รายงานการวิจัย

การประยุกต์ใช้ระบบบึงประดิษฐ์เพื่อบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู

The Application of the Constructed Wetland System for Wastewater Treatment from Budu Process

นางสาวซอฟียะห์ ปีไสย

นางสาวซาปีน๊ะ อับดุลบุตร

นางสาวผกามาศ ไกรน้อย

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

2557

ใบรับรองการวิจัยสิ่งแวดล้อม

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์)

เรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบบึงประดิษฐ์เพื่อบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู

The Application of The Constructed Wetland System for Wastewater Treatment from Budu Process

ผู้วิจัย นางสาวซอฟียะห์ ปีไสย รหัส 524273062

นางสาวซาปีน๊ะ อับดุลบุตร รหัส 524273063

นางสาวผกามาศ ไกรน้อย รหัส 524273072

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ

(ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขวัญกมล ขุนพิทักษ์)

.....กรรมการ

(นางสาวนัดดา โปดำ)

.....กรรมการ

(นางสาวหิรัญวดี สุวิบูรณ์)

.....กรรมการ

(ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา รับรองแล้ว

.....

(ดร.พิพัฒน์ ลิมปนะพิทยาธร)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชื่อการวิจัย การประยุกต์ใช้ระบบบึงประดิษฐ์เพื่อบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู

ชื่อผู้วิจัย นางสาวซอฟียะห์ ปีไสย

นางสาวซาปีน๊ะ อับดุลบุตร

นางสาวผกามาศ ไกรน้อย

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

โปรแกรมวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ปีการศึกษา 2557

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้ระบบบึงประดิษฐ์เพื่อบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดูมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการลด TSS TKN และ BOD ซึ่งในการดำเนินการวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วง ในช่วงแรกเป็นการบำบัดโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ในการทดสอบระบบก่อน และในช่วงที่ 2 เป็นการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู โดยทำการศึกษาบึงประดิษฐ์ 3 บ่อเรียงต่อกัน ใช้พืช 3 ชนิด ได้แก่ ตาลปัตรฤาษี ผักตบชวา และจอก ใช้ระยะเวลาการกักเก็บทั้งหมด 28 วัน

ผลการศึกษาพบว่าการในช่วงแรกการประยุกต์ใช้ระบบบึงประดิษฐ์โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัด TSS TKN และ BOD คิดเป็นร้อยละ 59.91 58.83 และ 70.85 ตามลำดับ และในช่วงที่ 2 การประยุกต์ใช้ระบบบึงประดิษฐ์ โดยใช้น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัด TSS TKN และ BOD คิดเป็นร้อยละ 64.99 66.66 และ 70.10 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าพารามิเตอร์ที่มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ TSS และ TKN และพารามิเตอร์ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมได้แก่ BOD

ในการศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบบึงประดิษฐ์เพื่อบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ควรมีการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นก่อนการนำมาบำบัดด้วยระบบบึงประดิษฐ์ เพื่อให้ปริมาณสารอินทรีย์ในรูป BOD ลดน้อยลง และไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

๒๓๖๐๕๒
๑๔ มิ.ย. ๒๕๕๘
๒
๖๒๓.๖๒

Project Title The Application of the Constructed Wetland System for Wastewater Treatment from Budu Process

Authors Miss SofiyahPisai

Miss SapinahAbdulbut

Miss PhakamatKrainoi

Program Bachelor of Science

Major Environmental Science

Faculty Science and Technology

Academic Year 2557

Advisor Dr. SucheewanYoyrurob

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

Abstract

The application of constructed wetlands system for wastewater treatment from Budu process to aims to reduce the TSS, TKN and BOD which to conduct this research were divided into 2 stages. the first stage, using synthetic wastewater to test the system. and the second stage, using wastewater from the Budu process. We have studied three wetland pond with using 3 plants such as Yellow Velvet Leaf, Water Hyacinth and Water lettuce. Detention time were 28 days.

The results showed that the efficiency of first stage for remove TSS, TKN and BOD were 59.91, 58.83 and 70.85% respectively and the second stage were 64.99, 66.66, and 70.10 % respeetively. The effluent analysis showed that only TSS and TKNwere in the Industrial Wastewater Effluent Standard.

For this study, primary treatment is recommend for wastewater from Budu process. In order to BOD of effluent water are in the Industrial Wastewater Effluent Standard.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่านหนึ่งของการศึกษาการวิจัยสิ่งแวดล้อม (4064902) รายงานฉบับนี้สำเร็จได้ก็ด้วยความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ ผู้ให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำในการดำเนินการทดลองและคำปรึกษาเพิ่มเติมและแก้ไขข้อบกพร่องในรายงานการวิจัยตลอดมาจนเสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณ อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำข้อเสนอแนะต่างๆ ในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณสอแหละ บางูสัน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาที่ให้คำปรึกษา อำนวยความสะดวกเครื่องมือในการทำวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง และมีส่วนช่วยเหลืองานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่มีน้ำใจคอยให้ความช่วยเหลือ และที่สำคัญยิ่งก็ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้กำลังใจและกำลังทรัพย์มาโดยตลอดในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีคุณค่าและประโยชน์ใดๆที่พึงได้จากงานวิจัยเล่มนี้ผู้วิจัยได้มอบเป็นรางวัลแห่งความภาคภูมิใจแด่ บิดา มารดาและคณาจารย์ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยมาตลอด

ซอฟียะห์ ปีไสย
ซาปีน๊ะ อับดุลบุตร
ผกามาศ ไกรน้อย
มกราคม 2558

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		ก
Abstract		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญภาพ		ช
บทที่ 1	บทนำ	
	1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
	1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
	1.4 ตัวแปรและนิยามปฏิบัติการณ์	2
	1.5 สมมุติฐาน	2
	1.6 ระยะเวลาการทำวิจัย	2
บทที่ 2	ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
	2.1 น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู	4
	2.2 การบำบัดน้ำเสียโดยใช้บึงประดิษฐ์	5
	2.3 ประเภทของบึงประดิษฐ์	5
	2.4 หลักการทำงานของบึงประดิษฐ์	6
	2.5 พืชในบึงประดิษฐ์	9
	2.6 หน้าที่ของพืชในบึงประดิษฐ์	13
	2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3	วิธีการดำเนินการวิจัย	
	3.1 ขอบเขตการวิจัย	17
	3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์	17
	3.3 สังเคราะห์ การเตรียมตัวอย่างน้ำ	20
	3.4 การสร้างระบบบึงประดิษฐ์ การสร้างระบบบึงประดิษฐ์	20
	3.5 การสร้างระบบบึงประดิษฐ์	21
	3.6 การเตรียมตัวอย่างพืช	24

สารบัญ (ต่อ) **หน้า**

3.7 การดำเนินการทดลอง 25

3.8 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ 30

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองระบบบึงประดิษฐ์โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู 27

4.2 ประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์ 34

บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลและอภิปราย 38

5.2 ข้อเสนอแนะ 39

บรรณานุกรม 40

ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์ ผก-1

ภาคผนวก ข แบบเสนอโครงการวิจัย ผข-1

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย	3
3.3	แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ	17
3.4	แสดงอัตราส่วนสารเคมีที่ใช้ ต่อ น้ำ 1 ลิตร	17
4.1	แสดงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์	40
4.2	แสดงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู	41

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3.1	แสดงบ่อทดลองบ่อที่ 1 บ่อที่ 2 และ บ่อ3	26
3.2	แสดงภาพตัดขวางของบึงประดิษฐ์บ่อที่ 1	22
3.3	แสดงภาพตัดขวางของบึงประดิษฐ์บ่อที่ 2	22
3.4	แสดงภาพตัดขวางของบึงประดิษฐ์บ่อที่ 3	23
3.5	แสดงโครงสร้างระบบบึงประดิษฐ์	23
3.6	แสดงระบบบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในการทดลอง	24
3.7	แสดงขั้นตอนการดำเนินการทดลองระบบบึงประดิษฐ์ด้วยน้ำเสียสังเคราะห์	27
3.8	แสดงขั้นตอนการดำเนินการทดลองระบบบึงประดิษฐ์ด้วยน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู	29
4.1	แสดงค่า pH เฉลี่ยของน้ำเสีย	33
4.2	แสดงค่าอุณหภูมิ เฉลี่ยของน้ำเสีย	34
4.3	แสดงค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด เฉลี่ย	36
4.4	แสดงค่าไนโตรเจนเฉลี่ย	37
4.5	แสดงค่าบีโอดี เฉลี่ยของน้ำเสีย	39

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในสมัยก่อนตำบลปะเสยะวอ ตำบลบางเก่า และตำบลตะลุบัน เป็นพื้นที่ที่ติดชายทะเลมีบทบาทอย่างมากในการจับปลา สมัยนั้นมีปลาชุกชุมมีความอุดมสมบูรณ์วิถีชีวิตของชุมชนจะมีอาชีพหลักคือประมงพื้นบ้านชายฝั่งระยะไม่เกิน 3,000 เมตรใช้เรือขนาดเล็กออกหาปลามีรายได้ 300-700 บาทต่อคน ชาวประมงเลือกปลาที่สด และปลาที่ได้ขนาดมาจำหน่าย และรับประทานในครัวเรือน ส่วนปลาขนาดเล็กที่ติดอวนและแหจะเอามาผสมเกลือหมักในไหปากเล็ก (ไหนี้เรียกว่า "กูรี")ใช้ระยะเวลาหมักประมาณ 1 ปีน้ำหมักดังกล่าวเรียกว่า "น้ำบูดู" น้ำบูดูเป็นเครื่องชูรสในการรับประทานอาหารทุกมื้อ และสามารถทำเป็นเครื่องปรุงในการประกอบอาหารคาวอีกด้วย ปัจจุบันเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย และเป็นที่นิยมทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะ 4 จังหวัดชายแดนภาคใต้ เป็นเครื่องชูรสหลักในครัวเรือนปลาที่ใช้นิยมใช้ คือ ปลาไส้ตัน เพราะมีขนาดเล็ก เปื่อยเร็ว มีกลิ่นหอม สีสวย รสอร่อย การผลิตน้ำบูดูสำหรับรับประทานในครัวเรือน และหมู่บ้าน การผลิตจึงมีปริมาณน้อย ต่อมาน้ำบูดูได้รับความนิยมจึงเริ่มผลิตเป็นการค้า ซึ่งชุมชนปะเสยะวอ มีความสามารถในการหาตลาดจำหน่ายผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดการแข่งขันภายในชุมชนในการผลิตน้ำบูดูอย่างแพร่หลาย (มะยูดิน สมาแอและคณะ, 2552)

โรงงานที่ผลิตน้ำบูดูส่วนใหญ่มีขบวนการผลิตที่ไม่ถูกสุขลักษณะและก่อแนวโน้มที่จะมีโอกาสปนเปื้อนอันตรายต่างๆ ได้แก่ อันตรายทางเคมี เช่น โลหะหนัก และอันตรายทางกายภาพ เช่น เศษปูนซีเมนต์ นอกจากนี้ยังมีโอกาสปนเปื้อนจากสัตว์นำโรค และสภาพแวดล้อมที่สกปรก ทำให้เกิดความเสี่ยงจากอันตรายที่มองไม่เห็นอีกมากมาย จึงก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมภายในชุมชน จากการปล่อยน้ำที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการบำบัดก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำ จนทำให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำ น้ำเน่าเสียในแหล่งน้ำชุมชนมีความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ ซึ่งก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ จากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ทำให้คนในชุมชนและชุมชนรอบข้างไม่สามารถใช้น้ำในการอุปโภค บริโภคได้ และสัตว์น้ำในแหล่งน้ำมีปริมาณลดลงจากน้ำเสียดังกล่าว

จากสาเหตุดังกล่าวจึงทำให้คณะผู้วิจัยมีความสนใจในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู โดยประยุกต์ใช้บึงประดิษฐ์ เนื่องจากเป็นการบำบัดโดยอาศัยระบบธรรมชาติและเป็นระบบที่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและดูแลรักษาต่ำ นอกจากนี้การติดตั้งและการดำเนินการไม่จำเป็นต้องใช้บุคลากรที่มีความชำนาญ

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.) เพื่อประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู

2.) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพระบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.) ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียระบบบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตาลปัตรฤาษี ผักตบชวา และจอก

2.) สามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ ของแข็งแขวนลอย และสารอาหารที่ปนเปื้อนในน้ำเสียจากกกระบวนการผลิตน้ำบูดูได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.) สามารถนำความรู้พื้นฐานไปใช้พัฒนากระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยการใช้ระบบบึงประดิษฐ์ในอนาคต

1.4 ตัวแปรและนิยามปฏิบัติการ

ตัวแปรต้น ระบบบึงประดิษฐ์ (ตาลปัตรฤาษี ผักตบชวา และจอก)

ตัวแปรตาม ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย

ตัวแปรควบคุม คุณลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัย

1.5 สมมุติฐาน

ระบบบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตาลปัตรฤษี ผักตบชวา และจอก มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดูประมาณร้อยละ 50-60

1.6 ระยะเวลาการทำวิจัย

การประยุกต์ใช้ระบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ได้เริ่มต้นทำการศึกษามาตั้งแต่เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2556 จนถึงเดือน เมษายน พ.ศ. 2557

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

รายละเอียด	ระยะเวลาในการดำเนินการ														
	2555				2556							2557			
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1. ศึกษาเอกสารและรวบรวมข้อมูล	▬	▬													
2. เขียนเค้าโครงวิจัย		▬	▬	▬											
3. ดำเนินการวิจัย					▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬				
4. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย												▬	▬	▬	
5. จัดทำรายงาน													▬	▬	▬

ที่มา : คณะผู้วิจัย, 2557

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู

น้ำบูดู จัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปัญหาเกี่ยวกับอันตรายทางด้านจุลินทรีย์น้อย เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณเกลือสูง ซึ่งช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้ ทำให้คุณลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตน้ำบูดูที่ไม่ถูกสุขลักษณะ และก่อให้เกิดการปนเปื้อนจากอันตรายต่างๆ เช่น อันตรายทางด้านเคมี และอันตรายทางด้านกายภาพ นอกจากนี้ยังมีโอกาสปนเปื้อนจากสัตว์นำโรค และสภาพแวดล้อมที่สกปรก ทำให้เกิดความเสี่ยงจากอันตรายที่มองไม่เห็นปัญหาที่พบมีดังต่อไปนี้

1.) โรงงานและบริเวณภายในโรงงานอยู่ใกล้แหล่งต่างๆที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนลงไปในแหล่งน้ำ ก่อให้เกิดน้ำเน่าเสีย และเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของสัตว์นำโรคต่างๆ

2.) พื้นรอบโรงงานหลายแห่งเป็นดิน และบางแห่งเป็นพื้นปูนที่มีการสึกกร่อนของปูน เป็นหลุมเป็นบ่อ หากมีการทำความสะอาดที่ไม่เพียงพออาจเกิดการหมักหมมของเศษปลา ทำให้เกิดน้ำเน่าเสียได้

3.) บริเวณผสมและบรรจุน้ำบูดู มักเป็นอาคารเปิดโล่ง สร้างด้วยวัสดุที่ไม่คงทน แตกหรือผุกร่อนได้ง่าย เศษวัสดุอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำได้

4.) อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต เช่น ปั๊มดูดน้ำบูดู เครื่องบรรจุ มีสนิม และไม่มีการทำความสะอาด เศษสนิมอาจเกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำได้

โรงงานผลิตน้ำบูดู ส่วนใหญ่ยังเป็นลักษณะโรงงานเก่า มีการดำเนินกิจการมาเป็นระยะเวลานาน และผู้ผลิตมักคิดว่าเป็นอาหารพื้นบ้านกระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน จึงไม่ค่อยใส่ใจในเรื่องความสะอาดและสุขอนามัย ทำให้พบปัญหาที่สำคัญคือ บ่อหมักไม่มีฝาปิด หรือฝาปิดชำรุด ไม่มีการซ่อมแซม การบรรจุไม่ถูกสุขลักษณะ การล้างขวดไม่ถูกวิธี คนงานมีการปฏิบัติไม่ถูกต้อง จึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณโรงงานการผลิต เช่น การปล่อยน้ำเสียจากการผลิตน้ำบูดูลงสู่แม่น้ำลำคลอง ทำให้แหล่งน้ำเน่าเสีย ส่งกลิ่นเหม็น ส่งผลให้ชุมชนบริเวณใกล้เคียงไม่สามารถทำเกษตรกรรมได้ ดั้งนั้นหากผู้ผลิตมีการปรับปรุงตามแนวทางที่ถูกต้องจะช่วยให้สภาพของโรงงานน้ำบูดูดีขึ้น ทำให้สภาพแวดล้อมของชุมชนที่พักอาศัยบริเวณใกล้เคียงไม่เกิดผลกระทบเรื่องทัศนียภาพและการเกษตร และที่สำคัญผลิตภัณฑ์น้ำบูดู จะมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากขึ้น และยังเป็นช่องทางในการส่งสินค้าไปยังประเทศคู่ค้าเพิ่มขึ้นด้วย

2.2 การบำบัดน้ำเสียโดยใช้บึงประดิษฐ์

บึงประดิษฐ์ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยกระบวนการทางธรรมชาติกำลังเป็นที่นิยมมากขึ้นในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว แต่ต้องการลดปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสก่อนระบายออกสู่แหล่งรองรับน้ำทิ้ง นอกจากนี้ระบบบึงประดิษฐ์ก็ยังสามารถใช้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียในขั้นที่ 2 (Secondary Treatment) สำหรับบำบัดน้ำเสียจากชุมชนได้อีกด้วย ซึ่งข้อดีของระบบนี้ คือ ไม่ซับซ้อนและไม่ต้องใช้เทคโนโลยีในการบำบัดสูง

2.3 ประเภทของบึงประดิษฐ์

แบ่งออกตามลักษณะการไหลของน้ำออกเป็น 3 ประเภทได้แก่

1.) บึงประดิษฐ์แบบน้ำเหนือผิวดิน (Free Water Surface System, FWS) ระบบนี้ประกอบด้วยร่องน้ำด้านล่างเคลือบด้วยวัสดุที่ทำจากดินเหนียวหรือวัสดุทางด้านธรณีวิทยาทั้งที่สร้างขึ้น และมีอยู่ตามธรรมชาติ เพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำมีดินหรือวัสดุตัวกลางอื่นๆ เป็นที่ยึดเกาะของรากพืชโดยที่ความลึกระดับหนึ่งน้ำจะไหลอยู่เหนือผิวดินหรือชั้นกรอง ถ้าการกระจายน้ำเข้าระบบเป็นไปอย่างสม่ำเสมอและมีน้ำไหลอย่างช้าๆผ่านกิ่งก้านของพืชที่แผ่กระจายอยู่ทั่วไปในระบบ จะทำให้เกิดการไหลของน้ำตามกันบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลเหนือผิวดินแตกต่างกันไปตามชนิดที่พืชที่ใช้ดังนี้ (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2549)

- แบบน้ำไหลเหนือดิน โดยใช้พืชรากเกาะดิน (Emergent Plant) เช่น กกแฝก ธูปฤาษี
- แบบน้ำไหลเหนือดิน โดยใช้พืชที่ลอยน้ำ (Free-Floating Macrophyte) เช่น จอก ผักตบชวา
- แบบน้ำไหลเหนือดิน โดยใช้พืชอยู่ใต้น้ำ (Submerged Macrophyte) เช่น พืชประเภทสาหร่าย

2.) บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน (Subsurface Flow System, SFS) ประกอบด้วยร่องน้ำยาวที่มีดิน หินบด หรือกรวด เป็นตัวกลางให้รากพืชยึดเกาะและเจริญเติบโตความหนาของชั้นตัวกลางประมาณ 60-70 ซม. ด้านล่างดาดด้วยดินเหนียว หรือวัสดุสังเคราะห์กันซึมเช่นแผ่นโพลีเอธิลลีน เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำรั่วซึมออกจากบ่อพืชน้ำที่ใช้ เช่นธูปฤาษี (*Typha*spp.), กก (*Scirpus spp.*) หรือต้นอ้อ (*Phragmites spp.*) โดยที่บ่อมีความลาดเอียง 1– 3 ดังนั้นระดับน้ำที่ไหลเข้าบึงจะผ่านบริเวณรากของพืช ทำให้เกิดเป็นกระบวนการบำบัดด้วยการกรองการดูดซึมการตกตะกอนและการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์และในบริเวณท้ายน้ำจะมีท่อเพื่อทำหน้าที่รวบรวมและรับน้ำออกจากระบบบริเวณใต้ชั้นตัวกรองจะอิ่มตัวด้วยน้ำตลอดเวลาซึ่งจะทำให้เกิดสภาวะไร้อากาศ (Anaerobic) ขึ้นบึงประดิษฐ์แบบน้ำใต้ผิวดิน แบ่งออกเป็น 2 ระบบ ดังนี้

2.1 การไหลตามแนวราบ (Horizontal Subsurface Flow) ประกอบด้วยบึงที่ปลูกด้วยพืชโผล่พ้นน้ำด้านล่างปูด้วยวัสดุกันซึมตัวกลางที่ใช้ในระบบอาจเป็นดินกรวดหรือทรายน้ำเสียจะถูกปล่อยออกจากท่ออย่างช้าๆตามแนวนอนผ่านชั้นหินจนกระทั่งถึงทางน้ำออกในระหว่างการไหลผ่านชั้นรากพืชจะเกิดการขบวนการบำบัดมลสารให้ลดน้อยลงได้โดยขบวนการทางกายภาพ เช่นการปล่อยให้ตกตะกอนและการกรองสารอินทรีย์ทางขบวนการทางชีวภาพ

2.2 การไหลตามแนวดิ่ง (Vertical Subsurface Flow) ประกอบด้วยชั้นกรวดและปูทับด้วยทรายปลูกด้วยต้นพืชโผล่พ้นน้ำ น้ำเสียจะค่อยๆไหลในแนวดิ่งลงสู่พื้นของระบบบึงประดิษฐ์และที่ก้นบึงจะเป็นที่กักเก็บน้ำเป็นการเติมออกซิเจนไปสู่พื้นของระบบบึงประดิษฐ์ในช่วงน้ำแห้งอากาศจะแทรกเข้ารูพรุนของดินและเมื่อทำการสูบน้ำเข้าอากาศจะถูกผลักออกจากรูพรุนของตัวกลางทำให้น้ำเสียที่ถูกปล่อยเข้าระบบจะได้รับปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น
(กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2549)

2.3 บึงประดิษฐ์แบบผสมผสาน (Hybrid systems) เป็นการนำเอาบึงประดิษฐ์แบบ Free Water Surface System (FWS) กับแบบ Subsurface Flow System (SFS) มาต่ออนุกรมหรือต่อขนานกัน เนื่องจากการใช้บึงแบบ SFS อย่างเดียวพบว่ามีการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันได้น้อยกว่าบึงแบบ FSF จึงมีการนำเอาบึงประดิษฐ์มาผสมผสานกันเพราะบึงแบบ FSF มีความสามารถในการถ่ายเทออกซิเจนสูงบำบัดสารอินทรีย์ได้ดีและกรองของแข็งแขวนลอยได้ดีกว่าบึงประดิษฐ์แบบ SFS แต่ถ้ามีปริมาณของแข็งแขวนลอยมากจะทำให้เกิดการสะสมและอุดตันจึงมีการนำบึงแบบ SFS มาใช้ร่วมกันเพื่อทำการตกตะกอนของแข็งแขวนลอยบางส่วนออกจากน้ำ

2.4 หลักการทำงานของบึงประดิษฐ์

บึงประดิษฐ์ เป็นการออกแบบระบบทางวิศวกรรม เพื่อเลียนแบบสภาพพื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติ และใช้ขบวนการทางธรรมชาติในการบำบัดและฟื้นฟูน้ำเสียให้ใช้ประโยชน์ได้ ใช้พืช ดิน หิน เป็นพื้นที่ในการยึดเกาะของจุลินทรีย์ เพื่อช่วยในการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมี โดยเมื่อน้ำเสียไหลเข้าบึงประดิษฐ์ส่วนต้น สารอินทรีย์ส่วนหนึ่งจะตกตะกอนจมตัวลงสู่ก้นบึงและถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ส่วนสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำจะถูกกำจัดโดยจุลินทรีย์ที่เกาะติดอยู่กับพืชน้ำชั้นกรวด และจุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ รวมถึงการนำไปใช้โดยพืช (จักราพิชญ์ และประสงค์สม, 2544)

2.4.1 กลไกการบำบัด

บึงประดิษฐ์ สามารถลดค่าบีโอดี กำจัดสารแขวนลอย โลหะหนัก และเชื้อโรคจากน้ำเสียหลายชนิดได้ในปริมาณสูง โดยมีกลไกการบำบัด 3 กระบวนการ คือ

1.) กระบวนการทางกายภาพ ได้แก่ การตกตะกอน ซึ่งตะกอนแขวนลอยจะถูกดักโดยพืชเป็นส่วนใหญ่ วิธีนี้สามารถกำจัดสารแขวนลอย สารอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส

2.) กระบวนการทางเคมี ได้แก่ การดูดซับ การแลกเปลี่ยนไอออนบนผิวของพืชและการตกตะกอนทางเคมี

3.) กระบวนการทางชีวภาพ ได้แก่ การย่อยสารประกอบอินทรีย์ โดยจุลินทรีย์และกระบวนการล่า โดยเกิดการกินกันเองของจุลินทรีย์ต่าง ๆ เป็นกระบวนการกำจัดเชื้อโรคอย่างหนึ่ง

2.4.2 กลไกการบำบัดน้ำเสียของบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลของน้ำในแนวนอน

บึงประดิษฐ์ สามารถลดค่าสารอินทรีย์, ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โลหะหนัก และเชื้อโรคต่างๆได้ดี กลไกพื้นฐานที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ การตกตะกอน การดูดซับการย่อยสลายสารอินทรีย์และสารอาหารด้วยจุลินทรีย์และการดูดซึมสารต่างๆเข้าไปในพืช โดยมีกลไกต่างๆ ดังต่อไปนี้

1.) กลไกการกำจัดของแข็งแขวนลอย (Suspended solids)

โดยทั่วไปกระบวนการที่ใช้ในการกำจัดสารแขวนลอย คือ การตกตะกอน การกรอง การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ และการดูดติดผิวทางเคมี สำหรับการกำจัดของแข็งแขวนลอยที่เกิดขึ้นอย่างได้ผลในบึงประดิษฐ์ทั้ง 2 แบบนี้ คือ FWS และ SFS ส่วนใหญ่จะถูกกรองออกและตกตะกอนในช่วง 2-3 เมตรแรกหลังจากที่น้ำเสียไหลผ่านช่องทางน้ำเข้าเข้าสู่ระบบ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความนิ่งและความลึกของระดับน้ำด้วยในการควบคุมการกระจายน้ำเสียเข้าสู่ระบบด้วยการติดตั้งท่อกระจายน้ำนั้นสามารถควบคุมความเร็วในการไหลของน้ำให้ลดลงโดยปกติแล้วความเร็วในการไหล ณ จุดใดๆของทางน้ำเข้าไม่ควรมีค่ามากกว่า 0.3 เมตร/วินาที ซึ่งช่วยในการกำจัดของแข็งแขวนลอยและช่วยลดภาระของเสียที่เข้ามาในระบบได้ นอกจากนี้ยังเป็นการป้องกันไม่ให้สภาวะไร้อากาศ (Anoxic Condition) เกิดขึ้นที่ส่วนต้นของช่องทางการไหลของน้ำอีกด้วย

2.) กลไกการกำจัดสารอินทรีย์ (Organic compounds)

สารอินทรีย์ในน้ำเสียส่วนใหญ่ที่เป็นของแข็ง จะตกตะกอน ส่วนสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ สำหรับขบวนการตกตะกอนของสารอินทรีย์ที่เป็นของแข็งสามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วในบึงประดิษฐ์ทุกแบบและจะขึ้นอยู่กับความนิ่งของน้ำในกรณีที่เป็นบึงประดิษฐ์แบบ FWS ส่วนในบึงประดิษฐ์แบบ SFS นั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณตะกอนที่สะสมอยู่ในชั้นกรองและอัตราการซึมของน้ำผ่านชั้นกรองหลักในการกำจัดบีโอดีในบึงประดิษฐ์แบบ FWS ขึ้นอยู่กับอัตรา

การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบ และแหล่งออกซิเจนที่จะใช้ในปฏิกิริยาการกำจัดของเสียโดยจุลินทรีย์ ซึ่งได้มาส่วนหนึ่งจากการแพร่ของออกซิเจนจากบรรยากาศลงมาสู่ผิวน้ำ (Reaeration) และปริมาณออกซิเจนที่จะถูกลำเลียงผ่านไปยังส่วนรากของพืช

3.) กลไกการกำจัดไนโตรเจน (Nitrogen)

โดยส่วนใหญ่แล้วไนโตรเจนจะถูกกำจัดด้วยกลไกการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) และดีไนตริฟิเคชั่น (Denitrification) ส่วนกลไกอื่นๆในการกำจัดไนโตรเจน เช่น การดูดซึมไนโตรเจนเข้าไปในพืชและการระเหยของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย สามารถกำจัดไนโตรเจนได้ไม่มากนัก เมื่อเทียบกับกลไกแรกในระบบบึงประดิษฐ์ ส่วนมากจะพบไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม (NH_4^+-N) ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนรูปไปเป็นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ในสภาวะที่มีพีเอชและอุณหภูมิสูง กระบวนการเปลี่ยนสารอินทรีย์ไนโตรเจน (Organicnitrogen) ไปเป็นแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_4^+-N) เป็นขั้นตอนแรกของการย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจน จากนั้น จะเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_4^+-N) ไปเป็นไนเตรทไนโตรเจน(NO_3^--N)โดยมีไนไตรท์ไนโตรเจน(NO_2^--N)เป็นสารที่อยู่ระหว่างการเกิดปฏิกิริยานี้ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นจะเกิดในน้ำหรือดินที่มีออกซิเจนเพียงพอ (Aerobic) ซึ่งจะรวมถึงบริเวณรอบๆรากพืชด้วยแต่ถ้าระบบอยู่ในสภาพที่ไร้อากาศหรือออกซิเจน (Anoxic) กระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น (Denitrification) จะเกิดขึ้นและไนเตรทไนโตรเจน (NO_3^--N) จะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์ไนโตรเจน (NO_2^--N) และก๊าซไนโตรเจน (N_2) ในที่สุด

2.4.3 กลไกการบำบัดน้ำเสียของบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลของน้ำในแนวดิ่ง

1.) กลไกการกำจัดของแข็งแขวนลอย (Suspended solids) และ สารอินทรีย์ (Organiccompounds)

กลไกการกำจัดของแข็งแขวนลอยและสารอินทรีย์ของบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลของน้ำในแนวดิ่ง จะมีลักษณะเดียวกันกับในบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลของน้ำในแนวนอน กล่าวคือ ของแข็งแขวนลอย และสารอินทรีย์จะถูกกรองและย่อยสลายภายในชั้นกรองแต่จะพบว่ากระบวนการในการกำจัดสารอินทรีย์ของการบำบัดในแนวดิ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าการบำบัดในแนวนอนทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำเสียในระบบบำบัดในแนวดิ่งจะมีการกระจายตัวได้ทั่วผิวชั้นกรองจึงทำให้สามารถใช้ชั้นกรองในการบำบัดอย่างเต็มที่

2.) กลไกการกำจัดไนโตรเจน (Nitrogen)

ไนโตรเจนจะถูกกำจัดด้วยกลไกการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นและดีไนตริฟิเคชั่น เช่นเดียวกับระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลของน้ำในแนวนอน ลักษณะเด่นของการบำบัดในแนวดิ่งคือ การมีปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น และดีไนตริฟิเคชั่นเกิดขึ้นอย่างชัดเจน โดยในช่วงแรกเป็น

การบำบัดแบบไนตริฟิเคชั่น จากนั้นก็จะเกิดการบำบัดแบบดีไนตริฟิเคชั่น ซึ่งจะสังเกตได้จากปริมาณไนเตรทที่เพิ่มสูงขึ้น

2.5 พืชในบึงประดิษฐ์

พืชในระบบทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้จุลินทรีย์ยึดเกาะแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนจากบรรยากาศสู่รากพืช (Root zone) ทั้งยังช่วยให้แสงแดดกระทบผิวน้ำน้อยลง ซึ่งถือเป็นการป้องกันการเจริญเติบโตของสาหร่าย (Algae) ในน้ำทางอ้อม เนื่องจากพืชสามารถนำสารอาหารในน้ำเสียไปใช้ได้เพียงเล็กน้อยจึงไม่มีหน้าที่หลักในการย่อยสลายและดูดซึมสารอาหาร

พืชโผล่เหนือน้ำ (Emergent plant) เป็นพืชน้ำที่มีรากเจริญอยู่ในดินใต้น้ำใบและดอกชูขึ้นเหนือน้ำซึ่งแต่ละชนิดก็เติบโตได้ที่ระดับน้ำต่างๆกันตัวอย่างของพืชประเภทนี้ได้แก่บัวชนิดต่างๆ กกบางชนิดและกระจับญี่ปุ่นเป็นต้นพืชชนิดนี้เป็นพืชที่นิยมใช้ในระบบบึงประดิษฐ์เนื่องจากเป็นพืชที่สามารถปรับตัวและทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมได้ดีและสามารถปลูกได้ทั้งในพื้นที่ชุ่มน้ำและพื้นที่น้ำท่วมคุณสมบัติพิเศษของพืชประเภทนี้ คือ ส่วนใบที่อยู่เหนือน้ำสามารถนำหรือลำเลียงออกซิเจนจากชั้นบรรยากาศไปยังส่วนรากพืชได้ ส่งผลทำให้ชั้นกรองในบริเวณที่รากพืชยึดเกาะไม่เกิดสภาพไร้อากาศ

พืชลอยน้ำ (Floating plant) เป็นไม้ที่สามารถปรับตัวให้เจริญเติบโตในน้ำและลอยอยู่ได้หรือมีบางส่วนของต้นโผล่ขึ้นเหนือน้ำ ทั้งในน้ำตื้นๆ หรือลึกเป็นเมตรโดยลำต้นมีลักษณะโป่งพองภายในกลวง ใบแผ่แบน หรือมีรากที่เปลี่ยนเป็นนวมรอบๆต้น และมีรากฝอยละเอียดอยู่ใต้น้ำของพืชประเภทนี้ได้แก่ จอก แหน กระจับ ผักตบชวา ผักบุ้ง ผักแว่น จอกหูหนู เป็นต้น (จักราพิชญ์ และประสงค์สม, 2544)

พืชที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

ตาลปัตรฤาษี

ตาลปัตรฤาษี (*Yellow Velvet Leaf*) ซึ่งเป็นวัชพืชน้ำชนิดหนึ่งชอบขึ้นอยู่ตามแหล่งน้ำนิ่งที่สะอาด เช่น ห้วย หนองคลอง บึง และตามนาข้าว จัดเป็นวัชพืชสำคัญในนาข้าวชาวบ้านรู้จักนำมาทานเคียงน้ำพริก ลาบ ก้อย ทั้งแบบต้มสุกและดิบ นอกจากนี้ยังนำไปประกอบอาหาร อื่นๆ ได้อีกหลากหลาย ทานได้ตั้งแต่ ใบ-ดอก (อ่อน)-ต้น(อ่อน) มีรสชาติออกหวาน (สุก) มันและขมเล็กน้อย (ดิบ) เป็นผักยอดนิยมของคนชนบท เนื่องจากเป็นพืชที่ขึ้นได้เองตามธรรมชาติและแพร่กระจายพันธุ์ได้ดี ทั้งยังไม่ต้องใช้สารเคมีในการเพาะปลูกก็งอกงามถ้าแดด-ฝนได้นาน โดยเฉพาะในฤดูฝน นอกจากชื่อตาลปัตรฤาษี ผักพาย และ ผักก้านจอง ที่เรียกกันจนชินหูแล้ว ผักก้านจอง ยังมีชื่อเรียกในแต่ละท้องถิ่นแตกต่างกันไปอีกด้วย เช่น นางกวัก ผักคันจอง ผักทัพพี ตาลปัตรยายชี บอนจีน

บัวค้วก บัวลอย กันจอง คันจ่อง หรือ *Yellow Velvet Leaf* ซึ่งเป็นชื่อกลางที่ทั่วโลกรู้จักดี หรือ จะระบุตัวต้น ด้วยชื่อเฉพาะทาง วิทยาศาสตร์ว่า *Limnocharisflava (L.) Buch.*

ประโยชน์ของตาลปัตรฤาษี

หากมองผักก้านจองในมุมของพืชสมุนไพร ก็มีประโยชน์ในแง่ของการเจริญอาหาร ฉะนั้นใครที่กำลังวางแผนลดน้ำหนักอยู่ควรหลีกเลี่ยงเมนูที่มีผักก้านจองเป็นส่วนประกอบ เพราะอาจทำให้แผนการลดน้ำหนักนั้นกลายเป็นการเพิ่มน้ำหนักตัวแทนได้ แต่สำหรับคนที่มีอาการร้อนๆ หนาวๆ เหมือนจะเป็นไข้จากลม ฟ้า อากาศเปลี่ยนแปลง ผักก้านจองสามารถช่วยท่านได้ เพราะมีการนำไปวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการจากน้ำหนักสด 100 กรัม ของผักก้านจองนั้นพบ ว่ามีแคลเซียม 7 มิลลิกรัม วิตามินซี 13 มิลลิกรัม และ เบต้าแคโรทีน 501 ไมโครกรัม ตัวเลขสนับสนุนเพียงเท่านี้อาจทำให้หายสงสัยกันได้ว่าทำไม ทานผักก้านจองแล้วแก้ไข้หัวลมได้

ลักษณะทั่วไป

ผักก้านจองเป็นไม้น้ำที่มีอายุยืนนานข้ามปี เนื่องจากมีเหง้าฝังลึกอยู่ใต้ดิน ขยายพันธุ์ด้วยไหล โดยส่วนของเหง้านั้นจะฝังอยู่ใต้ดิน ลำต้นเป็นเหลี่ยม อวบน้ำ และ พองลม จึงทำให้ส่วนของลำต้นลอยตัวอยู่กึ่งๆ หรือเหนือผิวน้ำ มองดูคล้ายกอบัว สูง ถึง 30 ซม. หรือมากกว่านั้นขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน น้ำที่อยู่อาศัย ใบยาวรี กว้างประมาณ 10 ซม. ยาว 15-18 ซม. ลักษณะของใบ และก้านใบที่ชูตั้งขึ้นนั้นมองดูแล้วคล้ายกับตาลปัตร ต้น-ใบ สีเขียวใบตองอ่อน มียางเล็กน้อย สีขาวซึมออกมา ดอกมีสีเหลืองเป็นช่อแบบร่ม มีดอกย่อย 7-12 ดอก กลีบดอกซ้ำร่วงได้ง่าย ก้านชูช่อดอก มีความยาว ตั้งแต่ 5-20 ซม. นิยมนำส่วนก้านดอกอ่อนมาประกอบอาหารและทานสด หากขึ้นในนาข้าว จะสามารถเจริญแข่งกับข้าวปลูกได้เป็นอย่างดี

ผักตบชวา

ผักตบชวา (*Water Hyacinth*) จัดเป็นพรรณไม้น้ำที่มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ ได้มีการนำเข้ามาปลูกครั้งแรกไว้ที่วังสระปทุมในกรุงเทพมหานครเมื่อปี พ.ศ.2444 แต่จากการขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วและเกิดน้ำท่วม จึงทำให้ผักตบชวาหลุดรอดออกมา และเกิดการแพร่กระจายไปทั่ว จนกลายเป็นวัชพืชน้ำที่รุนแรง โดยผักตบชวานั้นจัดเป็นพืชน้ำล้มลุกมีอายุหลายฤดู มีลำต้นสั้นแตกใบเป็นกอลอยไปตามน้ำ มีไหล ซึ่งเกิดตามซอกใบแล้วเจริญเป็นต้นอ่อนที่ปลายไหล ลำต้นมีลักษณะอวบน้ำ ผิวลำต้นเรียบเป็นสีเขียวอ่อนและเข้ม ลำต้นจะมีขนาดสั้นหรือยาวจะขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของแม่น้ำ ก้านใบจะพองออกตรงช่องกลาง ภายในมีลักษณะเป็นรูพรุน จึงช่วยพยุงลำต้นให้ลอยน้ำได้ ลำต้นสั้น มีความสูงได้ประมาณ 3-90 เซนติเมตร รากจะแตกออกจากลำต้นบริเวณข้อ รากมักมีสีม่วงดำ ซึ่งลำต้นลอยอยู่บนผิวน้ำบางต้นอาจจะขึ้นอยู่ตามโคลนในที่น้ำตื้น

สามารถขึ้นบนบกก็ได้ มีความทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดี แต่จะไม่ทนน้ำเค็ม ผักตบชวาเป็นพืชที่ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว โดยการแยกกอหรือใช้ไหล พบได้ทั่วไปตามริมน้ำ

ประโยชน์ของผักตบชวา

1.) ยอดอ่อน ใบอ่อน และดอกอ่อน สามารถนำมาลวกจิ้มกับน้ำพริกรับประทาน หรือนำมาทำแกงส้ม ในไต้หวันจะนำผักชนิดนี้มาปรุงเป็นอาหารจำพวกผัก โดยคุณค่าทางโภชนาการของส่วนที่รับประทานได้ของผักตบชวา ต่อ 100 กรัม จะประกอบไปด้วย พลังงาน 30 แคลอรี่ น้ำ 89.8% โปรตีน 0.5 กรัม ไขมัน 0.1 กรัม คาร์โบไฮเดรต 7.5 กรัม และใยอาหาร 2.4 กรัม

2.) ผักตบชวาสามารถนำมาเลี้ยงสุกร เลี้ยงไก่ได้ เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหาร โดยพบว่าผักตบชวาแห้งจะมีโปรตีนประมาณ 14-20% ไขมัน 1-2.5% เส้นใย 17-19% ซึ่งโดยปกติแล้วสัตว์หลายชนิดก็กินผักตบชวาอยู่แล้ว กล่าวคือ วัว ควาย แกะ แพะ มักจะกินผักตบชวาที่ขึ้นอยู่ตามริมฝั่ง หรือบางชนิดก็กินผักตบชวาในน้ำ ส่วนหมูก็กินผักตบชวาที่ผู้เลี้ยงนำมาต้มให้กิน โดยสัตว์เหล่านี้ก็จะช่วยกำจัดผักตบชวาให้ลดน้อยลงได้บ้าง และเรายังได้ประโยชน์จาก

3.) สัตว์เลี้ยงเหล่านี้อีกด้วย และนอกจากนี้ยังมีการนำผักตบชวาไปแปรรูปใช้เป็นส่วนประกอบของสูตรอาหารสุกรและสัตว์ปีกอีกด้วย แต่มีข้อควรระวังในการเลือกใช้คือ ให้เลือกผักตบชวาจากแหล่งน้ำที่ปลอดสารพิษจำพวกยาฆ่าแมลงหรือโลหะหนักเท่านั้น เพราะสารเหล่านี้จะถูกผักตบชวาดูดซับเอาไว้ และเมื่อนำไปให้สัตว์กิน ก็จะทำให้สัตว์ได้รับสารพิษเหล่านี้ไปด้วย

4.) มีการนำผักตบชวาแห้งทั้งต้นมาใช้ทำเป็นแอลกอฮอล์และ gas แต่ผลที่ได้ยังไม่เป็นที่น่าพึงพอใจมากนัก

5.) ผักตบชวาสามารถนำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก สำหรับการปลูกพืชผักต่างๆ เนื่องจากผักตบชวามีโพแทสเซียมอยู่มากเป็นพิเศษ ส่วนฟอสฟอรัสและไนโตรเจนก็มีอยู่พอสมควร หรือนำมาใช้คลุมต้นไม้ที่ปลูกเอาไว้ให้เกิดความชุ่มชื้น เนื่องจากผักชนิดนี้มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดี

บทบาทในการกำจัดน้ำเสีย

ผักตบชวาสามารถช่วยในการบำบัดน้ำเสีย โดยการทำหน้าที่กรองน้ำที่ไหลผ่านกอผักตบชวาอย่างช้าๆ ทำให้ของแข็งแขวนลอยต่างๆ ที่ปนอยู่ในน้ำถูกสกัดกลั่นกรองออก นอกจากนั้น ระบบรากที่มีจำนวนมากจะช่วยกรองสารอินทรีย์ที่ละเอียด และจุลินทรีย์ที่อาศัยเกาะอยู่ที่ราก จะช่วยดูดสารอินทรีย์ไว้ด้วยอีกทางหนึ่ง รากผักตบชวาจะดูดสารอาหารที่อยู่ในน้ำ ทำให้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียจึงถูกกำจัดไป อย่างไรก็ตามไนโตรเจนในน้ำเสียนั้น ส่วนมากจะอยู่ในรูปสารประกอบทางเคมี เช่น สารอินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน พบว่า ผักตบชวา สามารถดูดไนโตรเจนได้ทั้ง 3 ชนิด แต่ในปริมาณที่แตกต่างกันคือ

ผักตบชวาสามารถดูดอินทรีย์ไนโตรเจนได้สูงกว่าไนโตรเจนในรูปอื่นๆ คือ ประมาณ 95 % ขณะที่ไนเตรทไนโตรเจน และแอมโมเนียไนโตรเจน จะเป็นประมาณ 80 % และ 77 % ตามลำดับ สถานที่แรกในประเทศไทยที่ใช้การบำบัดด้วยวิธีนี้คือ "บึงมักกะสัน" ซึ่งเป็นโครงการบึงมักกะสันอันเนื่องมาจากพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว โดยใช้หลักการบำบัดน้ำเสียตามแนวทฤษฎีการพัฒนาโดยการกรองน้ำเสียด้วยผักตบชวา

จอก

จอก (*Water lettuec*) เป็นวัชพืชน้ำขนาดเล็ก ลำต้นทอดขนานไปกับผิวน้ำ มีระบบรากแก้วและมีรากฝอยจำนวนมาก อายุยืนหลายปีเจริญเติบโตติดกันเป็นกลุ่มลอยอยู่บนผิวน้ำ ลำต้นมีไหล (stolon) ต้นใหม่เกิดจากโคนต้นและเกิดบนไหล ใบ เป็นใบเดี่ยวเกิดบริเวณส่วนโคนของลำต้นเรียงซ้อนกันหลายชั้น ไม่มีก้านใบ รูปร่างใบไม่แน่นอน บางครั้งรูปรี แต่ส่วนมากเป็นรูปสามเหลี่ยมปลายกลีบหยักลอนเป็นคลื่น ฐานใบมนสอบแคบ ขอบใบเรียบสีแดงสีแดง มีขนขึ้นปกคลุมแผ่นใบทั้งสองด้าน บริเวณฐานใบพองออกมีลักษณะอ่อนนุ่มคล้ายฟองน้ำ ทำให้ลอยน้ำได้ ดอก ออกเป็นช่อชนิดสแปดิกซ์ (spadix) ออกดอกตามซอกใบ ก้านช่อดอกสั้น ช่อดอกมีกาบ (spathes) เป็นแผ่นสีเขียวอ่อนหุ้มไว้ ด้านในเรียบ ส่วนทางด้านนอกจะมีขนละเอียดปกคลุม มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันอยู่ในช่อดอกเดียวกัน ดอกตัวผู้อยู่ด้านบนดอกตัวเมียอยู่ด้านล่าง เป็นดอกที่ไม่มีกลีบเลี้ยงและกลีบดอก ที่โคนของดอกตัวผู้จะมีระยางค์แผ่นสีเขียวเชื่อมติดอยู่เป็นรูปถ้วย มีเกสรตัวผู้ 4-8 อัน ดอกตัวเมียมีรยางค์ เป็นแผ่นสีเขียวติดอยู่เหนือรังไข่ ผล เป็นชนิดแบคเคท (bacdate) มีใบประดับหรือกาบ (bract) สีเขียวอ่อนติดอยู่ ภายในมีเมล็ดจำนวนมากรูปร่างยาว สีน้ำตาลอ่อน พบขึ้นตามลำคลอง หนองน้ำ บ่อเลี้ยงปลา นาข้าว และที่มีน้ำขัง ขยายพันธุ์โดยการแตกต้นอ่อน หรือแตกไหลและอาศัยเมล็ด

ประโยชน์ของจอก

1.) นอกจากจะใช้เป็นพืชสมุนไพรแล้ว ชาวจีน อินเดีย และแอฟริกา ยังนำมาใช้เป็นอาหารเพื่อรับประทานในยามขาดแคลนอีกด้วย โดยชาวจีนจะใช้อ่อนนำมาปรุงเป็นอาหาร (ตอนแรกจะไม่รู้รสแต่ต่อมาจะมีรสแสบร้อน)

2.) ต้นอ่อนใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์ เช่น หมู เป็ด ปลา เป็นต้น

3.) ต้นจอกสามารถนำมาใช้ทำเป็นปุ๋ยหมักได้

4.) ต้นนำมาใช้ปลูกประดับในอ่างเลี้ยงปลา และเพื่อเป็นที่หลบบังให้กับปลาขนาดเล็กและลูกปลาได้ (ประวิทย์, 2552)

2.6 หน้าที่ของพืชในบึงประดิษฐ์

ราก หรือลำต้นของพืชที่อยู่ในน้ำช่วยดูดซับ (up take) สารพิษและสารอาหาร เป็นพื้นผิวให้จุลินทรีย์อาศัย และเจริญเติบโต เป็นตัวกลางในการกรอง และดูดซับตะกอน และของแข็งที่ลอยอยู่ในน้ำ ทำให้ความเข้มของแสงแดดที่ส่องลงสู่ผิวน้ำลดลง ดังนั้นจึงช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่อยู่ในน้ำ

ก้าน ลำต้น หรือใบที่อยู่เหนือน้ำช่วยลดผล (effect) ของลมที่มีต่อน้ำ เช่น การพัดและการทำให้ตะกอนที่จมอยู่ขุ่นขึ้นมา ทำให้การส่องผ่านของก๊าซและความร้อนระหว่างบรรยากาศของน้ำลดลง

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุชาดา สังวรวงษ์พนา (2543) ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการลดค่า ซีโอดี (COD) ฟอสเฟตฟอสฟอรัส (PO_4^{3-}-P) สารแขวนลอย (SS) และสารที่ละลายได้ทั้งหมด (TDS) ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียจากอาคารเรียนที่ 7 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่มีค่าภาระชลศาสตร์เท่ากับ 0.01 ลบ.ม./ตร.ม./วัน (HRT1) 0.03 ลบ.ม./ตร.ม./วัน (HRT2) และ 0.05 ลบ.ม./ตร.ม./วัน (HRT3) ตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพในการลดค่า COD ของบึงประดิษฐ์มากที่สุดในHRT3 เท่ากับ 72.76% และในHRT2 ต่ำที่สุด เท่ากับ 61.94% ประสิทธิภาพในการลดค่า(PO_4^{3-}-P)ของบึงประดิษฐ์มากที่สุดในHRT1 เท่ากับ 79.63% และใน HRT3 ต่ำที่สุด เท่ากับ 71.38% ประสิทธิภาพในการลดค่า SS ของบึงประดิษฐ์มากที่สุดใน HRT3 เท่ากับ 51.92% และในHRT1 ต่ำที่สุด เท่ากับ 43.88% และประสิทธิภาพในการลดค่าTDS ของบึงประดิษฐ์มากที่สุดในHRT1 เท่ากับ 30.17% และในHRT2 ต่ำที่สุด เท่ากับ 23.45%

พิจิตรา ชโยปถัมภ์ (2546) ได้ทำการศึกษาเพื่อหาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยบึงประดิษฐ์ และเพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกำจัด BOD ของบึงประดิษฐ์โดยใช้น้ำเสียฟาร์มสุกรที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นจากบ่อหนึ่ง และได้ทำการศึกษาบึงประดิษฐ์ โดยใช้พืช 2 ชนิด คือ กกกลม (*CyperuscorymbosusRottb.*) และ ธูปฤาษี (*Typhaangstifolia Linn.*) ที่เวลากักพักชลศาสตร์ 4-27 วัน ผลการวิจัย พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัด TSS อยู่ในช่วง 70-97 TKN อยู่ในช่วง 72-96% COD และ BOD อยู่ในช่วง 64-92% TP อยู่ในช่วง 39-81% และ Total Coliform Bacteria อยู่ในช่วง 52-85% ซึ่งจากการวิจัยได้ค่าคงที่ F ของบึงประดิษฐ์กกกลมและบึงประดิษฐ์ธูปฤาษี เท่ากับ 0.463 และ 0.566 ตามลำดับ และค่า KT ของบึงประดิษฐ์กกกลมและบึงประดิษฐ์ธูปฤาษี เท่ากับ 0.00012 และ 0.00020 ตามลำดับ โดยสามารถใช้ค่าคงที่ดังกล่าวได้ ก็ต่อเมื่อบึงประดิษฐ์มีเวลากักพักชลศาสตร์อยู่ในช่วง 4-27 วัน

พีรยา จินดามณีและสมัชชัย ทองคำ (2549) การศึกษาแนวทางการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย กรณีศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา โดยเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีโดยทำการศึกษาคุณลักษณะน้ำเสีย 10 พารามิเตอร์ ผลจากการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำ พบว่า มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับกิจกรรมและสิ่งแวดนั้นๆ โดยค่าเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ย 7.08 อุณหภูมิเฉลี่ย 28.25 °C ค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ย 470.50 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ค่าความขุ่นเฉลี่ย 16.40 เอ็นทียู ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) เฉลี่ย 17.63 (mg/L) ค่าไนโตรเจน (TKN) เฉลี่ย 17.83 (mg/L) ค่าความ สกปรกของน้ำ (BOD) เฉลี่ย 15.38 (mg/L) ค่าฟอสเฟต (TP) เฉลี่ย 0.24 (mg/L) ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) เฉลี่ย 1.71 (mg/L) ส่วนค่าที่ไม่ผ่านคือ ค่า BOD ตามเกณฑ์มาตรฐานกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมกำหนดค่า BOD ไม่เกิน 20 (mg/L) และค่า TKN ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่มีพืชน้ำต่างๆขึ้นมาก ประกอบกับน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมของนักศึกษาหอพัก ทำให้ปริมาณไนโตรเจนสูงและพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญต่อจุลินทรีย์ในการเจริญเติบโตคือ ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) เกิดจากกิจกรรมต่างๆในมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ส่งผลให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ได้น้อยทำให้น้ำมีตะกอนมาก

พัฒนพงษ์ ฟองเพชร และคณะ (2552) การศึกษาประสิทธิภาพของพุทธรักษาในการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยระบบบึงประดิษฐ์แบบการไหลใต้ผิวดินเป็นการวิจัยแบบทดลอง (Experimental Research) ภายใต้สภาวการณ์ธรรมชาติโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่าความหนาแน่นของพุทธรักษาที่ต่างกัน มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดค่า SS TKN และ BOD และการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของพืชหรือไม่โดยใช้น้ำเสียชุมชนที่ยังไม่ได้ผ่านการบำบัด นำมาผ่านการดักไขมันและตกตะกอนก่อนเข้าระบบบึงประดิษฐ์แบบการไหลใต้ผิวดิน โดยตัวกลางที่ใช้ได้แก่ตัวกลางทรายปนหิน โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 ถัง ถังแรกเป็นถังควบคุม ถังที่ 2 ปลูกพุทธรักษาจำนวน 10 ต้น/ตารางเมตร และถังที่ 3 ปลูกพุทธรักษาจำนวน 20 ต้น/ตารางเมตร ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ สถิติที่ใช้วิเคราะห์คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และทดสอบสมมติฐานโดยใช้ Kruskal-Wallis k-Sample Test ผลการวิจัยพบว่า ถังที่มีความหนาแน่นของพุทธรักษาที่ต่างกัน สามารถกำจัดค่า SS BOD ไม่แตกต่างกัน แต่ถังที่มีความหนาแน่นของพุทธรักษา 20 ต้น สามารถกำจัดค่า TKN ได้ดีกว่าถังที่มีความหนาแน่นพุทธรักษา 10 ต้น และถังควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยความถังที่มีหนาแน่นของพุทธรักษา 20 ต้น/ตารางเมตร สามารถกำจัดค่า SS TKN และ BOD ได้สูงสุด 98.50% 99.00% 90.70% ตามลำดับ และถังที่ปลูกพุทธรักษาสามารถเจริญเติบโตได้ในการทดลอง โดยมีความสูงเฉลี่ยก่อนการทดลอง 50-60 เซนติเมตร และหลังการทดลอง 150-165

เซนติเมตร สำหรับจำนวนใบ เมื่อเริ่มต้นมีจำนวนใบประมาณ 3-4 ใบ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีจำนวนใบประมาณ 6-8 ใบ โดยหน่วยการทดลองที่มีต้นพุทธรักษามีการเจริญโตไม่แตกต่างกัน

กฤตธี วงศ์สถิตย (2552) การศึกษาโดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของพืชทั้งสองพบว่า น้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่เข้าสู่ระบบ มีค่าความสกปรกสูงมากระบบที่ใช้พืชทั้งสองจึงมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียโดยรวมใกล้เคียงกัน ระบบมีความสามารถในการกำ จัด COD ประมาณ 97% และพืชทั้งสองมีความสามารถในการกำ จัดสารอาหารไม่แตกต่างกัน คือ มีความสามารถในการกำจัด N เท่ากับ 90% ส่วนความสามารถในการกำจัดP เท่ากับ 92 %

นุชนาฎ แสงกล้า (2552) การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียพบว่าในสัปดาห์ที่ 3-8 น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วย กกสามเหลียม อะเมซอน และตาลปัตรฤาษี มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำสูงวัดได้ ค่า BOD เฉลี่ย 94.69 95.31 และ95.28 ตามลำดับ TSS วัดได้ เฉลี่ยร้อยละ 78.09 85.52 และ 89.64 ตามลำดับ ปริมาณไนเตรต วัดได้ เฉลี่ย ร้อยละ 86.26 80.43 และ 54.35 ตามลำดับ ปริมาณไขมัน วัดได้ เฉลี่ย ร้อยละ 69.19 58.92 และ 74.00 ตามลำดับ แสดงว่า พืชทั้งสามชนิด สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียในโรงเรียนได้

ในการศึกษาในครั้งนี้จะสรุปได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียโดยการประยุกต์ใช้ระบบบึงประดิษฐ์เพื่อบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู โดยคิดเป็นร้อยละจากการวิเคราะห์โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ ก่อนเข้าสู่ระบบและหลังจากการบำบัดผ่านไป 28 วันจากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า สามารถลดค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด ได้แก่ TSS TKN และ BOD โดยมีค่าดังนี้ TSS ร้อยละ 59.91 TKN ร้อยละ 58.83 BOD ร้อยละ 70.85 และจากการวิเคราะห์โดยใช้น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ก่อนเข้าสู่ระบบ และหลังจากการบำบัดผ่านไป 28 วัน สรุปผลการวิเคราะห์ค่าคุณลักษณะน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู สามารถลดค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดได้ดังนี้ TSS ร้อยละ 64.99 TKN ร้อยละ 66.66 และ BOD ร้อยละ 71.10 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของพิจิตรา ชโยปถัมภ์ (2546) พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัด TSS อยู่ในช่วงร้อยละ 70.00-97.00 TKN อยู่ในช่วงร้อยละ 72.00-96.00 และ BOD อยู่ในช่วงร้อยละ 64.00-92.00 จะเห็นได้ว่า ค่าคุณลักษณะน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู มีค่า BOD (อยู่ในช่วงร้อยละ 70.85-71.10) สาเหตุที่ค่าคุณลักษณะน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดูกับงานวิจัยของพิจิตรา ชโยปถัมภ์ (2546) มีความแตกต่างกัน เนื่องจากค่าคุณลักษณะของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดูกับน้ำเสียจากฟาร์มสุกรมีความแตกต่างกัน และตัวกลางพืชที่ใช้ในการทดลองมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้อยกว่าแต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าพารามิเตอร์ที่มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ได้แก่ pH อุณหภูมิ TSS และ TKN ส่วนพารามิเตอร์ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมได้แก่ BOD

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบบึงประดิษฐ์ เพื่อบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ซึ่งใช้พืช 3 ชนิดเป็นตัวบำบัด ในการวิจัยในครั้งนี้ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ และน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยมีขั้นตอนการศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 ขอบเขตการศึกษา

เป็นการศึกษาประสิทธิภาพโดยการประยุกต์ใช้ระบบบึงประดิษฐ์เพื่อบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ และน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดูโดยใช้พืช 3 ชนิด คือ ตาลปัตรฤาษี ผักตบชวา และจอก เพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสีย และทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนเข้าระบบและหลังออกจากระบบ ซึ่งทำการศึกษาภายในห้องปฏิบัติการของ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

3.2 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

วัสดุอุปกรณ์

ความเป็นกรดด่าง pH

1.) เครื่องวัดพีเอช ยี่ห้อ: Eutech รุ่น: Cyber scan Diamond Series pH 450

2.) บีกเกอร์ ขนาด 100 มล. ยี่ห้อ: guoyi รุ่น: Gyqbk- 1

3.) เครื่องกวนแม่เหล็ก (Magnetic Stirrer) ยี่ห้อ: LMS รุ่น: MGS-1001

อุณหภูมิ (Temperature)

1.) เทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอท ยี่ห้อ: Glass Thermometer รุ่น: 30Y238

2.) กระดาษจดบันทึก

ของแข็งแขวนลอย (suspended solids : TSS)

1.) กระดาษกรองใยแก้ว GF/C ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 mm ยี่ห้อ: whatman

2.) Bucher's funnel ยี่ห้อ: TICO รุ่น: PTFE funnel

3.) เครื่องกรองดูดพร้อมปั๊มดูดอากาศ

4.) ตู้อบแห้ง (oven) ยี่ห้อ: Vacuum Oven XF รุ่น: XF240

5.) โถดูดความชื้น (dessicator) ยี่ห้อ:Boromax รุ่น: V5-003

6.) เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ: OHAUS รุ่น: Pioneer Series

ไนโตรเจนรวม (Total Kjeldaht Nitrogen: TKN)

วัสดุอุปกรณ์

1.) เครื่องวัดพีเอช ยี่ห้อ: Eutech รุ่น: Cyber scan Diamond Series pH 450

2.) บีกเกอร์ ยี่ห้อ: guoyi รุ่น: Gyqbk- 1

3.) หลอดเจดาห์ล

4.) เครื่องย่อยสลาย ยี่ห้อ: BUCHI Wet Digester System รุ่น: B-440

5.) กระบอกตวง ยี่ห้อ: Measuring Cylinder รุ่น: PP

6.) บิวเรต ยี่ห้อ: Duran รุ่น: General Supplies

สารเคมี

1.) น้ำยาย่อยสลาย (DigestionReaent)

2.) สารละลายโซเดียมไฮดอกไซด์ (NaOH)

3.) สารละลายกรดบอริก (H_3BO_3)

4.) Methyl red

5.) สารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)

บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

วัสดุอุปกรณ์

1.) incubation bottle (BOD)

2.) air incubcator

3.) บิวเรต (Burette)

4.) กระบอกตวงขนาด 250 ml

5.) ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyerflask) ขนาด 500 ml.

สารเคมี

1.) น้ำกลั่นที่คุณภาพสูง

2.) สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (KH_2PO_4)

3.) สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต ($MnSO_4$)

4.) สารละลายแคแลเซียมคลอไรค์ ($CaCl_2$)

5.) สารละลายเฟอร์ริคคลอไรค์ ($FeCl_3.6H_2O$)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

6.) สารละลายแกรดและด่าง

6.1 กรด (H_2SO_4)

6.2 ด่าง (NaOH)

7.) สารละลายโซเดียมซัลไฟท์ (Na_2SO_3)

8.) สารละลายแมงกานีสซัลเฟต ($MnSO_4$)

9.) สารละลายอัลคาไลน์-ไอโอไดด์-เอไซด์ (AIA)

10.) กรดซัลฟูริกเข้มข้น (Conc. H_2SO_4)

11.) น้ำแป้ง

12.) สารละลายาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$)

13.) สารละลายาตรฐานโปตัสเซียมไบไอโอเดต ($KH(IO_3O)_2$)

3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำใช้ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างน้ำเสียโดยวิธีจ้วงตัก (GrabSampling) แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าตัวแปรต่างๆตามวิธีการใน "Standard Methods" (APHA et al, 1995) โดยทำการวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา วิธีการวิเคราะห์หาค่าตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการวิจัย ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.3 ค่าพารามิเตอร์ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	Electrometric method
อุณหภูมิ (Temperature)	Thermometer
ปริมาณของแข็งแขวนลอย (TSS)	Gravimetric method
ไนโตรเจน (TKN)	Kjedahl method
ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการ (BOD)	Dilution method

3.4 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

การจัดทำน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับน้ำเสีย เพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสีย โดยมีสารเคมีที่ใช้เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.4 แสดงอัตราส่วนสารเคมีที่ใช้ ต่อ น้ำ 1 ลิตร

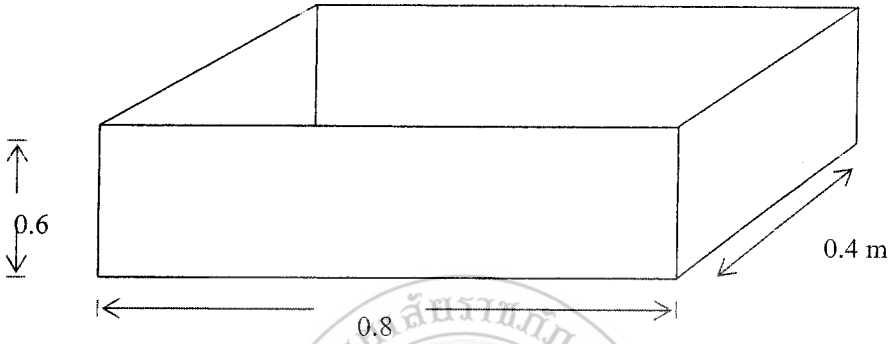
Chemical	Composition(per lit)	Trace mineral	Composition(per lit)
CH_3COOH	1.8 ml	$FeCl_3.6H_2O$	1.5 g
K_2HPO_4	0.061 g	K_3BO_3	0.15 g
KH_2PO_4	0.035 g	$CuSO_4.5H_2O$	0.03 g
$MgSO_4.7H_2O$	3.0 g	Kl	0.3 g
$CaCl_2.2H_2O$	0.35 g	$MnCl_2.4H_2O$	0.12 g
NH_4Cl	1.135 g	$Na_2MoO_4.2H_2O$	0.06 g
EDTA	0.05 g	$ZnSO_4.7H_2O$	0.12 g
Trace mineral	2 ml	$CoCl_2.6H_2O$	0.15 g

ที่มา : มณฑล, 2550

ทำการผสมสารเคมีตามตารางแล้ววิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมได้ ซึ่งในงานวิจัยผู้ทำวิจัยได้วิเคราะห์ค่าคุณลักษณะน้ำเสียของ pH เท่ากับ 6.28 อุณหภูมิอยู่ในช่วง 26.00-28.66 °C TSS เท่ากับ 23.00 (mg/L) TKN เท่ากับ 20.31 (mg/L) BOD เท่ากับ 332.00 (mg/L)

3.5 การสร้างระบบบึงประดิษฐ์

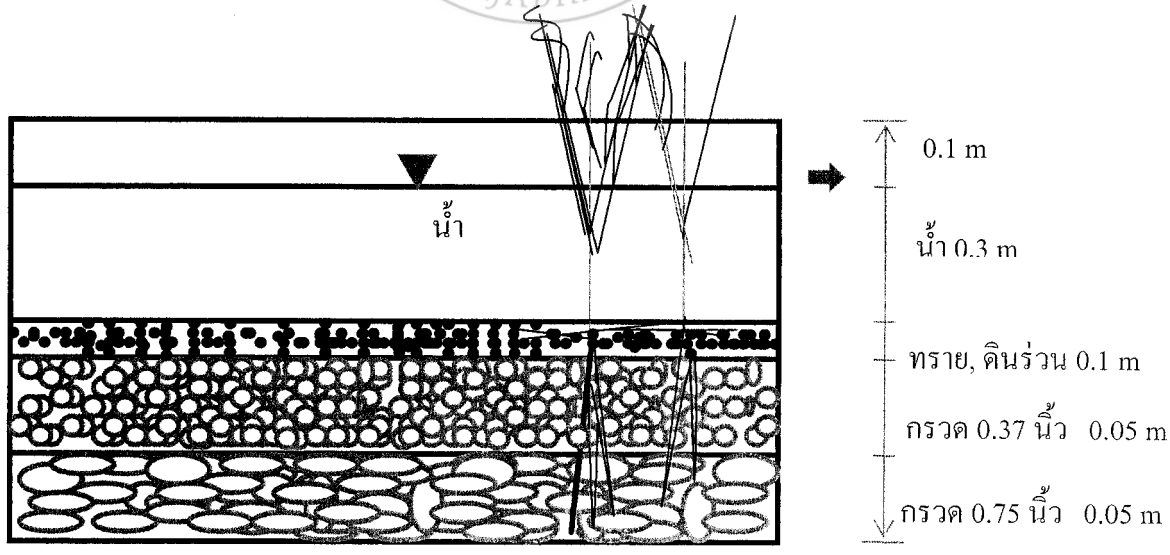
3.5.1 การสร้างบ่อทดลองด้วยกระจก จำนวน 3 บ่อได้แก่ บ่อที่ 1 บ่อที่ 2 และบ่อที่ 3 แต่ละบ่อ มีความกว้าง 0.4 เมตร ยาว 0.8 เมตร และลึก 0.6 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 บ่อทดลองบ่อที่ 1 บ่อที่ 2 และบ่อที่ 3

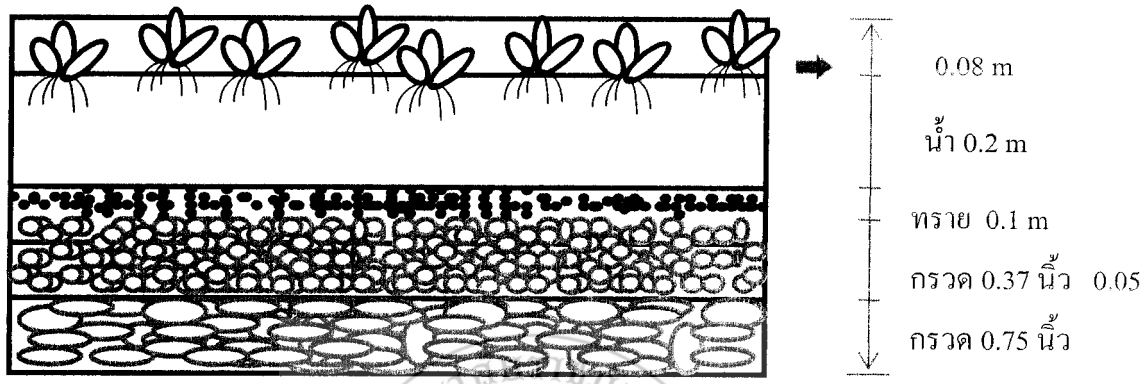
3.5.2 สร้างระบบบึงประดิษฐ์ดังกล่าว 3 บ่อต่อเรียงกันเป็นระบบโดยมีการทำงานต่อเนื่องกันประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้

1.) ส่วนแรก (บ่อที่ 1) ใช้ระยะเวลาในการบำบัด 14 วันเป็นส่วนที่มีการปลูกต้นตาลปัตรฤาษี เพื่อช่วยในการกรองและตกตะกอนของสารแขวนลอยและสารอินทรีย์ที่ตกตะกอนได้ ทำให้สามารถช่วยกำจัดสารแขวนลอย และสารอินทรีย์ได้บางส่วน เป็นการลดสารแขวนลอย และค่าบีโอดีได้ส่วนหนึ่งรูปแบบโครงสร้างของบ่อมีลักษณะ ดังภาพที่ 3.2



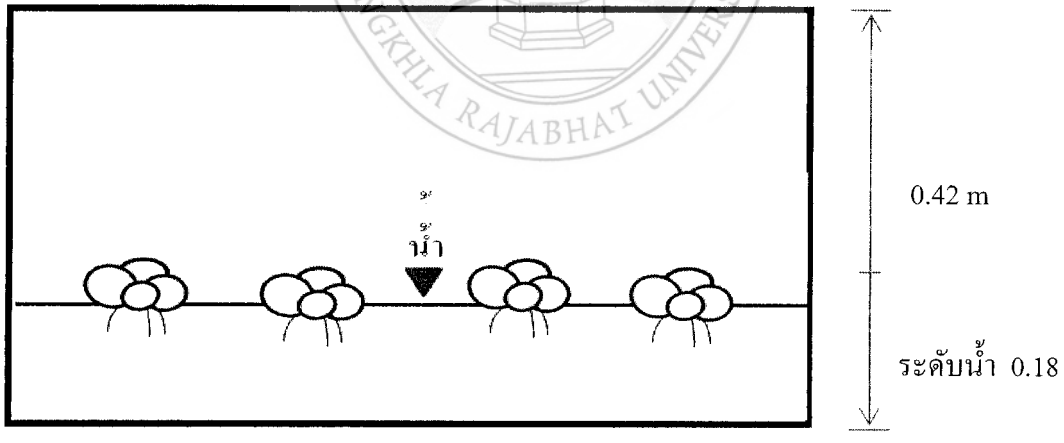
ภาพที่ 3.2 ภาพตัดขวางของบึงประดิษฐ์ บ่อที่ 1

2.) ส่วนที่สอง (บ่อที่ 2) ใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน เป็นส่วนที่ปลูกต้นผักตบชวาซึ่งเป็นการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ทำให้จุลินทรีย์ชนิดที่ใช้ออกซิเจนย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้เป็นการลดค่าบีโอดีในน้ำเสีย รูปแบบโครงสร้างของบ่อมีลักษณะ ดังภาพที่ 3.3

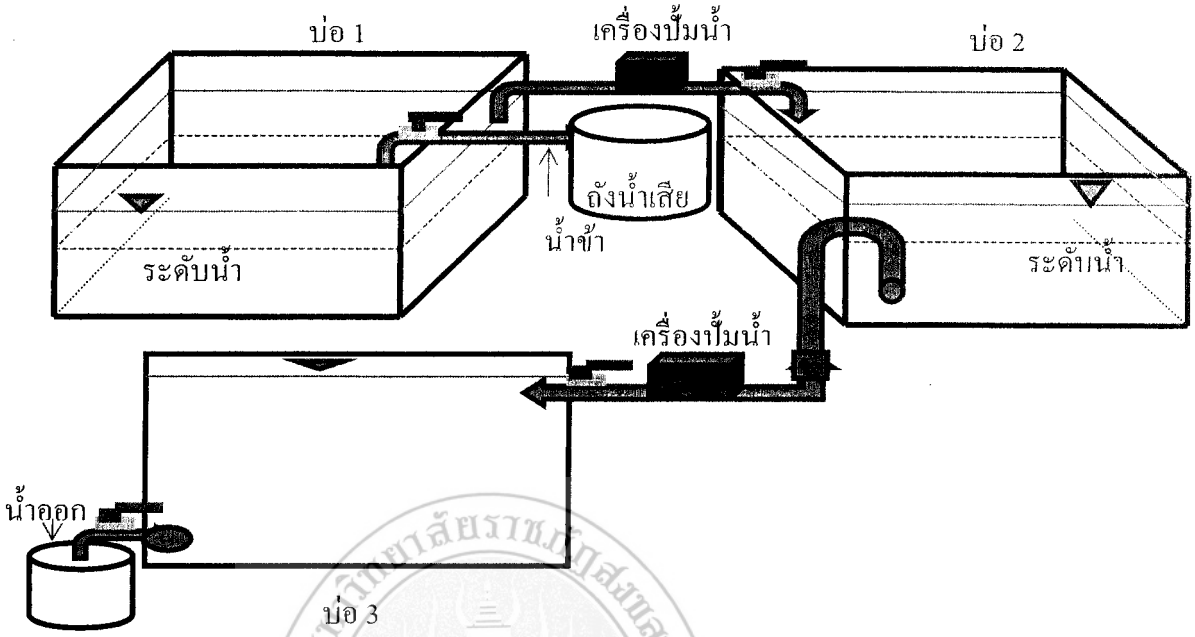


ภาพที่ 3.3 ภาพตัดขวางของบึงประดิษฐ์ บ่อที่ 2

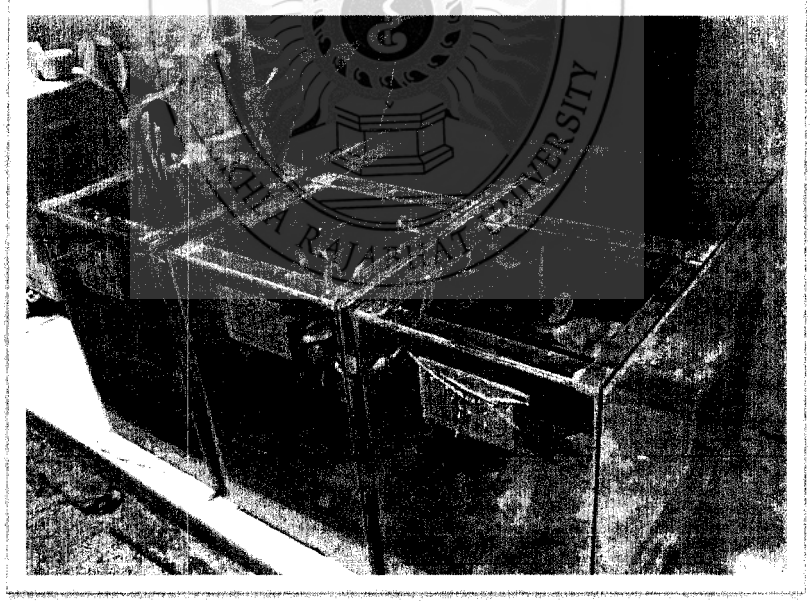
3.) ส่วนที่สาม (บ่อที่ 3) ใช้ระยะเวลาในการกักเก็บ 7 วัน เป็นส่วนที่ใช้จอก เพื่อช่วยกรองสารแขวนลอยที่ยังเหลืออยู่ ซึ่งสามารถลดสารอาหารจำพวกสารประกอบไนโตรเจนได้ รูปแบบโครงสร้างของบ่อมีลักษณะ ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ภาพตัดขวางของบึงประดิษฐ์ บ่อที่ 3



ภาพที่ 3.5 โครงสร้างระบบบึงประดิษฐ์



ภาพที่ 3.6 ระบบบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.6 การเตรียมตัวอย่างพืช

พืชที่ใช้ในการทดลอง มี 3 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ ตาลปัตรฤาษี ผักตบชวา และจอก

ตาลปัตรฤาษี

1.) เตรียมพื้นที่สำหรับอนุบาลท่อนพันธุ์ ซึ่งอาจใช้แปลงขนาดเล็กๆที่ได้หรือใช้ถุงพลาสติกสีดำ ขนาด 8 นิ้ว พร้อมทั้งใส่ดินเลนหรือค่อนข้างเหลวลงไป

2.) ถอนหรือขุดต้นพืชที่จะใช้ทำ ท่อนพันธุ์จากแหล่งพันธุ์ที่จัดหาไว้

3.) เลือกต้นอ่อนของตาลปัตรฤาษี (ต้นสูงประมาณ 30 เซนติเมตร) ไม่มีดอกมีระบบรากสมบูรณ์

4.) นำไปปักชำลงในพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้

5.) ดูแลรักษาเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ เพื่อให้ต้นพืชปรับสภาพตนเองก่อนการนำไปปลูกในบ่อทดลองที่ 1

การปลูกพืช

1.) เติมน้ำใส่ในบ่อทดลองที่ 1 เพื่อให้เนื้อดินในบ่อเกิดความชุ่มชื้น และนิ่มจะได้ปลูกพืชได้สะดวก

2.) ทำการปลูกพืชที่เตรียมไว้ลงบ่อทดลองให้มีระยะห่างระหว่างแถวเท่ากับ 20 เซนติเมตร เท่ากับ 11 ต้น

3.) ดูแลด้วยการใช้น้ำเสียเพื่อให้พืชที่ปลูกไว้ปรับตัว 1 สัปดาห์ ก่อนการบำบัดน้ำเสีย

ผักตบชวา และ จอก

1.) เตรียมพื้นที่สำหรับการอนุบาลผักตบชวาและจอก ซึ่งใช้อ่างน้ำในการอนุบาลพันธุ์พืชโดยปลูกในน้ำประปาแทนน้ำเสียก่อน 2-3 สัปดาห์

2.) เลือกใช้ผักตบชวาและจอกรุ่นที่ 2 ระยะเติบโต (อายุ 1-4 สัปดาห์)

3.) นำผักตบชวาและจอกไปปลูกในบ่อทดลองที่ 2 และบ่อทดลองที่ 3 ที่จัดเตรียมไว้ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยทักษิณ

การปลูกพืช

1.) ทำการปลูกผักตบชวาที่เตรียมไว้ในบ่อทดลองที่ 2 จำนวน 12 ต้น และจอกในบ่อทดลองที่ 3 จำนวน 20 ต้น

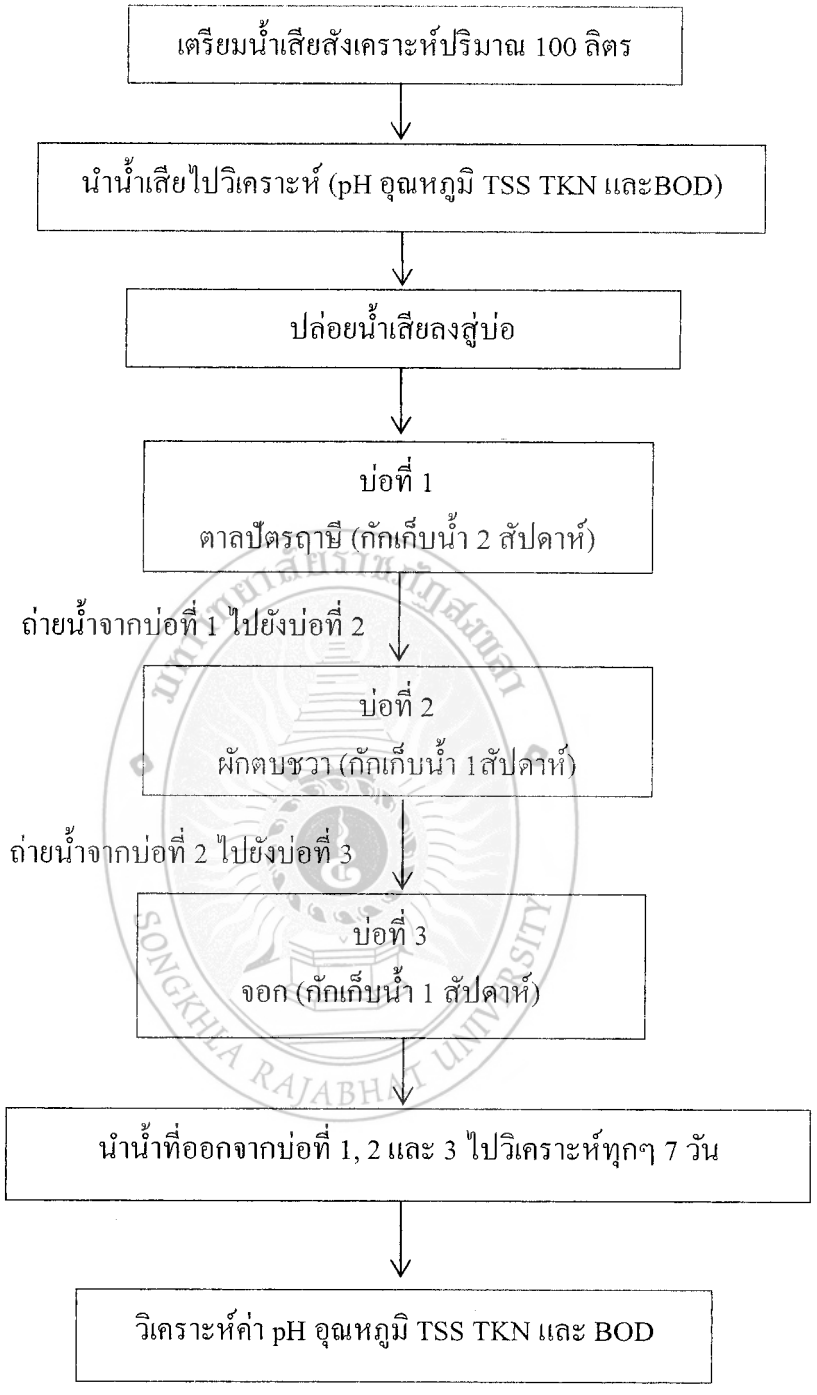
2.) ดูแลด้วยการใช้น้ำเสียเพื่อให้พืชที่ปลูกไว้ปรับตัว 1 สัปดาห์ ก่อนการบำบัดน้ำเสีย

3.7 การดำเนินการทดลอง

จากระบบบึงประดิษฐ์ที่ได้เตรียมไว้ 3 บ่อต่อเรียงกันเป็นระบบ มีการทำงานต่อเนื่องกัน โดยเริ่มทำการปล่อยน้ำเสียลงบ่อที่ 1 ซึ่งใช้พืชตาลปัตรฤาษีเป็นตัวบำบัดกำหนดให้ระดับน้ำสูง 0.3 เมตรความลึกชั้นดินทราย กรวด 0.2 เมตร โดยทำการปล่อยน้ำเสียลงบ่อทดลองแบบต่อเนื่อง จนระบบถึงสภาวะคงตัวโดยควบคุมให้มีระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 2 สัปดาห์ จากนั้นจึงปล่อยน้ำสู่บ่อที่ 2 ซึ่งปลูกผักตบชวาเป็นตัวบำบัด มีระดับน้ำสูง 0.2 เมตร ความลึกชั้นทราย กรวด 0.2 เมตร โดยมีระยะกักเก็บน้ำเสีย 1 สัปดาห์ แล้วปล่อยน้ำสู่บ่อที่ 3 ซึ่งปลูกต้นจอกโดยมีระยะกักเก็บน้ำเสีย 1 สัปดาห์ การเก็บตัวอย่างน้ำของระบบบึงประดิษฐ์ จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ออกจากระบบของแต่ละบ่อไปทดสอบทุกๆ 7 วัน เพื่อวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ pH อุณหภูมิ TSS TKN และ BOD ของระบบบึงประดิษฐ์

3.7.1 ขั้นตอนการดำเนินการทดลองระบบบึงประดิษฐ์ด้วยน้ำเสียสังเคราะห์

โดยเริ่มจากการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์แล้วนำไปวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ คือ pH อุณหภูมิ TSS TKN และ BOD ก่อนปล่อยสู่บ่อทดลองโดยจะใช้น้ำเสียสังเคราะห์ในการทดสอบระบบก่อน ซึ่งใช้บึงประดิษฐ์ 3 บ่อ เรียงติดต่อกันระยะเวลากักเก็บรวม 28 วัน โดยบ่อที่ 1 พืชที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย คือ ตาลปัตรฤาษี มีระยะเวลากักเก็บน้ำ 14 การดำเนินการทดลองวันหลังจากนั้นทำการปล่อยน้ำเสียจากบ่อที่ 1 ไปสู่บ่อที่ 2 พืชที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย คือ ผักตบชวา มีระยะเวลากักเก็บน้ำ 7 วัน เมื่อครบกำหนดแล้วทำการปล่อยน้ำเสียจากบ่อที่ 2 ไปสู่บ่อที่ 3 พืชที่ใช้ในการบำบัด คือ จอก มีระยะเวลากักเก็บน้ำ 7 วัน หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ คือ pH อุณหภูมิ TSS TKN และ BOD ดังแสดงในภาพที่ 3.7

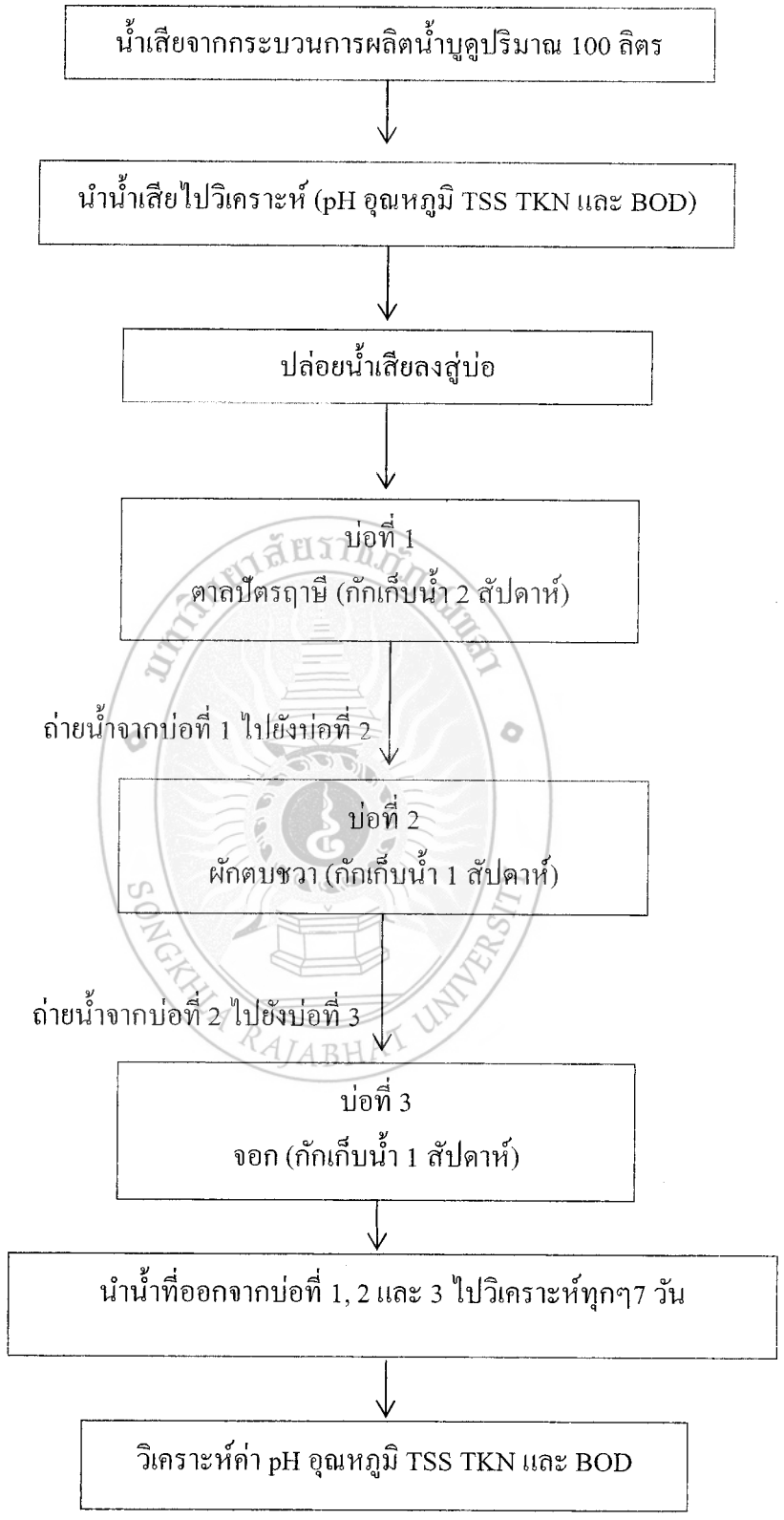


ภาพที่ 3.7 ขั้นตอนการดำเนินการทดลองระบบบึงประดิษฐ์ด้วยน้ำเสียสังเคราะห์

3.7.2 ขั้นตอนการดำเนินการทดลองระบบบึงประดิษฐ์ด้วยน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู

โดยเริ่มจากการนำไปวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ คือ pH อุณหภูมิ TSS TKN และ BOD ก่อนปล่อยสู่บ่อทดลองโดยจะใช้น้ำเสียสังเคราะห์ในการทดสอบระบบก่อน ซึ่งใช้บึงประดิษฐ์ 3 บ่อ เรียงติดต่อกันระยะเวลากักเก็บรวม 28 วัน โดยบ่อที่ 1 พืชที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย คือ ตาลปัตรฤาษี มีระยะเวลากักเก็บน้ำ 14 การดำเนินการทดลองวัน หลังจากนั้นทำการปล่อยน้ำเสียจากบ่อที่ 1 ไปสู่บ่อที่ 2 พืชที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย คือ ผักตบชวา มีระยะเวลากักเก็บน้ำ 7 วัน เมื่อครบกำหนดแล้วทำการปล่อยน้ำเสียจากบ่อที่ 2 ไปสู่บ่อที่ 3 พืชที่ใช้ในการบำบัด คือ จอก มีระยะเวลากักเก็บน้ำ 7 วัน หลังจากนั้น ทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ คือ pH อุณหภูมิ TSS TKN และ BOD ดังแสดงในภาพที่ 3.8

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY



ภาพที่ 3.8 ขั้นตอนการดำเนินการทดลองระบบบึงประดิษฐ์ด้วยน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู

3.8 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย โดยการเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าระบบ และน้ำเสียที่ออกจากระบบเวลา 08.30 น. หลังจากนั้นนำน้ำเสียที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามพารามิเตอร์ที่กำหนด คือ pH อุณหภูมิ TSS TKN และ BOD ตามวิธีวิเคราะห์ในตารางที่ 3.3

บทที่ 4
ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้ระบบบึงประดิษฐ์ เพื่อบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ซึ่งในการดำเนินการวิจัยนี้ แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วง ในช่วงแรกเป็นการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ในการทดสอบระบบก่อน ซึ่งใช้บึงประดิษฐ์ 3 บ่อ เรียงติดต่อกันระยะเวลากักเก็บรวม 28 วัน โดยบ่อที่ 1 พืชที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย คือ ตาลปัตรฤาษี มีระยะเวลากักเก็บน้ำ 14 วัน หลังจากนั้นทำการปล่อยน้ำเสียจากบ่อที่ 1 ไปสู่บ่อที่ 2 พืชที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย คือ ผักตบชวา มีระยะเวลากักเก็บน้ำ 7 วัน เมื่อครบกำหนดแล้วทำการปล่อยน้ำเสียจากบ่อที่ 2 ไปสู่บ่อที่ 3 พืชที่ใช้ในการบำบัด คือ จอก มีระยะเวลากักเก็บน้ำ 7 วัน หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ คือ pH อุณหภูมิ TSS TKN และ BOD ซึ่งคุณลักษณะน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าระบบ มีค่าดังนี้ pH เท่ากับ 6.28 อุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 28.66 °C TSS เท่ากับ 23.00 (mg/L) TKN เท่ากับ 20.31 (mg/L) และค่า BOD เท่ากับ 331.66 (mg/L)

ช่วงที่สอง เป็นการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ซึ่งในการทดลองการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดูนี้ จะใช้บึงประดิษฐ์ 3 บ่อเรียงติดต่อกันระยะเวลากักเก็บรวม 28 วัน โดยบ่อที่ 1 พืชที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย คือตาลปัตรฤาษี มีระยะเวลากักเก็บน้ำ 14 วันหลังจากนั้นทำการปล่อยน้ำเสียจากบ่อที่ 1 ไปสู่บ่อที่ 2 พืชที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียคือ ผักตบชวา มีระยะเวลากักเก็บน้ำ 7 วัน เมื่อครบกำหนดแล้วทำการปล่อยน้ำเสียจากบ่อที่ 2 ไปสู่บ่อที่ 3 พืชที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย คือ จอก มีระยะเวลากักเก็บน้ำ 7 วัน หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ คือ pH อุณหภูมิ TSS TKN และ BOD ซึ่งคุณลักษณะน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ก่อนเข้าระบบมีค่าดังนี้ pH เท่ากับ 6.06 อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28 °C TSS เท่ากับ 32.33 (mg/L) TKN เท่ากับ 12.60 (mg/L) และค่า BOD เท่ากับ 218.00 (mg/L)

หลังจากนั้นนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดของระบบบึงประดิษฐ์ ซึ่งมีระยะเวลากักเก็บทั้งหมด 28 วัน โดยจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ทุกๆ 7 วัน ตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ คือ pH อุณหภูมิ TSS TKN และ BOD โดยมีผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการทดลองระบบบึงประดิษฐ์โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์กับน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู

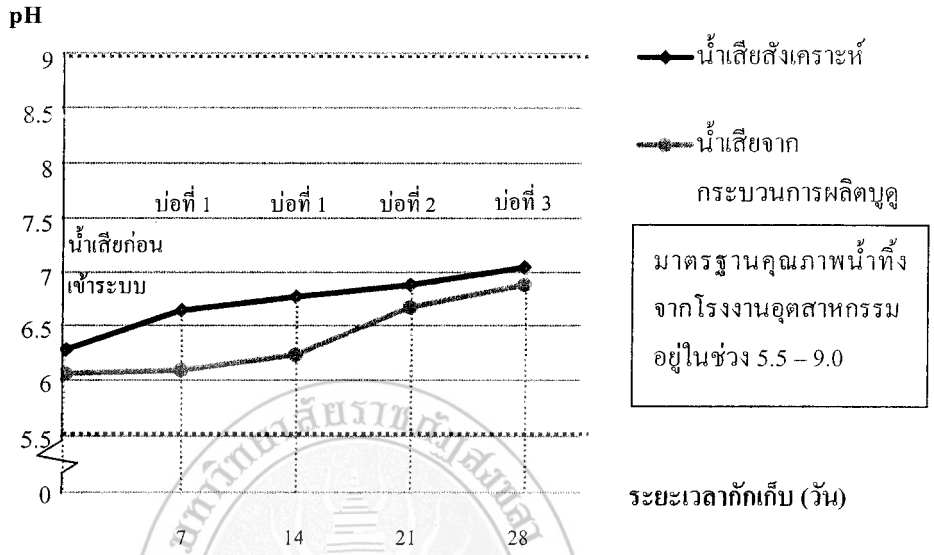
4.1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

จากการศึกษาคุณลักษณะน้ำเสียโดยใช้ระบบบึงประดิษฐ์พบว่าค่า pH ของน้ำเสียสังเคราะห์ ก่อนเข้าระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.28 ส่วนค่า pH เฉลี่ยของน้ำเสียที่ออกจากระบบบึงประดิษฐ์ มีระยะเวลากักเก็บ 7 14 21 และ 28 วัน เท่ากับ 6.64 6.77 6.88 และ 7.05 ตามลำดับ และค่า pH เฉลี่ยของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ก่อนเข้าระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.06 ส่วนค่า pH เฉลี่ยของน้ำเสียที่ออกจากระบบบึงประดิษฐ์ มีระยะเวลากักเก็บ 7 14 21 และ 28 วัน เท่ากับ 6.09 6.23 6.67 และ 6.88 ตามลำดับจะเห็นได้ว่าค่า pH เฉลี่ยของน้ำเสียออกจากระบบอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ดังนั้นค่า pH ของระบบบึงประดิษฐ์มีค่าอยู่ในช่วงที่เป็นกลาง คือ 6.06 -7.05 ซึ่งทำให้พืชสามารถดูดซึมธาตุอาหารต่างๆได้ดี และจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้เต็มที่ และค่า pH ของน้ำเสียที่ออกจากระบบอยู่ภายในข้อกำหนดคุณสมบัติการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต้องมีค่า pH ไม่น้อยกว่า 5.5 และไม่มากกว่า 9.0 ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม

ทั้งนี้ค่า pH เฉลี่ยของระบบบึงประดิษฐ์ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม คืออยู่ในช่วง 5.5-9.0 ดังภาพที่ 4.1

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY



ภาพที่ 4.1 ค่า pH เฉลี่ยของน้ำเสีย

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าคุณลักษณะน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ก่อนเข้าระบบและหลังออกจากระบบบึงประดิษฐ์ มีค่า pH ก่อนเข้าระบบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่า pH หลังออกจากระบบบึงประดิษฐ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.1.2 ค่าอุณหภูมิ (Temperature)

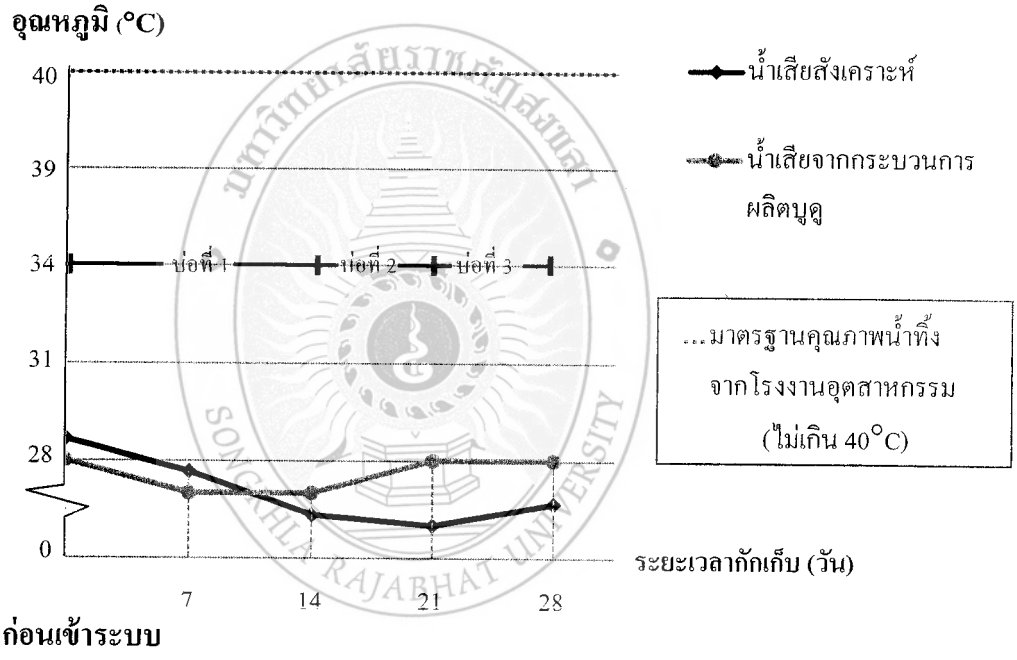
จากการศึกษาอุณหภูมิน้ำเสียโดยใช้ระบบบึงประดิษฐ์ พบว่าอุณหภูมิน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าสู่ระบบ มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28.66 °C ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเสียที่ออกจากบึงประดิษฐ์มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 26.00-27.66 °C โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 26.66 และจากการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ก่อนเข้าสู่ระบบมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28.00 °C

ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเสียที่ออกจากบึงประดิษฐ์มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 27.00-28.00 °C โดยมีอุณหภูมิ เฉลี่ยเท่ากับ 27.50 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำออกจากระบบอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียในการเจริญเติบโต

ดังนั้นค่าอุณหภูมิของระบบบึงประดิษฐ์มีค่าใกล้เคียงกันคือ 26.00-28.66 °C ซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียในการเจริญเติบโตคือจะอยู่ในช่วง 25.00-35.00 °C และค่า

อุณหภูมิของน้ำเสียที่ออกจากระบบอยู่ภายในข้อกำหนดคุณสมบัติการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุสาหกรรม ต้องมีอุณหภูมิไม่มากกว่า 40 °C ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

ทั้งนี้ค่าอุณหภูมิของระบบบึงประดิษฐ์ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม คือไม่เกิน 40 °C ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเสีย

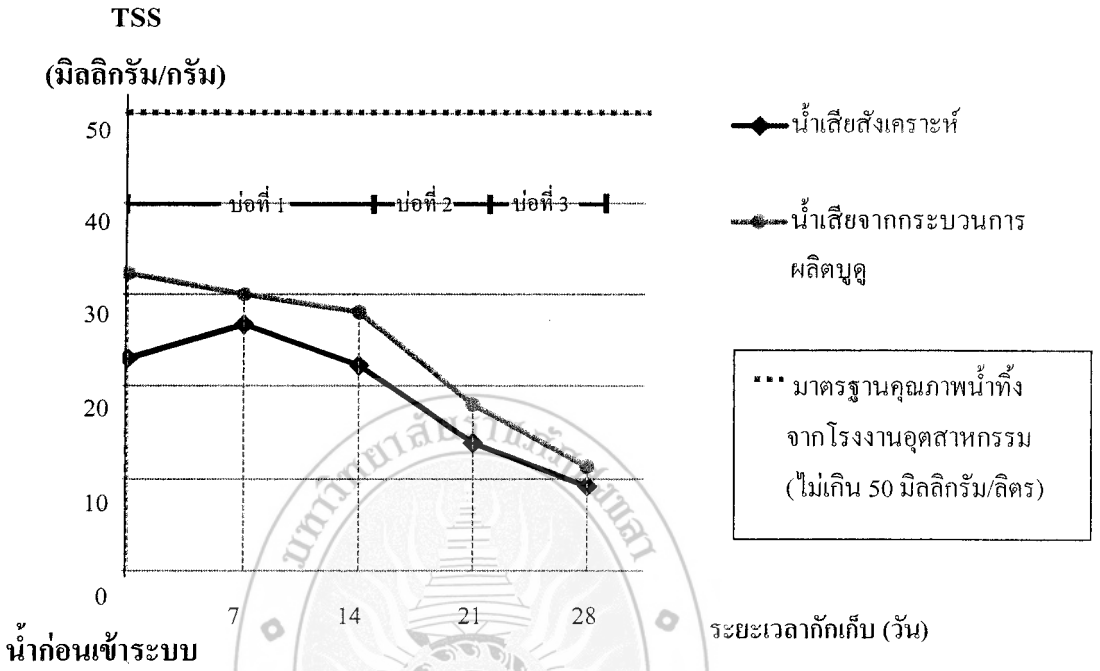
จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า คุณลักษณะน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ก่อนเข้าระบบและหลังออกจากระบบบึงประดิษฐ์ มีค่าอุณหภูมิ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.1.3 ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS)

จากการศึกษาคุณลักษณะน้ำเสียโดยใช้ระบบบึงประดิษฐ์ พบว่าค่า TSS ของน้ำเสียสังเคราะห์ ก่อนเข้าระบบเท่ากับ 23.00 (mg/L) ส่วนค่า TSS ของน้ำเสียออกจากระบบบึงประดิษฐ์ที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 7 14 21 และ 28 วันเท่ากับ 26.66 22.20 13.88 และ 9.22 (mg/L)ตามลำดับและค่า TSS ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ก่อนเข้าระบบเท่ากับ 32.33 (mg/L) ส่วนค่า TSS ของน้ำเสียออกจากระบบบึงประดิษฐ์ที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 7 14 21 และ 28 วันเท่ากับ 30.00 28.00 18.00 และ 11.33 (mg/L) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่า TSS จะมีความแปรปรวนเล็กน้อยโดยเฉพาะในช่วงสัปดาห์แรกตัวกลางที่นำมาใช้นี้ คือ ดิน หิน ทราย และพืชทั้ง 3 ชนิด เป็นพื้นที่ในการยึดเกาะของจุลินทรีย์นอกจากจะช่วยกรอง และตกตะกอนของแข็งแขวนลอยที่เข้ามาสู่ระบบแต่ในบางครั้งของแข็งแขวนลอยที่จมตัวไปแล้วในก้นบ่ออาจมีการลอยกลับมาแขวนลอยได้อีกเพราะนอกจากตัวกลางในระบบบึงประดิษฐ์ที่จะช่วยลดของแข็งแขวนลอยแล้วพืชที่ปลูกในระบบ ก็จะช่วยทำให้เกิดการกรองและการตกตะกอนได้ดีขึ้นด้วย

ดังนั้น เมื่อนำน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดโดยใช้ระบบบึงประดิษฐ์ พบว่า น้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการบำบัดโดยระบบบึงประดิษฐ์มีความสามารถในการลดค่า TSS ได้ ซึ่งพบว่าจากบ่อที่ 1 2 และ 3 คิดเป็นร้อยละ 3.48 37.47 และ 33.57 ตามลำดับ ดังนั้นจะสรุปได้ว่า ความสามารถในการลดค่า TSS โดยที่ค่า TSS ของน้ำเสียก่อนเข้าระบบ และหลังออกจากระบบ คิดเป็นร้อยละ 59.91 และน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดูที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียระบบบึงประดิษฐ์มีความสามารถในการลดค่า TSS ได้ ซึ่งพบว่าจากบ่อที่ 1 2 และ 3 คิดเป็นร้อยละ 13.39 35.71 และ 37.05 ตามลำดับ ดังนั้นจะสรุปได้ว่า ความสามารถในการลดค่า TSS โดยที่ค่า TSS ของน้ำเสียก่อนเข้าระบบและหลังออกจากระบบ คิดเป็นร้อยละ 64.95

ทั้งนี้ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของระบบบึงประดิษฐ์ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม คือ ไม่เกิน 50.00 (mg/L) ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเฉลี่ย

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า คุณลักษณะน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ก่อนเข้าระบบและหลังออกจากระบบบึงประดิษฐ์ มีค่า TSS แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

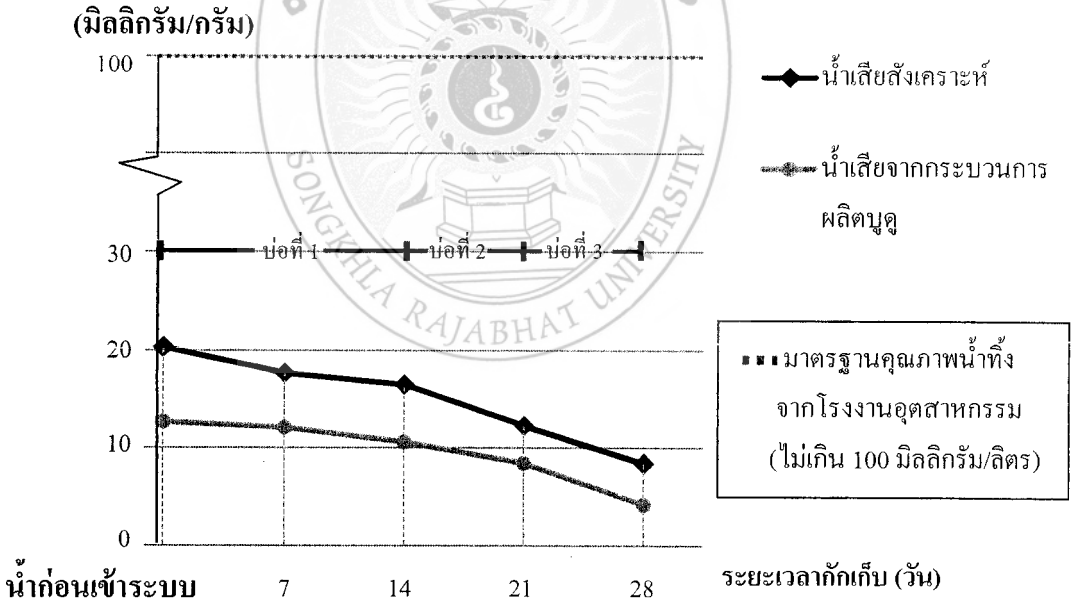
4.1.4 ไนโตรเจน (TKN)

จากการศึกษาคุณลักษณะน้ำเสียโดยใช้ระบบบึงประดิษฐ์ พบว่าค่า TKN ของน้ำเสียสังเคราะห์ ก่อนเข้าระบบเท่ากับ 20.31 (mg/L) ส่วนค่า TKN ของน้ำเสียออกจากระบบบึงประดิษฐ์ที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 7 14 21 และ28 วัน เท่ากับ 17.63 16.42 12.23 และ8.36 (mg/L) ตามลำดับ และค่า TKN ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ก่อนเข้าระบบเท่ากับ 12.60 (mg/L) ส่วนค่า TKN ของน้ำเสียออกจากระบบบึงประดิษฐ์ที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 7 14 21 และ 28 วัน เท่ากับ 12.04 10.55 8.40 และ 4.20 (mg/L) ตามลำดับจะเห็นได้ว่าไนโตรเจนของระบบลดลงเมื่อระยะเวลากักเก็บเพิ่มขึ้นการออกซิเดชันของไนโตรเจนเกิดโดย autotrophic nitrifying bacteria ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน

(ภัทรานิษฐ์, 2555)

ดังนั้น เมื่อนำน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบบึงประดิษฐ์ พบว่า น้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียระบบบึงประดิษฐ์ มีความสามารถในการลดค่า TKN ได้ ซึ่งพบว่าจากบ่อที่ 1 2 และ3 คิดเป็นร้อยละ 19.15 25.52 และ 31.64 ตามลำดับ ดังนั้นจะสรุปได้ว่าความสามารถในการลดค่า TKN โดยที่ค่า TKNหลังออกจากระบบคิดเป็นร้อยละ 58.83 และน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดูที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียระบบบึงประดิษฐ์มีความสามารถในการลดค่า TKN ได้ ซึ่งพบว่าจากบ่อที่ 1 2 และ 3 คิดเป็นร้อยละ 16.27 20.38 และ 50.00 ตามลำดับ ดังนั้นจะสรุปได้ว่า ความสามารถในการลดค่า TKN โดยที่ค่า TKN หลังออกจากระบบคิดเป็นร้อยละ 66.66

ทั้งนี้ค่าไนโตรเจนของระบบบึงประดิษฐ์ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม คือ ไม่เกิน 100.00 (mg/L) ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ค่าไนโตรเจนเฉลี่ย

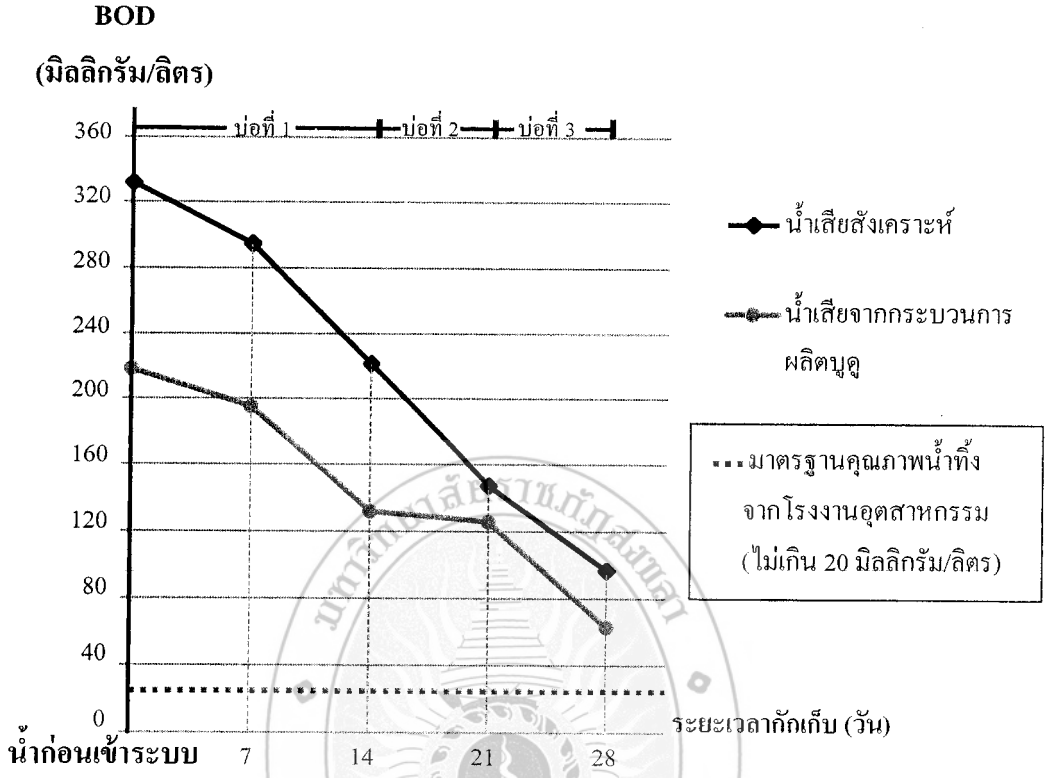
จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าคุณลักษณะน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ก่อนเข้าระบบและหลังออกจากระบบบึงประดิษฐ์ มีค่า TKN แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.1.5 ค่าบีโอดี (BOD)

จากการศึกษาคุณลักษณะน้ำเสียโดยใช้ระบบบึงประดิษฐ์ พบว่าน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าระบบเท่ากับ 331.66 (mg/L) ส่วนค่า BOD ของน้ำที่ออกจากระบบบึงประดิษฐ์ ที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 7, 14, 21 และ 28 วันเท่ากับ 294.66 221.33 147.33 และ 96.66 (mg/L) ตามลำดับ และน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ก่อนเข้าระบบเท่ากับ 218 (mg/L) ส่วนค่า BOD ของน้ำเสียที่ออกจากระบบบึงประดิษฐ์ ที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 7 14 21 และ 28 วันเท่ากับ 195 132 126 และ 63 (mg/L) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการลดลงของ BOD ตลอดการทดลองของระบบ จะมีค่าที่แตกต่างกันประสิทธิภาพการกำจัดค่า BOD ค่อนข้างสูงและสม่ำเสมอ เนื่องจากว่าสารอินทรีย์ที่เข้ามาในระบบค่าค่อนข้างที่จะน้อยสารอินทรีย์ในระบบนั้นจะถูกกำจัดโดยการกรอง และการตกตะกอนภายในชั้นของทรายและถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (ภัทรานิษฐ์, 2555)

ดังนั้นเมื่อนำน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดโดยใช้ระบบบึงประดิษฐ์ พบว่า น้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการบำบัดโดยระบบบึงประดิษฐ์มีความสามารถในการลดค่า BOD ได้ซึ่งพบว่าจากบ่อที่ 1 2 และ 3 คิดเป็นร้อยละ 33.26 33.43 และ 34.39 ตามลำดับ ดังนั้นจะสรุปได้ว่าความสามารถในการลดค่า BOD ของน้ำเสียหลังออกจากระบบคิดเป็นร้อยละ 70.85 และน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดูที่ผ่านการบำบัดโดยระบบบึงประดิษฐ์มีความสามารถในการลดค่า BOD ได้ ซึ่งพบว่าจากบ่อที่ 1 2 และ 3 คิดเป็นร้อยละ 39.44 4.54 และ 50.00 ตามลำดับดังนั้นจะสรุปได้ว่าความสามารถในการลดค่า BOD ของน้ำเสียหลังออกจากระบบ คิดเป็นร้อยละ 71.10

อย่างไรก็ตามค่า BOD ของระบบบึงประดิษฐ์ยังคงมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม คือไม่เกิน 20.00 (mg/L) ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ค่าบีโอดีเฉลี่ยของน้ำเสีย

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าคุณลักษณะน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ก่อนเข้าระบบและหลังออกจากระบบบึงประดิษฐ์ มีค่า BOD แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.2 ประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์

ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ พบว่า มีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งในรูป TSS ไนโตรเจนในรูป TKN และสารอินทรีย์ในรูป BOD ซึ่งใช้พืช 3 ชนิด คือ ตาลปัตรฤาษี ผักตบชวา และจอก เป็นตัวช่วยในการบำบัด ทำให้เกิดกลไกการบำบัดต่างๆ โดยพืชในระบบบึงประดิษฐ์ บ่อที่ 1 ใช้ตาลปัตรฤาษี จะช่วยในการกรองและตกตะกอนของสารแขวนลอยและสารอินทรีย์ ที่ตกตะกอน และค่า BOD ได้ส่วนหนึ่ง ในบ่อที่ 2 ใช้ผักตบชวาในการบำบัด เป็นการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ทำให้จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้

และสามารถลดค่า BOD ในน้ำด้วย และในบ่อที่ 3 ใช้จอกในการบำบัด จะช่วยกรองสารแขวนลอยที่ยังหลงเหลืออยู่ ซึ่งสามารถลดสารอาหารจำพวกไนโตรเจนได้

ดังนั้นจากการใช้พืชทั้ง 3 ชนิดในระบบบึงประดิษฐ์ มาบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู สามารถลดค่า TSS TKN และ BOD ได้

จากประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์สามารถเกิดขึ้นในระบบบึงประดิษฐ์ จึงทำให้ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งในรูปของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น และสารอินทรีย์ในรูป บีโอดี ของระบบบึงประดิษฐ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์

คุณลักษณะน้ำเสีย	ประเภท	ระยะเวลากักเก็บ (วัน)	คุณลักษณะของน้ำเสีย					ประสิทธิภาพการบำบัด (ร้อยละ)		
			pH	อุณหภูมิ (°C)	TSS (mg/l)	TKN (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS	TKN	BOD
น้ำเข้าระบบ	-	-	6.28	28.66	23.00	20.31	331.66	23.00	20.31	331.66
น้ำออก	บ่อที่ 1		6.64	27.66	26.66	17.63	294.66	-	-	-
น้ำออก	บ่อที่ 1	14	6.77	26.33	22.20	16.42	221.33	3.48	19.15	33.26
น้ำออก	บ่อที่ 2	7	6.88	26.00	13.88	12.23	147.33	37.47	25.52	33.43
น้ำออกระบบ	บ่อที่ 3	7	7.05	26.66	9.22	8.36	96.66	33.57	31.64	34.39
ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียทั้งระบบ								59.91	58.83	70.85

ตารางที่ 4.2 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู

คุณลักษณะน้ำเสีย	ประเภท	ระยะเวลากักเก็บ (วัน)	คุณลักษณะของน้ำเสีย					ประสิทธิภาพการบำบัด (ร้อยละ)		
			pH	อุณหภูมิ (°C)	TSS (mg/l)	TKN (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS	TKN	BOD
น้ำเข้าระบบ	-	-	6.06	28	32.33	12.60	218	32.33	12.60	218
น้ำออก	บ่อที่ 1	7	6.09	27	30.00	12.04	195	-	-	-
น้ำออก	บ่อที่ 1	14	6.23	27	28.00	10.55	132	13.39	16.27	39.44
น้ำออก	บ่อที่ 2	21	6.67	28	18.00	8.40	126	35.71	20.38	4.54
น้ำออกระบบ	บ่อที่ 3	28	6.88	28	11.33	4.20	63	37.05	50.00	50.00
ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียทั้งระบบ								64.95	66.66	71.10

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การประยุกต์ใช้ระบบบึงประดิษฐ์เพื่อบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพระบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ซึ่งในการดำเนินการวิจัยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วง โดยช่วงแรกเป็นการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ และช่วงที่สอง เป็นการบำบัดโดยใช้น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู

การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ เตรียมจากกระบวนการทางเคมี และวิเคราะห์ค่าคุณลักษณะของน้ำเสียที่เตรียมได้ มีค่าคุณลักษณะน้ำเสียของ pH 6.25 อุณหภูมิ 28.66 ℃ TSS 23.00 (mg/L) TKN 20.31 (mg/L) BOD 331.66 (mg/L) จากการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียโดยระบบบึงประดิษฐ์ตามพารามิเตอร์ที่กำหนด ได้แก่ pH อุณหภูมิ TSS TKN และ BOD มีค่าความสกปรกเท่ากับ 7.05 26.66 9.22 8.36 และ 96.66 ตามลำดับ พบว่าพารามิเตอร์ที่มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมได้แก่ pH อุณหภูมิ TSS และ TKN พารามิเตอร์ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมได้แก่ BOD และจากการศึกษาพบว่า การประยุกต์ใช้ระบบบึงประดิษฐ์เพื่อบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดูสามารถลดค่าความสกปรกของน้ำเสียสังเคราะห์ TSS ร้อยละ 59.91 TKN ร้อยละ 58.83 BOD ร้อยละ 70.85

การวิเคราะห์ค่าคุณลักษณะน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู มีค่าคุณลักษณะน้ำเสีย pH 6.06 อุณหภูมิ 28 ℃ TSS 32.33 (mg/L) TKN 12.60 (mg/L) BOD 218.00 (mg/L) จากการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดูที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียโดยระบบบึงประดิษฐ์ตามพารามิเตอร์ที่กำหนด ได้แก่ pH อุณหภูมิ TSS TKN และ BOD มีค่าความสกปรกเท่ากับ 6.88 28.00 11.33 4.20 และ 63.00 ตามลำดับ พบว่า พารามิเตอร์ที่มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมได้แก่ pH อุณหภูมิ TSS และ TKN พารามิเตอร์ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมได้แก่ BOD และจากการศึกษา พบว่า การประยุกต์ใช้ระบบบึงประดิษฐ์ เพื่อบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดูสามารถลดค่าความสกปรกของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู TSS ร้อยละ 64.99 TKN ร้อยละ 66.66 BOD ร้อยละ 71.10

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า คุณลักษณะน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ก่อนเข้าระบบและหลังออกจากระบบบึงประดิษฐ์ พบว่า ค่า pH หลังออกจากระบบบึงประดิษฐ์ ค่าอุณหภูมิก่อน-หลังออกจากระบบบึงประดิษฐ์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนค่า pH ก่อนเข้าระบบ อุณหภูมิ TSS TKN และ BOD ก่อนเข้าระบบ และหลังออกจากระบบบึงประดิษฐ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการทดลอง สรุปได้ว่า การประยุกต์ใช้ระบบบึงประดิษฐ์ เป็นการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู มีประสิทธิภาพในการลดค่า TSS TKN และ BOD ได้ดีเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู

5.2 ข้อเสนอแนะ

1.) ระบบน้ำในบึงประประดิษฐ์ควรให้มีการไหลของน้ำอย่างต่อเนื่อง

2.) การศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาพืชที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสูงกว่านี้ เพื่อลดระยะเวลาในการบำบัด และมีประสิทธิภาพในการลดค่าความสกปรกมากขึ้น

3.) ควรมีการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นก่อนการนำมาบำบัดด้วยระบบบึงประดิษฐ์ เพื่อให้ปริมาณสารอินทรีย์ในรูป BOD ลดน้อยลง และไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บรรณานุกรม

สุชาดา สังวรวงษ์พนา. 2525. **ประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์ในการลดค่า COD, Po_4^{3-} SS และ TDS.** มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พัฒนพงษ์ ฟองเพชร, จิดาวัลย์ วิบูลย์อุทัย และเชาวยุทธ พรพิมลเทพ. 2552. **ประสิทธิภาพของพุทธรักษาในการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยระบบบึงประดิษฐ์ แบบการไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์. 2540. **มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.** ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

พิจิตรา ชโยปถัมภ์. 2546. **การบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยแบบจำลองบึงประดิษฐ์.** เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิกาญดา ทองเนื้อแข็ง และคณะ. 2545. **การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้พืชน้ำในการบำบัดน้ำเสียชุมชน.** คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

มณฑล ฐานุตตมวงศ์. 2550. **การประยุกต์ใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสงในการบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตนม** โดยปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรนจมตัว. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.

ซูติมาศรี วิบูรณ์. 2547. **เคมีวิเคราะห์พื้นฐาน.** กรุงเทพ. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สมทิพย์ ด่านทีรวนิชย์ และคณะ. 2553. **คุณภาพน้ำและการจัดการ.** ศูนย์เครือค่าย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

กฤตธี วงสถิต. 2544. **การบำบัดน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุนารี.

นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์และคณิต ตังคณา. 2550. **หลักการตรวจวิเคราะห์น้ำทางเคมี.** สำนักพิมพ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พีรยา จินดามณีและสมัชชัย ทองคำ. 2549. **การศึกษาแนวทางการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย:** มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

นุชนาฎ แสงกล้า. 2552. **ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของโรงเรียนด้วยพืช 3 ชนิดในระบบบึงประดิษฐ์:** มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

จักราพิชญ์ และประสงค์สม. 2544. **การบำบัดน้ำเสียด้วยบึงประดิษฐ์.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ภัทรานิษฐ์ เปลี่ยนไธสง. 2555. **พืชที่มีคุณสมบัติในการบำบัดน้ำเสีย.** สักนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ.

บรรณานุกรม (ต่อ)

นายมะยูดินสมาแอ และคณะ. (2552). **แหล่งที่มา**: http://www.budutani.com/budu/cp.html, 25/01/55

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2555. **พืช**. สืบค้นจากเว็บไซต์ http:/th.wikipedia.org

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2549) **แหล่งที่มา**: http://www.sri.cmu.ac.th, 25 กุมภาพันธ์ 2555

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์

ภาคผนวก ก
วิธีการวิเคราะห์

1. ความเป็นกรดด่าง (pH)

1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดพีเอช
2. บีกเกอร์ ขนาด 100 มล.
3. เครื่องกวนแม่เหล็ก (Magnetic Stirrer)

1.2 วิธีการวัดพีเอช

1. หลังจากเปิดเครื่องวัดพีเอช ควรปล่อยให้เครื่องร้อนอย่างน้อย 15 นาที ก่อนใช้งาน
2. ปรับเทียบมาตรฐาน (Standardization) เครื่องให้พร้อมก่อนที่จะวัดพีเอชตัวอย่างโดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่ทราบค่าพีเอชแน่นอนการเทียบมาตรฐานแบบ 2 จุด (Two Point Standardization)คือ การใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน 2 ตัว เป็นตัวเทียบมาตรฐาน โดยการจุ่มอิเล็กโทรดลงในสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานตัวแรก (มีพีเอช7)ใช้ปุ่ม Calibrate ปรับค่าให้ได้เท่ากับค่าของสารละลายบัฟเฟอร์ ล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่น ซับด้วยกระดาษนุ่ม ๆ เบา ๆแล้วจุ่มลงในสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานตัวที่สอง (มีค่าพีเอช4 หรือ 10)
3. ตัวอย่างน้ำที่จะนำมาวัดพีเอช ต้องปล่อยให้มีอุณหภูมิคงที่เสียก่อน เช่นในกรณีที่ตัวอย่างน้ำแช่เย็นไว้ ต้องนำออกจากตู้เย็น ตั้งทิ้งไว้จนหายเย็น จึงจะนำไปวัดพีเอช เพราะค่าพีเอชจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ
4. ก่อนวัด เขย่าตัวอย่างน้ำให้เข้ากันดี เทใส่บีกเกอร์และวางบนเครื่องกวนแม่เหล็ก จุ่มอิเล็กโทรต แล้วเปิดเครื่องกวนให้หมุนเบาๆ (ถ้าไม่มีเครื่องกวนแม่เหล็ก ให้ขยับอิเล็กโทรตเบาๆ)จนตัวเลขแสดงค่าพีเอชหยุดนิ่ง อ่านค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำ
5. เมื่อจะวัดตัวอย่างไปให้ฉีดล้างอิเล็กโทรตด้วยน้ำกลั่นแล้วซับด้วยกระดาษหรือผ้านุ่มๆ แล้วจึงวัดตัวอย่างถัดไป แต่ถ้าจะเลิกวัดหลังจากที่ล้างอิเล็กโทรตด้วยน้ำกลั่นจนสะอาดและซับให้แห้ง แล้วให้แช่อิเล็กโทรตไว้ในสารละลายที่มีอิออนมากพอควรและมีฤทธิ์เป็นกรด เช่น สารละลายบัฟเฟอร์ 4 หรือที่ดีที่สุดในน้ำยาสำหรับเก็บรักษาอิเล็กโทรต

2. อุณหภูมิ (Temperature)

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอท
2. กระดาษจดบันทึก

2.2 วิธีการวัด

1. ตรวจสอบว่าเทอร์โมมิเตอร์อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้หรือไม่ โดยตรวจสอบปรอทที่อยู่ด้านล่างของกระเปาะว่าไม่ค้างอยู่ด้านบน และเส้นปรอทไม่ขาดตอน
2. นำเทอร์โมมิเตอร์ไปวัดอุณหภูมิน้ำในแหล่งน้ำที่ต้องการศึกษา กรณีที่เป็นน้ำที่มีความลึกมากกว่า 5 เมตรขึ้นไป ควรวัดอุณหภูมิทั้งที่ระดับผิวน้ำ และพื้นท้องน้ำ ส่วนแหล่งน้ำที่มีความลึก 10 เมตรขึ้นไปควรวัดอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับคือ ระดับผิวน้ำ กลางน้ำ และพื้นท้องน้ำ ส่วนแหล่งน้ำหรือบ่อที่มีขนาดกว้างหรือใหญ่มาก ควรวัดอุณหภูมิน้ำหลายจุดแล้วนำค่าที่ได้ไปเฉลี่ย จะได้ค่าอุณหภูมิที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
3. การอ่านค่าอุณหภูมิต้องให้ปรอทหยุดการเคลื่อนที่ก่อน บันทึกเวลาที่ทำการวัด ด้วยหน่วยของอุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียส(°C)ถ้าหากเปลี่ยนหน่วยของอุณหภูมิเป็นฟาเรนไฮน์°F สามารถคำนวณได้ดังสูตร

$$°C = \frac{5}{9}(°F - 32)°F = \left(\frac{9}{5} \times °C\right) + 32$$

3. ของแข็งแขวนลอย (suspended solids : TSS)

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. กระดาษกรองใยแก้ว GF/C ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 mm
2. Bucher's funnel
3. เครื่องกรองดูดพร้อมปั๊มดูดอากาศ
4. ตู้อบแห้ง (oven)
5. โถดูดความชื้น (dessicator)
6. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.2 วิธีวิเคราะห์

1. นำกระดาษกรอง GF/C มาชั่งโดยเครื่องละเอียด สมมติได้น้ำหนัก = A กรัม
2. วางกระดาษกรองลงบนกรวยบุซเนอร์ (buchner's funnel)ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศโดยใช้ปากคีบที่สะอาด ใช้น้ำกลั่นฉีดบนกระดาษกรองให้ทั่ว แล้วเปิดปั๊มดูดอากาศเพื่อให้กระดาษกรองแนบสนิทดีกับกรอง
3. ปิเปตตัวอย่างน้ำ 50-100 มล. (ปริมาตรที่ใช้ขึ้นกับของแข็งแขวนลอยในน้ำ)ใส่ไปบนกระดาษกรองทีละน้อยพร้อมกับเปิดปั๊มดูดอากาศพยายามให้ของแข็งกระจายไปทั่วๆ กระดาษกรอง
4. ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ติดอยู่ข้างกรวยจนหมดและรอจนกว่าจะแห้ง แล้วใช้ปากคีบค่อยๆ หยิบกระดาษกรองออกนำไปวางบนภาชนะที่ใส่เดิม (อาจเป็นกระดาษฟอยส์หรือภาชนะอื่นที่เหมาะสม)
5. นำไปอบให้แห้งในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 103-105 °C นานประมาณ 1 ซม. ทำให้เย็นใน dessicatorแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก สมมุติได้ = B กรัม
6. ควรทำข้อ 5 ซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่ หรือจนกระทั่งมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักน้อยกว่า 4 %

3.3 การคำนวณ

$$\text{ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มก./ลิตร)} = \frac{(B-A)\times 10^6}{ml\ sample}$$

โดยที่ A = น้ำหนักกระดาษกรองก่อนการวิเคราะห์ (กรัม)

B = น้ำหนักกระดาษกรองหลังการวิเคราะห์ (กรัม)

4. ไนโตรเจนรวม (Total KjeldahtNitrogen : TKN)

4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดพีเอช
2. บีกเกอร์
3. หลอดเจดาห์ล
4. เครื่องย่อยสลาย
5. กระบอกตวง
6. บิวเรต

4.2 การวิเคราะห์

1. ตวงตัวอย่างน้ำปริมาตร 100 ml. ใส่ลงใน Kjedahl flask แล้วเติมลูกแก้วหรือกระเบื้องลงไป 3-4 ชิ้น
2. เติมน้ำยาย่อยสลาย (Digestion Reagent) ลงไป 50 ml. แล้วนำไปเข้าเครื่องย่อยที่อุณหภูมิ 200 ℃ เป็นเวลา 30 นาที
3. เพิ่มอุณหภูมิเป็น 380 ℃ จากนั้นย่อยจนกว่าสารสลายที่ได้เป็นสีฟ้าใส และย่อยต่ออีกประมาณ 20 นาที ปิดเครื่องและทำให้ตัวอย่างเย็น และเติมน้ำลงไป 25 ml.
4. เติม Sodium hydroxide-sodium thiosulfate reagent ($NaOH$-$Na_2S_2O_3$) ลงไป 50 ml. แล้วนำไปทำการกลั่น
5. ทำการเก็บ Distillate 250 ml. ด้วย Indicator boric acid solution 50 ml.
6. ไตเตรทสารละลายที่ได้ด้วย H_2SO_4 0.02 N จนกระทั่งอินดิเคเตอร์เปลี่ยนเป็นสีม่วงอ่อน (pale lavender)จดปริมาตรที่ใช้
7. ทำการวิเคราะห์ blank โดยใช้น้ำกลั่นแทนน้ำตัวอย่างและใช้วิธีการเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ตัวอย่าง

4.3 การคำนวณ

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

เมื่อ A = ปริมาณ H_2SO_4 0.02 N ที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่างน้ำ (ml)

B =ปริมาณ H_2SO_4 0.02 N ที่ใช้ไตเตรทกับ Blank (ml)

5. ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

5.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. incubation bottles (BOD)
2. air incubator
3. บิวเรต (Burette)
4. กระบอกตวงขนาด 250 ml.
5. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 500 ml.

5.2 การวิเคราะห์

1. การเตรียมน้ำสำหรับเจือจาง

- ตวงน้ำกลั่นให้มากกว่าปริมาตรที่จะใช้ 1 ลิตร ใส่ลงในภาชนะที่สะอาด

- เติมสารละลาย ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ แมกนีเซียมซัลเฟต แคลเซียมคลอไรด์ เฟอร์ริคคลอไรด์ โดยเติมสารละลายแต่ละชนิด 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำสำหรับใช้เจือจาง 1 ลิตร

- เป่าอากาศที่สะอาด เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำอย่างน้อย 1 ชั่งโมง

2. การเตรียมตัวอย่างน้ำที่จะวิเคราะห์

-ตัวอย่างน้ำที่เป็นด่างหรือกรดต้องปรับ pH ให้เป็น 6.5-7.5 ด้วยกรด H_2SO_4 1 N ด่าง NaoH 1 N

-ตัวอย่างน้ำที่มีสารประกอบคลอรีนตกค้าง โลหะหนัก หรือสารที่เป็นพิษชนิดอื่นเจือปนอยู่ จะต้องศึกษาและกำจัดเสียก่อน

3. วิธีการทำเจือจาง

-เลือกอัตราส่วนการเจือจางที่คาดว่าจะให้ค่าBOD_5อยู่ในช่วงที่กำหนดแล้วเลือกอัตราส่วนที่สูงกว่า ดังนั้นจึงจำเป็นต้องรู้ค่าBOD_5โดยประมาณก่อน

-เมื่อเลือกปริมาณตัวอย่างได้แล้ว ปิเปตตัวอย่างตามจำนวนที่เลือกไว้ลงในขวด BOD ขนาด 300 ml อย่างละ 3 ขวด

-เติมน้ำยาสำหรับใช้เจือจางจนเต็มขวด BOD ต้องระมัดระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ ปิดจุกให้สนิท นำไปเก็บในตู้ Incubator ที่ 20 องศาเซลเซียส 2 ขวด ส่วนขวดที่เหลือนำไปหาค่า DO ทันที เพื่อทราบค่า DO ที่จุดเริ่มต้น

-ทำเช่นเดียวกับข้อ 3.2-3.3 สำหรับเปอร์เซ็นต์ตัวอย่างที่เจือจางที่ต่ำกว่าและสูงกว่าตามลำดับ

4. การหาค่า DO ที่จุดเริ่มต้น (DO_0) ใช้วิธี Azide Modification

5. การเพาะเลี้ยง (Inbucation) เพาะเลี้ยงโดยเก็บ 2 ขวด ของแต่ละเปอร์เซ็นต์ตัวอย่างเจือจางในตู้เย็นมืดอุณหภูมิ 20±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จึงนำมาหาปริมาณ (Do_5)

6. การควบคุมคุณภาพน้ำเจือจาง รินน้ำกลั่นที่ใช้เจือจางแต่ไม่ได้ใส่น้ำเชื้อลงในขวด BOD 2 ขวด ปิดจุก แล้วเอาขวดหนึ่งเพาะที่ 20 องศาเซลเซียส ส่วนอีกขวดหนึ่งนำไปหาค่า DO ทันที ผลต่างของ DO ที่ได้ไม่ควรเกินกว่า 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร และถ้าจะให้ดีไม่ควรลดเกิน 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร

7. การพิจารณาผลเพื่อคำนวณค่า BODผลที่น่าเชื่อถือและจะใช้คำนวณนั้น จะต้องมีค่าปริมาณ DO อย่างน้อย 1 มิลลิกรัม/ลิตรและต้องมีการลดปริมาณ DO ลงไปอย่างน้อย 2 มิลลิกรัม/ลิตร ของตัวอย่างน้ำที่ทำการเจือจางจึงทำให้ค่า BOD_5ที่คำนวณออกมาถูกต้องที่สุด

5.3 การคำนวณค่า BOD

$$BOD_5(mg/L) = (D_0 - D_5) X \text{อัตราเจือจาง}$$

ภาคผนวก ข

โครงงานวิจัย

ภาคผนวก ข

แบบเสนอโครงการวิจัย
โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
วิจัยเฉพาะทางสิ่งแวดล้อม (4003001)

1. ชื่อโครงการวิจัย การประยุกต์ใช้ระบบบึงประดิษฐ์เพื่อบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู

The Application of the Constructed Wetland System for Wastewater Treatment from Budu Process

2. ปีการศึกษา 2557

3. สาขาที่ทำการวิจัย วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม)

4. ประวัติผู้วิจัย

4.1 นางสาวซอฟียะห์ ปีไสย ศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

Miss. Sofeeyah Pisai, Education of Bachelor Degree 4, Environmental Science, Faculty of Science and Technology, SongkhlaRajabhat University.

4.2 นางสาวซาปีน๊ะ อับดุลบุตร ศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

Miss. Sapinah Abdulbut, Education of Bachelor Degree 4, Environmental Science, Faculty of Science and Technology, SongkhlaRajabhat University.

4.3 นางสาวผกามาศ ไกรน้อย ศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

Miss. Phakamat Krainoi, Education of Bachelor Degree 4, Environmental Science, Faculty of Science and Technology, SongkhlaRajabhat University.

5. รายละเอียดเกี่ยวกับการวิจัย

5.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในสมัยก่อนตำบลปะเสยะวอ ตำบลบางเก่า และตำบลตะลุบัน เป็นพื้นที่ที่ติดชายทะเลมีบทบาทอย่างมากในการจับปลาสมัยนั้นมีปลาชุกชุมมีความอุดมสมบูรณ์วิถีชีวิตของชุมชนจะมีอาชีพหลักคือประมงพื้นบ้านชายฝั่งระยะไม่เกิน 3,000 เมตรใช้เรือขนาดเล็กออกหาปลามีรายได้ 300-700 บาทต่อคน ชาวประมงเลือกปลาที่สด และปลาที่ได้ขนาดมาจำหน่าย และรับประทานในครัวเรือน ส่วนปลาขนาดเล็กที่ติดอวนและแหจะเอามาผสมเกลือหมักในไหปากเล็ก (ไหนี้เรียกว่า "กูรี")ใช้ระยะเวลาหมักประมาณ 1 ปีน้ำหมักดังกล่าวเรียกว่า "น้ำบูดู" น้ำบูดูเป็นเครื่องชูรสในการรับประทานอาหารทุกมื้อ และสามารถทำเป็นเครื่องปรุงในการประกอบอาหารคาวอีกด้วย ปัจจุบันเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย และเป็นที่นิยมทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะ 4 จังหวัดชายแดนภาคใต้ เป็นเครื่องชูรสหลักในครัวเรือนปลาที่ใช้นิยมใช้ คือปลาไส้ตัน เพราะมีขนาดเล็ก เปื่อยเร็ว มีกลิ่นหอม สีสวย รสอร่อย การผลิตน้ำบูดูสำหรับรับประทานในครัวเรือน และหมู่บ้าน การผลิตจึงมีปริมาณน้อย ต่อมาน้ำบูดูได้รับความนิยมจึงเริ่มผลิตเป็นการค้า ซึ่งชุมชนปะเสยะวอมีความสามารถในการหาตลาดจำหน่ายผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดการแข่งขันภายในชุมชนในการผลิตน้ำบูดูอย่างแพร่หลาย (มะยูดิน สมาแอและคณะ, 2552)

โรงงานที่ผลิตน้ำบูดูส่วนใหญ่มีขบวนการผลิตที่ไม่ถูกสุขลักษณะและก่อแนวโน้มที่จะมีโอกาสปนเปื้อนอันตรายต่างๆ ได้แก่ อันตรายทางเคมี เช่น โลหะหนัก และอันตรายทางกายภาพ เช่น เศษปูนซีเมนต์ นอกจากนี้ยังมีโอกาสปนเปื้อนจากสัตว์นำโรค และสภาพแวดล้อมที่สกปรกทำให้เกิดความเสี่ยงจากอันตรายที่มองไม่เห็นอีกมากมาย จึงก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมภายในชุมชน จากการปล่อยน้ำที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการบำบัดก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำจนทำให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำ น้ำเน่าเสียในแหล่งน้ำชุมชนมีความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ซึ่งก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ จากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ทำให้คนในชุมชนและชุมชนรอบข้างไม่สามารถใช้น้ำในการอุปโภค บริโภคได้ และสัตว์น้ำในแหล่งน้ำมีปริมาณลดลงจากน้ำเสียดังกล่าว

จากสาเหตุดังกล่าวจึงทำให้คณะผู้วิจัยมีความสนใจในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดูโดยประยุกต์ใช้บึงประดิษฐ์ เนื่องจากเป็นการบำบัดโดยอาศัยระบบธรรมชาติและเป็นระบบที่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและดูแลรักษาต่ำ นอกจากนี้การติดตั้งและการดำเนินการไม่จำเป็นต้องใช้บุคลากรที่มีความชำนาญ

5.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู

2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพระบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู

5.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียระบบบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตาลปัตรฤษี ผักตบชวา และจอก

2. สามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ ของแข็งแขวนลอย และสารอาหารที่ปนเปื้อนในน้ำเสียจากกกระบวนการผลิตน้ำบูดูได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. สามารถนำความรู้พื้นฐานไปใช้พัฒนากระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยการใช้ระบบบึงประดิษฐ์ในอนาคต

5.4 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

น้ำ เป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตน้ำถูกนำมาใช้ในการอุปโภค บริโภค และน้ำเมื่อใช้แล้วก็จะถูกปล่อยทิ้งออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติอีกครั้งหนึ่ง ระบบหมุนเวียนดังกล่าว ได้ก่อให้เกิดปัญหาขึ้น เมื่อถูกนำมาใช้ในครัวเรือนการเกษตร และการอุตสาหกรรมในอัตราสูง และถูกปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำในลักษณะของน้ำเสียที่มีปริมาณมากเกินขีดความสามารถที่แหล่งน้ำธรรมชาติจะปรับตัวได้ทัน ทำให้แหล่งน้ำมีคุณภาพเลวลงและในที่สุดก็กลายเป็นน้ำเน่าเสียสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำก็ไม่อาจดำรงชีวิตอยู่ต่อไปได้

5.4.1 น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู

น้ำบูดู จัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปัญหาเกี่ยวกับอันตรายทางด้านจุลินทรีย์น้อย เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณเกลือสูง ซึ่งช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้ ทำให้คุณลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตน้ำบูดูที่ไม่ถูกสุขลักษณะ และก่อให้เกิดการปนเปื้อนจากอันตรายต่างๆ เช่น อันตรายทางด้านเคมี และอันตรายทางด้านกายภาพ นอกจากนี้ยังมีโอกาสปนเปื้อนจากสัตว์นำโรค และสภาพแวดล้อมที่สกปรก ทำให้เกิดความเสี่ยงจากอันตรายที่มองไม่เห็นปัญหาที่พบมีดังต่อไปนี้

1. โรงงานและบริเวณภายในโรงงานอยู่ใกล้แหล่งต่างๆที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนลงไปในแหล่งน้ำ ก่อให้เกิดน้ำเน่าเสีย และเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของสัตว์นำโรคต่างๆ

2. พื้นรอบโรงงานหลายแห่งเป็นดิน และบางแห่งเป็นพื้นปูนที่มีการสึกกร่อนของปูน เป็นหลุมเป็นบ่อ หากมีการทำความสะอาดที่ไม่เพียงพออาจเกิดการหมักหมมของเศษปลา ทำให้เกิดน้ำเน่าเสียได้

3. บริเวณผสมและบรรจุน้ำบูดูมักเป็นอาคารเปิดโล่ง สร้างด้วยวัสดุที่ไม่คงทน แตกหรือผุกร่อนได้ง่าย เศษวัสดุอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำได้

4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต เช่น ปั๊มดูดน้ำบูดู เครื่องบรรจุ มีสนิม และไม่มีการทำความสะอาด เศษสนิมอาจเกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำได้

โรงงานผลิตน้ำบูดูส่วนใหญ่ยังเป็นลักษณะโรงงานเก่า มีการดำเนินกิจการมาเป็นระยะเวลานาน และผู้ผลิตมักคิดว่าเป็นอาหารพื้นบ้านกระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน จึงไม่ค่อยใส่ใจในเรื่องความสะอาดและสุขอนามัย ทำให้พบปัญหาที่สำคัญคือ บ่อหมักไม่มีฝาปิด หรือฝาปิดชำรุด ไม่มีการซ่อมแซม การบรรจุไม่ถูกสุขลักษณะ การล้างขวดไม่ถูกวิธี คนงานมีการปฏิบัติไม่ถูกต้อง จึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณ

โรงงานการผลิต เช่น การปล่อยน้ำเสียจากการผลิตน้ำบูดูลงสู่แม่น้ำลำคลอง ทำให้แหล่งน้ำเน่าเสีย ส่งกลิ่นเหม็น ส่งผลให้ชุมชนบริเวณใกล้เคียงไม่สามารถทำเกษตรกรรมได้ ดั้งนั้นหากผู้ผลิตมีการปรับปรุงตามแนวทางที่ถูกต้องจะช่วยให้สภาพของโรงงานน้ำบูดูดีขึ้น ทำให้สภาพแวดล้อมของชุมชนที่พักอาศัยบริเวณใกล้เคียงไม่เกิดผลกระทบเรื่องทัศนัยภาพและการเกษตร และที่สำคัญผลิตภัณฑ์น้ำบูดูจะมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากขึ้น และยังเป็นช่องทางในการส่งสินค้าไปยังประเทศคู่ค้าเพิ่มขึ้นด้วย

5.4.2 การบำบัดน้ำเสียโดยใช้บึงประดิษฐ์

บึงประดิษฐ์ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยกระบวนการทางธรรมชาติกำลังเป็นที่นิยมมากขึ้นในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว แต่ต้องการลดปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสก่อนระบายออกสู่แหล่งรองรับน้ำทิ้ง นอกจากนี้ระบบบึงประดิษฐ์ก็ยังสามารถใช้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียในขั้นที่ 2 (Secondary Treatment) สำหรับบำบัดน้ำเสียจากชุมชนได้อีกด้วย ซึ่งข้อดีของระบบนี้ คือ ไม่ซับซ้อนและไม่ต้องใช้เทคโนโลยีในการบำบัดสูง

5.4.3 ประเภทของบึงประดิษฐ์

แบ่งออกตามลักษณะการไหลของน้ำออกเป็น3 ประเภทได้แก่

1. บึงประดิษฐ์แบบน้ำเหนือผิวดิน (Free Water Surface System, FWS) ระบบนี้ประกอบด้วยร่องน้ำด้านล่างเคลือบด้วยวัสดุที่ทำจากดินเหนียวหรือวัสดุทางด้านธรณีวิทยาทั้งที่สร้างขึ้นและมีอยู่ตามธรรมชาติเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำมีดินหรือวัสดุตัวกลางอื่นๆเป็นที่ยึดเกาะของรากพืชโดยที่ความลึกระดับหนึ่งน้ำจะไหลอยู่เหนือผิวดินหรือชั้นกรองถ้าการกระจายน้ำเข้าระบบเป็นไปอย่างสม่ำเสมอและมีน้ำไหลอย่างช้าๆผ่านกิ่งก้านของพืชที่แผ่กระจายอยู่ทั่วไปในระบบจะทำให้เกิดการไหลของน้ำตามกันบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลเหนือผิวดินแตกต่างกันไปตามชนิดที่พืชที่ใช้ดังนี้
(กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2549)

- แบบน้ำไหลเหนือดินโดยใช้พืชรากเกาะดิน (Emergent Plant) เช่น กกแฝกธูปฤาษี
- แบบน้ำไหลเหนือดินโดยใช้พืชที่ลอยน้ำ (Free-Floating Macrophyte) เช่น จอกผักตบชวา
- แบบน้ำไหลเหนือดินโดยใช้พืชอยู่ใต้น้ำ (Submerged Macrophyte) เช่น พืชประเภทสาหร่าย

2. บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน (Subsurface Flow System, SFS) ประกอบด้วยร่องน้ำยาวที่มีดินหินบดหรือกรวดเป็นตัวกลางให้รากพืชยึดเกาะและเจริญเติบโตความหนาของชั้นตัวกลางประมาณ 60-70 ซม. ด้านล่างดาดด้วยดินเหนียวหรือวัสดุสังเคราะห์กันซึมเช่นแผ่นโพลีเอธิลลีนเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำรั่วซึมออกจากบ่อพืชน้ำที่ใช้ เช่นธูปฤษี(*Typha*spp.), กก(*Scirpus spp.*) หรือต้นอ้อ(*Phragmitesspp.*) โดยที่บ่อมีความลาดเอียง 1– 3 ดังนั้นระดับน้ำที่ไหลเข้าบึงจะผ่านบริเวณรากของพืชทำให้เกิดเป็นกระบวนการบำบัดด้วยการกรองการดูดซึมการตกตะกอนและการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์และในบริเวณท้าย

น้ำจะมีท่อเพื่อทำหน้าที่รวบรวมและรับน้ำออกจากระบบบริเวณใต้ชั้นตัวกรองจะอิ่มตัวด้วยน้ำตลอดเวลา ซึ่งจะทำให้เกิดสภาวะไร้อากาศ (Anaerobic) ขึ้นบึงประดิษฐ์แบบน้ำใต้ผิวดินแบ่งออกเป็น 2 ระบบ ดังนี้

2.1 การไหลตามแนวราบ (Horizontal Subsurface Flow) ประกอบด้วยบึงที่ปลูกด้วยพืชโผล่พ้นน้ำด้านล่างปูด้วยวัสดุกันซึมตัวกลางที่ใช้ในระบบอาจเป็นดินกรวดหรือทรายน้ำเสียจะถูกปล่อยออกจากท่ออย่างช้าๆตามแนวนอนผ่านชั้นหินจนกระทั่งถึงทางน้ำออกในระหว่างการไหลผ่านชั้นรากพืชจะเกิดการขบวนการบำบัดมลสารให้ลดน้อยลงได้โดยขบวนการทางกายภาพเช่นการปล่อยให้ตกตะกอนและการกรองสารอินทรีย์ทางขบวนการทางชีวภาพ

2.2 การไหลตามแนวดิ่ง (Vertical Subsurface Flow) ประกอบด้วยชั้นกรวดและปูทับด้วยทรายปลูกด้วยต้นพืชโผล่พ้นน้ำน้ำเสียจะค่อยๆไหลในแนวดิ่งลงสู่พื้นของระบบบึงประดิษฐ์และที่ก้นบึงจะเป็นที่กักเก็บน้ำเป็นการเติมออกซิเจนไปสู่พื้นของระบบบึงประดิษฐ์ในช่วงน้ำแห้งอากาศจะแทรกเข้ารูพรุนของดินและเมื่อทำการสูบน้ำเข้าอากาศจะถูกผลักออกจากรูพรุนของตัวกลางทำให้น้ำเสียที่ถูกปล่อยเข้าระบบจะได้รับปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น

(กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2549)

2.3 บึงประดิษฐ์แบบผสมผสาน (Hybrid systems) เป็นการนำเอาบึงประดิษฐ์แบบ Free Water Surface System (FWS) กับแบบ Subsurface Flow System (SFS) มาต่ออนุกรมหรือต่อขนานกันเนื่องจากการใช้บึงแบบ SFS อย่างเดียวพบว่ามีการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันได้น้อยกว่าบึงแบบ FSF จึงมีการนำเอาบึงประดิษฐ์มาผสมผสานกันเพราะบึงแบบ FSF มีความสามารถในการถ่ายเทออกซิเจนสูงบำบัดสารอินทรีย์ได้ดีและกรองของแข็งแขวนลอยได้ดีกว่าบึงประดิษฐ์แบบ SFS แต่ถ้ามีปริมาณของแข็งแขวนลอยมากจะทำให้เกิดการสะสมและอุดตันจึงมีการนำบึงแบบ SFS มาใช้ร่วมกันเพื่อทำการตกตะกอนของแข็งแขวนลอยบางส่วนออกจากน้ำ

5.4.4 หลักการทำงานของบึงประดิษฐ์

บึงประดิษฐ์ เป็นการออกแบบระบบทางวิศวกรรมเพื่อเลียนแบบสภาพพื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติ และใช้ขบวนการทางธรรมชาติในการบำบัดและฟื้นฟูน้ำเสียให้ใช้ประโยชน์ได้ ใช้พืช ดิน หิน เป็นพื้นที่ในการยึดเกาะของจุลินทรีย์เพื่อช่วยในการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมี โดยเมื่อน้ำเสียไหลเข้าบึงประดิษฐ์ส่วนต้น สารอินทรีย์ส่วนหนึ่งจะตกตะกอนจมตัวลงสู่ก้นบึงและถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ส่วนสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำจะถูกกำจัดโดยจุลินทรีย์ที่เกาะติดอยู่กับพืชน้ำชั้นกรวดและจุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ รวมถึงการนำไปใช้โดยพืช (จักราพิชญ์ และประสงค์สม, 2544)

กลไกการบำบัด

บึงประดิษฐ์ สามารถลดค่าบีโอดี กำจัดสารแขวนลอย โลหะหนัก และเชื้อโรคจากน้ำเสียหลายชนิดได้ในปริมาณสูง โดยมีกลไกการบำบัด3 กระบวนการ คือ

1. กระบวนการทางกายภาพ ได้แก่ การตกตะกอน ซึ่งตะกอนแขวนลอยจะถูกดักโดยพืชเป็นส่วนใหญ่ วิธีนี้ สามารถกำจัดสารแขวนลอย สารอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส

2. กระบวนการทางเคมี ได้แก่ การดูดซับ การแลกเปลี่ยนไอออนบนผิวของพืชและการตกตะกอนทางเคมี

3. กระบวนการทางชีวภาพ ได้แก่ การย่อยสารประกอบอินทรีย์ โดยจุลินทรีย์และกระบวนการล่า โดยเกิดการกินกันเองของจุลินทรีย์ต่าง ๆ เป็นกระบวนการกำจัดเชื้อโรคอย่างหนึ่ง

กลไกการบำบัดน้ำเสียของบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลของน้ำในแนวนอน

บึงประดิษฐ์สามารถลดค่าสารอินทรีย์, ของแข็งแขวนลอยไนโตรเจนฟอสฟอรัสโลหะหนักและเชื้อโรคต่างๆได้ดีกลไกพื้นฐานที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้แก่การตกตะกอนการดูดซับการย่อยสลายสารอินทรีย์และสารอาหารด้วยจุลินทรีย์และการดูดซึมสารต่างๆเข้าไปในพืชโดยมีกลไกต่างๆดังต่อไปนี้

1. กลไกการกำจัดของแข็งแขวนลอย (Suspended solids)

โดยทั่วไปกระบวนการที่ใช้ในการกำจัดสารแขวนลอยคือการตกตะกอนการกรองการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์และการดูดติดผิวทางเคมีสำหรับการกำจัดของแข็งแขวนลอยที่เกิดขึ้นอย่างได้ผลในบึงประดิษฐ์ทั้ง 2 แบบนี้ คือ FWS และ SFS ส่วนใหญ่จะถูกกรองออกและตกตะกอนในช่วง 2-3 เมตร แรกหลังจากที่น้ำเสียไหลผ่านช่องทางน้ำเข้าเข้าสู่ระบบซึ่งจะขึ้นอยู่กับความนิ่งและความลึกของระดับน้ำด้วยในการควบคุมการกระจายน้ำเสียเข้าสู่ระบบด้วยการติดตั้งท่อกระจายน้ำนั้นสามารถควบคุมความเร็วในการไหลของน้ำให้ลดลงโดยปกติแล้วความเร็วในการไหลณจุดใดๆของทางน้ำเข้าไม่ควรมีค่ามากกว่า 0.3 เมตร/วินาทีซึ่งช่วยในการกำจัดของแข็งแขวนลอยและช่วยลดภาระของเสียที่เข้ามาในระบบได้นอกจากนี้ยังเป็นการป้องกันไม่ให้สภาวะไร้อากาศ (AnoxicCondition) เกิดขึ้นที่ส่วนต้นของช่องทางการไหลของน้ำอีกด้วย

2. กลไกการกำจัดสารอินทรีย์ (Organic compounds)

สารอินทรีย์ในน้ำเสียส่วนใหญ่ที่เป็นของแข็งจะตกตะกอนส่วนสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์สำหรับขบวนการตกตะกอนของสารอินทรีย์ที่เป็นของแข็งสามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วในบึงประดิษฐ์ทุกแบบและจะขึ้นอยู่กับความนิ่งของน้ำในกรณีที่เป็นบึงประดิษฐ์แบบ FWS ส่วนในบึงประดิษฐ์แบบ SFS นั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณตะกอนที่สะสมอยู่ในชั้นกรองและอัตราการซึมของน้ำผ่านชั้นกรองหลักในการกำจัดบีโอดีในบึงประดิษฐ์แบบ FWS ขึ้นอยู่กับอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบและแหล่งออกซิเจนที่จะใช้ในปฏิกิริยา การกำจัดของเสียโดยจุลินทรีย์ ซึ่งได้มาส่วนหนึ่งจากการ

แพร่ของออกซิเจนจากบรรยากาศลงมาสู่ผิวน้ำ (Reaeration) และปริมาณออกซิเจนที่จะถูกลำเลียงผ่านไปยังส่วนรากของพืช

3. กลไกการกำจัดไนโตรเจน (Nitrogen)

โดยส่วนใหญ่แล้วไนโตรเจนจะถูกกำจัดด้วยกลไกการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) และดีไนตริฟิเคชั่น(Denitrification) ส่วนกลไกอื่นๆในการกำจัดไนโตรเจนเช่นการดูดซึมไนโตรเจนเข้าไปในพืชและการระเหยของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียสามารถกำจัดไนโตรเจนได้ไม่มากนักเมื่อเทียบกับกลไกแรกในระบบบึงประดิษฐ์ส่วนมากจะพบไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม (NH_4^+-N)ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนรูปไปเป็นก๊าซแอมโมเนีย(NH_3)ในสภาวะที่มีพีเอชและอุณหภูมิสูงกระบวนการเปลี่ยนสารอินทรีย์ไนโตรเจน (Organicnitrogen) ไปเป็นแอมโมเนียไนโตรเจน(NH_4^+-N)เป็นขั้นตอนแรกของการย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนจากนั้นจะเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนแอมโมเนียไนโตรเจน(NH_4^+-N)ไปเป็นไนเตรทไนโตรเจน(NO_3^--N)โดยมีไนไตรท์ไนโตรเจน(NO_2^--N)เป็นสารที่อยู่ระหว่างการเกิดปฏิกิริยานี้ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น จะเกิดในน้ำหรือดินที่มีออกซิเจนเพียงพอ (Aerobic) ซึ่งจะรวมถึงบริเวณรอบๆรากพืชด้วยแต่ถ้าระบบอยู่ในสภาพที่ไร้อากาศหรือออกซิเจน (Anoxic) กระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น (Denitrification)จะเกิดขึ้นและไนเตรทไนโตรเจน(NO_3^--N)จะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์ไนโตรเจน(NO_2^--N)และก๊าซไนโตรเจน (N_2) ในที่สุด

กลไกการบำบัดน้ำเสียของบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลของน้ำในแนวดิ่ง

1. กลไกการกำจัดของแข็งแขวนลอย(Suspended solids) และสารอินทรีย์ (Organiccompounds)

กลไกการกำจัดของแข็งแขวนลอยและสารอินทรีย์ของบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลของน้ำในแนวดิ่งจะมีลักษณะเดียวกันกับในบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลของน้ำในแนวนอนกล่าวคือของแข็งแขวนลอยและสารอินทรีย์จะถูกกรองและย่อยสลายภายในชั้นกรองแต่จะพบว่ากระบวนการในการกำจัดสารอินทรีย์ของการบำบัดในแนวดิ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าการบำบัดในแนวนอนทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำเสียในระบบบำบัดในแนวดิ่งจะมีการกระจายตัวได้ทั่วผิวชั้นกรองจึงทำให้สามารถใช้ชั้นกรองในการบำบัดอย่างเต็มที่

2. กลไกการกำจัดไนโตรเจน (Nitrogen)

ไนโตรเจนจะถูกกำจัดด้วยกลไกการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นและดีไนตริฟิเคชั่นเช่นเดียวกับระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลของน้ำในแนวนอนลักษณะเด่นของการบำบัดในแนวดิ่ง คือ การมีปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นและดีไนตริฟิเคชั่นเกิดขึ้นอย่างชัดเจนโดยในช่วงแรกเป็นการบำบัดแบบไนตริฟิเคชั่นจากนั้นก็จะเกิดการบำบัดแบบดีไนตริฟิเคชั่นซึ่งจะสังเกตได้จากปริมาณไนเตรทที่เพิ่มสูงขึ้น

5.4.5 พืชในบึงประดิษฐ์

พืชในระบบทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้จุลินทรีย์ยึดเกาะแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนจากบรรยากาศสู่รากพืช (Root-zone) ทั้งยังช่วยให้แสงแดดกระทบผิวน้ำน้อยลง ซึ่งถือเป็นการป้องกันการเจริญเติบโตของสาหร่าย (Algae) ในน้ำทางอ้อม เนื่องจากพืชสามารถนำสารอาหารในน้ำเสียไปใช้ได้เพียงเล็กน้อยจึงไม่มีหน้าที่หลักในการย่อยสลายและดูดซึมสารอาหาร

พืชโผล่เหนือน้ำ (Emergent plant) เป็นพืชน้ำที่มีรากเจริญอยู่ในดินใต้น้ำใบและดอกชูขึ้นเหนือน้ำ ซึ่งแต่ละชนิดก็เติบโตได้ที่ระดับน้ำต่างๆกันตัวอย่างของพืชประเภทนี้ได้แก่บัวชนิดต่างๆกกบางชนิดและกระจับญี่ปุ่นเป็นต้นพืชชนิดนี้เป็นพืชที่นิยมใช้ในระบบบึงประดิษฐ์เนื่องจากเป็นพืชที่สามารถปรับตัวและทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมได้ดีและสามารถปลูกได้ทั้งในพื้นที่ชุ่มน้ำและพื้นที่น้ำท่วม คุณสมบัติพิเศษของพืชประเภทนี้คือส่วนใบที่อยู่เหนือน้ำสามารถนำหรือลำเลียงออกซิเจนจากชั้นบรรยากาศไปยังส่วนรากพืชได้ส่งผลทำให้ชั้นกรองในบริเวณที่รากพืชยึดเกาะไม่เกิดสภาพไร้อากาศ

พืชลอยน้ำ (Floating plant) เป็นไม้ที่สามารถปรับตัวให้เจริญเติบโตในน้ำและลอยอยู่ได้ หรือมีบางส่วนของต้นโผล่ขึ้นเหนือน้ำ ทั้งในน้ำตื้นๆ หรือลึกเป็นเมตรโดยลำต้นมีลักษณะโป่งพอง ภายในกลวง ใบแผ่แบน หรือมีรากที่เปลี่ยนเป็นนวมรอบๆต้น และมีรากฝอยละเอียดอยู่ใต้น้ำของพืชประเภทนี้ได้แก่ จอก แหน กระจับ ผักตบชวา ผักบุ้ง ผักแว่น จอกหูหนู เป็นต้น

5.4.6 หน้าที่ของพืชในบึงประดิษฐ์

หน้าที่หลักของพืชในบึงประดิษฐ์ คือการลำเลียงออกซิเจน ระบบรากพืชในบึงประดิษฐ์จะเจริญเติบโตอยู่ในชั้นดินหรือแทรกตัวเข้าไปในชั้นกรองที่ระดับต่ำกว่าพื้นผิวประมาณ 50 – 150 ซม. โดยออกซิเจนจากบรรยากาศจะถ่ายเทเข้าสู่พืชทางใบและลำเลียงออกซิเจนซึ่งใช้หลักการแพร่ (Diffusion) และการไหลพาของอากาศ (Convective) ลงไปยังระบบรากทำให้สามารถลำเลียงออกซิเจนได้ดีกว่าการที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติเพียงอย่างเดียว (ศุวศา, 2544)

5.4.7 หลักการทำงานของพืช

ราก หรือลำต้นของพืชที่อยู่ในน้ำช่วยดูดซับ (up take) สารพิษและสารอาหาร เป็นพื้นผิวให้จุลินทรีย์อาศัยและเจริญเติบโต เป็นตัวกลางในการกรอง และดูดซับตะกอน และของแข็งที่ลอยอยู่ในน้ำ ทำให้ความเข้มของแสงแดดที่ส่องลงสู่ผิวน้ำลดลง ดังนั้นจึงช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่อยู่ในน้ำ

ก้าน ลำต้น หรือใบที่อยู่เหนือน้ำช่วยลดผล (effect) ของลมที่มีต่อน้ำ เช่น การพัดและการทำให้ตะกอนที่จมอยู่ขุ่นขึ้นมา ทำให้การส่องผ่านของก๊าซและความร้อนระหว่างบรรยากาศของน้ำลดลง (Stowell et.al, 1981)

5.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุชาดา สังวรวงษ์พนา (2543) ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการลดค่า ซีโอดี (COD) , ฟอสเฟตม ฟอสฟอรัส (PO_4^{3-} -P), สารแขวนลอย(SS) และสารที่ละลายได้ทั้งหมด (TDS) ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียจากอาคารเรียนที่ 7 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่มีค่าภาระชลศาสตร์เท่ากับ 0.01 ลบ.ม./ตร.ม./วัน(HRT1), 0.03 ลบ.ม./ตร.ม./วัน(HRT2) และ 0.05 ลบ.ม./ตร.ม./วัน (HRT3) ตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพในการลดค่า CODของบึงประดิษฐ์มากที่สุดใน HRT3 เท่ากับ 72.76% และในHRT2 ต่ำที่สุด เท่ากับ 61.94% ประสิทธิภาพในการลดค่า(PO_4^{3-} -P)ของบึงประดิษฐ์มากที่สุดในHRT1 เท่ากับ 79.63% และใน HRT3 ต่ำที่สุด เท่ากับ 71.38%ประสิทธิภาพในการลดค่า SS ของบึงประดิษฐ์มากที่สุดในHRT3 เท่ากับ 51.92% และในHRT1 ต่ำที่สุด เท่ากับ 43.88%และประสิทธิภาพในการลดค่าTDSของบึงประดิษฐ์มากที่สุดในHRT1 เท่ากับ 30.17% และในHRT2 ต่ำที่สุด เท่ากับ 23.45%

พิจิตรา ชโยปถัมภ์ (2546) ได้ทำการศึกษาเพื่อหาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยบึงประดิษฐ์ และเพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกำจัด BOD ของบึงประดิษฐ์โดยใช้น้ำเสียฟาร์มสุกรที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นจากบ่อหนึ่ง และได้ทำการศึกษาบึงประดิษฐ์โดยใช้พืช 2 ชนิด คือ กกกลม (CyperuscorymbosusRottb.) และ ธูปฤาษี (Typhaangstifolia Linn.) ที่เวลากักพักชลศาสตร์ 4-27 วัน ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพการกำจัด TSS อยู่ในช่วง 70-97 TKN อยู่ในช่วง 72-96% COD และ BOD อยู่ในช่วง 64-92% TP อยู่ในช่วง 39-81% และ Total Coliform Bacteria อยู่ในช่วง 52-85% ซึ่งจากการวิจัยได้ค่าคงที่ F ของบึงประดิษฐ์กกกลมและบึงประดิษฐ์ธูปฤาษีเท่ากับ 0.463 และ 0.566 ตามลำดับ และค่า KT ของบึงประดิษฐ์กกกลมและบึงประดิษฐ์ธูปฤาษีเท่ากับ 0.00012 และ 0.00020 ตามลำดับ โดยสามารถใช้ค่าคงที่ดังกล่าวได้ก็ต่อเมื่อบึงประดิษฐ์มีเวลากักพักชลศาสตร์อยู่ในช่วง 4-27 วัน

พีรยา จินดามณีและสมัชชัย ทองคำ (2549) การศึกษาแนวทางการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย กรณีศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา โดยเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีโดยทำการศึกษาคุณลักษณะน้ำเสีย 10 พารามิเตอร์ ผลจากการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำพบว่ามีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับกิจกรรมและสิ่งแวดนั้นๆโดยค่าเป็นกรด-ด่าง (pH)เฉลี่ย 7.08 อุณหภูมิเฉลี่ย 28.25 องศาเซลเซียส ค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ย 470.50 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ค่าความขุ่นเฉลี่ย 16.40 เอ็นทียู ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) เฉลี่ย 17.63 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าไนโตรเจน (TKN) เฉลี่ย 17.83 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความสกปรกของน้ำ (BOD) เฉลี่ย 15.38 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าฟอสเฟต (TP) เฉลี่ย 0.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) เฉลี่ย 1.71 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่าที่ไม่ผ่านคือ ค่า BOD ตามเกณฑ์มาตรฐานกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กำหนดค่า BOD ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่า TKN ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่มีพืชน้ำต่างๆขึ้นมาก ประกอบกับน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมของนักศึกษาหอพัก ทำให้ปริมาณไนโตรเจนสูง

และพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญต่อจุลินทรีย์ในการเจริญเติบโตคือ ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) เกิดจากกิจกรรมต่างๆในมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ส่งผลให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ได้น้อยทำให้น้ำมีตะกอนมาก

พัฒนพงษ์ ฟองเพชร และคณะ (2552) การศึกษาประสิทธิภาพของพุทธรักษาในการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยระบบบึงประดิษฐ์แบบการไหลใต้ผิวดินเป็นการวิจัยแบบทดลอง (Experimental Research) ภายใต้สภาวการณ์ธรรมชาติโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่าความหนาแน่นของพุทธรักษาที่ต่างกัน มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดค่า SS, TKNและ BOD และการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของพืชหรือไม่โดยใช้น้ำเสียชุมชนที่ยังไม่ได้ผ่านการบำบัด นำมาผ่านการดักไขมันและตกตะกอนก่อนเข้าระบบบึงประดิษฐ์แบบการไหลใต้ผิวดิน โดยตัวกลางที่ใช้ได้แก่ตัวกลางทรายปนหิน โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 ถัง ถังแรกเป็นถังควบคุม ถังที่ 2 ปลูกพุทธรักษาจำนวน 10 ต้น/ตารางเมตร และถังที่ 3 ปลูกพุทธรักษาจำนวน 20 ต้น/ตารางเมตร ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ สถิติที่ใช้วิเคราะห์คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และทดสอบสมมติฐานโดยใช้ Kruskal-Wallis k-Sample Test ผลการวิจัยพบว่า ถังที่มีความหนาแน่นของพุทธรักษาที่ต่างกันสามารถกำจัดค่า SS, BODไม่แตกต่างกัน แต่ถังที่มีความหนาแน่นของพุทธรักษา 20 ต้น สามารถกำจัดค่า TKN ได้ดีกว่าถังที่มีความหนาแน่นพุทธรักษา 10 ต้นและถังควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยความถังที่มีหนาแน่นของพุทธรักษา 20 ต้น/ตารางเมตร สามารถกำจัดค่า SS TKN และ BOD ได้สูงสุด 98.5%, 99.0%, 90.7%ตามลำดับ และถังที่ปลูกพุทธรักษาสามารถเจริญเติบโตได้ในการทดลอง โดยมีความสูงเฉลี่ย ก่อนการทดลอง 50-60 เซนติเมตร และหลังการทดลอง 150-165 เซนติเมตร สำหรับจำนวนใบ เมื่อเริ่มต้นมีจำนวนใบประมาณ 3-4 ใบ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีจำนวนใบประมาณ 6-8 ใบ โดยหน่วยการทดลองที่มีต้นพุทธรักษามีการเจริญโตไม่แตกต่างกัน

กฤตธี วงศ์สถิตย (2552) การศึกษาโดยทำ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของพืชทั้งสองพบว่า น้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่เข้าสู่ระบบมีค่าความสกปรกสูงมากระบบที่ใช้พืชทั้งสองจึงมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียโดยรวมใกล้เคียงกัน ระบบมีความสามารถในการกำ จัด COD ประมาณ 97% และพืชทั้งสองมีความสามารถในการกำ จัดสารอาหารไม่แตกต่างกัน คือ มีความสามารถในการกำจัด N เท่ากับ 90% ส่วนความสามารถในการกำจัดP เท่ากับ 92 %

นุชนาฎ แสงกล้า (2552) การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียพบว่าในสัปดาห์ที่ 3-8 น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วย กกสามเหลียม อะเมซอน และตาลปัตรฤาษี มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำสูง วัดได้ค่า BOD เฉลี่ย 94.69 95.31 และ95.28 ตามลำดับ TSS วัดได้ เฉลี่ยร้อยละ 78.09 85.52 และ 89.64 ตามลำดับ ปริมาณไนเตรตวัดได้ เฉลี่ย ร้อยละ 86.26 80.43 และ54.35 ตามลำดับ ปริมาณไขมันวัดได้ เฉลี่ย

ร้อยละ 69.19 58.92 และ 74.0 ตามลำดับ แสดงว่า พืชทั้งสามชนิดสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียในโรงเรียนได้

5.6 ตัวแปรและนิยามปฏิบัติการ

ตัวแปรต้น ระบบบึงประดิษฐ์ (ตาลปัตรฤษี, ผักตบชวา, จอก)

ตัวแปรตาม ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย

ตัวแปรควบคุม คุณลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัย

5.7 สมมุติฐาน

ระบบบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตาลปัตรฤษี ผักตบชวา และจอก มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดูประมาณร้อยละ 50-60

5.8 นิยามปฏิบัติการ

น้ำเสีย หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลวรวมทั้งมลสารที่ปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

น้ำบูดู หมายถึง ผลิตภัณฑ์แปรรูป จากปลาทะเล นับเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่คิดค้นขึ้นมา เพื่อใช้เป็นวิธีการเก็บรักษาทรัพยากร ซึ่งเป็นวัตถุดิบ ในท้องถิ่น ให้สามารถเก็บไว้บริโภค ได้ยาวนาน ชาวบ้านจึงนำปลา มาดลุกเกลือ หมักไว้รับประทาน

ระบบบึงประดิษฐ์ หมายถึง ระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยกระบวนการทางธรรมชาติ

บึงประดิษฐ์แบบผสมผสาน (Hybrid systems) เป็นการนำเอาบึงประดิษฐ์แบบ Free Water Surface System (FWS) กับแบบ Subsurface Flow System (SFS) มาต่ออนุกรมหรือต่อขนานกัน เนื่องจากการใช้บึงแบบ SFS อย่างเดียวพบว่ามีการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันได้น้อยกว่าบึงแบบ FSF จึงมีการนำเอาบึงประดิษฐ์มาผสมผสานกันเพราะบึงแบบ FSF (สุชาดา, 2548)

ผักตบชวา (Water Hyacinth) หมายถึง พืชน้ำล้มลุกอายุหลายฤดู มีลำต้นสั้นแตกใบเป็นกอลอยไปตามน้ำ มีไหล ซึ่งเกิดตามซอกใบแล้วเจริญเป็นต้นอ่อนที่ปลายไหล

ตาลปัตรฤาษี (Limnocharisflava (L.) Buch.) หมายถึง พืชล้มลุกอายุหลายฤดูชอบขึ้นในที่น้ำตื้นลำต้นเป็นเหง้าขนาดเล็กอยู่ใต้ดินส่งใบขึ้นมาเหนือน้ำ ก้านใบยาวเป็นเหลี่ยมอวบใหญ่ตัวใบแบนมีขนาดใหญ่เป็นรูปไข่หรือรูปรีป้อมฐานใบเป็นรูปหัวใจดอกสีเหลือง

5.9 ระเบียบวิธีการวิจัย

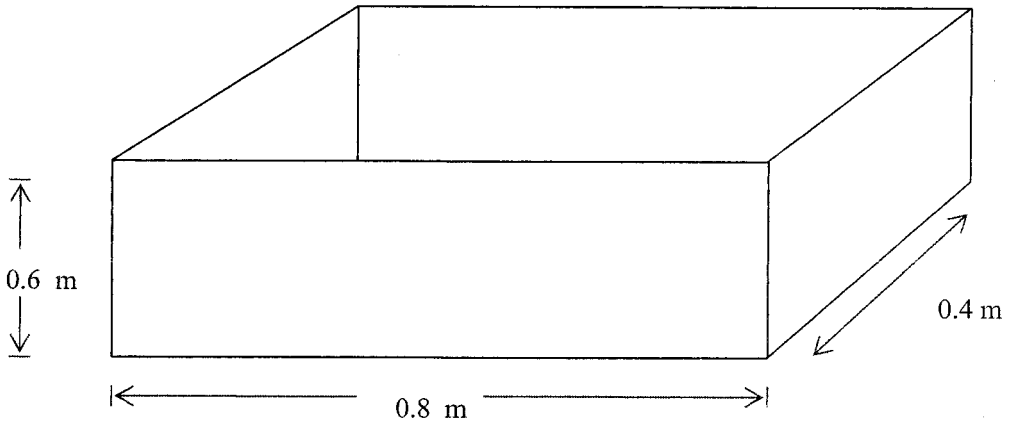
การสร้างแบบจำลองระบบบึงประดิษฐ์มีการจัดเตรียมพันธุ์พืชที่จะใช้ปลูกในระบบบึงประดิษฐ์เพื่อช่วยในการบำบัดน้ำเสีย มีการดำเนินการไปพร้อมกับการก่อสร้างระบบบึงประดิษฐ์พืชที่นำมาใช้ในระบบบึงประดิษฐ์ได้แก่ ตาลปัตรฤาษีผักตบชวาและจอก เป็นพืชที่สามารถหาได้จากพื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติทั่วไป เช่น พื้นที่ที่มีการขุดดินออกและปล่อยให้รกร้างมีน้ำท่วมขัง คูระบายน้ำข้างถนน และหนองน้ำ เป็นต้น

1. ศึกษาคุณลักษณะน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู โดยทำการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียดังนี้

ค่าพารามิเตอร์	หน่วย	วิธีการวิเคราะห์
อุณหภูมิ	°C	เทอร์โมมิเตอร์
pH	-	เครื่อง pH meter แบบ electrometric
BOD	mg /L	โดยวิธี Azide Modification
TKN	mg /L	วิธี Micro kjeldahl method
SS	mg /L	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้วและทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส

2. จากการศึกษาคุณลักษณะน้ำเสียในข้อ1นำมาใช้ในการจัดทำน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับตัวอย่างน้ำเสียเพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียต่อไป

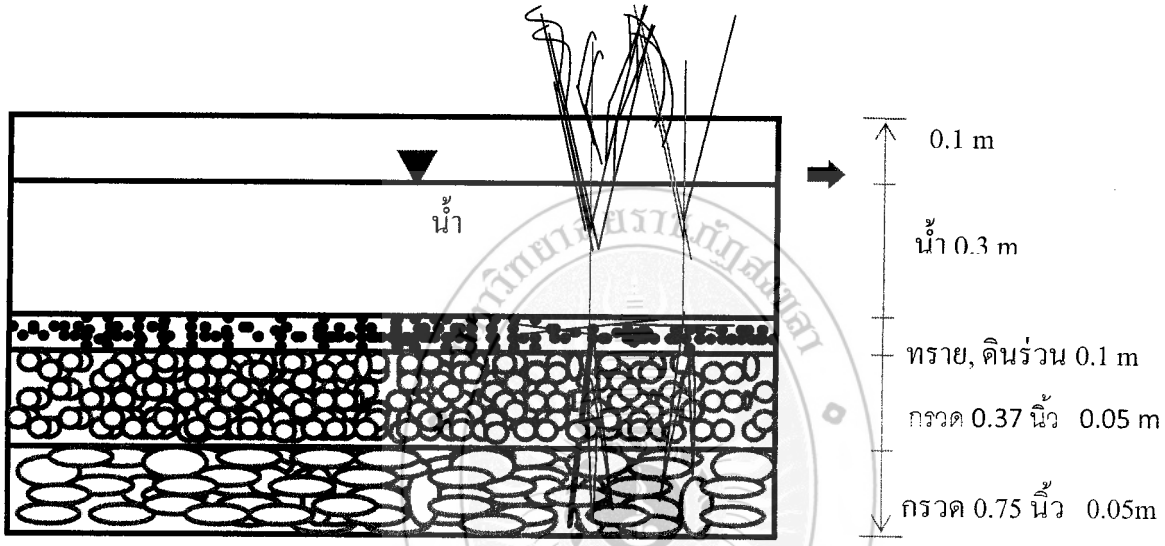
3. การสร้างบ่อทดลองด้วยกระจก จำนวน 3 บ่อได้แก่ บ่อที่ 1 และบ่อที่ 2 และบ่อที่ 3 แต่ละบ่อมีความกว้าง 0.4 เมตร ยาว 0.8 เมตร และลึก 0.6 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 บ่อทดลองบ่อที่ 1 บ่อที่ 2 และบ่อที่ 3

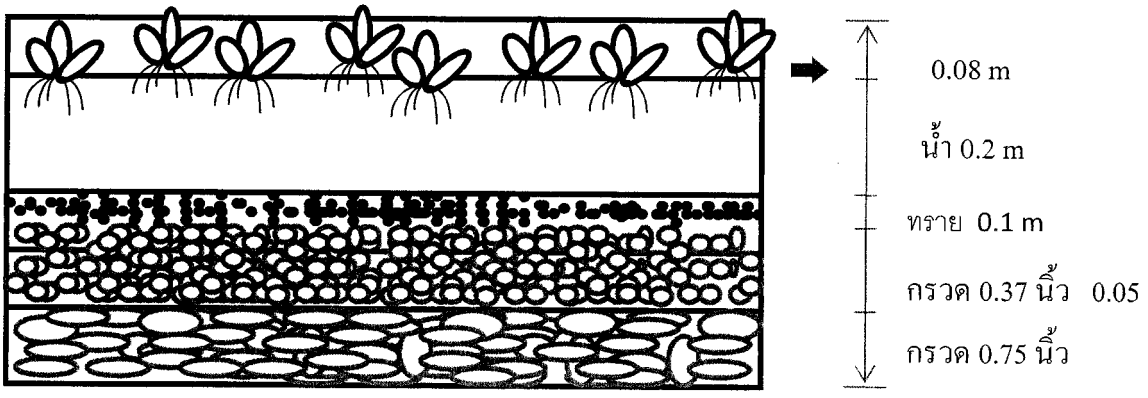
สร้างระบบบึงประดิษฐ์ ดังกล่าว 3 บ่อต่อเรียงกันเป็นระบบ โดยมีการทำงานต่อเนื่องกัน ประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้

1. ส่วนแรก (บ่อที่ 1) ใช้ระยะเวลาในการบำบัด 14 วัน เป็นส่วนที่มีการปลูกต้นตาลปัตรฤาษี เพื่อช่วยในการกรอง และตกตะกอนของสารแขวนลอยและสารอินทรีย์ที่ตกตะกอนได้ ทำให้สามารถช่วยกำจัดสารแขวนลอย และสารอินทรีย์ได้บางส่วน เป็นการลดสารแขวนลอย และค่าบีโอดีได้ส่วนหนึ่งรูปแบบโครงสร้างของบ่อมีลักษณะ ดังภาพที่ 3.2



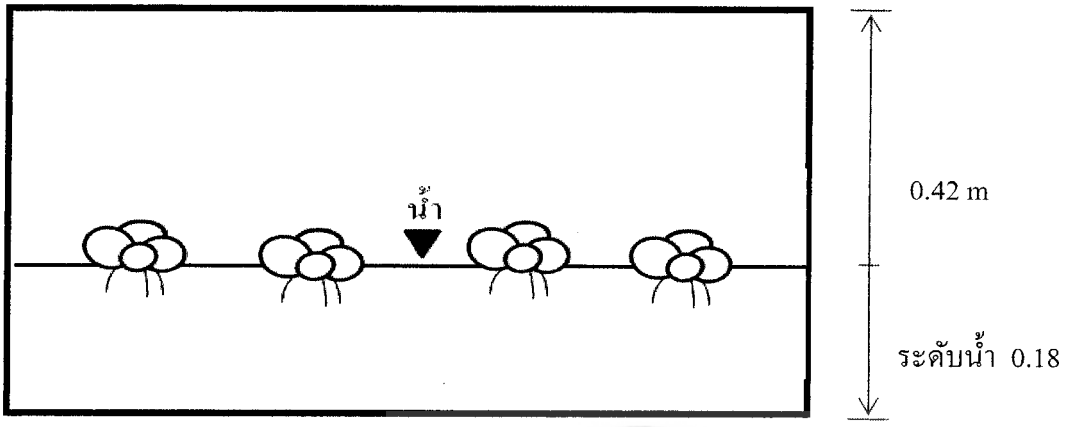
ภาพที่ 3.2 ภาพตัดขวางของบึงประดิษฐ์ บ่อที่ 1

2. ส่วนที่สอง (บ่อที่ 2) ใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน เป็นส่วนที่ปลูกต้นผักตบชวาซึ่งเป็นการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ทำให้จุลินทรีย์ชนิดที่ใช้ออกซิเจนย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ เป็นการลดค่าบีโอดีในน้ำเสีย รูปแบบโครงสร้างของบ่อมีลักษณะ ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ภาพตัดขวางของบึงประดิษฐ์ บ่อที่ 2

3. ส่วนที่สาม (บ่อที่ 3) ใช้ระยะเวลาในการกักเก็บ 7 วัน เป็นส่วนที่ใช้จอก เพื่อช่วยกรองสารแขวนลอยที่ยังเหลืออยู่ ซึ่งสามารถลดสารอาหารจำพวกสารประกอบไนโตรเจนได้รูปแบบโครงสร้างของบ่อมีลักษณะ ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ภาพตัดขวางของบึงประดิษฐ์ บ่อที่ 3

การเตรียมตัวอย่างพืช

พืชที่ใช้ในการทดลองมี 3 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ ตาลปัตรฤาษี ผักตบชวา และจอก

ตาลปัตรฤาษี

1. เตรียมพื้นที่สำหรับอนุบาลท่อนพันธุ์ ซึ่งอาจใช้แปลงขนาดเล็กๆที่ได้หรือใช้ถุงพลาสติกสีดำ ขนาด 8 นิ้ว พร้อมทั้งใส่ดินเลนหรือค่อนข้างเหลวลงไป

2. ถอนหรือขุดต้นพืชที่จะใช้ทำ ท่อนพันธุ์จากแหล่งพันธุ์ที่จัดหาไว้

3. เลือกต้นอ่อนของตาลปัตรฤาษี (ต้นสูงประมาณ 30 เซนติเมตร) ไม่มีดอกมีระบบรากสมบูรณ์

4. นำไปปักชำลงในพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้

5. ดูแลรักษาเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ เพื่อให้ต้นพืชปรับสภาพตนเองก่อนการนำไปปลูกในบ่อทดลองที่ 1

การปลูกพืช

1. เติมน้ำใส่ในบ่อทดลองที่ 1 เพื่อให้เนื้อดินในบ่อเกิดความชุ่มชื้น และนิ่มจะได้ปลูกพืชได้สะดวก

2. ทำการปลูกพืชที่เตรียมไว้ลงบ่อทดลองให้มีระยะห่างระหว่างแถว เท่ากับ 20 เซนติเมตร เท่ากับ 11 ต้น

3. ดูแลด้วยการใช้น้ำเสียเพื่อให้พืชที่ปลูกไว้ปรับตัว 1 สัปดาห์ ก่อนการบำบัดน้ำเสีย

ผักตบชวา, จอก

1. เตรียมพื้นที่สำหรับการอนุบาลผักตบชวาและจอก ซึ่งใช้อ่างน้ำในการอนุบาลพันธุ์พืช โดยปลูกในน้ำประปาแทนน้ำเสียก่อน 2-3 สัปดาห์

2. เลือกใช้ผักตบชวาและจอกรุ่นที่ 2 ระยะเติบโต (อายุ 1-4 สัปดาห์)

3. นำผักตบชวาและจอกไปปลูกในบ่อทดลองที่ 2 และบ่อทดลองที่ 3 ที่จัดเตรียมไว้ตามลำดับ

การปลูกพืช

1. ทำการปลูกผักตบชวาที่เตรียมไว้ในบ่อทดลองที่ 2 จำนวน 12 ต้น และจอกในบ่อทดลองที่ 3 จำนวน 20 ต้น

2. ดูแลด้วยการใช้น้ำเสียเพื่อให้พืชที่ปลูกไว้ปรับตัว 1 สัปดาห์ ก่อนการบำบัดน้ำเสีย

4. ทดสอบประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์

ทดสอบประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์โดยการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียก่อนและหลังออกจากระบบบึงประดิษฐ์เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมโดยการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสีย ดังนี้ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) บีโอดี (BOD) ไนโตรเจน (TKN) ของแข็งแขวนลอย (SS)

5.10 การวิเคราะห์ข้อมูล

ศึกษาเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำเสียก่อนและหลังออกจากระบบบึงประดิษฐ์โดยใช้ T-Test ที่ระดับนัยสำคัญ 95%

5.11 ระยะเวลาการทำวิจัย

การประยุกต์ใช้ระบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำบูดู ได้เริ่มต้นทำการศึกษามาตั้งแต่เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2556 จนถึงเดือน เมษายน พ.ศ. 2557

แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

รายละเอียด	ระยะเวลาในการดำเนินการ														
	2555				2556							2557			
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	**ม.ค**	**ก.พ.**	**มี.ค.**	**เม.ย.**
1. ศึกษาเอกสารและรวบรวมข้อมูล	—	—	—												
2. เขียนเค้าโครงวิจัย		—	—	—	—										
3. ดำเนินการวิจัย					—	—	—	—	—	—	—	—			
4. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย												—	—	—	
5. จัดทำรายงาน													—	—	—

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

5.12 สถานที่ทำการวิจัย

ทำการทดลองและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำในห้องปฏิบัติการ ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาโดยทำแบบจำลองระบบบึงประดิษฐ์ขึ้นมา

5.13 งบประมาณค่าใช้จ่ายตลอดโครงการ

ค่าอุปกรณ์	7,000	บาท
ค่าเดินทาง	1000	บาท
ค่าจัดทำรายงาน	300	บาท
รวม	**8,300**	**บาท**

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY