บทที่ 2

ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Fixed bed reactor

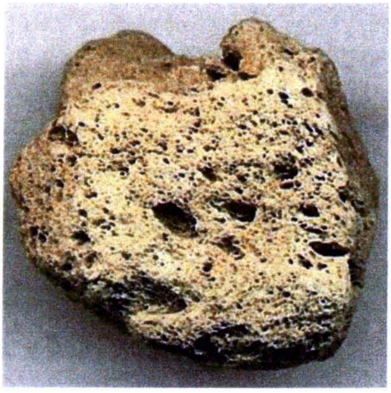
องค์ประกอบที่สำคัญในระบบ fixed bed คือ ตัว reactor ที่มีคุณสมบัติให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ ในงานวิจัยได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ reactor 3 ชนิด คือ หินพัมมิซ ปะการัง และเปลือกหอย ในการบำบัดน้ำเสียที่มีอินทรีย์สารสูง มีรายละเอียดของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังหัวข้อต่อไปนี้

1.1 หินพัมมิซ (Pumice Stone)

หินพัมมิซ พบได้ในบริเวณที่เคยมีการปะทุ หรือเกิดจากการระเบิดอย่างรุนแรงของแมกมาจากภูเขาไฟในอดีต จึงสามารถพบหินชนิดนี้ได้ทั่วโลก มีลักษณะเฉพาะ คือ เป็นหินที่มีสภาพของเนื้อหินคล้ายเป็นเส้นใยมีช่องว่างจำนวนมาก มีความพรุนสูง น้ำหนักเบา และลอยน้ำได สามารถพบหินพัมมิซในประเทศไทยเนื่องจากในอดีตเคยมีการระเบิดของภูเขาไฟมาก่อน แต่ปัจจุบันภูเขาไฟเหล่านี้ดับไปแล้ว หินภูเขาไฟที่พบในประเทศไทยมีหลายช่วงอายุ ตั้งแต่ 0.6 ล้านปีจนถึง 435 ล้านปีบริเวณที่สามารถพบหินภูเขาไฟได้แก่ แนวหินภูเขาไฟจังหวัดแพร่ ลำปาง สุโขทัย นครสวรรค์ เพชรบูรณ์ และอีกหลายแห่ง ส่วนภูเขาไฟที่ยังคงสภาพเป็นรูปทรงของภูเขาไฟอยู่ได้แก่บริเวณภาคอีสานตอนล่าง เช่น เขากระโดง ภูพระอังคาร จังหวัดบุรีรัมย์ และทางภาคเหนือบริเวณแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เช่น ดอยผาคอกหินฟู (กรมทรัพยากรธรณี, 2552)

1.1.1 คุณสมบัติของหินพัมมิซ

ภาพที่ 1.1 แสดงให้เห็นภาพขยายของช่องว่างในหินพัมมิซ ซึ่งเป็นรูพรุนของโพรงก๊าซ และไอน้ำที่ระเหยออกไปทำให้หินพัมมิซขนาด 1 กรัม อาจมีพื้นที่ผิวได้ถึง 13 ตารางเมตร (นิคม จึงอยู่สุข ,2544) และพบผลึกแร่ตกผลึกปะปนอยู่ภายใน ทำให้มีส่วนประกอบแตกต่างกันตามแต่แหล่งกำเนิด S.M. Borghei (2007) ได้ทำการศึกษาส่วนประกอบของหินพัมมิซ ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 หินพัมมิซ

ที่มา : http://babasiga.blogspot.com/2009/03/volcano-near-tonga.html

ตารางที่ 1.1 ส่วนประกอบของหินพัมมิซ

ที่มา : S.M. Borghei, 2007

Parameters	**Percentage (%)**
Silica (SiO_2)	71.5
Alumina (Al_2O_3)	12.5
Ferric oxide (Fe_2O_3)	1.98
Lime (CaO)	0.70
Magnesia oxide (MgO)	0.12
Natrium oxide (Na_2O)	3.59
Potassium oxide (K_2O)	4.41
Sulphuric oxide (SO_3)	0.2
Other	4.8

หินพัมมิซที่มีขนาด (grain Size) ต่างกันจะมีพื้นที่ผิว (surface area) ที่ไม่เท่ากัน ตารางที่ 1.2 แสดงการวัด BET Surface area เปรียบเทียบกับขนาดของ Grain Size ยิ่งมากค่าพื้นที่ผิวก็จะยิ่งมากขึ้นด้วยเนื่องจากขนาดของโพรงช่องว่างภายในเนื้อหินเล็กลง

ตารางที่ 1.2 แสดงขนาด (grain Size) ค่าพื้นที่ผิว (surface area) และขนาดของช่องว่าง (Pore Size)ในหินพัมมิซบด

Grain Size	**BET Surface [m^2/g]**	**Pore Size (Å) avg. pore diameter**
40 – 60 mesh	7.3472	85.7188
60 – 80 mesh	12.8233	82.2165

Grain Size	BET Surface [m^2/g]	Pore Size ( ) avg. pore diameter
80 – 100	13.0668	75.0666

ที่มา : นิคม จึงอยู่สุข , 2544

ตารางที่ 1.3 แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบหลักของหินพัมมิซ คือSilica (Si), Alumina (Al) ส่วนธาตุอื่นๆ จะมีสัดส่วนตามสภาพของแหล่งกำเนิด ตารางที่ 1.3 แสดงองค์ประกอบของหินพัมมิซที่สำรวจในประเทศไทยเปรียบเทียบกับหินพัมมิซจากประเทศต่างๆ

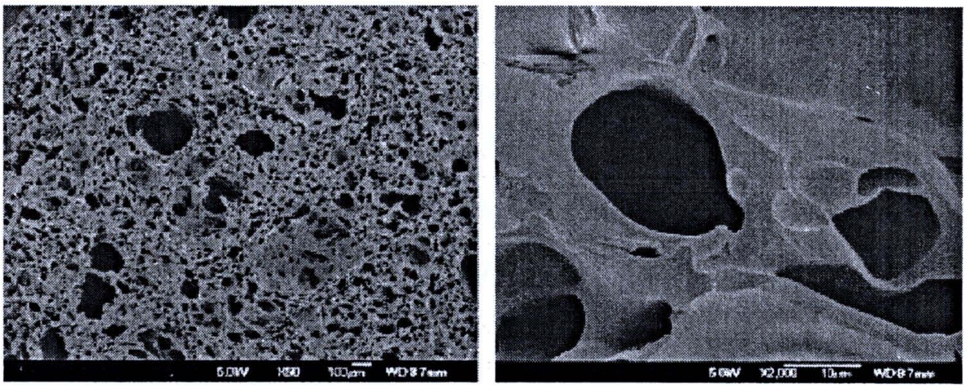
ตารางที่ 1.3 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของหินพัมมิซประเทศต่างๆ

องค์ประกอบ	Percentage (%)			
	ไทย	ตุรก	อิตาล	ออสเตรเลีย
SiO_2	62.53	70.35	72	65.44
TiO_2	0.05	0.15	0.1	0.55
Al_2O_3	24.57	14.6	11.9	12.65
Fe_2O_3	3.15	1.05	2.1	9.63
MnO_2	0.12	-	-	0.18
MgO	0.43	0.1	0.1	1.36
CaO	3.88	0.8	0.6	5.74
Na_2O	1.14	3.6	3.23	3.41
K_2O	0.58	4.4	5.1	0.72
P_2O_5	-	-	-	0.32
LOI	2.92	-	-	0.88

ที่มา : Maria Rosaria Panuccio, 2007

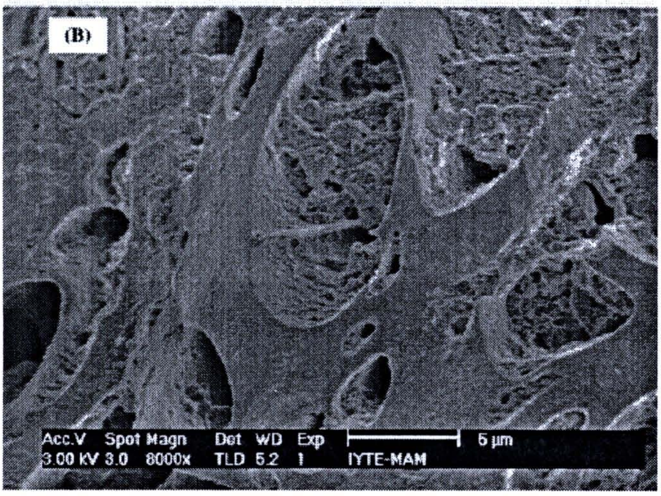
จากตารางที่ 1.3 แสดงว่าหินพัมมิซของอิตาลีมีปริมาณของ SiO_2 มากที่สุดคือร้อยละ 72 น้อยที่สุดคือไทยร้อยละ 62.53ส่วนปริมาณของ Al_2O_3 หินพัมมิซของไทยมีมากสุดคือร้อยละ 24.57 น้อยที่สุดคืออิตาลี ร้อยละ 11.9และปริมาณของ Fe_2O_3 ที่ออสเตรเลียมีมากที่สุดคือร้อยละ 9.63น้อยที่สุดคือตุรกีร้อยละ 1.05

จากภาพขยายของหินพัมมิซในภาพที่ 1.2 และ 1.3 จะเห็นช่องว่างภายในซึ่งเป็นรูพรุนของโพรงก๊าซ และไอน้ำที่ระเหยออกไป ด้วยลักษณะดังกล่าวนี้จึงทำให้หินพัมมิซมีพื้นที่ผิวมาก (Maria Rosaria Panuccio, 2009) จะเห็นว่า หินพัมมิซ 1 กรัม อาจมีพื้นที่ผิวได้ถึง 13 ตารางเมตร (นิคม จึงอยู่สุข, 2544)



ภาพที่ 1.2 ภาพขยายของหินพัมมิซโดยเครื่อง SEM

ที่มา : S.M. Borghei, 2007



ภาพที่ 1.3 ภาพขยายของหินพัมมิซโดยเครื่อง SEM

ที่มา : M. Kitis, 2007

1.1.2 ประโยชน์ของหินพัมมิซ

หินพัมมิซ สามารถนำไปใช้กับอุตสาหกรรมต่างๆ ได้หลายแขนง คือ

1.) อุตสาหกรรมฟอกเสื้อผ้า และกางเกงยีนส์ ปัจจุบันมีการใช้หินพัมมิส ในขบวนการฟอกอย่างแพร่หลาย

2.) อุตสาหกรรมเพาะปลูกไม้ดอกและไม้ประดับ ปัจจุบันอุตสาหกรรม เพาะปลูกไม้ดอก ไม้ประดับในประเทศไทยมีการนำหินภูเขาไฟ มาใช้ในบทบาทของวัสดุเพาะปลูก ทดแทนชนิดใหม่- วัสดุกรองสำหรับบ่อปลา การเพาะพันธุ์ปลาสวยงามประเภทต่างๆ เช่น ปลา คาร์พมีการนำหินพัมมิสใช้แทนปะการัง ภายใต้ชื่อ สมาร์ทพอนด์ (Smart Pond) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ สร้างความสะดวกสบายให้ผู้ใช้ และเป็นนวัตกรรมใหม่นำไปสู่การเลี้ยงปลาในอนาคต

3.) วัสดุสำหรับเตาย่าง เตาเผา หรือเตาบาร์บิคิว เนื่องจากหินภูเขาไฟเป็นหินที่ถูกหลอมเหลวที่อุณหภูมิสูง จึงสามารถใช้เป็นวัสดุที่มีความทนทานและช่วยกักเก็บความร้อนได้ดี - วัสดุสำหรับใช้ขัดถู เช่น ผงขัดฟัน หินถูตัว วัสดุขัดถูภาชนะ ทำให้ผิวภาชนะเป็นเงาแวววาว

4.) ใช้เป็นฉนวนในเครื่องทำความเย็นสามารถนำหินพัมมิซผสมกับปูนซีเมนต์ และปูน พลาสเตอร์ เพื่อให้มีน้ำหนักเบาขึ้น

1.1.3 ต้นทุนของหินพัมมิซ

ปัจจุบันประเทศที่ผลิตและส่งออกหินพัมมิซมากที่สุดในโลกคือประเทศอิตาลี ปริมาณการผลิตในปี 2007 คือ 4 ล้านตัน มีมูลค่า 81 พันล้านดอลลาร์ (Robert D, 2007) สำหรับประเทศไทย หินพัมมิซส่วนใหญ่นำเข้าจากประเทศอินโดนีเซียเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างและการเกษตร มีการนำเข้าในปี 2007 คือ 5,520 ตัน มูลค่า 47.1 ล้านบาท โดยราคาของหินพัมมิซ (ขณะที่นำมาเพื่อการวิจัยในโครงการนี้ พ.ศ. 2552) ขนาดกระสอบ 18 กิโลกรัม (24 x 36 นิ้ว) ราคา 320 บาท

จากการศึกษาการใช้หินพัมมิซในการกำจัดโลหะหนักพบว่า หินพัมมิซสามารถแลกเปลี่ยนแคทไอออนของโลหะหนัก เช่น ทองแดง นิกเกิล สังกะสี แคดเมียม และตะกั่ว ในระบบ Batchโดยสามารถกำจัดโลหะหนักเหล่านั้นได้มากถึง 500 มิลลิกรัม/กรัม ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (Paola Catalfamo, 2006, Mustafa Yavuz, 2008)

1.2 ปะการัง และ เปลือกหอย

1.2.1 ปะการัง

ปะการัง (Coral)หมายถึง เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับแมงกะพรุน ดอกไม้ทะเล กัลปังหา จัดอยู่ใน *Phylum cnidaria* อาศัยรวมกันอยู่เป็นกลุ่มเรียกว่า โคโลนี โครงสร้างภายนอกเป็นหินปูน ลักษณะเด่นเป็นโพรง หรือรูพรุน เจริญเติบโตที่อุณหภูมิตั้งแต่ 8-27 องศาเซลเซียสในน้ำลึกไม่เกินกว่า 50 เมตร (สุวลักษณ์, 2543)

ปะการังในโลกมีอยู่ประมาณ 400 ชนิด ซึ่งพบในน่านน้ำไทยประมาณ 240 ชนิด ซึ่งมีความสวยงามและมีรูปร่าง รูปทรงหลายแบบ เช่น แบบกิ่งก้านเหมือนเขากวาง หรือเหมือนกิ่งไม้ แบบก้อน หรือโขด คล้ายสมองหรือรังผึ้ง แบบแผ่นบางๆเหมือนใบไม้ หรือเคลือบตามพื้นผิวซากปะการังที่ตายไปแล้ว ไม่ว่ารูปทรงจะต่างกันอย่างไรก็ตาม ปะการงทุกชนิด ต้องมีลักษณะร่วมประการหนึ่ง คือ มีช่องเล็กๆ บนหินปูน ให้ตัวนุ่มๆของปะการังหดตัว

เข้าไปอาศัยอยู่ได้ โดยปะการังเล็กๆนับร้อยนับพันตัวอยู่รวมกัน ยกเว้นปะการังดอกเห็ด ซึ่งหนึ่งก้อน คือ หนึ่งตัวจากรูปร่างภายนอกของปะการังที่มีลักษณะเด่นแตกต่างกันทำให้สามารถแบ่งกลุ่มของปะการังได้ เป็น 7 กลุ่ม คือ (สถาบันวิจัยชีววิทยาประมงทะเลภูเก็ต, 2538)

1.) ปะการังก้อน มีลักษณะเป็นก้อนตันคล้ายก้อนหิน ไม่มีกิ่งยื่นออกมา เช่น ปะการังสมอง

2.) ปะการังกิ่งก้าน บางทีเรียกว่า ปะการังเขากวาง มีลักษณะเป็นแท่งรวมกันเป็นกระจุก โดยไม่ติดต่อกันเป็นเนื้อเดียวกันตลอดทั้งก้อน มักพบในบริเวณที่น้ำนิ่ง เนื่องจาก ไม่สามารถทนทานต่อคลื่นลมที่รุนแรงได้

3.) ปะการังหุ้มห่อ หรือปะการังเคลือบ มีลักษณะแผ่ขยายคลุมไปตามลักษณะ ของพื้นผิวที่ห่อหุ้มอยู่

4.) ปะการังแผ่น มีลักษณะแบบขยายออกไปตามแนวราบคล้ายโต๊ะ อาจซ้อนกันเป็นชั้นๆ บางครั้งเรียกว่า ปะการังโต๊ะ

5.) ปะการังผักกาด หรือปะการังกลีบซ้อน หรือปะการังแผ่นตั้ง มีลักษณะเป็นแผ่นแบนติดกันหรือรวมกันเป็นกระจุกแบบใบไม้หรือผัก จะพบอยู่ในแหล่งน้ำที่ตื้นหรือน้ำที่ใส

6.) ปะการังพุ่ม มีลักษณะเป็นพุ่มกลม มีกิ่งก้านสั้น เป็นแท่งรวมกันเป็นกระจุกเป็นดง หรืออาจพบอยู่ตามด้านบนของก้อนปะการังขนาดใหญ่

7.) ปะการังเห็ด มีลักษณะเป็นปะการังก้อนเดี่ยวที่ปะการังอยู่ตัวเดียว มีปากอยู่ตรงกลางเคลื่อนที่ไปได้ช้าๆ

1.2.2 ประโยชน์ของปะการัง

นอกจากปะการังมีความสำคัญและในประโยชน์มากมายทั้งต่อระบบนิเวศน์ตามธรรมชาติ และประโยชน์ต่อมนุษย์ในธรรมชาติเศษปะการังเมื่อแตกหัก ผุกร่อนกลายเป็นเล็กๆช่วยสร้างเม็ดทรายที่ขาวสะอาดให้ชายหาด แนวปะการัง เปรียบเสมือนแนวกำแพงที่ช่วยลดแรงปะทะของกระแสน้ำ คลื่น และลม ช่วยป้องกันการกัดเซาะ พังทลายของชายฝั่งได้อย่างดี ความสลับซับซ้อนของแนวปะการังยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยหลบภัย เป็นแหล่งอาหารของสัตว์น้ำ รวมทั้งเป็นแหล่งวางไข่และเลี้ยงตัวของสัตว์น้ำวัยอ่อนนานาชนิด ปะการังยังเป็นสินค้ามีกิจการส่งออกสินค้าปะการัง เปลือกหอย กระดองเต่า และปลาสวยงาม ซึ่งกลายเป็นอุตสาหกรรมหลักในการผลิตเครื่องประดับที่นิยมไปทั่วโลก

1.2.3 เปลือกหอย (Shell)

เปลือกหอย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเปลือกหอยนางรม (Oyster Shell) มีลักษณะเด่นคือเปลือกค่อนข้างแข็งแต่เปราะ มีรูพรุนสูงที่ขอบเปลือกเรียงตัวกันเหมือนโฟมหรือฟองน้ำเป็นช่องว่างเล็กๆเป็นจำนาวนมาก ในประเทศไทยส่วนใหญ่มีการเลี้ยงหอยนางรมในพื้นที่เขตจังหวัดทางภาคตะวันออก และเขตจังหวัดทางภาคใต้ (วันทนา, 2550) เปลือกหอยนำมาใช้ทำปูนขาว มีประโยชน์ในการก่อสร้าง การเกษตรกรรม อุตสาหกรรมหลายประเภท นอกจากนี้ ยังนำมาทำเป็นเครื่องประดับตกแต่งบ้านได้อีกด้วย

เปลือกหอยนางรมประกอบด้วยหินปูนร้อยละ 95 รูพรุนของเปลือกหอยนางรม (Vesicular shell structure) เกิดขึ้นบริเวณขอบด้านในของเปลือกมีลักษณะการเรียงตัวเหมือนโฟมหรือฟองน้ำ (Spongy honeycomb) เป็นช่องว่างเล็กๆ แต่ละช่องมีผนังบางๆกั้นช่องว่างมีลักษณะเป็นรูปหลายเหลี่ยม (มากกว่า 4 เหลี่ยม) ช่องว่างมีความสูงมากกว่าความกว้างช่องว่างแต่ละช่องมีขนาดต่างๆกัน (Stenze, 1971)

1.2.4 การบำบัดสารอินทรีย์ด้วยปะการังและเปลือกหอย

กระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยจุลินทรีย์ สามารถสร้างประสิทธิภาพของการบำบัดได้โดยวิธีการสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพื่อเป็นการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ และใช้ปะการังและเปลือกหอยนางรมเป็นตัวเร่งประสิทธิภาพในการบำบัดโดยการนำมาเป็น Media ในระบบ Fixed bed reactor เนื่องจากมีสมบัติที่มีความพรุนสูง พื้นที่ผิวสัมผัสมาก การใช้ปะการังและเปลือกหอยนางรมเป็นตัว Reactor สามารถเร่งกระบวนการบำบัดน้ำเสียให้เร็วขึ้น เนื่องจากวัสดุที่มีลักษณะเป็นโพรง มีความพรุนสูงจะมีพื้นที่ให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดีเมื่อจุลินทรีย์จำนวนมากกระบวนการการบำบัดน้ำเสียโดยการย่อยสลายสารอินทรีย์ก็สามารถเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นปะการังและเปลือกหอยนางรมยังมีศักยภาพในการนำมาใช้จริง เนื่องจากปัจจุบันมีจำนวนมากในประเทศไทย มีราคาถูกหาง่าย และเป็นสิ่งของเหลือทิ้งซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้

1.3 แหล่งที่มาของไนโตรเจนในน้ำเสีย

น้ำเสียจากแหล่งชุมชนประกอบด้วยไนโตรเจนในรูปของสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน และแอมโมเนีย (Organic-N , Ammonia-N) ซึ่งเป็นผลจากการย่อยสลายโปรตีนในร่างกายมนุษย์ น้ำเสียใหม่จะมีไนโตรเจนในรูปสารประกอบอินทรีย์ประมาณ 60% และในรูปแอมโมเนียประมาณ 40% การย่อยสลายโปรตีน และการ Hydrolysis ของยูเรียจะเปลี่ยน

สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นแอมโมเนียไนโตรเจน จากนั้นแบคทีเรียก็จะเปลี่ยนแอมโมเนียไนโตรเจนเป็นไนไตรท์ (NO_2) และไนเตรท (NO_3) ในน้ำเสียใหม่จะมีไม่เกิน 1% การเปลี่ยนแปลงรูปของไนโตรเจนจะขึ้นระยะเวลาของการบำบัดน้ำเสียและปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ แสดงให้เห็นถึงไนโตรเจนในรูปแบบต่างๆที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาจะเห็นได้ว่าน้ำเสียใหม่ๆ จะมีสารอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนีย (NH_3) สูง แต่เมื่อเวลาผ่านไปไนโตรเจนเหล่านี้จะเปลี่ยนรูปเป็นไนเตรท (NO_3)ทั้งหมด (ชาญชัย, 2539)

1.4. ผลเสียต่อสภาพสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากน้ำเสียที่มีสารประกอบไนโตรเจน

ปริมาณแอมโมเนีย (NH_3) และสารประกอบแอมโมเนียในน้ำเสีย อาจจะมีน้อยกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร ความเข้มข้นของแอมโมเนีย (NH_3) จะเพิ่มมากขึ้นหรือมากกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร ในกรณีถ้าเป็นน้ำที่มีสภาพเสียมากความเข้มข้นของแอมโมเนีย (NH_3) อาจมากถึง 10 มิลลิกรัม/ลิตร หรือมากกว่า ส่วนไนเตรท (NO_3) จะมีปริมาณมากน้อยในแหล่งน้ำที่ไม่เสียโดยทั่วไป เช่น น้ำในแหล่งน้ำตามธรรมชาติจะมีไนเตรท (NO_3) ละลายอยู่โดยเฉลี่ยประมาณ 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนในน้ำเสียจะมีปริมาณของไนเตรท (NO_3) มากเป็นพิเศษ (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2538)

สารที่มีสารประกอบไนโตรเจนปะปนอยู่เมื่อปล่อยลงสู่น้ำสาธารณะจะก่อให้เกิดผลต่อสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติหลายประการ มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 กำหนดให้แหล่งน้ำมีปริมาณแอมโมเนียอิสระไม่เกิน 0.5 มก./ล. (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2543)

1.4.1 ทำให้ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) มีปริมาณลดต่ำลง

น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนอยู่ประมาณ 30 มิลลิกรัม/ลิตร (ชาญชัย วิทูรปัญญากิจ, 2536) ซึ่งถือว่าทำให้เกิดน้ำเสียในแหล่งน้ำได้ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น โดยแอมโมเนียไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ (NO_2) และไนไตรต (NO_3) ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น ที่เกิดขึ้นนี้ต้องการออกซิเจนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ โดยที่แอมโมเนียไนโตรเจน 1 มิลลิกรัม/ลิตร มีความต้องการออกซิเจนถึง 4.6 มิลลิกรัม/ลิตร เพื่อออกซิไดซ์เป็นไนเตรท (NO_3) ดังนั้นออกซิเจนที่ละลายในแหล่งน้ำจะถูกนำไปใช้เพื่อให้เกิดไนตริฟิเคชั่น ทำให้เกิดสภาวะขาดออกซิเจนในน้ำได้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

1.4.2 ทำให้เกิดยูโทรฟิเคชั่น (Eutrophication)

ถึงแม้ว่าจะมีกระบวนการการบำบัดน้ำเสียแบบไนตริฟิเคชั่น เพื่อเปลี่ยนสภาพของแอมโมเนียไนโตรเจนเป็นไนเตรทไนโตรเจนก็ตาม ไนเตรท (NO_3) ก็สามารถเป็นปุ๋ยให้กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายในแหล่งน้ำ ซึ่งเมื่อมีปริมาณมากก็จะเพิ่มสารอินทรีย์ให้กับแหล่งน้ำตามสมการ

$$100\,CO_2 + 90\,H_2O + 16\,NO_3 + PO_4^{3-} \rightarrow C_{106}\,H_{108}\,O_{43}\,N_{16}\,P + 154.5O_2$$

มวลชีวภาพจะเกิดสูงขึ้น 10.7 มิลลิกรัม/ลิตร จากปริมาณไนโตรเจน 1 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเมื่อมวลชีวภาพเหล่านั้นตายลงสู่แหล่งน้ำก็จะทำให้เกิดการเน่าเหม็น ปริมาณสาหร่ายที่มีมากในน้ำจะทำลายความใสของแหล่งน้ำจนทำให้เกิดความขุ่นและความสกปรก นอกจากนี้พบว่าหากในน้ำมีค่าไนโตรเจนเกิน 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร และสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสเกิน 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม พืชน้ำจะเติบโตอย่างรวดเร็ว เรียกว่า Eutrophication ซึ่งจะก่อให้เป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก (ชาญชัย, 2536)

1.4.3 เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ และปลา

สารประกอบไนโตรเจนปกติจะอยู่ในรูปของแอมโมเนีย (NH_4^+) เมื่อระดับของพีเอชเท่ากับ 7 และไม่แสดงความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำและปลาแต่หากระดับของพีเอชเพิ่มมากขึ้นจะมีผลทำให้แอมโมเนียไนโตรเจนเปลี่ยนสภาพเป็นแอมโมเนียอิสระมาก พบว่าแอมโมเนียอิสระที่มีค่าเข้มข้นสูงกว่า 2.5มิลลิกรัม/ลิตร อาจเป็นอันตรายต่อพวกสัตว์น้ำได้หลายชนิด (เปี่ยมศักดิ์ , 2538) สำหรับแอมโมเนียคาร์บอเนต $(NH_4)_2CO_3$ ถ้ามีความเข้มข้นประมาณ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ในสภาวะที่เป็นด่างจะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ จึงกล่าวได้ว่า ความเป็นพิษอันเนื่องมาจากแอมโมเนียไนโตรเจนจะมีมากขึ้นตามระดับพีเอช ที่สูงขึ้น และพบว่าปริมาณแอมโมเนียที่มีความเข้มข้น 3 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ปลา Perch , Roach และ Rainbow trout เสียชีวิตในเวลา 2 -20 ชั่วโมง และ Goldfish ที่อยู่ในน้ำที่มีแอมโมเนีย (NH_3) 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร จะเสียชีวิตภายใน 24 – 96 ชั่วโมง

1.4.4 ทำให้สิ้นเปลืองคลอรีนในการฆ่าเชื้อโรค

เนื่องจากคลอรีนเกิดปฏิกิริยาเคมีกับแอมโมเนียไนโตรเจนที่มีอยู่ในน้ำ ผลของปฏิกิริยาได้สารประกอบคลอรีน ซึ่งสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ แต่อำนาจในการฆ่าเชื้อโรคต่ำ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 9 ต.ค. 2555
เลขทะเบียน 246846
เลขเรียกหนังสือ

กว่าคลอรีนอิสระมาก ดังนั้นความสิ้นเปลืองคลอรีนจึงมากขึ้น เมื่อนำไปใช้กับน้ำที่มีแอมโมเนียไนโตรเจนปะปนอยู่

1.4.5 เป็นอันตรายต่อสุขภาพและอนามัยของเด็ก

น้ำที่มีปริมาณไนเตรทและไนไตรต์สูงเกินไป อาจทำให้เกิดโรค Methemoglobinemia หรือ Blue Baby ซึ่งมักเกิดขึ้นกับเด็กทารกที่มีอายุต่ำกว่า 3 เดือน (สุบัญฑิต, 2548) ทำให้เด็กทารกมีอาการหายใจไม่ออกและตัวเขียว และได้มีการศึกษาถึงอันตรายของไนเตรทและไนไตรท์ พบว่าเมื่อรับประทานหรือดื่มน้ำที่มีไนเตรทและไนไตรต์เข้าไปในกระเพาะอาหาร ไนไตรท์สามารถรวมตัวกับสารอาหารหลายชนิดในสภาวะที่มีกรดเป็นตัวเร่ง เกิดเป็นสารพิษกลุ่มที่เรียกว่าไนโตรโซ (Nitroso compound) ซึ่งมีทั้งที่เป็นพิษร้ายแรงคือเป็นสารที่ก่อมะเร็ง (Carcinogenic Agent) และชนิดที่ไม่เป็นพิษ

สามารถแยกกลุ่มย่อยของสารประกอบไนโตรโซ ได้ 2 กลุ่มย่อย คือ ไนโตรซามีน (Nitrosamine) ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของไนไตรต์กับสารพวกเอมีน (Amine) ซึ่งมีอยู่ในเนื้อสัตว์ตามธรรมชาติและไนโตรซาไมด์ (Nitrosamide) ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของไนไตรท์กับสารพวกเอไมด์ (Amide) ซึ่งมีอยู่ในพืชผักและเนื้อสัตว์ (Gaudy , 1980), (World Health Organization , 1978)

1.5 แอมโมเนียในน้ำ และน้ำเสีย

ไนโตรเจนในน้ำพบอยู่ในรูปของแก๊สไนโตรเจนละลายและสารประกอบไนโตรเจนซึ่งสารประกอบไนโตรเจนในน้ำ จำแนกได้เป็น 4 ชนิดคือ สารอินทรีย์ไนโตรเจน (organic nitrogen)แอมโมเนีย (ammonia) ไนเตรท (nitrate) และไนไตรต์ (nitrite)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด = สารอินทรีย์ไนโตรเจน + แอมโมเนีย + ไนเตรท +ไนไตรต์= สารอินทรีย์ไนโตรเจน + สารอนินทรีย์ไนโตรเจน

ผลรวมของสารอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจน เรียกว่า ทีเคเอ็นไนโตรเจน(Total Kjeldahl Nitrogen หรือ TKN)

ดังนั้น ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด = ทีเคเอ็นไนโตรเจน + ไนเตรท + ไนไตรต์

แอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมดที่อยู่ในน้ำมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ แอมโมเนียอิสระ (NH_3) และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ซึ่งสมดุลกันเรียกว่า แอมโมเนียไนโตรเจน (กรมอนามัย, 2537) โดยมีสมดุลเคมี ดังนี้

$$NH_4^+ + H_2O \rightarrow NH_3^+ + H_3O^+$$

$$\text{หรือ } NH_4^+ \rightarrow NH_3 + H^+$$

ดังนั้น NH_3 เรียกว่า free ammonia หรือ แอมโมเนียอิสระ (แก๊ส) ส่วน NH_4^+ เรียกว่า แอมโมเนียมไอออน โดยปกติเมื่อน้ำมีพีเอชเป็นกลาง แอมโมเนียจึงอยู่ในรูปไอออน NH_4^+ มากกว่า NH_3 แต่ถ้า พีเอชสูงขึ้นแก๊สแอมโมเนียจะพบมากขึ้น และไอออนจะมีน้อยลงแก๊สแอมโมเนียสามารถหนีจากน้ำขึ้นสู่อากาศได้ (มั่นสิน, 2547) ดังนั้นหากพบว่าแหล่งน้ำใดมีแอมโมเนียสูงแสดงว่าแหล่งน้ำนั้นมีความสกปรก

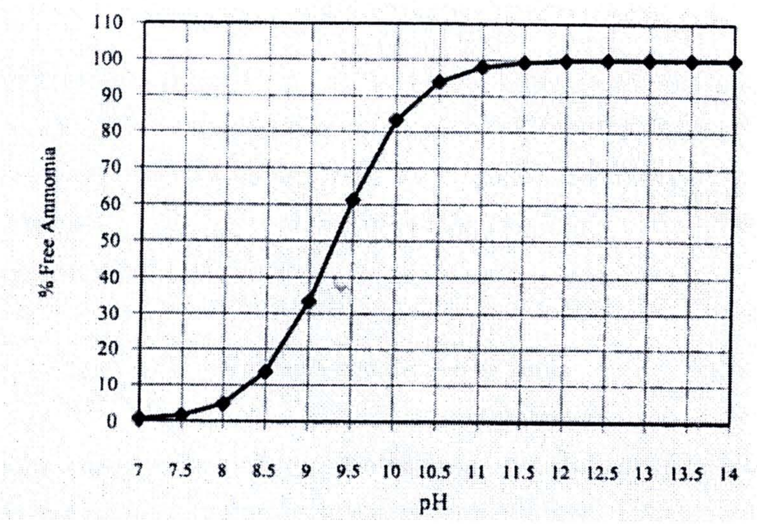
แอมโมเนียจะอยู่ในรูปแบบหรือปริมาณมากน้อยจะขึ้นกับ ค่าพีเอช อุณหภูมิ และปริมาณออกซิเจนละลาย เป็นหลัก โดยแอมโมเนียอิสระจะเพิ่มขึ้นตามระดับพีเอช และอุณหภูมิที่สูงขึ้น พบว่าค่าพีเอชจะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียในน้ำมากกว่าอุณหภูมิ (Trussell, 1972 ; Emerson et al, 1975) ในสภาวะที่มีค่าพีเอชเป็นกลางแอมโมเนียจะอยู่ในรูปแอมโมเนียมไอออนมากกว่าแอมโมเนียอิสระ (Boyd, 1982)

1.5.1 ผลกระทบของแอมโมเนียไนโตรเจน

1.5.2 พิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

แอมโมเนียมีพิษต่อจุลินทรีย์ และสัตว์น้ำ ซึ่งรูปที่เป็นพิษคือ แอมโมเนียอิสระหรือ NH_3 ในขณะที่ไอออนของแอมโมเนียมหรือ NH_4^+ ไม่มีพิษ ปลาอาจมีแอมโมเนียได้หลายสิบมิลลิกรัมต่อลิตร หรือมากกว่าโดยไม่เป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์และสัตว์น้ำ ทั้งนี้เพราะน้ำมีพีเอชเป็นกลางพีเอชเท่ากับ 7.2 หรือต่ำกว่า แอมโมเนียส่วนใหญ่จะอยู่ในรูป NH_4^+ ดังนั้นพิษแทบจะไม่ปรากฏแม้ว่าความเข้มข้นสูงถึง 3,000 มก./ล. ถ้าพีเอชของน้ำสูงขึ้นพิษแอมโมเนียจะปรากฏ ปริมาณ NH_3 จะเพิ่มตามระดับพีเอช ปริมาณเกลือแร่ และอุณหภูมิที่สูงขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่าง %NH_3 กับพีเอช แสดงในภาพที่ 1.4 ปริมาณเกลือแร่ในน้ำมีอิทธิพลน้อยเช่นเดียวกับอุณหภูมิแต่มีอิทธิพลในทางตรงกันข้าม นั่นคือ แอมโมเนียจะมีน้อยลงถ้ามีปริมาณ

เกลือแร่สูงขึ้น แอมโมเนียเป็นสารที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากการหมักของตะกอนจุลินทรีย์ แต่ก็สามารถเป็นพิษต่อแบคทีเรียได้ (มั่นสิน, 2547)



ภาพที่ 1.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง % NH3 กับพีเอช

ที่มา : มั่นสิน, 2545

ในแหล่งน้ำถึงแม้จะมีความเข้มข้นของแอมโมเนียต่ำ สามารถทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ รวมทั้งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณออกซิเจน และเกิดโรคต่าง ๆ รวมทั้งเกิดปัญหาการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของพืชน้ำและสาหร่ายที่เรียกว่า “ยูโทรฟิเคชัน” (eutrophication) ทั้งนี้การเจริญเติบโตของพืชส่งผลต่อความขุ่น กลิ่นเหม็นการส่องผ่านของแสงสู่แหล่งน้ำเกิดพืชที่ไม่พึงประสงค์ตลอดจนทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพลดลงด้วย (Aiyuk. S et al. 2004) และการเกิดยูโทรฟิเคชันจะเกิดขึ้นได้ง่ายในทะเลสาบ ซึ่งสารอาหารที่เข้าไปจะหมุนเวียนและมีการเกิดขึ้นตลอดเวลา ซึ่งปัญหานี้มักจะไม่ค่อยพบในแม่น้ำปากอ่าว หรือมหาสมุทรมากนัก เนื่องจากน้ำในแม่น้ำมีการไหลทำให้สารอาหารมีการส่งเข้าและถ่ายออกอยู่ตลอดเวลา ส่วนในบริเวณปากอ่าวสารประกอบไนโตรเจนจะมีความเข้มข้นต่ำเนื่องจากได้รับการเจือจางจากน้ำในมหาสมุทร (Metcalf and Eddy 1991)

1.5.3 พิษต่อสุขภาพมนุษย์

1.) พิษแบบเฉียบพลัน กรณีหายใจเข้าไปโดยตรงที่ระดับความเข้มข้น 5,000-10,000 ส่วนต่ออากาศ 1 ล้านส่วนหรืออัตราผสมกับอากาศ 0.5 - 1% จะทำให้เกิดอาการหายใจขัด อาจทำให้เสียชีวิตได้ทันที กรณีกระเด็นเข้าตาจะเกิดการระคายเคืองแก้วตาอย่างรุนแรง

ถึงขั้นทำให้ตาบอดบางส่วนหรือตาบอดทั้งหมด กรณีแอมโมเนียเหลวสัมผัสผิวหนังโดยตรงเป็นระยะเวลาหนึ่ง จะทำให้ผิวหนังไหม้และเซลล์เนื้อเยื่อตายเพราะเย็นจัด กรณีรับประทานเข้าไปจะกัดทำลายเยื่อบุภายในปากและระบบทางเดินอาหาร จะทำให้ปวดท้องอย่างรุนแรง คลื่นไส้ อาเจียน และหมดสติในที่สุด

2.) พิษแบบเรื้อรังหากร่างกายได้รับแก๊สแอมโมเนียอยู่เสมออาจเนื่องมาจากการทำงานเป็นระยะเวลานานๆในบรรยากาศที่มีแอมโมเนียผสมจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองเรื้อรังของตา จมูก และระบบทางเดินหายใจ (โศรดา, 2543)

3.) ลดประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรคเมื่อเติมคลอรีนลงในน้ำเสีย คลอรีนจะทำปฏิกิริยากับสารประกอบไนโตรเจน ซึ่งได้แก่ แอมโมเนียไนโตรเจน และสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ฯลฯ ทำให้เกิดสารประกอบคลอรามีน (chloramine) สารประกอบคลอรามีนนี้เป็นสารประกอบที่มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรคแต่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคน้อยกว่าคลอรีนอิสระตกค้าง คลอรีนที่อยู่ในรูปของสารประกอบคลอรามีนนี้ เรียกว่า คลอรีนที่รวมตัวตกค้าง (combined available chlorine) ปฏิกิริยาของคลอรีนกับสิ่งเจือปนในน้ำเสียแทนได้ด้วยสมการ ดังนี้

$$NH_3 + HOCl \rightarrow NH_2Cl + H_2O$$

$$NH_2Cl + HOCl \rightarrow NHCl_2 + H_2O$$

$$NHCl_2 + HOCl \rightarrow NCl_3 + H_2O$$

ปฏิกิริยาข้างต้นขึ้นกับค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ เวลาสัมผัส และสัดส่วนของคลอรีนกับแอมโมเนีย โดยทั่วไปจะเกิดในรูปสารประกอบในรูปของ monochloramine (NH_2Cl) และdichloramine ($NHCl_2$) (สิทธิโชติ, 2548)

1.6 ไนไตรท์ในน้ำและน้ำเสีย

ไนไตรท์ไนโตรเจน หมายถึง ไนโตรเจนที่อยู่ในรูป NO_2^- เกิดจากการเปลี่ยนรูปของแอมโมเนียโดยแบคทีเรียที่ชื่อ Nitrifying bacteria เช่น Nitrosomonas เปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์และไนไตรท์จะถูก Nitrifying bacteria เช่น Nitrobacter เปลี่ยนเป็นไนเตรท ไนไตรท์ (NO_2^-) ที่เกิดขึ้นพืชสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ แต่ถ้ามีมากเกินความต้องการก็จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้แก่เกิดยูโทรฟิเคชั่น หรือ Algae bloom ได้ ถ้าสภาพแวดล้อมเกิดสภาพไร้ออกซิเจนขึ้น ไนเตรท (NO_3^-) ก็สามารถเปลี่ยนกลับไปเป็น ไนไตรท์(NO_2^-) และก๊าซไนโตรเจน (N_2) แอมโมเนีย (NH_3) ได้โดยแบคทีเรียบางชนิดเช่น *E.coli* หรือ *Thiobacilluas denitrification* เป็นต้น (จิรพรรณ, 2536)

ในภาวะตามธรรมชาติ สารอินทรีย์ที่ถูกปล่อยทิ้งในน้ำจะมีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบหลัก สารอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำส่วนมากอยู่ในรูปของโปรตีน และผลิตภัณฑ์จากการย่อยสลาย เช่น กรดอะมิโน สารประกอบไนโตรเจนนี้มีค่าน้อยกว่า 10 มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำดีแต่น้ำเสียมีค่ามากกว่านี้สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนที่พืช และสัตว์ปล่อยออกมาจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เชื้อราบางชนิด ออกซิเจนในน้ำที่มีปริมาณพอเหมาะ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากสารประกอบอินทรีย์เป็นสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนขบวนการที่เรียกว่า mineralization ได้แอมโมเนีย ดังสมการ

$$\text{โปรตีน (Organic N)} + \text{แบคทีเรีย} \xrightarrow[\text{(aerobic or anaerobic)}]{\text{saprophytic}} NH_3$$

สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนส่วนใหญ่เมื่อถูกเติมออกซิเจนมักเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียไนโตรเจน และอาจอยู่ในรูปแอมโมเนียไฮดรอกไซด์ หรือแอมโมเนียมคาร์บอเนตเป็นส่วนน้อย นอกจากนี้แอมโมเนียอาจมาจากการย่อยสลายของกรดอะมิโนโดยใช้จุลินทรีย์บางชนิด ตามปกติแอมโมเนียในน้ำไม่เสียมีปริมาณน้อยกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำเสียมีปริมาณมากกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร ถ้าน้ำเสียมากอาจมีปริมาณถึง 10 มิลลิกรัม/ลิตร แอมโมเนียละลายน้ำได้ดีมากเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียสและ pH สูงๆ ประมาณ 8 ถ้าอุณหภูมิน้ำสูงมากๆ แอมโมเนียจะระเหยออกไปจากแหล่งน้ำ แต่ถ้า pH ต่ำ และอุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส แอมโมเนียในน้ำอยู่ในรูปของแอมโมเนียมอิออน (NH_4^+) และอาจถูกยึดไว้โดยธาตุหรือสารประกอบที่มีประจุลบตกตะกอน หรืออาจถูกยึดไว้โดยดิน แอมโมเนียเมื่อเติมออกซิเจนและมีจุลินทรีย์ที่ เรียกว่า Nitrifying bacteria สกุล Nitrosomonas จะเปลี่ยนรูปเป็นไนไตรท์ดังสมการ

$$2NH_3 + 3O_2 \xrightarrow[\text{aerobic}]{\text{nitrosomonas}} 2NO_2^- + 2H^+ + 2H_2O$$

ไนไตรท์ไนโตรเจนได้มาจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของแอมโมเนียเมื่อมีจุลินทรีย์ หรือ อาจได้มาจากการลดออกซิเจนโดยเกิดปฏิกิริยารีดักชันของไนเตรทจะมีสาหร่ายเซลเดียวสกุล chlorella จะได้ไนไตรท์ไนโตรเจนเกิดขึ้น ไนไตรท์ที่อยู่ในน้ำทั่วไปปกติมีปริมาณน้อยมากในน้ำปกติ แต่ในน้ำเสียอาจมีปริมาณ 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร ไนไตรท์เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค เนื่องจากสามารถเกิดปฏิกิริยากับสารพวกเอมีนเกิดเป็นสารประกอบไนโตรซามีน ทำ ให้เกิดมะเร็ง

ที่ระบบน้ำเหลืองได้ ไนไตรท์เมื่อเติม ออกซิเจนจะมีจุลินทรีย์ชื่อ Nitrobacteria จะถูก เปลี่ยนเป็น ไนเตรทไนโตรเจน ดังสมการ

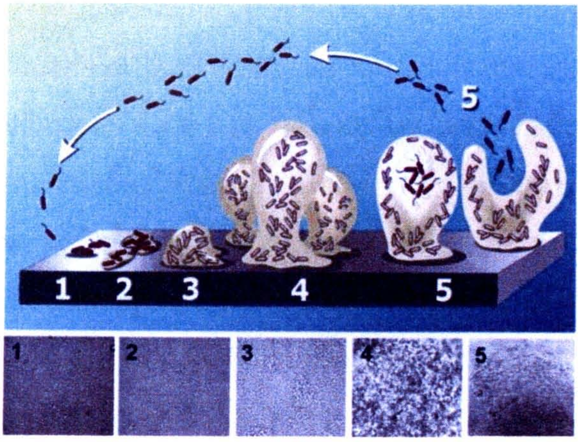
$$NO_2^- + O_2 \xrightarrow{\text{nitrobacteria}} 2NO_3^-$$

ไนเตรทในน้ำ อาจมาจากการเติมออกซิเจนแก่สารประกอบไนไตรท์ ไนเตรทในน้ำมีความสำคัญ ต่อความอุดมสมบรูณ์ของแหล่งน้ำเพราะพืชใช้ไนเตรทเป็นแหล่งไนโตรเจนในการสร้างโปรตีนเพื่อเป็นอาหาร ตามปกติแล้วไนเตรทในน้ำ ดื่มมีปริมาณไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ในน้ำเสีย มีค่ามากกว่านี้ ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ไนเตรท และไนไตรท์จะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย ขบวนการนี้เรียกว่า denitrification และปฏิกิริยาดำเนินไปจนถึงได้ก๊าซไนโตรเจนสู่บรรยากาศ

$$NO_2^- + O_2 \xrightarrow{\text{nitrobacteria}} 2NO_3^-$$

จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นว่าจุลินทรีย์ Nitrosomonas และ Nitrobacteria มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในวัฏจักรไนโตรเจน โดย Nitrosomonas จะมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแอมโมเนียไนโตรเจนเป็น ไนไตรท์ และ Nitrobacteria มีบทบาทในการเปลี่ยนไนไตรท์เป็นไนเตรท

Nitrosomonas และ Nitrobacteria จัดเป็นจุลินทรีย์ Aerobic bacteria และ มีพฤติกรรมในการเจริญเติบโตแบบชอบสร้าง Colony โดยเมื่อพบตำแหน่งที่เหมาะสม ทั้งอาหาร ออกซิเจน อุณหภูมิ pH และอื่นๆ Nitrosomonas และ Nitrobacteria จะลงหลักปักฐาน สร้างที่ยึดเกาะกับวัสดุ และเกาะเกี่ยวกันเหมือนโครงสร้างโมเลกุล เป็นแหล่งอาศัย กินอาหาร และขยายพันธุ์ ซึ่งจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดนี้จะสร้าง Colony หรือ Biofilm ที่พื้นผิววัสดุหนาประมาณ 1-2 มิลลิเมตร และในภาวะที่เหมาะสม Nitrosomonas และ Nitrobacteria จะสามารถเพิ่มจำนวนได้เป็น 2 เท่า ภายใน 24 ชั่วโมง กระบวนการสังเคราะห์ biofilm ดังภาพที่ 1.5



ภาพที่ 1.5 Biofilm cycle

ที่มา : http://www2.binghamton.edu/biology/faculty/davies/images/biofilm.jpg

ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ Nitrosomonas และ Nitrobacteria สามารถเพิ่มได้โดยการสร้างภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม และเพิ่มพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์สร้าง Biofilm พื้นที่ผิวที่สูงจะทำให้จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดี การบำบัดแอมโมเนีย และไนไตรท์จึงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากพื้นที่ผิวมากๆ จะรองรับหรือสร้าง Biofilm ได้มากกว่า

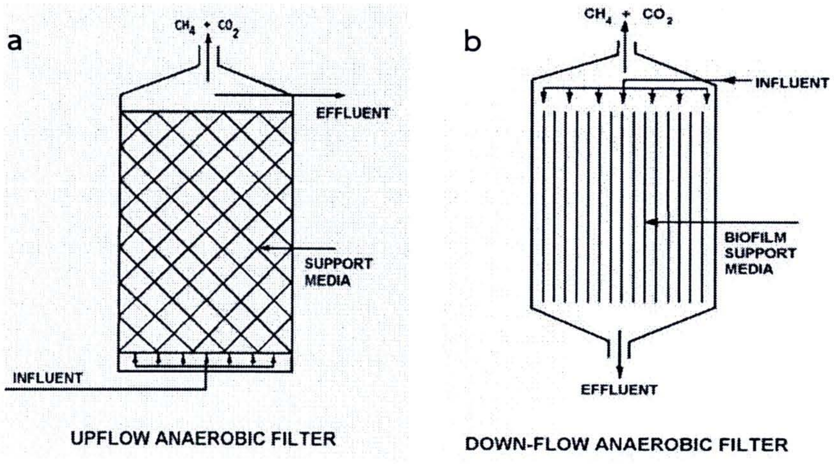
1.7 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Fixed bed reactor

ระบบ Anaerobic filter (AF) หรือ Fixed-bed reactors หรือ Packed-bed reactors ระบบ Anaerobic filter คือ ระบบการบำบัดน้ำเสียแบบที่ไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งเป็นระบบที่มีการบรรจุตัวกลาง (Support media) ในคอลัมน์หรือถังเพื่อให้เป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์โดยมีวัตถุประสงค์คือ (1) เพื่อรักษาปริมาณตะกอนจุลินทรีย์เนื่องจากตัวกลางทำหน้าที่ช่วยเก็บกักจุลินทรีย์ไว้ไม่ให้ถูกล้างออกจากระบบและ (2) เพื่อช่วยให้จุลินทรีย์แผ่เป็นฟิล์ม เพื่อช่วยให้มีอายุสลัดจ์หรือเวลาเก็บกักของน้ำสลัดจ์นานขึ้น

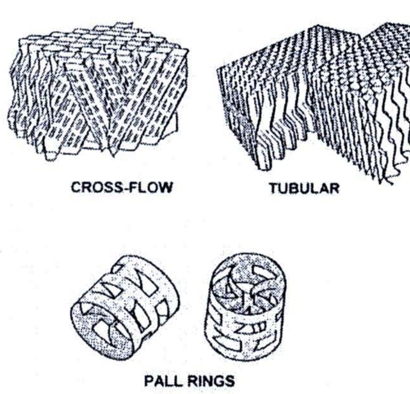
ระบบ Anaerobic filter จะประกอบด้วย 2 ชนิด คือ (1) ชนิดที่มีการปล่อยน้ำเสียขาเข้าที่ก้นถังจึงเรียกระบบนี้ว่า Upflow anaerobic filter หรือเรียกโดยย่อ คือ ยูเอเอฟ (UAF) แสดงในภาพที่ 1.6a และ (2) ชนิดที่มีการปล่อยน้ำเสียขาเข้าที่ปากถัง เรียกว่า Downflow anaerobic flow หรือเรียกโดยย่อ คือ ดีเอเอฟ (DEF) แสดงในรูปที่ 2.7b ในระบบนี้น้ำเสียจะไหลผ่านตัวกลางที่มีตัวจุลินทรีย์เกาะอยู่กับผิวตัวกลางและอาศัยอยู่ในช่องว่างของตัวกลาง ทำให้ระบบนี้ไม่ต้องมีการกวนน้ำเสียในถัง จุลินทรีย์เหล่านั้นจะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ปนเปื้อนในน้ำเสียและปล่อยน้ำเสียที่

ผ่านการบำบัดไหลผ่านไปยังถังตกตะกอนส่วนของแข็งแขวนลอยและจุลินทรีย์บางส่วนออกจากน้ำเสีย ที่ผ่านการีบำบัดแล้วต่อไป โดยทั่วไปแล้วเวลาเก็บน้ำเสียในระบบ ระบบ Anaerobic filter ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ คือ ตั้งแต่ 1-10 วันขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำเสีย แต่ถ้าเป็นน้ำเสียที่มาจากแหล่งชุมชนเวลาเก็บกักน้ำเสียต้องใช้เวลาอย่างน้อย 4 วันขึ้นไปเพื่อทำให้ระบบสามารถกำจัดเชื้อโรคในน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบ Anaerobic filter สามารถรับความสกปรกในรูปของซีโอดีตั้งแต่ 4-16 กิโลกรัม ซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร โดยตัวกลางที่นำมาใช้ได้ควรเป็นสารที่ไม่เกิดการย่อยสลายตามธรรมชาติดังแสดงในภาพที่ 1.7 รวมทั้งก้อนหิน พลาสติก อิฐ ยางและดินเผา เพื่อเป็นการแหล่งให้จุลินทรีย์เกาะและพัฒนาเป็นไบโอฟิล์ม

ระบบ Anaerobic filter (AF) หรือ Fixed-bed reactors หรือ Packed-bed reactors ระบบ Anaerobic filter คือ ระบบการบำบัดน้ำเสียแบบที่ไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งเป็นระบบที่มีการบรรจุตัวกลาง (Support media) ในคอลัมน์หรือถังเพื่อให้เป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์โดยมีวัตถุประสงค์ คือ (1) เพื่อรักษาปริมาณตะกอนจุลินทรีย์เนื่องจากตัวกลางทำหน้าที่ช่วยเก็บกักจุลินทรีย์ไว้ไม่ให้ถูกล้างออกจากระบบและ (2) เพื่อช่วยให้จุลินทรีย์แผ่เป็นฟิล์ม เพื่อช่วยให้มีอายุสลัดจ์หรือเวลาเก็บกักของน้ำสลัดจ์นานขึ้น



ภาพที่ 1.6 Upflow anaerobic filter (UAF) และ Downflow anaerobic flow (DEF)
ที่มา : http://www.thaibiogas.net/th/node/208



ภาพที่ 1.7 ตัวกลางที่นิยม

ที่มา : http://www.thaibiogas.net/th/node/208

ในการศึกษาครั้งนี้ ระบบบำบัดที่นำมาใช้ในการศึกษาร่วมกับหินพัมมิซ คือระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Fixed bed reactor ซึ่งระบบนี้จะมีถังบรรจุตัว reactor ที่มีลักษณะเป็นคอลัมน์ ปล่อยให้ของเหลวไหลผ่าน ระหว่างที่ของเหลวไหลผ่านคอลัมน์ สามารถนำวัสดุประเภทต่างๆ มาบรรจุเป็นตัว Reactor ซึ่งวัสดุนี้ อาจมีสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์ หรือชีวภาพ แตกต่างกันไป แล้วแต่จุดมุ่งหมายว่าต้องการให้ทำปฏิกิริยาอย่างไรกับของเหลวที่ไหลผ่าน

กระบวนการบำบัดแอมโมเนีย และไนไตรท์ด้วยระบบ Fixed bed reactor นั้นรูปแบบการบำบัดที่นิยมประเภทหนึ่ง คือ การเพิ่มประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ โดยใช้วัสดุที่มีความพรุน มีพื้นที่ผิวสัมผัสมากเป็น media ให้จุลินทรีย์ เนื่องจากวัสดุที่มีความพรุนสูงจะมีพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดี เมื่อจุลินทรีย์มีจำนวนมาก กระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยการย่อยสลายสารอินทรีย์ก็สามารถเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้พัมมิซ เป็น media ในระบบ Fixed bed reactor เนื่องจากหินพัมมิซมีสมบัติมีพื้นที่ผิวมาก การบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์จึงทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น B. Kocadagistan (2003) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบ Fixed bed reactor และปล่อยน้ำให้ไหลจากล่างขึ้นบน ซึ่งตัว reactor นั้นได้ใช้หินพัมมิซ ร่วมกับ ระบบ suspended aerobic activated sludge bioreactor (SAR) ผลการศึกษาพบว่า ผลการศึกษาพบว่าระบบสามารถเพิ่มภาระการรับสารอินทรีย์ จาก 3.67 kg COD/ลบ.ม./วัน เป็น 16.56 kg COD/ลบ.ม./วัน นอกจากนั้น S.M. Borghei (2007) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการนำหินพัมมิซมาใช้ในระบบ Fixed bed reactor เพื่อบำบัดน้ำเสียที่สารอินทรีย์สูงการทดสอบทำในห้องปฏิบัติการ โดยการใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่ได้จากการเติมน้ำตาลลงไป ผลการศึกษาพบว่าระบบสามารถทำให้ระยะเวลาการเก็บกักสารอินทรีย์ ลดลงจาก 1 วัน เป็น 0.5 วัน และมีการเพิ่มภาระการรับสารอินทรีย์ จาก 750 g COD/ลบ.ม./วัน เป็น 4,500 g COD/ลบ.ม./วัน

1.8 พารามิเตอร์ที่ศึกษา

1.8.1 อุณหภูมิ (Temperature)

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแหล่งน้ำเกิดได้จากการที่มีแสงส่องผ่านลงไปในแหล่งน้ำ ต่อมามีการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อนอุณหภูมิมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำมาก เช่น เป็นตัวควบคุมการแพร่พันธุ์การเจริญเติบโตของสัตว์และพืช (เปี่ยมศักดิ์ , 2538) การตรวจสอบเพื่อหาความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นระยะทั้งในแหล่งน้ำและในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยปกติอุณหภูมิน้ำธรรมชาติจะแปรผันตามอุณหภูมิของอากาศซึ่งขึ้นกับ ฤดูกาล ความเข้มข้นของแสง กระแสลม ความลึก และสภาพแวดล้อมอื่นๆ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำตามธรรมชาติจะเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ และไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำแต่ถ้าเมื่อใดที่มนุษย์กระทำโดยปล่อยน้ำทิ้งที่มีอุณหภูมิสูงลงสู่แหล่งน้ำ เช่น น้ำในระบบหล่อเย็นทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงเกินกว่าระดับปกติตามธรรมชาติซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำ อุณหภูมิของน้ำที่สูงกว่าระดับปกติเพียง 2-3 องศาเซลเซียส อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหารในระดับสูงขึ้นไป ชนิด ปริมาณ และสัดส่วนของประชากรสัตว์น้ำในแหล่งน้ำก็ถูกควบคุมโดยอุณหภูมิของแหล่งน้ำเช่นเดียวกันและผลกระทบที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นคือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจะลดลงในขณะที่ขบวนการเมตาโบลิซึมของสิ่งมีชีวิตในน้ำจะแปรผันตามอุณหภูมิของน้ำด้วยซึ่งทำให้สัตว์น้ำต้องการออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นจึงเกิดปัญหาการขาดออกซิเจนได้ (ไมตรี, 2535)

1.8.2 ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH)

พีเอชของน้ำธรรมชาติจะอยู่ในช่วง 4 ถึง 9 แต่ส่วนใหญ่แล้วค่อนข้างเป็นด่างเล็กน้อย เนื่องจากคาร์บอเนต และไบคาร์บอเนต น้ำที่มีพีเอชสูงหรือต่ำกว่าช่วงนี้อาจถูกปะปนโดยกรดหรือด่างแก่ จากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม พีเอชมีความสำคัญในด้านสิ่งแวดล้อมมาก ในการผลิตน้ำประปา เป็นปัจจัยสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงในขบวนการตกตะกอนทางเคมี(Chemical coagulation)การฆ่าเชื้อโรค(Disinfection)การกำจัดความกระด้าง (Watersoftening)และการควบคุมการกัดกร่อน (Corrosion control)ในการบำบัดของเสียโดยขบวนการทางชีวภาพ จะต้องควบคุม พีเอชให้อยู่ในช่วงเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง ในขบวนการทางเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนน้ำโสโครก การเอาน้ำออกจากตะกอน (Sludges) หรือการออกซิไดซ์สารบางตัว เช่น ไซยาไนด์ไอออน ซึ่งน้ำธรรมชาติโดยทั่วไปมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 5-9 ซึ่งความแตกต่างของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ และสภาพแวดล้อมหลายประการ เช่น ลักษณะของพื้นดิน

และหิน ปริมาณฝนตกตลอดจนการใช้ที่ดินในบริเวณแหล่งน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำจะเปลี่ยนแปลงตามค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินด้วย นอกจากนี้สิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น จุลินทรีย์ และแพลงตอนพืช ก็สามารถทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเปลี่ยนแปลงไปด้วย และยังส่งผลต่อสัตว์น้ำโดยทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น ทำให้สารพิษชนิดอื่นๆ มีการแตกตัวเพิ่มขึ้นหรือลดลง ตัวอย่างเช่น ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่สูงขึ้นจะทำให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้น การแทรกซึกสารพิษบางชนิดเข้าสู่ร่างกายของสัตว์น้ำยังขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายนั้นๆ อีกด้วย (กรรณิการ์, 2525)

ค่าที่บอกถึงความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสีย โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตในน้ำหรือจุลินทรีย์ในถังบำบัดจะดำรงชีพได้ดีในสภาวะเป็นกลาง คือ pH ประมาณ 6-8 พีเอชเป็นค่าที่แสดงถึงความแรงของความเป็นกรด-ด่าง ค่า pH เท่ากับ 7.0 แสดงว่า เป็นกลาง จะไม่ใช้สารละลายกรดหรือสารละลายด่าง ค่าน้อยกว่า 7.0 แสดงถึงความเป็นกรด ซึ่งความเป็นกรดจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าตัวเลขมีค่าน้อยลง ค่า pH มากกว่า 7.0 แสดงถึงความเป็นด่าง ซึ่งความเป็นด่างจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อค่าสูงขึ้น ค่า pH ของแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยทั่วไปมีค่าอยู่ในระหว่าง 5 ถึง 9 ซึ่งความแตกต่างของค่า pH ขึ้นอยู่ลักษณะของภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมหลายประการ เช่น ลักษณะพื้นที่ดิน หิน ปริมาณน้ำฝน ตลอดจนการใช้ที่ดินในบริเวณแหล่งน้ำเหล่านั้น pH ของน้ำมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ในแหล่งน้ำนั้น (ไมตรี, 2528)

1.8.3 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved oxygen)

ออกซิเจนมีความสำคัญมากที่สุดในการดำรงชีวิตเนื่องจากสิ่งมีชีวิตทั้งหลายจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในกระบวนการต่างๆ ภายในร่างกายเพื่อการเจริญเติบโต (ไมตรี, 2528) โดยทั่วไปสัตว์น้ำไม่สามารถทนอยู่ในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือต่ำกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลานานทั้งนี้ในน้ำดังกล่าวต้องมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่สูง ปลาบางชนิดอาจทนอยู่ในสภาพออกซิเจนต่ำๆได้ ดังนั้นในการควบคุมป้องกันไม่ให้สัตว์น้ำได้รับอันตรายจึงไม่ควรให้ปริมาณออกซิเจนละลายต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร การขาดแคลนออกซิเจนในน้ำที่ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้อัตราการฟักไข่ต่ำลงและตัวอ่อนไม่แข็งแรงออกซิเจนที่ลดลง ยังมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยอาหารลดลงซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโต (คณิต, 2537) ออกซิเจนนับว่าเป็นก๊าซที่มีความสำคัญมากในการดำรงชีวิตของมนุษย์ สัตว์ และพืช เพราะต้องถูกนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ เพื่อก่อให้เกิดพลังงาน กระบวนการที่ต้องการออกซิเจน (Aerobic Process) ก๊าซที่มีอยู่ในบรรยากาศละลายน้ำได้ต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของอากาศ สำหรับไนโตรเจนและออกซิเจนจัดว่าเป็นก๊าซที่ละลายน้ำ

ได้น้อยมาก เนื่องจากไม่ได้ทำปฏิกิริยาเคมีกับน้ำ ดังนั้น การละลายจึงขึ้นอยู่กับความดันย่อย (partial pressure) และอุณหภูมิ ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนในน้ำจะอยู่ในช่วง 14.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 0 องศาเซลเซียส และ 7 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 35 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ ซึ่งจะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นออกซิเจนจะละลายน้ำได้น้อยลง เพราะอัตราการเกิดออกซิเดชันทางชีวะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และความต้องการออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในขณะที่ออกซิเจนละลายในน้ำได้น้อยลง ซึ่งจะเห็นได้ชัดในฤดูร้อน คือ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำน้อยลง เพราะอุณหภูมิสูงทำให้เกิดการเน่าเหม็นของน้ำ เนื่องจากออกซิเจนไม่พอสำหรับทำให้เกิดอัตราการเกิดออกซิเดชันทางชีวะในสภาวะเติมออกซิเจน (Aerobic Condition) สรุปได้ว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำธรรมชาติและในน้ำเสียขึ้นอยู่กับกิจกรรมทางกายภาพ เคมี และชีวะในแหล่งน้ำนั้น การวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ จึงสำคัญในการการควบคุมความสกปรกของน้ำ และกระบวนการบำบัดน้ำเสีย (กรรณิการ์, 2544)

1.8.4 ความสำคัญของออกซิเจนที่ละลายน้ำ

ออกซิเจนที่ละลายในน้ำเสียเป็นตัวบ่งบอกว่าปฏิกิริยาทางชีวะที่จะเกิดขึ้นโดยการเติมอากาศ หรือไม่เติมอากาศ จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Aerobic organism) ใช้ออกซิเจนอิสระเพื่อออกซิไดซ์สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์เกิดผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีอันตราย จุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Anaerobic organism) ทำให้เกิดออกซิเดชัน โดยการรีดิวซ์เกลืออนินทรีย์บางตัวเกิดผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นเหม็น ซึ่งจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดพบทั่วไปในธรรมชาติ

1.) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีความสำคัญมากในการที่จะรักษาสภาวะของน้ำให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ คือ ให้มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำให้เหมาะสม เช่น ไม่น้อยกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นต้น

2.) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เป็นพื้นฐานของปริมาณจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ (Biochemical Oxygen Demand; BOD) เพื่อหาค่าความสกปรกของน้ำเสีย และอัตราของการออกซิเดชันทางชีวะ ซึ่งวัดได้โดยการหาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เหลือ ณ เวลาต่างๆ

3.) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมการกัดกร่อนของเหล็ก โดยเฉพาะในท่อน้ำประปา และหม้อต้มน้ำไม่ควรที่จะมีปริมาณออกซิเจนที่

ละลายน้ำอยู่ แต่ถ้าความดันต่ำกว่า 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จะมีปริมาณออกซิเจนที่สามารถละลายได้ 0.015 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะช่วยในการควบคุมอัตราเร็วของปฏิกิริยาในกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยการเติมออกซิเจน เพื่อให้มีออกซิเจนที่จะรักษาสภาวะที่มีการเติมออกซิเจน (Aerobic) ป้องกันการใช้อากาศมากเกินควร

การละลายของออกซิเจนในน้ำขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมหลายประการ คือ

5.) อุณหภูมิของน้ำ ถ้าอุณหภูมิของน้ำสูงออกซิเจนจะละลายน้ำได้น้อยลง ค่า Solubility ของออกซิเจนในน้ำจะอยู่ในช่วง 14.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 0 องศาเซลเซียส และ 7มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 35 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ

6.) ความกดดันของอากาศ ถ้ามีความกดดันของอากาศสูงออกซิเจนก็จะละลายได้มาก

7.) ความเข้มข้นของเกลือแร่ต่างๆในน้ำ ถ้ามีความเข้มข้นของเกลือแร่สูงออกซิเจนจะละลายในน้ำได้น้อยลง

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเรื่องการบำบัดและใช้ประโยชน์จากน้ำเสีย และการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยใช้หินพัมมิซ

ในการศึกษาครั้งนี้ ระบบบำบัดที่นำมาใช้ในการศึกษาร่วมกับปะการังและเปลือกหอยนางรม คือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Fixed bed reactor ซึ่งระบบนี้จะมีถังบรรจุตัว reactor ที่มีลักษณะเป็นคอลัมน์ ปล่อยให้ของเหลวไหลผ่าน ระหว่างที่ของเหลวไหลผ่านคอลัมน์ สามารถนำวัสดุประเภทต่างๆ มาบรรจุเป็นตัว Reactor ซึ่งวัสดุนี้อาจมีสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์ หรือชีวภาพแตกต่างกันไปแล้วแต่จุดมุ่งหมายว่าต้องการให้ทำปฏิกิริยาอย่างไรกับของเหลวที่ไหลผ่าน ซึ่งวัสดุที่นิยมนำมาใช้เป็นตัวกลาง เช่น กรวด ทราย ถ่านหรือปะการังหรือเปลือกหอยนางรม เช่น การกำจัดแอมโมเนียจากน้ำเสียที่บำบัดแล้วจากฟาร์มสุกรโดยใช้แคทไอออนิกเรซิน กรดแก่ และปุ๋ยหมัก โดยบรรจุเรซินกรดแก่และปุ๋ยหมักเป็นตัวกลางในคอลัมน์แล้วปล่อยน้ำเสียไหลผ่าน พบว่า ค่าพีเอชที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 7 เรซินจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดที่ดี และพบว่า ปุ๋ยหมักสามารถกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนได้ (กิติชัย, 2548) หรือการกำจัดสารอินทรีย์และไนโตรเจนโดยใช้ถังกรองชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนร่วมกับแบบใช้ออกซิเจนที่มีและไม่มีการหมุนเวียนน้ำทิ้ง พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีทั้งหมดของระบบที่มีและไม่มีการหมุนเวียนน้ำทิ้งเป็นร้อยละ 80-93.2 และ 73-93.3 ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีละลายน้ำของระบบที่มีและไม่มีการ

หมุนเวียนน้ำทิ้งเป็นร้อยละ 93.4-98.5 และ 92.8-97 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดของระบบที่มีและไม่มีการหมุนเวียนน้ำทิ้งเป็นร้อยละ 40.3-76.1 และ 26.2-45.6 ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนของระบบที่มีและไม่มีการหมุนน้ำทิ้งเป็นร้อยละ 41.2-98.8 และ 29-98.7 ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดนั้นการหมุนเวียนน้ำทิ้งมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพโดยที่เวลาเก็บกักน้ำ 12 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนรวมทั้งหมดที่สุด คือ สามารถกำจัดได้ร้อยละ 76.1 (เฉลิมเกียรติ, 2546) หรือถังกรองชีวภาพแบบไหลลงที่ใช้เปลือกหอยเป็นตัวกลางกรอง พบว่า การใช้ถังกรองชีวภาพแบบไหลลงโดยใช้เปลือกหอย ขนาด 5-10 มิลลิเมตร ความหนาแน่น 2.52 กรัม/ลบ.ซม. เป็นตัวกลาง น้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีซีโอดีประมาณ 300 มก./ล. และควบคุมอัตราส่วนซีโอดี:ไนโตรเจน:ฟอสฟอรัส ให้ใกล้เคียงกับน้ำเสียชุมชน การวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ชุด โดยชุดที่ 1 และ 2 เป็นการทดลองเพื่อหาความสูงของชั้นตัวกลางที่เหมาะสม ทราบผลว่าความสูงของชั้นตัวกลางกรองที่ 1.5 เมตร สามารถรับภาระบรรทุกอินทรีย์ได้ดี และมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีไว้ได้ที่ร้อยละ 97 และ 95 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นร้อยละ 96 และ 90 ตามลำดับ และประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 30 และ 28 ตามลำดับ ส่วนชุดที่ 3-5 ใช้ความสูงของชั้นตัวกลางกรอง 1.5 เมตร แต่แปรผันความเร็วการไหลลงของน้ำเสียเพิ่มขึ้นเป็น 1.08, 1.54 และ 2 ม./ชม. ตามลำดับ ได้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเท่ากับ 95, 88 และ 80 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นร้อยละ 54, 24 และ 19 ตามลำดับ และประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 23, 23 และ 18 ตามลำดับ แสดงว่าการเพิ่มภาระบรรทุกอินทรีย์จาก 3 ถึง 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ยังคงรักษาการกำจัดซีโอดีสูงๆ ไว้ได้ แต่อัตราการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดลดลงอย่างเห็นได้ชัด สรุปได้ว่าสามารถใช้เปลือกหอยเป็นตัวกลางในถังกรองชีวภาพ ในการกำจัดซีโอดีได้ เช่น เดียวกับการใช้ตัวกลางชนิดอื่น (วชิรา, 2543) นอกจากนี้การบำบัดน้ำเสียที่มีค่าซีโอดีต่ำโดยใช้เครื่องกรองแบบชีวภาพชนิดใช้อากาศที่มีทรายเป็นตัวกลาง พบว่า การใช้แบบจำลองที่ทำด้วยท่อพลาสติกใสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 140 มม. บรรจุตัวกลางทรายสัมฤทธิ์ 1.49 มม. มีความลึก 1.00 ม. โดยทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์ค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 100-120 มก/ล ป้อนน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่เครื่องกรองในระบบไหลที่อัตราภาระบรรทุกชลศาสตร์ 4.87-57.6 ลบ.ม/(ตร.ม.) และเมื่อทำการทดลองแล้วทราบว่าการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ของระบบ เมื่อลดอัตราภาระบรรทุกชลศาสตร์ และ/หรือเพิ่มความลึกของชั้นตัวกลางสำหรับระบบเครื่องกรองแบบชีวภาพชนิดใช้อากาศมีประสิทธิภาพดีในการบำบัดน้ำเสียที่มีค่าซีโอดีต่ำ ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในช่วง 0.56-3.46 กก.ซีโอดี/(ลบ.ม-ว) (วีรพงศ์, 2540) และสมรรถนะของถังกรองชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนร่วมกับแบบใช้ออกซิเจนด้วยตัวกลางแบบโมดูลาร์ในการบำบัดน้ำเสีย

พบว่า แบบจำลองขนาด 24 ลิตร สูง 2.0 เมตร ภายในบรรจุด้วยตัวกลางพลาสติกแบบโมดูลาร์ จำนวน 2 ถังต่อกันแบบอนุกรมโดยถังกรองแรกควบคุมใช้เป็นถังกรองแบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่วนถังกรองที่สองควบคุมให้เป็นถังกรองแบบใช้ออกซิเจน ซึ่งการทดลองมีการใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ละลายน้ำเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 100-1,000 มก.ซีโอดี/ลิตร เมื่อมีการทดลองทราบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ละลายน้ำในถังกรองแบบใช้ออกซิเจนมีค่าอยู่ระหว่าง 62-71 % ส่วนประสิทธิภาพของถังกรองแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีค่าอยู่ระหว่าง 41-86 % คิดเป็นประสิทธิภาพรวมของระบบได้อยู่ในช่วง 84-95 % (คงศักดิ์, 2538)

ไนไตรท์เป็นสารอินทรีย์ที่มีความเป็นพิษที่เกิดจากกระบวนการไนโทรซิฟิเคชัน (Nitrosification) หรือแอมโมเนียออกซิเดชัน (Ammonium oxidatation) โดยจุลินทรีย์ไนโตรโซโมแนส (Notrosomonas) ความเป็นพิษของไนไตรท์ต่อมนุษย์ ไนไตรท์จะขัดขวางการพาออกซิเจนฮีโมโกลบินในเลือดกล่าวคือเมื่อไนไตรท์ถูกดูดซึมเข้ากระแสเลือดแล้วจะเข้าจับกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าออกซิเจนได้สารประกอบสีน้ำเงินจะทำให้เด็กตัวเขียวคล้ำ ขาดอากาศหายใจและอาจตายในที่สุด อาการเช่นนี้เรียกว่า โรคบลูเบบี้ (Blue baby syndrome) ความเป็นพิษของ ไนไตรท์ต่อสัตว์ ไนไตรท์จะขัดขวางการพาออกซิเจนฮีโมโกลบินในเลือดกล่าวคือเมื่อไนไตรท์ถูกดูดซึมเข้ากระแสเลือดแล้วจะเข้าจับกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าออกซิเจนทำให้สัตว์ขาดออกซิเจนและตายได้ ดังเช่น การศึกษาผลของไนไตรท์-ไนโตรเจนและแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ต่อการตายของลูกปลาหมึกหอม พบว่าการใช้วิธีชีววิเคราะห์แบบเฉียบพลันในสภาพน้ำนิ่ง สังเกตการตายสะสมของลูกปลาหมึกหอมซึ่งความเป็นพิษของไนไตรท์-ไนโตรเจนในเวลา 24 ชั่วโมง เท่ากับ 0.1007 มิลลิกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตรทำให้ลูกปลาหมึกตาย ส่วนความเข้มข้น 0.01 และ0.03 มิลลิกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตรไม่พบการตายของลูกปลาหมึกหอมตลอดการวิจัย (ทวี,2547) ซึ่งไนไตรท์ยังมีความเป็นพิษต่อพืชโดยมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำถ้าได้รับไนไตรท์ในปริมาณที่มากทำให้เกิดกระบวนการยูโทรฟิเคชัน เช่น การตกค้างของสารไนเตรทและไนไตรท์ในผักต่างชนิดที่เพาะปลูกแบบเคมี พบว่า พิษของไนไตรท์และไนเตรททำให้การเจริญเติบโตของผักช้าลงและยังพบว่ามีสารไนไตรท์และไนเตรทปริมาณมากตกค้างอยู่ในผัก ค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์อยู่ระหว่าง 505.1-1573.4 มก./กก. ดังนั้นโอกาสได้รับไนเตรทจากการบริโภคผักในปริมาณสูงส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัยต่อการบริโภคในชีวิตประจำวัน (อัมพิกา, 2548)

กระบวนการบำบัดไนไตรท์ด้วยระบบ Fixed bed reactor นั้นรูปแบบการบำบัดที่นิยมประเภทหนึ่ง คือ การเพิ่มประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ เช่น การใช้แบคทีเรียและ ซีโอไลต์ในการลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยการทดลองเลี้ยงกุ้ง

กุลาดำในบ่อซีเมนต์ขนาด 3 ลูกบาศก์เมตร การทดลองแบบ Complerely Randomized Design แบ่งเป็น4 ชุดๆละ 3 ซ้ำ คือ (T1) บ่อควบคุมหรือ Control (T2) บ่อใส่เชื้อ *Bacillus* spp. (T3) บ่อใส่เชื้อ Bacillus spp และสารModifite Zeolite (T4) บ่อใส่เชื้อ และเชื้อ Nitrifying bacterium พบว่าการใส่เชื้อ Nitrifying bacterium รวมกับเชื้อ Bacillus spp และสารModifite Zeolite มีผลทำให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ทดลองในสภาพที่มีออกซิเจนละลายน้ำอย่างพอเพียง (กรรณิการ์,2543) หรือการลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์โดยการใช้น้ำหมักชีวภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไม พบว่า น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงสามารถลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ได้แตกต่างกัน ซึ่งบ่อที่ใส่น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงสามรถลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ได้มากกว่าเฉลี่ย 0.020.และ 0.009 มิลิกรัมต่อลิตร แต่บ่อที่ใส่น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกร เฉลี่ยถึง 0.030 และ0.012 มิลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นจึงทำให้เกษตรยอมรับประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงเพื่อลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ตามลำดับ (เพ็ชร, 2550)

การศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้ปะการังและเปลือกหอยนางรมเป็น media ในระบบ Fixed bed reactor เนื่องจากปะการังและเปลือกหอยนางรมมีลักษณะเด่น คือ เป็นโพรง มีรูพรุนเป็นจำนวนมาก เป็นวัสดุหาง่ายมีจำนวนมากในประเทศไทย มีราคาถูกและเป็นการนำของเหลือทิ้งนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ การบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์จึงทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงปลาตู้โดยวิธีทางชีวภาพโดยใช้ปะการัง พบว่า การบำบัดน้ำจากการเลี้ยงปลาตู้ โดยเปรียบเทียบ 4 ระบบ คือ ระบบที่ไม่มีการบำบัดน้ำ (ชุดควบคุม) ระบบที่มีการบำบัดโดยใช้ทรายและซากปะการัง ระบบที่มีการบำบัดโดยการปลูกสาหร่ายไว้ก่อน และระบบที่มีการบำบัดโดยการใช้ทรายและซากปะการังร่วมกับการปลูกสาหร่าย ในแต่ละชุดการทดลองเลี้ยงปลาคาร์พ 6 ตัว ในตู้ขนาด 60 ลิตร เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ซึ่งประสิทธิภาพของระบบที่มีการปลูกสาหร่ายไว้ก่อนและระบบที่มีการใช้ทรายและซากปะการังร่วมกับการปลูกสาหร่าย สามารถลดระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย ไนไตรท์และไนเตรท ได้ดีกว่าชุดควบคุมอื่นๆ มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตามลำดับ (สมรักษ์, 2548) หรือการศึกษาระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบ Upflow Anearobic Filter เพื่อประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารโดยใช้ปะการังปรับ pH พบว่า ระบบบำบัดน้ำทิ้งจากโรงอาหารใช้ระบบ Anaerobic Upflow Filter โดยน้ำทิ้งจากโรงอาหารนี้เป็นน้ำที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูง ในการวิจัยจึงใช้ compost จากfilter cake ของโรงงานน้ำตาลเป็นอาหารเสริมแก่แบคทีเรีย เติม sludge เพื่อช่วยเร่งให้เกิดแบคทีเรียในระบบเร็วขึ้น และได้นำปะการังมาใช้เป็นตัวกลางในระบบบำบัดที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยในการปรับ pH โดยปะการังจะสูญเสียน้ำหนักประมาณ 10% ในระยะเวลา 2 เดือน และจะช่วยปรับ pH จาก ค่าเฉลี่ย 4.47 เป็นเฉลี่ย 5.22 ทำให้ระบบ มี

ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงขึ้น ประสิทธิภาพของระบบบำบัด%COD Reduction เป็น 65.79% pH สูงสุด 6.83 และจากผลการวิจัยยังทราบว่าปริมาณ Compost และ Sludge ซึ่งแตกต่างกันที่เติมลงในระบบให้ผลต่อการลดค่า COD ไม่แตกต่างกัน (ศิริภัทร์,2542) หรือการศึกษาการทำงานของระบบ Rotating Biological Contactor (RBC) เพื่อบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พบว่า ระบบแรก (two stages) สามารถลดค่า COD ได้ 92% , ลดค่า BOD ได้ 98% และลดค่า TKN ได้ 84% ที่ Total BOD removal rate 298.7 mg/m^2-hr ส่วนระบบที่ 2 มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD, BOD และ TKN ได้ดีกว่าทุกระบบ ที่3 ที่ใช้ซึ่งบรรจุแผ่นพลาสติกอัดติดกันแน่นเพราะใช้ปะการังมาเป็นตัวกรองและปรับ PH สามารถรับภาระบรรทุกได้ดีกว่าระบบที่ 3 และหลังจากการปรับ pH โดยใช้ปะการังแล้วพบว่าค่า pH มีค่าสูงขึ้นจาก 4.4 ไปเป็น 4.9 ส่งผลให้แต่ละระบบมีประสิทธิภาพในการลดค่า COD เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และประสิทธิภาพในการลดค่า TKN เพิ่มขึ้นถึงประมาณ 30% ในขณะที่การปรับค่า pH ไม่มีผลกับประสิทธิภาพในการลดค่า BOD ให้เห็นเด่นชัด (อรรคพล,2542) หรือระบบบำบัดไนเตรทเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดขนาดเล็ก พบว่า การทดลองระยะแรกได้ใช้เปลือกหอยนางรมทุบเป็นวัสดุกรองแต่เกิดการอุดตันเนื่องจากมวลชีวภาพของแบคทีเรียที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเลือกเปลี่ยนวัสดุกรองมาใช้วัสดุกรองทรงกลมขนาดเล็ก (Super Bioball) ที่ใช้ในระบบกรองของตู้ปลา ทำให้ระบบบำบัดไนเตรทแบบท่อยาวที่สร้างขึ้นสามารถลดความเข้มข้นของไนเตรทจากน้ำเสียเทียมที่มีความเข้มข้นของไนเตรทลงจาก 145.4 mg-NO_3-N/L เหลือ 2.9 mg-NO_3-N/Lภายในเวลา 8 วัน และเป็นการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นแบบไม่สมบูรณ์จึงทำให้พบปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นจากเดิมเล็กน้อย นอกจากนี้ยังสามารถบำบัดไนเตรทในน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่มีปริมาณไนเตรทสะสมอยู่สูงได้โดยจำเป็นต้องมีการเติมแหล่งคาร์บอนให้กับระบบตลอดเวลาทำให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดเพิ่มขึ้นเป็น 31.08 แต่ถ้าไม่มีการเติมเมธานอลประสิทธิภาพจะลดลงเท่ากับ 2.96% (อำไพเทพิน, 2543)