

# การกำจัดตะกั่วในน้ำเสียด้วยกระบวนการดูดติดผิวโดยใช้เปลือกไข่และกะลามะพร้าว

## Lead Removal by Adsorption Process Using Eggshell and Coconut shell

จรัส รอบการ    ณัฐพล อินุญ    สุจิตา ฤทธิศรี\*

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

E-Mail : [Ritthisorn.s@thaimail.com](mailto:Ritthisorn.s@thaimail.com)

### บทคัดย่อ

การศึกษาโครงการวิศวกรรมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการใช้เปลือกไข่ร่วมกับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว เป็นตัวกลางในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียจากโรงงานแบตเตอรี่ โดยทำการทดสอบเป็นระบบการกรองแบบมีทิศทางไหลของน้ำเสียจากด้านบนลงล่าง น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมีความเข้มข้นของตะกั่ว 0.65 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าเป็น 11 อัตราการไหลของน้ำเสียเท่ากับ 4 ลิตรต่อชั่วโมง ทดสอบเปลือกไข่และถ่านกัมมันต์ที่ระดับ ความสูง 20 30 และ 40 เซนติเมตร จากผลการศึกษาพบว่าเปลือกไข่และถ่านกัมมันต์ ณ ระดับความสูง 40 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการดูดติดผิวดีที่สุด และทดสอบประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของเปลือกไข่ร่วมกับถ่านกัมมันต์ ณ ระดับความสูงเปลือกไข่ 40 เซนติเมตร ถ่านกัมมันต์ 20 เซนติเมตร เปลือกไข่ 40 เซนติเมตร ถ่านกัมมันต์ 30 เซนติเมตร และเปลือกไข่ 40 เซนติเมตร ถ่านกัมมันต์ 40 เซนติเมตร พบว่าประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของเปลือกไข่ร่วมกับถ่านกัมมันต์ในการลดปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วที่ระดับความสูงเปลือกไข่ 40 เซนติเมตร ถ่านกัมมันต์ 40 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยพบว่าชั่วโมงแรกของการทดสอบระบบมีประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของเปลือกไข่ร่วมกับถ่านกัมมันต์ เท่ากับ 80.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้ำเสียที่ผ่านระบบการกรองมีค่าความเข้มข้นของตะกั่วไม่เกินมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กำหนดไว้ที่ 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร จนถึงชั่วโมงที่ 6 ประสิทธิภาพในการดูดติดผิวลดลง ค่าความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียที่ผ่านระบบการกรองเริ่มมีค่าเกินมาตรฐานจนถึงชั่วโมงที่ 12

คำสำคัญ : เครื่องกรองน้ำเสียตะกั่ว กระบวนการดูดติดผิว น้ำเสียตะกั่ว เปลือกไข่ ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว

### 1. บทนำ

จากสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน จะเห็นได้ว่ามลพิษทางน้ำจัดเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ปัญหาเหล่านี้ล้วนเกิดจากการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่หรือขนาดย่อมก็จะมุ่งเน้นเฉพาะการพัฒนาผลผลิต ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสิ่งแวดล้อม การที่ทางภาคอุตสาหกรรมเหล่านี้ได้มีการพัฒนาได้มีแต่ผลดีอย่างเดียว แต่ยังเป็นแหล่งกำเนิดของสารปนเปื้อนในแหล่งน้ำ ถึงแม้ว่าปัจจุบันจะมีการนำหลักการเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ แต่ก็

ยังมีบางแหล่งที่ยังใช้วิธีการแบบเดิมอยู่ คือ มีของเสียเกิดขึ้นอย่างมากและนอกจากนั้นยังปล่อยน้ำเสียที่ออกมาจากการผลิต ลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติโดยมิได้ผ่านการบำบัดที่ดีพอ ดังนั้นจึงทำให้สภาพของแหล่งน้ำต้องประสบกับปัญหาการปนเปื้อนของสารต่าง ๆ นับว่าเป็นปัญหาสำคัญที่ควรตระหนักและให้ความสนใจเนื่องจากสารเหล่านั้นมีโลหะหนักสะสมอยู่หลายชนิด เช่น ตะกั่ว สังกะสี โครเมียม แคดเมียม และปรอท ฯลฯ ซึ่งสารเหล่านี้มีความเป็นพิษค่อนข้างสูง และตกค้างอยู่ในสภาพแวดล้อมได้เป็นเวลานาน การกำจัดสารเคมีเหล่านี้ต้องใช้วิธีการและเทคโนโลยีระดับสูงและมี

ค่าใช้จ่ายสูงเช่นกัน สาเหตุของการเกิดปนเปื้อนของสารพิษลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติก็เนื่องมาจากภาคอุตสาหกรรมเป็นหลัก อย่างเช่น ร้านรับชุบโลหะ อยู่ปะหรือพนสิรยนต์ ฯลฯ

สำหรับการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักปนเปื้อนอยู่นั้น สามารถบำบัดได้หลายวิธี วิธีที่นิยมใช้กันมากได้แก่ การตกตะกอนด้วยสารเคมี การกรองผ่านเยื่อกรองแบบผันกลับ การดูดซับด้วยสารดูดซับต่าง ๆ เช่น ซีวมวล เป็นต้น แต่วิธีเหล่านี้ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงสำหรับการจัดหาตัวดูดซับ จึงต้องมีการศึกษาและพัฒนาวัสดุดูดซับโลหะหนักให้มีประสิทธิภาพที่ดี คณะผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญของเปลือกไข่และกะลามะพร้าว ซึ่งเป็นวัสดุที่เหลือทิ้งทางการเกษตร การนำวัสดุที่เหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ในการกำจัดโลหะหนัก เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งมีการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรต่าง ๆ มากมาย ดังนั้นจึงมีวัสดุเหลือทิ้งหลายชนิดซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ในการนำมาเป็นตัวดูดซับโลหะหนักในน้ำเสีย คณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะสร้างเครื่องกรองที่นำเปลือกไข่และกะลามะพร้าวเป็นตัวกรองดูดซับโลหะหนัก ทำให้เครื่องกรองมีราคาถูกสามารถนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมขนาดเล็กได้ และทำให้ปริมาณสารเคมีที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียนั้นมีปริมาณลดน้อยลงก่อนที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งก็จะส่งผลดีต่อระบบนิเวศแถบนั้น

## 2. วิธีการทดลอง

### 2.1 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับของตัวกลางจากเปลือกไข่ โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบความสูงของตัวกลางที่ระดับ 20 30 และ 40 เซนติเมตร ตามลำดับ

ทำการป้อนน้ำเสียที่นำมาจากโรงงานลงในเครื่องกรองที่มีความเข้มข้นตะกั่ว 0.65 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระดับความสูงของเปลือกไข่ที่ระดับความสูง 20 30 และ 40 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำเสียเท่ากับ 11 โดยมีทิศทางการไหลของ

น้ำเสียไหลจากด้านบนลงล่าง (Down Flow) อัตราการไหลของน้ำเสีย 4 ลิตรต่อชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านเครื่องกรองทุกชั่วโมงเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วที่เหลืออยู่

### 2.2 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับของตัวกลางที่เป็นถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบความสูงของตัวกลางที่ระดับ 20 30 และ 40 เซนติเมตร เช่นเดียวกับการศึกษาประสิทธิภาพของตัวกลางจากเปลือกไข่

ทำการป้อนน้ำเสียที่นำมาจากโรงงานลงในเครื่องกรองที่มีความเข้มข้นตะกั่ว 0.65 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระดับความสูงของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่ระดับความสูง 20 30 และ 40 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียเท่ากับ 11 โดยมีทิศทางการไหลของน้ำเสียไหลจากด้านบนลงล่างอัตราการไหลของน้ำเสีย 4 ลิตรต่อชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านเครื่องกรองทุกชั่วโมงเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วที่เหลืออยู่

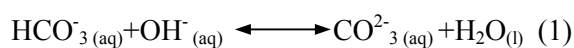
### 2.3 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับของตัวกลางสองชนิดร่วมกัน

ทำการป้อนน้ำเสียที่นำมาจากโรงงานลงในเครื่องกรองที่มีความเข้มข้นตะกั่ว 0.65 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ตัวกลางในการดูดซับ คือ เปลือกไข่ที่ระดับความสูง ที่มีประสิทธิภาพการดูดซับดีที่สุด ร่วมกับถ่านกัมมันต์ที่ระดับความสูงที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียเท่ากับ 11 โดยมีทิศทางการไหลของน้ำเสียไหลจากด้านบนลงล่าง อัตราการไหลของน้ำเสีย 4 ลิตรต่อชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านเครื่องกรองทุกชั่วโมงเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วที่เหลืออยู่

### 3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

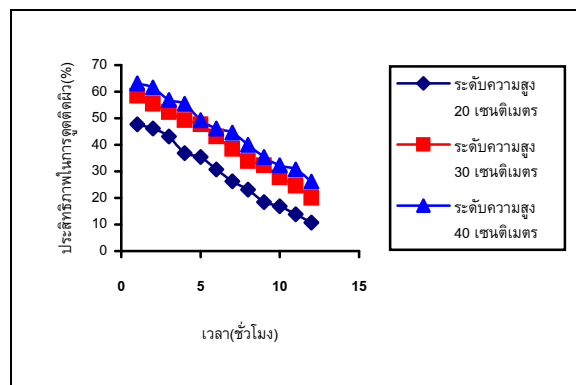
#### 3.1 การทดสอบประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของเปลือกไข่ที่ระดับความสูง 20 30 และ 40 เซนติเมตร

เมื่อผ่านน้ำเสียเข้าสู่เครื่องกรองที่ระดับความสูง 20 30 และ 40 เซนติเมตรในชั่วโมงที่ 1 พบว่าความเข้มข้นของตะกั่วลดลงเหลือ 0.34 0.27 และ 0.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของตะกั่วเท่ากับ 47.69 58.46 และ 63.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำค่าที่ได้จากการศึกษามาพิจารณาเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียที่ผ่านเครื่องกรองด้วยเปลือกไข่ ณ ระดับความสูง 20 30 และ 40 เซนติเมตรยังมีค่าเกินมาตรฐานสำหรับความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียที่ผ่านเครื่องกรองตั้งแต่ชั่วโมงที่ 2 ถึงชั่วโมงที่ 12 จะมีปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วเพิ่มสูงขึ้นจากเดิมทุกชั่วโมง ประสิทธิภาพในการดูดติดผิวมีค่าแปรผกผันกับปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว โดยที่ประสิทธิภาพในการดูดติดผิวจะมีค่าลดลงตั้งแต่ชั่วโมงที่ 2 ถึงชั่วโมงที่ 12 ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียที่ผ่านเครื่องกรองพบว่ามีค่าลดลงเล็กน้อย อาจเป็นผลมาจากหมู่ไฮดรอกซิล ( $\text{OH}^-$ ) ที่ถูกใช้ในการทำปฏิกิริยาร่วมกับไบคาร์บอเนตไอออน ( $\text{HCO}_3^-$ ) ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียที่ผ่านระบบลดลงเพียงเล็กน้อย จนกระทั่งคงที่เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนกลับปฏิกิริยาตามสมการที่ 1 ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ (ศิริพร, 2544)



จากการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของเปลือกไข่ ณ ระดับความสูง 20 30 และ 40 เซนติเมตร พบว่าประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของเปลือก

ไข่ ในการลดปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วที่ระดับความสูง 40 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพดีที่สุด (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ประสิทธิภาพการดูดติดผิวของตะกั่วชั้นเปลือกไข่ที่ระดับความสูง 20 30 และ 40 เซนติเมตร

#### 3.2 การทดสอบประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่ระดับความสูง 20 30 และ 40 เซนติเมตร

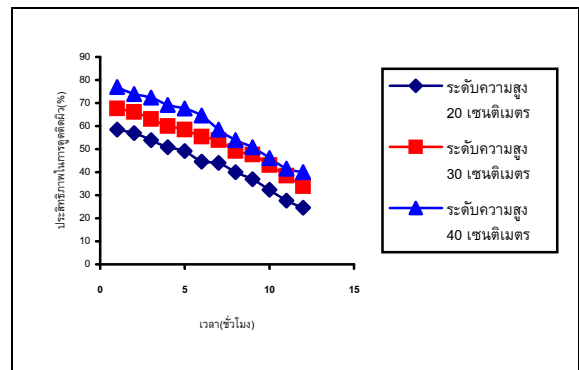
ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการดูดติดผิวที่ระดับความสูง 20 เซนติเมตร พบว่าเมื่อผ่านน้ำเสียเข้าสู่เครื่องกรองในชั่วโมงที่ 1 พบว่าความเข้มข้นของตะกั่วลดลงเหลือ 0.27 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของตะกั่วเท่ากับ 58.46 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลการทดสอบประสิทธิภาพในการดูดติดผิวที่ระดับความสูง 30 เซนติเมตร พบว่าเมื่อผ่านน้ำเสียเข้าสู่เครื่องกรองในชั่วโมงที่ 1 พบว่าความเข้มข้นของตะกั่วลดลงเหลือ 0.21 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของตะกั่วเท่ากับ 67.69 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำค่าที่ได้มาพิจารณาเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียที่ผ่านเครื่องกรองด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ณ ระดับความสูง 20 และ 30 ยังคงมีค่าเกินมาตรฐาน และความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียที่ผ่านเครื่องกรองตั้งแต่ชั่วโมงที่ 2 ถึงชั่วโมงที่ 12 จะมีปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วเพิ่มสูงขึ้นจากเดิมทุกชั่วโมง สำหรับประสิทธิภาพในการดูดติดผิวพบว่ามีค่า

แปรผกผันกับปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วโดยที่ประสิทธิภาพในการดูดติดผิว จะมีค่าลดลงตั้งแต่ชั่วโมงที่ 2 ถึงชั่วโมงที่ 12 ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียที่ผ่านเครื่องกรองที่ใช้ถ่านกัมมันต์ ณ ระดับความสูง 20 เซนติเมตร พบว่ามีค่าลดลงจาก 11 เป็น 6.9 ส่วนน้ำเสียที่ผ่านเครื่องกรองด้วยถ่านกัมมันต์ ณ ระดับความสูง 30 เซนติเมตร พบว่ามีค่าลดลงจาก 11 เป็น 6.4 ในชั่วโมงที่ 1 และจะเพิ่มขึ้นในทุกชั่วโมงเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวเป็นถ่านกัมมันต์ชนิดที่อยู่ในหมู่ฟังก์ชันออกไซด์ที่เป็นกรดจึงส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของระบบลดลงในช่วงแรกของการเดินระบบและจะมีค่าเพิ่มขึ้นในเวลาต่อมาซึ่งอาจเป็นเพราะว่าคุณสมบัติความเป็นกรดของถ่านกัมมันต์ลดลง

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่ระดับความสูง 40 เซนติเมตร เมื่อผ่านน้ำเสียเข้าสู่เครื่องกรองในชั่วโมงที่ 1 พบว่าความเข้มข้นของตะกั่วลดลงเหลือ 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพในการดูดติดผิวเท่ากับ 76.92 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำค่าที่ได้มาพิจารณาเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียที่ผ่านเครื่องกรองด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ณ ระดับความสูงนี้ยังมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน เมื่อทำการทดลองถึงชั่วโมงที่ 5 ความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียที่ผ่านเครื่องกรองเริ่มมีค่าเกินมาตรฐานโดยมีค่าความเข้มข้นของตะกั่วเท่ากับ 0.21 มิลลิกรัมต่อลิตร (ประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของตะกั่วลดลงเหลือเท่ากับ 67.69 เปอร์เซ็นต์) และมีความเข้มข้นของตะกั่วสูงขึ้นจากเดิมทุกชั่วโมงจนถึงชั่วโมงที่ 12 ส่วนประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ ณ ระดับความสูงนี้จะมีค่าแปรผกผันกับปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว โดยที่ประสิทธิภาพในการดูดติดผิวจะมีค่าลดลงตั้งแต่ชั่วโมงที่ 2 ถึงชั่วโมงที่ 12 ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียที่ผ่านเครื่องกรองพบว่ามีค่าลดลงจาก 11 เป็น 6.1 ในชั่วโมงที่ 1

และจะเพิ่มขึ้นในทุกชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวเป็นถ่านกัมมันต์ชนิดที่อยู่ในหมู่ฟังก์ชันออกไซด์ที่เป็นกรด จึงส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบลดลง ในช่วงแรกของการเดินระบบและจะมีค่าเพิ่มขึ้นในเวลาต่อมาซึ่งอาจเป็นเพราะว่าคุณสมบัติความเป็นกรดของถ่านกัมมันต์ลดลง

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ณ ระดับความสูง 20 30 และ 40 เซนติเมตร พบว่าประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ในการลดปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วที่ระดับความสูง 40 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพดีที่สุด (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ประสิทธิภาพการดูดติดผิวของชั้นถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่ระดับความสูง 20 30 และ 40 เซนติเมตร

### 3.3 การทดสอบประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของเปลือกไข่ร่วมกับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว

ในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองทดสอบประสิทธิภาพการดูดติดผิวของเปลือกไข่ร่วมกับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว โดยคัดเลือกระดับความสูงของเปลือกไข่ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ ที่ระดับความสูง 40 เซนติเมตร ร่วมกับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ที่ระดับความสูง 20 30 และ 40 เซนติเมตร ได้ผลดังนี้ การทดสอบประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของเปลือกไข่ที่ระดับความสูง 40 เซนติเมตร ร่วมกับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่ระดับความสูง 20 เซนติเมตร พบว่าเมื่อผ่านน้ำเสียเข้าสู่เครื่องกรองใน

ชั่วโมงที่ 1 พบว่าความเข้มข้นของตะกั่วลดลงเหลือ 0.21 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของตะกั่วเท่ากับ 67.69 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำค่าที่ได้มาพิจารณาเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียที่ผ่านเครื่องกรองด้วยเปลือกไขร่วมกับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ณ ระดับความสูงนี้ยังมีค่าเกินมาตรฐาน และมีค่าความเข้มข้นของตะกั่วสูงขึ้นจากเดิมทุกชั่วโมงจนถึงชั่วโมงที่ 12 ส่วนประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ ณ ระดับความสูงนี้จะมีค่าแปรผกผันกับปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว โดยที่ประสิทธิภาพในการดูดติดผิวจะมีค่าลดลงตั้งแต่ชั่วโมงที่ 2 ถึงชั่วโมงที่ 12 ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียที่ผ่านเครื่องกรองพบว่ามีค่าลดลงจาก 11 เป็น 6.8 ในชั่วโมงที่ 1 และจะเพิ่มขึ้นในทุกชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวเป็นถ่านกัมมันต์ชนิดที่อยู่ในหมู่ฟังก์ชันออกไซด์ที่เป็นกรดซึ่งมีอิทธิพลมากกว่าเปลือกไข จึงส่งผลทำให้คุณภาพน้ำเสียที่ออกมามีค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบลดลง ในช่วงแรกของการเดินระบบและจะมีค่าเพิ่มขึ้นในเวลาต่อมาซึ่งอาจเป็นเพราะว่าคุณสมบัติความเป็นกรดของถ่านกัมมันต์ลดลง

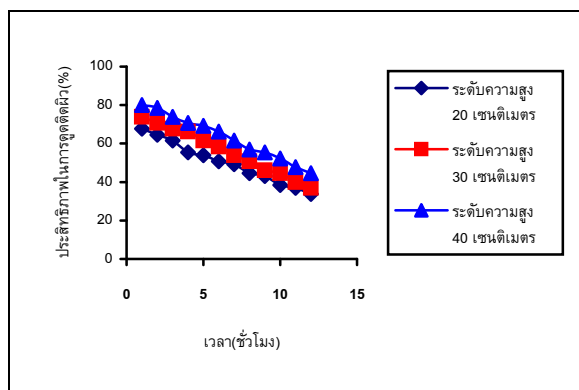
การทดสอบประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของเปลือกไขที่ระดับความสูง 40 เซนติเมตรร่วมกับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่ระดับความสูง 30 เซนติเมตร พบว่าเมื่อผ่านน้ำเสียเข้าสู่เครื่องกรองในชั่วโมงที่ 1 พบว่าความเข้มข้นของตะกั่วลดลงเหลือ 0.17 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของตะกั่วเท่ากับ 73.85 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำค่าที่ได้มาพิจารณาเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียที่ผ่านเครื่องกรองด้วยเปลือกไขร่วมกับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ณ ระดับความสูงนี้ยังมีค่าต่ำกว่า

มาตรฐาน เมื่อทำการทดลองถึงชั่วโมงที่ 3 ความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียที่ผ่านเครื่องกรองมีค่าเกินมาตรฐานโดยมีค่าเท่ากับ 0.21 มิลลิกรัมต่อลิตร (ประสิทธิภาพในการดูดติดผิวลดลงเท่ากับ 67.69 เปอร์เซ็นต์) และมีค่าความเข้มข้นของตะกั่วสูงขึ้นจากเดิมทุกชั่วโมงจนถึงชั่วโมงที่ 12 สำหรับประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ ณ ระดับความสูงนี้จะมีค่าแปรผกผันกับปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว โดยที่ประสิทธิภาพในการดูดติดผิวจะมีค่าลดลงตั้งแต่ชั่วโมงที่ 2 ถึงชั่วโมงที่ 12 ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียที่ผ่านเครื่องกรองพบว่ามีค่าลดลงจาก 11 เป็น 6.2 ใน ชั่วโมงที่ 1 และจะเพิ่มขึ้นในทุกชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวเป็นถ่านกัมมันต์ชนิดที่อยู่ในหมู่ฟังก์ชันออกไซด์ที่เป็นกรดซึ่งมีอิทธิพลมากกว่าเปลือกไข จึงส่งผลทำให้คุณภาพน้ำเสียที่ออกมามีค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบลดลง ในช่วงแรกของการเดินระบบและจะมีค่าเพิ่มขึ้นในเวลาต่อมาซึ่งอาจเป็นเพราะว่าคุณสมบัติความเป็นกรดของถ่านกัมมันต์ลดลง

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของเปลือกไขที่ระดับความสูง 40 เซนติเมตรร่วมกับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่ระดับความสูง 40 เซนติเมตร พบว่าเมื่อผ่านน้ำเสียเข้าสู่เครื่องกรองในชั่วโมงที่ 1 พบว่าความเข้มข้นของตะกั่วลดลงเหลือ 0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของตะกั่วเท่ากับ 80.00 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำค่าที่ได้มาพิจารณาเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียที่ผ่านเครื่องกรองด้วยเปลือกไขร่วมกับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ณ ระดับความสูงนี้ยังมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน เมื่อทำการทดลองถึงชั่วโมงที่ 6 ความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียที่ผ่านเครื่องกรองมีค่าเกินมาตรฐานโดยมีค่าเท่ากับ 0.22 มิลลิกรัมต่อลิตร (ประสิทธิภาพในการดูดติดผิวลดลงเท่ากับ 66.15 เปอร์เซ็นต์) และมีค่าความเข้มข้นของตะกั่วสูงขึ้นจากเดิมทุกชั่วโมงจนถึง

ชั่วโมงที่ 12 สำหรับประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของ ถ่านกัมมันต์ ณ ระดับความสูงนี้จะมีค่าแปรผกผันกับ ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว โดยที่ประสิทธิภาพในการดูดติดผิวจะมีค่าลดลงตั้งแต่ชั่วโมงที่ 2 ถึงชั่วโมงที่ 12 ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเสียที่ผ่าน เครื่องกรองพบว่ามีค่าลดลงจาก 11 เป็น 6.1 ใน ชั่วโมงที่ 1 และจะเพิ่มขึ้นในทุกชั่วโมง ทั้งนี้อาจ เนื่องมาจากถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวเป็นถ่านกัม มันต์ชนิดที่อยู่ในหมู่ฟังก์ชันออกไซด์ที่เป็นกรดซึ่งมี อิทธิพลมากกว่าเปลือกไข่ จึงส่งผลทำให้คุณภาพน้ำเสีย ที่ออกมามีค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบลดลง ในช่วง แรกของการเดินระบบและจะมีค่าเพิ่มขึ้นในเวลาต่อมาซึ่ง อาจเป็นเพราะว่าคุณสมบัติความเป็นกรดของถ่านกัม มันต์ลดลง

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของ เปลือกไข่ร่วมกับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ณ ระดับความสูงเปลือกไข่ 40 เซนติเมตรถ่านกัมมันต์จาก กะลามะพร้าว 20 เซนติเมตร เปลือกไข่ 40 เซนติเมตรถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 30 เซนติเมตร และ เปลือกไข่ 40 เซนติเมตรถ่านกัมมันต์ จากกะลามะพร้าว 40 เซนติเมตร พบว่า ประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของเปลือกไข่ร่วมกับ ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ในการลดปริมาณความ เข้มข้นของตะกั่วที่ระดับความสูงเปลือกไข่ 40 เซนติเมตรถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 40 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพดีที่สุด (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ประสิทธิภาพการดูดติดผิวของชั้นเปลือกไข่ร่วมกับชั้น ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่ระดับความสูง 20 30 และ 40 เซนติเมตร

### สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียโดย กระบวนการดูดติดผิวโดยใช้เปลือกไข่และถ่านกัมมันต์ จากกะลามะพร้าว พบว่าประสิทธิภาพในการดูดติดผิว ของเปลือกไข่ที่ระดับความสูง 20 30 และ 40 เซนติเมตรมีค่าแปรผกผันกับปริมาณความเข้มข้นของ ตะกั่ว เนื่องจากในขั้นตอนแรกโมเลกุลของตะกั่วจะ เคลื่อนที่ไปยังผิวหน้าของฟิล์มน้ำหรือโมเลกุลน้ำที่ ล้อมรอบตัวดูดติดผิวแล้วโมเลกุลของตะกั่วจะเคลื่อนที่ ข้ามผ่านฟิล์มน้ำไปยังผิวหน้าของตัวดูดติดผิวต่อมาจะ แพร่ผ่านเข้าไปภายในรูพรุนและขั้นตอนสุดท้ายโมเลกุล ของตะกั่วจะถูกดูดติดผิวบนตัวกลางในการดูดติดผิวทำให้ ประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของเปลือกไข่ลดลงเมื่อ ชั่วโมงของการบำบัดเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเสียที่ผ่านระบบการกรองด้วยเปลือกไข่ ทุกการ ทดลองมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยอาจเนื่องมาจากหมู่ไฮดรอกซิล ( $\text{OH}^-$ ) ที่ถูกใช้ในการทำปฏิกิริยาร่วมกับไบคาร์บอเนตไอออน ( $\text{HCO}_3^-$ ) ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียที่ผ่านระบบลดลงเพียงเล็กน้อย (ศิริพร, 2544) นอกจากนี้ยังพบว่าเปลือกไข่ ณ ระดับ ความสูงที่ทำการศึกษายังไม่สามารถบำบัดให้น้ำเสีย ได้ตามมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ได้ในทุกการทดสอบ

สำหรับประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของถ่านกัม มันต์จากกะลามะพร้าวที่ระดับความสูงที่ 20 30 และ 40 เซนติเมตร พบว่ามีประสิทธิภาพในการดูดติดผิว ได้ดีกว่าเปลือกไข่ ในทุกระดับความสูง ส่วนระดับ ความสูงของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่ระดับ ความสูงที่ 20 และ 30 เซนติเมตร ไม่สามารถ บำบัดน้ำเสียให้ได้ตามมาตรฐานแต่ที่ระดับความสูง 40 เซนติเมตรสามารถบำบัดน้ำเสียให้ได้ค่าต่ำกว่า มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด ไว้ที่ 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตรในชั่วโมงแรกถึงชั่วโมงที่

4 สำหรับชั่วโมงที่ 5 ถึงชั่วโมงที่ 12 ไม่สามารถบำบัดน้ำเสียได้ตามมาตรฐาน ประสิทธิภาพการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่ระดับความสูง 20 30 และ 40 เซนติเมตร มีค่าแปรผกผันกับปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว เนื่องจากในระยะแรกโมเลกุลของตะกั่วจะเคลื่อนที่ไปเกาะอยู่รอบนอกของถ่านกัมมันต์ ต่อมาโมเลกุลของตะกั่วจะฟุ้งกระจาย (Diffusion) เข้าไปในรูพรุนของเม็ดถ่านกัมมันต์ (Palut,2000) จึงอาจทำให้ประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ลดลงเมื่อชั่วโมงของการบำบัดเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความเป็นกรด-ต่างของน้ำเสียที่ผ่านระบบการกรองด้วยถ่านกัมมันต์มีค่าลดลง อาจเนื่องมาจากถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่ได้จากการคั่วอาจเป็นถ่านกัมมันต์ชนิดที่อยู่ในหมู่ฟังก์ชันออกไซด์ที่เป็นกรด จึงส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ต่างของระบบลดลงในช่วงแรกของการเดินระบบและจะมีค่าเพิ่มขึ้นจนเท่ากับน้ำเสียเข้าระบบในระยะเวลาต่อมาซึ่งอาจเป็นเพราะว่าคุณสมบัติความเป็นกรดของถ่านกัมมันต์ลดลง

เมื่อทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วโดยใช้เปลือกไข่ที่ระดับความสูงที่ 40 เซนติเมตรร่วมกับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่ระดับความสูงที่ 20 เซนติเมตร พบว่าไม่สามารถบำบัดน้ำเสียได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม เมื่อทดสอบโดยใช้เปลือกไข่ที่ระดับความสูง 40 เซนติเมตร ร่วมกับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่ระดับความสูง 30 เซนติเมตร พบว่า สามารถบำบัดน้ำเสียได้ตามมาตรฐานในชั่วโมงแรกกับชั่วโมงที่ 2 และค่าความเข้มข้นของตะกั่วเริ่มมีค่าเกินมาตรฐานตั้งแต่ชั่วโมงที่ 3 เป็นต้นไป และเมื่อทำการทดสอบโดยใช้เปลือกไข่ที่ระดับความสูง 40 เซนติเมตรร่วมกับถ่านกัมมันต์ที่ระดับความสูง 40 เซนติเมตร พบว่า สามารถบำบัดน้ำเสียได้ตามมาตรฐานในชั่วโมงแรกถึงชั่วโมงที่ 5 ค่าความเข้มข้นของตะกั่วจะมีค่ามากขึ้นตั้งแต่ชั่วโมงที่ 6 จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของเปลือกไข่ร่วมกับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ที่ระดับความสูงของเปลือกไข่ 40 เซนติเมตรถ่านกัม

มันต์ 40 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วได้ดีที่สุด และพบว่าประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของเปลือกไข่ร่วมกับถ่านกัมมันต์มีค่าแปรผกผันกับปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในทุกการทดสอบ ส่วนค่าความเป็นกรด-ต่างของน้ำเสียที่ผ่านเครื่องกรองด้วยถ่านกัมมันต์ในทุกการทดสอบมีค่าลดลง ซึ่งอาจเนื่องมาจากถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่ใช้ในการทดสอบเป็นถ่านกัมมันต์ชนิดที่อยู่ในหมู่ฟังก์ชันออกไซด์ที่เป็นกรดและมีอิทธิพลมากกว่าเปลือกไข่จึงส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ต่าง ของระบบลดลงในช่วงแรกของการเดินระบบและมีค่าเพิ่มขึ้นจนเท่ากับน้ำเสียเข้าระบบในระยะเวลาต่อมาซึ่งอาจเป็นเพราะว่าคุณสมบัติความเป็นกรดของถ่านกัมมันต์ลดลง

#### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้มอบทุนเพื่อนำมาใช้ในการศึกษาวิจัย และบริษัท สยาม ยีเอส แบทเตอร์รี่ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์น้ำเสียตะกั่ว เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาและได้ให้คำปรึกษาต่างๆ ที่มีส่วนทำให้โครงงานฉบับนี้ได้เสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณอาจารย์สุจยา ฤทธิศร และคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรม สิ่งแวดล้อม ที่ได้ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางที่เป็นประโยชน์แก่คณะผู้วิจัยจนกระทั่งสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์

#### เอกสารอ้างอิง

- ศิริพร เฝ้าพงษ์จันทร์. 2544. การพัฒนาวัสดุดูดซับจากเปลือกไข่เพื่อกำจัดโครเมียม, น.14-26. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- Mattson, J. S. and Mark, H. B. 1971. Activated carbon surface chemistry and adsorption from solution. New York : Marcel Dekker, Inc.
- Palut Sopanakijkosol. 2000. Production of Activated Carbon form Coconut Shell for Adsorption

Chromium (VI). 33-47. Master of Engineering.  
Bangkok.

Peternele, W. S., Winkler-Hechenleitner A. A. and  
Pineda, E. A. G. 1999. Adsorption of Cd (II)  
and Pb (II) onto functionalized formic lignin from  
sugar cane bagasse. *Bioresource Technology* 68  
(1) : 95-100.