บทที่ 2

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำเสีย (Wastewater)

น้ำเสีย หมายถึง น้ำทิ้งหรือน้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์จากกิจกรรมต่างๆ ในอาคารบ้านเรือน หรือโรงงานอุตสาหกรรม แล้วมีสิ่งปนเปื้อนปนมามากบ้างน้อยบ้าง ทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ไม่สามารถนำกลับมาใช้อุปโภคบริโภคได้อีก (มั่นสิน , 2542)

2.2 แหล่งกำเนิดน้ำเสีย (Sources of Wastewater)

เนื่องจากน้ำเสียมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามแหล่งกำเนิดเกิดได้จากหลายกิจกรรม สามารถแยกมันออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้ (ขวัญฤดี, 2545 ; มั่นสิน , 2542)

2.2.1 น้ำเสียจากชุมชน (Domestic Wastewater)

น้ำเสียส่วนนี้เกิดจากการใช้น้ำในชีวิตประจำวันจากที่พักอาศัย ร้านค้า ตลาด โรงแรม อาคารชุดตลอดจนที่ทำการต่างๆ น้ำเสียที่ระบายออกมาจะมีเศษอาหาร สบู่ สารซักฟอก อุจจาระและปัสสาวะปะปนอยู่ น้ำเสียส่วนนี้มักถูกปล่อยลงสู่แม่น้ำ ลำคลองแล้ว ทำให้เกิดการเน่าเสีย ส่งกลิ่นเหม็น ทำให้ออกซิเจนในน้ำมีปริมาณลดน้อยลง เกิดผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์น้ำ อีกทั้งยังทำให้เชื้อโรคที่อาจปนมาแพร่กระจายเป็นอันตรายต่อผู้ใช้จากน้ำนั้น

2.2.2 น้ำเสียจากการอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater)

น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของโรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภทได้จากน้ำที่ผ่านเข้ามาในกระบวนการผลิตต่างๆ ทำให้มีสิ่งเจือปนในน้ำเสียนั้น น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไปตามประเภทของโรงงาน ซึ่งอาจเป็นผลผลิตจากโรงงานอาหาร โรงงานอุตสาหกรรมโลหะ ที่ทำให้น้ำเสียความเป็นกรด – ด่าง สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ สารเคมี และโลหะหลายชนิดปะปนกัน (มั่นสิน ,2542)

2.2.3 น้ำเสียจากการเกษตร (Agricultural Wastewater)

น้ำเสียจากเกษตรนั้นมาจากแหล่งใหญ่ๆ คือเกิดจากการเพาะปลูกพืชและการเลี้ยงสัตว์ น้ำเสียจากการปลูกพืชจะมียาฆ่าแมลงยาฆ่าวัชพืชและปุ๋ยปนมาเป็นส่วนใหญ่ ส่วนน้ำเสียจากการเลี้ยงสัตว์จะประกอบด้วยสารอินทรีย์เป็นหลักเพราะมีเศษอาหารตกค้างและมูลสัตว์โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟาร์มสุกร ส่วนใหญ่เกิดจากมูลสุกร เศษอาหารที่เหลือ และน้ำที่ใช้ล้างคอกซึ่งจะมีค่าความสกปรกปริมาณสูงมาก

2.3 ของเสียและน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

น้ำเสียจากฟาร์มสุกรเป็นน้ำเสียที่มีสิ่งสกปรกทั้งเป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์เจือปนในปริมาณสูง จนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่ต้องการ ของเสียและน้ำเสียจากฟาร์มสุกรก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก และแหล่งน้ำซึ่งเป็นที่รองรับ เช่น ปัญหามลพิษทางน้ำ ปัญหามลพิษทางเสียงและปัญหากลิ่นเหม็นรบกวน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน หลัก คือ (กรมควบคุมมลพิษ , 2542 ; ขวัญฤดี, 2545)

1. ส่วนที่เป็นของแข็ง โดยของเสียที่เป็นของแข็งส่วนมากเป็นมูลสุกรและเศษอาหารที่สุกรทำหกลงบนพื้นคอก ถุงใส่อาหาร ขวดยา เข็มฉีดยา เป็นต้น

2. ส่วนที่เป็นของเหลว น้ำเสียที่เกิดจากฟาร์มนั้นเกิดจากน้ำจากการล้างพื้นคอก น้ำล้างตัวสุกร และปัสสาวะสุกร ทั้งนี้ปริมาณน้ำเสียขึ้นอยู่กับจำนวนสุกร ลักษณะการใช้น้ำของเกษตรกรแต่ละราย โดยปริมาณของเสียขึ้นกับลักษณะต่าง ๆ เฉพาะตัวสุกรในสภาพสุกรปกติ การขับถ่ายจะผันแปรไปตามอายุเพศขนาดของสุกร ชนิดและปริมาณอาหารที่กินปริมาณน้ำที่สุกรได้รับและปัจจัยอื่น ๆ อีกหลายประการ

2.3.1 กระบวนการเกิดน้ำเสียในฟาร์มสุกร

การเลี้ยงสุกรจำเป็นต้องใช้น้ำเพื่อการบริโภค อุปโภค การทำความสะอาดคอกและอุปกรณ์การเลี้ยงสุกร ดังนั้นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจึงเป็นน้ำที่เกิดจากการขับถ่าย การล้างทำความสะอาด และน้ำจากแหล่งอื่นที่ไหลรวมเข้ามาในระบบ ซึ่งอาจจำแนกกระบวนการเกิดน้ำเสียของฟาร์มสุกรจากแหล่งต่าง ๆ ได้ ดังนี้ (ธีระวุฒิ, 2543)

2.3.1.1. น้ำเสียจากการขับถ่ายของสุกร ปริมาณสิ่งขับถ่ายของสุกรจะขึ้นกับอายุ ขนาด อุณหภูมิของอากาศและจำนวนอาหารและน้ำที่สุกรกินเข้าไป Muller (1980) ได้แสดงปริมาณและคุณสมบัติของสิ่งขับถ่ายของสุกรน้ำหนักตัวขนาดต่าง ๆ ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 ปริมาณและคุณสมบัติของสิ่งขับถ่ายของสุกรขนาดน้ำหนักตัวต่าง ๆ
ที่มา : Muller (1980)

ลักษณะ	น้ำหนักสุกร (กิโลกรัม / ตัว)			
	5 - 15	16 - 30	31 – 65	66 – 100
สิ่งขับถ่ายทั้งหมด (% น้ำหนักตัว)	7.2	8.5	6.3	4.9
สัดส่วนปัสสาวะ / มูล (%)	51.5	54.6	51.1	48.0
วัตถุแห้งในมูล (%)	32.5	28.6	28.2	26.0
วัตถุแห้งในปัสสาวะ (%)	4.0	4.0	4.4	5.0
วัตถุรวมในสิ่งขับถ่ายทั้งหมด (%)	12.8	12.2	11.9	11.5

Hobson และ Robertson (1977) ได้ทดลองและคำนวณปริมาณสิ่งขับถ่ายซึ่งรวมอุจจาระและปัสสาวะในแต่ละวันของสุกร ดังนี้

ตารางที่ 2 ปริมาณอุจจาระและปัสสาวะที่สุกรขับถ่ายเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน
ที่มา : Hobson และ Robertson (1977)

ขนาดของสุกร	น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	สิ่งขับถ่าย (มูลรวมปัสสาวะ/กิโลกรัม)	สัดส่วนร้อยละของ สิ่งขับถ่าย/น้ำหนักตัว
ลูกสุกรอนุบาล	15	1.04	6.93
สุกรหย่านม	30	1.90	6.33
สุกรระยะเจริญเติบโต/ขุน	70	4.60	6.57
สุกรระยะเจริญเติบโต/ขุน	90	5.80	6.44
แม่สุกรท้องว่าง	125	4.03	3.22
แม่สุกรเลี้ยงลูก	170	14.90	8.76
พ่อพันธุ์	160	4.90	3.06

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Ndegwa, et al.,(2002) กล่าวถึง สิ่งขับถ่ายและน้ำเสียในฟาร์มสุกรมีความเข้มข้นต่างกัน มูลสุกรเหลวมีค่าความสกปรกในรูป BOD (Biochemical Oxygen Demand) ปริมาณ 20,000 – 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร และน้ำล้างคอกที่มีการโกยมูลสุกรออกแล้วจะมีค่าความสกปรกในรูป BOD 1,000 – 12,000 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งการเก็บกวาดมูลสุกรแยกของแข็งออกจากน้ำล้างคอกสามารถช่วยลดของเสียออกจากน้ำเสียได้ร้อยละ 70

2.3.1.2 น้ำเสียจากการล้างคอกและโรงเรือน เป็นน้ำเสียที่มีปริมาณมากที่สุด โดยขึ้นกับลักษณะการทำความสะอาด เช่น สุกรอนุบาลหรือสุกรพันธุ์ จะทำความสะอาดคอกวันละ 1 – 2 ครั้ง ในขณะที่สุกรขุนจะทำความสะอาดแตกต่างกันในแต่ละฟาร์ม เช่น ล้างคอกวันละ 1 ครั้งหรือสัปดาห์ละ 1 – 2 ครั้ง หรือบางฟาร์มจะทำความสะอาดโดยการเก็บกวาดมูลสุกรวันละ 1 ครั้ง แต่จะล้างคอกเมื่อส่งสุกรขาย คือ 4 เดือนต่อครั้ง เคยมีรายงานปริมาณน้ำที่ใช้ล้างคอกในสุกรขุนเฉลี่ยวันละประมาณ 20 – 40 ลิตร/ตัว (กรมควบคุมมลพิษ, 2542)

McGarry และ Pescod (1970) กล่าวว่าปริมาณของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกรขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก ได้แก่

1. จำนวนและขนาดของสุกร เช่น
   - สุกรพันธุ์ จะมีน้ำเสียประมาณ 5 - 20 ลิตร / ตัว /วัน
   - สุกรอนุบาล จะมีน้ำเสียประมาณ 3 - 5 ลิตร / ตัว /วัน
   - สุกรขุน จะมีน้ำเสียประมาณ 20 - 40 ลิตร / ตัว /วัน
2. การจัดการ วิธีและความถี่ในการทำความสะอาดคอกและโรงเรือน
3. สภาพสภาวะแวดล้อม เช่น ชนิดของโรงเรือน อุณหภูมิ ความชื้น
4. ปริมาณของอาหารและน้ำที่สัตว์กินเข้าไป

2.3.1.3. น้ำเสียจากการอุปโภคและบริโภค เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมการเลี้ยงสุกร เช่น น้ำที่หกจากการกินของสุกร น้ำล้างอุปกรณ์เครื่องมือ น้ำอุปโภคบริโภคของคนงาน เป็นต้น

2.3.1.4. เศษอาหาร อาหารที่หกตกหล่นบนพื้นคอกปะปนกับมูลสุกร เมื่อถูกล้างทำความสะอาดเศษอาหารเหล่านี้จะปะปนลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียทำให้เพิ่มสารอินทรีย์ในน้ำเสียทำให้ความสกปรกมากขึ้น

2.3.1.5. น้ำฝน โดยปกติน้ำฝนเป็นน้ำสะอาดสามารถนำมาใช้ได้ แต่ถ้าการระบายน้ำฝนไม่ดี น้ำฝนจะไหลลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำเสีย ทำให้ต้องขยายขนาดของระบบบำบัดและส่งผลให้ต้นทุนของการบำบัดน้ำเสียสูงขึ้น

2.3.2 คุณลักษณะของน้ำเสีย

น้ำเสียมีลักษณะแตกต่างกันตามการเจือปนขององค์ประกอบหลัก คุณลักษณะของน้ำเสียสามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้ (Bull et al, 1982 ; อุษณีย์, 2542)

2.3.2.1 คุณลักษณะทางกายภาพ (Physical Characteristics) ประกอบด้วยสี กลิ่น ความขุ่น ตะกอน อุณหภูมิ และการไหล คุณลักษณะเหล่านี้ มีผลต่อการดำรงชีวิตของพืชน้ำ และสัตว์น้ำในแหล่งน้ำตามธรรมชาติหากมีสารแขวนลอยคลุมผิวน้ำหนา จนแสงแดดไม่สามารถส่องผ่านลงไปได้เป็นการหยุดยั้งกระบวนการสังเคราะห์แสงไม่ให้เกิดขึ้น ทำให้ออกซิเจนในอากาศถ่ายเทลงสู่แหล่งน้ำได้น้อย เกิดผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์น้ำขนาดเล็ก เป็นต้น

2.3.2.2 คุณลักษณะทางเคมี (Chemical Characteristics) น้ำเสียมีคุณลักษณะทางเคมีมากมายหลายชนิด เช่น สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ ธาตุอาหาร สารพิษ และพวกโลหะหนัก ในแต่ละชนิดยังแยกย่อยออกไปได้อีกหลายอย่าง การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีเพื่อทราบองค์ประกอบและความเข้มข้นของสารต่างๆ ที่ปนมาหรือเหลืออยู่ในน้ำเสียหรือน้ำทิ้งเช่น

1. ค่าความเป็นกรด - ด่าง หรือค่าพีเอช (pH) เป็นการวัดความเข้มข้นของธาตุ ไฮโดรเจน (H) ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ไม่มีหน่วยแต่มีตารางบอกจาก 1 ถึง 14 น้ำเสียที่เป็นการกลางจะมีพีเอช เท่ากับ 7 พีเอชมีความสำคัญมากต่อระบบบำบัดทางชีวภาพเพราะจุลินทรีย์ในระบบจะทำงานได้ดีในช่วงค่าพีเอช 6.8 – 8 เท่านั้น

2. ค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand) เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำสารอินทรีย์นี้ นอกจากจะเป็นสารอาหารของจุลินทรีย์แล้ว ยังทำให้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำลดน้อยลงเป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของพืชสัตว์หลายประเภทในน้ำ วิศวกรและผู้ควบคุมระบบใช้ค่าบีโอดี เพื่อเลือกและออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียและใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบน้ำเสียด้วย

3. ค่า COD (Chemical oxygen demand) เป็นค่าแสดงถึงความสกปรกของน้ำเสีย โดยการวัดปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้สำหรับการออกซิไดส์ สารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำเสีย และจะเกิดคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นผลจากปฏิกิริยาสุดท้าย การวิเคราะห์ซีโอดีคือปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation) ต้องเกิดขึ้นโดยอาศัยออกซิไดซิ่งเอเจนต์ (Oxidizing agent) อย่างแรงภายใต้ภาวะที่เป็นกรดเข้มข้นและอุณหภูมิสูง

4. ไนโตรเจน (N) เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตในวงจรชีวิตของพืชและสัตว์ หากมีการปล่อยน้ำเสียที่มีปริมาณไนโตรเจนมากทำให้พืชในแหล่งน้ำเจริญเติบโตจนเสียภาวะสมดุลย์ทางธรรมชาติทำให้น้ำเกิดการเน่าเสีย (ธีระ,2539) ในน้ำเสียมีไนโตรเจนอยู่หลายรูปแบบคือ ในรูปของสารอินทรีย์ต่างๆ เช่น แอมโมเนีย ไนโตรเจนได้แก่ ไนโตรเจนที่อยู่ในรูป ของ NH_3 หรือ NH_4^+ ส่วนไนเตรท์ ไนไตรท ยูเรีย กรดอะมิโน ได้แก่ ไนโตรเจนที่อยู่ในรูป ของ NO_3^- หรือ NO_2^-

5. ฟอสฟอรัส (P) เป็นสารอาหารเช่นเดียวกันกับไนโตรเจนจำเป็นต่อการดำรงชีวิตด้วยเช่นกันหากน้ำผิวดินมีค่าฟอสฟอรัสสูง จะทำให้เกิดสาหร่ายขึ้นเป็นจำนวนมาก ฟอสฟอรัสมีอยู่หลายรูปแบบ ได้แก่ โพลิฟอสเฟต และออโธฟอสเฟต

2.3.2.3. คุณสมบัติทางชีวภาพ (Biological Characteristics) การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ในน้ำเสีย เพื่อทราบประเภทของจุลินทรีย์ที่ปนมากับน้ำเสีย ซึ่งจุลินทรีย์บางตัวใช้เป็นดัชนีบ่งบอกให้ทราบว่าน้ำเสียนั้นมีอันตรายหรือไม่ ซึ่งอาจมีเชื้อโรคระบบทางเดินอาหารปะปนอยู่ จุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายอีกหลายชนิด เช่น พวกเชื้อรา ไวรัส สัตว์เซลเดียว และ สาหร่ายบางประเภทที่อาจจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ อนามัยของคนและสัตว์

ความสำคัญของจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสีย จุลินทรีย์โดยเฉพาะอย่างยิ่ง bacteria มีความสำคัญมากในขบวนการบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ หลักการที่สำคัญคือ ใช้ bacteria ไปทำลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ปฏิกิริยาชีวเคมีของ bacteria ในการทำลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียมีสองชนิด คือ แบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจน เนื่องจากสารอินทรีย์ในน้ำเสียมีหลายชนิดซึ่งมีองค์ประกอบหลักๆ คือ คาร์บอน (C) ออกซิจน (O) ไฮโดรเจน (H) ไนโตรเจน (N) และ ซัลเฟอร์ (S) จึงนิยมเขียนสัญลักษณ์ CHONS แทนสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง (อุษณีย์, 2542)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจน</u> aerobic bacteria จะเป็นตัวการในการทำลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

$$CHONS + O_2 + \text{bacteria} \longrightarrow CO_2 + H_2O + NH_3 + SO_4$$

$$CHONS + O_2 + \text{bacteria} + \text{Energy} \longrightarrow C_5H_7O_2N \text{ (New bacteria)}$$

<u>ปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน</u> aerobic bacteria จะเป็นตัวการในการทำลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

$$CHONS + \text{bacteria} \longrightarrow H_2O + CH_4 + O_2 + N_2 + CO_2 + \text{Energy}$$

Bacteriaจะใช้ออกซิเจนซึ่งอยู่ในรูปของสารประกอบเช่น $SO_4^{=}$,NO_3^{-} ในน้ำและตัว CHONS เอง

ในปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน สารอินทรีย์ที่ bacteria ย่อยสลายได้ประมาณ 80 – 90 % จะถูกทำลายเป็นก๊าซ CH_4 และ SO_4 ส่วนที่ถูกนำไปสังเคราะห์สร้างเซลล์จึงมีน้อยมาก ส่วนในแบบใช้ออกซิเจนนั้น สารอินทรีย์ประมาณ 50 % จะถูกไปใช้ในการสร้างเซลล์ ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน จึงมีปัญหาในการกำจัดการตกตะกอนน้อยเมื่อเทียบกับปัญหาในการกำจัดกากตะกอนของการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน เช่น Activated Sludge

<u>องค์ประกอบในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยา</u>

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยา จะต้องประกอบด้วยปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. bacteria ที่ทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

2. การควบคุมสภาวะแวดล้อมในน้ำเสียที่เหมาะสมต่อการเจริญ เติบโตของ bacteria อันได้แก่

- pH ระดับที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับชนิดของ bacteria โดยทั่วไประหว่าง 5 - 9 และค่าที่เหมาะสม คือ 7
- อุณหภูมิ อัตราการเจริญเติบโตของ bacteria จะสูงขึ้นตามอุณหภูมิจนถึงจุดหนึ่งก็จะลดลงและถ้าอุณหภูมิสูงเกินไป bacteria จะตายหมด จึงแบ่ง bacteria ออกตามอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต คือ Mesophilic bacteria ซึ่งต้องการอุณหภูมิประมาณ $35^{o}C$ และ Thermophillic bacteria ต้องการอุณหภูมิ ระหว่าง 55 - 65 ^{o}ซ
- ออกซิเจน ความต้องการออกซิเจนขึ้นอยู่กับชนิดของ bacteria ถ้าในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนพวก aerobic bacteria จะตายหมด ส่วน anaerobic bacteria จะเจริญเติบโตได้ดีและในทางกลับกัน ถ้าในสภาวะที่มีออกซิเจนพวก anaerobic bacteria จะตายหมด แต่พวก aerobic bacteria จะเจริญได้ดี
- อาหารของ bacteria แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ อาหารที่ใช้เป็นพลังงานและใช้สร้างเซลล์ ซึ่งโดยทั่วไปได้แก่ สารอินทรีย์ที่ประกอบด้วย carbon เป็นส่วนใหญ่ อาหารอีกชนิดหนึ่งเป็นอาหารเสริมสร้าง ซึ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิต ได้แก่ สารประกอบและ ธาตุต่างๆ ซึ่งสำคัญที่สุดคือ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยปกติในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ ใช้ออกซิเจน BOD:N:P ควรมีประมาณ 100:5:1 สำหรับระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน ถ้ามีปริมาณ bacteria ที่เกิดขึ้นประมาณ 0.1 กิโลกรัม/1 กิโลกรัม BOD ที่ถูกทำลาย ฉะนั้นอัตราส่วน BOD:N:P จะมีเพียง 100:1.1 :0.2

- การกำจัด bacteria ในน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัด เนื่องจากมวลของสารอินทรีย์ส่วนหนึ่งจะกลายเป็นมวลของ bacteria จำเป็นต้องกำจัดออกจากน้ำทิ้ง มิฉะนั้นมวลของสารอินทรีย์จะไม่ลดลงมาก เนื่องจาก bacteria เป็นสารอินทรีย์เช่นกัน

2.4 ผลกระทบของน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

ปัญหาการจัดการของเสียจากฟาร์มสุกร ทำให้เกิดผลกระทบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ปัญหาที่สำคัญ (ธีระวุฒิ, 2543) ได้แก่

1. เป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรค ซากสุกรหรือของเสียที่สุกรขับออกมาจะมีเชื้อโรคปนออกมาด้วย ทำให้เชื้อโรคแพร่กระจายติดต่อไปยังสุกรอื่น โรคที่พบได้บ่อย ได้แก่ โรคติดเชื้อของระบบทางเดินอาหาร (Enteropathogen) E.L.Iannotti et al., (1982) รายงานว่าตรวจพบเชื้อแบคทีเรียที่มีอยู่ในมูลสุกรได้ คือ *Streptococcus, Eubacterium, Bacteriodes, Lactobacillus, Clostridium, Escherichia coli, Sallmonella spp., Campylobacter spp., Listeria, Leptospira, Vibrio, Coxiella, Mycoplasma, Yersinia spp.* Fungi และ Protozoa *(Cryptrosporidium)* โรคพยาธิต่าง ๆ (Yong ,1974)

2. เป็นแหล่งเพาะพาหะนำโรค ของเสียที่เกิดจากเศษอาหาร มูลและซากสุกร จะมีโปรตีนและคาร์โบไฮเดรทซึ่งเป็นแหล่งอาหารของแมลงและสัตว์พาหะนำโรคต่างๆ ได้แก่ แมลงวัน ยุง นก หนู หรือสัตว์อื่นๆ เป็นต้น

3. เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ที่สำคัญ ได้แก่

- การเกิดมลพิษทางน้ำ การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีมากในน้ำเสียจะใช้ออกซิเจนทำให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจนพืชและสัตว์น้ำไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ นอกจากนี้สารอินทรีย์ยังทำให้น้ำขุ่นเป็นการขัดขวางการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ และเมื่อตกตะกอนจะทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน

- การเกิดมลพิษทางอากาศ การย่อยสลายสารอินทรีย์จะทำให้เกิดก๊าซพิษและกลิ่นเหม็น โดยก๊าซที่สำคัญ ได้แก่ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ มีเทน แอมโมเนีย ฟีนอลลิคคอมเพานด์

- การเกิดมลพิษต่อดิน ของเสียจากมูลสุกรจะมีสารฟอสเฟตที่เหลือค้างจากการย่อยและการ ดูดซึมอาหารของสุกร เมื่อทิ้งมูลสุกรลงดินหรือเอาไปทำปุ๋ยจะทำให้ดินสะสมสารฟอสเฟตจนอาจเป็นพิษต่อพืชทำให้มีผลผลิตลดลง

4. เกิดปัญหาทางสังคม ของเสียซึ่งทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมและสวัสดิภาพของประชาชน เช่น การเกิดกลิ่นเหม็นและแมลง การลดลงของผลผลิตพืชรอบ ๆ ฟาร์ม ซึ่งปัญหา

เหล่านี้ทำให้เกิดความขัดแย้งระหว่างผู้เลี้ยงสุกรกับชุมชนจนถึงขั้นประท้วงขับไล่และเผาฟาร์มมาแล้ว

5. เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น การบำบัดของเสียโดยเฉพาะการบำบัดน้ำเสียทำให้เจ้าของฟาร์มต้องเสีย ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

2.5 การบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกร

วิธีการบำบัดน้ำเสียขึ้นอยู่กับสิ่งที่เจือปนในน้ำเสีย และเนื่องจากน้ำเสียจากแหล่งต่างกันคุณสมบัติไม่เหมือนกัน ดังนั้นกระบวนการบำบัดน้ำจึงมีต่างกันออกไปหลายวิธีการจัดการน้ำเสียในฟาร์มสุกรประกอบด้วยหลักการที่สำคัญ 4 ประการ ดังนี้ (ธีระวุฒิ, 2543)

1. การลดปริมาณของเสีย (Reduce) การเพิ่มผลผลิตสุกร เช่น ทำให้สุกรเจริญเติบโตเร็ว อัตราการแลกเนื้อดี มีเนื้อแดงมาก จะทำให้สามารถลดจำนวนสุกรที่จะต้องเลี้ยงลงได้ และจะทำให้ปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากการเลี้ยงสุกรน้อยลงด้วย การจัดการโรงเรือนดีมีอุณหภูมิเหมาะสมและมีระบบการระบายอากาศที่ดี เป็นวิธีการลดปริมาณน้ำเสียของฟาร์มสุกร (สุชน, 2542)

2. การนำกลับมาใช้ประโยชน์โดยตรง (Reuse) การใช้มูลสุกรเลี้ยงสัตว์น้ำ ทั้งมูลสุกรสดและมูลสุกรแห้ง เพื่อลดต้นทุนค่าอาหารโดยเฉพาะในบ่อเลี้ยงปลา เช่น เป็นอาหารปลาโดยตรงเป็นแหล่งสารอาหารสำหรับการสังเคราะห์แสงให้แพลงตอนพืช เช่น ปลานิล (Nile tilapia), ปลาไน (Common carp), ปลาดุก (Walking catfish), ปลาสวาย (Striped catfish) เป็นต้น (มั่นสิน, 2539) รวมทั้งการนำไปใช้แทนปุ๋ยสำหรับพืช เช่น ธัญญาพืช พืชผัก และพืชอาหารสัตว์ (กรมปศุสัตว์และองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาติ , 2543)

3. การนำกลับมาใช้หมุนเวียนใหม่ (Recycle) การใช้มูลสุกรเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ เนื่องจากในมูลสุกรยังมีสารอาหารอยู่เป็นจำนวนมากทั้งโปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุ ดังนั้นจึงมีการนำมูลสุกรที่ผ่านการหมักเพื่อฆ่าเชื้อโรคและพยาธิแล้ว มาใช้เป็นอาหารของสุกร โค แพะ แกะ ซึ่งจากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาสามารถใช้มูลสุกรผสมอาหารสัตว์เหล่านี้ได้ถึงร้อยละ 10 – 5 ของปริมาณอาหารทั้งหมด เพื่อลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์โดยไม่เกิดผลเสียแต่อย่างไร (สมโภชน์ , 2538)

4. การบำบัด (Treatment) คือ กระบวนการกำจัดสารอินทรีย์ที่มีอยู่ใน น้ำเสียให้เหลืออยู่ในระดับที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้หรือสามารถปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะได้โดยไม่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

4.1 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ (Bull et al., 1987 ; อุษณีย์ , 2542)

1. การบำบัดขั้นเตรียมการ (Preliminary treatment) เป็นการเตรียมสภาพของน้ำเสียให้เหมาะแก่การบำบัด เช่น การรวมน้ำเสียในบ่อพักน้ำเสียเพื่อให้มีปริมาณและคุณลักษณะของน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดสม่ำเสมอ การกรองแยกสิ่งสกปรกขนาดใหญ่

2. การบำบัดขั้นต้น (Primary treatment) เป็นขั้นตอนการกำจัดสารอินทรีย์บางส่วนออกจากน้ำเสีย เพื่อทำให้สามารถลดขนาดและระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสียในระบบบำบัด เช่น การเก็บกวาดมูลสุกร การตกตะกอนในบ่อตกตะกอน การอัดแยกมูลสุกรออกจากน้ำเสียด้วยเครื่องอัดแรงดัน

3. การบำบัดขั้นที่สอง (Secondary treatment) เป็นขั้นตอนการกำจัด สารอินทรีย์ส่วนใหญ่ โดยเฉพาะสารอินทรีย์ละลาย มักใช้กระบวนการบำบัดทางชีวภาพ เช่น ระบบบ่อบำบัด (Ponding system) , ระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพ (Biogas)

4. การบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary treatment) เป็นขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียเพื่อนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่ เช่น การฆ่าเชื้อโรคในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว การทำปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์ การกำจัดสารพิษหรือโลหะหนัก

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

1. กระบวนการทางกายภาพ (Physical processes) เป็นการใช้คุณสมบัติทางกายภาพในการบำบัด เช่น ความถ่วงจำเพาะ ขนาดของสสาร ได้แก่ การกรองด้วยตะแกรง การเก็บกวาด การตกตะกอน การอัดกรองของเสีย เป็นต้น วิธีนี้จะกำจัดตะกอนลงได้ประมาณ 50 – 70 % ส่วนความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (BOD_5) ได้ราว 20 – 30 % เท่านั้น

2. กระบวนการทางเคมี (Chemical processes) เป็นการใช้คุณสมบัติหรือปฏิกิริยาเคมี เช่น การทำให้เกิดตะกอน การฆ่าเชื้อโดยสารเคมี เป็นต้น

3. กระบวนการทางชีวภาพ (Biological processes) เป็นการใช้คุณสมบัติของจุลินทรีย์ในการบำบัด เป็นกระบวนการบำบัดที่สำคัญแบ่งออกเป็น 2 ระบบใหญ่ ได้แก่

3.1 ระบบบำบัดแบบใช้อากาศ (Aerobic processes) ได้แก่ บ่อผึ่ง (Oxidation pond), บ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon), บ่อที่มีออกซิเจน (aerobic pond), ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch)

3.2 ระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic processes) ได้แก่ บ่อเกรอะ (Septic Tank), บ่อหมัก (anaerobic pond), ระบบกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter)

4. กระบวนการทางเคมีฟิสิกส์ (Physicochemical processes) เป็นการใช้คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ เช่น การนำไฟฟ้า การดูดซึมผ่านประจุไฟฟ้า เช่น การดูดซึมโดยผงถ่าน การแพร่น้ำกลับ (Reverse osmosis) การฆ่าเชื้อโดยแสง Ultraviolet

2.6 การเลือกใช้วิธีบำบัดน้ำเสีย

เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียมีหลายประเภท การเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ (เกรียงศักดิ์,2539 ; มั่นสิน, 2542 ; ธีระวุฒิ, 2543)

2.6.1 คุณลักษณะของน้ำเสีย

คุณลักษณะของน้ำเสียมีความสำคัญในการออกแบบและการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อให้ได้ระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพสูง การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจำเป็นต้องเข้าใจในรายละเอียดของลักษณะน้ำเสีย เพื่อจะได้เข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงลักษณะของน้ำเสียในบ่อบำบัดและสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ลักษณะของน้ำเสียในฟาร์มสุกรขึ้นอยู่กับ ชนิดและจำนวนของการเลี้ยงสุกร และวิธีการจัดการฟาร์ม

2.6.2 ความต้องการประสิทธิภาพในการกำจัดมลสาร

มลสารต่าง ๆ ในน้ำเสียเป็นเครื่องมือกำหนดระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น น้ำเสียที่มีปริมาณความเข้มข้นของมลสารมากควรเลือกใช้ระบบ Anaerobic filter หรือน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของมลสารน้อยอาจเลือกใช้ระบบ Activated Sludge เป็นต้น

2.6.3 ขนาดของพื้นที่สำหรับการจัดสร้างระบบ

การบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรในการจัดสร้างระบบมีความสำคัญ เนื่องจากหากมีพื้นที่น้อยการจัดสร้างระบบจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีสูง เพื่อให้ระบบสามารถบำบัดน้ำเสียได้มีคุณภาพ ซึ่งหมายถึงการเพิ่มเงินลงทุน

2.6.4 สภาพภูมิศาสตร์ของฟาร์ม

ฟาร์มที่ตั้งอยู่ในเขตชุมชนมีความจำเป็นต้องเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นรบกวนได้ดี หรือใช้พื้นที่ไม่มาก เพื่อให้เกิดการยอมรับจากชุมชนรอบ ๆ ฟาร์ม

2.6.5 **เงินลงทุนและค่าบำรุงรักษา**

การเลือกใช้ระบบบำบัดที่มีเทคโนโลยีสูงจำเป็นต้องใช้เงินลงทุนมากและใช้จ่ายในการควบคุมดูแลสูง จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ในการดูและระบบ

2.6.6 **การใช้ประโยชน์จากผลผลิตหรือผลพลอยได้และการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์การลงทุน**

ระบบก๊าซชีวภาพเป็นระบบบำบัดที่ปฏิกิริยาขั้นสุดท้ายให้ก๊าซมีเทน ซึ่งสามารถนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าหรือพลังงานความร้อนได้ หากฟาร์มสุกรไม่มีความจำเป็นในการใช้ผลผลิตที่ได้ไม่จำเป็นต้องเลือกใช้ระบบดังกล่าว เนื่องจากมีการลงทุนสูงและจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาอยู่บ่อยครั้ง

2.6.7 **กฎหมาย ระเบียบข้อบังคับและการปฏิบัติเพื่อสิ่งแวดล้อม**

นอกเหนือจากประกาศของกรมควบคุมมลพิษออกกฎหมายกำหนดให้การเลี้ยงสุกรเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อมและกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทการเลี้ยงสุกรโดยมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2544 ยังมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องอันได้แก่ พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 หมวด 3 การกำจัดสิ่งปฏิกูลมูลฝอย (1) หมวด 5 เหตุรำคาญ (1) (2) (3) (4) และ(5) พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ.2535 หมวด 1 การรักษาความสะอาดในที่สาธารณะและสถานสาธารณะ มาตรา 14 (1)และ(2) หมวด 3 การห้ามทิ้งสิ่งปฏิกูลมูลฝอยในที่สาธารณะและสถานสาธารณะ มาตรา 33 พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 หมวด 4 การควบคุมมลพิษ ส่วนที่ 5 มลพิษทางน้ำ มาตรา 70 พระราชบัญญัติการชลประทานหลวง พ.ศ. 2485 มาตรา 28 เป็นต้น

2.7 ระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร

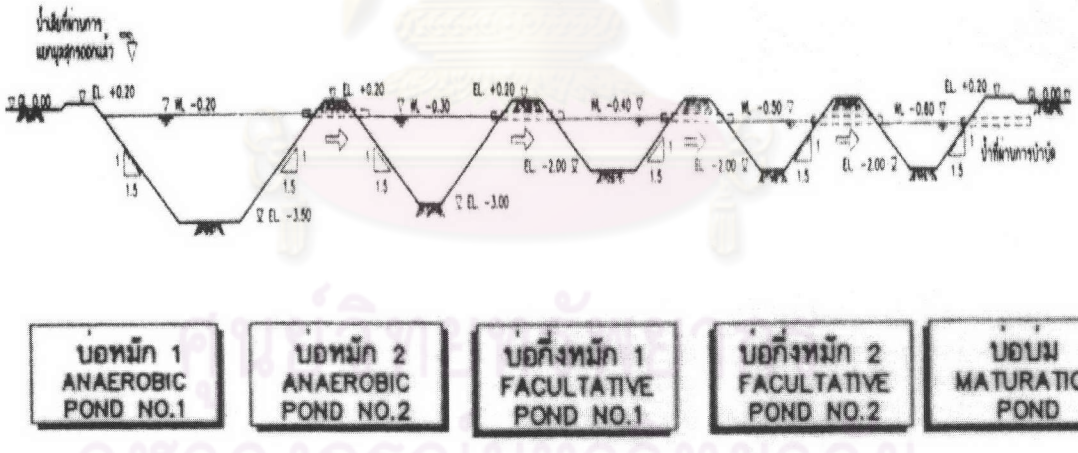
ระบบ Ponding systems เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยธรรมชาติในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งเป็นระบบที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงการก่อสร้างและการควบคุมจัดการบำรุงรักษาง่ายไม่ต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้ความชำนาญมาก ไม่ต้องใช้เครื่องจักรกล ประหยัดไฟฟ้า สามารถกำจัดเชื้อโรคได้เพราะมีระยะเก็บกักนาน เป็นระบบที่สามารถปรับเปลี่ยนเป็นระบบอื่นได้ง่าย สาหร่ายที่ได้จากบ่อผึ่งมีปริมาณโปรตีนสูงสามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ น้ำทิ้งจากบ่อผึ่งอาจนำไปเลี้ยงปลา หรือรดต้นไม้ได้ บ่อบำบัดจะเป็นบ่อดินธรรมดา หรือบ่อดินดาดด้วยคอนกรีต ปฏิกิริยาที่แบคทีเรียใช้ทำลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

ในส่วนบนของบ่อเป็นปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจน ออกซิเจนดังกล่าวจะไปสังเคราะห์สาหร่ายในบ่อ เนื่องจากอัตราการเติมออกซิเจนด้วยวิธีธรรมชาติค่อนข้างต่ำ ปฏิกิริยาการทำลายสารอินทรีย์จึงค่อนข้างช้า ระบบบำบัดน้ำเสียของฟาร์มสุกรที่มีการศึกษาพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ในประเทศไทยมีหลายวิธี ระบบ Ponding systems แบ่งตามลักษณะการทำงานได้ 3 รูปแบบคือ Anaerobic pond, Facultative pond, Aerobic pond และหากมีหลายบ่อต่อเนื่องกันบ่อสุดท้ายจะทำหน้าที่เป็นบ่อบ่ม (Maturation pond) (ธีระ, 2539 ; สมาคมวิศวกรแห่งประเทศไทย , 2540)

2.7.1 คุณลักษณะของบ่อบำบัดน้ำเสียของกรมปศุสัตว์

ระบบบำบัดน้ำเสีย (Ponding System) แบบที่กรมปศุสัตว์นำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร เป็นระบบบำบัดแบบบ่อบำบัดกลางแจ้ง ซึ่งใช้บ่อดินธรรมดา จำนวน 5 บ่อ มีการเชื่อมต่อแบบอนุกรม มี 2 ขนาด (รูปที่ 1) ดังนี้

- บ่อหมัก (Anaerobic Pond) จำนวน 2 บ่อ
- บ่อกึ่งหมัก (Facultative Pond) จำนวน 2 บ่อ
- บ่อบ่ม (Maturation Pond) จำนวน 1 บ่อ



รูปที่ 1 ระบบบ่อบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรตามแบบของกรมปศุสัตว์

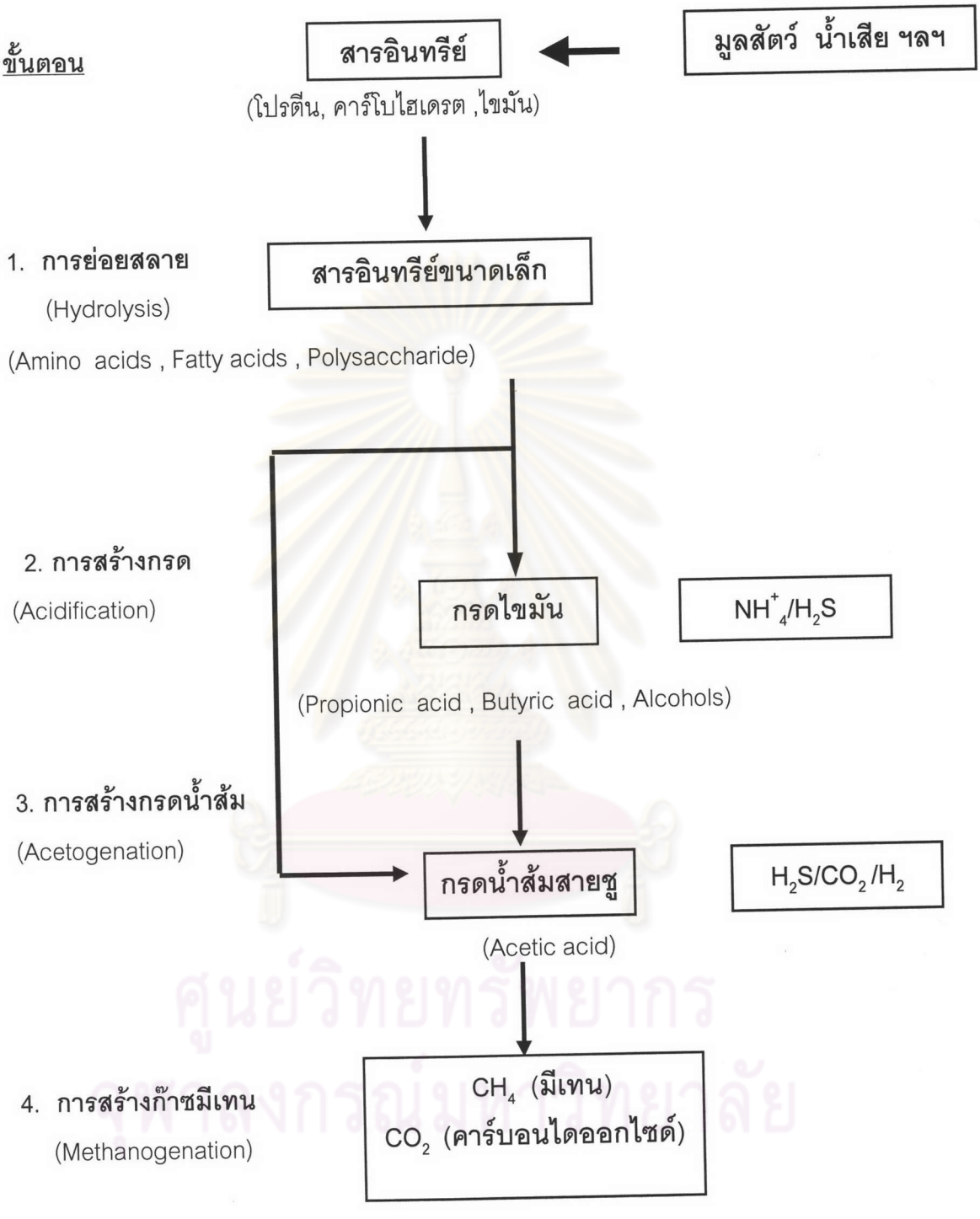
ที่มา : ดัดแปลงจากกรมปศุสัตว์, 2544

2.7.2 คุณสมบัติของบ่อบำบัดน้ำเสีย

2.7.2.1 บ่อหมัก (Anaerobic pond) สำหรับบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง สภาพภายในบ่อต้องทำให้อยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน โดยการปล่อยน้ำเสียลงบริเวณก้นบ่อ และให้ไหลไปตามความยาวของบ่อ ซึ่งอาจทำให้ตรงกลางบ่อเป็นหลุมลึกเพื่อช่วยไม่ให้

ตะกอนกระจายและเก็บสภาพไร้ออกซิเจนไว้ได้มากที่สุด บ่อแบบนี้ควรมีความลึกมากกว่า 2.5 เมตร แต่ที่นิยมใช้และได้ผลดีจะมีความลึกประมาณ 4 - 5 เมตร เพื่อรักษาอุณหภูมิและป้องกันออกซิเจนในอากาศไม่ให้ลงไปรบกวนการทำงานของแบคทีเรียชนิดไม่ใช้ออกซิเจน

การทำงานของบ่อหมักไร้อากาศ จะขึ้นอยู่กับความสมดุลยระหว่างแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรดและแบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนน้ำเสียที่สารอินทรีย์สูง พวกที่มีโมเลกุลใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน จะถูกย่อยสลายให้มีขนาดเล็กลงโดยแบคทีเรียที่เรียกว่า Acid Former กลายเป็น Acetic Acid, Propionic Acid, Alcohol, Aldehyde, Hydrogen (H_2), Ammonia (NH_3), และ Carbondioxide (CO_2), แบคทีเรียในกลุ่มนี้ได้แก่ *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Coliform*, *Alcaligenes* แบคทีเรียกลุ่มนี้ทำงานและเจริญเติบโตเร็ว ทนต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมได้ดี ทนอยู่ได้ในสภาพที่มีและไม่มีออกซิเจน แบคทีเรียกลุ่มที่สองจะทำงานต่อจากการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มแรก คือ จะเปลี่ยนก๊าซไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์มาเป็นก๊าซมีเทน (Methane, CH_4) และเปลี่ยน Acetic acid เป็นก๊าซมีเทนและสารไบคาร์บอเนต แบคทีเรียกลุ่มนี้เรียกว่า Methane Former แบคทีเรียกลุ่มนี้มีความสำคัญเพราะเป็นผู้ควบคุมการทำงานของระบบมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปได้น้อยกว่าพวกแรกเป็นพวกที่เจริญเติบโตช้า เกิดยากแต่ตายง่ายในสภาวะการทำงานปกติก๊าซชีวภาพที่ได้มาจะมีก๊าซมีเทนอยู่ประมาณ 60 – 75 % แบคทีเรียกลุ่มนี้ได้แก่ Methanobacterium, และ Methanosarcina ในกรณีที่น้ำเสียมีสารพวก Sulfate อยู่จะมีแบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งที่เรียกว่า Sulfate Reducing ที่จะย่อยสารประกอบซัลเฟตและสารอินทรีย์ทำให้เกิดไฮโรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen Sulfide) หรือที่เรียกกันว่าก๊าซไข่เน่าและส่งกลิ่นเหม็น กลิ่นนี้จะรุนแรงขึ้น หากพีเอชในบ่อค่อนข้างเป็นกรด บ่อหมักไร้อากาศจะทำงานได้ดีในสภาพที่เหมาะสม คือ มีสารอินทรีย์เข้า 1.5 – 6.2 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน พีเอชอยู่ระหว่าง 6.8 – 7.4 คาร์บอนไดออกไซด์อยู่ระหว่าง 30 – 35 % แอมโมเนียต้องไม่เกิน 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ซัลไฟด์ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราส่วนบีโอดีต่อไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส (BOD: N: P) เท่ากับ 100: 1: 0.2 และอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 30 $\pm$5 ^{o}ซ ระบบจะมีประสิทธิภาพ 40 – 70 % โดยมีระยะเก็บกัก 10 – 30 วัน (รูปที่ 2) (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2540)



รูปที่ 2 การทำงานของบ่อหมัก (Anaerobic pond)

ที่มา : ดัดแปลงจาก เกรียงศักดิ์, 2539

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

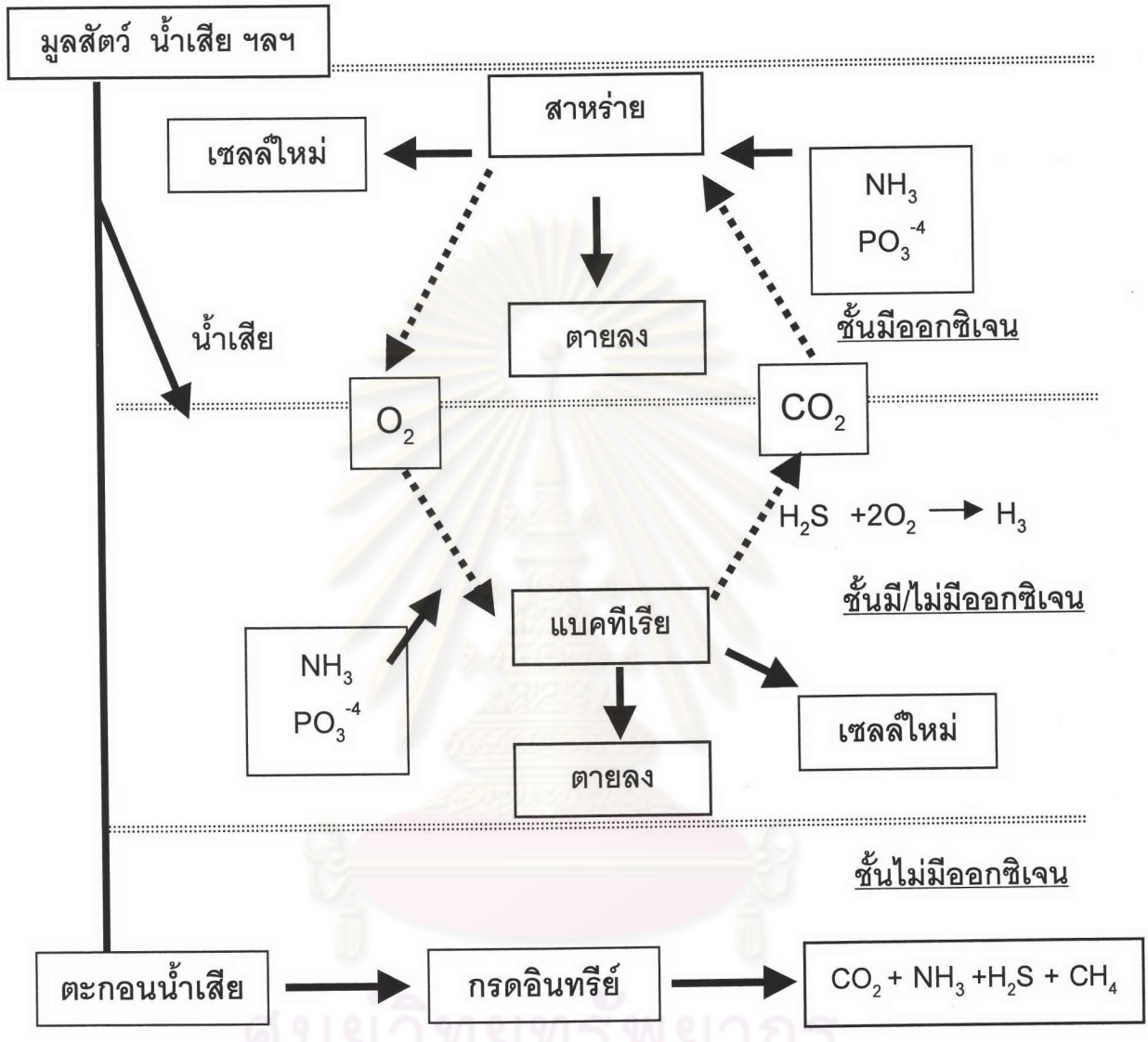
2.7.2.2 บ่อที่สองเป็นบ่อหมักผสม (Facultative pond) บ่อประเภทนี้จะมีจุลินทรีย์สามชนิด คือ จุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน (Aerobic bacteria) จุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจน (Anaerobic bacteria) และจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ในที่ที่มีและไม่มีออกซิเจน (Facultative bacteria) โดยทั่วไปภายในบ่อแบบนี้จะมีการจัดระบบนิเวศน์ของ จุลินทรีย์ให้ได้ 3 ชั้น ดังนี้ (รูปที่3) (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2540)

1. ชั้นบนของบ่อเป็นชั้นที่ต้องการให้เกิดปฏิกิริยาชีวเคมีแบบ Aerobic pond คือ ในส่วนผิวน้ำ (Aerobic Zone) จะมีแบคทีเรียชนิดที่ต้องการออกซิเจนและสาหร่ายเกิดขึ้นมีการสังเคราะห์แสงเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายให้กับจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน (Aerobic bacteria) เจริญเติบโตได้ดี

2. ชั้นกลางเป็นชั้นที่ลึกลงมาจากผิวน้ำประมาณ 0.50 - 100 เมตร (Facultative Zone) จะมีแบคทีเรียที่อยู่ได้ทั้งในที่มีและไม่มีออกซิเจนมีสาหร่ายบ้างแต่ไม่หนาแน่นมาก เพราะความเข้มของแสงแดดลดลง โดยจะมีจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ทั้งในที่ที่มีและไม่มีออกซิเจน (Facultative bacteria) อยู่ในบริเวณนี้

3. ชั้นล่างสุดของบ่อเป็นชั้นที่เกิดปฏิกิริยาชีวเคมีแบบ Anaerobic pond ในส่วนความลึกก้นบ่อ (Anaerobic Zone) จะมีจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจน (Anaerobic bacteria) เจริญเติบโตได้ดี และเกิดก๊าซแอมโมเนีย (NH_3), ก๊าซไข่เน่า (H_2S และก๊าซมีเทน (CH_4)

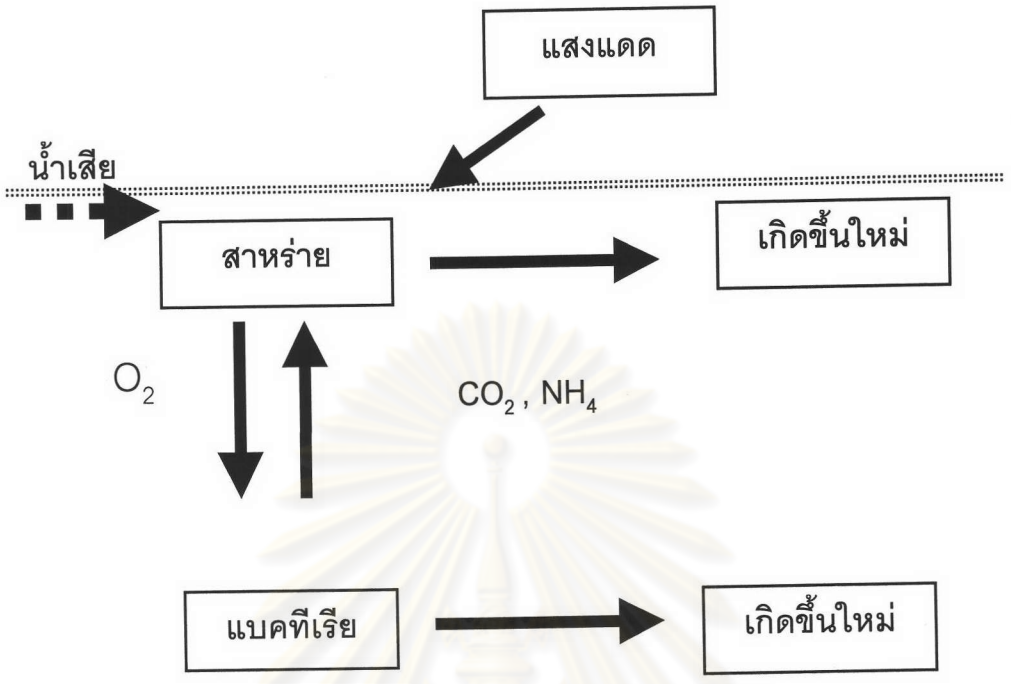
2.7.2.3 บ่อที่สาม เป็นบ่อบำบัดแบบต้องใช้อากาศ (Aerobic pond หรือ Maturation pond) เป็นบ่อที่มีออกซิเจนละลาย (DO) กระจายทั่วทั้งบ่อ ทำหน้าที่บำบัดน้ำเสียโดยจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนและมีสาหร่ายเป็นตัวช่วยผลิตออกซิเจนให้ภายในบ่อ นอกจากนี้ออกซิเจนยังทำหน้าที่ทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ให้โทษและไข่พยาธิต่างๆ โดยอาศัยสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น สภาพ DO สูง สารอาหารที่ไม่เหมาะสมกับจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและแพลงตอนสัตว์ที่กินจุลินทรีย์และไข่ของพยาธิ (รูปที่ 4) (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2540)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3 การทำงานในบ่อหมักผสม (Facultative pond)

ที่มา : ดัดแปลงจาก เกรียงศักดิ์, 2539



รูปที่ 4 การทำงานของบ่อผึ่ง (Aerobic pond หรือ Maturation pond)

ที่มา : ดัดแปลงจาก เกรียงศักดิ์, 2539

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 รายละเอียดแสดงคุณลักษณะของบ่อบำบัดน้ำเสียแบบต่าง ๆ
(ดัดแปลงจาก ธีระ เกรอต , 2539)

ลักษณะ	หน่วยวัด	บ่อหมัก Anaerobic pond	บ่อหมักผสม Facultative pond	บ่อบำบัดแบบใช้อากาศ Aerobic pond
อัตรารับสารอินทรีย์	กรัม $BOD_5/ม^3$วัน	100 - 400	-	-
	กรัม $BOD_5/ม^2$วัน	200 - 800	35	45
ความลึก	เมตร	2.5 - 5	1 – 2.5	0.3 - 1.0
เวลากักเก็บ	วัน	> 20	> 7	> 5
pH	-	6.8 - 7.2	6.5 – 9.0	6.5 - 10.5
อุณหภูมิ	^{o} ซ	20 - 30	20 – 30	20 - 30
ประสิทธิภาพ	ร้อยละ	50 - 60	75 – 90	80 - 95

2.8 ข้อดีและข้อเสียของระบบบ่อบำบัด

ข้อดีข้อเสียของระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย ขึ้นอยู่กับการเปรียบเทียบกับระบบอื่นๆ และปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องการพิจารณาต้องดูภาวะจำเพาะ ซึ่งอาจกล่าวได้ดังนี้ (ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม , 2540)

2.8.1 ข้อดี ของระบบบ่อบำบัดมีดังนี้

2.8.1.1 ระบบบ่อบำบัดสามารถบำบัดน้ำเสียให้สะอาดขึ้นถึงระดับที่ต้องการ โดยเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด ต้องการการบำรุงรักษาน้อยที่สุด และใช้ผู้ควบคุมที่ไม่จำเป็นต้องมีฝีมือ ค่าใช้จ่ายที่กล่าวมานี้รวมถึงค่าบำรุงรักษาและค่าลงทุน การบำรุงรักษาต้องมีน้อยที่สุด

2.8.1.2 สามารถกำจัดจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้มากกว่าวิธีการบำบัดแบบอื่นๆ น้ำทิ้งจากอนุกรมของบ่อโดยปกติจะมี ฟีคัลโคลิฟอร์มน้อยกว่า 5,000 FC/100 มล. พวกซีสต์ cysts และโอวา (ova) ของพยาธิซึ่งโดยธรรมชาติจะมีอยู่ในน้ำทิ้งจะไม่ปรากฏในน้ำทิ้งจากบ่อบ่ม

2.8.1.3 ระบบทนทานต่อการเพิ่มของอัตรารับสารอินทรีย์และอัตราการไหลเนื่องจากเวลากักที่ยาวนาน

2.8.1.4 ระบบสามารถรับน้ำทิ้งต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขว้าง สามารถบำบัดน้ำทิ้งจาก

โรงงานอุตสาหกรรมและจากเกษตรกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่นน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรที่มีค่า BOD_5 สูงถึง 20,000 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

2.8.1.5 วิธีการสร้างระบบง่ายต่อการนำที่ดินกลับมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นที่ต้องการในอนาคต

2.8.1.6 สาหร่ายที่ผลิตได้จากบ่อสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารที่มีโปรตีนสูง ซึ่งอาจเอาไปใช้ประโยชน์โดยการเลี้ยงปลา หรือเลี้ยงเป็ดได้

2.8.2 **ข้อเสีย ของระบบบ่อบำบัด มีดังนี้**

2.8.2.1 ต้องการพื้นที่มากกว่าระบบแบบอื่นๆ ซึ่งไม่เหมาะที่จะสร้างในเขตที่มีที่ดินราคาสูง

2.8.2.2 ในกรณีที่ใช้บ่อหมัก อาจเกิดกลิ่นเหม็นถ้าออกแบบควบไม่ดี บ่อหมักจะปล่อยกลิ่นเมื่ออัตราการรับ BOD_5 ต่อปริมาตรของบ่อ 0.40 กก. BOD_5 / ลูกบาศก์เมตร น้ำทิ้งที่เกิดจากการเกษตรอาจมีปัญหาเกี่ยวกับกลิ่นโดยเฉพาะน้ำที่มีฟอสเฟตสูง ๆ

2.8.2.3 น้ำที่ออกจากระบบจะมีสาหร่ายปนอยู่มาก ถ้ามีจำนวนมากอาจทำให้เกิดปัญหากับแหล่งน้ำได้

2.8.2.4 การทำงานขึ้นอยู่กับธรรมชาติ ต้องกำจัดหญ้า วัชพืช และต้นไม้ออก

2.8.2.5 เป็นแหล่งเพาะยุง และอาจทำให้เกิดมลพิษกับน้ำใต้ดินได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย