

การศึกษาประสิทธิภาพของถังบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส

ปริญญาโท
ของ
ชาติชาย ชายตระกูล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

เมษายน 2548

การศึกษาประสิทธิภาพของถังบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส

บทคัดย่อ
ของ
ชาติชาย ชายตระกูล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

เมษายน 2548

ชาติชาย ชายตระกูล. (2548), การศึกษาประสิทธิภาพของถังบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส. ปริญาานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : ดร.สนอง ทองปาน, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดุลย์ คนยัง, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีดา เพชรมีศรี.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส โดยถังบำบัดน้ำเสียปริมาตร 80 ลิตร ใช้บำบัดน้ำเสีย 50 ลิตร ในการบำบัดบีโอดี ซีโอดี และสารแขวนลอย ในน้ำเสียจากโรงอาหารของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในการบำบัดน้ำเสียได้ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 30 แอมแปร์ ผ่านแผ่นอิเล็กโทรดทำจากแผ่นอลูมิเนียม งานวิจัยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี จากการทดลอง พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี ได้แก่ ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด จำนวนแผ่นอิเล็กโทรด และการจัดเรียงอิเล็กโทรด ในส่วนที่ 2 ออกแบบถังบำบัดน้ำเสียโดยระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด 2 เซนติเมตร แผ่นอิเล็กโทรดจำนวน 4 คู่ และการจัดเรียงอิเล็กโทรดแบบโมโนโพลาร์แบบขนาน และศึกษาประสิทธิภาพของถังบำบัดน้ำเสีย ภายในระยะเวลา 2.5 ชั่วโมง บำบัดบีโอดีได้ 77.24% บำบัดสารแขวนลอยได้ 98.45% บำบัดซีโอดีได้ 96.32% พลังงานไฟฟ้า 5.92 กิโลวัตต์.ชั่วโมง/ลูกบาศก์เมตร

A STUDY ON EFFICIENCY OF WASTEWATER TREATMENT TANK BY
ELECTROLYSIS PROCESS

AN ABSTRACT
BY
CHARDCHAI CHAITAKUN

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Science degree in Environmental Science
at Srinakharinwirot university

April 2005

Chardchai Chaitakun. (2005). *A Study on Efficiency of Wastewater Treatment Tank by Electrolysis Process*. Master thesis, M.S. (Environmental Science). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr.Sanong Thongpan, Asst. Prof. Dr. Adul Konyang, Asst. Prof.Prida Pecharamisri.

The purpose of this research was to determine the efficiency of wastewater treatment tank by electrolysis process by wastewater treatment tank had the holding volume of 80 liters treatment wastewater 50 liters in the treatment of BOD, COD, and SS in wastewater from canteen's Srinakharinwirot university. In wastewater treatment was used direct current voltage of 24 volts, current of 30 amperes in electrode was made of aluminium. This research was divided into 2 parts. First part was studying factors on efficiency of the treatment of COD. From the experimental results, it indicated treatment efficiencies were governed by the inter electrode distance, numbers of electrode and set of electrode, Second part was designing wastewater treatment tank, inter electrode distance 2 centimeters, 4 pairs of electrode and set mono polar parallel electrode. Studying on efficiency of wastewater treatment tank. In 2.5 hours the treatment of BOD 77.24%, SS 98.45%, COD 96.32% and energy consumption was 5.9 kWh/m³.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาประสิทธิภาพของถังบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอเล็กโตรลิซิส

ของ

นายชาติชาย ชายตระกูล

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.2548

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธาน

(ดร. สนอง ทองปาน)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดุลย์ คนยัง)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีดา เพชรมีศรี)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ชายชาติ ธรรมครองอาตม์)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(ดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย

จาก

สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

การศึกษาประสิทธิภาพของถังบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอเล็กโตรลิซิส

ปริญญาโท
ของ
ชาติชาย ชายตระกูล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
เมษายน 2548
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญาโทสำเร็จได้ด้วยดีเป็นเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก ดร.สนอง ทองปาน ประธานกรรมการควบคุมปริญญาโท ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดุลย์ คนยัง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีดา เพชรมีศรี กรรมการควบคุมปริญญาโท ดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก และ ชายชาติ ธรรมครองอาตม์ กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม ท่านทั้งห้าได้เสียสละเวลาอันมีค่า เพื่อให้คำปรึกษา แนะนำในการทำงานวิจัยนี้ทุกขั้นตอน

ขอขอบพระคุณสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทยที่ได้มอบทุนสนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานจนลุล่วงไปด้วยดี

ขอโน้มรำลึกถึงพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนแก่ผู้วิจัยด้วยดี ตลอดมาและขอขอบคุณ พี่ น้องและเพื่อนๆทุกคน ที่ให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอดระยะเวลาที่ทำงานวิจัยจนปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ชาติชาย ชายตระกูล

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิต เนื่องจากเป็นองค์ประกอบสำคัญของเซลล์ มีความจำเป็นต่อหน้าที่และการทำงานของสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้ น้ำยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ อันเป็นองค์ประกอบในระบบนิเวศ มนุษย์ได้รู้จักนำเอาน้ำมาใช้เพื่อการบริโภคและอุปโภคในกิจกรรมต่าง ๆ เป็นเวลานานแล้ว แต่น้ำที่ผ่านการใช้แล้วส่งผลให้คุณภาพเปลี่ยนแปลงไป ถ้าขาดการวางแผนในเรื่องการใช้และอนุรักษ์แหล่งน้ำ อาจก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ตามมา โดยเฉพาะส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียในแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไป (กัณฑ์ชัย ศรีพงษ์พันธุ์. 2540 : 1)

น้ำเสียโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่คือ น้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2538 : 39)

1. น้ำเสียชุมชน หมายถึง น้ำเสียต่าง ๆ ที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนรวมทั้งกิจกรรมที่เป็นอาชีพด้วย ตัวอย่างน้ำเสียชุมชน ได้แก่ น้ำเสียของหมู่บ้าน อำเภอ จังหวัด เป็นต้น อาจกล่าวได้ว่าน้ำเสียชุมชนเป็นน้ำเสียของสาธารณะ ซึ่งหน่วยราชการควรเป็นผู้รับผิดชอบในการดำเนินการบำบัดให้กลายเป็นน้ำสะอาดพอเพียงที่จะทิ้งลงลำน้ำสาธารณะได้

2. น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของโรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภท น้ำเสียส่วนใหญ่มักเป็นน้ำล้างจากกระบวนการผลิตต่างๆ เช่น การล้างถังหรือภาชนะที่ใช้ในกระบวนการผลิต ทำให้น้ำเสียมีสิ่งเจือปนจากวัตถุติดด้วยเสมอ จึงกล่าวได้ว่าน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม จะมีลักษณะตามวัตถุติดของการผลิตของโรงงาน ซึ่งอาจได้แก่ ผลผลิตทางการเกษตร ซากสัตว์น้ำ สารอินทรีย์ทั่วไป สารเคมีและโลหะหนักทั่วไป

ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียจึงมีความจำเป็นอย่างมาก เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียมีหลายประเภท การเลือกใช้ระบบใดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ คือ ลักษณะของน้ำเสีย ระดับของการบำบัดสภาพท้องถิ่น

ไม่ว่าจะเลือกใช้ระบบใด ๆ ก็ตามจะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพในการบำบัด ราคาค่าก่อสร้างถูก ประหยัด น้ำเสียชุมชนเป็นน้ำเสียที่บำบัดได้ง่ายที่สุด เนื่องจากส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีววิทยาได้ง่ายและมีความเข้มข้นต่ำ มีอาหารเสริม

ครบถ้วนตามความต้องการของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำเสีย นอกจากนี้ตัวน้ำเสียเองยังมีสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ที่เหมาะสม เช่น พีเอชเป็นกลางและมีจุลินทรีย์อยู่ในน้ำเสีย การบำบัดน้ำเสียชุมชนจึงนิยมใช้ระบบบำบัดทางชีววิทยา เช่น ระบบตะกอนเร่ง(Activated Sludge Process) บ่อบำบัดคั่งตัว (Stabilization Pond) เป็นต้น

สำหรับในกรณีที่โรงงานอุตสาหกรรม ที่ตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมซึ่งมีระบบบำบัดน้ำเสียรวม แต่โรงงานอุตสาหกรรมมีความจำเป็นต้องบำบัดน้ำเสียของตนเองเบื้องต้นก่อน เพื่อให้ น้ำเสียความเข้มข้นอยู่ในระดับที่ สามารถส่งไปบำบัดที่ระบบบำบัดรวมของนิคมอุตสาหกรรมได้ ตัวอย่าง เช่น โรงงานอุตสาหกรรมกระดาษ ที่มีบีโอดีสูงมาก ก็อาจใช้ระบบบ่อเติมอากาศหรือ บ่อหมัก ลดบีโอดีให้เหลือต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัม /ลิตร เพื่อส่งไปบำบัดต่อด้วยระบบบำบัดรวมของนิคมอุตสาหกรรมต่อไป

ปัจจัยที่สำคัญมากอีกประการหนึ่งในการกำหนดระบบบำบัดน้ำเสีย ที่เหมาะสมคือ สภาพท้องถิ่นโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ราคาที่ดินที่จะใช้ก่อสร้างระบบบำบัดในชุมชนที่มีประชากรหนาแน่น ที่ดินมักมีราคาสูง วิศวกรมักต้องเลือกใช้ระบบบำบัดที่กินเนื้อที่น้อยแต่ใช้เครื่องจักรกลและพลังงานในการบำบัดมาก ระบบเช่นนี้จะมีราคาค่าก่อสร้างสูงและเสียค่าใช้จ่ายมากในการเดินระบบบำบัด ตัวอย่างของระบบดังกล่าว ได้แก่ ระบบบำบัดแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge Process) ระบบบำบัดแบบจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor) เป็นต้น ในทางตรงข้าม ถ้าที่ดินมีราคาถูกก็ควรใช้ระบบบำบัดแบบบ่อต่าง ๆ ซึ่งไม่ต้องใช้เครื่องจักรกลมาก ทำให้เสียค่าใช้จ่ายต่ำทั้งในการก่อสร้างและการเดินระบบ (คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2538 : 40-41)

ปัจจุบันมีหลายวิธีในการบำบัดน้ำเสียคือ วิธีทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งวิธีทางชีวภาพเป็นวิธีที่ยอมรับมากที่สุด ในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่อยู่ในรูปของสารละลายและอนุภาคคอลลอยด์โดยใช้จุลินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียไปทำลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน ดังนั้นการกำจัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยาจึงแบ่งตามปฏิกิริยาชีวเคมีออกได้เป็นการกำจัดแบบใช้ออกซิเจนและการกำจัดแบบไม่ใช้

ออกซิเจน อาจกล่าวได้ว่าหลักการในการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางชีวภาพคือ การกักน้ำสกปรกไว้เป็นระยะเวลาหนึ่งในถังหรือในบ่อ เพื่อใช้จุลินทรีย์ไปทำลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียซึ่งใช้เวลาในการบำบัดนาน ดังนั้นการกำจัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยามีข้อเสียหลายประการ เช่น ความยากลำบากในการควบคุมดูแลสถานะแวดล้อมในระบบบำบัดให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์และใช้เวลานานหลายชั่วโมง นอกจากนั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นยังเน่าสลายได้ต้องนำไปกำจัดต่อไป ส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการบำบัดนานและใช้พื้นที่มากในการบำบัดน้ำเสีย ในเฉพาะกรณีการบำบัดแบบระบบตะกอนเร่งและระบบจานหมุนชีวภาพนั้น ราคาค่าก่อสร้างสูง

และเสียค่าใช้จ่ายมากในการเดินระบบและยังใช้พื้นที่มากอยู่เมื่อเทียบกับการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส

การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางชีวภาพนั้นจะเน้นที่จุลินทรีย์เป็นสำคัญพลังงานที่ใช้โดยมากอยู่ในรูปการเติมอากาศ เพื่อช่วยให้จุลินทรีย์ทำการย่อยสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย ถ้าจุลินทรีย์ในระบบบำบัดทำงานเต็มที่แล้ว การเติมอากาศลงไปอีกก็ไม่สามารถทำให้จุลินทรีย์ย่อยสารอินทรีย์ได้เพิ่ม แต่เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยใช่เหตุ ข้อด้อยอีกประการหนึ่งคือ จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความสามารถในการย่อยสารอินทรีย์แต่ละประเภทต่างกัน จึงจำเป็นต้องคัดเลือกจุลินทรีย์ให้เหมาะสมกับน้ำเสียที่ทำการบำบัดและถ้าในน้ำเสียมีการปนเปื้อนสารเคมี อาจจะทำให้จุลินทรีย์ตายได้ทำให้ระบบไม่สามารถบำบัดน้ำเสียได้แต่การบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส นั้นถึงแม้จะมีสารเคมีปนเปื้อนเข้ามาในระบบบำบัด ก็สามารถบำบัดได้ต่อไป

ข้อด้อยของการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียคือ ใช้เวลาในการบำบัดนาน เสียค่าใช้จ่ายมากในการก่อสร้างและเดินระบบ ตลอดจนใช้พื้นที่มากในการบำบัด ในระยะหลังๆ จึงได้มีการศึกษาและวิจัยวิธีการกำจัดน้ำเสียโดยใช้ปฏิกิริยาฟิสิกส์เคมี ซึ่งใช้ในการกำจัดสิ่งสกปรกที่ละลายน้ำเสียที่เป็นสารอินทรีย์และอนินทรีย์ โดยทั่วไปมักใช้ในการกำจัดชั้นสูงเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกบางชนิดซึ่งละลายอยู่ในน้ำเสียด้วยความเข้มข้นที่ต่ำมาก และไม่เหมาะสมที่จะบำบัดโดยวิธีอื่น ๆ แต่ค่าใช้จ่ายในการบำบัดค่อนข้างสูง จึงเป็นเหตุจูงใจให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส เพื่อบำบัดสารอินทรีย์บางชนิดซึ่งละลายอยู่ในน้ำเสียด้วยความเข้มข้นที่สูงมาก และศึกษาการค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส

จากการศึกษาเบื้องต้นระบบบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสนั้นใช้พื้นที่ในการบำบัด และเวลาในการก่อสร้างระบบบำบัดน้อย รวมถึงค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบต่ำ ใช้เวลาในการบำบัดน้อย ทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องกลิ่น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับใช้พลังงานไฟฟ้าในการเดินระบบ รวมทั้งการบำรุงรักษาระบบต่ำด้วย น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วผ่านเกณฑ์มาตรฐานมีความสะอาดสูง เชื้อโรคที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำถูกกำจัด นอกจากนั้นน้ำเสียและของแข็งที่ผ่านการบำบัดโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสนั้นสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์นั้น ของแข็งภายในน้ำเสีย เช่น เลือด เศษเนื้อ สามารถนำมาแปรรูปเป็นอาหารสัตว์และอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดได้ด้วย เนื่องจากมีโปรตีนสูง

ด้วยสาเหตุดังที่กล่าวมาข้างต้นนี้ จึงเป็นเหตุจูงใจให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสซึ่งงานวิจัยนี้จะศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดสารอินทรีย์

ในน้ำเสียให้ดียิ่งขึ้น โดยคาดหวังว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นแนวทางหนึ่งในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดต่างๆ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการออกแบบถังบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการอเล็กโทรลิซิสมาทำการบำบัด
2. เพื่อสร้างถังบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอเล็กโทรลิซิส
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของถังบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการอเล็กโทรลิซิส

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จะทำให้ทราบข้อมูลในด้านปัจจัยการบำบัดน้ำเสียของกระบวนการอเล็กโทรลิซิสในรูปการลดปริมาณสารอินทรีย์ ซึ่งประกอบด้วย ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด จำนวนแผ่นอิเล็กโทรด และการจัดเรียงอิเล็กโทรด เพื่อสร้างถังบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอเล็กโทรลิซิส และทราบข้อมูลในด้านประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของกระบวนการอเล็กโทรลิซิสตามพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้ค่า ซีโอดี บีโอดี ปริมาณสารแขวนลอย อุณหภูมิ พีเอช รวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งข้อมูลที่ได้อาจเป็นทางเลือกใหม่ในการบำบัด รวมทั้งเป็นจุดเริ่มต้นในการนำไปสู่การประยุกต์ใช้จริงกับการบำบัดน้ำเสียชุมชน และน้ำเสียอุตสาหกรรมต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยใช้แบบจำลอง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยดำเนินการทดลองภายใต้สภาวะอุณหภูมิห้อง
2. ออกแบบและสร้างถังบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการอเล็กโทรลิซิสมีปริมาตร 80 ลิตรใช้บำบัดน้ำเสีย 50 ลิตร
3. น้ำเสียที่ใช้ในการวิจัยเป็นน้ำเสียจากโรงอาหารภายในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการบำบัดโดยวิธีการใดๆ มาก่อน ซึ่งเก็บมาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการเก็บแบบจ้วง (Grab sampling) ในช่วงเวลา 9.00 น. – 10.00 น. ในวันที่มหาวิทยาลัยเปิดทำการสอน
4. ดำเนินการทดลองเป็น 2 ตอนคือ

ตอนที่ 1 สร้างแบบจำลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารภายในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ในด้านของการลดสารอินทรีย์ในรูปซีโอดีโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส โดยปัจจัยที่ทำการศึกษาประกอบด้วย ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด จำนวนแผ่นอิเล็กโทรด และการจัดเรียงอิเล็กโทรด

ตอนที่ 2 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองตอนที่ 1 ทำการออกแบบถังน้ำเสียโดยใช้กระบวนการอิเล็กโทรลิซิสปริมาตร 80 ลิตรใช้บำบัดน้ำเสีย 50 ลิตร และศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดโดยถังบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการอิเล็กโทรลิซิสที่ออกแบบ ตามพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้ค่า ซีโอดี บีโอดี ปริมาณสารแขวนลอย อุณหภูมิ พีเอช ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบำบัด

ตัวแปรที่ศึกษา

ตอนที่ 1

ตัวแปรอิสระ ได้แก่

1. ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียอินทรีย์
2. จำนวนแผ่นอิเล็กโทรดที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียอินทรีย์
3. การจัดเรียงอิเล็กโทรดที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียอินทรีย์

ตัวแปรตาม ได้แก่

1. ค่าซีโอดี (COD)

ตัวแปรควบคุม ได้แก่

1. ชนิดของน้ำเสีย (ใช้น้ำเสียจากโรงอาหาร)
2. ปริมาณน้ำเสีย
3. ช่วงเวลาในการเก็บน้ำเสีย

ตอนที่ 2

ตัวแปรอิสระ ได้แก่

1. ถังบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการอิเล็กโทรลิซิสที่ทำการออกแบบจากการ

ทดลองตอนที่ 2

ตัวแปรตาม ได้แก่

1. ค่าซีโอดี (COD)
2. ค่าบีโอดี (BOD)

3. อุณหภูมิ (Temperature)
4. ค่าพีเอช (pH)
5. ค่าปริมาณสารแขวนลอย (SS)

ตัวแปรควบคุม ได้แก่

1. ชนิดของน้ำเสีย (ใช้น้ำเสียจากโรงอาหาร)
2. ปริมาณน้ำเสีย
3. ช่วงเวลาในการเก็บน้ำเสีย

นิยามศัพท์เฉพาะ

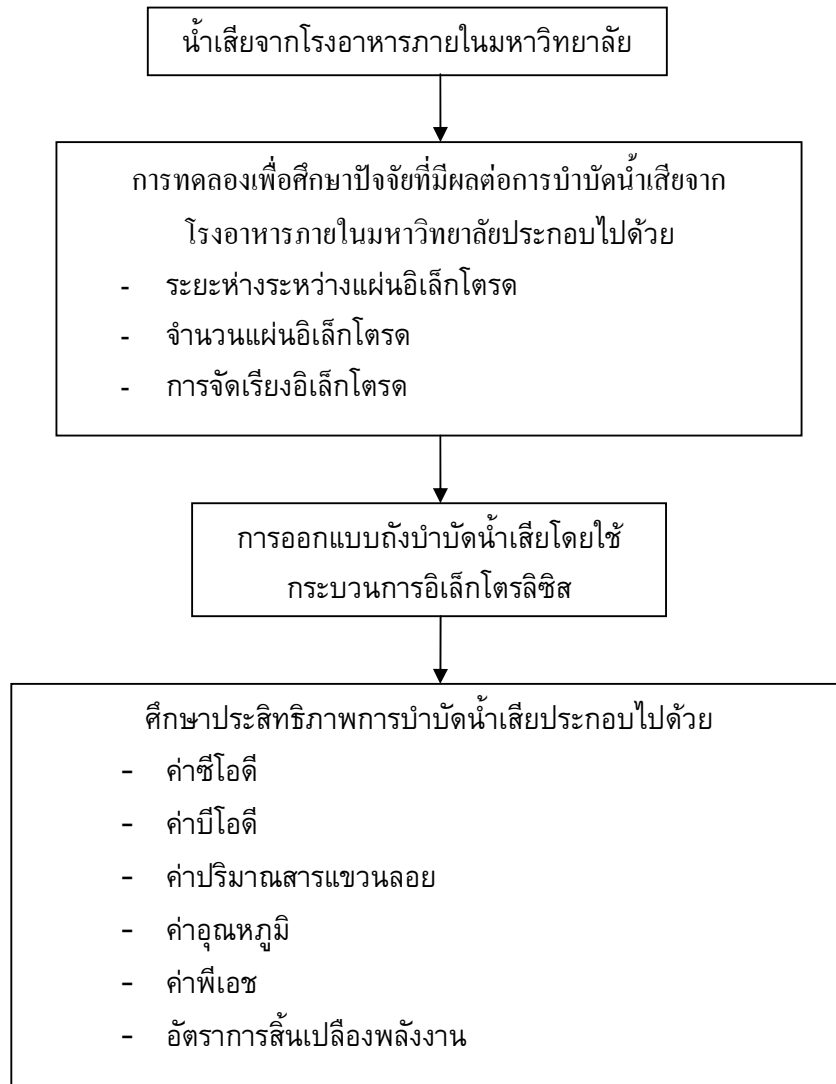
1. การบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส หมายถึง ขั้นตอนการแก้ไขปรับปรุงคุณภาพของน้ำเสียให้มีปริมาณของเสียตามพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้ค่า ซีโอดี บีโอดี ปริมาณสารแขวนลอย อุณหภูมิ พีเอช ลดลงเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด (กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2537) โดยอาศัยพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ขั้วแอโนดและปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วแคโทด หรือการเปลี่ยนแปลง ทางเคมี ภายในน้ำเสีย

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการอิเล็กโทรลิซิส หมายถึง ปัจจัยที่ศึกษาในการทดลองบำบัดน้ำเสียอินทรีย์โดยใช้กระบวนการอิเล็กโทรลิซิส ซึ่งประกอบไปด้วย ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด จำนวนแผ่นอิเล็กโทรด และการจัดเรียงอิเล็กโทรด

3. ถังบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการอิเล็กโทรลิซิส หมายถึง ถังบำบัดน้ำเสียที่ผู้วิจัยออกแบบขึ้นใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารภายในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร โดยใช้กระบวนการอิเล็กโทรลิซิส

4. ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการอิเล็กโทรลิซิส หมายถึง ความสามารถในการลดปริมาณสารอินทรีย์ ที่เจือปนอยู่ในน้ำเสีย หลังจากนำน้ำเสียไปผ่านกระบวนการบำบัด จากระบบบำบัดน้ำเสีย ต้นแบบเรียบร้อยแล้ว โดยน้ำที่ผ่านการบำบัด จะถูกนำมาตรวจสอบคุณภาพตามพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้ อุณหภูมิ ค่าพีเอช ค่าซีโอดี ค่าบีโอดี ค่าปริมาณสารแขวนลอย

กรอบแนวคิดในการวิจัย



สมมุติฐานในการวิจัย

1. ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดต่างกันทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียต่างกัน
2. จำนวนแผ่นอิเล็กโทรดต่างกันทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียน้ำเสียต่างกัน
3. การจัดเรียงอิเล็กโทรดต่างกันทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียต่างกัน
4. ถังบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการอิเล็กโทรลิซิสมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารภายในมหาวิทยาลัยได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. น้ำเสีย
2. การบำบัดน้ำเสีย
3. ลักษณะทางเคมีของน้ำสำหรับสารอินทรีย์
4. ลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ควรวิเคราะห์
5. การเก็บตัวอย่างน้ำ
6. ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด
7. กระบวนการอิเล็กโทรลิซิส
8. การประยุกต์ใช้ระบบไฟฟ้าเคมีในการบำบัดน้ำเสีย
9. ดัชนีที่มีผลต่อกระบวนการไฟฟ้าเคมี
10. หลักการในการออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ไฟฟ้าเคมี
11. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. น้ำเสีย

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 2535) ได้ให้คำนิยามว่า น้ำเสีย หมายถึง “ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลว รวมทั้งมวลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น”

คำนิยามนี้ชี้ให้เห็นว่า น้ำเสียนั้นเป็นของเสีย เพราะมีการปนเปื้อนของมวลสารที่อาจเป็นวัตถุทางกายภาพ สารเคมี หรือสิ่งมีชีวิตที่ปะปนอยู่ จนไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทุก ๆ ความต้องการได้ แต่อาจนำมาใช้ประโยชน์ได้บางประการ ถ้าพิจารณาในมุมลึกแล้ว อาจให้ความหมายน้ำเสียได้อีกแนวคิดหนึ่งคือ “น้ำที่มีสิ่งเจือปนในน้ำเกินค่ามาตรฐานทั้งที่เป็นอันตรายและไม่เป็นอันตรายต่อการบริโภค” นั่นคือ เป็นน้ำที่เสื่อมคุณภาพหรือเปลี่ยนแปลงจากคุณสมบัติเดิมตามสภาพธรรมชาติ เช่น มีสิ่งปฏิภูลที่ละลายและไม่ละลายน้ำเจือปนอยู่ จนทำให้น้ำนั้นไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ดีตามที่ต้องการ (เกษม จันทรแก้ว. 2541 : 502-503)

ความจริงแล้ว “น้ำเสีย คือ น้ำที่มีการปนเปื้อนของมวลสาร สารเคมีที่เป็นพิษหรือมีสัดส่วนขององค์ประกอบผิดไปจากธรรมชาติ จนมีต่อสุขภาพและอนามัยของมนุษย์ สัตว์ และพืช” การที่น้ำเสียจะมีผลต่อมนุษย์ สัตว์ และพืชได้นั้น ต้องมีฤทธิ์และปริมาณการทำลายที่เพียงพอ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของมวลสารนั้น ๆ ซึ่งประกอบด้วยสองกลุ่มดังนี้ (เกษม จันทรแก้ว. 2541 : 502-503)

1. สารมีพิษ ส่วนมากเป็นสารอินทรีย์ เช่น ไซยาไนด์ กรด ต่าง โปรท ตะกั่ว โลหะหนักอื่น ๆ ยาฆ่าแมลง และวัชพืช

2. สารที่ไม่มีพิษแต่ย่อยสลายได้ เช่น สารอินทรีย์ การสลายตัวของสารอินทรีย์นี้มีแบคทีเรียใช้ออกซิเจน (Aerobic bacteria) จะย่อยอาหารโดยใช้ออกซิเจนในน้ำเป็นตัวสันดาปกับอาหารที่บริโภคเข้าไปทำให้ปริมาณออกซิเจนประมาณ 70 มิลลิกรัม / ลิตร) เมื่อสารอินทรีย์มากก็ใช้ออกซิเจนมากขึ้นครั้งเมื่อออกซิเจนในน้ำหมดไปแบคทีเรียพวกที่ไม่ใช้ออกซิเจน

(anaerobic bacteria) และแบคทีเรียกึ่งใช้และไม่ใช้ออกซิเจน (facultative aerobic bacteria) ก็เกิดขึ้นแทนโดยใช้ออกซิเจนที่อยู่ในรูปสารประกอบที่ปะปนในน้ำแทน เช่น กลีโอสเตรต กลีโอสลเฟต เพื่อใช้ในการสันดาปกับสารอาหารกระบวนการนี้จะทำให้เกิดก๊าซ เช่น มีเทน (CH_4 ;methane) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S ;hydrogen sulfide) ที่มีกลิ่นเหม็น และทำให้น้ำดำสกปรก ทำให้น้ำเสียได้ ดังที่พบทั่วไปในแหล่งน้ำขังทั้งหลาย

2. การบำบัดน้ำเสีย

พื้นฐานของการบำบัดน้ำเสียหมายถึง หลักการธรรมชาติอันเป็นที่ยอมรับซึ่งนักวิชาการและนักปฏิบัติยอมรับและเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ ได้แบ่งวิธีการบำบัดพื้นฐานออกเป็น 4 วิธีใหญ่ ๆ คือ วิธีการทางชีววิทยา วิธีการทางกายภาพ วิธีการทางเคมี และวิธีการทางฟิสิกส์ – เคมี (เกษม จันทร์แก้ว. 2541 : 531-534)

2.1 หลักการกำจัดน้ำเสีย (วิฑูรย์ ศรีบางพลี. 2524 : 110-111)

การกำจัดน้ำเสียนั้นมีจุดมุ่งหมายสำคัญ คือ การแยกเอาของสกปรกออกหรือทำลายของสกปรกให้หมดไป การเลือกวิธีกำจัดขึ้นอยู่กับชนิดของสิ่งสกปรกเป็นสำคัญ ซึ่งสิ่งต่างๆ ที่เจือปนอยู่ในน้ำแยกออกได้ ดังนี้

2.1.1 ของสกปรกที่ไม่มีปฏิกิริยาเคมีและไม่ละลายน้ำ เช่น ตะกอน ดินทราย ต่าง ๆ

2.1.2 ของสกปรกที่เป็นสารละลายมีพิษต่อสิ่งมีชีวิต เช่น กรด ต่าง สารเคมี โลหะ ธาตุบางชนิด เช่น ตะกั่วปรอท

2.1.3 ของสกปรกที่ย่อยสลายและเน่าได้ เช่น น้ำตาล นมเปรี้ยว เศษอาหาร

2.1.4 ความร้อน น้ำที่มีอุณหภูมิสูงก็จัดเป็นน้ำเสียด้วยเหมือนกัน เพราะอุณหภูมิทำให้ความสมดุลของระบบนิเวศในน้ำเสียไป และทำให้ออกซิเจนระเหยหนีไปจากน้ำด้วย

ฉะนั้น การกำจัดสิ่งสกปรกต่างๆ เราก็สามารถที่จะแยกวิธีการกำจัดตามชนิดของสิ่งสกปรกที่อยู่ในน้ำ คือมีทั้งที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ ดังนั้นระบบกำจัดน้ำเสียโดยทั่วๆ ไป จึงประกอบด้วยสองขบวนการใหญ่ๆ คือ วิธีการนี้อาจแยกหรือรวมกันก็ได้ ซึ่ง จะขอล่าวถึงแต่ละวิธีการ ดังนี้

2.2 การกำจัดสิ่งสกปรกที่ไม่ละลายน้ำ (วิฑูรย์ ศรีบางพลี. 2524 : 111)

2.2.1 การแยกโดยใช้ตะแกรง สิ่งสกปรกชิ้นใหญ่ๆ ที่ลอยปะปนมากับน้ำเสียสามารถจะแยกออกได้ง่ายๆ โดยใช้ตะแกรงกัน วิธีนี้ใช้ในการแยกสิ่งสกปรกชิ้นใหญ่ๆ เช่น เศษขยะ เศษผ้า ฯลฯ สิ่งสกปรกที่ติดอยู่กับตะแกรงจะต้องตักหรือคราดออกไปเผา หรือถมดินอยู่เป็นระยะๆ เพราะทิ้งไว้จะทำให้ตะแกรงอุดตัน หรือเกิดการเน่าเหม็นได้

2.2.2 การบดหรือการตัด ในกรณีที่ของลอยเป็นสิ่งที่เน่าเปื่อยได้ ซึ่งอาจจะเน่าเหม็นเมื่อนำไปตาก เช่น เศษอาหารหรือของลอยมีขนาดใหญ่ซึ่งอาจทำให้เครื่องสูบลuftอุดตันได้ อาจใช้เครื่องบดหรือเครื่องตัดให้ละเอียดกลายเป็นของละลาย

2.2.3 การกวาด ใช้กับสิ่งที่ย่อยติดมากับน้ำซึ่งอาจแยกออกได้โดยใช้กระดาษ กวาดหน้า วางขวางทางน้ำไหลในถังตะกอน สิ่งที่ย่อยมาจะติดค้างอยู่หน้ากระดาษ แต่ในกรณีที่เป็นของเหลว เช่น น้ำมันหรือไขมัน อาจทำทางกันให้น้ำ แยกไปอีกทางหนึ่งได้

2.2.4 ทำให้ลอย ใช้ในการแยกของลอยที่เป็นอนุภาคเล็กๆ ที่ตกตะกอนได้ยาก ใช้เครื่องแยกที่เรียกว่า ฟลอยเตอร์ (Floatator) ที่จะอัดอากาศเข้าไปในน้ำสกปรก เพื่อให้ฟองอากาศไปเกาะกับอนุภาคของลอย ทำให้เบาขึ้นอีกแล้วลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ รวมตัวกันหนาแน่นพอที่จะกวาดออกได้ง่าย

2.2.5 การตกตะกอน (Sedimentation) เป็นวิธีการแยกสิ่งสกปรกที่ไม่ละลายน้ำ ออกจากน้ำสกปรก โดยการกักน้ำสกปรกไว้เป็นระยะเวลาหนึ่งในถังหรือในบ่อตกตะกอน เพื่อลดความเร็วในการไหลของน้ำ จนกระทั่งตะกอนต่างๆ จมลงสู่ก้นถังโดยน้ำหนักของตัวเอง

2.3 การกำจัดสิ่งที่ย่อยน้ำ (วิฑูรย์ ศรีบางพลี. 2524 : 112-114)

สิ่งที่ย่อยปนอยู่ในน้ำที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ ซึ่งจะมีชนิดใดมากนั้นขึ้นอยู่กับโรงงานแต่ละประเภท วิธีการกำจัดสิ่งที่ย่อยน้ำนั้นสามารถทำได้ 3 วิธี คือ

2.3.1 วิธีการทางเคมี (Chemical Treatment) ใช้กำจัดสิ่งสกปรกที่เป็นสารอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งมีอยู่หลายวิธี คือ การทำให้เป็นกลาง (Neutralization) การทำให้เกิดตะกอน (Precipitation) การเติมหรือลดออกซิเจน (Oxidation - Reduction)

2.3.2 วิธีการทางชีววิทยา (Biological Treatment) เป็นวิธีที่ใช้กันมากที่สุดใน การกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่อยู่ในรูปของสารละลายและอนุภาคคอลลอยด์โดยใช้จุลินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียไปทำลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน ดังนั้นการกำจัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยาจึงแบ่งตามปฏิกิริยาชีวเคมีออกได้เป็นการกำจัดแบบใช้ออกซิเจนและการกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน

2.3.3 วิธีการทางฟิสิกส์เคมี (Physical Chemical Treatment) การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการชีววิทยามีข้อเสียหลายประการ เช่นความยากลำบากในการควบคุม ดูแลสถานะแวดล้อมในระบบกำจัดให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์และใช้เวลานานหลายชั่วโมง นอกจากนั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นยังเน่าสลายได้ต้องนำไปกำจัดต่อไป ด้วยเหตุนี้ ในระยะหลัง ๆ จึงได้มีการศึกษาและวิจัยวิธีการกำจัดน้ำเสียโดยใช้ปฏิกิริยาฟิสิกส์เคมี ซึ่งใช้ในการบำบัดสิ่งสกปรกที่ละลายน้ำเสียที่เป็นสารอินทรีย์และอนินทรีย์ โดยทั่วไปมักใช้ในการบำบัดขั้นสูงเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกบางชนิดซึ่งละลายอยู่ในน้ำเสียด้วยความเข้มข้นที่ต่ำมาก และ ไม่เหมาะสมที่จะบำบัดโดยวิธีอื่น ๆ แต่ค่าใช้จ่ายในการกำจัดค่อนข้างสูง

2.4 การตกตะกอนของสารในน้ำ (ทรงชัย เทพอำนวยกุล และคนอื่น ๆ. 2543 : 51-52)

การตกตะกอนของน้ำปกติจะปล่อยให้ น้ำมีการตกตะกอนเองโดยธรรมชาติซึ่งอาจจะต้องใช้เวลานานดังตาราง 1 แต่ในส่วนของงานวิจัยนี้ใช้หลักการสนามไฟฟ้า ซึ่งอำนาจสนามไฟฟ้าจะทำให้โมเลกุลของอนุภาคขนาดเล็กหรือคอลลอยด์แปลงสภาพเป็นโมเลกุลแบบไดโพลหรือโมเลกุลแบบมีขั้วรวมไปถึงหลักการของไดอิเล็กตริก คือสารที่มีสนามไฟฟ้าภายในเนื้อสารได้โดยไม่ทำให้เกิดการไหลของกระแส

สารทุกชนิดประกอบด้วยส่วนย่อย คือ โมเลกุล โมเลกุลปกติจะประกอบด้วยกลุ่มของโปรตอนและกลุ่มของอิเล็กตรอน ซึ่งทั้งสองกลุ่มอยู่ในบริเวณ 10^{-10} เมตร (ขนาดของอะตอม) ของกันและกันมีจุดศูนย์กลางมวลซ้อนกัน และอยู่ภายใต้แรงยึดของโมเลกุลและแรงยึดของอะตอม เมื่อมีแรงเนื่องจากสนามไฟฟ้าจากภายนอกมากกระทำกับโมเลกุล จะทำให้กลุ่มประจุบวกถูกผลักไปในทิศทางของสนามและกลุ่มประจุลบเคลื่อนไปในทิศทางตรงกันข้าม กลุ่มประจุบวกและกลุ่มประจุลบในโมเลกุลจึงย้ายห่างออกจากตำแหน่งสมดุลเดิมในทิศทางตรงกันข้าม การเคลื่อนย้ายนี้เกิดขึ้นในขนาดของอะตอม หรือโมเลกุลเท่านั้นและก็ไม่มีการประจุหรืออิเล็กตรอนหลุดหายไปจากโมเลกุลเราจึงเรียกประจุพวกนี้ว่า ประจุบอดด์ (Bound Charge) ไม่เหมือนกับในกรณีของตัวนำซึ่งมีประจุอิสระ (Free Charge) หรืออิเล็กตรอนอิสระที่สามารถเคลื่อนที่ในตัวกลางได้อย่างอิสระในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า ดังนั้น โมเลกุลทุกโมเลกุลของสารไดอิเล็กตริกต่างก็จัดตัวเป็นไดโพลโมเมนต์เล็กๆ ชี้ไปในทิศทางเดียวกัน

มีสารไดอิเล็กตริกบางชนิดที่โมเลกุลของมันจัดตัวเป็นไดโพลอยู่แล้ว (ศูนย์กลางมวลของกลุ่มประจุลบและกลุ่มประจุบวกไม่อยู่ที่เดียวกัน) แต่ทิศทางของไดโพลไฟฟ้าของแต่ละโมเลกุลชี้ในทิศทางไม่เป็นระเบียบ

เมื่อมีแรงจากสนามไฟฟ้าภายนอกมากกระทำกับมันจะทำให้ไดโพลเล็กๆ เหล่านี้ เรียงตัวในทิศทางเดียวกันอย่างมีระเบียบ เรียกโมเลกุลที่ตามธรรมชาติฟอร์มตัวเป็นไดโพลอยู่แล้วว่าโมเลกุลโพลาร์หรือโมเลกุลเชิงขั้ว (Polar Molecule) และเรียกไดโพลของโมเลกุลโพลาร์ว่าไดโพลถาวรมีสารบางชนิดที่ไดโพลของโมเลกุลเรียงตัวกันตัวเองโดยไม่ต้องใช้สนามจากภายนอก ดังนั้นสารชนิดนี้จึงแสดงอำนาจไฟฟ้าได้ด้วยตัวของมันเองและเรียกสารชนิดนี้ว่า สารไฟฟ้าเฟอร์โร (Ferroelectric Material) สารไดอิเล็กตริกส่วนใหญ่โมเลกุลจะฟอร์มตัวเป็นไดโพลแล้วเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบเมื่ออยู่ภายใต้แรงจากสนามไฟฟ้าภายนอก เมื่อนำสนามไฟฟ้าภายนอกออกไป หรือให้เท่ากับศูนย์ โมเลกุลก็จะเข้าสู่สภาพสมดุลอย่างเดิม แต่มีสารบางชนิดถึงแม้จะนำสนามไฟฟ้าออกไปแล้ว ไดโพลของโมเลกุลก็ยังคงสภาพเรียงตัวกันอย่างมีระเบียบแบบถาวร เรียกสารชนิดนี้ว่า อิเล็กเทรต (Electret)

เพื่อให้สอดคล้องกันสำหรับโมเลกุลของสารไดอิเล็กตริกที่พิจารณาในตอนแรกคือจะพอร์มตัวเป็นไดโพลได้ก็ต่อเมื่อมีสนามไฟฟ้าจากภายนอก เรียกโมเลกุลชนิดนี้ว่า โมเลกุลไม่โพลาร์หรือโมเลกุลไร้ขั้ว (Nonpolar Molecule) และเรียกไดโพลของโมเลกุลไม่โพลาร์ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำโดยสนามไฟฟ้าภายนอกว่า ไดโพลเหนี่ยวนำ (Induced Dipole) ลักษณะการที่โมเลกุลของไดอิเล็กตริกพอร์มตัวเป็นไดโพลเล็กๆ แล้วจัดเรียงตัวกันในสนามไฟฟ้า เรียกว่า โพลารีเซชัน

ซึ่งจากหลักการข้างต้นก็สามารถนำมาใช้กับการตกตะกอนในน้ำได้ เมื่อมีอำนาจสนามไฟฟ้าจะทำให้เกิดการจับตัวเป็นตะกอนได้เร็วขึ้นและง่ายต่อการทำลาย ทำให้ได้นำมีคุณภาพดีขึ้น และน้ำใสขึ้นด้วย

สรุป การตกตะกอนของน้ำปกติจะปล่อยให้มีการตกตะกอนเองโดยธรรมชาติซึ่งอาจจะต้องใช้เวลาชานาน ในส่วนของงานวิจัยนี้ใช้หลักการสนามไฟฟ้า ซึ่งอำนาจสนามไฟฟ้าจะทำให้โมเลกุลของอนุภาคขนาดเล็กหรือคอลลอยด์แปลงสภาพเป็นโมเลกุลแบบไดโพลจัดเรียงตัวกันในสนามไฟฟ้า ทำให้รวมตัวเป็นตะกอนได้เร็วขึ้น

ตาราง 1 การเปรียบเทียบอัตราเร็วในการตกตะกอนของสารต่าง ๆ

สารต่างๆ	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm.)	เวลาที่ต้องการในการ ตกตะกอนไกล 1 เมตร
กรวด	10	1 วินาที
ทรายหยาบ	1	10 วินาที
ทรายละเอียด	0.1	120 วินาที
ตะกอนดิน	0.01	120 วินาที
แบคทีเรีย	0.001	192 ชั่วโมง
คอลลอยด์	0.0001	730 วัน
คอลลอยด์	0.00001	10 ปี
คอลลอยด์	0.000001	มากกว่า 20 ปี

ที่มา : คมเพชร ปักคำวงศ์สังข์. (2545 : 5-6).

เนื่องจากอนุภาคคอลลอยด์ มีขนาดเล็กมาก ไม่อาจมองเห็นอนุภาคของมันได้ ถึงแม้ว่าจะใช้กล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดาที่ยังมองไม่เห็น แต่ต้องใช้เครื่องมือที่เรียกว่า อัลตราไมโคร

สโคป (Ultramicroscope) จึงจะสามารถมองเห็น อนุภาคคอลลอยด์ นอกจากนี้ เรายังไม่สามารถกรองอนุภาคคอลลอยด์ด้วยกระดาษกรองธรรมดาได้ เพราะอนุภาคคอลลอยด์สามารถลอดรูกระดาษกรองออกไปได้เหมือนกับสารละลายที่แท้จริง

การที่อนุภาคคอลลอยด์สร้างปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมนั้น เนื่องจากมันมีขนาดเล็กมาก ๆ จนไม่สามารถตกตะกอนได้ด้วยน้ำหนักตัวเองภายใต้เวลาจำกัด จากการคำนวณปรากฏว่าในการตกตะกอนอนุภาคคอลลอยด์ขนาด 1×10^{-4} มิลลิเมตร เป็นระยะทางหนึ่งเมตร ต้องใช้เวลานานถึง 730 วัน ในขณะที่ทรายละเอียดขนาด 0.1 มิลลิเมตร ใช้เวลาเพียง 2 นาที ดูตาราง 1 ประกอบ

ดังนั้นระยะเวลาในการแก้ปัญหาหาระบบน้ำเสียจึงไม่เพียงพอสำหรับการตกตะกอนของคอลลอยด์ ตลอดจนเครื่องกรองน้ำก็ไม่สามารถกำจัดคอลลอยด์ได้อย่างหมดสิ้น

3. ลักษณะทางเคมีของน้ำสำหรับสารอินทรีย์ (กัณทรีย์ ศรีพงษ์พันธุ์. 2540 :38-40)

สารอินทรีย์มักมีอยู่ไม่มากนักในน้ำตามธรรมชาติ โดยอาจมาจากแหล่งตามธรรมชาติ คือจากการย่อยสลายของซากพืชทำให้มีกรดฮิวมิกและสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก ๆ ลงไปสู่พื้นผิวดิน นอกจากนี้กิจกรรมของมนุษย์ก็เป็นแหล่งเสริมของสารอินทรีย์ลงสู่พื้นผิวดิน และน้ำใต้ดินด้วย

สี กลิ่น รส ของน้ำ ปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำลดลง การรบกวนกระบวนการบำบัดน้ำ และการเกิดเป็นสารประกอบพวกฮาโลเจน (Halogenated Compounds) เมื่อคลอรีนถูกเติมลงในน้ำเพื่อฆ่าเชื้อโรค ล้วนมีสาเหตุมาจากปริมาณที่มากเกินไปของสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ

3.1 สารประกอบอินทรีย์ตามธรรมชาติ (Natural Organic Compounds)

คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ กำมะถัน เป็นธาตุที่ประกอบอยู่ในสารอินทรีย์ โดยกลุ่มสำคัญๆ ของสารอินทรีย์ที่พบในน้ำเสียและในน้ำตามธรรมชาติ (ซึ่งมักมีปริมาณน้อยกว่าในน้ำเสียมาก) เรียงตามลำดับมีดังนี้คือ โปรตีน (40 – 60%) คาร์โบไฮเดรต (25 – 50%) ลิพิดส์ (10%)

3.1.1 โปรตีน (Proteins) เป็นส่วนประกอบสำคัญในเนื้อเยื่อของสัตว์ ประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า กรดอะมิโน (amino acid) ซึ่งมีประมาณ 26 ตัว และองค์ประกอบที่เด่นของโปรตีน คือ ไนโตรเจน ซึ่งมีอยู่ประมาณ 15% โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ธาตุองค์ประกอบอื่นๆ ก็ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และ กำมะถัน

3.1.2 คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrates) เป็นส่วนประกอบสำคัญในเนื้อเยื่อพืช และสัตว์บางชนิด องค์ประกอบหลักๆ ของคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และ ออกซิเจน

3.1.3 ลิพิดส์ (Lipids) ไม่ละลายน้ำแต่ละลายได้ในอีเทอร์ (Ether) หรือตัวทำละลายพวกสารอินทรีย์ต่าง ๆ ลิพิดส์ประกอบอยู่ทั้งในเนื้อเยื่อของสัตว์และพืช จึงอาจพบลิพิดส์ ชนิดต่างๆ ในน้ำเสีย เช่น ไขมัน (Fats) ไขชั้น (Greases) ไข (Waxes) และน้ำมัน (Oil) แต่ไขมันมักไม่สามารถถูกย่อยสลายได้ง่ายๆ ด้วยกระบวนการทางชีววิทยา เนื่องมาจากโครงสร้างของมันและความสามารถในการละลายน้ำได้น้อยมาก

3.2 สารประกอบอินทรีย์สังเคราะห์ (Synthetic Organic Compounds)

สารอินทรีย์มากมายหลายชนิดได้ถูกสังเคราะห์มาตั้งแต่ปี ค.ศ.1940 ในบรรดาสารเหล่านี้ชนิดที่ได้รับความสนใจมากที่สุด ได้แก่ ชนิดที่มีความสำคัญ ต่อการบำบัด ต่อนิเวศวิทยา และต่อสุขภาพอนามัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งชนิดที่แม้ที่ความเข้มข้นต่ำมากก็อาจเป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogens) หรือ อาจก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ (Mutation) ในมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ตัวอย่างสารอินทรีย์สังเคราะห์ เช่น

3.2.1 สารลดแรงตึงผิว (Surfactants) สบู่และผงซักฟอกถูกนำมาใช้ซักผ้า เนื่องจากสิ่งสกปรกมักรวมกับไขชั้นบริเวณพื้นผิว ซึ่งจะเข้ากันได้ดีกับปลายด้านหนึ่งของสบู่ และผงซักฟอกที่เป็นแบบไม่มีขั้ว (Nonpolar) และการกวนหรือต้มจะทำให้แผ่นฟิล์มที่ติดกันอยู่นี้แตกออกเป็นอนุภาคเล็กๆ ซึ่งสามารถถูกกำจัดออกไปได้ง่ายในขณะซักผ้า สารลดแรงตึงผิวเป็นสารประกอบของผงซักฟอก ซึ่งก่อนหน้านี้สารลดแรงตึงผิวที่สังเคราะห์ขึ้นมาใช้คือ เอบีเอส (Alkyl - Benzene - Sulfonate) แต่เนื่องจากข้อเสียของมันเป็นคือย่อยสลายได้ยากด้วยกระบวนการทางชีววิทยา ต่อมาในปี ค.ศ.1965 ในสหรัฐอเมริกาจึงหันมาใช้ แอลเอเอส (Linear - Alkyl - Sulfonate) ซึ่งย่อยสลายได้ดีกว่าแทน เอบีเอส ก็อาจยังมีใช้อยู่ในที่อื่นๆ

3.2.2 สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ รวมทั้งสารเคมีที่ใช้ทางการเกษตร (Pesticides and Agricultural Chemicals) กลุ่มใหญ่ ๆ 4 กลุ่มของสารเคมีที่ใช้ในการเกษตรกรรม ซึ่งได้แก่ คลอรีเนตเตดไฮโดรคาร์บอน (Chlorinated Hydrocarbons) ออร์แกโนฟอสเฟต (Organophosphates) คาร์บาเมต (Carbamates) และอนุพันธ์ของยูเรีย (Urea Derivatives) จะลงไปสู่แหล่งน้ำได้โดยการถูกพัดพาไปกับน้ำฝนผิวดินที่ไหลผ่านพื้นที่ที่มีการใช้สารดังกล่าว เช่น บริเวณย่านเกษตรกรรม และเขตที่อยู่อาศัย

3.2.3 ไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes) และคลอรีเนตไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ กำลังได้รับความสนใจเนื่องมาจากเป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งได้ ซึ่งเกิดได้เมื่อสารกลุ่มฮาโล

เจน (เช่น คลอรีน โบรมีน และไอโอดีน) ทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้น (Precursors) พวกสารอินทรีย์ ที่อาจได้มาจากแหล่งธรรมชาติ (เช่น กรดฮิวมิกที่มาจากการเน่าเปื่อยของใบไม้) และ จากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ด้วย สารในกลุ่มไตรฮาโลมีเทนที่สำคัญในระบบบำบัดน้ำและน้ำเสีย เช่นคลอโรฟอร์ม (Chloroform, CHCl_3) โบรโมไดคลอโรมีเทน (Bromodichloromethane, CHCl_2Br) คลอโรไดโบรโมมีเทน (Chlorodibromomethane, CHClBr_2) โบรโมฟอร์ม (Bromoform, CHBr_3)

3.3 คอลลอยด์ เป็นของผสมที่มีลักษณะอยู่กึ่งกลางระหว่างสารละลาย (Solution) กับสารแขวนลอย (Suspension) คืออนุภาคของคอลลอยด์มีขนาดใหญ่กว่าอนุภาคตัวถูกละลายในสารละลายแต่เล็กกว่าอนุภาคที่แขวนลอยในสารแขวนลอย อนุภาคของคอลลอยด์เรียกว่าวิฎภาคที่แขวนลอยหรือตัวถูกละลาย (Dispersed Phase) ส่วนตัวกลางในคอลลอยด์เรียกว่าวิฎภาคที่แพร่กระจาย หรือตัวทำละลาย (Dispersing Phase, Continuous Phase, Dispersion Medium) (ลัดดา มีศุข. 2537 : 423)

ตัวถูกละลายในคอลลอยด์มีขนาดตั้งแต่ $10 \text{ \AA} - 200 \text{ \AA}$ ($\text{ \AA} = 10^{-10}$ เมตร) ดังตาราง 2 ซึ่งอาจเป็นโมเลกุลหรือไอออน และแม้แต่โมเลกุลที่จัดว่าเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ในสิ่งมีชีวิต เช่น โปรตีน หรือไขมัน ก็จัดเป็นอนุภาคที่แขวนลอยของคอลลอยด์ได้ แม้ว่าอนุภาคของคอลลอยด์มีขนาดใหญ่กว่า อนุภาคของตัวถูกละลายในสารละลาย แต่คอลลอยด์ก็ไม่ตกตะกอนและไม่สามารถกรองออกได้ด้วยกระดาษกรองธรรมดา และมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า หรือกล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา

สารที่อยู่ในสถานะต่างๆ สามารถผสมกันเป็นคอลลอยด์ได้เช่นเดียวกับสารละลาย ยกเว้นแก๊สกับแก๊ส เพราะโมเลกุลของก๊าซสามารถผสมรวมกันเป็นเนื้อเดียวได้หมด คือ เกิดสารละลายของแก๊ส ดังนั้นคอลลอยด์จึงมีเพียง 8 ชนิด ดังตาราง 2 (แต่สารละลายมี 9 ชนิด)

ตาราง 2 ชนิดคอลลอยด์

ชนิดคอลลอยด์	วัฏภาคที่แพร่กระจาย (Dispersion Medium) (ตัวทำละลาย)	วัฏภาคที่แขวนลอย (Dispersed Phase) (ตัวถูกละลาย)	ตัวอย่างคอลลอยด์
แอโรโซลเหลว(Liquid Aerosol)	ก๊าซ	ของเหลว	หมอก เมฆ
แอโรโซลแข็ง(Aerosol โฟม (Foam))	ก๊าซ	ของแข็ง	ควัน ผุ่น
	ของเหลว	ก๊าซ	ครีมแต่งหน้าเค็ม ครีมโกนหนวด
อิมัลชัน (Emulsion)	ของเหลว	ของเหลว	นม มายองเนส (น้ำมันในน้ำ)
โซล (Sol)	ของเหลว	ของแข็ง	น้ำแป้ง สีทา
โฟมแข็ง(Solid Foam)	ของแข็ง	ก๊าซ	โฟมพลาสติก
อิมัลชันแข็ง,เจล(Solid Emulsion, Gel)	ของแข็ง	ของเหลว	เยลลี่,เนยแข็ง,เนย
โซลแข็ง(Solid Sol)	ของแข็ง	ของแข็ง	ไข่มุก,พลอยบางชนิด

ที่มา : ลัดดา มีศุข. (2537 : 423).

3.3.1 หลักในการแบ่งประเภทของสารละลายคอลลอยด์ มี 2 วิธีคือ (ศศิเกษม ทองรงค์. 2524 : 101-102)

3.3.1.1 แบ่งตามชื่อของตัวทำละลาย สารละลายคอลลอยด์ประเภทที่เรียกชื่อตามชนิดของตัวทำละลายถ้าตัวทำละลายเป็นของเหลว เรียกว่า อควาโซล (Aquasols) ถ้าเป็นของแข็ง เรียกว่า อัลโคโซล (Alcosols) และเป็นก๊าซเรียกว่า แอโรโซล (Aerosols) เป็นต้น

3.3.1.2 แบ่งตามแรงดึงดูดของอนุภาคคอลลอยด์ที่มีต่อตัวกลาง ซึ่งแบ่งได้ 2 ประเภทคือ ไฮโฟบิกคอลลอยด์ (Hydrophobic Colloids) เป็นคอลลอยด์ที่อนุภาคคอลลอยด์มีแรงดึงดูดเพียงเล็กน้อยต่อตัวกลางที่มันกระจัดกระจายอยู่ คอลลอยด์ชนิดนี้จะมีประจุไฟฟ้าเหมือนกัน ถ้าเติมอนุภาคที่มีประจุตรงข้ามลงไป จะทำให้อนุภาคคอลลอยด์บางส่วนมีประจุบวก และบางส่วนมีประจุลบ จึงเกิดแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคที่มีประจุตรงข้ามขึ้น อนุภาคคอลลอยด์จะตกตะกอน เมื่อเกิดการตกตะกอนแล้วไม่อาจทำกลับคืนเป็นสารละลายคอลลอยด์

ได้อีกถึงแม้จะเติมตัวทำละลายลงไปอีกก็ตาม ถ้ามีของเหลวเป็นตัวทำละลาย และไฮโดรฟิลิกคอลลอยด์ (Hydrophilic Colloids) เป็นคอลลอยด์ที่มีสมบัติตรงข้ามกับคอลลอยด์ชนิดแรกตัวถูกละลายจะตกผลึกได้ยาก และคอลลอยด์ ชนิดนี้จะเสถียรมาก ตัวอย่างเช่น เยลาติน ยางเหนียวจากต้นไม้ใช้ทำกาว (Gum Arabic) ถ้ามีของเหลวเป็นตัวทำละลาย

3.3.2 การทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ (คมเพชร ปักคำวงศ์สังข์. 2545 : 12)

เสถียรภาพของคอลลอยด์ขึ้นอยู่กับแรงผลักรวมและแรงดูดระหว่างอนุภาคคอลลอยด์ แรงผลักรวมเกิดขึ้นจากศักย์ไฟฟ้าซึ่งชักนำโดย ประจุไฟฟ้าของอนุภาคคอลลอยด์ ส่วนแรงดูดเป็นแรงที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติของอนุภาคขนาดเล็กและโมเลกุลแรงผลักรวมซึ่งมากกว่าแรงดูดทำให้อนุภาคคอลลอยด์มีเสถียรภาพและแขวนลอยอยู่ในน้ำ ถ้าแรงดูดสูงกว่าแรงผลักรวมของอนุภาคคอลลอยด์จะไม่มีเสถียรภาพและแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ การทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ แบบเติมสามารถกระทำได้โดยอาศัยกลไก 4 แบบคือ

3.3.2.1 โดยการลดความหนาแน่นชั้นกระจาย (Diffuse layer)

3.3.2.2 โดยการดูดติดและทำลายประจุไฟฟ้าของอนุภาคคอลลอยด์

(Adsorption Charge Neutralization)

3.3.2.3 โดยใช้ผลึกสารอินทรีย์เพิ่มน้ำหนักและขนาดของอนุภาคคอลลอยด์

3.3.2.4 โดยการใช้สารโพลิเมอร์เป็นสะพานเชื่อม (Polymer Bridging)

แต่ทั้ง 4 วิธีนี้จะมีข้อจำกัดในเวลาและค่าใช้จ่ายอีกทั้งต้องอาศัยความชำนาญโดยเฉพาะจึงทำให้ระบบการแยกค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อนดังนั้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้

4. ลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ควรวิเคราะห์ (สนอง ทองปาน. 2540 : 50 - 53)

4.1 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิ หมายถึง ระดับความร้อน อุณหภูมิของน้ำทิ้งที่ปล่อยลงสู่ลำน้ำสาธารณะที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยที่สิ่งมีชีวิตในน้ำอาจถึงตายได้ในกรณีที่อุณหภูมิของน้ำทิ้งสูงเกินไปและยังมีผลให้การละลายของออกซิเจนในน้ำลดลงอีกด้วย ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ยอมให้อุณหภูมิของน้ำที่ปล่อยลงสู่ลำน้ำสาธารณะได้ไม่เกิน 40°C

4.2 สี (Color)

สีของน้ำเกิดจากการสะท้อนของแสง ซึ่งจำแนกเป็น 2 ประเภทคือ สีปรากฏ (Apparent color) เป็นสีของน้ำที่ปรากฏให้เห็นแก่สายตาเป็นส่วนใหญ่ โดยเกิดจากการสะท้อนของแสงจากสารแขวนลอยในน้ำ พื้นท้องน้ำ และจากท้องฟ้าและสีจริง (True color) เป็นสีของน้ำ เกิดจากสารละลายชนิดต่าง ๆ โดยอาจจะเป็นสารอินทรีย์ เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และธาตุ

อาหารพืช หรือสารอินทรีย์ เช่น แร่ธาตุต่างๆ ซึ่งจะทำให้เกิดสีของน้ำต่างๆ กันขึ้นอยู่กับลักษณะและสมบัติเฉพาะตัวของสารดังกล่าว

การแยกสีทั้งสองประเภทออกจากกันทำได้ โดยกำจัดสารแขวนลอย และความขุ่น (Turbidity) ออกจากน้ำด้วยวิธีทำให้ตกตะกอน หรือเซนตริฟิวส์ (Centrifuge) ซึ่งตัวอย่างน้ำดังกล่าวจะมีแต่เฉพาะสีจริงเท่านั้น

4.3 พีเอช (pH)

พีเอช (pH) เป็นค่าแสดงปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน $[H^+]$ ในน้ำโดยคำนวณได้จากสูตร

$$pH = -\text{Log} [H^+]$$

เมื่อ $[H^+]$ = ความเข้มข้นของ H^+ มีหน่วยเป็นโมลต่อ ลิตร

ในทางปฏิบัติค่าพีเอชแสดงถึงความเป็นกรดหรือค่าของน้ำทิ้ง น้ำทิ้งที่มีสมบัติเป็นกรดจะมีค่าพีเอชน้อยกว่า 7 เป็นต้นจะมีค่าพีเอชมากกว่า 7 และเป็นกลางจะมีพีเอช เท่ากับ 7 ค่าพีเอชของน้ำทิ้งมีความสำคัญในการกำจัดด้วยวิธีการทางเคมี ฟิสิกส์ และชีววิทยา ซึ่งจำเป็นต้องควบคุมค่าพีเอชของน้ำทิ้งให้คงที่หรือควบคุมให้อยู่ในช่วงที่จำกัดไว้

4.4 ปริมาณสารทั้งหมด (Total Solids: TS)

ปริมาณสารทั้งหมดหมายถึงปริมาณสารที่เหลืออยู่ในภาชนะหลังจากระเหยน้ำออกจากตัวอย่างจนหมด แล้วนำไปอบในภาชนะนั้น จะได้ปริมาณของของแข็งทั้งหมดมีหน่วยเป็น มิลลิกรัม

4.5 ปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids: SS)

ปริมาณสารแขวนลอย หมายถึง ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่สามารถกรองได้ด้วยกระดาษใยแก้ว "Whatmann" GF/C (Nonfilterable Solids) แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส ถึง 105 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นบนกระดาษกรอง มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ลิตร

4.6 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD)

บีโอดี หมายถึง ความต้องการออกซิเจนของน้ำทิ้งที่หาได้ โดยใช้ขบวนการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียต้องการใช้คือปริมาณบีโอดี ปฏิกริยาชีวเคมีระหว่างออกซิเจนกับสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งเกิดขึ้นอย่างช้าๆ กว่าสารอินทรีย์จะถูกทำลายหมดจะใช้เวลาหลายสัปดาห์ตามมาตรฐานสากลจึงวัดค่าบีโอดีทั้งหมดในเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิของน้ำในฤดูร้อนของ

ประเทศหนาวบีโอดีในระยะ 5 วัน (BOD_5) จะมีค่าร้อยละ 70 – 80 ของปริมาณบีโอดีทั้งหมดที่ต้องการ (Ultimate BOD)

การวิเคราะห์ค่าบีโอดี เป็นการวิเคราะห์เพื่อที่จะทราบถึงปริมาณความสกปรกของน้ำในแม่น้ำลำคลอง น้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อประโยชน์ในการออกแบบระบบบำบัดควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งและประสิทธิภาพของระบบนั้นๆ โดยคิดเปรียบเทียบในภาพของปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์

การวิเคราะห์หาค่าบีโอดีโดยทั่วไปเป็นการวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้หมดไปในเวลา 5 วัน ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียส เนื่องจากออกซิเจนในอากาศสามารถละลายน้ำได้ในจำนวนจำกัด คือประมาณ 9 มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ดังนั้นในน้ำเสียซึ่งมีความสกปรกมากจำเป็นจะต้องทำให้ปริมาณความสกปรกเจือจางลงอยู่ในระดับ ซึ่งสมดุลพอดีกับปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ การวิเคราะห์นี้เกี่ยวข้องกับแบคทีเรียในน้ำ จึงจำเป็นต้องทำให้มีสภาพที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่เรียกว่าคือ ไม่มีสารพิษแต่มีอาหารเสริมสำหรับแบคทีเรียเช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เป็นต้น เพียงพอนอกจากนี้ การย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำกระทำโดยแบคทีเรียหลายชนิดจึงจำเป็นต้องมีปริมาณแบคทีเรียชนิดต่างๆ เหล่านี้เพียงพอยู่ในน้ำตัวอย่างซึ่งทำการวิเคราะห์ถ้าไม่มีหรือมีปริมาณน้อยไปควรเติมแบคทีเรีย ซึ่งเรียกว่าหัวเชื้อ (Seed) ลงไป

4.7 ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD)

ซีโอดี หมายถึง ค่าความต้องการออกซิเจนของน้ำทิ้งที่หาได้โดยวิธีการทางเคมี ดังนั้นค่าซีโอดี จึงแสดงถึงปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำทิ้งทั้งที่แบคทีเรียย่อยสลายได้และไม่ได้โดยปกติค่าซีโอดี จึงสูงกว่าค่าบีโอดีเสมอ

การวิเคราะห์หาค่าซีโอดี เป็นการวัดค่าความสกปรกของน้ำเสียโดยคิดเปรียบเทียบในภาพของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์โดยใช้สารเคมี ซึ่งมีอำนาจในการออกซิไดซ์สูง (Strong chemical oxidant) ในสารละลายที่เป็นกรด

4.8 ออกซิเจนละลาย หรือดีโอ (Dissolved Oxygen: DO)

ดีโอ หมายถึงการหาปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำอันเป็นลักษณะสำคัญที่จะบ่งบอกให้ทราบว่าน้ำนั้นมีความเหมาะสมเพียงใดต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำและแนวการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในน้ำว่าเป็นแบบใช้ออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีความสัมพันธ์กับ อุณหภูมิของน้ำ ความกดดันของอากาศ และสิ่งเจือปนในน้ำ (Impurities)

การหาค่าออกซิเจนละลายสามารถทำการวิเคราะห์ได้หลายวิธี เช่น วัดโดยใช้เครื่องดีโอมิเตอร์ (DO Meter) หรือออกซิเจนมิเตอร์ (Oxygen Meter) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายเป็น มิลลิกรัม/ลิตร ได้โดยตรง หรือจะใช้วิธีทางเคมี เช่น วิธีเอไซด์

โมดิฟิเคชันของไอโอดิโอมิเทริก (Azide Modification of Iodometric Method) ซึ่งเหมาะสำหรับใช้วิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนในน้ำที่สกปรก เช่น น้ำทิ้ง น้ำในแม่น้ำลำคลอง เป็นต้น

5. การเก็บตัวอย่างน้ำ (สนอง ทองปาน. 2540 : 43-47)

ความสำคัญของการเก็บตัวอย่างน้ำและลักษณะสมบัติที่ควรวิเคราะห์ของน้ำเสียประเภทต่าง ๆ โดยขนาดของระบบบำบัดน้ำเสียถูกกำหนดด้วยภาระทางชลศาสตร์ (Hydraulic Load) และภาระทางปริมาณมลสารที่ต้องกำจัด (Pollution Load) ดังนั้น ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณอัตราการไหลและลักษณะสมบัติของน้ำเสียจึงมีความสำคัญในการคำนวณออกแบบและควบคุมระบบบำบัดอย่างมาก แต่ข้อมูลลักษณะสมบัติและปริมาณดังกล่าวจะเชื่อถือได้ขึ้นอยู่กับวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ ดังนั้นผู้ที่ทำหน้าที่เก็บตัวอย่างน้ำหรือผู้ที่ทำหน้าที่วิเคราะห์ต้องมีความเข้าใจในรายละเอียดของกระบวนการผลิตและระบบบำบัดเป็นอย่างดีเพื่อจะได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำได้ถูกต้อง และเป็นตัวแทนที่แท้จริงข้อสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ผู้เก็บตัวอย่างน้ำหรือผู้วิเคราะห์ต้องทราบก่อนว่าจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำมันไป เพื่อวิเคราะห์อะไร ควรใช้อุปกรณ์ และเตรียมอุปกรณ์อย่างไรจึงจะเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำได้ถูกต้อง

5.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ ในการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำจะต้องทำการพิจารณาสถานที่เก็บน้ำเสียที่ต้องการศึกษาได้แก่

ถ้าเป็นน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ให้เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากทุก ๆ จุดที่มีการปล่อยน้ำทิ้งออกมา และที่จะรวมของน้ำทิ้งก่อนระบายออกนอกโรงงาน ในการตรวจสอบและควบคุมระบบระบายน้ำ ให้เก็บตัวอย่างน้ำจากจุดที่ระบายออกจากระบบก่อนปล่อยทิ้งลงสู่แม่น้ำลำคลองหรือท่อระบายของเทศบาล ส่วนในการตรวจสอบหาประสิทธิภาพและควบคุมการทำงานของระบบบำบัดให้เก็บจากจุดต่างๆ ตามขั้นตอนของระบบบำบัด บริเวณที่จะเก็บตัวอย่างน้ำดังกล่าวจะต้องเป็นบริเวณที่ไม่มีการตกตะกอน และน้ำทิ้ง (Effluent) ควรรวมตัวกันได้ดี

5.2 วิธีเก็บตัวอย่างน้ำ

การที่เก็บตัวอย่างน้ำ ให้ได้ตัวแทนที่มีลักษณะสมบัติใกล้เคียงกับน้ำเสียทั้งหมดนั้น จำเป็นต้องเลือกวิธีเก็บตัวอย่างน้ำที่เหมาะสม ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ

5.2.1 การเก็บแบบจ้วง (Grab sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วงเอาโดยตรงๆ แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าที่ต้องการทราบ ดังนั้น ตัวอย่างน้ำจะแสดงให้เห็นถึงลักษณะสมบัติของน้ำ ณ จุดเก็บเฉพาะเวลานั้นเท่านั้น การเก็บตัวอย่างน้ำแบบนี้มีข้อดีในกรณีที่น้ำเสียไม่ได้ไหลแบบต่อเนื่องมีการปล่อยทิ้งเป็นครั้งคราวเนื่องจากกระบวนการผลิตเดินเครื่องเป็นช่วงๆ มีลักษณะที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก โดยต้องการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติของ

น้ำเสีย และต้องการหาลักษณะสมบัติบางอย่างของน้ำเสีย ณ จุดที่เก็บเนื่องจากค่าเหล่านั้นเปลี่ยนแปลงได้ง่าย เช่น ค่าพีเอช อุณหภูมิ ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen) ตะกอนหนัก (Settleable Solids) หรือคลอรีนหลงเหลือ (Residual Chlorine)

5.2.2 การเก็บแบบผสมรวม (Composite Sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างหลาย ๆ ครั้งต่อช่วงการผลิต โดยแบ่งแต่ละช่วงเวลาของการเก็บให้สม่ำเสมอ ปริมาณการเก็บขึ้นกับอัตราการไหลของน้ำแล้วนำมาผสมลงในถังเก็บใบเดียวกัน ซึ่งควบคุมอุณหภูมิไว้ประมาณ 10 องศาเซลเซียส การเก็บวิธีนี้มีข้อดีตรงที่ลดจำนวนตัวอย่างน้ำที่ต้องวิเคราะห์ ค่าใช้จ่ายเคมีภัณฑ์ และเวลาในการศึกษาได้มากแต่ถึงอย่างไรก็มีข้อเสีย คือ ต้องใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำนานกว่าวิธีแรกในการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อให้ได้ข้อมูลจากกระบวนการผลิตอย่างสมบูรณ์ต้องเก็บทั้งแบบจ้วง และแบบผสมรวม การเก็บไม่เพียงแต่จะเก็บจากท่อน้ำทิ้งรวมเท่านั้น แต่ควรเก็บจากแต่ละจุดในกระบวนการผลิตที่มีน้ำเสียออกมาด้วย

5.3 ช่วงความถี่ของการเก็บตัวอย่างน้ำและจำนวนครั้งของการเก็บขึ้นอยู่กับอัตราการไหลและลักษณะสมบัติของน้ำเสียนั้น ๆ สำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วงอาจจะเก็บชั่วโมงละครั้งถ้าน้ำนั้นมีลักษณะสมบัติที่แปรปรวนมาก หรืออาจจะเก็บทุก 2, 4, 8 และ 16 หรือ 24 ชั่วโมงต่อครั้งในกรณีที่ลักษณะสมบัติของน้ำเสียนั้นไม่ค่อยแปรผัน แต่ถ้าเป็นการเก็บตัวอย่างน้ำแบบผสมรวม เวลาที่กำหนดจะขึ้นอยู่กับลักษณะสมบัติของน้ำเสียไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมง ถ้าลักษณะสมบัติของน้ำค่อนข้างคงที่ควรใช้เวลาในการเก็บทั้งหมดอยู่ระหว่าง 8-12 ชั่วโมง

5.4 ปริมาณตัวอย่างน้ำ ในการเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละครั้ง ผู้เก็บตัวอย่างน้ำต้องตั้งจุดมุ่งหมายไว้ก่อนว่าจะเก็บตัวอย่างน้ำไปเพื่อทำการวิเคราะห์หาค่าอะไรบ้าง เพื่อที่จะได้เก็บตัวอย่างน้ำให้มีปริมาณมากพอที่จะทำการวิเคราะห์ได้ตามต้องการ ในกรณีการเก็บแบบผสมรวมปริมาณตัวอย่างน้ำควรจะสัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำด้วย โดยทั่วไปแล้วควรเก็บตัวอย่างน้ำปริมาณไม่น้อยกว่า 5 ลิตร

5.5 การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ (Preservation)

โดยทั่วไปผลการวิเคราะห์จะเชื่อถือได้ที่สุด และเป็นตัวแทนคุณภาพน้ำที่ใกล้เคียงกับความจริงที่สุดก็ต่อเมื่อต้องทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทันทีภายหลังจากการเก็บตัวอย่างแล้ว ทั้งนี้ เพราะเมื่อทิ้งตัวอย่างไว้นานจะเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทั้งทางด้านเคมีและชีววิทยาได้ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวอย่างน้ำแต่ละประเภท ข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์และสภาพการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ เช่น การเปลี่ยนแปลงลักษณะน้ำเนื่องจากการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ถ้าเก็บตัวอย่างน้ำไว้ในที่มีดและที่อุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) จะลดการเปลี่ยนแปลงซึ่งอาจจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาทำการตรวจวิเคราะห์ได้อย่างมาก

หลักการโดยทั่วไปที่ต้องทำการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ ก็เพื่อป้องกันและลดอัตราการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติของตัวอย่างในช่วงเวลาหลังการเก็บและก่อนตรวจวิเคราะห์

เป็นต้นว่า วิธีการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำโดยทั่วไปทำได้โดย ควบคุมค่าพีเอช, การเติมสารเคมี, การแช่เย็น และการแช่แข็ง

6. ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด

เพื่อให้ น้ำทิ้งที่ระบายออกมาจากอาคารของแหล่งชุมชนต่าง ๆ ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม จึงได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาดไว้ดังตาราง 3 ซึ่งประเภทของอาคารที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือออกสู่สิ่งแวดล้อมที่ได้กำหนดไว้แล้วนั้นสามารถอธิบายรายละเอียดของตารางแต่ละประเภทได้ตามตาราง 4

ตาราง 3 ตารางค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุดตามประเภทมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง					วิธีวิเคราะห์
		ก	ข	ค	ง	จ	
1. ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)	-	5-9	5-9	5-9	5-9	5-9	ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH Meter)
2. บีโอดี (BOD)	mg./l.	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 40	ไม่เกิน 50	ไม่เกิน 200	ใช้วิธีการ Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ติดต่อกัน หรือวิธีการอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษให้ความเห็นชอบ<TD>
3. ปริมาณของแข็ง - ค่าสารแขวนลอย (Suspended Solids)	mg./l.	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 40	ไม่เกิน 50	ไม่เกิน 50	ไม่เกิน 60	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fibre Filter Disc)
- ค่าตะกอนหนัก (Settleable Solids)	mg./l.	ไม่เกิน 0.5	ไม่เกิน 0.5	ไม่เกิน 0.5	ไม่เกิน 0.5	-	วิธีการกรวยอิมฮอฟฟ์ (Imhoff cone) ขนาดบรรจุ 1,000 ลบ.ซม ในเวลา 1 ชั่วโมง
- ค่าสารที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solid)	mg./l.	ไม่เกิน 500*	ไม่เกิน 500*	ไม่เกิน 500*	ไม่เกิน 500*	-	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ในเวลา 1 ชั่วโมง
4. ค่าซัลไฟด์ (Sulfide)	mg./l.	ไม่เกิน 1.0	ไม่เกิน 1.0	ไม่เกิน 3.0	ไม่เกิน 4.0	-	วิธีการไตเตรต (Titrate)
5. ไนโตรเจนในภาพที่ เค เอ็น (TKN)	mg./l.	ไม่เกิน 35	ไม่เกิน 35	ไม่เกิน 40	ไม่เกิน 40	-	วิธีการเจลดาล์ส (kjeldahl)
6. น้ำมันและไขมัน (Fat , Oil and Grease)	mg./l.	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 100	วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายแล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน

หมายเหตุ: วิธีการตรวจสอบลักษณะน้ำทิ้งจากอาคารเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียใน Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA: American Public Health Association, AWWA: American Water Works Association และ WPCF: Water Pollution Control Federation ร่วมกันกำหนดไว้
ที่มา: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2537) .

ตาราง 4 ตารางสรุปประเภทของอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม

ประเภทอาคาร	ขนาดของอาคารที่กำหนดมาตรฐานการระบายน้ำทิ้ง				
	ก	ข	ค	ง	จ
1.อาคารชุดตามกฎหมายว่าด้วยอาคารชุด	ตั้งแต่ 500 ห้องนอน	100 - ไม่ถึง 500 ห้องนอน	ไม่ถึง-100 ห้องนอน	-	-
2.โรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม	ตั้งแต่ 200 ห้อง	60 - ไม่ถึง 200 ห้อง	ไม่ถึง 60 ห้อง	-	-
3.หอพักตามกฎหมายว่าด้วยหอพัก	-	ตั้งแต่ 250 ห้อง	50- ไม่ถึง 250 ห้อง	10 - ไม่ถึง 50 ห้อง	-
4. สถานบริการ	-	ตั้งแต่ 5,000 m. ²	1,000 - ไม่ถึง 5,000 m. ²	-	-
5.โรงพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาลตามกฎหมาย	ตั้งแต่ 30 เตียง	10 - ไม่ถึง 30 เตียง	-	-	-
6.อาคารโรงเรียนราษฎร์ โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาของเอกชนหรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการ	ตั้งแต่ 25,000 m. ²	5,000-ไม่ เกินกว่า 25,000 m. ²	-	-	-
7. อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์กรระหว่างประเทศหรือเอกชน	ตั้งแต่ 55,000 m. ²	10,000-ไม่ ถึง 55,000m. ²	5,000-ไม่ถึง 10,000 m. ²	-	-
8. อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้า	ตั้งแต่ 25,000 m. ²	5,000-ไม่ถึง 25,000 m. ²	-	-	-
9. ตลาด	เกินกว่า หรือเท่ากับ 2,500 m. ²	1,500-ไม่ถึง 2,500 m. ²	1,000-ไม่ถึง 1,500 m. ²	500-ไม่ถึง 1,000 m. ²	-
10. กิจตาคารและร้านอาหาร	เกินกว่า หรือเท่ากับ 2,500 m. ²	500-ไม่ถึง 2,500 m. ²	250-ไม่ถึง 500 m. ²	100-ไม่ถึง 250 m. ²	ไม่ถึง 100 m. ²

ที่มา : กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2537).

7. กระบวนการอิเล็กโทรลิซิส (Electrolysis)

กระบวนการอิเล็กโทรลิซิส หมายถึง กระบวนการเกิดปฏิกิริยาหรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยอาศัยพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงภายนอก (ชัยวัฒน์ เจนวานิชย์. 2530)

ส่วนประกอบสำคัญของกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสคือแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า อิเล็กโทรดสองขั้ว และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งเมื่อประกอบเข้าด้วยกันแล้วเรียกว่า “ เซลล์อิเล็กโทรลิซิส (Electrolysis Cell)” สำหรับอิเล็กโทรดทั้งสองนี้คือ แอโนด คือ อิเล็กโทรดที่มีปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้น และ แคโทด คือ อิเล็กโทรดที่มีปฏิกิริยารีดักชันเกิดขึ้น

7.1 กฎของฟาราเดย์เกี่ยวกับอิเล็กโทรลิซิส (ทบทวมหาวิทยาลัย. 2541 : 33-34)

ไมเคิล ฟาราเดย์ (Michel Faraday) เป็นคนแรกที่ได้ค้นพบความสัมพันธ์แบบปริมาณวิเคราะห์ระหว่างปริมาณไฟฟ้า และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นที่อิเล็กโทรดในกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส ความมากน้อยของการเปลี่ยนแปลงทางเคมีดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับจำนวนอิเล็กตรอนที่มีการถ่ายเทในปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน ดังนั้นความสัมพันธ์ดังกล่าวอาจสรุปเป็นกฎได้เรียกว่า “กฎอิเล็กโทรลิซิสของฟาราเดย์” ดังนี้

7.1.1 มวลของสารที่เกิดขึ้นที่แอโนดหรือแคโทดในขณะที่เกิดอิเล็กโทรลิซิสเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปในเซลล์

7.1.2 มวลของสารต่างๆ กันที่เกิดขึ้นในระหว่างการอิเล็กโทรลิซิสที่ใช้ปริมาณไฟฟ้าเท่ากันจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับน้ำหนักสมมูลของสารนั้น ๆ

7.2 การเกิดไอออนในเซชันและโพลาริเซชัน (จุฑาดี นวมเศวตร. 2545 : 4-11)

7.2.1 การเกิดไอออนในเซชัน

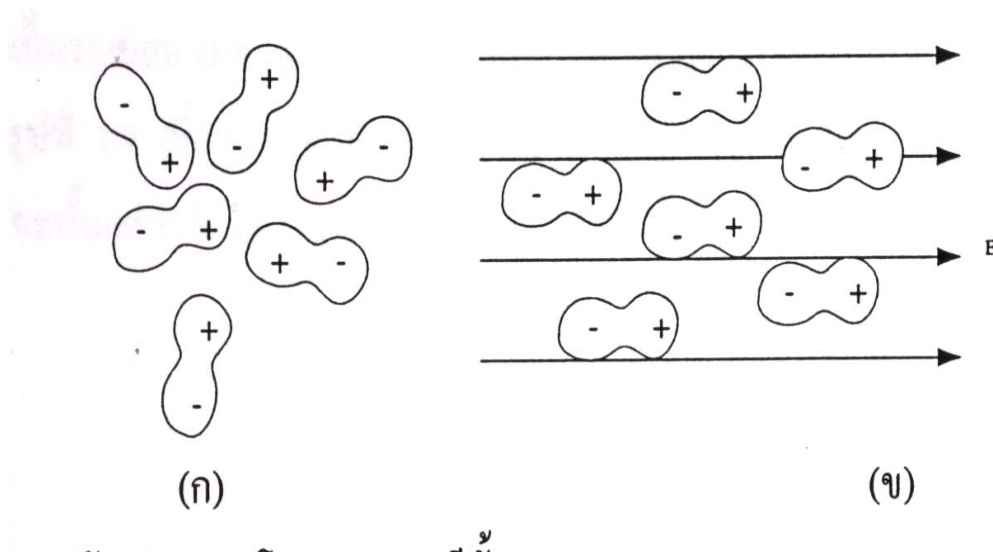
โดยทั่วไปแล้วจะพบว่าในน้ำจะมีอิเล็กตรอนในโมเลกุลหรือนุภาคนั้นสามารถหลุดออกมาได้ ถ้าได้รับพลังงานสูงพอ เรียกว่า “การเกิดไอออนในเซชัน” และพลังงานจากสนามไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานภายนอก จะทำให้อิเล็กตรอนอิสระมีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้นได้ และเมื่ออิเล็กตรอนที่พลังงานสูงนี้เคลื่อนที่ไปชนกับอนุภาคของโปรตีนหรืออนุภาคอื่น ๆ อาจทำให้เกิดการไอออนในเซชัน (ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมา) อีกได้ หรือเรียกว่า “การเกิดไอออนในเซชันจากการชนกันของอิเล็กตรอน” นอกจากนี้เมื่อมีสนามไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานภายนอกจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนที่หลุดจากผิวอิเล็กโทรดด้วย โดยกระบวนการเกิดอิเล็กตรอนหลุดจากของแข็ง (ขั้วอิเล็กโทรด) จะเรียกว่าการแผ่กระจายอิเล็กตรอน (Electron Emission)

7.2.2 การเกิดโพลาริเซชัน

โมเลกุลของสารไดอิเล็กทริกสามารถแยกประเภทออกเป็นสองประเภท คือ โมเลกุลแบบมีขั้ว (Polar Molecule) และโมเลกุลแบบไม่มีขั้ว (Nonpolar Molecule) โมเลกุลแบบมีขั้วหมายถึงโมเลกุลของสารซึ่งศูนย์กลางของประจุบวกหรือนิวเคลียสไม่อยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน โมเลกุลของสารที่มีความสมมาตรเช่น ไฮโดรเจน (H_2) ออกซิเจน (O_2) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ต่างเป็นโมเลกุลแบบไม่มีขั้ว ส่วนโมเลกุลของไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และ น้ำ (H_2O) ต่างเป็นโมเลกุลแบบมีขั้ว เมื่อสารไดอิเล็กทริกที่โมเลกุลเป็นแบบไม่มีขั้ววางอยู่ในสนามไฟฟ้า อิทธิพลของสนามไฟฟ้าจะเหนี่ยวนำให้ศูนย์กลางของประจุลบและประจุบวก จะไม่เป็นตำแหน่งเดียวกันอีกต่อไปและทำให้เกิดขั้วคู่ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น

การเกิดขั้วคู่ไฟฟ้าลักษณะเช่นนี้ กล่าวได้ว่าโมเลกุลแบบไม่มีขั้วของสารไดอิเล็กทริกถูกโพลาริเซชันขณะที่โมเลกุลถูกโพลาริเซชันจะมีแรงคืนตัว (Restoring Force) ระหว่างประจุบวกและประจุลบที่แยกจากกัน การแยกจากกันของประจุเนื่องจากสนามไฟฟ้าภายนอกนี้จะสิ้นสุดลงเมื่อแรงบนประจุเนื่องจากสนามไฟฟ้าเท่ากับแรงคืนตัวระหว่างประจุโดยแรงทั้งสองนี้มีทิศตรงกันข้าม เมื่อสารไดอิเล็กทริกประเภทโมเลกุลเป็นแบบมีขั้วอยู่ในสนามไฟฟ้าย่อมเกิดทอร์ค (ทอร์ค คือ ผลคูณของแรงกับระยะทางตั้งฉากกับแนวแรงถึงจุดหมุน) บนขั้วคู่ไฟฟ้าของโมเลกุลของสาร โดยทอร์คนี้พยายามที่จะหันโมเมนต์ขั้วคู่ไฟฟ้าให้เบนไปอยู่ในทิศเดียวกับสนามไฟฟ้า ดังภาพ 1 (ข) ส่วนภาพ 1 (ก) แสดงโมเลกุลแบบมีขั้วของสารไดอิเล็กทริกเมื่อไม่อยู่ในสนามไฟฟ้า จะพบว่าทิศของโมเมนต์ขั้วคู่ไฟฟ้าของโมเลกุลแบบนี้ไม่เป็นระเบียบ

อย่างไรก็ตามผลของสนามไฟฟ้าภายนอกที่มีต่อสารไดอิเล็กทริกไม่ว่าจะเป็นโมเลกุลแบบมีขั้วหรือไม่มีขั้วก็ตาม ย่อมทำให้มีประจุบวกอยู่ที่ผิวหน้าของสารด้านที่สนามไฟฟ้าผ่านออกจากสารและมีประจุลบอยู่ที่ผิวหน้าของสารด้านที่สนามไฟฟ้าผ่านเข้าสู่สาร



ภาพประกอบ 1 ลักษณะของโมเลกุลแบบมีขั้ว

(ก) เมื่อไม่อยู่ในสนามไฟฟ้า

(ข) เมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้า(E)

ที่มา : ดุจฤดี นวมเศวตร. (2545:11).

8. การประยุกต์ใช้ระบบไฟฟ้าเคมีในการบำบัดน้ำเสีย (กัณฑมาศ สุทธิเรืองวงศ์. 2539 : 23-25)

กระบวนการไฟฟ้าเคมีได้รับความสนใจมากในการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ไม่จำเป็นต้องเติมสารเคมี และหลักการของกระบวนการไฟฟ้าเคมีคือ การใช้อิเล็กตรอนในการทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันแทนการใช้สารเคมีในการเกิดปฏิกิริยา สามารถประยุกต์ใช้ระบบไฟฟ้าเคมีในการบำบัดน้ำเสียได้ดังนี้ การแยกสารโดยทำให้ลอยด้วยไฟฟ้า การกำจัดฟีนอลในน้ำเสียโดยวิธีไฟฟ้าเคมี การกำจัดไอออนต่าง ๆ ในน้ำเสียโดยวิธีไฟฟ้าเคมี การกำจัดเชื้อโรคหรือแบคทีเรียในน้ำเสียจากชุมชน และการกำจัดสีของน้ำเสีย

9. ดัชนีที่มีผลต่อกระบวนการไฟฟ้าเคมี

ลักษณะสมบัติน้ำเสียมีผลต่อการทำงานของระบบไฟฟ้าเคมี ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทำความเข้าใจดัชนีต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทำงานของระบบไฟฟ้าเคมี

9.1 ความนำไฟฟ้า (ลาวัลย์ ศรีพงษ์. 2543 : 311)

ความนำไฟฟ้า หรือคอนดักแตนซ์ (Conductance) คำนี้นิยามในเชิง ไอออนิก หรืออิเล็กโทรนิกมีค่าเป็นส่วนกลับของความต้านทาน หรือเป็นตัวแทนของกระแสที่ไหลผ่าน หน่วยพื้นที่ของอิเล็กโทรดต่อหน่วยของความแตกต่างศักย์ไฟฟ้า ความนำไฟฟ้านี้ถูกใช้บ่อยมากในการวิเคราะห์เพราะเป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของคอนดักเตอร์ เพื่อกำจัดผลดังกล่าวจึงมีการใช้ค่าสภาพการนำไฟฟ้า หรือ คอนดักทิวิตี (conductivity) ความนำไฟฟ้าเจาะจง (specific conductance) แทน

ความนำไฟฟ้ามีผลโดยตรงต่อกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียในกระบวนการไฟฟ้าเคมีจะใช้ไฟฟ้ากระแสตรงนั่นคือไฟฟ้าที่มีทิศทางเคลื่อนที่หรือการไหลของอิเล็กตรอนจากแหล่งกำเนิดไปสู่เครื่องใช้ไฟฟ้าได้เพียงทิศทางเดียวเท่านั้น ส่วนความต่างศักย์ไฟฟ้าทำให้เกิดกระแสไหลในวงจรไฟฟ้า โดยจะทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากจุดที่ประจุลบไปสู่จุดที่ประจุบวก ในวงจรเรียกว่า ความต้านทานกระแสไฟฟ้า สิ่งที่ยับยั้งให้กระแสไฟฟ้าหรืออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปในวงจรเรียกว่า ความต่างศักย์ไฟฟ้า ทั้งความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทานกระแสไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ สามารถเขียนอยู่ในภาพของสมการดังสมการ

$$V = IR$$

ดังนั้นความต้านทานกระแสไฟฟ้าในกระบวนการทางไฟฟ้าเคมีคือ ความต้านทานกระแสไฟฟ้าในสารละลายอิเล็กโทรไลต์นั่นเอง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ตามสมการ

$$R = \frac{L}{CA}$$

- เมื่อ R เป็นความต้านทานกระแสไฟฟ้าในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในหน่วยโอห์ม
 L เป็นระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดในหน่วยเซนติเมตร
 C เป็นค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในหน่วยโมห์ หรือซีเมน
 A เป็นพื้นที่หน้าตัดของอิเล็กโทรดที่สัมผัสกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในหน่วยตารางเซนติเมตร

ซึ่งสามารถหาค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ได้จากเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า

9.2 สี (Clesceri, Greenbery & Trussell. 1987)

สีในน้ำอาจจะเป็นผลมาจากไอออนของโลหะ เช่น เหล็ก แมงกานีส เป็นต้น ซากพืช ซากสัตว์ และของเสียในโรงงานอุตสาหกรรม ในการนำน้ำไปใช้ทั้งในระดับอุตสาหกรรมและการผลิตน้ำประปาจำเป็นต้องเป็นน้ำที่มีสีไม่เป็นที่พึงรังเกียจ ส่วนน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติต้องกำจัดสีให้ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ของระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมด้วย ตามมาตรฐานของการบำบัดน้ำเสีย ความหมายของ “สี” จะเป็นความหมายเดียวกันกับ “Colour” หรือ “True Colour” ซึ่งหมายถึงสีของน้ำที่กำจัดความขุ่นออกไปแล้ว ขณะที่ “Apparent Colour” หมายถึงสีของน้ำที่มีสารแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ในกรณีของน้ำเสียในอุตสาหกรรมที่มีสีพบว่า สีจะกระจายอยู่ทั่วไปในรูปของคอลลอยด์ หรือสารแขวนลอยซึ่งกรณีนี้จะทำให้ “True Colour” ต่างจาก “Apparent Colour” ชัดเจน ในการวิเคราะห์สีมีหลายวิธีให้เลือกแล้วแต่ความเหมาะสมซึ่งขึ้นกับคุณลักษณะของน้ำเสีย

9.3 สารอินทรีย์ (Berger. 1987)

ก๊าซออกซิเจนและอากาศไม่สามารถทำปฏิกิริยาโดยตรงกับสารอินทรีย์ได้ที่อุณหภูมิห้อง แต่สามารถออกซิไดส์สารอินทรีย์ได้ที่อุณหภูมิสูง (มากกว่า 150°C) และความดันสูง นอกจากนี้สารอินทรีย์ยังสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยอาศัยกระบวนการทางชีววิทยา เช่นระบบตะกอนเร่ง เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมมากในการบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนการกำจัดสารอินทรีย์ด้วยสารเคมีนั้นเป็นอีกวิธีหนึ่งซึ่งสามารถทำได้ เช่น การใช้ก๊าซคลอรีนในการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับก๊าซมีเทน พบว่า ก๊าซคลอรีนจะไปทำปฏิกิริยาแทนที่ในโมเลกุลของก๊าซมีเทนได้เมทิลคลอไรด์ ถ้าใช้ก๊าซคลอรีนทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารอินทรีย์ในน้ำเสียพบว่า ปฏิกิริยานี้จะให้คลอโรฟอร์ม และสารไตรฮาโลมีเทนอื่นๆ ซึ่งเป็นพิษ จึงใช้โอโซนแทนก๊าซคลอรีนเนื่องจากโอโซนสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้อย่างสมบูรณ์กับฟินอลและสารอินทรีย์อื่น ๆ นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสียด้วย โดยปฏิกิริยานี้ใช้โอโซน 7.2 มิลลิกรัม/ลิตร ในการทำปฏิกิริยากับฟินอล 1 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ในการบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมพบว่าไม่สะดวกในการใช้สารเคมีและยากในการเก็บรักษาเนื่องจากมีความเป็นพิษสูงและใช้ปริมาณมาก ดังนั้นจึงมีวิธีใหม่ในการกำจัดสารอินทรีย์ได้แก่วิธีไฟฟ้าเคมี ซึ่งปฏิกิริยาการกำจัดสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นที่แอโนด เช่น ไอออนลบถูกทำให้เป็นกลางหรืออาจจะให้อิเล็กตรอน ซึ่งในปฏิกิริยาที่มีศักย์ไฟฟ้าของปฏิกิริยาต่ำจะเกิดปฏิกิริยาก่อนในทางทฤษฎีจลนพลศาสตร์และอุณหพลศาสตร์แสดงว่า ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่อิเล็กโทรดจะให้อนุพันธ์อิสระซึ่งว่องไวในการทำปฏิกิริยา เช่น OH⁻ ซึ่งสูญเสียอิเล็กตรอนแต่ยังไม่ได้ทำปฏิกิริยาใด ๆ สามารถทำปฏิกิริยากันเอง หรือกับไอออน หรือสารประกอบ หรืออนุพันธ์อิสระ

อื่น ๆ บริเวณใกล้อิเล็กโทรด รวมทั้งสามารถทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วย หรืออาจจะรวมตัวกับอนุพันธ์อิสระอื่นได้สารที่มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ และถ้าในน้ำเสียมีคลอไรด์ไอออนพบว่าวิธีไฟฟ้าเคมีจะทำให้เกิดก๊าซคลอรีนและอนุพันธ์ของคลอรีนที่แอกไซด์ ซึ่งเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารอินทรีย์ได้อีกด้วย แต่การกำจัดสารอินทรีย์แบบสมบูรณ์ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมีนี้ไม่เป็นที่นิยม เพราะการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบสมบูรณ์ของสารอินทรีย์เพื่อเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ใช่ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ง่าย จะเกิดขึ้นกับสารอินทรีย์บางตัวในอัตราการกำจัดต่ำและบางสภาวะเท่านั้นเช่นในสภาวะที่ใช้แพลทินัมแพลทินัมเป็นอิเล็กโทรดในสารละลายกรดเข้มข้นหรือต่างเข้มข้นที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นต้น สภาวะเช่นนี้ไม่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากต้องใช้ปริมาณสารเคมีมาก วัสดุที่ใช้ทำอิเล็กโทรดมีราคาแพง และต้องใช้พลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยา ยิ่งไปกว่านั้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบสมบูรณ์ของสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ต้องการการถ่ายเทอิเล็กตรอนจำนวนมาก จึงไม่สามารถหลีกเลี่ยงการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงไปได้ ในบางครั้งเพียงการเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลของสารอินทรีย์ให้เล็กลงจะสามารถลดความเป็นพิษได้แล้ว ดังนั้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบสมบูรณ์ของสารอินทรีย์ต้องใช้อิเล็กโทรดที่มีพื้นที่ผิวมาก เช่น คาร์บอน เป็นต้น

9.4 ความเป็นกรดต่าง (pH) (กัณฑ์มาศ สุทธิเรืองวงศ์. 2539 : 28-33)

สารละลายในน้ำไม่ว่าจะเป็นกรด เป็นเบส หรือ เป็นกลาง ย่อมประกอบด้วย H_3O^+ และ OH^- เสมอ โดยมีผลคูณของไอออนทั้งสองเท่ากับ 10^{-14} ดังนั้นถ้าทราบ (H_3O^+) เพียงอย่างเดียว สามารถบอกได้ว่าสารละลายเป็นกรด เป็นเบสหรือเป็นกลาง

9.5 การตกตะกอน (กัณฑ์มาศ สุทธิเรืองวงศ์. 2539 : 28-33)

เราเคยทราบมาว่า $AgCl$, $BaSO_4$ และ Ag_2SO_4 ไม่ละลายในน้ำแต่ที่จริงแล้วเกลือทั้ง 3 ชนิดนี้ละลายในน้ำได้เล็กน้อย การที่เกลือเหล่านี้หรือเกลืออื่น ๆ ละลายในน้ำได้เล็กน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำและอุณหภูมิ ทั้งนี้เพราะการละลายของของแข็งนั้นต้องใช้พลังงานเพื่อแยกอนุภาคที่เป็นไอออนหรือโมเลกุลออกจากกัน โดยทั่ว ๆ ไปแล้วของแข็งจะละลายในน้ำที่ร้อนได้ดีขึ้น เพราะความร้อนจากน้ำจะให้พลังงานเพื่อใช้ในการแยกอนุภาคของแข็งออกจากกัน เช่น เมื่อเติม $AgCl$ ลงในน้ำจะเกิดการละลายได้เล็กน้อย และแตกตัวให้ Ag^+ และ Cl^- เมื่อ $AgCl$ ละลายจนได้สารละลายอิ่มตัวจะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับเป็น Ag^+ และ Cl^- จนเมื่ออัตราการละลายและอัตราการรวมตัวเท่ากัน ระบบจะเข้าสู่สภาวะสมดุลแต่ที่ต่างจากปฏิกิริยาของกรด – เบส คือสมดุลกรด – เบส เกิดได้เร็วแต่การดำเนินเข้าสู่สภาวะสมดุลของการละลายเกิดได้ช้ามาก

9.6 คอลลอยด์ (กัณฑ์มาตรา สุทธิเรื่องวงศ์. 2539 : 28-33)

เป็นสถานะที่สารใดสารหนึ่งอยู่ในรูปของอนุภาคเล็กๆ แขนงลอยอยู่ในตัวกลางหรือตัวทำละลาย สถานะนี้เป็นประเภทเนื้อผสม อนุภาคเหล่านี้อาจจะละลายในตัวทำละลายได้บ้างแต่ไม่สามารถละลายได้หมด จึงปรากฏในรูปแขวนลอยอยู่ ซึ่งจะคงสถานะและไม่ยอมรวมตัวกัน เกิดเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ถ้าพิจารณาจากเสถียรภาพอาจจำแนกคอลลอยด์ออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

9.6.1 คอลลอยด์ที่มีเสถียรภาพในตัวเอง ตัวอย่างระบบคอลลอยด์ประเภทนี้ได้แก่ กาว แป้ง และสบู่ ซึ่งเกิดระบบคอลลอยด์ที่เสถียรในน้ำได้

9.6.2 คอลลอยด์ที่มีเสถียรภาพเนื่องจากสารอื่น แบ่งเป็น คอลลอยด์ที่มีสารอื่นป้องกันและคอลลอยด์ที่ดูดซับไอออน

10. หลักการในการออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ไฟฟ้าเคมี (กัณฑ์มาตรา สุทธิเรื่องวงศ์. 2539 : 36-40)

เครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการไฟฟ้าเคมีมีหลายแบบดังภาพ 2 ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่จะประยุกต์ใช้ โดยมีหลักการสำคัญในการออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการไฟฟ้าเคมีคือ

10.1 เครื่องปฏิกรณ์ควรเป็นแบบที่ง่ายที่สุด และค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ถ้าเป็นไปได้ควรหลีกเลี่ยงการออกแบบระบบที่มีการกวนผสม หรือการไหลของสารละลาย

10.2 เครื่องปฏิกรณ์ต้องสามารถเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีได้อย่างสมบูรณ์ก่อนจะผ่านสู่ขั้นตอนอื่น ในกรณีที่มีกระบวนการอื่นนอกจากกระบวนการไฟฟ้าเคมีมาเกี่ยวข้องควรจะทำแยกจากกระบวนการไฟฟ้าเคมี

10.3 เมื่อจำเป็นต้องมีการกวนผสมหรือการไหลของสารละลายต้องพิจารณาการถ่ายเทมวลสารเป็นอันดับแรก เช่น การกวนผสมอาจจะต้องใช้แผ่นกั้น หรือใบพัด

10.4 ควรออกแบบให้มีการกระจายความต่างศักย์ไฟฟ้าสม่ำเสมอทั่วพื้นผิวของอิเล็กโทรด

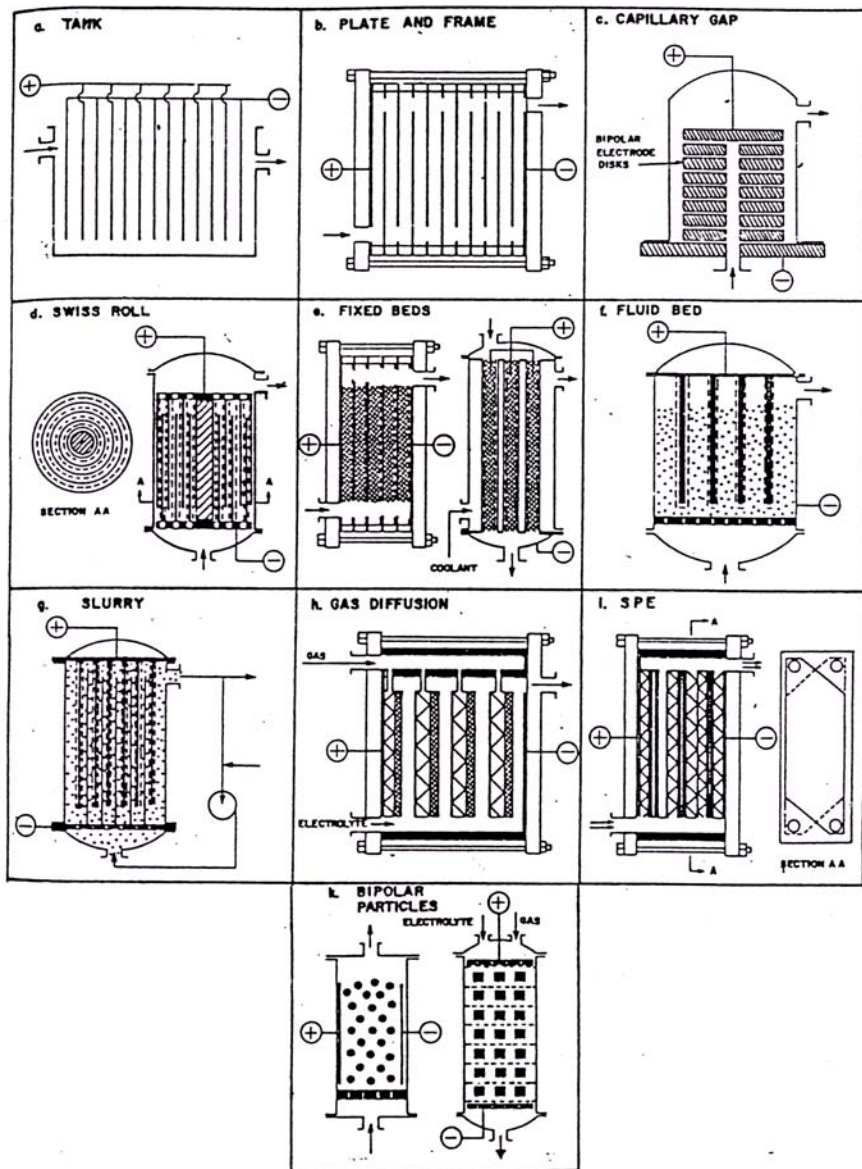
10.5 ควรออกแบบให้มีระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดน้อย เพราะระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดยิ่งมากจะต้องใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าสูง ซึ่งจะทำให้ค่าไฟฟ้าสูงขึ้น

10.6 การเลือกวัสดุที่ใช้ทำเครื่องปฏิกรณ์นั้นต้องคำนึงถึงสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่จะผ่านกระบวนการไฟฟ้าเคมี และสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการไฟฟ้าเคมี โดยสามารถคงทนไม่สึกกร่อนภายใต้สภาพการใช้งาน

10.7 การเลือกวัสดุที่ใช้ทำอิเล็กทรอนิกส์นั้นต้องคำนึงถึงปฏิกิริยาเคมีที่จะเกิดขึ้นให้สอดคล้องกับความต้องการของระบบบำบัด และปฏิกิริยาข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นได้ เช่น แกรไฟต์ ไม่นิยมใช้ทำอิเล็กทรอนิกส์เนื่องจากจะถูกออกซิไดส์ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ และมีราคาแพง เป็นต้น

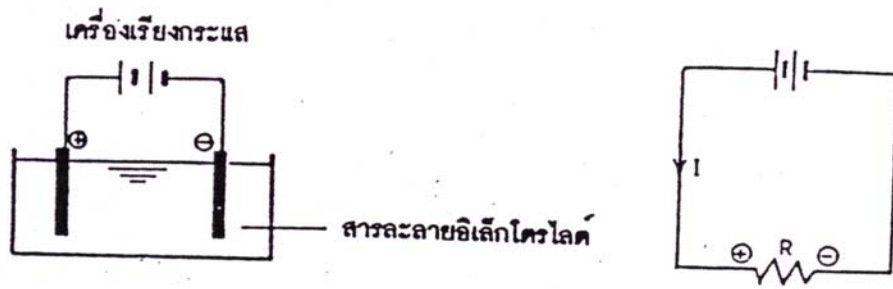
10.8 การวางอิเล็กทรอนิกส์ในเครื่องปฏิกรณ์นั้นมี 2 แบบขึ้นกับความต้องการของวิธีที่ใช้ในบำบัด ถ้าระบบบำบัดต้องการกำจัดสารแขวนลอยด้วยวิธีทำให้ลอยควรวางอิเล็กทรอนิกส์ในแนวตั้ง เพื่อให้ฟองก๊าซที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีเป็นตัวพาสารแขวนลอยดังกล่าวขึ้นมาพร้อมกับตะกอนเบาที่เกิดขึ้น แต่ถ้าระบบบำบัดต้องการกำจัดสารแขวนลอยด้วยวิธีตกตะกอนควรวางอิเล็กทรอนิกส์ในแนวนอนโดยให้ขั้วแอโนดอยู่ด้านล่าง

10.9 การจัดเรียงอิเล็กทรอนิกส์ที่ง่ายที่สุดคือ มีแผ่นอิเล็กทรอนิกส์เพียง 1 คู่โดยขั้วหนึ่งเป็นแอโนดและอีกขั้วเป็นแคโทดดังภาพ 3 ซึ่งแบบนี้ไม่เป็นที่นิยมใช้เนื่องจากการนำไปประยุกต์ใช้นั้นต้องการขนาดใหญ่ พื้นที่ผิวในการทำปฏิกิริยามาก ทำให้ต้องมีการจัดเรียงตัวของแผ่นอิเล็กทรอนิกส์แบบต่าง ๆ ขึ้น ในกรณีที่ต้องใช้อิเล็กโตรดมากกว่า 1 คู่ สามารถเลือกวิธีต่อทางไฟฟ้าได้ 2 แบบคือ



ภาพประกอบ 2 ตัวอย่างของเครื่องปฏิกรณ์แบบต่างๆ

ที่มา : Oloman. (1983 :69-77).



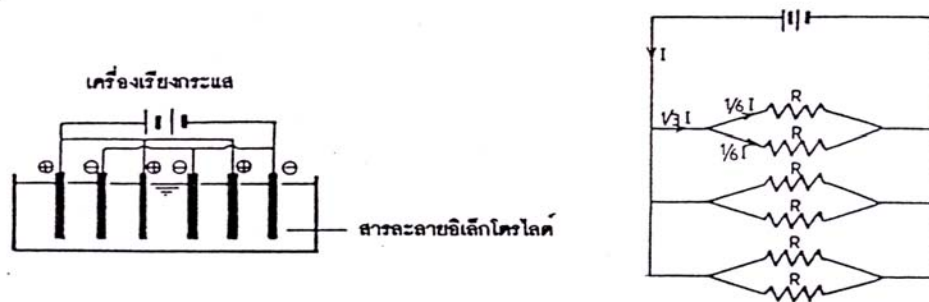
ภาพประกอบ 3 การจัดเรียงอิเล็กโทรดโมโนโพลาร์-เซลล์เดี่ยว

ที่มา : Pretorius, Johannes & Lempert. (1991:133-138).

10.9.1 โมโนโพลาร์ มีจุดเชื่อมอิเล็กโทรดในแต่ละแผ่นทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นระหว่างขั้วแคโทดและแอโนด ซึ่งสลับกันขั้วละแผ่นโดยที่ผิวหน้าทั้งสองด้านของอิเล็กโทรดแผ่นเดียวกันจะมีขั้วเดียวกัน ในทางไฟฟ้านั้นแผ่นอิเล็กโทรดจะมีการจัดเรียงเซลล์ได้ 2 แบบ คือ

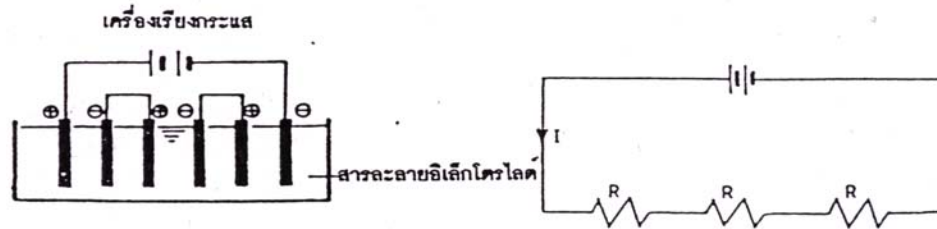
10.9.1.1 แบบขนาน กระแสไฟฟ้าจะถูกแบ่งไปในแต่ละเซลล์ขึ้นอยู่กับความต้านทานภายในของเซลล์นั้น ๆ โดยที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าของระบบจะเท่ากับดังภาพ 4

10.9.1.2 แบบอนุกรม มีการจัดเรียงอิเล็กโทรดคล้ายเซลล์เดี่ยวหลายๆเซลล์มาต่อกันโดยมีจุดเชื่อมอิเล็กโทรดดังภาพ 5



ภาพประกอบ 4 การจัดเรียงอิเล็กโทรดโมโนโพลาร์แบบขนาน

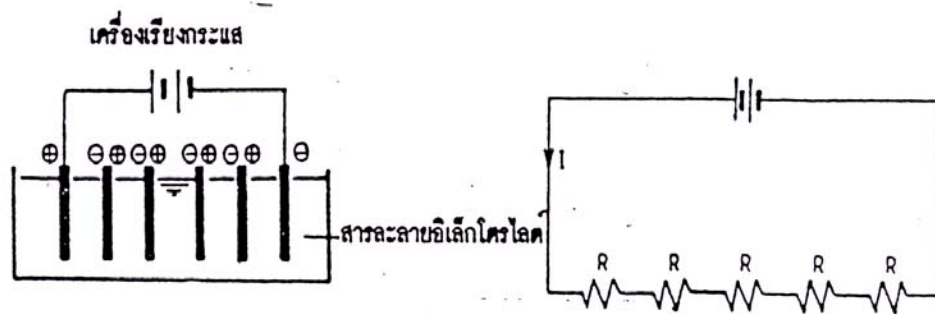
ที่มา : Pretorius, Johannes & Lempert. (1991:133-138).



ภาพประกอบ 5 การจัดเรียงอิเล็กโทรดโมนโพลาร์แบบอนุกรม

ที่มา : Pretorius, Johannes & Lempert. (1991:133-138).

10.9.2 โปโพลาร์ มีจุดเชื่อมอิเล็กโทรดเพียง 2 จุดเท่านั้น เฉพาะแผ่นอิเล็กโทรดที่อยู่ปลายนอกสุดดังภาพ 6 แต่ละแผ่นของอิเล็กโทรดมีด้านหนึ่งเป็นขั้วลบซึ่งทำหน้าที่เป็นแอโนดและอีกด้านหนึ่งเป็นขั้วบวกซึ่งทำหน้าที่เป็นแคโทด ในทางไฟฟ้านั้นแผ่นอิเล็กโทรดจะมีการจัดเรียงเซลล์แบบอนุกรม โดยกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านต้องการความต่างศักย์ไฟฟ้าที่สูงกว่า เนื่องจากความต้านทานที่สูงกว่าของเซลล์ซึ่งต่อกันแบบอนุกรม แต่จะมีกระแสไฟฟ้าของระบบเท่ากัน นั่นคือมีกระแสไฟฟ้าเดียวกันไหลผ่านอิเล็กโทรดทั้งหมด ซึ่งการจัดเรียงอิเล็กโทรดแบบนี้ทำให้ง่ายต่อการติดตั้งและบำรุงรักษาในขณะที่ทำการใช้งาน



ภาพประกอบ 6 การจัดเรียงอิเล็กโทรดโปโพลาร์

ที่มา : Pretorius, Johannes & Lempert. (1991:133-138).

ในส่วนของผู้วิจัยทำการทดลองใช้แผ่นอิเล็กทรอนิกส์โทรดมากกว่า 1 คู่ จึงทดลองเลือกวิธีการจัดเรียงแผ่นอิเล็กทรอนิกส์โทรด 3 แบบคือ การจัดเรียงอิเล็กทรอนิกส์โทรดแบบไบโพลาร์ โมโนโพลาร์แบบอนุกรม และโมโนโพลาร์แบบขนาน เพื่อทดลองหาปัจจัยในการลดซีโอดีได้มากที่สุด

11. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

11.1 งานวิจัยภายในประเทศ

คมเพชร ปักคำวงศ์สังข์ (2545) ทำการศึกษาพัฒนาปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียโดยระบบอิเล็กทรอนิกส์และเปรียบเทียบกับระบบที่มีอยู่ในปัจจุบันคือระบบชีวภาพ ดังภาพ 7 โดยการเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานทางไฟฟ้าและอัตราการตกตะกอนในปริมาณน้ำเสียเท่ากัน โดยการเปรียบเทียบนี้เพียงแต่ประมาณการเท่านั้น โดยแบ่งขั้นตอนการทำงานทั้งหมดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ได้ทำการสำรวจระบบทั้งหมด

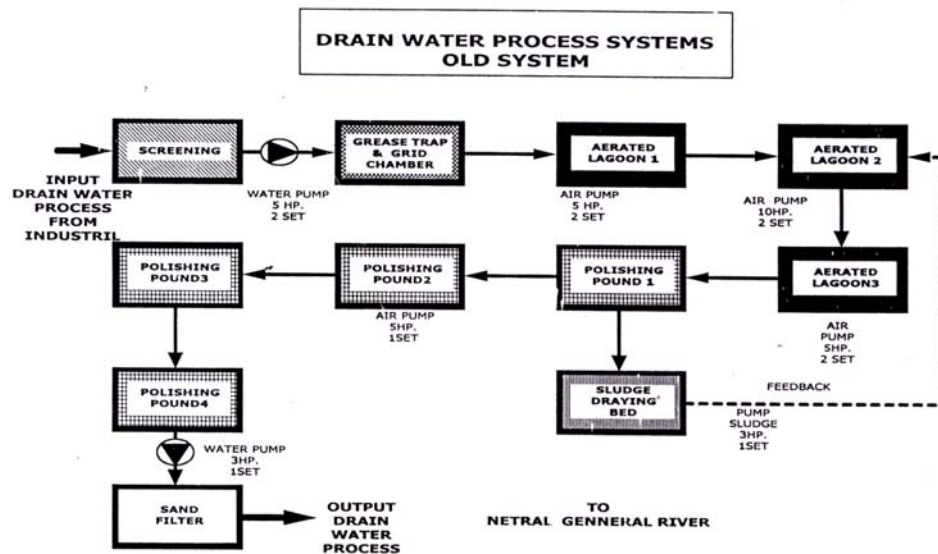
ขั้นตอนที่ 2 เป็นการสำรวจการใช้พลังงานไฟฟ้า

ซึ่งจะพบว่าการทำงานของระบบชีวภาพนี้จะต้อง ทำงานตลอด 24 ชั่วโมง และพลังงานทั้งหมดจะอยู่ที่ 45.66 กิโลวัตต์จากการสำรวจจะพบว่าอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างต่ำวันละ 5,000 หน่วย/วัน เมื่อคำนวณค่าไฟฟ้าแล้วจะต้องจ่ายค่าพลังงานเดือนละ 30,000 บาท

ขั้นตอนที่ 3 ทดลองวางระบบการบำบัดน้ำเสียโดยระบบอิเล็กทรอนิกส์เปรียบเทียบเฉพาะอัตราการใช้พลังงานในระบบของน้ำที่เท่ากัน

พลังงานไฟฟ้าของระบบอิเล็กทรอนิกส์ 5 กิโลวัตต์ / วัน

ค่าไฟฟ้าของระบบอิเล็กทรอนิกส์ 3,285 บาท / เดือน



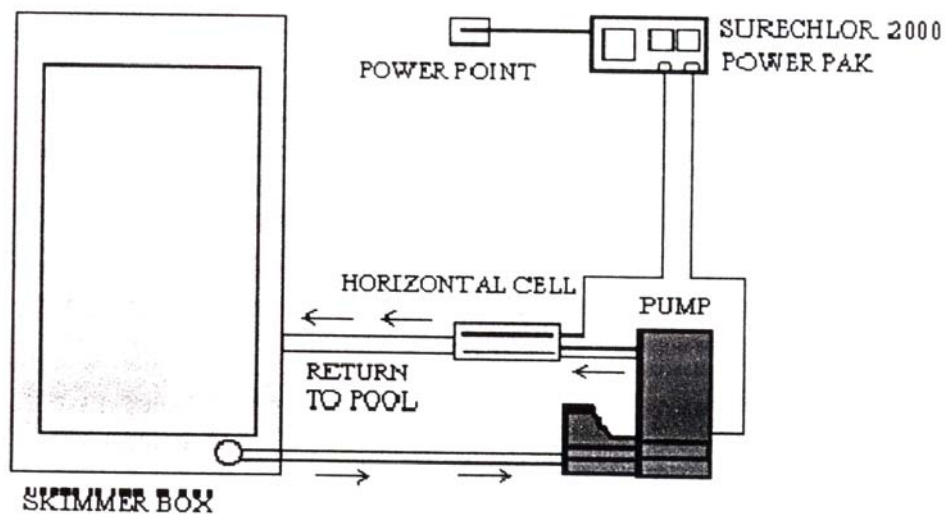
ภาพประกอบ 7 ระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัทท่าเหมิงเอนเตอร์ไพรส์
ที่มา : คมเพชร บั๊กควังศ์สังข์. (2545:60).

ดุษฎี นวมเศวตร (2545) ทำการศึกษาปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียโดยระบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยทดลองบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้น้ำผสมเลือดสัตว์อัตราส่วน 100:1 และทำการบำบัดพบว่าค่าบีโอดี เริ่มต้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ลดลงเหลือ 6 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าซีโอดีเริ่มต้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ลดลงเหลือ 0 มิลลิกรัม/ลิตร พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 200 กิโลวัตต์. ชั่วโมง/ลูกบาศก์เมตรและได้ทำการทดสอบบำบัดน้ำเสียจากแอร์ เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่พบว่าหลังการบำบัดสามารถลดเชื้อแบคทีเรียได้ 80% ดังตาราง 5
ตาราง 5 ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

Water samples	Qty (ml)	Time (min)	O/P Voltage (V)	pH	Temp (°C)	Total viable count (CFU/ml)		Total Coli form bacteria (CFU/ml)	
						Before	After	Before	After
A	100	10	1000	6.7	27	630	12	20	0
B	100	10	1000	6.8	27	870	<30	<20	0
C	100	10	1000	6.8	27	360	32.3	24	0
D	100	10	1000	6.7	27	180	<30	30	0

ที่มา : ดุษฎี นวมเศวตร. (2545:98).

ศิริโรจน์ เกตุแก้ว. (2542) ทำการศึกษาเรื่องการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบไฟฟ้า โดยมีหลักการการทำงานของเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยระบบไฟฟ้า ดังภาพ 8 โดยสามารถแยกอธิบายหลักการการทำงานได้ 2 ส่วน คือ เซลล์ประจุไฟฟ้า (Electrolytic cell) และตัวจ่ายไฟ (Power pak) ตัวเซลล์จะติดตั้งติดกับท่อน้ำที่กลับจากปั๊มไปสู่สระและตัวจ่ายไฟจะตั้งอยู่กับเครื่องกรองต่อกับเซลล์ด้วยสายไฟ วิธีการง่ายๆ : ใส่เกลือธรรมดาลงในสระ ให้ความเค็มอยู่ประมาณ 0.6-0.7% (น้ำทะเลเค็มประมาณ 3.5%) น้ำนี้จะผ่านมาที่เซลล์เวลาปั๊มทำงาน ประจุไฟฟ้าในเซลล์จะทำปฏิกิริยากับน้ำเกลือกลายเป็นคลอรีนเหลวหรือโซเดียมคลอไรด์และไฮโดรเจน ซึ่งจะฆ่าเชื้อโรคเช่น เชื้อแบคทีเรีย ไวรัส และเชื้อรา ทำให้น้ำบริสุทธิ์และใสสะอาด และจะกลับเป็นน้ำที่บริสุทธิ์ออกไปอย่างเดียว จะไม่มีคลอรีนผสมออกไปเลย จึงไม่มีกลิ่นและไม่ทำให้แสบจมูกและแสบตา เกลือจะเติมครั้งต่อไปเมื่อน้ำล้นจากสระตอนฝนตกหรือมีผู้ใช้น้ำจากสระจำนวนมาก ทำให้ต้องเติมน้ำใหม่ เกลือมีราคาประมาณกิโลกรัมละ 3 บาท ในขณะที่คลอรีนมีราคา กิโลกรัมละ 100 บาทและต้องเติมทุกวัน ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงในสระที่มีความจุ 200,000 ลิตร จะต้องเติมคลอรีนเฉลี่ยวันละ 1 กิโลกรัม เดือนหนึ่งจะมีค่าใช้จ่าย 3,000 บาท เครื่องฆ่าเชื้อโรคระบบเกลือแทนคลอรีนนี้สะดวกต่อการติดตั้งดูแล บำรุงรักษาและทำความสะอาด สิ่งสำคัญคือมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าคลอรีน



ภาพประกอบ 8 เครื่องฆ่าเชื้อโรคระบบเกลือแทนคลอรีน ในสระว่ายน้ำ
ที่มา : ศิริโรจน์ เกตุแก้ว. (2542:84).

11.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Rojo (1979) ทำการศึกษาปรับปรุงเซลล์อิเล็กทรอนิกส์ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทปิโตรเลียม เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวของอิเล็กโทรดให้สัมพันธ์กับปริมาณน้ำเสียที่จะทำการบำบัดโดยใช้อนุภาคของเหล็กและอลูมิเนียมเป็นอิเล็กโทรด ระบบบำบัดน้ำเสียของ Rojo ดังภาพ 9 ประกอบด้วย

1. ถังแยกน้ำมัน น้ำเสียจะเข้าสู่ถังแยกน้ำมันเพื่อแยกน้ำมันออกจากน้ำตามความแตกต่างของความหนาแน่นระหว่างน้ำมันกับน้ำ จากนั้นน้ำมันบนผิวของถังแยกน้ำมันจะถูกดูดซับด้วยเครื่องกำจัดคราบน้ำมันไปเก็บไว้ในถังเก็บน้ำมัน น้ำถูกส่งเข้าไปในถังพักด้วยเครื่องสูบน้ำ 1

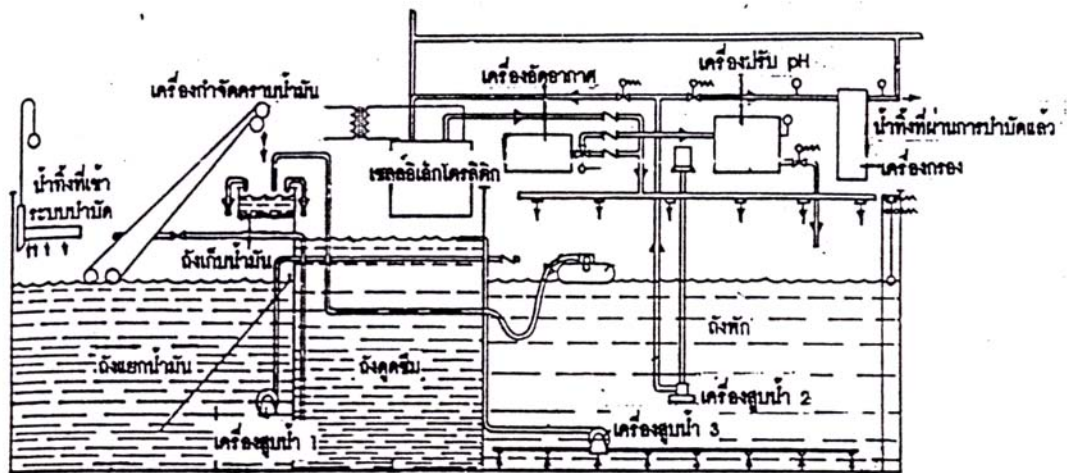
2. ถังเก็บน้ำมัน ในส่วนนี้เกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำมันกับน้ำด้วยเช่นกัน น้ำจะถูกส่งกลับไปยังถังแยกน้ำมัน ขณะที่น้ำมันเข้าสู่ถังดูดซึม

3. ถังดูดซึม น้ำมันในถังดูดซึมจะถูกดูดซึมด้วยตะกอนเบาที่ส่งมาจากถังพักซึ่งเกิดจากการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีไฟฟ้าเคมีในเซลล์อิเล็กทรอนิกส์นั่นเองและถูกกำจัดออกจากระบบพร้อมกันทั้งน้ำมันและตะกอนเบา ส่วนน้ำจะนำกลับไปถังแยกน้ำมัน

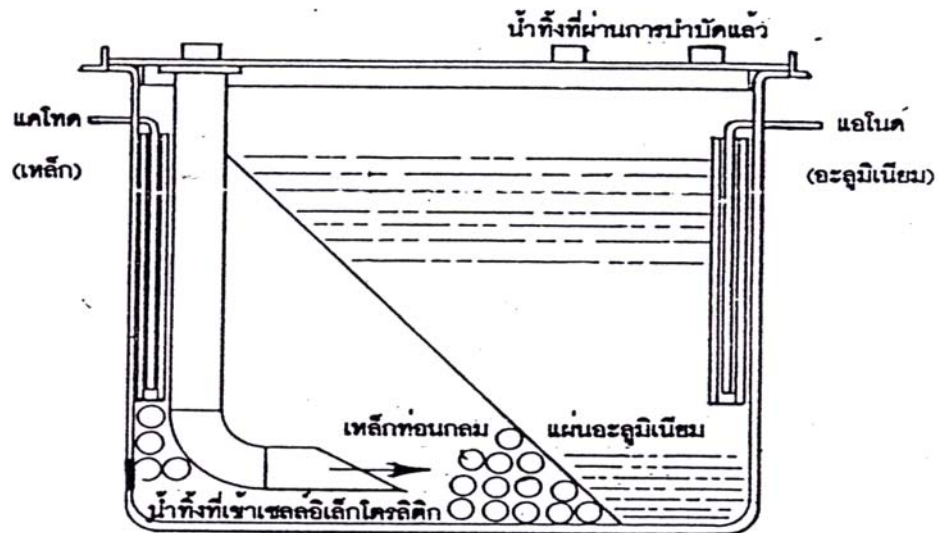
4. ถังพัก เมื่อสามารถแยกน้ำมันกับน้ำในถังแยกน้ำมันได้แล้ว น้ำเสียในถังแยกน้ำมันถูกส่งเข้าไปในถังพักด้วยเครื่องสูบน้ำ จากนั้นน้ำเสียในถังพักจะถูกส่งเข้าไปบำบัดในเซลล์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยเครื่องสูบน้ำ 2 น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วในเซลล์อิเล็กทรอนิกส์จะกลับมามองถังพักเช่นกัน เป็นเช่นนี้ไปจนกระทั่งครบระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสียเพื่อให้ตะกอนเบาที่เกิดจากเซลล์อิเล็กทรอนิกส์มีเวลาเพียงพอในการรวมตัวหรือดูดซับสิ่งสกปรกต่าง ๆ ในน้ำเสีย จากนั้นจะเกิดการตกตะกอนในถังพัก ตะกอนที่ด้านล่างของถังพักจะถูกป้อนเข้าไปทำหน้าที่ดูดซับน้ำมันในถังดูดซึมด้วยเครื่องสูบน้ำ 3 ตะกอนเบาบางส่วนลอยอยู่ที่ผิวหน้าของถังพักเนื่องมาจากการลอยตัวของฟองก๊าซไฮโดรเจนในเซลล์อิเล็กทรอนิกส์ที่มาพร้อมกับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว ทำให้ต้องมีเครื่องกวาดตะกอนนำตะกอนไปยังถังดูดซึมหรือถังเก็บน้ำมันเมื่อครบระยะเวลาในการตกตะกอน น้ำเสียจะถูกสูบออกจากระบบด้วยเครื่องสูบน้ำ 2 หรือบางครั้งจะสูบทั้งน้ำเสียและตะกอนในถังพักเข้าเครื่องกรองก่อนที่จะนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย จากการทดลองพบว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วใส, ไม่มีสี, ไม่มีกลิ่นและสามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติได้ ดังตาราง 6 นอกจากนี้ในถังพักยังมีระบบเติมอากาศด้วยเครื่องอัดอากาศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอนและมีเครื่องปรับพีเอชเพื่อปรับพีเอชให้กับระบบบำบัดน้ำเสีย

5. เซลล์อิเล็กทรอนิกส์ ใช้อะลูมิเนียมเป็นแอโนดและเหล็กเป็นแคโทด โดยที่ขั้วแอโนดและแคโทดเป็นแท่งอะลูมิเนียมและเหล็ก ภายในเซลล์บรรจุด้วยแผ่นอะลูมิเนียมเล็ก ๆ และ

เหล็กท่อนกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-1.0 เซนติเมตรด้วยปริมาตร 32 ลูกบาศก์ฟุตในอัตราส่วนของอะลูมิเนียมต่อเหล็กเท่ากับ 70:30 โดยปริมาตร แผ่นอะลูมิเนียมจะอยู่ใกล้แกงอะลูมิเนียมที่แอโนด และอนุภาคเหล็กจะอยู่ใกล้แกงเหล็กที่แคโทด และถูกแบ่งออกจากกันในเซลล์ด้วยแผ่นพีวีซี หนาประมาณ 0.05 มิลลิเมตรดังภาพ 10 น้ำเสียในถังพักจะป้อนเข้าเซลล์อิเล็กโทรลิติกทางด้านล่างด้วยเครื่องสูบน้ำและออกจากเซลล์ทางด้านบน ให้กระแสไฟฟ้าไหลจากขั้วแอโนดไปยังแคโทดที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 120 โวลต์ ปริมาตรของน้ำเสียที่ต้องบำบัด 7,000 แกลลอน ระยะเวลาในการบำบัดด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี 10 ชั่วโมง จากการทดลองนี้ทำให้เกิดตะกอนเบาของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ และเฟอร์รัสไฮดรอกไซด์ที่สามารถดูดซับน้ำมัน ไอออนของโลหะ และสารมลพิษต่างๆ ในน้ำเสีย หรือในกรณีของคาร์บอนेटหรือไบคาร์บอนेटในน้ำเสียจะเกิดเป็นตะกอนเบาของเฟอร์รัสคาร์บอนेटหรือเฟอร์ริกคาร์บอนेट เป็นต้น ก๊าซไฮโดรเจนที่แคโทดนั้นบางส่วนจะปล่อยสู่บรรยากาศ และบางส่วนได้ติดไปกับน้ำเสียที่ออกจากเซลล์อิเล็กโทรลิติกลงสู่ถังพัก จากการทดลองนี้ Rojo กล่าวว่าทำให้เกิดตะกอนเบาของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์และเฟอร์รัสไฮดรอกไซด์มีส่วนช่วยในการบำบัดน้ำเสียได้ดีกว่าระบบที่เกิดตะกอนเบาของตัวใดตัวหนึ่ง ผลการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมีด้วยระบบของ Rojo คือ สามารถลดสีของน้ำเสีย กำจัดซีโอต์และบีโอดี ดังตาราง 6



ภาพประกอบ 9 ระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทปิโตรเคมี
ที่มา : Rojo. (1979).



ภาพประกอบ 10 เซลล์อิเล็กโทรลิติกจากโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
ที่มา : Rojo. (1979).
ตาราง 6 ผลการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

ตัวแปรที่วิเคราะห์	น้ำเสียก่อนการบำบัด	น้ำเสียที่ผ่านการบำบัด
PH	10.9	7.9
Color	800	10
COD	4800	224
BOD5	240	58
Oil and Grease	8760	0.4
Total Solids	8644	508
Suspended Solids	2594	12
Volatile Solids	7244	354
Inorganic Solids	1220	154
Alkalinity	750	192

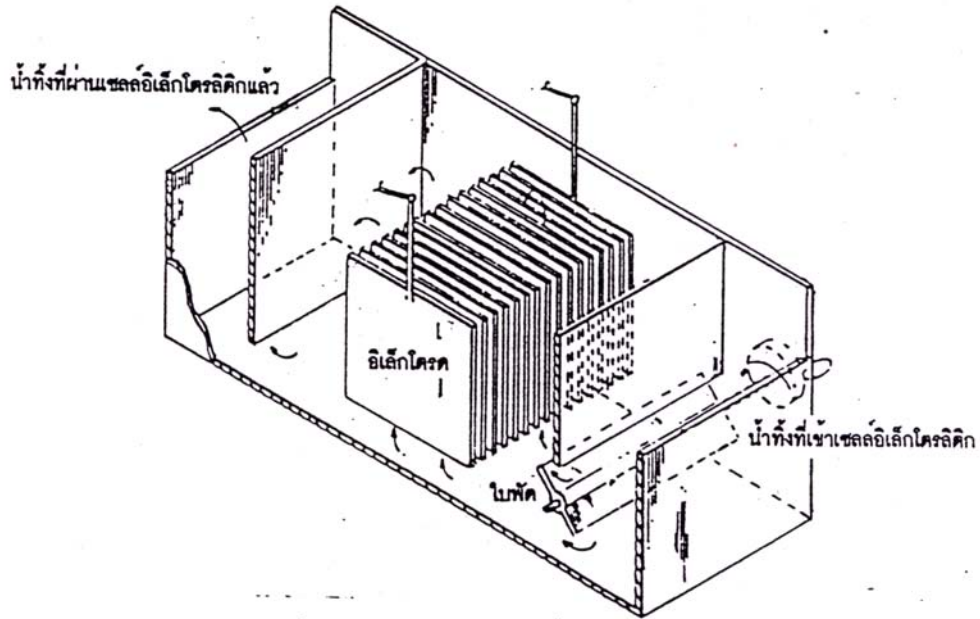
ที่มา : Rojo. (1979).

Krause และ Shea (1979) ทำการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียจากชุมชนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรคและสารแขวนลอย ระบบดังกล่าวใช้ระยะเวลาในการบำบัดน้อยขั้นตอนสำคัญที่ใช้ในการบำบัดคือเซลล์อิเล็กโทรลิติก ระบบบำบัดน้ำเสียของ Krause และ Shea แสดงดังภาพ 12 ซึ่งประกอบด้วย

1. เครื่องกรองเพื่อกำจัดอนุภาคขนาดใหญ่ น้ำเสียจะถูกปรับค่าการนำไฟฟ้าด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์หรือน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วให้ได้ค่าการนำไฟฟ้าประมาณ 4 – 15 มิลลิซีเมน จากนั้นจึงผ่านเข้าเครื่องกรองเพื่อกำจัดอนุภาคขนาดใหญ่ออกจากน้ำเสียที่จะทำการบำบัด

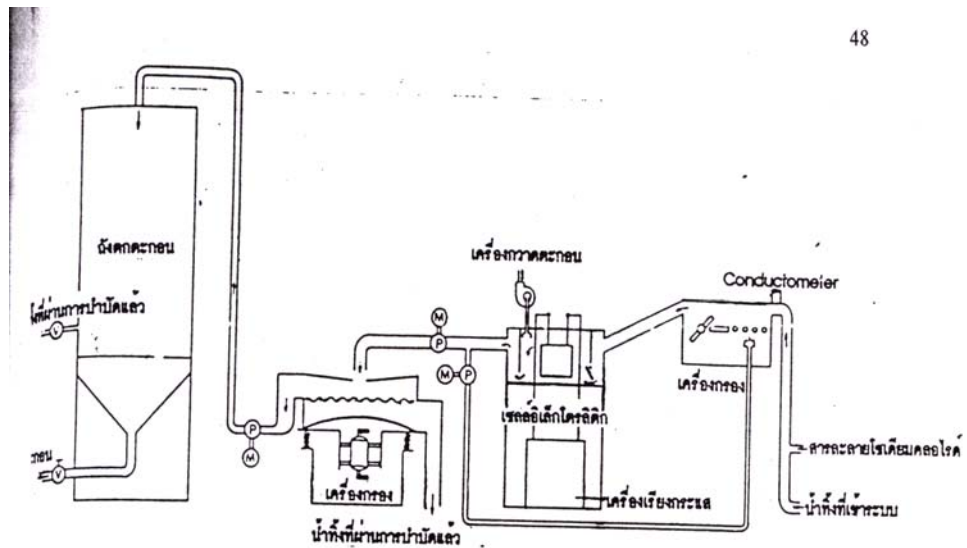
2. เซลล์อิเล็กโทรลิติก น้ำเสียที่ผ่านการกำจัดอนุภาคขนาดใหญ่แล้วจะเข้าสู่เซลล์ที่มีขนาดความกว้าง 1.5 ฟุต ยาว 3 ฟุต สูง 1.5 ฟุต ซึ่งเป็นระบบเปิดดังภาพ 11 น้ำเสียจะถูกเติมอากาศด้วยใบพัดและไหลลงด้านล่างของแผ่นกั้นผ่านอิเล็กโทรดได้อย่างทั่วถึง ในระบบของ Krause และ Shea ใช้อิเล็กโทรดแบบเสถียรขนาดความกว้าง 12 นิ้ว ยาว 12 นิ้ว จำนวน 50 แผ่น การจัดเรียงอิเล็กโทรดแบบใบโพлярซึ่งมีระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 0.25 นิ้วโดยจัดให้อิเล็กโทรดเรียงตามความกว้างของเซลล์อิเล็กโทรลิติก ไฟฟ้ากระแสตรงจะเข้าสู่ระบบจากเครื่องเรียงกระแสที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 300 โวลต์ ระยะเวลาของการบำบัดน้ำเสียในเซลล์เท่ากับ 6 วินาทีพบว่า เกิดก๊าซคลอรีน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ซึ่งควบคุมให้มีปริมาณก๊าซคลอรีนที่พอดีในการเกิดปฏิกิริยากับน้ำเสียเท่านั้น สารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกออกซิไดส์เป็นน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยก๊าซออกซิเจน โซเดียมไฮโปคลอไรด์ และก๊าซคลอรีนในการควบคุมปริมาณก๊าซคลอรีนนั้นต้องจำกัดปริมาณสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ใช้ปรับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเสีย โดยใช้ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วเป็นตัวปรับค่าการนำไฟฟ้าแทนเมื่อในระบบมีฟองก๊าซทำให้สามารถกำจัดสารแขวนลอยบางส่วนในภาพของโฟมลอยอยู่ผิวหน้าของเซลล์ ดังนั้นจึงมีเครื่องกวาดตะกอนเพื่อกำจัดโฟมเหล่านี้ สำหรับอิเล็กโทรดเมื่อใช้ไประยะหนึ่งจะเกิดตะกอนเกาะที่ผิวของอิเล็กโทรด จึงจำเป็นต้องทำความสะอาดผิวของอิเล็กโทรด ในระบบนี้ใช้วิธีสลับขั้วไฟฟ้าให้กระแสไฟฟ้าไหลไปในทิศทางตรงกันข้ามนั่นเอง

3. เครื่องกรอง น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดในเซลล์อิเล็กโทรลิติกแล้วจะไหลผ่านเครื่องกรองเพื่อกำจัดตะกอน จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาค่าบีโอดี, ซีโอดี, สารแขวนลอยและ พีเอช พบว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าดังกล่าวดีกว่าค่ามาตรฐาน



ภาพประกอบ 11 ระบบบำบัดน้ำเสียจากชุมชน

ที่มา : Krause & Shea. (1979).



ภาพประกอบ 12 เซลล์ไอเล็กโครติกระบบบำบัดน้ำเสียจากชุมชน

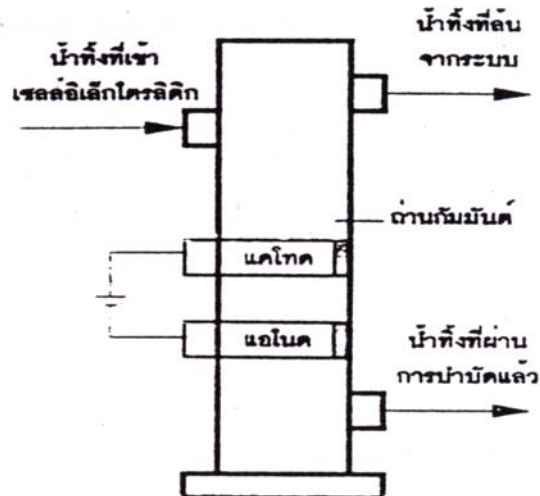
ที่มา : Krause & Shea. (1979).

Ding, Min และ Hui (1987) ได้ทดลองบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมเพื่อลดสีของน้ำเสียในเซลล์อิเล็กโทรลิติกที่มีลักษณะเป็นภาพทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 มิลลิเมตร สูง 500 มิลลิเมตร ภายในบรรจุถ่านกัมมันต์ปริมาณ 64 กรัม ใช้อิเล็กโทรดจำนวน 2 แผ่นอยู่ตรงกลางของเซลล์อิเล็กโทรลิติกดังภาพ 13 บ่อน้ำเสียเข้าเซลล์อิเล็กโทรลิติกที่อัตราการไหล 4 มิลลิเมตรต่อนาทีด้วยเครื่องสูบน้ำ ให้ไฟฟ้ากระแสตรงเข้าระบบจากเครื่องเรียงกระแส ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 12 โวลท์ จากการทดลองพบว่าสามารถลดสีของน้ำเสียได้สูงมาก สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ นอกจากนี้สามารถลดซีโอไซด์และบีโอดี ได้ดังแสดงในตาราง 7 นอกจากนี้ Ding และคณะสรุปว่า ระบบบำบัดน้ำเสียในการทำลองนี้สามารถใช้ได้กับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง, ค่าการนำไฟฟ้าต่ำ ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงกว่า, ใช้พลังงานในการบำบัดน้อยกว่า และอายุการใช้งานนานกว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ถ่านกัมมันต์กำจัดสี

ตาราง 7 ผลการบำบัดน้ำเสียโรงงานฟอกย้อม

ตัวแปรที่วิเคราะห์	น้ำเสียก่อนการบำบัด	น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว
COD (mg/l)	1,281	37.6
BOD5 (mg/l)	721	37.3
Optical Density	>2	ไม่มีสี

ที่มา : Ding, Min & Hui. (1987:391-400).



ภาพประกอบ 13 เซลล์อิเล็กโทรลิซิสระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม
ที่มา : Ding, Min & Hui. (1987:391-400).

จากการศึกษาเบื้องต้นของผู้วิจัยพบว่าการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการอิเล็กโทรลิซิส นอกจากสามารถบำบัดน้ำเสียประเภท โลหะหนัก และสารอินทรีย์ แล้วพบว่า การบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการอิเล็กโทรลิซิส สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ปนเปื้อนได้แทนการบำบัดน้ำเสียโดยระบบชีวภาพ จากงานวิจัยของคมเพชร บั๊กคำวงศ์สังข์ (2545) และทำให้ทราบว่าการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการอิเล็กโทรลิซิส สามารถลดเชื้อแบคทีเรียได้ 80% จากงานวิจัยของดุจฤดี นวมเศวตร (2545) ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส โดยปัจจัยที่ศึกษาประกอบด้วย ระยะห่างของแผ่นอิเล็กโทรดเป็น 3, 2, 1 เซนติเมตร การจัดเรียงอิเล็กโทรดแบบไบโพลาร์ โมโนโพลาร์แบบอนุกรม โมโนโพลาร์แบบขนาน จำนวนแผ่นอิเล็กโทรด 2 คู่, 3 คู่, 4 คู่ และศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส โดยดัชนีที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพได้แก่ อุณหภูมิ ค่าพีเอช ค่าซีโอดี ค่าบีโอดี ค่าปริมาณสารแขวนลอย เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ตลอดจนหาพลังงานไฟฟ้าในการบำบัด

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองภายใต้สภาวะการณตามธรรมชาติ

สถานที่ทำการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดสร้างแบบจำลองของถังบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส ที่ผู้วิจัยได้จำลองขึ้นโดยใช้น้ำเสียจากโรงอาหารภายในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร มาทำการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสีย เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปใช้ออกแบบถังบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสที่มีประสิทธิภาพต่อไป จากการศึกษาเบื้องต้นผู้วิจัยพบว่าถังบำบัดน้ำเสียขนาด 80 ลิตร ที่ใช้บำบัดน้ำเสีย 50 ลิตร จากโรงอาหารมหาวิทยาลัย เหมาะสมกับเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 0 – 30 แอมแปร์ ขนาดแรงดันไฟฟ้า 0 - 24 โวลต์ โดยทำการทดลองในระหว่างเดือน สิงหาคม – ธันวาคม พ.ศ. 2547 ณ ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร พร้อมทั้งหาประสิทธิภาพของการบำบัด และค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบำบัด

การออกแบบและสร้างถังบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสเบื้องต้น มีรายละเอียดดังนี้

1. ถังบำบัด เป็นถังพลาสติก ขนาดความจุ 80 ลิตร ใช้บรรจุน้ำเสียจาก โรงอาหาร ภายในมหาวิทยาลัยปริมาตร 50 ลิตร เพื่อใช้ทดลองบำบัด
2. แผ่นอิเล็กโทรดเป็นแผ่นอลูมิเนียมบางทำหน้าที่เป็นขั้วบวกและขั้วลบ ขนาด 30 x 20 ตารางเซนติเมตร
3. แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า เป็นเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 0 – 30 แอมแปร์ ขนาดแรงดันไฟฟ้า 0 - 24 โวลต์

ตัวอย่างน้ำเสียและการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

ตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอเล็กโตรลิซิส และศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอเล็กโตรลิซิส ได้แก่ น้ำทิ้งจากโรงอาหารภายในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการบำบัดโดยวิธีการใดๆ มาก่อน

การเก็บตัวอย่างน้ำเสียจะเก็บก่อนทำการทดลองและหลังผ่านกระบวนการบำบัด โดยวิธีการเก็บแบบจ้วง (Grab sampling)

ระยะเวลาในการเก็บจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียในช่วงเวลา 9.00 น. – 10.00 น. ในวันที่มหาวิทยาลัยเปิดทำการสอนเนื่องจากเป็นช่วงที่มีการประกอบอาหารมากที่สุด ทำให้น้ำเสียมีความสกปรกมากที่สุด

การวิเคราะห์ตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำโดยวิธีวิเคราะห์แบบสากล (Standard Method) โดยดัชนีที่ทำการตรวจวัดในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอเล็กโตรลิซิส คือ ค่าซีโอดี และดัชนีที่ทำการตรวจวัดในการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอเล็กโตรลิซิส คือ ค่าซีโอดี ค่าบีโอดี ค่าปริมาณสารแขวนลอย ค่าพีเอช และ ค่าอุณหภูมิ

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. ขวดพลาสติกใส่ตัวอย่างน้ำ ขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 6 ใบ
2. ขวดพลาสติกใส่ตัวอย่างน้ำ ขนาด 1,500 มิลลิลิตร จำนวน 6 ใบ
3. เทอร์โมมิเตอร์ขนาด 0-100 องศาเซลเซียส จำนวน 1 อัน
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด
5. พีเอชมิเตอร์
6. ตู้อบ
7. เครื่องแก้วต่าง ๆ
8. สารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำตามที่กำหนด

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ในการทดลองนี้จะทำการวัดพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ค่าซีโอดี(COD), ค่าบีโอดี(BOD), ค่าปริมาณสารแขวนลอย(SS), ค่าพีเอช(pH) และ ค่าอุณหภูมิ ซึ่งวิธีในการวิเคราะห์ค่าดัชนีทั้งหมดใช้วิธีในเอกสารอ้างอิง Standard Method (APHA, AWWA and WEF. 1998) ได้แก่

1. ค่าซีโอดีโดยเครื่องวัดซีโอดี ยี่ห้อ Merck รุ่น SQ118 ดังภาพ 18
2. ค่าบีโอดีโดยวิธีเอไซด์โมดิฟิเคชัน (Azide modification method) โดยส่งวิเคราะห์ที่ศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร
3. ค่าปริมาณสารแขวนลอย โดยการหาน้ำหนักแห้ง ดังภาพ 20
4. ค่าพีเอช วัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างโดยใช้ พีเอชมิเตอร์ยี่ห้อ orion รุ่น 960 ดังภาพ 19
5. ค่าอุณหภูมิ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ ช่วง 0 - 100 องศาเซลเซียส ดังภาพ 21

การทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส

1. วัดค่าซีโอดีในน้ำเสียจากโรงอาหารก่อนทำการทดลองและบันทึกค่า
2. ใส่น้ำเสียจากโรงอาหารปริมาตร 50 ลิตรลงในถังบำบัด
3. วางแผ่นอิเล็กโทรดขนาด 30 x 20 ตารางเซนติเมตร ในถังบำบัด ต่อแผ่นอิเล็กโทรดเข้าเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง กำหนดขนาดแรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 30 แอมแปร์
4. ทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสแบบสทิมพัลส์ โดยปัจจัยที่ศึกษาประกอบด้วย ระยะห่างของแผ่นอิเล็กโทรดเป็น 3, 2, 1 เซนติเมตร การจัดเรียงอิเล็กโทรดแบบไบโพลาร์ โมโนโพลาร์แบบอนุกรม โมโนโพลาร์แบบขนาน จำนวนแผ่นอิเล็กโทรด 2คู่, 3คู่, 4คู่ นำปัจจัยที่ศึกษามาชับกลุ่มกันโดยไม่ซ้ำ ทำการทดลองบำบัดบันทึกค่า ซีโอดี และคำนวณหาประสิทธิภาพในการลดซีโอดี ลงตาราง 8
5. สูตรการคำนวณหาประสิทธิภาพในการลดซีโอดี

$$\text{ประสิทธิภาพในการลดซีโอดี} = \left(\frac{\text{ซีโอดีก่อนบำบัด} - \text{ซีโอดีหลังบำบัด}}{\text{ซีโอดีก่อนบำบัด}} \right) \times 100\%$$

การออกแบบถังบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองขั้นตอนข้างต้น มาออกแบบถังบำบัดน้ำเสีย ให้เหมาะสมกับน้ำเสียที่นำมาบำบัด โดยเลือกจากการทดลองที่มีประสิทธิภาพในการลดซีโอดีมากที่สุด

การทดลองบำบัดเพื่อหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองขั้นตอนข้างต้น มาออกแบบถังบำบัดน้ำเสีย ให้เหมาะสมกับน้ำเสียที่นำมาบำบัด โดยเลือกจากการทดลองที่มีประสิทธิภาพในการลดซีโอดีมากที่สุด

ถังบำบัดที่ได้รับการออกแบบแล้วมีระยะห่างแผ่นอิเล็กโทรด 2 เซนติเมตร การจัดเรียงอิเล็กโทรดแบบโมโนโพลาร์แบบขนาน แผ่นอิเล็กโทรดจำนวน 4 คู่ มาทดลองบำบัดกับน้ำเสียจากโรงอาหารปริมาตร 50 ลิตร เป็นเวลา 2.5 ชั่วโมง ตรวจสอบคุณภาพน้ำทุก 0.5 ชั่วโมง โดยดัชนีที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพได้แก่ อุณหภูมิ ค่าพีเอช ค่าซีโอดี ค่าบีโอดี ค่าปริมาณสารแขวนลอย เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ตลอดจนหาพลังงานไฟฟ้าในการบำบัดและคำนวณหาประสิทธิภาพในการลดจากสูตร

$$\text{ประสิทธิภาพในการลดดัชนีคุณภาพน้ำ} = \frac{(\text{ดัชนีคุณภาพน้ำก่อนบำบัด} - \text{ดัชนีคุณภาพน้ำหลังบำบัด}) \times 100\%}{\text{ดัชนีคุณภาพน้ำก่อนบำบัด}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองโดยใช้สถิติ

สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานได้แก่ สถิติพรรณนา เช่น ค่าร้อยละ ในการพรรณนาข้อมูลจากค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพถังบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส เพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดและนำเสนอข้อมูลในรูปตารางและรูปภาพ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการ อิเล็กโทรลิซิส

จากการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส โดยใช้ค่าซีโอดีเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำได้ผลดังตาราง 8
ตาราง 8 ผลการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสีย

จำนวนแผ่น อิเล็กโทรด (ระยะห่าง ระหว่าง แผ่น อิเล็กโทรด)	ค่าซีโอ ดี เริ่มต้น (mg/l)	การจัดเรียงอิเล็กโทรด					
		โมโนโพลาร์แบบขนาน		โมโนโพลาร์แบบอนุกรม		ไบโพลาร์	
		ซีโอดีที่ ผ่านการ บำบัด	ประสิทธิภาพ ในการลด ซีโอดี	ซีโอดีที่ ผ่านการ บำบัด	ประสิทธิภาพ ในการลด ซีโอดี	ซีโอดีที่ ผ่านการ บำบัด	ประสิทธิภาพ ในการลด ซีโอดี
4 คู่ (1ชม.)	2101	1105 *	47.40%	223	89.38%	365	82.62%
4 คู่ (2ชม.)	2211	170	92.31%	367	83.40%	393	82.26%
4 คู่ (3ชม.)	2272	326	85.65%	400	82.39%	439	80.68%
3 คู่ (1ชม.)	2025	1091 *	46.12%	299	85.23%	375	81.48%
3 คู่ (2ชม.)	2460	395	83.94%	415	83.13%	475	80.69%
3 คู่ (3ชม.)	2510	404	83.90%	452	81.99%	543<>	78.37%
2 คู่ (1ชม.)	2522	466	81.52%	491	80.53%	531<>	78.95%
2 คู่ (2ชม.)	2550	482	81.09%	502	80.31%	550	78.43%
2 คู่ (3 ชม.)	2780	583	79.03%	640	76.98%	791	71.55%

*: การทดลองที่ฟิวส์ขาดเนื่องจากปริมาณกระแสไฟฟ้ามากเกินไปจนกว่าวงจรทนได้

โดยสูตรการคำนวณหาประสิทธิภาพในการลดซีโอดีหาได้จาก

$$\text{ประสิทธิภาพในการลดซีโอดี} = \left(\frac{\text{ซีโอดีก่อนบำบัด} - \text{ซีโอดีหลังบำบัด}}{\text{ซีโอดีก่อนบำบัด}} \right) \times 100\%$$

จากตาราง 8 ในการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสีย พบว่าการจัดเรียงอิเล็กโทรดโมโนโพลาร์แบบขนาน แผ่นอิเล็กโทรดจำนวน 4 คู่ ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด 1 เซนติเมตร และการจัดเรียงอิเล็กโทรดโมโนโพลาร์แบบขนาน แผ่นอิเล็กโทรดจำนวน 3 คู่ ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด 1 เซนติเมตร พิสูจน์ชัดทันทีเมื่อเริ่มทำการทดลอง อาจกล่าวได้ว่าค่าซีโอดีที่ลดลงในการทดลองทั้งสองครั้งนี้เป็นเพราะการตกตะกอนของน้ำเสียเองโดยไม่ได้รับอิทธิพลจากการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส

จากตาราง 8 พบว่าจากการทดลองที่ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดที่ 1 เซนติเมตร ทำให้ประสิทธิภาพในการลดซีโอดีได้มากที่สุด ส่วนการทดลองที่ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดที่ 3 เซนติเมตร ทำให้ประสิทธิภาพในการลดซีโอดีน้อยที่สุด ยกเว้นในกรณีที่พิวส์ขาดเนื่องจากกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ น้ำเสียเพื่อเร่งให้มีการตกตะกอนได้เร็วมีปริมาณกระแสไฟฟ้ามากเกินไป ทำให้วงจรไม่สามารถทนกระแสไฟฟ้าจำนวนมากได้จึงทำให้พิวส์ขาด ซึ่งจากการทดลองพบว่าตรงกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ว่า ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดต่างกันทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียต่างกัน

จากตาราง 8 พบว่าการทดลองที่แผ่นอิเล็กโทรดจำนวน 4 คู่ ทำให้ประสิทธิภาพในการลดซีโอดีได้มากที่สุด ส่วนการทดลองที่แผ่นอิเล็กโทรดจำนวน 2 คู่ จะทำให้ประสิทธิภาพในการลดซีโอดีน้อยที่สุด ยกเว้นในกรณีที่พิวส์ขาด ซึ่งจากการทดลองพบว่าตรงกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ว่า จำนวนแผ่นอิเล็กโทรดต่างกันทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียต่างกัน

จากตาราง 8 พบว่าการทดลองที่มีการจัดเรียงอิเล็กโทรดแบบโมโนโพลาร์แบบขนาน ทำให้ประสิทธิภาพในการลดซีโอดีได้มากที่สุด ส่วนการทดลองที่มีการจัดอิเล็กโทรดแบบไบโพลาร์จะทำให้ประสิทธิภาพในการลดซีโอดีน้อยที่สุด ยกเว้นในกรณีที่พิวส์ขาด ซึ่งจากการทดลองพบว่าตรงกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ว่า การจัดเรียงอิเล็กโทรดต่างกันทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียต่างกัน

นำผลการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสีย ตาราง 8 โดยเลือกจากการทดลองที่มีประสิทธิภาพในการลดซีโอดีมากที่สุด คือ การจัดเรียงอิเล็กโทรดแบบโมโนโพลาร์แบบขนาน แผ่นอิเล็กโทรดจำนวน 4 คู่ ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดที่ 2 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการลดซีโอดีที่ 92.31% มาทดลองต่อในตอนที่ 2

ผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส

จากการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสมีลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียดังตาราง 9 และดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำได้ผลดังตาราง 10

ตาราง 9 ลักษณะทางกายภาพของน้ำเสีย

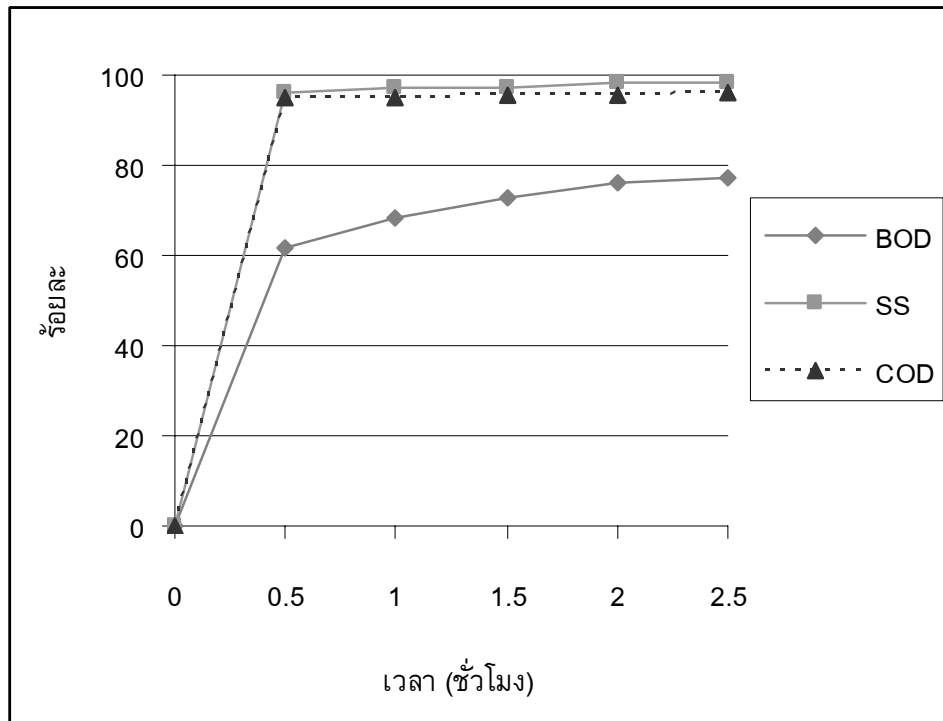
ระยะเวลาในการบำบัด (H)	ลักษณะทางกายภาพของน้ำเสีย
0	ลักษณะสีเหลืองขุ่นมีตะกอนและคราบไขมัน มีกลิ่นเหม็น
0.5	มีลักษณะสีเหลืองขุ่น มีกลิ่นเหม็น
1	มีลักษณะใส มีกลิ่นเหม็น
1.5	มีลักษณะใสขุ่น มีกลิ่นเหม็น
2	มีลักษณะใสมาก มีกลิ่นเหม็นน้อยลง
2.5	ใสที่สุด มีกลิ่นเหม็นน้อย

จากตาราง 9 ลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียก่อนการทดลอง มีลักษณะสีเหลืองขุ่นมีตะกอนและคราบไขมัน มีกลิ่นเหม็น หลังการบำบัด 0.5 ชั่วโมง มีลักษณะสีเหลืองขุ่น มีกลิ่นเหม็น หลังการบำบัด 1 ชั่วโมง มีลักษณะใส มีกลิ่นเหม็น หลังการบำบัด 1.5 ชั่วโมง มีลักษณะใสขุ่น มีกลิ่นเหม็น หลังการบำบัด 2 ชั่วโมง มีลักษณะใสมาก มีกลิ่นเหม็นน้อยลง หลังการบำบัด 2.5 ชั่วโมง มีลักษณะใสที่สุด มีกลิ่นเหม็นน้อย

ตาราง 10 ผลทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร

ระยะเวลา (H)	บีโอดี (mg/l)	ประสิทธิภาพ ในการลด บีโอดี	สาร แขวนลอย (mg/l)	ประสิทธิภาพใน การลดสาร แขวนลอย	ซีโอดี (mg/l)	ประสิทธิภาพ ในการลด ซีโอดี	พลังงาน ไฟฟ้าที่ ใช้ (w)
0	870	0%	1740	0%	6789	0%	0
0.5	333	61.72%	65	96.26%	358	94.73%	68
1	276	68.28%	52	97.01%	329	95.15%	132
1.5	237	72.76%	47	97.30%	300	95.58%	192
2	207	76.21%	31	98.22%	288	95.76%	244
2.5	198	77.24%	27	98.45%	250	96.32%	296
ค่า มาตรฐาน	ไม่เกิน 20	-	ไม่เกิน30	-	ไม่เกิน 120	-	-

ค่ามาตรฐาน : ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภท ก ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 11 ตอนพิเศษ 9 ง.ของ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม. (2537)



ภาพประกอบ 14 ผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร

โดยสูตรการคำนวณหาประสิทธิภาพในการลดดัชนีคุณภาพน้ำ(บีโอดี, สารแขวนลอย, ซีโอดี) หาได้จาก

$$\text{ประสิทธิภาพในการลดดัชนีคุณภาพน้ำ} = \frac{(\text{ดัชนีคุณภาพน้ำก่อนบำบัด} - \text{ดัชนีคุณภาพน้ำหลังบำบัด})}{\text{ดัชนีคุณภาพน้ำก่อนบำบัด}} \times 100\%$$

จากตาราง 10 และภาพ 14 ค่าบีโอดี 0, 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.5 ชั่วโมง มีค่า 870, 333, 276, 237, 207 และ 198 มิลลิกรัม / ลิตร ตามลำดับ พบว่าค่าบีโอดีที่ผ่านการบำบัดที่ 2.5 ชั่วโมง ไม่ผ่านค่ามาตรฐานน้ำทิ้งคือไม่เกิน 20 มิลลิกรัม / ลิตร ประสิทธิภาพในการลดบีโอดีที่ 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.5 ชั่วโมง มีค่า 61.72%, 68.28%, 72.76%, 76.21% และ 77.24% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าในช่วง 0.5 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการลดบีโอดีอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปประสิทธิภาพในการลดบีโอดีเริ่มช้าลงโดยประสิทธิภาพในการลดบีโอดีสูงสุด 77.24% ที่ 2.5 ชั่วโมง

จากตาราง 10 และภาพ 14 ค่าซีไอดี 0, 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.5 ชั่วโมง มีค่า 6789, 358, 329, 300, 288 และ 250 มิลลิกรัม / ลิตร ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการลดซีไอดีที่ 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.5 ชั่วโมง มีค่า 94.73%, 95.15%, 95.58%, 95.76%, 96.32% เปอร์เซนต์ตามลำดับ

จากการทดลองพบว่าในช่วง 0.5 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพในการลดซีไอดีอย่างรวดเร็วแต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปประสิทธิภาพในการลดซีไอดีเริ่มช้าลง โดยประสิทธิภาพในการลดซีไอดีสูงสุดที่ 96.32% ณ เวลา 2.5 ชั่วโมง

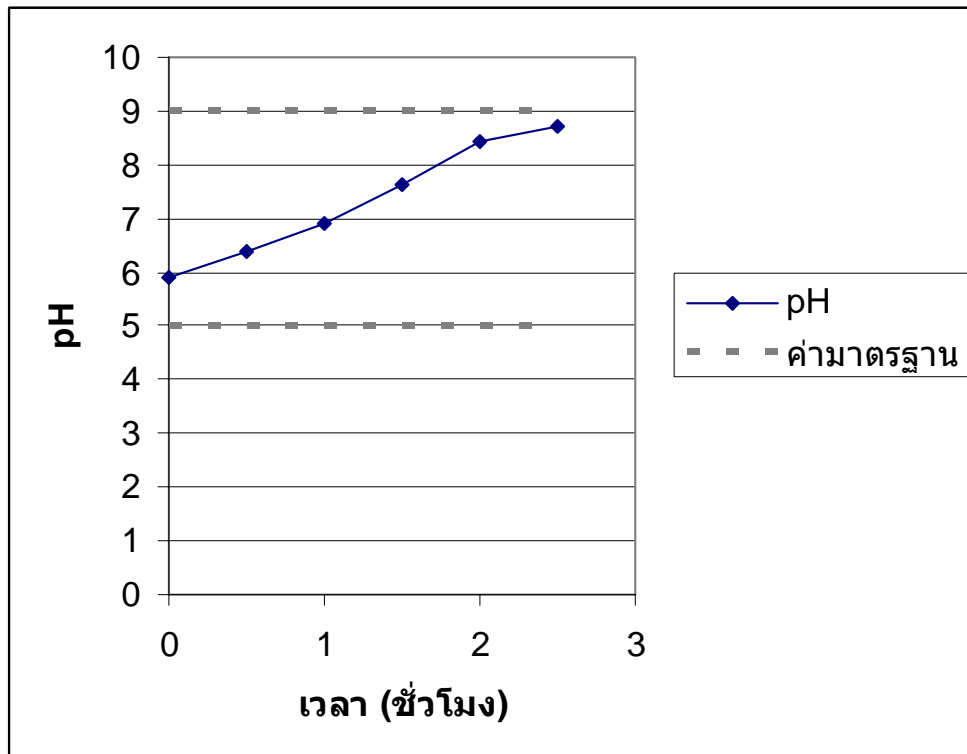
จากตาราง 10 และภาพ 14 ค่าสารแขวนลอย 0, 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.5 ชั่วโมง มีค่า 1740, 65, 52, 47, 31 และ 27 มิลลิกรัม / ลิตร ตามลำดับพบว่าค่าสารแขวนลอยที่ผ่านการบำบัดที่ 2.5 ชั่วโมงผ่านค่ามาตรฐานน้ำทิ้งคือไม่เกิน 30 มิลลิกรัม / ลิตร ประสิทธิภาพในการลดสารแขวนลอยที่ 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.5 ชั่วโมง ค่า 96.26%, 97.01%, 97.30%, 98.22% และ 98.45%, ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าในช่วง 0.5 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการลดสารแขวนลอยอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปประสิทธิภาพในการลดสารแขวนลอยเริ่มช้าลง โดยประสิทธิภาพในการลดสารแขวนลอยสูงสุด 98.45% ที่ 2.5 ชั่วโมง

จากตาราง 11 และภาพ 15 ค่าพีเอช 0, 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.5 ชั่วโมง มีค่า 5.92, 6.39, 6.92, 7.63, 8.43 และ 8.72 ตามลำดับพบว่าค่าพีเอช ก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดผ่านค่ามาตรฐานนั้นทั้งคือ 5-9 แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่อระยะเวลาในการบำบัดนานขึ้นค่าพีเอชจะเพิ่มขึ้นตาม

ตาราง 11 ผลการทดลองเพื่อแสดงค่าพีเอชในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร

ระยะเวลา (H)	พีเอช
0	5.92
0.5	6.39
1	6.92
1.5	7.63
2	8.43
2.5	8.72
ค่ามาตรฐาน	5-9

ค่ามาตรฐาน : ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภท ก ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 11 ตอนพิเศษ 9 ง.ของ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม. (2537)



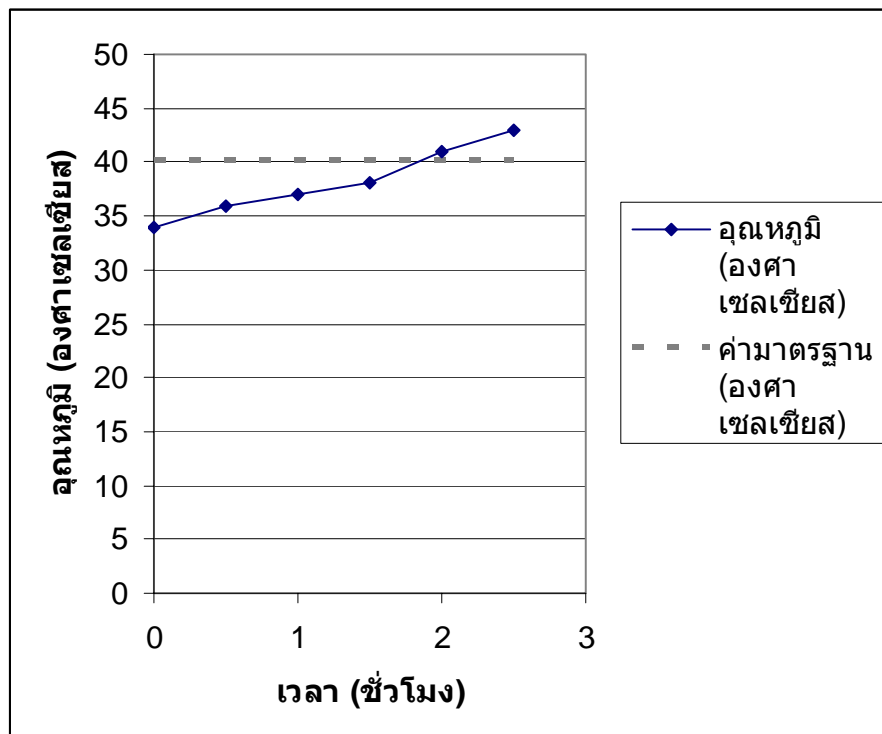
ภาพประกอบ 15 ผลการทดลองเพื่อแสดงค่าพีเอชในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร

จากตาราง 12 และภาพ 16 อุณหภูมิ 0, 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.5 ชั่วโมง มีค่า 34, 36, 37, 38, 41 และ 43 องศาเซลเซียส ตามลำดับ พบว่าอุณหภูมิก่อนการบำบัดจนถึงระยะเวลาในการบำบัดที่ 1.5 ชั่วโมง ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งคือไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส แต่เมื่อบำบัดนาน 2 ชั่วโมง อุณหภูมิในน้ำสูงขึ้นจนไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นสืบเนื่องจากพลังงานไฟฟ้าบางส่วนที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนทำให้อุณหภูมิในน้ำสูงขึ้น

ตาราง 12 ผลการทดลองเพื่อแสดงค่าอุณหภูมิในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร

ระยะเวลา (H)	อุณหภูมิ ($^{\circ}$ C)
0	34
0.5	36
1	37
1.5	38
2	41
2.5	43
ค่ามาตรฐาน	ไม่เกิน40

ค่ามาตรฐาน : ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภท ก ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 11 ตอนพิเศษ 9 ง.ของ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม. (2537)

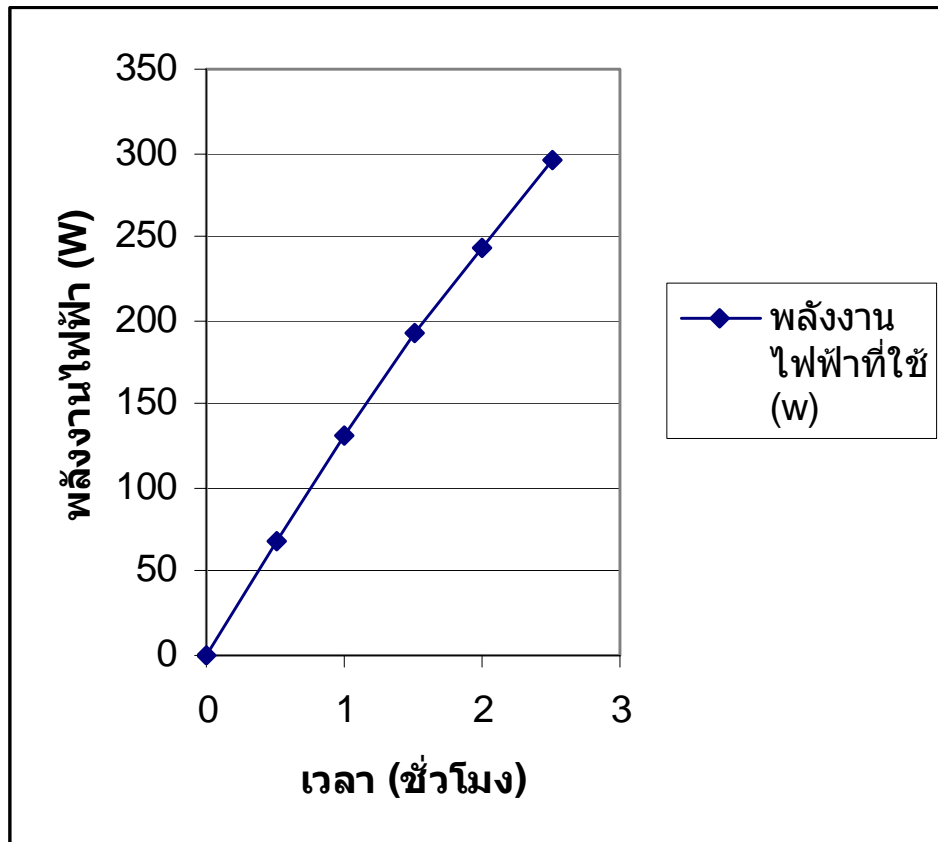


ภาพประกอบ 16 ผลการทดลองเพื่อแสดงค่าอุณหภูมิในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร

จากตาราง 13 และภาพ 17 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หาได้จากการคำนวณ ($P = IV$) โดยในการทดลองตลอด 2.5 ชั่วโมง ได้มีการใช้มิเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้านมาวัด แต่เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีปริมาณน้อยมากทำให้มิเตอร์ไฟฟ้าทำงานแต่อ่านค่าไม่ได้จากมิเตอร์ จึงต้องใช้ในการคำนวณโดย พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ที่ 0.5, 1.5, 2 และ 2.5 ชั่วโมงมีค่า 68, 132, 192, 244 และ 296 วัตต์ ตามลำดับ เป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่อระยะเวลาในการบำบัดนานขึ้นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบำบัดจะใช้น้อยลง โดยที่แรงดันไฟฟ้าจะคงที่ที่ตั้งแต่เริ่มทดลอง คือ 8 โวลต์ แต่ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ 0.5, 1.5, 2 และ 2.5 ชั่วโมงมีค่า 17, 16, 15, 14 และ 14 แอมแปร์ ตามลำดับจะลดลงเรื่อย ๆ

ตาราง 13 ผลการทดลองเพื่อแสดงค่าพลังงานที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร

ระยะเวลา (H)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (w)
0	0
0.5	68
1	132
1.5	192
2	244
2.5	296



ภาพประกอบ 17 ผลการทดลองเพื่อแสดงค่าพลังงานที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมาย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการออกแบบถังบำบัดน้ำเสียอินทรีย์โดยใช้กระบวนการอิเล็กโทรลิซิส
2. เพื่อสร้างถังบำบัดของการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียอินทรีย์ของถังบำบัดโดยใช้กระบวนการอิเล็กโทรลิซิส

สมมติฐานของการวิจัย

1. ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดต่างกันทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียต่างกัน
2. จำนวนแผ่นอิเล็กโทรดต่างกันทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียต่างกัน
3. การจัดเรียงอิเล็กโทรดต่างกันทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียต่างกัน
4. ถังบำบัดน้ำเสียจำลองมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารภายในมหาวิทยาลัยได้

สรุปผลการวิจัย

ตอนที่ 1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสีย

- ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดลดลง ค่ากระแสไฟฟ้าสูงขึ้น ทำให้ค่าความต้านทานของน้ำลดลง โดยที่แรงดันไฟฟ้าคงที่ ทำให้ค่าซีโอดีลดลงมีการตกตะกอนมากขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับสมการ $R = L / CA$ โดยกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นต้องไม่เกินความสามารถที่แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนเข้าสู่ระบบรับได้ หากเกินจะทำให้ฟิวส์ขาดตั้งการทดลอง ดังนั้นจากการทดลองระยะห่างแผ่นอิเล็กโทรดที่เหมาะสมคือ 2 เซนติเมตร

- จำนวนแผ่นอิเล็กโทรดมากขึ้น ค่ากระแสไฟฟ้าจะสูงขึ้น ทำให้ค่าความต้านทานของน้ำลดลง โดยที่แรงดันไฟฟ้าคงที่ ทำให้ค่าซีโอดีลดลงมีการตกตะกอนมากขึ้นซึ่งสัมพันธ์กับสมการ $R = L / CA$ จากการทดลองจำนวนแผ่นอิเล็กโทรดที่เหมาะสมคือ 4 คู่

- การจัดเรียงอิเล็กโทรดมีความจำเป็นมากในการนำไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ถังน้ำเสียที่นำมาบำบัด ซึ่งการจัดเรียงอิเล็กโทรดที่ถูกวิธีจะทำให้กระแสไฟฟ้าเข้าสู่ถังน้ำเสียที่นำมาบำบัดได้มาก ทำให้ค่าความต้านทานของน้ำลดลง ทำให้ค่าซีโอดีลดลง มีการ

ตกตะกอนมากขึ้น จากการทดลองพบว่าการจัดเรียงอิเล็กโทรดแบบโมโนโพลาร์แบบขนานเหมาะสมที่สุด มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด

ตอนที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย

จากการทดลองพบว่าในช่วง 0.5 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพในการลด บีโอดี ซีโอดี และสารแขวนลอยอย่างรวดเร็ว และมีการใช้พลังงานน้อย แต่เมื่อบำบัดต่อจนครบ 2.5 ชั่วโมงประสิทธิภาพในการลด บีโอดี ซีโอดี และสารแขวนลอยเริ่มช้าลง และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง แต่เมื่อรวมพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ตลอดจะมากขึ้น โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบำบัดช่วง 0.5, 1.5, 2 และ 2.5 ชั่วโมงมีค่า 1.36, 2.64, 3.84, 4.88 และ 5.92 กิโลวัตต์.ชั่วโมง/ลูกบาศก์เมตร

อภิปรายผล

จากผลการทดลองตอนที่ 1 ตาราง 8 ในการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสีย พบว่าการจัดเรียงอิเล็กโทรดโมโนโพลาร์แบบขนาน แผ่นอิเล็กโทรดจำนวน 4 คู่ ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด 1 เซนติเมตร และการจัดเรียงอิเล็กโทรดโมโนโพลาร์แบบขนาน แผ่นอิเล็กโทรดจำนวน 3 คู่ ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด 1 เซนติเมตร พิสูจน์ว่าที่เมื่อเริ่มทำการทดลอง สามารถสรุปได้ว่า หลักการในการประยุกต์ใช้การบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส คือ การนำกระแสไฟฟ้าตรงเข้าสู่ น้ำเสียให้มากที่สุดโดยมิให้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าเสียหาย จากผลการทดลองตอนที่ 1 ทำให้ทราบถึงองค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส มีหลายประการด้วยกันคือ ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด จำนวนแผ่นอิเล็กโทรด การจัดเรียงอิเล็กโทรด กระแสไฟฟ้าขณะบำบัดระยะเวลาในการบำบัด ดังสมการความนำไฟฟ้าคือ

$$L = \frac{an \lambda c}{1000d}$$

เมื่อ	L	=	ความนำไฟฟ้า
	a	=	พื้นที่ผิวของแผ่นอิเล็กโทรด
	d	=	ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด
	n	=	ประจุของไอออน
	c	=	ความเข้มข้นของสารละลาย
	λ	=	ความนำไฟฟ้าสมมูล

จากสมการความนำไฟฟ้าแปรผันตามพื้นที่ผิวของแผ่นอิเล็กโทรด กล่าวคือ ถ้าพื้นที่ผิวของแผ่นอิเล็กโทรดมาก จะทำให้ความนำไฟฟ้าได้ดี ดังนั้นจำนวนแผ่นอิเล็กโทรดมาก และมีขนาดใหญ่ ทำให้ความนำไฟฟ้าได้ดี ซึ่งตรงกับผลการทดลองตอนที่ 1 ตาราง 8 พบว่าการทดลองที่แผ่นอิเล็กโทรดจำนวน 4 คู่ ทำให้ประสิทธิภาพในการลดซีไอดีได้มากที่สุด ส่วนการทดลองที่แผ่นอิเล็กโทรดจำนวน 2 คู่ จะทำให้ประสิทธิภาพในการลดซีไอดีน้อยที่สุด ยกเว้นในกรณีที่ฟิวส์ขาด

จากสมการความนำไฟฟ้าแปรผกผันกับระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด กล่าวคือ ถ้าระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดน้อย จะทำให้ความนำไฟฟ้าได้ดี ในทางกลับกันถ้าระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดมาก จะทำให้ความนำไฟฟ้าได้ไม่ดี จากผลการทดลองตอนที่ 1 ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดที่ 1 เซนติเมตร ฟิวส์ขาดเนื่องจากกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ น้ำเสียเพื่อเร่งให้มีการตกตะกอนได้เร็วมีปริมาณกระแสไฟฟ้ามากเกินไป ทำให้วงจรไม่สามารถทนกระแสไฟฟ้าจำนวนมากได้จึงทำให้ฟิวส์ขาด ดังนั้น ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดที่ 2 เซนติเมตร จึงเป็นระยะที่เหมาะสมที่สุดในการทดลอง

การจัดเรียงอิเล็กโทรดแบบโมโนโพลาร์แบบขนานทำให้ประสิทธิภาพในการนำกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ น้ำเสียได้มากที่สุด กล่าวคือ หากมองน้ำเสียเป็นความต้านทานไฟฟ้า การจัดเรียงอิเล็กโทรดแบบโมโนโพลาร์แบบขนานทำให้การนำกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ น้ำเสียเป็นแบบขนาน แต่การจัดเรียงอิเล็กโทรดแบบโมโนโพลาร์แบบอนุกรมและการจัดเรียงอิเล็กโทรดแบบไบโพลาร์ ทำให้การนำกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ น้ำเสียเป็นแบบอนุกรม

จากการทดลองตอนที่ 1 การทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส ทำให้ทราบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส คือ ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด จำนวนแผ่นอิเล็กโทรด การจัดเรียงอิเล็กโทรด ซึ่งตรงกับสมการความนำไฟฟ้า

จากสมการความนำไฟฟ้าแปรผันตามประจุของไอออน ความเข้มข้นของสารละลาย และความนำไฟฟ้าสมมูล กล่าวคือ ถ้าประจุของไอออนในสารละลาย (ในการทดลอง คือ น้ำเสียจากโรงอาหาร) มีมากจะทำให้ความนำไฟฟ้าได้ดี อาจจะมีการเพิ่มประจุของไอออนในสารละลายโดยการใส่เกลือโซเดียมคลอไรด์ลงในสารละลายซึ่งจะเพิ่มประจุโซเดียมและคลอไรด์ในสารละลายช่วยทำให้ความนำไฟฟ้าได้ดี ความเข้มข้นของสารละลาย มีมากจะทำให้ความนำไฟฟ้าได้ดีเฉพาะในกรณีที่ภายในสารละลายมีประจุของไอออน เช่น น้ำเสียที่มีโลหะหนัก เนื่องจาก ภายในสารละลายจะมีประจุของไอออน ดังนั้นถ้าความเข้มข้นของสารละลายมาก จะมีประจุของไอออนมากด้วย ความนำไฟฟ้าสมมูลเป็นค่านำไฟฟ้าเฉพาะของสารละลาย ซึ่งภายในสารละลายมีประจุของไอออนมีความสามารถในการนำไฟฟ้าต่างกัน ถ้าประจุของไอออนมี

ความสามารถในการนำไฟฟ้าดีจะมีค่าความนำไฟฟ้าสมมูลสูง เมื่อค่าความนำไฟฟ้าสมมูลสูงก็ทำให้ความนำไฟฟ้าได้ดี

จากการทดลองตอนที่ 2 พบว่าในช่วง 0.5 ชั่วโมงแรกมีประสิทธิภาพในการลดบีโอดี ซีโอดีและสารแขวนลอยได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับพลังงานที่ใช้ไป แต่เมื่อระยะเวลาที่บำบัดเพิ่มขึ้น พลังงานไฟฟ้าบางส่วนถูกเปลี่ยนพลังงานความร้อนทำให้สูญเปล่า รวมทั้งหลังจากการบำบัดไปแล้ว 0.5 ชั่วโมง ประสิทธิภาพในการลด บีโอดี ซีโอดี และสารแขวนลอย เริ่มเข้าใกล้ ประสิทธิภาพสูงสุดของระบบบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส จึงทำให้ค่า ประสิทธิภาพในการลด บีโอดี ซีโอดี สารแขวนลอยนั้นเริ่มเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ หากนำการ บำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสไปใช้งานจริง ควรคำนึงถึงพลังงานที่ใช้ไปในการ บำบัดด้วย

อาจจะกล่าวได้ว่าการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสใช้เวลาในการบำบัด น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับระบบบำบัดอื่นดังตาราง 14 การบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทร ลิซิสใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้อยกว่าระบบชีวภาพ จากงานวิจัยของคมเพชร บั๊กคำวงศ์ สังข์ (2545) น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดการบำบัดโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสมีความสะอาดสูง สามารถลดเชื้อแบคทีเรียได้ 80% จากงานวิจัยของดุจฤดี นวมเศวตร (2545)

การเปรียบเทียบการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสของผู้วิจัยกับการบำบัด น้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสของผู้อื่น

ดุจฤดี นวมเศวตร (2545) ทำการศึกษาปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียโดยระบบอิเล็กโทรลิ ซิส โดยทดลองบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้น้ำผสมเลือดสัตว์อัตราส่วน 100:1 และทำการ บำบัดพบว่าค่าบีโอดีเริ่มต้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ลดลงเหลือ 6 มิลลิกรัม/ลิตร คิดเป็น 98.50% ค่าซีโอดีเริ่มต้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ลดลงเหลือ 0 มิลลิกรัม/ลิตร คิดเป็น 100% ความต่าง ศักย์ไฟฟ้า 1000 โวลต์ พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 200 กิโลวัตต์.ชั่วโมง/ลูกบาศก์เมตร โดยของผู้วิจัย บำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร บำบัดพบว่าค่าบีโอดี เริ่มต้น 870 มิลลิกรัม/ลิตร ลดลงเหลือ 195 มิลลิกรัม/ลิตร คิดเป็น 77.24% ค่าซีโอดีเริ่มต้น 6789 มิลลิกรัม/ลิตร ลดลงเหลือ 250 มิลลิกรัม/ ลิตร คิดเป็น 96.32% ความต่างศักย์ไฟฟ้า 24 โวลต์ พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 5.92 กิโลวัตต์. ชั่วโมง/ลูกบาศก์เมตร โดยค่าบีโอดีเริ่มต้นและค่าซีโอดีเริ่มต้นของผู้วิจัยมีค่ามากกว่างานวิจัย ของดุจฤดี นวมเศวตร (2545)มาก แต่ประสิทธิภาพในการบำบัดค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของ ดุจฤดี นวมเศวตร (2545)ดีกว่าของผู้วิจัย แต่พลังงานไฟฟ้าที่ของผู้วิจัยใช้น้อยกว่าของดุจฤดี นวมเศวตร (2545) เนื่องจากผู้วิจัยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 24 โวลต์ แต่ใช้กระแสขนาด 30 แอมแปร์

Rojo (1979) ทำการศึกษาปรับปรุงเซลล์อิเล็กโทรลิติกในการบำบัดน้ำเสียจาก โรงงานอุตสาหกรรมประเภทปิโตรเลียม โดยเซลล์อิเล็กโทรลิติก ใช้อะลูมิเนียมเป็นแอโนดและ เหล็กเป็นแคโทด โดยที่ขั้วแอโนดและแคโทดเป็นแท่งอะลูมิเนียมและเหล็ก ภายในเซลล์บรรจุ

ด้วยแผ่นอะลูมิเนียมเล็ก ๆ และเหล็กท่อนกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-1.0 เซนติเมตรด้วย ปริมาตร 32 ลูกบาศก์ฟุตในอัตราส่วนของอะลูมิเนียมต่อเหล็กเท่ากับ 70:30 โดยปริมาตร แผ่น อะลูมิเนียมจะอยู่ใกล้แท่งอะลูมิเนียมที่แอโนด และอนุภาคเหล็กจะอยู่ใกล้แท่งเหล็กที่แคโทด และถูกแบ่งออกจากกันในเซลล์ด้วยแผ่นพีวีซี หนาประมาณ 0.05 มิลลิเมตรดังภาพ 9 ความต่างศักย์ไฟฟ้า 120 โวลต์ ระยะเวลาในการบำบัดด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี 10 ชั่วโมง ทำการบำบัด พบว่าค่าบีโอดีเริ่มต้น 240 มิลลิกรัม/ลิตร ลดลงเหลือ 58 มิลลิกรัม/ลิตร คิดเป็น 75.83% ค่าซีโอดีเริ่มต้น 4800 มิลลิกรัม/ลิตร ลดลงเหลือ 224 มิลลิกรัม/ลิตร คิดเป็น 95.33% โดยค่าบีโอดี เริ่มต้นและค่าซีโอดีเริ่มต้นของผู้วิจัยมีค่ามากกว่างานวิจัยของ Rojo (1979) และประสิทธิภาพ ในการบำบัดค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของผู้วิจัย ดีกว่าของ Rojo (1979)

Ding, Min และ Hui (1987) ได้ทดลองบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมเพื่อลดสีของ น้ำเสียในเซลล์อิเล็กโทรลิติกที่มีลักษณะเป็นภาพทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 มิลลิเมตร สูง 500 มิลลิเมตร ภายในบรรจุถ่านกัมมันต์ปริมาณ 64 กรัม ใช้อิเล็กโทรดจำนวน 2 แผ่นอยู่ ตรงกลางของเซลล์อิเล็กโทรลิติกดังภาพ 12 ทำการบำบัดพบว่าค่าบีโอดีเริ่มต้น 721 มิลลิกรัม/ ลิตร ลดลงเหลือ 37.3 มิลลิกรัม/ลิตร คิดเป็น 94.82% ค่าซีโอดีเริ่มต้น 1281 มิลลิกรัม/ลิตร ลดลงเหลือ 3706 มิลลิกรัม/ลิตร คิดเป็น 97.06% โดยค่าบีโอดีเริ่มต้นและค่าซีโอดีเริ่มต้นของ ผู้วิจัยมีค่ามากกว่างานวิจัยของ Ding, Min และ Hui (1987) มาก แต่ประสิทธิภาพในการบำบัด ค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของ Ding, Min และ Hui (1987) ดีกว่าของผู้วิจัย โดย Ding, Min และ Hui (1987) มีการประยุกต์ใช้การบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสร่วมกับระบบบำบัดน้ำ เสียที่ใช้ถ่านกัมมันต์ ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดค่าบีโอดีสูง

ในช่วงท้ายที่สุดนี้ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าควรจะใช้การบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิ เล็กโทรลิซิส ร่วมกับกระบวนการอื่น ๆ โดยอาจจะให้น้ำเสียผ่านการบำบัดโดยกระบวนการอิ เล็กโทรลิซิสก่อน 0.5 – 1 ชั่วโมงเพื่อกำจัดสารแขวนลอย และซีโอดีได้ดีมาก แต่จะลดบีโอดีได้ น้อย หากมีการใช้งานจริงถึงบำบัดโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสนี้ควรเป็นถึงตกตะกอน และมี ไบพัตควาดฟองอากาศด้านบนโดยข้อดีที่เห็นได้ชัดของการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิ เล็กโทรลิซิส คือ ระยะเวลาในการบำบัดสั้น พื้นที่ในการบำบัดน้อย ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและ ระยะเวลาในการก่อสร้างต่ำ

ตาราง 14 ระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสกับระบบบำบัดอื่น

ระบบบำบัด	ระยะเวลาในการบำบัด	ประสิทธิภาพในการบำบัด บีโอดี (%)
แอโรบิกแบบอัตราต่ำ	10-40 วัน	80-95
แอโรบิกแบบอัตราสูง	4-6 วัน	80-95
แอโรบิกแบบบ่ม	5-20 วัน	60-80
แฟคัลเททีฟ	5-30 วัน	80-95
แอนแอโรบิก	20-50 วัน	50-85
แอเลคลาทอน	3-10 วัน	80-95
กระบวนการอิเล็กโทรลิซิส	0.5-2.5 ชั่วโมง	61-77

ที่มา : Metcalf. (1991).

ข้อเสนอแนะ

เพื่อเป็นการพัฒนาและสามารถสร้างหรือต่อยอดองค์ความรู้เกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย
โดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.ดัชนีคุณภาพน้ำที่ใช้วัดควรมากกว่านี้ เช่น น้ำมันและไขมัน โลหะหนัก ไนโตรเจนใน
ภาพ ที เค เอ็น

2.ควรทำการทดลองแบบต่อเนื่องโดยมีน้ำเข้าและน้ำออกไหลต่อเนื่องตลอดเวลาเพื่อหา
อัตราการไหลของน้ำที่เหมาะสมในระบบ

3.ประเภทของน้ำเสียผู้วิจัยใช้น้ำเสียจากโรงอาหารที่ไม่ผ่านการบำบัดทำให้ค่า ซีโอดี บี
โอดี และค่าสารแขวนลอยไม่คงที่ มีการเพิ่มตลอดเวลาหากต้องการค่า ซีโอดี บีโอดี และค่าสาร
แขวนลอย ควรใช้น้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้น้ำกลั่นผสมกับเลือดสัตว์ โปรตีนสังเคราะห์หรือ
กลูโคส

4.พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง ผู้วิจัยได้จากการคำนวณซึ่งอาจจะมากกว่าความ
เป็นจริง เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ระบบใช้ไปน้อยมาก มิเตอร์ไฟฟ้าไม่สามารถวัดได้จึงควรใช้
เครื่องวัดให้เหมาะสม

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

1. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสเพิ่มขึ้น เช่น ชนิดของแผ่นอิเล็กโทรด การเจาะรูที่แผ่นอิเล็กโทรด ขนาดของรูที่เจาะแผ่นอิเล็กโทรด อัตราส่วนของรูที่เจาะบนแผ่นอิเล็กโทรด การใส่สารละลายอิเล็กโทรลิซิสเพื่อช่วยในการนำไฟฟ้า เช่น เกลือโซเดียมคลอไรด์ ความหนาของแผ่นอิเล็กโทรดเนื่องจากเมื่อมีการบำบัดไปเป็นเวลานานแผ่นอิเล็กโทรดจะมีการสึกกร่อน

2. ควรทำการทดลองกับน้ำเสียประเภทอื่น ๆ เช่น น้ำเสียจากโรงฆ่าสุกร น้ำเสียจากโรงพิมพ์ น้ำเสียจากโรงฟอกย้อม

3. ควรศึกษาการนำตะกอนที่ได้จากการตกตะกอนในระบบไปใช้ประโยชน์อื่น เช่น การนำไปเป็นอาหารสัตว์ ตลอดจนฟองที่เกิดบนน้ำเสียขณะบำบัด

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2537). *ราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 11 ตอนพิเศษ 9 ง.* กรุงเทพฯ : กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม.
- กัณฑ์มาศ สุทธิเรืองวงศ์. (2539). *การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีไฟฟ้าเคมีเพื่อกำจัดสารอินทรีย์และสี* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศ.ม. (เคมีเทคนิค). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ฉบับอัดสำเนา.
- กัณฑ์รีย์ ศรีพงษ์พันธ์. (2540). *มลพิษทางน้ำ*. นครปฐม : ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- เกษม จันทรแก้ว. (2541). *เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพฯ. : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คมเพชร ปักคำวงษ์สังข์. (2545). *การวิเคราะห์การนำกลับมาใช้ใหม่ของโมเลกุลโปรตีนในน้ำเสียโดยวิธีไฟในต์อิลเมนต์*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. ฉบับอัดสำเนา.
- คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2538). *การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยวัฒน์ เจนวานิช. (2530). *หลักเคมี1,2*. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- ดุจฤดี นวมเสวตร. (2545). *การศึกษาหุ่นลอยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อทำให้โมเลกุลโปรตีนในน้ำเสียดกตะกอน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. ฉบับอัดสำเนา.
- ทบวงมหาวิทยาลัย. (2541). *เคมี1*. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์.
- ทรงชัย เทพอำนาจสกุลและคนอื่น ๆ. (2543). *เครื่องเร่งการตกตะกอนในน้ำ*. วิทยานิพนธ์วศ.บ. (วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์. ฉบับอัดสำเนา.
- ลัดดา มีศุข. (2537). *เคมีทั่วไป เล่ม1*. กรุงเทพฯ. : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ลาวัลย์ ศรีพงษ์. (2543). *การวิเคราะห์เชิงเคมีไฟฟ้า*. นครปฐม : เกษตรกรรมมหาวิทยาลัยศิลปากร.

- วิฑูรย์ ศรีบางพลี. (2524). *เคมีทั่วไป*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ศศิเกษม ทองยงค์. (2524). *เคมีทั่วไป*. กรุงเทพฯ : [ม.ป.พ.]
- ศศิโรตม์ เกตุแก้ว. (2542). *เครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยระบบไฟฟ้า*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. ฉบับอัดสำเนา.
- สนอง ทองปาน. (2540). *การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้พลังงานในตัวเอง : กรณีศึกษาเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมศึกษา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (วิทยาศาสตรศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ฉบับอัดสำเนา.
- สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. (2535). *พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง*. สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.
- APHA; AWWA; & WPCF. (1998). *Standard method of the examination of water and wastewater*. New York : American Public Health Association.
- Berger, K. (1987). *Electrochemical engineering*. 2nd ed. New York.
- Clesceri, L.S.; Greenberg, A.E.; & Trussell, R.R. (1987). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 17th edition. American Public Health Association. :37
- Ding, Z.; Min, C.W.; & Hui, W.Q. (1987). A study on the use of bipolar-particles-electrodes in decolorization of dyeing effluents. *Wat. Sci. Tech.* 19 :391-400
- Krause, W.A.; & Shea, E.P. (1979). *System for electrocatalytic treatment of waste waterstreams*. U.S.Pat 4,179,347
- Metcalf. ; Eddy. (1991). *Wastewater Engineering : Treatment , Disposal and Reuse*. New York : Mc Graw – Hill.
- Oloman, M. (1983). Tutorial lectures in electrochemical Eng. And Tech-II. *AIChE Symposium Series 79* :69-77
- Pretorius, W.; Johannes, W.; & Lempert, G.(1991). Electrolytic iron flocculants production with a bipolar electrode in series arrangement. *Water. SA.* 17 :133-138
- Rojo, S.A. (1979). *Apparatus for removing impurities from waste water*. U.S.Pat 4,149,953