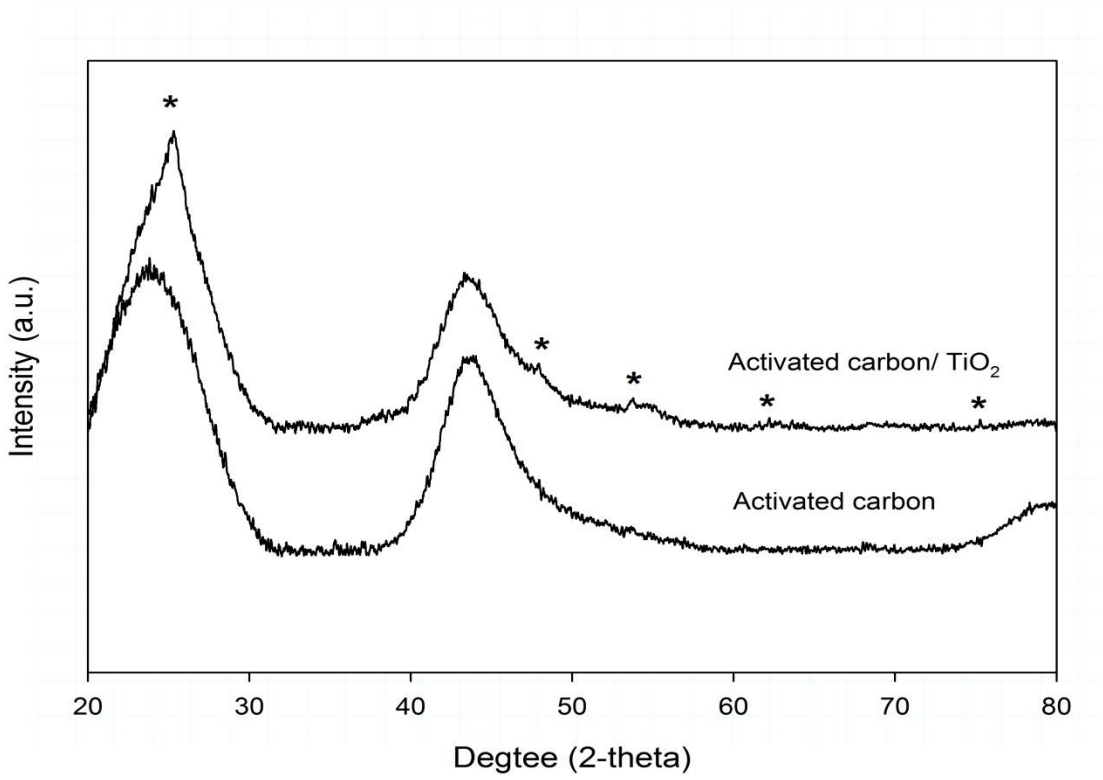
บทที่ 4
ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา AC /TiO_2

1.1 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยา AC /TiO_2

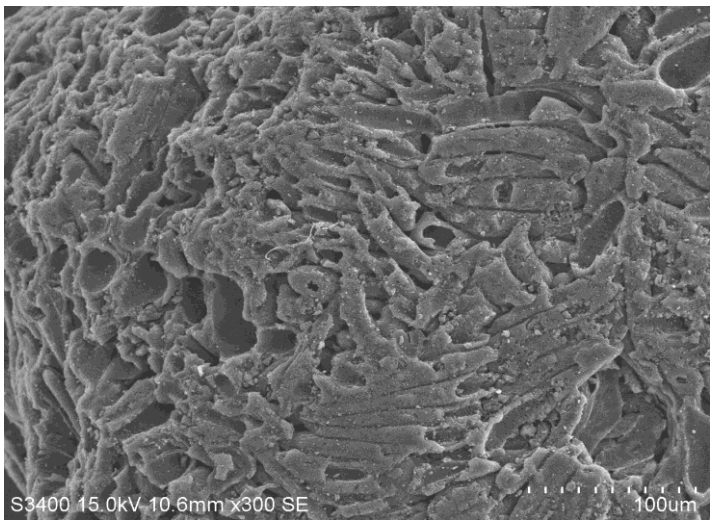
จากการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างผลึก (Crystal Structure) โดยใช้ตัวอย่างของตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ที่เตรียมขึ้นเปรียบเทียบกับตัวอย่างถ่านกัมมันต์ที่ไม่ได้ทำการเคลือบ TiO_2 ทำให้สามารถพบรูปแบบการเลี้ยวเบนที่เปลี่ยนไปของรังสีเอ็กซ์เมื่อตกกระทบที่หน้าผลึกของตัวอย่างผงตัวเร่งปฏิกิริยา ดังภาพที่ 4.1



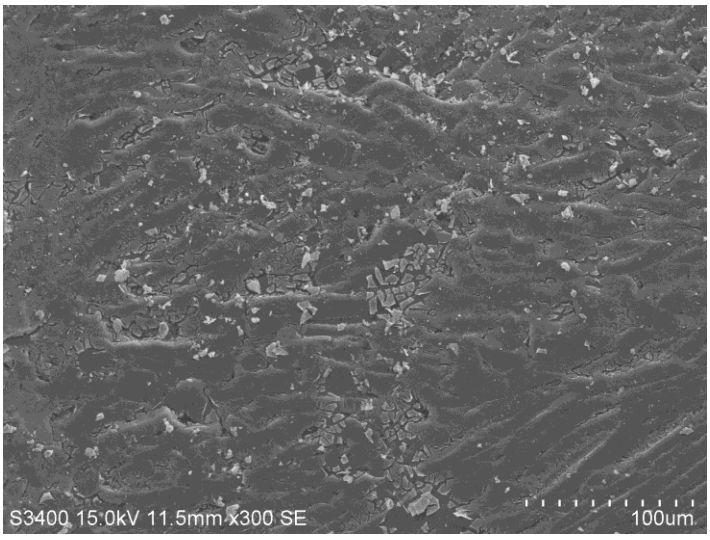
ภาพที่ 4.1 การเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของผงตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 เปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ที่ไม่ได้เคลือบ TiO_2

1.2 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและการกระจายตัวของตัวเร่งปฏิกิริยา AC /TiO_2

การวิเคราะห์ ลักษณะทางกายภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา AC /TiO_2 และการกระจายตัวของ TiO_2 บนถ่านกัมมันต์ โดยใช้ตัวอย่างของตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO2 ที่เตรียมขึ้นเปรียบเทียบกับตัวอย่างถ่านกัมมันต์ที่ไม่ได้ทำการเคลือบ TiO_2 ซึ่งทำการวิเคราะห์ด้วยอุปกรณ์โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM) แสดงดังภาพที่ 4.2



(a)



(b)

ภาพที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพและการกระจายตัวของตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2
(a) ถ่านกัมมันต์ (b) AC/TiO_2

จากรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อวิเคราะห์ภาพถ่ายลักษณะทางกายภาพและการกระจายตัวของตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 พบว่า มีการกระจายตัวของอนุภาค TiO_2 ที่มีการเคลือบผิวอยู่บนถ่านกัมมันต์อย่างชัดเจน นอกจากนี้เมื่อนำตัวอย่างตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุ (% weight) ผลการทดลองพบว่ามีการพบปริมาณ TiO_2 ที่เคลือบอยู่บนถ่านกัมมันต์เช่นเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณธาตุ (% weight) ที่พบบนตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2

ตัวอย่าง	C (%)	O (%)	Ti (%)
AC/TiO_2	66.29	22.38	11.34

1.3 ผลการวิเคราะห์หาค่าพื้นผิวเฉพาะ ปริมาตร ขนาดรูพรุน และ Iodine Number ของตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2

จากการศึกษาสามารถเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ได้ด้วยวิธีโซล-เจล และเมื่อนำตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ไปศึกษาลักษณะทางกายภาพ โดยเทคนิค Branuer-Emmett-Teller Method เพื่อวิเคราะห์หาค่าพื้นผิวเฉพาะ ปริมาตร ขนาดรูพรุนและ Iodine Number ซึ่งผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 พื้นผิวเฉพาะ ปริมาตร ขนาดรูพรุนและ Iodine Number ของตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ชุบบนถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์	พื้นที่ผิวเฉพาะ m^2/g	ปริมาตรรูพรุน mL/g	ขนาดของรูพรุน Å	Iodine Number mg/g
AC	981	6.323×10^{-1}	62.35	1,070
AC/TiO_2	8.79	0.126×10^{-1}	20.67	6.42

จากข้อมูลในตารางที่ 4.2 ในการศึกษาพื้นที่ผิวเฉพาะของ AC/TiO_2 พบว่า AC มีพื้นที่ผิวเฉพาะ 981 m^2/g ซึ่ง AC/TiO_2 มีพื้นที่ผิวที่ลดลงอย่างชัดเจนเหลือเพียง 8.79 m^2/g จะเห็นได้ว่าผลมีความสอดคล้องกับปริมาตรและขนาดของรูพรุนที่ลดลง คือ 1.257×10^{-2} mL/g และ 20.67 Å ตามลำดับ เนื่องจากอนุภาคของ TiO_2 ในสารละลายที่เตรียมโดยวิธีโซล-เจล นอกจากเคลือบที่ผิวชั้นนอกของถ่านกัมมันต์แล้วยังสามารถแทรกตัวอยู่ในช่องว่างขนาดใหญ่และขนาดเล็กของถ่านกัมมันต์ได้ ยังส่งผลค่า Iodine Number ของ AC และ AC/TiO_2 พบว่าค่า Iodine Number ของ AC มีค่ามากกว่าค่า Iodine Number ของ AC/TiO_2 อย่างชัดเจน ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ B. Tryba et al. (2003) ได้ทำการศึกษาชุบไทเทเนียมไดออกไซด์บนถ่านกัมมันต์ ที่อุณหภูมิ 700 °C พบว่า ลักษณะของพื้นผิวหลังจากกระบวนการ Carbonization ที่ 700 °C ไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบกับอนุภาคคาร์บอนจะมีการปิดกั้นการใช้งานของช่องว่างภายในถ่านกัมมันต์และก่อให้เกิดการลดลงของพื้นผิวจำเพาะ ทำให้กระบวนการการดูดซับที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่เกิดที่บนพื้นผิวของอนุภาคไทเทเนียมไดออกไซด์

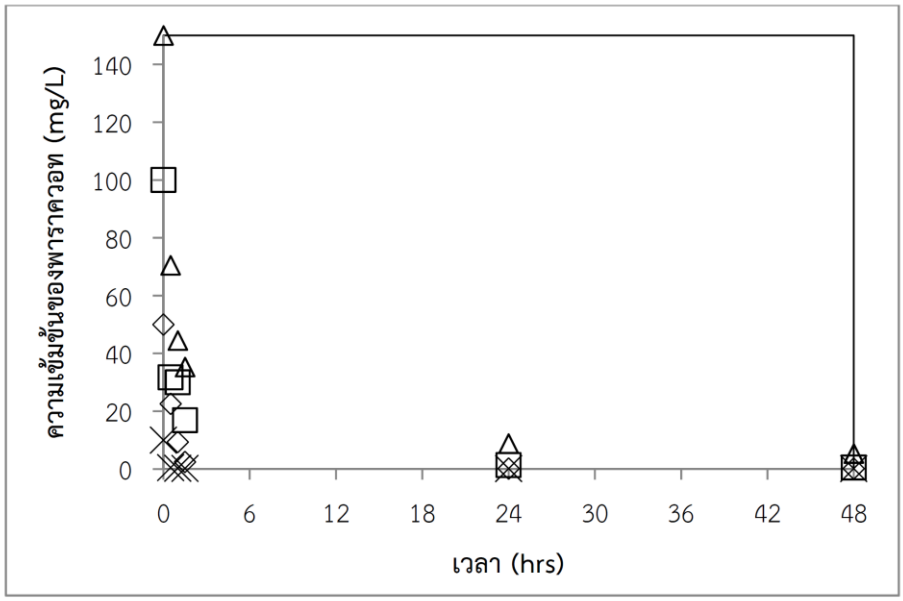
2. การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดพาราควอทโดยกระบวนการโฟโตคะตะไลติก

ในการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดพาราควอทโดยกระบวนการโฟโตคะตะไลติก ซึ่งทำการทดลองโดยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ที่เตรียมได้ร่วมกับการให้แสงอัลตราไวโอเลต และทำการทดลองซ้ำในชุดควบคุมซึ่งใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ในที่มืดซึ่งไม่มีการให้แสงอัลตราไวโอเลตที่ความเข้มข้นเริ่มต้นและเวลาต่างๆ โดยความสัมพันธ์ของแสดงดังตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.3 – 4.4

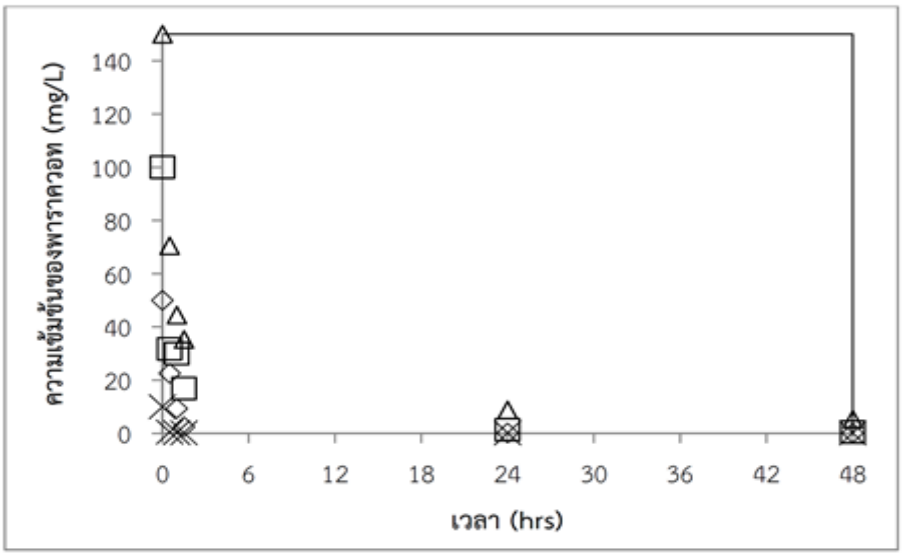
ตารางที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของพาราควอทด้วยกระบวนการโฟโตคะตะไลติกร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2

เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของพาราควอท (mg/L)							
	ชุดควบคุม (ที่มืด)				กระบวนการโฟโตคะตะไลติกร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2			
0	10.00	50.00	100.00	150.00	10.00	50.00	100.00	150.00
0.5	2.52	23.55	49.02	78.84	0.49	22.56	31.72	70.46
1	0.76	14.39	36.63	65.73	0.28	9.34	29.98	44.42
1.5	0.21	6.74	6.69	53.53	0.22	2.41	16.85	35.29
24	0.19	0.21	6.32	15.63	0.16	0.17	1.36	8.80
48	0.12	0.15	1.85	12.27	0.15	0.16	0.53	5.36

จากตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.3 - 4.4 แสดงให้เห็นว่าปริมาณความเข้มข้นของพาราควอทที่ปนเปื้อนในน้ำเสียสังเคราะห์มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งปริมาณความเข้มข้นของพาราควอทที่ลดลงในชุดควบคุมเป็นผลมาจากพื้นผิวเฉพาะ ปริมาตร ขนาดรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 แม้ว่าในการทดลองที่เป็นชุดควบคุมจะทำการทดลองในที่มืดซึ่งไม่เกิดกระบวนการโฟโตคะตะไลติกก็ตาม และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของพาราควอทที่ลดลงโดยใช้กระบวนการโฟโตคะตะไลติกร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 พบว่า เมื่อเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติกในการกำจัดพาราควอทที่ปนเปื้อนในน้ำเสียทำให้ปริมาณความเข้มข้นของพาราควอทมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง และสามารถกำจัดพาราควอทในน้ำเสียปนเปื้อนได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการเกิดปฏิกิริยาดูดซับในชุดควบคุม

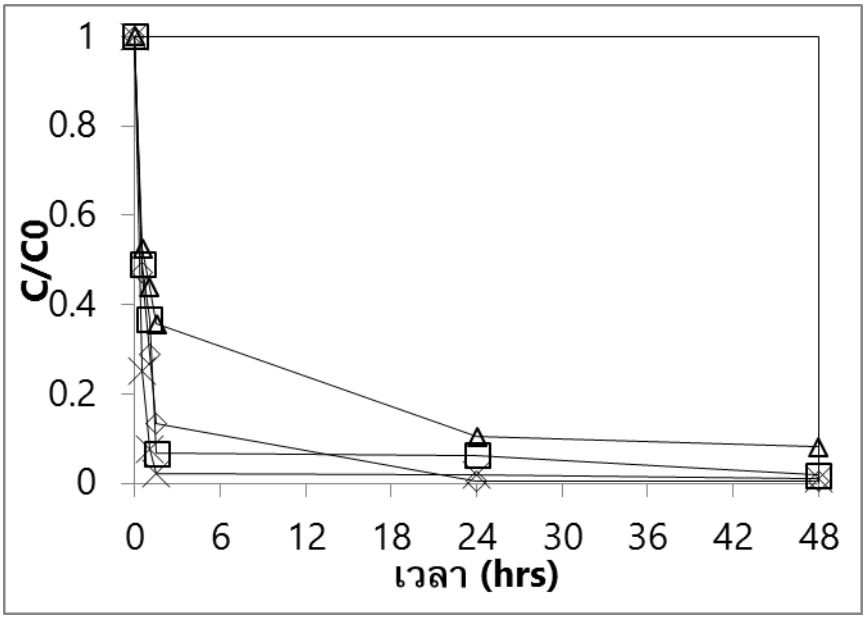


ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของพาราควอทในชุดควบคุม (ในที่มืด)

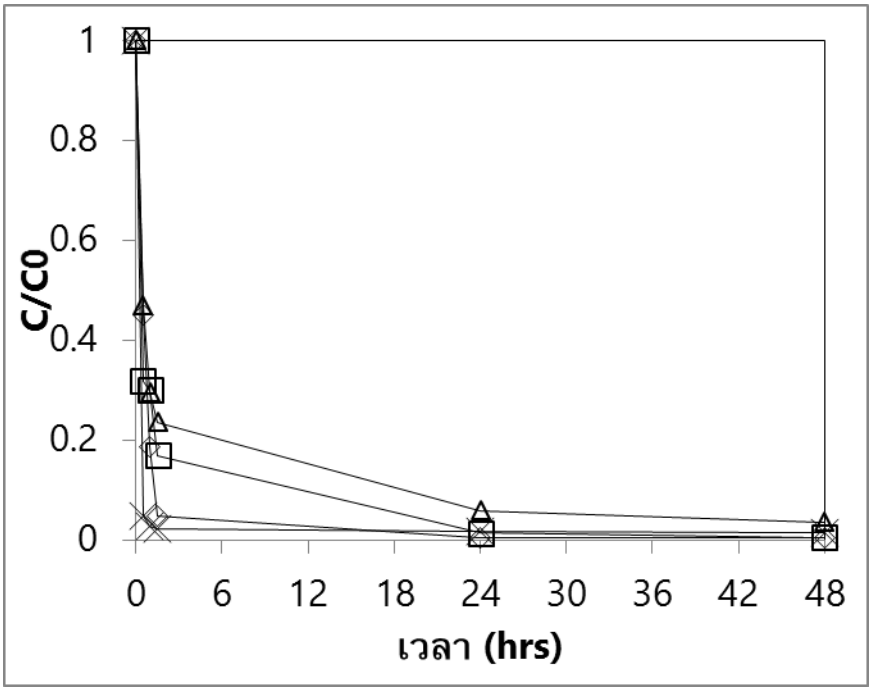


ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของพาราควอทโดยกระบวนการโฟโตคะตะไลติก

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของพาราควอทที่เปลี่ยนแปลงที่เวลาต่างๆ เทียบกับความเข้มข้นของพาราควอทเริ่มต้น (C/C_0) ซึ่งทำการทดลองโดยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ที่เตรียมได้ร่วมกับการให้แสงอัลตราไวโอเลต และทำการทดลองซ้ำในชุดควบคุมซึ่งใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ในที่มืดซึ่งไม่มีการให้แสงอัลตราไวโอเลต แสดงดังภาพที่ 4.5 – 4.6



ภาพที่ 4.5 ความเข้มข้นของพาราควอทที่เปลี่ยนแปลงที่เวลาต่างๆ เทียบกับความเข้มข้นของพาราควอทเริ่มต้น (C/C0) ในชุดควบคุม (ในที่มืด)

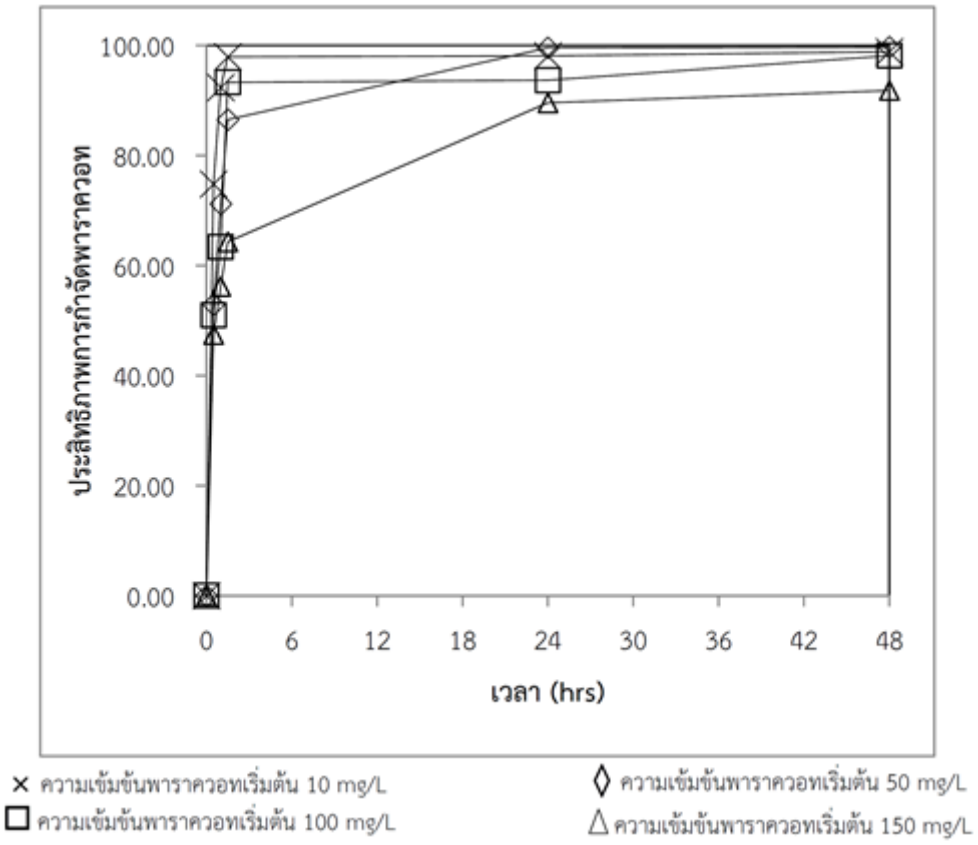


ภาพที่ 4.6 ความเข้มข้นของพาราควอทที่เปลี่ยนแปลงที่เวลาต่างๆ เทียบกับความเข้มข้นของพาราควอทเริ่มต้น (C/C_0) ในกระบวนการโฟโตคะตะไลติก

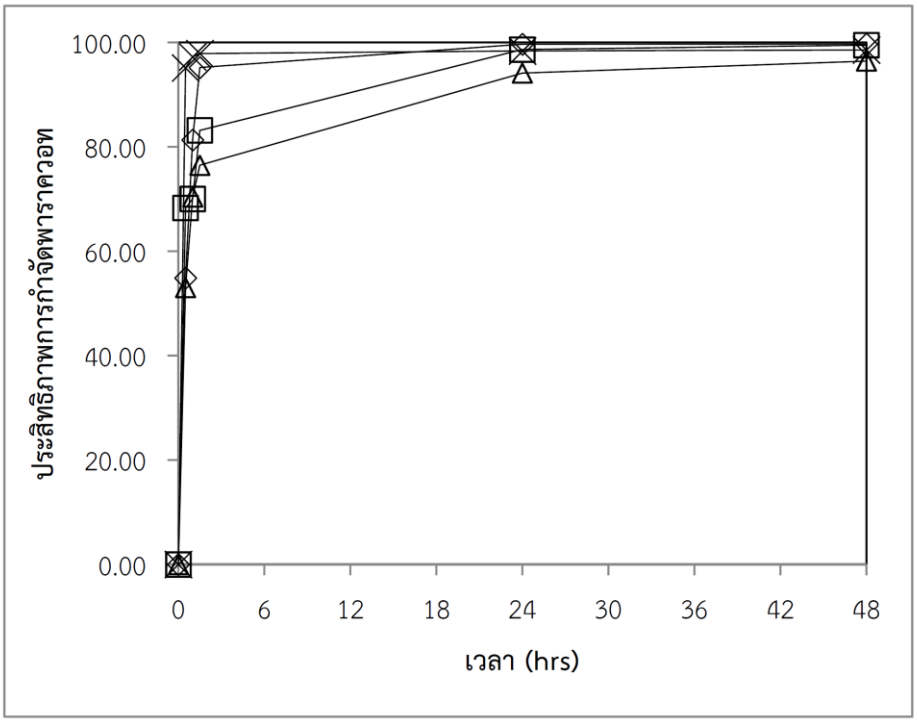
สำหรับประสิทธิภาพในการกำจัดพาราควอทซึ่งทำการทดลองโดยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ที่เตรียมได้ร่วมกับการให้แสงอัลตราไวโอเลต และทำการทดลองซ้ำในชุดควบคุมซึ่งใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ในที่มืดซึ่งไม่มีการให้แสงอัลตราไวโอเลต แสดงตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.7 – 4.8

ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพในการกำจัดพาราควอทด้วยกระบวนการโฟโตคะตะไลติกร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2

เวลา (ชั่วโมง)	ประสิทธิภาพในการกำจัดพาราควอท							
	ชุดควบคุม (ที่มืด)				กระบวนการโฟโตคะตะไลติกร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2			
	ความเข้มข้นของพาราควอท (mg/L)							
	10.00	50.00	100.00	150.00	10.00	50.00	100.00	150.00
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.5	74.82	52.91	50.98	47.44	95.11	54.88	68.28	53.03
1	92.36	71.23	63.37	56.18	97.23	81.32	70.02	70.39
1.5	97.93	86.51	93.31	64.32	97.85	95.17	83.15	76.47
24	98.10	99.58	93.68	89.58	98.37	99.66	98.64	94.13
48	98.25	99.70	98.15	91.82	98.55	99.75	99.47	96.43



ภาพที่ 4.7 ประสิทธิภาพการกำจัดพาราควอทในชุดควบคุม (ในที่มืด)



ภาพที่ 4.8 ประสิทธิภาพการกำจัดพาราควอทด้วยกระบวนการโฟโตคะตะไลติกร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการกำจัดพาราควอทซึ่งทำการทดลองโดยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ที่เตรียมได้ร่วมกับการให้แสงอัลตราไวโอเลต และทำการทดลองซ้ำในชุดควบคุมซึ่งใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ในที่มืดซึ่งไม่มีการให้แสงอัลตราไวโอเลต พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดพาราควอทโดยกระบวนการโฟโตคะตะไลติกโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ที่เตรียมขึ้นมีค่าสูงกว่าการทดลองในชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าในกรณีที่ทำการทดลองในชุดควบคุมเกิดกลไกการดูดซับและกลไกการดูดติดผิวเป็นกลไกหลักซึ่งขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวเฉพาะ ปริมาตรและขนาดของรูพรุนของ AC/TiO_2 โดยในช่วงแรกของการทำการทดลองจะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของพาราควอทที่ปนเปื้อนในน้ำมีการลดลงอย่างรวดเร็ว และจะมีแนวโน้มเข้าสู่สมดุลในภายหลัง เนื่องจากในช่วงแรกช่องว่างของรูพรุนของ AC/TiO_2 ยังไม่มีการเติมเต็มด้วยโมเลกุลของพาราควอททำให้สามารถเกิดกลไกการดูดซับและดูดติดผิวเข้าสู่ช่องว่างรูพรุน และผิวหน้าของ AC/TiO_2 ได้อย่างรวดเร็ว และหลังจากนั้นเมื่อช่องว่างของรูพรุนมีการเติมเต็มด้วยโมเลกุลของพาราควอทแล้วทำให้กลไกการดูดซับและการดูดติดผิวเกิดได้ช้าลงจนเข้าสู่สมดุล สำหรับประสิทธิภาพการกำจัดพาราควอทโดยกระบวนการโฟโตคะตะไลติกโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 นอกจากจะเกิดกลไกการดูดติดผิว และกลไกการดูดซับในช่องว่างของรูพรุนแล้ว เช่นเดียวกันกับกลไกที่เกิดในชุดการทดลองที่เป็นชุดควบคุมในที่มืด โดยในกรณีที่เป็นการทดลองการเกิดกระบวนการโฟโตคะตะไลติกยังสามารถเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก

กับพาราควอท โดยการเกิดปฏิกิริยาโฟโตออกซิเดชันที่ทำให้เกิด •OH ในระบบ ซึ่ง •OH สามารถไปออกซิไดซ์โมเลกุลของพาราควอททำให้สามารถกำจัดพาราควอทที่ปนเปื้อนได้ดีขึ้น นอกจากนี้โมเลกุลของพาราควอทยังสามารถถูกออกซิไดซ์โดยตรง h^+_{vb} ที่แถบวาเลนซ์ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังสมการที่ 4.1 -4.6

$$TiO_2 + h\nu \longrightarrow e^-_{cb} + h^+_{vb} \quad (4.1)$$

$$h^+_{vb} + OH^- \longrightarrow \bullet OH \quad (4.2)$$

$$h^+_{vb} + H_2O \longrightarrow \bullet OH + H^+ \quad (4.3)$$

$$e^-_{cb} + O_2 \longrightarrow O_2^- \quad (4.4)$$

$$\text{Paraquat} + \bullet OH \longrightarrow \text{R-OH} \quad (4.5)$$

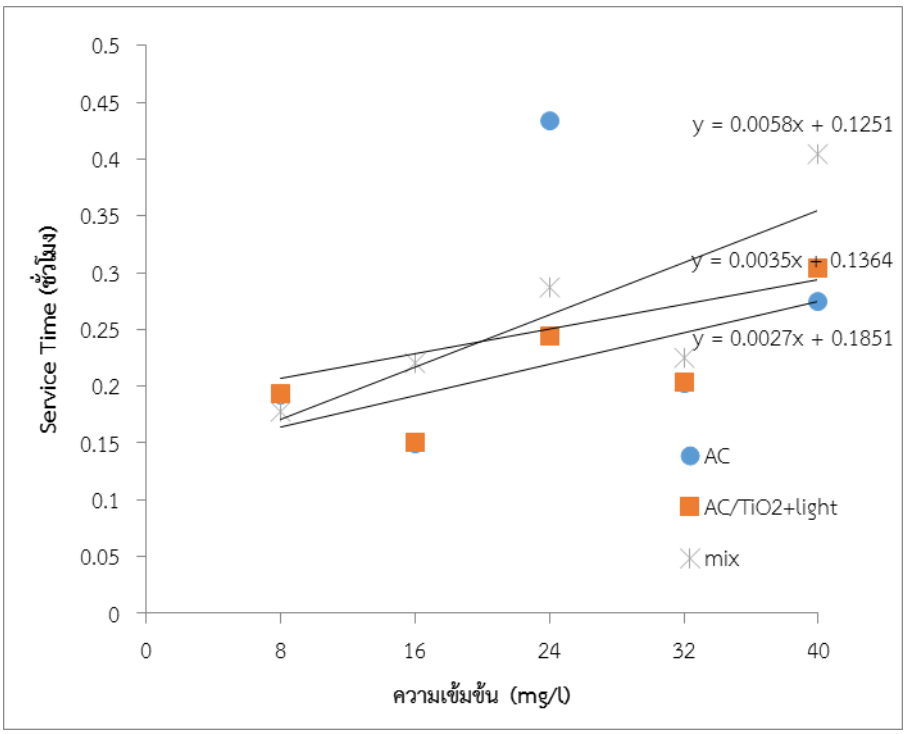
$$\text{Paraquat} + h^+_{vb} \longrightarrow \text{Paraquat}^+ \text{ (Oxidized)} \quad (4.6)$$

ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการกำจัดพาราควอทจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของพาราควอทเริ่มต้นมีค่ามากขึ้น และประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดพาราควอทโดยกระบวนการโฟโตคะตะไลติกโดยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ที่เตรียมได้ร่วมกับการให้แสงอัลตราไวโอเลต ที่ความเข้มข้น 10, 50, 100 และ 150 mg/L มีค่าเท่ากับ 98.55%, 99.75%, 99.47% และ 96.43% ตามลำดับ ที่เวลา 48 ชั่วโมง

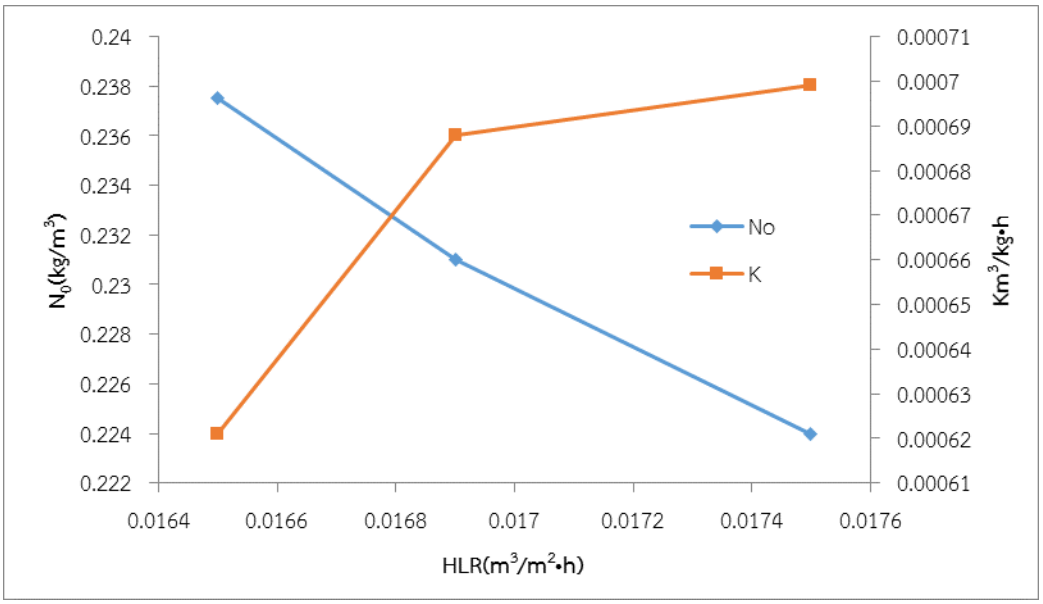
3. การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดพาราควอทโดยกระบวนการโฟโตคะตะไลติกในถังปฏิกรณ์แบบไหลต่อเนื่อง

การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดพาราควอทโดยกระบวนการโฟโตคะตะไลติกในถังปฏิกรณ์แบบไหลต่อเนื่อง โดยใช้สมการการดูดซับแบบAdams –Bohart ต่อเนื่องของ ในการอธิบายกลไกในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้นทั้ง 3 แบบ ได้แก่ AC, AC/TiO_2 และ ถ่านผสม AC และ AC/TiO_2 (mix) ซึ่งทำการทดลองโดยการใช้น้ำปนเปื้อนพาราควอทเริ่มต้น เท่ากับ 50 ppm แล้วปล่อยให้ผ่านการบำบัดในหอดูดซับแบบไหลลงอย่างต่อเนื่องที่อัตราภาระทางชลศาสตร์แตกต่างกัน 3 ค่า ได้แก่ 0.0169, 0.0175 และ 0.0165 $m^3/m^2.h$ หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดที่เวลา 8, 16, 24, 32, 40 และ 64 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการใช้งานและความเข้มข้นที่เหลือที่อัตราภาระทางชลศาสตร์ต่างๆ แสดงดังภาพที่ 4.9 และความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการใช้งานและความเข้มข้นของพาราควอทที่เหลือที่อัตราภาระทางชลศาสตร์ต่างๆ แสดงดังภาพที่ 4.10

จากผลการทดลองสามารถใช้คำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ในสมการ ได้ โดย Adams –Bohart และค่าสัมประสิทธิ์ทางจลนพลศาสตร์ที่ใช้ในสมการการดูดซับ ค่าพารามิเตอร์ต่างๆแบบต่อเนื่องของแสดงดังตารางที่ 4.5 ของการดูดซับพาราควอทด้วยถ่านกัมมันต์ทั้ง 3 แบบAdams –Bohart



ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการใช้งานและความเข้มข้นที่เหลือที่อัตราภาระทางชลศาสตร์ต่างๆ



ภาพที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการใช้งานและความเข้มข้นของพาราควอทที่เหลือที่อัตราภาระทางชลศาสตร์ต่างๆ

ตารางที่ 4.5 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่คำนวณได้โดยสมการ Adams –Bohart

ตัวกลาง	HLR ($m^3/m^2.h$)	Slope (h/m)	Intercept (h)	N_0 (kg/m^3)	K ($m^3/kg•h$)	D_0 (m)
AC	0.0169	0.002	0.185	0.231	6.88×10^{-4}	550.49
AC/TiO_2	0.0175	0.003	0.136	0.224	6.99×10^{-4}	569.34
mix	0.0165	0.005	0.125	0.234	6.21×10^{-4}	537.86

จากผลการทดลองสามารถอธิบายได้ว่า เมื่ออัตราภาระทางชลศาสตร์มีค่าเพิ่มสูงขึ้นน้ำเสียจะมีระยะเวลาสัมผัสกับถ่านกัมมันต์ได้น้อยกว่าที่อัตราภาระทางชลศาสตร์ต่ำ ส่งผลให้โมเลกุลของสารมีโอกาสแทรกซึมเข้าไปภายในชั้นถ่านกัมมันต์ได้น้อย จึงทำให้ความสามารถในการดูดซับของชั้นตัวดูดซับ (N_0) มีแนวโน้มลดลงส่วนค่าคงที่ของอัตราการดูดซับ (K) และความลึกวิกฤติ (D_0) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับสามารถสังเกตได้ว่า ที่อัตราภาระทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการทดลองซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยเมื่อพิจารณาการใช้ถ่าน AC, AC/TiO_2 และถ่านผสมในกระบวนการดูดซับและใช้สมการการดูดซับของ Adams –Bohart ในการอธิบายกลไกในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ ร่วมกับการอธิบายโดยใช้ผลการทดลองการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดพาราควอทโดยกระบวนการโฟโตคะตะไลติกซึ่งได้ทำการทดลองก่อนหน้านี้ ทำให้สามารถสรุปข้างต้นได้ว่า การเคลือบผิวถ่านกัมมันต์ด้วย TiO_2 แม้ว่าทำให้พื้นที่ผิวเฉพาะและปริมาตรรูพรุนของถ่านกัมมันต์ลดลง แต่เมื่อนำมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ในกระบวนการโฟโตคะตะไลติก ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของกระบวนการในการกำจัดพาราควอทเพิ่มขึ้น แม้ว่าประสิทธิภาพในการดูดซับสารพาราควอทจะลดลง

ในส่วนของการใช้ถ่านผสมโดยในการบรรจุตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ไว้ด้านนอกของหอดูดซับแบบไหลต่อเนื่อง และแกนภายในบรรจุถ่านกัมมันต์ที่ไม่ได้มีการเคลือบผิวด้วย TiO_2 จะเห็นได้ว่าเมื่อพิจารณาปริมาณสารพาราควอทที่ดูดซับได้ (N_0) พบว่า มีปริมาณสารพาราควอทที่กำจัดได้มากที่สุด แสดงให้เห็นว่าในการประยุกต์ใช้งานกระบวนการดูดซับร่วมกับกระบวนการโฟโตคะตะไลติกโดยใช้ AC/TiO_2 สามารถบรรจุ AC/TiO_2 ไว้ในบริเวณที่สัมผัสแสงอัลตราไวโอเลตซึ่งจะทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายสารปนเปื้อนโดยกระบวนการโฟโตคะตะไลติก ในขณะที่ถ่านกัมมันต์ที่ไม่ได้เคลือบตัวเร่งปฏิกิริยาจะสามารถเกิดกลไกการกำจัดสารปนเปื้อนโดยกระบวนการดูดซับเป็นหลัก