

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างสารสกัดกับปูนขาวในการกำจัดฟอสฟอรัสจากน้ำเสียครัวเรือน มีแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำเสีย
- 2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับฟอสฟอรัส
- 2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการกำจัดฟอสฟอรัส
- 2.4 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับสารสร้างตะกอน
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำเสีย

2.1.1 ความหมายของน้ำเสีย

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 ได้ให้นิยามว่า น้ำเสีย หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพของเหลวรวมทั้งมลสารที่ปะปนและปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

กรมควบคุมมลพิษ (2560) ได้ให้ความหมายคำว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่างๆ มากมาย จนกระทั่งกลายเป็นลักษณะกลิ่น สี รส น่ารังเกียจของคนทั่วไป ไม่เหมาะสำหรับใช้ประโยชน์อีกต่อไป ถ้าปล่อยลงสู่ลำน้ำธรรมชาติจะทำให้คุณภาพน้ำของธรรมชาติเสื่อมโทรมได้

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ (2548) ได้ให้ความหมายคำว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ใช้แล้วจากชุมชน บ้านเรือน ได้แก่ น้ำซักล้างทำความสะอาด น้ำชำระล้างสิ่งขับถ่าย น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีสารเคมี กรด เบสของโลหะ น้ำมัน น้ำล้างเครื่องจักรและโรงงาน รวมทั้งน้ำผิวดิน น้ำใต้ดินที่ไหลลงสู่ท่อระบายน้ำ แล้วไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

สรุปได้ว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำจากชุมชน บ้านเรือน ที่ใช้แล้วถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งมีสารปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย เช่น เศษอาหาร คราบไขมัน สารซักล้าง เป็นต้น จึงทำให้น้ำมีลักษณะ กลิ่น สี ที่น่ารังเกียจ และคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมจนไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้

2.1.2 น้ำเสียมีองค์ประกอบดังนี้ (สุธิดา ตูลยะเสถียร และคณะ, 2544)

1) สารอินทรีย์

สารอินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน น้ำมันและโปรตีน ซึ่งจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในธรรมชาติที่ใช้ออกซิเจนในการย่อย ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลง ต่อมาจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้ออกซิเจน จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่อไป ทำให้ได้แก๊สที่มีกลิ่นเหม็น เช่น แก๊สไข่เน่า และทำให้น้ำมีสีดำ

2) สารอนินทรีย์

สารอนินทรีย์ ได้แก่ แร่ธาตุต่างๆ เช่น คลอไรด์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ อาจทำให้น้ำกระด้างได้ โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เมื่อระบายลงสู่แหล่งน้ำจะทำให้สาหร่ายและพืชน้ำ เช่น ผักตบชวา จอก แหน เจริยอย่างรวดเร็วและครอบคลุมผิวน้ำน้ำจืดจนแสงผ่านลงใต้น้ำไม่ได้ และกีดขวางทางสัญจรในแหล่งน้ำ

3) จุลินทรีย์

จุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส และโพรทิสต์ บางชนิดเป็นเชื้อก่อโรคต่างๆ ที่เป็นอันตราย จุลินทรีย์เหล่านี้จะออกจากร่างกายคนหรือสัตว์ที่เป็นโรคทางการขับถ่าย และเมื่อนำน้ำนั้นไปใช้ดื่มกิน ก็จะได้รับเชื้อก่อโรคเข้าสู่ร่างกายได้ ทำให้เกิดโรคที่ระบบต่างๆ ของร่างกาย เช่น อหิวาตกโรค บิด ไทฟอยด์ ตับอักเสบ ไช้สันหลังอักเสบหรือโปลิโอ ดังนั้น ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ จึงมักใช้การตรวจวิเคราะห์แบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่มีประจำในลำไส้ ถ้ามีการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มนี้ในแหล่งน้ำแสดงว่ามีสิ่งขับถ่ายจากมนุษย์และสัตว์ลงสู่แหล่งน้ำ

4) สารพิษและโลหะหนัก

สารพิษ ได้แก่ สารเคมีกำจัดศัตรูพืชรวมทั้งสารเคมีที่ช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร เช่น ปุ๋ยเคมี ส่วนโลหะหนักส่วนใหญ่จะได้อาจมาจากโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ปรอท ตะกั่ว ทองแดง สารพิษและโลหะหนักเหล่านี้เมื่อถูกฝนชะล้างลงสู่แม่น้ำลำคลอง ทำให้สัตว์น้ำได้รับสารพิษเหล่านี้เข้าสู่ร่างกายได้ตามลำดับของห่วงโซ่อาหาร

5) น้ำมันและสารแขวนลอย

น้ำมันที่ปกคลุมผิวน้ำจะป้องกันไม่ให้อากาศสัมผัสกับผิวน้ำ แก๊สออกซิเจนจึงไม่สามารถละลายลงสู่แหล่งน้ำได้ ทำให้การเติมอากาศของน้ำลดน้อยลง นอกจากนี้คราบน้ำมันยังปิดกั้นแสงไม่ให้ส่องลงไปใต้น้ำ ทำให้พืชน้ำขาดแสงและสังเคราะห์ด้วยแสงไม่ได้ ส่วนสารแขวนลอยเป็นสารที่มิละลายน้ำและเป็นของแข็งปะปนอยู่จึงทำให้น้ำนั้นขุ่นมีสีและไม่ใสสะอาด ทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมลงและทำลายความสวยงามของแหล่งน้ำ

6) น้ำร้อน

น้ำร้อนเกิดจากการปล่อยให้เครื่องจักรเย็นหรือเป็นน้ำเสียจากโรงงานกระดาษหรือโรงงานที่มีการต้ม การกลั่น เมื่อปล่อยน้ำร้อนลงสู่แหล่งน้ำจะเร่งปฏิกิริยาการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ ทำให้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำหมดไปอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังทำให้ออกซิเจนละลายน้ำได้น้อยลง แหล่งน้ำทั่วไปควรมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 25 - 35 °C

7) ของแข็ง

ของแข็ง หมายถึงของแข็งที่ละลายน้ำ (dissolved solid) สารแขวนลอย (suspended solid) ซึ่งมีทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ เช่น แป้ง เยื่อกระดาษ รวมทั้งตะกอนดินที่เกิดจากการสึกกร่อนพังทลายของหน้าดิน ของแข็งเหล่านี้เมื่อลงสู่แหล่งน้ำจะทำให้น้ำขุ่นขึ้นและตกตะกอนที่ก้นแหล่งน้ำทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน

8) สีและความขุ่น

สีและความขุ่นมักเกิดจากน้ำเสียจากโรงทอผ้า โรงงานกระดาษ โรงงานทำสี โรงงานฟอกย้อมสีที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะทำให้น้ำขุ่นและแสงส่องผ่านได้ยาก ทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงในน้ำลดลง

9) ความเป็นกรด - เบส (pH)

กรดและเบสที่ใช้ในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม เมื่อปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ จะทำให้น้ำมี pH ต่ำกว่า 7 คือ เป็นกรด หรือมี pH สูงกว่า 7 คือ เป็นเบส ความเป็นกรด - เบสที่มีค่าต่างไปจากปกติมากอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ มาตรฐานค่า pH ของน้ำเสีย ควรอยู่ระหว่าง 5 - 9 เพื่อไม่ให้เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ

10) กลิ่น

กลิ่นจะเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนทำให้ได้สารที่มีกลิ่นเหม็น เช่น แก๊สไข่เน่าหรือไฮโดรเจนซัลไฟด์ มักเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงงานปลาป่น โรงงานฟอกหนัง โรงงานทำกาวย โรงฆ่าสัตว์ นอกจากนี้ยังมีกลิ่นของสารเคมีที่ระเหยได้ เช่น น้ำมัน แอมโมเนีย

2.1.3 สาเหตุของน้ำเสีย

สาเหตุของน้ำเสียมาจากแหล่งใหญ่ๆ ดังนี้ (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจและปรีชา สุวรรณพินิจ, 2548)

1) น้ำเสียจากธรรมชาติ ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากการย่อยสลาย พืช สัตว์ และสิ่งปฏิกูลของสัตว์ที่เกิดตามธรรมชาติ รวมทั้งตะกอนดิน รากไม้ และแร่ธาตุต่างๆ ที่ถูกน้ำพัดพามาลงสู่แหล่งน้ำทำให้น้ำเน่าเหม็น สีขุ่น มีตะกอน และใช้ประโยชน์ไม่ได้

2) น้ำเสียจากบ้านเรือนและชุมชน ได้แก่ น้ำทิ้งจากบ้านเรือน ที่พักอาศัย สถานประกอบการ โรงแรม ร้านอาหาร สถานที่ทำงาน ตลาดสด แหล่งน้ำเสียได้มาจาก เศษอาหาร ขยะมูลฝอย น้ำจากครัวเรือน น้ำจากการซักล้าง น้ำจากสิ่งขับถ่าย องค์ประกอบของน้ำเสียจากบ้านเรือนและชุมชน ส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์นอกจากนี้ยังมีสารอื่น เช่น ฟอสเฟตจากผงซักฟอก ปริมาณน้ำเสียส่วนใหญ่เกิดจากการอุปโภคบริโภคถึง 70 – 90% อีก 10 - 30% เกิดจากกิจกรรมอื่นๆ เช่น การรดน้ำต้นไม้ ปริมาณน้ำเสียยังขึ้นอยู่กับมาตรฐานการครองชีพประเภทอาคารสังคมเมืองและชนบท เช่น คนในชนบทใช้น้ำเพียง 50 ลิตรต่อคนต่อวัน แต่ชาวกรุงเทพฯ ใช้น้ำ 200 ลิตรต่อคนต่อวัน

2.1) น้ำจากครัวเรือน น้ำจากครัวเรือนมีเศษอาหารและสารอินทรีย์มาก เมื่อน้ำเสียไหลลงแหล่งน้ำจะถูกจุลินทรีย์ในน้ำย่อยสลายจนใช้ออกซิเจนในน้ำไปเกือบหมด ต่อมาจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนจะทำการย่อยสลายต่อจนได้แก๊สไข่เน่า (แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์, H_2S) แก๊สมีเทน (CH_4) และแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) ที่มีกลิ่นเหม็น

2.2) น้ำเสียที่เกิดจากการซักล้าง ทำความสะอาดเสื้อผ้า ถ้วยชาม มักมีผงซักฟอกปนอยู่มาก ผงซักฟอกประกอบด้วยสารฟอสเฟต ซึ่งเป็นปุ๋ยให้พืชในน้ำ เช่น ผักตบชวา จอก แหน โดยเฉพาะสำหรับเจริญเติบโตได้ดีและเพิ่มจำนวนปกคลุมหน้าน้ำ ออกซิเจนจากอากาศและแสงไม่สามารถผ่านลงน้ำได้ พืชและสัตว์น้ำขาดออกซิเจนจนตาย นอกจากนี้ผงซักฟอกยังทำให้เกิดฟองผิวน้ำน้ำจึงกั้นอากาศไม่ให้ละลายลงน้ำ ทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลง ดังนั้น การที่พืชในน้ำเจริญมากเกินไปจึงทำให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจน มีผลทำให้พืชและสัตว์น้ำตาย ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ให้จุลินทรีย์ทำการย่อยสลายและยังใช้ออกซิเจนในน้ำไปมากขึ้น จนน้ำนั้นกลายเป็นน้ำเสีย

2.3) สิ่งขับถ่ายและน้ำที่ใช้ชำระสิ่งขับถ่าย สิ่งขับถ่าย เช่น อุจจาระ ปัสสาวะจากคน สัตว์ ทั้งสัตว์เลี้ยงและสัตว์ป่า จะมีสารอินทรีย์อยู่มากและมีเชื้อโรคต่างๆ ปะปนอยู่ด้วย เมื่อปล่อยสิ่งขับถ่ายลงสู่แหล่งน้ำจะทำให้เชื้อโรคแพร่กระจายและเกิดโรคติดต่อทางน้ำได้

2.4) ขยะมูลฝอย ได้แก่ ขยะสดที่มีสารอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ เช่น เศษอาหาร ใบตอง พืชผักที่เน่าเสียจากตลาดสด รวมทั้งขวด ถุงพลาสติก เศษแก้ว โลหะ เศษเหล็ก ซึ่งย่อยสลายไม่ได้ตามธรรมชาติ สารอินทรีย์ในขยะสดมีการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้ จะทำให้เกิดการหมักหมมส่งกลิ่นเหม็นและน้ำที่เกิดจากการหมักหมมจะไหลลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้น้ำเน่าเสียได้ ส่วนขยะมูลฝอยที่ย่อยสลายตามธรรมชาติไม่ได้

จำพวกพลาสติก โลหะ แก้ว ควรนำกลับมาหลอมใหม่ เพื่อแปรสภาพกลับมาใช้ใหม่อีก การทิ้งขยะมูลฝอยที่
ย่อยสลายไม่ได้ลงแหล่งน้ำ จึงทำให้แหล่งน้ำเกิดการอุดตันและต้นเขินจนนำกลับมาใช้ไม่ได้

3) น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมได้มาจากกระบวนการต่างๆ ได้แก่

3.1) น้ำชะล้างสิ่งสกปรกของเครื่องจักรและโรงงาน น้ำทิ้งเหล่านี้มีคราบน้ำมัน สารเคมี
จากการผลิตในโรงงาน และผงซักฟอกออกมาจำนวนมาก

3.2) น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตที่มีของเหลือจากผลิตภัณฑ์ มักเป็นของเสียประเภท
สารอินทรีย์ เช่น เศษผัก เปลือกผลไม้ พืชไร่พวกอ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง น้ำเสียเหล่านี้มักได้จากโรงงาน
น้ำตาล โรงงานแป้งมัน โรงงานทำอาหารกระป๋อง โรงงานกระดาษ โรงงานสุรา

3.3) น้ำทิ้งจากการหล่อให้เครื่องจักรเย็น น้ำเหล่านี้ จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น
เมื่อปล่อยน้ำร้อนลงสู่แหล่งน้ำจะทำให้อุณหภูมิแหล่งน้ำสูงขึ้น การละลายของออกซิเจนในน้ำจะลดลง ทำให้
สิ่งมีชีวิตในน้ำขาดออกซิเจนที่ใช้ในการหายใจ น้ำที่มีอุณหภูมิยังทำให้สาหร่ายเจริญอย่างรวดเร็วปกคลุม
ผิวหน้าน้ำ และแย่งออกซิเจนจากแหล่งน้ำนอกจากนี้ น้ำที่มีอุณหภูมิสูงยังทำให้การวางไข่ของปลาผิดปกติ อาจ
วางไข่ก่อนฤดูกาลและเมื่อลูกปลาฟักออกมาก่อนช่วงเวลาตามฤดูกาล อาจมีอาหารไม่อุดมสมบูรณ์เพียงพอที่
ปลาจะเจริญเติบโตได้ ทำให้มีชีวิตรอดได้น้อยลง

3.4) น้ำทิ้งจากโรงงานที่มีสารเคมีและโลหะที่เป็นพิษ น้ำทิ้งเหล่านี้เป็นอันตรายต่อ
สิ่งมีชีวิตทั้งคนและสัตว์ สารเคมีและโลหะหนัก ได้แก่ ปปรอท ตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง แมงกานีส โครเมียม
สารพิษรวมทั้งสารกัมมันตรังสี เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ลำคลองและทะเล จะเข้าไปสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิต
ตามลำดับห่วงโซ่อาหาร จนเข้าสู่ร่างกายคนและสะสมมากๆ จนเกิดโรคได้ โรงงานที่ปล่อยน้ำทิ้งที่มีสารเคมี
และโลหะที่เป็นพิษ ได้แก่ โรงงานผลิตพลาสติก โรงงานผลิตโซดาไฟ โรงงานผลิตสีทาบ้าน

3.5) น้ำมัน น้ำมันที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอาจทำให้น้ำเน่าเสียได้ โดยอาจเกิดจากการ
เทน้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักรที่ใช้แล้วทิ้งลงน้ำ อาจเกิดจากการล้างทำความสะอาดโรงงานและเครื่องจักรที่มี
คราบน้ำมัน ทำให้คราบน้ำมันไหลลงแหล่งน้ำอาจเกิดการรั่วไหลขณะสูบน้ำมันทั้งบนบกและในทะเล อาจ
เกิดจากอุบัติเหตุเรือบรรทุกน้ำมันชนกับเรืออื่น ทำให้น้ำมันรั่วไหลลงทะเล ซึ่งจะทำให้เกิดมลภาวะต่างๆ ตาม
มากมาย เช่น ทำลายความสวยงามของชายหาด ทำลายแหล่งที่อยู่ของสัตว์น้ำ น้ำมันเคลือบตามอวัยวะของนก
ปลา และสัตว์อื่นๆ ทำให้หายใจไม่ได้ตายในที่สุด

4) น้ำเสียจากการทำเหมืองแร่

เหมืองแร่บางแห่งที่เป็นแบบเหมืองฉีดหรือเหมืองสูบจะทำให้ตะกอนดิน หิน ทราย และเศษ
แร่ไหลปนมากับน้ำแล้วไหลลงสู่แม่น้ำ ลำคลอง ทำให้น้ำในแม่น้ำลำคลอง ขุ่นข้นเป็นโคลนตมและตะกอน
แหล่งน้ำนั้นจึงนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้

5) น้ำเสียจากการทำการเกษตรกรรม

การทำเกษตรกรรม ได้แก่ การเลี้ยงสัตว์ การเพาะปลูก มีส่วนทำให้เกิดน้ำเสียได้ เนื่องจาก
การเกษตรมักใช้สารเคมีและวัตถุพิษในการกำจัดศัตรูพืชและใช้ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยวิทยาศาสตร์ในการเร่งผลผลิต
ทำให้สารพิษเหล่านี้ตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อมทั้ง ดิน น้ำ อากาศ และตกค้างอยู่ในพืชผักที่เป็นผลผลิต นอกจากนี้
ในการเลี้ยงสัตว์ยังมีการเร่งการเจริญของสัตว์เลี้ยงโดยใช้ฮอร์โมนและใช้สารปฏิชีวนะที่ช่วยทำลายเชื้อก่อโรค
และเชื้อที่แอบแฝงในการก่อโรค ทำให้ทั้งฮอร์โมนและสารปฏิชีวนะตกค้างอยู่ในสัตว์เลี้ยงนั้น สารเหล่านี้จะถูก
ชำระและล้างลงสู่แหล่งน้ำรวมทั้งเมื่อฝนตกจะพาสารเหล่านี้ลงสู่แหล่งน้ำ ลำคลอง ทำให้สัตว์น้ำ เช่น กุ้ง หอย
ปู ปลา ได้รับสารเหล่านี้เข้าไป เมื่อคนนำสัตว์เหล่านี้ไปบริโภคก็จะรับสารเคมีเข้าสู่ร่างกายตามห่วงโซ่อาหาร

และสะสมในร่างกายจนอาจถึงแก่ชีวิต นอกจากนี้ถ้าสัตว์น้ำได้รับสะสมสารเคมีมากๆ อาจทำให้สัตว์เหล่านั้นตายได้

2.1.4 น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater)

กรมควบคุมมลพิษ (2560) ได้ให้ความหมายคำว่า น้ำเสียชุมชน หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันและกิจกรรมที่เป็นอาชีพชีพของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชน ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหารและชำระล้างสิ่งสกปรกทั้งหลายภายในครัวเรือน และอาคารประเภทต่างๆ

ปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งจากอาคาร บ้านเรือน มีปริมาณร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำใช้หรืออาจประเมินได้จากจำนวนประชากร หรือพื้นที่ใช้สอยของอาคารแต่ละประเภท (กรมควบคุมมลพิษ, 2560) ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 อัตราการเกิดน้ำเสียต่อคนต่อวัน

ภาคกลาง	อัตราการเกิดน้ำเสีย (ลิตร/คน - วัน)					
	2536	2540	2545	2550	2555	2560
กลาง	160 - 214	165 - 242	170 - 288	176 - 342	183 - 406	189 - 482
เหนือ	183	200	225	252	283	316
ตะวันออกเฉียงเหนือ	200 - 253	216 - 263	239 - 277	264 - 291	291 - 306	318 - 322
ใต้	171	195	204	226	249	275

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2560) อ้างถึงใน โครงการพัฒนาและปรับปรุงข้อมูลอัตราการเกิดน้ำเสียและปริมาณความสกปรกของแหล่งกำเนิดประเภชุมชน กรมควบคุมมลพิษ, 2553

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำเสียจากอาคารประเภทต่างๆ

ประเภทอาคาร	หน่วย	ลิตร/วัน - หน่วย
อาคารชุด/บ้านพัก	ยูนิต	500
โรงแรม	ห้อง	1,000
หอพัก	ห้อง	80
สถานบริการ	ห้อง	400
หมู่บ้านจัดสรร	คน	180
โรงพยาบาล	เตียง	800
ภัตตาคาร	ตารางเมตร	25
ตลาด	ตารางเมตร	70
ห้างสรรพสินค้า	ตารางเมตร	5.0
สำนักงาน	ตารางเมตร	3.0

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2560) อ้างถึงใน ข้อพิจารณาเกี่ยวกับปริมาณและลักษณะน้ำทิ้งชุมชนในประเทศไทย เอกสารประกอบการประชุม สวสท 36, สมาคมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2536

2.1.5 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน

มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน

พารามิเตอร์	มาตรฐาน
1. ความเป็นกรด - ด่าง (pH)	5.5 - 9.0
2. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand)*	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร
3. ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)**	ไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร
4. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร
5. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)	ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร
6. ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร

หมายเหตุ : * กรณีหน่วยบำบัดสุดท้ายเป็นบ่อเสถียร (Stabilization Pond) หรือบ่อผึ่ง (Oxidation Pond) ให้ใช้ค่าบีโอดีของน้ำที่ผ่านการกรองแล้ว (Filtrate BOD) การกรองตัวอย่างน้ำเพื่อหาค่าบีโอดี ให้ใช้วิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disk) ที่ใช้ในกระบวนการกรองเพื่อหาค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) ก่อนทำการวิเคราะห์หาค่าบีโอดีที่กำหนดไว้ใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ฉบับล่าสุด

** กรณีหน่วยบำบัดสุดท้ายเป็นบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) หรือบ่อผึ่ง (Oxidation Pond) ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

- การตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนให้เป็นไปตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ฉบับล่าสุด ซึ่ง American Public Health Association, American Water Work Association และ Water Environment Federation ร่วมกันกำหนดไว้หรือตามวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา ทั้งนี้ให้เลือกใช้วิธีวิเคราะห์ตามความเหมาะสมกับลักษณะและสภาพของตัวอย่างน้ำ

2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสในน้ำธรรมชาติและน้ำทิ้งจะอยู่ในรูปต่างๆ กันของฟอสเฟต เช่น ออร์โธฟอสเฟต อินทรีย์ฟอสเฟต หรือคอนเดนส์ฟอสเฟต เป็นต้น ฟอสเฟตเหล่านี้ถูกปนเปื้อนในธรรมชาติได้หลายทางเนื่องจากกิจกรรม เช่น การเติมลงไปใต้น้ำประปา เพื่อป้องกันการตกตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนตภายหลัง การซักฟอกหรือล้างภาชนะซึ่งใช้ผงซักฟอกในรูปของฟอสเฟตและโพลีฟอสเฟต จากกิจกรรมทางการเกษตรซึ่งใช้ปุ๋ยเคมีในรูปของออร์โธฟอสเฟต เป็นต้น (เสาวภา ไวยสุศรี, 2558)

2.2.1 ประเภทของสารประกอบฟอสฟอรัส

สารประกอบฟอสฟอรัสที่พบในน้ำมี 3 ประเภท ดังนี้ (เสาวภา ไวยสุศรี, 2558 อ้างถึงใน กรรณิการ์ สิริสิงห, 2544)

1) ออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) หรืออาจเรียกอีกอย่างว่าฟอสฟอรัสละลายน้ำ (Soluble Reactive Phosphorus) ได้แก่ ไตรโซเดียมฟอสเฟต (Na_3PO_4) ไดโซเดียมฟอสเฟต (Na_2HPO_4) โมโนโซเดียมฟอสเฟต (NaH_2PO_4) และไดแอมโมเนียมฟอสเฟต ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$)

2) คอนเดนส์ฟอสเฟต (Condentphosphate) หรือโพลีฟอสเฟต (Polyphosphate) เป็นสารประกอบที่พบได้มากในน้ำทิ้งจากบ้านเรือนหรือโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นส่วนผสมของน้ำยาทำความสะอาดเมื่อแตกตัวจะให้ออร์โธฟอสเฟตออกมา ได้แก่ โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต ($\text{Na}_3(\text{PO}_4)_6$) โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) และเตระโพลีฟอสเฟต ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) คอนเดนส์ฟอสเฟตเป็น Dehydrate Phosphate ดังนั้นจะถูกไฮโดรไลสในน้ำกลับไปเป็นออร์โธฟอสเฟตตามเดิม อัตราการเกิดปฏิกิริยาค่อนข้างช้ากับอุณหภูมิและพีเอชที่ต่ำและเกิดในน้ำสกปรกเร็วกว่าน้ำบริสุทธิ์

3) อินทรีย์ฟอสเฟต (Organic Phosphate) ได้แก่ สารอินทรีย์ที่มีฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบ เช่น กรดนิวคลีอิก (Nucleic Acid) ฟอสโฟลิปิด (Phospholipid) น้ำตาลฟอสเฟต (Sugar Phosphate)

2.2.2 ผลกระทบฟอสฟอรัสต่อแหล่งน้ำ

ฟอสฟอรัสจัดเป็น Growth Limiting Nutrient ของพืชน้ำและเป็นธาตุอาหารชนิดหนึ่งที่ส่งผลให้สาหร่ายเซลล์เดียว เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และสาหร่ายสีเขียว ดังนั้นการระบายน้ำทิ้งที่ยังมีสารประกอบของฟอสฟอรัสลงไปในน้ำเป็นจำนวนมาก อาจกระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชน้ำอย่างรวดเร็ว แหล่งน้ำมีสีเขียวขุ่น ส่งผลให้แหล่งน้ำตื้นเขิน ขาดออกซิเจนในเวลาที่ไม่ได้แสงแดด ออกซิเจนในน้ำลดลงไม่ถึงผิวน้ำ ทำให้สัตว์ขาดอากาศหายใจ ซึ่งเป็นการเพิ่มความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำจะก่อให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน นอกจากนี้จะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการกำจัดมากขึ้นแล้วแล้วยังอาจมีอันตรายต่อสุขภาพและชีวิตของมนุษย์และสัตว์ที่บริโภคสารพิษที่มีอยู่ในสาหร่ายบางชนิด (สุदारตัน แสงสวัสดิ์, 2553)

2.2.3 ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication)

ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) หรือมลภาวะจากธาตุอาหารพืช (Nutrient pollution) (พงศศักดิ์ หนูพันธ์ และรัฐชา ชัยชนะ, 2557 : 59 อ้างถึงใน World Resources Institutes, 2012) เกิดจากการบลูมของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำจืด เช่น ตามคู คลอง หนอง บึง ทะเลสาบ หรืออ่างเก็บน้ำ สาเหตุหลักของปัญหามาจากแหล่งน้ำได้รับสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณมากจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เช่น การเกษตร อุตสาหกรรม หรือน้ำทิ้งจากบ้านเรือนสารอาหารเหล่านี้จะไปกระตุ้นให้แพลงก์ตอนพืชเกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จนส่งผลให้แหล่งน้ำไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องควบคุมแหล่งกำเนิดธาตุอาหารพืชจะต้องทำการบำบัดธาตุอาหารประเภทไนโตรเจนและฟอสฟอรัสก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ (พงศศักดิ์ หนูพันธ์ และรัฐชา ชัยชนะ, 2557 : 59)

2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการกำจัดฟอสฟอรัส

การกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสีย คือ การป้องกันไม่ให้ฟอสฟอรัสส่วนเกินไหลลงสู่แหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นสารอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ได้และเป็นสารอาหารจำกัดของพืชอันจะก่อให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน ฟอสฟอรัสในระบบรวบรวมน้ำเสียจะอยู่ในรูปสารละลายและสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสเป็นส่วนใหญ่ แบคทีเรียในน้ำเสียจะเปลี่ยนอินทรีย์ฟอสฟอรัสไปอยู่ในรูปสารละลาย และไม่สามารถกำจัดได้โดยการตกตะกอนทางกายภาพ ปริมาณอินทรีย์ฟอสเฟตที่เปลี่ยนไปอยู่ในรูปสารละลายจะแปรผันตามความ

ยาวของระบบรวบรวมน้ำเสีย อุณหภูมิ และสภาพทางชีววิทยา การกำจัดฟอสฟอรัสจากน้ำเสียต้องคำนึงถึงปริมาณของฟอสฟอรัสที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย คุณสมบัติของน้ำเสีย และข้อมูลอื่นๆ ได้แก่ วิธีการกำจัดตะกอน ลักษณะของตะกอน ขนาดของพื้นที่ อายุของระบบ ผลกระทบต่อชุมชน และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ การเลือกวิธีการกำจัดฟอสฟอรัสจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมดังกล่าว วิธีการที่นิยมใช้ในการกำจัดฟอสฟอรัสมี 2 วิธี ได้แก่ วิธีการทางเคมีและวิธีการทางชีวภาพ

1) วิธีการกำจัดฟอสฟอรัสทางเคมี

วิธีการกำจัดทางเคมี โดยทั่วไปจะเติมเกลือโลหะ การเติมปูนขาว ในส่วนการบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) ในส่วนทางเข้าของน้ำในถังตกตะกอนแรก (Primary Clarifier) หรือถังตกตะกอนที่สอง (Secondary Clarifier) ในบางกรณีสามารถเติมเกลือโลหะทั้งในถังตกตะกอนแรกและถังที่สอง ซึ่งเกลือโลหะที่ใช้ ได้แก่ อลูมิเนียมซัลเฟต (สารส้ม) โซเดียมอลูมิเนต เพอริคลอไรด์ เพอร์สคลอไรด์ และเพอร์สซัลเฟต เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างประจุบวกของโลหะและสารละลายฟอสฟอรัสในน้ำเสียให้รูปไม่ละลายน้ำแล้วจึงกำจัดสารประกอบโลหะฟอสฟอรัสออกไป (สุจินดา คงคุณ และน้ำฝน จันทร์แก้ว, 2559)

การใช้เกลือของโลหะจะสามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้ประมาณ 80 – 95% ของปริมาณฟอสฟอรัสรวม เมื่อกำจัดของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียก่อนให้ได้ไม่เกิน 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งที่ได้หลังการบำบัดจะไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และถ้าใช้การกรองหลังใช้เกลือของโลหะน้ำทิ้งจะมีฟอสฟอรัสรวมไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ข้อดีของการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียโดยวิธีการเติมเกลือโลหะ (ณัฐพล มณีวรรณ, 2548) คือ

- 1.1) เป็นวิธีการที่นำเชื่อถือ ลดค่าใช้จ่ายของสารเคมีเมื่อน้ำเสียมีสภาพเป็นกรด
- 1.2) ปริมาณสารเคมีที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดและปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำทิ้งที่ต้องการ
- 1.3) การติดตั้งดูแลระบบไม่ยุ่งยาก และควบคุมปริมาณฟอสฟอรัสได้ง่าย

2) วิธีการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ

การกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพโดยการดูดซับออร์โธฟอสเฟต โพลีฟอสเฟต และอินทรีย์ฟอสเฟต ให้อยู่ในรูปของเนื้อเยื่อเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งปริมาณของฟอสฟอรัสที่ถูกกำจัดในระหว่างการบำบัดขั้นที่สองอยู่ในรูปตะกอน มีตั้งแต่ร้อยละ 10 – 30 ของปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียไหลเข้าสู่ระบบบำบัด โดยจุลินทรีย์ไม่เพียงแต่ใช้ฟอสฟอรัสในการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของเซลล์สังเคราะห์สาร และถ่ายเทพลังงานในเซลล์เท่านั้นแต่ยังสามารถเก็บฟอสฟอรัสไว้ในเซลล์เป็นพลังงานสะสมที่ใช้อากาศ และสภาพไร้อากาศสามารถทำได้โดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา เรียกว่า “Mainstream” ส่วนการกำจัดฟอสฟอรัสในตะกอนจุลินทรีย์ที่ถูกสูบกลับ (Return Sludge) เรียกว่า “Sidestream” (สุจินดา คงคุณ และน้ำฝน จันทร์แก้ว, 2559)

2.4 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับสารสร้างตะกอน

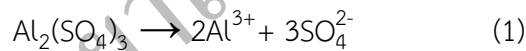
2.4.1 สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการสร้างตะกอน

- 1) การตกตะกอนเคมีด้วยสารส้ม

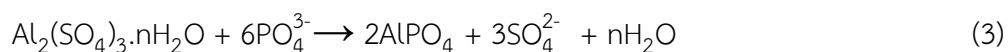
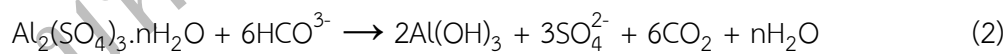


ภาพที่ 2 สารส้ม (อลูมิเนียมซัลเฟต)

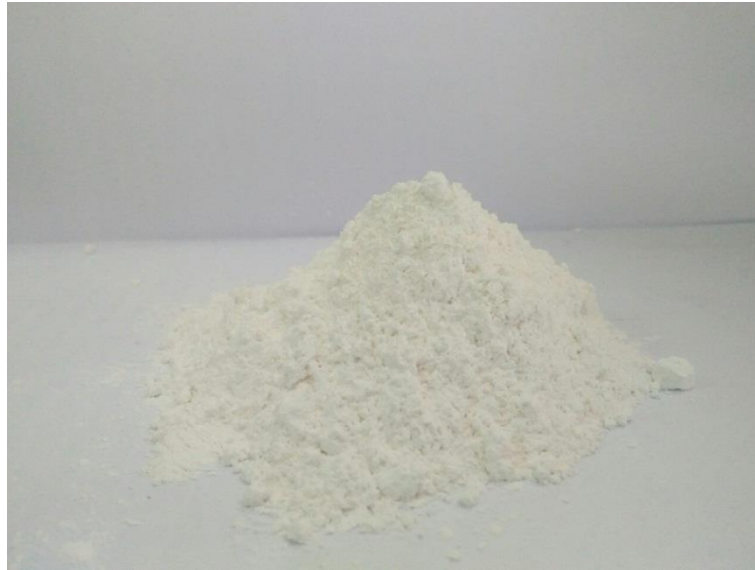
สารส้ม (อลูมิเนียมซัลเฟต) มีสูตรโมเลกุล $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$ เป็นเกลือเคมีประเภทหนึ่ง มีลักษณะเป็นผลึกหรือก้อนสีขาวใสออกขุ่นเล็กน้อย มีรสเปรี้ยวฝาด ไม่มีกลิ่น คงทนต่อสภาวะแวดล้อม ละลายน้ำได้ดี ปลอดภัยต่อการสัมผัสและสุขภาพ จึงนิยมใช้บำบัดน้ำในครัวเรือน หรือแหล่งจ่ายน้ำทั่วไป เมื่อละลายน้ำจะทำให้มีค่า pH ลดลงมีสภาพเป็นกรด (อภิวิชญ์ สมบูรณ์ปัญญา, 2558) และเมื่อเติมสารส้มลงในน้ำจะแตกตัวให้ประจุบวกและลบ (สุตารัตน์ แสงสวัสดิ์, 2553, หน้า 21 - 22) ดังสมการที่ (1) จะได้ว่า



เมื่อเติมสารส้ม (Alum) ลงในน้ำเสียที่มีความเป็นด่าง (Alkalinity) จะเกิดปฏิกิริยาดังสมการที่ (2) และถ้าในน้ำมีฟอสเฟตจะเกิดปฏิกิริยาดังสมการที่ (3)

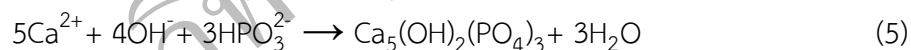
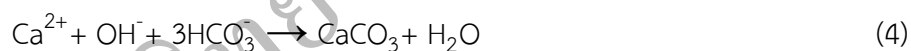


2) การตกตะกอนเคมีด้วยปูนขาว



ภาพที่ 3 ปูนขาว

ปูนขาว (Lime) มีสูตรทางเคมีว่า Ca(OH)_2 โดยมีกระบวนการที่สำคัญคือ การนำปูนสุกที่ได้จากการเผาทำปฏิกิริยากับน้ำ ซึ่งในการเกิด Hydration เพื่อให้ได้ปูนขาว ปูนขาวที่ได้จะมีสีขาว แต่จะมีสีขาวมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีในปูนสุกที่ใช้ในการผลิต ซึ่งลักษณะของอนุภาค จะพบว่า ปูนขาวมีเนื้อที่มีความละเอียดแตกต่างกัน แต่อนุภาคของปูนขาวจะเป็นขนาดเล็ก หรือเป็นสารแขวนลอย (นนทชัย อึ้งชัยพานิชย์, 2546) โดยจะทำปฏิกิริยากับ Bicarbonate Alkalinity ในน้ำได้ CaCO_3 ดังสมการที่ (4) และถ้าทำปฏิกิริยากับน้ำที่มีฟอสเฟตจะได้ Calcium Hydroxyapatite (สุตารัตน์ แสงสวัสดิ์, 2553, หน้า 21 - 22) ตามสมการที่ (5)



2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากรูวรรณ เกษมทรัพย์ (2538) ได้ทำการศึกษาการกำจัดฟอสเฟตโดยใช้ลูมิเนียมซัลเฟต และเพอร์สซัลเฟต น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษามีความเข้มข้นฟอสเฟต 5 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการทดลองจาร์เทสต์โดยกำหนดเกณฑ์ที่พิจารณา การกำจัดฟอสเฟตไว้มากกว่า 90% พบว่า พีเอชที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอนด้วยลูมิเนียมซัลเฟต คือ 5 - 7 สำหรับน้ำเสียที่มีฟอสเฟต 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร และอยู่ในช่วง 4 - 8 สำหรับน้ำเสียที่มีฟอสเฟต 20 มิลลิกรัมต่อลิตร หาค่าอัตราส่วนโดยมวลของ A1 : P ในการตกตะกอนฟอสเฟต ในช่วง 0 - 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 5 - 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเท่ากับ 1.712 และ 0.856 ตามลำดับ ส่วนการใช้เพอร์สซัลเฟตจะมีช่วงพีเอชที่เหมาะสมเป็น 7 - 11 สำหรับการตกตะกอนฟอสเฟต 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร และช่วง 7 - 9 สำหรับฟอสเฟต 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่อัตราส่วนโดยมวลของ Fe : P ในการตกตะกอนฟอสเฟตในช่วง 0 - 5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเท่ากับ 4.016 และ 2.008 ตามลำดับ จากการคำนวณโดยใช้ผลการทดลอง น้ำเสียสังเคราะห์ประมาณได้ว่าต้องใช้สาร

ในปริมาณที่เท่ากัน คือ น้ำเสียก่อนบำบัดใช้ใน ช่วง 30 - 60 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำเสียหลังการบำบัดใช้ใน ช่วง 20 - 30 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดอโรพอสเฟตโดยอลูมิเนียมซัลเฟตใกล้เคียงกับกรณีที่ใช้เฟอร์รัสซัลเฟต โดยมีค่าในช่วง 76.3 - 94.3% และ 72.8 - 97.9% สำหรับน้ำเสียก่อนและหลังผ่านระบบบำบัดตามลำดับ ทำให้น้ำหลังตกตะกอนของ influent และ effluent มีอโรพอสเฟตเหลืออยู่ในช่วง 0.10 - 0.54 และ 0.03 - 0.29 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

นภา วัฒนยง (2544) ได้ทำการศึกษาการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งชุมชนที่ผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 โดยกระบวนการโคแอกกูเลชันด้วยสารส้มร่วมกับโคโคเตแซน ซึ่งมีปริมาณอโรพอสเฟต 2.27 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้สารส้ม โคโคเตแซน และสารส้มร่วมกับโคโคเตแซน เป็นสารสร้างตะกอน พบว่า การตกตะกอนโดยใช้สารส้มเฉลี่ย 188.43 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับโคโคเตแซนเฉลี่ย 39.84 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ pH ก่อนการทำโคแอกกูเลชัน 7.10 ให้ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสที่ดีที่สุด โดยสามารถกำจัดอโรพอสเฟตได้ร้อยละ 97.36 และกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด ความขุ่น และ TKN ได้ร้อยละ 92.29 42.79 และ 61.60 ตามลำดับ แต่ทำให้ค่าบีโอดีและซีโอดีเพิ่มขึ้นร้อยละ 36.84 และ 43.24 ตามลำดับ เนื่องจากโคโคเตแซนเป็นสารอินทรีย์ สำหรับการตกตะกอนโดยใช้สารส้มเพียงอย่างเดียวที่ความเข้มข้นเฉลี่ย 376.85 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ pH ก่อนการทำโคแอกกูเลชัน 7.00 สามารถกำจัดปริมาณอโรพอสเฟต และฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ร้อยละ 91.94 และ 89.96 ตามลำดับ ส่วนการตกตะกอนโดยใช้โคโคเตแซนเพียงอย่างเดียวที่ความเข้มข้นเฉลี่ย 13.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ pH ก่อนทำการโคแอกกูเลชัน 7.55 สามารถกำจัดปริมาณอโรพอสเฟต และฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ร้อยละ 47.09 และ 40.08 ตามลำดับ

ณัฐพล มณีวรรณ (2548) ได้ทำการศึกษาการตกผลึกฟอสฟอรัสจากน้ำเสียฟาร์มสุกรที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียขั้นต้น และการนำฟอสฟอรัสในตะกอนมาใช้ใหม่ โดยใช้เครื่องจาร์เทสต์ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมสำหรับใช้สารส้มในการตกผลึกฟอสฟอรัส ใช้การกวนเร็ว 150 รอบต่อนาที นาน 2 นาที กวนช้า 30 รอบต่อ นาที นาน 30 นาที ตกตะกอน 2 ชั่วโมง ใช้สารส้มความเข้มข้น 20 50 100 150 200 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำเสียมีฟอสฟอรัสรวมอยู่ในช่วง 8.14 - 9.03 มิลลิกรัมต่อลิตร จากผลการทดลองพบว่า น้ำเสียที่มีความเข้มข้นสารส้ม 20 50 100 150 200 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 36.61 - 38.83, 62.46 - 65.26, 85.61 - 86.90, 90.18 - 92.63, 93.80 - 95.56 และ 92.87 - 95.09 ตามลำดับ ปริมาณการใช้สารส้มที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำที่ผ่านการบำบัดมีฟอสฟอรัสรวมอยู่ในช่วง 0.38 - 0.53 มิลลิกรัมต่อลิตร

R.J. Banu K.U. Do and I.T. Yeom (2008) ได้ทำการศึกษาฟอสฟอรัสในน้ำเสียที่มีค่าความเป็นกรดต่างต่ำโดยใช้สารส้ม เพื่อประเมินความเหมาะสมของค่า pH ปริมาณและประสิทธิภาพการทำงานโดยใช้สารส้มในการตกตะกอน จากการทดลองพบว่าปริมาณของการตกตะกอนและการกำจัดฟอสฟอรัสขึ้นอยู่กับค่า pH ของน้ำเสียหลังจากการเพิ่มการตกตะกอนในแต่ละการทดสอบ โดยค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดฟอสฟอรัสที่มีประสิทธิภาพพบว่าอยู่ในช่วง 5.7 - 5.9 เป็นช่วงค่า pH สูงสุดที่ยอมรับสำหรับการกำจัดฟอสฟอรัสสำหรับน้ำเสียที่มีค่าต่ำ ภายใต้การกวนเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ความเร็วรอบการกวนช้า 30 รอบต่อนาที ระยะเวลาในการกวนช้าส่งผลต่อการกำจัดฟอสฟอรัส (TP) ได้ดำเนินการในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน คือ 5 10 15 20 25 และ 30 ตามลำดับ แล้วทิ้งให้ตกตะกอน 30 นาที พบว่าเวลาที่เหมาะสมสำหรับการกวนช้าเป็น 20 นาที อัตราส่วนโมลที่เหมาะสมของสารส้มจะลบหนึ่งโมลของฟอสฟอรัสพบว่าเป็น 2.3 น้ำทิ้งที่มีฟอสฟอรัสที่เหลือทั้งหมดและปฏิกิริยาฟอสฟอรัส 0.3 และ 0.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

สุदारัตน์ แสงสวัสดิ์ (2553) ได้ทำการศึกษาเรื่องการกำจัดฟอสฟอรัสและบีโอดีในน้ำเสียโดยกระบวนการตกตะกอนทางเคมี : กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมเส้นไหม โดยใช้เกลือโลหะ

4 ชนิด คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต เฟอร์ริกคลอไรด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) สภาวะที่เหมาะสมคือ ความเร็วรอบการกวนเร็ว 100 รอบต่อนาที นาน 3 นาที ความเร็วรอบการกวนช้า 20 รอบต่อนาที นาน 20 นาที แล้วทิ้งให้ตกตะกอน 60 จากการทดลองปริมาณเกลือโลหะ 4 ชนิด พบว่า ปริมาณเกลือของโลหะที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัส คือ 300 200 1,100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัสมีค่าพีเอช คือ 6 5 7 และ 6 ตามลำดับ สามารถสรุปได้ว่า โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) เป็นสารที่เหมาะสมในการสร้างตะกอนมากที่สุด โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสและบีโอดี คือ 98.79% และ 76.32% ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี