

## บทที่ 4

### วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

$\text{Fe}(\text{OH})_3$  เป็นคอลลอยด์ประเภทซอลชนิดหนึ่งที่พบมากในน้ำบาดาลและแม่น้ำลำคลอง ที่สร้างปัญหาต่อสภาพแวดล้อมรวมทั้งการอุปโภคและบริโภค  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  เกิดการแขวนลอยในน้ำได้เนื่องจากสภาพทางประจุไฟฟ้าของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ในตัวกลาง ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ศึกษาเสถียรภาพของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ซึ่งเป็นไลโอโฟบิกซอล โดยการติดตามการจับก้อนของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ชนิดต่างๆ ได้แก่  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{KBr}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  และ  $\text{K}_3\text{PO}_4$  ด้วยวิธีวัดค่าความขุ่นและค่าการนำไฟฟ้า รวมทั้งศึกษาผลของสภาพกรด - เบสที่มีต่อการจับก้อนดังกล่าวด้วย

การเตรียม  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sol ทำโดยเลือกใช้วิธีไฮโดรไลซิสสารละลาย  $\text{FeCl}_3$  กับน้ำต้มเดือดดังสมการ



โดยเติม 1.00 M  $\text{FeCl}_3$  จำนวน 5.0 ml ลงในน้ำเดือดจำนวนประมาณ 50 ml พร้อมทั้งคนช้าๆ จนสังเกตเห็นสารละลายสีน้ำตาลปนแดงเริ่มเข้มข้น ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 2 นาที หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องก็จะได้สารละลายของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sol ที่มีความเข้มข้นประมาณ 0.10 M จากนั้นจึงนำไปศึกษาการจับก้อนในสภาวะต่างๆ ต่อไป

#### 4.1 การหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมและการสร้างกราฟมาตรฐานในการวัดความขุ่นของ $\text{Fe}(\text{OH})_3$

เมื่อนำ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ที่มีความเข้มข้นในช่วง 0.600 - 1.50 mM ไปวัดค่าความขุ่นที่ความยาวคลื่นในช่วง 200 - 800 nm โดยใช้เครื่อง UV-2000 spectrophotometer เพื่อหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการหาค่าความขุ่นที่เกิดจากการกระเจิงแสงของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sol จากสเปกตรัมการกระเจิงแสง ดังรูป 3.1 พบว่ามีความยาวคลื่นที่น่าสนใจอยู่สองช่วง โดยช่วงแรกคือ บริเวณจุดสูงสุดของกราฟที่ความยาวคลื่นในช่วง 290 - 310 nm และช่วงที่สองที่ความยาวคลื่นประมาณ 360 - 420 nm ดังนั้นจึงทำกราฟมาตรฐานที่ความยาวคลื่นดังกล่าว โดยนำค่าความขุ่นของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ที่ความเข้มข้น 0.600 - 1.50 mM ที่ความยาวคลื่นในช่วงดังกล่าว มาสร้างกราฟมาตรฐาน ดังรูป 3.2 พบว่าที่ความยาวคลื่น 290 300 และ 310 nm ค่าความขุ่นสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งสังเกตได้จากกราฟเป็นเส้นโค้ง ส่วน

ที่ความยาวคลื่น 360 380 400 และ 420 nm พบว่าค่าความขุ่นที่วัดได้สัมพันธ์กับความเข้มข้นของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ที่เพิ่มขึ้นมากกว่า โดยกราฟเป็นเส้นตรง ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้นเมื่อนำค่าความขุ่นของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sol ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่นต่างๆ ไปหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ; ซึ่งแสดงถึงความเป็นเส้นตรง โดยค่า  $r$  เข้าใกล้หนึ่งมากเท่าใดยิ่งมีความเป็นเส้นตรงมากเท่านั้น) ได้ผลการทดลองดังแสดงในตาราง 3.1 โดยพบว่าที่ความยาวคลื่น 380 nm มีค่า  $r$  เป็น 0.9986 ซึ่งมีค่ามากกว่า  $r$  ที่ความยาวคลื่นอื่นๆ แสดงว่ากราฟค่าความขุ่นกับความเข้มข้นของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ที่ความยาวคลื่น 380 nm เป็นเส้นตรงมากที่สุด จึงใช้ความยาวคลื่นนี้ ในการวัดค่าความขุ่นของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  และจากสเปกตรัมการกระเจิงแสงในรูป- 3.1 จะเห็นว่าสเปกตรัมของค่าความขุ่นของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sol จากความเข้มข้นน้อย (0.600 mM) ถึงความเข้มข้นมาก (1.50 mM) มีลักษณะเดียวกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ที่อยู่ตรงกลาง ซึ่งมีความเข้มข้นเป็น 1.00 mM

#### 4.2 การศึกษาการจับก้อนของ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ sol ใน $\text{KNO}_3$ โดยวิธีวัดค่าความขุ่นและค่าการนำไฟฟ้า

เพื่อจะหาวิธีที่เหมาะสมในการศึกษาอิทธิพลของอิเล็กโทรไลต์ที่มีต่อการจับก้อนของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  จึงได้เลือก  $\text{KNO}_3$  เป็นละลายอิเล็กโทรไลต์อ้างอิง โดยในการทดลองนี้จะเตรียมโดยนำเอา  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ผสมกับ  $\text{KNO}_3$  ที่ความเข้มข้นต่างๆ แล้วนำไปวัดค่าความขุ่นและค่าการนำไฟฟ้าต่อไป

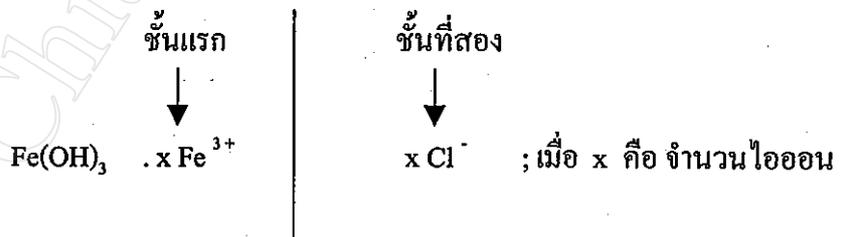
จากการวัดค่าความขุ่นที่เวลาต่างๆ ของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sol ใน  $\text{KNO}_3$  ที่มีความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 380 nm โดยใช้เครื่อง UV-2000 spectrophotometer ได้ผลดังรูป 3.3 จะเห็นว่าค่าความขุ่นจะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้นและสัมพันธ์กันในช่วงต้นๆ จากนั้นค่าความขุ่นที่วัดได้ที่เวลาต่างๆ จะเบี่ยงเบนไป จะเห็นว่าสามารถหาอัตราการจับก้อนของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ใน  $\text{KNO}_3$  ที่มีความเข้มข้นต่างๆ ได้ ในช่วงเวลาดังกล่าว

หลังจากได้ใช้วิธีการวัดค่าการนำไฟฟ้า (ที่อุณหภูมิห้อง) ที่เวลาต่างๆ ของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sol ใน  $\text{KNO}_3$  ที่มีความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้เครื่อง Conductivity / TDS Meter เพื่อศึกษาการจับก้อนของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ใน  $\text{KNO}_3$  เข้มข้นต่างๆ ได้ผลดังรูป 3.6 จะเห็นว่าค่าการนำไฟฟ้าที่เวลาต่างๆ เพิ่มขึ้นน้อยมากจนแทบจะไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงซึ่งยากต่อการวัดอัตราการจับก้อนของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  อาจเป็นเพราะค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้เป็นของอิเล็กโทรไลต์ในระบบ ซึ่งมีค่าค่อนข้างมากและเด่นกว่าค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จาก  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  เมื่ออยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ดังนั้นวิธีการวัดค่าการนำไฟฟ้าจึงไม่เหมาะสมที่จะศึกษาการจับก้อนของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์

ดังนั้นจึงเลือกการวัดความขุ่นเป็นวิธีที่ใช้วัดเสถียรภาพของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sol จากการติดตามการจับก้อนของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ชนิดต่างๆ

จากผลการทดลองดังรูป 3.3 ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นกับเวลา จะเห็นว่าค่าความขุ่นจะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้นและสัมพันธ์กันในช่วงต้นๆ จากนั้นค่าความขุ่นที่วัดได้ทีละเวลาต่างๆ จะเบี่ยงเบนไป ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากว่าอนุภาค  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  เป็นไลโอโอฟิสิกซอล ที่มีขนาดเล็กมาก และมีประจุไฟฟ้าที่ผิวอนุภาค  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  จะดึงดูดไอออนต่างประจุที่มีอยู่ในระบบเข้ามาล้อมรอบ ทำให้เกิดชั้นซ้อนของไอออนต่างประจุล้อมรอบอนุภาคที่มีลักษณะเป็นชั้นกระจาย ทำให้อนุภาคไม่สามารถเข้าใกล้กัน โดยไอออนที่เข้ามาล้อมรอบนั้นขึ้นอยู่กับ pH ของสารละลาย เนื่องจากจุดไอโซอิเล็กทริก (isoelectric point) ของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  เท่ากับ 7.2<sup>25,26</sup> ดังนั้นอนุภาค  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ที่ pH 3.00 จึงมีประจุที่ผิวเป็นบวก

การที่อนุภาค  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sol มีประจุไฟฟ้าที่ผิวเป็นบวกเนื่องจาก  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ดูดซับเอาไอออนในสารละลายไว้ที่ผิวอนุภาค โดยไอออนที่ดูดซับในชั้นแรกเป็นไอออนร่วม (common ion) ของอนุภาค ตามกฎของพานเอธ-ฟาจานส์-ฮาห์น (Paneth-Fajans-Hahn Rule)<sup>15</sup> เนื่องจาก  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  เตรียมจากการไฮโดรไลซิสสารละลาย  $\text{FeCl}_3$  กับน้ำต้มเดือด ดังสมการ 4.1 ซึ่งในระบบอาจมี  $\text{FeCl}_3$  บางส่วนที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ไปเป็น  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ดังนั้นไอออนที่ดูดซับในชั้นแรกจึงเป็นไอออนร่วมของอนุภาคคือ  $\text{Fe}^{3+}$  ที่ดึงดูดกับอนุภาค  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  เป็นผลให้ประจุบนพื้นผิวอนุภาค  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  เป็นบวก ส่วนไอออนตัวอื่นๆ ในระบบจะดูดซับในชั้นที่สองซึ่งมีลักษณะเป็นชั้นกระจายไปจนถึงตำแหน่งที่อนุภาคคอลลอยด์หมดอำนาจไฟฟ้าพอคิและทำหน้าที่เป็นเคาน์เตอร์ไอออน (counter ion) ซึ่งในกรณีนี้ก็คือ  $\text{Cl}^-$  ที่จะยึดเหนี่ยวกับอนุภาค  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ด้วยแรงทางประจุไฟฟ้า ซึ่งเป็นแรงอ่อนๆ



เนื่องจากว่าไอออนที่ดูดซับในชั้นแรกและชั้นที่สองเป็น  $\text{Fe}^{3+}$  กับ  $\text{Cl}^-$  โดย  $\text{FeCl}_3$  เป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ดี ทำให้โมเลกุลของน้ำสามารถกั้นกลางระหว่าง  $\text{Fe}^{3+}$  กับ  $\text{Cl}^-$  ทำให้  $\text{Cl}^-$  ไม่สามารถทำให้อนุภาค  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sol มีประจุสมดุลได้ เป็นเหตุให้อนุภาค  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  มีประจุที่ผิวเป็นบวกเหมือนกัน เมื่อมาใกล้กันหรือชนกันก็จะผลักกัน ทำให้  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sol เกิดเสถียรภาพเป็นคอลลอยด์กระจายตัวอยู่ในน้ำได้

จากการเติม  $\text{KNO}_3$  เข้าไปในระบบ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  เมื่อ  $\text{KNO}_3$  แยกตัวเป็น  $\text{K}^+$  และ  $\text{NO}_3^-$  ในน้ำ ไอออน  $\text{NO}_3^-$  ซึ่งเป็นไอออนประจุตรงข้ามกับอนุภาค  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sol จะเข้าล้อมรอบและบีบชั้นกระจายของชั้นซ้อนประจุให้มีขนาดเล็กลง ทำให้อนุภาค  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  สามารถเข้าใกล้กัน ทำให้สัดส่วนการชนกันของอนุภาคเพิ่มขึ้นและเกิดการรวมตัวของอนุภาค  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ได้มากขึ้น โดยที่เวลาช่วงต้นๆ นั้น อนุภาคที่รวมตัวกันยังมีขนาดเล็ก จึงสามารถเคลื่อนที่ได้เร็วและการรวมตัวกันของอนุภาค  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ก็เกิดได้เร็วขึ้นๆ สามารถสังเกตเห็นได้จากค่าความขุ่นที่เพิ่มขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้น ดังรูป 3.3 แต่พอเวลาผ่านไปอนุภาค  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ที่รวมตัวกันมีขนาดใหญ่ การเคลื่อนที่และการรวมตัวกันของอนุภาคก็ช้าลงด้วย ทำให้ค่าความขุ่นเพิ่มขึ้นน้อยเมื่อเวลาผ่านไป โดยถ้าความเข้มข้นของ  $\text{KNO}_3$  เพิ่มขึ้น  $\text{NO}_3^-$  ที่มากขึ้นจะเข้าล้อมรอบและบีบชั้นกระจายของชั้นซ้อนประจุให้มีขนาดเล็กลงได้เร็ว ทำให้อนุภาค  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  สามารถเข้าใกล้กันได้เร็วและอัตราการรวมตัวกันของอนุภาค  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ก็เร็วขึ้นด้วยซึ่งสังเกตได้จากความชันของกราฟเวลาช่วงต้นๆ ดังรูป 3.3 จะเพิ่มตามความเข้มข้นของ  $\text{KNO}_3$  ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงสามารถหาอัตราการจับก้อนได้จากอัตราเริ่มต้นของการจับก้อน ดังผลในตาราง 3.2 โดยในการหาอัตราการจับก้อนนั้น สามารถทำได้โดยโดยนำเอาค่าความขุ่นที่วัดได้ที่เวลาต้นๆ มาพล็อตกับเวลา โดยเลือกเอาค่าความขุ่นที่เวลาต่างๆ มาพล็อตกับเวลาทำให้สมการเป็นเส้นตรงมากที่สุด หรือมี  $r$  มากที่สุด แล้วทำให้เป็นสมการเส้นตรง ( $y = mx + b$ ) ก็จะทราบความชัน ( $m$ ) ของสมการเส้นตรง ซึ่งความชันจากกราฟที่  $t = 0$  คืออัตราเริ่มต้นของการจับก้อนนั่นเอง

เพื่อที่จะหาความเข้มข้นวิกฤตของการจับก้อน (CCC) ของ  $\text{KNO}_3$  ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่น้อยที่สุดของ  $\text{KNO}_3$  ที่ทำให้  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sol เริ่มเกิดการจับก้อนขึ้น ได้เลือกใช้วิธีของ Tagawa และคณะ<sup>22</sup> โดยนำอัตราเริ่มต้นของการจับก้อนที่ได้ในตาราง 3.2 มาพล็อต  $\log [\text{KNO}_3]$  ดังรูป 3.4 จะเห็นว่าอัตราเริ่มต้นของการจับก้อนจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ  $\text{KNO}_3$  ที่เพิ่มขึ้น จนถึงจุดๆ หนึ่งและจะคงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ที่จุดนี้สามารถหาอัตราการจับก้อนสูงสุด ( $f$ ) ซึ่งหมายถึงอัตราการจับก้อนของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ไม่เพิ่มขึ้นอีกไม่ว่าความเข้มข้นของ  $\text{KNO}_3$  จะเพิ่มขึ้นก็ตาม ส่วนอัตราการจับก้อนอื่นๆ เป็นอัตราการจับก้อนเป็นที่ช้า ( $s$ ) ซึ่งหมายถึงอัตราการจับก้อนของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ที่สามารถเพิ่มขึ้นอีกเมื่อความเข้มข้นของ  $\text{KNO}_3$  เพิ่มขึ้น จากนั้นนำมาหาอัตราส่วนเสถียรภาพ (stability ratio;  $W = f / s$ ) ได้ผลดังตาราง 3.3 - 3.4 โดยถ้า  $W$  มีค่ามาก หมายถึงว่าอนุภาคคอลลอยด์เกิดการจับก้อนอย่างช้าๆ หรือมีเสถียรภาพ แต่ถ้า  $W$  มีค่าเข้าใกล้หนึ่ง แสดงว่าอนุภาคคอลลอยด์เกิดการจับก้อนอย่างรวดเร็ว

เมื่อนำ  $\log W$  มาพล็อตกับ  $\log [\text{KNO}_3]$  ดังรูป 3.5 จะเห็นลักษณะของกราฟเป็นกราฟ 2 เส้นตัดกัน โดยเส้นหนึ่งอยู่ในแนวตั้งเป็นอัตราการจับก้อนที่ช้า และอีกเส้นที่ขนานกับ

แกนความเข้มข้นเป็นอัตราการจับก้อนที่เร็ว และจุดตัดกันของสองเส้นคือ CCC ของ  $\text{KNO}_3$  ที่เริ่มทำให้  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ที่ pH 3.0 เกิดการจับก้อนขึ้น มีค่าเท่ากับ 0.425 M

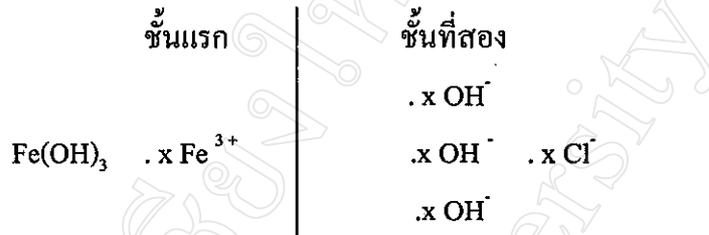
เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ตามวิธีของ Tagawa และคณะ ซึ่งได้ทำการหา CCC ของ  $\text{KNO}_3$  ที่ทำให้  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ที่ pH 4.5 เกิดการจับก้อนโดยวิธีวัดความขุ่น(turbidity) และการนอนก้น (sedimentation) ได้ความเข้มข้นวิกฤตของการจับก้อนเป็น 0.291 M และ 0.240 M ตามลำดับ จะเห็นว่าค่าที่ได้ต่างกันไม่มาก ซึ่งถือว่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

#### 4.3 การศึกษาผลของสภาพกรด - เบสต่อการจับก้อนของ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ใน $\text{KNO}_3$

##### โดยวิธีวัดค่าความขุ่น

จากการนำ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ที่เตรียมได้ ซึ่งมี pH ประมาณ 3.00 มาปรับ pH ด้วย 1.00 M NaOH ให้ได้ pH เป็น 3.50 , 4.00 , 4.20 , 4.50 และ 4.70 ตามลำดับ จากนั้นนำมาผสมกับ  $\text{KNO}_3$  ที่ความเข้มข้นต่างๆ แล้วนำไปวัดค่าความขุ่นที่เวลาต่างๆ แล้วพล็อตกราฟค่าความขุ่นกับเวลา ได้ผลดังรูป 3.7 - 3.17 จากนั้นได้อัตราเริ่มต้นของการจับก้อนของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ใน  $\text{KNO}_3$  ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้ผลดังตาราง 3.6 พบว่าค่าความขุ่นของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ที่ pH 3.50 - 4.20 ใน  $\text{KNO}_3$  0.0300 - 0.0700 M จะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้น แต่ค่าความขุ่นที่วัดได้จาก  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ที่ pH 4.50 และ 4.70 ใน  $\text{KNO}_3$  เข้มข้น 0.0300 - 0.0700 M ค่าความขุ่นที่วัดได้ไม่สัมพันธ์กับความเข้มข้นของ  $\text{KNO}_3$  ที่เติมลงไป โดยจะเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะที่จะลดลงเมื่อความเข้มข้นของ  $\text{KNO}_3$  เพิ่มขึ้น จากการสังเกตขณะทำการทดลองพบว่า  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  เกิดการจับก้อนจนมีขนาดใหญ่และมีรูปร่างแตกต่างกันและมีการตกตะกอน(precipitation) เกิดขึ้น ทำให้เกิดการกระเจิงแสงมากขึ้นและเกิดได้ทุกทิศทาง ทุกตำแหน่ง และอาจเกิดกระบวนการดูดกลืนแสงควบคู่กันไปด้วย เป็นผลให้ความเข้มแสงที่วัดได้เบี่ยงเบนไป ค่าความขุ่นจึงไม่สม่ำเสมอ เมื่อนำอัตราเริ่มต้นของการจับก้อนของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ใน  $\text{KNO}_3$  ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ pH ต่างๆ พล็อตกับ pH ได้ผลดังรูป 3.17 เมื่อพิจารณาเส้นกราฟของอัตราเริ่มต้นของการจับก้อนของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ใน 0.0300 M  $\text{KNO}_3$  จะเห็นลักษณะของอัตราการจับก้อนค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อ pH เพิ่มขึ้น ไปจนถึงจุดสูงสุดของกราฟที่ pH 4.50 และเมื่อความเข้มข้นของ  $\text{KNO}_3$  เพิ่มขึ้น จาก 0.0300 M ไปจนถึง 0.0700 M อัตราการจับก้อนก็เพิ่มขึ้นด้วย โดยจะเห็นว่า  $\text{KNO}_3$  เข้มข้น 0.0400 - 0.0700 M น่าจะทำให้  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ที่ pH 4.20 เกิดการจับก้อนได้เร็วที่สุด ซึ่งสังเกตได้จากกราฟที่ค่ามีอัตราการจับก้อนสูงสุดที่ pH นี้ ส่วน  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ใน 0.0300 M  $\text{KNO}_3$  ไม่น่าจะทำให้เกิดการจับก้อนได้ที่ pH 4.20 แต่มีจุดสูงสุดของกราฟที่ pH 4.50 ซึ่งก็น่าจะทำให้  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  เกิดการจับก้อนได้เร็วที่สุดที่ pH 4.50 ใน 0.0300 M  $\text{KNO}_3$

การปรับ pH ของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ที่เริ่มจาก 3.0 เป็นต้นไปจนถึง 4.2 โดยใช้ 1.0 M NaOH ก่อนนำไปผสมกับอิเล็กโทรไลต์นั้น พอเติม NaOH ลงไปในระบบจะได้  $\text{Na}^+$  และ  $\text{OH}^-$  ซึ่งเป็นการเพิ่มไอออนที่มีประจุตรงข้ามกับประจุที่ผิวคอลลอยด์ และ  $\text{OH}^-$  ที่เติมลงไปจะถูกดูดซับที่ชั้นที่สองและเกิดแรงยึดเหนี่ยวกับอนุภาคของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ซึ่งมีประจุบวก



นอกจาก  $\text{OH}^-$  ที่ถูกดูดซับที่ผิวอนุภาคจะทำให้ขนาดและปริมาณของอนุภาค  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  เพิ่มขึ้นแล้วยังมีผลโดยตรงในการลดอำนาจประจุบวกของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  อีกด้วย ทำให้ชั้นกระจายมีขนาดเล็กลง ทำให้อนุภาค  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sol มีโอกาสเข้าใกล้กันและรวมตัวกันมากขึ้นและเกิดการจับก้อนในที่สุด

ในงานวิจัยนี้ ได้เลือกเอาช่วงความเข้มข้นของ  $\text{KNO}_3$  เป็น 0.0400 - 0.0700 M ที่จะใช้ในการทดลองต่อไป เนื่องจากความเข้มข้นของ  $\text{KNO}_3$  ดังกล่าว มีผลต่อความแรงของไอออน (ionic strength) น้อย และได้เลือก pH ที่เหมาะสมเป็น pH 4.20 เนื่องจาก pH ดังกล่าว มีอัตราการจับก้อนสูงสุด

#### 4.4 การศึกษาผลของอิเล็กโทรไลต์เดียวต่อการจับก้อนของ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ sol โดยวิธีวัดค่าความขุ่น

จากการทดลอง เมื่อเตรียม  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ที่ pH 4.20 แล้วเติมอิเล็กโทรไลต์เดี่ยวชนิดต่างๆ ได้แก่  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{KBr}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  และ  $\text{K}_3\text{PO}_4$  ที่ความเข้มข้นต่างๆ ตามลำดับ แล้วนำไปวัดค่าความขุ่นที่เวลาต่างๆ และเมื่อนำข้อมูลของค่าความขุ่นและเวลามาพล็อตกราฟ ได้ผลดังรูป 3.18, 3.21, 3.24, 3.27, 3.30, 3.33, 3.36 และ 3.39 ตามลำดับ จากนั้นหาอัตราการจับก้อนเริ่มต้นจากกราฟได้ผลดังตาราง 3.8, 3.11, 3.14, 3.17, 3.20, 3.23, 3.26, และ 3.29 ตามลำดับ และเมื่อนำอัตราการเริ่มต้นจับก้อนเริ่มต้นมาพล็อตกับ  $\log$  [อิเล็กโทรไลต์] ได้ผลดังรูป 3.19, 3.22, 3.25, 3.28, 3.31, 3.34, 3.37 และ 3.40 ตามลำดับ จากนั้นหา W จากกราฟ ได้ผลดังตาราง 3.9, 3.12, 3.15, 3.18, 3.21, 3.24, 3.27 และ 3.30 ตามลำดับ แล้วนำ  $\log W$  มาพล็อตกับ  $\log$  [อิเล็กโทรไลต์] ได้ผลดังรูป 3.20, 3.23, 3.26, 3.29, 3.32, 3.35, 3.38 และ 3.41 ตามลำดับ แล้วหา CCC จากจุดตัดกันของเส้นกราฟ ซึ่งพบว่าค่า CCC ของ  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{KBr}$ ,

KCl, NaNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> และ K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> มีค่าเป็น 0.0800 M, 0.0350 M, 0.0300 M, 0.0700 M, 0.0825 M, 0.0175 M, 0.0775 mM, 0.0315 mM ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 3.58

จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นว่า K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> ทำให้ Fe(OH)<sub>3</sub> sol เกิดการจับก้อนได้เร็วที่สุดและมีลำดับผลของอิเล็คโทรไลต์ต่อการจับก้อนของ Fe(OH)<sub>3</sub> เป็นกลุ่มดังนี้ กลุ่มแรกคือ NaNO<sub>3</sub> > NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> > KNO<sub>3</sub> กลุ่มที่สองคือ KNO<sub>3</sub> > KCl > KBr กลุ่มที่สามคือ Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> > NaNO<sub>3</sub> > NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> > KNO<sub>3</sub> และกลุ่มที่สี่คือ K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> > K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> > KNO<sub>3</sub>

จากผลการทดลองจะเห็นว่าอนุภาค Fe(OH)<sub>3</sub> มีประจุไฟฟ้าที่ผิวอนุภาคเป็นบวก ทั้งนี้เนื่องจาก pH ของสารละลาย Fe(OH)<sub>3</sub> ต่ำกว่าจุดไอโซอิเล็กทริก (pH = 7.2) เมื่อเติม KNO<sub>3</sub>, NaNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> ที่มีไอออนร่วมเหมือนกันคือ NO<sub>3</sub><sup>-</sup> แต่ทำให้มีค่า CCC แตกต่างกัน โดยที่ CCC ของ KNO<sub>3</sub>, NaNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> มีค่าเป็น 0.0800, 0.0700 และ 0.0820 M นั้นแสดงว่ามีผลของไอออนบวกร่วมด้วย และเนื่องจากขนาดของไอออนบวกแตกต่างกัน โดย NH<sub>4</sub><sup>+</sup> > K<sup>+</sup> > Na<sup>+</sup> ดังนั้น Na<sup>+</sup> จึงมีความหนาแน่นของประจุ (charge density) มากกว่า K<sup>+</sup> และ NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ตามลำดับอีกทั้งไอออนบวกเหล่านี้ไม่ได้อยู่อิสระหรือเป็น free ion แต่จะมีโมเลกุลของน้ำห่อหุ้มเอาไว้ (hydration) เมื่อไอออนบวกเหล่านี้เคลื่อนที่เข้าหาอนุภาคคอลลอยด์จึงเปรียบเสมือนว่าเป็นการบีบหรือกดชั้นกระจายของชั้นซ้อนประจุให้เล็กลงได้ดีกว่า ทำให้ค่า CCC ของ NaNO<sub>3</sub> ที่ทำให้ Fe(OH)<sub>3</sub> เกิดการจับก้อนน้อยกว่า ฤทธิ์ของ KNO<sub>3</sub> และ NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> ตามลำดับ

ในทำนองเดียวกัน เมื่อนำ ค่า CCC ของ KNO<sub>3</sub> ที่ทำให้ Fe(OH)<sub>3</sub> sol เกิดการจับก้อนมาเปรียบเทียบกับ CCC ของ KBr, KCl ซึ่งมี K<sup>+</sup> ion เหมือนกัน แต่ทำให้ค่า CCC แตกต่างกัน โดย KCl มีค่า CCC เป็น 0.0300 M ซึ่งน้อยกว่า KBr และ KNO<sub>3</sub> ซึ่งมี CCC เป็น 0.0350 M และ 0.0800 M ตามลำดับ เนื่องจากขนาดของไอออนลบแตกต่างกัน โดย NO<sub>3</sub><sup>-</sup> > Br<sup>-</sup> > Cl<sup>-</sup> ซึ่งไอออนลบเหล่านี้ก็เกิดไฮเดรชันโดยมีโมเลกุลของน้ำห่อหุ้มเอาไว้เช่นกัน โดย Cl<sup>-</sup> มีขนาดเล็กจะมีความหนาแน่นของประจุมากกว่า และเกิดแรงดึงดูดกับอนุภาค Fe(OH)<sub>3</sub> ได้ดี ทำให้บีบหรือกดชั้นกระจายของชั้นซ้อนประจุให้เล็กลงได้ดีกว่า Br<sup>-</sup> และ NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ตามลำดับ อนุภาค Fe(OH)<sub>3</sub> sol ก็มีโอกาสนำเข้าใกล้กันและจับตัวกันจนเป็นกลุ่มก้อนได้ดีขึ้น

เมื่อพิจารณาขนาดประจุที่ล้อมรอบอนุภาค Fe(OH)<sub>3</sub> พบว่าถ้าเพิ่มค่าประจุที่ล้อมรอบลงไป เช่น Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> จะทำให้ค่า CCC ของ Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> น้อยกว่า ฤทธิ์ของ KNO<sub>3</sub>, NaNO<sub>3</sub> และ NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของ NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ต่อหนึ่งโมลของ Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> มีมากกว่า ปริมาณของ NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ต่อหนึ่งโมลของ KNO<sub>3</sub>, NaNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> อีกทั้งยังมีผลของ Mg<sup>2+</sup> ที่มีประจุ +2 เนื่องจากมีแรงดึงดูดกับอนุภาค Fe(OH)<sub>3</sub> ได้ดีกว่า Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> และ NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ที่มีประจุ +1 อีกด้วย

เมื่อเพิ่มประจุของอิเล็กโทรไลต์ที่เติมลงไป พบว่าประจุของอนุภาคที่มาล้อมรอบ ยิ่งมากยิ่งทำให้เกิดการจับก้อนได้ดี ซึ่งจะเห็นได้จากประจุของอนุภาคที่มาล้อมรอบเป็น -3 ทำให้ค่า CCC น้อยกว่าประจุ -2 และ -1 ตามลำดับ เช่น  $K_3PO_4$ ,  $K_2SO_4$  และ  $KNO_3$  ซึ่งจะให้ไอออนเป็น  $PO_4^{3-}$ ,  $SO_4^{2-}$  และ  $NO_3^-$  ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากประจุ -3 มีแรงดึงดูดกับอนุภาค  $Fe(OH)_3$  มากกว่า จึงเข้าหา  $Fe(OH)_3$  ได้ดี ทำให้เกิดการบีบหรือกดชั้นกระจายได้ดีกว่าประจุ -2 และ -1 ดังนั้นจึงทำให้เกิดการจับก้อนของ  $Fe(OH)_3$  ได้ดีโดยเติมไอออนที่มีประจุ -3 ลงไปเล็กน้อยเท่านั้น ก็ทำให้การจับก้อนเกิดขึ้น จะเห็นได้จากผลการทดลองที่พบว่า  $K_3PO_4$  จะมีค่า CCC น้อยที่สุดเท่ากับ 0.0315 mM ส่วน  $KNO_3$  มีค่า CCC มากที่สุดประมาณ 0.0800 M

#### 4.5 การศึกษาอิทธิพลของอิเล็กโทรไลต์ผสมที่มีต่อการจับก้อนของ $Fe(OH)_3$ sol

โดยวิธีวัดค่าความขุ่น

จากการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของอิเล็กโทรไลต์ผสมต่อการจับก้อนของ  $Fe(OH)_3$  sol โดยการเติม KBr ผสมกับ  $KNO_3$  ก่อนเติมลงใน  $Fe(OH)_3$  แล้วนำไปวัดค่าความขุ่นที่เวลาต่างๆ จากนั้นพล็อตระหว่างค่าความขุ่นของ  $Fe(OH)_3$  ที่ pH 4.20 ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ผสมระหว่าง  $KNO_3$  กับ KBr ที่มีความเข้มข้นต่างๆ กับเวลาได้ผลดังรูป 3.42 – 3.47 จะเห็นว่า KBr ที่เติมลง จะไปช่วยในการจับก้อนของ  $Fe(OH)_3$  ใน  $KNO_3$  ได้ โดยสังเกตจากสารละลายอิเล็กโทรไลต์ผสมที่มี 0.0300 M  $KNO_3$  กับ KBr เข้มข้นต่างๆ ทำให้  $Fe(OH)_3$  ที่ pH 4.20 เกิดการจับก้อนขึ้น แต่จากผลการทดลองดังรูป 3.17 ที่ 0.0300 M  $KNO_3$  ไม่สามารถทำให้  $Fe(OH)_3$  เกิดการจับก้อนได้ จึงจะใช้ 0.0300 M  $KNO_3$  เป็นตัวหลักในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ผสมคู่อื่นๆ ในการศึกษาอิทธิพลของอิเล็กโทรไลต์ผสมต่อการจับก้อนของ  $Fe(OH)_3$  ต่อไป

เมื่อเตรียม  $Fe(OH)_3$  sol ที่ pH 4.20 แล้วเติมอิเล็กโทรไลต์ผสมระหว่าง 0.0300 M  $KNO_3$  กับอิเล็กโทรไลต์ชนิดต่างๆ ได้แก่ KBr, KCl,  $Mg(NO_3)_2$ ,  $NaNO_3$ ,  $NH_4NO_3$ ,  $K_2SO_4$  และ  $K_3PO_4$  ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน ตามลำดับ แล้วนำไปวัดค่าความขุ่นที่เวลาต่างๆ โดยใช้ 0.0300 M  $KNO_3$  เป็นตัวหลักในอิเล็กโทรไลต์ผสม จึงถือว่าความเข้มข้นของ  $KNO_3$  นั้นคงที่ ดังนั้นความเข้มข้นที่นำมาแสดงทั้งในรูปและในตารางต่างๆ จึงเป็นความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์ตัวอื่นๆ ที่นำมาผสมกับ 0.0300 M  $KNO_3$  และเมื่อนำข้อมูลของค่าความขุ่นและเวลามาพล็อตกราฟ ได้ผลดังรูป 3.48, 3.51, 3.54, 3.57, 3.60, 3.63 และ 3.66 ตามลำดับ จากนั้นหาอัตราการจับก้อนเริ่มต้นจากกราฟ ได้ผลดังตาราง 3.38, 3.41, 3.44, 3.47, 3.50, 3.53 และ 3.56 ตามลำดับ และเมื่อนำอัตราการเริ่มต้นของการจับก้อนมาพล็อตกับ  $\log$  [อิเล็กโทรไลต์] ได้ผลดังรูป 3.49, 3.52, 3.55, 3.58, 3.61, 3.64 และ 3.67 ตามลำดับ แล้วหา W จากกราฟ ได้ผลดังตาราง 3.39,

3.42, 3.45, 3.48, 3.51, 3.54 และ 3.57 ตามลำดับ แล้วนำ  $\log W$  มาพล็อตกับ  $\log$  [อิเล็กโทรไลต์] ได้ผลดังรูป 3.50, 3.53, 3.56, 3.59, 3.62, 3.65 และ 3.68 ตามลำดับ แล้วหา CCC จากจุดตัดกันของเส้นกราฟ พบว่าค่า CCC ของอิเล็กโทรไลต์คู่ผสมระหว่าง 0.0300 M  $KNO_3$  กับอิเล็กโทรไลต์ชนิดต่างๆ ได้แก่  $KBr$ ,  $KCl$ ,  $Mg(NO_3)_2$ ,  $NaNO_3$ ,  $NH_4NO_3$ ,  $K_2SO_4$  และ  $K_3PO_4$  มีค่าเป็น 0.0150 M, 0.0125 M, 0.01125 M, 0.0400 mM, 0.0450 mM, 45 ppm และ 8 ppm ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 3.58

ในกรณีของ  $Fe(OH)_3$  ที่เตรียมที่ pH 4.20 ในอิเล็กโทรไลต์ผสม พบว่าอิเล็กโทรไลต์ที่เพิ่มลงไปเป็น  $Fe(OH)_3$  ที่มี  $KNO_3$  เข้มข้น 0.0300 M จะช่วยให้การจับก้อนของ  $Fe(OH)_3$  เกิดได้ดีขึ้น โดยความเข้มข้นวิกฤตของการจับก้อนจะน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับในกรณีที่ใช้อิเล็กโทรไลต์เดี่ยว ซึ่งจะเห็นได้จากตาราง 3.58 นั้นแสดงว่า การเพิ่มความเข้มข้นสารละลายของอิเล็กโทรไลต์เป็นการเพิ่มความแรงของไอออน (ionic strength) ทำให้ความหนาแน่นของไอออนในระบบเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม และมีผลทำให้ชั้นกระจายของชั้นซ้อนประจุของ  $Fe(OH)_3$  มีขนาดเล็กลง โอกาสที่อนุภาค  $Fe(OH)_3$  จะเข้าใกล้กันก็มากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้อัตราการจับก้อนของ  $Fe(OH)_3$  sol เพิ่มขึ้น

จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นได้ว่ากรณีของอนุภาค  $Fe(OH)_3$  sol ในน้ำที่มีประจุไฟฟ้าที่ผิวเป็นบวก และมีประจุไฟฟ้าที่ผิวสูงเนื่องจากการยึดเกาะของ  $Fe^{3+}$  จะมีแรงผลักรันสูงจนอนุภาคไม่สามารถเข้าใกล้กัน อนุภาคจึงไม่สามารถรวมตัวกันได้ ดังนั้นการทำลายเสถียรภาพของอนุภาคจึงเป็นการลดผลของประจุไฟฟ้าที่ผิวโดยการลดแรงผลักรันที่ทำให้อนุภาคอยู่ห่างกันเสียไป ซึ่งจะทำให้อนุภาคต่างๆ เข้ามาใกล้กันและเกิดการรวมตัวกันของอนุภาคเป็นอนุภาคใหญ่หรือเกิดการจับก้อน (coagulation) ซึ่งเป็นการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ ซึ่งเกิดขึ้นได้โดยเหตุผลดังนี้

1) ในกรณีนำอิเล็กโทรไลต์เข้ามาในระบบ  $Fe(OH)_3$  ซึ่งเป็นการเพิ่มสัดส่วนของการสัมผัสกันของอนุภาค  $Fe(OH)_3$  ไอออนที่เพิ่มขึ้นในระบบจะกดหรือบีบ (compression) ชั้นกระจายของชั้นซ้อนประจุให้มีขนาดเล็กลง ซึ่งมีผลทำให้สัดส่วนการชนกันของอนุภาคเพิ่มขึ้นและเกิดการรวมตัวของอนุภาคขึ้น หรือเกิดการจับก้อนขึ้น โดยที่อิเล็กโทรไลต์ที่ประกอบด้วย ไอออนที่มีขนาดเล็กและมีประจุสูงจะช่วยให้การจับก้อนของ  $Fe(OH)_3$  เกิดได้เร็วยิ่งขึ้น

2) การเพิ่ม pH ให้แก่  $Fe(OH)_3$  ก็มีผลช่วยในการลดอำนาจประจุของอนุภาค  $Fe(OH)_3$  ทำให้การจับก้อนของ  $Fe(OH)_3$  ในอิเล็กโทรไลต์เกิดได้ดีขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากค่า CCC ที่ได้จากการเตรียม  $Fe(OH)_3$  แล้วนำมาเติมอิเล็กโทรไลต์ลงไป โดยไม่ปรับ pH ซึ่งมี pH 3.00 พบว่ามีค่า CCC ของ  $KNO_3$  ที่ทำให้  $Fe(OH)_3$  sol เกิดการจับก้อนเป็น 0.4250 M แต่พอนำ  $Fe(OH)_3$  sol

มาปรับ pH เป็น 4.20 พบว่า มี CCC ของ  $\text{KNO}_3$  ที่ทำให้  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sol เกิดการจับก้อน เพียง 0.0800 M เท่านั้น

3) การเพิ่มอิเล็กโทรไลต์ลงไปใน  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sol ที่มีอิเล็กโทรไลต์อื่นอยู่แล้ว เป็นการเพิ่มความแรงของไอออน (ionic strength) ทำให้ความหนาแน่นของไอออนในระบบเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม และมีผลทำให้ชั้นกระจายของชั้นซ้อนประจุของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  มีขนาดเล็กลง โอกาสที่อนุภาค  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  จะเข้าใกล้กันก็มากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้อัตราการจับก้อนของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sol เพิ่มขึ้น

จากการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ข้อมูลที่ได้ทำให้สามารถทราบถึงเสถียรภาพของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ซึ่งเป็นไลโอโอฟบิกซอลในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ชนิดต่างๆ และผลของสภาพกรด-เบสที่มีต่อเสถียรภาพของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ชนิดต่างๆ โดยพบว่าอิเล็กโทรไลต์ชนิดไตรวาเลนท์ที่มีผลต่อการจับก้อนของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sol มากกว่าอิเล็กโทรไลต์ชนิดไดวาเลนท์และโมนวาเลนท์ตามลำดับ ซึ่งสังเกตได้จากความเข้มข้นวิกฤตการจับก้อนของอิเล็กโทรไลต์ชนิดไตรวาเลนท์ มีค่าน้อยกว่าอิเล็กโทรไลต์ชนิดไดวาเลนท์ และโมนวาเลนท์ตามลำดับ และการจับก้อนของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์เกิดได้ดีเมื่อ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  มี pH ประมาณ 4.2 และถ้ามีแอมโมเนียมไอออนสองชนิดหรือมากกว่า อยู่ในสารละลาย ไอออนที่มีผลต่อการจับก้อนของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  (มาล้อมรอบชั้นที่สอง) จะเป็นไอออนที่มีขนาดเล็กหรือเป็นไอออนที่มีประจุสูงกว่า ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทางจลนพลศาสตร์ของการจับก้อนของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sol ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในครั้งนี้ ยังสามารถใช้เป็นข้อมูลสำหรับแก้ไขปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมทางน้ำ โดยสามารถกำจัดความขุ่นหรือสารแขวนลอยที่เกิดจากอนุภาคคอลลอยด์ขนาดเล็ก เช่น  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ที่พบมากในน้ำบาดาลและแม่น้ำลำคลอง และสร้างปัญหาทำให้น้ำขุ่นและสกปรก โดยอาจปรับสภาพให้  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sol เกิดการรวมตัวกันหรือจับกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ขึ้นจนหนักพอที่จะตกตะกอนลงมาและสามารถกรองออกได้ ซึ่ง  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  เป็นผลึกที่มีพื้นผิวมากสามารถดูดซับสารอื่น เช่น ฟอสเฟต ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) ในน้ำซึ่งเป็นอาหารหลักของพืชทำให้เกิดความไม่สมดุลในระบบนิเวศของพืชในน้ำ เช่นสภาพที่เรียกว่า eutrophication หรือ algae bloom ที่มีส่วนทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดน้อยลง ทำให้แม่น้ำตื้นเขินและเกิดปัญหาน้ำเน่าเสียเมื่อพืชเหล่านั้นตายไป ถ้ากำจัดอนุภาคคอลลอยด์ขนาดเล็กเหล่านี้ออกจากน้ำได้จะทำให้มีคุณภาพดีและนำไปใช้ยิ่งขึ้น