

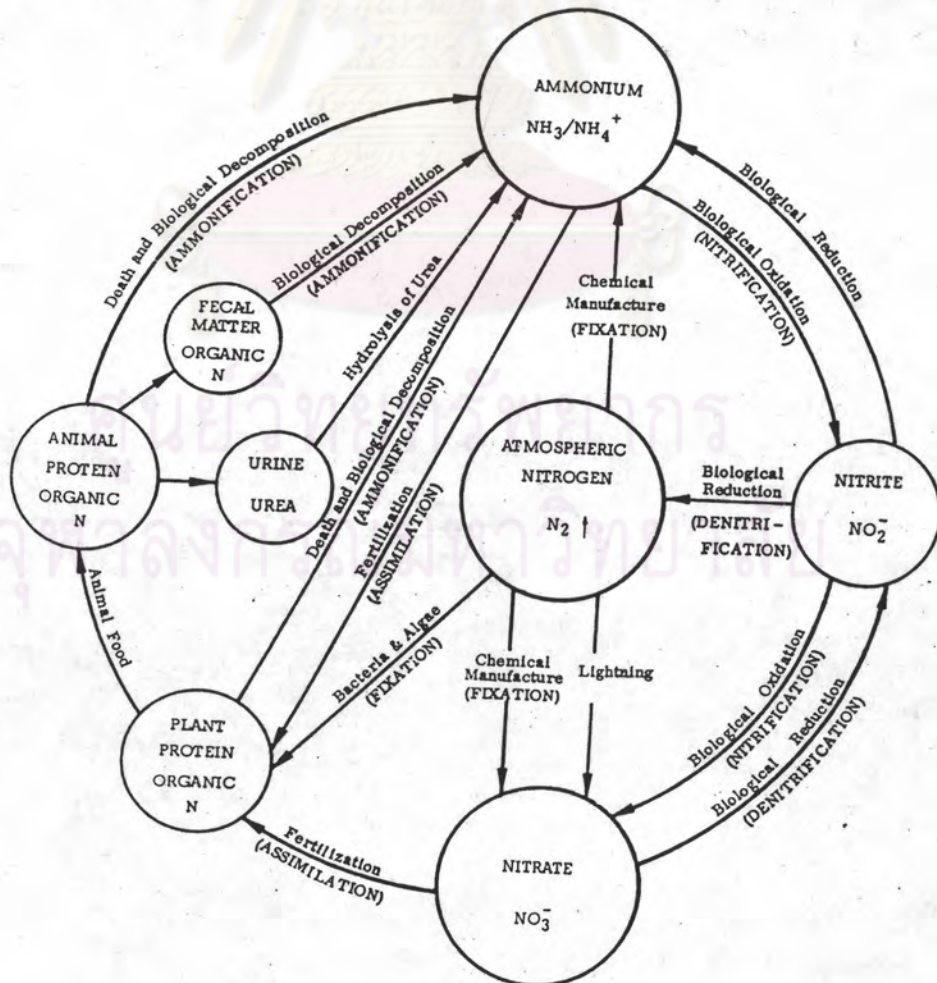


บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 สารประกอบไนโตรเจน และวัฏจักรของไนโตรเจน

เนื่องจากธาตุไนโตรเจนมีค่าวาเลนซ์ (valency) หลายค่า ดังนั้นจึงสามารถอยู่ในรูปของสารประกอบไนโตรเจน (nitrogen compound) ได้หลายรูปด้วยกันและสามารถเปลี่ยนรูปกลับไปมาได้ตามสภาวะแวดล้อมที่มีก๊าซออกซิเจน ความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบไนโตรเจนในรูปต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกันอยู่ตามธรรมชาตินั้นสามารถแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งเป็นรูปแสดงถึงวัฏจักรของไนโตรเจน (nitrogen cycle)



รูปที่ 2.1 วัฏจักรของไนโตรเจน (20)

ในรูปที่ 2.1 จะเห็นว่า ในระหว่างที่เกิดฝนฟ้าคะนอง ประจุไฟฟ้าในบรรยากาศจะทำให้ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (oxidised) เกิดเป็นสารประกอบไนเตรตขึ้น เมื่อสารประกอบไนเตรตซึ่งละลายอยู่ในน้ำฝนตกลงสู่พื้นดิน ก็จะกลายเป็นอาหารของพืชสีเขียวในการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างโปรตีน (plant protein) นอกจากนี้ยังมีแบคทีเรียบางชนิดที่อาศัยอยู่ตามรากของพืช ซึ่งสามารถจับก๊าซไนโตรเจนในบรรยากาศได้ และพืชก็สามารถนำไปใช้เป็นอาหารเพื่อการสร้างโปรตีนได้เช่นกัน ตัวอย่างของแบคทีเรียพวกนี้ได้แก่ *Azotobacter Agile* , *Azotobacter Chroococcus* , *Clostridium* เป็นต้น เมื่อคนและสัตว์รับประทานพืชเป็นอาหาร โปรตีนในพืชจะถูกนำไปใช้สร้างโปรตีนในคนและสัตว์ (animal protein) และเมื่อสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ขับถ่ายของเสียออกมา เช่น บัสสาวะ อุจจาระ หรือตายไป ของเสียเหล่านี้จะเกิดเน่าเปื่อยและเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนีย ซึ่งพืชก็จะนำไปใช้เป็นอาหารต่อไป ส่วนแอมโมเนียที่เหลือใช้จากพืช หากสภาวะแวดล้อมมีออกซิเจนมากพอ ก็จะถูกออกไซด์โดยจุลินทรีย์ประเภทออโตโทรฟิเคไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (autotrophic nitrifying bacteria) เกิดเป็นสารประกอบไนไตรต์และสารประกอบไนเตรต ต่อไปนี้ที่สุด อนึ่งถ้าสภาวะแวดล้อมเกิดสภาพไร้ออกซิเจนขึ้น สารประกอบไนเตรตก็จะถูกเปลี่ยนกลับเป็นสารประกอบไนไตรต์และก๊าซไนโตรเจนหรือแอมโมเนียได้ โดยจุลินทรีย์แบคทีเรียบางชนิด เช่น *E.Coli* หรือ *Thiobacillus denitrificans* เป็นต้น

จากวัฏจักรของไนโตรเจน จะเห็นว่า สารประกอบไนโตรเจนมีความสำคัญต่อวงจรชีวิตของทั้งพืชและสัตว์เป็นอย่างมาก ทั้งนี้เพราะไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโครงสร้างของเซลล์สิ่งมีชีวิต ดังนั้นสารประกอบไนโตรเจนจึงมีส่วนเกี่ยวข้องกับงานทางด้านวิศวกรรมสาขาภิบาลเป็นอย่างมาก

2.2 ชนิดของสารประกอบไนโตรเจนที่มีอยู่ในน้ำเสีย

โดยทั่วไปสารประกอบไนโตรเจนที่มีอยู่ในน้ำเสีย มักพบอยู่ 4 ชนิด ค่ายกัน ดังนี้

ก) สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน (organic - nitrogen compounds) หมายถึง สารอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

ข) สารแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia - nitrogen compounds) หมายถึง ไนโตรเจนทั้งหมดที่มีอยู่ในรูปแอมโมเนีย หรือสารประกอบแอมโมเนียม

ค) สารประกอบไนไตรต์ (nitrite - nitrogen compounds) หมายถึง สารประกอบที่อยู่ในรูปของ NO_2^- ซึ่งเกิดจากการออกซิเดชันที่ยังไม่สมบูรณ์ของสารประกอบไนโตรเจนอื่น

ง) สารประกอบไนเตรต (nitrate - nitrogen compounds) หมายถึง สารประกอบที่อยู่ในรูปของ NO_3^- ซึ่งเป็นผลจากการออกซิเดชันที่สมบูรณ์ของสารประกอบไนโตรเจนอื่น และหากสภาวะแวดล้อมมีออกซิเจนในปริมาณมากเกินไปแล้ว สารประกอบไนเตรตนี้ จัดได้ว่าเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่มีความเสถียรมากที่สุด

ในการควบคุมปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่มีอยู่ในน้ำเสียเหล่านั้นนั้น สามารถกระทำได้หลายวิธีด้วยกัน แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการควบคุมด้วยระบบแอกทิเวตเตดสลัดจ์แบบดีไนตริฟิเคชันเกิดทีหลังเท่านั้น

2.3 ระบบแอกทิเวตเตดสลัดจ์แบบดีไนตริฟิเคชันเกิดทีหลัง

(Post - Denitrification Activated Sludge System)

ระบบแอกทิเวตเตดสลัดจ์แบบดีไนตริฟิเคชันเกิดทีหลัง เป็นระบบแอกทิเวตเตดสลัดจ์ที่ดัดแปลงขึ้น เพื่อให้สามารถกำจัดทั้งสารอินทรีย์คาร์บอนและสารประกอบไนโตรเจนที่มีอยู่ในน้ำเสีย โดยควบคุมให้ปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันเกิดตามหลังปฏิกิริยาแอโรบิกออกซิเดชัน ซึ่งส่วนประกอบของระบบมีดังต่อไปนี้

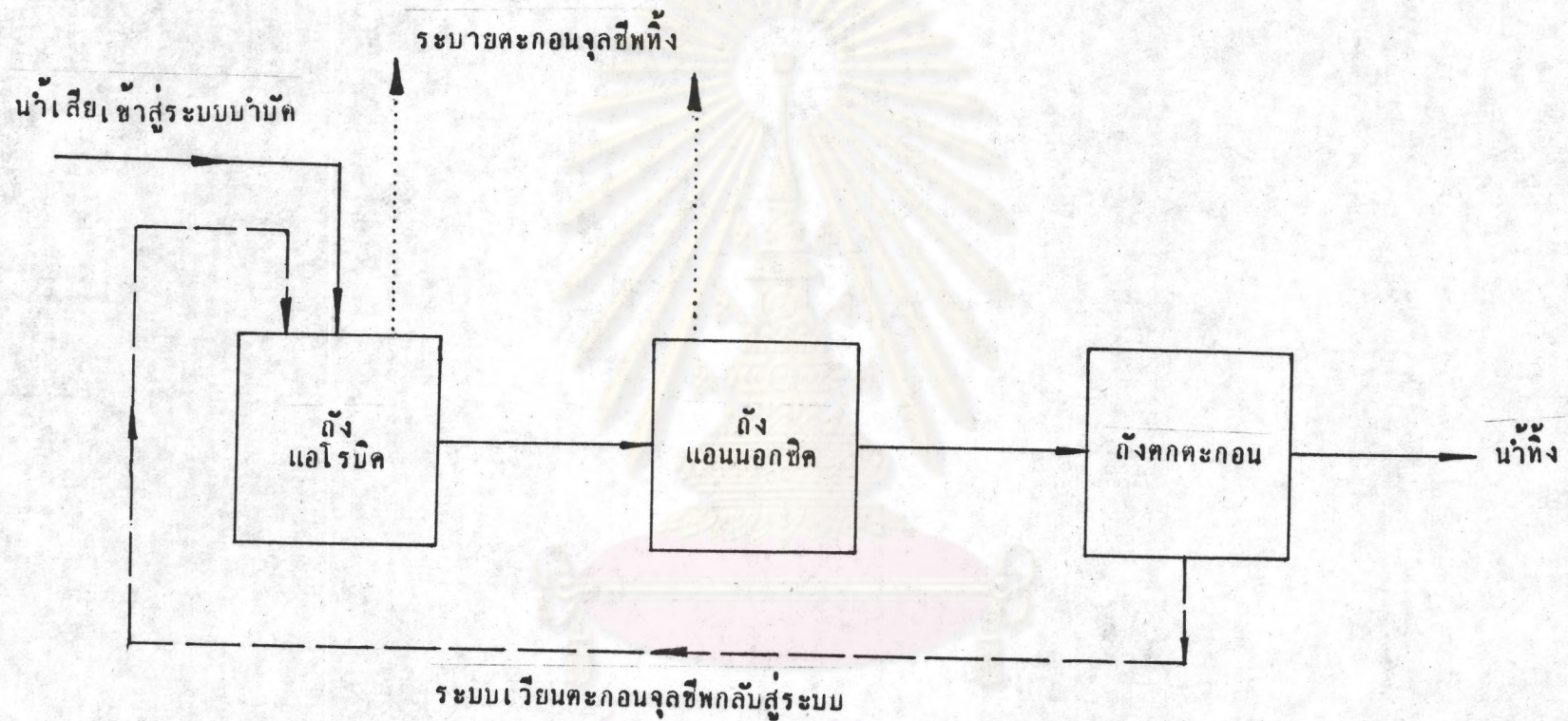
2.3.1 ถังปฏิกิริยาแอโรชัน (aeration tank)

2.3.2 ถังปฏิกิริยาแอนน็อกซิก (anoxic tank)

2.3.3 ถังตกตะกอน (sedimentation tank)

2.3.4 ระบบการเวียนตะกอนและระบายตะกอน (recycle and wastage sludge system)

โดยจัดเรียงเป็นระบบ ดังปรากฏในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงระบบกำจัดน้ำเสียแอกทีวेटเตดสลักจ์ แบบทีไนครีฟิเคชันเกิดทีหลัง

2.3.1 ถังปฏิริยาแเอเรชัน

ปฏิริยาที่เกิดขึ้นภายในถังแเอเรชัน จะเป็นแเอโรบิกออกซิเดชัน (aerobic oxidation) ซึ่งจะทำจัสสารอินทรีย์คาร์บอนในน้ำเสียเป็นสำคัญ และเปลี่ยนสารประกอบเจลดัลไนโตรเจนรวม (Total Kjeldahl Nitrogen , TKN) ให้เป็นสารประกอบไนเตรตต่อไป หรือที่เรียกว่า กระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification process)

2.3.2 ถังปฏิริยาแอนนออกซิค

ปฏิริยาที่เกิดขึ้นภายในถังปฏิริยาแอนนออกซิค จะเป็นกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (denitrification process) ซึ่งเป็นกระบวนการลดสารประกอบไนเตรตในน้ำเสียที่ได้จากถังแเอเรชัน โดยการใช้น้ำเป็นสารตัวสุดท้ายที่รับอิเล็กตรอนแทนออกซิเจนในการออกซิเดชันสารประกอบอินทรีย์คาร์บอน ดังนั้นปฏิริยานี้จึงจัดว่าเป็นปฏิริยาของการหายใจแบบไร้ออกซิเจน (anaerobic respiration)

2.3.3 ถังตกตะกอน

เมื่อจุลชีพแบคทีเรียเจริญเติบโตในถังปฏิริยา จะเกิดการจับตัวกันเป็นกลุ่มเรียกว่า ฟล็อก (floc) ซึ่งจะมีสีน้ำตาลและแขวนลอยอยู่เต็มในถังปฏิริยา และหากควบคุมให้ระบบทำงานได้ตามที่ออกแบบแล้ว ฟล็อกเหล่านี้จะตกตะกอนที่ถังตกตะกอน และน้ำใสซึ่งล้นออกทางขอบบนของถังตกตะกอน หากมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดคน้ำทิ้งแล้ว ก็จะสามารถระบายทิ้งลงสู่แหล่งน้ำได้

2.3.4 ระบบการเวียนตะกอน และระบายตะกอน

ในส่วนของตะกอนจุลชีพที่จมอยู่กับถังตกตะกอน จะถูกเวียนส่งกลับสู่ถังแเอเรชัน เพื่อเป็นการรักษาระดับความเข้มข้นของแบคทีเรียในระบบให้มีพอเพียงสำหรับการกำจัดน้ำเสียให้ทั้งหมด อนึ่งเนื่องจากแบคทีเรียมีการเพิ่มจำนวนตลอดเวลา ดังนั้นจึงต้องมีการระบายตะกอนทิ้งบ้าง เพื่อมิให้การสะสมของตะกอนมีมากเกินไปจนเป็นอุปสรรคต่อการใช้ถังตกตะกอน หรือเกิดปัญหาอื่นๆ ซึ่งการระบายตะกอนนี้อาจระบายทิ้งออกจากถังตกตะกอน หรือออกจากถังปฏิริยาก็ได้

2.4 กระบวนการแอโรบิกออกซิเดชัน (Aerobic Oxidation Process)

กระบวนการแอโรบิกออกซิเดชันสำหรับการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอน เป็นกระบวนการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนที่มีอยู่ในน้ำเสีย โดยอาศัยจุลชีพแบคทีเรียประเภท Aerobic และ Facultative Heterotrophs ซึ่งจะทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ละลายอยู่ในน้ำเสียโดยวิธี Assimilation ดังนั้นจุลชีพจึงได้คาร์บอนและพลังงานสำหรับการเจริญเติบโต ส่วนของสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ จะถูกจับติดอยู่กับฟล็อก (floc) และย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่จุลชีพคายออกมาจากตัว (exocellular enzyme) จนกระทั่งสารอินทรีย์นั้นอยู่ในรูปของสารละลายที่สามารถ Assimilate ได้ สุดท้ายส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ไม่สามารถสลายตัวต่อไปได้ และตะกอนจุลชีพ ซึ่งรวมกันเรียกว่า Activated Sludge ก็จะถูกส่งเข้าสู่ถังปฏิกริยาชุดใหม่ หรือถังตกตะกอนต่อไป

2.4.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการแอโรบิกออกซิเดชัน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการแอโรบิกออกซิเดชันในการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอน มีอยู่หลายปัจจัยด้วยกัน และที่สำคัญมีดังนี้

ก) อุณหภูมิ (temperature)

อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่สามารถส่งผลกระทบต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาแอโรบิกออกซิเดชันไม่น้อย ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิมิมีผลกระทบต่ออัตราการขนถ่าย (diffusion) ของสารอินทรีย์ และออกซิเจนเข้าไปภายใน Biofloc อย่างไรก็ตาม สำหรับในประเทศไทย ซึ่งอยู่ในเขตโซนร้อน มีอุณหภูมิที่ไม่แตกต่างกันมากตลอดทั้งปี ปัญหาที่เกิดจากอุณหภูมิของอากาศที่มีผลกระทบต่อระบบบำบัด จึงมีน้อยมาก (1)

ข) รัคตบตีไอ (Dissolved Oxygen , DO)

ปริมาณความเข้มข้นของตีไอที่ให้กับระบบกำจัดน้ำเสีย จะต้องมืมากพอสำหรับเอื้ออำนวยให้เกิดกระบวนการแอโรบิกออกซิเดชัน ได้อย่างสมบูรณ์ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งจากการวิจัยพบว่า รัคตบตีไอที่เหมาะสมนั้น มีค่าอยู่ในช่วง

1 - 2 มก./ล. (2)

อนึ่ง หากต้องการควบคุมให้ระบบมีจุลชีพประเภท Autotrophic Nitrifying Bacteria เกิดขึ้นด้วย ก็จำเป็นที่จะต้องควบคุมให้ระบบมีปริมาณออกซิเจนมากพอสำหรับจุลชีพทั้งหมด มิฉะนั้นแล้วจะมีการแย่งออกซิเจนกันเกิดขึ้น ซึ่งอาจทำให้ระบบบำบัดทำงานได้ไม่เต็มตามต้องการ (1)

ค) ระบายพีเอช (pH)

โดยทั่วไปแล้ว ระบายพีเอชในถังปฏิริยาจะมีค่าลดต่ำลง ก็ต่อเมื่อเกิดปฏิริยาในครีฟิเคชั่นขึ้นในถังและน้ำเสียมีสารบีเฟออร์ไม่พอเพียง จากการวิจัยของ Downing และคณะ (12) พบว่าการปล่อยให้ถังปฏิริยามีค่าพีเอชต่ำกว่า 6.0 เป็นเวลานานๆ จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของระบบกำจัดน้ำเสียลดลง ทั้งนี้เพราะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเกิดขึ้นได้ไม่เต็มที่ นอกจากนี้ยังอาจเป็นการเปิดโอกาสให้ฟังไจ หรือ แบคทีเรียชนิดเส้นใยเติบโตและขยายพันธุ์ จนสลักจ์เกิดโรคมไม่ลง (sludge bulking) ได้ (2)

2.4.2 การควบคุมกระบวนการแอโรบิกออกซิเคชั่น (ในระบบแอกทิเวตเตดสลักจ์)

เนื่องจาก ผลการทำงานของระบบกำจัดน้ำเสียแอกทิเวตเตดสลักจ์ขึ้นอยู่กับความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนในน้ำเสีย และความสามารถในการสร้างจุลชีพที่จะรวมตัวกันเป็นฟล็อก (floc) ที่สามารถตกตะกอนได้ดี ซึ่งคุณสมบัติในด้านการตกตะกอนของจุลชีพอาจถูกกำหนดได้ด้วยค่า Mean Cell Residence Time, MCRT หรือ Solid Retention Time , SRT (1) และมีนักวิจัยพบว่า ทรายใบที่ค่าของ SRT ที่ถูกเลือกให้มีค่าสูงพอที่จะให้ตะกอนจุลชีพตกตะกอนได้ดีแล้ว ระบายของสารอินทรีย์คาร์บอนในน้ำเสียก็จะมีปริมาณต่ำลงถึงระดับที่ต้องการได้เสมอ (1)

ค่าระดับเวลาในการกักตะกอนจุลชีพ (Mean Cell Residence Time หรือ Solid Retention Time , SRT) หมายถึงระยะเวลาที่ตะกอนจุลชีพถูกเก็บอยู่ในระบบบำบัด ซึ่งจากการวิจัยของ Sherrard และ Lawrence (4) ได้ทำการศึกษาทดลองเลี้ยงจุลชีพในระบบแอกทิเวตเตดสลักจ์ที่มีการเวียนตะกอนจุลชีพกลับสู่ถังปฏิริยา ณ ระดับ SRT ต่างๆ เพื่อศึกษาถึงขีดค่าสุดของ SRT

ที่มีต่อคุณสมบัติในด้านการตกตะกอน และการอัดตัวของ Sludge ปรากฏว่าขีดต่ำสุดของ SRT อยู่ที่ประมาณ 2 วัน และผลจากการวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนยืนยันจากการสังเกตผลการทำงานของระบบแอกทิเวตเตดสลัดจ์ในสนามค้าย (5) นอกจากนี้ Ford และ Eckenfelder (6) ได้ศึกษาถึงผลกระทบของ SRT ที่มีต่อค่า Sludge Volume Index , SVI พบว่า ตะกอนจุลชีพจะไม่สามารถอัดตัวได้แน่น หากค่า SRT มีค่าต่ำกว่า 3 วัน ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวนี้ Magara และผู้ร่วมงาน (7) ได้ทำการศึกษาทดลอง และยืนยันผลที่ได้ในลักษณะเดียวกัน ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า ค่า SRT ควร มีค่าอย่างน้อย 3 วัน เพื่อป้องกันมิให้น้ำทิ้ง (effluent) มีตะกอนจุลชีพแขวนลอย มากเกินไป และเพื่อให้ตะกอนจุลชีพสามารถอัดตัวได้แน่น

อนึ่ง ยังมีผู้วิจัยพบว่า ระบบแอกทิเวตเตดสลัดจ์ที่ควบคุมให้มีค่า SRT คงที่ และมีค่าสูงพอ จะเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูง และมีความต้านทานต่อความแปรปรวนของน้ำเสียได้ดีที่สุด (2) แต่ทั้งนี้ต้องรักษาระดับพีเอช และดีโอ ให้อยู่ในช่วง 7.0 ถึง 8.0 และมีค่าอยู่ระหว่าง 1.0 ถึง 2.0 มก./ล. เสมอ

2.5 กระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification Process)

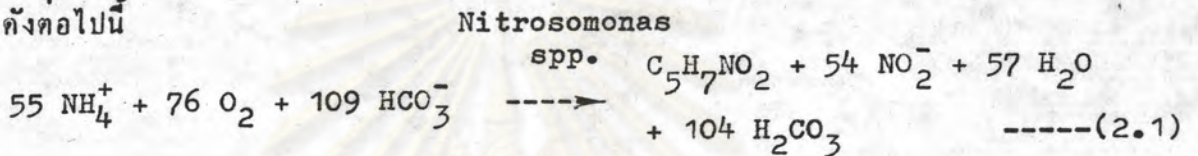
กระบวนการไนตริฟิเคชัน เป็นกระบวนการกำจัดน้ำเสียแบบชีวเคมีที่สารประกอบเจลดัลในโตรเจนรวม (TKN) อันได้แก่สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนีย และสารประกอบแอมโมเนียมีในน้ำเสีย จะถูกเปลี่ยนรูปเป็นสารประกอบไนไตรต์ และสารประกอบไนเตรตในที่สุด โดยอาศัยจุลชีพซึ่งอาจเป็นประเภทเฮเทอโรโทรฟิกแบคทีเรีย (heterotrophic bacteria) หรือ ออโตโทรฟิก แบคทีเรีย (autotrophic bacteria) ก็ได้ (8) แต่แบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญในปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันมีชื่อรวมกันว่า ไนตริฟายอิง แบคทีเรีย (nitrifying bacteria) ซึ่งเป็นแบคทีเรียประเภทออโตโทรฟ โดยได้รับพลังงานสำหรับการเจริญเติบโตจากการออกซิเดชัน (oxidation) สารประกอบอินทรีย์ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (carbondioxide) เป็นต้น อย่างไรก็ตามแบคทีเรียประเภทนี้ก็ยังสามารถใช้สับสเตรต (substrate) ที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ได้เช่นกัน (9) แต่จะใช้ได้น้อยกว่าและปริมาณที่ใช้อก็เปลี่ยนแปลงตามสภาวะของการเจริญเติบโต ดังนั้นสมการส่วนมากที่แสดงให้เห็นถึง สโตยชิโอเมตริก (stoichiometry equation) ของกระบวนการ จึงมักพิจารณาเฉพาะด้านที่ใช้

คาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอนเพียงอย่างเดียว

จุลชีพไนโตรฟายอิงแบคทีเรียที่สำคัญในกระบวนการไนตริฟิเคชันมี 2 ชนิด
ด้วยกัน คือ

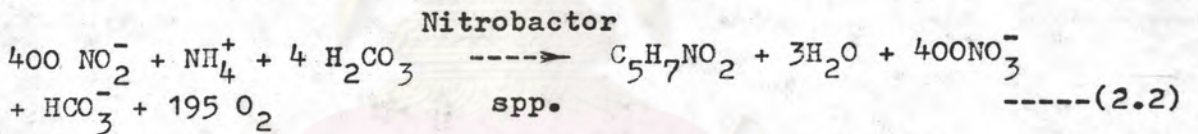
(1) แบคทีเรียชนิดไนโตรโซโมนาส (*Nitrosomonas* spp.)

จุลชีพชนิดนี้ จะทำการออกซิไดส์ (oxidise) สารประกอบ TKN ที่มีอยู่ในน้ำเสีย
ให้เป็นสารประกอบไนไตรต์ ด้วยขั้นตอนต่างๆที่สลับซับซ้อนซึ่งยังไม่เป็นที่รู้จักและเข้าใจกัน
อย่างสมบูรณ์นัก สำหรับสมการที่อธิบายถึงปฏิกิริยาชีวเคมีของแบคทีเรียชนิดนี้ (10) มี
ดังต่อไปนี้

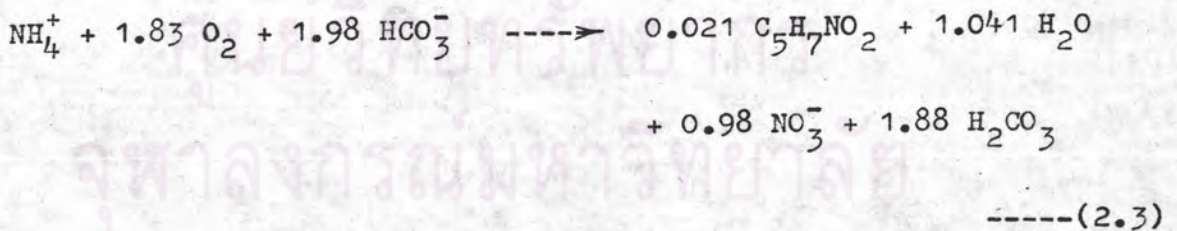


(2) แบคทีเรียชนิดไนโตรแบคเตอร์ (*Nitrobacter* spp.)

จุลชีพประเภทนี้ จะทำการออกซิไดส์สารประกอบไนไตรต์ ให้เป็นสารประกอบไนเตรต
และสมการแสดงปฏิกิริยาชีวเคมีของแบคทีเรียชนิดนี้ (10) มีดังต่อไปนี้



เมื่อรวมสมการที่ (2.1) และ (2.2) เข้าด้วยกัน จะได้สมการที่แสดงถึงปฏิกิริยา
ชีวเคมีของกระบวนการไนตริฟิเคชัน ดังนี้คือ



ในสมการที่ (2.3) จะเห็นว่า

(ก) ในการออกซิเดชันสารประกอบแอมโมเนียม จำนวน 1 มิลลิกรัม
(ในเทอมของไนโตรเจน) นั้น จะต้องใช้สารประกอบไบคาร์บอเนต จำนวน 7.07
มิลลิกรัม (ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต) โดยที่ส่วนน้อยของสารประกอบ

ไบคาร์บอเนตเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ แต่ส่วนใหญ่แล้วจะถูกนำไปเพื่อปรับความเป็นกลาง (neutralization) ให้กับไอออน (ions) ที่ถูกปล่อยออกมาในระหว่างการเกิดออกซิเดชันในระบบ ดังนั้นหากน้ำเสียมีระดับของความเป็นด่าง (alkalinity) ไม่สูงพอแล้ว ก็จะมีผลทำให้ พีเอช (pH) ของระบบลดต่ำลง ซึ่งผลที่ตามมาก็คือ อัตราการเกิดปฏิกิริยาในทรินิเคชัน จะมีค่าลดน้อยลงด้วย

(ข) ในการออกซิเดชัน สารประกอบแอมโมเนียมทุกๆ 1 มิลลิกรัม เพื่อเปลี่ยนรูปเป็นสารประกอบไนโตรเจนนั้น จะต้องใช้ปริมาณออกซิเจนประมาณ 3.22 มิลลิกรัม และในการออกซิเดชันสารประกอบไนโตรเจนทุกๆ 1 มิลลิกรัม เพื่อที่จะเปลี่ยนรูปเป็นสารประกอบไนเตรตนั้น จะต้องใช้ปริมาณออกซิเจนประมาณ 1.11 มิลลิกรัม ดังนั้นในการเปลี่ยนรูปสารประกอบแอมโมเนียมปริมาณ 1 มิลลิกรัม ให้เป็นสารประกอบไนเตรตนั้น จะต้องใช้ปริมาณออกซิเจนทั้งหมด ประมาณ 4.33 มิลลิกรัม

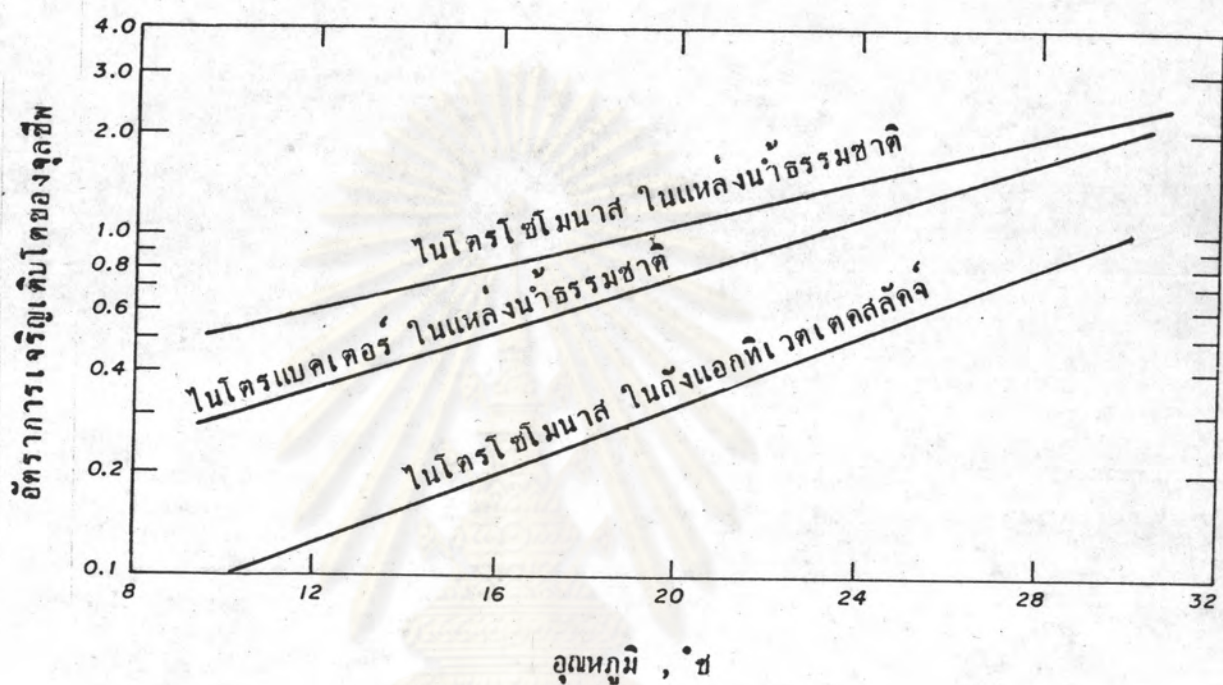
สำหรับในการออกแบบระบบทางคานวิศวกรรมแล้วให้ถือว่า ในการออกซิไดส์ สารประกอบแอมโมเนียม ปริมาณ 1 มิลลิกรัม (ในเทอมของไนโตรเจน) ให้เป็นสารประกอบไนเตรต จะต้องใช้ปริมาณสารประกอบไบคาร์บอเนต 7.14 มิลลิกรัม (ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต) (20) และปริมาณออกซิเจนทั้งหมด 4.6 มิลลิกรัม (20)

2.5.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการไนทรifiเคชัน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการไนทรifiเคชัน มีอยู่หลายปัจจัยด้วยกัน และที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

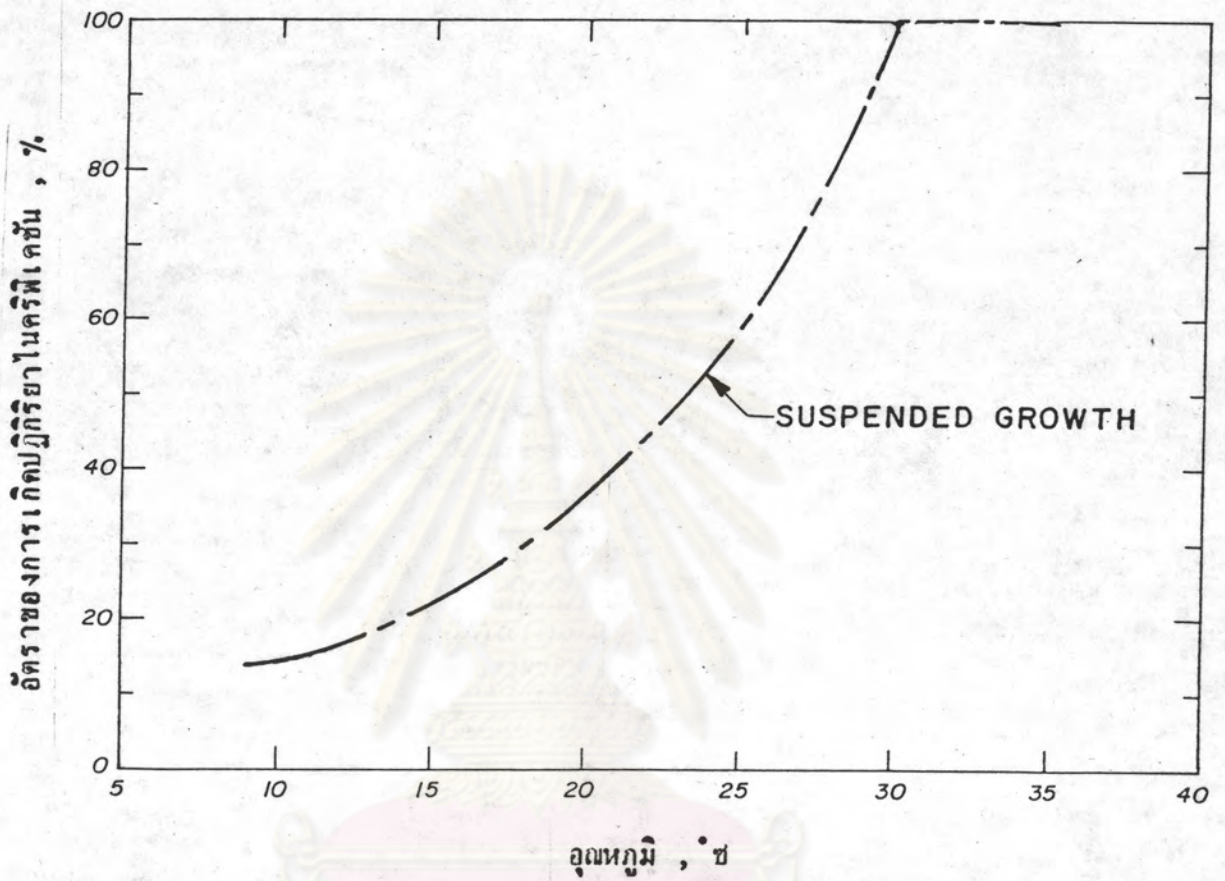
ก) อุณหภูมิ (temperature)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สามารถส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ประเภทไนโตรฟายอิงแบคทีเรียเป็นอย่างมาก Downing และคณะ (11,12) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไนทรifiเคชัน และอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ไนโตรฟายอิงแบคทีเรีย ที่หลายๆ สภาวะ ซึ่งพบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าต่างๆดังกล่าวจะมีค่าสูงตามขึ้นด้วย (ดูรูปที่ 2.3 และ 2.4 ประกอบ) แต่อย่างไรก็ตาม การวิจัยนี้กระทำอยู่เพียงในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 10°ซ ถึง 30°ซ เท่านั้น



รูปที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตของจุลชีพ
ไนโตรโซโมนาส และ อุณหภูมิ (11,12)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิจัยทรัพยากร
รูปที่ 2.4 แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเจริญเติบโตของจุลชีพแฉวนลอย
ในระบบไนครีฟิเคชัน (11,12)

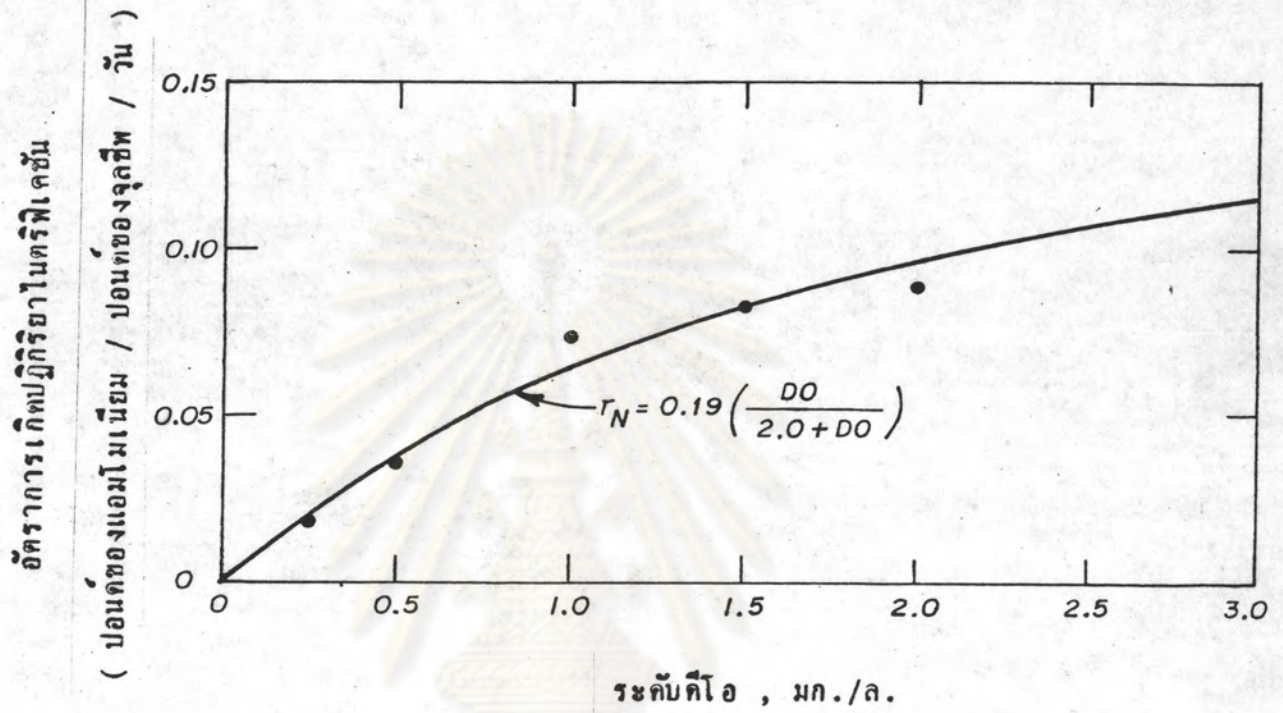
ข) ดีไอ (Dissolve Oxygen , DO)

ปริมาณความเข้มข้นของดีไอ ที่ให้กับระบบกำจัดน้ำเสีย นั้นจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของจุลชีพในทรีฟายอิงแบคทีเรีย และอัตราการเกิดปฏิกิริยาในทรีฟเคชั่นของระบบเป็นอย่างมาก จากการวิจัยของ Nagel และ Haworth (13) พบว่าเมื่อปริมาณของดีไอ ในระบบมีค่าสูงขึ้นแล้ว อัตราของการเกิดปฏิกิริยาในทรีฟเคชั่น ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย (ดูรูปที่ 2.5 ประกอบ)

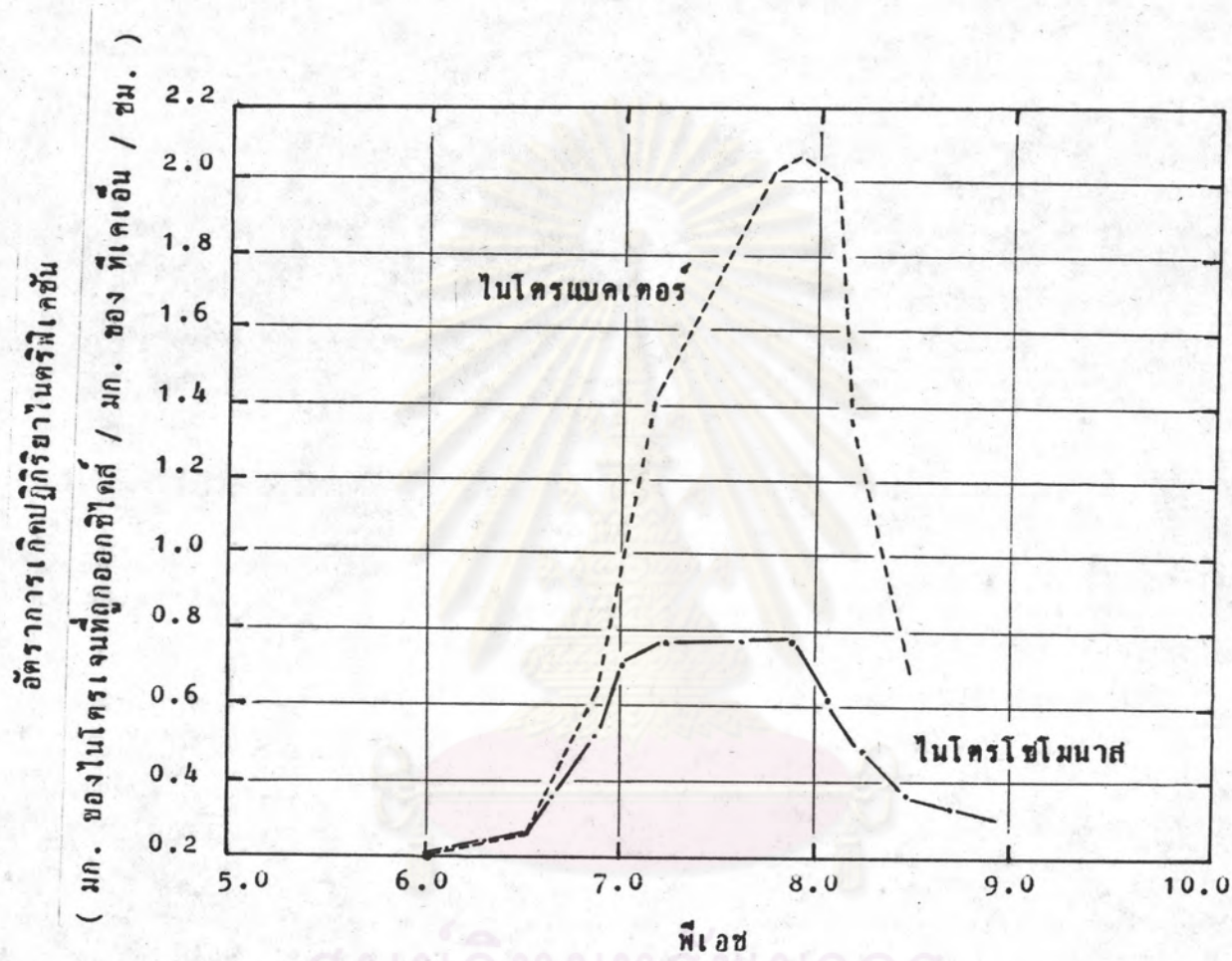
ค) สภาพความเป็นกรดเป็นด่าง หรือระดับพีเอช (pH)

เนื่องด้วยในการเกิดปฏิกิริยาในทรีฟเคชั่นนั้น จะมีการทำลายสภาพความเป็นด่างส่วนหนึ่งของระบบไป ดังนั้นโอกาสที่ระดับพีเอชในระบบจะมีค่าลดต่ำลงจึงเกิดขึ้นได้มาก และเนื่องจากว่าจุลชีพในทรีฟายอิงแบคทีเรียมีความรู้สึกไวต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับพีเอชเป็นอย่างมาก (14) ดูรูปที่ 2.6 ประกอบ ดังนั้นหากระบบมีปริมาณของสารบัฟเฟอร์ไม่มากพอแล้ว ผลจากการลดค่าของค่าพีเอชนี้ จะทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาในทรีฟเคชั่นลดต่ำลงด้วย (ดูรูปที่ 2.7 ประกอบ) (15,16,17,18) เว้นเสียว่าจะมีการเลี้ยงจุลชีพให้อยู่ในสภาพที่เคยชินกับสภาวะของระบบที่มีค่าพีเอชต่ำเสียก่อน (acclimation) แล้วผลกระทบจากสภาวะดังกล่าวที่มีต่อจุลชีพจะเกิดขึ้นน้อย

นอกจากปัจจัยต่างๆดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังปรากฏว่ามีปัจจัยอื่นๆที่มีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาในทรีฟเคชั่น แต่อิทธิพลเหล่านี้ไม่สามารถแสดงออกมาให้เห็นเป็นปริมาณและไม่สามารถอธิบายได้ด้วยสมการ อาทิเช่น หึ่งสับสเตรตและผลของปฏิกิริยาล้วนแต่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลชีพประเภทในทรีฟายอิงแบคทีเรียได้ กล่าวคือ เมื่อปริมาณของสับสเตรตและผลของปฏิกิริยาสูงเกินไป ก็จะสามารถลด Microbial Activity ลงได้ (19,20,21) นอกจากนี้ เนื่องจากในทรีฟายอิงแบคทีเรียสามารถสร้างอาหารขึ้นเองจากสารอินทรีย์ ดังนั้นจึงทำให้มีความเชื่อว่าสารอินทรีย์อาจเป็นพิษต่อจุลชีพประเภทนี้ ซึ่งความเชื่อเช่นนี้ไม่ถูกต้อง (22,23) ทั้งนี้เพราะว่าปฏิกิริยาในทรีฟเคชั่นสามารถเกิดขึ้นได้ในอัตราสูง แม้ว่าจะมีสารอินทรีย์ปรากฏอยู่ด้วยก็ตาม ขอเพียงให้มีปัจจัยแวดล้อม เช่น พีเอช ดีไอ เป็นต้น อยู่ในระดับที่เหมาะสม และอันที่จริงแล้ว ภายใต้อสภาพบางอย่าง การปรากฏของสารอินทรีย์อาจเป็นการช่วยเร่งปฏิกิริยาในทรีฟเคชั่น

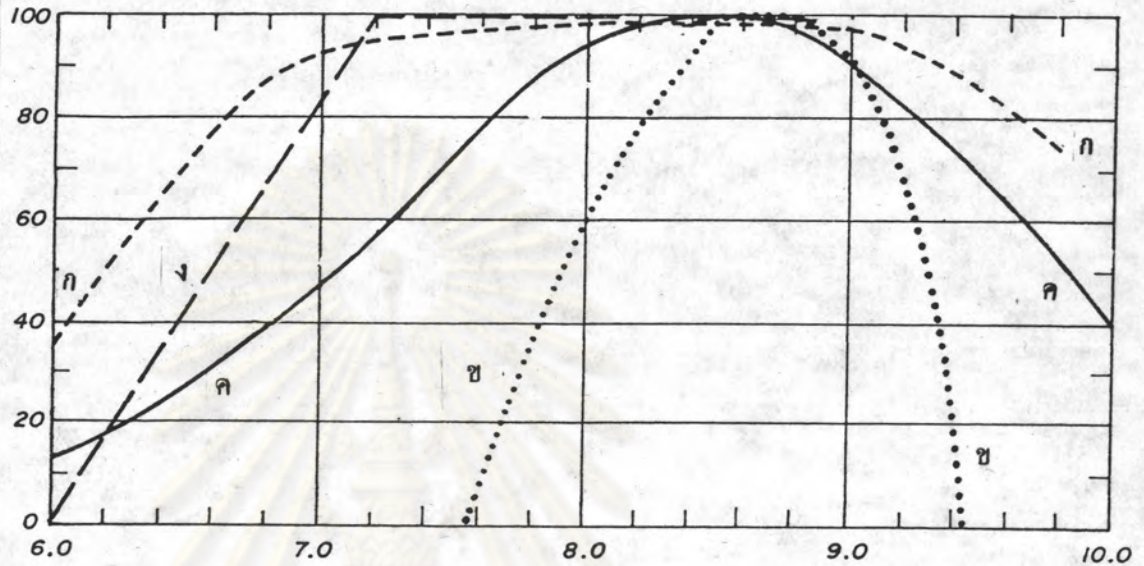


รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับดีไอ และ อัตราการผลิตปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน (18)



รูปที่ 2.6 ผลกระทบของพีเอชที่มีต่อการกำจัดสารไนโตรเจนของจุลชีพชนิดไนโตรโซโมนาส และ ชนิดไนโตรแบคเตอร์ (1)

อัตราการเกิดปฏิกิริยาไนโตรฟีเคชันสูงสุด , %



พีเอช

สัญลักษณ์	สภาวะการเจริญเติบโต	อ้างอิง
ก	ไนโตรโซโมนาส ใน Pure Culture	15
ข	ไนโตรโซโมนาส ใน Pure Culture	16
ค	จุลชีพในระบบแอกทีเวตเต็ดสลัดจ์ ที่ 20°ซ	17
ง	จุลชีพในระบบแอกทีเวตเต็ดสลัดจ์ ที่ 20°ซ	18

รูปที่ 2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช และ อัตราการเกิดปฏิกิริยาไนโตรฟีเคชัน (15,16,17,18)

ได้ค้าย (26) อย่างไรก็ตามก็ มีสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์บางอย่างอาจยับยั้งหรือเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ ดังแสดงให้เห็นตามตารางที่ 2.1 และ 2.2 ซึ่งจากการตรวจสอบพบว่าในตารางที่ 2.1 ตัวยับยั้งคือปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน ที่มีอำนาจมากส่วนใหญ่จะมีซิลเฟอร์อยู่ด้วย (1)

2.5.2 การควบคุมปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน

ในการควบคุมปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันในถังแอรเชียนั้น เนื่องจากระยะเริ่มต้นของการเพาะเลี้ยงจุลชีพ (start up) จุลชีพไนตริฟายอิงแบคทีเรียที่สร้างขึ้นใหม่ในระบบ มักมีปริมาณต่ำ และจากการที่จุลชีพประเภทออโตโทรฟ (autotrophs) ตกตะกอนได้ไม่ดีเท่าจุลชีพประเภทเฮเทอโรโทรฟ (heterotrophs) (1) ดังนั้น โอกาสที่จุลชีพไนตริฟายอิงแบคทีเรีย จะแขวนลอยออกไปกับน้ำทิ้งจากถังตกตะกอน (final effluent) จึงมีค่าสูงซึ่งจำเป็นต้องดูแลอย่างใกล้ชิด มิฉะนั้น ระดับของ Mean Cell Residence Time , MRCT , มีโอกาสที่จะต่ำกว่าที่ต้องการได้เสมอ และตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ระดับของพีเอช และ ดีโอ ในระบบมีอิทธิพลต่อการทำงานของไนตริฟายอิงแบคทีเรีย เป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงควรที่จะรักษาระดับของปัจจัยดังกล่าว โดยรักษาระดับพีเอช และ ดีโอ ให้อยู่ในช่วง 7.0 ถึง 8.0 และเกินกว่า 2.0 มก./ล. เสมอ ตามลำดับ (1)

2.6 กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification Process)

กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน เป็นกระบวนการลดสารประกอบไนเตรทที่มีอยู่ในน้ำเสีย โดยการใช้น้ำเป็นสารตัวสุดท้ายที่รับอิเล็กตรอนแทนออกซิเจนในการออกซิเดชัน สารประกอบอินทรีย์คาร์บอน ดังนั้นปฏิกิริยานี้จึงจัดว่าเป็นปฏิกิริยาของการหายใจแบบไร้ออกซิเจน (anaerobic respiration) และแบคทีเรียที่รับผิดชอบต่อการเกิดกระบวนการดังกล่าว อาจเป็นประเภทที่ใช้ออกซิเจนหรือไม่ก็ได้ ตัวอย่างเช่น

ตารางที่ 2.1 สารอินทรีย์ต่างๆ ที่ยับยั้งปฏิกิริยาในกรณีเคชันในระบบแยกที่เวดเคคสลับ (24)

ชื่อสารประกอบ	ปริมาณความเข้มข้น, มก./ล. (*)
Acetone (**)	2000.0
Allyl Alcohol	19.5
Allyl Chloride	180.0
Allyl Isothiocyanate	1.9
Benzothiazole Disulfide	38.0
Carbondisulfide	35.0
Chloroform	18.0
O-Cresol	12.8
Di-Allyl Ether	100.0
Dicyandiamide	250.0
Diguanide	50.0
2,4 Dinitrophenol	460.0
Dithio-Oxamide	1.1
Ethanol	2400.0
Guanidine Carbonate	16.5
Hydrazine	58.0
8- Hydroxyquinoline	72.5
Mercaptobenzothiazole	3.0
Methylamine Hydrochloride	1550.0
Methyl Isothiocyanate	0.8
Methyl Thiuronium Sulfate	6.5
Phenol (**)	5.6
Potassium Thiocyanate	300.0

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ชื่อสารประกอบ	ปริมาณความเข้มข้น, มก./ล.
Skatol	7.0
Sodium Dimethyl Dithiocarbomate	13.0
Sodium Methyl Dithiocarbomate	0.9
Tetramethyl Thiuramdisulfide	30.0
Thio Acetamide	0.53
Thio Semicarbazide	0.18
Trimethylamine	118.0
Thiourea	0.076

(*) = Concentration giving approximately 75% inhibition.

(**) = In the list of industrially significant chemicals.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 สารประกอบอินทรีย์ที่เป็นพิษต่อปฏิกิริยาการออกซิเดชัน
ของแอมโมเนีย - ไนโตรเจน (25)

ชื่อสารประกอบ	ปริมาณความเข้มข้น, มก./ล. (*)
Dodecylamine	< 1.0
Aniline	< 1.0
n - Methylaniline	< 1.0
1 - Napthylamine	15.0
Ethylene Diamine (**)	17.0
Napthylene Diamine Dihydrochloride	23.0
2,2' - Bipyridine	23.0
p - Nitroaniline	31.0
p - Aminopropiophenone	43.0
Benzidine Dihydrochloride	45.0
Hexame Thylene Diamine (**)	85.0
p - Nitrobenzaldehyde	87.0
Ninhydrine	> 100.0
Benzocaine	> 100.0
Dimethyl Glyoxime	140.0
Benzylamine	> 100.0
Tannic Acid	150.0
Monoethanolamine	200.0
Triethylamine	127.0

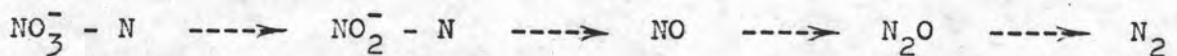
(*) = Concentration giving approximately 75 % inhibition.

(**) = In the list of industrially significant chemicals.

Achromobacter , Aerobacter , Alcaligenes , Bacillus , Flavobacterium , Micrococcus , Proteus และ Psuedomonas (26,27) และระบบเอนไซม์ (enzyme) ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนรูปของสารประกอบในเตรคมีอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ Assimilatory และ Dissimilatory โดยที่ชนิด Assimilatory จะทำการเปลี่ยนสารประกอบในเตรคให้เป็นแอมโมเนีย เพื่อใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ และเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเฉพาะในเวลาที่มีในเตรคเป็นแหล่งไนโตรเจนเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ส่วนการเปลี่ยนรูปของสารในเตรคด้วยระบบเอนไซม์แบบ Dissimilatory จะทำให้ไคท์กาซไนโตรเจนซึ่งถือว่าเป็น เอนไซม์ที่รับผิดชอบในการสร้างปฏิกิริยาดีไนทริฟิเคชัน

เนื่องจากการทำลายสารประกอบในเตรคแบบ Dissimilatory ถือเป็นปฏิกิริยาการหายใจของจุลชีพแบบหนึ่ง ซึ่งตามทฤษฎีแล้วการปรากฏของออกซิเจนจะทำให้การสร้างระบบเอนไซม์ดังกล่าวของจุลชีพเกิดขึ้นในอัตราที่ช้าลง (28,29,30) แต่เมื่อออกซิเจนหมดไปหรือมีน้อย (จนไม่พอเพียงสำหรับจุลชีพที่จะนำไปใช้) ความกดดันที่เกิดขึ้นก็จะหายไป และทำให้อัตราของการสร้างเอนไซม์กลับคืนสู่ระดับเดิม อย่างไรก็ตาม อิทธิพลของออกซิเจนที่มีต่อการปฏิบัติงานของเอนไซม์นี้ ก็จะขึ้นอยู่กับชนิดของจุลชีพที่เกี่ยวข้องด้วย สำหรับในแบคทีเรียบางชนิด การปรากฏของออกซิเจนจะทำลายการปฏิบัติงานของเอนไซม์ให้หมดไป ในขณะที่บางชนิดอาจไม่เกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวเลยก็ได้ แต่หลักเกณฑ์ที่ยอมรับกันโดยทั่วไปนั่นก็คือ ถ้าจะให้กระบวนการดีไนทริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ดีแล้วระดับของ ดีโอ ในระบบจะต้องมีค่าต่ำมากและเข้าใกล้ศูนย์

ขั้นตอนในการลดสารประกอบในเตรค สามารถแสดงให้เห็นได้ดังสมการเบื้องต้นดังนี้



ซึ่งผลปฏิกิริยา 3 ตัวสุดท้ายล้วนอยู่ในสภาวะเป็นก๊าซ ซึ่งสามารถหนีออกจากระบบได้ทั้งสิ้น แต่การเปลี่ยนสารประกอบในเตรคให้เป็นไคท์กาซไนโตรเจนได้จะเป็นการดีที่สุด เพราะจะทำให้สิ่งแวดล้อมเสียหายน้อยที่สุด ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ในระบบกำจัดน้ำเสียที่มีจุลชีพหลายๆ ชนิด ผลของปฏิกิริยาดีไนทริฟิเคชันมักจะมีไคท์กาซไนโตรเจนเป็นส่วนใหญ่

ดังนั้นในการออกแบบระบบ จึงถือผลปฏิกิริยาของทีโนครีเฟเคชั่น คือ ก๊าซไนโตรเจนเพียงอย่างเดียวนั้น

อนึ่ง กระบวนการทีโนครีเฟเคชั่น เป็นกระบวนการที่ค่อนข้างจะยุ่งยากกว่ากระบวนการกำจัดน้ำเสียประเภทที่กำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนแต่เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เพราะปริมาณของสารให้อิเลคตรอน (สารอินทรีย์) ที่เติมให้กับน้ำเสียต้องอยู่ในสมดุลกับปริมาณของสารประกอบไนเตรต (สารรับอิเลคตรอน) ที่ถูกกำจัดไป ซึ่งหากมีการเติมสารให้อิเลคตรอนมากเกินไป ส่วนที่เหลือจะไปปรากฏอยู่ในน้ำทิ้ง อันจะทำให้เกิดผลเสียต่อภาวะแวดล้อมทางน้ำได้ แต่ถ้าเติมสารให้อิเลคตรอนไม่พอเพียง ก็จะไม่สามารถกำจัดสารประกอบไนเตรตได้หมด ด้วยเหตุนี้ปริมาณที่ถูกต้องของสารดังกล่าวจึงเป็นเรื่องที่สำคัญมาก

สารให้อิเลคตรอน ที่จะเติมให้แก่ระบบทีโนครีเฟเคชั่นนั้น อาจจำแนกได้ดังนี้

- (1) สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ
- (2) ตะกอนจุลชีพจากแหล่งภายนอก เช่น ตะกอนที่ระบายทิ้งจากระบบกำจัดน้ำเสียแอกทิเวตเตดสลักจ์ ซึ่งวิธีการนี้จะเป็นวิธีที่ค่อนข้างประหยัด ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อระบบไม่มีสับสเตรตเหลืออยู่ภายนอกเซลล์ของจุลชีพแล้ว จุลชีพจะใช้สารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ภายในเซลล์โดยการใช้สารประกอบไนเตรต เป็นสารรับอิเลคตรอน นั่นก็คือ จุลชีพจะสลายตัวเอง (26,27)
- (3) สารอินทรีย์จากแหล่งภายนอกที่ให้ค่ายิลต์ค่า (สารประกอบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบเพียง 1 ตัว) เช่น สารเมทานอล (CH_3OH) ซึ่งเป็นสารเคมีที่หาได้ง่าย และใช้กันอย่างแพร่หลาย (33,34) เป็นต้น

ตัวอย่างสมการเคมีที่แสดงถึงปฏิกิริยาทีโนครีเฟเคชั่น ซึ่งใช้สารเมทานอลเป็นสารให้อิเลคตรอนแก่ระบบ มีดังต่อไปนี้ (35)

ก) สมการเคมีของการกำจัดสารประกอบไนเตรต



ข) สมการเคมีของการกำจัดสารประกอบไนโตรค



ค) สมการของการค้ออกซิเจนเนชัน



ซึ่งจากสมการข้างต้นดังกล่าว จะเห็นได้ว่าการใช้กรดคาร์บอนิกไปในปฏิกิริยาและจะ
ได้สารประกอบไบคาร์บอเนตเกิดขึ้น ซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มระดับค่าความเป็นด่าง
(alkalinity) ให้กับระบบบำบัด ปริมาณสารประกอบไบคาร์บอเนตที่เกิดขึ้นนี้จะมี
ค่าเท่ากับ 3.57 มก. ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต ต่อ มก. ของสารประกอบ
ไนเตรค - ไนโตรเจน หรือ ไนโตรค - ไนโตรเจน ที่ถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจน
สำหรับการออกแบรระบบทางค้ำนวิศวกรรม จะเลือกใช้ค่าของปริมาณสารประกอบ
ไบคาร์บอเนตที่ได้จากปฏิกิริยา มีค่าเท่ากับ 3.0 มก. ในเทอมของแคลเซียมไบคาร์-
บอเนต ต่อ มก. ของสารประกอบไนโตรเจนที่ถูกทำลายไป (20)

2.6.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการคิโนทริฟิเคชัน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการคิโนทริฟิเคชัน มีอยู่หลายปัจจัยด้วยกัน
และที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

ก) อุณหภูมิ (temperature)

อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่สามารถส่งผลกระทบต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา
คิโนทริฟิเคชันไม่น้อย และปรากฏว่าที่อุณหภูมิต่ำ (ต่ำกว่า 15° ซ) จะส่งผลกระทบต่อ
ปฏิกิริยาๆ ใ้มากกว่าที่อุณหภูมิสูง (สูงกว่า 15° ซ) (34)

ข) ดีโอ (Dissolved Oxygen , DO)

ปริมาณความเข้มข้นของดีโอในระบบ จะส่งผลกระทบต่อปฏิกิริยาเคมีในตรีฟิเคชันได้เช่นกัน แต่ยังไม่มียูริบายงานถึงผลกระทบดังกล่าวว่ามากหรือน้อยเพียงใด อย่างไรก็ตาม กรณีที่ปรากฏว่ามีดีโอขึ้นในระบบ จำเป็นต้องเติมสารให้อิเล็กตรอน เพื่อกำจัดออกซิเจนแควรรตะหนักไว้ว่า สารที่เติมอาจเป็นพิษต่อระบบได้ เช่น สารเมทานอล จะเป็นพิษต่อระบบได้ถ้ามีความเข้มข้นสูงกว่า 3000 มก./ล. เป็นต้น (36)

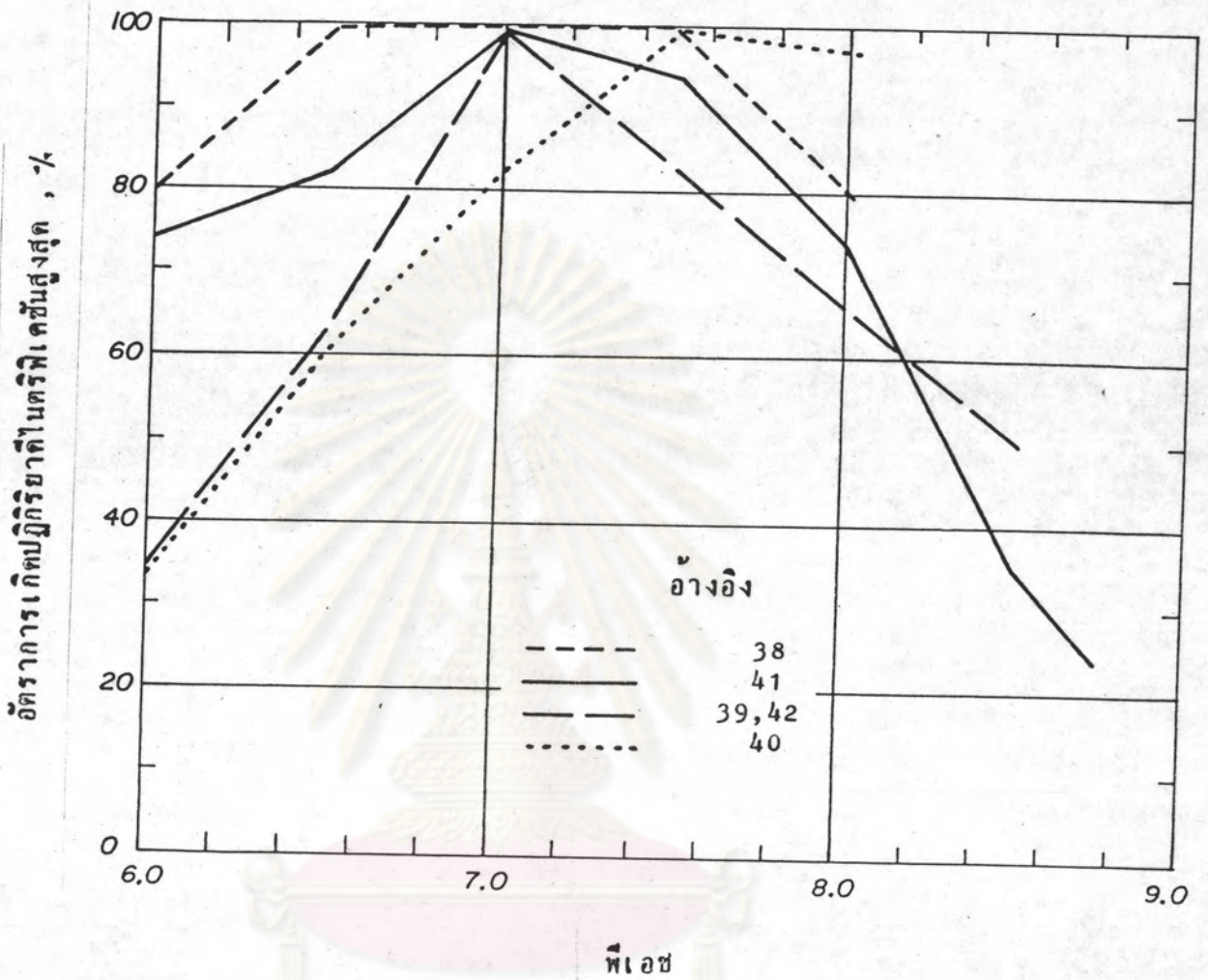
ค) ความเป็นกรด (pH)

จากการวิจัยของ Parker และคณะ (27) พบว่าระดับพีเอชที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปฏิกิริยาเคมีในตรีฟิเคชันนั้น จะอยู่ในช่วง 7.0 ถึง 7.5 และหากระดับพีเอชของระบบมีค่าสูงกว่า 8.0 หรือต่ำกว่า 6.0 แล้ว อัตราของการเกิดปฏิกิริยาเคมีในตรีฟิเคชันจะมีค่าลดลงมาก ทุกรูปที่ 2.8 ประกอบ (37, 38, 39, 40, 41)

2.6.2 การควบคุมปฏิกิริยาเคมีในตรีฟิเคชัน

ในการเติมสารให้อิเล็กตรอน ให้ได้ปริมาณที่แน่นอนแก่ระบบนั้น นับเป็นสิ่งจำเป็นต่อการควบคุมระบบเคมีในตรีฟิเคชันให้ได้ผลดีที่สุด เพราะหากเติมไม่พอเพียงแล้ว การกำจัดสารประกอบไนเตรคก็จะเกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์ แต่ถ้ามีการเติมด้วยปริมาณที่มากเกินไป ก็จะมีสารอินทรีย์เหลือค้างอยู่ในน้ำทิ้ง อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติมักจะเติมให้มากเกินไปเล็กน้อย แล้วหาวิธีกำจัดส่วนที่เหลือออกในภายหลัง วิธีหนึ่งที่น่าสนใจก็คือ การเติมออกซิเจนลงไปทำลายสารอินทรีย์ที่เหลือค้างอยู่ อนึ่งควรตระหนักไว้ว่า ปริมาณของสารให้อิเล็กตรอนที่เติมลงไปควรอยู่ในระดับที่การเปลี่ยนแปลงของมันมีผลกระทบต่อปริมาณของสารประกอบไนเตรคน้อยที่สุด

การควบคุมถึงปฏิกิริยาเคมีในตรีฟิเคชัน แบบกวนสมบูรณ์ที่มีการเวียนตะกอนจุลชีพกลับสู่ระบบนั้น ไม่แตกต่างจากการควบคุมระบบที่ใช้กำจัดสารอินทรีย์ แต่ในกรณีของการกำจัดสารประกอบไนเตรค การสูญเสียตะกอนแขวนลอยไปกับน้ำทิ้งของถังตกตะกอน อาจกระทบกระเทือนต่อผลการทำงานของระบบได้มาก ทั้งนี้เนื่องจากอัตรา



รูปที่ 2.8 แสดงผลกระทบบของ พีเอช ที่มีต่อ อัตราการเกิดปฏิกิริยา ดีไนทริฟิเคชัน (38, 39, 40, 41, 42)

การสร้างตะกอนจุลชีพของระบบคิโนคริเคชัน มักจะมีค่าต่ำกว่าปริมาณของตะกอนจุลชีพ
ที่หนีออกไปกับถังตกตะกอน จึงทำให้ไม่สามารถรักษาระดับของ MCRT ไว้ให้คงที่ได้



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย