



การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ใน โครงการใช้ก๊าซชีวภาพ จากระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อทดแทนก๊าซ ธรรมชาติในหม้อต้มไอน้ำ: กรณีศึกษาโรงงานแปรรูปเนื้อไก่

Technical and Economic Feasibility Analysis on Utilization of Biogas from Waste Water Treatment System in Substitution of Natural Gas Usage in Steam Boiler: A Case Study of Chicken Processing Plant

พรชัย เอกสกุลไพบูลย์¹, ศันสนีย์ สุภาภา^{2*} และพัชรารัตน์ ญาณภริต²

Pornchai Akesakulpaibool¹*, Sansanee Supapa² and Patcharaporn Yanpirat²

¹สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตบางเขน

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตบางเขน

*Correspondent author: fengsas@kku.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของการใช้ก๊าซชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อทดแทนการใช้ก๊าซธรรมชาติในหม้อต้มไอน้ำขนาด 5 ตันต่อชั่วโมงสำหรับโรงงานแปรรูปเนื้อไก่ วิธีการวิจัยประกอบด้วยการวิเคราะห์เชิงเทคนิคสำหรับการออกแบบระบบและด้านเศรษฐศาสตร์โดยการประเมินค่าเทียบเท่าปัจจุบัน และอัตราผลตอบแทนของโครงการร่วมกับการประเมินความเสี่ยงของโครงการลงทุนโดยการวิเคราะห์ความไวและการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีมอนติคาร์โล ผลการวิเคราะห์ทางด้านเทคนิคพบว่าระบบการผลิตก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมสำหรับโรงงานควรเป็นระบบผสมผสานระหว่างระบบแบบรางและแบบตะกอนลอยสำหรับกำลังการผลิตก๊าซชีวภาพ 6,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ขณะที่ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ภายใต้เงินลงทุนส่วนเพิ่ม 60.94 ล้านบาท อายุโครงการ 10 ปี และอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำสำหรับโรงงานกรณีศึกษาเท่ากับร้อยละ 12 ต่อปี พบว่ามูลค่าเงินเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับ 27.13 ล้านบาท หรืออัตราผลตอบแทนภายในร้อยละ 22.45 ต่อปี และระยะเวลาคืนทุน 5.3 ปี นอกจากนี้ ผลจากการวิเคราะห์ความเสี่ยงโดยการวิเคราะห์ความไวสำหรับเงินลงทุนเพิ่ม ราคาซื้อก๊าซธรรมชาติ ปริมาณผลิตก๊าซชีวภาพ และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ร่วมกับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของราคาซื้อก๊าซธรรมชาติโดยการจำลองสถานการณ์ พบว่าโครงการลงทุนเป็นโครงการที่เหมาะสมสำหรับโรงงานกรณีศึกษาที่จะนำก๊าซชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อทดแทนการใช้ก๊าซธรรมชาติในหม้อต้มไอน้ำ โดยมีผลตอบแทนสูงและความเสี่ยงต่ำ

Abstract

The objective of this paper is to analyze the technical and economic feasibilities on utilization of biogas generated from waste water treatment system of chicken processing plant in substitution of natural gas usage for the 5 ton/hour of steam boiler. For technical feasibility analysis, the integrated system between the channel digester and up-flow anaerobic sludge blanket reactor was appropriate and designed for biogas generation system at 6,500 cu.m/day. For the economic analysis, it was found that, at the incremental investment of 60.94 million baht, 10-year project life, and minimum attractive rate of return of 12% per year, the NPV was at 27.13 million baht or in term of internal rate of return at 22.45% per year and 5.3 years of payback period. In dealing with risk analysis, the results of sensitivity analysis on the uncertain parameters such as investment costs, natural gas price, volume of biogas generated from the waste water treatment system, and operating costs; and of the Monte Carlo simulation analysis on the natural gas price showed the project was technically and economically feasible for implementation with high return at low risk.

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพพลังงานทางเลือก ความยั่งยืนด้านพลังงาน

Keywords: biogas, alternative energy, sustainable energy resources

1. บทนำ

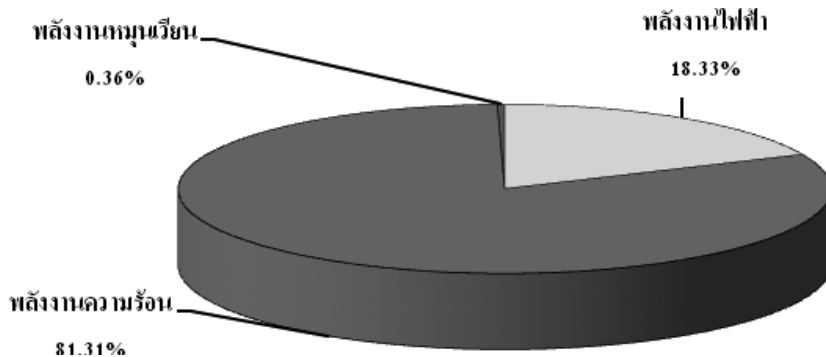
การดำเนินธุรกิจของอุตสาหกรรมการเกษตร โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปเนื้อสัตว์จะมีปริมาณการใช้น้ำที่ค่อนข้างสูงมาก โดยเฉพาะโรงงานแปรรูปเนื้อไก่มีปริมาณน้ำเสียที่ออกจากกระบวนการผลิตสูงและมีค่า BOD ประมาณ 1,000-1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้ต้นทุนด้านการบำบัดน้ำเสียสูงตามไปด้วย อีกทั้งน้ำเสียที่หมักในบ่อหมักระบบบำบัดแบบธรรมชาตินี้จะก่อให้เกิดก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น ส่งผลกระทบต่อชุมชนข้างเคียงที่ขยายเข้ามาใกล้บ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานมากขึ้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน (Global Warming) ขณะที่ก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียจะมีคุณสมบัติในการติดไฟได้ แต่สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานความร้อนทดแทนเชื้อเพลิงที่ได้มาจากฟอสซิล เช่น ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) และน้ำมันเตา (Bunker Oil) เป็นต้น อุตสาหกรรมแปรรูปเนื้อสัตว์และอุตสาหกรรมการผลิตอาหารแปรรูปพร้อมรับประทานนั้น มีความต้องการพลังงานความร้อนที่ค่อนข้าง

สูงมากเพื่อใช้ในการผลิตสินค้าปรุงสุก แหล่งความร้อนเหล่านี้ส่วนใหญ่มาจากไอน้ำ โดยแหล่งเชื้อเพลิงของหม้อต้มไอน้ำนี้มีหลายๆ ชนิดด้วยกัน ได้แก่ น้ำมันเตา, ก๊าซธรรมชาติ, ถ่านหิน เป็นต้น จากสถานการณ์พลังงานในประเทศไทยในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอนและมีแนวโน้มของราคาพลังงานที่สูงขึ้นมาก โดยเฉพาะราคาก๊าซธรรมชาติและราคาน้ำมันเตา ส่งผลกระทบโดยตรงต่อค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานของโรงงานในอุตสาหกรรมประเภทนี้ ดังนั้นการสรรหาพลังงานเพื่อมาทดแทนที่ได้จากของเสียและมีต้นทุนต่ำถือเป็นการลดต้นทุนการผลิตสินค้าและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน (1) ได้ศึกษาและให้ความสำคัญกับภาคส่วนของพลังงานอย่างมากสำหรับการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและสังคมของประเทศที่ต้องค้นหาและพึ่งพาแหล่งพลังงานหมุนเวียนเพื่อมาทดแทนพลังงานหลักจากฟอสซิล จะส่งผลประโยชน์ที่ดีขึ้นต่อทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมขององค์กรและต่อประเทศชาติ การนำเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยเฉพาะจากของเสียภายในโรงงานที่ได้จากการย่อยสลายของสารอินทรีย์โดยเชื้อจุลินทรีย์มาใช้ออกซิเจน

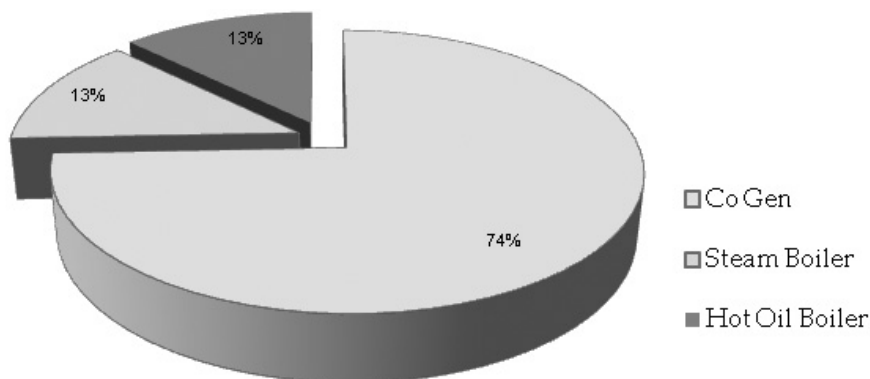
ในการเจริญเติบโต สามารถนำก๊าซไปใช้ให้เกิดประโยชน์ และมีผลต่อต้นทุนการผลิตสินค้าด้านพลังงานที่ต่ำลง

จากกระบวนการผลิตของกรมศึกษา: โรงงานแปรรูปเนื้อไก่ ซึ่งมีต้นทุนพลังงานสูงมากประกอบด้วย ไฟฟ้าและความร้อน โดยแหล่งพลังงานความร้อนส่วนใหญ่ใช้ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำเพื่อส่งเข้าไปสู่กระบวนการผลิต โดยที่พลังงานความร้อนมีสัดส่วนการใช้ประมาณร้อยละ 81.31 ของค่าพลังงานทั้งหมด รองลงมาคือพลังงานไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 18.33 โดยเป็นแหล่งพลังงานสำหรับเครื่องจักรในกระบวนการผลิตและระบบการแช่แข็งสินค้า ส่วนค่าพลังงานอื่นๆ ที่ใช้เป็นพลังงานหมุนเวียนที่มีสัดส่วน

การใช้ประมาณร้อยละ 0.36 โดยเป็นเชื้อเพลิงน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชใช้แล้วจากกระบวนการผลิต เพื่อนำไปใช้กับยานพาหนะขนส่งภายในโรงงาน (รูปที่ 1) นอกจากนี้สามารถแบ่งสัดส่วนการใช้เฉพาะพลังงานความร้อนในส่วนของโรงงานแปรรูปเนื้อไก่ (รูปที่ 2) พลังงานความร้อนที่ป้อนให้กับโรงงานส่วนใหญ่มาจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Co-Generation) ร้อยละ 74 หม้อต้มไอน้ำ (Steam Boiler) ร้อยละ 13 และหม้อต้มน้ำมันร้อน (Hot Oil Boiler) ร้อยละ 13 โดยเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นหลักคือ ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas, NG)



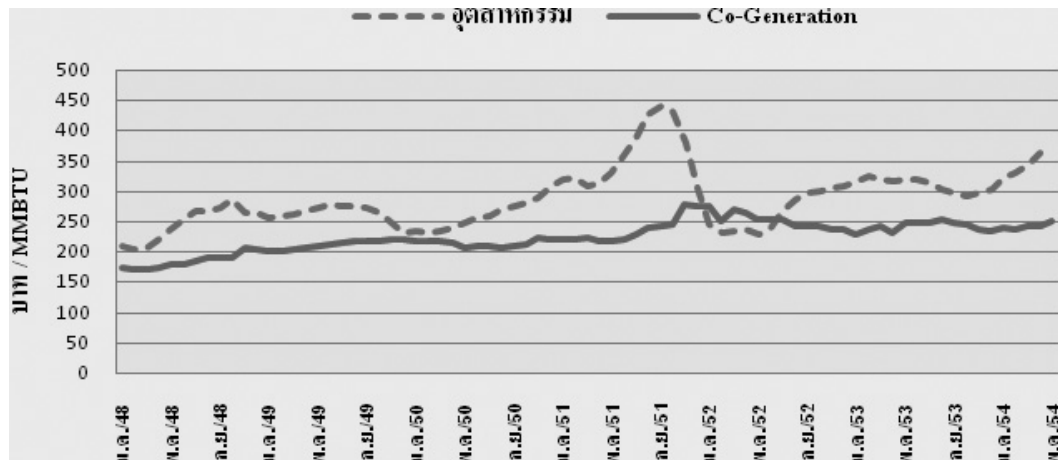
รูปที่ 1. สัดส่วนการใช้พลังงานของโรงงานแปรรูปเนื้อไก่



รูปที่ 2. สัดส่วนที่มาของพลังงานความร้อนโรงงานแปรรูปเนื้อไก่

โรงงานอาหารแปรรูปเนื้อไก่: กรณีศึกษาที่มีหม้อต้มไอน้ำจำนวน 2 ชุด ติดตั้งอยู่ใกล้กันมีกำลังการผลิตไอน้ำขนาด 5 ตันต่อชั่วโมง และขนาด 3.2 ตันต่อชั่วโมง ตามลำดับมีปริมาณความต้องการใช้พลังงานก๊าซธรรมชาติเพื่อเป็นเชื้อเพลิงสำหรับแต่ละหม้อต้มไอน้ำดังแสดงในตารางที่ 1 และจากการเปลี่ยนแปลงราคาก๊าซ

ธรรมชาติระหว่าง พ.ศ. 2548-2554 ซึ่งแสดงแนวโน้มสูงขึ้น (รูปที่ 3) จึงส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตต่อหน่วยสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปที่ผลิตจากโรงงานและผลกระทบต่อความสามารถในการทำกำไรของผลิตภัณฑ์



รูปที่ 3. ราคาก๊าซธรรมชาติของโรงงานแปรรูปเนื้อไก่ระหว่างเดือนมกราคม 2548ถึง เมษายน 2554

ตารางที่ 1. ปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติในหม้อต้มไอน้ำของโรงงานอาหารแปรรูป

เดือน	ปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติ(MMBTU)	
	Boiler 5 T/hr.	Boiler 3.2 T/hr.
มี.ค.54	2,490	1,694
เม.ย.54	2,092	1,455
พ.ค.54	2,792	1,414
มิ.ย.54	2,280	892
ก.ค.54	3,503	1,190
เฉลี่ยต่อเดือน	2,631	1,329
เฉลี่ยต่อวัน	101	51

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาด้านการปล่อยน้ำเสียของโรงงานอาหารแปรรูปเนื้อไก่ พบว่าปริมาณการใช้น้ำประปาเป็นสัดส่วนที่ผันแปรตามปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการผลิตมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณการ

ใช้น้ำประปาในกระบวนการผลิต โดยน้ำเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการผลิตมีค่าความสกปรกส่วนใหญ่จากอินทรีย์สาร เช่น เศษไขมัน น้ำเลือดสัตว์เศษแบ่ง เป็นต้น

จากการสำรวจเบื้องต้นสำหรับปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกจากกลุ่มโรงงานอาหารแปรรูปของกรณี

ศึกษา ประกอบด้วยโรงงานชำแหละเนื้อไก่ โรงงานอาหารแปรรูป โรงงานอาหารสำเร็จรูป มีน้ำใช้รวมกันประมาณ 10,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และน้ำเสียคิดเป็นร้อยละ 70-80 ของปริมาณน้ำประปาที่ใช้ในกระบวนการผลิต ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานกรณีศึกษาเป็นระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ (Physical Wastewater Treatment) ร่วมกับระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ (Biological Wastewater Treatment) ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบ มีปริมาณเฉลี่ยมากถึง 7,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวันมีค่า BOD เฉลี่ยอยู่ที่ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตรและมีค่า COD มีค่าประมาณสองเท่าของ BOD คือ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และระบบมีกำลังการบำบัดน้ำเสีย 13,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียอยู่ที่ร้อยละ 65 และมีประสิทธิภาพการกำจัด COD ที่ร้อยละ 80 ค่า BOD ที่ออกจากบ่อหมักแบบไร้อากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าใช้จ่ายบำบัดน้ำเสียเฉลี่ยที่ 4.55 บาทต่อลูกบาศก์เมตร เป็นค่าใช้จ่ายไฟฟ้าที่ร้อยละ 50 คือ 2.28 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้นจากแนวโน้มค่าพลังงานที่ปรับสูงขึ้นเรื่อยๆ ปัญหาการเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์จากบ่อหมักน้ำเสียซึ่งส่งผลกระทบต่อที่อยู่อาศัยของชุมชนข้างเคียงที่ขยายเข้ามาใกล้ และความเพียงพอของปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อนำไปทดแทนการใช้ก๊าซธรรมชาติในหม้อต้มไอน้ำของโรงงานกรณีศึกษาดังนั้นการวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และประเมินความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของการใช้ก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักน้ำเสียเพื่อทดแทนการใช้ก๊าซธรรมชาติในหม้อต้มไอน้ำขนาด 5 ตันต่อชั่วโมง มีปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติเฉลี่ย 2,631 MMBTU/เดือน หรือ 101 MMBTU/วันดังแสดงในตารางที่ 1 สำหรับกรณีศึกษา: โรงงานแปรรูปเนื้อไก่ทั้งนี้การประเมินโครงการลงทุนจะครอบคลุมปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนและความเสี่ยงของการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆ ที่อาจส่งผลต่อการตัดสินใจของโครงการโดยขอบเขตการวิเคราะห์และการประเมินความเป็นไปได้ของโครงการจะไม่พิจารณานำผลประโยชน์ที่เกิดจากโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism; CDM) เนื่องจากความไม่

แน่นอนของการขายในตลาดซื้อขาย CDM ในกลุ่มประเทศยุโรปและของมาตรการด้านกฎหมายต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง (2) โดยกำหนดให้การติดตั้งอุปกรณ์ของระบบทั้งหมดเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยของสากลหรือความรู้จากคู่มือ การปฏิบัติงาน เกี่ยวกับการออกแบบ การผลิต การควบคุมคุณภาพ และการใช้ก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

2. วิธีวิจัย

การดำเนินโครงการใช้ก๊าซชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อทดแทนเชื้อเพลิงชนิดเดิมที่เป็นก๊าซธรรมชาติจำเป็นจะต้องศึกษาข้อมูลความเหมาะสมของวัตถุดิบที่เป็นน้ำเสียต่อความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบ และศึกษาเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพในปัจจุบันที่เหมาะสมกับลักษณะน้ำเสียของโรงงานอาหารแปรรูปเนื้อไก่ และวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการทางด้านเทคนิคด้านการเงิน โดยทางด้านเทคนิคจะต้องศึกษาให้ครอบคลุมทั้งรูปแบบเทคโนโลยีที่เหมาะสม พื้นที่และสิ่งปลูกสร้างตลอดจนเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ สามารถนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตไปใช้ทดแทนก๊าซธรรมชาติในหม้อต้มไอน้ำ และทางด้านการเศรษฐศาสตร์จะต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อความเป็นไปได้และการตัดสินใจในการลงทุนของโครงการ โดยงบประมาณการลงทุนในด้านก่อสร้างเครื่องจักรและอุปกรณ์จะทำการตรวจสอบราคาจากราคากลางและราคาจากผู้รับเหมาหลายๆ ราย เพื่อให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือในการวิเคราะห์

2.1 การวิเคราะห์เชิงเทคนิค

2.1.1 การศึกษาเทคโนโลยีของระบบบำบัดน้ำเสียและการผลิตก๊าซชีวภาพ

การศึกษาจะเป็นการสำรวจทฤษฎีและเทคโนโลยีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องของระบบบำบัดน้ำเสียจากงานวิจัยในอดีตเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดกรองเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับโรงงานกรณีศึกษา

2.1.2 การวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเทคนิคของโครงการ

การดำเนินโครงการใช้ก๊าซชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อทดแทนเชื้อเพลิงชนิดเดิมที่เป็นก๊าซธรรมชาติจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลความเหมาะสมของวัตถุดิบที่เป็นน้ำเสียต่อความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบ และศึกษาเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพในปัจจุบันที่เหมาะสมกับลักษณะน้ำเสียของโรงงานอาหารแปรรูปเนื้อไก่ (3) ได้ให้ข้อพิจารณาในการออกแบบระบบและติดตั้งระบบการผลิตไว้คือ ต้องสามารถใช้งานได้ระยะยาว แข็งแรงและมีเสถียรภาพ ต้องมีการบำรุงรักษาหรือซ่อมบำรุงง่าย ต้องมีระบบระบายตะกอนด้วยตัวเอง แผ่นครอบปิดด้านบนต้องยึดหลักได้ และต้องมีระบบความปลอดภัยที่มีมาตรฐานในการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเทคนิคของโครงการจะพิจารณาจากข้อมูลทางกายภาพของโรงงานกรณีศึกษาโดยวิธีการสำรวจจากสถานที่จริง การรวบรวมข้อมูลและการตรวจวัดปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่าย การเก็บข้อมูลการปฏิบัติงาน การรายงานผลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเทคนิคของโครงการ เพื่อคัดเลือกแบบระบบการผลิตก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมกับน้ำเสียกำหนดเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการผลิตก๊าซชีวภาพและพื้นที่ก่อสร้างและสิ่งปลูกสร้าง รวมทั้งการนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้งานกับหม้อต้มไอน้ำตามปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพของโครงการ

2.2 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์จะพิจารณาบนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการคัดเลือกแบบระบบการผลิตก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมจากข้อ 2.1.2 โดยวิธีการวิเคราะห์เงินลงทุนในส่วนเพิ่ม(Incremental Investment Analysis)(4) และวิธีที่ใช้ในการประเมินคือ วิธีค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal Rate of Return, IRR) และระยะเวลาก่อนทุน (Payback period) นอกจากนี้จะดำเนินการประเมินความเสี่ยงของโครงการโดยการวิเคราะห์ความไวของตัวแปรตัดสินใจต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงการลงทุน และประยุกต์วิธีการจำลองแบบมอนติคาร์โล

(Monte-Carlo Simulation) สำหรับตัวแปรตัดสินใจที่มีความไวเพื่อเพิ่มความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของประเมินความเสี่ยงของโครงการ

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 เทคโนโลยีของระบบบำบัดน้ำเสียและการผลิตก๊าซชีวภาพ

ระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas System) เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพมีมากมายหลายแบบซึ่งได้มีการพัฒนาปรับปรุงเพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุดิบที่ใช้เข้าระบบและเพื่อให้เกิดการผลิตผลได้ก๊าซที่มีประสิทธิภาพสูงสุด(5) ก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสียภายใต้สภาวะที่ไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Digestion) ให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพที่ติดไฟได้และไม่ติดไฟจะประกอบไปด้วยก๊าซมีเทน (CH_4) ที่ร้อยละ 65–70 (การคำนวณผลผลิตก๊าซชีวภาพจะใช้ที่สภาวะเลวร้ายคือที่ร้อยละ 60) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ร้อยละ 28–32 และก๊าซอื่นๆ (6) ได้วิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซที่สำคัญต่อการคิดไฟ คือ ก๊าซมีเทน(ต้องมีมากกว่าร้อยละ 60) ส่วนก๊าซอื่นที่ปะปนมากับก๊าซชีวภาพจำเป็นต้องกำจัดออกเพื่อให้ก๊าซมีความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานกับหัวเผาในหม้อต้มไอน้ำเช่นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งไม่ควรเกิน 3% และความชื้นเป็นด่าง ในงานวิจัยได้ศึกษารูปแบบของระบบผลิตก๊าซชีวภาพทั้งหมดหกประเภท (7) ซึ่งเป็นชนิดถังปฏิกรณ์ที่เชื้อจุลินทรีย์อยู่ในสภาพแขวนลอย (Suspended Growth) และเป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน โดยเฉพาะเพื่อบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพจากโรงงานอุตสาหกรรม ดังนี้

- 1) ถังปฏิกรณ์แบบกวนผสมวน (Continuously Stirred Tank Reactor) หรือถังแบบ (Anaerobic Contact, AC)
- 2) ถังปฏิกรณ์แบบตะกอนลอย (Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB)
- 3) ระบบบ่อปิดแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Covered Lagoon)

- 4) ระบบบ่อบำบัดแบบไม่ใช้อากาศตัดแปลง (Modified Covered Lagoon)
- 5) ระบบแผ่นกั้นแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Baffle Reactor, ABR)
- 6) ระบบบ่อบำบัดแบบราง (Plug Flow Anaerobic Digester หรือ Channel Digester, CD)
- การออกแบบแต่ละระบบจะมีข้อเด่นและข้อจำกัดต่างๆ ที่แตกต่างกัน สรุปดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. สรุปข้อเด่นและข้อจำกัดของระบบบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพประเภทต่างๆ

No	ประเภทระบบ	ข้อเด่น	ข้อจำกัด
1	ถังปฏิกรณ์แบบกวนผสม (CSTR)	1) การกวนผสมของสารอินทรีย์และจุลินทรีย์ภายในถังเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ สามารถรับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงได้ดี 2) รับน้ำเสียหรือของเสียที่มีความเข้มข้นของแข็งสูงได้ดี 3) รับของเสียที่มีสิ่งที่เป็นพิษเจือปนได้ดี เนื่องจากการกวนผสมช่วยเจือจางสารพิษนั้น 4) การตรวจวัดและระบบควบคุมระบบไม่ยุ่งยาก	1) ความเข้มข้นของของแข็งไม่ควรเกิน 10% เนื่องจากจะทำให้การกวนผสมอาจเกิดขึ้นได้ไม่ดี 2) ถังปฏิกรณ์ต้องมีขนาดใหญ่ เพื่อแก้ปัญหาเชื้อจุลินทรีย์ในระบบลดลง เนื่องจากเกิดการหลุดออกนอกระบบได้ง่าย 3) มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในการใช้พลังงานในการกวนผสม 4) น้ำเสียที่ออกจากระบบยังคงมีความสกปรกสูงอยู่ 5) มักมีปัญหาเรื่องการชำรุดของอุปกรณ์ใบกวน
2	ถังปฏิกรณ์แบบตะกอนลอยหรือถังยูเอเอสบี (UASB)	1) อัตราการรับสารอินทรีย์ได้สูง ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียสั้น ดังนั้นถึงผลิตก๊าซมีเทนจึงมีขนาดเล็ก 2) เหมาะกับน้ำเสียที่มีของแข็งแขวนลอยต่ำ น้ำเสียที่สารอินทรีย์ย่อยสลายง่าย	1) ใช้ระยะเวลานานในการเริ่มต้นระบบ (Start up) เนื่องจากต้องสร้างเมือตะกอน และขึ้นสัณฐานก่อน 2) การควบคุมดูแลระบบยุ่งยากต้องใช้ผู้ดูแลที่มีความเชี่ยวชาญเพื่อควบคุมให้จุลินทรีย์เกาะตัวเป็นเมือตะกอน 3) ไม่เหมาะสมกับน้ำเสียที่มีของแข็งแขวนลอยสูง หรือต้องมีขั้นตอนเพิ่มเพื่อปรับสภาพน้ำเสียสูง 4) หากออกแบบส่วนแยกก๊าซชีวภาพ/น้ำเสียและเมือตะกอนจุลินทรีย์ไม่ดี จะเกิดปัญหาจุลินทรีย์หลุดออกนอกระบบได้

ตารางที่ 2. สรุปข้อเด่นและข้อจำกัดของระบบบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพประเภทต่างๆ (ต่อ)

No	ประเภทระบบ	ข้อเด่น	ข้อจำกัด
3	ระบบบ่อปิดแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Covered Lagoon)	1) การก่อสร้างได้ง่าย รวดเร็ว 2) เงินลงทุนต่ำ 3) บ่อมีผลกระทบต่ำ ถึงแม้ว่าน้ำเสียที่ป้อนเข้ามีการเปลี่ยนแปลงสมบัติอย่างรวดเร็ว 4) เหมาะกับน้ำเสียหรือของเสียที่มีความเข้มข้นสูง	1) อัตราการรับสารอินทรีย์ต่ำ 2) ต้องการพื้นที่มาก 3) ประสิทธิภาพต่ำ การกวนผสมเกิดได้ไม่ดี 4) มีปัญหาการไหลล้นของน้ำเสียสูง เกิดบริเวณที่เป็น Dead Zone ได้มาก 5) การจัดการตะกอนที่สะสมในบ่อทำได้ยาก
4	ระบบบ่อปิดแบบไม่ใช้อากาศดัดแปลง (Modified Anaerobic Covered lagoon)	1) การก่อสร้างง่าย 2) บ่อมีผลกระทบต่ำ ถึงแม้ว่าน้ำเสียที่ป้อนเข้ามีการเปลี่ยนแปลงสมบัติอย่างรวดเร็ว 3) เหมาะกับน้ำเสียหรือของเสียที่มีความเข้มข้นของแข็งสูง	1) อัตราการรับสารอินทรีย์ต่ำ 2) ต้องการพื้นที่มาก 3) ประสิทธิภาพต่ำ การกวนผสมเกิดขึ้นไม่ดี 4) อาจเกิดปัญหาเรื่องการฉีกขาด หรือ ขวางการดูดก๊าซออกจากบ่อ กรณีที่มีก๊าซไม่มากพอ ควรมีการดูแลแผ่นพลาสติกที่คลุมบ่อให้ตั้งอยู่ตลอดเวลา
5	ระบบแผ่นกั้นแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Baffle Reactor, ABR)	1) ไม่มีปัญหาการหลุดออกของเชื้อจุลินทรีย์ แม้เชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตแบบตะกอนแขวนลอยและไม่เป็นเม็ดตะกอน (Granule) 2) สามารถลด HRT ได้น้อยเท่าที่ต้องการโดยที่ SRT ยังสูงอยู่ 3) ไม่ต้องมีระบบแยก Sludge และ Gas	1) ไม่เหมาะกับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นและสารแขวนลอยสูง เนื่องจากอาจเกิดการสะสมของตะกอนในแต่ละห้อง ทำให้เกิดขบวนการไหลของน้ำเสียและก๊าซชีวภาพ 2) กรณีน้ำเสียที่ป้อนเข้ามีการเปลี่ยนแปลงสมบัติอย่างรวดเร็ว อาจเกิดผลกระทบต่อจุลินทรีย์ในบริเวณห้องแรกของบ่อ ทำให้ระบบล้มเหลวได้

ตารางที่ 2. สรุปข้อเด่นและข้อจำกัดของระบบบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพประเภทต่างๆ (ต่อ)

No	ประเภทระบบ	ข้อเด่น	ข้อจำกัด
6	บ่อแบบราง (Plug Flow Anaerobic Digester หรือ Channel Digester, CD)	1) ก่อสร้างง่ายไม่ต้องมีอุปกรณ์ติดตั้งภายในบ่อ 2) ไม่เกิดปัญหาการหลุดของจุลินทรีย์ออกนอกระบบ 3) การดูแลรักษาไม่ยุ่งยาก 4) สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของแข็งสูงหรือไขมันสูงได้ดี	1) อาจมีปัญหาการกวนผสมและการกระจายน้ำเสียได้ เนื่องจากการกวนผสมขึ้นอยู่กับความเร็วของน้ำและก๊าซที่เกิดขึ้นในบ่อเท่านั้น 2) กรณีที่น้ำเสียที่ป้อน เข้ามีการเปลี่ยนแปลงสมบัติอย่างรวดเร็ว อาจเกิดผลกระทบต่อจุลินทรีย์ในบริเวณแรกของบ่อ เป็นเหตุให้ระบบล้มเหลวได้ 3) ต้องมีการเพิ่มพื้นที่ส่วนลานตากตะกอน เพื่อดึงตะกอนออกอย่างสม่ำเสมอ

ที่มา:กรมโรงงานอุตสาหกรรม(2553)

3.2 การวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเทคนิคของโครงการ

การคัดเลือกแบบระบบการผลิตก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมกับน้ำเสียของโรงงานอาหารแปรรูปเนื้อไก่จากตารางที่ 2 สามารถนำข้อดี ความเหมาะสมกับน้ำเสียและสถานที่ของโรงงานกรณีศึกษาไปประกอบการวิเคราะห์โดยการระดมสมองจากผู้บริหารผู้ชำนาญการและวิศวกรของโรงงานตามหลักวิชาการ งานวิจัยและประสบการณ์พบว่า ระบบการผลิตก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมคือ การผสมผสานระบบประเภทบ่อแบบราง (CD) กับระบบประเภทยูเอเอสบี (UASB) ทำให้บ่อบำบัดมีขนาดที่ไม่กว้างมากเกินไปส่งผลลดเงินลงทุนส่วนนี้เพราะถ้าขนาดบ่อที่กว้างจะทำให้ต้นทุนการก่อสร้างสูง นอกจากนี้ลักษณะบ่อยาวไม่กว้างทำให้สามารถดูแลรักษาง่ายคือมีค่าดูแลรักษาต่ำและความยาวของบ่อจะทำให้มีประสิทธิภาพการผลิตก๊าซสูงโดยมีเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบผลิตก๊าซชีวภาพ เป็นเครื่องจักรหลัก ซึ่งอุปกรณ์เครื่องจักรเหล่านี้มีอายุการใช้งานเฉลี่ยมากกว่า 10 ปีจากการประเมินค่าการใช้ไฟฟ้าในระบบจะอยู่ที่ 50 กิโลวัตต์ (ประกอบด้วยระบบปั้มน้ำเสียหมุนเวียนในบ่อ ปั้มสูบน้ำมันในบ่อ ระบบทำความสะอาดก๊าซ ระบบลำเลียงก๊าซไปใช้งาน ระบบไฟฟ้าควบคุมต่างๆ เป็นต้น) และพื้นที่

ก่อสร้างและสิ่งปลูกสร้างที่ใช้ในระบบผลิตก๊าซชีวภาพ กำหนดบริเวณบ่อหมักน้ำเสียเดิมซึ่งใช้พื้นที่ประมาณ 22,400 ตารางเมตร

การนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้งานกับหม้อต้มไอน้ำ (Boiler) ของโรงงานกรณีศึกษาที่มีขนาดกำลังผลิต 5 ตันต่อชั่วโมง ซึ่งเดิมใช้หัวเผาเป็นชนิดก๊าซ (Gas Burner) สามารถสลับเปลี่ยนการใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกันได้แต่จำเป็นต้องปรับสภาพแรงดันของก๊าซทั้งสองชนิดที่เข้าหัวเผาตามความเหมาะสมของการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดโครงการวิจัยศึกษานี้ได้อ้างอิง (5) สูตรการคำนวณหาปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพของโครงการ (Biogas Generate, BGG) สามารถประมาณได้ดังนี้

$$BGG = Q \times COD / 1,000 \times Eff. COD \text{ removed} \times Gas \text{ Yield} / \% \text{ ก๊าซมีเทนที่อยู่ในก๊าซชีวภาพ}$$

$$BGG = 7,000 \times 2,000 / 1,000 \times 80 / 100 \times 0.35 / 0.6 = 6,533 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน}$$

ซึ่งสามารถนำไปทดแทนเปรียบเทียบกับก๊าซธรรมชาติได้ 0.57 เท่าสามารถคำนวณได้จากตารางที่ 3(8) ดังนี้

$$NG = 6,533 \times 0.57 = 3,723 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน}$$

โดยที่ค่าพลังงาน 1 MJ = 947.82 BTU การแปลงค่าของหน่วยก๊าซชีวภาพให้อยู่ในรูปแบบของมูลค่าพลังงาน

ความร้อนเฉลี่ยต่อหน่วย (MJ/ลูกบาศก์เมตร) แล้วนำไปคำนวณเป็นหน่วยวัดเทียบเท่ากับหน่วยวัดการซื้อขายก๊าซธรรมชาติของ ปตท. ที่เป็น MMBTU (Million British Thermal Unit เป็นหน่วยวัดมาตรฐานค่าความร้อนของอังกฤษ ; ล้านบีทียู) เพื่อให้สามารถคำนวณเปรียบเทียบกันได้ระหว่างก๊าซชีวภาพกับก๊าซธรรมชาติสามารถแสดงตัวอย่างการคำนวณค่าพลังงานความร้อนเทียบเท่าจากตารางที่ 3 ได้ดังนี้

$$\text{ผลผลิตก๊าซชีวภาพ } 1 \text{ m}^3 = 20.93 \text{ MJ/m}^3$$

$$\text{ก๊าซธรรมชาติ (NG) } 1 \text{ m}^3 = 35.32 \text{ ft}^3 \times 1.04$$

$$\text{MJ} = 36.73 \text{ MJ/m}^3$$

$$\text{ดังนั้นก๊าซชีวภาพ } 1 \text{ m}^3 = 20.93/36.73 = 0.57 \text{ เท่า}$$

ของก๊าซธรรมชาติ (NG)

$$\text{ก๊าซชีวภาพ } 1 \text{ ลูกบาศก์เมตร (CH}_4 \text{ 60\%)} \text{ จะมีค่าเท่ากับ } 20.93 \text{ MJ หรือจะมีค่าเท่ากับ } 20.93 \times 947.82 = 19,838 \text{ BTU}$$

$$\text{ดังนั้น ผลได้ของก๊าซชีวภาพต่อวัน} = 6,533 \times 19,838 = 129.61 \text{ MMBTU/วัน}$$

ตารางที่ 3. การแปลงหน่วยและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

ประเภท	ชนิด	หน่วย	ค่าความร้อนเฉลี่ย (MJ/หน่วย)
ไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	3.60
ก๊าซ	ก๊าซธรรมชาติ	ลูกบาศก์ฟุต	1.04
	ก๊าซชีวภาพ (CH ₄ 60 %)	ลูกบาศก์เมตร	20.93
	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว LPG	กิโลกรัม	50.23
	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว LPG	ลิตร	26.62

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2554)

เมื่อทำการเทียบปริมาณเฉลี่ยก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ 129.61 MMBTU/วัน หรือคิดที่ 80% ของผลได้เท่ากับ $129.61 \times 0.8 = 103 \text{ MMBTU/วัน}$ ซึ่งมีค่าไม่ต่ำกว่าปริมาณความต้องการใช้งานของหม้อต้มไอน้ำขนาด 5 ตันต่อชั่วโมง ที่ 101 MMBTU/วัน (จากตารางที่ 1) และเป็นค่าที่ทำให้เกิดความมั่นใจว่าหม้อต้มไอน้ำจะไม่หยุดชะงักจากเชื้อเพลิงไม่เพียงพอและหากปริมาณก๊าซชีวภาพมีมากเกินไปก็สามารถนำไปใช้กับหม้อต้มไอน้ำขนาด 3.2 ตันต่อชั่วโมง ที่ติดตั้งอยู่ใกล้กันทั้งนี้เพื่อให้การใช้ก๊าซที่ผลิตได้เกิดประโยชน์สูงสุดและรวมทั้งการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์

3.3 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์โดยกำหนดปัจจัยค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ ดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายในการลงทุนของโครงการ จากการประมาณค่าใช้จ่ายของเครื่องจักรและอุปกรณ์โดยการตรวจสอบราคาจากราคากลางและราคาจากผู้รับเหมาทั้งหมด 4 ราย ได้ค่าเฉลี่ยมูลค่าการลงทุนทั้งหมด 60.94 ล้านบาท ซึ่งในกรณีศึกษาเป็นการลงทุนในส่วนของผู้เจ้าของทั้งหมดไม่มีการยืมเงินกู้จากภายนอก

2. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของโครงการ ได้แก่ ค่าแรง ค่าซ่อมบำรุง ค่าไฟฟ้าและน้ำประปา รวมถึงค่าตรวจวิเคราะห์ โดยค่าใช้จ่ายดำเนินการทั้งหมดประมาณ 2.73 ล้านบาทต่อปี ซึ่งมีดังนี้

- ค่าแรงงาน = 540,000 บาทต่อปี
- ค่าไฟฟ้าในระบบ 50 kw = 1,296,000 บาทต่อปี
- ค่าซ่อมบำรุงรักษา 1.5% ของการลงทุน = 831,000 บาทต่อปี
- ค่าตรวจวิเคราะห์และค่าใช้จ่ายอื่นๆ = 63,000 บาทต่อปี

3. ผลประโยชน์ของโครงการ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือผลประโยชน์จากการประหยัดค่าใช้จ่ายจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียเดิมโดยคิดจากข้อมูลการศึกษา การลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าลงประมาณ 0.50 บาทต่อลูกบาศก์เมตรคำนวณได้ดังนี้

$$7,000 \text{ m}^3 \times 25 \text{ day} \times 12 \text{ m} \times 0.50 = 1,050,000 \text{ บาทต่อปี}$$

และผลประโยชน์จากการผลิตก๊าซชีวภาพทดแทนก๊าซธรรมชาติ ซึ่งจากการประเมินทางด้านเทคนิคจะได้กำลังการผลิตก๊าซชีวภาพที่ 129.61 MMBTU ต่อวัน โดยมีวันที่ผลิตก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นทุกวันเฉลี่ย 30 วันต่อเดือน ซึ่งราคาซื้อก๊าซธรรมชาติจากบริษัท การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย เฉลี่ย ปี 2554 อยู่ที่ 380 บาทต่อ MMBTU จะได้มูลค่าของก๊าซชีวภาพทดแทนก๊าซธรรมชาติ คำนวณได้ดังนี้

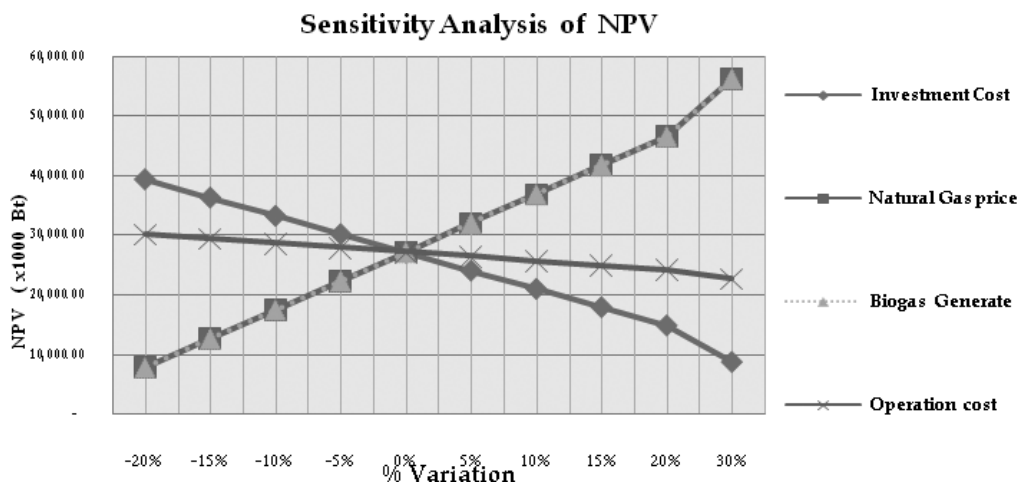
$$129.61 \times 380 \times 30 \text{ วัน} \times 12 \text{ เดือน} = 17,730,297 \text{ บาทต่อปี หรือ รวมรายได้ของโครงการ} = 18.78 \text{ ล้านบาทต่อปี}$$

การวิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์โดยการวิเคราะห์การลงทุนในส่วนเพิ่ม (Incremental Investment Analysis) โดยโรงงานกรณีศึกษากำหนดอัตราผลตอบแทนการลงทุนขั้นต่ำ (MARR) ร้อยละ 12 ต่อปี คำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของกระแส

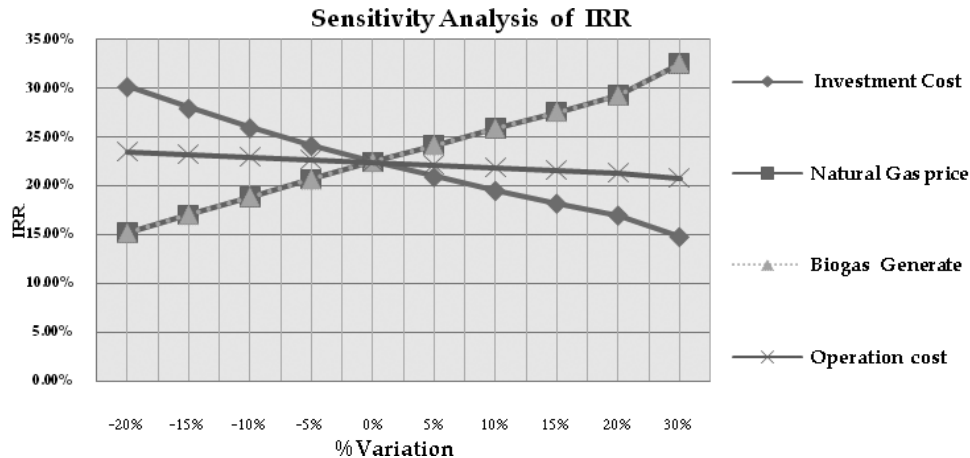
เงินสดในส่วนเพิ่มของโครงการที่ระยะเวลาในการวิเคราะห์ 10 ปี มีค่าเท่ากับ 27.14 ล้านบาท และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ร้อยละ 22.45 ต่อปี ขณะที่ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (Payback period) เท่ากับ 5.3 ปี

3.4 การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงตัวแปร (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงตัวแปรที่สำคัญต่างๆ ของโครงการ เพื่อรองรับความไม่แน่นอนของตัวแปรที่จะส่งผลกระทบต่ออัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และมูลค่าเงินในปัจจุบันสุทธิ (NPV) ตัวแปรที่นำมาพิจารณา คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ราคาซื้อก๊าซธรรมชาติ ปริมาณผลผลิตก๊าซชีวภาพ และค่าใช้จ่ายดำเนินการ โดยมีการเปลี่ยนแปลง + ร้อยละ 5 ถึง 20 จากกรณีปกติ จากผลวิเคราะห์พบว่าปัจจัยที่มีความไวต่อโครงการมากที่สุด คือ ราคาซื้อก๊าซธรรมชาติ ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพ และค่าใช้จ่ายในการลงทุนตามลำดับ นอกจากนี้พบว่ากรณีที่เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงสำหรับการประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อก๊าซธรรมชาติและค่าไฟฟ้าลดลงถึง -20% หรือค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูงขึ้นถึง +30 % โครงการยังมีความเหมาะสมและมีความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนส่วนค่าใช้จ่ายการดำเนินการมีความไวไม่มากนักและไม่ส่งผลกระทบต่อโครงการ ดังแสดงในรูปที่ 5 และ 6 ตามลำดับ



รูปที่ 5. การเปลี่ยนแปลงค่าของ Net Present Value

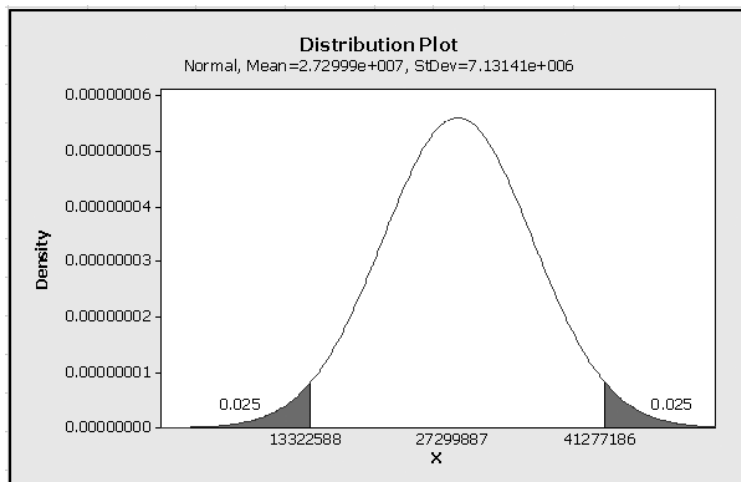


รูปที่ 6. การเปลี่ยนแปลงค่าของ Internal Rate of Return

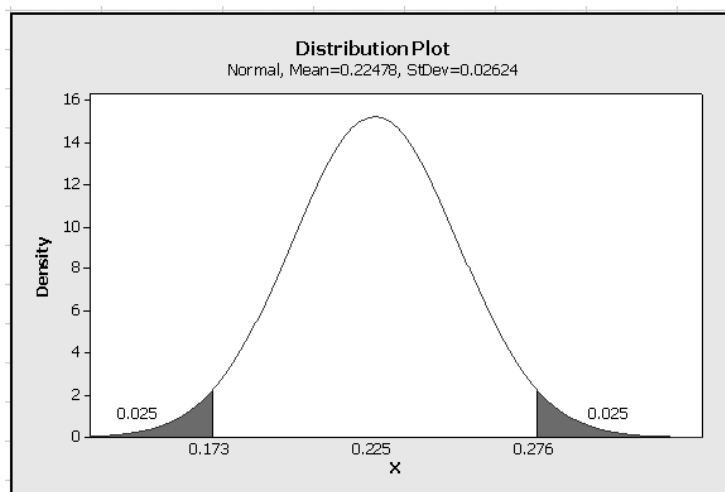
3.5 การวิเคราะห์โดยวิธีมอนติคาร์โล (Monte-Carlo Simulation)

จากราคาซื้อก๊าซธรรมชาติมีความไวต่อมูลค่าเงินในปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวแปรอื่นๆ เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและความถูกต้องการวิเคราะห์สำหรับการประเมินความเสี่ยงของโครงการ การวิจัยจึงมีการจำลองสถานการณ์การเกิดความเสี่ยงของราคาซื้อก๊าซธรรมชาติโดยใช้วิธีมอนติคาร์โล (Monte-Carlo Simulation) (4) ซึ่งเป็นแนวคิดพื้นฐานในระบบการจำลองแบบสโตแคสติก (Stochastic Model) หรือแบบจำลองด้วยวิธีการสถิติของการสังเกตแบบสุ่มตัวอย่าง จากข้อมูลในอดีตตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 จากการสุ่มตัวเลขราคาซื้อก๊าซธรรมชาติจำนวน 60 ค่า พบว่าค่าเฉลี่ยของมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value; NPV) มีค่าเท่ากับ 27.3 ล้านบาท ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard

Deviation) ของมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับ 7.13 ล้านบาท ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ ร้อยละ 95 พบว่ามูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิของโครงการอยู่ในช่วง 13.3-41.27 ล้านบาท ซึ่งยังคงทำให้โครงการยังมีความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return; IRR) พบว่ามีค่าเท่ากับร้อยละ 22.48 ต่อปี มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 2.62 ต่อปี ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 พบว่าอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการอยู่ในช่วงร้อยละ 17.3-27.6 ต่อปี ดังนั้นในการจำลองข้อมูลด้วยวิธีการมอนติคาร์โล จะเห็นได้ว่ามูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าอยู่ในช่วงเป็นผลบวก และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการอยู่ในช่วงที่สูงกว่าค่า MARR ซึ่งแสดงว่าโครงการมีความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ดังแสดงในรูปที่ 7 และ 8 ตามลำดับ



รูปที่ 7. การกระจายข้อมูลของค่ามูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) โดยใช้ราคาซื้อก๊าซธรรมชาติ



รูปที่ 8. การกระจายข้อมูลของค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) โดยใช้ราคาซื้อก๊าซธรรมชาติ

4. สรุป

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการด้านเทคนิคในการใช้ก๊าซชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อทดแทนก๊าซธรรมชาติในหม้อต้มไอน้ำขนาดกำลังผลิต 5 ตันต่อชั่วโมง พบว่าเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมคือระบบแบบบราจ (CD) ร่วมกับระบบแบบยูเอเอสบี (UASB) ซึ่งจะมีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมกับสถานะน้ำเสียของโรงงานกระดาษ และมีความเหมาะสมในการนำก๊าซที่ผลิตได้มาใช้ทดแทนก๊าซธรรมชาติในหม้อต้มไอน้ำ การวิเคราะห์ทางด้าน

เศรษฐศาสตร์ จากการลงทุนเพิ่มขึ้น 60.94 ล้านบาท ผลตอบแทนจากการลงทุนขั้นต่ำที่กรณีศึกษากำหนดที่ร้อยละ 12 ต่อปี และระยะเวลาในการวิเคราะห์ 10 ปี พบว่าโครงการมีความเป็นไปได้ในการลงทุน และมีระยะเวลาคืนทุนที่ 5.3 ปี มีอัตราผลตอบแทนภายในต่อการลงทุนในส่วนเพิ่มร้อยละ 22.48 ต่อปี และจากการวิเคราะห์ความไวของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรที่สำคัญๆ ในช่วงการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปได้ พบว่ายังคงทำให้โครงการยังมีความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์และคุ้มค่าต่อการลงทุนดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งทางด้านเทคนิคและทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการ

วิเคราะห์ความเป็นไปได้ในโครงการใช้ก๊าซชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อทดแทนก๊าซธรรมชาติในหม้อต้มไอน้ำขนาดกำลังผลิต 5 ตันต่อชั่วโมง ในกรณีศึกษาที่สร้างความมั่นใจได้ว่าโครงการมีความเป็นไปได้มากและเหมาะสมอย่างยิ่งในการที่จะสนับสนุนให้เกิดการลงทุนอย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตจากการวิจัยพบว่า กิจกรรมการล้างทำความสะอาด โดยมีการใช้สารเคมีที่เป็นกรดหรือด่างสูงๆ จะเป็นอันตรายต่อเชื้อจุลินทรีย์ในระบบบ่อหมักน้ำเสียและอาจจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ ดังนั้นการออกแบบ จำเป็นต้องออกแบบระบบท่อแยกน้ำเสียลูกเงินจากบ่อดักไขมันหรือบ่อรวมน้ำเสียก่อนเข้าบ่อหมักก๊าซ เพื่อไม่ให้เข้าไปทำลายเชื้อจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพและมีข้อสังเกตเพิ่มเติมพบว่า กรณีปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพที่น้อยกว่าการผลิตหรือมีการหลงเหลือสามารถนำไปใช้งานกับหม้อต้มไอน้ำขนาด 3.2 ตันต่อชั่วโมง ที่ติดตั้งอยู่ใกล้กัน ซึ่งจะทำให้นำก๊าซชีวภาพไปใช้งานได้หมดร้อยละ 100

5. เอกสารอ้างอิง

- (1) Baby Joseph, P. Sankarganesh, Biby T. Edwin, S. Jusin Raj, M.V. Jeevitha, S.U. Ajisha, Sheeja S. Rajan, R. Mini Priya, D. Jimi and Vrundha Nair. 2011. Sustainable energy resources from chicken. Asian journal of applied sciences. (2011): 1-7.
- (2) Energy Research Division, Department of Alternative Energy Development and Efficiency. Biogas Safety Manual of Production and Using for Industrial and Community Waste: Ministry of Energy; 2010 Jun. Thai.
- (3) DeGarie C.J., T. Crapper, B.M. Howe, B.F. Burke and P.J. McCarthy. 2000. Floating geomembrane covers for odour control and biogas collection and utilization in municipal lagoons. Water science and technology. Vol. 42 Nos. 10–11 (2000): 291–298.
- (4) Yanpirat P. Engineering Economy. Industrial Engineering, Faculty of Engineering: Kasetsart University; 2005. Thai.
- (5) Division of Alternative Energy and Renewable Energy, Department of Alternative Energy Development and Efficiency. The Promotion of Biogas Technology Project: Ministry of Energy; 2011. Thai.
- (6) BaltrnasPranas, KvasauskasMindaugas. 2008. Experimental investigation of biogas production using fatty waste. Journal of environmental engineering and landscape management. 16 (2008): 178–187.
- (7) Division of Safety Technology, Department of Industrial Works. Biogas Manual of Design Operation and Using for Industrials: Ministry of Industry; 2010 Nov. Thai.
- (8) Energy Policy and Planning Office. The Energy Saturation of Thailand 2011 [Internet]: Ministry of Industry; 2011 [cited 2011 Apr 6]. Available from: http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=1841&Itemid=318&lang=th and Available from: http://doc-eppo.eppo.go.th/EnergySituation/EnerSituation_YF.htm