๆ เช่น โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานผลิตไบโอดีเซล โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์โอเลโอเคมี ส่วนใหญ่จะตั้งอยู่บริเวณภาคกลาง และภาคตะวันออก เนื่องด้วยต้นทุนการขนส่งที่ถูกกว่า ปัจจุบันอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของไทย ยังมีจุดอ่อนด้านการผลิตวัตถุดิบมีต้นทุนการผลิตสูงสืบเนื่องจากหลายปัจจัย และยังไม่เป็นไปตามมาตรฐานการผลิตน้ำมันปาล์มอย่างยั่งยืน หรือที่รู้จักในชื่อ มาตรฐาน Roundtable on Sustainable Palm Oil หรือมาตรฐาน RSPO ที่เป็นความต้องการของประเทศคู่ค้าอย่างสหภาพยุโรป ส่งผลให้แนวโน้มอุตสาหกรรมที่สนับสนุนและอุตสาหกรรมต่อเนื่องของอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันจะขยายตลาดผลิตภัณฑ์ในตลาดต่างประเทศและแข่งขันกับวัตถุดิบที่นำเข้ามาจากต่างประเทศนั้นมีความยากลำบาก นอกจากนี้การแข่งขันในอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันนั้นถูกกดดันด้วยปัจจัยต่างๆ อีกหลายด้าน เช่น น้ำมันปิโตรเลียมที่เป็นคู่แข่งทางด้านเชื้อเพลิงมีราคาลดลง หรือแม้แต่การจำหน่ายวัตถุดิบผ่านพ่อค้าคนกลางก็อาจส่งผลให้วัตถุดิบและผลิตภัณฑ์น้ำมันปาล์มมีราคาที่สูงขึ้นได้ แต่ก็ยังมีโอกาสจากเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและการแข่งขันของตลาดภายในประเทศไม่สูงมากนัก หากเทียบกับตลาดต่างประเทศ อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยที่มีผลกระทบเชิงบวกทางด้านความต้องการตลาดที่มีแนวโน้มการบริโภคผลิตภัณฑ์โอเลโอเคมีและสินค้าประเภท Green Product เพิ่มขึ้น แม้ในช่วงนี้จะได้รับผลกระทบจากกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่ลดลง และความไม่แน่นอนจากภัยธรรมชาติที่อาจจะกระทบต่อการผลิตปาล์มน้ำมัน แต่ภาพรวมอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันยังเป็นอุตสาหกรรมที่มีอนาคต ซึ่งรัฐบาลพยายามให้การสนับสนุนด้านปัจจัยการผลิต เทคโนโลยี ถึงแม้อาจมีข้อจำกัดด้านกฎหมายต่างๆ ที่ต้องใช้เวลาในการปรับปรุง

11. แผนพัฒนาและข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของไทย

อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของไทย มีข้อจำกัดด้านการผลิตวัตถุดิบที่มีต้นทุนสูงส่งผลให้อุตสาหกรรมต่อเนื่องต่างๆ มีต้นทุนการผลิตที่สูงตามไปด้วย ประกอบกับข้อจำกัดด้านคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ของตลาดประเทศคู่ค้า ส่งผลให้แข่งขันในตลาดโลกทำได้ยาก แผนพัฒนาในระยะสั้นจึงควรปรับปรุง ดังนี้ 1) ลดต้นทุนการผลิตวัตถุดิบ 2) จัดทำมาตรฐาน RSPO ให้ครอบคลุม 3) พัฒนากำลังคนเพื่อรองรับการพัฒนาเทคโนโลยี 4) แก้ไขกฎหมายและกฎระเบียบสร้างความมั่นใจด้านการลงทุน และสนับสนุนผลิตภัณฑ์ Green Product 5) จัดทำ Zoning ทั้งพื้นที่ปลูกและเขตอุตสาหกรรมที่เหมาะสม 6) พัฒนาและปรับปรุงเทคโนโลยีด้วยนวัตกรรมภายในประเทศ 7) ส่งเสริมการตลาดภายในประเทศและคู่ค้ารายใหม่ 8) รัฐบาลควรมีนโยบายสนับสนุนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเช่น สายส่งไฟฟ้า ระบบชลประทาน เป็นต้น รวมถึงนโยบายการสนับสนุนด้านเงินทุน การพัฒนาอุตสาหกรรมจากระยะสั้นไปสู่ระยะยาวควรเริ่มจากการพัฒนาอุตสาหกรรมต่อเนื่องโดยต่อยอดจากอุตสาหกรรมต่อเนื่องเดิม เช่น กลีเซอรีนบริสุทธิ์ สาร Methyl Ester Sulfonate (MES) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่ใช้ในหลายอุตสาหกรรม และสารหล่อลื่นชีวภาพ (Bio-Lubricant) ที่จะสามารถดูดซับปริมาณน้ำมันปาล์มได้จำนวนมาก ในกรณีที่ปริมาณการใช้น้ำมันไบโอดีเซลอาจลดลงจาก

กิจกรรมทางเศรษฐกิจที่ได้รับผลกระทบจากเหตุสุดวิสัยบางอย่าง ในระยะถัดไปควรพัฒนา โรงกลั่นชีวภาพ (Biorefinery) เพื่อผลิตสารเคมีตั้งต้น (Chemical Building Blocks) สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตวัสดุย่อยสลายได้ต่างๆ หรือการผลิตพลาสติกย่อยสลายได้จากน้ำมันปาล์ม และ Bio-hydrogenated Diesel (BHD) เพื่อเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพทางเลือกใหม่ สำหรับช่วงปลายของแผนพัฒนาควรพัฒนาโรงงาน Electrofuels ที่เป็นการผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน จากการแตกตัวโมเลกุลของน้ำไปเป็นก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซออกซิเจน แล้วนำก๊าซไฮโดรเจนไปรวมกับคาร์บอน ที่ได้มาจากการใช้สารเอมีน (Amine) ที่ผลิตได้จากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันมาเป็นตัวดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศเพื่อเป็นแหล่งคาร์บอน โดยการเริ่มใช้งานระบบครั้งแรกจะใช้พลังงานตั้งต้นจากพลังงานทดแทน เช่น แสงอาทิตย์ พลังงานลม เป็นต้น หลังจากนั้นจะเป็นการใช้พลังงานหมุนเวียนที่เกิดจากความร้อนในระบบไปผลิตกระแสไฟฟ้าต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ

การพัฒนาที่กล่าวมาจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยความร่วมมือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น กระทรวงพลังงาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงอุตสาหกรรม กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กระทรวงพาณิชย์ สถาบันการเงิน และหน่วยงานอื่นๆ

Executive Summary

Policy Research on Using BCG Model in Oil Palm Industry Management

World economic and social driving is currently transiting from fossil or petroleum dependent to bio-based or bioeconomy in order to decline the effect of climate change and to sustainably improve economy and society. This bioeconomy concept aims at promoting creative utilizations of agricultural products to increase value and improve efficiency of existing processes as well as create the growth of employment rate due to emerging industries, transforming low value biomass to high value added bio-product. In addition, there is an economic concept referring effective resource management, which aims to reduce waste generation and to preserve or reuse and recycle the products as much as possible. This aims for preparation of future uncertainty and possible resource shortage. This so-called circular economy pushes the conventional straightforward economy in which the products and services obtained from natural resources are discarded after single use. Regarding, the new economic concept that the products are designed to be reused. The concept from both bioeconomy and circular economy also correlate with green economic concept. This overall concept targets on sustainability economic, social and environmental matters by systematically balancing use of natural resources to support domestic uses and to compete in the international market. Accordingly, Thai government implements these three economic concepts of Bioeconomy, Circular Economy and Green Economy as in short BCG model in the national policy in order to drive agricultural sector based on bioeconomy development strategy.

In Thailand, Oil Palm is one of the economic plants, which involves in the three main sectors food industry, energy industry and oleo-chemical industry. Therefore, BCG model should be implemented to create economic value and social improvement in parallel with environmental protection.

This study focused on the national approach for energy security development in parallel with the sustainable development of palm oil industry based on BCG model. According to the Alternative Energy Development Plan (AEDP), oil palm is also considered as one of the mains feedstock for biofuel and alternative energy production. As a result, this project was carried out the assessment and analysis on the policy management in oil palm industry. The information gathered from upstream to downstream was used as guideline to improve the overall oil palm industry within the concept of energy security. Consequently, a concrete and systematic plan for oil palm industry development and a

business model are objectively expected. The results of the study are briefly presented within executive summary.

1. Objectives

1) To be a guideline to balance the overall oil palm industry in Thailand.
2) To promote further integration of oil palm industry including upstream, midstream, downstream and other relevant industries to create high value-added products and to respond to the concept of energy security.
3) To apply BCG model to improve oil palm industry as well as other relevant industries.

2. Oil palm industry overview

2.1 Global oil palm industry

Among oil crops, palm oil production is expected to be 36% of the total production of oil crops. During 2009–2017, the top-three producers in the world were Indonesia, Malaysia and Thailand whereas the main refined palm oil exporters were Indonesia and Malaysia. Compared to other economic plants such as soybean and rapeseed, the markets of those plant oils were larger, even though, the price was higher than that of palm oil. The countries of destination of those plants were similar, which included China, Mexico and USA. The main palm oil consumer countries were Indonesia, India, Europe, China and Malaysia. Currently, every plant oil producing country is implementing similar development plan for oil palm and related industry which involves 1) being less fossil dependent, 2) increasing exportation and 3) promoting domestic industry by supporting sustainable production as future trend.

Global palm oil industry is considered as low risk regarding the food security due to its high production rate and its annual increasing trend. Also, each country implements policy that prioritizes the production of palm oil for consumption purpose, the risk for energy security is, as a result, also low. This can be seen from the global palm oil stock, which is higher than the normal stock of the last 3 years as shown in Figure 1.

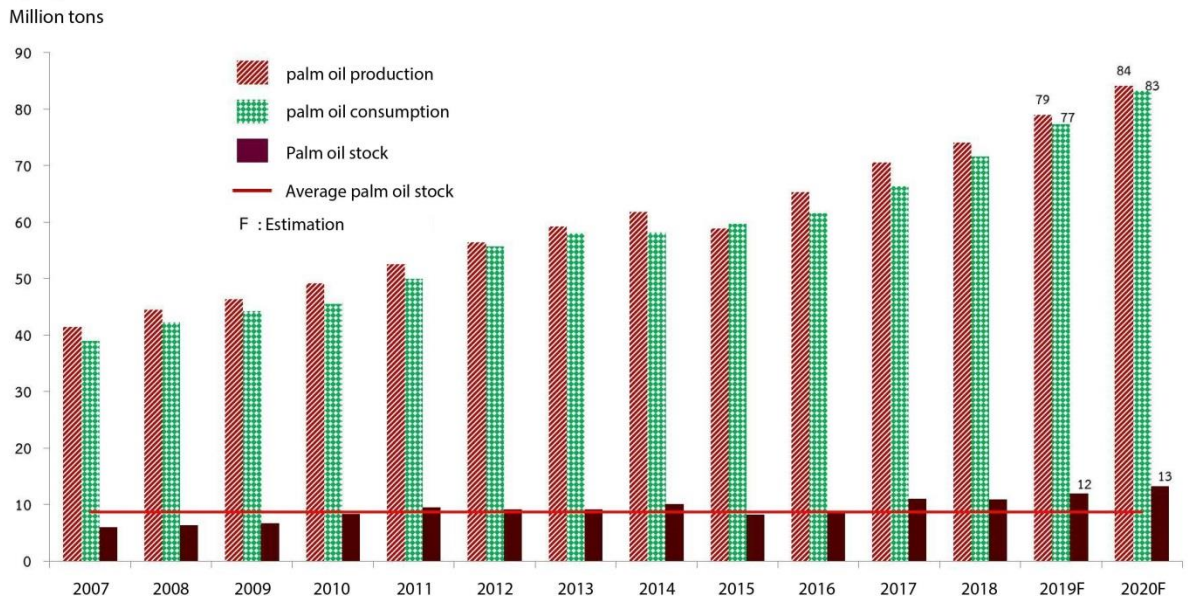


Figure 1 Global trend of palm oil production, consumption and stock from 2007–2020

Beside annual increase of palm oil production, the leaders in palm oil production (Malaysia and Indonesia), plant oil producers (Europe and USA) and major consumers (India, China and Europe) have put a lot of effort to improve production efficiency and reduce the use of resources such as energy and water. In addition, waste management has been considered and clean technologies have been utilized including biogas production from waste water and biomass to energy technology from oil palm empty fruit bunch and trunk.

2.2 Oil palm industry in Thailand

In Thailand, oil palm industry has been fully integrated from upstream and midstream, while downstream industry still relies on importation of feedstock in order to respond to consumer needs for both domestic consumption and export. Fresh fruit bunch (FFB) from farmers are all brought to oil mills or refinery plants in order to produce crude palm oil and refined palm oil, respectively. Most of the palm oil mills are located around plantation areas, which are mostly in the south of Thailand. Refinery plants are mainly located in the central part of Thailand due to the convenient logistics. Biodiesel producers are also located in the central and the eastern parts of Thailand due to similar reason. For oleo-chemical industry, the plants are also in the same areas as other downstream industries. Their main products are fatty acids, fatty alcohols, ethoxylate, crude glycerine, pure glycerine and epichlorohydrin. The ratio of exported and imported products varies each year.

During 2014–2018, the number of imported oil palm products, crude palm oil and crude palm kernel oil significantly decreased in Thailand due to the restricted policy on palm oil importation announced by government in order to stabilize domestic price. For downstream industry, refined palm oil was mainly imported from Malaysia and Indonesia, and biodiesel was imported from Malaysia. Thailand exported both crude and refined palm kernel oil. The largest market for crude palm kernel oil during 2013–2019 was Malaysia with 86% of market share and followed by EU. India and China had 84% and 2% of market share respectively. In the same period, the largest market for refined palm kernel oil exportation was also Malaysia with the share of 97% while 3% for India, Pakistan, Cambodia and Philippines.

From estimation, the value of the major domestic products, Thai palm oil industry is 205,524 million baht. The upstream, midstream and downstream industries are worth around 48,000 million baht, 60,000 million baht and 71,000 million baht, respectively. In addition, downstream related industry such as oleo-chemical industry covered 27,000 million baht. It can be noticed that the largest industries were refined palm oil and biodiesel.

Regarding the data collected from 2018–2019 , the trend of demand and supply of current and future oil palm industry was observed with 7.2% annual growth of oil palm production. For crude palm oil, the fluctuation of export was noticed. Since it was the most sensitive indicator, this study used the exportation growth rate to calculate the export rate, and the value obtained was -18. This was due to the increase in taxes of crude oil palm import in India to support Indian farmers. Thus this dramatically affected Thai exportation. Currently, the exported quantity is reduced by 15%. Moreover, European policy also negatively affected the main producers, Malaysia and Indonesia. Also, the export rate in Thailand was consequently decreased. The palm oil import was also restricted to the lowest at 2,560 tons a year according to government policy to stabilize domestic crude palm oil and fresh fruit bunch prices. The palm oil consumption was calculated based on the populations, published by the office of the National Economic and Social Development Council and 3.77% of biodiesel consumption growth in 2020 estimated from Alternative Energy Development Plan (AEDP) policy launched in 2018. This was taken into account for the estimation of oil palm production, import and export and crude palm oil consumption. It can be observed that the stock of crude palm oil during 2021–2023 tends to decline and then rise up again during 2026–2029 as illustrated in Figure 2.

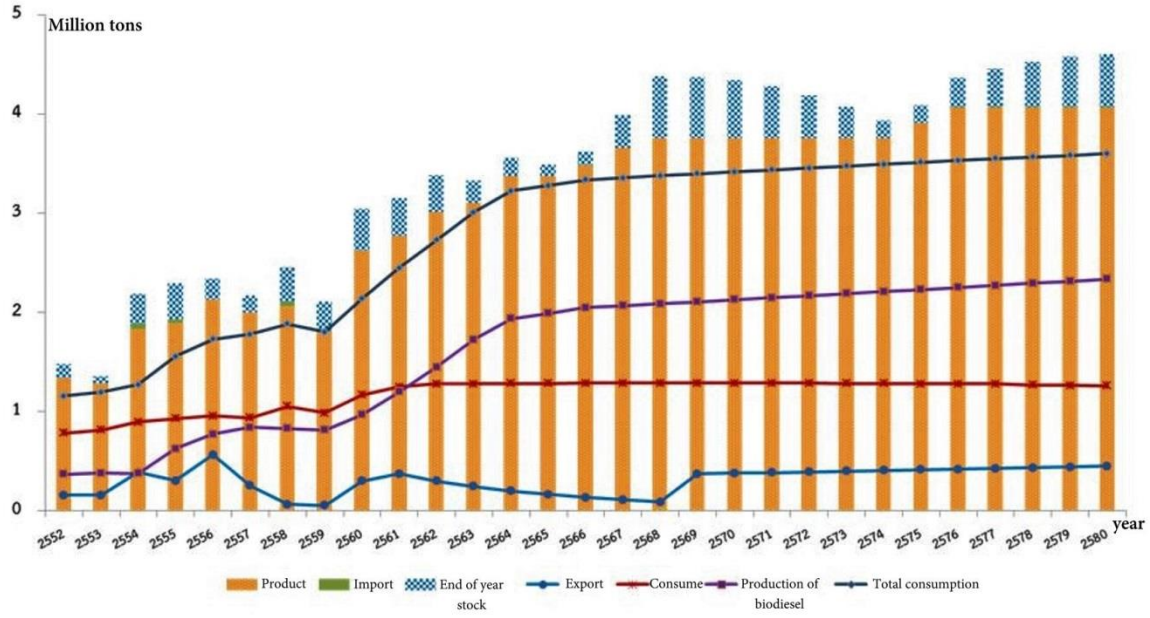


Figure 2 Trend of palm oil production, import and export, consumption and stock of crude palm oil

3. Oil palm cultivation area

A number of oil palm farmers in Thailand are more than 235,3 8 6 households. Total areas of cultivation are 6.97 million Rais with 15,395,255 tons of total fresh fruit bunch produced. The average production per Rai is 3.02 ton. The largest planting area is the Southern (83% of total planting area) followed by the eastern, central, north-eastern and northern parts of Thailand. Weighted Linear Combination model was used to study the suitable planting areas of oil palm and the results showed that 4.66 million Rais out of 6.97 million Rais were in the suitable areas. The level of suitability could be classified as follows.

Oil palm planted in a very suitable area	0.85 million Rais
Oil palm planted in moderately suitable area	1.43 million Rais
Oil palm planted in slightly suitable area	0.66 million Rais
Oil palm planted in unsuitable area	1.72 million Rais

The suitability depends on soil condition, which was defined by 3 soil qualities including plant needs, land management and land conservation. Inappropriate soil quality could be improved by relevant technologies in order to adjust to the better condition and to increase productivity and oil yield.

4. Economic, social and environmental impact study to promote oil palm production

4.1 Evaluating problems of economic crops and promoting oil palm plantation.

The study focused on the influences of the 6 economic crops including rice, para rubber, sugarcane, maize, cassava and oil palm on economic, social and environment impacts. Rice and rubber had the highest impact. To substitute these two crops with oil palm, the cultivation efficiency for higher production yield must be implemented and the quality of land must be in suitable state. Information received from Land Department showed that rubber, rice and cassava plantation areas are currently located in the areas, which are also suitable for oil palm. Rubber plantation is reported to be mostly compatible with oil palm and the area is larger (34,500 rais) as compared to other crops (50–3,500 Rais). Therefore, economic and financial analysis to replace rubber with palm oil should be carefully considered.

4.2 Financial assessment of the replacement of economic crops with oil palm

The economic and financial analysis on the substitution of rubber with palm oil in suitable areas in the east, north-east and south of Thailand indicated the negative results. The least suitable area is the north-eastern region followed by the eastern and southern regions, respectively. This was due to the lower revenue from oil palm as compared to rubber.

4.3 Identification of oil palm cultivation areas to replace other economic crops

According to AEDP 2018, the future expansion on oil palm cultivation area should not exceed 1.54 million Rais by the year 2024 if current production per Rai (3.02 tons/ Rai) and the recent oil yield (19%) remain. Even though biodiesel consumption was in agreement with the prediction of AEDP 2018, the further plantation areas should not be the solution. In the study, the attention was drawn to oil palm cultivation in marginal areas such as old oil palm plantation, rubber plantation, fruit plantation, peat soil of the 3 provinces in the southern area and Pakpanang estuary. The results brought to suggestions that improving productivity, especially in the east, north-east and south is more important than expanding cultivation areas.

4.4 Impact of oil palm promoting campaign

As mentioned in the previous study to improve productivity of oil palm, the target areas for improvement were accounted for 1,228,740 Rais. The rise in productivity increased production of 2,376.65 million kgs after land adjustment is expected. The income of farmer should be potentially added up by 1,501.43 baht/Rai and help the national economic

impact to increase by 1,913.65 baht/ Rai. From this land development campaign, it could lead to national economic impact of 3,029,159,250 baht for 15 years of projects[1].

However, revenue from both oil palm and rubber was varied, thus the price and demand and supply management should be considered carefully either for the campaign to replace other crops or for land development to increase oil palm production.

5. Efficiency Improvement of oil palm industry in whole supply chain from upstream, to midstream, downstream and related industries

Oil palm industry involves several stakeholders from farmers who may gather in different patterns such as cooperatives, association or others. Based on the opinions of farmers, the problems for farmers in the upstream or oil palm cultivation are the lack of knowledge and area management skills such as financial source, cultivation technology, fertilization, which significantly affect the productivity. The best solution needs to provide is the good practice, so that the farmers could become be self-reliant and be able to produce high quality products. In addition, government policy directed to oil palm should be put in action in order to establish the oil palm standard so that, they could be recognized by responsible organizations.

In the midstream level, raw materials, i.e., fresh fruit bunch is brought to milling process to obtain crude palm oil along with the residue from the process, such as empty fruit bunch, palm kernel and fiber. These residues could potentially be used as biomass for energy production for internal usage in factory or apply in other related industry such as pulp and paper, fiber and fertilizer. Biogas could be also produced from waste water. To improve efficiency, milling technology should be developed to minimize oil loss. In addition, energy and water utilization should be strictly monitored. This improvement aims to reduce processing cost and environmental impact. Moreover, the good quality of crude palm oil should be maintained and at the same time more value-added products need to be promoted. Another way to increase process efficiency is to separate palm kernel as it could not be collected in the conventional milling.

For downstream or refinery plants, most of improvement are carried out based on the existing technologies in order to produce oil with higher nutritional value to meet the customer demands. Although, new technologies are available such as enzymatic

[1] This study estimated the project duration to be 15 years based the return of the revenue after land development which may vary depend on the age of already planted oil palm in the area. This is why project duration is shorter than the general project of oil palm cultivation which is usually 25 years.

degumming, short-path distillation and supercritical processing, there are still certain limitations. These limitations include scale-up and technical issues such as odour released as well as the high capital cost of technologies. Therefore, the choice of technology depends on the business plan of each investor.

Related industries are classified into energy industry, oleo-chemical industry and pulp and paper industry. The development plan is summarized as follows.

1) Energy industry: palm oil is targeted as feedstock for alternative energy production in order to partially substitute diesel in both cars and aircrafts engines. This can be processed by varying mixing ratios of two accepted products. The first one is high quality biodiesel (FAME) with high mixing ratio and the second one is biohydrotreated diesel (BHD) which has similar structure to fossil diesel. Moreover, the process of BHD offers a valuable co-product as Biojet.

2) Oleo-chemical industry: two main products are methyl ester sulfonate and pure glycerine. This industry focuses on using raw material from downstream industry with the application of new technologies. Sulfonate group is added to methyl ester, which obtains from biodiesel production. Sodium bisulphite is recommended as it has minor environmental impact and safe to operate. Furthermore, used oil can be used as raw material for producing detergents which are usually imported or chemically synthesized. For purified glycerine, it is obtained from further purification process after biodiesel production process, purified glycerine could be used in advanced industries such as cosmetic and pharmaceutical. Moreover, bio-lubricant is also the product from oleo-chemical industry that is continuously of interest.

3). Pulp and paper industry: all the fiber containing parts including fruit bunch, leaf cladding and trunk can effectively be used in packaging and furniture productions. Relevant technologies have been slightly changed from Kraft process to steam explosion to reduce chemical use. Also lignin can be recovered for high value applications.

6. Carbon footprint and greenhouse gas emission evaluation through product life cycle of oil palm cultivation and palm oil products

Evaluation of carbon footprint of product is to determine the quantity of greenhouse gas emitted throughout the life cycle of each product from raw material reception, transportation, assembling, use, discard and waste management. This study focused on the main products of oil palm industry.

6.1 Evaluation of carbon footprint of oil palm plantation

From regional study, the quantity of greenhouse gas emission from oil palm plantation in the northeastern, northern, central, southern and eastern regions were 190.21, 117.90, 110.35, 88.93 and 4.99 kg CO_2eq./tonne FFB, respectively. From the quantity of oil palm production in different regions, an average greenhouse gas emission of Thailand was 91.24 kg CO_2eq./tonne FFB. This effect was mainly caused by nitrous oxide emission from nitrogen fertilizer utilization, chemical fertilizer production and fuels for agricultural machinery. Considering greenhouse gas emission from land use change (LUC) of oil palm cultivation, it was found that the deforestation for oil palm plantation instead led to increasing greenhouse gas emission. In case of the substitution of fruit plantation with oil palm plantation, no negative impact was found. Meanwhile, the positive impact could be observed from changing of rice paddy fields empty lands to oil palm plantation as it tends to generate carbon accumulation in oil palm plantation. The average of greenhouse gas emission from LUC of oil palm cultivation was 45 kg CO_2eq./tonne FFB.

6.2 Evaluation of carbon footprint of oil palm milling

Without biogas production system in milling factories, the average of greenhouse gas emission was 1,580 kg CO_2eq/ tonne crude palm oil. This was firstly due to methane gas from waste water treatment in open system. Secondly, it was because of the environmental burden of fresh fruit bunch that entered the process. In the case that factories equipped with biogas production system, the average of greenhouse gas emission was 676 kg CO_2eq/ tonne crude palm oil, which were 57% lower than those without the biogas system. For crude palm oil production, the average of greenhouse gas emission was 962 kg CO_2eq/ tonne crude palm oil.

6.3 Evaluation of carbon footprint of palm oil refinery

Refined palm olein process could be categorized into 2 types: 1) fossil fuel (coal and fuel oil) process and 2) biomass energy process (palm shell, empty fruit bunch and biogas). For factories using fossil fuel, the average of greenhouse gas emission was 1,081 kgCO_2eq/ tonne refined palm olein. By using biomass as energy source, the average of greenhouse gas emission was 905 kg CO_2eq/ tonne refined palm olein, which was 16% lower than the first type. Comparison of the two processes showed that using the fossil fuel needs to import coal from Indonesia via shipping which is 2,400 kms distance. Therefore, greenhouse gas emission was higher than using biomass energy. The biomass residue could be obtained from crude palm oil milling and/or neighboring factories thus the environmental burden for transportation was significantly reduced.

6.4 Evaluation of carbon footprint of biodiesel production

Considering the greenhouse gas emission from raw material reception, production process and related transportation, the study was categorized into 2 cases 1) Steam boiler powered by natural gas, coal, biomass and fuel oil and 2) Steam boiler using energy from biomass. In the case that the mixture of fossil fuels (case 1) and biomass were used, the average of greenhouse gas emission was 1,308 kg CO_2eq/ tonne biodiesel. The main impact was from raw material (partially refined palm oil, palm stearin and fatty acids) and chemical used in the process. For case 2, the average of greenhouse gas emission was 1,238 kgCO_2eq/ tonne biodiesel and the main cause was also raw material. When only biomass energy was used, the greenhouse gas emission was 5% less as indicated in Table 1.

Table 1 Evaluation of carbon footprint of the main products of oil palm industry

Products	**Fresh fruit bunch (1 tonne fresh fruit bunch)**		**Crude palm oil (1 tonne crude palm oil)**		**Refined palm olein (1 tonne refined palm olein)**		**Biodiesel (1 tonne biodiesel)**	
Cases	**South**	**Average**	**CPO w/o biogas**	**CPO with biogas**	**Fossil energy**	**Biomass energy**	**Fossil and biomass energy**	**Biomass energy**
GHG emission (kg CO_2eq)	88.51	91.24	1,580	676	1,081	905	1,308	1,238

7. Guidelines toward the utilization of palm oil as a fuel for heat and electricity productions

The objective of utilizing by-products and waste from oil palm industry for electricity and heat production was to get closer to zero waste process with technology and create value added products. There are 2 approaches; using biogas for electricity production and using biomass for electricity production. Cogeneration of heat and electricity is produced only from biomass. The biomass that can be used for fuel are empty fruit bunch, palm shell, fruit bunch fiber and leaf cladding. Some of them, i.e., leaf cladding is less suitable for fuel purpose due to its high moisture content and low heating value. Therefore, there is an additional process to improve the physical properties. The guideline to use by-products and

waste from oil palm industry for electricity and heat production is summarized as followed (Figure 3).

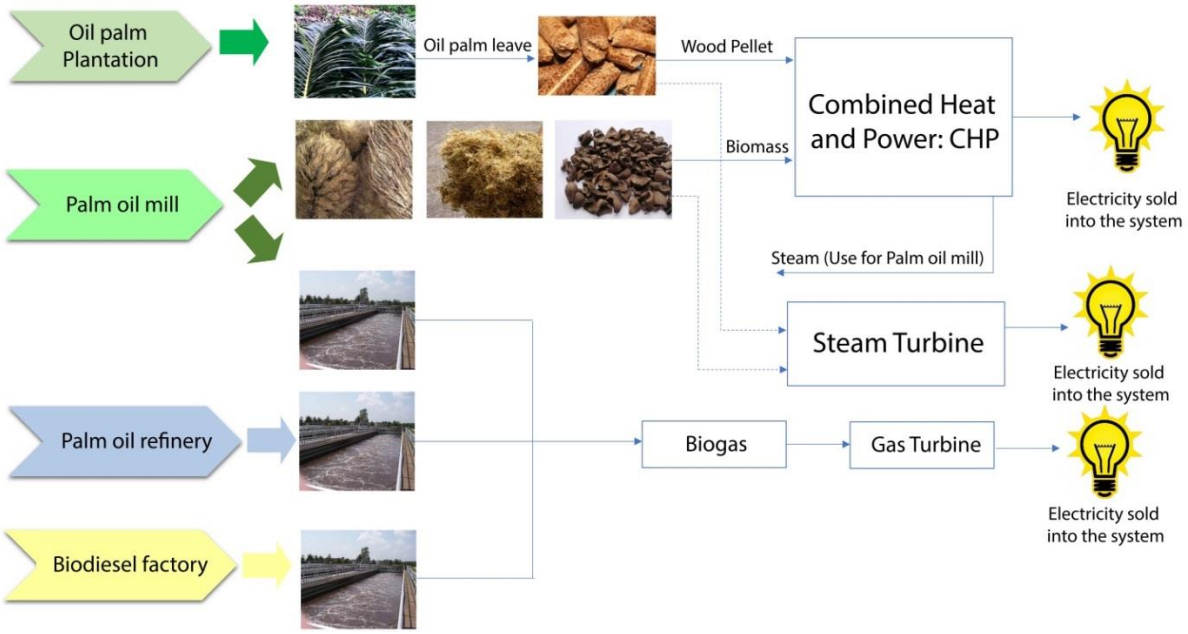


Figure 3 The guideline to use by-products and waste from oil palm industry for electricity and heat production

1) Using biogas produced from waste water of oil palm milling for electricity production. Although most of oil palm milling is equipped with biogas system, COD level of waste water is still high regardless the fact that a lot of oil palm milling is not yet equipped with biogas system. The economic value of using the biogas for electricity production is approximately 394 million baht (the factory with milling capacity of 60 tonnes fresh fruit bunch/hour is used as a reference). The suitable system for biogas production is continuous stirred tank reactor (CSTR) due to its highest net present value (NPV). Moreover, the system is not required large space and it can be set up with moderate amount of financial investment and high capacity of COD reduction. The second best is covered lagoon system with slight lower NPV and low amount of financial investment required. Nevertheless, this system required more space and less efficiency for COD reduction. In case that it is currently used, the additional system including fermentation with palm oil sludge to improve COD reduction, and biogas production efficiency may be used. For biodiesel plants, the high COD waste water could be also used for biogas production as well as in oil palm milling. At present, only 1- 2 biodiesel plants are equipped with biogas system and so the waste water could be used for electricity production.

2) Using empty fruit bunch as a biomass for electricity production. The economic value of using the empty fruit bunch as fuel for heat and electricity production is approximately 4,930 million baht (the factory with milling capacity of 60 tonnes fresh fruit bunch/hour is used as a reference). The suitable fuel is the mixture of empty fruit bunch, fruit bunch fiber and palm shell due to its highest NPV. Moreover, the supply is sufficient for the whole year, so that the cost of fuel could be stabilized. In case of using only empty fruit bunch, the cost is low as it requires more amount of financial than the mixed biomass system. Besides, improvement of combustion technology is needed along with biomass preparation. The suitable area is the southern part as it is the main location of oil palm plantation and milling so the biomass is continuously available.

3) Production of wood pellet from leaf cladding. This way is potential as there is a lot of biomass left from the plantation. If 70% of leaf cladding from total amount is used to produce pellets with the suitable properties for different applications, the economic value of around 9,000 – 10,000 million baht can be reached. This should be another approach to increase the farmer revenue.

4) Using crude palm oil as fuel to replace fossil fuel oil. This approach is totally not suitable as the production cost of electricity produced from crude palm oil is much higher than the on-grid electricity price, so it is not worth the investment. The summary of these approaches is presented in Table 2.

Table 2 Estimation of potential and economic value of the complete life cycle utilization of palm oil as a fuel for heat and electricity production

Issue	**Waste water from oil palm milling / biodiesel plants**		**electricity and heat production**		**electricity production**	**Wood pellet production**
	CSTR	**Covered Lagoon**	**Empty fruit bunch mixed with fruit bunch fiber and palm shell**	**Empty fruit bunch**	**Using crude palm oil instead of fossil fuel oil**	**Leaf cladding**
raw material supply	sufficient	sufficient	sufficient	Outsourcing 55%	During low price of crude palm oil	sufficient
NPV (Million baht)	103.30	93.90	811.68	651.92	Production cost is higher than sold price	-
Economic	394		4,930			9,000 –

Issue	Waste water from oil palm milling / biodiesel plants		electricity and heat production		electricity production	Wood pellet production
	CSTR	Covered Lagoon	Empty fruit bunch mixed with fruit bunch fiber and palm shell	Empty fruit bunch	Using crude palm oil instead of fossil fuel oil	Leaf cladding
value (Million baht/year)						10,000

8. Guidelines for technology and innovation to increase value of oil palm products according to BCG (Bio Circular Green) Economy

The study aimed to improve the existing processes by applying technology and innovation to increase value of oil palm products according to BCG (Bio Circular Green) Economy. It was conducted based on SWOT analysis. The strength, weakness, opportunity and threat were analyzed and the strategies are summarized according to TOWS as follows.

1) New high value added products development in the related downstream. The private sector need to be supported for co-research and development to share the cost. The oleo-chemical industry need to focus on new and high value added products with government support such as soft loan with low interest as well as technology or other privileges. In addition, domestic marketing should be promoted also by the government support.

2) Innovative production technology to Zero waste. Research on this topic should be encouraged by funding campaign. Establishment of pilot plants as a learning model should be available. The 3RS approach (Reduce, Reuse, Recycle) should be promoted to the industry level with privileges such as tax exemption.

3) Utilization of by-products and waste from oil palm industry either for energy production of internal use or for selling should be launched. This should be encouraged by providing funding and technology especially for those who plan to utilize by-products and waste for energy production for internal use or for selling. The public-private projects should be planned and set up. The data base of all by-products and waste from oil palm industry should be created for future plans of biomass energy production.

4) Improvement of biodiesel production technology and by-products can be done in many ways; for example, promoting domestic biodiesel consumption, defining the standard

of biodiesel and creating new application of biodiesel and its by-products such as purified glycerine, methyl ester sulfonate (MES) and bio lubricant. This is necessary for the future decline of fossil fuel dependency and also traceability requirement.

5) Opportunity analysis for value creation from waste of oil palm products and palm oil and environmental friendly, Zero-waste. In 2019, waste from upstream and oil palm milling in Thailand could have generated the value of 11,000 million baht if zero waste approach applied.

Diamond model was used to analyse the potential of oleo-chemical industry. It can be concluded that the products from downstream industry, i.e., purified glycerine, methyl ester sulfonate (MES) and bio lubricant have high potential for value creation and they are on market demand.

9. BCG model of oil palm industry in Thailand

BCG model of oil palm industry in Thailand aims at creating and adding economic value in parallel with sustaining natural resources with clean technology. At present a number of products and by-products from oil palm industry are effectively utilized. Biomass and fiber are used for planting material and fertilizer. Leaves and leaf cladding are used as mulch. Empty fruit bunch after oil milling is used for planting material for mushroom, mulch and fuel. Fiber is also used for heat and electricity production, while raw fruit can be used for fertilizer. Palm shells which have high heating value are also used for heat and electricity production or activated charcoal production. Wax and oil are used for food products including edible oil, margarine, shortening and frying oil. Biodiesel is produced for transport fuel. Many consumer goods are produced from palm oil refinery such as fatty acids, stearin, fatty alcohols, fatty acid ester, glycerine and derivatives. Waste from processing such as palm residue and waste water is converted to biogas for heat and electricity production. Palm kernel and sludge is used for animal feed. Nevertheless, utilization process is not totally complete as energy produced from biomass has short life cycle. These indicate inefficient use of natural resource as the economic and social impacts are low. In addition, there is a risk that the pollution is produced. To ensure the availability of raw materials and protect environment in parallel with preserving biodiversity, BCG concept should be systematically implemented. This will also help to increase the competitiveness of oil palm industry in the future. Moreover, there are clean technologies available such as enzyme technology and bio-refining, which produce biomaterial and value added products. Recycling or upcycling of waste water and the use biomass such as empty

fruit bunch, trunk and cladding to produce energy or other forms fuels such as ethanol or bio-oil is also beneficial. Advance technology, i.e., hydro-processing could be applied to produce BHD and bio-jet. It is estimated that the economic value of the products should increase by 19% and 12% for by-products if BCG is fully implemented. The greenhouse gas emission can be also reduced by 25% for each tonne of product generated. The amount of recycled energy should increase up to 55% which will help to get closer to be less dependent on fossil fuel. This can lead to a better and more controllable production system and result in infinite recycle as indicated in Figure 4.

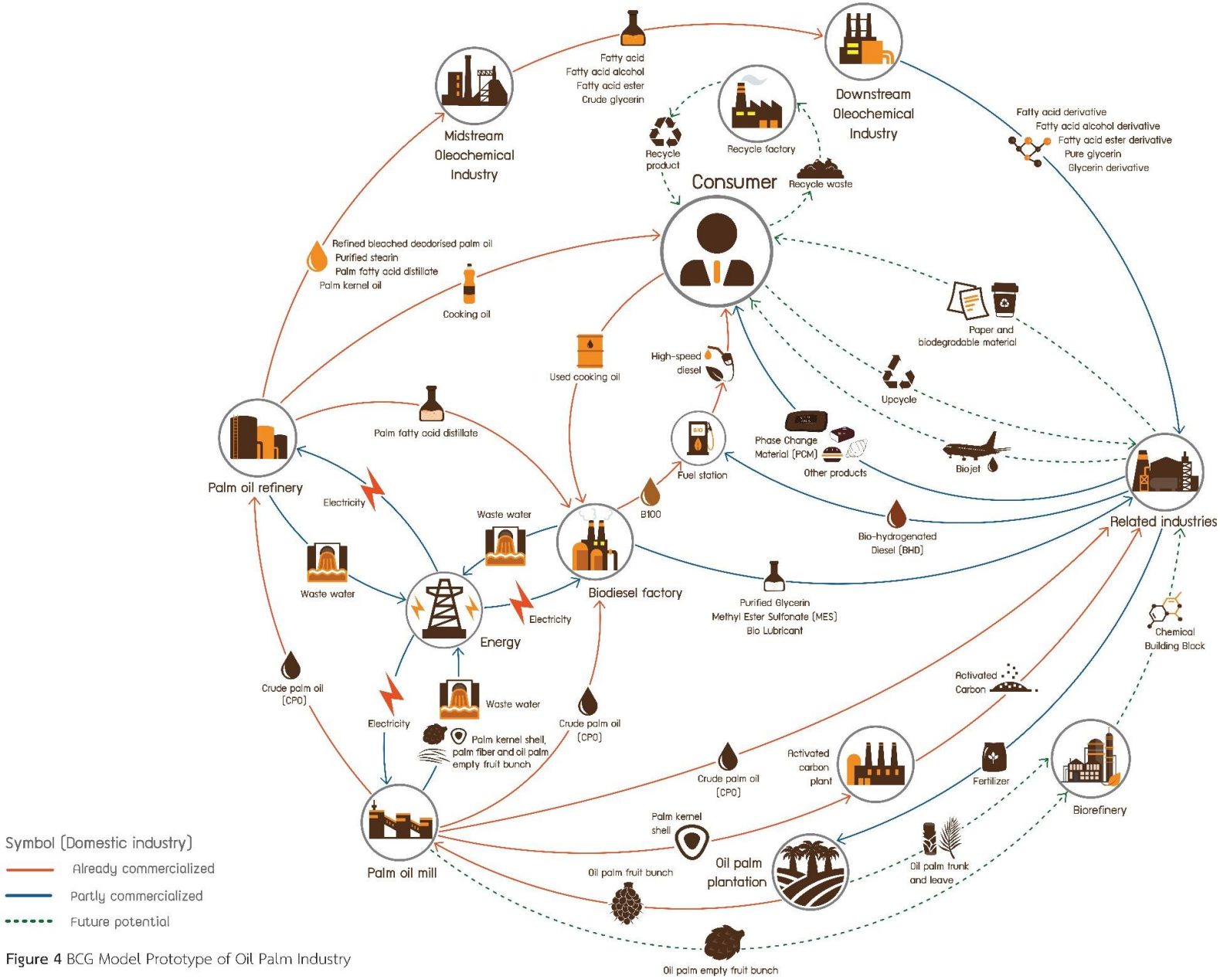


Figure 4 BCG Model Prototype of Oil Palm Industry

10. Structure and capacity analysis for competitiveness of oil palm industry in Thailand

Oil palm plantation areas is scattered all over the country but highly in the south, east and upper north- east of Thailand. Oil palm milling is thus located nearby the plantation lands. For other downstream industries such as oil refinery, biodiesel plant and oleo-chemical factory are mainly based in the central and eastern parts of Thailand due to the lower logistic cost. The major weakness of Thai oil palm industry is the high production cost due to many factors. Current production standard of Thai oil palm industry has not yet met that of Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO) which is also required by European clients. This issue limits the extension of related downstream industry in international market and also creates a competition with the imported products for domestic market. In addition, lower price of petroleum is a competitive with the palm oil price. Selling raw material through middle men can also elevate the price of palm oil and products. However, there is still an opportunity for domestic market as it is less competitive and production technology is well-known. Moreover, there is a positive trend in market demand that favour oleo chemical and green products. Although the palm oil industry is under pressure due to environmental issues, there are opportunities available to focus for future for oil palm industry in Thailand.

11. Development plan and policy recommendations for Thai oil palm industry

Major problem of oil palm industry in Thailand is the high production cost which consequently affects the cost of other downstream industries. In addition, high quality products corresponding to market standard are required from business partners, which cause Thailand in competitive in the world market. Short term development plan focuses on 1) reducing production cost; 2) reaching RSPO standard; 3) improving human resource to support technology development; 4) revising law and regulations to improve investment confidence and support green products; 5) Zoning plantation and industry 6) using in-house technology; 7) supporting domestic market and seek for new business partners and 8) supporting infrastructure from government for electricity and irrigation system including investment policy. To extend to long term industrial development, it should be started from the related downstream industries such as purified glycerine, methyl ester sulfonate (MES) and bio lubricant as they can absorb large volume of palm oil. In case of decline use of biodiesel due to unpredictable circumstances, the concept of biorefinery could be helpful to produce chemical building blocks for various biodegradable products or

bioplastic from palm oil. Also, alternative energy such as BHD should be well set up. In the final stage, electro-fuel plants should be considered. Hydrogen from water will be combined with carbon. This carbon is from carbon dioxide in atmosphere absorbed from amine, a product of oil palm industry. The system is initialized by alternative energy for example sunlight or wind, and then the heat from systems will be used for electricity production.

This plan can be achieved only under the collaboration with every stakeholder including Ministry of Energy; Ministry of Agriculture and Cooperatives; Ministry of Industry; Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation; Ministry of Commerce; Financial Institution and others.