การกำจัดแอมโมเนียในอากาศด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต

REMOVAL OF AMMONIA IN AIR BY PHOTOCATALYTIC REACTION USING TITANIUM DIOXIDE AS CATALYST UNDER ULTRAVIOLET RADIATION



นภาพร ขึ้นนกขุ้ม
ปิยธิดา ชุมแก้ว
อรพรรณ พานทอง

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REMOVAL OF AMMONIA IN AIR BY PHOTOCATALYTIC REACTION USING TITANIUM DIOXIDE AS CATALYST UNDER ULTRAVIOLET RADIATION

NAPAPORN KHUNNOKKHUM
PIYATIDA CHUMKAEW
ORAPAN PANTHONG

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (ENVIRONMENTAL CHEMISTRY)
DEPARTMENT OF CHEMSITRY FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การกำจัดแอมโมเนียในอากาศด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต REMOVAL OF AMMONIA IN AIR BY PHOTOCATALYTIC REACTION USING TITANIUM DIOXIDE AS CATALYST UNDER ULTRAVIOLET RADIATION			
ชื่อนักศึกษา	นางสาว นภาพร	ขี้นนกขุ้ม	รหัสนักศึกษา	59050569
	นางสาว ปิยธิดา	ชุมแก้ว	รหัสนักศึกษา	59050583
	นางสาว อรพรรณ	พานทอง	รหัสนักศึกษา	59050634
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)			
ภาควิชา	เคมี			
ปีการศึกษา	2562			
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. สุวรรณี จรรยาพูน			

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม) ประจำปีการศึกษา 2562

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ กรรมการ	
รศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การกำจัดแอมโมเนียในอากาศด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต			
ชื่อนักศึกษา	นางสาว นภาพร	ขี้นนกขุ้ม	รหัสนักศึกษา	59050569
	นางสาว ปิยธิดา	ชุมแก้ว	รหัสนักศึกษา	59050583
	นางสาว อรพรรณ	พานทอง	รหัสนักศึกษา	59050634
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)			
ภาควิชา	เคมี			
ปีการศึกษา	2562			
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. สุวรรณี จรรยาพูน			

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในอากาศ ด้วยปฏิกิริยาโฟโต-คะตะไลซิสในระดับห้องปฏิบัติการ โดยใช้ตู้ปฏิกรณ์ขนาด 50×45×80 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่บรรจุคอลัมน์อะคริลิกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ความสูง 50 เซนติเมตร ภายในคอลัมน์บรรจุแผ่นลวดสแตนเลสเคลือบด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) โดยใช้หลอดรังสียูวีซี (254 นาโนเมตร) กำลัง 72 วัตต์ เป็นแหล่งกำเนิดแสง โดยเตรียมสารละลายแอมโมเนียที่ความเข้มข้น 10% โดยปริมาตร บรรจุในขวดรูปชมพู่ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จากนั้นผ่านอากาศเข้าไปขวดรูปชมพู่ที่ต่อกับเข้าคอลัมน์ที่มีแผ่นลวดสแตนเลสเคลือบสารเร่งปฏิกิริยาที่อัตราการไหล 300 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที วิเคราะห์ความเข้มข้นของแอมโมเนียด้วยวิธีฟีเนตโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับแผ่นลวดสแตนเลสที่เคลือบสารเร่งปฏิกิริยาโดยไม่มีแหล่งกำเนิดแสง จากนั้นแปรค่าจำนวนชั้นแผ่นลวดสแตนเลสเคลือบสารเร่งปฏิกิริยา 1, 3 และ 5 ชั้น จากผลการศึกษาพบว่า แอมโมเนียสามารถถูกกำจัดโดยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส จากผลการทดลองจำนวนชั้นของแผ่นลวดเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เหมาะสมในการกำจัดแอมโมเนียในอากาศคือ จำนวนชั้นของแผ่นลวดเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ 1 ชั้น โดยสามารถกำจัดได้ 4.565 ± 0.078 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำสำคัญ : ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส, ไทเทเนียมไดออกไซด์, แอมโมเนีย, แสงยูวีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Removal of Ammonia in Air by Photocatalytic Reaction using Titanium Dioxide as Catalyst under Ultraviolet Radiation
Students	Miss Napaporn Khunnokkhum Student I.D. 59050569
	Miss Piyatida Chumkaew Student I.D. 59050589
	Miss Orapan Panthong Student I.D. 59050634
Degree	Bachelor of Science (Environmental Chemistry)
Department	Chemistry
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2019
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Suwannee Junyapoon

Abstract

This special project studied the removal efficiency of ammonia in air using photocatalyst. The experiment was carried out in a laboratory scale using a 50×45×80 cm^3 reactor. An acrylic column 9 cm dia. x 50 cm ht. containing stainless steel coated with titanium-dioxide (TiO_2) was put into the reactor. Titanium-dioxide (TiO_2) was used as a catalyst. UV-C lamps-254 nm (4x18 watts) were used as UV light source. Ammonia gas was prepared by heating 10% v/v ammonia solution at temperature of 40 °C. Air was blown through the flask containing 10% v/v ammonia solution at flow rate of 300 ml/min for 30 mins. Ammonia concentrations were measured with Phenate method using an UV-Vis spectrophotometer at wavelength of 640 nm. The layer of stainless steel wire coated with TiO_2 was varied at 1, 3 and 5 layers. The experimental results showed that ammonia could be degraded under photocatalysis reaction. In this study, the optimum layer of stainless steel wire coated with TiO_2 for removing ammonia in air was 1 layer of stainless steel wire. Under these conditions, the removal efficiency of ammonia in air was 4.565 ± 0.078 mg/l.

Keywords: photocatalyst, titanium dioxide, ammonia, UV light

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก รศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษที่ให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนได้ให้คำปรึกษาเสนอแนะ และคอยแก้ไขข้อบกพร่อง ปรับปรุงโครงงานพิเศษนี้ให้เหมาะสมและถูกต้อง จนโครงการพิเศษฉบับนี้มีความสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำโครงงานพิเศษนี้ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ชวาลย์ ศรีวงษ์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและแนะนำเกี่ยวกับโครงงานพิเศษฉบับนี้ ดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ และ ผศ.ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ กรรมการสอบโครงงานพิเศษที่ตรวจสอบแก้ไขโครงงานพิเศษนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณพี่นักวิทยาศาสตร์ สาขาเคมีสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้ความรู้และคอยช่วยเหลือในการใช้เครื่องมือ ตลอดจนทุก ๆ เรื่องที่ให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด และเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการภาควิชาเคมีทุกท่านที่คอยเอื้ออำนวยความสะดวกในทุก ๆ ด้าน

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และเพื่อน ๆ นักศึกษาสาขาเคมีสิ่งแวดล้อม ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ที่ได้ให้กำลังใจและมีส่วนช่วยเหลือให้โครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

นภาพร ขึ้นนกขุ้ม
ปิยธิดา ชุมแก้ว
อรพรรณ พานทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ซ
คำย่อ/สัญลักษณ์ ..... ฌ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย 2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 แอมโมเนีย 4
2.1.1 คุณสมบัติของก๊าซแอมโมเนีย 4
2.1.2 ประโยชน์ของแอมโมเนีย 4
2.1.3 อันตรายจากแอมโมเนีย 5
2.1.4 การปฐมพยาบาลเบื้องต้นเมื่อสัมผัสกับแอมโมเนีย 5
2.1.5 การกำจัดแอมโมเนีย 6
2.1.6 มาตรฐานความปลอดภัยของแอมโมเนีย 7
2.2 หลักการทำงานของโฟโตคะตะไลซิส 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.1 ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide) 9
2.2.2 ประโยชน์ของไทเทเนียมไดออกไซด์ 10
2.3 แสง 12
2.3.1 รังสีอัลตราไวโอเลต 12
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 15
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี 15
3.1.1 วัสดุหรืออุปกรณ์ 15
3.1.2 สารเคมี 16
3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย 17
3.2.1 การเตรียมแผ่นลวดสแตนเลสที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ 17
3.2.2 การสร้างคอลัมน์และตู้ปฏิกรณ์สำหรับปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส 17
3.2.3 ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซแอมโมเนียในอากาศโดยปฏิกิริยาโฟโตคะ-ตะไลซิส โดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 18
3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 20
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 21
4.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซแอมโมเนียในอากาศ 21
4.2.1 ผลของจำนวนชั้นของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม 22
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 23
5.1 สรุปผลการวิจัย 23
5.2 ข้อเสนอแนะ 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง 24

ภาคผนวก 26

ภาคผนวก ก 27

ภาคผนวก ข 30

ภาคผนวก ค 31

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของก๊าซแอมโมเนีย 4

2.2 เกณฑ์ความคุ้มครองสาธารณชนของการสัมผัสก๊าซแอมโมเนีย 8

2.3 คุณสมบัติของไทเทเนียมไดออกไซด์ 10

ก-1 สารละลายออกซิไดส์ 27

ก-3 ค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 600-700 นาโนเมตร ของแอมโมเนีย 28

ก-4 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์ 29

ค-1 ผลของการเปรียบเทียบประสิทธิภาพสภาวะที่เหมาะสมของตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ในการกำจัดแอมโมเนียในอากาศด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติกภายใต้แสงยูวีซีและไม่มีแหล่งกำเนิดแสง 31

ค-2 ผลของการเปรียบเทียบจำนวนชั้นของตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ในการกำจัดก๊าซแอมโมเนียในอากาศด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติกภายใต้แสงยูวีซี 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 กลไกของปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสโดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ 9

2.2 โครงสร้างของไทเทเนียมไดออกไซด์..... 10

2.3 ช่วงความยาวคลื่นของรังสียูวีแต่ละชนิด..... 12

3.1 ตู้ปฏิกรณ์ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส..... 18

3.2 ระบบการกำจัดแอมโมเนียด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส 20

4.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในอากาศด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ภายใต้รังสียูวีซี..... 21

4.2 ความเข้มข้นแอมโมเนียที่ถูกกำจัดด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสที่จำนวนชั้นแผ่นลวดสแตนเลสที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ต่าง ๆ..... 22

ก.1 กราฟค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 600-700 นาโนเมตร ของแอมโมเนียคลอไรด์..... 28

ก.2 กราฟมาตรฐานสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์..... 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
UVC	แสงยูวีซี
TiO_2	ไทเทเนียมไดออกไซด์
℃	องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ในปัจจุบันมลพิษทางอากาศจัดเป็นหนึ่งในปัญหามลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ซึ่งแหล่งกำเนิดของมลพิษอากาศเกิดจากการกระทำของมนุษย์เป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ยานพาหนะ และโรงงานอุตสาหกรรม แอมโมเนียจัดเป็นสารเคมีที่มีอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ โดยจะเกิดอาการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ระคายเคืองต่อเยื่อบุเมือกตาและผิวหนัง แอมโมเนียถูกใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมห้องเย็น โรงน้ำแข็ง อุตสาหกรรมการผลิตปุ๋ย อุตสาหกรรมการทำเส้นใยไนลอน การทำกาว การทำกระดาษ การฟอกหนัง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า จึงจำเป็นต้องถูกกำจัดก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ การกำจัดแอมโมเนียในบรรยากาศทำได้หลายวิธี เช่น วิธีการดูดซับด้วยถ่านกำมันต์ วิธีการดูดซึมด้วยระบบสครับบิงทางเคมี วิธีการบำบัดด้วยกระบวนการกรองทางชีวภาพ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การดูดซับด้วยถ่านกำมันต์ยังมีข้อจำกัด คือ มีประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียต่ำ ถ้าแอมโมเนียมีความเข้มข้นสูงหรือต้องทำการปรับสภาพ (Regeneration) บ่อยครั้ง และอาจทำให้ถ่านกัมมันต์ร้อนจัด เพราะการดูดซับเป็นปฏิกิริยาที่คายความร้อน ส่วนการบำบัดโดยใช้ระบบสครับบิง ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้ระบบนี้ คือ ระบบดูดอากาศเพื่อเข้าสู่ระบบบำบัดมีข้อบกพร่องทำให้ดูดรวบรวมอากาศเข้าสู่ระบบไม่หมด และไม่ควบคุมสภาพความเป็นกรดของน้ำที่ใช้ในระบบสครับบิง และระบบบำบัดด้วยการกรองทางชีวภาพยังมีข้อจำกัด คือ ต้องใช้จุลินทรีย์ในการกำจัด ซึ่งยังมีภาระบรรทุกสูงสุดของประสิทธิภาพในการกำจัดอยู่ ทำให้เมื่อจุลินทรีย์เติบโตมากขึ้นประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียลดลง การกำจัดแอมโมเนียด้วยกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส (Photocatalysis) ได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากเป็นกระบวนโฟโตออกซิเดชันในการสลายตัวของสารอินทรีย์ โดยไม่เกิดมลพิษชนิดทุติยภูมิ (secondary pollutants) ที่เป็นอันตราย โดยทั่วไปการสลายตัวของมลพิษขึ้นอยู่กับการดูดซับมลพิษบนพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาทางแสง (photocatalyst) มลพิษที่เป็นก๊าซนั้นมีความเข้มข้นที่ค่อนข้างต่ำ และการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วของโมเลกุลก๊าซที่ไม่เป็นระเบียบทำให้ลดระยะเวลาการตกค้างของมลพิษ ทำให้กระบวนการโฟโตคะตะไลซิสในการกำจัดมลพิษอากาศ ต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทางแสงที่มีความสามารถในการดูดซับสูง

ปัจจุบันสารโฟโตคะตะลิส (Photocatalyst) ที่ได้รับความนิยมที่สุดคือ ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เนื่องจากมีราคาไม่แพง ไม่เป็นพิษ ความสามารถในการละลายต่ำ ความเสถียรสูง ทนทานต่อการกัดกร่อน และยังเกิดปฏิกิริยาได้รวดเร็ว โดยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส (Photocatalysis) จะเกิดขึ้นเมื่อสารโฟโตคะตะลิส (Photocatalyst) เช่น ไททาเนียมไดออกไซด์ ดูดซับรังสีอัลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์หรือหลอดฟลูออเรสเซนส์ อิเลคตรอนของมันจะถูกรบกวนด้วยรังสี UV เกิด negative electron (e^-) และ positive hole (h^+) ขึ้น เมื่อ e^- ทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของออกซิเจนจะเกิดเป็น superoxide anion (O_2^-) สามารถจะออกซิไดซ์คาร์บอนในแอมโมเนีย เกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ส่วน h^+ จะทำให้โมเลกุลของน้ำ (H_2O) แตกตัวเป็นก๊าซไฮโดรเจน (H_2) และ hydroxyl radical (OH^-) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนในองค์ประกอบของสารอินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดเป็นน้ำ ด้วยเหตุนี้ Photocatalyst จึงสามารถทำลายสารอินทรีย์ สิ่งสกปรกต่างๆ ให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งไม่เป็นอันตรายกับสิ่งแวดล้อม

งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาประสิทธิภาพและสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดแอมโมเนีย (NH_3) ในอากาศด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ภายใต้แสงอัลตราไวโอเลต (UVC)

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนีย ด้วยวิธีโฟโตคะตะไลซิสโดยใช้แผ่นลวดไทเทเนียมไดออกไซด์ภายใต้แสงยูวีซี

2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดก๊าซแอมโมเนีย ด้วยวิธีโฟโตคะตะไลซิสโดยใช้แผ่นลวดไทเทเนียมไดออกไซด์ภายใต้แสงยูวีซี

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. เตรียมตู้ปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลซิส ขนาด 50×45×80 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่บรรจุคอลัมน์อะคริลิกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ความสูง 50 เซนติเมตร

2. เตรียมแผ่นลวดสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ที่ชุบด้วยไทเทเนียม-ไดออกไซด์

3. เตรียมสารละลายแอมโมเนียไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) ที่ความเข้มข้น 10 % โดยปริมาตร ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ให้ความร้อนโดยใช้ water bath ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

4. ต่ออุปกรณ์โดยต่อขวดรูปชมพู่ที่บรรจุสารละลายแอมโมเนียไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) ที่ความเข้มข้น 10 % โดยปริมาตร ต่อเข้ากับคอลัมน์อะคริลิกที่บรรจุแผ่นลวดสแตนเลสที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) จากนั้นต่อเข้ากับขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่บรรจุสารละลายกรดซัลฟิวริก 0.1% โดยปริมาตร ปริมาณ 100 มิลลิลิตร จำนวน 3 ใบ เพื่อดักจับแอมโมเนีย

5. ศึกษาประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาทางแสงในการกำจัดแอมโมเนียในอากาศ โดยผ่านอากาศเป็นเวลา 30 นาที ที่อัตราการไหล 300 มิลลิลิตรต่อนาที เข้าสู่ขวดรูปชมพู่ที่บรรจุสารละลายแอมโมเนียไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) ที่ความเข้มข้น 10 % โดยปริมาตร ที่ต่อเข้ากับคอลัมน์ที่มีแผ่นลวดสแตนเลสเคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) 5 ชั้น เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางแสง และใช้หลอดยูวีซี (254 นาโนเมตร) กำลัง 18 วัตต์ จำนวน 4 หลอด (72 วัตต์) เป็นแหล่งกำเนิดแสง

6. ศึกษาจำนวนชั้นของแผ่นลวดสแตนเลสไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ในการกำจัดแอมโมเนีย (NH_3) ในอากาศ ด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส โดยแปรค่าจำนวนชั้นของแผ่นลวดสแตนเลสไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ 1, 3 และ 5 ชั้น

7. วิเคราะห์ความเข้มข้นของแอมโมเนีย (NH_3) ก่อนและหลังการเกิดปฏิกิริยา ด้วยวิธีฟีเนตโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร

8. วิเคราะห์สถิติโดยใช้โปรแกรม Minitab 19 ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) และวิธีเปรียบเทียบเชิงซ้อนของทูกี้ (Tukey Pairwise Comparisons) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้วิธีกำจัดแอมโมเนียในอากาศโดยวิธีโฟโตคะตะไลซิส
2. ช่วยลดปัญหามลพิษทางอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แอมโมเนีย (ศิริณัฐ, 2557)

แอมโมเนียเป็นสารเคมีชนิดหนึ่ง มีสถานะเป็นก๊าซ (gas) ที่อุณหภูมิปกติ ประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน (N) 1 อะตอม และไฮโดรเจน (H) 3 อะตอม และมีสูตรทางเคมีคือ NH_3

2.1.1 คุณสมบัติของก๊าซแอมโมเนีย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553)

ก๊าซแอมโมเนียมีคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของก๊าซแอมโมเนีย

คุณสมบัติทางกายภาพ	**รายละเอียด**
มวลโมเลกุล	17.03
กลิ่น	กลิ่นฉุน
สี	ไม่มีสี
สถานะทางกายภาพ	แก๊ส (ที่อุณหภูมิห้อง)
จุดเดือด	-33.35 องศาเซลเซียส
จุดหลอมเหลว	-77.7 องศสเซลเซียส
ความหนาแน่น (แก๊ส)	569 kg/m^3
ความหนาแน่น (ของเหลว)	682 kg/m^3
ความดันไอ	888 kPa
คุณสมบัติทางเคมี	**รายละเอียด**
ความเป็นเบส	เบสอ่อน
การกัดกร่อน	กัดกร่อนโลหะบางชนิด
การละลาย	ละลายน้ำได้ดี
การเกิดปฏิกิริยา	เกิดปฏิกิริยาค่อนข้างเร็ว
การระเหย	เพิ่มขึ้นตามค่า pH

ที่มา : คู่มือการจัดการสารเคมีอันตรายสูง แอมโมเนีย (Ammonia), 2553

2.1.2 ประโยชน์ของแอมโมเนีย (ปิยาณี, 2530)

แอมโมเนียเป็นสารเคมีที่สามารถนำไปผลิตหรือใช้งานได้หลายประเภท ดังนี้

1) ด้านการเกษตร แอมโมเนียส่วนใหญ่ประมาณ 85 % ถูกนำไปใช้ในการผลิตปุ๋ย โดยเฉพาะใช้ผลิตปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรต และปุ๋ยยูเรีย

2) ด้านอุตสาหกรรม ใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตที่ต้องใช้ธาตุไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ ใช้เป็นสารทำความเย็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมห้องเย็น แอมโมเนียทำปฏิกิริยากับ cyclohexanone ได้สารคาโปรแลกตัม (caprolactam) ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการทำเส้นใยไนลอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(nylon) ใช้แอมโมเนียเป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมการผลิตกรดไนตริก (nitric acid) ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำยางเข้มข้น (concentrate latex) โดยแอมโมเนียช่วยป้องกันการแข็งตัวของน้ำยาง และยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบางชนิด ใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และสารเคลือบผิวจอภาพ เป็นต้น

2.1.3 อันตรายจากแอมโมเนีย (รจเรข, 2553)

แอมโมเนียสามารถเปลี่ยนวัฏภาคสู่บรรยากาศ น้ำ ดิน ทำให้เข้าสู่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตได้ง่าย เมื่อมีการรั่วไหลเกิดขึ้น แอมโมเนียจะทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศ ทำให้เกิดหมอกควันสีขาวของแอมโมเนียไฮดรอกไซด์ โดยทั่วไป ก๊าซแอมโมเนียจะไม่ระเบิด นอกจากในบางสภาวะ เช่น มีการรวมตัวกับสารประกอบธาตุหมู่ฮาโลเจน เช่น คลอรีน เกิดเป็นไนโตรเจนไตรคลอไรด์ (NCl_3) และถ้าหากละลายน้ำจะได้สารละลายที่เป็นด่าง การเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียส่วนใหญ่แล้วจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+)

การที่ได้รับอันตรายจากแอมโมเนียก่อให้เกิดอันตรายหลายรูปแบบ แต่ส่วนใหญ่ที่เกิดการระตายเคืองเป็นหลัก อาจทำให้เกิดพิษเรื้อรัง มีอาการระคายเคืองทางเดินหายใจ หายใจไม่สะดวก กรณีสัมผัสที่ผิว จะเกิดอาการคันคล้ายเป็นโรคผิวหนัง แต่อาการจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณระยะเวลา ความต้านทานของแต่ละบุคคล และยังไม่มีรายงานว่าเป็นสารก่อมะเร็ง

ผลกระทบของแอมโมเนีย มีดังนี้

1) ผลต่อทางเดินหายใจ จะมีอาการแสบจมูก น้ำมูกไหล ไอ เสมหะมาก เสียงแหบ ทางเดินหายใจส่วนบนอุดกั้น หายใจลำบาก หลอดลมอักเสบ หลอดลมตีบ จนอาจรุนแรงถึงขั้นปอดบวมน้ำ ขาดออกซิเจน ทางเดินหายใจล้มเหลว

2) ผลต่อทางเดินอาหาร ในกรณีที่มีการรับประทานสารละลายแอมโมเนียเข้าสู่ร่างกายจะเกิดเยื่อบุทางเดินอาหารตายเหมือนสัมผัสสารที่เป็นด่าง ก่อให้เกิดการทำลายได้ลึกกว่าสารที่เป็นกรด จนกระทั่งอาจเกิดภาวะแทรกซ้อนจากหลอดอาหาร จนอาจทำให้กระเพาะอาหารทะลุได้ หรืออาจเกิดอาการเพียงเล็กน้อย เช่น คลื่นไส้ อาเจียน

3) ผลต่อผิวหนัง อันตรายต่อผิวหนังเกิดจากสมบัติของสารที่เป็นด่าง หรือเกิดจากการแช่แข็งเฉียบพลันของเซลล์หากสัมผัสแอมโมเนียเหลว

4) ผลต่อตา ทำให้เกิดความรุนแรงเพียงเล็กน้อย การระคายเคือง น้ำตาไหล หรือถ้าเกิดอาการรุนแรงกว่านั้นคือถึงขั้นเยื่อบุแก้วตาโดนทำลายถาวร

2.1.4 การปฐมพยาบาลเบื้องต้นเมื่อสัมผัสกับแอมโมเนีย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553)

1) การสูดดม รีบนำผู้ประสบเหตุออกจากที่เกิดเหตุให้อยู่เหนือลม และมีอากาศถ่ายเทสะดวก โดยเร็วที่สุด ถ้ามีเหงื่อออกให้ดื่มน้ำเย็น ๆ ถ้าหายใจขัดควรให้ออกซิเจน แต่ถ้าหยุดหายใจให้รีบผายปอดจนกว่าจะหายใจสะดวก ห้ามใช้วิธีผายปอดโดยการใช้ปากเป่า

2) การสัมผัสทางผิวหนัง ให้รีบถอดเสื้อผ้าและเครื่องประดับออกให้หมด ล้างด้วยน้ำสะอาดให้มาก ๆ อย่างน้อย 15 นาที ล้างบริเวณที่ถูกสัมผัสด้วยน้ำไหลผ่านจำนวนมาก ๆ จนแน่ใจว่าออกหมดแล้ว ถ้ามีแผลไหม้จากความเย็นจัดของแอมโมเนีย ต้องแช่หรือประคบด้วยน้ำอุ่น ใช้ผ้าสะอาดคลุมบริเวณแผลไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การรับสารทางปาก ให้ดื่มน้ำมาก ๆ ห้ามทำให้อาเจียน หรือถ้าหมดสติต้องจัดท่าให้นอนหงายราบ เอียงหน้าไปด้านใดด้านหนึ่ง สังเกตการหายใจ และจับชีพจรที่คอ หรือขาหนีบ ถ้าหยุดหายใจต้องทำการปั๊มหัวใจเพื่อช่วยชีวิต หรือนำส่งแพทย์

4) การที่สารเข้าดวงตา ต้องทำการตะแคงเอียงหน้าแล้วล้างตาด้วยน้ำสะอาดจำนวนมากจากหัวตามาหางตาจนกว่าจะไม่เคืองตา ห้ามขยี้ตา ควรล้างน้ำอย่างน้อย 30 นาที แล้วรีบนำส่งแพทย์

2.1.5 การกำจัดแอมโมเนีย (นพภาพร และคณะ, 2547)

วิธีกำจัดแอมโมเนียในอากาศที่ใช้กันทั่วไป

1) ระบบดูดซับด้วยผงถ่านกัมมันต์

มีกระบวนการบำบัดกลิ่น โดยสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นจะถูกดูดซับด้วยผงถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ระบบนี้ใช้เสริมการบำบัดกลิ่นร่วมกับระบบอื่น ๆ สารเคมีที่มีกลิ่นที่เป็นประเภทไฮโดรคาร์บอนจะถูกจับติดอยู่บนผิวของถ่านกัมมันต์ซึ่งมีรูเล็ก ๆ และมีพื้นที่ผิวจำนวนมาก เมื่อสารถูกจับจนถ่านอิ่มตัวก็จะต้องไล่สารเคมีออกไปเพื่อให้ถ่านกลับมาใช้งานได้ใหม่ (Regeneration) ระบบดูดซับด้วยผงถ่านกัมมันต์เหมาะสมที่จะใช้กำจัดกลิ่นจากบริเวณที่เก็บวัตถุดิบ (กองวัตถุดิบ) ระบบบำบัดน้ำเสีย ที่ทำงานที่มีกลิ่นจากการใช้ตัวทำละลาย เพราะสารมีกลิ่นมีความเข้มข้นไม่สูงมากจึงไม่ต้องเปลี่ยนถ่านบ่อย ๆ แต่มีข้อจำกัดคือ ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียต่ำ ถ้าแอมโมเนียมีความเข้มข้นสูงหรือต้องทำการปรับสภาพ (Regeneration) บ่อยครั้ง และอาจทำให้ถ่านกัมมันต์ร้อนจัด เพราะการดูดซับเป็นปฏิกิริยาที่คายความร้อน

2) ระบบสครับบิง

ระบบนี้มีระบบที่นิยมอยู่สองแบบ คือ ระบบในแนวตั้งใช้อากาศไหลเข้าด้านล่างและออกด้านบน ส่วนอีกแบบหนึ่งคือ อากาศไหลเข้าและออกในแนวนอน (Cross-Flow) โดยในปัจจุบันระบบแนวนอนได้รับความนิยมมากขึ้น เพราะมีปัญหาการอุดตันน้อยและความสูงไม่มากนัก สามารถวางไว้ในห้องที่มีเพดานต่ำ ๆ ได้ ระบบมีทั้งชนิดที่ใส่ตัวกลาง (Packings) ไว้ภายในเพื่อเพิ่มผิวของการสัมผัสระหว่างก๊าซและของเหลว บางระบบที่ไม่มีตัวกลางก็ใช้การสเปรย์น้ำเป็นฝอยเล็ก ๆ เป็นม่านน้ำ หรือใช้การอัดฉีดน้ำกับอากาศที่ความดันสูง (Venturi) ต้องระวังไม่ให้อุณหภูมิของอากาศที่จะบำบัดก่อนเข้าระบบสูงเกินไปเพราะจะทำให้เกิดไอน้ำและลดประสิทธิภาพของการดูดซึมลง ในกรณีที่จำเป็นอาจต้องมีอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนของอากาศก่อนเข้าระบบ และควรระวังเรื่องฝุ่นละอองเพราะอาจทำให้อุดตันได้

3) ระบบบำบัดกลิ่นด้วยกระบวนการกรองทางชีวภาพ

เป็นระบบที่อาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารปนเปื้อน หรือสารมลพิษในอากาศให้กลายเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กลงและไม่ก่อให้เกิดอันตราย ตัวระบบจะประกอบด้วยตัวกลางที่มีรูพรุนหรือช่องให้อากาศไหลผ่านได้ดี สามารถใช้วัสดุจากธรรมชาติ เช่น เปลือกไม้ กากมะพร้าว หรือวัสดุสังเคราะห์ เช่น พลาสติก ซึ่งต้องมีการให้แร่ธาตุหรือสารอาหารเพื่อให้จุลินทรีย์เติบโตได้ เมื่อผ่านอากาศที่มีสารปนเปื้อนเข้าสู่ระบบจุลินทรีย์ที่เกาะบนตัวกลาง จะทำหน้าที่ย่อยสลายสารปนเปื้อนให้กลายเป็นสารประกอบขนาดเล็ก ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ เป็นต้น ของเสียที่เกิดขึ้น ของเสียจากการย่อยสลายโดยแบคทีเรียจะละลายอยู่ในชั้นน้ำของ Biofilter และบางชนิดก็มีฤทธิ์เป็นกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งหากความเป็นกรดมีมากเกินไป แบคทีเรียอาจตายหรือลดจำนวนลงได้ ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนียลดลง

การกำจัดของเสียที่ปนเปื้อนแอมโมเนีย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553)

1) น้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนแอมโมเนียจากระบบทำความเย็น น้ำมันหล่อลื่นสำหรับเครื่องอัดไอ (คอมเพรสเซอร์) ในระบบทำความเย็นจะถูกดักอยู่ที่ถังพักน้ำมันหล่อลื่น (Oil drum) ตามตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบทำความเย็นเมื่อถึงเวลาเปลี่ยน ซึ่งน้ำมันหล่อลื่นที่ถูกถ่ายออกมาจะปนเปื้อนแอมโมเนีย ดังนั้นการถ่ายน้ำมันหล่อลื่นจะต้องปฏิบัติตามขั้นตอนอย่างถูกต้องเพื่อความปลอดภัย ป้องกันไม่ให้แอมโมเนียรั่วไหลออกจากระบบ นอกจากนี้ ยังมีน้ำมันหล่อลื่นสะสมอยู่ตามอ่างน้ำมันในระบบทำความเย็นซึ่งต้องถ่ายออกเมื่อสังเกตว่าน้ำแข็งที่จับอยู่ด้านล่างอ่างน้ำมันละลาย น้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนแอมโมเนียให้ใส่ภาชนะที่ปิดมิดชิดและนำส่งให้ผู้รับกำจัดของเสียปนเปื้อนที่ได้รับอนุญาตตามกฎหมายต่อไป และห้ามทิ้งน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนแอมโมเนียลงในถังขยะทั่วไป หรือปล่อยลงบ่อน้ำสาธารณะ

2) การกำจัดน้ำที่ปนเปื้อนแอมโมเนีย น้ำที่ปนเปื้อนแอมโมเนียส่วนใหญ่แล้วเกิดจากการใช้น้ำดักจับแอมโมเนีย น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการดักไอในการปฏิบัติงานและการระงับเหตุฉุกเฉินจะมีส่วนผสมของแอมโมเนียมไฮดรอกไซด (NH_4OH) ซึ่งเกิดจากแอมโมเนียทำปฏิกิริยากับน้ำ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์มีฤทธิ์เป็นด่าง จะมีค่าเป็นด่างมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณแอมโมเนียที่รั่วไหลและน้ำที่ใช้ระงับเหตุ ทั้งนี้กระบวนการทำให้เป็นกลาง (Neutralization) ของแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ทำได้โดยการเติมกรดเกลือ 5% (5% HCl) จะได้เกลือแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) และน้ำซึ่งมีสมบัติเป็นกลาง เมื่อเกิดปฏิกิริยาจนได้สารประกอบที่เป็นกลางแล้ว จะต้องทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้อยู่ระหว่าง 6.5-7.5 และนำน้ำเสียที่ได้จากปฏิกิริยานี้ส่งผู้รับกำจัดเพื่อบำบัดต่อไป และห้ามปล่อยน้ำเสียปนเปื้อนแอมโมเนียลงในบ่อสาธารณะโดยเด็ดขาด

3) การชำระล้างชุดและอุปกรณ์กู้ภัยจากการปนเปื้อนแอมโมเนีย โดยใช้สารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ 10 % โดยผสมสาร 100 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ชำระล้างชุดและอุปกรณ์กู้ภัยที่อาจปนเปื้อนแอมโมเนีย หลังเสร็จการชำระล้างแล้วต้องรวบรวมน้ำปนเปื้อนเพื่อส่งกำจัดต่อไป

4) การกำจัดวัสดุปนเปื้อนจากโรงงานที่ใช้แอมโมเนีย จากกรณีที่กากเสียปนเปื้อนจากการผลิตหรือรั่วไหล วิธีกำจัดแอมโมเนียคือ นำวัสดุที่ปนเปื้อนรวบรวมใส่ภาชนะที่ทนการกัดกร่อน นำกรดไฮโดรคลอริก 5 % คลุกวัสดุปนเปื้อนแล้วให้ทำการทดสอบน้ำล้างด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้มีค่าเป็นกลาง (ระหว่าง 6.5-7.5) ต่อด้วยล้างวัสดุปนเปื้อนด้วยน้ำสะอาด และทำให้แห้งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ในครั้งต่อไปได้

2.1.6 มาตรฐานความปลอดภัยของแอมโมเนีย (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

มาตรฐานความปลอดภัยของแอมโมเนียในการทำงาน คือ ค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมงทำงานไม่เกิน 25 ppm และค่าสูงสุดในช่วงเวลาสั้นๆ ประมาณ 15 นาที ไม่เกิน 35 ppm มาตรฐานความปลอดภัยของแอมโมเนียแสดงในตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์ความคุ้มครองสาธารณชนของการสัมผัสก๊าซแอมโมเนีย

ผลกระทบ	ความเข้มข้นก๊าซแอมโมเนีย (ppm)				
	10 นาที	30 นาที	60 นาที	4 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง
AEGL-1	30	30	30	30	30
AEGL-2	220	220	160	110	110
AEGL-3	2,700	1,600	1,100	550	390

หมายเหตุ : AEGL-1 : ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่ประชาชนทั่วไปที่รับสัมผัสอาจจะเกิดอาการไม่สบาย ระคายเคือง หรือผลกระทบที่ไม่แสดงอาการ

AEGL-2 : ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่ประชาชนทั่วไปที่รับสัมผัส อาจจะเกิดผลกระทบที่ไม่สามารถกลับเป็นปกติได้ หรืออาการรุนแรงจนอพยพจากจุดนั้นเองไม่ได้

AEGL-3 : ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่ประชาชนทั่วไปที่รับสัมผัสอาจจะเกิดอันตรายต่อสุขภาพอย่างรุนแรงหรือเสียชีวิตได้

2.2 หลักการทำงานของโฟโตคะตะไลซิส (วีระชัย, 2559)

กระบวนการโฟโตคะตะไลซิส (Photocatalysis) เป็นปฏิกิริยาที่ใช้แสงเป็นตัวกระตุ้นโมเลกุลของสาร โดยอาศัยตัวเร่งปฏิกิริยา ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซีสจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อได้รับแสงหรือพลังงานโฟตอน (Photon energy) ที่มากพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสขึ้นได้ โดยจะเรียกพลังงานตัวนี้ว่า พลังงานกระตุ้น (Activation energy)

ชนิดของโฟโตคะตะไลซิส เมื่อพิจารณาจากสถานะของตัวเร่งปฏิกิริยาจะสามารถ แบ่งประเภทของปฏิกิริยาเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) โฟโตคะตะไลซิสแบบสถานะเดียวหรือแบบเนื้อเดียวกัน (Homogeneous Photocatalysis) เป็นกระบวนการที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีสถานะเดียวกับสารอินทรีย์ที่ต้องการกำจัด เช่น การย่อยสลาย 2,4-Dinitrotoluene โดยใช้ UV/H_2O_2

2) โฟโตคะตะไลซิสแบบสถานะต่างหรือแบบเนื้อผสม (Heterogeneous Photocatalysis) เป็นกระบวนการที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในสถานะที่ต่างกับสารอินทรีย์ที่ต้องการกำจัด เช่น ย่อยสลาย 2–Chlorophenol โดยใช้ UV/TiO_2

สารที่นิยมนำมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด ได้แก่

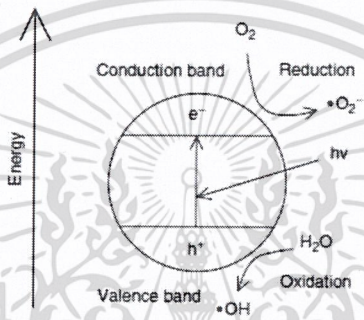
1) โลหะทรานซิชัน (Transition metals) เช่น ทองแดง โครเมียม นิเกิล เป็นต้น

2) สารกึ่งตัวนำ (Semiconductors) เช่น ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) แคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) สังกะสีออกไซด์ (ZnO) เป็นต้น

สำหรับโลหะทรานซิชันนั้นเมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานโฟตอน ทำให้อิเล็กตรอนขึ้นไปอยู่ในสถานะกระตุ้น (Excited state) อิเล็กตรอนจะกลับสู่สถานะพื้น (Ground state) ได้ง่ายและรวดเร็วกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดสารกึ่งตัวนำ เพราะในโลหะทรานซิชันนั้นจะไม่มีแถบพลังงานระหว่างแถบคอนดักชัน (Conduction band) และแถบวาเลนซ์ (Valance band) ซึ่งจะส่งผลให้อัตราการรวมตัวกันระหว่างอิเล็กตรอนกับโฮลนั้นมีค่าสูง จึงทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดโลหะทรานซิชันนั้นไม่เป็นที่นิยมในการนำมาเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส ในทางกลับกันตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดสารกึ่งตัวนำได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะไทเทเนียมไดออกไซด์

เอกสารนี้ใช้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลไกของปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส จะมีองค์ประกอบของโลหะทรานซิชันและสารกึ่งตัวนำ โดยประกอบด้วยแถบวาเลนซ์และแถบคอนดักชัน ซึ่งในโลหะทรานซิชันนั้นจะมีแถบวาเลนซ์และแถบคอนดักชันที่ติดกัน แต่ในสารกึ่งตัวนำนั้นแถบวาเลนซ์และแถบคอนดักชันจะไม่ติดกันโดยจะถูกคั่นด้วยระดับชั้นพลังงาน เมื่ออิเล็กตรอน (Electron, e^-) ที่อยู่ในแถบวาเลนซ์เมื่อได้รับพลังงานโดยการฉายแสงด้วยพลังงานแสงที่มีพลังงานมากกว่าแถบพลังงานของอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำจะถูกกระตุ้นให้เคลื่อนที่ไปยังแถบคอนดักชันจึงทำให้เกิดโฮล (Hole, h^+) ในบริเวณแถบวาเลนซ์ โดยที่โฮลซึ่งมีประจุเป็นประจุบวกจะสามารถเคลื่อนที่อย่างอิสระในแถบวาเลนซ์ ส่วนแถบคอนดักชันอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่มาจากแถบวาเลนซ์ก็จะเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระทั่วแถบคอนดักชันเช่นกัน ทำให้เกิดคู่อิเล็กตรอนกับโฮล (Electron-hole, e^-/h^+ pairs) แสดงดังในรูปที่ 2.1

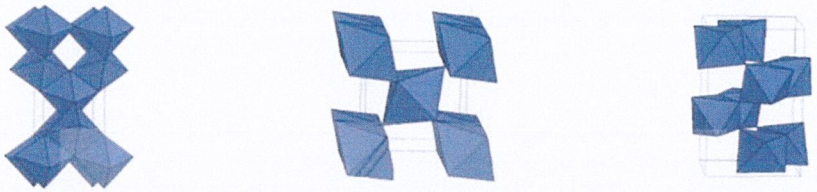


รูปที่ 2.1 กลไกของปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสไทเทเนียมไดออกไซด์ (วีระชัย, 2559)

2.2.1 ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide) (สุพิน, 2550)

ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide) หรือ ไททาเนีย (Titania) มีสูตรโมเลกุลทั่วไปคือ TiO_2 มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว มีมวลโมเลกุล 79.9 กรัมต่อโมล จุดเดือด 2,972 °C และจุดหลอมเหลว 1,870 °C ลักษณะโครงสร้างผลึกมี 3 รูปแบบคือ 1) โครงสร้างแบบอนาเทส 2) โครงสร้างแบบรูไทล์ มีลักษณะโครงสร้างผลึกแบบเตตระโกนอลเหมือนกันประกอบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ออกตะฮีดรอล (TiO_6^{2-}) ที่ช่องว่างของออกตะฮีดรอลของออกไซด์ไอออนจะมีไอออน TiO_4^+ อยู่ แต่ไทเทเนียมไดออกไซด์โครงสร้างอนาเทสและรูไทล์จะมีการเชื่อมกันของไทเทเนียมกับออกซิเจนที่แตกต่างกัน ซึ่งทำให้มีผลต่อการบิดตัวของแต่ละออกตะฮีดรอลที่เรียงต่อกันและจากรูปแบบการเรียงตัวของออกตะฮีดรอล ซึ่งรูไทล์มีการเชื่อมเรียงตัวต่อกันโดยใช้ส่วนขอบของแต่ละออกตะฮีดรอล ส่วนโครงสร้างแบบอนาเทสเรียงตัวต่อกันโดยใช้ส่วนยอดของแต่ละออกตะฮีดรอล และ 3) โครงสร้างแบบบรูคไคท์ มีโครงสร้างผลึกแบบออร์โธรอมบิคเกิดมาจากการเรียงตัวต่อกันโดยใช้ทั้งส่วนยอด และส่วนขอบของแต่ละออกตะฮีดรอล ดังแสดงในรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 2.2 โครงสร้างของไทเทเนียมไดออกไซด์
(ก) แบบอนาเทส (ข) แบบรูไทล์ (ค) แบบบรูคไคท์
ที่มา : Siamchemi/ไทเทเนียมไดออกไซด์/TiO_2 และประโยชน์ไทเทเนียมไดออกไซด์, 2559

ไทเทเนียมไดออกไซด์โครงสร้างผลึกแบบรูไทล์เป็นชนิดที่พบในธรรมชาติมากที่สุด มีความคงทน และที่มีความเสถียรสูงสุด ไทเทเนียมไดออกไซด์โครงสร้างแบบบรุคไคท์ หากได้รับความร้อนสูงกว่า 915 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเป็นแบบรูไทล์ ส่วนโครงสร้างแบบอนาเทสนั้นจะมีความเสถียรที่อุณหภูมิต่ำเท่านั้น หากได้รับความร้อนมากกว่า 750 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเป็นแบบรูไทล์ คุณสมบัติของไทเทเนียมไดออกไซด์แสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของไทเทเนียมไดออกไซด์

TiO_2	Anatase	Rutile	Brookite
จำนวนอะตอม	2	4	8
โครงสร้างผลึก	Tetragonal	Tetragonal	Orthorhombic
ความหนาแน่น(g/cm^3)	4.2743	3.895	4.123
A (Å)	3.7842	4.5937	9.184
B (Å)	3.7842	4.5937	5.447
C (Å)	9.5146	2.9581	5.145
Band gap (eV)	~3.2	~3.0	~3.3

ที่มา: siamchemi.ไทเทเนียมไดออกไซด์/TiO_2 และประโยชน์ไทเทเนียมไดออกไซด์, 2559

ไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นสารที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการบำบัดน้ำ อากาศ และก๊าซพิษ เนื่องจากเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง และมีประสิทธิภาพในการสลายสารประกอบอินทรีย์เกือบทุกชนิดเมื่ออยู่ภายใต้แสงอาทิตย์ จึงนิยมมาประยุกต์ใช้สลายมลพิษ และผลิตภัณฑ์การทำความสะอาดด้วยตนเองซึ่งนำไปใช้ในการเคลือบสิ่งก่อสร้าง กระจกอาคาร หรือรถยนต์

2.2.2 ประโยชน์ของไทเทเนียมไดออกไซด์ (พันธนันท์ และคณะ, 2556)

1) ความสามารถในการต้านแบคทีเรียและฆ่าเชื้อโรค

ไทเทเนียมไดออกไซด์ สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย และยังช่วยในการย่อยสลายซากของแบคทีเรียด้วย ไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เป็นสารเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงนั้น มีประสิทธิภาพสูงกว่าสารต้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือจำหน่าย เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคทีเรียชนิดอื่น ๆ เนื่องจากปฏิกิริยาจะทำงานเมื่อมีเซลล์แบคทีเรียสัมผัสกับพื้นผิว หรือเมื่อแบคทีเรียแพร่กระจายบนพื้นผิว นอกจากนี้ สารพิษที่เกิดจากการตายของเซลล์ก็จะถูกทำลายจากการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงของไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วย และที่สำคัญไทเทเนียมไดออกไซด์จะไม่เกิดการเสื่อมประสิทธิภาพหลังจากที่ทำลายเชื้อแบคทีเรีย ทำให้มีประสิทธิภาพการใช้งานที่ยาวนาน โดยทั่วไปเมื่อกล่าวถึงประสิทธิภาพด้านยับยั้งหรือต่อต้านการติดเชื้อ ไทเทเนียมไดออกไซด์จะมีความสามารถมากกว่าคลอรีน (Cl) 3 เท่า และมากกว่าโอโซน (O_3)

2) ความสามารถด้านการกำจัดกลิ่น

อนุภาคไฮดรอกซิลไอออนที่เกิดจากไทเทเนียมไดออกไซด์ สามารถกำจัดโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่ระเหยอยู่ในอากาศ (Volatile Organic Compound หรือ VOCs) ที่เป็นสาเหตุของกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้ โดยทำลายพันธะระหว่างโมเลกุลของสารเหล่านี้ จะทำให้สารอินทรีย์ที่ระเหยอยู่ในอากาศแตกตัวออกเป็นโมเลกุลเดี่ยว จึงไม่สามารถทำอันตรายหรือส่งผลต่อร่างกายของมนุษย์ได้ นอกจากนี้ ยังมีประสิทธิภาพในการฟอกอากาศให้สะอาด โดยการกำจัดโมเลกุลของสารที่ทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นบุหรี่ กลิ่นยาสูบ สารประเภทไนโตรเจนไดออกไซด์ ยูเรีย กลิ่นอุจจาระ น้ำมัน เชื้อเพลิง และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอีกหลายชนิดในอากาศ ไทเทเนียมไดออกไซด์สามารถทำให้อากาศสะอาดจากไวรัส แบคทีเรีย เกสรดอกไม้ และควัน รวมถึงก๊าซอันตราย

3) ความสามารถในการฟอกอากาศ

ไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ถูกเร่งด้วยปฏิกิริยาด้วยแสง สามารถกำจัดสารที่ก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศได้ เช่น สารประกอบไนโตรเจน ควันบุหรี่ รวมถึงสารระเหยต่าง ๆ ที่ออกมาจากอาคาร รวมทั้งโครงสร้างของตึกได้ นอกจากนี้ ยังช่วยป้องกันเชม่าและคราบดำต่าง ๆ ที่จะเกาะผนังบ้าน รวมถึงช่วยกำจัดสารที่ทำลายชั้นบรรยากาศ เช่น ก๊าซคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFCs) และก๊าซเรือนกระจกประเภทอื่น ๆ รวมถึงก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งทางตรงและทางอ้อม

4) ความสามารถด้านการทำความสะอาด

ผนังด้านนอกของอาคารที่ถูกปกคลุมด้วยคราบเขม่าจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่มีส่วนประกอบเป็นน้ำมัน เมื่อผนังตึกถูกทาด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ซึ่งมีสมบัติการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง เมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสง จะทำให้ผนังมีคุณสมบัติในการทำความสะอาดตัวเอง โดยไทเทเนียมไดออกไซด์จะทำลายสารประกอบไฮโดรคาร์บอน รวมทั้งฝุ่นผงต่าง ๆที่เกาะติดอยู่กับผนัง และจะถูกชะล้างออกจากผนังอย่างง่ายได้เมื่อฝนตกลงทำให้ผนังตึกสะอาดและใหม่อยู่เสมอ

5) ความสามารถในการทำน้ำสะอาด

ไทเทเนียมไดออกไซด์ร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลตสามารถกำจัดสารอินทรีย์ที่ก่อมลภาวะให้กลายเป็นสารที่ไม่อันตรายได้ เช่น ทำให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ รวมถึงมีคุณสมบัติในการต้านแบคทีเรีย รวมถึงไวรัสได้

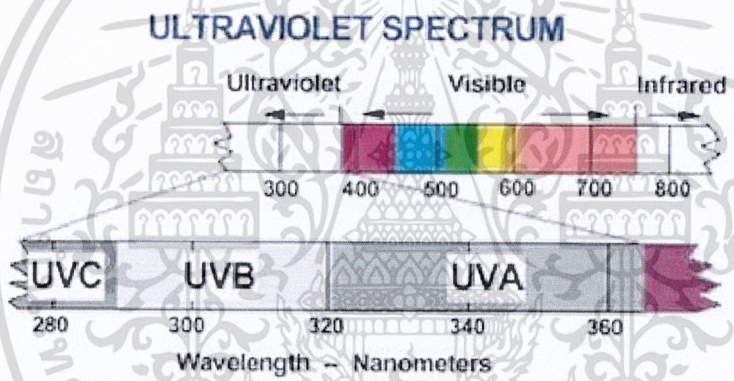
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 แสง (อัญชลี และคณะ, 2560)

แสงคือพลังงานที่ปลดปล่อยออกจากอะตอม เป็นกลุ่มก้อนของพลังงานที่มีโมเมนตัม เรียกว่า โฟตอน นั่นคือ อิเล็กตรอนเป็นอนุภาคที่มีประจุเป็นลบหมุนอยู่รอบนิวเคลียสที่มีประจุเป็นบวกมีอยู่หลายตัว แต่ละตัวอยู่ในวงโคจรที่แตกต่างกัน พลังงานวัดได้จากระยะห่างจากนิวเคลียส ทำให้อิเล็กตรอนมีพลังงานในแต่ละระดับที่แตกต่างกัน อิเล็กตรอนที่มีวงโคจรจากนิวเคลียสมีพลังงานมากกว่าวงโคจรใกล้นิวเคลียส เมื่ออะตอมได้รับพลังงานจากภายนอก อิเล็กตรอนวงโคจรต่ำจะถูกกระตุ้นเปลี่ยนไปอยู่ในวงโคจรสูงซึ่งไม่เสถียร ดังนั้น อิเล็กตรอนจะหมุนอยู่ในวงโคจรนี้ชั่วคราวและตกลงสู่วงโคจรเดิมปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของโฟตอน

2.3.1 รังสีอัลตราไวโอเลต (อัญชลี และคณะ, 2560)

รังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet radiation) หรือรังสียูวี (UV) คือรังสีชนิดหนึ่งที่แผ่กระจายจากดวงอาทิตย์ มีช่วงความถี่ระหว่าง 240-400 นาโนเมตร มีพลังงานสูง ไม่สามารถมองเห็นได้ มนุษย์ใช้ประโยชน์จากรังสียูวีได้หลายทาง เช่น ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค เป็นต้น



รูปที่ 2.3 ช่วงความยาวคลื่นของรังสียูวีแต่ละชนิด
ที่มา: simchemi รังสีอัลตราไวโอเลต/รังสียูวี (UV) และอันตรายจากรังสียูวี, 2559

1) แหล่งกำเนิดของรังสีอัลตราไวโอเลต

1.1 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (Solar radiation) ถือเป็นแหล่งกำเนิดสำคัญของการแผ่รังสีที่ส่องมาถึงโลก ประกอบด้วยยูวีเอ (UVA) มีความยาวคลื่นระหว่าง 315-400 นาโนเมตร รังสียูวีบี (UVB) มีความยาวคลื่นระหว่าง 280-315 นาโนเมตร ยูวีซี (UVC) มีความยาวคลื่นระหว่าง 200-280 นาโนเมตร รวมถึงช่วงคลื่นที่มนุษย์มองเห็น และรังสีอินฟาเรด (รูปที่ 2.3) แต่รังสียูวีซีถูกโอโซนในสตาร์โตสเฟียร์กรองเอาไว้ เหลือไว้เพียงยูวีเอและยูวีบีบางส่วนที่ทะลุผ่านชั้นบรรยากาศมาสู่พื้นผิวของโลกได้

1.2 แหล่งที่มนุษย์สร้างขึ้น (Artificial sources) ได้แก่ วัตถุทุกชนิดที่ถูกทำให้ร้อนจนมีอุณหภูมิสูงมากกว่า 2,500 เคลวิน สามารถปล่อยรังสีอัลตราไวโอเลตได้ เป็นวัตถุอุปกรณ์ที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นในการใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ทางการแพทย์ ทางการเกษตร เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) อันตรายจากรังสีอัลตราไวโอเลต

2.1 ผิวหนัง รังสียูวี (UV) มีอันตรายมากต่อผิวหนัง สามารถทำให้เกิดรอยไหม้ (sunburn) และความผิดปกติของสารพันธุกรรม นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดกระบวนการลิปิดเพอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) และการอักเสบเฉียบพลัน รวมถึงการเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อซึ่งเกิดจากการเกิดอนุมูลอิสระจากรังสียูวี มีการศึกษาผลกระทบรังสียูวีต่อสัตว์น้ำ สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ พบว่ารังสียูวีซีมีผลต่อการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในปลา และมีผลกระทบรุนแรงต่อเยื่อบุผิวบริเวณเหงือกปลา ทำให้เนื้อเยื่อบุผิวหลุดลอกจนเหงือกปลาหดสั้น ในส่วนของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ พบว่ารังสียูวีบีมีผลทำให้ตัวอ่อนในระยะฟักตัวมีความผิดปกติ อัตราการเติบโตลดลง และเกิดความผิดปกติของผิวหนัง รวมถึงระบบภูมิคุ้มกัน

2.2 ตา เมื่อได้รับยูวีมากขึ้นทำให้เยื่อบุตาเกิดอาการระคายเคือง ตาแดง แสบตา น้ำตาไหล อาจเกิดเป็นต้อเนื้อ ต้อลม หากเราได้รับแสงยูวีต่อเนื่องเป็นระยะเวลาที่ยาวนานจะเสี่ยงต่อการเป็นโรคจอตาเสื่อม หรืออาจจะให้เกิดโรคตาเรื้อรัง มะเร็งที่ผิวรอบดวงตา

3) แนวทางการป้องกันรังสียูวี

3.1 การปกป้องผิวจากรังสียูวี สามารถทำได้เบื้องต้นคือ การทาผิวด้วยครีมผสมสารป้องกันยูวี หรือครีมกันแดด

3.2 การป้องกันดวงตาจากรังสียูวีสามารถทำได้เบื้องต้น เช่น การใส่แว่นกันแดดที่ประกอบด้วยเลนส์ที่มีคุณสมบัติดูดซับหรือสะท้อนรังสียูวีอย่างน้อย 99-100%

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชลดา (2554) ศึกษาปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสโดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการกำจัดสารมลพิษอินทรีย์ พบว่าประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารมลพิษอินทรีย์เมื่อใช้อนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น โครงสร้างผลึก ลักษณะความเป็นรูพรุน ตำแหน่งที่ว่องไว และขนาดอนุภาค เป็นต้น ไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีผลึกต่างกันซึ่งเกิดจากการจัดเรียงตัวของออกตะฮีดรอลต่างกัน จะส่งผลให้แต่ละรูปผลึกมีคุณสมบัติบางประการแตกต่างกัน เช่น ไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีโครงสร้างผลึกแบบรูไทล์และอนาเทสจะมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายด้วยแสงดีกว่าแบบบรุ๊คไคท์ เพราะมีการรวมตัวกันระหว่างอิเล็กตรอนช่องว่างอิเล็กตรอนน้อย และยังพบว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีโครงสร้างผลึกแบบอนาเทส จะมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารมลพิษอินทรีย์มากกว่าโครงสร้างผลึกแบบรูไทล์ เนื่องจากโครงสร้างผลึกแบบรูไทล์มีการสูญเสียพื้นที่ผิวที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา เนื่องจากใช้อุณหภูมิในขณะสังเคราะห์สูงกว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์แบบอนาเทส ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีขนาดอนุภาคขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวสูง ทำให้สามารถดูดซับสารอินทรีย์ได้มากกว่า เพราะตัวเร่งปฏิกิริยาสัมผัสกับสารมลพิษอินทรีย์ได้มาก ดังนั้นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีพื้นที่ผิวสูงจะมีตำแหน่งที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยามาก เพราะมีหมู่ไฮดรอกซิล ซึ่งเป็นตัวออกซิไดส์สารมลพิษอินทรีย์มาก ทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยสลายสูงกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีขนาดใหญ่กว่า ลักษณะรูพรุนเป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารมลพิษอินทรีย์ เพราะตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีรูพรุนสูง ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pongyeela. *et al.* (2012) ศึกษาการบำบัดแอมโมเนียที่ปนเปื้อนในอากาศเสียด้วยเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติก ซึ่ง TiO_2 ที่ละลายในเอทานอลจะเคลือบบนฟิล์มบางถูกบรรจุในระบบการไหลอย่างต่อเนื่องพร้อมกับการฉายรังสีแสงยูวี การศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดแบบต่อเนื่องของคอลัมน์แบบเบดคงที่ จะทำการศึกษาเกี่ยวกับจำนวนของแสง UV 1-5 หลอด คอลัมน์บรรจุตัวเร่งปฏิกิริยา (1-5 คอลัมน์) และอัตราการไหลของอากาศเสีย (1-5 ลิตรต่อนาที) ความเข้มข้นของแอมโมเนียของอากาศเสียที่ใช้ในเครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกถูกควบคุมอย่างต่อเนื่องที่ 300 ppm ผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนียด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของ TiO_2 และการเพิ่มขึ้นของจำนวนหลอดไฟ และอัตราการไหลที่ลดลง เวลาเก็บกักก๊าซขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของอากาศเสีย

Pichat *et al.* (2000) ทำการศึกษาการใช้ TiO_2 ในการบำบัดอากาศภายในอาคารและอากาศเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์โฟโตคะตะไลติกออกซิเดชันในระดับห้องปฏิบัติการ ใช้ TiO_2 เคลือบบนตาข่ายใยแก้วและติดตั้งด้วยหลอดที่ให้แสงที่ความยาวคลื่น 365 nm เพื่อทำการทดลองบำบัด BTX (benzene, toluene, m- xylene และ xylene) พบว่าสามารถบำบัดสารเหล่านี้ได้

Abdollahi *et al.* (2012) ศึกษาการย่อยสลายของ p-cresol ด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก โดยใช้ ZnO ภายใต้รังสียูวีเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) และเครื่องวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวม (TOC) ในการวัดค่าผลการทดลอง พบว่าการย่อยสลายด้วยแสงสูงสุดของ p-cresol พบได้ที่ 2.5 g / L ของ ZnO และความเข้มข้นที่เหมาะสมของ p-cresol คือ 100 ppm และ p-cresol ทำปฏิกิริยาได้ดีในช่วง pH 6-9 ตัวกลางที่ตรวจพบคือ 4-hydroxy-benzaldehyde และ 4-methyl-1,2-benzodiol การศึกษา TOC แสดงให้เห็นว่า 93% ของคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดถูกกำจัดออกจากสารละลายในช่วงเวลาการฉายรังสี ความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่ไม่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญสำหรับประสิทธิภาพการสลายตัวด้วยแสงของ p-cresol ของโฟโตคะตะไลติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 วัสดุหรืออุปกรณ์

1. เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer รุ่น UH5300 บริษัท Hitachi ประเทศญี่ปุ่น
2. เครื่องปั่นเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifuge) รุ่น XZ-6G ยี่ห้อ Benchtop Centrifuge ประเทศญี่ปุ่น
3. เครื่องวัดอัตราการไหล (High Flow) รุ่น Defender 520-H บริษัท Bios International Corp. ประเทศสหรัฐอเมริกา
4. เครื่องปั่นกวนรุ่น Stuart บริษัท Cole-Parmer Scientific Experts ประเทศสหรัฐอเมริกา
5. Hot Plate รุ่น MR Hai-Tec บริษัท Becthai Bangkok Equipment & Chemical Co. Ltd. ประเทศไทย
6. เครื่อง Ultrasonic
7. Teflon autoclave
8. เครื่องพ่นอากาศ รุ่น Millipore บริษัท Billerica ประเทศสหรัฐอเมริกา
9. ตู้อบ รุ่น Isotermp Oven บริษัท ทีอีควิปเมนท์ จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา
10. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง รุ่น Metter Toledo บริษัท Metter Toledo ประเทศสวิสเซอร์แลนด์
11. แท่งแม่เหล็กสาหรับกวน (Magnetic bar)
12. ไมโครปิเปต ขนาด 100-1,000 ไมโครลิตร รุ่น Pipet-Lite XLS + บริษัท Metter Toledo ประเทศสหรัฐอเมริกา
13. ตู้ปฏิกรณ์ ขนาด 50x45x80 ลูกบาศก์เซนติเมตร
14. คอลัมน์อะคริลิก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ขนาดความสูง 50 เซนติเมตร
15. แผ่นลวดสแตนเลส บริษัท เจริญวิทย์ เทรดดิ้ง จำกัด ประเทศไทย
16. หลอดยูวีซี รุ่น T8 18W บริษัท Narwar ประเทศอินเดีย
17. โถดูดความชื้น (Desiccator)
18. สายยาง Tygon
19. ฟรอยด์
20. พาราฟิล์ม
21. กระดาษทรายอลูมิเนียม
22. เครื่องแก้วต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 สารเคมี

1. ผงผลึกไทเทเนียมไดออกไซด์ ชนิด Degussa P25 (Titanium dioxide, TiO_2) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท เจ๊บเซ่น แอนด์ เจ๊สเซ่น อินกรีเดียนส์ (ที) จำกัด

2. แอมโมเนียไฮดรอกไซด์ (Ammonium hydroxide, NH_4OH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents ประเทศอิตาลี

3. แอมโมเนียมคลอไรด์ (Ammonium chloride, NH_4Cl) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents ประเทศอิตาลี

4. กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid, H_2SO_4) ความเข้มข้น 96 เปอร์เซ็นต์ เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents ประเทศอิตาลี

5. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl) ความเข้มข้น 37 เปอร์เซ็นต์ เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอังกฤษ

6. สารละลายฟีนอล (Phenol, C_6H_6O) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents ประเทศอิตาลี

7. ซิลเวอร์ไนเตรท (Silver nitrate, $AgNO_3$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศอิตาลี

8. เอทานอล (Ethanol, C_2H_6O) ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ เกรดการค้า องค์การสุรา กรมสรรพสามิต ประเทศไทย

9. โซเดียมไนโทรปรัสไซด์ (Sodium nitroprusside) 0.5% w/w เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents ประเทศอิตาลี

10. สารละลายอัลคาไลน์ซิเตรท (Alkaline citrate solution) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents ประเทศอิตาลี

11. โซเดียมซิเตรทไดไฮเดรต (Trisodium citrate dehydrate, $C_3H_4OH(COONa)_3{\cdot}2H_2O$)

12. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents ประเทศอิตาลี

13. โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (Sodium hypochlorite) 6% เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents ประเทศอิตาลี

14. สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (Sodium thiosulfate, $Na_2S_2O_3.5\ H_2O$) ความเข้มข้น 0.1 N เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents ประเทศอิตาลี

15. โพแทสเซียมไอโอไดด์ (Potassium iodide, KI) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents ประเทศอิตาลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.2.1 การเตรียมแผ่นลวดสแตนเลสที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์

3.2.1.1 การเตรียมแผ่นลวดสแตนเลส

1. ตัดแผ่นลวดสแตนเลสเป็นรูปวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร แล้วขัดด้วยกระดาษทรายเพื่อให้ผิวหยาบ

2. นำแผ่นลวดสแตนเลสที่ได้จากข้อ 1 แช่เอทานอล เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปแช่น้ำปราศจากไอออน เป็นเวลา 10 นาที เพื่อทำความสะอาด

3. วางแผ่นลวดลงบนถาดอลูมิเนียม นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ เมื่อแห้งแล้วให้เก็บในถุงซิปและเก็บในเดซิเคเตอร์ เพื่อนำไปใช้ต่อไป

3.2.1.2 การเตรียมแผ่นลวดสแตนเลสเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์

การทดลองนี้ เตรียมแผ่นลวดสแตนเลสเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ ตามวิธีของ Chaval *et al*. (2018) ดังนี้

1. ชั่งผงไทเทเนียมไดออกไซด์ 4 กรัม โดยใช้เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง นำไปผสมกับเอทานอล 150 มิลลิลิตร แล้วนำไปผ่านกระบวนการโซนิเคชันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

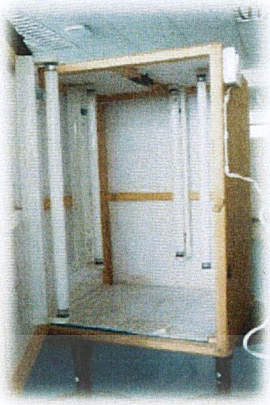
2. นำไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ผ่านกระบวนการโซนิเคชันมาทาบนแผ่นลวดสแตนเลสให้ทั่วแผ่น

3. นำแผ่นลวดจากข้อ 2 ไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วเก็บในถุงซิปแล้ววางในเดซิเคเตอร์เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

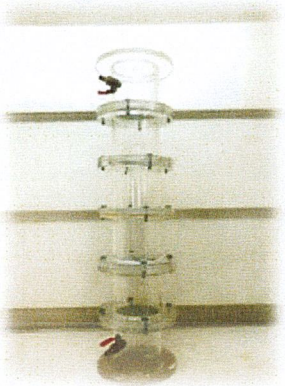
3.2.2 การสร้างคอลัมน์และตู้ปฏิกรณ์สำหรับปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส

ตู้ปฏิกรณ์สำหรับปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสขนาดความกว้าง 50 เซนติเมตร ความยาว 45 เซนติเมตร ความสูง 80 เซนติเมตร (รูปที่ 3.1 ก) ประกอบด้วยคอลัมน์อะคริลิกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ขนาดความสูง 50 เซนติเมตร จำนวน 1 คอลัมน์ โดยมีชั้นวางสำหรับแผ่นลวดสแตนเลสที่เคลือบด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา จำนวน 5 ชั้น มีช่องอากาศเข้าด้านล่างและช่องอากาศออกด้านบน (รูปที่ 3.1 ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ตู้ปฏิกรณ์



(ข) คอลัมน์

รูปที่ 3.1 ตู้ปฏิกรณ์ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส

3.2.3 ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซแอมโมเนียในอากาศโดยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส โดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

3.2.3.1 วิเคราะห์แอมโมเนีย

วิธีวิเคราะห์แอมโมเนียโดยวิธีฟีเนต (เพ็ญนภา, 2558)

1. นำสารละลายตัวอย่างที่ผ่านการทำปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสมา 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลายฟีนอล ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3. เติมสารละลายโซเดียมไนโทรปรัสไซด์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

4. เติมสารละลายออกซิไดซ์ (ดูรายละเอียดวิธีเตรียมสารในภาคผนวก ก) ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

5. ปิดตัวอย่างด้วยพาราฟินแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เกิดสี ที่อุณหภูมิ 22-27 องศาเซลเซียส ในที่แสงไม่จ้าอย่างน้อย 30 นาที สีที่เกิดขึ้นจะคงตัวภายใน 24 ชั่วโมง

6. นำสารละลายตัวอย่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร

7. เตรียมแบลงค์ เช่นเดียวกับสารละลายตัวอย่าง แต่ใช้กรดซัลฟิวริก 0.1 N แทน

8. คำนวณความเข้มข้นของแอมโมเนียในสารละลายตัวอย่าง เทียบกับกราฟมาตรฐาน

3.2.3.2 การหาความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซแอมโมเนีย

1. เตรียมสารละลายแอมโมเนีย ความเข้มข้น 10% โดยปริมาตร ประมาณ 100 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร (ใบที่ 1)

2. ต่อขวดรูปชมพู่ใบที่ 1 เข้ากับเครื่องพ่นอากาศ และขวดรูปชมพู่เปล่าใบที่ 2 เพื่อดักจับสารละลายแอมโมเนียที่อาจจะล้นมาจากขวดรูปชมพู่ใบที่ 1 จากนั้น ต่อขวดรูปชมพู่ใบที่ 2 เข้ากับคอลัมน์ในตู้ปฏิกรณ์ที่บรรจุแผ่นลวดสแตนเลสจำนวน 1 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ต่อขวดรูปชมพู่ใบที่ 3, 4 และ 5 ที่บรรจุกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 0.1 N ทั้ง 3 ขวด ปริมาณ 100 มิลลิลิตร เพื่อดักจับก๊าซแอมโมเนีย

4. ปลายอีกด้านหนึ่งของขวดรูปชมพู่ใบที่ 5 ต่อเข้ากับเครื่องสอบเทียบอัตราการไหลของก๊าซ เพื่อวัดอัตราการไหลของปั๊มก่อนและหลังการทดลอง

5. ให้ความร้อนกับแอมโมเนียในขวดรูปชมพู่ใบที่ 1 ด้วย water bath อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยเปิดปั๊มพ่นอากาศที่อัตราการไหล 300 มิลลิลิตรต่อนาที ผ่านคอลัมน์ที่บรรจุแผ่นลวดสแตนเลส เป็นเวลา 30 นาที โดยไม่เปิดหลอดยูวีซี

6. นำขวดรูปชมพู่ใบที่ 1 ที่บรรจุสารละลายแอมโมเนียและขวดรูปชมพู่ใบที่ 3, 4 และ 5 ที่ใช้ดักจับก๊าซแอมโมเนีย มาทำการวิเคราะห์หาค่าแอมโมเนีย

7. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1-6 อีก 2 ซ้ำ

3.2.3.3 ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซแอมโมเนียในอากาศด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส โดยใช้แผ่นลวดสแตนเลสที่เคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์

1. เตรียมสารละลายแอมโมเนีย ความเข้มข้น 10% โดยปริมาตร ประมาณ 100 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ 125 มิลลิลิตร (ใบที่ 1)

2. ต่อขวดรูปชมพู่ใบที่ 1 เข้ากับเครื่องพ่นอากาศ และขวดรูปชมพู่เปล่าใบที่ 2 จากนั้น ต่อขวดรูปชมพู่ใบที่ 2 เข้ากับคอลัมน์ในตู้ปฏิกรณ์ที่บรรจุแผ่นลวดสแตนเลสเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ จำนวน 1 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.2

3. ต่อขวดรูปชมพู่ใบที่ 3, 4 และ 5 ที่บรรจุกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 0.1 N ทั้ง 3 ขวด ปริมาณ 100 มิลลิลิตร เพื่อดักจับก๊าซแอมโมเนีย

4. ปลายอีกด้านหนึ่งของขวดรูปชมพู่ใบที่ 5 ต่อเข้ากับเครื่องสอบเทียบอัตราการไหล เพื่อวัดอัตราการไหลของปั๊มก่อนและหลังการทดลอง

5. ให้ความร้อนกับแอมโมเนียในขวดรูปชมพู่ใบที่ 1 ด้วย Water bath อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยเปิดปั๊มพ่นอากาศที่อัตราการไหล 300 มิลลิลิตรต่อนาที ผ่านคอลัมน์ที่บรรจุแผ่นลวดสแตนเลสเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ เป็นเวลา 30 นาที และใช้หลอดยูวีซี (254 nm) ที่กำลัง 72 วัตต์ (4x18 Watts)

6. นำขวดรูปชมพู่ใบที่ 1 ที่บรรจุสารละลายแอมโมเนียและขวดรูปชมพู่ที่ 3, 4 และ 5 ที่ใช้ดักจับก๊าซแอมโมเนีย มาทำการวิเคราะห์แอมโมเนีย

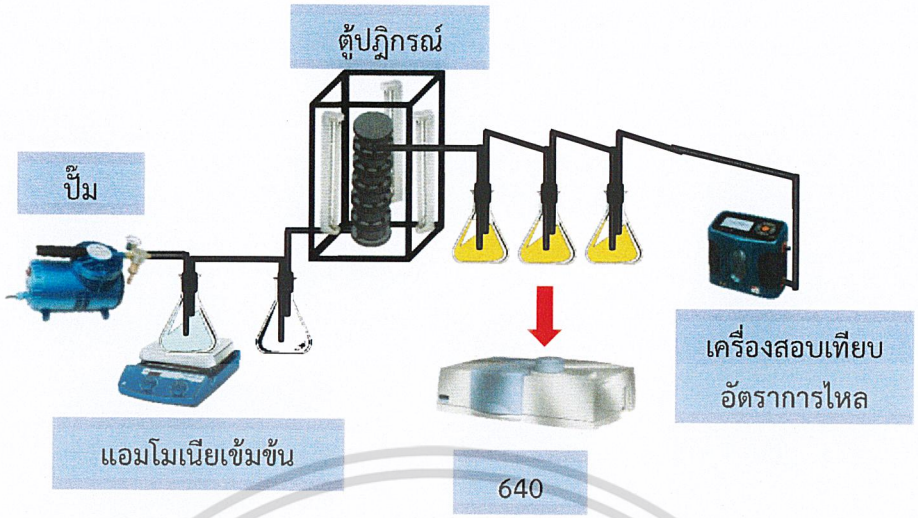
7. หาความเข้มข้นของแอมเนียเริ่มต้น โดยทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1-7 แต่เปลี่ยนจากลวดสแตนเลสเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นลวดสแตนเลสเปล่า

8. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1-7 อีก 2 ซ้ำ

9. ชุดควบคุม ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1-7 โดยใช้ลวดเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ในสภาวะที่ไม่มีแหล่งกำเนิดแสง

10. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1-8 แต่แปรค่าจำนวนชั้นลวดสแตนเลสเคลือบไทเทเนียม-ไดออกไซด์ เป็น 3 และ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ระบบการกำจัดแอมโมเนียด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส

3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองโดยใช้วิธีทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab 19 ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวหรือ One way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

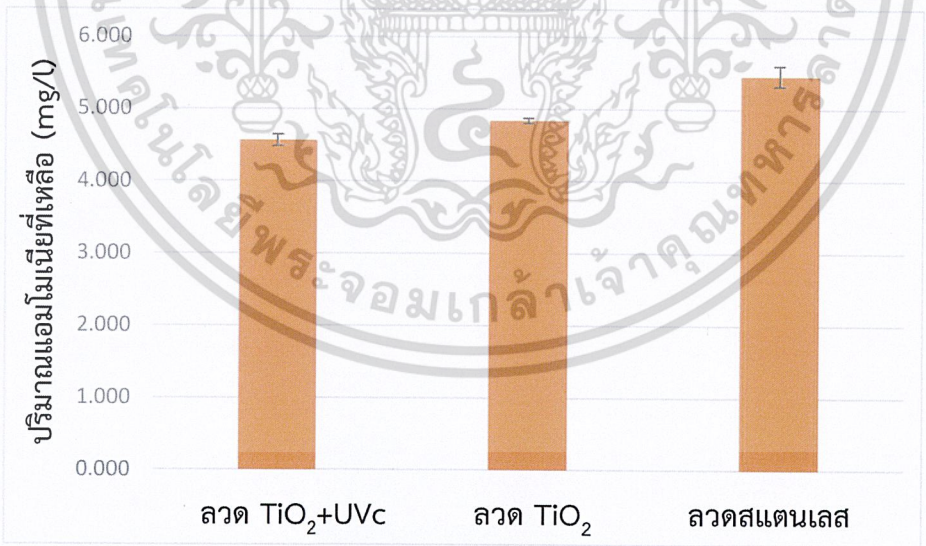
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาการกำจัดก๊าซแอมโมเนียในอากาศด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ภายใต้รังสียูวีซี ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซแอมโมเนียในอากาศ

จากผลการทดลองพบว่า ความเข้มข้นของแอมโมเนียในอากาศเมื่อผ่านแผ่นลวดสแตนเลสที่เคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) โดยไม่มีแหล่งกำเนิดแสง และเมื่อผ่านการกำจัดแอมโมเนียด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส โดยใช้แผ่นลวดที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ภายใต้แสงยูวีซี เท่ากับ 4.837 ± 0.039 และ 4.565 ± 0.078 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ดูรายละเอียดในตารางค-1 ภาคผนวก ค) จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย One way ANOVA และวิธีเปรียบเทียบเชิงซ้อนของทูกี้ (Tukey Pairwise Comparisons) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตาราง ค-1 ภาคผนวก ค) แสดงให้เห็นว่า แอมโมเนียถูกสลายตัวด้วยแสงโดยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส โดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้รังสียูวี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pongyeela. *et al*. (2012) ที่พบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนียด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของ TiO_2 และการเพิ่มขึ้นของจำนวนหลอดไฟ และระยะเวลาเก็บกักก๊าซในการทำปฏิกิริยา

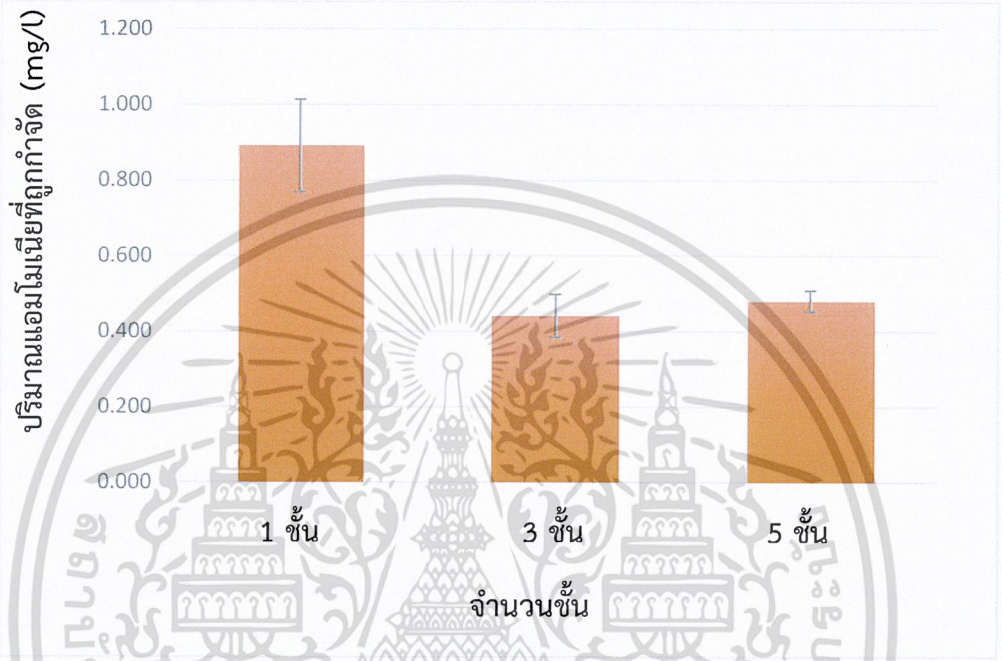


รูปที่ 4.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในอากาศด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ภายใต้รังสียูวีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ผลของจำนวนชั้นของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม

จากการศึกษาการกำจัดแอมโมเนียในอากาศด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสโดยใช้แผ่นลวดสแตนเลสที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ภายใต้แสงที่ยูวีซี 72 วัตต์ โดยแปรค่าจำนวนชั้นสารเร่งปฏิกิริยา 1 ชั้น, 3 ชั้นและ 5 ชั้น ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.2 (ดูรายละเอียดในตาราง ค-2 ภาคผนวก ค)



รูปที่ 4.2 ความเข้มข้นแอมโมเนียที่ถูกกำจัดด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสที่จำนวนชั้นแผ่นลวดสแตนเลสที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ต่าง ๆ

การกำจัดแอมโมเนียในอากาศโดยใช้แผ่นลวดสแตนเลสที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) จำนวน 1 ชั้น, 3 ชั้น และ 5 ชั้น มีค่าเท่ากับ 0.891 ± 0.123, 0.441 ± 0.057 และ 0.481 ± 0.028 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย One way ANOVA และวิธีเปรียบเทียบเชิงซ้อนของทูกี้ (Tukey Pairwise Comparisons) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ดูรายละเอียดในตาราง ค-2 ภาคผนวก ค) พบว่า แผ่นลวดสแตนเลสที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ 1 ชั้นสามารถกำจัดแอมโมเนียได้มากกว่าแผ่นลวดสแตนเลสที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ 3 ชั้น และ 5 ชั้น อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผ่นลวดสแตนเลสที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ 3 ชั้น และ 5 ชั้น แตกต่างอย่างกันไม่มีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทดลองนี้ได้ควบคุมอัตราการไหลของก๊าซคงที่หลังจากผ่านแผ่นลวดสแตนเลสที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ ดังนั้น จำนวนชั้นแผ่นลวดสแตนเลสที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้น จะต้องเพิ่มอัตราการไหลเริ่มต้นของก๊าซแอมโมเนียมากขึ้น ส่งผลให้มีอัตราการกำจัดแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น จำนวนชั้นแผ่นลวดสแตนเลสที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้น จะต้องเพิ่มอัตราการไหลเริ่มต้นของก๊าซแอมโมเนียมากขึ้น ส่งผลให้มีอัตราการกำจัดแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้น (ดูรายละเอียดในตาราง ค-2 ภาคผนวก ค) นอกจากนี้ ความหนาของการเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ลงบนแผ่นลวดแต่ละชั้น ยังมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองการกำจัดก๊าซแอมโมเนียในอากาศโดยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส โดยใช้แผ่นลวดสแตนเลสที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เป็นสารเร่งปฏิกิริยา ภายใต้แสงยูวีซี พบว่า จำนวนชั้นลวดสแตนเลสที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เหมาะสมในการกำจัดแอมโมเนีย คือ จำนวน 1 ชั้น ที่สภาวะกำลังไฟของหลอดยูวีซีที่ 72 วัตต์ และอัตราการไหลของก๊าซ 300 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที จำนวนชั้นลวดสแตนเลสที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ 1 ชั้น สามารถกำจัดแอมโมเนียได้ 4.565 $\pm$ 0.078 มิลลิกรัมต่อลิตร

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาวิธีเตรียมแผ่นลวดสแตนเลสที่เคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ในปริมาณเท่ากันแต่ละแผ่น เพื่อลดข้อผิดพลาดจากปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบแผ่นลวดสแตนเลสไม่เท่ากัน

2. ควรศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดแอมโมเนียด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส โดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นสารเร่งปฏิกิริยาภายใต้แสงยูวีซี โดยแปรค่า กำลังไฟของหลอดรังสียูวีซี ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา

3. ควรศึกษาการบำบัดมลพิษทางอากาศอื่น ๆ ด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส โดยใช้ไทเทเนียม-ไดออกไซด์เป็นสารเร่งปฏิกิริยาภายใต้แสงยูวีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2553. **คู่มือการจัดการสารเคมีอันตรายสูงแอมโมเนีย.** กรมโรงงานอุตสาหกรรม. [Online]. Available: http://php.diw.go.th/safety/wp-content/uploads/2015/01/ammonia. หน้า 76-82

เคมีอุตสาหกรรม. 2559. ไทเทเนียมไดออกไซด์/TiO_2และประโยชน์ไทเทเนียมไดออกไซด์[online]. Available: http://www.siamchemi.com/.

ชลดา ธีรการุณวงศ์. 2554. **ปฏิกิริยาการเร่งด้วยแสงไทเทเนียมไดออกไซด์.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, นครสวรรค์. ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน พ.ศ. 2554.

นพภาพร และคณะ. 2547. **ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ**. กรมโรงงานอุตสาหกรรมร่วมกับศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,มีนาคม พ.ศ. 2547.

ปิยาณี ตั้งทองทวี. 2530. **การใช้แอมโมเนียอย่างปลอดภัย.** สำนักงานควบคุมวัตถุอันตราย. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. ปีที่ 30 ฉบับที่ 172 [Online]. Available: http://shawpat.or.th/

พันธนันท์ และคณะ. 2556. **การเตรียมการศึกษาคุณลักษณะเฉพาะและสมบัติโฟโตคะตะลิสต์ของแผ่นยางผสมไทเทเนียมไดออกไซด์-ผลึกอสัณฐานไทเทเนียมไดออกไซด์.** ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

เพ็ญนภา สุขแสง. 2558. **วิเคราะห์แอมโมเนียด้วยวิธีฟีเนต.** นักวิชาการสิ่งแวดล้อม สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 6. [online]. Available: http://reo06.mnre.go.th/newweb/images/file/report2558/pennapha-58.pdf

รจเรข จันทร์สร้าง. 2553. **Poison & Drug Information Bulletin.** ศูนย์พิษวิทยา ภาควิชาจุลสารพิษวิทยา คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล. ปีที่ 18 ฉบับที่ 2 เมษายน-มิถุนายน พ.ศ. 2553.

วีระชัย แสงฉาย. 2559. **หลักการทำงานของโฟโตคะตะไลซิส.**คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มกราคม 2559-มิถุนายน 2559

ศิรณัฐ ปานสังข์. 2557. **การกำจัดแอมโมเนียในหางน้ำยางและอากาศเสียในโรงงานผลิตน้ำยางข้น.** ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.จังหวัดสงขลา

สุพิณ แสงสุข. 2550. **ไทเทเนียมไดออกไซด์.** นักวิจัยสถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร. [Online]. Available: http://material.chula.ac.th/. Accessed on: 15th October 2019

อัญชลี และคณะ. 2560 **รังสีอัลตราไวโอเลต/รังสียูวี (UV) และอันตรายจากรังสียูวี.** [Online]. Avalable: Accessed on: 15th October 2019 http://www.siamchemi.com/. Accessed on: 15th October 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abdollahi, Y., Abdullah, A., Zainal, Z. and Yusof, N. 2012. **Photocatalytic Degradation of p- Cresol by Zinc Oxide under UV Irradiation**. International Journal of Molecular Sciences. 13, 302-315

Choojun, K., Prasanseang, W. and Sriwong, C. 2018. **Preparation and Photocatalytic Activities of TiO_2-rGO Nanocomposite Catalysts for MBDye Degradation over Sunlight Irradiation.** Department of Chemistry, Faculty of Science, KingMongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand. Key Materials Science Forum 936 : 47-52.

Pichat, P., Disdier, J., Hoang V. C., Mas, D., Doutailler, G. and Gaysse, C. 2000. **Purification/Deodorization of Indoor Air and Gaseous Effluents by TiO2 Photocatalysis.** Catalysis Today. 63, 363-369.

Pongyeela, P., L. Sikong and J. Chungsiriporn. 2012. **Removal of NH_3 in waste air using coated TiO_2 Photocatalyst in continuous photo-reactor.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ก-1 ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย (Flinn Scientific)

ก-1.1. สต๊อกแอมโมเนียมคลอไรด์ เข้มข้น 1000 พีพีเอ็ม

ชั่งแอมโมเนียคลอไรด์ที่นำไปอบแล้ว 3.819 กรัม ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 1,000 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

ก-1.2. สต๊อกแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 100 พีพีเอ็ม

ปิเปตแอมโมเนียไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 98 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 33.33 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

ก-1.3. สารละลายฟีนอล

ชั่งฟีนอล 5 กรัม ละลายในเอธิลแอลกอฮอล์ 50 มิลลิลิตร ให้เตรียมใช้แต่ละอาทิตย์

ก-1.4. สารละลายโซเดียมไนโตรปรัสไซด์

ชั่งโซดียมไนโตรปรัสไซด์ 0.5 กรัม ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วย DI เก็บสารนี้ในขวดแก้วสีชา สารละลายมีอายุ 1 เดือน

ก-1.5. อัลคาไลด์ ซิเตรท

ชั่งไตรโซเดียม ซิเตรท ไดไฮเดรต 20 กรัม และชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัม ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยปราศจากไอออน

ก-1.6. สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์

ใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ประมาณ 5% ที่มีขายตามท้องตลาด เช่น คลอร็อก (clorox) ไฮเตอร์ เป็นต้น

ก-1.7. สารละลายออกซิไดส์ซิงค์

ผสม 100 มิลลิตร ของอัลคาไลต์ ซิเตรท กับ 25 มิลลิลิตรของโซเดียมไฮโปรคลอไรด์เข้าด้วยกัน หรือในอัตราส่วน 4:1 (ตามตารางที่ ก-1) สารละลายนี้ควรเตรียมใหม่ทุกวัน

ตาราง ก-1 สารละลายออกซิไดส์

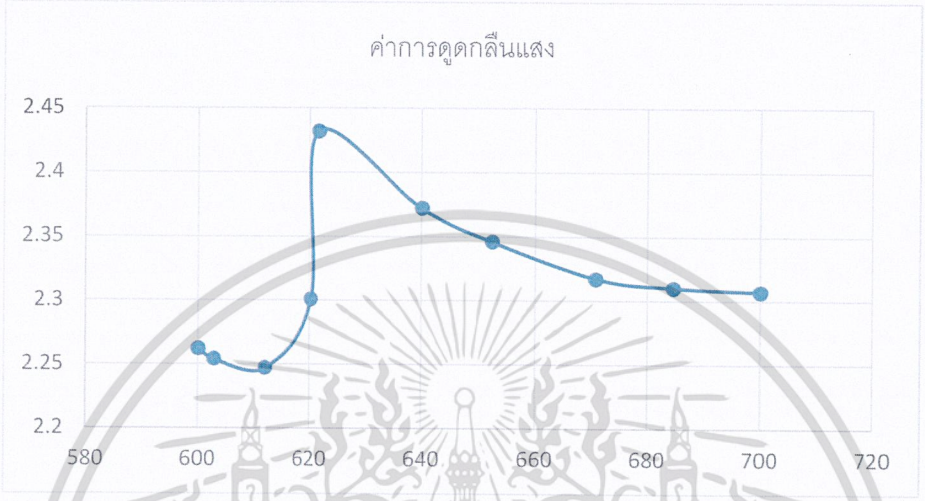
สารละลายอัลคาไลน์ซิเตรท (มิลลิลิตร)	สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (มิลลิลิตร)	ปริมาตรรวม (มิลลิลิตร)	จำนวนตัวอย่าง (2.5 มล./1 ตย.)
4	1	5	2
8	2	10	4
12	3	15	6
16	4	20	8
20	5	25	10
24	6	30	12
40	10	50	20
80	20	100	40
100	25	125	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-2 สารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เข้มข้น 0.0, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 3.0 และ 5.0 พีพีเอ็ม

ปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียคลอไรด์ เข้มข้น 100 พีพีเอ็ม มา 0.0, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 3.0 และ 5.0 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

ก-3 กราฟการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 600-700 นาโนเมตร ของแอมโมเนียคลอไรด์



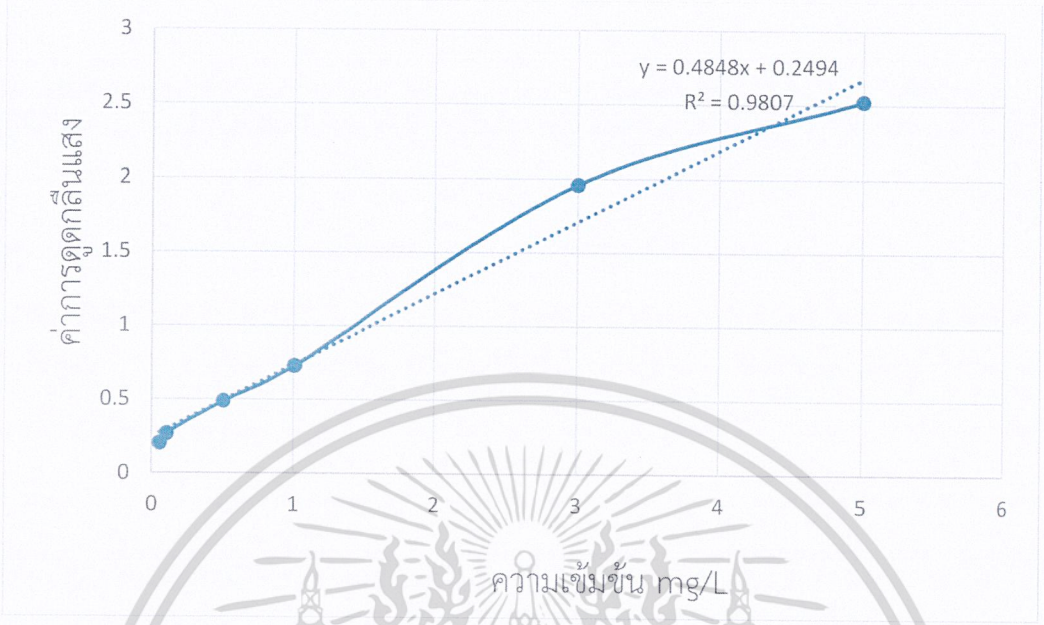
รูปที่ ก.1 กราฟค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 600-700 นาโนเมตร ของแอมโมเนียคลอไรด์

ตาราง ก-3 ค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 600-700 นาโนเมตร ของแอมโมเนีย

ความยาวคลื่น (nm)	Abs.	ความยาวคลื่น (nm)	Abs.
600	2.262	640.0	2.372
602.8	2.254	652.4	2.346
612.0	2.247	670.8	2.317
620.2	2.301	684.6	2.310
621.6	2.432	700.0	2.307

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-4 กราฟมาตรฐานสารละลายแอมโมเนีย



รูปที่ ก.2 กราฟมาตรฐานสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์

ตาราง ก-4 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์

ค่าความเข้มข้น (ppm)	Abs
0.05	0.205
0.1	0.271
0.5	0.49
1.0	0.728
3.0	1.956
5.0	2.525

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข-1 การคำนวณเปอร์เซ็นต์การกำจัดก๊าซแอมโมเนีย

1. การคำนวณ Retention time (RT)

   RT (min) = V (cm^3) / Flow rate (mL/min)

2. การคำนวณหาความเข้มข้นของก๊าซแอมโมเนีย

   สมการเส้นตรง y = mx + b

   ความเข้มข้น = (y - b) / m

   เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสง

   b = ค่าคงที่

   m = ความชัน

3. คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การกำจัด

$$\% \text{ Removal} = \frac{Ci - Cs}{Ci} \times 100$$

เมื่อ Ci = ความเข้มข้นเริ่มต้น (ppm)

Cs = ความเข้มข้นที่สารดูดซึมดักจับ (ppm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ค-1 ผลของการเปรียบเทียบประสิทธิภาพสภาวะที่เหมาะสมของตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ในการกำจัดแอมโมเนียในอากาศด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติกภายใต้แสงยูวีซีและไม่มีแหล่งกำเนิดแสง

One-way ANOVA:

Factor of Variance

Factor	Levels	Values
Factor	3	ลวดสแตนเลส 1 ชั้น ลวด TiO_2 1 ชั้น ลวด TiO_2 + UVC1 ชั้น

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	ADJ MS	F-Value	P-Value
Factor	2	1.25056	0.625282	68.20	0.000
Error	6	0.05501	0.009168		
Total	8	1.30557			

ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนียในอากาศโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิสต์ภายใต้แสงยูวีซีและไม่มีแหล่งกำเนิดแสงที่สภาวะเดียวกัน โดยวิธี Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Cat.	N	Mean	Grouping
ลวดสแตนเลส 1 ชั้น	3	5.4557	A
ลวด TiO_2 1 ชั้น	3	4.8373	B
ลวด TiO_2 + UVc 1 ชั้น	3	4.5647	C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค-2 ผลของการเปรียบเทียบจำนวนชั้นของตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ในการกำจัดก๊าซแอมโมเนียในอากาศด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติกภายใต้แสงยูวีซี

One-way ANOVA:

Factor of Variance

Factor	Levels	Values
Column	3	TiO_2 + UVC 1 ชั้น TiO_2 + UVC 3 ชั้น TiO_2 + UVC 5 ชั้น

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	ADJ MS	F-Value	P-Value
Column	2	0.93480	0.46740	41.23	0.000
Error	6	0.06802	0.01134		
Total	8	1.00282			

ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนียในอากาศโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิสต์ที่จำนวนชั้นแตกต่างกันภายใต้แสงยูวีซี โดยวิธี Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Column layer	N	Mean	Grouping
TiO_2 + UVC 1 ชั้น	3	4.5647	A
TiO_2 + UVC 3 ชั้น	3	4.4430	A
TiO_2 + UVC 5 ชั้น	3	3.8283	B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้