



Received: 18 September 2024

Revised: 31 October 2024

Accepted: 6 November 2024

PROMOTING THE UTILIZATION OF RECOVERED CARBON BLACK AS A SUSTAINABLE SUBSTITUTE FOR SCRAP TIRES IN THE RUBBER INDUSTRY THROUGH CIRCULAR ECONOMY SYSTEM

Somphit WATTANALIANGJAI¹, Tannikarn SOONSINPAI¹ and Cholvit JEARAJIT¹

¹ Srinakharinwirot University, Thailand; somphit.cmc@gmail.com (S. W.)

Handling Editor:

Adjunct Professor Dr.Chienchuang KALAYANAMITR

Engineering Institute of Thailand, Thailand

(This article belongs to the Theme 2: Sciences & Technology for Sustainability)

Reviewers:

1) Associate Professor Dr.Petch JEARANAISILAWONG

KMUTNB, Thailand

2) Assistant Professor Dr.Chanchai LAOHA

RMUTI Khonkaen Campus, Thailand

3) Assistant Professor Dr.Thannapat JARERNPANIT

Chiang Mai University, Thailand

Abstract

This research aims to study the use of recovered carbon black (RCB) from scrap tires, develop a promotional model, and analyze its suitability. The study employed a three-phase methodology. The first phase utilized qualitative research. Findings revealed that most companies have policies favoring environmentally friendly raw materials. While RCB use offers cost reduction and environmental benefits, quality limitations compared to original carbon black persist. The second phase involved quantitative research. Analysis showed that waste management concepts and circular economy systems significantly influence RCB promotion, leading to the development of a Business Model Canvas. The final phase evaluated the model's suitability through a survey. Results indicated high approval ratings across all components, particularly in value proposition, revenue streams, key resources, key activities, and key partnerships. The study concludes that RCB has high potential in promoting circular economy and sustainable development in the rubber industry. Based on the findings, the researchers propose the SHIFT Model as a conceptual framework for promoting RCB use, comprising synergize, harmonize, innovate, foster, and transform.

Keywords: Promotion Model, Recovered Carbon Black, Rubber Industry, Circular Economy System

Citation Information: Wattanaliangjai, S., Soonsinpai, T., & Jearajit, C. (2025). Promoting the Utilization of Recovered Carbon Black as a Sustainable Substitute for Scrap Tires in the Rubber Industry Through Circular Economy System. *Thai Interdisciplinary and Sustainability Review*, 14(1), Article 5. <https://doi.org/10.14456/tisr.2025.5>

รูปแบบการส่งเสริมการใช้เซมาดำทดแทนจากขยะยางล้อ ในอุตสาหกรรมยางโดยใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน

สมพิศ วัฒนเลียงใจ¹, ธันนิกันต์ สุญสินภัย¹ และ ชลวิทย์ เจียรจิตต์¹

1 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ; somphit.cmc@gmail.com (สมพิศ)

บรรณาธิการผู้รับผิดชอบบทความ:

ศาสตราจารย์ (วุฒิคุณ) ดร.เชิษฐช่วง กัลยาณมิตร วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
(บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของหัวเรื่องที่ 2: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อความยั่งยืน)

ผู้ทรงคุณวุฒิผู้พิจารณาบทความ:

- | | |
|---|--|
| 1) รองศาสตราจารย์ ดร.เพชร เจียรนัยศีลวาล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย เหล่าหา | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น |
| 3) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญญ์ณภัทร์ เจริญพานิช | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เซมาดำทดแทนจากขยะยางล้อ (RCB) พัฒนารูปแบบการส่งเสริมการใช้ และวิเคราะห์ความเหมาะสมของรูปแบบดังกล่าว การวิจัยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ขั้นแรกใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพ พบว่าส่วนใหญ่มีนโยบายใช้วัตถุดิบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การใช้ RCB มีประโยชน์ในการลดต้นทุนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังมีข้อจำกัดด้านคุณภาพเมื่อเทียบกับเซมาดำดั้งเดิม ขั้นที่สองใช้วิจัยเชิงปริมาณ พบว่าปัจจัยด้านการจัดการขยะและระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนมีอิทธิพลสำคัญต่อการส่งเสริมการใช้ RCB จึงนำมาพัฒนา Business Model Canvas ขั้นสุดท้ายประเมินความเหมาะสมโดยการสำรวจ ผลปรากฏว่าทุกองค์ประกอบได้รับการประเมินในระดับสูงมาก โดยเฉพาะด้านการนำเสนอคุณค่า การสร้างรายได้ ทรัพยากรหลัก กิจกรรมหลัก และพันธมิตรหลัก ผลการวิจัยสรุปได้ว่า RCB มีศักยภาพสูงในการส่งเสริมระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนและการพัฒนาอย่างยั่งยืนในอุตสาหกรรมยาง จากผลการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอ SHIFT Model เป็นกรอบแนวคิดในการส่งเสริมการใช้ RCB ประกอบด้วย ผสานพลัง, ปรับให้สอดคล้อง, สร้างนวัตกรรม, ส่งเสริม และเปลี่ยนแปลง

คำสำคัญ: รูปแบบการส่งเสริม, การใช้เซมาดำ, ขยะยางล้อในอุตสาหกรรมยาง, ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน

ข้อมูลการอ้างอิง: สมพิศ วัฒนเลียงใจ, ธันนิกันต์ สุญสินภัย และ ชลวิทย์ เจียรจิตต์. (2568). รูปแบบการส่งเสริมการใช้เซมาดำทดแทนจากขยะยางล้อในอุตสาหกรรมยางโดยใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน. สหวิทยาการและความยั่งยืนปริทรรศน์ไทย, 14(1), บทความที่ 5. <https://doi.org/10.14456/tisr.2025.5>

ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2568)

บทนำ

อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจโลก เนื่องจากการใช้ผลิตภัณฑ์ยางในหลากหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ การก่อสร้าง และอื่นๆ (ชัยวัฒน์ สาวเจริญสุข, 2565) ประเทศไทยเป็นหนึ่งในผู้ผลิตยางรายใหญ่ของโลก โดยมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ยางล้อของไทยในช่วงปี 2561-2566 มีมูลค่าเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 194,933.97 ล้านบาท ต่อปี (กรมศุลกากร กระทรวงพาณิชย์; หมายเหตุ HS CODE: 4011) อย่างไรก็ตาม อุตสาหกรรมยางกำลังเผชิญกับความท้าทายด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของการจัดการขยะยางล้อและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ในกระบวนการผลิตยาง มีการใช้เขม่าดำ (Carbon Black) เป็นวัตถุดิบสำคัญ เพื่อใช้เป็นสารตัวเติมและสารเสริมแรง พบว่ายางล้อรถยนต์โดยเฉลี่ยจะมีคาร์บอนแบล็คประมาณ 3 กิโลกรัม (ReportLinker, 2021) ปัจจุบัน ความต้องการคาร์บอนแบล็คทั่วโลกอยู่ที่ 8.5 ล้านตันต่อปี (Grand View Research, 2019) อย่างไรก็ตาม การผลิตเขม่าดำแบบดั้งเดิม (Original Carbon Black: OCB) มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก เนื่องจากใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการผลิต ซึ่งก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูง

แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในอุตสาหกรรมยาง โดยมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (European Commission, 2016) หนึ่งในแนวทางที่น่าสนใจคือการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อ (Recovered Carbon Black: RCB) ซึ่งเป็นการนำขยะยางล้อที่หมดอายุการใช้งาน (End of Life Tyre: ELT) มาผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ (Xu et al., 2020) ซึ่งการใช้ RCB มีข้อดีหลายประการ เช่น การลดปริมาณขยะยางล้อ การลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการผลิต RCB ปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าการผลิต OCB ประมาณ 70-80% (Ramesh et al., 2019) นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการขยะแบบ 4R (Reduce, Reuse, Recycle, Recover) ที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2561) ในระดับโลก ผู้ผลิตยางรายใหญ่อย่างบริดจสโตนและมิชลินได้ให้ความสำคัญกับการใช้ RCB เพื่อสร้างระบบนิเวศการเคลื่อนที่ที่ยั่งยืนมากขึ้น (Bridgestone Americas, 2021) นอกจากนี้ คณะกรรมการมาตรฐาน ASTM ได้ออกมาตรฐานใหม่ ASTM D8178-18 ที่เกี่ยวข้องกับการนำเขม่าดำกลับมาใช้ใหม่ (ASTM International, 2019) แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการยอมรับและการใช้ RCB ในอุตสาหกรรมยางที่เพิ่มขึ้น

สำหรับประเทศไทย แม้จะเป็นผู้ผลิตยางรายใหญ่ของโลก แต่การส่งเสริมการใช้ RCB ยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น การขาดความรู้และเทคโนโลยีในการผลิต RCB การขาดการสนับสนุนจากภาครัฐ และการขาดความตระหนักในเรื่องประโยชน์ของ RCB ในอุตสาหกรรมยาง (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2562) อย่างไรก็ตาม การส่งเสริมการใช้ RCB สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 ที่มุ่งสู่สังคมคาร์บอนต่ำและการพัฒนาที่ยั่งยืน (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2565) ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อในอุตสาหกรรมยางของประเทศไทย โดยใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนโดยมุ่งเน้นการศึกษาศถานการณ์ปัจจุบัน ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ RCB และการพัฒนารูปแบบการส่งเสริมที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย โดยการวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) การศึกษาศถานการณ์การใช้ RCB ในอุตสาหกรรมยางของประเทศไทย โดยใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพผ่านการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ประกอบการในอุตสาหกรรม 2) การพัฒนารูปแบบการส่งเสริมการใช้ RCB โดยใช้วิธีการวิจัยเชิงปริมาณและการพัฒนา Business Model Canvas และ 3) การวิเคราะห์ความเหมาะสมของรูปแบบที่พัฒนาขึ้นโดยการสำรวจความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในอุตสาหกรรมยาง ผลการวิจัยนี้จะช่วยเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับศักยภาพและข้อจำกัดของการใช้ RCB ในอุตสาหกรรมยางของประเทศไทย รวมถึงเสนอแนะแนวทางการส่งเสริมที่เหมาะสม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดนโยบายและแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมยางให้มีความยั่งยืนและสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน อันจะ

ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2568)

นำไปสู่การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมยางไทยในระดับโลก และการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดการจัดการแบบลีน

แนวคิดการจัดการแบบลีน (Lean) เป็นหลักการที่มุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพและลดความสูญเปล่าในกระบวนการทำงาน ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบหลัก (สทรร เพชรวิโรจน์ชัย, 2564):

- 1) การกำหนดคุณค่าให้กับลูกค้า (Value) โดยเน้นการสร้างผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ตอบสนองความต้องการของลูกค้าอย่างแท้จริง
- 2) การตรึงคุณค่าในกระบวนการผลิต (Value Stream) ด้วยการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นและเพิ่มประสิทธิภาพ
- 3) การสร้างกระบวนการที่ต่อเนื่อง (Flow) โดยออกแบบกระบวนการให้ราบรื่น ไม่มีการหยุดชะงัก และลดเวลารอคอย
- 4) การสร้างระบบดึง (Pull) ที่ผลิตตามความต้องการของลูกค้า ลดการผลิตเกินความจำเป็นและการเก็บสินค้าคงคลัง
- 5) การมุ่งสู่ความสมบูรณ์แบบ (Perfection) ด้วยการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ตรวจสอบและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

แนวคิดนี้เน้นการลดความสูญเปล่า 7 ประการ ได้แก่ การผลิตมากเกินไป การรอคอย การขนส่งที่ไม่จำเป็น กระบวนการที่ไม่เหมาะสม สินค้าคงคลังที่มากเกินไป การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น และของเสีย ซึ่งช่วยลดต้นทุน เพิ่มคุณภาพ และปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานโดยรวม

แนวคิดเกี่ยวกับ LIST Model

แนวคิดเกี่ยวกับ LIST Model ที่พัฒนาโดย สุทิพย์ อากาศโร (2561) เป็นกรอบแนวคิดสำหรับการพัฒนามาตรฐานเครือข่ายสัมมาชีพวิสาหกิจชุมชน โดยบูรณาการการพัฒนา 4 ด้านเข้าด้วยกัน ได้แก่ การเรียนรู้ (Learning), นวัตกรรม (Innovation), การปฏิบัติการเพื่อความยั่งยืน (Sustainable Action) และการเปลี่ยนแปลงเชิงสร้างสรรค์ (Transformation) โมเดลนี้มุ่งเน้นการพัฒนาที่สอดคล้องกับบริบทของชุมชนและส่งเสริมการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน โดยมีเป้าหมายเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของคนในชุมชน สร้างความเข้มแข็งให้กับเครือข่ายวิสาหกิจชุมชน และพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากอย่างยั่งยืน กระบวนการดำเนินงานของ LIST Model ประกอบด้วย การวิเคราะห์สถานการณ์ การกำหนดเป้าหมายร่วมกัน การดำเนินกิจกรรมตามแผน การติดตามประเมินผล และการปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยแต่ละองค์ประกอบมีบทบาทสำคัญในการสร้างฐานความรู้ พัฒนานวัตกรรม สร้างความยั่งยืน และขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงเชิงบวกในชุมชน การประยุกต์ใช้ LIST Model ต้องปรับให้เหมาะสมกับบริบทของแต่ละชุมชน เน้นการมีส่วนร่วม และบูรณาการกับแผนพัฒนาท้องถิ่นและนโยบายระดับชาติ (สุทิพย์ อากาศโร, 2561)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเกี่ยวกับการใช้เขม่าดำทดแทน (Recovered Carbon Black: RCB) จากขยะยางล้อในอุตสาหกรรมยางโดยใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนมีหลายประเด็นสำคัญ ดังนี้

- 1) การจัดการขยะยางในอุตสาหกรรมยางโดยใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน: Yu et al. (2017) การนำเศษยางกลับมาใช้ในอุตสาหกรรมยางโดยใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนอย่างมีประสิทธิภาพ พบว่าสามารถลดปัญหาขยะยางและสร้างรายได้จากการนำเศษยางกลับมาใช้ใหม่ในการผลิตยางใหม่ นอกจากนี้ การส่งเสริมการใช้เศษยางในอุตสาหกรรมยางยังสามารถลดการใช้วัตถุดิบที่มาจากธรรมชาติได้อีกด้วย
- 2) คุณสมบัติและการใช้งาน RCB: Lajhar et al. (2019) พบว่า RCB มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ Carbon Black ธรรมดา และสามารถใช้ในการผลิตล้อรถยนต์ได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพ อย่างไรก็ตาม Urrego-Yepes et al. (2021) ระบุว่า RCB มีคุณสมบัติการเสริมแรงที่ต่ำกว่า Original Carbon Black (OCB) แต่สามารถใช้ทดแทนได้บางส่วนโดยการปรับสูตรหรือเพิ่มปริมาณในการใช้งาน

ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2568)

3) การผลิตและปรับปรุงคุณภาพ RCB: Xu et al. (2020) ศึกษาการผลิต RCB ด้วยกระบวนการไพโรไลซิส พบว่าปัจจัยสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพ RCB ได้แก่ อุณหภูมิ เวลา ตัวเร่งปฏิกิริยา และวิธีการปรับปรุงทางเคมี

4) การประยุกต์ใช้ RCB ในอุตสาหกรรม: Dwivedi et al. (2020) พบว่าแม้ RCB จะมีคุณสมบัติการเสริมแรงต่ำกว่า OCB แต่สามารถใช้ร่วมกับ OCB เพื่อให้ได้สมดุลที่เหมาะสมระหว่างการเสริมแรงและคุณสมบัติที่ต้องการในยางธรรมชาติ

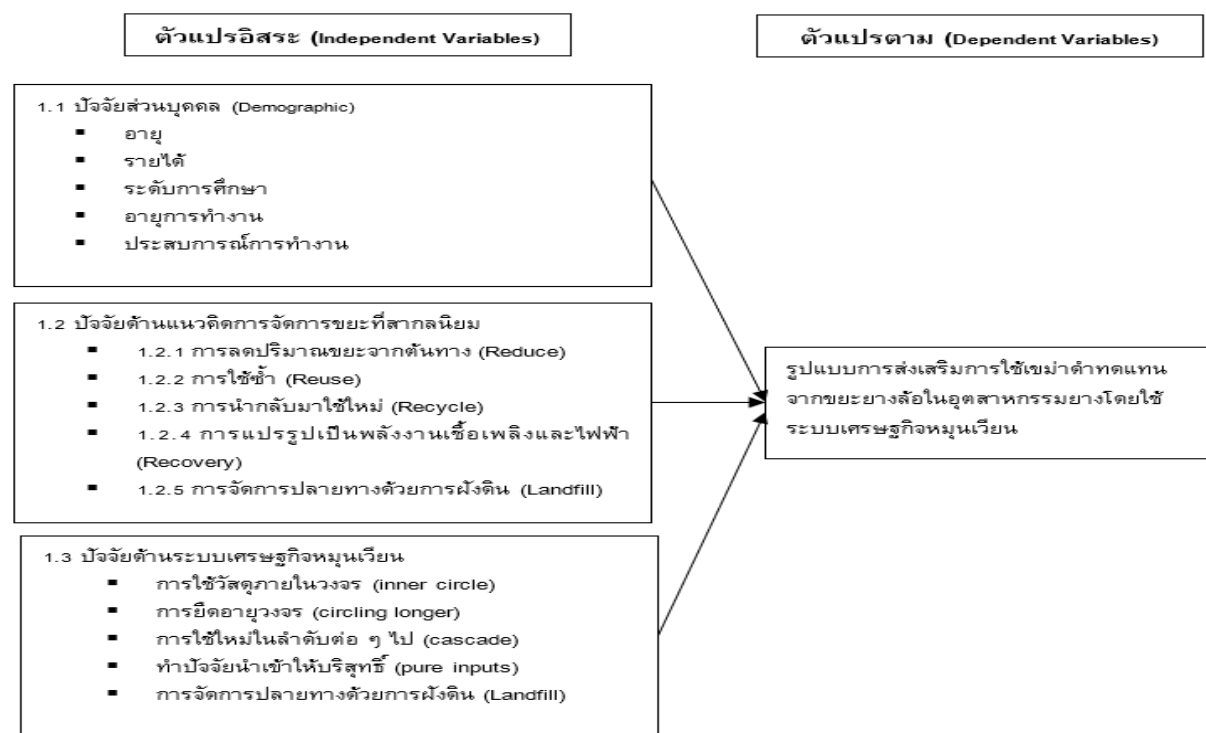
5) โมเดลธุรกิจและนโยบาย: Ngoc Huy (2019) เสนอโมเดลธุรกิจสำหรับการใช้ประโยชน์จาก RCB ในประเทศกำลังพัฒนา โดยเน้นประโยชน์ทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม พร้อมเสนอแนะให้รัฐบาลพิจารณานโยบายที่เหมาะสมเพื่อส่งเสริมการใช้ RCB

การศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของ RCB ในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมและสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตาม ยังมีความท้าทายในด้านคุณภาพและการยอมรับในอุตสาหกรรม ซึ่งต้องการการวิจัยและพัฒนาเพิ่มเติม รวมถึงการสนับสนุนจากภาครัฐในการส่งเสริมการใช้ RCB ในวงกว้าง และการศึกษาเหล่านี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการของธุรกิจด้วยระบบลีน (LEAN) ที่เน้นการลดของเสีย เพิ่มประสิทธิภาพ และลดต้นทุน (สหร พชรวิโรจน์ชัย, 2564) และแนวคิด LIST Model ของ สุทิพย์ อาภากร (2561) ที่เน้นการบูรณาการการเรียนรู้ นวัตกรรม การปฏิบัติการเพื่อความยั่งยืน และการเปลี่ยนแปลงเชิงสร้างสรรค์

ในบริบทของประเทศไทย แม้จะเริ่มมีการนำเทคโนโลยีไพโรไลซิสมาใช้ในการแปรรูปขยะยางล้อ แต่การใช้ RCB ในอุตสาหกรรมยางยังไม่แพร่หลาย เนื่องจากขาดความรู้และรูปแบบการส่งเสริมที่ชัดเจน การวิจัยเพื่อหารูปแบบการส่งเสริมการใช้ RCB ในอุตสาหกรรมยางโดยใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ลดปัญหาสิ่งแวดล้อม และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมยางไทยในระดับสากล

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยเรื่อง รูปแบบการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อในอุตสาหกรรมยางโดยใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน ผู้วิจัยสามารถสรุปกรอบแนวคิดดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2568)

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง "รูปแบบการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อในอุตสาหกรรมยางโดยใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน" มีการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีวิธีการและเครื่องมือที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและน่าเชื่อถือ

ขั้นตอนแรกเป็นการศึกษาการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อในอุตสาหกรรมยาง โดยใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยเลือกใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมยาง 10 ประเภท จำนวนทั้งสิ้น 20 ราย การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกแบบโควตา โดยคำนึงถึงความหลากหลายของประเภทผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมยาง เครื่องมือที่ใช้คือแบบสัมภาษณ์เชิงลึก ซึ่งผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ และมีการคำนวณค่า IOC เพื่อยืนยันคุณภาพของเครื่องมือ ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์จะถูกนำมาวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อสรุปประเด็นสำคัญเกี่ยวกับการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อ

ขั้นตอนที่สองเป็นการพัฒนารูปแบบการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทน โดยนำผลการวิจัยจากขั้นตอนแรกมาใช้เป็นฐานในการพัฒนารูปแบบ การวิจัยในขั้นตอนนี้ใช้วิธีวิจัยเชิงปริมาณ กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 30 ท่าน ซึ่งมีความรู้และประสบการณ์ในด้านที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 5 ปี เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถามเพื่อพิจารณารูปแบบการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทน แบบสอบถามนี้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพทั้งในด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเชื่อมั่น การวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้ใช้สถิติ Multiple Regression เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทน

ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการศึกษาความเหมาะสมของรูปแบบที่พัฒนาขึ้น โดยใช้วิธีวิจัยเชิงปริมาณเช่นกัน ประชากรในการวิจัยคือบุคลากรในอุตสาหกรรมยางทั่วประเทศ จำนวน 11,580 คน ผู้วิจัยใช้สูตรของ Taro Yamane ในการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง ได้จำนวน 400 คน เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ซึ่งผ่านการตรวจสอบคุณภาพทั้งด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเชื่อมั่น การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อประเมินความเหมาะสมของรูปแบบที่พัฒนาขึ้น

ในทุกขั้นตอนของการวิจัย ผู้วิจัยให้ความสำคัญกับการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย โดยมีการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ การคำนวณค่า IOC และการทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม นอกจากนี้ ยังมีการทดลองใช้เครื่องมือกับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจริง เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องมือวิจัยมีคุณภาพและสามารถวัดสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างแม่นยำ

ผลการวิจัยที่ได้จากทั้งสามขั้นตอนจะนำไปสู่การพัฒนารูปแบบการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อที่มีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับบริบทของอุตสาหกรรมยางในประเทศไทย นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังนำผลการวิจัยมาใช้ในการออกแบบแผนธุรกิจ (Business Model Canvas) เพื่อเป็นแนวทางในการนำรูปแบบที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ

การวิจัยนี้มีจุดเด่นคือการผสมผสานระหว่างวิธีวิจัยเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ทำให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมทั้งในเชิงลึกและเชิงกว้าง การใช้กลุ่มตัวอย่างที่หลากหลาย ตั้งแต่ผู้ประกอบการ ผู้เชี่ยวชาญ ไปจนถึงบุคลากรในอุตสาหกรรม ช่วยให้ได้มุมมองที่รอบด้านเกี่ยวกับการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อ ผลการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมยางของไทย และการส่งเสริมการใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนเพื่อการจัดการขยะอย่างยั่งยืนต่อไป

ผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนารูปแบบการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อในอุตสาหกรรมยาง โดยใช้แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน การวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) การศึกษาการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อในอุตสาหกรรมยาง 2) การพัฒนารูปแบบการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทน และ 3) การศึกษาความเหมาะสมของรูปแบบที่พัฒนาขึ้น

ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2568)

ในขั้นตอนแรก ผู้วิจัยใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพโดยการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมยาง 24 ราย ครอบคลุม 10 ประเภทผลิตภัณฑ์ ผลการวิจัยพบว่า ผู้ประกอบการส่วนใหญ่มีนโยบายในการเลือกใช้วัตถุดิบที่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะวัสดุรีไซเคิล เช่น ยางรีเคลม พลาสติกกรีไซเคิล และ Recovered Carbon Black (RCB) แต่ยังมีข้อจำกัดด้านคุณภาพและต้นทุน ผู้ประกอบการมีการนำหลัก 4R (Reduce, Reuse, Recycle, Recovery) มาประยุกต์ใช้ในการจัดการวัตถุดิบและของเสีย และมองว่าการใช้ RCB เป็นจุดเริ่มต้นที่ดีของการนำระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนมาใช้ในอุตสาหกรรมยาง

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์สถิติ Multiple Regression มาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อในอุตสาหกรรมยางโดยใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน

ตัวแปรต้น	β	S.E.	t
(Constant)	1.673	.304	5.513**
ชาย	-.130	.109	-1.196
อายุ (อายุต่ำกว่า 23 ปี เป็นฐาน)			
- อายุระหว่าง 24-42 ปี	.138	.190	.727
- อายุมากกว่า 46 ปี ขึ้นไป	.180	.108	1.602
ระดับการศึกษา (ต่ำกว่ามัธยมศึกษา เป็นฐาน)			
- มัธยมศึกษา	.004	.298	.012
- ปริญญาตรี	-.275	.157	-1.753
- ปริญญาโท	-.137	.336	-.408
- ปริญญาเอก	-.359	.295	-1.216
ประสบการณ์การทำงาน (5-10 ปี เป็นฐาน)			
- 11-15 ปี	-.191	.238	-.805
- 16-20 ปี	-.191	.238	-.805
- มากกว่า 20 ปี	.032	.161	.197
อายุนาน ณ ปัจจุบัน	.011	.035	.304
ปัจจัยด้านแนวคิดการจัดการขยะที่สากลนิยม	.553	.144	3.843**
ปัจจัยด้านระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน	.378	.180	2.989*

ตัวแปรตาม คือ การส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อในอุตสาหกรรมยางโดยใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน
หมายเหตุ: *มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05; **มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 1 สามารถเขียนเป็นสมการและอธิบายอย่างละเอียดได้ดังนี้

สมการถดถอยพหุคูณ: การส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อในอุตสาหกรรมยางโดยใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน = $1.673 - 0.130(\text{ชาย}) + 0.138(\text{อายุ 24-42 ปี}) + 0.180(\text{อายุมากกว่า 46 ปี}) + 0.004(\text{มัธยมศึกษา}) - 0.275(\text{ปริญญาตรี}) - 0.137(\text{ปริญญาโท}) - 0.359(\text{ปริญญาเอก}) - 0.191(\text{ประสบการณ์ 11-15 ปี}) - 0.191(\text{ประสบการณ์ 16-20 ปี}) + 0.032(\text{ประสบการณ์มากกว่า 20 ปี}) + 0.011(\text{อายุนาน}) + 0.553(\text{ปัจจัยด้านแนวคิดการจัดการขยะ}) + 0.378(\text{ปัจจัยด้านระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน})$

ขั้นตอนที่สอง เป็นการพัฒนารูปแบบการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทน โดยใช้วิธีวิจัยเชิงปริมาณ มีกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เชี่ยวชาญจำนวน 30 ท่าน ที่มีประสบการณ์ในอุตสาหกรรมยางไม่น้อยกว่า 5 ปี ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามที่พัฒนาจากผลการวิจัยในขั้นตอนแรก และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Multiple Regression ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 1 พบว่า

ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2568)

ปัจจัยด้านแนวคิดการจัดการขยะที่สาถุณนิยมและปัจจัยด้านระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนมีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (β) เท่ากับ 0.553 ($p < 0.01$) และ 0.378 ($p = 0.01$) ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์สมการ Multiple Regression นี้แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยด้านแนวคิดการจัดการขยะที่สาถุณนิยมและปัจจัยด้านระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลสำคัญต่อ การส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อ ในอุตสาหกรรมยางโดยใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน โดย ปัจจัยด้านแนวคิดการจัดการขยะที่สาถุณนิยมมีผลกระทบมากที่สุด ในขณะที่ตัวแปรส่วนบุคคลอื่นๆ ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเพิ่มความรู้และการปฏิบัติตามแนวคิดการจัดการขยะและระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนจะส่งผลให้การส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อในอุตสาหกรรมยางมีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากผลการวิจัยในสองขั้นตอนแรก ผู้วิจัยได้พัฒนา Business Model Canvas สำหรับการส่งเสริมการใช้ RCB ในอุตสาหกรรมยาง ซึ่งประกอบด้วย 9 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) Customer Segments 2) Value Propositions 3) Channels 4) Customer Relationships 5) Revenue Streams 6) Key Resources 7) Key Activities 8) Key Partnerships และ 9) Cost Structure โดยแต่ละองค์ประกอบได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนและการจัดการขยะอย่างยั่งยืน

ในขั้นตอนสุดท้าย ผู้วิจัยได้ศึกษาความเหมาะสมของรูปแบบที่พัฒนาขึ้น โดยใช้แบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน ซึ่งเป็นผู้บริหาร ผู้ประกอบการ และบุคลากรในอุตสาหกรรมยาง ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อที่นำเสนอมีความเหมาะสมในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.39 (SD = 0.242) เมื่อพิจารณารายองค์ประกอบ พบว่าทุกองค์ประกอบมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.37-4.40 โดยองค์ประกอบที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (4.40) ได้แก่ Value Propositions, Revenue Streams, Key Resources, Key Activities และ Key Partnerships การวิจัยเรื่องรูปแบบการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อในอุตสาหกรรมยางโดยใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน มีสมมติฐานการวิจัย 3 ข้อ ซึ่งทั้งหมดได้รับการยอมรับตามผลการทดสอบผู้วิจัยสามารถสรุปผลได้ดังนี้ สมมติฐานที่ 1 เกี่ยวกับปัจจัยด้านแนวคิดการจัดการขยะที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อรูปแบบการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทน ผลการวิจัยยืนยันว่าปัจจัยนี้มีผลกระทบเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (β) เท่ากับ 0.553 และค่า p น้อยกว่า 0.01

สมมติฐานที่ 2 เกี่ยวกับปัจจัยด้านระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อรูปแบบการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทน ผลการวิจัยยืนยันว่าปัจจัยนี้มีผลกระทบเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (β) เท่ากับ 0.378 และค่า p เท่ากับ 0.01

สมมติฐานที่ 3 เกี่ยวกับความคิดเห็นต่อรูปแบบการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นในระดับดี โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.39 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 3.51

ผลการวิจัยนี้ยืนยันสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ ได้แก่ 1) ปัจจัยด้านแนวคิดการจัดการขยะที่สาถุณนิยมมีอิทธิพลต่อรูปแบบการส่งเสริม และ 2) ปัจจัยด้านระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนมีอิทธิพลต่อรูปแบบการส่งเสริม 3) ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อรูปแบบการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทนในระดับสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า การส่งเสริมการใช้ RCB ในอุตสาหกรรมยางมีความเป็นไปได้และได้รับการยอมรับจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระดับสูง โดยรูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีความครอบคลุมและสมดุลในการส่งเสริมการใช้ RCB ตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน อย่างไรก็ตาม การนำรูปแบบนี้ไปใช้ให้ประสบความสำเร็จจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนจากทุกภาคส่วน ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และสถาบันการศึกษา

ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2568)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัยเรื่อง "รูปแบบการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อในอุตสาหกรรมยางโดยใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน" แสดงให้เห็นถึงความสำคัญและความท้าทายในการนำ Recovered Carbon Black (RCB) มาใช้ในอุตสาหกรรมยางของประเทศไทย

ผลการวิจัยพบว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่มีนโยบายในการเลือกใช้วัตถุดิบที่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะวัสดุรีไซเคิลอย่าง RCB แต่ยังมีข้อจำกัดด้านคุณภาพและต้นทุน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Urrego-Yepes et al. (2021) ที่พบว่า RCB มีคุณสมบัติการเสริมแรงที่ต่ำกว่า Original Carbon Black (OCB) เนื่องจากมีสารระเหยและปริมาณเถ้าที่สูงกว่า มีกลุ่มฟังก์ชันที่เป็นกรดน้อยกว่า และมีพื้นที่ผิวจำเพาะที่ต่ำกว่า ข้อจำกัดนี้อาจเป็นผลมาจากเทคโนโลยีการผลิต RCB ในประเทศไทยที่ยังต้องการการพัฒนาปรับปรุง ซึ่ง Xu et al. (2020) ได้ชี้ให้เห็นว่าการปรับปรุงคุณภาพของ RCB ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น อุณหภูมิและเวลาในกระบวนการไพโรไลซิส การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา และการปรับปรุงด้วยวิธีทางเคมี ส่วนด้านการจัดการวัตถุดิบและของเสีย ผู้ประกอบการมีการนำหลักการ 4R (Reduce, Reuse, Recycle, Recover) มาประยุกต์ใช้ แต่ระดับการดำเนินการยังแตกต่างกันในแต่ละบริษัท แนวทางนี้สอดคล้องกับแนวคิดการจัดการของธุรกิจด้วยระบบลีน (LEAN) ที่เน้นการปรับปรุงกระบวนการทำงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตหรือการให้บริการ (สทธร เพชรวิโรจน์ชัย, 2564) และ การใช้ RCB นั้นสอดคล้องกับหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยเป็นการนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ลดการพึ่งพาทรัพยากรใหม่ และลดการสร้างขยะ ซึ่ง Yu et al. (2017) พบว่าการนำหลักการดังกล่าวมาใช้ในอุตสาหกรรมยางสามารถช่วยนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ลดการใช้วัตถุดิบที่มาจากธรรมชาติและลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการใช้ RCB มีผลกระทบเชิงบวกในหลายด้าน ทั้งเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ngoc Huy (2019) ที่พบว่า การใช้ RCB สามารถสร้างประโยชน์เชิงปฏิบัติในแง่ของประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจ การทำกำไร และการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับนักลงทุน นอกจากนี้ Dwivedi et al. (2020) ยังพบว่า RCB มีศักยภาพในการแทนที่ OCB ในเมทริกซ์โพลีเมอร์ ซึ่งสามารถแก้ปัญหามลพิษได้ในหลายมิติ อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดบางประการ เช่น คุณภาพที่ยังไม่เทียบเท่า OCB และกระบวนการผลิตที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมบ้าง ซึ่ง Lajhar et al. (2019) ได้ชี้ให้เห็นว่า RCB มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับ OCB แต่ยังคงมีความแตกต่างบางประการที่ต้องได้รับการพัฒนาต่อไป

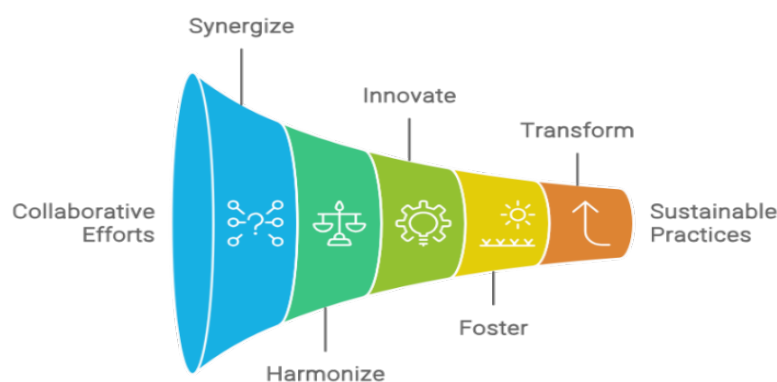
ผลการวิเคราะห์สถิติ Multiple Regression พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อการส่งเสริมการใช้ RCB คือ ปัจจัยด้านแนวคิดการจัดการขยะที่สาทสนิยมและปัจจัยด้านระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการของธุรกิจด้วยระบบลีน (LEAN) ที่เน้นการลดของเสีย ลดเวลาที่ต้องใช้ในกระบวนการ และลดต้นทุนโดยไม่เสียคุณภาพ (สทธร เพชรวิโรจน์ชัย, 2564) โดยการใช้ RCB เป็นการนำแนวคิดการจัดการขยะและระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมยางอย่างเป็นรูปธรรม จากผลการวิเคราะห์สถิติ Multiple Regression นำไปสู่การพัฒนาแบบการส่งเสริมการใช้ RCB ในรูปแบบของ Business Model Canvas ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด LIST Model ของ สุทธิย อาภากร (2561) ที่เน้นการบูรณาการการพัฒนาทั้ง 4 ด้านเข้าด้วยกัน ได้แก่ การเรียนรู้ (Learning) นวัตกรรม (Innovation) การปฏิบัติการเพื่อความยั่งยืน (Sustainable Action) และการเปลี่ยนแปลงเชิงสร้างสรรค์ (Transformation) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Value Propositions ที่เน้นการนำเสนอ RCB ที่มีคุณภาพใกล้เคียง OCB ในราคาที่แข่งขันได้ สอดคล้องกับแนวคิดการสร้างนวัตกรรม (Innovation) ใน LIST Model แม้ว่างานวิจัยจะชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ของการใช้ RCB แต่ยังคงมีความท้าทายหลายประการ เช่น คุณภาพของ RCB ที่ยังไม่เทียบเท่า OCB การยอมรับของผู้ประกอบการ ต้นทุนการผลิต และการขาดมาตรฐานและกฎระเบียบที่ชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Urrego-Yepes et al. (2021) และ Xu et al. (2020) ที่ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต RCB อย่างต่อเนื่อง อีกทั้งผู้ประกอบการยังมีความต้องการการสนับสนุนจากภาครัฐในหลายด้าน เช่น การสนับสนุนด้านเงินทุน การให้สิทธิประโยชน์ทางภาษี การสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา และการกำหนด

ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2568)

มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง สอดคล้องกับข้อเสนอแนะของ Ngoc Huy (2019) ที่แนะนำให้รัฐบาลของประเทศกำลังพัฒนาพิจารณากรอบนโยบายที่เหมาะสมเพื่อส่งเสริมการปกป้องสิ่งแวดล้อมและธุรกิจในการแปลงของเสียจากอุตสาหกรรมให้เป็นพลังงานสะอาด

จากผลการวิจัยและความท้าทายที่พบ แนวทางการพัฒนาในอนาคตควรมุ่งเน้นการวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงคุณภาพของ RCB การสร้างความรู้และความตระหนักแก่ผู้ประกอบการและผู้บริโภค การพัฒนานโยบายและมาตรการสนับสนุนจากภาครัฐ การสร้างความร่วมมือระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียตลอดห่วงโซ่มูลค่า การพัฒนาตลาด และการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้หลักการ LEAN แนวทางเหล่านี้สอดคล้องกับแนวคิด LIST Model ของ สุทธิชัย อากาศโร (2561) ที่เน้นการบูรณาการการพัฒนาในหลายมิติ และข้อเสนอแนะจากงานวิจัยของ Ngoc Huy (2019) และ สหพร เพชรวิโรจน์ชัย (2564) โดยสรุป การส่งเสริมการใช้ RCB ในอุตสาหกรรมยางไทยมีศักยภาพในการสร้างประโยชน์ทั้งทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม แต่ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วนในการพัฒนาเทคโนโลยี ปรับปรุงนโยบาย และสร้างความตระหนักในสังคม เพื่อให้การใช้ RCB เป็นส่วนหนึ่งของระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนในอุตสาหกรรมยางอย่างยั่งยืน

จากผลอภิปรายผลการวิจัย เรื่อง “รูปแบบการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อในอุตสาหกรรมยางโดยใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน” ผู้วิจัยสามารถสรุปข้อค้นพบได้และโมเดลที่สามารถประยุกต์ใช้กับการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อในอุตสาหกรรมยางโดยใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน ออกเป็นแผนภาพได้ดังนี้



ภาพที่ 2 SHIFT Model

SHIFT Model เป็นกรอบแนวคิดที่นำเสนอแนวทางการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อในอุตสาหกรรมยาง โดยใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน ซึ่งสอดคล้องกับชื่อเรื่องวิจัย ผลการวิจัย และ LIST Model

ภาพประกอบแสดงให้เห็นถึงกระบวนการที่เริ่มต้นจาก "Collaborative Efforts" ไปสู่ "Sustainable Practices" ผ่านองค์ประกอบ 5 ส่วนที่เชื่อมโยงกันเป็นลำดับ

- 1) Synergize (ผสานพลัง): แสดงด้วยไอคอนเครือข่ายการเชื่อมโยง สื่อถึงการสร้างความร่วมมือระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในอุตสาหกรรมยาง สอดคล้องกับผลการวิจัยที่พบว่า Key Partnerships เป็นองค์ประกอบสำคัญ และเชื่อมโยงกับแนวคิด "Transformation" ใน LIST Model โดยมุ่งเน้นการเปลี่ยนแปลงผ่านความร่วมมือ
- 2) Harmonize (ปรับให้สอดคล้อง): แสดงด้วยไอคอนตาชั่ง สื่อถึงการสร้างสมดุลระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนที่เป็นหัวใจของงานวิจัย ตาม Value Propositions ซึ่งเป็นการสนับสนุนการดำเนินธุรกิจตามแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน และเชื่อมโยงกับ "Sustainable Action" ใน LIST Model การปรับให้สอดคล้องนี้รวมถึงการปรับนโยบาย กฎระเบียบ และแนวทางการดำเนินธุรกิจให้เอื้อต่อการใช้ RCB อย่างยั่งยืน

ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2568)

3) Innovate (สร้างนวัตกรรม): แสดงด้วยไอคอนหลอดไฟ สื่อถึงการพัฒนาเทคโนโลยีและกระบวนการใหม่ๆ ในการผลิตและใช้ RCB สอดคล้องกับผลการวิจัยที่ระบุความจำเป็นในการพัฒนาคุณภาพ RCB (Key Activities) และเชื่อมโยงโดยตรงกับ "Innovation" ใน LIST Mode

4) Foster (ส่งเสริม): แสดงด้วยไอคอนต้นไม้เติบโต สื่อถึงการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการใช้ RCB (Key Activities) สอดคล้องกับผลการวิจัยที่ระบุความต้องการการสนับสนุนจากภาครัฐ (Key Partnerships) และเชื่อมโยงกับ "Learning" ใน LIST Model การส่งเสริมนี้รวมถึงการสร้างแรงจูงใจ การให้ความรู้ และการสนับสนุนทรัพยากรที่จำเป็น

5) Transform (เปลี่ยนแปลง): แสดงด้วยไอคอนลูกศรโค้งขึ้น สื่อถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงระบบในอุตสาหกรรมยางและการจัดการขยะ (Key Activities) สอดคล้องกับเป้าหมายของการสร้างระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนในอุตสาหกรรมยาง (Value Propositions) และเชื่อมโยงโดยตรงกับ "Transformation" ใน LIST Model

ภาพแสดงให้เห็นว่า SHIFT Model เป็นกระบวนการต่อเนื่องที่เริ่มจากความพยายามร่วมมือกัน (Collaborative Efforts) ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่กว้างที่สุดของรูปภาพ ไปสู่การปฏิบัติที่ยั่งยืน (Sustainable Practices) ซึ่งเป็นจุดปลายที่แคบลงของรูปภาพ การไล่ลำดับสีจากสีฟ้าไปสู่สีส้มแสดงถึงการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตามลำดับในแต่ละขั้นตอนของโมเดล

SHIFT Model นี้สอดคล้องกับชื่อเรื่องวิจัย ผลการวิจัย ครอบคลุมประเด็นสำคัญจากงานวิจัยและสอดคล้องกับ LIST Model อย่างชัดเจน โดยนำเสนอแนวทางที่ครบวงจรในการส่งเสริมการใช้ RCB ตั้งแต่การสร้างความร่วมมือ การปรับนโยบาย การพัฒนานวัตกรรม การส่งเสริมสนับสนุน ไปจนถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงระบบ ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาอุตสาหกรรมยางที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตามหลักการของเศรษฐกิจหมุนเวียน

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยและข้อจำกัดที่พบ สามารถเสนอแนะแนวทางสำหรับการวิจัยในอนาคตได้ดังนี้

- 1) การศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับคุณสมบัติทางเทคนิคของ RCB เปรียบเทียบกับ OCB ในบริบทของอุตสาหกรรมยางไทย
- 2) การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต RCB ที่มีประสิทธิภาพสูงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เพื่อพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตที่ใช้ RCB ในสัดส่วนที่สูงขึ้น โดยยังคงรักษาคุณสมบัติที่ต้องการของผลิตภัณฑ์
- 3) การศึกษาผลกระทบทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมของการใช้ RCB ระยะยาว ในอุตสาหกรรมยางไทย เพื่อประเมินศักยภาพในการสนับสนุนเป้าหมายยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี และ SDG
- 4) การวิเคราะห์ห่วงโซ่อุปทานของ RCB ในประเทศไทย เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการผลิตและจัดจำหน่าย ควบคู่ไปกับการพัฒนากลยุทธ์การตลาดและการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ

การวิจัยเรื่อง "รูปแบบการส่งเสริมการใช้เขม่าดำทดแทนจากขยะยางล้อในอุตสาหกรรมยางโดยใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน" นี้ได้นำเสนอข้อมูลที่มีคุณค่าเกี่ยวกับสถานการณ์ปัจจุบัน ความท้าทาย และโอกาสในการส่งเสริมการใช้ RCB ในอุตสาหกรรมยางไทย ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการใช้ RCB มีศักยภาพในการสร้างประโยชน์ทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนและการพัฒนาอย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตามการส่งเสริมการใช้ RCB ให้ประสบความสำเร็จจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคการศึกษา ในการพัฒนาเทคโนโลยี สร้างมาตรฐาน และส่งเสริมการใช้งานอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ ยังต้องมีการปรับเปลี่ยนทัศนคติและพฤติกรรมของผู้ประกอบการและผู้บริโภค เพื่อสร้างความตระหนักและการยอมรับในการใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การนำรูปแบบ Business Model Canvas ที่พัฒนาขึ้นจากการวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ จะช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถวางแผนและดำเนินธุรกิจการผลิตและจำหน่าย RCB ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตอบสนองความต้องการของตลาด และสร้างผลกระทบเชิงบวกต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมไปพร้อมกัน ดังนั้นการส่งเสริมการใช้ RCB ในอุตสาหกรรมยางไทยไม่เพียงแต่จะช่วยแก้ปัญหาขยะยางล้อและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่านั้น แต่ยังเป็นโอกาสในการพัฒนาอุตสาหกรรมยางของไทยให้มีความยั่งยืนและสามารถแข่งขันได้ในระดับโลก สอดคล้องกับ

ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2568)

เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) และนโยบาย BCG (Bio-Circular-Green Economy) ของประเทศไทย

การวิจัยนี้จึงเป็นก้าวสำคัญในการสร้างองค์ความรู้และแนวทางปฏิบัติสำหรับการพัฒนาอุตสาหกรรมยางไทยสู่ความยั่งยืน โดยการใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ควบคู่ไปกับการสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจและประโยชน์ต่อสังคม อันจะนำไปสู่การพัฒนาที่สมดุลและยั่งยืนในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

- ชัยวัฒน์ สวเจริญสุข. (2565). แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2565-2567: อุตสาหกรรมยางพารา. สืบค้นจาก www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/agriculture/rubber/io/rubber-2022.
- สหพร เพชรวิโรจน์ชัย. (2564). 5 หลักการระบบลีน (LEAN) วิธีการใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพองค์กร. สืบค้นจาก <https://th.hrnote.asia/orgdevelopment/lean-management-210621/>.
- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (2561). การจัดการขยะยางล้อ. กรุงเทพฯ: สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม.
- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (2562). การนำเขม่าดำกลับมาใช้ใหม่. สืบค้นจาก https://rubber.oie.go.th/box/ELib_Document/6965/1.rCB-เขม่าดำ.pdf.
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2565). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13. สืบค้นจาก www.nesdc.go.th/main.php?filename=develop_issue.
- สุทธิชัย อาภากรโร. (2561). รายการโมเดลการวิจัยและการพัฒนาสังคม (List Model for Research and Social Development). พระนครศรีอยุธยา: สถาบันวิจัยพุทธศาสตร์.
- ASTM International. (2019). *Standard Terminology Relating to Recovered Carbon Black (rCB)*. Retrieved from www.astm.org/d8178-18.html.
- Bridgestone Americas. (2021). *Bridgestone and Michelin to Discuss Role of Recovered Carbon Black in Creating More Sustainable Mobility Ecosystem*. Tennessee: Bridgestone Americas Press Center.
- Dwivedi, C., Manjare, S., & Rajan, S. (2020). Recycling of waste tire by pyrolysis to recover carbon black: Alternative & environment-friendly reinforcing filler for natural rubber compounds. *Composites Part B: Engineering*, 200, 108346.
- European Commission. (2016). *Carbon Footprinting of Tyres: Final Report*. Retrieved from <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/carbon-footprinting-tyres-final-report>.
- Grand View Research. (2019). *Carbon Black Market Size, Share & Trends Analysis Report by Application (Tire, Non-tire Rubber, Inks & Coatings, Plastic), By Region (North America, Europe, APAC, CSA, MEA), And Segment Forecasts, 2020-2027*. Retrieved from www.grandviewresearch.com/industry-analysis/recovered-carbon-black-market.
- Lajhar, Z., Mihalyi, I., Nadasan, M., Mihalyi, A., & Czako, Z. (2019). Characterization of Recovered Carbon Black from Waste Tires and its Use as a Filler in the Rubber Industry. *Journal of Polymers and the Environment*, 27(11), 2293-2302.
- Ngoc Huy, D. (2019). Applications and Advantages of Rcarbon Black; A Business Model in Developing Countries. *Scholar Journal of Applied Sciences and Research*, 2(8), 26-30.
- Ramesh, C., Narendrakumar, G., & Kamaraj, R. (2019). Life Cycle Assessment of Carbon Black from Tyre Pyrolysis. *Journal of Cleaner Production*, 229, 783-791.

ReportLinker. (2021). *Carbon Black Market-Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2021-2026)*.

Retrieved from <https://finance.yahoo.com/news/carbon-black-market-growth-trends-100000704.html>.

Urrego-Yepes, W., Cardona-Urbe, N., Vargas-Isaza, C., & Martínez, J. (2021). Incorporating the recovered carbon black produced in an industrial-scale waste tire pyrolysis plant into a natural rubber formulation. *Journal of Environmental Management*, 287, 112292.

Xu, J., Yu, J., Xu, J., Sun, C., He, W., Huang, J., & Li, G. (2020). High-value utilization of waste tires: A review with focus on modified carbon black from pyrolysis. *Science of the Total Environment*, 742, 140235.

Yu, C., Lin, Y., Chen, C., Wu, J., & Chu, P. (2017). A circular economy solution for rubber waste: Development of a sustainable rubber cycle. *Journal of Cleaner Production*, 150, 189-198.

Data Availability Statement: The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

Conflicts of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's Note: All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.



Copyright: © 2025 by the authors. This is a fully open-access article distributed under the terms of the Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).