



การศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร มทร.พระนคร
ในระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช 3 ชนิด

Study on Rajamangala University of Technology PhraNakhon
Cafeteria Wastewater Treatment in Alternating Flooding and Drying
Soil with 3 Plant Species System

นางสาวอรสา ฉายแสง
นางสาวชลิตา ณ ตะกั่วทุ่ง
นางสาวทัศนีย์ ห้วนอน

ปฏิญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พ.ศ. 2555



การศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร มทร.พระนคร
ในระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช 3 ชนิด

Study on Rajamangala University of Technology PhraNakhon
Cafeteria Wastewater Treatment in Alternating Flooding and Drying
Soil with 3 Plant species System

นางสาวอรสา ฉายแสง
นางสาวชลิตา ณ ตะกั่วทุ่ง
นางสาวทัศนีย์ ห้วนอน

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อปริญญาโท	การศึกษาระดับปริญญาโท สาขาการศึกษาด้านการศึกษาระบบ คินนัซังสลับแห่งร่วมกับพีช 3 ชนิด
ชื่อ-สกุล	นางสาวอรสา ฉายแสง นางสาวชลิตา ณ ตะกั่วทุ่ง นางสาวทัศนีย์ ห้วนอน
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	นายกิตติศ ตั้งสัจวงค์

คณะกรรมการสอบปริญญาโทได้ให้ความเห็นชอบปริญญาโทฉบับนี้แล้ว

นายมานะหลัฐานดี
ประธานกรรมการ

นางสาววรรณชิตะมัน
กรรมการ

นายกิตติศ ตั้งสัจวงค์
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อนุมัติให้ปริญญาโทนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความรู้และความอนุเคราะห์เป็นอย่างดีจากบุคคลหลายท่านผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์กิตติยศ ตั้งสัจจวงศ์อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้ความรู้ให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำต่างๆตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขปริญญาโทฉบับนี้จนสำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความรักและเคารพยิ่ง

ขอขอบพระคุณในความเมตตาของอาจารย์มานิช หลักฐานดี ประธานกรรมการและอาจารย์วรชุตีละมั้น คณะกรรมการสอบปริญญาโทที่กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะที่มีคุณค่าตลอดจนตรวจสอบแก้ไขปริญญาโทฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนเพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์ในทุกๆ ด้านตลอดมา

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้มอบทุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา ภายใต้โครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีการศึกษา พ.ศ. 2556 เพื่อเป็นทุนสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ สาขา วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการวิเคราะห์ผลการ ทดลองในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบิดามารดาที่ให้กำเนิดเลี้ยงดูอบรมสั่งสอนและสนับสนุนตลอดจนเป็นแรงผลักดันและกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

นางสาวอรสา ฉายแสง

นางสาวชลิตา ณ ตะกั่วทุ่ง

นางสาวทัศนีย์ ห้วนอน

ชื่อปริญญาบัตร	การศึกษากการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร มทร.พระนคร ในระบบ ดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช 3 ชนิด
ชื่อ-สกุล	นางสาวอรสา นายแสง นางสาวชลิตา ณ ตะกั่วทุ่ง นางสาวทัศนีย์ ห้วนอน
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร มทร.พระนคร ภายหลังจากถูกบำบัดด้วย บอน ใบเตย แลพุทธรักษา ในระบบดินน้ำขังสลับแห้ง และเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร มทร. พระนคร ภายหลังจากถูกบำบัดในระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วันโดยจัดทำบ่อทดลองขนาดกว้าง 0.5 เมตรยาว 1 เมตรลึก 0.5 เมตรจำนวน 4 บ่อบ่อที่ 1 เป็นบ่อควบคุมที่ไม่ปลูกรักษาบ่อที่ 2 ทดลองด้วยการปลูกรักษาบอน บ่อที่ 3 ทดลองด้วยการปลูกรักษา ใบเตยบ่อที่ 4 ทดลองด้วยการปลูกรักษา พุทธรักษาในระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วันโดยพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาได้แก่บีโอดีของแข็งแขวนลอยไนโตรเจนฟอสฟอรัสกรด-ต่าง น้ำมันและไขมัน

ผลการวิจัยพบว่าบ่อทดลองที่ปลูกรักษาบอน ใบเตย และพุทธรักษา มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียโรงอาหารสูงกว่าบ่อควบคุมที่ไม่ปลูกรักษาสำหรับคุณภาพน้ำภายหลังการบำบัดด้วย บ่อควบคุมที่ไม่ปลูกรักษา บ่อทดลองที่ปลูกรักษาบอน ใบเตย และพุทธรักษา การตรวจวัดพบว่า ค่าบีโอดีได้ร้อยละ 29.44, 84.37, 74.90 และ 86.27 ตามลำดับ, ค่าของแข็งแขวนลอยร้อยละ 22.66, 69.93, 63.48 และ 76.37 ตามลำดับ, ค่าไนโตรเจนร้อยละ 26.41, 68.67, 64.21 และ 72.99 ตามลำดับ, ค่าฟอสฟอรัสร้อยละ 52.26, 81.69, 75.73 และ 79.88 ตามลำดับ, ค่ากรด-ต่างร้อยละ 6.42, 6.55, 6.64 และ 6.88 ตามลำดับและค่าน้ำมันและไขมันร้อยละ 62.08, 78.75, 76.47 และ 80.39 ตามลำดับ

Independent study Title	Study on Rajamangala University of Technology Phra Nakhon Cafeteria Wastewater Treatment in Alternating Flooding and Drying Soil with 3 Plant species System
Authors	OrasaChaisaeng,Chalita NaTakuathung TassaneeHuanon
Degree	Bachelor of Science
Program and Faculty	Environmental Sciences and Natural Resources, Faculty of Science and Technology
Academic Year	2012

ABSTRACT

The experiment was in a type of 4 experimental wells with the size of width x length x height was equal to 0.5x1x 0.5 meters including the experimental well which had plants of *Colocasiaesculenta* (L.) Schott, *Pandanusamaryllifolius* Roxb and *Canna indica* Linn, and the rest was the control well without any plants. The time period of Alternating 5 days flooding and 2 days drying Soil. The parameter studied included BOD value, suspended solids, Total Kjeldahl Nitrogen, Total Phosphorus, pH and Oil and Grease.

The research result found that the experimental well which had *Colocasiaesculenta* (L.) Schott, *Pandanusamaryllifolius* Roxb and *Canna indica* Linn had the effectiveness in wastewater treatment higher than the control well without any plants. After treatment with the control well without any plants the experimental which had plants of *Colocasiaesculenta* (L.) Schott, *Pandanusamaryllifolius* Roxb and *Canna indica* Linn with the removal percentage of BOD value at 22.66, 69.93, 63.48 and 76.37 respectively. Suspended Solids at 22.66, 69.93, 63.48 and 76.37 respectively. Total Kjeldahl Nitrogen at 26.41, 68.67, 64.21 and 72.99 respectively. Total Phosphorus at 52.26, 81.69, 75.73 and 79.88 respectively. pH at 6.42, 6.55, 6.64 and 6.88 respectively. Oil and Grease at 62.08, 78.75, 76.47 and 80.39 respectively.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(ก)
บทคัดย่อภาษาไทย	(ข)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(ช)
สารบัญภาพ	(ญ)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 ผังแสดงกรอบแนวคิดเดิมของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย	2
1.3 กรอบแนวคิดในการศึกษา	3
1.4 วัตถุประสงค์โครงการ	4
1.5 ขอบเขตของโครงการ	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.7 นิยามศัพท์	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	6
2.1.1 น้ำเสียชุมชน (Wastewater)	6
2.1.1.1 ความหมาย	6
2.1.1.2 สารอินทรีย์ในน้ำเสียชุมชน	7
2.1.2 ข้อมูลโรงอาหาร, น้ำเสียโรงอาหาร	9
2.1.2.1 ข้อมูลโรงอาหาร	9
2.1.2.2 น้ำเสียโรงอาหาร	10
2.1.3 การบำบัดน้ำเสียระบบดินน้ำขังสลับแห้ง	12
2.1.3.1 การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง	12
2.1.3.2 การบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้ระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช	14

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำกับพืช	16
2.1.4.1 ความสำคัญของน้ำต่อพืช	16
2.1.4.2 ปริมาณความต้องการน้ำของพืช	17
2.1.4.3 ผลของสภาวะน้ำขัง (Effect of Waterlogging)	18
2.1.5 พืชที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย	20
2.1.5.1 บอน	23
2.1.5.2 เตยหอม	25
2.1.5.3 พุทธรักษา	27
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	30
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	33
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน	33
3.2 สถานที่ทำการศึกษารวิจัย	33
3.2.1 สถานที่ทำการทดลอง	33
3.2.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	34
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย	34
3.3.1 การวางแผนการทดลอง	34
3.3.2 การเตรียมบ่อทดลอง	35
3.3.3 การติดตั้งถังกระจายน้ำ	36
3.3.4 การติดท่อเข้าระบบ	36
3.3.5 การติดท่อน้ำออกจากระบบ	36
3.3.6 ตัวกลางที่เลือกใช้	36
3.3.7 พืชที่ใช้ในการทดลอง	37
3.3.8 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง	38
3.4 ดำเนินการทดลอง	38
3.5 วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	40

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6 การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ	42
3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	42
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	43
4.1 สภาวะแวดล้อมในการทดลอง	43
4.2 คุณภาพน้ำหลังการบำบัด	49
4.2.1 ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD)	49
4.2.2 ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: SS)	50
4.2.3 ค่าไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN)	51
4.2.4 ค่าฟอสฟอรัส (Total Phosphorus: TP)	52
4.2.5 ค่ากรด-ด่าง (pH)	53
4.2.6 ค่าน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)	54
4.3 ประสิทธิภาพของระบบในการบำบัดน้ำเสีย	55
4.3.1 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD)	55
4.3.2 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: SS)	56
4.3.3 ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN)	58
4.3.4 ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส (Total Phosphorus: TP)	59
4.3.5 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)	61
4.4 อภิปรายผล	62
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	64
5.1 สรุปผล	64
5.1.1 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของโรงอาหาร มทร.พระนคร ภายหลังถูกบำบัดด้วยบอน ไบเตย และพุทธรักษา ในระบบดินน้ำขังสลับแห้ง	64

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.1.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร มทธ. พระนคร	65
ภายหลังจากถูกบำบัดด้วย บอน ไบเตย พุทธรักษา	
ในระบบดินน้ำขังสลับแห้ง	
5.2 ข้อเสนอแนะ	65
5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งนี้	65
5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับในการวิจัยครั้งต่อไป	66
เอกสารอ้างอิง	67
ภาคผนวก	71
ภาคผนวกกวิธีตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	72
ภาคผนวกขข้อกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง	89
จากอาคารบางประเภทและบางขนาด	
ประวัติผู้วิจัย	97



สารบัญญัตราสาร

ตารางที่	หน้า
2.1	22
3.1	42
4.1	43
4.2	45
4.3	46
4.4	47
4.5	48
4.6	49
4.7	50
4.8	51
4.9	52
4.10	53
4.11	54
4.12	55
4.13	56
4.14	58

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.15 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส	59
4.16 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันและไขมัน	61
4.17 แสดงประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์น้ำขังสลั้บแห่งร่วมกับพืช ในการบำบัดน้ำเสียของโรงอาหาร	62



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 กรอบแนวคิดเดิมของขบวนการบำบัดน้ำเสีย	2
1.2 ผังแสดงกรอบแนวคิดในการปรับปรุงขบวนการบำบัดน้ำเสีย	3
2.1 ขบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงอาหาร	10
2.2 แผนผังแสดงการระบายน้ำเสียของโรงอาหาร มทร.พระนคร ศูนย์พระนครเหนือ	11
2.3 ลักษณะลำต้นของบอน	23
2.4 ลักษณะใบของบอน	24
2.5 ลักษณะลำต้นของเตยหอม	26
2.6 ลักษณะใบของเตยหอม	26
2.7 ลักษณะลำต้นของพุทธรักษา	27
2.8 ลักษณะใบของพุทธรักษา	28
2.9 ลักษณะดอกของพุทธรักษา	28
3.1แผนผังหน่วยทดลอง	34
3.2 ขนาดของบ่อทดลองและตำแหน่งท่อน้ำเสีย	35
3.3 หินกรวด	36
3.4 อัตราส่วนของดินผสมทราย	37
3.5 ชั้นวัสดุต่างๆในบ่อทดลอง	37
3.6 จุดเก็บน้ำตัวอย่างน้ำเสียจากปลายท่อรวมน้ำเสียของโรงอาหาร มทร.พระนคร	24
3.7 ระยะเวลาของการปลูกบอน เตยหอมและพุทธรักษา ในบ่อทดลอง	39
3.8 ผังบ่อทดลองที่ใช้ในการวิจัย	40
4.1 ลักษณะน้ำเสียโรงอาหาร มทร.พระนคร ที่ผ่านการบำบัดแบบกรอง	44
4.2 ลักษณะน้ำเสียโรงอาหาร มทร.พระนคร ที่ผ่านการบำบัด ด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับของบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช	45

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.3 ลักษณะน้ำเสียโรงอาหาร มทร.พระนคร ที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลั้บแห้งร่วมกับของบ่อทดลอง (บอน)	46
4.4 ลักษณะน้ำเสียโรงอาหาร มทร.พระนคร ที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลั้บแห้งร่วมกับของบ่อทดลอง (ใบเตย)	47
4.5 ลักษณะน้ำเสียโรงอาหาร มทร.พระนคร ที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลั้บแห้งร่วมกับของบ่อทดลอง (พุทธรักษา)	48
4.6 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี	55
4.7 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย	57
4.8 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน	58
4.9 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส	60
4.10 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันและไขมัน	



บทที่ 1

บทนำ

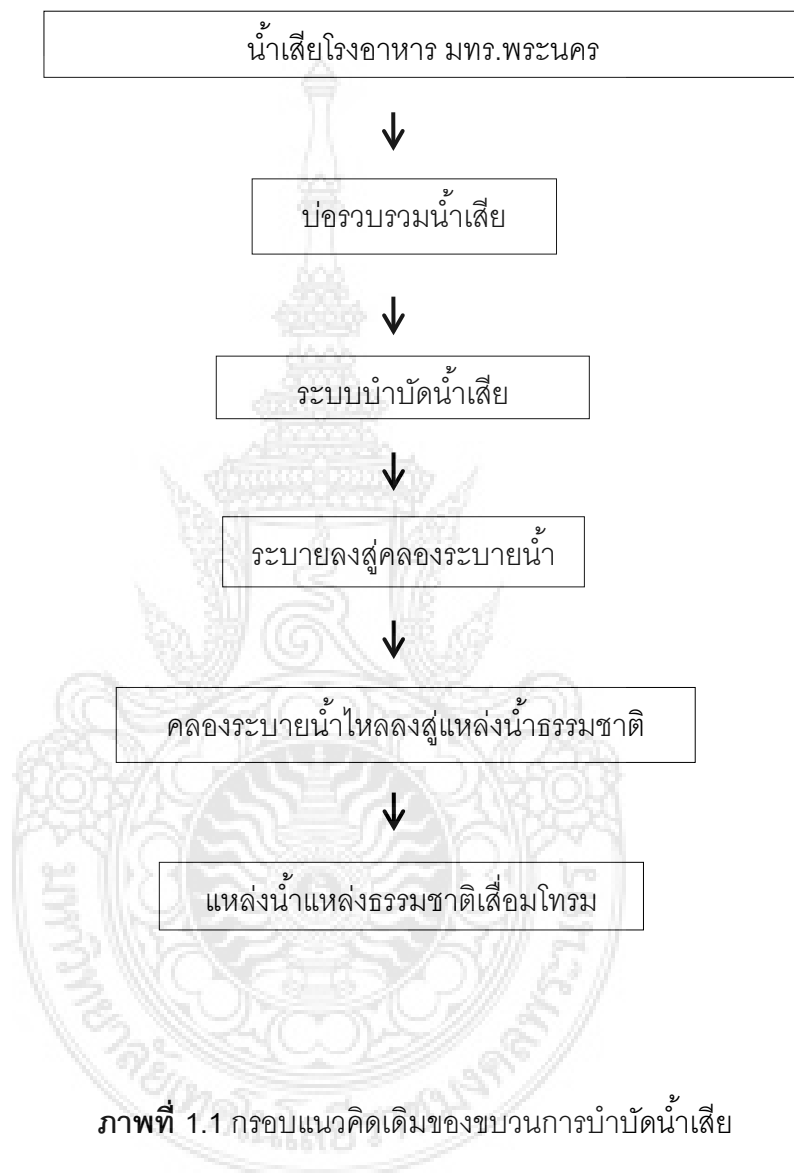
1.1ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญปัญหาหนึ่ง คือ ปัญหาน้ำเน่าเสีย ซึ่งเป็นปัญหาที่ต้องรีบหาแนวทางแก้ไขและป้องกันเพื่อลดปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมในอนาคต

การพัฒนาและประยุกต์ใช้ระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียสำหรับประเทศไทยได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดสารอินทรีย์ในโตรเจน ฟอสฟอรัสและของแข็งแขวนลอยนอกจากนี้ยังมีค่าใช้จ่ายต่ำในการก่อสร้างการเดินระบบและการดูแลบำรุงรักษาระบบบำบัดดังกล่าวอาศัยกระบวนการทางธรรมชาติโดยการปลูกพืชเพื่อบำบัดน้ำเสียซึ่งมีลักษณะคล้ายกับพืชที่ขึ้นอยู่ตามพื้นที่ชุ่มน้ำระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์นอกจากจะใช้บำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมได้แล้วยังสามารถประยุกต์ใช้บำบัดของเสียประเภทสิ่งปฏิกูลจากบ้านเรือนหรือชุมชนเมืองได้อีกด้วย

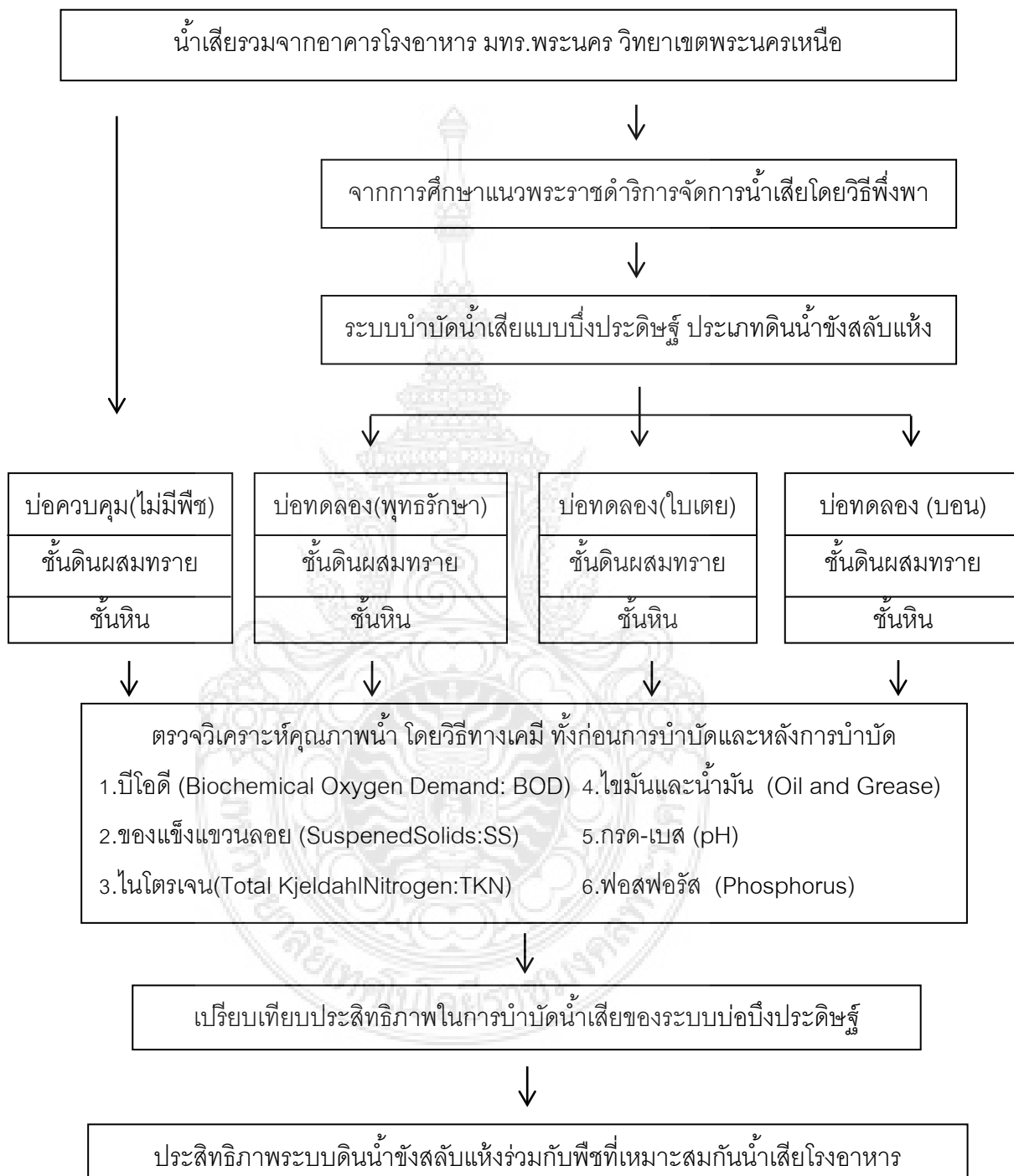
ในการศึกษาของโครงการนี้ได้กำหนดให้นำน้ำเสียจากโรงอาหาร มทร.พระนคร เป็นตัวแทนน้ำเสียชุมชนที่จะดำเนินการศึกษาทดลอง โดยได้ทำการทดลองใช้ระบบบึงประดิษฐ์ (ConstructedWetlandSystem) ซึ่งเป็นวิธีทางธรรมชาติที่สามารถบำบัดน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและได้รับการยอมรับว่า เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการไม่สูงมากนัก ดูแลระบบได้ง่าย ไม่ต้องมีผู้เชี่ยวชาญในการดูแล ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งในการประหยัดพลังงานและน่าสนใจ

1.2 ผังแสดงกรอบแนวคิดเดิมของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดเดิมของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย

1.3 กรอบแนวคิดในการศึกษา



ภาพที่ 1.2 แสดงกรอบแนวคิดในการปรับปรุงขบวนการบำบัดน้ำเสีย

1.4 วัตถุประสงค์โครงการ

1.4.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร มทร.พระนคร ภายหลังจากถูกบำบัดด้วย บอน ไบเตย และพุทธรักษา ในระบบดินน้ำขังสลับบ้าง

1.4.2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร มทร.พระนคร ภายหลังจากถูกบำบัดด้วยบอน ไบเตย และพุทธรักษา ในระบบดินน้ำขังสลับบ้าง

1.5 ขอบเขตของโครงการ

1.5.1 ดำเนินการวิจัยในห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ศูนย์พระนครเหนือ และแบบจำลองระบบบำบัด ๕ ภาคสนาม ณ วัดปากน้ำ จังหวัดนนทบุรี

1.5.2 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง คือ น้ำเสียจากบ่อรวบรวมน้ำเสียโรงอาหาร มทร.พระนคร

1.5.3 พืชที่ใช้ในการบำบัด 3 ชนิด ได้แก่ พุทธรักษา ไบเตย บอนน้ำ

1.5.4 สร้างระบบบำบัดแบบดินน้ำขังสลับบ้างร่วมกับพืชโดยมีระยะเวลาเก็บน้ำ 5 วัน ปล่อยแห้ง 2 วัน

1.5.5 บ่อทดลองเป็นบ่อปูนซีเมนต์สำเร็จรูป ขนาดบ่อ มีความกว้าง 50 เซนติเมตร ความยาว 100 เซนติเมตร ความลึก 50 เซนติเมตร จำนวน 4 บ่อ ปลูกบ่อด้วยพลาสติกกันซึม

1.5.6 ศึกษาประสิทธิภาพของระบบ ๕ โดยการตรวจวัดค่า บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD), ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: SS), ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN), ไขมันและน้ำมัน (Oil and Grease), กรด-เบส (pH) และฟอสฟอรัส (Total Phosphorus) ของน้ำเสียเปรียบเทียบก่อนและหลังบำบัด

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของพุทธรักษา ไบเตย และบอนน้ำ ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร มทร.พระนคร ศูนย์พระนครเหนือ ซึ่งเป็นทางเลือกในการใช้พืชบำบัดน้ำเสียอีกทางหนึ่ง

1.6.2 ทำให้ทราบผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร มทร. พระนคร ศูนย์พระนครเหนือ ภายหลังจากถูกบำบัดด้วยพุทธรักษา ไบเตย และบอนน้ำ ในระบบดินน้ำขังสลับบ้าง

1.7 นิยามศัพท์

1.7.1 การบำบัดน้ำเสียหมายถึง การดำเนินการเปลี่ยนแปลงสภาพของเสียในน้ำเสีย ให้อยู่ในสภาพที่มีความเหมาะสมพอที่จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อแหล่งรองรับน้ำเสียนั้นๆ

1.7.2 น้ำเสียโรงอาหารหมายถึงน้ำที่ผ่านกระบวนการทำความสะอาดวัตถุดิบ ภาชนะ และเครื่องครัวต่างๆ ที่ใช้ในการประกอบอาหาร รวมทั้งน้ำที่ใช้ทำความสะอาดพื้นบริเวณโรงอาหาร

1.7.3 โรงอาหารหมายถึงโรงอาหารของมทร.พระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

1.7.4 ระบบดินน้ำขังสลับแห้งหมายถึงการปล่อยให้ น้ำขังดินอยู่ระยะเวลาหนึ่งแล้วระบายน้ำออกให้แห้ง เป็นรอบๆ ไป เกิดขึ้นสองแบบในแต่ละรอบของการทดลอง คือ สภาพที่มีออกซิเจนและสภาพที่ไร้ออกซิเจน

1.7.5สภาพที่มีออกซิเจนหมายถึง มีการขังน้ำครั้งแรกและเมื่อมีการระบายน้ำออกแล้วปล่อยให้ดินแห้ง

1.7.6 สภาพที่ไร้ออกซิเจนหมายถึงการปล่อยน้ำเข้าแปลงแล้วขังน้ำไว้ก็จะเกิดสภาพไร้ออกซิเจนทำให้เกิดการสะสมธาตุอาหารพืชในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับความรู้เรื่องต่างๆหลายเรื่องซึ่งต้องนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการพิจารณาอ้างอิงและวิเคราะห์ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจในเรื่องต่างๆได้อย่างชัดเจนจึงกำหนดหัวข้อความรู้ใหญ่ ๆ ไว้ 7 หัวข้อคือ

- 2.1.1 น้ำเสียชุมชน
- 2.1.2 น้ำเสียโรงอาหาร, ข้อมูลโรงอาหาร
- 2.1.3 การบำบัดน้ำเสียระบบดินน้ำขังสลับแห้ง
- 2.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำกับพืช
- 2.1.5 พืชที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย

2.1.1 น้ำเสียชุมชน (Wastewater)

2.1.1.1 ความหมาย

น้ำเสียชุมชนหมายถึงน้ำเสียจากบ้านพักอาศัยขนาดต่างๆโรงแรมตลาดรวมทั้งสำนักงานและสถานที่ทำงานนานาชนิดน้ำเสียประเภทนี้เกิดจากกิจกรรมในการดำรงชีวิตของมนุษย์จึงมีลักษณะไม่ต่างกันมากส่วนใหญ่ของเสียจะเป็นสารอินทรีย์เช่นเศษอาหาร จากการล้างจานและภาชนะหรือวัสดุที่ใช้ในการปรุงอาหารรวมถึงสารต่างๆที่เกิดจากการล้างทำความสะอาดเสื้อผ้ารถบ้านเรือน ฯลฯ (กรมควบคุมมลพิษ, 2537)

พัฒนา (2539) ได้กล่าวถึงประเภทของน้ำเสียชุมชนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกันก็จะมีปริมาณและคุณลักษณะที่แตกต่างกันนอกจากนี้ น้ำเสียชุมชนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเดียวกันก็อาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของปริมาณและคุณลักษณะของน้ำเสียได้เช่นกันทั้งนี้เนื่องมาจากระยะเวลาและฤดูกาลน้ำเสียจากแหล่งชุมชนสามารถแบ่งออกได้ 4 ประเภทตามแหล่งกำเนิดดังนี้

ก) น้ำเสียจากบ้านพักอาศัย

น้ำเสียที่เกิดจากแหล่งที่อยู่อาศัยมักเกิดจากกิจกรรมต่างๆภายในบ้านเช่น การซักล้างการประกอบอาหารคุณลักษณะโดยทั่วไปของน้ำเสียที่เกิดจากบ้านพักอาศัยมักจะมี ส่วนที่เป็นของแข็งประมาณร้อยละ1ส่วนที่เหลือเป็นของเหลวร้อยละ99และในส่วนที่เป็นของแข็ง มักจะประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ประมาณร้อยละ 50 – 70

ข) น้ำเสียจากสถานที่ประกอบการ

น้ำเสียที่ปล่อยออกมาจากสถานที่ประกอบการต่างๆขึ้นอยู่กับลักษณะของ สถานที่ทำการนั้นๆเช่นโรงเรียนมหาวิทยาลัยและโรงพยาบาลน้ำเสียส่วนใหญ่มักเกิดจากการใช้น้ำในห้องน้ำ ห้องส้วมการใช้น้ำล้างวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงานตามแต่ลักษณะของ หน่วยงานนั้นๆซึ่งคุณลักษณะของน้ำเสียก็จะคล้ายกันกับน้ำเสียที่เกิดจากบ้านพักอาศัย

ค) สถานที่ที่ใช้ในการสันหนากการ

น้ำเสียที่ปล่อยออกมาจากแหล่งสันหนากการต่างๆได้แก่โรงแรมรีสอร์ทบ้านพักตาก อากาศส่วนใหญ่เกิดจากการประกอบอาหารการใช้ห้องน้ำห้องส้วมการซักล้างน้ำเสียที่เกิดจาก กิจกรรมต่างๆเหล่านี้จะมีคุณลักษณะที่คล้ายคลึงกับน้ำเสียที่เกิดจากบ้านพักอาศัยและน้ำเสียที่ เกิดจากสถานที่ประกอบการต่างๆแต่จะแตกต่างกันในส่วนของคุณลักษณะของปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งจะขึ้นอยู่กับฤดูกาลและประเภทของแหล่งสันหนากการนั้นๆ

ง) สถานที่ประกอบธุรกิจการค้า

สถานที่ประกอบธุรกิจการค้าได้แก่ตลาดโรงภาพยนตร์ศูนย์การค้าร้านอาหารซึ่ง มักจะเป็นสถานที่ที่มีประชาชนใช้บริการในจำนวนที่แตกต่างกันไปตามชวงเวลาน้ำเสีย ส่วนใหญ่เกิดจากการใช้ห้องน้ำห้องส้วมการประกอบอาหารซึ่งคุณลักษณะของน้ำเสียจะ คล้ายกันกับน้ำเสียจากบ้านพักอาศัยแต่จะแตกต่างกันในส่วนของคุณลักษณะของปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น

2.1.1.2 สารอินทรีย์ในน้ำเสียชุมชน

สารอินทรีย์ได้แก่คาร์โบไฮเดรตโปรตีนไขมันเช่น เศษข้าวถ้วยเตี๋ยวน้ำแกง เศษ ใบตองพืชผักขึ้นเนื้อ ฯลฯซึ่งสามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนทำให้ระดับ ออกซิเจนละลายน้ำหรือ DO (Dissolved Oxygen) ลดลงเกิดสภาพน้ำเน่าเหม็นได้ปริมาณของ สารอินทรีย์ในน้ำวัดได้ด้วยค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand) หากวัดค่า BOD ในน้ำได้ สูง แสดงว่าในน้ำนั้นมีสารอินทรีย์ปะปนอยู่มากและจะทำให้เกิดสภาพน้ำเน่าเหม็นได้ง่ายในส่วน ของค่า COD (Chemical Oxygen Demand) เป็นวิธีการทางเคมีที่รวดเร็วกว่าโดยจะมีค่าสูงกว่า

ค่า BOD เสมอสำหรับค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง BOD และ COD คือ 20 และ 120 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับHammerand Bastain(1989) อ้างถึงใน กรมควบคุมมลพิษ (2537) รายงานว่าในน้ำเสียของชุมชนมีคาร์โบไฮเดรตโปรตีน และไขมันอยู่ในสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้สูงถึงร้อยละ 25 – 50, 40 – 60 และ 10 ตามลำดับโดยได้จำแนกประเภทของสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ในน้ำเสียชุมชนออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

ก) คาร์โบไฮเดรตในน้ำเสียจะมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 25-50 ได้แก่ น้ำตาลแป้งซึ่งจะมีมากในข้าวข้าวโพดมันฝรั่งและเซลลูโลสซึ่งจะพบได้ในเยื่อไม้ฝ้าย กระดาษเนื้อเยื่อของพืชเป็นต้นส่วนน้ำตาลเมื่อละลายน้ำแล้วจะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียได้เป็นแอลกอฮอล์แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

ข) โปรตีนในน้ำเสียจะมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 40-60 พบได้ในอาหารพวกเนื้อสัตว์นอกจากนี้มักพบยูเรียเป็นสารประกอบอินทรีย์ในโตรเจนในน้ำเสียเสมอทั้งโปรตีนและยูเรียจะถูกย่อยสลายเป็นสารประกอบไนเตรทแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

ค) ไขมันเป็นส่วนที่ละลายน้ำได้น้อยมากและจุลินทรีย์จะย่อยสลายได้ในอัตราที่ช้ามากไขมันเป็นสารประกอบเอสเทอร์ของแอลกอฮอล์หรือกลีเซอรอลกับกรดไขมันในน้ำเสียจะมีไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 10

ง) โดยสรุปแล้วส่วนประกอบที่สำคัญๆของสารอินทรีย์ในน้ำเสียชุมชนคือคาร์โบไฮเดรตโปรตีนไขมันและน้ำมันสำหรับพวกคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนสามารถถูกย่อยสลายโดยทางชีวภาพส่วนพวกไขมันและน้ำมันซึ่งมีเสถียรภาพมากกว่าจะถูกย่อยสลายโดยทางชีวภาพได้ช้ามากนอกจากนี้น้ำเสียชุมชนอาจประกอบด้วยผงซักฟอกเป็นส่วนน้อยซึ่งไม่สามารถถูกย่อยสลายโดยทางชีวภาพได้ง่าย

EPA (1980) รายงานว่าน้ำเสียจากแหล่งบ้านพักอาศัยของประชาชนในสหรัฐอเมริกา มีค่า BOD และ COD ของน้ำเสียชุมชนมี 3 ระดับ คือต่ำปานกลางและสูง โดยมีค่า BOD 100, 200 และ 300 และมีค่า COD 250, 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับดัชนีบ่งบอกความสกปรกของน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ปนเปื้อนที่ดีที่สุดคือค่า DO (Dissolved Oxygen) Metcalf and Eddy (1991) รายงานไว้ด้วยว่าแม้ความเข้มข้นของ BOD และ COD ต่ำสุด DO ก็เป็นศูนย์แล้วทั้งนี้เพราะสารอินทรีย์จากบ้านเรือนล้วนเป็นอาหารชั้นดีของผู้ย่อยสลายในน้ำสำหรับในประเทศไทยเราก็มีการศึกษาเรื่องน้ำเสียชุมชนไว้แล้วมิใช่น้อยเช่นจากการศึกษาประเภทของ

สารอินทรีย์ในน้ำเสียจากบ้านพักอาศัยในเขตของกรุงเทพมหานครและปริมณฑลทั้ง BOD และ COD จากห้องส้วมห้องอาบน้ำการซักผ้าและจากครัวมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งมากคืออยู่ในพิสัย 67–1,774 และ 20 –2,904 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ (ธงชัยและคณะ, 2530 อ้างถึงใน พัฒนา, 2541)

2.1.2 ข้อมูลโรงอาหาร, น้ำเสียโรงอาหาร

2.1.2.1 ข้อมูลโรงอาหาร

ตึกอาคารกิจการนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร ศูนย์พระนครเหนือ มีพื้นที่ของอาคารทั้งหมด 10,752 ตารางเมตร ประกอบด้วย 7 ชั้น ดังนี้

ชั้น 1 ประกอบด้วย ห้องพยาบาล ห้องถ่ายเอกสาร ห้องชมรมศิษย์เก่า และพื้นที่พักผ่อน เป็นต้น

ชั้น 2 ประกอบด้วย พื้นที่โรงอาหารทั้งหมด

ชั้น 3 ประกอบด้วย สถานที่ออกกำลังกาย (โรงยิม)

ชั้น 4 ประกอบด้วย สำนักงานกิจการนักศึกษา แนะแนว และห้องพักอาจารย์

ชั้น 5-6 ประกอบด้วย ห้องเรียน

ชั้น 7 ประกอบด้วย ห้องประชุมเฟื่องเหนือ

โรงอาหารตั้งอยู่ชั้น 2 ของอาคารกิจการนักศึกษามีพื้นที่ของโรงอาหารทั้งหมดมี 1,536 ตารางเมตร ประกอบด้วย ร้านอาหาร 12 ร้านดังนี้

1. ร้านเรือชัย (น้ำ, กาแฟ, ไอศกรีม ฯลฯ)
2. ร้านเจ้เม้าท์ (ก๋วยเตี๋ยวไก่, เนื้อสด, เนื้อเปื่อย, น้ำตก), ร้านพี่แหม่ม(ข้าวมันไก่)
3. ร้านแกงใต้ (ข้าวแกง)
4. ร้านหนวดทอง (ข้าวแกง)
5. ร้านโกเต็ง (ขายน้ำ)
6. ร้านจรรยา (ข้าวขาหมู), ร้านวรรณีย์ กองมา (ก๋วยเตี๋ยวหมู)
7. ร้านป่าอ้วน (อาหารตามสั่ง, ข้าวแกง)
8. ร้านเฮียตี (ก๋วยเตี๋ยว, ข้าวหมู, ลูกชิ้นทอด), ร้านราดหน้าหมูหมัก (ราดหน้า)
9. ร้านกินเต็มอิ่ม (อาหารตามสั่ง)
10. ร้านบ้านนิตย (ขายน้ำ)
11. ร้านรัตนา (ข้าวแกง)

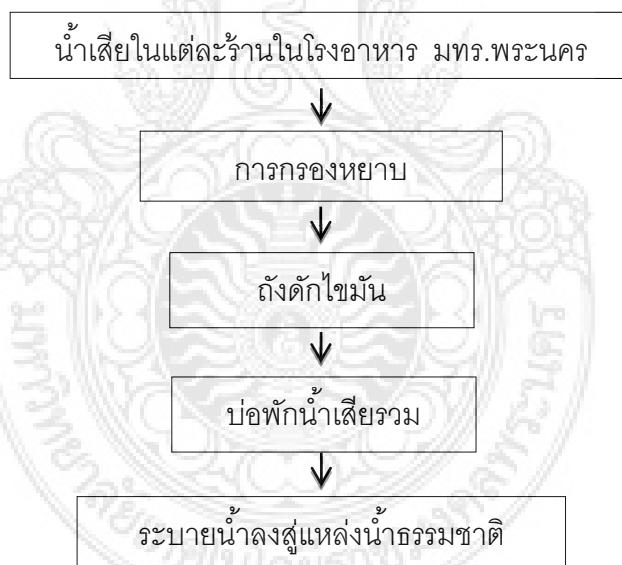
12. ร้านป่าจรุญ (อาหารตามสั่ง)

ที่มา : ปรีชา ลิ้มเจริญ, 2556

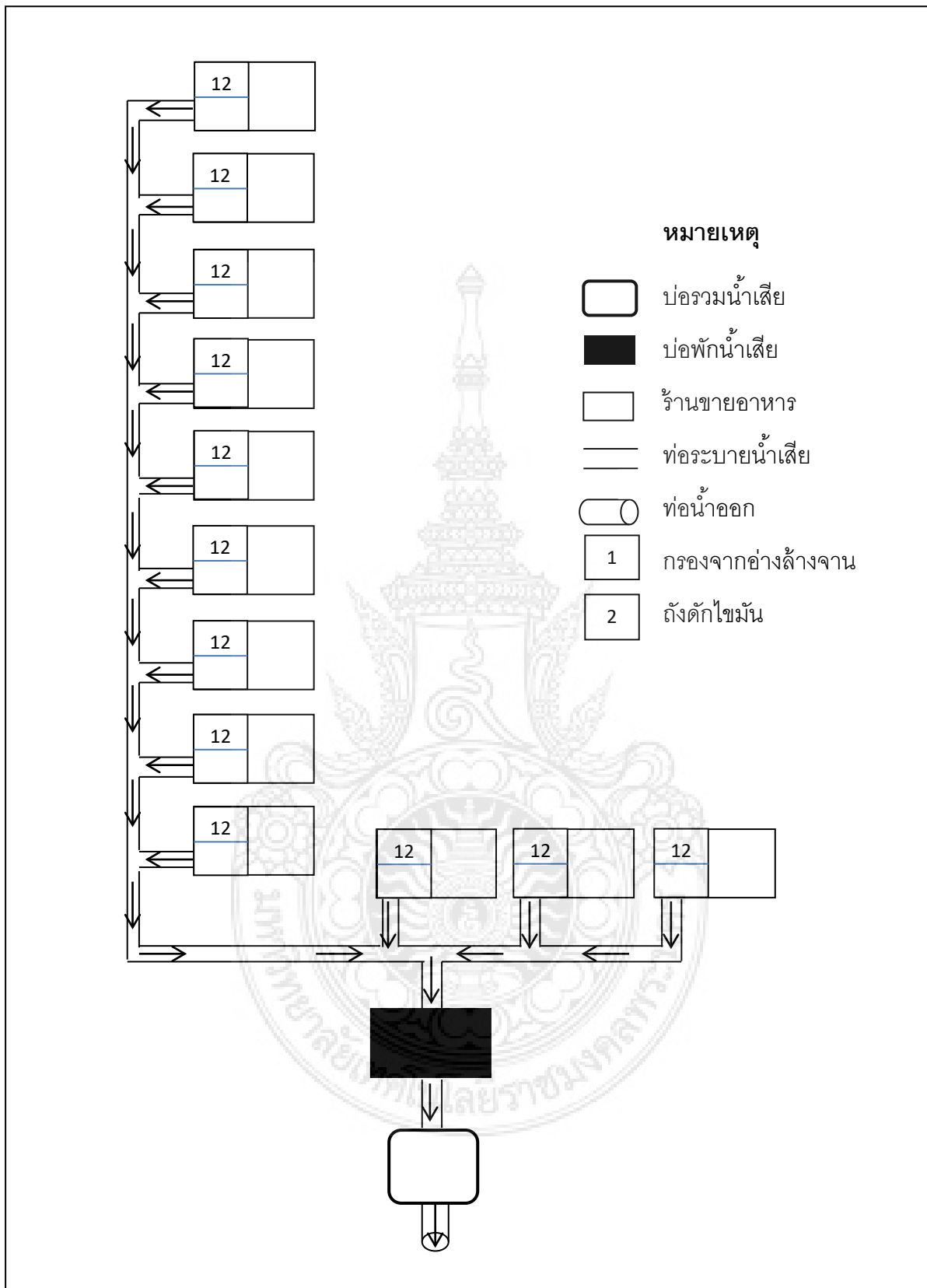
จากการสัมภาษณ์ร้านขายอาหารซึ่งมีจำนวน 12 ร้านที่ใช้ น้ำจำนวนมาก ในการประกอบอาหาร ล้างวัตถุดิบ และ ล้างอุปกรณ์ เป็นต้น มีการใช้น้ำเฉลี่ยต่อวันร้านละ 1,000 ลิตร มีน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากโรงอาหารต่อวันประมาณ 12,000 ลิตร

2.1.2.2 น้ำเสียโรงอาหาร

น้ำที่เกิดจากการใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ของร้านขายอาหาร จะบำบัดด้วยระบบกรองขั้นต้นโดยน้ำเสียจะผ่านการกรองหยาบและไหลเข้าสู่ถังดักไขมันของแต่ละร้าน แล้วน้ำเสียจะไหลลงสู่บ่อกักน้ำเสียรวม ซึ่งรองรับน้ำเสียจากโรงอาหาร วันละประมาณ 12,000 ลิตร น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจะถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ (วิเชียร มหาวัน, 2556) ดังแสดงในภาพที่ 2.1 และ 2.2



ภาพที่ 2.1 ขบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงอาหาร



ภาพที่ 2.2 แผนผังแสดงการระบายน้ำเสียของร้านอาหาร มทว.พระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

2.1.3 การบำบัดน้ำเสียระบบดินน้ำขังสลับแห้ง

2.1.3.1 การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง

หลักการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้ระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชนี้เป็นระบบที่ส่งเสริมให้จุลินทรีย์สามารถเจริญได้ทั้งสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีแก๊สออกซิเจน (facultative anaerobes) มาทำหน้าที่เป็นผู้ย่อยสลาย (decomposer) ย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆ ให้หายไปจากน้ำเสีย กล่าวคือทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่า BOD และ COD ลดลง แม้ไม่มีพืชแต่ก็ต้องมีพืชก็เพื่อให้พืชที่ทนน้ำท่วมได้นั้นช่วยขนย้ายมลสารที่ถูกบำบัดแล้วออกไปจากดินและเมื่อตัดพืชออกเมื่อระยะเวลาที่เหมาะสมก็เป็นการขนย้ายมลสารออกไปจากระบบแทนที่จะต้องมีการจัดการตะกอนออกไปจากระบบเมื่อจุลินทรีย์ที่ใช้แก๊สออกซิเจน (aerobes) เป็นผู้ย่อยสลายหลักการทำงานของระบบบางส่วนได้มาจากความรู้เกี่ยวกับระบบนิเวศดินนาโดยมีกลไกการบำบัดดังนี้

ก) กลไกการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง

หลักการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบดินน้ำขังสลับแห้งคือการปล่อยให้ดินน้ำขังดินอยู่ระยะเวลาหนึ่งแล้วระบายน้ำออกให้แห้ง (flooding and drying) เป็นรอบๆ ไปการบำบัดน้ำเสียระบบนี้เป็นการนำหลักของระบบนิเวศดินนามาประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีววิทยาที่เกิดขึ้นสองแบบในแต่ละรอบของการทดลองบำบัดน้ำเสีย กล่าวคือสภาพที่มีแก๊สออกซิเจน (aerobic หรือ oxidative) เมื่อก่อนมีการขังน้ำและเมื่อมีการระบายน้ำออกแล้วปล่อยให้ดินแห้งและสภาพที่ไร้แก๊สออกซิเจน (anaerobic หรือ reductive) เมื่อมีการปล่อยน้ำเข้าแปลงแล้วขังน้ำไว้ก็จะเกิดสภาพไร้แก๊สออกซิเจนทำให้เกิดการสะสมธาตุอาหารพืชในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้และถ้าหากปล่อยให้อยู่ในสภาพที่ติดขั้นที่นานขึ้นก็จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาเป็นกลุ่มของจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ในสภาพที่ไม่มีแก๊สออกซิเจน (obligated anaerobes) ดังเช่นการศึกษาการทำนาซึ่งจะมีการขังน้ำต่อเนื่องกันไม่น้อยกว่า 60 วัน (ไพบุลย์, 2528) ประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ในสภาพที่ไม่มีแก๊สออกซิเจนนั้นต่ำกว่าของสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีแก๊สออกซิเจน (อรทัย, 2550) การขังน้ำทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนเพราะทันทีที่ดินมีน้ำขังจะเกิดการลดน้อยถอยลงของก๊าซออกซิเจนในดินจนปราศจากก๊าซออกซิเจนในที่สุดเพราะน้ำที่ขังอยู่ในบริเวณหน้าดินจะป้องกันก๊าซออกซิเจนจากบรรยากาศไม่ให้ซึมผ่านลงไปดินได้ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการแพร่กระจายของโมเลกุลก๊าซออกซิเจนผ่านน้ำหนึ่งซีกกว่าในอากาศมากกว่า 10,000 เท่า จากนั้นก๊าซออกซิเจนที่ถูกกักไว้ตามช่องว่างดินที่ถูกน้ำท่วมขังจะถูกจุลินทรีย์ที่ใช้ก๊าซออกซิเจน (aerobic microorganisms) และจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ได้ทั้งในสภาพที่มีก๊าซออกซิเจนและไร้แก๊ส

ออกซิเจน(facultativemicroorganism)นำมาใช้เพื่อการหายใจหมดไปอย่างรวดเร็วและยังคงมีกิจกรรมต่อไปโดยใช้สารประกอบต่างๆในดินซึ่งมีระดับเลขออกซิเดชันสูงเป็นตัวรับอิเล็กตรอนและใช้คาร์โบไฮเดรตจากอินทรีย์วัตถุในดินรวมทั้งเศษพืชในดินเป็นตัวให้อิเล็กตรอนก่อให้เกิดปฏิกิริยารีดักชันต่างๆ(Ponnamperuma,1976)สารประกอบที่มีความสามารถในการเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในดินได้แก่ไนเตรท (NO_3^-), แมงกานีสออกไซด์ (MnO_2), เฟอริกไฮดรอกไซด์ ($\text{Fe}(\text{OH})_3$), ซัลเฟต (SO_4^{2-}), และกรดไพรูวิก (pyruvic acid) ซึ่งได้มาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ต่างๆตามลำดับทางเทอร์โมไดนามิกส์โดยที่เคมีพลศาสตร์ของการเกิดรีดักชันและชนิดตลอดจนปริมาณของสารที่ได้จากการเกิดรีดักชันขึ้นอยู่กับปัจจัย5 ประการ คือ(1)ธรรมชาติและปริมาณของอินทรีย์วัตถุหรือตัวให้อิเล็กตรอน(2)อุณหภูมิ(3) ความเป็นกรด-ด่าง(4) ปริมาณและตัวรับอิเล็กตรอนและ(5)ช่วงเวลาที่ยั่งยืน(Ponnamperuma, 1972; ไพบูลย์, 2528 และทัศนีย์, 2543)

ข) การประยุกต์ใช้การเปลี่ยนแปลงของดินน่าน้ำขังในระบบบำบัดน้ำเสียร่วมกับพืช

การนำหลักการการเปลี่ยนแปลงในดินน่าน้ำท่วมขังร่วมกับพืชที่ทนน้ำท่วมขังได้มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนเป็นการเหมาะสมอย่างยิ่งเนื่องจากน้ำเสียชุมชนประกอบไปด้วยสารอินทรีย์เป็นมลสารหลักคือมีค่าบีโอดีและซีโอดีสูงซึ่งเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ได้โดยจุลินทรีย์จะใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งพลังงานส่วนโปรตีนในน้ำเสียจุลินทรีย์จะนำไปใช้ในการแบ่งเซลล์และเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ส่วนในดินน่านั้นมีจุลินทรีย์พวกสภาพที่มีแก๊สออกซิเจน,สภาพที่ไม่มีแก๊สออกซิเจนและสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีแก๊สออกซิเจนมีอนุภาคดินเหนียวซึ่งเป็นอนินทรีย์คอลลอยด์ที่มีความว่องไว(active)ทางเคมีสูงเนื่องจากมีทั้งประจุลบและมีพื้นที่ผิวสัมผัสสูงทำให้ดินน่านี้มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง(buffering capacity)สูง(ไพบูลย์, 2528)และสามารถดูดซับธาตุอาหารพืชในรูปที่แลกเปลี่ยนได้(exchangeable cation)สูงตามไปด้วย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) นอกจากนี้ดินน่ายังมีธาตุอาหารพืชทุกชนิดปนอยู่ด้วยมากเพราะธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณอนุภาคดินเหนียวและในดินน่านี้ควรมีสารอนินทรีย์ในรูปไม่มีรูปร่าง (amorphous)ของธาตุต่างๆอยู่มากโดยเฉพาะอย่างยิ่งความว่องไว Fe ซึ่งสกัดได้ด้วยน้ำยา ammonium oxalate (Prabuddham, 1975) และมี Fe-P ซึ่งเป็นสารอนินทรีย์ฟอสเฟตหลักซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชและจุลินทรีย์ได้เป็นอย่างดีเมื่อดินมีน้ำขังเพราะ Fe-P เป็นตัวรับอิเล็กตรอนอย่างง่าย (Phongphan, 1977)

ดินนาที่เป็นกรดเล็กน้อยเมื่อมีน้ำขังแล้วระยะหนึ่งก็จะมีความเป็นกรด-ต่าง สูงขึ้นอยู่ที่ระดับ 6.5-7.0 และมีความเป็นกลางด้วยเนื่องจากมีดินเหนียว (clay) อยู่มาก แต่ถ้าหาก ขังน้ำไว้นานขึ้นจะส่งผลทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์โดยรวมอาจน้อยลงได้เพราะสภาวะที่มี ออกซิเจนและไม่มีแก๊สออกซิเจนจะขาดพลังงานเนื่องจากใช้สารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นทั้งแหล่ง อาหารและเป็นตัวให้อิเล็กตรอนหรือเป็นแหล่งพลังงานโดยใช้เหล็ก $\text{Fe}(\text{OH})_3$ และ/หรือ NO^3 และ MnO_2 เป็นตัวรับอิเล็กตรอนนานเกินไปทำให้พวกที่อาศัยในสภาพที่ไม่มีแก๊สออกซิเจน (obligate anaerobes) เท่านั้นที่สามารถมีชีวิตอยู่ได้แต่ถ้าระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วออกไปให้แห้งจนดิน แตะกระแวงสัก 2-3 วันเพื่อให้สารประกอบ $\text{Fe}(\text{II})$ ถูกเปลี่ยนเป็น $\text{Fe}(\text{III})$ ก็ควรจะทำให้สภาวะที่มี ออกซิเจนและไม่มีแก๊สออกซิเจนนั้นทำงานได้ตลอดไปนอกจากสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีแก๊ส ออกซิเจนจะช่วยกำจัดอินทรีย์คาร์บอน (organic C) แล้วยังทำหน้าที่เปลี่ยนอินทรีย์ไนโตรเจน (organic N) ในน้ำเสียและในดินให้กลายเป็น $\text{NH}_4\text{-N}$ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชนอกจากนั้นดิน เหนียวที่มีอยู่ในดินนาจะช่วยดูดซับไอออนต่างๆ ทั้งไอออนบวก (cation) และไอออนลบ (anion) ได้ ด้วยเนื่องจากอนุภาคดินเหนียวนี้จะดูดซับซากพืชและซากสัตว์นี้จะสามารถดูดซับไอออนลบได้ ด้วยประจุบวกที่เกิดจากการรับโปรตอน (ไพลูลย์, 2528)

ดังนั้นจึงควรจะต้องปลูกพืชที่ทนน้ำท่วมได้เอาไปดูดซับไอออนต่าง ๆ ที่อยู่ใน น้ำให้หายไปจากระบบถ้าหากเราเก็บเกี่ยวพืชที่ปลูกเมื่อถึงเวลาเหมาะสมออกไปก็เท่ากับเป็นการ นำเอามลสารออกไปจากระบบด้วย

ในกรณีศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกต้นบอนใบเตยพุทธรักษามาใช้ในการ ทดลอง เนื่องจากพืชดังกล่าวนิยมปลูกเพื่อความสวยงามและมีคุณสมบัติในการบำบัดน้ำเสียได้ดี เช่นเดียวกับพืชใล่พื้นน้ำชนิดอื่นๆ ในการลดค่า บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand :BOD) , ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids:SS), ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN), ฟอสฟอรัส (Total Phosphorus : TP), กรด-ต่าง (pH) และน้ำมันและไขมัน (Oil & Grease)

2.1.3.3 การบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้ระบบดินน้ำขังสลับบ้างร่วมกับพืช

การบำบัดน้ำเสีย (wastewater treatment) หมายถึงการดำเนินการเปลี่ยนแปลง สภาพของเสียในน้ำเสียให้อยู่ในสภาพที่มีความเหมาะสมพอที่จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อแหล่ง รองรับน้ำเสียนั้นๆ ซึ่งโดยปกติแล้วในธรรมชาติจะสามารถปรับสภาพน้ำเสียได้เอง ถ้าปริมาณและความสกปรกของน้ำเสียไม่มากจนเกินไปแต่ในปัจจุบันการเพิ่มจำนวนประชากรได้ ทำให้มีปริมาณน้ำทิ้งเพิ่มมากขึ้นจึงเป็นสาเหตุให้ปริมาณน้ำเน่าเสียเพิ่มขึ้นรวมถึงประเภทของ กิจกรรมอุตสาหกรรมที่มากขึ้นจึงยังเป็นการเพิ่มทั้งปริมาณและความสกปรกของน้ำ

ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำจึงจำเป็นที่จะต้องทำให้เกิดประสิทธิภาพดีเพียงพอที่จะไม่ทำให้แหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภคเกิดปัญหามลพิษจนทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนแหล่งน้ำที่สะอาด (พัฒนา, 2541)

สำหรับน้ำเสียชุมชนซึ่งมีสารอินทรีย์เป็นมลสารหลักนั้นนักจัดการน้ำเสียส่วนใหญ่มักจะพึ่งพาจุลินทรีย์ที่ใช้แก๊สออกซิเจนให้เป็นผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์ให้หายไปจากน้ำเสีย นั่นกล่าวคือเมื่อผ่านระบบบำบัดแล้วค่า BOD ลดลงเพราะจุลินทรีย์ที่ใช้แก๊สออกซิเจนเอาสารอินทรีย์กลุ่มคาร์โบไฮเดรตไปใช้ในขบวนการหายใจให้ได้พลังงานจนคาร์โบไฮเดรตจะน้อยลงหรือหายไปเพราะกลายเป็น CO₂ ส่วนสารอินทรีย์กลุ่มโปรตีนก็จะถูกนำไปใช้สร้างเซลล์เพื่อการแบ่งเซลล์ต่อไปโปรตีนที่ละลายอยู่หรือแขวนลอยอยู่ในสารประกอบในน้ำเสียก็จะเปลี่ยนรูปไปเป็นเซลล์ของจุลินทรีย์จมลงไปเป็นตะกอนในระบบบำบัดซึ่งจะต้องจัดการกำจัดอย่างถูกต้องต่อไป วิศวกรสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่มักนิยมเติม O₂ ลงไปให้จุลินทรีย์ที่ใช้แก๊สออกซิเจนด้วยเทคนิคต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดพอสมควรในหนังสือของพัฒนา (2541) อ่างถึงในสุเทพ (2550) โครงการแหลมผักเบี้ยฯ ก็มีการใช้จุลินทรีย์ที่ใช้แก๊สออกซิเจน เพื่อบำบัดน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีเหมือนกันแต่จะใช้วิธีธรรมชาติช่วยธรรมชาติกล่าวคือใช้สายลมและแสงแดดเป็นปัจจัยส่งเสริมการเติม O₂ ให้กับระบบและเรียกระบบนี้ว่าระบบบ่อผึ่ง (พิพัฒน์และสุรศักดิ์, 2543; เกษมและเสกสรรค์, 2543) ซึ่งพบว่าทำให้ค่า BOD ในบ่อตกตะกอนบ่อผึ่งที่ 1 บ่อผึ่งที่ 2 บ่อผึ่งที่ 3 และบ่อปรับสภาพซึ่งมีค่า BOD เริ่มต้นเฉลี่ย 42.2 มิลลิกรัมต่อลิตรลดลงเหลือ 21.5, 7.3, 10.9, 8.5 และ 16.4 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือมีประสิทธิภาพโดยสังเขปร้อยละ 49, 83, 74, 80 และ 61 ตามลำดับ (สิทธิชัยและคณะ, 2543) แต่ระบบบ่อผึ่งของโครงการก็มีข้อจำกัดหลายประการ (เกษมและเสกสรรค์, 2543)

การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบดินเปียกสลับแห้งร่วมกับพืชนี้แตกต่างโดยสิ้นเชิงกับระบบต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นโดยในระบบนี้มีการส่งเสริมให้สภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีแก๊สออกซิเจนเป็นผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์กลุ่มต่างๆ ในน้ำเสียชุมชนนั้นระบบนี้พัฒนาขึ้นโดยสิทธิชัย (2538) ซึ่งใช้เวลาชังน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรี 7 วันแล้วระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว 3 วัน (7/3) รวมเป็นรอบละ 10 วันจำนวน 9 รอบปรากฏว่าประสบความสำเร็จอย่างดีเพราะน้ำเสียชุมชนที่มี BOD ก่อนบำบัดอยู่ในพิสัย 32.7-94.2 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยส่วนใหญ่อยู่ในพิสัย 69.7±22.8 มิลลิกรัมต่อลิตรนั้นเมื่อผ่านระบบบำบัดนี้แล้วล้นให้ค่า BOD ต่ำกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตรตั้งแต่รอบแรกและให้ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพโดยสังเขปสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ต่อมาอาภรณ์ (2539) พบว่าการลดเวลาชังน้ำลงเหลือ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วัน (5/2) เป็นการบำบัดรอบละ 7 วันซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับระบบ 7/3 ของสิทธิชัย (2538)

2.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำกับพืช

ในต้นพืชจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 70–90 ของน้ำหนักพืชสดทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุและชนิดของพืชรวมทั้งสภาพแวดล้อมที่พืชนั้นขึ้นอยู่น้ำในต้นพืชมีบทบาทสำคัญยิ่งเพราะเป็นส่วนประกอบของเซลล์เป็นตัวกลางของปฏิกิริยาเคมีเป็นตัวกลางของการลำเลียงหรือเคลื่อนย้ายสารพวกอินทรีย์และอนินทรีย์เป็นตัวกลางรักษาความแตกต่างและรูปร่างของเซลล์เป็นวัตถุดิบสำหรับการสังเคราะห์แสงและเป็นทั้งตัวช่วยรักษาระดับอุณหภูมิในต้นและระบายความร้อนออกจากต้นผ่านทางกระบวนการคายน้ำทั้งหมดนี้จะส่งผลทางตรงและทางอ้อมต่อกรรมวิธีชีวิต การเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตของพืชในวันหนึ่งพืชจะมีการคายน้ำ 1–10 เท่าของน้ำที่มีอยู่ในต้นพืชทั้งหมดหรือ 10–100 เท่าของน้ำที่ใช้เพื่อการเจริญของเซลล์หรือ 100–1000 เท่าของน้ำที่ใช้ไปกับการสังเคราะห์แสง (เฉลิมพล, 2542)

2.1.4.1 ความสำคัญของน้ำต่อพืช

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตทั้งหลายน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์พืชช่วยละลายแร่ธาตุและอาหารต่างๆซึ่งพืชจะดูดไปใช้ในการเจริญเติบโตกระบวนการสังเคราะห์แสงกระบวนการเมตาบอลิซึมตลอดทั้งปฏิกิริยาเคมีต่างๆภายในเซลล์ต้องอาศัยน้ำโดยน้ำมีส่วนร่วมในปฏิกิริยานั้นๆไม่ทางตรงก็ทางอ้อมน้ำช่วยรักษาสภาพความเต่งของเซลล์ทำให้พืชคงรูปร่างได้น้ำควบคุมการเจริญเติบโตการขยายขนาดและกระบวนการสรีรวิทยาต่างๆของพืชการแลกเปลี่ยนก๊าซการเคลื่อนที่ของน้ำภายในและภายนอกเซลล์และการควบคุมอุณหภูมิภายในเซลล์พืชเป็นผลทำให้กิจกรรมต่างๆภายในเซลล์พืชดำเนินไปได้ตามปกติน้ำจึงจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชอย่างยิ่งนอกจากนี้ น้ำยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมผลผลิตพืชด้วยโดยสมบูรณ์ (2548) กล่าวว่าน้ำมีความสำคัญต่อพืชดังนี้

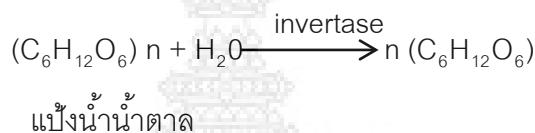
ก) น้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์พืชปริมาณของน้ำที่เป็นส่วนประกอบในพืชจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของพืชอายุเนื้อเยื่อพืชหรือส่วนอวัยวะของพืช น้ำจะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเซลล์และสารต่างๆที่อยู่ในเซลล์และยังจำเป็นต่อการรักษาสภาพ

ข) น้ำช่วยรักษาสภาพความเต่งของเซลล์น้ำภายในเซลล์เป็นตัวการสำคัญทำให้เซลล์พืชมีรูปร่างคงตัวในสภาพที่พืชขาดน้ำพืชจะแสดงอาการเหี่ยวเฉาแรงดันของน้ำ

ภายในเซลล์ทำให้เซลล์พืชเกิดความต่งมีผลต่อการเจริญและขยายขนาดของเซลล์พืชนอกจากนี้ น้ำยังมีผลต่อการปิดเปิดของปากใบและช่วยทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของพืชด้วย

ค) น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดน้ำช่วยละลายแร่ธาตุในดินและเป็นตัวกลางในการลำเลียงแร่ธาตุสารละลายต่างๆตลอดทั้งอาหารของพืช

ง) น้ำมีส่วนในการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพของพืชน้ำเป็นตัวกลางสำหรับปฏิกิริยาชีวเคมีที่มีเอนไซม์เป็นตัวควบคุมน้ำมีบทบาทเป็นส่วนร่วมในปฏิกิริยาซึ่งเกิดขึ้นในกระบวนการเมตาบอลิซึมทั้งทางตรงและทางอ้อมเช่นในปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการแตกตัวของสารโดยมีน้ำเข้าร่วมปฏิกิริยาได้แก่การแตกตัวของแป้งเป็นน้ำตาล



จ) น้ำช่วยควบคุมอุณหภูมิในเซลล์น้ำเป็นสารที่มีความร้อนจำเพาะสูง การเปลี่ยนสถานะของน้ำต้องใช้ความร้อนสูงดังนั้นในการคายน้ำของพืชซึ่งเป็นการเปลี่ยนสถานะของน้ำจากสถานะของเหลวในเซลล์พืช 1 กรัม ไปเป็นไอน้ำต้องใช้ปริมาณความร้อนสูงถึง 540 แคลอรีน้ำจึงช่วยลดอุณหภูมิของใบมีผลทำให้พืชซึ่งได้รับความร้อนหรือความเย็นจากภายนอกมีอุณหภูมิภายในพืชไม่เปลี่ยนแปลงมาก

2.1.4.2 ปริมาณความต้องการน้ำของพืช

ปริมาณการใช้น้ำของพืช (consumptive use or evapotranspiration) หมายถึง ปริมาณน้ำจากฝนหรือการชลประทานที่พืชดูดไปใช้สร้างเซลล์และเนื้อเยื่อและคายออกสู่บรรยากาศรวมทั้งปริมาณน้ำที่ระเหยไปจากผิวดินหรือผิวน้ำรอบๆ ต้นพืชและจากน้ำที่เกาะอยู่ตามส่วนเหนือดินทั้งลำต้นและใบ ปริมาณการใช้น้ำของพืชจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืชที่ปลูก ระยะการเจริญเติบโตฤดูกาลวิธีการปลูกพืชสภาพดินฟ้าอากาศตลอดจนปริมาณและวิธีการให้น้ำ ปริมาณน้ำส่วนนี้เป็นองค์ประกอบเบื้องต้นในการพิจารณาความต้องการน้ำชลประทาน (นิรันดร์, 2530) ความต้องการน้ำของพืชเกษตรผันแปรไปตามลักษณะการทนแล้งของพืชประเภทของผลผลิตหรืออายุของพืชที่สามารถเก็บผลผลิตได้วิธีการปลูกและฤดูกาล เป็นต้นได้มีนักวิชาการพยายามค้นคว้าวิจัยเพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำซึ่งพืชจะใช้ได้ต้องอยู่ในช่องว่างขนาดเล็กในดินมาโดยตลอด

2.1.4.3 ผลของสภาวะน้ำขัง (Effect of Waterlogging)

การเจริญเติบโตของพืชบก (Upland Plant) จะเป็นปกติดีก็ต่อเมื่อมีอากาศ (O_2) ในบริเวณรากเพียงพอเพื่อการหายใจของรากซึ่ง O_2 จะเข้ามาสู่ดินได้ก็เพราะมีช่องว่างขนาดใหญ่ให้อากาศจากบรรยากาศเหนือดินไหลลงมาได้ CO_2 ซึ่งสะสมตลอดเวลาเพราะมีการหายใจของสิ่งที่มีชีวิตในดินและในดินก็จะต้องมีน้ำซึ่งจะถูกช่องว่างขนาดเล็กดูดยึดไว้ด้วยแรงแคปิลลารีแต่รากพืชสามารถดูดใช้ได้หากสัดส่วนของช่องว่างทั้งสองขนาดสมดุลกันดี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535) ถ้าหากดินมีน้ำท่วม (น้ำจะเต็มทั้งช่องว่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่) ก็จะทำให้พืชเกิดสภาวะ stress คือทำให้เกิดผลกระทบโดยตรงต่อการทำงานของรากพืชและส่งผลกระทบต่อยังส่วนของต้นพืชซึ่งสายัณห์ (2534) อธิบายดังต่อไปนี้

ก) การตอบสนองทางสรีรวิทยาของพืชปลูกต่อสภาวะน้ำขัง

(1) การเจริญเติบโตของรากและกระบวนการทางสรีรวิทยาจะผิดปกติเนื่องจากในสภาวะน้ำขังอากาศซึ่งอยู่ในช่องว่างในดินจะถูกแทนที่ด้วยน้ำทำให้การแลกเปลี่ยนอากาศจากบรรยากาศและดินถูกจำกัดทำให้ดินอยู่ในสภาพซึ่งไม่มีออกซิเจนหรือ anaerobic condition นอกจากนี้ทำให้มีการสะสมของสารที่เป็นพิษต่อรากพืชเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) นอกจากนี้สภาวะที่มีน้ำขังทำให้มีการใช้ O_2 ในเนื้อเยื่อทำให้มีปริมาณฮอร์โมนพืช (ethylene) เพิ่มขึ้นและทำให้พัฒนาการทางรากของพืชบกลดลงแต่รากข้าวเจริญได้ดีในสภาวะน้ำขังและมีอัตราการสร้างฮอร์โมนพืชในรากข้าวเพราะรากข้าวมีเนื้อเยื่อแบบแอแรงคิมา (aerenchyma) ซึ่งสามารถพา O_2 จากส่วนเหนือดินลงมาเลี้ยงรากได้ (Ponnamperuma, 1965) ตรงกันข้ามพืชพวก white mustard ซึ่งจะมีอัตราการสังเคราะห์ฮอร์โมนพืชเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแต่มีพืชบางชนิดที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาวะสภาพที่มีแก๊สออกซิเจนเมื่อทดลองในห้องปฏิบัติการจะเห็นว่ารากพืชบางชนิดสามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้นานพบว่าบางพืชที่รากไม่สามารถทนต่อสภาพนี้ได้ เนื่องจาก N_2 ทำลายส่วนปลายราก (taproot) เช่น ที่พบในฝ้ายและถั่วเหลืองซึ่งรากจะมีชีวิตรอดอยู่ได้เพียง 3 และ 5 ชั่วโมงตามลำดับตรงกันข้ามรากของข้าวโพดสามารถอยู่รอดได้นานถึง 70 ชั่วโมงและรากข้าวสามารถทนได้นานถึง 96 ชั่วโมง

นอกจากนี้สภาวะน้ำขังมีผลต่อการกระจายของระบบรากด้วยเช่นข้าวสาลีในพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูงที่มีการระบายน้ำไม่ดีทำให้การดูดธาตุอาหารลดลงและผลผลิตลดลงแต่เมื่อมีการแก้ไขให้มีการระบายน้ำดีขึ้นผลทำให้ความหนาแน่นรากเพิ่มมากขึ้นถึง 5 เท่าส่วนข้าวสาลีที่ได้รับผลกระทบจากน้ำขังนอกจากจะมีรากน้อยยังพบว่าระบบรากส่วนใหญ่จะอยู่

บริเวณผิวดินเท่านั้นสำหรับในพืชตระกูลถั่วพบว่าสภาวะน้ำขังมีผลทำให้การเกิดปมดงมากและในสภาพที่ขาด O_2 ส่งผลกระทบต่อกระบวนการตรึงไนโตรเจน(nitrogen fixation)

พืชบางชนิดเมื่ออยู่ภายใต้สภาพขาดน้ำจะมีการปรับโครงสร้างภายในรากเพื่อให้สามารถอยู่รอดได้คือมีการเพิ่มขนาดของเนื้อเยื่อแบบแอแรงคิมาเพื่อช่วยให้มีการแพร่กระจายของแก๊สภายในรากเข้าไปในส่วนนอกเปลือกนอก(cortex)เช่นที่พบในบริเวณ3-4 เซนติเมตร ถัดจากปลายรากของรากข้าวและข้าวสาลีที่อยู่ในสภาพน้ำขัง

ในด้านการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารพบว่าพืชที่อยู่ในสภาพน้ำขังปริมาณไนโตรเจนฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมในส่วนยอดลดลงการสะสมของธาตุอาหารเหล่านี้ลดลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและการสร้างอาหารที่ลดลงที่เป็นดังนี้เพราะสภาพที่มีแก๊สออกซิเจนจะยับยั้งการดูดธาตุอาหารของรากและการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารหรือไม่มีพลังงานเพียงพอที่จะรักษาระดับของแรงดึงธาตุอาหาร

(2) การเจริญเติบโตและการพัฒนาของส่วนยอด(shoot)การตอบสนองในส่วนยอดของพืชแตกต่างกันขึ้นกับชนิดพืชอายุพืชช่วงเวลาและความรุนแรงของสภาพน้ำขังแต่พอจะสรุปการตอบสนองได้ดังนี้

- มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทั้งนี้เป็ผลสืบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงของการเคลื่อนย้ายน้ำธาตุอาหารฮอร์โมนไปยังส่วนยอดดังนั้นผลที่ตอบสนองได้ชัดเจนคือการเจริญเติบโตของใบลดลงการยืดตัวของลำต้นลดลงลดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเพราะมีผลทำให้ปากใบปิดลงด้วย
- พืชแสดงอาการเจริญเติบโตมากเกินไป(hypertrophy)คือบริเวณโคนลำต้นแสดงอาการบวมทั้งนี้เป็นผลมาจากการขยายตัวของเซลล์บริเวณเปลือกนอกเพื่อเป็นที่เก็บแก๊ส (gas-filled spaces)พบในพืชหลายชนิดเช่นมะเขือเทศทานตะวันและข้าวโพดเป็นต้น
- เกิดรากบริเวณลำต้นคือเกิดรากพิเศษพบบริเวณลำต้นส่วนที่จมน้ำหรือรากอ่อนพบทั้งในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่เช่นข้าวสาลีข้าวโพดข้าวมะเขือเทศและทานตะวันเกิดการบิดเบนของก้านใบ(epinastic curvature of leaf petioles)สำหรับสาเหตุน่าจะเป็นผลมาจากฮอร์โมนพืชที่เกิดขึ้นในสภาวะน้ำขัง
- การแก่(senescence)อย่างรวดเร็วซึ่งจะเริ่มมาจากอาการใบเหลืองจนส่งผลให้เกิดการร่วงของใบบางส่วนทั้งที่น่าจะเป็นสาเหตุมาจากการขาดธาตุไนโตรเจนหรือการขาดธาตุอาหารอื่นๆซึ่งส่งเสริมให้เกิดการแก่ของพืชเร็วขึ้นและเมื่ออาการรุนแรงจะส่งผลให้พืชแสดงอาการเหี่ยวอย่างรวดเร็วได้

ข) การปรับตัวของพืชต่อสภาวะน้ำขัง

Kozlowski (1984) แนะนำว่าการปรับตัวของพืชต่อสภาวะน้ำขังพอจำแนกออกได้เป็นความสามารถในการทนทานต่อสภาพน้ำขังและการปรับตัวเพื่อหลีกเลี่ยงความรุนแรงที่จะเกิดขึ้นต่อพืชทั้งนี้เกี่ยวข้องกับการปรับตัวทางรูปร่างสรีรวิทยาและชีวเคมีดังต่อไปนี้

(1) การเกิดก้านดอกเจริญเติบโตมากเกินไป (stem hypertrophy) นับเป็นการปรับตัวทางกายวิภาคศาสตร์ (anatomy) ซึ่งช่วยให้เกิดช่องว่างเพิ่มขึ้นภายในเนื้อเยื่อพืชโดยเฉพาะในส่วนที่อยู่ใกล้ผิวดินซึ่งช่วยให้มีการแพร่กระจายของ O_2 เข้าสู่ลำต้นได้

(2) เกิดการสร้างรากขึ้นมาใหม่หลายแบบคือ 1) การเกิดความผิดปกติของราก (adventitious roots) บนลำต้นใกล้ระดับผิวน้ำที่ท่วมขังเรียกว่าความผิดปกติของรากน้ำ (adventitious water roots) 2) การเกิดรากใหม่ในดินที่น้ำท่วมขังเรียกว่ารากน้ำในดิน (soil water roots) และ 3) การเกิดรากใหม่ที่มีลักษณะอวบน้ำแตกต่างจากรากเดิมเรียกว่าการเปลี่ยนแปลงของรากดิน (altered soil roots)

(3) การปิดของปากใบนับว่าเป็นการตอบสนองต่อสภาพภายนอกอย่างรวดเร็วทำให้ลดอัตราการเจริญเติบโตช่วยลดอันตรายที่จะเกิดกับพืชเมื่อสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสมอย่างน้ำขังซึ่งการดูดธาตุอาหารและน้ำไม่เพียงพอกับการเจริญของพืช

(4) พันธุ์พืชที่ทนต่อสภาพน้ำขังสามารถดูดธาตุอาหารจากดินที่อยู่ในสภาพน้ำขังได้โดยไม่มีอันตรายต่อพืชคือรากพืชเหล่านี้สามารถทำให้ธาตุอาหารที่อยู่ในรูปลดสาร (reduce compounds) หรือเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ไม่เป็นอันตรายต่อพืช

2.1.5 พืชที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย

หน้าที่หลักของพืชในระบบบึงประดิษฐ์คือการควบคุมการไหลของน้ำเสียเป็นที่ยึดเกาะและเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ภายในระบบพืชถือว่าเป็นองค์ประกอบหลักของระบบบึงประดิษฐ์ดังนั้นการเลือกพืชที่จะใช้ในระบบจึงเป็นสิ่งสำคัญปกติแล้วพันธุ์ของพืชที่จะปลูกในระบบบึงประดิษฐ์ควรเป็นพืชที่สามารถพบได้ในท้องถิ่นเพราะพืชจะคุ้นเคยกับสภาพภูมิอากาศและพื้นที่ในบริเวณนั้นจึงสามารถเจริญเติบโตได้ดีอย่างไรก็ตามลักษณะของน้ำเสียที่จะใช้นำบำบัดก็เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง เช่นพืชที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่ความเข้มข้นของสารอินทรีย์และสารอาหารสูงๆ เช่นสิ่งปฏิกูลหรือน้ำเสียจากการเกษตร

คุณสมบัติของพืชที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียสรุปได้ดังนี้

- 1) สามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดีในท้องถิ่นนั้นๆ นอกจากนี้ยังต้องสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป
- 2) มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง
- 3) มีความสามารถส่งผ่านออกซิเจนได้สูงโดยนำออกซิเจนจากบรรยากาศส่งผ่านมาตามใบรากและลำต้น
- 4) สามารถทนต่อความเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของสารพิษได้ค่อนข้างกว้างขวาง
- 5) มีความสามารถในการดูดซึมและเก็บสะสมสารต่างๆ ได้ดี
- 6) มีความคงทนต่อโรคและแมลงได้ดี
- 7) สามารถนำออกจากระบบได้ง่ายเนื่องจากพืชจะลดปริมาณสารที่อยู่ในน้ำเสียได้ผลดีที่สุดนั้นพืชจะต้องมีการนำออกจากระบบบ้างเพื่อไม่ให้พืชอยู่นานจนเกินไปจนระบบขาดประสิทธิภาพ

พืชใล่พื้นน้ำ (Emergent Plant) ลักษณะของพืชใล่พื้นน้ำ พืชชนิดนี้จะมีรากอยู่ใต้ดินก้นน้ำ (ดินตมและชูใบและดอกอยู่เหนือน้ำ โดยพืชแต่ละชนิดนั้นก็มีความสามารถโตได้ในระดับน้ำที่ต่างๆ กัน นิยมนำมาใช้ปลูกในระบบบึงประดิษฐ์ เพราะสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้ดี ตัวอย่างของพืชประเภทนี้ เช่น พุทธรักษา ฐปฤาษี บัวชนิดต่างๆ กกบางชนิด ปัญหาของพืชชนิดนี้ก็คือ มักเป็นอาหารของสัตว์น้ำ ก็จะใช้จะต้องเป็นไปในลักษณะของการปลูกพืชแบบไร้อิน)

โดยทั้งพืชน้ำประเภทใล่พื้นน้ำนั้น มีคุณสมบัติพิเศษคือ ส่วนใบที่อยู่เหนือน้ำสามารถนำหรือลำเลียงออกซิเจนจากชั้นบรรยากาศไปสู่รากพืชได้ ส่งผลให้ชั้นกรองในบริเวณที่รากพืชยึดเกาะไม่เกิดสภาพไร้ออกซิเจน จากตารางที่ 1 ได้แสดงหน้าที่ที่สำคัญของพืชทั้งสองชนิดในระบบบึงประดิษฐ์ไว้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 หน้าที่ของพืชไผ่พ่นน้ำในระบบบึงประดิษฐ์

ส่วนประกอบของพืช	บทบาทในกระบวนการบำบัด
ส่วนที่อยู่เหนือน้ำ	<ul style="list-style-type: none"> - ลดความเข้มข้นของแสง เพื่อลดการเจริญเติบโตของไฟโตแพลงตอน - ป้องกันอิทธิพลจากสภาพอากาศในฤดูหนาว - ลดความเร็วลมเพื่อป้องกันการแขวนลอยของตะกอน - ช่วยให้ระบบดูสวยงาม - สะสมอาหาร
ส่วนที่อยู่ใต้น้ำ	<ul style="list-style-type: none"> - ลดความเร็วกระแสน้ำ เพิ่มอัตราการตกตะกอน ลดการฟุ้งกระจายของตะกอนใต้น้ำ - กรองตะกอนขนาดใหญ่ - เป็นพื้นที่ผิวสำหรับการจับของไบโอฟิล์ม - ปล่อยออกซิเจนเพื่อการสังเคราะห์แสง ช่วยเพิ่มการย่อยสลายโดยออกซิเจน - ดูดซับสารอาหาร - ปล่อยสารปฏิชีวนะ
รากและระบบรากพืชในชั้นตะกอนใต้น้ำ	<ul style="list-style-type: none"> - ทำให้ผิวตะกอนใต้น้ำถูกกัดเซาะน้อย - ปล่อยสารปฏิชีวนะ (Antibiotic) - ป้องกันการอุดตันของตัวกลางในระบบการไหลในแนวตั้ง - ปล่อยออกซิเจนเพื่อเพิ่มการย่อยสลายและการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน - ดูดซับสารอาหาร

ดังนั้นชนิดพืชที่เลือกใช้ในการศึกษาคครั้งนี้คือบอน เตยหอมและพุทธรักษาเนื่องจากเป็นพืชที่หาง่ายในท้องถิ่นและมีคุณสมบัติเหมาะกับการนำมาใช้บำบัดน้ำเสีย

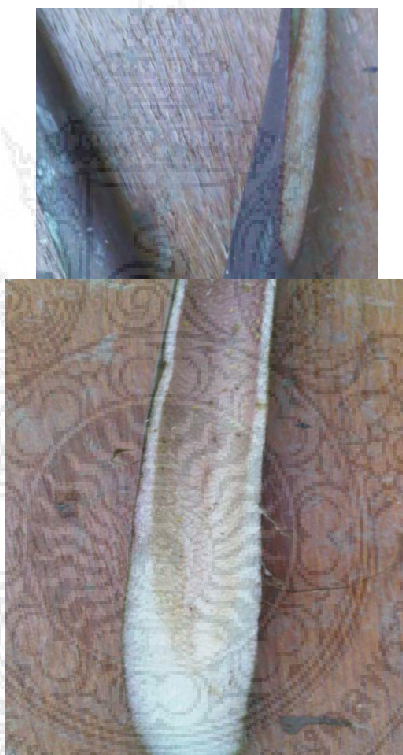
2.1.5.1 บอน

ชื่อวิทยาศาสตร์ Colocasia esculenta (L.) Schott

ชื่อวงศ์ Araceae

ก) ลักษณะทั่วไป

ต้น ไม้ล้มลุกมีลำต้น (เหง้า) อยู่ใต้ดินมีอายุหลายปี ขึ้นเป็นกลุ่มหลายต้นเรียงรายตามทีลุ่มริมน้ำ สูงประมาณ 70-120 เซนติเมตร ลำต้นใต้ดิน ประกอบด้วยหัวกลางและหัวย่อย อยู่รอบๆ หัวใหญ่



ภาพที่ 2.3 ลักษณะลำต้นของบอน

ใบ ใบมีรูปร่างคล้ายรูปหัวใจหรือคล้ายโล่ ปลายแหลมฐานใบเว้าแหลม ใบกว้าง 20-35 เซนติเมตร ยาว 35-40 เซนติเมตร หน้าใบเขียวเรียบไม่เปียกน้ำเพราะผิวใบเคลือบด้วยไข (wax) หลังใบสีเขียวอมเหลือง เส้นใบชัดเจน แต่ละกอมี 7-9 ใบ ก้านใบยาวออกจากต้นใต้ดิน ก้านใบยึดกับด้านล่างของใบ ก้านใบยาว 30-90 เซนติเมตร



ภาพที่ 2.4 ลักษณะใบของบอน

ข) สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต

บอนเป็นไม้เมืองร้อน จึงต้องการอุณหภูมิค่อนข้างสูง ชอบแสงรำไร อาจขึ้นได้กลางแจ้ง แต่ทั้งนี้ดินที่ปลูกต้องได้รับการบำรุงอย่างดี และมีความชื้นสูง แต่ส่วนมากบอนไม่ชอบแสงแดดจัด ถ้าแสงมาก ควรให้น้ำและความชื้นสูง ปริมาณแสงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณและขนาดของหัวที่เกิดถ้าแสงมากจะมีหัวขนาดใหญ่และมีปริมาณหัวมาก ถ้าแสงน้อย ก้านจะยาวและมีสีขาวซีด ต้นจะอ่อนพับง่ายแต่ที่เหมาะสมที่สุดคือแสงแดดรำไร

ค) การปลูกและการดูแลรักษา

(1) การปลูกบอน มักจะปลูกให้หัวอยู่ลึก 3-4 นิ้ว แต่ถ้าต้นมีความอุดมสมบูรณ์สูง จะปลูกลึกกว่านี้ ต้องปลูกในเรือนเพาะชำก่อนประมาณ 8 อาทิตย์

(2) การย้ายปลูกเช่นการย้ายจากกระถางมาปลูกลงในแปลงหรือย้ายลงกระถางใหม่ ก่อนย้ายควรลดบอนด้วยสารละลายที่มีส่วนผสมระหว่างน้ำตาลและ dextrose base เช่น Aladdin จะทำให้ลำต้นและใบของบอนแข็งแรง เหมาะแก่การย้ายปลูกและเมื่อปลูกแล้ว ในบอนแสดงอาการห้อยย้อยลงอาจแก้ไขได้โดยการหุ้มต้นบอนด้วยกระดาษที่ชุ่มชื้นเป็นเวลา 1 คืน วันรุ่งขึ้นต้นบอนจะสดขึ้น และใบจะตั้งตรงเหมือนเดิม

ง) การขยายพันธุ์

(1) โดยใช้เมล็ดเมล็ดมีสีครีมขนาดเล็กกว่าเมล็ดยาสูบเพาะในถาดหรือกระถางที่ใส่น้ำที่ความชื้นพอสมควรใช้แผ่นพลาสติก หรือกระจกปิดภาชนะที่เพาะ การงอกของเมล็ดเร็วช้าแตกต่างกันออกไปตามชนิดของพันธุ์บางพันธุ์4-5วันบางพันธุ์6-7วันหรือบางครั้งก็เกือบ1เดือนเมื่องอกแล้วก็แยกไปใส่กระถางชำ ควรพ่นยากันเชื้อราด้วย

(2) โดยใช้หัว ซึ่งแบ่งได้ 2 แบบ

- โดยการแยก(seperation) แต่ละหัวจะมีหน่อแตกออกมาแยกหัวนี้ไปปลูก โดยให้เขี้ยวหงายขึ้น ถ้าเขี้ยวคว่ำลงจะทำให้งอกช้า หรืออาจเน่าตายไปเลยก็ได้
- การแบ่ง(Division)การตัดแบ่งหัว ออกเป็นชิ้นๆโดยให้แต่ละชิ้นมีเขี้ยวติดอยู่ด้วย อาจแบ่งเป็น 4,8หรือ16ชิ้นก็ได้เวลาแบ่งอาจคว้านท่อนบนของส่วนหัวแบบและนำส่วนที่คว้านนี้ไปปลูกได้ ส่วน หัว ที่ ถูก คว้าน นั้น นำ มา ผ่า ตาม ยาว หรือ ตาม แนว ดิ่ง ให้ ทุก ชิ้น มี เขี้ยว ติด อยู่ ด้วย แล้ว นำ ไป ล้าง น้ำ ให้ หมด ยาง เช่น น้ำ ปูน แดง ประมาณ 1-2 นาที เพื่อให้ ไรต์ ตัว และ ไม่ ให้ หัว เน่า นำ ขึ้น ผึ่ง ใน ร่ม กะ ว่า พอ หมด ๆ อย่า ให้ แห้ง มาก แล้ว นำ ไป วาง ใน กระบะ ชำ ที่มี เครื่อง ปลูก คือ อิฐ มอญ ทูบ ละ เอียด ๆ เวลา วาง ขึ้น ของ หัว ให้ เอา ทาง ด้าน ผิด ของ หัว ที่มี เขี้ยว อยู่ ด้าน บน เสมอ แล้ว นำ กระบะ นี้ ไป วาง ใน ภาชนะ หล่อ น้ำ ปิด กระบะ ด้วย กระจก หรือ กระจาด าก็ ได้ ซึ่ง จะ ช่วย รักษา ความ ชื้น ได้ ดี ประมาณ 5-8 วัน หลังจากนั้น จะ แยก ปลี เป็น ต้น ถ้า หาก ใช้ หัว อ่อน ๆ (อายุ น้อย) จะ แยก ต้น ได้ เร็ว กว่า หัว แก่ (อายุ มาก)

2.1.5.2 เตยหอม

ชื่อวิทยาศาสตร์ : Pandanus amaryllifolius Roxb.

วงศ์ (Family) : PANDANACEAE

1) ลักษณะทั่วไป

เตยหอมเป็นพรรณไม้จำพวกหญ้าแตกแยกออกเป็นกอใหญ่เกิดจากหัวหรือเหง้าที่อยู่ใต้ดินและมีลำต้นอยู่ใต้ดินส่วนที่โผล่ขึ้นมาอยู่เหนือดินนั้นเป็นเพียงก้านและใบซึ่งสูงประมาณ 2 ฟุต

ลำต้น ติดดิน ออกรากตามข้อของลำต้นได้ เมื่อลำต้นยาวมากขึ้นใช้เป็น รากค้ำยัน



ภาพที่ 2.5 ลักษณะลำต้นของเตยหอม

ใบคล้ายกับใบสับปะรดสีเขียวเป็นมันและมีกลิ่นหอมคล้ายดอกขจร ใบยาวประมาณ 8 – 10 นิ้วปลายใบเรียวแหลมขอบใบทั้งสองด้านมีหนามเล็กๆ ใบติดกับลำต้นเรียงตัวกันวนรอบลำต้น ภายในใบจะมีสารสีเขียวซึ่งนำมาผสมอาหารได้อย่างปลอดภัย



ภาพที่ 2.6 ลักษณะใบของเตยหอม

ดอก เป็นช่อย่อยเรียงอัดกันแน่นอยู่ตอนปลายของการดอกรวมมีใบประดับรองรับช่อดอกดอกย่อยมีขนาดเล็กและแยกเพศไม่มีก้านดอกอับเรณูมี 2 ช่องเกสรเพศเมียมีรังไข่อยู่เหนือส่วนของดอก (Superior Ovary) รังไข่มี 1 พูภายในมี 1 ช่องและมีไข่อ่อนเพียง 1 ใบ

2) การขยายพันธุ์

เป็นพืชที่ชอบขึ้นในที่ชื้นแฉะตามชายคลองและชายน้ำขึ้นถึงขยายพันธุ์โดยการใช้หน่อที่เติบโตจากต้นแม่ที่บริเวณริมคอดินหรือหน่อที่ติดกับลำต้นปักชำหน่อใช้มีดตัดหน่อเล็กที่โคนต้นควรรดน้ำทุกวันเมื่อเริ่มปลูกใหม่ควรให้เตยหอมรับรำโรสามารถปลูกได้ตลอดปีเตยหอมเป็นพืชที่ปลูกในเขตร้อนและต้องการความชื้นสูง (สุชาติาศรีเพ็ญ, 2542)

2.1.5.3 พุทธรักษา

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Canna indica* Linn.

วงศ์ (Family) : Cannaceae

สกุล (Genus) : *Canna* Linn.

1) ลักษณะทั่วไป

ลำต้นเป็นลำต้นที่แปรรูป (Modified Stem) ที่เรียกว่า Rhizome หรือ Rootstock เป็นลำต้นใต้ดินที่เรียกว่าแงหรือเหง้ามักอยู่ขนานกับผิวดินหรือตั้งตรงมีข้อปล้องเห็นได้ชัดตามข้อมีใบที่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลไม่มีคลอโรฟิลล์ที่เรียกว่าใบเกล็ด (Scale Leaf) ห่อหุ้มตาไว้ภายในและมีรากงอกลงดินถ้าหากมีอาหารสะสมมากก็จะอวบอ้วนขึ้นตาเหล่านี้จะแตกแขนงเป็นลำต้นอยู่ใต้ดินหรือแตกเป็นใบขึ้นมาเหนือดินลำต้นเหนือดินประกอบด้วยโคนก้านใบที่แผ่เป็นกาบหุ้มประกบกันไว้สำหรับเหง้าสามารถแตกขยายให้หน่อใหญ่ที่เจริญเติบโตต่อไปเป็นต้นเหนือดินได้ประมาณ 15-20 หน่อภายในระยะเวลา 1 ปีโดยที่ในสวนใต้ดินมีลำต้นการแตกเหง้าประมาณ 5 ร่องแตกแขนงติดต่อกันแผ่อยู่ใต้ดินมีความยาวรวมมากกว่า 60 เซนติเมตรพืชชนิดอื่นที่มีลำต้นแบบนี้เช่นขิงข่ากระชายขมิ้นเป็นต้น



ภาพที่ 2.7 ลักษณะลำต้นของพุทธรักษา

ใบ มีขนาดใหญ่สีเขียวโคนใบและปลายใบรีแหลมขอบใบเรียบ กลาใบเป็นเส้นขนเห็นได้ชัดโคนใบมีก้านใบซึ่งยาวเป็นกาบใบหุ้มลำต้นซ้อนสลับกัน ขนาดใบกว้างประมาณ 10-15 เซนติเมตร ยาวประมาณ 25-35 เซนติเมตร



ภาพที่ 2.8 ลักษณะใบของพุทธรักษา

ดอก เป็นช่อตรงส่วนยอดของลำต้น ช่อดอกยาวประมาณ 15-20 เซนติเมตร ประกอบด้วยดอก 8-10 ดอก และมีกลีบดอกบางนึ่ง ขนาดของดอกและสีส้นแตกต่างกันไปตามชนิดพันธุ์



ภาพที่ 2.9 ลักษณะดอกของพุทธรักษา

ฐานเกสรตัวผู้มี 6 อันชั้นนอก 3 อันลักษณะเป็นPetaloidStaminodeคือเหมือนกลีบดอกและเป็นหมันเป็นพืชที่มีอายุข้ามปีพบทั้งที่เจริญได้ในที่ชุ่มชื้นไปจนถึงที่แฉะ

น้ำขังหรือตามริมน้ำลำต้นใต้ดินแบบแงง(Rhizome)ลำต้นเหนือดินประกอบด้วยโคนก้านใบที่แผ่เป็นกาบหุ้มประกบกันไว้ใบเดี่ยวแผ่นใบกว้างเส้นใบแตกจากเส้นกลางใบแบบขนานดอกออกเป็นช่อแบบ Raceme หรือ Panicle คือดอกย่อยออกสองข้างของแกนกลางเป็นระยะๆไปดอกย่อยเป็นแบบ Zygomorphic คือสมมาตรของดอกเท่ากันเป็นแผ่นบนกว้างผิวเรียบเป็นมันผลเป็นแบบแคปซูล(capsule)มีเมล็ดหลายเมล็ดลักษณะกลมเป็นส่วนที่สะสมอาหาร(Endosperm)แข็งเพียงสองด้านเท่านั้นส่วนของดอกประกอบด้วยกลีบเลี้ยง 3 กลีบอยู่ซ้อนเหลื่อมกันกลีบดอก 3 กลีบติดกันตรงส่วนอีก 3 อันอยู่ข้างในมีอยู่ 2 อันที่ติดกันและเป็นกลีบดอกและเป็นหมันส่วนอีก 1 อันเป็นเกสรตัวผู้ที่สมบูรณ์ปกติและมีลักษณะเหมือนกลีบดอกเรียกว่าเป็นPetaloid Stamen ประกอบด้วยอับเรณู 1 ช่ออยู่ทางด้านข้างเกสรตัวเมียมีรังไข่ได้วงกลีบ(Inferior Ovary)ภายในรังไข่มี 3 ช่อก้านเกสรตัวเมีย

2)การปลูก

พุทธรักษานิยมปลูกกันมากทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศในระหว่างฤดูร้อนเป็นไม้ดอกที่เจริญเติบโตได้ดีในที่กลางแจ้งชอบขึ้นตามที่ดินค่อนข้างแฉะหรือมีน้ำในดินมากต้องการแสงแดดค่อนข้างมากชอบความชื้นสูงพุทธรักษาบางชนิดสามารถขึ้นแช่อยู่ในน้ำได้ดีและมีดอกตลอดปี (ปิฎฐะบุณนาค, 2529) หลังจากดอกโรยหมดแล้วควรตัดต้นทิ้งทิ้งเพื่อให้หน่อไม่เจริญขึ้นมาได้เร็วขึ้นถ้าต้องการให้ดอกดกและสีสวยควรให้ปุ๋ยอินทรีย์ประมาณเดือนละครั้ง พุทธรักษาในเมืองไทยนิยมปลูกเป็นแปลงบนพื้นดินหรือปลูกตามริมน้ำเช่นริมบ่อน้ำขอบสระน้ำ การปลูกเริ่มจากการเตรียมดินปลูกโดยการย่อยดินตากแดดให้แห้งใส่ปุ๋ยขี้กบหรือปุ๋ยอินทรีย์และย่อยให้เข้ากับดินอีกครั้งหนึ่งชุดหลุมปลูกกว้างประมาณ 6 นิ้วลึกประมาณ 4-5 นิ้วระยะห่างระหว่างแถว 1 เมตรระหว่างต้น50-80 เซนติเมตรระยะปลูกจะถี่หรือห่างกว่านี้ก็ได้ตามต้องการ จากนั้นแยกหน่อโดยการขุดและตัดเหง้าให้ติดหน่อที่มีลำต้นเหนือดินติดมาด้วยอย่างน้อยหนึ่งต้นมาตั้งต้นลงกลางหลุมกลบดินให้แน่นพอควรรดน้ำให้ชุ่มทั้งเช้าเย็นถ้ามีใบติดต้นมามากตัดใบออกบ้างเพื่อจะได้ตั้งตัวเร็วขึ้นอาจทำร่มเงาให้ในช่วง 4-5 วันแรกระยะปลูกตามที่กล่าวข้างต้นจะใช้ในกรณีปลูกในแปลงที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่จึงมีระยะปลูกที่ห่างกันมากแต่ในการศึกษานี้เป็นการปลูกพุทธรักษาในแปลงทดลองขนาดเล็ก (Lab scale) และใช้ต้นที่ยังมีขนาดเล็กคือมีอายุประมาณ 4 สัปดาห์มาเริ่มทำการทดลองดังนั้นจึงเพิ่มระยะปลูกให้มีความถี่มากขึ้นเพื่อให้พุทธรักษาสามารถบำบัดน้ำเสียได้

3)ประโยชน์ของต้นพุทธรักษา

ไว้ปลูกประดับสถานที่ต่างๆเพื่อความสวยงามดอกนำมาปักแจกันได้ เช่นเดียวกับไม้ดอกชนิดอื่นๆเหง้าใช้เป็นสมุนไพรสำหรับตัวยาแผนโบราณพุทธรักษาบางชนิดมีเหง้าที่ใช้รับประทานได้ในเมืองไทยใช้เหง้าเลี้ยงสัตว์เพราะมีอาหารเพียงพอบางแห่งเรียกว่าสาकुเมลิต์มีลักษณะกลมสีดำและแข็งซึ่งในอดีตเคยตะวันตกใช้เป็นลูกกระสุนล่าสัตว์หรือใช้เป็นลูกประคำประดับกายได้(ปิฎกฐะบุณนาค, 2529)นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียซึ่งเป็นการศึกษาในครั้งนี้ด้วย

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทานตะวันกิริมิตร (2553)ได้ศึกษาประสิทธิภาพของเตยหอมและพุทธรักษาในการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้รูปแบบพื้นที่ชุ่มน้ำบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland) บำบัดน้ำเสียชุมชนจากปลายท่อรวมน้ำเสียของชุมชนอ่าวประดู่ไหลลงสู่คลองชากหมาก (ตลาดลาว) เป็นน้ำเสียที่เข้าระบบเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำการทดลองเป็นแบบแฟคทอเรียลมี 2 ปัจจัยปัจจัยที่ 1 ได้แก่ประเภทของพืชที่ใช้ในการทดลองคือแต่ละบ่อปลูกเตยหอม พุทธรักษา และบอนปัจจัยที่ 2 ได้แก่ระยะเวลาที่กักพักชลศาสตร์มี 3 ระยะเวลาได้แก่ 3, 6 และ 9 วันต่อประสิทธิภาพการบำบัดค่า BOD, SS, TKN และ TP ตลอดจนศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าDO และ pH ทดสอบสมมติฐานผลการวิจัยพบว่าบ่อทดลองที่มีระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วันมีประสิทธิภาพการบำบัด BOD, SS และ TKN ดีกว่าบ่อทดลองอื่นๆและบ่อควบคุมที่ใช้ระยะเวลากักพักชลศาสตร์อื่นๆส่วนประสิทธิภาพการบำบัด TP พบว่าบ่อทดลองมีประสิทธิภาพดีกว่าบ่อควบคุมและระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วันมีประสิทธิภาพดีกว่าระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 3 และ 6 วัน

สุกัญญาศรีเพ็ญ (2548) ได้ศึกษาคุณสมบัติบางประการของการบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีและประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนของพุทธรักษาธรรมรักษาและชิงแดงในสภาพน้ำขังสลบแห้งของดินร่วนกับพีชจากการศึกษาพบว่าพุทธรักษาและธรรมรักษาสามารถเจริญเติบโตได้ดีในการปลูกแบบขังน้ำ 5 วันสลบปล่อยแห้ง 2 วันส่วนชิงแดงไม่สามารถทนได้และตายในที่สุดประสิทธิภาพการบำบัด BOD และ COD ส่วนใหญ่เกิดจากแบคทีเรีย Facultative Anaerobes และพบผลงานการบำบัดของ Aerobes เล็กน้อยในแปลงพุทธรักษาและพบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียในสภาพน้ำขังสลบแห้งของดินร่วมกับพีชนี้จะมีประสิทธิภาพดีระบบต้องมีดินเหนียวไม่น้อยกว่า 21%

ธนิศร์ปัทมพิฑูร (2548 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาแบคทีเรียรอบรากพุทธรักษาธรรมรักษาและชิงแดงที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีจังหวัดเพชรบุรี ผลการศึกษาพบว่าพุทธรักษาและธรรมรักษาสามารถเจริญเติบโตได้ดีในการปลูกแบบการขังน้ำ 5 วันสลบปล่อยให้แห้ง 2 วันส่วนชิงแดงไม่สามารถทนได้และตายในที่สุดจำนวนแบคทีเรียในดินรอบพืชพบว่าในพุทธรักษาเพิ่มมากขึ้นตามอายุของพืชจนสูงสุดเมื่อระยะดอกบานและลดลงเมื่อเข้าสู่ระยะต้นแก่ส่วนธรรมรักษาพบว่าแบคทีเรียในดินรอบรากพืชมีจำนวนลดลงตามอายุพืชและสำหรับการศึกษาปริมาณเชื้อแบคทีเรียในรอบรากที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนพบว่าแบคทีเรียรอบรากพืชทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย

จิตติมาเชื้อกุล (2545 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ต้นพุทธรักษาในพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ผลการศึกษาพบว่าระยะเวลาพักชลศาสตร์ที่ต่างกันมีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัด SS, TKN, TP และการเปลี่ยนแปลงค่า DO ชนิดพันธุ์ของพุทธรักษาที่ต่างกันมีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัด TKN, TP และอัตราความสูงของพืชความหนาแน่นของพุทธรักษาที่ต่างกันมีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัด BOD, SS, TKN, TP และการเปลี่ยนแปลงต่อ DO เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดพบว่าประสิทธิภาพการบำบัด SS, TKN และ TP สูงสุดเมื่อระยะเวลาพักชลศาสตร์ 7 วันพุทธรักษาดอกแดงและความหนาแน่น 25 ต้น/ตารางเมตรมีค่า 74.19 %, 82.06 % และ 73.53 % ตามลำดับการเปลี่ยนแปลงค่า DO สูงสุดเมื่อระยะเวลาพักชลศาสตร์ 3 วันพุทธรักษาดอกเหลืองความหนาแน่น 25 ต้น/ตารางเมตรมีค่า 28.93% และการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในทุกหน่วยการทำลงมีค่าไม่แตกต่างกัน

เพ็ญชุตาปัญญาวานิชกุล (2546:บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ต้นเตยหอม, ตาลปัตรฤๅษีและแวนแก้วในระบบบึงประดิษฐ์โดยให้อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 50 ลิตรต่อวินาทีเทียบได้กับ Hydraulic Loading Rate $0.3 \text{ m}^3 / \text{d} \cdot \text{m}^2$ และทำการเก็บตัวอย่างน้ำทุก 7 วันผลการศึกษาพบว่าเตยหอมตาลปัตรฤๅษีและแวนแก้วมีประสิทธิภาพการกำจัด TP ทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 88, 97, 93 ตามลำดับ TKN เฉลี่ยร้อยละ 64, 77 และ 70 ตามลำดับซีโอดีเฉลี่ยร้อยละ 59, 58 และ 53 ตามลำดับส่วนการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 3 ชนิดพบว่าอัตราการเจริญเติบโตซึ่งวัดในรูปน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นภายในเวลา $3 \frac{1}{2}$ เดือนเตยหอม ตาลปัตรฤๅษีและแวนแก้วมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น 3.95, 2.33 และ 1.80 ตามลำดับ

วลัยนุชพรรณรังษี (2551 : บทคัดย่อ) การศึกษานี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีในสภาพดินน้ำขังสลบแห้งร่วมกับ

รฐุปรฤษีโดยให้ม่การซ้่งนำ 5 วันสลัปลอ่ยแ่ง 2 วันวางการทลลองแบบลุ่ม(CRD)ผลการทลลองพบว่ ปริมาณไนโตรเจนท้่งหมด แอมโมเนียไนโตรเจน ฟอสฟอรัสท้่งหมด และออริโพรอสเพดในน้ำเสี่ยจากบ่อฝ้่งที่ 1 และบ่อฝ้่งที่ 2 ของโรงฆ่าสัตว์ อย่งไรก็ตามปริมาณไนโตรเจนท้่งหมด และแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำเสี่ยจากบ่อฝ้่งที่ 1 หลังการบ้ำบดย้งคงสูงกว่น้ำเสี่ยจากบ่อฝ้่งที่ 2 อย่งมีนัยสำค้ญย้งทางสถิติ ผลการทลลองแสดงให้เห่นว่ประสิทธิภาพการบ้ำบดปริมาณไนโตรเจนท้่งหมด และแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำเสี่ยจากบ่อฝ้่งที่ 2 สูงกว่น้ำเสี่ยจากบ่อฝ้่งที่ 1 ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสท้่งหมด และ ออริโพรอสเพดของน้ำเสี่ยจากท้่ง 2 บ่อ หลังการบ้ำบดม่มีความแตกต่งกันทางสถิติ ผลการทลลองแสดงให้เห่นว่ประสิทธิภาพการบ้ำบดไนโตรเจนท้่งหมด และแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำเสี่ยจากบ่อฝ้่งที่ 2 สูงกว่น้ำเสี่ยจากบ่อฝ้่งที่ 1 ส่วนประสิทธิภาพการบ้ำบดฟอสฟอรัสท้่งหมด และออริโพรอสเพดของน้ำเสี่ยจากท้่ง 2 บ่อ มม่ความแตกต่งการตรวจสอบปริมาณไนโตรเจนท้่งหมดในดินหลังการบ้ำบดน้ำเสี่ยจากบ่อฝ้่งที่ 1 พบว่สูงกว่ปริมาณไนโตรเจนท้่งหมดในดินหลังการบ้ำบดน้ำเสี่ยจากบ่อฝ้่งที่ 2 ส่วนฟอสฟอรัสในดินหลังการบ้ำบดน้ำเสี่ยจากท้่ง 2 บ่อ ความสูงของรฐุปรฤษีในแปลงทลลองที่ไดรับน้ำเสี่ยจากท้่ง 2 บ่อ มม่ความแตกต่งกันทางสถิติ อย่งไรก็ตามมวลชีวภาพของรฐุปรฤษีที่ไดรับน้ำเสี่ยจากบ่อฝ้่งที่ 1 สูงกว่รฐุปรฤษีที่ไดรับน้ำเสี่ยจากบ่อฝ้่งที่ 2 สำหรับปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในรฐุปรฤษีที่ไดรับน้ำเสี่ยจากท้่ง 2 บ่อ พบว่ม่มีความแตกต่งกัน จากผลการศ้ษาสรूपไดว่ในสภาพดินน้ำซ้่งสลัปลัแ่งร่วมกับรฐุปรฤษีสามารถบ้ำบดน้ำเสี่ยจากโรงฆ่าสัตว์ที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงได

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยใช้พื้นที่ ชุมน้ำประดิษฐ์ในการปลูกพืชร่วมกันเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยมีขั้นตอน การศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้

- 3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน
- 3.2 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย
- 3.3 วิธีดำเนินการวิจัย
- 3.4 ดำเนินการทดลอง
- 3.5 วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
- 3.6 การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ
- 3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน

รวบรวมข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในครั้งนี้คือข้อมูลด้านลักษณะและคุณภาพ น้ำเสียการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ดินน้ำขังสลบแห้งพืชที่ใช้ในการศึกษาและองค์ประกอบของตัวแปร ต่างๆ ที่จะทำการศึกษาโดยการรวบรวมจากเอกสารรายงานการวิจัยต่าง ๆ และข้อมูลทุติยภูมิจาก หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

3.2 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย

3.2.1 สถานที่ทำการทดลอง

สถานที่ตั้งแบบจำลองบริเวณวัดปากน้ำนนทบุรี ถนนพิบูลย์สงคราม ตำบลสวนใหญ่ อำเภอเมือง นนทบุรี จังหวัดนนทบุรี 11000

3.2.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

3.2.2.1 การก่อสร้าง (แบบบ่อทดลอง) เตรียมบ่อทดลองและเตรียมพืชที่ใช้สำหรับทดลองตั้งแต่ มกราคม-กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556

3.2.2.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของพืช ตั้งแต่ กุมภาพันธ์ - มีนาคม พ.ศ. 2556

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.3.1 การวางแผนการทดลอง

3.3.1.1 แหล่งที่มาของน้ำเป็น main plot 1 แหล่งคือ

W1 = น้ำเสียของโรงอาหาร มทร.พระนคร

3.3.1.2 พืช 3 ชนิด และดินเปล่าเป็น sub plot ดังนี้

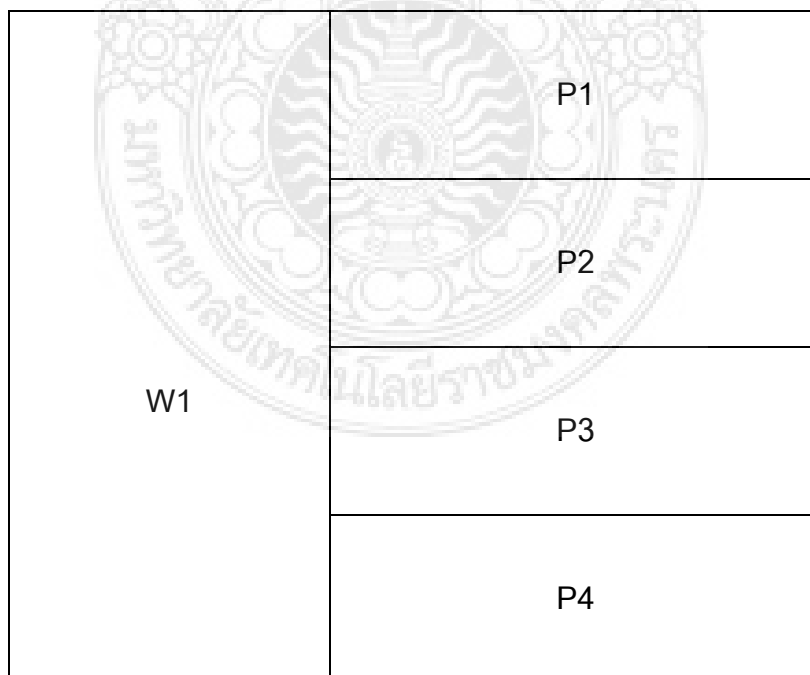
P1 = ดินเปล่า(ไม่มีพืช)

P2 = บอน

P3 = เตย

P4 = พุทธรักษา

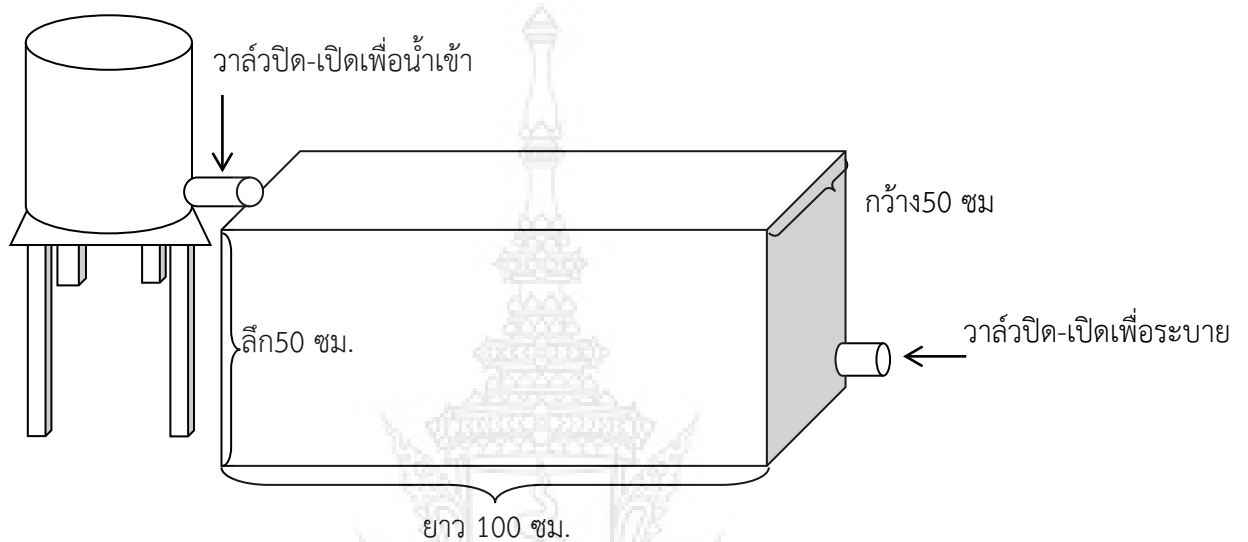
ในการศึกษามีจำนวนหน่วยทดลองทั้งหมด 4 หน่วยทดลองดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนผังหน่วยทดลอง

3.3.2 การเตรียมบ่อดทดลอง

บ่อซีเมนต์ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 1 เมตร สูง 50 เซนติเมตร จำนวน 4 บ่อ ที่กั้นบ่อฉาบปิดด้วยแผ่นซีเมนต์และเจาะรูด้านข้างบ่อส่วนล่างสุดต่อท่อ PVC ขนาด 3/2 นิ้วแล้วต่อวาล์วปิดเปิดเพื่อระบายน้ำบริเวณขอบล่างของบ่อซีเมนต์ดังกล่าวประกอบ



ภาพที่ 3.2 ขนาดของบ่อดทดลองและตำแหน่งท่อน้ำเสีย

3.3.3 การติดตั้งถังกระจายน้ำ

การติดตั้งถังกระจายน้ำประกอบด้วยถังเก็บน้ำขนาดใหญ่ในถังเพียงพอต่อการทดลอง แต่ระบอบการบำบัดถังกระจายน้ำจะมีท่อน้ำที่กั้นถังและควบคุมด้วยวาล์วเพื่อเก็บน้ำเสียปรับอัตราการไหลของน้ำเข้าสู่ท่อทดลองในอัตราการไหลคงที่

3.3.4 การติดท่อน้ำเข้าระบบ

การติดท่อน้ำเข้าระบบเป็นท่อพีวีซีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้วต่อจากถังกระจายน้ำไปยังส่วนหัวของบ่อ

3.3.5 การติดท่อน้ำออกจากระบบ

การติดท่อน้ำออกจากระบบเป็นท่อพีวีซีสำหรับให้น้ำไหลออกจากบ่อโดยใช้ท่อพีวีซีขนาด 3 / 2 นิ้วในบริเวณกึ่งกลางสูงจากพื้น 0.02 เมตร

3.3.6 ตัวกลางที่เลือกใช้

3.3.6.1 ใส่กรวดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.5 – 3 เซนติเมตร ลงรองพื้นในบ่อและเกลี่ยให้สม่ำเสมอทั่วบ่อให้หนา 5 เซนติเมตร



ภาพที่ 3.3 หินกรวด

3.3.6.2 ใส่ดินผสมทรายอัตราส่วน (ดิน 3 ส่วน:ทราย 1 ส่วน) ลงในบ่อและเกลี่ยให้สม่ำเสมอทั่วบ่อให้หนา 30 เซนติเมตรดังภาพประกอบ



ภาพที่ 3.4 อัตราส่วนของดินผสมทราย



ภาพที่ 3.5 ชั้นวัสดุต่างๆในบ่อทดลอง

3.3.7 พืชที่ใช้ในการทดลอง

พืชที่ใช้ในการทดลองคือบอน เตยหอมและพุทธรักษาพืชแต่ละชนิดนั้นจะคัดเลือกพืชที่มีอายุใกล้เคียงกันการคัดเลือกเตยหอมพิจารณาจากการเจริญเติบโตของเตยหอมซึ่งดูจากลักษณะเป็นทรงพุ่มแข็งแรงมีสีเขียวซึ่งมีอายุประมาณ 2-3 เดือนระบบรากสามารถยึดเกาะได้ดีมีส่วนพุทธรักษาที่ความสูงประมาณ 40-50 เซนติเมตรจะมีอายุประมาณ 1 เดือนตัดกาบใบเก่าและใบล่างออกให้เหลือจำนวนใบประมาณ 2-3 ใบเพื่อลดการคายน้ำและบอนมีความสูงประมาณ 60-80 เซนติเมตร จะมีอายุประมาณ 1-2 เดือน จำนวนใบประมาณ 2-3 ใบ

3.3.8 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

น้ำเสียที่มาจากปลายท่อรวมน้ำเสียของโรงอาหาร มทร.พระนคร

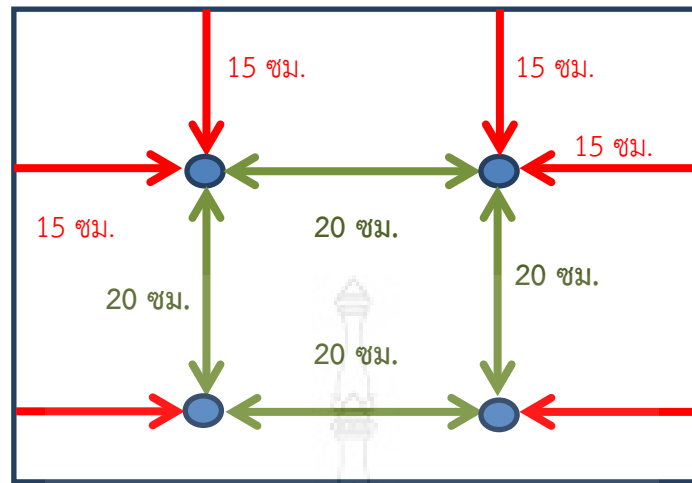


ภาพที่ 3.6 จุดเก็บน้ำตัวอย่างน้ำเสียจากปลายท่อรวมน้ำเสียของโรงอาหาร
มทร.พระนคร

3.4 ดำเนินการทดลอง

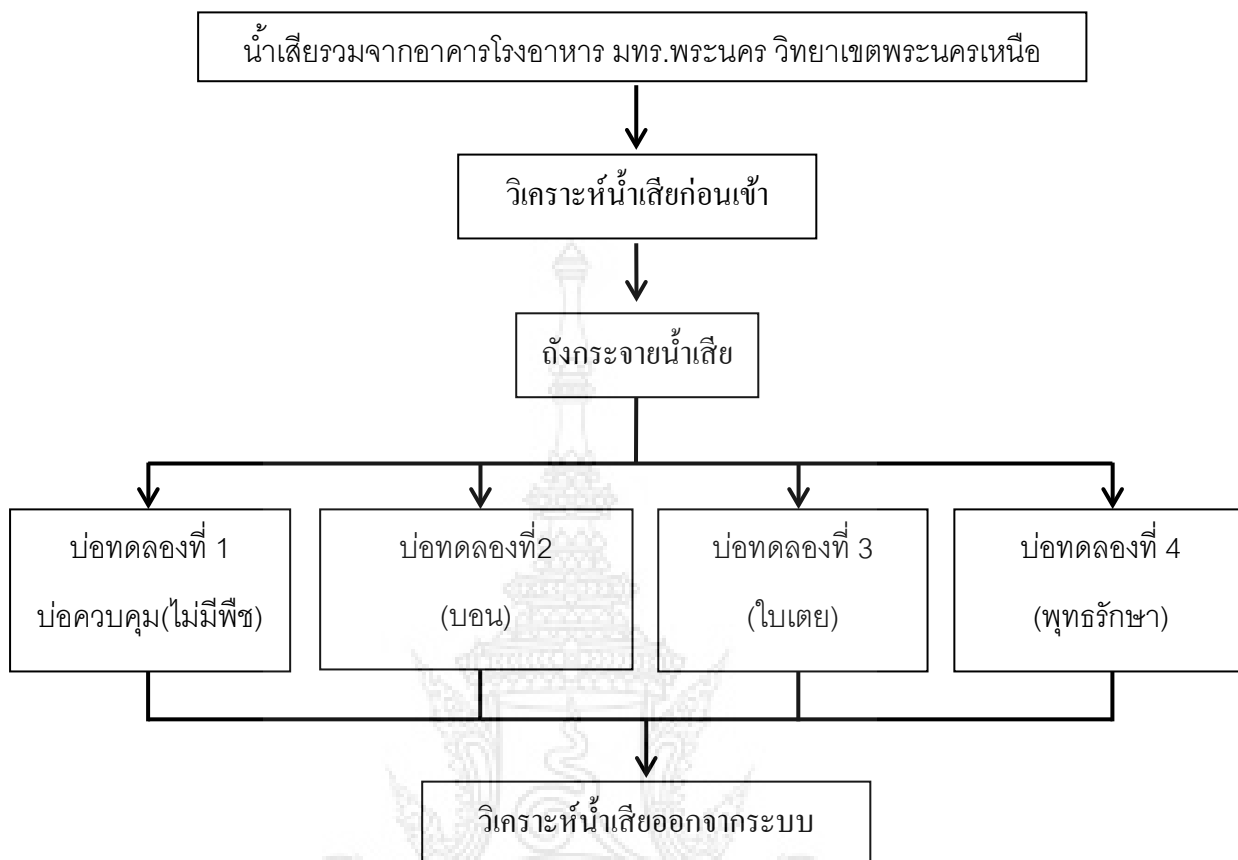
ในการศึกษามีจำนวนหน่วยทดลองทั้งหมด 4 หน่วยการทดลอง (Experimental Unit) บ่อควบคุม 1 บ่อ (Control Unit)

3.4.1 พืชที่ปลูกในระบบคือปลุกบอน เตยหอมและพุทธรักษาโดยมีรูปแบบการปลูกแบบกระจายเต็มพื้นที่จากการศึกษาของจิตติมาเชื้อกุล(2545)ที่ใช้พุทธรักษาบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยปลูกพุทธรักษาจำนวน 15 x 20 เซนติเมตรพบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอย (SS) ประมาณ 74.19% ในการทดลองครั้งนี้จึงมีตำแหน่งในการปลูกคือทุกต้นห่างจากผนัง 15 เซนติเมตรระยะห่างระหว่างต้นในแนวกว้างและแนวยาว 20 เซนติเมตรส่วนโคนของพุทธรักษา เตยหอมและบอน อยู่ในดินลึก 10 เซนติเมตรคิดเป็นความหนาแน่น 8 ต้น/ตารางเมตรใส่น้ำประปาลงในแต่ละบ่อทดลองอนุบาลต้นกล้าเป็นเวลา 2 สัปดาห์เพื่อให้ต้นของเตยหอมและพุทธรักษาแข็งแรงมีการปรับตัวสภาพประกอบ



ภาพที่ 3.7 ระยะห่างของการปลูกบอน เตยหอมและพุทธรักษา ในบ่อทดลอง

3.4.2 เมื่อครบกำหนดเวลาอนุบาลต้นกล้าระบายน้ำออกจากบ่อทดลองทุกบ่อแล้วปล่อยน้ำเสียจากถังแบ่งน้ำเสียเข้าสู่บ่อทดลองโดยการเปิดวาล์วน้ำน้ำจะไหลมาตามท่อเข้ามาในบ่อทดลองอย่างต่อเนื่อง (Continuous Influent Flow) เพื่อให้มีระยะเวลาเก็บกัก 5 วันดังนั้นโดยปล่อยน้ำเสียให้ไปตามผิวหน้าดินจนได้ระดับน้ำที่สูงจากผิวดินชั้นบน 10 เซนติเมตร



ภาพที่ 3.8 ผังบ่อทดลองที่ใช้ในการวิจัย

3.4.3 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่จุดน้ำเสียที่เข้าบ่อทดลอง

3.4.4 นำตัวอย่างน้ำและตรวจวิเคราะห์น้ำที่ห้องปฏิบัติการเคมี ณ ห้องแลป มทร.พระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

3.5 วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.5.1 อุปกรณ์สำหรับภาคสนาม

3.5.1.1 ขวดพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE) สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำเสียขนาด 1,000 มิลลิลิตร

3.5.1.2 กระจกน้ำแข็งและถังน้ำแข็งขนาดใหญ่เพื่อเก็บขวดตัวอย่างน้ำก่อนทำการวิเคราะห์

3.5.1.3 กระดาษอลูมิเนียมลอยด์และปากกาสำหรับเขียนฉลากที่ขวดตัวอย่างน้ำ

3.5.1.4 กรรไกร / คัตเตอร์

3.5.1.5 การตรวจวิเคราะห์ pH และอุณหภูมิโดยใช้เครื่อง pH meter

3.5.2. เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับห้องปฏิบัติการ

3.5.2.1 กระดาษกรองใยแก้ว GF/C เส้นผ่าศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร

3.5.2.2 อุปกรณ์ชุดกรอง

3.5.2.3 เครื่องดูดอากาศพร้อมกรวยบุคเนออร์ (Buchner Funnel)

3.5.2.4 เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ 103 - 105 °C

3.5.2.5 โถทำแห้ง (Desiccator) พร้อมสารดูดความชื้น

3.5.2.6 เครื่องชั่งไฟฟ้า (Analytical Balance) อย่างละเอียด

3.5.2.7 กระดาษอะลูมิเนียมเพื่อทำเป็นภาชนะสำหรับใส่กระดาษกรอง

3.5.2.8 กระบอกตวง (Cylinder)

3.5.2.9 คีมหนีบ (Forceps)

3.5.2.10 ตู้อบ (Hot Air)

3.5.2.11 ชุดกลั่น (Distillation Apparatus)

3.5.2.12 เครื่องแก้วต่างๆ เช่น เปเรตบิวเรตต์ กระบอกตวง ขวดวัดปริมาตร เป็นต้น

3.5.2.13 สารเคมีต่างๆ สำหรับวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ

3.5.2.14 เครื่องกลั่นแอมโมเนียไนโตรเจน (Distillation Unit)

3.5.2.15 หลอดเคดาห์ล (Kjeldahl Tube)

3.5.2.16 ขวด BOD

3.5.2.17 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 20 °C

3.6 การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำใช้วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้วยวิธีวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ และรายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 3.1

ตาราง 3.1 แสดงวิธีวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ

พารามิเตอร์คุณภาพน้ำ	วิธีวิเคราะห์
บี.โอดี (BOD)	Azide Modification : 20 °C 5 days
สารแขวนลอย (SS)	Gravimetric Method
ไนโตรเจน (TKN)	Macro – Kjeldahl Method
ฟอสฟอรัส (TP)	Colorimetric Method
กรด – ด่าง (pH)	pH – meter
น้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)	Soxhlet

3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.7.1 สถิติพรรณนาได้แก่ค่าสูงสุด, ค่าต่ำสุด

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของบอน เตยหอมและพุทธรักษาในการบำบัดน้ำเสียของโรงอาหาร มทร.พระนคร โดยใช้ระบบดินน้ำขังสลั้บแห่งร่วมกับพืชคือ บอน เตยหอมและพุทธรักษา โดยมีระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วันตามขั้นตอนการศึกษาในบทที่ 3 นั้นผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอผลการศึกษาเป็น 4 ส่วนดังนี้

- 4.1 สภาวะแวดล้อมในการทดลอง
- 4.2 คุณภาพน้ำหลังการบำบัด
- 4.3 ประสิทธิภาพของระบบในการบำบัดน้ำเสีย
- 4.4 อภิปรายผล

4.1 สภาวะแวดล้อมในการทดลอง

การศึกษาวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ครั้งนี้ได้ทำการทดลองภายใต้สภาวะการณ์ธรรมชาติโดยน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบการทดลองนั้นจัดเป็นน้ำเสียของโรงอาหาร มทร.พระนคร ที่ผ่านการบำบัดแบบกรองซึ่งได้เก็บรวบรวมน้ำเสียจากปลายท่อรวมน้ำเสียของโรงอาหาร มทร.พระนคร ก่อนที่ไหลลงคลองบางเขนใหม่แล้วไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาต่อไป

ตาราง 4.1 ค่าความสกปรกของน้ำเสียจากปลายท่อรวมน้ำเสียของโรงอาหาร มทร.พระนคร ก่อนที่ไหลลงคลองบางเขนใหม่

พารามิเตอร์	หน่วย	คุณภาพน้ำก่อนการบำบัด
บีโอดี (BOD)	(mg / l)	880.00
ของแข็งแขวนลอย (SS)	(mg / l)	776.00
ไนโตรเจนทั้งหมด (TKN)	(mg / l)	40.32
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)	(mg / l)	2.15
กรด – ด่าง (pH)	-	5.85
น้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)	(mg / l)	51.00

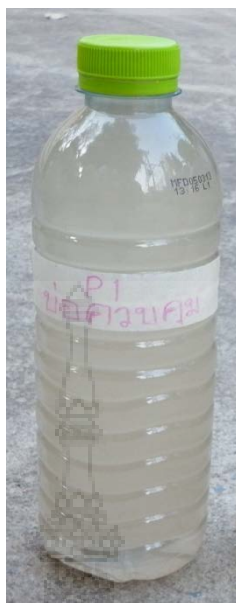


ภาพที่ 4.1 ลักษณะน้ำเสียโรงอาหาร มทร.พระนคร ที่ผ่านการบำบัดแบบกรอง

จากตาราง 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียที่นำมาใช้ในการทดลองพบว่า น้ำเสียก่อนเข้าระบบมีค่าบีโอดี 880.00 mg/l, ค่าของแข็งแขวนลอย 776.00 mg/l, ค่าไนโตรเจนทั้งหมด 40.32 mg/l, ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด 2.15 mg/l, ค่ากรด – ด่าง 5.85 และค่าน้ำมันและไขมัน 51.00mg/l ส่วนคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบพบว่า มีสีเหลืองขุ่น มีสารแขวนลอยจำนวนมากในน้ำมีกลิ่นเหม็น

ตาราง 4.2ค่าความสกปรกของน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช โดยมีระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วันของบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช

พารามิเตอร์	หน่วย	คุณภาพน้ำหลังการบำบัด
บีโอดี (BOD)	(mg / l)	620.96
ของแข็งแขวนลอย (SS)	(mg / l)	600.12
ไนโตรเจนทั้งหมด (TKN)	(mg / l)	29.67
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)	(mg / l)	1.03
กรด – ด่าง (pH)	-	6.42
น้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)	(mg / l)	19.34

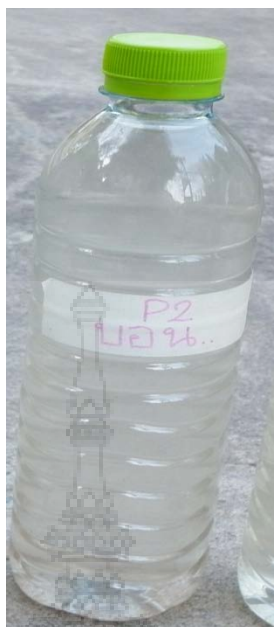


ภาพที่ 4.2 ลักษณะน้ำเสียโรงอาหาร มทร.พระนคร ที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำซัง
สลั้บแห้งร่วมกับของบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช

จากตาราง 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียที่นำมาใช้ในการทดลองพบว่า บ่อควบคุมที่ไม่มีพืชมีค่าบีโอดี 620.96 mg/l, ค่าของแข็งแขวนลอย 600.12 mg/l, ค่าไนโตรเจนทั้งหมด 29.67 mg/l, ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด 1.03 mg/l, ค่ากรด – ด่าง 6.42 และค่าน้ำมันและไขมัน 19.34 mg/l ส่วนคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียหลังการบำบัดพบว่า มีสีเหลืองขุ่นและมีตะกอน

ตาราง 4.3 ค่าความสกปรกของน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำซังสลั้บแห้งร่วมกับพืช โดยมีระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วันของบ่อทดลอง(บอน)

พารามิเตอร์	หน่วย	คุณภาพน้ำหลังการบำบัด
บีโอดี (BOD)	(mg / l)	137.52
ของแข็งแขวนลอย (SS)	(mg / l)	233.38
ไนโตรเจนทั้งหมด (TKN)	(mg / l)	12.63
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)	(mg / l)	0.39
กรด – ด่าง (pH)	-	6.55
น้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)	(mg / l)	10.84

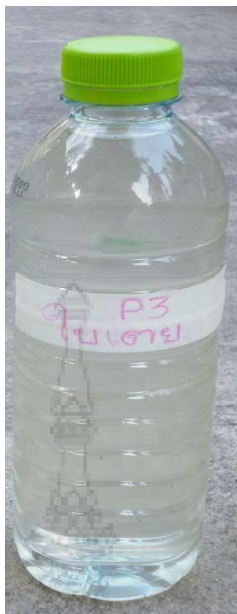


ภาพที่ 4.3 ลักษณะน้ำเสียโรงอาหาร มทร.พระนคร ที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำซัง
สลั้บแห้งร่วมกับของบ่อทดลอง(บอน)

จากตาราง 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียที่นำมาใช้ในการทดลองพบว่า บ่อทดลองที่บำบัดน้ำเสียโดยใช้บอนน้ำมีค่าบีโอดี 137.52 mg/l, ค่าของแข็งแขวนลอย 233.38 mg/l, ค่าไนโตรเจนทั้งหมด 12.63 mg/l, ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.39 mg/l, ค่ากรด - ด่าง 6.55 และค่าน้ำมันและไขมัน 10.84 mg/l ส่วนคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียหลังการบำบัดพบว่า มีสีเหลืองใส ไม่มีตะกอน

ตาราง 4.4 ค่าความสกปรกของน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำซังสลั้บแห้งร่วมกับพืช
โดยมีระยะเวลาซังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วันของบ่อทดลอง(ใบเตย)

พารามิเตอร์	หน่วย	คุณภาพน้ำหลังการบำบัด
บีโอดี (BOD)	(mg / l)	220.88
ของแข็งแขวนลอย (SS)	(mg / l)	283.39
ไนโตรเจนทั้งหมด (TKN)	(mg / l)	14.43
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)	(mg / l)	0.52
กรด - ด่าง (pH)	-	6.64
น้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)	(mg / l)	12.00

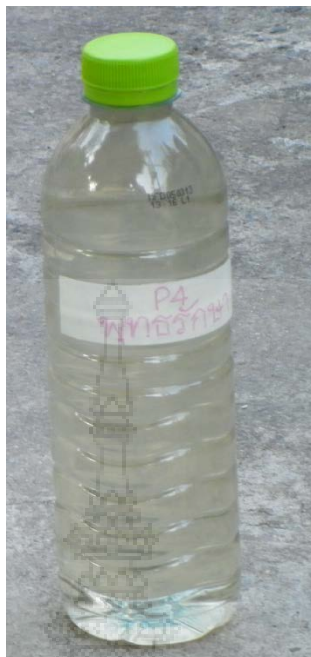


ภาพที่ 4.4 ลักษณะน้ำเสียโรงอาหาร มทร.พระนคร ที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำซัง
สลับแห้งร่วมกับของบ่อทดลอง(ใบเตย)

จากตาราง 4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียที่นำมาใช้ในการทดลองพบว่า
บ่อทดลองที่บำบัดน้ำเสียโดยใช้ใบเตยมีค่าบีโอดี 220.88 mg/l, ค่าของแข็งแขวนลอย 283.39 mg/l,
ค่าไนโตรเจนทั้งหมด 14.43 mg/l, ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.52 mg/l, ค่ากรด – ด่าง 6.64 และค่าน้ำมัน
และไขมัน 12.00 mg/l ส่วนคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียหลังการบำบัดพบว่ามีสีเหลืองใสมี
ตะกอน

ตาราง 4.5 ค่าความสกปรกของน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำซังสลับแห้งร่วมกับพืช
โดยมีระยะเวลาซังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วันของบ่อทดลอง(พุทธรักษา)

พารามิเตอร์	หน่วย	คุณภาพน้ำหลังการบำบัด
บีโอดี (BOD)	(mg / l)	120.85
ของแข็งแขวนลอย (SS)	(mg / l)	183.37
ไนโตรเจนทั้งหมด (TKN)	(mg / l)	10.89
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)	(mg / l)	0.43
กรด – ด่าง (pH)	-	6.88
น้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)	(mg / l)	10.00



ภาพที่ 4.5 ลักษณะน้ำเสียโรงอาหาร มทร.พระนคร ที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำซัง
สลั้บแห้งร่วมกับของบ่อทดลอง(พืชรักษา)

จากตาราง 4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียที่นำมาใช้ในการทดลองพบว่า บ่อทดลองที่บำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชรักษามีค่าบีโอดี 120.85 mg/l, ค่าของแข็งแขวนลอย 183.37 mg/l, ค่าไนโตรเจนทั้งหมด 10.89 mg/l, ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.43 mg/l, ค่ากรด – ด่าง 6.88 และ ค่าน้ำมันและไขมัน 10.00 mg/l ส่วนคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียหลังการบำบัดพบว่า มีสี เหลืองใส ไม่มีตะกอน

4.2 คุณภาพน้ำหลังการบำบัด

คุณภาพน้ำหลังผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำซังสลั้บแห้งร่วมกับพืชโดยมีระยะเวลาซัง น้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วันของบ่อควบคุมที่ไม่มีพืชและบ่อทดลองที่มีพืชมีผลการตรวจ วิเคราะห์คุณภาพน้ำมีดังนี้

4.2.1 ค่าบีโอดี(Biochemical Oxygen Demand: BOD)

ค่าบีโอดีของน้ำเสียของโรงอาหาร มทร.พระนคร ก่อนเข้าระบบดินน้ำซังสลั้บแห้งร่วมกับ พืชมีค่า 880 mg/l เนื่องจากน้ำเสียที่รวบรวมนั้นส่วนใหญ่รองรับน้ำเสียจากการประกอบอาหาร ล้างวัตถุดิบ และ ล้างอุปกรณ์ซึ่งมีปริมาณน้ำเสียค่อนข้างมากและน้ำเสียที่รวบรวมมานั้นได้ผ่าน กระบวนการบำบัดแบบระบบกรองจึงทำให้ค่าความสกปรกที่เหลือค่อนข้างสูง

ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าบีโอดีที่ระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วันของบ่อบำบัดที่ไม่มีฟิซและบ่อบำบัดที่มีฟิซดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6แสดงผลการตรวจวิเคราะห์ค่าบีโอดีหลังการบำบัด

หน่วยการทดลอง	หน่วย	ปริมาณบีโอดี
บ่อบำบัด (ไม่มีฟิซ)	(mg / l)	620.96
บ่อบำบัด (บอน)	(mg / l)	137.52
บ่อบำบัด (ไบเตย)	(mg / l)	220.88
บ่อบำบัด (พุทธรักษา)	(mg / l)	120.85

จากตาราง 4.6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัดพบว่าน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดในระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วัน ของบ่อบำบัดที่ไม่มีฟิซ มีค่าบีโอดี 620.96 mg/l, บ่อบำบัด (บอน) มีค่าบีโอดี 137.52 mg/l, บ่อบำบัด (ไบเตย) มีค่าบีโอดี 220.88 mg/l, บ่อบำบัด (พุทธรักษา) มีค่าบีโอดี 120.85 mg/l

4.2.2 ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: SS)

ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียของโรงอาหาร มทร.พระนคร ก่อนเข้าระบบดินน้ำขังสลั๊บแห้งร่วมกับฟิซ มีค่า 776.0 mg/l

ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วันของบ่อบำบัดที่มีฟิซและบ่อบำบัดที่ไม่มีฟิซดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7แสดงผลการตรวจวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยหลังการบำบัด

หน่วยการทดลอง	หน่วย	ปริมาณของแข็งแขวนลอย
บ่อควบคุม (ไม่มีพืช)	(mg / l)	600.12
บ่อทดลอง (บอน)	(mg / l)	233.38
บ่อทดลอง (ใบเตย)	(mg / l)	283.39
บ่อทดลอง (พุทธรักษา)	(mg / l)	183.37

จากตาราง 4.7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัดพบว่าน้ำเสียที่ผ่านระบบในระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วัน ของบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช มีค่าของแข็งแขวนลอย 600.12 mg/l, บ่อทดลอง(บอน) มีค่าของแข็งแขวนลอย 233.38mg/l, บ่อทดลอง(ใบเตย)มีค่าของแข็งแขวนลอย283.39 mg/l, บ่อทดลอง(พุทธรักษา)มีค่าของแข็งแขวนลอย 183.37 mg/l

4.2.3 ค่าไนโตรเจน (Total KjeldahlNitrogen: TKN)

ค่าไนโตรเจนของน้ำเสียของโรงอาหาร มทร.พระนคร ก่อนเข้าระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช มีค่า 40.32 mg/l

ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าไนโตรเจนที่ระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วัน ของบ่อทดลองที่มีพืชและบ่อควบคุมที่ไม่มีพืชดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8แสดงผลการตรวจวิเคราะห์ค่าไนโตรเจนหลังการบำบัด

หน่วยการทดลอง	หน่วย	ปริมาณของไนโตรเจน
บ่อควบคุม (ไม่มีพืช)	(mg / l)	29.67
บ่อทดลอง (บอน)	(mg / l)	12.63
บ่อทดลอง (ใบเตย)	(mg / l)	14.43
บ่อทดลอง (พุทธรักษา)	(mg / l)	10.89

จากตาราง 4.8 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัดพบว่าน้ำเสียที่ผ่านระบบในระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วัน ของบ่อควบคุมที่ไม่มีพีช มีค่าไนโตรเจน 29.67 mg/l, บ่อทดลอง(บอน) มีค่าไนโตรเจน 12.63 mg/l, บ่อทดลอง(ไบเตย)มีค่าไนโตรเจน 14.43 mg/l, บ่อทดลอง(พุทธรักษา)มีค่าไนโตรเจน 10.89 mg/l,

4.2.4 ค่าฟอสฟอรัส (Total Phosphorus: TP)

ค่าฟอสฟอรัสของน้ำเสียของโรงอาหาร มทร.พระนคร ก่อนเข้าระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพีช มีค่า 2.15 mg/l

ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัสที่ระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วันของบ่อทดลองที่มีพีชและบ่อควบคุมที่ไม่มีพีชดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการตรวจวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัสหลังการบำบัด

หน่วยการทดลอง	หน่วย	ปริมาณของฟอสฟอรัส
บ่อควบคุม (ไม่มีพีช)	(mg / l)	1.03
บ่อทดลอง (บอน)	(mg / l)	0.39
บ่อทดลอง (ไบเตย)	(mg / l)	0.52
บ่อทดลอง (พุทธรักษา)	(mg / l)	0.43

จากตาราง 4.9 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัดพบว่าน้ำเสียที่ผ่านระบบในระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วัน ของบ่อควบคุมที่ไม่มีพีช มีค่าฟอสฟอรัส 1.03 mg/l, บ่อทดลอง(บอน) มีค่าฟอสฟอรัส 0.39 mg/l, บ่อทดลอง(ไบเตย)มีค่าฟอสฟอรัส 0.52 mg/l, บ่อทดลอง(พุทธรักษา)มีค่าฟอสฟอรัส 0.43 mg/l

4.2.5 ค่ากรด-ด่าง (pH)

ค่ากรด-ด่างของน้ำเสียของโรงอาหาร มทร.พระนคร ก่อนเข้าระบบดินน้ำขังสลับแห้ง ร่วมกับพีช มีค่า 5.85

ผลการตรวจวิเคราะห์ค่ากรด-ด่างที่ระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วันของบ่อดูดที่มีพีชและบ่อควบคุมที่ไม่มีพีชดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการตรวจวิเคราะห์ค่ากรด-ด่างหลังการบำบัด

หน่วยการทดลอง	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (ก่อน)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (หลัง)	การกำจัด
บ่อควบคุม (ไม่มีพีช)	5.85	6.42	0.57
บ่อดูด (บอน)	5.85	6.55	0.70
บ่อดูด (ใบเตย)	5.85	6.64	0.79
บ่อดูด (พุทธรักษา)	5.85	6.88	1.03

จากตาราง 4.10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัดพบว่าน้ำเสียที่ผ่านระบบในระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วัน มีความสามารถในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของบ่อควบคุมที่ไม่มีพีชมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 6.42, บ่อดูด (บอน) มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 6.55, บ่อดูด (ใบเตย) มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 6.64, บ่อดูด (พุทธรักษา) มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 6.88

4.2.6 ค่าน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)

ค่าน้ำมันและไขมันของน้ำเสียของโรงอาหาร มทร.พระนคร ก่อนเข้าระบบดินน้ำข้างสลับ
แห่งร่วมกับพีช มีค่า 51.00 mg/l

ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าน้ำมันและไขมันที่ระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วัน
ของบ่อดูดที่มีพีชและบ่อควบคุมที่ไม่มีพีชดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการตรวจวิเคราะห์ค่าน้ำมันและไขมันหลังการบำบัด

หน่วยการทดลอง	หน่วย	ปริมาณของน้ำมันและไขมัน
บ่อควบคุม (ไม่มีพีช)	(mg / l)	19.34
บ่อดูด (บอน)	(mg / l)	10.84
บ่อดูด (ไบเตย)	(mg / l)	12.00
บ่อดูด (พุทธรักษา)	(mg / l)	10.00

จากตาราง 4.11 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัดพบว่าน้ำเสียที่ผ่านระบบ
ในระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วัน ของบ่อควบคุมที่ไม่มีพีชมีค่าน้ำมันและไขมัน
19.34 mg/l, บ่อดูด(บอน) มีค่าน้ำมันและไขมัน 10.84 mg/l, บ่อดูด(ไบเตย)มีค่าน้ำมัน
และไขมัน 12.00mg/l, บ่อดูด(พุทธรักษา)มีค่าน้ำมันและไขมัน 10.00 mg/

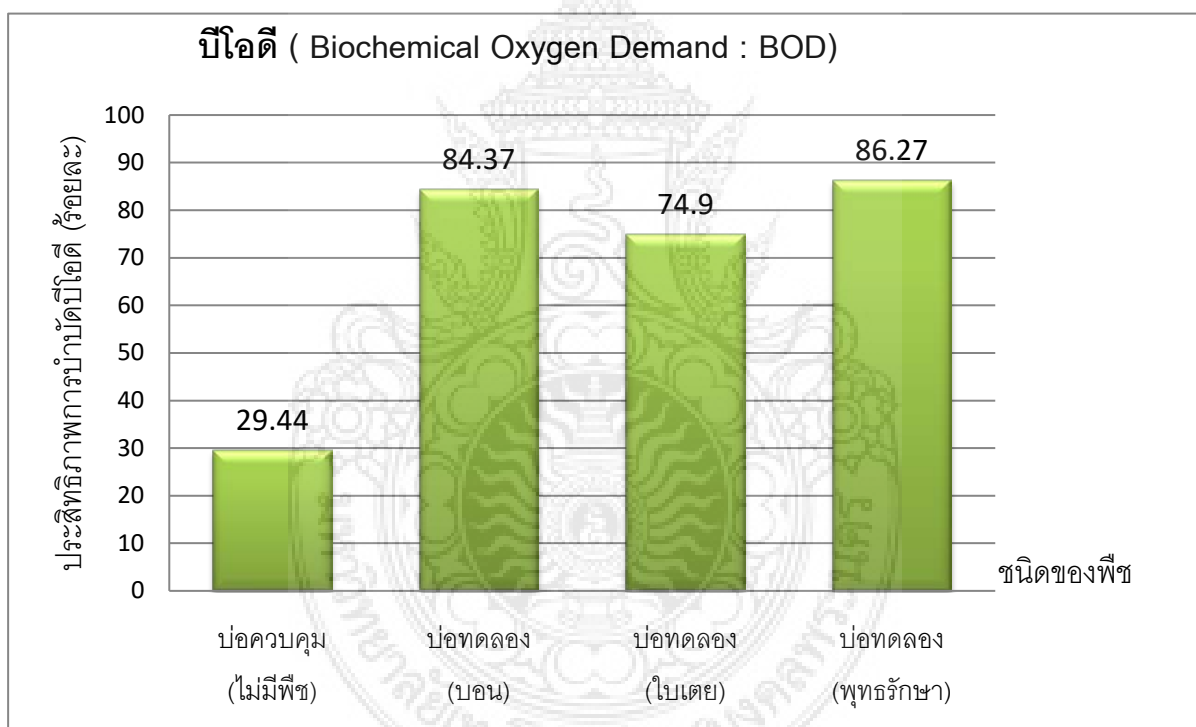
4.3 ประสิทธิภาพของระบบในการบำบัดน้ำเสีย

4.3.1 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี(Biochemical Oxygen Demand: BOD)

น้ำเสียของโรงอาหาร มทร.พระนครที่ผ่านการบำบัดในระบบดินน้ำข้างสลับแห่งร่วมกับพีช
โดยมีระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วันมีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีแสดงดังตารางที่
4.12

ตารางที่ 4.12 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี

หน่วยการทดลอง	คุณภาพน้ำ mg/l	การกำจัด mg/l	ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี (ร้อยละ)
บ่อควบคุม (ไม่มีพืช)	620.96	259.04	29.44
บ่อทดลอง (บอน)	137.52	742.48	84.37
บ่อทดลอง (ใบเตย)	220.88	659.12	74.90
บ่อทดลอง (พุทธรักษา)	120.85	759.15	86.27



ภาพที่ 4.6 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี

จากตารางที่ 4.12 และภาพประกอบที่ 4.6 ประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีพบว่าน้ำเสียที่ผ่านระบบในระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วัน ของบ่อควบคุมที่ไม่มีพืชมีค่าบีโอดี 29.44% , บ่อทดลอง(บอน) มีค่าบีโอดี 84.37% , บ่อทดลอง(ใบเตย)มีค่าบีโอดี 74.90% , บ่อทดลอง(พุทธรักษา)มีค่าบีโอดี 86.27%

4.3.2 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: SS)

น้ำเสียของโรงอาหารที่ผ่านการบำบัดในระบบบึงประดิษฐ์ดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช โดยมีระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วันของบ่อดูดที่มีพืชและบ่อควบคุมที่ไม่มีพืชมีประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยแสดงตามตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย

หน่วยการทดลอง	คุณภาพน้ำ mg/l	การกำจัด mg/l	ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย (ร้อยละ)
บ่อควบคุม (ไม่มีพืช)	600.12	175.88	22.66
บ่อดูด (บอน)	233.38	542.62	69.93
บ่อดูด (ใบเตย)	283.39	492.61	63.48
บ่อดูด (พุทธรักษา)	183.37	592.63	76.37



ภาพที่ 4.7 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย

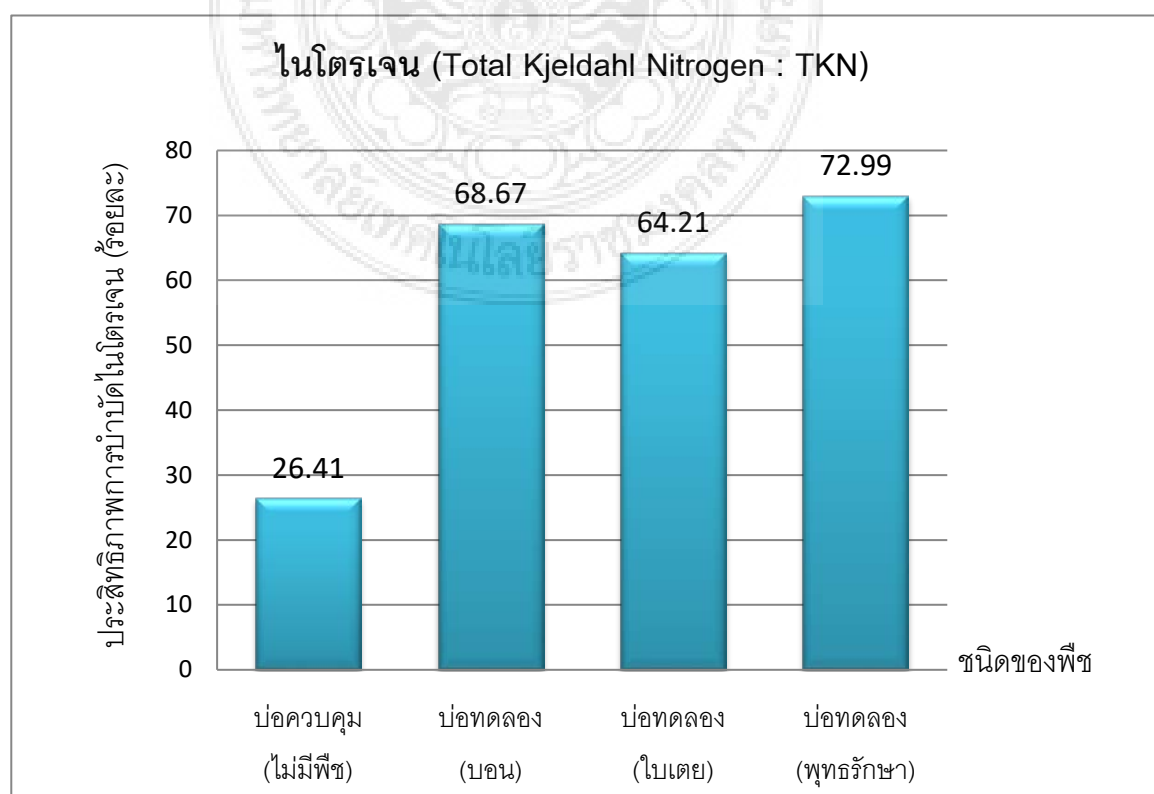
จากตารางที่ 4.13 และภาพประกอบที่ 4.7 ประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอยพบว่าน้ำเสียที่ผ่านระบบในระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วัน ของบ่อควบคุมที่ไม่มีพืชมีค่าของแข็งแขวนลอย 22.66%, บ่อทดลอง(บอน)มีค่าของแข็งแขวนลอย 69.93%, บ่อทดลอง(ใบเตย)มีค่าของแข็งแขวนลอย 63.4%, บ่อทดลอง(พุทธรักษา)มีค่าของแข็งแขวนลอย 76.37%

4.3.3 ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN)

น้ำเสียของโรงอาหารที่ผ่านการบำบัดในระบบบึงประดิษฐ์ดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช โดยมีระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วันของบ่อทดลองที่มีพืชและบ่อควบคุมที่ไม่มีพืชมีประสิทธิการบำบัดไนโตรเจนแสดงตามตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน

หน่วยการทดลอง	คุณภาพน้ำ mg/l	การกำจัด mg/l	ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน (ร้อยละ)
บ่อควบคุม (ไม่มีพืช)	29.67	10.65	26.41
บ่อทดลอง (บอน)	12.63	27.69	68.67
บ่อทดลอง (ใบเตย)	14.43	25.89	64.21
บ่อทดลอง (พุทธรักษา)	10.89	29.43	72.99



ภาพที่ 4.8แสดงประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน

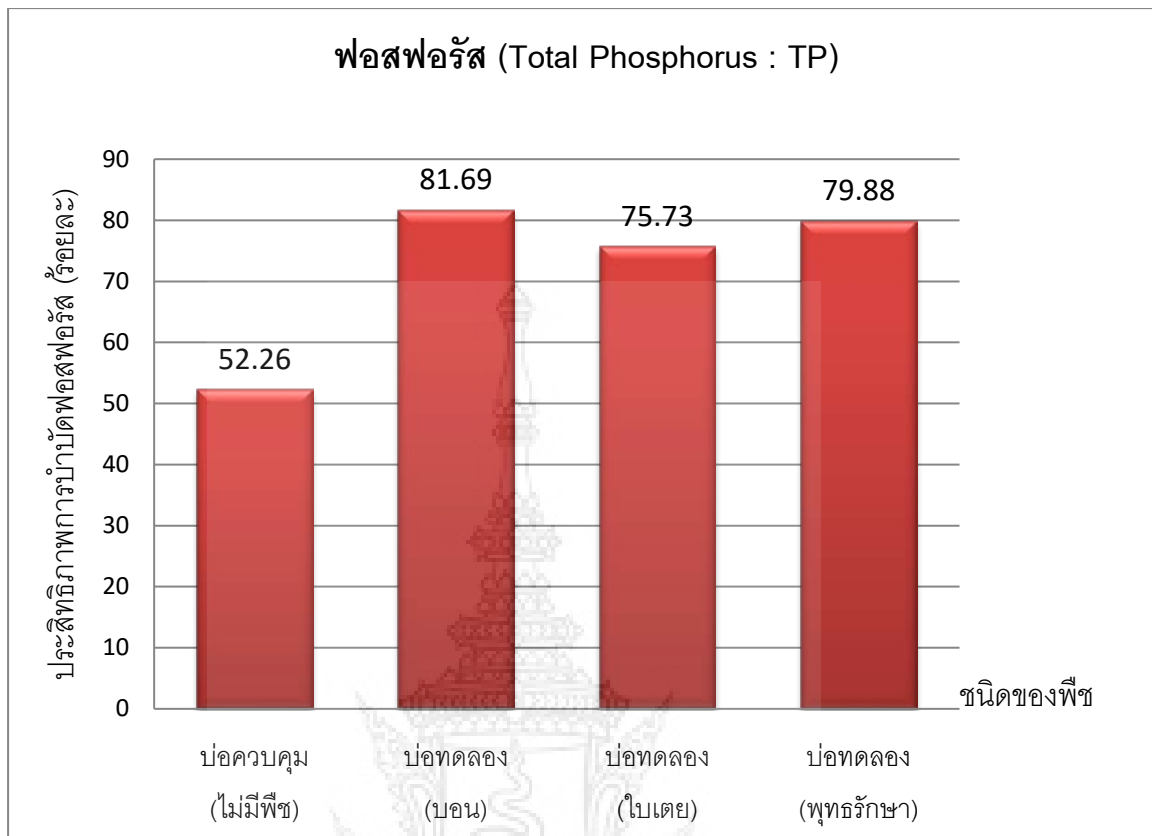
จากตารางที่ 4.14 และภาพประกอบที่ 4.8 ประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนพบว่าน้ำเสียที่ผ่านระบบในระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วัน ของบ่อควบคุมที่ไม่มีพืชมีค่าไนโตรเจน 26.41%, บ่อทดลอง(บอน) มีค่าไนโตรเจน 68.67%, บ่อทดลอง(ใบเตย)มีไนโตรเจน64.21%, บ่อทดลอง(พุทธรักษา)มีไนโตรเจน 72.99%

4.3.4 ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส (Total Phosphorus: TP)

น้ำเสียของโรงอาหารที่ผ่านการบำบัดในระบบบึงประดิษฐ์ดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช โดยมีระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วันของบ่อทดลองที่มีพืชและบ่อควบคุมที่ไม่มีพืชมีประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสแสดงตามตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15แสดงประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส

หน่วยการทดลอง	คุณภาพน้ำ mg/l	การกำจัด mg/l	ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส (ร้อยละ)
บ่อควบคุม (ไม่มีพืช)	1.03	1.122	52.26
บ่อทดลอง (บอน)	0.40	1.754	81.69
บ่อทดลอง (ใบเตย)	0.52	1.626	75.73
บ่อทดลอง (พุทธรักษา)	0.43	1.715	79.88



ภาพที่ 4.9แสดงประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส

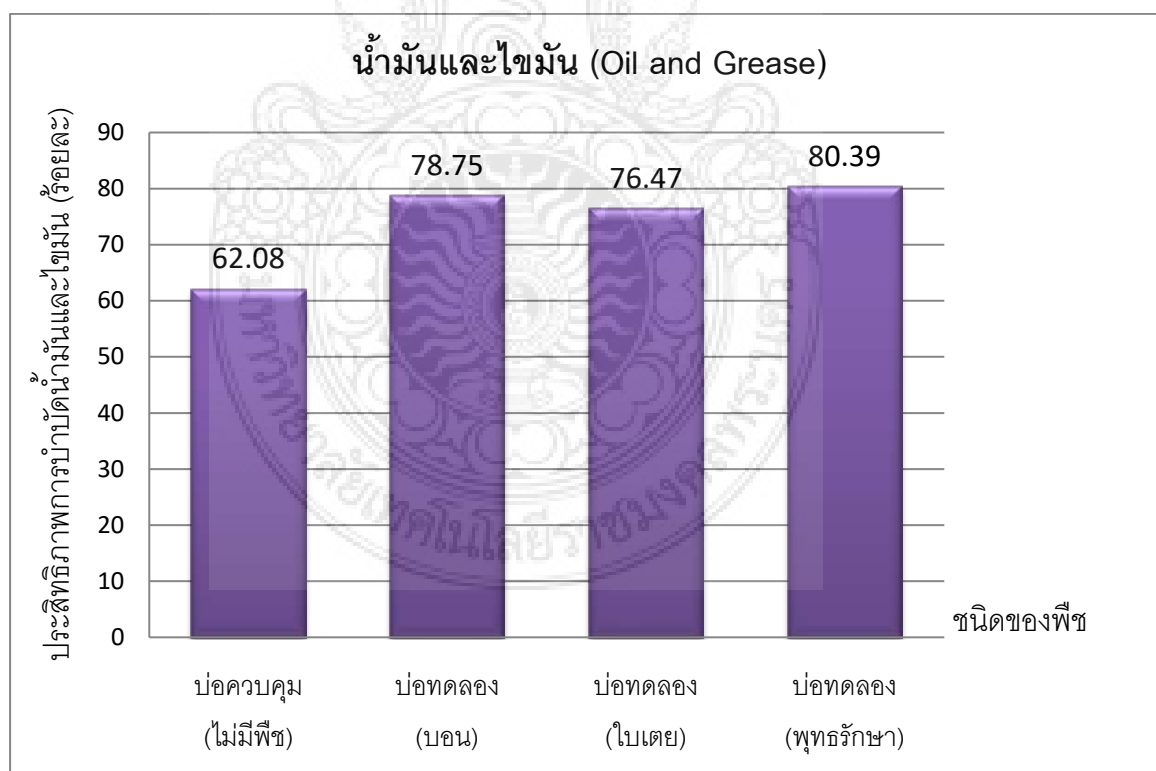
จากตารางที่ 4.15 และภาพประกอบที่ 4.9 ประสิทธิภาพในการบำบัดฟอสฟอรัส พบว่า น้ำเสียที่ผ่านระบบในระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วัน ของบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช มีค่าฟอสฟอรัส 52.26%, บ่อทดลอง(บอน) มีค่าฟอสฟอรัส 81.69%, บ่อทดลอง(ใบเตย) มีฟอสฟอรัส 75.73%, บ่อทดลอง(พุทธรักษา) มีฟอสฟอรัส 79.88%

4.3.5 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)

น้ำเสียของโรงอาหารที่ผ่านการบำบัดในระบบบึงประดิษฐ์ดินน้ำขังสลบแห้งร่วมกับพืชโดยมีระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วันของบ่อดูดองที่มีพืชและบ่อควบคุมที่ไม่มีพืชมีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันและไขมันแสดงดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันและไขมัน

หน่วยการทดลอง	คุณภาพน้ำ mg/l	การกำจัด mg/l	ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันและไขมัน (ร้อยละ)
บ่อควบคุม (ไม่มีพืช)	19.34	31.66	62.08
บ่อดูดอง (บอน)	10.84	40.16	78.75
บ่อดูดอง (ใบเตย)	12.0	39.00	76.47
บ่อดูดอง (พุทธรักษา)	10.0	41.00	80.39



ภาพที่ 4.10 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันและไขมัน

จากตารางที่ 4.16 และภาพประกอบที่ 4.10 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำมันและไขมันพบว่าน้ำเสียที่ผ่านระบบในระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วัน ของบ่อควบคุมที่ไม่มีพืชมีค่าน้ำมันและไขมัน 62.08%, บ่อทดลอง(บอน) มีค่าน้ำมันและไขมัน 78.75%, บ่อทดลอง (ไบเตย)มีค่าน้ำมันและไขมัน 76.47%, บ่อทดลอง(พุทธรักษา)มีค่าน้ำมันและไขมัน 80.39%

4.4 อภิปรายผล

น้ำเสียของโรงอาหารที่ผ่านการบำบัดในระบบบึงประดิษฐ์น้ำขังสลบแห้งร่วมกับพืช โดยมีระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วันมีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี(BOD), ของแข็งแขวนลอย(SS), ไนโตรเจนทั้งหมด(TKN), ฟอสฟอรัสทั้งหมด(TP), กรด - ด่าง (pH)และน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease) แสดงดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 แสดงประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์น้ำขังสลบแห้งร่วมกับพืช ในการบำบัดน้ำเสียของโรงอาหาร

พารามิเตอร์	ประสิทธิภาพการบำบัด (ร้อยละ)			
	บ่อควบคุม (ไม่มีพืช)	บ่อทดลอง (บอน)	บ่อทดลอง (ไบเตย)	บ่อทดลอง (พุทธรักษา)
บีโอดี (BOD)	29.44	84.37	74.90	86.27
ของแข็งแขวนลอย (SS)	22.66	69.93	63.48	76.37
ไนโตรเจนทั้งหมด (TKN)	26.41	68.67	64.21	72.99
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)	52.26	81.69	75.73	79.88
น้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)	62.08	78.75	76.47	80.39

จากการศึกษาวิจัยเชิงทดลองโดยใช้ระบบบึงประดิษฐ์น้ำขังสลบแห้งร่วมกับพืช ในการบำบัดน้ำเสียของโรงอาหาร จากตารางที่ 4.17 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย ของบ่อควบคุม (ไม่มีพืช), บ่อทดลอง(บอน), บ่อทดลอง(ไบเตย) บ่อทดลอง(พุทธรักษา) ผลการเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดี(BOD), ของแข็งแขวนลอย(SS), ไนโตรเจนทั้งหมด(TKN), ฟอสฟอรัสทั้งหมด(TP), กรด - ด่าง(pH)และน้ำมันและไขมัน(Oil and Grease) มีดังต่อไปนี้

- ค่าบีโอดีหลังผ่านการบำบัดด้วยบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช, บ่อทดลอง (บอน), บ่อทดลอง (ไบเตย), บ่อทดลอง (พุทธรักษา), มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าบีโอดีร้อยละ 29.44, 84.37, 74.90 และ 86.27 ตามลำดับ ผลการวิจัยครั้งนี้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ทานตะวัน กิริมิตร (2553) ศึกษาประสิทธิภาพของเตยหอมและพุทธรักษาในการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้รูปแบบพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ในการบำบัดพบว่า มีค่าบีโอดี ร้อยละ 25.29-68.33
- ค่าของแข็งแขวนลอยหลังผ่านการบำบัดด้วยบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช, บ่อทดลอง(บอน), บ่อทดลอง(ไบเตย), บ่อทดลอง(พุทธรักษา) มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยร้อยละ 22.66, 69.93, 63.48 และ 76.37 ตามลำดับ ผลการวิจัยครั้งนี้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ จิตติมา เชื้อกุล (2545) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ต้นพุทธรักษาในพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ผลการศึกษพบว่า มีค่าของแข็งแขวนลอยร้อยละ 74.19
- ค่าไนโตรเจนทั้งหมดหลังผ่านการบำบัดด้วยบ่อควบคุมที่ไม่มี, บ่อทดลอง(บอน), บ่อทดลอง(ไบเตย), บ่อทดลอง(พุทธรักษา) มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าไนโตรเจนร้อยละ 26.41, 68.67, 64.21 และ 72.99 ตามลำดับผลการวิจัยครั้งนี้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ เพ็ญสุดา ปัญญาวานิชกุล (2546) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ ต้นเตยหอม, ตาลปัตรฤาษีและ แวนแก้วในระบบบึงประดิษฐ์ผลการศึกษพบว่า มีค่าไนโตรเจน ร้อยละ 64
- ฟอสฟอรัสทั้งหมดหลังผ่านการบำบัดด้วยบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช, บ่อทดลอง (บอน), บ่อทดลอง (ไบเตย), บ่อทดลอง (พุทธรักษา) มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าฟอสฟอรัสร้อยละ 52.26, 81.69, 75.73 และ 79.88 ตามลำดับผลการวิจัยครั้งนี้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ สุกัญญาศรีเพ็ญ (2548) ได้ศึกษาคุณสมบัติบางประการของการบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีและประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนของพุทธรักษาธรรมรักษาและชิงแดงในสภาพน้ำขังสลับแห้งของดินร่วมกับพืชมีค่าผันแปรอยู่ในพิสัยร้อยละ 56.7 ± 8.2
- ค่าความเป็นกรด-ด่างหลังผ่านการบำบัดด้วยบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช, บ่อทดลอง(บอน), บ่อทดลอง(ไบเตย), บ่อทดลอง(พุทธรักษา) มีความสามารถในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 6.42, 6.55, 6.64 และ 6.88 ตามลำดับ
- ค่าน้ำมันและไขมันหลังผ่านการบำบัดด้วยบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช, บ่อทดลอง(บอน), บ่อทดลอง(ไบเตย), บ่อทดลอง(พุทธรักษา) มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่า น้ำมันและไขมันร้อยละ 62.08, 78.75, 76.47 และ 80.39 ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

น้ำเสียของโรงอาหารที่ผ่านการบำบัดในระบบบึงประดิษฐ์ดินน้ำขังสลับแห่งร่วมกับบ่พีช โดยมีระยะเวลาขังน้ำ 5 วันและปล่อยให้แห้ง 2 วันสามารถสรุปผลและเสนอแนะข้อคิด บางประการไว้ดังนี้

5.1 สรุปผล

5.1.1 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของโรงอาหาร มทร.พระนคร ภายหลังถูก บำบัดด้วยบอน ไบเตย และพุทธรักษาในระบบดินน้ำขังสลับแห่ง

1) ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียพบว่าบ่อควบคุมที่ไม่มีพืชมีค่าบีโอดีร้อยละ 29.44, ค่าของแข็งแขวนลอยร้อยละ 22.66, ค่าไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 26.41, ค่าฟอสฟอรัส ทั้งหมดร้อยละ 52.26, มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 6.42 และค่าน้ำมันและไขมันร้อยละ 62.28 ส่วน คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียหลังการบำบัดพบว่า มีสีเหลืองขุ่นมีตะกอน

2) ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียพบว่าบ่อทดลอง (บอน) มีค่าบีโอดีร้อยละ 84.37, ค่าของแข็งแขวนลอยร้อยละ 69.93, ค่าไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 68.67, ค่าฟอสฟอรัส ทั้งหมดร้อยละ 81.69, มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 6.55 และค่าน้ำมันและไขมันร้อยละ 78.75 ส่วน คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียหลังการบำบัดพบว่า มีสีเหลืองใสไม่มีตะกอน

3) ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียพบว่าบ่อทดลอง (ไบเตย) มีค่าบีโอดีร้อยละ 74.90, ค่าของแข็งแขวนลอยร้อยละ 63.48, ค่าไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 64.25, ค่าฟอสฟอรัส ทั้งหมดร้อยละ 75.73, มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 6.64 และค่าน้ำมันและไขมันร้อยละ 76.49 ส่วน คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียหลังการบำบัดพบว่า มีสีเหลืองใสไม่มีตะกอน

4) ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียพบว่าบ่อทดลอง (พุทธรักษา) มีค่าบีโอดีร้อยละ 86.27, ค่าของแข็งแขวนลอยร้อยละ 76.37, ค่าไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 72.99, ค่าฟอสฟอรัส ทั้งหมดร้อยละ 79.88, ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 6.88 และค่าน้ำมันและไขมันร้อยละ 80.39 ส่วน คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียหลังการบำบัดพบว่า มีสีเหลืองใสไม่มีตะกอน

5.1.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร มทร. พระนคร ภายหลังจากถูกบำบัดด้วย บอน ไบเตย พุทธรักษา ในระบบดินน้ำขังสลับแห้ง

จากการบำบัดน้ำเสียของโรงอาหาร มทร.พระนคร ในระบบดินน้ำขังสลับแห้ง ร่วมกับพืช พบว่า

- 1) ประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดีพบว่า พุทธรักษาบำบัดน้ำเสียได้ดีที่สุด รองลงมาคือ บอน ไบเตย และบ่อควบคุมตามลำดับ
- 2) ประสิทธิภาพการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอย พบว่าพุทธรักษาบำบัดน้ำเสียได้ดีที่สุด รองลงมาคือ บอน ไบเตย และบ่อควบคุมตามลำดับ
- 3) ประสิทธิภาพการบำบัดค่าไนโตรเจนทั้งหมด พบว่าพุทธรักษาบำบัดน้ำเสียได้ดีที่สุด รองลงมาคือ บอน ไบเตย และบ่อควบคุมตามลำดับ
- 4) ประสิทธิภาพการบำบัดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดพบว่าบอนบำบัดน้ำเสียได้ดีที่สุด รองลงมาคือ พุทธรักษา ไบเตย และบ่อควบคุมตามลำดับ
- 5) ประสิทธิภาพการปรับสภาพค่าความเป็นกรดเบส พบว่าพุทธรักษาปรับสภาพน้ำเสียได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ไบเตย บอน และบ่อควบคุมตามลำดับ
- 6) ประสิทธิภาพการบำบัดค่าน้ำมันและไขมันพบว่าพุทธรักษาบำบัดน้ำเสียได้ดีที่สุด รองลงมาคือ บอน ไบเตย และบ่อควบคุมตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอเพิ่มเติมประเด็นและข้อเสนอแนะบางประการที่น่าสนใจเพื่อเป็นประโยชน์ในโอกาสต่อไปโดยแบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งนี้

- 1) จากการวิจัยพบว่าพืชในระบบบึงประดิษฐ์ดินน้ำขังสลับแห้งจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของวัชพืช และมีการเพิ่มสารอินทรีย์ในระบบดังนั้นจึงควรมีการเก็บเกี่ยววัชพืชพืชออกจากระบบ
- 2) จากการวิจัยพบว่าหากมีการเพิ่มขนาดของบ่อให้มีพื้นที่มากขึ้นจะช่วยให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียดียิ่งขึ้น

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

- 1) ควรศึกษาความเป็นไปได้และประสิทธิภาพของพืชชนิดอื่นในการบำบัดน้ำเสีย
- 2) การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียระบบดินน้ำขังสลับแห่งควรรศึกษาคุณภาพน้ำเพิ่มเติมเช่นซีโอไซด์และธาตุอาหารในรูปแบบอื่น ๆ เป็นต้น
- 3) ควรศึกษาขีดความสามารถสูงสุดของพืชในการรองรับความสกปรกของน้ำเช่นขีดความสามารถในการรองรับสารพิษและโลหะหนัก



เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2537. **คู่มือเล่ม 1 คู่มือเจ้าของอาคาร/ภัตตาคารและผู้รับจ้างติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดตั้งกับที่**. เรือนแก้วการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- กรรณิการ์ศิริสิงห์. 2549. **เคมีของน้ำน้ำโสโครกและการวิเคราะห์**. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, กรุงเทพฯ
- เกษมจันทร์แก้วและเสกสรรเทพพิทักษ์. 2543. การเกิดตะกอนและการลดสมรรถนะการบรรจุ ของบ่อบำบัด, ในเอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการรายงานสรุปผลการ คี ก ษ า วิ จั ย วิทยาศาสตร์การกำจัดขยะและการบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ, กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2535. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. ภาควิชาปฐพีวิทยาคณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. ภาควิชาปฐพีวิทยาคณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เฉลิมพลแฮมเพชร. 2542. **สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่**. ภาควิชาพืชไร่คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- จิตติมาเชื้อกุล. การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ต้นพุทธรักษาในพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์. วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยมหิดล, 2545.
- ดิเรกทองอร่าม, วิทยาตั้งก่อสกุล, นาวิจิระชีวีและอิทธิสุนทรนันท์กิจ. 2542. **การออกแบบและเทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืช**. เจริญรัฐการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- ทัศนีย์อัฒตานันท์. 2543. **ดินที่ใช้ปลูกข้าว**. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาปฐพีวิทยาเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ทานตะวันกิริมิตร. 2553. อ้างถึงกรมควบคุมมลพิษและสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2546. **เทคนิคการบำบัดน้ำเสียบางวิธีการนําน้ำทิ้งมาใช้ประโยชน์และการทดสอบพิษวิทยาสำหรับน้ำทิ้ง**. เล่มที่ 4. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
- ธนินทร์ปัทมพิฑูร. การศึกษาแบคทีเรียรอบต้นพุทธรักษาธรรมชาติซึ่งแดงที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีจังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548.

- นิรันดร์นาคทัพบทิม. 2530. การประเมินผลการจัดส่งน้ำชลประทานในระดับไร่นา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปิฎฐะบุณนาค. 2529. ไม้ดอกไม้ประดับ. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์บรรณกิจ, กรุงเทพฯ.
- ปรีชา ลิมเจริญ. 2556. ข้อมูลโรงอาหาร, จากการสัมภาษณ์
- พัฒนามูลพุกษ์. 2539. อนามัยสิ่งแวดล้อม. ห้างหุ้นส่วนจำกัดเอ็น.เอส.แอล. พรินติ้ง, กรุงเทพฯ. 545 น.
- พัฒนามูลพุกษ์. 2541. อนามัยสิ่งแวดล้อม. ห้างหุ้นส่วนจำกัดเอ็น.เอส.แอล. พรินติ้ง, กรุงเทพฯ.
- ไพบูลย์ประพุดิทธิธรรม. 2528. เคมีของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยาคณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ไพบูลย์ประพุดิทธิธรรม. 2543. การใช้ที่ดินให้ถูกต้องและเป็นธรรมแก้ปัญหาเศรษฐกิจสังคมและสิ่งแวดล้อมของประเทศได้. ในรายงานประกอบการสัมมนาเรื่องการศึกษาวิจัยการเปลี่ยนแปลงของโลก : บทบาทของประเทศไทยในความร่วมมือเพื่อการวิจัยในโครงการ IGBP สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- พิพัฒนภูมิปัญญาคุณและสุรศักดิ์พรรณภักทราพงษ์. 2543. ความสามารถในการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยบำบัดน้ำเสียจังหวัดเพชรบุรี, ในเอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการรายงานสรุปผลการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์การกำจัดขยะและการบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ. กรุงเทพฯ.
- เพ็ญสุดาปัญญาวานิชกุล. การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ต้นเตย, ตาลปัตรและแวนแก้วในระบบบึงประดิษฐ์. วิทยานิพนธ์วศ.ม. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2546.
- ไพบูลย์ประพุดิทธิธรรม. 2528. เคมีของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยาคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วลัยนุชพรรณสังข์. 2551. ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีในสภาพดินน้ำขังสลบแห่งร่วมกับธูปฤาษี. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิเชียร มหาวัน. 2556. น้ำเสียโรงอาหาร, จากการสัมภาษณ์
- สมบุญเตชะปัญญาวัฒน์. 2548. สรีรวิทยาของพืช. จามจุรีโปรดักท์, กรุงเทพฯ.
- สายัณห์สดุดี. 2534. เอกสารประกอบการบรรยายเรื่องสภาวะขาดน้ำในการผลิตพืช. ภาควิชาพืชศาสตร์คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

- สิทธิชัยตันธนะสุษดี. 2538. **การใช้ดินตะกอนภาคพื้นสมุทรในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชเป็นต้นแบบในการบำบัดน้ำเสียชุมชน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สิทธิชัยตันธนะสุษดีและคณะ, 2543. การศึกษาคุณภาพน้ำในระบบรวบรวมน้ำเสียเทศบาลเมืองเพชรบุรีและระบบบำบัดน้ำเสียโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมผักเป็ดอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, น.14-1 -14-10. ในเอกสาร **ประกอบการสัมมนาวิชาการรายงานการศึกษาวิจัยวิทยาศาสตร์การกำจัดขยะและการบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ**, 24-25 สิงหาคม 2543. มูลนิธิชัยพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติสำนักงานปร. กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.
- สุกัญญาสารณาคมนกุล. 2548. **การศึกษาคูณสมบัติบางประการของน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีและประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งชุมชนของพุทธรักษาธรรมรักษาและชิงแดงในสภาพน้ำขังสลับแห้งของดินร่วมกับพืช**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุชาดาศรีเพ็ญ. พรรณไม้น้ำ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542.
- สุรียสอสมบุญ. 2519. **คู่มือเกษตรชลประทาน**. รุ่งเรืองสาส์นการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 684 หน้า.
- สุเทพสิริวิทยาปกรณ. 2550. **เทคโนโลยีน้ำเสีย**. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 189 p
- อภรณ์ยิ่งยง. 2539. **การบำบัดบีโอดีและซีโอดีในน้ำเสียชุมชนเมืองโดยใช้ดินในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อรรถชัยอึ้ง. 2550. **การศึกษากการบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีจังหวัดเพชรบุรีด้วยพุทธรักษา 3 พันธุ์ในระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Black, C.A. 1968. *Soil-Plant Relationships*. 2nd ed. Wiley Eastern Private Limited, New Delhi. 792 pp.
- EPA. 1980. *Process Design Manual: Wastewater Treatment Facilities for Sewered small Comunities*. U.S. Government Printing Office 1977, Ohio.

- Hammer, D.A. and R.K. Bastian. 1989. Wetland Ecosystems: Natural water purifiers, pp. 5-19. *In* D.A. Hammer (ed.). **Constructed Wetlands for Wastewater treatment**. Lewis Publishers, Inc., Michigan.
- Hellriegel, H. . 1983. **Beitrage zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaus mit besonderer Berucksichtigung der agrikulturchemischen Methode der Sandkultur**. Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig.
- Kozlowski, T.T. 1984. **Flooding and Plant Growth**. Academic Press, Inc, U.S.A.
- Lange, A. 1938. **Untersuchungen uiber den Wachstumsfaktor Wasser**. Landw. Jahrb. 85: 465-499
- Metcalf and Eddy, Inc. 1991. **Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse**. 3rd ed, McGraw-hill, Inc., New York.
- Phongphan, S. . 1977. **Influence of submergence on inorganic phosphorus transformations and the relation between inorganic phosphorus and phosphorus availability by some chemical test of rice soils in Central Plain**. M.S. Thesis, Kasetsart University.
- Ponnamperuma, F.N.. 1965. **Dynamic aspects of flooded soils and the nutrition of the Rice plant**, pp 295-388. Proc. Symp. Mineral Nutrition of the Rice Plant. Johns Hopkins Press, Baltimore. Md. USA.
- Ponnamperuma, F.N. 1972. The chemistry of submerged soils. *Adv. In Agron.* 24: 29-96.
- Ponnamperuma, F.N. 1976. **Physicochemical properties of submerged soils in relation to Fertility**, pp. 1-27. *In* The Fertility of Paddy Soils in Fertilizer Application for Rice. Food and Fertilizer Technology
- Prabuddham, P. 1975. **The composition levels of selected trace elements in soil from The major rice-producing regions of Thailand and South Vietnam and some factor related to the abundance of these elements**. Ph.D. Thesis. Illinois Unive., Champaign-Urbain Illinois, USA.
- Ramig, R. E. and H. F. Rhoades. 1963. Interrelationship of soil moisture level at planting Time and nitrogen fertilization on winter wheat production. *Agron. Jour.* 55: 123-127

ภาคผนวก



ภาคผนวกกวิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ



วิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. วิธีตรวจวิเคราะห์บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD)

1.1 หลักการ

เป็นการหาปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ/น้ำเสียโดยการวัดปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ/น้ำเสียการวิเคราะห์หาค่า BOD เป็นการวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้หมดไปในเวลา 5 วันในตู้ควบคุมอุณหภูมิ $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$

1.2 สภาวะการวิเคราะห์ทดสอบ

เตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างที่ควบคุมอุณหภูมิ 20 ± 3 องศาเซลเซียส หรือควบคุมอุณหภูมิของตัวอย่างที่อุณหภูมิ 20 ± 3 องศาเซลเซียสอินคิวเบต (Incubate) ตัวอย่างเป็นเวลา 5 วัน ± 6 ชั่วโมง ในที่มีอุณหภูมิ $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$

1.3 การเก็บและรักษาสภาพตัวอย่าง

หลังจากเก็บตัวอย่างควรจะทำกรวิเคราะห์ทันทีกรณีไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันทีต้องนำตัวอย่างไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียสและวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง

1.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์

1.4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- ขวดอินคิวเบต (Incubation bottles) ขนาด 300 มิลลิลิตรพร้อมจุกแก้วที่เป็น ground joint พร้อมฝาครอบพลาสติก (BOD cap)
- ตู้อินคิวเบต (Refrigerated Incubator) ควบคุมอุณหภูมิที่ $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$
- บิวเรตต์ (Burette)
- ปิเปตต์ (Pipette)
- กระจกตวง (Grounded cylinder)
- Air pump

1.4.2 สารเคมี

- Potassium Dihydrogen Phosphate (KH_2PO_4)
- Di - Potassium Dihydrogen Phosphate (K_2HPO_4)
- Di - Sodium Hydrogen Phosphate hepta hydrate ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
- Ammonium Chloride (NH_4Cl)

- Magnesium Sulfate ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
- Calcium Chloride ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- Iron(III) Chloride Hexahydrate ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
- Sulfuric Acid (H_2SO_4)
- Manganese Sulfate ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)
- Sodium Hydroxide (NaOH)
- Potassium bi - iodate [$\text{KH}(\text{IO}_3)_2$]
- Sodium Iodide (NaI)
- Sodium Azide (NaN_3)
- Starch Soluble
- Sodium Thiosulfate pentahydrate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
- Purified Water

1.4.3 วิธีเตรียมสารละลาย

- สารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 8.5 กรัม, ไดโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4) 21.75 กรัม, ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปต้าไฮเดรต ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 33.4 กรัม และแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 1.7 กรัมในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตรเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 1 ลิตร

- สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตเตรียมโดยละลายแมกนีเซียมซัลเฟตเฮปต้าไฮเดรต ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 22.5 กรัมในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เตรียมโดยละลายแอนไฮดรัสแคลเซียมคลอไรด์ (anhydrous CaCl_2) 27.5 กรัมในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

- สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์เตรียมโดยละลายเฟอร์ริกคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 0.25 กรัมในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

- สารละลายกรดและด่างเพื่อใช้ในการปรับค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสีย

- ค่อยๆเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 28 มิลลิลิตรลงในน้ำกลั่นพร้อมคนเจือจางจนได้ 1 ลิตร แต่ถ้าเป็นด่างละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 กรัมในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

- สารละลายโซเดียมซัลไฟต์เตรียมโดยละลายโซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3) 1.575 กรัมในน้ำกลั่น 1 ลิตร สารละลายนี้ไม่อยู่ตัวต้องเตรียมวันที่จะใช้

- ไนตริฟิเคชันอินฮิบิเตอร์ nitrification inhibitor 2-chloro-6 (trichloromethyl) pyridine, TCMP
- สารละลายมาตรฐานกลูโคสและกรดกลูตามิก (Glucose-glutamic acid solution) ออบกลูโคสและกรดกลูตามิกที่อุณหภูมิ 103°C 1 ชั่วโมงเติม 150 มิลลิกรัมกลูโคสและ 150 มิลลิกรัมกรดกลูตามิกในน้ำกลั่นเจือจางจนได้ 1 ลิตร
 - สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เตรียมโดยละลาย 1.15 กรัม NH_4Cl ในน้ำกลั่นประมาณ 500 มล. ปรับสารละลายนี้ให้มีพีเอช 7.2 ด้วยสารละลาย NaOH แล้วเจือจางจนได้ 1 ลิตร สารละลายนี้จะมีไนโตรเจน 0.3 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร
 - น้ำกลั่น Purified Water
 - สารละลายแมงกานีสซัลเฟตเตรียมโดยละลาย $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 480 กรัม หรือ $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 400 กรัม หรือ $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 364 กรัม ในน้ำกลั่นกรองและปรับปริมาตรจนได้ 1 ลิตร
 - Alkali-iodide azide reagent เตรียมโดยละลาย NaOH 500 กรัม และ NaI 135 กรัม ในน้ำกลั่นเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตรละลาย NaN_3 10 กรัม ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตรแล้วเติมลงในสารละลายข้างต้น
 - น้ำแป้ง Starch Solution วิธีเตรียมละลาย Soluble starch 5 กรัม ในน้ำต้มประมาณ 800 มิลลิลิตรคนให้เข้ากันเติมน้ำให้ได้ 1 ลิตรต้มให้เดือดประมาณ 2-3 นาทีตั้งค้างคืนไว้ ใช้แต่น้ำใสๆ ข้างบนควรเติม salicylic acid 1.25 กรัมต่อน้ำแป้ง 1 ลิตรหรือ toluene 2-3 หยดเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย
 - สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัลเตรียมโดยละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 6.205 กรัม ในน้ำกลั่นเติม 6 N NaOH หรือ NaOH 0.4 กรัม และเจือจางให้ได้ 1 ลิตรทำการ standardization สารละลายนี้ด้วยสารละลายไอโอดีนหรือไดโครเมตที่ทราบความเข้มข้น
 - สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 0.025 นอร์มัลสารละลายซึ่งจะสมมูลกับ 0.025 นอร์มัลโซเดียมไธโอซัลเฟตจะมี $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ อยู่ 1.226 กรัมต่อลิตร $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ที่จะใช้ต้องอบให้แห้งที่ 103°C ประมาณ 2 ชั่วโมง (standardization : เพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่เตรียมไว้) ละลาย KI ประมาณ 2 กรัม ในขวดรูปกรวยด้วยน้ำกลั่น 100 – 150 มิลลิลิตรเติม 6N H_2SO_4 1 มิลลิลิตรลงไปตามด้วย $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0.025 นอร์มัล 20 มิลลิลิตรทิ้งไว้ในที่มืด 5 นาทีเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 400 มิลลิลิตรแล้วไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่เตรียมไว้เติมน้ำแป้งเมื่อใกล้จะถึง end point ซึ่งสังเกตได้จากสีของสารละลายเป็นสี

ฟางข้าวถ้าสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ มีความเข้มข้น 0.025 นอร์มัลปริมาตรที่ใช้ในการไทเทรตจะเท่ากับ 20 มิลลิลิตร พอตีปกติแล้วมักปรับความเข้มข้นของสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ให้เท่ากับ 0.025 นอร์มัลพอดีเพื่อความสะดวกในการคำนวณคำนวณหาความเข้มข้นจากสูตร

$$\text{เมื่อ } M_2 = (V_1 M_1) / V_2$$

M_2 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต (นอร์มัล)

V_2 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต (มิลลิลิตร)

V_1 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต (มิลลิลิตร)

M_1 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต (นอร์มัล)

1.5 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง

1.5.1 การเตรียมตัวอย่างน้ำก่อนการวิเคราะห์ (pretreatment)

1.5.2 นำตัวอย่างน้ำที่มีการปรับอุณหภูมิให้ได้ 20 ± 3 องศาเซลเซียส

1.5.3 เติมอากาศให้ตัวอย่างมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำใกล้จุดอิ่มตัว

1.5.4 ค่อยๆ รินตัวอย่างน้ำลงในขวดบีโอดีจนถึงคอขวดระวังอย่าให้มีฟองอากาศ

โดยรินตัวอย่างใส่ขวดบีโอดี 2 ขวดต่อ 1 ตัวอย่าง ปิดจุกให้สนิทและมีน้ำหล่อที่ปากขวด

1.5.5 นำขวดหนึ่งมาหาค่าออกซิเจนละลายดังนี้

1.5.6 เติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟต 1 มิลลิลิตรและสารละลายอัลคาไลไฮโดรไดต์ 1 มิลลิลิตร

1.5.7 ปิดจุกระวังอย่าให้มีฟองอากาศเขย่าโดยการกลับขวดไปมาประมาณ 15 ครั้ง จะเกิดตะกอนสีน้ำตาลปล่อยให้ตกตะกอน

1.5.8 เปิดจุกออกแล้วเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 2 มิลลิลิตรปิดจุกเขย่าให้เข้ากัน จนกระทั่งตะกอนละลายหมดตั้งทิ้งไว้ 5 นาทีก่อนนำไปไตเตรตสารละลายนี้จะเก็บไว้ได้ 2 ชั่วโมง

1.5.9 ไตเตรตสารละลายตัวอย่างด้วยโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.025 N จนกระทั่งสีเหลืองเริ่มจางลง (สีฟางข้าว) เติมน้ำแข็ง 1 มิลลิลิตรจะได้สีน้ำเงินไตเตรตต่อไปจนกระทั่งสีน้ำเงินเป็นสีใส

1.5.10 บันทึกปริมาตรของโซเดียมไทโอซัลเฟตถือว่าเป็นค่าออกซิเจนละลายที่มีเริ่มต้นให้เป็น DO_0

1.5.11 นำอีกขวดหนึ่งใส่ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 ± 1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน เมื่อครบ 5 วันแล้วนำตัวอย่างนั้นมาหาออกซิเจนละลายที่เหลืออยู่ดังวิธีตามข้อ 1.5.5-1.5.9

1.5.12 บันทึกปริมาตรของโซเดียมไทโอซัลเฟตถือว่าเป็นค่าออกซิเจนละลายที่เพาะเลี้ยงไว้เป็นเวลา 5 วันให้เป็น DO_5

1.6 วิธีการที่ต้องเจือจางตัวอย่าง

- การเตรียมน้ำสำหรับใช้เจือจาง
- ขั้นตอนการเจือจางตัวอย่าง
- เลือกเปอร์เซ็นต์ตัวอย่างการทำเจือจางที่คาดว่าจะให้ค่า BOD อยู่ในช่วงที่กำหนด
- เติมน้ำผสมเจือจางลงในกระบอกประมาณ 10 มิลลิลิตร
- เติมตัวอย่างตามส่วนที่คำนวณได้จากตาราง

เปอร์เซ็นต์ที่ใช้เจือจางตัวอย่างน้ำเสีย (% Dilution)	ชนิดของตัวอย่างน้ำ (Type of sample)
0.0 - 1.0	Strong Industrial Wastes
1 - 5	Raw and Settled Waste water
5 - 20	Biologically treated Effluent
10 - 100	polluted River Waters

ที่มา : กรรณิการ์ (2549)

- เติมน้ำผสมเจือจางลงจนครบ 1 ลิตร
- กวนให้เข้ากันโดยใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันอย่าให้มีฟองอากาศ
- ค่อยๆดูดตัวอย่างที่ผสมกันดีแล้วลงในขวดบีโอดีที่แห้งและสะอาดปิดจุกขวดให้สนิทตรวจดูให้แน่ใจว่ามีน้ำหล่อที่ปากขวดปิดด้วยฝา Cap แล้วนำไปเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 ± 1 °C เป็นเวลา 5 วัน $6 \pm$ ชั่วโมงจึงนำออกมาหาค่าออกซิเจนละลาย (DO_5) โดยใช้วิธี Azide Modification ส่วนขวดที่เหลือนำไปวิเคราะห์หาออกซิเจนละลาย (DO) ทันทีเพื่อทราบค่า DO_0 ที่จุดเริ่มต้น

1.7 การพิจารณาผลเพื่อใช้คำนวณค่า BOD

ผลที่น่าเชื่อถือและจะใช้คำนวณต่อไปได้นั้นจะต้องมีค่าปริมาณ DO เหลืออยู่ 1 มิลลิกรัมต่อลิตรและต้องมีการลดปริมาณ DO ลงไปอย่างน้อย 2 มิลลิกรัมต่อลิตรของตัวอย่างที่ทำ การเจือจางจึงจะทำให้ค่า BOD ที่คำนวณออกมาได้นั้นถูกต้องที่สุด

1.8 การคำนวณ

$$\text{BOD}_5 \text{ (mg/L)} = \frac{D_0 - D_5}{P}$$

เมื่อ D_0 = DO ของตัวอย่างที่ทำการเจือจางและทำการหาทันที , mg/L

D_5 = DO ของตัวอย่างที่ทำการเจือจางแล้วเพาะเลี้ยงไว้เป็นเวลา 5 วันที่
20 °C, mg/L

P = % Dilution

2. วิธีตรวจวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: SS)

2.1 หลักการ

ปริมาณของแข็งแขวนลอยหมายถึงตะกอนที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.45 ไมโครเมตรที่เหลือค้างอยู่บนกระดาษกรองหลังจากการกรองตัวอย่างน้ำผ่านกระดาษกรองใยแก้วแล้วนำกระดาษกรองพร้อมตะกอนที่ค้างอยู่ด้านบนไปอบที่อุณหภูมิ 103 – 105 °C จนได้น้ำหนักคงที่ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นคือปริมาณของแข็งแขวนลอย

2.2 สภาวะการวิเคราะห์

ควบคุมห้องเครื่องซึ่งให้อุณหภูมิอยู่ในช่วง 25 ± 5 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 40-60 %

2.3 การเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำ

ควรเก็บตัวอย่างในขวดแก้วหรือขวดพลาสติกที่จะไม่ทำให้สารแขวนลอยที่ข้าง ภาชนะควรวิเคราะห์ทันทีแต่ถ้าไม่สามารถทำได้ให้เก็บรักษาโดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C ทางที่ดีไม่ควรเก็บเกิน 1 วันแต่ถ้าเก็บไว้นานเกิน 7 วันอย่านำตัวอย่างนั้นมาวิเคราะห์อีกตัวอย่างที่แช่เย็นเมื่อจะนำมาวิเคราะห์ต้องทิ้งให้อุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องเสียก่อน

2.4 เครื่องมือและอุปกรณ์

- โถหาแห้ง(Desicator)
- (cical Balance) ความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- กระดาษกรองใยแก้ว(Glass microfiber filters)
- กรวยกรองบุคเนอริ์(Buchner funnel)
- เครื่องดูดสุญญากาศ(Vacum Pump & Suction Flask)ขนาด 1 ลิตรกระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 50, 100 มิลลิลิตร
- ที่คีบกระดาษ (Forceps) วัดวัดปริมาตร(Volumetric Flask) ถ้วยอลูมิเนียมสำหรับใส่กระดาษกรอง
- ขวดสำหรับฉีดล้าง (Washing Bottle) ชนิดพลาสติกสารเคมี

2.5 สารเคมี

- สารละลาย Reference Suspended of Microcrystalline Cellulose ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร
- น้ำกลั่น(Purified Water)

2.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์

2.6.1เตรียมชุดกรองตัวอย่างโดยต่อเครื่องดูดสุญญากาศ

2.6.2การเตรียมกระดาษกรองการสูญหายไปของน้ำหนักหลังจากผ่านการกรองและอบโดยสุ่มเลือกกระดาษกรองอย่างน้อย 3 แผ่นในแต่ละกล่องวิเคราะห์กระดาษกรองแต่ละแผ่นดังนี้

- 1) วางกระดาษกรองแต่ละแผ่นในแผ่นอลูมิเนียม
- 2) ล้างกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่นประมาณ 150 มิลลิลิตรและเปิดเครื่องดูดสุญญากาศจนแห้ง
- 3) อบกระดาษกรองที่อุณหภูมิ 103 -105 องศาเซลเซียสประมาณ 1 ชั่วโมงทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนักอบและชั่งซ้ำจนกระทั่งน้ำหนักที่ชั่งได้ครั้งหลังสุดเปลี่ยนแปลงไปจากครั้งก่อนไม่เกิน 4% หรือ 0.0005 กรัมของน้ำหนักครั้งก่อน (โดยนำน้ำหนักที่ชั่งครั้งสุดท้ายมาคำนวณผล)
- 4) คำนวณผลต่างระหว่างน้ำหนักของกระดาษกรองเริ่มต้นและน้ำหนักของกระดาษกรองหลังผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วหากน้ำหนักที่สูญหายไปไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัมแสดงว่ากระดาษกรองกล่องที่ตรวจสอบนี้เหมาะสมสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารแขวนลอย

2.6.3 การเตรียมกระดาษกรองสำหรับใช้วิเคราะห์น้ำกระดาษกรองชุดที่ผ่านการตรวจสอบจากข้อ 2.6.2 แล้วมาเตรียมไว้ให้พร้อมสำหรับใช้งานตามขั้นตอนดังนี้

- 1) วางกระดาษกรองลงบนกรวยของชุดกรองซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดสุญญากาศ โดยให้ด้านหยาบของกระดาษกรองอยู่ด้านบน
- 2) ล้างกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่นประมาณ 150 มิลลิลิตร และเปิดเครื่องดูดสุญญากาศจนแห้ง
- 3) นำกระดาษกรองไปใส่ในถ้วยกระดาษอลูมิเนียม
- 4) อบกระดาษกรองที่อุณหภูมิ 103 - 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมงทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
- 5) ชั่งน้ำหนักอบและชั่งซ้ำจนกระทั่งน้ำหนักที่ชั่งได้ครั้งหลังสุดเปลี่ยนแปลงไปจากครั้งก่อนไม่เกิน 4% หรือ 0.0005 กรัมของน้ำหนักครั้งก่อน (บันทึกน้ำหนัก B โดยนำน้ำหนักที่ชั่งครั้งสุดท้ายมาคำนวณผล)
- 6) เก็บกระดาษกรองไว้ในโถดูดความชื้น

2.7 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง

- ใช้ปากคีบหนีบกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักคงที่แล้วมาวางลงบนกรวยของชุดกรองที่ต่อเข้ากับเครื่องดูดสุญญากาศ โดยให้ด้านหยาบของกระดาษกรองอยู่ด้านบน
- ล้างกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่นครั้งละ 20 มิลลิลิตร ติดต่อกัน 3 ครั้ง โดยเปิดเครื่องดูดสุญญากาศให้กระดาษกรองแนบติดแน่นกับกรวย
- ปรับตัวอย่างน้ำให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง
- กรนตัวอย่างด้วย Magnetic Sterrer ให้ตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกัน
- เทตัวอย่างใส่กระบอกตวงโดยเทครั้งเดียวให้ได้ปริมาตรใกล้เคียงกับที่ต้องการ บันทึกปริมาตรที่ใช้ควรเลือกปริมาตรตัวอย่างที่คาดว่าจะให้น้ำหนักของของแข็งที่เหลือนกระดาษกรองมีค่าประมาณ 2.5 - 200 มิลลิกรัม
- รินตัวอย่างลงบนกระดาษกรองในกรวยของชุดกรองที่เปิดเครื่องดูดสุญญากาศและใช้แท่งแก้วช่วยเพื่อไม่ให้น้ำตัวอย่างล้นถึงขอบของกระดาษกรอง
- ฉีดน้ำกลั่นล้างของแข็งที่อาจติดอยู่บนกระดาษกรองและกระบอกตวง 3 ครั้งด้วยน้ำกลั่นครั้งละประมาณ 10 มิลลิลิตร หลังจากกรองเรียบร้อยแล้วให้เปิดเครื่องดูดต่ออีก 3 นาทีเพื่อกำจัดน้ำออกไปให้มากที่สุดเท่าที่ทำได้

- ปิดเครื่องดูดสูญญากาศใช้ปากคีบหนีบกระดาษกรองใส่ถ้วยกระดาษอลูมิเนียม เดิมนำกระดาษกรองเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 103 - 105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

- ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนักกระดาษกรองอบและชั่งซ้ำจนกระทั่งน้ำหนักที่ชั่งได้ครั้งหลังสุดเปลี่ยนแปลงไปจากการชั่งครั้งก่อนไม่เกิน 4% หรือ 0.0005 กรัมของน้ำหนักครั้งก่อน (บันทึกน้ำหนัก A โดยนำน้ำหนักที่ชั่งครั้งสุดท้ายมาคำนวณผล)

2.8 การคำนวณ

$$\text{ปริมาณของแข็งแขวนลอย} = \frac{(A-B) \times 1000 \times 1000}{\text{ปริมาตรตัวอย่างเป็นมิลลิลิตร}}$$

เมื่อ

A = น้ำหนักกระดาษกรอง + ปริมาณของแข็งแขวนลอย

B = น้ำหนักของแผ่นกระดาษกรองก่อนกรอง (กรัม)

3. วิธีตรวจวิเคราะห์ไนโตรเจนในรูปของทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen:TKN)

3.1 หลักการ

ปริมาณ Amino Nitrogen ในสารอินทรีย์แอมโมเนียอิสระและแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในตัวอย่างเปลี่ยนเป็น Ammonium Sulfate ภายใต้สภาวะที่มีกรดซัลฟูริกและสารโปตัสเซียมซัลเฟตโดยมีคอปเปอร์ซัลเฟตเป็นตัว Catalyst หลังจากนั้นแอมโมเนียในสภาวะที่เป็นต่างจะถูกจับในกรดบอริกแล้วนำไปไตเตรตด้วยกรดซัลฟูริกทำให้ทราบปริมาณทีเคเอ็นที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำเสีย

3.2 การเก็บและรักษาสภาพตัวอย่าง

กรณีที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันทีให้เติมสารละลายกรดซัลฟูริกจน pH < 2 เก็บรักษาสภาพตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียสและทำการวิเคราะห์ภายใน 28 วันหลังจากเก็บตัวอย่าง

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

- ชุดเตาย่อย(Digestion Apparatus)
- ชุดกลั่น(Distillation Apparatus)
- เครื่องวัดพีเอช(pH meter)
- เครื่องชั่งละเอียด(Analytical Balance)
- ขวดเจลดาร์ห์(Kjeldahl Flask) ขนาด 800 มิลลิลิตร
- ขวดรูปชมพู่(Erlenmeyerflask) ขนาด 125 มิลลิลิตร
- ปิเปตแบบปริมาตร(Volumetric Pipet) ขนาด 5, 10 และ 50 มิลลิลิตร
- บิวเรต(Buret) ขนาด 50 มิลลิลิตร
- ขวดวัดปริมาตร(Volumetric Flask) ขนาด 50,100 และ 1,000 มิลลิลิตร

3.4 สารเคมี

- สารละลายสำหรับย่อย (Digestion Solution) ละลาย K_2SO_4 134 กรัมและ $CuSO_4$ 7.3 กรัมในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตรเติม H_2SO_4 134 มิลลิลิตรเมื่อเย็นลงเท่าอุณหภูมิห้องเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1ลิตรผสมให้เข้ากันละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 500 กรัมและโซเดียมไทโอซัลเฟตเพนตะไฮเดรต ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) 25 กรัมในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรสารละลายอินดิเคเตอร์ผสม (Mixed Indicator Solution) และละลายเมทิลเรด 200 มิลลิกรัมใน 100 มิลลิลิตรของ 95 % เมทิลอัลกอฮอล์และละลายเมทิลลีนบลู 100 มิลลิกรัมใน 50 มิลลิลิตรของ 95 % เมทิลอัลกอฮอล์รวมสารละลายทั้งสองเข้าด้วยกัน (เตรียมใช้ในแต่ละเดือน)

- สารละลายกรดบอริกอินดิเคตติ้ง (Indicating Boric Acid Solution) ละลายกรดบอริก (Boric Acid, H_3BO_3) 20 กรัมในน้ำกลั่นเติมสารละลายอินดิเคเตอร์ผสม 10 มิลลิลิตรเจือจางเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น (เตรียมใช้ในแต่ละเดือน) สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 1 นอร์มัลและปิเปต 28 มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริกเข้มข้น 95-97 % (AR) ด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

- สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัลปิเปต 20 มิลลิลิตรของสารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐานเข้มข้น 1 นอร์มัลแล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร (ถ้ากรดที่ใช้เข้มข้น 0.02 นอร์มัล 1 มิลลิลิตรจะเท่ากับ 280 ไมโครกรัมไนโตรเจน)

- สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต(Sodium Carbonate Solution, Na_2CO_3) เข้มข้น 0.05 N โดยละลายโซเดียมคาร์บอเนต 2.50 กรัม (ที่อบแห้ง 250 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง) ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรจนครบ 1 ลิตรสามารถเก็บได้นาน 7วัน

3.5 การย่อยตัวอย่าง

- เลือกระบิมาตรตัวอย่างที่ต้องการใช้ตามตารางปิเปตใส่ขวดเจลดาล์ขนาด 800 มิลลิลิตร
- เติมสารละลายสำหรับย่อยปริมาตร 50 มิลลิลิตร
- ใส่เม็ดแก้วประมาณ 3-5 เม็ด
- นำไปย่อยภายในตู้ดูดควันจนกระทั่งปริมาตรตัวอย่างลดลง(ประมาณ 25 ถึง 50 มิลลิลิตร) และสังเกตเห็นไอควันสีขาวเกิดขึ้น
- ทำการย่อยต่ออีกประมาณ 30 นาทีย่อยจนสารละลายเป็นสีเขียวย่อนใสปิดเตา
- เติมน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากัน
- เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไทโอซัลเฟต 50 มิลลิลิตรนำสารละลายที่ได้ต่อเข้ากับเครื่องกลั่น

3.6 การกลั่นตัวอย่าง

- ทำการเปิดเครื่องชุดกลั่นเพื่อเตรียมการกลั่นตัวอย่าง
- เติมสารละลายกรดบอริกอินดิเคตติ้งปริมาตร 50 มิลลิลิตรเป็นตัวจับลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตรที่รองรับส่วนที่กลั่นจนได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตรโดยจุ่มปลายท่อลงไปใต้ผิวของสารละลายซึ่งถ้าตัวอย่างมีปริมาณที่เคเอ็นสารละลายกรดบอริกอินดิเคตติ้งจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว (อุณหภูมิในคอนเดนเซอร์ไม่ควรเกิน 29 องศาเซลเซียสและกลั่นล้างคอนเดนเซอร์ประมาณ 1-2 นาที)
- นำส่วนที่กลั่นได้ไต่เตอรต์ด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัลจะได้จุดยุติจากสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีม่วงอ่อนจนจุดปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัลที่ใช้
- ทำ Reagent Blank โดยใช้ น้ำกลั่นและผ่านขั้นตอนทุกอย่างเหมือนกับตัวอย่าง

3.7 การคำนวณ

$$\text{TKN (mg/l)} = \frac{(A - B) \times 280}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ(ml)}}$$

- เมื่อ A = มิลลิลิตรของ 0.02 N H₂SO₄ ที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง
 B = มิลลิลิตรของ 0.02 N H₂SO₄ ที่ใช้ในการไทเทรตแบลนด์

4. วิธีตรวจวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (Phosphorus)

4.1 หลักการ

Ammoniummolybdate และ Potasiumantimonyltartrate จะทำปฏิกิริยาในสารละลายที่เป็นกรดกับสารละลายออร์โธฟอสเฟตเพื่อเกิดเป็น heteropolyacid phosphomolybdic acid ซึ่งจะถูกรีดิวซ์โดย ascorbic acid ได้สีฟ้าของ molybdenum blue วิธีนี้วัดความเข้มข้นฟอสเฟตได้ค่าถึง 10 ugP/L

4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร
- เครื่องแก้วที่ล้างด้วยน้ำกรดและน้ำกลั่นตามลำดับ

4.3 สารเคมี

- H_2SO_4 เข้มข้น 5 N เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 70 มิลลิตรลงในน้ำกลั่นเล็กน้อยผสมให้เข้ากันทิ้งให้เย็นปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิตร
- สารละลายแอนติโมนีโปตัสเซียมทาทาท
- ละลาย 1.3715 กรัมของ $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ ในน้ำกลั่น 200 มิลลิตรแล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิตร (เก็บในขวดแก้ว)
- สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดตละลาย 20 กรัมของ $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ ในน้ำกลั่น 200 มิลลิตรแล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิตร (เก็บในขวดพลาสติกที่ 4 องศา)
- Ascorbic Acid 0.1 M ละลาย 1.76 กรัมของ Ascorbic Acid ในน้ำกลั่นเล็กน้อยแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิตร (เก็บได้ 1 อาทิตย์แช่เย็น 4 องศา)
- น้ำยารวม (Combined Reagent) ผสม 50 มิลลิตรของ H_2SO_4 เข้มข้น 5 N 5 มิลลิตรของสารละลายแอนติโมนีโปตัสเซียมทาทาท 15 มิลลิตรของสารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต 30 มิลลิตรของ Ascorbic Acid น้ำยาทุกตัวก่อนนำมาผสมกันต้องตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเสียก่อนถ้ามีความขุ่นเกิดขึ้นในน้ำยารวมภายหลังจากเติมแอนติโมนีโปตัสเซียมหรือแอมโมเนียมโมลิบเดตให้เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาทีจึงเติมตัวต่อไปต้องผสมตามลำดับ
- Stock Phosphate ละลาย 219.5 มิลลิกรัมของ KH_2PO_4 (Anhydrous) ในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

- Standard Solution น้ำ Stock Phosphate มา 50 มิลลิตรปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร
- สารละลายฟีนอล์ฟธาไลน์อินดิเคเตอร์
- ละลายฟีนอล์ฟธาไลน์ 5 กรัมในแอทธานอล 95% จำนวน 500 มิลลิตร
- สารละลายกรดซัลฟิวริก(H₂SO₄Solution) เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 300 มิลลิตรลงใน น้ำกลั่น 600 มิลลิตรผสมให้เข้ากันทิ้งให้เย็นปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร
- สารละลายโปตัสเซียมเปอร์ซัลเฟตละลาย K₂S₂O₈ 5 กรัมในน้ำกลั่น 100 มิลลิตร
- NaOHเข้มข้น 1N ละลายNaOH 40 กรัมในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

4.4 วิธีวิเคราะห์

4.4.1 การเตรียมตัวอย่างน้ำ(Digestion)

ดูดตัวอย่างน้ำมา 50 มิลลิตรใส่ขวดรูปกรวยขนาด 125 มิลลิตรเติมPhenolphalein indicator1 หยดถ้าได้สีแดงให้หยด5NH₂SO₄ลงไปทีละหยดจนกระทั่งสีแดงหายไปเติม combined reagent 8 มิลลิตรแล้วเขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย10นาทีแต่ไม่เกิน 30 นาทีเพื่อให้สีเกิดขึ้นแล้วอ่านค่า ABS ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตรโดยใช้ reagent blank เป็น reference solution สีของน้ำธรรมชาติจะไม่รบกวนการวิเคราะห์ถ้าใช้ความยาวคลื่นแสงเท่าที่ใช้ยู่งแต่ในกรณีที่มีน้ำตัวอย่างมีสีหรือความขุ่นมากให้ทำ Blank โดยเติมน้ำยาเคมีทุกอย่างที่ใช้กับตัวอย่างน้ำนอกจาก ascorbic และantimonylแล้วนำค่า ABS ของ Blankไปหักออกจากค่า ABS ของตัวอย่างทุกอัน

4.5 การคำนวณ

4.5.1 ถ้าต้องการในรูปของ P

$$\text{Phosphorus (mg / l P)} = \frac{\text{ug P ที่อ่านได้จากกราฟ}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้}}$$

4.5.2 ถ้าต้องการในรูปของ PO₄⁻³

$$\text{Phosphorus (mg / l PO}_4^{-3}) = \text{mg/l P} \times 3.06$$

หมายเหตุถ้าตัวอย่างมีสีหรือความขุ่นมากให้ทำ Blank โดยใช้ตัวอย่างน้ำแทน น้ำกลั่นทำเหมือนตัวอย่างทุกขั้นตอนยกเว้นในการเติมน้ำยารวมให้เตรียมโดยไม่เติม เอนติโมนีโพแทสเซียมและกรดแอสคอบิก

5. วิธีตรวจวิเคราะห์กรด – ด่าง (pH)

5.1 หลักการ

การวัดค่าพีเอชมี 2 วิธีคือ

1. วิธีเทียบสี (Colorimetric) จะเปรียบเทียบกับสีของสารละลายอินดิเคเตอร์ที่รู้ค่าพีเอชหรือใช้กระดาษวัดพีเอชโดยจุ่มกระดาษลงในตัวอย่างน้ำแล้วนำมาเทียบสีกับแถบสีต่างๆ ที่รู้ค่าพีเอช

2. วิธีไฟฟ้า (Electrometric) โดยใช้หลักการ Electrochemistry โดยวัดความต่างศักย์ที่เกิดขึ้น (Potential) ระหว่างอิเล็กโทรดอ้างอิง (reference electrode) กับอิเล็กโทรดตรวจวัด (Sensing Electrode) ความต่างศักย์ที่เกิดจากจำนวนของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ความต่างศักย์ที่เกิดจากไอออนจะถูกเปลี่ยนให้เป็นความต่างศักย์ทางไฟฟ้าแล้วขยายให้มีความต่างศักย์สูงขึ้นด้วยเครื่องวัดค่าพีเอช (pH Meter) ซึ่งเครื่องวัดค่าพีเอชประกอบด้วยอิเล็กโทรดแก้ว (Glass Electrode) การใช้อิเล็กโทรดแก้วจะไม่มี ความคลาดเคลื่อนจากค่าสีความขุ่นอนุภาคคอลลอยด์ สารออกซิแดนท์ สารรีดักแตนต์หรือค่าความเค็มสูงแต่จะมีความคลาดเคลื่อนจากโซเดียมเมื่อพีเอชมากกว่า 10 ซึ่งลดความคลาดเคลื่อนนี้โดยใช้อิเล็กโทรดชนิดพิเศษที่ลดความคลาดเคลื่อนจากโซเดียมแล้วการวัดค่าพีเอชควรใช้เครื่องวัดค่าพีเอชที่สามารถอ่านค่าพีเอชได้ละเอียดถึงทศนิยมหนึ่งตำแหน่งและมีการชดเชยอุณหภูมิแล้วเนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของอิเล็กโทรดทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าพีเอชดังนั้นในการวัดค่าพีเอชจึงต้องบอกค่าอุณหภูมิขณะที่วัดค่าพีเอชด้วยก่อนที่จะใช้เครื่องวัดค่าพีเอชจะต้องเลือกสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่มีค่าพีเอชครอบคลุมค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำในการปรับเทียบเครื่องมือโดยเลือกค่าพีเอชที่ต่างกันอย่างน้อย 2 ค่าสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานนี้จะเสถียรคุณภาพได้จากการเจริญเติบโตของเชื้อราจึงควรต้องสังเกตลักษณะของสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานก่อนที่จะนำมาใช้

5.2 วิธีการ

วิธีไฟฟ้า (Electrometric)

5.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter)
2. บีกเกอร์

5.4 สารเคมี

สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่มีค่าพีเอช 4 และ 7

5.5 วิธีวิเคราะห์

1. เปิดเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 5-10 นาทีหรือตามที่กำหนดไว้ในคู่มือเพื่ออุ่นเครื่อง
2. ติดตั้งอิเล็กโทรดแก้ว (glass electrode) เปิดช่องระบายอากาศล่างแท่งอิเล็กโทรดให้สะอาดด้วยน้ำกลั่นและซับให้แห้ง
3. จุ่มอิเล็กโทรดลงในสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบเครื่องมือโดยกดปุ่มปรับเทียบ (Calibrate) แล้วจุ่มอิเล็กโทรดลงในสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่มีค่าพีเอช 7 กดปุ่ม READ รอจนอ่านค่าพีเอช 7 เสร็จจากนั้นจุ่มอิเล็กโทรดลงในสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่มีค่าพีเอช 4 กดปุ่ม READ รอจนอ่านค่าพีเอช 4 เสร็จจากนั้นเครื่องจะแสดงค่า slope กดปุ่ม EXIT นำอิเล็กโทรดออกแล้วล้างให้สะอาดด้วยน้ำกลั่นและซับให้แห้ง
4. วัดค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำโดยเขย่าขวดเก็บตัวอย่างน้ำและรินตัวอย่างน้ำใส่ลงในปิกรกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตรจากนั้นจุ่มอิเล็กโทรดลงในตัวอย่างน้ำบันทึกค่าพีเอชที่อ่านได้

6. การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)

6.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ชุดวิเคราะห์ไขมันsoxhlet
2. หลอดใส่ตัวอย่าง (extraction thimble)
3. สำลี
4. ตู้อบไฟฟ้า
5. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
6. โถดูดความชื้น

6.2 สารเคมี

1. Diethyl ether
2. Petroleum ether

6.3 วิธีการทดลอง

การหาปริมาณไขมันโดยเครื่องสกัดไขมันอัตโนมัติ (Soxhlet Extractor)

1. อบขวดก้นกลมสำหรับหาปริมาณน้ำมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 250 มิลลิลิตร ในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษที่ทราบน้ำหนัก ถ้าตัวอย่างมีปริมาณน้ำมันที่มากให้ชั่ง 1-2 กรัม แต่ถ้าเป็นตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำมันน้อยให้ชั่ง 3-5 กรัม ท่อให้มิดชิดตามวิธีการห่อ แล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง
3. นำหลอดตัวอย่างใส่หลอด soxhlet
4. เติมตัวทำละลายเฮกเซนลงในขวดหาปริมาณน้ำมันประมาณ 150 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตา
5. ประกอบชุดอุปกรณ์สกัดน้ำมัน พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่นและเปิดสวิทช์ให้ความร้อน
6. ใช้เวลาในการสกัดนาน 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หยดของสารทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่ออนาที
7. เมื่อครบ 14 ชั่วโมงนำหลอดใส่ตัวอย่างออกจาก soxhlet ทิ้งให้ตัวทำละลายไหลจาก soxhlet ลงในขวดก้นกลมจนหมด
8. ระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสูญญากาศ
9. นำขวดหาปริมาณน้ำมันอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จนแห้งใช้เวลาประมาณ 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
10. ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

6.4 คำนวณหาปริมาณน้ำมันจากสูตร

$$\text{ปริมาณน้ำมันคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำมันหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

ภาคผนวกข้อกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง
จากอาคารบางประเภทและบางขนาด



กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง จากอาคารบางประเภทและบางขนาด

โดยที่ได้มีการปฏิรูประบบราชการโดยให้มีการจัดตั้งกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมขึ้นมาและให้โอนภารกิจของกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติพ.ศ. ๒๕๓๕ ไปเป็นของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมประกอบกับเป็นการสมควรให้คณะกรรมการควบคุมมลพิษเป็นผู้พิจารณาเห็นชอบกับวิธีการตรวจหาค่ามาตรฐานการระบายน้ำทิ้งนอกเหนือจากวิธีการที่กำหนดไว้แทนกรมควบคุมมลพิษจึงสมควรแก้ไขปรับปรุงประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕๕ แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติพ.ศ. ๒๕๓๕ แก้ไขโดยมาตรา ๑๑๔ แห่งพระราชกฤษฎีกาแก้ไขบทบัญญัติให้สอดคล้องกับการโอนอำนาจหน้าที่ของส่วนราชการให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวงทบวงกรมพ.ศ. ๒๕๔๕ พ.ศ. ๒๕๔๕ อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคลซึ่งมาตรา ๒๖ ประกอบกับมาตรา ๓๕ มาตรา ๔๔ มาตรา ๕๐ และมาตรา ๕๑ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยบัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมายรัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษและโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติจึงออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ให้ยกเลิกประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาดลงวันที่ ๑๐ มกราคม พ.ศ. ๒๕๓๗

ข้อ ๒ ในประกาศนี้

“อาคาร” หมายความว่าอาคารที่ก่อสร้างขึ้นไม่ว่าจะมีลักษณะเป็นอาคารหลังเดียวหรือเป็นกลุ่มของอาคารซึ่งตั้งอยู่ภายในพื้นที่ซึ่งเป็นบริเวณเดียวกันและไม่ว่าจะมีท่อระบายน้ำท่อเดียวหรือมีหลายท่อที่เชื่อมติดต่อกันระหว่างอาคารหรือไม่ก็ตามซึ่งได้แก่

(๑) อาคารชุดตามกฎหมายว่าด้วยอาคารชุด

- (๒) โรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม
- (๓) หอพักตามกฎหมายว่าด้วยหอพัก
- (๔) สถานบริการประเภทสถานอาบน้ำนวดหรืออบตัวซึ่งมีผู้ให้บริการแก่ลูกค้าตามกฎหมายว่าด้วยสถานบริการ
- (๕) โรงพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล
- (๖) อาคารโรงเรียนเอกชนตามกฎหมายว่าด้วยโรงเรียนเอกชนโรงเรียนของทางราชการ อาคารสถาบันอุดมศึกษาของเอกชนตามกฎหมายว่าด้วยสถาบันอุดมศึกษาของเอกชนและสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการ
- (๗) อาคารที่ทำการของทางราชการรัฐวิสาหกิจหรือองค์การระหว่างประเทศและของเอกชน
- (๘) อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้า
- (๙) ตลาดตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุขแต่ไม่รวมถึงท่าเทียบเรือประมงสะพานปลาหรือกิจการแพปลา
- (๑๐) ภัตตาคารหรือร้านอาหาร
- “น้ำทิ้ง” หมายความว่าน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแล้วจนเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งตามที่กำหนดไว้ในประกาศนี้

ข้อ ๓ ให้แบ่งประเภทของอาคารตามข้อ ๒ ออกเป็น ๕ ประเภทคือ

- (๑) อาคารประเภทก.
- (๒) อาคารประเภทข.
- (๓) อาคารประเภทค.
- (๔) อาคารประเภทง.
- (๕) อาคารประเภทจ.

ข้อ ๔ อาคารประเภทก. หมายความว่าถึงอาคารดังต่อไปนี้

- (๑) อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕๐๐ ห้องนอนขึ้นไป
- (๒) โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒๐๐ ห้องขึ้นไป

(ก) โรงพยาบาลของทางราชการรัฐวิสาหกิจหรือสถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาลที่มีเตียงสำหรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๓๐ เตียงขึ้นไป

(ข) อาคารโรงเรียนเอกชนโรงเรียนของทางราชการสถาบันอุดมศึกษาของเอกชนหรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒๕,๐๐๐ ตารางเมตรขึ้นไป

(ค) อาคารที่ทำการของทางราชการรัฐวิสาหกิจองค์การระหว่างประเทศหรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕๕,๐๐๐ ตารางเมตรขึ้นไป

(ง) อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒๕,๐๐๐ ตารางเมตรขึ้นไป

(ฉ) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒,๕๐๐ ตารางเมตรขึ้นไป

(ช) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒,๕๐๐ ตารางเมตรขึ้นไป

ข้อ ๕ อาคารประเภทข. หมายความว่า อาคารดังต่อไปนี้

(๑) อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑๐๐ ห้องนอนแต่ไม่ถึง ๕๐๐ ห้องนอน

(๒) โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๖๐ ห้องแต่ไม่ถึง ๒๐๐ ห้อง

(๓) หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒๕๐ ห้องขึ้นไป

(๔) สถานบริการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕,๐๐๐ ตารางเมตรขึ้นไป

(๕) โรงพยาบาลของทางราชการรัฐวิสาหกิจหรือสถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาลที่มีเตียงสำหรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑๐ เตียงแต่ไม่ถึง ๓๐ เตียง

(๖) อาคารโรงเรียนเอกชนโรงเรียนของทางราชการสถาบันอุดมศึกษาของเอกชนหรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่

๕,๐๐๐ตารางเมตรแต่ไม่ถึง๒๕,๐๐๐ตารางเมตร

(๗) อาคารที่ทำการของทางราชการรัฐวิสาหกิจองค์การระหว่างประเทศหรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่๑๐,๐๐๐ตารางเมตรแต่ไม่ถึง๕๕,๐๐๐ตารางเมตร

(๘) อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่๕,๐๐๐ตารางเมตรแต่ไม่ถึง๒๕,๐๐๐ตารางเมตร

(๙) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่๑,๕๐๐ตารางเมตรแต่ไม่ถึง๒,๕๐๐ตารางเมตร

(๑๐) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่๕๐๐ตารางเมตรแต่ไม่ถึง๒,๕๐๐ตารางเมตร

ข้อ๖อาคารประเภทค. หมายความว่าถึงอาคารดังต่อไปนี้

(๑) อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารไม่ถึง๑๐๐ห้องนอน

(๒) โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่พักรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารไม่ถึง๖๐ห้อง

(๓) หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่๕๐ห้องแต่ไม่ถึง๒๕๐ห้อง

(๔) สถานบริการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่๑,๐๐๐ตารางเมตรแต่ไม่ถึง๕,๐๐๐ตารางเมตร

(๕) อาคารที่ทำการของทางราชการรัฐวิสาหกิจองค์การระหว่างประเทศหรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่๕,๐๐๐ตารางเมตรแต่ไม่ถึง๑๐,๐๐๐ตารางเมตร

(๖) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่๑,๐๐๐ตารางเมตรแต่ไม่ถึง๑,๕๐๐ตารางเมตร

(๗) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่๒๕๐ตารางเมตรแต่ไม่ถึง๕๐๐ตารางเมตร

ข้อ๗อาคารประเภท. หมายความว่าถึงอาคารดังต่อไปนี้

(๑) หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่๑๐ห้องแต่ไม่ถึง๕๐ห้อง

(๒) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่๕๐๐ตารางเมตรแต่ไม่ถึง๑,๐๐๐ตารางเมตร

(๓) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่๑๐๐ตารางเมตรแต่ไม่ถึง๒๕๐ตารางเมตร

ข้อ๘อาคารประเภทจ. หมายความว่าถึงภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นไม่ถึง๑๐๐ตารางเมตร

ข้อ๙มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภทก. ต้องมีค่าดังต่อไปนี้

(๑) ความเป็นกรดและด่าง (PH) ต้องมีค่าระหว่าง๕-๙

(๒) บีโอดี (BOD) ต้องมีค่าไม่เกิน๒๐มิลลิกรัมต่อลิตร

(๓) สารแขวนลอย (Suspended Solids) ต้องมีค่าไม่เกิน๓๐มิลลิกรัมต่อลิตร

(๔) ซัลไฟด์ (Sulfide) ต้องมีค่าไม่เกิน๑.๐มิลลิกรัมต่อลิตร

(๕) สารที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solids) ต้องมีค่าเพิ่มขึ้นจากปริมาณสารละลายในน้ำใช้ตามปกติไม่เกิน๕๐๐มิลลิกรัมต่อลิตร

(๖) ตะกอนหนัก (Settleable Solids) ต้องมีค่าไม่เกิน๐.๕มิลลิกรัมต่อลิตร

(๗) น้ำมันและไขมัน (Fat Oil and Grease) ต้องมีค่าไม่เกิน๒๐มิลลิกรัมต่อลิตร

(๘) ทีเคเอ็น (TKN) ต้องมีค่าไม่เกิน๓๕มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ๑๐มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภทข. ต้องเป็นไปตามข้อ๙ เว้นแต่

(๑) บีโอดีต้องมีค่าไม่เกิน๓๐มิลลิกรัมต่อลิตร

(๒) สารแขวนลอยต้องมีค่าไม่เกิน๔๐มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ๑๑มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภทค. ต้องเป็นไปตามข้อ๙ เว้นแต่

(๑) บีโอดีต้องมีค่าไม่เกิน๔๐มิลลิกรัมต่อลิตร

(๒) สารแขวนลอยต้องมีค่าไม่เกิน๕๐มิลลิกรัมต่อลิตร

(ก) ซัลไฟด์ต้องมีค่าไม่เกิน ๓.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(ข) ค่าที่เคเอ็นต้องมีค่าไม่เกิน ๔๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๑๒ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก. ต้องเป็นไปตามข้อ ๙
เว้นแต่

(๑) บีโอดีต้องมีค่าไม่เกิน ๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๒) สารแขวนลอยต้องมีค่าไม่เกิน ๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(ก) ซัลไฟด์ต้องมีค่าไม่เกิน ๔.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(ข) ค่าที่เคเอ็นต้องมีค่าไม่เกิน ๔๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๑๓ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ข. ต้องมีค่าดังต่อไปนี้

(๑) ความเป็นกรดและด่างต้องมีค่าระหว่าง ๕-๙

(๒) บีโอดีต้องมีค่าไม่เกิน ๒๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(ก) สารแขวนลอยต้องมีค่าไม่เกิน ๖๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(ข) น้ำมันและไขมันต้องมีค่าไม่เกิน ๑๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๑๔ การตรวจสอบมาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากอาคารให้ใช้วิธีการดังต่อไปนี้

(๑) การตรวจสอบค่าความเป็นกรดและด่างให้กระทำโดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (PH Meter)

(๒) การตรวจสอบค่าบีโอดีให้กระทำโดยใช้วิธีการอะไซด์โมดิฟิเคชัน (Azide Modification) ที่อุณหภูมิ ๒๐ องศาเซลเซียสเป็นเวลา ๕ วันติดต่อกันหรือวิธีการอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษให้ความเห็นชอบ

(๓) การตรวจสอบค่าสารแขวนลอยให้กระทำโดยใช้วิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fibre Filter Disc)

(๔) การตรวจสอบค่าซัลไฟด์ให้กระทำโดยใช้วิธีการไตเตรท (Titrate)

(๕) การตรวจสอบค่าสารที่ละลายได้ทั้งหมดให้กระทำโดยใช้วิธีการระเหยแห้งระหว่างอุณหภูมิ ๑๐๓ องศาเซลเซียสถึงอุณหภูมิ ๑๐๕ องศาเซลเซียสในเวลา ๑ ชั่วโมง

(๖) การตรวจสอบค่าตะกอนหนักให้กระทำโดยใช้วิธีการกรวยอิมฮอฟฟ์ (Imhoff cone) ขนาดบรรจุ ๑,๐๐๐ ลูกบาศก์เซนติเมตรในเวลา ๑ ชั่วโมง

(๗) การตรวจสอบค่าน้ำมันและไขมันให้กระทำโดยใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายแล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน

(๘) การตรวจสอบค่าที่เคเอ็นให้กระทำโดยใช้วิธีการเจลดาล์ด (Kjeldahl)

ข้อ๑๕การคิดคำนวณพื้นที่ใช้สอยจำนวนอาคารและจำนวนห้องของอาคารหรือกลุ่มของอาคารให้เป็นไปตามวิธีการที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ๑๖วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำความถี่และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำให้เป็นไปตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ๑๗ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศณวันที่๗พฤศจิกายนพ.ศ. ๒๕๔๘

ยงยุทธติยะไพรัช

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อนามสกุลนางสาวอรสา ฉายแสง

วันเดือนปีเกิด 15 มีนาคม พ.ศ. 2533

ภูมิลำเนา อำเภอ ตะกั่วทุ่ง จังหวัดพังงา

ประวัติการศึกษา

2545	ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านทุ่งเจดีย์ จังหวัดพังงา
2548	มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนดีบุกพังงาวิทยายน จังหวัดพังงา
2551	มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนดีบุกพังงาวิทยายน จังหวัดพังงา
2555	ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อนามสกุลนางสาวชลิตา ณ ตะกั่วทุ่ง

วันเดือนปีเกิด 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2533

ภูมิลานา อำเภอบึง เมือง จังหวัดพังงา

ประวัติการศึกษา

2545	ประถมศึกษา	โรงเรียนเมืองพังงา จังหวัดพังงา
2548	มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนดีบุกพังงาวิทยายน จังหวัดพังงา
2551	มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนดีบุกพังงาวิทยายน จังหวัดพังงา
2555	ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อนามสกุลนางสาวทัศนีย์ ห้วนอน

วันเดือนปีเกิด 6 พฤศจิกายน พ.ศ. 2533

ภูมิลำเนา อำเภอ หาดสำราญ จังหวัดตรัง

ประวัติการศึกษา

2545	ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านตะเสะ จังหวัดตรัง
2548	มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนหาดสำราญวิทยาคม จังหวัดตรัง
2551	มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนหาดสำราญวิทยาคม จังหวัดตรัง
2555	ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร