บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัย

จากการดำเนินการทดลองตามวิธีการทดลองที่ได้อธิบายในบทที่ผ่านมา การทดลองแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการ คือกระบวนการทดลองที่ใช้สารเคมีของเฟนตันและกระบวนการฉายแสงอัลตราไวโอเลตร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการการรีดน้ำออกจากตะกอน โดยแต่ละกระบวนการทดลองได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีต่ออิทธิพลต่อการรีดน้ำของตะกอนซึ่งประกอบด้วยค่าความต้านทานจำเพาะของตะกอนส่วนเกิน ปริมาณน้ำในตะกอน ค่าซีโอดี ค่าบีโอดี และบีโอดีต่อซีโอดี โดยคำนึงถึงค่าพีเอช เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาและอัตราส่วนความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ โดยต้องตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนที่ยังไม่ผ่านกระบวนการที่อุณหภูมิห้อง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับผลของตะกอนที่ผ่านการบวนการบำบัดแล้ว

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอน

ตะกอนส่วนเกินซึ่งได้มาจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ได้ถูกนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้น ซึ่งได้แก่ ความต้านทานจำเพาะของตะกอนส่วนเกิน ปริมาณน้ำในตะกอนที่ค้างบนกระดาษกรอง ค่าซีโอดี ค่าบีโอดี และค่าพีเอช โดยใช้ตัวอย่างตะกอนจำนวนทั้งหมด 5 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์แสดงเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

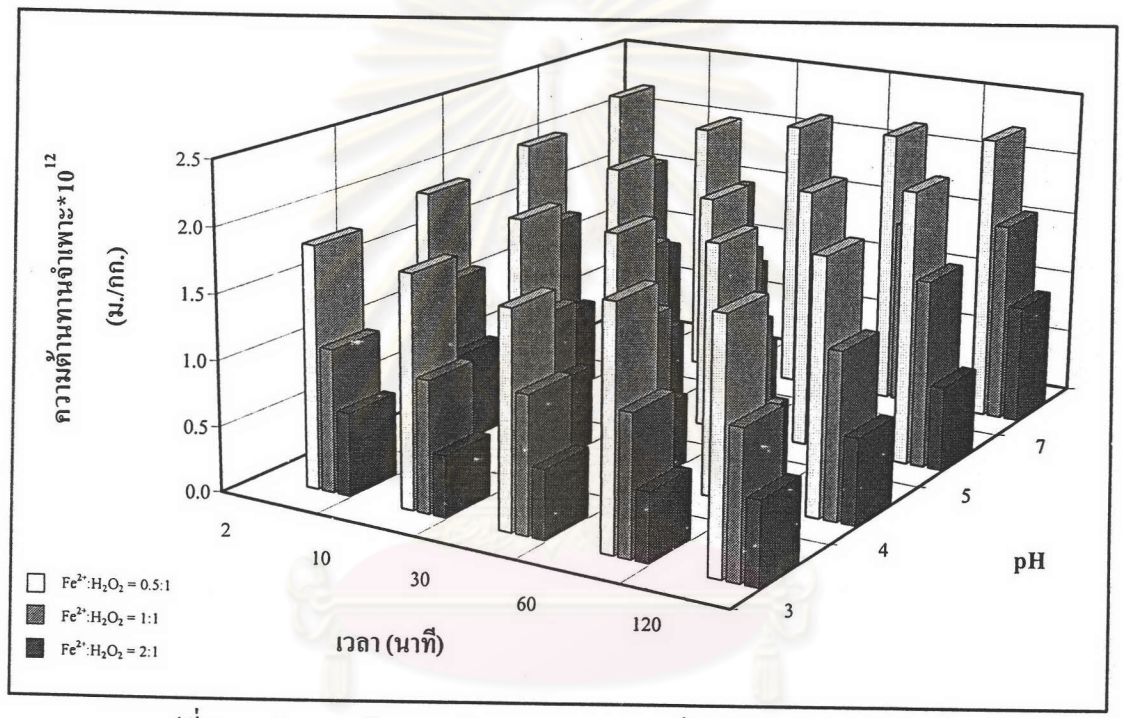
ตัวแปรที่ทำการทดลอง	หน่วย	ผลการวิเคราะห์ ($\bar{x} \pm SD$)
ความต้านทานจำเพาะของตะกอน	เมตรต่อกิโลกรัม	$12.30\times10^{12}\pm 0.81$
ปริมาณน้ำในตะกอนที่ค้างบนกระดาษกรอง	เปอร์เซ็นต์	55.70 ± 0.91
พีเอช	-	6.9 ± 0.1
ซีโอดี	มิลลิกรัมต่อลิตร	7000 ± 398.10
บีโอดี	มิลลิกรัมต่อลิตร	4030 ± 231.09

4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการรีดน้ำของตะกอน

ปัจจัยที่ใช้อธิบายประสิทธิภาพการรีดน้ำออกจากตะกอนที่ศึกษาประกอบด้วย ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง ปริมาณน้ำในตะกอน ค่าซีโอดี ค่าบีโอดี และบีโอดีต่อซีโอดี ซึ่งจะอธิบายตามลำดับดังนี้

4.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานจำเพาะกับประสิทธิภาพการรีดน้ำของตะกอน

ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ว่าความต้านทานจำเพาะของตะกอนเป็นดัชนีที่สำคัญตัวหนึ่งในการวัดประสิทธิภาพการรีดน้ำของตะกอน โดยความต้านทานจำเพาะสะท้อนถึงความสามารถในการกรองในทางตรงข้ามกัน ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าความต้านทานจำเพาะของตะกอนที่ผ่านกระบวนการเติมสารเคมีของเฟนตันซึ่งทำการทดลองที่พีเอช 4 ค่าคือ พีเอช 3, 4, 5 และ 7 และทดลองปรับเปลี่ยนค่าอัตราส่วนความเข้มข้นของเฟอรัสไอออนต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Fe^{2+}:H_2O_2) 3 อัตราส่วนคือ 0.5:1 (1,750:3,500 มก./ล.), 1:1 (3,500:3,500มก./ล.) และ 2:1 (7,000:3,500 มก./ล.) แสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ค่าความต้านทานจำเพาะของตะกอนที่ผ่านกระบวนการเฟนตัน

จากรูป เมื่อพิจารณาที่อัตราส่วนความเข้มข้น Fe^{2+}:H_2O_2 เท่ากับ 0.5:1 พบว่าค่าความต้านทานจำเพาะของตะกอนโดยเฉลี่ยสำหรับทุกค่าพีเอชลดลงจากค่าเริ่มต้น (ซึ่งเท่ากับ 12.3×10^{12} ม./กก.) 83.6% ที่เวลา 2 นาทีแรกของการทำปฏิกิริยาและมีแนวโน้มว่าจะลดลงอีกเพียงเล็กน้อยที่เวลา 10 นาที หลังจากนั้นความต้านทานจำเพาะจะเพิ่มขึ้นและค่อนข้างคงที่ จนถึงเวลาการทำปฏิกิริยา 120 นาที โดยที่เวลา 120 นาที ค่าความต้านทานจำเพาะเฉลี่ยสำหรับทุกค่าพีเอชลดลงเท่ากับ 83.3% และเมื่อพิจารณาที่อัตราส่วนความเข้มข้น Fe^{2+}:H_2O_2 เท่ากับ 1:1 (3,500:3,500มก./ล.) และ 2:1 (7,000:3,500 มก./ล.) พบว่ามีแนวโน้มที่คล้ายกันกับที่อัตราส่วนความเข้มข้น Fe^{2+}:H_2O_2 เท่ากับ 0.5:1 แต่ค่าความต้านทานจำเพาะจะมีค่าลดลง ถ้าใช้อัตราส่วนความเข้มข้น Fe^{2+}:H_2O_2 สูงขึ้น ดังนั้นประเด็นที่สำคัญที่ได้จากการทดลองหาความต้านทานจำเพาะของตะกอนคือ

1) อัตราส่วนความเข้มข้น Fe^{2+}:H_2O_2 มีผลต่อความต้านทานจำเพาะของตะกอน โดยเมื่อเพิ่มปริมาณเฟอรัสไอออน (Fe^{2+}) ลงไป ตะกอนจะมีความต้านทานจำเพาะลดลง เนื่องจากในปฏิกิริยาออกซิเดชั่นระหว่าง Fe^{2+} กับ H_2O_2 จะได้ไฮดรอกซิลเรดิคัล ($OH^{\cdot}$) ซึ่งเมื่อเติม Fe^{2+} ลงไปมาก จะทำให้เกิดไฮดรอกซิลเรดิคัลมากตาม ซึ่งไฮดรอกซิลเรดิคัลดังกล่าวจะไปทำลายผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ เมื่อผนังของเซลล์จุลินทรีย์ถูกย่อย น้ำภายในเซลล์จะออกมา ทำให้ตะกอนถูกกรองได้ง่ายกว่า

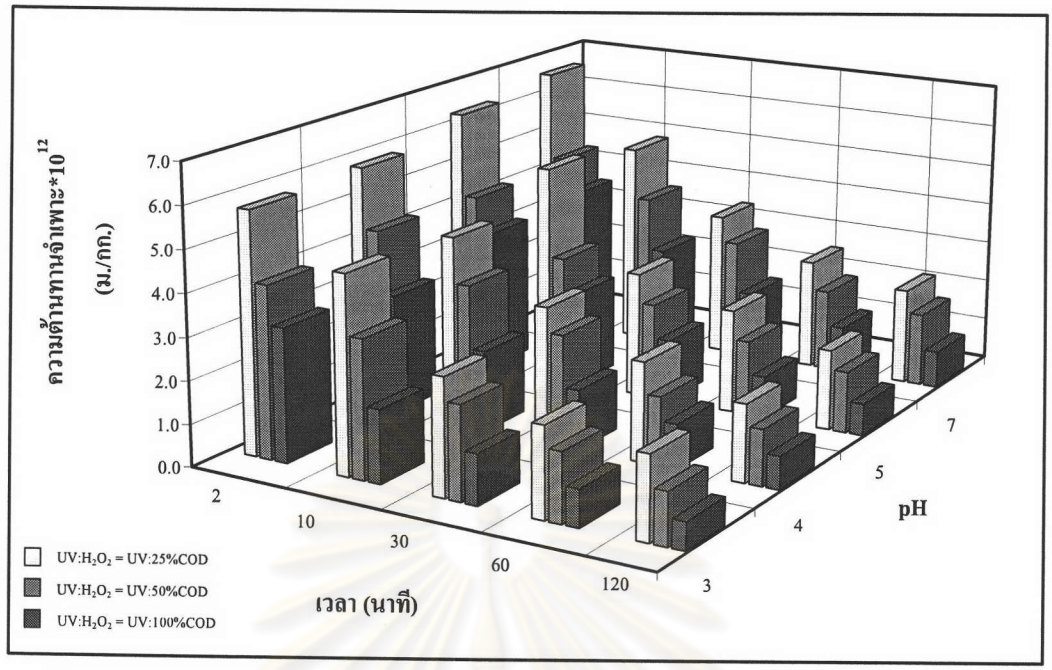
2) เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาไม่มีผลต่อค่าความต้านทานจำเพาะของตะกอน เนื่องจากเมื่อเติมเฟอรัสไอออนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงในตะกอน ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของเฟอรัสไอออนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะเกิดอย่างรวดเร็ว ดังนั้นค่าความต้านทานจำเพาะของตะกอนจึงค่อนข้างคงที่

3) ค่าพีเอชมีผลเพียงเล็กน้อยต่อความต้านทานจำเพาะของตะกอน กล่าวคือเมื่อกำหนดให้อัตราส่วนความเข้มข้น Fe^{2+}:H_2O_2 คงที่และตะกอนมีความเป็นกรดมากขึ้น ค่าความต้านทานจำเพาะที่วัดได้จะลดลงเพียงเล็กน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ช่วงพีเอช 3-5 ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาเฟนตันจะได้ผลดีที่สภาวะเป็นกรด ซึ่งผลของการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zheng และคณะ (2004) ซึ่งระบุว่าที่พีเอช 4, 6 และ 8 จะให้ผลที่ใกล้เคียงกัน ขณะที่ที่พีเอชเท่ากับ 2 และ10 จะให้ประสิทธิภาพลดลงอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นถ้าต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการกรองของตะกอนอาจไม่มีความจำเป็นต้องปรับค่าพีเอชให้มีความเป็นกรดมากเกินไป

ในส่วนผลการวิเคราะห์ความต้านทานจำเพาะของตะกอนที่ผ่านกระบวนการฉายแสงอัลตราไวโอเลตร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3 อัตราส่วน (UV:H_2O_2) คือ UV:25% COD (UV :1750 มก./ล.), UV:50% COD (UV :3500 มก./ล.) และ UV:100% COD (UV :7000 มก./ล.) ที่สภาวะเดียวกับกระบวนการเติมสารเคมีของเฟนตัน ดังแสดงในรูปที่ 4.2

จากรูปแสดงว่าที่เวลา 2 นาทีความต้านทานจำเพาะของตะกอนลดลงโดยเฉลี่ยประมาณ 50% สำหรับทุกๆช่วงพีเอช และลดลงเรื่อยๆอย่างต่อเนื่องและค่อนข้างคงที่ตลอดเวลาทำปฏิกิริยา โดยความต้านทานจำเพาะของตะกอนในกระบวนการฉายแสงอัลตราไวโอเลตจะลดด้วยอัตราที่ช้าลงเมื่อเวลาผ่านไป 60 นาที จากผลการทดลองข้างต้นสามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1) อัตราส่วนความเข้มข้น UV:H_2O_2 มีผลต่อความต้านทานจำเพาะของตะกอนที่ผ่านกระบวนการฉายแสงด้วยอัลตราไวโอเลต โดยเมื่อเติม H_2O_2 ลงไปจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นระหว่างแสงอัลตราไวโอเลตกับ H_2O_2 ถ้าเติม H_2O_2 ในปริมาณมากก็จะทำให้เกิดได้ไฮดรอกซิลเรดิคัล ($OH^{\cdot}$) มากด้วย ซึ่งจะไปทำลายผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ในตะกอนดังอธิบายแล้วในกระบวนการเฟนตัน จากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนความเข้มข้น UV:H_2O_2 เป็น 2 เท่าและกำหนดให้ค่าพีเอชคงที่ ค่าความต้านทานจำเพาะจะลดลงประมาณครึ่งหนึ่งจากเดิมโดยไม่ขึ้นกับเวลาในการทำปฏิกิริยา



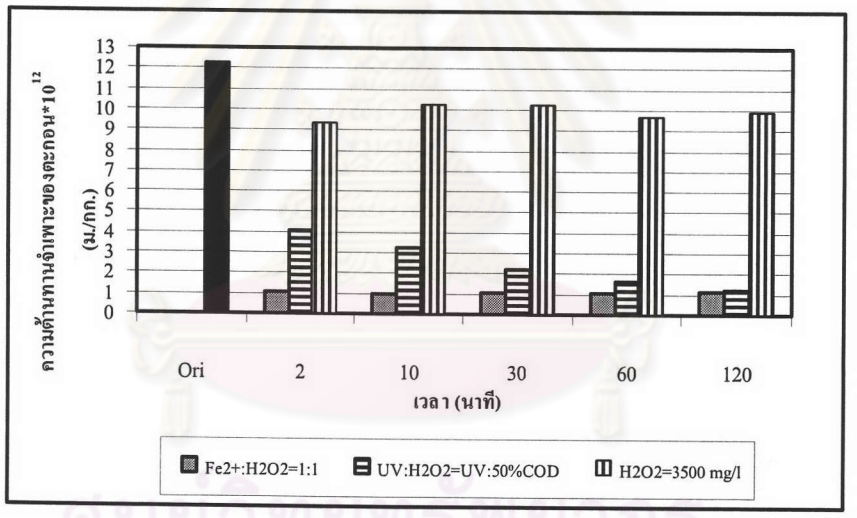
รูปที่ 4.2 ค่าความต้านทานจำเพาะของตะกอนที่ผ่านกระบวนการฉายแสงอัลตราไวโอเลตร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

2) เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากลับมีผลอย่างเห็นได้ชัดกับตะกอนที่ผ่านกระบวนการนี้ โดยที่เวลาช่วงแรก เช่น 2 นาที พบว่าตะกอนมีความต้านทานจำเพาะลดลงเพียงครึ่งหนึ่ง ซึ่งต่างจากกระบวนการเฟนตันที่ตะกอนจะลดลงมากถึง 80% ในช่วงเวลาเดียวกัน จากนั้นความต้านทานจำเพาะจะลดลงเรื่อยๆอย่างต่อเนื่อง และจะมีอัตราที่ช้าลงหลังจากผ่านเวลา 60 นาทีไปแล้ว สิ่งที่น่าสังเกตคือว่าที่เวลา 120 นาที ความต้านทานจำเพาะลดลงในอัตราที่น้อยมากจนเกือบคงที่ และมีค่าใกล้เคียงกับวิธีการเฟนตัน ซึ่งอาจสรุปได้ว่าตะกอนมีประสิทธิภาพในการกรองมากที่สุดที่เวลา 120 นาทีหรือมากกว่าเล็กน้อย ดังนั้นการพิจารณาถึงเวลาที่ควรใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองของตะกอนโดยกระบวนการฉายแสงอัลตราไวโอเลตจึงควรอยู่ในช่วงเวลา 30-60 นาที สมมติฐานที่สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวคือ เนื่องจากตะกอนที่นำทดสอบมีความขุ่นมากทำให้ปฏิกิริยาทางเคมีที่แสงอัลตราไวโอเลตทำกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเกิดเป็นไฮดรอกซิลเรดิคัลเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ซึ่งส่งผลให้จุลินทรีย์ในตะกอนค่อยๆถูกทำลายลง ความสามารถในการกรองจึงลดลงช้ากว่ากระบวนการเฟนตัน

3) ค่าพีเอชไม่มีนัยสำคัญต่อความต้านทานจำเพาะหรือประสิทธิภาพการกรองของตะกอนซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวคล้ายคลึงกับกระบวนการเฟนตันแต่มีเหตุผลที่แตกต่างกัน โดย Zheng และคณะ (2004) อธิบายว่ากระบวนการออกซิเดชั่นระหว่างแสงอัลตราไวโอเลตกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่ขึ้นอยู่กับค่าพีเอช เนื่องจากปฏิกิริยาไม่ก่อให้เกิด OH^- ซึ่งต่างจาก

กระบวนการเฟนตันที่เหมาะสมในสภาพเป็นกรดมากกว่า ดังนั้นข้อดีของกระบวนการฉายแสงอัลตราไวโอเลตร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์คือสามารถบำบัดตะกอนที่ค่าพีเอชได้กว้างกว่าหรือแม้กระทั่งที่สภาวะเป็นด่าง แต่ข้อเสียที่กระบวนการนี้ต้องใช้เวลานานกว่าเฟนตันอาจจำเป็นต้องเพิ่มกำลังหรือจำนวนหลอดอัลตราไวโอเลตเพื่อให้ประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

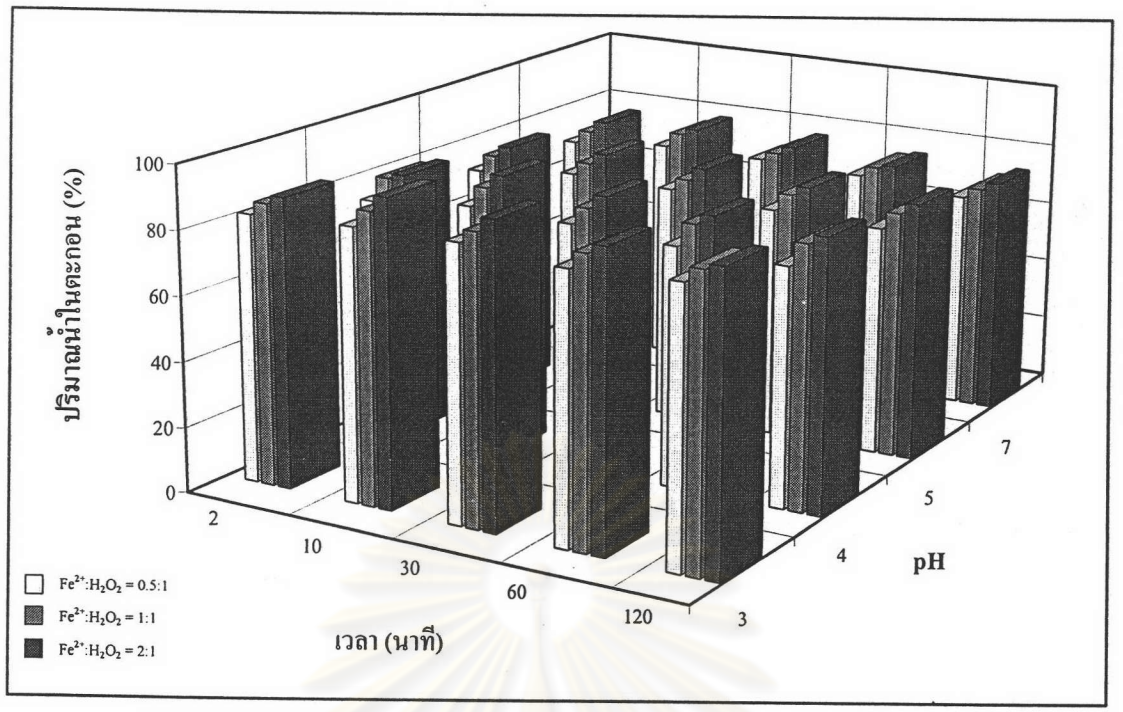
การเปรียบเทียบระหว่างปฏิกิริยาเฟนตัน การฉายแสงอัลตราไวเลตร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพียงอย่างเดียว ในปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เท่ากัน (3,500 มก./ ล.) ที่พีเอช 3 แสดงให้เห็นว่าการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพียงอย่างเดียว มีประสิทธิภาพในการลดค่าความต้านทานจำเพาะของตะกอนได้น้อยกว่าการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับเฟอรัสไอออนและแสงอัลตราไวโอเลตดังแสดงในรูปที่4.3 เนื่องจากการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพียงอย่างเดียวไม่ก่อให้เกิดไฮดรอกซิลเรดิคัลซึ่งมีความสามารถในการทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นมากกว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ดังอธิบายไว้ในตารางที่ 2.6



รูปที่ 4. 3 ค่าความต้านทานจำเพาะของตะกอนที่ผ่านกระบวนการของเฟนตันและUV/H_2O_2 เปรียบเทียบกับH_2O_2ที่พีเอช 3

4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในตะกอนกับค่าความต้านทานจำเพาะและประสิทธิภาพการรีดน้ำของตะกอน

ดังอธิบายในบทที่ 3 ว่าปริมาณน้ำในตะกอนในงานวิจัยนี้เป็นค่าน้ำหนักน้ำในตะกอนทั้งหมดที่ระเหยออกไปโดยคิดเทียบกับน้ำหนักเปียก ของตะกอน จากรูปที่ 4.4 จะเห็นว่ากระบวนการใช้สารเคมีของเฟนตันในการรีดน้ำของตะกอนมีผลต่อปริมาณน้ำในตะกอนในทิศทางที่สอดคล้องกันอย่างมากกับค่าความต้านทานจำเพาะโดยสามารถสรุปประเด็นต่างๆได้ดังนี้



รูปที่ 4.4 ปริมาณน้ำในตะกอนที่ผ่านกระบวนการเฟนตัน

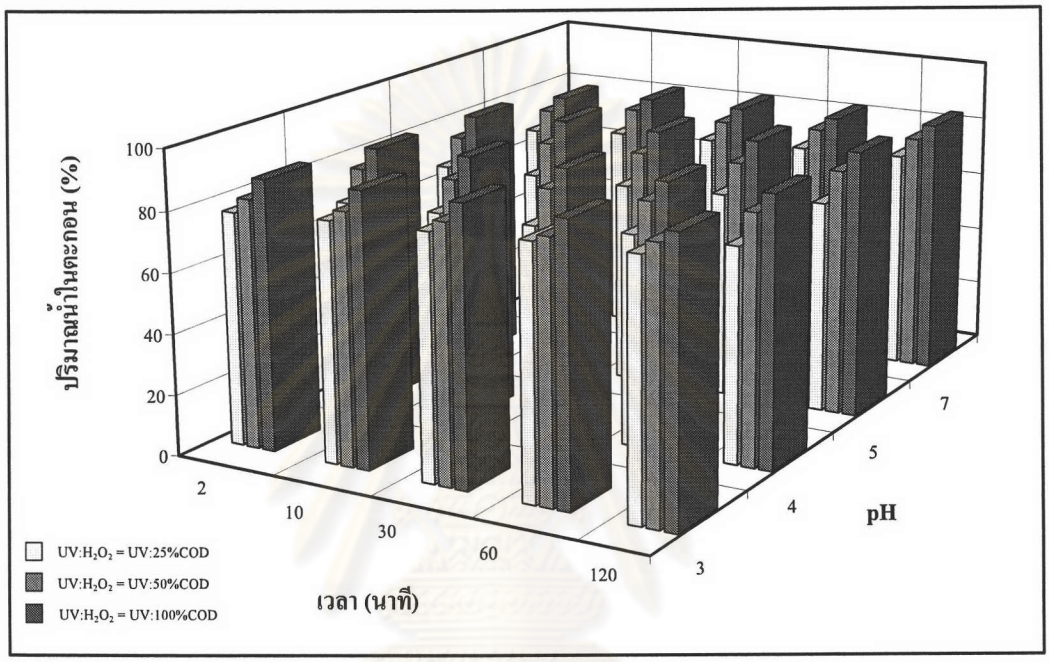
1) อัตราส่วนความเข้มข้น Fe^{2+}:H_2O_2 มี ผลต่อปริมาณน้ำในตะกอน โดยเมื่อเพิ่มปริมาณเฟอรัสไอออน (Fe^{2+}) ลงไป ตะกอนจะมีปริมาณน้ำที่รีดออกมาได้มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ช่วงแรกของการทำปฏิกิริยา ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลที่จุลินทรีย์จะถูกทำลายโดยไฮดรอกซิลเรดิคัล ทำให้ไม่สามารถกักน้ำไว้ได้และปล่อยออกมา ดังนั้นค่าปริมาณน้ำจึงมากขึ้นโดยแปรผันตรงกับอัตราความเข้มข้น Fe^{2+}:H_2O_2 ข้อสรุปที่ได้คือค่าปริมาณน้ำในตะกอนมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับความต้านทานจำเพาะ โดยถ้าปริมาณน้ำในตะกอนมาก ความต้านทานจำเพาะจะน้อยหรือมีประสิทธิภาพในการกรองที่ดีนั่นเอง ดังนั้นในการทดสอบที่ไม่ต้องการความละเอียดและต้องการความรวดเร็วอาจทำได้โดยการหาปริมาณน้ำในตะกอนโดยการอบแทนการหาค่าความต้านทานจำเพาะซึ่งยุ่งยากมากกว่า

2) ที่เวลา 2 นาที ปริมาณน้ำในตะกอนที่รีดออกมามีค่าประมาณ 60-80% ต่อน้ำหนักตะกอนแห้งสำหรับทุกช่วงพีเอช หลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นโดยที่เวลา 10 นาทีน้ำจะรีดออกมามากที่สุดและค่อยๆลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึง 120 นาที เหตุผลที่ทำให้ตะกอนเริ่มรีดน้ำได้น้อยลงเมื่อตะกอนทำปฏิกิริยากับสารเคมีเฟนตันนานขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันจะทำให้เกิดเฟอริกไอออน (Fe^{3+}) ซึ่งจะทำให้ตะกอนรวมตัวกัน (Flocculation) และอุ้มน้ำได้มากขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำที่รีดน้อยลง

3) ค่าพีเอชมีผลที่เห็นได้ชัดเจนกว่าต่อปริมาณน้ำที่รีดออกมา โดยที่พีเอช 3 น้ำในตะกอนสามารถรีดออกมาได้มากที่สุดประมาณ 85% (ที่ Fe^{2+}:H_2O_2 = 2:1) และรีดน้ำได้น้อยลงเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น โดยที่พีเอช 7 ปริมาณน้ำที่รีดออกมาลดลงเหลือ 73% ที่ความเข้มข้นเดียวกัน ดังนั้นใน

กระบวนการบำบัดตะกอนด้วยสารเคมีของเฟนตัน ค่าพีเอชที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วงกรด โดยที่พีเอช 3-5 จะให้ค่าความต้านทานจำเพาะที่ใกล้เคียงกัน แต่ที่พีเอช 3 ตะกอนจะรีดน้ำออกได้ดีกว่า

ปริมาณน้ำในตะกอนที่ผ่านกระบวนการฉายแสงอัลตราไวโอเลต/ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีความแตกต่างจากกระบวนการเฟนตันในแง่ผลของความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้และเวลาในการทำปฏิกิริยาดังแสดงในรูปที่ 4.5 ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้



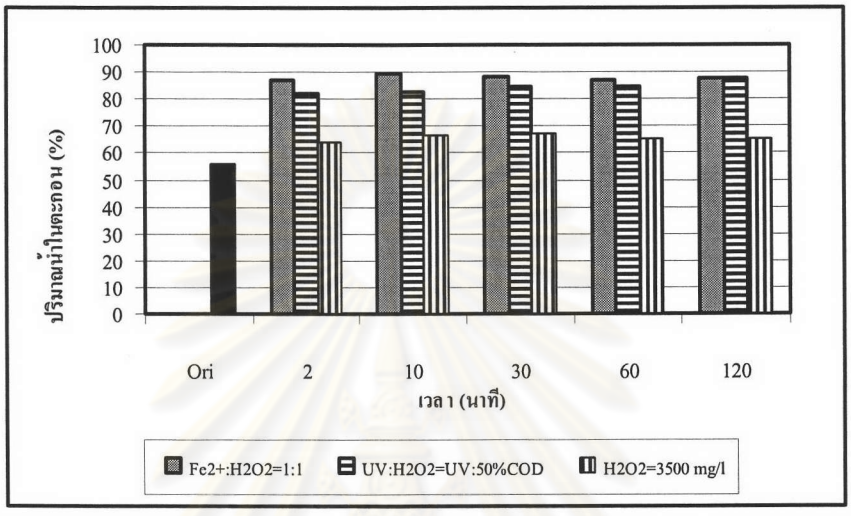
รูปที่ 4.5 ปริมาณน้ำในตะกอนที่ผ่านกระบวนการฉายแสงอัลตราไวโอเลตร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

1) อัตราส่วนความเข้มข้น H_2O_2 มีผลต่อปริมาณน้ำในตะกอนเช่นเดียวกับความเข้มข้นของ Fe^{2+}:H_2O_2 ในกระบวนการเฟนตัน โดยเมื่อใส่ H_2O_2 เพิ่มขึ้นจะทำให้น้ำรีดออกง่ายขึ้น

2) เวลาในการทำปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณน้ำที่รีดออกมามากขึ้น ซึ่งต่างจากกระบวนการเฟนตันที่เวลาเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำกลับลดลง ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากในกระบวนการฉายแสงอัลตราไวโอเลต/ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ไม่ทำให้เกิดตะกอนของเฟอริกไอออนที่สามารถทำให้ตะกอนเกิดการรวมตัวได้ใหม่ ทำให้เมื่อเวลาทำปฏิกิริยามากขึ้น ปริมาณน้ำที่รีดออกจึงเพิ่มขึ้น จากผลการศึกษาดังกล่าวจึงสรุปได้ว่ากระบวนการเฟนตันมีผลเสียคืออาจเกิดการตกตะกอนของเฟอริกไอออนทำให้ประสิทธิภาพลดต่ำลง

3) ในการวิเคราะห์หาค่าความต้านทานจำเพาะค่าพีเอชไม่มีผลมากนักต่อความสามารถในการกรองดังอธิบายแล้วในหัวข้อที่ผ่านมา ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำในตะกอนให้ผลเช่นเดียวกันคือ ที่พีเอช 3-5 ค่าปริมาณน้ำในตะกอน ที่ความเข้มข้น H_2O_2 และเวลาทำปฏิกิริยา

ที่เท่ากัน ค่าปริมาณน้ำที่รีดออกจากตะกอนมีค่าใกล้เคียงกัน ขณะที่ที่พีเอช 7 ค่าปริมาณน้ำในตะกอนจะลดลงประมาณ 5-10% จึงสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความต้านทานจำเพาะที่สรุปว่าค่าพีเอชไม่มีอิทธิพลต่อกระบวนการฉายแสงอัลตราไวโอเลต/ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เนื่องจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นไม่ได้ก่อให้เกิด OH^-



รูปที่ 4.6 ปริมาณน้ำในตะกอนที่ผ่านกระบวนการของเฟนตันและUV/H_2O_2เปรียบเทียบกับH_2O_2 ที่พีเอช 3

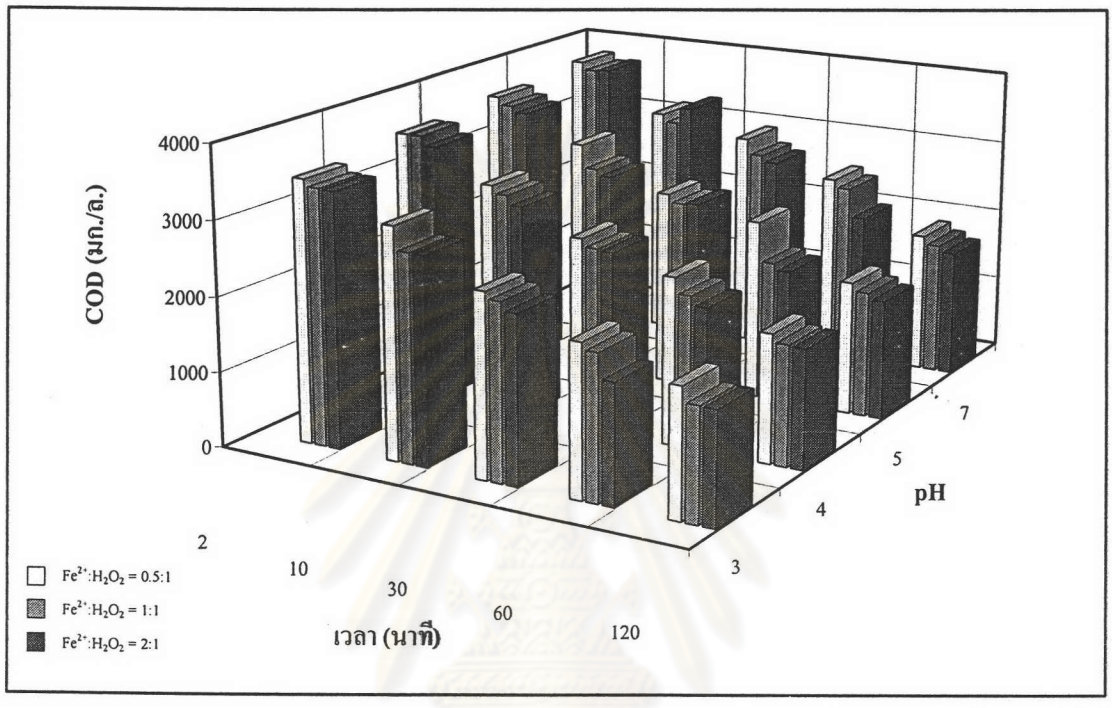
ปริมาณน้ำในตะกอนที่ผ่านกระบวนการเฟนตัน กระบวนการฉายแสงอัลตราไวเอเลตร่วมกับไฮโดรแจนเปอร์ออกไซด์ และการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพียงอย่างเดียว ในปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เท่ากัน (3,500 มก./ ล.) ที่พีเอช 3 ดังรูปที่ 4.6 พบว่าการใช้ไฮโดรเจนเปอร์อกไซด์เพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้น้ำรีดออกจากตะกอนได้มากกว่าตะกอนที่ผ่านกระบวนการเฟนตัน กระบวนการฉายแสงอัลตราไวโอเลต เนื่องจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพียงอย่างเดียวไม่สามารถแตกตัวเป็นไฮดรอกซิลเรดิคัลซึ่งจะไปทำลายผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ที่อยู่ในตะกอน

4.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีและบีโอดีกับความสามารถในการรีดน้ำของตะกอน

ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการเฟนตันและกระบวนการฉายแสงอัลตราไวโอเลต/ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์พบว่าค่าซีโอดีสามารถระบุถึงประสิทธิภาพในการบำบัดได้ โดยผลการวิเคราะห์ค่าซีโอดีของตะกอนที่ผ่านการบำบัดด้วยกระบวนการเฟนตันและฉายแสงอัลตราไวโอเลต/ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถอธิบายและสรุปได้ดังนี้

ค่าซีโอดีที่ถูกกำจัดของปฏิกิริยาของเฟนตันที่อัตราส่วนความเข้มข้น Fe^{2+}:H_2O_2 เท่ากับ 0.5:1 (1,750 มก./ล. : 3,500 มก./ล.) ที่เวลาในการทำปฏิกิริยา 2 นาที สำหรับทุกค่าพีเอช จะมี

ค่าเฉลี่ย 47.5% เมื่อเทียบกับค่าซีโอดีเดิมของตะกอน (ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7,000 มก./ล.) และเมื่อเวลาทำปฏิกิริยา 120 นาที ค่าซีโอดีที่ถูกกำจัดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 74.6% ทั้งนี้จะเห็นว่าค่าซีโอดีมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยานานขึ้น เนื่องจากไฮดรอกซิลเรดิคัลที่เกิดจากเฟอรัสไอออนทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะทำลายสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่อยู่ในตะกอน ดังแสดงในรูปที่ 4.7



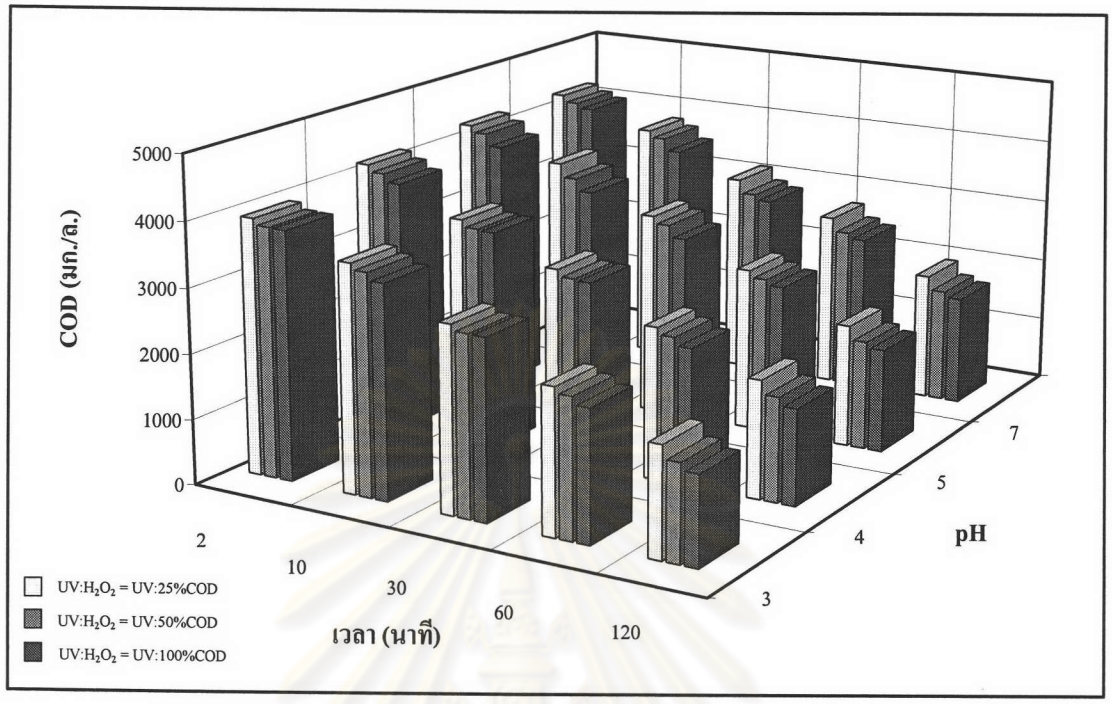
รูปที่ 4.7 ค่าซีโอดีของตะกอนที่ผ่านกระบวนการเฟนตัน

เมื่อพิจารณาถึงอัตราส่วนอัตราส่วนความเข้มข้น Fe^{2+}:H_2O_2 ที่เพิ่มขึ้น ค่าซีโอดีจะมีค่าลดลง เนื่องจากไฮดรอกซิลเรดิคัลที่เกิดขึ้นเป็นผลโดยตรงกับเฟอรัสไอออนที่เติมลงในไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เมื่อมีเฟอรัสในปริมาณมากขึ้น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ก็จะแตกตัวเป็นไฮดรอกซิลเรดิคัลที่จะไปทำลายสารอินทรีย์และอนินทรีย์ได้มากเช่นเดียวกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชที่ 3, 4, 5 และ 7 มีผลไม่มากนักต่อค่าซีโอดีพบว่าค่าซีโอดีจะลดลงตามค่าพีเอชที่ลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากสภาพความเป็นกรดที่สูงจะไปย่อยตะกอนบางส่วนทำให้สารอินทรีย์และอนินทรีย์ในตะกอนแตกตัวได้ดีขึ้น ไฮดรอกซิลเรดิคัลจึงทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์และอนินทรีย์ได้เร็วกว่าการย่อยสลายตะกอนด้วยสภาพความเป็นกรดต่ำ ดังนั้นที่ช่วงเวลาเดียวกันที่ค่าพีเอชน้อยจะมีค่าซีโอดีต่ำกว่าค่าพีเอชที่มากขึ้น

ผลการทดลองของการฉายอัลตราไวโอเลตร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีแนวโน้มที่คล้ายกับปฏิกิริยาของเฟนตันคือ ค่าซีโอดีที่อัตราส่วน UV:H_2O_2 เท่ากับ UV:25% COD (UV :1,750 มก./ล.) ที่เวลาในการทำปฏิกิริยา 2 นาทีของทุกพีเอช ค่าซีโอดีลดลงเฉลี่ย 42.3% เมื่อเทียบกับค่าซี

โอดีเดิมของตะกอน และถ้าเวลา 120 นาทีในการทำปฏิกิริยา ค่าซีโอดีที่ถูกกำจัดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 76.8%

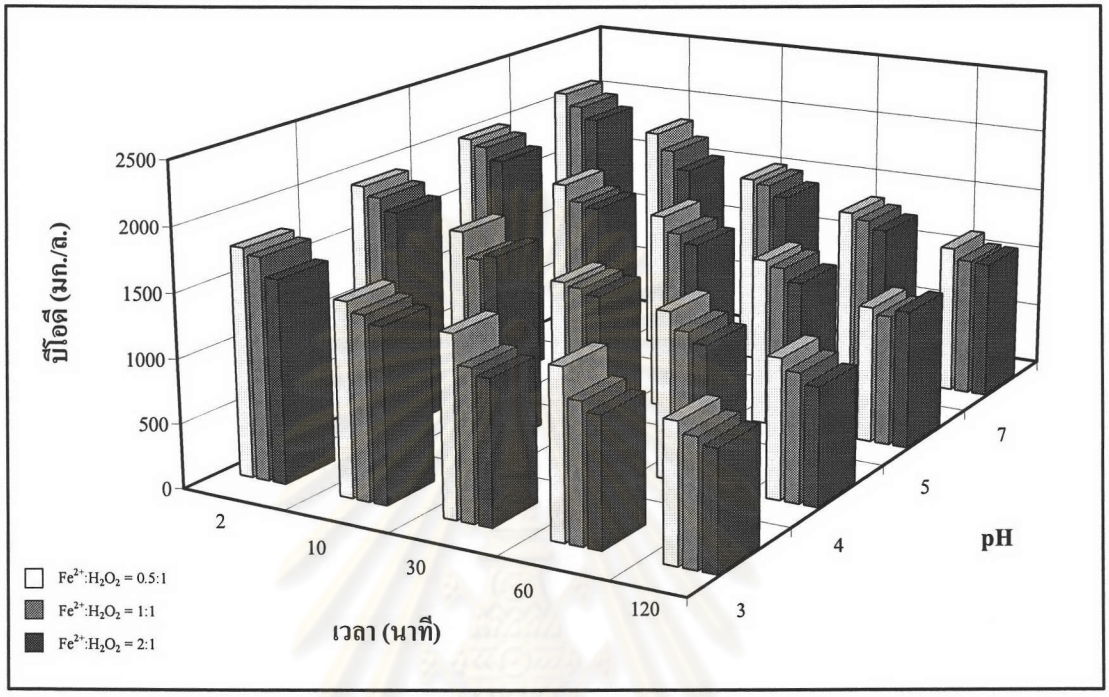


รูปที่ 4.8 ค่าซีโอดีของตะกอนที่ผ่านกระบวนการฉายแสงอัลตราไวโอเลตร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

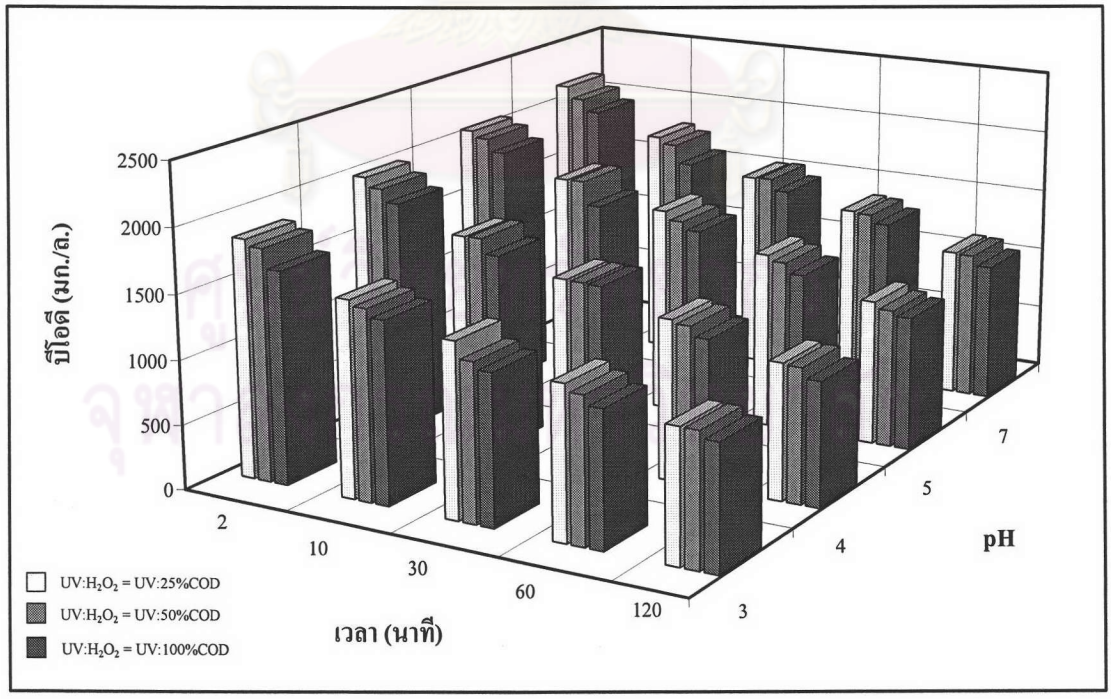
จากรูปที่ 4.8 ปฏิกิริยาการฉายแสงอัลตราไวโอเลตร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะมีค่ามากกว่าค่าซีโอดีของปฏิกิริยาเฟนตันที่เวลาในการทำปฏิกิริยา 2 นาทีถึง 60 นาที ส่วนที่เวลา120 นาที ค่าซีโอดีของปฏิกิริยาการฉายแสงอัลตราไวโอเลตร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะมีค่าน้อยกว่า ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการลดซีโอดีของตะกอนด้วยกระบวนการฉายแสงอัลตราไวโอเลตจะมีประสิทธิภาพดีกว่ากระบวนการของเฟนตันในเวลาการทำปฏิกิริยาที่นานกว่า 120 นาที เนื่องจากแสงอัลตราไวโอเลตจะไปทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในตะกอนที่มี ความขุ่นได้ช้ากว่าการที่เฟอรัสไอออนทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เพื่อจะทำให้เกิดไฮดรอกซิลเรดิคัลที่จะไปทำลายสารอินทรีย์และอนินทรีย์ เมื่อพิจารณาอัตราส่วน $UV:H_2O_2$ที่เพิ่มขึ้นในปฏิกิริยา พบว่าซีโอดีในตะกอนจะมีค่าลดมากกว่าอัตราส่วน $UV:H_2O_2$ที่น้อยกว่า

รูปที่ 4. 9 -4.10 แ สดงให้เห็นว่าผลของค่าบีโอดีของปฏิกิริยาเฟนตันและปฏิกิริยาการฉายแสงอัลตรา ไวโอเลตร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มีแนวโน้มคล้ายกับค่าซีโอดี คือค่าบีโอดีจะมีค่าลดลงตามเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา อัตราส่วนความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ และค่าพีเอช กล่าวคือ อัตราส่วนความเข้มข้นของสารเคมีที่เพิ่มขึ้นทั้งปฏิกิริยาของเฟนตันและปฏิกิริยาที่ใช้แสงอัลตราไวโอเลตร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะทำให้ค่าบีโอดีลดลง เมื่อพิจารณาในปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เท่ากันระหว่างสองปฏิกิริยาคือ 3500 มก./ล. พบว่าที่เวลาในการทำ

ปฏิกิริยาที่ 2-120 นาที ปฏิกิริยาที่ใช้แสงอัลตราไวโอเลตร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มีค่าบีโอดีใกล้เคียงกับปฏิกิริยาของเฟนตัน โดยปฏิกิริยาที่ใช้แสงอัลตราไวโอเลตร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มีค่าบีโอดีสูงกว่าเล็กน้อยที่ทุกๆ พีเอช

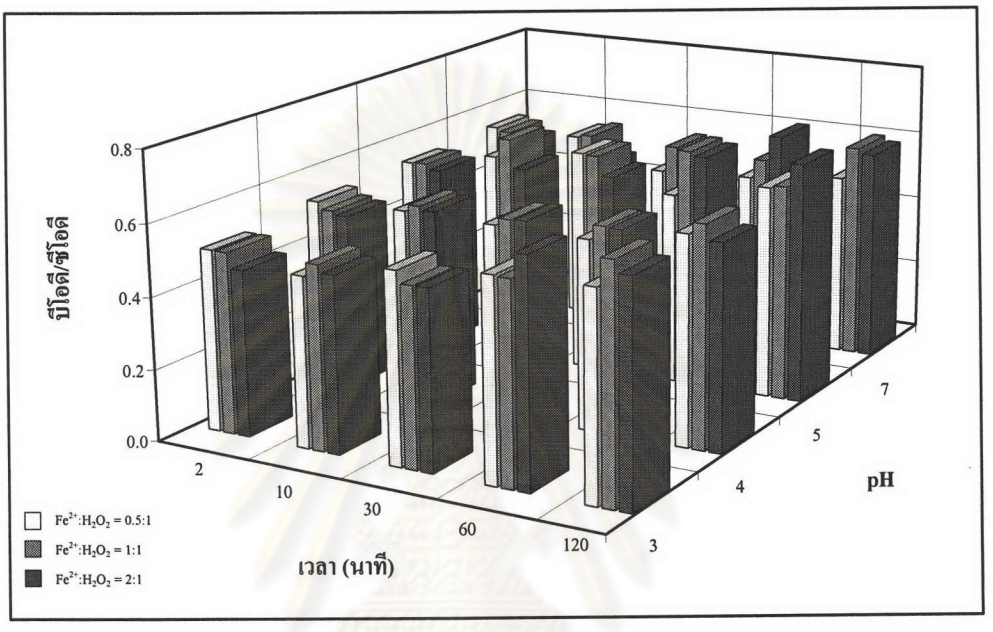


รูปที่ 4.9 ค่าบีโอดีของตะกอนที่ผ่านกระบวนการเฟนตัน

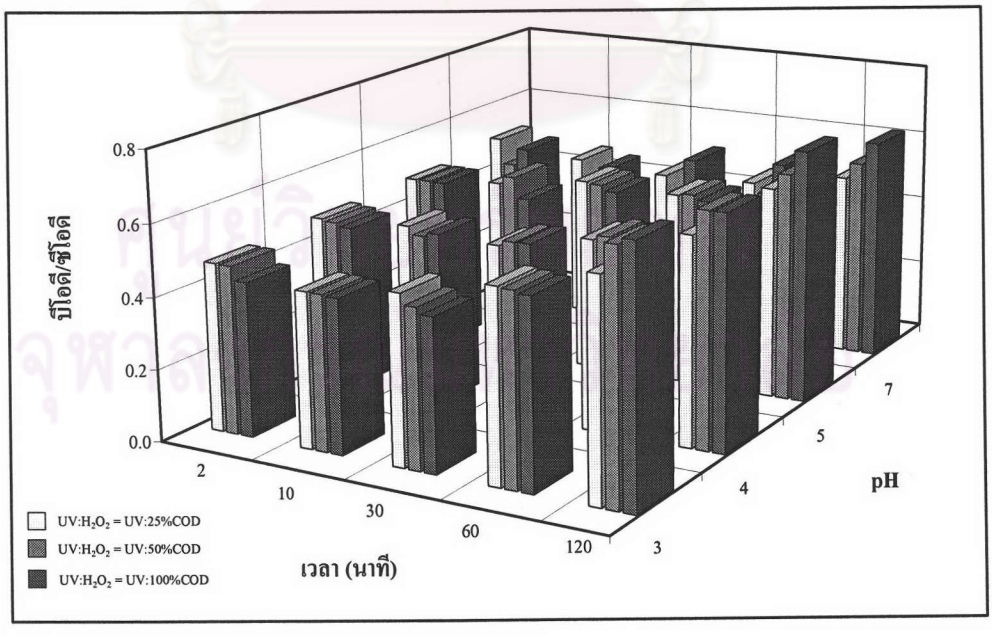


รูปที่ 4.10 ค่าบีโอดีของตะกอนที่ผ่านกระบวนการฉายแสงอัลตราไวโอเลตร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

จากการวิเคราะห์เพื่อหาอัตราส่วนระหว่างบีโอดีต่อซีโอดีพบว่าทั้งปฏิกิริยาเฟนตัน และการฉายแสงอัลตราไวโอเลตร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ดังรูปที่ 4.11 และ 4.12 มีค่าอยู่ในช่วง 0.40 - 0.71 จึงแสดงว่าตะกอนส่วนเกินเมื่อผ่านการเติมสารเคมีสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ดี (มั่นสินและมั่นรักษ์, 2545) เหมาะสำหรับที่จะนำไปบำบัดด้วยกระบวนการทางชีวภาพในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 4.11 ค่าบีโอดี/ซีโอดีของตะกอนที่ผ่านกระบวนการเฟนตัน



รูปที่ 4. 12 ค่าบีโอดี/ซีโอดีของตะกอนที่ผ่านกระบวนการฉายแสงอัลตราไวโอเลตร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์