การศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียภาคอุตสาหกรรม

นาวสาวธัชกร ผลพันธิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

A STUDY OF BIOGAS PRODUCTION POTENTIAL FROM INDUSTRIAL WASTEWATER

Miss Thuchkorn Phonphunthin

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Energy Technology and Management

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียภาคอุตสาหกรรม
โดย	นางสาวธัชกร ผลพันธิน
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.อมร เพชรสม)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ)

…… กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช)

…….. กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนาธิป สามารถ)

ธัชกร ผลพันธิน : การศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียภาคอุตสาหกรรม (A STUDY OF BIOGAS PRODUCTION POTENTIAL FROM INDUSTRIAL WASTEWATER) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร. ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ, 148 หน้า.

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรม 5 ประเภท ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมประเภทแป้ง โรงงานอุตสาหกรรมประเภทน้ำมันปาล์ม โรงงานอุตสาหกรรมประเภทเอทานอล โรงงานอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหาร และอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปยาง รวมถึงการคัดเลือกเทคโนโลยีระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมในแต่ละประเภทน้ำเสียอุตสาหกรรม งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ การเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะน้ำเสีย ต่อมาคือการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพและการคัดเลือกเทคโนโลยี ส่วนสุดท้ายคือการวิเคราะทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อผลการตัดสินใจลงทุนสำหรับผู้ประกอบการ รวมถึงการวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคในการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพพร้อมเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

สำหรับศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้จากงานวิจัยนี้เป็นเพียงภาพรวมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียในแต่ละประเภทอุตสาหกรรม โดยยึดประเภทและจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ทำการขึ้นทะเบียนโดยตรงกับกรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมโดยรวมที่มากที่สุด คือ อุตสาหกรรมประเภทเอทานอล โดยมีศักยพภาพที่ 1,005.65 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี รองลงไปคือ อุตสาหกรรมประเภทผลิตแป้งมันสำปะหลังมีศักยภาพที่ 416.54 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี อุตสาหกรรมประเภทน้ำมันปาล์มมีศักยภาพที่ 156.04 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี อุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหาร มีศักยภาพที่ 60.10 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และอุตสาหกรรมประเภทยางมีศีกยภาพที่ 18.05 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีตามลำดับ

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า น้ำเสียอุตสาหกรรมทั้ง 5 ประเภท มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพที่ดี รวมถึงเทคโนโลยีในการผลิตก๊าซชีวภาพหรือเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมที่มีความเข้มข้นสูงในค่า ซีโอดี และบีโอดี เพื่อลดค่าใช้จ่ายภายในโรงงานและช่วยรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ลายมือชื่อนิสิต.....

ปีการศึกษา 2555 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

5387531020: MAJOR TECHNOLOGY ENERGY AND MANAGEMENT

KEYWORDS: BIOGAS TECHNOLOGY / POTENTIAL STUDY

THUCHKORN PHONPHUNTHIN: A STUDY OF BIOGAS PRODUCTION POTENTIAL FROM INDUSTRAIL WASTEWATER. Ph.D. ADVISOR: ASST. PROF. PRASERT REUBROYCHAROEN, 148 pp.

The objective of this thesis was to study the potential of biogas production from industrial wastewater in 5 industrial types which are cassava starch industry, palm oil mill industry, ethanol industry, food industry and rubber industry. This study includes the selections of technology for each type of the wastewater in different types of industries. This study was divided into 3 parts. The first was the assembly the documents research and the data from the Biogas technology promotion program for industry. The second part was indentifying of the high potential of biogas production and selected the technology which is suitable for the different types of wastewater. The third part was the economy analysis for the decision for the investment of biogas technology. This study also concluded the problems and obstacles for the biogas technology growth in Thailand and suggested the simply solutions.

The result of the potential of biogas production from the calculation, the highest potential is the ethanol Industry. The second is cassava starch industry and the palm oil mill industry food industry and rubber industry sequentially.

The study can be concluded that the wastewater of 5 industries has the high potential of biogas production and the anaerobic technology is suitable for the wastewater which has the high concentration of COD and BOD. Biogas which is the technology that can conserved the environment and give more benefit for the owner.

Field of Study: Energy Technology and Management Student's Signature.....

Academic Year: 2012 Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยวิทยานิพนธ์สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์จากท่านผู้มีพระคุณหลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ ผู้ซึ่งรับหน้าที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักโดยท่านได้สละเวลาให้คำแนะนำ ชี้แนะ กำหนดแนวทางรวมทั้งรูปแบบและคำถามในแบบสอบถาม ซึ่งทำให้สารนิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคุณวลัยรัตน์ อุตมะปรากรม ที่คอยช่วยเหลือในทุกๆด้าน ทั้งให้ความรู้ ช่วยหาข้อมูลในการศึกษาวิจัย ช่วยแนะนำแนวทางการทำวิทยานิพนธ์ ช่วยตรวจสอบข้อมูลจากการศึกษาตลอดตั้งแต่ต้นจนงานศึกษาวิจัยฉบับนี้สำเร็จ

ขอขอบพระคุณโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ ที่ช่วยส่งข้อมูลของโครงการ ทั้งข้อมูลดิบและรายงานผลภาพรวม และข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมทั้ง 5 ประเภท

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ศ.ดร.บัณฑิต เอื้อภาภรณ์ รศ.ดร.ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช และ ผศ.ดร.ชนาธิป สามารถ ที่ช่วยแนะนำเพิ่มเติมและติชมการนำเสนอรวมถึงเนื้อหาของวิทยานิพนธ์ทำให้วิทยานิพนธ์ออกมาสมบูรณ์แบบ

ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยพลังงาน ที่สนับสนุนการศึกษาและวิจัยสำหรับวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ที่ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ที่ช่วยเหลือทางด้านวิชาการ แนวทางการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงกำลังใจที่ดีที่มีให้ตลอดมา

ท้ายที่สุดผู้วิจัยหวังว่างานวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ จะให้ประโยชน์และความรู้ซึ่งสามารถนำไปใช้งานต่อไปได้หรือก่อให้เกิดแนวทางในการที่จะพัฒนาด้านเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพและแนวทางการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพให้มีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผลต่อไป

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฏ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขตการวิจัย 3
1.4 ประโยคที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวความคิด 4
2.1 กระบวนการย่อยสลายโดยแบบไร้ออกซิเจน 4
2.2 ก๊าซชีวภาพ 5
2.2.1 ข้อมูลก๊าซชีวภาพ 5
2.2.2 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ 6
2.2.3 กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน 7
2.2.4 ปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่างๆที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ 10
2.2.5 แหล่งน้ำเสียอุตสาหกรรมที่เหมาะสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ 13
2.2.6 เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ 15
2.2.7 โรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย 19
2.3 อุตสาหกรรมที่ทำการศึกษา 20
2.3.1 อุตสาหกรรมประเภทแป้ง 20
2.3.1.1 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแป้ง 23
2.3.2 อุตสาหกรรมประเภทน้ำมันปาล์ม 24
2.3.2.1น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมัน 26
2.3.3 อุตสาหกรรมประเภทเอทานอล 27
2.3.3.1 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเอทานอล 32

หน้า

2.3.4 อุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหาร 33
2.3.4.1 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร 34
2.3.5 อุตสาหกรรมประเภทแปรรูปยาง 34
2.3.5.1 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปยาง 37
2.4 เทคโนโลยีที่ใช้ในอุตสาหกรรมที่ทำการศึกษา 38
2.4.1 เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตกาซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมแป้ง 38
2.4.2 เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตกาซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมน้ำมัน 39
2.4.3 เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตกาซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมเอทานอล 39
2.4.4 เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตกาซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรม
แปรรูปอาหาร 40
2.4.5 เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตกาซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมแปรรูปยาง 40
2.5 การศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ 40
2.6 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 42
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 45
3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 45
3.1.1 ศึกษาข้อมูลโดยทั่วไปเกี่ยวกับการผลิตก๊าซชีวภาพ 45
3.1.2 ศึกษาจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภท 45
3.1.3 ศึกษาลักษณะและปริมาณน้ำเสียของแต่ละอุตสาหกรรม 45
3.1.4 ศึกษาเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโดยระบบไร้ออกซิเจน 45
3.1.5 วิเคราะห์ปริมาณและอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพในแต่ละอุตสาหกรรม 45
3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ 46
3.2.1 เปรียบเทียบเทคโนโลยีกับการลงทุนในแต่ละประเภทอุตสาหกรรม 46
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 47
4.1 การเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับน้ำเสียแต่ละประเภทอุตสาหกรรม 47
4.2 เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศที่ใช้ปัจจุบันในการบำบัดน้ำเสีย
อุตสาหกรรมในประเทศไทย 48
4.3 ลักษณะโดยทั่วไปของน้ำเสียแต่ละประเภทโรงงานอุตสาหกรรม 53
4.3.1 อุตสาหกรรมประเภทผลิตแป้งมัน 53

หน้า

4.3.2 อุตสาหกรรมประเภทสกัดน้ำมันปาล์ม 54
4.3.3 อุตสาหกรรมประเภทผลิตเอทานอล 54
4.3.4 อุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหาร 55
4.3.5 อุตสาหกรรมประเภทแปรรูปยาง 55
4.4 การเลือกเทคโนโลยีสำหรับน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตแป้งมันสำปะหลัง .56
4.5 การเลือกเทคโนโลยีสำหรับน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมประเภทสกัดน้ำมันปาล์ม 57
4.6 การเลือกเทคโนโลยีสำหรับน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตเอทานอล 59
4.7 การเลือกเทคโนโลยีสำหรับน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหาร 60
4.8 การเลือกเทคโนโลยีสำหรับน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปยาง 62
4.9 การศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมในประเทศไทย 66
4.9.1 ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมผลิตแป้งมัน 68
4.9.2 ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม 70
4.9.3 ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมผลิตเอทานอล 71
4.9.4 ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร 72
4.9.5 ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมแปรรูปยาง 73
4.10 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ 77
4.10.1 อุตสาหกรรมการผลิตแป้ง 78
4.10.2 อุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันปาล์ม 80
4.10.3 อุตสาหกรรมการผลิตเอทานอล 82
4.10.4 อุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร 84
4.10.5 อุตสาหกรรมการแปรรูปยาง 86
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 89
รายการอ้างอิง 91
ภาคผนวก 94
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 148

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมจากข้อมูลการผลิต	7
2.2	สารพิษและสารยับยั้งกระบวนการบำบัดแบบไร้ออกซิเจน ประเภทสารประกอบอินทรีย์	12
2.3	สารพิษและสารยับยั้งกระบวนการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนประเภท สารประกอบอนินทรีย์	13
2.4	ข้อมูลการผลิตของโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	23
2.5	ข้อมูลปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสีย/ของเสีย ของโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	24
2.6	ข้อมูลการผลิตของโรงงานน้ำมัน	27
2.7	ข้อมูลปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสีย/ของเสียของโรงงานน้ำมัน	27
2.8	เปรียบเทียบการผลิตปริมาตรเอทานอลจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ	28
2.9	ข้อมูลการผลิตของโรงงานเอทานอล	32
2.10	ข้อมูลปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสียของโรงงานเอทานอล	32
2.11	ข้อมูลการผลิตของโรงงานแปรรูปอาหาร	34
2.12	ข้อมูลปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสียของโรงงานแปรรูปอาหาร	34
2.13	ข้อมูลการผลิตของโรงงานแปรรูปยาง	38
2.14	ข้อมูลปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสียของโรงงานแปรรูปยาง	38
2.15	เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมแป้ง	38
2.16	เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมัน	39
2.17	เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมเอทานอล	39
2.18	เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย โรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร	40
2.19	เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปยาง	40
4.1	เปรียบเทียบคุณสมบัติเบื้องต้นของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ จากเทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ	53
4.2	ค่าเฉลี่ยลักษณะของน้ำเสียโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง	53
4.3	ลักษณะน้ำเสียของโรงงานผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง และกากน้ำตาลที่กำลังการผลิต 150,000 ลิตร/วัน	54

ตารางที่ หน้า

4.4 ลักษณะน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร 55
4.5 ลักษณะน้ำเสียอุตสาหกรรมน้ำยางข้นภาคใต้ของประเทศไทย 55
4.6 เปรียบเทียบเทคโนโลยีที่นิยมใช้ในปัจจุบันและเทคโนโลยีที่เหมาะสม จากเกณฑ์เบื้องต้น 66
4.7 หมวดหมู่การแบ่งประเภทโรงงานอุตสาหกรรม 68
4.8 ศักภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ ประเมินจากปริมาณการผลิตเบื้องต้นในปี 2555 75
4.9 ปริมาณการทดแทนน้ำมันเตาจากการประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ จากน้ำเสียอุตสาหกรรมเบื้องต้น 76
4.10 ปริมาณการทดแทนก๊าซหุงต้มจากการประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ จากน้ำเสียอุตสาหกรรมเบื้องต้น 76
4.11 ปริมาณการทดแทนพลังงานไฟฟ้าจากการประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ จากน้ำเสียอุตสาหกรรมเบื้องต้น 77

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น – รีดักชั่นในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย	4
2.2	การใช้ประโยชน์จากผลผลิตกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ	6
2.3	ปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้ภาวะที่ไร้ออกซิเจน	9
2.4	ระบบ Anaerobic Covered Lagoon	15
2.5	ระบบ Up-flow Anaerobic Sludge Blanket	16
2.6	ระบบ Continuous Stirred Tank Reactor	17
2.7	ระบบ Anaerobic Baffle Reactor	18
2.8	กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังและของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต	21
2.9	กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มและของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต	25
2.10	กระบวนผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังและของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต	29
2.11	กระบวนผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลและของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต	31
2.12	กระบวนการผลิตน้ำยางข้น	35
2.13	กระบวนการผลิตแผ่นยางแห้งและแผ่นยางรมควัน	36
2.14	กระบวนการผลิตยางอัดแท่ง	37
4.1	การทำงานของถังปฏิกรณ์แบบป้อนน้ำเสียจากด้านบนและป้อนน้ำเสียจากด้านล่าง	48
4.2	การทำงานของถังปฏิกรณ์แบบ UASB	50
4.3	การทำงานของถังปฏิกรณ์แบบ CSTR	51
4.4	การทำงานของระบบแบบ Anaerobic Covered Lagoon	52
4.5	การทำงานของระบบแบบ ABR	52
4.6	เกณฑ์การตัดสินใจเบื้องต้นสำหรับการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับลักษณะน้ำเสียอุตสาหกรรม	64

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยยังคงมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเพิ่มขึ้นจากปี 2553 ร้อยละ 3.47 หรืออยู่ที่ระดับ 1,845 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน คิดเป็นมูลค่า 138,807ล้านบาท (จาก 1,810,871 ล้านบาท เป็น 1,946,678 ล้านบาท) ซึ่งการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ ประกอบด้วยน้ำมันสำเร็จรูป ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และไฟฟ้า เพิ่มขึ้นร้อยละ 7.7 โดยก๊าซธรรมชาติมีสัดส่วนการใช้มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 44 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.3 การใช้น้ำมันมีสัดส่วนรองลงมาที่ร้อยละ 37 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.3 ขณะที่ถ่านหินมีปริมาณการนำเข้าที่ลดน้อยลงร้อยละ 3.4 สำหรับปริมาณลิกไนต์และไฟฟ้าพลังน้ำมีการนำเข้าเพิ่มขึ้นที่ร้อยละ 3.8 และ 48.5 ตามลำดับ ในปีพ.ศ.2554 มีมูลค่าการนำเข้าพลังงานรวมถึง 1,237,336 ล้านบาท ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2553 ที่ระดับ 950,300 ล้านบาท หรือคิดเป็นมูลค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 30.2 (กระทรวงพลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2553) ดังนั้นเพื่อลดปริมาณและมูลค่าการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ จึงจำเป็นต้องหาแหล่งพลังงานอื่นเพิ่มเติมเพื่อรองรับการใช้พลังงานในปัจจุบัน

น้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปทางการเกษตร แปรรูปอาหารและเครื่องดื่มเป็นแหล่งพลังงานทดแทนอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากแป้ง โรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น โรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันพืชหรือผลิตน้ำมันพืชบริสุทธิ์ โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอล และโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร เป็นต้น น้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการนำมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ โดยผ่านกระบวนการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนซึ่งเป็นพลังงานทดแทนรูปแบบหนึ่ง โดยค่าเฉลี่ย BOD ของแต่ละอุตสาหกรรมมีดังนี้ โรงงานน้ำมันปาล์ม 10,000-47,000 มิลลิกรัมต่อลิตรโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง 1,500-15,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (กระทรวงพลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554) หากน้ำเสียดังกล่าวถูกปล่อยออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะจะทำให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม

โรงงานอุตสาหกรรมที่นำเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียมาใช้สามารถลดขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ค่าใช้จ่าย และพื้นที่ในการบำบัดน้ำเสียลงได้ เช่น โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง บริษัท วีพี สตาร์ช จังหวัดนครราชสีมา ที่มีกำลังการผลิต 3,000 ตันต่อวันได้นำเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพด้วยระบบ UASB ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ถึง 80% ทำให้หมด

ปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นลงได้ โดยน้ำเสียจากกระบวนการผลิต 1,550 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 23,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันเตาในกระบวนการอบแห้งแป้งได้ 116,000 บาทต่อวัน และสามารถคืนทุนได้ภายใน 2 ปี โรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม บริษัท ชุมพรอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม จำกัด (มหาชน) ใช้ระบบก๊าซชีวภาพแบบ CSRT ซึ่งรองรับปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ 700 ลูกบาศก์เมตร/วัน และน้ำเสียจากการผลิตน้ำมันปาล์ม 300 ลูกบาศก์เมตร/วัน ซึ่งสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ประมาณ 21,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน โดยนำไปผลิตไฟฟ้าใช้ทดแทนพลังงานชีวมวลได้ประมาณวันละ 160,000 บาท

ดังนั้นน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของแหล่งพลังงานทดแทนที่สามารถนำมาใช้ผลิตก๊าซชีวภาพได้เนื่องจากจำนวนของโรงงานอุตสาหกรรมนั้นมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นทุกปี โดยศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียของอุตสาหกรรม ได้แก่ โรงงานแป้งมันสำปะหลัง 40,943,400 ลูกบาศก์เมตร/ปี โรงงานเอทานอล 17,400,000 ลูกบาศก์เมตร/ปี โรงงานน้ำมันปาล์ม 2,501,361 ลูกบาศก์เมตร/ปี โรงงานอาหารกระป๋อง 41,466,000 ลูกบาศก์เมตร/ปี โรงงานสุรา 908,700 ลูกบาศก์เมตร/ปี โรงฆ่าสัตว์ 2,289,000 ลูกบาศก์เมตร/ปี โรงงานน้ำยางข้น 4,329,030 ลูกบาศก์เมตร/ปี (กระทรวงพลังงาน, สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2550) ซึ่งถ้าหากมีการนำน้ำเสียจากอุตสาหกรรมต่างๆมาผลิตก๊าซชีวภาพนั้นจะช่วยลดภาระการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศและสามารถจัดการกับของเสียให้เกิดประโยชน์ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากแป้ง โรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น โรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันพืชหรือผลิตน้ำมันพืชบริสุทธิ์ โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอล และโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร
2. ศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพในแต่ละประเภทอุตสาหกรรม และศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์
3. ศึกษาวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตของการศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียภาคอุตสาหกรรมในครั้งนี้ วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตก๊าซชีวภาพ ตลอดจนการลงทุนในภาพรวม โดยข้อมูลที่ศึกษาสำหรับงานวิจัยเป็นข้อมูลทุติยภูมิซึ่งมีขอบเขตของการศึกษา ดังนี้

1. ศึกษาศักยภาพน้ำเสียที่จะนำมาผลิตก๊าซชีวภาพโดยศึกษาลักษณะและปริมาณน้ำเสียกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากแป้ง โรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น โรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันพืชหรือผลิตน้ำมันพืชบริสุทธิ์ โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอล และโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร ที่สามารถนำมาผลิตก๊าซชีวภาพได้
2. ศึกษาเทคโนโลยีในประเทศไทยที่เหมาะสมกับปริมาณและลักษณะของน้ำเสียในแต่ละอุตสาหกรรม
3. ศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์การเงิน (Financial Perspective) ประกอบด้วย การศึกษารายได้ต้นทุน และกำไรของการลงทุนในโครงการ การวิเคราะห์งบการเงินของโครงการ ได้แก่ งบกำไรขาดทุน งบดุล และการประเมินความเป็นไปได้ของโครงการ โดยอาศัยเครื่องมือทางการเงินดังนี้

    3.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)

    3.2 อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. สามารถทราบถึงศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมซึ่งสามารถส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนภายในประเทศเพื่อลดภาระการนำเข้าพลังงาน

2. ข้อมูลจากงานวิจัยสามารถส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพในรูปแบบอื่นๆ

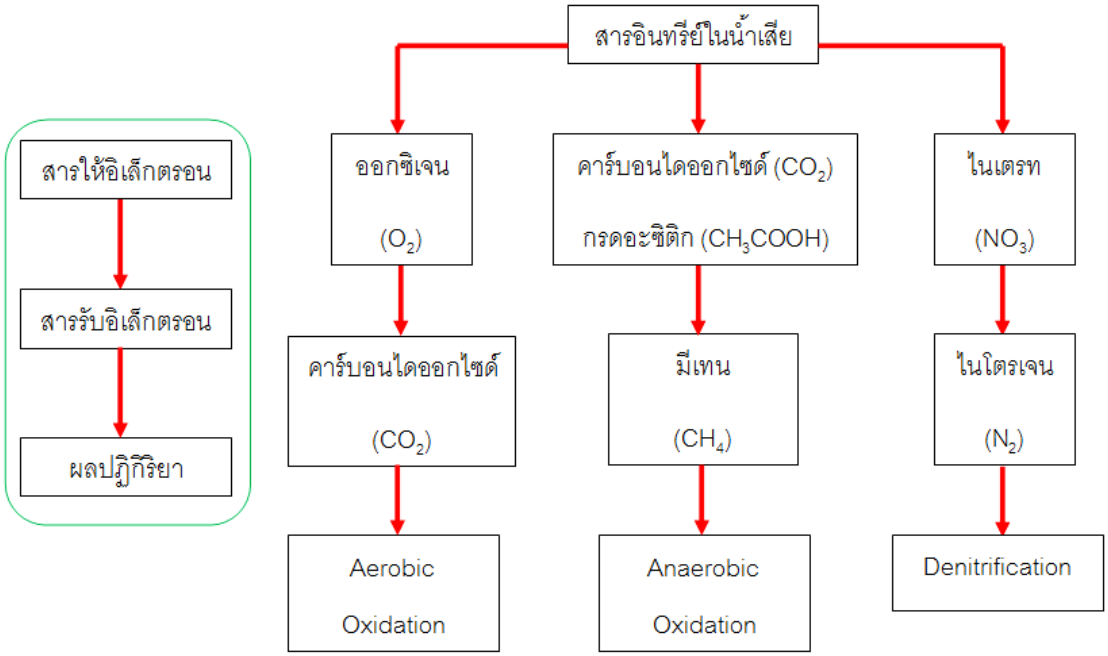
3. งานวิจัยนี้สามารถเป็นต้นแบบ และแนวคิดให้สำหรับผู้ที่ดำเนินอุตสาหกรรมประเภทเดียวกัน เพื่อใช้ในการตัดสินใจลงทุนระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ

บทที่ 2

ทฤษฎีและแนวความคิด

2.1 กระบวนการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน

กลไกลขั้นพื้นฐานของปฏิกิริยาการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนและแบบไร้ออกซิเจนมีกลไกลขั้นพื้นฐานรวมกัน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีการถ่านทอกอิเล็กตรอนระหว่างสารให้อิเล็กตรอน (Electron Donor) และสารที่ทำหน้าที่รับอิเล็กตรอน (Electron Receptor) โดยเรียกปฏิกิริยาดังกล่าวว่า ปฏิกิริยาเคมีออกซิเดชั่น – รีดักชั่น หรือปฏิกิริยารีดอกซ์ สำหรับปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนจะมีออกซิเจนทำหน้าที่เป็นสารที่รับอิเล็กตรอน และสำหรับปฏิกิริยาย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนจะมีสารอื่นๆทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ กรดอะซิติก และไนโตรเจน (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542) ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น - รีดักชั่นในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย

กระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนมีและกระบวนย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนมีความแตกต่างกัน ตั้งแต่สารที่มีหน้าที่รับอิเล็กตรอนจนถึงผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายของปฏิกิริยา ซึ่งกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนมีข้อดีและข้อเสียสรุปได้ดังต่อไปนี้

ข้อดี

- มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์สูง จึงสามารถใช้บำบัดน้ำเสียที่มีอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงได้ดี (High Organic Loading)
- ใช้พลังงานสำหรับการเดินระบบที่น้อยกว่าระบบการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน
- ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายที่ได้คือก๊าซมีเทน สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนได้
- ปริมาณตะกอนน้ำเสียที่เกิดขึ้นน้อยกว่าระบบการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน เนื่องจากอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแบบไม่ใช้ออกซิเจนต่ำกว่าแบคทีเรียแบบใช้ออกซิเจน และตะกอนน้ำเสียของระบบการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนค่อนข้างเสถียรภาพรีดน้ำออกได้ง่าย
- ขนาดของพื้นที่ใช้สอยของระบบน้อยกว่าระบบการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน
- ระบบสามารถฟื้นฟูได้อย่างรวดเร็ว

ข้อเสีย

- ประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรคและสารอาหารต่างๆเป็นไปได้ต่ำ ซึ่งเชื้อโรคจำสามารถกำจัดได้เพียงบางส่วนเท่านั้น
- มีกลิ่นเหม็นเนื่องจากในการเดินเดินระบบอาจเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือแก๊สไข่เน่า (H_2S) โดยเฉพาะน้ำเสียที่มีปริมาณของซัลเฟอร์สูง
- แบคทีเรียในระบบต้องการสภาพความเป็นด่างสูงและสารอาหาร เช่น เหล็กไอออน (Fe^{2+}) และนิกเกิ้ล (Ni^{2+}) เป็นต้น

2.2 ก๊าซชีวภาพ

2.2.1 ข้อมูลก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการหมักย่อยสลายของสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน (Anaerobic Digestion) โดยทั่วไปจะหมายถึง ก๊าซมีเทนที่เกิดจากการหมัก (Fermentation) ของ สารอินทรีย์ โดยกระบวนการนี้สามารถเกิดขึ้นได้ในหลุมขยะ กองมูลสัตว์ และก้นบ่อแหล่งน้ำนิ่ง องค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพโดยทั่วไปจะได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 60-70% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 28-38% และก๊าซอื่นๆ ประมาณ 2% เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไนโตรเจน (N_2) และไอน้ำ เป็นต้น[1] เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่คงตัวและไม่ติดไฟ ดังนั้น คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงได้จึงขึ้นอยู่กับปริมาณของก๊าซมีเทน

ในการผลิตก๊าซชีวภาพเชิงอุตสาหกรรมวัตถุดิบที่ใช้ก็คือ สารอินทรีย์ (Organic Matter) ที่อยู่ในน้ำเสียหรือของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมทางการเกษตรชุมชน และฟาร์มเลี้ยงสัตว์ เช่น น้ำเสียที่

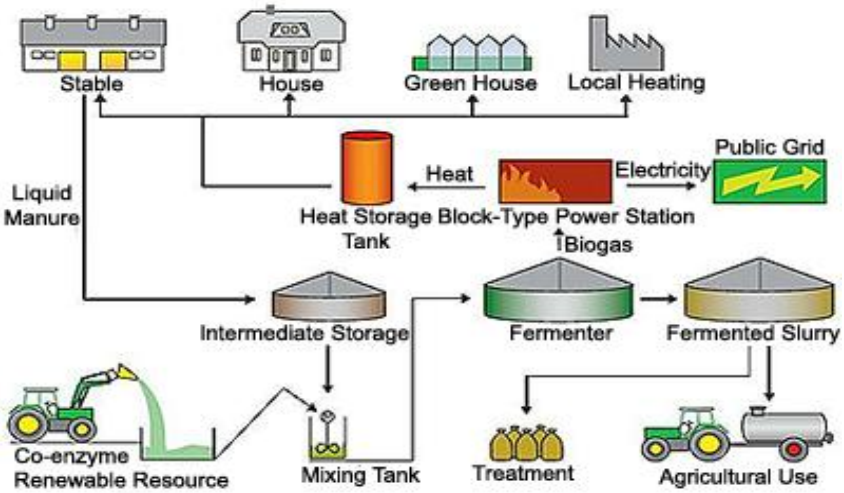
ออกจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ โรงงานผลไม้กระป๋อง โรงงานน้ำตาล โรงงานผลิตแอลกอฮอล์ โรงฆ่าสัตว์ ขยะชุมชนเฉพาะส่วนที่เป็นขยะอินทรีย์ ฟาร์มสุกร เป็นต้น โดยน้ำเสียหรือของเสียดังกล่าวจะถูกป้อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสียหรือของเสีย ซึ่งจะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์และได้ก๊าซชีวภาพเป็นผลผลิตจากการบำบัด นอกจากนี้สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากก็จะเหลือกลายเป็นกากตะกอนอินทรีย์ ซึ่งจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงปุ๋ยอินทรีย์และสามารถนำมาใช้เป็นสารปรับปรุงดินได้

2.2.2 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ

1. ด้านพลังงาน

เมื่อพิจารณาถึงด้านเศรษฐกิจแล้ว การลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพจะลงทุนต่ำกว่าการผลิตเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่นๆ เช่น ฟืน ถ่าน น้ำมัน แก๊สหุงต้ม และไฟฟ้า ก๊าซชีวภาพจำนวน 1 ลูกบาศก์เมตรสามารถนำไปใช้ได้ดังนี้

- ให้ค่าความร้อน 3,000-5,000 กิโลแคลอรี่
- ใช้กับตะเกียงแก๊สขนาด 60-100 วัตต์ ลุกไหม้ได้นาน 5-6 ชั่วโมง
- ผลิตกระแสไฟฟ้า 1.25 กิโลวัตต์
- ใช้กับเครื่องยนต์ 2 แรงม้า ได้นาน 1 ชั่วโมง



ภาพที่ 2.2 การใช้ประโยชน์จากผลผลิตกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

2. ด้านปรับปรุงสภาพแวดล้อม

โดยการนำมูลสัตว์ และน้ำล้างคอกมาหมักในบ่อแก๊สชีวภาพ จะเป็นการช่วยกำจัดมูลในบริเวณที่เลี้ยงทำให้กลิ่นเหม็นและแมลงวันในบริเวณนั้นลดลงและผลจากการหมักมูลสัตว์ ในบ่อแก๊สชีวภาพที่ปราศจากออกซิเจนเป็นเวลานาน ๆ ทำให้ไข่พยาธิและเชื้อโรคส่วนใหญ่ในมูลสัตว์ตายด้วย ซึ่งเป็นการทำลายแหล่งเพาะเชื้อโรคบางชนิด เช่น โรคบิด อหิวาต์ และพยาธิที่อาจแพร่กระจาย

จากมูลสัตว์ด้วยกัน นอกจากนี้แล้วยังเป็นการป้องกันไม่ให้มูลสัตว์ถูกชะล้างลงไปในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

3. ด้านการเกษตร

- การทำเป็นปุ๋ย กากที่ได้จากการหมักแก๊สชีวภาพเราสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสัตว์สด ๆ และปุ๋ยคอก ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมัก จะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในมูลสัตว์ ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
- การทำเป็นอาหารสัตว์ โดยนำส่วนที่เหลือจากการหมัก นำไปตากแห้ง แล้วนำไปผสมเป็นอาหารสัตว์ให้โคและสุกรกินได้ แต่ทั้งนี้มีข้อจำกัด คือ ควรใส่ อยู่ระหว่าง 5-10 กิโลกรัม ต่อส่วนผสมทั้งหมด 100 กิโลกรัม จะทำให้สัตว์เจริญเติบโตตามปกติและเป็นการลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย

ตารางที่ 2.1 ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมจากข้อมูลการผลิตปี พ.ศ. 2550 (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2553)

Source of Wastewater	Flour Mill	Palm Oil Mill	Pig Farm	Sugar Mill	Ethanol
	Ton of flour	Ton of FFB	Number of Pig	Ton of sugar cane	m^3
Production, million unit/year	0.70	6.39	9.30	64.40	191.75
Wastewater, m^3/unit of production	15.00	0.40	9.86	0.11	10.00
Total wastewater, million m^3/year	10.50	2.56	91.70	7.08	1917.50
Biogas, m^3/m^3 wastewater	10.00	35.00	3.50	7.00	35.00
Total Biogas, million m^3/year	105.00	89.46	320.94	49.59	67112.50

2.2.3 กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน

กระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ดังที่แสดงในภาพ ที่ 2.3 โดยในกระบวนการแต่ละขั้นตอนนั้นใช้แบคทีเรีย 3 กลุ่ม ได้แก่ Acidogenic Bacteria, Acetogenic Bacteria, และ Methamogenic Bacteria โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

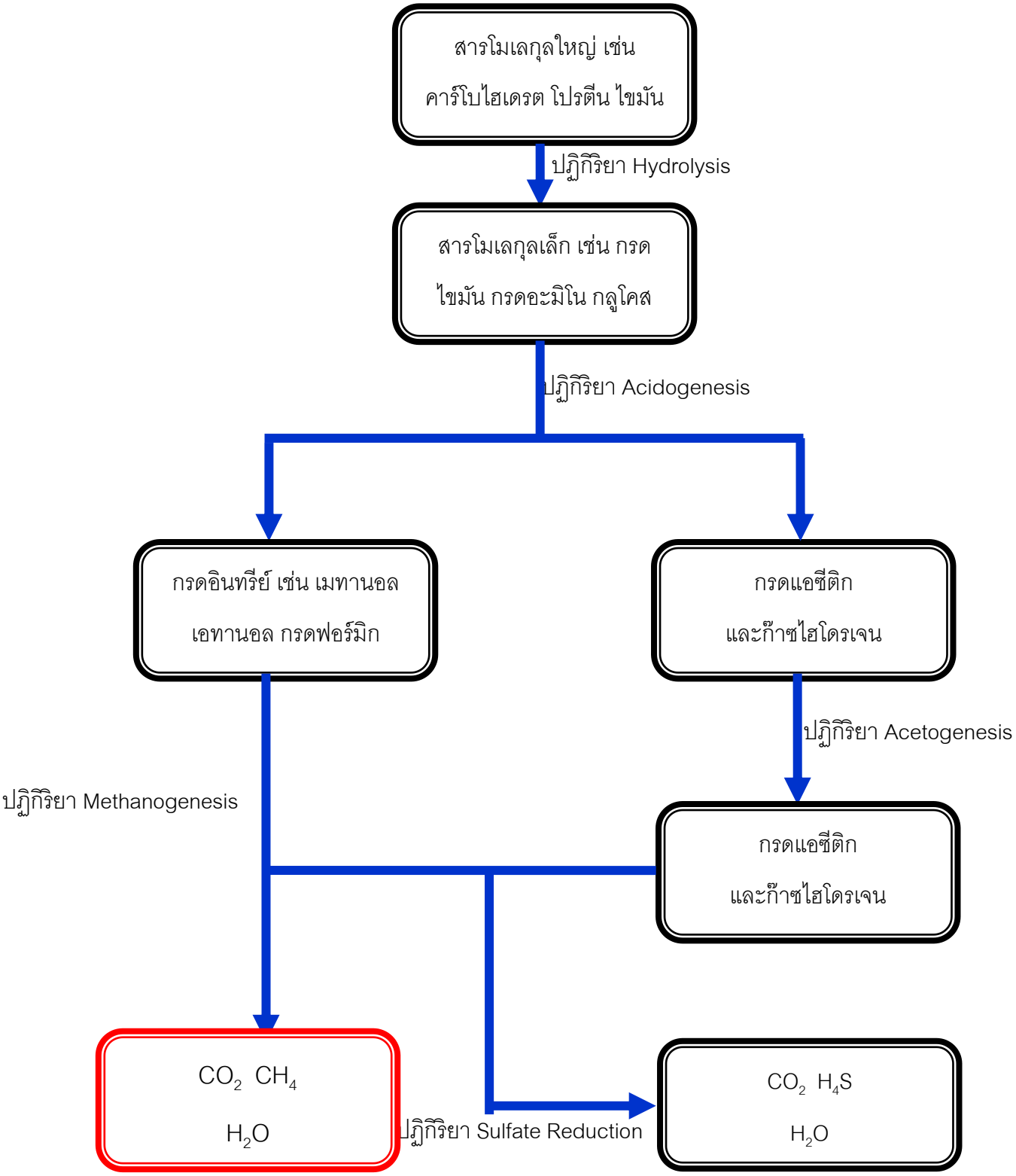
1. ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) คือปฏิกิริยาที่ทำการเปลี่ยนสารอินทรีย์ขนาดใหญ่ซึ่งมีขนาดใหญ่เกินกว่าที่แบคทีเรียสามารถดูดซึมเข้าเซลล์ได้ ให้กลายเป็นสารขนาดเล็ก โดยแบคทีเรียกลุ่มที่เรียกว่า ไฮโดรไลซิงแบคทีเรีย โดยผลิตเอนไซม์และปล่อยออกมาจากเซลล์ของแบคทีเรียกลุ่มดังกล่าวเพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส หลังจากนั้นสารอินทรีย์ขนาดเล็กจะสามารถถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์เมมเบรนของแบคทีเรียได้โดยตรง

2. ปฏิกิริยาการเกิดกรด (Acidogenesis) คือปฏิกิริยาการย่อยสลายสารโมเลกุลขนาดเล็กด้วยกระบวนการหมัก (fermentation) จะได้ผลผลิตส่วนใหญ่คือ กรดอินทรีย์ นอกจากนั้นแล้วยังพบ

ผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆปะปนออกมาขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรียและสภาพแวดล้อมของการเกิดปฏิกิริยา เช่น ก๊าซไฮโดรเจน กรดแอซีติก และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3. ปฏิกิริยาการสร้างกรดแอซีติก (Acetogenesis) คือปฏิกิริยาการย่อยสลายกรดอินทรีย์ที่ระเหยง่ายที่เกิดจากขั้นตอนของปฏิกิริยาการเกิดกรดให้กลายเป็นกรดแอซีติกโดยแบคทีเรียกลุ่มอะซิโตเจนิก เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่ต้องมีสภาวะให้เหมาะสม เพราะขั้นตอนนี้เป็นการสร้างสารขั้นต้นให้กับขั้นตอนต่อไปที่จำกัดปริมาณคาร์บอนที่ 1-2 คาร์บอนเท่านั้น

4. ปฏิกิริยาการสร้างก๊าซมีเทน (Methanogenesis) คือปฏิกิริยาการเปลี่ยนกรดแอซีติกหรือก๊าซไฮโดรเจนเป็นก๊าซมีเทนภายใต้สภาวะไร้อากาศโดยแบคทีเรียกลุ่มสร้างก๊าซมีเทน โดยแบคทีเรียกลุ่มนี้เป็นกลุ่มอาร์เคียที่มีอัตราการเจริญเติบโตช้าและใช้สารตั้งต้นได้บางชนิดเท่านั้นคือสารที่มีคาร์บอนเพียง 1-2 คาร์บอน เช่น เมทานอล กรดฟอร์มิก กรดแอซีติก และก๊าซไฮโดรเจน นอกจากนี้แบคทีเรียกลุ่มนี้ยังไวต่อสภาวะแวดล้อมอย่างมาก เช่น ไม่สามารถทนต่อก๊าซออกซิเจน ไม่สามารถเจริญเติบโตนอกช่วงค่า pH 6.8-9.2 เป็นต้น



ภาพที่ 2.3 ปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้ภาวะที่ไร้ออกซิเจน

2.2.4 ปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่าง ๆที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

- **อุณหภูมิในการเดินระบบ** (operating temperature)

เมทาโนเจน ไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิที่ต่ำมากหรือสูงมากได้ ถ้าหากอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 10°C แบคทีเรียจะหยุดทำงาน อุณหภูมิในการเดินระบบแบ่งเป็นสองระดับตามสปีชีส์ของเมทาโนเจน ได้แก่ เมโซฟิลิก(Mesophilic) และเทอร์โมฟิลิก (Thermophilic)

  - อุณหภูมิที่เหมาะที่เมโซฟิลิก ทำงานได้ดีคือประมาณ 20°C - 45°C แต่ที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่วง 37°C - 41°C โดยในช่วงอุณหภูมิระดับนี้แบคทีเรียส่วนใหญ่ในถังหมักจะเป็นเมโซฟิลิก
  - เทอร์โมฟิลิก ทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่า โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดคือประมาณ 50°C - 52°C แต่ก็สามารถทำงานในอุณหภูมิที่สูงขึ้นไปถึง 70°C

- **ความเป็นกรด-ด่าง** (pH Value)

ค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตก๊าซชีวภาพคือช่วงระหว่าง 7.0 – 7.2 ค่า pH ในถังหมักขึ้นอยู่กับช่วงของการหมักด้วย เพราะในช่วงแรกแบคทีเรียที่สร้างกรดจะสร้างกรดเป็นจำนวนมากและทำให้ค่า pH ลดลง ซึ่งถ้าหาก pH ลดลงต่ำกว่า 5 ก็จะหยุดกระบวนการย่อยและหมักทั้งหมด หรืออีกนัยหนึ่งก็คือแบคทีเรียตาย Methanogen นั้นอ่อนไหวต่อความเป็นกรดด่างมาก และจะไม่เจริญเติบโตหาก pH ต่ำกว่า 6.5 ในช่วงท้ายของกระบวนการ ความเข้มข้นของ NH_4 จะมากขึ้นตามการย่อยสลายไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ค่า pH เพิ่มโดยอาจเกิน 8 จนกระทั่งระบบผลิตเริ่มมีความเสถียร pH จะอยู่ระหว่าง 6.8 - 8

- **อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน** (C/N Ratio)

อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของขยะอินทรีย์ที่สามารถใช้ผลิตก๊าซชีวภาพคือตั้งแต่ 8 - 30 แต่อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพคือประมาณ 23 ถ้าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน สูงมาก ไนโตรเจนจะถูกMethanogen นำไปใช้พื่อเสริมโปรตีนให้ตัวเองและจะหมดอย่างรวดเร็วส่งผลให้ได้ก๊าซน้อย แต่ถ้าหาก C/N Ratio ต่ำมากๆ ก็จะทำให้ไนโตรเจนมีมากและไปเกาะกันเป็นแอมโมเนีย แอมโมเนียจะไปเพิ่มค่า pH ซึ่งถ้าหากค่า pH สูงถึง 8.5 ก็จะเริ่มเป็นพิษกับแบคทีเรียทำให้จำนวน Methanogenลดลง นอกจากนี้หาก C/N ratio อยู่นอกเหนือจากช่วง 8-30 จะทำให้มีสัดส่วนปริมาณก๊าซที่ได้เป็นก๊าซอื่นๆ เช่นคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น

- **ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ** (Loading)

ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบคือ ปริมาณสารอินทรีย์ที่เราเติมใส่ถังหมักในแต่ละวัน ซึ่งถ้าหากว่าปริมาณที่เราเติมนั้นมากเกินไป ก็จะส่งผลให้ค่า pH ลดลงมากเกินไป (เนื่องจากในช่วงแรกของกระบวนการคือ Acidogenesis กรดจะถูกผลิตขึ้นมา) จนทำให้ระบบล้มเหลวเนื่องจาก

Methanogen ตายหมด ซึ่งหากสิ่งนี้เกิดขึ้นจริงก็จะต้องเริ่มต้นระบบใหม่หมด แต่ถ้าหากปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบน้อยก๊าซที่ผลิตได้ก็จะน้อยตามไปด้วย เท่ากับว่าไม่ได้เดินระบบเต็มตามกำลังการผลิต ทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่เกินไปโดยไม่จำเป็น

- **ระยะเวลาการกักเก็บสารอินทรีย์ในถังหมัก** (Retention Time)

ระยะเวลาในการกักเก็บสารอินทรีย์ในถังหมักขึ้นอยู่กับปริมาณ และประเภทของสารอินทรีย์ที่เติมเข้าไปซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป รวมถึงรูปแบบของระบบ/ถังหมัก หากระยะเวลาในการกักเก็บสั้นไปก็จะไม่พอสำหรับแบคทีเรียที่จะผลิตก๊าซชีวภาพ นอกจากนี้แบคทีเรียยังจะถูกถ่ายออกจากระบบเร็วเกินไปส่งผลให้จำนวนแบคทีเรียลดลงไป ทำให้แบคทีเรียที่เหลืออยู่ทำการย่อยไม่ทันและอาจทำให้ค่าpHในถังหมักลดลงขึ้น ขณะเดียวกัน การที่ระยะเวลากักเก็บนานเกินไปจะทำให้เกิดตะกอนของสารอินทรีย์ที่แบคทีเรียย่อยสลายแล้วสะสมอยู่ทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่โดยไม่จำเป็น ระยะเวลาในการกักเก็บส่วนใหญ่จะประมาณ 14 - 60 วัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ คือ ค่าปริมาณของแข็ง (TSC) อุณหภูมิขนาดและประเภทของdigesterและปริมาณสารอินทรีย์ที่เติม ระยะเวลาในการกักเก็บนั้นเป็นตัวบ่งชี้ว่าแบคทีเรียจะมีชีวิตได้นานเท่าไหร่โดยไม่มีการเติมอาหาร เนื่องจากระยะเวลาการกักเก็บนั้นหมายถึงระยะเวลาที่แบคทีเรียต้องการเพื่อย่อยอาหารให้หมด ดังนั้นเมื่อไหร่ก็ตามที่แบคทีเรียยังย่อยอาหารไม่หมดก็หมายความว่าแบคทีเรียจะยังไม่ตายจากการขาดอาหาร

- **ปริมาณของแข็ง** (Total Solid Content, TSC)
    - Solid content ของสารอินทรีย์ในการผลิตก๊าซชีวภาพแบ่งเป็นสองระดับคือ
        - High-solid (ปริมาณของแข็งสูง) TSC สูงกว่า ~ 20%
        - Low-solid (ปริมาณของแข็งต่ำ) TSC ต่ำกว่า ~ 15%

ถังหมักที่ออกแบบสำหรับเติมสารอินทรีย์ High-solid จะต้องใช้พลังงานมากกว่าในการสูบน้ำตะกอน (Slurry) แต่เนื่องจากในระบบ High-solid ความเข้มข้นของน้ำในถังหมักสูงกว่าพื้นที่ที่ใช้ก็จะน้อยกว่า ในทางกลับกัน ถังหมัก Low-solid สามารถใช้เครื่องสูบน้ำทั่วไปที่ใช้พลังงานน้อยกว่าสูบน้ำตะกอน แต่ก็ต้องใช้พื้นที่มากกว่าเนื่องจากปริมาตรต่อสารอินทรีย์ที่เติมเข้าไปสูงขึ้นกระนั้นก็ดี การที่น้ำตะกอนมีความใสกว่าก็ทำให้การหมุนเวียนและกระจายตัวของของแบคทีเรียและสารอินทรีย์ดีขึ้นและการที่แบคทีเรียสามารถสัมผัสสารอินทรีย์อย่างทั่วถึงก็ช่วยให้การย่อยและการผลิตก๊าซเร็วขึ้น

- **สารอาหาร** (Nutrient)

สารอาหารที่แบคทีเรียต้องการเพื่อการเจริญเติบโต นอกเหนือไปจากคาร์บอนและไฮโดรดเจนแล้ว ยังมีไนโตรเจน ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม นอกจากนี้ก็มีธาตุที่จำเป็น

ในปริมาณน้อยมากๆ เช่น เหล็ก แมงกานีส ลิบดินัม สังกะสี โคบอลต์ ซิลิเนียม ทังเสตน และนิเกิลเป็นต้น แต่ขยะอินทรีย์โดยทั่วไปจะมีธาตุอาหารเหล่านี้ในระดับที่สมดุลพอเพียง เพราะฉะนั้น ในการหมักจึงไม่จำเป็นต้องเติมสารอาหารใดๆ ลงไป

- **สารยับยั้งและสารพิษ** (Inhibiting and Toxic Materials)

สารยับยั้งและสารพิษ เช่น กรดไขมันระเหยได้ ไฮโดรเจน หรือแอมโมเนีย รวมถึงธาตุไอออน, สารพิษ, โลหะหนัก, สารทำความสะอาดต่างๆ เช่นสบู่ น้ำยาล้างต่างๆ และยาปฏิชีวนะ สามารถส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโตและการผลิตก๊าซของแบคทีเรียได้

ตารางที่ 2.2 สารพิษและสารยับยั้งกระบวนการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนประเภทสารประกอบอินทรีย์ (Metcalf & Eddy, 2004)

สารประกอบอินทรีย์	**ความเข้มข้นที่ทำให้ปฏิกิริยาลดลงร้อยละ 50 (มิลลิโมล, Millimole)**
1 – Chloropropene	0.1
Nitrobenzene	0.1
Acrolein	0.2
1 - Chloropropane	1.9
Formaldehyde	2.4
Lauric Acid	2.6
Ethyl Benzene	3.2
Acrylonitrile	4
3 – Chloro – 1, 2 – Propanediol	6
Crotonaldehyde	6.5
2 – Chloropropionic Acid	8
Vinyl Acetate	8
Acetaldehyde	10
Ethyl Acetate	11
Acrylic Acid	12
Catechol	24
Phenol	26

Aniline	26
Resorclinol	29
Propanol	90

ตารางที่ 2.3 สารพิษและสารยับยั้งกระบวนการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนประเภทสารประกอบอนินทรีย์ (Metcalf & Eddy, 2004)

สารประกอบอนินทรีย์	**ความเข้มข้นสารพิษระดับกลาง (มิลลิกรัม/ลิตร)**	**ความเข้มข้นสารพิษระดับรุนแรง (มิลลิกรัม/ลิตร)**
NA^{+}	3,500 – 5,500	8,000
K^{+}	2,500 – 4,500	12,000
Ca^{2+}	2,500 – 4,500	8,000
Mg^{2+}	1,000 – 1,500	3,000
Ammonium-Nitrogen, NH^{+}_{4}	1,500 – 3,000	3,000
Sulfide, S^{2-}	200	200
Copper, Cu^{2+}	-	0.5 (Soluble) 50 – 70 (Total)
Chromium, Cr^{6+}	-	3.0 (Soluble) 200 – 250 (Total)
Chromium, Cr^{3+}	-	2.0 (Soluble) 180 – 420 (Total)
Nickel, Ni^{2+}	-	30.0 (Total)
Zinc, Zn^{2+}	-	1.0 (Soluble)

2.2.5 แหล่งน้ำเสียอุตสาหกรรมที่เหมาะสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ[4]

- **โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ** (Palm Oil Mills)

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่ง นิยมปลูกมากในภาคใต้ของประเทศไทย เช่น กระบี่ สุราษฎร์ธานี ชุมพร และสตูล โดยผลผลิตเป็นทะลายปาล์มสดประมาณ 4.5 ล้านตัน/ปี โดยแนวโน้มพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันจะเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย ปีละประมาณ 5% อุตสาหกรรมการสกัดน้ำมัน

ปาล์มมีการขยายตัวอย่างรวดเร็วและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นตามอัตราการเพิ่มปริมาณการผลิต (โดยเฉลี่ยผลปาล์มสด 1 ตัน จะมีน้ำเสียเกิดขึ้น ประมาณ 0.4 ลูกบาศก์เมตร หรือคิดเป็น 40% ของผลปาล์มสด) โดยน้ำเสียจะมีสิ่งสกปรกในรูปของไขมัน น้ำมัน และสารอินทรีย์ปนเปื้อนอยู่ในปริมาณสูง เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถจัดการน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งมีหลายเทคโนโลยีด้วยกัน เช่น เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพระบบถังปฏิกรณ์แบบ CSTR (Completely Stirred Tank Reactor) เป็นระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic System) โดยน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร จะสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ประมาณ 35 ลูกบาศก์เมตร

- **โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง** (Flour Mills)

มันสำปะหลังเป็นพืชที่นิยมปลูกมากทางภาคอีสานตอนใต้และภาคตะวันออก แป้งมันสำปะหลังสามารถนำมาใช้ในการบริโภคและสามารถยังใช้เป็นวัตถุดิบในหลายอุตสาหกรรมได้อีก เช่น อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมกระดาษ เป็นต้น กำลังการผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทยสามารถผลิตได้ประมาณ 2 ล้านตันต่อปี กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังนั้นได้น้ำเสียประมาณ 15 - 20 ลูกบาศก์เมตรต่อตันแป้ง และน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถให้ก๊าซชีวภาพ 10 ลูกบาศก์เมตร

- **โรงงานผลิตน้ำตาล** (Sugar Mills)

การผลิตน้ำตาลสามารถสกัดได้จากพืชหลายชนิด เช่น อ้อย หัวบีท เป็นต้น อ้อยเป็นพืชที่นิยมปลูกมากในภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ผลผลิตอ้อยที่ได้โดยเฉลี่ยประมาณ 60 ล้านตันต่อปี โรงงานผลิตน้ำตาลในไทยมี 46 โรงงาน สำหรับวันทำการผลิตน้ำตาลอยู่ที่ประมาณ 120 วันต่อปี โดยต้นอ้อย 1 ตันจะทำให้เกิดน้ำเสีย 0.11 ลูกบาศก์เมตร และน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 7 ลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ในปัจจุบันโรงงานผลิตน้ำตาลหลายโรงได้ทำการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล(Molasses) ซึ่งในกระบวนการผลิตเอทานอลได้น้ำเสียจำนวนมากและน้ำเสียเหล่านี้ยังสามารถผลิตเป็นก๊าซชีวภาพได้ และเมื่อน้ำเสียของทั้งสองกระบวนการคือ จากการผลิตน้ำตาลและเอทานอล มารวมกันก็จะมีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพได้สูงขึ้น

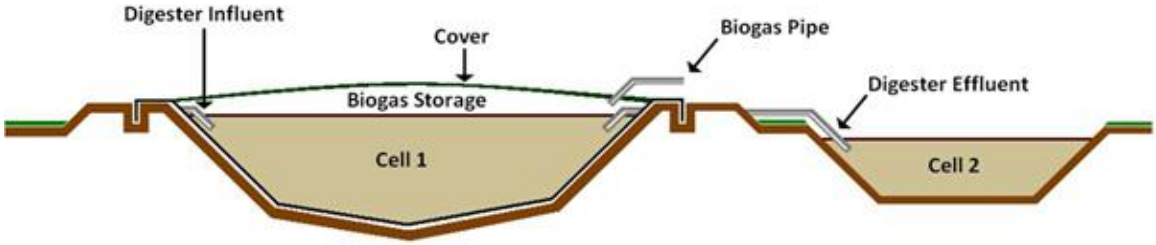
- **โรงงานผลิตแอลกอฮอล์** (Alcohol Plants)

แอลกอฮอล์ได้จากการหมักวัสดุประเภทแป้งและน้ำตาล วิธีการหมักทำได้โดยการเตรียมวัตถุดิบถ่ายลงถังหมัก ซึ่งวัตถุดิบอาจผ่านหรือไม่ผ่านขั้นตอนการฆ่าเชื้อขึ้นอยู่กับชนิดของการหมักและวัตถุดิบที่ใช้ เช่น กากน้ำตาลสามารถนำไปหมักเป็นแอลกอฮอล์โดยไม่ต้องทำการฆ่าเชื้อก่อน เป็นต้น สำหรับขั้นตอนการหมักเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกิดจากการทำงานของเชื้อยีสต์ในการเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคส ภายใต้สภาพที่ไร้อากาศหรือมีอากาศเพียงเล็กน้อยให้เป็น

แอลกอฮอล์ โดยทั่วไปการหมักจะใช้เวลาประมาณ 2 - 3 วัน จะได้แอลกอฮอล์ที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 95.6 โดยปริมาตรการหมักแอลกอฮอล์ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะหมักขึ้นเพื่อผลิตสุรา โดยการผลิตแอลกอฮอล์ 1 ลูกบาศก์เมตร จะทำให้เกิดน้ำเสีย 10 ลูกบาศก์เมตร และน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 35 ลูกบาศก์เมตร

2.2.6 เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ

- เทคโนโลยี Anaerobic Covered Lagoon



ภาพที่ 2.4 ระบบ Anaerobic Covered Lagoon

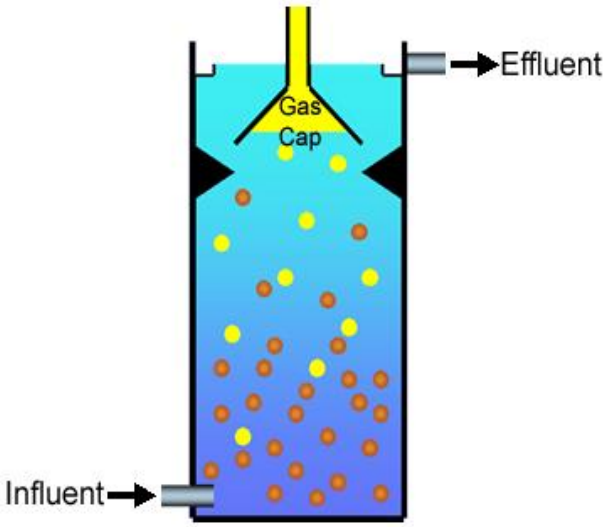
เป็นระบบที่ดัดแปลงมาจากระบบบ่อไร้อากาศ โดยมีการคลุมคลุมบ่อเพื่อเก็บก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นและนำไปใช้ประโยชน์ ข้อดีของระบบนี้คือ ไม่มีกลิ่นเหม็นรบกวนและสามารถใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพได้ การทำงานของระบบ Anaerobic Cover Lagoon ออกแบบให้น้ำเสียไหลเข้าสู่ระบบทางด้านล่างของบ่อแล้วผสมเข้ากับตะกอนแบคทีเรียที่ตกตะกอนอยู่บริเวณก้นบ่อ จากนั้นให้ไหลไปตามแนวยาวของบ่อ โดยระบบรวบรวมน้ำออกจะอยู่ด้านบนของบ่อในอีกฝั่งหนึ่ง อย่างไรก็ตามน้ำเสียที่ผ่านระบบ Anaerobic Covered Lagoon ไม่สามารถปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ จึงจำเป็นต้องมีการบำบัดในระบบบำบัดขั้นต่อไปแบคทีเรียในระบบ Anaerobic Covered Lagoon ประกอบด้วยแบคทีเรียที่อยู่ในสภาวะไม่ใช้อากาศทั้งสองแบบคือแบคทีเรียสร้างกรดและแบคทีเรียสร้างมีเทน แม้ในบางครั้งจะมีการสร้างกรดในปริมาณที่มากเกินไป แต่ผลกระทบเนื่องจากการทำงานของแบคทีเรียทั้งสองชนิดจะไม่รุนแรงเหมือนในระบบบำบัดแบบที่มีอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์สูง เนื่องจากบ่อที่มีขนาดใหญ่และเวลาเก็บกักน้ำที่ยาวนาน จึงทำให้แบคทีเรียในระบบมีเวลาปรับตัว อย่างไรก็ตามไม่ควรปล่อยให้ระบบอยู่ในสภาวะรับอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงเกินไปเป็นเวลานาน เพราะอาจทำให้ระบบอยู่ในสภาวะที่เกินความสามารถในการปรับตัวของแบคทีเรีย การควบคุมและการดูแลรักษาระบบทำได้ง่ายและไม่ซับซ้อน จึงทำให้เป็นระบบที่เหมาะกับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ หรือชุมชนซึ่งต้องการระบบที่ไม่สลับซับซ้อนและราคาในการก่อสร้างจะถูกกว่าระบบอื่นๆ

- เทคโนโลยี Modified Anaerobic Covered Lagoon

ระบบนี้ตัวบ่อเช่นเดียวกับระบบ Anaerobic Covered Lagoon แต่มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงระบบให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น เช่น

- การเพิ่มบ่อและให้มีการไหลเป็นแบบอนุกรม ตามขั้นตอนการบ่อยสลายโดยไม่ใช้อากาศ เช่น บ่อหมักกรด บ่อผลิตมีเทน เป็นต้น
- การเพิ่มบ่อเพื่อการดึงตะกอนย้อนกลับมาใช้ใหม่ โดยเพิ่มบ่อดักตะกอนและท่อปั๊มตะกอนย้อนกลับ
- การเพิ่มท่อกระจายน้ำให้ทั่วบ่อ เพื่อให้เกิดการกวนผสมที่ดีเพิ่มขึ้น

- เทคโนโลยี UASB (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket)



ภาพที่ 2.5 ระบบ Up-flow Anaerobic Sludge Blanket

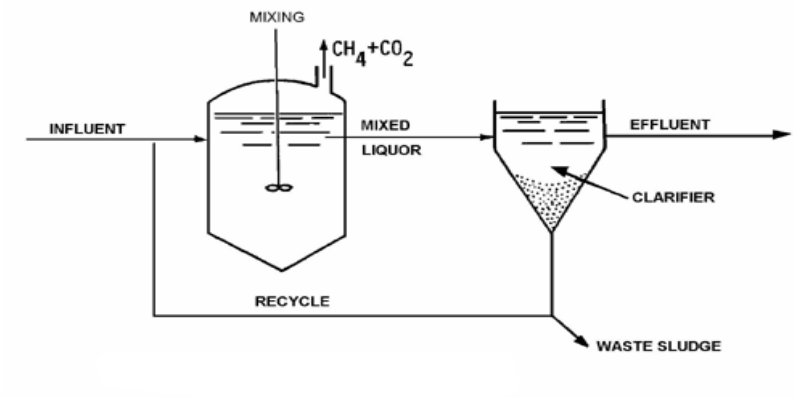
ระบบ UASB เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง สามารถบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมได้หลายประเภท เช่น น้ำเสียจากกระบวนการผลิตแป้งมัน และน้ำเสียจากฟาร์มสุกร เป็นต้น สามารถลดความสกปรกของน้ำเสียในรูป COD ในช่วง 5,000 – 15,000 มิลลิกรัม/ลิตรได้สูงถึง 75 – 85% โดยใช้เวลาในการบำบัดเพียง 4 – 12 ชั่วโมง UASB เป็นระบบที่ประหยัดพลังงาน เนื่องจากไม่ต้องมีการเติมอากาศ ระบบ UASB จะเป็นถังลักษณะสูง น้ำเสียจะถูกป้อนเข้าสู่ระบบจากด้านล่างของถัง โดยทำปฏิกิริยาให้ไหลย้อนกลับขึ้นทางด้านบน (Upflow Feeding) น้ำเสียจะไหลผ่านชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูง โดยชั้นตะกอนจุลินทรีย์นี้จะแขวนลอยอยู่ในน้ำเป็นชั้นหนา (Blanket) โดยไม่มีตัวกลางให้จุลินทรีย์เกาะ เมื่อน้ำเสียไหลผ่านและสัมผัสกับตะกอนจุลินทรีย์จะเกิดการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนและเกิดก๊าซต่างๆ เช่น ก๊าซมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น

- เทคโนโลยี EGSB (Expanded Granular Sludge Bed)

ระบบ EGSB เป็นระบบที่พัฒนามาจากระบบ UASB ที่มีแนวคิดเดียวกัน โดยมีการเพิ่มพื้นที่การสัมผัสระหว่างตะกอนแบคทีเรียและน้ำเสียให้มากขึ้นซึ่งทำได้หลายวิธี เช่น ปรับปรุงให้มีการกระจายน้ำเข้าให้ดีขึ้น โดยการที่ตะกอนสัมผัสกับน้ำเสียได้มากขึ้นทำให้ระบบ

สามารถรับอัตราภาระรับสารอินทรีย์ได้เพิ่มมากขึ้น เพิ่มความเร็วน้ำไหลเพื่อเพิ่มโอกาสในการที่ตะกอนสัมผัสกับน้ำเสีย ซึ่งอัตราการไหลของน้ำที่สูงขึ้นทำให้ตะกอนเกิดการกระจายตัวที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ไม่เกิดการอัดตัวของชั้นตะกอน (ลดบริเวณ Dead Zone)

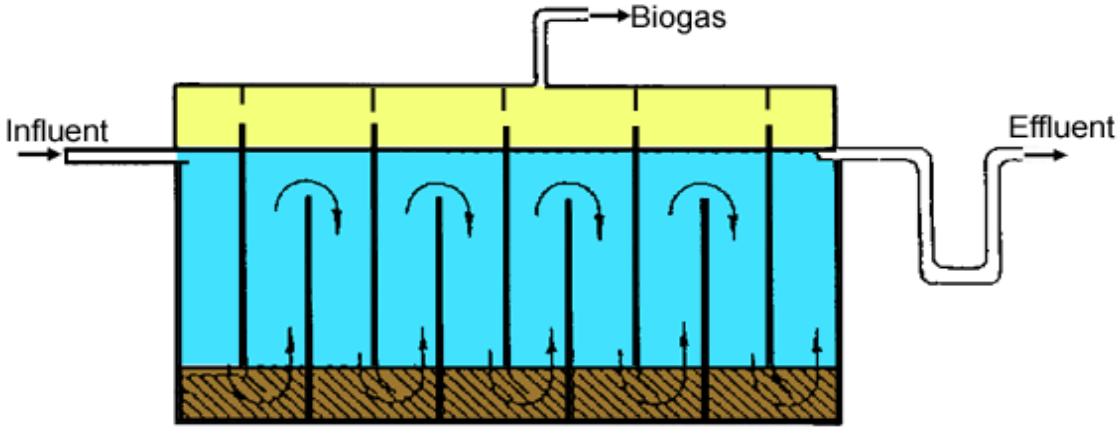
- เทคโนโลยี CSTR (Continuous Stirred Tank Reactor)



ภาพที่ 2.6 ระบบ Continuous Stirred Tank Reactor

ระบบ CSTR เป็นระบบถังกวนสมบูรณ์แบบไม่ใช้อากาศ เป็นการเรียกตามลักษณะของสสารที่อยู่ภายในถังซึ่งมีความเข้มข้นของสารละลายเท่ากันทุกจุด (Completely mixed) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศที่เก่าแก่ที่สุดประเภทหนึ่งด้วย โดยระบบ CSTR เป็นการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสัมผัสกันของสารอาหารในน้ำเสียและจากถังย่อยสลัดจ์ (Septic Tank) โดยมีการติดตั้งใบกวน เช่น แบบ Paddle แบบสกรู (Screw) หรือ ใช้ Gas Diffuser ในการกวนผสม เพื่อให้จุลินทรีย์และสารอาหารในถังปฏิกรณ์มีการสัมผัสกันมากขึ้น ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียดีขึ้น ถังปฏิกรณ์แบบนี้ระยะเวลากักเก็บของแข็ง (Solid Retention Time) เท่ากับระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย (Hydraulic Retention Time) ทำให้ถังปฏิกรณ์จะมีขนาดใหญ่หากของเสียหรือน้ำเสียที่เป็นวัตถุดิบย่อยสลายได้ยาก ใช้เวลานาน ถัง CSTR นี้จึงเหมาะกับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง มีสารแขวนลอยสูง หรือแม้กระทั่งมีสารพิษปนอยู่ เนื่องจากถังปฏิกรณ์มีการกวนอยู่ตลอดเวลา ทำให้เมื่อสารพิษถูกป้อนเข้าระบบจะถูกเจือจางทันที จึงไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อจุลินทรีย์เหมือนระบบอื่น

- เทคโนโลยี ABR (Anaerobic Baffle Reactor)



ภาพที่ 2.7 ระบบ Anaerobic Baffle Reactor

ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ (ABR) ระบบนี้มีลักษณะเป็นถังที่มีแผ่นกั้นขวางหลายแผ่นติดตั้งไว้ในถังยาว การไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบจะเป็นในลักษณะไหลขึ้นไหลลง (หรือซ้ายขวา) สลับกันไปหลายครั้ง เมื่อน้ำเสียไหลไปตามช่องทางที่ออกแบบไว้ภายในบ่อ สารอินทรีย์ในน้ำเสียจะสัมผัสกับจุลินทรีย์ระหว่างการเดินทางภายในบ่อ จนความสกปรกลดลงตามลำดับก่อนจะออกจากระบบ

- เทคโนโลยี Hybrid Channel Digester

เป็นบ่อที่นำข้อดีของระบบหลายรูปแบบมาปรับปรุงและใช้รวมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ ระบบ Hybrid Channel Digester เป็นระบบก๊าซชีวภาพที่มุ่งเน้นในการแก้ปัญหาของระบบผลิตก๊าซชีวภาพในโรงงานปาล์มในประเทศไทย ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดปัญหาของระบบในหลายๆเรื่อง เช่น การเกิดผลึก การสะสมตัวของตะกอนที่ก้นบ่อ และไม่สามารถดึงออกได้ ขนาดของระบบและพื้นที่เก็บก๊าซ เป็นต้น จึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีจากระบบที่มีอยู่เดิม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานเป็นระบบ Hybrid Channel Digester โดยการนำเอาข้อดีของระบบ CSTR มาสร้างโอกาสในการสัมผัสของสารอินทรีย์และแบคทีเรียเกิดได้มาก และระบบ Plug Flow ช่วยในการรักษาปริมาณเชื้อให้อยู่ในระบบได้ดี นอกจากนี้ยังมีการหมุนเวียนเชื้อที่ทำงานได้ดีในระบบอีกด้วย

2.2.7 โรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย

(สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด กระทรวงอุตสาหกรรม, 2554)

<u>กลุ่มอุตสาหกรรม</u>

1. อุตสาหกรรมการเกษตร
2. อุตสาหกรรมอาหาร
3. อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม
4. อุตสาหกรรมสิ่งทอ
5. อุตสาหกรรมเครื่องแต่งกาย
6. อุตสาหกรรมเครื่องหนัง
7. อุตสาหกรรมไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้
8. อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และเครื่องเรือน
9. อุตสาหกรรมกระดาษและผลิตภัณฑ์จากกระดาษ
10. อุตสาหกรรมสิ่งพิมพ์
11. อุตสาหกรรมเคมี
12. อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและผลิตภัณฑ์
13. อุตสาหกรรมยาง
14. อุตสาหกรรมพลาสติก
15. อุตสาหกรรมอโลหะ
16. อุตสาหกรรมโลหะ
17. อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โลหะ
18. อุตสาหกรรมเครื่องจักรกล
19. อุตสาหกรรมไฟฟ้า
20. อุตสาหกรรมขนส่ง
21. อุตสาหกรรมอื่นๆ

<u>จำนวนโรงงานอุตสาหกรรม</u>

“จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมทั้งหมดในประเทศไทย (21 สิงหาคม 2554) มีทั้งหมด 117,357 โรงงาน”

อุตสาหกรรม	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	อุตสาหกรรม	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
การเกษตร	56,296	47.97	เคมี	1,672	1.42
อาหาร	6,154	5.24	ปิโตรเคมี&ผลิตภัณฑ์	373	0.32
เครื่องดื่ม	360	0.31	ยาง	1,608	1.37
สิ่งทอ	2,068	1.76	พลาสติก	2,961	2.52
เครื่องแต่งกาย	1,014	0.86	อโลหะ	5,836	4.97
เครื่องหนัง	584	0.50	โลหะ	837	0.71
ไม้&ผลิตภัณฑ์จากไม้	4,695	4.00	ผลิตภัณฑ์โลหะ	7,351	6.26
เฟอร์นิเจอร์&เครื่องเรือน	2,800	2.39	เครื่องจักรกล	4,092	3.49
กระดาษ	805	0.69	ไฟฟ้า	1,523	1.30
สิ่งพิมพ์	645	0.55	ขนส่ง	6,817	5.81
			อื่นๆ	8,866	7.55

จากตารางการจำแนกประเภทอุตสาหกรรมเห็นได้ว่า กลุ่มอุตสาหกรรมประเภทเกษตรนั้นมีจำนวนที่มากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงปริมาณของเสียส่วนมากมาจากอุตสาหกรรมประเภทเกษตร เพราะฉะนั้นถ้าหากมีการนำของเสีย ยกตัวอย่างเช่น ปริมาณน้ำเสียมาทำให้เกิดประโยชน์ย่อมจะช่วยลดภาระขั้นตอนและค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสีย รวมถึงถ้าหากนำของเสียนำมาผลิตเป็นพลังงาน เช่นก๊าซชีวภาพซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้จ่ายในโรงงานอุตสาหกรรม แน่นอนว่าจะช่วยสามารถลดต้นทุนในการผลิตรวมถึงยังส่งผลให้ลดภาระการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศได้

<u>จำนวนโรงงานจำแนกตามการลงทุน</u>

เงินลงทุน $\leq$ 50 ล้านบาท	จำนวน 78,707 โรงงาน
50 ล้านบาท < เงินลงทุน $\leq$ 200 ล้านบาท	จำนวน 4,082 โรงงาน
เงินลงทุน > 200 ล้านบาท	จำนวน 2,222 โรงงาน

<u>จำนวนโรงงานจำแนกตามจำนวนแรงงาน</u>

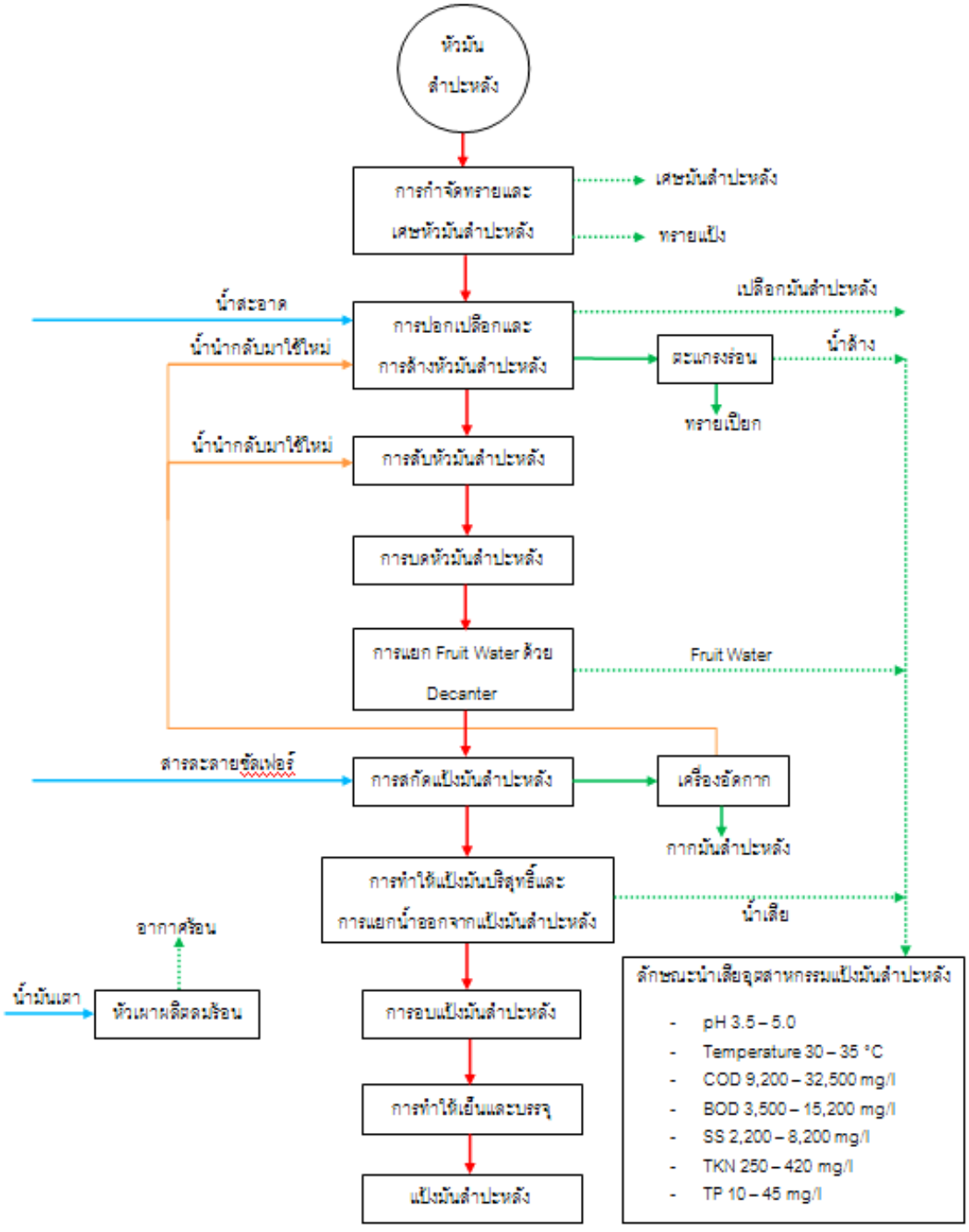
แรงงาน $\leq$ 50 คน	จำนวน 108,237 โรงงาน
50 คน < แรงงาน $\leq$ 200 คน	จำนวน 6,425 โรงงาน
แรงงาน > 200 คน	จำนวน 2,695 โรงงาน

2.3 อุตสาหกรรมที่ทำการศึกษา

2.3.1 อุตสาหกรรมแป้ง

อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยไทย ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ผลิตแป้งมันสำปะหลังเป็นอันดับ 3 ของโลก โดยมีผลผลิตมันสำปะหลังต่อปีประมาณ 26 ล้านตัน (สำนักงานส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร, 2551) การผลิตแป้งมันสำปะหลังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แป้งมันสำปะหลังดิบ (Native Starch) และแป้งมันสำปะหลังดัดแปร (Modified Starch) ในปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานที่ผลิตแป้งมันสำปะหลังแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ได้แก่ โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังดิบ และโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังดัดแปร ซึ่งหัวมันสำปะหลังสด 1 กิโลกรัมจะสามารถนำมาผลิตเป็นมันสำปะหลังเส้นได้ 0.40 กิโลกรัม มันสำปะหลังอัดเม็ด 0.37 กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลัง 0.20 กิโลกรัม และที่เหลือเป็นกากมัน 0.03 กิโลกรัม (ธีรพล วัฒนโกศล, 2548) โดยในการผลิตแป้งมันสำปะหลังในแต่ละปีผลิตได้ประมาณ 5.2 ล้านตัน ซึ่งน้ำเสียจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง 1 ตันแป้งจะมีปริมาณน้ำเสีย 15 – 23 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นปริมาณน้ำเสียต่อปีจึงอยู่ที่ประมาณ 120 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี (ผการัตน์ พรหมอยู่, 2551)

หลักการในการผลิตแป้งมันสำปะหลังที่สำคัญ คือ การสกัดแป้งออกจากเซลล์ของรากมันสำปะหลัง โดยใช้น้ำเป็นตัวสกัด และแยกโปรตีนและสิ่งเจือปนต่างๆออกจากแป้งมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องเหวี่ยง (Centrifuge) ที่มีรอบการหมุนสูง โดยหลักความแตกต่างของน้ำหนักโมเลกุล



ภาพที่ 2.8 กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังและของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2549)

<u>กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง</u>

1. การรับหัวมันสำปะหลัง (Cassava receival) หลังจากหัวมันสำปะหลังถูกส่งมายังโรงงานโดยรถบรรทุก จะผ่านขั้นตอนการชั่งน้ำหนักก่อน หัวมันสำปะหลังจะถูกสุ่มขึ้นมาเพื่อทดสอบหาปริมาณแป้งโดยอาศัยหลักของการลอยตัวของวัตถุในของเหลวเพื่อตีราคาในการซื้อขาย หัวมันสำปะหลังจะถูกนำมาเทรวมกันไว้บริเวณลานที่เป็นพื้นคอนกรีตเพื่อรอเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป

2. การเตรียมหัวมันสำปะหลังและทำความสะอาด (Washing) หัวมันสำปะหลังที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วจะถูกส่งเข้าสู่ตะแกรงร่อนดินและทรายเพื่อแยกเอาดินออก และลำเลียงเข้าสู่เครื่องล้างเพื่อทำความสะอาดหัวมัน จากนั้นนำเข้าสู่เครื่องสับและปอกเปลือกเพื่อให้หัวมันมีขนาดเล็กลงและแยกเปลือกออก

3. การบดหัวมันสำปะหลัง (Rasping) หัวมันสำปะหลังที่สะอาดจะถูกส่งไปที่เครื่องสับหัวมันเพื่อสับให้เล็กลงขนาดประมาณ 1-2 นิ้ว จากนั้นชิ้นมันสำปะหลังนี้จะตกเข้าสู่เครื่องขูดหรือบดหัวมันสำปะหลัง ซึ่งอยู่ด้านล่างซึ่งทำให้ได้มันสำปะหลังมีชิ้นละเอียดยิ่งขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดแป้ง

4. การบดหัวมันสำปะหลัง (Rasping) มันที่ถูกบดจะถูกเติมน้ำและนำเข้าสู่เครื่องสกัดแป้ง (Extractor) เพื่อสกัดแยกแป้งออกจากเซลลูโลส โดยทั่วไปจะเป็นการสกัดแบบหลายครั้ง โรงงานส่วนใหญ่จะใช้ชุดสกัด 3 ชุด แต่โรงงานขนาดใหญ่ อาจใช้ชุดสกัดถึง 4 ชุดต่อเนื่องกัน โดยชุดแรกซึ่งเป็นการสกัดหยาบจะใช้ตะแกรงขนาด 60-80 mesh และชุดสุดท้ายจะเป็นการสกัดละเอียดโดยใช้ผ้ากรองขนาด 90 mesh ในขั้นตอนนี้ โรงงานมีการเติมสารละลายซัลเฟอร์หรือน้ำกำมะถันเพื่อยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ ซึ่งจะเปลี่ยนโมเลกุลของแป้งเป็นกรดแลคติค กากมันสำปะหลังจากขั้นตอนการสกัดแป้งจะมีน้ำอยู่ในปริมาณมาก กากมันสำปะหลังจะถูกแยกออกจากน้ำแป้งเพื่อนำเข้าสู่เครื่องอัดกากและนำไปตากแดดเพื่อนำไปผสมเป็นอาหารสัตว์หรือนำไปผสมกับมันเส้นเพื่อทำมันอัดเม็ดต่อไป

5. การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้ง (Separation) เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีและปฏิกิริยาชีวเคมีจากจุลินทรีย์ซึ่งจะส่งผลให้คุณภาพของแป้งลดลง การผลิตแป้งมันสำปะหลังจึงต้องกระทำภายในเวลาอันสั้นที่สุด ดังนั้นในกระบวนการเพิ่มความเข้มข้นของแป้ง จึงมักเป็นกระบวนการต่อเนื่องที่ไม่มีถังพักเช่นเดียวกับกระบวนการอื่นๆ น้ำแป้งที่ถูกแยกออกจากกากมันสำปะหลังจะถูกส่งต่อไปยังเครื่องแยก (Separators) ซึ่งอาจเป็นเครื่องแยกชนิดหมุนเหวี่ยง (Centrifugal separators) หรือ ไฮโดรไซโคลน (Hydrocyclone) โดยโรงงานส่วนใหญ่จะใช้เครื่องแยกชนิดหมุนเหวี่ยง และเพื่อคุณภาพดีจึงมักใช้เครื่องแยกแบบหมุนเหวี่ยงจำนวน 2 ชุดเพื่อแยกกากมันสำปะหลังออกให้หมดและทำให้น้ำแป้งข้นขึ้น น้ำที่ใช้ในการล้างแป้งที่เติมในเครื่องแยกแบบหมุนเหวี่ยงนี้อาจจะเป็นน้ำหรือน้ำกำมะถัน

6. การทำให้อบแห้งและการบรรจุผลิตภัณฑ์ (Drying and packing) แป้งที่ถูกแยกเอาน้ำออกด้วยเครื่องเหวี่ยง (Centrifuge) จะถูกพ่นเข้าสู่ท่อไอร้อนซึ่งมีลมร้อนประมาณ 200 °C เป่าเข้ามาด้วยความดันสูง ความแรงของลมจะพัดเอาแป้งขึ้นไปตามปล่องสูงแล้วตกมาสู่ไซโคลน (Cyclone) ระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้แป้งแห้งเป็นช่วงเวลาสั้นๆ เพื่อป้องกันการรวมตัวของแป้งเป็นเม็ดและเพื่อป้องกันการสลายตัวของแป้ง ลมร้อนที่ใช้ในการทำให้แป้งแห้งเกิดจากการเผาน้ำมันเตาและผ่านการกรองก่อนจะถูกเป่าเข้าสู่เครื่องอบแห้งเพื่อป้องกันแป้งถูกปนเปื้อนด้วยสิ่งสกปรก แป้งมันสำปะหลังที่ได้จากไซโคลนจะเป็นแป้งที่แห้งและละเอียดแต่มีความร้อนสูงจึงต้องทำให้เย็นทันทีด้วยการใช้ไซโคลนเย็น ก่อนจะถูกปล่อยลงสู่เครื่องร่อนแป้ง เพื่อให้อนุภาคของแป้งมีความสม่ำเสมอ แป้งที่แห้งแล้วจะถูกร่อนผ่านตะแกรงก่อนที่จะบรรจุลงสู่ไซโล โดยส่วนใหญ่ไซโลจะมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะบรรจุแป้งที่เกิดจากการผลิตใน 24 ชั่วโมงได้ การบรรจุแป้งลงถุงของโรงงานที่มีขนาดเล็กจะใช้ระบบกึ่งอัตโนมัติ ส่วนโรงงานที่มีขนาดใหญ่จะใช้ระบบอัตโนมัติในการเปิดถุงและบรรจุลงถุง

2.3.1.1 **น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแป้ง**

(โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับน้ำเสียอุตสาหกรรม, 2554)

น้ำเสียกลุ่มอุตสาหกรรมแป้งประกอบด้วย น้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง กากมัน น้ำเสียจากการผลิตแป้งข้าวโพด และต้นข้าวโพด (ของเสียจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร) โดยสามารถสรุปรายละเอียดข้อมูลการผลิต ปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสีย เทคโนโลยีระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ปริมาณก๊าซดังนี้

ตารางที่ 2.4 ข้อมูลการผลิตของโรงงานแป้งมันสำปะหลัง

กำลังการผลิต	150 – 950	ตันแป้ง/วัน
ปริมาณการผลิต	27,854 – 255,000	ตันแป้ง/ปี

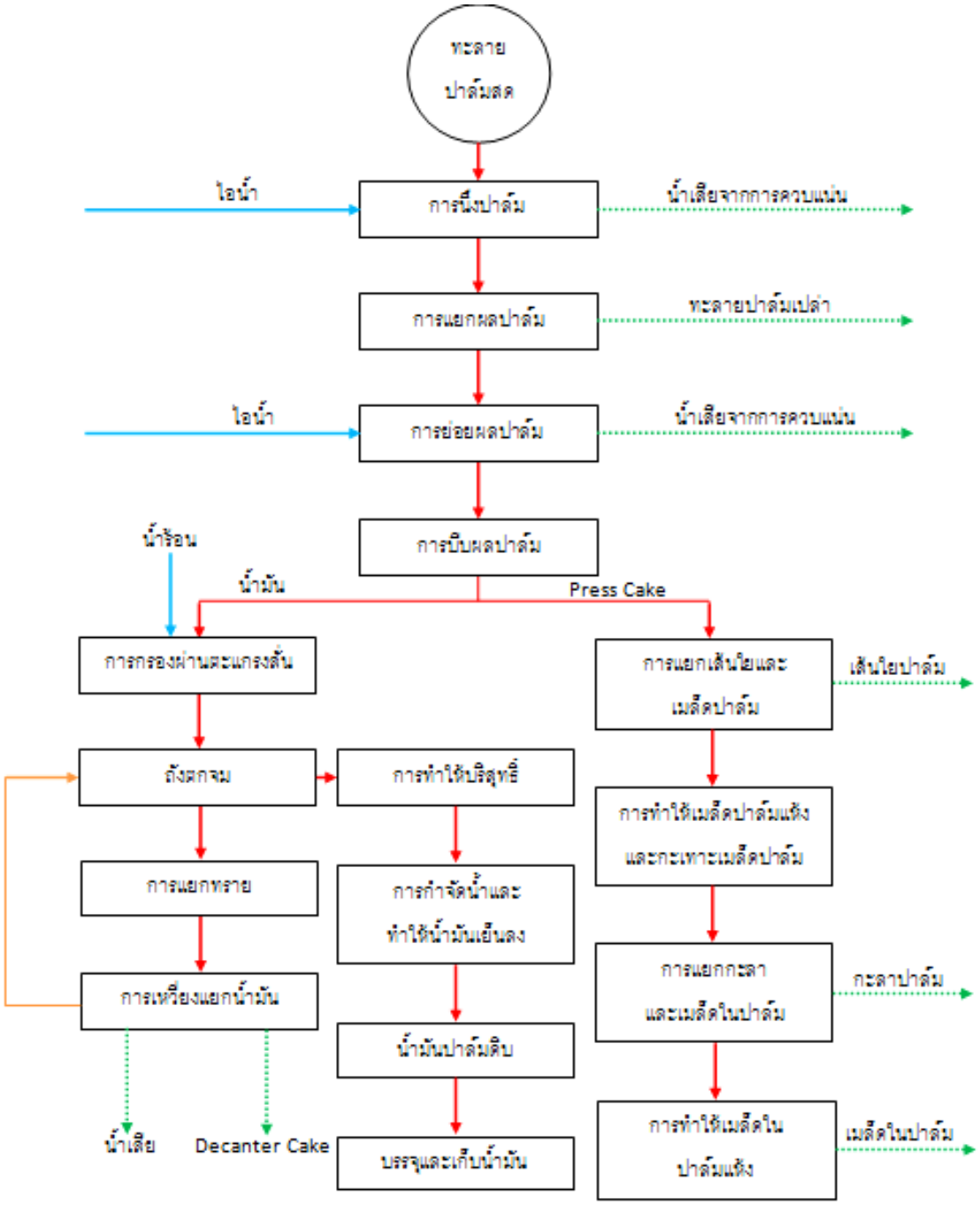
ตารางที่ 2.5 ข้อมูลปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสีย/ของเสีย ของโรงงานแป้งมันสำปะหลัง

ปริมาณน้ำเสียที่เกิด	2,100 – 8,800	ลูกบาศก์เมตร/วัน
ปริมาณน้ำเสียต่อผลผลิต	12 – 17	ลูกบาศก์เมตร/ตันแป้ง
ปริมาณกากของเสีย (กากมัน) ที่เกิดขึ้น	188	ตัน/วัน
ปริมาณกากมันต่อผลผลิต	1.5	ตัน/ตันแป้ง
คุณสมบัติน้ำเสียเข้าระบบ Biogas		
COD	13,134 – 17,500	มิลลิกรัม/ลิตร
BOD_5	7,995 – 10,539	มิลลิกรัม/ลิตร
คุณสมบัติของเสีย (กากมัน) เข้าระบบ Biogas		
COD ที่หลงเหลือในกากมัน	240	กิโลกรัม/ตันกากมัน
COD Load เข้าระบบ Biogas	29,287 – 154,000	กิโลกรัม-COD/วัน

2.3.2 อุตสาหกรรมปาล์ม

ความต้องการใช้น้ำมันปาล์มในประเทศ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 0.13 ต่อปี ในปี 2553 ความต้องการใช้น้ำมันเพื่อการบริโภค 924,000 ตันเพิ่มขึ้นจาก 910,700 ตัน ในปี 2552 ความต้องการใช้เพื่อเป็นวัตถุดิบผลิตไบโอดีเซลมีประมาณ 470,000 ตัน เพิ่มขึ้นจาก 380,000 ตัน คิดเป็นร้อยละ 23.68 เนื่องจากกระทรวงพลังงานได้ออกประกาศกำหนดคุณภาพน้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดาต้องผสมไบโอดีเซลร้อยละ 3 เป็นภาคบังคับในปี 2553 มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มิ.ย.2553 เป็นต้นมา รวมเป็นความต้องการใช้ทั้งสิ้น 1,394,000 ตัน เพิ่มจาก 1,290,700 ตัน ในปี 2552 ร้อยละ 8 (วารสารเคหการเกษตร, 2554)

หลักการในการสกัดน้ำมันปาล์มคือ การนำผลปาล์มนึ่งด้วยไอน้ำและเข้าเครื่องอัดเพื่อสกัดน้ำทันปาล์มออกจากผลปาล์มแล้วทำให้บริสุทธิ์ น้ำเสียจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มมาจาก น้ำเสียที่เกิดจากการนึ่งผลปาล์ม น้ำเสียจากไฮโดรไซโคลน และน้ำเสียจากเครื่องแยกตะกอน โดยปริมาณน้ำมันปาล์ม 1 ตันจะทำให้เกิดปริมาณน้ำเสียจำนวน 3 ตัน (Borja และคณะ, 1995) ซึ่งทำให้เกิดเป็นปริมาณน้ำเสียประมาณ 3.9 – 4.2 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี



ภาพที่ 2.9 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มและของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2549)

<u>กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม</u>

1. การนึ่งปาล์ม (Sterilization) หลังจากเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มสดจำเป็นต้องนำเข้าสู่กระบวนการผลิตภายใน 72 ชม. มิฉะนั้นปริมาณกรดไขมันอิสระจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำมันที่ได้มีคุณภาพและปริมาณต่ำลง เมื่อส่งเข้าโรงงานจะทำการนึ่งทะลายปาล์ม เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งการเกิดกรดไขมันอิสระ นอกจากนั้นแล้วการนึ่งผลปาล์มจะช่วยให้ผลปาล์หลุดออกจากก้านทะลายปาล์มง่ายขึ้น และเนื้อปาล์มนุ่มง่ายต่อการบีบอัดน้ำมัน การนึ่งใช้ไอน้ำ 120 -130 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 45 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 45 นาที

2. การแยกผลปาล์ม (Bunch Stripping) ทะลายปาล์มที่นึ่งแล้วจะถูกส่งมาเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกขนาดใหญ่ ทำให้ผลปาล์มแยกออกจากทะลายปาล์ม ทะลายเปล่าจะถูกส่งไปใช้เป็นเชื้อเพลิงต่อไป

3. การฉีกย่อยผลปาล์ม (Digestion) ผลปาล์มที่แยกออกจากทะลายแล้ว ถูกส่งมาตีย่อยให้นุ่ม เพื่อให้ผลปาล์มพร้อมต่อการสกัดน้ำมันออก

4. การสกัดน้ำมัน (Pressing) ผลปาล์มที่ได้รับการฉีกย่อยแล้ว ถูกส่งเข้ามาในเครื่องสกัดเกลียวอีดชนิดเกลียวคู่ เพื่อสกัดน้ำมันออกจากเปลือกนอกของผลปาล์ม ในการสกัดเครื่องสกัดเกลียวอัดจะถูกปรับระยะห่างของเกลียวให้เหมาะสม เพื่อให้สามารถสกัดน้ำมันออกได้มากที่สุด โดยให้กะลาของเมล็ดในปาล์มแตกน้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้ได้น้ำมันปาล์มที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน ในส่วนที่เป็นกากพืชน้ำมัน ประกอบด้วยเส้นใยและเมล็ดปาล์มจะถูกเป่าด้วยลมร้อนให้แห้ง และแยกออกจากกันด้วยไซโคลน เมล็ดปาล์มถูกส่งเข้าเครื่องกระเทาะกะลา กะลาที่แยกออกถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำ ส่วนเมล็ดในปาล์มถูกส่งเข้าเครื่องสกัดเกลียวอัด เพื่อสกัดน้ำมันออกดวยกรรมวิธีเดียวกันกับการผลิตน้ำมันมะพร้าว การกรองน้ำมันปาล์มที่ได้มีเส้นใยปาล์มปะปนมาด้วย จะถูกส่งเข้าสู่ตะแกรงสั่นเพื่อแยกเศษของแข็งออก

5. การกำจัดน้ำ บางที่มีการใช้เครื่องเหวี่ยงแยกด้วยความเร็วสูง แยกสิ่งสกปรก น้ำ กากตะกอนออกจากน้ำมัน น้ำมันที่กรองแล้วจะถูกส่งผ่านเครื่องระเหยที่ 80 - 90 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ เพื่อกำจัดน้ำและความชื้นในน้ำมัน เพื่อให้น้ำมันมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น

2.3.2.1 **น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมปาล์ม**

(โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับน้ำเสียอุตสาหกรรม, 2554)

น้ำเสียกลุ่มอุตสาหกรรมปาล์มประกอบด้วย น้ำเสียจากการสกัดน้ำมันปาล์ม น้ำเสียจากการบีบทะลายปาล์มเปล่า น้ำเสียจากการผลิตยาง และน้ำเสียจากการสกัดน้ำมันปาล์ม โดยสามารถสรุปรายละเอียดข้อมูลการผลิต ปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสียดังนี้

ตารางที่ 2.6 ข้อมูลการผลิตของโรงงานน้ำมัน

กำลังการผลิต	30 – 75	ตันFFB/ชั่วโมง
ปริมาณการผลิต	21,911 – 325,007	ตันFFB/ปี

(Unit FFB: ทะลายปาล์มสด)

ตารางที่ 2.7 ข้อมูลปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสีย/ของเสียของโรงงานน้ำมัน

ปริมาณน้ำเสียที่เกิด	240 – 756	ลูกบาศก์เมตร/วัน
ปริมาณน้ำเสียต่อผลผลิต	0.4 – 1.0	ลูกบาศก์เมตร/ตันFFB
คุณสมบัติน้ำเสียเข้าระบบ Biogas		
COD	58,095 – 100,000	มิลลิกรัม/ลิตร
BOD_5	21,424 – 70,000	มิลลิกรัม/ลิตร
คุณสมบัติของเสียจากการบีบทะลายปาล์มเปล่า		
COD	170,000	มิลลิกรัม/ลิตร
BOD_5	66,600	มิลลิกรัม/ลิตร
COD Load เข้าระบบ Biogas	14,400 – 75,000	กิโลกรัม-COD/วัน

2.3.3 อุตสาหกรรมเทานอล

เอทานอล (Ethanol) หรือเอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol) เป็นกลุ่มสารประกอบอินทรีย์ (C_2H_5OH) มีน้ำหนักโมเลกุล 46.07 จุดเดือดประมาณ 78 องศาเซลเซียส เป็นของเหลวใสไม่มีสี ติดไฟง่าย ให้เปลวไฟสีน้ำเงิน ไม่มีควัน ประเทศที่ผลิตเอทานอลมากที่สุดของโลกในลำดับต้นๆ ได้แก่ บราซิล และประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งแนวโน้มการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ของโลกยังคงเติบโตอย่างต่อเนื่อง สำหรับประเทศแถบเอเชีย เช่น จีน อินเดีย ก็ให้ความสนใจมากในการใช้พลังงานทดแทน โดยเฉพาะเอทานอล ซึ่งปัจจุบันอินเดียได้มีการส่งเสริมและพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตเอทานอลบริสุทธิ์เพื่อใช้ภายในประเทศรวมถึงสามารถส่งออกเทคโนโลยีไปยังประเทศต่างๆ รวมทั้งประเทศไทย

กระบวนการผลิตเอทานอลมี 2 วิธี ได้แก่ การใช้กระบวนการทางเคมีเป็นการสังเคราห์เอทานอล ผลิตภัณฑ์ที่ได้เรียกว่า เอทานอลสังเคราะห์ (Synthetic Ethanol) และการใช้วิธีการทางชีวเคมีเพื่อผลิตเอทานอลโดยผลิตภัณฑ์ที่ได้เรียกว่า ไบโอเอทานอล (Bio-Ethanol)

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเอทานอล

1. วัตถุดิบประเภทแป้ง ได้แก่ ธัญพืช ข้าวเจ้า ข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวบาร์เลย์ ข้าวฟ่าง และพวกพืชหัว

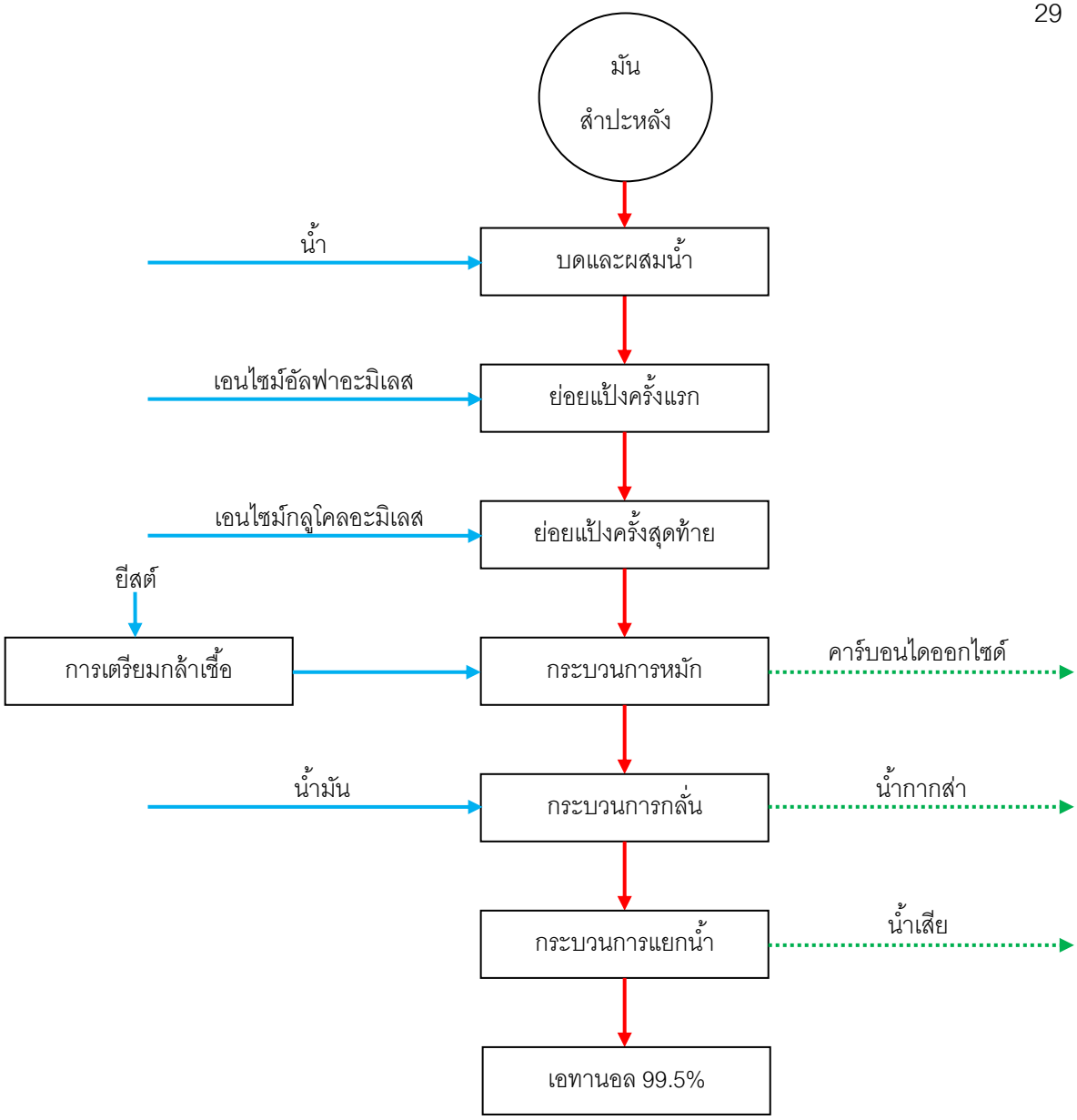
2. วัตถุดิบประเภทน้ำตาล ได้แก่ อ้อย กากน้ำตาล บีตรูต ข้าวฟ่างหวาน เป็นต้น

3. วัตถุดิบประเภทเส้นใย ผลผลิตทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย ซังข้าวโพด รำข้าว เศษไม้ เศษกระดาษ ขี้เลื่อย วัชพืช รวมทั้งของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานกระดาษ เป็นต้น

ตารางที่ 2.8 เปรียบเทียบการผลิตปริมาตรเอทานอลจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ

(คณะกรรมการพลังงานทดแทน เอทานอลและไบโอดีเซล, 2545)

วัตถุดิบ (1 ตัน)	**ปริมาตรเอทานอลที่ผลิตได้ (ลิตร)**
กากน้ำตาล	260
อ้อย	70
มันสำปะหลัง	180
ข้าวฟ่าง	70
ธัญพืช	375
น้ำมะพร้าว	83



ภาพที่ 2.10 กระบวนผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังและของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต (นวัตกรรมพลังงานทดแทน, 2553)

การผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง

1. การเตรียมวัตถุดิบ มันสำปะหลังที่ผ่านการแยกเหง้าจะถูกล้างให้สะอาดแล้วบดให้ละเอียดเป็นแป้ง ได้วัตถุดิบแป้งมันสำปะหลัง

2. การย่อยแป้ง เป็นขั้นตอนการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล (น้ำตาลกลูโคส) เพื่อให้มีสภาพเหมาะกับการหมักเอทานอลด้วยยีสต์ในขั้นต่อไป โดยวิธีการย่อยแป้งอาจใช้กรดย่อยแป้ง (Acid Hydrolysis) หรือใช้เอนไซน์ (Enzymatic Hydrolysis) ซึ่งวิธีการที่ใช้เอนไซน์เพื่อย่อยแป้งนั้นจะได้รับความนิยมมากกว่าเนื่องจากสะดวกและประหยัดต้นทุน ขั้นตอนนี้จะทำการย่อย 2 ครั้งด้วยกัน

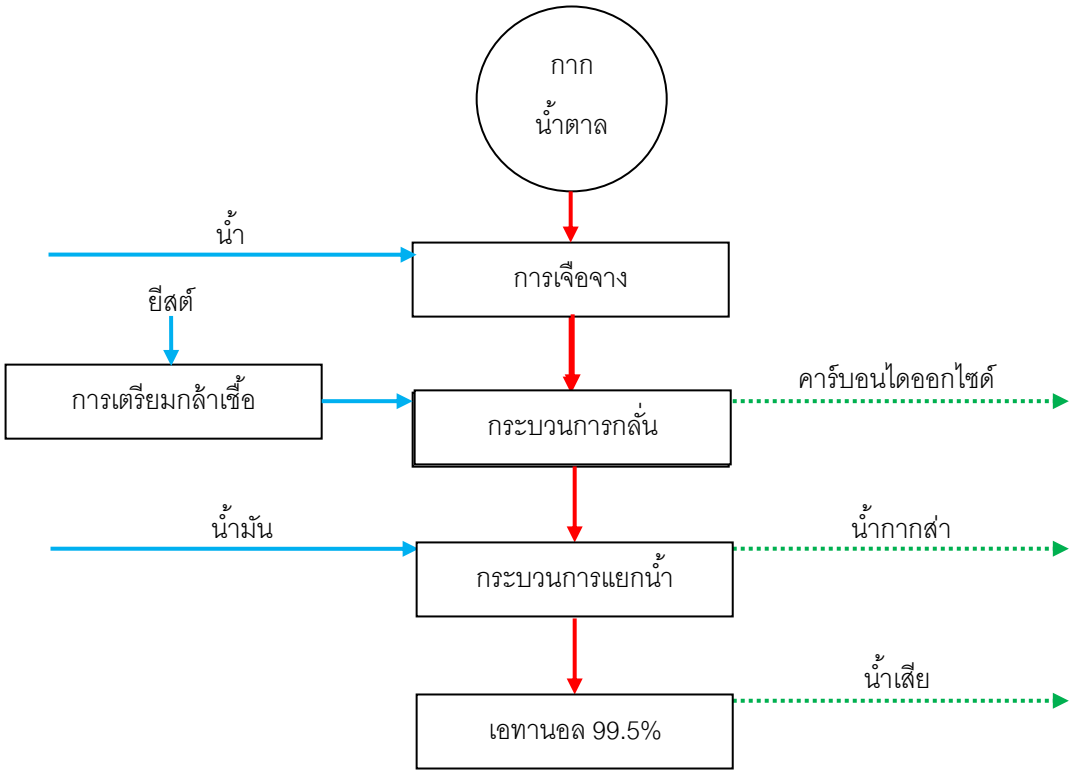
ครั้งที่ 1 ย่อยแป้งเพื่อทำให้แป้งมีโมเลกุลเล็กหรือทำให้เหลว (Liquefaction) เป็นการเตรียมแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้วิธีการต้มเคี่ยวน้ำแป้งสำปะหลังด้วยเอนไซม์ตัวที่ 1 คือ เอนไซน์แอลฟา-อะไมเลส (alfa-amylase) โดยใช้ เคี่ยวรักษาอุณหภูมิที่ประมาณ 100 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 2 ชั่วโมง

ครั้งที่ 2 ย่อยแป้งทำให้ได้กลูโคสหรือย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล (Saccharification)โดยทำให้น้ำแป้งสุก ก่อนผสมเอนไซม์ตัวที่ 2 คือ กลูโค-อะไมเลส (Glucoamylase หรือ เบต้า-อะไมเลส (beta-amylase) เพื่อย่อยแป้งสุกให้เป็นน้ำตาลก่อนเข้าสู่กระบวนการการหมัก

3. <u>กระบวนเตรียมหัวเชื้อและการหมัก</u> การเตรียมหัวเชื้อ (inoculum) เพื่อให้ได้เชื้อจุลินทรีย์ที่แข็งแรงและมีปริมาณมากเพียงพอสำหรับใช้ในการหมัก เมื่อเตรียมหัวเชื้อพร้อมแล้ว ก็เข้าสู่ขั้นตอนการหมัก โดยใช้เชื้อยีสต์ Saccaromyces cerevisiae จากนั้นทำการปรับและควบคุมสภาวะของการหมัดเช่น อัตราการให้อากาศ อัตราการกวน ค่าพีเอชและอุณหภูมิ ใช้ระยะเวลาการหมัก ประมาณ 48 ชม. ที่ pH 4-5 โดยทำการหมักในถังหมักที่ได้เตรียมไว้ และใช้เครื่องควบคุมการหมัก (Biostat B) ยีสต์สายพันธุ์นี้ สามารถผลิตเอทานอลได้สูงและสามารถทนสภาพแวดล้อมที่มีเอทานได้ดีกว่าสายพันธุ์อื่น

4. <u>การกลั่นเอทานอล (Ethanol)</u> เป็นการกลั่นเพื่อผลิตเอทานอลและทำให้บริสุทธิ์ เป็นการแยกเอทานอลที่มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 8-12 โดยปริมาตร ออกจากน้ำหมักและน้ำส่า โดยการกลั่นลำดับส่วนซึ่งสามารถแยกเอทานอลให้บริสุทธิ์ร้อยละ 95.6 โดยปริมาตร แต่การนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง (แก๊สโซฮอล์) นั้นจะต้องทำให้เอทานอลมีความบริสุทธ์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 99.5 โดยปริมาตร ซึ่งจำเป็นต้องใช้เทคนิค หรือ เทคโนโลยีในการกลั่นเพื่อแยกน้ำให้ได้เอทานอลที่บริสุทธิ์ ที่นิยมใช้กันอยู่มี 3 วิธี คือ

- การดูดซับด้วย (Molecular sieve)
- การกลั่นอะซีโอโทรป (Azeotropic distillation)
- เทคโนโลยีแผ่นเยื่อบาง (Membrane technology)



ภาพที่ 2.11 กระบวนผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลและของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต (นวัตกรรมพลังงานทดแทน, 2553)

<u>กระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล</u>

การผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล (Molasses) โดยนำกากน้ำตาลมาเจือจางด้วยน้ำร้อน และนำไปหมักทิ้งไว้เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ให้ได้แอลกอฮอล์ จากนั้นนำไปเข้ากระบวนการกลั่นเพื่อให้ได้เอทานอลร้อยละ 95 ซึ่งหลังจากนำไปผ่านกระบวนการแยกน้ำและแอลกอฮอล์จะได้แอลกอฮอล์ที่ความบริสุทธิ์

การใช้กากน้ำตาลในการผลิตเอทานอลมีข้อดีคือเป็นวัตถุดิบประเภทน้ำตาลจึงไม่ต้องผ่านขั้นตอนในการเตรียม ก่อนการหมักเช่นเดียวกับมันสำปะหลัง เพียงแต่ทำการเจือจางกากน้ำตาลด้วยน้ำให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสมก็สามารถนำไปใช้ในการหมักด้วยยีสต์ได้ ทำให้มีต้นทุนในการผลิตต่ำ แต่ข้อเสียก็คือการเกิดตะกรันในหอกลั่น ทำให้โรงงานต้องหยุดเดินเครื่องเพื่อความความสะอาดบ่อยครั้ง นอกจากนี้ น้ำกากส่าจากการกลั่นเอทานอลยังมีสีเข้ม ซึ่งยากแก่การกำจัดสีให้หมดไป ทำให้เกิดปัญหาในการระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

2.3.3.1 **น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเอทานอล**

(โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับน้ำเสียอุตสาหกรรม, 2554)

น้ำเสียกลุ่มอุตสาหกรรมเอทานอลประกอบด้วย น้ำเสียจากกระบวนการผลิตที่ใช้โมลาสเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล น้ำเสียจากกระบวนการผลิตที่ใช้โมลาสและมันเส้นเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล น้ำเสียจากกระบวนการผลิตที่ใช้มันเส้นเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล โดยสามารถสรุปรายละเอียดข้อมูลการผลิต ปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสียดังนี้

ตารางที่ 2.9 ข้อมูลการผลิตของโรงงานเอทานอล

กำลังการผลิต	55,000 – 200,000	ลิตร/วัน
ปริมาณการผลิต	15,172,678 – 66,000,000	ลิตร/ปี

ตารางที่ 2.10 ข้อมูลปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสียของโรงงานเอทานอล

ปริมาณน้ำเสียที่เกิด		
ใช้โมลาสในการผลิตเอทานอล	500 – 1,000	ลูกบาศก์เมตร/วัน
ใช้มันเส้นในการผลิตเอทานอล	1,580	ลูกบาศก์เมตร/วัน
ใช้โมลาส + มันเส้นในการผลิตเอทานอล	1,571 – 1,790	ลูกบาศก์เมตร/วัน
ปริมาณน้ำเสียต่อผลผลิต		
ใช้โมลาสในการผลิตเอทานอล	0.0067 – 0.009	ลูกบาศก์เมตร/ลิตรเอทานอล
ใช้มันเส้นในการผลิตเอทานอล	0.008	ลูกบาศก์เมตร/ลิตรเอทานอล
คุณสมบัติน้ำเสียเข้าระบบ Biogas		
ใช้โมลาสในการผลิตเอทานอล		
COD	100,000 – 250,000	มิลลิกรัม/ลิตร
BOD_5	18,100 – 87,840	มิลลิกรัม/ลิตร
ใช้มันเส้นในการผลิตเอทานอล		
COD	50,000 – 84,633	มิลลิกรัม/ลิตร
BOD_5	3,000 – 53,234	มิลลิกรัม/ลิตร
COD Load เข้าระบบ Biogas	70,000 – 169,575	กิโลกรัม-COD/วัน

2.3.4 อุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร

อุตสาหกรรมอาหารแปรรูปมีความสำคัญตอการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร เนื่องจากผู้ผลิตสามารถพัฒนาผลิตภัณฑที่ใช้วัตถุดิบจากผลผลิตการเกษตรผ่านกระบวนการแปรรูป แปลงสภาพให้เป็นอาหารที่ผู้บริโภคต้องการ และได้มีการคาดการณ์ว่าประชากรโลกจะมีความต้องการบริโภคอาหารเพิ่มขึ้นกว่า 150% ในอีก 10 ปีข้างหน้า ขณะที่ความสามารถในการผลิตต่ำลง จึงเปนสิ่งที่หลายประเทศหันมาให้ความสนใจกับความมั่นคงด้านอาหาร สำหรับประเทศไทยมีพื้นฐานด้านการเกษตรที่ดี สินค้าเกษตรเป็นที่ นิยมของทั่วโลก อุตสาหกรรมเกษตรโดยเฉพาะอาหารแปรรูปมีมูลค่าการส่งออกกว่า 7 แสนล้านบาทในปี 2554 โดยมีแนวโน้มการเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และคาดว่าจะมีมูลค่าการส่งออกถึง 1 ล้านล้านบาทภายในปี 2556

ผลิตผลทางการเกษตรที่ใช้เป็นวัตถุดิบส่วนใหญ่มีอายุการเก็บสั้น จึงต้องมีการแปรรูป สาเหตุสำคัญที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากจุลินทรีย์ ดังนั้นหลักการในการยืดอายุการเก็บและการแปรรูปอาหารคือ การยับยั้งหรือชะลอการเสื่อมเสียที่เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว โดยการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิ ปริมาณน้ำในอาหาร ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ต้องควบคุมในกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษา เพื่อให้อาหารมีอายุการเก็บหรือใช้ประโยชน์ได้นานขึ้น หลักการยืดอายุการเก็บอาหาร มีดังนี้ คือ

1. <u>การป้องกันหรือทำให้การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ช้าลง</u> ตามธรรมชาติมีกลไกป้องกันการเสื่อมเสียอยู่แล้ว เช่น เปลือกแข็งของเมล็ดข้าวหรือถั่ว เปลือกผลไม้ เปลือกไข่ ซึ่งสามารถป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์เข้าไปภายในเนื้อเยื่อได้ การแปรรูปอาหารสามารถเลียนแบบธรรมชาติโดยการเลือกใช้ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมกับอาหาร เช่น การบรรจุในกระป๋องหรือขวดแก้วปิดสนิท หรือใช้ถุงพลาสติก หรืออาจใช้วิธีการแยกเอาจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับอาหารออก โดยการกรองผ่านเมมเบรน (membrane) หรือการขัดขวางการเจริญหรือกิจกรรมในการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์โดยการใช้สารกันเสีย

2. <u>การป้องกันหรือทำให้ปฏิกิริยาเคมีในอาหารช้าลง</u> ทำได้โดยการควบคุมปฏิกิริยาเคมีที่อาจเกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยวพืชและการฆ่าสัตว์ และปฏิกิริยาเคมีที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษา เช่น การทำลายเอ็นไซม์ที่มีอยู่ในอาหารด้วยการลวกในน้ำร้อนหรือให้สัมผัสกับไอน้ำ การป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น การป้องกันปฏิกิริยาเติมออกซิเจน (oxidation) ในอาหาร ที่ทำให้อาหารที่มีไขมันหืน หรือป้องกันผลไม้มีสีน้ำตาลภายหลังการปอกหรือหั่น (browning reaction) ทำได้โดยการเติมสารกันหืน กรดซิตริก หรือรมควันกำมะถัน เป็นต้น

3. <u>การป้องกันความเสียหายที่จะเกิดจากปัจจัยภายนอก</u> ทำได้โดยการเลือกใช้การบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม เพื่อป้องกันแสง ออกซิเจน ป้องกันแมลง สัตว์ หรือความเสียหายที่เนื่องมาจากแรงกระทบกระแทกในระหว่างการขนส่ง การเก็บรักษา และการจัดจำหน่า

โดยน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารจะเกิดจากกระบวนการล้างวัตถุดิบที่ใช้ในการแปรรูป การรีดน้ำออก การแต่งรส สี กลิ่น เป็นต้น ซึ่งมีปริมาณที่ค่อนข้างสูงในแต่ละปีเนื่องจากอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารเป็นอุตสาหกรรมที่มีจำนวนค่อนข้างเยอะในประเทศไทย

2.3.4.1 **น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร**

(โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับน้ำเสียอุตสาหกรรม, 2554)

น้ำเสียกลุ่มอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารประกอบด้วย น้ำเสียจากการแปรรูปอาหารทะเล การแปรรูปเนื้อสัตว์ การแปรรูปน้ำผลไม้ การผลิตผลชูรส โดยสามารถสรุปรายละเอียดข้อมูลการผลิต ปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสียดังนี้

ตารางที่ 2.11 ข้อมูลการผลิตของโรงงานแปรรูปอาหาร

กำลังการผลิต	10 – 737	ตัน/วัน
ปริมาณการผลิต	4,480 – 51,246	ตัน/ปี

ตารางที่ 2.12 ข้อมูลปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสียของโรงงานแปรรูปอาหาร

ปริมาณน้ำเสียที่เกิด	150 – 6,000	ลูกบาศก์เมตร/วัน
ปริมาณน้ำเสียต่อผลผลิต	1.33 – 75	ลูกบาศก์เมตร/ตันFFB
คุณสมบัติน้ำเสียเข้าระบบ Biogas		
COD	1,500 – 10,800	มิลลิกรัม/ลิตร
BOD_5	695 – 5,200	มิลลิกรัม/ลิตร
COD Load เข้าระบบ Biogas	1,275 – 6,720	กิโลกรัม-COD/วัน

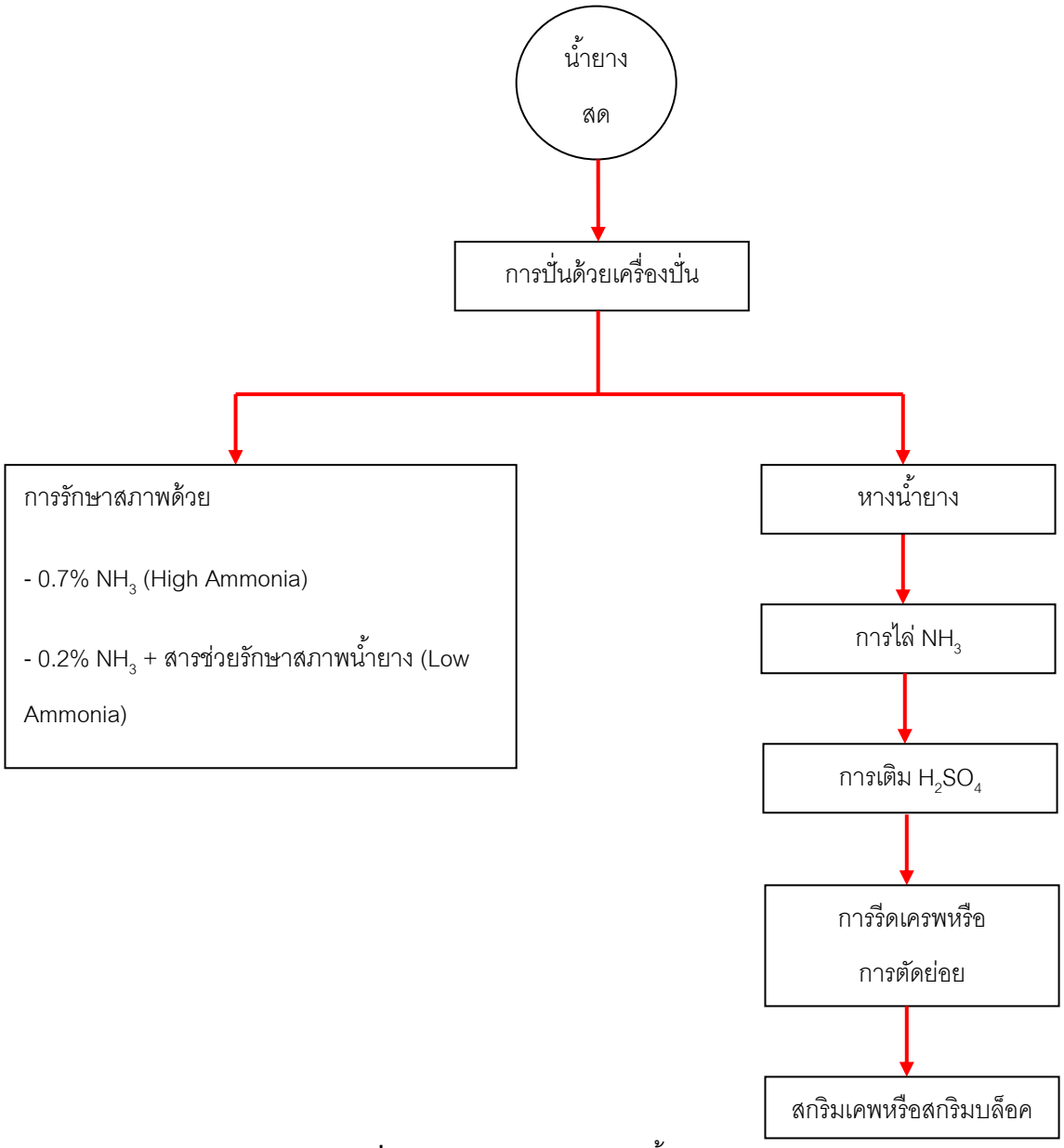
2.3.5 **อุตสาหกรรมยาง**

ยางพาราเป็นพืชยืนต้นใช้เวลาในการปลูกนานถึง 6 ปี จึงจะสามารถกรีดน้ำยางได้ปกติ ผลผลิตยางพาราจะออกสู่ตลาดเกือบทั้งปี โดยจะออกสู่ตลาดมากในช่วงปลายปีต่อเนื่องจนถึงต้นปี เนื่องจากเป็นช่วงปลายฤดูฝนดินมีความชุ่มชื้น หลังจากนั้นผลผลิตจะลดลงในช่วงเดือนมีนาคมและเมษายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนที่ต้นยางผลัดใบจะได้น้ำยางน้อยกว่าปกติ เนื่องจากสภาพอากาศก่อให้เกิดความกระทบกระเทือนต่อการเจริญเติบโตของต้นยาง ดังนั้นในปีหนึ่งๆ ชาวสวนจะกรีดยางได้เฉลี่ยประมาณ 120-180 วัน (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2554)

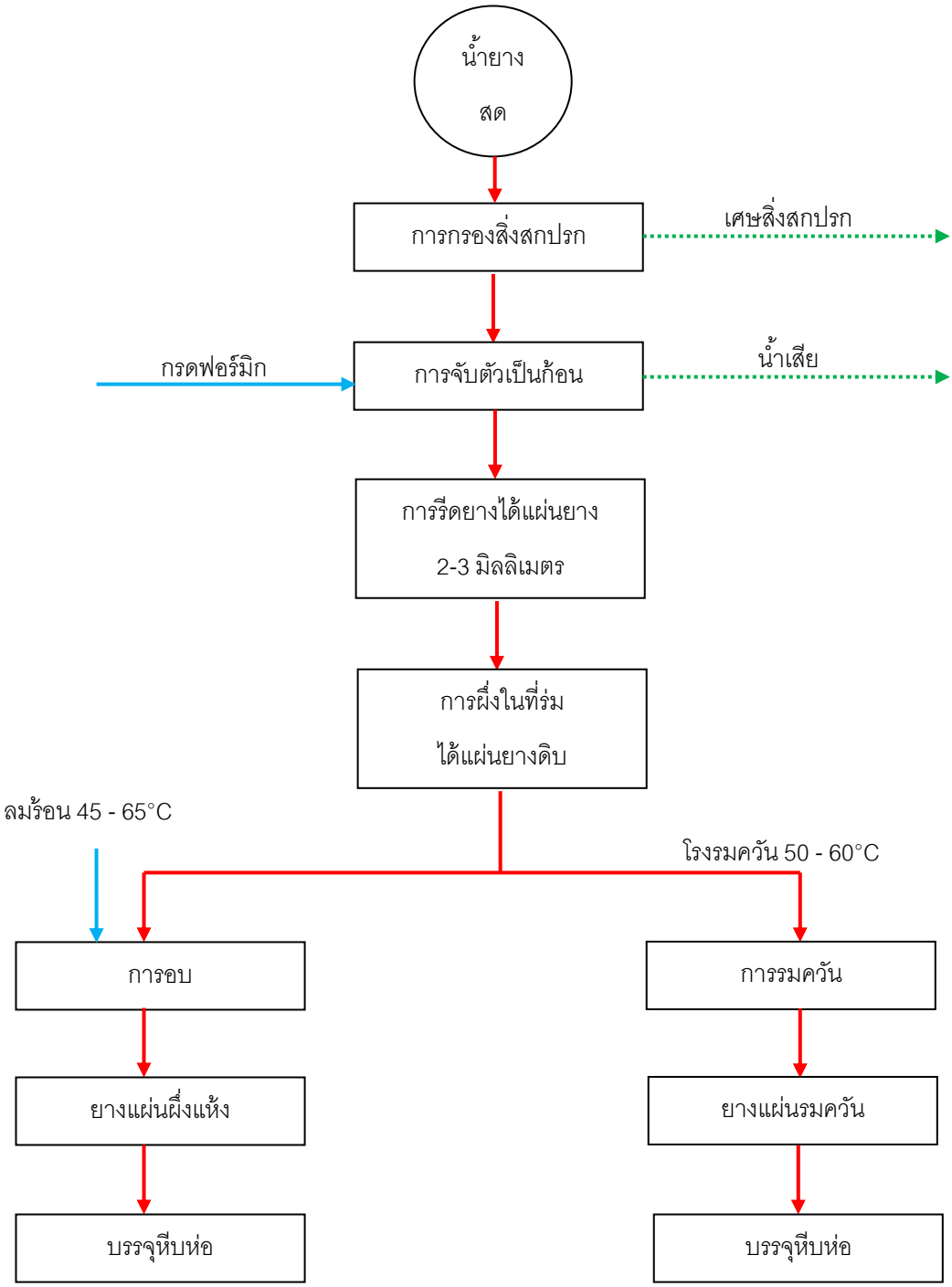
น้ำยางที่กรีดได้ประมาณร้อยละ 90 ถูกผลิตเป็นยางแผ่นดิบ เพื่อนำไปแปรรูปเป็นยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง ยางเครฟ และที่เหลือร้อยละ 10 จะถูกนำไปแปรรูปเป็นน้ำยางข้น ซึ่งอุตสาหกรรมการแปรรูปยางพาราเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศและภาคใต้เป็น

อุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดการจ้างงานและการสร้างรายได้ให้กับประเทศอย่างมาก โดยอุตสาหกรรมยางพาราของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมแปรรูปขั้นต้นที่นำเอายางพาราสดมาแปรรูปให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมและสะดวกในการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางพาราต่อไป อุตสาหกรรมแปรรูป แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

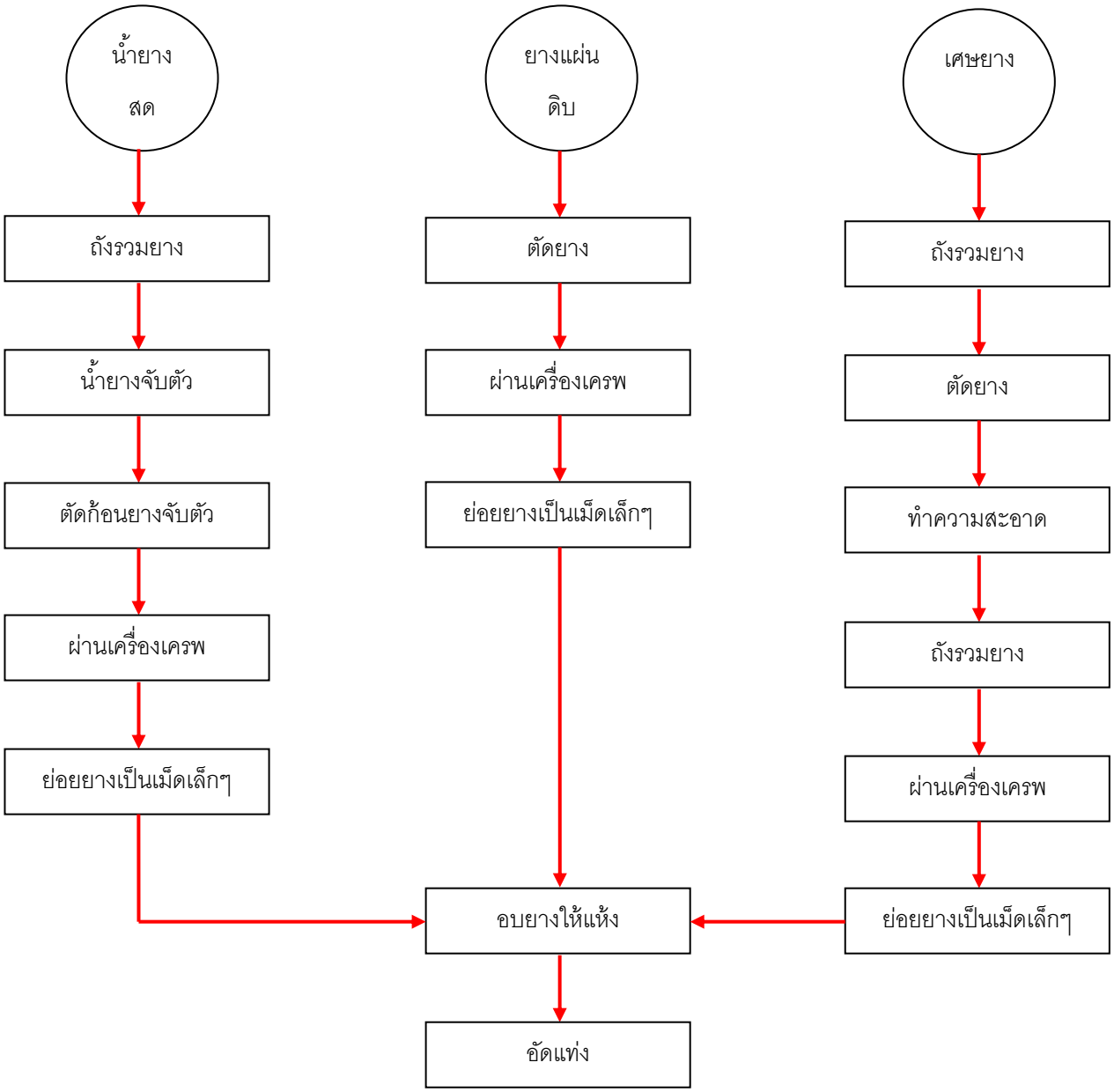
1. ยางแห้ง ได้แก่ ย่างแผ่นรมควัน ยางแท่ง ยางเครพ ยางแผ่นผึ่งแห้ง และยางสกิม
2. ยางน้ำ ได้แก่ น้ำยางข้น หรือยางลาเท็กซ์



ภาพที่ 2.12 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น



ภาพที่ 2.13 กระบวนการผลิตแผ่นยางแห้งและแผ่นยางรมควัน



ภาพที่ 2.14 กระบวนการผลิตยางอัดแท่ง

2.3.5.1 **น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมยาง**

(โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับน้ำเสียอุตสาหกรรม, 2553)

น้ำเสียกลุ่มอุตสาหกรรมยางประกอบด้วย น้ำเสียจากการผลิตยางข้น ผลิตยางแท่ง โดยสามารถสรุปรายละเอียดข้อมูลการผลิต ปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสียดังนี้

ตารางที่ 2.13 ข้อมูลการผลิตของโรงงานแปรรูปยาง

กำลังการผลิต	120 – 165	ตันยางแท่ง/วัน
ปริมาณการผลิต	26,871 – 36,000	ตันยางแท่ง/ปี

ตารางที่ 2.14 ข้อมูลปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสียของโรงงานแปรรูปยาง

ปริมาณน้ำเสียที่เกิด	1,500 – 2,600	ลูกบาศก์เมตร/วัน
ปริมาณน้ำเสียต่อผลผลิต	13 – 300	ลูกบาศก์เมตร/ตันยางแท่ง
คุณสมบัติน้ำเสียเข้าระบบ Biogas		
COD	1,300 – 1,650	มิลลิกรัม/ลิตร
BOD_5	850 – 1,070	มิลลิกรัม/ลิตร
COD Load เข้าระบบ Biogas	1,950 – 4,290	กิโลกรัม-COD/วัน

2.4 เทคโนโลยีที่ใช้ในอุตสาหกรรมที่ทำการศึกษา

2.4.1 เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมแป้ง

(โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับน้ำเสียอุตสาหกรรม, 2554)

อุตสาหกรรมประเภทแป้งมีปริมาณการผลิต 150 – 950 ตันแป้ง/วัน ซึ่งมีปริมาณน้ำเสียจากการผลิตอยู่ที่ 2,100 – 88,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน โดยเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพและปริมาณก๊าซชีวภาพมีดังนี้

ตารางที่ 2.15 เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมแป้ง

เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ	**ปริมาตรระบบ (m^3)**	**ปริมาตรประสิทธิผล (m^3)**	**ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพ**	
			ปริมาณต่อวัน (Nm^3/d)	**ปริมาณต่อปี (Nm^3/y)**
UASB	5,000 – 6,3000	5,000 – 6,000	24,250 – 37,800	2,921,160 – 11,340,000
CLBR	93,000 – 120,000	85,000 – 100,000	11,696 – 14,478	3,508,920 – 5,067,300
Cover Lagoon	85,000 – 162,712	84,177 – 150,000	1,977 – 52,200	593,100 – 10,962,000
FLR	93,833	82,647	24,544	7,363,200
CSTR	27,200	27,000	23,040 – 24,544	6,220,800 – 7,319,160
HRAL	75,000	70,000	11,865	2,491,650

*CLBR: Coved Lagoon Bio-Reactor

*FLR: Flexible Liner Reactor

2.4.2 เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตกาซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมปาล์ม

(โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับน้ำเสียอุตสาหกรรม, 2554)

อุตสาหกรรมประเภทปาล์มมีปริมาณการผลิต 30 – 75 ตันFFB/ชั่วโมง ซึ่งมีปริมาณน้ำเสียจากการผลิตอยู่ที่ 240 – 756 ลูกบาศก์เมตร/วัน โดยเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพและปริมาณก๊าซชีวภาพมีดังนี้

ตารางที่ 2.16 เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมัน

เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ	**ปริมาตรระบบ (m^3)**	**ปริมาตรประสิทธิผล (m^3)**	**ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพ**	
			ปริมาณต่อวัน (Nm^3/d)	**ปริมาณต่อปี (Nm^3/y)**
CSTR	7,042 – 15,042	6,232 – 15,000	1,977 – 8,462	593,100 – 2,538,600
Hybrid Decanter Digester	2,300 – 7,000	2,300 – 7,000	1,588 – 4,851	476,400 – 1,455,300
Hybrid Channel Digester	8,000 – 12,000	8,000 – 12,000	7,438	2,231,400 – 2,454,540

2.4.3 เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตกาซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมเอทานอล

(โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับน้ำเสียอุตสาหกรรม, 2554)

อุตสาหกรรมประเภทเอทานอลมีปริมาณการผลิต 55,000 – 200,000 ลิตร/วัน ซึ่งมีปริมาณน้ำเสียจากการผลิตอยู่ที่ 1,571 – 1,790 ลูกบาศก์เมตร/วัน โดยเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพและปริมาณก๊าซชีวภาพมีดังนี้

ตารางที่ 2.17 เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมเอทานอล

เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ	**ปริมาตรระบบ (m^3)**	**ปริมาตรประสิทธิผล (m^3)**	**ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพ**	
			ปริมาณต่อวัน (Nm^3/d)	**ปริมาณต่อปี (Nm^3/y)**
UASB	22,650	18,000	49,167	16,225,110
Cover Lagoon	8,500	8,500	19,068	6,292,440
Modified Cover Lagoon	59,000 – 234,000	53,213 – 200,000	29,250 – 78,750	9,652,500 – 11,340,000

2.4.4 เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตกาซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร

(โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับน้ำเสียอุตสาหกรรม, 2554)

อุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหารมีปริมาณการผลิต 10 – 737 ตัน/วัน ซึ่งมีปริมาณน้ำเสียจากการผลิตอยู่ที่ 150 – 6,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน โดยเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพและปริมาณก๊าซชีวภาพมีดังนี้

ตารางที่ 2.18 เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร

เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ	ปริมาตรระบบ (m^3)	ปริมาตรประสิทธิผล (m^3)	ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพ	
			ปริมาณต่อวัน (Nm^3/d)	ปริมาณต่อปี (Nm^3/y)
UASB	275 – 385	250 – 270	540 – 1,045	162,000 – 334,400
CSTR	1,017 – 5,000	900 – 4,800	1,400 – 2,600	420,000 – 832,000
CMU – CD	6,800	6,000	1,313	393,900 – 426,725
Anaerobic Baffle Reactor	6,250 – 8,750	5,000 – 7,500	1,408 – 1,932	487,283 – 556,076
Expanded Granular Sludge	85,000	84,177	34,200	9,234,000

2.4.5 เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตกาซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมแปรรูปยาง

(โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับน้ำเสียอุตสาหกรรม, 2553)

อุตสาหกรรมประเภทแปรรูปยางมีปริมาณการผลิต 120 - 165 ตันยางแห่ง/วัน ซึ่งมีปริมาณน้ำเสียจากการผลิตอยู่ที่ 1500 – 2,600 ลูกบาศก์เมตร/วัน โดยเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพและปริมาณก๊าซชีวภาพมีดังนี้

ตารางที่ 2.19 เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปยาง

เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ	ปริมาตรระบบ (m^3)	ปริมาตรประสิทธิผล (m^3)	ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพ	
			ปริมาณต่อวัน (Nm^3/d)	ปริมาณต่อปี (Nm^3/y)
ABR	3,883 – 5,712	3,005 – 5,092	410 - 900	123,000 – 270,000

2.5 การศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์

การศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นการศึกษาถึงต้นทุนที่เกิดขึ้น รายรับที่จะได้มา ความคุ้มค่าในการลงทุน โดยการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์นี้ต้องอาศัยข้อมูลและผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการตลาดและเทคนิคทางด้านวิศวกรรม เพื่อให้ทราบถึงจำนวนเงินในการดำเนินการ ค่าใช้จ่ายในการ

ลงทุน และระยะเวลาคืนทุน และผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับ โดยการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ประกอบด้วย

1. <u>การวิเคราะห์ต้นทุนและรายรับ</u>

ต้นทุนในการผลิตหรือค่าใช้จ่ายในการลงทุน ได้แก่ ต้นทุนในการก่อสร้างและต้นทุนในการดำเนินงาน

รายรับ คือ ผลตอบแทนที่ผู้ลงทุนได้รับจากการลงทุนหรือมูลค่ายอดขายจากการผลิต นับได้ว่าเป็นประโยชน์ทางตรงของโครงการ (Direct Benefit) ไม่ยากที่จะนับหรือวัด เนื่องจากผลประโยชน์ทางตรงของโครงการก็คือ อะไรที่โครงการตั้งใจที่จะทำให้บรรลุผลการคำนวณสามารถหาได้จาก ผลคูณของยอดขายผลผลิตกับราคาขาย ซึ่งรายได้นี้จะเกิดขึ้นตลอดอายุของโครงการ

เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการจุดประสงค์ของการวิเคราะห์ด้านการเงินเพื่อทราบว่าโครงการที่จะลงทุนมีความคุ้มค่าและเป็นไปได้ทางการเงินหรือไม่ โดยพิจารณาจากเกณฑ์ตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลา ดังต่อไปนี้

2. <u>อัตราผลตอบแทนของโครงการ</u> (Internal Rate of Return : IRR)

อัตราผลตอบแทนของโครงการคืออัตราคิดลดที่จะทำให้ผลตอบแทน และค่าใช้จ่าย ที่คิดลด เป็นค่าปัจจุบันแล้วเท่ากัน ซึ่งอัตราความสามารถของเงินลงทุนที่จะก่อให้เกิดรายได้คุ้มกับการลงทุนเพื่อการนั้นพอดี

$$IRR = i_1 + \frac{PV(i_2 - i_1)}{PV + NV} \qquad (2.2)$$

โดยที่ i = อัตราดอกเบี้ย

PV = NPV (มีค่า +) ที่อัตราส่วนลดค่าต่ำกว่า (i_1)

NV = NPV (มีค่า -) ที่อัตราส่วนลดค่าสูงกว่า (i_2)

การพิจารณาตัดสินใจลงทุนกระทำโดยนำค่า IRR ไปเปรียบเทียบกับอัตราค่าเสียโอกาสของเงินทุนซึ่งอาจเป็นอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ของสถาบันการเงิน อัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ธุรกิจยอมรับได้ หรืออัตราผลตอบแทนจากการลงทุนในระยะเวลาตามที่กฎหมายกำหนด อาทิอัตราดอกเบี้ยพันธบัตรรัฐบาล

หลักเกณฑ์การตัดสินใจลงทุนมีดังนี้

IRR	>	i	คุ้มค่าแก่การลงทุนและยอมรับข้อเสนอโครงการ
IRR	<	i	ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนและไม่ยอมรับข้อเสนอโครงการ
IRR	=	i	ค่าเท่ากันต้องดูปัจจัยอื่นประกอบ

การคำนวณหา IRR ให้ใช้การลองผิดลองถูก (Trial and Error) ควบคู่กับการเข้าสูตรบัญญัติไตรยางศ์ประมาณค่าในช่วง (Interpolation) โดยต้องดู NPV เป็นหลัก

อนึ่ง ในกรณีเป็นการวิเคราะห์โครงการของรัฐบาลจะใช้ค่า EIRR (Economic Internal Rate of Return) แทนค่า IRR โดยรายการต้นทุนและผลประโยชน์นำมาคำนวณหาค่า EIRR นั้นต้องเป็นรายการทางเศรษฐกิจ ไม่ใช่รายการทางการเงิน

3. <u>ระยะคืนทุน</u> (Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุนเป็นเกณฑ์ที่คำนึงระยะเวลาที่ผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินงาน (ผลกำไรที่แต่ละปีเท่ากัน โดยเป็นกำไรสุทธิหลังหักภาษี ดอกเบี้ย และค่าเสื่อมราคาของสินทรัพย์) เท่ากับค่าใช้จ่ายในการลงทุนครั้งแรกของโครงการ นั่นคือการพิจารณาจำนวนปีที่ได้รับประโยชน์กับค่าใช้จ่ายในการลงทุน ดังนั้นหากลงทุนแล้วผลประโยชน์คุ้มกับจำนวนเงินที่ลงทุนได้เร็วยิ่งดี เกณฑ์การตัดสินใจแบบระยะเวลาคืนทุนนิยมใช้ในวงการธุรกิจที่มีความเสี่ยงสูง กรณีที่ผู้ประกอบการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ใหม่ โดยยังไม่ขอลิขสิทธิ์ และนำสินค้าเข้าตลาดอาจถูกลอกเลียนแบบได้ หรือธุรกิจที่มีเทคโนโลยีเกิดขึ้นใหม่รวดเร็ว ดังนั้นนักลงทุนต้องเลือกโครงการที่มีผลประโยชน์คืนเร็วในระยะเวลาอันสั้นซึ่งสามารถหาค่าได้ดังสมการที่ 2.3

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก}}{\text{ผลตอบแทนเฉลี่ยสุทธิ/ปี}} \qquad (2.3)$$

เกณฑ์การพิจารณา คือ ระยะเวลาคืนทุนยิ่งสั้นยิ่งเป็นผลดีต่อโครงการ

ข้อบกพร่องของเกณฑ์ระยะเวลาคืนทุน คือ เกณฑ์นี้ไม่ได้พิจารณาผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นหลังระยะเวลาคืนทุน ไม่สามารถวัดความสามารถการทำกำไรของโครงการแต่ชี้ให้เห็นถึงสภาพคล่องเท่านั้น เกณฑ์นี้ไม่ให้ความสำคัญกับมูลค่าของเงินทั้งด้านค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นต่างเวลากัน

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อาณัติ มีป้อม ศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียรวมเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพในจังหวัดนครปฐม โดยคัดเลือกพื้นที่เป้าหมายที่มีการรวมกลุ่มของฟาร์มสุกรและโรงงานอุตสาหกรรมอาหารอย่างหนาแน่น คือ 4 ตำบลในอำเภอสามพราน โดยกำหนดขนาดของฟาร์มสุกรที่ศึกษาเป็น 10-2,000 ตัว/ฟาร์ม และกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมประเภทแป้ง และผลิตภัณฑ์จากแป้ง ในการประเมินปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นโดยการสำรวจและเก็บตัวอย่างของเสียจากฟาร์มสุกรและโรงงานอุตสาหกรรมอาหารประเภทแป้งและผลิตภัณฑ์จากแป้งในพื้นที่เป้าหมาย ประเมินได้ว่าปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากฟาร์มเลี้ยงสุกรในพื้นที่เป้าหมายรวมเป็นทั้งหมด 1,515 ลูกบาศก์เมตร/วัน คิดเป็นปริมาณ COD และสารประกอบไนโตรเจนประมาณ 12,560 KgCOD/วัน และ 780 KgTKN/วัน

ตามลำดับ ในขณะที่จากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารกลุ่มเป้าหมายมีปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นประมาณ 2,240 ลูกบาศก์เมตร/วัน คิดเป็นปริมาณ COD และสารประกอบไนโตรเจนประมาณ 6,840 KgCOD/วัน และ 230-680 KgTKN/วัน ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณของเสียรวมจากทั้ง 2 แหล่ง มีปริมาตรประมาณ 3,755 ลูกบาศก์เมตร/วัน คิดเป็นปริมาณ COD และสารประกอบไนโตรเจนประมาณ 19,360 KgCOD/วัน และ 1,460 KgTKN/วัน ตามลำดับ โดยน้ำเสียรวมที่เกิดขึ้นนี้มีค่า COD:N ประมาณ 12:1 จากการศึกษาพบว่าของเสียจากฟาร์มสุกร และโรงงานอุตสาหกรรมอาหารประเภทแป้งและผลิตภัณฑ์จากแป้ง สามารถถูกย่อยสลายและเปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพได้ดี และเมื่อรวมน้ำเสียจากทั้งสองแหล่งด้วยกันเป็นน้ำเสียรวมพบว่า ประสิทธิภาพการกำจัด COD ได้ร้อยละ 70 และประสิทธิภาพการเกิดก๊าซชีวภาพเท่ากับ 0.4 - 0.5 ลูกบาศก์เมตร/KgCOD Removal โดยมีก๊าซมีเทนร้อยละ 70 เป็นองค์ประกอบในก๊าซชีวภาพ จากข้อมูลทั้งหมดสามารถประเมินปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้ทั้งหมดในพื้นที่เป้าหมายเป็น 5,600 - 7,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน ซึ่งสามารถนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 7,280-9,100 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ชาญชัย คุณาวนากิจ ศึกษาถึงการผลิตก๊าซชีวภาพจากผักตบชวาภายใต้การย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน สำหรับผักตบชวานั้นเป็นพืชที่มีปริมาณน้ำมาก ลักษณะเป็นรูพรุนทำให้มีปริมาตรมากจึงทำให้การย่อยสลายเป็นไปได้ช้า เพราะฉะนั้นจะต้องมีการแปรสภาพของผักตบชวาก่อนนำมาใช้เป็นวัตถุดิบผลิตก๊าซชีวภาพโดยแปรรูปให้เล็กลงให้อยู่ในรูปที่แบคทีเรียสามารถย่อยสลายได้ ผักตบชวาสามารถนำมาผลิตก๊าซชีวภาพโดยวิธีการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศ โดยผักตบชวาปริมาตร 12 กรัม(น้ำหนักแห้ง) ให้ก๊าซมีเทนอยู่ที่ประมาณ 3-4 ลิตร/วัน โดยหากเปรียบเทียบกับการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ การใช้ผักตบชวาเป็นวัตถุดินนั้นมีต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าโดยถังย่อยสลายมีขนาดใหญ่กว่าที่ใช้ในมูลสัตว์ถึง 4.2 เท่า และต้องใช้จำนวนสดที่มีปริมาตรมากกว่ามูลสัตว์ถึง 17 เท่า

Murto และคณะ ทำการทดลองเปรียบเทียบชนิดของของเสียที่จะนำมาทดลองต่อประสิทธิภาพของการย่อยสลายร่วม โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 ถังคือ ถังปฏิกิริยา A ใช้น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารและมูลสุกร ถังปฏิกิริยา B ใช้น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร มูลสุกรและของเสียจากโรงฆ่าสัตว์ และถังปฏิกิริยา C ใช้น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร มูลสุกร ของเสียจากโรงฆ่าสัตว์ และเศษอาหาร ซึ่งค่า VS ของแต่ละถังปฏิกิริยาจะอยู่ที่ประมาณ 80% TS อัตราบรรทุกสารอินทรีย์ของถังปฏิกิริยา A B และ C เท่ากับ 2.6 3.1 และ 2.6 กิโลกรัม-VS/(ลูกบาศก์เมตร-วัน) และเวลากักเก็บน้ำของถัง A B และ C เท่ากับ 30 28 และ 36 วัน จากากรทดลองพบว่าถังปฏิกิริยา C มีอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพสูงสุดคือ 1.0±0.1 ลูกบาศก์เมตร/กิโลกรัม-VS และมีค่าก๊าซมีเทนเท่ากับ 68% เมื่อเปรียบเทียบกับถังปฏิกิริยา A จะให้อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพที่ 0.4 ลูกบาศก์เมตร/กิโลกรัม-VS และถังปฏิกิริยา B จะเกิดก๊าซชีวภาพ 0.8 ลูกบาศก์เมตร/กิโลกรัม-VS

ธีรพล วัตนโกศล ทำการรวบรวมข้อมูลการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังจำนวน 75 โรงงานในประเทศไทย จากการศึกษาพบว่าจำนวนโรงงานใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตโดยใช้เป็นพลังงานทดแทนภายในโรงงาน ซึ่งในจำนวนโรงงานที่ผลิตก๊าซชีวภาพนั้น ร้อยละ 61 นำก๊าซชีวภาพที่ได้มาใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อยนโดยตรงเพื่อใช้ในกระบวนการอบแป้ง ร้อยละ 20 นำก๊าซชีวภาพที่ได้ไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมเพื่อลดต้นทุนการใช้ไฟฟ้าภายในโรงงาน

Yacob และคณะ ทำการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมประเภทโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในประเทศมาเลเซียในเวลา 52 สัปดาห์ จากการศึกษามีบ่อบำบัดน้ำเสียทั้งหมด 12 บ่อ เป็นย่อพักน้ำ 1 บ่อ บ่อกวนผสม 1 บ่อ บ่อหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน 4 บ่อ บ่อละ 7,500 ลูกบาศก์เมตร บ่อเขียว 2 บ่อ และบ่อสาหร่าย 4 บ่อ ระยะเวลากักเก็บน้ำทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 100 วัน พบว่าปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพอยู่ในช่วง 0.5 – 2.4 ลิตร/นาที-ตารางเมตร มีปริมาณก๊าซมีเทนร้อยละ 35 – 70 และมีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมดต่อบ่อหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนอยู่ที่ 1,043.1 กิโลกรัม/วัน โดยมีปริมาณมากกว่าระบบถังย่อยไม่ใช้ออกซิเจนแบบเปิด

Poh และ Chong ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนในการบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมประเภทสกัดน้ำมันปาล์มทั้งหมด 3 เทคโนโลยี ได้แก่ เทคโนโลยี UASB, เทคโนโลยีบ่อหมักหรือ Covered Lagoon และ เทคโนโลยีถังปฏิกรณ์แบบสัมผัสหรือ Fixed Film โดยพบว่าเทคโนโลยี UASB มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสูงสุดที่ร้อยละ 98.4 ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ 10.63 กิโลกรัม-ซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน และมีร้อยละของก๊าซมีเทนที่ 54.2 รองลงมาคือเทคโนโลยีบ่อหมักหรือ Covered Lagoon โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ร้อยละ 97.8 ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ 1.4 กิโลกรัม-ซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน และมีร้อยละของก๊าซมีเทนที่ 54.4 และลำดับสุดท้ายคือเทคโนโลยีถังปฏิกรณ์แบบสัมผัสหรือ Fixed Film ที่มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ร้อยละ 93.3 ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ 3.44 กิโลกรัม-ซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน และมีร้อยละของก๊าซมีเทนที่ 63

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

3.1.1. ศึกษาข้อมูลโดยทั่วไปเกี่ยวกับการผลิตก๊าซชีวภาพ

- ศึกษาข้อมูลการผลิตก๊าซชีวภาพจากเอกสาร บทความ ในระบบอินเตอร์เนท
- ศึกษาข้อมูลการผลิตก๊าซชีวภาพจากเอกสารงานวิจัย วารสาร และวิทยานิพนธ์
- ศึกษาปัจจัยและสภาพวแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ
- ศึกษาลักษณะน้ำเสียที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

3.1.2. ศึกษาจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภทโดยค้นหาจากข้อมูลสำนักงานกระทรวงจังหวัด กรมโรงงานอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2555 (ข้อมูลมูลทุติยภูมิ)

- จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากแป้ง
- จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น
- จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันพืชหรือผลิตน้ำมันพืชบริสุทธิ์
- จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอล
- จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร

3.1.3. ศึกษาลักษณะและปริมาณน้ำเสียของแต่ละอุตสาหกรรม จากโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับน้ำเสียอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2554 (ข้อมูลทุติยภูมิ)

- ศึกษาลักษณะของน้ำเสียอุตสาหกรรมแต่ละประเภท
- ศึกษากำลังการผลิตของแต่ละอุตสาหกรรม
- ศึกษาปริมาณการผลิตของแต่ละอุตสาหกรรม
- วิเคราะห์ปริมาณน้ำเสียของแต่ละอุตสาหกรรมต่อปี

3.1.4. ศึกษาเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโดยระบบไร้ออกซิเจนที่ใช้ในประเทศไทย และวิเคราะห์ความเหมาะสมการใช้เทคโนโลยีการผลิตในแต่ละอุตสาหกรรม

- ศึกษาเทคโลโนยีการผลิตก๊าซชีวภาพที่นิยมใช้ในแต่ละประเภทอุตสาหกรรม
- ศึกษาลักษณะ แนวคิด และขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพในแต่ละเทคโนโลยี
- ศึกษาปริมาตรระบบสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพในแต่ละเทคโนโลยี

3.1.5. วิเคราะห์ปริมาณและอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพในแต่ละอุตสาหกรรม

- วิเคราะห์ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพต่อปริมาณน้ำเสียในแต่ละเทคโนโลยี

- เปรียบเทียบความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพในแต่ละเทคโลโนยีในแต่ละประเภทอุตสาหกรรม
- วิเคราะห์หาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพในภาพรวมจากการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมในประเทศ
- ประเมินการทดแทนพลังงานส่วนอื่นๆ
    - ทดแทนน้ำมันเตา
    - ทดแทนไฟฟ้า
    - ทดแทนก๊าซหุงต้ม
- เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ในภาพรวมของการเกิดศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพในประเทศไทยต่อปริมาณการผลิตก๊าซชีวิภาพที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบันเบื้องต้น

3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

3.2.1. เปรียบเทียบเทคโนโลยีกับการลงทุนในแต่ละประเภทอุตสาหกรรม โดยวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยวิเคราะห์จากเทคโนโลยีที่นิยมใช้ในปัจจุบันและเทคโนโลยีที่เหมาะสมจากการศึกษาวิจัย โดยแบ่งการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ออกเป็นการทดแทนพลังงานในด้านต่างๆเพื่อนำกลับมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ การทดแทนพลังงานน้ำมันเตา การทดแทนพลังงานก๊าซหุงต้ม และการทดแทนพลังงานไฟฟ้า โดยประเมิณความเป็นไปได้ของโครงการโดยเบื้องต้นจากเกณฑ์ต่อไปนี้

- วิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)
- วิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return)

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 การเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับน้ำเสียแต่ละประเภทอุตสาหกรรม

1. หลักเกณฑ์เบื้องต้นที่ควรพิจารณาเทคโนโลยีในการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ

1.1 การทำงานของระบบ (Process Applicability) การประเมินประสิทธิภาพหรือผลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งสามารถศึกษาจากการปฏิบัติของโรงงานอุตสาหกรรมที่มีระบบบำบัดน้ำเสียอื่นๆ และโครงการนำร่อง ถ้าหากเป็นระบบใหม่ที่ไม่เคยมีการใช้งานมาก่อนจำเป็นต้องศึกษาในรูปโครงการนำร่องเสียก่อน

1.2 ปริมาณละอัตราการไหลของน้ำเสีย (Flow Rate) ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่ออัตราการไหลของน้ำเสียที่คงที่ ถ้าหากอัตราการไหลมีปริมาณที่ไม่คงที่หรือแตกต่างกันมากจำเป็นต้องมีเครื่องปรับอัตราการไหลของน้ำเสีย (Equalization Tank)

1.3 ลักษณะของน้ำเสีย (Wastewater Characteristic) โดยลักษณะของน้ำเสียแต่ละประเภทจะมีผลกระทบต่อกระบวนการบำบัดน้ำเสียได้ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อเครื่องมือ อุปกรณ์ และการดำเนินระบบ

1.4 ประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย และสมรรถภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย

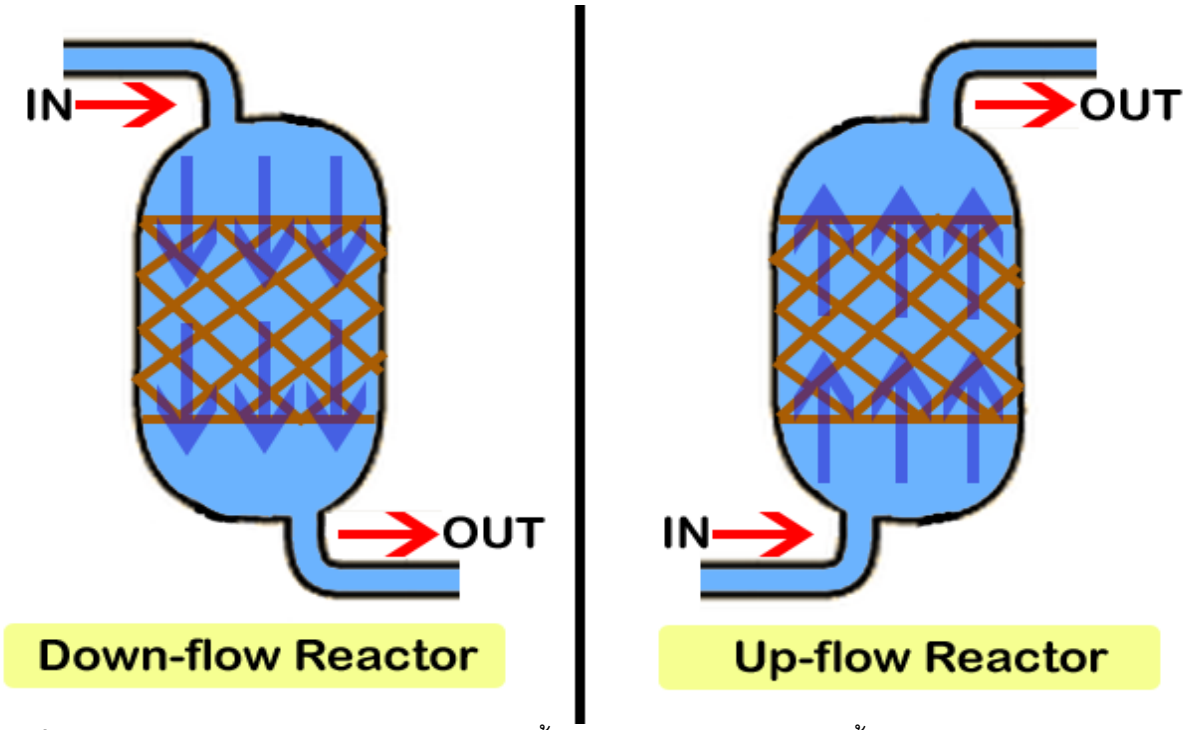
1.5 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและค่าบำรุงรักษา

1.6 พื้นที่ หรือ ที่ดิน สำหรับการสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย และพื้นที่ว่างสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียเพิ่มเติมในอนาคต

4.2 เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศที่ใช้ปัจจุบันในการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมในประเทศไทย

4.2.1 ระบบตรึมฟิล์ม (Anaerobic Fixed Film)

ภายในระบบหรือถังปฏิกรณ์ (Reactor) มีการบรรจุวัสดุตัวกลางอย่างเป็นระเบียบไว้ภายในตัวถังปฏิกรณ์ วัสดุตัวกลางภายในถังปฏิกรณ์ที่นิยมใช้ เช่น พลาสติก โฟม กรวด หิน ตาข่าย เชือกไนลอน เป็นต้น โดยการเลือกใช้วัสดุที่เป็นตัวกลางภายในถังปฏิกรณ์ควรเป็นวัสดุที่มีพื้นผิวสัมผัสที่มากเพื่อที่ให้จุลินทรีย์สามารถยึดเกาะและสามารถเจริญเติบโตได้ดี เพราะฉะนั้นการจัดเรียงของวัสดุที่แตกต่างกันของวัสดุตัวกลางจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานและเสถียรภาพในการเดินระบบ สำหรับระบบตรึงฟิล์ม (Anaerobic Fixed Film) จะมีการป้อนน้ำเสีย (Influent Wastewater) เข้าสู่ถังปฏิกรณ์ 2 รูปแบบ คือ ป้อนน้ำเสียจากด้านบนของถังปฏิกรณ์ (Down-flow Anaerobic Fixed Film) และป้อนน้ำเสียจากด้านล่างของถังปฏิกรณ์ (Up-flow Anaerobic Fixed Film) โดยระบบที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือระบบที่ป้อนน้ำเสียจากบริเวณด้านล่างของถังปฏิกรณ์ (Up-flow Anaerobic Fixed Film) เนื่องจากการป้อนน้ำเสียจากด้านล่างของถังปฏิกรณ์สามารถลดปัญหาการอุดตันของอุปกรณ์ภายในได้



ภาพที่ 4.1 การทำงานของถังปฏิกรณ์แบบป้อนน้ำเสียจากด้านบนและป้อนน้ำเสียจากด้านล่าง

หลักการทำงานการทำงานของระบบตรึมฟิล์มคือ การป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบหรือถังปฏิกรณ์ผ่านท่อกระจายน้ำเสียเพื่อไหลผ่านชั้นจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะอยู่บนวัสดุตัวกลาง โดยจุลินทรีย์จะใช้สารอาหารจากน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบในการเจริญเติบโตและผลิตก๊าซชีวภาพ ในช่วงแรกของการเดิน

ระบบจุลินทรีย์จะยึเกาะอยู่บริเวณของวัสดุตัวกลางเพียงอย่างเดียว เมื่อเดินระบบไปในระยะหนึ่ง จุลินทรีย์จะหลุดออกและเจริญเติบโตอยู่ระหว่างช่องว่างของวัสดุตัวกลางในลักษณะแขวนลอย โดยจะต้องมีการรักษาจุลทรีย์ทรีเหล่านี้ไว้

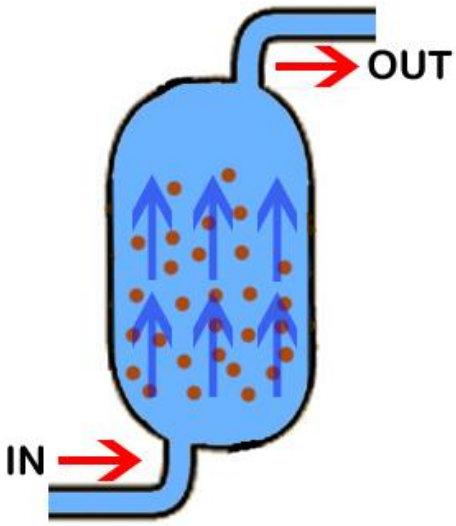
ลักษณะของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบจะต้องเป็นน้ำที่มีปริมาณสารแขวนลอยในปริมาณต่ำ ไม่มีขยะ เศษวัสดุใหญ่ และก้อนไขมันปะปน อยู่ในน้ำเสียเนื่องจากจะทำให้บริเวณของวัสดุตัวกลางอุดตันได้เร็ว ทำให้ต้องทำความสะอาดบริเวณวัสดุตัวกลางบ่อยมากขึ้น

4.2.2 **ระบบชั้นตะกอนจุลินทรีย์ไร้อากาศแบบไหลขึ้น** (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket: UASB)

อาศัยหลักการทำงานของจุลินทรีย์แขวนลอยที่มีการเกาะตัวเป็นเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ (Granule) ภายในระบบหรือถังปฏิกรณ์จะมีการกวรผสมที่เกิดจากการไหลของน้ำเสียจากด้านล่างสู่ด้านบน โดนภายในระบบประกอบด้วย

- ส่วนตะกอนชั้นล่าง (Sludge Bed) เป็นชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการตกตะกอนและมีความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูง
- ส่วนตะกอนลอย (Sludge Blanket) เป็นชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่ลอยเนื่องจากน้ำเสียและก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์
- ส่วนแยกเม็ดตะกอนแลก๊าซชีวภาพ โดยใช้อุปกรณ์ Gas-Liquid-Solid Separator (GLSS) เพื่อแยกก๊าซชีวภาพออกจากน้ำเสียและเม็ดตะกอน
- ส่วนตกตะกอน เป็นส่วนที่แยกเม็ดจะกอนออกจากน้ำเสียโดยอาศัยหลักแรงโน้มถ่วงเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่ในระบบหรือถังปฏิกรณ์

หลักการทำงานของระบบ UASB น้ำเสียจะถูกป้อนเข้าสู่ระบบจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบนผ่านท่อกระจายน้ำเสีย โดยน้ำเสียจำไหลผ่านชั้นตะกอนที่เกาะรวมกันอย่างหนาแน่นจากด้านล่างสุดไปด้านบนสุด โดยจุลินทรีย์จะรวมกันเป็นเม็ดอัดแน่นเรียกว่า เม็ดตะกอน (Granule) ซึ่งเมื่อน้ำเสียไหลผ่านชั้นตะกอนจุลินทรีย์จะเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพและลอยสู่ด้านบนซึ่งมี GLSS เป็นอุปกรณ์แยกก๊าซชีวถาพออกจากน้ำเสียและเม็ดตะกอน



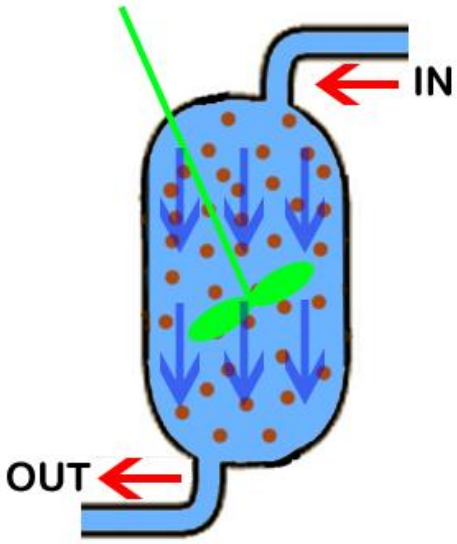
ภาพที่ 4.2 การทำงานของถังปฏิกรณ์แบบ UASB

ลักษณะของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบควรมีสารแขวนลอยต่ำ เนื่องจากน้ำเสียจะต้องไหลผ่านชั้นตะกอนที่มีการจับตัวเป็นชั้น ซึ่งถ้าหากน้ำเสียมีปริมาณสารแขวนลอยที่สูงจะทำให้ไม่สามารถไหลผ่านชั้นตะกอนได้

4.2.3 ระบบกวนสมบูรณ์แบบไม่ใช้อากาศ (Continuous Stirred Tank Reactor: CSTR)

ลักษณะของระบบจะมีความเข้มข้นของสสารภายในระบบหรือถังปฏิกรณ์ที่เท่ากันทุกจุดโดยการกวนผสม ซึ่งจะมีการติดตั้งอุปกรณ์การกวรหรือใบกวน เช่น ใบกวนแบบ Paddle ใบกวนแบบ Screw การใช้ Gas Diffuser เป็นต้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสัมผัสระหว่างจุลินทรีย์ในระบบกับน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ ระบบ CSTR เหมาะกับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง มีสารแขวนลอยสูง หรือน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของสารพิษที่สูง เนื่องจากภายในระบบจะมีการกวนอยู่ตลอดเวลา ทำให้เมื่อน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบเจือจางทันทีจึงไม่ส่งผลเสียต่อจุลินทรีย์ที่ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในระบบ

หลักการทำงานของระบบ CSTR ภายในถังปฏิกรณ์จะมีการกระจายตัวของจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่ถูกป้อนเข้าสู่ระบบ โดยมีการกวนให้ความเข้มข้นภายในถังปฏิกรณ์มีความเท่ากัน น้ำเสียที่ถูกป้อนเข้าสู่ระบบจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ภายใน ด้านบนของถังปฏิกรณ์มีอุปกรณ์สำหรับเก็บก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ของน้ำเสียโดยจุลินทรีย์ภายในระบบ



ภาพที่ 4.3 การทำงานของถังปฏิกรณ์แบบ CSTR

4.2.4 **ระบบบ่อไร้อากาศแบบคลุม** (Anaerobic Covered Lagoon)

เป็นระบบที่ต้นทุนการก่อสร้างต่ำไม่จำเป็นต้องบำรุงรักษาดูแลมาก มีโครงสร้างของระบบที่ไม่ซับซ้อน ซึ่งประกอบด้วย บ่อรวมน้ำเสีย ตะแกรงหยาบสำหรับกรองเศษขยะ ระบบรางน้ำเสีย บ่อบำบัดน้ำเสีย บ่อตกตะกอน ซึ่งในการก่อสร้างระบบ Covered Lagoon จำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการสร้างจำนวนมาก

หลักการทำงานของระบบ Covered Lagoon คือจะมีการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบหรือบ่อปิดโดยป้อนจากด้านหนึ่งของบ่อไปสู่อีกด้านหนึ่งของบ่อ บริเวณด้านบนของบ่อจะมีการคลุมด้วยผ้าพลาสติกเพื่อป้องกันกลิ่นเหม็น และมีอุปกรณ์ในการกักเก็บก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการย่อยสลายภายในบ่อไร้อากาศ

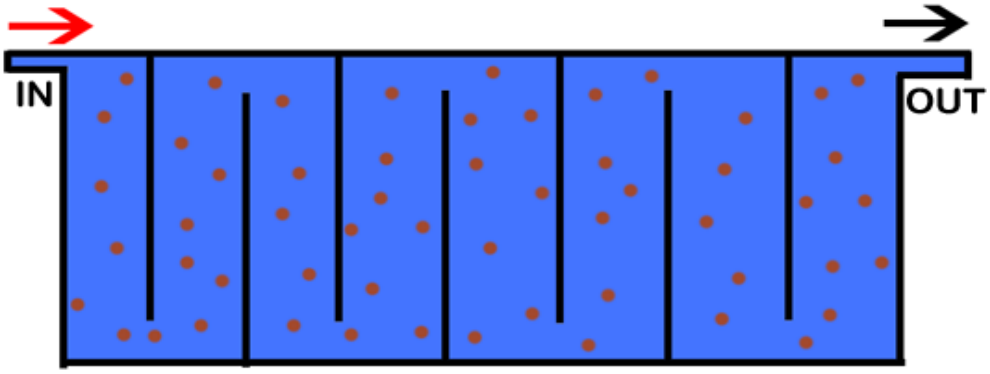
ลักษณะของของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบสามารถรองรับลักษณะของน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงหรือน้ำเสียมีสารพิษปนเปื้อนได้เนื่องจากขนาดของบ่อมีขนาดใหญ่สามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้ดี

ภาพที่ 4.4 การทำงานของระบบแบบ Anaerobic Covered Lagoon

4.2.5 ระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้น (Anaerobic Baffle Reactor)

ภายในระบบหรือถังปฏิกรณ์จะมีแผ่นกั้นขวางหลายแผ่นติดตั้งไว้ โดยการไหลของน้ำเสียภายในระบบจะเป็นการไกลในลักษณะไหลสลับขึ้น-ลงกันหลายครั้ง เป็นระบบที่ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างค่อนข้างมากสามารถรองรับลักษณะน้ำเสียที่มีสารแขวนลอยสูงได้

ระบบ ABR เป็นระบบที่มีการแบ่งเป็นห้องโดนการใช้แผ่นกั้นผนังโดยให้น้ำเสียไหลผ่านทีละห้อง โดยการไหลของน้ำเสียจะสวนทางกับจุลินทรีย์ทำให้เกิดการสัมผัสกันได้เป็นอย่างดี และทำให้เกิดการกวนผสมที่ดีมากขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานใดๆและสามารถรักษาจุลินทรีย์ไว้ได้ดีโดยไม่เสียไปกับน้ำที่ระบายออกเนื่องจากมีแผ่นกั้นไว้เป็นห้อง



ภาพที่ 4.5 การทำงานของระบบแบบ ABR

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติเบื้องต้นของระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากเทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

ข้อกำหนด	UASB	CSTR	Fixed Film	Covered Lagoon	ABR
การกวนผสม	ดี	ดี	-	-	ดี
การใช้พลังงานในการเดินระบบ	น้อย	มาก	น้อย	น้อย	น้อย
การดูแลรักษาระบบ	-	-	-	ง่าย	-
การใช้พื้นที่ในการก่อสร้างระบบ	น้อย	น้อย	น้อย	มาก	มาก

4.3 ลักษณะโดยทั่วไปของน้ำเสียแต่ละประเภทโรงงานอุตสาหกรรม

4.3.1 อุตสาหกรรมประเภทแป้ง

อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังเป็นอุตสาหกรรมที่มีการน้ำในกระบวนการผลิตเป็นปริมาณมาก ส่งผลให้น้ำที่ใช้เกือบทั้งหมดจะกลายเป็นน้ำเสีย และน้ำส่วนหนึ่งจะสูญหายไปในกระบวนการสลัดแห้งและอบแห้ง ส่วนลักษณะสมบัติของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบมีค่าความสกปรกในรูปบีโอดี(BOD) ซีโอดี (COD) และปริมาณของแข็ง (TS) ค่อนข้างสูง สำหรับไนโตรเจนมีปริมาณค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบในน้ำเสียดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ ซึ่งลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ออกจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังแสดงในตารางที่ 4.1.1

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยลักษณะของน้ำเสียโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง (โสภิดา บุญอเนกทรัพย์, 2541)

พารามิเตอร์	โรงงาน ขนาดเล็ก	โรงงาน ขนาดกลาง	โรงงาน ขนาดใหญ่	มาตรฐานน้ำทิ้งจาก โรงงานอุตสาหกรรม
pH	4.75	4.69	6.33	5.5-9.0
COD (mg/l)	13,000	15,000	19,300	400
BOD (mg/l)	6,465	10,555	12,645	60
TKN (mg/l)	228	248	512	200
TS (mg/l)	13,030	12,550	19,845	-
SS (mg/l)	7,445	5,790	6,990	150
TDS (mg/l)	5,580	6,820	12,850	5000

4.3.2 อุตสาหกรรมประเภทสกัดน้ำมันปาล์ม

ขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม ได้แก่ การนึ่ง การหีบ การแยกสิ่งปนเปื้อนออกจากน้ำมัน และการแยกกากปาล์มในขั้นตอนสุดท้ายต้องอาศัยน้ำเข้ามามีส่วนร่วมจนสิ้นสุดของการผลิต ซึ่งปริมาณและลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากน้ำที่ใช้มีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของขั้นตอนการผลิตนั้นๆ โดยน้ำเสียที่เกิดขึ้นมาจาก 2 ส่วนหลักๆ คือ น้ำเสียจากหม้อนึ่งและน้ำเสียจากการแยกน้ำมัน โดยมีปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยอยู่ที่ 0.3-0.4 ลบ.ม./ตันของทะลายปาล์มสดในขณะที่ปริมาณน้ำเสียรวมจากทุกขั้นตอนการผลิตอยู่ที่ 1 ลูกบาศก์เมตร/ตันของทะลายปาล์มสด ซึ่งคุณลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มทางกายภาพและทางเคมีพบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่าง 3.0-5.0 มีค่า บีโอดี (BOD) และซีโอดี(COD) ในช่วงที่กว้าง คือ ระหว่าง 15,000 - มากกว่า 50,000 มิลลิกรัม/ลิตร และ 50,000 - มากกว่า 100,000 มิลลิกรัม/ลิตร มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ในรูปของกรดอินทรีย์ระเหยได้ ของแข็งแขวนลอย และ ของแข็งละลายเป็นหลัก (การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมยางพาราและอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม, 2555) โดยลักษณะน้ำเสียของโรงงานสกัดน้ำมันพืช หรือโรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มนั้นจะมีส่วนผสมของน้ำมันเจือปนมากับน้ำเสียในบางส่วน

4.3.3 อุตสาหกรรมประเภทเอทานอล

อุตสาหกรรมเอทานอลนั้นใช้วัตถุดิบจากพืชผลทางการเกษตร เช่น มันสำปะหลัง และโมลาสหรือกากน้ำตาล จึงก่อให้เกิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตที่มีค่าความสกปรกสูงสูงกว่าอุตสาหกรรมประเภทอื่น และไม่สามารถปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำในธรรมชาติ ซึ่งมีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพได้ในปริมาณมากซึ่งพบว่าลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอล

ตารางที่ 4.3 ลักษณะน้ำเสียของโรงงานผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังและกากน้ำตาลที่กำลังการผลิต 150,000 ลิตร/วัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2549)

	มันเส้น	**กากน้ำตาล**
น้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)	1,200 – 1,400	1,000 – 1,3000
TS (%)	5 – 7	10 – 12
COD (มก./ล)	20,000 – 40,000	120,000 – 150,000
BOD (มก./ล)	10,000 – 30,000	40,000 – 70,000

4.3.4 อุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหาร

ลักษณะของน้ำเสียอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารขึ้นอยู่กับประเภทของอุตสหกรรม ซึ่งโดยทั่วไปลักษณะของน้ำเสียของอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหารจะมีปริมาณมากแต่ค่าความเข้มข้นข้อง ซีโอดี (COD) และ บีโอดี (BOD) ไม่มาก เพราะน้ำเสียส่วนมากจะมากจากกระบวนการล้าง การรีดน้ำ การอบแห้ง เป็นต้น ซึ่งน้ำเสียของอุตสาหกรรมที่จะมีค่าความสกปรกที่ค่อนข้างสูง ได้แก่ โรงงานน้ำตาล โรงงานอาหารกระป๋อง โรงงานอาหารแช่แข็ง เป็นต้น

ตารางที่ 4.4 ลักษณะน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร (กระทรวงพลังงาน, 2549)

ประเภทโรงงานอุตสาหกรรม	ปริมาณน้ำเสีย (ลูกบาศก์เมตร/ปี)	ปริมาณซีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)
น้ำตาล	76,203,540	2,932
ผลไม้กระป๋อง	1,948,584	16,486
อาหารทะเลแช่แข็ง	15,419,718	2,600
อาหารทะเลกระป๋อง	17,385,369	6,801

4.3.5 อุตสาหกรรมประเภทแปรรูปยาง

น้ำเสียอุตสาหกรรมยางเกิดจากน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตยางและน้ำล้างเครื่องจักร ซึ่งทำให้เกิดน้ำเสียในปริมาณมาก โดยปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นมีปริมาณ 4.15 ลูกบาศก์เมตร/ตันผลผลิต ยางสกิมเท่ากับ 19.39 ลูกบาศก์เมตร/ตันผลผลิต ยางแท่งเท่ากับ 22.5 ลูกบาศก์เมตร/ตันผลผลิต ยางแผ่นรมควันเท่ากับ 7.06 ลูกบาศก์เมตร/ตันผลผลิต และมีปริมาณน้ำเสียรวมเท่ากับ 12.72 ลูกบาศก์เมตร/ตันผลผลิต

ตารางที่ 4.5 ลักษณะน้ำเสียอุตสาหกรรมน้ำยางข้นภาคใต้ของประเทศไทย
(นฤเทพ บุญเรืองขาว, 2549)

	ปริมาณ
น้ำเสีย (ลบ.ม./ตันผลผลิต)	12.72
COD (มก./ล.)	672 – 23,300
BOD (มก./ล.)	570 – 13,463
SS (มก./ล.)	54 – 1,478
TKN (มก./ล.)	70 – 1,358

4.4 การเลือกเทคโนโลยีสำหรับน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมประเภทแป้งมันสำปะหลัง

จากการศึกษาการใช้เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทแป้งมันสำปะหลังทั้งหมดจำนวน 39 โรงงาน (โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรม) และการศึกษาจากลักษณะโดยทั่วไปของน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทแป้ง ได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังที่ใช้ในประเทศไทย
   - ระบบตรึมฟิล์ม (Anaerobic Fixed Film)
   - ระบบชั้นตะกอนจุลินทรีย์ไร้อากาศแบบไหลขึ้น (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket: UASB)
   - ระบบกวนสมบูรณ์แบบไม่ใช้อากาศ (Continuous Stirred Tank Reactor: CSTR)
   - ระบบบ่อไร้อากาศแบบคลุม (Anaerobic Covered Lagoon)
   - ระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้น (Anaerobic Baffle Reactor)
2. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทแป้งที่นิยมใช้ในปัจจุบัน โดยศึกษาจากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 39 โรงงาน
   - ระบบชั้นตะกอนจุลินทรีย์ไร้อากาศแบบไหลขึ้น (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket: UASB) จำนวน 17 โรงงาน
   - ระบบบ่อไร้อากาศแบบคลุม (Anaerobic Covered Lagoon) จำนวน 11 โรงงาน
   - ระบบกวนสมบูรณ์แบบไม่ใช้อากาศ (Continuous Stirred Tank Reactor: CSTR) จำนวน 5 โรงงาน
   - ระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้น (Anaerobic Baffle Reactor) จำนวน 3 โรงงาน
   - ระบบตรึมฟิล์ม (Anaerobic Fixed Film) จำนวน 3 โรงงาน
3. ลักษณะของน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทแป้งมันสำปะหลัง
   - มีปริมาณของสารแขวนลอยที่ค่อยข้างสูงเนื่องจากกระบวนการผลิต เช่น ดินที่ปนเปื้อนจากการล้างหัวมัน ผลแป้งที่เจือปนมาจากขั้นตอนการรีดน้ำการสลัดแห้งออกจากแป้งมัน เพราะฉะนั้นจะมีของแข็งปนเปื้อนมากับน้ำเสียในปริมาณที่ค่อนข้างสูง
   - มีปริมาณของความสกปรกที่ค่อนข้างสูง ปริมาณ COD ตั้งแต่ 9,000 - 40,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ BOD ตั้งแต่ 3,500 – 25,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

4. การเลือกเทคโนโลยี
   - เทคโนโลยีที่ไม่เหมาะสม ได้แก่ Anaerobic Fixed Film เนื่องจากลักษณะน้ำเสียของอุตสาหกรรมประเภทแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณของสารแขวนลอยที่ค่อนข้างมาก เนื่องจากเป็นน้ำที่แยกออกมาจากแป้งมันสำปะหลัง และสารแขวนลอยต่างๆ นี้จะทำให้อุดตันระบบ Anaerobic Fixed Film ได้เร็วขึ้นจึงทำให้ต้องทำความสะอาดบ่อยมากขึ้น
   - เทคโนโลยีที่สามารถใช้ในระบบผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทแป้ง ได้แก่ UASB Covered Lagoon CSTR และ ABR

จากตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศจะเห็นได้ว่าลักษณะของเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทแป้งมันสำปะหลัง ได้แก่ เทคโนโลยี UASB สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมที่มีพื้นที่จำกัดในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ และ เทคโนโลยี ABR สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมที่มีพื้นที่เยอะสามารถสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศได้กว้าง ซึ่งทั้ง 2 เทคโนโลยีนี้ มีความสามารถในการกวนผสมได้ดี เนื่องจากลักษณะน้ำเสียของอุตสาหกรรมประเภทแป้งจะสารแขวนลอยปนเปื้อนมากับน้ำค่อนข้างสูง จึงจำเป็นต้องใช้ระบบที่มีการกวนผสมเพื่อให้จุลินทรีย์ในระบบสัมผัสกับน้ำเสียได้ดีและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และเป็นระบบที่ใช้พลังงานในการกวนผสมหรือเดินระบบค่อนข้างน้อยจึงช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินระบบได้มากขึ้น

4.5 การเลือกเทคโนโลยีสำหรับน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมประเภทสกัดน้ำมันปาล์ม

จากการศึกษาการใช้เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทสกัดน้ำมันปาล์มทั้งหมดจำนวน 42 โรงงาน (โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรม) และการศึกษาจากลักษณะโดยทั่วไปของน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทสกัดน้ำมันปาล์ม ได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มที่ใช้ในประเทศไทย
   - ระบบตรึมฟิล์ม (Anaerobic Fixed Film)
   - ระบบชั้นตะกอนจุลินทรีย์ไร้อากาศแบบไหลขึ้น (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket: UASB)
   - ระบบกวนสมบูรณ์แบบไม่ใช้อากาศ (Continuous Stirred Tank Reactor: CSTR)
   - ระบบบ่อไร้อากาศแบบคลุม (Anaerobic Covered Lagoon)

2. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทสกัดน้ำมันปาล์มที่นิยมใช้ในปัจจุบัน โดยศึกษาจากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 42 โรงงาน
   - ระบบชั้นตะกอนจุลินทรีย์ไร้อากาศแบบไหลขึ้น (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket: UASB) จำนวน 2 โรงงาน
   - ระบบบ่อไร้อากาศแบบคลุม (Anaerobic Covered Lagoon) จำนวน 8 โรงงาน
   - ระบบกวนสมบูรณ์แบบไม่ใช้อากาศ (Continuous Stirred Tank Reactor: CSTR) จำนวน 31 โรงงาน
   - ระบบตรึงฟิล์ม (Anaerobic Fixed Film) จำนวน 1 โรงงาน
3. ลักษณะของน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทสกัดน้ำมันปาล์ม
   - มีปริมาณของสารแขวนลอยที่สูง มีการปนเปื้อนของน้ำมันในปริมาณสูง
   - มีปริมาณของความสกปรกที่ค่อนข้างสูง ปริมาณ COD ตั้งแต่ 30,000 - 170,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ BOD ตั้งแต่ 21,000 – 66,000 มิลลิกรัมต่อลิตร
4. การเลือกเทคโนโลยี
   - เทคโนโลยีที่ไม่เหมาะสม ได้แก่ Anaerobic Fixed Film เนื่องจากลักษณะน้ำเสียของอุตสาหกรรมประเภทสกัดน้ำมันปาล์มมีปริมาณของสารแขวนลอยที่ค่อนข้างมาก และมีน้ำมันปนเปื้อนมากับน้ำเสีย จึงทำให้อุดตันระบบ Anaerobic Fixed Film ได้เร็วขึ้นจึงทำให้ต้องทำความสะอาดบ่อยมากขึ้น

เนื่องจากลักษณะน้ำเสียของอุตสาหกรรมประเภทสหักน้ำมันปาล์มมีค่าความสกปรกที่สูง มีความเข้มข้นของ COD และ BOD สูงจึงจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีที่สามารถเจือจางค่าความสกปรกให้น้อยลงเมื่อเข้าสู่ระบบเพื่อไม่ให้จุลินทรีย์ในระบบเกิดการช็อคและทำให้ระบบล่ม เพราะฉะนั้นระบบที่สามารถทำให้น้ำเสียมีความเจือจางได้เมื่อมีการป้อนน้ำเสียเสียเข้าสู่ระบบคือ ระบบ CSTR ที่มีการกวนอย่างสมบูรณ์แบบจึงทำให้มีการเจือจางความเข้มข้นให้ลดลงได้ ระบบ ABR ที่มีการกวนผสมและระบบขนาดใหญ่ที่สามารถเจือจางความเข้มข้นได้ และระบบ Covered Lagoon ซึ่งภายในบ่อจะมีน้ำเสียจำนวนมาก เมื่อป้อนน้ำเสียเข้าไปสู่ระบบจะเกิดการเจือจางได้แต่จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการกระจายความเข้มข้นให้เท่ากันทุกจุด เพราะฉะนั้นระบบที่มีความเหมาะสมกับน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทสกัดน้ำมันปาล์มที่มีค่าความเข้มข้นของ ซีโอดี บีโอดีสูง และมีปริมาณน้ำมันเจือปนมากับน้ำเสียคือ เทคโนโลยี CSTR ที่มีการกวนอย่างสมบูรณ์แบบจึงทำให้จุลินทรีย์ภายในถังสามารถสัมผัสกับน้ำเสียได้มากขึ้นเนื่องจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทสกัดน้ำมันปาล์มจะมีน้ำมันเจือปนทำให้อาจทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถสัมผัสต่อน้ำเสียได้โดยตรง นอกจากนี้ยังช่วยลดความเข้มข้นของความสกปรกลงเมื่อป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบได้จึงทำให้ระบบมีโอกาสล่มได้น้อยลง

4.6 การเลือกเทคโนโลยีสำหรับน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมประเภทเอทานอล

จากการศึกษาการใช้เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทเอทานอลทั้งหมดจำนวน 20 โรงงาน (โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรม) และการศึกษาจากลักษณะโดยทั่วไปของน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทเอทานอล ได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมเอทานอลที่ใช้ในประเทศไทย
   - ระบบชั้นตะกอนจุลินทรีย์ไร้อากาศแบบไหลขึ้น (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket: UASB)
   - ระบบกวนสมบูรณ์แบบไม่ใช้อากาศ (Continuous Stirred Tank Reactor: CSTR)
   - ระบบบ่อไร้อากาศแบบคลุม (Anaerobic Covered Lagoon)
   - ระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้น (Anaerobic Baffle Reactor)
2. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทเอทานอลที่นิยมใช้ในปัจจุบัน โดยศึกษาจากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 20 โรงงาน
   - ระบบชั้นตะกอนจุลินทรีย์ไร้อากาศแบบไหลขึ้น (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket: UASB) จำนวน 9 โรงงาน
   - ระบบบ่อไร้อากาศแบบคลุม (Anaerobic Covered Lagoon) จำนวน 5 โรงงาน
   - ระบบกวนสมบูรณ์แบบไม่ใช้อากาศ (Continuous Stirred Tank Reactor: CSTR) จำนวน 4โรงงาน
   - ระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้น (Anaerobic Baffle Reactor) จำนวน 2 โรงงาน
3. ลักษณะของน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทเอทานอล
   - มีปริมาณของสารแขวนลอยที่สูง
   - มีปริมาณของความสกปรกที่ค่อนข้างสูง ปริมาณ COD ตั้งแต่ 14,000 - 250,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ BOD ตั้งแต่ 3,000 – 80,000 มิลลิกรัมต่อลิตร
4. การเลือกเทคโนโลยี
   - เทคโนโลยีที่ไม่เหมาะสม ได้แก่ Anaerobic Fixed Film เนื่องจากลักษณะน้ำเสียของอุตสาหกรรมประเภทเอทานอลมีปริมาณของสารแขวนลอยที่ค่อนข้างมาก และมีน้ำมันปนเปื้อนมากับน้ำเสีย จึงทำให้อุดตันระบบ Anaerobic Fixed Film ได้เร็วขึ้นจึงทำให้ต้องทำความสะอาดบ่อยมากขึ้น

เนื่องจากลักษณะน้ำเสียของอุตสาหกรรมประเภทเอทานอลมีค่าความสูง มีปริมาณสารแขวนลอยสูง เพราะฉะนั้นระบบที่เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียประเภทอุตสาหกรรมเอทานอลควร

เป็นระบบที่สามารถเจือจางความเข้มข้นของซีโอดีและบีโอดีได้ เนื่องจากจะช่วยลดความเสี่ยงในการล่มของการเดินระบบ เนื่องจากการช็อคของจุลินทรีย์ภายในระบบ และจะต้องเป็นระบบที่สามารถรองรับปริมาณสารแขวนลอยในปริมาณสูงได้ เพราะฉะนั้นเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการผลิตก๊าซชีวภาพโดยการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ได้แก่ ระบบ CSTR ที่มีการกวนที่สมบูรณ์แบบจึงช่วยเจือจางปริมาณความเข้มข้นของค่าสกปรกได้ ระบบ Covered Lagoon ที่สามารถรองรับปริมาณน้ำเสียได้ในจำนวนมากเพราะฉะนั้นน้ำเสียเมื่อถูกป้อนเข้าสู่ระบบจะสามารถเจือจางกับน้ำเสียเดิมในระบบได้ และระบบ ABR ที่มีระบบการกวนผสมระหว่างน้ำเสียและตะกอนจุลลินทรีย์และขนาดของระบบที่ใหญ่คล้าย Anaerobic Covered Lagoon จึงช่วยเจือจางความเข้มข้นของน้ำเสียลงได้

4.7 การเลือกเทคโนโลยีสำหรับน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหาร

จากการศึกษาการใช้เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหารทั้งหมดจำนวน 28 โรงงาน (โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรม) และการศึกษาจากลักษณะโดยทั่วไปของน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหาร ได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารที่ใช้ในประเทศไทย
   - ระบบตรึงฟิล์ม (Anaerobic Fixed Film)
   - ระบบชั้นตะกอนจุลินทรีย์ไร้อากาศแบบไหลขึ้น (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket: UASB)
   - ระบบกวนสมบูรณ์แบบไม่ใช้อากาศ (Continuous Stirred Tank Reactor: CSTR)
   - ระบบบ่อไร้อากาศแบบคลุม (Anaerobic Covered Lagoon)
   - ระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้น (Anaerobic Baffle Reactor)
2. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหารที่นิยมใช้ในปัจจุบัน โดยศึกษาจากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 28 โรงงาน
   - ระบบตรึงฟิล์ม (Anaerobic Fixed Film) จำนวน 2 โรงงาน
   - ระบบชั้นตะกอนจุลินทรีย์ไร้อากาศแบบไหลขึ้น (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket: UASB) จำนวน 7 โรงงาน
   - ระบบบ่อไร้อากาศแบบคลุม (Anaerobic Covered Lagoon) จำนวน 9 โรงงาน
   - ระบบกวนสมบูรณ์แบบไม่ใช้อากาศ (Continuous Stirred Tank Reactor: CSTR) จำนวน 3โรงงาน
   - ระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้น (Anaerobic Baffle Reactor) จำนวน 7 โรงงาน

3. ลักษณะของน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหาร
   - ลักษณะน้ำเสียของอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาการนั้น ส่วนมากน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะมาจากกระบวนการล้าง การทำความสะอาด การรีดน้ำออกรีดน้ำออก เป็นต้น ซึ่งประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารที่มีค่าความสกปรกสูงและเหมาะสมกับการผลิตก๊าซชีวภาพโดยการใช้เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ได้แก่ โรงงานอาหารที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปสัตว์ ผัก และผลไม้ เช่น อาหารทะเลแช่แข็ง ผลไม้กระป๋อง อาหารกระป๋อง เป็นต้น ซึ่งจากการศึกษาจากตัวอย่างโรงงานทั้ง 28 แห่งที่มีความสามารถและศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรม พบว่า ค่าความสกปรก ซีโอดีอยู่ที่ตั้งแต่ 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ถึง 160,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยส่วนใหญ่โรงงานอุตสาหกรรมที่มีความ ซีโอดีสูงคือโรงงานประเภทกลั่นสุราและโรงงานผลิตน้ำตาล หรับโรงงานแปรรูปอาหารโดยทั่วไปค่าซีโอดีเฉลี่ยจะอยู่ที่ประมาณ 20,000 มิลลิกรัมต่อลิตร
4. การเลือกเทคโนโลยี แบ่งออกเป็น 2 ประเภท
   - การเลือกเทคโนโลยีสำหรับการแปรรูปอาหารที่มีค่าความสกปรกต่ำ ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมประเภท อาหารกระป๋อง อาหารแช่แข็ง ลักษณะของน้ำเสียอาจมีการปนเปื้อนของเลือดหรือสิ่งสกปรกจากการทำความสะอาดเป็นส่วนใหญ่ เพราะฉะนั้นสารแขวนลอยในน้ำเสียจึงมีไม่สูงมาก สามารถให้เทคโนโลยีในการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศได้ทุกประเภท แต่สำหรับเทคโนโลยีที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสัมผัสระหว่างตะกอนจุลินทรีย์และน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบควรมีการกวนผสมที่ดีเพื่อเพิ่มความสามารถในการสัมผัสระกว่างตะกอนจุลินทรีย์และน้ำเสีย เพราะฉะนั้นเทคโนโลยีที่มีความสามารถกวนผสมได้ดี ได้แก่ UASB CSTR และ ABR
   - การเลือกเทคโนโลยีสำหรับการแปรรูปอาหารที่มีค่าความสกปรกสูง ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมประเภท กลั่นสุรา ผลิตน้ำตาล โดยลักษณะของน้ำเสียจะมีค่าซีโอดีและบีโอดีที่สูงมาก ซึ่งถ้าหากป้อนเข้าสู่ระบบการบำบัดน้ำเสียอาจทำให้ตะกอนจุลินทรีย์เกิดการช็อคและทำให้ระบบล่มได้ เพราะฉะนั้นระบบที่สามารถรองรับน้ำเสียที่มีค่าความสกปรกที่สูงมาก ได้แก่ เทคโนโลยีที่มีการกวนผสมดีมาก คือ CSTR และเทคโนโลยีที่มีพื้นที่ในการรองรับน้ำเสียในจำนวนมากเพื่อเจือจางปริมาณความเข้มข้นของค่าความสกปรกได้นั่นคือ Anaerbic Covered Lagoon และ ABR ซึ่งถ้าหากเปรียบเทียบระหว่าง Anaerobic Covered Lagoon กับ ABR จะพบว่า ABR มีความสามารถในการกวนผสมได้ดีกว่า เนื่องจากจากไหลย้อนระหว่างตะกอนจุลินทรีย์และน้ำเสียภายในระบบจึงเกิด

การกวนผสมที่สามารถเพิ่มความสามารถในการสัมผัสระหว่างตะกอนจุลินทรีย์กับน้ำเสียได้มากขึ้น

4.8 การเลือกเทคโนโลยีสำหรับน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปยาง

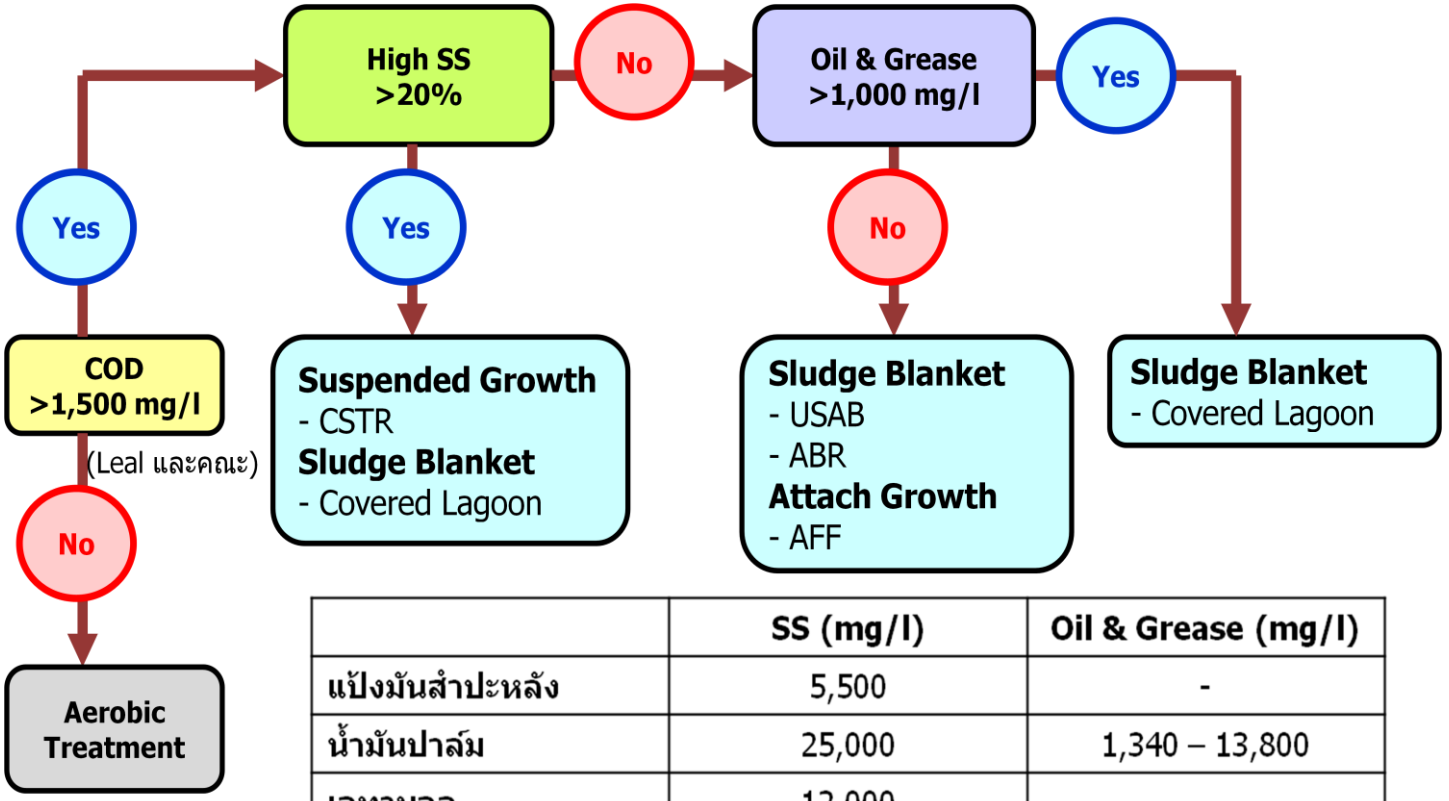
จากการศึกษาการใช้เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปยางทั้งหมดจำนวน 6 โรงงาน (โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรม) และการศึกษาจากลักษณะโดยทั่วไปของน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปยางได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปยางที่ใช้ในประเทศไทย
   - ระบบชั้นตะกอนจุลินทรีย์ไร้อากาศแบบไหลขึ้น (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket: UASB)
   - ระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้น (Anaerobic Baffle Reactor)
2. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหารที่นิยมใช้ในปัจจุบัน โดยศึกษาจากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 20 โรงงาน
   - ระบบชั้นตะกอนจุลินทรีย์ไร้อากาศแบบไหลขึ้น (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket: UASB) จำนวน 1 โรงงาน
   - ระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้น (Anaerobic Baffle Reactor) จำนวน 5 โรงงาน
3. ลักษณะของน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปยาง
   - ลักษณะน้ำเสียของอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปยางเป็นน้ำเสียที่ค่าความสกปรกที่สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ จากการศึกษาพบว่ามีค่าความสกปรกต่างๆ คือ มีค่าซีโอดีอยู่ระหว่าง 13,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ถึง 67,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าบีโอดีอยู่ระหว่าง 850 มิลลิกรัมต่อลิตร ถึง 21,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณสารแขวนลอยในน้ำไม่มาก มีสารพิษที่ปนเปื้อนไปกับน้ำเสียเนื่องจากมีการล้างเครื่องจักร ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อตะกอนจุลินทรีย์ภายในระบบได้
4. การเลือกเทคโนโลยี
   - ลักษณะน้ำเสียของอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปยางเป็นน้ำเสียที่มีค่าซีโอดีและบีโอดีเหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ มีปริมาณของแข็งน้อย ส่วนใหญ่เป็นน้ำเสียที่เกิดจากการล้างทำความสะอาดเครื่องจักรอาจมีสารพิษบางส่วนเจือปนที่ส่งผลกระทบต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ภายในระบบได้ การเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปยางควรเป็นเทคโนโลยีที่สามารถเจือจางสารพิษได้ ซึ่งได้แก่ CSTR

Anaerobic Covered Lagoon และ ABR ซึ่งถ้าหากเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการสัมผัสระหว่างตะกอนจุลินทรีย์และน้ำเสีย เทคโนโลยี CSTR และ ABR มีความสามารถที่จะสัมผัสกับน้ำเสียได้สูงกว่า Anaerobic Covered Lagoon ซึ่งจะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพและบำบัดน้ำเสียได้มากกว่า

สำหรับเทคโนโลยี Anaerobic Covered Lagoon นั้นเป็นเทคโนโลยีที่สามารถใช้ได้กับทุกประเภทของน้ำเสียอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นระบบที่มีขนาดใหญ่สามารถรองรับปริมาณน้ำเสียได้ในปริมาณสูง สามารถรองรับน้ำเสียที่ปนเปื้อนสารพิษ และสิ่งอันตรายต่อจุลินทรีย์ในระบบได้เนื่องจากเป็นระบบขนาดใหญ่สามารถเจือจางความเข้มข้นของสารต่างๆ ให้ลดลงได้ มีการดูแลบำรุงรักษาที่ง่าย ไม่ยุ่งยาก แต่มีข้อเสียคือ จำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการก่อสร้างเยอะซึ่งไม่เหมาะสมกับโรงงานอุตสาหกรรมที่มีเนื้อที่จำกัดในการบริหารจัดการ และจำเป็นต้องใช้เวลาในการบำบัดนานเนื่องจากไม่มีการกวนผสมทำให้ปฏิกิริยาการย่อยของเสียระหว่างจุลินทรีย์ในระบบกับน้ำเสียนั้นเป็นไปได้ช้าจึงใช้เวลาเดินระบบค่อนข้างนาน

หลักเกณฑ์เบื้องต้นสำหรับการเลือกใช้เทคโนโลยีสำหรับน้ำเสียแต่ละประเภทอุตสาหกรรม ได้แก่ ปริมาณน้ำเสียอุตสาหกรรม ค่าซีโอดี ลักษณะของน้ำเสีย และพื้นที่สำหรับระบบก๊าซชีวภาพ



	SS (mg/l)	Oil & Grease (mg/l)
แป้งมันสำปะหลัง	5,500	-
น้ำมันปาล์ม	25,000	1,340 – 13,800
เอทานอล	12,000	-
แปรรูปอาหาร	700	60 – 120
น้ำยางข้น	650	-

ภาพที่ 4.6 เกณฑ์การตัดสินใจเบื้องต้นสำหรับการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับลักษณะน้ำเสียอุตสาหกรรม

สำหรับการเลือกใช้เทคโนโลยีให้เหมาะสมกับน้ำเสียอุตสาหกรรมนั้นต้องขึ้นอยู่ตามเกณฑ์ต่อไปนี้

- จากการศึกษาพบว่าระบบก๊าซชีวภาพเพื่อใช้สำหรับทดแทนพลังงานปริมาณซีโอดีต่ำกว่า 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งปริมาณก๊าซมีเทนที่ได้จากการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนอาจมีปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อการทดแทน (Leal, และคณะ, 2006)
- การพิจารณาลักษณะของของแข็งในน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ โดยดูจากขนาดของของเสียในน้ำ ถ้าหากของแข็งในน้ำเสียมีขนาดที่ใหญ่กว่า 1.5 มิลลิเมตร นั้นจะสามารถกรองออกได้ด้วยตะแกรงแบบละเอียดซึ่งใช้ในการบำบัดน้ำเสียในขั้นกายภาพบำบัด โดยตระแกรงแบบละเอียดนั้นสามารถกรองของแข็งหรือสิ่งสกปรกที่มีขนาดตั้งแต่ 1.5 – 6 มิลลิเมตร (EPA, 2004)
- ปริมาณของไขมันในน้ำเสีย หรือปริมาณ FOG เป็นหนึ่งในเกณฑ์การพิจารณาของการเลือกใช้เทคโนโลยีระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งสำหรับน้ำเสียอุตสาหกรรมที่มีปริมาณไขมันที่สูงกว่า 1,000 มิลลิกรัม/ลิตรจะไม่เหมาะสมสำหรับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพแบบ Anaerobic Sludge Blanket Process และ Anaerobic Attached Growth Process (Leal, และคณะ, 2006) แต่เนื่องจากระบบ Anaerobic Covered Lagoon นั้นเป็นเทคโนโลยีที่สามารถรองรับปริมาณน้ำเสีย ปริมาณเข้มข้นซีโอดี บีโอดี และสารพิษได้ในปริมาณสูงจึงสามารถใช้ได้กับทุกลักษณะของน้ำเสียอุตสาหกรรม

ซึ่งจากเกณฑ์เบื้องต้นนี้สามารถใช้ได้สำหรับการตัดสินใจเบื้องต้นในการเลือกใช้เทคโนโลยีสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียในทุกประเภทอุตสาหกรรม โดยหลังจากที่ตัดสินจากเกณฑ์เบื้องต้นแล้วจะสามารถวิเคราะห์พื้นที่บริเวณในการวางระบบเทคโนโลยีและการออกแบบเบื้องต้นได้อย่างเหมาะสม ซึ่งถ้าหากมีพื้นที่มากจะสามารถใช้เทคโนโลยีที่มีความซับซ้อนน้อยอย่าง ABR และ Anaerobic Covered Lagoon ได้ซึ่งจะสามารถลดค่าใช่จ่ายในการออกแบบและค่าบำรุงรักษาลงได้ แต่ถ้าหากพื้นที่ในการวางระบบมีบริเวณจำกัดจะต้องจำเป็นใช้เทคโนโลยีที่มีความซับซ้อนค่อยข้างสูง ได้แก่ UASB CSTR และ AFF ซึ่งก็จะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการออกแบบระบบที่ค่อนข้างสูงและด้วยความซับซ้อนของระบบจึงทำให้การดูแลรักษาเป็นไปได้ยากจึงทำให้ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาเพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบเทคโนลียีที่นิยมใช้ในปัจจุบันและเทคโนโลยีที่เหมาะสมจากเกณฑ์เบื้องต้น

ประเภทอุตสาหกรรม	เทคโนโลยีที่นิยมใช้ในปัจจุบัน	เทคโนโลยีที่เหมาะสม จากเกณฑ์เบื้องต้น
อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง	UASB Anaerobic Covered Lagoon	UASB ABR AFF
อุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม	CSTR	CSTR Anaerobic Cover Lagoon
อุตสาหกรรมเอทานอล	UASB	CSTR Anaerobic Cover Lagoon
อุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร	Anaerobic Covered Lagoon UASB ABR	UASB ABR AFF
อุตสาหกรรมแปรรูปยาง	ABR	UASB ABR AFF

4.9 ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมในประเทศไทย

โรงงานอุตสาหกรรม หมายถึง อาคารสถานที่หรือยานพาหนะที่ใช้เครื่องจักรมีกำลังรวมตั้งแต่ 5 แรงม้า หรือกำลังเทียบเท่าตั้งแต่ 5 แรงม้าขึ้นไป หรือใช้คนงานตั้แต่ 7 คนขึ้นไป โดยใช้เครื่องจักรหรือไม่ก็ตาม (พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535)

การจัดประเภทมาตรฐานอุตสาหกรรม(ประเทศไทย) TSIC แบ่งเป็น 17 หมวด ดังต่อไปนี้

หมวดใหญ่ A เกษตรกรรม การล่าสัตว์ และการป่าไม้

หมวดใหญ่ B การประมง

หมวดใหญ่ C การทำเหมืองแร่และเหมืองหิน

หมวดใหญ่ D การผลิต

หมวดใหญ่ E การไฟฟ้า แก๊สและการประปา

หมวดใหญ่ F การก่อสร้าง

หมวดใหญ่ G การขายส่ง การขายปลีก การซ่อมแซมยานยนต์ จักรยานยนต์ ของใช้ส่วนบุคคล และของใช้ในครัวเรือน

หมวดใหญ่ H โรงแรมและภัตตาคาร

หมวดใหญ่ I การขนส่ง สถานที่เก็บสินค้าและการคมนาคม

หมวดใหญ่ J ตัวกลางทางการเงิน

หมวดใหญ่ K บริการด้านอสังหาริมทรัพย์ การให้เช่าและบริการทางธุรกิจ

หมวดใหญ่ L การบริหารราชการและการป้องกันประเทศ รวมทั้งการประกันสังคมภาคบังคับ

หมวดใหญ่ M การศึกษา

หมวดใหญ่ N การบริการด้านสุขภาพและงานสังคมสงเคราะห์

หมวดใหญ่ O การให้บริการชุมชน สังคม และบริการส่วนบุคคลอื่น ๆ

หมวดใหญ่ P ลูกจ้างในครัวเรือนส่วนบุคคล

หมวดใหญ่ Q องค์การระหว่างประเทศและองค์การต่างประเทศอื่น ๆ และสมาชิก

ซึ่งการศึกษาและวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยโรงงานอุตสาหกรรมในประเภทหมวดใหญ่ D คือ การผลิต โดยในหมวดใหญ่ D แบ่งออกเป็นหมวดย่อย ดังต่อไปนี้

15 การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม

16 การผลิตยาสูบ

17 การผลิตสิ่งทอสิ่งถัก

18 การผลิตเครื่องแต่งกาย รวมทั้งการตกแต่งและย้อมสีขนสัตว์

19 การฟอกและการตกแต่งหนังสัตว์ รวมทั้งการผลิตกระเป๋าเดินทาง กระเป๋าถือ อานม้า เครื่องลากเทียมสัตว์ และรองเท้า

20 การผลิตไม้ ผลิตภัณฑ์จากไม้และไม้ก๊อก ยกเว้นเครื่องเรือน รวมทั้งการผลิตสิ่งของจากฟางและวัสดุถักอื่น ๆ

21 การผลิตกระดาษและผลิตภัณฑ์จากกระดาษ

22 การพิมพ์โฆษณา การพิมพ์และการทำสำเนาสื่อบันทึก

23 การผลิตถ่านโค้ก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม

24 การผลิตเคมีภัณฑ์และผลิตภัณฑ์เคมี

25 การผลิตผลิตภัณฑ์ยางและผลิตภัณฑ์พลาสติก

26 การผลิตผลิตภัณฑ์จากแร่อโลหะ

27 การผลิตโลหะขั้นมูลฐาน

28 การผลิตผลิตภัณฑ์ที่ทำจากโลหะประดิษฐ์ ยกเว้นเครื่องจักรและอุปกรณ์

29 การผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ซึ่งมิได้จัดประเภทไว้ในที่อื่น

30 การผลิตเครื่องจักรสำนักงาน เครื่องทำบัญชีและเครื่องคำนวณ

31 การผลิตเครื่องจักรที่ใช้พลังงานไฟฟ้าและเครื่องมือไฟฟ้า ซึ่งมิได้จัดประเภทไว้ในที่อื่น

32 การผลิตอุปกรณ์และเครื่องมือทางวิทยุ โทรทัศน์และการสื่อสาร

33 การผลิตเครื่องมือที่ใช้ทางการแพทย์ การวัดความเที่ยง อุปกรณ์ที่ใช้ในทางทัศนศาสตร์และนาฬิกา

34 การผลิตยานยนต์ รถพ่วงและรถกึ่งรถพ่วง

35 การผลิตอุปกรณ์การขนส่งอื่นๆ

36 การผลิตเครื่องเรือนและการผลิตซึ่งมิได้จัดประเภทไว้ในที่อื่น

37 การนำผลิตภัณฑ์เก่ากลับมาใช้ใหม่ (Recycling)

ตารางที่ 4.7 หมวดหมู่การแบ่งประเภทโรงงานอุตสาหกรรม

โรงงานอุตสาหกรรมที่ทำการวิจัย	หมวดใหญ่	หมวดย่อย
ผลิตแป้งมันสำปะหลัง	D	1531 การผลิตผลิตภัณฑ์จากธัญพืช
สกัดน้ำมันพืชหรือทำให้บริสุทธิ์	D	1514 การผลิตน้ำมันพืช น้ำมันและไขมันจากสัตว์
เอทานอล	D	1551 การต้มการกลั่น และการผสมสุรา การผลิตเอทิลแอลกอฮอล์ ที่ได้จากการหมัก
แปรรูปอาหาร	D	1511 การผลิต การแปรรูปและการเก็บถนอมเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ 1512 การแปรรูปและการเก็บถนอมสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ 1513 การแปรรูปและการเก็บถนอมผลไม้และผัก
น้ำยางข้น	D	2519 การผลิตผลิตภัณฑ์ยางอื่นๆ

4.9.1 ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง

อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของไทย โดยในปี พ.ศ. 2554 และ พ.ศ. 2555 มีปริมาณการส่งออก 6.44 ล้านตัน และ 7.45 ล้านตันตามลำดับ จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทยทั้งหมดคือ 116 โรงงานอุตสาหกรรม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2556)

การประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียจากอุตสาหกรรมประเภทการผลิตแป้งมันสำปะหลัง คำนวณจากสถิติปริมาณการผลิตแป้งมันสำปะหลังในปี 2555 (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2556) และการศึกษาวิจัยข้อมูลจากจำนวนโรงงานผลิตแป้งสำปะหลังทั้งหมด 35 โรงงานที่ได้ผลิตก๊าซชีวภาพขึ้นจริง (โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

- ปริมาณการผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทยปี 2555 เท่ากับ 3,546,540 ตัน
    - โดยคำนวณจากปริมาณหัวมันสดที่ผลิตได้ในปี 2555 คือ 27,547,242 ตัน (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย คณะสำรวจมันสำปะหลัง ฤดูการผลิตปี 2555)
    - ปริมาณการผลิตแป้งมันสำปะหลังคิดเป็นหัวมันสดร้อยละ 26.78 สำหรับใช้ในประเทศ และร้อยละ 31.74 สำหรับการส่งออก (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2556)
    - ในการผลิตแป้งมันสำปะหลังจะได้แป้งมันสำปะหลังคิดเป็นร้อยละ 20-22 ของปริมาณหัวมันสด (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2555)
- การผลิตแป้งมันสำปะหลังจำนวน 1 ตัน เกิดปริมาณน้ำเสีย 15 ลูกบาศก์เมตร (โครงการ ส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม, 2555)
- ปริมาณน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 7.83 ลูกบาศก์เมตร (โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม, 2555)

<u>ศักยภาพการผลิตต่อปี</u>

ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทผลิตแป้งมันสำปะหลังใน 1 ปีสามารถคำนวณได้ดังนี้

- การผลิตแป้งมันสำปะหลัง 3,546,540 ตัน เกิดน้ำเสียปริมาณ 53,198,100 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร ผลิตก๊าซชีวภาพได้ 7.83 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำเสีย 53,198,100 ลูกบาศก์เมตร ผลิตก๊าซชีวภาพได้ 416.54 ล้านลูกบาศก์เมตร

<u>ปริมาณศักยภาพคงเหลือเบื้องต้น</u>

จากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งหมด 35 โรงงาน เพราะฉะนั้น

- โรงงานแป้งมันสำปะหลัง 116 โรงงาน มีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 416.54 ล้านลูกบาศก์เมตร
- โรงงานที่เข้าร่วมโครงการ 35 โรงงาน มีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 262.67 ล้านลูกบาศก์เมตร
- จำนวนโรงงานคงเหลือ 81 โรงงาน มีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 153.87 ล้านลูกบาศก์เมตร

4.9.2 **ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม**

จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันพืชหรือผลิตมันพืชให้บริสุทธิ์ ได้แก่ น้ำมันปาล์ม ในประเทศไทยทั้งหมดคือ 160 โรงงานอุตสาหกรรม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2556)

โดยโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลจำนวน 160 โรงงาน ที่มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย สามารถคิดเป็นปริมาณศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยคำนวณจากปริมาณการผลิต (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2556) และการศึกษาวิจัยข้อมูลจากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มทั้งหมด 40 โรงงานที่ได้ผลิตก๊าซชีวภาพขึ้นจริง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

- ปริมาณการสกัดน้ำมันปาล์มเท่ากับ 1,783,490 ตันน้ำมันต่อปี (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2556)
- ปริมาณการสกัดน้ำมันปาล์ม 1 ตันน้ำมัน ต้องใช้ผลปาล์มสดปริมาณ 6.5 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2552)
- การสกัดน้ำมันปาล์มด้วยผลปาล์มสด 1 ตัน เกิดปริมาณน้ำเสีย 0.5 ลูกบาศก์เมตร (โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม, 2555)
- ปริมาณน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 26.92 ลูกบาศก์เมตร

<u>ศักยภาพการผลิตต่อปี</u>

ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทสกัดน้ำมันปาล์มใน 1 ปีสามารถคำนวณได้ดังนี้

- การสกัดน้ำมันปาล์ม 1,783,490 ตันน้ำมัน ต้องใช้ผลปาล์มสด 11,592,685 ตันFFB
- การสกัดผลปาล์มสด 11,592,685 ตันFFB เกิดน้ำเสียปริมาณ 5,796,342.50 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร ผลิตก๊าซชีวภาพได้ 26.92 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำเสีย 5,796,342.50 ลูกบาศก์เมตร ผลิตก๊าซชีวภาพได้ 156.04 ล้านลูกบาศก์เมตร

ปริมาณศักยภาพคงเหลือเบื้องต้น

จากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งหมด 40 โรงงาน เพราะฉะนั้น

- โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม 160 โรงงาน มีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 156.04 ล้านลูกบาศก์เมตร
- โรงงานที่เข้าร่วมโครงการ 40 โรงงาน มีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 71.03 ล้านลูกบาศก์เมตร
- จำนวนโรงงานคงเหลือ 120 โรงงาน มีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 85.01 ล้านลูกบาศก์เมตร

4.9.3 **ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมผลิตเอทานอล**

จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลในประเทศไทยทั้งหมดคือ 38 โรงงานอุตสาหกรรม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2556)

โดยโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลจำนวน 38 โรงงาน ที่มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย สามารถคิดเป็นปริมาณศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยคำนวณจากปริมาณการผลิต (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2556) และการศึกษาวิจัยข้อมูลจากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลทั้งหมด 18 โรงงานที่ได้ผลิตก๊าซชีวภาพขึ้นจริง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

- ปริมาณการผลิตเอทานอลเท่ากับ 342,525,000 ลิตรต่อปี (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2556)
- การผลิตเอทานอล 1 ลิตร เกิดปริมาณน้ำเสีย 0.01 ลูกบาศก์เมตร (โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม, 2555)
- ปริมาณน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอล 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 29.36 ลูกบาศก์เมตร

ศักยภาพการผลิตต่อปี

ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทเอทานอลใน 1 ปีสามารถคำนวณได้ดังนี้

- การผลิตเอทานอล 3,425,250,000 ลิตร เกิดน้ำเสียปริมาณ 34,252,500 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร ผลิตก๊าซชีวภาพได้ 29.36 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำเสีย 34,252,500 ลูกบาศก์เมตร ผลิตก๊าซชีวภาพได้ 1,005.65 ล้านลูกบาศก์เมตร

ปริมาณศักยภาพคงเหลือเบื้องต้น

จากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งหมด 20 โรงงาน เพราะฉะนั้น

- โรงงานผลิตเอทานอล 38 โรงงาน มีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 1,005.65 ล้านลูกบาศก์เมตร
- โรงงานที่เข้าร่วมโครงการ 20 โรงงาน มีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 236.49 ล้านลูกบาศก์เมตร
- จำนวนโรงงานคงเหลือ 18 โรงงาน มีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 769.16 ล้านลูกบาศก์เมตร

4.9.4 **ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร**

จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารในประเทศไทย 149 โรงงานอุตสาหกรรม (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2556) โดยแบ่งออกเป็น

1511 การผลิต การแปรรูปและการเก็บถนอมเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ จำนวน 35 โรงงาน

1512 การแปรรูปและการเก็บถนอมสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ จำนวน 69 โรงงาน

1513 การแปรรูปและการเก็บถนอมผลไม้และผัก จำนวน 45 โรงงาน

โดยโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารจำนวน 149 โรงงาน ที่มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย สามารถคิดเป็นปริมาณศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยคำนวณจากปริมาณการผลิต (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2556) และการศึกษาวิจัยข้อมูลจากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทั้งหมด 26 โรงงานที่ได้ผลิตก๊าซชีวภาพขึ้นจริง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

- ปริมาณการผลิตการแปรรูปและการเก็บถนอมเนื้อสัตว์ในปี 2555 ได้แก่
  - ❖ โรงงานเนื้อไก่แช่แข็ง จำนวน 11 โรงงาน ปริมาณการผลิต 979,318 ตัน
  - ❖ โรงงานเนื้อไก่ปรุงสุก จำนวน 10 โรงงาน ปริมาณการผลิต 126,248 ตัน
  - ❖ โรงงานแฮม จำนวน 5 โรงงาน ปริมาณการผลิต 1,873 ตัน
  - ❖ โรงงานไส้กรอก จำนวน 9 โรงงาน ปริมาณการผลิต 32,329 ตัน
- ปริมาณการผลิตการแปรรูปและการเก็บถนอมสัตว์น้ำในปี 2555 ได้แก่
  - ❖ โรงงานปลาทูน่ากระป๋อง จำนวน 11 โรงงาน ปริมาณการผลิต 493,565 ตัน
  - ❖ ปลาซาร์ดีนกระป๋อง จำนวน 9 โรงงาน ปริมาณการผลิต 112,789 ตัน
  - ❖ กุ้งแช่แข็ง จำนวน 19 โรงงาน ปริมาณการผลิต 114,855 ตัน
  - ❖ ปลาแช่แข็ง จำนวน 15 โรงงาน ปริมาณการผลิต 89,595 ตัน
  - ❖ ปลาหมึกแช่แข็ง จำนวน 15 โรงงาน ปริมาณการผลิต 36,107 ตัน
- ปริมาณการผลิตการแปรรูปและการเก็บถนอมผักและผลไม้ในปี 2555 ได้แก่
  - ❖ ข้าวโพดฝักอ่อนกระป๋อง จำนวน 6 โรงงาน ปริมาณการผลิต 3,957 ตัน
  - ❖ สับปะรดกระป๋อง จำนวน 12 โรงงาน ปริมาณการผลิต 392,400 ตัน

- ❖ น้ำผักผลไม้ จำนวน 17 โรงงาน ปริมาณการผลิต 341,830 ตัน
- ❖ ผักผลไม้อบแห้ง จำนวน 10 โรงงาน ปริมาณการผลิต 26,594 ตัน

- ปริมาณการผลิตรวม 149 โรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารในปี 2555 เท่ากับ 2,751,460 ตัน
- การแปรรูปอาหาร 1 ลิตร เกิดปริมาณน้ำเสีย 12 ลูกบาศก์เมตร (โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม, 2555)
- ปริมาณน้ำเสียโรงงานแปรรูปอาหาร 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 1.82 ลูกบาศก์เมตร

<u>ศักยภาพการผลิตต่อปี</u>

ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหารใน 1 ปีสามารถคำนวณได้ดังนี้

- การผลิตแปรรูปอาหาร 2,751,460 ตัน เกิดน้ำเสียปริมาณ 33,017,520 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร ผลิตก๊าซชีวภาพได้ 1.82 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำเสีย 33,017,520 ลูกบาศก์เมตร ผลิตก๊าซชีวภาพได้ 60.10 ล้านลูกบาศก์เมตร

<u>ปริมาณศักยภาพคงเหลือเบื้องต้น</u>

จากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งหมด 26 โรงงาน เพราะฉะนั้น

- โรงงานผลิตเอทานอล 149 โรงงาน มีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 60.10 ล้านลูกบาศก์เมตร
- โรงงานที่เข้าร่วมโครงการ 26 โรงงาน มีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 24.27 ล้านลูกบาศก์เมตร
- จำนวนโรงงานคงเหลือ 123 โรงงาน มีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 35.83 ล้านลูกบาศก์เมตร

4.9.5 ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมแปรรูปยาง

จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้นในประเทศไทยทั้งหมดคือ 107 โรงงานอุตสาหกรรม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2556)

โดยโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้นจำนวน 107 โรงงาน ที่มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย สามารถคิดเป็นปริมาณศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยคำนวณจากปริมาณการผลิต (สถาบันวิจัยยาง, 2555) และการศึกษาวิจัยข้อมูลจากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปยางทั้งหมด 7 โรงงานที่ได้ผลิตก๊าซชีวภาพขึ้นจริง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

- ปริมาณการผลิตน้ำยางข้นเท่ากับ 676,026 ตันต่อปี (สถาบันวิจัยยาง, 2555)

- การผลิตน้ำยางข้น 1 ตัน เกิดปริมาณน้ำเสีย 10 ลูกบาศก์เมตร (โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม, 2555)
- ปริมาณน้ำเสียโรงงานแปรรูปยาง 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 2.67 ลูกบาศก์เมตร

<u>ศักยภาพการผลิตต่อปี</u>

ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทน้ำยางข้นใน 1 ปีสามารถคำนวณได้ดังนี้

- การผลิตน้ำยางข้น 676,026 ตัน เกิดน้ำเสียปริมาณ 6,760,260 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร ผลิตก๊าซชีวภาพได้ 2.67 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำเสีย 6,760,260 ลูกบาศก์เมตร ผลิตก๊าซชีวภาพได้ 18.05 ล้านลูกบาศก์เมตร

<u>ปริมาณศักยภาพคงเหลือเบื้องต้น</u>

จากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งหมด 7 โรงงาน เพราะฉะนั้น

- โรงงานผลิตน้ำยางข้น 107 โรงงาน มีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 18.05 ล้านลูกบาศก์เมตร
- โรงงานที่เข้าร่วมโครงการ 7 โรงงาน มีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 2.07 ล้านลูกบาศก์เมตร
- จำนวนโรงงานคงเหลือ 100 โรงงาน มีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 15.98 ล้านลูกบาศก์เมตร

จากการศึกษาและวิจัยศักยภาพเบื้องต้นสำหรับการผลิตก๊าซจากน้ำเสียของอุตสาหกรรมทั้ง 5 ประเภทสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 4.8 ศักภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ ประเมินจากปริมาณการผลิตเบื้องต้นในปี 2555

ประเภท อุตสาหกรรม	**จำนวน (โรงงาน)**	**ปริมาณการผลิต (ตัน/ปี)**	**ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./ปี)**	**ศักยภาพทั้งหมด (ล้าน ลบ.ม./ปี)**	**ศักยภาพที่ผลิตแล้ว (ล้าน ลบ.ม./ปี)**	**ศักยภาพคงเหลือเบื้องต้น (ล้าน ลบ.ม./ปี)**
แป้งมันสำปะหลัง	116	3,546,540	53,198,100	416.54	262.67	153.87
สกัดน้ำมันปาล์ม	160	1,783,490	5,796,342.00	156.04	71.03	85.01
เอทานอล (หน่วย: ลิตร/ปี)	38	3,425,250,000	34,252,500	1,005.65	236.49	769.16
แปรรูปอาหาร	149	2,751,460	33,017,520	60.10	24.27	35.83
น้ำยางข้น	107	676,026	6,760,260	18.05	2.07	15.98

จากศักยภาพเบื้องต้นในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมทั้ง 5 ประเภท สามารถทดแทนพลังงานอื่นๆ โดย

- ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถทดแทนน้ำมันเตาเกรดเอได้ 0.55 ลิตร
- ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถทดแทนก๊าซหุงต้มได้ 0.46 กิโลกรัม
- ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถทดแทนพลังงานไฟฟ้าได้ 1.20 กิโลวัตต์ชั่วโมง

ที่มา: โครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพ สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ตารางที่ 4.9 ปริมาณการทดแทนน้ำมันเตาจากการประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมเบื้องต้น

ประเภทอุตสาหกรรม	ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพทั้งหมด (ล้าน ลบ.ม.)	ทดแทนน้ำมันเตา (ล้านลิตร)	ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพคงเหลือเบื้องต้น (ล้าน ลบ.ม.)	ทดแทนน้ำมันเตา (ล้านลิตร)
แป้งมันสำปะหลัง	416.54	229.10	153.87	84.63
สกัดน้ำมันปาล์ม	156.04	85.82	85.01	46.76
เอทานอล	1,005.65	553.11	769.16	423.04
แปรรูปอาหาร	60.10	33.06	35.83	19.70
แปรรูปยาง	18.05	9.93	15.98	8.79

ตารางที่ 4.10 ปริมาณการทดแทนก๊าซหุงต้มจากการประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมเบื้องต้น

ประเภทอุตสาหกรรม	ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพทั้งหมด (ล้าน ลบ.ม.)	ทดแทนก๊าซหุงต้ม (ล้าน กก.)	ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพคงเหลือเบื้องต้น (ล้าน ลบ.ม.)	ทดแทนก๊าซหุงต้ม (ล้าน กก.)
แป้งมันสำปะหลัง	416.54	191.60	153.87	70.78
สกัดน้ำมันปาล์ม	156.04	71.78	85.01	39.10
เอทานอล	1,005.65	462.60	769.16	353.81
แปรรูปอาหาร	60.10	27.65	35.83	16.48
แปรรูปยาง	18.05	8.30	15.98	7.35

ตารางที่ 4.11 ปริมาณการทดแทนพลังงานไฟฟ้าจากการประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมเบื้องต้น

ประเภทอุตสาหกรรม	ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพทั้งหมด (ล้าน ลบ.ม.)	ทดแทนไฟฟ้า (ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง)	ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพคงเหลือเบื้องต้น (ล้าน ลบ.ม.)	ทดแทนไฟฟ้า (ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง)
แป้งมันสำปะหลัง	416.54	499.85	153.87	184.65
สกัดน้ำมันปาล์ม	156.04	187.25	85.01	102.01
เอทานอล	1,005.65	1,206.78	769.16	922.99
แปรรูปอาหาร	60.10	72.12	35.83	43.00
แปรรูปยาง	18.05	21.66	15.98	19.18

4.10 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การศึกษาและวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของการศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมทั้ง 5 ประเภท จะเลือกคิดคำนวณเฉพาะเทคโนโลยีที่วิเคราะห์ว่าเหมาะสมในการใช้ในแต่ละประเภทเทคโนโลยีเท่านั้น

ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์

- อายุโครงการของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ กำหนดมีอายุโครงการ 15 ปี โดยวัดจากอายุของเครื่องจักรและอุปกรณ์หลักในการผลิตก๊าซชีวภาพ
- วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ คือ น้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม 5 ประเภท โดยแต่ละระบบผลิตก๊าซชีวภาพจะมี
    - อัตราส่วนการกู้เงินจากธนาคาร : เงินทุนตัวเอง เท่ากับ 1:1
    - อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ MLR (ลูกค้าชั้นดี) กำหนดให้เท่ากันทั้งโครงการคือ 7.125%
    - ระยะเวลากู้ 7 ปี
    - อัตราเงินเฟ้อเพิ่มขึ้นในอัตรา 3% ทุกปี
    - ค่าเสื่อมราคา 10% คิดเฉพาะค่าเครื่องจักร และไม่คิดค่าที่ได้จากการขายซาก

❖ เงินทุน : ค่าเครื่องจักรและเทคโนโลยีในการผลิตและการนำไปใช้ประโยชน์ ค่าที่ปรึกษาและออกแบบระบบ และค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดอื่นๆ

- ❖ ต้นทุนการผลิต : ค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกิดขึ้นจากการผลิต
  - ค่าบำรุงรักษา : กำหนดคือ 10% ของราคาเครื่องจักร/ปี
- ❖ รายได้ : การนำไปใช้ประโยชน์โดยการทดแทนพลังงานต่างๆ ภายในโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่
  - ▪ การนำไปใช้ทดแทนพลังงานน้ำมันเตาในโรงงานอุตสาหกรรม
    - ➢ ราคาน้ำมันเตาราคาลิตรละ 23 บาท
  - ▪ การนำไปใช้ทดแทนพลังงานก๊าซหุงต้มในโรงงานอุตสาหกรรม
    - ➢ ราคาก๊าซหุงต้มราคากิโลกรัมละ 18 บาท
  - ▪ การนำไปใช้ทดแทนพลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม
    - ➢ ราคาค่าไฟฟ้ากิโลวัตต์ชั่วโมงละ 3 บาท

4.10.1 **อุตสาหกรรมประเภทผลิตแป้งมันสำปะหลัง**

เทคโนโลยีที่ใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังคือเทคโนโลยีที่มีการนิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบันและเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมจากการศึกษาวิจัย ได้แก่ เทคโนโลยี UASB

โดยจากการศึกษาข้อมูลจากโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรม พบว่าโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตแป้งมันสำปะหลังส่วนใหญ่ที่เข้าร่วมโครงการจริง มีปริมาณการผลิตส่วนใหญ่ที่อยู่ในช่วงตั้งแต่ 250 – 300 ตันต่อวัน โดยมีปริมาณน้ำเสียอยู่ที่ 3,000 – 4,800 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เพราะฉะนั้นราคาเครื่องจักรในแต่ละเทคโนโลยีที่นำมาวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์จะใช้ค่ากลางของใช้จ่ายจริงในช่วงปริมาณการผลิตส่วนใหญ่ เพื่อนำมาวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

<u>เทคโนโลยี UASB:</u>

ราคาเงินทุนที่นำมาใช้วิเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้คือ 150 ล้านบาท โดยเป็นค่ากลางของช่วงปริมาณการผลิตที่มีค่าความถี่สูงสุด คือ 300 ตัน/วัน ปริมาณน้ำเสีย 3,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน

กรณีทดแทนพลังงานน้ำมันเตา

สมมุติฐาน / ค่าที่ประเมิณ UASB	**อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง**
ปริมาณการผลิตแป้งต่อวัน (ตัน)	300
ปริมาณน้ำเสียต่อวัน (ลบ.ม.)	3,000
ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพต่อวัน (ลบ.ม.)	23,490
วันทำงานต่อปี (วัน)	300
ราคาเงินทุนรวม (บาท)	150,000,000
อายุโครงการ (ปี)	15
ดอกเบี้ยเงินลงทุน (%)	7.125
ราคาน้ำมันเตาเกรดเอต่อลิตร (บาท)	23
IRR (%)	40.57%
PB (ปี)	3

กรณีทดแทนพลังงานก๊าซหุงต้ม

สมมุติฐาน / ค่าที่ประเมิณ UASB	**อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง**
ปริมาณการผลิตแป้งต่อวัน (ตัน)	300
ปริมาณน้ำเสียต่อวัน (ลบ.ม.)	3,000
ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพต่อวัน (ลบ.ม.)	23,490
วันทำงานต่อปี (วัน)	300
ราคาเงินทุนรวม (บาท)	150,000,000
อายุโครงการ (ปี)	15
ดอกเบี้ยเงินลงทุน (%)	7.125
ราคาLPGต่อกิโลกรัม (บาท)	18
IRR (%)	27.08
PB (ปี)	3

กรณีทดแทนพลังงานไฟฟ้า

สมมุติฐาน / ค่าที่ประเมิณ UASB	**อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง**
ปริมาณการผลิตแป้งต่อวัน (ตัน)	300
ปริมาณน้ำเสียต่อวัน (ลบ.ม.)	3,000
ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพต่อวัน (ลบ.ม.)	23,490
วันทำงานต่อปี (วัน)	300
ราคาเงินทุนรวม (บาท)	150,000,000
อายุโครงการ (ปี)	15
ดอกเบี้ยเงินลงทุน (%)	7.125
ราคาไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง (บาท)	3
IRR (%)	9.82
PB (ปี)	5

4.10.2 **อุตสาหกรรมประเภทสกัดน้ำมันปาล์ม**

เทคโนโลยีที่ใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มคือเทคโนโลยีที่มีการนิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบันและเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมจากการศึกษาวิจัย ได้แก่ เทคโนโลยี CSTR

โดยจากการศึกษาข้อมูลจากโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรม พบว่าโรงงานอุตสาหกรรมที่สกัดน้ำมันปาล์มส่วนใหญ่ที่เข้าร่วมโครงการจริง มีปริมาณการผลิตส่วนใหญ่ที่อยู่ในช่วงตั้งแต่ 45 - 60 ตันต่อวัน โดยมีปริมาณน้ำเสียอยู่ที่ 250 – 500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เพราะฉะนั้นราคาเครื่องจักรในแต่ละเทคโนโลยีที่นำมาวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์จะใช้ค่ากลางของใช้จ่ายจริงในช่วงปริมาณการผลิตส่วนใหญ่ เพื่อนำมาวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

เทคโนโลยี CSTR:

ราคาเงินทุนที่นำมาใช้วิเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้คือ 130 ล้านบาท โดยเป็นค่ากลางของช่วงปริมาณการผลิตที่มีค่าความถี่สูงสุด คือ 55 ตัน/วัน ปริมาณน้ำเสีย 450 ลูกบาศก์เมตร/วัน

กรณีทดแทนพลังงานน้ำมันเตา

สมมุติฐาน / ค่าที่ประเมิณ CSTR	**อุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม**
ปริมาณการสกัดน้ำมันปาล์มต่อวัน (ตัน)	55
ปริมาณน้ำเสียต่อวัน (ลบ.ม.)	450
ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพต่อวัน (ลบ.ม.)	12,114
วันทำงานต่อปี (วัน)	300
ราคาเงินทุนรวม (บาท)	130,000,000
อายุโครงการ (ปี)	15
ดอกเบี้ยเงินลงทุน (%)	7.125
ราคาน้ำมันเตาเกรดเอต่อลิตร (บาท)	23
IRR (%)	24.60
PB (ปี)	3

กรณีทดแทนพลังงานก๊าซหุงต้ม

สมมุติฐาน / ค่าที่ประเมิณ CSTR	**อุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม**
ปริมาณการสกัดน้ำมันปาล์มต่อวัน (ตัน)	55
ปริมาณน้ำเสียต่อวัน (ลบ.ม.)	450
ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพต่อวัน (ลบ.ม.)	12,114
วันทำงานต่อปี (วัน)	300
ราคาเงินทุนรวม (บาท)	130,000,000
อายุโครงการ (ปี)	15
ดอกเบี้ยเงินลงทุน (%)	7.125
ราคาLPGต่อกิโลกรัม (บาท)	18
IRR (%)	15.32
PB (ปี)	4

กรณีทดแทนพลังงานไฟฟ้า

สมมุติฐาน / ค่าที่ประเมิณ CSTR	**อุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม**
ปริมาณการสกัดน้ำมันปาล์มต่อวัน (ตัน)	55
ปริมาณน้ำเสียต่อวัน (ลบ.ม.)	450
ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพต่อวัน (ลบ.ม.)	12,114
วันทำงานต่อปี (วัน)	300
ราคาเงินทุนรวม (บาท)	130,000,000
อายุโครงการ (ปี)	15
ดอกเบี้ยเงินลงทุน (%)	7.125
ราคาไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง (บาท)	3
IRR (%)	2.39
PB (ปี)	6

4.10.3 **อุตสาหกรรมประเภทผลิตเอทานอล**

เทคโนโลยีที่ใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลคือเทคโนโลยีที่มีการนิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบันและเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมจากการศึกษาวิจัย ได้แก่ เทคโนโลยี UASB

โดยจากการศึกษาข้อมูลจากโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรม พบว่าโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตเอทานอลส่วนใหญ่ที่เข้าร่วมโครงการจริง มีปริมาณการผลิตส่วนใหญ่ที่อยู่ในช่วงตั้งแต่ 100,000 – 250,000 ลิตรต่อวัน โดยมีปริมาณน้ำเสียอยู่ที่ 1,000 – 1,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เพราะฉะนั้นราคาเครื่องจักรในแต่ละเทคโนโลยีที่นำมาวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์จะใช้ค่ากลางของใช้จ่ายจริงในช่วงปริมาณการผลิตส่วนใหญ่ เพื่อนำมาวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

เทคโนโลยี UASB:

ราคาเงินทุนที่นำมาใช้วิเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้คือ 180 ล้านบาท โดยเป็นค่ากลางของช่วงปริมาณการผลิตที่มีค่าความถี่สูงสุด คือ 150,000 ตัน/วัน ปริมาณน้ำเสีย 1,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน

กรณีทดแทนพลังงานน้ำมันเตา

สมมุติฐาน / ค่าที่ประเมิณ USAB	**อุตสาหกรรมผลิตเอทานอล**
ปริมาณการผลิตเอทานอลต่อวัน (ลิตร)	150,000
ปริมาณน้ำเสียต่อวัน (ลบ.ม.)	1,000
ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพต่อวัน (ลบ.ม.)	29,360
วันทำงานต่อปี (วัน)	300
ราคาเงินทุนรวม (บาท)	180,000,000
อายุโครงการ (ปี)	15
ดอกเบี้ยเงินลงทุน (%)	7.125
ราคาน้ำมันเตาเกรดเอต่อลิตร (บาท)	23
IRR (%)	42.12
PB (ปี)	3

กรณีทดแทนพลังงานก๊าซหุงต้ม

สมมุติฐาน / ค่าที่ประเมิณ USAB	**อุตสาหกรรมผลิตเอทานอล**
ปริมาณการผลิตเอทานอลต่อวัน (ลิตร)	150,000
ปริมาณน้ำเสียต่อวัน (ลบ.ม.)	1,000
ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพต่อวัน (ลบ.ม.)	29,360
วันทำงานต่อปี (วัน)	300
ราคาเงินทุนรวม (บาท)	180,000,000
อายุโครงการ (ปี)	15
ดอกเบี้ยเงินลงทุน (%)	7.125
ราคาLPGต่อกิโลกรัม (บาท)	18
IRR (%)	28.19
PB (ปี)	3

กรณีทดแทนพลังงานไฟฟ้า

สมมุติฐาน / ค่าที่ประเมิณ USAB	**อุตสาหกรรมผลิตเอทานอล**
ปริมาณการผลิตเอทานอลต่อวัน (ลิตร)	150,000
ปริมาณน้ำเสียต่อวัน (ลบ.ม.)	1,000
ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพต่อวัน (ลบ.ม.)	29,360
วันทำงานต่อปี (วัน)	300
ราคาเงินทุนรวม (บาท)	180,000,000
อายุโครงการ (ปี)	15
ดอกเบี้ยเงินลงทุน (%)	7.125
ราคาไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง (บาท)	3
IRR (%)	10.48
PB (ปี)	5

4.10.4 อุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหาร

เทคโนโลยีที่ใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารคือเทคโนโลยีที่มีการนิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบันและเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมจากการศึกษาวิจัย ได้แก่ เทคโนโลยี UASB

โดยจากการศึกษาข้อมูลจากโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรม พบว่าโรงงานอุตสาหกรรมที่แปรรูปอาหารส่วนใหญ่ที่เข้าร่วมโครงการจริง มีปริมาณการผลิตส่วนใหญ่ที่อยู่ในช่วงตั้งแต่ 200 - 500 ตันต่อวัน โดยมีปริมาณน้ำเสียอยู่ที่ 1,000 – 5,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เพราะฉะนั้นราคาเครื่องจักรในแต่ละเทคโนโลยีที่นำมาวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์จะใช้ค่ากลางของใช้จ่ายจริงในช่วงปริมาณการผลิตส่วนใหญ่ เพื่อนำมาวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

เทคโนโลยี UASB:

ราคาเงินทุนที่นำมาใช้วิเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้คือ 30 ล้านบาท โดยเป็นค่ากลางของช่วงปริมาณการผลิตที่มีค่าความถี่สูงสุด คือ 350 ตัน/วัน ปริมาณน้ำเสีย 1,500 ลูกบาศก์เมตร/วัน

กรณีทดแทนพลังงานน้ำมันเตา

สมมุติฐาน / ค่าที่ประเมิณ USAB	**อุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร**
ปริมาณการแปรรูปอาหารต่อวัน (ตัน)	350
ปริมาณน้ำเสียต่อวัน (ลบ.ม.)	1,500
ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพต่อวัน (ลบ.ม.)	2,745
วันทำงานต่อปี (วัน)	300
ราคาเงินทุนรวม (บาท)	30,000,000
อายุโครงการ (ปี)	15
ดอกเบี้ยเงินลงทุน (%)	7.125
ราคาน้ำมันเตาเกรดเอต่อลิตร (บาท)	23
IRR (%)	24.14
PB (ปี)	3

กรณีทดแทนพลังงานก๊าซหุงต้ม

สมมุติฐาน / ค่าที่ประเมิณ USAB	**อุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร**
ปริมาณการแปรรูปอาหารต่อวัน (ตัน)	350
ปริมาณน้ำเสียต่อวัน (ลบ.ม.)	1,500
ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพต่อวัน (ลบ.ม.)	2,745
วันทำงานต่อปี (วัน)	300
ราคาเงินทุนรวม (บาท)	30,000,000
อายุโครงการ (ปี)	15
ดอกเบี้ยเงินลงทุน (%)	7.125
ราคาLPGต่อกิโลกรัม (บาท)	18
IRR (%)	14.97
PB (ปี)	4

กรณีทดแทนพลังงานไฟฟ้า

สมมุติฐาน / ค่าที่ประเมิณ USAB	**อุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร**
ปริมาณการแปรรูปอาหารต่อวัน (ตัน)	350
ปริมาณน้ำเสียต่อวัน (ลบ.ม.)	1,500
ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพต่อวัน (ลบ.ม.)	2,745
วันทำงานต่อปี (วัน)	300
ราคาเงินทุนรวม (บาท)	30,000,000
อายุโครงการ (ปี)	15
ดอกเบี้ยเงินลงทุน (%)	7.125
ราคาไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง (บาท)	3
IRR (%)	2.16
PB (ปี)	6

4.10.5 อุตสาหกรรมประเภทแปรรูปยาง

เทคโนโลยีที่ใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทอุตสาหกรรมแปรรูปน้ำยางข้นคือเทคโนโลยีที่มีการนิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบันและเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมจากการศึกษาวิจัย ได้แก่ เทคโนโลยี ABR

โดยจากการศึกษาข้อมูลจากโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรม พบว่าโรงงานอุตสาหกรรมที่แปรรูปน้ำยางข้นส่วนใหญ่ที่เข้าร่วมโครงการจริง มีปริมาณการผลิตส่วนใหญ่ที่อยู่ในช่วงตั้งแต่ 100 -150 ตันยางต่อวัน โดยมีปริมาณน้ำเสียอยู่ที่ 800 – 1,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เพราะฉะนั้นราคาเครื่องจักรในแต่ละเทคโนโลยีที่นำมาวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์จะใช้ค่ากลางของใช้จ่ายจริงในช่วงปริมาณการผลิตส่วนใหญ่ เพื่อนำมาวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

เทคโนโลยี UASB:

ราคาเงินทุนที่นำมาใช้วิเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้คือ 30 ล้านบาท โดยเป็นค่ากลางของช่วงปริมาณการผลิตที่มีค่าความถี่สูงสุด คือ 350 ตัน/วัน ปริมาณน้ำเสีย 1,500 ลูกบาศก์เมตร/วัน

กรณีทดแทนพลังงานน้ำมันเตา

สมมุติฐาน / ค่าที่ประเมิณ ABR	**อุตสาหกรรมแปรรูปนำยางข้น**
ปริมาณการแปรรูปน้ำยางข้นต่อวัน (ตัน)	120
ปริมาณน้ำเสียต่อวัน (ลบ.ม.)	1,000
ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพต่อวัน (ลบ.ม.)	2,680
วันทำงานต่อปี (วัน)	300
ราคาเงินทุนรวม (บาท)	25,000,000
อายุโครงการ (ปี)	15
ดอกเบี้ยเงินลงทุน (%)	7.125
ราคาน้ำมันเตาเกรดเอต่อลิตร (บาท)	23
IRR (%)	28.30
PB (ปี)	3

กรณีทดแทนพลังงานก๊าซหุงต้ม

สมมุติฐาน / ค่าที่ประเมิณ ABR	**อุตสาหกรรมแปรรูปนำยางข้น**
ปริมาณการแปรรูปน้ำยางข้นต่อวัน (ตัน)	120
ปริมาณน้ำเสียต่อวัน (ลบ.ม.)	1,000
ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพต่อวัน (ลบ.ม.)	2,680
วันทำงานต่อปี (วัน)	300
ราคาเงินทุนรวม (บาท)	25,000,000
อายุโครงการ (ปี)	15
ดอกเบี้ยเงินลงทุน (%)	7.125
ราคาLPGต่อกิโลกรัม (บาท)	18
IRR (%)	18.11
PB (ปี)	4

กรณีทดแทนพลังงานไฟฟ้า

สมมุติฐาน / ค่าที่ประเมิณ ABR	**อุตสาหกรรมแปรรูปน้ำยางข้น**
ปริมาณการแปรรูปน้ำยางข้นต่อวัน (ตัน)	120
ปริมาณน้ำเสียต่อวัน (ลบ.ม.)	1,000
ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพต่อวัน (ลบ.ม.)	2,680
วันทำงานต่อปี (วัน)	300
ราคาเงินทุนรวม (บาท)	25,000,000
อายุโครงการ (ปี)	15
ดอกเบี้ยเงินลงทุน (%)	7.125
ราคาไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง (บาท)	3
IRR (%)	4.23
PB (ปี)	6

ในการศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับการวิจัยนี้ เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ราคาจากราคาในปัจจุบัน ซึ่งสำหรับราคาก๊าซหุงต้มในปัจจุบันนั้นรัฐบาลมีการอุดหนุนในส่วนของราคาให้เท่ากับภาคครัวเรือน เพราะฉะนั้นในอนาคตถ้าหากมีการเพิ่มขึ้นของราคาก๊าซหุงต้มในภาคอุตสาหกรรมซึ่งเกิดมาจากการเลิกอุดหนุนราคาของภาครัฐ ย่อมส่งผลให้การคืนทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์นั้นมีระยะที่สั้นมากยิ่งขึ้น จึงสามารถเป็นอีกหนึ่งปัจจุยหลักที่ส่งเสริมให้เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมในประเทศไทยมีศักยภาพที่มากขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาศักยภาพโดยรวมของการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมทั้งหมด 5 ประเภทอุตสาหกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมประเภทแป้ง อุตสาหกรรมประเภทน้ำมัน อุตสาหกรรประเภทเอทานอล อุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหาร และอุตสาหกรรมแปรรูปยาง โดยการศึกษานั้นสามารถช่วยให้ทราบถึงภาพรวมของความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมทั้งประเทศ ซึ่งสอดคล้องกับแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี ที่มุ่งหวังว่าจะให้ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทนเป็นร้อยละ 20 ภายใน 2565

จากการศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียทั้ง 5 ประเภทอุตสาหกรรมและศึกษาความเสี่ยงในการลงทุนโดยการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ โดยศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมโดยรวมที่มากที่สุด คือ อุตสาหกรรมประเภทเอทานอล โดยมีศักยพภาพที่ 1,005.65 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี รองลงไปคือ อุตสาหกรรมประเภทผลิตแป้งมันสำปะหลังมีศักยภาพที่ 416.54 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี อุตสาหกรรมประเภทน้ำมันปาล์มมีศักยภาพที่ 156.04 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี อุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหาร มีศักยภาพที่ 60.10 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และอุตสาหกรรมประเภทยางมีศีกยภาพที่ 18.05 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีตามลำดับ จะเห็นได้ว่าโรงงานผลิตเอทานอลแม้จะมีจำนวนไม่มากแต่เนื่องจากปริมาณค่าซีโอดีและบีโอดีที่สูงมากทำให้การผลิตก๊าซชีวภาพนั้นได้ปริมาณที่สูงขึ้นด้วยเช่นกัน เนื่องจากปริมาณซีโอดีนั้นส่งผลต่อปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นโดยตรง

สำหรับเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพในประเทศไทยนั้นได้มีการใช้งานมาค่อนข้างนาน แต่ถ้าหากได้พิจารณาถึงจำนวนผู้ใช้ระบบผลิตก๊าซชีวภาพในอุตสาหกรรมประเภทใหญ่ๆ นั้นกลับมีจำนวนที่น้อยมาก สังเกตุได้จากจำนวนของผู้เข้าร่วมโครงการการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำสียอุตสาหกรรมจะเห็นได้ว่ามีจำนวนน้อยมากเมื่อเทียบกับจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมทั้งหมดที่ขึ้นทะเบียนกับกรมโรงงานอุตสาหกรรม นั่นเป็นเพราะความชัดเจนเรื่องนโยบายทางด้านพลังงานทดแทน กฎหมายระเบียบทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งทำให้ผู้ประกอบการขาดความกระตือรือร้นในการจัดการกับระบบบำบัดน้ำเสีย รวมถึงทางยังขาดการประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ข่าวสารข้อมูลกับผู้ประกอบการซึ่งทำให้ผู้ประกอบการนั้นไม่ทราบถึงกองทุนช่วยเหลือและวิธีการเข้าร่วมโครงการกับทางภาครัฐจึงทำให้การตัดสินใจในการลงทุนเป็นไปได้ยากขึ้น นอกจากนี้ถ้าหากทางภาครัฐมีการประกาศเกี่ยวกับนโยบายทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ชัดเจน แน่นอนว่าจำนวนของผู้ประกอบการจะหันมาสนใจและตัดสินใจในการลงทุนระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่มากขึ้น เช่น นโยบายการซื้อขายเรื่องคาร์บอนเครดิท เป็นต้น

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเพียงเบื้องต้นทางด้านการศึกษาศักยภาพโดยรวมของการผลิตก๊าซชีวภาพ เทคโนโลยีที่เหมาะสมเบื้องต้นสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพในแต่ละประเภทอุตสาหกรรม การประเมินความเสี่ยงในการลงทุนกับระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ การประเมินการทดแทนพลังงานในรูปต่างๆ และการวิเคราะห์ปัญหา อุปสรรคต่างๆ ในการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรม พร้อมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาทางด้านการส่งเสริมเทคโนโลยีระบบก๊าซชีวภาพในเบื้องต้น

<u>ข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งต่อไป</u>

- ศึกษารายละเอียดเชิงลึกด้านเทคโนโลยีที่ใช้ในแต่ละประเภทอุตสาหกรรมเพื่อใช้ในการพัฒนาระบบการผลิตก๊าซชีวภาพให้มีประสิทธิภาพได้ดีมากยิ่งขึ้น
- ศึกษาจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่ได้ทำการขึ้นทะเบียนกับกรมโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อหาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพที่แท้จริง

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ชาญชัย คุณาวนากิจ (2530) การผลิตก๊าซชีวภาพจากผักตบชวาภายใต้การย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรพล วัฒนโกศล (2548) ฐานข้อมูลระบบผลิตก๊าซชีวภาพในโรงงานแป้งมันสำปะหลัง วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

บรรณาธิการ , กอง (2548) เปลี่ยนน้ำเสียจากโรงงานแป้งเป็นก๊าซชีวภาพ. 20: 116-117

ผศ. ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์ (2553) ก๊าซชีวภาพ. วารสารช่างพูด 5: 12-13.

ผการัตน์ พรหมอยู่ (2551) ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติน้ำเสียอุตสาหกรรมกับระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ (2542) เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม. เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุบันฑิต นิ่มรัตน์ (2548) ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ: แบบไม่ใช้ออกซิเจนและแบบผสม. จุลชีววิทยาของน้ำเสีย : 132-137.

อาณัติ มีป้อม (2544) การศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียรวมเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพในจังหวัดนครปฐม วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อรุณี ศุภสินสาธิต (2539) ก๊าซชีวภาพจากการบำบัดน้ำเสียโรงงานเบียร์ด้วยระบบ UASB. สิ่งแวดล้อม 1(5): 30-36.

โรงงานอุตสาหกรรม, กรม [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.diw.go.th [15 มีนาคม 2556].

โครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพ สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://biogas.erdi.or.th [10 มีนาคม 2556].

โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.thaibiogas.com [5 มกราคม 2556].

มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.efe.or.th [30 กันยายน 2555].

มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.tapiocathai.org [15 มีนาคม 2556].

สถาบันวิจัยยาง [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.rubberthai.com [10 มีนาคม 2556].

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http:// research.rdi.ku.ac.th [15 มีนาคม 2556].

สมพงษ์ ใจมา (2549) การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ [ออนไลน์]. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ : สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. แหล่งที่มา : http://teenet.chiangmai.ac.th/btc/documents/php [30 กันยายน 2555].

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์กรมหาชน) [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.arda.or.th [15 มีนาคม 2556].

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http:// www.oie.go.th [5 มกราคม 2556].

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.eppo.go.th [12 กุมภาพันธ์ 2556].

ภาษาอังกฤษ

Ahn Y-H Min K-S and Speece RE (2001). Full scale UASB reactor performance in the brewery industry. Environment Technology 22: 463-167.

Borja, R., and Banks, C.J. (1995). Comparison of anaerobic filter and anaerobic fluidized bed reactor treating palm oil mill effluent. Journal of process biochemistry 30(6) : 511-521.

Chrobak, R., and Ryder, R. (2005). Comparison of anaerobic treatment alternatives for brandy distillery process water. Journal of water Science and Technology

Cruz A and Buitron G (2001). Biodegradation of disperse blue 79 using sequenced anaerobic/aerobic biofilter. Water Science and Tecnology 44: 159-166.

Leal, K., Chacin, E., Behling, E., Gutierez, E., and Fernandez, N.1998. A mesophilic digestion of brewery wastewater in an unheated anaerobic filter. Journal of Bioresource Technology 41: 1173-1178.

Metcalf & Eddy (2004). Wastewater Engineering Treatment and Reuse. 4th ed. New York : McGraw-Hill.

Murto R. (2004) Impact of food industrial waste on anaerobic co-digestion of sewage sludge and pig manure. Journal of Environmental Management 70, Issue 2, February 2004: 101-107.

Pandey, A., Radhika, L.G., and Ramakrishna, S.V. (1990). Start-up in anaerobic treatment of nature-rubber effluent. Journal of Biological Wastes. 33 : 143 – 147.

Poh, P.E., and Chong, M.F. (2008). Development of anaerobic digestion methods for palm oil mill effluent (POME) treatment. Online Journal of Bioresource Technology [Online]. Available from : ScienceDirect.

Yacob, S., Hassaan, M.A., Shirai, Y., Wakisaka, M., and Subash, S. (2006). Baseline study of methane emission from anerobic ponds of palm oil mill effluent treatment. Journal of Science of the Total Environment 366 : 187-196.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ

ตารางข้อมูลระบบก๊าซชีวภาพรายโรงงานในโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีส่งเสริมก๊าซชีวภาพ ปีพ.ศ. 2551

ชื่อโครงการ	ชนิดน้ำเสีย	ข้อมูลการผลิตของโรงงาน				ข้อมูลน้ำเสีย							
		กำลังการผลิตติดตั้ง		ปริมาณการผลิตต่อปี		ปริมาณน้ำเสียป้อนเข้าระบบ Biogas (m^3/day)	ปริมาณน้ำเสียต่อผลผลิต		คุณสมบัติน้ำเสียเข้าระบบ Biogas		คุณสมบัติน้ำเสียออกระบบ Biogas		COD Load (kg-COD/day)
									COD (mg/liter)	BOD_5 (mg/liter)	COD (mg/liter)	BOD_5 (mg/liter)	
บริษัท อีเอช แอนด์ พี รีนิวเอเบิล จำกัด	น้ำเสียโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	950	ตันแป้ง/วัน	255,000	ตันแป้ง/ปี	8,800	15.93	m^3/ตันแป้ง	17,500	10,250	1,750	500	154,000
บริษัท พิทักษ์ปาล์มออยล์ จำกัด	น้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	45	ตัน FFB/hr	180,000	ตัน FFB/ปี	350	0.55	m^3/ตัน FFB	75,000	30,000	3,000	500	27,000
บริษัท เอี่ยมรุ่งเรืองไบโอเทค จำกัด	น้ำเสียโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	300	ตันแป้ง/วัน	54,000	ตันแป้ง/ปี	4,800	16.00	m^3/ตันแป้ง	17,500	10,250	1,225	500	84,000
บริษัท เอี่ยมศิริไบโอก๊าซ จำกัด	น้ำเสียโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	300	ตันแป้ง/วัน	54,000	ตันแป้ง/ปี	4,800	16.00	m^3/ตันแป้ง	17,500	10,250	1,225	500	84,000
บริษัท อุบล ไบโอก๊าซ จำกัด	น้ำเสียโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	300	ตันแป้ง/วัน	54,000	ตันแป้ง/ปี	4,800	16.00	m^3/ตันแป้ง	17,500	10,250	1,225	500	84,000

ตารางข้อมูลระบบก๊าซชีวภาพรายโรงงานในโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีส่งเสริมก๊าซชีวภาพ ปีพ.ศ. 2551 (ต่อ)

บริษัท ตรัง น้ำมันปาล์ม จำกัด	น้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	45	ตัน FFB/hr	150,000	ตัน FFB/ปี	250	1.00	m^3/ตัน FFB	60,000	35,000	9,000	NA.	15,000
บริษัท ล่ำสูง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)	น้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	45	ตัน FFB/hr	100,000	ตัน FFB/ปี	250	0.50	m^3/ตัน FFB	60,000	35,000	9,000	NA.	15,000
บริษัท สหอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม จำกัด (มหาชน)	น้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	65	ตัน FFB/hr	200,000	ตัน FFB/ปี	350	0.50	m^3/ตัน FFB	60,000	35,000	9,000	NA.	21,000
บริษัท จันทบุรี สตาร์ช เพาว์เวอร์ จำกัด	น้ำเสียโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	300	ตันแป้ง/วัน	60,000	ตันแป้ง/ปี	4,760	16.00	m^3/ตันแป้ง	16,000	9,500	800	500	76,160
บริษัท ซาราฟ ไบโอแก๊ส เอ็นเนอร์ยี จำกัด	น้ำเสียจากการบีบทะลายปาล์มเปล่า	9.5	MW	NA.	NA.	240	NA.	NA.	170,000	66,600	10,625	4,200	40,800
บริษัท ไทยไบโอแก๊ซ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด สาขาท่าฉาง	น้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	75	ตัน FFB/hr	250,000	ตัน FFB/ปี	360	NA.	NA.	67,088	21,879	10,063	NA.	24,152
	น้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้น	9	ตันน้ำยางสด/hr	30,000	ตันน้ำยางสด/ปี	169	NA.	NA.					

บริษัท อีสเทิร์น ปาล์ม ออยล์ จำกัด	น้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	45	ตัน FFB/hr	NA.	NA.	288	0.40	m^3/ตัน FFB	75,000	55,000	3,000	900	21,600
บริษัท อีสเทิร์น รับเบอร์ จำกัด	น้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นและยาง Skim	45	ต้นยาง/วัน	NA.	NA.	280	NA.	NA.	13,000	8,500	1,950	1,300	3,640
บริษัท มามาดีเวลลอปเมนท์ จำกัด (บริษัท แป้งมันแสงเพชร จำกัด)	น้ำเสียโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	400	ตันแป้ง/วัน	105,000	ตันแป้ง/ปี	6,000	15.00	m^3/ตันแป้ง	13,134	8,220	2,627	NA.	78,804
บริษัท มามาดีเวลลอปเมนท์ จำกัด (บริษัท ชัยภูมิสตาร์ช จำกัด)	น้ำเสียโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	400	ตันแป้ง/วัน	105,000	ตันแป้ง/ปี	6,000	15.00	m^3/ตันแป้ง	14,680	7,995	2,936	NA.	88,080
บริษัท ยูนิวานิชน้ำมันปาล์ม จำกัด (มหาชน) สาขาปลายพระยา	น้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	60	ตัน FFB/hr	325,007	ตัน FFB/ปี	550	0.6	m^3/ตัน FFB	80,000	37,000	18,400	NA.	44,000
บริษัท ทรัพย์ทิพย์ จำกัด	น้ำเสียโรงงานเอทานอล	200,000	ลิตร/วัน	66,000,000	ลิตร/ปี	1,580	0.008	m^3/ลิตร เอทานอล	84,633	53,234	16,927	NA.	133,720

ตารางข้อมูลระบบก๊าซชีวภาพรายโรงงานในโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีส่งเสริมก๊าซชีวภาพ ปีพ.ศ. 2551 (ต่อ)

บริษัท รวม อาหาร จำกัด	น้ำเสีย โรงงาน แปรรูป อาหาร	5.4	ตัน/วัน	1,775	ตัน/ ปี	300	1.900	m^3/ตันอาหาร	44,000	22,000	8,800	2,200	13,200
บริษัท ที เอสเอ็ม ไบโอ เอน เนอร์ยี จำกัด	น้ำเสีย โรงงานเอ ทานอล	80,000	ลิตร/ วัน	16,413,403	ลิตร/ ปี	600	0.008	m^3/ลิตร เอทา นอล	250,000	87,840	175,000	NA.	150,000
บริษัท ซี พีเอฟ ผลิตภัณ ฑ์อาหาร จำกัด	น้ำเสีย โรงงาน แปรรูป อาหาร	490	ตัน/วัน	117,845	ตัน/ ปี	4,000	11.9	m^3/ตันวัตถุดิบ	1,600	1,000	<300	NA.	6,400
บริษัท วี แอนด์เค สับปะรด กระป๋อง จำกัด	น้ำเสีย โรงงาน แปรรูป อาหาร	NA	ตัน/วัน	91,250	ตัน/ ปี	1,500	#REF!	m^3/ตัน	22,000	11,175	5,060	NA.	33,000
บริษัท ไทย รุ่งเรือง พลังงาน จำกัด	น้ำเสีย โรงงานเอ ทานอล	120,000	ลิตร/ วัน	#REF!	ลิตร/ ปี	1,000	0.008	m^3/ลิตร เอทา นอล	150,000	50,000	75,000	NA.	150,000
บริษัท เค ไอ เอ ทานอล จำกัด	น้ำเสีย โรงงานเอ ทานอล	120,000	ลิตร/ วัน	40,440,000	ลิตร/ ปี	1,000	0.008	m^3/ลิตร เอทา นอล	120,000	60,000	45,960	NA.	120,000
บริษัท ดี วานิชย์ จำกัด	น้ำเสีย โรงงานเอ ทานอล	55,000	ลิตร/ วัน	15,172,678	ลิตร/ ปี	500	0.009	m^3/ลิตร เอทา นอล	140,000	18,100	63,000	8,145	70,000
บริษัท โม เดิร์นกรีน พาวเวอร์ จำกัด	น้ำเสีย โรงงาน สกัด ปาล์ม	60	ตัน FFB/hr	181,420	ตัน FFB/ ปี	750	0.55	m^3/ตัน FFB	100,000	70,000	30,000	NA.	75,000

บริษัท เอส.เค. เพาเวอร์ จำกัด (บริษัท ยู นิปาล์ม อินดัสทรี จำกัด)	น้ำเสียโรงงานสกัดปาล์ม	45	ตัน FFB/hr	324,000	ตัน FFB/ปี	594	0.55	m^3/ตัน FFB	80,000	45,000	20,000	NA.	47,520
บริษัท ราชบุรีเอทานอล จำกัด	น้ำเสียโรงงานเอทานอล	150,000	ลิตร/วัน	45,000,000	ลิตร/ปี	690	NA.	NA.	150,000	50,000	60,000	NA.	103,500
						881	NA.	NA.	75,000	25,000	30,000	NA.	66,075
บริษัท เอเชียฟรุคโตส จำกัด	น้ำเสียโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	200	ตันแป้ง/วัน	48,000	ตันแป้ง/ปี	2,880	14.40	m^3/ตันแป้ง	16,500	9,000	3,300	NA.	47,520
บริษัท แม่สอด ไบโอแก๊ส จำกัด	น้ำเสียโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	150	ตันแป้ง/วัน	30,000	ตันแป้ง/ปี	2,550	17.00	m^3/ตันแป้ง	16,400	9,500	3,300	NA.	41,820

ตารางข้อมูลระบบก๊าซชีวภาพรายโรงงานในโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีส่งเสริมก๊าซชีวภาพ ปีพ.ศ. 2551 (ต่อ)

กิจการร่วมค้าเอ็นทีแอลไบโอเอ็นเนอร์ยี่	น้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	30	ตัน FFB/hr	21,911	ตัน FFB/ปี	240	0.50	m^3/ตัน FFB	60,000	21,424	9,000	NA.	14,400
บริษัทอี เอส ไบโอเอ็นเนอร์ยี่ จำกัด	น้ำเสียโรงงานเอทานอล	150,000	ลิตร/วัน	#REF!	ลิตร/ปี	234-590	NA.	NA.	144,000-180,000	NA.	43,200-54,000	3500	60,061
						1,200	NA.	NA.	50,000	1,000-3,000	5,000	500	60,000
บริษัทท่าชนะน้ำมันปาล์มจำกัด	น้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	45	ตัน FFB/hr	190,222	ตัน FFB/ปี	250 (น้ำเสียเฉลี่ยทั้งหมด 395 m^3/day)	0.55	m^3/ตัน FFB	80,000	45,000	20,000	NA.	20,000
บริษัทปภพ รีนิวเอเบิลจำกัด	น้ำเสียโรงงานเอทานอล	150,000	ลิตร/วัน	45,000,000	ลิตร/ปี	1,000	6.70	m^3/m^3 แอลกอฮอล์	100,000	60,000	15,000	NA.	100,000

ตารางข้อมูลระบบก๊าซชีวภาพรายโรงงานในโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีส่งเสริมก๊าซชีวภาพ ปีพ.ศ. 2552

ชื่อโครงการ	ชนิดน้ำเสีย	ข้อมูลการผลิตของโรงงาน				ข้อมูลน้ำเสีย							
		กำลังการผลิตติดตั้ง		ปริมาณการผลิตต่อปี		ปริมาณน้ำเสียป้อนเข้าระบบ Biogas (m^3/day)	ปริมาณน้ำเสียต่อผลผลิต		คุณสมบัติน้ำเสียเข้าระบบ Biogas		คุณสมบัติน้ำเสียออกระบบ Biogas		COD Load (kg-COD/day)
									COD (mg/liter)	BOD_5 (mg/liter)	COD (mg/liter)	BOD_5 (mg/liter)	
บริษัท นามหงส์ พาวเวอร์ จำกัด	น้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	60	ตัน FFB/hr	206,113	ตัน FFB/ปี	350	0.24	m^3/ตัน FFB	60,000	25,177	9,000	NA.	21,000
บริษัท ไทยไบโอเอ็นเนอร์ยี่ จำกัด	น้ำเสียโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	300 (ผลิตจริง 230)	ตันแป้ง/วัน	90,000	ตันแป้ง/ปี	2,600	11.30	m^3/ตันแป้ง	16,000	NA.	3,200	NA.	41,600
บริษัท ศรีเจริญปาล์มออยล์ จำกัด	น้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	90	ตัน FFB/hr	269,280	ตัน FFB/ปี	650	0.30	m^3/ตัน FFB	60,000	35,000	6,000	NA.	39,000
บริษัท สีมาอินเตอร์โปรดักส์ จำกัด (สาขา 1)	น้ำเสียโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	300	ตันแป้ง/วัน	55,000	ตันแป้ง/ปี	3,000	10.00	m^3/ตันแป้ง	20,000	15,000	1,000	NA.	60,000
บริษัท อุดรเพิ่มผล จำกัด	น้ำเสียโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	200	ตันแป้ง/วัน	27,854	ตันแป้ง/ปี	2,400	12.00	m^3/ตันแป้ง	14,000	8,000	2,100	NA.	33,600
บริษัท บลู ไฟร ไบโอ จำกัด	น้ำเสียโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	250	ตันแป้ง/วัน	60,000	ตันแป้ง/ปี	3,500	14.00	m^3/ตันแป้ง	13,629	10,539	2,726	NA.	47,702

บริษัท เมโทร กรุ๊ป เอ เนอร์ยี่ จำกัด	น้ำเสีย โรงงาน แป้งมัน สำปะหลัง	250	ตัน แป้ง มัน สำปะหลัง native / วัน	35,000	ตัน แป้ง/ ปี	3,808	15.23	m^3/ตันแป้ง	13,071	NA.	654	NA.	49,776

ตารางข้อมูลระบบก๊าซชีวภาพรายโรงงานในโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีส่งเสริมก๊าซชีวภาพ ปีพ.ศ. 2552 (ต่อ)

บริษัท ไทยศรีทอง จำกัด (ปาล์ม)	น้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	60	ตัน FFB/hr	200,000	ตัน FFB/ปี	367	0.55	m^3/ตัน FFB	70,000	30,000	3,500	NA.	26,680
บริษัท ไทยศรีทอง จำกัด (น้ำยางข้น)	น้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น	150	ตันน้ำยางสด/วัน	32,700	ตัน/ปี	283	1.89	m3/ตัน	10,320	5,100	516	NA.	2,926
บริษัท เอเชียนน้ำมันปาล์ม จำกัด	น้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	45	ตัน FFB/hr	237,565	ตัน FFB/ปี	396	0.55	m^3/ตัน FFB	80,000	40,000	12,000	NA.	31,680
บริษัท เชียงรายพลังงานเพื่อชุมชน จำกัด	วัสดุเกษตรเหลือทิ้ง	64	ตันต้นข้าวโพด/วัน	21,120	ตันต้นข้าวโพด/ปี	64 (ตันวัตถุดิบ/วัน)			12.8 (ตัน/วัน)	NA.	1,500	1,000	11.52 ตัน/วัน
บริษัท สงวนวงษ์ เอ็นเนอร์ยี จำกัด	กากมันสำปะหลังจากการผลิตแป้งมัน	1,000	ตันแป้ง/วัน	211,676	ตันแป้ง/ปี	7,200	-	m^3/ตันแป้ง	35,000	NA.	3,500	NA.	210,000
บริษัท เทพคินโช ฟูดส์ จำกัด	น้ำเสียโรงงานแปรรูปอาหาร	34	ตัน/วัน	9,900	ตัน/ปี	1,200	35.29	m^3/ตัน	1,600	1,000	480	300	1,920
บริษัท พรีเมี่ยมปาล์มออยล์ จำกัด	น้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	15	ตัน FFB/hr	NA.	ตัน FFB/ปี	120	0.50	m^3/ตัน FFB	70,000	35,000	14,000	3,500	8,400

บริษัท ปาล์ม น้ำมัน ธรรมชาติ จำกัด	น้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	90	ตัน FFB/hr	262,617	ตัน FFB/ปี	200	0.47	m^3/ตัน FFB	80,000	NA.	24,000	NA.	16,000
บริษัท หวังดี เอ็นเนอยี จำกัด	น้ำเสียโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	300 (ผลิตจริง 150)	ตันแป้ง/วัน	31,500	ตันแป้ง/ปี	2,100	14.00	m^3/ตันแป้ง	14,680	7,995	2,936	NA.	29,287
บริษัท ไทยยูเนี่ยน โฟรเซ่น โปรดักส์ จำกัด (มหาชน) [โครงการ 1]	น้ำเสียโรงงานแปรรูปอาหาร	795	ตัน/วัน	238,500	ตัน/ปี	2,004	6.20	m^3/ตัน	2,593	NA.	778	NA.	5,196
บริษัท ไทยยูเนี่ยน โฟรเซ่น โปรดักส์ จำกัด (มหาชน) [โครงการ 2]	น้ำเสียโรงงานแปรรูปอาหาร	385	ตัน/วัน	115,500	ตัน/ปี	1,437	7.60	m^3/ตัน	3,096	NA.	929	NA.	4,449
บริษัท ไทยยูเนี่ยน โฟรเซ่น โปรดักส์ จำกัด (มหาชน) [โครงการ 3]	น้ำเสียโรงงานแปรรูปอาหาร	1,180	ตัน/วัน	246,094	ตัน/ปี	165	-	m^3/ตัน	52,660	NA.	15,798	NA.	8,689

ตารางข้อมูลระบบก๊าซชีวภาพรายโรงงานในโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีส่งเสริมก๊าซชีวภาพ ปีพ.ศ. 2552 (ต่อ)

บริษัท เอส พี เอ็ม อาหารสัตว์ จำกัด	น้ำเสียโรงงานเอทานอล	22,000	ลิตร/วัน	148,500	ลิตร/ปี	450	0.020	m^3/ลิตร เอทานอล	30,000	NA.	4,500	NA.	13,500
บริษัท ซันสวีท จำกัด	น้ำเสียโรงงานแปรรูปผักและผลไม้บรรจุกระป๋อง	500	ตันวัตถุดิบ/วัน	68,505	ตัน/ปี	150	0.30	m^3/ตัน	50,000	29,090	5,000	2,909	7,500
บริษัท น้ำมันพืชปทุม จำกัด	น้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	42	ตันน้ำมันปาล์ม/วัน	268,913	ตัน/ปี	300	0.49	m^3/ตัน	30,000	NA.	6,000	NA.	9,000
บริษัท ไบโอแนชเชอรัล เอ็นเนอร์ยี จำกัด	น้ำเสียโรงงานเอทานอล	25,000	ลิตร/วัน	NA.	ลิตร/ปี	300	0.012	m^3/ลิตร เอทานอล	134,000	NA.	46,900	NA.	40,200
บริษัท กรีนกลอรี่ จำกัด	น้ำเสียและของเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	45	ตัน FFB/hr	184,844	ตัน FFB/ปี	360	0.67	m^3/ตัน FFB	80,000	45,000	16,000	3,500	28,800
						195	36 ตัน	NA.	300 kg COD/ตัน Decanter Cake	NA.	NA.	NA.	10,800
บริษัท ทักษิณอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม (1983) จำกัด	น้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	120	ตัน FFB/hr	256,836	ตัน FFB/ปี	800	0.56	m^3/ตัน FFB	70,000	40,000	7,000	4,000	56,000
บริษัท เอี่ยมอีสาน รีนิวเอเบิล จำกัด	น้ำเสียโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	300	ตันแป้ง/วัน	NA.	ตันแป้ง/ปี	4,800	16.00	m^3/ตันแป้ง	14,875	NA.	595	NA.	71,400
บริษัท เอ็น พี ไบโอ พาวเวอร์ จำกัด	น้ำเสียโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	200	ตันแป้ง/วัน	NA.	ตันแป้ง/ปี	4,000	15.00	m^3/ตันแป้ง	15,000	NA.	3,000	NA.	60,000
บริษัท อำพลฟูดส์ โพรเซสซิ่ง จำกัด	น้ำเสียโรงงานแปรรูปอาหารและกะทิสำเร็จรูป	403	ตัน/วัน	48,316	ตัน/ปี	1,200	2.98	m^3/ตัน	5,000	3,778	1,250	945	6,000

บริษัท ดั๊บเบิ้ล เอ เอทานอล จำกัด	น้ำเสียโรงงานเอทานอล	500,000	ลิตร/วัน	NA.	ลิตร/ปี	2,500	0.005	m^3/ลิตร เอทานอล	30,500	NA.	3,050	NA.	76,250
บริษัท ไทยคาวอลิตี้ สตาร์ช จำกัด	น้ำเสียโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	150	ตันแป้ง/วัน	NA.	ตันแป้ง/ปี	2,500	16.67	m^3/ตันแป้ง	20,000	NA.	6,200	NA.	50,000
บริษัท ปาล์มไทยพัฒนา จำกัด	น้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	30	ตัน FFB/hr	68,495	ตัน FFB/ปี	250	0.60	m^3/ตัน FFB	70,000	NA.	10,500	NA.	17,500
บริษัท แคดเบอรี อาดัมส์ (ประเทศไทย) จำกัด	น้ำเสียโรงงานผลิตหมากฝรั่งและลูกอม	70	ตัน/วัน	23,328	ตัน/ปี	250	3.57	m^3/ตัน	16,000	10,000	1,600	1,000	4,000

ตารางข้อมูลระบบก๊าซชีวภาพรายโรงงานในโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีส่งเสริมก๊าซชีวภาพ ปีพ.ศ. 2553

ชื่อโครงการ	ชนิดน้ำเสีย	ข้อมูลการผลิตของโรงงาน				ข้อมูลน้ำเสีย							
		กำลังการผลิตติดตั้ง		ปริมาณการผลิตต่อปี		ปริมาณน้ำเสียป้อนเข้าระบบ Biogas (m^3/day)	ปริมาณน้ำเสียต่อผลผลิต		คุณสมบัติน้ำเสียเข้าระบบ Biogas		คุณสมบัติน้ำเสียออกระบบ Biogas		COD Load (kg-COD/day)
									COD (mg/liter)	BOD_5 (mg/liter)	COD (mg/liter)	BOD_5 (mg/liter)	
บริษัท พี แอนด์ ปภพ รีนิวเอเบิล จำกัด	กากมันจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง	250	ตันแป้ง/วัน	20,000	ตันแป้ง/ปี	100 (ตัน/วัน)	1.50	ตัน/ตันแป้ง	240 (กก./ตันกาก)	NA.	1,000	NA.	24,000
บริษัท ไทย อะโกร เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน)	น้ำเสียโรงงานเอทานอล	200,000	ลิตรเอทานอล/วัน	46,200,000	ลิตร/ปี	840	0.004	m^3/ลิตรเอทานอล	50,900	25000-30000			42,756
บริษัท ทิปโก้ ฟูดส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)	น้ำเสียโรงงานสับปะรดกระป๋อง	1,000	ตัน/วัน	131,825	ตัน/ปี	3,000	10.00	m^3/ตัน	4,000	2,626	800	525	12,000
บริษัท ขอนแก่นแอลกอฮอล์ จำกัด (สาขาน้ำพอง)	น้ำเสียโรงงานเอทานอล	150,000	ลิตร/วัน	42,040,121	ลิตร/ปี	1,200	0.008	m^3/ลิตรเอทานอล	150,000	75,000	52,500	26,250	180,000
บริษัท ขอนแก่นแอลกอฮอล์ จำกัด (สาขาบ่อพลอย)	น้ำเสียโรงงานเอทานอล	200,000	ลิตร/วัน	#REF!	ลิตร/ปี	2,450	0.012	m^3/ลิตรเอทานอล	130,000	60,000	45,500	21,000	318,500

ตารางข้อมูลระบบก๊าซชีวภาพรายโรงงานในโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีส่งเสริมก๊าซชีวภาพ ปีพ.ศ. 2553 (ต่อ)

บริษัท โชติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด	น้ำเสียโรงงานแปรรูปอาหาร		ตัน/วัน	76,800	ตัน/ปี	5,000		m^3/ตัน	2,500	1,500	930	570	12,500
บริษัท โรงไฟฟ้าไบโอแก๊สคุระบุรี จำกัด	น้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	45	ตัน FFB/hr	NA.	ตัน FFB/ปี	300		m^3/ตัน FFB	50,000	15,950	7,500	1,970	14,999
บริษัท ปาล์มเพาเวอร์กรีน จำกัด	ของเสียโรงงานสกัดปาล์ม	60	ตัน FFB/hr	240,000	ตัน FFB/ปี	266		m^3/ตัน FFB	60,000		9,000		6,650 kg-VS/day
บริษัท ปาล์มเพาเวอร์กรีน จำกัด (น้ำเสีย)	น้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	60	ตัน FFB/hr	240,000	ตัน FFB/ปี	400	0.28	m^3/ตัน FFB	60,000		15,000		23,040
บริษัท มิตรประสงค์กรีนเพาเวอร์ จำกัด	น้ำเสียโรงงานสกัดปาล์ม	45	ตัน FFB/hr	87,654	ตัน FFB/ปี	300	0.28	m^3/ตัน FFB	50,000		7,500		14,999
บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด	น้ำเสียโรงงานแปรรูปอาหาร	38	ตัน/วัน	11,400	ตัน/ปี	250	6.58	m^3/ตัน	10,000	8,000	5,672	4,367	2,500
บริษัท ไพร์ม โพรดักส์อินดัสตรี้ จำกัด	น้ำเสียโรงงานแปรรูปอาหาร	250	ตัน/วัน	76,612	ตัน/ปี	501	2.01	m^3/ตัน	7,566	3,783	757	378	3,793
บริษัท พ.ศ.ช. ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด	น้ำเสียโรงงานแปรรูปอาหาร	100	ตันแป้ง/วัน	12,412	ตันแป้ง/ปี	600	6.00	m^3/ตัน	20,000	6,760	4,000	1,352	12,000
บริษัท กลุ่มปาล์มธรรมชาติ จำกัด	น้ำเสียจากโรงสกัดปาล์ม	60	ตัน FFB/hr	345,000	ตัน/ปี	500	0.43	m3/ตันFFB	70,000	35,000	3,500	1,750	35,000
บริษัท สามร้อยยอด จำกัด	น้ำเสียจากกระบวนการผลิตผลไม้กระป๋องและอบแห้ง	350	ตัน/วัน	12,631	ตัน/ปี	2,000	5.71	m^3/ตัน	6,000	4,000	600	400	12,000

ตารางข้อมูลระบบก๊าซชีวภาพรายโรงงานในโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีส่งเสริมก๊าซชีวภาพ ปีพ.ศ. 2553 (ต่อ)

บริษัท โคราชเอ สดับบลิวกรุ๊พ 2007 จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง	300	ตัน/วัน	NA.		3,000	10.00	m^3/ตัน	17,000	11,500	3,740	2,530	51,000
บริษัท สวน อุตสาหกรรม พลังงาน จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานเอทานอล	400,000	ลิตรเอทานอล/วัน	NA.		1,440	0.004	m^3/ลิตรเอทานอล	80,000	30,000	8,000	3,000	115,200
บริษัท สวน อุตสาหกรรม พลังงาน จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง	300	ตัน/วัน	NA.		2,550	8.500	m^3/ตัน	17,500	10,250	4,025	2,358	44,625
บริษัท ออรัส สเปเชียลลิตี้ จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานผลิตแอลกอออล์	8,445	ตัน /ปี	7,543	ตัน/ปี	876	36.306	m^3/ตันเฟอฟูรัล	14,750	5,999	3,688	1,500	12,921
บริษัท บลูเวฟ เอ็นเนอยี่ จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง	330	ตัน/วัน	NA.		3,200			17,500	10,250	1,750	1,025	56,000
บริษัท เอส.พี.โอ.อะโกรอินดัสตรี้ส์ จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	45	ตัน FFB/hr	324,000	ตัน FFB/ปี	540	0.500	m^3/ตันFFB	80,000	45,000	12,000	6,750	43,200
บริษัท ไต่รับเบอร์ จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานผลิตยาง	60,000	ตันยางแท่ง/ปี	26,871	ตันยางแท่ง/ปี	2,600	13	m^3/ตันยางแท่ง	1,650	1,070	330	214	4,290
บริษัท อิมเพรส เอทานอล จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานเอทานอล	200,000	ลิตรเอทานอล/วัน	NA.		1,200	0.006	m3/ลิตรเอทานอล	75,000	25,000	11,250	3,750	90,000
บริษัท ไทยรับเบอร์ลาเท็คซ์ กรุ๊ป จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานยางแท่ง STR 20	120	ตันยางแท่ง/วัน	NA.		1,500	12.5	m^3/ตันยางแท่ง	1,300		520		1,950

ตารางข้อมูลระบบก๊าซชีวภาพรายโรงงานในโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีส่งเสริมก๊าซชีวภาพ ปีพ.ศ. 2553 (ต่อ)

บริษัท ไทยรับเบอร์ลาเท็คซ์ คอร์ปอเรชั่น (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน	น้ำเสียจากโรงงานผลิตยาง	120	ตันยาง แท่ง/วัน	#REF!	ตันยาง แท่ง/ปี	1,500	300	m^3/ตันยางแท่ง	1,300	850	520	340	1,950
บริษัท ท่าชนะน้ำมันปาล์ม จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	45	ตัน FFB/hr	216,000	ตัน FFB/hr	360	0.333	m^3/ตันFFB	80,000	45,000	24,000	13,500	28,800
บริษัท เค ที เอ็มเอสจี จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานผลิตผงชูรส	18.2	ตัน/วัน	#REF!	ตัน/ปี	400	21.978	m^3/ตัน	135,000	42,000	67,500	21,000	54,000
บริษัท สวน อุตสาหกรรมพลังงาน จำกัด (โรงแป้ง)	กากมันจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง	300	ตัน/วัน	NA.		225 tons/d	0.800	tonกากมัน/tonแป้ง	240 kg/ton		82		54,000
บริษัท ทักษิณปาล์ม (2521) จำกัด	กากจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	45	ตัน FFB/ชม.	30,066	ตัน/ปี	360	0.333	m3/ตัน FFB	75,000		22,500		27,000
บริษัท อีสเทิร์น ปาล์ม ออยล์ จำกัด	กากจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	45	ตัน FFB/ชม.	216,000	ตัน FFB/ปี	75	1.667	m^3/ตันFFB	50,000	30,000	20,000	12,000	3,750
บริษัท โชคชัยสตาร์ช จำกัด	กากมันจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง	370	ตัน/วัน	111,000	ตัน/ปี	479	#REF!	m^3/ตัน	143,400		28,680		68,700
บริษัท เจอาร์ วัน จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	45	ตัน FFB/hr	#REF!	ตัน FFB/ปี	540	0.500	m^3/ตันFFB	83,075	45,000	24,923	13,500	43,200

ตารางข้อมูลระบบก๊าซชีวภาพรายโรงงานในโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีส่งเสริมก๊าซชีวภาพ ปีพ.ศ. 2554

ชื่อโครงการ	ชนิดน้ำเสีย	ข้อมูลการผลิตของโรงงาน				ข้อมูลน้ำเสีย							
		กำลังการผลิตติดตั้ง		ปริมาณการผลิตต่อปี		ปริมาณน้ำเสียป้อนเข้าระบบ Biogas (m^3/day)	ปริมาณน้ำเสียต่อผลผลิต		คุณสมบัติน้ำเสียเข้าระบบ Biogas		คุณสมบัติน้ำเสียออกระบบ Biogas		COD Load (kg-COD/day)
									COD (mg/liter)	BOD_5 (mg/liter)	COD (mg/liter)	BOD_5 (mg/liter)	
สหกรณ์นิคมท่าแซะ จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	45	ตันFFB/ชั่วโมง			450	0.42	m3/ตัน FFB	50,368		10,074		22,666
บริษัท อายิโนะโมะโต๊ะ (ประเทศไทย) จำกัด (น้ำเสีย)	น้ำเสียจากการผลิตผงชูรส	20	ตัน/วัน	4,480	ตัน/ปี	210	10.5	m3/ตันแป้ง	10,800	5,000	2,268	1,050	2,268
บริษัท อายิโนะโมะโต๊ะ (ประเทศไทย) จำกัด (กากมัน)	กากมันจากการผลิตผงชูรส	20	ตัน/วัน	4,480	ตัน/ปี	56 tons/day	4	ตันกาก/ตันแป้ง	120		40.40		6,720
บริษัท เอี่ยมศิริ ไบโอก๊าซ จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง	350	ตัน/วัน	25,200	ตัน/ปี	3,360	9.6	m3/ตัน	17,500	10,800	1,750	1,080	58,800
บริษัท ชุมพร เอส.พี. ปาล์มออยล์ จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	45/60	ตันFFB/ชั่วโมง			300	0.28	m3/ตัน FFB	50,000		7,500		15,000
บริษัท อี.คิว.รับเบอร์ จำกัด	น้ำเสียจากการผลิตยางแท่ง	198	ตันยางแท่ง/วัน	59,401	ตันยางแท่ง/ปี	3,000	15	m3/ตันยางแท่ง	2,000	1,000	800	400	6,000

ตารางข้อมูลระบบก๊าซชีวภาพรายโรงงานในโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีส่งเสริมก๊าซชีวภาพ ปีพ.ศ. 2554 (ต่อ)

บริษัท แอ๊ดวานซ์ เอเชีย ไฟเบอร์ จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานผลิตใยไม้อัดแข็ง	340	ตัน /วัน	67,320	ตัน Hard Board/ปี	1,620	4.76	m3 Hard Board/ตัน	16,088	5,250	804	263	26,063
บริษัท ยูนิเวอร์แซล สตาร์ช จำกัด (มหาชน)	น้ำเสียจากการผลิตแป้งมันสำปะหลัง	250	ตัน/วัน			5,000	20.00	m3/ตัน	9,695		1,939		48,475
บริษัท ไทยนำมันสำปะหลัง จำกัด	น้ำเสียจากการผลิตแป้งมันสำปะหลัง	550	ตัน/วัน	84,107	ตัน/ปี	6,000	10.91	m3/ตัน	6,527	3,449	1,305	690	39,162
บริษัท อีสเทิร์น ปาล์มออยล์ จำกัด	ทะลายปาล์มเปล่าจากโรงสกัดปาล์ม	45	ตัน FFB/ชั่วโมง	96,949	ตัน FFB/ปี	50 ตันเปียก/วัน	0.05	ตันEFB/ตันFFB	0.33 ton COD/ton wet		0.198		16,500
						330	0.31	m3/ตัน FFB	50,000		30,000		
บริษัท พลังงานคาร์บอน จำกัด (บริษัท พี.วี.ดี.อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด)	น้ำเสียผสมกากมันจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง	900	ตันแป้ง/วัน	91,176	ตันแป้ง/ปี	3,500	6.45	m3/ตัน	20,000				70,000
						100 ตันกาก/วัน	-	ตันกาก/ตันแป้ง	250 kgCOD/ton				25,000
บริษัทเอเชียจัมโบ้ อินดัสตรีส์ จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานแปรรูปอาหาร	10	ตัน/วัน	2,511.41	ตัน/ปี	250	25	m3/ตัน	5,100		1,530		1,275
บริษัท แก่นเจริญ (1) จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง	240	ตันแป้ง/วัน	53,613	ตัน/ปี	2,500	10.42	m3/ตัน	25,325	9,000	5,065	1800	63,313
บริษัท สหฟาร์ม จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานแปรรูปอาหาร	3,234	ตัน/เดือน	38,811	ตัน/ปี	3,000	27.83	m3/ตัน	1,500		750		4,500

ตารางข้อมูลระบบก๊าซชีวภาพรายโรงงานในโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีส่งเสริมก๊าซชีวภาพ ปีพ.ศ. 2554 (ต่อ)

บริษัทแหลมทอง ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานแปรรูปอาหาร	1000	ตัน/เดือน	11,388	ตัน/ปี	3,000	90.00	m3/ตัน	1,500		750		4,500
บริษัท อุบล ไบโอ เอทานอล จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานเอทานอล	400,000	ลิตร/วัน	132,000,000	ลิตร/ปี	3,880	0.01	m3/ลิตร	32,000	17,000	3,200	1,700	124,160
บริษัท ปาล์มพัฒนา ชายแดนใต้ จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	30	ตันFFB/ชั่วโมง	99,465	ตันFFB/ปี	250	0.23	m3/ตันFFB	60,000		9,000		15,000
บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน)	น้ำเสียจากโรงงานแปรรูปอาหาร	80	ตัน/วัน	23,278	ตัน/ปี	6,000	75	m3/ตัน	1,500	1,200	267	338	5,348
บริษัท พนัสโพลทรี่ จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานแปรรูปอาหาร	80,000	ตัน/ปี	51,246	ตัน/ปี	3,000	11	m3/ตัน	1,610	695	322	139	4,830
บริษัท ทวีผลผลิตภัณฑ์ จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานผลิตเครื่องดื่ม	22,100	ตัน/เดือน	33,816	ตัน/ปี	150	1.33	m3/ตัน	9,000	5,200	1,800	1,040	1,350
บริษัท ผลิตภัณฑ์อาหารเชฟช้อย จำกัด	น้ำเสียจากการผลิตน้ำกะทิกล่อง	800,000	กล่อง/ปี			500	0.19	m3/กล่อง	7,000		1,400		3,500
บริษัท เบสท์ฟีด ที.ซี. จำกัด	น้ำเสียจากการผลิตแป้งมันสำปะหลัง	500	ตัน/วัน		ตัน/ปี	5,000	10.00	m3/ตัน	9,900		1,485		49,500
บริษัทพลังงานคาร์บอนจำกัด (กาฬสินธ์)	กากมันจากการผลิตแป้ง	800	ตัน/วัน	104,377	ตัน/ปี	300 tons/day	0.375	ตันกาก/ตันแป้ง	250 kgCOD/ton				75,000

ตารางข้อมูลระบบก๊าซชีวภาพรายโรงงานในโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีส่งเสริมก๊าซชีวภาพ ปีพ.ศ. 2554 (ต่อ)

บริษัท พลังงาน คาร์บอน จำกัด	น้ำเสียผสมกากมันจากโรงงานผลิตแป้งมัน	400	ตันแป้ง/วัน			3,000	7.50	m3/ตัน	40,000	25,000	4,000	2,500	120,000
						400 m3/day	0.25	ตันกาก/ตันแป้ง	250 kgCOD/ton				25,000
บริษัท พลังงาน คาร์บอน จำกัด (ร้อยเอ็ด)	กากมันจากการผลิตแป้งมันสำปะหลัง	800	ตันแป้ง/วัน	91,989	ตัน/ปี	250 tons/day	0.31	ตันกาก/ตันแป้ง	250 kgCOD/ton				62,500
บริษัท ปาล์มพัฒนา ชายแดนใต้ จำกัด	กากจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	30/45	ตัน FFB/ชั่วโมง	5,322	ตัน/ปี	ส่วนกากตะกอน 11 ลบ.ม./วัน	0.11	m3/ตันFFB	60,000		18,000		3,888
						ส่วนกากปาล์ม 64.8 ลบ.ม./วัน							
บริษัท มิตรประสงค์ กรีนเพาเวอร์ จำกัด	กากจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	45/60	ตัน FFB/ชั่วโมง	193,492	ตัน/ปี	ส่วนกากตะกอน 33 ลบ.ม./วัน	0.21	m3/ตันFFB	60,000	-	18,000	-	11,880
						น้ำเสียจากระบบขั้นหลัง 198 ลบ.ม./วัน							
บริษัท หวังดี เอ็นเนอยี จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง	300	ตันแป้ง/วัน	24,442	ตัน/ปี	2,100	7	m3/ตัน	12,108	5,750	2,422	1,150	25,426
บริษัท ปัญจพลไฟเบอร์ คอนเทนเนอร์ จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานผลิตกระดาษ	1,500	ตัน/วัน	425,745	ตัน/ปี	13,680	9	m3/ตัน	3,000	1,500	900	450	41,040

ตารางข้อมูลระบบก๊าซชีวภาพรายโรงงานในโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีส่งเสริมก๊าซชีวภาพ ปีพ.ศ. 2554 (ต่อ)

บริษัท อีสเทิร์น ปาล์ม ออยล์ จำกัด เฟส 2	น้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	60	ตันFFB/ชั่วโมง	142,556	ตันFFB/ปี	288	0.20	m3/ตัน	75,000	41,500	15,000	8,300	21,600
บริษัท ไทย อะโกร เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน)	น้ำเสียจากการผลิตเอทานอล	150,000	ลิตร/วัน			900	0.01	m3/ลิตร	130,000		52,000	-	117,000
บริษัท อิมเพรส เอทานอล จำกัด	Wetcake จากโรงงานเอทานอล	200,000	ลิตร/วัน			240 ตัน/วัน	0.001	ตันwet cake/ลิตรเอทานอล	177 ก.ก./ตันwet cake				42,384
บริษัท เอ็นพี ไบโอ เอนเนอร์ยี่ จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง	300	ตันแป้ง/วัน	59,400	ตัน/ปี	3,168	10.56	m3/ตัน	17,500	11,200	4,375	2,800	55,440
บริษัท เอกรัฐพัฒนา จำกัด	น้ำเสียจากการผลิตเอทานอล	230,000	ลิตร/วัน	#REF!	ลิตร/ปี	1,750	0.01	m3/ลิตร	180,000	75,000	63,000	26,250	315,000
บริษัท ซีวายวาย กรีนเพาเวอร์ จำกัด	น้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง	300	ตันแป้ง/วัน			3,200	11	m3/ตัน	22,500	14,625	2,250	1,463	72,000

ภาคผนวก ข

วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ อุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

กรณีทดแทนพลังงานน้ำมันเตา

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	1	2	3	4	5	6	7
ทุน	-150,000,000	บาท	-150,000,000							
กำลังการผลิต	7,047,000	ลบ.ม./ปี		3,523,500	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000
ทดแทนน้ำมันเตา	23	บาท/ลิตร		23	23.69	24.40	25.13	25.89	26.66	27.46
รายได้	3,875,850	ลิตร/ปี		44,572,275	91,818,887	94,573,453	97,410,657	100,332,976	103,342,966	106,443,255
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		15,000,000	15,450,000	15,913,500	16,390,905	16,882,632	17,389,111	17,910,784
ต้นทุน		บาท		-91,000,000	-16,450,000	-16,913,500	-17,390,905	-17,882,632	-18,389,111	-18,910,784
กำไรเบื้องต้น		บาท		-46,427,725	75,368,887	77,659,953	80,019,752	82,450,344	84,953,855	87,532,470
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		-5,724,492	-5,065,531	-4,359,618	-3,603,410	-2,793,321	-1,925,514	-995,875
เงินกู้	-75,000,000									
เงินทุน	-75,000,000									
หนี้สิน	75,000,000	บาท		80,343,750	71,095,169	61,187,627	50,574,172	39,204,509	27,024,757	13,977,198
ดอกเบี้ย		บาท	5,343,750	5,724,492	5,065,531	4,359,618	3,603,410	2,793,321	1,925,514	995,875
จ่ายคืน		บาท		14,973,073	14,973,073	14,973,073	14,973,073	14,973,073	14,973,073	14,973,073
	ดอกเบี้ย	บาท		5,724,492	5,065,531	4,359,618	3,603,410	2,793,321	1,925,514	995,875
	เงินต้น	บาท		9,248,581	9,907,542	10,613,455	11,369,663	12,179,752	13,047,559	13,977,198
หนี้คงเหลือ		บาท	80,343,750	71,095,169	61,187,627	50,574,172	39,204,509	27,024,757	13,977,198	0
กำไรสุทธิ		บาท		-52,152,217	70,303,356	73,300,335	76,416,342	79,657,023	83,028,341	86,536,595
IRR	40.57%		-150,000,000	-30,427,725	91,818,887	94,573,453	97,410,657	100,332,976	103,342,966	106,443,255
Payback Period	3	ปี	-150,000,000	-119,572,275	-27,753,389	66,820,065	164,230,721	264,563,698	367,906,663	474,349,918

กรณีทดแทนพลังงานน้ำมันเตา (ต่อ)

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	8	9	10	11	12	13	14	15
ทุน	-150,000,000	บาท	-150,000,000								
กำลังการผลิต	7,047,000	ลบ.ม./ปี		7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000
ทดแทนน้ำมันเตา	23	บาท/ลิตร		28.29	29.14	30.01	30.91	31.84	32.79	33.78	34.79
รายได้	3,875,850	ลิตร/ปี		109,636,552	112,925,649	116,313,418	119,802,821	123,396,906	127,098,813	130,911,777	134,839,130
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		18,448,108	19,001,551	19,571,598	20,158,746	20,763,508	21,386,413	22,028,006	22,688,846
ต้นทุน		บาท		-19,448,108	-20,001,551	-20,571,598	-21,158,746	-21,763,508	-22,386,413	-23,028,006	-23,688,846
กำไรเบื้องต้น		บาท		90,188,444	92,924,098	95,741,821	98,644,075	101,633,397	104,712,399	107,883,771	111,150,284
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		0	0	0	0	0	0	0	0
เงินกู้	-75,000,000										
เงินทุน	-75,000,000										
หนี้สิน	75,000,000	บาท									
ดอกเบี้ย		บาท	5,343,750								
จ่ายคืน		บาท									
	ดอกเบี้ย	บาท									
	เงินต้น	บาท									
หนี้คงเหลือ		บาท	80,343,750								
กำไรสุทธิ		บาท		90,188,444	92,924,098	95,741,821	98,644,075	101,633,397	104,712,399	107,883,771	111,150,284
IRR	40.57%		-150,000,000	109,636,552	112,925,649	116,313,418	119,802,821	123,396,906	127,098,813	130,911,777	134,839,130
Payback Period	3	ปี	-150,000,000	583,986,470	696,912,119	813,225,537	933,028,358	1,056,425,264	1,183,524,077	1,314,435,854	1,449,274,984

กรณีทดแทนพลังงานLPG

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	1	2	3	4	5	6	7
ทุน	-150,000,000	บาท	-150,000,000							
กำลังการผลิต	7,047,000	ลบ.ม./ปี		3,523,500	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000
ทดแทนLPG	18	บาท/กิโลกรัม		18	18.54	19.10	19.67	20.26	20.87	21.49
รายได้	3,241,620	กิโลกรัม/ปี		29,174,580	60,099,635	61,902,624	63,759,703	65,672,494	67,642,668	69,671,948
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		15,000,000	15,450,000	15,913,500	16,390,905	16,882,632	17,389,111	17,910,784
ต้นทุน		บาท		-91,000,000	-16,450,000	-16,913,500	-17,390,905	-17,882,632	-18,389,111	-18,910,784
กำไรเบื้องต้น		บาท		-61,825,420	43,649,635	44,989,124	46,368,798	47,789,861	49,253,557	50,761,164
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		-5,724,492	-5,065,531	-4,359,618	-3,603,410	-2,793,321	-1,925,514	-995,875
เงินกู้	-75,000,000									
เงินทุน	-75,000,000									
หนี้สิน	75,000,000	บาท		80,343,750	71,095,169	61,187,627	50,574,172	39,204,509	27,024,757	13,977,198
ดอกเบี้ย		บาท	5,343,750	5,724,492	5,065,531	4,359,618	3,603,410	2,793,321	1,925,514	995,875
จ่ายคืน		บาท		14,973,073	14,973,073	14,973,073	14,973,073	14,973,073	14,973,073	14,973,073
	ดอกเบี้ย	บาท		5,724,492	5,065,531	4,359,618	3,603,410	2,793,321	1,925,514	995,875
	เงินต้น	บาท		9,248,581	9,907,542	10,613,455	11,369,663	12,179,752	13,047,559	13,977,198
หนี้คงเหลือ		บาท	80,343,750	71,095,169	61,187,627	50,574,172	39,204,509	27,024,757	13,977,198	0
กำไรสุทธิ		บาท		-67,549,912	38,584,104	40,629,505	42,765,388	44,996,540	47,328,043	49,765,289
IRR	27.08%		-150,000,000	-45,825,420	60,099,635	61,902,624	63,759,703	65,672,494	67,642,668	69,671,948
Payback Period	3	ปี	-150,000,000	-104,174,580	-44,074,945	17,827,679	81,587,381	147,259,875	214,902,543	284,574,492

กรณีทดแทนพลังงานLPG (ต่อ)

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	8	9	10	11	12	13	14	15
ทุน	-150,000,000	บาท	-150,000,000								
กำลังการผลิต	7,047,000	ลบ.ม./ปี		7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000
ทดแทนLPG	18	บาท/กิโลกรัม		22.14	22.80	23.49	24.19	24.92	25.66	26.43	27.23
รายได้	3,241,620	กิโลกรัม/ปี		71,762,107	73,914,970	76,132,419	78,416,392	80,768,884	83,191,950	85,687,709	88,258,340
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		18,448,108	19,001,551	19,571,598	20,158,746	20,763,508	21,386,413	22,028,006	22,688,846
ต้นทุน		บาท		-19,448,108	-20,001,551	-20,571,598	-21,158,746	-21,763,508	-22,386,413	-23,028,006	-23,688,846
กำไรเบื้องต้น		บาท		52,313,999	53,913,419	55,560,822	57,257,646	59,005,376	60,805,537	62,659,703	64,569,494
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		0	0	0	0	0	0	0	0
เงินกู้	-75,000,000										
เงินทุน	-75,000,000										
หนี้สิน	75,000,000	บาท									
ดอกเบี้ย		บาท	5,343,750								
จ่ายคืน		บาท									
	ดอกเบี้ย	บาท									
	เงินต้น	บาท									
หนี้คงเหลือ		บาท	80,343,750								
กำไรสุทธิ		บาท		52,313,999	53,913,419	55,560,822	57,257,646	59,005,376	60,805,537	62,659,703	64,569,494
IRR	27.08%		-150,000,000	71,762,107	73,914,970	76,132,419	78,416,392	80,768,884	83,191,950	85,687,709	88,258,340
Payback Period	3	ปี	-150,000,000	356,336,599	430,251,569	506,383,988	584,800,380	665,569,264	748,761,214	834,448,922	922,707,262

กรณีทดแทนพลังงานไฟฟ้า

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	1	2	3	4	5	6	7
ทุน	-150,000,000	บาท	-150,000,000							
กำลังการผลิต	7,047,000	ลบ.ม./ปี		3,523,500	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000
ทดแทนไฟฟ้า	3	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง		3	3.09	3.18	3.28	3.38	3.48	3.58
รายได้	8,456,400	กิโลวัตต์ช่วโมง/ปี		12,684,600	26,130,276	26,914,184	27,721,610	28,553,258	29,409,856	30,292,152
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		15,000,000	15,450,000	15,913,500	16,390,905	16,882,632	17,389,111	17,910,784
ต้นทุน		บาท		-91,000,000	-16,450,000	-16,913,500	-17,390,905	-17,882,632	-18,389,111	-18,910,784
กำไรเบื้องต้น		บาท		-78,315,400	9,680,276	10,000,684	10,330,705	10,670,626	11,020,745	11,381,367
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		-5,724,492	-5,065,531	-4,359,618	-3,603,410	-2,793,321	-1,925,514	-995,875
เงินกู้	-75,000,000									
เงินทุน	-75,000,000									
หนี้สิน	75,000,000	บาท		80,343,750	71,095,169	61,187,627	50,574,172	39,204,509	27,024,757	13,977,198
ดอกเบี้ย		บาท	5,343,750	5,724,492	5,065,531	4,359,618	3,603,410	2,793,321	1,925,514	995,875
จ่ายคืน		บาท		14,973,073	14,973,073	14,973,073	14,973,073	14,973,073	14,973,073	14,973,073
	ดอกเบี้ย	บาท		5,724,492	5,065,531	4,359,618	3,603,410	2,793,321	1,925,514	995,875
	เงินต้น	บาท		9,248,581	9,907,542	10,613,455	11,369,663	12,179,752	13,047,559	13,977,198
หนี้คงเหลือ		บาท	80,343,750	71,095,169	61,187,627	50,574,172	39,204,509	27,024,757	13,977,198	0
กำไรสุทธิ		บาท		-84,039,892	4,614,745	5,641,066	6,727,295	7,877,305	9,095,231	10,385,492
IRR	9.82%		-150,000,000	-62,315,400	26,130,276	26,914,184	27,721,610	28,553,258	29,409,856	30,292,152
Payback Period	5	ปี	-150,000,000	-87,684,600	-61,554,324	-34,640,140	-6,918,530	21,634,728	51,044,584	81,336,736

กรณีทดแทนพลังงานไฟฟ้า (ต่อ)

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	8	9	10	11	12	13	14	15
ทุน	-150,000,000	บาท	-150,000,000								
กำลังการผลิต	7,047,000	ลบ.ม./ปี		7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000	7,047,000
ทดแทนไฟฟ้า	3	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง		3.69	3.80	3.91	4.03	4.15	4.28	4.41	4.54
รายได้	8,456,400	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี		31,200,916	32,136,944	33,101,052	34,094,083	35,116,906	36,170,413	37,255,525	38,373,191
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		18,448,108	19,001,551	19,571,598	20,158,746	20,763,508	21,386,413	22,028,006	22,688,846
ต้นทุน		บาท		-19,448,108	-20,001,551	-20,571,598	-21,158,746	-21,763,508	-22,386,413	-23,028,006	-23,688,846
กำไรเบื้องต้น		บาท		11,752,808	12,135,392	12,529,454	12,935,338	13,353,398	13,784,000	14,227,520	14,684,345
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		0	0	0	0	0	0	0	0
เงินกู้	-75,000,000										
เงินทุน	-75,000,000										
หนี้สิน	75,000,000	บาท									
ดอกเบี้ย		บาท	5,343,750								
จ่ายคืน		บาท									
	ดอกเบี้ย	บาท									
	เงินต้น	บาท									
หนี้คงเหลือ		บาท	80,343,750								
กำไรสุทธิ		บาท		11,752,808	12,135,392	12,529,454	12,935,338	13,353,398	13,784,000	14,227,520	14,684,345
IRR	9.82%		-150,000,000	31,200,916	32,136,944	33,101,052	34,094,083	35,116,906	36,170,413	37,255,525	38,373,191
Payback Period	5	ปี	-150,000,000	112,537,652	144,674,595	177,775,647	211,869,730	246,986,636	283,157,049	320,412,575	358,785,766

วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ อุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันปาล์ม

กรณีทดแทนพลังงานน้ำมันเตา

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	1	2	3	4	5	6	7
ทุน	-130,000,000	บาท	-130,000,000							
กำลังการผลิต	3,634,200	ลบ.ม./ปี		1,817,100	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200
ทดแทนน้ำมันเตา	23	บาท/ลิตร		23	23.69	24.40	25.13	25.89	26.66	27.46
รายได้	1,998,810	ลิตร/ปี		22,986,315	47,351,809	48,772,363	50,235,534	51,742,600	53,294,878	54,893,724
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		866,667	866,667	866,667	866,667	866,667	866,667	866,667
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		13,000,000	13,390,000	13,791,700	14,205,451	14,631,615	15,070,563	15,522,680
ต้นทุน		บาท		-78,866,667	-14,256,667	-14,658,367	-15,072,118	-15,498,281	-15,937,230	-16,389,347
กำไรเบื้องต้น		บาท		-55,880,352	33,095,142	34,113,997	35,163,416	36,244,319	37,357,648	38,504,378
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		-4,961,227	-4,390,127	-3,778,336	-3,122,955	-2,420,878	-1,668,779	-863,092
เงินกู้	-65,000,000									
เงินทุน	-65,000,000									
หนี้สิน	65,000,000	บาท		69,631,250	61,615,813	53,029,277	43,830,949	33,977,241	23,421,456	12,113,571
ดอกเบี้ย		บาท	4,631,250	4,961,227	4,390,127	3,778,336	3,122,955	2,420,878	1,668,779	863,092
จ่ายคืน		บาท		12,976,663	12,976,663	12,976,663	12,976,663	12,976,663	12,976,663	12,976,663
	ดอกเบี้ย	บาท		4,961,227	4,390,127	3,778,336	3,122,955	2,420,878	1,668,779	863,092
	เงินต้น	บาท		8,015,437	8,586,537	9,198,327	9,853,708	10,555,785	11,307,885	12,113,571
หนี้คงเหลือ		บาท	69,631,250	61,615,813	53,029,277	43,830,949	33,977,241	23,421,456	12,113,571	0
กำไรสุทธิ		บาท		-60,841,578	28,705,016	30,335,661	32,040,461	33,823,440	35,688,870	37,641,286
IRR	24.60%		-130,000,000	-42,013,685	47,351,809	48,772,363	50,235,534	51,742,600	53,294,878	54,893,724
Payback Period	3	ปี	-130,000,000	-87,986,315	-40,634,506	8,137,857	58,373,391	110,115,991	163,410,869	218,304,594

กรณีทดแทนพลังงานน้ำมันเตา (ต่อ)

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	8	9	10	11	12	13	14	15
ทุน	-130,000,000	บาท	-130,000,000								
กำลังการผลิต	3,634,200	ลบ.ม./ปี		3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200
ทดแทนน้ำมันเตา	23	บาท/ลิตร		28.29	29.14	30.01	30.91	31.84	32.79	33.78	34.79
รายได้	1,998,810	ลิตร/ปี		56,540,536	58,236,752	59,983,855	61,783,370	63,636,872	65,545,978	67,512,357	69,537,728
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		866,667	866,667	866,667	866,667	866,667	866,667	866,667	866,667
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		15,988,360	16,468,011	16,962,051	17,470,913	17,995,040	18,534,892	19,090,938	19,663,666
ต้นทุน		บาท		-16,855,027	-17,334,678	-17,828,718	-18,337,580	-18,861,707	-19,401,558	-19,957,605	-20,530,333
กำไรเบื้องต้น		บาท		39,685,509	40,902,075	42,155,137	43,445,791	44,775,165	46,144,420	47,554,752	49,007,395
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		0	0	0	0	0	0	0	0
เงินกู้	-65,000,000										
เงินทุน	-65,000,000										
หนี้สิน	65,000,000	บาท									
ดอกเบี้ย		บาท	4,631,250								
จ่ายคืน		บาท									
	ดอกเบี้ย	บาท									
	เงินต้น	บาท									
หนี้คงเหลือ		บาท	69,631,250								
กำไรสุทธิ		บาท		39,685,509	40,902,075	42,155,137	43,445,791	44,775,165	46,144,420	47,554,752	49,007,395
IRR	24.60%		-130,000,000	56,540,536	58,236,752	59,983,855	61,783,370	63,636,872	65,545,978	67,512,357	69,537,728
Payback Period	3	ปี	-130,000,000	274,845,130	333,081,882	393,065,737	454,849,107	518,485,979	584,031,957	651,544,314	721,082,042

กรณีทดแทนพลังงานก๊าซหุงต้ม

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	1	2	3	4	5	6	7
ทุน	-130,000,000	บาท	-130,000,000							
กำลังการผลิต	3,634,200	ลบ.ม./ปี		1,817,100	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200
ทดแทนLPG	18	บาท/กิโลกรัม		18	18.54	19.10	19.67	20.26	20.87	21.49
รายได้	1,671,732	กิโลกรัม/ปี		15,045,588	30,993,911	31,923,729	32,881,440	33,867,884	34,883,920	35,930,438
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		866,667	866,667	866,667	866,667	866,667	866,667	866,667
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		13,000,000	13,390,000	13,791,700	14,205,451	14,631,615	15,070,563	15,522,680
ต้นทุน		บาท		-78,866,667	-14,256,667	-14,658,367	-15,072,118	-15,498,281	-15,937,230	-16,389,347
กำไรเบื้องต้น		บาท		-63,821,079	16,737,245	17,265,362	17,809,323	18,369,602	18,946,691	19,541,091
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		-4,961,227	-4,390,127	-3,778,336	-3,122,955	-2,420,878	-1,668,779	-863,092
เงินกู้	-65,000,000									
เงินทุน	-65,000,000									
หนี้สิน	65,000,000	บาท		69,631,250	61,615,813	53,029,277	43,830,949	33,977,241	23,421,456	12,113,571
ดอกเบี้ย		บาท	4,631,250	4,961,227	4,390,127	3,778,336	3,122,955	2,420,878	1,668,779	863,092
จ่ายคืน		บาท		12,976,663	12,976,663	12,976,663	12,976,663	12,976,663	12,976,663	12,976,663
	ดอกเบี้ย	บาท		4,961,227	4,390,127	3,778,336	3,122,955	2,420,878	1,668,779	863,092
	เงินต้น	บาท		8,015,437	8,586,537	9,198,327	9,853,708	10,555,785	11,307,885	12,113,571
หนี้คงเหลือ		บาท	69,631,250	61,615,813	53,029,277	43,830,949	33,977,241	23,421,456	12,113,571	0
กำไรสุทธิ		บาท		-68,782,305	12,347,118	13,487,026	14,686,368	15,948,724	17,277,912	18,677,999
IRR	15.32%		-130,000,000	-49,954,412	30,993,911	31,923,729	32,881,440	33,867,884	34,883,920	35,930,438
Payback Period	4	ปี	-130,000,000	-80,045,588	-49,051,677	-17,127,948	15,753,492	49,621,376	84,505,296	120,435,734

กรณีทดแทนพลังงานก๊าซหุงต้ม (ต่อ)

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	8	9	10	11	12	13	14	15
ทุน	-130,000,000	บาท	-130,000,000								
กำลังการผลิต	3,634,200	ลบ.ม./ปี		3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200
ทดแทนLPG	18	บาท/กิโลกรัม		22.14	22.80	23.49	24.19	24.92	25.66	26.43	27.23
รายได้	1,671,732	กิโลกรัม/ปี		37,008,351	38,118,601	39,262,160	40,440,024	41,653,225	42,902,822	44,189,906	45,515,604
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		866,667	866,667	866,667	866,667	866,667	866,667	866,667	866,667
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		15,988,360	16,468,011	16,962,051	17,470,913	17,995,040	18,534,892	19,090,938	19,663,666
ต้นทุน		บาท		-16,855,027	-17,334,678	-17,828,718	-18,337,580	-18,861,707	-19,401,558	-19,957,605	-20,530,333
กำไรเบื้องต้น		บาท		20,153,324	20,783,924	21,433,441	22,102,445	22,791,518	23,501,264	24,232,301	24,985,271
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		0	0	0	0	0	0	0	0
เงินกู้	-65,000,000										
เงินทุน	-65,000,000										
หนี้สิน	65,000,000	บาท									
ดอกเบี้ย		บาท	4,631,250								
จ่ายคืน		บาท									
	ดอกเบี้ย	บาท									
	เงินต้น	บาท									
หนี้คงเหลือ		บาท	69,631,250								
กำไรสุทธิ		บาท		20,153,324	20,783,924	21,433,441	22,102,445	22,791,518	23,501,264	24,232,301	24,985,271
IRR	15.32%		-130,000,000	37,008,351	38,118,601	39,262,160	40,440,024	41,653,225	42,902,822	44,189,906	45,515,604
Payback Period	4	ปี	-130,000,000	157,444,085	195,562,686	234,824,846	275,264,870	316,918,095	359,820,917	404,010,824	449,526,427

กรณีทดแทนพลังงานไฟฟ้า

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	1	2	3	4	5	6	7
ทุน	-130,000,000	บาท	-130,000,000							
กำลังการผลิต	3,634,200	ลบ.ม./ปี		1,817,100	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200
ทดแทนไฟฟ้า	3	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง		3	3.09	3.18	3.28	3.38	3.48	3.58
รายได้	4,361,040	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี		6,541,560	13,475,614	13,879,882	14,296,278	14,725,167	15,166,922	15,621,929
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		866,667	866,667	866,667	866,667	866,667	866,667	866,667
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		13,000,000	13,390,000	13,791,700	14,205,451	14,631,615	15,070,563	15,522,680
ต้นทุน		บาท		-78,866,667	-14,256,667	-14,658,367	-15,072,118	-15,498,281	-15,937,230	-16,389,347
กำไรเบื้องต้น		บาท		-72,325,107	-781,053	-778,485	-775,839	-773,114	-770,308	-767,417
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		-4,961,227	-4,390,127	-3,778,336	-3,122,955	-2,420,878	-1,668,779	-863,092
เงินกู้	-65,000,000									
เงินทุน	-65,000,000									
หนี้สิน	65,000,000	บาท		69,631,250	61,615,813	53,029,277	43,830,949	33,977,241	23,421,456	12,113,571
ดอกเบี้ย		บาท	4,631,250	4,961,227	4,390,127	3,778,336	3,122,955	2,420,878	1,668,779	863,092
จ่ายคืน		บาท		12,976,663	12,976,663	12,976,663	12,976,663	12,976,663	12,976,663	12,976,663
	ดอกเบี้ย	บาท		4,961,227	4,390,127	3,778,336	3,122,955	2,420,878	1,668,779	863,092
	เงินต้น	บาท		8,015,437	8,586,537	9,198,327	9,853,708	10,555,785	11,307,885	12,113,571
หนี้คงเหลือ		บาท	69,631,250	61,615,813	53,029,277	43,830,949	33,977,241	23,421,456	12,113,571	0
กำไรสุทธิ		บาท		-77,286,333	-5,171,180	-4,556,821	-3,898,794	-3,193,993	-2,439,087	-1,630,509
IRR	2.39%		-130,000,000	-58,458,440	13,475,614	13,879,882	14,296,278	14,725,167	15,166,922	15,621,929
Payback Period	6	ปี	-130,000,000	-71,541,560	-58,065,946	-44,186,064	-29,889,786	-15,164,619	2,303	15,624,232

กรณีทดแทนพลังงานไฟฟ้า (ต่อ)

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	8	9	10	11	12	13	14	15
ทุน	-130,000,000	บาท	-130,000,000								
กำลังการผลิต	3,634,200	ลบ.ม./ปี		3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200	3,634,200
ทดแทนไฟฟ้า	3	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง		3.69	3.80	3.91	4.03	4.15	4.28	4.41	4.54
รายได้	4,361,040	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี		16,090,587	16,573,305	17,070,504	17,582,619	18,110,098	18,653,401	19,213,003	19,789,393
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		866,667	866,667	866,667	866,667	866,667	866,667	866,667	866,667
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		15,988,360	16,468,011	16,962,051	17,470,913	17,995,040	18,534,892	19,090,938	19,663,666
ต้นทุน		บาท		-16,855,027	-17,334,678	-17,828,718	-18,337,580	-18,861,707	-19,401,558	-19,957,605	-20,530,333
กำไรเบื้องต้น		บาท		-764,440	-761,373	-758,214	-754,960	-751,609	-748,157	-744,602	-740,940
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		0	0	0	0	0	0	0	0
เงินกู้	-65,000,000										
เงินทุน	-65,000,000										
หนี้สิน	65,000,000	บาท									
ดอกเบี้ย		บาท	4,631,250								
จ่ายคืน		บาท									
	ดอกเบี้ย	บาท									
	เงินต้น	บาท									
หนี้คงเหลือ		บาท	69,631,250								
กำไรสุทธิ		บาท		-764,440	-761,373	-758,214	-754,960	-751,609	-748,157	-744,602	-740,940
IRR	2.39%		-130,000,000	16,090,587	16,573,305	17,070,504	17,582,619	18,110,098	18,653,401	19,213,003	19,789,393
Payback Period	6	ปี	-130,000,000	31,714,820	48,288,125	65,358,629	82,941,248	101,051,346	119,704,747	138,917,749	158,707,142

วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ อุตสาหกรรมการผลิตเอทานอล

กรณีทดแทนพลังงานน้ำมันเตา

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	1	2	3	4	5	6	7
ทุน	-180,000,000	บาท	-180,000,000							
กำลังการผลิต	8,808,000	ลบ.ม./ปี		4,404,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000
ทดแทนน้ำมันเตา	23	บาท/ลิตร		23	23.69	24.40	25.13	25.89	26.66	27.46
รายได้	4,844,400	ลิตร/ปี		55,710,600	114,763,836	118,206,751	121,752,954	125,405,542	129,167,708	133,042,740
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		18,000,000	18,540,000	19,096,200	19,669,086	20,259,159	20,866,933	21,492,941
ต้นทุน		บาท		-109,200,000	-19,740,000	-20,296,200	-20,869,086	-21,459,159	-22,066,933	-22,692,941
กำไรเบื้องต้น		บาท		-53,489,400	95,023,836	97,910,551	100,883,868	103,946,384	107,100,775	110,349,798
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		-6,869,391	-6,078,637	-5,231,542	-4,324,092	-3,351,985	-2,310,617	-1,195,050
เงินกู้	-90,000,000									
เงินทุน	-90,000,000									
หนี้สิน	90,000,000	บาท		96,412,500	85,314,203	73,425,152	60,689,007	47,045,411	32,429,708	16,772,637
ดอกเบี้ย		บาท	6,412,500	6,869,391	6,078,637	5,231,542	4,324,092	3,351,985	2,310,617	1,195,050
จ่ายคืน		บาท		17,967,688	17,967,688	17,967,688	17,967,688	17,967,688	17,967,688	17,967,688
	ดอกเบี้ย	บาท		6,869,391	6,078,637	5,231,542	4,324,092	3,351,985	2,310,617	1,195,050
	เงินต้น	บาท		11,098,297	11,889,051	12,736,146	13,643,596	14,615,702	15,657,071	16,772,637
หนี้คงเหลือ		บาท	96,412,500	85,314,203	73,425,152	60,689,007	47,045,411	32,429,708	16,772,637	0
กำไรสุทธิ		บาท		-60,358,791	88,945,199	92,679,009	96,559,776	100,594,398	104,790,158	109,154,748
IRR	42.12%		-180,000,000	-34,289,400	114,763,836	118,206,751	121,752,954	125,405,542	129,167,708	133,042,740
Payback Period	3	ปี	-180,000,000	-145,710,600	-30,946,764	87,259,987	209,012,941	334,418,483	463,586,191	596,628,931

กรณีทดแทนพลังงานน้ำมันเตา (ต่อ)

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	8	9	10	11	12	13	14	15
ทุน	-180,000,000	บาท	-180,000,000								
กำลังการผลิต	8,808,000	ลบ.ม./ปี		8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000
ทดแทนน้ำมันเตา	23	บาท/ลิตร		28.29	29.14	30.01	30.91	31.84	32.79	33.78	34.79
รายได้	4,844,400	ลิตร/ปี		137,034,022	141,145,043	145,379,394	149,740,776	154,232,999	158,859,989	163,625,789	168,534,562
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		22,137,730	22,801,861	23,485,917	24,190,495	24,916,210	25,663,696	26,433,607	27,226,615
ต้นทุน		บาท		-23,337,730	-24,001,861	-24,685,917	-25,390,495	-26,116,210	-26,863,696	-27,633,607	-28,426,615
กำไรเบื้องต้น		บาท		113,696,292	117,143,181	120,693,477	124,350,281	128,116,789	131,996,293	135,992,182	140,107,947
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		0	0	0	0	0	0	0	0
เงินกู้	-90,000,000										
เงินทุน	-90,000,000										
หนี้สิน	90,000,000	บาท									
ดอกเบี้ย		บาท	6,412,500								
จ่ายคืน		บาท									
	ดอกเบี้ย	บาท									
	เงินต้น	บาท									
หนี้คงเหลือ		บาท	96,412,500								
กำไรสุทธิ		บาท		113,696,292	117,143,181	120,693,477	124,350,281	128,116,789	131,996,293	135,992,182	140,107,947
IRR	42.12%		-180,000,000	137,034,022	141,145,043	145,379,394	149,740,776	154,232,999	158,859,989	163,625,789	168,534,562
Payback Period	3	ปี	-180,000,000	733,662,953	874,807,996	1,020,187,390	1,169,928,165	1,324,161,164	1,483,021,153	1,646,646,942	1,815,181,504

กรณีทดแทนพลังงานก๊าซหุงต้ม

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	1	2	3	4	5	6	7
ทุน	-180,000,000	บาท	-180,000,000							
กำลังการผลิต	8,808,000	ลบ.ม./ปี		4,404,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000
ทดแทนLPG	18	บาท/กิโลกรัม		18	18.54	19.10	19.67	20.26	20.87	21.49
รายได้	4,051,680	กิโลกรัม/ปี		36,465,120	75,118,147	77,371,692	79,692,842	82,083,628	84,546,136	87,082,521
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		18,000,000	18,540,000	19,096,200	19,669,086	20,259,159	20,866,933	21,492,941
ต้นทุน		บาท		-109,200,000	-19,740,000	-20,296,200	-20,869,086	-21,459,159	-22,066,933	-22,692,941
กำไรเบื้องต้น		บาท		-72,734,880	55,378,147	57,075,492	58,823,756	60,624,469	62,479,203	64,389,579
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		-6,869,391	-6,078,637	-5,231,542	-4,324,092	-3,351,985	-2,310,617	-1,195,050
เงินกู้	-90,000,000									
เงินทุน	-90,000,000									
หนี้สิน	90,000,000	บาท		96,412,500	85,314,203	73,425,152	60,689,007	47,045,411	32,429,708	16,772,637
ดอกเบี้ย		บาท	6,412,500	6,869,391	6,078,637	5,231,542	4,324,092	3,351,985	2,310,617	1,195,050
จ่ายคืน		บาท		17,967,688	17,967,688	17,967,688	17,967,688	17,967,688	17,967,688	17,967,688
	ดอกเบี้ย	บาท		6,869,391	6,078,637	5,231,542	4,324,092	3,351,985	2,310,617	1,195,050
	เงินต้น	บาท		11,098,297	11,889,051	12,736,146	13,643,596	14,615,702	15,657,071	16,772,637
หนี้คงเหลือ		บาท	96,412,500	85,314,203	73,425,152	60,689,007	47,045,411	32,429,708	16,772,637	0
กำไรสุทธิ		บาท		-79,604,271	49,299,510	51,843,950	54,499,665	57,272,484	60,168,586	63,194,529
IRR	28.19%		-180,000,000	-53,534,880	75,118,147	77,371,692	79,692,842	82,083,628	84,546,136	87,082,521
Payback Period	3	ปี	-180,000,000	-126,465,120	-51,346,973	26,024,719	105,717,561	187,801,189	272,347,325	359,429,846

กรณีทดแทนพลังงานก๊าซหุงต้ม (ต่อ)

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	8	9	10	11	12	13	14	15
ทุน	-180,000,000	บาท	-180,000,000								
กำลังการผลิต	8,808,000	ลบ.ม./ปี		8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000
ทดแทนLPG	18	บาท/กิโลกรัม		22.14	22.80	23.49	24.19	24.92	25.66	26.43	27.23
รายได้	4,051,680	กิโลกรัม/ปี		89,694,996	92,385,846	95,157,421	98,012,144	100,952,508	103,981,084	107,100,516	110,313,532
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		22,137,730	22,801,861	23,485,917	24,190,495	24,916,210	25,663,696	26,433,607	27,226,615
ต้นทุน		บาท		-23,337,730	-24,001,861	-24,685,917	-25,390,495	-26,116,210	-26,863,696	-27,633,607	-28,426,615
กำไรเบื้องต้น		บาท		66,357,267	68,383,985	70,471,504	72,621,649	74,836,299	77,117,388	79,466,909	81,886,917
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		0	0	0	0	0	0	0	0
เงินกู้	-90,000,000										
เงินทุน	-90,000,000										
หนี้สิน	90,000,000	บาท									
ดอกเบี้ย		บาท	6,412,500								
จ่ายคืน		บาท									
	ดอกเบี้ย	บาท									
	เงินต้น	บาท									
หนี้คงเหลือ		บาท	96,412,500								
กำไรสุทธิ		บาท		66,357,267	68,383,985	70,471,504	72,621,649	74,836,299	77,117,388	79,466,909	81,886,917
IRR	28.19%		-180,000,000	89,694,996	92,385,846	95,157,421	98,012,144	100,952,508	103,981,084	107,100,516	110,313,532
Payback Period	3	ปี	-180,000,000	449,124,842	541,510,688	636,668,110	734,680,254	835,632,762	939,613,846	1,046,714,362	1,157,027,893

กรณีทดแทนพลังงานไฟฟ้า

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	1	2	3	4	5	6	7
ทุน	-180,000,000	บาท	-180,000,000							
กำลังการผลิต	8,808,000	ลบ.ม./ปี		4,404,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000
ทดแทนไฟฟ้า	3	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง		3	3.09	3.18	3.28	3.38	3.48	3.58
รายได้	10,569,600	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี		15,854,400	32,660,064	33,639,866	34,649,062	35,688,534	36,759,190	37,861,965
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		18,000,000	18,540,000	19,096,200	19,669,086	20,259,159	20,866,933	21,492,941
ต้นทุน		บาท		-109,200,000	-19,740,000	-20,296,200	-20,869,086	-21,459,159	-22,066,933	-22,692,941
กำไรเบื้องต้น		บาท		-93,345,600	12,920,064	13,343,666	13,779,976	14,229,375	14,692,256	15,169,024
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		-6,869,391	-6,078,637	-5,231,542	-4,324,092	-3,351,985	-2,310,617	-1,195,050
เงินกู้	-90,000,000									
เงินทุน	-90,000,000									
หนี้สิน	90,000,000	บาท		96,412,500	85,314,203	73,425,152	60,689,007	47,045,411	32,429,708	16,772,637
ดอกเบี้ย		บาท	6,412,500	6,869,391	6,078,637	5,231,542	4,324,092	3,351,985	2,310,617	1,195,050
จ่ายคืน		บาท		17,967,688	17,967,688	17,967,688	17,967,688	17,967,688	17,967,688	17,967,688
	ดอกเบี้ย	บาท		6,869,391	6,078,637	5,231,542	4,324,092	3,351,985	2,310,617	1,195,050
	เงินต้น	บาท		11,098,297	11,889,051	12,736,146	13,643,596	14,615,702	15,657,071	16,772,637
หนี้คงเหลือ		บาท	96,412,500	85,314,203	73,425,152	60,689,007	47,045,411	32,429,708	16,772,637	0
กำไรสุทธิ		บาท		-100,214,991	6,841,427	8,112,124	9,455,884	10,877,390	12,381,640	13,973,974
IRR	10.48%		-180,000,000	-74,145,600	32,660,064	33,639,866	34,649,062	35,688,534	36,759,190	37,861,965
Payback Period	5	ปี	-180,000,000	-105,854,400	-73,194,336	-39,554,470	-4,905,408	30,783,126	67,542,315	105,404,281

กรณีทดแทนพลังงานไฟฟ้า (ต่อ)

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	8	9	10	11	12	13	14	15
ทุน	-180,000,000	บาท	-180,000,000								
กำลังการผลิต	8,808,000	ลบ.ม./ปี		8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000	8,808,000
ทดแทนไฟฟ้า	3	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง		3.69	3.80	3.91	4.03	4.15	4.28	4.41	4.54
รายได้	10,569,600	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี		38,997,824	40,167,759	41,372,792	42,613,976	43,892,395	45,209,167	46,565,442	47,962,405
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		22,137,730	22,801,861	23,485,917	24,190,495	24,916,210	25,663,696	26,433,607	27,226,615
ต้นทุน		บาท		-23,337,730	-24,001,861	-24,685,917	-25,390,495	-26,116,210	-26,863,696	-27,633,607	-28,426,615
กำไรเบื้องต้น		บาท		15,660,095	16,165,898	16,686,875	17,223,481	17,776,185	18,345,471	18,931,835	19,535,790
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		0	0	0	0	0	0	0	0
เงินกู้	-90,000,000										
เงินทุน	-90,000,000										
หนี้สิน	90,000,000	บาท									
ดอกเบี้ย		บาท	6,412,500								
จ่ายคืน		บาท									
	ดอกเบี้ย	บาท									
	เงินต้น	บาท									
หนี้คงเหลือ		บาท	96,412,500								
กำไรสุทธิ		บาท		15,660,095	16,165,898	16,686,875	17,223,481	17,776,185	18,345,471	18,931,835	19,535,790
IRR	10.48%		-180,000,000	38,997,824	40,167,759	41,372,792	42,613,976	43,892,395	45,209,167	46,565,442	47,962,405
Payback Period	5	ปี	-180,000,000	144,402,105	184,569,864	225,942,656	268,556,632	312,449,027	357,658,194	404,223,636	452,186,041

วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ อุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร

กรณีทดแทนพลังงานน้ำมันเตา

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	1	2	3	4	5	6	7
ทุน	-30,000,000	บาท	-30,000,000							
กำลังการผลิต	823,500	ลบ.ม./ปี		411,750	823,500	823,500	823,500	823,500	823,500	823,500
ทดแทนน้ำมันเตา	23	บาท/ลิตร		23	23.69	24.40	25.13	25.89	26.66	27.46
รายได้	452,925	ลิตร/ปี		5,208,638	10,729,793	11,051,687	11,383,238	11,724,735	12,076,477	12,438,771
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		3,000,000	3,090,000	3,182,700	3,278,181	3,376,526	3,477,822	3,582,157
ต้นทุน		บาท		-18,200,000	-3,290,000	-3,382,700	-3,478,181	-3,576,526	-3,677,822	-3,782,157
กำไรเบื้องต้น		บาท		-12,991,363	7,439,793	7,668,987	7,905,057	8,148,208	8,398,655	8,656,614
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		-1,144,898	-1,013,106	-871,924	-720,682	-558,664	-385,103	-199,175
เงินกู้	-15,000,000									
เงินทุน	-15,000,000									
หนี้สิน	15,000,000	บาท		16,068,750	14,219,034	12,237,525	10,114,834	7,840,902	5,404,951	2,795,440
ดอกเบี้ย		บาท	1,068,750	1,144,898	1,013,106	871,924	720,682	558,664	385,103	199,175
จ่ายคืน		บาท		2,994,615	2,994,615	2,994,615	2,994,615	2,994,615	2,994,615	2,994,615
	ดอกเบี้ย	บาท		1,144,898	1,013,106	871,924	720,682	558,664	385,103	199,175
	เงินต้น	บาท		1,849,716	1,981,508	2,122,691	2,273,933	2,435,950	2,609,512	2,795,440
หนี้คงเหลือ		บาท	16,068,750	14,219,034	12,237,525	10,114,834	7,840,902	5,404,951	2,795,440	0
กำไรสุทธิ		บาท		-14,136,261	6,426,687	6,797,063	7,184,375	7,589,544	8,013,552	8,457,439
IRR	24.14%		-30,000,000	-9,791,363	10,729,793	11,051,687	11,383,238	11,724,735	12,076,477	12,438,771
Payback Period	3	ปี	-30,000,000	-20,208,638	-9,478,844	1,572,843	12,956,080	24,680,815	36,757,292	49,196,063

กรณีทดแทนพลังงานน้ำมันเตา (ต่อ)

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	8	9	10	11	12	13	14	15
ทุน	-30,000,000	บาท	-30,000,000								
กำลังการผลิต	823,500	ลบ.ม./ปี		823,500	823,500	823,500	823,500	823,500	823,500	823,500	823,500
ทดแทนน้ำมันเตา	23	บาท/ลิตร		28.29	29.14	30.01	30.91	31.84	32.79	33.78	34.79
รายได้	452,925	ลิตร/ปี		12,811,934	13,196,292	13,592,181	13,999,947	14,419,945	14,852,543	15,298,120	15,757,063
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		3,689,622	3,800,310	3,914,320	4,031,749	4,152,702	4,277,283	4,405,601	4,537,769
ต้นทุน		บาท		-3,889,622	-4,000,310	-4,114,320	-4,231,749	-4,352,702	-4,477,283	-4,605,601	-4,737,769
กำไรเบื้องต้น		บาท		8,922,313	9,195,982	9,477,862	9,768,197	10,067,243	10,375,261	10,692,518	11,019,294
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		0	0	0	0	0	0	0	0
เงินกู้	-15,000,000										
เงินทุน	-15,000,000										
หนี้สิน	15,000,000	บาท									
ดอกเบี้ย		บาท	1,068,750								
จ่ายคืน		บาท									
	ดอกเบี้ย	บาท									
	เงินต้น	บาท									
หนี้คงเหลือ		บาท	16,068,750								
กำไรสุทธิ		บาท		8,922,313	9,195,982	9,477,862	9,768,197	10,067,243	10,375,261	10,692,518	11,019,294
IRR	24.14%		-30,000,000	12,811,934	13,196,292	13,592,181	13,999,947	14,419,945	14,852,543	15,298,120	15,757,063
Payback Period	3	ปี	-30,000,000	62,007,997	75,204,290	88,796,471	102,796,417	117,216,362	132,068,905	147,367,025	163,124,088

กรณีทดแทนพลังงานก๊าซหุงต้ม

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	1	2	3	4	5	6	7
ทุน	-30,000,000	บาท	-30,000,000							
กำลังการผลิต	823,500	ลบ.ม./ปี		411,750	823,500	823,500	823,500	823,500	823,500	823,500
ทดแทนLPG	18	บาท/กิโลกรัม		18	18.54	19.10	19.67	20.26	20.87	21.49
รายได้	378,810	กิโลกรัม/ปี		3,409,290	7,023,137	7,233,832	7,450,846	7,674,372	7,904,603	8,141,741
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		3,000,000	3,090,000	3,182,700	3,278,181	3,376,526	3,477,822	3,582,157
ต้นทุน		บาท		-18,200,000	-3,290,000	-3,382,700	-3,478,181	-3,576,526	-3,677,822	-3,782,157
กำไรเบื้องต้น		บาท		-14,790,710	3,733,137	3,851,132	3,972,665	4,097,845	4,226,781	4,359,584
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		-1,144,898	-1,013,106	-871,924	-720,682	-558,664	-385,103	-199,175
เงินกู้	-15,000,000									
เงินทุน	-15,000,000									
หนี้สิน	15,000,000	บาท		16,068,750	14,219,034	12,237,525	10,114,834	7,840,902	5,404,951	2,795,440
ดอกเบี้ย		บาท	1,068,750	1,144,898	1,013,106	871,924	720,682	558,664	385,103	199,175
จ่ายคืน		บาท		2,994,615	2,994,615	2,994,615	2,994,615	2,994,615	2,994,615	2,994,615
	ดอกเบี้ย	บาท		1,144,898	1,013,106	871,924	720,682	558,664	385,103	199,175
	เงินต้น	บาท		1,849,716	1,981,508	2,122,691	2,273,933	2,435,950	2,609,512	2,795,440
หนี้คงเหลือ		บาท	16,068,750	14,219,034	12,237,525	10,114,834	7,840,902	5,404,951	2,795,440	0
กำไรสุทธิ		บาท		-15,935,608	2,720,031	2,979,208	3,251,984	3,539,181	3,841,678	4,160,409
IRR	14.97%		-30,000,000	-11,590,710	7,023,137	7,233,832	7,450,846	7,674,372	7,904,603	8,141,741
Payback Period	4	ปี	-30,000,000	-18,409,290	-11,386,153	-4,152,321	3,298,525	10,972,897	18,877,500	27,019,241

กรณีทดแทนพลังงานก๊าซหุงต้ม (ต่อ)

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	8	9	10	11	12	13	14	15
ทุน	-30,000,000	บาท	-30,000,000								
กำลังการผลิต	823,500	ลบ.ม./ปี		823,500	823,500	823,500	823,500	823,500	823,500	823,500	823,500
ทดแทนLPG	18	บาท/กิโลกรัม		22.14	22.80	23.49	24.19	24.92	25.66	26.43	27.23
รายได้	378,810	กิโลกรัม/ปี		8,385,993	8,637,573	8,896,700	9,163,601	9,438,509	9,721,665	10,013,315	10,313,714
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		3,689,622	3,800,310	3,914,320	4,031,749	4,152,702	4,277,283	4,405,601	4,537,769
ต้นทุน		บาท		-3,889,622	-4,000,310	-4,114,320	-4,231,749	-4,352,702	-4,477,283	-4,605,601	-4,737,769
กำไรเบื้องต้น		บาท		4,496,372	4,637,263	4,782,381	4,931,852	5,085,808	5,244,382	5,407,713	5,575,945
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		0	0	0	0	0	0	0	0
เงินกู้	-15,000,000										
เงินทุน	-15,000,000										
หนี้สิน	15,000,000	บาท									
ดอกเบี้ย		บาท	1,068,750								
จ่ายคืน		บาท									
	ดอกเบี้ย	บาท									
	เงินต้น	บาท									
หนี้คงเหลือ		บาท	16,068,750								
กำไรสุทธิ		บาท		4,496,372	4,637,263	4,782,381	4,931,852	5,085,808	5,244,382	5,407,713	5,575,945
IRR	14.97%		-30,000,000	8,385,993	8,637,573	8,896,700	9,163,601	9,438,509	9,721,665	10,013,315	10,313,714
Payback Period	4	ปี	-30,000,000	35,405,235	44,042,808	52,939,508	62,103,110	71,541,619	81,263,284	91,276,598	101,590,312

กรณีทดแทนพลังงานไฟฟ้า

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	1	2	3	4	5	6	7
ทุน	-30,000,000	บาท	-30,000,000							
กำลังการผลิต	823,500	ลบ.ม./ปี		411,750	823,500	823,500	823,500	823,500	823,500	823,500
ทดแทนไฟฟ้า	3	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง		3	3.09	3.18	3.28	3.38	3.48	3.58
รายได้	988,200	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี		1,482,300	3,053,538	3,145,144	3,239,498	3,336,683	3,436,784	3,539,887
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		3,000,000	3,090,000	3,182,700	3,278,181	3,376,526	3,477,822	3,582,157
ต้นทุน		บาท		-18,200,000	-3,290,000	-3,382,700	-3,478,181	-3,576,526	-3,677,822	-3,782,157
กำไรเบื้องต้น		บาท		-16,717,700	-236,462	-237,556	-238,683	-239,843	-241,038	-242,269
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		-1,144,898	-1,013,106	-871,924	-720,682	-558,664	-385,103	-199,175
เงินกู้	-15,000,000									
เงินทุน	-15,000,000									
หนี้สิน	15,000,000	บาท		16,068,750	14,219,034	12,237,525	10,114,834	7,840,902	5,404,951	2,795,440
ดอกเบี้ย		บาท	1,068,750	1,144,898	1,013,106	871,924	720,682	558,664	385,103	199,175
จ่ายคืน		บาท		2,994,615	2,994,615	2,994,615	2,994,615	2,994,615	2,994,615	2,994,615
	ดอกเบี้ย	บาท		1,144,898	1,013,106	871,924	720,682	558,664	385,103	199,175
	เงินต้น	บาท		1,849,716	1,981,508	2,122,691	2,273,933	2,435,950	2,609,512	2,795,440
หนี้คงเหลือ		บาท	16,068,750	14,219,034	12,237,525	10,114,834	7,840,902	5,404,951	2,795,440	0
กำไรสุทธิ		บาท		-17,862,598	-1,249,568	-1,109,480	-959,364	-798,507	-626,141	-441,445
IRR	2.16%		-30,000,000	-13,517,700	3,053,538	3,145,144	3,239,498	3,336,683	3,436,784	3,539,887
Payback Period	6	ปี	-30,000,000	-16,482,300	-13,428,762	-10,283,618	-7,044,119	-3,707,436	-270,652	3,269,235

กรณีทดแทนพลังงานไฟฟ้า (ต่อ)

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	8	9	10	11	12	13	14	15
ทุน	-30,000,000	บาท	-30,000,000								
กำลังการผลิต	823,500	ลบ.ม./ปี		823,500	823,500	823,500	823,500	823,500	823,500	823,500	823,500
ทดแทนไฟฟ้า	3	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง		3.69	3.80	3.91	4.03	4.15	4.28	4.41	4.54
รายได้	988,200	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี		3,646,084	3,755,467	3,868,131	3,984,174	4,103,700	4,226,811	4,353,615	4,484,223
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		3,689,622	3,800,310	3,914,320	4,031,749	4,152,702	4,277,283	4,405,601	4,537,769
ต้นทุน		บาท		-3,889,622	-4,000,310	-4,114,320	-4,231,749	-4,352,702	-4,477,283	-4,605,601	-4,737,769
กำไรเบื้องต้น		บาท		-243,538	-244,844	-246,189	-247,575	-249,002	-250,472	-251,986	-253,546
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		0	0	0	0	0	0	0	0
เงินกู้	-15,000,000										
เงินทุน	-15,000,000										
หนี้สิน	15,000,000	บาท									
ดอกเบี้ย		บาท	1,068,750								
จ่ายคืน		บาท									
	ดอกเบี้ย	บาท									
	เงินต้น	บาท									
หนี้คงเหลือ		บาท	16,068,750								
กำไรสุทธิ		บาท		-243,538	-244,844	-246,189	-247,575	-249,002	-250,472	-251,986	-253,546
IRR	2.16%		-30,000,000	3,646,084	3,755,467	3,868,131	3,984,174	4,103,700	4,226,811	4,353,615	4,484,223
Payback Period	6	ปี	-30,000,000	6,915,319	10,670,786	14,538,917	18,523,091	22,626,791	26,853,602	31,207,217	35,691,440

วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ อุตสาหกรรมการแปรรูปน้ำยางข้น

กรณีทดแทนพลังงานน้ำมันเตา

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	1	2	3	4	5	6	7
ทุน	-25,000,000	บาท	-25,000,000							
กำลังการผลิต	804,000	ลบ.ม./ปี		402,000	804,000	804,000	804,000	804,000	804,000	804,000
ทดแทนน้ำมันเตา	23	บาท/ลิตร		23	23.69	24.40	25.13	25.89	26.66	27.46
รายได้	442,200	ลิตร/ปี		5,085,300	10,475,718	10,789,990	11,113,689	11,447,100	11,790,513	12,144,228
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		166,667	166,667	166,667	166,667	166,667	166,667	166,667
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		2,500,000	2,575,000	2,652,250	2,731,818	2,813,772	2,898,185	2,985,131
ต้นทุน		บาท		-15,166,667	-2,741,667	-2,818,917	-2,898,484	-2,980,439	-3,064,852	-3,151,797
กำไรเบื้องต้น		บาท		-10,081,367	7,734,051	7,971,073	8,215,205	8,466,661	8,725,661	8,992,431
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		-954,082	-844,255	-726,603	-600,568	-465,554	-320,919	-165,979
เงินกู้	-12,500,000									
เงินทุน	-12,500,000									
หนี้สิน	12,500,000	บาท		13,390,625	11,849,195	10,197,938	8,429,029	6,534,085	4,504,126	2,329,533
ดอกเบี้ย		บาท	890,625	954,082	844,255	726,603	600,568	465,554	320,919	165,979
จ่ายคืน		บาท		2,495,512	2,495,512	2,495,512	2,495,512	2,495,512	2,495,512	2,495,512
	ดอกเบี้ย	บาท		954,082	844,255	726,603	600,568	465,554	320,919	165,979
	เงินต้น	บาท		1,541,430	1,651,257	1,768,909	1,894,944	2,029,959	2,174,593	2,329,533
หนี้คงเหลือ		บาท	13,390,625	11,849,195	10,197,938	8,429,029	6,534,085	4,504,126	2,329,533	0
กำไรสุทธิ		บาท		-11,035,449	6,889,796	7,244,470	7,614,637	8,001,108	8,404,742	8,826,452
IRR	28.30%		-25,000,000	-7,414,700	10,475,718	10,789,990	11,113,689	11,447,100	11,790,513	12,144,228
Payback Period	3	ปี	-25,000,000	-17,585,300	-7,109,582	3,680,408	14,794,097	26,241,197	38,031,710	50,175,938

กรณีทดแทนพลังงานน้ำมันเตา (ต่อ)

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	8	9	10	11	12	13	14	15
ทุน	-25,000,000	บาท	-25,000,000								
กำลังการผลิต	804,000	ลบ.ม./ปี		804,000	804,000	804,000	804,000	804,000	804,000	804,000	804,000
ทดแทนน้ำมันเตา	23	บาท/ลิตร		28.29	29.14	30.01	30.91	31.84	32.79	33.78	34.79
รายได้	442,200	ลิตร/ปี		12,508,555	12,883,812	13,270,326	13,668,436	14,078,489	14,500,844	14,935,869	15,383,945
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		166,667	166,667	166,667	166,667	166,667	166,667	166,667	166,667
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		3,074,685	3,166,925	3,261,933	3,359,791	3,460,585	3,564,402	3,671,334	3,781,474
ต้นทุน		บาท		-3,241,351	-3,333,592	-3,428,600	-3,526,458	-3,627,251	-3,731,069	-3,838,001	-3,948,141
กำไรเบื้องต้น		บาท		9,267,204	9,550,220	9,841,727	10,141,978	10,451,238	10,769,775	11,097,868	11,435,804
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		0	0	0	0	0	0	0	0
เงินกู้	-12,500,000										
เงินทุน	-12,500,000										
หนี้สิน	12,500,000	บาท									
ดอกเบี้ย		บาท	890,625								
จ่ายคืน		บาท									
	ดอกเบี้ย	บาท									
	เงินต้น	บาท									
หนี้คงเหลือ		บาท	13,390,625								
กำไรสุทธิ		บาท		9,267,204	9,550,220	9,841,727	10,141,978	10,451,238	10,769,775	11,097,868	11,435,804
IRR	28.30%		-25,000,000	12,508,555	12,883,812	13,270,326	13,668,436	14,078,489	14,500,844	14,935,869	15,383,945
Payback Period	3	ปี	-25,000,000	62,684,493	75,568,305	88,838,631	102,507,067	116,585,556	131,086,400	146,022,269	161,406,214

กรณีทดแทนพลังงานก๊าซหุงต้ม

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	1	2	3	4	5	6	7
ทุน	-25,000,000	บาท	-25,000,000							
กำลังการผลิต	804,000	ลบ.ม./ปี		402,000	804,000	804,000	804,000	804,000	804,000	804,000
ทดแทนLPG	18	บาท/กิโลกรัม		18	18.54	19.10	19.67	20.26	20.87	21.49
รายได้	369,840	กิโลกรัม/ปี		3,328,560	6,856,834	7,062,539	7,274,415	7,492,647	7,717,427	7,948,949
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		166,667	166,667	166,667	166,667	166,667	166,667	166,667
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		2,500,000	2,575,000	2,652,250	2,731,818	2,813,772	2,898,185	2,985,131
ต้นทุน		บาท		-15,166,667	-2,741,667	-2,818,917	-2,898,484	-2,980,439	-3,064,852	-3,151,797
กำไรเบื้องต้น		บาท		-11,838,107	4,115,167	4,243,622	4,375,931	4,512,209	4,652,575	4,797,152
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		-954,082	-844,255	-726,603	-600,568	-465,554	-320,919	-165,979
เงินกู้	-12,500,000									
เงินทุน	-12,500,000									
หนี้สิน	12,500,000	บาท		13,390,625	11,849,195	10,197,938	8,429,029	6,534,085	4,504,126	2,329,533
ดอกเบี้ย		บาท	890,625	954,082	844,255	726,603	600,568	465,554	320,919	165,979
จ่ายคืน		บาท		2,495,512	2,495,512	2,495,512	2,495,512	2,495,512	2,495,512	2,495,512
	ดอกเบี้ย	บาท		954,082	844,255	726,603	600,568	465,554	320,919	165,979
	เงินต้น	บาท		1,541,430	1,651,257	1,768,909	1,894,944	2,029,959	2,174,593	2,329,533
หนี้คงเหลือ		บาท	13,390,625	11,849,195	10,197,938	8,429,029	6,534,085	4,504,126	2,329,533	0
กำไรสุทธิ		บาท		-12,792,189	3,270,912	3,517,019	3,775,362	4,046,655	4,331,656	4,631,173
IRR	18.11%		-25,000,000	-9,171,440	6,856,834	7,062,539	7,274,415	7,492,647	7,717,427	7,948,949
Payback Period	4	ปี	-25,000,000	-15,828,560	-8,971,726	-1,909,188	5,365,227	12,857,874	20,575,301	28,524,250

กรณีทดแทนพลังงานก๊าซหุงต้ม (ต่อ)

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	8	9	10	11	12	13	14	15
ทุน	-25,000,000	บาท	-25,000,000								
กำลังการผลิต	804,000	ลบ.ม./ปี		804,000	804,000	804,000	804,000	804,000	804,000	804,000	804,000
ทดแทนLPG	18	บาท/กิโลกรัม		22.14	22.80	23.49	24.19	24.92	25.66	26.43	27.23
รายได้	369,840	กิโลกรัม/ปี		8,187,418	8,433,040	8,686,032	8,946,613	9,215,011	9,491,461	9,776,205	10,069,491
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		166,667	166,667	166,667	166,667	166,667	166,667	166,667	166,667
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		3,074,685	3,166,925	3,261,933	3,359,791	3,460,585	3,564,402	3,671,334	3,781,474
ต้นทุน		บาท		-3,241,351	-3,333,592	-3,428,600	-3,526,458	-3,627,251	-3,731,069	-3,838,001	-3,948,141
กำไรเบื้องต้น		บาท		4,946,067	5,099,449	5,257,432	5,420,155	5,587,760	5,760,392	5,938,204	6,121,350
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		0	0	0	0	0	0	0	0
เงินกู้	-12,500,000										
เงินทุน	-12,500,000										
หนี้สิน	12,500,000	บาท									
ดอกเบี้ย		บาท	890,625								
จ่ายคืน		บาท									
	ดอกเบี้ย	บาท									
	เงินต้น	บาท									
หนี้คงเหลือ		บาท	13,390,625								
กำไรสุทธิ		บาท		4,946,067	5,099,449	5,257,432	5,420,155	5,587,760	5,760,392	5,938,204	6,121,350
IRR	18.11%		-25,000,000	8,187,418	8,433,040	8,686,032	8,946,613	9,215,011	9,491,461	9,776,205	10,069,491
Payback Period	4	ปี	-25,000,000	36,711,668	45,144,709	53,830,740	62,777,353	71,992,364	81,483,825	91,260,030	101,329,522

กรณีทดแทนพลังงานไฟฟ้า

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	1	2	3	4	5	6	7
ทุน	-25,000,000	บาท	-25,000,000							
กำลังการผลิต	804,000	ลบ.ม./ปี		402,000	804,000	804,000	804,000	804,000	804,000	804,000
ทดแทนไฟฟ้า	3	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง		3	3.09	3.18	3.28	3.38	3.48	3.58
รายได้	964,800	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี		1,447,200	2,981,232	3,070,669	3,162,789	3,257,673	3,355,403	3,456,065
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		166,667	166,667	166,667	166,667	166,667	166,667	166,667
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		2,500,000	2,575,000	2,652,250	2,731,818	2,813,772	2,898,185	2,985,131
ต้นทุน		บาท		-15,166,667	-2,741,667	-2,818,917	-2,898,484	-2,980,439	-3,064,852	-3,151,797
กำไรเบื้องต้น		บาท		-13,719,467	239,565	251,752	264,305	277,234	290,551	304,268
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		-954,082	-844,255	-726,603	-600,568	-465,554	-320,919	-165,979
เงินกู้	-12,500,000									
เงินทุน	-12,500,000									
หนี้สิน	12,500,000	บาท		13,390,625	11,849,195	10,197,938	8,429,029	6,534,085	4,504,126	2,329,533
ดอกเบี้ย		บาท	890,625	954,082	844,255	726,603	600,568	465,554	320,919	165,979
จ่ายคืน		บาท		2,495,512	2,495,512	2,495,512	2,495,512	2,495,512	2,495,512	2,495,512
	ดอกเบี้ย	บาท		954,082	844,255	726,603	600,568	465,554	320,919	165,979
	เงินต้น	บาท		1,541,430	1,651,257	1,768,909	1,894,944	2,029,959	2,174,593	2,329,533
หนี้คงเหลือ		บาท	13,390,625	11,849,195	10,197,938	8,429,029	6,534,085	4,504,126	2,329,533	0
กำไรสุทธิ		บาท		-14,673,549	-604,690	-474,851	-336,263	-188,320	-30,368	138,288
IRR	4.23%		-25,000,000	-11,052,800	2,981,232	3,070,669	3,162,789	3,257,673	3,355,403	3,456,065
Payback Period	6	ปี	-25,000,000	-13,947,200	-10,965,968	-7,895,299	-4,732,510	-1,474,837	1,880,566	5,336,631

กรณีทดแทนพลังงานไฟฟ้า (ต่อ)

ตัวแปร		หน่วย	ปีที่	8	9	10	11	12	13	14	15
ทุน	-25,000,000	บาท	-25,000,000								
กำลังการผลิต	804,000	ลบ.ม./ปี		804,000	804,000	804,000	804,000	804,000	804,000	804,000	804,000
ทดแทนไฟฟ้า	3	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง		3.69	3.80	3.91	4.03	4.15	4.28	4.41	4.54
รายได้	964,800	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี		3,559,747	3,666,539	3,776,536	3,889,832	4,006,527	4,126,722	4,250,524	4,378,040
ค่าเสื่อมราคา	10%	ต่อปี		166,667	166,667	166,667	166,667	166,667	166,667	166,667	166,667
ค่าบำรุงรักษา	10%	ต่อปี		3,074,685	3,166,925	3,261,933	3,359,791	3,460,585	3,564,402	3,671,334	3,781,474
ต้นทุน		บาท		-3,241,351	-3,333,592	-3,428,600	-3,526,458	-3,627,251	-3,731,069	-3,838,001	-3,948,141
กำไรเบื้องต้น		บาท		318,396	332,947	347,936	363,374	379,275	395,653	412,523	429,899
เงินกู้		ดอกเบี้ยจ่าย		0	0	0	0	0	0	0	0
เงินกู้	-12,500,000										
เงินทุน	-12,500,000										
หนี้สิน	12,500,000	บาท									
ดอกเบี้ย		บาท	890,625								
จ่ายคืน		บาท									
	ดอกเบี้ย	บาท									
	เงินต้น	บาท									
หนี้คงเหลือ		บาท	13,390,625								
กำไรสุทธิ		บาท		318,396	332,947	347,936	363,374	379,275	395,653	412,523	429,899
IRR	4.23%		-25,000,000	3,559,747	3,666,539	3,776,536	3,889,832	4,006,527	4,126,722	4,250,524	4,378,040
Payback Period	6	ปี	-25,000,000	8,896,377	12,562,917	16,339,452	20,229,284	24,235,810	28,362,533	32,613,057	36,991,096

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวธัชกร ผลพันธิน เกิดเมื่อวันที่ 8 ธันวาคม พ.ศ. 2529 ที่โรงพยาบาลหัวเฉียว จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี เกียรตินิยมอันดับสอง รางวัลทุนภูมิพล สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2551 และเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโทหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2553