การนำกากตะกอนของเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตนม มาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง
กรณีศึกษา : บริษัท ฟรีสแลนด์คัมพินา เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด

Conduct of sludge from wastewater treatment of milk production transform of fuel
Case study : FrieslandCampina Fresh (Thailand) Co.,Ltd.

กิตติมา มหาพราหมณ์

สิริมา มงคล

เบญจพล กรีคงคา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อปริญญานิพนธ์ การนำกากตะกอนของเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตนม
มาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง
กรณีศึกษา : บริษัท ฟรีสแลนด์คัมพิน่า เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด

ชื่อ สกุล กิตติมา มหาพราหมณ์
สิริมา มงคล
เบญจพล กรีคงคา

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

อาจารย์ที่ปรึกษา ว่าที่ร้อยตรีวิชัย โกศัลวัฒน์

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

..... ประธานกรรมการสอบปริญญานิพนธ์
(ผศ.ณัฐชมัย ลักษณ์อำนวยพร)

..... กรรมการสอบปริญญานิพนธ์
(นายมาโนช หลักฐานดี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์
(ว่าที่ร้อยตรีวิชัย โกศัลวัฒน์)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับ
ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
(ผศ.ดร.อมรา อมรแก้ว)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2556

ชื่อปริญญานิพนธ์ การนำกากตะกอนของเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตนม มาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง
กรณีศึกษา : บริษัท ฟรีสแลนด์คัมพิน่า เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด

ชื่อ สกุล กิตติมา มหาพราหมณ์
สิริมา มงคล
เบญจพล กรีคงคา

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาและคณะ วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนของเสียของโรงงานผลิตนม บริษัท ฟรีสแลนด์คัมพิน่า เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งระหว่างกากตะกอนของเสียผสมเปลือกกล้วยน้ำว้าในอัตราส่วน 95 : 5 , 75 : 25 , 50 : 50 , 25 : 75 และ 5 : 95 โดยน้ำหนัก และวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง คือ ปริมาณความชื้น , ปริมาณเถ้า , ปริมาณสารระเหย , ปริมาณคาร์บอนคงตัว และค่าความร้อน

ผลการศึกษาพบว่า กากตะกอนของเสียผสมเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อัตราส่วน 25 : 75 มีค่าความชื้นร้อยละ 9.7 , ปริมาณเถ้าร้อยละ 15.8 , ปริมาณสารระเหยร้อยละ 61.8 , ปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 9.7 และค่าความร้อนเฉลี่ย 4,195 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม สามารถนำเชื้อเพลิงอัดแท่งไปใช้ประโยชน์แทนฟืนได้เพื่อเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้

Title Conduct of sludge from wastewater treatment of milk production transform of fuel
Case study : FrieslandCampina Fresh (Thailand) Co., Ltd.

Author Kittima Mahapram
Sirima Mongkol
Benchapon Kreekongka

Degree Bachelor of Science

Major and Faculty Environmental Sciences and Natural Resources
Faculty of Science and Technology

Academic Year 2012

Abstract

This study was experimental study that had the propose to investigate the possibility of using sludge from wastewater treatment of milk production in case study of Friesland Campina Fresh (Thailand) Co Ltd. This study to investigate suitable ratio in making briquette between sludge and banana peel in ratio 95 : 5 , 75 : 25, 50 : 50 , 25 : 75 and 5 : 95 by weights and analysis of compressed char were Moisture content , Ash content ,Volatile matters , Fixed carbon and Calorific value.

The result of this study, we found that sludge mixed with banana peel at the ratio of 25 : 75 had Moisture content 9.7 percent, Ash content 15.8 percent, Volatile matters 61.8 percent, Fixed carbon 9.7 percent and Colorific mean 4,195 kcal per kg. It can also be used briquette fuel substitutes of firewood in order to conserve the forest resources.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจากคณาจารย์หลายท่าน คณะผู้ศึกษาขอขอบพระคุณว่าที่ร้อยตรีวิชัย โกศัลวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐชมัย ลักษณ์อำนวยพร ประธานกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ อาจารย์มาโนช หลักฐานดี กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์พีรญา เชตุพงษ์ ที่สละเวลาในการช่วยเหลือ ให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณบริษัท ฟรีสแลนด์คัมพิน่า เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด ที่อนุเคราะห์ตัวอย่างกากตะกอนของเสียในการศึกษา ขอขอบพระคุณคุณไพบูลย์ ลีหล้าน้อย และคุณเชิดพงษ์ สร้อยนาค ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา ขอขอบพระคุณครอบครัวมหาพราหมณ์ ที่อนุเคราะห์สถานที่ทำการศึกษาในการเตรียมพื้นที่สำหรับการทดลอง ขอขอบพระคุณบริษัทน่ำเฮงคอนสตรั๊คชั่น อีควิปเมนท์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการอัดแท่งเชื้อเพลิง ขอขอบคุณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ จนทำให้ปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้มอบทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 เพื่อเป็นทุนสนับสนุนการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณะครูบาอาจารย์ที่เคยอบรม สั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ความสามารถต่าง ๆ ให้แก่คณะผู้ศึกษาทั้งในอดีตและปัจจุบัน จนคณะผู้ศึกษาสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดาที่เมตตา อบรมสั่งสอน ให้มีความรู้จนถึงปัจจุบัน รวมถึงเพื่อน ๆ สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ชั้นปีที่ 4 ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งกำลังกายและกำลังใจจนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

กิตติมา มหาพราหมณ์

สิริมา มงคล

เบญจพล กรีคงคา

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(ก)
บทคัดย่อภาษาไทย	(ข)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(ฌ)
สารบัญแผนภูมิ	(ญ)
สารบัญภาพประกอบ	(ฎ)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 กรอบแนวความคิดเดิม	3
1.3 กรอบแนวความคิดใหม่	4
1.4 วัตถุประสงค์	5
1.5 ขอบเขตการศึกษา	5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.7 นิยามศัพท์	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 โรงงานผลิตนม	7
2.2 กระบวนการผลิตนม	8
2.2.1 กระบวนการผลิตนมยูเอชที	8
2.2.2 กระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์	8
2.2.3 กระบวนการผลิตนมข้นหวาน	9
2.2.4 กระบวนการผลิตโยเกิร์ต	10
2.3 ระบบบำบัดน้ำเสีย	11
2.3.1 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย	11
2.3.2 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย	12

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.2.1 ระบบบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment)	12
2.3.2.2 ระบบบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment)	13
2.3.2.3 ระบบบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary Treatment)	24
2.3.2.4 ระบบการฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)	24
2.4 การบำบัดและกำจัดสลัดจ์ (Sludge Treatment and Disposal)	25
2.4.1 ที่มา ลักษณะ และปริมาณของสลัดจ์	25
2.4.2 การปฏิบัติขั้นต้น	25
2.4.3 การทำข้นสลัดจ์ (Sludge Thickening)	26
2.4.4 การปรับเสถียรสลัดจ์	27
2.4.5 การแยกน้ำออก	28
2.4.6 การกำจัดสลัดจ์ขั้นสุดท้าย	29
2.5 ระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัท ฟรีสแลนด์คัมพิน่า เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด	31
2.5.1 การทำงานของระบบ	31
2.5.2 ปัญหาที่พบในโรงงาน	31
2.6 คุณสมบัติวัสดุ	34
2.6.1 ประวัติกล้วย	34
2.6.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	34
2.6.3 การขยายพันธุ์	35
2.6.3.1 โดยการใช้เมล็ด	35
2.6.3.2 โดยการใช้หน่อ	36
2.6.3.3 โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Tissue Culture)	36

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.4 ประโยชน์ของกล้วย 36

2.6.4.1 การใช้ประโยชน์ในการบริโภค 36

2.6.4.2 การใช้ประโยชน์ในพิธีกรรมต่าง ๆ และในชีวิตประจำวัน 37

2.7 เชื้อเพลิง 38

2.8 เชื้อเพลิงอัดแท่ง 39

2.8.1 ตัวประสาน (Binder) 40

2.8.2 วิธีการอัดเชื้อเพลิงอัดแท่ง 41

2.8.3 การตากและการเก็บรักษาเชื้อเพลิงอัดแท่ง 42

2.8.4 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 42

2.8.5 ข้อดีของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 43

2.8.6 ข้อเสียของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 43

2.9 เครื่องอัดแท่ง 44

2.9.1 เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston press) 44

2.9.2 เครื่องอัดแบบเกลียว (Screw Press) 44

2.9.3 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง (Roll Press) 46

2.9.4 เครื่องอัดเม็ดหรืออัดเป็นแท่งเล็ก ๆ (Pelletizing Press) 46

2.10 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิง 47

2.10.1 เครื่อง Automatic Bomb Calorimeter 47

2.10.2 เครื่อง Hot Air Oven 48

2.10.3 เครื่องวัดอุณหภูมิความชื้น Hygrometer รุ่น HT-315 49

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษา

3.1 รูปแบบการศึกษา 55

3.2 วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการศึกษา 55

3.2.1 วัสดุสำหรับการศึกษา 55

3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการศึกษาภาคสนาม 55

3.2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับห้องปฏิบัติการ 55

3.3 ขั้นตอนการศึกษา 56

3.3.1 ขั้นเตรียมการ 56

3.3.2 ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล 56

3.3.3 ขั้นการทดลอง 57

3.3.4 ขั้นวิเคราะห์ผล 59

3.3.5 ขั้นอภิปรายผล 59

3.3.6 สรุปและนำเสนอ 59

บทที่ 4 ผลการศึกษา

4.1 การเตรียมวัตถุดิบ 60

4.4.1 กากตะกอนของเสีย 60

4.4.2 เปลือกกล้วยน้ำว้า 61

4.2 เชื้อเพลิงอัดแท่ง 62

4.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชื้อเพลิงอัดแท่ง 64

4.3.1 การตรวจลักษณะรูปร่างของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 64

4.3.2 คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง 66

4.3.2.1 ปริมาณความชื้น (Moisture Content) 66

4.3.2.2 ปริมาณเถ้า (Ash Content) 67

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.2.3 ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter)	68
4.3.2.4 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon)	69
4.3.2.5 ค่าความร้อน (Calorific Value)	70
4.4 อภิปรายผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชื้อเพลิงอัดแท่ง	71
4.4.1 การนำกากตะกอนของเสียมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง	71
4.4.2 การนำเชื้อเพลิงอัดแท่งไปใช้ประโยชน์เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้	72
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	74
5.2 ข้อเสนอแนะ	74
5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งนี้	74
5.2.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป	74
บรรณานุกรม	75
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง	77
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	79

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ปริมาณสลัดจ์จากน้ำเสียและ % ของแข็ง	25
ตารางที่ 2.2 กรรมวิธีทำข้นสลัดจ์	26
ตารางที่ 2.3 ค่ามาตรฐานของน้ำเสียในโรงงานก่อนบำบัดและหลัง	31
ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบของเนื้อไม้บางชนิด (ผึ่งให้แห้งในอากาศ, ปราศจากเถ้า)	39
ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจลักษณะและรูปร่างของเชื้อเพลิงอัดแท่ง	64
ตารางที่ 4.2 ปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่ง	66
ตารางที่ 4.3 ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่ง	67
ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่ง	68
ตารางที่ 4.5 ปริมาณคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่ง	69
ตารางที่ 4.6 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง	70
ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชื้อเพลิงอัดแท่ง	71

สารบัญแผนภูมิ

	หน้า
แผนภูมิที่ 1.1 ผังแสดงกรอบแนวความคิดเดิม	3
แผนภูมิที่ 1.2 ผังแสดงกรอบแนวความคิดใหม่	4
แผนภูมิที่ 2.1 ผังแสดงระบบบำบัดน้ำเสีย บริษัท ฟรีสแลนด์คัมพิน่า เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด	30
แผนภูมิที่ 3.1 กรอบการศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่ง	58

สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
ภาพประกอบที่ 2.1 กระบวนการผลิตนมยูเอชที	8
ภาพประกอบที่ 2.2 กระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์	9
ภาพประกอบที่ 2.3 กระบวนการผลิตนมข้นหวาน	9
ภาพประกอบที่ 2.4 กระบวนการผลิตโยเกิร์ต	10
ภาพประกอบที่ 2.5 การวางบ่อของระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization pond)	14
ภาพประกอบที่ 2.6 โครงสร้างของระบบบำบัดบึงประดิษฐ์	16
ภาพประกอบที่ 2.7 ระบบบึงประดิษฐ์แบบ Free Water Surface Wetland (FWS)	17
ภาพประกอบที่ 2.8 ระบบบึงประดิษฐ์แบบ Vegetated Submerged Bed System (VSB)	18
ภาพประกอบที่ 2.9 ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบกวนสมบูรณ์	19
ภาพประกอบที่ 2.10 ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบปรับเสถียรสัมผัส	20
ภาพประกอบที่ 2.11 ระบบคลองวนเวียน	21
ภาพประกอบที่ 2.12 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์	21
ภาพประกอบที่ 2.13 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ	23
ภาพประกอบที่ 2.14 บ่อเก็บน้ำขั้นแรก (Equalization Tank : EQ)	32
ภาพประกอบที่ 2.15 บ่อแยกไขมันจากน้ำเสีย (KWF 35)	32
ภาพประกอบที่ 2.16 บ่อตกตะกอน (Contact Tank)	32
ภาพประกอบที่ 2.17 บ่อเติมอากาศทั้ง 2 บ่อ (A_1 , A_2)	33
ภาพประกอบที่ 2.18 บ่อแยกตะกอนออกจากน้ำใส	33
ภาพประกอบที่ 2.19 ลักษณะของน้ำที่บำบัด และผ่านการแยกตะกอนแล้ว	33
ภาพประกอบที่ 2.20 บ่อพักน้ำที่ผ่านการบำบัด ก่อนปล่อยออกสู่คลองเปรมประชากร	34
ภาพประกอบที่ 2.21 ใบสุดท้ายก่อนเกิดดอก เรียกว่า ใบธง	35
ภาพประกอบที่ 2.22 เครื่องอัดแบบลูกสูบ	44
ภาพประกอบที่ 2.23 เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวย	45

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

หน้า

ภาพประกอบที่ 2.24 เครื่องอัดแบบเกลียวพร้อมด้วยขดลวดความร้อนที่กระบอกอัด 45
ภาพประกอบที่ 2.25 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง 46
ภาพประกอบที่ 2.26 เครื่องอัดแบบแม่พิมพ์แผ่นกลม 47
ภาพประกอบที่ 2.27 เครื่อง Automatic Bomb Calorimeter รุ่น C-200 48
ภาพประกอบที่ 2.28 เครื่อง Hot Air Oven 49
ภาพประกอบที่ 2.29 เครื่องวัดอุณหภูมิความชื้น Hygrometer รุ่น HT-315 49
ภาพประกอบที่ 4.1 กากตะกอนของเสีย 60
ภาพประกอบที่ 4.2 กากตะกอนของเสียที่ตากแห้งแล้ว 61
ภาพประกอบที่ 4.3 เปลือกกล้วยน้ำว้า 61
ภาพประกอบที่ 4.4 เปลือกกล้วยน้ำว้าที่แห้งแล้ว 61
ภาพประกอบที่ 4.5 เครื่องอัดแบบเกลียว 62
ภาพประกอบที่ 4.6 เกลียวเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง 62
ภาพประกอบที่ 4.7 กระบอกอัดแท่งเชื้อเพลิง 62
ภาพประกอบที่ 4.8 ตัวอย่างอัตราส่วนกากตะกอนของเสียผสมกับเปลือกกล้วยน้ำว้า 63
ภาพประกอบที่ 4.9 ตัวอย่างอัตราส่วนที่ผสมใส่เครื่องอัดแท่ง 63
ภาพประกอบที่ 4.10 ตัวอย่างแท่งเชื้อเพลิงที่ออกจากกระบอกอัด 63
ภาพประกอบที่ 4.11 ผลการอัดแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วน 95(%) : 5(%) 64
ภาพประกอบที่ 4.12 ผลการอัดแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วน 75(%) : 25(%) 64
ภาพประกอบที่ 4.13 ผลการอัดแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วน 50(%) : 50(%) 65
ภาพประกอบที่ 4.14 ผลการอัดแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วน 25(%) : 75(%) 65
ภาพประกอบที่ 4.15 ผลการอัดแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วน 5(%) : 95(%) 65
ภาพประกอบที่ 4.16 แสดงปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 66

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

หน้า

ภาพประกอบที่ 4.17 แสดงปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 67
ภาพประกอบที่ 4.18 แสดงปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 68
ภาพประกอบที่ 4.19 แสดงปริมาณคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 69
ภาพประกอบที่ 4.20 แสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 70
ภาพประกอบที่ 4.21 แสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 72
ภาพประกอบที่ 4.22 เตรียมเชื้อเพลงอัดแท่งเพื่อใช้ในการต้ม 72
ภาพประกอบที่ 4.23 เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ติดไฟแล้ว 72
ภาพประกอบที่ 4.24 นำหม้อใส่น้ำมาต้มจากเตาที่ติดไฟด้วยเชื้อเพลิงอัดแท่ง 73
ภาพประกอบที่ 4.25 น้ำจากหม้อต้มเดือด 73

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยได้มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว เพื่อรองรับกระบวนการผลิตให้เพียงพอต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร แต่ผลกระทบที่ตามมาของภาคอุตสาหกรรม คือ ปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านต่าง ๆ ทั้งอากาศ ขยะ และน้ำเสีย เป็นต้น (อาภาวดี เบ็ญจมธารกุล, 2546 : 1) ส่งผลให้สิ่งแวดล้อมเกิดความเสื่อมโทรมอย่างรวดเร็ว โรงงานอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภทหลังจากสิ้นสุดกระบวนการผลิต จะก่อให้เกิดของเสียและน้ำเสีย ซึ่งน้ำเสียเป็นปัญหาหลักของโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ เพราะน้ำเสียส่วนมากจะเป็นน้ำเสียอินทรีย์ การบำบัดน้ำเสียจึงใช้วิธีการทางชีววิทยามากที่สุด การบำบัดน้ำเสียนี้มีหลายระบบ ทุกระบบจะใช้จุลินทรีย์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย และเพื่อใช้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ จึงทำให้มีกากตะกอนน้ำเสีย (Sludge) ออกมาปริมาณมาก ซึ่งต้องนำไปกำจัดต่อ โดยทั่วไปกากตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำเสีย มีแนวทางในการจัดการอยู่หลายวิธี เช่น ถมที่ ทิ้งทะเล เผา ใส่ในพื้นที่เกษตรกรรม ผลิตเป็นอาหารสัตว์ ฝังกลบ เป็นต้น ทั้งนี้แนวทางในการนำกากตะกอนน้ำเสียมาใช้นั้นยังมีการนำมาใช้ประโยชน์ได้ไม่เต็มที่ สุพจน์ เดชผล (2546 : 1) ได้กล่าวว่าการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้ให้เป็นประโยชน์นั้นเป็นสิ่งจำเป็น เพราะเป็นการช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ และยังเป็นการลดต้นทุนในการผลิตของอุตสาหกรรมอีกด้วย

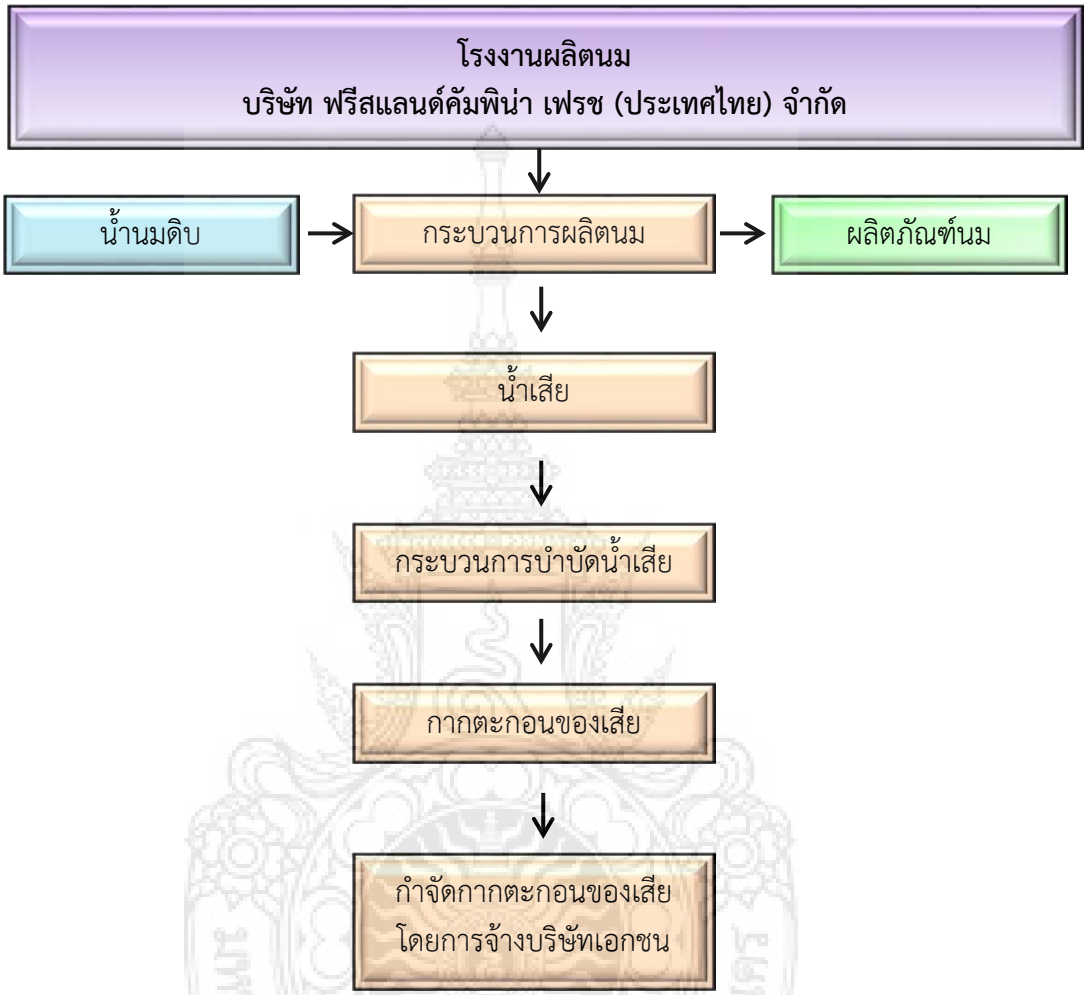
อุตสาหกรรมนมในประเทศไทย จัดเป็นอุตสาหกรรมการผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้า ซึ่งได้รับการส่งเสริมอย่างจริงจังจากภาครัฐมาตั้งแต่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550 - 2554) โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้คนไทยมีสุขภาพดีจากการบริโภคนม รวมทั้งส่งเสริมอาชีพให้แก่ประชาชนในประเทศ ผลิตภัณฑ์หลักของอุตสาหกรรมนมไทยที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศส่วนมากเป็นผลิตภัณฑ์นมพร้อมดื่ม โดยมากกว่าร้อยละ 80 เป็นการผลิตนมสด พาสเจอร์ไรส์ นอกจากนั้นเป็นการผลิตนมยูเอชทีและนมสเตอริไรส์ (กรมโรงงาน : 2551) หลังจากกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมนม มีปัจจัยหลายอย่างจากน้ำเสียซึ่งยากต่อการบำบัด วลัยรัตน์ จันทรวงศ์ (ม.ป.ป. : 1) ได้กล่าวว่าปัจจัยในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตนมที่ต้องคำนึงมี 5 ประการ คือ อัตราการไหลที่ไม่คงที่ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด (Variable Flow), ปริมาณน้ำเสียในแต่ละวันจะไม่คงที่ (Variable Loads), ค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำเสียจะไม่คงที่ (pH Varies), มีปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายได้สูง (Soluble BOD) และน้ำเสียจากโรงงานผลิตนมมักขาดสารอาหารที่ทำให้จุลินทรีย์เติบโต น้ำเสียจากโรงงานผลิตนมจะมีสารอินทรีย์อยู่ในปริมาณที่สูงมาก เพราะวัตถุดิบหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิต คือ นม สารอินทรีย์ที่พบประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต

ได้แก่ น้ำตาลและแป้ง ซึ่งเป็นองค์ประกอบของธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน คาร์โบไฮเดรต บางประเภทละลายน้ำได้ เช่น น้ำตาลซูโคลส บางประเภทละลายน้ำไม่ได้หรือละลายน้ำได้น้อย เช่น แป้ง ส่วนน้ำตาลประเภทที่สามารถย่อยสลายตัวเองได้นั้น เมื่อมีแบคทีเรียก็จะเกิดการหมักเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ ในทางตรงกันข้ามแป้งค่อนข้างจะมีเสถียรภาพ แต่สามารถถูกย่อยสลายให้เป็นน้ำตาลได้โดยจุลินทรีย์, โปรตีนบางชนิดละลายน้ำได้ บางชนิดละลายน้ำไม่ได้ โปรตีนมีธาตุองค์ประกอบเป็นคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และยังมีปริมาณของธาตุไนโตรเจนค่อนข้างสูง แต่น้ำเสียจากโรงงานผลิตนมมีปริมาณโปรตีนไม่สูงมากนัก ทำให้ขาดปริมาณธาตุไนโตรเจน ซึ่งเป็นอาหารของจุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการบำบัดทางชีววิทยา ไขมันและน้ำมัน มีธาตุที่เป็นองค์ประกอบคล้ายกับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต ไขมันและน้ำมันเป็นสารประกอบที่มีเสถียรภาพสูง และถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียได้ยาก เมื่อเข้าสู่ระบบบำบัดจะรบกวนการทำปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ และขัดขวางการถ่ายเทออกซิเจนจากน้ำ จึงจำเป็นจะต้องกำจัดออกไปเสียก่อน ผลจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียจะได้กากตะกอนเป็นจำนวนมาก

บริษัท ฟรีสแลนด์คัมพินา เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด เป็นบริษัทที่ดำเนินการเกี่ยวกับการผลิตนม ผลิตภัณฑ์ของบริษัท คือ นมพาสเจอไรส์ นมพร่องมันเนย นมข้นหวาน และโยเกิร์ต โดยกระบวนการผลิตจะใช้นมดิบเป็นองค์ประกอบหลัก ส่งผลให้มีน้ำเสียจากกระบวนการผลิตจำนวนมากประมาณ 20 คิว/ชั่วโมง และมีกากตะกอนของเสียที่ได้จากการบำบัดจำนวน 3 ตัน/วัน ปริมาณกากจำนวนมาก หากตกค้างหรือสะสมในโรงงานจะก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นอย่างรุนแรง ส่งผลกระทบต่อชุมชนโดยรอบ ทำให้บริษัท ฟรีสแลนด์คัมพินา เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด ต้องจ้างบริษัทเอกชนอื่นมากำจัดกากตะกอนของเสีย ซึ่งบริษัทฯ ต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมากในแต่ละปี

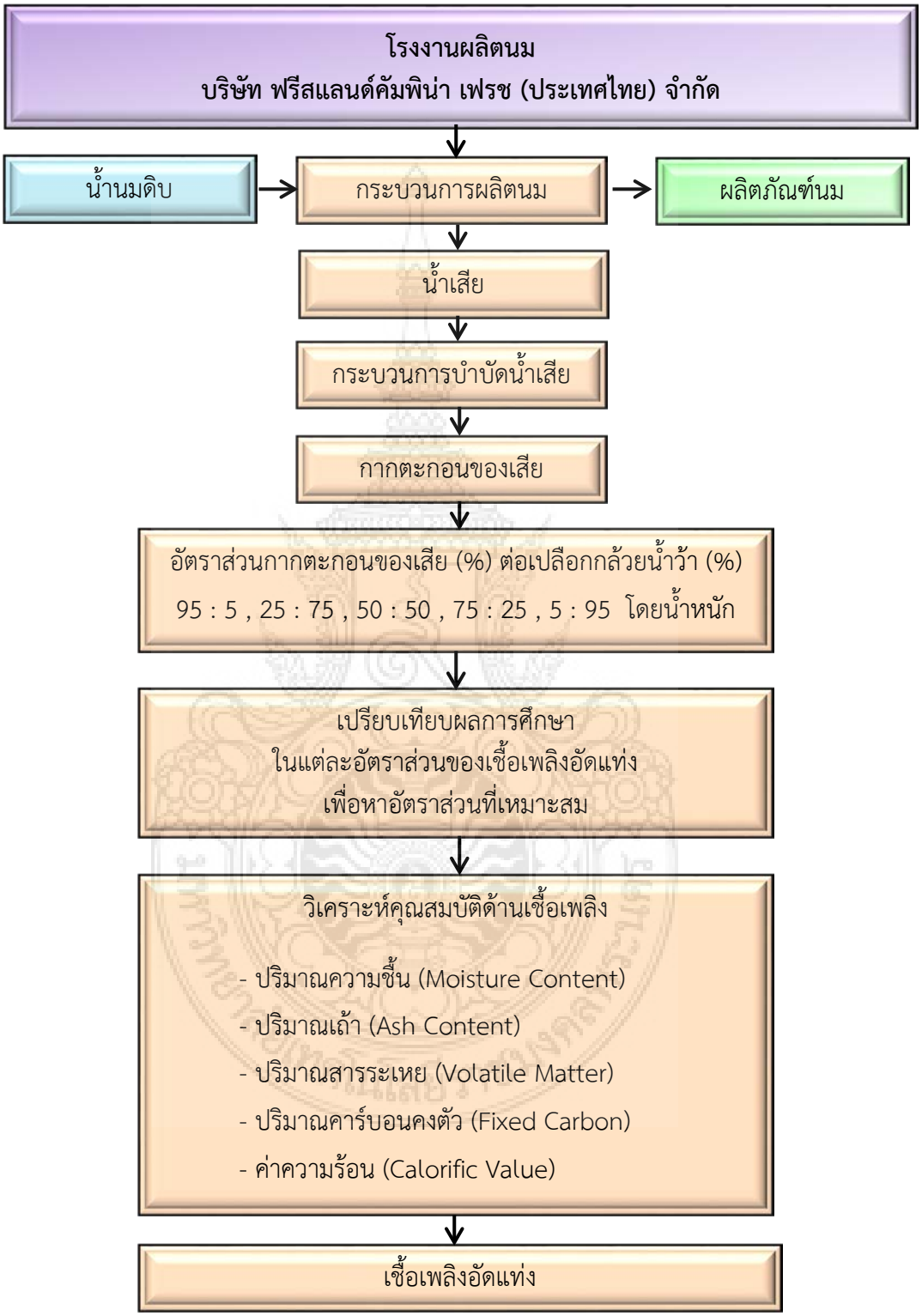
จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น คณะผู้ศึกษาได้เล็งเห็นความสำคัญในการรักษาสิ่งแวดล้อมและเพิ่มมูลค่าจึงสนใจที่จะนำกากตะกอนน้ำเสียจากบริษัท ฟรีสแลนด์คัมพินา เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด มาผสมเปลือกกล้วยน้ำว้า ผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในอนาคตต่อไป

1.2 กรอบแนวความคิดเดิม



แผนภูมิที่ 1.1 ผังแสดงกรอบแนวความคิดเดิม

1.3 กรอบแนวความคิดใหม่



แผนภูมิที่ 1.2 ผังแสดงกรอบแนวความคิดใหม่

1.4 วัตถุประสงค์

1.4.1 เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งระหว่างกากตะกอนของเสียผสมเปลือกกล้วยน้ำว้า

1.4.2 เพื่อให้ได้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

1.5 ขอบเขตการศึกษา

1.5.1 การศึกษาเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยนำกากตะกอนของเสียผสมเปลือกกล้วยน้ำว้าในอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

1.5.2 พื้นที่ศึกษา บ้านเลขที่ 64/23 หมู่ 6 ตำบลตลาดขวัญ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี

1.5.3 การอัดแท่งเชื้อเพลิง บริษัท น่ำเฮงคอนสตรั๊คชั่น อีควิปเมนท์ จำกัด

1.5.4 การวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

1.5.5 วิเคราห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง จำนวน 5 พารามิเตอร์ ได้แก่

1.5.5.1 ปริมาณความชื้น (Moisture Content)

1.5.5.2 ปริมาณเถ้า (Ash Content)

1.5.5.3 ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter)

1.5.5.4 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon)

1.5.5.5 ค่าความร้อน (Calorific Value)

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งระหว่างกากตะกอนของเสียผสมเปลือกกล้วยน้ำว้า

1.6.2 ได้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

1.7 นิยามศัพท์

1.7.1 กากตะกอนของเสีย คือ กากตะกอนของเสียจากโรงงานผลิตนม บริษัท ฟรีสแลนด์คัมพิน่า เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด นำมาตากแห้งเพื่อลดปริมาณความชื้น โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 7 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ

1.7.2 เปลือกกล้วยน้ำว้า คือ เปลือกกล้วยน้ำว้าจากชุมชนตลาดจังหวัดนนทบุรี นำมาตากแห้งเพื่อลดปริมาณความชื้น โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 7 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ

1.7.3 เชื้อเพลิงอัดแท่ง คือ เชื้อเพลิงแข็งที่ได้จากการนำกากตะกอนของเสียผสมเปลือกกล้วยน้ำว้า ในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วนำมาอัดเป็นแท่ง

1.7.4 ปริมาณความชื้น (Moisture Content) คือ ปริมาณความชื้นต่อปริมาณของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งอบแห้ง ความชื้นมีผลทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งลดลง จุดติดไฟได้ยากและทำให้เชื้อเพลิงแตกร่วนได้ง่าย โดยค่าความชื้นที่เหมาะสมของแท่งเชื้อเพลิง จะต้องไม่เกินร้อยละ 10

1.7.5 ปริมาณเถ้า (Ash Content) คือ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาปในเตาเผาที่อุณหภูมิ 750 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วย ซิลิกา แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ โดยส่วนใหญ่ชีวมวลจะมีปริมาณเถ้าต่ำ

1.7.6 ปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile Matters) หรือปริมาณสารระเหย คือ ส่วนของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งอบแห้งที่ระเหยได้ ซึ่งมีสารประกอบคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ

1.7.7 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) คือ มวลของคาร์บอนที่เหลือในเชื้อเพลิงอัดแท่งหลังจากที่มีการเอาสารระเหยออกไปแล้ว ที่อุณหภูมิ 950 °C

1.7.8 ค่าความร้อน (Calorific Value or Heating Value) คือ ค่าความร้อนของการสันดาปขึ้นอยู่กับปริมาณของคาร์บอนในเชื้อเพลิงอัดแท่ง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้ มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับความรู้ต่าง ๆ หลายเรื่อง ซึ่งต้องนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบพิจารณาอ้างอิงและวิเคราะห์ ดังนั้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน ภายในบทนี้จึงกำหนดหัวข้อความรู้ใหญ่ ๆ ไว้ 11 หัวข้อ คือ

2.1 โรงงานผลิตนม

2.2 กระบวนการผลิตนม

2.3 ระบบบำบัดน้ำเสีย

2.4 การบำบัดและกำจัดสลัดจ์

2.5 ระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัท ฟรีสแลนด์คัมพิน่า เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด

2.6 คุณสมบัติของวัสดุ

2.7 เชื้อเพลิง

2.8 เชื้อเพลิงอัดแท่ง

2.9 เครื่องอัดแท่ง

2.10 เครื่องมือวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิง

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรงงานผลิตนม

ผู้นำในอุตสาหกรรมอาหารนมคุณภาพชั้นนำที่ได้รับใช้และได้รับความไว้วางใจจากผู้บริโภคชาวไทยมาช้านาน โดยการบริหารงานควบคุมดูแลจากฟรีสแลนด์ ฟู้ดส์ (Friesland Foods) ภายใต้ตราสินค้าโฟร์โมสต์ ซึ่งเป็นชื่อที่ทุกคนรู้จักดีว่าเป็นบริษัทผลิตอาหารนมรายใหญ่ในประเทศเนเธอร์แลนด์ที่มีประสบการณ์มากกว่า 100 ปี

จากการเริ่มต้นการบริหารจัดการสหกรณ์โคนมในปี ค.ศ. 1894 ปัจจุบันฟรีสแลนด์ ฟู้ดส์ มีบริษัทในเครือกว่า 20 ประเทศทั่วโลก ทั้งในทวีปยุโรป ตะวันออกกลาง อัฟริกา และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จึงมั่นใจได้ว่า บริษัทโฟร์โมสต์ ประเทศไทย จะเป็นผู้นำในการผลิต และพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารนม ด้วยการผลิตอาหารนมที่เปี่ยมคุณค่าทางโภชนาการ มีคุณภาพที่ดี

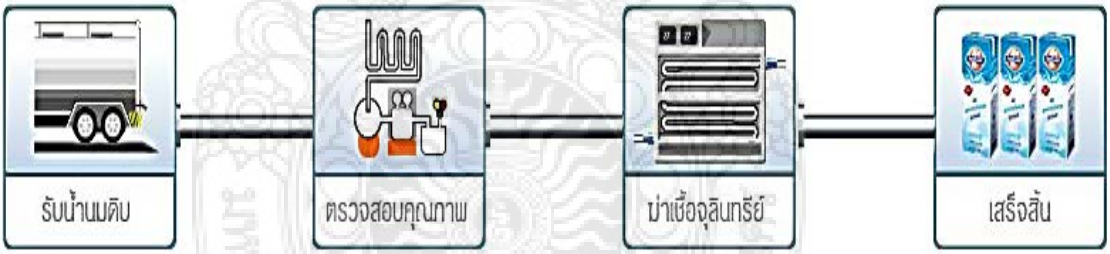
ได้มาตรฐาน ตลอดจนรสชาติอร่อยถูกใจเพื่อสุขภาพที่ดีของผู้บริโภคชาวไทยทุกคน เพื่อก่อให้เกิดกระบวนการผลิตที่ได้มาตรฐานและ การบริหารงานอย่างมีประสิทธิภาพ บริษัทโฟร์โมสต์ ประเทศไทย ได้จัดแบ่งสายการผลิตตามประเภทของผลิตภัณฑ์ ดังนี้ บริษัท ฟรีสแลนด์คัมพินา (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ดำเนินการผลิตและจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์นมที่มีอายุการเก็บรักษานาน คือ นมยูเอชที นมเปรี้ยวพร้อมดื่มยูเอชที นมข้นหวาน นมข้นจืด เป็นต้น และบริษัท ฟรีสแลนด์คัมพินา เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด ดำเนินการผลิตและจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์นมที่ต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เช่น นมพาสเจอร์ไรส์ นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม โยเกิร์ตชนิดครีม เป็นต้น (http://www.foremostforlife.com, 2556)

2.2 กระบวนการผลิตนม

การผลิตนมยูเอชที นมพาสเจอร์ไรส์ นมข้นหวาน และโยเกิร์ต มีกระบวนการผลิต ดังนี้

2.2.1 กระบวนการผลิตนมยูเอชที

เมื่อรับน้ำนมดิบและทำการตรวจสอบคุณภาพเรียบร้อยแล้ว ก็จะทำการจัดส่งน้ำนมดิบเข้าสู่กระบวนการยูเอชที เพื่อทำการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายทุกชนิดให้หมดไป ด้วยการให้น้ำนมผ่านความร้อนที่ไม่ต่ำกว่า 133 °C เป็นเวลา 1–2 วินาที โดยสารอาหารในน้ำนมยูเอชทีจะไม่ถูกทำลาย นมยูเอชทีจะเก็บได้นานประมาณ 5–9 เดือน



ภาพประกอบที่ 2.1 กระบวนการผลิตนมยูเอชที

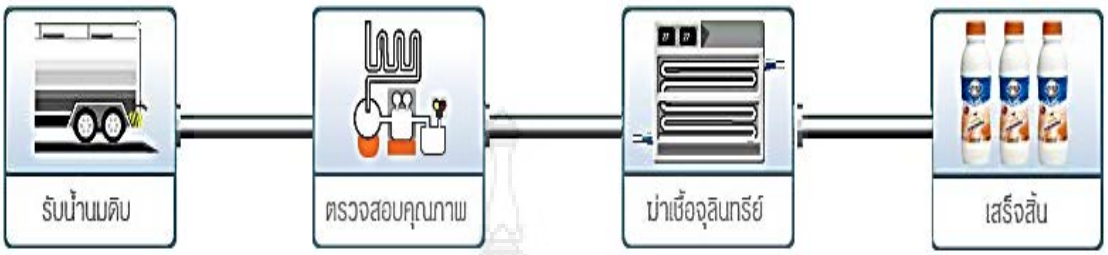
ที่มา : http://www.foremostforlife.com

2.2.2 กระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์

1. เริ่มจากการรับน้ำนมดิบมาจากสหกรณ์โดยรถขนส่งที่มีการป้องกันไม่ให้นมมีโอกาสเสียง่าย ด้วยการควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ระดับ 8 °C ตลอดระยะทาง พร้อมส่งตรงถึงโรงงานภายใน 24 ชั่วโมง

2. เมื่อมาถึงโรงงานแล้วจะมีการตรวจสอบคุณภาพของน้ำนมดิบในห้องน้ำนมดิบที่มีคุณภาพจะทำการวัดปริมาตรแล้วส่งเข้าที่พักต่อไป

3. จากนั้นจึงทำการจัดส่งน้ำนมดิบเข้าสู่กระบวนการพาสเจอร์ไรส์ เพื่อทำการฆ่าเชื้อเบื้องต้น ด้วยการให้น้ำนมวิ่งผ่านน้ำร้อนที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 65 °C และคงที่อยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่ต่ำกว่า 30 วินาที แล้วค่อยนำไปทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 5 °C จากนั้นจึงนำไปปรุงแต่งรสชาติ



ภาพประกอบที่ 2.2 กระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์

ที่มา : http://www.foremostforlife.com

2.2.3 กระบวนการผลิตนมข้นหวาน

1. หลังจากผ่านกระบวนการตรวจสอบคุณภาพแล้ว น้ำนมดิบก็จะถูกนำไปผ่านการฆ่าเชื้อโดยผ่านความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 85–90 °C เป็นระยะเวลาประมาณ 2–3 วินาที ซึ่งกระบวนการนี้นอกจากจะเป็นการฆ่าเชื้อแล้วก็ยังเป็นการแยกไขมันและยับยั้งการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ

2. เมื่อผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแล้ว ก็จะถูกนำไปทำให้ระเหยแล้วเติมน้ำตาลเข้าไปประมาณ 45% ซึ่งน้ำตาลนี้เองจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียต่าง ๆ

3. นมข้นหวานที่ได้นี้จะมีรสชาติและสีเข้มขึ้นเล็กน้อย และไม่ต้องผ่านการฆ่าเชื้ออื่น ๆ อีกแล้ว เพราะน้ำตาลเข้าไปช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

ภาพประกอบที่ 2.3 กระบวนการผลิตนมข้นหวาน

ที่มา : http://www.foremostforlife.com

2.2.4 กระบวนการผลิตโยเกิร์ต

1. เริ่มต้นด้วยการนำน้ำนมดิบไปผ่านขั้นตอนการฆ่าเชื้อเพื่อให้แบคทีเรียบางส่วนที่ไม่ต้องการออกไป โดยที่น้ำนมดิบจะถูกผ่านความร้อนในอุณหภูมิประมาณ 90 °C เป็นเวลาหลายนาที จากนั้นก็ไปทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วอีกครั้ง

2. จากนั้นก็จะนำน้ำนมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วมาเติมแบคทีเรียกรดแลคติกลงไปเพื่อให้แบคทีเรียเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสของนมให้กลายเป็นกรดแลคติก หมักนมไว้ประมาณ 2–3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิอย่างน้อย 32 °C โดยต้องทำการคนเป็นระยะ จากนั้นจะได้โยเกิร์ตหรือนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม

3. เมื่อได้โยเกิร์ตแล้วก็จะมาถึงขั้นตอนการปรุงแต่งรสชาติ เพื่อความอร่อยมีการเติมผลไม้ น้ำตาล ซีสคอทเทจ และซ๊อกโกแลตลงไป

4. หลังจากนั้นโยเกิร์ตจะถูกนำไปทำการบรรจุภัณฑ์ในสภาวะแวดล้อมปลอดเชื้อ

ภาพประกอบที่ 2.4 กระบวนการผลิตโยเกิร์ต

ที่มา : http://www.foremostforlife.com

โรงงานผลิตนมที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ บริษัท ฟรีสแลนด์คัมพิน่า เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด ตั้งอยู่เลขที่ 99/30 หมู่ 2 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210 (http://www.foremostforlife.com, 2556)

2.3 ระบบบำบัดน้ำเสีย

สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์ ได้กล่าวถึง ระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อเป็นพื้นฐานความเข้าใจ ดังนี้

2.3.1 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 3 ประเภท คือ

1. ปฏิบัติการหน่วยทางกายภาพ (Physical Unit Operations)

เป็นกระบวนการแยกของแข็ง (ส่วนใหญ่เป็นของแข็งแขวนลอยขนาดใหญ่ ซึ่งตกตะกอนด้วยตัวเองได้ง่าย) เช่น ขยะต่าง ๆ ที่มากับน้ำเสีย กรวด ทราย ไขมันและน้ำมัน (ที่ไม่ละลายน้ำ) ในน้ำเสียออกเสียก่อนที่จะเข้าระบบบำบัดในขั้นตอนต่อไป เพื่อป้องกันความเสียหายของเครื่องสูบ (Pump) ปฏิบัติการหน่วยทางกายภาพนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำเสียที่บำบัดโดยทั่วไป ได้แก่ ตะแกรง (Bar Screen) บ่อดักดินตะกอน (Grit Chamber) บ่อดักไขมัน เป็นต้น

2. กระบวนการหน่วยทางเคมี/ทางกายภาพเคมี (Chemical/Physicochemical Unit Process)

เป็นกระบวนการเติมสารเคมีลงไปในน้ำเสีย เพื่อบำบัดให้ได้น้ำทิ้งตามมาตรฐาน ซึ่งใช้สำหรับน้ำเสียที่มีส่วนประกอบอย่างใดอย่างหนึ่ง อันได้แก่ มีค่า pH สูงหรือต่ำเกินไป มีโลหะหนักที่เป็นพิษ มีตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ยาก มีสารประกอบอนินทรีย์ละลายน้ำที่เป็นพิษ เช่น ซัลไฟด์ มีไขมันหรือน้ำมันละลายน้ำ รวมทั้งสี กลิ่น และเชื้อโรค โดยส่วนใหญ่จะกำจัดของแข็งแขวนลอยขนาดเล็ก หรือของแข็งที่ตกตะกอนด้วยตนเองช้า กระบวนการหน่วยทางเคมี/ทางกายภาพเคมี ได้แก่ กระบวนการโคแอกกูเลชัน-ฟล็อกคูเลชัน (Coagulation-Flocculation) สำหรับให้แขวนลอยขนาดเล็กและคอลลอยด์จับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ แล้วจึงส่งไปยังถังตกตะกอนหรือถังกรองต่อไป กระบวนการตกผลึก (Precipitation) และการแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange) สำหรับการบำบัดของแข็งละลายต่าง ๆ กระบวนการดูดติดผิว (Adsorption) สำหรับการบำบัดสีและกลิ่น กระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน (Oxidation-Reduction) สำหรับการกำจัดสารอินทรีย์และการฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) และกระบวนการปรับ pH ในกรณีที่น้ำเสียมีค่า pH ไม่เหมาะที่จะปล่อยออก หรือเพื่อตกตะกอนผลึกของโลหะหนักบางชนิด เป็นต้น

3. กระบวนการหน่วยทางชีวภาพ/ทางชีวเคมี (Biological/Biochemical Unit Process)

เป็นกระบวนการที่ใช้จุลินทรีย์ในการกำจัดสารอินทรีย์ทั้งที่เป็นคอลลอยด์ที่แขวนลอย รวมทั้งสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำเสีย และในบางกรณียังใช้ในการบำบัดธาตุอาหารออกจากน้ำเสียด้วย ความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ที่บำบัดได้จะต้องเป็นสารอินทรีย์ซึ่งสามารถถูกใช้เป็นแหล่งคาร์บอน และแหล่งของพลังงานโดยจุลินทรีย์เพื่อสังเคราะห์เซลล์ใหม่ได้ ผลก็คือทำให้ความสกปรกในน้ำเสียลดลง โดยจุลินทรีย์อาจแบ่งเป็นใช้ออกซิเจนหรือไม่ใช้ออกซิเจนก็ได้ ซึ่งในแต่ละประเภทยังสามารถแบ่งออกได้เป็น แบบที่ให้จุลินทรีย์ล่องลอยอยู่ในน้ำเสีย (Suspended Growth)

และแบบที่ให้จุลินทรีย์เกาะติดกับวัสดุตัวกลาง (Attached Growth) ระบบบำบัดที่อาศัยหลักการทางชีวภาพมีหลายชนิด อาทิเช่น ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge : AS) ระบบโปรยกรอง (Trickling Filter) ระบบชุดสัมผัสหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Reactor : RBC) และระบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter) เป็นต้น

2.3.2 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

ขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียขึ้นอยู่กับลักษณะน้ำเสียแต่ละชนิด โดยการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งออกตามขั้นตอนได้ดังนี้

2.3.2.1 ระบบบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment)

เป็นการบำบัดน้ำเสียขั้นตอนแรก หน่วยบำบัดมักจะเป็นปฏิบัติการหน่วยทางกายภาพ ในการกำจัดสารที่ลอยหรือตกตะกอนได้ในน้ำเสีย หรือแยกของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำเสีย เป็นการลดปริมาณของแข็งและน้ำมันหรือไขมันที่ลอยอยู่ และลดปริมาณภาระแบกรับสาร (Load) ของการบำบัดน้ำเสียในขั้นต่อไป กระบวนการบำบัดขั้นต้นไม่เน้นการกำจัดสารอินทรีย์ กระบวนการนี้อาจจะกำจัดปริมาณของแข็งและบีโอดีได้ราว 10-35 % หน่วยบำบัดที่ใช้มีดังนี้

1. การดักด้วยตะแกรง (Screening)

ใช้สำหรับดักสิ่งของที่ลอยน้ำได้ เช่น เศษขยะ เศษผ้า ใบไม้ ถุงพลาสติก เป็นต้น แบ่งเป็นตะแกรงหยาบ มีช่องว่างขนาด 40 มิลลิเมตร ตะแกรงขนาดกลาง มีช่องว่างขนาดเล็กกว่า 40 มิลลิเมตร และแบบละเอียด มีช่องว่างขนาด 1.5–6 มิลลิเมตร โดยตะแกรงจะวางเอียงไปตามทิศทางไหลของน้ำ โดยมีความเอียงประมาณ 30–60 องศา ตะแกรงจะช่วยป้องกันมิให้เครื่องสูบน้ำอุดตัน

2. การกำจัดกรวด–ทราย (Grit Removal)

ในขั้นนี้จะออกแบบบ่อโดยทำให้น้ำมีความเร็วอยู่ในช่วง 20-30 เซนติเมตรต่อวินาที เพื่อให้ดิน กรวด ทราย ที่น้ำพามาตกตะกอนออกไปมีเวลาเก็บกักประมาณ 1–3 นาที อาจมีการให้อากาศ เพื่อไม่ให้สารลอยอื่นตกตะกอนในถังนี้นอกจากกรวดและทราย

3. การตกตะกอนขั้นต้น (Primary Sedimentation)

มีลักษณะคล้ายกับบ่อกำจัดกรวด-ทราย แต่มีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าที่ลอดผ่านตะแกรงมาได้ ถังตกตะกอนเป็นถังขนาดใหญ่ที่เป็นที่พักน้ำเสีย อัตราการไหลจะอยู่ในช่วง 15-20 เซนติเมตรต่อวินาที และมีเวลากักพักประมาณ 2–4 ชั่วโมง น้ำเสียที่ไหลออกไปจึงมีตะกอนแขวนลอยเหลือน้อย โดยถังตกตะกอนที่มีความลึกประมาณ 3–5 เมตร ถังตกตะกอนมีบทบาทอยู่ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบต่าง ๆ เกือบทุกประเภท และถือเป็นหน่วยสำคัญในการกำจัดตะกอนแขวนลอยในน้ำประสิทธิภาพปกติเท่ากับ 30–40% ปริมาณของแข็งที่ตกตะกอนลงสู่ก้นถัง เรียกว่าสลัดจ์ (Sludge) จะถูกสูบออกไปในการตกตะกอน อาจมีการเติมสารเคมี เช่น พอลิเมอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดปริมาณของแข็งให้สูงถึง 90% เป็นต้น

4. การกำจัดน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease Removal)

โดยทั่วไปแล้วก่อนที่น้ำเสียชุมชนจะถูกปล่อยทิ้ง อาจผ่านถังดักไขมันมาแล้วขั้นหนึ่ง ยังมีอีกจำนวนมากที่ยังหรือคงเหลืออยู่ในน้ำเสีย ถังดักไขมันและน้ำมันอาศัยหลักที่ว่าไขมันน้ำมันเบากว่าน้ำ จึงลอยตัวอยู่เหนือน้ำ ทางออกของถังดักไขมันจึงจุ่มอยู่ใต้น้ำ (ต่ำกว่าชั้นไขมันหรือน้ำมัน) และสามารถดึงเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำออกจากถังดักด้วยท่อรูปตัว T ในถังวงขอบซีเมนต์ไขมันหรือน้ำมันจะสะสมตัวอยู่ในถังดักและสามารถตักออกไปทิ้งได้ ถังซีเมนต์นี้เป็นถังดักไขมันขนาดเล็กที่นิยมใช้กับน้ำเสียจากการปรุงอาหาร ซึ่งเป็นน้ำเสียที่มีปริมาตรต่ำ ในกรณีที่น้ำเสียมีปริมาณสูงควรใช้ถังแยกน้ำมันหรือไขมันแบบที่เรียกว่า API Separator น้ำเสียที่มีน้ำมันหรือไขมันละลายอยู่ไม่สามารถใช้ถังดักหรือแยกน้ำมันดังกล่าวได้ เนื่องจากน้ำมันจับเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำเสีย วิธีแก้ไขคือ ต้องทำให้น้ำมันและน้ำเสียแยกตัวจากกัน โดยใช้สารเคมีช่วยเสียก่อน จากนั้นจึงใช้ถังดักหรือแยกไขมันและน้ำมัน บางครั้งการแยกน้ำมันหรือไขมันอาจใช้วิธีทำให้ลอยตัว (Flotation) ได้

ในบางกรณีที่น้ำเสียมีสารพิษ เช่น โลหะหนัก และสารประกอบอินทรีย์บางชนิด อาจจะมีการกำจัดสารพิษเหล่านี้ก่อนเข้าสู่ระบบชีวภาพ เช่น การปรับ pH และการบำบัดด้วยโอโซน เป็นต้น (สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์, ม.ป.ป. : 108 - 113)

2.3.2.2 ระบบบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment)

กรมควบคุมมลพิษ (2556) ได้กล่าวถึง ระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สอง (Secondary Treatment) เป็นการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดขั้นต้นและการบำบัดเบื้องต้นมาแล้ว แต่ยังคงมีของแข็งแขวนลอยขนาดเล็กและสารอินทรีย์ทั้งที่ละลายและไม่ละลายในน้ำเสียเหลือค้างอยู่ โดยทั่วไปการบำบัดขั้นที่สองหรือเรียกอีกอย่างว่าการบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) จะอาศัยหลักการเลี้ยงจุลินทรีย์ในระบบภายใต้สภาวะที่สามารถควบคุมได้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกินสารอินทรีย์ได้รวดเร็วกว่าที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำทิ้งโดยใช้ถังตกตะกอน (Secondary Sedimentation Tank) ทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพดีขึ้น จากนั้นจึงผ่านเข้าระบบฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคปนเปื้อน ก่อนจะระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ หรือนำกลับไปใช้ประโยชน์ (Reuse) การบำบัดน้ำเสียในขั้นนี้สามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยและสารอินทรีย์ซึ่งวัดในรูปของบีโอดีได้มากกว่าร้อยละ 80

1. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond)

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยธรรมชาติในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งแบ่งตามลักษณะการทำงานได้ 3 รูปแบบ คือ บ่อแอนแอโรบิค (Anaerobic Pond) บ่อแฟคคัลเททีฟ (Facultative Pond) บ่อแอโรบิค (Aerobic Pond) และหากมีบ่อหลายบ่อต่อเนื่องกัน บ่อสุดท้ายจะทำหน้าที่เป็นบ่อบ่ม (Maturation Pond) เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม

ภาพประกอบที่ 2.5 การวางบ่อของระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond)

ที่มา : http://www.pcd.go.th

บ่อแอนแอโรบิค (Anaerobic Pond)

บ่อแอนแอโรบิคเป็นระบบที่ใช้กำจัดสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงโดยไม่ต้องการออกซิเจน บ่อนี้จะถูกออกแบบให้มีอัตรารับสารอินทรีย์สูงมาก จนสาหร่ายและการเติมออกซิเจนที่ผิวหน้าไม่สามารถผลิตและป้อนออกซิเจนได้ทัน ทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนละลายน้ำภายในบ่อ จึงเหมาะกับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์และปริมาณของแข็งสูง เนื่องจากของแข็งจะตกลงสู่ก้นบ่อและถูกย่อยสลายแบบแอนแอโรบิค น้ำเสียส่วนที่ผ่านการบำบัดจากบ่อนี้จะระบายต่อไปยังบ่อแฟคคัลเททีฟ (Facultative Pond) เพื่อบำบัดต่อไป

บ่อแฟคคัลเททีฟ (Facultative Pond)

บ่อแฟคคัลเททีฟเป็นบ่อที่นิยมใช้กันมากที่สุด ภายในบ่อมีลักษณะการทำงานแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนบนของบ่อเป็นแบบแอโรบิคได้รับออกซิเจนจากการถ่ายเทอากาศที่บริเวณผิวน้ำและจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย และส่วนล่างของบ่ออยู่ในสภาพแอนแอโรบิค บ่อแฟคคัลเททีฟนี้ โดยปกติแล้วจะรับน้ำเสียจากที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาก่อน กระบวนการบำบัดที่เกิดขึ้นในบ่อแฟคคัลเททีฟ เรียกว่า การทำความสะอาดตัวเอง (Self-Purification) สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ประเภทที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เพื่อเป็นอาหารและสำหรับการสร้างเซลล์ใหม่และเป็นพลังงาน โดยใช้ออกซิเจนที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายที่อยู่ในบ่อส่วนบน สำหรับบ่อส่วนล่างจนถึงก้นบ่อซึ่งแสงแดดส่องไม่ถึง จะมีปริมาณออกซิเจนต่ำจนเกิดสภาวะไร้ออกซิเจน (Anaerobic Condition) และมีจุลินทรีย์ประเภทไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์และแปรสภาพเป็นก๊าซเช่นเดียวกับบ่อแอนแอโรบิค แต่ก๊าซที่ลอยขึ้นมาจะถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจนที่อยู่ช่วงบนของบ่อทำให้ไม่เกิดกลิ่นเหม็น

บ่อแอโรบิค (Aerobic Pond)

บ่อแอโรบิคเป็นบ่อที่มีแบคทีเรียและสาหร่ายแขวนลอยอยู่ เป็นบ่อที่มีความลึกไม่มากนักเพื่อให้ออกซิเจนกระจายทั่วทั้งบ่อและมีสภาพเป็นแอโรบิคตลอดความลึก โดยอาศัย

ออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย การเติมอากาศที่ผิวหน้า และยังสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ส่วนหนึ่งโดยอาศัยแสงแดดอีกด้วย

บ่อบ่ม (Maturation Pond)

บ่อบ่มมีสภาพเป็นแอโรบิคตลอดทั้งบ่อ จึงมีความลึกไม่มากและแสงแดดส่องถึงก้นบ่อใช้รองรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว เพื่อฟอกน้ำทิ้งให้มีคุณภาพน้ำดีขึ้น และอาศัยแสงแดดทำลายเชื้อโรคหรือจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับน้ำทิ้งก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม

2. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon หรือ AL)

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยการเติมออกซิเจนจากเครื่องเติมอากาศ (Aerator) ที่ติดตั้งแบบทุ่นลอยหรือยึดติดกับแท่นก็ได้ เพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำให้มีปริมาณเพียงพอสำหรับจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้เร็วขึ้นกว่าการปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถลดปริมาณความสกปรกของน้ำเสียในรูปของค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD) ได้ร้อยละ 80-95 โดยอาศัยหลักการทำงานของจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน (Aerobic) โดยมีเครื่องเติมอากาศซึ่งนอกจากจะทำหน้าเพิ่มออกซิเจนในน้ำแล้วยังทำให้เกิดการกวนผสมของน้ำในบ่อด้วย ทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึงภายในบ่อ

หลักการทำงานของระบบ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ สามารถบำบัดน้ำเสียได้ทั้งน้ำเสียจากแหล่งชุมชนที่มีความสกปรกค่อนข้างมาก และน้ำเสียจากอุตสาหกรรม โดยปกติจะออกแบบให้บ่อมีความลึกประมาณ 2-6 เมตร ระยะเวลาเก็บกักน้ำ (Detention Time) ภายในบ่อเติมอากาศประมาณ 3-10 วัน และเครื่องเติมอากาศจะต้องออกแบบให้มีประสิทธิภาพสามารถทำให้เกิดการผสมกันของตะกอนจุลินทรีย์ ออกซิเจนละลายในน้ำ และน้ำเสีย นอกจากนี้จะต้องมีบ่อบ่ม (Polishing Pond หรือ Maturation Pond) รับน้ำเสียจากบ่อเติมอากาศเพื่อตกตะกอนและปรับสภาพน้ำทิ้งก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งนี้จะต้องควบคุมอัตราการไหลของน้ำภายในบ่อบ่มและระยะเวลาเก็บกักให้เหมาะสมไม่นานเกินไป เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการเจริญเติบโตเพิ่มปริมาณของสาหร่าย (Algae) ในบ่อบ่มมากเกินไป

ส่วนประกอบของระบบ

ระบบบ่อเติมอากาศส่วนใหญ่จะประกอบด้วยหน่วยบำบัด ดังนี้

1. บ่อเติมอากาศ (จำนวนบ่อขึ้นอยู่กับการออกแบบ)
2. บ่อบ่มเพื่อปรับสภาพน้ำทิ้ง (จำนวนบ่อขึ้นอยู่กับการออกแบบ)
3. บ่อเติมคลอรีนสำหรับฆ่าเชื้อโรค จำนวน 1 บ่อ

3. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland)

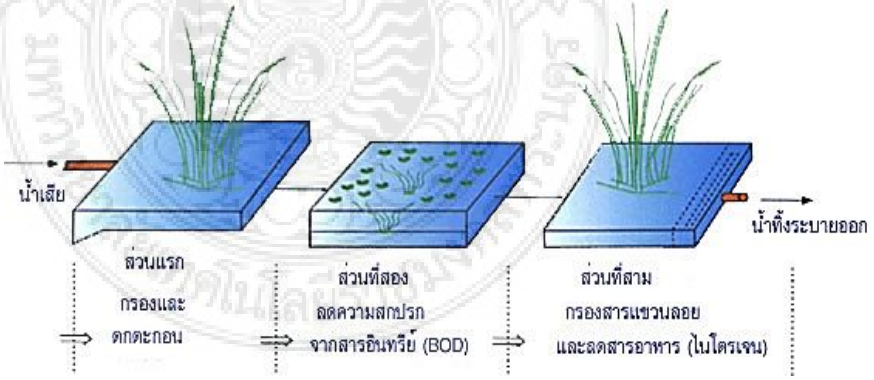
บึงประดิษฐ์ มี 2 ประเภทได้แก่ แบบ Free Water Surface Wetland (FWS) ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับบึงธรรมชาติ และแบบ Vegetated Submerged Bed System (VSB) ซึ่งจะมีชั้นดินปนทรายสำหรับปลูกพืชน้ำและชั้นหินรองก้นบ่อเพื่อเป็นตัวกรองน้ำเสีย

หลักการทำงานของระบบ

เมื่อน้ำเสียไหลเข้ามาในบึงประดิษฐ์ส่วนต้น สารอินทรีย์ส่วนหนึ่งจะตกตะกอนจมตัวลงสู่ก้นบึง และถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ส่วนสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำจะถูกกำจัดโดยจุลินทรีย์ที่เกาะติดอยู่กับพืชน้ำหรือชั้นหินและจุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ระบบนี้จะได้รับออกซิเจนจากการแทรกซึมของอากาศผ่านผิวน้ำหรือชั้นหินลงมา ออกซิเจนบางส่วนจะได้จากการสังเคราะห์แสงแต่มีปริมาณไม่มากนัก สำหรับสารแขวนลอยจะถูกกรองและจมตัวอยู่ในช่วงต้น ๆ ของระบบ การลดปริมาณไนโตรเจนจะเป็นไปตามกระบวนการไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) และดิไนตริฟิเคชั่น (Denitrification) ส่วนการลดปริมาณฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะเกิดที่ชั้นดินส่วนพื้นบ่อ และพืชน้ำจะช่วยดูดซับฟอสฟอรัสผ่านทางรากและนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ นอกจากนี้ระบบบึงประดิษฐ์ยังสามารถกำจัดโลหะหนัก (Heavy Metal) ได้บางส่วนอีกด้วย

- **ระบบบึงประดิษฐ์แบบ Free Water Surface Wetland (FWS)**

เป็นแบบที่นิยมใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งหลังจากผ่านการบำบัดจากบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) แล้ว ลักษณะของระบบแบบนี้จะเป็นบ่อดินที่มีการบดอัดดินให้แน่นหรือปูพื้นด้วยแผ่น HDPE ให้ได้ระดับเพื่อให้น้ำเสียไหลตามแนวนอนขนานกับพื้นดิน บ่อดินจะมีความลึกแตกต่างกัน เพื่อให้เกิดกระบวนการบำบัดตามธรรมชาติอย่างสมบูรณ์โครงสร้างของระบบแบ่งเป็น 3 ส่วน (อาจเป็นบ่อเดียวกันหรือหลายบ่อขึ้นกับการออกแบบ) คือ



ภาพประกอบที่ 2.6 โครงสร้างของระบบบำบัดบึงประดิษฐ์

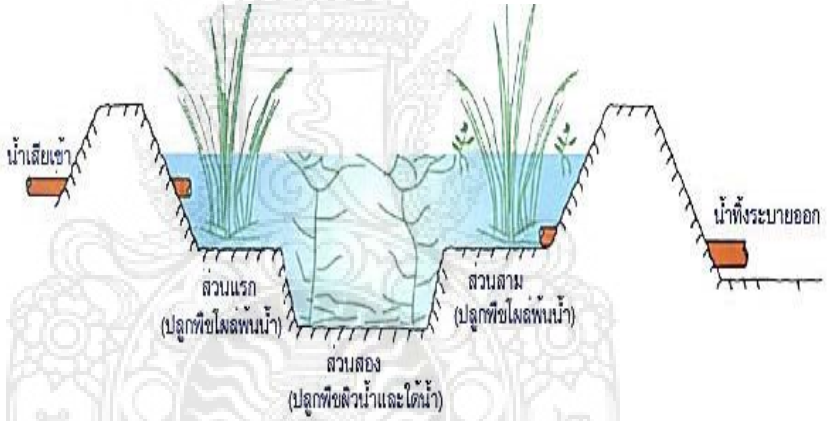
แบบ Free Water Surface Wetland (FWS)

ที่มา : http://www.pcd.go.th

ส่วนแรก เป็นส่วนที่มีการปลูกพืชที่มีลักษณะสูงโผล่พ้นน้ำและรากเกาะดินปลูกไว้ เช่น กก แฝก ธูปฤาษี เพื่อช่วยในการกรองและตกตะกอนของสารแขวนลอยและสารอินทรีย์ที่ตกตะกอนได้ ทำให้กำจัดสารแขวนลอยและสารอินทรีย์ได้บางส่วน เป็นการลดสารแขวนลอยและค่าบีโอดีได้ส่วนหนึ่ง

ส่วนที่สอง เป็นส่วนที่มีพืชชนิดลอยอยู่บนผิวน้ำ เช่น จอก แหน บัว รวมทั้งพืชขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ เช่น สาหร่าย จอก แหน เป็นต้น พื้นที่ส่วนที่สองนี้จะไม่มีการปลูกพืชที่มีลัษณะสูงโผล่พ้นน้ำเหมือนในส่วนแรกและส่วนที่สาม น้ำในส่วนนี้จึงมีการสัมผัสอากาศและแสงแดดทำให้มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายซึ่งเป็นการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ทำให้จุลินทรีย์ชนิดที่ใช้ออกซิเจนย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้เป็นการลดค่าบีโอดีในน้ำเสีย และยังเกิดสภาพไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) ด้วย

ส่วนที่สาม มีการปลูกพืชในลักษณะเดียวกับส่วนแรก เพื่อช่วยกรองสารแขวนลอยที่ยังเหลืออยู่ และทำให้เกิดสภาพดิไนตริฟิเคชั่น (Denitrification) เนื่องจากออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ลดลง ซึ่งสามารถลดสารอาหารจำพวกสารประกอบไนโตรเจนได้



ภาพประกอบที่ 2.7 ระบบบึงประดิษฐ์แบบ Free Water Surface Wetland (FWS)

ที่มา : http://www.pcd.go.th

- **ระบบบึงประดิษฐ์แบบ Vegetated Submerged Bed System (VSB)**

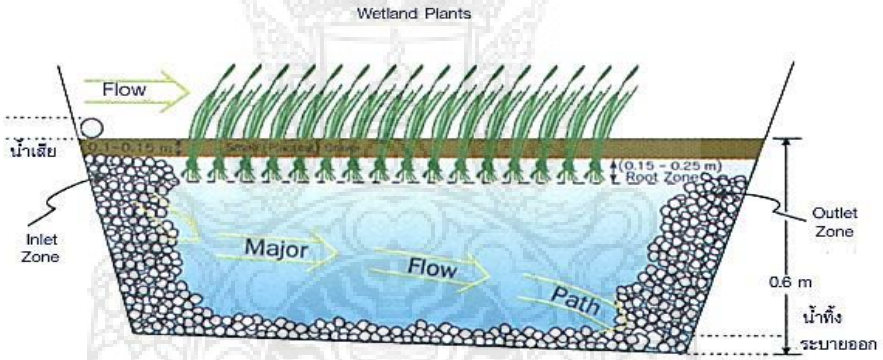
ระบบบึงประดิษฐ์แบบนี้จะมีข้อดีกว่าแบบ Free Water Surface Wetland คือ เป็นระบบที่แยกน้ำเสียไม่ให้ถูกรบกวนจากแมลงหรือสัตว์ และป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดโรคมาปนเปื้อนกับคนได้ ในบางประเทศใช้ระบบบึงประดิษฐ์แบบนี้ในการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเกรอะ (Septic Tank) และปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) หรือใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบแอกติเวเต็ดจ์สลัดจ์ (Activated Sludge) และระบบอาร์บีซี (RBC) หรือใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากอาคารดักน้ำเสีย (CSO) เป็นต้น

ส่วนประกอบที่สำคัญในการบำบัดน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์แบบนี้ คือ

- พืชที่ปลูกในระบบ จะมีหน้าที่สนับสนุนให้เกิดการถ่ายเทก๊าซออกซิเจนจากอากาศเพื่อเพิ่มออกซิเจนให้แก่น้ำเสีย และยังทำหน้าที่สนับสนุนให้ก๊าซที่เกิดขึ้นในระบบ เช่น ก๊าซมีเทน (Methane) จากการย่อยสลายแบบแอนแอโรบิค (Anaerobic) สามารถระบายออกจากระบบได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้โดยการนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืช

- ตัวกลาง (Media) จะมีหน้าที่สำคัญ คือ

1. เป็นที่สำหรับให้รากของพืชที่ปลูกในระบบยึดเกาะ
2. ช่วยให้เกิดการกระจายของน้ำเสียที่เข้าระบบและช่วยรวบรวมน้ำทิ้งก่อนระบายออก
3. เป็นที่สำหรับให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ
4. สำหรับใช้กรองสารแขวนลอยต่าง ๆ



ภาพประกอบที่ 2.8 ระบบบึงประดิษฐ์แบบ Vegetated Submerged Bed System (VSB)

ที่มา : http://www.pcd.go.th

4. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge)

เป็นวิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม แต่การเดินระบบประเภทนี้จะมีความยุ่งยากซับซ้อนเนื่องจากจำเป็นจะต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมและลักษณะทางกายภาพต่าง ๆ ให้เหมาะสมแก่การทำงานและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด ในปัจจุบันระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ มีการพัฒนาใช้งานหลายรูปแบบ เช่น ระบบแบบกวนสมบูรณ์ (Completly Mix) กระบวนการปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Process) ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) หรือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor) เป็นต้น

หลักการทำงานของระบบ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ถังเติมอากาศ (Aeration Tank) และถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) โดยน้ำเสียจะถูกส่งเข้าถังเติมอากาศ ซึ่งมีสลัดจ์อยู่เป็นจำนวนมากตามที่ออกแบบไว้ สภาวะภายในถังเติมอากาศจะมีสภาพที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบแอโรบิค จุลินทรีย์เหล่านี้จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำในที่สุด น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลต่อไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกสลัดจ์ออกจากน้ำใส สลัดจ์ที่แยกตัวอยู่ที่ก้นถังตกตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับเข้าไปในถังเติมอากาศใหม่เพื่อรักษาความเข้มข้นของสลัดจ์ในถังเติมอากาศให้ได้ตามที่กำหนด และอีกส่วนหนึ่งจะเป็นสลัดจ์ส่วนเกิน (Excess Sludge) ที่ต้องนำไปกำจัดต่อไป สำหรับน้ำใสส่วนบนจะเป็นน้ำทิ้งที่สามารถระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge) แบ่งออกเป็น 4 แบบ ได้แก่

- **ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบกวนสมบูรณ์ (Completly Mixed Activated Sludge : CMAS)**

ลักษณะสำคัญของระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบนี้ คือ จะต้องมีถังเติมอากาศที่สามารถกวนให้น้ำและสลัดจ์ที่อยู่ในถังผสมเป็นเนื้อเดียวกันตลอดทั่วทั้งถัง ระบบแบบนี้สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Shock Load) ได้ดี เนื่องจากน้ำเสียจะกระจายไปทั่วถึง และสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในถังเติมอากาศก็มีค่าสม่ำเสมอทำให้จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่มีลักษณะเดียวกันตลอดทั้งถัง (Uniform Population)

ภาพประกอบที่ *2.9* ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบกวนสมบูรณ์

(Completly Mixed Activated Sludge : CMAS)

ที่มา : http://www.pcd.go.th

- **ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Activated Sludge : CSAS)**

ลักษณะสำคัญของระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบนี้ คือ จะแบ่งถังเติมอากาศออกเป็น 2 ถังอิสระจากกัน ได้แก่ ถังสัมผัส (Contact Tank) และถังย่อยสลาย (Stabilization Tank) โดยตะกอนที่สูบมาจากก้นถังตกตะกอนขั้นสองจะถูกส่งมาเติมอากาศใหม่ในถังย่อยสลาย จากนั้นตะกอนจะถูกส่งมาสัมผัสกับน้ำเสียในถังสัมผัส (Contact Tank) เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ในถังสัมผัสนี้ความเข้มข้นของสลัดจ์จะลดลงตามปริมาณน้ำเสียที่ผสมเข้ามาใหม่ น้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วจะไหลไปยังถังตกตะกอนขั้นที่สองเพื่อแยกตะกอนกับส่วนน้ำใส โดยน้ำใสส่วนบนจะถูกระบายออกจากระบบ และตะกอนที่ก้นถังส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับไปเข้าถังย่อยสลาย และอีกส่วนหนึ่งจะนำไปทิ้ง ทำให้บ่อเติมอากาศมีขนาดเล็กกว่าบ่อเติมอากาศของระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ทั่วไป

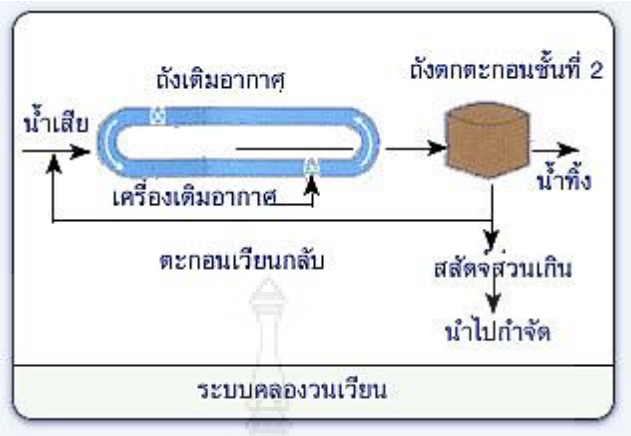
ภาพประกอบที่ 2.10 ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบปรับเสถียรสัมผัส

(Contact Stabilization Activated Sludge : CSAS)

ที่มา : http://www.pcd.go.th

- **ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch : OD)**

ลักษณะสำคัญของระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบนี้ คือ รูปแบบของถังเติมอากาศจะมีลักษณะเป็นวงรีหรือวงกลม ทำให้น้ำไหลวนเวียนตามแนวยาว (Plug Flow) ของถังเติมอากาศ และรูปแบบการกวนที่ใช้เครื่องกลเติมอากาศตีน้ำในแนวนอน (Horizontal Surface Aerator) รูปแบบของถังเติมอากาศลักษณะนี้จะทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่า แอน็อกซิก (Anoxic Zone) ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนละลายในน้ำทำให้ไนเตรท (NO_3^{2-}) ถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจน (N_2) โดยแบคทีเรียจำพวกไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (Nitrosomonas Spp. และ Nitrobactor Spp.) ทำให้ระบบสามารถบำบัดไนโตรเจนได้



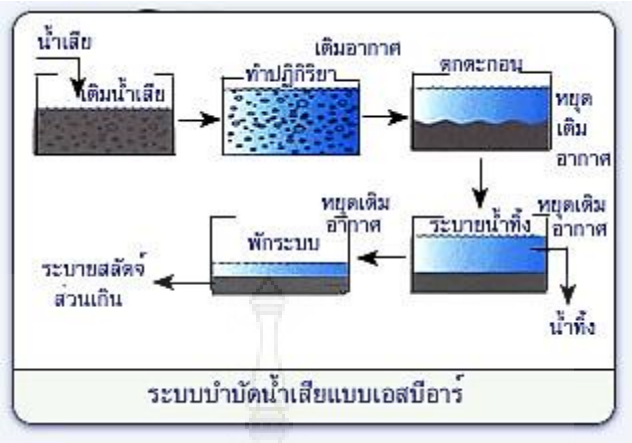
ภาพประกอบที่ 2.11 ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch : OD)

ที่มา : http://www.pcd.go.th

- **ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor : SBR)**

ลักษณะสำคัญของระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบนี้ คือ เป็นระบบแอกทิเวเต็ดจ์สลัดจ์ประเภทเติมเข้า-ถ่ายออก (Fill-and-Draw Activated Sludge) โดยมีขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียแตกต่างจากระบบตะกอนเร่งแบบอื่น ๆ คือ การเติมอากาศ (Aeration) และการตกตะกอน (Sedimentation) จะดำเนินการเป็นไปตามลำดับภายในถังปฏิกิริยาเดียวกัน โดยการเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์หนึ่งรอบการทำงาน (Cycle) จะมี 5 ช่วงตามลำดับ ดังนี้

1. ช่วงเติมน้ำเสีย (Fill) นำน้ำเสียเข้าระบบ
2. ช่วงทำปฏิกิริยา (React) เป็นการลดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (BOD)
3. ช่วงตกตะกอน (Settle) ทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกลงก้นถังปฏิกิริยา
4. ช่วงระบายน้ำทิ้ง (Draw) ระบายน้ำที่ผ่านการบำบัด
5. ช่วงพักระบบ (Idle) เพื่อซ่อมแซมหรือรอรับน้ำเสียใหม่



ภาพประกอบที่ 2.12 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์

(Sequencing Batch Reactor : SBR)

ที่มา : http://www.pcd.go.th

5. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor : RBC)

ระบบแผ่นจานหมุนชีวภาพเป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา ให้น้ำเสียไหลผ่านตัวกลางลักษณะทรงกระบอกซึ่งวางจุ่มอยู่ในถังบำบัด ตัวกลางทรงกระบอกนี้จะหมุนอย่างช้า ๆ เมื่อหมุนขึ้นพ้นน้ำและสัมผัสอากาศ จุลินทรีย์ที่อาศัยติดอยู่กับตัวกลางจะใช้ออกซิเจนจากอากาศย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่สัมผัสติดตัวกลางขึ้นมา และเมื่อหมุนจมลงก็จะนำน้ำเสียขึ้นมาบำบัดใหม่สลับกันเช่นนี้ตลอดเวลา

หลักการทำงานของระบบ

กลไกการทำงานของระบบในการบำบัดน้ำเสียอาศัยจุลินทรีย์แบบใช้อากาศจำนวนมากที่ยึดเกาะติดบนแผ่นจานหมุนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยการหมุนแผ่นจานผ่านน้ำเสีย ซึ่งเมื่อแผ่นจานหมุนขึ้นมาสัมผัสกับอากาศก็จะพาเอาฟิล์มน้ำเสียขึ้นสู่อากาศด้วย ทำให้จุลินทรีย์ได้รับออกซิเจนจากอากาศ เพื่อใช้ในการย่อยสลายหรือเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์เหล่านั้นให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และเซลล์จุลินทรีย์ ต่อจากนั้นแผ่นจานจะหมุนลงไปสัมผัสกับน้ำเสียในถังปฏิกิริยาอีกครั้ง ทำให้ออกซิเจนส่วนที่เหลือผสมกับน้ำเสีย ซึ่งเป็นการเติมออกซิเจนให้กับน้ำเสียอีกส่วนหนึ่ง สลับกันเช่นนี้ตลอดไปเป็นวัฏจักร แต่เมื่อมีจำนวนจุลินทรีย์ยึดเกาะแผ่นจานหมุนหนามากขึ้น จะทำให้มีตะกอนจุลินทรีย์บางส่วนหลุดลอกจากแผ่นจานเนื่องจากแรงเฉือนของการหมุน ซึ่งจะรักษาความหนาของแผ่นฟิล์มให้ค่อนข้างคงที่โดยอัตโนมัติ ทั้งนี้ตะกอนจุลินทรีย์แขวนลอยที่ไหลออกจากถังปฏิกิริยานี้ จะไหลเข้าสู่ถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนจุลินทรีย์และน้ำ

ส่วนประกอบของระบบ

ระบบแผ่นจานหมุนชีวภาพเป็นระบบบำบัดน้ำเสียอีกรูปแบบหนึ่งของระบบบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) ซึ่งองค์ประกอบหลักของระบบประกอบด้วย

1. ถังตกตะกอนขั้นต้น (Primary Sedimentation Tank) ทำหน้าที่ในการแยกของแข็งที่มากับน้ำเสีย

2. ถังปฏิกิริยา ทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

3. ถังตกตะกอนขั้นที่สอง (Secondary Sedimentation Tank) ทำหน้าที่ในการแยกตะกอนจุลินทรีย์และน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว โดยในส่วนของถังปฏิกิริยาประกอบด้วยแผ่นจานพลาสติกจำนวนมากที่ทำจาก Polyethylene (PE) หรือ High Density Polyethylene (HDPE) วางเรียงขนานซ้อนกัน โดยติดตั้งฉากกับเพลาแนวนอนตรงจุดศูนย์กลางแผ่น ซึ่งจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจะยึดเกาะติดบนแผ่นจานนี้เป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ หนาประมาณ 1 – 4 มิลลิเมตร

หรือที่เรียกระบบนี้อีกอย่างว่าเป็นระบบ fixed film ทั้งนี้ชุดแผ่นจานหมุนทั้งหมดวางติดตั้งในถังคอนกรีตเสริมเหล็ก ระดับของเพลาจะอยู่เหนือผิวน้ำเล็กน้อย ทำให้พื้นที่ผิวของแผ่นจานจมอยู่ในน้ำประมาณร้อยละ 35 - 40 ของพื้นที่แผ่นทั้งหมด และในการหมุนของแผ่นจานหมุนชีวภาพอาศัยชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนเพลาและเฟืองทดรอบ เพื่อหมุนแผ่นจานในอัตราประมาณ 1 - 3 รอบต่อนาที

ระบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ จะประกอบด้วยหน่วยบำบัด ดังนี้

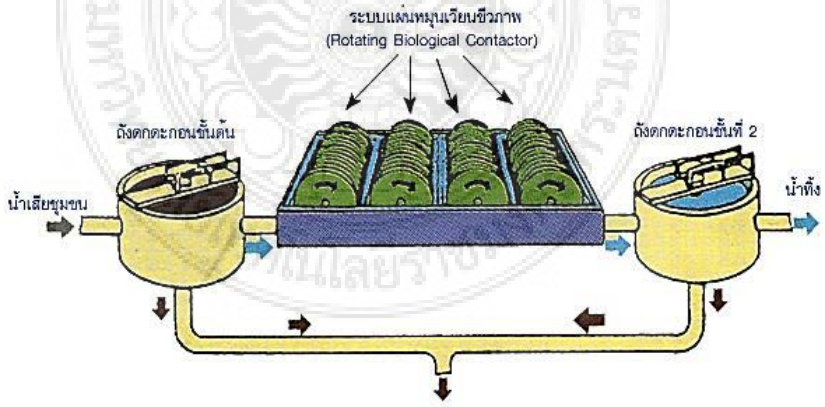
1. บ่อปรับสภาพการไหล (Equalizing Tank)

2. ถังตกตะกอนขั้นต้น (Primary Sedimentation Tank)

3. ระบบแผ่นหมุนเวียนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor)

4. ถังตกตะกอนขั้นที่ 2 (Secondary Sedimentation Tank)

5. บ่อเติมคลอรีน (Chlorine Tank)



ภาพประกอบที่ 2.13 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ

(Rotating Biological Contactor : RBC)

ที่มา : http://www.pcd.go.th

2.3.2.3 ระบบบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary Treatment)

สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์ ได้กล่าวว่า ระบบบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary Treatment) เป็นการกำจัดน้ำเสียโดยการกำจัดสารแขวนลอย ของแข็งละลายบางชนิด สารอินทรีย์ที่จุลชีพใช้ไม่ได้ สารอาหาร (Nutrient) สี กลิ่น และสิ่งเจือปนอื่น ๆ ที่หลงเหลือจากการบำบัดขั้นที่สอง อาจประกอบด้วยระบบดังต่อไปนี้

1. การกำจัดฟอสฟอรัส (Phosphorus Removal) ได้แก่ การเปลี่ยนฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำอยู่ ให้เป็นรูปที่ไม่ละลายน้ำและตกตะกอนแยกจากน้ำได้ สารเคมีที่ใช้ทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัส ได้แก่ สารส้ม (Alum หรือ Aluminum Sulfate) และ Ferric Chloride

2. การกำจัดไนโตรเจน (Nitrogen Removal) ได้แก่ การเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในน้ำเสียจากแอมโมเนีย (NH_3) ให้เป็นไนเตรต (NO_3^-) โดยกระบวนการ Nitrification ในสภาวะที่มีออกซิเจน และการเปลี่ยนไนเตรต (NO_3^-) ให้เป็นก๊าซไนโตรเจน (N_2) ในกระบวนการ Denitrification ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน เป็นวิธีการใช้จุลินทรีย์จำเพาะชนิด เพื่อก่อให้เกิดปฏิกิริยาที่ต้องการ

3. การกรอง (Filtration) ได้แก่ การกำจัดปริมาณของแข็งจากน้ำเสีย เพื่อให้ได้น้ำที่มีคุณภาพสูง อาจใช้เยื่อกรอง (Membrane) ซึ่งมักจะมีค่าใช้จ่ายสูง หรือใช้ชั้นตัวกลาง เช่น คาร์บอนและทรายขนาดเล็ก ในถังลึกประมาณ 1 เมตร อาจใช้ร่วมกับสารสร้างตะกอน (Coagulant) ช่วยให้ของแข็งจับตัวเป็นก้อนใหญ่ก่อนผ่านชั้นกรองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

4. การดูดติดผิวด้วยถ่าน (Carbon Adsorption) ได้แก่ การกำจัดสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำและไม่ถูกย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาทางชีวภาพ เช่น สารที่ทำให้เกิดสีและกลิ่น โดยการให้ถูกดูดไว้บนผิวของถ่านกัมมันต์ ซึ่งถ่านที่ใช้จนหมดสภาพแล้ว สามารถนำไปฟื้นฟูสภาพ (Regenerate) และนำกลับมาใช้ใหม่ได้ด้วยการเผาให้สารอินทรีย์ระเหยไป

5. การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange) เป็นการใช้สารตัวกลางที่มีประจุที่พื้นผิวอาจทำมาจากโพลิเมอร์ หรือผลึกซีโอไลท์ (Zeolite) ที่สามารถแลกเปลี่ยนกับประจุในน้ำได้ มีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดของแข็งละลาย และไอออนที่ไม่ต้องการออกจากน้ำ

6. การกำจัดฟอสฟอรัสและไนโตรเจนพร้อมกัน (Combined Removal of Phosphorous and Nitrogen) ได้แก่ การใช้ถังหรือโซนแบบไร้อากาศ กึ่งไร้อากาศ และให้อากาศสลับกัน เพื่อกำจัดฟอสฟอรัสและไนโตรเจน มักจะมีวิธีสงวนลิขสิทธิ์ เช่น Bardenpho System UCT หรือ VIP เป็นต้น โดยแต่ละระบบจะมีการออกแบบและควบคุมที่แตกต่างกันโดยเฉพาะ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาตามต้องการ

2.3.2.4 ระบบการฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)

การฆ่าเชื้อเป็นการบำบัดขั้นสุดท้ายก่อนที่จะปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำหรือนำกลับมาใช้ใหม่ น้ำที่เข้าสู่กระบวนการนี้จะเป็นน้ำใส ถ้าเป็นน้ำที่ขุ่น จะต้องถูกกรองให้ใสก่อน เพื่อให้การฆ่าเชื้อเกิดอย่างมีประสิทธิภาพ วิธีที่ใช้โดยมากมักจะเป็นวิธีทางเคมีโดยการเติมสาร

ออกซิไดซ์ที่รุนแรง เช่น คลอรีน และโอโซน หรือแสงอัลตราไวโอเลต หรือการผสมระหว่างการใช้โอโซน และแสงอัลตราไวโอเลต เป็นต้น (สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์, ม.ป.ป. : 114 - 115)

2.4 การบำบัดและกำจัดสลัดจ์ (Sludge Treatment and Disposal)

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2552 : 5-52 – 5-57) ได้กล่าวถึง สลัดจ์ที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียต้องได้รับการบำบัดก่อนจะนำไปทิ้งกรรมวิธีการบำบัดและกำจัดสลัดจ์มีหลายขั้นตอน

2.4.1 ที่มา ลักษณะ และปริมาณของสลัดจ์

สลัดจ์มาจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียซึ่งแยกเอาของแข็งและสารอินทรีย์ออกจากน้ำเสียแล้วปล่อยน้ำที่บำบัดแล้วทิ้งไป คงเหลือแต่สลัดจ์ที่ต้องผ่านการบำบัด ลักษณะของสลัดจ์จะมีความแตกต่างกันเนื่องจากแหล่งที่มาชนิดของของแข็ง อายุสลัดจ์ และกรรมวิธีที่ทำให้เกิดสลัดจ์นั้น

- สลัดจ์จากถังตกตะกอนขั้นแรก จะมีสีเทาเป็นเมือก มีกลิ่นเหม็นมาก และสามารถย่อยสลายได้โดยง่าย

- สลัดจ์จากการใช้สารเคมี มักจะมีสีดำหรือแดงหากมีเหล็กปนอยู่มาก มีกลิ่นเหม็นเป็นเมือกวุ้นหากตั้งทิ้งไว้จะย่อยสลายอย่างช้าๆ และมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

- สลัดจ์จากถังเติมอากาศ มีสีน้ำตาล ลักษณะเป็นปุย ไม่มีกลิ่น แต่หากหยุดเติมอากาศจะกลายสภาพอย่างรวดเร็ว เปลี่ยนเป็นสีดำ และมีกลิ่นเหม็นของการหมัก

- สลัดจ์จากการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน มีสีน้ำตาลแก่ปนดำ มีก๊าซมากหากย่อยสลายจนเต็มที่แล้ว จะมีเพียงกลิ่นจาง ๆ คล้ายกลิ่นยาง สามารถแตกตัวได้ง่าย

ตารางที่ 2.1 ปริมาณสลัดจ์จากน้ำเสียและ % ของแข็ง

กรรมวิธี	ปริมาณสลัดจ์ กก./1,000 ลบ.ม. น้ำเสีย	% ของแข็งในสลัดจ์
ถังตกตะกอนขั้นแรก	110 - 170	5.00
สลัดจ์จากถังเติมอากาศ	70 - 100	0.75
สลัดจ์จากถังกรองชีวภาพ	55 - 90	1.50
ถังย่อยแบบไร้ออกซิเจน	-	4.00

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2552 : อ้างถึง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538(3)

2.4.2 การปฏิบัติขั้นต้น

การปฏิบัติขั้นต้น ได้แก่ การบดสลัดจ์ การแยกกรวดทราย การผสม และการเก็บกัก มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้สลัดจ์ที่มาจากส่วนต่าง ๆ ของระบบมีลักษณะเดียวกัน

1. การบดสลัดจ์ ทำให้ของแข็งในสลัดจ์มีขนาดเล็กลง เพื่อความง่ายในการบำบัดสลัดจ์ ป้องกันการอุดตันในท่อและยังช่วยให้สลัดจ์ที่เป็นของแข็งทำปฏิกิริยาได้ดีขึ้น

2. การแยกกรวดทรายหากมีกรวดทรายหลุดรอดไปถึงกระบวนการบำบัดสลัดจ์ก็จะเกิดการสะสมในถังย่อยสลายสลัดจ์ และสิ้นเปลืองเนื้อที่การแยกกรวดและทรายมักอาศัยวิธีแรงหนีศูนย์กลาง

3. การผสมสลัดจ์ใช้ในกรณีที่มีสลัดจ์หลายชนิด

4. การเก็บสลัดจ์เป็นการเก็บสลัดจ์ไว้ระยะหนึ่ง เพื่อเตรียมตัวนำไปบำบัดต่อไป

2.4.3 การทำข้นสลัดจ์ (Sludge Thickening)

การทำให้สลัดจ์ข้นขึ้น คือ การแยกน้ำออกจากของแข็ง ทำให้ปริมาณของแข็งในสลัดจ์สูงขึ้นกรรมวิธีในการทำให้ตะกอนข้นขึ้น คือการตกตะกอน การทำให้ลอย (Flotation) และการหมุนเหวี่ยง (Centrifugation) การลดปริมาตรของสลัดจ์ทำให้ขนาดถังและอุปกรณ์ของกระบวนการที่ติดตามมา เช่น ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการปรับสภาพสลัดจ์ และเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทำให้แห้งและเผาลดลง

ตารางที่ 2.2 กรรมวิธีทำข้นสลัดจ์

กรรมวิธี	ชนิดของสลัดจ์	ความนิยมและผล
ตกตะกอน	สลัดจ์ขั้นแรก	นิยมใช้และได้ผลดี
ตกตะกอน	สลัดจ์ขั้นแรก และเอเอส	ใช้มากโดยเฉพาะในโรงงานขนาดเล็กและตะกอนข้นร้อยละ 4-6
ตกตะกอน	เอเอส	ไม่ใช้และได้ผลไม่ดี
ลอยตัวด้วยอากาศ	เอเอส	นิยมใช้และได้ผลดี
หมุนเหวี่ยง	เอเอส	ใช้น้อยและมีปัญหา

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2552 : อ้างถึง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538(3)

1. การทำให้สลัดจ์ข้นแบบตกตะกอน

การทำให้สลัดจ์ข้นแบบตกตะกอน เป็นการตกตะกอนโดยใช้ถังทำข้น (Thickener) ลักษณะของถังทำข้นจะมีเครื่องกวาดและกวนสลัดจ์ เครื่องกวาดสลัดจ์ทำหน้าที่กวาดสลัดจ์ที่ตกลงก้นถังให้รวมกันและไหลเข้าไปอยู่ในหลุมเก็บสลัดจ์เพื่อจะระบายทิ้ง ส่วนเครื่องกวนสลัดจ์จะหมุนช้า ๆ และมีหน้าที่เปิดช่องว่างในชั้นสลัดจ์เพื่อให้น้ำหนีออกจากชั้นของสลัดจ์และจะเป็นผลให้สลัดจ์อัดตัวแน่นขึ้นอีก การตกตะกอนของสลัดจ์จะมีน้ำที่อยู่ข้างล่างใต้ชั้นสลัดจ์ถูกเบียดและไหลขึ้นมาข้างบน ถ้าชั้นสลัดจ์มีความเข้มข้นมากจนกระทั่งมีช่องว่างเหลืออยู่น้อย การจมตัวของสลัดจ์

จะเกิดขึ้นได้ยากเนื่องจากว่าน้ำที่ถูกแทนที่ไม่สามารถหนีมาข้างบนได้ การกวนอย่างช้า ๆ โดยใบกวนที่มีขนาดใหญ่จะช่วยทำให้เกิดช่องว่างในชั้นสลัดจ์ทำให้สามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาทางด้านบนได้จะสามารถช่วยการทำให้ข้นของสลัดได้ผลดียิ่งขึ้น

2. การทำให้ข้นแบบลอยตัว (Flotation)

การทำให้ข้นแบบลอยตัวเป็นการทำให้สลัดจ์ลอยตัวขึ้นข้างบน การลอยตัวของสลัดจ์เกิดขึ้นโดยอาศัยลมช่วยทำให้เกิดฟองอากาศพาสลัดจ์ลอยตัวขึ้นสู่บนผิวน้ำ การทำข้นสลัดจ์แบบลอยตัวแบบที่นิยมใช้กัน คือ การลอยตัวด้วยอากาศละลาย (Dissolved Air Flotation, DAF) อากาศถูกอัดอยู่ภายในน้ำและถูกปล่อยผ่านหัวฉีดให้ผสมกับสลัดจ์ เมื่อลดแรงดันอากาศจะกลายเป็นฟองขนาดเล็กเกาะจับกันกับฟล็อกแบคทีเรีย ทำให้ฟล็อกลอยตัวขึ้นบนผิวน้ำข้างบนซึ่งมีสลัดเข้มข้นอยู่ถูกกวาดออกไป

3. การทำให้ข้นด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)

โดยปกติแล้วเครื่องหมุนเหวี่ยงมักใช้ในการแยกน้ำออกจากสลัดจ์ (Dewatering) สามารถนำมาใช้ทำข้นกับสลัดจ์ชีวภาพที่ทิ้งจากระบบเอเอส วิธีนี้ไม่นิยมใช้กับระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กเนื่องจากเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่มีข้อดีที่ประหยัดพื้นที่ได้มากและกระทัดรัดบางครั้งจึงมีการนำไปใช้กับระบบเอเอสขนาดใหญ่

2.4.4 การปรับเสถียรสลัดจ์

สลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียมีส่วนประกอบ คือ สารอินทรีย์ที่สามารถเน่าเปื่อยและย่อยสลายได้ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเป็นที่น่ารังเกียจ การปรับเสถียรสลัดจ์มีวัตถุประสงค์เพื่อลดกลิ่นเหม็น ลดจำนวนเชื้อโรคและการเน่าเปื่อยของสลัดจ์ โดยกรรมวิธีที่ใช้ ได้แก่ การออกซิไดซ์ด้วยคลอรีน การเปลี่ยนสภาพด้วยปูนขาว การย่อยแบบไร้อากาศ และการย่อยแบบใช้อากาศ

1. การออกซิไดซ์ด้วยคลอรีน กระทำโดยให้ก๊าซคลอรีนปริมาณสูง ทำปฏิกิริยากับสลัดจ์ในถังปิดในเวลาสั้น ๆ วิธีนี้มีขีดจำกัดในการใช้กับโรงบำบัดน้ำเสียที่มีขนาดเล็กกว่า 0.2 ลบ.ม./วินาที

2. การเปลี่ยนสภาพด้วยปูนขาว กระทำโดยเติมปูนขาวให้ตะกอนมีค่า pH สูงถึง 12 ที่ค่า pH นี้ จุลินทรีย์ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ มีผู้พบว่าหากคงค่า pH ที่ 12 ไว้นาน 3 ชม. จะสามารถฆ่าจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการย่อยแบบไร้อากาศ แต่หลังจากเปลี่ยนสภาพแล้วสารอินทรีย์ที่คงอยู่อาจเน่าเปื่อยได้อีกเมื่อค่า pH ต่ำลง

3. การย่อยแบบไร้อากาศ อาศัยการทำงานของแบคทีเรีย 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่สร้างมีเทน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องรักษาสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่ม หากการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มหนึ่งเปลี่ยนไป ก็จะมีผลต่อการทำงานของแบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งและประสิทธิภาพโดยรวมของระบบได้

4. การย่อยแบบใช้อากาศ อาศัยแบคทีเรียกลุ่มที่ใช้อากาศสามารถจำแนกได้เป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้ คือ

ขั้นตอนที่ 1 : เป็นกระบวนการนำสารอินทรีย์หรือสารอาหารเข้าไปในเซลล์ โดยจุลินทรีย์จะส่งเอนไซม์ออกมาย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มาเกาะติดที่ผนังเซลล์เพื่อเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสารโมเลกุลเล็กที่จะสามารถผ่านเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ได้

ขั้นตอนที่ 2 : เป็นกระบวนการทางชีวเคมีภายในเซลล์จุลินทรีย์ เพื่อที่จะผลิตพลังงานไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ และการสร้างเซลล์ใหม่

เมื่อสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกเปลี่ยนรูปมาเป็นจุลินทรีย์เซลล์ใหม่ จะรวมกันเป็นฟล๊อก ก็จะมีน้ำหนักมากขึ้น และแยกออกจากน้ำเสียได้ง่ายด้วยการตกตะกอน

2.4.5 การแยกน้ำออก

การแยกน้ำออกจากสลัดจ์ช่วยลดปริมาณสลัดจ์ที่จะต้องนำไปกำจัดในขั้นสุดท้าย เป็นการลดค่าใช้จ่าย นอกจากสลัดจ์ที่แห้ง (น้ำน้อยกว่าร้อยละ 70) สามารถขนถ่าย ตัก บรรทุกได้ง่าย ในการถมที่ควรใช้สลัดจ์แห้งเพื่อป้องกันน้ำเสียไหลซึมออกไป กรรมวิธีที่ใช้ในการแยกน้ำได้แก่ การกรองด้วยสูญญากาศ การเหวี่ยง การกรองด้วยแรงอัด การกรองด้วยสายพาน การตากสลัดจ์ และบ่อกักสลัดจ์ การเลือกใช้วิธีแยกน้ำขึ้นอยู่กับชนิดของสลัดจ์ ความแห้งที่ต้องการ และขนาดของที่ดิน โรงบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กที่มีที่ดินเพียงพอมักใช้ลานตากสลัดหรือบ่อกักสลัดจ์ สำหรับโรงบำบัดสลัดจ์ที่มีพื้นที่น้อยควรใช้เครื่องจักรกลในการแยกน้ำ เช่น เครื่องอัดกรอง (Filter Press) สายพานรีดน้ำ (Belt Press) หรือเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)

1. เครื่องรีดน้ำสลัดจ์แบบอัดกรอง (Filter Press) การกำจัดน้ำของเครื่องอัดกรองทำงานโดยใช้เครื่องสูบสลัดจ์ที่มีแรงดันสูงอัดน้ำผ่านผ้ากรองให้ออกจากสลัดจ์ เครื่องอัดสลัดจ์ประเภทนี้ประกอบด้วยผ้ากรองสี่เหลี่ยมขนาดต่าง ๆ วางประกบกันในแนวนอนที่ตั้งฉากกับพื้น สลัดจ์จะถูกสูบเข้าไปในช่องระหว่างผ้ากรองด้วยความดันสูงผ้ากรองจะบรรจุอยู่ในกรอบที่เป็นโครงเหล็กหรือพลาสติกชนิดแข็ง ในการกรองจะใช้เวลาประมาณ 1-3 ชั่วโมง น้ำใสจะถูกกรองออกมาและสลัดจ์แห้งจะติดอยู่ภายในช่องว่างระหว่างผ้ากรองซึ่งสามารถถอดออกได้เมื่อกรองจนแห้งพอแล้ว ก็จะมีการถอดแผ่นกรองเพื่อเอาสลัดจ์แห้งออกและทำความสะอาดผ้ากรอง

2. เครื่องรีดน้ำสลัดจ์แบบสายพานรีดน้ำ (Belt Press) เครื่องรีดน้ำสลัดจ์แบบสายพานรีดน้ำ ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ เครื่องป้อนสลัดจ์แบบ Mono หรือ Diaphragm เครื่องป้อนโพลิเมอร์ เครื่องกวนสลัดจ์และเครื่องรีดน้ำสลัดจ์จะถูกผสมกับโพลิเมอร์ (ชนิดประจุบวก) เพื่อให้กรองง่ายและป้อนเข้าสู่เครื่องรีดน้ำสลัดจ์ที่มีสายพานผ้ากรองเคลื่อนที่ผ่านลูกกลิ้ง สลัดจ์จะอยู่บนผ้ากรองที่หมุนช้า ๆ การกำจัดน้ำจะเกิดขึ้นบนผ้ากรอง 2 บริเวณ คือ บริเวณใช้แรงดึงดูดโลก และบริเวณที่มีแรงดัน สลัดจ์จะถูกป้อนเข้าผ้ากรองบริเวณแรกที่กรองน้ำโดยใช้แรงดึงดูดโลก จากนั้นสายพานจะพาสลัดจ์ไปรีดน้ำด้วยลูกกลิ้ง เนื่องจากการกรองสลัดโดยไม่เติมโพลิเมอร์จะไม่สามารถรีดน้ำออกจากสลัดจ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การรีดน้ำด้วยวิธีนี้จึงต้องมีการเติมโพลิเมอร์ชนิดประจุบวก (Cation Polymer) เพื่อให้อนุภาคของสลัดจ์จับตัวเกาะกันเป็นฟล็อกได้ เนื่องจากว่าโพลิเมอร์ชนิดประจุบวกจะไปทำให้ประจุลบของสลัดจ์ลดลง สลัดจ์จึงสามารถจับและเกาะกันได้แน่นน้ำจะถูกดันออกไป

กรรมวิธีในการแยกน้ำออกจากสลัดจ์บางชนิดจะรวมการปรับสภาพสลัดจ์เพื่อช่วยให้แยกน้ำออกจากสลัดจ์ได้ง่าย วิธีนิยมใช้มากที่สุดคือ การเติมสารเคมี และการใช้ความร้อน การใช้สารเคมีเป็นวิธีที่ประหยัดกว่า โดยสามารถเพิ่มอัตราการแยกน้ำและเปลี่ยนแปลงการใช้ได้สะดวก

2.4.6 การกำจัดสลัดจ์ขั้นสุดท้าย

สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์ กล่าวว่า ในการกำจัดตะกอนขั้นสุดท้ายโดยทั่วไปมีแนวทางพื้นฐาน ดังนี้ คือ

- การขนส่งผ่านท่อหรือบรรทุกเรือนำไปทิ้งทะเล (Marine Disposal) เป็นวิธีการที่ใช้กันในหลายประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมืองใหญ่ ๆ ที่ตั้งอยู่ติดทะเล อย่างไรก็ตาม จากผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อคุณภาพน้ำทะเลและระบบนิเวศของแหล่งน้ำ เป็นผลให้การกำจัดตะกอนโดยวิธีดังกล่าวได้รับการต่อต้านจากหลายหน่วยงานประเทศต่าง ๆ ได้ออกกฎหมายห้ามมิให้กำจัดตะกอนโดยทิ้งทะเล หรืออาจยอมให้มีการทิ้งทะเลได้ แต่กำหนดให้ห่างจากฝั่งออกไปเป็นระยะทางไกล ๆ ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งเพิ่มมากขึ้น

- การนำไปปรับปรุงดิน (Land Application) โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กัน โดยตะกอนที่นำไปกำจัดอาจอยู่ในรูปตะกอนเปียก หรือตะกอนแห้ง วิธีการดังกล่าวมีข้อดีที่ว่าโดยทั่วไปตะกอนจากการบำบัดน้ำเสีย จะมีสารประกอบหลายอย่างที่เป็นประโยชน์ต่อพืช อาทิเช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และธาตุอาหารอื่นๆ ตะกอนที่จะนำไปกำจัดควรจะผ่านกระบวนการบำบัดแล้วและแยกน้ำออกจนที่สภาพเป็นตะกอนแห้ง เพื่อมิให้ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นและปัญหาภาวะมลพิษในพื้นที่ที่นำไปกำจัด ปัญหาของการกำจัดตะกอนวิธีการนี้คือ ตะกอนอาจมีส่วนผสมของสารบางอย่างซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายในระยะยาวต่อพืชและสัตว์ที่กินพืชนั้นเป็นอาหาร จึงจำเป็นต้องทำการตรวจสอบส่วนประกอบของตะกอนก่อนที่จะนำมาใช้ ปัญหาการหาพื้นที่เกษตรกรรมที่มีเนื้อที่มากพอแล้วมีระยะไม่ไกลจากสถานที่บำบัดน้ำเสียมากเกินไป และหากเป็นพื้นที่นา ซึ่งในการทำการเพาะปลูกจำเป็นต้องมีการกักเก็บน้ำในระยะเวลาหนึ่งจะเป็นอุปสรรคต่อการกำจัดตะกอน ปัญหาด้านสภาพภูมิอากาศก็เป็นปัญหาที่สำคัญโดยเฉพาะช่วงฤดูฝน

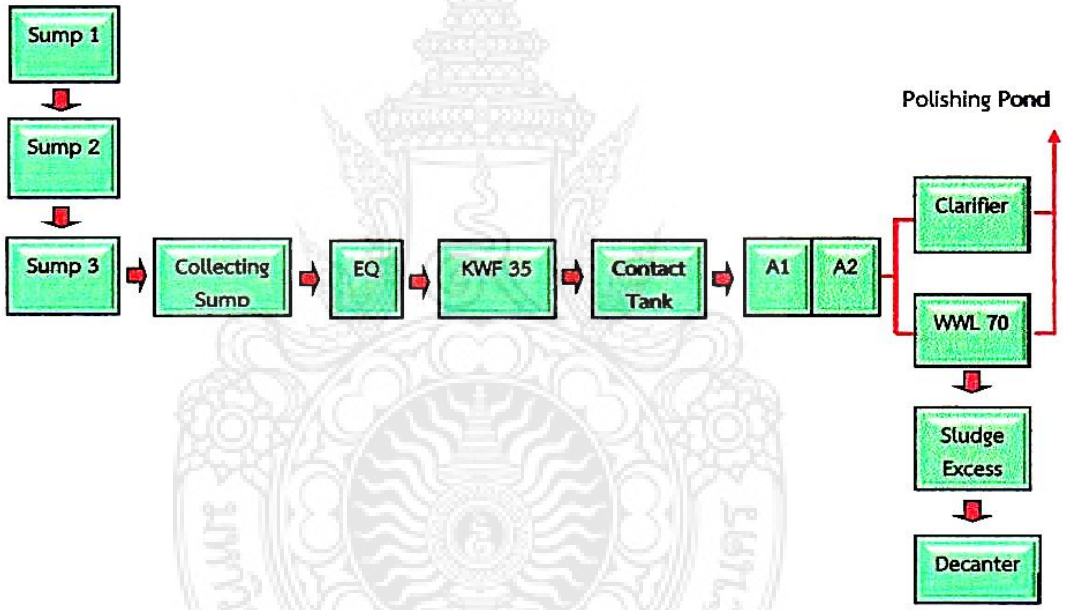
- การนำไปฝังกลบ (Landfill) โดยตะกอนอยู่ในรูปตะกอนแห้ง โดยตะกอนที่นำไปกำจัดควรอยู่ในรูปตะกอนแห้ง (Sludge Cake) ซึ่งมีของแข็งอยู่มากกว่าร้อยละ 30 ของสลัดจ์ทั้งหมด อย่างไรก็ตามเพื่อที่จะให้การกำจัดตะกอนเป็นไปอย่างถูกสุขลักษณะ ควรเป็นการกำจัดแบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) ซึ่งจำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และจำเป็นจัดหาพื้นที่สำหรับการกำจัดที่เหมาะสม ซึ่งมีระยะไม่ห่างไกลจากโรงบำบัดน้ำเสียมากเกินไป ไม่อยู่ใกล้แหล่งชุมชนและมีการศึกษาถึงผลกระทบที่อาจมีต่อคุณภาพน้ำใต้ดินและแหล่งน้ำผิวดินที่อยู่ใกล้เคียง

- การเผา (Incineration) โดยทางทฤษฎีแล้วตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียเป็นวัสดุอย่างดีที่สามารถนำไปกำจัดโดยการเผา ทั้งนี้เนื่องจากตะกอนที่มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 80 สามารถที่จะเผาไหม้ได้เองโดยไม่ต้องอาศัยเชื้อเพลิงอื่น การเผามีข้อดีที่สามารถกำจัดตะกอนได้อย่างสมบูรณ์ โดยมิต้องส่งไปกำจัดที่อื่นและได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีของเตาเผาให้มีประสิทธิภาพสูงและง่ายต่อ

การควบคุมการทำงาน อย่างไรก็ดีค่าลงทุนในการก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการยังค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ

- การหมักทำปุ๋ย (Composting) การหมักทำปุ๋ยเป็นวิธีการกำจัดตะกอนที่ดีวิธีหนึ่งสำหรับตะกอนที่เกิดจากการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีปริมาณสารพิษปนอยู่น้อย ด้วยเหตุผลเดียวกันกับการกำจัดโดยนำไปปรับปรุงดิน โดยนำกากตะกอนมาหมักเป็นเวลา 20 วัน อาจมีการผสมกับกากเหลือใช้จากกระบวนการผลิตอื่น ๆ เช่น ฟางข้าวเพื่อให้แห้งเร็วขึ้น จนมีของแข็งร้อยละ 95 และผสมด้วยกากถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มปริมาณไนโตรเจน หรือผสมด้วยแกลบเพื่อเพิ่มความร่วนซุย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและการใช้งาน (สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์, ม.ป.ป. : 117)

2.5 ระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัท ฟรีสแลนด์คัมพิน่า เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด



แผนภูมิที่ 2.1 ผังแสดงระบบบำบัดน้ำเสีย
บริษัท ฟรีสแลนด์คัมพิน่า เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด

ระบบบำบัดน้ำเสียของ บริษัท ฟรีสแลนด์คัมพิน่า เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด เป็นระบบบำบัดแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) เป็นวิธีบำบัดด้วยวิธีการทางชีววิทยา โดยแบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ปริมาณน้ำเสียของโรงงานประมาณ 20 คิว/ชั่วโมง

2.5.1 การทำงานของระบบ

จาก แผนภูมิที่ 2.1 เป็นระบบตะกอนเร่งแบบผสมผสาน โดยน้ำเสียที่มาจากการล้างถังนมและน้ำจากการล้างกรด-ด่างของท่อส่งนม โดยน้ำเสียจะมารวมกันที่บ่อพักน้ำเสียทั้ง 3 บ่อ แล้วจะมารวมที่บ่อรวมน้ำเสียทั้งหมด ก่อนที่จะส่งไปที่บ่อเก็บน้ำขั้นแรก (Equalization Tank : EQ) แล้วน้ำเสียที่บ่อเก็บน้ำขั้นแรกจะส่งน้ำเข้าสู่ระบบการแยกไขมันออก เพราะเนื่องจากจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดไม่สามารถบำบัดไขมันได้ หลังจากน้ำที่ผ่านการแยกไขมันแล้ว น้ำเสียจะถูกส่งไปที่บ่อตกตะกอนแล้วระบบจะส่งน้ำเสียเข้าบ่อเติมอากาศทั้ง 2 บ่อ (A1, A2) โดยบ่อเติมอากาศทั้ง 2 บ่อ จะมีจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่บำบัดน้ำเสียอยู่ และน้ำที่ผ่านจากทั้ง 2 บ่อแล้ว จะถูกส่งมาที่บ่อแยกตะกอน โดยการแยกตะกอนของระบบนี้จะใช้โพลิเมอร์ที่ชื่อว่า Nalco 9916 ในการจับตะกอน โดยก่อนที่จะใช้ได้ต้องนำโพลิเมอร์มาทำจาเทสก่อน เพื่อหาปริมาณที่ต้องใช้ในการจับตะกอนต่อปริมาตรของน้ำเสีย เมื่อได้ปริมาตรที่ต้องการแล้วจะนำโพลิเมอร์มาทำการแยกตะกอนของน้ำเสียต่อไป น้ำที่ได้จากการบำบัดแล้วจะมีลักษณะน้ำใสและสามารถปล่อยออกสู่บ่อพักน้ำได้เพื่อรอการปล่อยสู่คลองเปรมประชากร แล้วนำตะกอนที่ได้จากการบำบัดส่งไปกำจัดต่อไป (เชิดพงษ์ สร้อยนาค, สัมภาษณ์ : 17 มกราคม 2556)

ตารางที่ 2.3 ค่ามาตรฐานของน้ำเสียในโรงงานก่อนบำบัดและหลังบำบัด

ค่ามาตรฐาน	ก่อนการบำบัด	หลังการบำบัด
BOD	2000	7
COD	2500	20
pH	5	8

ที่มา : เชิดพงษ์ สร้อยนาค, สัมภาษณ์ : 17 มกราคม 2556

2.5.2 ปัญหาที่พบในโรงงาน

ปัญหาที่พบในโรงงาน คือ การกำจัดกากตะกอนที่ได้จากการบำบัด ซึ่งมีปริมาณมาก (โดยโรงงานต้องส่งกากตะกอนของเสียกำจัด 3 วัน/ครั้ง ครั้งละประมาณ 10 ตัน) ส่งผลให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง เฉลี่ยปีละ 4–5 ล้านบาท นอกจากนั้นยังมีปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นรบกวน (ไพบูลย์ ลีหล้าน้อย, สัมภาษณ์ : 17 มกราคม 2556)

ภาพประกอบที่ 2.14 บ่อเก็บน้ำขั้นแรก (Equalization Tank : EQ)

ภาพประกอบที่ 2.15 บ่อแยกไขมันจากน้ำเสีย (KWF 35)

ภาพประกอบที่ 2.16 บ่อตกตะกอน (Contact Tank)

ภาพประกอบที่ 2.17 บ่อเติมอากาศทั้ง 2 บ่อ (A_1 , A_2)

ภาพประกอบที่ 2.18 บ่อแยกตะกอนออกจากน้ำใส

ภาพประกอบที่ 2.19 ลักษณะของน้ำที่บำบัด และผ่านการแยกตะกอนแล้ว

ภาพประกอบที่ 2.20 บ่อพักน้ำที่ผ่านการบำบัด ก่อนปล่อยออกสู่คลองเปรมประชากร

2.6 คุณสมบัติของเศษวัสดุ

เบญจมาศ ศิลาย้อย (2548) ได้กล่าวว่า กล้วย เป็นผลไม้ที่คนไทยรู้จักกันมานานควบคู่มากับประเทศไทย โดยไม่รู้แน่ชัดว่ามีมาตั้งแต่เมื่อไร ทั้งนี้อาจเนื่องจากกล้วยมีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งมีประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งในภูมิประเทศดังกล่าว

2.6.1 ประวัติของกล้วย

กล้วยมีการปลูกกันมากในเอเชียใต้ ปัจจุบันประเทศอินเดียเป็นประเทศที่มีการปลูกกล้วยมากที่สุดในโลก และมีพันธุ์กล้วยมากมาย เหมาะสมกับที่มีการกล่าวกันไว้ ในหนังสือของชาวอาหรับว่า กล้วยเป็นผลไม้ของชาวอินเดีย ต่อมา ได้มีหมอของจักรพรรดิโรมันแห่งกรุงโรมชื่อว่า แอนโตนิอุส มูซา (Antonius Musa) ได้นำหน่อกล้วยจากอินเดีย ไปปลูกทางตอนเหนือของอียิปต์ เมื่อประมาณ 2,000 ปีมาแล้ว หลังจากนั้น มีการแพร่ขยายพันธุ์กล้วยไปในดินแดนของแอฟริกา ที่ชาวอาหรับเข้าไปค้าขาย และพำนักอาศัย จนกระทั่งเมื่อประมาณ ค.ศ. 965 ได้มีการกล่าวถึงกล้วยว่า ใช้ในการประกอบอาหารชนิดหนึ่งของชาวอาหรับ ซึ่งอร่อยและเป็นที่เลื่องลือมาก ชื่อว่า กาลาอิฟ (Kalaif) เป็นอาหารที่ปรุงด้วยกล้วย เมล็ดอัลมอนด์ น้ำผึ้ง ผสมกับน้ำมันนัต (Nut oil) ซึ่งสกัดจากผลไม้เปลือกแข็งชนิดหนึ่ง นอกจากใช้ประกอบอาหารแล้ว ชาวอาหรับยังใช้กล้วยทำยาอีกด้วย ชาวอาหรับเรียกกล้วยว่า มูซา ตามชื่อของหมอ ที่เป็นผู้นำกล้วยเข้ามาในอียิปต์เป็นครั้งแรก

2.6.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น - กล้วยมีลำต้นอยู่ใต้ดิน เรียกว่า หัว หรือ เหง้า (Rhizome) ที่หัวมีตา (Bud) ซึ่งจะเจริญเป็นต้นเกิดหน่อ (Sucker) หลายหน่อ เรียกว่า การแตกกอ หน่อที่เกิดหรือต้นที่เห็นอยู่เหนือดิน ความจริงแล้วมิใช่ลำต้น เราเรียกว่า ลำต้นเทียม (Pseudo stem) ส่วนนี้เกิดจากการอัดกันแน่นของกาบใบ ที่เกิดจากจุดเจริญของลำต้นใต้ดิน กาบใบจะชูก้านใบ และใบที่จุดเจริญนี้ จะมีดอกตามขึ้นมาหลังจากสิ้นสุดการเจริญของใบ ใบสุดท้ายก่อนการเกิดดอก เรียกว่า ใบธง

ภาพประกอบที่ 2.21 ใบสุดท้ายก่อนเกิดดอก เรียกว่า ใบธง

ที่มา : http://www.kasetporpeang.com

ดอก - ดอกของกล้วยออกเป็นช่อ (Inflorescence) ในช่อดอกยังมีกลุ่มของช่อดอกย่อยเป็นกลุ่ม ๆ ระหว่างกลุ่มของช่อดอกย่อยแต่ละช่อจะมีกลีบประดับ หรือที่เราเรียกกันว่า กาบปลี (Bract) มีสีม่วงแดงกั้นไว้ กลุ่มดอกเพศเมียอยู่ที่โคน และกลุ่มดอกเพศผู้อยู่ที่ปลาย เป็นส่วนที่เราเรียกว่า หัวปลี (Male bud) ระหว่างกลุ่มดอกเพศเมีย และดอกเพศผู้ มีดอกกะเทย แต่บางพันธุ์ก็ไม่มี ในช่อดอกย่อยแต่ละช่อมีดอกเรียงซ้อนกันอยู่ 2 แถว ถ้าเป็นดอกเพศเมีย ดอกเหล่านี้จะเจริญต่อไปเป็นผล

ผล - ผลกล้วยเกิดจากดอกเพศเมียซึ่งอยู่ที่โคน กลุ่มของดอกเพศเมีย 1 กลุ่ม เจริญเป็นผลเรียกว่า 1 หวี ช่อดอกเจริญเป็น 1 เครือ ดังนั้นกล้วย 1 เครืออาจมี 2-3 หวี หรือมากกว่า 10 หวี ทั้งนี้แล้วแต่พันธุ์กล้วยและการดูแล ผลของกล้วยมีการเจริญได้โดยไม่ต้องผสมพันธุ์ จึงทำให้กล้วยส่วนใหญ่ไม่มีเมล็ด

เมล็ด - เมล็ดกล้วยมีลักษณะกลมเล็ก บางพันธุ์มีขนาดใหญ่ เปลือกหนา แข็ง มีสีดำ

ราก - เป็นระบบรากฝอย แผ่ไปทางด้านกว้างมากกว่าทางแนวดิ่งลึก

ใบ - ใบกล้วยมีลักษณะเป็นแผ่นใบใหญ่ มีความกว้างประมาณ 70-90 เซนติเมตร ความยาว 1.7-2.5 เมตร ปลายใบมน รูปใบขอบขนาน โคนใบมน และแผ่นใบมีสีเขียว

2.6.3 การขยายพันธุ์

2.6.3.1 โดยการใช้เมล็ด กล้วยกินได้บางต้นมีเมล็ด บางต้นไม่มีเมล็ด เมล็ดของกล้วย ส่วนใหญ่เกิดจากการผสมข้ามกับกล้วยต้นอื่นหรือพันธุ์อื่น ดังนั้น เมล็ดที่ได้อาจเกิดจากการผสมข้ามจะกลายเป็นลูกผสม ทำให้ต้นที่ได้ไม่ตรงกับต้นแม่นัก และเนื่องจากเมล็ดของกล้วยมีเปลือกหุ้มเมล็ดที่หนาและแข็ง ต้องใช้เวลานานมาก กว่าจะเพาะเมล็ดเป็นต้นได้ จึงไม่ค่อยนิยมการเพาะเมล็ดกล้วย ยกเว้นกล้วยนวลและกล้วยผาที่จำเป็นต้องเพาะเมล็ด เพราะต้นกล้วยชนิดนี้ไม่มีการแตกหน่อ

2.6.3.2 โดยการใช้หน่อ ปกติกล้วยมีการแตกหน่อจากตาข้างของต้นแม่ หน่อกล้วยมี 3 แบบใหญ่ๆ คือ

หน่ออ่อน (Peeper) เป็นหน่ออ่อนมาก เกิดจากต้นแม่ที่ยังมีส่วนประกอบต่าง ๆ ไม่ครบ ส่วนของลำต้นเล็กมักจะอ่อนแอ ไม่เหมาะในการนำไปขยายพันธุ์

หน่อใบแคบ หรือ ใบดาบ (Sword Sucker) เป็นหน่อที่มีใบเรียวเล็ก โคนหน่อใหญ่ หรือมีส่วนของลำต้นใหญ่ จึงมีอาหารสะสมมาก หน่อชนิดนี้นิยมนำไปปลูก เพราะจะได้ต้นที่แข็งแรง

หน่อใบกว้าง หน่อชนิดนี้มีโคนหน่อหรือลำต้นเล็ก ใบคลี่โตกว้าง ไม่เหมาะที่จะนำไปปลูก เพราะมีอาหารสะสมในลำต้นน้อย ต้นที่ปลูกจากหน่อชนิดนี้จึงไม่แข็งแรง นอกจากหน่อ ทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวแล้ว อาจใช้ต้นแม่ซึ่งมีตาติดอยู่มาผ่าเป็นชิ้น ๆ และชำก็ได้ แต่ไม่เป็นที่นิยมมากนัก

2.6.3.3 โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Tissue Culture) วิธีนี้กำลังเป็นที่นิยม เพราะเป็นวิธีที่ขยายพันธุ์ให้ได้จำนวนมากในเวลาอันสั้น จากหน่อที่สมบูรณ์ 1 หน่อ อาจขยายได้ถึง 10,000 ต้น ในเวลา 1 ปี ถ้าหากมีการทำงานอย่างต่อเนื่องตลอด วิธีนี้เหมาะสำหรับการปลูกเพื่อการส่งออก เพราะว่าการส่งออกต้องการจำนวนต้นปลูกที่มีขนาดสม่ำเสมอ ปลูกพร้อม ๆ กันเป็นจำนวนมาก เพื่อให้มีการเก็บเกี่ยวผลได้พร้อม ๆ กัน และมีน้ำหนักมากกว่า 1 ตันขึ้นไป สำหรับบรรจุ ใส่ตู้ขนส่งในการส่งออก เนื่องจากการส่งออกไปจำหน่ายในต่างประเทศนั้น ถ้ามีจำนวนน้อยจะไม่เพียงพอกับการส่งออก และไม่คุ้มกับการลงทุน

2.6.4 ประโยชน์ของกล้วย

กล้วยมีความผูกพันในวิถีชีวิตคนไทยมาช้านาน คนไทยรู้จักใช้ประโยชน์จากต้นกล้วยนอกจากบริโภคเป็นอาหารแล้ว ทุกส่วนของกล้วยยังนำมาใช้ในพิธีกรรมต่าง ๆ รวมทั้งในชีวิตประจำวันด้วย

2.6.4.1 การใช้ประโยชน์ในการบริโภค กล้วยเป็นผลไม้ที่มีเปลือกหุ้มเช่นเดียวกับผลไม้อื่น ๆ แต่วิธีการปอกเปลือกกล้วยนั้น ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือ เพียงใช้มือเด็ดปลายหรือจุกก็สามารถปอกเปลือกได้ด้วยมือและรับประทานได้ทันที นอกจากปอกเปลือกง่ายแล้ว กล้วยสุกเมื่อรับประทานแล้ว ก็จะลื่นลงกระเพาะและย่อยง่าย ด้วยเหตุที่กล้วยลื่นลงกระเพาะได้ง่าย ทำให้บางคนไม่ค่อยเคี้ยวกล้วยซึ่งเป็นวิธีการที่ผิด การรับประทานกล้วยจำเป็นต้องเคี้ยวให้ละเอียด เพราะกล้วยมีแป้งร้อยละ 20-25 ของเนื้อกล้วย ถ้าเคี้ยวไม่ละเอียด น้ำย่อยในกระเพาะต้องทำงานหนัก หากย่อยไม่ทันกล้วยจะอืดในกระเพาะ อย่างไรก็ตาม กระเพาะของคนใช้เวลาในการย่อยกล้วยสั้นกว่าการย่อยส้ม นม กะหล่ำปลี หรือแอปเปิล ดังนั้น คนไทยจึงนิยมใช้กล้วยที่ขูดเอาแต่เนื้อ ไม่เอาไส้บดละเอียดให้ทารกรับประทาน นอกจากทารกแล้ว คนชราก็รับประทานกล้วยได้ดีเช่นกัน ในกรณีคนหนุ่มสาวกล้วยเหมาะสำหรับคนที่ต้องการลดความอ้วน เนื่องจากกล้วยมีคุณค่าทางอาหารสูงพอ ๆ กับมันฝรั่ง แต่มีปริมาณไขมัน คอเลสเตอรอล และเกลือแร่ต่ำ กล้วยมีโซเดียมเพียงเล็กน้อยแต่มีโพแทสเซียมสูง

การมีโพแทสเซียมสูงนี้จะช่วยลดความดันโลหิตลงได้ ในประเทศอินเดียมีความเชื่อว่า หากรับประทานกล้วย 2 ผลต่อวัน จะสามารถลดความดันโลหิตได้ถึงร้อยละ 10 ภายในระยะเวลา 1 สัปดาห์กล้วยยังเป็นผลไม้ที่เหมาะสำหรับผู้ที่เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร และท้องเสียบ่อย เพราะสามารถช่วยลดแก๊สในกระเพาะอาหารได้ กล้วยเมื่อยังดิบจะมีแป้งมาก แต่เมื่อสุก แป้งจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาล ดังนั้นหากท้องเดิน การกินกล้วยดิบจะช่วยทำให้อาการท้องเดินหยุดได้ และเมื่อเป็นโรคกระเพาะ ให้กินกล้วยที่สุกแล้ว สำหรับกล้วยที่ทำให้สุกด้วยความร้อน วิตามินจะลดลง

2.6.4.2 การใช้ประโยชน์ในพิธีกรรมต่าง ๆ และในชีวิตประจำวัน

ในพิธีทางศาสนา เช่น การเทศน์มหาชาติ และการทอดกฐิน มักใช้ต้นกล้วยประดับธรรมาสน์ และองค์กฐิน

ในพิธีตั้งขันข้าว หรือค่าบูชาครูหมอตำแย สำหรับผู้หญิงที่ตั้งครรภ์ และไปขอให้หมอตำแยทำคลอดให้ จะต้องใช้กล้วย 1 หวี พร้อมทั้งข้าวสาร หมากพลู ธูปเทียนสำหรับการทำพิธีบูชาครูก่อนคลอด และเมื่อคลอดแล้ว จะต้องอยู่ไฟ ก็ยังใช้ต้นกล้วยทำเป็นท่อนล้อมเตาไฟป้องกันการลามของไฟ

ในพิธีทำขวัญเด็ก เมื่อเด็กอายุได้ 1 เดือน กับ 1 วัน มีการทำขวัญเด็กและโกนผมไฟ จะมีกล้วย 1 หวี เป็นส่วนประกอบในพิธีด้วย

ในพิธีแต่งงาน มักมีต้นกล้วยและต้นอ้อยในขบวนขันหมาก พร้อมทั้งมีขนมกล้วย และกล้วยทั้งหวี เป็นการเซ่นไหว้เทวดาและบรรพบุรุษ

ในการปลูกบ้าน เมื่อมีพิธีทำขวัญยกเสาเอก จะใช้หน่อกล้วยผูกมัดไว้ที่ปลายเสาร่วมกับต้นอ้อย และเมื่อเสร็จพิธี ก็จะมีการลาต้นกล้วยและต้นอ้อยนั้น นำมาปลูกไว้ในบริเวณบ้าน จากนั้นประมาณ 1 ปี หรือเมื่อปลูกบ้านเสร็จแล้วพร้อมอยู่อาศัย ก็มีกล้วยไว้กินพอดี

ในงานศพ ในสมัยโบราณ มีการนำใบตอง มารองศพ ก่อนนำศพวางลงในโลงนอกจากนี้ ใบตองยังมีบทบาทสำคัญมากในพิธีกรรมต่าง ๆ โดยการนำมาทำกระทงใส่ของใส่ดอกไม้ และประดิษฐ์เป็นกระทงบายศรี

ในชีวิตประจำวัน ใช้ใบตองในการห่อผักสดและอาหาร เนื่องจากใบตองสดมีความชื้น ดังนั้น เมื่อใช้ห่อผักสดหรืออาหาร ความชื้นจะช่วยรักษาผักหรืออาหารให้สดอยู่เสมอ นอกจากนี้ ใบตองยังทนทานต่อความเย็นและความร้อน ดังนั้น เมื่อนำใบตองห่ออาหารแล้วเอาไปปิ้ง นึ่ง ต้ม ใบตองก็จะไม่สลายหรือละลายเหมือนเช่นพลาสติก จึงมีอาหารหลายอย่างที่ห่อใบตองแล้วนำไปนึ่ง เช่น ห่อหมก ข้าวต้มผัด ขนมกล้วย ขนมตาล ขนมใส่ไส้ หรือเอาไปปิ้ง เช่น ข้าวเหนียวปิ้ง หรือนำไปต้ม เช่น ข้าวต้มมัด หรือข้าวต้มจิ้ม อาหารเหล่านี้เมื่อนำไปต้ม ปิ้ง หรือนึ่งแล้ว ยังทำให้เกิดความหอมของใบตองอีกด้วย สำหรับใบตองแห้งนำมาใช้ทำกระทงเพื่อใส่อาหาร ห่อกะละแม มวนบุหรี่ โดยใบตองแห้งก็จะมีกลิ่นหอมเช่นกัน ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้มีการทดลองนำเอาใบตองแห้งมาอัดกันแน่นหลาย ๆ ชั้น ทำเป็นภาชนะใส่ของแทนการใช้โฟมได้อีกด้วย (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2548 : อ้างถึง สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 30, 2556)

2.7 เชื้อเพลิง

อรรถกร ฤกษ์วิรี ได้กล่าวว่า เชื้อเพลิงเป็นแหล่งกำเนิดที่ทำให้เกิดพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นพลังงานเคมี พลังงานกล พลังงานไฟฟ้า รวมถึงพลังงานความร้อนด้วย ซึ่งเชื้อเพลิงส่วนใหญ่เป็นสารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอน หรือสารประกอบที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจนอยู่เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเมื่อเผาไหม้จะได้ผลผลิตหลักเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ และยังให้พลังงานความร้อนออกมาในปริมาณที่สูง สามารถจำแนกเชื้อเพลิงได้หลายลักษณะ ซึ่งในการวิจัยนี้จะจำแนกประเภทของเชื้อเพลิงตามสถานะทางกายภาพ คือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ในการวิจัยนี้จะกล่าวถึงเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งเท่านั้น

เชื้อเพลิงแข็งเป็นเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นของแข็ง สามารถแบ่งออกตามกระบวนการผลิตได้เป็นเชื้อเพลิงธรรมชาติ (Natural fuel) และเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (Synthetic fuel) (อรรถกร ฤกษ์วิรี, 2549 : 4 อ้างถึง กัญจนา, 2544)

1. เชื้อเพลิงธรรมชาติ (Natural fuel) เป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากธรรมชาติ ซึ่งมาจากใต้พิภพหรือเป็นเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ (Fossil fuel) ได้แก่ น้ำมันปิโตรเลียม ก๊าซธรรมชาติ รวมถึงธาตุต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ เช่น ธาตุยูเรเนียม (Uranium) หรือธาตุทอเรียม (Thorium) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีเชื้อเพลิงที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของพืช วัสดุเหลือทิ้งการเกษตร ของเสียจากสิ่งมีชีวิต ทั้งมนุษย์ สัตว์ และจากชุมชนเมือง ซึ่งรวมเรียกว่า เชื้อเพลิงจากชีวมวล (Biomass fuels) ได้แก่ ไม้ฟืน แกลบ ชานอ้อย ฟางข้าว มูลสัตว์ ขยะมูลฝอย กากอุตสาหกรรมบางประเภท ซึ่งมีคาร์บอน และไฮโดรเจนเป็นธาตุองค์ประกอบหลัก

ตัวอย่างของเชื้อเพลิงธรรมชาติ เช่น ไม้ฟืน ไม้ฟืนนั้นเป็นเชื้อเพลิงสำหรับมนุษย์ จัดเป็นพลังงานไม่รู้หมด เนื่องจากได้จากการสังเคราะห์แสงอาทิตย์สามารถปลูกทดแทนได้ ไม้ฟืนมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เซลลูโลส (Cellulose) และลิกนิน (Lignin) ส่วนที่เหลือเป็นยางเหนียว (Resins, Gums) น้ำ น้ำตาล และเถ้า ไม้ที่เพิ่งตัดฟันมีความชื้นสูงประมาณ 30-50% เมื่อผึ่งไว้ประมาณ 1 ปี ความชื้นจะลดลงเหลือ 10-15% (อรรถกร ฤกษ์วิรี, 2549 : 4 อ้างถึง กัญจนา, 2544) ข้อดีของไม้ฟืน คือ มีปริมาณเถ้าต่ำมาก ส่วนใหญ่ไม่เกิน 1% และไม่มีกำมะถัน องค์ประกอบของเถ้าส่วนใหญ่เป็นโพสแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3) ที่เหลือเป็นแคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมคาร์บอเนต ไม่มีโลหะหนักหรือสารพิษ ไม้ฟืนนั้นจะมีองค์ประกอบของเนื้อไม้แตกต่างกันไปตามชนิดของพืช ตัวอย่างดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบของเนื้อไม้บางชนิด (ผึ่งให้แห้งในอากาศ, ปราศจากเถ้า)

องค์ประกอบ (%)	บีช (Beech)	เชสต์นัท (Chestnut)	ไพน์ (Pine)
ความชื้น	12.60	12.00	12.90
เซลลูโลส	45.50	52.60	53.30
เรซินและไข	0.40	1.10	1.60
สารละลายน้ำ	2.40	5.40	4.00
ลิกนิน	39.10	28.90	28.20

ที่มา : (อรรถกร ฤกษ์วิรี, 2549 : 5 อ้างถึง กัญจนา, 2544)

2. เชื้อเพลิงสังเคราะห์ (Synthetic fuel) เป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้น โดยทำการสังเคราะห์จากเชื้อเพลิงธรรมชาติ เช่น ถ่านไม้ ถ่านพีท ถ่านโค้ก ถ่านหิน ถ่านหินอัดก้อนไร้ควัน ถ่านแกลบ เป็นต้น ซึ่งการสังเคราะห์นี้จะใช้กระบวนการทางความร้อน คือ การคาร์บอไนเซชัน (Carbonization) หรือไพโรไลซิส (Pyrolysis) ทำให้ได้เชื้อเพลิงแข็งสังเคราะห์คุณภาพดีขึ้น

ตัวอย่างของเชื้อเพลิงสังเคราะห์ เช่น ถ่านไม้ ได้จากการคาร์บอไนซ์ไม้ฟืน ปฏิกิริยาเริ่มตั้งแต่อุณหภูมิประมาณ 280 °C และคาร์บอนไนซ์ที่ช่วงอุณหภูมิระหว่าง 400-500 °C การผลิตส่วนใหญ่จะใช้วิธีผลิตแบบพื้นบ้าน และผลิตใช้กันภายในหมู่บ้าน อรรถกร ฤกษ์วิรี ได้กล่าวว่า จากการรวบรวมข้อมูลของกัญจนา (2544) พบว่าถ่านไม้มีค่าความร้อนระหว่าง 25.1-33.5 เมกะจูล/กิโลกรัม ปริมาณเถ้า 2-9% สารระเหย 9-38% คาร์บอนคงตัว 40-86% และความชื้น 3-15% โดยค่าความร้อนสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณคาร์บอนคงตัว ถ่านไม้คุณภาพดีสามารถใช้แทนถ่านโค้กในการหลอมเหลวและขึ้นรูปโลหะ รวมถึงใช้เป็นตัวกลางกรองกลิ่น สีจากน้ำและก๊าซได้

อีกตัวอย่างของเชื้อเพลิงสังเคราะห์ คือ ขยะมูลฝอย ประกอบด้วยวัสดุที่ใช้เป็นภาชนะบรรจุและหีบห่อประเภทพลาสติก กระดาษ และวัสดุชีวมวล ซึ่งเผาไหม้ได้ประมาณ 50-80% ซึ่งการเผาทำลาย (Incineration) เป็นวิธีที่ใช้จัดการกับขยะ ซึ่งเหลือกากหลังการเผาไหม้เพียง 5% ของปริมาตรเดิม (อรรถกร ฤกษ์วิรี, 2549 : 5 อ้างถึง กัญจนา, 2544)

2.8 เชื้อเพลิงอัดแท่ง

อรรถกร ฤกษ์วิรี (2549) ได้กล่าวว่า ในปัจจุบันได้มีการแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ เพื่อป้องกันปัญหาทรัพยากรเชื้อเพลิงขาดแคลนนั้น เชื้อเพลิงอัดแท่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยลดการใช้ทรัพยากรเชื้อเพลิงลงได้และเชื้อเพลิงอัดแท่งนั้นสามารถนำมาใช้แทนไม้ฟืนและถ่านได้ และยังเป็นการนำของเหลือใช้ หรือแม้แต่ขยะมูลฝอยที่ทิ้งแล้ว

จากชุมชนมาใช้ประโยชน์ใหม่ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้ใช้ประโยชน์ได้สูงสุด

วัตถุดิบที่นำมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งนั้นสามารถนำมาใช้แทนไม้ฟืนและถ่านได้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ขยะมูลฝอย หรือกากอุตสาหกรรมบางประเภท เป็นต้น ตัวอย่างแหล่งวัตถุดิบที่สามารถนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เช่น

1. เศษพืช หรือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (Crop Residues) เช่น ฟางข้าว เศษไม้ เศษใบไม้ ขี้เลื่อย เป็นต้น

2. วัชพืช (Weeds) คือพืชที่เราไม่ต้องการที่ขึ้นอยู่ตามไร่นา สวน พื้นที่เพาะปลูกต่าง ๆ หรือแม้แต่ที่ในหนองน้ำ แม่น้ำ ลำคลองต่าง ๆ

3. สิ่งที่เหลือทิ้งหรือกากจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท (Industrial Waste**)** เช่น กากส่าเหล้า กากส่าเบียร์ เยื่อกระดาษ แกลบ เป็นต้น

4**.** ขยะมูลฝอย (Municipal Waste**)** เช่น พวกกระดาษสำนักงานใช้แล้ว ถุงพลาสติก บรรจุภัณฑ์ที่เป็นพวกกระดาษ หรือพลาสติก ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้เป็นการเพิ่มประโยชน์จากกองเหลือทิ้ง และยังเป็นการลดปริมาณขยะมูลฝอยที่ต้องนำไปกำจัด (อรรถกร ฤกษ์วิรี, 2549 : 10)

2.8.1 ตัวประสาน (Binder)

ชาญยุทธ เทพพานิช (2552) กล่าวว่า ตัวประสาน (Binder) จัดเป็นตัวกลางในการทำหน้าที่สร้างแรงยึดเกาะระหว่างวัสดุ และลักษณะของตัวประสานที่ดีนั้น นอกจากจะต้องมีแรงยึดเหนี่ยว (Adhesive force) ระหว่างอนุภาคสูงแล้ว ยังต้องเปียกและสามารถปกคลุมพื้นที่ผิวของแท่งเชื้อเพลิงได้ทั่วถึง เพื่อให้การยึดเหนี่ยวเป็นไปได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้มูลค่าของตัวประสานอาจก่อให้เกิดปัญหาทางด้านเศรษฐกิจแก่กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมครัวเรือนได้ ดังนั้น จะต้องคำนึงถึงประเภทตัวประสาน โดยจะต้องมีปริมาณมากและหาได้ง่ายในท้องถิ่น รวมถึงปริมาณของตัวประสานที่ใช้ควรมีค่าน้อยที่สุด แต่ยังคงสามารถอัดเป็นก้อนได้ ตัวประสานที่ใช้ในการอัดแท่งมีอยู่หลายชนิด แต่สามารถแยกออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ตัวประสานที่สามารถเผาไหม้ได้ (Combustible binders) ได้แก่ น้ำมันดิน แป้ง (Starch) สาหร่าย (Algae) มูลสัตว์ เรซินตามธรรมชาติ (Natural rasins) เรซินสังเคราะห์ (Synthetic rasins) กากส่าเหล้า โมลาส เป็นต้น

2. ตัวประสานที่เผาไหม้ไม่ได้ (Non - combustible binders) ได้แก่ ดินขาว (Clay) โคลน (Mud) และซีเมนต์ (Cement)

การผสมตัวประสานแบบเผาไหม้ไม่ได้จะไม่ช่วยให้พลังงานความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงมากขึ้น แต่ตัวประสานนี้อาจช่วยทำให้ระยะเวลาเผาไหม้ของแท่งเชื้อเพลิงอัดแท่งนานขึ้นได้ อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบกับตัวประสาน ควรทำการวิเคราะห์โดยวิธีการลองผิดลองถูก (Trial and error) ในห้องปฏิบัติการก่อนที่จะนำมาใช้ผสม โดยค่าอัตราส่วนที่เหมาะสมจะต้องทำให้

คุณสมบัติในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงได้ดีและเถ้าน้อย ตลอดจนต้องมีค่าความแข็งแรงเชิงกล และไม่ดูดความชื้น (ชาญยุทธ เทพพานิช, 2552 : 16)

2.8.2 วิธีการอัดเชื้อเพลิงอัดแท่ง

พุทธิธร แสงรุ่งเรือง และคณะ (2549) กล่าวว่า การอัดเชื้อเพลิงอัดแท่ง ทำได้หลายรูปแบบ เช่น อัดเป็นเม็ดหรือแท่งเล็ก ๆ (Pelleting) อัดเป็นลูกบาศก์ (Cubing) อัดเป็นแท่งฟืน (Extrudea Log) อัดเป็นฟ่อน (Baling) การอัดเป็นแท่งฟืนสังเคราะห์ในอุตสาหกรรมนิยมใช้การอัดเกลียวหรืออัดสกรู (Screw Extrusion) เพราะมีความสะดวกหลายประการ การอัดแท่งชีวมวลด้วยเครื่องอัดเกลียวหรือ สกรู สามารถอัดได้ 2 แบบ ดังนี้

1. การอัดแห้งและใช้ความร้อนสูง

เป็นการอัดที่ถือกำเนิดในสหรัฐอเมริกามาหลายปีแล้ว โดยมี R. T. Bolwing เป็นผู้คิดค้นเครื่องอัดมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เกลียวหรือสกรูกระบอกได รวมทั้งระบบให้ความร้อนกระบอกไดและระบายความร้อนเฟืองทด สำหรับวัสดุที่ใช้อัดเชื้อเพลิงอัดแท่งต้องผ่านการบดและมีความชื้นอยู่ระหว่าง 7-12% หากสูงหรือต่ำกว่านี้จะอัดไม่ได้ผล การอบแห้งจะใช้แรงอัดสูงประมาณ 11,000-17,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และมีการให้ความร้อนแก่กระบอกอัดทำให้สารประกอบพวกเซลลูโลส ลิกนิน และคาร์โบไฮเดรตในวัสดุที่นำมาอัดหลอมละลายออกมาเป็นตัวเชื่อมประสานทำให้วัสดุเกาะตัวกันเป็นแท่งได้ดี R. T. Bolwing ได้ผลิตฟืนสังเคราะห์จากขี้เลื่อยให้เป็นเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพสูง ให้ค่าความร้อนใกล้เคียงกับถ่านชั้นดีให้เปลวไฟสะอาดปราศจากเขม่าควัน เถ้า และกลิ่นเหม็น ทำให้โรงเลื่อยหมดปัญหายุ่งยาก เนื่องจากการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง การเก็บกวาดและการขนทิ้ง นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับโรงเลื่อยอีกด้วย ต่อมาได้มีพัฒนาและขยายกิจการโรงอัดแท่งฟืนเทียมและเครื่องอัดไปอย่างกว้างขวางด้วย

วิธีการอัดแท่งสามารถแบ่งกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ตามชนิดของเครื่องอัด คือ

- การอัดแท่งด้วยลูกสูบ (Piston Press Densification)
- การอัดด้วยแท่งเกลียว (Screw Press Densification)
- การอัดด้วยลูกกลิ้ง (Roll Press Densification)
- การอัดเป็นเม็ดหรืออัดเป็นแท่งเล็ก ๆ (Pelletizaing)

2. การอัดเปียกและไม่ใช้ความร้อน

เป็นการอัดที่สามารถทำได้กับวัสดุสดหรือแห้งและการอัดด้วยเทคนิคเชื้อเพลิงเขียวถือกำเนิดขึ้นในประเทศไทย เครื่องอัดแบบต่อเนื่องประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ เกลียว กระบอกเกลียว และกระบอกได แตกต่างจากการอัดแห้งและใช้ความร้อนโดยตรงที่ไม่มีทั้งระบบให้ความร้อนและระบายความร้อน โดยวัสดุที่นำมาอัดแท่งต้องมีเส้นใยและมีความเหนียวที่ทำให้เกิดการยึดติดกันเป็นแท่งได้ สำหรับพืชที่มียางเหนียว (Stickymaterials) เช่น เพคติน เจลาติน ลิกนินและเรซิน จะใช้การตำหรือกระทุ้งพืชที่สับแล้วแล้วจนเกิดเป็นยางเหนียว ๆ สำหรับพืชที่ไม่มีเส้นใยหรือยางเหนียวจะต้องเติมตัวเชื่อมเล็ก ๆ ก่อนโดยไม่จำเป็นต้องลดความชื้นหรือให้เหลือความชื้นที่จุดพอดี การอัด

เปียกจะใช้แรงอัดต่ำกว่าแบบแห้ง การอัดเปียกมีข้อเสียเพียงการตากแห้ง คือ ในฤดูฝนจะไม่สมารถตากเชื้อเพลิงให้แห้ง (พุทธิธร แสงรุ่งเรือง และคณะ, 2549 : 15 -17 อ้างถึง ณัฐพร, 2546)

2.8.3 การตากและการเก็บรักษาเชื้อเพลิงอัดแท่ง

พุทธิธร แสงรุ่งเรือง และคณะ ได้กล่าวว่า การอัดเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยเฉพาะการอัดเปียกและไม่ใช้ความร้อน จะทำให้แท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีความชื้นสูง ดังนั้น การตากหรือการอบแห้งจึงมีความจำเป็น การตากกระทำได้หลายวิธี เช่น

- การตากแดดโดยตรง
- การตากในตู้อบแสงอาทิตย์
- การอบด้วยความร้อนจากเตาเผาขยะ
- การอบด้วยความร้อนที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม
- การอบด้วยความร้อนจากเครื่องทำความร้อน หรือตู้อบไฟฟ้า
- การเก็บรักษาเชื้อเพลิงอัดแท่ง ควรเก็บในที่แห้งไม่ให้ถูกน้ำ ถ้าเปียกชื้นแท่งเชื้อเพลิงอาจจะขึ้นรา และถ้าเปียกมาก ๆ จะสลายตัวและไม่เป็นแท่ง (พุทธิธร แสงรุ่งเรือง และคณะ, 2549 : 23)

2.8.4 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ชาญยุทธ เทพพานิช (2552 : 13) ได้กล่าวว่า คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยทั่วไปเชื้อเพลิงอัดแท่งมีคุณลักษณะคล้ายฟืน มีค่าความร้อนต่ำกว่าถ่านมาก เวลาจุดมีควันมาก ถ้าใช้กับเตาปล่องจะช่วยลดควัน การประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวล (ชาญยุทธ เทพพานิช, 2552 : 13 อ้างถึง ประทีบ ปิ่นท้วม, 2538 : 27-28) จะใช้องค์ประกอบสำคัญของเชื้อเพลิงเป็นหลักประเมินคุณภาพ ดังนี้

1. ปริมาณความชื้น (Moisture Content) คือ ปริมาณความชื้นต่อปริมาณของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งอบแห้ง ความชื้นมีผลทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งลดลง จุดติดไฟได้ยาก และทำให้เชื้อเพลิงแตกร่วนได้ง่าย โดยค่าความชื้นที่เหมาะสมของแท่งเชื้อเพลิง จะต้องไม่เกินร้อยละ 10

2. ปริมาณเถ้า (Ash Content) คือ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาปในเตาเผาที่อุณหภูมิ 750 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วยพวก ซิลิกา แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ โดยส่วนใหญ่ชีวมวลจะมีปริมาณเถ้าต่ำ

3. สารที่ระเหยได้ (Volatile Matters) หรือปริมาณสารระเหย คือ ส่วนของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งอบแห้งที่ระเหยได้ ซึ่งมีสารประกอบคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ

4. คาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) หรือปริมาณคาร์บอนคงตัว คือ มวลของคาร์บอนที่เหลือในเชื้อเพลิงอัดแท่ง หลังจากที่มีการเอาสารระเหยออกไปแล้ว ที่อุณหภูมิ 950 °C

5. ค่าความร้อน (Calorific Value or Heating Value) ค่าความร้อนของการสันดาปขึ้นอยู่กับปริมาณของคาร์บอนในเชื้อเพลิงอัดแท่ง

พุทธิธร แสงรุ่งเรือง และคณะ กล่าวถึง เชื้อเพลิงที่มีคุณภาพสูงจะมีปริมาณคาร์บอนเสถียรเป็นองค์ประกอบอยู่สูงแต่มีสารที่ระเหยได้ และปริมาณเถ้าอยู่ต่ำ ส่วนเชื้อเพลิงที่มีความชื้นสูงก็จะทำให้ค่าความร้อนที่ได้ต่ำ ซึ่งเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูงถือว่าเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพทางการให้พลังงานดี (อรรถกร ฤกษ์วิรี) แต่สำหรับการใช้ถ่านเพื่อการหุงต้มในครัวเรือนนั้น ถ่านที่ถือว่ามีคุณภาพดีที่สุดไม่จำเป็นต้องเป็นถ่านที่มีค่าความร้อนสูงสุดแต่จะต้องมีคุณสมบัติที่ดีของถ่านทางด้านอื่น ๆ ด้วย ได้แก่

- การแตกประทุขณะติดไฟ ถ่านที่แตกประทุขณะติดไฟจะเป็นที่รังเกียจของผู้ใช้เป็นอันดับหนึ่ง ดังนั้น ถ่านที่มีคุณภาพดีจะไม่มีการแตกประทุเลย หรือมีการแตกประทุบ้างเล็กน้อยในช่วงแรกที่ติดไฟ

- น้ำหนักถ่าน ถ่านมีน้ำหนักจะลุกไหม้ให้ความร้อนแรงได้นาน

- ควัน ถ่านที่มีคุณภาพดีไม่ควรมีควันและกลิ่นฉุนขณะลุกไหม้

- ความเข้มแข็งและการป่นของถ่าน ถ่านที่มีความแข็งสูงจะช่วยลดการแตกหักหรือป่นเป็นผง ทำให้สะดวกต่อการใช้งาน การขนส่ง และการเก็บรักษา (พุทธิธร แสงรุ่งเรือง และคณะ, 2549 : 22 – 23 อ้างถึง ทองทิพย์, 2542)

2.8.5 ข้อดีของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

- มีขนาดและรูปร่างเป็นแบบเดียวกัน สามารถใช้ป้อนเป็นเชื้อเพลิงในทางอุตสาหกรรมได้อย่างต่อเนื่อง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50-60 มิลลิเมตร และยาว 50-150 มิลลิเมตร

- มีคุณสมบัติทางกายภาพและความร้อนที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือน

- ปราศจากมลภาวะ เนื่องจากไม่มีปริมาณกำมะถัน ฟอสฟอรัส และขี้เถ้าลอยปล่อยออกมาจึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมมลภาวะที่มีราคาสูง

- มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

- สะดวกต่อการเก็บและการนำมาใช้งาน

2.8.6 ข้อเสียของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

- การอัดแท่งใช้แรงอัดสูง ทำให้ต้องใช้พลังงานสูงในกระบวนการผลิต และเป็นเหตุให้กระบอกอัดและสกรูสึกหรอได้ง่ายจากการขัดสี ดังนั้น การลงทุนจึงสูง

- คุณสมบัติการเผาไหม้ยังไม่เป็นที่น่าต้องการ เช่น การลุกไหม้ไม่ดี จุดติดไฟยาก และมีควันมาก

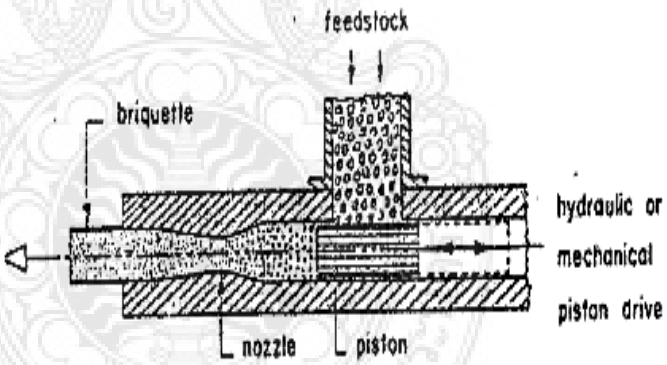
- เชื้อเพลิงอัดแท่งเมื่อถูกน้ำหรืออากาศเมื่อมีความชื้นสูง มักจะแตกร่วน (พุทธิธร แสงรุ่งเรือง และคณะ, 2549 : 22 – 24 อ้างถึง ทองทิพย์, 2542)

2.9 เครื่องอัดแท่ง

พุทธิธร แสงรุ่งเรือง และคณะ (2549 : 18 - 21) ได้กล่าวว่า เครื่องอัดแท่งสามารถแบ่งเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

2.9.1 เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston Press)

ประกอบด้วยลูกสูบชัก (Reciprocating Piston) เพื่อดันวัตถุเข้าไปในปลายท่อ (Barrel) หรือกระบอกอัด ซึ่งมีลักษณะเป็นตัวรีดรูปกรวย (Conical Choke) หรือรูปเรียว จะทำหน้าที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัสดุ ผลจากการต้านนี้รวมทั้งการขัดสีของวัสดุกับผนังท่อ ทำให้เกิดความร้อนที่มีอุณหภูมิในช่วง 150-300°C และให้ผลิตภัณฑ์ที่ถูกอัดแท่งออกมาเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50-100 มิลลิเมตรเครื่องอัดแบบนี้มีความสามารถในการผลิตได้ 40-1000 กิโลกรัม/ชั่วโมง และมีปัญหาที่พบโดยทั่วไป คือ การขัดสีของกระบอกอัด และการแตกของลูกสูบ



ภาพประกอบที่ 2.22 เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston Press)

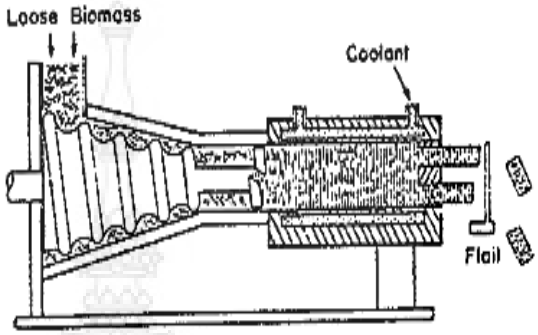
ที่มา : พุทธิธร แสงรุ่งเรือง และคณะ (2549 : 18)

2.9.2 เครื่องอัดแบบเกลียว (Screw Press)

ในเครื่องอัดแบบเกลียววัตถุดิบที่ใช้อัดจากช่องป้อน (Feed Hopper) ถูกส่งผ่านและอัดด้วยเกลียว ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวย (Conical Screw Press) มีหลักการทำงาน คือ เกลียวรูปกรวยจะดันวัสดุให้เคลื่อนตัวไปข้างหน้า เมื่อพ้นเกลียวไปวัสดุถูกดันผ่านกระบอกอัดขนาด

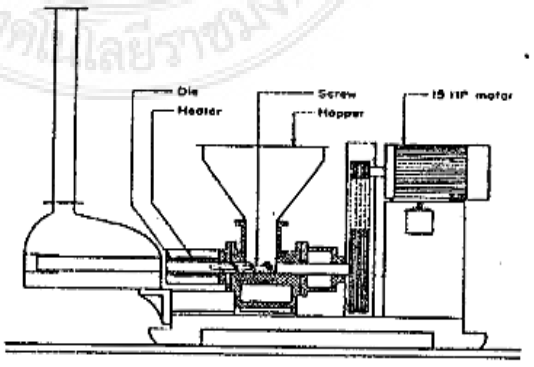
25 มิลลิเมตร การไหลผ่านของวัสดุเข้าไปในกระบอกอัดเพิ่มขึ้นพร้อมกันแรงเสียดทานที่มากขึ้น ทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงระหว่าง 100-200 °C ส่งผลให้ลิกนินหลอมละลายทำหน้าที่เป็นตัวประสานหลังจากระบายความร้อนแล้วจะได้แท่งเชื้อเพลิงอัด กำลังในการผลิตของเครื่องอัดแท่งแบบนี้ อยู่ในช่วง 500-1000 กิโลกรัม/ชั่วโมง อัตรากำลังของมอเตอร์ที่ใช้ขับเครื่องอัดอยู่ระหว่าง 35-75 กิโลวัตต์ วัสดุที่ใช้ทำการอัดควรมีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดและมีปริมาณความชื้น 8-10%



ภาพประกอบที่ 2.23 เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวย (Conical Screw Press)

ที่มา : พุทธิธร แสงรุ่งเรือง และคณะ (2549 : 19)

2. เครื่องอัดแบบเกลียวพร้อมด้วยขดลวดความร้อนที่กระบอกอัด (Screw Press With a Heated Die) มีหลักการทำงาน คือ วัสดุถูกดันโดยเกลียวที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกหรือรูปกรวยเล็กน้อยผ่านเข้าไปในท่อ (Barrel) หรือกระบอกอัดที่มีอุณหภูมิจากขดลวดความร้อนระหว่าง 200-350 °C ความร้อนนี้ทำให้วัสดุที่สัมผัสกับท่อเกิดการเผาไหม้ และได้ผลิตภัณฑ์ที่ถูกอัดยึดเกาะตัวกันดี ลักษณะเป็นท่อนทรงกระบอกหกเหลี่ยมขนาดประมาณ 50 มิลลิเมตร โดยเฉพาะการออกแบบของหัวเกลียวทำให้ได้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีรูกลวงตรงกลางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20 มิลลิเมตร เพื่อเป็นช่องให้ก๊าซหรือควันที่เกิดขึ้นในระหว่างการอัดถ่ายเทออกมา กำลังในการผลิตของเครื่องอัดแบบนี้อยู่ในช่วง 50-500 มิลลิกรัม/ชั่วโมง วัสดุที่ใช้มีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดและมีปริมาณความชื้นในช่วงร้อยละ 8-12 ปัญหาใหญ่ของเครื่องอัดแบบนี้คือ การขัดสีของเกลียวและกระบอกอัด



ภาพประกอบที่ 2.24 เครื่องอัดแบบเกลียวพร้อมด้วยขดลวดความร้อนที่กระบอกอัด

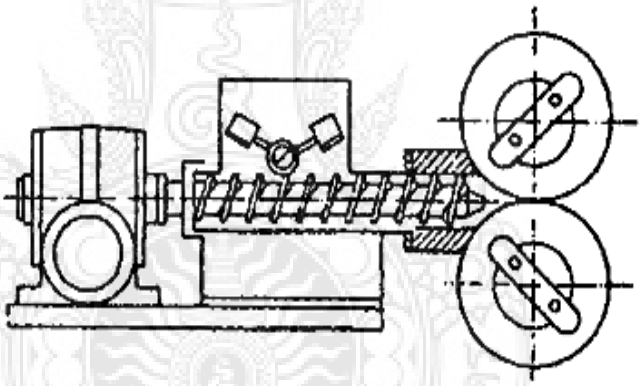
(Screw Press With a Heated Die)

ที่มา : พุทธิธร แสงรุ่งเรือง และคณะ (2549 : 19)

3. เครื่องอัดเกลียวแบบคู่ (Twin-Screw Press) เครื่องอัดแบบนี้มีเกลียว 2 อัน ต่อกับเพลาที่สวมเข้ากับชิ้นส่วนของเกลียว ที่เปลี่ยนความเร็วในการหมุนได้ เนื่องจากแรงอัดและแรงเสียดสีสูง ทำให้อุณหภูมิของวัตถุดิบสูงถึง 250 °C จึงต้องมีส่วนหล่อเย็นที่กระบอกอัด สำหรับวัตถุดิบที่ใช้อัดควรมีขนาด 30-80 มิลลิเมตร และวัตถุดิบที่มีปริมาณความชื้น 25% ขึ้นไปสามารถทำการอัดโดยที่ไม่ต้องทำให้แห้ง ก่อให้เกิดกำลังการผลิตของเครื่องอัดนี้อยู่ในช่วง 2,800-3,600 กิโลกรัม/ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบของส่วนผสมที่ใช้

2.9.3 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง (Roll Press)

เครื่องอัดแบบนี้ การทำงานจะเริ่มอัดวัตถุดิบที่ตกลงมาในระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองหมุนทิศทางตรงข้ามกัน ทำให้วัตถุดิบถูกอัดแน่นเข้าไปในตัวรองรับแท่งอัด การอัดแท่งแบบนี้ต้องการวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่าการอัดแบบอื่น และแท่งอัดที่ได้มีความทนทานน้อยกว่าการอัดแบบอื่น เนื่องมาจากช่วงเวลาในการอัดสั้น ทำให้ยากต่อการสร้างสภาวะของอุณหภูมิและแรงอัดในการหลอมละลายลิกนินได้อย่างเต็มที่ ดังนั้น การอัดแท่งด้วยวิธีนี้จะทำให้ได้ผลสำเร็จดีจำเป็นต้องใช้ตัวประสานเข้าช่วย

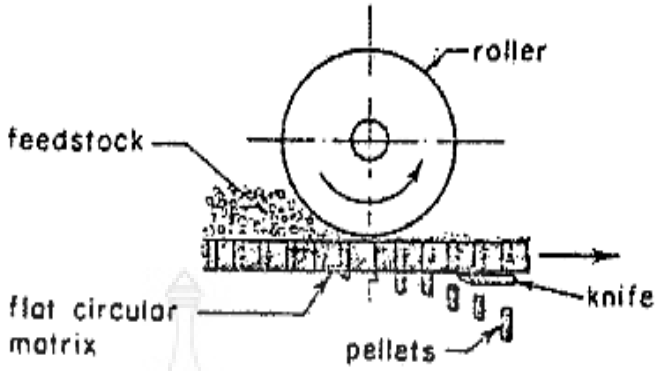


ภาพประกอบที่ 2.25 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง (Roll Press)

ที่มา : พุทธิธร แสงรุ่งเรือง และคณะ (2549 : 20)

2.9.4 เครื่องอัดเม็ดหรืออัดเป็นแท่งเล็ก ๆ (Pelletizing Press)

เครื่องอัดแบบนี้ประกอบด้วยแม่พิมพ์และลูกกลิ้ง ซึ่งแรงอัดระหว่างแม่พิมพ์กับลูกกลิ้งทำให้เกิดความร้อนจากแรงเสียดสี ทำให้การอัดวัตถุดิบผ่านแม่พิมพ์ที่เจาะเป็นรู ซึ่งมี 2 แบบ คือ เครื่องอัดแบบแม่พิมพ์แผ่นกลม และเครื่องอัดแบบแม่พิมพ์วงแหวน แท่งอัดเม็ดที่ถูกอัดออกมาจะถูกตัดด้วยใบมีดตามขนาดความยาวที่กำหนดไว้ ซึ่งปกติจะมีความยาวน้อยกว่า 30 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5-15 มิลลิเมตร ถ้าแท่งอัดมีขนาดใหญ่กว่านี้แล้วจะใช้การอัดเป็นลูกบาศก์แทนการอัดเป็นเม็ด



ภาพประกอบที่ 2.26 เครื่องอัดแบบแม่พิมพ์แผ่นกลม

ที่มา : พุทธิธร แสงรุ่งเรือง และคณะ (2549 : 21)

2.10 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิง

2.10.1 เครื่อง Automatic Bomb Calorimeter

เป็นเครื่องมือหาค่าพลังงานความร้อนของสิ่งต่างๆที่เป็นของแข็ง ของเหลว และวัตถุเปียกชื้นได้ตามมาตรฐาน DIN 51900, ASTM 240m, D ASTM D 4809, ASTM D 5865, ASTM D 1989, ASTM D5468 และ ASTM E 711

ควบคุมการทำงานด้วยระบบ SEMI-AUTOMATIC โดยสามารถเลือกวิธีวิเคราะห์ได้ 4 ชนิด คือ

- ISOPERIBOL
- DYNAMIC
- MANUAL
- TIME-CONTROLLED

โหมด ISOPERIBOLIC โหมด DYNAMIC และโหมด TIME-CONTROLLED จะจุดระเบิดคำนวณค่าความร้อนและแสดงผลค่าพลังงานความร้อนโดยอัตโนมัติ มีช่วงการวัดวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนได้สูงสุด 40,000 JOULE และสามารถวิเคราะห์ผลการทดสอบได้อย่างต่อเนื่อง มีความแม่นยำในการวิเคราะห์ซ้ำในโหมด ISOPERIBOL 0.05% RSD มีความแม่นยำในการวิเคราะห์ซ้ำในโหมด DYNAMIC ด้วยการวิเคราะห์สารมาตรฐาน BENZOIC ACID 1 g. (NBS 39 i) มีค่า RSD ไม่เกิน 0.1%

ระยะเวลาในการวิเคราะห์

- การวิเคราะห์ในโหมด ISOPERIBOL ใช้เวลา 17 นาทีการวิเคราะห์
- การวิเคราะห์ในโหมด DYNAMIC ใช้เวลา 8 นาทีการวิเคราะห์
- การวิเคราะห์ในโหมด MANUAL (ISOPERIBOLIC) ใช้เวลา 17 นาที

- การวิเคราะห์ในโหมด TIME – CONTROLLED ใช้เวลา 14 นาที
- ในโหมดต่างๆ มีค่าความแม่นยำในการวิเคราะห์ ±0.1% ใช้แรงดันก๊าซออกซิเจนในการวิเคราะห์ที่ 30 บาร์

ภาพประกอบที่ 2.27 เครื่อง Automatic Bomb Calorimeter รุ่น C-200

ที่มา : http://qc-line.com

2.10.2 เครื่อง Hot Air Oven

วิธีการใช้งาน

การอบโดยไม่มีกำหนดเวลา

1. นำของที่ต้องการอบใส่ตู้ให้เรียบร้อย

2. หมุนสวิทช์ (ปุ่ม Power) ไปที่ตำแหน่ง I ไฟสีเขียวแสดงที่ปุ่ม Power

3. ปรับ fresh air ไว้ประมาณเลข 2

4. หมุนปุ่มควบคุม (ไฟแสดงที่ °C temp) กดปุ่ม set ค้างไว้แล้วหมุนปุ่มควบคุมเพื่อตั้งค่าอุณหภูมิ เมื่อได้อุณหภูมิตามต้องการจึงปล่อยปุ่ม set

5. เครื่องทำงาน

การอบโดยมีกำหนดเวลา

1. หมุนสวิทช์ (ปุ่ม Power) ไปที่ตำแหน่ง ไฟสีเขียวแสดงที่ปุ่ม Power

2. ปรับ fresh air ไว้ประมาณเลข 2

3. หมุนปุ่มควบคุม (ไฟแสดงที่ h delay) ถ้าต้องการหน่วงเวลาก่อนอบ ให้กดปุ่ม set ค้างไว้ แล้วหมุนปุ่มควบคุมเพื่อตั้งเวลา เมื่อได้เวลาตามต้องการจึงปล่อยปุ่ม set

4. หมุนปุ่มควบคุมอีกครั้ง (ไฟแสดงที่ h hold) ให้กดปุ่ม set ค้างไว้ แล้วหมุนปุ่มควบคุมเพื่อตั้งเวลาที่ต้องการอบ เมื่อ ได้เวลาตามต้องการ จึงปล่อยปุ่ม set

ภาพประกอบที่ 2.28 เครื่อง Hot Air Oven

ที่มา http://www.jjsciencelab.com

2.10.3 เครื่องวัดอุณหภูมิความชื้น Hygrometer รุ่น HT-315

ไฮโกรมิเตอร์แบบดิจิตอล

อุณหภูมิความชื้น ช่วงการวัดอุณหภูมิ 0 °C ถึง 50 °C/ 10% ถึง 95%RH

ความละเอียดการแสดงผล 0.01°C / 0.01%RH, Accuracy ± 0.8°C / ± (3% reading + 1%RH)

การใช้งาน

เครื่องจะมีโพรบวัดอุณหภูมิความชื้น การวัดจะใช้โพรบเพื่อวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นโดยวางไว้วัสดุที่ต้องการวัด และปล่อยทิ้งไว้จนกว่าเลขที่แสดงจะนิ่งแล้วจดค่าที่อ่านได้

ภาพประกอบที่ 2.29 เครื่องวัดอุณหภูมิความชื้น Hygrometer รุ่น HT-315

ที่มา http://www.legaeng.com

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิศากร ดอนกระสินธุ์ (2545) ศึกษาความเหมาะสมในการนำกากไขมันจากบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหารกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิง โดยนำมาผสมกับขี้เลื่อยในอัตราส่วนกากไขมันต่อขี้เลื่อย (โดยปริมาตร) 1 : 1 , 1 : 2 , 1 : 3 และ 1 : 4 แล้วอัดเป็นแท่ง และทดสอบคุณสมบัติหลักด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM 6 ด้าน คือ ปริมาณความชื้น เถ้า สารระเหย คาร์บอนเสถียร กำมะถันรวม และค่าความร้อน รวมทั้งประสิทธิภาพการใช้งานความร้อน ผลการศึกษาพบว่า การอัดขึ้นรูปเป็นแท่งสามารถทำได้ โดยอัตราส่วนผสมที่มีขี้เลื่อยเพิ่มขึ้นจะอัดเป็นแท่งได้ยากขึ้น คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง (As-Receive) ที่เป็นจุดเด่นคือ มีค่าความร้อนสูง 7,065 , 6,915 , 6,466 และ 6,117 kcal/kg และมีจุดด้อยที่สำคัญ คือมีปริมาณสารระเหยสูงถึงร้อยละ 90.44 , 90.39 , 88.03 และ 87.81 เรียงตามลำดับ

นิสา พักตร์วิไล (2546) ศึกษาการนำกากตะกอนน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทอินทรีย์สารมาใช้ประโยชน์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งได้มีการปรับปรุงคุณภาพนำกากตะกอนน้ำเสียโรงงานเบียร์และโรงงานอาหารโดยการหมักแบบไม่ใช้อากาศและหมักแบบใช้อากาศ หาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยผสมกับใบยูคาลิปตัส และนำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพมาเผาเป็นถ่าน ทดสอบคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเชื้อเพลิงด้วยมาตรฐาน ASTM ผลการวิจัยพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการอัดแท่งโรงงานเบียร์อยู่ที่ 1 : 1 , 1 : 2 และ 1 : 3 โดยปริมาตร โรงงานอาหารอยู่ที่ 1 : 2 , 1 : 3 และ 1 : 4 โดยปริมาตร ซึ่งสามารถอัดขึ้นรูปได้ดีและใช้เวลาน้อย จากการนำตะกอนทั้ง 2 โรงงานมาทำการปรับปรุงคุณภาพ พบว่าตะกอนโรงงานเบียร์ปรับปรุงคุณภาพแล้วมีประสิทธิภาพการใช้งานในการต้มน้ำดีขึ้น ส่วนโรงงานอาหารเมื่อทำการปรับปรุงคุณภาพแล้ว ไม่สามารถอัดแท่งได้ เนื่องจากมีความชื้นสูงและกลิ่นเหม็น จากการวิเคราะห์ปัจจัยในการอัดแท่ง ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจะแปรตามเวลาซึ่งขึ้นกับความชื้นของอัตราส่วนผสม จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ พบว่ามีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานเนื่องจากมีการแตกร่วนน้อยส่วนคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง พบว่าเชื้อเพลิงแท่งตะกอนโรงงานอาหารมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับถ่านไม้ และปริมาณกำมะถันน้อยกว่าถ่านหิน 70% สำหรับแท่งเชื้อเพลิงตะกอนที่ไม่ปรับปรุงคุณภาพและเผาเป็นถ่าน พบว่าประสิทธิภาพการใช้งานและการให้พลังงานความร้อนแก่น้ำดีกว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ไม่เผาเป็นถ่าน

นิธิพงศ์ อนุรักษ์พงศธร (2546) ศึกษาการนำกากตะกอนน้ำเสียชุมชนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ มาใช้ประโยชน์ในรูปของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยการนำกากตะกอนมาทำการผสมร่วมกับเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อเพิ่มค่าความร้อน คือ ชานอ้อยและเปลือกเมล็ดทานตะวัน ในอัตราส่วนโดยปริมาตรที่สามารถอัดแท่งได้ คือ กากตะกอน : ชานอ้อย อัตราส่วน 1 : 1 , 1 : 2 และ 1 : 3 โดยปริมาตร และกากตะกอน : เปลือกเมล็ดทานตะวัน อัตราส่วน 1 : 1 , 2 : 1 และ 3 : 1 โดยปริมาตร ตามลำดับ อีกทั้งได้แบ่งประเภทของตะกอนที่จะนำมาทำการอัดแท่ง เป็นตะกอนที่ไม่ปรับปรุงคุณภาพ และปรับปรุงคุณภาพโดยการหมักแบบไม่ใช้อากาศและการหมักแบบใช้อากาศ รวมทั้งนำแท่งเชื้อเพลิงที่ไม่ปรับปรุงคุณภาพมาเผาเป็นถ่าน และทำการศึกษาคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM 6 ด้าน คือ ปริมาณความชื้น เถ้า สารระเหย คาร์บอนเสถียร กำมะถัน

รวม และค่าความร้อน รวมทั้งประสิทธิภาพการใช้งานความร้อน และศึกษาความเป็นไปได้ ในการผลิตและการลงทุนโดยอาศัย เครื่องชี้คุณค่าทางเศรษฐกิจของโครงการ ซึ่งได้แก่ งบกระแสเงินสดสุทธิ ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุน อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนและอัตราผลตอบแทนภายใน

ผลการวิจัยพบว่า ตะกอนที่ปรับปรุงคุณภาพโดยการหมักแบบไม่ใช้อากาศและการหมักแบบใช้อากาศ มีค่าความร้อนลดลงจากตะกอนที่ไม่ปรับปรุงคุณภาพ โดยมีค่าความร้อน 1,589 kcal/kg, 1,781 kcal/kg และ 1,231 kcal/kg ตามลำดับ เมื่อนำกากตะกอนแต่ละประเภทผสมกับชานอ้อย หรือเปลือกเมล็ดทานตะวัน สามารถทำเป็นแท่งได้ โดยอัตราส่วนที่มีชานอ้อยหรือเปลือกเมล็ดทานตะวันเพิ่มขึ้นจะอัดแท่งได้ยาก จากนั้นหาอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุด พบว่า อัตราส่วนผสมระหว่างกากตะกอนกับชานอ้อยที่เผาเป็นถ่าน อัตราส่วนที่ 1 : 3 มีคุณสมบัติดีที่สุด โดยมีค่าความร้อนอยู่ที่ 1,971 kcal/kg แต่มีประสิทธิภาพการใช้งานของค่าความร้อนอยู่ที่ 59.67% เมื่อนำมาศึกษาด้านการลงทุนพบว่าที่อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ 7% ที่ราคาขาย 2 บาท/แท่ง (8 บาท/กิโลกรัม) จะใช้เวลาในการคืนทุน 2 ปี อย่างไรก็ตามค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแข็งจากน้ำเสียชุมชนมีค่าความร้อนต่ำ หากต้องการใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงควรผสมเศษวัสดุที่มีค่าความร้อนสูงหรือหาทางเพิ่มปริมาณเศษวัสดุในอัตราส่วนที่มากขึ้นให้ได้ ซึ่งข้อดีของกากตะกอนช่วยให้เศษวัสดุประสานกันเป็นแท่งได้

อรรถกร ฤกษ์วิรี (2549) ศึกษาหาความเหมาะสมในการนำขยะมูลฝอยชุมชนมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยนำขยะมูลฝอยชุมชน 2 ประเภท ได้แก่ เศษกระดาษ และเศษไม้/ใบไม้มาผสมกันในอัตราส่วนต่างกัน 5 อัตราส่วน คือ เศษกระดาษต่อเศษไม้ 95% : 5% , 75% : 25% , 50% : 50% , 25% : 75% และ 5% : 95% โดยน้ำหนัก และทำการวิเคราะห์หาปริมาณค่าความร้อน เพื่อหาอัตราส่วนใดให้ค่าปริมาณความร้อนสูงที่สุด จากผลการทดลองพบว่าในการอัดเชื้อเพลิงอัดแท่งบางอัตราส่วนต้องมีการเพิ่มปริมาณความชื้นในการอัดแท่งเข้าไปอีกและจากการวิเคราะห์ค่าความร้อนได้พบว่าอัตราส่วนที่ให้ปริมาณค่าความร้อนสูงที่สุดคือเศษกระดาษต่อเศษไม้และใบไม้ 95% : 5% โดยน้ำหนักซึ่งให้ความร้อนเฉลี่ย 3,518.06 แคลอรี่ต่อกรัม (cal/g) สำหรับเชื้อเพลิงแห้ง และ 4,314.16 cal/g สำหรับถ่านเชื้อเพลิงซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เช่นเดียวกับถ่านแกลบและถ่านชานอ้อย เป็นต้น

พุทธิธร แสงรุ่งเรือง (2549) ศึกษาการนำเศษวัสดุเหลือใช้จากภาคการเกษตร จังหวัดนนทบุรี ได้แก่ ขี้เลื่อยเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด เปลือกทุเรียน แกลบ กระถินณรงค์ โสน และกากมะพร้าว นำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบไม่ใช้ตัวประสานและแบบใช้ตัวประสานโดยใช้แป้งมันสำปะหลัง มาอัดด้วยเครื่องอัดแท่งแบบเกลียวไม่ใช้ความร้อนและแรงอัดต่ำ ในอัตราส่วนต่าง ๆ (โดยน้ำหนัก) ดังนี้ ขี้เลื่อยต่อแป้งมันในอัตราส่วน 1 : 0 , 1 : 1 , 2 : 1 , 3 : 1 , และ 4 : 1 เปลือกทุเรียนต่อ แป้งมันในอัตราส่วน 10 : 0 , 10 : 1 , 20 : 1 , 30 : 1 , 40 : 1 และ 50 : 1 เปลือกทุเรียนต่อขี้เลื่อยต่อแป้งมันในอัตราส่วน 9 : 1 : 0 , 9 : 1 : 1 , 8 : 2 : 1 , 7 : 3 : 1 , 6 : 4 : 1 , 5 : 5 : 1 , 4 : 6 : 1, 3 : 7 : 1, 2 : 8 : 1 และ 1 : 9 : 1 กระถินณรงค์ต่อขี้เลื่อยต่อแป้งมันในอัตราส่วน 10 : 0 : 1 , 0 : 10 : 1 , 1 : 9 : 1 , 8 : 2 : 1 , 7 : 3 : 1 , 6 : 4 : 1 , และ 5 : 5 : 1 โสนต่อกากมะพร้าวต่อ

แป้งมัน ในอัตราส่วน 10 : 0 : 1 , 0 : 10 : 1 , 9 : 1 : 1 , 8 : 2 : 1 , 7 : 3 : 1 , 6 : 4 : 1 , และ 5 : 5 : 1 และทำการศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของเชื้อเพลิงอัดแท่งได้แก่ ความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัว ปริมาณไฮโดรเจน ปริมาณกำมะถัน และปริมาณความร้อน

จากการศึกษาคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่งพบว่า เศษวัสดุเหลือใช้ที่เลือกมาทำการวิจัย มีศักยภาพในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งเมื่อเปรียบเทียบทางคุณสมบัติจากฟืนและถ่านไม้ โดยเชื้อเพลิงที่ให้ค่าความร้อนสูงที่สุดคือ ขี้เลื่อยต่อแป้งมัน 2 : 1 รองลงมาได้แก่ ขี้เลื่อยต่อแกลบต่อแป้งมัน 5 : 5 : 1 , เปลือกทุเรียนต่อแป้งมัน 5 : 5 : 1 ตามลำดับ โดยมีค่าความร้อนเท่ากับ 4,726.48, 4,434.28, 4,220.24, 4,069.92 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม

วนิตา จาดดำ (2549) ศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากกากชาเขียวที่ผลิตโดยใช้เครื่องอัดแบบเกลียว โดยศึกษาวิธีการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากชาเขียวโดยวิธีอัดแบบร้อนและอัดแบบเย็น ศึกษาขนาดกากชาเขียวที่มีผลต่อคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง ศึกษาสัดส่วนของการผสมแป้งมันสำปะหลังซึ่งใช้เป็นประสานในอัตราส่วนของกากชาเขียวต่อแป้งมันสำปะหลังต่าง ๆ จากการทดลองพบว่าวิธีการอัดแบบเย็นดีกว่าวิธีการอัดแบบร้อน ขนาดของกากชาเขียวแบบบดละเอียดซึ่งมีขนาดอยู่ในช่วง 12-35 เมช ให้ผลดีกว่ากากชาแบบไม่บดในด้านคุณสมบัติทางด้านกายภาพ และที่อัตราส่วนของกากชาเขียวต่อมันสำปะหลังที่เหมาะสมคือ 9.5 : 0.5 จากการศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากกากชาเขียว พบว่า ความชื้น เถ้า สารระเหย และค่าความร้อนมีค่าเท่ากับ 5.20%±0.26, 7.67%±0.21, 20.10%±0.46 และ 6,110 แคลอรี่ต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของถ่านอัดแท่ง แต่ค่าคาร์บอนคงตัวมีค่าเท่ากับ 66.67%±0.35 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของถ่านอัดแท่งจากการปรับปรุงคุณภาพของถ่านอัดแท่งจากกากชาเขียวโดยผสมกับเศษไม้ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปไม้ พบว่าการผสมเศษไม้มีผลทำให้ค่าความร้อนและคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้น ในขณะที่เถ้าและสารระเหยมีค่าลดลง นอกจากนี้ยังเปรียบเทียบประสิทธิภาพถ่านอัดแท่งจากกากชาเขียวที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วกับถ่านอัดแท่งที่มีจำหน่ายในท้องตลาด พบว่าถ่านอัดแท่งจากกากชาเขียวมีข้อดีกว่าคือ ใช้เวลาในการจุดติดไฟเร็ว มีปริมาณเถ้าต่ำกว่า และต้นทุนการผลิตขึ้นอยู่กับสัดส่วนของเศษไม้ที่ใช้

ชาญยุทธ เทพพานิช (2552) ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากมันสำปะหลังและกากตะกอนน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพของโรงงานแป้งมันสำปะหลังผสมกับชีวมวลที่นำออกจากแนวกันไฟในอัตราส่วนต่าง ๆ แล้วทำการศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง จากนั้นนำถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีคุณสมับติเหมาะสมในการเป็นเชื้อเพลิงในแต่ละแบบมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้งานความร้อน ผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนผสมของกากมันสำปะหลังกากตะกอนน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพของโรงงานแป้งมันสำปะหลังและชีวมวลที่นำออกจากแนวกันไฟ 8 : 0 : 2 , 7 : 0 : 3 , 6 : 0 : 4, 5 : 0 : 5 , 0 : 8 : 2 , 0 : 7 : 3 , 0 : 6 : 4 , 0 : 5 : 5 , 4 : 4 : 2 , 3 : 5 : 3.5 : 3 , 3 : 3 : 4 และ 2.5 : 2.5 : 5 สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแท่งได้ ในขณะที่ส่วนผสมในอัตราส่วนอื่น ๆ ไม่สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแท่งได้ ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่ง พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น ความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณ

คาร์บอนคงตัว และค่าความร้อนของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่ง ทั้ง 3 แบบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งกากมันสำปะหลังหลังผสมชีวมวลที่นำออกจากแนวกันไฟอัตราส่วน 8 : 2 มีความเหมาะสมที่สุดในการเป็นเชื้อเพลิง โดยมีค่าความร้อน 5,993 cal/g ค่าคาร์บอนคงตัว ร้อยละ 62.61 ปริมาณเถ้า ร้อยละ 19.84 ความชื้น ร้อยละ 3.28 สารระเหย ร้อยละ 14.27 ความหนาแน่น 0.30 g/cm^3 และเมื่อนำแท่งเชื้อเพลิงทั้ง 3 แบบมาทดสอบการใช้งานความร้อนพบว่า ถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนน้ำทิ้งผสมชีวมวลที่นำออกจากแนวกันไฟ อัตราส่วน 2.5 : 2.5 : 5 มีประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนสูงสุด ร้อยละ 36 ใช้เวลาจุดติดไฟ 2.36 นาที เวลาในการลุกไหม้ 67.66 นาที มีเถ้าเหลือจากการลุกไหม้ ร้อยละ 51.22

รัชนี เพ็ชร์ช้าง (2552) ศึกษางานวิจัยเพื่อให้ได้วิธีการที่เหมาะสมและได้สูตรในการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีประสิทธิภาพสูงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพและคุณค่าทางเศรษฐกิจกับถ่านไม้ยูคาลิปตัส วิธีการดำเนินการวิจัยได้แบ่งเป็น 3 ตอนดังนี้ ตอนที่ 1 ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่ง ตอนที่ 2 ศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งชนิดเดียวและถ่านอัดแท่งผสมแบบสองชนิดในอัตราส่วนต่าง ๆ โดยศึกษาสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของถ่านอัดแท่ง ศึกษาการหาระยะเวลาและการจุดติดไฟของถ่านอัดแท่ง และศึกษาทดลองหาระยะเวลาในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง ตอนที่ 3 เปรียบเทียบคุณภาพและคุณค่าทางเศรษฐกิจกับถ่านไม้ยูคาลิปตัส โดยการวิเคราะห์คุณภาพของถ่านอัดแท่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนซึ่งอ้างถึงมาตรฐาน ASTM ในการหาความชื้นและปริมาณความร้อนจากผลการวิจัยพบว่าวิธีการผลิตถ่านอัดแท่งโดยใช้วิธีแบบอัดเย็น โดยการนำวัสดุมาบดให้มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร ผสมถ่านที่ผ่านการบดและร่อนแล้วกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนร้อยละ 5 โดยปริมาตรของถ่าน และน้ำในปริมาณที่เหมาะตามวัสดุที่ใช้ โดยจะอยู่ในช่วงร้อยละ 50-80 ในเครื่องผสมไฟฟ้า จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้มาใส่ในเครื่องรีดอัดแท่งภายใต้แรงดันสูงทำให้เกิดความร้อนประมาณ 50-60 °C ทำให้แป้งกลายเป็นเจลทำหน้าที่เป็นตัวประสานวัสดุและได้ถ่านอัดแท่งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.2 เซนติเมตร มีช่องว่างตรงกลางกว้าง 1.5 เซนติเมตร จากการศึกษาสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของถ่านอัดแท่งชนิดเดียวพบว่าจะมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 โดยน้ำหนักและมีค่าความร้อนสูงกว่า 5,500 แคลอรีต่อกรัม ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนและต่ำกว่าถ่านไม้ยูคาลิปตัส ส่วนระยะเวลาและจุดติดไฟของถ่านอัดแท่งชนิดเดียวพบว่าใช้ระยะเวลาอยู่ในช่วง 100-160 นาที จุดติดไฟอยู่ที่ 180-230 °C และมีระยะเวลาในการเผาไหม้อยู่ในช่วง 220-360 ส่วนการศึกษาสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของถ่านอัดแท่งผสมสองชนิดพบว่าจะมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก และมีค่าความร้อนสูงเกิน 5,500 แคลอรีต่อกรัม ทุกอัตราส่วน ยกเว้นถ่านอัดแท่งผสมถ่านซังข้าวโพดและถ่านแกลบดำในอัตราส่วน 1 : 2 , 1 : 3 และ 1 : 4 จะให้ค่าความร้อนต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนและต่ำกว่าถ่านไม้ยูคาลิปตัส โดยอยู่ในช่วง 3,470-4,570 แคลอรีต่อกรัม และพบว่าระยะเวลาติดไฟอยู่ในช่วง 104-210 นาที จุดติดไฟอยู่ที่ 170-200 °C และมีระยะเวลาในการเผาไหม้อยู่ในช่วง 150-360 นาที นอกจากนี้ยังพบว่าถ่านอัดแท่งผสมสองชนิดทุกสูตรในอัตราส่วน 1 : 1 จะให้ค่าความร้อนมากที่สุด

ชมธิดา ชื่นนิยม (2553) ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเศษซังข้าวโพดซึ่งได้มาจากโรงงานผลิตเมล็ดพันธุ์พืชมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดนในขั้นต้นของการวิจัยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเศษซังข้าวโพด พบว่า มีปริมาณความชื้น 8.12%, ปริมาณสารระเหยได้ 71.03%, ปริมาณเถ้า 3.19%, ปริมาณคาร์บอนคงตัว 17.66% และค่าความร้อน 4054.56 แคลอรี่ต่อกรัม ซึ่งมีคุณสมบัติที่สามารถนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงได้ จากนั้นนำเศษซังข้าวโพดมาผสมกับตัวประสาน 4 ชนิดได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง, กากน้ำตาล, กากของเสียจากโรงงานกระดาษ และน้ำมันเครื่องใช้แล้ว ในสัดส่วนร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 แล้วจึงนำไปอัดแท่ง นำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้มาทดสอบคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และการเผาไม้ ได้แก่ ค่าความร้อน, ค่าความหนาแน่น, ค่าความทนแรงอัด, ค่าดัชนีการแตกร่วน, ค่าความต้านทานน้ำ, เวลาในการจุดติดไฟ, ค่าความคงตัวของเถ้า และระยะเวลาการเผาไหม้ จากผลการทดลองพบว่า การอัดแท่งเศษซังข้าวโพดที่สัดส่วน 50% แป้งมันสำปะหลัง เหมาะสมที่สุดเนื่องจากอัดง่าย มีความแข็งแรงสูง และใช้เวลาในการจุดติดไฟต่ำ ในขณะเดียวกันการใช้น้ำมันเครื่องใช้แล้วไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้เป็นตัวประสานในการอัดแท่งเศษซังข้าวโพด ทั้งนี้เมื่อใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสาน จะได้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีค่าความคงตัวของเถ้าและระยะเวลาการเผาไหม้สูงสุด ในขณะที่เมื่อใช้กากของเสียจากโรงงานกระดาษเป็นตัวประสาน จะได้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีค่าความร้อน ค่าดัชนีการแตกร่วน และค่าความต้านทานน้ำสูงสุด นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่สัดส่วน 50% แป้งมันสำปะหลัง มาคำนวณ พบว่า การอัดแท่งเศษซังข้าวโพดที่ปริมาณ 100 ตันต่อปี โดยใช้ 2 สายการผลิต ให้ผลการลงทุนที่คุ้มค่าที่สุด โดยคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการได้เท่ากับ 1,980,721.32 บาท, อัตราผลตอบแทนภายใน เท่ากับ 45.73%, อัตราส่วนผลตอบแทนต่อเงินลงทุน เท่ากับ 1.16, และระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 2.18 ปี

สำรวม โกศลานนท์ (2553) ศึกษาความเป็นไปได้ของการนำของเสียทั้ง 2 ชนิด ไปใช้ประโยชน์โดยการนำไปผสมวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อนำไปเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งได้นำไปศึกษาในแง่ของพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาของผสมเมื่อทำการแปรผันปริมาณกากไขมัน และกากของกากไขมัน ตั้งแต่ 25% ถึง 75% ผสมกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ แกลบ ขี้เลื่อย เหง้ามันสำปะหลัง และซังข้าวโพด ซึ่งทำการบดละเอียดก่อนนำไปผสม ผลการศึกษาพบว่ากากไขมันให้พลังงานความร้อน 13.706 = 0.442 kJ/g ซึ่งต่ำกว่าขี้เลื่อยและซังข้าวโพด ซึ่งให้พลังงานความร้อนสูงกว่าวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอื่น ๆ คือ 13.929 = 0.096 kJ/g และ 14.041 = 0.289 kJ/g ตามลำดับ แต่แกลบเป็นวัสดุที่ให้พลังงานความร้อนต่ำสุด คือ 11.533 = 0.728 kJ/g ส่วนกากของกากไขมันให้พลังงานความร้อนต่ำสุด เมื่อเทียบกับวัสดุทดสอบทั้งหมด คือ 11.311 = 0.696 kJ/g ค่าความร้อนของของผสมระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรแปรผันตรงกับปริมาณกากไขมัน ส่วนค่าความร้อนของของผสมระหว่างกากของกากไขมันกับวัสดุขี้เลื่อยและซังข้าวโพดแปรผกผันกับปริมาณกากของกากไขมัน ของผสมที่มีปริมาณกากไขมันและกากของกากไขมันตั้งแต่ 50% ขึ้นไป เริ่มมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวไม่รวมตัวเป็นก้อน ผลการทดลองจากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าของผสมระหว่างซังข้าวโพดกับกากไขมัน มีความเหมาะสมที่สุด ที่จะนำไปศึกษาและพัฒนาผลิตเป็นเชื้อเพลิงต่อไป

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษา

3.1 รูปแบบการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยนำกากตะกอนของเสียผสมเปลือกกล้วยน้ำว้าในอัตราส่วนที่เหมาะสม สำหรับผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยรวบรวมข้อมูลในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับ โรงงานผลิตนม กระบวนการผลิตนม ระบบบำบัดน้ำเสีย การบำบัดและกำจัดสลัดจ์ ระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัท ฟรีสแลนด์คัมพินา เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด คุณสมบัติของวัสดุเชื้อเพลิงอัดแท่ง เครื่องอัดแท่ง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำมาศึกษาเพื่อวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture Content) , ปริมาณเถ้า (Ash Content) , ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter) , ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) และค่าความร้อน (Calorific Value) อันเป็นนัยสำคัญของการศึกษา

3.2 วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการศึกษา

3.2.1 วัสดุสำหรับการศึกษา

3.2.1.1 กากตะกอนของเสีย

3.2.1.2 เปลือกกล้วยน้ำว้า

3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการศึกษาภาคสนาม

3.2.2.1 เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบเกลียว

3.2.2.2 เครื่องหั่นย่อย

3.2.2.3 เครื่องชั่ง

3.2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับห้องปฏิบัติการ

3.2.3.1 เครื่อง Automatic Bomb Calorimeter

3.2.3.2 เครื่อง Hot Air Oven

3.2.3.3 เครื่องวัดอุณหภูมิความชื้น Hygrometer รุ่น HT-315

3.3 ขั้นตอนการศึกษา

3.3.1 ขั้นเตรียมการ

3.3.1.1 ศึกษาความเป็นไปได้และรวบรวมข้อมูลจากหนังสือ ตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.3.1.2 ตั้งกรอบแนวคิด ตามแผนภูมิที่ 1.1 และ 1.2 เพื่อนำทางสู่การศึกษาในขั้นต่อไปได้ชัดเจน

3.3.1.3 ตั้งกรอบการศึกษา ซึ่งอยู่ในขอบเขตของกรอบแนวคิดตามแผนภูมิที่ 3.1

3.3.1.4 กำหนดพื้นที่การศึกษา คือ บริษัท ฟรีสแลนด์คัมพิน่า เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด ตั้งอยู่เลขที่ 99/30 หมู่ 2 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

เหตุผลที่เลือกบริษัท ฟรีสแลนด์คัมพิน่า เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด เนื่องจากคณะผู้จัดทำได้ศึกษาข้อมูลพบว่า คนไทยบริโภคนมเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น โรงงานผลิตนมจึงต้องใช้น้ำนมดิบเป็นวัตถุดิบในการผลิตจำนวนมาก และในกระบวนการผลิตเกิดของเสียจำนวนมาก ซึ่งคณะผู้ศึกษาพบว่า ของเสียจำนวนมากสามารถนำไปใช้ประโยชน์หรือสร้างมูลค่าเพิ่มได้ น่าจะเป็นทางเลือกที่ดีจึงสนใจที่จะศึกษาวิจัย ด้วยการนำกากตะกอนของเสียจากโรงงานผลิตนมมาผสมกับเปลือกกล้วยน้ำว้า ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้มาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

3.3.2 ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.2.1 ข้อมูลเบื้องต้น

- โรงงานผลิตนม
- กระบวนการผลิตนม
- ระบบบำบัดน้ำเสีย
- การบำบัดและกำจัดสลัดจ์
- ระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัท ฟรีสแลนด์คัมพิน่า เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด
- คุณสมบัติของวัสดุ
- เชื้อเพลิง
- เชื้อเพลิงอัดแท่ง
- เครื่องอัดแท่ง
- เครื่องมือในการวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิง
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.3.2.2 ข้อมูลภาคสนาม

- ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

3.3.3 ขั้นการทดลอง

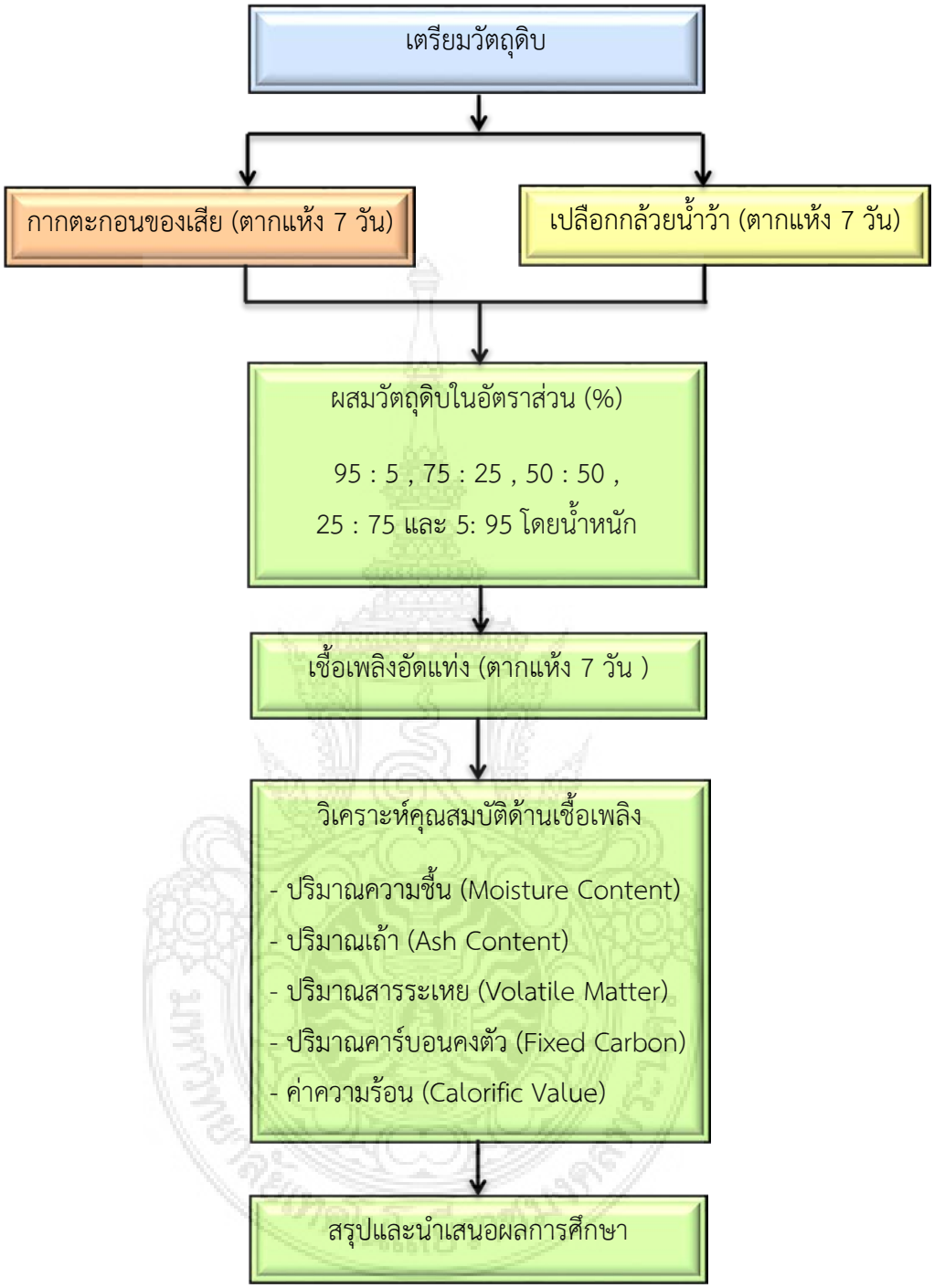
3.3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

- กากตะกอนของเสีย
- เปลือกกล้วยน้ำว้า

3.3.3.2 ตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง

- ปริมาณความชื้น (Moisture Content)
- ปริมาณเถ้า (Ash Content)
- ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter)
- ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon)
- ค่าความร้อน (Calorific Value)

3.3.3.3 บันทึกผลการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง



แผนภูมิที่ 3.1 กรอบการศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่ง

3.3.4 ขั้นวิเคราะห์ผล

วิเคราะห์ประสิทธิภาพเชื้อเพลิงอัดแท่งอัตราส่วน 95 : 5 , 75 : 25 , 50 : 50 , 25 : 75 และ 5 : 95 โดยน้ำหนัก ตามคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง

3.3.4.1 ปริมาณความชื้น (Moisture Content)

3.3.4.2 ปริมาณเถ้า (Ash Content)

3.3.4.3 ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter)

3.3.4.4 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon)

3.3.4.5 ค่าความร้อน (Calorific Value)

3.3.5 ขั้นอภิปรายผล

การเปรียบเทียบเชื้อเพลิงอัดแท่งอัตราส่วน 95 : 5 , 75 : 25, 50 : 50 , 25 : 75 และ 5: 95 โดยน้ำหนัก ตามคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง

3.3.5.1 ปริมาณความชื้น (Moisture Content)

3.3.5.2 ปริมาณเถ้า (Ash Content)

3.3.5.3 ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter)

3.3.5.4 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon)

3.3.5.5 ค่าความร้อน (Calorific Value)

3.3.6 สรุปและนำเสนอ

3.3.6.1 สรุปผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ในบทที่ 1

3.3.6.2 นำเสนอ

- เสนอแนะที่เป็นข้อจำกัดหรือส่วนที่จะทำให้การศึกษาครั้งนี้เป็นไปได้ในทางปฏิบัติมากขึ้น

- เสนอแนะแนวทางสำหรับการศึกษาครั้งต่อไป เพื่อพัฒนางานทางด้านการศึกษาวิจัยที่จะเกิดประโยชน์ในอนาคต

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชื้อเพลิงอัดแท่งที่อัตราส่วน 95 : 5 , 75: 25 , 50 : 50 , 25 : 75 และ 5 : 95 โดยน้ำหนัก ตามคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง ปริมาณความชื้น (Moisture Content) , ปริมาณเถ้า (Ash Content) , ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter) , ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) และค่าความร้อน (Calorific Value) ที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ สามารถสรุปผลการศึกษาเป็นหัวข้อใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

4.2 เชื้อเพลิงอัดแท่ง

4.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชื้อเพลิงอัดแท่ง

4.4 อภิปรายผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชื้อเพลิงอัดแท่ง

4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

4.4.1 กากตะกอนของเสีย

กากตะกอนของเสียของโรงงานผลิตนม บริษัท ฟรีสแลนด์คัมพิน่า เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด นำมาตากแห้ง เพื่อลดปริมาณความชื้น โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 7 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ

ภาพประกอบที่ 4.1 กากตะกอนของเสีย

ภาพประกอบที่ 4.2 กากตะกอนของเสียที่ตากแห้งแล้ว

4.4.2 เปลือกกล้วยน้ำว้า

เปลือกกล้วยน้ำว้า จากชุมชนตลาดจังหวัดนนทบุรี นำมาตากแห้ง เพื่อลดปริมาณความชื้น โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 7 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ และนำหั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องหั่นย่อย

ภาพประกอบที่ 4.3 เปลือกกล้วยน้ำว้า

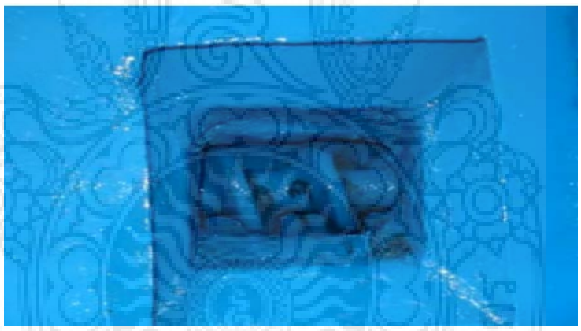
ภาพประกอบที่ 4.4 เปลือกกล้วยน้ำว้าที่แห้งแล้ว

4.2 เชื้อเพลิงอัดแท่ง

เครื่องอัดแท่งที่ใช้ในการศึกษา เป็นเครื่องอัดแบบเกลียว มีขั้นตอนดังนี้

นำกากตะกอนของเสียผสมกับเปลือกกล้วยน้ำว้าในอัตราส่วน 95 : 5 , 75 : 25, 50 : 50 , 25 : 75 และ 5 : 95 โดยน้ำหนัก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร ตามภาพประกอบที่ 4.5 – 4.10

ภาพประกอบที่ 4.5 เครื่องอัดแบบเกลียว



ภาพประกอบที่ 4.6 เกลียวเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง

ภาพประกอบที่ 4.7 กระบอกอัดแท่งเชื้อเพลิง

ภาพประกอบที่ 4.8 ตัวอย่างอัตราส่วนกากตะกอนของเสียผสมเปลือกกล้วยน้ำว้า

ภาพประกอบที่ 4.9 ตัวอย่างอัตราส่วนที่ผสมใส่เครื่องอัดแท่ง

ภาพประกอบที่ 4.10 ตัวอย่างแท่งเชื้อเพลิงที่ออกจากกระบอกอัด

4.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชื้อเพลิงอัดแท่ง

4.3.1 การตรวจลักษณะรูปร่างของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

จากการวิเคราะห์การอัดแท่งเชื้อเพลิงระหว่างกากตะกอนของเสียผสมเปลือกกล้วยน้ำว้า เพื่อทดสอบความสามารถในการเกาะตัวกันของแท่งเชื้อเพลิง ผลการศึกษาพบว่าที่อัตราส่วน 95 : 5 , 75 : 25 , 50 : 50 และ 25 : 75 สามารถอัดเป็นแท่งได้ และที่อัตราส่วน 5 : 95 ไม่สามารถอัดเป็นแท่งได้ ตามตารางที่ 4.1 และตามภาพประกอบที่ 4.11 – 4.15

ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจลักษณะและรูปร่างของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

อัตราส่วน กากตะกอนของเสีย(%) ต่อ เปลือกกล้วยน้ำว้า(%)	ลักษณะรูปร่างของเชื้อเพลิงอัดแท่ง
95 : 5	สามารถอัดแท่งได้ เริ่มติดขัด ผิวค่อนข้างขรุขระ
75 : 25	สามารถอัดแท่งได้ ไม่ติดขัด ผิวค่อนข้างขรุขระ
50 : 50	สามารถอัดแท่งได้ ไม่ติดขัด ผิวค่อนข้างขรุขระ
25 : 75	สามารถอัดแท่งได้ ไม่ติดขัด ผิวขรุขระ
5 : 95	ไม่สามารถอัดแท่ง

ภาพประกอบที่ 4.11 ผลการอัดแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วน 95(%) : 5(%)

ภาพประกอบที่ 4.12 ผลการอัดแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วน 75(%) : 25(%)

ภาพประกอบที่ 4.13 ผลการอัดแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วน 50(%) : 50(%)

ภาพประกอบที่ 4.14 ผลการอัดแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วน 25(%) : 75(%)

ภาพประกอบที่ 4.15 ผลการอัดแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วน 5(%) : 95(%)

4.3.2 คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง

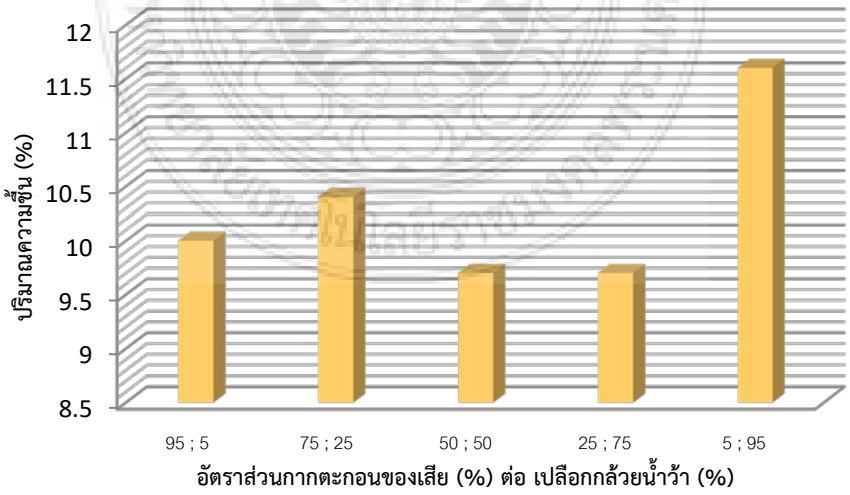
เชื้อเพลิงอัดแท่งมีคุณสมบัติพื้นฐานที่เหมาะสมในการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งในการศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์คุณสมับติดังนี้ คือ ปริมาณความชื้น (Moisture Content) , ปริมาณเถ้า (Ash Content) , ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter) , ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) และค่าความร้อน (Calorific Value)

4.3.2.1 ปริมาณความชื้น (Moisture Content)

ตารางที่ 4.2 ปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

อัตราส่วน กากตะกอนของเสีย(%) ต่อ เปลือกกล้วยน้ำว้า(%)	**ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)**
95 : 5	10.00
75 : 25	10.40
50 : 50	9.70
25 : 75	9.70
5 : 95	11.60

จากตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่ง พบว่าในอัตราส่วน 95 : 5 , 75 : 25 , 50 : 50 , 25 : 75 และ 5 : 95 มีปริมาณความชื้นที่ร้อยละ 10.0 , 10.4 , 9.7, 9.7 และ 11.6 ตามภาพประกอบที่ 4.16



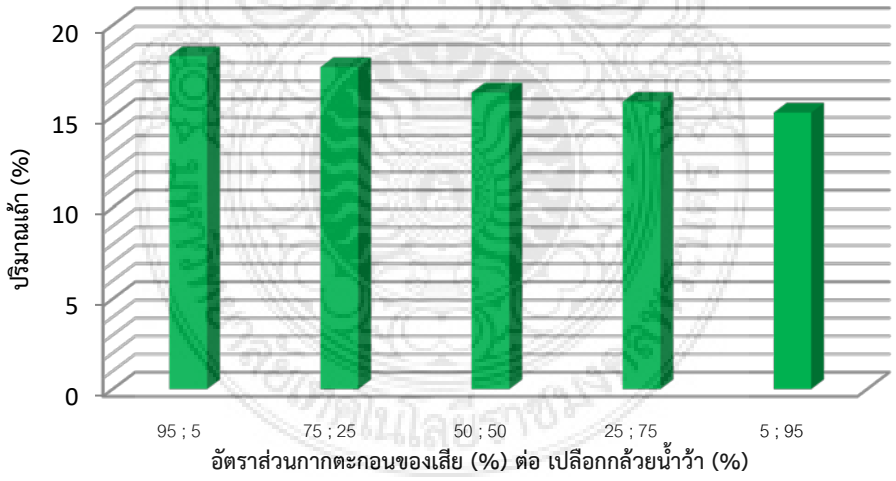
ภาพประกอบที่ 4.16 แสดงปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

4.3.2.2 ปริมาณเถ้า (Ash Content)

ตารางที่ 4.3 ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

อัตราส่วน กากตะกอนของเสีย(%) ต่อ เปลือกกล้วยน้ำว้า(%)	**ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)**
95 : 5	18.30
75 : 25	17.70
50 : 50	16.30
25 : 75	15.80
5 : 95	15.20

จากตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งพบว่าในอัตราส่วน 95 : 5 , 75 : 25 , 50 : 50 , 25 : 75 และ 5 : 95 มีปริมาณเถ้าที่ร้อยละ 18.3 , 17.7 , 16.3 , 15.8 และ 15.2 ตามภาพประกอบที่ 4.17



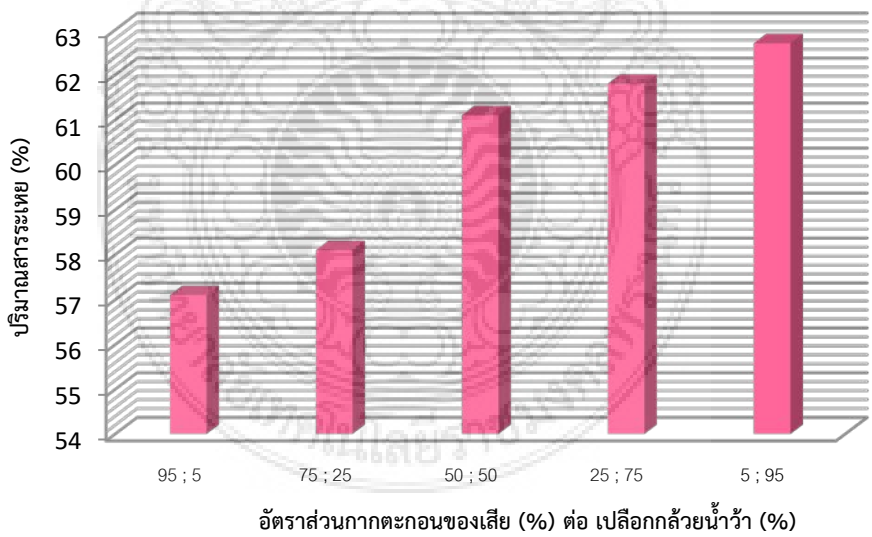
ภาพประกอบที่ 4.17 แสดงปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

4.3.2.3 ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

อัตราส่วน กากตะกอนของเสีย(%) ต่อ เปลือกกล้วยน้ำว้า(%)	ปริมาณสารระเหย (ร้อยละ)
95 : 5	57.10
75 : 25	58.10
50 : 50	61.10
25 : 75	61.80
5 : 95	62.70

จากตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่งพบว่าในอัตราส่วน 95 : 5 , 75 : 25 , 50 : 50 , 25 : 75 และ 5 : 95 มีปริมาณสารระเหยที่ร้อยละ 57.1 , 58.1 , 61.1 , 61.8 และ 62.7 ตามภาพประกอบที่ 4.18



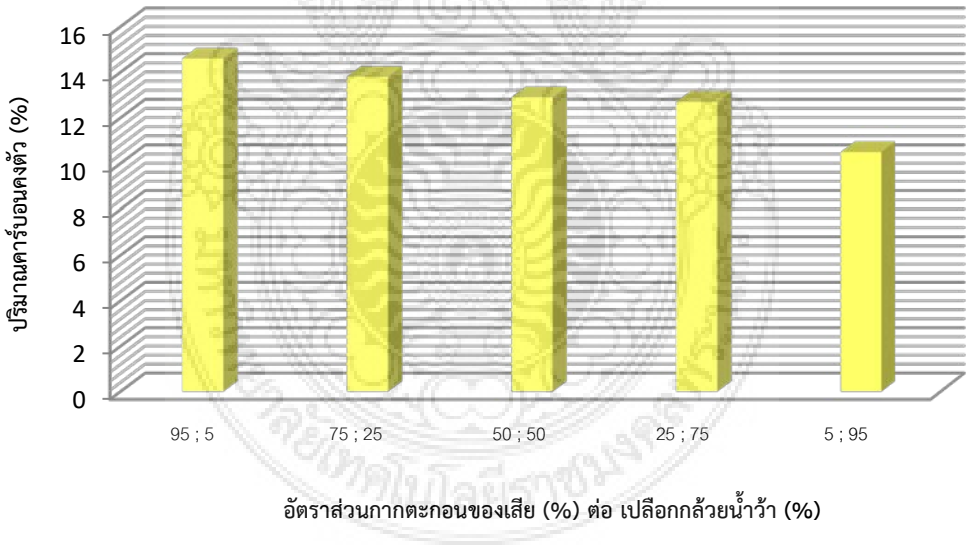
ภาพประกอบที่ 4.18 แสดงปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

4.3.2.4 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon)

ตารางที่ 4.5 ปริมาณคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

อัตราส่วน กากตะกอนของเสีย(%) ต่อ เปลือกกล้วยน้ำว้า(%)	ปริมาณคาร์บอนคงตัว (ร้อยละ)
95 : 5	14.60
75 : 25	13.80
50 : 50	12.90
25 : 75	12.70
5 : 95	10.50

จากตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่งพบว่าในอัตราส่วน 95 : 5 , 75 : 25 , 50 : 50 , 25 : 75 และ 5 : 95 มีปริมาณคาร์บอนคงตัวที่ร้อยละ 14.6, 13.8, 12.9, 12.7 และ 10.5 ตามภาพประกอบที่ 4.19



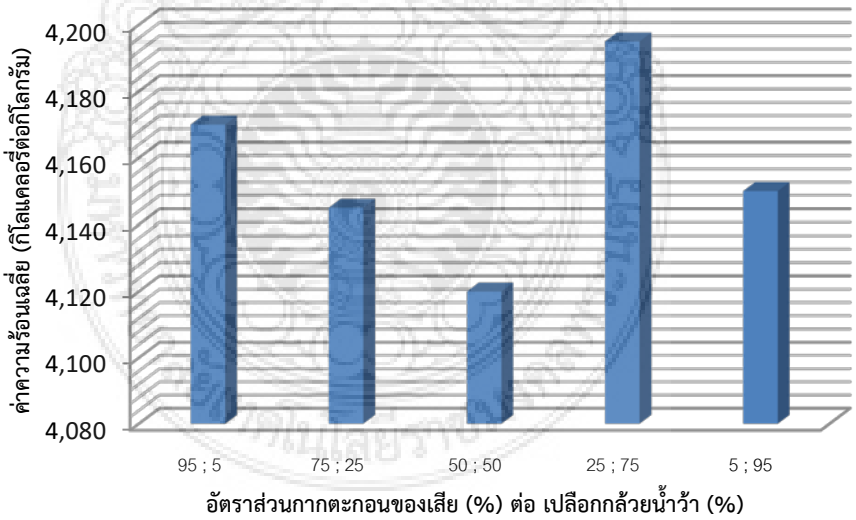
ภาพประกอบที่ 4.19 แสดงปริมาณคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

4.3.2.5 ค่าความร้อน (Calorific Value)

ตารางที่ 4.6 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

อัตราส่วน กากตะกอนของเสีย(%) ต่อ เปลือกกล้วยน้ำว้า(%)	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม)		
	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
95 : 5	3,950	4,390	4,170
75 : 25	3,920	4,370	4,145
50 : 50	3,910	4,330	4,120
25 : 75	3,980	4,410	4,195
5 : 95	3,890	4,410	4,150

จากตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งพบว่าในอัตราส่วน 95 : 5 , 75 : 25 , 50 : 50 , 25 : 75 และ 5 : 95 มีค่าความร้อนเฉลี่ยที่ 4,170, 4,145, 4,120, 4,195 และ 4,150 ตามภาพประกอบที่ 4.20



ภาพประกอบที่ 4.20 แสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

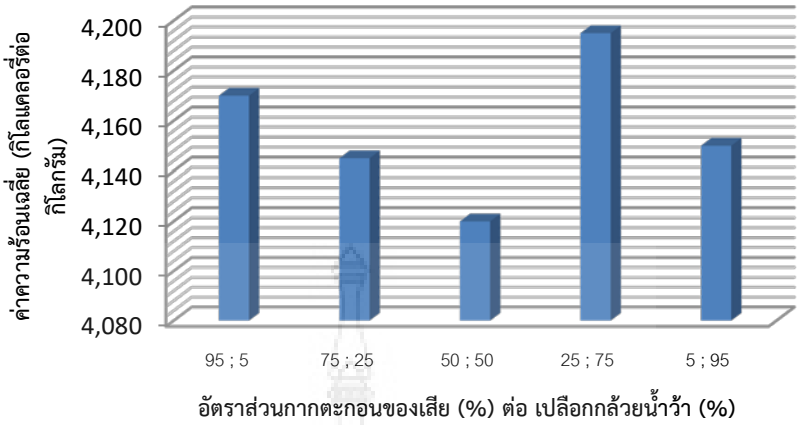
4.4 อภิปรายผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชื้อเพลิงอัดแท่ง

4.4.1 การนำกากตะกอนของเสียมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

การนำกากตะกอนของเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัท ฟรีสแลนด์คัมพิน่า เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด มาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยวิธีการอัดร้อนด้วยเครื่องอัดแท่งแบบเกลียว กับเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นตัวประสานคุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง มีลักษณะรูปร่าง ผิวขรุขระ สามารถอัดแท่งได้ ไม่ติดขัด ให้ค่าความร้อนสูงสุดที่ 4,195 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ในอัตราส่วน 25 : 75 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความร้อน 4,170 , 4,150 , 4,145 และ 4,120 ในอัตราส่วน 95 : 5 , 5 : 95 , 75 : 25 และ 50 : 50 ตามตารางที่ 4.7 และภาพประกอบที่ 4.21

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชื้อเพลิงอัดแท่ง

อัตราส่วน กากตะกอนของเสีย(%) ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า(%)	**ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ต่อความยาว (มิลลิเมตร)**	**ลักษณะรูปร่าง ของเชื้อเพลิงอัดแท่ง**	**ค่าความร้อนเฉลี่ย (กิโลแคลอรี่ต่อ กิโลกรัม)**
95 : 5	50/150	สามารถอัดแท่งได้ เริ่มติดขัด ผิวค่อนข้างขรุขระ	4,170
75 : 25	50/150	สามารถอัดแท่งได้ ไม่ติดขัด ผิวค่อนข้างขรุขระ	4,145
50 : 50	50/150	สามารถอัดแท่งได้ ไม่ติดขัด ผิวค่อนข้างขรุขระ	4,120
25 : 75	50/150	สามารถอัดแท่งได้ ไม่ติดขัด ผิวขรุขระ	4,195
5 : 95	50/150	ไม่สามารถอัดแท่ง	4,150



ภาพประกอบที่ 4.21 แสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

4.4.2 การนำเชื้อเพลิงอัดแท่งไปใช้ประโยชน์เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้

การนำเชื้อเพลิงอัดแท่งอัตราส่วน 25 : 75 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ต่อความยาว 150 มิลลิเมตร ให้ค่าความร้อนสูงสุดที่ 4,195 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ไปใช้ประโยชน์ทดแทนฟืน เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ตามภาพประกอบที่ 4.22 – 4.25

ภาพประกอบที่ 4.22 เตรียมเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อใช้ในการต้ม

ภาพประกอบที่ 4.23 เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ติดไฟแล้ว

ภาพประกอบที่ 4.24 ต้มน้ำโดยใช้เตาที่ติดไฟด้วยเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ภาพประกอบที่ 4.25 น้ำเดือดจากการใช้เชื้อเพลิงอัดแท่ง

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาการนำกากตะกอนของเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตนมมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง กรณีศึกษา : บริษัท ฟรีสแลนด์คัมพิน่า เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด กรุงเทพฯ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลงอัดแท่ง ระหว่างกากตะกอนของเสียผสมเปลือกกล้วยน้ำว้า และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ผู้ศึกษาสามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะบางประการไว้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผล

5.1.1 อัตราส่วนกากตะกอนของเสียร้อยละ 25 ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้าร้อยละ 75 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตรต่อความยาวขนาด 150 มิลลิเมตร ให้ค่าความร้อนเฉลี่ยสูงสุด 4,195 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม

5.1.2 เชื้อเพลิงอัดแท่งอัตราส่วนกากตะกอนของเสียร้อยละ 25 ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้าร้อยละ 75 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตรต่อความยาวขนาด 150 มิลลิเมตร นำไปใช้ประโยชน์ทดแทนฟืน เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับการศึกษาครั้งนี้คณะผู้ศึกษาขอเพิ่มเติมประเด็นและข้อเสนอแนะบางประการที่น่าสนใจ เพื่อเป็นประโยชน์ในโอกาสต่อไปโดยเป็น 2 ส่วนดังนี้

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งนี้

1. จากการศึกษาพบว่า ในการเตรียมวัตถุดิบกากตะกอนของเสียจะเป็นที่วางไข่ของแมลงวันทำให้เกิดเป็นตัวหนอน และมีกลิ่นเหม็นต่อสภาพแวดล้อม

2. จากการศึกษาพบว่า เมื่อนำเชื้อเพลิงอัดแท่งไปใช้แทนฟืนในขณะเผาไหม้มีกลิ่นเหม็นต่อสภาพแวดล้อม

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

ควรศึกษาเพิ่มเติมถึงการดับกลิ่นเหม็นต่อสภาพแวดล้อมของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ. 2556. **ระบบบำบัดน้ำเสีย.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.pcd.go.th, 4 มกราคม 2556.

กรมโรงงาน. 2551. **อุตสาหกรรมนม.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.industry.go.th, 23 ธันวาคม 2555.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2552. **ตำราระบบบำบัดน้ำเสียมลพิษน้ำ.**

ชมธิดา ชื่นนิยม. 2553. **การศึกษาการเพิ่มมูลค่าของเศษซังข้าวโพดโดยการทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง.** วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ชาญยุทธ เทพพานิช. 2552. **การผลิตและทดสอบคุณสมบัติของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากมันสำปะหลัง และกากตะกอนน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ.** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีการจัดการสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

เชิดพงษ์ สร้อยนาค. 2556. สัมภาษณ์, 17 มกราคม.

นิธิพงศ์ อนุรักษ์พงศธร. 2546. **การผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากกากตะกอนน้ำเสียชุมชน.** ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. คณะพลังงานและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นิศากร ดอนกระสินธุ์. 2545. **การนำกากไขมันจากบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหารมาผสมกับขี้เลื่อยเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแท่ง.** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยมหิดล.

นิสา พักตร์วิไล. 2546. **การศึกษาศักยภาพกากตะกอนน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทอินทรียสารเพื่อการผลิตเชื้อเพลิงแท่ง.** หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. คณะพลังงานและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

บริษัท เจ เจ ซายแลบ จำกัด. 2556. **เครื่อง Hot Air Oven.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.jjsciencelab.com, 5 มกราคม 2556.

บริษัทโฟร์โมสต์. 2555. **บริษัท ฟรีสแลนด์คัมพิน่า เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.foremostforlife.com, 28 ธันวาคม 2555.

บริษัท legaeng.com. 2556. **เครื่องวัดอุณหภูมิความชื้น Hygrometer รุ่น HT-315**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.legaeng.com, 5 มกราคม 2556.

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2548. “กล้วย.” **สารานุกรมไทยฉบับเยาวชน.** 30. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.kasetporpeang.com, 2 มกราคม 2556.

พุทธิธร แสงรุ่งเรือง และคณะ. 2549. **การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้พื้นที่จังหวัดนนทบุรี.** มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

ไพบูลย์ ลีหล้าน้อย. 2556. สัมภาษณ์, 17 มกราคม.

รัชนี เพ็ชร์ช้าง. 2552. **การพัฒนาถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.

วนิตา จาดดำ. 2548. **การศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากกากชาเขียวที่ผลิตโดยเครื่องอัดแบบเกลียว.** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สำรวม โกศลานนท์. 2553. **การศึกษาอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงจากกากไขมัน และกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร.** วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์. มปป. **เทคโนโลยีน้ำเสีย.** ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. คณะวิศวกรรมศาสตร์.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุพจน์ เดชผล. 2546. **การศึกษาศักยภาพและประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนน้ำเสียโรงงานน้ำตาลผสมกับชานอ้อย.** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. คณะพลังงานและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ห้างหุ้นส่วนจำกัด คิว. ซี. ไลน์. 2556. **เครื่อง Automatic Bomb Calorimeter รุ่น C-200.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://qc-line.com, 5 มกราคม 2556.

อรรถกร ฤกษ์วิรี. 2549. **เชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอยชุมชนอัดแท่ง.** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหวิชา). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อาภาวดี เบ็ญจมธารกุล. 2546. **การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนน้ำเสียอุตสาหกรรมเพื่อเป็นพลังงานทดแทน.** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. คณะพลังงานและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Nopadon Sundarabhaya. P. E. **Industrial Wastewater Pretreatment**. Vermont Environmental Protection Agency. U.S.A. แปลโดย วลัยรัตน์ จันทรวงศ์.

ภาคผนวก ก

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง

TISTR

Request No. 38/56

ETD.SF. 292-296-02/56

REPORT ON TESTING AND ANALYSIS

For

KITTIMA MAHAPARM

Testing / analysis of Compressed char

Method of testing / analysis ASTM D 1762 and D 5865

Condition of testing / analysis : Temperature - °C Relative humidity - %

Result of testing / analysis :

Samples	As received basis Properties				
	Moisture (%)	Volatile matter (%)	Fixed carbon (%)	Ash (%)	Heating value (kcal/kg)
Sludge : Banana peel 95 : 5 (%)	10.0	57.1	14.6	18.3	3,950
Sludge : Banana peel 75 : 25 (%)	10.4	58.1	13.8	17.7	3,920
Sludge : Banana peel 50 : 50 (%)	9.7	61.1	12.9	16.3	3,910
Sludge : Banana peel 25 : 75 (%)	9.7	61.8	12.7	15.8	3,980
Sludge : Banana peel 5 : 95 (%)	11.6	62.7	10.5	15.2	3,890

The above results are valid exclusively for tested / analysed samples as mentioned in this report

Publicity of results on testing / analysis is prohibited unless written permission is obtained from the governor of TISTR

Thailand Institute of Scientific and Technological Research
35 Moo 3, Technopolis Tambon Khlong 5 Amphoe Khlong Luang Pathum Thani 12120 Thailand
Tel. (66) 0 2577 9000 Fax 0 2577 9009
E-mail : tistr@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th

TISTR

Request No. 38/56 ETD.SF. 292-296-02/56

Samples	Moisture free basis Properties				
	Moisture (%)	Volatile matter (%)	Fixed carbon (%)	Ash (%)	Heating value (kcal/kg)
Sludge : Banana peel 95 : 5 (%)	-	63.4	16.3	20.3	4,390
Sludge : Banana peel 75 : 25 (%)	-	64.9	15.4	19.7	4,370
Sludge : Banana peel 50 : 50 (%)	-	67.8	14.2	18.0	4,330
Sludge : Banana peel 25 : 75 (%)	-	68.4	14.1	17.5	4,410
Sludge : Banana peel 5 : 95 (%)	-	70.9	11.9	17.2	4,410

Tested / analysed by

1. Boonnisa
2. Taweepong

Approved by

(Mrs. Romani Wangdeetham)
Director
Energy Technology Department

Examined by

(Dr. Wirachai Soontornrangson)

Date March 5, 2013

The above results are valid exclusively for tested / analysed samples as mentioned in this report

Publicity of results on testing / analysis is prohibited unless written permission is obtained from the governor of TISTR

Thailand Institute of Scientific and Technological Research
35 Moo 3, Technopolis Tambon Khlong 5 Amphoe Khlong Luang Pathum Thani 12120 Thailand
Tel. (66) 0 2577 9000 Fax 0 2577 9009
E-mail : tistr@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวกิตติมา มหาพราหมณ์

วัน เดือน ปีเกิด 14 เมษายน 2534

ภูมิลำเนา อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา มัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนรัตนาธิเบศร์ จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2550

ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2555

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานในปัจจุบัน -

ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ -

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวสิริมา มงคล

วัน เดือน ปีเกิด 31 มีนาคม 2533

ภูมิลำเนา อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา มัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนรัตนาธิเบศร์ จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2550

ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2555

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานในปัจจุบัน -

ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ -

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล นายเบญจพล กรีคงคา

วัน เดือน ปีเกิด 8 มกราคม 2534

ภูมิลำเนา อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา มัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนบางระจันวิทยา จังหวัดสิงห์บุรี พ.ศ. 2550

ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2555

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานในปัจจุบัน -

ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ -

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร