วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ
การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์
Preparation of Titanium Dioxide Supported on Activated Carbon

พุทธิพร เทียมสินสังวร[1*] และ ขนิษฐา คำวิลัยศักดิ์[2]

[1]นักศึกษา [2]อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสีย้อมด้วยกระบวนการโฟโต้คะตะไลติกส์ โดยศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่อไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับคาร์บอน เช่น อุณหภูมิการเผาที่ 300, 400 และ 500 องศาเซลเซียส และปริมาณของตัวรองรับถ่านกัมมันต์ โดยใช้ปริมาณ 5, 10, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้จะถูกนำไปตรวจวิเคราะห์โครงสร้างโดยเทคนิคเอกซเรย์ดิแฟรกชั่น (XRD) ผลของการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส โครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์อยู่ในรูปของเฟสอนาเทส และศึกษาลักษณะทางกายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) พบว่าขนาดของอนุภาคของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้มี มีการกระจายตัวของไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์ที่ดีและมีขนาดของอนุภาคในช่วงระหว่าง 5-10 นาโนเมตร นอกจากนี้พบว่าการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ของตัวรองรับถ่านกัมมันต์โดยน้ำหนัก ทำให้มีอนุภาคขนาดเล็กเกาะที่พื้นผิวของถ่านกัมมันต์ลดลง และเมื่อนำไปวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวจำเพาะ ขนาดรูพรุนเฉลี่ย และปริมาตรรูพรุน ด้วยเทคนิค BET พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้มีพื้นที่ผิวจำเพาะในช่วงระหว่าง 151.02-784.13 ตารางเมตรต่อกรัม, 26.94-64.35 อังสตรอม และ 0.24-0.55 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม ตามลำดับ และทำการทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อมสังเคราะห์พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับที่ใช้ถ่านกัมมันต์ปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก สามารถบำบัดน้ำเสียสีย้อมสังเคราะห์ได้ร้อยละ 99.78 ภายในเวลา 90 นาที ที่อัตราความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้กับตัวเร่งปฏิกิริยาเกรดการค้า (Degussa P25) พบว่าไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์ยังมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสีย้อมสังเคราะห์ดีกว่าไททาเนียมไดออกไซด์เกรดการค้า เนื่องจากความสามารถในการดูดซับที่ดีทำงานร่วมกับปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติกส์

Abstract

The purpose of this research work was to synthesize titanium dioxide supported on activated carbon and used it as a catalyst for dye decolorisation. The effect of preparing factors on titanium dioxide supported on activated carbon, such as calcinations temperature and the amount of carbon supports were investigated at 300, 400 and 500^{O}C and in range of 5-30 percent by weight, respectively. The X-ray diffraction (XRD) technique was used to detect the crystal structure of prepared catalysts. It was found that all peaks were anatase phase. The morphology of these catalysts was analyzed by scanning electron microscope (SEM) and transmission electron microscope (TEM) techniques. The results showed regularly distribution of titanium dioxide supported on activated carbon. The particle size of obtained catalysts was 5-10 nm. The Brunauer-Emmett-Teller (BET) technique was analyzed physical characteristic of catalysts. The specific surface area, average pore diameter , and pore volume of catalysts was 151.02-784.13 m^2/g , 26.94-64.35 Å and 0.24-0.55 cm^3/g, respectively. Furthermore, the activity of obtained catalyst was carried out by using these catalysts to decolourise dye aqueous solution. The titanium dioxide supported

on activated carbon 20 percent by weight can obtain 99.78% decolourisation at dye concentration 75 mg/L, catalyst concentration 0.5 g/L within 90 minute. Comparison with titanium dioxide P25 (commercial grade), titanium dioxide supported on activated carbon has higher ability. This is because it was not only photocatalytic reaction but it was also absorption

คำสำคัญ : ไททาเนียมไดออกไซด์ ถ่านกัมมันต์ โฟโต้คะตะไลติกส์

Keywords : Titanium dioxide, Activated carbon, Photocatlytic

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ puttiporn.a@gmail.com โทร. 08 1048 6532

1. บทนำ

ไททาเนียหรือไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เป็นสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ประเภท N-type ที่มีคุณสมบัติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการใช้แสง เมื่อฉายแสงอัลตราไวโอเลต(แสงยูวี) ฉายลงไปยังสารประกอบไททาเนียมไดออกไซด์ จะเกิดปฏิกิริยาโฟโต้คะตะไลติกส์ (photocatalytic) ที่สามารถใช้กำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำหรืออากาศที่สัมผัสกับพื้นผิวของไททาเนียมไดออกไซด์ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (photocatalyst) ได้ ไททาเนียมไดออกไซด์ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในการนำมาประยุกต์ในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม เนื่องจากไททาเนียมไดออกไซด์นี้มีความเสถียรต่อสารเคมี ไม่มีความเป็นพิษสูง มีราคาไม่แพงมาก และไม่ละลายในน้ำ ทำให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ อย่างไรก็ตามการใช้ไททาเนียมไดออกไซด์ในกระบวนการโฟโตคะตะไลติกส์มีข้อเสียคือการแยกผงไททาเนียมไดออกไซด์ออกจากน้ำเสียสีย้อมที่บำบัดแล้ว ซึ่งนับเป็นข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้ไททาเนียมไดออกไซด์ อีกทั้งยังมีตัวแปรหลายอย่างที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาของไททาเนียมไดออกไซด์ ได้แก่ พื้นที่ผิว การกระจายตัวของรูพรุน ขนาดของอนุภาคผลึก และที่สำคัญมากคือ วิธีการที่ใช้ในการสังเคราะห์ผลึกไททาเนียมไดออกไซด์ ปัจจุบันจึงได้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงไททาเนียมไดออกไซด์ให้ดียิ่งขึ้น โดยการใช้ตัวรองรับที่มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำเสียสีย้อมได้ดีและมีราคาถูก ตัวดูดซับที่นำมาใช้งานอย่างแพร่หลายชนิดหนึ่งคือ ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) ซึ่งถ่านกัมมันต์เป็นผลิตภัณฑ์ของคาร์บอนที่มีโครงสร้างรูพรุนสูง มีพื้นที่ผิวสูง มีคุณสมบัติใช้เป็นสารดูดติดผิวหรือสารดูดซับ เนื่องจากมีรูพรุนขนาดเล็กเป็นจำนวนมาก จึงทำให้มีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดน้ำเสียสีย้อม การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์ลงบนตัวรองรับที่มีความสามารถในการดูดซับสูง จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ สำหรับการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์เตรียมโดยวิธีโซล-เจล โดยใช้ไททาเนียมเตตระคลอไรด์และน้ำเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการโซล-เจล และขั้นตอนในช่วงการก่อตัวของเจลจะใช้การเติมสารละลายแอมโมเนียมไฮดอกไซด์ ไปจับสารละลายกรดไฮดรอคลอริก ซึ่งทางผู้วิจัยต้องการที่จะปรับปรุงกระบวนการให้มีความง่าย มีค่าใช้จ่ายในการเตรียมสารไม่สูง และสามารถเตรียมสารได้ในห้องปฏิบัติการที่ไม่มีอุปกรณ์ที่ซับซ้อน

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา และศึกษาสมบัติทางกายภาพโดยวิเคราะห์โครงสร้างด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิแฟรกชั่น (XRD) วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) วิเคราะห์พื้นผิวโดยวิธี Brunauer-Emmet-Teller (BET) และทดสอบประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้โดยใช้กระบวนการโฟโต้คะตะไลติกส์ในการบำบัดสีย้อมผ้าสังเคราะห์

2. วิธีการทดลอง

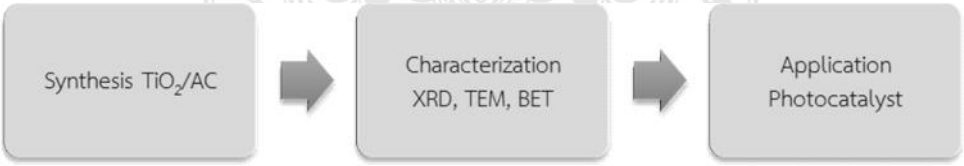
2.1 สารเคมี

วัสดุที่ใช้เป็นตัวรองรับในงานวิจัยนี้คือ ถ่านกัมมันต์เกรดการค้า บริษัท Ramkem สารเคมีหลักที่ใช้ได้แก่ ไททาเนียมเตตระคลอไรด์ ($TiCl_4$) บริษัท Merck ประเทศเยอรมัน แอมโมเนียมไฮดอกไซด์ (NH_4OH) บริษัท Ajax Finechem ประเทศออสเตรเลีย น้ำปราศจากไอออน (Deionized water) สีย้อมชนิดแอซิด เกรดการค้าเครื่องหมายการค้าสิงโตตีกลอง ของบริษัทพัวเคียมสิ่น จำกัด และไททาเนียมไดออกไซด์ เกรดการค้า Degussa P25

2.2 วิธีการศึกษา

การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์ เตรียมน้ำปราศจากไอออน 40 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์แช่ในน้ำแข็งโดยควบคุมให้น้ำมีอุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส และนำไททาเนียมเตตระคลอไรด์ ($TiCl_4$) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ที่แห้งเพราะสารจะทำปฏิกิริยากับความชื้นอย่างรุนแรงจนเกิดตะกอนสีเหลือง จากนั้นนำสารมาวางบนเครื่องกวน จากนั้นค่อยๆหยดไททาเนียมเตตระคลอไรด์ ($TiCl_4$) ลงไป ช่วงที่หยดไททาเนียมเตตระคลอไรด์ ($TiCl_4$) ลงไปในน้ำจะเกิดสีขุ่นให้กวนจนสารละลายมีสีใสซึ่งเรียกว่า “โซล’’ (sol) คือสารละลาย $Ti(OH)_4$ โดยในขณะที่หยดทำการควบคุมอุณหภูมิของระบบโดยนำบีกเกอร์แช่ในน้ำแข็งให้อยู่ที่ 4±1 องศาเซลเซียส จากนั้นนำถ่านกัมมันต์ที่ล้างแล้วมาใส่ในสารละลาย $Ti(OH)_4$ (sol) ที่เตรียมได้โดยทำการโหลดตัวรองรับถ่านกัมมันต์ปริมาณ 5, 10, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ค่อยๆหยดแอมโมเนียมไฮดอกไซด์ลงไปในสารละลาย $Ti(OH)_4$ (sol) จนกว่าสารละลาย $Ti(OH)_4$ (sol) จะกลายเป็นเจล (gel) นำเจลที่ได้มาล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนจนค่า pH ของเจลมีสภาพเป็นกลาง เมื่อล้างเสร็จนำไปอบเพื่อไล่น้ำออกที่อุณหภูมิ 100±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำมาบดให้ละเอียดแล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส

นำตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการเผาไปตรวจวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างผลึกและอนุภาคโดยเครื่องเอกซเรย์ดิแฟรกชั่น (XRD) ของบริษัท Bruker รุ่น D8 ADVANCE และการวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) บริษัท FEI รุ่น TECNAI G^2 20 นอกจากนี้ได้ทำการตรวจวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะ (specific surface area) ด้วยวิธี BET โดยเครื่อง Micromeritics รุ่น Tristar 3000 และทดสอบประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้โดยใช้กระบวนการโฟโต้คะตะไลติกส์ในการบำบัดสีย้อมผ้าสังเคราะห์

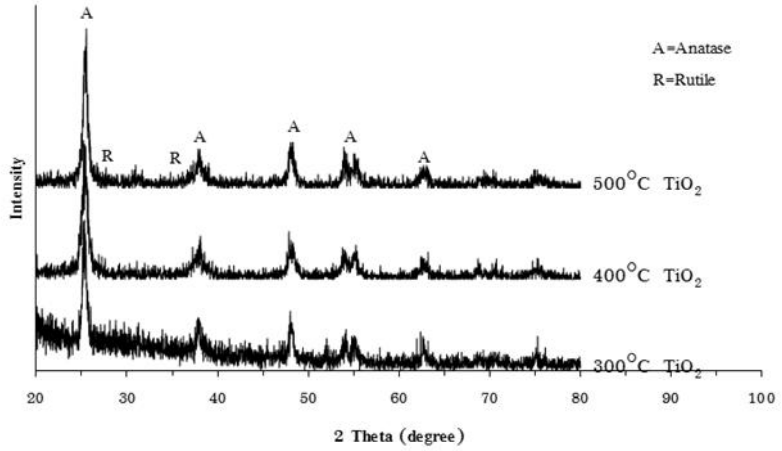


รูปที่ 1 แผนผังการดำเนินงานวิจัย

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

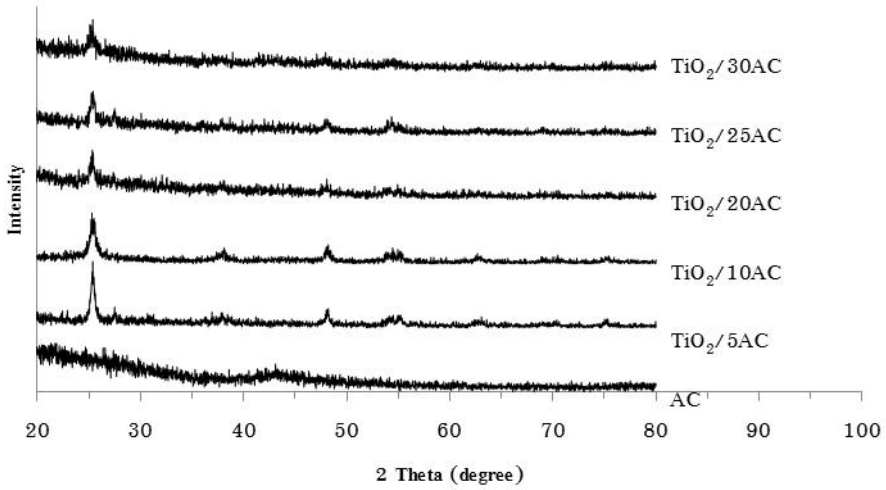
ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อโครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยา โดยเผาที่อุณหภูมิ 300, 400 และ 500 องศาเซลเซียส (อัตรา 3 ℃/min) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ดังรูปที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ผลโดยเครื่อง X-ray Diffractrometer เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อโครงสร้างไททาเนียมไดออกไซด์พบว่า ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ปรากฏพีค (101) ของไททาเนียมไดออกไซด์เฟสอนาเทส (anatase) และสังเกตได้ว่าเฟสอนาเทสจะเด่นชัดขึ้นเมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น ไททาเนียมไดออกไซด์จะเปลี่ยนจากเฟสอนาเทสไปสู่เฟสรูไทล์ที่อุณหภูมิการเผาที่เพิ่มขึ้นเป็น 500 องศาเซลเซียส

แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิมีผลต่อโครงสร้างของไททาเนียมไดออกไซด์ โครงสร้างขอไททาเนียมไดออกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงไปจะส่งผลต่อความสามารถในการกำจัดสิ่งปนเปื้อน ดังนั้นจึงเลือกที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ในการสังเคราะห์ไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์เพื่อเป็นคะตะลิสต์ต่อไป



รูปที่ 2 ลักษณะโครงสร้างผลึกไททาเนียมไดออกไซด์ ที่อุณหภูมิการเผาที่ 300, 400 และ 500 องศาเซลเซียส

ผลของปริมาณของตัวรองรับโดยใช้ถ่านกัมมันต์ปริมาณ 5, 10, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จากการวิเคราะห์ผลโดยเครื่อง X-ray Diffractrometer



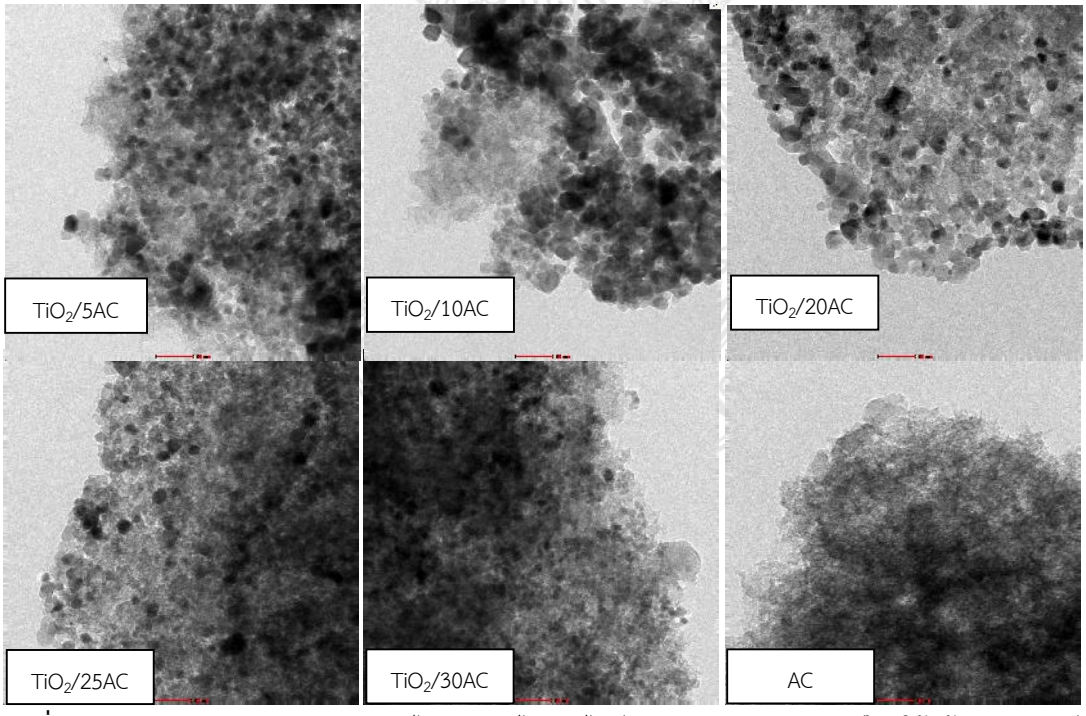
รูปที่ 3 ลักษณะโครงสร้างผลึกของตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์โดยปริมาณ 5, 10, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส

เมื่อวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์ที่ทำการโหลดตัวรองรับที่อัตราส่วนต่างๆคือ ปริมาณ 5, 10, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังรูปที่ 3 โดยพิจารณา TiO_2/AC ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส พบว่า TiO_2/5AC และ TiO_2/10AC นั้นมีเฟสของอนาเทสปรากฏอย่าง

ชัดเจน ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยา TiO_2/20AC, TiO_2/25AC และ TiO_2/30AC นั้นพบว่ามี noise เกิดขึ้น ส่วน XRD diffraction peak ของไททาเนียมไดออกไซด์จะเกิดที่ตำแหน่งมุม 2θ ที่ 25.29, 38.11, 49.13, 54.12, 55.14 และ 63.14 เมื่อพิจารณาลักษณะโครงสร้างผลึกเปรียบเทียบกับงานของ Kaleji และสามารถนำค่า Intensity สูงสุดที่ตำแหน่ง 2θ = 25.29 องศา คำนวณหาขนาดผลึกโดยใช้ Scherrer's equation พบว่าอนุภาคมีขนาด 5-10 นาโนเมตร และผลจากศึกษาลักษณะอนุภาคของตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ของถ่านกัมมันต์โดยน้ำหนักทำให้มีอนุภาคขนาดเล็กเกาะที่พื้นผิวของถ่านกัมมันต์ลดลง สามารถวัดขนาดของไททาเนียมไดออกไซด์ที่กระจายอยู่บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์ได้ และพบว่าขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์สม่ำเสมอมีแนวโน้มเดียวกับผลที่ได้จาก XRD

จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าลักษณะของพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์โดยใช้ถ่านกัมมันต์ปริมาณ 5, 10, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีลักษณะพื้นที่ผิวคล้ายคลึงกัน สำหรับการกระจายตัวของตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์พบว่าถ้าโหลดตัวรองรับถ่านกัมมันต์ปริมาณเพิ่มขึ้นการกระจายตัวของไททาเนียมไดออกไซด์ก็ลดลง

ในการวิเคราะห์พื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยวิธี Brunauer-Emmet-Teller (BET) พบว่าจากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาตรรูพรุนและขนาดของรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้พบว่า ปริมาตรรูพรุนและขนาดรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยาบนตัวรองรับถ่านกัมมันต์มันต์โดยใช้ถ่านกัมมันต์ปริมาณ 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และถ่านกัมมันต์ไม่แตกต่างกันมากนัก แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทางกายภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์ใกล้เคียงกับถ่านกัมมันต์

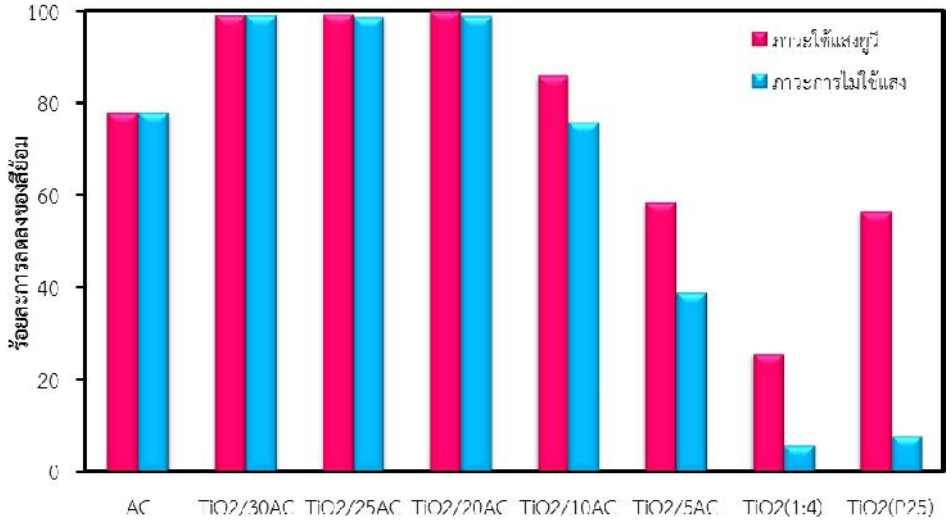


รูปที่ 4 ลักษณะอนุภาคของตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องผ่าน (TEM)

ตารางที่ 1 พื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์ ตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์ และตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์ที่วิเคราะห์ได้

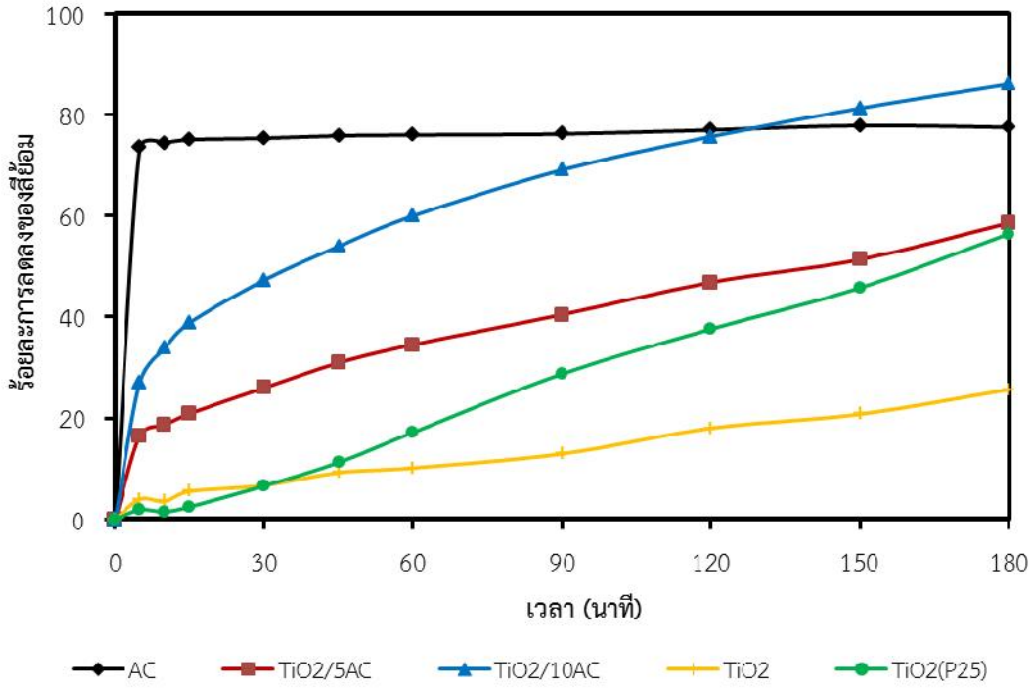
ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา	พื้นที่ผิว (ตารางเมตรต่อกรัม)	ปริมาตรรูพรุน (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม)
TiO_2	56.09	0.12
TiO_2/5AC	151.02	0.25
TiO_2/10AC	265.40	0.29
TiO_2/20AC	475.62	0.33
TiO_2/25AC	703.06	0.41
TiO_2/30AC	784.13	0.53
AC	925.12	0.61

ทำการทดลองที่ภาวะควบคุมทดลอง 3 ภาวะ คือ ภาวะใช้แสงยูวี ภาวะไม่ใช้แสง และการดูดซับของตัวเร่งปฏิกิริยาโดยไม่ใช้แสงเปรียบเทียบกับภาวะการใช้แสงยูวีร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยา โดยใช้สีย้อมที่ความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 1 ลิตรใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 0.5 กรัมต่อลิตร โดยเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับของตัวเร่งปฏิกิริยาโดยไม่ใช้แสงกับความสามารถในการดูดซับของตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกับการใช้แสงยูวี พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับที่ใช้ถ่านกัมมันต์ปริมาณ 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร้อยละการลดลงของสีย้อมโดยการดูดซับและการบำบัดด้วยกระบวนการโฟโต้คะตะไลติกส์ได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากกัมมันต์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรองรับทำการดูดซับน้ำเสียสีย้อมภายในรูพรุนจนหมดจึงทำให้ไม่เกิดการย่อยด้วยกระบวนการตัวปฏิกิริยาด้วยแสง แสดงว่าการย่อยปฏิกิริยาด้วยแสงไม่มีผลต่อการบำบัดนี้ ดังนั้นการทดลองการเปรียบเทียบลิตร ความสามารถในการดูดซับของตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกับการใช้แสงยูวีจึงเลือกใช้ไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับที่ใช้ถ่านกัมมันต์ปริมาณ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ร้อยละการลดลงของสีย้อมความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อลิตร ต่อปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 0.5 กรัมต่อลิตร ความสามารถในการดูดซับของตัวเร่งปฏิกิริยาโดยไม่ใช้แสงเปรียบเทียบกับความสามารถในการดูดซับของตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกับการใช้แสงยูวี

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมขึ้นโดยการบำบัดน้ำเสียสีย้อมสังเคราะห์ที่ความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาบนตัวรองรับ 0.5 กรัมต่อลิตรภายใต้แสงยูวี พบว่าไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับที่ใช้ถ่านกัมมันต์ปริมาณ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก สามารถบำบัดน้ำเสียสีย้อมสังเคราะห์ได้ร้อยละ 58.61และ86.08 ตามลำดับ รูปที่ 5 ภายในเวลา 180 นาทีและจะพบว่าช่วงเวลาในการดูดซับของถ่านกัมมันต์จะดูดซับได้ดีในช่วงเวลา15นาทีแรกซึ่งบำบัดน้ำเสียสีย้อมได้ร้อยละ 73.59 และในเวลา 180 นาที ถ่านกัมมันต์สามารถบำบัดน้ำเสียสีย้อมได้ถึงร้อยละ 77.52 ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ขึ้นและไททาเนียมไดออกไซด์เกรดการค้าสามารถบำบัดน้ำเสียสีย้อมสังเคราะห์ได้ร้อยละ56.48 และ 25.65 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสีย้อมสังเคราะห์ดีกว่าไททาเนียมไดออกไซด์สังเคราะห์และไททาเนียมไดออกไซด์เกรดการค้าเนื่องจากความสามารถในการดูดซับที่ดีทำงานร่วมกับปฏิกิริยาโฟโต้คะตะไลติกส์



รูปที่ 6 ร้อยละการลดลงของสีเหลืองที่ความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาบนตัวรองรับ 0.5 กรัมต่อลิตรเปรียบเทียบกับไททาเนียมไดออกไซด์สังเคราะห์และไททาเนียมไดออกไซด์เกรดการค้า

4. สรุป

งานวิจัยนี้ทำการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์ พบว่าอุณหภูมิในการเผามีผลต่อการเกิดเฟสต่างๆ เฟสอนาเทสเกิดที่อุณหภูมิช่วง 300,400 และ 500 องศาเซลเซียส และเกิดเฟสผสมระหว่างอนาเทสและรูไทล์ ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในการเผาที่เหมาะสมคือ 500 องศาเซลเซียส และเมื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพพบว่าไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสีย้อมสังเคราะห์ดีกว่าไททาเนียมไดออกไซด์ เนื่องจากความสามารถในการดูดซับที่ดีทำงานร่วมกับปฏิกิริยาโฟโต้คะตะไลติกส์

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและสารอันตราย และ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ.2555 ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

Boroski, M., A. C. Rodrigues, et al., "The effect of operational parameters on electrocoagulation-flotation process followed by photocatalysis applied to the decontamination of water effluents from cellulose and paper factories." Journal of Hazardous Materials 160,pp. 135-141,2008.

Deependra Das Mulmi, Takao Sekiya, Nozomi Kamiya, Susumu Kurita, Yutaka Murakami and Tetsuya Kodaira. “Optical and electric properties of Nb-doped anatase TiO_2 single crystal”,Journal of physics and chemistry of Solids 65, pp.1181–1185, 2004.

Youji Li, Mingyuan Ma, Shuguo Sun, Xiaohong Wang, Wenbin Yan, Yuzhu Ouyang., “Preparation and photocatalyticactivity of TiO_2 carbon surface composites by supercritical pretreatment and sol–gel process” Catalysis Communications 9, pp.1583-1587, 2008.

Yuping Qiu, Zhenzhi Zheng, Zunlong Zhou, G. Daniel Sheng., “Effectiveness and mechanisms of dye adsorption on astraw-basedbiochar”, Bioresource Technology 100, pp.5348-5351, 2009.

Shipeng Qiu and Samar J. Kalita, “Synthesis, processing and characterization of nanocrystalline titanium dioxide”, Materials Science and Engineering A 435–436, pp.327–332, 2006.

Kaleji BK, Sarraf-Mamoory R. “Nanocrystalline sol–gel TiO_2–SnO_2 coatings: Preparation, characterization and photo-catalytic performance”, Materials Research Bulletin 47(2), pp.362-369,2012.