# การกำจัดฟอสฟอรัสจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ด้วยเถ้ากระดูกหมู

# Phosphorus Removal from Slaughterhouse Wastewater by Pig Bone Ash

เจนจิราภรณ์ ศรีสุวรรณ[1], ธนัชพร จินตะชิน[1], ศศิญาพร นรราษฎร์[1] และวุฒิกร สายแก้ว[2]*
Janjiraporn Srisuwan, Thanatchaporn Jintachin, Sasiyapron Norarat and Wutthikorn Saikaew
[1]นักศึกษาระดับปริญญาตรี, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
*Corresponding author Email: ajkornrmu@hotmail.com

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการกำจัดฟอสฟอรัสจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ด้วยเถ้ากระดูกหมูและศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ด้วยเถ้ากระดูกหมู น้ำเสียใช้ในการศึกษาเป็นน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองมหาสารคาม ศึกษาการกำจัดฟอสฟอรัสด้วยวิธีการตกตะกอนด้วยเครื่องจาร์เทสต์ ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 8 และ 12 ความเข้มข้นน้ำเถ้ากระดูกหมูที่ 30, 40, 50 และ 80 กรัม/100 มิลลิลิตร และระยะเวลาในการกวนที่ 30, 40 และ 50 นาที พารามิเตอร์ของคุณลักษณะของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ฟอสฟอรัสรวม บีโอดี ความเป็นกรด-ด่าง และการนำไฟฟ้า และคุณลักษณะของน้ำเสียหลังการทดลอง ได้แก่ ฟอสฟอรัสรวม สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษาคุณลักษณะของน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง พบว่ามีค่าฟอสฟอรัสรวมเท่ากับ 3.124 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าบีโอดีเท่ากับ 715.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.42 และค่าการนำไฟเท่ากับ 1,043 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร สำหรับสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัสจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ด้วยเถ้ากระดูกหมู คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8, ความเข้มข้นน้ำเถ้ากระดูกสัตว์เท่ากับ 80 กรัม/100 มิลลิลิตร และระยะเวลาในการกวนเท่ากับ 30 นาที ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสสูงสุดจากการศึกษาในครั้งนี้คือร้อยละ 53.59

## บทนำ

การปนเปื้อนของฟอสฟอรัสที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำจะส่งผลทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ซึ่งเป็นมลพิษทางสิ่งแวดล้อม สำหรับการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียนั้นสามารถทำได้หลายวิธี กระบวนการที่นิยมนำมาใช้กำจัด ได้แก่ การกำจัดฟอสฟอรัสด้วยวิธีทางเคมี ด้วยการใช้หลักการการทำให้เกิดปฏิกิริยาการตกผลึก ปฏิกิริยาโคแอกกูเลชั่น และการดูดซับ โดยสารเคมีที่สามารถใช้ในการกำจัดฟอสฟอรัส ได้แก่ เบนโทไนท์ ปูนขาว อลูมิเนียมซัลเฟต และเฟอรัสซัลเฟต ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดฟอสฟอรัสจากน้ำ (จารุวรรณ เกษมทรัพย์, 2538) สำหรับคุณลักษณะของเถ้ากระดูกสัตว์นั้น เมื่อเผาให้เป็นเถ้าที่อุณหภูมิ 900-1000 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดเถ้ากระดูกสัตว์ที่มีปริมาณของแคลเซียมฟอสเฟต แคลเซียมคาร์บอเนต และแมกนีเซียมฟอสเฟตตามลำดับ ซึ่งวัสดุนี้สามารถใช้เป็นสารโคแอกกูแลนท์ (coagulant) และสามารถนำมาใช้ร่วมกับวิธีการการตกตะกอน ซึ่งเป็นวิธีการที่มีราคาถูกเพราะใช้พลังงานน้อย โดยปัญหาจากกระดูกสัตว์ที่เหลือทิ้งจากร้านจำหน่ายอาหาร เช่นจากการนำกระดูกสัตว์มาใช้ประกอบการปรุงสุกโดยเฉพาะการนำกระดูกหมูเพื่อทำน้ำต้มกระดูก และเมื่อใช้เสร็จแล้วจะทิ้งเศษกระดูกเหล่านี้ปรวมกับขยะมูลฝอยชุมชน ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำเถ้ากระดูกสัตว์เนื่องจากมีคุณสมบัติในการเป็นสารโคแอกกูแลนท์ มาใช้ประโยชน์ในการกำจัดฟอสฟอรัส โดยคำนึงถึงการนำวัสดุจากธรรมชาติที่ไม่ใช้แล้วมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และเป็นทางเลือกใหม่ในการกำจัดฟอสฟอรัสจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ได้อีกทางหนึ่ง

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการกำจัดฟอสฟอรัสจากน้ำเสียโดยวิธีการตกตะกอนด้วยเถ้ากระดูกหมู
2. เพื่อศึกษาความเข้มข้นของเถ้ากระดูกสัตว์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และระยะเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัสจากน้ำเสีย

## วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา/ตัวอย่าง ตัวอย่างน้ำจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองมหาสารคาม และนำมาทำการทดลองและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ณ ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2. การเตรียมเถ้ากระดูกสัตว์ การเตรียมเถ้ากระดูกสัตว์โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 นำกระดูกสัตว์ที่เป็นส่วนกระดูกขาตั้ง ที่ได้จากการปรุงสุกและเป็นเศษเหลือทิ้งจากการทำน้ำต้มกระดูกหมู จากร้านข้าวต้มแห่งหนึ่งที่ตั้งอยู่ ณ ถนนริมครองสมถวิล ตำบลตลาด อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

2.2 ทุบกระดูกสัตว์ นำใส่ชามระเหยแล้วนำเข้าเตาเผารากุ (Raku Kiln) ชนิดอุณหภูมิสูงแบบแก๊ส เผาที่อุณหภูมิ 900–1,000 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2.3 นำออกจากเตาเผา บดให้ละเอียด จากนั้นนำไปทำให้แห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 103–105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ดูดความชื้น

3. การเตรียมความเข้มข้นน้ำเถ้ากระดูกสัตว์ โดยการนำน้ำกลั่นใส่บีกเกอร์ 100 มิลลิลิตร ใส่เถ้ากระดูกสัตว์ 30, 40, 50 และ 80 มิลลิกรัม ผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน กรองตะกอนออก และนำน้ำที่ตกตะกอนจากแต่ละบีกเกอร์มาใช้ในการทดลองปริมาตร 20 มิลลิลิตร

4. การเก็บตัวอย่าง/การเตรียมน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ เก็บตัวอย่างน้ำเสียจากรางระบายน้ำทิ้งจากกระบวนการของโรงฆ่าสัตว์ ด้วยขวดเก็บตัวอย่างน้ำ ในการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำจะจัดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

5. รูปแบบการทดลอง การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ แต่ละการทดลองศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตกตะกอนจาก 3 ปัจจัย ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นน้ำเถ้ากระดูกหมูและระยะเวลาในการกวน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ใช้น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์จำนวน 9 บีกเกอร์ บีกเกอร์ละ 500 มิลลิลิตร ปรับค่าความกรด-ด่างให้ได้เท่ากับ 8 เติมความเข้มข้นน้ำเถ้ากระดูกหมู 30, 40, 50 และ 80 กรัม/100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ทดสอบการตกตะกอนด้วยเครื่องจาร์เทสต์ กวนด้วยอัตราเร็ว 100 รอบต่อนาที ใช้ระยะเวลาในการกวน ที่ 30, 40 และ 50 นาที

ชุดการทดลองที่ 2 ใช้น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์จำนวน 9 บีกเกอร์ บีกเกอร์ ละ 500 มิลลิลิตร ปรับค่าความกรด-ด่างให้ได้เท่ากับ 12 เติมความเข้มข้นน้ำเถ้ากระดูกหมู 30, 40, 50 และ 80 กรัม/100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ทดสอบการตกตะกอนด้วยเครื่องจาร์เทสต์ กวนด้วยอัตราเร็ว 100 รอบต่อนาที ใช้ระยะเวลาในการกวน ที่ 30, 40 และ 50 นาที

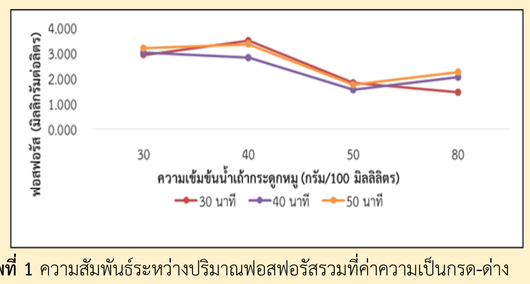
6. การศึกษากำจัดฟอสฟอรัส ศึกษาโดยใช้หลักการตกตะกอนด้วยเครื่องจาร์เทสต์ สารเคมีที่ใช้ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ได้แก่ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มัล (NaOH 1 N) และสารละลายกรดซัลฟิวริค 1 นอร์มัล ($H_2SO_4$ 1 N)

7. คุณลักษณะของน้ำที่ทำการศึกษา

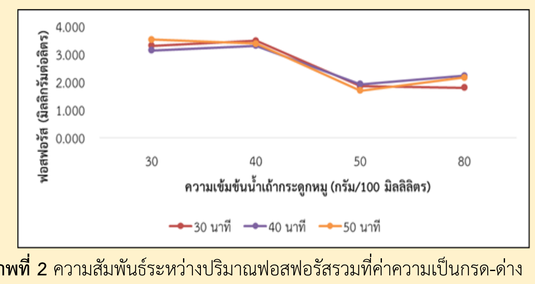
7.1 คุณลักษณะของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus: TP), ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์หรือบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC)

7.2 คุณลักษณะของน้ำหลังการทดลอง ได้แก่ ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus: TP)

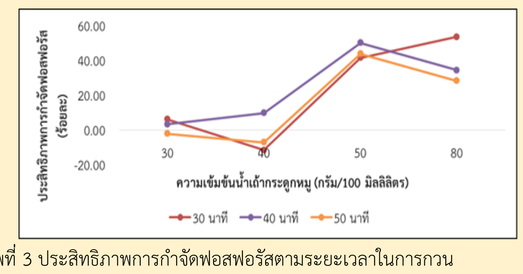
## ผลการวิจัยและอภิปรายผล



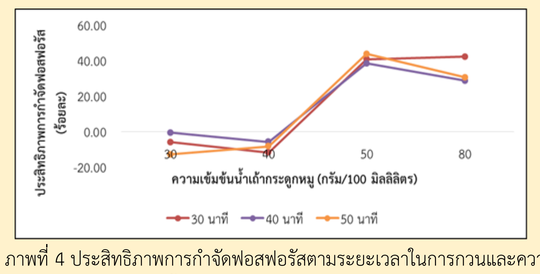

**ภาพที่ 1** ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8 ความเข้มข้นและระยะเวลาในการกวนต่าง ๆ




**ภาพที่ 2** ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12 ความเข้มข้นและระยะเวลาในการกวนต่าง ๆ




ภาพที่ 3 ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสตามระยะเวลาในการกวนน้ำเถ้ากระดูกหมูที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8




ภาพที่ 4 ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสตามระยะเวลาในการกวนและความเข้มข้นและความเข้มข้นน้ำเถ้ากระดูกหมูที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12

จากการศึกษาพบว่าน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง มีค่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมเท่ากับ 3.124 มิลลิกรัมต่อลิตร บีโอดีเท่ากับ 715.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.42 และค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 1,043 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร

สารละลายที่ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 8 ความเข้มข้นน้ำเถ้ากระดูกหมู 30, 40, 50 และ 80 กรัม/100 มิลลิลิตร และระยะเวลาในการกวน 30 นาที พบฟอสฟอรัสมีค่าเท่ากับ 2.932±0.067, 3.487±0.149, 1.828±0.692 และ1.450±0.205 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับระยะเวลาในการกวน 40 นาที พบฟอสฟอรัสมีค่าเท่ากับ 3.021±0.099, 2.819±0.076, 1.558±0.379 และ 2.049±0.845 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และระยะเวลาในการกวน 50 นาที พบฟอสฟอรัสมีค่าเท่ากับ 3.191±0.303, 3.350±0.346, 1.758±0.282 และ 2.244±0.028 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

สำหรับผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดฟอสฟอรัสที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12 ความเข้มข้นน้ำเถ้ากระดูกหมูเท่ากับ 30, 40, 50 และ 80 กรัม/100 มิลลิลิตร ระยะเวลาในการกวน 30 นาที พบฟอสฟอรัสมีค่าเท่ากับ 3.312±0.038, 3.489±0.124, 1.849±0.008 และ 1.806±0.315 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ที่ระยะเวลาในการกวน 40 นาที พบว่าฟอสฟอรัสมีค่าเท่ากับ 3.145±0.119, 3.307±0.143, 1.925±0.188 และ 2.227±0.220 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และที่ระยะเวลาในการกวน 50 นาที พบว่าฟอสฟอรัสมีค่าเท่ากับ 3.524±0.051, 3.383±0.184, 1.701±0.106 และ 2.167±0.077 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัส ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8 ความเข้มข้นน้ำเถ้ากระดูกหมูเท่ากับ 30, 40, 50 และ 80 กรัม/100 มิลลิลิตร และระยะเวลาในการกวน 30 นาที พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัส มีค่าเท่ากับร้อยละ 6.161±2.152,-11.605±4.756, 41.491±22.140 และ 53.592±6.558 ตามลำดับ และการศึกษาระยะเวลาในการกวน 40 นาที พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัส มีค่าเท่ากับร้อยละ 3.328±3.172, 9.802±2.450, 50.135±12.115 และ 34.410±27.033 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาในการกวน 50 นาที พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัส มีค่าเท่ากับร้อยละ -2.115±9.703, -7.191±11.085, 43.734±12.115 และ 28.194±0.876 ตามลำดับ

สำหรับประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ด้วยเถ้ากระดูกสัตว์ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 12 ความเข้มข้นน้ำเถ้ากระดูกสัตว์เท่ากับ 30, 40, 50 และ80 กรัม/100 มิลลิลิตร และระยะเวลาในการกวน 30 นาที ผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัส มีค่าเท่ากับร้อยละ -5.999±1.212, -11.660±3.948, 40.847±0.252 และ 42.208±10.102 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาในการกวน 40 นาที พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดมีค่าเท่ากับร้อยละ -0.644±3.808, -5.811±4.575, 38.401±6.028 และ 28.745.401±7.061 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาในการกวน 50 นาที พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัส มีค่าเท่ากับร้อยละ -12.763±1.627, -8.276±5.882, 45.550±3.377 และ 30.640±2.481 ตามลำดับ

การศึกษาครั้งนี้เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นน้ำเถ้ากระดูกหมูและระยะเวลาในการกวนเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสไม่มากนัก ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะสภาวะที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยในการรวมตัวกันไม่ขึ้นต่อกัน การเพิ่มค่าปัจจัยต่าง ๆ อาจทำให้สารประกอบแคลเซียมและแมกนีเซียมเกิดปฏิกิริยาที่จะสามารถรวมตัวกับฟอสเฟตในน้ำเสียได้น้อย ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสได้น้อยแต่อย่างไรก็ตามเถ้ากระดูกสัตว์ยังคงมีคุณสมบัติในการเป็นสารโคแอกกูแลนท์เมื่อมีสภาวะที่เหมาะสม

## สรุปผล

ลักษณะน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง มีค่าฟอสฟอรัสรวมทั้งหมดเท่ากับ 3.124 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าบีโอดีเท่ากับ 715.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.42 และค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 1,043 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัสจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ด้วยเถ้ากระดูกสัตว์ที่เหมาะสมที่สุด คือ สภาวะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง, ความเข้มข้นน้ำเถ้ากระดูกหมูและระยะเวลาในการกวนในการกำจัดฟอสฟอรัสจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์จากการศึกษาในครั้งนี้ คือ 8, 80 กรัม/100 มิลลิลิตรและ 30 นาที ตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ด้วยเถ้ากระดูกหมู มีประสิทธิภาพสูงที่สุดคือร้อยละ 53.592

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่เป็นแหล่งศึกษาหาความรู้ และสนับสนุนอุปกรณ์เครื่องมือ สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง และขอขอบคุณนายกเทศมนตรี เทศบาลเมืองมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์น้ำเสียโรงฆ่าสัตว์

## เอกสารอ้างอิง

กฤตธี วงศ์สถิตย์. (2544). การบำบัดน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
คชินท์ สายอินทวงศ์. (2559). เถ้ากระดูก.http://www.thaiceramicsociety.com/rm_paint_bone_ash.php?fbclid=IwAR2BkD3VVBgHIrR5WNk0XEJKAmgwl8JScJJRU1BG4gbTvQlOg7LverzHrco. (สืบค้น เมื่อวันที่ 4 สิงหาคม 2564).
จารุวรรณ เกษมทรัพย์. (2538). การกำจัดฟอสฟอรัสจากน้ำเสียชุมชนโดยกระบวนการตกตะกอนทางเคมี. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีพลังงาน). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
ฐิติชญา บุรีรัตน์, วีระศักดิ์ สืบเสาะ และชาญชัยณรงค์ ทรงคาศรี. (2555). การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำปฏิกูลด้วยเถ้าเปลือกหอยเชอร์รี่. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 6(1), 119-128.
วรรณา โฆสิตะมงคล. (2538). การเพิ่มความแข็งแรงของไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่เตรียมจากกระดูกวัวควายโดยการเหนี่ยวนำให้เกิดแรงอัดที่ผิวหน้า. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวัสดุศาสตร์). กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
เสาวภา ไวยสุศรี. (2559). การกำจัดฟอสเฟตในน้ำเสียโดยการดูดซับด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกไข่ไก่. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 26(3), 475-486.