การบำบัดไขมันในน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการ Electrocoagulation

Study of Palm oil Waste water Treatment by Electrocoagulation.

ภัทราภรณ์ อั้นทอง[1] และนลินี กุลคุรุศาสน์[2]*

[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช80000

อีเมล์ da.kulkurusas@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการบำบัดไขมันในน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการ Electrocoagulationโดยได้ศึกษาปริมาณน้ำมันและไขมัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าของแข็งละลายน้ำก่อนและหลังกระบวนการ Electrocoagulation นอกจากนี้ยังศึกษาปริมาณตะกอนและฟองอากาศที่เกิดขึ้นในกระบวนการElectrocoagulation ผู้วิจัยได้ประกอบขั้วไฟฟ้าอะลูมิเนียมเป็นขั้วอิเล็กโทรดที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสเท่ากับ 12ตารางเซนติเมตร โดยมีระยะห่างของขั้วอิเล็กโทรดเท่ากับ 3 เซนติเมตร ผู้วิจัยทำการทดลอง 3 ครั้ง ที่ความหนาแน่นกระแสเท่ากับ 25 , 50 , 75 มิลลิแอมป์ต่อตารางเซนติเมตร ด้วยเวลา 30 60 และ 90 นาที จากผลการทดลองพบว่า ที่ความหนาแน่นกระแส 75 มิลลิแอมป์ต่อตารางเซนติเมตร มีการลดลงของปริมาณน้ำมันและไขมันได้ถึง 75% มีการลดลงของของแข็งละลายน้ำได้ 54% และมีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นถึง 83% และผลการศึกษาปริมาณตะกอนและฟองอากาศเพิ่มขึ้นถึง 90.68%

คำสำคัญ: Electrocoagulation น้ำทิ้ง น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ABSTRACT

This research has studied the treatment of Palm oil wastewater by Electrocoagulation. Acid-alkali and soluble solids values before and after the process of Electrocoagulation are studied. Sludge and wastefoam that occurs in the process are also observed. The electrodes are made of aluminum with surface area is 12 cm^2 and separation is 3 cm.The current density is expected to be 25, 50, 75 mA/cm^2, within 90 minutes in the experiments. The result show that the fat oil and total solid contentin the wastewater are reduced by 75% and 54% respectively while the pH-value isincreased from 3 to 5.5 andthe sediment are increased90.68% from initial.

Keywords: Electrocoagulation, waste water, palm oil mill.

บทนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีศักยภาพในการผลิตน้ำมันต่อหน่วยพื้นที่สูงสุดเมื่อเทียบกับพืชน้ำมันอื่นๆ หลังจากการเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมัน จะมีการขนส่งผลผลิตเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรมที่สกัดน้ำมันปาล์ม ซึ่งในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มทำให้เกิดน้ำที่มีสารปนเปื้อนอยู่มากโดยเฉพาะไขมัน สารอินทรีย์และ ของแข็งแขวนลอย (SS และ VSS)[1]น้ำเสียจะเกิดขึ้นในขั้นตอนการนึ่งผลปาล์ม และการแยกน้ำออกจากน้ำมัน หากโรงงานไม่มีการบำบัดน้ำเสีย หรือไม่มีการจัดการของเสียที่มีประสิทธิภาพ ก่อนระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและสิ่งแวดล้อมได้ รวมทั้งก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นรบกวน ในปัจจุบันระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้ในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม คือ ระบบบ่อปรับเสถียร อาศัยหลักการย่อยของสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยจุลินทรีย์ธรรมชาติ แต่จำเป็นต้องใช้เนื้อที่มาก จึงไม่เหมาะกับโรงงานที่มีเนื้อที่จำกัด อีกทั้งยังส่งกลิ่นเหม็นรบกวนแพร่กระจาย ปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการ Electrocoagulationหรือการตกตะกอนด้วยไฟฟ้า โดยใช้อะลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้า ซึ่งจะเกิดอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ที่ขั้วแอโนด และเกิดแก๊สไฮโดรเจนที่ขั้วแคโทด แก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นจะช่วยลอยตะกอนขึ้น [2]คือการให้กระแสไฟฟ้าตกคร่อมบนขั้วไฟฟ้าทำให้ขั้วไฟฟ้าชนิดแอโนด

ละลายออกมาเป็นไอออน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการทำลายเสถียรภาพของอนุภาค หรือไอออนที่อยู่ในน้ำกล่าวคือทำให้สารปนเปื้อนต่างๆ มีการหักล้างประจุจนมีสมบัติเป็นกลางทางไฟฟ้าเกิดการรวมตัวกันเป็นตะกอนที่ใหญ่ขึ้น และแยกออกจากน้ำได้ด้วยวิธีการปล่อยให้ตกตะกอนหรือการลอยตะกอน เซลล์ที่ใช้ตกตะกอนด้วยไฟฟ้าเป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีแบบง่ายที่ประกอบด้วยขั้วแอโนด และขั้วแคโทด โดยส่วนมากจะใช้อะลูมิเนียม (Al) เมื่อทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าจะเกิดปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมี และเกิดไอออนของอะลูมิเนียม (Al^{3+}) ขึ้นที่ขั้วแอโนด ไอออนเหล่านี้จะทำลายเสถียรภาพของอนุภาคต่างๆที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำ โดยปฏิกิริยาที่แคโทดจะให้ OH^-และแก๊ส H_2ออกมา และ OH^-ที่เกิดขึ้นมีสมบัติเป็นด่าง จะกัดเซาะที่ขั้วไฟฟ้าเกิดปฏิกิริยาให้แก๊ส H_2ขึ้น ซึ่งแก๊สH_2ที่เกิดขึ้นจะพาตะกอนลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ[2]ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงประโยชน์ของกระบวนการ Electrocoagulationเนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้พื้นที่และระยะเวลาในการบำบัดน้อยและยังสามารถทำให้ตะกอนลอยขึ้นสู่ผิวน้ำได้เร็วกว่า โดยไม่ต้องเติมสารเคมีอีกทั้งยังสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมและชุมชน ได้แก่ การกำจัดของแข็งแขวนลอยและอนุภาคคอลลอยด์ขนาดเล็กออกจากน้ำได้ กำจัดน้ำมันและไขมันออกจากน้ำและสลายอิมัลชั่นน้ำมันในน้ำได้ผู้วิจัยจึงทำการออกแบบชุดทดลองบำบัดน้ำทิ้งด้วยกระบวนการ Electrocoagulationเพื่อศึกษาปริมาณน้ำมันและไขมัน ค่าของแข็งละลายน้ำ และค่าความเป็นกรดด่างก่อนและหลังการบำบัด อีกทั้งยังศึกษาปริมาณตะกอนและฟองอากาศที่เกิดขึ้นในกระบวนการ Electrocoagulation โดยทำการบำบัดที่ความหนาแน่นกระแสที่ต่างกัน ณ เวลาต่างๆ

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาปริมาณน้ำมันและไขมัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าของแข็งละลายน้ำก่อนและหลังกระบวนการ Electrocoagulation

3.เพื่อศึกษาปริมาณตะกอนและฟองอากาศที่เกิดขึ้นในกระบวนการ Electrocoagulation

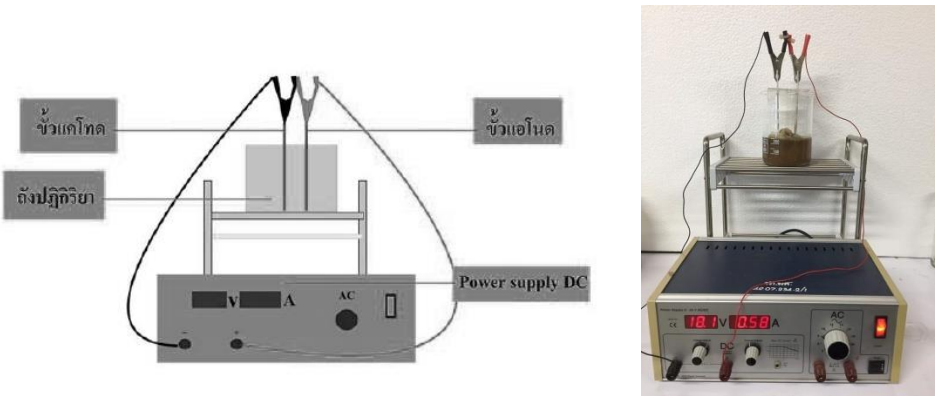
วิธีการวิจัย

1.การออกแบบขั้วอิเล็กโทรด

ผู้วิจัยใช้อะลูมิเนียมขนาดความกว้าง 3 เซนติเมตร ความยาว 15 เซนติเมตร และความหนา 0.2 เซนติเมตรเป็นขั้วอิเล็กโทรดซึ่งอะลูมิเนียมจะทำปฏิกิริยากับโลหะตัวอื่นๆได้อย่างว่องไว มีเลขออกซิเดชั่นเท่ากับ +3 เมื่ออยู่ในน้ำจะสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสขึ้นได้ [3]

2. ชุดทดลองบำบัดน้ำทิ้งกระบวนการ Electrocoagulation

ประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงต่อเข้ากับขั้วแอโนด (Anode) และขั้วแคโทด (Cathode) ซึ่งมีการจัดวางอุปกรณ์ดังแสดงให้เห็นดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1: แสดงชุดทดลองบำบัดน้ำทิ้งกระบวนการ Electrocoagulation

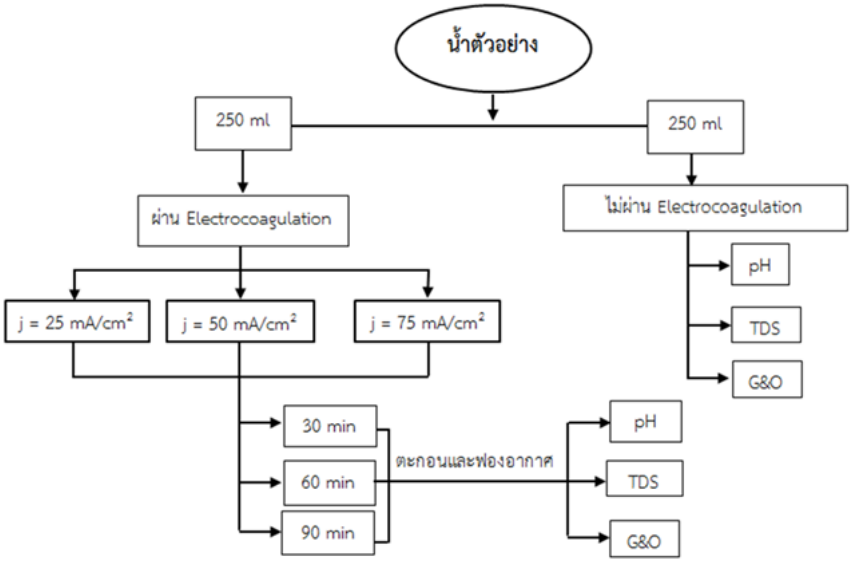
เมื่อทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับแผ่นอิเล็กโทรด จะทำให้เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมีขึ้น โดยขั้วแอโนดจะเกิดการสึกกร่อนจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (oxidation) ทำให้ปล่อยสารโคแอกกูแลนท์ (Coagulant) ที่อยู่ในรูปของไอออนประจุบวกออกมา โดยไอออนประจุบวกนี้จะทำให้ประจุบนคอลลอยด์มีค่าเป็นกลางเกิดการรวมตัวกันเป็นตะกอนที่ใหญ่ขึ้นและปฏิกิริยารีดักชั่น (Reduction) ที่ขั้วแคโทดจะให้OH^-และแก๊ส H_2 ออกมา ซึ่ง OH^-ที่เกิดขึ้นมีสมบัติเป็นด่าง และแก๊ส H_2 ที่เกิดขึ้นจะพาตะกอนลอยขึ้นสู่ผิวน้ำกลายเป็นฟองอากาศ

3. การเก็บน้ำตัวอย่าง

3.1 เก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อน้ำทิ้งของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยเขย่าน้ำก่อน 2-3 ครั้งแล้วเท แล้วจึงรินน้ำตัวอย่างใส่ขวดพลาสติกให้เต็มขวดปิดฝาให้สนิทเพื่อไม่ให้ฟองอากาศเหลืออยู่ในขวด

3.2นำตัวอย่างน้ำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียสในกระติกเก็บความเย็นเพื่อลดการทำงานของจุลินทรีย์แล้วนำตัวอย่างน้ำไปวัดค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) , ความเป็นกรดด่าง (pH) ,น้ำมันและไขมัน(G&O)

4. การบำบัดน้ำทิ้งด้วยกระบวนการElectrocoagulation



ภาพที่ 2: แสดงการบำบัดน้ำทิ้งด้วยกระบวนการ Electrocoagulation

ผู้วิจัยแบ่งน้ำตัวอย่างออกเป็น 2 ชุด โดยนำน้ำชุดที่1 ซึ่งไม่ผ่านกระบวนการ Electrocoagulation ไปหาค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) , ความเป็นกรดด่าง (pH) ,น้ำมันและไขมัน(G&O) ส่วนชุดที่ 2 ผ่านกระบวนการ Electrocoagulation ดังนี้

4.1 แบ่งน้ำตัวอย่างออกเป็น 3 ชุดการทดลองซึ่งมีความหนาแน่นกระแสเท่ากับ 25,50 และ75 mA/cm^2ใช้เวลาในการบำบัดทั้งหมด 90 นาที โดยแบ่งเวลาในการศึกษาเป็น 3 ช่วง คือ 30, 60 และ 90 นาที แล้วทำการศึกษาค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) , ความเป็นกรดด่าง (pH) ,น้ำมันและไขมัน(G&O)และศึกษาปริมาณของตะกอนและฟองอากาศขณะทำการบำบัด

5.ศึกษาผลของพารามิเตอร์ต่างๆ

5.1 วัดค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) โดยใช้เครื่องวัดแบบปากกา รุ่น CD610

5.2 วัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง แบบปากกา

5.3 วิเคราะห์ปริมาณน้ำมันและไขมันด้วยวิธีการสกัดด้วยกรวยแยก (Partition Gravimetric Method)

การคำนวณหาปริมาณน้ำมันและไขมันในน้ำ

$$\text{ไขมันและน้ำมัน (mg/L)} = \frac{(B-A)\times 1000}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง(มิลลิลิตร)}}$$

โดยที่ A = น้ำหนักชามระเหยเปล่า (กรัม)

B = น้ำหนักชามระเหย + น้ำมันและไขมันในตัวอย่าง (กรัม)

5.4การหาปริมาณตะกอนและฟองอากาศ

ภาพที่ 3: ตะกอนและฟองอากาศขณะทำการบำบัด

วัดความสูงของตะกอนและฟองอากาศดังภาพที่ 3 หลังจากทำการบำบัดที่เวลา 30 60 และ 90 นาที จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาตร โดยใช้สมการ

$$\text{ปริมาตรน้ำ} = \pi \times r^2 \times h$$

เมื่อr = รัศมีของวงกลม (ครึ่งหนึ่งของเส้นผ่าศูนย์กลาง)

h = ความลึก (ความสูงของระดับน้ำ)

5.5 การหาความหนาแน่นกระแส (Current density)

$$J = \frac{I}{A}$$

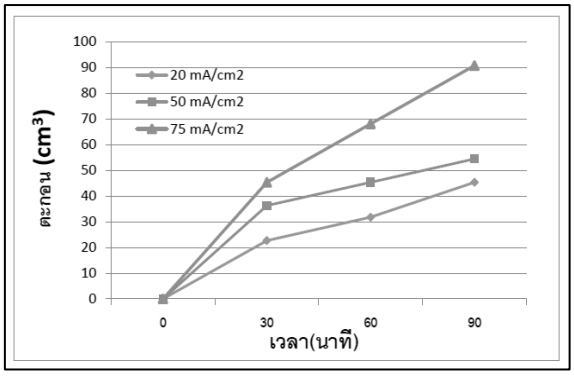
เมื่อ Jคือ ความหนาแน่นกระแส

I คืออัตราส่วนของกระแสต่อ

Aคือ พื้นที่หน้าตัด

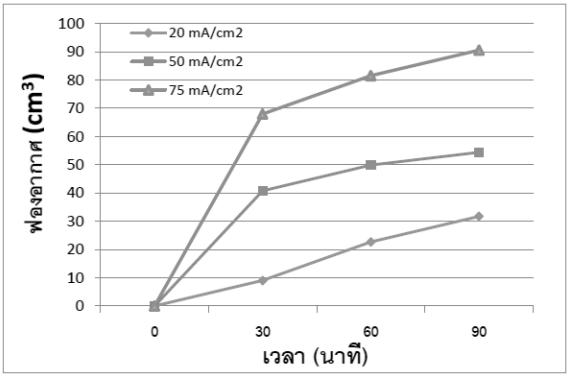
ผลการวิจัยและอภิปราย

งานวิจัยได้ทำการศึกษาปริมาณตะกอนและฟองอากาศปริมาณน้ำมันและไขมัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าของแข็งละลายน้ำก่อนและหลังกระบวนการ Electrocoagulationโดยมีรายละเอียด ดังนี้เมื่อทำการบำบัดด้วยกระบวนการ Electrocoagulationที่ความหนาแน่นกระแสเท่ากับ 20 , 50 และ 75 มิลลิแอมป์ต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 90 นาที พบว่ามีปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 90.68 ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่4 เนื่องจากเมื่อยิ่งเพิ่มความหนาแน่นกระแส ก็จะยิ่งมีการละลายของไอออนโลหะที่ขั้วแอโนด ทำให้เกิดการตกตะกอนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ



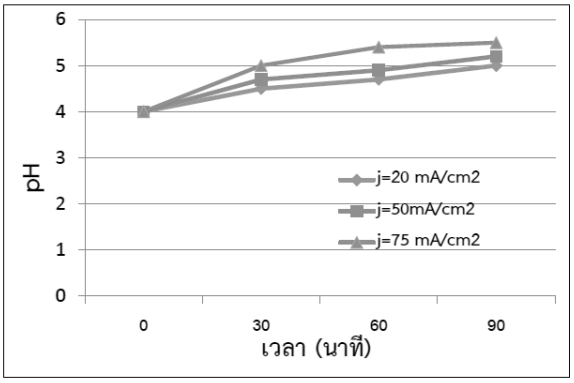
ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนและเวลาที่ความหนาแน่นกระแสต่างๆ

จากนั้นทำการจ่ายความหนาแน่นกระแสเท่ากับ 20 , 50 และ 75 มิลลิแอมป์ต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 90 นาที พบว่ามีปริมาณฟองอากาศเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 90.68 ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังแสดงในภาะที่ 5 เนื่องจากเมื่อยิ่งเพิ่มความหนาแน่นกระแส ที่ขั้วแคโทดก็จะยิ่งเกิดฟองแก๊สไฮโดรเจนเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดฟองอากาศลอยขึ้นสู่ผิวน้ำในปริมาณที่มากขึ้น



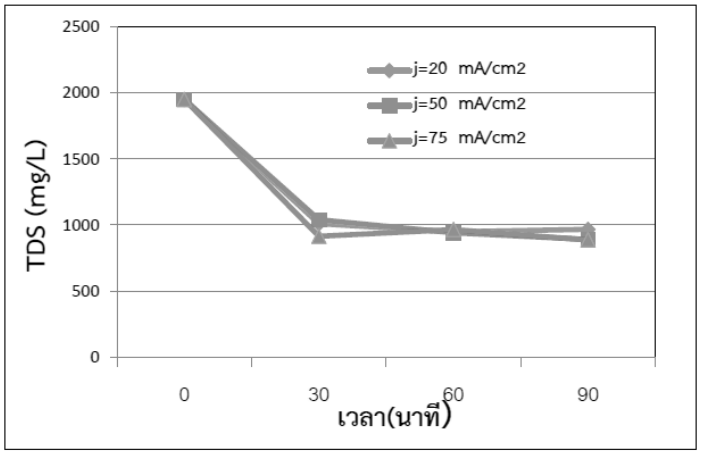
ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟองอากาศกับเวลาที่ความหนาแน่นกระแสต่างๆ

เมื่อนำน้ำตัวอย่างก่อนการบำบัดที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3ไปทดลองด้วยกระบวนการ Electrocoagulation ที่ความหนาแน่นกระแสเท่ากับ 20 , 50 และ 75 มิลลิแอมป์ต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 90 นาที พบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 5.5 ดังภาพที่ 6



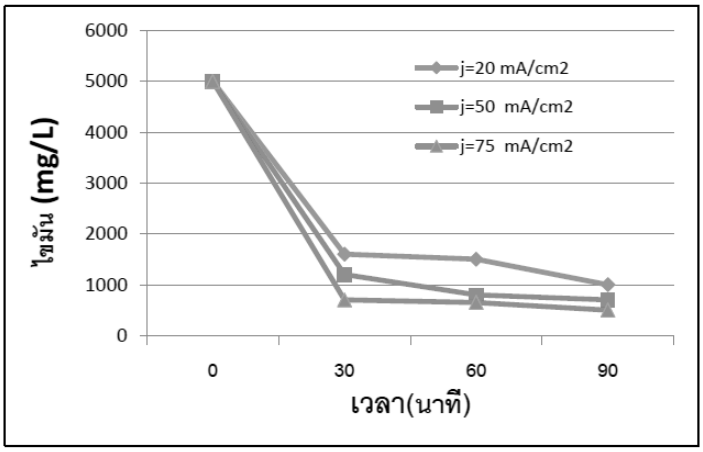
ภาพที่ 6ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด-ด่างกับเวลาที่ความหนาแน่นกระแสต่างๆ

น้ำตัวอย่างก่อนการบำบัด มีค่าของแข็งละลายน้ำเท่ากับ 1950 มิลลิกรัมต่อลิตร และหลังจากการบำบัดด้วยกระบวนการ Electrocoagulationที่ความหนาแน่นกระแสเท่ากับ 20 , 50 และ 75 มิลลิแอมป์ต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 90 นาที พบว่ามีค่าของแข็งละลายน้ำลดลงเหลือเพียง1,063 มิลลิกรัมต่อลิตรดังแสดงดังภาพที่7



ภาพที่ 7ความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแข็งละลายกับเวลาที่ความหนาแน่นกระแสต่างๆ

น้ำตัวอย่างก่อนการบำบัด มีปริมาณน้ำมันและไขมันเท่ากับ 5000 มิลลิกรัมต่อลิตร และหลังจากการบำบัดด้วยกระบวนการ Electrocoagulationที่ความหนาแน่นกระแสเท่ากับ 20 , 50 และ 75 มิลลิแอมป์ต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 90 นาที พบว่ามีค่าไขมันลดลงเหลือเพียง1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างไขมันกับเวลาที่ความหนาแน่นกระแสต่างๆ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยเรื่องนี้ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาปริมาณน้ำมันและไขมัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าของแข็งละลายน้ำก่อนและหลังกระบวนการ Electrocoagulation และศึกษาปริมาณตะกอนและฟองอากาศที่เกิดขึ้นในกระบวนการ Electrocoagulation ผลการวิจัยพบว่า ที่เวลา 90 นาที ความหนาแน่นกระแส 75มิลลิแอมป์ต่อตารางเซนติเมตร มีการลดลงของปริมาณน้ำมันและไขมันได้ถึง 75 % มีการลดลงของของแข็งละลายน้ำได้ถึง 54 % และมีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นถึง 83% และปริมาณตะกอนและฟองอากาศเพิ่มขึ้นถึง 90.68%

การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

วิจัยนี้สามารถทราบค่าความเป็นกรด-ด่างค่าของแข็งละลายน้ำ และปริมาณน้ำมันและไขมันก่อนและหลังกระบวนการElectrocoagulationจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์หรือต่อยอดโดยการเพิ่มเงื่อนไขในการทดลอง เช่น ลักษณะของขั้วอิเล็กโทรด จำนวนขั้วอิเล็กโทรด ระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กโทรด เป็นต้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัด และควรเปรียบเทียบคุณภาพน้ำการบำบัดของโรงงานกับการบำบัดด้วยกระบวนการ Electrocoagulation

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ดร.พันธุ์ศักดิ์ เกิดทองมี อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำปรึกษาแนะนำชี้แนะแนวคิดและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ อีกทั้งยังช่วยเหลือ เอาใจใส่เป็นอย่างดียิ่ง ทำให้งานวิจัยนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ สารเคมี และอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน),(2548), การแปรรูปปาล์มน้ำมัน,[ออนไลน์]. จาก:http://www.arda.or.th.

[2] E. M. Kaliniichuk, I. I. Vasilenko, V. Y. Shchepanyuk, N. A. Sukhoverkhova and I. A. Makarov, “Treating refinery wastewaters to remove emulsified oils by electrocoagulation and electroflotation,”*International Chemistry Engineering*, vol. 16, pp. 434–435, 1976.

[3] บรรดาล เจริญศิริ, “การปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาด้วยกระบวนการอิเล็กโตรโคแอกกูเลชั่น,” *วารสารราชมงคลล้านนา*,ปีที่5, ฉ. 1, น. 25, 2560.