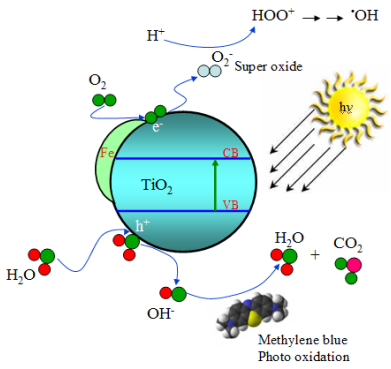
อิทธิพลของโลหะเจือต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายของตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงไทเทเนียมไดออกไซด์

กลุ่มนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยแห่งฟิลิปปินส์ (University of the Philippines) มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ ร่วมกันทำการศึกษาโดยมีเป้าหมายที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพการย่อยสลายของตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพการย่อยสลายของไทเทเนียมไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อได้เติมไอออนของเหล็กลงไปในปริมาณเพียงเล็กน้อย งานวิจัยชิ้นนี้เป็นหนึ่งในงานวิจัยที่ใช้แสงซินโครตรอนของเครื่องกำเนิดแสงสยามเพื่อประโยชน์ในด้านการปรับปรุงคุณภาพของสภาวะแวดล้อม และการบำบัดของเสียในโรงงานอุตสาหกรรม

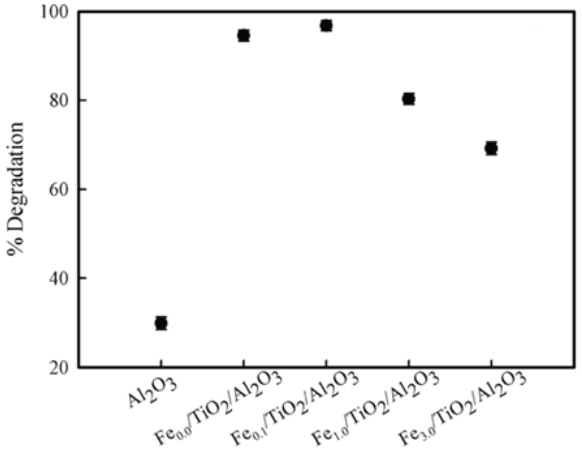


กลไกการเกิดปฏิกิริยาบนผิวของตัวเร่งหลังจากเจือด้วยโลหะเหล็ก

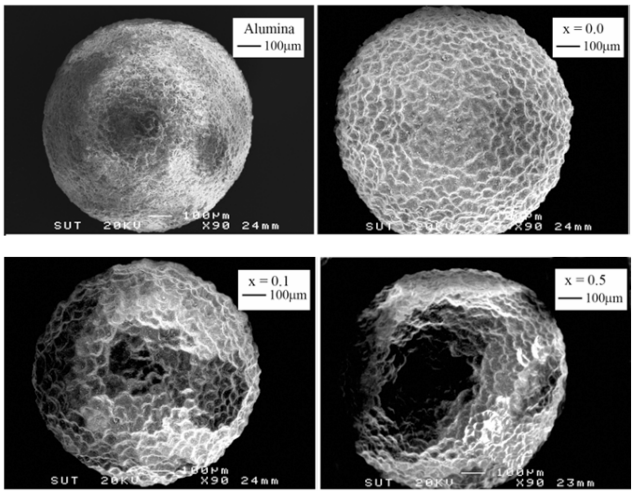
ไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นสารประกอบกึ่งตัวนำที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการย่อยสลายเชิงแสงของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย เนื่องจากมีคุณสมบัติที่สามารถถูกกระตุ้นได้ด้วยพลังงานแสงไปเป็นพลังงานรูปอื่น เช่น การเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมีในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมซึ่งไม่จำเป็นต้องอาศัยปรากฏการณ์การถ่ายเทมวล และยังสามารถที่จะทำงานได้ในสภาวะบรรยากาศปกติ โดยไทเทเนียมไดออกไซด์จะทำให้สารคาร์บอนอินทรีย์ที่เป็นสารปนเปื้อนในน้ำหรืออากาศสามารถเปลี่ยนไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำได้ แต่อย่างไรก็ตามไทเทเนียมไดออกไซด์ก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องการต้องการพลังงานคลื่นแสงที่สูงเพื่อใช้ในการกระตุ้น ดังนั้นเพื่อแก้ไขข้อด้อยนี้จึงต้องมีการปรับปรุงประสิทธิภาพด้วยการเจือด้วย Fe^{3+} เพื่อเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทอิเล็กตรอนของไทเทเนียมไดออกไซด์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และลดการรวมตัวกลับของอิเล็กตรอน (e^-) และหลุมประจุบวก (h^+) และยังมีผลทำให้ต้องการพลังงานในการกระตุ้นที่น้อยลงด้วย

งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการดูดกลืนรังสีเอกซ์ในช่วง XANES (X-ray Absorption Near-Edge Structure) ของระบบลำเลียงแสงที่ 8 ของห้องปฏิบัติการแสงสยาม เพื่อศึกษาสถานะออกซิเดชันของโลหะเหล็ก รวมทั้งโคออร์เนชันที่เปลี่ยนไปของไทเทเนียมไดออกไซด์ ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์ คณะผู้วิจัยพบว่าไทเทเนียมไดออกไซด์หลังจากเจือด้วย Fe^{3+} จะมีโคออร์ดิเนชันที่ต่างไปจากเดิม และโลหะเหล็กเกิดเป็นสารประกอบออกไซด์ผสมกับไทเทเนียมที่มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +3 เมื่อทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายพบว่าหลังจากเจือด้วยไอออนของ Fe^{3+} ในปริมาณที่เล็ก

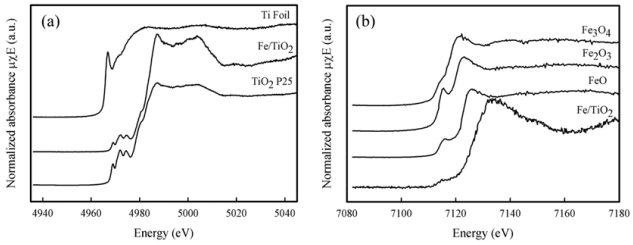
น้อยจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวด้วยแสงของ Methylene Blue เนื่องจากโลหะ Fe^{3+} ที่เจือลงไปนั้นสามารถไปช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาการรวมตัวกันระหว่างอิเล็กตรอน (e^-) และหลุมประจุบวก (h^+) นอกจากนี้ Fe^{3+} ยังไปช่วยในการรับส่งอิเล็กตรอนระหว่างเกิดปฏิกิริยาอีกด้วย แต่ถ้าเติมในปริมาณที่มากเกินไป ตัวโลหะเหล็กเองจะเป็นศูนย์กลางในการให้อิเล็กตรอนเองแก่หลุมประจุบวก ส่งผลให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายของ Methylene Blue ลดลง



ประสิทธิภาพการย่อยสลาย Methylene Blue ภายใต้แสงยูวีด้วยตัวเร่งที่เตรียมได้



ลักษณะสัณฐานของตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะเหล็กเจือไทเทเนียมที่เคลือบบนเม็ดอลูมินา



สเปกตรัม XANES ที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนไปของโคออร์ดิเนชันหลังจากเจือด้วยโลหะเหล็ก

Cyril Jose Escpete Bajamundi[1], Dr. Maria Lourdes Pascual Dalidda[1],
ดร. กิติโรจน์ หวันตาหลา[2], ดร. พงษ์ธนวัฒน์ เข็มทอง[3], รศ. ดร. นุรักษ์ กฤษดานุรักษ์[4]
[1]Department of Chemical Engineering, University of the Philippines
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
[3]ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
[4]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

C.J.E. Bajamundi, M.L.P. Dalida, K. Wantala, P. Khemthong, N. Grisdanurak, *"Effect of Fe^{3+} Doping on The Performance of TiO2 Mechanocoated Alumina Bead Photocatalysts"*, The Korean Journal of Chemical Engineering **28(8)**, 1688-1692 (2011).