

การใช้เคลย์ที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเสมือนเฟนตัน  
เพื่อกำจัดสีน้ำทิ้งจากการย้อมผ้า

Using Iron-Containing Clay as Fenton-Like Catalyst  
for Textile Dyeing Wastewater Decolorization

อาทิตย์ อัสวสุชี<sup>1\*</sup> สิรินาถ โมพันดุง<sup>2</sup>  
Artit Ausavasukhi<sup>1\*</sup>, Sirinat Mopundung<sup>2</sup>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้เคลย์ที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเสมือนเฟนตันเพื่อใช้ในการกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าจากชุมชนผู้ผลิตผ้าไหมอำเภอปรางค์ชัย C-Clay1 ซึ่งเป็นเคลย์ที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุด โดยพบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาคือค่าพีเอชเริ่มต้นเป็น 3.0 ความเข้มข้นเริ่มต้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็น 0.6 โมลต่อลิตร และความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา 20 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะดังกล่าวนี้ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้า และการลดลงของปริมาณออกซิเจนที่สารเคมีใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ภายในเวลา 24 ชั่วโมงเมื่อใช้ C-Clay1 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

**คำสำคัญ:** การกำจัดสี เฟนตันออกซิเดชัน น้ำทิ้งจากการย้อมผ้า เคลย์ที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบ

Abstract

In this research, various iron-containing clays were used as Fenton-like catalyst for the decolorization of textile dyeing wastewater from community based silk producers in Pak Thong Chai district. The iron-containing clay, namely C-Clay1 provides the highest % decolorization. The optimal reacting conditions were found to be initial pH of 3.0,  $[H_2O_2]_0$  of 0.6 mol/L, and the amounts of catalyst is 20 g/L at temperature 50°C. Under these conditions, efficiency of decolorization and reduction of chemical oxygen demand (COD) of textile dyeing wastewater were nearly 100 % within 24 hours reaction time when using the C-Clay1 as catalyst.

**Keywords:** Decolorization, Fenton Oxidation, Textile Dyeing Wastewater, Iron-Containing Clay

<sup>1</sup> อ.ดร., ห้องปฏิบัติการวิจัยตัวเร่งปฏิกิริยาและวัสดุนาโนเพื่อพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

สาขาวิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000

<sup>2</sup> นักศึกษา สาขาวิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000

\* Corresponding author: โทรศัพท์ 044-233000 ต่อ 4011 อีเมล ausavasukhi@gmail.com

## 1. บทนำ

น้ำทิ้งที่เกิดจากการฟอกย้อมสีของกลุ่มผู้ผลิตผ้าได้ถูกทิ้งสู่ธรรมชาติโดยไม่มีการบำบัดทำให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม เนื่องจากสีย้อมผ้าแทบทุกชนิดมีส่วนประกอบที่เป็นพิษ ย่อยสลายตามธรรมชาติได้ยาก และยังบดบังการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนและพืชน้ำทำให้เกิดผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศ กระบวนการกำจัดน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าวิธีหนึ่งซึ่งมีประสิทธิภาพสูง คือ กระบวนการเฟนตันออกซิเดชันซึ่งใช้สารละลายเหล็ก(II) ทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เพื่อให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (Hydroxyl radical;  $\bullet\text{OH}$ ) ซึ่งมีความสามารถในการออกซิไดซ์หรือการกำจัดสารพิษ และสีย้อม ได้อย่างมีประสิทธิภาพในสถานะเป็นกรด [1] อย่างไรก็ตามการกำจัดน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ (Homogeneous catalyst) ซึ่งสารละลายเหล็ก(II) ที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยามีสถานะเป็นของเหลวเช่นเดียวกับน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าทำให้มีข้อจำกัด คือ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการเร่งปฏิกิริยา ไอออนของเหล็กไม่สามารถแยกออกจากระบบได้ ทำให้สารละลายเหล็กปนเปื้อนไปกับน้ำทิ้งหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการบำบัด [2] เพื่อเป็นการแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าวสามารถทำได้โดยการพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดวิวิธพันธ์ (Heterogeneous catalyst) โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กที่มีสถานะเป็นของแข็งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจะสามารถแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากระบบได้โดยง่าย และตัวเร่งปฏิกิริยานี้ไม่เกิดสารประกอบกับสารที่ต้องการกำจัด ตัวอย่างตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในกระบวนการเฟนตันออกซิเดชันวิวิธพันธ์ในปัจจุบัน ได้แก่ แร่เหล็ก (Iron minerals) [3], เหล็กออกไซด์บนวัสดุรองรับนาโน ( $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SBA-15}$  nano-composite) [4], เหล็กบนอลูมินา [5], เหล็กบนซีโอไลต์ [6], เหล็กบนเคลย์ที่ได้รับการปรับปรุงเป็นพิลลาร์ (Pillared clays) [7], เหล็กที่อยู่บนเรซิน (Ion exchange resin) [8], เหล็กบนถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) [9] อย่างไรก็ตามตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวมีราคาค่อนข้างสูง

จากการศึกษาพบว่าแร่ดินในประเทศไทยมีส่วนประกอบหลักเป็นเคลย์ นอกจากนี้ยังมีเหล็กเป็นส่วนประกอบอีกด้วย ทำให้เคลย์ที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบนี้มีศักยภาพในการนำมาใช้เร่งปฏิกิริยาเฟนตันออกซิเดชันชนิดวิวิธพันธ์สำหรับการบำบัดน้ำทิ้ง เนื่องจากมีสถานะเป็นของแข็ง ราคาถูก หาได้ง่าย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยในการศึกษานี้จะศึกษาชนิดของเคลย์ที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบ และศึกษาอิทธิพลที่มีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาเฟนตันออกซิเดชัน เช่น ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ค่าพีเอช เวลา และอุณหภูมิ เป็นต้น เพื่อให้สามารถเร่งปฏิกิริยาการกำจัดสีได้ดีที่สุด

## 2. วิธีการทดลอง

### 2.1 การบำบัดน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมผ้า

เปิดสารละลายน้ำทิ้งที่ได้จากการย้อมผ้าจำนวน 50 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับพีเอชเป็น 3 ด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 3 โมลาร์ จากนั้นเติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จำนวน 2 มิลลิลิตร เติมตัวเร่งปฏิกิริยาจำนวน 1 กรัม ปั่นกวนทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 29 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองเอาตัวเร่งปฏิกิริยาออก วัดการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำทิ้งหลังการบำบัดด้วยเครื่องวิเคราะห์การดูดกลืนแสงของสาร ในกรณีของการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการกำจัดสีทำได้เช่นเดียวกันโดยศึกษาพีเอช 3, 5, 7, และ 9 อุณหภูมิ 29 และ 50 องศาเซลเซียส เวลา 6, 12, 24, 36, และ 48 ชั่วโมง ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 1, 2, 4, และ 6 มิลลิลิตร ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา C-Clay1, C-Clay2, C-Clay3 ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเกรดการค้าที่จัดซื้อจากผู้ประกอบการภายในประเทศ และ L-Clay1, L-Clay2, L-Clay3 ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากแร่ดินในจังหวัดนครราชสีมา

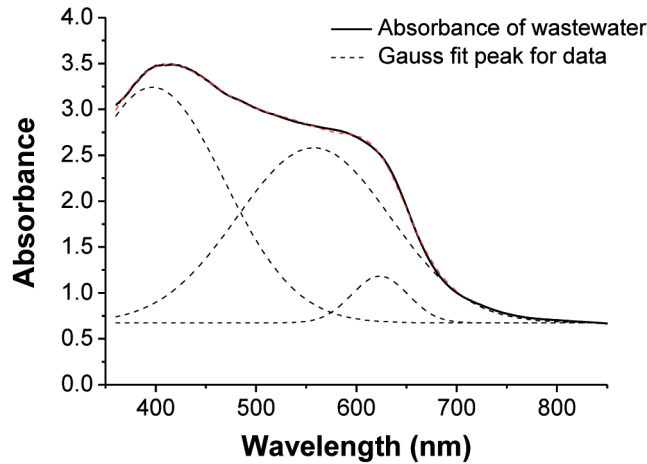
## 2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ส่วนประกอบของเหล็กในตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเทคนิคการวาวรังสีเอกซ์

นำตัวอย่างจำนวน 0.5 กรัมกับกรดบอริกจำนวน 4.0 กรัม ผสมเข้าด้วยกันโดยใช้เครื่องบด ตักสารที่บดได้ใส่ภาชนะของเครื่องวิเคราะห์การวาวรังสีเอกซ์และอัดที่ความดันสูง นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์โดยใช้ตัวตรวจวัดชนิดการกระจายความยาวคลื่น (Wavelength dispersive detector)

## 3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

### 3.1 สมบัติของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้า

คณะผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าของผู้ประกอบการในอำเภอบึงธงชัย จังหวัดนครราชสีมา เพื่อใช้ในการศึกษาการกำจัดสีของน้ำทิ้ง โดยน้ำทิ้งจากการย้อมผ้านี้มีค่าพีเอช 8 และปริมาณออกซิเจนที่สารเคมีใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Chemical oxygen demand; COD) มีค่า 32,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (32 กรัมต่อลิตร) เมื่อนำตัวอย่างน้ำทิ้งจากการย้อมผ้ามาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการดูดกลืนแสงของสารให้ผลการทดลองดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 1 การดูดกลืนแสงอุลตราไวโอเล็ตและแสงที่ตามองเห็นของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้า

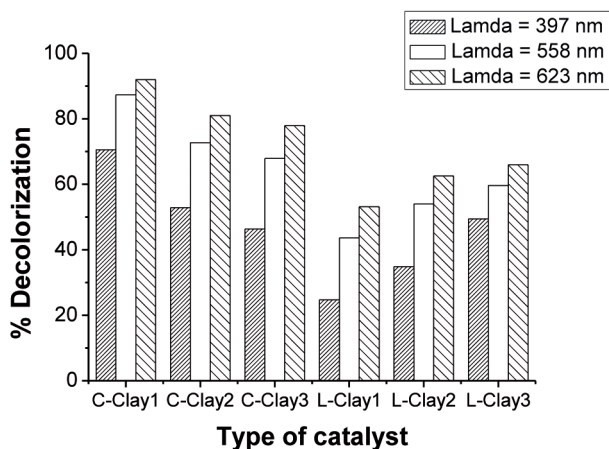
จากการวิเคราะห์ฟิตด้วยโปรแกรมดีคอนโวลูชัน (Deconvolution program) ตามแบบจำลองของเกาส์ (Gauss model) ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) เท่ากับ 0.9997 แสดงว่าฟิตที่ได้จากแบบจำลองของเกาส์สอดคล้องกับฟิตของการดูดกลืนแสงอุลตราไวโอเล็ตและแสงที่ตามองเห็นของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้า และจากการวิเคราะห์จะพบฟิตของการดูดกลืนแสงอุลตราไวโอเล็ตและแสงที่ตามองเห็นใน 3 ช่วง คือที่ความยาวคลื่น 397, 558, และ 623 นาโนเมตร ตามลำดับ แสดงว่าน้ำทิ้งจากการย้อมผ้างกล่าวประกอบด้วยสีย้อมหลายชนิด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะได้วิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีโดยพิจารณาจากการดูดกลืนแสงอุลตราไวโอเล็ตและแสงที่ตามองเห็นทั้ง 3 ช่วงการดูดกลืน

### 3.2 ชนิดของเคลย์ที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบต่อเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการย้อมผ้า

เมื่อวิเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเทคนิคการวาวรังสีเอกซ์เพื่อหาปริมาณเหล็กในตัวเร่ง ให้ผลการทดลองดังตารางที่ 3.1

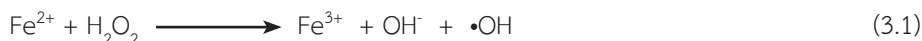
ตารางที่ 3.1 ปริมาณของเหล็กในตัวเร่งปฏิกิริยา

ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา	C-Clay1	C-Clay2	C-Clay3	L-Clay1	L-Clay2	L-Clay3
ปริมาณเหล็ก(เปอร์เซ็นต์)	6.9	4.8	1.5	7.1	5.6	7.2



ภาพที่ 3.2 ชนิดเคลย์ที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบต่อเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้ง  
(สภาวะ: ปริมาณน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมผ้า 50 มิลลิลิตร, น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม, ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร, อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส, พีเอช 3, เวลา 24 ชั่วโมง)

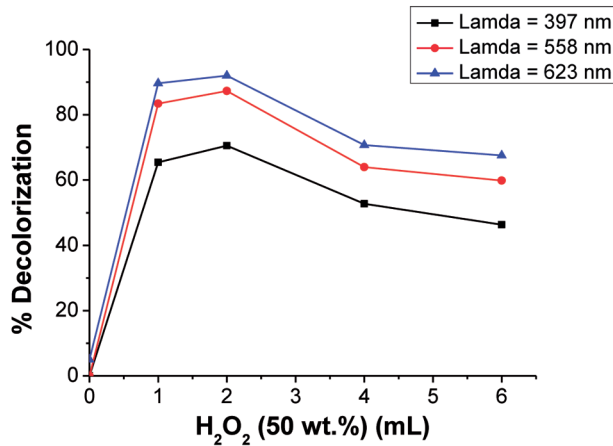
จากภาพที่ 3.2 พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยา C-Clay1 ให้เปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าสูงที่สุด โดยการกำจัดสีของตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่างๆ เกิดขึ้นเนื่องจากเหล็กซึ่งเป็นส่วนประกอบในเคลย์สามารถเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เกิดเป็นอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล และเปอร์ไฮดรอกซิล (สมการที่ 3.1-3.2) ซึ่งอนุมูลอิสระเหล่านี้สามารถออกซิไดซ์สารอินทรีย์ทำให้สีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าลดลง [10]



อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการกำจัดสีของตัวเร่งปฏิกิริยาไม่สอดคล้องกับปริมาณของเหล็กในตัวอย่างเคลย์ ทั้งนี้เนื่องจากเหล็กที่อยู่ในเคลย์อาจมีประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาที่แตกต่างกันขึ้นกับสปีชีส์ของเหล็ก (Iron species) ที่อยู่ในเคลย์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการศึกษาดังประสิทธิภาพของเหล็กชนิดต่างๆ ว่ามีผลต่อการกำจัดสีอย่างไร มากไปกว่านั้นยังพบว่าน้ำทิ้งที่มีค่าการดูดกลืนแสงอุลตราไวโอเลตและแสงที่ตามองเห็นในช่วงความยาวคลื่น 623 นาโนเมตร สามารถถูกกำจัดด้วยการเร่งปฏิกิริยาเพนตันได้เปอร์เซ็นต์การกำจัดสีสูงที่สุด ในขณะที่น้ำทิ้งที่มีค่าการดูดกลืนแสงอุลตราไวโอเลตและแสงที่ตามองเห็นในช่วงความยาวคลื่น 558 และ 397 นาโนเมตร จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีลดลงตามลำดับ แสดงว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสีขึ้นกับโครงสร้างของสีย้อม

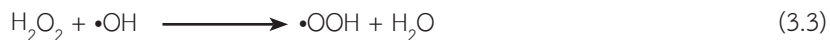
### 3.3 ผลของปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการย้อมผ้า

จากภาพที่ 3.3 แสดงผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าเมื่อใช้ C-Clay1 ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการทดลอง พบว่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าเมื่อเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีค่าสูงกว่าเมื่อไม่เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทุกๆ ชนิดของสีย้อมที่มีการดกกลืนแสงอุลตราไวโอเลตและแสงที่ตามองเห็นในช่วงความยาวคลื่น 397, 558, และ 623 นาโนเมตร ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ว่าเมื่อไม่เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ C-Clay1 ซึ่งเป็นเคลย์ที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบสามารถกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าได้เนื่องจากเกิดกระบวนการดูดซับเท่านั้น



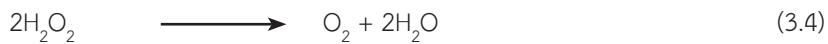
ภาพที่ 3.3 ผลของปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้ง  
(สถานะ: ปริมาณน้ำทิ้งจากการย้อมผ้า 50 มิลลิลิตร, น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา C-Clay1 จำนวน 1 กรัม,  
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 50 เปอร์เซ็นต์, อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส, พีเอช 3, เวลา 24 ชั่วโมง)

เมื่อทดลองกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าโดยเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ในช่วง 1 และ 2 มิลลิลิตร) พบว่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้ามีค่าเพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากมีปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มากพอในการเกิดอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล เพื่อที่จะใช้ในการกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้า แต่เมื่อทำการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากกว่า 2 มิลลิลิตร พบว่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าลดลง เนื่องจากปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มากเกินไปจะทำให้เกิดปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลที่เกิดขึ้น เกิดเป็นอนุมูลอิสระเปอร์ไฮดรอกซิล ( $\bullet\text{OOH}$ ) ดังสมการที่ 3.3 ซึ่งเป็นสารที่มีความสามารถในการออกซิไดซ์ที่ต่ำกว่าอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล จึงทำให้เปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้ามีค่าที่ลดลงเมื่อมีการเพิ่มไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มากเกินไป [11]

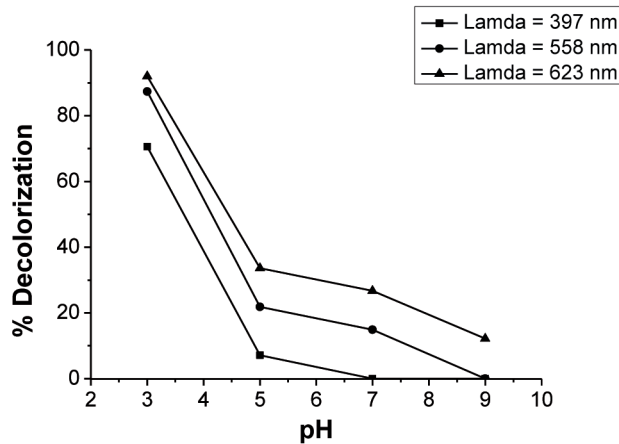


### 3.4 ผลของพีเอชต่อเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการย้อมผ้า

เมื่อศึกษาผลของค่าพีเอชต่อเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้า พบว่าเมื่อทำการปรับค่าพีเอชของสารละลายน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าให้อยู่ในสถานะที่มีค่าพีเอชสูงขึ้น จะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้ามีค่าลดลง แต่เมื่อทำการปรับค่าพีเอชของสารให้มีความต่ำลงและอยู่ในสถานะที่เป็นกรดจะพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้ามีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าพีเอชที่ให้เปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้ามีค่าสูงสุดคือค่าพีเอชเท่ากับ 3 ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ว่าในสถานะที่เป็นเบสไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถสลายตัวให้โมเลกุลของออกซิเจน ( $O_2$ ) และน้ำ ดังสมการที่ 3.4



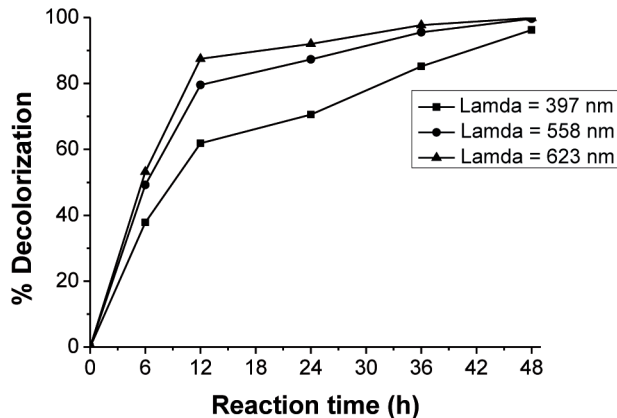
โดยแก๊สออกซิเจนมีประสิทธิภาพในออกซิไดซ์ที่ต่ำกว่าอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล จึงให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีย้อมที่ต่ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของแพนดา (Panda) และคณะ [12] ที่พบว่า การกำจัดสีของเมทิลออเรนจ์ด้วยปฏิกิริยาเพนตันออกซิเดชันในสถานะที่เป็นกรดมีประสิทธิภาพที่สูงกว่าในสถานะที่เป็นเบส



ภาพที่ 3.4 ผลของพีเอชต่อเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้ง

(สภาวะ: ปริมาณน้ำทิ้งจากการย้อมผ้า 50 มิลลิลิตร, น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา C-Clay1 จำนวน 1 กรัม, ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร, อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส, เวลา 24 ชั่วโมง)

### 3.5 ผลของเวลาต่อเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการย้อมผ้า

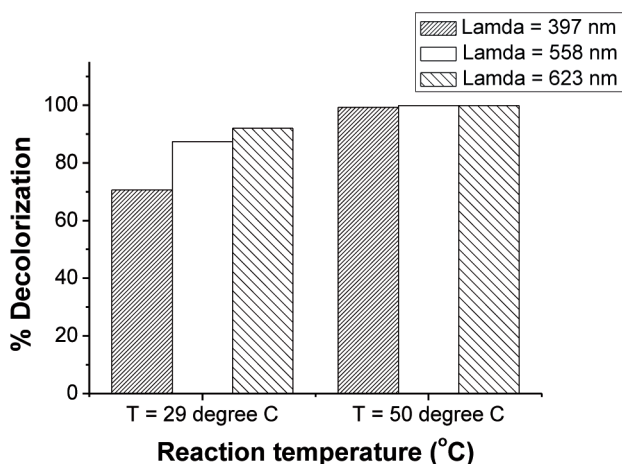


ภาพที่ 3.5 ผลของเวลาต่อเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้ง  
(สภาวะ: ปริมาณน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมผ้า 50 มิลลิลิตร, น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา C-Clay1 จำนวน 1 กรัม, ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร, อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส, พีเอช 3)

จากภาพที่ 3.5 แสดงเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าที่เวลาต่างๆ โดยใช้ C-Clay1 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่า เปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์) ภายในเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และเริ่มคงที่ที่เวลา 36 ชั่วโมง โดยที่เวลา 48 ชั่วโมง สามารถให้เปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าได้ถึงเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์

### 3.6 ผลของอุณหภูมิต่อเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการย้อมผ้า

จากภาพที่ 3.6 แสดงผลของอุณหภูมิต่อเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าพบว่าเมื่อทำการทดสอบการกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าได้มากขึ้นเมื่อเทียบกับการเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 29 องศาเซลเซียส) เนื่องจากปฏิกิริยาการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนเมื่อเพิ่มอุณหภูมิทำให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถสลายตัวเกิดเป็นอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลได้มากขึ้น อนุมูลอิสระไฮดรอกซิลนี้จะเข้าทำปฏิกิริยาการกำจัดสีของน้ำทิ้งมากยิ่งขึ้น จึงทำให้เปอร์เซ็นต์ในการกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้ามีค่าสูงขึ้นเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา สอดคล้องกับงานวิจัยของ เทคบาส (Tekbas) และคณะ [13] ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปฏิกิริยาเพนตันสามารถเกิดได้ดียิ่งขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณออกซิเจนที่สารเคมีใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของน้ำทิ้งภายหลังการบำบัด พบว่ามีค่าลดลงเป็น 180 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การลดลงเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ และน้ำทิ้งนี้มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร)



ภาพที่ 3.6 ผลของอุณหภูมิต่อเปอร์เซ็นต์การกำจัดสของนาฟง

(สภาวะ: ปริมาณน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมผ้า 50 มิลลิลิตร, น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา C-Clay1 จำนวน 1 กรัม, ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร, ทีเอช 3, เวลา 24 ชั่วโมง)

#### 4. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้เคลย์ซึ่งมีเหล็กเป็นส่วนประกอบในการกำจัดน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าจากชุมชนผู้ผลิตผ้าไหมอำเภอปักธงชัยพบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาคือค่าพีเอชเริ่มต้นเป็น 3.0 ความเข้มข้นเริ่มต้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็น 0.6 โมลต่อลิตร และความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา 20 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะดังกล่าวนี้ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้าเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ภายในเวลา 24 ชั่วโมงเมื่อใช้ C-Clay1 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่สารเคมีใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดในสภาวะนี้พบว่ามีค่า 180 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งได้ตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] Kong, S.H., Watts, R.J. and Choi, J.H. (1998). Treatment of petroleum-contaminated soils using iron mineral catalyzed hydrogen peroxide. *Chemosphere*. 37 (8), 1473-1482.
- [2] Noorjahan, M., Kumari, V.D., Subrahmanyam, M. and Panda, L. (2005). Immobilized Fe(III)-HY: an efficient and stable photo-Fenton catalyst. *Applied Catalysis B: Environmental*. 57 (4), 291-298.
- [3] Baldrian, P., Merhautova, V., Gabriel, J., Nerud, F., Stopka, P., Hruby, M. and Bernes, M.J. (2006). Decolorization of synthetic dyes by hydrogen peroxide with heterogeneous catalysis by mixed iron oxides. *Applied Catalysis B: Environmental*. 66, 258-264.



Thaksin.J., Vol.17 (1) January-June 2014

- [4] Melero, J.A., Martinez, F., Botas, J.A., Molina, R. and Pariente, M.I. (2009). Heterogeneous catalytic wet peroxide oxidation systems for the treatment of an industrial pharmaceutical wastewater. **Water Resources**. **43**, 4010-4018.
- [5] Al-Hayek, N. and Dore, M. (1990). Oxidation of phenols in water by hydrogen peroxide on alumina supported iron. **Water Resources**. **24**, 973-982.
- [6] Kasiri, M.B., Aleboyah, H. and Aleboyah, A. (2008). Degradation of Acid Blue 74 using Fe-ZSM5 zeolite as a heterogeneous photo-Fenton catalyst. **Applied Catalysis B: Environmental**. **84**, 9-15.
- [7] Mishra, T., Mohapatra, P. and Parida, K.M. (2008). Synthesis, characterisation and catalytic evaluation of iron-manganese mixed oxide pillared clay for VOC decomposition reaction. **Applied Catalysis B: Environmental**. **79**, 279-285.
- [8] Liou, R.M., Chen, S.H., Hung, M.Y., Hsu, C.S. and Lai, J.Y. (2005). Fe(III) supported on resin as effective catalyst for the heterogeneous oxidation of phenol in aqueous solution. **Chemosphere**. **59**, 117-125.
- [9] Zazo, J.A., Casas, J.A., Mohedano, A.F. and Rodriguez, J.J. (2006). Catalytic wet peroxide oxidation of phenol with Fe/active carbon catalyst. **Applied Catalysis B: Environmental**. **65**, 261-268.
- [10] Kwan, W.P. and Voelker, B.M. (2003). Rates of Hydroxyl Radical Generation and Organic Compound Oxidation in Mineral-Catalyzed Fenton-like Systems. **Environmental Science and Technology**. **37**, 1150-1158.
- [11] Neamtu, M., Yediler, A., Siminiceanu, I. and Kettrup, A. (2003). Oxidation of commercial reactive azo dye aqueous solutions by the photo-Fenton and Fenton-like processes. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**. **161** (1), 87-93.
- [12] Panda, N., Sahoo, H. and Mohapatra, S. (2001). Decolourization of Methyl Orange using Fenton-like mesoporous Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> composite. **Journal of Hazardous Materials**. **185** (1), 359-365.
- [13] Tekbas, M., Yatmaz, H.C. and Bektas, N. (2008). Heterogeneous photo-Fenton oxidation of reactive azo dye solutions using ironexchanged zeolite as a catalyst. **Microporous and Mesoporous Materials**. **115**, 94-602.