

04

การศึกษาแนวทางการบริหารจัดการวัสดุเหลือใช้จาก
อุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมของประเทศไทย:
กรณีศึกษาจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม

A STUDY ON THE MANAGEMENT OF WASTE
FROM THE THAILAND AROMATIC COCONUT
INDUSTRY: A CASE STUDY OF RATCHABURI
AND SAMUT SONGKHRAM PROVINCES

กิตตินันท์ สดใส^ก จิระพันธุ์ เนื่องจกนิล^ข สาวินี วุฒิสกุลวงศ์^ก และ รุ่งโรจน์ ปิยะภาณุวัฒน์^{ก, ✉}

^กห้องปฏิบัติการนวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อมและวัสดุก่อสร้างอัจฉริยะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

^ขศูนย์วิจัยและบริการเพื่อชุมชนและสังคม สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าธนบุรี

Kittinan Sodsai^ก, Chirapan Nuengchaknin^ข, Sawinee Wuttisakulwong^ก and Rungroj Piyaphanuwat^{ก, ✉}

^กInnovative environmental management and smart construction materials Laboratory,
King Mongkut's University of Technology Thonburi

^ขUniversity for Community Research and Services Center, Institute for Scientific and Technological
Research and Services, King Mongkut's University of Technology Thonburi

✉ rungroj.piy@kmutt.ac.th

วันที่รับ (received) 16 ส.ค. 2568 วันที่แก้ไขเสร็จ (revised) 26 ก.พ. 2568 วันที่ตอบรับ (accepted) 3 มี.ค. 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาแนวทางการบริหารจัดการวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอม ของประเทศไทย กรณีศึกษาจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม โดยรวบรวมข้อมูลปริมาณการผลิต แปรรูป ปริมาณวัสดุเหลือใช้ตลอดห่วงโซ่ผลิตภัณฑ์ ศึกษาแนวทางการจัดการและการสร้างมูลค่าเพิ่ม ผลการศึกษาพบว่า พ.ศ. 2566 ทั้งสองจังหวัดมีพื้นที่ปลูกมะพร้าว 100,100 ไร่ (ร้อยละ 54.60 ของประเทศ) มีผลผลิตรวม 1,630,357 ลูกต่อวัน คิดเป็น 3,526.53 ตันต่อวัน (น้ำหนักรวมทั้งทะลาย) มะพร้าว น้ำหอม ร้อยละ 6.95 ขายผลสดนอกพื้นที่ และส่งแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ร้อยละ 93.05 เช่น มะพร้าวคั่ว มะพร้าวเจียว วุ้น และพุดดิ้ง เป็นต้น ภายหลังแปรรูป เกิดเป็นกากทะลาย กากผล เปลือก และกะลา รวม 1,836.14 ตันต่อวัน จากข้อมูลการจัดการในปัจจุบันพบว่า วัสดุเหลือใช้ 1,420.74 ตันต่อวัน ไม่ถูกพัฒนาหรือใช้ประโยชน์ และจัดการด้วยการฝังกลบ ปรับถมที่ และกองทิ้ง จากการวิเคราะห์แนวทางการจัดการ ข้างต้น การแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุด สามารถทดแทนถ่านหินได้ 200.42 ตันต่อวัน (ให้พลังงาน 106.92 TOE ต่อวัน คิดจากชีวมวลและค่าความร้อนชีวมวล) ภายใต้ความต้องการพลังงานในหม้อน้ำเชื้อเพลิงถ่านหินทั้งสองจังหวัด 1,017.50 ตันต่อวัน (573.90 TOE ต่อวัน) และสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 510.16 TonCO₂e ต่อวัน ตามแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ (BCG model) ด้านมะพร้าว น้ำหอม

คำสำคัญ : มะพร้าว น้ำหอม วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอม การบริหารจัดการ เศรษฐกิจหมุนเวียน

Abstract

This research investigates the management of Thailand's aromatic coconut industry waste, focusing on a case study of Ratchaburi and Samut Songkhram provinces. Primary data, such as processing volumes, amount of waste throughout the product value chain, waste management, and increasing the value-added utilization, were examined. The results from 2023 indicated that both provinces had a coconut planting area of 100,100 rai or 160.16 square kilometers (54.60% of the total), yielding a daily production of 1,630,357 fruits, equivalent to 3,526.53 tons/day (including weight of bunches). While 6.95% of aromatic coconut production was sold as fresh products, the remaining 93.05% was processed into value-added products like peeled coconuts, coconut jelly, and coconut puddings, etc. This processing generated approximately 1,836.14 tons/day of aromatic coconut waste, including peduncles, pedicels, husks, and shells. Currently, both provinces manage 1,420.74 tons/day of aromatic coconut waste through non-utilization methods, such as dumping in public areas, sanitary landfills, or land leveling. To optimize management, a potential solution is to convert aromatic coconut waste into fuel. This approach could replace 200.42 tons of coal per day. (yielding 106.92 TOE/day in energy based on the heating value of biomass). Considering the energy demand of coal-fired boilers in both provinces, which is 1,017.50 tons/day (573.90 TOE/day), this conversion could significantly reduce greenhouse gas emissions by approximately 510.16 TonCO₂e/day, aligning with the Bio-Circular-Green Economy (BCG model) for aromatic coconuts.

Keywords : Aromatic coconut, Aromatic Coconut Industry Waste, Management, Circular economy

บทนำ

มะพร้าว น้ำหอมถือเป็นหนึ่งในสินค้าเกษตรที่สำคัญของประเทศ มีการเพาะปลูกมากในพื้นที่ตะวันตกของภาคกลาง จากข้อมูลปี 2566 ประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกมะพร้าว น้ำหอม 265,518 ไร่ จังหวัดราชบุรีและสมุทรสงครามตั้งอยู่ในภาคกลางมีพื้นที่เพาะปลูก 100,100 ไร่ และมีผลผลิตคิดเป็นร้อยละ 54.6 ของประเทศ โดยได้คุณภาพมาตรฐาน GAP ได้รับการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI; Geographical Indication) (Ratchaburi Provincial Agricultural Extension Office, 2023; Samut Songkhram Provincial Agricultural Extension Office, 2023) โดยเฉพาะจังหวัดราชบุรีเป็นพื้นที่นำร่องโมเดลเศรษฐกิจสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน (Bio-Circular-Green Economy: BCG Model) ตามนโยบายกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยมีผลผลิตทั้งสองในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา เฉลี่ย 497.74 ล้านลูกต่อปี และจากข้อมูลสำนักงานเกษตรจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม มีพื้นที่เพาะปลูกมะพร้าว น้ำหอมเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.8 ต่อปี หรือประมาณ 1,800 ไร่ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อรองรับความต้องการทั้งในและต่างประเทศ โดยเฉพาะในจีน สหรัฐอเมริกา แคนาดา ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น และไต้หวัน โดยส่วนใหญ่มะพร้าว น้ำหอมถูกแปรรูปเป็นสินค้าหลายประเภท ได้แก่ มะพร้าวคั่ว มะพร้าวเจียว วุ้นมะพร้าว และพุดดิ้ง เป็นต้น ภายหลังการแปรรูปมีวัสดุเหลือใช้ ได้แก่ เปลือก กะลา ทะลาย จั่น เป็นต้น ปัจจุบันมีวิธีการจัดการผ่านการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิง เช่น การแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass) ถ่านชีวภาพ (Biocoal/ Biochar) หรือเชื้อเพลิงอัดเม็ดและเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ส่งเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรม (Tantisattayakul et al., 2015; Wichianphong et al., 2020; Sawekwiharee & Polyium, 2020; Yerizam et al., 2021; Sodsai et al., 2023) การแปรรูปเป็นวัสดุการเกษตรและปศุสัตว์ วัสดุเหลือใช้ถูกนำมาแปรรูปเป็นกระถางต้นไม้ วัสดุปลูก และปุ๋ย เป็นต้น (Rodhirun & Thongket, 2014; Seansukato & Yenphayab, 2019; Conneway, 2023) ด้านปศุสัตว์ มีการนำมาใช้เป็นวัสดุรองพื้นคอกสุกร เมื่อย่อยสลายสามารถนำมาแปรรูปเป็นกระถางต้นไม้ได้ (Tomadoni et al., 2020; Sukkhee et al., 2024) การแปรรูปวัสดุก่อสร้างและตกแต่งอาคาร วัสดุเหลือใช้สามารถนำมาแปรรูปเป็นวัสดุทดแทนไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง วัสดุดูดซับเสียง และซีเมนต์ผสมเส้นใยมะพร้าว (Ganiron et al., 2017; Haemakom & Chamamporn, 2020; Thammasri et al., 2022) และแปรรูปโดยใช้องค์ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น การแปรรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ ไม่พาทะ และสามารถนำไปแปรรูปเป็นทรายแมว (Leesalul, 2010; Rattanaporn, 2019; Stelte et al., 2022) อย่างไรก็ตาม ทั้งหมดเป็นเพียงวิธีการจัดการลดปริมาณวัสดุเหลือใช้เพียงร้อยละ 22.62 ของปริมาณวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวทั้งหมดเท่านั้น ที่เหลือร้อยละ 77.38 ยังไม่ถูกนำมาพัฒนาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์และจัดการอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้วัสดุเหลือใช้ส่วนนี้ถูกนำไปฝังกลบ ปราบถมที่ดิน กองทิ้งตามแหล่งต่าง ๆ พื้นที่รองรับ และนำไปกำจัดในพื้นที่เอกชน (Ardong et al., 2022) เนื่องจากวัสดุเหลือใช้จากมะพร้าว น้ำหอมเป็นวัสดุอินทรีย์ที่ไม่เป็นอันตราย จึงไม่มีกฎระเบียบในการจัดการกองวัสดุเหลือใช้ ส่งผลให้เกิดน้ำชะ ส่งกลิ่นไม่พึงประสงค์ และยังเป็นแหล่งเพาะพันธุ์แมลงศัตรูพืชที่กลับมาทำลายผลผลิตของมะพร้าว น้ำหอมในสวนของเกษตรกรได้ (Choojit, 2021; Chalongsat, 2021)

เนื่องด้วยจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม มีหม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน 31 เครื่อง ซึ่งใช้ถ่านหินประเภทซับบิทูมินัส (Sub-bituminous) ประมาณ 1,017.50 ตันต่อวัน (Ratchaburi Provincial Industry Office, 2023; Samut Songkhram Provincial Industry Office, 2023) จากการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินเท่ากับ 2,589.98 TonCO₂e/วัน ภายใต้นโยบายของรัฐบาลในการกำหนดเป้าหมายการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิลงครึ่งหนึ่งภายในปี 2573 ทำให้หลายโรงงานมีความต้องการหาพลังงานทดแทนเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งสอดคล้องกับ

นโยบาย Bio-Circular-Green Economy (BCG model) ของจังหวัดราชบุรี ที่เลือกอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอมเป็นผลิตภัณฑ์นำร่อง ที่มีการประยุกต์ใช้ BCG Model ในการพัฒนา โดยเน้นกระบวนการผลิต การบริหารจัดการและการใช้ประโยชน์สูงสุดของวัตถุดิบประเภทมะพร้าวน้ำหอม และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2023; The Agricultural Research Development Agency (Public Organization), 2023) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาแนวทางการจัดการวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมของประเทศไทย: กรณีศึกษาจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม โดยรวบรวม ข้อมูลปฐมภูมิ ปริมาณการแปรรูปและ ปริมาณวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมในพื้นที่จังหวัด ราชบุรีและสมุทรสงครามตลอดทั้งห่วงโซ่ผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งศึกษากระบวนการจัดการในปัจจุบัน การนำไป ใช้ประโยชน์และสร้างมูลค่าเพิ่มของวัสดุเหลือใช้ที่ผ่านการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ รวมถึงข้อเสนอแนะ ของภาคอุตสาหกรรมในการบริหารจัดการวัสดุเหลือใช้จากมะพร้าวน้ำหอม

วัตถุประสงค์

1. รวบรวมข้อมูลผลผลิตมะพร้าวน้ำหอม วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอม และ แนวทางการบริหารจัดการวัสดุเหลือใช้จากมะพร้าวน้ำหอมในปัจจุบันของจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม
2. ศึกษาแนวทางและวิธีการในการจัดการวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมที่เหมาะสมของจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม ตามแนวทาง BCG Model เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม

วิธีดำเนินการวิจัย

รวบรวมข้อมูลปฐมภูมิในด้านปริมาณผลผลิตมะพร้าวน้ำหอม การแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ของ อุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอม ปริมาณวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมตลอดห่วงโซ่ผลิตภัณฑ์ของ จังหวัดราชบุรีและสมุทรสงครามในปี 2566 โดยใช้วิธีการสำรวจแบบผสมวิธี การศึกษาเชิงปริมาณผ่านการ รวบรวมข้อมูลผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมจากสำนักงานเกษตรจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม สำรวจปริมาณ มะพร้าวน้ำหอมที่เข้าสู่อุตสาหกรรมแปรรูปและประเภทผลิตภัณฑ์โดยใช้แบบสอบถามผ่านการรวบรวมข้อมูล จากองค์การบริหารส่วนตำบลและเทศบาลตำบล (ข้อมูล ณ วันที่ 29 สิงหาคม 2566) รวบรวมขนาดหม้อไอน้ำ เชื้อเพลิงแข็งเพื่อประเมินปริมาณการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินจากสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดราชบุรีและ สมุทรสงคราม (ข้อมูล ณ วันที่ 15 สิงหาคม 2566) การศึกษาเชิงคุณภาพใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบ เจาะจง จำนวน 33 ราย ที่มีบทบาทสำคัญและมีอิทธิพลต่อผลผลิตและการแปรรูปผ่านการอ้างอิงหลักการ ของกฎพาเรโต (Pareto Principle) เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่สะท้อนลักษณะสำคัญของประชากรเป้าหมาย ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้แทนจากเกษตรกรและผู้ประกอบการแปรรูปมะพร้าว น้ำหอมจำนวน 30 ราย และตัวแทนสภาอุตสาหกรรมจังหวัดราชบุรีจำนวน 3 ราย (ที่ดำเนินกิจการแปรรูป มะพร้าวน้ำหอม) ซึ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ประกอบการที่มีกำลังการผลิตและแปรรูปรวมกันมากกว่าร้อยละ 80 ของปริมาณมะพร้าวน้ำหอมทั้งหมดในพื้นที่ ทั้งนี้เพื่อวิเคราะห์ปริมาณและสัดส่วนของวัสดุเหลือใช้ที่เกิดขึ้น ภายหลังการแปรรูปรวมถึงแนวทางการจัดการวัสดุเหลือใช้ในปัจจุบัน และหาแนวทางในการจัดการวัสดุเหลือ ใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมที่เหมาะสม ทั้งนี้ ตัวแทนเป็นผู้ให้ข้อมูลที่สะท้อนสถานการณ์ ปัญหา และ แนวทางการจัดการวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอม ทำการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุเหลือใช้ จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมและเปรียบเทียบแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์ในมิติต่าง ๆ ได้แก่

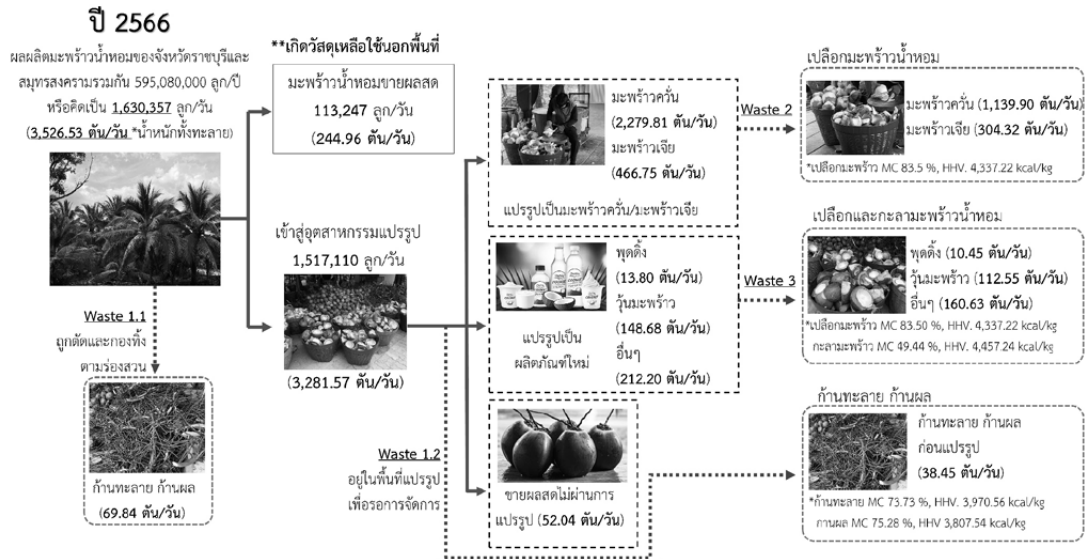
1. การแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม (คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical properties) คุณสมบัติด้านความร้อน (Higher Heating Value: HHV) ความชื้น (Moisture) สำหรับคำนวณความสามารถในการให้พลังงานเทียบเท่าตันน้ำมันดิบ (Ton of Oil Equivalent: TOE) เปรียบเทียบการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรม และการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้ขอบเขตการประเมิน Scope ที่ 1 ของการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่อยู่กับที่โดยอ้างอิงค่า Emission Factor จาก IPCC Vol.2 table 2.2 (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2019))
2. การแปรรูปเป็นวัสดุการเกษตรและปศุสัตว์ (คุณสมบัติทางกายภาพ)
3. การแปรรูปเป็นวัสดุก่อสร้าง วัสดุตกแต่งอาคาร และอื่น ๆ (คุณสมบัติทางวิศวกรรม (Engineering properties))

การพิจารณาคัดเลือกแนวทางการบริหารจัดการวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอมของจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม ทำการวิเคราะห์และคัดเลือกแนวทางการจัดการจากความพร้อมของเทคโนโลยี ปริมาณการใช้ของเหลือทิ้งเป็นวัตถุดิบ ความต้องการของตลาด ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ความคุ้มค่าทางสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมตามแนวทาง BCG model

ผลการศึกษา

1. การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตและวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมของจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม

จากข้อมูลผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมของจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงครามในปี 2566 ของสำนักงานเกษตรจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม พบว่า มีพื้นที่เพาะปลูกรวมสองจังหวัด 100,100 ไร่ และมีปริมาณผลผลิตที่เก็บเกี่ยวรวมกัน 1,630,357 ลูกต่อวัน หรือคิดเป็น 3,526.53 ตันต่อวัน (รวมลูกมะพร้าว ก้านทะลาย และก้านผลที่เก็บเกี่ยวติดผล) (Ratchaburi Provincial Agricultural Extension Office, 2023; Samut Songkhram Provincial Agricultural Extension Office, 2023) มะพร้าวน้ำหอมถูกตัดแต่งก้านทะลายและก้านผลที่สวนของเกษตรกรและล้าง คิดเป็น 69.84 และ 38.45 ตันต่อวัน ตามลำดับ รวมเป็น 108.29 ตันต่อวัน ซึ่งปัจจุบันถูกกองทิ้งไว้ในพื้นที่สวนของเกษตรกรและล้างที่ทำการแปรรูป ผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมบางส่วนถูกขายไปนอกพื้นที่ประมาณ 113,247 ลูกต่อวัน น้ำหนัก 244.96 ตันต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 6.95 ของผลผลิตมะพร้าวน้ำหอม (ไม่เกิดวัสดุเหลือใช้ในพื้นที่) ขณะที่มะพร้าวน้ำหอม 1,517,110 ลูกต่อวัน มีน้ำหนัก 3,173.28 ตันต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 93.05 ของผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมถูกส่งเข้าโรงงานแปรรูป โดยวัตถุดิบที่ส่งเข้าโรงงานแปรรูปแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มผลิตภัณฑ์ได้แก่ กลุ่มที่ 1 แปรรูปเป็นผลสดมะพร้าวน้ำหอมจำนวน 52.04 ตันต่อวัน (ไม่เกิดวัสดุเหลือใช้ในพื้นที่) กลุ่มที่ 2 มะพร้าวน้ำหอม 2,746.56 ตันต่อวัน ถูกนำมาแปรรูปเป็นมะพร้าวควั่นและมะพร้าวเจีย 2,279.81 และ 466.75 ตันต่อวัน ตามลำดับ เกิดวัสดุเหลือใช้ประเภทเปลือกมะพร้าว มีน้ำหนักรวม 1,444.22 ตันต่อวัน ซึ่งเกิดจากมะพร้าวควั่น 1,139.90 ตันต่อวัน และมะพร้าวเจีย 304.32 ตันต่อวัน และกลุ่มที่ 3 แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น พุดดิ้ง วุ้นมะพร้าว และอื่น ๆ รวม 374.68 ตันต่อวัน เกิดวัสดุเหลือใช้ประเภท เปลือก และกะลามะพร้าว โดยมีน้ำหนัก 283.63 ตันต่อวัน ซึ่งเกิดจากพุดดิ้ง วุ้นมะพร้าว และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เท่ากับ 10.45 122.55 และ 160.63 ตามลำดับ แสดงในภาพที่ 1



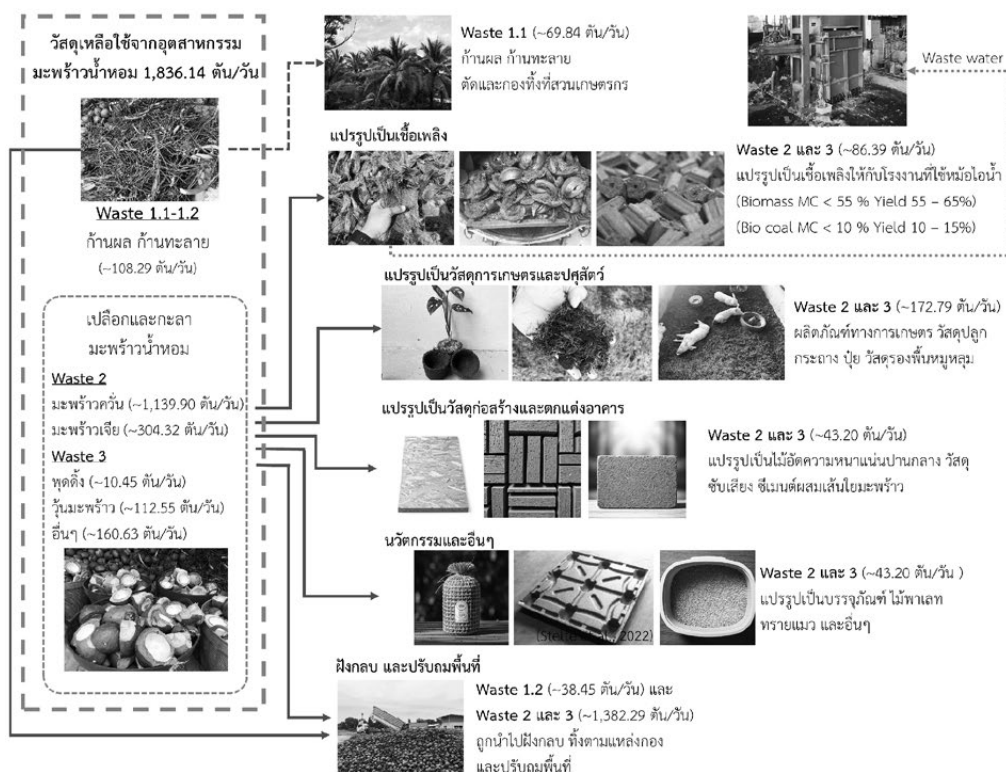
ภาพที่ 1: ห่วงโซ่ผลิตภัณฑ์ของวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมของจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม

2. การจัดการวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมเพื่อเพิ่มมูลค่าในปัจจุบัน

จากผลการศึกษา วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมที่เกิดขึ้นในพื้นที่จังหวัดราชบุรีและสมุทรสงครามทั้งหมด 1,836.14 ตันต่อวัน พบว่า วัสดุเหลือใช้เป็นส่วนของก้านผล ก้านทะลาย และส่วนเปลือก กะลา มีน้ำหนัก 108.29 และ 1,727.85 ตันต่อวัน ตามลำดับ โดยวัสดุเหลือใช้ประเภทก้านทะลายและก้านผลเกิดในแปลงของเกษตรกร 69.84 ตันต่อวัน แก้ปัญหาโดยปล่อยให้ย่อยสลายในพื้นที่ และที่เกิดจากถัง 38.45 ตันต่อวัน จัดการโดยกองทิ้งไว้ในพื้นที่แปรรูป ขณะที่วัสดุเหลือใช้ประเภทเปลือกและกะลา ปัจจุบันมีวิธีการจัดการผ่านการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิง แปรรูปเป็นวัสดุการเกษตรและปศุสัตว์ แปรรูปวัสดุก่อสร้างและตกแต่งอาคาร และแปรรูปโดยใช้องค์ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 2 วัสดุเหลือใช้ประมาณ 86.39 ตันต่อวัน ถูกนำไปแปรรูปเป็นเชื้อเพลิง อาทิเช่น การแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass) ถ่านชีวภาพ (Biocoal/ Biochar) แปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ดและเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ส่งต่อเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรม (Wichianphong et al., 2020) แต่ยังมีข้อจำกัดเนื่องจากวัสดุเหลือใช้ที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 80-85 ของน้ำหนัก ยากต่อการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลในอุตสาหกรรมโดยตรง จำเป็นต้องมีการปรับปรุงสภาพก่อนการนำไปใช้งาน (Sodsai et al., 2023) ด้านการแปรรูปเป็นวัสดุการเกษตรและปศุสัตว์ มีการนำวัสดุเหลือใช้ประมาณ 172.79 ตันต่อวัน แปรรูปเป็นกระถางปลูกต้นไม้ วัสดุปลูก และปุ๋ย เป็นต้น (Rodhirun & Thongket, 2014; Seansukato & Yenphayab, 2019; Somakul & Ngencharoen, 2020; Conneway, 2023) และเริ่มมีการนำมาใช้เป็นวัสดุรองพื้นคอกสุกร โดยการนำวัสดุเหลือใช้ผสมกับแกลบ เมื่อเกิดการย่อยสลายสามารถนำมาแปรรูปเป็นกระถางต้นไม้ได้ ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายก่อนการแปรรูปประมาณ 30 – 60 วัน (Sukhee et al., 2024) แสดงในภาพที่ 2

นอกจากนั้นวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมน้ำหนัก 43.20 ตันต่อวัน ถูกนำมาแปรรูปเป็นวัสดุทดแทนไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง วัสดุดูดซับเสียง และซีเมนต์ผสมเส้นใยมะพร้าว (Haemakom & Chamamporn, 2020) ที่จำเป็นต้องแปรรูปเป็นวัสดุในงานตกแต่งอาคารและวัสดุก่อสร้าง ทั้งนี้ต้องมีเครื่องมือและเครื่องจักรในการแปรรูป ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูงและจุดคุ้มทุนนาน อีกประมาณ 43.20

ต้นต่อวัน มีการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม มาใช้ในการแปรรูป อาทิเช่นการนำไปแปรรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ไม้พาเรท และทรายแอมว เป็นต้น (Leesalul, 2010; Rattanaporn, 2019; Stelte et al., 2022) โดยผลิตภัณฑ์บางส่วนมีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีในการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการเท่านั้น และยังขาดการวิเคราะห์ตลาดและต้นทุนในการผลิต ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ยังมีข้อมูลไม่เพียงพอต่อการพัฒนาและผลิตในเชิงพาณิชย์ จากข้อมูลทั้งหมด วัสดุเหลือใช้ประเภทเปลือกและกะลา 1,382.29 ตันต่อวัน ยังไม่ถูกนำมาพัฒนา แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ และสร้างมูลค่าเพิ่ม ซึ่งวิธีการจัดการในปัจจุบันของวัสดุเหลือใช้ส่วนนี้คือการฝังกลบ ปรับถมที่ดิน กองทิ้งตามแหล่งต่าง ๆ พื้นที่รองรับ และนำไปกำจัดในพื้นที่เอกชน ซึ่งต้องใช้พื้นที่ในการกองเก็บเป็นจำนวนมาก ทำให้พื้นที่ในการรองรับไม่เพียงพอ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัย (Angkhakhumool, 2019; Ardong et al., 2022) (ภาพที่ 2) ทั้งนี้ หากนำวัสดุเหลือใช้ประเภทก้านทะลายก้านผลที่เกิดจากลิ้งและประเภทเปลือก กะลา เท่ากับ 38.45 และ 1,382.29 ตันต่อวันตามลำดับ นำมาพัฒนาและสร้างมูลค่าเพิ่ม จะสามารถลดปริมาณวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวในจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัย สามารถพัฒนาและผลิตในเชิงพาณิชย์ อีกทั้งสามารถเพิ่มรายได้ในอนาคต



3. การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมตามแนวทาง

โมเดลเศรษฐกิจ BCG

จากการสะท้อนข้อมูลวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมของตัวแทนผู้ประกอบการจากภาคอุตสาหกรรม และสภาอุตสาหกรรมจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม ให้ความเห็นว่า “การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอม เป็นหนึ่งในหัวข้อการขับเคลื่อนนโยบาย BCG ในสาขา

เกษตรของจังหวัดราชบุรี โดยมีมะพร้าว น้ำหอม เป็นผลิตภัณฑ์นำร่อง โดยนำวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอม หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในมิติด้านสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับนโยบายการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคอุตสาหกรรม” จากการวิเคราะห์แนวทางการจัดการวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอม ในปัจจุบันที่มีการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม มาใช้ในการแปรรูป ลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมในหลายมิติอย่างยั่งยืน และมีปริมาณความต้องการในการใช้ประโยชน์ที่สอดคล้องกับปริมาณ วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอมในพื้นที่จังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การสร้างมูลค่าเพิ่มผ่านการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม

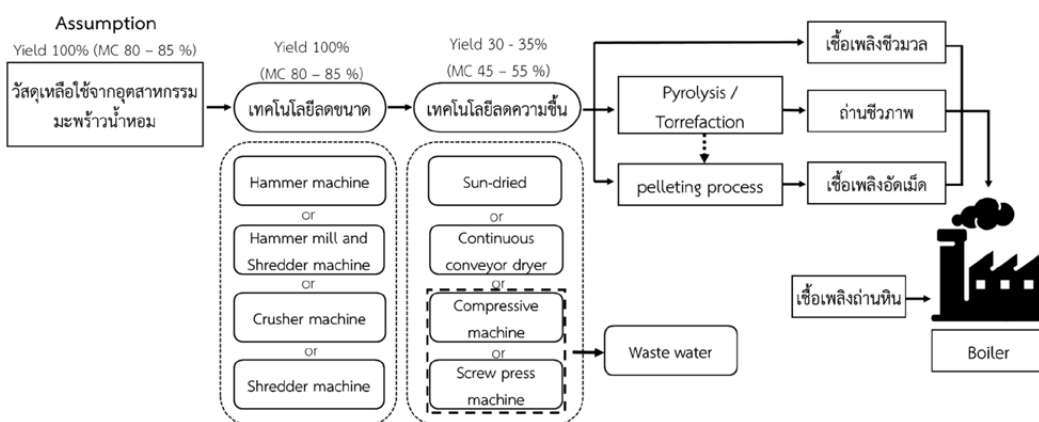
จังหวัดราชบุรีและสมุทรสงครามมีหม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน 31 เครื่อง ซึ่งใช้ถ่านหินประเภทซับบิทูมินัส (Sub-bituminous) ประมาณ 1,017.50 ตันต่อวัน (Ratchaburi Provincial Industry Office, 2023; Samut Songkhram Provincial Industry Office, 2023) หรือเท่ากับ 573.90 TOE ต่อวัน (ที่ความชื้นร้อยละ 10 และค่าความร้อนเท่ากับ 6,297 kcal/kg) จากปริมาณวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอม ในจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงครามประเภทเปลือก กะลา และประเภทก้านทะลาย ก้านผล เท่ากับ 1,382.29 และ 38.45 ตันต่อวัน รวมเป็น 1,420.74 ตันต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 77.38 ของปริมาณวัสดุเหลือใช้ทั้งหมด จากข้อมูลในห้วงปฏิบัติการพบว่า ค่าความร้อนของวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอมประเภทเปลือก กะลา ก้านทะลาย และก้านผล ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter มีค่าเท่ากับ 4,337.22 4,457.24 3,970.56 และ 3,807.54 kcal/kg ตามลำดับ และมีความชื้นร้อยละ 83.50 49.44 73.73 และ 75.28 ตามลำดับ ซึ่งให้พลังงานเทียบเท่าต้นน้ำมันดิบ 106.92 TOE ต่อวัน (คิดจากเชื้อเพลิงชีวมวลและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล) แสดงในตารางที่ 1 และภายหลังแปรรูปวัสดุเหลือใช้ข้างต้นเป็นชีวมวลเพื่อใช้ทดแทนถ่านหินในหม้อไอน้ำ สามารถลดการนำเข้าถ่านหินซับบิทูมินัสได้ 200.42 ตันต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 24.53 ของปริมาณถ่านหินที่ใช้ทั้งหมด จากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้ขอบเขตการประเมิน Scope ที่ 1 พบว่าสามารถลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 510.16 TonCO₂e/วัน

ตารางที่ 1: คุณสมบัติของวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอม

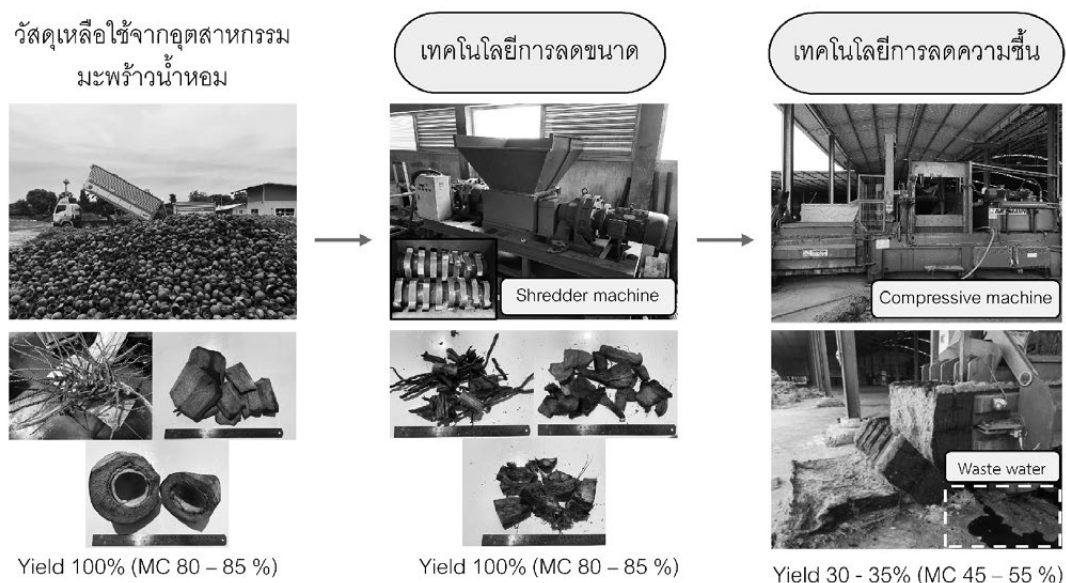
องค์ประกอบวัสดุเหลือใช้	ค่าความร้อน (kcal/kg)	ร้อยละความชื้น	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ (ตันต่อวัน)	พลังงานเทียบเท่าต้นน้ำมันดิบ (TOE ต่อวัน)
เปลือกมะพร้าว	4,337.22	83.5	1,354.08	96.75
กะลา	4,457.24	49.44	28.21	6.35
ก้านทะลาย	3,970.56	73.73	20.97	2.18
ก้านผล	3,807.54	75.28	17.48	1.64
รวม			1,420.74	106.92

การใช้วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอมทดแทนถ่านหินประเภทซับบิทูมินัสสามารถแปรรูปได้ 3 รูปแบบ ได้แก่ เชื้อเพลิงชีวมวล ถ่านชีวภาพ และเชื้อเพลิงอัดเม็ด จำเป็นต้องมีกระบวนการแปรรูปก่อนนำไปแปรรูป เนื่องจากวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอมมีขนาดใหญ่และมีความชื้นสูง จำเป็นต้องมีเทคโนโลยีการลดขนาดและการลดความชื้นในการแปรรูปก่อนนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิง โดยลดขนาดวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอมให้มีขนาดอยู่ระหว่าง 1 – 50 มิลลิเมตร และต้อง

ลดความชื้นให้ต่ำกว่าร้อยละ 55 ของน้ำหนัก จากนั้นผ่านกระบวนการแปรสภาพชีวมวลเป็นถ่านชีวภาพ และเชื้อเพลิงอัดเม็ด ด้วยกระบวนการ Pyrolysis/ Torrefaction และ Pelleting process โดยสามารถสรุปขั้นตอนการแปรรูปวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอมเป็นเชื้อเพลิง แสดงในภาพที่ 3 จากการทดลองแปรสภาพวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอมด้วยเทคโนโลยีการลดขนาดและการลดความชื้นที่มีอยู่จริงในภาคอุตสาหกรรมและในห้องปฏิบัติการ โดยคำนวณย้อนกลับที่กำลังการผลิตตั้งต้น 1 ตัน การลดขนาดโดยใช้ Shredder machine ขนาด 50 แรงม้า มีกำลังการผลิต 8 – 8.5 ตันต่อการผลิต 8 ชั่วโมง และใช้ร่อนฟ้นขนาด 50 มิลลิเมตร วัสดุเหลือใช้ที่ผ่านการลดขนาดจะมีขนาดไม่เกิน 50 มิลลิเมตร ภายหลังการลดขนาดวัสดุเหลือใช้ มีสัดส่วนของผลผลิต (Yield) เท่ากับร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก เนื่องจากกระบวนการลดขนาดไม่ได้ลดปริมาณความชื้นในวัสดุเหลือใช้ จากนั้นนำมาทำการลดความชื้นด้วยเครื่อง Compressive Machine ขนาดกำลังอัด 200 ตัน มีกำลังการผลิต 10-11 ตันต่อการผลิต 8 ชั่วโมง วัสดุเหลือใช้ที่ผ่านการลดความชื้นจะมีค่าความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 55 ของน้ำหนักทั้งหมด ภายหลังการลดความชื้นวัสดุเหลือใช้มีร้อยละของผลผลิตเท่ากับร้อยละ 30-35 โดยน้ำหนัก ส่วนที่เหลือเป็นของเหลวซึ่งมีค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand: BOD) และค่าปริมาณออกซิเจนที่สารเคมีใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Chemical Oxygen Demand: COD) เท่ากับ 35,125.63 และ 58,542.72 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 4) วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอมที่ผ่านกระบวนการลดขนาดและความชื้น สามารถเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลในอุตสาหกรรมได้ มีค่าความร้อนดังแสดงในตารางที่ 1 จากการประเมินค่าใช้จ่ายเพื่อคิดต้นทุนการแปรรูปวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอมเป็นเชื้อเพลิงที่กำลังการผลิตที่ 8 – 10 ตันต่อวัน โดยพิจารณาจากกำลังการผลิตในการแปรรูปของเครื่องจักรที่มีในอุตสาหกรรมในปัจจุบัน อัตราการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องจักร และค่าแรงคนงานที่ 8 ชั่วโมงต่อวัน จะมีต้นทุนในการแปรรูปประมาณ 1,000 – 1,200 บาทต่อตัน (ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการแปรรูปไม่รวมงบลงทุนเครื่องจักรและค่าขนส่งวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอม) (Sodsai et al., 2023)



ภาพที่ 3: การแปรรูปวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมเป็นเชื้อเพลิง



ภาพที่ 4: การแปรรูปวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอมเป็นเชื้อเพลิง
ด้วยเทคโนโลยีที่มีในภาคอุตสาหกรรม

3.2 การสร้างมูลค่าเพิ่มผ่านการแปรรูปเป็นวัสดุการเกษตรและปศุสัตว์

การนำวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอมมาใช้เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มในการเกษตรและปศุสัตว์เป็นแนวทางในการบริหารจัดการของวัสดุเหลือใช้ในพื้นที่จังหวัดราชบุรีและสมุทรสงครามตามแนวทาง BCG เนื่องจากวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอมมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบหลักและสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดิน ปุ๋ยอินทรีย์ กระถาง วัสดุรองพื้นให้กับสัตว์ เป็นต้น สามารถลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรในภาคเกษตรและปศุสัตว์ได้

ปัจจุบัน มีการนำวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอมมาใช้ในการเพาะปลูกและมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในรูปแบบของขุยมะพร้าว มะพร้าวสับ และกระถางจากขุยมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าว วัสดุเหลือใช้ประเภท เปลือกมะพร้าว ก้านทะลาย และก้านผล เป็นวัสดุอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติและสามารถนำมาแปรรูปและหมักเป็นวัสดุปรับปรุงคุณภาพดิน เพื่อลดการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยอนินทรีย์ในการเพาะปลูก จากงานวิจัยของ Saradhulth et al. (2014) ได้ศึกษาปริมาณธาตุในผลผลิตมะพร้าว น้ำหอมพบว่า ธาตุอาหารพืชได้แก่ โพแทสเซียม แคลเซียม ไนโตรเจน แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และกำมะถันสะสมอยู่ที่เปลือกมะพร้าวคิดเป็นร้อยละ 61 ของปริมาณธาตุอาหารพืชทั้งทะลาย และในส่วนของเนื้อและน้ำมะพร้าวประมาณ ร้อยละ 25 ของปริมาณธาตุอาหารพืชทั้งทะลาย แสดงในตารางที่ 2 เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Kusuwanwichid et al. (2017) ได้ทำการศึกษาการใช้ปุ๋ยน้ำสกัดจากปุ๋ยหมักขุยมะพร้าวในการปลูกข้าวแบบนาโยนเพื่อทดแทนการใช้น้ำหมักชีวภาพ ผลการศึกษาพบว่า ปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าวสามารถทดแทนน้ำหมักชีวภาพได้โดยไม่เกิดผลกระทบต่อผลผลิตข้าวและสามารถลดการระบาดของโรคข้าวได้ แต่ข้อจำกัดของการแปรรูปเป็นปุ๋ยอินทรีย์คือใช้เวลานานต่อการย่อยสลาย โดยมีงานวิจัยของ Kumar et al. (2022) ที่ได้ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ (Effective Microorganisms: EM) และปุ๋ยหมักชีวภาพสำหรับย่อย

สลายวัสดุเหลือใช้จากมะพร้าว ผลการศึกษาพบว่า ในด้านระยะเวลาของการย่อยสลาย จุลินทรีย์ EM สามารถทำได้เร็วกว่าปุ๋ยหมักชีวภาพโดยใช้เวลาเพียง 60 วัน แต่ในด้านธาตุอาหาร การใช้ปุ๋ยหมักชีวภาพให้ผลที่ดีกว่า อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการทำปุ๋ยอินทรีย์สามารถปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่าง ๆ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และ ไนตรัสออกไซด์ เป็นต้น โดยการปล่อยมลพิษเป็นผลจากอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ของวัสดุที่ใช้ และในกระบวนการทำปุ๋ยหมักในมากขึ้นต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (Nordahl et al., 2023) นอกจากนี้ได้มีการนำวัสดุสถานะที่ไม่เต็มอากาศจะมีแนวโน้มเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมสามารถแปรรูปเป็นถ่านชีวภาพเพื่อใช้ปรับปรุงดินสำหรับปลูกพืช เนื่องจากคุณสมบัติที่มีรูพรุนเหมาะต่อการสะสมของจุลินทรีย์มีความสามารถในการอุ้มน้ำ ลดความเป็นกรดต่างในดิน และช่วยดูดซับธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช (Chalatchaliao et al., 2022; Bramarambika et al., 2024) ทั้งนี้วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมประเภทเส้นใยแปรรูปเป็นกระถางต้นไม้ที่สามารถใช้แทนกระถางพลาสติกในเกษตรกรรม สามารถปลูกพร้อมกระถางโดยไม่ต้องย้ายต้นไม้ ลดการชะของราก ลดปริมาณขยะพลาสติกและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Seansukato & Yenphayab, 2019; Tomadoni et al., 2020; Conneway, 2023)

ตารางที่ 2: ปริมาณธาตุอาหารพืชที่ได้จากมะพร้าวน้ำหอมทั้งทะลาย

องค์ประกอบ	ผลรวมปริมาณสารอาหารทั้งหมด (กรัม)					
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โปแตสเซียม	แคลเซียม	แมกนีเซียม	กำมะถัน
มะพร้าวน้ำหอมทั้งทะลาย (19.9 กิโลกรัม)	17.70	4.77	43.60	20.95	5.34	2.02

ที่มา: Saradhuldhath et al. (2014)

การนำวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมไปใช้ในปศุสัตว์ เช่น การผลิตอาหารเสริมสัตว์ การผลิตฟางหมัก และการนำไปใช้เป็นวัสดุรองพื้น เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มด้านการปศุสัตว์ที่มีศักยภาพสูง เนื่องจากวัสดุเหลือใช้จากมะพร้าว เช่น ใยมะพร้าว เปลือกมะพร้าว และกากมะพร้าว สามารถนำมาปรับใช้ในหลายด้านของการเลี้ยงสัตว์ ปัจจุบันเริ่มมีการใช้ในระบบการจัดการฟาร์มโดยใช้วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมใช้เป็นวัสดุรองพื้นสุกรทดแทนการใช้แกลบ เนื่องจากเปลือกมะพร้าวมีความสามารถปรับสภาพการเลี้ยงสุกรได้ดี โดยเฉพาะในด้านการดูดซับความชื้นและของเสีย ลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เพิ่มความสะดวกในโรงเรือน และลดค่าใช้จ่ายในการซื้อแกลบ อย่างไรก็ตาม ภายหลังจากการเลี้ยงสุกรด้วยวัสดุรองพื้นจากเปลือกมะพร้าว วัสดุรองพื้นดังกล่าวมีการผสมกันระหว่างวัสดุเหลือใช้จากมะพร้าวน้ำหอม มูลสุกร และแกลบ ที่ผ่านการหมักเป็นเวลานาน จึงเป็นแหล่งสะสมสารอาหารพืชจำนวนมากและสามารถนำมาแปรรูปได้ โดย Sukkhee et al. (2024) ได้ศึกษาการทำกระถางพืชอินทรีย์ด้วยวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอม และวัสดุรองพื้นคอกสุกรโดยมีการผสมกันระหว่างเปลือกมะพร้าวและวัสดุรองพื้นคอกสุกรที่อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก และใช้แบ่งข้าวโพดเป็นต้นประธานผลิตเป็นกระถางเพาะชำและปลูกพืชและทดสอบโดยใช้การเจริญเติบโตของต้นกะเพราเป็นเวลา 30 วัน ผลการศึกษาพบว่า เปลือกมะพร้าวและวัสดุรองพื้นคอกสุกรมีค่าอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) เท่ากับ 74.42 และ 9.86 ตามลำดับ เมื่อนำมาใช้ปลูกกะเพราเปรียบเทียบกับกระถางพลาสติก พบว่าการใช้วัสดุรองพื้นคอกสุกรมีจำนวนต้นและความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด ให้ผลที่ดีกว่าการใช้กระถางพลาสติก กระถางอินทรีย์จากวัสดุรองพื้นคอกสุกรสามารถนำมาใช้เป็นกระถางได้ พร้อมปลูกลงดิน ย่อยสลายได้ง่าย และมีธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของพืช

อย่างไรก็ตาม การจัดการวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอมมาใช้เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มในด้านการเกษตรและ ปศุสัตว์ ไม่เพียงแต่ช่วยลดการสูญเสียทรัพยากร แต่ยังส่งเสริมการเกษตรยั่งยืนและปศุสัตว์ที่มีประสิทธิภาพสูง การใช้วัสดุเหลือใช้เหล่านี้มีประโยชน์ในหลายด้าน และสามารถสร้างมูลค่าเพิ่ม ทั้งในด้านการปรับปรุงคุณภาพดิน การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ และการใช้เป็นวัสดุรองพื้นในฟาร์มสัตว์ ทั้งนี้ต้องมีการจัดการและการแปรรูปที่ดีเพื่อให้ได้ผลประโยชน์สูงสุด พร้อมทั้งลดต้นทุนการผลิตและผลกระทบต่อทางสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม การจัดการวัสดุเหลือใช้ด้วยวิธีข้างต้นจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการแปรรูป จำเป็นต้องมีพื้นที่เก็บและการจัดการที่เหมาะสม หากไม่มีการบริหารจัดการที่ดีอาจเกิดการสะสมของแหล่งแมลงศัตรูพืช เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมและสุขภาพตามมา รวมถึง ในบางผลิตภัณฑ์ยังไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ส่งผลให้ไม่สามารถดำเนินการธุรกิจต่อไปได้ นอกจากนี้การสร้างมูลค่าเพิ่มของวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมในด้านนี้ มีสูตรการผลิตที่หลากหลายและไม่แน่นอน ขึ้นกับพื้นที่และช่วงเวลา อีกทั้งยังไม่มีงานวิจัยที่มีการเก็บข้อมูลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีการนำวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมมาใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร จึงไม่ได้มีการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอม

3.3 การสร้างมูลค่าเพิ่มผ่านการแปรรูปเป็นวัสดุก่อสร้าง วัสดุตกแต่งอาคาร และอื่น ๆ

การนำองค์ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาใช้ในการแปรรูปวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอม เป็นวัสดุก่อสร้าง วัสดุตกแต่งอาคาร วัสดุอื่น ๆ ที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้น และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในด้านวัสดุก่อสร้าง วัสดุเหลือใช้จากมะพร้าวน้ำหอมสามารถนำมาผลิตเป็นคอนกรีตบล็อก โดยผสมกับกากมะพร้าว ผลการศึกษาพบว่า การใช้กากมะพร้าวเป็นส่วนผสมในคอนกรีตบล็อกส่งผลทำให้ค่าการต้านทานแรงอัดลดลง และการเพิ่มปริมาณกากมะพร้าวทำให้ค่าความหนาแน่นลดลง (Thammasri et al., 2022) นอกจากนี้ ยังมีการนำวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมประเภทเส้นใยนำมาแปรรูปเป็นวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ และออกแบบเป็นเฟอร์นิเจอร์สำนักงาน (Pannalee et al., 2016; Lertwattananuruk & Lertwattananuruk, 2018) นอกจากนี้ ยังสามารถนำเส้นใยมาผลิตเป็นวัสดุดูดซับเสียงและวัสดุที่ใช้ในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ โดยจากงานวิจัยของ Rohitakane (2007) ได้ศึกษาการเสริมแรงโพลิเอทิลีนโดยเส้นใยจากกาบและก้านมะพร้าว ผลการศึกษาพบว่า เส้นใยมะพร้าวช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับวัสดุโพลิเอทิลีนแต่จำเป็นต้องผ่านการปรับปรุงผิวก่อนนำไปใช้งาน ทั้งนี้ยังมียงานวิจัยที่นำผงใยมะพร้าวมาผสมกับพอลิโพรพิลีนเพื่อผลิตเป็นวัสดุทดแทนไม้ ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนของพอลิโพรพิลีน: สารตัวเชื่อม: ผงใยมะพร้าวเท่ากับ 70: 5: 25 มีสมบัติทางกายภาพและทางกลเหมาะสมในการผลิตเป็นวัสดุทดแทนไม้ มีค่ากำลังอัดเท่ากับ 23.86 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แต่ยังมีข้อด้อยในด้านความสวยงาม (Haemakom & Chamamporn, 2020) วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมประเภทเส้นใยสามารถนำมาผสมกับโฟมพอลิสไตรีน ผลิตเป็นแผ่นดูดซับเสียง โดยเตรียมแผ่นวัสดุประกอบดูดซับเสียงจากเส้นใยมะพร้าวผสมรีไซเคิลพอลิสไตรีนโฟมความหนาแน่น 0.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์และฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ผลการศึกษาพบว่า ในอัตราส่วนเส้นใยมะพร้าวต่อโฟมพอลิสไตรีนเท่ากับ 80/20 มีค่าการบวม น้ำต่ำและการดูดซับเสียงได้ดี แผ่นวัสดุประกอบดูดซับเสียงที่ใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ที่สัดส่วนร้อยละ 15 จะให้ค่าการดูดซับเสียงสูงสุด ส่วนแผ่นวัสดุประกอบดูดซับเสียงที่ใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ที่สัดส่วนร้อยละ 15 จะให้ค่าการดูดซับเสียงสูงสุด (Chaisupakitsin et al., 2009) นอกจากนี้ยังมีการนำเส้นใยมะพร้าวมาใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยนำมาผลิตเป็นเสื้อผ้าและถุงมือ และนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพและสามารถทดแทนบรรจุภัณฑ์พลาสติกได้ เช่น กล่อง

บรรจุอาหารหรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้พลาสติก (Leesalul, 2010; Rattanaporn, 2019) และในปัจจุบัน เริ่มมีการนำวัสดุเหลือใช้ประเภทกะลามะพร้าวมาใช้ประโยชน์ในด้านวิศวกรรมมากขึ้น โดยนำมาบดละเอียดและผสมในวัสดุคอมโพสิตเพื่อผลิตเป็นชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์อีกด้วย (Chandan et al., 2024)

อย่างไรก็ตาม การสร้างมูลค่าเพิ่มผ่านการแปรรูปเป็นวัสดุก่อสร้าง วัสดุก่อสร้างอาคาร และอื่น ๆ อาจมีความทนทานและประสิทธิภาพที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุอื่น ๆ ความสามารถในการรับน้ำหนัก ความทนทานต่อสภาพอากาศหรือการใช้งานในระยะยาวอาจไม่เหมาะสม จำเป็นต้องมีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเฉพาะทางที่เหมาะสม รวมถึงอาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับต้นทุนการพัฒนาและความยากในการผลิตในปริมาณมากที่จะต้องพัฒนาเทคโนโลยีและการจัดการที่มีประสิทธิภาพ อีกทั้ง ในบางผลิตภัณฑ์ยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการของตลาด ส่งผลให้ไม่สามารถดำเนินเป็นธุรกิจได้ นอกจากนี้ การนำวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมมาผสมในวัสดุก่อสร้าง วัสดุก่อสร้างอาคาร และอื่น ๆ ยังไม่แพร่หลาย ประกอบกับสัดส่วน ส่วนผสมที่ใช้ หรือวิธีการในการผลิตมีความหลากหลาย จึงยังมีข้อมูลไม่เพียงพอในการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตได้

อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาเพื่อหาแนวทางการจัดการวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมของภาคกลางตอนล่าง ให้เกิดประโยชน์ต่อภาคอุตสาหกรรมตามแนวทาง BCG ความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือใช้จากมะพร้าวน้ำหอมให้เป็นเชื้อเพลิงพลังงาน โดยพิจารณาปริมาณวัสดุเหลือใช้จากมะพร้าวน้ำหอมที่เกิดขึ้นจริงในปี 2566 ของจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม พื้นที่เพาะปลูกมะพร้าวน้ำหอมของจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงครามเท่ากับ 100,100 ไร่ (ร้อยละ 54.60 ของประเทศ) และมีผลผลิตรวมกันเฉลี่ย 1,630,357 ลูกต่อวัน คิดเป็น 3,526.53 ตันต่อวัน (น้ำหนักรวม ลูก ก้านทะลาย และก้านผล) โดยร้อยละ 6.95 ของผลผลิตนำไปขายเป็นผลสดนอกพื้นที่ และร้อยละ 93.05 ส่งไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น มะพร้าวผลสด ตัดแต่ง มะพร้าวคั่ววัน มะพร้าวเจียว วุ้น และพุดดิ้ง เป็นต้น ภายหลังการแปรรูปเกิดวัสดุเหลือใช้ ได้แก่ ก้านทะลาย ก้านผล เปลือก และกะลา โดยมีน้ำหนัก 1,836.14 ตันต่อวัน

วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมที่เกิดขึ้นในพื้นที่จังหวัดราชบุรีและสมุทรสงครามที่ร้อยละ 5.51 และ 94.49 เป็นส่วนของก้านผล ก้านทะลาย และส่วนเปลือก กะลามะพร้าว ตามลำดับ โดยวัสดุเหลือใช้ประเภทก้านทะลายและก้านผล 64.97 ตันต่อวัน และวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอม 1,766.30 ตันต่อวัน ถูกบริหารจัดการผ่านการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิง แปรรูปเป็นวัสดุการเกษตรและปศุสัตว์ แปรรูปวัสดุก่อสร้างและตกแต่งอาคาร และแปรรูปโดยใช้อองค์ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ โดยคิดเป็นร้อยละ 22.62 ของปริมาณวัสดุเหลือใช้ทั้งหมด (น้ำหนักรวม 415.40 ตันต่อวัน) และที่เหลือ 1,420.74 ตันต่อวัน (ร้อยละ 77.38 ของปริมาณวัสดุเหลือใช้ทั้งหมด) ยังไม่นำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์และจัดการโดยนำไปฝังกลบ ปรับถมที่ดิน กองทิ้งตามแหล่งต่าง ๆ ในพื้นที่เอกชน

แนวทางการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมตามแนวทางโมเดลเศรษฐกิจ BCG สามารถทำได้โดย 3 แนวทางได้แก่ การสร้างมูลค่าเพิ่มผ่านการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม แปรรูปเป็นวัสดุการเกษตรและปศุสัตว์ และแปรรูปเป็นวัสดุก่อสร้าง วัสดุก่อสร้างอาคาร และอื่น ๆ จากการวิเคราะห์ในด้านปริมาณการผลิต ผลกระทบต่อด้านสิ่งแวดล้อม ผลกระทบด้านสุขภาพอนามัย และความคุ้มค่าในการลงทุน จึงสามารถสรุปได้ว่า การสร้างมูลค่าเพิ่มผ่านการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม เป็นแนวทางบริหารจัดการที่เหมาะสมที่สุด จากปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่

นำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์และสร้างมูลค่าเพิ่ม 1,420.74 ตันต่อวัน หากแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงคุณภาพสูง จะสามารถให้พลังงาน 106.92 TOE ต่อวัน (คิดจากเชื้อเพลิงชีวมวลและค่าความร้อนเชื้อเพลิงชีวมวล) สามารถทดแทนถ่านหินได้ 200.42 ตันต่อวัน ภายใต้ความต้องการใช้พลังงานในหม้อน้ำเชื้อเพลิงถ่านหิน ของจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงครามที่ 573.90 TOE ต่อวัน (1,017.50 ตันต่อวัน) และสามารถลดปริมาณ การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 510.16 TonCO₂e ต่อวัน ในขณะที่แนวทางการจัดการในด้านการ แปรรูปเป็นวัสดุการเกษตรและ ปศุสัตว์สามารถทำได้เพียงแต่ต้องใช้ระยะเวลาในการจัดการและใช้เวลาใน การกองเก็บมากกว่า 30 วัน รวมถึงแนวทางการจัดการผ่านการแปรรูปเป็นวัสดุก่อสร้าง วัสดุตกแต่งอาคาร และอื่นๆ ที่ยังมีข้อจำกัดด้านต้นทุนการพัฒนาและความยากในการผลิต จำเป็นต้องพัฒนาเทคโนโลยีและ การจัดการที่มีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ทุนสนับสนุนด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ปีงบประมาณ พ.ศ.2566 ภายใต้รหัสโครงการ FRB660073/0164 หน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) การพัฒนาเมืองและพื้นที่ กลุ่มเศรษฐกิจโดยรอบบนฐานเศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy)

เอกสารอ้างอิง

- Angkhakhumool, W. (2019). Health problems and illness in farmers: literature reviews on occupational health and social sciences perspectives. *Journal of Medicine and Public Health*, 2(1), 53-65. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/jmpubu/article/view/195123>
- Ardong, N., Uprasert, B., & Keowan, B. (2022, May 28). Extension needs of aromatic coconut waste management by farmers in Damnoen Saduak District, Ratchaburi Province. In Northeastern University (Ed.), *The 9th National and the 7th International Conference on Research and Innovation Development for the Next Normal Society: Transition from the New Normal* (pp. 1174–1185). Northeastern University.
- Bramarambika, S., Mamatha, B., Jakir, H. K. N., Srinivas, R. K. M., & Desai, N. (2024). The Effect of Coconut Shell Biochar on the Growth and Yield of Chilli (*Capsicum annum* L.) in Acidic Alfisols Soil. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 27(7), 203-211. <https://doi.org/10.9734/jabb/2024/v27i7980>
- Chaisupakitsin, M., Wongsilatat, A., Tannil, A., & Apitchitsakulchai, A. (2009). Role of natural fibers on properties of fiberboards made from polystyrene foam and fibers. *Journal of the National Research Council of Thailand*, 41(2), 43-55. <https://www.thaiscience.info/Journals/Article/NRCT/10596962.pdf>
- Chalatchaliao, T., Chumsang, C., & Sangmanee, P. (2022). Effect of biochar as amendment of potting soil on growth and yield of three leaf vegetables grown in raised garden beds. *Journal of Energy and Environment Technology*, 9(1), 46-55. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/JEET/article/view/247779>
- Chalongchat, M. (2021). *Extension guidelines of aromatic coconut integrated pests management of farmer in Damnoen Saduak District, Ratchaburi Province* (Master's thesis, Sukhothai Thammathirat Open University). Sukhothai Thammathirat Open University Intellectual Repository. <https://ir.stou.ac.th/handle/123456789/9147>
- Chandan, V., Mishra, R. K., Kolar, V. Muller, M., & Hrabe, P. (2024). Green hybrid composites partially reinforced with flax woven fabric and coconut shell waste-based micro-fillers. *Industrial Crops and Products*, 222(4). <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.119948>
- Choojit, S. (2021). *Extension Guidelines of Coconut Integrated Pests Management of Farmer in Ban Laem District, Phetchaburi Province* (Master's thesis, Sukhothai Thammathirat Open University). Sukhothai Thammathirat Open University Intellectual Repository. <https://ir.stou.ac.th/handle/123456789/9518>
- Conneway, R. L. (2013). *Evaluating Biodegradable Containers as Alternatives to Plastic Pots* (Master's thesis, West Virginia University). West Virginia Research Repository. <https://doi.org/10.33915/etd.541>
- Haemakom, S., & Chamamporn, C. (2020). Study of polypropylene and coconut fiber powder composite as a wood replacing material. *CRMA Journal*, 18(1), 58 – 69. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/crma-journal/article/view/243157>

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023, February). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 2: Energy*. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/>
- Ganiron Jr, T. U., Ucol-Ganiron, N., & Ganiron III, T. U. (2017). Recycling of waste coconut shells as substitute for aggregates in mix proportioning of concrete hollow blocks. *World Scientific News*, 77(2), 103-119. <https://worldscientificnews.com/recycling-of-waste-coconut-shells-as-substitute-for-aggregates-in-mix-proportioning-of-concrete-hollow-blocks/>
- Kumar, P. A., Chozhan, K., Dhevagi, P., Mahimairaja, S., Prabhu, R., & Poornima, R. (2022). A comparative study of effective microorganisms (EM) and biocompost in the decomposition of coconut waste material. *Journal of Applied and Natural Science*, 14, 129-137. <https://doi.org/10.31018/jans.v14iSI.3598>
- Kusuwanwichid, S., Laptrakoon, T., Tripetchku, S., & Akeprathumcha, S. (2017, January 31 – February 3). Utilization of compost tea from coir pith compost in parachute rice transplantation. In Kasetsart University (Ed.), *The 55th Kasetsart University Annual Conference* (pp. 919–926). Kasetsart University.
- Leesalul, N. (2010). Study and development of temperature-controlled pot from waste coconut fiber. *Burapha Arts Journal*, 13(2), 30-42. <https://journal.lib.buu.ac.th/index.php/art/article/view/9088>
- Lertwattanakul, P., & Lertwattanakul, A. (2018). Properties of natural fiber cement materials containing coconut coir and oil palm fibers for manufacture of building materials. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, 9(1), 113-124. <https://doi.org/10.56261/jars.v9i1.168602>
- Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2023). *Ministry of Agriculture Move forward to drive high-value agriculture, connecting with BCG Ratchaburi*. <https://www.moac.go.th/news-preview-441491791334>
- Nordahl, S. L., Preble, C. V., Kirchstetter, T. W., & Scown, C.D. (2023). Greenhouse gas and air pollutant emissions from composting. *Environmental Science & Technology*, 57(6), 2235-2247. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c05846>
- Pannalee, J., Puangpong, P., & Rodklongtan, T. (2016). A study and design of office furniture from coconut fiber. *Rammasun Journal*, 14(Special Issue), 165-172.
- Ratchaburi Provincial Agricultural Extension Office. (2023). *Aromatic coconut report 2023 Ratchaburi Province*.
- Ratchaburi Provincial Industry Office. (2023). *Boiler report 2023 Ratchaburi Province*.
- Rattanaporn, K. (2019). *Improvement of the Green Fiber Properties by Cellulase Enzyme for Yarn Production* (Master's thesis, Rajamangala University of Technology Thanyaburi). RMUTT Institutional Repository. <http://www.repository.rmutt.ac.th/dspace/bitstream/123456789/3848/1/RMUTT-167635.pdf>

- Rodhirun, S., & Thongket, T. (2014). The development composted coco-coir dust seedling media for cucumber. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 42(3), 835-839. https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=V_023.pdf&id=1684&keeptrack=2
- Rohitakane, P. (2007). Reinforcement of Polyethylene with Coconut Fibers (Master's thesis, Silpakorn University). Silpakorn University Repository. <https://sure.su.ac.th/xmlui/handle/123456789/10037>
- Samut Songkhram Provincial Agricultural Extension Office. (2023). *Aromatic coconut report 2023 Samut Songkhram Province*.
- Samut Songkhram Provincial Industry Office. (2023). *Boiler report 2023 Samut Songkhram Province*.
- Saradhulhat, P., Choorueng, M., Abdullakasim, S., & Phavaphutanon, L. (2014). Macro-nutrient Content in Aromatic Coconut Produce. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 42(3), 192-197. https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=F_037.pdf&id=1565&keeptrack=8
- Sawekwiharee, S., & Polyium, U. (2020). *Potential Energy of the Fuel Briquettes from Young coconut shells* (Research Report, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon). <https://repository.rmutp.ac.th/xmlui/handle/123456789/3854?show=full>
- Seansukato, S., & Yenphayab, C. (2019). Study the Optimal Mixing Ratio and the Physical Quality of the Biocomposite Pot from Coconut Residue. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 47(1), 1485-1490. https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=142_Hor25.pdf&id=3614&keeptrack=3
- Sodsai, K., Piyaphanuwat, R., & Nuengchaknin, C. (2023). *Feasibility study use of coconut waste as biomass fuel in the energy industry* (Research Report). King Mongkut's University of Technology Thonburi.
- Somakul, P., & Ngencharoen, S. (2020, August 28). Biodegradable nursery pot from beverage labelling waste and coconut bagasse. In Kasetsart University Sriracha Campus (Ed.), *The 4th KU SRC Annual Conference* (pp. 36–45). Kasetsart University Sriracha Campus.
- Stelte, W., Reddy, N., Barsberg, S., & Sanadi, A. (2022). Coir from coconut processing waste as a raw material for applications beyond traditional uses. *BioResources*, 18(1), 2187-2212. <https://doi.org/10.15376/biores.18.1.Stelte>
- Sukkhee, N., Vinitnantharat, S., Pratinthong, N., Intarapong, P., Singtosri, S., & Manakij, A. (2024). Organic plant pot from discarded aromatic coconut and flooring materials from pig house. *Science and Technology Nakhon Sawan Rajabhat University Journal*, 16(24), 42-55. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSTNSRU/article/view/253448/171305>
- Tantisattayakul, T., Phongkasem, S., Phooyar, P., & Taibangury, P. (2015). Community-based renewable energy from biomass briquettes fuel from coconut leaf. *Thai Science and Technology Journal*, 23(3), 418-431. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj/article/view/33484/28394>

- Thammasri, W., Aonpadcha, N., Peenok, U., & Srithomgkam, M. (2022). Utilization of waste materials from coconut to production of concrete blocks. *Academic Journal Uttaradit Rajabhat University*, 17(1), 117 – 129. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/uruj/article/view/245795/168670>
- The Agricultural Research Development Agency (Public Organization) (2023). *Thailand Agricultural Research Repository (TARR)*. <https://www.arda.or.th/detail/5115%20-review>
- Tomadoni, B., Merino, D. Casalongué, C., & Alvarez, V. (2020). Biodegradable materials for planting pots. *Materials Research Foundations*, 68, 85-103. <https://doi.org/10.21741/9781644900659-4>
- Wichianphong, N., Juepanit, T., & Miangkhae, P. (2020). Production of fuel pullets from coconut coir dust mixed with biomass wastes. *PSRU Journal of Science and Technology*, 5(3), 122-126. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/Scipsru/article/view/242509>
- Yerizam, M., Zaman, M., Jauhari, T., Yuli, N., Setiawan, R., & Afrilla U. (2021). Production of bio-pellet briquettes from coconut shell waste as alternative energy for household scale. *Atlantis Highlights in Engineerin*, 7, 57-61. <https://doi.org/10.2991/ahe.k.210205.011>