



การกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียโดยใช้เปลือกกล้วย

บรรณาพ ไชยวิเศษ

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

พ.ศ. 2549

สิ่งพิมพ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



LEAD (PB II) REMOVAL FROM WASTE WATER BY BANANA PEEL

JANYAPRON CHAIVISET

**AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING**

MAJOR IN ENVIRONMENTAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

UBON RAJATHANE UNIVERSITY

YEAR 2006

COPYRIGHT OF UBON RAJATHANE UNIVERSITY



ใบรับรองการทันคนค้าอิสระ¹
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง การกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียโดยใช้เปลือกถั่วย

ผู้จัด นางจารยาพร ไชยวิเศษ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

.....

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ แก้วสาร)

.....

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัฒนพงษ์ มัตรชาต)

.....

กรรมการ

(นางสาวฝนทอง สุจิวัฒนา)

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สถาพร โภคาก)

คณบดี

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี รับรองแล้ว

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.ประกอบ วิโรจน์ฤทธิ์)

อธิการบดี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2549

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระในครั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ บุคคลผู้ชี้ให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา และกำลังใจในการค้นคว้าอิสระครั้งนี้สำเร็จด้วยดี

ขอขอบคุณท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ แก้วสาร อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ที่ให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการ ตรวจสอบความสมบูรณ์ของเนื้อหา และแนะนำในการปฏิบัติงานตลอดจนอำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการปฏิบัติงาน อีกทั้งได้ให้คำสั่งสอนทั้งความรู้ที่มีอยู่ในตำราเรียน และนออกตำราเรียน จนกระทั่งการค้นคว้าอิสระสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัฒน์พงษ์ มัตรราช คณะกรรมการที่ปรึกษา การค้นคว้าอิสระ ที่ให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการ อนุเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องที่เป็นประโยชน์สำหรับการดำเนินงานวิจัย จนกระทั่งการค้นคว้าอิสระในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณท่านอาจารย์ฟันทอง สุจิวัฒนา คณะกรรมการที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ที่ได้สละเวลาอันมีค่า เพื่อเป็นกรรมการในการค้นคว้าอิสระครั้งนี้ และให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการ และแนะนำในการปฏิบัติงาน จนการค้นคว้าอิสระสำเร็จด้วยดี

ขอขอบคุณท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมกพ สนองรายภู ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาดา สนองรายภู และผู้ช่วยศาสตราจารย์พุทธพร แสงเทียน ที่ได้ประสิทธิ์ประสานวิชาความรู้ ให้คำสั่งสอนความรู้ที่มีอยู่ในตำราเรียนและนออกตำราเรียน จนสามารถนำมาใช้กับการค้นคว้าอิสระครั้งนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวารมณ์ทุกคน ที่ให้ความอนุเคราะห์ ด้านสถานที่ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ ใน การปฏิบัติงาน

ขอขอบคุณสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12 ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ ในการปฏิบัติงานวิจัยครั้งนี้ สำเร็จลุล่วง ได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณดวงดาว สัตยาฤทธิ์ คุณสุควรัตน์ สมจันทร์ และคุณวิลาสินี ภาระวงศ์ ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้ห้องปฏิบัติการ ตลอดจนการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ ในการทำการวิจัย สุดท้ายนี้ผู้จัดทำ ไคร์อกรามของบุรุษบุพการี ที่ให้ความรักกำลังใจ ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือมาโดยตลอด จนกระทั่งการค้นคว้าอิสระครั้งนี้สำเร็จด้วยดี


(นางจารยาพร ไชยวิเศษ)

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง	: การกำจัดตะกั่วออกจากร่างกายโดยใช้เปลือกกล้วย
โดย	: บรรยายพร ไชยวิเศษ
ชื่อปริญญา	: วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	: วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ แก้วสาร
ศัพท์สำคัญ	: ตะกั่ว ชีวนวลด การดูดซับ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาความสามารถของเปลือกกล้วยในการกำจัดตะกั่ว วาเลนซ์ +2 ในน้ำเสีย เปลือกกล้วยที่นำมาศึกษามี 3 แบบ คือ แบบที่หนึ่งเป็นเปลือกกล้วยดิน แบบที่สองเป็นแบบเปลือกกล้วยอบแห้งยาว 2.5 เซนติเมตร แบบที่สามเป็นเปลือกกล้วยแบบอบแห้งคละเอียด รูปแบบของการทดลองเป็นแบบง่าย (batch study) การศึกษาแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรก ศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ เพื่อนำมาใช้ในการกำจัดตะกั่ว ที่มีความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ขั้นที่สอง เป็นการศึกษาประสิทธิภาพที่ระดับพื้นฐาน และระยะเวลาสัมผัสต่าง ๆ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณที่เหมาะสมของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ สำหรับการกำจัดตะกั่วที่มีความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตรในน้ำเสีย คือ ปริมาณ 150 กรัมต่อลิตร โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วร้อยละ 85.92, 91.75, 95.88 ตามลำดับ สภาวะที่เหมาะสมของเปลือกกล้วยทั้งสามแบบ สำหรับการกำจัดตะกั่ว คือ ระดับพื้นฐาน 4 และระยะเวลาสัมผัส 60 นาที โดยประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยแบบอบแห้งคละเอียด ให้ค่าประสิทธิภาพสูงที่สุด คือ ร้อยละ 98.12 ขณะที่แบบอบแห้งยาว 2.5 เซนติเมตร และแบบดิน ให้ค่าประสิทธิภาพ การกำจัดร้อยละ 93.06 และ 92.5 ตามลำดับ

ABSTRACT

TITLE : LEAD (Pb II) REMOVAL FROM WASTE WATER
BY BANANA PEEL.

BY : JANYAPRON CHAIVISET

DEGREE : MASTER OF ENGINEERING

MAJOR : ENVIRONMENTAL ENGINEERING

CHAIR : ASST. PROF. PAIRAT KAEWSARN, Ph.D.

KEYWORDS : LEAD / BIOMASS / BIOSORPTION

The purpose of this study the efficiency by use of banana peel three the biosorbent,for lead (PbII) removal from wastewater. Batch experiment was used for this study. Factors which included with the study were amount of banana peels at equilibrium, the effect of pH, contact time, temperature, agitation rate for lead (PbII) removal from waste waters. The results also showed 150 g/l of three different banana peel were used to remove lead (PbII) from aqueous solutions and their efficiency lead (PbII) removal from waste waters at the 85.92%, 91.75% and 95.88%, for raw banana peel, dry banana peel and powder banana peel, respectively. A rapid adsorption, within the first 60 min contact time was observed. The highest equilibrium sorption capacities for Pb (II) were observed at pH 4, removal efficiencies of about 98.21% for powder banana peel, 93.06% for dry banana peel 93.06% and 92.5% for raw banana peel by at an agitation rate of 200 rpm and at temperature of 25 °c.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่	ณ
1. บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น	3
1.5 นิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	3
1.6 ขั้นตอนการทำงาน	3
1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ	4
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 นิยามของโลหะหนัก	5
2.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี	5
2.1.2 การใช้ตัวกั่วในงานอุตสาหกรรม	6
2.1.3 ทางเข้าสู่ร่างกายของตัวกั่ว	6
2.1.4 ผลกระทบต่อสุขภาพ	6
2.1.5 ผลกระทบสู่สิ่งแวดล้อม	7
2.2 วิธีการกำจัดโลหะหนัก	8
2.2.1 การแยกเปลี่ยนประจำ	8
2.2.2 ปฏิกริยาตัดซึ้น	8
2.2.3 ปฏิกริยาออกซิเดซึ้น	9
2.2.4 การดูดติดผิว	9

สารบัญ (ต่อ)

หน้า	
10	2.2.5 การตกตะกอนทางเคมี
12	2.3 ทฤษฎีการดูดซับหรือดูดติดผิว
12	2.3.1 วัสดุดูดซับ
12	2.3.2 ลักษณะ หรือรูปแบบของการดูดซับ
13	2.3.3 ขั้นตอนการดูดซับ
13	2.3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดติดผิว
15	2.4 ประเภทของสารดูดซับ
15	2.4.1 ประเภทสารอินทรีย์
15	2.4.2 แอลกอฮอล์เต็คสารบอน
15	2.4.3 ประเภทสารอินทรีย์สังเคราะห์
15	2.5 การเลือกซับไอลอ่อนโลหะหนักของสารดูดซับ
16	2.6 การดูดซับโลหะหนักของเปลือกกล้วย
16	2.7 องค์ประกอบในเซลพีช
16	2.7.1 เซลลูโลส
17	2.7.2 เอลิเซลลูโลส
17	2.7.3 ลิกนิน และเทนนิน
17	2.8 กล้วย
18	2.8.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกล้วย
19	2.8.2 องค์ประกอบในเด่นไขกล้วย
19	2.9 บทสรุป
3. วิธีดำเนินการวิจัย	
20	3.1 รูปแบบการวิจัย
20	3.2 สิ่งที่ทดลอง และกลุ่มตัวอย่าง
21	3.3 ตัวแปรที่ศึกษา และการวัดตัวแปร
21	3.3.1 ตัวแปรคงที่
21	3.3.2 ตัวแปรอิสระ
21	3.3.3 ตัวแปรตาม
21	3.4 การเตรียมการดูดซับและนำเสียที่ใช้ทดลอง

สารบัญ (ต่อ)

หน้า	
21	3.4.1 การเตรียมการคูดซับ
22	3.4.2 การเตรียมน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง
22	3.5 สารเคมี เครื่องมือ และอุปกรณ์
22	3.5.1 สารเคมี
22	3.5.2 เครื่องมือ
22	3.5.3 อุปกรณ์
23	3.6 วิธีดำเนินการทดลอง
23	3.6.1 การศึกษาเบื้องต้น
23	3.6.2 การทดลองชุดที่ 2
24	3.6.3 การหาประสิทธิภาพของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ ในการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียที่ระยะเวลาสัมพัสด์ต่าง ๆ
24	3.6.4 การหาประสิทธิภาพของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ ในการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียที่ความเร็วอบต่าง ๆ
25	3.6.5 การหาประสิทธิภาพของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ ในการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียที่อุณหภูมิต่าง ๆ
26	3.7 สถานที่ในการทดลอง
4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
29	4.1 การศึกษาเบื้องต้นทางปริมาณที่เหมาะสม
30	4.2 ผลของค่าพีเอชที่เหมาะสมในการจำกัดตะกั่วของเปลือกกล้วย ทั้ง 3 แบบ
32	4.3 ผลของระยะเวลาสัมพัสด์ที่เหมาะสมในการจำกัดตะกั่วของ เปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ
35	4.4 ผลของความเร็วอบที่เหมาะสมในการจำกัดตะกั่วของ เปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ
37	4.5 ผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการจำกัดตะกั่วของเปลือกกล้วย ทั้ง 3 แบบ
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
40	5.1 สรุปผลการวิจัย

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.1.1 การศึกษาเบื้องต้นหาปริมาณที่เหมาะสม ของเพลี้อกรถล้อทั้ง 3 แบบ	40
5.1.2 ผลกระทบค่าพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่ว ของเพลี้อกรถล้อทั้ง 3 แบบ	40
5.1.3 ผลกระทบระยะเวลาสัมผัสที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่ว ของเพลี้อกรถล้อทั้ง 3 แบบ	41
5.1.4 ผลกระทบความเร็วรอบที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่ว ของเพลี้อกรถล้อทั้ง 3 แบบ	41
5.1.5 ผลกระทบอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วของ เพลี้อกรถล้อทั้ง 3 แบบ	41
5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัย	41
5.3 แนวทางการนำไปใช้	42
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก	
ก ตารางแสดงข้อมูลและผลการทดลอง	47
ข หลักการและวิธีการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว	61
ค ผลงานทางวิชาการ	64
ประวัติผู้วิจัย	81

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 องค์ประกอบต่าง ๆ ในเส้นไขกล้วย	19
4.1 ตารางแสดงประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว ที่ปริมาณต่าง ๆ ของเปลือกกล้วยน้ำว้าทั้ง 3 แบบ ณ เวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง	28
4.1 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่วกับปริมาณต่าง ๆ ของเปลือกกล้วยน้ำว้าทั้ง 3 แบบ	29
4.2 ตารางแสดงประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยแบบต่าง ๆ ณ ระดับพีอีอช 2 ถึง พีอีอช 6	32
4.2 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว หลังจากผ่านการคุณชันด้วยเปลือกกล้วยน้ำว้าทั้ง 3 แบบ ระดับพีอีอช 2 ถึง 6	32
4.3 ตารางประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยน้ำว้าทั้ง 3 แบบ ที่ระยะเวลาสัมผัสด่าง ๆ	33
4.3 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่วหลังจากผ่านการคุณชันด้วยเปลือกกล้วยน้ำว้าทั้ง 3 แบบ ที่ระยะเวลาสัมผัสด่าง ๆ	33
4.4 ตารางแสดงประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยน้ำว้าทั้ง 3 แบบ ที่ความเร็วอบต่าง ๆ ณ ระดับพีอีอช 4	35
4.4 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่วหลังจากผ่านการคุณชันด้วยเปลือกกล้วยน้ำว้าทั้ง 3 แบบ ที่ความเร็วอบต่าง ๆ ณ ระดับพีอีอช 4	35
4.5 ตารางแสดงประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยน้ำว้าทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ณ ระดับพีอีอช 4	38
4.5 ตารางแสดงค่าความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่วหลังจากผ่านการคุณชันด้วยเปลือกกล้วยน้ำว้าทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ณ ระดับพีอีอช 4	38

สารนัญภาพ

	หน้า
ภาพที่	
2.1 กล้อง	18
4.1 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว ที่ปริมาณต่าง ๆ ของเปลือกกล้วยนำ้ำว้าทั้ง 3 แบบ ณ เวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง	29
4.2 ค่าความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่วกับปริมาณต่างๆ ของเปลือกกล้วยนำ้ำว้า ทั้ง 3 แบบ ณ เวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง	29
4.3 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยนำ้ำว้าทั้ง 3 แบบ ณ ระดับพีอีอช 2 ถึงพีอีอช 6	31
4.4 ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว ณ ระดับพีอีอช 2 ถึงพีอีอช 6 ของเปลือกกล้วย ทั้ง 3 แบบ	32
4.5 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยนำ้ำว้าทั้ง 3 แบบ ที่ระยะเวลา สัมผัสด้วยกัน	34
4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว ที่ระยะเวลา สัมผัสด้วยกัน	34
4.7 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยนำ้ำว้าทั้ง 3 แบบ ที่ความเร็ว รอบต่าง ๆ ณ ระดับพีอีอช 4	36
4.8 ค่าความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ณ ระดับพีอีอช 4	37
4.9 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยนำ้ำว้าทั้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ณ ระดับพีอีอช 4	38
4.10 ค่าความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ณ ระดับพีอีอช 4	39

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิต น้ำถูกนำมาใช้ในการอุปโภคและบริโภคในครัวเรือน การเกษตร และการอุตสาหกรรม เมื่อใช้แล้วจะถูกปล่อยทิ้งออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ในลักษณะของน้ำเสียที่มีปริมาณมากเกินขีดความสามารถที่แหล่งน้ำธรรมชาติจะปรับตัวได้ทัน ทำให้แหล่งน้ำมีคุณภาพเลวลง และในที่สุดกลายเป็นน้ำเน่าเสีย สิ่งที่มีชีวิตที่เคยอาศัยอยู่ในน้ำ ไม่อาจดำรงชีวิตอยู่ต่อไปได้อีก (นิรุต ฤทธผล, 2539)

ในปัจจุบันปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมนับวันยิ่งทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำเสียซึ่งปล่อยลงสู่แหล่งน้ำต่างๆ จากความก้าวหน้าทางด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และเทคโนโลยีที่กำลังดำเนินไปอย่างไม่หยุดยั้ง ได้มีการใช้โลหะหนักตะกั่วกันแพร่หลาย เช่น อุตสาหกรรมสี อุตสาหกรรมยางยนต์ รวมถึงยังเป็นสารประกอบที่ใช้ในห้องปฏิบัติการต่างๆ

ในการบำบัดน้ำทิ้งที่มีโลหะหนักปนเปื้อนมีหลายวิธี ทั้งวิธีทางเคมี ชีวิทยา พิสิ吉ส์ หรือพิสิ吉ส์และเคมีร่วมกันวิธีการต่างๆ เหล่านี้ ได้แก่ การตกตะกอนทางเคมี (chemical precipitation) การเกิดปฏิกิริยาทางเคมี (chemical reaction) ทั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน (oxidation and reduction) การอสโนซิสข้อนกลับ (reveres osmosis) การใช้ไฟฟ้า (electrodialysis) การระเหยกลาญเป็นไอก (evaporation) การแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchange) การดูดซับหรือการดูดติดผิว (adsorption) รวมถึงการดูดซับด้วยวัสดุทางธรรมชาติ (biosorption) เป็นต้น

วิธีการต่างๆ ที่ได้ก่อ威名ขึ้นต้นล้วนแต่เป็นวิธีการที่สามารถกำจัดโลหะหนักได้ แต่ต้องมีค่าใช้จ่ายสูงและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การดูดซับด้วยวัสดุทางธรรมชาติที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร อาจมีความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานค่อนข้างสูง จึงเป็นข้อจำกัดสำคัญของการกำจัดพัฒนา ซึ่งมักจะประสบปัญหาด้านการลงทุน

ดังนั้น จึงได้มีการศึกษาแบบจำลอง และวิธีการที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวิธีการกำจัดโลหะหนักที่ปัจจุบันนี้ โดยการนำวัสดุทางธรรมชาติที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ วัสดุดังกล่าว ได้แก่ เปลือกไม้ เปลือกหอย กากชา ผักตบชวา ขี้เลื่อย หูปูถาน แกلن พังข้าว และชานอ้อย ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุดังกล่าวมีองค์ประกอบของ

เซลลูโลส ลิกนิน แทนนิน ซึ่งภายในโครงสร้างเหล่านี้ประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชัน ได้แก่ หมู่ไฮดรอกซิลิก หมู่พิโนดิก หมู่เมทอกซิล ที่มีคุณสมบัติในการแตกเปลี่ยนไออกอน และสามารถดูดจับกันไออกอนของโลหะหนักในน้ำเสียได้

การวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้เปลือกกล้วยน้ำว้ามาเป็นวัสดุดูดซับโลหะตะกั่วในน้ำเสีย สังเคราะห์ ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร ซึ่งมีองค์ประกอบของเซลลูโลส เอมิเซลลูโลส และแทนนิน เป็นองค์ประกอบหลัก อีกทั้งยังไม่มีผู้ทำการศึกษาวิจัยโดย การนำเปลือกกล้วยน้ำว้ามาใช้ดูดซับโลหะตะกั่วมาก่อน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาพัฒนาเป็นสารดูดซับโลหะตะกั่วที่มีประสิทธิภาพในการนำบัดโลหะหนักในน้ำเสีย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเปลือกกล้วยน้ำว้ามาใช้ในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์

1.2.2 ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยน้ำว้าแบบดิบ แบบแห้ง แบบแห้งบดละเอียด

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 การวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้เปลือกกล้วยน้ำว้าแบบดิบ แบบแห้ง แบบแห้งบดละเอียด

1.3.2 น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้เป็นน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีตะกั่ววาราเคนซี +2 โดยให้มีค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วที่ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร และรูปแบบการศึกษาเป็นแบบทีละเท (batch study)

1.3.3 ระดับพิอเซริ่มต้นที่ทดลองจะแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ 2, 3, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ

1.3.4 ระยะเวลาสัมผัสที่ทดลองจะแบ่งเป็น 9 ระดับ ที่เวลา 5, 10, 15, 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที ตามลำดับ

1.3.5 ผลของอุณหภูมิแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

1.3.6 ผลของความเร็วอบแบ่งเป็น 3 ระดับ 100 rpm, 150 rpm และ 200 รอบต่อนาที ตามลำดับ

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.4.1 น้ำเสียสังเคราะห์สำหรับใช้ในงานวิจัยนี้ ใช้สารประกอบ Lead (II) Nitrate $Pb(NO_3)_2$ ชนิด บีท์อัมเมอร์ Merck

1.4.2 เมื่อจากการวิจัยนี้เป็นการดูดซับ (Adsorption) ตะกั่ว ซึ่งพิจารณาสารดูดซับ (เส้นใยจากเปลือกถั่วน้ำวัว) ที่อยู่ในรูปของแข็ง (solid phase) กับสารถูกดูดซับ (ตะกั่ว+2) ที่อยู่ในรูปสารละลาย (solution phase) ดังนี้ในการวิจัยจะไม่ทำการปรับเพิ่อของน้ำเสียให้มากกว่าเพิ่อช 6 เพื่อป้องกันการเกิดตะกอนของโลหะตะกั่ว เมื่อจากระดับเพิ่อชที่สูงขึ้นทำให้ความสามารถในการละลายของตะกั่วจะลดลง และตะกั่วสามารถตกตะกอนเป็นตะกอนของตะกั่ว $Pb(OH)_2$ ที่ระดับเพิ่อชตั้งแต่ 10 ขึ้นไป

1.5 นิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

1.5.1 น้ำเสียสังเคราะห์ หมายถึง น้ำเสียที่ได้จากการเตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการ

1.5.2 การทดลองแบบทิลลส์ (batch study) หมายถึงการทดลองเป็นชุด ๆ ซึ่งในแต่ละชุดไม่เกี่ยวนেื่องกัน

1.5.3 สารดูดติดผิว (adsorbent) หมายถึง สารที่ทำหน้าที่ในการดูดซับ ดูดติด หรือจับโลหะหนักในน้ำเสีย

1.5.4 เส้นใยจากเปลือกถั่ว หมายถึง การนำเอาเปลือกถั่วนำมาผ่านกระบวนการอบแห้ง บดสับให้ละเอียด แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh

1.5.5 โลหะหนักตะกั่ว หมายถึง ตะกั่วที่อยู่ในน้ำเสีย มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L)

1.5.6 ประสิทธิภาพการทำจัด หมายถึง ความสามารถของเส้นใยจากเปลือกถั่วน้ำวัวในการดูดซับโลหะหนักออกจากน้ำ โดยคิดเป็นร้อยละของการกำจัด (% removal)

$$\text{ร้อยละของการกำจัดโลหะหนัก} = \frac{(\text{ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียก่อนการดูดซับ} - \text{ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียหลังการดูดซับ}) * 100}{\text{ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียก่อนการดูดซับ}}$$

1.6 ขั้นตอนของการทำงาน

1.6.1 ศึกษาและรวบรวมผลการศึกษาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน

1.6.2 จัดเตรียมเครื่องมือและสารละลายที่ใช้ในการทดลอง

1.6.3 ดำเนินการทดลองและรวบรวมข้อมูลจากการทดลองต่าง ๆ

1.6.4 วิเคราะห์และสรุปผลของการทดลองพร้อมทั้งข้อเสนอแนะต่าง ๆ

1.6.5 จัดทำรูปเด่นรายงานแนะนำเสนอผลงานการค้นคว้า

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.7.1 ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่ว โดยใช้สีน้ำเงินเปลือกกล้วยนำร่องเป็นสารดูดซับ

1.7.2 ทำให้ทราบถึงสภาพที่เหมาะสมได้แก่ ระดับพื้นดิน ระยะเวลาสัมผัส อุณหภูมิความเร็วของเครื่องเบ่าสารเคมี ในการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียของเปลือกกล้วยนำร่อง

1.7.3 เป็นทางเลือกหนึ่งในการนำเอาระบบเหลือทิ้งจากการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาครั้งนี้โดยจะกล่าวตื้นๆ เต่อความหมายของโลหะหนัก พลกระเบนของตะกั่วที่มีต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิต การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียด้วยวิธีการต่างๆ

2.1 นิยามของโลหะหนัก

โลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5 ขึ้นไป มีเลขอะตอมอยู่ระหว่าง 23 – 92 ภายในควบคุมที่ 4 – 7 ของตารางธาตุ มีจำนวนทั้งสิ้น 68 ธาตุ มีสถานะเป็นของแข็ง (ยกเว้น proto) เป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ) มีคุณสมบัติทางกายภาพ คือ นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดีเป็นมัน วา สะท้อนแสง เหนียวแน่นมากตีเป็นแผ่นบางๆ ได้ คุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญคือ มีค่าออกซิเดชันได้ หลายค่า โลหะหนักสามารถรวมตัวกับสารอื่นๆ เป็นสารประกอบเชิงซ้อนได้หลายรูปที่เสถียรกว่า โลหะอิสระ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อร่วมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ เป็นสารประกอบอินทรีย์โลหะ (Organometallic compound) ซึ่งเป็นพิษ และสามารถถ่ายทอดเข้าสู่สิ่งมีชีวิตได้ โดยผ่านไปตาม ห่วงโซ่ออาหาร ความเป็นพิษของโลหะหนักหลายชนิด เป็นอันตรายร้ายแรง เมื่อมีการสะสม ในร่างกายของมนุษย์ อาจมีผลทำให้พิการ หรือเสียชีวิตได้ โลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อกائنพืชของ มนุษย์หรือสิ่งแวดล้อมที่สำคัญมีหลายชนิด แต่ในการศึกษาวิจัยนี้จะกล่าวเพียงโลหะตะกั่วที่ผู้ ศึกษาจะทำการศึกษาวิจัย สาเหตุที่เลือกจะศึกษา เพราะ โลหะตะกั่วนักจะถูกนำมาเกี่ยวข้องกับการ ใช้ในงานอุตสาหกรรมอีเล็กทรอนิก และคอมพิวเตอร์ การเคลือบสารตะกั่ว การบัคกรีตะกั่ว การเติมน้ำมัน ผู้ศึกษาจึงต้องการศึกษาการใช้เปลือกกลวยที่มีอยู่ทั่วไปนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ก่อนที่จะกล่าวถึงขั้นตอนการทำจะกล่าวถึงคุณสมบัติของโลหะตะกั่ว พร้อมทั้งพลกระเบน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของตะกั่ว

โลหะตะกั่วส่วนใหญ่จะพบในรูปของโลหะเนื้ออ่อนนุ่มสามารถยืดได้ตະกຳເປັນ ธาตุในหมู่ VIII เลขอะตอม 46 มีน้ำหนักอะตอม 207.2 จุดหลอมเหลว $1,554.9^{\circ}\text{C}$ จุดเดือด $2,963^{\circ}\text{C}$ เป็นธาตุโลหะ เนื้ออ่อนนุ่มน้ำสามารถยืดได้ เมื่อตัดใหม่ๆ จะมีเสียงน้ำเงิน แต่เมื่อถูกกับ อากาศสีจะเปลี่ยนเป็นสีเทา มีวิวัฒนาการ +2 , และ +4

2.1.2 การใช้ตะกั่วในงานอุตสาหกรรม

ตะกั่วใช้นำกในงานอุตสาหกรรมเคมีเพื่อป้องกันการกัดกร่อน แผ่นกรองในอุตสาหกรรมรดยนต์ ทำถูกปืนจากกั้นสารกัมมันตรังสี ซึ่งสารประกอบชนิดอนินทรีย์ของตะกั่วที่ใช้ได้แก่ ตะกั่วโมนออกไซด์ (Lead monoxide) ใช้ในอุตสาหกรรมสี โดยใช้เป็นสารสีเหลืองผสมสีทาบ้าน ตะกั่วไดออกไซด์ (Leadred dioxide) ใช้ทำเป็นข้าวอิเล็กโทรดของแบตเตอรี่รดยนต์ และเครื่องจักร ตะกั่วออกไซด์ หรือตะกั่วทองแดง (Leadred oxide) ใช้ในอุตสาหกรรมแบตเตอรี่ สีทาโลหะเพื่อกันสนิม เครื่องแก้ว ย่าง และเครื่องเคลือบ สารประกอบของเกลือตะกั่ว คุณสมบัติมีสีต่างๆ กัน จึงนิยมใช้เป็นแม่สี หรือสีผสมในอุตสาหกรรมสี เช่น ตะกั่วเหลือง (Lead cromate) ตะกั่วขาว (Lead carbonate) ตะกั่วชัลไฟต์ (Lead sulfate) ใช้ในอุตสาหกรรมสีและหมึกพิมพ์ ตะกั่วอะซิเทต (Lead acetate) ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ครีมใส่ผุ้

สารประกอบอินทรีย์ของตะกั่ว ได้แก่ เตตราเอธิลเดด (Tetramethyl lead) และเตตราเมทธิลเดด (Tetramethyl lead) โดยใช้เป็น "สารกันน็อก" หรือสารป้องกันการกระตุกของเครื่องยนต์เวลาทำงาน โดยใช้ผสมในน้ำมันเบนซินเพื่อให้เชื้อเพลิงมีค่าออกเทนสูงขึ้น

2.1.3 ทางเข้าสู่ร่างกาย

2.1.3.1 การหายใจאוคันของตะกั่วขณะที่บดกรีข้าวอิเล็กโทรดของแบตเตอรี่รดยนต์ และเครื่องจักร หรือขณะทำงานในอุตสาหกรรมสี

2.1.3.2 ทางผิวหนัง จากการสัมผัสสารประกอบตะกั่ว ผู้ที่มีโอกาสได้รับตะกั่วทางผิวหนังได้แก่ คนงานที่ทำงานในปืนน้ำมัน ช่างซ่อมเครื่องยนต์ เนื่องจากในอุตสาหกรรมน้ำมันมีการเติม เตตราเอธิลเดด (Tetraethyl lead) หรือ เตตราเมทธิลเดด (Tetramethyl lead) ผสมในน้ำมันเบนซิน

2.1.3.3 การดูดซึมจากระบบทางเดินอาหาร ตะกั่วจะปนเปื้อนในอาหาร น้ำ เครื่องดื่ม ยาสมุนไพรแผนโบราณและภาชนะเครื่องใช้ พบร่วมรอยละ 70-85 ของตะกั่วที่เข้าสู่ร่างกายคนปกติได้จากการ

2.1.4 ผลกระทบต่อสุขภาพ

2.1.4.1 อาการทางระบบทางเดินอาหาร พบร่วมอยู่ในผู้ไข้ใหญ่ โดยเริ่มจากมีอาการเบื้องต้น คลื่นไส้ อาเจียน ท้องผูก บางรายมีอาการท้องเสีย อาการที่ลำบาก คือ ปวดท้องอย่างรุนแรงมาก ที่เรียกว่า "โคลิก" เป็นสาเหตุให้ผู้ป่วยมาโรงพยาบาลผู้ป่วยอาจปวดท้องจนดีดดันตัวอง

2.1.4.2 อาการทางระบบประสาทส่วนปลาย ผู้ป่วยจะมีอาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อแขนและขา บางครั้งมีอาการปวดตามกล้ามเนื้อ และข้อต่อต่างๆ ถ้าร่างกายได้รับตะกั่วปริมาณมากๆ เป็นเวลานาน อาจทำให้เกิดอัมพาตของกล้ามเนื้อได้

2.1.4.3 อาการทางสมอง เป็นอาการแสดงที่พบว่าrunแรงที่สุด มักพบในเด็กที่ได้รับตะกั่วนินทรีย์ หรือสูดเอาไว้และละของผู้คนตะกั่วเข้าไปมาก สำหรับผู้ใหญ่พบได้น้อยโดยมากเกิดจากตะกั่วนินทรีย์

2.1.4.4 อาการทางโลหิต ผู้ป่วยมักจะมีอาการซีดเลือดจาง อ่อนเพลีย นอกจากอาการดังกล่าวแล้วผู้ป่วยมักมีอาการปวดศีรษะ มึนงง ในรายที่เป็นเรื้อรัง พบว่ามีอาการตัวเหลือง ได้ด้วย

2.1.5 ผลกระทบที่เกิดจากการปนเปื้อนของตะกั่วสู่สิ่งแวดล้อม

ตะกั่ว เป็นโลหะหนักและมีความเป็นพิษมาก สารตะกั่วที่พบจะอยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์ เช่น ในteredคอลเรท และสารประกอบอนินทรีย์ซึ่งใช้เป็นสารเติมในน้ำมันเชื้อเพลิง เช่น เบนซิน สารตะกั่วในบรรยายอาหารมาจากตะกั่วที่ใช้ผสม ในน้ำมันเบนซินเพื่อใช้ในการจุดระเบิดของน้ำมัน เมื่อน้ำมันเผาไหม้ใน รถขันต์สารตะกั่วจะออกมากับไอเสีย สารประกอบตะกั่วในน้ำมัน สามารถแพร่กระจายไปได้ไกลหลายกิโลเมตร และอาจทำให้สิ่งแวดล้อมในบริเวณที่อยู่ห่างไกลความจริงเกิดการปนเปื้อนได้ นอกจากนี้ สารตะกั่วสามารถถูกชะล้างออกจากบรรยายอาหารได้โดย ฟัน สารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ด้วยการบริโภคอาหาร น้ำ หรือหายใจ เอ่าอากาศที่มีสารตะกั่วเจือปนเข้าไป ในบางกรณีร่างกายอาจดูดซึมตะกั่วนินทรีย์ที่ไม่ใช่สารตะกั่ว ในบรรยายอาหารเข้าทางผิวหนังได้สารตะกั่วนีพิษมาก โดยเฉพาะในเด็ก ซึ่งอาจมีผลทำให้สมอง พิการส่วนในผู้ใหญ่อาจมีผลต่อระบบทางเดินอาหาร และระบบประสาท สำหรับอันตรายโดยทั่วไปนั้นทำให้เม็ดเลือดแดงอายุ สั้นลง ทำให้เป็นโรคโลหิตจาง ซึ่งเป็นอันตรายต่อเด็กในครรภ์ และเป็นอันตรายต่อระบบประสาท ไห ทางเดินอาหาร ตับ และหัวใจ จากการที่นำตะกั่วมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมต่างๆทำให้ตะกั่วมีการปนเปื้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม ก่อให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม การปนเปื้อนของตะกั่วที่เกิดจากอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการระบายน้ำทึบของโรงงานลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยไม่ผ่านการบำบัดให้ถูกวิธี ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดเล็ก และมักไม่มีการบำบัดน้ำเสีย หรือการทำจัดโลหะหนักก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งแม่น้ำ (เพลินจิต ทมชิตวงศ์ และคณะ, 2530) น้ำจากแม่น้ำลำคลองซึ่งถูกปนเปื้อนด้วยตะกั่วจากน้ำทึบของอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ จะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำมาก ถ้าในปริมาณสูงจะทำให้เสียชีวิต และทำให้สมดุลธรรมชาติเสียไป นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพแก่ประชาชนผู้ที่น้ำน้ำนั้นมาอุปโภค บริโภค ยิ่งด้วย (สุรพลด ผดุงชีวิต และคณะ, 2527)

จากพิษและผลร้ายที่เกิดจากตะกั่วดังกล่าว กระทรวงอุตสาหกรรมจึงได้กำหนดมาตรฐานน้ำทึบจากโรงงานอุตสาหกรรมไม่ให้มีตะกั่วเกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่ามาตรฐานสำหรับน้ำเพื่อการบริโภคได้กำหนดให้มีตะกั่วได้ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อเป็นการป้องกัน

ปัญหาที่จะตามมาที่เกิดจากการปลดอย่างน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่ได้ผ่านการบำบัด ดังนั้นในการศึกษางานวิจัยนี้ เห็นสมควรที่จะนำเอาริชีการในการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักเป็นเมื่อนมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย โดยริชีการต่างๆจะกล่าวในรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

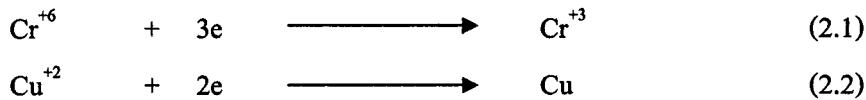
2.2 วิธีการกำจัดโลหะหนัก

โลหะหนักที่เป็นปัญหาส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารละลาย ทำให้ไม่สามารถกำจัดได้ด้วยวิธีการทั่วไป หรือการกรองธรรมชาติ (ชงชัย พรมสุวรรณ์,2538) การกำจัดโลหะหนักมีหลายวิธี ได้แก่ การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange) การเกิดรีดักชัน (Reduction) การดูดติดผิว (Adsorption) การเกิดออกซิเดชัน (Oxidation) และการตกตะกอนทางเคมี (Chemical Precipitation) ซึ่งแต่ละวิธีมีหลักการ ประสิทธิภาพ และค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกัน ดังนี้

2.2.1 การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange) การแลกเปลี่ยนประจุ ใช้หลักการแลกเปลี่ยนประจุของสารปูนเปื้อนที่มีอยู่ในของเสียโดยอาศัยเรซินชนิดต่างๆ เติมลงไปในถังแลกเปลี่ยนประจุ ประสิทธิภาพในการกำจัดสารเข้มข้นกับชนิดของเรซิน เช่น ในการกำจัดตะกั่วเรซินส่วนใหญ่ที่ใช้เป็น Phospheric Acid Resin พิอโซที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 5.0 - 5.2 การกำจัดตะกั่วโดยวิธี Ion Exchange ใช้ได้ดีกับน้ำทึบที่มีตะกั่วเจือปนอยู่ในปริมาณต่ำ ตะกั่วที่เหลืออยู่หลังผ่านการกำจัดแล้วมีเพียง 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง เนื่องจากเรซินมีราคาแพง (Patterson,1978) การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีแลกเปลี่ยนประจุอาจทำได้ 2 แบบ คือ แบบครั้งคราว (Batch) ของเสียจะถูกวนกับเรซินในถังปฏิกิริยา จากนั้นจึงแยกเรซินออก โดยการตกตะกอนแบบที่ 2 แบบต่อเนื่อง (Continuous) เรซินจะถูกบรรจุในถังรูปทรงกระบอก ของเสียจะถูกปล่อยให้ไหลผ่านเรซิน ทั้ง 2 แบบนี้เมื่อใช้งานนานๆ ประสิทธิภาพของเรซินจะลดลง ต้องเพิ่มฟคุณภาพโดยการถังด้วยน้ำเกลือหรือกรดค่างแคร์เต่นิดของเรซิน

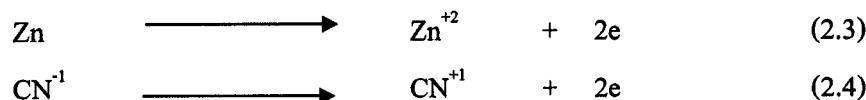
2.2.2 ปฏิกิริยาเรดักชัน (Chemical Reduction) การเกิดรีดักชันเป็นกระบวนการที่เกิดปฏิกิริยาเกี่ยวกับการเพิ่มอิเล็กตรอนของอะตอมเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนสภาพของสารที่อยู่ในน้ำจากมลสารประเภทมีพิษมากไปเป็นมลสารประเภทมีพิษน้อยหรือไม่มีเลย โลหะหนักที่สามารถกำจัดโดยวิธีนี้ ได้แก่ โครเมียม (+6) ทองแดง และprotothium ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแสดงดังสมการเคมี (2.1) และ (2.2) ซึ่งต้องเลือกสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดโลหะหนักที่เฉพาะเจาะจง เช่น ในของเสียมีสารประกอบโกร-เมตหรือกรดโกรมิคคลาสปนอยู่ ต้องใช้ไอร์โอน (III) ซัลเฟต เพื่อทำปฏิกิริยากับสารประกอบโกร-เมต ซึ่งปฏิกิริยาเกิดได้ในช่วงพิอโซต่ำกว่า 3 จึงต้องเติมกรดซัลฟูริกลงไปด้วย

(สภาพมีพิษมาก) (สภาพมีพิษน้อยหรือไม่มี)



2.2.3 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Chemical Oxidation) การเกิดออกซิเดชันเป็นกระบวนการที่เกิดปฏิกิริยาเกี่ยวกับการสูญเสียอิเล็กตรอนของอะตอม เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนสภาพของมลสารที่อยู่ในน้ำจากมลสารประเภทที่มีพิษมากไปเป็นมลสารประเภทมีพิษน้อยหรือไม่มีเลข โลหะหนักที่สามารถกำจัดได้ด้วยวิธีนี้ ได้แก่ สังกะสี ไซยาไนต์ เหล็ก และแมงกานีส ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแสดงดังสมการเคมี (2.3) และ (2.4) ซึ่งต้องเลือกใช้สารเคมีในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เฉพาะเจาะจงกับโลหะหนักแต่ละชนิด เช่น ในของเสียมีไซยาไนต์คล้ายปะปนอยู่ต้องใช้คลอรินหรือไฮโปคลอไรต์เติมลงไป เพื่อทำปฏิกิริยากับไซยาไนต์

(สภาพมีพิษมาก) (สภาพมีพิษน้อยหรือไม่มี)



2.2.4 การดูดติดผิว (Adsorption) การดูดติดผิวเกิดขึ้นโดยใช้ตัวกลางเพื่อให้โลหะหนักเกาะที่ผิวของตัวกลาง ตัวกลางที่นิยมใช้ ได้แก่ ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง (Pettersson., 1978) Activated Carbon มีอัตราการดูดติดผิวแปรผันกับกำลังสองของเส้นผ่าศูนย์กลางของโมเลกุลของสารเพิ่มพิช เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารมลพิษในของเสีย ลดลงตามการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักโมเลกุลของสารมลพิษ แปรผันตามกำลังสองของเวลาสัมผัส ระหว่างโมเลกุลของสิ่งสกปรกกับ Activated Carbon และเพิ่มขึ้นถ้าค่าพีเอชลดลง เมื่อ Activated Carbon ถูกใช้งานไปนานๆ พรุนของ Activated Carbon จะถูกอุดตัน โดยโมเลกุลของสารมลพิษทำให้หมุดประทิธิภาพในการดูดติดผิวต้องทำการพิ่นฟุกุณภาพ (Regenerate) หรือเปลี่ยนใหม่ซึ่งงานวิจัยที่มีการใช้ถ่านกัมมันต์ในการกำจัดโลหะหนัก อาทิเช่น อธิชัย นพแก้ว ซึ่งทำในปี พ.ศ. 2539 ได้ศึกษาการใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดติดผิวโลหะหนักจากน้ำระบบน้ำมูล放过ที่ผ่านน้ำเก็บกัก เป็นการศึกษาถึงความสามารถของถ่านกัมมันต์ในการกำจัดปรอทและโครเมียมออกจากน้ำเสีย การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ การทดลองแบบทั่ว เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการดูดติดผิว โดยมีปัจจัยที่ศึกษา คือ พีเอช เวลาที่สัมผัส และความเข้มข้นของโลหะหนัก โดยแบ่งเป็นถ่านกัมมันต์ A B และ C ตอนที่สองจะเป็นการทดลองแบบต่อเนื่อง

ในสังคัดติดผิวแบบแท่ง น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมี 2 ชนิด คือ น้ำเสียสังเคราะห์ และน้ำอะมูลฟอยจากหลุมฝังกลบอ่อนนุช ที่ผ่านบ่อเฟล์กเกททิฟ ผลการทดลองแบบเบตท์ พบร่วมที่ พีเอช 2 - 4 เป็นช่วงพีเอชที่กำจัดโครเมี้ยนและprotoทากันน้ำเสียทั้งสองชนิดได้ดีที่สุดคือ ในน้ำเสียสังเคราะห์การกำจัดโครเมี้ยนมีค่าประมาณ 72%, 64% และ 39% และ proto มีค่าประมาณ 61%, 61% และ 55% สำหรับถ่านกัมมันต์ A B และ C ตามลำดับ ส่วนในน้ำอะมูลฟอยการกำจัดโครเมี้ยนมีค่าประมาณ 86%, 78% และ 62% และ proto มีค่าประมาณ 88%, 83% และ 67% สำหรับถ่านกัมมันต์ A B และ C ตามลำดับ พบร่วมที่สภาวะที่เหมาะสมต่อการคัดติดผิวโลหะหนักทั้งสองชนิดคือ พีเอช เท่ากับ 4 เวลาสัมผัส เท่ากับ 15 นาที สำหรับน้ำเสียสังเคราะห์และสำหรับน้ำอะมูลฟอย ค่าพีเอชเดิมของน้ำอะมูลฟอย มีค่าอยู่ระหว่าง 7 - 8 เวลาสัมผัส 15 นาที จากการทดลองพบว่าถ่านกัมมันต์นอกจากจะกำจัดโลหะหนักแล้ว ยังกำจัดซีโอดีและสีของน้ำอะมูลฟอยอีกด้วย ในการทดลองแบบต่อเนื่อง พบร่วมที่การกำจัดโลหะหนักในน้ำอะมูลฟอยมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้น้ำเสียสังเคราะห์ เมื่อปริมาณรน้ำที่ผ่านการบำบัดเท่ากันแต่การกำจัดโลหะหนักจากน้ำอะมูลฟอยจะมีปัญหารื่องการอุดตันของชั้นถ่านกัมมันต์ เมื่อจากปริมาณสารแbewnlobที่มีอยู่มากในน้ำอะมูลฟอย

2.2.5 การตกตะกอนทางเคมี (Chemical Precipitation) การตกตะกอนทางเคมี เป็นการเปลี่ยนสภาพของสารละลายต่างๆ ที่อยู่ในรูปสารละลาย (Soluible) ให้เป็นสารที่อยู่ในรูปไม่ละลายน้ำ (Insoluble) เป็นตะกอนหนักจนสามารถตัวได้ โดยการเติมสารเคมีลงไปในของเสีย วิธีการนี้ต่างจากวิธีรวมตะกอน (Coagulation) ซึ่งเป็นการเติมสารเคมีเพื่อช่วยให้มลสารที่เป็นตะกอนขนาดเล็กรวมตัวกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่ ในกรณีที่ตะกอนของวิธีตกตะกอนทางเคมี ที่เกิดจากการเติมสารเคมีลงไปมีขนาดเล็กและเบา ต้องใช้วิธีการรวมตะกอนเข้าช่วยเพื่อให้ตะกอนเหล่านี้รวมตัวกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่ (ธงชัย พรผลสวัสดิ์ และวิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธิศักดิ์, 2540) กระบวนการตกตะกอนทางเคมี เป็นกระบวนการเปลี่ยนสมดุลของการละลายของโลหะหนักซึ่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงสมดุลการละลายในรูปไฮดรอกไซด์ แสดงดังสมการที่ (5)



จากวิธีการกำจัดโลหะหนักด้วยวิธีการต่างๆตามที่ได้กล่าวมาแล้วนี้ขึ้นอยู่กับว่าเราต้องการใช้วิธีการใด มีงบประมาณเป็นอย่างไร หรือต้องการใช้สารเคมีซึ่งจะเป็นการเพิ่มต้นทุนให้มากขึ้น แต่ในการศึกษาของผู้ศึกษาในครั้งนี้จะใช้วิธีการคุณซับโดยใช้เปลือกกล้วยที่อบแห้งแล้วซึ่งเปลือกกล้วยเป็นวัสดุทางธรรมชาติที่เหลือทิ้งทางการเกษตร และหาได้ง่าย โดยอ้างอิงผลการทดลองจากงานวิจัยที่ศึกษาวัสดุชนิดอื่นๆ เช่น การใช้ผงผักตบชวาบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงาน

แบบเตอร์ อาทิเช่น วินัย สมบูรณ์ และคณะ ซึ่งทำในปี พ.ศ. 2544 ศึกษาการนำบัด Pb (II) จากน้ำทึ้ง โรงงานแบบเตอร์โดยใช้ผงผักตบชวา ในการทดลองนี้ใช้ผงผักตบชวาในการนำบัดตะกั่วจากน้ำทึ้ง โรงงานผลิตแบบเตอร์รดยนต์ซึ่งมีความเข้มข้นของ Pb(II) เฉลี่ยเท่ากับ 19.48 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้วิธี Batch Adsorption พบว่า พื้อเชื้อที่เหมาะสมในการดูดซับอยู่ในช่วง 3.0 – 6.0 ซึ่งสามารถ อธิบาย Adsorption Isotherm โดยใช้สมการของ Langmuir และ Freundlich พบว่าถ้าต้องการ นำบัดน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร ที่มีความเข้มข้น Pb(II) = 19.48 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ผ่านน้ำทึ้ง อุตสาหกรรมซึ่งกำหนด Pb(II) ≤ 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ต้องใช้น้ำหนักผักตบชวา 3.53 กิโลกรัม ใน การทดลองใช้การนำบัด โดยวิธี up – flow fixed – bed ในคอลัมน์สแตนผ่านศูนย์กลาง 2.3 เซนติเมตร โดยใช้ความยาวของชั้นผักตบชวา 3 ขนาด คือ 20, 40 และ 60 เซนติเมตร ที่ 3 อัตราการไหลคือ 5, 10 และ 20 มิลลิลิตรต่อนาที และกำหนด breakthrough concentration (BC) ที่ 50% หรือที่ 7.10 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วสามารถคำนวณค่าคงที่ของสมการ Bohart & Adams ได้ ซึ่งที่อัตราการ ไหลสูง ๆ หรือที่ความยาวของชั้นผักตบชوان้อย ๆ สามารถเปลี่ยนความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ นำบัดกับความยาวของชั้นผักตบชวาโดยใช้สมการ Bed Depth Service Time (BDST) ได้ และ ถ้าใช้คอลัมน์ผักตบชaway 60 เซนติเมตร (น้ำหนักผักตบชวา 30 กรัม) ที่อัตราการไหลของน้ำทึ้ง 5 มิลลิกรัมต่อนาที แล้วสามารถนำบัด Pb(II) จาก 14.19 มิลลิกรัมต่อลิตร ลงเหลือต่ำกว่า 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ทั้งหมด 375 มิลลิลิตร หรือนำบัดได้ 0.90 ลูกบาศก์เมตรต่อ 1 ตารางเมตร ของผักตบชวาแต่ถ้านำบัดให้เหลือความเข้มข้น 7.10 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 50% BC แล้วสามารถ นำบัดได้ 1.47 ลูกบาศก์เมตรต่อ 1 ตารางเมตร ของผักตบชวา เนื่องจากนำบัดน้ำได้ปริมาณน้อย ดังนั้นวิธีการนำบัด โดยใช้ผงผักตบชวาจึงไม่เหมาะสมในการนำบัดให้น้ำเสียนี้มีคุณภาพตามมาตรฐาน น้ำทึ้งที่กำหนด แต่สามารถใช้ในการลดระดับ Pb (II) เป็นต้นส่วนหนึ่งก่อนนำไปบำบัดให้ผ่าน มาตรฐานที่กำหนดต่อไป และยังมีการใช้หญ้า alfalfa กำจัด แคนเมียน โครเมียน ตะกั่ว และ สังกะสี งานของ Gardea – Torresdey J.L. และคณะซึ่งทำในปี 1998 ทดลองโดยนำหญ้านิด ตั้งกล่าวไปบนแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ จากนั้นจึงนำบัดและร่อน ผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh ในการทดลองจะทดลองแบบ batch study สำหรับในการปฏิทศึกษาเพื่อ หาค่าพื้นที่ ที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนักแต่ละตัว ความเข้มข้นเริ่มต้นของโลหะหนักแต่ละ ตัวมีค่าความเข้มข้นที่ 0.1 mM และกรณีที่ศึกษาเพื่อหาค่าเวลาที่เหมาะสม ความเข้มข้นเริ่มต้นของ โลหะหนักแต่ละตัวมีค่าความเข้มข้นที่ 0.3 mM ผลการทดลอง พบว่า พื้นที่ที่เหมาะสมอยู่ที่ระดับพี เอช 5 เวลาที่เหมาะสมเกิดขึ้นภายในเวลา 5 นาที ความสามารถในการดูดซับเป็นดังนี้ 7.1 mg Cd, 7.7 mg Cr(III), 43 mg Pb(II) และ 4.9 mg Zn(II) ต่อ 1 กรัมของสารดูดซับ ตามลำดับ

2.3 ทฤษฎีการดูดซับหรือการดูดติดผิว

การดูดซับหรือการดูดติดผิว (Adsorption) เป็นปรากฏการณ์ในการที่โมเลกุลของของไนลอนหรือคอลลอยด์เคลื่อนที่ไปสัมผัสและเกาะติดแน่นอยู่บนผิวของแข็ง โดยแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่ต่างชนิดกันของสารที่เป็นของแข็งและของไนลอนนั้น สารของแข็งที่มีผิวเป็นที่เกาะจับของโมเลกุลหรือคอลลอยด์ เรียกว่า Adsorbent ส่วนโมเลกุลหรือคอลloyd ที่มาเกาะจับ เรียกว่า Adsorbate การเกาะจับของโมเลกุลบนผิวของสารดูดซับ สามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผล 3 ประการ คือ

- (1) การเกาะจับของโมเลกุลบนผิวของสารดูดซับ อาจเกิดขึ้นด้วยแรงกาหปำ เช่น van der waals force หรือ ด้วยเคมี (Chemical adsorption) หรือทั้ง 2 อย่างรวมกัน
- (2) ความสามารถในการดูดซับ (Adsorability) เนื่องจากสารดูดซับมีพื้นผิวเป็นรูพรุน จึงเกิดภาวะของ capillary action ทำให้โมเลกุลของตัวถูกดูดซับเกาะติดอยู่ได้
- (3) สารดูดซับมีประจุบันพื้นผิว (Surface charge) สามารถดูดจับกับวัตถุอื่นๆ ที่มีประจุตรงกันข้าม ทำให้เกิดการเกาะติดกันได้ สภาพดังกล่าวนี้คล้ายกับปรากฏการณ์ของการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange mechanism)

2.3.1 วัสดุดูดซับ สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม ตามพฤติกรรมของการดูดซับ ดังนี้ คือ

2.3.1.1 กลุ่มที่ได้จากพื้นผิวประเภทรูพรุน วัสดุกลุ่มนี้จะมีรูพรุนขนาดเล็กมาก กระชับกระจายอยู่ทั่วไป ตามพื้นที่ผิวของวัสดุตัวถูกดูดซับสามารถดูดซับไว้ที่ผิวของวัสดุในลักษณะเป็นชั้น (layer) ทำให้วัสดุกลุ่มนี้สามารถใช้ในการดูดซับได้ ความสามารถในการดูดซับขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนและการจัดเรียงตัวของอะตอนคาร์บอน ถ้าปริมาณคาร์บอนสูงจะดูดซับได้ดี เช่น แก้วบุหรี่ ถ่าน และถ่านกัมมันต์

2.3.1.2 กลุ่มแร่ธาตุจากธรรมชาติ วัสดุกลุ่มนี้ภายในโครงสร้างจะประกอบด้วยแผ่นซิลิกาเตตระไฮดรอล เชื่อมต่อกันกับแผ่นอกรูมินาออกตะห์เครด กการดูดซับไอออนของตัวถูกดูดซับ เกิดจากการที่มีการแตกหักของพันธะเคมีมีภายในโครงสร้าง ทำให้เกิดประจุต่ำลงขึ้น โดยมีประจุต่ำลงเป็นลบ ดังนั้นจึงสามารถดึงดูดประจุบวกที่มีอยู่ในสภาพมีโมเลกุลน้ำล้อมรอบ (Hydrate) ไว้ที่ผิวของมันได้ด้วยแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิต เช่น ดินขาวหรือเกวelin เป็นไทน์ต์ และซีโอลิต

2.3.2 ลักษณะหรือรูปแบบของการดูดซับ ที่เกิดขึ้นอาจแบ่งได้เป็น 4 ลักษณะ ดังนี้

2.3.2.1 การดูดซับแบบกายภาพ (Physical adsorption) การดูดซับแบบนี้อาศัยการดูดติดด้วยแรงประเภท van der waals หรือพันธะไฮโดรเจน ซึ่งมีลักษณะเป็นแรงอ่อน ไม่มีขีดจำกัด แน่น และยังพบว่าไม่มีพลังงานกระตุ้นเข้ามามากเท่าข้อความร้อนของการดูดซับมีค่าน้อย การกำจัด

ตัวถูกดูดซับออกจากผิwtawดูดซับจะทำได้ง่าย และการดูดซับอาจเกิดขึ้นกันได้เป็นหลายชั้น (Multilayer) นักจักษณ์สามารถกับสภาวะอุณหภูมิตาม

2.3.2.2 การดูดซับแบบเคมี (Chemical adsorption) เกิดขึ้นเมื่อตัวถูกดูดซับ กับตัวถูกดูดซับทำปฏิกิริยาเคมีกัน ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากตัวถูกดูดซับเดิม คือ มีการทำลายเร่งด่วนที่จะทำให้ตัวถูกดูดซับไม่สามารถ吸附ตัวถูกดูดซับเดิมได้อีก แล้วมีการจัดเรียงอะตอมขึ้นใหม่ โดยมีพันธะเคมีซึ่งเป็นพันธะที่แข็งแรง มีพลังงานกระตุ้นเข้ามาเกี่ยวข้อง ความร้อนของการดูดซับมีค่าสูง การกำจัดตัวถูกดูดซับออกจากผิwtawดูดซับจะทำได้ยาก และการดูดซับจะเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว (monolayer)

2.3.2.3 การดูดซับแบบแลกเปลี่ยนประจุ (Exchange adsorption) การดูดซับแบบนี้อาศัยการดูดติดด้วยแรงไฟฟ้าสถิตย์บริเวณผิว เมื่อตัวถูกดูดซับและตัวถูกดูดซับมีประจุ แล้วเกิดแรงดึงดูดระหว่างตัวถูกดูดซับเป็นไออกอนที่มีประจุ กับตัวถูกดูดซับที่มีประจุตรงข้ามกัน

2.3.2.4 การดูดซับแบบเฉพาะจาะจง (Specific adsorption) เกิดขึ้นเนื่องจากมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลตัวถูกดูดซับกับตัวถูกดูดซับที่มีหมุ่ฟังก์ชันอยู่บนผิว แต่ไม่ได้มีผลทำให้ตัวถูกดูดซับเปลี่ยนโครงสร้างไป พฤติกรรมการดูดซับชนิดนี้จะมีค่าพลังงานในการดึงดูดระหว่างพลังงานของการดูดซับแบบกายภาพและแบบเคมี

2.3.3 ขั้นตอนการดูดซับหรือการดูดติดผิว มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.3.3.1 การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของตัวถูกละลายเข้าหาสารดูดติดผิว โดยการเคลื่อนที่อาจเกิดเนื่องจากมีการกวนน้ำจางทำให้เกิดการปั่นป่วน หรือเนื่องจากกลไกการเคลื่อนที่ระดับโมเลกุลที่เกิดจากการแพร่กระจายแบบ布朗เนียน การเคลื่อนที่ตามเส้นทางการไหลของน้ำซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ที่มีกลไกเช่นเดียวกับที่เกิดในเครื่องกรองน้ำ

2.3.3.2 Film diffusion โมเลกุลของตัวถูกละลายเข้ามาถึงสารดูดติดผิว ซึ่งมีฟิล์มของน้ำห่อหุ้มอยู่โดยรอบคล้ายเยื่อบาง ๆ โมเลกุลต้องแทรกตัวผ่านฟิล์มน้ำให้ได้จึงจะเข้าถึงผิวของสารดูดติดผิวได้

2.3.3.3 Pore diffusion เนื่องจากสารดูดติดผิวมีลักษณะของพื้นที่ผิวเป็นโพรงหรือช่องว่างภายในโมเลกุลของตัวถูกละลายซึ่งต้องแทรกตัวเข้าให้ถึงช่องว่างภายในสารดูดติดผิว จึงจะมีการดูดติดผิวเกิดขึ้น

2.3.3.4 โมเลกุลต้องเกาะติดบนผิวของสารดูดติดผิวโดยไม่หลุด

2.3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดติดผิว

2.3.4.1 ขนาดและพื้นที่ผิวของสารดูดซับ เนื่องจากปฏิกิริยาที่พื้นที่ผิวเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของพื้นที่ผิว ความสามารถในการดูดติดผิวของสารดูดซับจะมี

ความสัมพันธ์โดยตรงกับพื้นที่ผิวจำเพาะ และอัตราการคุณติดผิวเป็นอัตราส่วนผกผันกับขนาดสารคุณติดผิว เมื่อสารคุณซับน้ำไม่มีรูพรุน อัตราการคุณติดผิวจะเป็นอัตราส่วนผกผันกับเส้นผ่าศูนย์กลางของสารคุณซับ แต่สำหรับสารคุณซับที่มีรูพรุนอัตราการเคลื่อนที่เข้าสู่พื้นที่ผิวภายในรูพรุนถูกควบคุม โดยขั้นตอนการขนส่งชั้นฟิล์ม (film transport) ดังนี้อัตราการคุณติดผิวจะเป็นอัตราส่วนกับเส้นผ่าศูนย์กลางของสารคุณซับและในทางตรงข้าม ถ้าการเคลื่อนที่ภายในอนุภาคเป็นตัวควบคุมอัตราการคุณติดผิว การคุณติดผิวจะเป็นอัตราส่วนผกผันกับเส้นผ่าศูนย์กลางของสารคุณซับ

2.3.4.2 ลักษณะของสารถูกคุณซับ การคุณติดผิวจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อความสามารถในการละลายน้ำของตัวถูกละลายมีค่าลดลง เนื่องจากในกระบวนการคุณติดผิวตัวถูกคุณซับหรือตัวถูกละลายจะถูกดึงออกจากตัวทำละลาย นอกจานนี้ถ้าอัตราการคุณติดผิวถูกควบคุมด้วยอัตราการเคลื่อนที่ภายในโครง ขนาดของโมเลกุลของตัวถูกละลายยังมีผลต่ออัตราการคุณติดผิวอีกด้วย และขนาดของโมเลกุลของตัวถูกละลายจะแปรผกผันกับอัตราการคุณติดผิว

2.3.4.3 พีเอช พีเอชมีอิทธิพลต่อการแตกตัวของไอออน และการละลายน้ำของสารต่างๆ ดังนี้จะมีผลต่อการคุณติดผิวด้วย นอกจานนี้ไอโตรเจนไอออน และไฮดรอกซิลไอออน ก็เป็นไอออนที่สามารถคุณติดผิวได้อย่างดี โดยทั่วไปแล้วการคุณติดผิวของสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่อพีเอชลดลง

2.3.4.4 อุณหภูมิ อุณหภูมิมีอิทธิพลต่ออัตราเร็วและขีดความสามารถในการคุณติดผิว กล่าวคือ อัตราเร็วเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ และลดลงตามการลดของอุณหภูมิ แต่ขีดความสามารถในการคุณติดผิวจะมีค่าลดลงที่อุณหภูมิสูง และจะมีค่าเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิต่ำทั้งนี้ เพราะการคุณติดผิวเป็นแบบปฏิกิริยาอย่างร้อน

2.3.4.5 ความปั่นป่วน อัตราคุณติดผิวอาจขึ้นอยู่กับขั้นตอนการขนส่งผ่านฟิล์ม และการแพร่เข้าสู่โครง ซึ่งในระบบที่มีความปั่นป่วนต่ำ ฟิล์มของเหลวที่อยู่ล้อมรอบสารคุณซับ จะมีความหนามาก และก่อให้เกิดอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเข้าไปหาสารคุณซับ ทำให้ film transport เป็นตัวควบคุมการคุณติดผิว ในทางตรงข้ามถ้ามีความปั่นป่วนสูง ความหนาของชั้นฟิล์มจะลดลงทำให้โมเลกุลเคลื่อนเข้าสู่สารคุณติดผิวได้เร็วขึ้น ดังนี้การแพร่เข้าสู่โครงจะเป็นตัวกำหนดอัตราเร็วในการคุณติดผิว

2.3.4.6 เวลาสัมผัส เวลาสัมผัสในกระบวนการคุณติดผิวเป็นพารามิเตอร์สำคัญ อย่างหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการคุณติดผิว และอยุการใช้งานของการคุณติดผิวแบบต่อเนื่อง

2.4 ประเภทของสารดูดซับ หรือสารดูดติดผิว

สารที่มีอำนาจดูดโน้มเลกุลต่าง ๆ มาติดผิวได้ เรียกว่า adsorbent มีหลายชนิด อาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภทดังนี้ (มั่นสิน ตัณฑุล์เวตน์, 2537)

2.4.1 ประเภทสารอนินทรีย์ (inorganic compounds) เช่น ดินเหนียวชนิดต่าง ๆ แมgnีเซียมออกไซด์ ถ่านกระดูก (bone char) แอ็คติเว็ตเต็ดซิลิค้า (activated silica) เป็นต้น มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 50 – 200 ตารางเมตรต่อกิรัม มีข้อเสียคือ สามารถจับโน้มเลกุล หรือ คลอ落อยด์ได้เพียงไม่กี่ชนิด การใช้ประโยชน์จึงมีจำกัด

2.4.2 ถ่านกัมมันต์ (activated carbon) เป็นสารดูดติดผิวที่ดีกว่าสารอนินทรีย์อื่น ๆ เนื่องจากมีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 600 – 1,000 ตารางเมตรต่อกิรัม ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ แล้วเสื่อม แล้วสามารถนำไปทำการรีเจนเนอเรชัน และนำกลับมาใช้ใหม่ได้ แต่มีข้อเสียคือ การทำรีเจนเนอเรตการบอนด์องเพาไหมที่อุณหภูมิสูงมาก ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและต้องมีการรับอนบางส่วน สูญเสียไปเนื่องจากการปั้นกลาวยเป็นผงละอีกด้วย ไม่ได้

2.4.3 ประเภทสารอินทรีย์สังเคราะห์ที่มีประจุบันพื้นผิว (synthetic exchange resins) สามารถดูดซับกับวัตถุอื่น ๆ ที่มีประจุตรงกันข้าม ทำให้เกิดการเกาะติดกันได้ ได้แก่ สารเรซิโนแลก เปลี่ยน ไอออนชนิดพิเศษที่สังเคราะห์ขึ้นมา เพื่อกำจัดสารอินทรีย์ต่าง ๆ เป็นประเภทที่เรียกว่า macroporous Resin หรือ adsorbent resin มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 300 ถึง 500 ตารางเมตรต่อกิรัม ซึ่งต่ำกว่าของ activated carbon แต่มีข้อดีกว่าคือ สามารถฟื้นอำนาจ (regenerate) ได้ รีเจนเนอเรนค์มักเป็นสารราคาถูก เช่น เกลือแกง

2.5 การเลือกจับไอลอ่อนโลหะหนักของสารดูดซับ

สารดูดซับแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดซับโลหะหนักได้ไม่เท่ากัน พนวานสารดูดซับบางชนิดเลือกที่จะขอบทำปฏิกิริยากับไอลอ่อนบางชนิดมากกว่าชนิดอื่น ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนประจุ (valence) น้ำหนักโมเมกุล (molecular weight) และปริมาณความเข้มข้นของสารไอลอ่อนนั้น ๆ ในสารละลาย นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเฉพาะตัวของสารดูดซับนั้น ๆ เช่น ขนาดของสารดูดซับ (effective size) และชนิดของหมู่ฟังก์ชัน (functional group) ตลอดจนปัจจัย หรือสภาวะที่มีอิทธิพลต่อกลางความสามารถในการดูดซับโลหะหนักของสารดูดซับ เช่น ระดับพีเอชของสารละลาย (pH) ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา (contact time) และการปรับสภาพทางเคมีของสารดูดซับ (chemical modification) เป็นต้น (weber, 1972)

2.6 การดูดซับโลหะหนักของเปลือกกล้วย

เนื่องจากเส้นใยจากเปลือกกล้วยเป็นสารดูดซับประเภท bioadsorbent ที่มีองค์ประกอบหลักเป็นเซลลูโลส เอมิเซลลูโลส ลิกนิน และแทนนิน ซึ่งประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันชนิดต่างๆ เช่น หมู่เมทธอคิล (-OCH₃) หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) และหมู่ฟีโนลิก หมู่ฟังก์ชันเหล่านี้มีประจุลบ (negative charge) ซึ่งทำหน้าที่จับ หรือดูดซับ (chelate or adsorp) กับประจุบวก (cation) ของโลหะหนักที่อยู่ในน้ำเสีย ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะหนักที่เรียกว่า Chelation ซึ่งเป็นกลไกการดูดซับโลหะหนักแบบแลกเปลี่ยนไอออน (exchang adsorption process) อ่า่างหนึ่ง (Baig T.H. และคณะ, 1999)

การปรับสภาพทางเคมี (chemical modification) ของสารดูดซับประเภท bioadsorbent โดยการทำปฏิกิริยาทางเคมีโดยการเติมสารเคมี เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์กับกรด เป็นการปรับปรุงโครงสร้างทางเคมีโดยการข้อยถลายไม้เลกุล (cleavage) ภายในโครงสร้างให้มีขนาดเล็กลง หรือที่เรียกว่าเป็นการไฮโดรไลซ์ ด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิต เพื่อเพิ่มหมู่ฟังก์ชันใหม่มากขึ้นโดยเป็นการเพิ่มตำแหน่งสัมผัส (binding site) หรือโอกาสในการที่หมู่ฟังก์ชันดังกล่าวจะจับ และดูดซับไอออนของโลหะหนักให้ได้มากที่สุด

2.7 องค์ประกอบในเซลล์พืช

องค์ประกอบส่วนใหญ่ในเซลล์พืช แบ่งได้เป็น 2 ส่วนที่สำคัญ คือ ลิกนิน (lignin) และโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) โดยในส่วนของโพริแซคคาไรด์สามารถแบ่งย่อยได้เป็นเซลลูโลส (cellulose) และเอมิเซลลูโลส (hemicellulose)

2.7.1 เซลลูโลส (cellulose)

เซลลูโลสเป็นโพริแซคคาไรด์ สารประกอบที่มีมากที่สุดในธรรมชาติ เพราะเป็นสารประกอบประมาณ 1 ใน 3 ของส่วนประกอบของพืชทั้งหมด โดยทำหน้าที่เป็นโครงสร้างให้กับผนังเซลล์พืช เช่น เมื่อไม่มีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบประมาณร้อยละ 50 นอกจากนั้นยังเกิดในรูปของเส้นใย

คุณสมบัติของเซลลูโลส คือ ไม่ละลายน้ำ และตัวทำละลายอินทรีย์หรือสารละลายค่างอ่อน แต่สามารถละลายได้ในกรด หรือค่างแก่ จึงสามารถแบ่งชนิดของเซลลูโลสตามลักษณะการละลายในกรด หรือค่างได้เป็น 3 ชนิด คือ

- (1) α - cellulose เป็นเซลลูโลสที่ไม่ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 17.5
 (2) β - cellulose เป็นเซลลูโลสที่สามารถละลายในโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 17.5

(3) γ - cellulose เป็นเซลลูโลสที่สามารถละลายได้ดี ทึ้งในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 17.5 และสารละลายเจือจาง

2.7.2 เอมิเซลลูโลส (hemicellulose)

เอมิเซลลูโลสเป็นโพลีเมอร์ของน้ำตาลเพน โตสที่มีลักษณะเป็น heterogeneous โดยประกอบด้วยโพลีแซคคาไรด์หลายชนิดมาร่วมกัน ลักษณะโครงสร้างเป็นกิ่งก้านสาขาต่างจากเซลลูโลสที่มีโครงสร้างเป็นเส้นตรง น้ำหนักโมเลกุลของเอมิเซลลูโลสจะต่ำกว่าเซลลูโลส ขนาดโมเลกุลมีความยาว 30 – 50 หน่วย และมีองค์ประกอบหลัก คือ xylan เป็นโพลีเมอร์ของน้ำตาลโซเดียมที่ต่อ กันด้วยพันธะเบต้า -1,4-โซโลซิติก (β -1,4-xylosidic linkage) เป็นเส้นตรงเฉพาะโซโลสอย่างเดียว หรือมีกิ่งก้านสาขาที่เป็นโพลีแซคคาไรด์ชนิดอื่น ๆ ป่นอยู่

2.7.3 ลิกนิน และแทนนิน

ลิกนิน และแทนนินจัดอยู่ในพวก heterogeneous organic polymer จัดอยู่ภายใต้โครงสร้างของพืช โดยอยู่รอบ ๆ เซลลูโลส และป้องกันเซลลูโลสจากการย่อยสลาย ลิกนินเป็นสารประกอบประเภทอะโรมาติก (aromatic compound) ที่ประกอบด้วยอนุเมทธอฟซิล (-OCH₃) หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) และส่วนที่เป็นฟีโนลิก โดยปกติไม่สามารถกำหนดโครงสร้างที่แน่นอนได้ทั้งนี้เนื่องจากลิกนินจะไม่อยู่ในลักษณะเดียวกันจะเป็นสายยาวซึ่งมีอยู่หลายแบบ ประกอบด้วยหน่วยต่าง ๆ เหล่านี้ คือ ฟีนิลไพรเพน (phenyl propane) กัวอิอะซีล ญูนิต (guaiacyl unit) โซรินกิต ญูนิต (syringly unit) และพาราไฮดรอกซิฟีนิล ญูนิต (para-hydroxyphenyl unit)

2.8 กล้วย

กล้วยเป็นพืชเมืองร้อนที่ปลูกมาเดียบข้างกับประเทศไทย คนไทยรู้จักกล้วยและรับประทานกล้วยมาตั้งแต่เด็ก การปลูกกล้วยในประเทศไทยมีปริมาณเพิ่มขึ้น ๆ แสดงให้เห็นถึงความนิยมของผู้บริโภค กล้วยเริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ทั่วไป ตั้งแต่พื้นที่ชายทะเลถึงบริเวณที่ดินซึ่งเป็นคินเนียบแต่จะเริญเติบโตได้ดีในคินร่วนปนทรายที่มีความชุ่มชื้น แต่ต้องมีการระบายน้ำดี อุณหภูมิที่เหมาะสมโดยเฉลี่ยการอุ่นไว้ 27 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนประมาณ 1,320 มิลลิเมตร/ปี หรือมีน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 2.5 เมตรติมตร/สัปดาห์ สถานที่ปลูกกล้วย

ควรเมล็ดไม่แรงนัก ก้าวย่างต้องการดินที่มีความชื้นและการถ่ายเทอากาศในดินที่แน่นอนเฉพาะตัว บริเวณที่เหมาะสมแก่การปลูกก้าวยจะอยู่ระหว่างเดือนรุ่งที่ 15 องศาเหนือ ถึง 15 องศาใต้

2.8.1 ลักษณะทางพฤกษาศาสตร์ของก้าวย

ก้าวย (*Musa Jaradisiaca* L. var. *sapientum* O. Ktze) เป็นพืชในวงศ์ Musaceae เจริญเติบโตดีและให้ผลได้ตลอดทั้งปี รวมถึงยังให้คุณค่าทางโภชนาการสูง และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ตลอดทุกส่วน เช่น ผลก้าวยนำมาปรุงอาหารได้ หรือนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ อร่อยอีนได้มาก many แต่เมื่อนำมาไปใช้ประโยชน์แล้วจะเหลือเปลือกกล้าวย ซึ่งจะกลายเป็นวัสดุทางธรรมชาติที่เหลือทิ้ง ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการที่จะนำเอาวัสดุธรรมชาติที่เหลือทิ้ง และยังสามารถนำไปในห้องถ่ายภาพเป็นวัตถุศึกษาที่นำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักตะกั่วปนเปื้อน โดยได้เลือกใช้เปลือกกล้าวยน้ำว้ามาทำการคุณขับตะกั่วในน้ำเสีย

เปลือกกล้าวย ทั้งกล้าวยสุกและกล้าวยดิบมีส่วนเปลือกเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรที่มีปริมาณมาก และมีสารประกอบที่น่าสนใจในเปลือกกล้าวย คือ แทนนิน ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงซ้อน จำพวกฟิโนลิก แบ่งเป็นไซโตรไลเซบิลแทนนินและคอนเดนเซทแทนนิน แทนนินทั้ง 2 ประเภทนี้จะกระจายตามส่วนต่างๆ ของเปลือกกล้าวย เปลือกกล้าวยสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม หลายประเภท รวมทั้งนำมาประยุกต์ใช้เป็นตัวกรองโปรตีนและจับกับอิออน ของโลหะในอุตสาหกรรมเบิร์รีไวน์และสาเก ซึ่งมีกลิ่นรสค่อนข้างดี และไม่มีผลต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้เปลือกกล้าวยยังมีคุณสมบัติทำให้ผิวชุ่มชื้น



ภาพที่ 2.1 ก้าวย

2.8.2 องค์ประกอบในเส้นไอกลวย

จากการศึกษาองค์ประกอบในเส้นไอกลวย พบว่าเส้นไอกลวยประกอบด้วยต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบต่าง ๆ ในเส้นไอกลวย

องค์ประกอบ	สัดส่วน (ร้อยละ)
Cellulose	56 - 62
Hemicellulose	16 - 19
Pectin	2 - 2.5
Lignin	9 - 13
water soluble materials	1 - 1.5
fat and wax	4 - 7
Ash	2 - 3

ที่มา : (Chong Wen Yu, 2001)

2.9 บทสรุป

ปัญหาน้ำมันพิษทางน้ำเป็นปัญหาที่ทุกคนต้องทราบกันร่วมกัน ไม่ว่าจะสร้างจิตสำนึกในการปล่อยน้ำทึบออกสู่ชุมชน หรือแม้กระทั่งโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ยังต้องทราบอยู่เสมอว่า การปล่อยน้ำเสียลงสู่แม่น้ำ ลำคลอง จะส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ทุกชีวิต เราจะมีวิธีแก้ปัญหาน้ำมันพิษทางน้ำอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับศักยภาพของแต่ละบุคคล หน่วยงาน นั้นว่าจะเลือกใช้วิธีการบำบัดอย่างไรเพื่อทำให้น้ำมีคุณภาพดีขึ้นกว่าเดิม ในเรื่องของการบำบัดโดย หนักที่ป่นเปื้อนในแหล่งน้ำนั้น การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการใช้ตัวคุณภาพที่ทำจากวัสดุธรรมชาตินั้น เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ใช้เทคโนโลยีที่ไม่ซุ่งยากนัก และไม่ต้องใช้สารเคมีในการปริมาณที่มากในการ บำบัดน้ำ ดังนั้นการศึกษาการคุณภาพจะต้องใช้เปลือกกล้วยน้ำว้าครั้งนี้จึงน่าจะเป็นประโยชน์ ต่อการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะตะกั่วปนเปื้อนอยู่และเพื่อที่จะพัฒนาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมต่อไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงรูปแบบการวิจัย การเตรียมตัวคุณชับ การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์สารเคมีและอุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง

3.1 รูปแบบการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) โดยมี 4 ปัจจัยที่ศึกษาคือ ระดับพีอ่อน ระยะเวลาที่สัมผัส อุณหภูมิ และความเร็วรอบของเครื่องเบี่ยงสารเคมี เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่ว โดยคุณภาพของเปลือกกล้วยแบบต่าง ๆ ที่ใช้เป็นสารคุณชับตะกั่ว ในน้ำเสียซึ่งทำการทดลองแบบทีล็อก (batch study) ในห้องปฏิบัติการที่สภาวะแตกต่างกัน คือ ระดับพีอ่อน (5 ระดับ คือ พีอ่อน 2, 3, 4, 5 และ 6) ระยะเวลาสัมผัส (9 ระดับ คือ ที่เวลา 5, 10, 15, 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที) ความเร็วรอบของเครื่องเบี่ยงสารเคมี (3 ระดับ คือ 100 rpm, 150 rpm และ 200 rpm) อุณหภูมิ (4 ระดับ คือ 25, 30 และ 40) โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่

3.1.1 ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาเบื้องต้น (preliminary study) เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของเปลือกกล้วยน้ำว้าที่จะนำมาใช้ในการคุณชับน้ำเสียที่มีตะกั่ว 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.1.2 ขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นตอนการหาสภาวะที่เหมาะสมที่แตกต่างกันจาก 4 ปัจจัย คือ ระดับพีอ่อน ระยะเวลาสัมผัส ความเร็วรอบ และอุณหภูมิของเครื่องเบี่ยงสารเคมี โดยใช้ปริมาณของเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้น นำมาทำการทดลอง

3.2 สิ่งที่ทดลอง และกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 เส้นใยจากเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบ โดยการนำเปลือกกล้วยมาล้างสิ่งสกปรกออกก่อน

3.2.2 เส้นใยจากเปลือกกล้วยชนิดอบแห้ง โดยการนำเปลือกกล้วยมาล้างสิ่งสกปรกออกก่อน แบ่งหันเป็นท่อนยาว 2.5 เซนติเมตร จากนั้นผ่านกระบวนการอบแห้ง บดสับให้มีขนาดเล็กลง แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh

3.2.3 น้ำเสียสังเคราะห์ เป็นน้ำเสียที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการ โดยมีความเข้มข้นของตะกั่ว 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.3 ตัวแปรที่ศึกษา และการวัดตัวแปร

3.3.1 ตัวแปรคงที่ ได้แก่

ค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วในน้ำเสีย วัดโดยใช้เครื่องมือ Atomic Absorption Spectrophotometer หน่วยวัด คือ มิลลิกรัมต่อลิตร

3.3.2 ตัวแปรอิสระ ได้แก่

3.3.2.1 ระดับพิอเซียน้ำเสีย วัดโดยเครื่องมือ pH meter

3.3.2.2 ระยะเวลาสัมผัส วัดโดยใช้นาฬิกาจับเวลา หน่วยวัด คือ นาที

3.3.2.3 อุณหภูมิ

3.3.2.4 ความเร็วของเครื่องเบี่ยงสารเคมี

3.3.3 ตัวแปรตาม ได้แก่

ค่าความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียหลังจากการทดลอง วัดโดยใช้เครื่องมือ Atomic Absorption Spectrophotometer หน่วยวัด คือ มิลลิกรัมต่อลิตร

3.4 การเตรียมสารคุดชัน และน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

3.4.1 การเตรียมตัวคุดชัน

3.4.1.1 การเตรียมเปลือกกลีบนำร่องแห้งบดละเอียด โดยนำเปลือกกลีบมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วถางด้วยน้ำสะอาด นำไปตากให้แห้ง ถางด้วยน้ำกัดลันจนระดับพิอเซียน้ำถางสุดท้ายเป็นกลาง ทำให้แห้งโดยนำไปอบในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง นำไปบดด้วยเครื่องบดพืชแล้วร่อนผ่านตะกรงขนาด 60 mesh ทิ้งไว้ให้เย็น ในโถดูดความชื้น (desiccator) เก็บไว้ในภาชนะห่อไป

3.4.1.2 การเตรียมเปลือกกลีบนำร่องมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 1 เซนติเมตร แล้วถางด้วยน้ำสะอาด นำไปตากให้แห้ง ถางด้วยน้ำกัดลันจนระดับพิอเซียน้ำถางสุดท้ายเป็นกลาง แล้วจึงนำมาใช้ในเคราะห์ห่อไป

3.4.1.3 การเตรียมเปลือกกลีบนำร่องแห้ง โดยนำเปลือกกลีบมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร แล้วถางด้วยน้ำสะอาด นำไปตากให้แห้ง ถางด้วยน้ำกัดลันจนระดับพิอเซียน้ำถางสุดท้ายเป็นกลาง ทำให้แห้งโดยนำไปอบในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ

103 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น ในโดดูดความชื้น (desiccator) เก็บไว้ในเคราท์ต่อไป

3.4.2 การเตรียมน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่ว 50 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการซั่งสาร Lead (II) nitrate ($Pb(NO_3)_2$) ตามที่คำนวณไว้ จากนั้นละลายในน้ำกลิ้น

3.5 สารเคมี, เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.5.1 สารเคมี

3.5.1.1 ตะกั่ว(II)ไนเตรท $Pb(NO_3)_2$ เกรดสำหรับการวิเคราะห์ ยี่ห้อ Merck

3.5.1.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide : NaOH) เกรดสำหรับการวิเคราะห์ ยี่ห้อ Carlo

3.5.1.3 กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid : HCL) เกรดสำหรับการวิเคราะห์ ยี่ห้อ Carlo

3.5.1.4 กรดไนโตริกเข้มข้น (Nitric acid : HNO₃) เกรดสำหรับการวิเคราะห์ ยี่ห้อ Carlo

3.5.2 เครื่องมือ

3.5.2.1 ตู้อบความร้อน (Hot-air-oven)

3.5.2.2 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Analytical balance) รุ่น AB 104

3.5.2.3 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) รุ่น S46410-26

3.5.2.4 เครื่องบดพีช

3.5.2.5 เครื่อง Atomic absorption Spectrophotometer (AAS) รุ่น 220 FS

3.5.2.6 เครื่องเทย่าผสมสารเคมี (Shaker) รุ่น

3.5.2.7 นาฬิกาจับเวลา

3.5.2.8 โดดูดความชื้น (Desiccator)

3.5.2.9 ตะแกรงคัดแยกขนาด (U.S. standard sieve number 60) รุ่น ASTME 11

3.5.3 อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่จำเป็น เช่น บิกเกอร์ กระบอกตวง ขวดวัดปริมาตร ขวดรูปปัมพ์ แท่งแก้วคน ช้อนตักสาร ปีเปต กระดาษกรองเบอร์ 40 กรวยพลาสติก เป็นต้น

3.6 วิธีดำเนินการทดลอง

3.6.1 การศึกษาเบื้องต้น (preliminary study) เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของเปลือกกล้วยน้ำว้าทั้ง 3 แบบ

3.6.1.1 เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว 50 มิลลิกรัมต่อลิตร วิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมไว้ โดยใช้เครื่อง Atomic absorption Spectrophotometer (AAS) เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียสังเคราะห์มีปริมาณตะกั่วตามที่ต้องการหรือไม่

3.6.1.2 ตวงน้ำเสียใส่ลงในขวดทดลอง จำนวน 10 ขวด ขวดละ 100 มิลลิลิตร เติมเปลือกกล้วยบดละเอียดที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 60 ปริมาณของเปลือกกล้วยที่ใช้ในการทดลองคือ 2, 4, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14 และ 15 กรัมต่อลิตร

3.6.1.3 นำขวดทั้ง 10 ขวดไปเขย่าในเครื่องเขย่าสารเคมี (shaker) ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

3.6.1.4 จากนั้นนำของผสมในขวดทดลองแต่ละขวดไปผ่านการกรอง เพื่อแยกระหว่างส่วนที่เป็นของแข็ง (สารคุดซับ) กับส่วนที่เป็นของเหลว (น้ำเสียที่มีตะกั่วเหลืออยู่) นำส่วนที่เป็นของเหลวในแต่ละขวด ไปวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วที่เหลือ โดยใช้เครื่อง Atomic absorption Spectrophotometer (AAS) การทดลองหาปริมาณที่เหมาะสมของเปลือกกล้วยดิน และเปลือกกล้วยอบแห้ง ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกันกับเปลือกกล้วยอบแห้งบดละเอียด

ผลที่ได้จากการประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ ณ จุดสมดุลหลังจากน้ำดีออกค่าปริมาณของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ ที่ให้ค่าประสิทธิภาพการกำจัดที่ดีที่สุด ณ จุดสมดุล มาใช้งานในข้อ 3.6.2 ถึง 3.6.5

3.6.2 การทดลองชุดที่ 2 เป็นการหาประสิทธิภาพของเปลือกกล้วยในการถอดซับตะกั่วที่ระดับพีอิชต่าง ๆ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

3.6.2.1 เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว 50 มิลลิกรัมต่อลิตร วิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมไว้ โดยใช้เครื่อง Atomic absorption Spectrophotometer (AAS) เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียสังเคราะห์มีปริมาณตะกั่วตามที่ต้องการหรือไม่

3.6.2.2 ตวงน้ำเสียใส่ลงในขวดทดลอง จำนวน 5 ขวด ขวดละ 100 มิลลิลิตร เติมเปลือกกล้วยบดละเอียดที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 60 ลงในขวดทดลอง โดยใช้ปริมาณของเปลือกกล้วยตามผลการทดลองข้อ 3.6.1 จากนั้นปรับระดับพีอิช 2, 3, 4, 5 และ 6 โดยใช้สารละลายน้ำเดิม ไฮดรอกไซด์ หรือกรดไฮดรคลอริกที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

3.6.2.3 นำขวดทั้ง 5 ขวดไปเขย่าในเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยเขย่าเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง

3.6.2.4 จากนั้นนำของผสมในขวดทดลองแต่ละขวดไปผ่านการกรอง เพื่อแยกระหว่างส่วนที่เป็นของแข็ง (สารดูดซับ) กับส่วนที่เป็นของเหลว (น้ำเสียที่มีตะกั่วเหลืออยู่) นำส่วนที่เป็นของเหลวในแต่ละขวดไปวิเคราะห์ หาปริมาณตะกั่วที่เหลือโดยใช้เครื่อง Atomic absorption Spectrophotometer (AAS) การทดลองหาประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วของเปลือกกล้วยดิน และเปลือกกล้วยอบแห้ง ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกันตามขั้นตอน 3.6.2.1 ถึง 3.6.2.4 แต่เปลี่ยนชนิดของเปลือกกล้วยอบแห้งบดละเอียดเป็นเปลือกกล้วยอบแห้ง และแบบดินตามลำดับ

3.6.3 การหาประสิทธิภาพของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบในการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียที่ระยะเวลาสั้นผู้ต้อง ๆ มีขั้นตอนดังนี้

3.6.3.1 เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว 50 มิลลิกรัมต่อลิตร วิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมไว้ โดยใช้เครื่อง Atomic absorption Spectrophotometer (AAS) เพื่อตรวจสอบดูว่า น้ำเสียสังเคราะห์มีปริมาณตะกั่วตามที่ต้องการหรือไม่

3.6.3.2 ตวงน้ำเสียใส่ลงในขวดทดลองจำนวน 9 ขวด ขวดละ 100 มิลลิลิตร จากนั้นปรับระดับพิโซชของน้ำเสีย โดยใช้ค่าพิโซชที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 3.6.2 เติมเปลือกกล้วยบดละเอียดที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 60 ลงในขวดน้ำเสีย โดยใช้ปริมาณเปลือกกล้วยตามผลการทดลองข้อ 6.3.1

3.6.3.3 นำขวดทั้ง 9 ขวดไปเขย่าในเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยขวดแรกเขย่าเป็นเวลานาน 5 นาที ขวดที่สองเขย่าเป็นเวลานาน 10 นาที ขวดที่สามเขย่าเป็นเวลานาน 15 นาที ขวดที่สี่เขย่าเป็นเวลานาน 30 นาที ขวดที่ห้าเขย่าเป็นเวลานาน 60 นาที ขวดที่หกเขย่าเป็นเวลานาน 90 นาที ขวดที่เจ็ดเขย่าเป็นเวลานาน 120 นาที ขวดที่แปดเขย่าเป็นเวลานาน 150 นาที และขวดที่เก้าเขย่าเป็นเวลานาน 180 นาที

3.6.3.4 จากนั้นนำของผสมในขวดทดลองแต่ละขวดไปผ่านการกรอง เพื่อแยกระหว่างส่วนที่เป็นของแข็ง (สารดูดซับ) กับส่วนที่เป็นของเหลว (น้ำเสียที่มีตะกั่วเหลืออยู่) นำส่วนที่เป็นของเหลวในแต่ละขวดที่ได้ไปวิเคราะห์ หาปริมาณตะกั่วที่เหลือ โดยใช้ เครื่อง Atomic absorption Spectrophotometer (AAS) การทดลองหาประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วของเปลือกกล้วยดิน และเปลือกกล้วยอบแห้ง ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกันตามขั้นตอน 3.6.3.1 ถึง 3.6.3.4 แต่เปลี่ยนชนิดของเปลือกกล้วยอบแห้งบดละเอียดเป็นเปลือกกล้วยอบแห้ง และแบบดินตามลำดับ

3.6.4 การหาประสิทธิภาพของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบในการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียที่ความเร็วรอบต่าง ๆ มีขั้นตอนดังนี้

3.6.4.1 เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว 50 มิลลิกรัม ต่อลิตร วิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมไว้ โดยใช้เครื่อง Atomic absorption Spectrophotometer (AAS) เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียสังเคราะห์มีปริมาณตะกั่วตามที่ต้องการหรือไม่

3.6.4.2 ตวงน้ำเสียใส่ลงในขวดทดลอง จำนวน 3 ขวด ขวดละ 100 มิลลิลิตร จากนั้นปรับระดับพีอีขอของน้ำเสีย โดยใช้ค่าพีอีขอที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 3.6.2 เติมเปลือกกล้วยบดละเอียดที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 60 ลงในขวดน้ำเสีย โดยใช้ปริมาณเปลือกกล้วยตามผลการทดลองข้อ 6.3.1

3.6.4.3 นำขวดทั้ง 3 ขวดไปเขย่าในเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 100,150 และ 200 รอบต่อนาที ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

3.6.4.4 จากนั้นนำของผสมในขวดทดลองแต่ละขวดไปผ่านการกรอง เพื่อแยกระหว่างส่วนที่เป็นของแข็ง (สารคุดซับ) กับส่วนที่เป็นของเหลว (น้ำเสียที่มีตะกั่วเหลืออยู่) นำส่วนที่เป็นของเหลวในแต่ละขวดไปวิเคราะห์ หาปริมาณตะกั่วที่เหลือ โดยใช้เครื่อง Atomic absorption Spectrophotometer (AAS) การทดลองหาประสิทธิภาพการคุดซับตะกั่วของเปลือกกล้วยบด และเปลือกกล้วยอบแห้ง ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกันตามขั้นตอน 3.6.4.1 ถึง 3.6.4.4 แต่เปลี่ยนชนิดของเปลือกกล้วยอบแห้งบดละเอียดเป็นเปลือกกล้วยอบแห้ง และแบบบด ตามลำดับ

3.6.5 การหาประสิทธิภาพของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบในการคุดซับตะกั่วในน้ำเสียที่อุณหภูมิต่าง ๆ มีขั้นตอนดังนี้

3.6.5.1 เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว 50 มิลลิกรัม ต่อลิตร วิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมไว้ โดยใช้เครื่อง Atomic absorption Spectrophotometer (AAS) เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียสังเคราะห์มีปริมาณตะกั่วตามที่ต้องการหรือไม่

3.6.5.2 ตวงน้ำเสียใส่ลงในขวดทดลอง จำนวน 3 ขวด ขวดละ 100 มิลลิลิตร จากนั้นปรับระดับพีอีขอของน้ำเสีย โดยใช้ค่าพีอีขอที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 3.6.2 เติมเปลือกกล้วยบดละเอียดที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 60 ลงในขวดน้ำเสีย โดยใช้ปริมาณเปลือกกล้วยตามผลการทดลองข้อ 6.3.1

3.6.5.3 นำขวดทั้ง 3 ขวดไปเขย่าในเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25, 30, 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

3.6.5.4 จากนั้นนำของผสมในขวดทดลองแต่ละขวดไปผ่านการกรอง เพื่อแยกระหว่างส่วนที่เป็นของแข็ง (สารคุดซับ) กับส่วนที่เป็นของเหลว (น้ำเสียที่มีตะกั่วเหลืออยู่) นำส่วนที่เป็นของเหลวในแต่ละขวดไปวิเคราะห์ หาปริมาณตะกั่วที่เหลือ โดยใช้เครื่อง Atomic absorption Spectrophotometer (AAS) การทดลองหาประสิทธิภาพการคุดซับตะกั่วของเปลือกกล้วยบด และ

เปลี่ยนถ่ายอนแห่ง คำเนินการทดลองเช่นเดียวกันตามข้อตอน 3.6.5.1 ถึง 3.6.5.4 แต่เปลี่ยนชนิดของเปลี่ยนถ่ายอนแห่งบดلةอีกดีเป็นเปลี่ยนถ่ายอนแห่ง และแบบดิน ตามลำดับ

3.7 สถานที่ในการทดลอง

ห้องปฏิบัติการทางเคมีภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี และห้องปฏิบัติการทางเคมี สิ่งแวดล้อมภาคที่ 12

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียด้วยเปลือกกล้วยน้ำว้าทั้ง 3 แบบ ซึ่งได้แก่ ผลการศึกษาเบื้องต้นเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของเปลือกกล้วยในการดูดซับตะกั่วในน้ำเสีย ผลของค่าพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วย ผลของระยะเวลาสัมผัสด้วยที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วย ผลของความเร็วของเปลือกกล้วย ผลของความสามารถในการกำจัดตะกั่วของเส้นใยเปลือกกล้วย ณ ระดับ พีเอช 4 ซึ่งรายละเอียดผลการศึกษาการเตรียม สามารถแสดงผลในการศึกษาตามลำดับดังนี้

4.1 การศึกษาเบื้องต้น (preliminary study) เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ ในการดูดซับตะกั่วในน้ำเสีย

จากตารางที่ 4.1, ภาพที่ 4.1 และภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าในช่วงแรก ที่ปริมาณเปลือกกล้วย 2 ถึง 10 กรัมต่อปริมาตรน้ำเสีย 100 มิลลิลิตร พื้นที่ผิวรวมในการดูดซับระหว่างสารดูดซับ (adsorbent) บังมีไม่น่าจะทำให้ความสามารถในการดูดซับน้อย เนื่องจากพื้นที่ผิวรวมของตัวดูดซับ มีความสามารถพันธ์โดยตรงกับขีดความสามารถในการดูดติดผิว

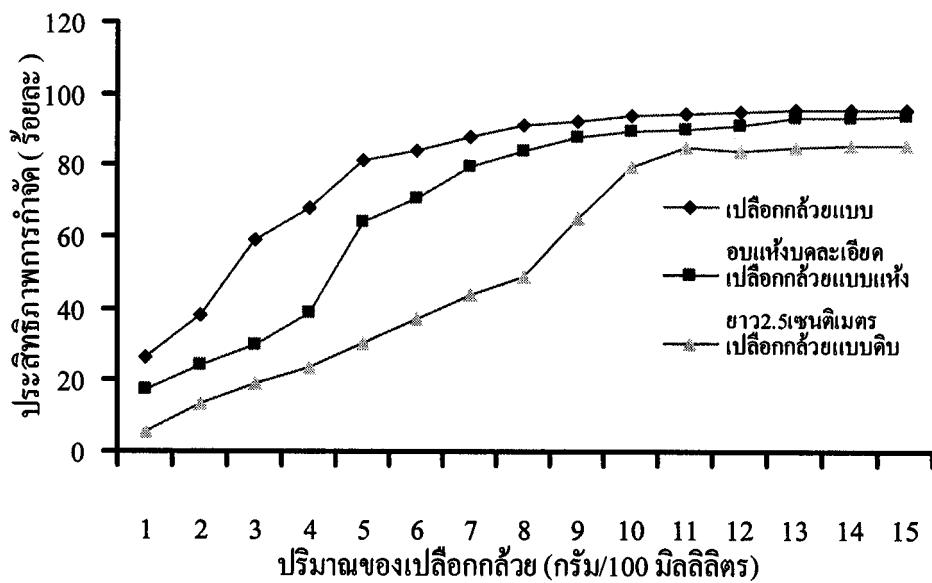
สำหรับช่วงที่สอง ที่สอง ที่ปริมาณเปลือกกล้วย 11 ถึง 15 กรัมต่อปริมาตรน้ำเสีย 100 มิลลิลิตร เมื่อมีการเพิ่มปริมาณสารดูดซับ (เปลือกกล้วย) ในปริมาณมากขึ้น ทำให้พื้นที่ผิวรวมในการดูดซับเพิ่ม เนื่องจากสารดูดซับมีพื้นที่ผิวรวมเป็นรูปธุน สามารถเพิ่มตำแหน่งสัมผัสระหว่างสารดูดซับ กับสารดูดซับ การดูดติดผิวจะเพิ่มมากขึ้น และเมื่อใช้ระยะเวลามากขึ้นความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้นตามเวลาจนระบบเข้าสู่สมดุล ยังผลให้ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณเปลือกกล้วยที่เพิ่มขึ้น โดยปริมาณที่เปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ ได้แก่ แบบดิน แบบอบแห้ง และแบบอบแห้งบดละเอียด สามารถดูดซับตะกั่วได้ดี ณ เวลาสัมผัสด 24 ชั่วโมง คือ ที่ปริมาณจำนวน 15 กรัมต่อปริมาตรน้ำเสีย 100 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงสุดร้อยละ 85.92, 91.75, 95.88 ตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ พบว่า เปลือกกล้วยแบบอบแห้งบดละเอียด มีประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วมากกว่าแบบอบแห้ง และแบบดิน ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 95.90, 91.80 และ 85.90 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ผิวรวมของเปลือกกล้วยแบบอบแห้ง บดละเอียดมีมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ เปลือกกล้วยแบบอบแห้ง และแบบดินตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว และความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว ที่ปริมาณต่าง ๆ ของเปลือกกลีบยน้ำว้าทั้ง 3 แบบ ณ เวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง

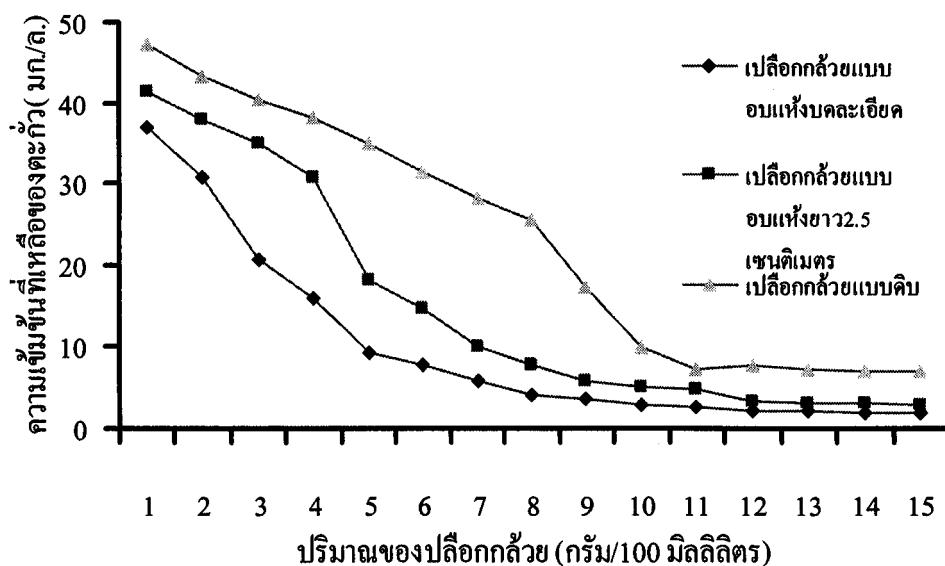
ปริมาณของ เปลือกกลีบ (กรัม /100มล.)	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)			ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว (ร้อยละ)		
	แบบ ดิบ	แบบ อบแห้ง	แบบอบ แห้งบด	แบบ ดิบ	แบบ อบแห้ง	แบบอบ แห้งบด
2	43.36	37.90	30.84	13.27	24.20	38.33
4	38.10	30.76	15.98	23.80	38.48	68.03
6	31.60	14.78	7.93	36.79	70.44	84.13
8	25.62	7.82	4.28	48.77	84.37	91.44
10	10.08	5.09	3.03	79.84	89.83	93.94
11	9.59	4.89	2.69	80.81	90.22	94.63
12	7.86	4.63	2.30	84.28	90.74	95.4
13	7.38	4.22	2.17	85.24	91.55	95.65
14	7.11	4.16	2.10	85.79	91.68	95.81
15	7.04	4.13	2.06	85.92	91.75	95.88

ข้อมูลจากตารางที่ 4.1 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
ประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วกับปริมาณต่าง ๆ ของเปลือกกลีบยน้ำว้าทั้ง 3 แบบ ณ เวลาสัมผัส
24 ชั่วโมงแสดง ในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว กับปริมาณต่าง ๆ ของเปลือกถั่วน้ำว้าทั้ง 3 แบบ
ณ เวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง

จากตารางที่ 4.1 และ ภาพที่ 4.1 ในทำนองเดียวกัน สามารถนำมาเขียนกราฟแสดง
ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว กับปริมาณต่าง ๆ ของเปลือกถั่วน้ำว้า ทั้ง
3 แบบ ณ เวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง แสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว กับปริมาณต่าง ๆ ของเปลือกถั่วน้ำว้าทั้ง 3 แบบ
ณ เวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง

4.2 ผลของค่าพีอิอชที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วของเปลือกถัวย

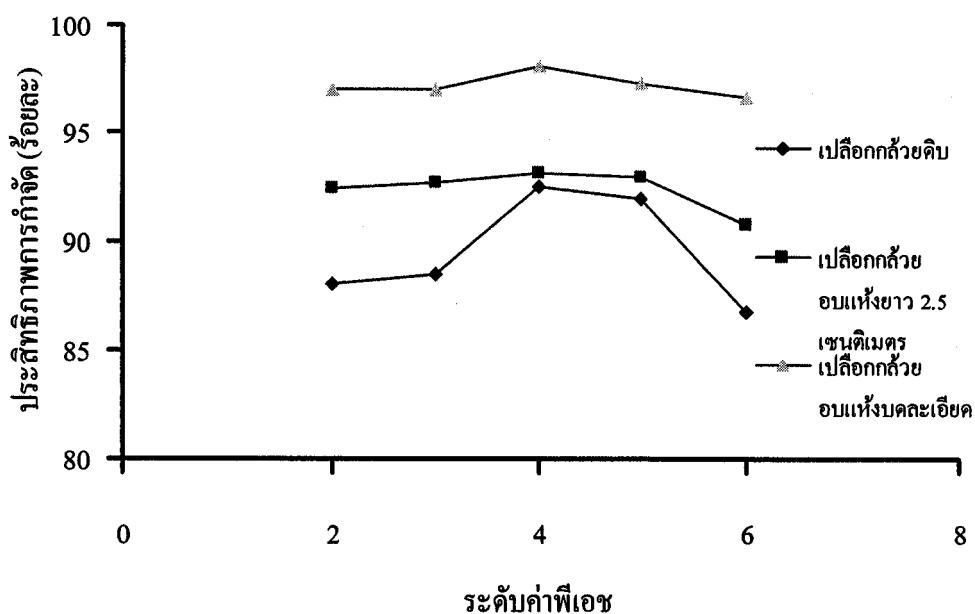
จากผลการศึกษาในตารางที่ 4.2 กับภาพที่ 4.3 และภาพที่ 4.4 เมื่อพิจารณาผลของระดับพีอิอชต่อการกำจัดตะกั่วของเส้นใยเปลือกถัวยทั้ง 3 แบบ ได้แก่ แบบดิน แบบอบแห้ง และแบบอบแห้งบดละเอียด พบว่าที่ระดับพีอิอช 4 เป็นระดับพีอิอชที่เหมาะสมที่สุด ดังจะเห็นได้จาก ที่ระดับพีอิอชดังกล่าว ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วมีค่าสูงกว่าที่ระดับพีอิอชอื่นๆ โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 92.5, 93.1 และ 98.1 ตามลำดับ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้ ในระบบการคุกซับประกอบด้วย สารคุกซับ (adsorbent) ซึ่งอยู่ในรูปของของแข็ง (solid) และสารถูกคุกซับ (adsorbate) ซึ่งอยู่ในรูปของไอออน (ion) ในสารละลาย ในที่นี่สารคุกซับ คือ เส้นใยจากเปลือกถัวยทั้ง 3 แบบ ที่มีหมุนฟังก์ชันเป็นประจุลบ (negative charge) ทำหน้าที่ในการคุกซับไอออนบวก (positive ion) ในสารละลายในที่นี่คือ ตะกั่วไอออนวาเลนซี +2 เมื่อสภาพพีอิอชสารละลายสูงขึ้น จำนวนไฮดรอไซด์ (OH^-) ไอออนเพิ่มมากขึ้น แสดงว่า ณ ขณะนี้ภายในระบบประกอบด้วยเส้นใยจากเปลือกถัวย ตะกั่วไอ้อน และ ไฮดรอกไซด์ไอออน ขณะเดียวกันเส้นใยจากเปลือกถัวยที่มีหมุนฟังก์ชันเป็นประจุลบ จะมีหน้าที่ในการคุกซับหรือดึงคุกคับตะกั่วไอออนที่มีประจุบวกแต่เพียงอย่างเดียว โดยจะไม่มีผลใด ๆ กับ ไฮดรอกไซด์ไอออนที่มีประจุลบเหมือนกัน ในทางตรงกันข้าม เมื่อพิจารณาผลของระดับพีอิอช 2 และ พีอิอช 3 จะพบว่า สภาพพีอิอชลดลง จำนวนไฮดรเจนไอออน (H^+) เพิ่มมากขึ้น ในระบบไฮดรเจนไอออนส่วนหนึ่งจะถูกดึงคุกคับหมุนฟังก์ชันที่เป็นประจุลบของเส้นใยจากเปลือกถัวย แสดงว่าเกิดการแทรกสอด (interference) ของไฮดรเจนไอออน ทำให้ ความสามารถในการดึงคุก หรือคุกซับตะกั่วไอ้อนของเส้นใยจากเปลือกถัวยลดลง และเมื่อพิจารณาผลของระดับพีอิอช 5 และพีอิอช 6 จะพบว่า สภาพพีอิอชเริ่มนิ่นานิ่มเพิ่มขึ้น สาเหตุจากตัวคุกซับกับตัวถูกคุกซับทำปฏิกิริยาเคมีกัน เกิดการละลายตัวของสารถูกคุกซับทำให้จำนวนไฮดรอกไซด์ (OH^-) ไอออนเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากตัวคุกคุกซับ คือ มีการทำลายแรงขึ้นเนื่องจากลุ่นอะตอนเดินทำให้ความสามารถในการดึงคุกลดลง โน้มถ่วง ของตะกั่วไอ้อนเริ่มเปลี่ยนสถานะมาอยู่ในรูปของแข็งที่ไม่ละลายน้ำเกิดเป็นตะกอนจนตัวลง

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกถัวย ทั้ง 3 แบบที่ระดับพีอิอช 4 พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกถัวยแบบอบแห้งบดละเอียดมีสูงที่สุด ซึ่งมากกว่าแบบอบแห้ง และแบบดิน มีประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 98.10, 93.10 และ 92.50 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเปลือกถัวยอบแห้งแล้วบดละเอียดร่อนผ่านตะกรงเบอร์ 60 มีขนาดที่เล็ก สามารถเพิ่มตัวแหน่งสัมผัสระหว่างสารคุกซับ กับสารถูกคุกซับมากขึ้น และมากกว่าแบบอบแห้ง และแบบดิน ตามลำดับ ยังผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วสูงที่สุด

ตารางที่ 4.2 ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว และประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว ของเปลือกกล้วย^{น้ำว้าห้าง 3 แบบ ที่ระดับพีอีช 2 ถึง พีอีช 6}

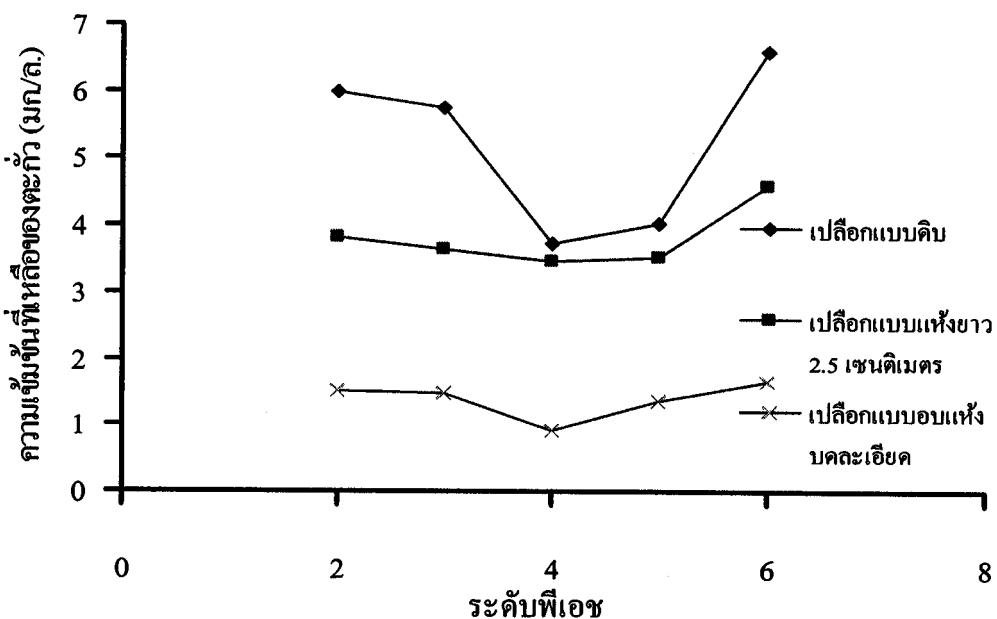
พีอีช	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)			ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว (ร้อยละ)		
	แบบดิน	แบบอบแห้ง	แบบอบแห้งบด	แบบดิน	แบบอบแห้ง	แบบอบแห้งบด
	2	3	4	5	6	7
2	5.99	3.82	1.50	88.03	92.36	96.99
3	5.74	3.65	1.47	88.51	92.71	97.05
4	3.75	3.47	0.92	92.50	93.10	98.10
5	4.03	3.54	1.35	91.93	92.91	97.31
6	6.62	4.61	1.67	86.75	90.79	96.66

ข้อมูลจากตารางที่ 4.2 สามารถนำมาเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยน้ำว้าห้าง 3 แบบ ที่ระดับพีอีช 2 ถึง 6 แสดงในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยน้ำว้าห้าง 3 แบบ ณ ระดับพีอีช 2 ถึงพีอีช 6

จากตารางที่ 4.2 และ ภาพที่ 4.3 ในทำนองเดียวกัน สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว ณ ระดับพีอีอช 2 ถึง พีอีอช 6 แสดงในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว ณ ระดับพีอีอช 2 ถึง พีอีอช 6 ของเปลือกกลั่วทึ้ง 3 แบบ

4.3 ผลของระยะเวลาสัมผัสถึงเหมาะสมในการกำจัดตะกั่วของเปลือกกลั่ว

จากตารางที่ 4.3, ภาพที่ 4.5 และภาพที่ 4.6 สามารถแบ่งช่วงเวลาของปฏิกิริยาออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรก ตั้งแต่เวลา 5 ถึง 30 นาที ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาสัมผัสถึงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก ปฏิกิริยาในการดูดซับ (adsorbent) กับสารถูกดูดซับ (adsorbate) ยังเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ จึงทำให้เกิดการถ่ายการดูดซับ (desorption) ระหว่างสารทึ้งสองชนิด (เส้นไข่ขาวเปลือกกลั่ว กับตะกั่ว ไอโอดิน)

สำหรับในช่วงที่สอง ที่เวลา 60 ถึง 180 นาที ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ โดยเริ่มเข้าสู่จุดสมดุลที่เวลา 60 นาที จึงทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในช่วงเวลาดังกล่าวมีแนวโน้มคงที่

จากการศึกษาผลของระยะเวลาสัมผัสด้วยประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกลั่ว นำ้ว่าทึ้ง 3 แบบ ได้แก่ แบบดิน แบบอบแห้ง และแบบอบแห้งบคคละเอียด พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาสัมผัสถึงเพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่าสูงสุดที่เวลา 180 นาที มี

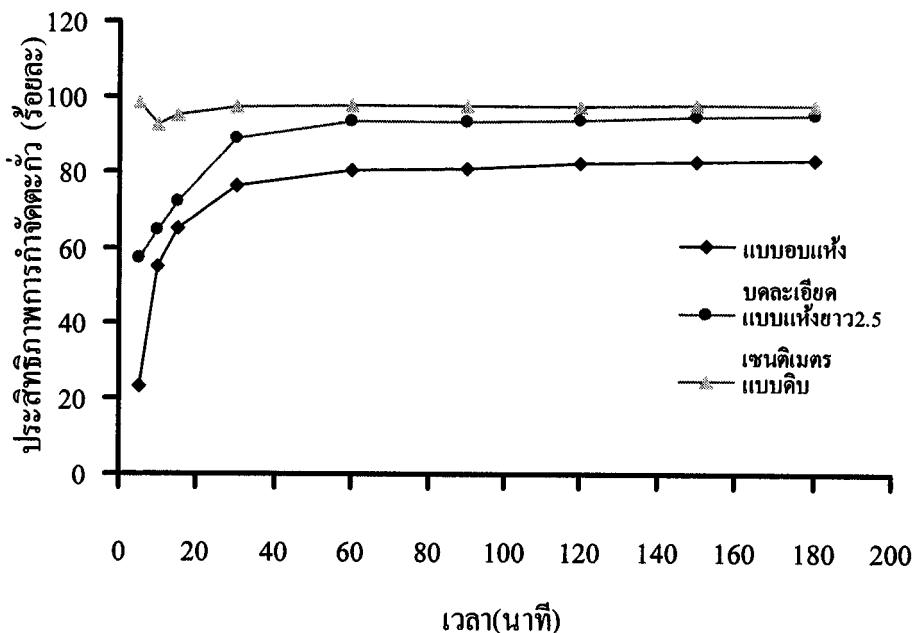
ประสิทธิภาพร้อยละ 83.54, 95.68 และ 98.14 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นช่วยให้ปฏิกริยาในการดูดซับของเปลือกกลีบมีมากขึ้น

จากการเปรียบเทียบเปลือกกลีบทั้ง 3 แบบ พบว่า แบบอบแห้งบดมีประสิทธิภาพการกำจัดตะไคร้มากกว่าแบบอบแห้ง และแบบดิบ ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดตะไคร้ร้อยละ 98.14 , 95.68 และ 83.54 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกกลีบแบบอบแห้งบดมีพื้นที่ผิวรวมมากกว่าแบบอบแห้ง และแบบดิบ ดังนั้นมีเวลาสัมผัสนากว่าที่ทำให้พื้นที่ผิวที่มากกว่ามีปฏิกริยาการดูดซับมากกว่า

**ตารางที่ 4.3 ความเข้มข้นที่เหลือของตะไคร้ และประสิทธิภาพการกำจัดตะไคร้ของเปลือกกลีบ
น้ำว้าทั้ง 3 แบบ ที่ระยะเวลาสัมผัสด่าง ๆ**

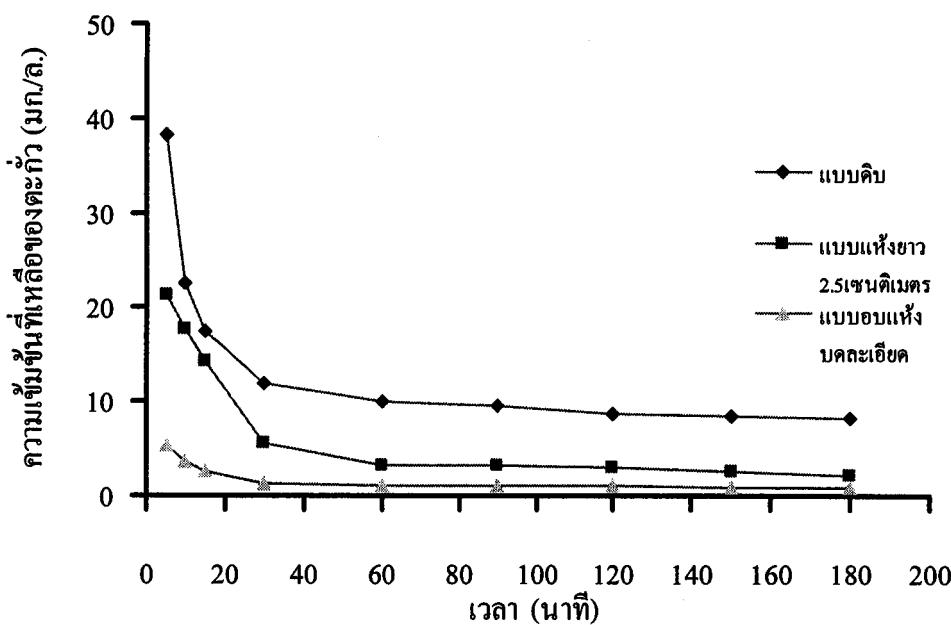
ระยะเวลา (นาที)	ความเข้มข้นที่เหลือของตะไคร้ (มิลลิกรัม/ลิตร)			ประสิทธิภาพการกำจัดตะไคร้ (ร้อยละ)		
	แบบดิบ	แบบอบแห้ง	แบบอบแห้งบด	แบบดิบ	แบบอบแห้ง	แบบอบแห้งบด
	5	38.32	21.38	5.40	23.36	57.24
10	22.54	17.67	3.62	54.92	64.66	92.76
15	17.55	14.18	2.49	64.90	71.64	95.02
30	11.91	5.52	1.34	76.18	88.96	97.32
60	9.94	3.20	1.15	80.12	93.6	97.70
90	9.59	3.17	1.15	80.82	93.64	97.70
120	8.82	2.95	1.02	82.36	94.10	97.96
150	8.45	2.45	0.95	83.10	95.10	98.10
180	8.23	2.16	0.93	83.54	95.68	98.14

ข้อมูลจากตารางที่ 4.3 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดตะไคร้ของเปลือกกลีบน้ำว้าทั้ง 3 แบบ ที่ระยะเวลาสัมผัสด่าง ๆ ณ ระดับพีอีอี 4 แสดงในภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกลวยนำ้าว้าห้า 3 แบบที่ระยะเวลาสัมผัสต่าง ๆ

จากตารางที่ 4.3 และ ภาพที่ 4.5 ในทำนองเดียวกัน สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว ที่ระยะเวลาสัมผัสต่าง ๆ แสดงในภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว ที่ระยะเวลาสัมผัสต่าง ๆ

4.4 ผลของความเร็วรอบที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยน้ำว้าทั้ง 3 แบบ

จากภาพที่ 4.7 ถึงภาพที่ 4.8 เมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบต่าง ๆ ต่อการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ ได้แก่ แบบดิน แบบอบแห้ง และแบบอบแห้งบด พบว่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่เหมาะสมที่สุด ดังจะเห็นได้จากที่ความเร็วรอบดังกล่าว ประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วมีค่าสูงกว่าที่ความเร็วรอบอื่น ๆ โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 98.16 , 92.84 และ 88.20 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ในระบบมีความปั่นป่วนสูง ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำจะลดลง ทำให้ไมเลกุลเคลื่อนที่เข้าสู่สารคุณติดผิวได้เร็วขึ้น ดังนั้นอัตราเร็วในการคุณติดผิวจะเป็นตัวกำหนดการแพร่เข้าสู่โพรง

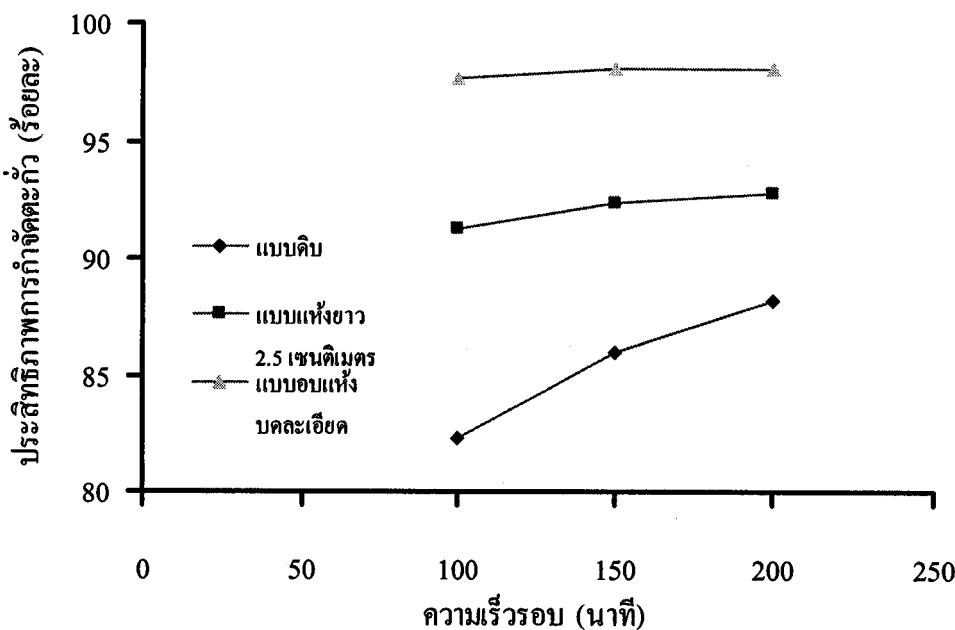
อัตราการคุณติดผิวอาจขึ้นอยู่กับขั้นตอนการขนส่งผ่านฟิล์ม (film transport) และ การแพร่เข้าสู่โพรง (Pore Diffusion) ซึ่งที่ความเร็วรอบที่ 100 และ 150 รอบต่อนาที ระบบมีความปั่นป่วนต่ำ ก่อให้เกิดอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของไมเลกุลของของเหลวทำให้เข้าไปหาสารคุณซับได้ยาก ดังนั้น film transport จึงเป็นตัวควบคุมการคุณติดผิว

จากการเปรียบเทียบเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ พบว่า เปลือกกล้วยแบบอบแห้งบดมี ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วมากกว่าแบบอบแห้ง และแบบดิน ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 98.16 , 92.84 และ 88.20 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจาก เปลือกกล้วยแบบอบแห้ง มีพื้นที่ผิวรวมมากกว่า ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ในระบบมีความปั่นป่วนสูง ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำจะลดลง พื้นที่ผิวที่มากกว่าจะทำให้ไมเลกุลเคลื่อนที่เข้าแพร่เข้าสู่โพรงได้เร็วกว่า

ตารางที่ 4.4 ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว และประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วย น้ำว้าทั้ง 3 แบบ ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ณ ระดับพีเอช 4

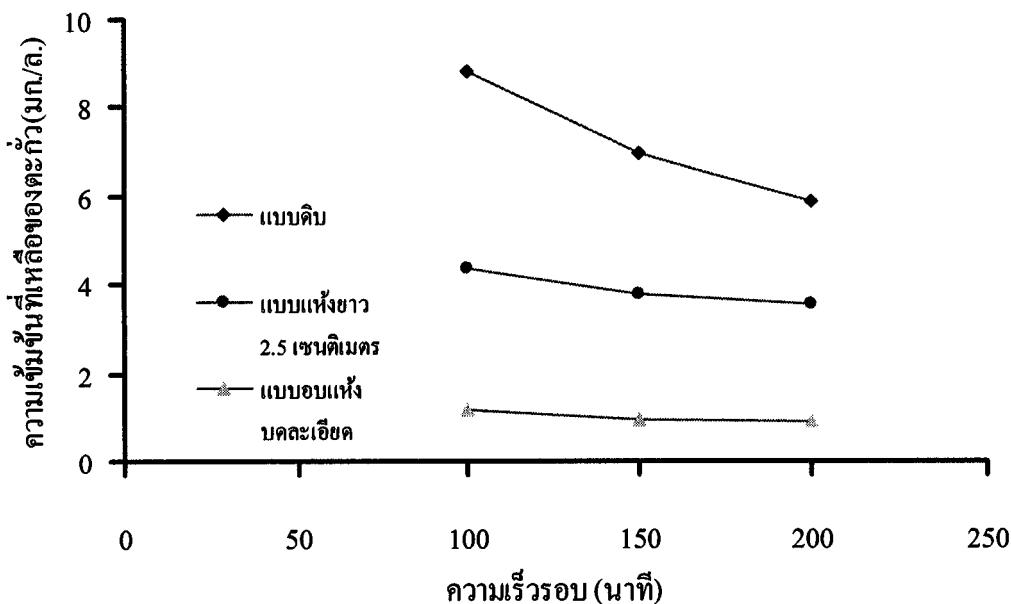
ความเร็ว (rpm.)	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)			ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว (ร้อยละ)		
	แบบดิน	แบบอบแห้ง	แบบอบแห้งบด	แบบดิน	แบบอบแห้ง	แบบอบแห้งบด
100	8.83	4.38	1.17	82.34	91.24	97.66
150	6.99	3.79	0.95	86.02	92.42	98.09
200	5.90	3.58	0.92	88.20	92.84	98.16

ข้อมูลจากตารางที่ 4.4 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยน้ำว้าทั้ง 3 แบบ ที่ความเรื้อรอบต่าง ๆ ณ ระดับ พี เอช 4 แสดงในภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยน้ำว้าทั้ง 3 แบบ ที่ความเรื้อรอบต่าง ๆ ณ ระดับพีเอช 4

จากตารางที่ 4.4 และ ภาพที่ 4.7 ในทำนองเดียวกัน สามารถนำมาเขียนกราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว ที่ความเรื้อรอบต่าง ๆ ณ ระดับพีเอช 4 แสดงในภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว ที่ความรู้สึกต่าง ๆ ณ ระดับพีอีอช 4

4.5 ผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วของเส้นใยเปลือกกลวย ณ ระดับพีอีอช 4

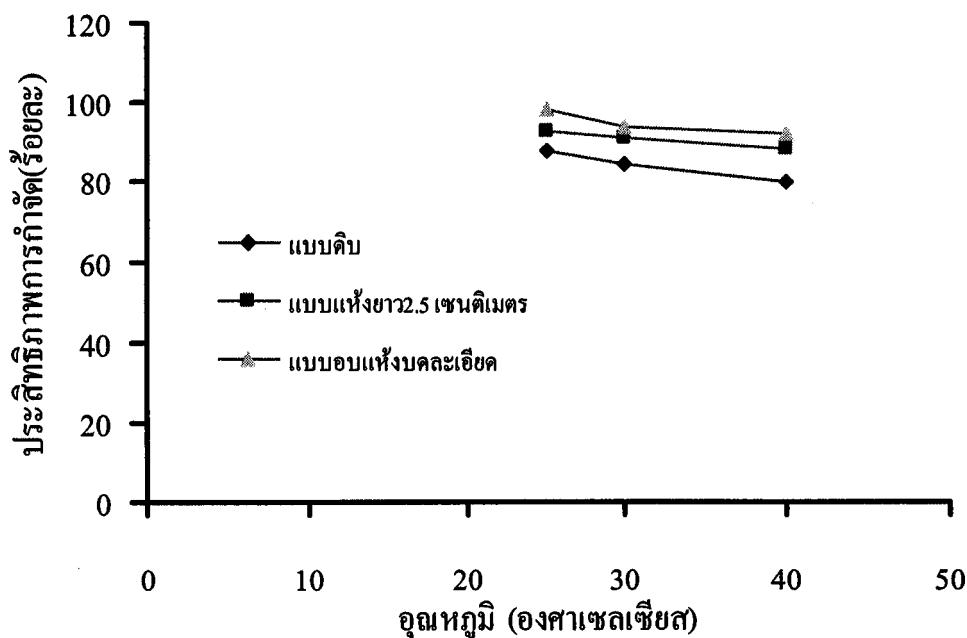
ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.9 ถึง ภาพที่ 4.10 เป็นการศึกษาผลของ อุณหภูมิต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเส้นใยจากเปลือกกลวยน้ำว้าทั้ง 3 แบบ ได้แก่ แบบดิน แบบอบแห้ง และแบบอบแห้งบด พนว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่จะนำไปเปลือกกลวยทั้ง 3 แบบ มา กำจัดน้ำเสียคือที่ 25 องศาเซลเซียส โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 87.96, 92.84 และ 98.21 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจาก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ปฏิกริยาสามารถเข้าสู่สมดุล ทำให้มีความสามารถในการดูดติดผิวได้ดี ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศา เป็นอุณหภูมิที่สูง ความสามารถในการดูดติดผิวไม่ค่อยดี เนื่องจากปฏิกริยาเกิดความร้อน ทำให้ประสิทธิภาพการ กำจัดตะกั่วมีแนวโน้มลดลง ซึ่งอุณหภูมิจะมีอิทธิพลต่ออัตราเร็ว และขีดความสามารถในการ ดูดติดผิว เมื่ออัตราเร็วเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ และลดลงตามการลดของอุณหภูมิ ขีดความสามารถในการดูดติดผิวจะมีค่าลดลงที่อุณหภูมิสูง

จากการเปรียบเทียบเปลือกกลวยทั้ง 3 แบบ พนว่า เปลือกกลวยแบบอบแห้งบดมี ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วมากกว่าแบบอบแห้ง และแบบดิน ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพการ กำจัดร้อยละ 98.21 , 92.84 และ 87.96 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจาก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปฏิกริยาสามารถเข้าสู่สมดุลทำให้มีความสามารถในการดูดติดผิวได้ดี

ตารางที่ 4.5 ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว และประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วย
น้ำว้าทึ้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ณ ระดับพีอีอช 4

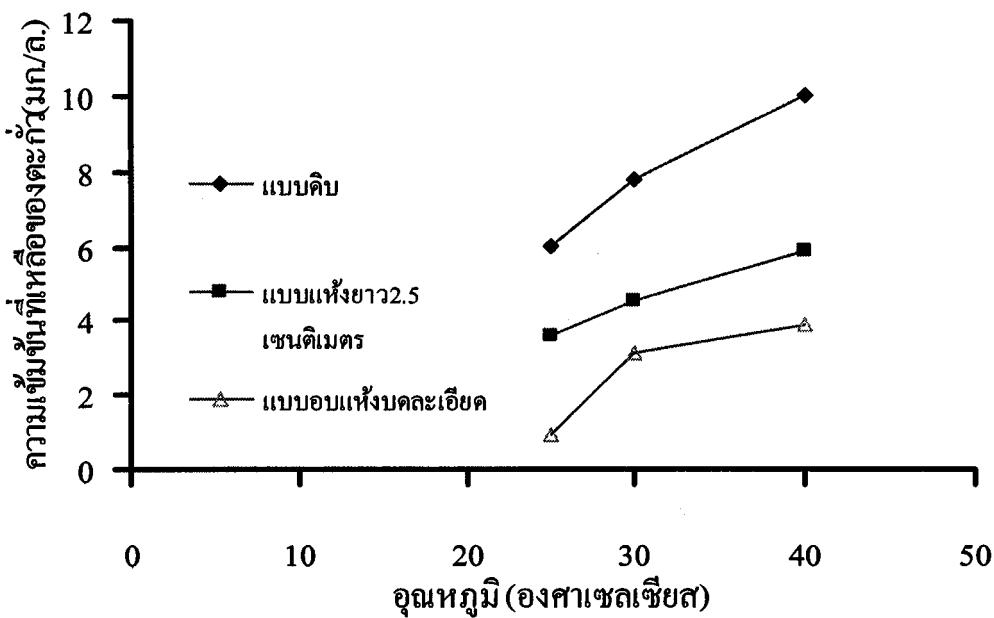
อุณหภูมิ (C°)	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ติตร)			ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว (ร้อยละ)		
	แบบดิน	แบบอบแห้ง	แบบอบแห้งบด	แบบดิน	แบบอบแห้ง	แบบอบแห้งบด
25	6.02	3.58	0.92	87.96	92.84	98.21
30	7.78	4.56	3.12	84.44	90.88	93.79
40	10.04	5.9	3.89	79.99	88.2	92.22

ข้อมูลจากตารางที่ 4.5 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยน้ำว้าทึ้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ณ ระดับ พีอีอช 4
แสดงในภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยน้ำว้าทึ้ง 3 แบบ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ
ณ ระดับพีอีอช 4

จากตารางที่ 4.5 และ ภาพที่ 4.9 ในทำนองเดียวกัน สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่วที่อุณหภูมิต่าง ๆ ณ ระดับพีเอช 4 แสดงในภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ณ ระดับพีเอช 4

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียด้วยเส้นใยจากเปลือกกล้วยน้ำว้าทั้ง 3 แบบ ซึ่งได้แก่ ผลการศึกษาเบื้องต้น เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของเส้นใยจากเปลือกกล้วยในการคุณชั้บ ตะกั่วในน้ำเสีย ผลของค่าพีอีอชที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วย ผลของระยะเวลา สัมผัสที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วของเส้นใยจากเปลือกกล้วย ผลของความเร็วอบ ที่เหมาะสม ในการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยน้ำว้าทั้ง 3 แบบ ผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่ว ของเส้นใยจากเปลือกกล้วย ณ ระดับพีอีอช 4 จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การศึกษาเบื้องต้น (preliminary study) เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของเส้นใย จากเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ ในการคุณชั้บตะกั่วในน้ำเสีย

จากการศึกษาเบื้องต้น (preliminary study) ได้ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีตะกั่ว วาเลนซี +2 ปริมาณตะกั่วเริ่มต้นที่วิเคราะห์ได้ คือ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการเตรียมน้ำตัวอย่าง ระดับพีอีอชมีค่าประมาณ 0.95 พนว่า ประสิทธิภาพในการคุณชั้บตะกั่วของเปลือกกล้วยมีแนวโน้ม เพิ่มขึ้นตามปริมาณเปลือกกล้วยที่เพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณเปลือกกล้วยที่เหมาะสม อยู่ที่ระดับ 15 กรัม ต่อน้ำเสีย 100 มิลลิลิตร และจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ พนว่า เปลือกกล้วยแบบอบแห้งบดละเอียดมีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วได้มากกว่า แบบอบแห้ง และแบบดิน ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 95.90, 91.80 และ 85.90 ตามลำดับ

5.1.2 ผลของค่าพีอีอชที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วของเส้นใยจากเปลือกกล้วย

จากการศึกษาผลของค่าพีอีอชที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่ว ได้ทำการศึกษาทั้งที่ ใช้เปลือกกล้วยดิน เปลือกกล้วยอบแห้งหันเป็นชิ้นเล็กขนาด 2.5 เซนติเมตร และเปลือกกล้วย อบแห้งร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 60 เพื่อที่จะได้ค่าพีอีอชที่เหมาะสม พนว่า ประสิทธิภาพการกำจัด ตะกั่วของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ ที่ระดับค่าพีอีอช 4 จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วในน้ำ เสียได้ดีกว่าระดับพีอีอชอื่น ๆ คือ ร้อยละ 92.50, 93.06 และ 98.12 ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบ เส้นใยจากเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ จะเห็นว่าเปลือกกล้วยที่สามารถคุณชั้บตะกั่วได้ดีมีประสิทธิภาพ สูง คือ เปลือกกล้วยอบแห้งบดละเอียดที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 60 เมซ โดยให้ค่าประสิทธิภาพการ

กำจัด คือ ร้อยละ 98.12 รองลงมาคือ เปลือกกล้วยแบบอบแห้ง และแบบดิบ ตามลำดับ โดยให้ค่าประสิทธิภาพการกำจัด คือ ร้อยละ 93.06 และ 92.50 ตามลำดับ

5.1.3 ผลของระยะเวลาสัมผัสที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วของเส้นใยจากเปลือกกล้วย
 ระยะเวลาสัมผัสของเปลือกกล้วย กับสารละลายน้ำ มีอิทธิพลต่อการกำจัดตะกั่วในน้ำเสีย จากการศึกษา พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่าสูงสุดที่เวลา 180 นาที มีประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 83.54, 95.68 และ 98.14 ตามลำดับ โดยที่ระยะเวลาสัมผัส 60 นาทีของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ เป็นระยะเวลาที่เริ่มเข้าสู่จุดสมดุลปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ พบว่า เปลือกกล้วยแบบอบแห้งบดละเอียด จะมีประสิทธิภาพการกำจัดมากกว่าแบบอบแห้ง และแบบดิบ ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 98.14, 95.68 และ 83.54 ตามลำดับ

5.1.4 ผลของความเร็วอบที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วของเส้นใยจากเปลือกกล้วย
 จากผลการศึกษาความเร็วอบของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ ได้แก่ แบบดิบ แบบอบแห้ง และแบบอบแห้งบดละเอียด พบว่า ที่ความเร็วอบ 200 รอบต่อนาที เป็นความเร็วอบที่เหมาะสมที่จะนำเปลือกกล้วยมากำจัดน้ำเสีย โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วร้อยละ 88.20, 92.84 และ 98.16 ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ พบว่า เปลือกกล้วยแบบอบแห้งบดละเอียด จะมีประสิทธิภาพการกำจัดมากกว่าแบบอบแห้ง และแบบดิบ ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 98.16, 92.84 และ 88.20 ตามลำดับ

5.1.5 ผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วของเส้นใยจากเปลือกกล้วย
 ณ ระดับ พื้นดิน 4

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่ออัตราเร็ว และขั้นตอนความสามารถในการดูดติดผิว การดูดติดผิวจะมีค่าลดลงที่อุณหภูมิสูง และจะเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ มีความสามารถในการดูดติดผิวตี่ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 87.96, 92.84 และ 98.21 จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบพบว่า เปลือกกล้วยแบบอบแห้งบดละเอียดจะมีประสิทธิภาพการกำจัดมากกว่าแบบอบแห้ง และแบบดิบ ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 98.21, 92.84 และ 87.96 ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัย

5.2.1 ควรศึกษาการกำจัดโลหะหนักชนิดอื่น ๆ เช่น โกรเมี่ยน, นิกเกิล, สังกะสี, แคนเดเมี่ยน และปรอท โดยใช้เส้นใยจากเปลือกกล้วยเป็นสารดูดซับ

5.2.2 ควรศึกษาความแตกต่างของความเข้มข้นของโลหะหนักแต่ละชนิด กับการดูดซับด้วยเปลือกกลีวัย

5.2.3 ควรศึกษาอิทธิพลของการสอดแทรก (interference) ของโลหะหนักหลาย ๆ ชนิด จากน้ำเสียงริง

5.2.4 ควรศึกษาโดยทดลองใช้เปลือกกลีวัยนำว่าดูดซับจะดีกว่าน้ำเสียงริง

5.3 แนวทางการนำไปใช้

5.3.1 ด้านเศรษฐกิจ ช่วยลดต้นทุนในการที่จะนำเอาสารเคมีที่มีราคาแพงมาจำกัดน้ำเสียง และยังลดปัญหาขยะที่เกิดจากการทิ้งเปลือกกลีวัย โดยไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์

5.3.2 ด้านขนส่ง สะดวกรวดเร็ว เพราะกลีวัยเป็นพืชเมืองร้อน ทุกอาการบ้านเรือนปลูกไว้จำนวนมาก ไม่ต้องเสียค่าขนส่ง

5.3.3 ด้านการใช้ ประชาชนทั่วไปสามารถที่จะนำเปลือกกลีวัยมาบำบัดน้ำเสียงได้โดยไม่ต้องใช้เทคโนโลยีมาก

ເອກສາຣ໌ອ້າງອີງ

เอกสารอ้างอิง

- เกรียงศักดิ์ อุดมสิน ใจนน. การนำบัดน้ำเสีย. มิตรนราการพิมพ์. กรุงเทพมหานคร, 2539.
- เรื่องเอกสารถึงนริศรา โพธิ์มูล. การลดปริมาณตะกั่วจากน้ำเสียในงานผลิตเบตเตอร์รี่โดยใช้ถ้าแกลบคำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2545.
- นิรุต คุณผล. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการนำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2539.
- จารยา พุ่มงาม. การกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียโดยใช้เปลือกหอยแครง และเปลือกแมลงภู่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- จันทร์ฉาย อึ้งอุดรักดี. การกำจัดตะกั่วในน้ำเสียจากโรงงานแบนตเตอร์รี่โดยใช้ชูปปอนี และฟางข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาชื่นมัยสิ่งแวดล้อม. คณะสารสนเทศศาสตร์ : มหาวิทยาลัยมหิดล, 2541.
- ทรงชัย พรพรรณสวัสดิ์, วิญญาลักษณ์ วิสุทธิศักดิ์. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
- ปภาคิต ษะทอง. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการคัดซับสารอินทรีย์ธรรมชาติโดยค่านกัมมันต์ชนิด DC 505. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2548.
- ประกรฤทธิ์ เดิศจรัสอรุณดี. การกำจัดตะกั่ว และปรอทในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยการใช้เจลีออยฟางข้าวและขุยมะพร้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
- ประสิทธิ์ แพ้วบาง และอรุ่ง สุขเจริญ. การเปรียบเทียบการคัดซับตะกั่ว (+2) โดยใช้เปลือกไช่ และเกล็ดปลา. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 ก.ค. – ธ.ค. กรุงเทพฯ, 2542.
- เพลินจิต ทุมชิตชังค์ และคณะ. ประสิทธิภาพของผักกาดขาวในการกำจัดโลหะหนักแคคเมี้ยมท่องแสง และตะกั่ว. วารสารวิจัยสภาวะแวดล้อม ; 1-13, 2530.
- มั่นสิน ตัณฑุลเวศ์, มั่นรักย์ ตัณฑุลเวศ์. เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.
- มหาทิพย์ บุญฉลาง. เปลือกกล้วย. <http://www.ku.ac.th/e-magazine/agri/banana.html> august,
- 2545.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- วินัย สมบูรณ์, ลัตรชัย สัทธางนันท์, ณัฐพร เพิ่มกสิกิริณี, จิราพรรณ ประภาพรสุข. การใช้วัสดุธรรมชาติในการบำบัดโลหะหนักในน้ำ. วารสารวิจัยสภาพสิ่งแวดล้อม ; 58-74, 2533.
- เอกชัย ประสาทมงคล. การคุ้นชับโครงเมี่ยมโดยใช้เส้นใยจากเปลือกสับปะรด. วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2546.
- Barer R.M. 1987. Zeolites and Clay Minerals as Sorbent and Molecular Sieves. Academic Press, New York
- CHEN JP and YIACAUIMI S. 1997. Biosorption of metal ions from aqueous solution. Sep. Sci. Technol. 32 (1-4) 51-69
- Chong Wen Yu. 2001. Properties and proceeding of plant fiber. China Textile University Shanghai 20051 P.R. China. The fible society new frontier in fiber science May 23-25
- DOLEKA. 1997. Biosorption of lead by a white-rot fungus. M. Sc. Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey
- Harrison Laxen. 1981. Lead Pollution causes and control. Chapman and Hall, London
- Katarzyna Chojnacka. 2005. Biosorption of Cr (III) ions by eggshells. Journal of Hazardous Materials. 167-173
- Malliou E., Loizidou M. and Spyrellis N. 1994. Uptake of lead and cadmium by clinoptilolite. Sci. Total Environ. 149, 139-144
- Weber, et al., 1963. Kinetics of adsorption on carbon from solutions. J.Sanit. Engng. Div.Am.Soc. Civ.Eng.89. 31-60

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตารางแสดงข้อมูลและผลการทดลอง

ภาคผนวก ก
ตารางแสดงข้อมูลและการทดลอง

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว และประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วกับปริมาณเปลือกกลวยอบแห้งบดละเอียด ณ เวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง

ปริมาณของเปลือก กลวยอบแห้ง ละเอียด (กรัม/100 มิลลิกรัม)	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)			ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น ที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพ การกำจัดตะกั่ว (ร้อยละ)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
1	36.82	36.85	36.89	36.85	26.30
2	30.82	30.85	30.84	30.84	38.33
3	21.83	19.21	20.77	20.60	58.80
4	15.86	15.98	16.11	15.98	68.03
5	9.58	7.58	10.61	9.26	81.49
6	8.22	6.37	9.22	7.93	84.13
7	6.43	4.07	7.50	6.00	88.00
8	4.24	3.43	5.18	4.28	91.44
9	3.40	3.03	4.62	3.68	92.64
10	3.12	2.62	3.35	3.03	93.94
11	2.78	2.43	2.85	2.69	94.63
12	2.21	2.24	2.45	2.30	95.40
13	2.14	2.16	2.22	2.17	95.65
14	2.09	2.08	2.11	2.09	95.81
15	2.06	2.05	2.07	2.06	95.88

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว และประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วกับปริมาณเปลือกกลวยอบแห้ง ณ เวลาสัมพัส 24 ชั่วโมง

ปริมาณของเปลือกกลวยอบแห้ง (กรัม/100 มิลลิกรัม)	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)			ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว (ร้อยละ)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
1	40.03	42.11	41.97	41.37	17.26
2	38.68	36.99	28.02	37.90	24.20
3	35.16	35.09	34.99	35.08	29.84
4	30.14	31.23	30.91	30.76	38.48
5	18.35	17.92	18.11	18.13	63.75
6	14.94	14.53	14.88	14.78	70.44
7	10.12	10.03	10.24	10.13	79.74
8	7.89	7.77	7.81	7.82	84.37
9	5.97	5.89	5.90	5.92	88.16
10	5.02	5.11	5.12	5.09	89.83
11	4.93	4.83	4.91	4.89	90.22
12	3.36	3.31	3.50	3.39	91.22
13	3.17	3.20	3.19	3.19	93.63
14	3.10	3.09	3.08	3.09	93.82
15	3.04	3.00	3.03	3.02	93.96

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว และประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วกับปริมาณเปลือกกลวยดิน ณ เวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง

ปริมาณของเปลือก กลวยดิน (กรัม/100 มิลลิกรัม)	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)			ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่ เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพ การกำจัด ตะกั่ว (ร้อยละ)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
1	46.92	46.74	48.01	47.22	5.55
2	43.33	43.85	42.91	43.36	13.27
3	40.55	40.03	40.78	40.45	19.10
4	38.15	37.92	38.23	38.10	23.80
5	34.98	35.13	34.78	34.96	30.07
6	31.54	31.96	31.30	31.60	36.80
7	28.22	28.54	28.04	28.27	43.47
8	25.67	25.38	25.80	25.62	48.77
9	17.47	17.82	17.24	17.51	64.98
10	10.02	10.14	10.09	10.08	79.84
11	7.41	7.22	7.50	7.38	85.24
12	7.88	7.95	7.75	7.86	84.28
13	7.41	7.22	7.50	7.38	85.24
14	7.09	7.19	7.03	7.11	85.78
15	7.01	6.99	7.11	7.04	85.92

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว และประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วย
อบแห้งบดละเอียด ที่ระดับพีอีอช 2 ถึง พีอีอช 6 ณ เวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง

ระดับพีอีอชของเปลือกกล้วยอบแห้งละเอียด	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)			ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว (ร้อยละ)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
2	1.49	1.50	1.52	1.50	96.99
3	1.45	1.49	1.48	1.47	97.05
4	0.86	0.88	1.01	0.92	98.12
5	1.33	1.37	1.34	1.35	97.31
6	1.65	1.69	1.67	1.67	96.66

ตารางที่ ก.5 ข้อมูลเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว และประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วย
อบแห้ง ที่ระดับพีอีอช 2 ถึง พีอีอช 6

ระดับพีอีอชของเปลือกกล้วยอบแห้ง	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)			ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว (ร้อยละ)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
2	3.82	3.80	3.84	3.82	92.36
3	3.66	3.63	3.65	3.65	92.71
4	3.49	3.45	3.47	3.47	93.06
5	3.52	3.57	3.54	3.54	92.91
6	4.59	4.60	4.63	4.61	90.79

ตารางที่ ก.6 ข้อมูลเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว และประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วของเปลือก
กลวยดิน ที่ระดับพีอีอช 2 ถึง พีอีอช 6

ระดับพีอีอชของ เปลือกกลวยดิน	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)			ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่ เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพ การกำจัด ตะกั่ว (ร้อยละ)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
2	5.98	6.03	5.95	5.99	88.03
3	5.77	5.72	5.74	5.74	88.51
4	3.80	3.95	3.72	3.75	92.50
5	3.97	4.01	4.12	4.03	91.93
6	6.65	6.60	6.62	6.62	86.75

ตารางที่ ก.7 ข้อมูลเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว และประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วกับปริมาณเปลือก
กลวยอบแห้งบดละเอียดที่ระยะเวลาสัมผัสต่าง ๆ

ระยะเวลาสัมผัสของ เปลือกกลวยอบแห้ง ละเอียด (นาที)	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)			ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น ที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพ การกำจัด ตะกั่ว (ร้อยละ)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
5	5.05	5.58	5.61	5.41	89.20
10	3.53	3.56	3.79	3.62	92.76
15	2.41	2.44	2.63	2.49	95.02
30	1.23	1.24	1.56	1.34	97.32
60	0.98	1.12	1.34	1.15	97.70
90	1.03	1.11	1.30	1.15	97.70
120	0.95	0.98	1.14	1.02	97.96
150	0.87	0.93	1.04	0.95	98.10
180	0.91	0.92	0.96	0.93	98.14

ตารางที่ ก.8 ข้อมูลเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว และประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วกับปริมาณเปลือกกลวยอบแห้งที่ระยะเวลาสัมผัสต่าง ๆ

ระยะเวลาสัมผัสของเปลือกกลวยอบแห้ง (นาที)	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)			ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว (ร้อยละ)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
5	21.56	21.09	21.49	21.38	57.24
10	17.68	17.62	17.71	17.67	64.66
15	14.53	13.81	14.20	14.18	71.64
30	5.56	5.48	5.51	5.52	88.96
60	3.21	3.19	3.20	3.20	93.60
90	3.17	3.15	3.18	3.17	93.64
120	2.96	2.92	2.98	2.95	94.10
150	2.53	2.33	2.48	2.45	95.10
180	2.15	2.22	2.11	2.16	95.68

ตารางที่ ก.9 ข้อมูลเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว และประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วกับปริมาณเปลือกกลวยดินที่ระยะเวลาสัมผัสต่าง ๆ

ระยะเวลาสัมผัสของเปลือกกลวยดิน(นาที)	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว(มิลลิกรัม/ลิตร)			ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว(มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว(ร้อยละ)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
5	38.46	38.03	38.48	38.32	23.36
10	22.54	22.49	22.58	22.54	54.92
15	17.68	17.52	17.46	17.55	64.90
30	11.94	11.88	11.92	11.91	76.18
60	9.98	9.95	9.89	9.94	80.12
90	9.61	9.59	9.57	9.59	80.82
120	8.82	8.79	8.84	8.82	82.36
150	8.33	8.53	8.48	8.45	83.10
180	8.25	8.20	8.23	8.23	83.54

ตารางที่ ก.10 ข้อมูลเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว และประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วกับปริมาณเปลือกกลวยดินแห้งบดละเอียดที่ความเร็วรองต่าง ๆ

ความเร็วรองของเปลือกกลวยอบแห้งละเอียด(รอบ/นาที)	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว(มิลลิกรัม/ลิตร)			ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว(มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว(ร้อยละ)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
100	0.95	0.99	1.56	1.17	97.66
150	0.79	0.88	1.18	0.95	98.10
200	0.79	0.83	1.15	0.92	98.16

ตารางที่ ก.11 ข้อมูลเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว และประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วกับปริมาณเปลือกกลัวขอบแห้งที่ความเร็วอบต่าง ๆ

ความเร็วอบของเปลือกกลัวขอบแห้ง (รอบ/นาที)	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)			ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว (ร้อยละ)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
100	4.25	4.51	4.39	4.38	91.24
150	3.78	3.82	3.79	3.79	92.42
200	3.66	3.47	3.60	3.58	92.84

ตารางที่ ก.12 ข้อมูลเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว และประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วกับปริมาณเปลือกกลัวดินที่ความเร็วอบต่าง ๆ

ความเร็วอบของเปลือกกลัวดิน (รอบ/นาที)	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)			ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว (ร้อยละ)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
100	8.95	8.86	8.69	8.83	82.34
150	7.18	6.81	6.98	6.99	86.02
200	5.80	5.97	5.92	5.90	88.20

ตารางที่ ก.13 ข้อมูลเข้มข้นที่เหลือขององตะกั่ว และประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วกับปริมาณเปลือกกลวยอนแห้งบดละเอียดที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิของเปลือก กลวยอนแห้ง ^๑ ละเอียด (องค์ความเรียง)	ความเข้มข้นที่เหลือขององตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)			ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น ที่เหลือขององตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพ การกำจัด องตะกั่ว (ร้อยละ)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
25	0.86	0.88	1.01	0.92	98.16
30	1.78	3.75	3.83	3.12	93.76
40	1.88	4.78	5.02	3.89	92.22

ตารางที่ ก.14 ข้อมูลเข้มข้นที่เหลือขององตะกั่ว และประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วกับปริมาณเปลือกกลวยอนแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ

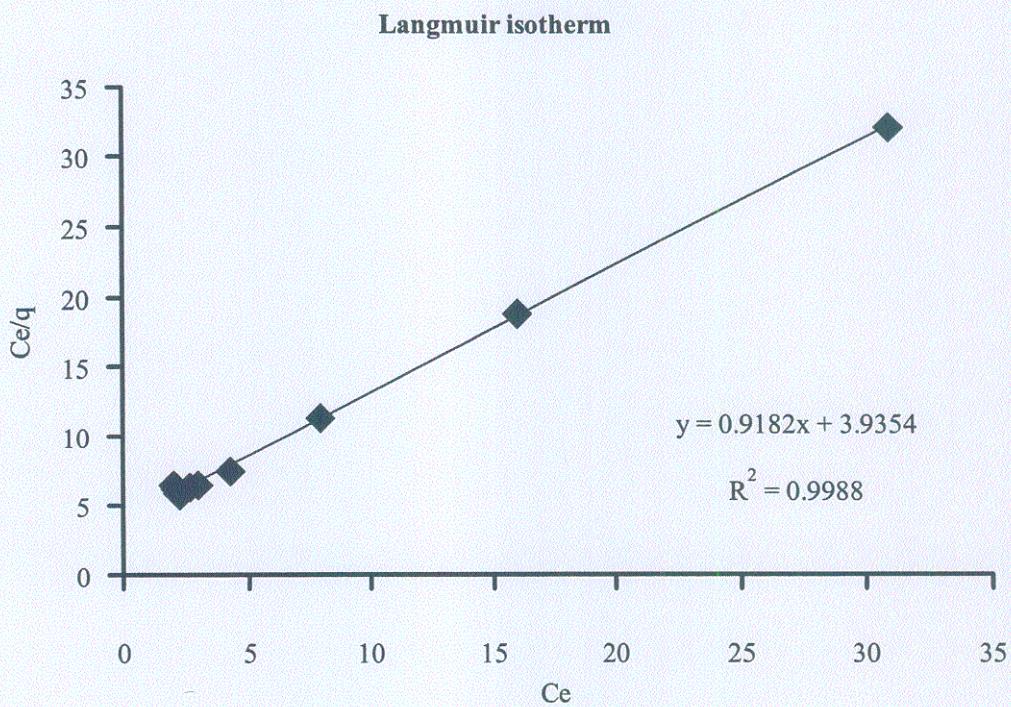
อุณหภูมิของเปลือก กลวยอนแห้ง ^๑ ละเอียด (องค์ความเรียง)	ความเข้มข้นที่เหลือขององตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)			ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น ที่เหลือขององตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพ การกำจัด องตะกั่ว (ร้อยละ)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
25	3.66	3.47	3.60	3.58	92.84
30	4.33	4.71	4.63	4.56	90.88
40	5.80	5.97	5.92	5.90	88.20

ตารางที่ ก.15 ข้อมูลเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว และประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วกับปริมาณเปลือกกล้วยคิดที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิของเปลือก กล้วยคิด (องศาเซลเซียส)	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)			ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น ที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพ การกำจัด ตะกั่ว (ร้อยละ)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
25	6.10	5.96	5.99	6.02	87.96
30	7.72	7.82	7.79	7.78	84.44
40	10.18	9.96	9.98	10.04	79.99

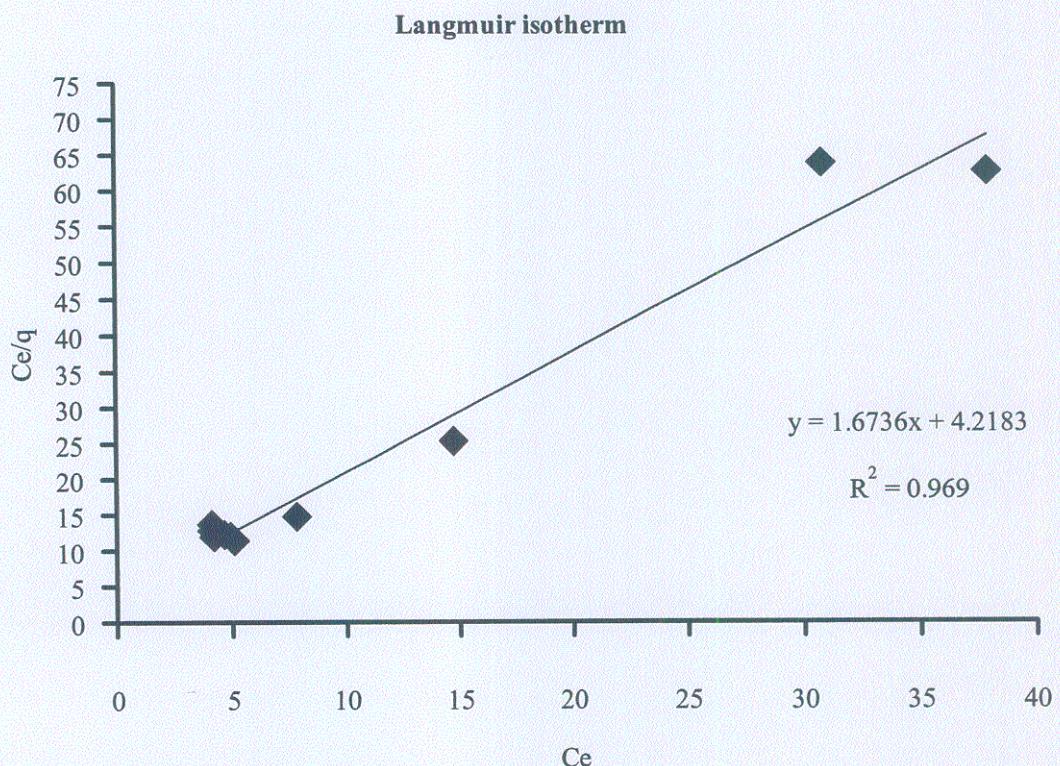
ตารางที่ ก.16 ข้อมูลไอโซเทอร์มการดูดซับตะกั่วของเปลือกกล้วยอบแห้งบดละเอียด

เปลือก กล้วย (g)	v (L)	C _i (mg/L)	C _e (mg/L)	%Re	C _i -C _e (mg/L)	(C _i -C _e)/V (mg)	Q=[(C _i -C _e)*V]/m _s	C _e /q	Q _e
2.000	0.100	50.000	30.837	38.326	19.163	1.916	0.958	32.184	1.504
4.000	0.100	50.000	15.983	68.034	34.017	3.402	0.850	18.794	1.210
6.000	0.100	50.000	7.930	84.140	42.070	4.207	0.701	11.310	0.858
8.000	0.100	50.000	4.280	91.440	45.720	4.572	0.572	7.489	0.574
10.000	0.100	50.000	3.030	93.940	46.970	4.697	0.470	6.451	0.443
11.000	0.100	50.000	2.690	94.620	47.310	4.731	0.430	6.254	0.403
12.000	0.100	50.000	2.300	95.400	47.700	4.770	0.398	5.786	0.355
13.000	0.100	50.000	2.170	95.660	47.830	4.783	0.368	5.898	0.338
14.000	0.100	50.000	2.090	95.820	47.910	4.791	0.342	6.107	0.328
15.000	0.100	50.000	2.060	95.880	47.940	4.794	0.320	6.446	0.324



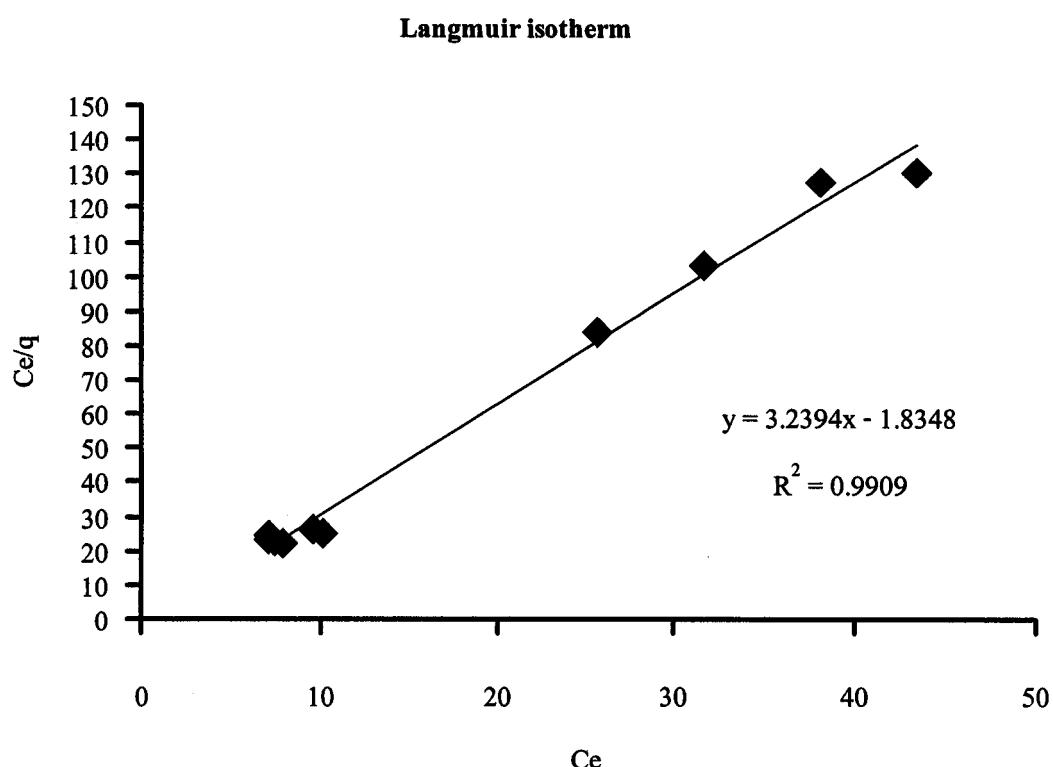
ตารางที่ ก.17 ข้อมูลไอโซเทอร์มการดูดซับตะกั่วของเปลือกกลีวยอบแห้ง

เปลือก กลีวย (g)	v (L)	Ci (mg/L)	Ce (mg/L)	%Re	Ci-Ce (mg/L)	(Ci-Ce)/V (mg)	Q=[(Ci- Ce)*V]/m _s	Ce/q	Qe
2.000	0.100	50.000	37.900	24.200	12.100	1.210	0.605	62.645	1.581
4.000	0.100	50.000	30.760	38.480	19.240	1.924	0.481	63.950	1.503
6.000	0.100	50.000	14.780	70.440	35.220	3.522	0.587	25.179	1.172
8.000	0.100	50.000	7.820	84.360	42.180	4.218	0.527	14.832	0.851
10.000	0.100	50.000	5.090	89.820	44.910	4.491	0.449	11.334	0.648
11.000	0.100	50.000	4.890	90.220	45.110	4.511	0.410	11.924	0.631
12.000	0.100	50.000	4.630	90.740	45.370	4.537	0.378	12.246	0.607
13.000	0.100	50.000	4.220	91.560	45.780	4.578	0.352	11.983	0.569
14.000	0.100	50.000	4.160	91.680	45.840	4.584	0.327	12.705	0.563
15.000	0.100	50.000	4.130	91.740	45.870	4.587	0.306	13.506	0.560



ตารางที่ ก.18 ข้อมูลไอโซเทอร์มการดูดซับตะกั่วของเปลือกกลวยดิบ

เปลือก กลวย (g)	v (L)	C _i (mg/L)	C _e (mg/L)	%Re	C _i -C _e (mg/L)	(C _i -C _e)/V (mg)	Q=[(C _i - C _e)*V]/m _s	C _e /q	Q _e
2.000	0.100	50.000	43.360	13.280	6.640	0.664	0.332	130.602	1.626
4.000	0.100	50.000	38.100	23.800	11.900	1.190	0.298	128.067	1.582
6.000	0.100	50.000	31.600	36.800	18.400	1.840	0.307	103.043	1.513
8.000	0.100	50.000	25.620	48.760	24.380	2.438	0.305	84.069	1.428
10.000	0.100	50.000	10.080	79.840	39.920	3.992	0.399	25.251	0.978
11.000	0.100	50.000	9.590	80.820	40.410	4.041	0.367	26.105	0.953
12.000	0.100	50.000	7.860	84.280	42.140	4.214	0.351	22.383	0.853
13.000	0.100	50.000	7.380	85.240	42.620	4.262	0.328	22.511	0.822
14.000	0.100	50.000	7.110	85.780	42.890	4.289	0.306	23.208	0.804
15.000	0.100	50.000	7.040	85.920	42.960	4.296	0.286	24.581	0.799



ภาคผนวก ข
หลักการและวิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารตะกั่ว

ภาคผนวก ข
หลักการและวิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารตะกั่ว

ข.1 การคำนวณสารเคมีที่ใช้ในการทำการทดลอง

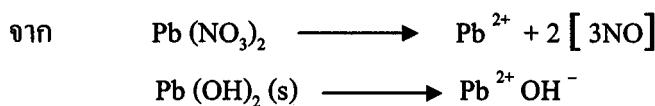
การเตรียมสต็อกตะกั่ว $Pb(NO_3)_2$ ที่มีความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม
 จาก ชั่งสารตะกั่วในเตรต = 0.1598 กรัม
 คละลายตะกั่วในเตรต $Pb(NO_3)_2$ 0.1598 กรัม ในกรดไนโตริก (1+1) จำนวนเดือน้อย แล้วเติมกรด
 ในตริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตร เอื้องด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร

$$\begin{array}{lcl}
 \text{สารละลายนี้ } 1.00 \text{ มิลลิลิตร} & = & Pb 100 \text{ ในกรัม} \\
 \text{จะได้} & & \\
 C1V1 & = & C2V2 \\
 100 \text{ ppm} \times V1 & = & 50 \times 1000 \text{ ml} \\
 V1 & = & 50 \times 1000 \text{ ml} / 100 = 500 \text{ ml}
 \end{array}$$

หรือ คำนวณหาสารจากน้ำหนัก MW

$$\begin{array}{lcl}
 \text{ตะกั่ว Pb} & 207.2 & \text{ได้จาก ตะกั่วในเตรต } Pb(NO_3)_2 \quad 331.2 \\
 \text{ตะกั่ว Pb} & 50 \times 10^{-3} & \text{ได้จาก} \\
 \text{จะใช้สารตะกั่วในเตรต } Pb(NO_3)_2 & = & 331.2 \times 50 \times 10^{-3} / 207.2 \\
 & & 0.0079 / 1 \text{ L}
 \end{array}$$

ข.2 การคำนวณการตกตะกอนที่ช่วงค่าระดับ pH 2 ถึง pH 6



$$\text{โดยมีค่า } K_{sp} = 2.5 \times 10^{-16}$$

$$\text{เมื่อทำการปรับค่า pH = 2 แสดงว่า } [H^+] = 10^{-2}; [OH^-] = 10^{-12}$$

$$[Pb^{2+}] = 50 \times 10^{-3} \text{ g/l} \times 1 \text{ mol} / 331.2 \text{ g} = 1.51 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$$

$$\text{จาก } K_{sp} = [Pb^{2+}] 2[OH^-]$$

$$\text{เมื่อ pH = 2; } 2.5 \times 10^{-16} > [1.51 \times 10^{-4}] \times [10^{-24}] = 1.51 \times 10^{-28}$$

$$\text{pH = 3; } 2.5 \times 10^{-16} > [1.51 \times 10^{-4}] \times [10^{-22}] = 1.51 \times 10^{-26}$$

$$\text{pH = 4; } 2.5 \times 10^{-16} > [1.51 \times 10^{-4}] \times [10^{-20}] = 1.51 \times 10^{-24}$$

$$\text{pH = 5; } 2.5 \times 10^{-16} > [1.51 \times 10^{-4}] \times [10^{-18}] = 1.51 \times 10^{-22}$$

$$\begin{aligned}
 \text{pH} = 6 ; 2.5 \times 10^{-16} & > [1.51 \times 10^{-4}] \times [10^{-16}] = 1.51 \times 10^{-20} \\
 \text{pH} = 7 ; 2.5 \times 10^{-16} & > [1.51 \times 10^{-4}] \times [10^{-14}] = 1.51 \times 10^{-18} \\
 \text{pH} = 8 ; 2.5 \times 10^{-16} & < [1.51 \times 10^{-4}] \times [10^{-12}] = 1.51 \times 10^{-16}
 \end{aligned}$$

การทดลองการศึกษาผลของพีเอชที่มีต่อการคุณซับตะกั่ว จำเป็นต้องคำนวณว่าที่ระดับใดที่ทำให้เกิดการตกตะกอนของตะกั่ว ในที่นี่ใช้สารละลายนาโนไฮดรอเจนออกไซด์ (NaOH) ในการปรับพีเอช ซึ่งเมื่อปรับพีเอชให้มีค่าสูงขึ้น สารละลายนะจะเกิดการตกตะกอนเป็นไชครอกไไซด์ (Pb(OH)_2) โดยมีค่า $K_{\text{sp}} = 2.5 \times 10^{-16}$

ภาคผนวก ค
ผลงานทางวิชาการ

ภาคผนวก ค
ผลงานทางวิชาการ

การจำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียโดยใช้เปลือกกล้วย

บรรยายพร ไชยวิเศษ¹ และไพรัตน์ แก้วสาร²

1. แผนกวิชาสถาปัตยกรรม คณะวิชาการก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี
 จ. อุบลราชธานี 34000

2.. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 85
 ต. เมืองศรีไช อ. วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาความสามารถของเปลือกกล้วยในการจำจัดตะกั่ว ในน้ำเสียสังเคราะห์ เปเลือกกล้วยที่นำมาศึกษานี้ 3 แบบ คือ แบบที่หนึ่งเป็นเปลือกกล้วยคิด แบบที่สองเป็นแบบเปลือกกล้วยอบแห้งยาว 2.5เซนติเมตร แบบที่สามเป็นเปลือกกล้วยแบบอบแห้งนงนคละเอียด รูปแบบของการทดลองเป็นแบบงา (batch study) การศึกษาแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรก ศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ เพื่อนำมาใช้ในการจำจัดตะกั่ว ที่มีความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ขั้นที่สอง เป็นการศึกษาประสิทธิภาพที่ระดับพีอีอี ระยะเวลา สัมผัสต่าง ๆ ความเร็วอบต่าง ๆ และอุณหภูมิต่าง ๆ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการจำจัดตะกั่ว ของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณที่เหมาะสมของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ สำหรับการจำจัดตะกั่วที่มีความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตรในน้ำเสีย คือ ปริมาณ 150 กรัมต่อลิตร โดยมีประสิทธิภาพการจำจัดตะกั่วร้อยละ 85.92, 91.75, 95.88 ตามลำดับ สภาวะที่เหมาะสมของเปลือกกล้วยทั้งสามแบบ สำหรับการจำจัดตะกั่ว คือ ระดับพีอีอี 4 และระยะเวลาสัมผัส 60 นาที โดยประสิทธิภาพการจำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยแบบอบแห้งนงนคละเอียด ให้ค่าประสิทธิภาพสูงที่สุด คือ ร้อยละ 98.12 ขณะที่แบบอบแห้งยาว 2.5 เซนติเมตร และแบบคิด ให้ค่าประสิทธิภาพ การจำจัดครึ่องละ 93.06 และ 92.5ตามลำดับ ที่ความเร็วอบที่ 200 รอบต่อนาทีเป็นความเร็วอบที่ใช้ในการจำจัดตะกั่ว โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมในการจำจัดตะกั่วในน้ำเสีย คือที่ 25 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ : ตะกั่ว ชีวมวล การคุ้มครอง

1. บทนำ

ในปัจจุบันปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมนับวันยิ่งทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปล่อยน้ำเสียจากโรงงานที่มีโลหะหนักต่าง ๆ ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ทั้งน้ำรวมถึงน้ำเสียที่มีตะกั่วปนเปื้อนออกม้าด้วย โดยมาจากการอุตสาหกรรมสี อุตสาหกรรมยานยนต์ รวมถึงยังเป็นสารประกอบที่ใช้ในห้องปฏิบัติการต่าง ๆ ดังนั้นจึงมีผู้คิดค้นวิธีในการบำบัดน้ำทึ่งที่มีโลหะหนักปนเปื้อน ซึ่งมีหลายวิธี ทั้งวิธีทางเคมี ชีววิทยา ฟลิกส์ หรือฟลิกส์และเคมีร่วมกัน วิธีการต่าง ๆ เหล่านี้ได้แก่ การตกรตะกอนทางเคมี การเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ทั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และรีดักชัน การอสโนมิซึชันกลับ การใช้ไฟฟ้า การระเบกถ่ายเป็นไออก การแลกเปลี่ยนประจุ การคูดซับ หรือการคูดติดผิว รวมถึงการคูดซับด้วยวัสดุทางธรรมชาติ เป็นต้น วิธีการต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้นล้วนแต่เป็นวิธีการที่สามารถกำจัดโลหะหนักได้ดี แต่ต้องมีค่าใช้จ่ายสูงเพลื่องในด้านการลงทุนของเครื่องมือ อุปกรณ์ และเทคโนโลยี ตลอดจนต้องอาศัยความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน ค่อนข้างสูง จึงเป็นข้อจำกัด ในการใช้วิธีการข้างต้น ดังนั้นจึงมีผู้สนใจศึกษาการนำวัสดุทางธรรมชาติที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตรมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยนำมาทำเป็นตัวคูดซับทางชีวภาพ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีผู้สนใจศึกษานำเข้า เปเลือกไจ (1), เปเลือกหอย (2), กากชา (3), จีเลี่ยง (4), ฐานปูน้ำ (5), แกลน (6), และฟางข้าว (7) มาเป็นตัวคูดซับทางชีวภาพ ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุดังกล่าวมีองค์ประกอบของเซลลูโลส ลิกนิน แทนนิน ซึ่งภายในโครงสร้างเหล่านี้ประกอบด้วยหมู่พังก์ชัน ได้แก่ หมู่ไซดรอกซิลิก หมู่ฟิโนลิก หมู่เมโทกซิล ที่มีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนไออกอน และสามารถคูดซับกับไออกอนของโลหะหนักในน้ำเสียได้

การวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้เปลือกกล้วยมาเป็นวัสดุคูดซับ โลหะตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกกล้วยเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งมีองค์ประกอบของเซลลูโลส เอ็นไซคลูโลส และแทนนินเป็นองค์ประกอบหลัก จึงได้นำเปลือกกล้วยมาใช้คูดซับตะกั่ว เพื่อที่จะพัฒนาเป็นตัวคูดซับที่มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

2. วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมสารคูดซับ

การเตรียมเส้นใยจากเปลือกกล้วยโดยนำเปลือกกล้วยมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด นำไปตากให้แห้ง ล้างด้วยน้ำก้อนลับจนระดับพิเศษของน้ำล้างสุดท้ายเป็นกลาง ทำให้แห้งโดยนำไปอบในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง นำไปบดด้วยเครื่องบดพืชแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh ที่ไว้ให้เย็นในโคลุคความชื้น (desiccator) เก็บไว้ใช้วิเคราะห์ต่อไป

2.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่ว 50 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการซั่งสาร Lead (II) nitrate $Pb(NO_3)_2$ ตามที่คำนวณไว้ จากนั้นละลายในน้ำกลั่น โดยค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วในน้ำเสีย วัดโดยใช้เครื่องมือ Atomic Absorption Spectrophotometer หน่วยวัด คือ มิลลิกรัมต่อลิตร

2.3 วิธีการทดลอง

นำน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีตะกั่ววาเลนซี +2 ปริมาณตะกั่วเริ่มต้นที่วิเคราะห์ได้ คือ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการเตรียมน้ำตัวอย่างระดับพิเชช์ประมาณ 0.95 เติมใส่ขวด flask ที่เตรียมไว้ทั้งหมด 15 ขวด โดยเติมน้ำเสียลงในแต่ละขวดเป็นปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสาร adsorbent ในที่นี่ คือ เปลือกกล้วยในปริมาณ 2 ถึง 15 กรัม ซึ่งแต่ละขวดจะถูกนำไปเบย์ด้วยเครื่องเบย์สารเคมี (shaker) ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำ นำน้ำตัวอย่างที่ได้ไปผ่านการกรอง เพื่อแยกระหว่างส่วนที่เป็นของแข็ง และส่วนที่เป็นของเหลว จากนั้นนำส่วนที่เป็นของเหลวไปทำการวิเคราะห์ทางปริมาณ ตะกั่วที่เหลือด้วยเครื่อง AAS

การหาพิเชช์ จะทำการทดลองหาค่าระดับพิเชช์ 2 – พิเชช์ 6 โดยใช้โซเดียมไอกрокไซด์และกรดไออกอิคปรับสภาพพิเชช์ต่างๆ ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีตะกั่ว +2 วาเลนซี ปริมาณเปลือกกล้วยใช้ปริมาณที่หาได้จากการทดลองเบื้องต้น เมื่อได้ช่วงค่าระดับพิเชช์ที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสีย จากนั้นหาระยะเวลาสัมผัสที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่ว โดยใช้เปลือกกล้วยในปริมาณที่หาได้จากการทดลองเบื้องต้น ทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่เวลาสัมผัส 5, 10, 15, 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาทีตามลำดับ ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

การหาความเร็วรอบที่เหมาะสม ในการกำจัดตะกั่ว โดยใช้เปลือกกล้วยในปริมาณที่หาได้จากการทดลองเบื้องต้นเติมใส่ขวด flask โดยเบย์ด้วยเครื่องเบย์สารเคมี (shaker) ที่ความเร็วรอบ 100, 150, 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นหาอุณหภูมิที่เหมาะสม ในการกำจัดตะกั่ว โดยใช้เปลือกกล้วยในปริมาณที่หาได้จากการทดลองเบื้องต้นเติมใส่ขวด flask นำไปเบย์ด้วยเครื่องเบย์สารเคมี (shaker) ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25, 30, 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

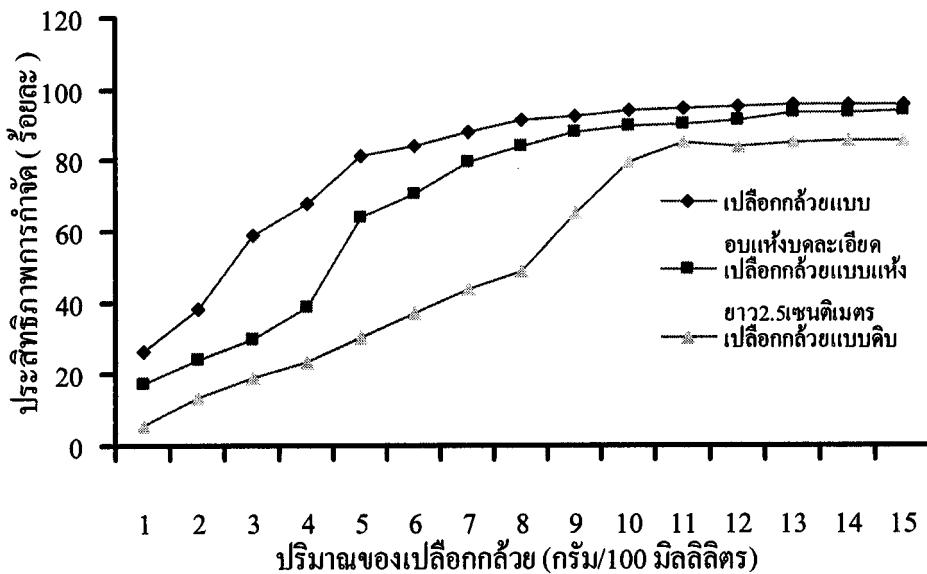
3. ผลการวิจัย และอภิปรายผล

จากการศึกษาหาปริมาณของเปลือกกล้วยที่เหมาะสมในการกำจัดตะไคร้ในน้ำเสีย โดยปริมาณของเปลือกกล้วยที่ใช้เริ่มต้นที่ 2 ถึง 15 กรัม ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 1 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการกำจัดตะไคร้ที่ปริมาณต่าง ๆ ของเส้นใยเปลือกกล้วย ณ เวลาสัมพัสด์ 24 ชั่วโมง

ปริมาณของ เปลือกกล้วย (กรัม /100ml.)	ความเข้มข้นที่เหลือของตะไคร้ (มิลลิกรัม/ลิตร)			ประสิทธิภาพการกำจัดตะไคร้ (ร้อยละ)		
	แบบ ดิบ	แบบ อบแห้ง	แบบอบ แห้งบด	แบบ ดิบ	แบบ อบแห้ง	แบบอบ แห้งบด
2	43.36	37.90	30.84	13.27	24.20	38.33
4	38.10	30.76	15.98	23.80	38.48	68.03
6	31.60	14.78	7.93	36.79	70.44	84.13
8	25.62	7.82	4.28	48.77	84.37	91.44
10	10.08	5.09	3.03	79.84	89.83	93.94
11	9.59	4.89	2.69	80.81	90.22	94.63
12	7.86	4.63	2.30	84.28	90.74	95.4
13	7.38	4.22	2.17	85.24	91.55	95.65
14	7.11	4.16	2.10	85.79	91.68	95.81
15	7.04	4.13	2.06	85.92	91.75	95.88

ข้อมูลจากตารางที่ 1 สามารถนำมาเขียนกราฟได้ดังภาพที่ 1 โดยเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดตะไคร้คิดเป็นร้อยละ (แกน Y) กับปริมาณต่าง ๆ ของเปลือกกล้วย ณ. เวลาสัมพัสด์ 24 ชั่วโมง(แกน X)



ภาพที่ 1 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว กับปริมาณต่าง ๆ ของเปลือกกล้วย ณ เวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง

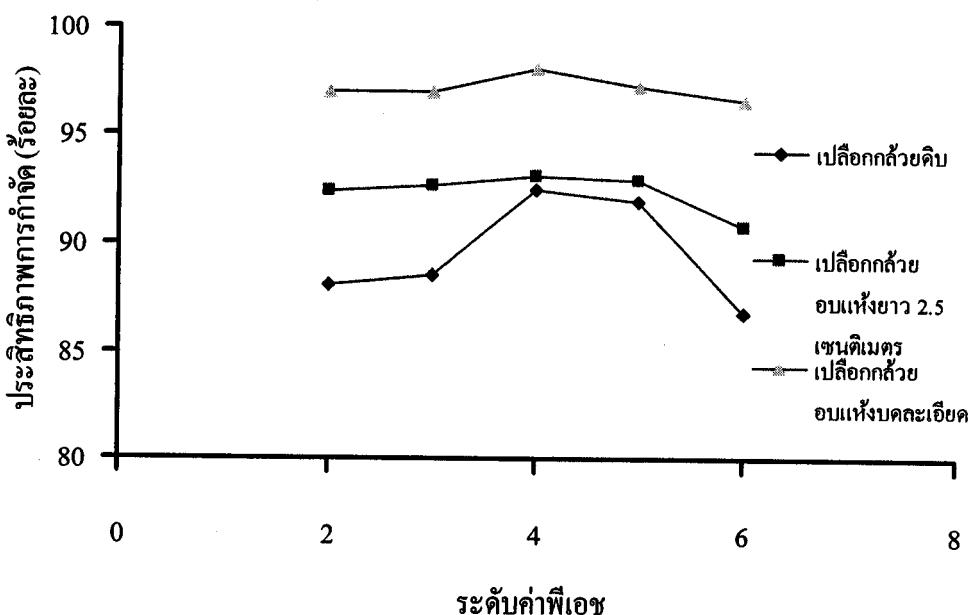
จากการที่ 1 และภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่าในช่วงแรก ที่ปริมาณเปลือกกล้วย 2 กรัม ถึง 10 กรัมต่อปริมาตรน้ำเสีย 100 มิลลิลิตร พื้นที่ผิวนำในการดูดซับระหว่างสารดูดซับ (adsorbent) ยังมีไม่นัก ทำให้ความสามารถในการดูดซับน้อย เนื่องจากพื้นที่ผิวนำของตัวดูดซับ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปัจจัยความสามารถในการดูดติดผิว สำหรับช่วงที่สอง ที่ปริมาณเปลือกกล้วย 11 ถึง 15 กรัมต่อปริมาตรน้ำเสีย 100 มิลลิลิตร เมื่อมีการเพิ่มปริมาณสารดูดซับ (เปลือกกล้วย) ในปริมาณมากขึ้น ทำให้พื้นที่ผิวนำในการดูดซับเพิ่ม เนื่องจากสารดูดซับมี พื้นที่ผิวนำเป็นรูปrun สามารถเพิ่มตำแหน่งสัมผัสระหว่างสารดูดซับ กับสารถูกดูดซับ การดูดติดผิว จะเพิ่มมากขึ้น และเมื่อใช้ระยะเวลามากขึ้น ความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้นตาม เวลาจนระบบเข้าสู่สมดุล ยังผลให้ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณเปลือกกล้วย ที่เพิ่มขึ้น โดยปริมาณที่เปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ ได้แก่ แบบคิบ แบบอบแห้งและแบบอบแห้งบดคละเอียด สามารถดูดซับตะกั่วได้ดี ณ เวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง คือ ที่ปริมาณจำนวน 15 กรัม ต่อปริมาตรน้ำเสีย 100 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงสุดร้อยละ 85.92, 91.75, 95.88 ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ พบว่า เปลือกกล้วยแบบอบแห้งบดคละเอียด มีประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วมากกว่าแบบอบแห้ง และแบบคิบ ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 95.90, 91.80 และ 85.90 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ผิวนำของเปลือกกล้วยแบบอบแห้ง บดคละเอียดมีมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ เปลือกกล้วยแบบอบแห้ง และแบบคิบตามลำดับ

จากการศึกษาหาค่าช่วงระดับพีอีอีที่เหมาะสม โดยใช้ปริมาณเปลือกกลีวี่ที่หาได้จาก การทดลองเบื้องต้น คือ 15 กรัมต่อน้ำเสียง 100 มิลลิลิตร สามารถแสดงผลประสิทธิภาพการกำจัด ตะกั่ว ณ ระดับพีอีอี 2–พีอีอี 6 ได้ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วที่ระดับพีอีอี 2 – พีอีอี 6 ณ เวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง

พีอีอี	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)			ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว (ร้อยละ)		
	แบบดิน	แบบอบแห้ง	แบบอบแห้งบด	แบบดิน	แบบอบแห้ง	แบบอบแห้งบด
2	5.99	3.82	1.50	88.03	92.36	96.99
3	5.74	3.65	1.47	88.51	92.71	97.05
4	3.75	3.47	0.92	92.50	93.10	98.10
5	4.03	3.54	1.35	91.93	92.91	97.31
6	6.62	4.61	1.67	86.75	90.79	96.66

ข้อมูลจากตารางที่ 2 สามารถนำมาเขียนกราฟได้ดังภาพที่ 2 โดยเป็นกราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วคิดเป็นร้อยละ (แกน Y) กับระดับช่วง พีอีอี 2 – พีอีอี 6 (แกน X)



ภาพที่ 2 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วบาระดับพีเอช 2 – พีเอช 6

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 2 เป็นการศึกษาผลของระดับพีเอช 2–พีเอช 6 ต่อประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วของเปลือกกล้วย

จากการศึกษาในตารางที่ 2 และภาพที่ 2 เมื่อพิจารณาผลของระดับพีเอชต่อการกำจัดตะกั่วของเส้นใยเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ ได้แก่ แบบดิน แบบอบแห้ง และแบบอบแห้งบดละเอียดพบว่าที่ระดับพีเอช 4 เป็นระดับพีเอชที่เหมาะสมที่สุด ดังจะเห็นได้จาก ที่ระดับพีเอชดังกล่าว ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วมีค่าสูงกว่าที่ระดับพีเอชอื่น ๆ โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 92.5, 93.1 และ 98.1 ตามลำดับ ซึ่งสามารถดูดซับได้ดังนี้ ในระบบการดูดซับประกอบด้วยสารดูดซับ (adsorbent) ซึ่งอยู่ในรูปของของแข็ง (solid) และสารถูกดูดซับ (adsorbate) ซึ่งอยู่ในรูปของไอออน (ion) ในสารละลาย ในที่นี่สารดูดซับ คือ เส้นใยจากเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ ที่มีหน่วยฟงก์ชันเป็นประจุลบ (negative charge) ทำหน้าที่ในการดูดจับไอออนบวก (positive ion) ในสารละลายในที่นี่คือ ตะกั่วไอออนวาเลนซี +2 เมื่อสภาพพีเอชสารละลายสูงขึ้น จำนวนไฮดรอกไซด์ (OH^-) ไอออนเพิ่มมากขึ้น แสดงว่า ณ ขณะนี้ภัยในระบบประกอบด้วยเส้นใยจากเปลือกกล้วย ตะกั่วไอออน และ ไฮดรอกไซด์ไอออน ขณะเดียวกันเส้นใยจากเปลือกกล้วยที่มีหน่วยฟงก์ชันเป็นประจุลบ จะมีหน้าที่ในการดูดจับหรือดึงดูดกับตะกั่วไอออนที่มีประจุบวกแต่เพียงอย่างเดียว โดยจะไม่มีผลใด ๆ กับไฮดรอกไซด์ไอออนที่มีประจุลบเหมือนกัน ในการทรงกันข้าม เมื่อพิจารณาผลของระดับพีเอช 2 และ พีเอช 3 จะพบว่า สภาพพีเอชลดลง จำนวนไฮดรอกไซด์

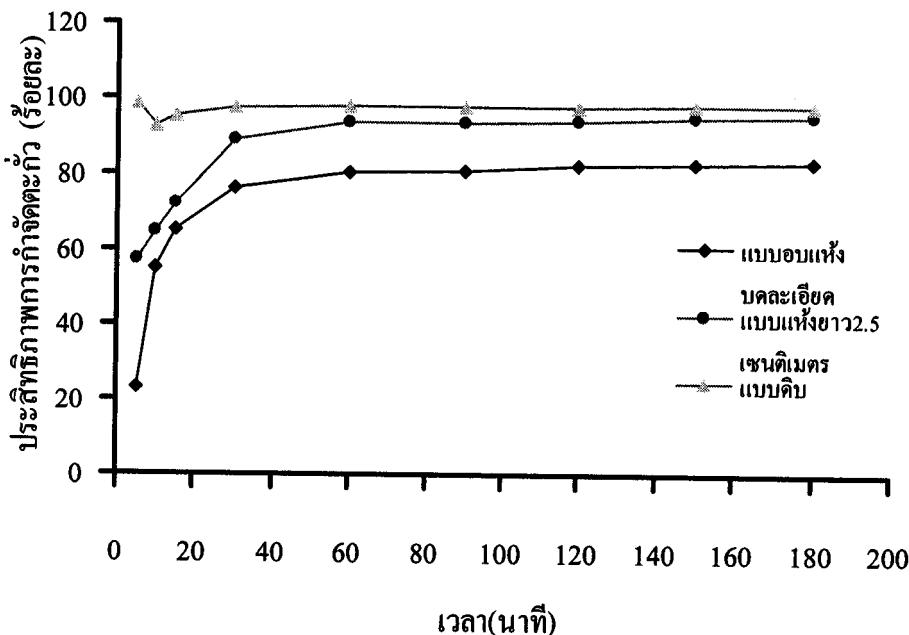
ไอออน (H^+) เพิ่มมากขึ้น ในระบบไฮโดรเจน ไอออนส่วนหนึ่งจะถูกดึงดูดกับหมุนฟังก์ชันที่เป็นประจุลบของเส้นสายจากเปลือกกลวย แสดงว่าเกิดการแทรกสอด (interference) ของไฮโดรเจน ไอออน ทำให้ความสามารถในการดึงดูด หรือดูดซับต่ำกว่า ไอออนของเส้นสายจากเปลือกกลวยลดลง และเมื่อพิจารณาผลของระดับพีอีอี 5 และพีอีอี 6 จะพบว่า สภาพพีอีอีเริ่มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สาเหตุจาก ตัวดูดซับกับตัวถูกดูดซับทำปฏิกิริยาเคมีกัน เกิดการละลายตัวของสารถูกดูดซับทำให้จำนวน ไฮดรอกไซด์ (OH^-) ไอออนเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากตัวถูกดูดซับ คือ มีการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกลุ่มอะตอนเดินทำให้ความสามารถในการดึงดูดลดลง ไม่เลกูลของต่ำกว่า ไอออนเริ่มเปลี่ยนสถานะนาอยู่ในรูปของแข็งที่ไม่ละลายน้ำเกิดเป็นตะกอน จนตัวลง การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดต่ำกว่าของเปลือกกลวยแบบหั่นบดละเอียดมีสูงที่สุด ซึ่งมากกว่า แบบอบแห้ง และแบบดิบ มีประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 98.10, 93.10 และ 92.50 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเปลือกกลวยอบแห้งแล้วบดละเอียดร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 60 มีขนาด ที่เล็ก สามารถเพิ่มตำแหน่งสัมผัสระหว่างสารดูดซับ กับสารถูกดูดซับมากขึ้น และมากกว่าแบบอบแห้ง และแบบดิบ ตามลำดับ ยังผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดต่ำกว่าสูงที่สุด

จากการทดลองหาระยะเวลาสัมผัสในการกำจัดต่ำกว่าในน้ำเสียโดยใช้เปลือกกลวย ทั้ง 3 แบบ สามารถแสดงผลประสิทธิภาพการกำจัดต่ำกว่า ณ ระดับพีอีอี 2 – พีอีอี 6 ได้ดังตารางที่ 3 และภาพที่ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วที่ระยะเวลาสัมพัสด์ต่าง ๆ

ระยะเวลา (นาที)	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)			ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว (ร้อยละ)		
	แบบดิน	แบบอบแห้ง	แบบอบแห้งบด	แบบดิน	แบบอบแห้ง	แบบอบแห้งบด
	5	38.32	21.38	5.40	23.36	57.24
10	22.54	17.67	3.62	54.92	64.66	92.76
15	17.55	14.18	2.49	64.90	71.64	95.02
30	11.91	5.52	1.34	76.18	88.96	97.32
60	9.94	3.20	1.15	80.12	93.6	97.70
90	9.59	3.17	1.15	80.82	93.64	97.70
120	8.82	2.95	1.02	82.36	94.10	97.96
150	8.45	2.45	0.95	83.10	95.10	98.10
180	8.23	2.16	0.93	83.54	95.68	98.14

ข้อมูลจากตารางที่ 3 สามารถนำมาเขียนกราฟได้ดังภาพที่ 3 โดยเป็นกราฟแสดง
ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วคิดเป็นร้อยละ (แกน Y) กับระยะเวลา
สัมพัสด์ต่าง ๆ (แกน X)



ภาพที่ 3 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วกับระยะเวลาสัมผัสต่าง ๆ

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 3 เป็นการศึกษาผลของระยะเวลาสัมผัสต่าง ๆ ต่อประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วของเปลือกกล้วย

จากการที่ 3 และภาพที่ 3 สามารถแบ่งช่วงเวลาของปฏิกิริยาออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรก ตั้งแต่เวลา 5 ถึง 30 นาที ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาสัมผัสที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก ปฏิกิริยาในการดูดซับ (adsorbent) กับสารถูกดูดซับ (adsorbate) ยังเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ จึงทำให้เกิดการแยกการดูดซับ (desorption) ระหว่างสารทั้งสองชนิด (สื้นไปจากเปลือกกล้วย กับตะกั่วไออ่อน) สำหรับในช่วงที่สอง ที่เวลา 60 ถึง 180 นาที ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ โดยเริ่มเข้าสู่จุดสมดุลที่เวลา 60 นาที จึงทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในช่วงเวลาดังกล่าวมีแนวโน้มคงที่

จากการศึกษาผลของระยะเวลาสัมผัสต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วย น้ำว้าทั้ง 3 แบบ ได้แก่ แบบดิน แบบอบแห้ง และแบบอบแห้งบดละเอียด พบร่วมประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาสัมผัสที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่าสูงสุดที่เวลา 180 นาที มีประสิทธิภาพร้อยละ 83.54, 95.68 และ 98.14 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นช่วยให้ปฏิกิริยาในการดูดซับของเปลือกกล้วยมีมากขึ้น จากการเปรียบเทียบเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ พบร่วมแบบอบแห้งบดมีประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วมากกว่าแบบอบแห้ง และแบบดิน ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วร้อยละ 98.14, 95.68 และ 83.54 ตามลำดับ

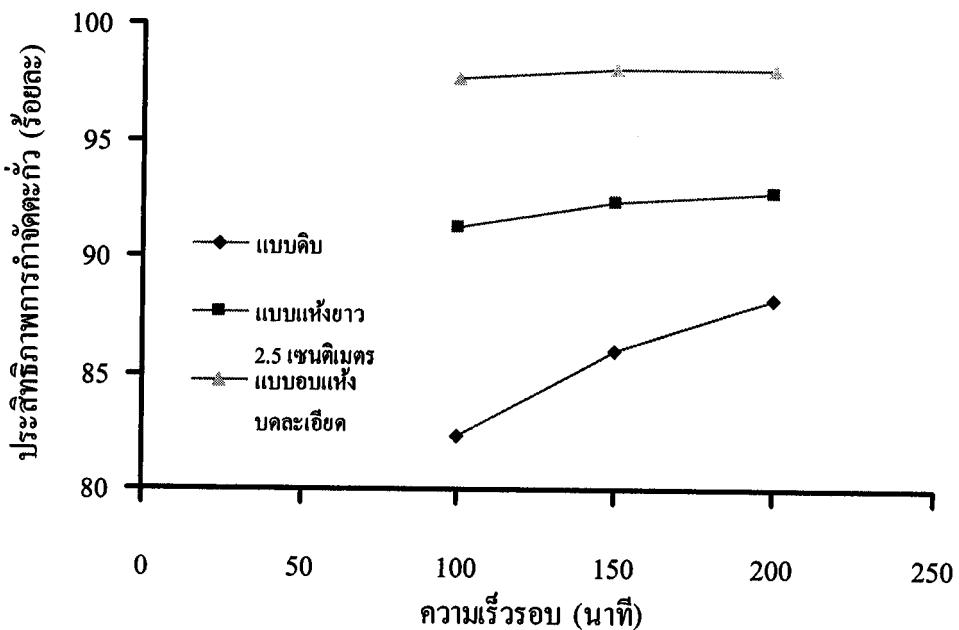
ทั้งนี้เนื่องจากเปลี่ยนถ่ายแบบอบแห้งบดมีพื้นที่ผิวรวมมากกว่าแบบอบแห้ง และแบบดิบ ดังนั้นมีเวลาสัมผัสมากขึ้นทำให้พื้นที่ผิวที่มากกว่ามีปฏิกริยาการดูดซับมากกว่า

จากการศึกษาหาความเร็วอบในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียโดยใช้เปลี่ยนถ่ายทั้ง 3 แบบสามารถแสดงผลประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว ที่ความเร็วอบ 100, 150 และ 200 ได้ดังตารางที่ 4 และภาพที่ 4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วที่ความเร็วอบต่าง ๆ

ความเร็ว (rpm.)	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)			ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว (ร้อยละ)		
	แบบดิบ	แบบอบแห้ง	แบบอบแห้งบด	แบบดิบ	แบบอบแห้ง	แบบอบแห้งบด
100	8.83	4.38	1.17	82.34	91.24	97.66
150	6.99	3.79	0.95	86.02	92.42	98.09
200	5.90	3.58	0.92	88.20	92.84	98.16

ข้อมูลจากตารางที่ 4 สามารถนำมาเขียนกราฟได้ดังภาพที่ 4 โดยเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วคิดเป็นร้อยละ (แกน Y) กับความเร็วอบต่าง ๆ (แกน X)



ภาพที่ 4 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วกับความเร็วอบต่าง ๆ

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 4 เป็นการศึกษาผลของความเร็วอบต่าง ๆ ต่อประสิทธิภาพการคุ้ดชั้นตะกั่วของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ

จากภาพที่ 4 ถึงภาพที่ 4 เมื่อพิจารณาผลของความเร็วอบต่าง ๆ ต่อการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ ได้แก่ แบบดิน แบบอบแห้ง และแบบอบแห้งบด พบร่วมกันว่าที่ความเร็วอบ 200 รอบต่อนาที เป็นความเร็วอบที่เหมาะสมที่สุด ดังจะเห็นได้จากที่ความเร็วอบดังกล่าว ประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วมีค่าสูงกว่าที่ความเร็วอบอื่น ๆ โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 98.16, 92.84 และ 88.20 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากที่ความเร็วอบ 200 รอบต่อนาที ในระบบมีความปั่นป่วนสูง ความหนาของชั้นฟิล์มของน้ำจะลดลง ทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เข้าสู่สารคุณติดผิวได้เร็วขึ้น ดังนั้นยัตราชีวะในการคุณติดผิวจะเป็นตัวกำหนดการแพร่เข้าสู่โพรง อัตราการคุณติดผิวอาจขึ้นอยู่กับขั้นตอนการขนส่งผ่านฟิล์ม (film transport) และการแพร่เข้าสู่โพรง (Pore Diffusion) ซึ่งที่ความเร็วอบที่ 100 และ 150 รอบต่อนาที ระบบมีความปั่นป่วนต่ำ ก่อให้เกิดอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของของเหลวทำให้เข้าไปหาสารคุณติดผิวได้ยาก ดังนั้น film transport จึงเป็นตัวควบคุมการคุณติดผิว

จากการเปรียบเทียบเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ พบร่วมกันว่าเปลือกกล้วยแบบอบแห้งบดมีประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วมากกว่าแบบอบแห้ง และแบบดินตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 98.16, 92.84 และ 88.20 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกกล้วยแบบอบแห้ง

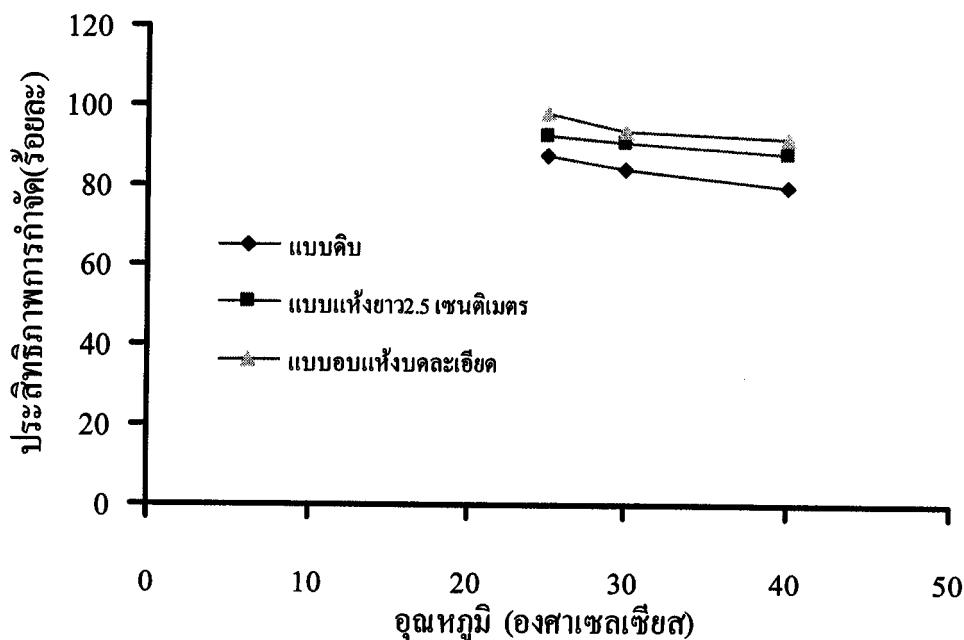
มีพื้นที่ผิวรวมมากกว่า ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ในระบบมีความปั่นป่วนสูง ความหนาของชั้นพื้นของน้ำจะลดลง พื้นที่ผิวที่มากกว่าจะทำให้ไมเลกุลเคลื่อนที่เข้าแพร่เข้าสู่ไฟฟ้าได้เร็วกว่า

การศึกษาหาอุณหภูมิที่ใช้ในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียโดยใช้เปลือกกล้วย สามารถแสดงผลประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40 องศาเซลเซียสได้ดังตารางที่ 5 และภาพที่ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (C°)	ความเข้มข้นที่เหลือของตะกั่ว (มิลลิกรัม/ลิตร)			ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว (ร้อยละ)		
	แบบดิน	แบบอบแห้ง	แบบอบแห้งบด	แบบดิน	แบบอบแห้ง	แบบอบแห้งบด
25	6.02	3.58	0.92	87.96	92.84	98.21
30	7.78	4.56	3.12	84.44	90.88	93.79
40	10.04	5.9	3.89	79.99	88.2	92.22

ข้อมูลจากตารางที่ 5 สามารถนำมาเขียนกราฟได้ดังภาพที่ 5 โดยเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วคิดเป็นร้อยละ (แกน Y) กับอุณหภูมิต่าง ๆ (แกน X)



ภาพที่ 5 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วกับอุณหภูมิต่าง ๆ

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.9 ถึง ภาพที่ 4.10 เป็นการศึกษาผลของ อุณหภูมิต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของเส้นใยจากเปลือกถั่วน้ำว้าทั้ง 3 แบบ ได้แก่ แบบ ดิบ แบบอบแห้ง และแบบอบแห้งบด พบร่วมอุณหภูมิที่เหมาะสมที่จะนำเปลือกถั่วทั้ง 3 แบบ มากำจัดน้ำเสียคือที่ 25 องศาเซลเซียส โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 87.96, 92.84 และ 98.21 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจาก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ปฏิกริยาสามารถเข้าสู่สมดุล ทำให้มีความสามารถในการดูดติดผิวได้ดี ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศา เป็นอุณหภูมิที่สูง ความสามารถในการดูดติดผิวไม่ค่อยดี เนื่องจากปฏิกริยาเกิดคายความร้อน ทำให้ประสิทธิภาพ การกำจัดตะกั่วมีแนวโน้มลดลง ซึ่งอุณหภูมิจะมีอิทธิพลต่ออัตราเร็ว และขีดความสามารถในการ ดูดติดผิว เมื่ออัตราเร็วเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ และลดลงตามการลดลงของอุณหภูมิ ขีดความสามารถในการดูดติดผิวจะมีค่าลดลงที่อุณหภูมิสูง

จากการเปรียบเทียบเปลือกถั่วทั้ง 3 แบบ พบร่วมเปลือกถั่วแบบอบแห้งมี ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วมากกว่าแบบอบแห้ง และแบบดิบตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพ การกำจัดร้อยละ 98.21, 92.84 และ 87.96 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจาก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปฏิกริยาสามารถเข้าสู่สมดุลทำให้ความสามารถในการดูดติดผิวได้ดี

4. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของเปลือกกล้วยที่ใช้คุณภาพน้ำเสียที่มีตะกั่ว ได้ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีตะกั่วว่าเด่นซี +2 ปริมาณตะกั่วเริ่มต้นที่วิเคราะห์ได้ คือ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า พื้นที่ผิวจะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของพื้นที่ผิว ความสามารถในการดูดติดผิวของสารอุดชับมีความสัมพันธ์โดยตรงกับพื้นที่ผิวจำเพาะ การดูดติดผิวจะเพิ่มมากเมื่อมีตำแหน่งสัมผัสเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นปริมาณที่เหมาะสมของเปลือกกล้วย จึงอยู่ที่ระดับ 15 กรัมต่อน้ำเสีย 100 มิลลิตร หรือ 150 กรัมต่อลิตร เมื่อพิจารณาค่าระดับพิเชชต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว จะพิจารณาค่าประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วที่เวลา 60 นาทีเป็นเกณฑ์ เนื่องจากเป็นระยะเวลาที่ระบบเข้าสู่สมดุลอย่างแท้จริง จากการศึกษาพบว่าที่ระดับพิเชช 4 เป็นระดับพิเชชที่เหมาะสมต่อการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วร้อยละ 92.5, 94.73 และ 98.21 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลความเร็วของ ความเร็วของเปลือกกล้วยแบบอบแห้ง บดละเอียด และแบบแห้งข้าว 2.5 เซนติเมตร มีแนวโน้มไม่แตกต่างกัน (เพิ่มขึ้น) แต่เปลือกกล้วยดินที่ความเร็วอบ 200 รอบต่อนาทีเป็นความเร็วที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่ว โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการกำจัดตะกั่ว ณ อุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการกำจัดตะกั่วได้ดีที่สุด

จากการนำเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ คือแบบดิน แบบอบแห้งข้าว 2.5 เซนติเมตร และแบบอบแห้งบดละเอียด ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียของเปลือกกล้วยแบบอบแห้งบดละเอียด จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด

5. เอกสารอ้างอิง

บรรยา พุ่มงาน. การกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียโดยใช้เปลือกหอยแครง และเปลือกแมลงภู่.

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม :

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

จันทร์ฉาย อึ้งอุครักษ์. การกำจัดตะกั่วในน้ำเสียจากโรงงานแบบเตอร์รี่โดยใช้ถุงปูอีนีและฟางข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอนามัย สิ่งแวดล้อม. คณะสารสนเทศศาสตร์ : มหาวิทยาลัยมหิดล, 2541.

ประภกฤต เดศจรรสถรร์นันดี. การกำจัดตะกั่ว และปรอทในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยการใช้ขี้เลือยฟางข้าวและขุยมะพร้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต :

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

ประสิทธิ แพ้วง และอร ไชย สุขเจริญ. การเปรียบเทียบการดูดซับตะกั่ว (+2) โดยใช้เปลือกไช้และเกล็ดปลา. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 ก.ค. – ธ.ค. กรุงเทพมหานคร, 2542.

Barer R.M. 1987. Zeolites and Clay Minerals as Sorbent and Molecular Sieves. Academic Press, New York

CHEN JP and YIACAUMI S. 1997. Biosorption of metal irons from aqueous solution. Sep. Sci. Technol. 32 (1-4) 51-69

Chong Wen Yu. 2001. Properties and procdeding of plant fiber. China Textile University Shanghai 20051 P.R. China. The fible society new frontier in fiber science May 23-25

DOLEKA. 1997. Biosorption of lead by a white-rot fungus. M. Sc. Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	นางจรรยาพร ไชยวิเศษ
ประวัติการศึกษา	วิทยาลัยเทคนิคดุสิต พ.ศ. 2537
ผลงานทางวิชาการ	ประกาศนียบัตรเทคโนโลยีพคช์ชั้นสูง สาขาโภชนา การบรรยายผลงานในการประชุมทางวิชาการ วิศวกรรมเคมีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 16 ระหว่างวันที่ 26 – 27 ตุลาคม พ.ศ. 2549
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2539 - ปัจจุบัน
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี สาขาวิชาการก่อสร้าง จังหวัดอุบลราชธานี ครุ ค.ศ. 1 วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี ถนนแจ้งสนิท ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี 34000 โทรศัพท์ 0-4525-5047