การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์

Development of Biogas Production by Titanium Dioxide Catalyst

ณัฐชา สันติปาตี สหัถยา ลาดปาละ* นิพนธ์ เกตุจ้อย
วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000
โทรศัพท์ 089-115-9393 E-mail: funkyfern_n@hotmail.com

Natchar Santipartee Sahataya Ladpala* and Nipon Ketjoy
School of Energy Technology, Naresuan University, Phitsanulok, 65000, Thailand
Tel : 089-115-9393 E-mail: funkyfern_n@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ และเพื่อลดระยะเวลาในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยผู้วิจัยได้นำสาร "ไทเทเนียมไดออกไซด์" มาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งโดยหลักการทำงานของสารไทเทเนียมได - ออกไซด์นั้น สามารถทำงานหรือกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาได้โดยแสงเมื่อสารดังกล่าวได้รับแสงในอุณหภูมิที่เหมาะสม (ช่วงอัลตราไวโอเลต) ซึ่งอาจเป็นแสงจากดวงอาทิตย์หรือหลอดฟลูออเรสเซนซ์ อิเล็กตรอนในไทเทเนียมไดออกไซด์จะถูกกระตุ้นให้กระโดดไปสู่ชั้นพลังงานที่สูงกว่าและทำให้เกิดกลไกปฏิกิริยาการย่อยสลายโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่เกาะอยู่บนผิวของอนุภาคได้ การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างระบบจำลองการผลิตก๊าซชีวภาพขึ้น 2 ระบบ เพื่อใช้ในการทดลอง และเก็บข้อมูล ระบบที่ 1 คือกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพรูปแบบเดิม และระบบที่ 2 คือกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพรูปแบบใหม่ โดยมีการนำสารไทเทเนียมไดออกไซด์มาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยการวิจัยจะเป็นการสังเกตและเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงด้านระยะเวลาการผลิตก๊าซ และปริมาณก๊าซที่ผลิตได้

คำสำคัญ **:** ก๊าซชีวภาพ โฟโตแคตาลิสต์ และไทเทเนียมไดออกไซด์

The objective to research The Development of Biogas Production by Titanium Dioxide Catalyst is to developing the biogas production mechanism by use titanium dioxide be catalytic agent to reduce time and increase biogas quantity. Regarding to qualification of Titanium Dioxide will working from the Photo catalyst reaction when the object were with appropriate temperature and solar radiation range like a ultraviolet ray such as source from sunlight or fluorescence light. The electron inside the titanium dioxide will stimulating to higher energy level and be cause to photo catalyst decomposition reaction mechanical to cling at atom's peel. This research to simulate the biogas production by 2 systems for collect data and testing. The first system is the original biogas production and the second system is the biogas production by filling the titanium dioxide to be catalytic agent**.** This research to consider the result of quantity from biogas producing and timing effect to the production by using data collection and observation method.

Key words **:** Biogas, Photocatalyst and Titanium Dioxide

1. บทนำ

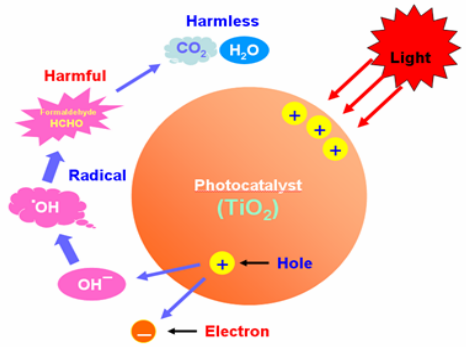
การใช้พลังงานเป็นปัญหาของคนทั่วโลก ที่มีผลกระทบสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมและการเกิดภัยธรรมชาติในยุคปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์จึงแสวงหาแหล่งพลังงานที่ยั่งยืนและก่อปัญหาน้อยลง เช่น พลังงานก๊าซชีวภาพ พลังงานชีวมวล พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานความร้อนใต้พิภพ และพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น (Zervos et al., 2004) สำหรับประเทศไทยนั้นได้กำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศ พ.ศ. 2546 – 2554 (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงาน

แห่งชาติ) ที่กำหนดให้มีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.5 ของพลังงานทั้งหมดในปัจจุบันเป็นร้อยละ 8 โดยเป้าหมาย พ.ศ. 2554 ประเทศไทยจะมีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนหรือที่เรียกว่า พลังงานทดแทน ไม่ต่ำกว่า 1,700 เมกกะวัตต์ กระทรวงพลังงานเองก็ได้เล็งเห็นความจำเป็นในการจัดหาแหล่งพลังงานที่หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานทดแทนในประเทศ จึงมีนโยบายจะพัฒนาพลังงานทดแทนเป็นแหล่งพลังงานหลักของประเทศ ด้วยการจัดทำแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี (พ.ศ. 2551 – 2565) ขึ้น โดยแผนในระยะสั้น (พ.ศ. 2551 – 2554) มุ่งเน้นส่งเสริมเทคโนโลยีพลังงานทดแทนที่ได้รับการยอมรับแล้ว (proven technologies) และมีศักยภาพแหล่งพลังงานทดแทนสูง ได้แก่ เชื้อเพลิงชีวภาพ การผลิตไฟฟ้า และความร้อนจากชีวมวล และก๊าซชีวภาพ และ NGV

จากแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี ดังกล่าว จึงมีหลายหน่วยงานที่มีแนวคิดในการเปลี่ยนรูปของเสียจากผลผลิตทางการเกษตรและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นพลังงานในรูปแบบของก๊าซชีวภาพ ซึ่งในส่วนของก๊าซชีวภาพนั้น เป็นก๊าซที่ได้จากการหมักย่อยของของเสียโดยจุลินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ ของเสียเหล่านั้นได้แก่ ของเสียจากสุกร โค ไก่ ของเสียจากภาคอุตสาหกรรมการเกษตร ขยะ และก๊าซชีวภาพ ประกอบด้วยก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 65-70% โดยปริมาตรก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 28-32% และก๊าซอื่น ๆ ประมาณ 2-3% เช่น ก๊าซไนโตรเจน (N_2) และไฮโดรเจน ซัลไฟด์ (H_2S) เป็นต้น

ซึ่งก๊าซชีวภาพ เป็นก๊าซที่จุดติดไฟและให้ความร้อนได้เป็นอย่างดี โดยสามารถนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิง เพื่อผลิตพลังงานความร้อน ผลิตพลังงานกลหรือไฟฟ้าได้

ผู้วิจัยเองจึงได้มีความคิดว่าน่าจะมีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาใช้ในการเพิ่มปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ รวมถึงต้องการที่จะลดระยะเวลาในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญกับการนำสารที่เรียกว่า ไทเทเนียมไดออกไซด์มาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อเพิ่มปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ และลดระยะเวลาในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ เนื่องจากไทเทเนียมไดออกไซด์ สามารถถูกกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาโดยแสง (Photocatalyst reaction) โดยการนำสารดังกล่าวมาเคลือบลงบนวัสดุหรือแผ่นโลหะ เมื่อได้รับแสงในอุณหภูมิที่เหมาะสม (ส่วนใหญ่เป็นแสงในช่วงอัลตราไวโอเลต) อิเล็กตรอนในไทเทเนียมไดออกไซด์จะถูกกระตุ้นให้กระโดดไปสู่ชั้นพลังงานที่สูงกว่าและทำให้เกิดกลไกปฏิกิริยาการย่อยสลายโมเลกุลของสารอินทรีย์ (photocatalyst decomposition) ที่เกาะอยู่บนผิวของอนุภาคได้



โครงสร้างการทำงานของ Photocatalyst ร่วมกับสารประกอบไทเทเนียมไดออกไซด์

รูปที่ 1 โครงสร้างการทำงานของ Photocatalyst ร่วมกับสารประกอบไทเทเนียมไดออกไซด์

ผู้วิจัยจึงได้นำสารไทเทเนียมไดออกไซด์ มาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ และเพื่อช่วยลดระยะเวลาในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ ในการวิจัยครั้งนี้

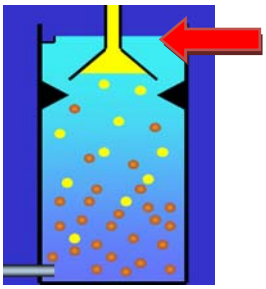
2. เนื้อความหลัก

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) คือ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยวิธีทางชีววิทยา (Biological Treatment) ในสภาวะที่ไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) ภายใต้กระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศนี้ สารอินทรีย์ในของเสีย/น้ำเสียประมาณร้อยละ 80-90 จะถูกย่อยสลายกลายเป็นก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซอื่นๆ ซึ่งรวมเรียกว่า ก๊าซชีวภาพ (Biogas) โดยมีปฏิกิริยาในการย่อยสลายสารอินทรีย์ดังนี้

สารอินทรีย์ + จุลินทรีย์ $\longrightarrow$ เซลล์ + CH_4 + CO_2 + NH_3 + H_2S + H_2O

โดยทั่วไปก๊าซชีวภาพจะประกอบไปด้วยก๊าซหลายชนิด ซึ่งองค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพ ที่เกิดขึ้นโดยขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ คือ

1. ก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักและมีคุณสมบัติเป็นก๊าซเชื้อเพลิง จะมีสัดส่วนอยู่ประมาณร้อยละ 65-70
2. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นส่วนประกอบรอง มีสมบัติเป็นก๊าซเฉื่อยไม่ติดไฟ มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 28-32
3. ก๊าซอื่น ๆ เช่น ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ก๊าซไฮโดซัลไฟด์ (H_2S) เป็นต้น จะมีอยู่ประมาณร้อยละ 2-3



องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

65-70% = ก๊าซมีเทน (CH_4)

28-32% = ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2)

2-3% = ก๊าซไนโตรเจน (N_2)

ไฮโดรเจน (H_2)

ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

รูปที่ 2 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

ไทเทเนียมไดออกไซด์

สุพิณ แสงสุข (2550) กล่าวว่า ไทเทเนียมไดออกไซด์ เป็นสารเก่าแก่ชนิดหนึ่งเท่าๆ กับโลกของเราและเป็นหนึ่งใน 50 ชนิดของสารที่ผลิตมากที่สุดทั่วโลก ลักษณะโดยทั่วไปมีสีขาวทึบแสง เกิดเองตามธรรมชาติมี 2 รูปแบบ ใหญ่ คือ รูไทล์และอานาเทส ทั้ง 2 รูปแบบมีไทเทเนียมไดออกไซด์บริสุทธิ์อยู่กับสารปนเปื้อนต้องผ่านกระบวนการทางเคมีจึงจะนำสารปนเปื้อนออกได้เหลือไว้แต่ไทเทเนียมไดออกไซด์บริสุทธิ์ ไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นสารสีที่มีสีขาวมีประโยชน์สำหรับการใช้งานได้หลากหลายเนื่องจากมันไม่มีกลิ่นและมีความสามารถในการดูดซับ แร่ชนิดนี้พบได้ในหลายผลิตภัณฑ์ตั้งแต่สีทาบ้านไปถึงอาหารและเครื่องสำอาง ในกลุ่มเครื่องสำอางใช้เพื่อหลายวัตถุประสงค์ ไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นสารสีที่มีสีขาว เป็นตัวที่ทำให้เกิดการทึบแสงและเป็นตัวป้องกันแสงแดด

ไทเทเนียมไดออกไซด์ถูกจัดอยู่ในกลุ่มของสารสีที่ปลอดภัย ไม่ใช่สารที่อยู่ในกลุ่มของสารก่อมะเร็ง สารที่ก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ สารที่ทำให้ตัวอ่อนในครรภ์เกิดความผิดปกติ หรือสารที่มีพิษ ด้วยเหตุนี้จึงสรุปได้ว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ไม่ใช่สารที่มีพิษ และด้วยความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีทำให้สามารถทำสารให้มีขนาดเล็กที่เรียกว่า **นาโนเทคโนโลยี** เพื่อสะดวกต่อการนำมาใช้งาน

ไทเทเนียม ไดออกไซด์ หรือ “TiO_2” เป็นพระเอกของนาโนเทคโนโลยีที่ ไทเทเนียมไดออกไซด์ตัวนี้ก็คือตัวเดียวกับที่เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางที่มีคุณสมบัติในการป้องกันแสงแดดที่ช่วยให้สาวหลายคนมีผิวชีดเหมือนไก่ต้มได้สมใจ

ตามปกติแล้ว TiO_2 นั้นเป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติในการดูดซับรังสี UVA ซึ่งเป็นแสงช่วงความยาวคลื่นน้อยกว่าความยาวคลื่นที่ดวงตาของมนุษย์เราสามารถมองเห็น (UVA มีความยาวคลื่นประมาณ 400-320 นาโนเมตร) โดยที่ UVA นั้นพบได้ในแสงแดดแต่ไม่สามารถพบได้ในแสงไฟจากหลอดไฟทั่วๆ ไปหรือแสงสว่างธรรมดาภายในบ้าน

นักวิจัยเลยทำการดัดแปลงคุณสมบัติของ TiO_2 โดยการใช้เติมสารเจือปน อย่างเช่นเหล็ก (Fe) หรือไนโตรเจน (N) ผสมลงไปกับผง TiO_2 ด้วยกรรมวิธีที่เรียกว่า **“Doping”** ซึ่งเป็นกรรมวิธีเดียวกับที่ใช้ในการเติม สารเจือปนลงในสารกึ่งตัวนำทั้งหลาย

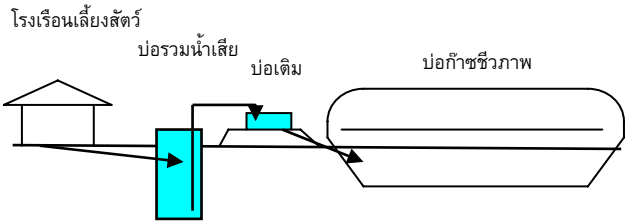
TiO_2 ที่ผ่านการเติมสาร เจือปนอย่างที่กล่าวมาแล้ว จะมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปคือ สามารถดูดซับแสงในช่วงความยาวคลื่นน้อยกว่า 380 นาโนเมตร ซึ่งเป็นแสงในช่วงความยาวคลื่นที่พบได้ในแสงสว่างภายในบ้านโดยทั่วไปอิเล็กตรอนในโมเลกุลของ TiO_2 ที่ได้รับการกระตุ้นเนื่องจากการได้รับพลังงานจากแสงจะทำให้มันมีคุณสมบัติในการกัดกร่อนไม่แพ้สารอย่างพวกคลอรีนเลยทีเดียว ดังนั้นมันจึงมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคอย่างเช่นเชื้อแบคทีเรียได้ และยังมีคุณสมบัติในการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์อีกหลายชนิดได้อีกด้วย

จากการศึกษาทางด้านนาโนเทคโนโลยี พบว่า สารไทเทเนียมไดออกไซด์ เป็นสารที่มีคุณสมบัติในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และสารอินทรีย์ โดยใช้แสงยูวีเป็นตัวกระตุ้น หรือที่เรียกว่า โฟโตแคตาไลซิส (photocatalyst) จะเกิดการแตกตัวและทำปฏิกิริยากับน้ำ จนได้เป็นอนุมูลอิสระซึ่งจะสามารถไปย่อยสลายโปรตีน หรือสารเคมีต่างๆ ได้

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

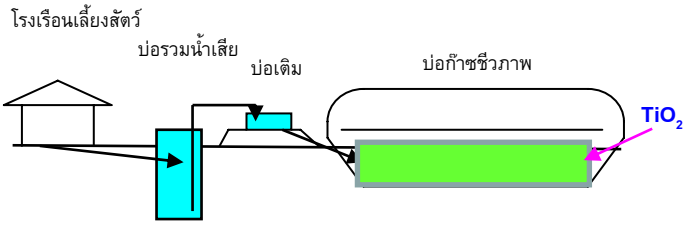
การวิจัยนี้ เป็นการทดลองโดยการสร้างระบบจำลองการผลิตก๊าซชีวภาพ 2 ระบบ ได้แก่

<u>ระบบที่ 1</u> คือ กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพรูปแบบเดิม



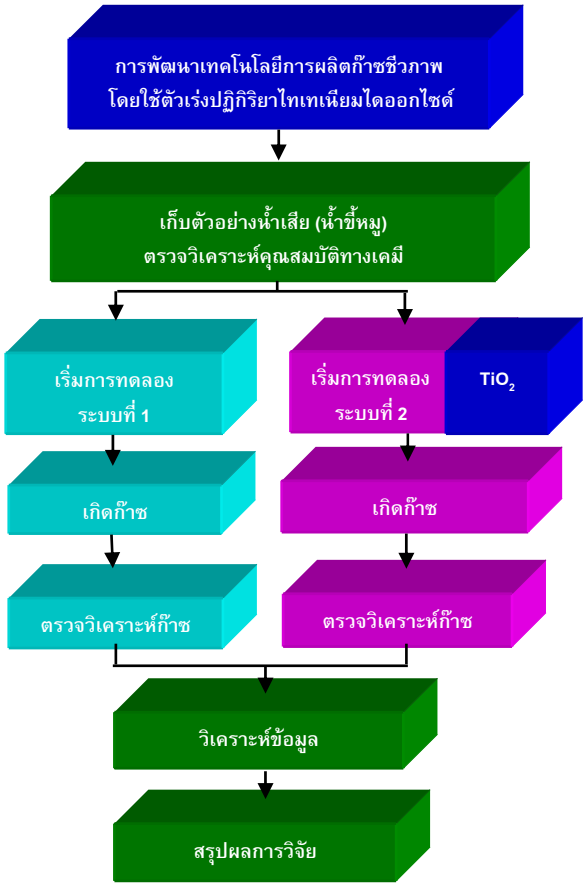
รูปที่ 3 กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพรูปแบบเดิม

<u>ระบบที่ 2</u> คือ กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพรูปแบบใหม่ โดยมีการนำสารไทเทเนียมไดออกไซด์มาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



รูปที่ 4 กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพรูปใหม่

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 5 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

โดยการวิจัยจะเป็นการสังเกตและเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงด้านระยะเวลาการผลิตก๊าซ และปริมาณก๊าซที่ผลิตได้

4. ผลและสรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของก๊าซที่เกิดขึ้นในระบบจำลองการผลิตก๊าซชีวภาพ ระบบที่ 2 โดยมีการนำสารไทเทเนียมไดออกไซด์มาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยานั้น มีปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นมากกว่าระบบที่ 1 และยังพบว่า ระบบที่ 2 ยังเกิดก๊าซได้เร็วกว่าระบบที่ 1 อีกด้วย เนื่องจากเมื่อไทเทเนียมไดออกไซด์ดังกล่าวได้รับแสงในอุณหภูมิที่เหมาะสม อิเล็กตรอนในไทเทเนียมไดออกไซด์จะถูกกระตุ้นให้กระโดดไปสู่ชั้นพลังงานที่สูงกว่า และทำให้เกิดกลไกปฏิกิริยาการย่อยสลายโมเลกุลของสารอินทรีย์ ซึ่งก็เป็นผลทำให้กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพในครั้งนี้ สามารถเกิดปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็ว กลายเป็นก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซอื่นๆ ซึ่งรวมเรียกว่า ก๊าซชีวภาพ (Biogas) ตรงตามสมมติฐานที่ผู้วิจัยได้ตั้งไว้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ของวิทยาลัยพลังงานทดแทนที่ได้ให้ความช่วยเหลือในเรื่องคำแนะนำและข้อมูลสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้ ทำให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี, 2551.
2. ชยันต์ กิมยงค์. (2545). การพัฒนาการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรในถังปฏิกรณ์แบบสองขั้นตอนที่มีการไหลวนกลับของน้ำเสีย. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (เทคโนโลยีพลังงาน). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
4. วารสารเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีวัสดุ. เทคโนโลยีวัสดุ. ฉบับที่ 51: เมษายน-มิถุนายน.
5. สุพิณ แสงสุข. (2550). บทความไทเทเนียมไดออกไซด์. สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ. 20 ก.ค. 2550.
6. Domenech, X. Photocatalysis for aqueous phase decontamination : IS TiO2 the better choice? In Photocatalytic purification and treatment of water and air. Amsterdam : Elsevier Science, 1993.p. 337 -339.
7. Mathews. Ralph W. Photocatalysis in water purification : Possibilities, Problems and prospects in Photocatalytic purification and treatment of waterand air.
8. Stange, B.M. and Evans, L.R. TiO2 Photocatalysis for the destruction of organics and the reduction of heavy metals in Photocatalytic purification and treatment of water and air. Amsterdam : Elsevier Science, 1993. p. 353-355.
9. Stryker, L., 2007. Titanium Dioxide : Toxic or Safe? (online) Avialable from www.theorganicmakeupcompany.com/CA/titnaniumdioxide.asp [Accessed 29 May 2007].
10. Vassileva, E., Proinova, I., Hadjiivanov, K. (1996) Analyst. 121, 607-612.

ประวัติผู้เขียนบทความ

นางสาวณัฐชา สันติปาตี

ประวัติการศึกษา

ปัจจุบัน	กำลังศึกษา วท.ม (สาขาพลังงานทดแทน) วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร
พ.ศ. 2549	วท.ม (จิตวิทยาการกีฬาและการออกกำลังกาย) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2546	วท.บ (วิทยาศาสตร์การกีฬา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ