เครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี

Livestock wastewater treatment system with electrolysis combined with Nano Ozone and UVC. x

มงคล ธุระ[1*] ประสงค์ วงศ์แก้ว[2*] และ จาตุรนต์ คำกันทา[3*]
Mongkol Thura[1*] Prasong Wongkaew[2*] and Jaturon Kamkanta[3*]

Recived: ...xxxxxxx
Revised: ...xxxxxxx
Accepted: ...xxxxxxx

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและสร้างเครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี 2) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของเครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ น้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบบันทึกผลการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของเครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า

1. ผลการออกแบบและสร้างเครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซีประกอบด้วย 1) ระบบโครงสร้าง ประกอบด้วย 1.1) ชุดถังน้ำเสีย 1.2) ชุดกรองหยาบและกรองละเอียด 1.3) ชุดถังบำบัดน้ำเสียด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิส 1.4) ชุดบำบัดน้ำเสียด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิส ควบคุมด้วยสวิตช์ S1 1.5) ชุดบำบัดน้ำเสียด้วยก๊าซโอโซน ควบคุมด้วยสวิตช์ S2 1.6) ชุดถังน้ำดี 1.7) ชุดบำบัดน้ำเสียด้วยรังสียูวีซี ควบคุมด้วยสวิตช์ S3 1.8) ชุดกรองน้ำ 5 ขั้นตอน และ 1.9) ชุดเก็บกากของเสียของน้ำเสีย

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของเครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี พบว่า สามารถบำบัดน้ำเสีย (Before) ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ($\bar{X}$=4.00; SD=0.5) ให้เป็นน้ำดี 2 (After 2) ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ยเท่ากับ 7.87 ($\bar{X}$=7.87; SD=0.12) สามารถบำบัดน้ำเสีย (Before) ที่มีค่า TDS เฉลี่ยเท่ากับ 470.67 ppm ($\bar{X}$=470.67 ppm; SD=4.04 ppm) ให้เป็นน้ำดี 2 (After 2) ที่มีค่า TDS เฉลี่ยเท่ากับ 352.33 ppm ($\bar{X}$=352.33 ppm; SD=2.52 ppm) สามารถบำบัดน้ำเสีย (Before) ที่มีค่า EEC เฉลี่ยเท่ากับ 934.67 µS/cm ($\bar{X}$=934.67 µS/cm; SD=5.03 µS/cm) ให้เป็นน้ำดี 2 (After 2) ที่มีค่า EEC เฉลี่ยเท่ากับ 674.33 µS/cm ($\bar{X}$=674.33 µS/cm; SD=4.04 µS/cm) ที่อุณหภูมิน้ำเสีย (Before) เฉลี่ยเท่ากับ 29.43 $^{\circ}$C ($\bar{X}$=29.43 $^{\circ}$C ; SD=4.04 $^{\circ}$C) ที่อุณหภูมิน้ำดี 2 (After 2) เฉลี่ยเท่ากับ 28.57 $^{\circ}$C ($\bar{X}$=28.57 $^{\circ}$C ; SD=0.51 $^{\circ}$C)

คำสำคัญ : บำบัดน้ำเสีย อิเล็กโทรไลซิส โอโซน ยูวีซี

[1] สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1
[2] วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
*Corresponding Author, E-mail: .....(TH SarabunPSK 12 point ตัวธรรมดา)

Abstract

The objectives of this research are 1) to design and build a machine to treat wastewater from livestock farms using an electrolysis system combined with a nano-ozone system and UVC radiation; 2) to test the efficiency of wastewater treatment of the water treatment machine. Waste from livestock farms using an electrolysis system combined with a nano-ozone system and UVC radiation. The population and sample were wastewater from livestock farms. The tool used to collect data is a form recording the results of testing the efficiency of wastewater treatment of wastewater treatment from livestock farms using an electrolysis system combined with a nano-ozone system and UVC radiation. Statistics used in data analysis are mean and standard deviation. The research results found that.

1. The results of the design and construction of a wastewater treatment machine from a livestock farm with an electrolysis system combined with a nano-ozone system and UVC radiation include: 1.1) Wastewater tank set 1.2) Coarse and fine filter set 1.3) Wastewater treatment tank set with electrolysis system 1.4) Wastewater treatment set with electrolysis system Controlled by switch S1 1.5) Wastewater treatment set with ozone gas. Controlled by switch S2 1.6) Water tank set 1.7) Wastewater treatment set with UVC rays Controlled by switch S3 1.8) 5-step water filtration set and 1.9) wastewater waste collection set.

2. The results of testing the wastewater treatment efficiency of the machine that treats wastewater from livestock farms using the electrolysis system together with the nano ozone system and UVC radiation found that it can treat wastewater (Before) that has a value of The average acid-alkaline (pH) value is equal to 4.00 ($\bar{X}$=4.00; SD=0.5) into bile 2 (After 2) that has an average acid-alkaline (pH) value equal to 7.87 ($\bar{X}$=7.87; SD= 0.12) can treat wastewater (Before) with an average TDS value of 470.67 ppm ($\bar{X}$=470.67 ppm; SD=4.04 ppm) into good water 2 (After 2) with an average TDS value of 352.33 ppm ($\bar{X}$= 352.33 ppm; SD=2.52 ppm) Can treat wastewater (Before) with an average EEC value of 934.67 µS/cm ($\bar{X}$=934.67 µS/cm; SD=5.03 µS/cm) into bile 2 (After 2) with an average EEC value of 674.33 µS. /cm ($\bar{X}$=674.33 µS/cm; SD=4.04 µS/cm) at the average wastewater temperature (Before) was 29.43 oC ($\bar{X}$=29.43 oC ; SD=4.04 oC) at the water temperature 2 (After 2) The average is 28.57 $^{\circ}$C ($\bar{X}$=28.57 $^{\circ}$C ; SD=0.51 $^{\circ}$C)

Keywords : Wastewater treatment, electrolysis ozone UVC

บทนำ

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย เป็นแหล่งกำเนิดของสัตว์น้ำและพืชพรรณหลากหลายชนิด น้ำยังมีบทบาทสำคัญในภาคการเกษตร อุตสาหกรรม และครัวเรือน มนุษย์ใช้ประโยชน์จากน้ำในการดื่มกิน ประกอบอาหาร ชำระล้างร่างกายและสิ่งสกปรกต่างๆ น้ำยังช่วยให้เกิดความอุดมสมบูรณ์แก่สิ่งมีชีวิต โดยน้ำบริสุทธิ์เป็นสิ่งที่จำเป็นต่อสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดีของมนุษย์ ในอดีตเราสามารถใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติได้แต่ปัจจุบันปัญหาน้ำเสียกลายเป็นปัญหาใหญ่ที่เราต้องเผชิญ ซึ่งน้ำเสียนั้นเป็นของเหลวที่ผ่านการใช้แล้วทั้งที่มีกากและไม่มีกากหรือของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลวรวมทั้งมวลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนในของเหลวนั้นจนไม่สามารถใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติได้ [1] โดยปัญหาน้ำเสียนั้นเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ ดังนี้ 1) น้ำเสียจากชุมชน เป็นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันของประชาชน มาจาก อาคารบ้านเรือน ร้านค้าพาณิชย์ ตลาดสด ร้านอาหาร สถานศึกษา สถานที่ราชการ โรงแรม โรงเรียน ห้างสรรพสินค้า เป็นต้น ความสกปรกในชุมชนส่วนใหญ่เป็นอินทรีย์สารที่ย่อยสลายได้โดยกระบวนการธรรมชาติ 2) น้ำเสียจากอุตสาหกรรม เป็นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นน้ำล้างในกระบวนการผลิตต่างๆ ซึ่งมีสมบัติแตกต่างกันตามประเภทของอุตสาหกรรม น้ำเสียอุตสาหกรรมบางแห่งอาจปนเปื้อนโลหะหนัก หรือสารประกอบที่ต้องอาศัยกระบวนการบำบัดที่ซับซ้อนกว่าน้ำเสียชุมชน 3) น้ำเสียจากการเกษตร เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตร เช่น น้ำเสียจากการล้างคอกสัตว์เลี้ยง เช่น คอกหมู คอกวัว เล้าไก่ น้ำเสียจากนาข้าว จากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง เป็นต้น โดยน้ำเสียจากเกษตรกรรมส่วนใหญ่จะปนเปื้อนสารเคมี ยาฆ่าแมลงหรือปุ๋ย และ 4) น้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์เป็นน้ำเสียจากการเกษตรที่ส่งกลิ่นเหม็นสร้างมลภาวะเป็นพิษก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญให้กับชุมชนได้เป็นอย่างมากรวมทั้งเป็นแหล่งแพร่เชื้อโรค [1] ฉะนั้นจึงควรทำการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ เพื่อทำลายตัวการที่ทำให้เกิดโรค เปลี่ยนสภาพน้ำเสียให้อยู่ในสภาพที่สามารถนำกลับมาใช้ได้ ไม่ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ ซึ่งความรำคาญที่เกิดขึ้น เช่น กลิ่นของน้ำเสียหรือสีที่เป็นที่น่ารังเกียจ และป้องกันไม่ให้เกิดภาวะมลพิษ

แนวทางการแก้ไขเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุดจึงควรใช้การบำบัดน้ำเสียด้วยหลาย ๆ วิธีรวมกัน ได้แก่ 1) วิธีทางไฟฟ้า คือ การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิส โดยระบบอิเล็กโทรไลซิสจะทำการแยกสารละลายต่าง ๆ ออกจากน้ำเสีย ทำให้ได้น้ำดีที่สะอาด 2) วิธีทางกายภาพ คือ การบำบัดน้ำเสียด้วยการกรองหยาบและการกรองละเอียด จะทำให้ได้น้ำดีที่สะอาดยิ่งขึ้น แต่ยังมีเชื้อโรคและสารเคมีปนเปื้อนอยู่ และ 3) วิธีทางเคมี คือ การบำบัดน้ำเสียด้วยก๊าซโอโซนและรังสียูวีซี เพื่อทำการฆ่าเชื้อโรคและสลายสารพิษ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของเครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี

ทบทวนวรรณกรรม

1. ความหมายของน้ำเสีย

น้ำเสีย หมายถึง ของเหลวซึ่งผ่านการใช้แล้วทั้งที่มีกากและไม่มีกาก หรือของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลวรวมทั้งมลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนในของเหลวนั้น [1]

2. แหล่งกำเนิดน้ำเสีย

บริษัท กรีน วอเทอร์ ทรีท จำกัด [1] กล่าวถึงแหล่งกำเนิดน้ำเสียว่า โดยทั่วไปแล้วแบ่งแหล่งกำเนิดของน้ำเสียได้ 3 แหล่ง ได้แก่

2.1 น้ำเสียจากชุมชน เป็นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันของประชาชนในชุมชน

2.2 น้ำเสียจากอุตสาหกรรม เป็นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม

2.3 น้ำเสียจากการเกษตร เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตร

3. ลักษณะและสมบัติน้ำเสีย

บริษัท กรีน วอเทอร์ ทรีท จำกัด [1] ได้กล่าวถึง ลักษณะของน้ำเสียแบ่งออกได้ 3 ลักษณะ คือ

3.1 ลักษณะทางกายภาพ (Physicals Characteristics) ลักษณะทางกายภาพได้แก่ สี กลิ่น อุณหภูมิ ของแข็งต่าง ๆ ความขุ่น และความหนาแน่น เป็นต้น

3.2 ลักษณะทางเคมี (Chemicals Characteristics) ซึ่งได้แก่ คามเป็นกรด - ด่าง สารอินทรีย์ ไขมัน สารซักฟอก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ โลหะหนัก เป็นต้น

3.3 ลักษณะทางชีวภาพ (Biological Characteristics) จุลินทรีย์มีความสำคัญต่อการบำบัดน้ำเสียเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เพราะในน้ำเสียมีจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อชีวิตและสุขภาพของมนุษย์ ในขณะเดียวกันในระบบบำบัดน้ำเสียก็ใช้จุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่งเป็นตัวย่อยสลายสิ่งสกปรกต่าง ๆ ได้แก่ แบคทีเรีย ซึ่งเป็นตัวที่ช่วยย่อยสลายสิ่งสกปรกในน้ำเสีย 95 % นอกนั้นก็จะเป็น รา สาหร่าย และโปรโตซัว

4. องค์ประกอบของน้ำเสีย

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี [2] ได้กล่าวว่า องค์ประกอบของน้ำเสียแตกต่างกันไปอย่างกว้างขวาง นี่คือบางส่วนของรายการสิ่งที่มันอาจจะมี:

4.1 น้ำ (> 90%) ซึ่งมักจะถูกเทหรือลาดลงไปตอนชำระล้างเพื่อส่งของเสียลงท่อระบายน้ำ;

4.2 เชื้อโรค เช่นแบคทีเรีย, ไวรัส, พรีออนและพยาธิ; แบคทีเรียที่ไม่ทำให้เกิดโรค;

4.3 อนุภาคอินทรีย์ เช่นอุจจาระ, ขน, อาหาร, อาเจียน, เส้นใยกระดาษ, วัสดุจากพืช, ปุ๋ยอินทรีย์ ฯลฯ

4.4 สารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ เช่นยูเรีย, น้ำตาลผลไม้, โปรตีนที่ละลายน้ำได้, ยา ฯลฯ

4.5 อนุภาคอนินทรีย์ เช่นทราย, กรวด, อนุภาคโลหะ, เซรามิก ฯลฯ

4.6 สารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ เช่นแอมโมเนีย, เกลือทะเล, ไซยาไนด์, ก๊าซไข่เน่า thiocyanates, thiosulfates ฯลฯ

4.7 สัตว์ เช่นโปรโตซัว, แมลง, ปลาขนาดเล็ก ฯลฯ ;

4.8 ของแข็ง เช่นผ้าอนามัย ผ้าอ้อม ถุงยางอนามัย เข็ม ของเล่นเด็ก สัตว์ที่ตายหรือพืช ฯลฯ

4.9 แก๊ส เช่นแก๊สไข่เน่า, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, มีเทน ฯลฯ

4.10 อิมัลชัน เช่นสี, กาว, มายองเนส, สีผม, emulsified น้ำมัน ฯลฯ

4.11 สารพิษ เช่นสารกำจัดศัตรูพืช, สารพิษ, สารเคมีกำจัดวัชพืช ฯลฯ

5. พารามิเตอร์ของน้ำเสีย

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [3] ได้กล่าวถึง พารามิเตอรที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ มีดังนี้

5.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็นค่าที่บอกถึงค่าความเป็นกรด–ด่างของน้ำเสียโดยทั่วไป

5.2 บีโอดี (BOD : Biochemical Oxygen Demand) เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายไดโดยวิธีทางชีววิทยาให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ดังนั้นแหล่งน้ำที่มีค่าบีโอดีสูงย่อมหมายถึงมีความสกปรกหรือสารอินทรีย์ ในน้ำสูงเนื่องจากจุลินทรีย ต้องใช้ปริมาณออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำปริมาณมาก

5.3 ซีโอดี (COD : Chemical Oxygen Demand) เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการเพื่อใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยวิธีทางเคมีให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำโดยที่สารอินทรีย์เกือบทั้งหมด (95-100%) จะสามารถย่อยสลายได้ ซึ่งค่าซีโอดีที่วิเคราะห์ไดจากแหล่งน้ำเดียวกันจะสูงกว่าค่าบีโอดีเนื่องจากความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยวิธีทางเคมีจะสูงกว่าความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรียหรือวิธีทางชีววิทยา เนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยวิธีทางชีววิทยาไมสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์จำพวกสารประกอบแอลิฟาติก, อะโรมาติก ไฮโดรคารบอน, ไพรีดีน, บีเทน (straight-chain aliphaticcompound, aromatic hydrocarbon, pyridine, betaine) แต่การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยวิธีทางเคมีสามารถย่อยสลายได

5.4 ปริมาณสารของแข็งทั้งหมด (Total Solids: TS) ปริมาณสารที่เป็นของแข็งต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสียทั้งหมดทั้งที่ละลายน้ำไดและไม่ละลายน้ำประกอบด้วยของแข็งตกตะกอน (Settle able Solids) ของแข็งละลาย (Dissolved Solids) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) และของแข็งระเหยง่าย (Volatile Solids) ซึ่งหากในน้ำเสียมีปริมาณของแข็งดังกล่าวอยู่ในปริมาณมากก่อให้เกิดการตื้นเขินของบ่อน้ำหรือแหล่งน้ำนอกจากนี้ของแข็งที่มีอยู่ในน้ำจะบดบังแสงแดดที่ส่องลงสูแหล่งน้ำโดยสังเกตเห็นความสกปรกและความขุ่นในแหล่งน้ำไดอย่างชัดเจน

5.5 ไนโตรเจน (Nitrogen) และฟอสฟอรัส (Phosphorus) ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารสำคัญสำหรับการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตดังนั้นการปล่อยน้ำเสียที่มีสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงทำให้เกิดการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณของสาหร่าย อย่างรวดเร็ว (Algal Bloom) เป็นผลให้ระดับออกซิเจนในน้ำลดต่ำมากในช่วงกลางคืนและอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น

5.6 โคลิแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) แม้จะไมใช่พารามิเตอรที่ถูกกำหนดมาตรฐานเพื่อควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรแต่ก็เป็นดัชนีที่สำคัญเพราะใช้บ่งชี้ถึงความสกปรกที่ปนเปื้อนมาจากสิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์โดยที่แบคทีเรียกลุ่มโคลินี้อาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์ โดยไมก่อให้เกิดโรคแต่หากพบแบคทีเรียกลุ่มนี้ในแหล่งน้ำมาก ๆ อาจจะแสดงได้ว่าแหล่งน้ำนั้นมีโอกาสที่จะมีเชื้อโรคบางชนิดแพรกระจายปะปนอยู่ในแหล่งน้ำไดเช่นอหิวาต์บิดและไทฟอยด์ เป็นต้น

สรุปได้ว่า พารามิเตอร์ของน้ำเสียประกอบด้วย ความเป็นกรด-ด่าง บีโอดี ซีโอดี ปริมาณสารของแข็งทั้งหมด ไนโตรเจน (Nitrogen) และฟอสฟอรัส และ โคลิแบคทีเรีย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ น้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์

2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ตัวแปรต้น คือ เครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ (1) ความเป็นกรด-ด่าง (2) บีโอดี (3) ซีโอดี (4) ปริมาณสารของแข็งทั้งหมด (5) ค่า EEC (6) โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ (7) อุณหภูมิของน้ำเสีย

3. เครื่องมือในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 เครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี ผู้วิจัยดำเนินการสร้างดังนี้

1) กำหนดปัญหา สาเหตุของปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ที่แปลกใหม่ แตกต่างจากการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์แบบเดิม

2) ประเมินความพร้อมที่จะสร้างเครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี ด้วยหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ได้แก่ พอประมาณ มีเหตุผล และมีภูมิคุ้มกัน ร่วมกับทฤษฎี 4 M 1V 1O ได้แก่ (1) คน (Man) (2) งบประมาณ (Money) (3) วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องจักร (Material) (4) วิธีดำเนินการ (Method) (5) คุณค่า (Value) และ (6) อื่น ๆ (Other)

3) สร้างเครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี พร้อมกับปรับปรุงแก้ไขตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยกำหนดคุณลักษณะของโครงสร้างและการทำงาน ดังนี้

3.1) ระบบโครงสร้าง ประกอบด้วย (1) ชุดถังน้ำเสีย (2) ชุดกรองหยาบและกรองละเอียด (3) ชุดถังบำบัดน้ำเสีย (4) ชุดบำบัดน้ำเสียด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิส (5) ชุดบำบัดน้ำเสียด้วยก๊าซโอโซน (6) ชุดถังน้ำดี (7) ชุดบำบัดน้ำเสียด้วยรังสียูวีซี (8) ชุดกรองน้ำ 5 ขั้นตอน และ (9) ชุดเก็บกากของเสียของน้ำเสีย

3.2) ระบบการทำงาน มีดังนี้ (1) ปั๊มน้ำดูดนำน้ำเสียมาบรรจุในชุดถังน้ำเสีย (2) ปั๊มน้ำดูดน้ำเสียจากชุดถังน้ำเสียเข้าสู่ชุดถังบำบัดน้ำเสียผ่านชุดกรองหยาบประมาณ 30 ลิตร (3) ชุดบำบัดน้ำเสียด้วยอิเล็กโทรไลซิส จะทำการแยกสารละลายในน้ำเสียออกจากน้ำเสีย โดยสารละลายที่เบาจะลอยขึ้นบนผิวน้ำ ส่วนสารละลายที่หนักจะตกลงข้างล่างถังบำบัดน้ำเสีย ทำให้น้ำเสียมีลักษณะใสขึ้น (4) ทำการเปิดวาล์วจากชุดถังบำบัดน้ำเสียผ่านชุดกรองหยาบและกรองละเอียดเข้าสู่ชุดบำบัดน้ำเสียด้วยก๊าซโอโซน เพื่อทำการฆ่าเชื้อโรคและสลายสารพิษ (5) เปิดวาล์วจากชุดบำบัดน้ำเสียด้วยก๊าซโอโซนเข้าสู่ชุดถังน้ำดี ซึ่งน้ำจากถังน้ำดีนี้กำหนดให้เป็นน้ำดี 1 สามารถนำไปใช้ในการอุปโภค (6) ทำการเปิดวาล์วสามทางอันที่ 1 ของชุดถังน้ำดี จะทำให้ปั๊มน้ำปั๊มน้ำให้ไหลเวียนเข้าสู่ชุดบำบัดน้ำเสียด้วยรังสียูวีซีเพื่อฆ่าเชื้อโรคซ้ำอีกครั้งหนึ่ง แล้วปล่อยลงสู่ชุดถังน้ำดีวนเวียนไปเช่นนี้จนกว่าจะฆ่าเชื้อโรคให้หมดไป (7) เมื่อทำการปิด

วาล์วสามทางอันที่ 1 เปิดวาล์วสามทางอันที่ 2 ปั๊มน้ำจะทำการปั๊มน้ำในชุดถังน้ำดีให้ไหลผ่านชุดกรองน้ำ 5 ขั้นตอน เพื่อทำการกรองน้ำให้กลายเป็นน้ำสะอาดที่สามารถบริโภคหรือใช้ดื่มได้ กำหนดให้เป็นน้ำดี 2

3.2 วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. รายการวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ที่	รายการ	จำนวน
1	น้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์	200 ลิตร
2	เครื่องวัด TDS และ EEC	1 เครื่อง
3	เครื่องวัดอุณหภูมิ	1 เครื่อง
4	นาฬิกาจับเวลา	1 เครื่อง
5	น้ำยาตรวจเชื้อโรคโคลิฟอรม แบคทีเรีย	1 ชุด

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยทำการรวบรวมข้อมูลการทดสอบดังนี้

4.1 เมื่อเครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี เริ่มทำงาน ระบบจะทำการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบต่าง ๆ จนได้น้ำดี ได้แก่ น้ำดี 1 ที่ได้จากชุดถังน้ำดี และน้ำดี 2 ที่ได้จากชุดกรองน้ำ 5 ขั้นตอน

4.2 นำน้ำดี 1 และน้ำดี 2 มาทำการวัดค่า 1) ความเปนกรด-ดาง (pH) 2) ปริมาณสารของแข็งทั้งหมด (TDS) 3) วัดปริมาณ EEC 4) ตรวจวัดปริมาณเชื้อโรคโคลิฟอรมแบคทีเรีย และ 5) วัดอุณหภูมิ

4.3 ทำการวัดและบันทึกค่า ระยะเวลา แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และค่าพลังงานไฟฟ้า

4.4 ทำการทดลองวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของน้ำที่ได้จากการบำบัดน้ำเสีย จำนวน 3 ครั้ง และทำการบันทึกผลการทดลองลงในแบบบันทึกผลการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของเครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี

5. การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ด้วย ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ตอนตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. ผลการออกแบบและสร้างเครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี ประกอบด้วย ชุดถังน้ำเสีย ชุดกรองหยาบและกรองละเอียด ชุดถังบำบัดน้ำเสีย ชุดบำบัดน้ำเสียด้วยอิเล็กโทรไลซิส ชุดบำบัดน้ำเสียด้วยก๊าซโอโซน ชุดถังน้ำดี ชุดบำบัดด้วยรังสียูวีซี และชุดกรองน้ำ 5 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสฯ

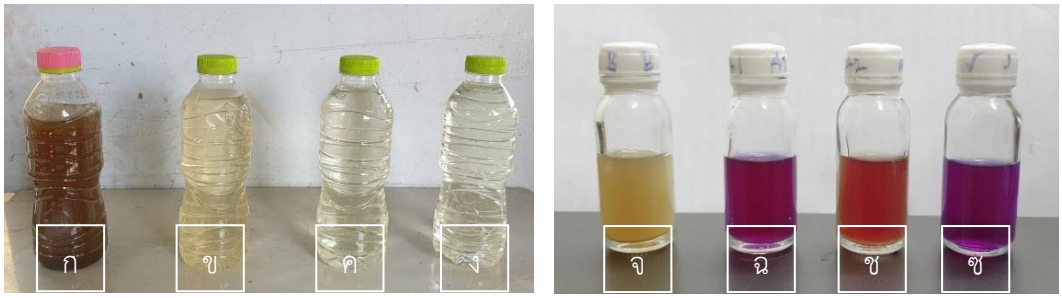
2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของเครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี ดังตารางที่ 2.

ตารางที่ 2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของเครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี

ครั้งที่	ชนิดของน้ำทดสอบ	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	BOD (ppm)	COD (ppm)	TDS (ppm)	EEC (µS/cm)	โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	อุณหภูมิ (°C)
1	น้ำเสีย (Before)	4.5	ไม่มีเครื่องมือวัด	ไม่มีเครื่องมือวัด	467	934	มีเชื้อโรค	29.80
		3.5			470	940	มีเชื้อโรค	29.00
		4.0			475	930	มีเชื้อโรค	29.50
	$\bar{X}$ (SD)	4.00 (0.50)	-	-	470.67 (4.04)	934.67 (5.03)	มีเชื้อโรค	29.43 (0.40)
2	น้ำดี 1 (After 1)	7.6	ไม่มีเครื่องมือวัด	ไม่มีเครื่องมือวัด	317	664	ไม่มีเชื้อโรค	29.00
		7.5			310	670	ไม่มีเชื้อโรค	29.50
		7.5			319	680	ไม่มีเชื้อโรค	29.70
	$\bar{X}$ (SD)	7.53 (0.06)	-	-	315.33 (4.73)	671.33 (8.08)	ไม่มีเชื้อโรค	29.40 (0.36)
3	น้ำดี (After 2)	7.8	ไม่มีเครื่องมือวัด	ไม่มีเครื่องมือวัด	352	678	ไม่มีเชื้อโรค	28.00
		8.0			355	675	ไม่มีเชื้อโรค	29.00
		7.8			350	670	ไม่มีเชื้อโรค	28.70
	$\bar{X}$ (SD)	7.87 (0.12)	-	-	352.33 (2.52)	674.33 (4.04)	ไม่มีเชื้อโรค	28.57 (0.51)
4	น้ำดื่มปกติ	7.0	ไม่มีเครื่องมือวัด	ไม่มีเครื่องมือวัด	27	54	ไม่มีเชื้อโรค	27
		7.0			28	55	ไม่มีเชื้อโรค	27
		7.0			27	53	ไม่มีเชื้อโรค	27
	$\bar{X}$ (SD)	**7.00 (0.00)**	-	-	**27.33 (0.58)**	**54.00 (1.00)**	ไม่มีเชื้อโรค	**27 (0.00)**

หมายเหตุ: เริ่มทดลอง 11:30 นาฬิกา เสร็จสิ้นเวลา 13:15 นาฬิกา รวมเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง 45 นาที ใช้แรงดันไฟฟ้า 21.9 V 50.7 A คิดเป็นกำลังไฟฟ้า 1,110.33 Watt คิดเป็นพลังงานไฟฟ้า 1.94308 kW-h

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของเครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี พบว่า สามารถบำบัดน้ำเสีย (Before) ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ($\bar{X}$=4.00; SD=0.5) ให้เป็นน้ำดี 2 (After 2) ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ยเท่ากับ 7.87 ($\bar{X}$=7.87; SD=0.12) สามารถบำบัดน้ำเสีย (Before) ที่มีค่า TDS เฉลี่ยเท่ากับ 470.67 ppm ($\bar{X}$=470.67 ppm; SD=4.04 ppm) ให้เป็นน้ำดี 2 (After 2) ที่มีค่า TDS เฉลี่ยเท่ากับ 352.33 ppm ($\bar{X}$=352.33 ppm; SD=2.52 ppm) สามารถบำบัดน้ำเสีย (Before) ที่มีค่า EEC เฉลี่ยเท่ากับ 934.67 µS/cm ($\bar{X}$=934.67 µS/cm; SD=5.03 µS/cm) ให้เป็นน้ำดี 2 (After 2) ที่มีค่า EEC เฉลี่ยเท่ากับ 674.33 µS/cm ($\bar{X}$=674.33 µS/cm; SD=4.04 µS/cm) ที่อุณหภูมิน้ำเสีย (Before) เฉลี่ยเท่ากับ 29.43 °C ($\bar{X}$=29.43 °C ; SD=4.04 °C) ที่อุณหภูมิน้ำดี 2 (After 2) เฉลี่ยเท่ากับ 28.57 °C ($\bar{X}$=28.57 °C ; SD=0.51 °C) ดังแสดงในภาพ 3.



(ก) น้ำเสียก่อนการบำบัด (ข) น้ำดี 1 (ค) น้ำดี 2 (ง) น้ำดื่มปกติ (จ) น้ำเสียก่อนการบำบัด-มีเชื้อโรค
(ฉ) น้ำดี 1-ไม่มีเชื้อโรค (ช) น้ำดี 2-ไม่มีเชื้อโรค (ซ) น้ำดื่มปกติ-ไม่มีเชื้อโรค
ภาพที่ 3 ผลการทดสอบและการเปรียบเทียบการบำบัดน้ำเสีย

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

2.1 จากผลการวิจัยที่พบว่า ผลการออกแบบและสร้างเครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี ประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ส่วนใหญ่ ๆ ได้แก่ 1.1 ระบบโครงสร้าง ประกอบด้วย 1) ชุดถังน้ำเสีย 2) ชุดกรองหยาบและกรองละเอียด 3) ชุดถังบำบัดน้ำเสียด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิส 4) ชุดบำบัดน้ำเสียด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิส 5) ชุดบำบัดน้ำเสียด้วยก๊าซโอโซน 6) ชุดถังน้ำดี 7) ชุดบำบัดน้ำเสียด้วยรังสียูวีซี 8) ชุดกรองน้ำ 5 ขั้นตอน และ 9) ชุดเก็บกากของเสียของน้ำเสีย และ 1.2 ระบบการทำงาน ซึ่งมีการทำงาน ดังนี้ 1) ปั๊มน้ำดูดนำน้ำเสียมาบรรจุในชุดถังน้ำเสีย 2) ปั๊มน้ำดูดน้ำเสียจากชุดถังน้ำเสียเข้าสู่ชุดถังบำบัดน้ำเสียผ่านชุดกรองหยาบประมาณ 30 ลิตร 3) ชุดบำบัดน้ำเสียด้วยอิเล็กโทรไลซิส จะทำการแยกสารละลายต่าง ๆ ออกจากน้ำเสีย โดยสารละลายที่เบาจะลอยขึ้นบนผิวน้ำ ส่วนสารละลายที่หนักจะตกลงข้างล่างถังบำบัดน้ำเสีย ทำให้น้ำเสียมีลักษณะใสขึ้น 4) น้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสจะไหลเข้าสู่ชุดถังบำบัดด้วยก๊าซโอโซนผ่านชุดกรองหยาบและกรองละเอียดเพื่อฆ่าเชื้อโรคและสลายสารพิษด้วยชุดบำบัดน้ำเสียด้วยก๊าซโอโซน ทำให้กลายเป็นน้ำที่สะอาดปราศจากเชื้อโรคและสารพิษ 5) เปิดวาล์วจากชุดถังบำบัดน้ำเสียด้วยก๊าซโอโซนน้ำที่สะอาดปราศจากเชื้อโรคและสารพิษจะไหลเข้าสู่ชุดถังน้ำดี เมื่อทำการเปิดวาล์วสามทางอันที่ 1 ของชุดถังน้ำดี ปั๊มน้ำจะดูดน้ำในถังน้ำดีให้ไหลเวียนเข้าสู่ชุดบำบัดน้ำเสียด้วยรังสียูวีซีเพื่อฆ่าเชื้อโรคซ้ำอีกครั้งหนึ่ง แล้วปล่อยลงสู่ชุดถังน้ำดีวนเวียนไปเช่นนี้จนกว่าจะฆ่าเชื้อโรคให้หมดไป น้ำดีที่ได้จะสะอาดสามารถนำไปใช้เพื่อการอุปโภคได้ 6) เมื่อทำการปิดวาล์วสามทางอันที่ 1 เปิดวาล์วสามทางอันที่ 2 ปั๊มน้ำจะดูดน้ำในชุดถังน้ำดีให้ไหลผ่านชุดกรองน้ำ 5 ขั้นตอน เพื่อทำการกรองน้ำให้กลายเป็นน้ำสะอาดที่สามารถบริโภคหรือใช้ดื่มได้ และ 7) เมื่อเปิดวาล์วของชุดถังบำบัดน้ำเสียด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิส กากของเสียเหลืออยู่ในจะไหลลงสู่ชุดเก็บกากของเสียของน้ำเสียเพื่อนำไปทำปุ๋ยต่อไป ทั้งนี้เพราะว่า เครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี ทำงานโดยใช้ระบบอิเล็กโทรไลซิส โดยเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขั้วบวกเข้าที่ขั้วแอโนด (+)และขั้วลบเข้าที่ขั้วแคโถด (-) สารละลายต่าง ๆ ของน้ำเสียจะเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ คือ เป็นสารละลายที่นำไฟฟ้าได้ ไอออนบวกวิ่งไปรับอิเล็กตรอนที่ขั้วลบเกิดปฏิกิริยารีดักชัน และไอออนลบ วิ่งไปให้อิเล็กตรอนที่ขั้วบวกเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยาทั้งสองทำให้สารละลายรวมตัวกันเป็นสารประกอบที่แยกตัวออกจากน้ำ โดยสารประกอบที่เบาจะลอยขึ้นด้านบนและสารประกอบหนักจะตกลงด้านล่าง จึงทำให้น้ำเสียมีลักษณะใสขึ้น กลายเป็นน้ำดีที่สะอาด ต่อมาผ่าน

ชุดกรองหยาบและการกรองละเอียด จึงทำให้ได้น้ำดีที่สะอาดยิ่งขึ้นแต่ยังมีเชื้อโรคและสารเคมีปนเปื้อนอยู่ เมื่อนำมาผ่านการบำบัดด้วยวิธีทางเคมี ได้แก่ การบำบัดน้ำเสียด้วยก๊าซโอโซนและรังสียูวีซีเพื่อทำการฆ่าเชื้อโรคและสลายสารพิษ ซึ่งจะทำให้ได้น้ำดีที่ปราศจากเชื้อโรคและสารพิษปนเปื้อนซึ่งสามารถนำไปใช้ในการอุปโภคได้ทันที แต่หากต่อมาทำการกรองในขั้นสุดท้ายด้วยเครื่องกรอง 5 ขั้นตอน จะทำให้ได้น้ำสะอาดที่สามารถนำไปบริโภคได้ในที่สุด ดังนั้นจึงทำให้เครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิส ร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี มีโครงสร้างและการทำงานดังกล่าว

2.2 จากผลการวิจัยที่พบว่า ผลการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของเครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี พบว่า สามารถสามารถบำบัดน้ำเสีย (Before) ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ($\bar{X}$=4.00; SD=0.5) ให้เป็นน้ำดี 2 (After 2) ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ยเท่ากับ 7.87 ($\bar{X}$=7.87; SD=0.12) สามารถบำบัดน้ำเสีย (Before) ที่มีค่า TDS เฉลี่ยเท่ากับ 470.67 ppm ($\bar{X}$=470.67 ppm; SD=4.04 ppm) ให้เป็นน้ำดี 2 (After 2) ที่มีค่า TDS เฉลี่ยเท่ากับ 352.33 ppm ($\bar{X}$=352.33 ppm; SD=2.52 ppm) สามารถบำบัดน้ำเสีย (Before) ที่มีค่า EEC เฉลี่ยเท่ากับ 934.67 µS/cm ($\bar{X}$=934.67 µS/cm; SD=5.03 µS/cm) ให้เป็นน้ำดี 2 (After 2) ที่มีค่า EEC เฉลี่ยเท่ากับ 674.33 µS/cm ($\bar{X}$=674.33 µS/cm; SD=4.04 µS/cm) ที่อุณหภูมิน้ำเสีย (Before) เฉลี่ยเท่ากับ 29.43 $^{\circ}$C ($\bar{X}$=29.43 $^{\circ}$C ; SD=4.04 $^{\circ}$C) ที่อุณหภูมิน้ำดี 2 (After 2) เฉลี่ยเท่ากับ 28.57 $^{\circ}$C ($\bar{X}$=28.57 $^{\circ}$C ; SD=0.51 $^{\circ}$C) ทั้งนี้เพราะว่า ระบบอิเล็กโทรไลซิสสามารถแยกสารละลายออกจากน้ำจึงทำให้น้ำเสียกลายเป็นน้ำดี รวมทั้ง ก๊าซโอโซนทำหน้าที่ฆ่าเชื้อโรคและสลายสารพิษ และรังสียูวีซีทำหน้าที่ในการฆ่าเชื้อโรคและชุดกรอง 5 ขั้นตอน ทำหน้าที่กรองน้ำให้สะอาดยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ วรากรณ์ พูลจันทร์ และ กรองกาญจน มหาชนะวงศ์ [4] ที่ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีถังกรองไร้อากาศ และสอดคล้องกับ มงคล พัชรวงศ์สิริ [5] ที่ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงแรมและรีสอร์ทโดยใช้พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบผสมที่พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างที่มีค่าใกล้เคียงกัน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง เครื่องบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยระบบอิเล็กโทรไลซิสร่วมกับระบบนาโนโอโซนและรังสียูวีซี ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ภายใต้โครงการส่งเสริมการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์เพื่อเข้าสู่ระบบอุตสาหกรรมและพาณิชยกรรม (ทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างสูง มา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

[1] บริษัท กรีน วอเทอร์ ทรีท จำกัด. (2015). **น้ำเสียหมายถึง.** สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2565. จาก https://www.greenwatertreat.com/15931257/น้ำเสียหมายถึง.

[2] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2563). **น้ำเสีย.** สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2565. จาก https://th.wikipedia.org/wiki/น้ำเสีย#แหล่งกำเนิด.

[3] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2020). **คู่มือการจัดการน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์โดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ เอบีอาร์.** สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2565. จาก https://www.pcd.go.th/publication/4521/.

[4] วรากรณ พูลจันทร และ กรองกาญจน มหาชนะวงศ. (2563). การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียดวยวิธีถังกรองไร้อากาศ. ***วารสารวิชาการ.*** 15(2), 57-68.

[5] มงคล พัชรวงศ์สิริ (2021) ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงแรมและรีสอร์ทโดยใช้พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบผสม. ***วารสารวิชาการ.*** 11(2).

ข้อกำหนดการพิมพ์บทความวิจัย

1. ความยาวของบทความวิจัยประมาณ 8-12 หน้ากระดาษ A4 พิมพ์หน้าเดียว (นับรวมรูปภาพ ตาราง และเอกสารอ้างอิง) พื้นที่ของกระดาษที่ใช้พิมพ์ ให้เว้นขอบบน 3.00 ซม. ขอบหน้า 3.00 ซม. ขอบหลัง 2.54 ซม. และขอบล่าง 2.54 ซม.

2. รูปแบบตัวอักษร ให้จัดพิมพ์ด้วยแบบตัวอักษร TH SarabunPSK เท่านั้น

INSTITUTE OF VOCATIONAL EDUCATION NORTHERN REGION 1
สถาบันการอาชีวศึกษา ภาคเหนือ 1