

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาคุณภาพของน้ำประปา น้ำรีเวอร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis) น้ำรีเวอร์สออสโมซิสที่ใช้ในหอทำความเย็นและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแยกตะกอนด้วยวิธีอิเล็กโตรไลซิสในน้ำบรายน

1. สรุปผลการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อศึกษาลักษณะของน้ำประปา น้ำรีเวอร์สออสโมซิส และน้ำรีเวอร์สออสโมซิสที่ใช้ในหอทำความเย็น

1.1.2 ศึกษาเปรียบเทียบการแยกตะกอนด้วยวิธีอิเล็กโตรไลซิสในน้ำบรายน

1.2 วิธีดำเนินการวิจัย

1.2.1 ประชากร/กลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ตัวอย่างน้ำบรายนได้จากกระบวนการผลิตน้ำรีเวอร์สออสโมซิส ทำการต่อท่อน้ำบรายน เพื่อจ่ายเข้ากับหอทำความเย็นและต่อระบบท่อน้ำของตัวหอทำความเย็นเข้ากับอุปกรณ์แยกตะกอนเพื่อให้ น้ำในหอทำความเย็นหมุนเวียนผ่านตัวอุปกรณ์แยกตะกอน

1.2.2 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำประปา น้ำรีเวอร์สออสโมซิส น้ำรีเวอร์สออสโมซิส ในหอทำความเย็นและเก็บตัวอย่างน้ำบรายนก่อนและที่ผ่านการแยกตะกอนด้วยวิธีทางไฟฟ้าเพื่อส่งผลนำไปวิเคราะห์

1.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- ภาชนะเก็บตัวอย่างน้ำ
- เครื่องวัดค่าพีเอชและเครื่องวัดค่าความนำทางไฟฟ้า

- อุปกรณ์แยกตะกอนทางไฟฟ้า
- เครื่องคำนวณ
- คอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์

1.2.4 วิธีดำเนินการศึกษาและทดลอง

- 1) ทำการศึกษาระบบการผลิตน้ำเพื่อกำหนดจุดตรวจวัดและเก็บตัวอย่างน้ำ
- 2) เก็บตัวอย่างน้ำตามแผนการทดลองที่กำหนดไว้ ได้แก่ น้ำประปา น้ำรีเวอร์สออสโมซิส น้ำรีเวอร์สออสโมซิสที่ใช้ในหอทำความเย็น น้ำบรายด์ก่อนและน้ำบรายน์หลังจากผ่านการแยกตะกอนด้วยวิธีทางไฟฟ้า

1.2.5 การรวบรวมข้อมูล

ทำการรวบรวมผลการวิเคราะห์น้ำประปา น้ำรีเวอร์สออสโมซิส น้ำบรายน์ (Brine) ก่อนและหลังแยกตะกอนด้วยวิธีทางไฟฟ้า

1.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

- 1) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ทดลองได้โดยใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- 2) วิเคราะห์ข้อมูลที่ทดลองได้โดย paired test เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างก่อนและหลังการแยกตะกอนด้วยวิธีทางไฟฟ้า

1.3 สรุปผลการวิจัย

1.3.1 พิเศษ ค่าพีเอชของน้ำบรายน์เมื่อนำไปใช้ในหอทำความเย็นและผ่านอุปกรณ์แยกตะกอนจะมีค่าสูงเนื่องจากน้ำบรายน์จะมีความกระด้างสูงอันเนื่องมาจากแคลเซียม แมกนีเซียม ความนำไฟฟ้าและคลอไรด์ไอออนที่เป็นส่วนประกอบ ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับค่าพีเอชของน้ำรีเวอร์สออสโมซิสจะพบว่าน้ำรีเวอร์สออสโมซิส จะมีพีเอชต่ำเนื่องจากแร่ธาตุต่างๆ ในน้ำถูกกำจัดออกโดยเยื่อเมมเบรน ค่าพีเอชที่ต่ำนี้จะทำให้เกิดการกัดกร่อนภายในท่อได้

1.3.2 ค่าความนำไฟฟ้า ค่าความนำไฟฟ้าน้ำบรายน์ก่อนแยกตะกอนจะมีค่าสูงกว่าค่าความนำไฟฟ้าของน้ำรีเวอร์สออสโมซิส ที่ใช้ในหอทำความเย็นเมื่อผ่านอุปกรณ์แยกตะกอนค่าเฉลี่ยความนำไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นในการควบคุมค่าความนำไฟฟ้าจะต้องดูเรื่องการบำบัดดอฟและอัตราการหมุนเวียนของน้ำเป็นอย่างดี

1.3.3 ค่าความกระด้างทั้งหมด ค่าความกระด้างทั้งหมดเมื่อผ่านกระบวนการผลิตน้ำรีเวอร์สออสโมซิสไม่พบว่ามีค่าความกระด้างทั้งหมด หลังจากนำเอาน้ำรีเวอร์สออสโมซิสไปใช้ในหอทำความเย็นค่าเฉลี่ยความกระด้างทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อนำน้ำบรายนมาใช้ในการหอทำความเย็นโดยผ่านอุปกรณ์แยกตะกอน จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความกระด้างทั้งหมดมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสาเหตุมาจากสภาพสิ่งแวดล้อมในการติดตั้งหอทำความเย็น อุณหภูมิการดูแลการบลิคอฟและการควบคุมรอบในการใช้น้ำ

1.3.4 ค่าความกระด้างแคลเซียม ค่าความกระด้างแคลเซียม เมื่อผ่านกระบวนการผลิตน้ำรีเวอร์สออสโมซิสไม่พบว่ามีค่าความกระด้างแคลเซียม หลังจากนำเอาน้ำรีเวอร์สออสโมซิสไปใช้ในหอทำความเย็นค่าความกระด้างแคลเซียมมีค่าเพิ่มขึ้น แต่จากการศึกษาวิเคราะห์ค่าความกระด้างแคลเซียมในน้ำบรายนพบว่าค่าความกระด้างแคลเซียมของน้ำบรายนมีค่าลดลงร้อยละ 4.7 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำบรายนเมื่อไม่ได้ผ่านอุปกรณ์แยกตะกอน สรุปได้ว่าอุปกรณ์การแยกตะกอนสามารถแยกแคลเซียมออกได้

1.3.5 ค่าเหล็กทั้งหมด ค่าเหล็กทั้งหมดของน้ำประปามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.04 เมื่อผ่านกระบวนการผลิตน้ำรีเวอร์สออสโมซิส พบว่ามีค่าเหล็กทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 0.01 หลังจากนำเอาน้ำรีเวอร์สออสโมซิสไปใช้ในหอทำความเย็นค่าเหล็กทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.25 แต่จากการศึกษาวิเคราะห์ค่าเหล็กทั้งหมดในน้ำบรายนไม่พบว่ามีค่าเหล็กทั้งหมดของน้ำบรายน แต่ค่าค่าเหล็กทั้งหมดในน้ำบรายนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อนำไปใช้ในหอทำความเย็นและผ่านตัวแยกตะกอนเท่ากับ 0.7 จะเห็นได้ว่าทั้งกรณีใช้น้ำรีเวอร์สออสโมซิสและน้ำบรายนจะพบปริมาณเหล็ก นั่นคือระบบท่อหอทำความเย็นมีปัญหาการกัดกร่อนภายในท่อ

1.3.6 ค่าคลอไรด์อออน ค่าคลอไรด์อออนจากกระบวนการผลิตน้ำรีเวอร์สออสโมซิสไม่พบว่ามีค่าคลอไรด์อออน หลังจากนำเอาน้ำรีเวอร์สออสโมซิสไปใช้ในหอทำความเย็น ค่าคลอไรด์อออนมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 114 แต่จากการศึกษาวิเคราะห์ค่าคลอไรด์อออนในน้ำบรายนพบว่าค่าคลอไรด์อออนของน้ำบรายนเฉลี่ยเท่ากับ 69 แต่ค่าคลอไรด์อออนในน้ำบรายนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อนำไปใช้ในหอทำความเย็นและผ่านตัวแยกตะกอนเท่ากับ 233 ในการควบคุมปริมาณคลอไรด์จะต้องควบคุมการบลิคอฟรอบการหมุนเวียนของน้ำ และการซ่อมบำรุงตัวหอทำความเย็น

1.3.7 ค่าแมกนีเซียม ค่าแมกนีเซียมจากกระบวนการผลิตน้ำรีเวอร์สออสโมซิส พบว่ามีค่าแมกนีเซียมน้อยมาก หลังจากนำเอาน้ำรีเวอร์สออสโมซิสไปใช้ในหอทำความเย็นค่าแมกนีเซียมมีค่าเพิ่ม แต่จากการศึกษาวิเคราะห์ค่าแมกนีเซียมในน้ำบรายนค่าแมกนีเซียมในน้ำบรายนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อนำไปใช้ในหอทำความเย็น

2. การอภิปรายผล

2.1 สภาพน้ำก่อนแยกตะกอน

พีเอชเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ควบคุมกระบวนการบำบัดน้ำเสียแทบทุกประเภท พีเอชบอกถึงความเข้มข้นของ H^+ ในน้ำผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เปรียบเทียบค่าพีเอชในน้ำบรายนำไปใช้ในหอทำความเย็นและผ่านอุปกรณ์แยกตะกอน ค่าพีเอชจะเพิ่มขึ้น ค่าพีเอชของน้ำประปา จะมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มาตรฐานน้ำประปาตามมาตรฐานการประปานครหลวงเกณฑ์กำหนดสูงสุดค่าความเป็นกรดต่ำเท่ากับ 6.5-8.5 เกณฑ์ที่กำหนดคอนูโลมให้สูงสุดไม่เกิน 9.2 น้ำรีเวอร์สออสโมซิสพบว่าค่าพีเอชเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำประปา เนื่องจากน้ำรีเวอร์สออสโมซิสคือน้ำที่ผ่านการกรองด้วยเครื่องรีเวอร์สออสโมซิส หลักการของการกรองแบบนี้จะใช้เยื่อเมมเบรน (membrane) เป็นสารกรองโดยอัดน้ำภายใต้แรงดันสูงให้ผ่านเยื่อเมมเบรน เฉพาะโมเลกุลของน้ำเท่านั้นที่สามารถซึมผ่านเยื่อเมมเบรนได้ พวกเกลือแร่ธาตุต่างๆ และอนุภาคแขวนลอยจะถูกกรองทิ้งไป ระบบรีเวอร์สออสโมซิสไม่สามารถกำจัดสารอนินทรีย์ที่ไม่มีประจุไฟฟ้าได้ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ คลอรีน เป็นต้น การเติมคลอรีนเพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของสาหร่ายและจุลินทรีย์อื่นๆ เมื่ออยู่ในน้ำคลอรีนจะสร้างกรดเกลือและสารไฮโปคลอไรต์ ทำให้พีเอชต่ำ ซึ่งเป็นผลให้เกิดการกัดกร่อนขึ้นได้ ผลเสียของคลอรีนคือมันลดประสิทธิภาพของสารกันสนิมบางอย่างโดยการชะลอการสร้างฟิล์มป้องกันให้กับโลหะที่ผุกร่อนอยู่แล้ว ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่จึงเป็นสาเหตุให้น้ำที่ผ่านระบบกรองมีค่าพีเอชต่ำมีฤทธิ์เป็นกรด เมื่อนำเอาน้ำรีเวอร์สออสโมซิสไปใช้ในหอทำความเย็นพบว่าค่าพีเอชมีค่าต่ำลงอีกเล็กน้อย ดังนั้นจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของน้ำโดยอาจจะต้องใช้สารเคมีเพื่อลดการกัดกร่อนภายในท่อ สำหรับน้ำบรายนจากการวิจัยพบว่าค่าพีเอชของน้ำบรายนก่อนแยกตะกอนจะค่าสูงกว่าค่าพีเอชของน้ำประปาเล็กน้อยคือมีค่าเท่ากับ 7.6 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานน้ำประปาจะไม่ทำให้เกิดการกัดกร่อนเมื่อนำมาใช้ในหอทำความเย็น เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำรีเวอร์สออสโมซิสที่ผลิตได้และน้ำรีเวอร์สออสโมซิสที่ใช้ในหอทำความเย็น ค่าพีเอชจะสูงกว่าและไม่มีสภาพเป็นกรด เมื่อทำการทดลองนำน้ำบรายนผ่านอุปกรณ์แยกตะกอน พบว่าจะมีค่าพีเอชสูงขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 9.10 ถ้าพีเอช เพิ่มขึ้นสูงกว่า 10 อัตราการกัดกร่อนโลหะยิ่งต่ำลง แต่การเพิ่มพีเอชให้สูงกว่า 12 จะทำให้อัตราการกัดกร่อนโลหะสูงขึ้น สาเหตุคือเมื่อเหล็กทำปฏิกิริยากับค่างไฮดรอกไซด์ จะได้ก๊าซไฮโดรเจนซึ่งหลุดหนีออกจากน้ำ การสูญเสียไฮโดรเจนออกจากน้ำทำให้เหล็กผุกร่อน ดังนั้นการนำเอาน้ำบรายนไปใช้ก็ต้องมีการควบคุมค่าพีเอชไม่ให้สูงเกินไป ค่าความนำไฟฟ้าในน้ำบรายนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อนำไปใช้ในหอทำความเย็นและผ่านตัวแยกตะกอนเท่ากับ 411 น้ำกระด้างมากกว่า 100 mg/L as $CaCO_3$ จะไม่เหมาะสมกับการใช้ชักฟอกและชำระร่างกายตลอด

จนถึงการใช้ในทางอุตสาหกรรม ทั้งนี้เนื่องจากอิออนของแคลเซียมและแมกนีเซียมจะไปทำให้สบู่ตกตะกอนซึ่งทำให้เพิ่มค่าใช้จ่ายมากในการซักฟอกและชำระร่างกายในงานอุตสาหกรรมความกระด้างจะทำให้เกิดตะกอนในหม้อต้มน้ำของโรงงานอุตสาหกรรมความกระด้างในระดับที่มากกว่า 500 mg/L as CaCO_3 ไม่เหมาะสำหรับการใช้งานทั่วไปในชุมชนและถือว่าเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ดื่มน้ำกระด้างระดับนี้มาดื่มน้ำดื่มโดยทั่วไปจะมีความกระด้างประมาณ 250 mg/L as CaCO_3 น้ำที่มีค่าความกระด้างต่ำกว่า 200 mg/L as CaCO_3 ยอมรับกันว่าเป็นน้ำดื่มได้ คนส่วนมากมักจะชอบหรือไม่อยากใช้น้ำที่มีความกระด้างมากกว่า 250 mg/L as CaCO_3 อย่างไรก็ตามความกระด้างโดยตัวเองแล้วไม่มีผลกระทบที่สำคัญทางชีววิทยา การนำไฟฟ้าบอถึงความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ชนิดของอิออนที่มีอยู่ในน้ำ และอุณหภูมิในขณะที่ทำการวัดไม่ได้เป็นการบอถึงอิออนตัวใดตัวหนึ่งโดยเฉพาะสารประกอบอนินทรีย์ของกรด - ด่างและเกลือ สามารถนำไฟฟ้าได้ดี ค่าความนำไฟฟ้าในน้ำรีเวอร์สออสโมซิสจะมีค่าต่ำมากเนื่องจากแร่ธาตุต่างๆ จะถูกกำจัดออกโดยเยื่อเมมเบรน จากการใช้รีเวอร์สออสโมซิสในหอทำความเย็นพบว่าค่าความนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อนำเอาน้ำบราวน์ ซึ่งเป็นน้ำที่ปกติจะมีค่าความนำไฟฟ้าสูงมาใช้ในหอทำความเย็นก็จะพบว่ายังมีค่าสูงขึ้น ซึ่งเมื่อทำการแยกตะกอนด้วยวิธีอิเล็กโตรไลซิสจะไม่สามารถทำให้ลดค่าความนำไฟฟ้าในน้ำบราวน์ลงค่าความกระด้างทั้งหมดในน้ำประปาจัดว่าเป็นน้ำที่มีความกระด้างเล็กน้อย เมื่อนำไปผ่านกระบวนการผลิตน้ำรีเวอร์สออสโมซิสค่าความกระด้างทั้งหมดจะมีค่าต่ำมาก เมื่อนำเอาน้ำรีเวอร์สออสโมซิสไปใช้ในระบบหอทำความเย็น พบว่าค่าความกระด้างทั้งหมดเฉลี่ยแล้วอยู่ในช่วงของน้ำกระด้างเล็กน้อย เมื่อนำเอาน้ำบราวน์ไปใช้ในหอทำความเย็น โดยผ่านอุปกรณ์แยกตะกอนพบว่าค่าความกระด้างทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น 1.26 เท่าของก่อนแยกตะกอน ค่าเฉลี่ยของน้ำบราวน์ก่อนและหลังแยกตะกอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 325 และ 410 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 300 จึงจัดว่าเป็นน้ำที่มีความกระด้างมาก (100 – 150 mg/L กระด้างเล็กน้อย, เกิน 300 mg/L กระด้างมาก, การจัดการคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช หน่วยที่ 2 หน้า 51) จะต้องทำการปรับปรุงคุณภาพผลที่ได้จากการทดลองค่าความกระด้างแคลเซียมในน้ำประปาเฉลี่ยเท่ากับ 88 มก./ล. ตามมาตรฐานการประปานครหลวง เกณฑ์กำหนดสูงสุดค่าแคลเซียมเท่ากับ 75 มก./ล เกณฑ์ที่กำหนดคอนูโลมให้สูงสุดไม่เกิน 200 มก./ล หลังจากนำเอาน้ำรีเวอร์สออสโมซิสไปใช้ในระบบหอทำความเย็น ค่าเฉลี่ยของความกระด้างแคลเซียมสูงกว่าค่าเฉลี่ยความกระด้างแคลเซียมของน้ำประปาเล็กน้อย สำหรับน้ำบราวน์ก่อนทำการแยกตะกอนจะมีค่าความกระด้างแคลเซียมสูงกว่าน้ำประปาและน้ำรีเวอร์สออสโมซิสในหอทำความเย็นหลังผ่านอุปกรณ์แยกตะกอน พบว่าค่าความกระด้างแคลเซียม จะมีค่าลดลงร้อยละ 4.7 ในการปรับระดับความกระด้างแคลเซียมจะต้องทำโดยระมัดระวัง ความกระด้างแคลเซียมสามารถเพิ่มขึ้น

โดยการเพิ่มของแคลเซียมคลอไรด์ ค่าเหล็กทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้จากการทดลอง พบว่าค่าเหล็กทั้งหมดของน้ำประปาและน้ำรีเวอร์สออสโมซิสจะมีค่าใกล้เคียงกันมาก น้ำหล่อเย็นควรมีปริมาณเหล็กน้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (มาตรฐานของน้ำเพื่อการอุตสาหกรรม การจัดการคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช หน่วยที่ 2 หน้า 55) ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำบรายนในหอทำความเย็นหลังจากแยกตะกอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.67 แสดงว่ามีการกัดกร่อนภายในท่อของระบบหอทำความเย็นอันเป็นผลมาจากที่ก่อนการทดลองหอทำความเย็นใช้น้ำรีเวอร์สออสโมซิสในการระบายความร้อนของระบบ ซึ่งน้ำรีเวอร์สออสโมซิสจะมีค่าพีเอชที่ต่ำกว่าน้ำประปาและน้ำบรายน น้ำดื่มไม่ควรมีเหล็กเกินกว่า 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร เหล็กเป็นธาตุอาหารของมนุษย์เพราะช่วยให้เม็ดเลือดมีสีแดง คนที่ขาดเหล็กมักเป็นโรคโลหิตจาง แต่ถ้าร่างกายได้รับเหล็กมากเกินไปและไม่สามารรถขับถ่ายออกได้หมดเหล็กจะถูกสะสมไว้ที่ตับ ทำให้เป็นโรคเกี่ยวกับตับได้ คลอไรด์ในน้ำบรายนหลังแยกตะกอนจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเท่ากับ 3 เท่าของปริมาณคลอไรด์ของน้ำบรายนก่อนแยกตะกอนมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 233 น้ำประปาตามมาตรฐานการประปานครหลวงเกณฑ์กำหนดสูงสุดคลอไรด์เท่ากับ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร เกณฑ์ที่กำหนดคอนูโลมให้สูงสุดไม่เกิน 600 มิลลิกรัมต่อลิตร คลอไรด์ในรูปของคลอไรด์อออน ถ้ามีปริมาณมากพอจะทำให้ น้ำมีรสเค็มหรือน้ำกร่อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอออนบวก (Cation) ในน้ำด้วย เช่น น้ำบางแหล่งมีปริมาณคลอไรด์ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีรสเค็มถ้ามีอออนบวกอยู่ในน้ำคือ โซเดียม(Sodium) ทำให้เกิดเป็นสารประกอบอออนิก (Ionic Compound) ที่มีรสเค็ม แต่ในน้ำบางแหล่งมีปริมาณคลอไรด์สูงถึง 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ไม่มีรสเค็มเนื่องจากไม่มีโซเดียมแต่มีปริมาณอออนบวกชนิดอื่น เช่น แคลเซียม(Calcium) และแมกนีเซียม (Magnesium) เป็นต้น เพื่อควบคุมให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำต่างๆ อันเนื่องมาจากปริมาณคลอไรด์จากน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานอุตสาหกรรมน้อยที่สุด จึงต้องมีมาตรการควบคุมดูแลการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอย่างใกล้ชิดและควรเก็บข้อมูลคุณลักษณะน้ำทิ้งและแหล่งรองรับน้ำต่างๆ เพื่อใช้ในการพิจารณาหามาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหที่อาจจะเกิดขึ้นต่อไป โดยเฉพาะในส่วนการตรวจวัดปริมาณเกลือแคง ซึ่งจะสามารถวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์เพื่อที่จะได้ทราบปริมาณของโซเดียมคลอไรด์ได้ ปริมาณคลอไรด์ในน้ำ อาจใช้แสดงถึงปริมาณสารละลายทั้งหมดที่อยู่ในน้ำได้ในบางกรณี สารตัวนี้ไม่ก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องตะกอนเพราะสามารถละลายน้ำได้สูงมาก น้ำที่มีปริมาณคลอไรด์สูงหากผ่านไปในห้องโหะจะทำให้โหะผุกร่อนได้เร็ว และยังเกิดปัญหาในการนำน้ำไปใช้เพื่อการเกษตร ในน้ำธรรมชาติมีปริมาณคลอไรด์แตกต่างกันตามภูมิประเทศ ในบริเวณที่มีดินเค็มหรือใกล้น้ำทะเลจะมีปริมาณคลอไรด์ค่อนข้างสูง นอกจากนี้ถ้าแหล่งน้ำถูกปนเปื้อนด้วยน้ำเสียของชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมประเภทที่ใช้เกลือ หรือกรดที่มีคลอไรด์เป็น

องค์ประกอบแล้วจะมีปริมาณคลอไรด์สูงขึ้นเสมอ มาตรฐานน้ำดื่มใช้กำหนดให้มีได้ไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าแมกนีเซียมพบว่าเมื่อนำเอาน้ำรีเวอร์สออสโมซิสไปใช้ในหอทำความเย็น ค่าแมกนีเซียมเฉลี่ยจะมีค่าต่ำกว่าค่าแมกนีเซียมเฉลี่ยของน้ำประปา ในขณะที่ค่าแมกนีเซียมของน้ำบรยัคจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.6 มาตรฐานน้ำประปาตามมาตรฐานการประปานครหลวงเกณฑ์กำหนดสูงสุดค่าแมกนีเซียมเท่ากับ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เกณฑ์ที่กำหนดคอนูโลมให้สูงสุดไม่เกิน 150 มิลลิกรัม เมื่อนำน้ำบรยัคไปทดลองใช้ในหอทำความเย็นและผ่านการแยกตะกอน ค่าแมกนีเซียมจะมีค่าสูงประมาณ 2 เท่าของน้ำบรยัคที่ไม่ได้ผ่านการแยกตะกอนแต่ไม่เกินมาตรฐานน้ำประปา

2.2 เปรียบเทียบน้ำบรยัคก่อนและหลังแยกตะกอน

เมื่อทำการทดลองนำน้ำบรยัคผ่านอุปกรณ์แยกตะกอน พบว่าจะมีค่าพีเอชสูงขึ้น ขึ้นอยู่กับลักษณะของภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมหลายประการ เช่น ลักษณะของพื้นดินและหิน ปริมาณฝนตกตลอดจนการใช้ที่ดินในบริเวณแหล่งน้ำ ระดับพีเอชของน้ำจะเปลี่ยนแปลงตามพีเอชของดินด้วย นอกจากนี้สิ่งที่มีชีวิตในน้ำ เช่น จุลินทรีย์และแพลงตอนพืช ก็สามารถทำให้ค่าพีเอชของน้ำเปลี่ยนแปลงไปด้วย ถ้าพีเอชเพิ่มขึ้นสูงกว่า 10 อัตราการกักกร่อนโลหะยิ่งต่ำลง แต่การเพิ่มพีเอชให้สูงกว่า 12 จะทำให้อัตราการกักกร่อนโลหะสูงขึ้น สาเหตุคือเมื่อเหล็กทำปฏิกิริยากับด่างไฮดรอกไซด์ จะได้ก๊าซไฮโดรเจน ซึ่งหลุดหนีออกจากน้ำ การสูญเสียไฮโดรเจนออกจากน้ำทำให้เหล็กผุกร่อน ดังนั้นการนำเอาน้ำบรยัคไปใช้ก็ต้องมีการควบคุมค่าพีเอชไม่ให้สูงเกินไป แต่ถ้ามีค่าความเป็นด่างสูง การเปลี่ยนแปลงพีเอชมีไม่มากนัก อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช แม้จะอยู่ในช่วงที่ดีและสูงมาก หากเกิดขึ้นในระยะเวลาสั้น ๆ นับว่ายังไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ แหล่งน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงของพีเอชเกินกว่า 2 หน่วย ในรอบวัน ผลการวิเคราะห์ Paired Samples Test ค่า Sig. (two-tailed) เท่ากับ 0.001 ซึ่งมีน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก คือค่าพีเอชในน้ำบรยัคก่อนและหลังแยกตะกอนแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เปรียบเทียบค่าความนำไฟฟ้าบอกถึงความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ชนิดของไอออนที่มีอยู่ในน้ำ และอุณหภูมิในขณะที่ทำการวัด ไม่ได้เป็นการบอกถึงไอออนตัวใดตัวหนึ่งโดยเฉพาะ สารประกอบอนินทรีย์ของกรด ค่าง และเกลือ สามารถนำไฟฟ้าได้ดี เมื่อนำเอาน้ำบรยัคซึ่งเป็นน้ำที่ปกติจะมีค่าความนำไฟฟ้าสูงมาใช้ในหอทำความเย็นก็จะพบว่ายังมีค่าสูงขึ้น ซึ่งเมื่อทำการแยกตะกอนด้วยวิธีอิเล็กโตรไลซิส จะไม่สามารถทำให้ลดค่าความนำไฟฟ้าในน้ำบรยัคลงได้ ถ้าค่าความนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นแสดงว่ามีสารที่แตกตัวในน้ำเพิ่มขึ้นหรือถ้าค่าความนำไฟฟ้าลดลงก็แสดงว่าสารที่แตกตัวได้ในน้ำลดลง ความนำไฟฟ้านิยมวัดออกมาในรูปอัตราส่วนของความต้านทาน อุณหภูมิภายในหอทำความเย็นจะมีผลต่อการแตกตัวของไอออน อุณหภูมิสูงค่าการแตก

ตัวจะมากขึ้น ความนำไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นการควบคุมค่าความนำไฟฟ้าของน้ำบรายนจะต้องควบคุมรอบของการหมุนเวียนของน้ำที่ใช้ ตลอดจนสภาพแวดล้อมและตำแหน่งที่ตั้งของตัวหอทำความเย็น จากผลการวิเคราะห์ Paired Samples Test ค่า Sig. (two-tailed) เท่ากับ 0.009 ซึ่งมีน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก คือค่าความนำไฟฟ้าของน้ำบรายด์ก่อนและหลังแยกตะกอนแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าความกระด้างทั้งหมด เมื่อนำเอาน้ำบรายนไปใช้ในหอทำความเย็น โดยผ่านอุปกรณ์แยกตะกอนพบว่าค่าความกระด้างทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่ามากกว่า 300 จึงจัดว่าเป็นน้ำที่มีความกระด้างมาก (100 – 150 มิลลิกรัมต่อลิตร กระด้างเล็กน้อย, เกิน 300 มิลลิกรัมต่อลิตรกระด้างมาก,การจัดการคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช หน่วยที่ 2 หน้า 51) จะต้องทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ความกระด้างทั้งหมด ได้แก่ ผลรวมของอิออนประจุบวกที่มีวาเลนซ์เท่ากับ 2 ทั้งหมด เช่น Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} ความกระด้างทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับสภาพค่าทั้งหมด เนื่องจากอิออนบวกของความกระด้างและอิออนลบของสภาพค่าได้มาจากการแตกตัวของแร่คาร์บอเนต ชนิดต่างๆ จากผลการวิเคราะห์ Paired Samples Test ค่า Sig. (two-tailed) เท่ากับ 0.008 ซึ่งมีน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก คือค่าความกระด้างทั้งหมดก่อนและหลังแยกตะกอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เปรียบเทียบค่าความกระด้างแคลเซียม หลังผ่านอุปกรณ์แยกตะกอน พบว่าค่าความกระด้าง แคลเซียมจะมีค่าลดลงร้อยละ 4.7 สรุปได้ว่าอุปกรณ์แยกตะกอนมีผลมากต่อการแยกปริมาณความกระด้างแคลเซียมในน้ำบรายน จากผลการวิเคราะห์ Paired Samples Test ค่า Sig. (two-tailed) เท่ากับ 0.455 ซึ่งมีมากกว่า 0.05 แสดงว่ายอมรับสมมติฐานหลัก คือค่าความกระด้างแคลเซียมของน้ำบรายนก่อนและหลังแยกตะกอนไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เปรียบเทียบค่าเหล็กทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้จากการทดลอง จากผลการวิเคราะห์ Paired Samples Test ค่า Sig. (two-tailed) เท่ากับ 0.022 ซึ่งมีน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก คือค่าความกระด้างแคลเซียมในน้ำบรายนก่อนและหลังแยกตะกอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เปรียบเทียบคลอไรด์ในน้ำบรายนหลังแยกตะกอนจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเท่ากับ 3 เท่าของปริมาณคลอไรด์ของน้ำบรายนก่อนแยกตะกอน คลอไรด์ในรูปของคลอไรด์อิออนถ้ามีปริมาณมากพอจะทำให้มีรสเค็มหรือน้ำกร่อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอิออนบวก (Cation) ในน้ำด้วย เช่น น้ำบางแหล่งมีปริมาณคลอไรด์ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีรสเค็ม ถ้ามีอิออนบวกอยู่ในน้ำคือ โซเดียม (Sodium) ทำให้เกิดเป็นสารประกอบอิออนิก (Ionic Compound) ที่มีรสเค็ม เพื่อควบคุมให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำต่างๆ อันเนื่องมาจากปริมาณคลอไรด์จากน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานอุตสาหกรรมน้อยที่สุด จึงต้องมีมาตรการควบคุมดูแลการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

อย่างใกล้ชิดและควรเก็บข้อมูลคุณลักษณะน้ำทิ้งและแหล่งรองรับน้ำต่างๆ เพื่อใช้ในการพิจารณาหามาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหที่อาจจะเกิดขึ้นต่อไป โดยเฉพาะในส่วนการตรวจวัดปริมาณแก๊สโอโซนซึ่งจะสามารถวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์เพื่อที่จะได้ทราบปริมาณของโซเดียมคลอไรด์ได้ ปริมาณคลอไรด์ในน้ำอาจใช้แสดงถึงปริมาณสารละลายทั้งหมดที่อยู่ในน้ำได้ในบางกรณี สารตัวนี้ไม่ก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องตะกอนเพราะสามารถละลายน้ำได้สูงมาก แต่ก่อปัญหาในเรื่องการกัดกร่อนโลหะได้มาก ในบางครั้งอาจใช้คลอไรด์ในการคำนวณหาปริมาณโบล์ความ (Blowdown) ของระบบหอทำความเย็น จากผลการวิเคราะห์ Paired Samples Test ค่า Sig. (two-tailed) เท่ากับ 0.006 ซึ่งมีน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก คือค่า คลอไรด์ไอออนในน้ำบรายนก่อนและหลังแยกตะกอนแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าแมกนีเซียม เมื่อนำน้ำบรายนไปทดลองใช้ในหอทำความเย็นและผ่านการแยกตะกอน ค่าแมกนีเซียมจะมีค่าสูงประมาณ 2 เท่าของน้ำบรายนที่ไม่ได้ผ่านการแยกตะกอนแต่ไม่เกินมาตรฐานน้ำประปา จากผลการวิเคราะห์ Paired Samples Test ค่า Sig. (two-tailed) เท่ากับ 0.039 ซึ่งมีน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก คือค่าแมกนีเซียมในน้ำบรายนก่อนและหลังแยกตะกอนแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การควบคุมความเข้มข้นของสารต่างๆ ในน้ำหล่อเย็นโดยการระบายน้ำหมุนเวียนบางส่วนทิ้งเพื่อควบคุมระดับความเข้มข้นของสารต่างๆ ในน้ำหล่อเย็น น้ำที่สูญเสียไปเนื่องจากโดนลมพัด จัดว่าเป็นส่วนหนึ่งของบลิตคอฟ ระบบน้ำหล่อเย็นที่ดีจะต้องมีบลิตคอฟค่าหรือไม่มีเลย การไม่มีบลิตคอฟหมายความว่าน้ำที่ถูกลมพัดไปมีสารละลายติดออกไปด้วยในปริมาณที่สูงจนกระทั่งไม่ต้องทำบลิตคอฟเพิ่มอีกเลย บลิตคอฟมีจุดมุ่งหมายหลักในการจำกัดหรือควบคุมความเข้มข้นของส่วนประกอบ 3 ชนิดในน้ำหล่อเย็นคือ ความเป็นด่าง ความกระด้างทั้งหมดและซิลิกา ความกระด้างของน้ำมีผลต่อกระบวนการผลิตและระบบน้ำในอุตสาหกรรมอย่างมาก การควบคุมความกระด้างของน้ำให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจะมีส่วนช่วยให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดหรือเครื่องจักรสามารถทำงานได้โดยไม่เกิดปัญหาตะกอนหรือการกัดกร่อนและประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา การตรวจวิเคราะห์หาความกระด้างของน้ำมีอยู่หลายวิธี ผู้เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ต้องพิจารณาและเลือกวิธีการที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตและระบบน้ำของอุตสาหกรรมนั้น สำหรับการวิจัยในครั้งนี้จะทำให้เข้าใจคุณลักษณะของน้ำรีเวอร์สออสโมซิสที่ผลิตได้ คุณลักษณะของน้ำรีเวอร์สออสโมซิส เมื่อนำไปใช้ในหอทำความเย็น น้ำบรายนก่อนแยกตะกอนและน้ำบรายนหลังแยกตะกอนและใช้ในหอทำความเย็น ประสิทธิภาพในการแยกตะกอนในน้ำบรายน เป็นไปได้ว่าเราสามารถนำเอาน้ำบรายนและน้ำรีเวอร์สออสโมซิสมาผสมกันเพื่อนำไปใช้ในกิจกรรมที่เหมาะสมได้เพื่อที่จะได้นำเอาน้ำบรายนที่เหลือใช้ไปใช้ประโยชน์ได้มากยิ่งขึ้น อุปกรณ์แยกตะกอนที่ใช้ในการวิจัยนี้ จะทำการเปิดระบบตัวแยกตะกอนในระบบ Manual

โดยจะให้น้ำบรายน้มนวนเวียนผ่านอุปกรณ์ตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัย ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จะไม่ได้ศึกษาถึงขนาดของกระแสไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เหมาะสม อุปกรณ์แยกตะกอนนี้การทำงานปกติจะกำหนดให้ทำงานโดยอัตโนมัติ โดยระบบจะทำการควบคุมค่าความนำไฟฟ้าไม่เกิน 4500 microS/cm กระแสสูงสุดอยู่ที่ 25 แอมแปร์ และแรงเคลื่อนสูงสุด 50 โวลต์ กระแสตรง ระบบสามารถตั้งเวลาในการทำความสะอาดตะกอนได้ตามต้องการในการบำรุงรักษาประจำปี ค่าที่ควรตรวจสอบระบบแล้ว ข้อต่อ การรั่วไหล สำหรับการบำรุงรักษาประจำปี แนะนำให้ทำความสะอาดตะกอนภายในปีละ 2 ครั้งในการใช้งานทางผู้ผลิตแนะนำให้ติดตั้งฟิลเตอร์อย่างน้อยที่สุด 80-100 microns การตั้งเวลาเพื่อควบคุมการ Drain น้ำออกควรตั้งให้เวลานานกว่าเวลาของน้ำด้านจ่ายเข้า ค่าพีเอชของระบบกำหนดไว้ในช่วง 8.2-8.9 ค่าแคลเซียมอยู่ในช่วง 300 – 450 ppm as CaCO₃ และค่าความกระด้างทั้งหมดเท่ากับ 150 มิลลิกรัมต่อลิตรและค่าความนำไฟฟ้าไม่ควรเกิน 4500 microS/cm² เพราะจะหากค่าเกินจะทำให้ระบบไม่เสถียร

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การแยกตะกอนในน้ำบรายน้มนวนเวียนโดยทางไฟฟ้าเป็นการปรับปรุงคุณภาพน้ำเบื้องต้นเพื่อลดความกระด้างและตะกอน ดังนั้นการนำอาระบบนี้ไปใช้จะต้องดูถึงวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้การปรับปรุงคุณภาพน้ำ เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นอาจจะต้องมีการผสมผสานกับระบบอื่นๆ เช่น เกลมีเพื่อให้ได้มีคุณภาพตามความต้องการมากยิ่งขึ้น

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 ศึกษาปัจจัยอุณหภูมิของน้ำแต่ละชนิด เนื่องจากในระบบการหล่อเย็นโดยใช้น้ำจะทำให้เราทราบถึงประสิทธิภาพของระบบได้ดีขึ้น

3.2.2 ศึกษาค่าพารามิเตอร์ในน้ำบรายน้มนวนเวียนเพิ่มเติมเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมก่อนนำไปประยุกต์ใช้

3.2.3 จากงานวิจัยครั้งนี้เป็นการแยกตะกอนด้วยวิธีทางไฟฟ้าซึ่งจะสามารถทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำในเบื้องต้นได้ ดังนั้นหากต้องการพัฒนาระบบเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสมกับการใช้งานอื่นๆ จะต้องคำนึงถึงมาตรฐานของพารามิเตอร์ต่างๆ ที่สำคัญ จึงอาจจะจำเป็นต้องนำเอา

หลักการทางเคมีมาประยุกต์ใช้เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงสุดในการประยุกต์ใช้ในวงการอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้กว้างขึ้น

3.2.4 การศึกษาวิจัยครั้งนี้ระบบการจ่ายไฟเข้าสู่ชุดขั้วแยกตะกอนจะถูกออกแบบเป็นระบบอัตโนมัติ ดังนั้นควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงปริมาณกระแสไฟฟ้าและแรงดันที่มีผลกระทบต่อปริมาณการแยกตะกอน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานหรือออกแบบอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น