# การพัฒนาเทคนิคโฟโตอิเล็กโตรคะตะไลติกสำหรับบำบัดน้ำเสียประเภทสีย้อม

# Development of photoelectrocatalytic for dye waste water treatment

วัชรพงษ์ นารีจันทร์ ,จักรพันธ์ มีการุณ

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 หมู่ 1 ถนนรังสิต – นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

สถานที่ปฏิบัติงานสหกิจศึกษา : บริษัท โกบอล ยูทิลิตี้ เซอร์วิส จำกัด นิคมอุตสาหกรรมสมุทรสาคร อ.เมือง จ.สมุทรสาคร 10280

**บทคัดย่อ**

การพัฒนาเทคนิคโฟโตอิเล็กโตรคะตะไลติกสำหรับบำบัดน้ำเสียประเภทสีย้อม โดยใช้ขั้วไฟฟ้า FTO/$WO_3$/$BiVO_4$เป็นขั้วไฟฟ้าแอโนด และใช้แผ่นทองแดงเป็นขั้วไฟฟ้าแคโทด ภายใต้สภาวะเร่งด้วยแสงช่วงวิสิเบิลและศักย์ไฟฟ้า เพื่อบำบัดน้ำเสียประเภทสีย้อมจากโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมสมุทรสาคร โดยศึกษาผลของค่า pH ความเข้มของแสง ค่าศักย์ไฟฟ้า รวมถึงกลไกในการเกิดปฏิกิริยาการกำจัดที่ขั้วไฟฟ้า และพัฒนาเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการบำบัดน้ำเสียประเภทสีย้อม พบว่าจากระบบที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถกำจัดสีย้อมที่เป็นสีได้ถึง 93% ในเวลา 3 ชั่วโมงที่สภาวะค่า pH เท่ากับ 3 ค่าศักย์ไฟฟ้า 3.5 โวลต์ ความเข้มของแสง 45 W นอกจากนี้ยังสามารถลดค่า ซีโอดี (COD) ได้มากกว่า 50% ซึ่งเป็นการยืนยันได้ว่าเทคนิคดังกล่าวเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดน้ำเสียประเภทสีย้อม ในระยะเวลาอันสั้น และที่สำคัญเป็นกระบวนการกำจัดที่เสร็จสิ้นในขั้นตอนเดียว ซึ่งเหมาะกับการพัฒนาต่อยอดเพื่อขยายขนาดสเกลในการประยุกต์ใช้กับการบำบัดน้ำเสียในระบบโรงงานต่อไป

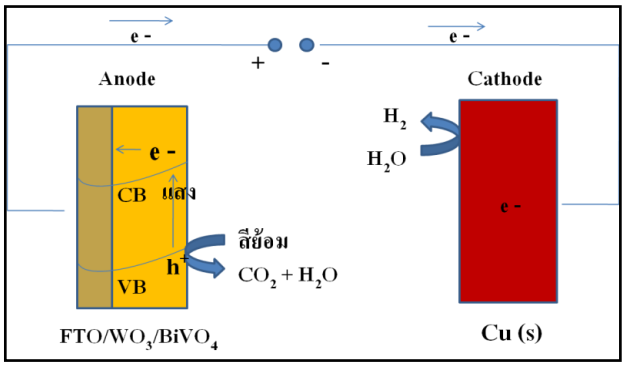
**<u>คำสำคัญ:</u> เทคนิคโฟโตอิเล็กโตรคะตะไลติก, สีย้อม,บำบัดน้ำเสีย**

## 1.บทนำ (Introduction)

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ของประเทศ ซึ่งมีการใช้น้ำปริมาณมากในกระบวนการผลผลิต นอกจากนี้เทคโนโลยีในการผลิตในปัจจุบันไม่สามารถใช้สีย้อมในการย้อมหรือพิมพ์ผ้าได้หมดร้อยเปอร์เซ็นต์ และมีสีย้อมบางส่วนหลุดออกมาในขณะทำการซักล้างหรือปรุงแต่งวัสดุสิ่งทอ มีผลก่อให้เกิดน้ำเสียที่มีสารเคมีและสารพิษต่างๆ ซึ่งบางชนิดเป็นสารเคมีก่อมะเร็งปนเปื้อนอยู่มากมาย ก่อให้เกิดปัญหาน้ำเสียและเป็นมลพิษทางน้ำตามมาดังนั้นการบำบัดสีย้อมในน้ำทิ้งจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งซึ่งวิธีการบำบัดมีอยู่หลายวิธีในปัจจุบันที่ให้ประสิทธิภาพค่อนข้างดี เช่น การกรองด้วยแผ่นเยื่อ (Membrane Filtration) การใช้โอโซน (OzoneTreatment) การตกตะกอนด้วยสารเคมี (Chemical Coagulation) การแลกเปลี่ยนอิออน (Ion Exchange) เป็นต้น แต่วิธีเหล่านี้ก็ยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายสูง ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าว และได้ทำการศึกษาเพื่อหาเทคนิคใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง สะดวกและประหยัดในการบำบัดน้ำเสียประเภทสีย้อม ซึ่งพบว่าเทคนิคโฟโตอิเล็กโตรคะตะไลติก (Photoelectrocatalytic ;PEC) เป็นเทคนิคใหม่ที่น่าสนใจนำมาประยุกต์ใช้กับการกำจัดสีย้อมอินทรีย์เนื่องจากมีรายงานการวิจัยว่าเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพ ใช้ต้นทุนต่ำและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นโครงงานนี้จึงได้ทำการพัฒนาเทคนิคดังกล่าวเพื่อใช้บำบัดน้ำเสียประเภท

สีย้อมโดยได้ศึกษาในส่วนของการปรับสภาพสารละลายและระบบเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการบำบัดน้ำเสียดังกล่าวการพัฒนาเทคนิคโฟโตอิเล็กโตรคะตะไลติกสำหรับบำบัดน้ำเสียประเภทสีย้อมประกอบด้วยขั้วไฟฟ้า2ขั้ว ได้แก่ ขั้วแอโนดเป็นการนำแผ่น FTOตรึงด้วยสารกึ่งตัวนำ$WO_3$และ$BiVO_4$เมื่อสารกึ่งตัวนำถูกเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงอิเล็กตรอน จะเกิดการกระตุ้นอิเล็กตรอน (e-) จากชั้นวาเลนท์(Valent band; VB) ไปสู่ชั้นการนำ (Conduction band; CB) และจะเกิดช่องว่างที่มีประจุเป็นบวก (hole; $h^+$) ที่ VB ซึ่ง $h^+$ที่เกิดขึ้นนี้จะมีประสิทธิภาพสูงในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์สีย้อมให้กลายเป็น $CO_2$ และ $H_2O$ ส่วนอิเล็กตรอนที่ CB จะถูกเหนี่ยวนำเข้าขั้วไฟฟ้าด้วยการให้ศักย์ไฟฟ้าทางบวกภายนอกเข้าไป ทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอนจากแอโนดไปยังแคโทดที่ทำด้วยแผ่นทองแดง(Cu) และจะเกิดปฏิกิริยารีดักชันของสารที่บริเวณขั้วไฟฟ้าดังกล่าวเช่นการรีดิวซ์น้ำให้กลายเป็นก๊าซไฮโดรเจนดังแสดงหลักการเกิดปฏิกิริยาการกำจัดสีย้อมด้วยเทคนิคโฟโตอิเล็กโตรคะตะไลติกดังรูปที่ 1




**รูปที่ 1** หลักการเกิดปฏิกิริยาการกำจัดสีย้อมด้วยเทคนิคโฟโตอิเล็กโตรคะไลติก

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาเทคนิคโฟโตอิเล็กโตรคะตะไลติกสำหรับบำบัดน้ำเสียประเภทสีย้อม

---

1.วัชรพงษ์ นารีจันทร์ จักรพันธ์ มีการุณ ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

2. คุณศิริพรรณ ธำรงคุณากร ตำแหน่งนักเคมีอาวุโส หน่วยงานนิคมอุตสาหกรรมสมุทรสาคร บริษัท โกบอล ยูทิลิตี้ เซอร์วิส จำกัด

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย พลเชี่ยว และ อาจารย์สุมนา ปานสมุทร ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

## 2.วิธีการดำเนินการวิจัย (Experiment)

### 2.1เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมี

2.1.1 เครื่องมืออุปกรณ์

- เครื่อง Spectrophotometer
- เครื่อง pH meter
- เครื่อง Potentiostat
- บีกเกอร์ 250 ml
- กระจกนำไฟฟ้า Fluorine doped tin oxide (FTO)

2.1.2 สารเคมี

- 0.1M Tungstic acid
- 0.2 M Vanadium (IV) oxide acetylacetonate
- 0.2 MBismuth (lll) nitrate penta hydrate
- NaOH
- HCl
- ตัวอย่างน้ำเสีย จากโรงานประเภท ฟอกย้อม

### 2.2การเตรียมขั้วไฟฟ้าแอโนด FTO/$WO_3$/$BiVO_4$

2.2.1 การเตรียมสารละลาย 0.1 M BiVO4

ผสม 0.2 M Vanadium (IV) oxide acetylacetonate ปริมาตร 25 ml กับ 0.2 M Bismuth (lll) nitrate penta hydrate ปริมาตร 25 ml ผสมกันจะได้สาร 0.1 M $BiVO_4$

2.2.2 การเตรียมสารละลาย 0.1 M $WO_3$

เตรียมจาก 0.1 M Tungstic acid ใน 30%$NH_4OH$ ปริมาตร 50 ml นำไปทำการ Reflux ที่อุณหภูมิ 60°C1ชั่วโมง จะได้สาร 0.1 M $WO_3$

2.2.3 หยดสารละลาย 0.1 M $WO_3$ ลงบนแผ่นFTO นำไป Spin Coating 1,000 rpm เป็นเวลา 60 วินาที แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 150°C เป็นเวลา 5 นาที [1]

2.2.4 หยดสารสารละลาย 0.1 M $BiVO_4$ ลงบนแผ่นFTO นำไป Spin Coating 1000 rpm เป็นเวลา 60 วินาที แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 150°C เป็นเวลา 5 นาที ทำซ้ำจนได้ชั้น $BiVO_4$ ครบ 5 ชั้น

2.2.5 นำไปเผาด้วยเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 °C เป็นเวลา 1 ชม.

2.2.6 นำแผ่นที่ผ่านการเผามาทำการบัดกรีเพื่อเชื่อมต่อสายไฟฟ้าและปิดทับด้วยเรซิ่น จะได้ขั้วไฟฟ้า FTO/$WO_3$/$BiVO_4$ เพื่อใช้เป็นขั้วไฟฟ้าแอโนดต่อไป

### 2.3การเตรียมขั้วไฟฟ้าแคโทดแผ่นทองแดง

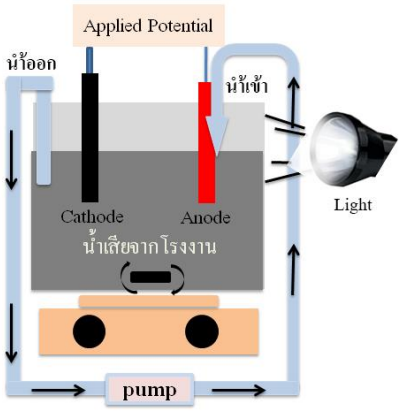
จะใช้แผ่นทองแดงมาตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 2x2 cm แล้วนำมาบัดกรีเพื่อเชื่อมต่อกับสายไฟ จะได้ขั้วไฟฟ้าแอโนดและแคโทดดังแสดงลักษณะขั้วไฟฟ้าทั้งสองในรูปที่ 2

(a) (b)

**รูปที่ 2** แสดงลักษณะขั้วไฟฟ้า(a) ขั้วไฟฟ้าแอโนด FTO/ $WO_3$/$BiVO_4$และ (b) ขั้วไฟฟ้าแคโทดแผ่นทองแดง

### 2.4 การศึกษาการกำจัดสีย้อมด้วยเทคนิคโฟโตอิเล็กโตรคะตะไลติก

ในการศึกษาการกำจัดสีย้อมด้วยเทคนิคโฟโตอิเล็กโตรคะตะไลติกจะจัดอุปกรณ์ในการทดลองดังแสดงในรูปที่ 3




**รูปที่ 3** แสดงการจัดอุปกรณ์เพื่อศึกษาการกำจัดน้ำเสียสีย้อมด้วยเทคนิคโฟโตอิเล็กโตรคะตะไลติก

โดยได้ศึกษาพารามิเตอร์ต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมดังรายการต่อไปนี้

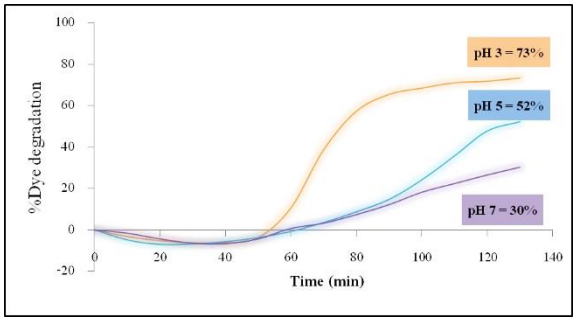
1. ศึกษาผลของค่าpH (pH3, pH5, pH7)
2. ศึกษาผลของความเข้มแสง(15W, 25W, 45W)
3. ศึกษาผลของศักย์ไฟฟ้า (2V, 2.5V,3V, 3.5V)
4. ศึกษากลไกการกำจัดโดยใช้สภาวะ ต่างๆ คือ
   - ให้แสงอย่างเดียว (Light)
   - ไม่ให้แสง (Dark)
   - ให้ศักย์ไฟฟ้าผ่านขั้วไฟฟ้าทั้งสอง (Electrocatalytic ; EC)
   - ให้แสงผ่านขั้วไฟฟ้าทั้งสอง (Photocatalytic ; PC)
   - ให้ทั้งแสง และศักย์ไฟฟ้าผ่านขั้วไฟฟ้า (Photoelectrocatalytic :PEC)
5. ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมโดยใช้สภาวะที่ดีที่สุด

ซึ่งติดตามผลโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสีย้อมด้วยเครื่อง Spectrophotometer[2] และติดตามผลด้วยการวัดค่า COD

## 3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง (Results and discussion)

### 3. 1. ผลของค่าpH

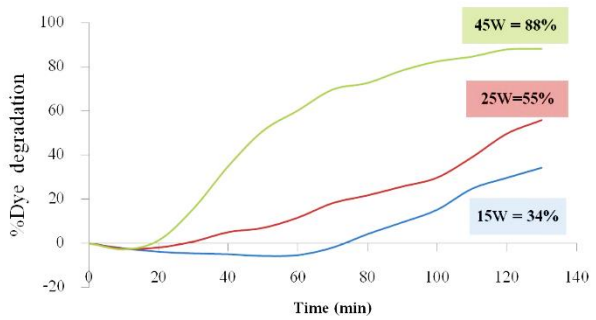
จากการศึกษาพบว่าการกำจัดสีย้อมจะมีประสิทธิภาพดีขึ้นเมื่อสารละลายมีสภาพเป็นกรดมากขึ้น ดังแสดงร้อยละการกำจัดสีย้อม (%Dye degradation) กับเวลาที่ใช้ ดังรูปที่ 4 แต่อย่างไรก็ตามการลดค่า pH ต่ำมากเกินไปจะมีผลต่อสภาพและอายุการใช้งานของขั้วไฟฟ้าได้ ดังนั้นจึงเลือกสภาวะที่ pH = 3 ในการกำจัดสีย้อมต่อไป




**รูปที่ 4** ร้อยละการกำจัดสีย้อม (%Dye degradation) กับเวลาที่ใช้ที่ค่า pH = 3 (—), pH = 5 (—) และ pH = 7 (—)

### 3.2. ผลของความเข้มแสง

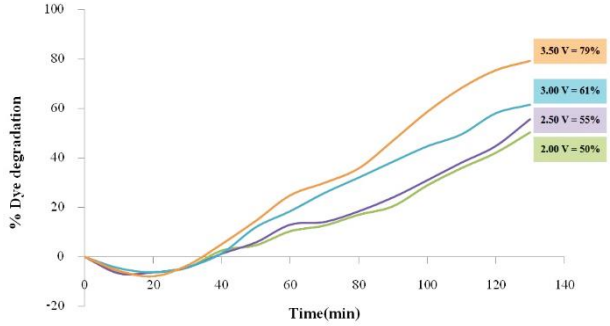
จากรูปที่ 5 แสดงผลของการปรับค่าความเข้มแสงที่15W, 25W, 45W พบว่าเมื่อเพิ่มกำลังของแสงมากขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมมากขึ้น แสดงให้ทราบว่าความเข้มของแสงเป็นตัวแปรที่แปรผันโดยตรงกับการกำจัดสีย้อม ซึ่งเกิดจากการที่แสงที่มีความเข้มมากจะไปกระตุ้นให้ขั้วไฟฟ้าสารกึ่งตัวนำ FTO/$WO_3$/$BiVO_4$(แอโนด) เกิดการกระตุ้นให้เกิด $h^+$ที่ VB จำนวนมากขึ้นจึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสีย้อมที่ขั้วไฟฟ้าแอโนดได้มากขึ้นนั่นเอง แต่อย่างไรก็ตามการใช้ปริมาณความเข้มของแสงที่มากขึ้นก็จะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าไปด้วย ดังนั้นจึงเลือกสภาวะความเข้มของแสงที่ 45 W เพื่อทำการศึกษาพารามิเตอร์ถัดไป




**รูปที่ 5** ผลการกำจัดน้ำเสียประเภทสีย้อมค่าความเข้มแสงที่ 15W(—) , 25W (—) และ 45W (—) ภายในเวลา 130 นาที

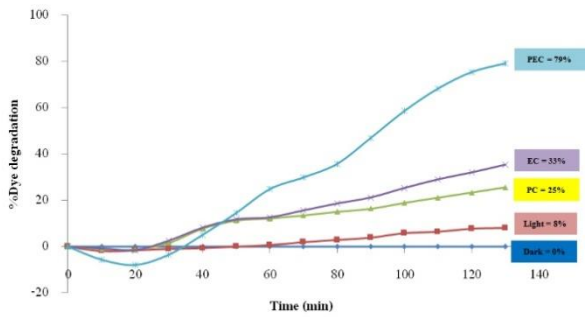
### 3.3 ผลของค่าศักย์ไฟฟ้า

จากการศึกษาผลของค่าศักย์ไฟฟ้าที่ให้กับระบบ พบว่าเมื่อให้ศักย์ไฟฟ้าไปทางบวกมากขึ้น จะทำให้เกิดการกำจัดสีย้อมได้มากขึ้น ดังรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าศักย์ไฟฟ้าก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อม โดยเมื่อเพิ่มศักย์ไฟฟ้าไปทางบวกมากขึ้นจะเป็นการเร่งการไหลของอิเล็กตรอนจากขั้วไฟฟ้าแอโนดไปยังขั้วไฟฟ้าแคโทดได้ดีขึ้นทำให้เหนี่ยวนำให้เกิด h+ จำนวนมากที่ผิวหน้าขั้วไฟฟ้าแอโนดและส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสีย้อมได้มากขึ้นนั่นเอง แต่การเพิ่มค่าศักย์ไฟฟ้ามากเกินไปก็มีผลต่ออายุการใช้งานของขั้วไฟฟ้า ดังนั้นจึงเลือกสภาวะค่าศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสม คือ 3.5 V




**รูปที่ 6** ผลของค่าศักย์ไฟฟ้ากับการกำจัดน้ำเสียประเภทสีย้อมที่ค่าศักย์ไฟฟ้า2.00V (—) ,2.50V (—) , 3.00V (—) และ 3.50V(—) ภายในเวลา 130 นาที

### 3.4. ผลการศึกษากลไกการกำจัดสีย้อม

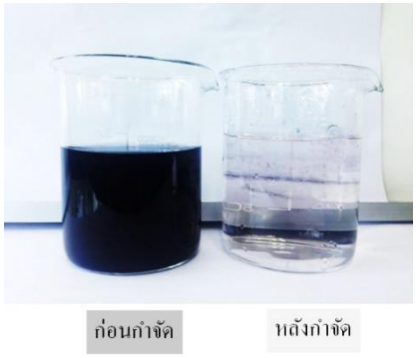



**รูปที่ 7** ผลการเปรียบเทียบกลไกการกำจัดน้ำเสียสีย้อม

จากรูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่ากลไกการกำจัดสีย้อมที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดคือการเร่งการเกิดปฏิกิริยาของขั้วไฟฟ้าสารกึ่งตัวนำด้วยทั้งแสงและศักย์ไฟฟ้า หรือเรียกว่า Photoelectrocatalytic (PEC) ซึ่งเป็นการยืนยันถึงประสิทธิภาพของเทคนิคที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อการกำจัดสีย้อมให้น้ำเสียนั่นเอง

### 3.5 ผลของประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมโดยใช้สภาวะที่ดีที่สุด

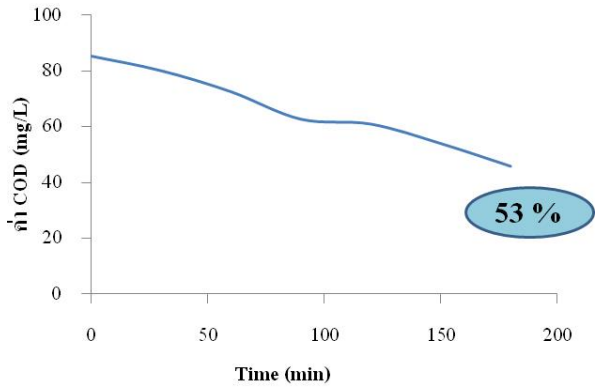
เมื่อได้ทำการศึกษาพารามิเตอร์ต่างๆ ที่สภาวะที่ดีที่สุดแล้ว จึงได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อม ณ สภาวะที่ดีที่สุด โดยปรับค่า pH = 3 ภายใต้สภาวะเร่งด้วยแสง 45W และศักย์ไฟฟ้า 3.5V ซึ่งสามารถกำจัดสีย้อมได้ถึง93%ในเวลา 180 นาที โดยจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีย้อมจากสีน้ำเงินเข้ม จนกลายเป็นสารละลายใส ดังแสดงในรูปที่ 8




**รูปที่ 8** ลักษณะสีของน้ำเสียประเภทสีย้อมก่อนและหลังบำบัด

### 3.6 ผลการศึกษาค่า COD

เพื่อยืนยันว่าการกำจัดสีย้อมซึ่งเป็นสารอินทรีย์สามารถเปลี่ยนจากสารสีย้อมจนกลายเป็นก๊าซ $CO_2$และ $H_2O$ โดยไม่กลายเป็นสารอินทรีย์อื่น โดยพิจารณาจากค่า COD ซึ่งสามารถลดค่า ซีโอดี (COD) ได้มากกว่า 50% ซึ่งเป็นการยืนยันได้ว่าเทคนิคดังกล่าวเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดน้ำเสียประเภทสีย้อมดังแสดงในรูปที่ 9




**รูปที่ 9** สภาวะที่ดีที่สุดในการกำจัดน้ำเสียประเภทสีย้อม ภายในเวลา 190 นาที

### 4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาได้พัฒนาเทคนิคการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการโฟโตอิเล็กโตรคะตะไลติก พบว่าสามารถกำจัดสีย้อมอินทรีย์ได้ที่สภาวะที่เหมาะสมคือ ค่า pH = 3 ศักย์ไฟฟ้า 3.5 โวลต์ ความเข้มแสง 45 W ใช้เวลา 3 ชั่วโมงสามารถกำจัดสีย้อมในน้ำเสียได้ถึงได้ 93 %นอกจากนี้ยังสามารถลดค่า ซีโอดี (COD) ได้มากกว่า 50% ซึ่งเป็นการยืนยันได้ว่าเทคนิคดังกล่าวที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดน้ำเสียประเภทสีย้อม สะดวก รวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่าย เหมาะที่จะพัฒนาขยายขนาดเพื่อประยุกต์ใช้กับการบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทสีย้อมต่อไป

### 4. กิตติกรรมประกาศ

การที่ได้ปฏิบัติงานสหกิจศึกษาที่ บริษัท โกบอล ยูทิลิตี้ เซอร์วิส จำกัด (GUSCO) หน่วยงานสมุทรสาคร แผนกห้องปฏิบัติการ ตั้งแต่วันที่ 10 สิงหาคม2558–27พฤศจิกายน 2558 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆทั้งในห้องปฏิบัติการและระบบบำบัดน้ำเสียของสถานประกอบการ ซึ่งสำเร็จลงได้ด้วยดีจากการดูแลเอาใจใส่ตลอดการปฏิบัติสหกิจศึกษาและการสอนใช้เครื่องมือต่างๆและการแนะนำ จึงขอขอบคุณ คุณศิริพรรณ ธำรงคุณากร (นักเคมีอาวุโส), คุณฑิฆัมภรณ์ เรืองสุข (นักเคมี), คุณประภาภรณ์ สร้อยทอง (นักเคมี) และพี่ๆ บริษัท โกบอล ยูทิลิตี้ เซอร์วิส จำกัด (GUSCO) หน่วยงานสมุทรสาคร ที่คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการจัดทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสิ้นสมบูรณ์

ขอขอบคุณ บริษัท โกบอล ยูทิลิตี้ เซอร์วิส จำกัด (GUSSCO) หน่วยงานสมุทรสาครที่อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาและเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ฉัตรชัย พลเชี่ยว, อาจารย์สุมนา ปานสมุทร อาจารย์ผู้นิเทศงานสหกิจศึกษาที่คอย ให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาครั้งนี้ด้วยดีตลอดมา

### เอกสารอ้างอิง

[1] C. Ponchio, Y. Murakami, S. Kishioka, A. Y. Nosaka and Y. Nosaka, Efficient photocatalytic activity of water oxidation over $WO_3/BiVO_4$ composite under light irradiation, Electrochim. Acta, 54 (2009): 1147-1152.

[2]C. Ponchio* A. Y. Nosaka and Y. Nosaka, Photoelectrocatalytic performance of $WO_3/BiVO_4$ toward the dye degradation, *Electrochim. Acta*, 94 (2013): 314-319.

**ประวัติผู้เขียนบทความ**

| | |
|---|---|
| **ชื่อ-สกุล** | วัชรพงษ์  นารีจันทร์ |
| **ภาควิชา** | เคมี |
| **มหาวิทยาลัย** | เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| **ที่อยู่** | 3/30หมู่ 5 ต.คลองสอง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 |
| **เบอร์โทรศัพท์** | 087-457-7121 |
| E-mail | jagdolamon@hotmail.com |

| | |
|---|---|
| **ชื่อ-สกุล** | จักรพันธ์  มีการุณ |
| **ภาควิชา** | เคมี |
| **มหาวิทยาลัย** | เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| **ที่อยู่** | 14 หมู่ 2 ต.หลุมข้าว อ.โคกสำโรง จ.ลพบุรี 15120 |
| **เบอร์โทรศัพท์** | 094-067-9128 |
| E-mail | boom_merrang37@hotmail.com |