



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การสังเคราะห์ไททาเนียมไดออกไซด์ผสมคาร์บอนโดยวิธีผสมธรรมดา

Preparation of Titanium Dioxide Supported Carbon

by Simple Mixing Method

ธิติพนธ์ พิมพ์ศรี¹, ขนิษฐา คำวิลัยศักดิ์^{2*}Thitipun Pimsri¹, Khanita Kamwilaisak^{2*}

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

Department of Chemical Engineering Khon Kaen University 40002 Received: 25 พ.ค.61

Accepted: 30 พ.ค.61

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาจากการผสมไททาเนียมไดออกไซด์และคาร์บอนโดยวิธีผสมแบบธรรมดาโดยใช้อัตราส่วนไททาเนียมไดออกไซด์ต่อคาร์บอนเท่ากับ 1:0.5 1:1 1:1.5 1:2 และ 1:2.5 โดยใช้อุณหภูมิในการเผาที่ 300 400 และ 500 องศาเซลเซียส โดยมีน้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้จะถูกนำมา วิเคราะห์องค์ประกอบตัวเร่งปฏิกิริยาโดยเทคนิค TGA วิเคราะห์หาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค BET ผลการศึกษาพบว่า การสังเคราะห์ไททาเนียมไดออกไซด์ในวิธีผสมแบบธรรมดาโดยใช้ อุณหภูมิในการเผา 400 องศาเซลเซียส ใช้อัตราส่วนไททาเนียมไดออกไซด์ต่อคาร์บอนในอัตราส่วน 1:2.5 กรัมให้พื้นที่ผิวจำเพาะมากที่สุดอยู่ที่ 122.08 m²/g ซึ่งมีค่าสูงกว่าไททาเนียมไดออกไซด์เกรดการค้าถึง 130.33 เปอร์เซ็นต์ และยังพบว่าตัวเร่งมีปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ไททาเนียมไดออกไซด์ คาร์บอน การสังเคราะห์ไททาเนียมไดออกไซด์ น้ำตาลกลูโคส

Abstract

In this study, the TiO₂-C nanocomposites were synthesized by simple mixing method with glucose that was used as precursor. The TiO₂ P25 (Degussa) powders were mixed with glucose in various volume ratios (1:0.5, 1:1, 1:1.5, 1:2 and 1:2.5) without the reaction. The calcination process was operated at the temperature in ranging between 300-500°C. Moreover, the specific surface area and components of the samples were analyzed by BET and TGA techniques, respectively. The results found that the TiO₂-C at the volume ratio of 1:2.5 and the calcination temperature of 400°C displayed highest specific surface area as about 122.08 m²/g, which showed higher than TiO₂ P25 (Degussa) standard around 130.33% and found TiO₂ contents in catalyst over 70%.

Keywords: TiO₂-C, TiO₂-C nanocomposites, glucose, Carbon

*ติดต่อ: E-mail khanita@kku.ac.th

1. บทนำ

ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านบำบัดน้ำเสียเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงที่มีประสิทธิภาพ ราคาถูก และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม แต่การประยุกต์ใช้งานไททาเนียมไดออกไซด์ยังมีข้อจำกัด เช่น ไม่สามารถทำงานได้ในช่วงของแสงปรกติ (ความยาวคลื่นแสงมากกว่า 400 นาโนเมตร) การกรองหรือแยกหลังจากใช้งานสามารถทำได้ยาก ส่งผลให้ในเวลาต่อมาได้มีการพัฒนาไททาเนียมไดออกไซด์เพื่อให้สามารถใช้งานในช่วงของแสงที่มากขึ้นและสามารถกรองออกได้ง่ายขึ้นคือการนำมาผสมกับธาตุโลหะหรือไอโอดีนได้แก่ ทอง เงิน เหล็ก ไนโตรเจน คาร์บอน เป็นต้น (1) ซึ่งธาตุคาร์บอนนั้นนอกจากจะเป็นธาตุที่มีคุณสมบัติการดูดซับที่ดีแล้วยังสามารถทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุได้อีกด้วยซึ่งสามารถช่วยให้ไททาเนียมไดออกไซด์มีความไวต่อแสงก่อให้เกิดอิเล็กตรอนและช่องว่างอิเล็กตรอนได้ง่ายขึ้นทำให้สามารถทำงานในช่วงของแสงได้มากขึ้น (2) (ช่วงความยาวคลื่นมากกว่า 400 นาโนเมตร)

ในการสังเคราะห์ไททาเนียมไดออกไซด์ผสมคาร์บอนนั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น โซลเจล ไฮโดรเทอร์มอล และวิธีผสมธรรมดา ซึ่งวิธีโซลเจลนั้นเป็นวิธีมาตรฐานในการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพให้พื้นที่ผิวจำเพาะสูงและขนาดอนุภาคที่ดี สามารถสังเคราะห์ได้ไม่ยาก แต่ข้อเสียคือใช้เวลาในการเตรียมค่อนข้างนานและใช้ อุณหภูมิในการเผาสูงถึง 500 องศาเซลเซียส ส่วนวิธีไฮโดรเทอร์มอลเป็นวิธีที่หลีกเลี่ยงการเผาเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพให้ผลผลิตที่ดีประหยัดพลังงานแต่มีค่าใช้จ่ายสูงในส่วนของอุปกรณ์ควบคุมความดันที่ใช้แทนเตาเผาวิธีผสมธรรมดาเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดโดยไม่ต้องสังเคราะห์ไททาเนียมไดออกไซด์ขึ้นมาอย่างวิธีอื่น ๆ แต่ใช้ไททาเนียมไดออกไซด์เกรดการค้าในการสังเคราะห์และมีน้ำเป็นตัวทำละลายในการผสม เป็นวิธีที่ง่ายไม่มีความซับซ้อนและให้ตัวเร่งปฏิกิริยาประสิทธิภาพที่ดี ซึ่งได้มีหลายงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพของไททาเนียม

ไดออกไซด์โดยใช้คาร์บอนในวิธีการสังเคราะห์ที่แตกต่างกันหลาย ๆ วิธี เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพของไททาเนียมไดออกไซด์โดยใช้ถ่านกัมมันต์ของ พุทธิพร และคณะ (3) โดยทำการสังเคราะห์โดยวิธีโซลเจลพบว่าได้ตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์ผสมคาร์บอนที่มีพื้นที่ผิวสูง มีอนุภาคขนาดเล็กและประสิทธิภาพสูงกว่าไททาเนียมไดออกไซด์เกรดการค้าในการย่อยสลายสีย้อมในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง และในงานวิจัยของ Feng Teng และคณะ(4)ได้ทำการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์ผสมคาร์บอนโดยวิธีผสมแบบธรรมดาโดยมีแหล่งคาร์บอนจากสามแหล่งได้แก่ น้ำตาลกลูโคส พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และพอลิเอทิลีนไกลคอล พบว่าแหล่งคาร์บอนจากน้ำตาลกลูโคส และ พอลิเอทิลีนไกลคอล สามารถย่อยสลายสาร Rhodamine B ได้สูงกว่าไททาเนียมไดออกไซด์เกรดการค้าในช่วงแสงที่มีความยาวคลื่น 554 นาโนเมตร

ในงานนี้ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงไททาเนียมไดออกไซด์โดยใช้คาร์บอนวิธีผสมแบบธรรมดาซึ่งเป็นวิธีที่เตรียมได้ง่ายไม่มีความซับซ้อนโดยทำการศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนไททาเนียมไดออกไซด์ต่อคาร์บอนที่ 1:0.5 1:1 1:1.5 1:2 และ 1:2.5 และอุณหภูมิในการเผาที่ 300 400 และ 500 องศาเซลเซียสว่ามีผลต่อลักษณะพื้นที่ผิวจำเพาะ และองค์ประกอบของตัวเร่งปฏิกิริยาอย่างไร

2. วิธีการวิจัย

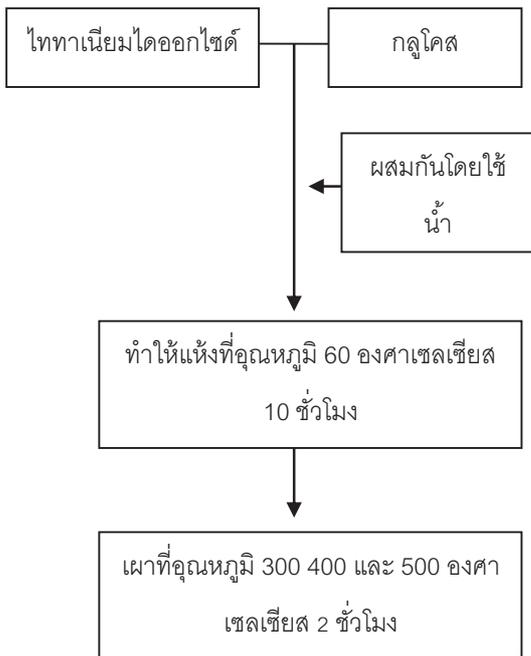
2.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

สารไททาเนียมไดออกไซด์เกรดการค้า P25 (Degussa) น้ำตาลกลูโคส(Ajax Finechem Pty Ltd) น้ำกลั่น เครื่องปั่นเหวี่ยงอบแห้ง (concentrator) เตาเผา(Ney VULCANTM 3-550) เครื่องลั่นสาร(Ultrasonic Bath)

2.2 วิธีการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา

เตรียมไททาเนียมไดออกไซด์เกรดการค้า 1 กรัมกับน้ำตาลกลูโคสที่ความเข้มข้น 0.5 กรัมต่อน้ำ

10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง Ultrasonic Bath เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำให้แห้งโดยใช้ concentrator ที่ 60 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง และนำไปเผาที่อุณหภูมิ 300 400 และ 500 องศาเซลเซียส ทำการสังเคราะห์ซ้ำโดยเปลี่ยนปริมาณความเข้มข้น กลูโคสเป็น 1, 1.5, 2 และ 2.5 กรัมต่อน้ำ 10 มิลลิลิตร ตามลำดับ



รูปที่ 1 การบวนการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา ไททาเนียมไดออกไซด์และคาร์บอนแบบผสมธรรมดา

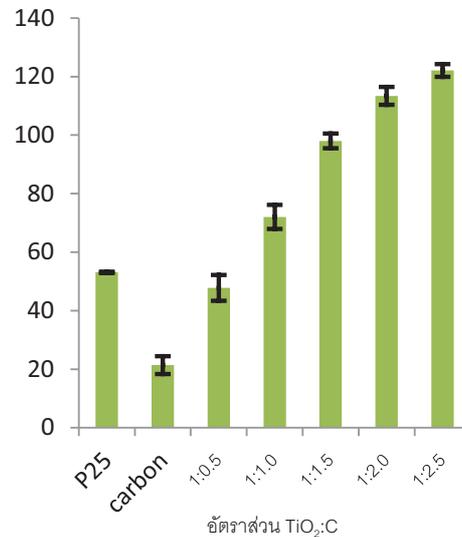
2.3 การวิเคราะห์ลักษณะของตัวเร่งปฏิกิริยา

นำผงตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้ไปวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะของตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้เทคนิค BET และวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้เครื่อง TGA

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

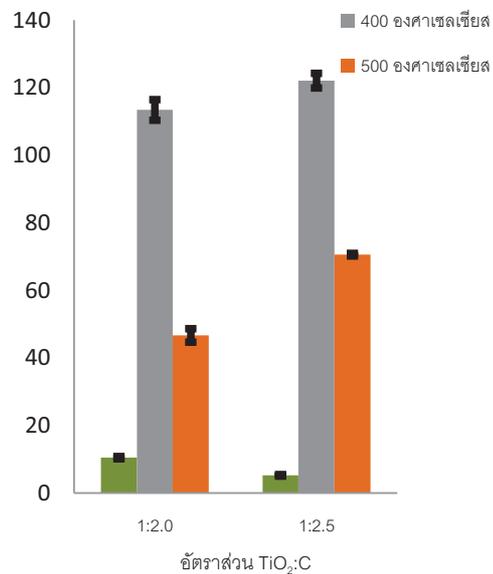
3.1 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะของตัวเร่งปฏิกิริยาโดยเทคนิค BET

พื้นที่ผิวจำเพาะ m^2/g



รูปที่ 2 พื้นที่ผิวจำเพาะของไททาเนียมไดออกไซด์และคาร์บอนที่ถูกเตรียมโดยวิธีผสมธรรมดาในอัตราส่วนต่าง ๆ โดยใช้อุณหภูมิการเผาที่ 400 องศาเซลเซียส

พื้นที่ผิวจำเพาะ m^2/g



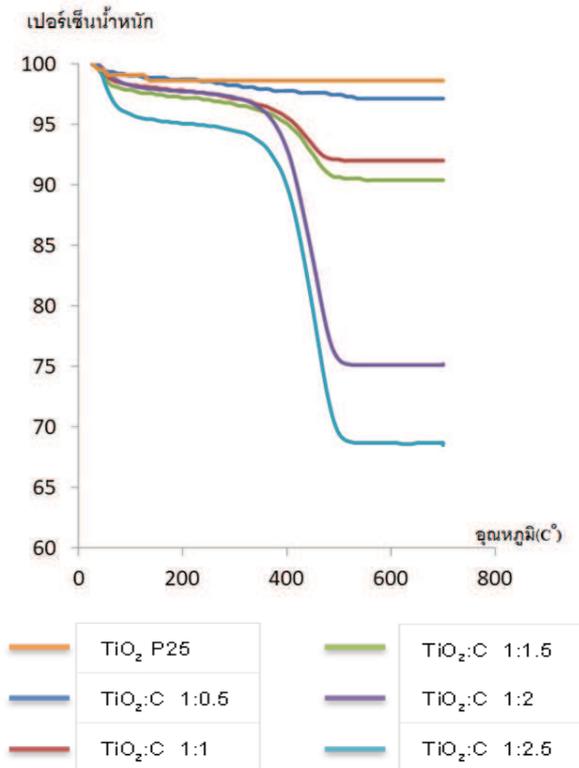
รูปที่ 3 พื้นที่ผิวจำเพาะของไททาเนียมไดออกไซด์และคาร์บอนที่ถูกเตรียมโดยวิธีผสมธรรมดาในอัตราส่วน 1:2 และ 1:2.5 โดยใช้อุณหภูมิการเผาที่ 300 400 และ 500 องศาเซลเซียส

ผลการทดสอบการเพิ่มปริมาณของคาร์บอน มีผลต่อพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวเร่งปฏิกิริยา โดยเพิ่มปริมาณคาร์บอนขึ้นเรื่อยๆ จาก 0.5 กรัม ไปถึง 2.5 กรัม และใช้ไททาเนียมไดออกไซด์ P25 ที่ 1 กรัม อุณหภูมิในการเผาที่ 400 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่ามีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งสังเกตได้จากรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่ายิ่งเพิ่มปริมาณของคาร์บอนมากขึ้นยิ่งทำให้พื้นที่ผิวจำเพาะเพิ่มขึ้นโดยมีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 47.78 72.04 98.01 113.41 และ 122.08 m²/g ของการใช้ปริมาณคาร์บอน 0.5 1 1.5 2 และ 2.5 g ตามลำดับ นอกจากนี้อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาที่มีผลต่อพื้นที่ผิวจำเพาะเช่นกัน ซึ่งจากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นได้ชัดว่าการใช้อุณหภูมิที่ 400 องศาเซลเซียส ในการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้ได้พื้นที่ผิวจำเพาะสูงที่สุดเนื่องจากปริมาณของคาร์บอนที่เผาในช่วงการเผาที่ 400 องศาเซลเซียสได้ปริมาณคาร์บอนที่เหมาะสมมากกว่าที่ 500 องศาเซลเซียส ซึ่งจากงานวิจัยของ พุทธิพร และคณะ(5) ได้อธิบายไว้ว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีพื้นที่ผิวที่สูงจะมีความสามารถในการเข้าทำปฏิกิริยาได้รวดเร็ว เนื่องจากมีพื้นที่ในการเข้าทำปฏิกิริยามาก ซึ่งส่งผลให้ตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์ผสมคาร์บอนสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างรวดเร็ว โดยไททาเนียมไดออกไซด์ผสมคาร์บอนที่สังเคราะห์ในวิธีผสมธรรมดา มีพื้นที่ผิวสูงถึง 122.08 m²/g ในขณะที่ไททาเนียมไดออกไซด์เกรดการค้ามีพื้นที่ผิวอยู่ที่ 53.08 m²/g ซึ่งไททาเนียมไดออกไซด์ผสมคาร์บอนมีพื้นที่ผิวสูงกว่าไททาเนียมไดออกไซด์เกรดการค้าถึง 130.33 เปอร์เซ็นต์

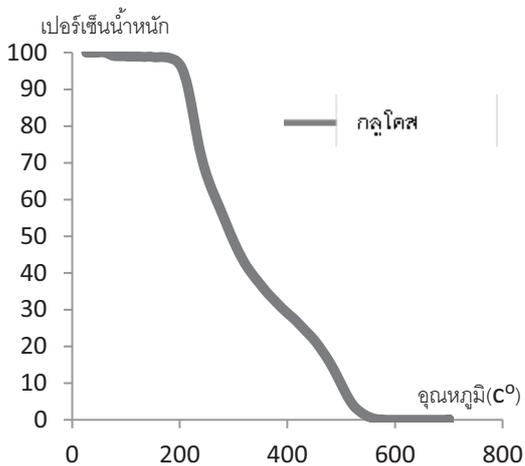
3.2 วิเคราะห์องค์ประกอบของตัวเร่งปฏิกิริยา ด้วยเทคนิค TGA

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกลูโคสและตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์ผสมคาร์บอน ในวิธีการสังเคราะห์แบบผสมธรรมดาโดยใช้เครื่อง TGA อุณหภูมิตั้งแต่ 25-700 องศาเซลเซียสในสถานะไนโตรเจน(รูปที่ 4 , 5)พบว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์ผสมคาร์บอนที่ใส่ปริมาณของคาร์บอนมากขึ้น จะมีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้นตามไปด้วยเนื่องจากการมีอยู่ของปริมาณของคาร์บอนที่มากขึ้นภายในตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อทำการเปรียบเทียบกับไททาเนียมไดออกไซด์ P25 ที่มีการสูญเสียน้ำหนักเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (4) โดยการแบ่งช่วงองค์ประกอบการสลายตัวของสารในช่วงแรกคือช่วงการระเหยของน้ำอยู่ในช่วง 25-100 องศาเซลเซียส ช่วงที่สองคือช่วงการระเหยของสารระเหยง่ายอยู่ในช่วง 100-200 องศาเซลเซียส ช่วงของการสลายตัวของคาร์บอนอยู่ในช่วง 200-500 องศาเซลเซียส และสุดท้ายช่วงของการเป็นเถ้า 500-700 องศาเซลเซียส (4) ซึ่งจากรูปที่ 5 และ 6 จะพบว่า การสลายตัวของคาร์บอนจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเช่นกัน

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเทคนิค TGA สามารถหาปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์ที่เกาะอยู่บนคาร์บอนได้หากการมีอยู่ของไททาเนียมไดออกไซด์ในตัวเร่งปฏิกิริยามาก จะส่งผลต่อกระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงของตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์มากขึ้นเนื่องจากมีพื้นที่ในการเกิดปฏิกิริยาด้วยแสงมากขึ้น (3) ซึ่งพบว่าปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม มีปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์อยู่ 0.99 0.95 0.94 0.79 และ 0.74 กรัมตามลำดับ ดังตารางที่ 1



รูปที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้สภาวะไนโตรเจนที่อัตราส่วนต่าง ๆ



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของกลูโคส ตารางที่ 1

ตารางปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์ที่เกาะบนคาร์บอน

TiO ₂ :C	TiO ₂ -C	TiO ₂	TiO ₂ /TiO ₂ -C
1:0.5	6.34	6.31	0.99
1:1	9.78	9.34	0.95
1:1.5	7.51	7.10	0.94
1:2	13.67	10.18	0.97
1:2.5	10.35	7.76	0.94

4. ผลการวิจัย

จากการศึกษาการสังเคราะห์ไททาเนียมไดออกไซด์ผสมคาร์บอนโดยวิธีผสมแบบธรรมดาพบว่า อัตราส่วนของคาร์บอนที่ใส่ลงไปในตัวเร่งปฏิกิริยาส่งผลต่อการเพิ่มและลดลงของพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อเพิ่มปริมาณของคาร์บอนมากขึ้นจะส่งผลให้พื้นที่ผิวจำเพาะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่อย่างไรก็ตามพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวเร่งปฏิกิริยายังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาอีกด้วย ซึ่งพบว่า อุณหภูมิในการเผาที่ 400 องศาเซลเซียส และปริมาณคาร์บอนที่ 2.5 กรัม ให้พื้นที่ผิวจำเพาะมากที่สุดเท่ากับ 122.08 m²/g ซึ่งมีค่าสูงกว่าไททาเนียมไดออกไซด์เกรดการค้าถึง 130.33 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่าในตัวเร่งปฏิกิริยามีปริมาณของไททาเนียมไดออกไซด์มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นผลดีต่อการเกิดกระบวนการเร่งปฏิกิริยาดำเนินไปปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

5. ข้อเสนอแนะ

ทำการวิเคราะห์ผลเพิ่มเติมในส่วนของโครงสร้างผลึกโดยใช้เครื่อง XRD เพื่อดูความเป็นผลึกอนาเทซของไททาเนียมไดออกไซด์และศึกษาลักษณะทางกายภาพและขนาดอนุภาคของตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน TEM

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่อนุเคราะห์ในการใช้เครื่อง BET และ TGA งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนประจำปีงบประมาณพ.ศ. 2558 จากกลุ่มวิจัยวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Leary R, Westwood A. Carbonaceous nanomaterials for the enhancement of TiO_2 photocatalysis. Carbon 2011;49(3):741-72.
- [2] Athalathil S, Erjavec B, Kaplan R, Stüber F, Bengoa C, Font J, et al. TiO_2 -sludge carbon enhanced catalytic oxidative reaction in environmental wastewaters applications. Journal of Hazardous Materials 2015;300:406-14.
- [3] เทียมสินสังวร พ. การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย; มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2556.
- [4] Teng F, Zhang G, Wang Y, Gao C, Chen L, Zhang P, et al. The role of carbon in the photocatalytic reaction of carbon/ TiO_2 photocatalysts. Applied Surface Science 2014;320:703-9.
- [5] Thiamsinsangwon KKaP. Preparation of nanostructured crystalline titanium dioxide (TiO_2) by Sol-Gel technique. KKU ENGINEERING JOURNAL 2013;40(2): 147-53.