

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

1. วัสดุ

1.1 สารเคมี

1.1.1 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ซีโอดี (COD)

- โปแทสเซียมไดโครเมต (99.5%, Merck, Germany)
- ซิลเวอร์ซัลเฟต (BDH, England)
- กรดซัลฟิวริก (AR grade, 96%, Lab scan, Thailand)
- ไอร์รอน (II) ซัลเฟตเฮปต้าไฮเดรต (AR grade, UNIVAR, Australia)
- 1,10 ฟีนันโทรลีน โมโนไฮเดรต (99.5%, Merck, Germany)
- ไอร์รอน (II) แอมโมเนียมซัลเฟต (AR grade, UNIVAR, Australia)
- เมอร์คิวรี (II) ซัลเฟต (99.5%, Merck, Germany)

1.1.2 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์บีโอดี (BOD)

- โปแทสเซียมไดไฮโครเจนฟอสเฟต (99.5%, Merck, Germany)
- ไดโปแทสเซียมไฮโครเจนฟอสเฟต (98%, Fluka)
- ไดโซเดียมไฮโครเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรต (99%, UNIVAR, Australia)
- แอมโมเนียมคลอไรด์ (AR grade, 99.8%, Merck, Germany)
- แมกนีเซียมเฮปต้าไฮเดรต (99.5%, UNIVAR, Australia)
- แคลเซียมคลอไรด์ (95%, M&B, England)
- เฟอริกคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต (99%, UNIVAR, Australia)
- แมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต (AR grade, 98%, UNIVAR, Australia)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (AR grade, 99%, Lab scan, Thailand)
- โซเดียมไอโอดิด์ (AR grade, 99.5%, BDH, England)
- โซเดียมเอไซด์ (AR grade, 99.5%, BDH, England)
- กรดซัลฟิวริก (AR grade, 96%, Lab scan, Thailand)
- แป้ง
- กรดแซลลิไซลิก (99.5%, M&B, England)
- โซเดียมโซโครัลเฟตเพนตะไฮเดรต (AR grade, 99.5%, UNIVAR, Australia)

- คลอโรฟอร์ม (AR grade, 99.5%, Lab scan, Ireland)
- 1.1.3 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ไนเตรด-ไนโตรเจน (NO_3^- -N)
 - แอนไฮดริสโพแทสเซียมไนเตรด (99%, Merck, Germany)
 - โซเดียมอาร์เซไนต์ (95%, CARLO ERBA, Miland)
 - บรูซินซัลเฟต (98%, Himedia, India)
 - กรดซัลฟานิลิก (AR grade, 98%, UNIVAR, Australia)
 - กรดไฮโดรคลอริก (AR grade, 37%, Merck, Germany)
 - โซเดียมคลอไรด์ (99.5%, CARLO ERBA, Miland)
 - กรดซัลฟิวริก (AR grade, 96%, Lab scan, Thailand)
- 1.1.4 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ไนโตรเจน (TKN)
 - กรดบอริก (99.8%, Merck, Germany)
 - โพแทสเซียมซัลเฟต (AR grade, UNIVAR, Australia)
 - กรดซัลฟิวริก (AR grade, 96%, Lab scan, Thailand)
 - เมอร์คิวริกออกไซด์ (แดง) (UNILAB, Australia)
 - ฟีนอล์ฟทาลีน (CARLO ERBA, Rodano)
 - เมทิลเรด (UNILAB, Australia)
 - โซเดียมไฮดรอกไซด์ (AR grade, 99%, Lab scan, Thailand)
 - โซเดียมโซลิวต์เพนตะไฮเดรต (AR grade, 99.5%, UNIVAR, Australia)
- 1.1.5 สารเคมีที่ใช้เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์
 - น้ำ DI
 - โซเดียมอะซิเตท (commercial grade)
 - โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (commercial grade)
 - แอมโมเนียมคลอไรด์ (commercial grade)
 - กรดไฮโดรคลอริก (AR grade, 37%, Merck, Germany)
 - เฟอร์ริกคลอไรด์ (96%, H&W, England)
 - นิเกิลคลอไรด์ (96%, H&W, England)
 - เมทานอล (AR grade, 99.8%, Lab scan, Thailand)
- 1.2 เชื้อจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยาง
 - เชื้อจุลินทรีย์ของบ่อเติมอากาศ

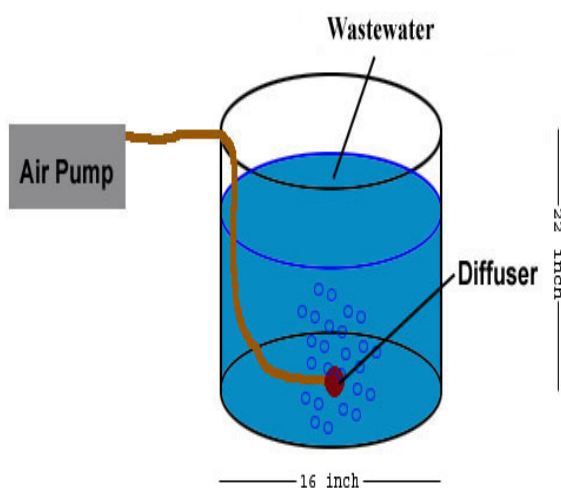
- 1.3 น้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเล (บริษัท ซีฮอร์ส จำกัด)
- น้ำเสียรวมจากกระบวนการผลิตอาหารทะเลบรรจุกระป๋องและอาหารทะเลแช่เยือกแข็ง ซึ่งทำการบำบัดน้ำเสียโดยการเติมอากาศแล้ว
 - น้ำเสียรวมกระบวนการผลิตอาหารทะเลบรรจุกระป๋องและอาหารทะเลแช่เยือกแข็งที่ยังไม่ได้ผ่านการบำบัด
2. เครื่องมือและอุปกรณ์
- 2.1 pH meter รุ่น RL150 ยี่ห้อ Russell ประเทศที่ผลิต USA
 - 2.2 ตู้อบ ยี่ห้อ memmert ประเทศที่ผลิต Germany
 - 2.3 incubater ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 °C รุ่น 2020 ยี่ห้อ SHEL-LAB ประเทศที่ผลิต USA
 - 2.4 UV-Visible Spectrophotometer รุ่น UV-120-01 ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศที่ผลิต Japan
 - 2.5 Oxygen meter รุ่น 51 B ยี่ห้อ YSI ประเทศที่ผลิต USA
 - 2.6 โถดูดความชื้น
 - 2.7 เครื่องชั่งแบบละเอียด 0.01 กรัม รุ่น PG5002-5 ยี่ห้อ METTLER TOLEDO ประเทศที่ผลิต Switzerland
 - 2.8 เครื่องชั่งแบบละเอียด 0.001 กรัม รุ่น GT410 ยี่ห้อ OHAUS ประเทศที่ผลิต USA
 - 2.9 กระดาษกรอง GF/C ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 mm (ขนาดรูเปิด 1.2 μm)
 - 2.10 ถังพลาสติกความจุ 40 L ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 นิ้ว
 - 2.11 เครื่องเติมอากาศ (Air pump)



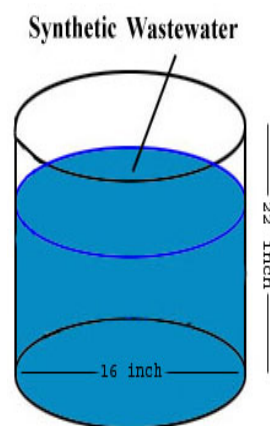
ภาพประกอบ 6 เครื่องเติมอากาศ

- 2.12 ขวดพลาสติก (สำหรับเก็บน้ำตัวอย่าง)

การทดลองทำในถังปฏิกรณ์รูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 นิ้ว ความจุ 40 L และมีเครื่องเติมอากาศพร้อมทั้งหัวฟุ้งที่เป็นชุดสำหรับกระบวนการเติมอากาศ ดังภาพประกอบ 7 (ก) ส่วนสำหรับกระบวนการหยุดเติมอากาศ ดังภาพประกอบ 7 (ข)



(ก)



(ข)

ภาพประกอบ 7 ชุดอุปกรณ์ถังปฏิกรณ์ (ก) กระบวนการเติมอากาศหรือกระบวนการ ไนทริฟิเคชัน (ข) กระบวนการหยุดเติมอากาศหรือกระบวนการ ไนทริฟิเคชัน

3. วิธีการทดลอง

ประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนทางชีวภาพ ด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชันและกระบวนการดีไนตริฟิเคชันจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายปัจจัย เนื่องจากในกระบวนการบำบัดนี้จะอาศัยจุลินทรีย์ในการบำบัด คือ ในกระบวนการไนตริฟิเคชัน จุลินทรีย์จะเปลี่ยนแอมโมเนียมไนโตรเจนไปเป็นไนเตรต-ไนโตรเจน และในกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน จุลินทรีย์จะเปลี่ยน ไนเตรต-ไนโตรเจนไปเป็นก๊าซไนโตรเจน ซึ่งสามารถกำจัดไนโตรเจนได้ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องรู้ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเกิดไนเตรต-ไนโตรเจนในกระบวนการไนตริฟิเคชัน เช่น ความเข้มข้น BOD₅ ความเข้มข้น TKN และ pH ส่วนปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการกำจัดไนโตรเจนในกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ได้แก่ การเติมแหล่งคาร์บอน และ ค่า COD/NO₃⁻-N เพื่อให้ประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนสูงสุด ดังนั้นในการหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยต่างๆข้างต้นจะกระทำในระบบแบบทีละเท (Batch system) ซึ่งจะใช้น้ำเสียสังเคราะห์ในการทดลอง จะได้ควบคุมค่าคงที่ต่างๆได้ง่าย

จากการทดลองของน้ำเสียสังเคราะห์ ทำให้สามารถนำไปคำนวณหาค่าคงที่ต่างๆของกระบวนการไนตริฟิเคชันและกระบวนการดีไนตริฟิเคชันที่มีจุลินทรีย์อยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียน้อย เช่น ระบบบ่อเติมอากาศ ได้ ซึ่งจะสามารถนำค่าคงที่ต่างๆเหล่านี้ไปออกแบบระบบบำบัด น้ำเสียของระบบที่มีจุลินทรีย์อยู่น้อยได้ โดยไม่ต้องทำการทดลองก่อน

3.1 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

องค์ประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์ (เมธี วงศ์ผาสุกโชติ, 2546) ได้แก่

1. โซเดียมอะซิเตท (CH₃COONa)
2. โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (NaH₂PO₄)
3. แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH₄Cl)
4. นิกเกิลคลอไรด์ (NiCl₂)
5. เฟอร์ริกคลอไรด์ (FeCl₃)
6. กรดไฮโดรคลอริก (HCl)

นำน้ำ DI ปริมาณ 40 ลิตรเติมลงในถังปฏิกรณ์ แล้วไปชั่งสารของข้อ 1-6 ได้ดังตาราง 7 จากนั้นใส่สารข้อ 1-5 คนให้เข้ากัน แล้วจึงใส่สารข้อ 6 ลงไปหลังสุด และคนให้เข้ากัน

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

3.2.1 ศึกษาอิทธิพลของจุลินทรีย์ที่มีผลต่อกระบวนการกำจัดไนโตรเจน

งานวิจัยมีการใช้น้ำเสียสังเคราะห์ในการทดลอง และกระบวนการกำจัดไนโตรเจนนี้เป็นกระบวนการทางชีวภาพ โดยใช้กระบวนการไนตริฟิเคชันและกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ซึ่งต้องอาศัยจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสีย จึงต้องการศึกษาถึงอิทธิพลของจุลินทรีย์ที่มีต่อกระบวนการกำจัดไนโตรเจนเมื่อมีการใช้น้ำเสียสังเคราะห์ว่าในน้ำเสียสังเคราะห์จะต้องมีการเติมเชื้อจุลินทรีย์หรือไม่จึงจะสามารถทำให้เกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน คือ มีการเกิดไนเตรตในโตรเจนขึ้นได้ เมื่ออยู่ในสภาวะมีอากาศ โดยการทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีการเติมเชื้อจุลินทรีย์และ ส่วนที่สองใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีการเติมเชื้อจุลินทรีย์

3.2.1.1 น้ำเสียสังเคราะห์ไม่มีการเติมเชื้อจุลินทรีย์

งานวิจัยนี้ทำการทดลองโดยการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าความเข้มข้นเริ่มต้น 10 ± 5 mg/L ความเข้มข้น TKN เริ่มต้น 1200 ± 100 mg/L และ pH เริ่มต้น 5.6 ± 0.2 ปริมาณ 40 L จากนั้นให้อากาศโดยเครื่องเติมอากาศแบบใช้ตุ้ปลาโดยควบคุมค่าออกซิเจนละลายประมาณ 2.5 ± 0.5 mg/L เพื่อให้การบำบัดน้ำเสียไม่มีขีดจำกัดเนื่องจากออกซิเจนไม่เพียงพอและทำการเก็บตัวอย่าง วิเคราะห์ค่า COD BOD₅ TKN nitrate-nitrogen และ pH ด้วยวิธีดังแสดงในตาราง 8 โดยวิธีมาตรฐาน Standard method for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA and WEF, 1995) ทุก 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 16 วัน

3.2.1.2 น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีการเติมเชื้อจุลินทรีย์

งานวิจัยนี้ทำการทดลองโดยเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ให้มีสภาวะที่เหมือนในข้อ 3.2.1.2 แตกต่างกันที่ในการทดลองนี้มีการเติมเชื้อจุลินทรีย์ 600 mg/L เนื่องจากว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ จะมีจุลินทรีย์อยู่ไม่มากประมาณ 600 mg/L เท่านั้น จึงได้เลือกเติมเชื้อจุลินทรีย์ที่ความเข้มข้น 600 mg/L ในการทดลอง เติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าความเข้มข้น BOD₅ เริ่มต้น 10 ± 5 mg/L ความเข้มข้น TKN เริ่มต้น 1200 ± 100 mg/L pH เริ่มต้น 5.6 ± 0.2 ปริมาณ 40 L แล้ว เติมตะกอนเชื้อจุลินทรีย์จากบ่อเติมอากาศในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นให้มีความเข้มข้นจุลินทรีย์ 600 mg/L และมีการเติมอากาศโดยเครื่องเติมอากาศแบบใช้ตุ้ปลา โดยการควบคุมค่าออกซิเจนละลายประมาณ 2.5 ± 0.5 mg/L และทำการเก็บตัวอย่าง วิเคราะห์ค่า COD BOD₅ TKN nitrate-nitrogen และ pH ด้วยวิธีดังแสดงในตาราง 8 ทุก 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 12 วัน

3.2.2 ศึกษาผลของตัวแปรต่างๆที่มีต่อประสิทธิภาพของการเกิดไนเตรต-ไนโตรเจนในกระบวนการไนทริฟิเคชันของขั้นตอนการกำจัดไนโตรเจนทางชีวภาพ

กระบวนการไนทริฟิเคชัน จะเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนแอมโมเนียมไนโตรเจนไปเป็นไนเตรต-ไนโตรเจน โดยอยู่ในสภาวะที่มีอากาศ คือมีการเติมอากาศ ดังนั้น ในกระบวนการไนทริฟิเคชันนี้ จะต้องมีปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ซึ่งกระบวนการนี้จะมีตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อกระบวนการไนทริฟิเคชัน ได้แก่ BOD_5 , TKN และ pH

แบ่งการทดลองเป็น 3 ส่วน

3.2.2.1 ศึกษาความเข้มข้นของ BOD_5 ของสารป้อนต่อประสิทธิภาพการเกิดไนเตรต-ไนโตรเจนในกระบวนการไนทริฟิเคชัน

งานวิจัยนี้ทำการทดลองโดยการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าความเข้มข้น TKN เริ่มต้น 600 ± 50 mg/L pH เริ่มต้น 7.8 ± 0.2 จำนวน 4 ปฏิกรณ์ ซึ่งแต่ละปฏิกรณ์จะมีความเข้มข้น BOD_5 เท่ากับ 10 ± 8 , 300 ± 50 , 2000 ± 100 และ 4000 ± 100 mg/L จะทำการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ปฏิกรณ์ละ 40 L แล้วนำตะกอนเชื้อจุลินทรีย์จากบ่อเติมอากาศในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางชั้นเติมลงในถังปฏิกรณ์แต่ละปฏิกรณ์ให้มีความเข้มข้นจุลินทรีย์ 600 mg/L และมีการเติมอากาศโดยเครื่องเติมอากาศแบบใช้ตุ้ปลา โดยการควบคุมค่าออกซิเจนละลายประมาณ 2.5 ± 0.5 mg/L และทำการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ค่า COD BOD_5 , TKN nitrate-nitrogen และ pH ด้วยวิธีดังแสดงในตาราง 8 ทุก 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 7 วัน

3.2.2.2 ศึกษาความเข้มข้นของ TKN ของสารป้อนต่อประสิทธิภาพการเกิดไนเตรต-ไนโตรเจนในกระบวนการไนทริฟิเคชัน

การทดลองนี้จะศึกษาความเข้มข้นของ TKN ของสารป้อน โดยจะแบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ การทดลองแรก เมื่อความเข้มข้น BOD_5 เริ่มต้น 300 ± 50 mg/L และการทดลองที่สอง เมื่อความเข้มข้น BOD_5 เริ่มต้น 2000 ± 100 mg/L โดยแต่ละการทดลองจะมี 5 ปฏิกรณ์ ซึ่งแต่ละปฏิกรณ์จะมีความเข้มข้น TKN เท่ากับ 100 ± 50 , 300 ± 50 , 600 ± 50 , 900 ± 50 และ 1200 ± 50 mg/L

3.2.2.2.1 ความเข้มข้น BOD_5 เริ่มต้นประมาณ 300 mg/L

งานวิจัยนี้ทำการทดลองโดยการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าความเข้มข้น BOD_5 เริ่มต้น 300 ± 50 mg/L และ pH เริ่มต้น 7.8 ± 0.2 จำนวน 5 ปฏิกรณ์ ซึ่งแต่ละปฏิกรณ์จะมีความเข้มข้น TKN เท่ากับ 100 ± 50 , 300 ± 50 , 600 ± 50 , 900 ± 50 และ 1200 ± 50 mg/L จะทำการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ปฏิกรณ์ละ 40 L แล้วนำตะกอนเชื้อจุลินทรีย์จากบ่อ

เติมอากาศในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางชั้นเติมลงในถังปฏิกรณ์แต่ละปฏิกรณ์ให้มีความเข้มข้นจุลินทรีย์ 600 mg/L และมีการเติมอากาศโดยเครื่องเติมอากาศแบบใช้ตู้ปลา โดยการควบคุมค่าออกซิเจนละลายประมาณ 2.5 ± 0.5 mg/L และทำการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ค่า COD BOD₅ TKN nitrate-nitrogen และ pH ด้วยวิธีดังแสดงในตาราง 8 ทุก 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 7 วัน

3.2.2.2.2 ความเข้มข้น BOD₅ เริ่มต้นประมาณ 2000 mg/L

งานวิจัยนี้ทำการทดลองโดยการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าความเข้มข้น BOD₅ เริ่มต้น 2000 ± 100 mg/L และ pH เริ่มต้น 7.8 ± 0.2 จำนวน 5 ปฏิกรณ์ ซึ่งแต่ละปฏิกรณ์จะมีความเข้มข้น TKN เท่ากับ 100 ± 50 300 ± 50 600 ± 50 900 ± 50 และ 1200 ± 50 mg/L จะทำการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ปฏิกรณ์ละ 40 L แล้วนำตะกอนเชื้อจุลินทรีย์จากบ่อเติมอากาศในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางชั้นเติมลงในถังปฏิกรณ์ให้มีความเข้มข้นจุลินทรีย์ 600 mg/L และมีการเติมอากาศโดยเครื่องเติมอากาศแบบใช้ตู้ปลา โดยการควบคุมค่าออกซิเจนละลายประมาณ 2.5 ± 0.5 mg/L และทำการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ค่า COD BOD₅ TKN nitrate-nitrogen และ pH ด้วยวิธีดังแสดงในตาราง 8 ทุก 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 7 วัน

3.2.2.3 ศึกษาอิทธิพลของ pH ของสารป้อนต่อประสิทธิภาพการเกิดไนเตรด-ไนโตรเจนในกระบวนการไนตริฟิเคชัน

งานวิจัยนี้ทำการทดลองโดยควบคุมค่าความเข้มข้น BOD₅ เริ่มต้น เท่ากับ 300 ± 50 mg/L และความเข้มข้น TKN เริ่มต้น เท่ากับ 300 ± 70 mg/L ซึ่งพารามิเตอร์ที่ควบคุมทั้งสองให้ประสิทธิภาพการเกิดไนเตรด-ไนโตรเจนสูงสุด ดังผลการทดลองหัวข้อ 3.2.2.1 และ 3.2.2.2 การทดลองทำโดยการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าความเข้มข้น BOD₅ เริ่มต้น 300 ± 50 mg/L ความเข้มข้น TKN เริ่มต้น 300 ± 70 mg/L จำนวน 4 ปฏิกรณ์ ซึ่งแต่ละปฏิกรณ์จะมี pH เท่ากับ 2.7 ± 0.2 6.5 ± 0.2 8.0 ± 0.2 และ 10.0 ± 0.2 ในการเปลี่ยนแปลง pH ถ้าต้องการให้มีสภาพเป็นด่าง ทำได้โดยการเติมปูนขาว และถ้าต้องการให้มีสภาพเป็นกรด ทำได้โดยการเติม HCl โดยแต่ละปฏิกรณ์จะทำการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ปฏิกรณ์ละ 40 L แล้วนำตะกอนเชื้อจุลินทรีย์จากบ่อเติมอากาศในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางชั้นเติมลงในถังปฏิกรณ์แต่ละปฏิกรณ์ให้มีความเข้มข้นจุลินทรีย์ 600 และมีการเติมอากาศจากเครื่องเติมอากาศแบบใช้ตู้ปลา โดยการควบคุมค่าออกซิเจนละลายประมาณ 2.5 ± 0.5 mg/L และทำการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ค่า COD BOD₅ TKN nitrate-nitrogen และ pH ด้วยวิธีดังแสดงในตาราง 8 ทุก 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 7 วัน

3.2.3 ศึกษาผลของตัวแปรต่างๆที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนในกระบวนการดีไนทริฟิเคชันของขั้นตอนการกำจัดไนโตรเจนทางชีวภาพ

กระบวนการดีไนทริฟิเคชัน เป็นกระบวนการที่ทำต่อจากกระบวนการไนทริฟิเคชัน ซึ่งกระบวนการนี้จะเป็นกระบวนการที่กำจัดไนเตรต-ไนโตรเจนที่เกิดจากกระบวนการไนทริฟิเคชัน ทำให้ไนโตรเจนในระบบบำบัดน้ำเสียลดลง โดยจะเกิดในสถานะแอมโมเนีย คือ มีการหยุดเติมอากาศซึ่งการกำจัดไนโตรเจนในกระบวนการดีไนทริฟิเคชันนี้ก็มีตัวแปรต่างๆที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจน ได้แก่ อิทธิพลของคาร์บอน และ อัตราส่วนซีไอดีต่อไนเตรต-ไนโตรเจน

งานวิจัยนี้ทำการทดลองโดยควบคุมค่าความเข้มข้น BOD_5 เริ่มต้น เท่ากับ 300 ± 50 mg/L และความเข้มข้น TKN เริ่มต้น เท่ากับ 300 ± 50 mg/L pH เริ่มต้น 8.0 ± 0.2 ความเข้มข้น จุลินทรีย์ 600 mg/L และ ใช้ระยะเวลาในการเติมอากาศ 7 วัน ซึ่งพารามิเตอร์ที่ควบคุมจะให้ประสิทธิภาพการเกิดไนเตรต-ไนโตรเจนสูงสุดในกระบวนการไนทริฟิเคชัน ดังผลการทดลองหัวข้อ 3.2.2.1 3.2.2.2 และ 3.2.2.3 หลังจากนั้นทำการศึกษาในส่วนของกระบวนการ ดีไนทริฟิเคชัน โดยทำการหยุดเติมอากาศ ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ การทดลองแรก ทำการศึกษาการไม่เติมคาร์บอนและการเติมคาร์บอนจากเมทานอล และการทดลองที่สอง ทำการศึกษาอิทธิพลของ $COD/NO_3^- - N$

3.2.3.1 ศึกษาการไม่เติมคาร์บอนและการเติมคาร์บอนจากเมทานอลต่อประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนในกระบวนการดีไนทริฟิเคชัน

การทดลองทำโดยการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าความเข้มข้น BOD_5 เริ่มต้น 300 ± 50 mg/L ความเข้มข้น TKN เริ่มต้น 300 ± 50 mg/L และ pH เริ่มต้น 8.0 ± 0.2 จำนวน 2 ปฏิกรณ์ โดยแต่ละปฏิกรณ์จะทำการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ปฏิกรณ์ละ 40 L แล้วนำตะกอนเชื้อจุลินทรีย์จากบ่อเติมอากาศในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นเติมลงในถังปฏิกรณ์แต่ละปฏิกรณ์ให้มีความเข้มข้นจุลินทรีย์ 600 mg/L และเริ่มกระบวนการไนทริฟิเคชันซึ่งมีการเติมอากาศจากเครื่องเติมอากาศแบบใช้ตู้ปลา โดยการควบคุมค่าออกซิเจนละลายประมาณ 2.5 ± 0.5 mg/L เป็นระยะเวลา 7 วัน หลังจากนั้นจะหยุดเติมอากาศซึ่งเป็นกระบวนการดีไนทริฟิเคชัน โดยปฏิกรณ์แรกไม่เติมคาร์บอน เป็นระยะเวลา 17 วันส่วนปฏิกรณ์ที่สองเติมคาร์บอนจากเมทานอล ซึ่งทำการเติมเมทานอลลงไป 10 mL ทำให้ได้ค่า $COD/NO_3^- - N$ เท่ากับ 3.8

เป็นระยะเวลา 7 วัน โดยทุก 24 ชั่วโมงทำการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ค่า COD BOD₅ TKN nitrate-nitrogen และ pH ด้วยวิธีดังแสดงในตาราง 8

3.2.3.2 ศึกษาอิทธิพลของ COD/NO₃⁻-N ต่อประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนในกระบวนการดีไนทริฟิเคชันเมื่อมีการเติมคาร์บอนจากน้ำเสียสังเคราะห์

ในกระบวนการดีไนทริฟิเคชัน แบคทีเรียซึ่งเป็นชนิดเฮเทอโรโทรฟเป็นส่วนใหญ่ต้องใช้คาร์บอนเป็นองค์ประกอบหรือเป็นแหล่งพลังงานในการทำงาน อัตราส่วนซีไอดีต่อไนโตรเจนทางทฤษฎีจะเท่ากับ 5-10 แต่ในทางปฏิบัติแล้วอัตราส่วนซีไอดีต่อไนโตรเจนในโตรเจนควรเท่ากับ 3-7 (ชงชัย พรรณสวัสดิ์, 2544) แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนซีไอดีต่อไนโตรเจนเป็นตัวแปรที่สำคัญในกระบวนการดีไนทริฟิเคชัน

การทดลองทำการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าความเข้มข้น BOD₅ เริ่มต้น 300 ± 50 mg/L ความเข้มข้น TKN เริ่มต้น 300 ± 50 mg/L และ pH เริ่มต้น 8.0 ± 0.2 จำนวน 4 ปฏิกรณ์ โดยแต่ละปฏิกรณ์จะทำการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ปฏิกรณ์ละ 40 L แล้วนำตะกอนเชื้อจุลินทรีย์จากบ่อเดิมอากาศในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางชั้นเดิมลงในถังปฏิกรณ์แต่ละปฏิกรณ์ให้มีความเข้มข้นจุลินทรีย์ 600 mg/L และเริ่มกระบวนการดีไนทริฟิเคชันโดยการเติมอากาศจากเครื่องเติมอากาศแบบใช้ตู้ปลา โดยการควบคุมค่าออกซิเจนละลายประมาณ 2.5 ± 0.5 mg/L เป็นระยะเวลา 7 วัน หลังจากนั้นจะหยุดเติมอากาศ ซึ่งเป็นกระบวนการดีไนทริฟิเคชัน โดยแต่ละปฏิกรณ์จะเติมน้ำเสียสังเคราะห์เป็นแหล่งคาร์บอน ให้มีค่า COD/NO₃⁻-N เท่ากับ 1.5 3.8 6.0 และ 10.0 ซึ่งทำการทดลองจนกระทั่งผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งตามมาตรฐานกฎหมายเกี่ยวกับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม คือ BOD₅ ต่ำกว่า 20 mg/L และ TKN ต่ำกว่า 100 mg/L โดยทุก 24 ชั่วโมงทำการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ค่า COD BOD₅ TKN nitrate-nitrogen และ pH ด้วยวิธีดังแสดงในตาราง 8

3.2.4 กำหนดสภาวะขั้นตอนที่เหมาะสมต่อการกำจัดไนโตรเจนในการเดินระบบบำบัดทางชีวภาพที่มีระบบผสมของบ่อมีอากาศและบ่อไร้อากาศ

งานวิจัยนี้ทำการคำนวณหาค่าคงที่ต่างๆ เพื่อจะได้นำไปใช้ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่มีเชื้อจุลินทรีย์อยู่น้อย เช่น ระบบบ่อเติมอากาศ เนื่องจาก ตามเอกสารทั่วไปจะมีแต่ผู้ทำการทดลองหาค่าคงที่ต่างๆจากระบบบำบัดน้ำเสียระบบตะกอนเร่ง ซึ่งมีจุลินทรีย์อยู่มาก จึงไม่สามารถที่จะนำมาใช้กับระบบที่มีจุลินทรีย์อยู่น้อยได้ จึงได้มีการคำนวณหาค่าคงที่ต่างๆโดย

คำนวณมาจากผลการทดลองที่ได้จากน้ำเสียสังเคราะห์ในหัวข้อ 3.2.3.2 งานวิจัยนี้ได้แบ่งการคำนวณเป็น 2 ส่วน ได้แก่

3.2.4.1 คำนวณหาค่าคงที่ต่างๆที่ใช้ในกระบวนการไนทริฟิเคชันของบ่อเติมอากาศ

- อัตราเติบโตจำเพาะสูงสุด ($\mu_{N,m}$)
- สัมประสิทธิ์ปริมาณผลิตเซลล์ (Y_N)
- สัมประสิทธิ์การนำเปื้อย ($k_{d,N}$)

3.2.4.2 คำนวณหาค่าคงที่ต่างๆที่ใช้ในกระบวนการดีไนทริฟิเคชันของบ่อไร้อากาศ

- อัตราการเกิดดีไนทริฟิเคชันที่ 20°C (U_{DN})

3.2.5 ศึกษาการกำจัดไนโตรเจนทางชีวภาพของน้ำเสียจริงจากโรงงานอาหารทะเล (บริษัท ซีฮอรัส จำกัด)

งานวิจัยในส่วนนี้เป็นการศึกษาเพื่อดูว่าค่าคงที่ที่คำนวณได้ในหัวข้อ 3.2.4 สามารถนำไปใช้กับโรงงานอื่นๆที่มีระบบบำบัดน้ำเสียที่มีจุลินทรีย์อยู่น้อยได้หรือไม่ โดยทำการทดลองกับโรงงานอาหารทะเลจาก บริษัท ซีฮอรัส จำกัด ซึ่งเป็นโรงงานที่ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นระบบบ่อเติมอากาศ โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรกจะทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อดูระยะเวลาในการเติมอากาศของกระบวนการไนทริฟิเคชันและระยะเวลาที่หยุดเติมอากาศของกระบวนการดีไนทริฟิเคชัน ในส่วนที่สองเป็นการคำนวณหาระยะเวลาในการเติมอากาศและหยุดเติมอากาศจากค่าคงที่ต่างๆในหัวข้อ 3.2.4

3.2.5.1 ผลของระยะเวลาต่อการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต่างๆในกระบวนการไนทริฟิเคชันและกระบวนการดีไนทริฟิเคชันของน้ำเสียจริง

งานวิจัยนี้ทำการทดลองโดยการเก็บน้ำเสียจาก บริษัท ซีฮอรัส จำกัด ตั้งอยู่ที่จังหวัดสงขลา โดยน้ำเสียที่เก็บเป็นน้ำเสียรวมของแช่แข็งและแคนนิ่ง ซึ่งได้ผ่านการบำบัดโดยการเติมอากาศมาแล้วหนึ่งบ่อ

นำน้ำเสียจากโรงงานดังกล่าวใส่ลงในถังปฏิกรณ์ ปริมาณ 40 L โดยทำการทดลองแบบที่ละเทที่อุณหภูมิห้อง แล้วเริ่มทำการทดลองในกระบวนการไนทริฟิเคชันโดยทำการเติมอากาศจากเครื่องเติมอากาศที่ใช้ในตู้ปลา เป็นระยะเวลา 7 วัน จากนั้นหยุดเติมอากาศ เพื่อให้เกิดกระบวนการดีไนทริฟิเคชัน และทำการเติมน้ำเสียตั้งต้นซึ่งเป็นน้ำเสียรวมของกระบวนการ

ผลิตอาหารทะเลบรรจุกระป๋องและอาหารทะเลแช่เยือกแข็งที่ยังไม่ได้ผ่านการบำบัด เพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนให้ได้ค่า COD/NO₃⁻-N เท่ากับ 6.0 ± 0.5 เป็นระยะเวลา 7 วัน โดยทุก 24 ชั่วโมงทำการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ค่า COD BOD₅ TKN nitrate-nitrogen และ pH ด้วยวิธีดังแสดงในตาราง 8

3.2.5.2 จำนวนหาระยะเวลาของกระบวนการไนทริฟิเคชัน และกระบวนการดีไนทริฟิเคชัน

งานวิจัยนี้ทำการทดลองโดยนำค่าคงที่ต่างๆของกระบวนการไนทริฟิเคชัน และกระบวนการดีไนทริฟิเคชัน ที่คำนวณได้ในผลการทดลองหัวข้อ 3.2.4 มาคำนวณหาระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการไนทริฟิเคชันและกระบวนการดีไนทริฟิเคชันของน้ำเสียจริง เพื่อเปรียบเทียบกับที่ได้จากผลการทดลองของน้ำเสียจริงในหัวข้อ 3.2.5.1

ตาราง 8 รายละเอียดการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์ *
COD	Dichromate open reflux method
BOD ₅	Azide Modification method
TKN	Macro-Kjeldahl Method
Nitrate-Nitrogen	Brucine Method
pH	pH meter
DO	Oxygen meter

* APHA, AWWA and WEP. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th edition. Washington D.C.: American Public Health Association.