การกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียฟาร์มสุกร โดยวิธีการตกตะกอนด้วยเกลือแมกนีเซียม

Removal Ammonia nitrogen and Phosphorus in Swine Wastewater Using Precipitation with Magnesium Salt

พงศ์ลัดดา เผ่าศิริ[1] วีระศักดิ์ สืบเสาะ[2] และชาญชัยณรงค์ ทรงคาศรี[3]

Pongludda Paosiri,[1] Weerasak Suebsoh,[2] and Chanchainarong Songkasri [3]

บทคัดย่อ

น้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ผ่านการบำบัดแล้วยังมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส หากปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาพีเอช ระยะเวลา ปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟตที่มีผลต่อการลดปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียฟาร์มสุกรการ ศึกษาทำโดยปรับระดับพีเอชเท่ากับ 8, 10 และ 12 ปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟต 2, 4 และ 8 กรัม และระยะเวลาในการกวน 5, 10 และ 15 นาที สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบสมมติฐานโดยใช้ F-test (Three-way ANOVA) ผลการวิจัยพบว่า มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างระดับพีเอช ระยะเวลาและปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$) โดยที่ระดับพีเอชเท่ากับ 12 ปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 8 กรัม ระยะเวลาในการกวน 15 นาที มีประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจน ร้อยละ 78.81 และ ที่ระดับพีเอชเท่ากับ 12 ปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 8 กรัม ระยะเวลาในการกวน 15 นาที มีประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัส ร้อยละ 58.17 ผลการวิจัยพบว่า

เกลือแมกนีเซียมซัลเฟตมีประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยวิธีการตกตะกอนด้วยเกลือแมกนีเซียมได้และเป็นประโยชน์ต่อผู้เลี้ยงสุกรในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรเพื่อลดกลิ่นและผลกระทบจากน้ำเสียฟาร์มสุกร

คำสำคัญ : แอมโมเนีย น้ำเสียฟาร์มสุกร

---

[1] นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[2] ปร.ด. (สาธารณสุขศาสตร์) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[3] ปร.ด. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 ขอนแก่น

รับต้นฉบับ 2 กันยายน 2553 รับลงพิมพ์ 26 ตุลาคม 2553

ABSTRACT

Treated swine wastewater still have nitrogen and phosphorus components. If it was discharged into water sources it will critically affect the environment. Thus, the main objective of this research was to study the effects of pH levels, the settling times , and MgSO4 amounts on removing ammonia nitrogen and phosphorus in treated swine wastewater. The experiment was conducted with different pH levels at 8, 10 and 12, with MgSO4 amounts of 2, 4 and 8 g, and the settling times of 5, 10 and 15 minutes. Percentage, mean, standard deviation and F-test. (Three-way ANOVA) were employed for data analyses. The major findings revealed that there were statistical interactions of the three mentioned variables on the removals of ammonia nitrogen and phosphorus of treated swine wastewater ($p < .05$). The maximum removal of ammonia nitrogen was at pH 12 , 8 g of MgSO4, and the settling time of 15 minutes with an efficiency of 78.81% ;and the maximum removal of phosphorus was at pH 12 , 8 g of MgSO4, and the settling time of 15 minutes with an efficiency of 58.17%.

In conclusion, MgSO4 is effective for ammonia nitrogen and phosphorus removal of treated swine wastewater using precipitation with magnesium salt, and is useful for the treatment of swine wastewater to reduce the smell and the impact of swine wastewater.

Keyword : Ammonia, Swine wastewater

บทนำ

น้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ผ่านการบำบัดแล้วยังมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส หากปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ปัญหาอีกอย่างหนึ่งที่ตามมาก็คือ ปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันฟาร์มสุกรมากกว่าร้อยละ 85 ไม่มีการบำบัดน้ำเสียหรือมีแต่บ่อพักน้ำเสีย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นระบบบ่อผึ่งหรือระบบไบโอแก๊ส ที่ประสบปัญหา 2 ประการคือ น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วแต่ยังมีความสกปรกสูง และมีปัญหากลิ่นเหม็นจากการบำบัดแบบไร้ออกซิเจน น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนแล้วยังคงมีปริมาณ BOD, COD, SS, ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตกค้างอยู่ในน้ำเสียเป็นจำนวนมาก เมื่อปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ทำให้สาหร่ายสีเขียวสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วโดยใช้แหล่งสารอาหารนี้ เมื่อสาหร่ายเหล่านี้ตาย จะไปเพิ่มสารอินทรีย์ในน้ำให้เพิ่มขึ้น จุลินทรีย์ในแหล่งน้ำก็จะใช้ออกซิเจนมากขึ้นตามไปด้วย อันจะก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของสภาพแหล่งน้ำ เกิดปัญหาน้ำเน่าเสีย การสะสมของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำธรรมชาติ อาจทำให้เกิดปัญหาการเจริญเติบโตอย่างผิดปกติของสาหร่ายและพืชน้ำ (Algae bloom) (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2545) ซึ่งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่อยู่ในน้ำเสียสามารถที่จะนำมาใช้เป็นปุ๋ยให้แก่ต้นไม้ได้ แต่เนื่องจากอยู่ในรูปของน้ำเสีย จึงมีความยุ่งยากไม่สะดวกที่จะนำมาใช้ประโยชน์ โดยที่ตำบลนาเมือง อำเภอเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด มีฟาร์มเลี้ยงสุกรจำนวน 6 ฟาร์ม แต่ละฟาร์มมีจำนวนสุกรประมาณ 400 ตัว ผลจากการเลี้ยงสุกรทำให้เกิดปัญหาที่ตามมา คือ ปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม อันเนื่องมาจากมูลสัตว์และของเสียต่าง ๆ ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญแก่ประชาชนผู้อาศัยอยู่บริเวณนั้น การศึกษาโดยใช้เกลือแมกนีเซียมมาบำบัดน้ำเสียที่มีแอมโมเนียและฟอสฟอรัสสูง โดยเฉพาะน้ำเสียจากฟาร์มสุกร ที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจน เนื่องจากในช่วงไร้ออกซิเจนจุลชีพจะปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากเซลล์ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียเพิ่มขึ้นอย่างมาก ดังนั้นจากที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่อยู่ในน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจน โดยการวิจัยแบบทดลองด้วยการเติมเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต เพื่อศึกษาระดับพีเอช ระยะเวลาและเกลือแมกนีเซียมซัลเฟตต่อการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยวิธีการตกตะกอน ซึ่งมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชกลับมาใช้ใหม่ เป็นอีกทางหนึ่งในการลดค่าใช้จ่ายของเกษตรกรและการนำทรัพยากรที่มีอยู่มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับพีเอชที่มีผลต่อการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยวิธีการตกตะกอน

2. เพื่อศึกษาระยะเวลาที่มีผลต่อการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยวิธีการตกตะกอน

3. เพื่อศึกษาปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟตที่มีผลต่อการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยวิธีการตกตะกอน

4. เพื่อเปรียบเทียบระดับพีเอชระยะเวลาและปริมาณเกลือแมกนีเซียม ซัลเฟตต่อการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียฟาร์มสุกร

สมมติฐานการวิจัย

1. ระดับพีเอชเท่ากับ 8, 10 และ 12 มีประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียฟาร์มสุกรแตกต่างกัน

2. ระยะเวลาในการกวน 5, 10 และ 15 นาที มีประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียฟาร์มสุกรแตกต่างกัน

3. ปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 2, 4 และ 8 กรัม มีประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียฟาร์มสุกรแตกต่างกัน

4. ระดับพีเอช ระยะเวลาในการกวน ปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟตมีอิทธิพลร่วมกันต่อการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียฟาร์มสุกร

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้ได้กำหนดขอบเขตการวิจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. น้ำเสียเป็นน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนจากฟาร์มสุกรแห่งหนึ่งในตำบลนาเมือง อำเภอเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด เก็บตัวอย่างเพียงครั้งเดียวในตอนเช้าของวันทำการทดลอง โดยวิธีเก็บแบบจ้วง (Grab sampling) นำมาทดลองที่ห้องปฏิบัติการ

2. ตัวแปร

2.1 ตัวแปรต้น ระดับพีเอช ระยะเวลา ปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต

2.2 ตัวแปรตาม ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนที่เหลือในน้ำเสีย ปริมาณฟอสฟอรัสที่เหลือในน้ำเสีย

2.3 ตัวแปรควบคุม อุณหภูมิห้องปฏิบัติการ 25°C ปริมาณน้ำเสีย 1 ลิตร ความเร็วในการกวน100 รอบ/นาที

3. ใช้สารเคมี $MgSO_4$ ชนิด Analytical reagent grade

4. ระยะเวลาที่ศึกษา เดือนพฤษภาคม - สิงหาคม 2553

5. พื้นที่ศึกษาฟาร์มสุกรแห่งหนึ่งในตำบล นาเมือง อำเภอเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) แบบ 3x3x3 Factorial experimental มี 3 ปัจจัย คือ พีเอช มี 3 ระดับ ได่แก่ ระดับพีเอช 8, 9, 12 ปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต มี 3 ระดับ ได้แก่ 2, 4, 8 กรัม และระยะเวลาในการกวน มี 3 ช่วงเวลา ได้แก่ 5, 10, 15 นาที ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่อง Jar Test รุ่น Buzzer
2. เครื่องพีเอชมิเตอร์ Seven easy รุ่น Mettler Toledo
3. เครื่องชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด (Bench scale) BL210S รุ่น Max 210g
4. เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น Lambda 12
5. เครื่องกลั่นแอมโมเนีย Buchi รุ่น B-316
6. ขวดพลาสติกเก็บน้ำตัวอย่าง
7. บิกเกอร์ ขนาด 1 ลิตร
8. นาฬิกาจับเวลา
9. ช้อนตักสาร(Spatula)
10. สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ $MgSO_4$ ชนิด Analytical reagent grade

วิธีการวิจัย

นำน้ำเสียจากฟาร์มสุกรวิเคราะห์ค่า pH, BOD, COD, SS, TKN, NH3-N และฟอสฟอรัสทั้งหมด ในการทดลองใช้น้ำเสีย 1 ลิตร ปรับระดับพีเอช ของน้ำเสียด้วย NaOH ให้มีค่าเท่ากับ 8, 10 และ 12 เติมแมกนีเซียมซัลเฟต 2, 4 และ 8 กรัม แล้วนำเข้าเครื่อง Jar test กวนด้วยอัตราเร็ว 100 รอบต่อนาที ระยะเวลา 5, 10 และ 15 นาที รูปแบบการทดลองแบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ การวิเคราะห์ตัวอย่างเป็นไปตาม Standard method For The examination of water and wastewater (APHA, 1980) โดยมีพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ ดังนี้ แอมโมเนียไนโตรเจน โดยวิธีเจลดาห์ล (Kjeldahl) และฟอสฟอรัสโดยวิธี Ascorbic acid method วัดก่อนและหลังการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

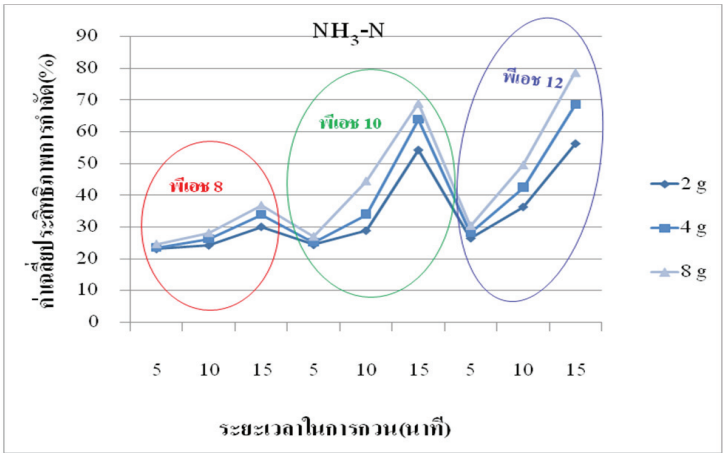
1. สถิติเชิงพรรณนาสำหรับข้อมูลประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสใช้ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. สถิติเชิงอนุมานสำหรับการทดสอบความแตกต่างของพีเอช ระยะเวลาและปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟตต่อการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสโดยใช้สถิติทดสอบ F-test (Three-way ANOVA)

ผลการวิจัย

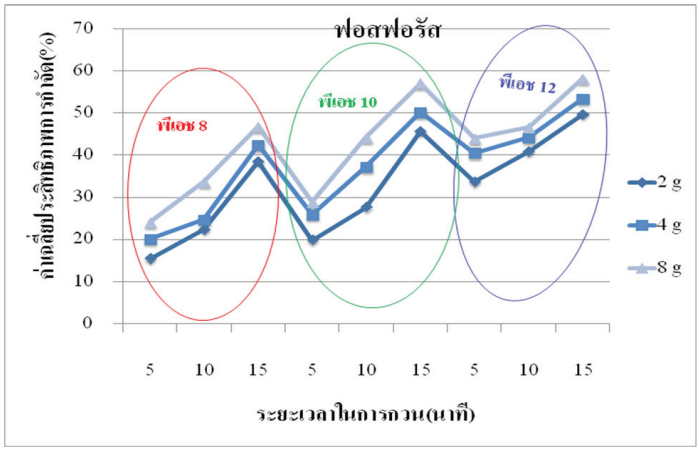
1. ลักษณะทางเคมีของน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ใช้ในการทดลอง มี pH เท่ากับ 6.8, BOD 150.40 mg/l, COD 204.60 mg/l, SS 132.00 mg/l, TKN 200.00 mg/l, NH3-N 136.44 mg/l และ P 13.38 mg/l

2. ประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยวิธีการตกตะกอนที่ระดับ pH ระยะเวลาในการกวนและปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟตที่แตกต่างกัน



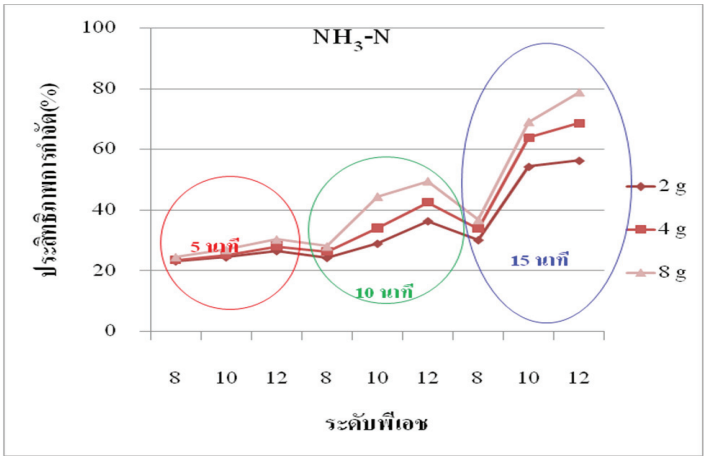
ภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนตามระยะเวลาในการกวน ปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต และที่ระดับพีเอชที่แตกต่างกัน

จากภาพที่ 1 ระดับพีเอชที่มีประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนมากที่สุด คือที่ระดับพีเอชเท่ากับ 12 ระยะเวลาในการกวน 15 นาที และปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 8 กรัม ร้อยละ 78.81 รองลงมา คือ ที่ระดับพีเอชเท่ากับ 10 ระยะเวลาในการกวน 15 นาที และปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 8 กรัม ร้อยละ 69.08 น้อยที่สุด คือ ที่ระดับพีเอชเท่ากับ 8 ระยะเวลาในการกวน 5 นาที และปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 2 กรัม ร้อยละ 23.14



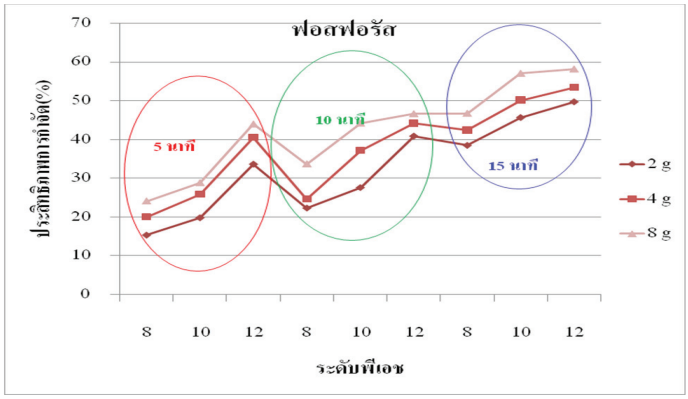
ภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสตามระยะเวลาในการกวน ปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต และที่ระดับพีเอชที่แตกต่างกัน

จากภาพที่ 2 ระดับพีเอชที่มีประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสมากที่สุด คือที่ระดับพีเอชเท่ากับ 12 ระยะเวลาในการกวน 15 นาที และปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 8 กรัม ร้อยละ 58.17 รองลงมา คือ ที่ระดับพีเอชเท่ากับ 10 ระยะเวลาในการกวน 15 นาที และปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 8 กรัม ร้อยละ 57.04 น้อยที่สุด คือ ที่ระดับพีเอชเท่ากับ 8 ระยะเวลาในการกวน 5 นาที และปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 2 กรัม ร้อยละ 15.30



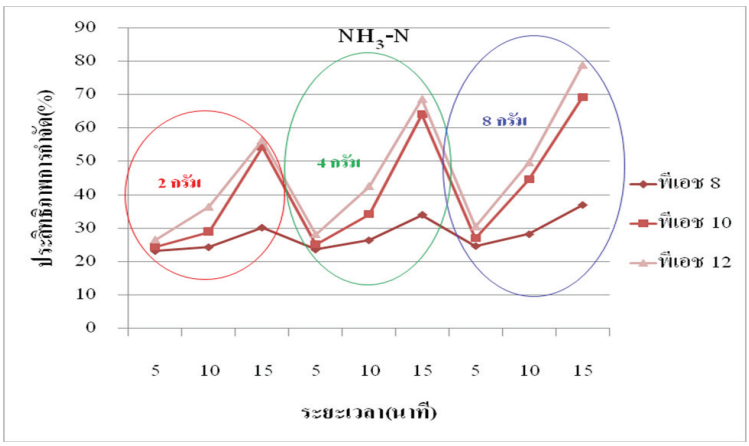
ภาพที่ 3 ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนตามระดับพีเอช ปริมาณของเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต และที่ระยะเวลาในการกวนที่แตกต่างกัน

จากภาพที่ 3 ระยะเวลาในการกวนที่มีประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนมากที่สุด คือ ระยะเวลาในการกวน 15 นาที ที่ระดับพีเอชเท่ากับ 12 และปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 8 กรัม ร้อยละ 78.81 รองลงมา คือ ระยะเวลาในการกวน 15 นาที ที่ระดับพีเอชเท่ากับ 10 และปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 8 กรัม ร้อยละ 69.08 น้อยที่สุด คือ ระยะเวลาในการกวน 5 นาที ที่ระดับพีเอชเท่ากับ 8 และปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 2 กรัม ร้อยละ 23.14



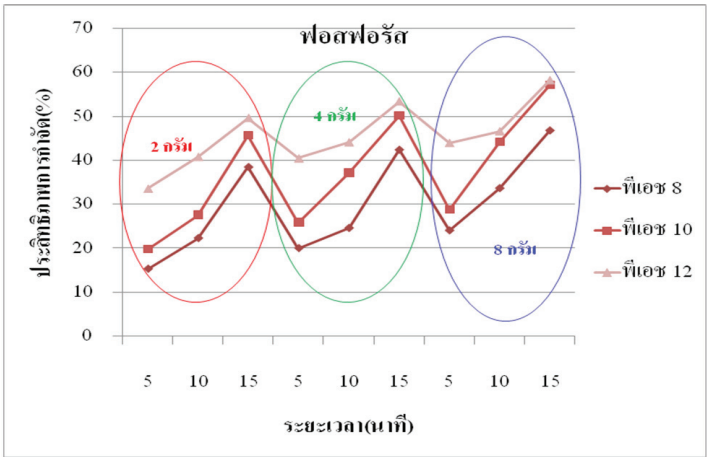
ภาพที่ 4 ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสตามระดับพีเอช ปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟตและที่ระยะเวลาในการกวนที่แตกต่างกัน

จากภาพที่ 4 ระยะเวลาในการกวนที่มีประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสมากที่สุด คือ ระยะเวลาในการกวน 15 นาที ที่ระดับพีเอชเท่ากับ 12 และปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 8 กรัม ร้อยละ 58.17 รองลงมา คือ ระยะเวลาในการกวน 15 นาที ที่ระดับพีเอชเท่ากับ 10 และปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 8 กรัม ร้อยละ 57.04 น้อยที่สุด คือ ระยะเวลาในการกวน 5 นาที ที่ระดับพีเอชเท่ากับ 8 และปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 2 กรัม ร้อยละ 15.30



ภาพที่ 5 ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนตามระยะเวลาในการกวน ที่ระดับพีเอช และปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟตที่แตกต่างกัน

จากภาพที่ 5 ปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต ที่มีประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนมากที่สุด คือปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 8 กรัม ระยะเวลาในการกวน 15 นาที ที่ระดับพีเอชเท่ากับ 12 ร้อยละ 78.81 รองลงมา คือ ปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 8 กรัม ระยะเวลาในการกวน 15 นาที ที่ระดับพีเอชเท่ากับ 10 ร้อยละ 69.08 น้อยที่สุด คือ ปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 2 กรัม ระยะเวลาในการกวน 5 นาที ที่ระดับพีเอชเท่ากับ 8 ร้อยละ 23.14



ภาพที่ 6 ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสตามระยะเวลาในการกวน ที่ระดับพีเอช และปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟตที่แตกต่างกัน

จากภาพที่ 6 ปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต ที่มีประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสมากที่สุด คือ ปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 8 กรัม ระยะเวลาในการกวน 15 นาที ที่ระดับพีเอชเท่ากับ 12 ร้อยละ 58.17 รองลงมา คือ ปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 8 กรัม ระยะเวลาในการกวน 15 นาที ที่ระดับพีเอชเท่ากับ 10 ร้อยละ 57.04 น้อยที่สุด คือ ปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 2 กรัม ระยะเวลาในการกวน 5 นาที ที่ระดับพีเอชเท่ากับ 8 ร้อยละ 15.30

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนที่ระดับพีเอช ระยะเวลา และปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟตที่แตกต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	SS.	df	MS.	F	p-value
ระดับพีเอช	4913.774	2	2456.887	897.348	<.001*
ปริมาณของเกลือแมกนีเซียม	1197.590	2	598.795	218.702	<.001*
ระยะเวลา	11674.450	2	5837.225	2131.975	<.001*
พีเอช * แมกนีเซียม	206.828	4	51.707	18.885	<.001*
พีเอช * เวลา	2528.665	4	632.166	230.891	<.001*
แมกนีเซียม * เวลา	356.744	4	89.186	32.574	<.001*
พีเอช *แมกนีเซียม *เวลา	111.589	8	13.949	5.095	<.001*
ความคลาดเคลื่อน	147.849	54	2.738		
รวม	141302.171	81			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 1 พบว่า ที่ระดับพีเอช ระยะเวลา และปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต ที่แตกต่างกันมีผลต่อการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจน และมีอิทธิพลร่วมกันระหว่างระดับพีเอช ระยะเวลาและปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$)

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสที่ระดับพีเอช ระยะเวลา และปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟตที่แตกต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	SS.	df	MS.	F	p-value
ระดับพีเอช	3426.935	2	1713.468	655.703	<.001*
ปริมาณของเกลือแมกนีเซียม	1355.909	2	677.955	259.437	<.001*
ระยะเวลา	6144.495	2	3072.248	1175.676	<.001*
พีเอช *แมกนีเซียม	50.538	4	12.635	4.835	.002*
พีเอช *เวลา	349.659	4	87.415	33.451	<.001*
แมกนีเซียม *เวลา	23.327	4	5.832	2.232	.078
พีเอช *แมกนีเซียม *เวลา	76.372	8	9.546	3.653	.002*
ความคลาดเคลื่อน	141.112	54	2.613		
รวม	125716.976	81			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 พบว่า ที่ระดับพีเอช ระยะเวลา และปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต ที่แตกต่างกันมีผลต่อการกำจัดฟอสฟอรัส และมีอิทธิพลร่วมกันระหว่างระดับพีเอช ระยะเวลา และปริมาณเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต ($p<.05$)

อภิปรายผลการวิจัย

ผลจากการวิจัยมีประเด็นสำคัญนำมาอภิปรายผลดังนี้

ที่ระดับพีเอชเท่ากับ 8, 10 และ 12 มีประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียฟาร์มสุกรแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$) เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ว่า ระดับพีเอชเท่ากับ 8, 10 และ 12 มีประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียฟาร์มสุกรแตกต่างกัน สอดคล้องกับ Shin and Lee (1997) ได้ทำการศึกษาการกำจัดสารอาหารในน้ำเสียโดยใช้เกลือแมกนีเซียมต่าง ๆ เช่น ดีเกลือ, น้ำทะเล และแมกนีเซียมคลอไรด์ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมทำให้เกิดการตกตะกอนเป็นสตรูไวต์ เช่น พีเอช, ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา, อัตราส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส และปริมาณแมกนีเซียม โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีแอมโมเนียไนโตรเจน 100 มก./ล. และมีปริมาณโมลของฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมเท่ากับปริมาณโมลของแอมโมเนีย ใช้โซเดียมไฮ ดรอกไซด์ในการปรับพีเอช พบว่า ที่พีเอช 10.5 สามารถกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนได้ 82.6% และฟอสฟอรัสได้ 97% เวลาในการทำปฏิกิริยาอย่างน้อย 10 นาที แต่ที่เวลา 30 นาทีสามารถกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ดีที่สุด คือ 67 และ 98% ตามลำดับ

ที่ระยะเวลาในการกวน 5, 10 และ 15 นาที มีประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียฟาร์มสุกรแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$) เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ว่า ระยะเวลาในการกวน 5, 10 และ 15 นาที มีประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียฟาร์มสุกรแตกต่างกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Shin and Lee (1997) ได้ทำการศึกษาการกำจัดสารอาหารในน้ำเสียโดยใช้เกลือแมกนีเซียมต่าง ๆ เช่น ดีเกลือ, น้ำทะเล และแมกนีเซียมคลอไรด์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมทำให้เกิดการตกตะกอนเป็นสตรูไวต์ เช่น พีเอช, ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา, อัตราส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส และปริมาณแมกนีเซียม โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีแอมโมเนียไนโตรเจน 100 มก./ล. และมีปริมาณโมลของฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมเท่ากับปริมาณโมลของแอมโมเนีย ใช้โซเดียมไฮ ดรอกไซด์ในการปรับพีเอช พบว่า ที่พีเอช 10.5 สามารถกำจัดแอมโมเนีย

ไนโตรเจนได้ 82.6% และฟอสฟอรัสได้ 97% เวลาในการทำปฏิกิริยาอย่างน้อย 10 นาทีแต่ที่เวลา 30 นาทีสามารถกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ดีที่สุด คือ 67 และ 98% ตามลำดับ

ที่ปริมาณของเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 2, 4 และ 8 กรัม มีประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียฟาร์มสุกรแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ที่ว่า ปริมาณของเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 2, 4 และ 8 กรัม มีประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียฟาร์มสุกรแตกต่างกัน สอดคล้องกับ ภานุพงศ์ จึงแสงสถิตย์พร (2548) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจน โดยวิธีการตกตะกอนเป็นสตรูไวต์ด้วยเกลือแมกนีเซียมในถังปฏิกิริยาฟลูอิไดซ์เบด พบว่า ความเข้มข้นของสารละลาย MgO, $MgSO_4$ และ MgCl2 ที่เติมลงไปในระบบบำบัด ระยะเวลาเก็บกัก จะมีผลต่อการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยวิธีการตกตะกอนที่ระดับพีเอช ปริมาณของเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต และระยะเวลาในการกวน ที่แตกต่างกันมีอิทธิพลร่วมกันระหว่างระดับพีเอช ปริมาณของเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต และระยะเวลาในการกวนต่อการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$) โดยที่ระดับพีเอชเท่ากับ 12 ปริมาณของเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 8 กรัม ระยะเวลาในการกวน 15 นาที มีประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมากที่สุด คือ ร้อยละ 78.81 และ 58.17 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีระศักดิ์ สืบเสาะ ประธานกรรมการควบคุม และดร.ชาญชัยณรงค์ ทรงคาศรี กรรมการควบคุม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำทั้งทางด้านเนื้อหา และกระบวนการวิจัย ตรวจแก้ไขและให้คำชี้แนะข้อบกพร่องด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดียิ่ง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. (2545). **การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ.** กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

ภาณุพงศ์ จึงแสงสถิตย์พร. (2548) **การกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียฟาร์มสุกรที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนโดยวิธีการตกตะกอนเป็นสตรูไวต์ด้วยเกลือแมกนีเซียมในถังปฏิกิริยาฟลูอิไดซ์เบด.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

APHA, AWWA and WPCF. (1980). **Standard Method for the Examination Water and Wastewater** 15th ed. American Public Health Publisher Inc., New York.

Shin H.S. and Lee S. (1997). "Removal of nutrients in wastewater by using magnesium salt". **Env. Tech.** Vol. 19.