การเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ชี้แนะ ทองแดง และสังกะสี จากน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดแบบต่าง ๆ ในฟาร์มสุกร

นางสาวสุชาดา สุสุทธิ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวแพทยสาธารณสุข ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุข
คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548
ISBN : 974-14-2477-9
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHANGES OF CERTAIN BACTERIAL INDICATORS, COPPER AND ZINC IN EFFLUENCE OF DIFFERENT WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS IN PIG FARMS

Miss Suchada Susutthi

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for The Degree of Master of Science Program in Veterinary Public Health
Department of Veterinary Public Health
Faculty of Veterinary Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2005
ISBN: 974-14-2477-9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ชี้แนะ ทองแดง และสังกะสี จากน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดแบบต่าง ๆ ในฟาร์มสุกร
โดย	นางสาวสุชาดา สุสุทธิ
สาขาวิชา	สัตวแพทยสาธารณสุข
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.ฐานิสร์ ดำรงค์วัฒนโภคิน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ เรืองวิเศษ

คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสัตวแพทยศาสตร์
(ศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.อรรณพ คุณาวงกฤต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ดร.เบญจมาศ ปัทมาลัย)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.ฐานิสร์ ดำรงค์วัฒนโภคิน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ เรืองวิเศษ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ เกรียงศักดิ์ พูนสุข)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ดร.รุ่งทิพย์ ชวนชื่น)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุชาดา สุสุทธิ : การเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ชี้แนะ ทองแดง และสังกะสี จากน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดแบบต่าง ๆ ในฟาร์มสุกร (CHANGES OF CERTAIN BACTERIAL INDICATORS, COPPER AND ZINC IN EFFLUENCE OF DIFFERENT WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS IN PIG FARMS) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.น.สพ.ดร. ฐานิสร์ ดำรงค์วัฒนโภคิน อ. ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.ดร. สุเทพ เรืองวิเศษ; 76 หน้า. ISBN 974-14-2477-9

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ชี้แนะ ปริมาณแร่ธาตุทองแดง และสังกะสี ในน้ำเสียก่อนและหลังผ่านระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรในประเทศไทย พบว่าระบบที่นิยมใช้มี 2 รูปแบบ คือ ระบบไบโอแก๊ส และระบบบ่อบำบัด ระบบไบโอแก๊สประกอบด้วย ระบบไบโอแก๊ส BAU ระบบไบโอแก๊สแบบบ่อคลุม ระบบไบโอแก๊สแบบ CARMATEC ส่วนระบบบ่อบำบัดประกอบด้วย ระบบถังกรองไร้อากาศ และระบบบ่อปรับเสถียร การศึกษาเริ่มจากการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากฟาร์มสุกรในจังหวัดราชบุรี ระบบละ 5 ฟาร์มๆ ละ 2 ครั้ง ในระหว่างเดือนสิงหาคม-ตุลาคม 2548 และเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน 2549 ผลการศึกษาพบว่าน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดจากฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบบำบัดแบบไบโอแก๊สมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อจุลินทรีย์ชี้แนะกลุ่มโคลิฟอร์มและฟีคัลโคลิฟอร์ม ปริมาณแร่ธาตุทองแดงและสังกะสีมากกว่าน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบ บ่อบำบัดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ผลการเปรียบเทียบจำนวนจุลินทรีย์และปริมาณแร่ธาตุที่ทดสอบในน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดทุกระบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ระบบบำบัดน้ำเสียทุกระบบสามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ชี้แนะ และปริมาณแร่ธาตุทองแดงและสังกะสีได้ อย่างไรก็ตามพบว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ชี้แนะกลุ่มโคลิฟอร์มและฟีคัลโคลิฟอร์มเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $10^3 - 10^5$ MPN/100 ml ส่วนแร่ธาตุทองแดงมีปริมาณเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.02 – 0.28 พีพีเอ็ม และสังกะสีมีปริมาณเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.49 – 2.46 พีพีเอ็ม และพบว่าน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าพารามิเตอร์ได้แก่ ค่า BOD COD TKN และ SS ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด ส่วนใหญ่ยังมีจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ชี้แนะกลุ่มโคลิฟอร์มและฟีคัลโคลิฟอร์ม ปริมาณแร่ธาตุทองแดงและสังกะสีอยู่ในปริมาณที่สูงเกินกว่ามาตรฐานขั้นต่ำที่กำหนดให้มีได้สำหรับน้ำผิวดินที่ใช้ในการเกษตร จากผลการศึกษาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ผ่านระบบบำบัดแล้วผ่านเกณฑ์ตามที่กฎหมายกำหนดยังมีเชื้อจุลินทรีย์ชี้แนะในปริมาณสูงและอาจมีแร่ธาตุทองแดงและสังกะสีตกค้าง

ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุข ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชาสัตวแพทยสาธารณสุข ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2548 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4575572631 : MAJOR VETERINARY PUBLIC HEALTH

KEYWORD : / PIG FARM/ / WASTEWATER / BACTERIAL INDICATOR / COPPER / ZINC

SUCHADA SUSUTTHI : CHANGES OF CERTAIN BACTERIAL INDICATORS, COPPER AND ZINC FROM EFFLUENT OF DIFFERENCE WASTE WATER TREATMENT SYSTEMS IN PIG FARMS. THESIS ADVISOR :ASST. PROF. THANIS DAMRONGWATANAPOKIN, D.V.M., Ph.D. THESIS COADVISOR : ASST. PROF. SUTHEP RUANGWISES. 76 PP. ISBN : 974-14-2477-9

The study investigated changes of certain bacterial indicators, copper and zinc in affluence and effluence from 5 different wastewater - treatment systems commonly used in pig farms in Thailand. The systems included (1) biogas system, which consisted of biogas BAU, cover lagoon, and CARMATEC system and (2) ponding system, which consisted of anaerobic filter and stabilizing pond. Samples were collected from 5 pig farms for each treatment system during August-October 2005 and February-April 2006 in Ratchaburi province. The results showed that wastewater affluence from swine farms that used biogas systems had significantly ($p < 0.05$) higher total bacterial count, coliform count, fecal coliform count and concentration of copper and zinc than those that used ponding systems. Total bacterial count, coliform count, fecal coliform count and concentration of copper and zinc of wastewater effluence of all studied systems were not significantly different. However, wastewater effluence had an average coliform count of $10^3 - 10^5$ MPN/100 ml, an average copper concentration of 0.02 – 0.28 ppm., and an average zinc concentration of 0.49 – 2.46 ppm. Data from this study also revealed that most of the wastewater effluence, which passed the minimum requirement of wastewater discharge declared by the environment protection agency, were contained not only high number of bacterial indicators count, especially, coliform and fecal coliform count, but also higher amount of copper and zinc than the allowable level of copper and zinc concentration in surface water used for agricultural purposes. In conclusion, wastewater effluence of which BOD, COD, TKN and SS met the minimum requirement of wastewater discharge by law might still post a public health hazard due to a high number of bacterial indicators count and high concentration of copper and zinc.

Department Veterinary Public Health
Field of Veterinary Public Health
Academic year 2005

Student's signature Suchada
Advisor's signature
Co-advisor's signature Suthep Ruangwises

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. ฐานิสร์ ดำรงค์วัฒนโภคิน อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ เรืองวิเศษ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สพ.ญ. ดร. เบญจมาศ ปัทมาลัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ สพ.ญ. ดร. รุ่งทิพย์ ชวนชื่น ซึ่งให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นในการวิจัยและจัดทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณกองทุนอุดหนุนงานวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยซึ่งให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดราชบุรี และเจ้าของฟาร์มสุกรทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการเก็บตัวอย่างและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยการสัตวแพทย์ภาคตะวันตก จังหวัดราชบุรี ที่ให้คำแนะนำในการตรวจวิเคราะห์และให้ใช้สถานที่ตลอดจนอุปกรณ์ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ คุณสุภาพ เหมืองแก้ว เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ ภาควิชาจุลชีววิทยา คุณไฉไล คูวัฒนานุกูล และคุณวลาศินี รักขาว เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุข ที่ช่วยให้คำแนะนำในการจัดเตรียมอุปกรณ์การตรวจวิเคราะห์น้ำเสียและการวิเคราะห์ผลการทดลองในงานวิจัยครั้งนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ฌ
สารบัญภาพ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5
น้ำเสีย..... 5
น้ำเสียจากฟาร์มสุกร..... 5
ผลกระทบของน้ำเสียจากฟาร์มสุกร..... 6
การบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกร..... 9
การลดปริมาณของเสีย..... 9
การนำกลับมาใช้ประโยชน์โดยตรง..... 9
การนำกลับมาใช้หมุนเวียนใหม่..... 9
การบำบัด..... 10
การเลือกกระบวนการบำบัดน้ำเสีย..... 12
ระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร..... 13
ระบบแบบธรรมชาติ..... 14
ระบบบ่อบำบัด..... 16
ระบบก๊าซชีวภาพ..... 20
การควบคุมน้ำเสียจากฟาร์มสุกร..... 25

บทที่ 3 วิธีการศึกษาวิจัย..... 27
การสำรวจรวบรวมข้อมูลวิธีการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร 27
การคัดเลือกฟาร์มตัวอย่าง..... 27

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสีย..... 28
อุปกรณ์การเก็บตัวอย่าง..... 28
วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย..... 28
การเก็บตัวอย่างน้ำเสียใส่ขวดเก็บตัวอย่าง..... 29
การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสีย..... 29
ขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล..... 32

บทที่ 4 ผลการศึกษาวิจัย..... 33
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 33
ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกร..... 35
การเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์..... 38
ปริมาณโลหะหนักทองแดงและสังกะสี..... 40

บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย..... 43

รายการอ้างอิง..... 54

ภาคผนวก..... 61
ภาคผนวก ก..... 61
ภาคผนวก ข..... 63
ภาคผนวก ค..... 71

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 76

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. ปริมาณสิ่งขับถ่ายจากสุกรที่ระยะต่าง ๆ..... 5
2. ส่วนประกอบสารอาหารที่มีอยู่ในมูลสุกร (ในหน่วยของวัตถุแห้ง).....10
3. มาตรฐานเพื่อควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร.....25
4. แสดงน้ำหนักเฉลี่ยของสุกรประเภทต่าง ๆ.....26
5. วิธีวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของน้ำ.....30
6. รายละเอียดการจัดการของเสียในฟาร์มสุกรที่คัดเลือก.....34
7. ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบไบโอแก๊ส BAU.....35
8. ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบไบโอแก๊สแบบบ่อคลุม..... 36
9. ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบไบโอแก๊สแบบ CARMATEC..... 36
10. ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบถังกรองไร้อากาศ.....37
11. ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบบ่อปรับเสถียร..... 38
12. แสดงจำนวนเฉลี่ยของเชื้อจุลินทรีย์ในระบบบำบัดแบบต่าง ๆ..... 40
13. ปริมาณแร่ธาตุทองแดงในน้ำเสียจากฟาร์มสุกรในระบบบำบัดแบบต่างๆ.....41
14. ปริมาณแร่ธาตุทองแดงในน้ำเสียจากฟาร์มสุกรในระบบบำบัดแบบต่างๆ.....42

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปภาพที่ หน้า

1. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบกระจายบนดิน..... 14
2. ระบบบึงประดิษฐ์..... 15
3. ระบบบึงพืชลอยน้ำ..... 16
4. ปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในบ่อกึ่งไร้ออกซิเจน (Facultative Pond)..... 17
5. ปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในบ่อมีออกซิเจน..... 17
6. ระบบบ่อบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศ..... 19
7. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร..... 20
8. ระบบไบโอแก๊สแบบยอดโดม CARMATEC..... 21
9. ระบบก๊าซชีวภาพของหน่วยบริการก๊าซชีวภาพ BAU (Biogas Adivisory Unit)..... 23
10. ระบบไบโอแก๊สแบบบ่อคลุม (Covered lagoon)..... 24

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1. ความสำคัญของปัญหา

การปศุสัตว์ถือเป็นอาชีพหนึ่งที่มีความสำคัญในการผลิตอาหารสำหรับประชาชน เนื่องจากผลผลิตจากสัตว์ไม่ว่าจะเป็น เนื้อ นม ไข่ ล้วนเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่สำคัญของมนุษย์ ในอดีตการทำฟาร์มปศุสัตว์ในประเทศไทยมีรูปแบบเป็นการทำเกษตรกรรมแบบผสมคือมีทั้งการเพาะปลูกร่วมกับการเลี้ยงสัตว์ โดยการเลี้ยงจะเป็นการเลี้ยงแบบปล่อยให้สัตว์หากินเองและการนำพืชผักที่หาได้ในไร่นาของตนเองเป็นแหล่งอาหารสัตว์ เป็นการเลี้ยงโดยหวังเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารในครอบครัวเท่านั้น ต่อมาเมื่อประเทศไทยมีประชากรมากขึ้น มีสภาพเศรษฐกิจและสังคมที่เจริญก้าวหน้าขึ้น ประชาชนมีความต้องการบริโภคเนื้อและนมเพิ่มขึ้น ทำให้รูปแบบการเลี้ยงสัตว์ถูกปรับเปลี่ยนมาเป็นระบบการเลี้ยงที่ทันสมัยในรูปแบบของอุตสาหกรรม การเปลี่ยนแปลงระบบการผลิตสัตว์มาเป็นรูปแบบอุตสาหกรรมทำให้สามารถรองรับความต้องการบริโภคเนื้อสัตว์ที่เพิ่มขึ้นคือ มีการสร้างคอกและโรงเรือนที่มีประสิทธิภาพในการผลิตสัตว์จำนวนมาก มีการปรับปรุงสายพันธุ์ มีระบบการจัดการที่ดี ทำให้ได้ผลผลิตสูง ที่เห็นได้ชัดเจนได้แก่การเลี้ยงไก่เนื้อและสุกร ซึ่งนอกจากจะเลี้ยงเพื่อบริโภคภายในประเทศแล้วยังส่งขายไปยังตลาดต่างประเทศอีกด้วย การเพิ่มผลผลิตและปริมาณการเลี้ยงมีผลเสียที่ตามมาคือ มีของเสียหรือมูลสัตว์เป็นจำนวนมากจากการทำฟาร์มปศุสัตว์ และเมื่อของเสียหรือมูลสัตว์เหล่านี้ถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมก็จะก่อปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่นน้ำเน่าเสีย มีกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ ฟาร์มสุกรก็เป็นกิจการหนึ่งที่ก่อให้เกิดของเสีย และเนื่องจากมีการใช้น้ำเป็นจำนวนมากในการทำความสะอาดฟาร์มและตัวสุกรประกอบกับการเลี้ยงที่หนาแน่นทำให้การกักเก็บของเสียในฟาร์มไม่ทันกับมลภาวะที่เกิดขึ้นโดยเฉพาะน้ำเสียจากฟาร์ม จึงทำให้มีของเสียจากฟาร์มสุกรปะปนออกสู่สิ่งแวดล้อมและแหล่งน้ำธรรมชาติ ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญแก่ประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบ (สิตานนท์, 2541) นอกจากนี้การเลี้ยงในปัจจุบันมีการใช้อาหาร แร่ธาตุและยาต่างๆในปริมาณสูง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต จึงทำให้มีการปนเปื้อนของแร่ธาตุ สารอาหาร และยาสู่สิ่งแวดล้อมในปริมาณที่มากขึ้นเช่นกัน

จากการศึกษาการเลี้ยงสุกรในประเทศไทยพบว่าสุกรแต่ละตัวจะผลิตของเสียโดยเฉพาะน้ำเสียซึ่งรวมถึงน้ำล้างคอกในอัตราประมาณ 10-20 ลิตร ต่อวัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2542) น้ำเสียที่เกิดจากฟาร์มสุกรมีสารหลายชนิดได้แก่สารอินทรีย์ต่าง ๆ ยาฆ่าแมลง เชื้อโรคที่เกิดขึ้นจากสุกรป่วยในฟาร์มซึ่งเชื้อโรคบางชนิดเป็นเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคในคน เช่น เชื้อ Salmonella ,

E.coli เป็นต้น (Hooda et al., 2000) นอกจากนี้ของเสียจากฟาร์มสุกรยังมีโลหะหนักตกค้างจากการใช้แร่ธาตุเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในการเลี้ยงสุกร เช่น ทองแดง สังกะสี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันได้มีกฎหมายห้ามการใช้ยาปฏิชีวนะบางกลุ่ม เช่น tetracycline เพื่อเป็นสารเร่งการเจริญเติบโต (ราชกิจจานุเบกษา , 2546) หรือการห้ามใช้สารในกลุ่ม ß-agonist เพื่อปรับปรุงคุณภาพซากให้เนื้อสุกรมีสีแดงและมีมันน้อยเป็นไปตามความต้องการของตลาด (ราชกิจจานุเบกษา, 2545) ดังนั้นในการเลี้ยงสุกรให้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และมีคุณภาพซากที่เป็นที่ต้องการของท้องตลาดจึงต้องปรับรูปแบบมาเป็นการเลี้ยงโดยการคัดเลือกพันธุ์สุกร และการใช้แร่ธาตุอื่น ๆ ที่เหมาะสม และ ปลอดภัยต่อสัตว์และผู้บริโภค โดยแร่ธาตุทองแดง และสังกะสี เป็นแร่ธาตุที่นิยมใช้ในฟาร์มสุกร เนื่องจากแร่ธาตุเหล่านี้ให้ผลข้างเคียง (side effects) ในสุกรน้อยมาก จึงมีการใช้ผสมลงในอาหารสุกรในปริมาณมาก ทำให้มีการปนเปื้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม และสะสมอยู่ในดินซึ่งอาจเป็นพิษต่อพืชและจุลินทรีย์ในอนาคต (Bolan et.al., 2003 ;Jondreville and Dourman, 2003)

ในปัจจุบันผู้ประกอบการเลี้ยงสุกรเริ่มหันมาตระหนักถึงความสำคัญในเรื่องของการรักษาสิ่งแวดล้อมกันมากขึ้น เนื่องจากมีกฎหมายควบคุมการปล่อยน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ออกประกาศกระทรวงฯกำหนดให้การเลี้ยงสุกรเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และกำหนดให้น้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมจะต้องผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามดัชนีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ กฎหมายดังกล่าวมีผลบังคับใช้ตั้งแต่ วันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2545 (ราชกิจจานุเบกษา , 2544) ดังนั้นเมื่อมีการสร้างฟาร์มสุกรแห่งใหม่ผู้ประกอบการมักจะจัดให้มีการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรขึ้น ระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรที่นิยมใช้ในปัจจุบันแบ่งออกได้เป็น 3 ระบบ (ธีระวุฒิ , 2543) ได้แก่ ระบบแบบธรรมชาติ (Natural systems) ระบบบ่อบำบัด (Ponding systems) และระบบแบบก๊าซชีวภาพ (Biogas systems)

การเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียของฟาร์มขึ้นอยู่กับพื้นที่ในฟาร์ม สภาพทางเศรษฐกิจ และความต้องการในการใช้พลังงานของฟาร์ม ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่จะพิจารณาในแง่ของการลดสารอินทรีย์ในรูปของ Biological oxygen demand (BOD), Chemical oxygen demand (COD) และการลดลงของแร่ธาตุบางตัว ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน แต่เนื่องจากของเสียที่เกิดจากฟาร์มสุกรยังประกอบด้วย แร่ธาตุอื่นๆ เชื้อโรค และโลหะหนักบางชนิด เช่น ทองแดง และสังกะสี ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่นิยมใช้ผสมอาหารสุกรปนเปื้อนออกมาด้วย จากข้อมูลการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรในประเทศไทย ยังไม่พบว่ามีการศึกษาในแง่ของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลินทรีย์ในกลุ่มของ

แบคทีเรียชี้แนะ (bacteriological indicators) ซึ่งเป็นกลุ่มแบคทีเรียที่สำคัญ เนื่องจากสามารถใช้เป็นตัวแทนบ่งชี้การมีอยู่ของกลุ่มแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค (pathogenic bacteria) การตรวจพบแบคทีเรียชี้แนะในน้ำดื่มและน้ำใช้แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นไม่ปลอดภัย ส่วนในน้ำทิ้งนั้นจำเป็นต้องตรวจสอบแบคทีเรียชี้แนะเพื่อป้องกันการเพิ่มปริมาณของแบคทีเรียในน้ำดื่ม และลดความยุ่งยากในการเปลี่ยนสภาพน้ำดิบมาเป็นน้ำดื่ม แบคทีเรียที่เลือกใช้เป็นแบคทีเรียชี้แนะมีอยู่หลายตัวด้วยกันคือ โคลิฟอร์ม (coliform) สเตรปโตคอกคัส (streptococcus) คลอสตริเดียม (clostridium) ซูโดโมแนส (pseudomonas) กลุ่มแบคทีเรียที่นิยมใช้ ได้แก่กลุ่มโคลิฟอร์ม และฟีคัลโคลิฟอร์ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มซึ่งเป็นกลุ่มแบคทีเรียที่หากพบในน้ำแสดงว่ามีการปนเปื้อนของอุจจาระของสัตว์เลือดอุ่นในน้ำและทุกครั้งที่เกิดโรคระบาดเกี่ยวกับทางเดินอาหารจะพบแบคทีเรียชนิดนี้ จุลินทรีย์ที่สำคัญในกลุ่มนี้ที่สามารถก่อให้เกิดโรคในคนและสัตว์ได้แก่ *E.coli* (Toranzos and Mcfeter, 1997: ธงชัย และวิบูลย์ลักษณ์, 2540) นอกจากนี้ยังพบว่าไม่เคยมีการศึกษาการปนเปื้อนของแร่ธาตุ ทองแดง และสังกะสี ที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์ ในน้ำเสียจากฟาร์มสุกร การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์ม ทองแดง และสังกะสี ของระบบบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรแบบต่าง ๆ ที่นิยมใช้ในประเทศไทย เพื่อให้ได้ข้อมูลมาใช้พิจารณาเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมกับฟาร์มสุกรแต่ละฟาร์ม และการพิจารณาถึงผลกระทบที่แท้จริงของมลภาวะจากฟาร์มสุกรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด จุลินทรีย์ชี้แนะกลุ่มโคลิฟอร์มและฟีคัลโคลิฟอร์ม แร่ธาตุทองแดง (copper) และ สังกะสี (zinc) จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆ

3. คำถามสำหรับการวิจัย

1. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่าง ๆ จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และจุลินทรีย์ชี้แนะชี้แนะได้แตกต่างกันหรือไม่
2. การเลี้ยงสุกรโดยการใช้แร่ธาตุอาหาร ได้แก่ ทองแดง และสังกะสี เป็นสารเร่งการเจริญเติบโต จะทำให้มีการปนเปื้อนของแร่ธาตุดังกล่าวสู่สิ่งแวดล้อมหรือไม่

4. วิธีการศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้กำหนดขั้นตอนดังนี้

1. การสำรวจรวบรวมข้อมูล

ทำการสำรวจ สอบถามและสัมภาษณ์ เจ้าของฟาร์มในหัวข้อเกี่ยวกับสภาพทั่วไปของฟาร์มสุกร จำนวนสุกร แบ่งตามประเภท และน้ำหนัก วิธีการจัดการของเสียและการบำบัดของเสียจากฟาร์มสุกร ข้อมูลของระบบบำบัด

2. การคัดเลือกฟาร์มสุกร

คัดเลือกฟาร์มสุกรตามระบบบำบัดที่นิยมใช้อยู่ในประเทศไทยมาอย่างน้อยระบบละ 5 ฟาร์ม เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษา โดยกำหนดคุณสมบัติดังนี้

2.1 มีระบบบำบัดน้ำเสียที่ได้ดำเนินการมาแล้วไม่ต่ำกว่า 2 ปี

2.2 ยังมีการใช้ระบบบำบัดอย่างถูกต้องและต่อเนื่อง

2.3 ระบบบำบัดน้ำเสียจะต้องเป็นระบบบำบัดที่มีการออกแบบที่ชัดเจนและมีขนาดที่เหมาะสมกับจำนวนสุกรในฟาร์ม

3. การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสีย

3.1 เก็บตัวอย่างน้ำเสียฟาร์มละ 2 ครั้ง ช่วงฤดูฝน 1 ครั้ง (ระหว่างเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม) ฤดูแล้ง 1 ครั้ง (ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน)

3.2 วิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียได้แก่ การตรวจหาค่า BOD, COD, Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) , Total Suspended Solids (TSS) , Total plate count , Coliform , Faecal coliform , ทองแดง และ สังกะสี

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของประสิทธิภาพการบำบัด โดยใช้ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD และ COD เป็นตัวเปรียบเทียบการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ และโลหะหนักในน้ำเสีย

4. ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

สามารถนำผลที่ได้เป็นแนวทางในการจัดทำระบบบำบัดที่เหมาะสมแก่ฟาร์มสุกร และเพื่อเป็นแนวทางในการออกกฎหมายเพื่อเฝ้าระวังการปล่อยน้ำเสียจากฟาร์มสุกรต่อไป

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ ได้แก่ สารอินทรีย์ต่าง ๆ กรด ด่าง ของแข็ง หรือสารแขวนลอยและสิ่งที่ลอยปนอยู่ในน้ำ เช่น น้ำมัน ไขมัน เกลือและแร่ธาตุ ที่เป็นพิษในปริมาณสูง จนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่ต้องการและเป็นที่น่ารังเกียจของคนทั่วไป น้ำเสียก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ แก่ลำน้ำซึ่งเป็นที่รองรับ เช่น ทำให้เกิดการเน่าเหม็นหรือเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เป็นต้น (กรมโรงงานอุตสาหกรรม , 2545)

น้ำเสียจากฟาร์มสุกร

การเลี้ยงสุกรจำเป็นต้องใช้น้ำเพื่อการบริโภค อุปโภค การทำความสะอาดคอก และอุปกรณ์การเลี้ยงสุกร ดังนั้นน้ำเสียที่เกิดขึ้นในฟาร์มจึงเป็นน้ำเสียที่เกิดมาจากการขับถ่าย การล้างทำความสะอาด และน้ำจากแหล่งอื่นที่ไหลเข้ามาในระบบ ซึ่งอาจจำแนกกระบวนการเกิดน้ำเสียของฟาร์มสุกรจากแหล่งต่าง ๆ ได้ดังนี้ (ธีระวุฒิ , 2543)

1. น้ำเสียจากการขับถ่ายของสุกร ปริมาณสิ่งขับถ่ายของสุกรจะขึ้นกับอายุ ขนาด อุณหภูมิของอากาศ และจำนวนอาหารและน้ำที่สุกรกินเข้าไป โดยมีปริมาณสิ่งขับถ่ายเฉลี่ยของสุกร 1 ตัว ในแต่ละวันที่ระยะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณสิ่งขับถ่ายจากสุกรที่ระยะต่าง ๆ (กรมควบคุมมลพิษ , 2542)

สุกร	น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	ปริมาณสิ่งขับถ่าย (มูลรวมกับปัสสาวะ) (กิโลกรัม/วัน)
สุกรเล็ก	15	1.04
สุกรหย่านม	30	1.90
สุกรขุน	70	4.60
สุกรขุน	90	5.80
แม่สุกรไม่อุ้มท้อง	125	4.03
แม่สุกรเลี้ยงลูก	170	14.90
พ่อพันธุ์	160	4.90

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. น้ำทำความสะอาดคอกและโรงเรือน เป็นน้ำเสียที่มีปริมาณมากที่สุดในฟาร์มสุกร ปริมาณของเสียชนิดนี้ขึ้นอยู่กับชนิดสุกรที่เลี้ยงเช่น สุกรอนุบาล หรือสุกรพ่อพันธุ์ แม่พันธุ์ จะทำความสะอาดคอกทุกวัน วันละ 1 – 2 ครั้ง ในขณะที่การเลี้ยงสุกรขุน มีการทำความสะอาดแตกต่างกันในแต่ละฟาร์มเช่น บางฟาร์มล้างคอกวันละ 1 ครั้ง บางฟาร์มอาจล้างคอกสัปดาห์ละ 1 – 2 ครั้ง บางฟาร์มทำความสะอาดเพียงการเก็บกวาดมูลสุกร วันละ 1 ครั้ง แต่จะล้างคอกเมื่อครบอายุการเลี้ยงสุกรขุน คือ 4 เดือน / ครั้ง โดยปริมาณน้ำที่ใช้ล้างคอกต่อตัวต่อครั้งประมาณ 30 – 40 ลิตร
3. น้ำกิน น้ำใช้ เกิดจากการรั่วซึม และการกินน้ำของสุกรที่หกหล่นเป็นน้ำทิ้ง น้ำทิ้งเหล่านี้จะไปรวมเป็นน้ำเสียไหลลงสู่ระบบบำบัด นอกจากนี้ยังมีน้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆ ภายในฟาร์ม เช่น การล้างความสะอาดอุปกรณ์เครื่องมือการเลี้ยงสุกร น้ำอุปโภคบริโภคของคนงาน ซึ่งก็นับเป็นน้ำเสียจากฟาร์มสุกรด้วย
4. เศษอาหารที่ตกหล่นบนพื้นคอกปะปนกับมูลสุกร เมื่อมีการเก็บกวาด ล้างทำความสะอาดคอกสุกรอย่างไม่ถูกต้อง เศษอาหารเหล่านี้จะปะปนลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ทำให้เพิ่มสารอินทรีย์ในน้ำเสีย น้ำเสียที่ไหลลงสู่ระบบบำบัดจะมีความสกปรกมากขึ้น จึงเป็นแหล่งของการเกิดน้ำเสียด้วย (สมชัย, 2543)
5. น้ำฝน น้ำฝนเป็นน้ำสะอาดสามารถนำมาใช้เพื่อการอุปโภคและบริโภคได้ แต่ถ้าการจัดการระบบระบายน้ำฝนไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้เมื่อฝนตกน้ำฝนจะไหลลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำเสียจึงเกิดปัญหาต่อการจัดการระบบบำบัด โดยอาจทำให้ต้องขยายระบบบำบัดน้ำเสียและส่งผลให้ต้นทุนของระบบบำบัดน้ำเสียสูงขึ้น ดังนั้นน้ำฝนจึงถือเป็นแหล่งของน้ำเสียชนิดหนึ่ง (ธีระ, 2539)

ผลกระทบของน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

ปัญหาการจัดการของเสียจากฟาร์มสุกร ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ปัญหาที่สำคัญ คือ

1. เป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรค ซากสุกรหรือของเสียที่สุกรขับออกมาจะมีเชื้อโรคปนออกมาด้วย ทำให้เชื้อโรคแพร่กระจายติดต่อไปยังสุกรตัวอื่น และเชื้อโรคบางชนิดในสัตว์สามารถก่อให้เกิดโรคในคน (zoonoses) ได้แก่ เชื้อแบคทีเรีย *Salmonella spp., Escherichia coli , Mycobacterium spp., Yersinia spp., Campylobacter spp., Brucella spp., Listeria spp., Erysipelothrix rhusiopatiae, Streptococcus spp.,*

*Clostridium spp.*เชื้อโปรโตซัว *Cryptosporidium spp.* เชื้อไวรัส และพยาธิต่าง ๆ (Burton and Turner , 2003) โดยมีข้อมูลรายงานการเกิดการระบาดของโรคในคน ซึ่งเกิดจากเชื้อ *E. coli* O157:H7 , *Salmonella* , *Listeria* และ *Cryptosporidium* โดยมีสาเหตุมาจากการบริโภคอาหารและน้ำที่ปนเปื้อนเชื้อโรคซึ่งมาจากอุจจาระของสัตว์ (Guan และ Holley, 2003)

2. เป็นแหล่งพาหะนำโรค ของเสียที่เกิดจากเศษอาหาร มูลและซากสุกร จะมีโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นแหล่งอาหารของแมลงและพาหะนำโรคต่างๆ ได้แก่ แมลงวัน ยุง นก หนู หรือสัตว์อื่น ๆ เป็นต้น
3. เป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ที่สำคัญ คือ
    - การเกิดมลพิษทางน้ำ การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีมากในน้ำเสียจะใช้ออกซิเจน ทำให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจนพืชและสัตว์น้ำไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ นอกจากนี้สารอินทรีย์ยังทำให้น้ำขุ่นเป็นการขัดขวางการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ และเมื่อตกตะกอนจะทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน
    - การเกิดมลพิษทางอากาศ การย่อยสลายสารอินทรีย์จะทำให้เกิดก๊าซพิษและกลิ่นเหม็น โดยก๊าซที่สำคัญ ได้แก่ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ มีเทน แอมโมเนีย ฟีนอลลิกคอมเพานด์
    - การเกิดมลพิษต่อดิน ของเสียจากมูลสุกรจะมีสารฟอสเฟตที่เหลือค้างจากการย่อยและการดูดซึมอาหารของสุกร เมื่อทิ้งสุกรลงดินหรือเอาไปทำปุ๋ยจะทำให้ดินสะสมสารฟอสเฟตจนอาจเป็นพิษต่อพืชทำให้มีผลผลิตลดลง นอกจากนี้ในมูลสุกรยังประกอบด้วยโลหะหนัก ซึ่งเกิดจากการเลี้ยงสุกรโดยการใช้แร่ธาตุเสริมเพื่อเป็นสารเร่งการเจริญเติบโต โดยแร่ธาตุที่นิยมใช้ในการผสมอาหารเพื่อใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตได้แก่ธาตุทองแดง และสังกะสี ซึ่งการใช้ทองแดงพบว่าในขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ppm) ในอาหาร ซึ่งเป็นขนาดที่เป็นพิษต่อสุกร (ยุคล, 2533) สามารถช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตในสุกรได้สูงขึ้นกว่าปกติ 10 % และให้ผลใกล้เคียงกับการใช้ยาปฏิชีวนะเป็นตัวกระตุ้นการเจริญเติบโต (วินัย, 2529; อุทัย, 2529) ส่วนธาตุสังกะสีจะใช้ในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของสัตว์ในระยะที่อยู่ในครรภ์ และการเจริญเติบโตหลังจากคลอดแล้ว (อุทัย, 2529) การใช้ทองแดงร่วมกับสังกะสีผสมในอาหารสุกรจะช่วยลดความเป็นพิษของทองแดง (วินัย, 2529) และในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการออกกฎหมายห้ามใช้ยาปฏิชีวนะบางตัว

เช่น ยาปฏิชีวนะในกลุ่ม tetracycline ผสมในอาหารสัตว์เพื่อใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโต (ราชกิจจานุเบกษา, 2546) ดังนั้นการกระตุ้นการเจริญเติบโตจึงต้องอาศัยแร่ธาตุซึ่งได้แก่ธาตุทองแดงและสังกะสี ดังที่กล่าวข้างต้นแร่ธาตุจะถูกขับถ่ายออกมาในอุจจาระสุกรและปนออกสู่สิ่งแวดล้อมในที่สุด โดยข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการขององค์การอาหารและเกษตรโลก (Food Agriculteral Organization of the United Nation ;FAO) รวบรวมโดย Muller (1980) รายงานว่าในอุจจาระสุกรมีแร่ธาตุทองแดงประมาณ 27-822 ppm และแร่ธาตุสังกะสีประมาณ 225 - 1,059 ppm ขึ้นอยู่กับปริมาณแร่ธาตุที่สุกรได้รับ ในต่างประเทศได้มีการศึกษาผลกระทบจากการปนเปื้อนของแร่ธาตุทองแดง สังกะสี จากฟาร์มสุกรต่อสิ่งแวดล้อม พบว่าการผสมทองแดงในปริมาณ 150 - 250 ppm และสังกะสีในขนาด 2500 - 3000 ppm สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของสุกรโดยไม่ก่อให้เกิดการเป็นพิษ ซึ่งทองแดงและสังกะสีจะถูกขับออกจากร่างกายประมาณ 85 – 90 % ทำให้เกิดการสะสมของแร่ธาตุทั้งสองชนิดในดินในปริมาณสูง และพบว่าก่อให้เกิดการสะสมของแร่ธาตุทองแดงในปริมาณที่ก่อให้เกิดอันตรายสะสมอยู่ในตับโค ในประเทศสเปน (Alonso et. al., 2000) การเกิดอาการพิษของทองแดง (chronic copper poisoning) ในแกะซึ่งเลี้ยงในทุ่งหญ้าในสหรัฐอเมริกาที่ใช้อุจจาระสุกรเป็นปุ๋ย (Kerr and Mcgavin, 1991) หรือการพบว่ามีการสะสมของแร่ธาตุทองแดงและสังกะสีในส่วนบนของดินในพื้นที่ที่มีการเลี้ยงสุกรอย่างหนาแน่นในประเทศฝรั่งเศส (Herroux et.al., 1997) และประเทศอังกฤษ (Nicholson et.al., 1999) ซึ่งอาจก่อปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมในอนาคต

4. เกิดปัญหาทางสังคม ของเสียซึ่งทำให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมและสวัสดิภาพของประชาชน เช่น การเกิดกลิ่นเหม็นและแมลง การลดลงของผลผลิตพืชรอบๆ ฟาร์ม ซึ่งปัญหาเหล่านี้ทำให้เกิดความขัดแย้งระหว่างผู้เลี้ยงกับชุมชน
5. เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น การบำบัดของเสียโดยเฉพาะการบำบัดน้ำเสียทำให้เจ้าของฟาร์มต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

การบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกร

การจัดการน้ำเสียในฟาร์มสุกรประกอบด้วยหลักการที่สำคัญ 4 ประการ (ธีระวุฒิ , 2543)

1. การลดปริมาณของเสีย (Reduce) การเพิ่มผลผลิตสุกร เช่น ทำให้สุกรเจริญเติบโตเร็ว อัตราการแลกเนื้อดี มีเนื้อแดงมาก จะทำให้ปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากการเลี้ยงสุกรน้อยลงด้วย การจัดการโรงเรือนดีมีอุณหภูมิที่เหมาะสม และมีระบบการระบายอากาศที่ดี เป็นวิธีการลดปริมาณน้ำเสียของฟาร์มสุกร
2. การนำกลับมาใช้ประโยชน์โดยตรง (Reuse) การใช้มูลสุกรเลี้ยงสัตว์น้ำ ทั้งมูลสุกรสดและมูลสุกรแห้ง เพื่อลดต้นทุนค่าอาหารโดยเฉพาะในบ่อเลี้ยงปลา เช่นเป็นอาหารปลาโดยตรง เป็นแหล่งสารอาหารสำหรับการสังเคราะห์แสงให้แพลงตอนพืช เช่นปลานิล (Nile tilapia) ปลาไน (Common carp) ปลาดุก (Walking catfish) เป็นต้น (มั่นสิน , 2539) รวมทั้งการนำไปใช้แทนปุ๋ยสำหรับพืช เช่น ธัญญาพืช พืชผัก และพืชอาหารสัตว์ (กรมปศุสัตว์ และ องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ , 2543)
3. การนำกลับมาใช้หมุนเวียนใหม่ (Recycle) การใช้มูลสุกรเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ เนื่องจากในมูลสุกรยังมีสารอาหารอยู่เป็นจำนวนมากทั้งโปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุ ดังนั้นจึงมีการนำมูลสุกรที่ผ่านการหมักเพื่อฆ่าเชื้อโรคและพยาธิแล้ว มาใช้เป็นอาหารของสุกร โค แพะ แกะ เนื่องจากมูลสุกรประกอบด้วยแร่ธาตุและสารอาหารหลายชนิด ซึ่งเกิดจากการเลี้ยงสุกรโดยการใช้แร่ธาตุเสริมเพื่อเป็นสารเร่งการเจริญเติบโต จากเอกสารทางวิชาการขององค์การอาหารและเกษตรโลก (FAO) รวบรวมโดย Muller (1980) ซึ่งเป็นข้อมูลการศึกษาถึงคุณค่าทางอาหารของมูลสุกรเพื่อจะนำกลับมาเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ในฟาร์มสุกร 24 ฟาร์ม ในประเทศออสเตรเลีย ผลที่ได้ปรากฏในตารางที่ 2 ส่วนการศึกษาวิจัยในประเทศไทย โดยสมโภชน์ และคณะ (2538) พบว่าสามารถใช้มูลสุกรผสมอาหารสัตว์เหล่านี้ได้ถึงร้อยละ 10 – 15 ของปริมาณอาหารทั้งหมด เพื่อลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์โดยไม่เกิดผลเสียแต่อย่างไร

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบสารอาหารที่มีอยู่ในมูลสุกร (ในหน่วยของวัตถุแห้ง)

ที่มา : Muller, 1980

ส่วนประกอบ	หน่วย	เฉลี่ย	พิสัย
โปรตีน	%	19	11 - 31
เยื่อใย	%	18	7 - 23
ไขมัน	%	5	2 - 9
เถ้า	%	17	10 - 28
ลิกนิน	%	5	3 - 6
เซลลูโลส	%	17	6 - 23
เฮมิเซลลูโลส	%	20	3 - 36
ฟอสฟอรัส	%	2.6	1.4 - 4.6
โปแตสเซียม	%	1	0.6 - 1.6
แคลเซียม	%	3.5	1.5 - 8.5
แมกนีเซียม	%	0.7	0.3 - 1.3
โซเดียม	%	0.3	0.1 - 0.5
เหล็ก	ppm	2,169	971 - 6,407
สังกะสี	ppm	600	225 - 1,059
ทองแดง	ppm	280	27 - 822
แคดเมียม	ppm	0.77	0.04 - 3.02
ตะกั่ว	ppm	9.89	0.29 - 40.11
สารหนู	ppm	5.57	0.20 - 102.51

4. การบำบัด (Treatment) คือกระบวนการกำจัดสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียให้เหลืออยู่ในระดับที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้หรือสามารถปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะได้โดยไม่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ (อุษณีย์ , 2542)

4.1.1 การบำบัดขั้นเตรียมการ (Preliminary treatment) เป็นขั้นตอนการเตรียมสภาพน้ำเสียให้เหมาะแก่การบำบัด เช่น การรวมน้ำเสียในบ่อพักน้ำเสียเพื่อให้มีปริมาณ และคุณลักษณะของน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดสม่ำเสมอ การกรองแยกสิ่งสกปรกขนาดใหญ่

4.1.2 การบำบัดขั้นต้น (Primary treatment) เป็นขั้นตอนการกำจัดสารอินทรีย์บางส่วนออกจากน้ำเสี่ย เพื่อทำให้สามารถลดขนาดและระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสียในระบบบำบัด เช่น การเก็บกวาดมูลสุกร การตกตะกอนในบ่อตกตะกอน การอัดแยกมูลสุกรออกจากน้ำเสียด้วยเครื่องอัดแรงดัน

4.1.3 การบำบัดขั้นที่สอง (Secondary treatment) เป็นขั้นตอนการกำจัดสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ โดยเฉพาะสารอินทรีย์ละลาย มักใช้กระบวนการบำบัดทางชีวภาพ ซึ่งได้แก่ระบบบ่อบำบัด (Ponding system) หรือระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพ (Biogas)

4.1.4 การบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary treatment) เป็นขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียเพื่อนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่ เช่น การฆ่าเชื้อโรคในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว การทำปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์ การกำจัดสารพิษหรือโลหะหนัก

4.2 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย มีหลักการหรือวิธีการแบ่งได้เป็น 4 แบบ (เกรียงศักดิ์, 2539; อุษณีย์, 2542) ดังนี้

4.2.1 กระบวนการทางกายภาพ (Physical processes) เป็นการใช้คุณสมบัติทางกายภาพในการบำบัด เช่น ความถ่วงจำเพาะ ขนาดของสสาร ได้แก่ การกรองด้วยตะแกรง การเก็บกวาด การตกตะกอน การอัดกรองของเสีย เป็นต้น วิธีนี้จะกำจัดตะกอนลงได้ ประมาณ 50 – 70% ส่วนความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (BOD) ได้ราว 20 – 30 % เท่านั้น

4.2.2 กระบวนการทางเคมี (Chemical processes) เป็นการใช้คุณสมบัติหรือปฏิกิริยาเคมี เช่นการทำให้เกิดตะกอน การฆ่าเชื้อโดยสารเคมี เป็นต้น

4.2.3 กระบวนการทางชีวภาพ (Biological processes) เป็นการใช้คุณสมบัติของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายและเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ต่าง ๆ ไปเป็นก๊าซ แบ่งออกเป็น 2 ระบบใหญ่ (ศักดิ์ชัย , 2545) คือ

- ระบบบำบัดแบบใช้อากาศ (Aerobic processes) ได้แก่ บ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon), บ่อที่มีออกซิเจน (Aerobic pond), ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) , ระบบ เอเอส (Activated sludge), ระบบโปรยกรอง (Trickling filter), ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating biological contactor) ก๊าซที่ได้จากการบำบัดได้แก่ก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)
- ระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic processes) ได้แก่ บ่อเกรอะ (Septic Tank), บ่อหมัก (Anaerobic pond), ระบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter), ระบบถังย่อย (Anaerobic digestion), ระบบ UASB (Upflow anaerobic sludge blanket) ก๊าซที่ได้จากการบำบัด ได้แก่ก๊าซมีเทน (CH_4)

4.2.4 กระบวนการทางเคมีฟิสิกส์ (Physicochemical processes) เป็นการใช้คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ เช่นการนำไฟฟ้า การดูดซึมผ่านประจุไฟฟ้า เช่นการดูดซึมโดย ผงถ่าน การแพร่น้ำกลับ (Reverse osmosis) การฆ่าเชื้อโดยแสง Ultraviolet

น้ำเสียจากฟาร์มสุกรประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่าย และไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบหลัก การบำบัดน้ำเสียมักจะเป็นการใช้กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ และอาจมีการใช้กระบวนการทางกายภาพได้แก่ การกำจัดตะกอนแขวนลอยหรือการใช้ตะแกรงหยาบหรือถังตกตะกอนในการกรองส่วนที่เป็นมูลสุกร ก่อนปล่อยน้ำเสียเข้าสู่การบำบัดโดยกระบวนการทางชีวภาพต่อไป (เชาวลิต , 2547)

การเลือกกระบวนการบำบัดน้ำเสีย

ในการเลือกกระบวนการบำบัดน้ำเสีย จะต้องศึกษาพิจารณาข้อมูลต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ (เสริมพล และ ไชยยุทธ, 2524)

1. ปริมาณและคุณลักษณะของน้ำทิ้ง เป็นข้อมูลที่สำคัญที่สุดในการกำหนดแนวทางการบำบัดน้ำเสีย จากข้อมูลนี้วิศวกรจะสามารถกำหนดแนวทางการบำบัดอย่างกว้าง ๆ ได้ เช่น จุดมุ่งหมายในการบำบัด กระบวนการบำบัดจะต้องมีกระบวนการย่อยใดบ้าง กระบวนการบำบัดจะทำงานแบบเป็นครั้งคราว (batch) หรือแบบต่อเนื่อง (continuous) จะต้องทดสอบกระบวนการบำบัดใดบ้างในห้องปฏิบัติการเพื่อหาหลักเกณฑ์การออกแบบที่เหมาะสม เช่น หากต้องการจะใช้สารเคมีช่วย

ในการตกตะกอน จะต้องมีการศึกษาปริมาณสารเคมีที่ต้องใช้ และประสิทธิภาพในการตกตะกอน

2. คุณภาพน้ำทิ้งที่ต้องการ เป็นเครื่องกำหนดขั้นตอนหรือความยุ่งยากของกระบวนการบำบัด กระบวนการบำบัดจะมีความยุ่งยากมากยิ่งขึ้นถ้าต้องการคุณภาพน้ำทิ้งที่ดีขึ้น
3. ราคาที่ดินและพื้นที่ดินที่ต้องการ โดยทั่วไประบบบำบัดที่ใช้ที่ดินมากจะเป็นระบบที่ใช้เครื่องจักรกลน้อยและควบคุมดูแลง่าย เช่น ระบบบ่อปรับเสถียรตามธรรมชาติ (Stabilization pond) ส่วนระบบที่ใช้พื้นที่น้อยจะเป็นระบบที่มีการใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์มาก เช่น ระบบแอคติเวทเตทสลัดจ์ (Activated sludge)
4. ความยุ่งยากในการควบคุมและบำรุงรักษาระบบ ระบบที่ใช้เครื่องจักรกลมาก จะเป็นระบบที่ควบคุมและบำรุงรักษายาก ดังนั้นหากทำได้ควรเลือกใช้ระบบบำบัดที่ง่ายที่สุดเพื่อความสะดวกในการควบคุมและบำรุงรักษาระบบ
5. ความยากลำบากในการจัดหาหรือซื้อเครื่องจักรอุปกรณ์ต่าง ๆ เครื่องจักรกลต่าง ๆ ที่ใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งส่วนใหญ่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ จึงควรเลือกใช้ระบบบำบัดที่เครื่องจักรกลส่วนใหญ่ผลิตได้เองในประเทศ
6. ปัญหาเรื่องข้อเดือดร้อนรำคาญต่าง ๆ เช่น ระบบ anaerobic pond จะมีกลิ่นเหม็น จึงควรสร้างให้ไกลจากชุมชน
7. ต้นทุนในการบำบัด ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการบำบัด รวมกับค่าก่อสร้างระบบบำบัด รวมค่าที่ดิน โดยทั่วไปการบำบัดน้ำทิ้งปริมาณมาก ๆ จะมีต้นทุนการบำบัดต่อหน่วยน้อยกว่าการบำบัดปริมาณน้อย ๆ

ระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร

ระบบบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรได้มีการพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ดังจะเห็นได้จากฟาร์มสุกรที่มีพื้นที่เหลือเพียงพอ หรือฟาร์มสุกรที่ก่อสร้างใหม่จะสร้างระบบบำบัดน้ำเสียภายในฟาร์มก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรที่นิยมใช้ปัจจุบันแบ่งออกเป็น 3 ระบบ (ธีระวุฒิ 2543) ได้แก่

1. ระบบแบบธรรมชาติ (Natural system)
2. ระบบบ่อบำบัด (Ponding system)
3. ระบบแบบก๊าซชีวภาพ (Biogas)

ระบบแบบธรรมชาติ (Natural system)

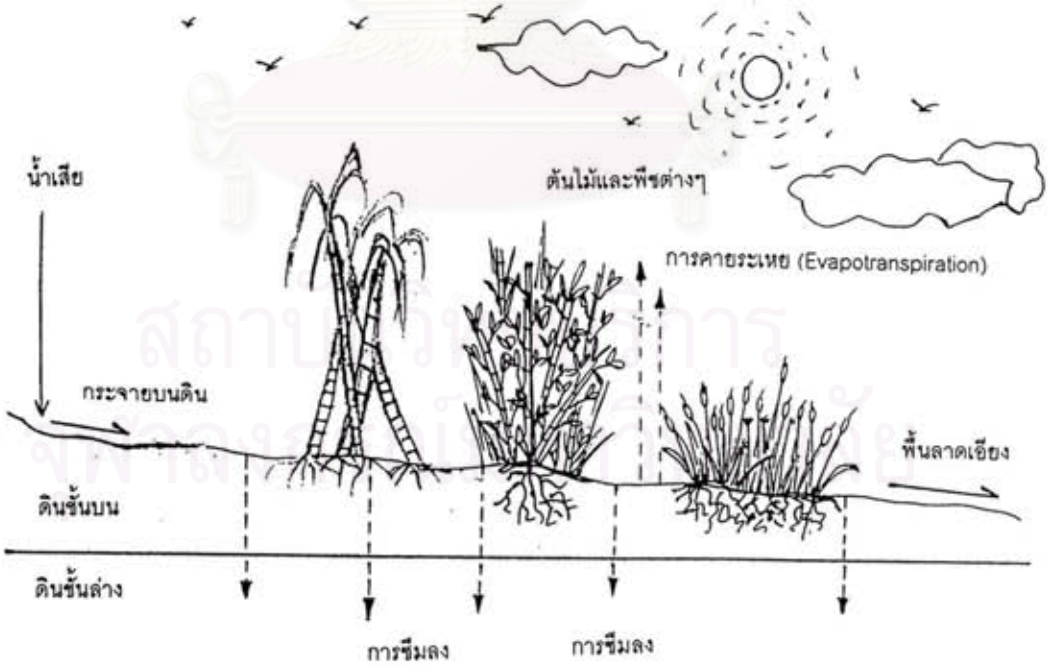
การบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ จะใช้ดิน พืช และจุลินทรีย์ เป็นส่วนสำคัญของขบวนการบำบัด โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องมือเครื่องกล ซึ่งเป็นการประหยัดพลังงานและใช้เทคโนโลยีในการควบคุมน้อยกว่าระบบอื่น แม้ว่าประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียระบบนี้จะดี (ไม่มีของเสียเหลือทิ้งออกไปสู่ธรรมชาติ) แต่ความสามารถรับปริมาณของเสีย (Hydraulic loading) และความเข้มข้นของของเสีย หรือภาระอินทรีย์ (Organic loading) ที่จะเข้าสู่ระบบบำบัดได้ต่ำ จึงมักใช้เป็นระบบบำบัดขั้นสุดท้ายหลังจากผ่านระบบบำบัดแบบอื่นมาก่อนแล้ว (เกรียงศักดิ์ , 2539)

การบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ ที่มีใช้ในฟาร์มปศุสัตว์ ได้แก่

1. ระบบน้ำเสียแบบกระจายบนดิน (Land treatment systems)

ระบบนี้จะเหมาะสมกับฟาร์มโคเนื้อและโคนมที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ โดยจะแยกมูลโคเพื่อนำไปทำปุ๋ยหมัก ส่วนของเสียที่เป็นน้ำเสียทั้งที่ผ่านขบวนการบำบัดหรือของเสียสดอาจใช้วิธีฉีดพ่นลงบนแปลงหญ้าที่ปลูกให้โคกินสลับหมุนเวียนไปในแต่ละแปลง

ในปัจจุบันได้มีการพยายามนำระบบนี้มาใช้กับน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่อยู่ใกล้แหล่งเพาะปลูก โดยมีการศึกษาความเหมาะสมกับชนิดของพืช และระยะการเจริญเติบโตของพืชด้วย เช่น ผักชนิดต่าง ๆ ข้าวโพด อ้อย ปาล์มน้ำมัน มันสำปะหลัง สวนยาง และสวนป่า

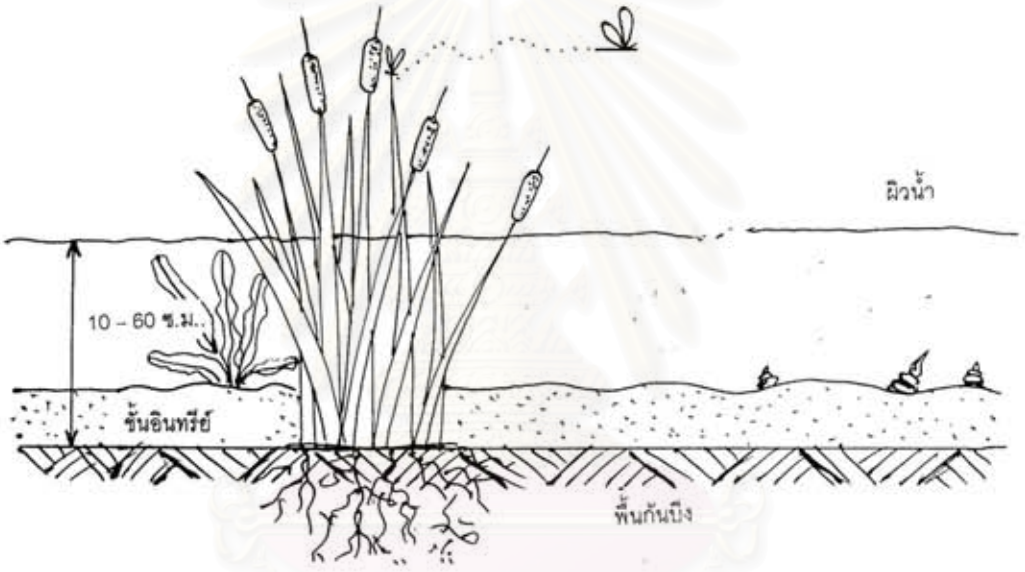


รูปที่ 1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบกระจายบนดิน

ที่มา : ดัดแปลงจาก ศักดิ์ชัย, 2545

2. ระบบบึงประดิษฐ์ (Constructed wetland systems)

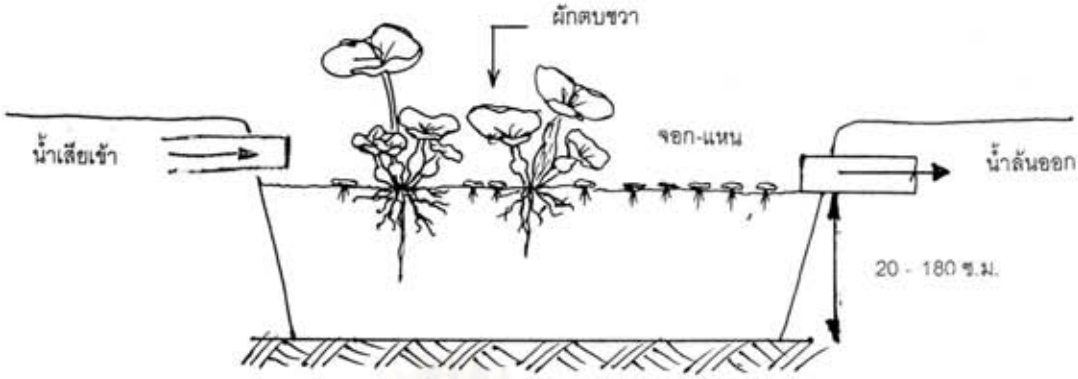
บึงประดิษฐ์ ประกอบด้วยบ่อดินที่น้ำไหลซึมลงดินได้น้อย มีความลึกน้อยกว่า 0.6 เมตร จะมีอยู่หลายบ่อต่อเนื่องกัน มีพืชชนิดต่าง ๆ ขึ้นมากมาย เช่น ต้นธูปฤาษี กก โดยส่วนต้นจะเจริญขึ้นจากพื้นดินใต้น้ำ รากยังคงอยู่ในดินเป็นส่วนใหญ่ ใบไม้จะทำหน้าที่เป็นแผ่นตัวกลางให้จุลินทรีย์เกาะและยังทำหน้าที่เป็นตัวกรองและดูดซับสารปนเปื้อนต่าง ๆ ในน้ำเสีย นอกจากนี้ยังสามารถทำหน้าที่ถ่ายเทออกซิเจนลงไปในน้ำและป้องกันการเจริญของสาหร่าย โดยการกั้นบังแสงแดดส่องลงไปในน้ำ



รูปที่ 2 ระบบบึงประดิษฐ์

ที่มา : ดัดแปลงจาก: ศักดิ์ชัย, 2545

3. ระบบบึงพืชลอยน้ำ ระบบนี้คล้ายคลึงกับบึงประดิษฐ์ โดยอาศัยรากของพืชลอยน้ำเป็นแผ่นตัวกลางให้จุลินทรีย์เกาะ พืชลอยน้ำที่นิยมใช้ได้แก่ จอก แหน และผักตบชวา แต่ต้องคอยควบคุมอย่าให้มีปริมาณมากกว่า 60% ของพื้นที่ผิวของบ่อเพราะจะทำให้ออกซิเจนละลายในน้ำลดลง ส่วนใหญ่ระบบพืชลอยน้ำจะใช้เป็นระบบเสริมระบบอื่น โดยใช้ในบ่อที่ผ่านการบำบัดแล้ว หรือในบริเวณคลองส่งน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำภายนอก ความลึกของบ่อควรมีความลึกประมาณ 20 – 180 เซนติเมตร ระยะเวลากักเก็บและค่าความสกปรกของน้ำเสียที่จะเข้าระบบคล้ายคลึงกับระบบบึงประดิษฐ์



รูปที่ 3 ระบบบึงพืชลอยน้ำ

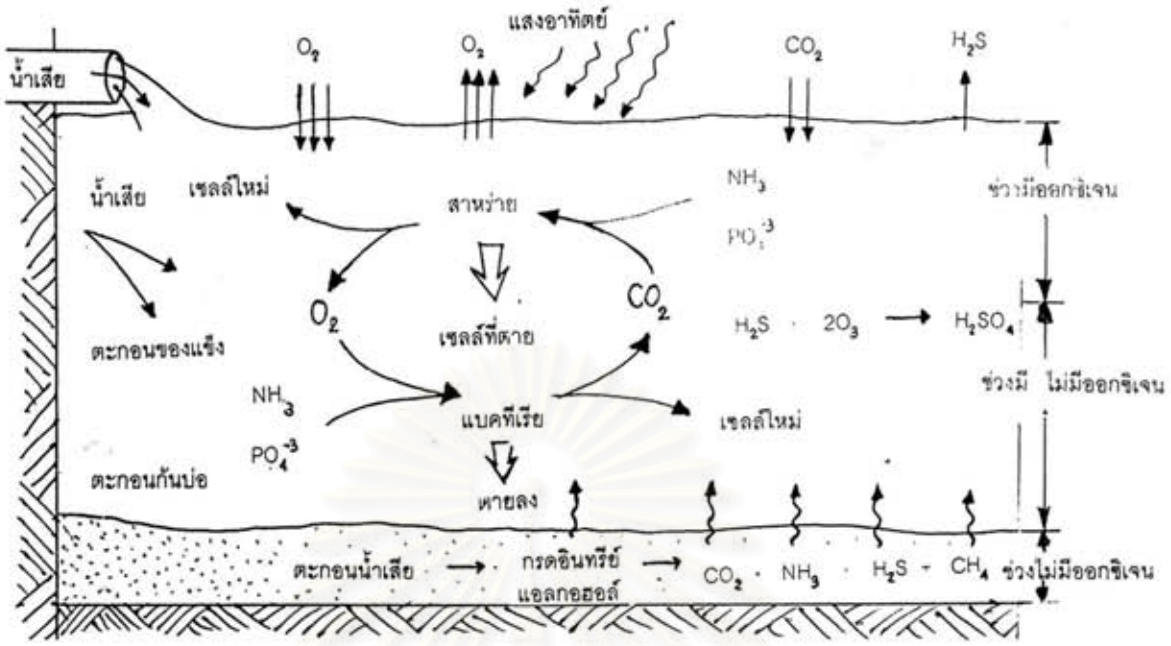
ที่มา : ดัดแปลงจาก ศักดิ์ชัย, 2545

ระบบบ่อบำบัด (Ponding system)

เป็นระบบที่นิยมใช้มากที่สุดเพราะการก่อสร้างและการจัดการบำรุงรักษาง่าย ไม่ยุ่งยาก สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย (ธีระ, 2539) ระบบบำบัดประกอบด้วยบ่อเก็บกักน้ำเสียหลายบ่อย โดยปรับสภาพสิ่งแวดล้อมภายในบ่อแต่ละบ่อให้เหมาะสมกับจุลินทรีย์ ทั้งแบบใช้และไม่ใช้อากาศ บางครั้งอาจมีการนำถังหมัก (Septic tank) หรือถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic filter) มาร่วมในระบบด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ ลักษณะทั่วไปมักมีการแยกมูลสุกรโดยการเก็บกวาดและตกตะกอนออกก่อน เพื่อลดภาระอินทรีย์ (Organic loading) ซึ่งจะทำให้สามารถลดขนาดของระบบบำบัดน้ำเสียลงได้โดยนำมูลสุกรที่แยกได้ไปใช้ประโยชน์โดยตรง หรือใช้วิธีบำบัดอื่นแยกต่างหาก ดังนั้นการบำบัดระบบนี้จึงเป็นการบำบัดสารอินทรีย์ที่มีขนาดเล็กหรือละลายในน้ำเสียเป็นส่วนใหญ่

โดยหลักการระบบบ่อบำบัดที่มีประสิทธิภาพจะต้องมีลักษณะดังนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2540)

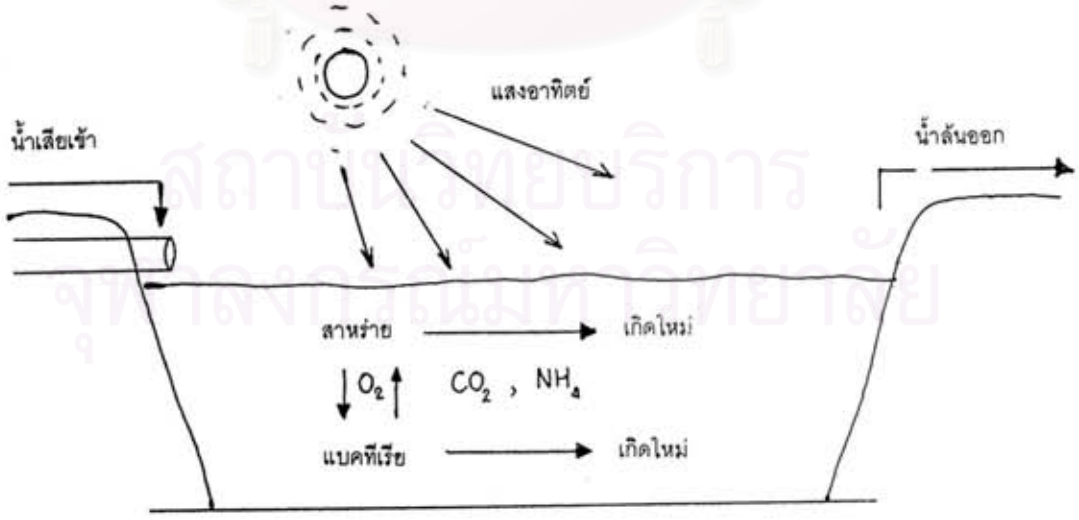
- ต้องประกอบด้วยบ่อรองรับน้ำเสียต่อเนื่องกันอย่างน้อย 3 บ่อ
- บ่อแรกคือบ่อหมักไร้อากาศ (Anaerobic pond) สำหรับบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง จึงเป็นบ่อที่มีความลึกมากกว่า 2.5 เมตร เพื่อควบคุมสภาวะของบ่อให้อยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน
- บ่อที่สองคือบ่อหมักผสม (Facaltative pond) บ่อชนิดนี้มีความลึกปานกลางประมาณ 1- 3 เมตร เพื่อทำให้เกิดสภาวะไร้ออกซิเจนที่ก้นบ่อ เกิดสภาวะแบบผสมสำหรับจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่มีออกซิเจนและไร้ออกซิเจนตรงชั้นกลางบ่อ ส่วนชั้นบนของบ่อมีสภาวะออกซิเจน สำหรับการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวและจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน



รูปที่ 4 ปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในบ่อกึ่งไร้ออกซิเจน (Facultative Pond)

ที่มา : ดัดแปลงจากกรมปศุสัตว์, 2548

- บ่อที่สามคือบ่อหมักแบบใช้อากาศ (Aerobic pond) เป็นบ่อที่มีความตื้นมากกว่าบ่ออื่น (ความลึกประมาณ 0.3 – 1 เมตร) สำหรับบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ต่ำ บ่อชนิดนี้จะมีสาหร่ายสีเขียวและจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนเจริญเติบโตร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยกัน



รูปที่ 5 ปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในบ่อมีออกซิเจน

ที่มา : ดัดแปลงจากกรมปศุสัตว์, 2548

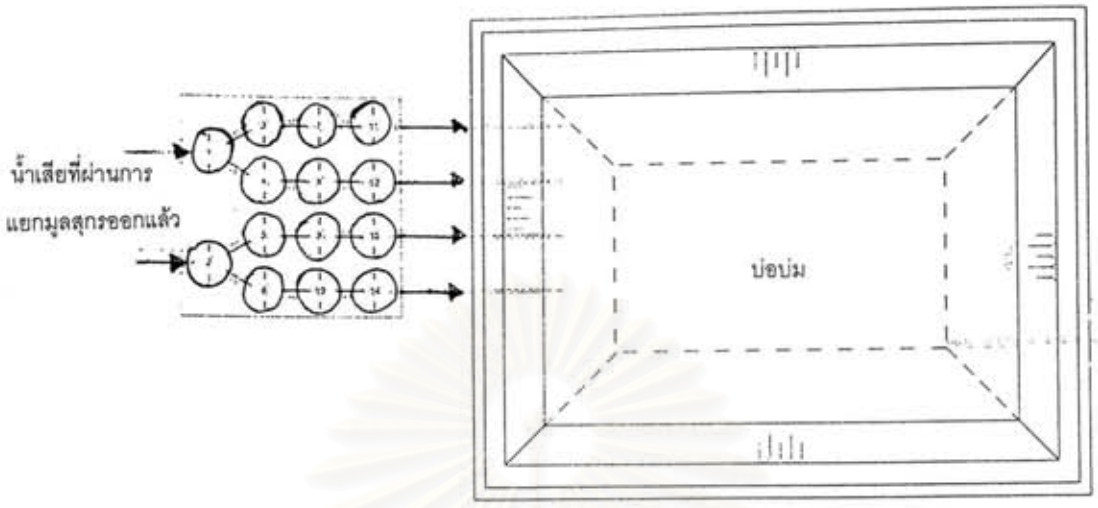
- ขนาดของบ่อทั้งสาม อาจมีความแตกต่างกันไปขึ้นกับปริมาณของเสียจากฟาร์มสุกร แต่โดยหลักการแล้ว บ่อแต่ละบ่อจะต้องมีคุณลักษณะเฉพาะ เช่น ความลึกของบ่อ ระยะเวลาเก็บกักน้ำ ภาระบรรทุก เพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพ

เนื่องจากระบบบ่อบำบัดเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่การก่อสร้าง และการบำรุงรักษาง่ายไม่ยุ่งยาก และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย ทำให้กรมปศุสัตว์ ได้จัดทำโครงการพัฒนาอาชีพการปศุสัตว์ลงสู่ท้องถิ่น เพื่อเป็นการแก้ปัญหาและลดผลกระทบจากการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ โดยเป็นการสนับสนุนให้เกษตรกรก่อสร้างหรือปรับปรุงแก้ไขระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรขนาดเล็ก หรือมีจำนวนสุกรขุนไม่เกิน 500 ตัว (60 หน่วยปศุสัตว์) และฟาร์มสุกรขนาดกลางหรือมีสุกรขุนไม่เกิน 2,000 ตัว ซึ่งมีรูปแบบของระบบบำบัด 2 รูปแบบ (กรมปศุสัตว์ , 2546) ได้แก่

1. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศ

รูปแบบการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียชนิดนี้ ประกอบด้วย น้ำเสียที่ผ่านการแยกมูลสุกรออกแล้วไหลรวมกันมาตามท่อระบายน้ำลงสู่บ่อรวมน้ำเสียก่อน เพื่อให้มูลสุกรตกตะกอน จากนั้นน้ำเสียจะไหลรวมกันมาตามท่อระบายน้ำลงสู่บ่อเกรอะ ซึ่งช่วยแยกตะกอนหนักที่ยังไม่ตกตะกอนไม่หมดจากถังแยกตะกอนให้รวมลงสู่ก้นถัง ฝ้าไขจะถูกดักที่ผิวหน้าโดยการออกแบบท่อเป็นรูปตัวที จากนั้นน้ำเสียจะไหลลงสู่ถังกรองไร้อากาศ น้ำเสียที่เข้าจะมีปริมาณตะกอนน้อยลง แต่ยังเหลือความสกปรกในรูปละลายน้ำที่ไม่สามารถตกตะกอนได้ จึงต้องอาศัยจุลินทรีย์ในการบำบัดความสกปรก ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดเป็นการบำบัดน้ำเสียของจุลินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศ โดยความสกปรกส่วนหนึ่งจะกลายเป็นก๊าซระบายออกทางท่อระบายอากาศบนถัง จากนั้นจะไหลเข้าสู่บ่อบำบัดสุดท้ายที่เป็นบ่อดิน ทำให้น้ำได้รับแสงแดด จึงมักมีสาหร่ายเกิดขึ้นในบ่อน้ำ ซึ่งจะช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้แก่น้ำ ทำให้น้ำมีคุณภาพดียิ่งขึ้น การบำบัดในบ่อดินส่วนใหญ่จะเป็นการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนทางด้านบนของบ่อ และการทำงานของจุลินทรีย์แบบที่สามารถใช้ได้ทั้งออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนในส่วนของก้นบ่อ (กรมปศุสัตว์ , 2548)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

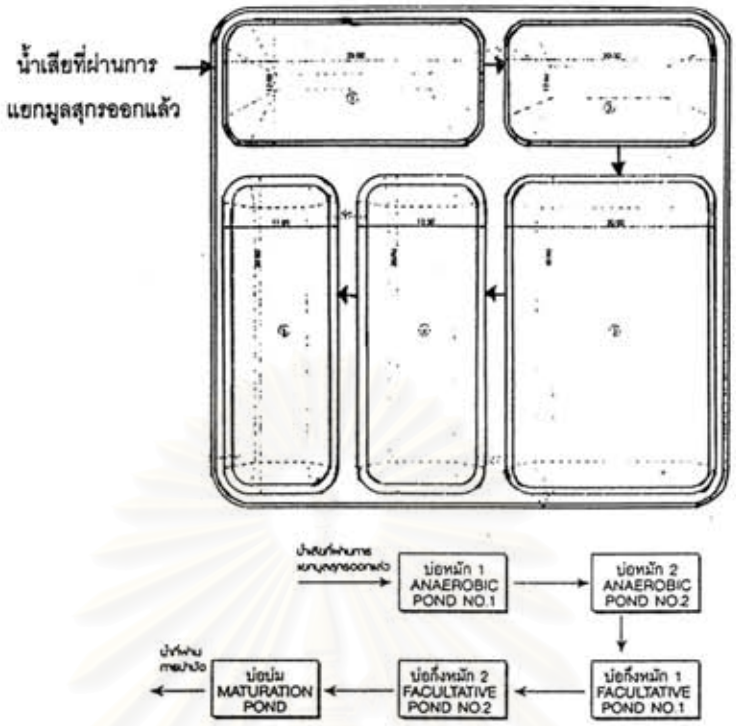


รูปที่ 6 ระบบบ่อบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศ

ที่มา : กรมปศุสัตว์, 2548

2. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร

รูปแบบของระบบบำบัดแบบนี้ ประกอบด้วย น้ำเสียที่ผ่านการแยกมูลสุกรออกแล้วไหลรวมกันมาตามท่อระบายน้ำลงสู่บ่อรวมน้ำเสียก่อน เพื่อให้มูลสุกรตกตะกอน จากนั้นน้ำเสียจะไหลรวมกันมาตามท่อระบายน้ำลงสู่บ่อหมัก (Anerobic pond) ซึ่งเป็นบ่อที่มีความลึกมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับบ่ออื่น ๆ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำในบ่อจะต่ำมากบ่อจึงอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจนตลอดเวลา การบำบัดในบ่อนี้จะเป็นการทำงานของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้มีสภาพเป็นสีดำ และมีก๊าซเกิดขึ้นโดยทั่วไป จากนั้นน้ำจะไหลลงสู่บ่อกึ่งหมัก (Facultative pond) ซึ่งการบำบัดในบ่อนี้จะเป็นการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนในส่วนบนของบ่อและการทำงานของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนในส่วนก้นบ่อ จากนั้นน้ำจะไหลเข้าสู่บ่อบ่ม (Aerobic pond) ซึ่งเป็นบ่อค่อนข้างตื้น ทำให้แสงแดดส่องทะลุถึงก้นบ่อ และสาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดี ดังนั้นการบำบัดจึงเป็นการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ซึ่งบ่อบ่มจะเป็นบ่อที่ใช้ในการปรับสภาพน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดแล้วให้มีความสะอาดขึ้น และกำจัดเชื้อโรคในน้ำ (ธีระ, 2539; เชาวลิต, 2547) น้ำทิ้งที่ออกจากบ่อมักมีสีเขียวเนื่องจากจำนวนสาหร่ายที่อยู่ในน้ำหากพบว่าสาหร่ายมีจำนวนมากเกินไปควรมีการกำจัดสาหร่ายก่อนที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือนำกลับไปใช้ในฟาร์ม (กรมปศุสัตว์ , 2548)



รูปที่ 7 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร

ที่มา : กรมปศุสัตว์, 2548

ระบบแบบก๊าซชีวภาพ (Biogas)

เป็นเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยหลักการทำงานของกลุ่มจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) ทำหน้าที่หมักและย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียมูลสัตว์ เป็นวิธีการบำบัดที่เหมาะสมสำหรับใช้ในเขตพื้นที่ที่มีอากาศร้อน เนื่องจากปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนต้องการอุณหภูมิค่อนข้างสูง ผลผลิตที่ได้คือ ก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งก๊าซมีเทนสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีข้อจำกัดของระบบคือ จุลินทรีย์ที่ใช้บำบัดมีการเจริญเติบโตช้า จึงทำให้ต้องใช้เวลานานในการเริ่มต้นระบบบำบัด และระบบไม่สามารถบำบัดไนโตรเจน และฟอสฟอรัสได้ ดังนั้นน้ำที่ผ่านออกจากระบบจะยังมีความสกปรก ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสสูง จึงจำเป็นต้องมีระบบบำบัดขั้นหลัง เช่นบ่อบ่ม สระเปิด หรือระบบแบบธรรมชาติ รองรับเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น

รูปแบบของระบบไบโอแก๊สที่นิยมใช้ในฟาร์มสุกรมีดังนี้ (ธีระ , 2539)

1. ระบบก๊าซชีวภาพแบบยอดโดมคามาร์เทค (CARMATEC Fixed-dome digester) เป็นแบบซึ่งองค์กรความร่วมมือทางวิชาการไทย-เยอรมัน (GTZ) ได้พัฒนาขึ้นมาและตั้งชื่อตามศูนย์วิจัยเทคโนโลยีในประเทศแทนซาเนีย ระบบไบโอแก๊สแบบนี้ได้ถูกนำเข้ามาส่งเสริมในประเทศไทย ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2532 – 2537 มีการพัฒนาเพิ่มเติมให้เหมาะสมกับสภาพการใช้

ประโยชน์ในประเทศไทย โดยการเพิ่มระบบดึงกากตะกอนและท่อปล่อยแก๊สเพื่อความปลอดภัย ระบบนี้เป็นระบบที่กรมส่งเสริมการเกษตรนำมาส่งเสริมให้เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ทำการก่อสร้าง (กรมควบคุมมลพิษ, 2538) ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างดีกับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ขนาดกลางและขนาดเล็ก หรือนำไปใช้ได้กับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ขนาดใหญ่ที่ไม่ได้วางแผนการระบายของเสียไว้ โดยสามารถทำการก่อสร้างระบบแบบนี้จำนวนหลายหน่วยในตำแหน่งที่เหมาะสม หรือสร้างเพื่อรองรับของเสียในแต่ละโรงเรือน (ศักดิ์ชัย , 2545)

รูปที่ 8 ระบบไบโอแก๊สแบบยอดโดม CARMATEC

2. ระบบก๊าซชีวภาพของหน่วยบริการก๊าซชีวภาพ BAU (Biogas Advisory Unit) เป็นระบบที่เกิดจากการวิจัยและพัฒนาของหน่วยบริการก๊าซชีวภาพ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นการนำระบบก๊าซชีวภาพ และระบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง มาประยุกต์ใช้ในโครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ขนาดใหญ่ ประกอบขึ้นด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ (วีระพันธ์ และ นิรันดร์ , 2542)

2.1 รางส่งของเสีย ใช้สำหรับลำเลียงน้ำเสียมูลสัตว์ จากคอกและโรงเรือนต่าง ๆ เข้าสู่ระบบจัดการน้ำเสีย

2.2 บ่อรวมน้ำเสีย (Waste water collector tank) จะใช้สำหรับเป็นที่รวมน้ำเสียในกรณีที่ระดับของรางส่งของเสียจากคอกและโรงเรือนต่างๆ อยู่ต่ำมากจนไม่สามารถวางระบบให้การไหลของน้ำเสีย เข้าสู่ระบบก๊าซชีวภาพได้โดยวิธีการไหลตามธรรมชาติ จึงจำเป็นต้องมีบ่อรวมน้ำเสียสำหรับสูบน้ำเสียเข้าระบบ

2.3 บ่อตกตะกอน (Settling tank) สำหรับแยกน้ำที่มีตะกอน หรือน้ำเสียส่วนข้นออกจากน้ำเสียส่วนใสหรือส่วนที่เจือจาง สำหรับบ่อตกตะกอนที่ใช้ในระบบก๊าซชีวภาพ เพื่อบำบัดน้ำเสียขั้นต้นนี้จะใช้ในกรณีที่น้ำเสียมาจากคอกมีปริมาณของแข็งปนมากับน้ำเสียนั้นน้อยกว่าร้อยละ 2 ของแข็งโดยส่วนใหญ่จะตกตะกอนอยู่ด้านล่างของบ่อตกตะกอนและน้ำเสียส่วนใสจะอยู่ด้านบน

2.4 บ่อหมักช้าแบบราง (Channel digester) เป็นบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้า (Low rate anaerobic digester) ใช้สำหรับเป็นบ่อหมักที่ให้แบคทีเรียชนิดที่ไม่ต้องการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์อาศัยอยู่ และย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียที่ปล่อยลงไป ลักษณะของบ่อหมักจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือหัวท้ายอาจกลมมน การออกแบบจะให้มีขนาดความยาวของบ่อหมักมากกว่าความกว้างของบ่ออย่างน้อย 4 – 5 เท่า ทั้งนี้เพื่อให้รูปร่างของบ่อมีความยาว เมื่อของเสียไหลเข้าทางด้านหนึ่งของบ่อหมัก ของเสียที่เข้ามาก่อนจะค่อย ๆ ทยอยล้นออกสู่อีกด้านหนึ่งของบ่อหมัก ซึ่งจะใช้เวลาเท่าไรขึ้นอยู่กับปริมาตรของของเสียที่เติมลงไป และปริมาตรบรรจุของบ่อหมัก โดยทั่วไประยะเวลาของการหมักโดยเฉลี่ยควรจะอยู่ที่ประมาณ 40 วัน ก๊าซที่เกิดขึ้นในบ่อหมักจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำเสีย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการผสมของของเหลวในส่วนล่างกับส่วนบนของบ่อ ซึ่งเป็นผลดีต่อการหมัก แต่อย่างไรก็ตามในส่วนท้าย ๆ ของบ่อหมักมักมีการแยกชั้นของเสียส่วนข้นกับของเสียส่วนใส โดยระบบจะถูกออกแบบให้มีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นบ่อตกตะกอนและเป็นบ่อหมักน้ำเสียส่วนข้น ส่นน้ำเสียส่วนใสหรือส่วนเจือจางจะไหลผ่านไปยังบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบเร็ว (High rate anaerobic digester) ส่วนของแข็งที่อยู่ในบ่อหมักจะผ่านเข้าสู่ลานกรองของแข็งต่อไป ส่วนด้านบนของบ่อหมักจะใช้พลาสติกปิดด้านบนเพื่อเก็บก๊าซที่เกิดจากการหมัก โดยปลายพลาสติกจะจมอยู่ในน้ำเพื่อป้องกันก๊าซรั่ว

2.5 ลานกรองของแข็ง (Sand bed filter) เป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับบ่อหมักช้าแบบราง และรับกากน้ำเสียส่วนข้นที่ผ่านการหมักย่อยแล้ว โดยลานกรองของแข็งจะสามารถแยกส่วนที่ของแข็งออกจากส่วนที่เป็นน้ำ น้ำที่ผ่านการกรองนี้จะมีปริมาณสารอินทรีย์ลดลง และยังใช้เป็นสถานที่ผึ่งตากเพื่อทำให้ความชื้นของของแข็งที่ค้างอยู่บนลานกรองของแข็งนั้นแห้ง น้ำที่ออกจากลานกรองของแข็งนั้นจะถูกปล่อยลงสู่ระบบบำบัดขั้นหลัง

2.6 บ่อหมักแบบเร็ว UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) เป็นรูบแบบของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบเร็ว (High rate anaerobic digester) เป็นบ่อที่เหมาะสำหรับใช้บำบัดน้ำเสียประเภทที่มีปริมาณสารอินทรีย์ ซึ่งโดยส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ บ่อหมักแบบนี้จะมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำได้ค่อนข้างเร็ว ระยะเวลาในการหมักของน้ำเสีย (Hydraulic Retention Time , HRT) ในบ่อหมักนั้นอาจจะอยู่ในช่วงประมาณ 3 – 5 วัน โดยที่ประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงถึงร้อยละ 80 – 90 บ่อหมัก UASB ได้ถูกนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียในส่วนที่เจือจาง ซึ่งอาจจะมาจากส่วนล้นของบ่อตกตะกอนหรือบ่อหมักช้าแบบราง ผลของการย่อยสลายจะได้ก๊าซชีวภาพ ส่วนของก๊าซจะถูกปล่อยออกไปยังท่อนำก๊าซ ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกปล่อยเข้าสู่ระบบบำบัดขั้นหลังต่อไป

2.7 ระบบบำบัดขั้นหลัง (Post Treatment) น้ำที่ผ่านการบำบัดจากบ่อหมักไร้ออกซิเจนแล้วจะถูกปล่อยเข้าสู่ระบบบำบัดขั้นหลัง เนื่องจากสภาพของน้ำยังคงมีสารอินทรีย์เหลืออยู่ ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติหรือสิ่งแวดล้อมได้ทันที จึงต้องมีการปล่อยลงสู่สระน้ำเปิด เช่นสระปรับสภาพน้ำ หรือบ่อเติมออกซิเจน หรือ บึงประดิษฐ์ หรือสระพักเก็บน้ำ เพื่อปรับปรุงคุณภาพไม่น้อยกว่า 30 วัน ก่อนนำไปใช้งานหรือปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

รูปที่ 9 แสดงลักษณะของระบบก๊าซชีวภาพของหน่วยบริการก๊าซชีวภาพ BAU (Biogas Adivisory Unit)

3. ระบบไบโอก๊าซแบบบ่อคลุม (Cover Lagoon หรือ Cover In Ground Anaerobic Reactor , CIGAR) ระบบนี้เป็นเทคโนโลยีใหม่จากประเทศสหรัฐอเมริกา ลักษณะของระบบประกอบด้วยบ่อดินรองรับน้ำเสียจากโรงเรือนสุกร แล้วใช้แผ่นพลาสติกโปลิเอทธิลีน ความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene , HDPE) คลุมบ่อทั้งหมดเพื่อเก็บกักก๊าซ ระบบนี้กำลังได้รับความสนใจจากผู้เลี้ยงสุกรโดยทั่วไปเพราะมีค่าก่อสร้างต่ำเนื่องจากใช้บ่อดินธรรมดาเป็นบ่อหมัก ซึ่งฟาร์มเลี้ยงสุกรส่วนมากจะสร้างใช้ประโยชน์สำหรับเก็บกักน้ำเสียอยู่แล้ว (สมชัย , 2543) ระบบนี้มีการนำมาใช้งานเมื่อประมาณ 3 – 5 ปีที่ผ่านมา จึงถือว่ายังอยู่ในช่วงต้น ๆ ของอายุการใช้งานของบ่อซึ่งประเมินไว้ที่ประมาณ 15 ปี ปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลการทำงานของบ่อที่สมบูรณ์เพียงพอ และจำเป็นต้องติดตามผลการใช้งานของบ่อดังกล่าวต่อไป (กรมปศุสัตว์ , 2548)

รูปที่ 10 แสดงลักษณะของระบบไบโอแก๊สแบบบ่อคลุม (Covered lagoon)

การควบคุมน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

เนื่องจากกิจการเลี้ยงสุกรก่อให้เกิดน้ำเสียเป็นจำนวนมากและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมดังกล่าวข้างต้น จึงได้มีกฎหมายกำหนดให้การเลี้ยงสุกรเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และกำหนดให้น้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมจะต้องผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามดัชนีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (ราชกิจจานุเบกษา, 2544) คือ

- ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) หมายถึงสภาพความเป็นกรดด่างของน้ำ กล่าวคือเมื่อพีเอชมีค่าเท่ากับ 7 แสดงว่าน้ำนั้นมีสภาพเป็นกลาง ถ้าน้อยกว่า 7 แสดงว่าน้ำนั้นมีสภาพเป็นกรด ถ้ามากกว่า 7 แสดงว่าน้ำนั้นมีสภาพเป็นด่าง โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตในน้ำส่วนใหญ่จะดำรงชีพได้อย่างเป็นปกติเมื่อพีเอชมีค่าในช่วง 6 – 8
- ค่าบีโอดี (Biological oxygen demand : BOD) เป็นดัชนีชี้ถึงความสกปรกของน้ำเสีย โดยวัดจากปริมาณออกซิเจนอิสระที่จุลชีพ (microorganism) ต้องการใช้ในกระบวนการย่อยสารอินทรีย์
- ค่าซีโอดี (Chemical oxygen demand : COD) เป็นดัชนีชี้ถึงความสกปรกของน้ำเสีย ซึ่งคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยใช้สารเคมีที่มีอำนาจออกซิไดซ์สูงในสารละลายที่เป็นกรด
- สารแขวนลอย (Total Suspended Solids : TSS) คือปริมาณสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสีย สารเหล่านี้จะเหลืออยู่เป็นตะกอนของแข็งภายหลังจากผ่านการระเหยน้ำออกจากน้ำเสียจนหมดแล้ว
- ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (Total Kjeldahl nitrogen : TKN) คือผลบวกระหว่างสารอินทรีย์ไนโตรเจน และแอมโมเนียไนโตรเจน ที่อยู่ในโปรตีนของพืชหรือสัตว์ที่เกิดจากกระบวนการของสิ่งมีชีวิต

โดยมีค่ามาตรฐานดังต่อไปนี้ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 มาตรฐานเพื่อควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้วัดคุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์มาตรฐานสูงสุดในฟาร์มสุกรขนาด	
		60-600 หน่วยปศุสัตว์	>600 หน่วยปศุสัตว์ขึ้นไป
1. ความเป็นกรดด่าง (pH)	-	5.5 - 9	5.5 - 9
2. บีโอดี (BOD)	มิลลิกรัมต่อลิตร	100	60
3. ซีโอดี (COD)	มิลลิกรัมต่อลิตร	400	300
4. สารแขวนลอย (TSS)	มิลลิกรัมต่อลิตร	200	200
5. ไนโตรเจนรวม (TKN)	มิลลิกรัมต่อลิตร	200	200

หมายเหตุ หนึ่งหน่วยปศุสัตว์ หมายถึง สุกรน้ำหนักรวม 500 กิโลกรัม

โดยได้กำหนดน้ำหนักเฉลี่ยของสุกรแต่ละประเภทดังต่อไปนี้ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 แสดงน้ำหนักเฉลี่ยของสุกรประเภทต่าง ๆ

ประเภทสุกร	น้ำหนักเฉลี่ย (กิโลกรัม)
พ่อ+แม่พันธุ์	170
สุกรขุน	60
ลูกสุกร	12

กฎหมายควบคุมการปล่อยน้ำเสียจากฟาร์มสุกรได้เริ่มบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2545 จากค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมพบว่าเป็นการควบคุมปริมาณสารอินทรีย์และแร่ธาตุไนโตรเจนในน้ำเสีย แต่ในความเป็นจริงน้ำเสียจากฟาร์มสุกร และมูลสุกรยังมีสิ่งปนเปื้อนอื่นได้แก่ เชื้อโรค และแร่ธาตุที่เป็นโลหะหนัก ซึ่งหากมีการปล่อยออกจากฟาร์มหรือการสะสมในสิ่งแวดล้อมแล้วอาจก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขอนามัยของมนุษย์ และสัตว์ ตลอดจนจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตในดินและน้ำได้ในอนาคต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีการศึกษาวิจัย

การสำรวจรวบรวมข้อมูลวิธีการบำบัดน้ำเสียของฟาร์มสุกร

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงวิเคราะห์ (Analytical research) ทำการศึกษาวิจัยโดยสำรวจรวบรวมข้อมูล วิธีการบำบัดน้ำเสียของฟาร์มสุกรในจังหวัดราชบุรี ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีการเลี้ยงสุกรมากที่สุด และมีรูปแบบของระบบบำบัดแบบต่าง ๆ ทุกแบบที่ใช้อยู่ในประเทศไทย ดังนี้ (ภาคผนวก ก)

1. ข้อมูลทั่วไปของฟาร์ม ได้แก่ ชื่อเจ้าของฟาร์ม สถานที่ตั้ง สภาพแวดล้อมรอบ ๆ ฟาร์ม
2. ข้อมูลการจัดการทรัพยากร ได้แก่ จำนวนที่ดินทั้งหมดของฟาร์ม การบริหารจัดการใช้ที่ดินของฟาร์ม แหล่งน้ำ การจัดการทรัพยากรน้ำ
3. ข้อมูลการเลี้ยงสุกร ได้แก่ วัตถุประสงค์ในการเลี้ยงสุกร จำนวนสุกรแบ่งตามประเภทและขนาดต่าง ๆ รูปแบบการเลี้ยงสุกร
4. ข้อมูลการจัดการน้ำเสีย ได้แก่ วิธีการบำบัดน้ำเสีย ลักษณะวิธีและหลักการบำบัดน้ำเสีย ขนาดของระบบบำบัดน้ำเสีย

การคัดเลือกฟาร์มตัวอย่าง

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์ม และการปนเปื้อนของแร่ธาตุอาหาร ได้แก่ ทองแดง และสังกะสี ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากบ่อบำบัดแบบต่าง ๆ ที่นิยมใช้อยู่ในประเทศไทย ซึ่งพบว่ามีอยู่ 5 ระบบ เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษา

ดังนั้น ฟาร์มที่คัดเลือกจะต้องเป็นฟาร์มที่มีคุณสมบัติ ดังนี้

1. เป็นฟาร์มที่ใช้ระบบบำบัดที่นิยมใช้ในประเทศไทย ดังต่อไปนี้
   1.1 ระบบไบโอแก๊ส (Biogas systems) มี 3 แบบ ได้แก่ ระบบไบโอแก๊สตามแบบของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (BAU) ระบบไบโอแก๊สแบบพลาสติกคลุมบ่อเก็บมูล (cover lagoon) ระบบไบโอแก๊สแบบยอดโดมคามาร์เทค (CARMARTEC Fixed dome digester)
   1.2 ระบบบ่อบำบัด (Ponding systems) มี 2 แบบ ได้แก่ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบมาตรฐานกรมปศุสัตว์แบบถังกรองไร้อากาศ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบมาตรฐานกรมปศุสัตว์แบบบ่อปรับเสถียร

2. ระบบบำบัดได้ดำเนินการมาแล้วไม่น้อยกว่า 2 ปี และมีการใช้ระบบบำบัดอย่างต่อเนื่อง

ส่วนระบบบำบัดที่ใช้การบำบัดแบบธรรรมชาติ จะไม่นิยมใช้เป็นระบบเดี่ยว เนื่องจากใช้พื้นที่มาก มักจะใช้รวมเป็นระบบบำบัดขั้นหลัง หลังจากผ่านระบบบ่อบำบัด หรือ ระบบไบโอแก๊ส แล้ว จึงไม่นำมาใช้ในการศึกษาในครั้งนี้

การตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำเสีย

1 อุปกรณ์การเก็บตัวอย่าง

1.1 ขวดเก็บตัวอย่างน้ำเสียพลาสติก ขนาด 1,000 มิลลิลิตร มีฝาปิดสนิทแบบเกลียว ป้องกันการรั่วซึมของน้ำและอากาศได้ สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำเสียเพื่อตรวจวิเคราะห์ค่า BOD, COD, TKN, TSS และ pH

1.2 ขวดแก้วปราศจากเชื้อ ขนาด 500 มิลลิลิตร สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำเสียเพื่อตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์ และโลหะหนัก

1.3 กระบอกตักน้ำด้ามยาวประมาณ 2 เมตร

1.4 ถังน้ำพลาสติก ขนาด 15 - 20 ลิตร

1.5 กล่องโฟม

1.6 น้ำแข็ง

2 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย จำนวน 2 ครั้ง ช่วงฤดูฝน 1 ครั้ง (ระหว่างเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม 2548) ฤดูแล้ง 1 ครั้ง (ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน 2549) โดยมีวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำเสียดังนี้

2.1 เก็บตัวอย่างจากฟาร์มละ 2 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างแรกเก็บที่จุดรวมน้ำเสียก่อนเข้าระบบ ตัวอย่างที่สองเก็บจากบ่อน้ำเสียบ่อสุดท้าย หรือจุดที่จะปล่อยน้ำเสียออกจากระบบ

2.2 การเก็บตัวอย่างจะเก็บตัวอย่างน้ำเสียโดยการตักน้ำเสียแบบตักจ้วง (Grab Sampling)

2.2.1 การเก็บตัวอย่างแรกได้แก่ การเก็บตัวอย่างน้ำที่บ่อรวมน้ำเสียหรือบ่อพัก น้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด ซึ่งเป็นบ่อซึ่งมีขนาดเล็ก พื้นที่จำกัด การเก็บตัวอย่างจะทำการ ตักน้ำเสียที่จุดกึ่งกลางบ่อแล้วนำมาแบ่งใส่ขวดเก็บตัวอย่าง

2.2.2 การเก็บตัวอย่างที่สอง ได้แก่การเก็บตัวอย่างน้ำจากบริเวณที่ปล่อยน้ำเสียออก หรือจากบ่อน้ำเสียบ่อสุดท้าย ในกรณีที่เป็นการเก็บที่จุดปล่อยน้ำเสีย จะเก็บที่จุดเดียวคือจุดปล่อยน้ำออกนอกฟาร์ม แล้วนำมาแบ่งใส่ขวดเก็บตัวอย่าง ในกรณีที่ฟาร์มไม่มีการปล่อยน้ำเสียออกนอกฟาร์ม จะเก็บที่บ่อสุดท้าย ซึ่งมักจะเป็นบ่อบำบัดที่มีบริเวณกว้าง จะเก็บตัวอย่างโดยการตักน้ำในบ่อประมาณ 5 จุด แล้วนำมารวมกันในถังเพื่อแบ่งเก็บใส่ขวดเก็บตัวอย่างอีกครั้งหนึ่ง

3. การเก็บตัวอย่างน้ำเสียใส่ขวดเก็บตัวอย่าง

3.1 สำหรับการตรวจวิเคราะห์ค่า BOD และ SS ให้เก็บน้ำเสียใส่ขวดพลาสติก ขนาด 1000 มิลลิลิตร โดยใส่น้ำให้เต็มขวด และปิดฝาให้สนิท โดยไม่ให้มีอากาศเหลืออยู่ภายในขวด เพื่อกันไม่ให้อากาศที่เหลืออยู่บนผิวน้ำละลายเข้าไปในตัวอย่าง

3.2 สำหรับการตรวจวิเคราะห์ค่า COD และ TKN ให้เก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดแก้ว หรือขวดพลาสติกชนิด HDPE (High Density Polyethylene) ขนาด 1000 มิลลิลิตร โดยในการเก็บน้ำจะไม่เก็บน้ำเต็มขวด เนื่องจากต้องมีการเติมกรดซัลฟุริก (H_2SO_4) เพื่อรักษาสภาพตัวอย่าง และสำหรับเขย่าตัวอย่างน้ำให้ผสมกันก่อนทำการวิเคราะห์

3.3 สำหรับการตรวจวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ ให้เก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดแก้วปลอดเชื้อ ขนาด 500 มิลลิลิตร โดยเก็บให้ระดับน้ำไม่สูงกว่าบ่าของขวด ปิดฝาให้สนิท และปริมาตรน้ำต้องไม่ต่ำกว่า 400 มิลลิลิตร

3.4 สำหรับการตรวจวิเคราะห์โลหะหนัก ให้เก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดแก้วขนาด 500 มิลลิลิตร โดยใส่น้ำให้เต็มขวด ปิดฝาให้สนิท

3.5 นำขวดเก็บตัวอย่างที่เก็บตัวอย่างน้ำเสียแล้วใส่กล่องโฟม และใส่น้ำแข็งเพื่อให้มีอุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส แล้วนำไปตรวจในห้องปฏิบัติการภายในเวลาไม่เกิน 24 ชั่วโมง

4. การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสีย

วิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียตามที่กำหนดในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีการการพลังงาน ได้แก่ การตรวจหาค่า BOD, COD, TKN , SS ตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์ได้แก่ ค่า Total plate count , Coliform count , Faecal coliform ตรวจหา

โลหะหนัก ได้แก่ ทองแดง และ สังกะสี โดยใช้วิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำเสีย ค่า BOD COD TKN และ SS ซึ่งกำหนดโดย American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation (APHA, AWWA, WPCF 1992) การวิเคราะห์หาจุลินทรีย์ทั้งหมด การวิเคราะห์หาเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มและฟีคัลโคลิฟอร์ม การวิเคราะห์โลหะหนักทองแดงและสังกะสี ซึ่งกำหนดโดย American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation (APHA, AWWA, WPCF, 1995)

ตารางที่ 5 วิธีวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของน้ำ

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
1. BOD (Biological oxygen demand)	1. Membrane electrode
2. COD (Chemical oxygen demand)	2. Open reflux with potassium dichromate
3. TKN (Total Kjeldahl Nitrogen)	3. Kjeldahl method
4. TSS (Total Suspended Solids)	4. Glassfiber filter disc
5. pH	5. pH meter
6. การหาเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด	6. Total plate count (pour plate method)
7. การหาเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มและฟีคัลโคลิฟอร์ม	7. Multiple tube fermentation technique
8. การตรวจหาโลหะหนัก	8. AAS (Atomic absorbtion spectrometry)

หลักการของวิธีการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสีย

1. การวิเคราะห์ค่า BOD (Biological oxygen demand) โดยวิธี Membrane electrode เป็นค่าแสดงความสกปรกของน้ำเสียในรูปของออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน เป็นกระบวนการทดสอบทางชีวเคมีเพื่อหาปริมาณออกซิเจนซึ่งแบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ภายใต้สภาวะที่เหมือนกับที่เกิดในธรรมชาติมากที่สุด และเพื่อที่จะให้เป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณ จึงต้องควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการย่อยสลายให้คงที่เป็นมาตรฐาน จึงกำหนดเวลาให้แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลาย (incubate) ที่อุณหภูมิ 20 $\pm$ 1 $^{\circ}$c เป็นเวลา 5 วัน

2. การวิเคราะห์ค่า COD (Chemical oxygen demand) โดยวิธี Open reflux with potassium dichromate เป็นค่าแสดงถึงความสกปรกของน้ำเสีย โดยการวัดปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ต่าง ๆ ในน้ำเสีย และจะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ เป็นผลจากปฏิกิริยาสุดท้าย นอกจากนี้พวกกรดอะมิโนจะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียไนโตรเจน เงื่อนไขสำคัญในการวิเคราะห์ซีโอดี คือ ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (oxidation) ต้องเกิดขึ้นโดยอาศัยออกซิไดซิ่งเอเจนต์ (oxidizing agent) อย่างแรงภายใต้ถาวะที่เป็นกรดเข้มข้น และอุณหภูมิสูง
3. การวิเคราะห์ค่า TKN (Total Kjeldahl Nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method สารอินทรีย์ไนโตรเจนจะถูกย่อยสลายเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียโดยการออกซิไดซ์ของกรดกำมะถัน โดยทำให้ไนโตรเจนหลุดออกมาในรูปแอมโมเนียดังกล่าว นำสารที่ย่อยแล้วไปกลั่นเพื่อเก็บแอมโมเนียในกรดบอริก จากนั้นจึงนำกรดบอริกไปหาปริมาณแอมโมเนียโดยใช้วิธีการไตรเตรทด้วยสารละลายกรดแก่มาตรฐาน ทำให้ทราบปริมาณทีเคเอ็น ที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำเสีย
4. การวิเคราะห์ค่า TSS (Total Suspended Solids) โดยวิธี Glassfiber filter disc เป็นการกรองน้ำตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง GF/C น้ำหนักตะกอนที่ติดอยู่บนกระดาษนำเอาไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103 – 105 °c และทำให้เย็นในโถทำแห้งแล้วชั่งน้ำหนักของแข็งแขวนลอยทั้งหมดต่อปริมาตรน้ำที่ใช้
5. pH โดยใช้เครื่อง pH meter เป็นการตรวจสอบค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำ pH Meter แบบ Electrometric Titrator ที่มีความละเอียดไม่ต่ำกว่า 0.1 หน่วย
6. การวิเคราะห์หาเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในกลุ่มจุลินรีย์ที่ไม่สามารถสังเคราะห์อาหารเองได้ (heterotrophic) ซึ่งได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ และเชื้อรา โดยวิธี Total plate count (pour plate method) ที่มีอยู่ในน้ำตัวอย่าง โดยอาศัยการคำนวณทางสถิติ โดยนับจากจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ เมื่อเอาไปอบที่อุณหภูมิ 35 °c 48 $\pm$ 3 ชั่วโมง ค่าที่ได้เป็นค่าประมาณมีหน่วยเป็น colony forming unit / มิลลิลิตร (CFU/ml)
7. การวิเคราะห์หาเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์ม โดยวิธี Multiple tube fermentation technique เป็นการตรวจหาเชื้อแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม และฟีคัลโคลิฟอร์ม โดยอาศัยการคำนวณทางสถิติช่วย ค่าที่ได้เป็นค่าประมาณโดยเฉลี่ย (estimate of mean density) ของจำนวนแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มที่มีอยู่ในตัวอย่าง มีหน่วยเป็น Most Proable Number / 100 มิลลิลิตร (MPN/100 ml) การตรวจโดยวิธีนี้เป็นการอาศัย

ความสามารถของแบคทีเรียในการย่อยสลายแลคโตส (lactose) ให้เกิดกรดและแก๊ส เมื่อเอาไปอบที่อุณหภูมิ 35 °c ใน 24 หรือ 48 ชั่วโมงสำหรับเชื้อโคลิฟอร์มทั้งหมด และที่อุณหภูมิ 45 °c ใน 24 หรือ 48 ชั่วโมง สำหรับฟีคัลโคลิฟอร์ม

8. การวิเคราะห์หาโลหะหนัก ทองแดง และสังกะสี โดยวิธี AAS (Atomic absorbtion spectrometry) เป็นการวัดปริมาณสารโดยวัดการดูดกลืนคลื่นแสงของอะตอมอิสระของธาตุแต่ละชนิด โดยมีหลักการคือ ธาตุแต่ละชนิดมีระดับพลังงานที่แตกต่างกัน จึงดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่นแตกต่างกัน

ขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของประสิทธิภาพการบำบัด

   การคำนวณประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย (ธีระ , 2539)

   $$E = \frac{[(P)\ inf\ -(P)eff] \times 100}{(P)inf}$$

   โดยกำหนดให้

   E = ประสิทธิภาพของระบบบำบัด หน่วยเป็นร้อยละของการกำจัดมลสารในน้ำเสีย

   (P)inf = ความเข้มข้นของมลสารในน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัด

   (P)eff = ความเข้มข้นของมลสารในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัด

   มลสารที่ใช้แสดงประสิทธิภาพของระบบบำบัด ได้แก่ พารามิเตอร์ต่อไปนี้ บีโอดี ซีโอดี ทีเคเอ็น และ เอสเอส

2. ทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ โดยการเปรียบเทียบจำนวนของจุลินทรีย์ก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดและออกจากระบบบำบัด เปรียบเทียบจำนวนจุลินทรีย์ที่พบในระบบบัดแต่ละระบบ และเปรียบเทียบจำนวนจุลินทรีย์ในน้ำเสียที่มีค่า BOD, COD, TKN และ SS ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนด โดยเป็นการเปรียบเทียบทางสถิติ โดยใช้ Student t-test

3. ทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแร่ธาตุทองแดงและสังกะสี โดยการเปรียบเทียบปริมาณก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดและออกจากระบบบำบัด และเปรียบเทียบปริมาณที่พบในระบบบำบัดแต่ละระบบ โดยเป็นการเปรียบเทียบทางสถิติ โดยใช้ Student t-test

บทที่ 4

ผลการศึกษาวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการสำรวจและรวบรวมข้อมูลการบำบัดน้ำเสีย ของฟาร์มสุกรในพื้นที่จังหวัดราชบุรี ที่มีระบบบำบัดน้ำเสีย รูปแบบต่าง ๆ ตามคุณสมบัติที่กำหนดในข้อ 3.2 พบว่าฟาร์มสุกรในพื้นที่จังหวัดราชบุรีมีระบบบำบัดน้ำเสีย 5 แบบ ดังนี้

1. ระบบไบโอแก๊ส BAU	จำนวน	11	ฟาร์ม
2. ระบบไบโอแก๊สแบบบ่อคลุม	จำนวน	16	ฟาร์ม
3. ระบบไบโอแก๊ส CARMATEC	จำนวน	35	ฟาร์ม
4. ระบบบ่อบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศ	จำนวน	37	ฟาร์ม
5. ระบบบ่อบำบัดแบบบ่อปรับเสถียร	จำนวน	110	ฟาร์ม
รวม		199	ฟาร์ม

ระบบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาทั้ง 5 แบบ เป็นการบำบัดโดยใช้กระบวนการทางชีวภาพ จากการสำรวจข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการสอบถามผู้ประกอบการพบว่าระบบไบโอแก๊สทั้ง 3 แบบ เป็นระบบที่ใช้ในฟาร์มขนาดใหญ่หรือฟาร์มสุกรที่มีขนาดมากกว่า 600 หน่วยปศุสัตว์ ส่วนระบบบ่อบำบัดทั้ง 2 แบบ เป็นระบบที่ใช้ในฟาร์มสุกรที่มีขนาดไม่เกิน 600 หน่วยปศุสัตว์ (ราชกิจจานุเบกษา, 2544) การจัดการของเสียก่อนเข้าระบบบำบัดพบว่าฟาร์มที่ใช้ระบบบำบัดแบบไบโอแก๊สจะไม่มีการแยกมูลสุกรออก ส่วนระบบบ่อบำบัดจะมีการแยกมูลสุกรออกก่อนปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัด

ข้อมูลเบื้องต้น จากการสุ่มคัดเลือกฟาร์มสุกร ระบบละ 5 ฟาร์มรวมเป็น 25 ฟาร์ม เพื่อทำการตรวจวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ คือ การตรวจหาค่า BOD, COD, TKN, SS ตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์โดยการหา ค่า Total plate count , Coliform count , Faecal coliform , ตรวจหาโลหะหนัก โดยเฉพาะ ทองแดง และ สังกะสี ข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นของฟาร์มสุกรจากแบบสอบถาม เก็บข้อมูลดังรายละเอียดในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 รายละเอียดการจัดการของเสียในฟาร์มสุกรที่คัดเลือก

ที่	จำนวนสุกร (ตัว)			ขนาดฟาร์ม (หน่วยปศุสัตว์)	ระบบบำบัดน้ำเสีย ไบโอแก๊ส BAU
	สุกรพันธุ์	สุกรขุน	ลูกสุกร		
1	10663	40809	20710	9020	ไบโอแก๊ส BAU
2	4080	5500	10500	2299	ไบโอแก๊ส BAU
3	3580	21500	24600	4388	ไบโอแก๊ส BAU
4	-	17500	-	2100	ไบโอแก๊ส BAU
5	10100	22000	14000	6410	ไบโอแก๊ส BAU
6	820	5000	2000	927	ไบโอแก๊สแบบบ่อคลุม
7	1480	3000	2500	923	ไบโอแก๊สแบบบ่อคลุม
8	-	12000	-	1440	ไบโอแก๊สแบบบ่อคลุม
9	3689	-	30000	1974	ไบโอแก๊สแบบบ่อคลุม
10	-	5500	-	601	ไบโอแก๊สแบบบ่อคลุม
11	1019	3200	-	730	ไบโอแก๊สแบบ CARMATEC
12	700	3000	1500	634	ไบโอแก๊สแบบ CARMATEC
13	-	12000	-	1440	ไบโอแก๊สแบบ CARMATEC
14	2050	6000	-	1417	ไบโอแก๊สแบบ CARMATEC
15	-	5000	-	600	ไบโอแก๊สแบบ CARMATEC
16	41	90	50	26	ถังกรองไร้อากาศ
17	-	300	-	36	ถังกรองไร้อากาศ
18	-	800	-	96	ถังกรองไร้อากาศ
19	750	-	2000	303	ถังกรองไร้อากาศ
20	320	-	600	123	ถังกรองไร้อากาศ
21	-	2000	-	240	บ่อปรับเสถียร
22	210	1000	400	201	บ่อปรับเสถียร
23	-	5000	-	600	บ่อปรับเสถียร
24	-	3000	-	360	บ่อปรับเสถียร
25	500	2000	-	410	บ่อปรับเสถียร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกร

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไบโอแก๊ส BAU จากการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย 2 ครั้ง พบว่าประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยวิเคราะห์จากค่า BOD มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 97.31 และ 94.11 ค่า COD มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 96.95 และ 93.72 ค่า TKN มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 64.66 และ 60.16 และค่า TSS มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 96.13 และ 92.55 ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบไบโอแก๊ส BAU

ฟาร์มที่	ประสิทธิภาพ BOD (%)		ประสิทธิภาพ COD (%)		ประสิทธิภาพ TKN (%)		ประสิทธิภาพ SS (%)	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	97.99	96.81	94.63	97.97	20.00	88.24	89.73	99.18
2	97.88	95.68	96.00	96.38	96.05	6.98	96.23	90.80
3	91.75	89.01	95.59	92.66	76.36	51.29	96.41	85.16
4	99.30	97.32	99.70	95.66	53.33	84.47	98.59	97.92
5	99.63	91.71	98.85	85.93	77.58	69.84	99.67	89.71
เฉลี่ย	97.31	94.11	96.95	93.72	64.66	60.16	96.13	92.55

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไบโอแก๊สแบบบ่อคลุม จากการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย 2 ครั้ง พบว่าประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยวิเคราะห์จากค่า BOD มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 94.21 และ 92.48 ค่า COD มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 91.44 และ 88.98 ค่า TKN มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 62.30 และ 85.87 และค่า TSS มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 93.85 และ 92.54 ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบไบโอแก๊สแบบบ่อคลุม

ฟาร์มที่	ประสิทธิภาพ BOD (%)		ประสิทธิภาพ COD (%)		ประสิทธิภาพ TKN (%)		ประสิทธิภาพ SS (%)	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	81.73	96.67	82.43	94.03	95.00	96.15	92.97	87.10
2	98.43	87.09	96.32	95.43	39.58	75.42	97.82	97.74
3	92.83	82.17	81.93	59.04	76.67	95.40	87.50	88.00
4	98.79	96.96	98.87	97.16	40.43	76.67	96.90	97.26
5	99.25	99.49	97.67	99.23	59.84	85.71	94.04	92.58
เฉลี่ย	94.21	92.48	91.44	88.98	62.30	85.87	93.85	92.54

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไบโอแก๊สแบบ CARMATEX จากการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย 2 ครั้ง พบว่าประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยวิเคราะห์จากค่า BOD มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 87.08 และ 78.72 ค่า COD มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 85.04 และ 69.43 ค่า TKN มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 46.82 และ 66.34 และค่า TSS มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 78.21 และ 71.30 ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบไบโอแก๊สแบบCARMATEC

ฟาร์มที่	ประสิทธิภาพ BOD (%)		ประสิทธิภาพ COD (%)		ประสิทธิภาพ TKN (%)		ประสิทธิภาพ SS (%)	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	80.90	74.49	87.61	65.33	58.18	71.51	79.59	50.00
2	64.13	57.65	50.59	59.26	6.76	65.88	48.50	49.01
3	96.97	77.65	97.73	34.38	40.00	47.83	77.73	63.04
4	98.75	97.37	96.59	98.08	51.22	71.03	96.00	99.15
5	94.67	86.44	92.70	90.08	77.93	75.43	89.23	95.30
เฉลี่ย	87.08	78.72	85.04	69.43	46.82	66.34	78.21	71.30

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศ จากการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย 2 ครั้ง พบว่าประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยวิเคราะห์จากค่า BOD มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 57.27 และ 33.81 ค่า COD มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 53.17 และ 54.75 ค่า TKN มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 24.34 และ 27.24 และค่า TSS มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 75.81 และ 45.08 ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบถังกรองไร้อากาศ

ฟาร์มที่	ประสิทธิภาพ BOD (%)		ประสิทธิภาพ COD (%)		ประสิทธิภาพ TKN (%)		ประสิทธิภาพ SS (%)	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	59.38	54.37	74.14	56.34	52.31	75.48	66.00	95.22
2	2.59	26.46	26.39	54.64	3.57	5.54	83.33	4.90
3	58.15	20.61	6.45	53.28	27.69	0.71	81.55	35.11
4*	86.27	n/a	88.81	n/a	7.35	n/a	68.18	n/a
5*	79.96	n/a	70.04	n/a	30.77	n/a	80.00	n/a
เฉลี่ย	57.27	33.81	53.17	54.75	24.34	27.24	75.81	45.08

* **หมายเหตุ** : ไม่สามารถเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 จากฟาร์มที่ 4 และ 5 ได้เนื่องจาก ฟาร์มที่ 4 เลิกเลี้ยงสุกร และฟาร์มที่ 5 ระบบบำบัดอุดตัน

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร จากการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย 2 ครั้ง พบว่าประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยวิเคราะห์จากค่า BOD มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 35.50 และ 76.58 ค่า COD มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 46.50 และ 71.31 ค่า TKN มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 69.42 และ 80.08 และค่า TSS มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 65.83 และ 71.69 ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบบ่อปรับเสถียร

ฟาร์มที่	ประสิทธิภาพ BOD (%)		ประสิทธิภาพ COD (%)		ประสิทธิภาพ TKN (%)		ประสิทธิภาพ SS (%)	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	23.59	52.83	37.16	66.25	64.33	45.24	18.18	35.71
2	54.55	90.66	34.29	91.43	48.28	95.94	44.83	95.75
3	54.31	78.29	50.79	68.75	70.59	79.77	98.66	92.94
4	29.39	74.95	67.62	59.3	95.74	85.88	88.16	75.71
5	15.65	86.18	42.62	70.83	68.18	93.55	79.34	58.33
เฉลี่ย	35.50	76.58	46.50	71.31	69.42	80.08	65.83	71.69

การเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไบโอแก๊ส BAU น้ำก่อนเข้าระบบมีจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ย $7.94x10^{7}$ และ $1.61x10^{8}$ CFU/ml จำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย $1.78x10^{7}$ และ $3.66x10^{7}$ MPN/100 ml จำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย $7.03x10^{6}$ และ $1.53x10^{7}$ MPN/100 ml หลังจากผ่านระบบบำบัดแล้วพบว่ามีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ย $9.59x10^{5}$ และ $1.45x10^{6}$ CFU/ml จำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย $1.75x10^{4}$ และ $1.27x10^{4}$ MPN/100 ml จำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย $4.55x10^{3}$ และ $1.97x10^{3}$ MPN/100 ml ระบบสามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.92 และ 2.04 log CFU/ml ลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มได้ 3.01 และ 3.46 log MPN/100 ml และลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มได้ 3.19 และ 3.89 log MPN/100 ml ตามลำดับ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไบโอแก๊สแบบบ่อคลุม น้ำก่อนเข้าระบบมีจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ย $5.97x10^{7}$ และ $5.07x10^{8}$ CFU/ml จำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย $2.57x10^{7}$ และ $1.10x10^{8}$ MPN/100 ml จำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย $5.54x10^{6}$ และ $3.26x10^{7}$ MPN/100 ml หลังจากผ่านระบบบำบัดแล้วพบว่ามีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ย $5x10^{5}$ และ $1.02x10^{6}$ CFU/ml จำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย $1.13x10^{4}$ และ $7.4x10^{4}$ MPN/100 ml จำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย $8.76x10^{3}$ และ $2.8x10^{4}$ MPN/100 ml ระบบสามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.08

และ 1.7 log CFU/ml ลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มได้ 3.36 และ 3.17 log MPN/100 ml และลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มได้ 2.80 และ 3.07 log MPN/100 ml ตามลำดับ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไบโอแก๊สแบบ CARMATEC น้ำก่อนเข้าระบบมีจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ย $3.07x10^{7}$ และ $3.47x10^{6}$ CFU/ml จำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย $4.42x10^{6}$ และ $1.23x10^{7}$ MPN/100 ml จำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย $9.32x10^{5}$ และ $1.08x10^{7}$ MPN/100 ml หลังจากผ่านระบบบำบัดแล้วพบว่ามีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ย $3.27x10^{5}$ และ $6.94x10^{5}$ CFU/ml จำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย $1.44x10^{4}$ และ $2.59x10^{4}$ MPN/100 ml จำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย $7.58x10^{3}$ และ $1.21x10^{4}$ MPN/100 ml ระบบสามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.97 และ 0.7 log CFU/ml ลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มได้ 2.49 และ 2.68 log MPN/100 ml และจำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มได้ 2.09 และ 2.95 log MPN/100 ml ตามลำดับ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศ น้ำก่อนเข้าระบบมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ย $1.95x10^{6}$ และ $5.17x10^{6}$ CFU/ml จำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย $3.68x10^{6}$ และ $9.53x10^{6}$ MPN/100 ml จำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย $1.72x10^{6}$ และ $5.7x10^{6}$ MPN/100 ml หลังจากผ่านระบบบำบัดแล้วพบว่ามีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ย $6.46x10^{5}$ และ $3.11x10^{6}$ CFU/ml จำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย $2.15x10^{5}$ และ $3.5x10^{5}$ MPN/100 ml จำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย $6.46x10^{4}$ และ $1.79x10^{5}$ MPN/100 ml ระบบสามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 048 และ 0.22 log CFU/ml ลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มได้ 1.23 และ 1.44 log MPN/100 ml และลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มได้ 1.43 และ 1.50 log MPN/100 ml ตามลำดับ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร น้ำก่อนเข้าระบบมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ย $3.78x10^{6}$ และ $2.00x10^{6}$ CFU/ml จำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย $1.89x10^{6}$ และ $2.66x10^{6}$ CFU/ml จำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย $9.96x10^{5}$ และ $6.20x10^{5}$ MPN/100 ml หลังจากผ่านระบบบำบัดแล้วพบว่ามีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ย $3.42x10^{5}$ และ $1.07x10^{6}$ CFU/ml จำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย $5.99x10^{4}$ และ $5.37x10^{4}$ MPN/100 ml จำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย $2.73x10^{4}$ และ $1.27x10^{4}$ MPN/100 ml ระบบสามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.04 และ

0.27 log CFU/ml ลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มได้ 1.50 และ 1.70 log MPN/100 ml และลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มได้ 1.56 และ 1.69 log MPN/100 ml ตามลำดับ (โดยผลการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 แสดงจำนวนเฉลี่ยของเชื้อจุลินทรีย์ในระบบบำบัดแบบต่าง ๆ

ชนิดของระบบบำบัด	ครั้งที่	จำนวนฟาร์ม	Total bacterial count (CFU/ml)		Total coliform count (MPN/100ml)		Faecal coliform count (MPN/100ml)	
			ก่อนเข้าระบบ	ออกจากระบบ	ก่อนเข้าระบบ	ออกจากระบบ	ก่อนเข้าระบบ	ออกจากระบบ
ไบโอแก๊ส BAU	1	5	$7.97x10^7$	$9.59x10^5$	$1.78x10^7$	$1.75x10^4$	$1.41x10^6$	$4.55x10^3$
	2	5	$1.61x10^8$	$1.45x10^6$	$3.66x10^7$	$1.27x10^4$	$1.53x10^7$	$1.97x10^3$
ไบโอแก๊สแบบบ่อคลุม	1	5	$5.97x10^7$	$5x10^5$	$2.57x10^7$	$1.13x10^4$	$5.54x10^6$	$8.76x10^3$
	2	5	$5.07x10^7$	$1.02x10^6$	$1.1x10^8$	$7.43x10^4$	$3.26x10^7$	$2.8x10^4$
ไบโอแก๊สแบบ CARMATEC	1	5	$3.04x10^7$	$3.27x10^5$	$4.42x10^6$	$1.44x10^4$	$9.32x10^5$	$7.58x10^3$
	2	5	$3.47x10^6$	$6.94x10^5$	$1.23x10^7$	$2.59x10^4$	$1.08x10^7$	$1.21x10^4$
ถังกรองไร้อากาศ	1	5	$1.95x10^6$	$6.46x10^5$	$2.76x10^6$	$2.16x10^5$	$1.72x10^6$	$6.46x10^4$
	2	3	$5.17x10^6$	$3.11x10^6$	$9.53x10^6$	$3.5x10^5$	$5.7x10^6$	$1.79x10^5$
บ่อปรับเสถียร	1	5	$3.78x10^6$	$3.42x10^5$	$1.89x10^6$	$5.99x10^4$	$9.96x10^5$	$2.73x10^4$
	2	5	$2x10^6$	$1.07x10^6$	$2.66x10^6$	$5.37x10^4$	$6.2x10^5$	$1.27x10^4$

ปริมาณโลหะหนักทองแดงและสังกะสี

ปริมาณทองแดง

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไบโอแก๊ส BAU น้ำก่อนเข้าระบบมีปริมาณของทองแดงเฉลี่ย 4.46 และ 2.54 ppm หลังจากผ่านระบบบำบัดแล้วพบว่ามีปริมาณของทองแดงเฉลี่ย 0.04 และ 0.02 ppm

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไบโอแก๊สแบบบ่อคลุม น้ำก่อนเข้าระบบมีปริมาณของทองแดงเฉลี่ย 6.8 และ 6.68 ppm หลังจากผ่านระบบบำบัดแล้วพบว่ามีปริมาณของทองแดงเฉลี่ย 0.04 และ 0.02 ppm

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไบโอแก๊สแบบ CARMATEC น้ำก่อนเข้าระบบมีปริมาณของทองแดงเฉลี่ย 0.71 และ 1.67 ppm หลังจากผ่านระบบบำบัดแล้วพบว่ามีปริมาณของทองแดงเฉลี่ย 0.09 และ 0.05 ppm

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศ น้ำก่อนเข้าระบบมีปริมาณของทองแดงเฉลี่ย 0.63 และ 0.29 ppm หลังจากผ่านระบบบำบัดแล้วพบว่ามีปริมาณของทองแดงเฉลี่ย 0.10 และ 0.27 ppm

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร น้ำก่อนเข้าระบบมีปริมาณของทองแดงเฉลี่ย 0.69 และ 0.65 ppm หลังจากผ่านระบบบำบัดแล้วพบว่ามีปริมาณของทองแดงเฉลี่ย 0.03 และ 0.02 ppm (โดยปริมาณแร่ธาตุทองแดงทั้งหมดแสดงไว้ในตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ปริมาณแร่ธาตุทองแดงในน้ำเสียจากฟาร์มสุกรในระบบบำบัดแบบต่าง ๆ

ชนิดของระบบบำบัด	ครั้งที่	จำนวนฟาร์ม	ปริมาณทองแดง (ppm)			
			ก่อนเข้าระบบ		ออกจากระบบ	
			พิสัย	เฉลี่ย	พิสัย	เฉลี่ย
ไบโอแก๊ส BAU	ครั้งที่ 1	5	1.450 - 8.151	4.46	0.010 - 0.080	0.042
	ครั้งที่ 2	5	0.353 - 3.883	2.545	0.007 - 0.068	0.02
ไบโอแก๊สแบบบ่อคลุม	ครั้งที่ 1	5	0.043 - 25.575	6.804	0.006 - 0.099	0.038
	ครั้งที่ 2	5	0.088 - 26.312	6.676	0.007 - 0.041	0.019
ไบโอแก๊สแบบ	ครั้งที่ 1	5	0.374 - 1.030	0.708	0.014 - 0.392	0.094
CARMATEC	ครั้งที่ 2	5	0.078 - 5.282	1.668	0.018 - 0.125	0.046
ถังกรองไร้อากาศ	ครั้งที่ 1	5	0.066 - 1.670	0.626	0.010 - 0.226	0.102
	ครั้งที่ 2	3	0.029 - 0.724	0.292	0.012 - 0.759	0.266
บ่อปรับเสถียร	ครั้งที่ 1	5	0.957 - 1.603	0.691	0.011 - 0.069	0.033
	ครั้งที่ 2	5	0.085 - 1.129	0.645	0.006 - 0.037	0.019

ปริมาณสังกะสี

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไบโอแก๊ส BAU น้ำก่อนเข้าระบบมีปริมาณของสังกะสีเฉลี่ย 15.67 และ 19.83 ppm หลังจากผ่านระบบบำบัดแล้วพบว่ามีปริมาณสังกะสีเฉลี่ย 1.50 และ 0.65 ppm

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไบโอแก๊สแบบบ่อคลุม น้ำก่อนเข้าระบบมีปริมาณของสังกะสีเฉลี่ย 17.01 และ 10.33 ppm หลังจากผ่านระบบบำบัดแล้วพบว่ามีปริมาณสังกะสีเฉลี่ย 0.80 และ 0.91 ppm

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไบโอแก๊สแบบ CARMATEC น้ำก่อนเข้าระบบมีปริมาณของสังกะสีเฉลี่ย 4.49 และ 5.91 ppm หลังจากผ่านระบบบำบัดแล้วพบว่า มีปริมาณสังกะสีเฉลี่ย 0.73 และ 1.08 ppm

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศ น้ำก่อนเข้าระบบมีปริมาณของสังกะสีเฉลี่ย 1.77 และ 2.34 ppm หลังจากผ่านระบบบำบัดแล้วพบว่ามีปริมาณสังกะสีเฉลี่ย 0.77 และ 2.06 ppm

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร น้ำก่อนเข้าระบบมีปริมาณของสังกะสีเฉลี่ย 2.41 และ 2.65 ppm หลังจากผ่านระบบบำบัดแล้วพบว่ามีปริมาณสังกะสีเฉลี่ย 0.49 และ 0.55 ppm (โดยปริมาณแร่ธาตุสังกะสีทั้งหมดแสดงไว้ในตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ปริมาณแร่ธาตุสังกะสีในน้ำเสียจากฟาร์มสุกรในระบบบำบัดแบบต่าง ๆ

ชนิดของระบบบำบัด	ครั้งที่	จำนวน	ปริมาณสังกะสี (ppm)			
			ก่อนเข้าระบบ		ออกจากระบบ	
		ฟาร์ม	พิสัย	เฉลี่ย	พิสัย	เฉลี่ย
ไบโอแก๊ส BAU	ครั้งที่ 1	5	9.717 - 30.885	15.669	0.623 - 4.931	1.507
	ครั้งที่ 2	5	4.798 - 33.950	19.834	0.277 - 1.196	0.65
ไบโอแก๊สแบบบ่อคลุม	ครั้งที่ 1	5	0.574 - 36.465	17.012	0.233 - 2.188	0.796
	ครั้งที่ 2	5	2.366 - 23.080	10.334	0.330 - 2.351	0.913
ไบโอแก๊สแบบ	ครั้งที่ 1	5	1.402 - 10.820	4.489	0.381 - 1.570	0.732
CARMATEC	ครั้งที่ 2	5	0.900 - 14.825	5.911	0.560 - 2.730	1.079
ถังกรองไร้อากาศ	ครั้งที่ 1	5	0.750 - 2.374	1.766	0.398 - 1.245	0.769
	ครั้งที่ 2	3	0.627 - 5.638	2.341	0.460 - 4.938	2.061
บ่อปรับเสถียร	ครั้งที่ 1	5	1.033 - 5.715	2.41	0.301 -0.60	0.494
	ครั้งที่ 2	5	0.672 - 6.793	2.645	0.35 - 0.564	0.553

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการศึกษาวิจัย

จากการศึกษาวิจัยและนำผลที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของประสิทธิภาพการบำบัด ผลของการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ปริมาณแร่ธาตุทองแดงและสังกะสี ของระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละแบบ และในแต่ละช่วงฤดูกาลว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ และนำผลการทดลองที่ได้ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำจากแหล่งต่างๆ ที่กฎหมายกำหนด สามารถสรุปผลได้ดังนี้

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบำบัดที่ใช้ในฟาร์มสุกร

ข้อมูลระบบบำบัดที่ใช้เป็นกรณีศึกษาทั้ง 5 ระบบ พบว่าการบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรใช้กระบวนการทางชีวภาพในลักษณะผสมระหว่างการใช้รูปแบบการบำบัดแบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งโดยหลักการแล้วการบำบัดแบบใช้ออกซิเจนมีข้อดีข้อเสียต่างกันคือ ระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนมีข้อดีคือมีประสิทธิภาพในการบำบัดมากกว่า 80% และสามารถทำลายเชื้อโรคได้ แต่มีข้อเสียคือความสามารถในการรับภาระอินทรีย์ (organic loading) ต่ำ (เชาวลิต, 2547) ส่วนระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศมีข้อดีคือมีความสามารถในการรับภาระอินทรีย์ได้สูง (ค่าบีโอดีสูงกว่า 3000 มิลลิกรัม/ลิตร) ใช้พื้นที่ไม่มาก ผลิตก๊าซมีเทนสำหรับใช้เป็นพลังงาน และมีตะกอนเพิ่มขึ้นน้อยมาก แต่มีข้อเสียคือ ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดอยู่ที่ 50 – 70% และไม่สามารถลดปริมาณไนโตรเจนในรูปของ TKN และฟอสฟอรัสได้ (นภดล, 2544) ระบบบำบัดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จะเป็นลักษณะของการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนในช่วงแรก เนื่องจากน้ำเสียมีภาระอินทรีย์สูง ต่อจากนั้นน้ำเสียจึงผ่านการบำบัดตามกระบวนการต่างๆ ของแต่ละระบบ จนมาถึงขั้นตอนสุดท้ายคือการบำบัดแบบใช้ออกซิเจนซึ่งรองรับน้ำเสียที่ถูกลดภาระอินทรีย์ลงมาแล้ว เพื่อทำการบำบัดทั้งสารอินทรีย์ส่วนที่เหลือ และไนโตรเจน ทำให้คุณภาพของน้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมายกำหนด วิธีการเช่นนี้ช่วยประหยัดพลังงานและสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้มากและเป็นที่ยอมรับกันทั่วไป (มั่นสิน, 2536) ดังนั้นหากเกิดปัญหาขึ้นในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งจะมีผลทำให้การทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียทั้งระบบเสียไปทันที

การศึกษาในครั้งนี้ไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ในรูปของ ค่า BOD และ ค่า COD หรือเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดแร่ธาตุไนโตรเจน หรือตะกอนของแข็งแขวนลอย ของระบบบำบัด แต่ได้มีการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ทั้ง 5 พารามิเตอร์ ได้แก่ ค่า pH, BOD, COD, TKN และ SS ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ที่กฎหมายกำหนด

ไว้เพื่อควบคุมการปล่อยน้ำเสียจากฟาร์มสุกร (ราชกิจจานุเบกษา, 2544) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับจำนวนจุลินทรีย์ชี้แนะ และปริมาณแร่ธาตุทองแดงและสังกะสี ที่ปรากฏอยู่ในน้ำเสียเท่านั้น แต่ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในการลดค่า BOD, COD, TKN และ SS ในการตรวจวัดตัวอย่าง 2 ครั้ง พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่มีความไม่สม่ำเสมอในระบบบำบัดทุกระบบได้แก่ค่า TKN โดยประสิทธิภาพของการบำบัดค่า TKN ในระบบไบโอแก๊สทั้ง 3 ระบบ และระบบถังกรองไร้อากาศในบางฟาร์ม มีความแตกต่างกันอย่างมากในการตรวจวัดตัวอย่าง 2 ครั้ง ส่วนระบบบำบัดแบบบ่อปรับเสถียรจะมีความสม่ำเสมอของประสิทธิภาพการบำบัด TKN มากกว่า สาเหตุอาจเนื่องมาจากความบกพร่องของระบบในบางขณะทำให้ไม่สามารถลดปริมาณไนโตรเจนลงได้ ซึ่งโดยหลักการแล้วการลดปริมาณไนโตรเจนโดยกระบวนการทางชีวภาพจะเกิดจากปฏิกิริยาใน 2 ขั้นตอน ขั้นแรกเป็นการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน (Nitrification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนแอมโมเนียมไอออนและก๊าซแอมโมเนียซึ่งมีอยู่ในน้ำเสียจากฟาร์มสุกรภายใต้สภาวะที่ใช้ออกซิเจนให้เป็นไนเตรท ต่อมาไนเตรทจะถูกเติมอิเล็กตรอนโดยกระบวนการเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชั่น (denitrification) เปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจนและระเหยออกไปจากระบบ (สุบัณฑิต, 2548) ดังนั้นในระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะไม่สามารถเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชั่นได้ จึงสามารถลดปริมาณไนโตรเจนลงได้ ทำให้น้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะมีค่าไนโตรเจนสูงเกินกว่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนด ซึ่งจำเป็นต้องปล่อยน้ำเข้าสู่กระบวนการบำบัดแบบใช้ออกซิเจนเพื่อให้สามารถลดปริมาณไนโตรเจนให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่สามารถปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ โดยได้มีการนำระบบบำบัดขั้นหลังซึ่งเป็นระบบบำบัดแบบธรรมชาติเข้ามาใช้ร่วมกับระบบไบโอแก๊สหรือการจัดให้มีบ่อบ่มในระบบถังกรองไร้อากาศ เพื่อให้มีการบำบัดแบบใช้ออกซิเจนหลังจากที่น้ำเสียผ่านการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนแล้ว เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้นสามารถปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นหากเกิดความบกพร่องในระบบบำบัดขั้นหลังของระบบไบโอแก๊สหรือในบ่อบ่มในระบบถังกรองไร้อากาศ เช่น การมีวัชพืชขึ้นหนาแน่นในบ่อทำให้บ่อไม่สามารถรับแสงแดดและแลกเปลี่ยนออกซิเจนได้ทั่วถึงจะทำให้ประสิทธิภาพของการบำบัดต่ำลง แต่เมื่อมีการขุดลอกบ่อนำวัชพืชออกระบบก็จะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น หรือในกรณีของระบบบำบัดขั้นหลังของระบบไบโอแก๊สที่เป็นบ่อที่ใช้พัดลมเติมอากาศหากเกิดปัญหากับพัดลมหรือกังหันที่ใช้เติมอากาศในบ่อก็จะทำให้การหมุนเวียนของออกซิเจนไม่ทั่วถึงทั้งบ่อทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลงได้ ส่วนในระบบบำบัดแบบบ่อปรับเสถียรนั้นลักษณะบ่อเป็นบ่อเปิด ดังนั้นจึงมีโอกาสที่จะเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชั่นในทุกช่วงของการบำบัดทำให้สามารถบำบัดไนโตรเจนได้ตลอดเวลา แต่หากเกิดปัญหาวัชพืชขึ้นในบ่อผึ่งหรือบ่อบ่มก็อาจจะทำให้ประสิทธิภาพของการบำบัดลดลงเช่นกัน

ส่วนระบบบำบัดที่มีความไม่สม่ำเสมอของประสิทธิภาพการบำบัดของแต่ละพารามิเตอร์มากที่สุด คือระบบถังกรองไร้อากาศ โดยพบว่าประสิทธิภาพการบำบัดค่า BOD, COD, TKN และ SS ทั้ง 2 ครั้งมีความแตกต่างกันมากในแต่ละฟาร์มและพบว่าในบางฟาร์มมีประสิทธิภาพในการบำบัดต่ำมาก (ต่ำกว่า 10%) ซึ่งสาเหตุอย่างหนึ่งอาจจะเนื่องมาจากตัวระบบเองที่ถูกออกแบบให้ถังไร้ออกซิเจนมีการปิดฝา ซึ่งจากข้อมูลของ มั่นสิน (2536) พบว่าการใช้ถังไร้ออกซิเจนหากไม่ต้องการก๊าซมีเทนมาใช้ประโยชน์ก็ไม่จำเป็นต้องปิดฝา เนื่องจากถึงแม้ว่าจะเปิดฝาออกซิเจนจากอากาศก็ไม่สามารถถ่ายเทเข้าไปในชั้นน้ำของถังย่อยจนเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน นอกจากนั้นการปิดฝาถังยังมีข้อเสียที่สำคัญคือ ทำให้มีการสะสมตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซไฮโดรเจนที่สะสมจะเป็นพิษต่อแบคทีเรีย และปริมาณไฮโดรเจนที่สูงขึ้นจะทำให้เกิดกรดโพรไพโอนิกแทนกรดอะซิติก ซึ่งกรดโพรไพโอนิกไม่สามารถถูกย่อยสลายเป็นก๊าซมีเทนได้ทำให้มีการสะสมอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ตกค้างเป็นบีโอดีที่ออกไปกับน้ำทิ้ง นอกจากนี้เมื่อน้ำเสียเข้าสู่บ่อบ่มซึ่งต้องอาศัยการบำบัดแบบใช้ออกซิเจนพบว่าหากไม่มีการดูแลบ่อปล่อยให้มีวัชพืชขึ้นปกคลุมนอกจากจะทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนต่ำลงแล้ว ส่วนของวัชพืชที่ตายและเน่าอยู่ในน้ำจะทำให้ปริมาณสารแขวนลอย (suspensions solid) เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นเมื่อทำการตรวจวัดประสิทธิภาพของระบบทำให้พบว่าประสิทธิภาพของการบำบัดของระบบลดลงและในการศึกษาไม่สามารถเก็บตัวอย่างน้ำเสียครั้งที่ 2 จากฟาร์มได้ 2 ฟาร์ม เนื่องจากเลิกเลี้ยงสุกร 1 ฟาร์ม และมีการอุดตันของระบบในฟาร์มอีก 1 ฟาร์ม จากข้อมูลของสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดราชบุรี พบว่าฟาร์มสุกรที่ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลในการจัดสร้างระบบบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศทั้งหมด 73 ฟาร์ม เป็นฟาร์มขนาดต่ำกว่า 60 หน่วยปศุสัตว์ ในขณะที่ทำการศึกษาพบว่ามีฟาร์มที่ยังใช้ระบบอยู่ จำนวน 37 ฟาร์ม ซึ่งจากการตรวจสอบพบว่าเกิดปัญหาการใช้ระบบอย่างไม่ถูกต้อง การไม่ดูแลระบบและจำนวนการเลี้ยงสุกรไม่สม่ำเสมอเนื่องจากเป็นผู้ประกอบการรายย่อยการตัดสินใจเลี้ยงสุกรจะขึ้นอยู่กับสภาวะตลาดในขณะนั้นแต่ในระบบบำบัดแบบไบโอแก๊สผู้ประกอบการทั้งหมดเป็นผู้ประกอบการรายใหญ่ซึ่งมีความสม่ำเสมอของการเลี้ยงสุกรมากกว่าและมีความต้องการพลังงานจากก๊าซมีเทนซึ่งเป็นผลผลิตที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสีย ดังนั้นผู้ประกอบการจึงต้องเอาใจใส่ดูแลให้ระบบไบโอแก๊สสามารถใช้การได้ ซึ่งโดยตัวระบบเองมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD, COD และ SS อยู่แล้ว ส่วนในระบบบ่อปรับเสถียรเป็นลักษณะของบ่อเปิดซึ่งไม่ต้องอาศัยการดูแลมากเป็นพิเศษเพียงแต่อาจจะต้องกำจัดวัชพืชที่ขึ้นในบ่อบ่มซึ่งอาจจะขัดขวางการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน หรือกำจัดสาหร่ายซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ปริมาณสารแขวนลอยเพิ่มขึ้นบ้างเป็นครั้งคราวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ แต่ในระบบบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศจะต้องอาศัยการดูแลระบบมากกว่าระบบบ่อปรับเสถียร โดยทั่วไป

การใช้ระบบถังกรองไร้อากาศจะต้องมีการแยกมูลสุกรออกก่อนปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบและต้องมีการโกยตะกอนออกจากถังกรองเป็นระยะเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่เกิดการอุดตัน ซึ่งพบว่าผู้ประกอบการไม่สนใจที่จะดูแลระบบ จึงทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลงหรือทำงานได้อย่างไม่สม่ำเสมอ และเนื่องจากกฎหมายในปัจจุบันยังไม่บังคับใช้กับผู้ประกอบการที่เลี้ยงสุกรไม่เกิน 60 หน่วยปศุสัตว์ จึงทำให้ผู้ประกอบการไม่สนใจที่จะดูแลระบบให้สามารถบำบัดน้ำได้ตามมาตรฐานที่กฎหมายกำหนดดังนั้นจึงมีแนวโน้มว่าจำนวนฟาร์มที่ใช้ระบบบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศจะลดลงไปในอนาคต

การศึกษาฟาร์มสุกรที่ใช้เป็นกรณีศึกษาพบว่าระบบบำบัดมีประสิทธิภาพการบำบัดอินทรีย์สารในรูปของ BOD และ COD เรียงตามลำดับคือ ระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพของ BAU ระบบก๊าซชีวภาพแบบบ่อคลุม ระบบก๊าซชีวภาพแบบ CARMATEC ระบบบ่อปรับเสถียร และระบบถังกรองไร้อากาศ ระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพของ BAU และระบบก๊าซชีวภาพแบบบ่อคลุมเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในฟาร์มขนาดใหญ่โดยหวังผลตอบแทนในแง่ของการนำพลังงานมาใช้ ส่วนระบบบำบัดไบโอแก๊สแบบ CARMATEC ในปัจจุบันพบว่าฟาร์มที่ใช้ระบบดังกล่าวมีจำนวนลดลง โดยเฉพาะในฟาร์มขนาดเล็ก เนื่องจากความผันผวนของราคาสุกรในตลาดทำให้ในช่วงที่สุกรราคาตกผู้ประกอบการรายย่อยเลิกเลี้ยงสุกรทำให้ระบบบำบัดถูกเลิกใช้ ก๊าซชีวภาพที่ได้จากระบบโดยเฉพาะในฟาร์มสุกรขนาดเล็กจะไม่มีการนำไปใช้ผลิตไฟฟ้า เนื่องจากมีปริมาณน้อย ก๊าซที่ได้จะใช้สำหรับกกลูกสุกร และใช้ภายในครัวเรือนเท่านั้น นอกจากนี้ในฟาร์มขนาดเล็กผู้ประกอบการมักไม่ค่อยมีความรู้หรือความสนใจในการดูแลระบบ เมื่อมีการแตกร้าวจึงไม่มีการซ่อมแซมทำให้ระบบไม่สามารถใช้งานได้ ในปัจจุบันพบว่าระบบบำบัดแบบนี้ยังมีการใช้งานอยู่ในฟาร์มขนาดกลางหรือฟาร์มขนาดใหญ่ โดยการก่อสร้างระบบหลายๆ หน่วยขึ้นในฟาร์มตามตำแหน่งที่เหมาะสมหรือสร้างเพื่อรองรับของเสียจากโรงเรือนต่าง ๆ

ระบบบำบัดน้ำเสียตามแบบมาตรฐานกรมปศุสัตว์ เป็นระบบที่มีการออกแบบสำหรับฟาร์มสุกรขนาดกลางและขนาดเล็กซึ่งมีพื้นที่ในฟาร์มเหลือน้อย ดังนั้นในขั้นตอนการบำบัดจำเป็นต้องลดปริมาณสารอินทรีย์ (organic loading) ลงให้เหลือน้อยที่สุด โดยการแยกมูลสุกรออกก่อนและปล่อยเฉพาะน้ำล้างคอกเข้าสู่ระบบบำบัด จากการตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นพบว่าในปัจจุบันผู้ประกอบการหลายรายได้เลิกใช้ระบบบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศ และปล่อยน้ำเสียเข้าสู่บ่อบ่มซึ่งเป็นบ่อดินโดยตรงเนื่องจากมีการอุดตันในถังไร้อากาศ สาเหตุมาจากผู้ประกอบการไม่สนใจแยกมูลสุกรออกก่อนปล่อยของเสียเข้าสู่ระบบ หรือเมื่อมีการใช้ระบบไปนานๆ ไม่มีการตักหรือโกยตะกอนออกทำให้ระบบบำบัดเกิดการอุดตันในที่สุด ส่วนในระบบบ่อปรับเสถียรพบว่ายังมีการใช้อยู่อย่างแพร่หลาย เนื่องจากอาศัยการดูแลน้อยกว่าระบบบ่อบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศ แต่ใน

การใช้ระบบพบว่าผู้ประกอบการบางส่วนไม่มีการแยกมูลสุกรออกก่อนปล่อยของเสียเข้าสู่ระบบบำบัด หรือมีการเลี้ยงสุกรมากเกินกว่าความสามารถในการรองรับของระบบ ทำให้ระบบบำบัดมีประสิทธิภาพต่ำลงและไม่สามารถบำบัดน้ำเสียให้ผ่านตามเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด ดังนั้นการชี้แจงให้ผู้ประกอบการเข้าใจในการใช้ระบบบำบัดอย่างถูกต้องจึงเป็นส่วนสำคัญในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมจากฟาร์มสุกรสำหรับฟาร์มขนาดกลางและขนาดเล็ก

การศึกษาคุณลักษณะของน้ำทางจุลชีววิทยา

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาคุณลักษณะของน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดทั้ง 5 แบบในแง่ของจุลชีววิทยา โดยเป็นการวัดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและจุลินทรีย์ชี้แนะ (bacterial indicators) ในกลุ่มโคลิฟอร์มและฟีคัลโคลิฟอร์ม พบว่าในน้ำเสียจากฟาร์มสุกรก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด ระบบไบโอแก๊สมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นสูงกว่าระบบบ่อบำบัดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์พบว่าระบบไบโอแก๊สสามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มและฟีคัลโคลิฟอร์มได้ดีกว่าระบบบ่อบำบัด ส่วนจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วทั้งในแบบไบโอแก๊สและระบบบ่อบำบัดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในการเปรียบเทียบระหว่างน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดและมีค่า BOD และ COD ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษที่กำหนดในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (ราชกิจจานุเบกษา, 2544) กับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วแต่ไม่ผ่านเกณฑ์พบว่าปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด จุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มและฟีคัลโคลิฟอร์มที่พบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการแยกมูลสุกรออกก่อนปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดมีผลต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นของระบบบำบัด ดังนั้นในระบบที่มีความสามารถในการบำบัดเชื้อจุลินทรีย์ได้ต่ำจำเป็นต้องมีการแยกมูลสุกรก่อนปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัด ส่วนระบบไบโอแก๊สซึ่งจากผลการศึกษาพบว่ามีความสามารถในการบำบัดเชื้อจุลินทรีย์ได้สูงแต่เมื่อมีจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นสูง ทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วไม่มีความแตกต่างกันกับระบบบ่อบำบัด แต่เนื่องจากสิ่งที่ต้องการจากระบบไบโอแก๊สคือ พลังงานจากก๊าซมีเทนซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจน โดยสารอินทรีย์ที่ได้ส่วนใหญ่มาจากมูลสุกรจึงไม่นิยมแยกมูลสุกรออกก่อนปล่อยน้ำเข้าสู่ระบบบำบัด ผลการศึกษาที่ได้พบว่าจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มและฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีปริมาณเฉลี่ยสูงถึง 10^3-10^5 MPN/100 ml ดังนั้นสภาพน้ำจึงไม่เหมาะที่จะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม

การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ของระบบไบโอแก๊สทั้งหมด และระบบบ่อบำบัดทั้งหมด พบว่าในระบบบ่อบำบัดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ของจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มและฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำเสียทั้งก่อนเข้าระบบและหลังจากผ่านการบำบัดแล้วในทั้ง 2 ฤดู ส่วนในระบบไบโอแก๊สพบว่าจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดในช่วงฤดูแล้งสูงกว่าจำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในช่วงฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ ($p <0. 05$) แต่ในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำเสียก่อนเข้าระบบและน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วในระบบไบโอแก๊สไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทั้ง 2 ฤดู ($p>0.05$) จากข้อมูลข้างต้นมีความเป็นไปได้ว่าในช่วงฤดูแล้งมีอุณหภูมิสูงทำให้เชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษคือสามารถทนกับอุณหภูมิสูงได้ (thermotolerant) (Toranzos and Mcfeter, 1997) ทำให้สามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าโคลิฟอร์มกลุ่มอื่นจึงพบว่าจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มเริ่มต้นในช่วงฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝน แต่ในระบบบ่อบำบัดไม่มีความแตกต่างของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มเริ่มต้นระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) อาจจะเนื่องมาจากการที่มีการแยกมูลสุกรออกก่อนปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบ ทำให้ปริมาณเชื้อเริ่มต้นในน้ำเสียไม่สูงมากเนื่องจากเชื้อโรคส่วนใหญ่จะปนอยู่ในมูลสุกร

ปริมาณจุลินทรีย์ชี้แนะที่พบในน้ำเสียจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงการมีอยู่ของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค โดยทั่วไปจุลินทรีย์ชี้แนะที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้ (ธงชัย และวิบูลย์ลักษณ์, 2540)

1. จะต้องเป็นแบคทีเรียที่มีอยู่ในน้ำขณะที่มีแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค (pathogenic bacteria) อยู่ และแบคทีเรียชี้แนะจะต้องเป็นเชื้อที่อาศัยเป็นปกติ (normal flora) ในระบบทางเดินอาหารของคนหรือสัตว์
2. มีจำนวนแปรผันตามจำนวนแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค
3. สามารถอยู่ในน้ำได้นานกว่าแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค ทนต่อสภาวะแวดล้อมภายนอกได้ดี
4. ไม่ควรมีในน้ำบริสุทธิ์
5. ง่ายต่อการตรวจหาและไม่สิ้นเปลือง

การศึกษาในครั้งนี้ได้เลือกจุลินทรีย์ชี้แนะ ได้แก่เชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มโคลิฟอร์มและฟีคัลโคลิฟอร์ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากพบว่าในน้ำมีจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มแสดงว่าน้ำนั้นมีการปนเปื้อนของอุจจาระของสัตว์เลือดอุ่น เชื้อที่สำคัญในกลุ่มนี้ที่สามารถก่อให้เกิดโรคในคนและสัตว์ ได้แก่

E.coli โดยมีข้อมูลของ Tiquia และคณะ (1997) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม และฟีคัลสเตรปโตคอกคัส (faecal streptococcus) กับการลดลงของเชื้อซัลโมเนลล่ากลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค (pathogenic Salmonella) พบว่าเมื่อจำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มมีจำนวนลดลงจนเหลือ 4.3 $\log_{10}$ MPN/กรัม และฟีคัลสเตรปโตคอกคัสมีจำนวนลดลงจนเหลือ 2.29 $\log_{10}$ MPN/กรัม จะตรวจไม่พบเชื้อซัลโมเนลล่า และจากการหาระยะเวลาที่จำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ลดลง 90 % โดยการทดลองของ Munch และคณะ (1987) เพื่อหาระยะเวลาที่จุลินทรีย์ชี้แนะและจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคมีจำนวนลดลง 90% ในระบบบำบัดที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน พบว่าจุลินทรีย์ชี้แนะใช้เวลาในการลดลงมากกว่าจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค โดยเชื้อที่อยู่ในระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนจะมีจำนวนลดลงเร็วกว่าเชื้อที่อยู่ในระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน และได้เสนอแนะว่าจำนวนเชื้อ *E.coli* ในน้ำจะเป็นตัวบ่งชี้ที่เหมาะสมในการวัดว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในน้ำ ดังนั้นการตรวจวัดจำนวนเจุลินทรีย์ในกลุ่มโคลิฟอร์มและฟีคัลโคลิฟอร์มจึงเป็นวิธีการหนึ่งในการควบคุมไม่ให้เกิดการแพร่ระบาดของเชื้อโรคที่ก่อให้เกิดโรคโดยเฉพาะโรคสัตว์สู่คน

ของเสียจากฟาร์มสุกรเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรคหลายชนิด ซึ่งเชื้อโรคเหล่านี้ก่อให้เกิดโรคขึ้นได้ทั้งในสัตว์และในคน จากข้อมูลในต่างประเทศในหลายภูมิภาคของโลก ได้แก่ประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา แอฟริกา อังกฤษ และเยอรมัน ในช่วงระหว่างปี ค.ศ.1978 จนถึงปี 2001 พบว่ามีการระบาดของโรคในระบบทางเดินอาหารซึ่งเกิดจากเชื้อ *E. coli* O157:H7*, Salmonella, Listeria* และ *Cryptosporidium* ในคนมากกว่า 4,000 ราย และมีผู้เสียชีวิตจากการเกิดโรคระบาดโดยมีสาเหตุมาจากการบริโภคผักผลไม้และน้ำดื่มที่ปนเปื้อนเชื้อโรคซึ่งมาจากอุจจาระของสัตว์ (Guan and Holley, 2003) นอกจากนี้การปล่อยของเสียจากฟาร์มสุกรออกสู่สิ่งแวดล้อมยังเป็นการเพิ่มจำนวนเชื้อโรคสัตว์สู่คน (zoonotic agent) ในสิ่งแวดล้อมอีกด้วย (Hutchison et.al., 2005) ซึ่งข้อมูลที่ได้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับในการศึกษาครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่าถึงแม้น้ำเสียจากฟาร์มสุกรจะผ่านการบำบัดและคุณภาพน้ำเสียผ่านเกณฑ์ตามที่กฎหมายกำหนดแล้วก็ตามแต่ก็ยังพบว่ามีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ชี้แนะกลุ่มโคลิฟอร์ม และฟีคัลโคลิฟอร์มอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งหมายความว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วยังอาจจะมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคปนอยู่ด้วย ดังนั้นจึงไม่สมควรนำไปใช้โดยตรงกับพืชผลทางการเกษตรที่มนุษย์สามารถใช้บริโภคได้โดยไม่ผ่านการปรุงสุก เช่น ผักสลัด เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Bicudo และ Svoboda (1995) ที่ได้ทำการศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบบำบัดแบบ activated sludge ซึ่งเป็นกระบวนการบำบัดทางชีววิทยาแบบหนึ่ง ในช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคม 1993 ถึง กุมภาพันธ์ 1994 โดยศึกษาวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพการบำบัด Nitrogen,

Phosphorus, Copper, Zinc และ เชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่ม Coliform และ Streptococcus พบว่าระบบบำบัดมีประสิทธิภาพในการบำบัด Nitrogen มากกว่า 95% Phosphorus 90% Copper 90% Zinc 85% และสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้ 99% แต่เนื่องจากปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นมีปริมาณสูงดังนั้นน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วยังพบว่ามีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มสูงถึง 10^6 MPN/100 ml และฟีคัลสเตรปโตคอกคัสสูงถึง 10^7 MPN/100 ml ดังนั้นถึงแม้ว่าน้ำเสียจะผ่านการบำบัดแล้วแต่ก็ยังไม่เหมาะสมที่จะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมหรือปล่อยออกสู่ระบบชลประทาน

จากการศึกษาข้อกฎหมายในประเทศไทยเกี่ยวกับการควบคุมการปล่อยน้ำเสียจากฟาร์มสุกรออกสู่สิ่งแวดล้อม พบว่าไม่มีการกำหนดมาตรฐานขั้นต่ำของจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ชี้แนะกลุ่มโคลิฟอร์มและฟีคัลโคลิฟอร์ม แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้องได้แก่ประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2537 ซึ่งได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ราชกิจจานุเบกษา, 2537) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมและรักษาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์และมีความปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน พบว่าน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรมีคุณภาพน้ำไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำตามมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินสำหรับใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ซึ่งหากนำผลการศึกษาที่ได้ไปเปรียบเทียบกับข้อกำหนดขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization ; WHO) ซึ่งได้มีการกำหนดให้น้ำที่ใช้สำหรับรดพืชผักที่ใช้เป็นอาหารของมนุษย์ โดยที่มนุษย์สามารถบริโภคได้โดยไม่ผ่านการปรุงสุก เช่น ผักสลัด จะต้องมีจำนวนเชื้อแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มไม่เกิน 1,000 MPN/100 ml (Blumenthal et.al., 2000) จากการตรวจวัดในครั้งนี้พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มและฟีคัลโคลิฟอร์มที่พบในน้ำเสียจากฟาร์มสุกรส่วนใหญ่จะเกินกว่ามาตรฐาน ดังนั้นจึงควรมีการเฝ้าระวังการปล่อยน้ำเสียจากฟาร์มสุกรลงสู่แหล่งน้ำเพื่อการเกษตร หรือการใช้น้ำจากฟาร์มสุกรหรือมูลสุกรเป็นปุ๋ยสำหรับพืชผักซึ่งมนุษย์สามารถบริโภคได้โดยไม่ต้องผ่านการปรุงสุก เนื่องจากอาจเกิดปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคในผลผลิตทางการเกษตรและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค

การศึกษาปริมาณโลหะหนักทองแดงและสังกะสีในน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

จากข้อมูลปริมาณโลหะหนักทองแดง และสังกะสีในน้ำเสียจากฟาร์มสุกรในระบบบำบัดทั้ง 5 แบบ พบว่าฤดูกาลไม่มีผลต่อปริมาณแร่ธาตุสังกะสีและทองแดงในน้ำเสียทั้งในระบบไบโอแก๊สและระบบบ่อบำบัด และในน้ำเสียที่ไม่มีการแยกมูลสุกรออกก่อนปล่อยน้ำเข้าสู่ระบบบำบัดจะพบว่ามีปริมาณแร่ธาตุทองแดงสูงกว่าในน้ำเสียที่มีการแยกเอาอุจจาระสุกรออกก่อนแล้ว

อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยในการศึกษาปริมาณของแร่ธาตุทองแดงและสังกะสีในครั้งนี้ ได้มีการทดลองเก็บตัวอย่างอุจจาระ และน้ำใช้จากฟาร์มสุกร จำนวน 4 ฟาร์ม พบว่ามีปริมาณแร่ธาตุทองแดงในอุจจาระประมาณ 94 – 453 ppm แร่ธาตุสังกะสีในอุจจาระประมาณ 307 – 3784 ppm ปริมาณแร่ธาตุทองแดงในน้ำใช้ 0.014 – 0.718 ppm และปริมาณแร่ธาตุสังกะสีในน้ำใช้ 1.19 – 15.15 ppm จากข้อมูลดังกล่าวจึงมีแนวโน้มว่าปริมาณของแร่ธาตุทองแดงและสังกะสีส่วนใหญ่จะมาจากอุจจาระสุกร ดังนั้นการลดปริมาณสารอินทรีย์ก่อนปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดโดยการแยกมูลสุกรออกก่อนจะทำให้ปริมาณของแร่ธาตุทองแดงและสังกะสีที่เข้าสู่ระบบบำบัด ลดลง แต่ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้มีการเก็บข้อมูลในเรื่องของปริมาณทองแดงและสังกะสีในอาหารที่ใช้เลี้ยงสุกร เนื่องจากต้องการทราบสภาวะเบื้องต้นว่า แร่ธาตุทั้ง 2 ชนิด สามารถปนเปื้อนออกมากับน้ำเสียจากฟาร์มสุกรเข้าสู่สิ่งแวดล้อมได้หรือไม่ และเนื่องจากในกฎหมายควบคุมการปล่อยน้ำเสียจากฟาร์มสุกร (ราชกิจจานุเบกษา, 2544) ไม่ได้กำหนดปริมาณขั้นต่ำของแร่ธาตุทองแดงและสังกะสีที่อนุญาตให้ปนเปื้อนออกมากับน้ำเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม จึงนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กำหนดในกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ซึ่งได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ราชกิจจานุเบกษา, 2537) และคำสั่งกรมชลประทานที่ 883/2532 ลงวันที่ 19 ธันวาคม 2532 ได้กำหนดมาตรฐานสำหรับน้ำที่จะระบายลงทางน้ำชลประทานและทางน้ำที่เชื่อมต่อกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน (กรมชลประทาน, 2532) เมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ (ในภาคผนวก ข) กับค่ามาตรฐานในทุกพารามิเตอร์ (ในภาคผนวก ค) พบว่าน้ำยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเฝ้าระวังการนำน้ำเหล่านี้ไปใช้โดยตรงกับพืชผลทางการเกษตรหรือการปล่อยออกสู่ระบบชลประทาน

การศึกษาในครั้งนี้พบว่าในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีปริมาณแร่ธาตุทองแดงและสังกะสีลดลง แต่ในการศึกษาไม่ได้มีการเก็บดินในบ่อบำบัดมาทำการตรวจวัด จึงไม่สามารถบอกได้ว่าแร่ธาตุทองแดงและสังกะสีมีการตกตะกอนสะสมอยู่ในดินหรือในบ่อหรือไม่ จากข้อมูลของ Bolan และคณะ (2003) พบว่าแร่ธาตุทองแดงและสังกะสีในฟาร์มสุกรจะปนเปื้อนออกมากับอุจจาระสุกรและจะตกตะกอนสะสมอยู่ในดิน ซึ่งอาจจะทำให้ดินในบริเวณนั้นมีการปนเปื้อนแร่ธาตุทองแดงและสังกะสีในปริมาณมากต่อไปในอนาคต ดังนั้นเป็นไปได้ว่าแร่ธาตุทั้งสองอาจจะตกตะกอนอยู่ที่ก้นบ่อ ปัจจุบันในประเทศไทยยังไม่มีการรวบรวมข้อมูลในส่วนของการสะสมของแร่ธาตุทองแดงและสังกะสีในดินบริเวณฟาร์มสุกรหรือในบริเวณใกล้เคียง แต่ในต่างประเทศได้มีผู้ทำการศึกษาการสะสมของแร่ธาตุทั้งสองชนิดในดินในพื้นที่ที่มีการเลี้ยงสุกรหรือในทุ่งหญ้าที่ใช้มูลสุกรเป็นปุ๋ย พบว่ามีการสะสมของทองแดงและสังกะสีในส่วนบนของดินในพื้นที่ที่มีการเลี้ยงสุกร

อย่างหนาแน่นในประเทศฝรั่งเศส (Herroux et.al., 1997) และประเทศอังกฤษ (Nicholson et.al., 1999) ซึ่งน่าจะก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมต่อไป และถึงแม้ว่าจะยังไม่มีการรายงานถึงผลกระทบของทองแดงและสังกะสีที่ที่สะสมอยู่ในดินที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์โดยตรง แต่พบว่าการสะสมของโลหะหนักซึ่งได้แก่แร่ธาตุที่ใช้ในการเลี้ยงสุกรในดินจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและสิ่งมีชีวิตในดิน ตลอดจนอาจจะก่อให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์และสัตว์ได้ (Jongbloed and Lenis, 1998; Bolan et.al., 2003) ข้อมูลในปัจจุบันพบว่ามีผลกระทบที่เกิดจากการสะสมของแร่ธาตุทองแดงในดินต่อสุขภาพสัตว์ได้แก่ การเกิดอาการพิษของทองแดง (chronic copper poisoning) ในแกะซึ่งเลี้ยงในทุ่งหญ้าที่ใช้อุจจาระสุกรเป็นปุ๋ยในประเทศสหรัฐอเมริกา (Kerr and Mcgavin, 1991) และพบการสะสมของแร่ธาตุทองแดงในปริมาณที่ก่อให้เกิดอันตรายสะสมอยู่ในตับโคซึ่งเลี้ยงในทุ่งหญ้าใกล้เคียงกับบริเวณที่มีการเลี้ยงสุกรหนาแน่นในประเทศสเปน (Alonso et.al.,2000) จากข้อมูลดังกล่าวประกอบกับผลการทดลองที่ได้ทำให้พบว่ามีแนวโน้มที่เป็นไปได้ว่าในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสุกรในประเทศไทยโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการเลี้ยงอย่างหนาแน่น อาจมีการสะสมของแร่ธาตุทองแดงและสังกะสีในพื้นดินบริเวณนั้นและพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งสมควรมีการศึกษาเพื่อเป็นการเฝ้าระวังไม่ให้เป็นปัญหาต่อไปในอนาคต และควรมีการระมัดระวังในการใช้แร่ธาตุไม่ให้มีการใช้ในปริมาณที่สูงเกินกว่าความต้องการของสัตว์เพื่อเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตเพราะอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสุขอนามัยของคนและสัตว์ได้ในอนาคต

ข้อเสนองานวิจัยในอนาคต

จากการศึกษาวิจัยในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์ม ฟีคัลโคลิฟอร์ม ปริมาณแร่ธาตุทองแดง และสังกะสี เป็นการศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นเท่านั้น จากข้อมูลที่ได้ทำให้ทราบว่า เชื้อจุลินทรีย์ และ แร่ธาตุทองแดงและสังกะสี น่าจะก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมและต่อสุขภาพของคนและสัตว์ได้ต่อไปในอนาคต ซึ่งจำเป็นต้องมีการขยายผลการศึกษาต่อไปเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนในกรณีที่เป็นปัญหาเพื่อเสนอต่อรัฐบาลให้ใช้เป็นข้อมูลในการควบคุมไม่ให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม และต่อสุขอนามัยของมนุษย์ ในต่างประเทศได้มีการตื่นตัวในการเฝ้าระวังแร่ธาตุอาหารสัตว์ตกค้างในดินและการเฝ้าระวังเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ไม่ให้ก่อปัญหาแก่สิ่งแวดล้อมและมนุษย์ โดยได้มีการทดลองทำระบบบำบัดในหลายๆ วิธีที่จะทำให้สามารถมั่นใจได้ว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ชี้แนะออกสู่สิ่งแวดล้อม เช่นการทดลองของ Vanotti และคณะ. (2005) ได้ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียจาก ฟาร์มสุกร โดยใช้กระบวนการทางกายภาพโดยการกรองแยกมูลสุกรออก การใช้กระบวนการทางชีวภาพเพื่อบำบัดสารอินทรีย์ และแร่ธาตุไนโตรเจน และการใช้กระบวนการทางเคมีเพื่อ

การกำจัด แร่ธาตุฟอสฟอรัส และเชื้อแบคทีเรียซึ่งผลการทดลองพบว่าสามารถบำบัดน้ำเสียให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ และไม่พบว่ามีเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค และแบคทีเรียชี้แนะปนเปื้อนออกมากับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว แต่การศึกษาเป็นการศึกษาในห้องทดลองเท่านั้น ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาในแง่ของการนำมาใช้ในฟาร์มสุกรในธรรมชาติต่อไป ส่วนในการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของแร่ธาตุในดินนั้นได้มีการเสนอให้ผู้ประกอบการลดปริมาณการใช้แร่ธาตุอาหารสัตว์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในสัตว์ เพื่อลดปัญหาการปนเปื้อนของแร่ธาตุโลหะหนักในดินในอนาคต (Jondreville and Dourman, 2003)

ในประเทศไทยยังไม่เคยมีการศึกษาถึงผลกระทบในแง่ของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในคนและผลกระทบของแร่ธาตุซึ่งใช้เลี้ยงสุกร หรือการนำมูลสุกรไปเป็นปุ๋ยว่ามีผลกระทบต่อดิน และสิ่งมีชีวิตในดินหรือไม่อย่างไร การศึกษาต่อไปในอนาคตจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการศึกษาจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ชี้แนะกลุ่มโคลิฟอร์ม และฟีคัลโคลิฟอร์ม ปริมาณแร่ธาตุทองแดง และสังกะสีที่ปนเปื้อนออกมาในอุจจาระสุกรจากฟาร์มสุกรแต่ละแห่ง ตลอดจนการตรวจวัดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์ม ฟีคัลโคลิฟอร์ม ปริมาณแร่ธาตุทองแดงและสังกะสีในดินจากบริเวณที่มีการเลี้ยงสุกรหนาแน่น ดินและพืชผักจากบริเวณที่มีการใช้มูลสุกรหรือน้ำขี้หมูเป็นปุ๋ยเพื่อเป็นข้อมูลให้แก่ภาครัฐในการเฝ้าระวังและควบคุมไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขอนามัยของมนุษย์ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เกรียงศักดิ์ อุดมกิจโรจน์. 2539. **การบำบัดน้ำเสีย**. กรุงเทพมหานคร. มิตรนราการพิมพ์.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2538. **คู่มือการจัดการน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยใช้เทคโลโลยีชีวภาพ**. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ควบคุมมลพิษ, กรม. และ มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์. 2540. **มูลสุกรและการบำบัดและการนำกลับมาใช้ประโยชน์ (ภาคผนวกที่ 7)**. เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ เรื่อง การศึกษาความเหมาะสมในการจัดตั้งนิคมการเลี้ยงสุกร. 12 มิถุนายน 2540 ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2542. **คู่มือการจัดการฟาร์มสุกรเพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม**. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ชลประทาน, กรม. 2532. คำสั่งกรมชลประทานที่ 883/2532 เรื่อง **การป้องกันและการแก้ไขการระบายน้ำที่มีคุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทาน และทางน้ำที่เชื่อมต่อกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน** ลงวันที่ 19 ธันวาคม 2532

เชาวลิต รัตนธรรมสกุล. 2547. **การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรและคำนวณแบบแปลนระบบบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร** : เอกสารประกอบการสัมมนาเจ้าหน้าที่กรมปศุสัตว์ เรื่อง การจัดการระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร. หน้า 83 – 105. 6 – 9 กรกฎาคม 2547 ณ ภูพิมานรีสอร์ท ฟาร์ม แอนด์ สปา. จังหวัดนครราชสีมา.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. และ วิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธิศักดิ์. 2540.**การตรวจลักษณะน้ำเสียทางชีวภาพ.:คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร. สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

ธีระ แกรอต. 2539. **วิศวกรรมน้ำเสีย การบำบัดทางชีวภาพ**. กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีระวุฒิ สุวัฒนะเชาว์. 2543. **ประสิทธิภาพและการลงทุนอย่างเหมาะสมของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร**. วิทยานิพนธ์. สาขาสัตวแพทย์สาธารณสุข ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุข คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 118 น.

นภดล สินไพศาลสมบูรณ์. 2544. **ระบบบำบัดน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์เทศบาลนครพิษณุโลก**. พิษณุโลก. เทศบาลนครพิษณุโลก

ปศุสัตว์, กรม. 2546. **โครงการพัฒนาอาชีพการปศุสัตว์ลงสู่ท้องถิ่น**. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ปศุสัตว์, กรม. 2548. **คู่มือการปฏิบัติงานด้านสิ่งแวดล้อมการปศุสัตว์ สำหรับเจ้าหน้าที่**. หน้า 1 - 26. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย

ปศุสัตว์ กรม. และองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO). 2543. **โครงการศึกษาการผลิตแบบเกษตรผสมผสานในพื้นที่ขนาดใหญ่ (Area - Wide Integration) ในประเทศไทย**. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 101 หน้า

มั่นสิน ตันฑุลเวศม์. 2536. **การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการไร้ออกซิเจน**. กรุงเทพมหานคร. พิมพ์เอง. 52 น.

มั่นสิน ตันฑุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา. 2539. **การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อปลาและสัตว์อื่น ๆ . เล่มที่ 1 การจัดการคุณภาพน้ำ**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ยุคล ลิ้มแหลมทอง 2533. **Feed additives การใช้ยาและสารเคมีผสมในอาหารสัตว์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ราชกิจจานุเบกษา. 2537. **ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน** ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

ราชกิจจานุเบกษา. 2544. **ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษ ประเภทการเลี้ยงสุกร และ เรื่อง กำหนดให้การเลี้ยงสุกรเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม.** เล่ม 118 ตอนพิเศษ 18 ง ราชกิจจานุเบกษา. วันที่ 23 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2544

ราชกิจจานุเบกษา. 2545. **ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดชื่อ ประเภท ชนิดหรือลักษณะของอาหารสัตว์ที่ไม่อนุญาตให้นำเข้าเพื่อขาย และกำหนดชื่อ ประเภท ชนิด ลักษณะคุณสมบัติและส่วนประกอบของวัตถุที่เติมในอาหารสัตว์ที่ห้ามใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารสัตว์.** เล่ม 119 ตอนพิเศษ 85 ง ราชกิจจานุเบกษา. วันที่ 11 กันยายน 2545

ราชกิจจานุเบกษา. 2546. **ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดชื่อ ประเภท ชนิดหรือลักษณะของวัตถุที่เติมในอาหารสัตว์ที่ให้ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารสัตว์เพื่อขาย ตลอดจนอัตราส่วนหรือปริมาณที่ให้ใช้หรือห้ามมิให้ใช้วัตถุนั้นเกินกำหนด.** เล่ม 120 ตอนพิเศษ 65 ง ราชกิจจานุเบกษา. วันที่ 11 มิถุนายน 2546

โรงงานอุตสาหกรรม, กรม. 2545. **การบำบัดน้ำเสีย : ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ** กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

วินัย ประลมพ์กาญจน์ 2529. **อาหารและการให้อาหารสุกร**. สงขลา. เอกสารวิชาการ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

วีระพันธ์ เกียรติภักดี. และ นิรันดร์ โพธิกานนท์ 2542. **โครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ส่วนที่ 1 ฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่**. เชียงใหม่ : เอกสารเผยแพร่ หน่วยบริการก๊าซชีวภาพ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศักดิ์ชัย สุริยจันทราทอง., อนุชิต อัคนีศิริชัย. และ วีระพันธ์ เกียรติภักดี. 2545. **เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร**. กรุงเทพมหานคร. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเจ้าพนักงานควบคุมมลพิษ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมมลพิษจากฟาร์มปศุสัตว์. กรมควบคุมมลพิษ.

สมชัย จันทร์สว่าง. และ สุริยะ สะวานนท์. 2543. **ประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการจัดการของเสียในระบบการผลิตสุกร**. กรุงเทพมหานคร. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สภาวิจัยแห่งชาติ.

สมโภชน์ ทับเจริญ, ณัฐยาพร สุมน และ พีระพล อยู่สวัสดิ์. 2538. **การใช้มูลสุกรแห้งและกากมูลสุกรหลังการหมักก๊าซชีวภาพในอาหารสุกรรุ่น (60 – 90 กก.)** กรุงเทพมหานคร. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 33 สาขาสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิตานนท์ เจษฎาพิพัฒน์. 2541. **การใช้พื้นที่ร่วมกันของการเพาะปลูกและการเลี้ยงปศุสัตว์ในบริเวณใกล้ ๆ กรุงเทพมหานคร**. เอกสารประกอบการบรรยาย ในการประชุมสัมมนา เรื่อง "การอนุรักษ์และแก้ไขปัญหามลภาวะจากฟาร์มปศุสัตว์" หน้า 1 – 41. 12 – 13 พฤศจิกายน 2541. ณ โรงแรมฟอร์จูน กรุงเทพมหานคร.

สุบัณฑิต นิ่มรัตน์. 2548. **จุลชีววิทยาของน้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เสริมพล รัตนสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์ 2524. **การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

อุทัย คันโธ 2529. **อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก**. พิมพ์ครั้งที่ 1. นครปฐม. :เอกสารเผยแพร่ของศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุษณีย์ อุยะเสถียร. 2542. **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียและรูปแบบในการจัดการของเสียจากฟาร์มสุกร**. เอกสารประกอบการบรรยาย ในการประชุมสัมมนาวิชาการเจ้าหน้าที่กรมปศุสัตว์ ด้านการจัดการของเสียจากฟาร์มสุกร. หน้า 1- 11. 15 -19 สิงหาคม 2542 ณ โรงแรมเชียงใหม่พลาซ่า จังหวัดเชียงใหม่.

ภาษาอังกฤษ

Alonso, M.L., J.L. Benedito, M. Miranda, C. Castillo, J. Hernandez, R.F. Shore. 2000. The effect of pig farming on copper and zinc accumulation in cattle in Galicia (North – Western Spain). **Vet.J.** 160: 259 - 266

APHA, AWWA, WPCF. 1992. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastwater**. Washington, D.C. :American Public Health Association.

APHA, AWWA, WPCF. 1995. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastwater**. Washington, D.C. :American Public Health Association.

Bicudo, J.R. and Svoboda, I.F. 1995. Effect of intermittent – cycle extended aeretion treatment on the fate of nutrients, metals and bacterial indicators in pig slurry. **Biosour. Technol.** 54: 63 - 72

Blumenthal, U.L., Mara, D.D., Peasey, A., Ruiz-Palacios, G. and Stott, R. 2000. Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines. **WHO. Bull.** 78(9) 1104 – 1116.

Bolan, N.S., Khan, M.A.,Donaldson, J., Adriano, D.C. and Matthew, C. 2003. Distribution and bioavailability of copper in farm effluent. **Sci. Total. Environ.** 309: 225 – 236

Burton, C.H. and Turner, C. 2003 **Manure management : Treatment strategies for suitainable agriculture**. 2nd ed. UK. Silsoe Research Institute.

Guan, Y. and Holley, R.A. 2003. Pathogen survival in swine manure environments and transmission of human enteric illness – A Review. **J. Environ. Qual.** 32: 383 – 392

Herroux, L.L., Roux, S.L., Appriou, P. and Martinez, J. 1997. Behaviour of metals following intensive pig slurry applications to a natural field treatment process in Brittany (France). **Environ. Pollut.** 97: 119 - 130

Hooda, P.S., Edwards, A.C., Anderson, H.A. and Miller, A. 2000. A review of water quality concerns in livestock farming areas. **Sci. Total. Environ.** 250: 143 – 167

Hutchison, M.L., Walters, L.D., Moore, T., Thomas, D.J.I. and Avery, S.M. 2005. Fate of pathogens present in livestock wastes spread onto fecus plots. **Appl. Environ. Microbiol.** 71: 691 - 696

Jondreville, C., Revy, P.S. and Dourmad, J.Y. 2003. Dietary means to better control the environmental impact of copper and zinc by pig from weaning to slaughter. **Livest. Prod. Sci.** 84: 147 –156

Jongbloed, A.W. and Lenis, N.P. (1998). Environmental concerns about animal manure. **J. Anim. Sci.** 76: 2641 - 2648

Kerr, L.A. and Mcgavin, H.D. 1991. Chronic copper poisoning in sheep grazing pastures fertilized with swine manure. **J. Am. Vet. Med. Assoc.** 198: 99 - 101

Muller, Z.O. 1980. **Feed from animal wastes : State of knowledge.** Food and Agriculture Organization of the United Nations. Romme, Italy.

Munch, B., Larsen, E.H. and Aalbaek, B. 1987. Experimental studies on the survival of pathogenic and indicator bacteria in aerated and non-aerated cattle and pig slurry. **Biolog. Wastes.** 22: 49 - 65

Nicholson , F.A., Chambers, B.J., Williams, J.R. and Unwin, R.J.1999. Heavy metal contents of livestock feeds and animal manures in England and Wales. **Bioresour. Technol.** 70: 23 –31

Tiquia, S.M., Tam, N.F.Y. and Hodgkiss, I.J. 1998. Salmonella elimination during composting of spent pig litter. **Biosour. Technol.** 63: 193 - 196

Toranzos, G.A. and Mcfeters, G.A. 1997. **Detection of indicator microorganisms in environmental freshwaters and drinking water. In : Water microbiology in public health.** C.J. Hurst (ed.). Washington D.C. American society for microbiology (ASM). 184 – 194

Vanotti, M.B., Millner, P.D., Hunt, P.G. and Ellison, A.Q. 2005. Removal of pathogen and indicator microorganisms from liquid swine manure in multi-step biological and chemical treatment. **Bioresour. Technol.** 96: 209 - 214

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

แบบสอบถาม

เรื่อง : การเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์ม ทองแดง และสังกะสี จากน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดแบบต่าง ๆ ในฟาร์มสุกร CHANGE OF COLIFORM, COPPER AND ZINC FROM EFFLUENT OF DIFFERENCE WASTE WATER TREATMENT SYSTEMS IN PIG FARMS

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสัตวแพทยสาธารณสุข คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

1. ชื่อฟาร์ม.....
2. สถานที่ตั้ง.....
3. สภาพฟาร์ม/ ลักษณะการเลี้ยง.....
   - 3.1 ฟาร์มมีพื้นที่รวมทั้งสิ้น..... ไร่
   - 3.2 ลักษณะโรงเรือน ☐ โรงเรือนระบบเปิด ☐ โรงเรือนระบบปิด
   - 3.3 สภาพบริเวณภายนอกฟาร์ม.....
   - 3.4 อาหารที่ใช้เลี้ยงสุกร.....
     .....
     .....
     .....
4. จำนวนสุกรในฟาร์ม
   - 4.1 สุกรพ่อ/แม่พันธุ์ น้ำหนักเฉลี่ยตัวละ.....ก.ก. จำนวน.....ตัว
   - 4.2 สุกรขุน น้ำหนักเฉลี่ยตัวละ.....ก.ก. จำนวน.....ตัว
   - 4.3 ลูกสุกร/อนุบาล น้ำหนักเฉลี่ยตัวละ.....ก.ก. จำนวน.....ตัว
5. ระบบบำบัดน้ำเสีย
   - 5.1 ก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียมาเป็นเวลา.....ปี
   - 5.2 พื้นที่ของระบบบำบัดน้ำเสีย.....ไร่
   - 5.3 ชนิดของระบบบำบัด.....
     จำนวนบ่อไบโอแก๊ส.....บ่อ ความจุ.....ลบ.ม.
     จำนวนถังหมักไร้อากาศ.....ถัง ความจุ.....ลบ.ม.
     จำนวนบ่อเปิด.....บ่อ พื้นที่.....

รายละเอียดบ่อเปิด.....

.....

.....

.....

.....

6. แหล่งน้ำที่ใช้ในฟาร์ม.....
7. การจัดการมูลสุกร (แยก/ไม่แยกมูลสุกรก่อนเข้าระบบบำบัด).....
8. การนำมูลสุกรไปใช้ประโยชน์ (วิธีการ) .....
9. การล้างคอกสุกร (วิธีการ/ความถี่).....

.....

.....

.....

10. การจัดการน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว

☐ ปล่อยออกนอกฟาร์ม จำนวนจุดปล่อย.....จุด

☐ ไม่ปล่อยออกนอกฟาร์ม ขังไว้ในบ่อพักน้ำ

☐ นำกลับมาใช้ใหม่ในฟาร์ม (วิธีการ).....

.....

.....

☐ นำไปใช้กับพืชผัก.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ข้อมูลผลการวิจัย

ลำดับที่	ครั้งที่	จุดเก็บน้ำ	ค่าพารามิเตอร์ตามกฎหมาย					ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์			ปริมาณโลหะหนัก	
			pH	BOD (mg/ml)	COD (mg/ml)	TKN (mg/ml)	SS (mg/ml)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)	coliform (MPN/100ml)	faecal coliform (MPN/100ml)	ทองแดง (ppm)	สังกะสี (ppm)
1	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ		2040	5400	250	3700	42,000,000	17,000,000	2,800,000	6.6330	9.7175
		บ่อสุดท้าย		41	290	200	380	380,000	1,300	270	0.0679	1.1424
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	5303	16435	714	10467	15,700,000	17,000,000	17,000,000	3.8825	33.2400
		บ่อสุดท้าย	8	169	333	84	86	310,000	3,000	3,000	0.0117	0.3186
2	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ		2220	5000	760	6100	110,000,000	28,000,000	1,400,000	3.034	16.57
		บ่อสุดท้าย		47	200	30	230	1,130,000	5,000	5,000	0.0329	0.7406
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	2060	6070	430	2500	86,500,000	50,000,000	3,500,000	2.7410	17.14
		บ่อสุดท้าย	8	89	220	400	230	690,000	36,300	3,740	0.0374	0.6237
3	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ	8	1260	3400	165	3200	47,600,000	14,000,000	350,000	1.4500	10.475
		บ่อสุดท้าย	8	104	150	39	115	355,000	70,000	13,000	0.0796	0.6232
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	1620	5180	310	1550	23,300,000	80,000,000	50,000,000	0.3534	4.7980
		บ่อสุดท้าย	8	178	380	151	230	228,000	9,500	950	0.0074	0.2774

ข้อมูลผลการวิจัย

ลำดับที่	ครั้งที่	จุดเก็บน้ำ	ค่าพารามิเตอร์ตามกฎหมาย					ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์			ปริมาณโลหะหนัก	
			pH	BOD (mg/ml)	COD (mg/ml)	TKN (mg/ml)	SS (mg/ml)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)	coliform (MPN/100ml)	faecal coliform (MPN/100ml)	ทองแดง (ppm)	สังกะสี (ppm)
4	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ	8	5450	16800	165	14900	130,000,000	17,000,000	160,000	8.1510	30.885
		บ่อสุดท้าย	8	38	50	77	210	2,550,000	9,000	2,800	0.0205	4.3910
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	10300	26700	1610	10100	8,000,000	23,000,000	3,000,000	2.9720	33.950
		บ่อสุดท้าย	8	276	1160	250	210	694,000	1,460	740	0.0311	0.8325
		มูลสุกร									222.27	3784.45
		น้ำใช้									0.0138	1.9938
5	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ	8	3770	8700	165	7800	69,000,000	13,000,000	2,200,000	3.0340	10.70
		บ่อสุดท้าย	8	14	100	37	26	380,000	2,200	1,700	0.01	0.6383
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	1050	3270	630	3400	670,000,000	13,000,000	2,800,000	2.7760	10.0400
		บ่อสุดท้าย	8	87	460	190	350	5,350,000	13,000	1,400	0.0120	1.1960
6	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ	8	1780	3800	480	2200	44,000,000	2,800,000	1,300,000	2.417	36.465
		บ่อสุดท้าย	8	28	140	290	48	1,080,000	16,000	9,000	0.037	0.673
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	945	5750	301	2567	21,500,000	90,000,000	28,000,000	0.875	2.366
		บ่อสุดท้าย	8	122	263	74	58	280,000	110,000	1,300	0.011	0.501

ข้อมูลผลการวิจัย

ลำดับที่	ครั้งที่	จุดเก็บน้ำ	ค่าพารามิเตอร์ตามกฎหมาย					ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์			ปริมาณโลหะหนัก	
			pH	BOD (mg/ml)	COD (mg/ml)	TKN (mg/ml)	SS (mg/ml)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)	coliform (MPN/100ml)	faecal coliform (MPN/100ml)	ทองแดง (ppm)	สังกะสี (ppm)
7	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ	9	3350	5690	400	1850	49,000,000	50,000,000	17,000,000	0.043	0.574
		บ่อสุดท้าย	7	612	1000	20	130	39,000	5,000	3,000	0.018	0.332
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	1080	4020	260	1240	16,400,000	300,000,000	70,000,000	1.231	6.060
		บ่อสุดท้าย	8	36	240	10	160	214,000	230,000	130,000	0.019	2.351
		มูลสุกร									127.59	307.32
		น้ำใช้									0.0403	8.7875
8	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ	8	1130	1660	1200	2400	25,200,000	50,000,000	1,100,000	3.278	7.280
		บ่อสุดท้าย	7	81	300	280	300	211,000	30,000	30,000	0.030	2.188
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	9	2120	4150	870	3500	82,000,000	50,000,000	13,000,000	1.114	9.043
		บ่อสุดท้าย	9	378	1700	40	420	4,050,000	8,000	2,200	0.041	1.023
9	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ		2810	8820	940	2900	68,100,000	3,500,000	280,000	2.707	13.053
		บ่อสุดท้าย		34	100	560	90	232,000	270	110	0.006	0.233
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	2040	5640	330	3100	59,500,000	80,000,000	22,000,000	3.847	11.120
		บ่อสุดท้าย	8	62	160	77	85	134,000	17,000	5,000	0.007	0.359

ข้อมูลผลการวิจัย

ลำดับที่	ครั้งที่	จุดเก็บน้ำ	ค่าพารามิเตอร์ตามกฎหมาย					ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์			ปริมาณโลหะหนัก	
			pH	BOD (mg/ml)	COD (mg/ml)	TKN (mg/ml)	SS (mg/ml)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)	coliform (MPN/100ml)	faecal coliform (MPN/100ml)	ทองแดง (ppm)	สังกะสี (ppm)
10	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ	7	11200	39900	1220	5700	112,000,000	22,000,000	8,000,000	25.575	27.690
		บ่อสุดท้าย	7	84	930	490	340	940,000	5,000	1,700	0.099	0.553
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	11460	33900	140	3100	74,000,000	30,000,000	30,000,000	26.312	23.080
		บ่อสุดท้าย	8	59	260	20	230	415,000	6,500	1,500	0.016	0.330
11	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ		377	1130	1100	833	5,300,000	800,000	280,000	1.030	2.973
		บ่อสุดท้าย		72	140	460	170	315,000	23,000	8,000	0.014	0.381
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	494	1275	681	390	1,590,000	5000000	900,000	0.547	2.876
		บ่อสุดท้าย	8	126	442	194	195	1,170,000	30,000	30,000	0.037	0.813
12	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ		892	2550	740	2000	16,900,000	2,200,000	280,000	0.627	5.464
		บ่อสุดท้าย		320	1260	690	1030	105,000	30,000	24,000	0.392	1.570
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	340	923	337	557	3,400,000	3,000,000	1,100,000	0.346	3.145
		บ่อสุดท้าย	8	144	376	115	284	156,000	80,000	28,000	0.125	2.730

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลผลการวิจัย

ลำดับที่	ครั้งที่	จุดเก็บน้ำ	ค่าพารามิเตอร์ตามกฎหมาย					ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์			ปริมาณโลหะหนัก	
			pH	BOD (mg/ml)	COD (mg/ml)	TKN (mg/ml)	SS (mg/ml)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)	coliform (MPN/100ml)	faecal coliform (MPN/100ml)	ทองแดง (ppm)	สังกะสี (ppm)
13	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ	8	990	2200	550	660	67,000,000	1,100,000	500,000	0.560	1.402
		บ่อสุดท้าย	9	30	50	330	147	720,000	5,000	3,000	0.025	0.514
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	170	320	460	460	3,500,000	2,200,000	800,000	0.078	0.900
		บ่อสุดท้าย	8	38	210	240	170	540,000	17,000	2,200	0.018	0.560
14	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ	8	1040	1760	820	600	57,000,000	13,000,000	2,800,000	0.374	1.784
		บ่อสุดท้าย	8	13	60	400	24	101,000	2,800	2,200	0.019	0.759
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	2093	6450	397	5775	1,200,000	50,000,000	50,000,000	2.089	14.825
		บ่อสุดท้าย	8	55	124	115	49	15,400	2,300	170	0.016	0.697
15	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ	8	1200	8900	1450	1300	5,700,000	5,000,000	800,000	0.949	10.820
		บ่อสุดท้าย	7	64	650	320	140	395,000	11,000	700	0.019	0.434
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	9	1902	7057	924	5750	7,650,000	1,300,000	1,300,000	5.282	7.810
		บ่อสุดท้าย	9	258	700	227	270	1,590,000	300	300	0.034	0.593

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลผลการวิจัย

ลำดับที่	ครั้งที่	จุดเก็บน้ำ	ค่าพารามิเตอร์ตามกฎหมาย					ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์			ปริมาณโลหะหนัก	
			pH	BOD (mg/ml)	COD (mg/ml)	TKN (mg/ml)	SS (mg/ml)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)	coliform (MPN/100ml)	faecal coliform (MPN/100ml)	ทองแดง (ppm)	สังกะสี (ppm)
16	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ	8	96	580	650	200	1,980,000	11,000,000	7,000,000	0.066	0.750
		บ่อสุดท้าย	8	39	150	310	68	620,000	150,000	9,000	0.010	0.398
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	103	710	420	293	1,290,000	13,000,000	13,000,000	0.088	0.758
		บ่อสุดท้าย	8	47	310	103	14	80,000	50,000	17,000	0.061	0.733
		มูลสุกร									94.45	473.05
		น้ำใช้									0.0718	15.15
17	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ	7	116	720	840	180	1,440,000	170,000	130,000	0.272	2.184
		บ่อสุดท้าย	8	113	530	810	30	865,000	11,000	9,000	0.067	0.569
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	446	992	361	510	11,800,000	2,600,000	1,300,000	0.759	5.638
		บ่อสุดท้าย	8	328	450	341	485	8,000,000	500,000	300,000	0.724	4.938
18	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ	8	227	310	1300	580	4,250,000	2,200,000	1,300,000	0.339	2.374
		บ่อสุดท้าย	7	95	290	940	107	1,050,000	900,000	300,000	0.069	1.245
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	490	1980	420	1464	2,410,000	13,000,000	2,800,000	0.029	0.627
		บ่อสุดท้าย	8	389	925	417	950	1,240,000	500,000	220,000	0.012	0.513

ข้อมูลผลการวิจัย

ลำดับที่	ครั้งที่	จุดเก็บน้ำ	ค่าพารามิเตอร์ตามกฎหมาย					ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์			ปริมาณโลหะหนัก	
			pH	BOD (mg/ml)	COD (mg/ml)	TKN (mg/ml)	SS (mg/ml)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)	coliform (MPN/100ml)	faecal coliform (MPN/100ml)	ทองแดง (ppm)	สังกะสี (ppm)
19	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ	8	1660	5900	680	1100	1,310,000	8,000	2,700	0.782	1.347
		บ่อสุดท้าย	8	228	660	630	350	96,000	230	230	0.226	1.176
20	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ	8	499	2670	780	1650	750,000	500,000	170,000	1.670	2.176
		บ่อสุดท้าย	7	100	800	540	330	600,000	17,000	5,000	0.140	0.460
21	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ	8	195	810	614	220	11,800,000	220,000	170,000	0.0957	1.0334
		บ่อสุดท้าย	8	149	509	219	180	405,000	8,000	5,000	0.0245	0.567
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	212	1600	420	420	4,200,000	90,000	30,000	0.085	0.6723
		บ่อสุดท้าย	8	100	540	230	270	3,380,000	1,100	400	0.0358	0.35
22	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ	7	110	700	290	290	1,140,000	3,500,000	2,200,000	0.3531	1.963
		บ่อสุดท้าย	8	50	460	150	160	377,000	90,000	28,000	0.0687	0.4713
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	1520	4550	320	3600	1,710,000	5,000,000	300,000	0.755	3.013
		บ่อสุดท้าย	8	142	390	13	153	1,580,000	15,200	2,000	0.0368	0.9712

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลผลการวิจัย

ลำดับที่	ครั้งที่	จุดเก็บน้ำ	ค่าพารามิเตอร์ตามกฎหมาย					ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์			ปริมาณโลหะหนัก	
			pH	BOD (mg/ml)	COD (mg/ml)	TKN (mg/ml)	SS (mg/ml)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)	coliform (MPN/100ml)	faecal coliform (MPN/100ml)	ทองแดง (ppm)	สังกะสี (ppm)
23	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ	8	1090	2520	170	967	865,000	2,800,000	1,100,000	1.603	5.715
		บ่อสุดท้าย	7	498	1240	50	13	162,000	170,000	90,000	0.0111	0.5308
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	129	480	430	340	1,380,000	5,000,000	2,200,000	1.129	6.7933
		บ่อสุดท้าย	8	28	150	87	24	220,000	235,000	50,000	0.01	0.5638
24	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ	8	262	4910	470	1140	4,000,000	110,000	110,000	1.2828	2.1225
		บ่อสุดท้าย	8	185	1590	20	135	720,000	1,300	300	0.0106	0.5995
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	491	2850	170	700	2,570,000	220,000	220,000	1.104	1.6723
		บ่อสุดท้าย	10	123	1160	24	170	73,800	20	20	0.0056	0.428
		มูลสุกร									453.73	434.67
		น้ำใช้									0.0248	1.1928
25	ครั้งที่ 1	ก่อนเข้าระบบ		147	610	220	213	1,100,000	2,800,000	1,400,000	0.1219	1.2141
		บ่อสุดท้าย		124	350	70	44	45,500	30,000	13,000	0.0499	0.3012
	ครั้งที่ 2	ก่อนเข้าระบบ	8	152	240	310	24	128,000	3,000,000	350,000	0.1529	1.0758
		บ่อสุดท้าย	8	21	70	20	10	74,500	17,000	11,000	0.008	0.4538

ภาคผนวก ค

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ดัชนีคุณภาพน้ำ		หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุดตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
				ประเภทที่				
				1	2	3	4	5
1	สี กลิ่นและรส (Colour,Odour and Taste)	-	-	ธ	ธ'	ธ'	ธ'	-
2	อุณหภูมิ (Temperature)	°ซ	-	ธ	ธ'	ธ'	ธ'	-
3	ความเป็นกรดและด่าง (pH)	-	-	ธ	5-9	5-9	5-9	-
4	ออกซิเจนละลาย (DO)[2/]	มก./ล.	P20	ธ	6	4	2	-
5	บีโอดี (BOD)	มก./ล.	P80	ธ	1.5	2	4	-
6	แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	MPN/100 ml	P80	ธ	5,000	20,000	-	-
7	แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bateria)	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.	P80	ธ	1,000	4,000	-	-
8	ไนเตรต (NO3)ในหน่วยไนโตรเจน	มก./ล.	-	ธ	5			-
9	แอมโมเนีย (NH3)ในหน่วยไนโตรเจน	มก./ล.	-	ธ	0.5			-
10	ฟีนอล (Phenols)	มก./ล.	-	ธ	0.005			-
11	ทองแดง (Cu)	มก./ล.	-	ธ	0.1			-
12	นิคเกิล (Ni)	มก./ล.	-	ธ	0.1			-
13	แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	-	ธ	1			-
14	สังกะสี (Zn)	มก./ล.	-	ธ	1			-
15	แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	-	ธ	0.005*			-
					0.05**			
16	โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr Hexavalent)	มก./ล.	-	ธ	0.05			-
17	ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	-	ธ	0.05			-
18	ปรอททั้งหมด (Total Hg)	มก./ล.	-	ธ	0.002			-
19	สารหนู (As)	มก./ล.	-	ธ	0.01			-
20	ไซยาไนด์ (Cyanide)	มก./ล.	-	ธ	0.005			-

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ดัชนีคุณภาพน้ำ		หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุดตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
				ประเภทที่				
				1	2	3	4	5
21	กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)	เบคเคอเรล/ล.	-	ธ				
	-ค่ารังสีแอลฟา(Alpha)				0.1			-
	-ค่ารังสีเบตา(Beta)				1			-
22	สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine	มก./ล.	-	ธ	0.05			-
23	ดีดีที (DDT)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	1			-
24	บีเอชซีชนิดแอลฟา (Alpha-BHC)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	0.02			-
25	ดิลดริน (Dieldrin)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	0.1			-
26	อัลดริน (Aldrin)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	0.1			-
27	เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลออีปอกไซด์ (Heptachor & Heptachlorepoxide)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	0.2			-
28	เอนดริน (Endrin)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด			-

หมายเหตุ

[1] กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

[2] ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด

ธ เป็นไปตามธรรมชาติ

ธ อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO3 ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO3 เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

° ซ องศาเซลเซียส

P 20 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

P 80 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

มก./ล. มิลลิกรัมต่อลิตร

MPN เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

วิธีการตรวจสอบเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย ซึ่ง APHA, AWWA และ WPCF ของสหรัฐอเมริกา ร่วมกันกำหนด

ที่มา : ราชกิจจานุเบกษา (2537)

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

การกำหนดประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทแหล่งน้ำ	การใช้ประโยชน์
ประเภทที่ 1	ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน (2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน (3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ
ประเภทที่ 2	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการ (2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ (3) การประมง (4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ
ประเภทที่ 3	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการ (2) การเกษตร
ประเภทที่ 4	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการ (2) การอุตสาหกรรม
ประเภทที่ 5	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

ที่มา : ราชกิจจานุเบกษา (2537)

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มาตรฐานการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทาน และทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน

ดัชนีคุณภาพน้ำ		หน่วย	ค่ามาตรฐาน (เกณฑ์กำหนดสูงสุด)
1	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	6.5-8.5
2	ความนำไฟฟ้า	ไมโครโมล์/ซม.	2,000
3	ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TDS)	มก./ล.	1,300
4	บีโอดี (BOD5) มิลลิกรัม/ลิตร	มก./ล.	20
5	สารแขวนลอย (SS)	มก./ล.	30
6	เปอร์มังกาเนต (PV)	มก./ล.	6.0
7	ซัลไฟด์คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Sulfide as H2S)	มก./ล.	1.0
8	ไซยาไนด์คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์ (cyanide as HCN)	มก./ล.	0.2
9	น้ำมันและไขมัน (Fat ,Oil and Grease)	มก./ล.	5.0
10	ฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde)	มก./ล.	1.0
11	ฟีนอลและ/หรือครีโซลส์ (Phenol& Cresols)	มก./ล.	1.0
12	คลอรีนอิสระ (Free chlorine)	มก./ล.	1.0
13	ยาฆ่าแมลง	มก./ล.	ไม่มีเลย
14	สารกัมมันตรังสี	มก./ล.	ไม่มีเลย
15	สี และกลิ่น (Colour and Odour)	-	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
16	น้ำมันทาร์ (Tar)	-	ไม่มีเลย

มาตรฐานการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทาน และทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน

	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน (เกณฑ์กำหนดสูงสุด)
17	โลหะหนัก	มก./ล.	
	- สังกะสี(Zn)		5.0
	- โครเมียม(Cr)		0.3
	- อาร์เซนิค(As)		0.25
	- ทองแดง(Cu)		1.0
	- ปรอท(Hg)		0.005
	- แคดเมียม(Cd)		0.03
	- แบเรียม(Ba)		1.0
	- ซิลิเนียม(Se)		0.02
	- ตะกั่ว(Pb)		0.1
	- นิคเกิล(Ni)		0.2
	- แมงกานีส(Mn)		0.5

ที่มา : คำสั่งกรมชลประทานที่ 883/2532 เรื่อง การป้องกันและการแก้ไขการระบายน้ำทิ้งที่มีคุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทาน และทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทานลงวันที่ 19 ธันวาคม 2532

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุชาดา สุสุทธิ เกิดวันที่ 8 มกราคม 2511 ที่จังหวัดอุบลราชธานี จบการศึกษาสัตวแพทยศาสตร์บัณฑิต จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปี 2536 เข้ารับราชการกรมปศุสัตว์ ในตำแหน่งนายสัตวแพทย์ 4 ประจำสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดพังงา ในปี 2536 ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง นายสัตวแพทย์ 7 วช ประจำสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดราชบุรี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย