

ความเป็นไปได้ทางการเงินและผลตอบแทนทางสังคมจากการแปรรูปเศษเหลือสับปะรด เพื่อผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ: กรณีศึกษาจังหวัดชลบุรี

FINANCIAL FEASIBILITY AND SOCIAL RETURN ON INVESTMENT OF BIOSURFACTANT PRODUCTION FROM PINEAPPLE WASTE: A CASE STUDY IN CHONBURI PROVINCE

อารีกรมล ต.ไชยสุวรรณ^{1*} และณัฐกานต์ พฤกษ์สรนันท์²

Areekamol Tor.Chaisuwan^{1*} and Natthakan Pruksorranan²

¹สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา

²สาขาวิชาการท่องเที่ยวและการโรงแรม คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยบูรพา

¹Department of Logistics and Supply Chain Management, Faculty of Logistics, Burapha University

²Department of Tourism and Hotel Management, Burapha Business School, Burapha University

Received: May 21, 2026 / Revised: July 21, 2026 / Accepted: July 23, 2026

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานการณ์เศษเหลือสับปะรดในจังหวัดชลบุรี วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงิน และวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (SROI) ในการแปรรูปเศษเหลือสับปะรดเป็นสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมเชิงคุณภาพและปริมาณ รวบรวมข้อมูลจากการคัดเลือกผู้ให้ข้อมูลสำคัญแบบเจาะจงเพื่อสัมภาษณ์เชิงลึก จำนวน 9 คน แบ่งเป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ปลูก ผู้ส่งเสริมและรวบรวม และผู้นำสารลดแรงตึงผิวชีวภาพไปใช้ในอุตสาหกรรม ผลการวิจัยพบว่า จังหวัดชลบุรีมีสับปะรดตกเกรด 400-500 ตันต่อฤดูกาล คิดเป็นร้อยละ 1.0-1.3 ของผลผลิตรวม เศษเหลือส่วนใหญ่ขาดกระบวนการแปรรูปเชิงมูลค่าสูงและการเชื่อมโยงกับห่วงโซ่อุตสาหกรรมเคมีชีวภาพ การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงิน พบว่า การผลิตในระดับอุตสาหกรรมที่กำลังการผลิต 18,000 กก./ปี เงินลงทุน 525.6 ล้านบาท มีความคุ้มค่าสูงสุด โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 186.7 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ร้อยละ 15.8 ระยะเวลาคืนทุน 5.6 ปี ดัชนีความสามารถในการทำกำไร (PI) 1.35 ผลการวิเคราะห์ SROI คำนวณตามมาตรฐานสากลของ Social Value International เท่ากับ 1.07 บ่งชี้ว่าโครงการสร้างมูลค่าทางสังคมควรได้รับการสนับสนุนเชิงนโยบายจากภาครัฐ สร้างมูลค่าทางสังคมรวม 98.9 ล้านบาทต่อปี ร้อยละ 85.2 มาจากการทดแทนสารลดแรงตึงผิวสังเคราะห์

คำสำคัญ: การเพิ่มมูลค่าเศษเหลือสับปะรด สารลดแรงตึงผิวชีวภาพ ของเหลือใช้จากผลผลิตทางการเกษตร ความเป็นไปได้ทางการเงิน ผลตอบแทนทางสังคม

Abstract

This research aimed to examine the situation of pineapple agricultural waste in Chonburi Province, analyze its financial feasibility, and assess the Social Return on Investment (SROI) of converting pineapple waste into biosurfactants. A mixed-methods research design combining qualitative and quantitative approaches was employed. Data were collected through purposive sampling of nine key informants for in-depth interviews, representing three stakeholder groups: growers, collectors and promoters, and industrial end-users of biosurfactants. The findings revealed that Chonburi Province generates 400–500 tons of substandard pineapples per season, equivalent to 1.0-1.3% of total production. Most of this waste lacks high-value processing pathways and integration into the biochemical industry supply chain. Financial feasibility analysis showed that industrial-scale production with a capacity of 18,000 kg/year, with a total investment of 525.6 million baht, yielded the highest economic viability, with a Net Present Value (NPV) of 186.7 million baht, an Internal Rate of Return (IRR) of 15.8%, a payback period of 5.6 years, and a Profitability Index (PI) of 1.35. The SROI analysis, conducted according to the international standard of Social Value International, yielded a ratio of 1.07, indicating that the project generates sufficient social value to warrant government policy support. The project created a total social value of 98.9 million baht per year, of which 85.2% was attributable to the substitution of synthetic surfactants.

Keywords: Pineapple Waste Valorization, Biosurfactant, Agro-Industrial Residues, Financial Feasibility, Social Return on Investment

บทนำ

สับปะรดเป็นผลไม้ในเขตร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นอันดับสามของโลก (ข้อมูล ณ ปี พ.ศ. 2567) ซึ่งมีประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกผลิตภัณฑ์แปรรูปสับปะรดรายสำคัญ (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2024) มีพื้นที่เก็บเกี่ยว 370,812 ไร่ ผลผลิต 1.38 ล้านตัน เฉลี่ย 3,760 กิโลกรัมต่อไร่ (ข้อมูล ณ ปี พ.ศ. 2563) (FAO, 2020) มีมูลค่าการส่งออกสับปะรดกระป๋องสูงสุดในโลก 460.51 ล้านUSD (0.41 ล้านตัน) (ข้อมูล ณ ปี พ.ศ. 2565) (Department of Internal Trade [DIT], Ministry of Commerce, 2024) ผู้ผลิตรายใหญ่ในจังหวัดชลบุรี มีปริมาณสับปะรดเข้าสู่กระบวนการผลิตถึงร้อยละ 12 ของทั้งประเทศ

และมีฐานลูกค้าหลักอยู่ในทวีปยุโรปร้อยละ 48 และอเมริการ้อยละ 38 ในกระบวนการแปรรูปสับปะรดกระป๋องมักเกิดเศษเหลือจากการผลิตจำนวนมาก โดยเฉพาะสับปะรดตกเกรดที่ไม่ผ่านมาตรฐานโรงงาน ซึ่งจากการสัมภาษณ์เบื้องต้น พบว่า จังหวัดชลบุรี มีสับปะรดตกเกรดประมาณ 400-500 ตันต่อฤดูกาล (ร้อยละ 1.0-1.3 ของผลผลิตรวม) ส่วนหนึ่งถูกขายราคาต่ำกว่าราคาตลาดปกติหรือแปรรูปในระดับครัวเรือน ซึ่งถือเป็นการใช้ประโยชน์ในมูลค่าต่ำ อีกส่วนหนึ่งถูกนำไปเป็นปุ๋ยหรือทิ้งเป็นขยะทางการเกษตร ทั้งที่เศษเหลือสับปะรดมีองค์ประกอบทางชีวเคมีที่มีคุณค่าสูง ได้แก่ น้ำตาล แร่ธาตุ เอนไซม์โบรมelain (Bromelain) ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบผลิต Biosurfactant โดยผ่านกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ได้

สารลดแรงตึงผิว (Surfactants) มีมูลค่าตลาดโลกประมาณ 41 พันล้านUSD (2019) และคาดว่าจะเติบโตถึง 58.5 พันล้านUSD ในปี 2027 โดยมีปริมาณการใช้มากกว่า 15 ล้านตันต่อปี (Allied Market Research, 2023; Ng et al., 2020) แต่วัตถุดิบหลักยังคงเป็นสารสังเคราะห์จากปิโตรเลียมที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ต่ำ ความผันผวนของราคาน้ำมัน OPEC และกฎระเบียบ EU Green Deal/REACH (International Energy Agency [IEA], 2023; European Chemicals Agency [ECHA], 2023) เป็นแรงกดดันให้ราคามีแนวโน้มสูงขึ้น สอดรับกับตลาด Biosurfactant ที่เติบโตร้อยละ ~5.5 ต่อปี (2026-2031) (Mordor Intelligence, n.d.) ทำให้ต้นทุนการผลิตของสารลดแรงตึงผิวทั้งสองชนิดมีช่องว่างที่แคบลง โดยเฉพาะเมื่อผลิตจากวัตถุดิบเหลือใช้ทางการเกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Santos et al., 2016) การเปลี่ยนเศษเหลือสับปะรดให้เป็นแหล่งคาร์บอนในการหมัก (Sharma & Lamsal, 2025; Saimmai et al., 2011) จึงมีความเป็นไปได้ในเชิงธุรกิจสูง

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่างานวิจัยด้านผลผลิตและเศษเหลือทางการเกษตรส่วนใหญ่ศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน (NPV, IRR, ระยะเวลาคืนทุน) (Tariq et al., 2025) และ SROI แยกออกจากกัน โดยไม่ค่อยพิจารณาร่วมกันในการประเมินโครงการงานวิจัยนี้จึงมุ่งเติมช่องว่างดังกล่าว ด้วยการประเมินความเป็นไปได้ทางการเงินร่วมกับ SROI ในบริบทของเศษเหลือสับปะรดเพื่อผลิตเป็น Biosurfactant ในจังหวัดชลบุรีโดยเฉพาะ เพื่อผลักดันการใช้ทรัพยากรที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่สู่การผลิตที่ยั่งยืน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสถานการณ์เศษเหลือจากสับปะรดในเขตจังหวัดชลบุรี
2. เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินในการแปรรูปเศษเหลือสับปะรดเพื่อผลิตเป็นสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ

3. เพื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนในการแปรรูปเศษเหลือสับปะรดเพื่อผลิตเป็นสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ

บททวนวรรณกรรม

สารลดแรงตึงผิวชีวภาพ

ตลาด Biosurfactant เติบโตอย่างรวดเร็วเนื่องจากความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีสังเคราะห์ที่เข้มงวดขึ้น จุลินทรีย์ *Bacillus Subtilis* จึงได้รับความสนใจสูงสุดเนื่องจากสามารถผลิต Surfactin ที่มีประสิทธิภาพสูง (Kumari et al., 2023) สอดคล้องกับ Sukruansuwan และ Napathorn (2018) ที่พบว่าผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องมีน้ำตาลเพียงพอสำหรับการหมักเพื่อสังเคราะห์โพลีเมอร์ชีวภาพและสารมูลค่าสูงอื่น ๆ

ข้อมูลสับปะรดและอุตสาหกรรมการแปรรูป

สับปะรดศรีราชาเป็นสายพันธุ์ปัตตาเวีย (*Ananas comosus* var. Smooth Cayenne) ขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) ครอบคลุม 8 อำเภอในจังหวัดชลบุรี (Department of Intellectual Property, Ministry of Commerce [DIP], 2016) ผลผลิตที่ได้อ้อยละ 90 ถูกขายไปยังโรงงานแปรรูปอีกร้อยละ 10 แปรรูปในครัวเรือนหรือขายผลสด (Department of Agricultural Extension [DOAE], n.d.) ราคารับซื้อเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 8.50 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งมีแนวโน้มปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดปี จาก 7.10 บาทต่อกิโลกรัมในเดือนมกราคม เป็น 10.45 บาทต่อกิโลกรัมในเดือนธันวาคม (พ.ศ. 2566) อัตราแปรรูปสับปะรดสดเป็นกระป๋อง 1 : 3.3 และน้ำสับปะรด 1 : 4 (DIT, 2024) กระบวนการแปรรูปก่อให้เกิดเศษเหลือหลายประเภท ได้แก่ เปลือกอี้อยละ 30 แก่นอี้อยละ 7 กากอี้อยละ 5-10 จุกอี้อยละ 13 (Paz-Arteaga et al., 2024) ซึ่งสามารถใช้เป็นวัตถุดิบผลิต Biosurfactant ได้

เครื่องมือทางการเงินเพื่อวิเคราะห์การลงทุน
การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการลงทุนนิยมใช้เครื่องมือ Capital Budgeting 4 ประการ ได้แก่ NPV, IRR, PI และ Payback Period (Brealey et al., 2020; Ross et al., 2022)

เครื่องมือดังกล่าวเหมาะกับโครงการลงทุนที่มีความไม่แน่นอนสูงและอยู่ในระยะเริ่มต้นของการพัฒนาเทคโนโลยี ซึ่งเป็นลักษณะร่วมของโครงการแปรรูปของเสียทางการเกษตรโดยทั่วไป ดังที่ Cristóbal et al. (2018) ใช้ระเบียบวิธีคัดกรอง (Screening Methodology) ร่วมกับดัชนีผลตอบแทนการลงทุนและระยะเวลาคืนทุนในการวิเคราะห์ไปโอรีไฟเนอริจากเศษเหลือทางการเกษตร 4 ประเภทในระดับยุโรป โดยให้เหตุผลว่าเทคโนโลยีที่ยังมีความพร้อมต่ำควรใช้เครื่องมือที่คำนวณได้จากข้อมูลต้นทุนและรายได้เบื้องต้น ซึ่งสอดคล้องกับบริบทของงานวิจัยนี้ที่ใช้ข้อมูลจากการผลิตระดับนำร่องเป็นฐานประมาณการลงทุน

นอกจากนี้ Charoentanaworakun et al. (2023) ยังแสดงให้เห็นว่าการใช้ NPV IRR และระยะเวลาคืนทุนร่วมกันช่วยให้เห็นภาพความเสี่ยงและผลตอบแทนของโครงการในหลายมิติ ซึ่งสำคัญเป็นพิเศษสำหรับผลิตภัณฑ์ชีวภาพใหม่ที่ยังไม่มีตลาดรองรับที่แน่นอน จึงเหมาะสมกับลักษณะโครงการนี้เช่นเดียวกัน

วิเคราะห์และประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (SROI)

SROI ใช้ประเมินมูลค่าทางสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมของโครงการในรูปหน่วยเงิน เปรียบเทียบกับมูลค่าเงินลงทุนที่ใช้ไป โดยแสดงผลเป็นอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน โดยให้ความสำคัญกับผู้มีส่วนได้เสีย (Stakeholder Engagement) อย่างครอบคลุม (Nicholls et al., 2012) เหมาะสำหรับประเมินคุณค่าที่เกิดขึ้นจากการแปรรูปของเสียทางการเกษตรให้มีมูลค่าสูงขึ้น (Sridan et al., 2024) งานวิจัยที่ประยุกต์ใช้ SROI กับภาคเกษตรยั่งยืนว่า

เครื่องมือนี้สามารถจับมูลค่าที่การวิเคราะห์ทางการเงินแบบดั้งเดิมไม่สามารถสะท้อนได้ครบถ้วน เช่น Landoni และ Moratti (2025) ประเมิน SROI ของโรงผลิตไวน์ต่อผู้มีส่วนได้เสียกลุ่มต่าง ๆ ได้อัตราส่วน 1.44 บ่งชี้ผลตอบแทนทางสังคมเชิงบวก และเสนอว่าการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลประโยชน์แบบดั้งเดิมเพียงอย่างเดียวมีข้อจำกัดในโครงการเกษตรที่มีผู้มีส่วนได้เสียหลากหลายจึงจำเป็นต้องใช้ SROI เป็นเครื่องมือเสริม

การทบทวนวรรณกรรมชี้ว่าเครื่องมือความเป็นไปได้ทางการเงิน (NPV, IRR, PI, Payback Period) และ SROI มีบทบาทหนุนเสริมกัน โดยการวิเคราะห์ทางการเงินสะท้อนความคุ้มค่าในมุมมองผู้ลงทุน ขณะที่ SROI ขยายกรอบครอบคลุมมูลค่าที่เกิดกับผู้มีส่วนได้เสียกลุ่มอื่น เช่น เกษตรกร ชุมชน และสิ่งแวดล้อม การใช้เครื่องมือทั้งสองควบคู่กันในงานวิจัยนี้จึงให้ภาพความคุ้มค่าที่รอบด้านทั้งมิติการเงินและสังคมในพื้นที่จังหวัดชลบุรี

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยเลขที่ IBC 013/2566 จากมหาวิทยาลัยบูรพา ใช้ระเบียบวิธีวิจัยผสมผสานวิธี ระหว่างเชิงคุณภาพ (Qualitative Methodology) และปริมาณ (Quantitative Methodology) โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญ

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญ จำนวน 9 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่มหลัก กลุ่มละ 3 คน เป็นการออกแบบเชิงโครงสร้างเพื่อให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ คัดเลือกด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดเกณฑ์คัดเลือกออกกับบุคคลที่เป็นกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการเพิ่มมูลค่าเศษเหลือสับปะรดเพื่อพัฒนาเป็น Biosurfactant ได้แก่

1. กลุ่มผู้ปลูกและผู้ผลิตสับปะรด ได้แก่

เกษตรกร (2 คน) ประธานวิสาหกิจชุมชน (1 คน) กำหนดเกณฑ์เป็นเจ้าของพื้นที่ปลูกไม้ต่ำกว่า 25 ไร่ ปลูกสับประตมาไม่น้อยกว่า 20 ปีในพื้นที่ 8 อำเภอของจังหวัดชลบุรี และเป็นผู้มีประสบการณ์ซื้อขายกับโรงงานสับประตต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 5 ปี เกณฑ์เชิงตัวเลขกำหนดขึ้นจากดุลยพินิจของผู้วิจัยร่วมกับผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ (เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรและผู้นำชุมชน) ผ่านการหารือและให้ข้อมูลนำร่องก่อนการเก็บข้อมูลจริง เพื่อให้มั่นใจว่าผู้ให้ข้อมูลมีประสบการณ์เพียงพอในห่วงโซ่คุณค่าของเศษเหลือสับประต

2. กลุ่มผู้ส่งเสริมและรวบรวมเศษเหลือสับประต ได้แก่ เจ้าหน้าที่รัฐจากกรมพัฒนาการเกษตร (1 คน) ผู้นำชุมชน (1 คน) ผู้ประกอบการโรงงานสับประต (1 คน) มีประสบการณ์ในพื้นที่และติดต่อกับเกษตรกรผู้ปลูกสับประตไม่น้อยกว่า 5 ปีและอยู่ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี

3. กลุ่มผู้รวบรวมและรับซื้อสารลดแรงตึงผิวชีวภาพเพื่อเป็นวัตถุดิบในการแปรรูป ผู้จัดการฝ่ายผลิต (1 คน) นักวิเคราะห์การตลาด (1 คน) ผู้นำเข้าและจัดจำหน่าย (1 คน) เป็นผู้ประกอบการอยู่ในพื้นที่และรับซื้อสารลดแรงตึงผิวไม่น้อยกว่า 1 ตันต่อปี

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและคุณภาพของข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์และใช้ผังก้างปลา (Ishikawa, 1982) เป็นกรอบรวบรวมและจัดหมวดหมู่ข้อมูลเชิงคุณภาพ วิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์เชิงธีม (Thematic Analysis) (Braun & Clarke, 2006) ตามเกณฑ์ความน่าเชื่อถือ 4 ด้าน (Guba & Lincoln, 1989) ได้แก่ (1) Credibility ด้วยการสัมภาษณ์จนถึงจุดอิ่มตัวของข้อมูลและ Member Checking (2) Transferability ด้วยการบรรยายบริบทพื้นที่และกลุ่มผู้ให้ข้อมูลอย่างละเอียด (Thick Description) (3) Dependability ด้วยการบันทึกขั้นตอนวิจัยเป็น Audit Trail และ (4) Confirmability ด้วยการตรวจสอบข้ามร่วมกันระหว่างผู้วิจัย 2 คนจนได้ฉันทามติ

การวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยผสมวิธีแบบคู่ขนานเชิงบูรณาการ (Convergent Parallel Mixed Methods Design) ตามแนวทางของ Creswell และ Plano Clark (2018) โดยเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณแยกกันในช่วงเวลาเดียวกัน (มิถุนายน-ธันวาคม พ.ศ. 2567) แล้วบูรณาการผลในขั้นตีความ ข้อมูลเชิงคุณภาพใช้ยืนยันสมมติฐานที่ใช้คำนวณ Financial Proxy ในตาราง SROI และตรวจสอบความสอดคล้องของตัวเลขทางการเงินกับบริบทจริงในพื้นที่ (Data Triangulation) เพื่อเพิ่มความตรงของผล (Validity)

การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (SROI)

งานวิจัยนี้ประเมินมูลค่าทางสังคมของการเพิ่มมูลค่าเศษเหลือสับประตด้วยแนวคิด SROI ซึ่งแปลงผลลัพธ์ทางสังคม สิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียแต่ละกลุ่มให้อยู่ในรูปมูลค่าทางการเงินที่เปรียบเทียบได้กับมูลค่าการลงทุน ดำเนินการดังนี้

1. การจัดทำแผนที่ผลลัพธ์ (Theory of Change และ Outcome Mapping) ผู้วิจัยจัดทำ ToC ร่วมกับผู้ให้ข้อมูลสำคัญแต่ละกลุ่ม เพื่อแสดงเส้นทางตั้งแต่ปัจจัยนำเข้า กิจกรรม ผลผลิต ผลลัพธ์ จนถึงผลกระทบ ควบคู่กับการสัมภาษณ์เชิงลึก เพื่อให้ผลลัพธ์ในตาราง SROI สะท้อนสิ่งที่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียให้คุณค่าจริง มิใช่ข้อสมมติของผู้วิจัยฝ่ายเดียว

2. การกำหนดตัวแทนทางการเงิน (Financial Proxy) ผลลัพธ์เชิงคุณภาพที่วัดเป็นมูลค่าเงินโดยตรงไม่ได้ ถูกแปลงด้วย Financial Proxy ที่ใกล้เคียงที่สุด ส่วนค่า Attribution กำหนดจากการประเมินร่วมกับผู้ให้ข้อมูลสำคัญผ่านการสัมภาษณ์เชิงลึกถึงสัดส่วนผลลัพธ์ที่เกิดจากปัจจัยอื่นนอกเหนือโครงการ ร่วมกับการเทียบเคียงวรรณกรรมใกล้เคียง แล้วตรวจสอบผ่าน Data Triangulation ส่วนที่เหลือ (1-Attribution) คือสัดส่วนผลลัพธ์ที่เป็นผลโดยตรงจากโครงการ

3. การปรับค่าผลลัพธ์ให้สะท้อนความเป็น

จริง ปรับลดมูลค่าผลลัพธ์ด้วยปัจจัย 3 ประการ ได้แก่ Deadweight (ผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นอยู่แล้วแม้ไม่มีโครงการ) Attribution (ส่วนที่เกิดจากปัจจัยอื่นร่วมด้วย) และ Drop-off (อัตราการลดลงของผลลัพธ์ในแต่ละปีถัดไป) คำนวณจากสมการมูลค่าผลลัพธ์ที่ปรับแล้ว = Outcome × Financial Proxy × (1–Deadweight) × (1–Attribution) × (1–Drop-off)ⁿ

4. การคำนวณอัตราส่วน SROI คำนวณจากผลรวมมูลค่าผลลัพธ์ที่ปรับแล้วของทุกกลุ่ม (คิดลด

ด้วยอัตราคิดลดเดียวกับการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงิน) หาค่าด้วยมูลค่าการลงทุนรวม โดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพและเกณฑ์ความน่าเชื่อถือ 4 ด้าน ตรวจสอบความสมเหตุสมผลตามแนวทาง Data Triangulation

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาสถานการณ์ของเศษเหลือสับปรดในเขตจังหวัดชลบุรี

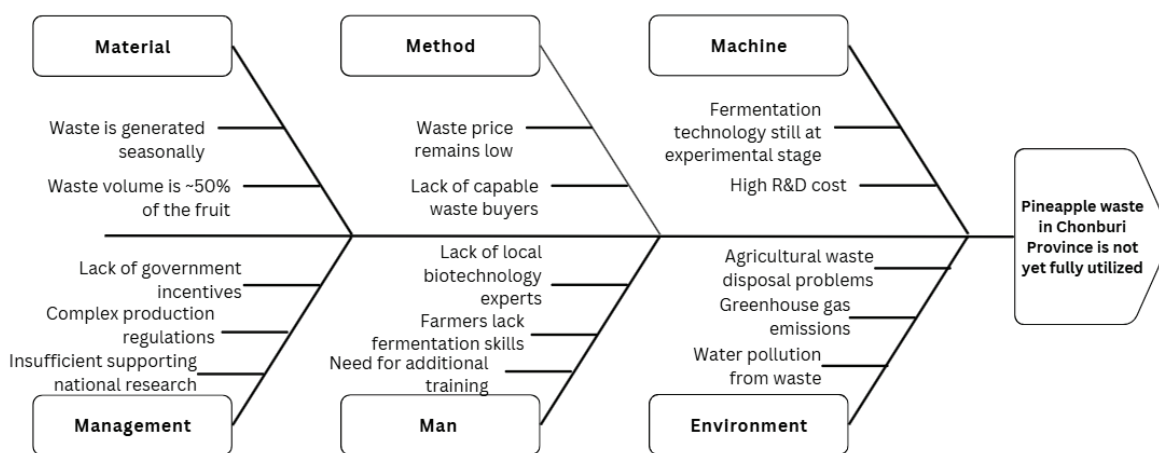


Figure 1 Fishbone Diagram of Factors Affecting the Pineapple Waste Situation in Chonburi Province

Source: Tor.Chaisuwan, Primary Data (2025)

เมื่อพิจารณาลำดับความสำคัญของปัจจัยทั้ง 6 ด้าน พบว่าด้านการบริหารจัดการ (Management) มีผลมากที่สุด จากการขาดแรงจูงใจภาครัฐ กฎระเบียบที่ซับซ้อน และงานวิจัยรองรับไม่เพียงพอ ทำให้เศษเหลือที่มีปริมาณเพียงพออยู่แล้วไม่ถูกใช้ประโยชน์จริง รองลงมาคือด้านเครื่องจักร (Machine) ซึ่งเทคโนโลยีการหมักยังอยู่ในระดับทดลองและมีต้นทุน R&D สูงตามด้วยด้านกระบวนการผลิต (Method) ที่ราคาเศษเหลือยังต่ำและขาดผู้รับซื้อที่มีศักยภาพ และด้านบุคลากร (Man) ที่ขาดผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีชีวภาพในพื้นที่ ส่วนด้านวัตถุดิบ (Material) แม้มีปริมาณมากแต่ไม่ใช่ปัจจัยจำกัด และด้านสภาพแวดล้อม (Environment) ซึ่งครอบคลุมปัญหาการกำจัด

เศษเหลือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก และมลพิษทางน้ำเป็นต้นทุนแฝงที่จะบรรเทาเองได้เองหากนำเศษเหลือไปแปรรูปเป็น Biosurfactant

ผลการจัดลำดับนี้ชี้ว่าควรแก้ปัญหาจากกลไกบริหารจัดการและนโยบายภาครัฐเป็นลำดับแรกมากกว่าการเพิ่มปริมาณวัตถุดิบ

2. ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินในการแปรรูปเศษเหลือสับปรดเพื่อผลิตเป็นสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ

ในการผลิต Biosurfactant ใช้หลักการขายกำลังการผลิตตามแนวคิด Process Scale-up Engineering แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการระดับนำร่อง และระดับอุตสาหกรรม โดยต้นทุนระดับ

ห้องปฏิบัติการ ($C_1 = 0.06$ ล้านบาท ที่ $Q_1 = 0.031$ กก./ปี) ใช้เป็นฐานประมาณการต้นทุนระดับที่สูงขึ้นตาม Six-tenths Rule (Towler & Sinnott, 2021) ด้วยสมการ $C_2 = C_1 \times (Q_2/Q_1)^{0.6}$ ซึ่งต้นทุนต่อหน่วยลดลงตาม Economics of Scale เมื่อตรวจสอบย้อนกลับกับข้อมูลจริง พบว่าช่วงห้องปฏิบัติการสู่ระดับนำร่อง ($Q_2 = 1,500$ กก./ปี) มีค่า $n \approx 0.59$ สอดคล้องกับสมมติฐาน (ทำนาย 38.8 ล้านบาท เทียบจริง 35.5 ล้านบาท ต่างกันร้อยละ 9) แต่ช่วง

นำร่องสู่อุตสาหกรรม ($Q_3 = 18,000$ กก./ปี) มีค่า $n \approx 1.08$ ใกล้เคียงการเพิ่มแบบเส้นตรงมากกว่า ประหยัดต่อขนาด (ทำนาย 157.7 ล้านบาท เทียบจริง 525.6 ล้านบาท) สะท้อนการลงทุนเพิ่มเติมด้านสาธารณูปโภคและมาตรฐานความปลอดภัยที่ซับซ้อนขึ้น (Step-change Investment) ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ทราบกันดีของ Six-tenths Rule เมื่อข้ามช่วงเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงสูง (Towler & Sinnott, 2021) ดังแสดงในตารางที่ 1

Table 1 Comparison of Biosurfactant Production Costs Across Scale Levels

Parameter	Laboratory scale	Pilot scale	Industrial scale
Bioreactor size	1-10 L	100-1,000 L	$\geq 10,000$ L
Production capacity ratio (vs. laboratory)	1x (Baseline)	$\sim 48,000\times$	$\sim 580,000\times$
Scale-up approach	Feasibility testing	Process stabilization	Cost reduction via economies of scale
Unit cost reduction (vs. laboratory)	Baseline	$\sim 99.9\%$ reduction	$\sim 99.95\%$ reduction
Average production capacity (kg/year)	0.031	1,500	18,000
Investment (million THB)	0.06	35.5	525.6
Operating cost (THB/kg)	6,524.88 THB/g	8,500	3,200
Selling price (THB/kg)	n/a	12,000	9,500
Payback period (years)	n/a	7	5.6
NPV at 10% (million THB)	n/a	-12.4	186.7
IRR	n/a	3.3%	15.8%
PI	n/a	0.65	1.35

Note: The laboratory-scale operating cost is reported per gram because the product is in concentrated form, equivalent to 6,524,880 THB/kg.

Source: Calculated from experimental data, interviews, and business analysis.

จากตารางที่ 1 พบว่า การวิเคราะห์ระยะเวลา
คืนทุน และ NPV ด้วยอัตราคิดลดที่ร้อยละ 10
(Brealey et al., 2020; World Bank, 2023) การ
ผลิตในระดับนำร่อง และอุตสาหกรรม ที่มีราคา
ขาย 12,000 และ 9,500 บาท (Noll et al., 2024)
จะมีระยะเวลาคืน 7 และ 5.6 ปี NPV -12.4 และ
186.7 ล้านบาท การผลิตในระดับอุตสาหกรรมด้วย

เทคโนโลยีที่ปรับปรุงแล้วจะสามารถทำกำไรได้คุ้มค่า
ต่อการลงทุนในระยะยาว

3. ผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคม
จากการลงทุน (SROI) ในการแปรรูปเศษเหลือ
สับปะรดเพื่อผลิตเป็นสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ

ฐานข้อมูลและค่าที่ใช้เป็นองค์ประกอบ
คำนวณ SROI มีรายละเอียดดังตารางที่ 2

Table 2 Assumptions and Data Used in the Industrial-Scale SROI Calculation

Data item	Value used
Production capacity	18,000 kg/year (biosurfactant)
Raw material used per year	~600 tons/year (pineapple waste)
Investment (I ₀)	525.6 million THB
Operating cost/year	57.6 million THB (18,000 × 3,200)
Depreciation/year	35.04 million THB (525.6 ÷ 15 years)
Total input per year	92.64 million THB/year
Number of farmers in the supply chain	~50 farmers (from 8 districts)
Purchase price of pineapple waste	1,500 THB/ton
Price of substituted synthetic surfactant	8,000 THB/kg (~229 USD/kg)

ตารางที่ 2 แสดงฐานข้อมูลที่ใช้กำหนด
Financial Proxy โดยกำลัการผลิต เงินลงทุน และ
ต้นทุนดำเนินงานใช้ข้อมูลจากตารางที่ 1 ข้อมูลวัตถุดิบ
ค่าเสื่อมราคา และ Input รวมต่อปีได้จากการคำนวณ

จำนวนเกษตรกรและราคารับซื้อเศษเหลือได้จาก
การสัมภาษณ์ ส่วนราคาสารสังเคราะห์ทดแทนอ้างอิง
จาก Noll et al. (2024) ซึ่งนำไปคำนวณ SROI
ดังตารางที่ 3

Table 3 Industrial-Scale SROI Analysis

Group	Indicator	Financial Proxy	Dead-weight %	Attribution %	Drop-off %	Net Return (THB)
Group 1: Pineapple growers/ producers (Net return 780,631 THB, 0.79%)	Value of waste sold: 900,000 THB	Purchase price: 1,500 THB/ton	10%	30%	0%	567,000 (0.57%)
	Reduced waste disposal cost: 240,000 THB/year	Avoided disposal cost 300 THB/ton + carbon credit 100 THB/ton = 400 THB/ton	5%	30%	0%	159,600 (0.16%)
	Farmer behavior change: 87,500 THB	Improved environmental value (CVM): 5,000 THB/person/year	0%	35%	5%	54,031 (0.05%)
Group 2: Waste promoters/ collectors (Net return 353,550 THB, 0.36%)	Income from sales: 300,000 THB	Collection margin: 0.5 THB/kg	5%	35%	0%	185,250 (0.19%)
	Farmers participating in the project: 240,000 THB	Training value equivalent: 3,000 THB/person	0%	40%	5%	136,800 (0.14%)
	Value preserved during transport: 45,000 THB	Waste trading price: 1,500 THB/ton	0%	30%	0%	31,500 (0.03%)
Group 3: Biosurfactant buyers/users (Net return 97,781,625 THB, 98.86%)	Cost difference between biosurfactant and synthetic surfactant: 144,000,000 THB	Price of substituted specialty-grade synthetic surfactant: 8,000 THB/kg	10%	35%	0%	84,240,000 (85.16%)
	Increased sales of eco-labelled products: 18,000,000 THB	Eco-label product premium: 20% above regular product price	5%	35%	5%	10,571,625 (10.70%)
	New products developed: 6,000,000 THB	Value of R&D savings from shared knowledge: 2,000,000 THB	0%	45%	10%	2,970,000 (3.00%)
Total Net Social Value (THB/year)						98,915,806 (100.00%)

จากตารางที่ 3 แสดงมูลค่าทางสังคมสุทธิ โดยมีวิธีการคำนวณ SROI ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{SROI} &= 98.92 \div 92.64 \text{ (ล้านบาท)} \\ &= 1.07 \end{aligned}$$

ค่า SROI > 1 สอดคล้องกับ NPV, IRR และ PI แสดงว่าโครงการสร้างมูลค่าทางสังคมคุ้มค่ากับการลงทุน โดยมูลค่าทางสังคมส่วนใหญ่ (85.2%) มาจากการทดแทนสารลดแรงตึงผิวสังเคราะห์จากปิโตรเลียมตามหลัก Replacement Cost Method สอดคล้องกับแนวปฏิบัติของ SROI Framework (Nicholls et al., 2012)

อภิปรายผล

สถานการณ์เชื้อเพลิงสับปะรดในจังหวัดชลบุรีพบว่าด้านวัตถุดิบมีเพียงพอสำหรับการผลิตเชิงอุตสาหกรรม (สับปะรดตกเกรด 400-500 ตันต่อฤดูกาลรวบรวมได้ประมาณ 600 ตันต่อปี) แต่ด้านการบริหารจัดการและบุคลากรยังเป็นข้อจำกัดเชิงระบบ โดยเฉพาะกลไกประสานงานระหว่างเกษตรกร โรงงานแปรรูป และผู้ผลิตสารชีวภาพ สอดคล้องกับ Paz-Arteaga et al. (2024) ที่ชี้ว่าการขาดห่วงโซ่อุปทานเชื้อเพลิงมาตรฐานเป็นอุปสรรคหลักของ Biorefinery ในประเทศกำลังพัฒนา ขณะที่ยุทธศาสตร์ BCG Economy และกฎระเบียบ EU REACH (ECHA, 2023) สร้างแรงกดดันเชิงบวกต่ออุปสงค์สารชีวภาพที่เอื้อต่อการพัฒนาห่วงโซ่อุปทาน Biosurfactant ในจังหวัดชลบุรี

การผลิตระดับอุตสาหกรรม (18,000 กก.ต่อปี) มีความคุ้มค่าทางการเงินเพียงพอ (NPV = 186.7 ล้านบาท, IRR = 15.8%, PI = 1.35) เมื่อพิจารณาตาม Six-tenths Rule (Towler & Sinnott, 2021) พบว่าช่วงห้องปฏิบัติการสู่การผลิตสอดคล้องกับสมมติฐาน ($n \approx 0.59$) แต่ช่วงนำร่องสู่อุตสาหกรรมมีค่า n ที่แท้จริงสูงกว่าที่ทำนายไว้ ($n \approx 1.08$) ใกล้เคียงการเพิ่มแบบเส้นตรงมากกว่า Economies of Scale เนื่องจากต้องลงทุนเพิ่มด้านสาธารณูปโภคและมาตรฐานความปลอดภัย

(Step-Change Investment) อย่างไรก็ตาม ผลตอบแทนจากฐานกำลังการผลิตที่ใหญ่ขึ้นยังเพียงพอให้ NPV เป็นบวก ในทางตรงกันข้าม ระดับนำร่องมี NPV ติดลบ (-12.4 ล้านบาท) เพราะกำลังการผลิตจำกัด (1,500 กก.ต่อปี) ทำให้กระแสเงินสดไม่พอชดเชยเงินลงทุนภายในอายุโครงการ สอดคล้องกับ Noll et al. (2024) และ Poveda-Giraldo et al. (2025) ที่ชี้ว่าการผลิต Biosurfactant ต้องอาศัยกำลังการผลิตระดับอุตสาหกรรมจึงจะคุ้มค่า โดยงานของ Poveda-Giraldo et al. (2025) ใช้ถังหมัก 65 ลูกบาศก์เมตร และอายุโครงการ 20 ปี ซึ่งใหญ่กว่าและมีระยะคืนทุนยาวกว่างานวิจัยนี้ที่ใช้อายุโครงการ 15 ปี อันเป็นสมมติฐานที่ระมัดระวังกว่า (Conservative)

ค่า SROI = 1.07 หมายความว่าทุก 1 บาทที่ลงทุนสร้างมูลค่าทางสังคมคืน 1.07 บาท ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับงานวิจัยใกล้เคียง (1.82) (Sridan et al., 2024) เนื่องจากการลงทุนแบบ Capital-Intensive ที่มีค่าเสื่อมราคาสูงถึง 35.04 ล้านบาทต่อปี ซึ่งถูกนับรวมในฐานะ Input ตามหลักการคำนวณ SROI อย่างเคร่งครัด อีกทั้งทุกรายการผลลัพธ์ในตารางที่ 3 ถูกหักลดด้วย Deadweight (0-10%) และ Attribution (30-45%) ก่อนรวมเป็นมูลค่าสุทธิ หากไม่รวมค่าเสื่อมราคา SROI จะเพิ่มเป็น 1.72 ใกล้เคียงวรรณกรรม (1.0-3.5) แสดงว่า ค่า SROI สะท้อนโครงสร้างต้นทุนจริงมิใช่ความด้อยประสิทธิภาพของโครงการ (Nicholls et al., 2012) อย่างไรก็ตาม มูลค่าสังคมส่วนใหญ่ (85.2%) กระจุกตัวที่ผู้รับซื้อสารชีวภาพในภาคอุตสาหกรรม สะท้อนว่าโครงการยังต้องการแรงสนับสนุนจากภาครัฐ และการกระจายมูลค่าสู่ระดับชุมชนมากขึ้น

ค่า SROI > 1 ตามเกณฑ์ Social Value International (Nicholls et al., 2012) บ่งชี้ว่าโครงการสร้างมูลค่าสังคมสุทธิเป็นบวกและควรได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ สอดคล้องกับหลักการ BCG Economy (IEA, 2023; ECHA, 2023) และสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลประกอบการมาตรการสนับสนุน เช่น กองทุนสีเขียวและ Carbon Credit สำหรับการลงทุน

ใน Biorefinery ในพื้นที่ EEC ซึ่งจังหวัดชลบุรีเป็นพื้นที่เป้าหมายหลัก

สรุปผล

การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินและผลตอบแทนทางสังคมจากการแปรรูปเศษเหลือสับปะรดเพื่อผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพกรณีศึกษาจังหวัดชลบุรี โดยสรุปผลตามวัตถุประสงค์การวิจัยทั้ง 3 ข้อ ดังนี้

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่ 1 การวิเคราะห์สถานการณ์เศษเหลือสับปะรดผ่านผังก้างปลาทั้ง 6 ด้าน พบว่ามีศักยภาพจัดหาเศษเหลือได้ประมาณ 600 ตันต่อปี โดยการประสานงานระหว่างเกษตรกร โรงงานแปรรูป และผู้รวบรวมเศษเหลือเป็นปัจจัยสำคัญต่อความยั่งยืนของห่วงโซ่อุปทาน

ทั้งนี้ สับปะรดตกเกรดในปัจจุบันมิได้ถูกทิ้งทั้งหมด บางส่วนขายราคาต่ำกว่าตลาดปกติหรือบริโภคในครัวเรือน อีกส่วนกลายเป็นของเสียที่ต้องเสียค่ากำจัด เมื่อเทียบกับมูลค่าที่ได้จากการรับซื้อเป็นวัตถุดิบ Biosurfactant (1,500 บาทต่อตัน) รวมต้นทุนกำจัดที่ประหยัดได้อีก 400 บาทต่อตัน (รวมมูลค่าคาร์บอนเครดิต) การจัดการแบบใหม่จึงสร้างมูลค่าเพิ่มสุทธิสูงกว่าการใช้ประโยชน์เดิมอย่างชัดเจน ทั้งด้านรายได้เกษตรกรและการลดต้นทุนสิ่งแวดล้อม

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่ 2 พบว่า การผลิตในระดับอุตสาหกรรม (กำลังการผลิต 18,000 กก.ต่อปี) มีความเป็นไปได้ทางการเงินสูง $NPV = 186.7$ ล้านบาท $IRR = 15.8\%$ ระยะเวลาคืนทุน 5.6 ปี และ $PI = 1.35$ ในขณะที่ระดับนำร่อง ยังมี NPV ติดลบ (-12.4 ล้านบาท)

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่ 3 พบว่าค่า $SROI = 1.07$ โดยร้อยละ 85.2 มาจากการทดแทนสารลดแรงตึงผิวสังเคราะห์จากปิโตรเลียม ซึ่งเป็นแรงสนับสนุนระดับนโยบาย การเพิ่มมูลค่าเศษเหลือทางการเกษตรด้วยเทคโนโลยีชีวภาพในระดับอุตสาหกรรมจึงสร้างประโยชน์ทั้งมิติการเงิน เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

เชื่อมโยงภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และชุมชนตามหลัก Bio-Circular-Green Economy และเป็นตัวอย่างที่ดีสำหรับพื้นที่ปลูกสับปะรดอื่นในประเทศไทย

ผลการวิจัยทั้ง 3 ด้านชี้ข้อเสนอเชิงนโยบาย 3 ประการ ได้แก่ (1) ภาครัฐควรสนับสนุนเงินทุนหรือกลไกค้ำประกันความเสี่ยงสำหรับช่วงนำร่องที่ยังมี NPV ติดลบ (2) ควรมีกลไกประสานงานห่วงโซ่อุปทานระดับจังหวัดระหว่างเกษตรกร โรงงาน และผู้ผลิตสารชีวภาพ ซึ่งเป็นปัจจัยจำกัดสำคัญที่สุดตามผังก้างปลา และ (3) ควรผลักดันเป็นกรณีศึกษานำร่องด้านนโยบาย BCG Economy ในพื้นที่ EEC เนื่องจากมีทั้งความคุ้มค่าทางการเงินและมูลค่าทางสังคมสุทธิเป็นบวกรองรับ

ข้อเสนอแนะ

ภาครัฐควรมีกลไกสนับสนุนทางการเงินสำหรับผู้ผลิต Biosurfactant เช่น กองทุนสีเขียวและสิทธิประโยชน์ Carbon Credit เพื่อลดอุปสรรคช่วงนำร่องที่ยังมี NPV ติดลบ ควบคู่กับการจัดตั้งศูนย์รวบรวมเศษเหลือและระบบโลจิสติกส์มาตรฐานในพื้นที่ เพื่อรองรับการขยายสู่ระดับอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน งานวิจัยในอนาคตควรศึกษา Sensitivity Analysis ของราคา, Life Cycle Assessment (LCA) เพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ความผันผวนของวัตถุดิบตามฤดูกาล และขยายการศึกษาไปยังพื้นที่ปลูกสับปะรดอื่นเพื่อยืนยันการนำผลไปประยุกต์ใช้ในวงกว้าง

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยที่ได้รับงบประมาณสนับสนุนการวิจัย จากมหาวิทยาลัยบูรพา งบประมาณสนับสนุน การวิจัยจากกองทุนวิจัยและพัฒนา ปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ผู้วิจัยขอขอบคุณแหล่งทุน ผู้ให้ข้อมูลการวิจัย และคณะผู้วิจัยมาในโอกาสนี้

References

- Allied Market Research. (2023). *Surfactants market (2022-2032)*. <https://www.alliedmarketresearch.com/surfactant-market>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2020). *Principles of corporate finance* (13th ed.). McGraw-Hill Education.
- Charoentanaworakun, C., Assabumrungrat, S., & Soottitantawat, A. (2023). Techno-economic-environmental analysis of sustainable anionic biosurfactant production from palm fatty acid distillate. *ACS Omega*, 8(47), 45045-45055. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c06777>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Cristóbal, J., Caldeira, C., Corrado, S., & Sala, S. (2018). Techno-economic and profitability analysis of food waste biorefineries at European level. *Bioresource Technology*, 259, 244-252. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.03.016>
- Department of Agricultural Extension. (n.d.). *Factory-use pineapple: Annual crop production situation report*. Field and Industrial Crop Promotion Group, Ministry of Agriculture and Cooperatives. <https://agriman.doe.go.th/wp-content/uploads/2025/08/4.-สับปะรดโรงงาน-pineapple-4.pdf> [in Thai]
- Department of Intellectual Property, Ministry of Commerce. (2016). *Geographical indication: Sriracha pineapple*. <https://www.ipthailand.go.th/th/gi-011/item/08-สข-49100008-สับปะรดศรีราชา-2.html> [in Thai]
- Department of Internal Trade [DIT], Ministry of Commerce. (2024, March). *Weekly pineapple situation report: Week 2, March 2024*. Ministry of Commerce, Thailand. <https://regional.moc.go.th/th/file/get/file/20240318433501fda6abf408cef6d646c3a662fc095350.pdf> [in Thai]
- European Chemicals Agency [ECHA]. (2023). *Understanding REACH*. <https://echa.europa.eu/regulations/reach/understanding-reach>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2024). *Major tropical fruits. Market review 2023*. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd1972en>
- Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (1989). *Fourth generation evaluation*. SAGE Publications.
- International Energy Agency [IEA]. (2023). *Oil 2023: Analysis and forecast to 2028*. <https://www.iea.org/reports/oil-2023>
- Ishikawa, K. (1982). *Guide to quality control* (2nd ed.). Asian Productivity Organization.

- Kumari, R., Singha, L. P., & Shukla, P. (2023). Biotechnological potential of microbial biosurfactants, their significance, and diverse application. *FEMS Microbes*, 4, xtad015. <https://doi.org/10.1093/femsmc/xtad015>
- Landoni, P., & Moratti, A. (2025). Impact assessment in the wine industry: Potential and limitations of the Social Return on Investment (SROI). *Administrative Sciences*, 15(9), 346. <https://doi.org/10.3390/admsci15090346>
- Mordor Intelligence. (n.d.). *Biosurfactants market size & share analysis, growth trends and forecast (2026-2031)*. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/biosurfactants-market>
- Ng, H. S., Kee, P. E., Yim, H. S., Chen, P. -T., Wei, Y. -H., & Lan, J. C. -W. (2020). Recent advances on the sustainable approaches for conversion and reutilization of food wastes to valuable bioproducts. *Bioresource Technology*, 302, 122889. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122889>
- Nicholls, J., Lawlor, E., Neitzert, E., & Goodspeed, T. (2012). *A guide to Social Return on Investment* (2nd ed.). The SROI Network. <https://www.socialvalueint.org/s/The-SROI-Guide-US-edition.pdf>
- Noll, P., Solarte-Toro, J. C., Restrepo-Serna, D. L., Treinen, C., Poveda-Giraldo, J. A., Henkel, M., Cardona Alzate, C. A., & Hausmann, R. (2024). Limits for sustainable biosurfactant production: Techno-economic and environmental assessment of a rhamnolipid production process. *Bioresource Technology Reports*, 25, 101767. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2024.101767>
- Paz-Arteaga, S. L., Cadena-Chamorro, E., Gómez-García, R., Serna-Cock, L., Aguilar, C. N., & Torres-León, C. (2024). Unraveling the valorization potential of pineapple waste to obtain value-added products towards a sustainable circular bioeconomy. *Sustainability*, 16(16), 7236. <https://doi.org/10.3390/su16167236>
- Poveda-Giraldo, J. A., Solarte-Toro, J. C., Treinen, C., Noll, P., Henkel, M., Hausmann, R., & Cardona Alzate, C. A. (2025). Assessing the feasibility and sustainability of a surfactin production process: A techno-economic and environmental analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 32(48), 27699-27714. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32217-0>
- Ross, S. A., Westerfield, R. W., Jaffe, J., & Jordan, B. D. (2022). *Corporate finance* (13th ed.). McGraw Hill.
- Saimmai, A., Sobhon, V., & Maneerat, S. (2011). Molasses as a whole medium for biosurfactants production by *Bacillus* strains and their application. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 165, 315-335. <https://doi.org/10.1007/s12010-011-9253-8>

- Santos, D. K. F., Rufino, R. D., Luna, J. M., Santos, V. A., & Sarubbo, L. A. (2016). Biosurfactants: Multifunctional biomolecules of the 21st century. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(3), 401. <https://doi.org/10.3390/ijms17030401>
- Sharma, R., & Lamsal, B. P. (2025). Understanding bio-based surfactants, their production strategies, techno-economic viability, and future prospects of producing them on sugar-rich renewable resources. *Processes*, 13(9), 2811. <https://doi.org/10.3390/pr13092811>
- Sridan, P., Surapolchai, P., Plainlaor, T., Tanyaim, A., Hounnaklang, N., Zongram, O., & Hawangchu, Y. (2024). Social Return on Investment (SROI) from the community waste bank implementation under the learning center of systematic waste management innovation according to the circular economy concept. *Applied Environmental Research*, 46(1), 011. <https://doi.org/10.35762/AER.2024011>
- Sukruansuwan, V., & Napathorn, S. C. (2018). Use of agro-industrial residue from the canned pineapple industry for polyhydroxybutyrate production by *Cupriavidus necator* strain A-04. *Biotechnology for Biofuels*, 11, 202. <https://doi.org/10.1186/s13068-018-1207-8>
- Tariq, Z., Smith, M., & Lal, P. (2025). Unlocking value from food waste: A cross-regional meta-analysis of economic opportunities. *Bioresource Technology Reports*, 30, 102087. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2025.102087>
- Towler, G., & Sinnott, R. (2021). *Chemical engineering design: Principles, practice and economics of plant and process design* (3rd ed.). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/C2019-0-02025-0>
- World Bank. (2023). *Discounting costs and benefits in economic analysis of World Bank projects (English)*. World Bank Group. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099610503022315638>

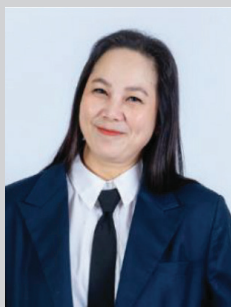


Name and Surname: Areekamol Tor.Chaisuwan

Highest Education: Ph.D.

Affiliation: Department of Logistics and Supply Chain Management,
Faculty of Logistics, Burapha University

Field of Expertise: Transport and Logistics, Warehouse Management,
Green Logistics, Financial Feasibility Analysis, and Circular Economy



Name and Surname: Natthakan Pruksorranan

Highest Education: Ph.D.

Affiliation: Department of Tourism and Hotel Management, Burapha Business School, Burapha University

Field of Expertise: Tourism Management and Policy, Sustainable Tourism, and Local Economy