

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์
ประจำปีงบประมาณ 2553

-
1. **ชื่อโครงการ** การบำบัดน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดและผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบไร้อากาศตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ของ
โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังด้วยระบบบึงประดิษฐ์
Secondary Treatment of Cassava Starch Effluent from Anaerobic Fixed Film
Using Constructed Wetland
2. **หน่วยงานที่รับผิดชอบงานวิจัย** สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
วิทยาเขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
3. **ผู้วิจัย**
- 3.1 หัวหน้าโครงการ นางสาว นันทิยา เปปะตัง
ตำแหน่ง นักวิจัย
สถานที่ทำงาน สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ถนนชายทะเลบางขุนเทียน ท่าข้าม บางขุนเทียน
กรุงเทพฯ 10150
โทรศัพท์ 02-4707519
โทรสาร 02-4523455
- 3.2 ผู้ร่วมวิจัย ดร. วรินทร์ สงคศิริ
ศูนย์ความเป็นเลิศเฉพาะทางด้านการจัดการและใช้ประโยชน์จากของเสีย
อุตสาหกรรมเกษตร
ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
ถนนชายทะเลบางขุนเทียน ท่าข้าม บางขุนเทียน
กรุงเทพฯ 10150
โทรศัพท์ 02-4707469
โทรสาร 02-4523455

3.3 ผู้ร่วมวิจัย

โทรศัพท์

โทรสาร

รศ. ดร. ภาวิณี ชัยประเสริฐ

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ถนนชายทะเลบางขุนเทียน ท่าข้าม บางขุนเทียน

กรุงเทพฯ 10150

02-4707525

02-4523455

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2551 ตั้งแต่เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือน กันยายน พ.ศ. 2553

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแนวทางการนำน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดบ่อต่างๆของโรงงานผลิตแบริ่งมันสำปะหลังวนกลับมาใช้ใหม่ในโรงงาน เนื่องจากอุตสาหกรรมผลิตแบริ่งมันสำปะหลังเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำในการสกัดแบริ่งออกจากหัวมันสำปะหลังในปริมาณสูง ส่งผลให้เกิดปริมาณน้ำเสียสูงตามไปด้วยประมาณ 15-20 ลบ.ม.ต่อตันแบริ่ง โดยระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา เป็นระบบปิดแบบตึงฟิล์มจุลินทรีย์ชนิดไร้อากาศร่วมกับบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดจำนวน 9 บ่อ สามารถบำบัดของแข็งทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายได้ บีโอดี ซีโอดี ทีเคเอ็น และฟอสเฟต ได้ร้อยละ 90, 97, 82, 99, 99, 79 และ 46 ตามลำดับ น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากบ่อบำบัดบ่อสุดท้ายไม่สามารถนำมาใช้ใหม่ในโรงงานได้โดยตรง เนื่องจากมีสมบัติต่างๆไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่ใช้ในส่วนต่างๆของโรงงาน ระบบบึงประดิษฐ์จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งให้ได้ตามมาตรฐาน ซึ่งได้นำมาใช้ในการศึกษารังนี้

ในการวิจัยได้ศึกษาเพื่อหาลำดับบ่อเปิดบ่อต้นๆ ที่สามารถบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบึงประดิษฐ์ให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานของคุณภาพน้ำผิวดิน และหาระยะเวลาการกักเก็บน้ำเสียที่เหมาะสม ระบบบึงประดิษฐ์ระดับห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นระบบแบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอนที่มีชั้นตัวกลางดินปนทราย และพืชที่ใช้คือธูปฤาษี (*Typha Angustifolia*) ในการศึกษาช่วงแรก ประกอบด้วย 4 ชุดการทดลอง โดยชุดการทดลองที่ 1-3 ใช้น้ำในบ่อเปิดลำดับที่ 2 – 4 เป็นน้ำเข้าระบบ และมี 1 ชุดควบคุมใช้น้ำประปา แต่ละชุดการทดลองมีอัตราการไหลของน้ำทิ้งเข้าระบบ 2.63 ลิ./วัน และระยะเวลาการกักเก็บน้ำ 8 วัน ผลการศึกษาพบว่าระบบบึงประดิษฐ์สามารถบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเปิดทั้ง 3 บ่อได้ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน นอกจากนี้จากการศึกษายังพบว่าพืชมีประสิทธิภาพในการนำไนโตรเจนและฟอสเฟตจากน้ำทิ้งมาใช้ในการเจริญเติบโตได้ดี โดยมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสะสมอยู่ในพืชร้อยละ 20 และ 42 ในขณะที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสะสมอยู่ในตัวกลางร้อยละ 0.62 และ 38 ตามลำดับ ผลการศึกษารูปได้ว่าโรงงานสามารถนำน้ำทิ้งในบ่อเปิดบ่อที่ 2 ที่ผ่านการบำบัดโดยระบบบึงประดิษฐ์นำกลับไปใช้ใหม่ได้ในโรงงาน ซึ่งจะเป็นการช่วยลดจำนวนบ่อบำบัดลง ทำให้โรงงานมีพื้นที่ใช้สอยเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถช่วยแก้ปัญหาในช่วงขาดแคลนน้ำ ลดการใช้น้ำดิบจากธรรมชาติ และช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

คำสำคัญ : ธูปฤาษี/ ระบบบึงประดิษฐ์/ โรงงานผลิตแบริ่งมันสำปะหลัง/ คุณภาพน้ำ

Abstract

This research is concerned on the secondary treatment of treated wastewater from anaerobic fixed film (AFF) reactor for recycling water within tapioca starch processing. In tapioca starch manufacturers, high volume of water is consumed for extracting starch from tapioca roots which resulted in wastewater generation at 15-20 m³/ton starch. The wastewater treatment systems in this factory are in series of closed type-AFF reactor followed by nine open ponds. Its overall efficiencies to treat the wastewater were removed 90% TS, 97% SS, 82% TDS, 99% BOD, 99% COD, 79% TKN and 46% phosphate. The treated wastewater from the last open pond could not be directly used in the factory; due to the water quality was higher than the standard quality of surface water which used as water supply in the factory. The wetland system is one of the interested technologies used in this study for treating wastewater to standard of surface water quality.

The laboratory scale of horizontal subsurface flow constructed wetland, one of the promising technologies and successful in improving wastewater, with a soil-sand bed and cultivated Cattail plants (*Typha Angustifolia*) were used in this study. This research was carried out to determine the appropriate initially serie of open pond for obtaining qualified effluent from treatment of the constructed wetland and to define hydraulic retention time of system. In the first phase of experiment, four sets of laboratory scale-constructed wetlands with treated wastewater from open ponds in serial number of 2-4 and 1 control experiment (used tap water) were fed into horizontal subsurface flow constructed wetland at flow rate 2.63 liter/day and 8 days of hydraulic retention time. The experiment results showed that the discharge effluent characteristics from three sets of experiments passed the standard quality of surface water. It was noted that this qualified treated water could be recycled for water supply in starch production processes. Furthermore, high growth rate of cattails were found due to high amount of nitrogen and phosphorus in wastewater were constrained. The assimilation of nitrogen and phosphorus in plant tissue was 20 % and 42 % while nitrogen and phosphorus in soil was 0.62 % and 38 %, respectively. These results concluded that the factory can reduce the number of open ponds for wastewater treatment as well as increased the available area in the factory by applying the wetland system. Furthermore, it would be one solution to solve the problem of water crisis, reduced natural water usage and mitigated water environment.

Keywords : Cattails/ Constructed Wetland/ Tapioca Starch Factory/ Water Quality

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	3
บทคัดย่อ	4
Abstract	5
สารบัญเรื่อง	6
สารบัญตาราง	7
สารบัญรูป	8
1. บทนำ	9
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	9
1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	10
1.3 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	10
1.4 ทฤษฎี สมมุติฐานหรือกรอบแนวคิดของงานวิจัย	10
1.5 วัตถุประสงค์ของโครงการ	15
1.6 ขอบเขตของการวิจัย	15
1.7 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	15
2. วิธีดำเนินงานวิจัย	16
2.1 พื้นที่ศึกษา	16
2.2 การศึกษาสมบัติน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแยมมันสำปะหลัง	16
2.3 การปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแยมมันสำปะหลังด้วยระบบบึงประดิษฐ์	17
2.4 การประเมินความเหมาะสมในการนำน้ำทิ้งไปใช้ประโยชน์ในโรงงาน	17
3. ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์	18
3.1 ข้อมูลพื้นฐานของโรงงานผลิตแยมมันสำปะหลัง	18
3.2 คุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านบำบัดต่างๆของโรงงานผลิตแยมมันสำปะหลัง	18
3.3 ประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานผลิต แยมมันสำปะหลัง	28
3.4 การประเมินความเหมาะสมในการนำน้ำทิ้งไปใช้ประโยชน์ในโรงงาน	41
4. สรุป	42
5. เอกสารอ้างอิง	43

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าเฉลี่ยของลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ออกจากโรงงานผลิตแอมโมเนีย	10
2	หน้าที่ของพืชไผ่ปลูกในบ่อบำบัดน้ำเสีย	14
3	สมบัติของน้ำเสียในบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตแอมโมเนีย	19
4	ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียรวมในแต่ละบ่อบำบัด ของโรงงานผลิต แอมโมเนีย	27
5	ค่าพารามิเตอร์ของน้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสียในชุดการทดลองต่างๆ	28
6	ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ของชุดการทดลองต่างๆ	37
7	ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ในน้ำออกของการทดลองเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำ ในแหล่งน้ำผิวดิน	42

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1 อุณหภูมิของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน	19
2 ค่าออกซิเจนละลายของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน	20
3 ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน	21
4 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน	21
5 ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่างกัน	22
6 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน	22
7 ปริมาณของแข็งละลายได้ของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน	22
8 ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน	23
9 ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน	23
10 ค่าทีเคเอ็นของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน	24
11 ค่าแอมโมเนียของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน	24
12 ปริมาณอินทรีย์ในไตรเจนของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน	24
13 ค่าไนโตรทของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน	25
14 ค่าไนเตรทของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน	25
15 ค่าฟอสเฟตของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน	26
16 ค่าความเป็นกรดด่างและออกซิเจนละลายของน้ำขาออกจากระบบใน ชุดการทดลองที่ 1 (ก), 2 (ข) และ 3 (ค)	29
17 ปริมาณของแข็งแขวนลอย ค่าบีโอดี และค่าซีโอดีของน้ำขาออกจากระบบใน ชุดการทดลองที่ 1 (ก), 2 (ข) และ 3 (ค)	32
18 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยของชุดการทดลองต่างๆ	33
19 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีของชุดการทดลองต่างๆ	33
20 ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีของชุดการทดลองต่างๆ	33
21 ค่าทีเคเอ็น แอมโมเนียและฟอสเฟตของน้ำขาออกจากระบบในชุดการทดลอง ที่ 1 (ก), 2 (ข) และ 3 (ค)	34
22 ค่าไนโตรทของน้ำขาเข้าและขาออกจากระบบในชุดการทดลองต่างๆ	34
23 ค่าไนเตรทของน้ำขาเข้าและขาออกจากระบบในชุดการทดลองต่างๆ	35
24 ประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็นของชุดการทดลองต่างๆ	35
25 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียของชุดการทดลองต่างๆ	36
26 ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสเฟตของชุดการทดลองต่างๆ	36
27 ความสูงเฉลี่ยของต้นธูปฤาษีในชุดการทดลองต่างๆ	38
28 น้ำหนักแห้งของต้นธูปฤาษีในชุดการทดลองต่างๆ	38
29 ปริมาณไนโตรเจนสะสมในต้นธูปฤาษีของชุดการทดลองต่างๆ	39
30 ปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในต้นธูปฤาษีของชุดการทดลองต่างๆ	40
31 ปริมาณไนโตรเจนสะสมในดินของชุดการทดลองต่างๆ	40
32 ปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในดินของชุดการทดลองต่างๆ	41

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัจจุบันอุตสาหกรรมต่าง ๆ มีการขยายตัวเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการแข่งขันทางเศรษฐกิจที่สูง เมื่ออุตสาหกรรมมีการขยายตัวโดยเฉพาะอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ซึ่งมีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตค่อนข้างสูง ดังนั้นความต้องการการใช้น้ำของประเทศก็จะมีปริมาณสูงขึ้นตามไปด้วย สำหรับประเทศไทยนั้นอุตสาหกรรมการผลิตแ่งมันสำปะหลังเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญเพราะว่าประเทศไทยมีสภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตแ่งมันสำปะหลัง โรงงานผลิตแ่งมันสำปะหลังเป็นโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้หัวมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบที่มาจากภาคเกษตรกรรม ซึ่งในกระบวนการผลิตจำเป็นต้องใช้น้ำเป็นจำนวนมากเพื่อการสกัดแ่งออกจากหัวมันสำปะหลัง การใช้น้ำมีตั้งแต่ขั้นตอนการล้างหัวมัน การสกัดแ่ง และการแยกแ่งในกระบวนการผลิตรวมถึงน้ำที่ใช้ในการล้างเครื่องมือและพื้นที่บริเวณโรงงาน น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตยิ่งมากย่อมส่งผลให้เกิดปริมาณน้ำเสียที่เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย เพราะฉะนั้นน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตเกือบทั้งหมดของโรงงานผลิตแ่งมันสำปะหลังจะกลายเป็นน้ำเสีย โดยในการผลิตแ่ง 1 ตัน จะเกิดน้ำเสีย 15-20 ลูกบาศก์เมตร (วันทนา, 2543) น้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตแ่งมันสำปะหลังส่วนใหญ่จะมีปริมาณสารอินทรีย์สูง ทำให้ความเข้มข้นของบีโอดีและซีโอดีมีค่าสูง โดยทั่วไประบบบำบัดน้ำเสียที่โรงงานนิยมใช้คือระบบ Open lagoon เนื่องจากระบบไม่ยุ่งยากและง่ายต่อการดูแลรักษา แต่ใช้พื้นที่ในการบำบัดค่อนข้างสูงและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ทางด้านมลภาวะเรื่องกลิ่น ปัญหาก๊าซเรือนกระจกที่มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นสู่บรรยากาศ การปนเปื้อนมลพิษสู่แหล่งน้ำและพื้นที่เกษตรกรรม เพื่อลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมและการคำนึงถึงการใช้ประโยชน์จากน้ำเสีย ในปัจจุบันโรงงานผลิตแ่งมันสำปะหลังส่วนใหญ่ได้หันมาใช้ระบบบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพแบบประสิทธิภาพสูง เช่น ระบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ (Anaerobic fixed film; AFF) เป็นต้น มาบำบัดน้ำเสียที่ออกจากกระบวนการผลิตก่อนและตามด้วยระบบบำบัดขั้นหลังเพื่อให้มีคุณภาพได้ตามมาตรฐานก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก

ปัญหาการขาดแคลนนํ้านั้นนับว่ายิ่งทวีความรุนแรง และก่อให้เกิดการแย่งการใช้น้ำจากภาคส่วนต่างๆ ทั้งน้ำสะอาดเพื่ออุปโภคบริโภค เกษตรกรรม อุตสาหกรรม และการท่องเที่ยว แม้ว่าประเทศไทยจะได้ชื่อว่าเป็นประเทศที่มีแหล่งน้ำอุดมสมบูรณ์และคุณภาพดีก็ตาม แต่ปริมาณน้ำที่มีอยู่ก็มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน ทั้งนี้ ปริมาณน้ำจำนวนมากต้องสูญเสียไปกับการใช้ประโยชน์ เนื่องจากการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ น้ำเสีย สารเคมี และกากของเสียอันตรายต่าง ๆ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าในอนาคตประเทศไทยจะต้องประสบปัญหาวิกฤตการณ์ด้านทรัพยากรน้ำทั้งด้านปริมาณและคุณภาพน้ำที่ลดลงอย่างแน่นอน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือการขาดแคลนนํ้านั่นเอง ดังนั้น ภายใต้สถานการณ์และแนวโน้มในปัจจุบันพบว่า ความต้องการใช้น้ำในภาพรวมทั้งประเทศ มีความต้องการใช้น้ำถึง 93,900 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และแนวโน้มในอีก 3 ปีข้างหน้ามีความต้องการใช้น้ำประมาณ 98,800 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี (ประยูร, 2544) น้ำเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าดั่งเสมือนน้ำคือชีวิต ก่อให้เกิดสิ่งต่าง ๆ มากมาย ดังนั้นในการจัดการน้ำเสียของโรงงานผลิตแ่งมันสำปะหลังเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่จึงมีความสำคัญยิ่ง เนื่องจากน้ำเสียจากโรงงานผลิตแ่งมันสำปะหลังถือว่าการก่อให้เกิดมลพิษสูงอยู่ติดหนึ่งในห้าอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่ก่อให้เกิดมลพิษถ้าไม่ได้รับการจัดการที่ถูกต้อง ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงได้ศึกษาเพื่อหาแนวทางในการจัดการนํ้าเสียของโรงงานผลิตแ่งมันสำปะหลังที่ผ่านการบำบัดมาใช้ประโยชน์ภายในโรงงานเพื่อเข้าหลักการ “A Near Zero Discharge” ในงานวิจัยจะทำการศึกษาดูคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดระบบ AFF และผ่านระบบบำบัดแบบบ่อเปิด (Open Lagoon) ที่ช่วงระยะเวลาต่างๆ รวมถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดที่โรงงานใช้ เพื่อเป็นข้อมูลและใช้เป็นแนวทางในการหาวิธีการจัดการ จากนั้นได้ทำการศึกษากำบัดขั้นหลังด้วยระบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland) เพื่อติดตามการทำงานและประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียและสารอาหาร เพื่อให้ได้น้ำทิ้งที่ผ่านคุณภาพน้ำผิวดินในการนำน้ำที่ได้กลับมาใช้ประโยชน์ภายในโรงงาน (Recycle) ซึ่งเป็นการลดปริมาณการใช้น้ำดิบจากธรรมชาติและช่วยรักษาสีสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ยังช่วยลดพื้นที่ในการบำบัดน้ำเสียของโรงงาน สามารถเพิ่มพื้นที่ใช้สอยภายในโรงงานได้อีกด้วย

1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.2.1 ได้ทราบถึงสมบัติของน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากโรงงานผลิตแอมโมเนียและประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำของโรงงานผลิตแอมโมเนีย

1.2.2 ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์ ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียที่เหมาะสมของระบบบึงประดิษฐ์ และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาและประยุกต์ใช้ระบบบึงประดิษฐ์ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอื่นๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2.3 สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาตัดสินใจว่าน้ำทิ้งในบ่อบำบัดน้ำเสียบ่อต่างๆของโรงงานผลิตแอมโมเนียมีความเหมาะสมในการนำกลับมาใช้ใหม่ในโรงงานหรือไม่อย่างไร

1.3 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

โรงงานอุตสาหกรรมผลิตแอมโมเนียและโรงงานอุตสาหกรรมอาหารและแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร

1.4 ทฤษฎี สมมุติฐานหรือกรอบความคิดของงานวิจัย

กรอบแนวคิด: ใช้หลักการการบำบัดและใช้ประโยชน์จากน้ำเสียโดยวิธีทางชีวภาพ เป็นการบำบัดเลียนแบบวิถีธรรมชาติด้วยระบบบึงประดิษฐ์ เพื่อเป็นการจัดการน้ำแบบยั่งยืนและวนน้ำมาใช้ประโยชน์ในโรงงาน

ทฤษฎี

1.4.1 น้ำเสียจากกระบวนการผลิต

1.4.1.1 ลักษณะสมบัติน้ำเสียจากระบบการผลิตแอมโมเนีย

อุตสาหกรรมผลิตแอมโมเนียเป็นอุตสาหกรรมที่มีน้ำในกระบวนการผลิตเป็นปริมาณมาก และน้ำที่ใช้เกือบทั้งหมดจะกลายเป็นน้ำเสีย โดยส่วนหนึ่งจะสูญหายไปในการกระบวนการผลิต และอบแห้ง ส่วนลักษณะสมบัติของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบมีค่าความสกปรกในรูปบีโอดีและซีโอดีค่อนข้างสูง ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบในน้ำทิ้งดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ ซึ่งลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ออกจากโรงงานผลิตแอมโมเนียแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ออกจากโรงงานผลิตแอมโมเนีย (โสภิตา, 2541)

Parameter	โรงงานขนาดเล็ก	โรงงานขนาดกลาง	โรงงานขนาดใหญ่
pH	4.75	4.69	6.33
COD (mg/l)	13,000	15,000	19,300
BOD (mg/l)	6,465	10,555	12,650
TKN (mg/l)	228	248	512
TS (mg/l)	13,030	12,550	19,840
SS (mg/l)	7,450	5,790	6,990

1.4.2 การบำบัดน้ำเสีย

1.4.2.1 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย (สมลักษณ์, 2544)

กระบวนการบำบัดน้ำเสีย โดยทั่วไปการบำบัดน้ำเสียแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คือ การบำบัดขั้นเตรียมการ (preliminary treatment) ได้แก่ การแยกเอาสิ่งสกปรกขนาดใหญ่ออกโดยการกรอง (screening) และแยกตะกอนดินทรายที่มีน้ำหนักออกโดยใช้การแยกตะกอนกรวดและทรายด้วยถัง (grit

chamber) จุดมุ่งหมายการบำบัดเพื่อมิให้สิ่งสกปรกขึ้นใหญ่ ๆ ไปอุดตันเครื่องสูบน้ำหรือท่อทางระบายน้ำรวมถึงการปรับสภาพน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น การปรับเสถียรและการปรับให้เป็นกลางและการกำจัดไขมันและน้ำมัน (grease removal)

ขั้นตอนที่ 2 คือ การบำบัดขั้นต้น (primary treatment) ได้แก่ การนำน้ำเสียมาตกตะกอนเบา ซึ่งตะกอนที่แยกออกจากกัน เรียกว่า primary sludge

ขั้นตอนที่ 3 คือ การบำบัดขั้นที่สอง (secondary treatment) ได้แก่ การกำจัดสารอินทรีย์ ซึ่งอยู่ในรูปของสารละลายหรืออนุภาคคอลลอยด์ การบำบัดโดยการใช้กระบวนการทางชีววิทยา ซึ่งใช้แบคทีเรียเป็นตัวทำลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะมีตะกอนแบคทีเรียจะต้องกำจัดขั้นที่สอง (secondary sludge) รวมกับตะกอนที่เกิดจากการบำบัดขั้นต้น

ขั้นตอนที่ 4 คือ การบำบัดขั้นสูง (advanced treatment) ใช้ในกรณีที่ต้องการให้น้ำเสียมีคุณสมบัติที่สะอาดจนสามารถใช้ในการอุปโภคบริโภคได้ กระบวนการบำบัดที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นกระบวนการทางเคมีร่วมกับฟิสิกส์ – เคมี น้ำเสียจากการบำบัดขั้นที่สองจะถูกนำมาตกตะกอนแยกสารประกอบฟอสเฟตออกด้วยปูนขาว จากนั้นจึงนำมากำจัดสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ด้วยกระบวนการดูดซึม และกระบวนการ ion exchange หลังจากฆ่าเชื้อโรคแล้วจะได้น้ำเสียที่สะอาด

1.4.3 ระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงานผลิตแปงมันสำปะหลัง

1.4.3.1 ระบบบำบัดแบบบ่อเปิด (open pond) (วันทนา, 2543)

โรงงานผลิตแปงมันสำปะหลังเป็นอุตสาหกรรมเกษตร น้ำเสียจากโรงงานจึงมีอินทรีย์สารมาก ประกอบกับโรงงานตั้งอยู่ในชนบท ห่างไกลจากชุมชนและที่ดินมีราคาไม่สูงมากนักดังนั้น เทคโนโลยีการบำบัดที่เหมาะสมที่ใช้กันอยู่สำหรับน้ำเสียจากโรงงานผลิตแปงมันสำปะหลังจึงมักเป็นแบบ 2 ขั้นตอน คือ ระบบบำบัดแบบไร้อากาศ (anaerobic process) ติดตามด้วยระบบบำบัดแบบใช้อากาศ (aerobic process) ปัจจุบันโรงงานผลิตแปงมันสำปะหลังเกือบทุกแห่งมีระบบบำบัดน้ำเสียเป็นแบบบ่อหมัก (anaerobic ponds) ติดตามด้วยบ่อกึ่งหมัก (facultative ponds) และบ่อผึ่ง (aerobic ponds) ซึ่งเป็นการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ (biological wastewater treatment) โดยมีจุดประสงค์เพื่อกำจัดสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสียที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยอาศัยหลักการที่ใช้สิ่งมีชีวิตหรือจุลินทรีย์ต่างๆ มาทำการย่อยสลายเปลี่ยนแปลงสภาพของสารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำเสียให้อยู่ในสภาพที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อแหล่งน้ำธรรมชาติ

ระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตแปงมันสำปะหลังที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ประกอบด้วยบ่อบำบัดแบบหมัก บ่อบำบัดแบบกึ่งหมัก และบ่อบำบัดแบบผึ่ง ตามลำดับ

1.4.3.2 ชนิดระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแปงมันสำปะหลัง

ก) Completely Stirred Tank Reactor (CSTR)

เป็นถังปฏิกรณ์ (Closed Anaerobic Tank System) ซึ่งเป็นระบบบำบัดไร้อากาศที่ใช้จุลินทรีย์ เป็นตัวย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียภายในถังกลมที่ปิดมิดชิดไร้อากาศติดตั้งอุปกรณ์กวาดตะกอน (Scraper) ตรงด้านล่างของถังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดมีจุดเด่นคือการกวนผสมภายในถังตลอดเวลาทำให้จุลินทรีย์ได้สัมผัสกับสารอินทรีย์อย่างทั่วถึง ซึ่งจะเพิ่มความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพได้อีกด้วยระบบนี้เมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายสารแขวนลอยในน้ำเสียจะได้ก๊าซชีวภาพเป็นผลพลอยได้ลอยสู่ด้านบนเหมาะสำหรับน้ำเสียที่มีสารแขวนลอยสูง (ธีรพล, 2543)

ข) ถังไร้อากาศแบบแผ่นกั้น (Anaerobic Baffled Reactor; ABR)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบนี้มีลักษณะเป็นถังที่มีแผ่นกั้นขวางหลายแผ่นติดตั้งไว้ในถังยาว การไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบจะเป็นลักษณะไหลขึ้นไหลลง (หรือซ้ายขวา) สลับกันไปหลายครั้ง เมื่อน้ำเสียไหลไปตามช่องทางที่ออกแบบไว้ภายในบ่อสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะสัมผัสจุลินทรีย์ระหว่างการเดินทาง ภายในบ่อจนกว่าความสกปรกจะลดลงตามลำดับก่อนจะออกจากระบบ (<http://www.efe.or.th>)

ค) ถังไร้อากาศแบบชั้นสลัดจ์ (Upflow Anaerobic Sludge Blanket; UASB)

หลักการของระบบนี้จะให้น้ำเสียไหลขึ้น น้ำเสียที่ประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ ซึ่งเป็นสารอาหารของจุลินทรีย์จะถูกป้อนเข้าจากทางด้านล่าง ระหว่างที่ลอยขึ้นสู่ด้านบนของถังนั้นสารอินทรีย์จะสัมผัสกับเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายคือ จุลินทรีย์จะจับตัวเป็นเม็ดเล็ก ๆ (Granules) เส้นผ่านศูนย์กลางราว 1-2 มิลลิเมตร มีคุณสมบัติในการตกตะกอนได้ดีมาก ภายในระบบจะแบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ ชั้นน้ำและชั้นตะกอน โดยจะมีระบบแยกน้ำใสภายในถัง และมีระบบเก็บรวบรวมก๊าซที่ผลิตขึ้นมาได้เพื่อนำออกจากถัง วิธีการมีเม็ดตะกอนจุลินทรีย์สามารถกระจายอยู่ทั่วไปในระบบโดยไม่ต้องเกาะยึดกับวัสดุตัวกลาง (Inert Media) จึงจะประหยัดค่าใช้จ่ายสำหรับวัสดุตัวกลางได้ ระบบนี้เหมาะกับน้ำเสียที่มีสารแขวนลอยต่ำ (<http://www.efo.or.th>)

ง) ระบบบำบัดแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ชนิดไร้อากาศ (Anaerobic Fixed Film Reactor; AFFR)

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ตัวกลางบรรจุอยู่ภายในระบบถัง ระบบบำบัดแบบนี้เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากมีการกักเก็บเซลล์จุลินทรีย์ให้คงอยู่ในระบบบำบัด โดยการตรึงเซลล์จุลินทรีย์ไว้บนผิววัสดุตัวกลาง (Media หรือ Supporting materials) เช่น ตาข่ายไนลอนหรือเชือกไนลอน ในรูปของฟิล์มชีวะ (Biofilm) ซึ่งสามารถลดการสูญเสียจุลินทรีย์ออกไปพร้อมกับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดทำให้ระบบสามารถกำจัดสารอินทรีย์ได้อย่างคงที่และสามารถกลับสู่สภาวะทำงานปกติได้เร็ว หากเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพของน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบหรือเกิดการสะสมของสารอินทรีย์สูงเกินไป (สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ, 2542)

1.4.4 ระบบปรับปรุงคุณภาพแบบธรรมชาติ

ระบบทางธรรมชาติ (Natural System) สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบดังกล่าวได้แก่ การเหลาดินดิน (Land Treatment) และพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์หรือบึงประดิษฐ์ (Constructed wetland) ในกระบวนการทั้งสองนี้ จะมีกลไกการบำบัดเกิดขึ้นทางกายภาพ เคมี และชีวภาพซึ่งเกิดขึ้นภายในกรอบของระบบอันประกอบด้วยดิน น้ำ และพืช ผลลัพธ์สำคัญที่จะถูกกำจัดในระบบธรรมชาตินี้

บึงประดิษฐ์ (constructed wetlands) ได้ถูกสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองสภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีอยู่ตามธรรมชาติด้วยการปลูกพืชต่าง ๆ เช่น พืชจำพวกอ้อ (*Phragmites*) กก (*Scirpus*) และธูปฤๅษีหรือก้านธูป (*Typha*) บนทราย กรวดหรือดิน ซึ่งใช้เป็นตัวกลางในบางครั้งบึงประดิษฐ์อาจถูกออกแบบให้มีรูปร่างแตกต่างกันไป แต่ส่วนใหญ่แล้วจะลักษณะเป็นร่องหรือช่วงแคบ ๆ และยาว

บึงประดิษฐ์ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดและมีประสิทธิภาพดีระบบหนึ่ง ซึ่งใช้ประโยชน์จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างพืชที่ปลูกในระบบกับจุลินทรีย์ในการกำจัดของเสีย โดยทั่วไปแล้วบึงประดิษฐ์ที่ถูกออกแบบและควบคุมให้มีการทำงานโดยมีรูปแบบการไหลของน้ำแน่นอน ได้แก่ ระบบที่น้ำไหลผ่านบนผิวน้ำชั้นกรองอย่างอิสระ (free water surface flow) และระบบที่น้ำไหลผ่านชั้นกรองในแนวนอน (subsurface flow) ในขณะที่บึงประดิษฐ์ที่มีรูปแบบการไหลของน้ำแนวดิ่งโดยทั่วไปจะใช้ในการกำจัดกากตะกอนหรือของเสียจากบ่อเกรอะซึ่งมีของแข็งเป็นส่วนประกอบอยู่ปริมาณมาก

1.4.4.1 ชนิดของบึงประดิษฐ์

บึงประดิษฐ์สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

ก) บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลผ่านบนผิวน้ำชั้นกรองอิสระ (Free Water Surface, FWS)

ระบบนี้มีระดับความลึกของน้ำไม่มากนักโดยทั่วไปจะประกอบด้วยแอ่งหรือร่องน้ำ ที่มีการเคลือบหรือฉาบวัสดุกันน้ำที่ทำจากดินเหนียวหรือวัสดุทางด้านธรณีวิทยาอื่น ๆ ทั้งที่สร้างขึ้นหรือมีอยู่ตามธรรมชาติบนพื้นบ่อเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำ และประกอบไปด้วยดินและวัสดุตัวกรองต่าง ๆ ที่จะช่วยให้รากพืชสามารถยึดเกาะอยู่ได้ โดยน้ำที่ความลึกระดับหนึ่ง

จะไหลอยู่เหนือผิวดินหรือชั้นกรอง ถ้าการกระจายน้ำเข้าสู่ระบบเป็นไปอย่างสม่ำเสมอโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบึงประดิษฐ์ที่มีพื้นที่แคบ ยาวแผ่กระจายอยู่ทั่วไปในระบบ จะทำให้เกิดระบบการไหลของน้ำไหลตามกัน (plug-flow)

ข) บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลผ่านชั้นกรองในแนวนอน (Subsurface Flow, SF)

บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลผ่านชั้นกรองในแนวนอนหรือระบบที่ปลูกพืชในชั้นกรอง (Vegetated Submerged Bed, VSB) ซึ่งจะมีน้ำไหลผ่านด้านข้างตัวกรองที่อาจเป็นกรวดหรือทราย ระบบนี้โดยทั่วไปประกอบด้วยร่องยาวหรือพื้นดิน ที่เคลือบหรือฉาบด้วยวัสดุกันน้ำไว้ด้านล่างเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำและประกอบไปด้วยตัวกรองเพื่อช่วยให้พืชสามารถยึดเกาะและเจริญเติบโตได้ ตัวกรองที่ใช้ อาจเป็นหินหรือหินบด (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10–15 เซนติเมตร) กรวดและดินชนิดต่าง ๆ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน (Reed และคณะ, 1988) การที่น้ำเสียไหลผ่านด้านข้างของตัวกรองจะทำให้ น้ำเสียถูกบำบัดในระหว่างสัมผัสกับผิวน้ำของตัวกรองและส่วนรากของพืช บริเวณใต้ชั้นกรองจะอิ่มตัวด้วยน้ำอยู่ตลอดเวลาซึ่งจะทำให้เกิดสภาวะแอนแอโรบิกขึ้น อย่างไรก็ตามพืชยังสามารถดึงออกซิเจนเข้าไปยังส่วนรากซึ่งทำให้จุลินทรีย์ชนิดใช้อากาศ (aerobic microsites) สามารถเจริญเติบโตในส่วนรากและไรโซมของพืชได้

ค) บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลผ่านชั้นกรองในแนวตั้ง (vertical flow)

โดยทั่วไปจะใช้ในรีดน้ำออกจากภาคตะกอน หรือสิ่งปฏิกูลตามอาคารบ้านเรือนซึ่งจะมีของแข็งเป็นส่วนประกอบอยู่เป็นจำนวนมาก บึงประดิษฐ์ประเภทนี้จะมีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกันกับบึงประดิษฐ์ประเภทที่ 1 และ 2 คือ ประกอบไปด้วยตัวกรองเพื่อช่วยให้พืชสามารถยึดเกาะและพืชเจริญเติบโตได้ ตัวกรองที่ใช้ อาจเป็นหิน กรวด และทรายชนิดต่าง ๆ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน น้ำเสียจะไหลผ่านชั้นกรองในแนวตั้งโดยมีระบบการระบายน้ำอยู่ใต้ชั้นกรอง (underdrain system) และบึงประดิษฐ์ประเภทนี้ยังมีระบบระบายอากาศ (ventilation system) เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้มีสภาวะไร้อากาศเกิดขึ้นในส่วนรากของพืช พื้นที่ว่างเหนือจากบริเวณผิวน้ำชั้นกรองขึ้นไปจะใช้เป็นที่สะสมภาคตะกอนของเสียที่ถูกรีดน้ำออกแล้ว

1.4.4.2 องค์ประกอบของระบบบึงประดิษฐ์

บึงประดิษฐ์ประกอบไปด้วยส่วนประกอบสำคัญ ได้แก่

- พืช : โดยพืชจะมีหน้าที่สนับสนุนให้เกิดการถ่ายเทก๊าซออกซิเจนจากอากาศลงสู่ผิวน้ำและดินเพื่อเพิ่มออกซิเจนให้แก่ น้ำเสีย โดยผ่านทางรากขน (Root hair) ซึ่งเรียกบริเวณนี้ว่า Rhizosphere พืชมีความสำคัญในการนำแร่ธาตุอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโต ในส่วนของลำต้น ราก และใบของพืชจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการยึดเกาะของจุลินทรีย์ นอกจากนั้นพืชยังช่วยลดความเร็วของกระแส น้ำ ทำให้เกิดการตกตะกอนที่ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

- ตัวกลางหรือซับสเตรท : จะเป็นส่วนของดิน ทราย และกรวดกันบึง โดยเป็นบริเวณที่ให้พืชในระบบยึดเกาะและเจริญเติบโต ตัวกลางทำหน้าที่เป็นที่ให้เมือกจุลินทรีย์เกาะเช่นเดียวกับพืช และใช้สำหรับกรองสารแขวนลอยต่าง ๆ นอกจากนี้ยังช่วยให้เกิดการกระจายของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและช่วยรวบรวมน้ำทิ้งก่อนระบายออกได้อีกด้วย

- สิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ : สิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ในบึงประดิษฐ์จะมีทั้งพวกที่มีและไม่มีกระดูกสันหลังแต่ชนิดที่มีบทบาทมากในบึงประดิษฐ์ คือ จุลินทรีย์พวกแบคทีเรีย โดยแบคทีเรียจะช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และช่วยในการเปลี่ยนรูปสารอาหารภายในบึงประดิษฐ์

1.4.4.3 พืชในระบบบึงประดิษฐ์

พืชที่ใช้ในบึงประดิษฐ์มีหลายชนิด เช่น พืชลอยน้ำ พืชจมน้ำ และพืชใล้น้ำ (พืชล้มลุก) ซึ่งส่วนใหญ่นิยมใช้ชนิดหลัง เช่น ฐปถาฐ (cattail : *Typha* Sp.) กก (bulrush : *Scirpus* Sp.) อ้อ (reed : *Phragmites* Sp.) เป็นต้น

รากพืชจะเจริญเติบโตอยู่ภายในชั้นดินที่ระดับต่ำกว่าผิวดิน 50–150 ซม. หรือมากกว่า โดยส่วนใหญ่จะสร้างใบและลำต้นให้สัมผัสอากาศ มีรากแผ่ขยายในชั้นดิน ออกซิเจนจากบรรยากาศจะถ่ายเทเข้าสู่พืชทางใบและลงไปช่องอากาศไปยัง

ระบบรากโดยการแพร่ (diffusion) และการพาของอากาศ (convection) ออกซิเจนบางส่วนถูกปล่อยออกมารอบชั้นรากพืช ทำให้เกิดสภาพมีออกซิเจนเสริมให้ประสิทธิภาพในการย่อยสลายของจุลินทรีย์ดีขึ้น และทำให้ไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (nitrifying bacteria) มีการเจริญเติบโตได้ดี ทำให้เพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันและยังเพิ่มความสามารถในการดูดซับฟอสฟอรัสของตะกอนด้วย พืชในระบบบึงประดิษฐ์มีคุณสมบัติช่วยบำบัดน้ำเสียได้หลายอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 หน้าที่ของพืชใล่งพืชน้ำในระบบบึงประดิษฐ์ (ฐิตินา, 2547)

ส่วนประกอบของพืช	บทบาทในกระบวนการบำบัด
ส่วนที่อยู่เหนือน้ำ	- ลดความเข้มข้นของแสง เพื่อลดการเจริญเติบโตของแพลงตอนพืช - ลดความเร็วลมเพื่อป้องกันการแขวนลอยของตะกอน - ช่วยให้ระบบดูสวยงาม - สะสมสารอาหาร
ส่วนที่อยู่ใต้น้ำ	- กรองตะกอนขนาดใหญ่ - เป็นพื้นที่ผิวสำหรับการจับของเมือกจุลินทรีย์ - ลดความเร็วกระแส น้ำ เพิ่มอัตราการตกตะกอน ลดการฟุ้งกระจายของตะกอนใต้น้ำ - ปล่อยออกซิเจนเพื่อการสังเคราะห์แสง ช่วยเพิ่มการย่อยสลายโดยออกซิเจน - ดูดซับอาหาร
รากและระบบรากพืชในชั้นตัวกลางใต้น้ำ	- ดูดซับอาหาร - ป้องกันการอุดตันของตัวกลางในระบบน้ำไหลแนวตั้ง - ปล่อยออกซิเจนเพื่อเพิ่มการย่อยสลายและการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน - ปล่อยแอนติไบโอติก (antibiotic)

1.4.4.4 ตัวกลางในระบบบึงประดิษฐ์

ในระบบบึงประดิษฐ์นั้นตัวกลางที่นิยมใช้มีหลายชนิด เช่น ดิน กรวด หทราย และ ถ่าน เป็นต้น โดยตัวกลางทำหน้าที่เป็นบริเวณที่ให้พืชในระบบเจริญเติบโตและยืนต้นอยู่ได้ อีกทั้งยังเป็นที่ให้เมือกจุลินทรีย์เกาะเช่นเดียวกับพืช และใช้สำหรับกรองสารแขวนลอยต่าง ๆ ได้ นอกจากนี้ยังช่วยให้เกิดการกระจายของน้ำเสียที่เข้าระบบและช่วยรวบรวมน้ำทิ้งก่อนระบายออกได้อีกด้วย

1.4.4.5 ข้อดีและข้อเสียของบึงประดิษฐ์

การใช้บึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียได้ผลดีเช่นเดียวกับการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบอื่น ซึ่งข้อดีของการใช้บึงประดิษฐ์ ได้แก่ การปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่จะใช้สร้างประดิษฐ์สามารถทำได้ง่ายการทดสอบการทำงานเบื้องต้นของระบบมีน้อย การใช้บึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียจะไม่เป็นการเปลี่ยนแปลงบึงที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ง่ายต่อการควบคุมดูแลและบำรุงรักษา ระบบมีเสถียรภาพแม้ว่าสภาวะแวดล้อมจะเปลี่ยนแปลงไป ค่าก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการควบคุมดูแลระบบค่อนข้างต่ำ และการสร้างบึงประดิษฐ์แบบ FWS ยังอาจกลายเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าและเป็นแหล่งอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพได้ แต่ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการสร้างบึงประดิษฐ์แบบ FWS คือปัญหาเรื่องยุง ส่วนปัญหาในการเริ่มต้นเดินระบบเพื่อให้พืชชนิดต่าง ๆ มีการเจริญเติบโตได้ตามความต้องการอาจเกิดขึ้นได้คล้ายกันกับบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 แบบ

1.5 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.5.1 ติดตาม ตรวจสอบคุณภาพน้ำ และประสิทธิภาพการทำงานของระบบต่างๆ ที่ผ่านการบำบัดในบ่อบำบัดต่างๆ ของโรงงาน

1.5.2 เพื่อศึกษาการใช้ ระบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตแอมโมเนียสำหรับให้ได้มาตรฐานผ่านเกณฑ์ของน้ำผิวดิน เพื่อนำกลับมาใช้ในโรงงาน โดยมุ่งสู่การลดปริมาณน้ำเสียที่ปลดปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อมน้อย

1.6 ขอบเขตของการวิจัย

1.6.1 ศึกษาข้อมูลโรงงานผลิตแอมโมเนียสำหรับจำนวน 1 โรงงาน

1.6.2 เก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกระบวนการผลิตแอมโมเนียสำหรับ ลักษณะน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตแอมโมเนียสำหรับ

1.6.3 เก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อบำบัดน้ำเสียในบ่อบำบัดต่างๆ ของโรงงานผลิตแอมโมเนียสำหรับที่ระยะเวลาต่างๆ การเก็บตัวอย่างจะทำการเก็บ บ่อละ 2 จุด ได้แก่ จุดที่น้ำไหลเข้าบ่อบำบัดแต่ละบ่อ และจุดที่น้ำไหลออกจากบ่อบำบัดแต่ละบ่อ รวมทั้งหมด 9 บ่อ

1.6.4 นำตัวอย่างน้ำที่เก็บได้ มาศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ เคมีและชีวภาพ โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าพีเอช ปริมาณออกซิเจนละลาย ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณซีไอดี และปริมาณไนโตรเจน และนำผลการศึกษาที่ได้ มาวิเคราะห์เปรียบเทียบและประเมินความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ในโรงงาน รวมทั้งวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบ่อบำบัดแต่ละบ่อ

1.6.5 การศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland) ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแอมโมเนียสำหรับในบ่อบำบัดต่างๆ ด้วยระบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland) โดยวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่เข้าและออกจากระบบบึงประดิษฐ์ ได้แก่ ค่า SS, COD, BOD, TKN, nitrate, nitrite และ phosphate ที่ระยะเวลาต่างๆ ในการดำเนินระบบ นอกจากนี้จะติดตามการเจริญเติบโตของพืชน้ำที่ใช้ในการศึกษา และเปรียบเทียบผลที่ได้กับมาตรฐานน้ำผิวดิน

1.7 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

กิจกรรม	เดือนที่ 1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1. เก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกระบวนการผลิตแอมโมเนียสำหรับ						
2. ศึกษาข้อมูลของโรงงาน ศึกษาวิธีการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของน้ำ						
3. เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงต่างๆ						
4. สร้างบึงประดิษฐ์						
5. วิเคราะห์น้ำที่ผ่านการ						

ปรับปรุงคุณภาพด้วยบึงประดิษฐ์						
6. วิเคราะห์และประเมินผลการศึกษา						
7. ทำรายงานฉบับสมบูรณ์						

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาแนวทางการจัดการน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบไม่ใช้อากาศแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ของโรงงานผลิตแอมโมเนียแล้วมาใช้ในการผลิตแอมโมเนียในโรงงาน แปรการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ (1) การศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ เคมีและชีวภาพของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดของโรงงานผลิตแอมโมเนียแล้ว (2) การศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบและประเมินความเหมาะสมในการนำน้ำทิ้งในบ่อบำบัดของโรงงานผลิตแอมโมเนียแล้ว (3) การศึกษาใช้ระบบบึงประดิษฐ์ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งในบ่อบำบัดเพื่อให้สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ในโรงงานได้ รายละเอียดของการศึกษาแสดงดังต่อไปนี้

2.1 รายละเอียดของพื้นที่ศึกษา

ศึกษาข้อมูลโรงงานผลิตแอมโมเนียแล้วจำนวน 1 โรงงาน พื้นที่ศึกษา โรงงานผลิตแอมโมเนียแล้วที่จังหวัดชลบุรี ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในโรงงานเป็นระบบบำบัดแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศ (Anaerobic fixed film Reactor; AFFR) จำนวน 2 บ่อ ขนาดบ่อละ 6,000 ลบ. และมีบ่อบำบัดแบบบ่อเปิด (Open ponds) จำนวน 9 บ่อ สร้างอยู่บนพื้นที่ 2 ไร่

2.2 การศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแอมโมเนียแล้ว

- โดยทำการศึกษาน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแอมโมเนียแล้วในบ่อบำบัดแบบเปิดแต่ละบ่อทั้งในช่วงที่โรงงานดำเนินการผลิต และในช่วงที่โรงงานหยุดผลิต เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดต่าง ๆ

- การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจะใช้วิธีการเก็บแบบจ้วง (grab sampling)
- เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งในบ่อบำบัด รวม 9 บ่อ
- เก็บตัวอย่างบ่อละ 1 จุด ในแต่ละบ่อจะเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณที่น้ำออกที่จะส่งน้ำในแต่ละบ่อไปสู่บ่อถัดไป
- การเก็บตัวอย่างจะเก็บในช่วงที่โรงงานดำเนินการผลิต 4-5 ครั้ง
- นำตัวอย่างน้ำที่เก็บได้ มาศึกษาสมบัติทางด้านกายภาพ และเคมี

2.2.1 การตรวจวิเคราะห์สมบัติน้ำทิ้ง

2.2.1.1 การศึกษาสมบัติน้ำทิ้งทางด้านกายภาพ

พารามิเตอร์ที่ใช้ศึกษาสมบัติของน้ำทิ้งทางด้านกายภาพได้แก่

- อุณหภูมิ (temperature)
- ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solids) ด้วยวิธี Gravimetric method
- ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) Gravimetric method
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solids) Gravimetric method

2.2.1.2 การศึกษาสมบัติน้ำทิ้งทางเคมี

พารามิเตอร์ที่ใช้ศึกษาสมบัติของน้ำทิ้งทางเคมีได้แก่

- ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ด้วย pH meter
- ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen; DO) ด้วย DO meter

- COD (Chemical Oxygen Demand) ด้วยวิธี Close reflux method
- ปริมาณ TKN (Total Kjeldahl Nitrogen) ด้วยวิธี micro kjeldahl method

2.3 การศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งขั้นที่สองด้วยระบบบึงประดิษฐ์

จากการศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งในบ่อบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังเบื้องต้นพบว่า พารามิเตอร์ของน้ำทิ้งที่มีแนวโน้มว่าจะมีค่าเกินมาตรฐานน้ำผิวดิน (ตารางที่ 3.1) ได้แก่ ค่าซีโอดี และไนโตรเจน ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาเบื้องต้นในด้านของเทคโนโลยีที่น่าจะเหมาะสมในการนำมาใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งที่มีค่าซีโอดี บีโอดี และไนโตรเจน เกินมาตรฐาน โดยเลือกเทคโนโลยีการปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบบึงประดิษฐ์ (Constructed wetland) ซึ่งบึงประดิษฐ์ที่นำมาทดลองใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง เป็นระบบบึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลผ่านชั้นกรองในแนวนอน (Subsurface flow)

แบบจำลองบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในการทดลองเป็นระดับห้องปฏิบัติการ จำนวน 4 ชุด แต่ละชุดมีขนาดเท่ากันคือ กว้าง 0.2 ม. ยาว 0.6 ม. และลึก 0.6 ม. แบบจำลองมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ด้านบนเปิดโล่ง ด้านล่างปูด้วยแผ่นพลาสติกกันซึม ภายในบรรจุตัวกลางชนิดต่างๆ ได้แก่ หินขนาดประมาณ 3-4 ซม. ซึ่งจะอยู่บริเวณด้านหัวและท้ายของบึงประดิษฐ์ โดยมีความยาวของชั้นหินด้านละประมาณ 10 ซม. และมีชั้นดินปนทรายอัตราส่วน 3:1 เป็นบริเวณที่ปลูกพืช ใส่ตัวกลางให้มีความสูง 50 ซม. พืชที่ปลูกในชุดการทดลองคือต้นธูปฤาษี (*Typha Angustifolia*) ปลูกต้นธูปฤาษีโดยทำการคัดเลือกต้นธูปฤาษีที่มีความสูงใกล้เคียงกันประมาณ 50 ซม. ปลูกต้นธูปฤาษีให้ลึกลงในดินประมาณ 10 ซม. ใส่ปุ๋ยสูตรหรือปุ๋ยที่มีความเข้มข้นของมูลสัตว์ที่น้อยลงไปในบ่อทดลองเพื่อให้ต้นธูปฤาษีได้มีการปรับสภาพให้เข้ากับสภาพแวดล้อม หลังจากเริ่มปลูกได้ 1-2 สัปดาห์โดยที่ต้นธูปฤาษีไม่ตาย จึงเริ่มการทดลอง ในบึงประดิษฐ์หนึ่งชุดการทดลองจะปลูกต้นธูปฤาษีจำนวน 3 ต้น

เมื่อบ่อทดลองอยู่ในสภาวะที่พร้อมจะปรับปรุงคุณภาพน้ำแล้วจึงดำเนินการทดลองดังนี้

- ปล่อยน้ำที่ต้องการปรับปรุงคุณภาพซึ่งเป็นน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง จากถังพักน้ำเข้าสู่บ่อทดลอง โดยให้น้ำต่อเนื่อง โดยปล่อยน้ำเสียให้อยู่ในระดับใต้ดิน น้ำจะไหลออกตามระดับน้ำที่ควบคุมไว้ แล้วออกจากระบบ

- ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งก่อนและหลังผ่านระบบบึงประดิษฐ์ของแต่ละชุดการทดลองในวันที่เริ่มทำการทดลองและที่ระยะเวลาต่างๆ จนถึงสิ้นสุดการทดลอง นำตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดต่าง ออกซิเจนละลาย ของแข็งแขวนลอย บีโอดี ซีโอดี ทีเคเอ็น แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรต และฟอสเฟต

- ตรวจวัดและบันทึกการเจริญเติบโตของต้นธูปฤาษี ได้แก่ ความสูง โดยการจดบันทึกเป็นระยะๆ วัดน้ำหนักแห้ง ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อ เมื่อเริ่มและจบการทดลอง สำหรับดินในแต่ละชุดการทดลองได้ทำสุ่มเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสม เมื่อเริ่มและจบการทดลอง

2.4 การประเมินความเหมาะสมในการนำน้ำทิ้งไปใช้ประโยชน์ในโรงงาน

ศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบและประเมินความเหมาะสมในการนำน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังไปใช้ประโยชน์ในโรงงานโดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งน้ำผิวดินเป็นน้ำที่ทางโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังใช้ในกิจกรรมต่างๆ ในโรงงาน

3. ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

3.1 ข้อมูลพื้นฐานของโรงงานผลิตแ่งมันสำปะหลัง

3.1.1 ข้อมูลการผลิตของโรงงานผลิตแ่งมันสำปะหลัง

โรงงานผลิตแ่งมันสำปะหลังที่ใช้เป็นพื้นที่ศึกษาครั้งนี้ คือโรงงานผลิตแ่งมันสำปะหลัง ที่มีขนาดกำลังการผลิตแ่งมันสำปะหลัง 50-60 ตันต่อชั่วโมง ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในโรงงานเป็นระบบบำบัดแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ชนิดใ้อากาศ (Anaerobic fixed film Reactor; AFFR) จำนวน 2 บ่อ บ่อคูลมผ้าใบ จำนวน 1 บ่อ และมีบ่อบำบัดแบบบ่อเปิด (Open ponds) จำนวน 9 บ่อ ตัวอย่างน้ำทิ้งที่นำมาศึกษาในครั้งนี้ มาจากการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาต่างกัน 5 ครั้งในระหว่างปีการศึกษา โดยในช่วงที่เก็บตัวอย่าง หัวมันสำปะหลังที่ใช้ในกระบวนการผลิตแ่งมันสำปะหลังมีปริมาณ 200-500 ตันต่อวัน ในขณะที่ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตแ่งมันสำปะหลังมีปริมาณ 12-20 ลูกบาศก์เมตรต่อตันแ่ง

3.1.2 ลักษณะน้ำเสียรวมจากโรงงานผลิตแ่งมันสำปะหลัง

บ่อรวบรวมน้ำเสียเป็นบ่อที่รวมน้ำเสียจากกระบวนการผลิตแ่งมันสำปะหลัง น้ำเสียในบ่อรวมน้ำเสียจะถูกส่งต่อไปยังบ่อ AFFR เพื่อบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพ น้ำเสียในบ่อรวมน้ำเสียมีอุณหภูมิเฉลี่ย 31.44 ± 0.17 องศาเซลเซียส โดยมีค่าออกซิเจนละลายเฉลี่ย 3.10 ± 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่มีค่าสูงเนื่องจากน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีการไหลลงสู่บ่อรวบรวมน้ำเสียอย่างต่อเนื่องและมีการไหลที่แรง ส่งผลให้น้ำเสียในบ่อเกิดการหมุนเวียนและสัมผัสกับอากาศตลอดเวลา ซึ่งส่งผลให้มีค่าออกซิเจนละลายอยู่ในบ่อมีค่าสูง สำหรับความเป็นกรดต่างมีค่าเฉลี่ย 5.12 ± 0.58 ซึ่งมีสภาพความเป็นกรดสูง สภาพที่เป็นกรดของน้ำเสียเกิดจากการใช้น้ำกำมะถันในขั้นตอนการสกัดแ่งมันสำปะหลัง เพื่อป้องกันจุลินทรีย์รวมถึงใช้ในการฟอกสีแ่ง และส่วนหนึ่งมาจากกรด prussic ที่มีอยู่ในหัวมันสำปะหลัง (กิตติมา ไกรพิรพรรณ, 2542) จึงส่งผลให้น้ำเสียมีสภาพเป็นกรด ความเป็นกรดของน้ำเสียส่งผลให้ความสามารถในการละลายของธาตุต่างๆเพิ่มขึ้น เมื่อธาตุต่างๆ มีการละลายทำให้อยู่ในรูปไอออนอิสระมากขึ้น จึงมีผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้นด้วย โดยค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเสียมีค่า 3.62 ± 0.07 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร น้ำเสียในบ่อรวมน้ำเสียมีปริมาณของของแข็งต่างๆ ทั้งที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำเจือปนมากับน้ำเสียจากกระบวนการผลิตแ่งมันสำปะหลัง เช่น กากตะกอนแ่ง ส่งผลให้ปริมาณของแข็งมีมากโดยปริมาณของแข็งทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย และของแข็งละลายได้ ในบ่อรวมน้ำเสียมีปริมาณเฉลี่ย $18,240 \pm 1,300$, $8,770 \pm 290$ และ $9,470 \pm 1,120$ มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ค่าบีโอดีและซีโอดีของน้ำเสียในบ่อรวมน้ำเสียค่าเฉลี่ย $12,630 \pm 860$ และ $27,840 \pm 1,710$ มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าบีโอดีและซีโอดีที่สูงมากนี้เกิดจากการเจือปนของวัตถุติด เช่น เนื้อและเศษมันสำปะหลัง ในน้ำเสียทำให้มีปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียสูง นอกจากนี้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่สูงส่งผลต่อค่าที่เคเอ็นในน้ำเสีย ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 408.52 ± 8.22 มิลลิกรัมต่อลิตร ในส่วนของค่าฟอสเฟตของน้ำเสียมีค่าเฉลี่ย 2.04 ± 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร ลักษณะสมบัติของน้ำเสียในบ่อรวมน้ำเสียในแต่ละครั้งที่เก็บตัวอย่างแสดงในตารางที่ 3

3.2 คุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านบ่อบำบัดต่างๆของโรงงานผลิตแ่งมันสำปะหลัง

3.2.1 การเปลี่ยนแปลงสมบัติต่างๆของน้ำทิ้ง

จากการศึกษาสมบัติต่างๆของน้ำทิ้งที่ผ่านบ่อบำบัดต่างๆของโรงงานผลิตแ่งมันสำปะหลัง ในช่วงเวลาต่างๆกัน พบว่า คุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านบ่อบำบัดแต่ละบ่อมีความแตกต่างกันไป โดยผลจากการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติต่างๆ ของน้ำทิ้ง ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าออกซิเจนละลาย ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าซีโอดี ค่าบีโอดี ค่าที่เคเอ็น ปริมาณสารอินทรีย์ในโตรเจน ค่าแอมโมเนีย ค่าไนเตรท ค่าไนไตรท์ และค่าฟอสเฟต แสดงผลได้ดังต่อไปนี้

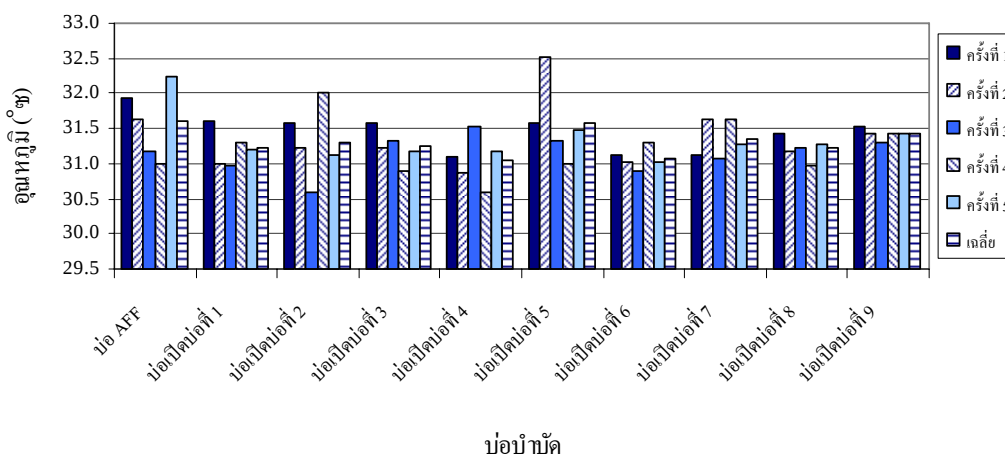
ตารางที่ 3 สมบัติของน้ำเสียในบ่อรวบรวมน้ำเสียของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง

สมบัติของน้ำเสีย	ค่าเฉลี่ย*
อุณหภูมิ (°ซ)	31.44 ± 0.17
ออกซิเจนละลาย (มก./ล.)	3.10 ± 0.09
ความเป็นกรดด่าง	5.12 ± 0.58
การนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์/ซม.)	3.62 ± 0.07
ของแข็งทั้งหมด (มก./ล.)	18,240 ± 1300
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	8,770 ± 290
ของแข็งละลายได้ (มก./ล.)	9,470 ± 1120
บีโอดี (มก./ล.)	12,630 ± 860
ซีโอดี (มก./ล.)	27,840 ± 1710
ทีเคเอ็น (มก./ล.)	408.52 ± 8.22
แอมโมเนีย (มก./ล.)	3.54 ± 0.47
อินทรีย์ไนโตรเจน (มก./ล.)	404.98 ± 8.35
ไนโตรท์ (มก./ล.)	0.28 ± 0.03
ไนเตรท (มก./ล.)	0.18 ± 0.02
ฟอสเฟต (มก./ล.)	2.04 ± 0.09

* n = 5

3.2.1.1 อุณหภูมิ

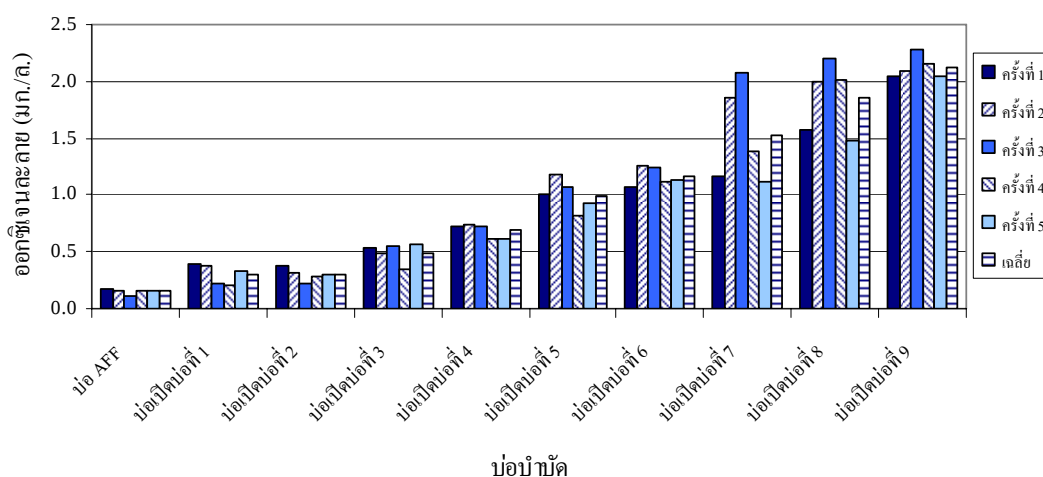
จากการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาต่างๆ พบว่าในบ่อบำบัดแต่ละบ่อมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิแสดงดังรูปที่ 1 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดแต่ละบ่อทั้ง 5 ช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างพบว่าการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยอุณหภูมิที่วัดได้อยู่ในช่วง 30-33 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของอุณหภูมิในแต่ละบ่อบำบัดเนื่องมาจากบ่อบำบัดแต่ละบ่อเป็นบ่อบำบัดแบบเปิด เวลาในการเก็บตัวอย่างใกล้เคียงกันและอุณหภูมิอากาศในช่วงนั้นไม่แตกต่างกันมากนัก ทำให้สภาพแวดล้อมของบ่อบำบัดแต่ละบ่อคล้ายกัน จึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ



รูปที่ 1 อุณหภูมิของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน

4.2.1.2 ค่าออกซิเจนละลาย

จากการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านบ่อบำบัดต่างๆ ทั้ง 5 ช่วงเวลา พบว่าค่าออกซิเจนละลายมีค่าใกล้เคียงกัน (รูปที่ 2) โดยน้ำทิ้งที่ผ่านบ่อ AFFR มีค่าออกซิเจนละลายเฉลี่ย 0.15 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อ AFFR เป็นบ่อระบบปิดแบบไม่ใช้อากาศ สารอินทรีย์ในน้ำทิ้งถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีแบบไม่ใช้ออกซิเจน จึงทำให้น้ำทิ้งที่ผ่านบ่อ AFFR มีค่าออกซิเจนละลายต่ำมาก ในส่วนของน้ำทิ้งที่ผ่านบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 1 มีค่าออกซิเจนละลายเฉลี่ย 0.31 ± 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าออกซิเจนละลายมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งที่ผ่านบ่อ AFFR การที่ค่าออกซิเจนละลายในน้ำทิ้งมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากน้ำทิ้งในบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดมีการสัมผัสออกซิเจนในอากาศกับบริเวณผิวน้ำ ซึ่งในการเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อเปิดจะเก็บบริเวณที่น้ำออกที่จะส่งน้ำในแต่ละบ่อไปสู่อบอดักไป ท่อน้ำออกนี้อยู่ใกล้บริเวณผิวน้ำจึงส่งผลให้น้ำทิ้งที่เก็บมาได้สัมผัสกับออกซิเจน ในขณะที่น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดโดยบ่อเปิดลำดับต่อไปมีค่าออกซิเจนละลายเพิ่มสูงขึ้น โดยบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 9 ซึ่งเป็นบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อสุดท้ายมีค่าออกซิเจนละลายเฉลี่ย 2.12 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อพิจารณาค่าออกซิเจนละลายของน้ำทิ้งที่ผ่านบ่อ AFF จนถึงบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 9 พบว่าค่าออกซิเจนละลายมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น พบสาหร่ายและพืชน้ำเจริญเติบโตได้และเกิดการสังเคราะห์แสง ส่งผลให้ค่าออกซิเจนละลายในน้ำมีค่าสูงขึ้นด้วย (สนธิเดช จิตรวมลนิมิตร, 2547) การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายของน้ำทิ้งที่ผ่านบ่อบำบัดต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลาแสดงดังรูปที่ 2

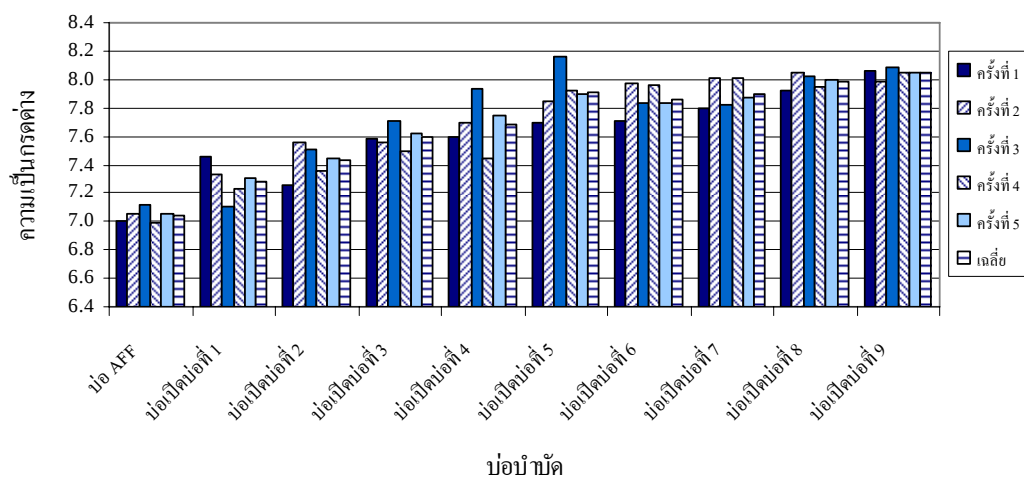


รูปที่ 2 ค่าออกซิเจนละลายของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน

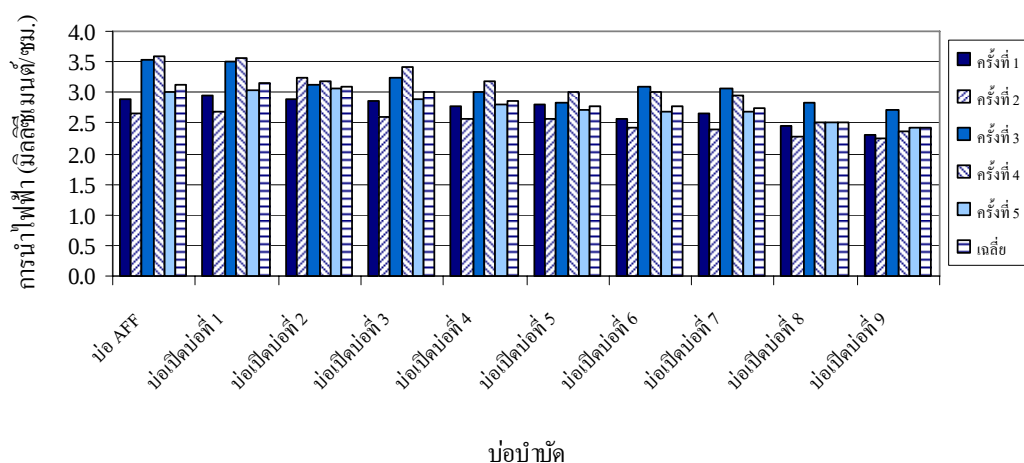
3.2.1.3 ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งแขวนลอย และปริมาณของแข็งละลายได้

น้ำทิ้งที่ผ่านบ่อ AFFR มีค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย ของแข็งที่ละลายได้ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งในบ่อรวบรวมน้ำเสีย (ตารางที่ 3) ในขณะที่ค่าความเป็นกรดต่างมีค่าเพิ่มขึ้น โดยมีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 6.99-7.12 ซึ่งมีสภาพเป็นกลาง มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 2.66-3.59 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร มีปริมาณของแข็งทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย ของแข็งที่ละลายได้อยู่ในช่วง 2,330-3,030, 530-900 และ 1,430-2,230 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่สูงของระบบบำบัดแบบ AFF จากการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งในบ่อบำบัดต่างๆ พบว่าค่าความเป็นกรดต่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณของแข็งละลายได้ ค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 5 ช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง เนื่องมาจากช่วงเวลาทำการเก็บตัวอย่างในแต่ละครั้ง โรงงานมีอัตราการผลิตใกล้เคียงกันส่งผลให้สมบัติต่างๆ ของน้ำทิ้งมีค่าใกล้เคียงกัน แต่มีตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 2 จากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 มีปริมาณของแข็งแขวนลอยมากผิดปกติ โดยมีปริมาณของแข็งแขวนลอย 800 มิลลิกรัมต่อลิตร

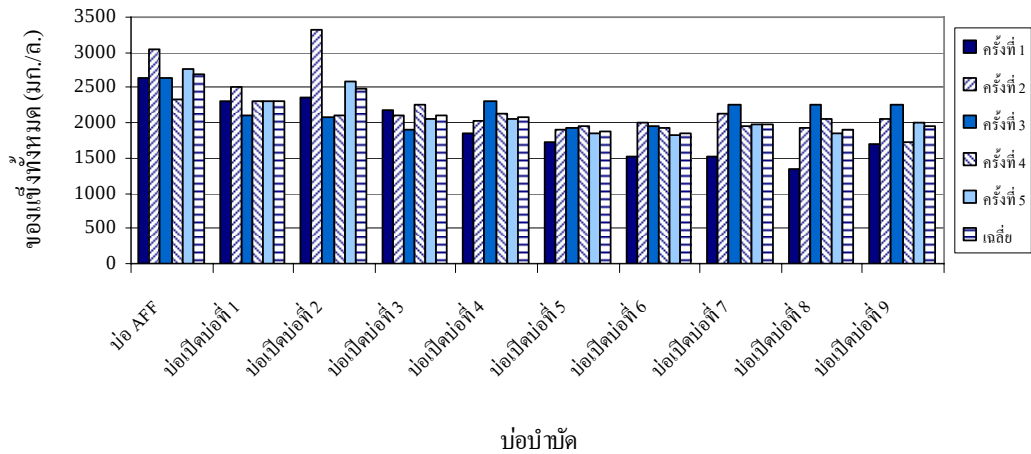
ในขณะที่ตัวอย่างน้ำทั้งจากการเก็บตัวอย่างครั้งอื่นๆ มีค่าอยู่ในช่วง 300-430 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 6) ซึ่งมีสาเหตุมาจากในการเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์มีเศษตะกอนติดมามาก จึงส่งผลให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยรวมถึงปริมาณของแข็งทั้งหมดของตัวอย่างน้ำทั้งจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 มีปริมาณมาก สำหรับน้ำทั้งที่ผ่านบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดลำดับต่อไป ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย ของแข็งที่ละลายได้ลดลง เนื่องจากน้ำทั้งได้มีเวลาพักในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ จึงเกิดการตกตะกอน ส่งผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย ของแข็งที่ละลายได้ลดลง นอกจากนี้จุลินทรีย์ในระบบบำบัดมีเวลาปรับตัวเข้ากับระบบบำบัดทำให้สามารถย่อยสลายสารแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำเสียได้มาก (ปิยธิดา สนิทไชย, 2544) ในขณะที่ค่าความเป็นกรดต่างมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากเกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงมีผลทำให้คาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำทั้งเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้มีค่าความเป็นกรดต่างในระบบมีค่าสูงขึ้น เมื่อค่าความเป็นกรดต่างมีค่าสูงขึ้นความสามารถในการละลายของธาตุต่างๆ ก็จะลดลง (สมลักษณ์ บุญญรักษ์, 2544) ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลงด้วย โดยน้ำทั้งที่ผ่านบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 9 ซึ่งเป็นบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อสุดท้าย มีค่าความเป็นกรดต่างเฉลี่ย 8.05 ± 0.04 ค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 2.41 ± 0.18 มิลลิซีเมนต์ต่อเซ็นติเมตร มีปริมาณของแข็งทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย ของแข็งที่ละลายได้เฉลี่ย $1,960 \pm 240$, 280 ± 50 และ $1,670 \pm 220$ มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณของแข็งละลายได้ของน้ำทั้งที่ผ่านการบำบัดในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลาแสดงดังรูปที่ 3-7



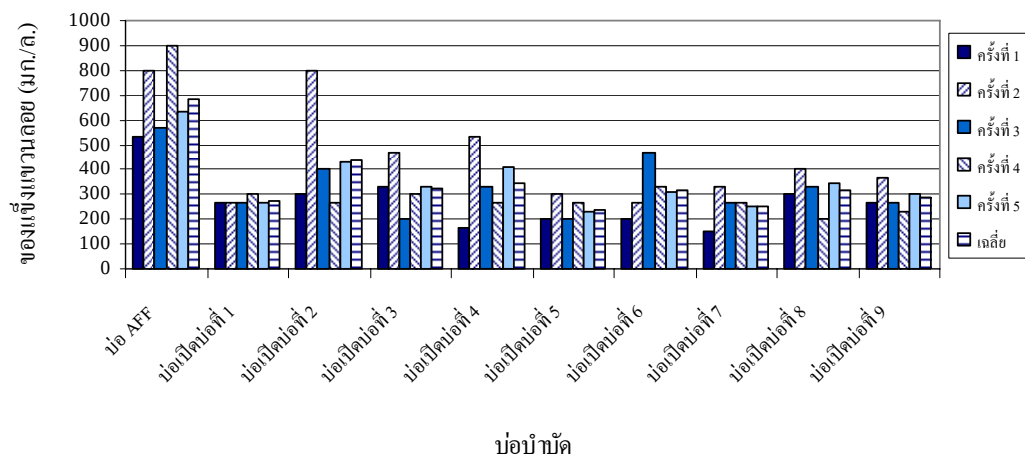
รูปที่ 3 ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำทั้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน



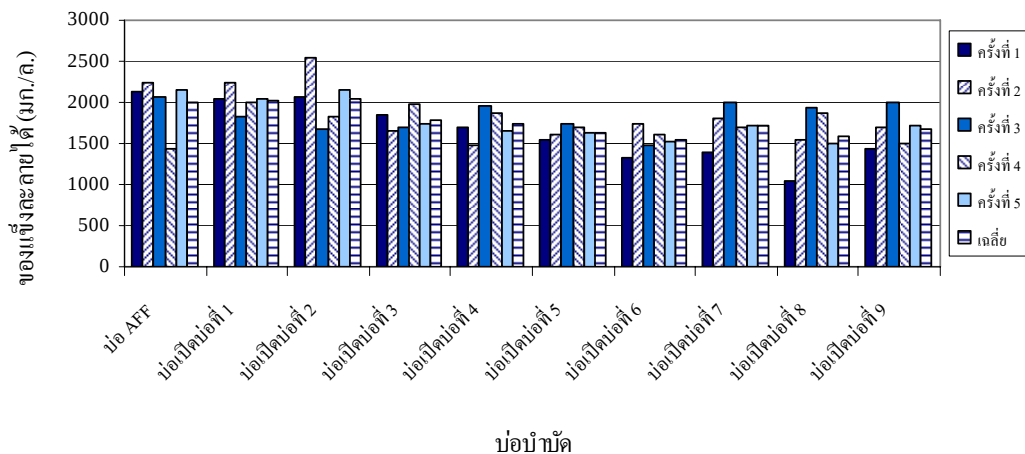
รูปที่ 4 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทั้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน



รูปที่ 5 ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่างกัน



รูปที่ 6 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่างกัน

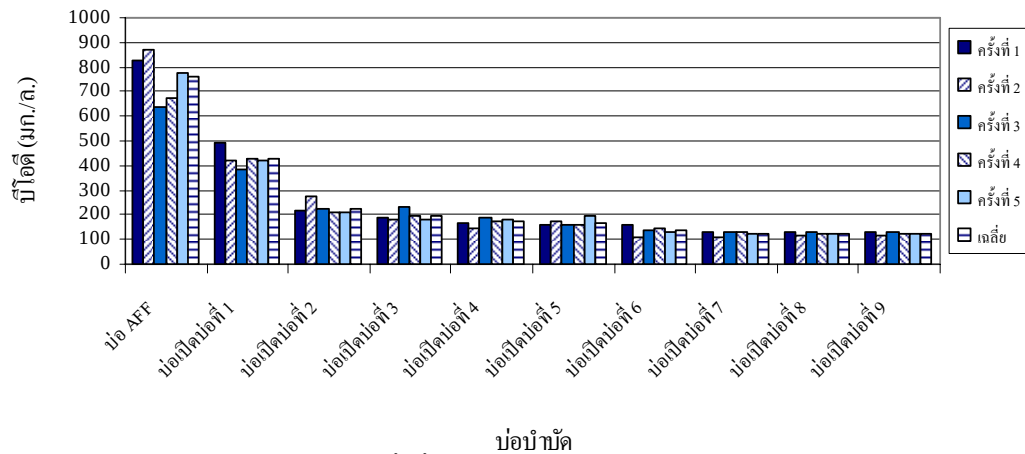


รูปที่ 7 ปริมาณของแข็งละลายได้ของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่างกัน

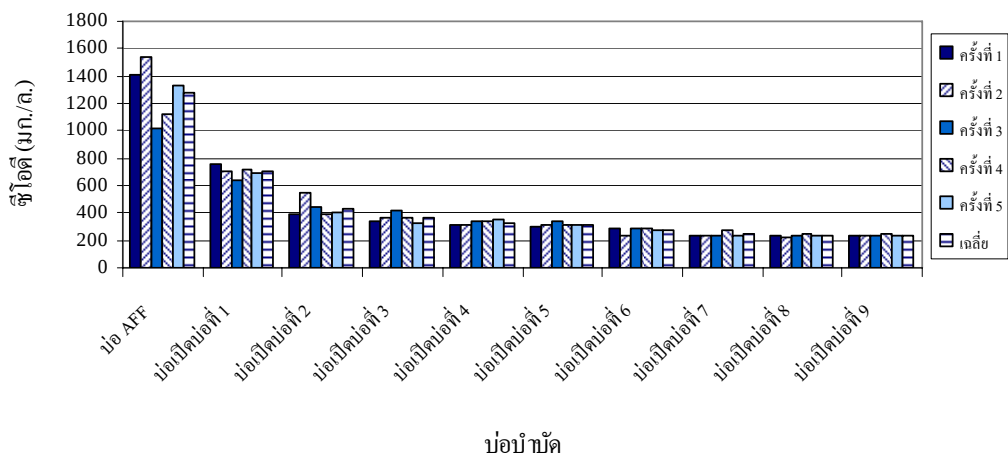
3.2.1.4 ค่าบีโอดีและค่าซีโอดี

จากการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านบ่อ AFFR ทั้ง 5 ช่วงเวลา พบว่าค่าบีโอดีของน้ำทิ้งในแต่ละครั้งที่เก็บตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วง 640-870 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 8) และมีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 1,020-1,530 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 9) โดยมีค่าบีโอดีและซีโอดีเฉลี่ย 760 ± 60 และ $1,280 \pm 60$ มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ซึ่งมีค่าลดลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าบีโอดีและซีโอดีในบ่อรวมน้ำเสีย (ตารางที่ 3) ทั้งนี้เนื่องมาจากในบ่อ AFF เป็นถึงปฏิกรณ์แบบตรึงเซลล์จุลินทรีย์ที่สามารถกักเก็บจุลินทรีย์ใน

ระบบได้มาก อัตราการย่อยสลายอินทรีย์จึงมีสูง เพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดและผลิตก๊าซชีวภาพ ส่งผลให้น้ำทิ้งที่ผ่านบ่อ AFF มีค่าบีโอดีและ ซีโอดีลดลงอย่างมาก ในส่วนของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดลำดับต่อไป ค่าบีโอดีและซีโอดีมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 5 ช่วงเวลาทำการเก็บตัวอย่าง สำหรับน้ำทิ้งในบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดลำดับต่อไป ค่าบีโอดีและซีโอดีของน้ำทิ้งมีแนวโน้มที่ลดลง เป็นผลมาจากปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้ามาในระบบมีปริมาณน้อยลง โดยค่าบีโอดีและซีโอดีของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 9 ซึ่งเป็นบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อสุดท้ายมีค่าเฉลี่ย 120 และ 234 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงค่าบีโอดีและซีโอดีของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดในบ่อบำบัดบ่อต่างๆในแต่ละช่วงเวลาแสดงดังรูปที่ 8 และ 9



รูปที่ 8 ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน

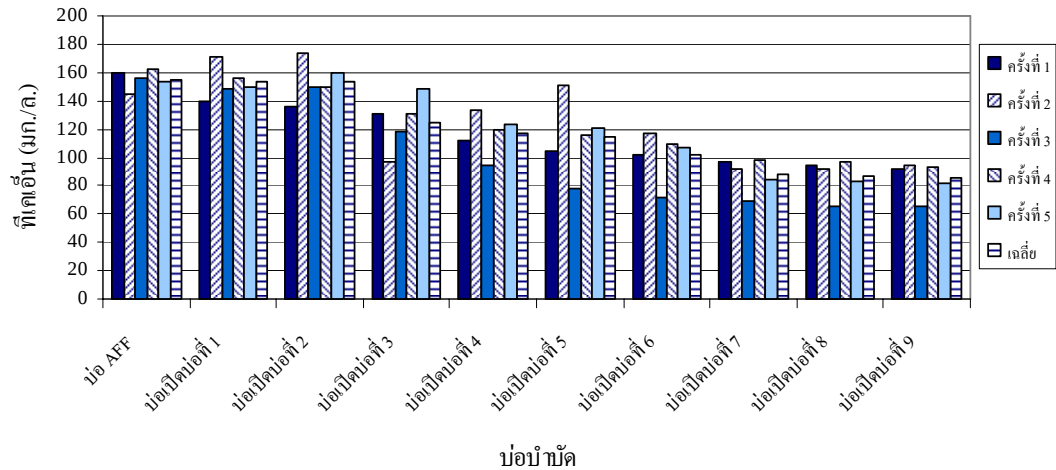


รูปที่ 9 ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน

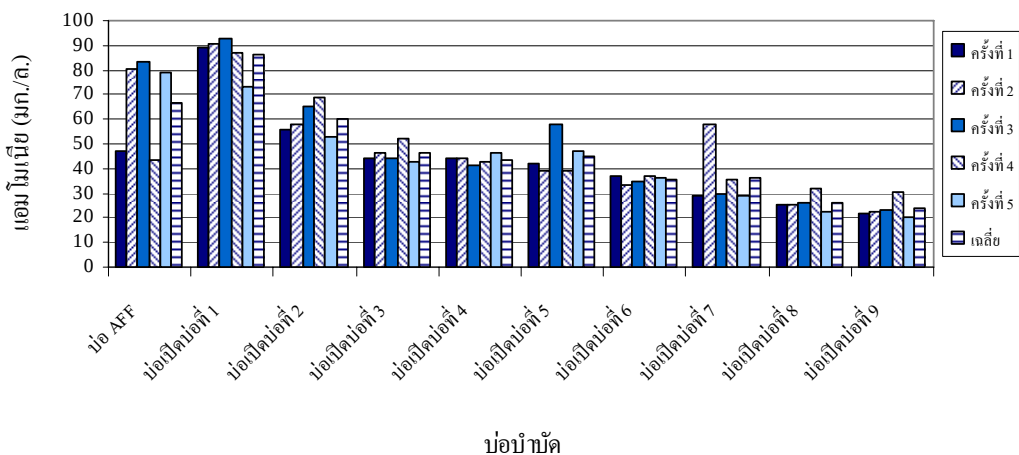
3.2.1.5 ค่าทีเคเอ็น แอมโมเนีย อินทรีย์ไนโตรเจน ไนเตรท และไนไตรท์

จากการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านบ่อ AFFR ทั้ง 5 ช่วงเวลา พบว่าค่าทีเคเอ็นของน้ำทิ้งในแต่ละครั้งที่เก็บตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 144.65-162.69 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ย 155.11 ± 6.86 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 10) ในส่วนของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดโดยบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดลำดับต่อไป ค่าทีเคเอ็นมีแนวโน้มที่ลดลง โดยน้ำทิ้งที่ผ่านบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 9 มีค่าทีเคเอ็นเฉลี่ย 85.41 ± 12.13 มิลลิกรัมต่อลิตร การลดลงของค่าทีเคเอ็นนั้น มีผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบไร้อากาศในช่วงบ่อลำดับต้นๆ ซึ่งจุลินทรีย์จะใช้อินทรีย์ไนโตรเจนในระบบในการสร้างเนื้อเยื่อเพื่อเป็นองค์ประกอบของเซลล์ โดยสารอินทรีย์ไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย (สมลักษณ์ บุญญรักษ์, 2544) ดังนั้นน้ำทิ้งในบ่อ AFFR และบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 1 จึงมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียค่อนข้างสูง ส่วนในบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 2 ถึงบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 9 ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนีย มีแนวโน้มที่ลดลง เนื่องจากค่า

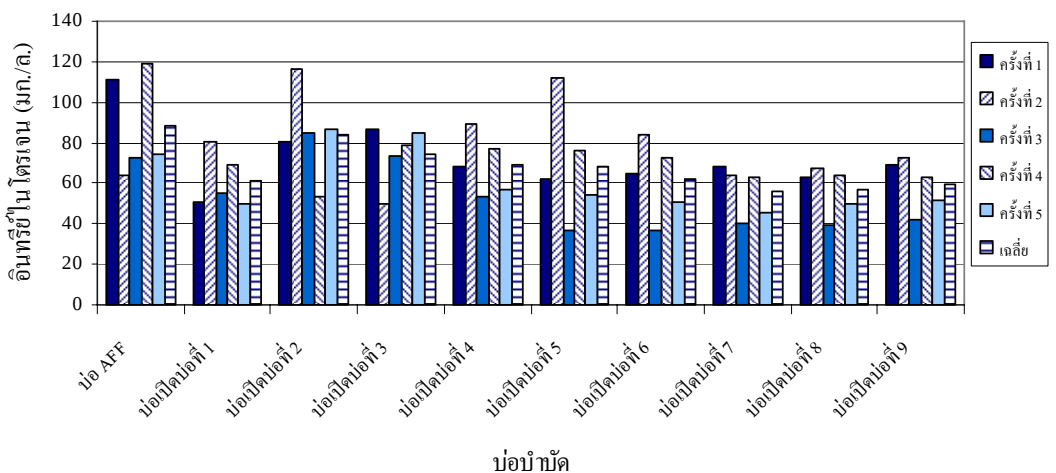
ออกซิเจนละลายมีค่าที่สูงขึ้น (รูปที่ 2) ส่งผลให้เกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันภายในบ่อเปลี่ยนแอมโมเนียให้ไปอยู่ในรูปไนโตรท์ และไนเตรท นอกจากนี้แอมโมเนียบางส่วนจะถูกนำไปสังเคราะห์หรือสร้างเซลล์จุลินทรีย์ใหม่ แต่สิ่งที่สังเกตพบคือ ค่าไนเตรทของน้ำทิ้งในทุกบ่อบำบัดมีค่าต่ำมาก (ต่ำกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งคาดว่าจุลินทรีย์และพืชน้ำสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ทำให้เมื่อวิเคราะห์หาค่าไนเตรทในน้ำทิ้งพบว่ามีค่าต่ำมาก การเปลี่ยนแปลงของค่าที่เคเอ็น แอมโมเนีย อินทรีย์ ไนโตรเจน ไนโตรท์ และไนเตรทของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดโดยบ่อบำบัดบ่อต่างๆในแต่ละช่วงเวลาแสดงดังรูปที่ 10-14



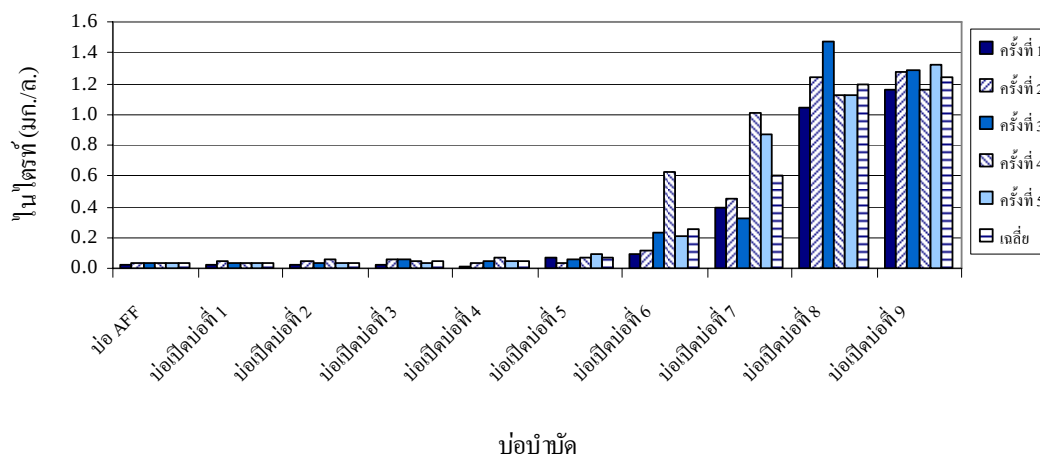
รูปที่ 10 ค่าที่เคเอ็นของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน



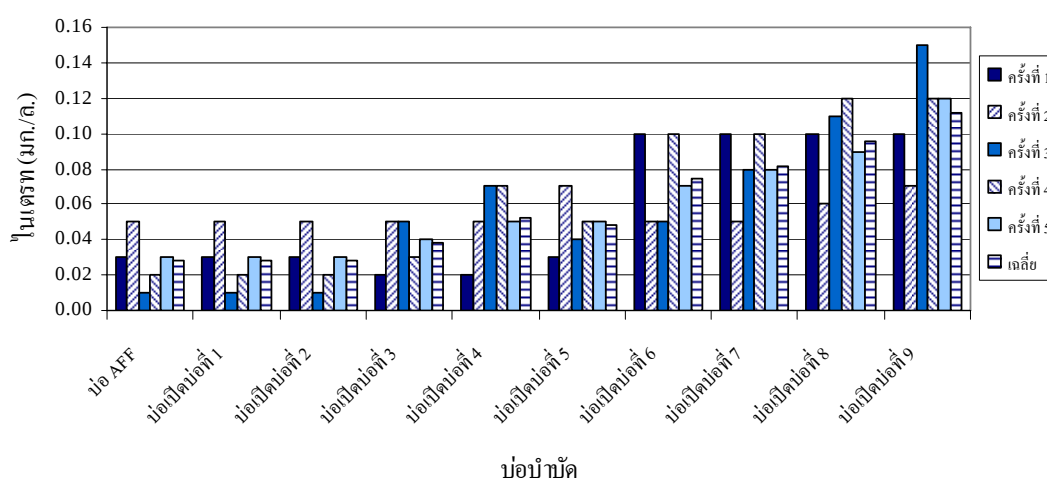
รูปที่ 11 ค่าแอมโมเนียของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน



รูปที่ 12 ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน



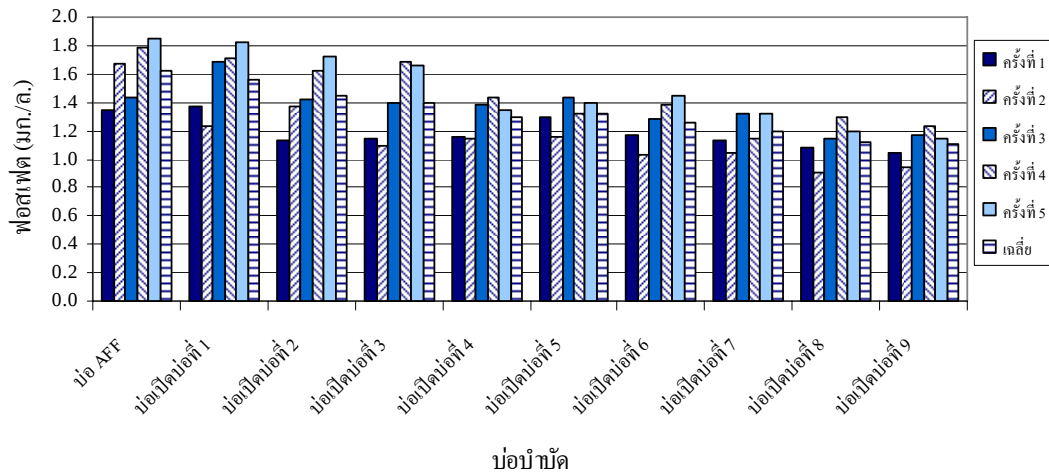
รูปที่ 13 ค่าไนเตรทของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน



รูปที่ 14 ค่าไนเตรทของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน

3.2.1.6 ค่าฟอสเฟต

ค่าฟอสเฟตของน้ำทิ้งที่ผ่านบ่อ AFFR ในแต่ละครั้งที่เก็บตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วง 1.35-1.85 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ย 1.62 ± 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 15) สำหรับในบ่อบำบัดแบบบ่อเปิด ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาทั้ง 5 ครั้ง มีค่าฟอสเฟตใกล้เคียงกัน โดยน้ำทิ้งที่ผ่านบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 1 มีค่าฟอสเฟตเฉลี่ย 1.56 ± 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าฟอสเฟตมีแนวโน้มที่ลดลงเรื่อยๆ ในบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อต่อไปเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งในบ่อรวบรวมน้ำเสีย (ตารางที่ 3) ทั้งนี้เนื่องมาจากบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดมีลักษณะเหมือนบ่อน้ำตามธรรมชาติ จึงมีพืชน้ำขึ้นภายในบ่อ พืชน้ำสามารถใช้ฟอสเฟตในน้ำทิ้งไปใช้ในการสร้างเซลล์ อีกทั้งดินตะกอนที่อยู่ก้นบ่อจะดูดซับฟอสเฟตไว้ส่วนหนึ่ง (วรวิมล จิตรหมายเกษม, 2547) ส่งผลให้ค่าฟอสเฟตในน้ำทิ้งลดลง โดยค่าฟอสเฟตของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 9 มีค่าเฉลี่ย 1.11 ± 0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร การเปลี่ยนแปลงของค่าฟอสเฟตในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลาแสดงดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 ค่าฟอสเฟตของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน

3.2.2 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของบ่อบำบัดต่างๆ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังที่มีระบบบำบัดน้ำเสียแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ชนิดไร้อากาศ (Anaerobic fixed film reactor; AFFF) ร่วมกับบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดธรรมชาติ พบว่าระบบบำบัดดังกล่าวสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งได้ดีขึ้น ซึ่งพิจารณาได้จากประสิทธิภาพการบำบัดมลสารต่างๆ โดยที่ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณของแข็งละลายได้ ค่าซีไอดี ค่าบีไอดี ค่าทีเคเอ็นและค่าฟอสเฟตลดลง ในขณะที่ค่าออกซิเจนละลายและค่าความเป็นกรดด่างมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสมบัติต่างๆ ของน้ำทิ้งจากบ่อรวบรวมน้ำเสียไปสู่บ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 9 พบว่าระบบบำบัดมีประสิทธิภาพรวมทั้งระบบในการบำบัดน้ำเสียคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การบำบัดของปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณของแข็งละลายได้ ค่าบีไอดี ค่าซีไอดี ค่าทีเคเอ็น และค่าฟอสเฟตเฉลี่ยร้อยละ 89, 97, 82, 99, 99, 79 และ 46 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของบ่อบำบัดบ่อต่างๆ พบว่าบ่อบำบัดแบบ AFFF มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียที่สูงมากโดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณของแข็งละลายได้ ค่าบีไอดี ค่าซีไอดี ค่าทีเคเอ็น และค่าฟอสเฟตเฉลี่ยร้อยละ 85, 92, 79, 94, 95, 62 และ 21 ตามลำดับ ในส่วนของบ่อบำบัดบ่ออื่นๆ มีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียที่แตกต่างกันไปดังแสดงในตารางที่ 4

เมื่อพิจารณาสมบัติน้ำทิ้งที่ได้ศึกษาในครั้งนี้พบว่า น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมีองค์ประกอบของธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์แก่พืช ได้แก่ ไนโตรเจน (ในรูปของค่าทีเคเอ็น) ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานสามารถลดค่าทีเคเอ็นได้ร้อยละ 79 แต่น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดโดยบ่อสุดท้ายยังคงมีปริมาณไนโตรเจนเหลืออยู่มาก รวมถึงยังพบปริมาณฟอสเฟต นอกจากนี้ ค่าบีไอดีและแอมโมเนีย ยังมีค่าไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินเช่นกัน ดังนั้น ระบบบึงประดิษฐ์ (Constructed wetland) จึงมีความเหมาะสมในการนำมาปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังให้ดีขึ้น เนื่องจากระบบบึงประดิษฐ์มีกลไกการบำบัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่หลงเหลืออยู่ในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง โดยค่าไนโตรเจนสามารถกำจัดได้หลายวิธี เช่น การดูดซับ (Adsorption) การระเหยง่ายของแอมโมเนีย การดูดซึมและนำไปใช้โดยพืช การเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชัน สารแขวนลอยจะถูกกำจัดด้วยการตกตะกอนและการกรอง ในขณะที่สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ซึ่งมีจำนวนมากในระบบบึงประดิษฐ์เนื่องมาจากจุลินทรีย์มีพื้นที่ผิวในการยึดเกาะจากพืชและตัวกลางมาก นอกจากนี้รังสี อุลตราไวโอเลตในแสงแดดยังสามารถทำลายเชื้อโรคในระบบบึงประดิษฐ์ได้อีกด้วย (ฐิติมา จันทนะโสตร์, 2547)

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียรวมในแต่ละบ่อบำบัด ของโรงงานผลิตแอมโมเนีย

ประสิทธิภาพการ บำบัดของแต่ละบ่อ	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)						
	ของแข็งทั้งหมด	ของแข็งแขวนลอย	ของแข็งละลายได้	บีโอดี	ซีโอดี	ทีเคเอ็น	ฟอสเฟต
บ่อ AFF	84.51 ± 1.39	92.14 ± 1.88	78.96 ± 1.10	93.89 ± 0.58	95.41 ± 0.54	62.01 ± 1.97	20.81 ± 9.46
บ่อเปิดบ่อที่ 1	13.76 ± 7.41	58.83 ± 7.69	4.23 ± 4.66	42.83 ± 5.98	44.30 ± 7.68	11.89 ± 16.36	6.49 ± 11.25
บ่อเปิดบ่อที่ 2	1.95 ± 3.80	2.22 ± 4.97	13.07 ± 18.07	46.66 ± 8.27	37.65 ± 10.59	1.47 ± 2.08	8.75 ± 7.44
บ่อเปิดบ่อที่ 3	14.73 ± 14.44	27.81 ± 25.56	4.39 ± 6.02	13.96 ± 12.81	15.46 ± 11.06	17.75 ± 16.46	4.92 ± 8.39
บ่อเปิดบ่อที่ 4	4.82 ± 5.98	12.22 ± 21.66	8.38 ± 8.29	11.96 ± 8.12	10.46 ± 7.45	12.06 ± 7.85	6.88 ± 8.92
บ่อเปิดบ่อที่ 5	9.31 ± 4.04	28.47 ± 26.97	6.50 ± 5.36	6.38 ± 7.22	3.61 ± 3.31	5.90 ± 6.95	1.67 ± 3.73
บ่อเปิดบ่อที่ 6	0.57 ± 0.80	2.22 ± 4.97	8.04 ± 6.08	18.93 ± 16.56	13.90 ± 8.60	10.02 ± 7.69	6.32 ± 5.82
บ่อเปิดบ่อที่ 7	0	21.50 ± 15.30	0	7.44 ± 6.08	10.77 ± 7.46	7.83 ± 8.46	5.81 ± 7.09
บ่อเปิดบ่อที่ 8	5.56 ± 5.44	5.00 ± 11.18	11.02 ± 9.61	1.62 ± 2.85	2.66 ± 3.12	2.22 ± 1.82	8.12 ± 5.78
บ่อเปิดบ่อที่ 9	3.23 ± 7.21	10.47 ± 7.27	3.93 ± 8.78	0.66 ± 1.32	1.55 ± 1.32	1.59 ± 1.71	2.16 ± 2.08
ประสิทธิภาพรวม ทั้งระบบบำบัด	89.26 ± 1.27	96.62 ± 0.60	82.13 ± 2.36	99.01 ± 0.09	99.16 ± 0.07	79.04 ± 2.50	45.65 ± 2.71

3.3 ประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแอมโมเนียสำหรับปุ๋ย

การทดลองนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอนเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแอมโมเนียสำหรับปุ๋ย น้ำทิ้งที่ใช้ในการศึกษานี้ได้ผ่านการบำบัดขั้นต้น (Primary treatment) ด้วยระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ ซึ่งเป็นระบบผลิตก๊าซชีวภาพ AFFR ระบบบึงประดิษฐ์ที่ทำการศึกษามีชั้นตัวกลางเป็นดินปนทราย ฟืชที่ใช้ คือ ต้นธูปฤาษี การทดลองนี้ได้ศึกษาที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 8 วัน จากการดำเนินงานได้ผลการทดลองดังนี้

การทดลองนี้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอนในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแอมโมเนียสำหรับปุ๋ย โดยใช้ น้ำทิ้งในบ่อบำบัดแบบบ่อเปิด 3 ลำดับแรกมาทดลองปรับปรุงคุณภาพ แต่เนื่องจากบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 1 ได้ถูกปรับปรุงเพื่อสร้างบ่อคลุมผ้าใบสำหรับเก็บก๊าซ จึงนำน้ำทิ้งในบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 2, 3 และ 4 เป็นน้ำเข้าระบบในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ โดยมีชุดการทดลองที่ 4 เป็นชุดควบคุมที่ใช้น้ำประปาเป็นน้ำเข้า ซึ่งน้ำประปาที่ใช้เป็นน้ำที่ไม่มีมลสารต่างๆเจือปนอยู่เลย โดยชุดควบคุมจะใช้เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชทางด้านความสูงของต้น น้ำหนักแห้ง ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสม กับชุดการทดลองอื่นๆ

บึงประดิษฐ์ในแต่ละชุดการทดลอง มีขนาดกว้าง 0.2 เมตร ยาว 0.6 เมตร และลึก 0.6 เมตร มีอัตราการไหลของน้ำ 2.63 ลิตรต่อวัน และมีระยะเวลากักเก็บน้ำ 8 วัน โดยผลจากการเก็บตัวอย่างและทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของน้ำเข้า (ตารางที่ 5) และออกจากระบบจากบึงประดิษฐ์รวมถึงในพืชและดินของแต่ละชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการดำเนินระบบ 45 วัน ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 5 ค่าพารามิเตอร์ของน้ำเข้าระบบบึงประดิษฐ์ในชุดการทดลอง

พารามิเตอร์	ชุดการทดลอง		
	1	2	3
ความเป็นกรดต่าง	$7.48^a \pm 0.05$	$7.62^b \pm 0.03$	$7.72^c \pm 0.07$
ออกซิเจนละลาย (มก./ล.)	$0.30^a \pm 0.06$	$0.54^b \pm 0.14$	$0.62^b \pm 0.15$
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	$600^b \pm 60$	$330^a \pm 80$	$300^a \pm 70$
บีโอดี (มก./ล.)	$180^c \pm 10$	$150^b \pm 10$	$130^a \pm 10$
ซีโอดี (มก./ล.)	$380^c \pm 30$	$330^b \pm 10$	$300^a \pm 10$
ทีเคเอ็น (มก./ล.)	$146.09^b \pm 11.27$	$129.70^{ab} \pm 12.39$	$120.83^a \pm 12.96$
ไนโตรเจน (มก./ล.)	$0.03^a \pm 0.02$	$0.04^a \pm 0.03$	$0.05^a \pm 0.02$
ไนโตรเจน (มก./ล.)	$0.05^a \pm 0.01$	$0.06^a \pm 0.02$	$0.07^a \pm 0.01$
แอมโมเนีย (มก./ล.)	$49.54^b \pm 6.14$	$36.29^{ab} \pm 8.21$	$34.90^a \pm 7.77$
ฟอสฟอรัส (มก./ล.)	$1.49^a \pm 0.07$	$1.43^a \pm 0.09$	$1.32^a \pm 0.1$

หมายเหตุ a, b และ c แสดงความแตกต่างของแต่ละพารามิเตอร์ในแถวเดียวกัน

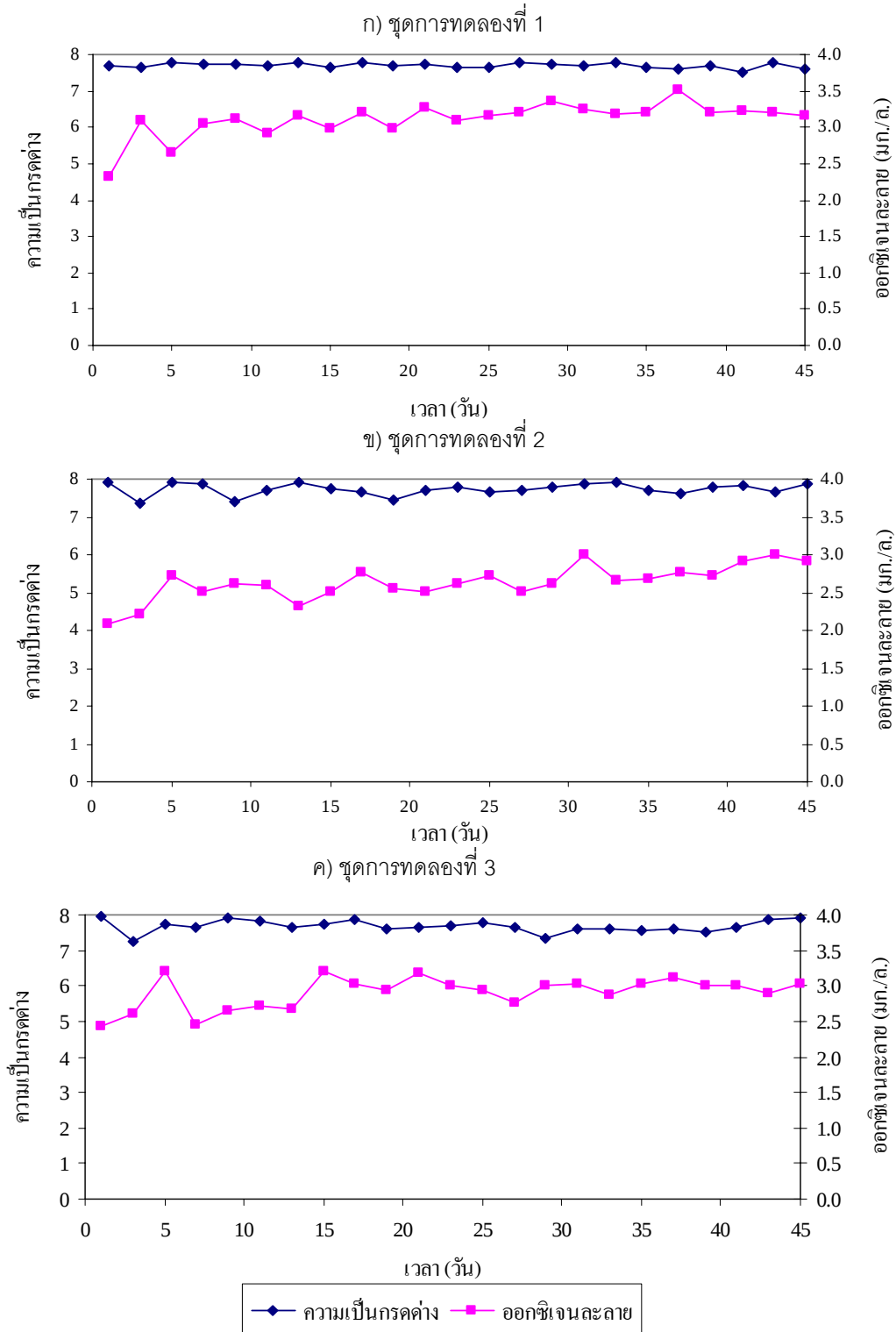
3.3.1 การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของน้ำทิ้ง

ก) ค่าความเป็นกรดต่าง

ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 พบว่า น้ำเข้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.48 ± 0.05 , 7.62 ± 0.03 และ 7.72 ± 0.07 (ตารางที่ 5) และน้ำขาออกมีค่า 7.70 ± 0.07 , 7.73 ± 0.16 และ 7.74 ± 0.14 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 16 ก-ค ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำขาเข้าและขาออกจากชุดการทดลองต่างๆ มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยน้ำที่ออกจากระบบบึงประดิษฐ์มีค่าความเป็นกรดต่างค่อนข้างเป็นกลาง

ข) ค่าออกซิเจนละลาย

ค่าออกซิเจนละลายของน้ำในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ก่อนเข้าระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.30 ± 0.06 , 0.54 ± 0.14 และ 0.62 ± 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 5) และหลังออกจากระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.11 ± 0.24 , 2.63 ± 0.23 และ 2.9 ± 0.22 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 16 ก-ค การที่ค่าออกซิเจนละลายในชุดการทดลองต่างๆมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากต้นพืชสามารถขนส่งอากาศจากบรรยากาศรวมทั้งออกซิเจนเข้าสู่ราก ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนจากรากแพร่สู่น้ำ ทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำหลังออกจากระบบมีค่าสูงขึ้น (สนธิเดช จิตวิมลนิมิตร, 2547)



รูปที่ 16 ค่าความแตกต่างและออกซิเจนละลายของน้ำขาออกจากระบบในชุดการทดลองที่ 1 (ก), 2 (ข) และ 3 (ค)

ค) ปริมาณของแข็งแขวนลอย

ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ก่อนเข้าระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 600 ± 60 , 330 ± 80 และ 300 ± 70 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 5) และหลังจากจากระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 58 ± 27 , 61 ± 26 และ 55 ± 28 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 17 (ก-ค) โดยความสามารถในการลดปริมาณของแข็งแขวนลอยในชุดการทดลอง 1, 2 และ 3 มีประสิทธิภาพที่สูง คิดเป็นร้อยละ 90.27 ± 5.08 , 81.13 ± 8.81 และ 80.72 ± 9.76 ตามลำดับ (รูปที่ 18) สำหรับระบบบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในการทดลองนี้ มีช่วงเวลากักเก็บน้ำที่นานมากพอ จึงทำให้เกิดการตกตะกอนของของแข็งแขวนลอยได้ดี นอกจากนี้การกรองก็เป็นอีกกลไกหนึ่งซึ่งช่วยในการกำจัดของแข็งแขวนลอยออกจากน้ำเสียได้เช่นกัน (ศุภา กานตวนิชกูร, 2544) และเนื่องจากตัวกลางเป็นดินปนทราย ซึ่งทำให้มีช่องว่างภายในตัวกลางมาก จึงสามารถทำหน้าที่กรองของแข็งแขวนลอยออกจากน้ำเสียได้ อีกทั้งรากพืชยังช่วยในการกรองของแข็งแขวนลอยอีกด้วย ซึ่ง Yang และคณะ (2001) ได้ทำการเปรียบเทียบการบำบัดของแข็งแขวนลอยของแปลงที่มีการปลูกพืชและไม่มีการปลูกพืช พบว่าแปลงที่มีการปลูกพืชให้ประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอยมากกว่าแปลงที่ไม่มีการปลูกพืช เนื่องจากรากพืชจะช่วยลดขนาดช่องว่างระหว่างอนุภาคทำให้ตัวกลางมีความพรุนมากขึ้น ช่วยให้เกิดการกรองของแข็งแขวนลอยได้มากกว่าแปลงที่ไม่มีการปลูกพืช

ง) ค่าบีโอดีและซีโอดี

ค่าบีโอดีของน้ำในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ก่อนเข้าระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 180 ± 10 , 150 ± 10 และ 130 ± 10 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 5) และหลังจากจากระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.45 ± 0.92 , 3.24 ± 0.58 และ 3.19 ± 1 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 17 ก-ค ในส่วนของค่าซีโอดีของน้ำในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ก่อนเข้าระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 390 ± 30 , 330 ± 10 และ 300 ± 10 (ตารางที่ 5) และหลังจากจากระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.46 ± 2 , 14.19 ± 1.89 และ 13.32 ± 1.82 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 17 ก-ค ความสามารถในการบำบัดบีโอดีและซีโอดีของแต่ละชุดการทดลองในช่วงแรกยังมีประสิทธิภาพไม่ดี แต่เมื่อเวลาผ่านไปจนถึงช่วงวันที่ 7-9 ของการทดลองพบว่าของระบบเริ่มคงที่และมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง โดยประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีและซีโอดีของทุกชุดการทดลองมีค่าสูงกว่าร้อยละ 95 โดยที่ชุดการทดลองที่ 1 มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าบีโอดีและซีโอดีสูงสุด สามารถลดค่าบีโอดีและซีโอดีเหลือเพียง 3.45 ± 0.92 และ 15.46 ± 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีและซีโอดีร้อยละ 98.04 ± 0.52 (รูปที่ 19) และ 95.96 ± 0.54 (รูปที่ 20) ตามลำดับ ในระบบบึงประดิษฐ์ สารอินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่จะถูกกำจัดโดยการกรองและตกตะกอนในชั้นตัวกลาง ส่วนสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำนั้นจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่เกาะอยู่ที่ชั้นตัวกลาง (ศุภา กานตวนิชกูร, 2544) ในชั้นตัวกลางจะได้รับออกซิเจนส่วนหนึ่งจากการที่พืชสามารถส่งผ่านออกซิเจนไปยังบริเวณราก ทำให้บริเวณรอบๆรากมีออกซิเจนเพียงพอที่จะทำให้จุลินทรีย์ที่ใช้ ออกซิเจน สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดี ส่งผลให้การบำบัดบีโอดีและซีโอดีมีประสิทธิภาพ

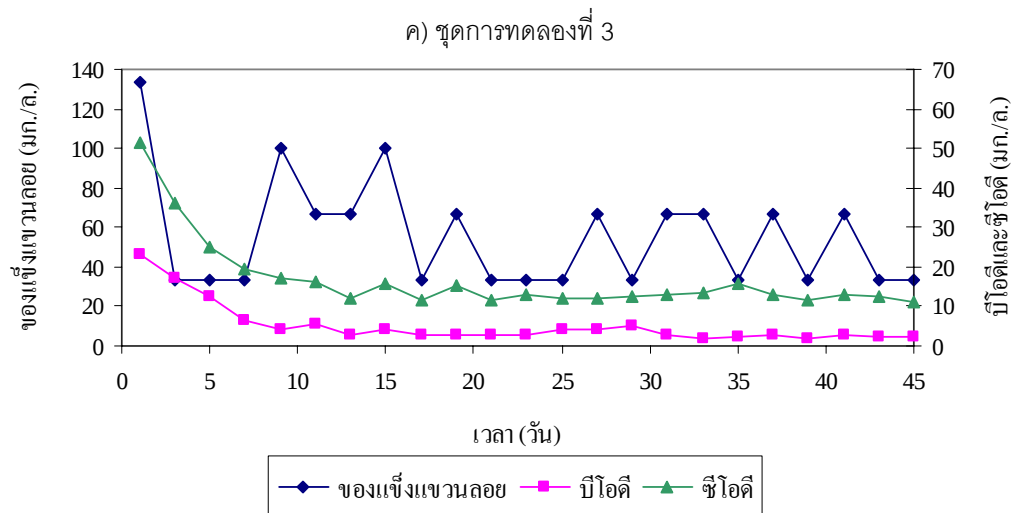
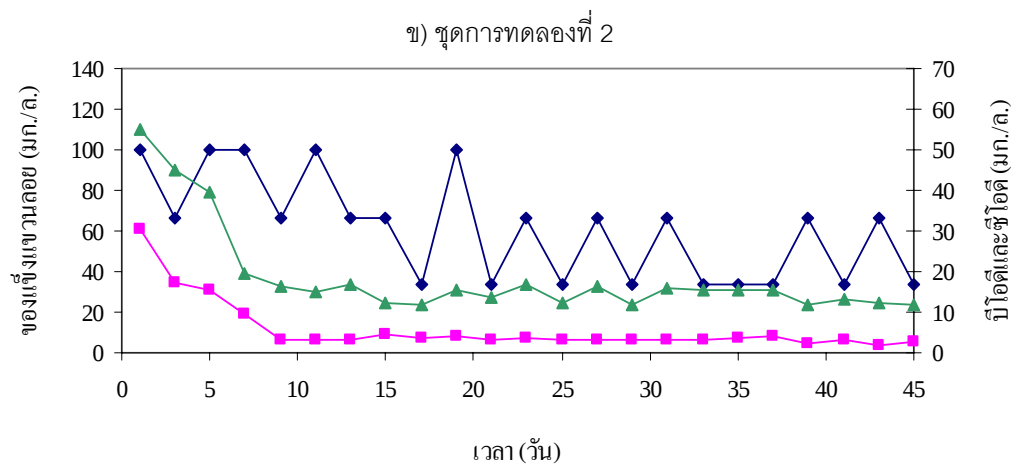
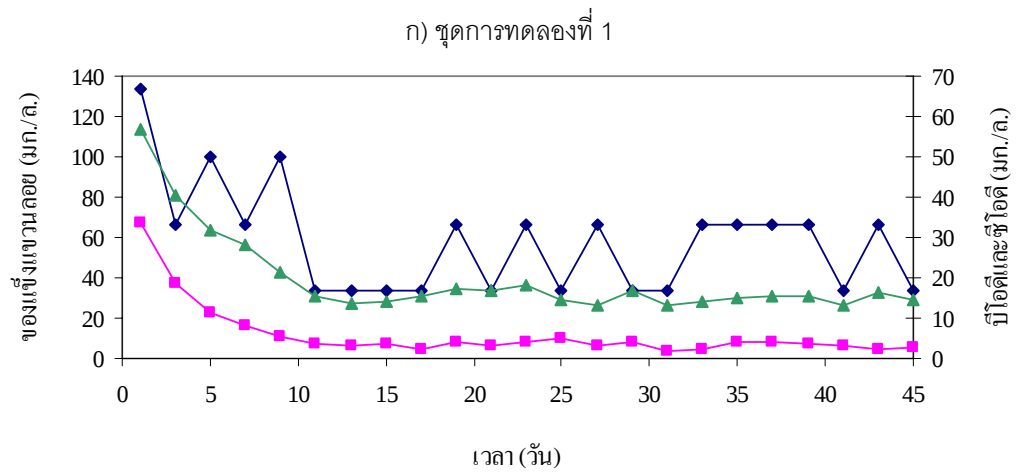
จ) ค่าไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ทีเคเอ็น) ของน้ำในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ก่อนเข้าระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 144.66 ± 11.14 , 127.61 ± 12.39 และ 117.59 ± 11.22 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 5) และหลังจากจากระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.28 ± 3.99 , 12.13 ± 3.84 และ 11.13 ± 3.93 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 21 ก-ค โดยคิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดทีเคเอ็นของชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 เป็นร้อยละ 91.43 ± 3.01 , 90.46 ± 2.87 และ 90.44 ± 3.78 ตามลำดับ (รูปที่ 24) ปริมาณทีเคเอ็นของน้ำที่เข้าระบบเมื่อผ่านการบำบัดแล้วจะมีค่าลดลงด้วยกระบวนการต่างๆ ได้แก่ การระเหยกลายเป็นไอของแอมโมเนียม ปฏิกริยาแอมโมเนียฟิเคชัน ปฏิกริยาไนตริฟิเคชัน ปฏิกริยาดีไนตริฟิเคชัน การนำไปใช้โดยพืชและการดูดซับไว้ในตัวกลาง โดยอินทรีย์ไนโตรเจนส่วนมากในน้ำเสียพร้อมที่จะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียม และจะเกิดได้ดีในสภาวะที่มีออกซิเจน (ศุภา กานตวนิชกูร, 2544) จากการทดลองพบว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดมีปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทมากกว่าน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบ โดยชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าไนโตรเจนในน้ำเข้าเฉลี่ย 0.03 ± 0.02 , 0.04 ± 0.03 และ 0.05 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.37 ± 0.46 , 0.41 ± 0.44 และ 0.44 ± 0.63 มิลลิกรัมต่อลิตรในน้ำที่ออกจากระบบ

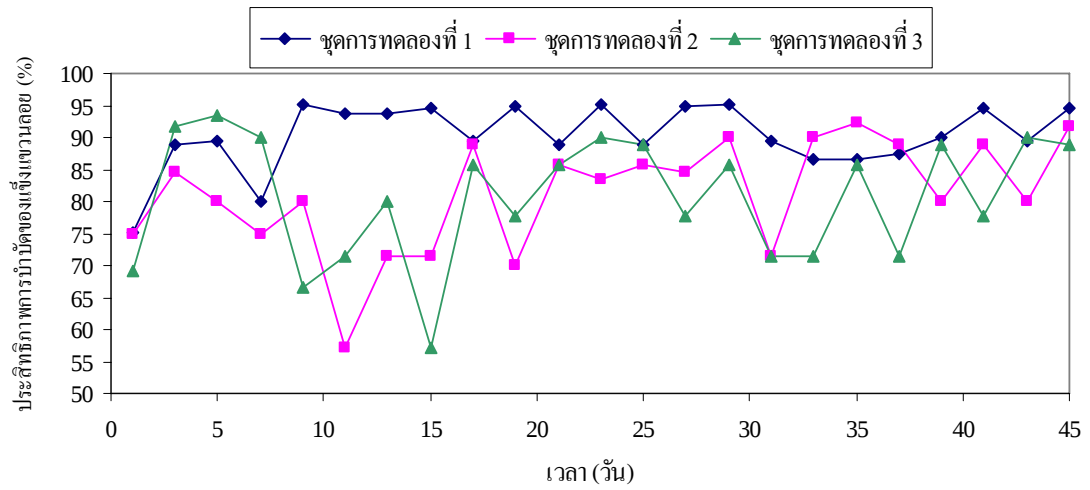
ตามลำดับ (รูปที่ 22) ในขณะที่ค่าไนเตรทของน้ำในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ย 0.05 ± 0.01 , 0.06 ± 0.02 และ 0.07 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตรในน้ำเข้าระบบ และมีค่าเฉลี่ย 2.24 ± 0.99 , 2.38 ± 1.03 และ 1.87 ± 0.94 มิลลิกรัมต่อลิตรในน้ำออกจากระบบ ตามลำดับ (รูปที่ 23) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันมากกว่าดีไนตริฟิเคชัน โดยปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันนั้น ระบบจะต้องอยู่ภายใต้สภาวะแอโรบิก และเนื่องจากตัวกลางที่ใช้เป็นดินปนทราย ทำให้มีช่องว่างในตัวกลางมากย่อมก่อให้เกิดสภาวะแอโรบิกในระบบมากกว่าสภาวะแอนแอโรบิก ทำให้แอมโมเนียเปลี่ยนเป็นไนไตรท์และไนเตรท ปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในระบบจึงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ นอกจากนี้ Sezerino และคณะ (2003) ได้กล่าวไว้ว่าการระเหยกลายเป็นไอของแอมโมเนียสามารถเกิดได้ที่ค่าความเป็นกรดต่างมากกว่า 7 โดยไนโตรเจนส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแอมโมเนีย และสามารถกำจัดออกโดยการระเหยเป็นไอ ซึ่งอัตราการระเหยของแอมโมเนียจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแอมโมเนียและที่เคเอ็นของระบบเพิ่มมากขึ้น โดยค่าแอมโมเนียในน้ำที่ออกจากระบบของการทดลองชุดที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.43 ± 0.11 , 0.40 ± 0.11 และ 0.41 ± 0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 21 ก-ค) คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 99.13 ± 0.24 , 98.82 ± 0.44 และ 98.78 ± 0.46 ตามลำดับ (รูปที่ 25)

จ) ค่าฟอสเฟต

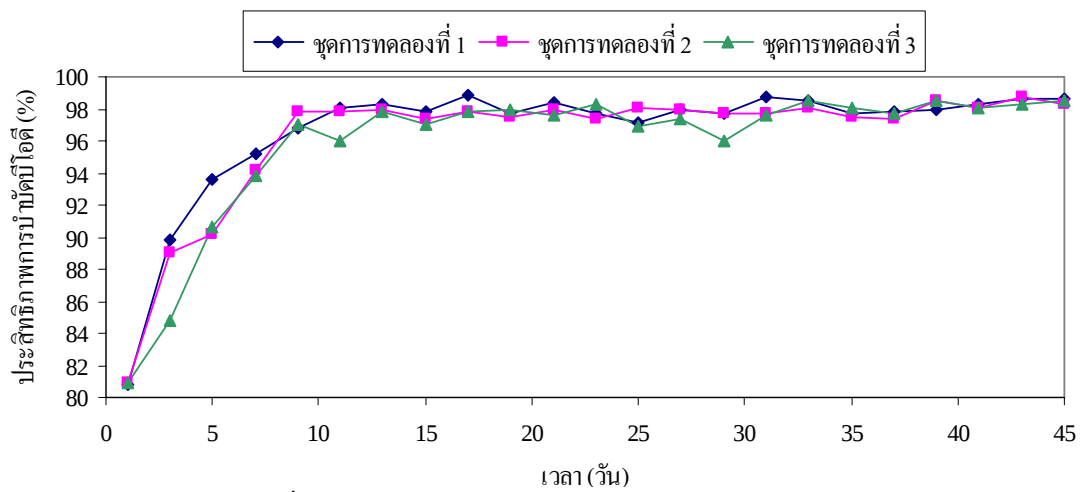
ค่าฟอสเฟตในน้ำเข้าระบบของชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.49 ± 0.07 , 1.43 ± 0.09 และ 1.32 ± 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าฟอสเฟตในน้ำออกจากระบบเฉลี่ยอยู่ 0.26 ± 0.04 , 0.23 ± 0.03 และ 0.21 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 21 ก-ค คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดฟอสเฟตของชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 เป็นร้อยละ 82.29 ± 2.74 , 83.7 ± 2.57 และ 83.72 ± 2.34 ตามลำดับ (รูปที่ 26) โดยค่าฟอสเฟตในระบบบึงประดิษฐ์จะถูกกำจัดด้วยกระบวนการดูดซึมของพืชผ่านทางรากและส่งผ่านไปยังเนื้อเยื่อเพื่อนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ (กฤษฎณ์ เทียมประสิทธิ์ และบุษยมาส มุ่งธัญญา, 2545)



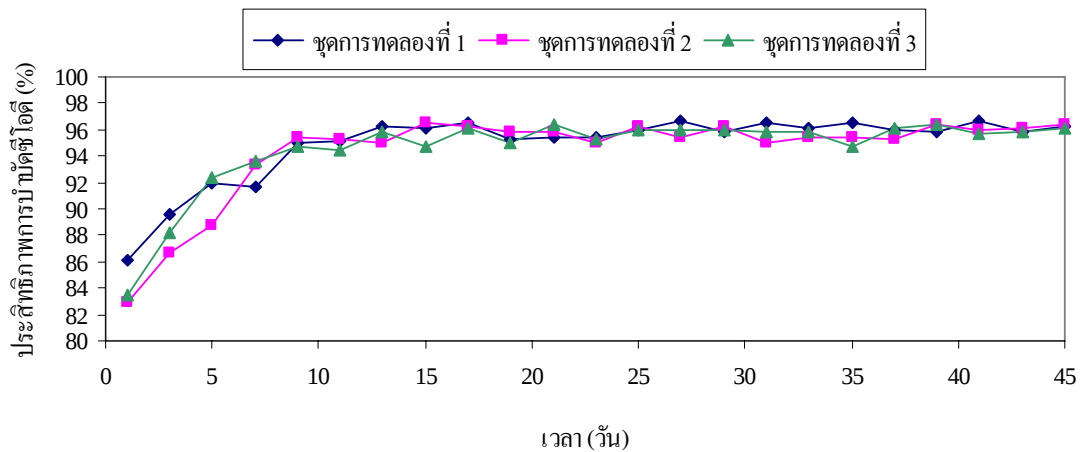
รูปที่ 17 ปริมาณของแข็งแขวนลอย ค่าบีโอดี และค่าซีโอดีของน้ำขาออกจากระบบในชุดการทดลองที่ 1 (ก), 2 (ข) และ 3 (ค)



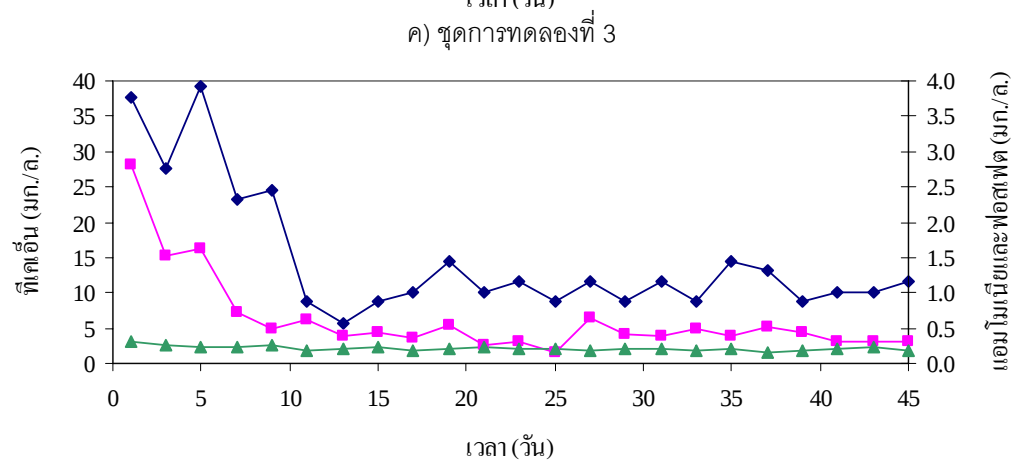
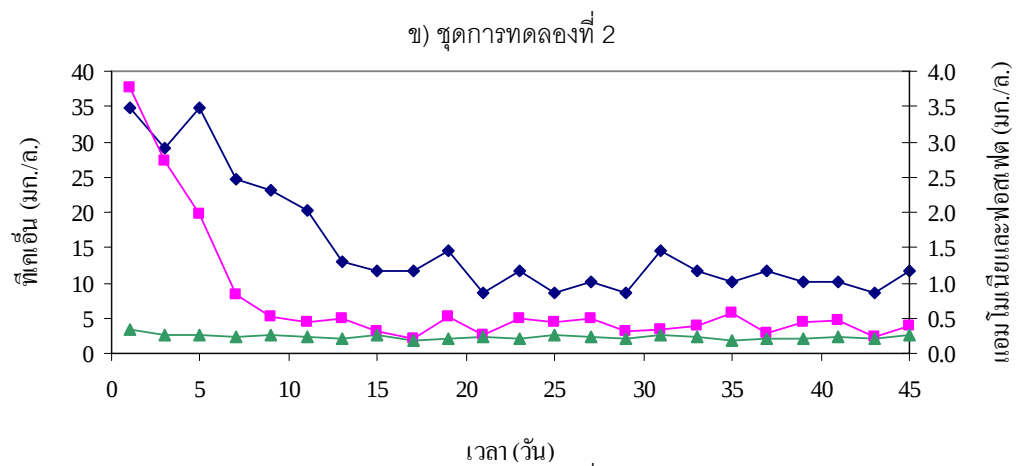
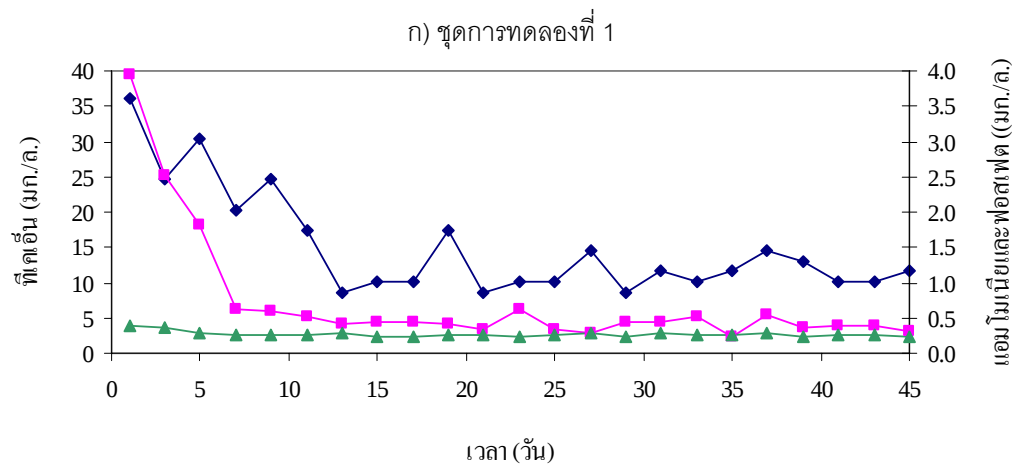
รูปที่ 18 ประสิทธิภาพการนำน้ำของแข็งแวนลอยของชุดการทดลองต่างๆ



รูปที่ 19 ประสิทธิภาพการนำน้ำดีของชุดการทดลองต่างๆ

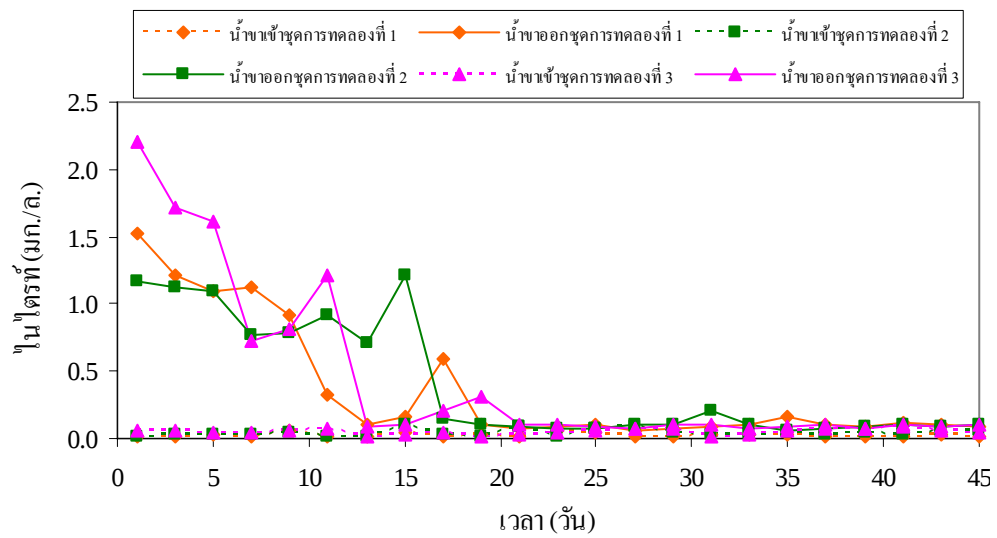


รูปที่ 20 ประสิทธิภาพการนำน้ำดีของชุดการทดลองต่างๆ

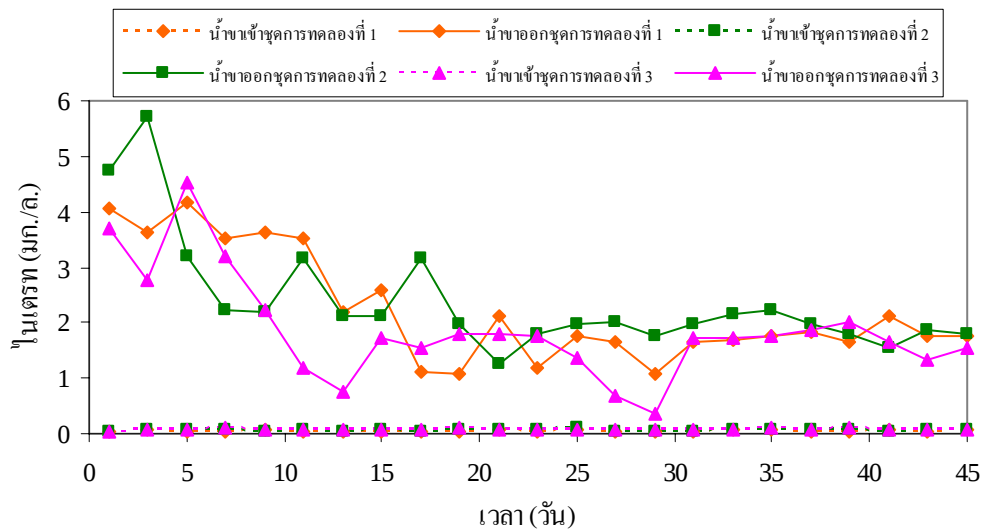


◆ ทีเคเอ็น
 ■ แอมโมเนีย
 ▲ ฟอสเฟต

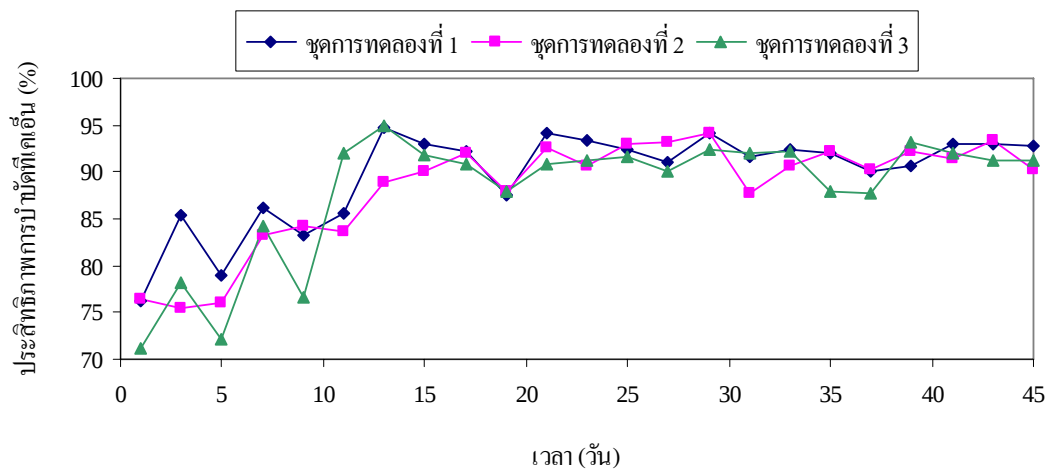
รูปที่ 21 ค่าทีเคเอ็น แอมโมเนียและฟอสเฟตของน้ำขาออกจากระบบในชุดการทดลองที่ 1 (ก), 2 (ข) และ 3 (ค)



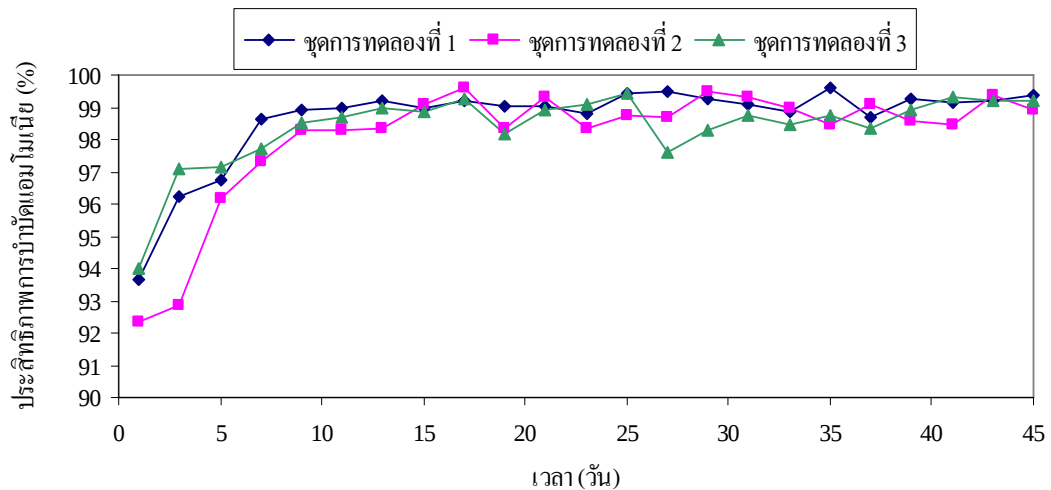
รูปที่ 22 ค่าไนเตรทของน้ำขาเข้าและขาออกจากระบบในชุดการทดลองต่างๆ



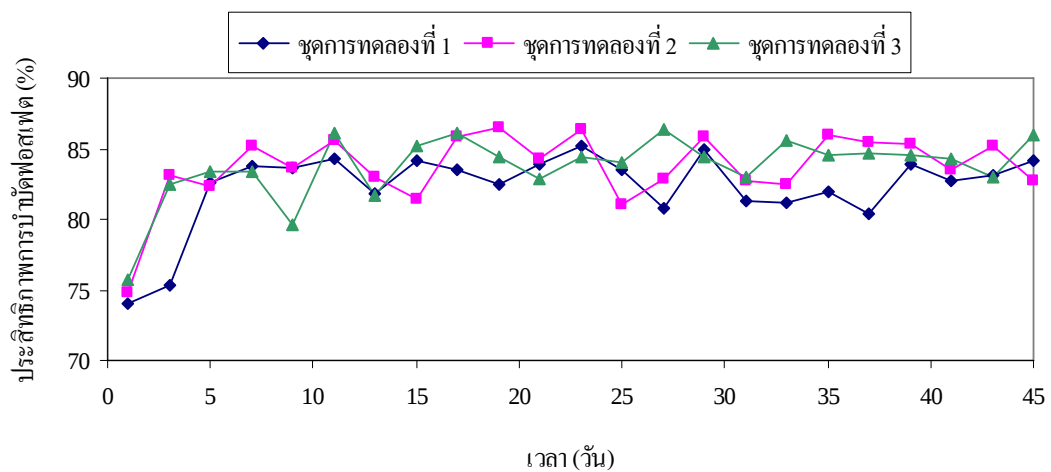
รูปที่ 23 ค่าไนเตรทของน้ำขาเข้าและขาออกจากระบบในชุดการทดลองต่างๆ



รูปที่ 24 ประสิทธิภาพการบำบัดที่เคเอ็นของชุดการทดลองต่างๆ



รูปที่ 25 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียของชุดการทดลองต่างๆ



รูปที่ 26 ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสเฟตของชุดการทดลองต่างๆ

จากการศึกษาประสิทธิภาพการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ของชุดการทดลองต่างๆ พบว่าระบบจะมีการปรับสภาพในช่วง 9 วันแรก ประสิทธิภาพจึงจะเริ่มคงที่ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดของชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 พบว่าใกล้เคียงกันโดยสามารถบำบัดค่าออกซิเจนละลาย บีโอดี และแอมโมเนีย อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ดังนั้นเมื่อพิจารณาการนำน้ำทิ้งในบ่อบำบัดไปใช้ใหม่ในโรงงานจึงควรนำน้ำจากบ่อบำบัดบ่อที่ 2 ซึ่งเป็นบ่อเปิดลำดับแรกไปปรับปรุงคุณภาพโดยระบบบึงประดิษฐ์ได้เลย ทำให้ช่วยลดบ่อบำบัดลงและยังสามารถช่วยลดการใช้น้ำดีได้อีกด้วย ผลจากการเก็บตัวอย่างและทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบบำบัด รวมทั้งประสิทธิภาพการบำบัดของชุดการทดลองต่างๆ แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ของชุดการทดลองต่างๆ

พารามิเตอร์	ชุดการทดลองที่ 1			ชุดการทดลองที่ 2			ชุดการทดลองที่ 3		
	น้ำขาเข้า	น้ำขาออก	% การบำบัด	น้ำขาเข้า	น้ำขาออก	% การบำบัด	น้ำขาเข้า	น้ำขาออก	% การบำบัด
ความเป็นกรดต่าง	$7.48^a \pm 0.05$	$7.70^a \pm 0.07$	-	$7.62^b \pm 0.03$	$7.73^a \pm 0.16$	-	$7.72^c \pm 0.07$	$7.68^a \pm 0.17$	-
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	$31.35^a \pm 1.27$	$30.65^a \pm 0.88$	-	$31.39^a \pm 1.23$	$30.52^a \pm 0.99$	-	$30.96^a \pm 1.02$	$30.43^a \pm 0.73$	-
ออกซิเจนละลาย (มก./ล.)	$0.30^a \pm 0.06$	$3.11^a \pm 0.88$	-	$0.54^b \pm 0.14$	$2.63^a \pm 0.23$	-	$0.62^b \pm 0.15$	$2.90^a \pm 0.22$	-
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	$600^b \pm 60$	$58^a \pm 27$	$90.27^a \pm 5.08$	$330^a \pm 80$	$61^a \pm 26$	$81.13^a \pm 8.81$	$300^a \pm 70$	$55^a \pm 28$	$80.72^a \pm 9.76$
บีโอดี (มก./ล.)	$180^c \pm 10$	$3.45^a \pm 0.92$	$98.04^a \pm 0.52$	$150^b \pm 10$	$3.24^a \pm 0.58$	$97.89^a \pm 0.38$	$130^a \pm 10$	$3.19^a \pm 1.00$	$97.62^a \pm 0.74$
ซีโอดี (มก./ล.)	$380^c \pm 30$	$15.46^a \pm 2.00$	$95.96^a \pm 0.54$	$330^b \pm 10$	$14.19^a \pm 1.89$	$95.74^a \pm 0.52$	$300^c \pm 10$	$13.32^a \pm 1.82$	$95.62^a \pm 0.62$
ทีเคเอ็น (มก./ล.)	$144.66^b \pm 11.14$	$12.28^a \pm 3.99$	$91.43^a \pm 3.01$	$127.61^{ab} \pm 11.25$	$12.13^a \pm 3.84$	$90.46^a \pm 2.87$	$117.59^a \pm 11.22$	$11.13^a \pm 3.93$	$90.44^a \pm 3.78$
ไนโตรเจน (มก./ล.)	$0.03^a \pm 0.02$	$0.37^a \pm 0.46$	-	$0.04^a \pm 0.03$	$0.41^a \pm 0.44$	-	$0.05^a \pm 0.02$	$0.44^a \pm 0.63$	-
ไนโตรเจน (มก./ล.)	$0.05^a \pm 0.01$	$2.24^a \pm 0.99$	-	$0.06^a \pm 0.02$	$2.38^a \pm 1.03$	-	$0.07^a \pm 0.01$	$1.87^a \pm 0.94$	-
แอมโมเนีย (มก./ล.)	$49.54^b \pm 6.14$	$0.43^a \pm 0.11$	$99.13^a \pm 0.24$	$36.29^{ab} \pm 8.21$	$0.40^a \pm 0.11$	$98.82^a \pm 0.44$	$34.90^a \pm 7.77$	$0.41^a \pm 0.12$	$98.78^a \pm 0.46$
ฟอสเฟต (มก./ล.)	$1.49^a \pm 0.07$	$0.26^a \pm 0.04$	$82.29^a \pm 2.74$	$1.43^a \pm 0.09$	$0.23^a \pm 0.03$	$83.70^a \pm 2.53$	$1.32^a \pm 0.10$	$0.21^a \pm 0.03$	$83.72^a \pm 2.34$

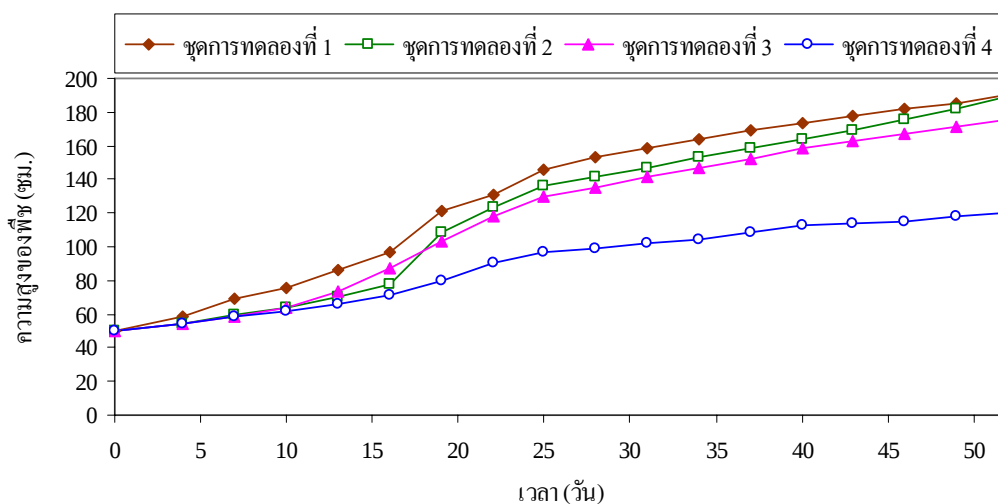
หมายเหตุ a, และ b แสดงความแตกต่างของแต่ละพารามิเตอร์ในแถวเดียวกัน - เปรียบเทียบน้ำขาเข้าในชุดการทดลองต่างๆกัน - เปรียบเทียบน้ำขาออกในชุดการทดลองต่างๆกัน - เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดการทดลองต่างๆกัน

3.3.2 การเจริญเติบโตของพืช

ในระบบบึงประดิษฐ์ในการทดลองนี้ พืชที่ใช้ได้แก่ ต้นธูปฤาษี โดยได้มีการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืชทางด้านความสูงของต้น น้ำหนักแห้ง ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสม ได้ผลการทดลองดังนี้

ก) ความสูง

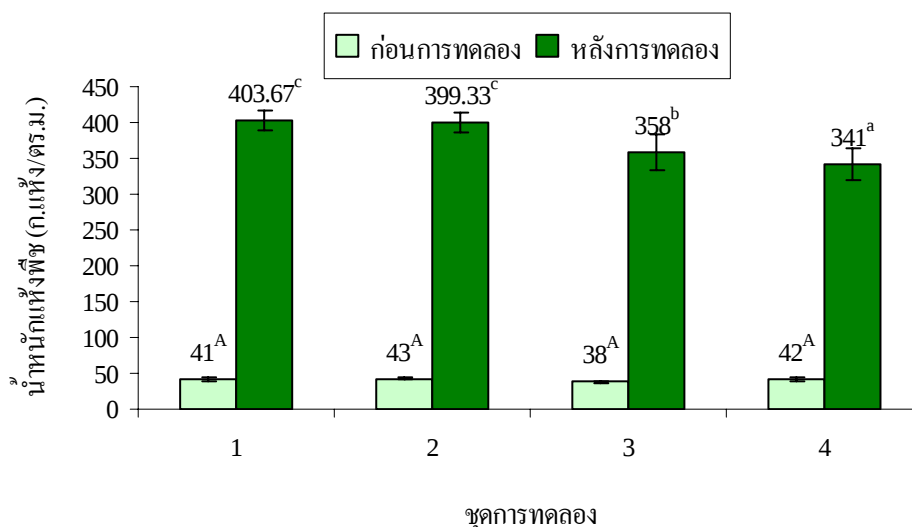
เมื่อเริ่มทำการทดลอง ต้นธูปฤาษีมีความสูงประมาณ 50 เซนติเมตรในทุกชุดการทดลอง การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้นธูปฤาษีเมื่อเสร็จการทดลอง ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 190.33 ± 4.16 , 189.67 ± 0.58 และ 176 ± 7.94 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองที่ 4 (ชุดควบคุม) ซึ่งใช้น้ำประปา ที่มีความสูงเฉลี่ยเพียง 120.33 ± 29.02 เซนติเมตร (รูปที่ 27)



รูปที่ 27 ความสูงเฉลี่ยของต้นธูปฤาษีในชุดการทดลองต่างๆ

ข) น้ำหนักแห้ง

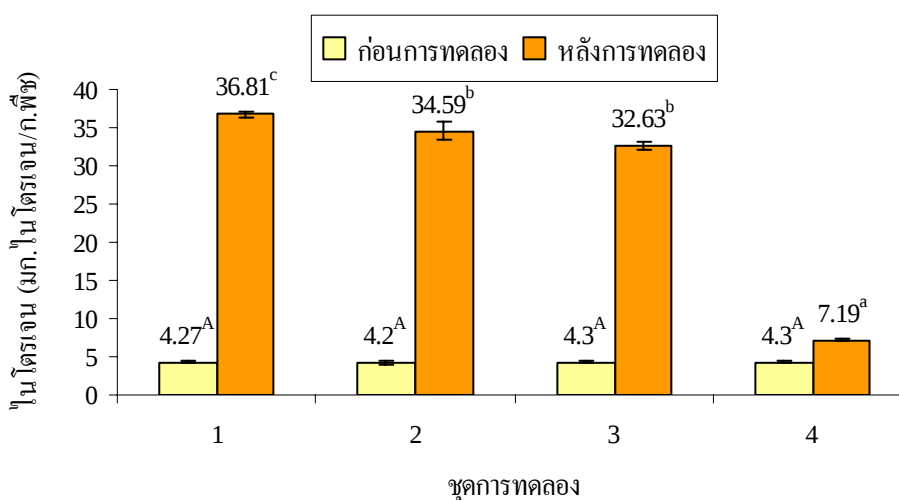
น้ำหนักแห้งของต้นธูปฤาษีในชุดการทดลองทั้ง 4 ชุด ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 28 ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักแห้งของต้นธูปฤาษีเมื่อเสร็จการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยน้ำหนักแห้งของต้นธูปฤาษีในชุดการทดลองที่ 1 มีค่ามากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 403.67 ± 14.01 กรัมแห้งต่อตารางเมตร ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 4 มีค่าน้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 341 ± 22.72 กรัมแห้งต่อตารางเมตร



รูปที่ 28 น้ำหนักแห้งของต้นธูปฤาษีในชุดการทดลองต่างๆ

ค) ปริมาณไนโตรเจนสะสมในพืช

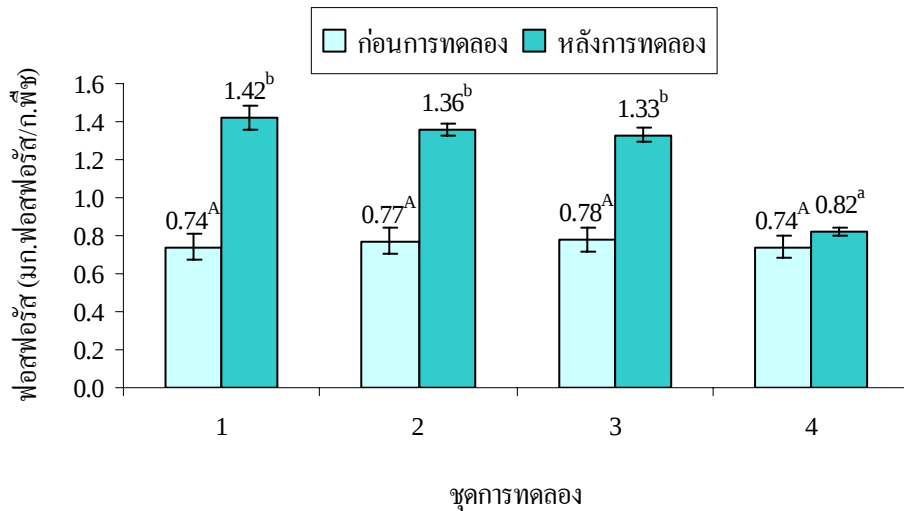
ปริมาณไนโตรเจนในพืชหลังการทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ย 36.73 ± 0.42 , 34.59 ± 1.18 , 32.63 ± 0.6 และ 7.19 ± 0.21 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อกรัมพืช ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 29 โดยปริมาณไนโตรเจนสะสมในพืชหลังการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับชุดการทดลองอื่นๆ จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ปริมาณไนโตรเจนในพืชหลังได้รับน้ำทั้งที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นมาก โดยพืชในชุดการทดลองที่ 1 มีปริมาณไนโตรเจนสะสมมากที่สุด เนื่องมาจากน้ำทั้งที่เข้าระบบมีปริมาณไนโตรเจนมาก พืชจึงดูดไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดี ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 4 ที่ใช้น้ำประปามีปริมาณไนโตรเจนสะสมน้อยที่สุด เนื่องจากน้ำประปาที่เข้าระบบไม่มีไนโตรเจน พืชจึงต้องนำไนโตรเจนในดินไปใช้ในการเจริญเติบโตเพียงแหล่งเดียว ส่งผลให้ไนโตรเจนที่สะสมในต้นพืชมีปริมาณน้อยกว่าต้นพืชในชุดการทดลองอื่นๆ



รูปที่ 29 ปริมาณไนโตรเจนสะสมในต้นธูปฤาษีของชุดการทดลองต่างๆ

ง) ปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในพืช

ปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในพืชหลังการทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ย 1.42 ± 0.07 , 1.36 ± 0.03 , 1.33 ± 0.03 และ 0.82 ± 0.02 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อกรัมพืช ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 30 โดยปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในพืชหลังการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ต้นพืชในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณฟอสฟอรัสสะสมใกล้เคียงกัน ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 4 (ชุดควบคุม) มีปริมาณฟอสฟอรัสสะสมน้อยที่สุดซึ่งมีสาเหตุเช่นเดียวกันกับการสะสมไนโตรเจนในพืช กล่าวคือ ต้นพืชนำฟอสฟอรัสในดินไปใช้ในการเจริญเติบโตได้เพียงแหล่งเดียว จึงทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสสะสมอยู่น้อยที่สุด



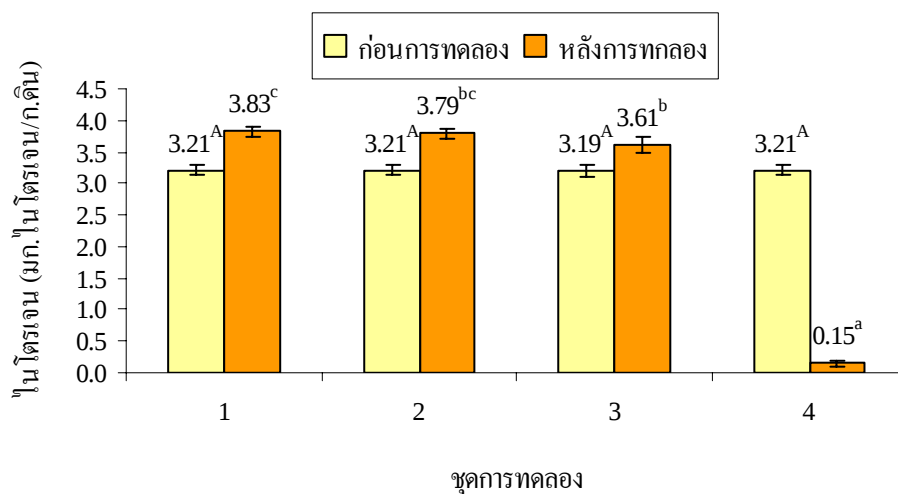
รูปที่ 30 ปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในดินรูปธาตุของชุดการทดลองต่างๆ

3.3.3 การวิเคราะห์ตัวกลาง

ตัวกลางในระบบบึงประดิษฐ์ที่ใช้ทดลองนี้ มีชั้นตัวกลางเป็นดินปนทราย โดยได้มีการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมในตัวกลาง ได้ผลการทดลองดังนี้

ก) ปริมาณไนโตรเจนสะสมในตัวกลาง

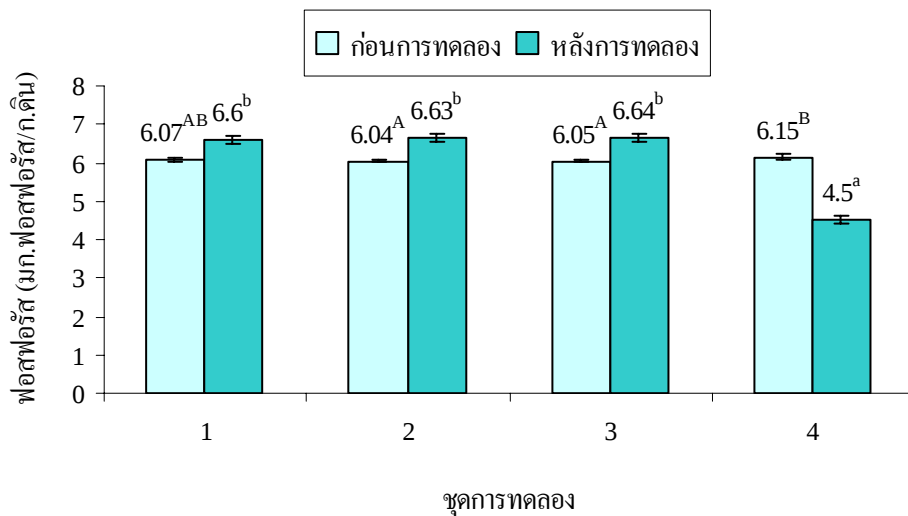
การดูดซับในตัวกลางเป็นกลไกบำบัดอีกประการหนึ่งของระบบบึงประดิษฐ์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีการสะสมของไนโตรเจนในตัวกลางหลังการทดลองเฉลี่ยเท่ากับ 3.83 ± 0.08 , 3.79 ± 0.08 และ 3.61 ± 0.14 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อกรัมดิน ตามลำดับ โดยปริมาณไนโตรเจนสะสมในตัวกลางหลังการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในขณะที่ชุดควบคุมในชุดการทดลองที่ 4 มีการสะสมของไนโตรเจนในตัวกลางหลังการทดลองเฉลี่ยเท่ากับ 0.15 ± 0.04 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อกรัมดิน ซึ่งมีปริมาณน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในตัวกลางก่อนการทดลอง โดยมีสาเหตุมาจากต้นพืชในชุดการทดลองที่ 4 ดึงไนโตรเจนในดินไปใช้ในการเจริญเติบโต อีกทั้งน้ำที่เข้าระบบเป็นน้ำประปา ที่ไม่มีแหล่งไนโตรเจนเพิ่มเข้ามาในระบบ ปริมาณไนโตรเจนในตัวกลางจึงลดลง ปริมาณไนโตรเจนในตัวกลางของชุดการทดลองต่างๆแสดงในรูปที่ 31



รูปที่ 31 ปริมาณไนโตรเจนสะสมในดินของชุดการทดลองต่างๆ

ข) ปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในตัวกลาง

กลไกหลักในการกำจัดฟอสฟอรัสในระบบบึงประดิษฐ์เกิดจากการดูดซับของแร่ธาตุที่อยู่ในตัวกลาง นอกจากนี้ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปอนุภาคสามารถกำจัดได้โดยการกรองและตกตะกอนภายในชั้นตัวกลาง และรากพืช (ฐิติมา จันทนะโสทธิ์, 2547) ปริมาณฟอสฟอรัสในตัวกลางหลังการทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 เฉลี่ยเท่ากับ 6.6 ± 0.09 , 6.63 ± 0.1 , 6.64 ± 0.1 และ 4.5 ± 0.1 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อกรัมดิน ตามลำดับ ในชุดการทดลองที่ 1-3 ปริมาณฟอสฟอรัสในตัวกลางหลังการทดลองมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง โดยปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในตัวกลางหลังการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ในขณะที่ชุดควบคุมในการทดลองที่ 4 มีปริมาณฟอสฟอรัสในตัวกลางหลังการทดลองลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง เนื่องจากไม่มีปริมาณฟอสฟอรัสเข้ามาในระบบทำให้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ทำให้พืชต้องดึงฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในตัวกลางมาใช้ ปริมาณฟอสฟอรัสในตัวกลางของชุดการทดลองต่างๆแสดงในรูปที่ 32



รูปที่ 32 ปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในดินของชุดการทดลองต่างๆ

3.4 การประเมินความเหมาะสมในการนำน้ำทิ้งไปใช้ประโยชน์ในโรงงาน

จากการศึกษาสมบัติน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆของโรงงานผลิตแอมโมเนียซัลเฟต พบว่าน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อเปิดต่างๆของโรงงานไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ใหม่ในโรงงานโดยตรง เนื่องจากน้ำทิ้งมีสมบัติต่างๆไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งโรงงานที่ทำการศึกษานี้หรือโรงงานผลิตแอมโมเนียซัลเฟตส่วนใหญ่ได้ใช้น้ำผิวดินเป็นน้ำที่ใช้ในหน่วยต่างๆของกระบวนการผลิต ซึ่งก่อนที่จะนำน้ำผิวดินมาใช้ในกระบวนการผลิตแอมโมเนียซัลเฟตนั้น ทางโรงงานจะมีกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดินเบื้องต้นก่อนนำไปใช้ โดยน้ำผิวดินจะถูกปั๊มเข้าสู่ถังตกตะกอนซึ่งจะมีสารส้มอยู่ภายในและจะถูกส่งต่อไปยังบ่อพักน้ำ หลังจากนั้นน้ำจะถูกปั๊มเข้าสู่ถังกรองทราย และส่งต่อไปยังบ่อพักน้ำอีกบ่อหนึ่ง โดยภายในบ่อพักน้ำจะมีการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนนำไปใช้ในกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงต้องมีการนำน้ำทิ้งมาปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินเสียก่อน จึงจะสามารถนำไปใช้ใหม่ในโรงงานได้ เมื่อพิจารณาสมบัติน้ำทิ้งที่ได้ทำการศึกษาพบว่า น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแอมโมเนียซัลเฟตมีองค์ประกอบของธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์แก่พืช ได้แก่ ไนโตรเจน (ในรูปของค่าที่เคเอ็น) ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง รวมถึงยังพบปริมาณฟอสเฟต จึงเลือกใช้ระบบบึงประดิษฐ์ มาปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแอมโมเนียซัลเฟตให้ดีขึ้น

ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแอมโมเนียซัลเฟตด้วยระบบบึงประดิษฐ์ได้เลือกน้ำทิ้งในบ่อบำบัดแบบบ่อเปิด 3 ลำดับแรกมาทดลองปรับปรุงคุณภาพ แต่เนื่องจากบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 1 ได้ถูกปรับปรุงเพื่อสร้างบ่อคลุม

ผ้าใบสำหรับเก็บก๊าซ จึงนำน้ำทิ้งในบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 2, 3 และ 4 มาปรับปรุงคุณภาพด้วยบึงประดิษฐ์ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเปิดบ่อที่ 2, 3 และ 4 ของบึงประดิษฐ์ พบว่ามีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันโดยสามารถบำบัดพารามิเตอร์ต่างๆ ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ดังนั้นเมื่อพิจารณาการนำน้ำทิ้งในบ่อบำบัดไปใช้ใหม่ในโรงงานจึงควรนำน้ำจากบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 2 ซึ่งเป็นบ่อเปิดลำดับแรกไปปรับปรุงคุณภาพโดยระบบบึงประดิษฐ์ แต่เมื่อพิจารณาสมบัติของน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบึงประดิษฐ์แล้ว มีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน และมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับน้ำผิวดินที่โรงงานนำมาใช้ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ในน้ำขาออกของการทดลองเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

พารามิเตอร์	น้ำขาออกจากระบบ บึงประดิษฐ์	น้ำผิวดินที่โรงงาน นำมาใช้	มาตรฐาน คุณภาพน้ำใน แหล่งน้ำผิวดิน
ความเป็นกรดด่าง	$7.70^a \pm 0.07$	$7.68^a \pm 0.08$	5.0-9.0
ออกซิเจนละลาย (มก./ล.)	$3.11^a \pm 0.88$	$3.26^a \pm 0.20$	ไม่ต่ำกว่า 2.0
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	$58^{ab} \pm 27$	$47^a \pm 20$	-
บีโอดี (มก./ล.)	$3.45^a \pm 0.92$	$2.84^a \pm 0.65$	ไม่เกิน 4.0
ซีโอดี (มก./ล.)	$15.46^a \pm 2.00$	$12.09^a \pm 2.61$	-
ทีเคเอ็น (มก./ล.)	$12.28^a \pm 3.99$	$13.83^a \pm 1.83$	-
ไนโตรเจน (มก./ล.)	$0.37^a \pm 0.46$	$0.09^a \pm 0.04$	-
ไนเตรต (มก./ล.)	$2.24^{ab} \pm 0.99$	$3.10^b \pm 0.81$	ไม่เกิน 5.0
แอมโมเนีย (มก./ล.)	$0.43^a \pm 0.11$	$0.33^a \pm 0.08$	ไม่เกิน 0.5
ฟอสเฟต (มก./ล.)	$0.26^a \pm 0.04$	$0.16^a \pm 0.14$	-

หมายเหตุ a และ b แสดงความแตกต่างของแต่ละพารามิเตอร์ในแถวเดียวกัน

ดังนั้นในการนำน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแอมโมเนียสำหรับผลิตปุ๋ยไปใช้ใหม่ในโรงงาน ควรนำน้ำทิ้งในบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 2 มาปรับปรุงคุณภาพโดยระบบบึงประดิษฐ์ที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 7 วัน ซึ่งเป็นระยะเวลากักเก็บน้ำที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแอมโมเนียสำหรับผลิตปุ๋ย ซึ่งเป็นการลดปริมาณการใช้น้ำดิบจากธรรมชาติและช่วยรักษาสภาพสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ยังช่วยลดพื้นที่ในการบำบัดน้ำเสียของโรงงาน สามารถเพิ่มพื้นที่ใช้สอยภายในโรงงานได้อีกด้วย

4. สรุป

จากการศึกษาสมบัติน้ำทิ้งของโรงงานผลิตแอมโมเนียสำหรับผลิตปุ๋ย พบว่าระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน ซึ่งเป็นระบบปิดแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ชนิดไร้อากาศ (Anaerobic fixed film reactor; AFFR) ร่วมกับบ่อบำบัดแบบบ่อเปิด (Open ponds) สามารถบำบัดของแข็งทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายได้ บีโอดี ซีโอดี ทีเคเอ็น และฟอสเฟต ได้ร้อยละ 90, 97, 82, 99, 99, 79 และ 46 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากบ่อบำบัดบ่อสุดท้ายที่เป็นบ่อที่ 9 มีสมบัติบางตัวที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม ส่งผลให้โรงงานไม่สามารถปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ และน้ำทิ้งในบ่อบำบัดบ่อต่างๆ ก็ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ใหม่ในโรงงานโดยตรง เนื่องจากน้ำทิ้งมีสมบัติต่างๆ ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งเป็นน้ำที่ใช้ในส่วนต่างๆของโรงงาน น้ำทั้งจำนวนมากจึงไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์เท่าที่ควร ทำให้เป็นการสูญเสียทรัพยากรน้ำ จึงต้องมีการนำน้ำทิ้งมาปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน เพื่อการนำกลับไปใช้ใหม่ในโรงงาน โดยเลือกใช้ระบบบึงประดิษฐ์ มาปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแอมโมเนียสำหรับให้ดีขึ้น

จากการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอนที่มีชั้นตัวกลางเป็นดินปนทรายและพืชที่ใช้ คือต้นธูปฤาษี ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแอมโมเนียสำหรับให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน โดยใช้น้ำทิ้งจากบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 2, 3 และ 4 เป็นน้ำเข้าระบบ และทำการศึกษาที่ระยะเวลาพักเก็บน้ำ 8 วัน สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้ จากการทดลองพบว่าแบบจำลองบึงประดิษฐ์ชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งใช้น้ำทิ้งจากบ่อบำบัดแบบบ่อเปิดบ่อที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ มีประสิทธิภาพสูงในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งใกล้เคียงกัน โดยในชุดการทดลองที่ 1 มีประสิทธิภาพในการบำบัดมลสารต่างๆได้สูงที่สุด สามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอย บีโอดี ซีโอดี ทีเคเอ็น แอมโมเนีย และฟอสเฟต ได้เท่ากับร้อยละ 90, 98, 96, 91, 99 และ 82 ตามลำดับ และสามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ในส่วนของพืชเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ต้นธูปฤาษีในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน ไม่ว่าทางด้านความสูง น้ำหนักแห้ง ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อของพืช จากผลการศึกษา น้ำทิ้งที่ผ่านการปรับปรุงในทุกชุดการทดลอง มีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ดีในการกำจัดมลสารต่างๆของระบบบึงประดิษฐ์ ดังนั้นในการนำน้ำทิ้งในบ่อบำบัดไปใช้ใหม่ในโรงงาน จึงสามารถนำน้ำจากบ่อบำบัดบ่อเปิดที่ 2 ซึ่งเป็นบ่อเปิดลำดับแรกไปปรับปรุงคุณภาพโดยระบบบึงประดิษฐ์ได้

5. เอกสารอ้างอิง

กิตติมา ไกรพิรพรรณ, 2542, การประเมินผลกระทบของการใช้น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแอมโมเนียสำหรับให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน [Online], Available : http://www.pcd.go.th/Info_serv/reg_std_water05.html [15 มกราคม 2550]

กรมควบคุมมลพิษ, 2549, มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน [Online], Available : http://www.pcd.go.th/Info_serv/reg_std_water05.html [15 มกราคม 2550]

กฤษณ์ เทียมประสิทธิ์ และ บุญมาส มุ่งธัญญา. 2545. “การจัดแอมโมเนียและฟอสเฟตในน้ำทิ้งชุมชนโดยการแลกเปลี่ยนไอออน”, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ภาษาไทย), ปีที่ 10, ฉบับที่ 2, หน้า 18-25

ฐิติมา จันทะโสถ์, 2547, การศึกษาประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์ที่ใช้ถ่านเป็นตัวกลาง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 159 หน้า

ธีรพล วัฒนโกศล, 2548, ฐานข้อมูลระบบผลิตก๊าซชีวภาพในโรงงานแปรรูปแอมโมเนียสำหรับให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 90 หน้า

ประยูร พงศกิตติกุล, 2544, ประมวลสาระชุดวิชา การจัดการคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม หน่วยที่ 1-7, พิมพ์ครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, หน้า 5-9

มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2549, ระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีไร้อากาศ [Online], Available : <http://www.efe.or.th/home.php?ds=preview&back=content&mid=cMS7s93gtBdrFxpI&doc=ZjFWf9yYQT04Asgk> [17 ธันวาคม 2549]

วันทนา เกียรติสมาน, 2543, การศึกษาความเหมาะสมของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมาใช้ในการชลประทาน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 208 หน้า

วรฤดี จิตรหมายเกษม, 2547, การประยุกต์ระบบ Constructed wetland สำหรับการบำบัดน้ำเสียชุมชน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 181 หน้า

ศุภาศ กานตวนิชกูร, 2544, การกำจัดไนโตรเจนโดยระบบ Combined constructed wetland ในเขตอากาศร้อน, รายงานฉบับสมบูรณ์, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 234 หน้า

สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ, 2542, ข้อเสนอแผนโครงการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า (1-1)-(5-10)

สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2546, โครงการการสำรวจและรวบรวมข้อมูลของการใช้น้ำและพลังงานในโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 5-10

สนธิเดช จิตรวิมลนิมิตร, 2547, ประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์โดยใช้ภูปลาและพืชรักษา, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 159 หน้า.

สมลักษณ์ บุญญรักษ์, 2544, การศึกษาการจัดการน้ำเสียจากอุตสาหกรรมผลไม้กระป๋อง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 162 หน้า.

โสภิตา บุญอเนกทรัพย์, 2541, “คุณสมบัติของน้ำทิ้งในขั้นตอนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง”, การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, ครั้งที่ 24, กรุงเทพฯ, หน้า 818-819.

APHA, AWWA and WEF, 2005, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th edition, United Book Press, Inc., Maryland, USA.

Sun, G., 1999, “Treatment of Agricultural Wastewater in a Combined Tidal Flow-Downflow Bed System”, Water Science and Technology, Vol. 40, No. 3, pp. 139-146.

Yang, L., Chang, H. and Huang, M. L., 2001, "Nutrient Removal in Gravel and Soil Based Wetland Microcosms with and Without Vegetation", *Ecological Engineering*, Vol.18, pp.91-105.

6. การผลิตนักศึกษา

นักศึกษาปริญญาโท 1 คน

7. สิ่งตีพิมพ์

พลาว์ตร พุทธิรักษ์, วรินทร์ สงคศิริ และภาวิณี ชัยประเสริฐ, 2553, "การปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งของโรงงานผลิตแยมมันสำปะหลัง โดยใช้ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลได้ผิวดินในแนวนอน", การประชุมวิชาการ "สิ่งแวดล้อมนครสวรรค์", ครั้งที่ 4, 26-27 พฤษภาคม 2553, มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ พะเยา, หน้า 274-284

ลงชื่อ _____

(หัวหน้าโครงการ)

วันที่ _____