การวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทนของการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟ

Cost-Benefit Analysis of Biodiesel Production from Spent Coffee Grounds

วันที่รับบทความ: 18 มี.ค. 68
วันที่แก้ไขบทความ:
ครั้งที่ 1 : 23 ก.ย. 68
ครั้งที่ 2 : 4 ธ.ค. 68
วันที่ตอบรับ: 5 ม.ค. 69

ศิริกานต์ สาลี [*]
Sirikarn Salee[*]
ปิยานนทน์ หาพุทธา[**]
Piyanon Haputta[**]

บทคัดย่อ

ความต้องการใช้เมล็ดกาแฟเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งในและต่างประเทศส่งผลให้กากกาแฟมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การนำกากกาแฟมาใช้เป็นวัตถุดิบผลิตเป็นไบโอดีเซลเพื่อทดแทนน้ำมันดีเซลแบบดั้งเดิม นอกจากจะเป็นการลดการร่อยหรอของทรัพยากรฟอสซิลแล้ว ยังเป็นการลดการนำพืชอาหาร (ปาล์มน้ำมัน) มาผลิตเป็นไบโอดีเซลอีกด้วย การศึกษานี้วิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทนของโครงการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟ ระยะเวลาโครงการ 15 ปี มูลค่าการลงทุน 91.88 ล้านบาท จากผลการศึกษาพบว่าการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟมีระยะเวลาคืนทุน 4 ปี มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 95.38 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการร้อยละ 23 และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 1.53 กล่าวได้ว่าเป็นโครงการที่น่าลงทุน ผลการศึกษานี้สามารถใช้ประกอบการตัดสินใจลงทุนโครงการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟของโรงงานผลิตกาแฟสำเร็จรูปอันจะสามารถนำไปสู่การพัฒนาเชื้อเพลิงทางเลือกที่ยั่งยืนของประเทศไทย

คำสำคัญ: กากกาแฟ ไบโอดีเซล การวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทน

---

*วท.บ. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยขอนแก่น (2563). ปัจจุบันเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

*B.Sc. (Agriculture) Khon Kaen University (2017). Currently as graduate student in Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Thammasat University.

**ปร.ด. (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี (2560). ปัจจุบันเป็นผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

**Ph.D. (Environmental Technology) King Mongkut's University of Technology Thonburi (2017). Currently as Assistant Professor in Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Thammasat University.

Abstract

The world's demand for coffee beans has been continuously increased, leading to more available spent coffee grounds. The spent coffee grounds can be used as a raw material for biodiesel. Apart from avoiding fossil resource consumption in conventional diesel production, spent coffee ground biodiesel can reduce the use of food product, i.e. palm oil, in producing biodiesel. This study analyzed the cost-benefit of spent coffee ground biodiesel production. 15-year project period and 92 million Thai baht (THB) investment were considered in this study. The results showed that payback period of the project was 14 years, net present value was 96.56 million THB, internal rate of return was 23 and benefit to cost ratio was 1.54. It can be concluded that the spent coffee ground biodiesel project is financially possible. The results of this study can support the decision-making of instant coffee production companies on the investment of spent coffee ground biodiesel project which has implications to sustainable alternative energy development of the country.

Keywords: Spent Coffee Grounds, Biodiesel, Cost-Benefit Analysis

บทนำ

จากการรายงานของสำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร (Office of Agricultural Economics, 2024) ระบุว่าความต้องการใช้เมล็ดกาแฟของโรงงานผลิตกาแฟสำเร็จรูปในประเทศไทย ปี 2567 อยู่ที่ 96,000 ตัน โดยการคั่วบดเมล็ดกาแฟนั้น จะก่อให้เกิดกากกาแฟปริมาณร้อยละ 65 ของน้ำหนักเมล็ดกาแฟที่คั่วบดแล้วทั้งหมด (Konkin, 2024) โดยทั่วไปแล้ว กากกาแฟทั้งในและต่างประเทศจะถูกจัดการโดยการฝังกลบ ซึ่งจะก่อให้เกิดก๊าซมีเทนอันเป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจก ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก กากกาแฟ 1 ตันที่ถูกทิ้งลงในหลุมฝังกลบก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก 682 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Kamil et al., 2020) โดยหากคำนวณจากเมล็ดกาแฟ 15 กรัมที่ใช้ในกาแฟแต่ละแก้วแล้ว ในแต่ละวันจะมีกากกาแฟเกิดขึ้น 42,000 ตันทั่วโลก ปริมาณกากกาแฟเหลือทิ้งจะเท่ากับ 15.33 ล้านตันต่อปี ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศที่คำนวณได้จะเท่ากับ 28.64 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเทียบเท่าได้กับการเผาไหม้เชื้อเพลิงดีเซล 10.6 ล้านลิตรต่อปี

นอกจากจะสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ที่สนับสนุนการเอาวัสดุเหลือทิ้งมาแปรรูปและใช้ในกระบวการผลิตใหม่แล้ว การนำกากกาแฟมาใช้ผลิตไบโอดีเซล

เป็นแนวทางหนึ่งในการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่น่าสนใจ เนื่องจากไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่ได้รับความนิยมมากที่สุด (Santos et al., 2021) อีกทั้งอุตสาหกรรมไบโอดีเซลของไทยเติบโตตามการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ มีรายงานจำนวนรถเครื่องยนต์ดีเซลสะสมที่เพิ่มขึ้น และแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกที่กำหนดให้เพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนในภาคขนส่ง (Snare et al., 2006) ในขณะที่กว่าร้อยละ 95 ของไบโอดีเซลผลิตจากน้ำมันพืช การใช้วัตถุดิบเหล่านี้จึงก่อให้เกิดความกังวลเกี่ยวกับความมั่นคงทางด้านอาหาร รวมถึงน้ำมันปาล์มดิบซึ่งเป็นวัตถุดิบผลิตไบโอดีเซลในปัจจุบันอาจขาดแคลนได้ในบางช่วง เป็นผลให้ราคาปรับตัวสูงขึ้น (Department of Alternative Energy Development and Efficiency, 2017) จึงมีการค้นหาแหล่งวัตถุดิบอื่น ๆ ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไบโอดีเซลอย่างต่อเนื่อง (Krungsri Research, 2021) ในปัจจุบันมีงานวิจัยหลายฉบับที่สามารถผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟได้สำเร็จในระดับห้องปฏิบัติการ และมีการทดลองใช้งานจริงกับเครื่องยนต์ทั้งในประเทศและต่างประเทศ (Blinova, Bartosova, & Sirotiak, 2017; Mueanmas & Nikom, 2016) ไบโอดีเซลจากกากกาแฟมีข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับไบโอดีเซลที่ผลิตจากวัตถุดิบประเภทอื่น เนื่องจากมีองค์ประกอบทางเคมีเฉพาะตัวที่ช่วยยับยั้งกระบวนการออกซิเดชันทำให้คงคุณภาพได้ดีระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่ง (Stilwell, 2022) จึงนับได้ว่าเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่มีศักยภาพและน่าสนใจอย่างยิ่ง

อย่างไรก็ตาม แม้จะมีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินของการผลิตไบโอดีเซลจากวัตถุดิบหลายประเภท เช่น น้ำมันพืชใช้แล้ว น้ำมันปาล์ม และไขมันสัตว์ (Blinova et al., 2017; Colantino et al., 2021) แต่การศึกษาที่มุ่งเน้นกากกาแฟโดยเฉพาะยังมีค่อนข้างจำกัด อีกทั้งงานส่วนใหญ่เน้นการทดลองด้านเทคนิค เช่น การสกัดน้ำมันและการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี มากกว่าการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์หรือความคุ้มค่าทางการเงินของกระบวนการผลิต (Kwon, Yi, & Jeon, 2021) ศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินของการผลิตไบโอดีเซลของโรงงานผลิตกาแฟกระป๋องที่มีศักยภาพในการนำกากกาแฟมาผลิตใช้ไบโอดีเซลในปริมาณที่ค่อนข้างสูง เพื่อประกอบการตัดสินใจของโครงการผลิตไบโอดีเซลของโรงงานผลิตกาแฟสำเร็จรูปและการพัฒนาเชื้อเพลิงของอุตสาหกรรม อันจะช่วยสะท้อนศักยภาพของกากกาแฟในฐานะวัตถุดิบพลังงานทางเลือกอย่างแท้จริง

วัตถุประสงค์

เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินของการผลิตไบโอดีเซลของโรงงานผลิตกาแฟกระป๋องเพื่อประกอบการตัดสินในของโครงการผลิตไบโอดีเซลของโรงงานผลิตกาแฟสำเร็จรูปและการพัฒนาเชื้อเพลิงของอุตสาหกรรม

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) คือแนวคิดทางเศรษฐกิจที่มุ่งเน้นการออกแบบระบบการผลิตและบริโภคอย่างยั่งยืน โดยลดการใช้ทรัพยากรใหม่ให้เหลือน้อยที่สุด ผ่านกระบวนการหมุนเวียนวัสดุและทรัพยากรกลับมาใช้ใหม่ ซ่อมแซม นำกลับมาใช้ซ้ำ และรีไซเคิล เพื่อลดของเสียและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แนวคิดนี้แตกต่างจากระบบเศรษฐกิจแบบเส้นตรง (Linear Economy) ที่มักอาศัยการผลิต–บริโภค–ทิ้ง โดยเศรษฐกิจหมุนเวียนไม่เพียงแต่เป็นกลไกในการจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพเท่านั้น แต่ยังเป็นแนวทางในการสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ ควบคู่กับการส่งเสริมความยั่งยืนในระยะยาว (Ellen MacArthur Foundation, 2020; European Commission, 2015; European Commission, 2020; Geissdoerfer, Savaget, Bocken, & Hultink, 2017) ดังนั้นการนำเอากากกาแฟที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมมาใช้เป็นวัตถุดิบผลิตไบโอดีเซลจึงนับว่ามีความสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนอย่างมาก อย่างไรก็ตามเพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการนำกากกาแฟมาใช้ประโยชน์ดังกล่าวต้องอาศัยการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทน

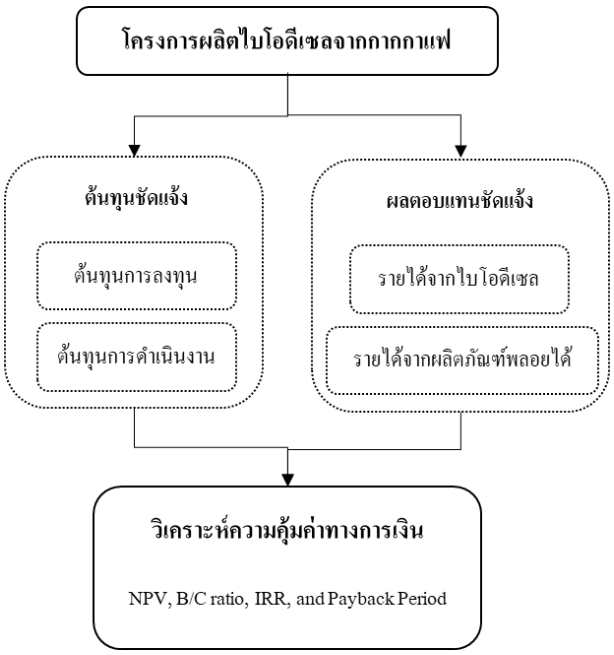
ทฤษฎีการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทน (Cost-Benefit Analysis: CBA) เป็นแนวทางเชิงเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ประเมินความคุ้มค่าในการดำเนินโครงการหรือนโยบายโดยเปรียบเทียบมูลค่าผลตอบแทน (ทั้งทางตรงและทางอ้อม) กับมูลค่าต้นทุนที่เกิดขึ้นทั้งหมดในรูปของมูลค่าทางการเงิน ทฤษฎีนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจอย่างมีเหตุผลบนพื้นฐานของประสิทธิภาพและความคุ้มค่าในระยะยาว โดยครอบคลุมทั้งผลกระทบทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้การวิเคราะห์จะพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ เช่น มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit/Cost Ratio: BC ratio) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) เพื่อประเมินว่าโครงการควรดำเนินการหรือไม่ในบริบทของความยั่งยืนและการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ (Boardman, Greenberg, Vining, & Weimer, 2018; Mishan & Quah, 2020; Nas, 2016; Organization for Economic Co-operation and Development, 2018)

การผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในฐานะทางเลือกพลังงานชีวภาพที่ยั่งยืน โดยงานวิจัยหลายชิ้นได้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ของการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟทั้งในด้านเทคโนโลยี เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันแบบ in-situ ซึ่งเป็นเทคนิคที่ผสานขั้นตอนการสกัดน้ำมันจากกากกาแฟและการเปลี่ยนน้ำมันเป็นไบโอดีเซลเข้าด้วยกันในขั้นตอนเดียว ต่างจากวิธีทั่วไปที่ต้องแยกขั้นตอนการสกัดน้ำมันออกมาก่อน ทำให้ช่วยลดการใช้ตัวทำละลาย ปริมาณพลังงานและเวลาการผลิตลงได้อย่างมาก งานของ Tuntiwiwattapun, Usapein, and Tongcumpou (2017) แสดงให้เห็นว่า กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

แบบ in-situ มีประสิทธิภาพด้านพลังงานและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าวิธีแบบแยกขั้นตอน ขณะที่ Kookos (2018) และ Thoppil and Zein (2021) ได้ประเมินความเป็นไปได้เชิงเทคโนเศรษฐกิจของกระบวนการนี้ พบว่า การผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟสามารถดำเนินการได้อย่างคุ้มค่าในเชิงพาณิชย์ หากมีการจัดการห่วงโซ่อุปทานและต้นทุนอย่างเหมาะสม นอกจากนี้ Tian et al. (2021) ยังได้เสนอแนวทางบูรณาการการใช้ประโยชน์ไบโอดีเซลจากกากกาแฟเพื่อการผลิตทั้งไบโอดีเซลและถ่านกัมมันต์ ซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงานและความคุ้มค่าโดยรวม สะท้อนถึงแนวโน้มของเศรษฐกิจหมุนเวียนในการแปรรูปของเสียเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูงในระดับอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟในระดับอุตสาหกรรม จึงเป็นที่มาของวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้

กรอบแนวคิด

งานวิจัยนี้มุ่งวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทนของการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟ ต้นทุนที่ถูกพิจารณาในการศึกษาครั้งนี้เป็นต้นทุนชัดแจ้ง หรือต้นทุนที่เป็นตัวเงินเท่านั้น ประกอบด้วยต้นทุนการลงทุนและต้นทุนการดำเนินงาน ผลตอบแทนที่ถูกพิจารณาในการศึกษานี้คือผลตอบแทนที่เป็นมูลค่าชัดเจน ได้แก่ รายได้จากการขายไบโอดีเซลจากกากกาแฟและผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลพลอยได้อื่น ๆ ดังนั้น ในการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทนครั้งนี้ไม่ได้พิจารณาผลกระทบทางสังคมและสิ่งแวดล้อมที่ไม่ได้เป็นตัวเงินและต้องผ่านกระบวนการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เสียก่อน เช่น ก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการแทนที่น้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียมด้วยน้ำมันดีเซลจากกากกาแฟ การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต การสร้างการจ้างงานและทักษะใหม่ และการส่งเสริมภาพลักษณ์องค์กรด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ดัชนีที่พิจารณา ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) (ดังภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

โครงการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟที่สนใจในการศึกษาครั้งนี้เป็นโครงการของโรงงานผลิตกาแฟสำเร็จรูป ซึ่งมีศักยภาพในการผลิตค่อนข้างสูงเนื่องจากมีปริมาณกากกาแฟเหลือทิ้งมาก ระยะเวลาโครงการที่พิจารณาคือ 15 ปี ตามอายุการใช้งานเครื่องจักรที่คาดการณ์

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. วิธีวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทน (Cost-benefit analysis) เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟสำหรับโรงงานผลิตกาแฟกระป๋อง ซึ่งมีกำลังการผลิต 1 ล้านกระป๋องต่อวัน ผลิต 330 วันต่อปี โดยการผลิตกาแฟ 1 กระป๋อง ได้กากกาแฟ 0.01 กิโลกรัม (Santos et al., 2021) ในหนึ่งปีจะมีกากกาแฟทั้งหมด 3,300 ตัน

กำหนดให้มูลค่าการลงทุนของโครงการเท่ากับ 91.88 ล้านบาท ซึ่งอยู่ในช่วงต้นทุนการลงทุนของโครงการไบโอดีเซลขนาดกลางในประเทศไทย และมีระยะเวลาโครงการ 15 ปี ตามแนวทางมาตรฐานของหน่วยงานด้านพลังงานในประเทศที่มักกำหนดอายุโครงการพลังงานชีวภาพระหว่าง 15-20 ปี (Department of Alternative Energy Development and Efficiency, 2018; Energy Policy and Planning Office, 2019) เริ่มเดินระบบการผลิตไบโอดีเซลในปีที่ 1 อัตราส่วนระหว่างเงินกู้กับเงินทุน

ของเจ้าของกิจการเท่ากับร้อยละ 50:50 มีระยะเวลาชำระเงินต้นรวม 10 ปี เริ่มชำระเงินต้นในปีที่ 1 อัตราดอกเบี้ยที่ร้อยละ 7 ต่อปี (Energy Policy and Planning Office, 2019; Bank of Thailand, 2024)

ต้นทุนการก่อสร้างโรงงานอ้างอิงจากข้อมูลการลงทุนผลิตไบโอดีเซลจากกรดไขมันปาล์ม ที่กำลังการผลิต 600 ลิตรต่อวัน ที่เงินลงทุน 8 ล้านบาท (Makcharoen, 2008) ต้นทุนเครื่องจักรและอุปกรณ์จาก Kookos (2018) และค่าสาธารณูปโภคในการศึกษานี้คำนวณจากปริมาณสารเคมีและพลังงานที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟจากการศึกษาของ Makcharoen (2008) และ Tuntiwiwattanapun (2016) ดังแสดงในตารางที่ 1 แม้ว่าข้อมูลต้นทุนจะมาจากแหล่งอ้างอิงในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน แต่ยังสามารถนำมาใช้ในการศึกษานี้ได้ภายใต้สมมติฐานว่า ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีได้ช่วยลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยลง ขณะที่อัตราเงินเฟ้อและค่าใช้จ่ายด้านการก่อสร้างโดยรวมเพิ่มสูงขึ้นตามเวลา ซึ่งปัจจัยทั้งสองมีแนวโน้มชดเชยกันในระดับหนึ่ง จึงใช้ข้อมูลต้นทุนการก่อสร้างและเครื่องจักรและอุปรกรณ์ตามแหล่งอ้างอิงเดิมในการวิเคราะห์ นอกจากนี้ ต้นทุนวัตถุดิบได้มีการปรับมูลค่าให้เป็นราคาในปีปัจจุบัน เพื่อสะท้อนภาวะตลาดและให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องและสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจในปัจจุบันมากขึ้น

ค่าใช้จ่ายสำหรับการจ้างพนักงานในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ นักวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนการสกัด และวิศวกรในกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน คิดเป็นร้อยละ 2.45 ของเงินลงทุนเริ่มต้นโครงการ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาประจำปีกำหนดให้มีมูลค่าคิดเป็นร้อยละ 2.5 ของเงินลงทุนเริ่มต้นโครงการ (DEDE, 2018; EPPO, 2019) โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าใช้จ่ายสำหรับการจ้างพนักงานและการซ่อมแซมบำรุงรักษาเท่ากับร้อยละ 1 ต่อปี ค่าใช้จ่ายสำหรับการเปลี่ยนชิ้นส่วนเครื่องจักรและอุปกรณ์กำหนดให้เกิดขึ้นทุก ๆ 5 ปี โดยเริ่มเปลี่ยนครั้งแรก ณ ปีที่ 5 โดยกำหนดให้ค่าใช้จ่ายแต่ละครั้งเท่ากับร้อยละ 2.5 ของมูลค่าชิ้นส่วนเครื่องจักร กำหนดให้มูลค่าชิ้นส่วนเครื่องจักรเท่ากับร้อยละ 80 ของเงินลงทุนเริ่มต้นโครงการ (ดังแสดงในตารางที่ 1)

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล คือ ไบโอดีเซล 1,788 ลิตร กลีเซอรอล 140 กิโลกรัม และกากกาแฟไร้น้ำมัน 6,967 กิโลกรัมต่อวัน โดยราคารับซื้อ ไบโอดีเซล B100 คือ 39 บาทต่อลิตร (Makcharoen, 2008) เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตมีกระบวนการแยกกลีเซอรีนและการนำกลับสารละลายคือเฮกเซนและเมทานอล เฮกเซนและเมทานอลที่กู้คืนได้อ้างอิงจากราคาต่อหน่วยที่ซื้อปกติคือ 53.25 และ 14.7 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Kookos, 2018) คำนวณรายรับจากการขายผลิตภัณฑ์ร่วม ได้แก่ กลีเซอรีน และกากกาแฟไร้น้ำมัน ร่วมด้วย เฮกเซนและเมทานอลที่สามารถกู้คืนได้ถูกนำกลับมาใช้ในกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันร้อยละ 99 และ 60 ตามลำดับ (Ministry of Energy, 2022) โดยคิดเป็นต้นทุนที่ลดลงในการผลิตไบโอดีเซลรอบการผลิตถัดไป ต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลต่อปี ดังตารางที่ 1 ซึ่งจากการคำนวณโดยอาศัยข้อมูลในตารางที่ 2 และ 3.

เนื่องจากการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟถูกจัดอยู่ในกลุ่มกิจกรรม A2 ตามนโยบายส่งเสริมการลงทุน โดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน ซึ่งครอบคลุมกิจการที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงหรือมีความสำคัญเชิงยุทธศาสตร์ต่อประเทศ เช่น พลังงานทดแทนและอุตสาหกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้กิจการได้รับการยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลเป็นเวลา 8 ปี และจะได้รับสิทธิลดหย่อนภาษีลง 50% อีก 5 ปี หรือ ระหว่างปีที่ 9-13 หลังจากนั้นโรงงานจะเริ่มจ่ายภาษีเงินได้นิติบุคคลในอัตรา ร้อยละ 20 ต่อปี ในปีที่ 14 และ 15 ของโครงการ (Thailand Board of Investment, 2025)

ตารางที่ 1 ต้นทุนและรายได้ต่อปีที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่าของการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟ

รายการต้นทุน-รายได้	หน่วย	ปริมาณ	มูลค่า (บาทต่อปี)
ค่าซ่อมบำรุงและแรงงาน			**6,185,515.00**
ต้นทุนวัตถุดิบต่อปี[ก]			**2,985,113.25**
ขั้นตอนการเตรียมกากกาแฟแห้ง			
กากกาแฟชื้น	กิโลกรัม	4,008,242.61	0.00
แก๊สหุงต้ม	กิโลกรัม	60,149.30	721,791.60
ขั้นตอนการสกัดน้ำมัน			
เฮกเซน	กิโลกรัม	664.95	38,061.74
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์ชั่วโมง	107,776.05	335,183.51
แก๊สหุงต้ม	กิโลกรัม	40,441.68	485,300.16
ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน			
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์ชั่วโมง	1,365.16	4,245.66
แก๊สหุงต้ม	กิโลกรัม	36,438.57	437,262.83
กรดฟอสฟอริก	กิโลกรัม	1,370.30	207,503.85
โซเดียมไฮดรอกไซด์	กิโลกรัม	1,673.09	16,730.95
เมทานอล	กิโลกรัม	43,306.38	636,603.73
กรดซัลฟิวริก	กิโลกรัม	4,685.69	102,429.23
ผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อปี[ข] **(330 รอบการผลิต)**			**29,924,577.68**
ไบโอดีเซล	ลิตร	589,907.22	23,006,381.72
กลีเซอรอล	กิโลกรัม	46,189.74	4,618,973.56
กากกาแฟไร้น้ำมัน	กิโลกรัม	2,299,222.40	2,299,222.40

หมายเหตุ: [ก] มูลค่าต้นทุนวัตถุดิบต่อปีคำนวณจากผลคูณของราคาของวัตถุดิบในตารางที่ 2 กับปริมาณที่ใช้ในตารางที่ 1; [ข] มูลค่าผลิตภัณฑ์คำนวณจากผลคูณของราคาขายผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ในตารางที่ 2 กับปริมาณที่ผลิตได้ต่อรอบการผลิตในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ราคาวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์

รายการ	หน่วย	ราคา (บาท/หน่วย)
วัตถุดิบ		
- กากกาแฟ	กิโลกรัม	0.00
- ค่าไฟฟ้า	กิโลวัตต์ชั่วโมง	3.11[ก]
- แก๊สหุงต้ม	กิโลกรัม	12.00
- เฮกเซน	กิโลกรัม	57.24[ข]
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	กิโลกรัม	10.00
- กรดฟอสฟอริก (H3PO4)	กิโลกรัม	151.43
- กรดฟัลซิวริด (H2PO4)	กิโลกรัม	21.86
- เมทานอล (MeOH)	กิโลกรัม	14.70
ผลิตภัณฑ์		
- ไบโอดีเซล	ลิตร	39.00[ค]
- กลีเซอรอล	กิโลกรัม	100.00
- กากกาแฟไร้น้ำมัน	กิโลกรัม	1.00

หมายเหตุ: ข้อมูลราคาในปี 2567 อ้างอิงจากราคาตลาดทั่วไปในประเทศไทย (สำรวจข้อมูลจากเว็บไซต์จำหน่ายสินค้าออนไลน์และแหล่งข้อมูลการค้าในประเทศ เดือนพฤศจิกายน 2567); [ก]ข้อมูลจาก Provincial Electricity Authority (2018); [ข]ข้อมูลจาก Kookos (2018); [ค]ข้อมูลจาก Makcharoen (2008); ข้อมูลราคาถูกปรับมูลค่าเงินตามเวลาให้อยู่ในปี 2567 โดยอาศัยสมการ $P_{2024} = P_t \times (1+r)^{(2024-t)}$ โดยที่ P_{2024} คือราคา ณ ปี 2024 P_t คือราคา ณ ปีที่ t และ r คืออัตราเงินเฟ้อเฉลี่ยย้อนหลัง (ร้อยละ 1.3) ทั้งนี้ข้อมูลราคาที่อยู่ในหน่วยเงินตราต่างประเทศถูกปรับให้อยู่ในหน่วยของเงินบาทก่อนโดยใช้อัตราแลกเปลี่ยน ณ ปีที่เผยแพร่ข้อมูล (ในที่นี้อาศัยอัตราแลกเปลี่ยน 1 USD_{2018} : 35.12 THB_{2018})

ตารางที่ 3 ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลและปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อรอบการผลิต (10,000 กิโลกรัมกากกาแฟน้ำหนักแห้ง)

วัตถุดิบ	หน่วย	ปริมาณที่ใช้
วัตถุดิบ		
ขั้นตอนการเตรียมกากกาแฟแห้ง		

วัตถุดิบ	หน่วย	ปริมาณที่ใช้
- แก๊สหุงต้ม ขั้นตอนการสกัดน้ำมัน	กิโลกรัม	182.27
- เฮกเซน	กิโลกรัม	155.00
- ไฟฟ้า	กิโลวัตต์ชั่วโมง	326.59
- แก๊สหุงต้ม ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน	กิโลกรัม	122.55
- ไฟฟ้า	กิโลวัตต์ชั่วโมง	4.14
- แก๊สหุงต้ม	กิโลกรัม	110.42
- กรดฟอสฟอริก	กิโลกรัม	4.15
- โซเดียมไฮดรอกไซด์	กิโลกรัม	5.07
- เมทานอล	กิโลกรัม	326.59
- กรดซัลฟิวริก	กิโลกรัม	14.20
ผลิตภัณฑ์		
- ไบโอดีเซล	ลิตร	1,787.60
- กลีเซอรอล	กิโลกรัม	6,967.34
- กากกาแฟไร้น้ำมัน	กิโลกรัม	139.97

หมายเหตุ: ข้อมูลจาก Makcharoen (2008) และ Tuntiwiwattapun et al. (2017)

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์โครงการ จึงไม่มีประชากรและกลุ่มตัวอย่างเชิงสถิติ โดยกำหนดให้ข้อมูลเชิงเทคนิคและข้อมูลทางการเงินของโรงงานผลิตกาแฟกระป๋องขนาด 1 ล้านกระป๋องต่อวันเป็นกรณีศึกษาในการประเมินความเป็นไปได้ของโครงการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟ เนื่องจากมีปริมาณกากกาแฟเพียงพอสำหรับการผลิตไบโอดีเซล และโรงงานประเภทนี้มีปริมาณการผลิตที่สม่ำเสมอและมีระบบการจัดการผลิตที่ชัดเจน ทำให้สามารถประมาณปริมาณกากกาแฟ ต้นทุน และรายรับจากการผลิตไบโอดีเซลได้อย่างแม่นยำ อีกทั้งยังเป็นตัวแทนของโรงงานขนาดกลางที่มีศักยภาพในการลงทุนในเทคโนโลยีพลังงานทดแทน จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นกรณีศึกษาในการประเมินความคุ้มค่าของโครงการ

3. เครื่องมือ

งานวิจัยนี้ใช้วิธีการคำนวณทางการเงิน ได้แก่ การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน และระยะเวลาคืนทุน เป็นเครื่องมือในการประเมินความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟ โดยอาศัยข้อมูลต้นทุนการลงทุน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ราคาวัตถุดิบ และรายรับจากผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วม ตามข้อมูลจากงานวิจัยก่อนหน้าและข้อมูลจากหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง

4. วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ต้นทุน–ผลตอบแทนของโครงการอาศัยการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (*NPV*) (สมการที่ 1) เพื่อประเมินมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิหลังหักเงินลงทุนเริ่มต้น หากค่า *NPV* มากกว่า 0 แสดงว่าโครงการให้ผลตอบแทนคุ้มค่าทางการเงิน ส่วนอัตราผลตอบแทนภายใน (*IRR*) (สมการที่ 2) ใช้หาค่าอัตราผลตอบแทนที่ทำให้ *NPV* เท่ากับศูนย์ โดยหากค่า *IRR* สูงกว่าอัตราคิดลด แสดงว่าโครงการสามารถสร้างผลตอบแทนได้มากกว่าต้นทุนของเงินทุน ขณะที่อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (*B/C ratio*) (สมการที่ 3) ใช้เปรียบเทียบระหว่างผลประโยชน์และต้นทุนที่เป็นมูลค่าปัจจุบัน โดยหากค่า *B/C ratio* มากกว่า 1 หมายถึงโครงการให้ผลตอบแทนสูงกว่าต้นทุนและมีความคุ้มค่า นอกจากนี้ยังมีการคำนวณระยะเวลาคืนทุน (*Payback period*) (สมการที่ 4) เพื่อประเมินจำนวนปีที่โครงการสามารถคืนเงินลงทุนเริ่มต้นได้ โดยหากระยะเวลาคืนทุนสั้น แสดงว่าโครงการมีความเสี่ยงต่ำและสามารถสร้างผลตอบแทนกลับคืนได้รวดเร็ว ทั้งนี้ในการคำนวณกำหนดให้ i คืออัตราคิดลดของโครงการ (ร้อยละ 6.5), t คือปี (t = 0–15), CF_t คือกระแสเงินสดสุทธิในปีที่ t, n คือระยะเวลาโครงการ และ C_0 คือเงินลงทุนเริ่มต้นของโครงการ (Fernando, 2024a; Fernando, 2024b; Hayes, 2024).

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{CF_t}{(1+i)^t} \quad (1)$$

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} - C_0 \quad (2)$$

$$B/C\ ratio = \frac{Net\ present\ value\ of\ benefit}{Net\ present\ value\ of\ cost} \quad (3)$$

$$Payback\ period =$$

ระยะเวลาที่ค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรวมเท่ากับเงินลงทุนเริ่มต้น **(4)**

ผลการวิจัย

เมื่อประเมินความคุ้มค่าของโครงการโดยการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทนของโครงการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟ พบว่า โครงการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 95.38 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนภายในอยู่ที่ร้อยละ 23 โครงการมีระยะเวลาคืนทุน 4 ปี และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 1.53 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 กระแสเงินสดของการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟ (หน่วย: ล้านบาท)

ปีที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ต้นทุนการลงทุน																
เงินลงทุนโครงการ	91.88															
เงินกู้	45.94															
ส่วนของผู้ถือหุ้น	45.94															
ต้นทุนการดำเนินงาน																
วัตถุดิบการผลิตไบโอดีเซล		2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99
การบำรุงรักษาประจำปี		2.30	2.32	2.34	2.37	9.74	2.41	2.44	2.46	2.49	9.86	2.54	2.56	2.59	2.61	9.99
ต้นทุนบุคลากร		2.25	2.27	2.30	2.32	2.34	2.36	2.39	2.41	2.44	2.46	2.49	2.51	2.54	2.56	2.59
ชำระเงินต้น		4.59	4.59	4.59	4.59	4.59	4.59	4.59	4.59	4.59	4.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ดอกเบี้ยเงินกู้		3.22	2.89	2.57	2.25	1.93	1.61	1.29	0.96	0.64	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
เงินต้นคงเหลือ		41.35	36.75	32.16	27.56	22.97	18.38	13.78	9.19	4.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ผลตอบแทน																
ไบโอดีเซล กลีเซอรอล กากกาแฟไร้น้ำมัน		29.92	29.92	29.92	29.92	29.92	29.92	29.92	29.92	29.92	29.92	29.92	29.92	29.92	29.92	29.92
กำไรก่อนหักภาษี	-45.94	14.57	14.87	15.17	15.46	8.42	16.07	16.36	16.66	16.95	9.90	22.14	22.12	22.09	22.07	14.69
ภาษีเงินได้นิติบุคคล		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	0.99	2.21	2.21	2.21	4.41	2.94
กำไรหลังหักภาษี	-45.94	14.57	14.87	15.17	15.46	8.42	16.07	16.36	16.66	15.26	8.91	19.93	19.91	19.88	17.66	11.75
กำไรสะสม	-45.94	-31.37	-16.50	-1.32	14.14	22.56	38.62	54.98	71.65	86.90	95.82	115.74	135.65	155.53	173.19	184.94
มูลค่าปัจจุบัน	-45.94	13.68	13.11	12.56	12.02	6.14	11.01	10.53	10.07	8.66	4.75	9.97	9.35	8.77	7.31	4.57

ปีที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	95.38															
อัตราผลตอบแทนภายใน (%)	23%															
อัตราส่วนต้นทุนต่อผลตอบแทน	1.53															
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	4															

เมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวโดยกำหนดให้อัตราคิดลดเท่ากับร้อยละ 5, 6, 7 และ 8 พบว่า โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 110.55, 100.18, 90.81, และ 82.33 ล้านบาท ตามลำดับ โดยเมื่อเทียบกับอัตราคิดลดในกรณีปกติที่กำหนดไว้เท่ากับร้อยละ 6 แล้ว พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมไม่เกินร้อยละ 16 ดังตารางที่ 5 ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า เมื่ออัตราคิดลดเพิ่มขึ้นมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการจะลดลงตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับหลักการทางเศรษฐศาสตร์การลงทุน เนื่องจากอัตราคิดลดที่สูงขึ้นทำให้มูลค่าของผลตอบแทนในอนาคตลดลง และจากการเปรียบเทียบค่าดัชนีวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทนทั้ง 4 ตัว ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน และระยะเวลาคืนทุน พบว่า แม้ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนจะมีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มขึ้นของอัตราคิดลด แต่อัตราผลตอบแทนภายใน ยังคงสูงกว่าอัตราคิดลดทุกกรณี และค่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนยังคงมากกว่า 1 ซึ่งบ่งชี้ว่าโครงการยังคงมีความคุ้มค่าทางการเงินภายใต้เงื่อนไขที่ทดสอบทั้งหมด

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟ

อัตราคิดลด	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (ล้านบาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (%)	อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
i = 5.00	110.55	25	1.58	4
i = 6.00	100.18	24	1.55	4
i = 7.00	90.81	23	1.52	4
i = 8.00	82.33	22	1.49	4

อภิปรายผลการวิจัย

กากกาแฟเป็นของเหลือทิ้งที่จากการผลิตเครื่องดื่มกาแฟไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความต้องการของผู้บริโภค ประกอบกับความต้องการเชื้อเพลิงไบโอดีเซลในประเทศไทย การศึกษานี้ทำการประเมินความคุ้มค่าของโครงการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟที่เกิดขึ้นจากโรงงาน โดยอาศัยการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทน ผลการศึกษาพบว่า โครงการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟ มูลค่าการลงทุน 91.88 ล้านบาท มีความคุ้มค่าในการลงทุนเนื่องจาก NPV มีค่ามากกว่า 0 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนมีค่ามากกว่า 1 และอัตราส่วนผลตอบแทนภายในสูงกว่าอัตราคิดลด และระยะเวลาคืนทุนค่อนข้างเร็ว โดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับ 95.38 ล้านบาท อัตราส่วน

ผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 1.53 อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 23 ระยะเวลาคืนทุน 4 ปี เมื่อทดสอบความอ่อนไหวของผลการศึกษาต่อเปลี่ยนแปลงของอัตราคิดลดพบว่าผลการศึกษามีความอ่อนไหวค่อนข้างน้อย

เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดการกากกาแฟโดยวิธีการฝังกลบที่มีต้นทุน 550 บาทต่อตัน (Provincial Office for the Promotion of Local Administration, 2022) หรือคิดเป็นเป็นมูลค่า 2.20 ล้านบาทต่อปี เมื่อคำนวณจากปริมาณกากกาแฟที่นำมาผลิตไบโอดีเซลทั้งหมด 4,008 ตัน ที่ไม่มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ จะเห็นได้ว่าการนำกากกาแฟมาผลิตเป็นไบโอดีเซลสามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียและสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่กากกาแฟเหลือทิ้ง ส่งผลให้โครงการนี้มีความเหมาะสมเชิงเศรษฐศาสตร์มากกว่าแนวทางการฝังกลบ อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลการศึกษาก่อนหน้านี้ ไบโอดีจากกากกาแฟมีมูลค่าเพิ่มต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นที่สามารถผลิตได้จากกากกาแฟ ดังแสดงในตารางที่ 6 อย่างไรก็ตาม การนำกากกาแฟไปใช้ในการผลิตเป็นคุกกี้ที่มีเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับที่ขายทั่วไปในท้องตลาดในต่างประเทศ (Martinez-Saez et al., 2017) อาจไม่เป็นที่นิยมในประเทศไทยจึงอาจจะต้องมีศึกษาการความต้องการของตลาดเพิ่มเติมเสียก่อน อีกทั้งต้นทุนการผลิตคุกกี้จากกากกาแฟดังกล่าว ยังไม่รวมต้นทุนทางด้านพลังงาน การขนส่ง และบรรจุภัณฑ์ สำหรับเชื้อเพลิงอัดแท่งเป็นการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ (Colantino et al., 2021) ไม่มีการรายงานต้นทุนการขนส่งวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งมายังโรงงาน รวมถึงต้นทุนค่าขนส่งเชื้อเพลิงอัดแท่งไปยังสถานที่จำหน่าย จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเสียก่อน นอกจากนี้ แม้ว่าสารสกัดทางชีวภาพจากกากกาแฟ เช่น โพลีฟีนอล โพลีแซคคาไรด์ จะสามารถนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีราคาสูง แต่ระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดในแต่ละครั้งค่อนข้างมาก (Zhang et al., 2021) จึงอาจไม่เหมาะสมกับปริมาณกากกาแฟที่เข้าสู่ระบบที่มากดังเช่นกรณีของโรงงานผลิตกาแฟกระป๋องในการศึกษานี้ อีกทั้งต้นทุนพลังงานยังไม่ได้นำมารวมในการคำนวณ ซึ่งอาจก่อให้เกิดต้นทุนที่มากขึ้นได้ จึงกล่าวได้ว่า แม้การผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟให้มูลค่าเพิ่มต่อหน่วยต่ำกว่าผลิตภัณฑ์อื่น แต่มีข้อได้เปรียบด้านความเป็นไปได้เชิงเทคนิค การดำเนินการในระดับอุตสาหกรรม และการตอบสนองต่อความต้องการพลังงานทดแทนของประเทศ อีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนการจัดการของเสียและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้พร้อมกัน จึงถือเป็นทางเลือกที่เหมาะสมและมีศักยภาพในการขยายผลเชิงพาณิชย์ในบริบทของประเทศไทย

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์จากกากกาแฟ 10,000 กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง

ผลิตภัณฑ์จากกากกาแฟ	ต้นทุนการผลิต (บาท)	ผลตอบแทน (บาท)	มูลค่าเพิ่ม (บาท)
ไบโอดีเซล (1,788 ลิตร) (การศึกษานี้)	22,853	90,687	67,833
คุ้กกี้ (235,800 กิโลกรัม) (Martinez-Saez et al., 2017)	14,512,200[ก]	21,222,000[ข]	6,709,800
อัดแท่งเป็นเชื้อเพลิง (11,500 กิโลกรัม) (Colantino et al., 2021)	30,000[ค]	172,550[ง]	142,550
สารสกัดโพลีแซคคาไรด์ และสารสกัดโพลีฟีนอล (110 และ 100 กิโลกรัม) (Zhang et al., 2021)	299,000[จ]	601,000[ฉ]	302,000

หมายเหตุ: [ก] คำนวณจาก วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคุกกี้จาก (Matinez-Saez et al., 2017) และกำหนดให้ราคาวัตถุดิบมีดังนี้ แป้งข้าวสาลี = 37 บาทต่อกิโลกรัม น้ำดื่ม = 10 บาทต่อกิโลกรัม น้ำมันดอกทานตะวัน = 105 บาทต่อกิโลกรัม ผงฟู = 109 บาทต่อกิโลกรัม เกลือ = 60 บาทต่อกิโลกรัม เลซิทิน = 202 บาทต่อกิโลกรัม หญ้าหวาน = 379 บาทต่อกิโลกรัม และโอลิโกฟรุกโตส = 540 บาทต่อกิโลกรัม

[ข] ราคาคุกกี้บรรจุปี๊บ 5 กิโลกรัม ราคา 450 บาท

[ค] วัตถุดิบที่ใช้ในการผสมกับกากกาแฟ คือ ขี้เลื่อย ราคา 20 บาทต่อกิโลกรัม

[ง] ราคาเชื้อเพลิงอัดแท่ง 10-20 บาทต่อกิโลกรัม

[จ] วัตถุดิบที่ใช้ในการสกัดแบบ ultrasound โดยใช้น้ำเป็นสารละลาย น้ำกลั่น 230 ลูกบาศก์เมตร ราคา 1,300 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

[ฉ] คำนวณจาก สารสกัดโพลีแซคคาร์ไรด์ราคา 2,140 บาทต่อกิโลกรัม และสารสกัดโพลีฟีนอลราคา 1,765.50 บาทต่อกิโลกรัม

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งต่อไป

1. ในอนาคต ควรจะต้องมีการพิจารณามูลค่าผลกระทบทางสังคมและสิ่งแวดล้อมของโครงการผลิตไบโอดีเซลจากกากกาแฟร่วมด้วย

2. ควรมีการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทนรวมถึงพิจารณามูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์จากกากกาแฟอื่น ๆ ควบคู่ไปด้วย เพื่อประโยชน์ในการตัดสินใจลงทุนของผู้ประกอบการ

3. ในส่วนของการวิเคราะห์ความอ่อนไหว สามารถพิจารณาปัจจัยสำคัญอื่นนอกจากอัตราคิดลด เช่น การเปลี่ยนแปลงของราคาจำหน่ายไบโอดีเซล หรือต้นทุนการผลิต เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้มีผลโดยตรงต่อความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของโครงการ และสามารถช่วยให้การประเมินความเสี่ยงและความยืดหยุ่นของโครงการมีความแม่นยำยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์

1. ผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจเพื่อจัดการกับกากกาแฟเหลือทิ้งของโรงงานผลิตกาแฟสำเร็จรูป รวมถึงเปรียบเทียบการลงทุนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากกากกาแฟหรือน้ำมันกากกาแฟที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต ซึ่งนับเป็นหนทางหนึ่งอันจะสามารถนำไปสู่การพัฒนาเชื้อเพลิงทางเลือกที่ยั่งยืนของประเทศไทย

2. เพื่อให้โครงการมีประสิทธิภาพและความคุ้มค่ามากยิ่งขึ้น ผู้ประกอบการสามารถพิจารณาลดต้นทุนที่เป็นไปได้ เช่น การใช้วัตถุดิบท้องถิ่นเพื่อลดค่าขนส่ง การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับขนาดของโครงการ

3. ผู้ประกอบการควรพิจารณาแนวทางบริหารความเสี่ยงในกรณีที่อัตราดอกเบี้ยหรือปัจจัยทางเศรษฐกิจมีการเปลี่ยนแปลง เช่น การใช้เงินกู้ที่มีอัตราดอกเบี้ยคงที่ การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารกระแสเงินสด หรือการสร้างรายได้เสริมจากผลพลอยได้ของกระบวนการผลิต เพื่อรักษาความมั่นคงและความคุ้มค่าของโครงการในระยะยาว

4. ในส่วนของการสนับสนุนจากภาครัฐ ควรมีการกำหนดมาตรการจูงใจเพื่อกระตุ้นให้เกิดการลงทุนในโครงการลักษณะนี้มากขึ้น เช่น การให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีหรือเงินกู้ดอกเบี้ยต่ำผ่านสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) การบรรจุโครงการผลิตไบโอดีเซลจากของเสียอินทรีย์ไว้ในแผนพลังงานทดแทนระดับชาติ (AEDP) การสนับสนุนงบประมาณด้านวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี รวมถึงการจัดตั้งศูนย์รวบรวมกากกาแฟและสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างภาคเอกชนร้านกาแฟ และอุตสาหกรรมพลังงาน เพื่อให้มีวัตถุดิบเพียงพอต่อการผลิตอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ ภาครัฐยังสามารถมีบทบาทในการส่งเสริมการตลาดผ่านการสร้างภาพลักษณ์ พลังงานสะอาดจากของเสียเพื่อเพิ่มการยอมรับของผู้บริโภคในระยะยาวอีกด้วย

References

Blinova, L., Bartosova, A., & Sirotiak, M. (2017). Biodiesel production from spent coffee ground. *Research Papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology*, *25*(40), 113–121.

Boardman, A. E., Greenberg, D. H., Vining, A. R., & Weimer, D. L. (2018). *Cost-benefit analysis: Concepts and practice* (5th ed.). Cambridge: Cambridge University.

Bank of Thailand. (2024). *Financial institution interest rate statistics.* Bangkok: Bank of Thailand.

Colantino, A., Paris, E., Bianchini, L., Ferri, S., Marcantonio, V., Carnevale, M., Palma, A., Civitarese, V., & Gallucci, F. (2021). Spent coffee ground characterization, pelletization test and emissions assessment in the combustion process. *Scientific Reports*, *11*, 5119.

Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2017). *Project to promote the use of B20 biodiesel in large trucks: Final report.* Bangkok: Ministry of Energy. (in Thai)

Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2018). *Guidelines for assessing the potential of biomass energy production in Thailand.* Bangkok: Ministry of Energy.

Energy Policy and Planning Office. (2019). *Manual for developing renewable energy projects for government promotion.* Bangkok: Ministry of Energy.

Ellen MacArthur Foundation. (2020). *What is a circular economy?*. Retrieved June 11, 2025, from https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview

European Commission. (2015). *Closing the loop - An EU action plan for the circular economy*. Retrieved June 11, 2025, from https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614

European Commission. (2020). *A new Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe*. Retrieved June 11, 2025, from https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/

Fernando, J. (2024a). *Net present value (NPV): What it means and steps to calculate it*. Retrieved May 31, 2024, from https://www.investopedia.com/terms/n/npv.asp

Fernando, J. (2024b). *Internal rate of return (IRR): Formula and examples.* Retrieved May 31, 2024, from https://www.investopedia.com/terms/i/irr.asp

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy – A new sustainability paradigm?. *Journal of Cleaner Production*, *143*, 757–768. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048

Hayes, A. (2024). *Benefit-cost ratio (BCR): Definition, formula, and example*. Retrieved May 31, 2024, from https://www.investopedia.com/terms/b/bcr.asp

Kamil, M., Ramadan, K. M., Olabi, A. G., Al-Ali, E. I., Ma, X., & Awad, O. I. (2020). Economic, technical, and environmental viability of biodiesel blends derived from coffee waste. *Renewable Energy*, *147*, 1880–1894.

Konkin, B. (2024). *How much coffee to use per cup?.* Retrieved March 13, 2024, from https://hotshotsleeves.com/coffee/how-much-coffee-to-use-per-cup/

Kookos, I. K. (2018). Technoeconomic and environmental assessment of a process for biodiesel production from spent coffee ground (SCGs). *Resources, Conservation & Recycling*, *134*, 156–164.

Krungsri Research. (2021). *Business/industry trends 2021-2023: Biodiesel industry.* Retrieved March 13, 2024, from https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/energy-utilities/biodiesel/io/io-biodiesel-21. (in Thai)

Kwon, E. E., Yi, H., & Jeon, Y. J. (2021). Energy recovery from spent coffee grounds through thermochemical processes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 135*, 110120.

Makcharoen, L. (2008). Benefit, Cost and Break Even Point Analysis of Biodiesel Production from Palm Fatty Acid. *RMUTP Research Journal, 2*(1), 111–119.

Martinez-Saez, N., Garcia, A. T., Perez, I. D., Rebollo-Hernanz, M., Mesias, M., Morales, F. J., Martin-Cabrejas, M. A., & Castilo, M. D. (2017). Use of spent coffee grounds as food ingredient in bakery products. *Food Chemistry*, *216*, 114–122.

Ministry of Energy. (2022). *Biofuel price situation.* Retrieved January 10, 2023, from www.eppo.go.th. (in Thai)

Mishan, E. J., & Quah, E. (2020). *Cost-benefit analysis* (6th ed.). London: Routledge.

Mueanmas, C., & Nikom, R. (2016). *Extraction of oil from spent coffee grounds for biodiesel production*: Final research report (Research report). Chiang Mai University. (in Thai)

Nas, T. F. (2016). *Cost-benefit analysis: Theory and application* (2nd ed.). Lanham: Lexington Books.

Organization for Economic Co-operation and Development. (2018). *Cost-benefit analysis and the environment: Further developments and policy use*. Retrieved June 11, 2025, from https://www.oecd.org/environment/tools-evaluation/cost-benefit-analysis.htm

Office of Agricultural Economics. (2024). *Key agricultural commodity situation and outlook 2024.* Retrieved June 18, 2024, from https://oae.go.th/ (in Thai)

Provincial Electricity Authority. (2018). *Announcement of the Provincial Electricity Authority on the review of electricity tariff rates according to the 2015 tariff structure.* Retrieved January 10, 2023, from www.pea.co.th/Portals/0/demand_response/ElectricityReconsiderNov61.pdf?ver=2019-01-25-100804-110 (in Thai)

Provincial Office for the Promotion of Local Administration. (2022). *Meeting report of the Pathum Thani Provincial Waste and Sewage Management Committee.* Retrieved March 9, 2023, from www.dn.corewebsite.com/public/dispatch_upload/backend/core_dispatch_304060_1.pdf. (in Thai)

Santos, E. M., Macedo, L. M., Tundisi, L. L., Ataide, J. A., Camargo, G. A., Alves, R. C., Oliveira, P. P., & Mazzola, P. G. (2021). Coffee by-products in topical formulations: A review. *Trends in Food Science & Technology*, *111*, 280–291.

Snare, M., Kubickova, I., Maki-Arvela, P., Chichova, D., Eranen, K., & Murzin, D. Y. (2006). Heterogenous catalytic deoxygenation of stearic acid for production of biodiesel. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, *45*(16), 5708–5715.

Stilwell, B. (2022). *Coffee grounds are being used to reduce emissions from London buses*. Retrieved January 10, 2023, from https://www.coffeeordie.com/coffee-fuels-buses

Thailand Board of Investment. (2025). *Investment promotion guide 2025*. Bangkok: The Board of Investment.

Thoppil, Y., & Zein, S. H. (2021). Techno-economic analysis and feasibility of industrial-scale biodiesel production from spent coffee grounds. *Journal of Cleaner Production, 307*, 127113. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127113

Tian, H., Zhou, T., Huang, Z., Wang, J., Cheng, H., & Yang, Y. (2021). Integration of spent coffee grounds valorization for co-production of biodiesel and activated carbon: An energy and techno-economic case assessment in China. *Journal of Cleaner Production, 324*, 129187. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129187

Tuntiwiwattanapun, N. (2016). *Optimization of in-situ transesterification process for soybean and spent coffee grounds biodiesel*. (Doctor of Philosophy in Environmental Management). Chulalongkorn University. Bangkok.

Tuntiwiwattapun, N., Usapein, P., & Tongcumpou, C. (2017). The energy usage and environmental impact assessment of spent coffee grounds biodiesel production by an in-situ transesterification process. *Energy for Sustainable Development*, *40*, 50–58.

Zhang, S., Yang, J., Wang, S., Rupasinghe, H. P. V., & He, Q. S. (2021). Experimental exploration of processes for deriving multiple products from spent coffee grounds. *Food and Bioproducts Processing*, *128*, 21–29.