รายงานการวิจัย

การกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยถ่านเปลือกจำปาดะ
The Removal of Lead in Synthetic Wastewater By Bark Charcoal

มาเรียม สาแล่หมัน
รัตติยา การามา

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
2559

ใบรับรองการวิจัยสิ่งแวดล้อม

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

เรื่อง การกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยถ่านเปลือกจำปาดะ

The Removal of Lead in Synthetic Wastewater By Bark Charcoal.

ผู้วิจัย นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน รหัสนักศึกษา 554231019

นางสาวรัตติยา การามา รหัสนักศึกษา 554231021

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ

(นายกมลนาวิน อินทนูจิตร)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ)

.....กรรมการ

(นางสาวนัดดา โปดำ)

.....กรรมการ

(นางสาวหิรัญวดี สุวิบูรณ์)

.....กรรมการ

(นายกมลนาวิน อินทนูจิตร)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา รับรองแล้ว

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนา ศิริโชติ)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

19 ต.ค. 2560

เลข Bibliography 11A1670

วันที่ 6 ต.ค. 2561

เลขเรียกหนังสือ 628.1683

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาการวิจัยเฉพาะทาง (4453503) รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความกรุณาของบุคคลหลายท่านโดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์กมลนาวิน อินทนูจิตร ที่คอยให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางการศึกษาวิจัย ปฏิบัติการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และแก้ไขข้อผิดพลาดจาดปัญหาต่างๆ ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาวิจัยและการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ รวมทั้งขอขอบพระคุณ ผศ.ขวัญกมล ขุนพิทักษ์ ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ อาจารย์หิรัญวดี สุวิบูรณ์ อาจารย์นัดดา โปดำ ดร.สายสิริ ไชยชนะ และ ดร.สิริพร บริรักษ์วิสิฐศักดิ์ อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณนายสอแหละ บางูสัน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม รวมถึงเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ โปรแกรมเคมี โปรแกรมชีววิทยาที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณคุณนุชรี จวนช้าย นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการรักษาการแทนหัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 1 สงขลา และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่ช่วยให้คำแนะนำการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่เป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยตลอดมา รวมถึงเพื่อนร่วมรุ่นวิทยาศาสตร์โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม รุ่นที่ 14 ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัยครั้งนี้ เป็นผลให้การศึกษาวิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

มาเรียม สาแล่หมัน

รัตติยา การามา

กรกฎาคม 60

ชื่อการวิจัยสิ่งแวดล้อม ถ่านเปลือกจำปาดะกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์

ผู้วิจัย นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน

นางสาวรัตติยา การามา

โปรแกรมวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ปีการศึกษา 2559

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์กมลนาวิน อินทนูจิตร

บทคัดย่อ

การกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยถ่านเปลือกจำปาดะ จากการศึกษาการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยถ่านเปลือกจำปาดะพบว่า ปริมาณตะกั่วที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร มีปริมาณตะกั่วที่ปลดปล่อยมาจากถ่านเปลือกจำปาดะมากกว่าถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.63 และ 1.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์หาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ พบว่าการดูดซับไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร มีความพรุนและการดูดซับได้ดีกว่าถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร มีค่า 108.45 และ 106.41 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าคุณสมบัติของถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรเหมาะสมในการผลิตถ่านมากกว่าถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร ส่วนสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับ ได้แก่ ค่าพีเอชที่ใช้ในการดูดซับ ปริมาณของถ่านเปลือกจำปาดะที่เหมาะสมต่อการดูดซับ และขนาดของถ่านเปลือกจำปาดะที่เหมาะสมต่อการดูดซับ จากการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ คือ พีเอชที่ 3 โดยถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพการดูดซับได้ดีกว่าถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพการดูดซับได้ร้อยละ 100 และ 98 ตามลำดับ ส่วนปริมาณของถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรและขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร ที่เหมาะสมต่อการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์คือ ปริมาณถ่าน 2.0 กรัม และขนาดที่เหมาะสมต่อการดูดซับคือ ถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรดูดซับได้ดีกว่าขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร คือร้อยละ 100

ถ่านเปลือกจำปาดะมีประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์มากกว่าร้อยละ 60 ตามสมมติฐาน และถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วได้ดีกว่าถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	**ก**
บทคัดย่อ	**ข**
Abstract	**ค**
สารบัญ	**ง**
สารบัญตาราง	**ฉ**
สารบัญภาพ	**ช**
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ตัวแปร	2
1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย	2
1.5 สมมติฐาน	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.7 ระยะเวลาที่ทำวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 โลหะหนัก	5
2.2 มาตรฐานโลหะหนัก	11
2.3 วิธีการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย	12
2.4 อะตอมมิกแอพซอร์พชั่นสเปกโทรโกปี	14
2.5 การบำบัดน้ำเสียที่มีตะกั่ว	18
2.6 จำปาดะ	18
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	
3.1 กรอบแนวคิดวิธีการดำเนินการวิจัย	26
3.2 ขอบเขตการวิจัย	27
3.3 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี	27
3.4 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุดูดซับ	28
3.5 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์	29
3.6 ขั้นตอนการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับ	29
3.7 วิธีการคำนวณการศึกษาประสิทธิภาพตะกั่วของถ่านเปลือกจำปาดะ	31
3.8 สถิติที่ใช้ในการศึกษา	31
บทที่ 4 ผลและการอภิปรายผลการวิจัย	
4.1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วของถ่านเปลือกจำปาดะ	32
4.2 ผลการวิเคราะห์การดูดซับไอโอดีนนัมเบอร์	33
4.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับ	35
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	43
5.2 ข้อเสนอแนะ	44
บรรณานุกรม	45
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ภาพประกอบการวิจัย	ผก-1
ภาคผนวก ข แบบนำเสนอโครงร่าง	ผข-2
ภาคผนวก ค รายงานการวิเคราะห์	ผค-3
ภาคผนวก ง ประวัติผู้วิจัย	ผง-4

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.7-1	แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	4
4.1-1	การปลดปล่อยตะกั่วของถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร และขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร	32
4.2-1	การดูดซับไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านเปลือกจำปาดะขนาดแตกต่างกัน	34
4.3-1	ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร ในช่วง pH ต่างๆ	35
4.3-2	ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร ในช่วง pH ต่างๆ	36
4.3-3	ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรแตกต่างกัน	38
4.3-4	ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรแตกต่างกัน	39
4.3-5	ประสิทธิภาพการดูดซับในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีขนาดต่างกัน	41

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบของเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชั่นสเปกโฟโตมิเตอร์	16
3.1	กรอบแนวความคิดวิธีการดำเนินงาน	26
4.1-1	การเปรียบเทียบขนาดอนุภาคของถ่านต่อการปลดปล่อยตะกั่ว	33
4.2-1	ประสิทธิภาพต่อการแสดงชั้นเปอร์เซ็นต์ของถ่านเปลือกจำปาดะ ขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรและขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร	34
4.3-1	ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะแตกต่างกัน	37
4.3-2	ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะแตกต่างกัน	40
4.3-3	ประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน	41

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

ปัจจุบันจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีความต้องการปัจจัยพื้นฐานเพิ่มมากขึ้น มีการใช้เทคโนโลยีต่างๆ ซึ่งความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ทำให้เกิดสารพิษและของเสียมากมาย เช่นด้านอุตสาหกรรม เช่น การทำเหมืองแร่ อุตสาหกรรมรถยนต์ ด้านการเกษตร เช่น การใช้ปุ๋ยเคมี การใช้ยาปราบศัตรูพืชที่ปนเปื้อนโลหะหนัก โลหะหนักที่เป็นอันตรายแคดเมียม โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว ปรอทและนิกเกิล

จากแนวโน้มการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรมในประเทศไทย ทำให้เกิดการปนเปื้อนของตะกั่วในสิ่งแวดล้อม โดยเกิดจากน้ำฝน ขยะ และน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ชุมชน และเกษตรกรรม รวมทั้งการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ตะกั่วที่พบปนเปื้อนอยู่ในธรรมชาติ อาจอยู่ในรูปสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ลักษณะของดิน และน้ำ สมบัติทางกายภาพและทางเคมี โดยเฉพาะการปล่อยน้ำเสียที่ออกมาจากกระบวนการผลิตลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ และหากพื้นที่ใดมีตะกั่วปนเปื้อนอยู่มาก ก็จะตรวจพบว่าปริมาณตะกั่วในดินมีมากตามไปด้วย เพราะเกิดจากการสลายตัวของหิน และดินที่มีตะกั่วปนเปื้อนอยู่โดยไม่ได้ผ่านการบำบัดดีพอ นับว่าเป็นปัญหามลพิษที่สำคัญ (ไมตรี สุทธิจิตต์, 2531)

การบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนตะกั่วประหยัดค่าใช้จ่าย ง่ายต่อการบำบัด และหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมี ให้มากที่สุด จึงได้มีการนำวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติมาประยุกต์ใช้เป็นตัวดูดซับ เช่น การศึกษา การกำจัดไอออนแคดเมียมและตะกั่วจากน้ำเสียด้วยมะขามและเปลือกทับทิม ของยุพดี เส้นขาว ต่อมาได้มีการศึกษาการดูดซับโลหะบางชนิดด้วยวัสดุธรรมชาติ ชนิดที่หาง่ายและราคาถูก เช่น แกลบเผา ถ่าน ถ่านกัมมันต์ ขี้เถ้า คาโอลิน เบนโทไนท์ กาบมะพร้าว รังไหม เยื่อไม้ไผ่ และใยข้าวโพด พบว่าตะกั่วถูกดูดซับได้มากที่สุดในวัสดุเกือบทุกชนิด เมื่อเทียบความสามารถในการดูดซับโลหะของวัสดุเรียงตามลำดับมากน้อยได้ดังนี้ ขี้เถ้า ถ่านกัมมันต์ เบนโทไนท์ ส่วนถ่านแกลบ เยื่อไม้ไผ่ กาบมะพร้าว และใยไหม มีความสามารถในการดูดซับโลหะใกล้เคียงกัน เมื่อกำจัดโลหะหนักผสมกันพบว่าวิธีการแบบต่อเนื่องมีประสิทธิภาพในการกำจัดดีกว่าวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องประมาณ 5 เท่า แต่เมื่อนำวิธีทั้งสองมารวมกัน โดยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องประมาณ 5 เท่า แต่เมื่อนำวิธีทั้งสองมารวมกัน โดยใช้วัสดุขี้เถ้าได้ผลเหมาะสมที่สุด (รัตนา มหาชัย, 2542)

การบำบัดตะกั่วมีหลายวิธีซึ่งใช้กันในปัจจุบัน เช่น การตกตะกอน การดูดซับ การแลกเปลี่ยนอิออน และริเวิร์สออสโมซีส ซึ่งแต่ละวิธีมีขีดจำกัดในการใช้งานที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีการใหม่ๆที่สะดวกและมีประสิทธิภาพ ในการกำจัดตะกั่วในน้ำ กระบวนการบำบัดที่มีพื้นฐานจากสิ่งมีชีวิตเป็นอีกทางหนึ่งที่ปลอดภัย Patterson. *et al*(1997)โดยผู้วิจัยเลือกใช้เปลือกจำปาดะเลือกใช้เปลือกจำปาดะ ซึ่งมีเพกทินที่เป็นสารคาร์โบไฮเดรตที่มีคุณสมบัติพองตัวและละลายน้ำได้และเป็นสารที่ข้นหนืดที่อาจจะนำมาใช้ประโยชน์เป็นสารช่วยแขวนตะกอนในผลิตภัณฑ์ยาต่างๆ ได้ (อนุชิต พลับรู้การ และ อรุณพร อิฐรัตน์, 2534)

ดังนั้นผู้วิจัยเลือกวัสดุธรรมชาติในท้องถิ่นมาใช้ในการพัฒนาวัสดุซับที่หาได้จากวัสดุเหลือใช้ในห้องถิ่นเพื่อกรองน้ำที่มีตะกั่วปนเปื้อน คือ เปลือกจำปาดะ มาทำการทดลองดูดซับโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ ความสามารถของสารดูดซับที่เตรียมไว้ รวมทั้งความเป็นไปได้ในการดูดซับ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์

1.2.2 ศึกษาประสิทธิภาพของถ่านเปลือกจำปาดะในการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์

1.3 ตัวแปร

1.3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ สภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับ
(ค่า pH ปริมาณของตัวดูดซับ และขนาดของตัวดูดซับ)

1.3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่ว

1.3.3 ตัวแปรควบคุม ได้แก่ ความเร็วรอบและระยะเวลาในการเขย่า

1.4 นิยามศัพท์

1.4.1 เปลือกจำปาดะ หมายถึง ส่วนที่ห่อหุ้มผลจำปาดะที่ไม่มีเมล็ดอยู่แล้ว

1.4.2 ถ่านเปลือกจำปาดะ หมายถึง เปลือกจำปาดะที่หาได้จากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น และเป็นขยะของชุมชน โดยการตากให้แห้งสนิทแล้วนำไปเผาให้ไหม้เป็นถ่าน โดยการเผาโดยใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร

1.4.3 ตะกั่ว หมายถึง โลหะที่มีสถานะเป็นของแข็ง สีเทาเข้ม มีจุดหลอมเหลวต่ำ ทำให้บริสุทธิ์ได้ง่าย ทนต่อการผุกร่อนได้ดี ละลายน้ำได้ดี และกลายเป็นไอออนได้ที่อุณหภูมิต่างๆ

1.4.4 การดูดซับ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการสะสมตัวของสารหรือความเข้มข้นของสารที่บริเวณพื้นผิวหรือระหว่างผิวหน้า (interface) กระบวนการนี้สามารถเกิดที่บริเวณผิวสัมผัสระหว่าง 2 สภาวะใดๆ เช่น ของเหลวกับของเหลว ก๊าซกับของเหลว ก๊าซกับของแข็ง หรือของเหลวกับของแข็ง โดยโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่ถูกดูดจับเรียกว่าสารถูกดูดซับ (adsorbate) ส่วนสารที่ทำหน้าที่ดูดซับเรียกว่า สารดูดซับ (adsorbent) (บดินทร์ หิรัญยูปกรณ์, 2547)

1.4.5 ประสิทธิภาพ หมายถึง ความสามารถในการกำจัดตะกั่วจากถ่านเปลือกจำปาดะ

1.5 สมมุติฐาน

ถ่านเปลือกจำปาดะมีประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ได้มากกว่าร้อยละ 60

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับการใช้ถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร และถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร ในการกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์

1.6.2 เป็นแนวทางในการนำวัสดุเหลือใช้มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในการกำจัดโลหะหนัก

1.6.3 ทราบถึงประสิทธิภาพการดูดซับที่ละลายน้ำในน้ำเสียสังเคราะห์ของถ่านเปลือกจำปาดะ

1.7 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

การศึกษาถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรและถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร ในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยมีระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 12 เดือน ได้เริ่มต้นทำการศึกษามาตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2559 จนถึงเดือนตุลาคม 2560 ดังแสดงใน**ตารางที่1.7-1**

ตารางที่ 1.7-1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2559					2560									
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
รวบรวมข้อมูลและตารางเอกสาร	—	—	—												
สอบโครงร่างวิจัย				▲											
การทดลองภาคสนาม			—	—	—										
ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการทำ					—	—	—	—	—						
สอบรายงานความก้าวหน้าวิจัย											▲				
วิเคราะห์ผลและสรุปผล												—	—		
การเขียนเล่มวิจัย										—	—	—	—	—	—

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โลหะหนัก

โลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5 ขึ้นไป มีเลขอะตอมอยู่ระหว่าง 23-92 ภายในคาบที่ 4-7 ของตารางธาตุ โลหะหนักมีสถานะเป็นของแข็ง (ยกเว้น ปรอทที่เป็นของเหลว ที่อุณหภูมิปกติ) คุณสมบัติของโลหะหนักคือ นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี มีลักษณะเป็นเงา มันวาว เหนียว สามารถนำมาตีเป็นแผ่นบางๆได้และสะท้อนแสงได้ดี คุณสมบัติทางเคมีของโลหะหนักคือมีค่าออกซิเดชั่นได้หลายค่า ดังนั้น โลหะหนักจึงสามารถรวมตัวกับสารอื่นๆเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (Complex-Compound) ซึ่งสามารถถ่ายทอดสู่สิ่งมีชีวิตได้โดยผ่านไปตามห่วงโซ่อาหาร (Food Chain) โลหะเหล่านี้จะแพร่กระจายในสิ่งแวดล้อมและปนเปื้อนในดิน น้ำ อากาศ และ พืช จากนั้นจะเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ โลหะหนักหลายชนิดเป็นอันตรายร้ายแรงเมื่อเข้าสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต ซึ่งอาจมีผลทำให้เกิดการตายและพิการได้

2.1.1 ตะกั่ว

ตะกั่ว เป็นโลหะที่มีสถานะเป็นของแข็ง สีเทาเข้ม มีจุดหลอมเหลวต่ำ ทำให้บริสุทธิ์ได้ง่ายทนต่อการผุกร่อนได้ดี ละลายน้ำได้ดี และกลายเป็นไอออนได้ที่อุณหภูมิต่างๆ ตะกั่วตะกั่วมีอยู่ในรูปอิออนอิสระเป็นรูปที่มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยา ตะกั่วโลกนี้จะเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตมากที่สุด ตะกั่วถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง ทำให้เกิดการปนเปื้อนของตะกั่วในสิ่งแวดล้อมมากขึ้นโดยเกิดจากน้ำ ฝน ขยะ และน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ชุมชน การเกษตรกรรม รวมทั้งการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง จากการสำรวจปริมาณความเข้มข้นของสหกรณ์ในช่วงปี พ.ศ. 2529-2531 ในแม่น้ำแม่กลอง พบว่ามีค่าไม่เกิน 10 ไมโครกรัมต่อลิตร ตะกั่วที่พบปนเปื้อนอยู่ในธรรมชาติอาจอยู่ในรูปสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ลักษณะของดิน และน้ำสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี เป็นต้น และหาพื้นที่ใดมีตะกั่วปนเปื้อนอยู่มาก ก็จะตรวจพบว่าปริมาณตะกั่วในดินตะกอนมีมากตามไปด้วยเพราะเกิดจากการสลายตัวของหินและดินที่มีตะกั่วปนเปื้อนอยู่

1) คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของตะกั่ว

ตะกั่วเป็นธาตุตัวที่ 5 ของหมู่ 4 A ในตารางธาตุ ซึ่งใช้สัญลักษณ์ทางเคมีว่า Pb มีเลขออกซิเดชัน 0,+2,+4 ตะกั่วมีสถานะออกซิเดชัน+2 ที่เสถียร สมบัติทางกายภาพของตะกั่ว ประกอบด้วยความหนาแน่น 11.3 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร จุดหลอมเหลว 327 องศาเซลเซียส จุดเดือด 1744 องศาเซลเซียส การนำไฟฟ้าดี ออกไซด์ของตะกั่วอยู่ในรูป Lead mono-oxide PbO, Lead dioxide PbO_2 และ red lead minium Pb_3O_4 ซึ่ง Pb^{2+} จะเสถียรกว่า Pb^{4+} เกลือของตะกั่ว +2 โดยทั่วไปไม่ละลายน้ำ ยกเว้น อะซิเตต และไนเตรต เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวอย่างอิสระให้ไอออน Pb^{2+}

ตะกั่วส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแร่ เช่น แร่กาลีนา (Galena) และแร่เซรัสไวต์ (Cerussite) และแร่แองกลีไซต์ (Anglestite) แร่ซึ่งมีตะกั่วเป็นองค์ประกอบ

2) ประโยชน์ของตะกั่ว

ก) โลหะตะกั่ว

คุณสมบัติคงทนต่อการผุกร่อนอ่อนตัวหลอมเหลวได้ง่าย รวมทั้งมีคุณสมบัติในการป้องกันการแผ่รังสี ตะกั่วจึงใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมทางนี้

- หล่อตัวพิมพ์
- หุ้มสายเคเบิล สายไฟฟ้า สายโทรศัพท์
- ทำหัวกระสุนปืน
- ชุบเคลือบโลหะอื่นเพื่อป้องกันสนิม
- เชื่อมบัดกรี
- อุปกรณ์ป้องกันรังสีจากเครื่องเอกซเรย์ เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู
- โลหะผสม (Alloy) ต่างๆ เช่น
  - ตะกั่วผสมดีบุก เป็นโลหะบัดกรี (Solder)
  - ตะกั่วผสมพลวง เป็นโลหะตัวพิมพ์
  - ตะกั่วผสมดีบุกและทองแดง เป็นโลหะพิวเตอร์ (Puter)
  - ใช้ในระบบสัญญาณไฟไหม้อัตโนมัติซึ่งมีจุดหลอมเหลวที่ 70°c

ข) ตะกั่วอนินทรีย์

1) ตะกั่วออกไซด์ (Lead oxide) Lead mono-oxide (PbO) Lead Dioxide (PbO_2) Lead red oxide (Pb_2O_4) Lead silicate ($PbSiO_3$) (Lead carbonate ($PbCO_3$) ใช้ในอุตสาหกรรมสี อุตสาหกรรมแบตเตอรี่ อุตสาหกรรมกระจก อุตสาหกรรมเครื่องเคลือบ

2) ตะกั่วคาร์บอเนต (Lead carbonate) ตะกั่วซัลเฟต (Lead sulfate) และตะกั่วโครเมต ใช้ในอุตสาหกรรมสี

a. ตะกั่วอะซิเตท (Lead acetate) เป็นเกลือของตะกั่วที่ละลายน้ำได้ดี และใช้ในเครื่องสำอางและครีมใส่ผม

b. ตะกอนไนเตรท (Lead nitrate) ใช้ในงานอุตสาหกรรมพลาสติก และอุตสาหกรรมยาง

ค) ตะกั่วอินทรีย์

1) ตะกั่วเตตระเอธิล Tetraethyl lead (TEL) และ ตะกั่วเตตระเมธิล

2) Tetra methyl lead (TML) ใช้เป็นสารเพิ่มค่าออกเทนและให้เครื่องยนต์เดินเรียบ (Antiknock) ในน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นตะกั่วที่นำมาใช้ใหม่ไม่ได้ เพราะเมื่อเผากลายเป็นไอเกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

3) การเข้าสู่ร่างกาย ตะกั่วเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทางดังนี้

ก) ทางเดินหายใจ

ก๊าซหรือละอองของตะกั่วและผลขนาดเล็กกว่า 0.75 ไมครอน สามารถผ่านถุงลมในปอดและผ่านสู่กระแสเลือด ฝุ่นขนาดใหญ่จะติดทางบริเวณทางเดินหายใจตอนบน เช่น จมูก ช่วงต่อระหว่างโพรงจมูก คอ และ หลอดลมใหญ่ ซึ่งร่างกายจะขับออกในรูปของเสมหะ

ข) ทางเดินอาหาร

เกิดจากการปนเปื้อนในอาหาร น้ำ โดยวิธีหนึ่ง เช่น ปนเปื้อนมากับอาหารมือที่หยิบ การสูบบุหรี่ขณะทำงาน ตะกั่วผ่านสู่กระเพาะอาหาร รวมทั้งการกลืนเสมหะ ทางเดินอาหารจะถูกดูดซึมตะกั่วเข้าสู่กระแสเลือดปริมาณร้อยละ 10 ส่วนที่เหลือถูกขับออกทางอุจจาระ

ค) ทางผิวหนัง

เฉพาะตะกั่วอินทรีย์เท่านั้นที่ซึมผ่านทางผิวหนังได้ (สมพูล กฤตลักษณ์, 2532)

4) การแพร่กระจายและการสะสมของตะกั่วในร่างกาย

ตะกั่วเป็นธาตุที่ไม่มีหน้าที่เกี่ยวกับเมตตาบอลิซึมในร่างกาย ดังนั้นเมื่อตะกั่วเข้าสู่ร่างกายไม่ว่าจะโดยทางปาก ทางการหายใจ และทางผิวหนังจึงก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์เช่นเดียวกับปรอทที่ทำให้เกิดโรคมินามาตะ หรือสารหนูที่ทำให้เกิดโรคพิษสารหนูทั้งนี้ พบว่าตะกั่วมีความเป็นพิษมากกว่าแคดเมียม ปรอทและพลวง ถึง 5 เท่า (อุดมลักษณ์ ศรีทัศนีย์, 2529) และเนื่องจากตะกั่วอินทรีย์และตะกั่วอนินทรีย์ อาการพิษที่เกิดขึ้นจึงมีลักษณะแตกต่างกัน นอกจากนี้ตะกั่วยังก่อให้เกิดผลกระทบทางอ้อม เช่น ทำให้เกิดความต้านทานต่อโรคไข้ไทฟอยด์ลดลง สำหรับ

การสะสมตะกั่วในร่างกายเมื่อเข้าสู่กระแสเลือด แล้วจะถูกพาไปทั่วร่างกาย สามารถพบสักวันได้ในทุกส่วน ตะกั่วส่วนใหญ่สะสมอยู่ในกระดูกถึง 95 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 6.60-7.82 ไมโครกรัมต่อกรัม ลิ้นหัวใจและสมองมีตะกั่ว 0.05 - 0.09 ไมโครกรัมต่อกรัม ไทรอยด์ กล้ามเนื้อปอด กระเพาะลำไส้ มีตะกั่ว 0.14-10.19 ไมโครกรัมต่อกรัม เส้นผมมีตะกั่ว 2-80 ไมโครกรัมต่อกรัม ในคนปกติมีตะกั่วในปัสสาวะประมาณ50-80 ไมโครกรัมต่อลิตร ผู้ใหญ่ไม่ควรมีตะกั่วในเลือดเกินกว่า 40 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร (สมพูล กฤตลักษณ์, 2532) ส่วนในเด็กไม่ควรมีตะกั่วในเลือดเกินกว่า 10 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร

5) ความเป็นพิษของตะกั่ว

อันตรายของตะกั่วต่อระบบภายในร่างกายสิ่งมีชีวิตมีดังนี้

1) ระบบการสร้างเม็ดเลือดพิษ ตะกั่วทำให้เกิดโรคโลหิตจาง โดยรบกวนการทำงานของเอนไซม์ที่สังเคราะห์ Heme หลายชนิด และยับยั้งการใช้เหล็ก ทำให้ฮีโมโกลบินลดลง

2) ระบบประสาท ตะกั่วมีพิษ ทำลายระบบประสาท ทำให้เกิดอาการเฉื่อยชา เมื่อยล้าง่าย อัมพาต ข้อมือ-ข้อเท้าแตะ วิงเวียนศีรษะ กล้ามเนื้อทำงานไม่สัมพันธ์กันทำให้ หกล้มง่าย นอนไม่หลับ หงุดหงิด ตกใจง่าย สมองเชื่องช้า ความจำเสื่อม มันงง และชัก

3) ระบบไต ตะกั่วทำความเสียหายต่อท่อไต ทำให้มีการขับกรดอามิโน น้ำตาล และฟอสเฟต ออกมากับปัสสาวะมากผิดปกติ ทั้งนี้เนื่องจาก ตะกั่วรวมตัวกับโปรตีนของเซลล์ภายในไต ทำให้หลอดเลือดไตทำงานผิดปกติ

4) กระเพาะและลำไส้ เมื่อได้รับพิษตะกั่ว จะทำให้ปวดท้องรุนแรง อุจจาระมีเลือดปน หากมีอาการมากจะมีความรู้สึกมีรถโลหะในปาก

5) ระบบสืบพันธุ์ พิษตะกั่ว มีผลต่อการมีประจำเดือนของสตรี และอาจมีผลทำให้เกิดการแท้งบุตรได้ ความเป็นพิษของโลหะตะกั่วปริมาณตะกั่วที่มีในเลือดปริมาณ 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร จะไม่เป็นพิษ ถ้าได้รับในปริมาณมากในทันทีทันใด เช่นพบในเลือดมากกว่า 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดเป็นพิษฉับพลันได้ในปัสสาวะประมาณ 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับมาตรฐานของตะกั่วในอากาศ ในบริเวณที่ทำงานกำหนดไว้ว่าไม่ควรเกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ของอากาศ สำหรับคนงานที่ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน หรือ 40-42 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ความเป็นพิษของตะกั่วจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีสังกะสีและปรอทรวมอยู่ด้วย (ไมตรี สุทธิจิตต์, 2531)

2.1.2 ตะกั่วที่พบในแหล่งน้ำ

ตะกั่ว เป็นโลหะหนักมีน้ำหนักอะตอมเท่ากับ 207.2 ในสิ่งแวดล้อมอยู่ใน 3 แหล่งใหญ่ คือ น้ำ ดิน และอากาศ ทั้ง 3 แหล่งนี้มีความสัมพันธ์กันสามารถเปลี่ยนแปลงส่งผ่านสารตะกั่วซึ่งกันและกันได้ ถ้าแหล่งใดแหล่งหนึ่งเกิดมลพิษของตะกั่วหรือโลหะหนักอื่นๆ (ปรอท แคดเมียม ทองแดง สังกะสี โครเมียม เป็นต้น) ย่อมทำให้เกิดปัญหามลพิษของอีก 2 แหล่งได้

1) มาตรฐานของสารตะกั่ว

มาตรฐานของสารตะกั่วในสิ่งแวดล้อมที่องค์การอนามัยโลก (WHO) และสำนักงานกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติกำหนดไว้ คือ

ก) ตะกั่วในอากาศ ไม่เกิน 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขณะในช่วงปี พ.ศ. 2531-2532 มีรายงานการวัดสารตะกั่วในอากาศที่กรุงเทพในถนนและริมทางด่วน แห่งละ 7 วัน พบว่าบริเวณที่มีการจราจรคับคั่งพบสารตะกั่วมากที่สุดหรือมีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่บริเวณถนนวงเวียนใหญ่ เยาวราช ประตูน้ำ อยู่ในระดับ 5-7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu g/m^3$) ส่วนริมทางด่วนเฉลี่ยสูงสุดที่ด่านเก็บเงินดินแดง 3 $\mu g/m^3$ ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศที่กำหนดไว้ (<10 $\mu g/m^3$) และค่ามาตรฐานในสถานที่ประกอบการในปี 1989 ให้ใช้ไม่เกิน 50 $\mu g/m^3$

ข) ตะกั่วในน้ำกำหนดไว้ไม่เกิน 50 mg/L (0.05mg/L) ซึ่ง WHO ให้ไม่เกิน 10 mg/L และจากการวัดน้ำประปามีน้อยกว่า 20 mg/L

ค) ตะกั่วในอาหาร กำหนดไว้ให้น้อยกว่า 300 mg/day และจากการวัดน้อยกว่า 20 mg/day

2.1.3 กระบวนการดูดซับ (Adsorption)

กระบวนการดูดซับเป็นวิธีการที่นิยมใช้มากในด้านการบำบัดน้ำเสียเนื่องจากสามารถกำจัดสารปนเปื้อนขนาดเล็กจนถึงขั้นโมเลกุล ซึ่งไม่อาจกำจัดได้โดยวิธีการตกตะกอน หรือการกรองแบบธรรมดา โดยอาศัยความสามารถเฉพาะตัวของสารในการดึงโมเลกุลของสารปนเปื้อนให้มาเกาะที่ผิวของตัวดูดซับ เรียกปรากฏการณ์ที่สารปนเปื้อนมาเกาะที่ผิวว่ากระบวนการดูดซับ (Adsorption) ตัวที่ทำหน้าที่ดูดซับเรียกตัวดูดซับ (Adsorbent) ส่วนโมเลกุลที่มาเกาะติดที่ผิวตัวดูดซับเรียก ตัวดูดซับ (Adsorbate) ปรากฏการณ์ดูดซับนี้เกิดขึ้นระหว่าง 2 พื้นผิว (Surface) โดยที่ตัวดูดซับ ซึ่งได้แก่ พื้นที่ผิวระหว่างของเหลวกับของแข็ง พื้นผิวระหว่างของแข็งกับก๊าซ พื้นผิวระหว่างของแข็งกับของแข็ง และพื้นผิวระหว่างของเหลวกับของเหลว กระบวนการดูดซับเหล่านี้สามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น สารอินทรีย์และโลหะถูกดูดซับในดินหรือตะกอนดินในทะเล มหาสมุทร และแม่น้ำ กระบวนการดูดซับที่เกิดขึ้นโดยมนุษย์ เช่น การใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดซับเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อน

จากอากาศและน้ำ กระบวนการดูดซับนี้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในประโยชน์ในด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมหลายด้านด้วยกัน เช่น การใช้ดินเหนียวดูดซับยาฆ่าแมลงในดินหรือดูดซับโลหะจาก Landfill เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสารพิษที่จะลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน

2.1.4 ประเภทของตัวดูดซับ (Adsorbent) แบ่งได้ 3 ประเภท

1) สารอนินทรีย์ ได้แก่ ดินเหนียวชนิดต่างๆ แมกนีเซียมออกไซด์ แอคติวิตเต็ดซิลิกา (Activated Silica) เป็นต้น สารธรรมชาติมักมีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 50-200 ตารางเมตรต่อกรัม แต่ตัวดูดซับประเภทสารอนินทรีย์นี้สามารถจับโมเลกุลหรือคอลลอยย์ได้เพียงไม่กี่ชนิดทำให้การใช้ประโยชน์จากสารดูดซับประเภทสารอนินทรีย์มีข้อจำกัดมาก

2) ถ่านกัมมันต์อาจจัด เป็นสารอนินทรีย์สังเคราะห์แต่เป็นตัวดูดซับที่ดีกว่าสารอนินทรีย์ชนิดอื่นๆ จึงเป็นที่นิยมกันมากเนื่องจากเป็นถ่านที่ผ่านการกระตุ้นเพื่อให้มีความพรุนมากและมีพื้นที่ผิวภายในสูง โดยทั่วไปมีพื้นที่ผิวประมาณ 450-1,500 ตารางเมตรต่อกรัม(Weber.*et al*, 1981) และมีขนาดรูพรุนตั้งแต่ 10-10,000 อังสตรอม (Hessler.*et al*, 1963) ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากชิ้นส่วนของพืชและสัตว์ จะมีแร่ธาตุที่เป็นอันตรายน้อยกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหิน (ดำรง ชุมมงคล และอภิสิทธิ์ เจริญกุล, 2533)

3) ประเภทสารอินทรีย์สังเคราะห์ ได้แก่ สารเรซินแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange Resin) สังเคราะห์ขึ้นมาเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆสารเรซินเหล่านี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 300-500 ตารางเมตรต่อกรัม ซึ่งถือว่ามีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์ แต่เรซินมีข้อได้เปรียบมากกว่าคือ สามารถปรับสภาพนำมาใช้ใหม่ได้ง่ายและสารที่ใช้มีราคาถูก เช่น เกลือแกง (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2538)

2.1.5 รูปแบบของการดูดซับ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) การดูดซับทางกายภาพ (Physisorption) โมเลกุลของตัวดูดซับ (Adsorbate) ยึดติดกับผิวตัวดูดซับ (Adsorbent) โดยแรงแวนเดอร์วาล์ลที่อ่อน (Weak Vander Waal's force) เรียกกระบวนการดูดติดผิวตัวดูดซับนี้ว่า การดูดซับ (Adsorption) ซึ่งเป็นกระบวนการการแบบผันกลับได้ (Reversible Process) ส่วนกระบวนการที่ตัวดูดซับหลุดออกจากผิวตัวดูดซับเรียกว่า Desorption โมเลกุลของตัวถูกดูดซับเกาะอยู่บนผิวดูดซับในลักษณะซ้อนกันเป็นหลายชั้นเรียกว่า Multilayer

2) การดูดซับทางเคมี (Chemisorption) โมเลกุลของตัวดูดซับยึดติดอยู่กับผิวของตัวดูดซับโดยพันธะเคมีที่แข็งแรง ซึ่งมีความแข็งมากกว่าแรงเวนเดอร์วาล์ลแบะยากต่อการเกิด Desorption การดูดซับทางเคมีนี้โมเลกุลถูกตัวดูดซับเกาะอยู่บนผิวตัวดูดซับ ในลักษณะที่เป็นชั้นเดียว เรียกว่า Monolayer (เชี่ยวชาญ อุตรภิชาติ, 2535)

2.1.6 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ

สมบัติของตัวดูดซับพื้นที่ผิวและโครงสร้างของรูพรุน พื้นที่ผิวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับรูพรุนหากมีรูพรุนมีมากทำให้มีพื้นที่ผิวดูดซับมาก ดังนั้นความสามารถในการดูดซับก็จะมากขึ้น การดูดซับจะเกิดได้ดีเมื่อมีโมเลกุลตัวถูกดูดซับมีขนาดเล็กกว่ารูพรุนเล็กน้อย หากรูพรุนมีมากแต่มีขนาดเล็กหรือรูพรุนขนาดใหญ่แต่ปากรูพรุนมีขนาดเล็กก็จะไม่ทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น

สมบัติของสารที่ถูกดูดซับ

- ความสามารถในการละลาย สารที่มีความสามารถในการละลายสูง จะถูกดูดซับได้น้อย เนื่องจากก่อนที่จะเกิดกระบวนการดูดซับขึ้นจะต้องมีการทำลายพันธะของตัวถูกละลายและตัวทำละลายที่จะเกิดการดูดซับ ซึ่งถ้าไม่มีการทำลายพันธะก็จะสามารถเกิดการดูดซับได้

- น้ำหนักและขนาดโมเลกุล ถ้าน้ำหนักโมเลกุลและขนาดโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับเพิ่มขึ้นความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้นและโมเลกุลที่มีโครงสร้างเป็นกิ่ง (Branched Chain) จะถูกดูดซับได้ดีกว่าโมเลกุลที่เป็นโซ่ตรง (Straight Chain)

- ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) การดูดซับขึ้นกับสภาพความเป็นขั้วของพื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มขึ้น ทำให้การดูดซับไอออนลบเกิดได้มากขึ้น

- อุณหภูมิ การเพิ่มอุณหภูมิ จะทำให้การแพร่ผ่านของสารที่ถูกดูดซับลงไปยังรูพรุนของตัวดูดซับอ่อนลง

2.2 มาตรฐานโลหะหนัก

โลหะหนักและสารประกอบของโลหะหนักเกือบทุกชนิดเป็นพิษ จึงเป็นอันตรายต่อร่างกายโดยอาจทำให้เจ็บป่วย พิการ หรืออาจตายได้ ถ้าได้รับเข้าสู่ร่างกายในปริมาณที่มากเกินไป ดังนั้น จึงต้องมีการกำหนดมาตรฐานการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม

สำหรับโลหะหนักที่ทำการศึกษา คือ ตะกั่วมีมาตรฐานในการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมนิคมอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวง

วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ได้กำหนดให้มีปริมาณตะกั่วไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (พรพิมล ห่อสุวรรณชัย, 2542)

2.2.1 มาตรฐานความปลอดภัยในสิ่งแวดล้อมและสภาพในการทำงาน

1) ในอากาศ

- ความเข้มข้นของตะกั่ว ในบรรยากาศบริเวณที่พักอาศัย (Ambient air) ไม่ควรเกิน 0.005 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ

- ความเข้มข้นของตะกั่ว ในบรรยากาศบริเวณที่ทำงาน สำหรับคนงานที่ทำงานตลอด 8 ชั่วโมงต่อวัน หรือ 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ไม่ควรเกิน 0.15 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ

2) น้ำทิ้ง ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2522) ห้ามมิให้ระบายน้ำทิ้งที่มีค่าตะกั่วมากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตรออกจากโรงงาน

3) ในน้ำดื่ม ปริมาณตะกั่วไม่ควรเกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร

4) ภาชนะใส่อาหาร เครื่องเคลือบดินเผาหรือเครื่องเคลือบที่ใช้ในการบรรจุอาหารเพื่อบริโภคทุกชนิดที่มีตะกั่วละลายออกมาได้ต้องไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อความจุ 1 ลิตร

5) อาหาร อาหารที่บรรจุในภาชนะปิดมิดชิด ซึ่งเป็นอาหารควบคุมของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับ 24 (พ.ศ. 2502) ต้องมีมาตรฐานโดยคำนวณน้ำหนักของตะกั่วในอาหารได้ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

6) ค่าปกติของความเข้มข้นของตะกั่วในดิน ไม่ควรเกิน 15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ระดับปกติของตะกั่วในเลือด มีค่าไม่เกินไมโครกรัมต่อเดซิลิตร WHO (1980) กำหนดค่ามาตรฐานตะกั่วในเลือดของคนงานผู้ชายที่ต้องทำงานสัมผัสกับตะกั่ว มีค่าไม่เกิน 40 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตรและค่ามาตรฐานตะกั่วของผู้หญิงและเด็ก มีค่าไม่เกิน 25 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร

2.3 วิธีการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย

2.3.1 การตกตะกอน (Precipitation)

เป็นวิธีนิยมใช้มานานแล้ว โดยเติมสารเคมีลงไปในน้ำทิ้ง เพื่อทำปฏิกิริยากับโลหะหนักที่ละลายอยู่ เกิดตะกอนแยกออกจากน้ำได้ ตัวอย่างเช่น การใช้ ไฮดรอกไซด์ ออกไซด์ คาร์บอเนต ซัลไฟด์ โลหะหนักแต่ละชนิดสามารถตกตะกอนได้ที่พีเอชแตกต่างกัน เช่น ตะกั่ว

ตกตะกอนไฮดรอกไซด์ได้ที่พีเอช 7.5-9.5 แคดเมียมสามารถตกตะกอนไฮดรอกไซด์ได้ที่พีเอช 9.5-12.5 ตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zinc) ถ้าปรับพีเอชให้สูงมากเกินไปจะเกิดเป็นพลัมเบทและซิงเคล ซึ่งสามารถกลับไปละลายน้ำได้อีก การตกตะกอนไฮดรอกไซด์จึงต้องเลือกปรับพีเอชให้เหมาะสม สำหรับโลหะแต่ละชนิดในน้ำเสีย

2.3.2 การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange)

วิธีนี้อาศัยเรซิน เป็นตัวแยกโลหะหนักออกจากสารละลาย โดยให้เกิดการแลกเปลี่ยนไอออนในสารละลายกับไอออนบนผิวเรซินที่เป็นตัวแลกเปลี่ยนประจุบวก เป็นพวกกรดอินทรีย์ที่ไม่ละลายอาจเป็นพวกซัลโฟนิค การกำจัดตะกั่วอยู่ในรูปของเตตราเอธิลเลต ด้วยการใช้เรซินแลกเปลี่ยนเป็นประจุบวกพวกคาร์บอกซิลิกแอซิด พบว่าสามารถลดปริมาณตะกั่วจาก 126.7 มิลลิกรัมต่อลิตรคงเหลือ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับแคดเมียมมีการใช้วิธีนี้ในการกำจัดบ้าง แต่ไม่ค่อยเป็นที่นิยมมากนักเนื่องจากต้องใช้เรซินที่มีความจำเพาะเจาะจง วิธีการแลกเปลี่ยนไอออนนี้เหมาะสำหรับกำจัดโลหะหนักที่มีปริมาณน้อยและให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสูงสุด เช่น น้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ปนอยู่ต้องกำจัดออกก่อน โดยผ่านเข้าไปในคอลัมน์ถ่านกัมมันต์

2.3.3 การระเหย (Evaporation)

เป็นวิธีง่ายๆที่ใช้กันมากวิธีหนึ่ง โดยการกำจัดน้ำออกจากน้ำเสีย จะใช้ได้ผลในกรณีที่มีปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียมีปริมาณมากเท่านั้น

2.3.4 รีเวิร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis)

วิธีนี้กำจัดโลหะหนักโดยใช้ความดันสูงผ่านเซมิเพอมิเอเบิล เมมเบรน ซึ่งจะยอมให้ไอออนบางชนิดเท่านั้นที่ผ่านได้ และต้องใช้ความดันสูง และต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเลือกเมมเบรนที่จะต้องให้ทนต่อความดัน ความเป็นกรดและด่าง ตัวอย่าง เมมเบรนที่ใช้ ได้แก่ เซลลูโลสอะซิเตต พอลิเอมีด พอลิฟูแรน วิธีนี้ใช้กำจัดโลหะหนักในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมชุบโลหะด้วยไฟฟ้า น้ำเสียจากกระบวนการล้างภาพ

2.3.5 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction)

เป็นวิธีที่แยกโลหะหนักออกจากสารละลาย โดยการเติมตัวทำละลายซึ่งสามารถละลายโลหะหนักได้ดีกว่า วิธีนี้มีข้อเสียคือ ค่าใช้จ่ายของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดค่อนข้างสูง

2.3.6 อิเลคโตรไดอะไลซิส (Electro dialysis)

วิธีการนี้ใช้กระแสไฟฟ้าแยกโลหะหนักออกให้ผ่านเพอมีเอเบิลเมมเบรน ข้อเสียของวิธีนี้คือ ราคาแพง

2.3.7 ออกซิเดชัน – รีดักชัน (Oxidation – Reduction)

ใช้มากในโรงงานชุบโลหะ ซึ่งมีสารประกอบโลหะหนักต่างๆที่เจือปนอยู่ ในการกำจัดต้องมีการเติมสารเคมีลงไปเพื่อทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับโลหะหนักที่ต้องการกำจัด ทำให้โลหะหนักเปลี่ยนรูปไปเป็นสารประกอบอื่นที่ไม่เป็นพิษหรือตกตะกอนได้ สารเคมีที่เป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น ออกซิเจน โอโซน คลอรีน โฮโปคลอไรด์ เปอร์แมงกาเนต ส่วนสารเคมีที่ทำให้เกิดปฏิกิริยารีดักชัน ได้แก่ เฟอรัสซัลเฟต โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ตัวอย่างวิธีออกซิเดชัน – รีดักชัน และการทำให้ตกตะกอน ควบคู่กันในระบบการกำจัดโลหะหนักสำหรับโงงานชุบเคลือบขนาดกลางและเล็กกำหนดโดยกรมแรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถทำแบบ Batch Process และเป็นวิธีการที่ใช้กันมากในการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียในประเทศไทย การตกตะกอนเป็นวิธีที่ง่าย แต่มีข้อเสียคือ ในกรณีที่มี โลหะหนักหลายชนิดปนอยู่ด้วยกันในน้ำเสียตกตะกอนโลหะหนักพร้อมๆกัน นอกจากการเกิดตะกอนได้ช้าแล้วยังไม่สามารถแยกตะกอนกับน้ำที่จะทิ้งได้อย่างเด็ดขาด การแก้ปัญหาอาจกระทำได้ 2 วิธีคือ ส่งเสริมการวิจัยให้มีการนำเอาโลหะหนักกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ หรือหาวิธีการกำจัดโลหะหนักให้อยู่ในรูปที่คงตัวในธรรมชาติ เพื่อไม่ให้กลับมากระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในอนาคตแต่จะเลือกใช้วิธีใดต้องคำนึงถึงต้นทุนในการผลิต การดูแลรักษาและที่สำคัญ คือ วิธีในการบำบัดต้องสะดวกและหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีให้มากที่สุด

2.4 อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี (Atomic Absorption Spectroscope, AAS)

อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี ใช้คำย่อว่า AAS เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถทำได้ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์ ปัจจุบันเทคนิคทาง AAS เป็นที่นิยมมากวิธีหนึ่ง เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ให้ความเที่ยง ความแม่น มีสภาพไวสูง ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ไม่สูงมากนัก และเป็นเทคนิคเฉพาะที่ดีมาก สามารถใช้ในการวิเคราะห์ธาตุต่างๆ ได้ถึง 67 ธาตุ (แม้น อมรสิทธ์ และ อมร เพชรสม, 2534)

2.4.1 หลักการของเทคนิค อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี (AAS)

หลักการของเทคนิค AAS เป็นกระบวนการที่เกิดจากอะตอมอิสระของธาตุดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นเฉพาะ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ ธาตุแต่ละชนิดจะมีระดับของพลังงานแตกต่าง

กัน จึงมีการดูดกลืนพลังงานที่แตกต่างกันด้วย เช่น อะตอมของทองแดงจะดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 324.8 นาโนเมตร หมายความว่า แสงที่ความยาวคลื่นนี้เป็นแสงที่มีพลังงานพอเหมาะที่จะทำให้อิเล็กตรอนของทองแดง อะตอมเกิดการเปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้นไปสู่สถานะเร้าซึ่งปริมาณเกิดแสงที่ดูดกลืนเข้าไปจะแปรตามความเข้มข้นของสาร ค่าที่วัดได้ คือ ค่าแอบซอร์แบนซ์ (absorbance) ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาความเข้มข้นของสาร

2.4.2 เทคนิคต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี AAS

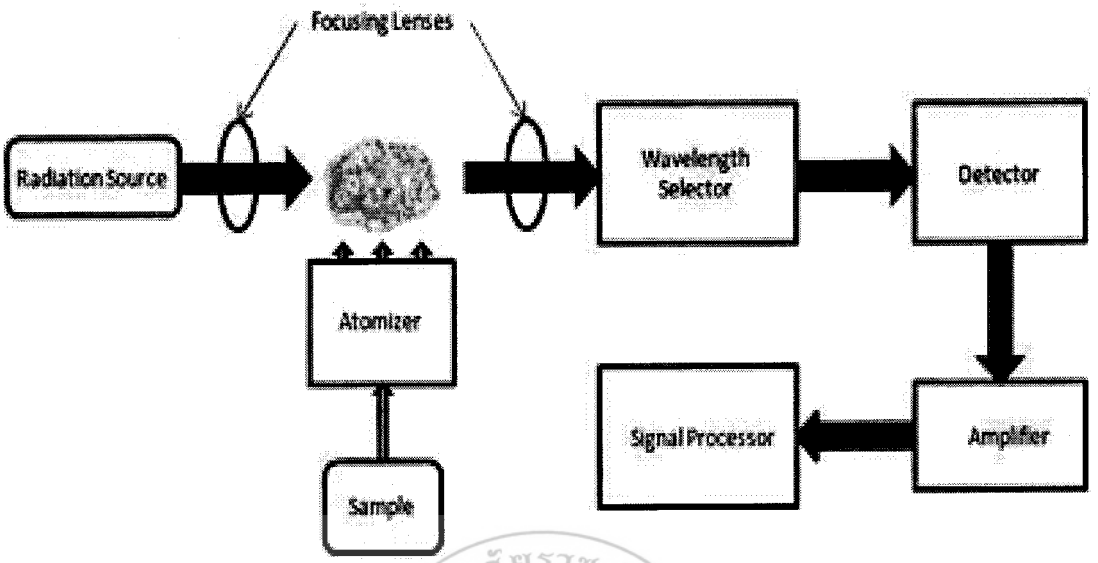
สัมพันธ์ พลันสังเกต และคณะ (2544) ได้สรุปเทคนิคต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุนั้น สามารถทำได้หลายวิธี คือ

1) ใช้ Flame Atomization Technique เทคนิคใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างแตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟที่เหมาะสม

2) ใช้ Flameless Technique หรือ Non – Flame Atomization Technique ซึ่งเทคนิคนี้ใช้วิเคราะห์กระบวนการทำให้สารตัวอย่างสลายตัวเป็นอะตอมได้ด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (Electro thermal atomizer หรือ Graphite furnaces) โดยสามารถตั้งโปรแกรมให้อุณหภูมิของการเผา มีค่าต่างๆกันก็ได้

3) ใช้ Hydride Generation Technique เนื่องจากมีธาตุบางชนิดซึ่งเปลี่ยนให้เป็นอะตอมโดยตรงด้วยเทคนิค 1 และ 2 ไม่ได้ แต่จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันการรวมตัวกับออกซิเจนของธาตุเหล่านี้ ดังนั้น จึงต้องใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านี้กลายเป็นสารที่เป็นไอง่ายๆที่อุณหภูมิห้องด้วยการรีดิวซ์ให้เป็นไฮไดรด์ และไอโดรเจน นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮโดรเจน ความร้อนจากเปลวไฟไฮโดรเจนจะทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมเสรีได้ เทคนิคนี้ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ As, Se, Te, Ge, Bi, Sb

4) ใช้เป็น Cold Vapor Generation technique สำหรับเทคนิคนี้เหมาะสมที่จะใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนเป็นไอได้ง่ายๆ ซึ่งได้แก่การวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณน้อยโดยเฉพาะเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์โดยเทคนิคทาง AAS คืออะตอมมิคแอบซอพชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องมือ**ดังภาพที่ 2.4-1**



ภาพที่ 2.4-1 ส่วนประกอบของเครื่องอะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์
(Author: admin, January 14th, 2010)

2.4.3 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่อง AAS

1) Hollow Cathode Lamp ใช้เป็น light source ใน Atomic Absorption Analysis Lamp ทำด้วยโลหะชนิดเดียวกับธาตุที่ต้องการศึกษา

2) Frame atomizer ใช้ spray sample solution ให้เป็นฝอยเล็กๆ เพื่อลดการรบกวนที่เกิดจากสารอื่นปนเปื้อนเข้ามา และทำให้สารตัวอย่างดูดกลืน thermal energy จาก Flame กลายเป็น vapor atom ได้ง่ายขึ้น Flame ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงต่างกันจะทำให้อุณหภูมิต่างกันไปด้วย

เช่น	Air/acetylene	ให้อุณหภูมิประมาณ 2,300 องศาเซลเซียส
	Air/propene	ให้อุณหภูมิประมาณ 1,900 องศาเซลเซียส
	Nitrous oxide/acetalene	ให้อุณหภูมิประมาณ 3,000 องศาเซลเซียส

3) Wavelength selection แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

3.1) Chopper ใช้เลือก wavelength ที่เหมาะสมในการวัดธาตุใดธาตุหนึ่ง เพื่อให้ Absorbed radiant energy มากที่สุดในการวัดหาปริมาณของสาร

3.2) Monochromator มีหน้าที่ ทำให้แสงจาก source ที่กระจายทุกทิศทาง เป็นลำแสงขนานเพื่อผ่านเข้าไปยัง path cell ของ sample

4) Detector ใช้วัดความเข้มของแสงที่ผ่านออกจาก sample

5) Read out system เป็นส่วนแสดงค่า absorbance

2.4.4 ประโยชน์ของ AAS ที่ใช้ในงานวิเคราะห์ทางเคมี

เทคนิคทาง AAS สามารถนำไปใช้ประโยชน์ ในงานวิเคราะห์ธาตุในตัวอย่างได้กว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นตัวอย่างของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ (วรรณภา ตันยืนยังค์, 2544) สามารถจำแนกชนิดของตัวอย่างเป็นประเภทต่างๆได้ดังนี้

1) การวิเคราะห์หินและดินเพื่อหาปริมาณธาตุต่างๆ

- Major element เช่น Si, Al, Fe, Ti, Ca, Mg, Na, K, La
- Trance element เช่น Co, Cr, Cu, Li, Mn, Ni, Pb, Rb, V, Zn
- Special treatment of element เช่น Sb, As, Bi, B, Cd, Ga, Hg, Te, Tl

2) การวิเคราะห์แร่ เช่น แร่เหล็ก นิกเกิล แพลทินัม แมงกานีส ดีบุก ตะกั่ว พลวง ทอง โครเมียม โคบอลต์ อะลูมิเนียม ซีโอไลต์ โคโมไมต์ หินปูน บอกไซต์ เป็นต้น

3) การวิเคราะห์น้ำ เช่น น้ำจากแหล่งธรรมชาติ น้ำสำหรับบริโภค น้ำทิ้ง เป็นต้น

4) การวิเคราะห์อากาศ เช่น อากาศจากแหล่งโรงงานอุตสาหกรรม จากแหล่งชุมชน จากแหล่งที่มีการจราจรหนาแน่น ควันพิษ เป็นต้น

5) การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์จากพืช เช่น การหาปริมาณของธาตุต่าง

- Major element เช่น Ca, Mg, K, Na, As
- Trance element เช่น Cu, Zn, Fe, Mo, Sr, Mn, Co

6) การวิเคราะห์ทางชีวเคมีและพิษวิทยา เช่น การหาปริมาณ Na, K, Li, Ca, Mg, Sr, Cu, Zn ในเลือดปัสสาวะและเนื้อเยื่อ และในกรณีทางพิษวิทยาใช้วิเคราะห์หาAs, Cd, Cr, Co, Pb, Mn, Hg, Ni, Tl

7) การวิเคราะห์น้ำมันและผลิตภัณฑ์ทางปิโตรเลียม เช่น การหาองค์ประกอบที่เป็นโลหะของน้ำมันชนิดต่างๆ

8) การวิเคราะห์โลหะและโลหะผสม เพื่อหาปริมาณโลหะผสมชนิดต่างๆ หาปริมาณสารเจือปนโลหะบริสุทธิ์ เป็นต้น

9) การวิเคราะห์ตัวอย่างประเภท refractories and metal oxides ceramics

10) การวิเคราะห์ตัวอย่างประเภท nuclear energy

11) การวิเคราะห์ธาตุในสารอื่นๆ

2.5 การบำบัดน้ำเสียที่มีตะกั่ว

ตะกั่วที่มีธาตุทรานสิชัน ที่พบกระจายอยู่ทั่วไปในธรรมชาติเป็นโลหะหนักที่มีความอ่อนตัวสามารถดัด รีด หรือตีง่าย ทนทานต่อการกัดกร่อน สามารถนำมาผสมกับโลหะต่างๆ ได้หลายชนิด มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง อุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียปนเปื้อนด้วยตะกั่ว และโลหะหนักต่างๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมเหมืองแร่อุตสาหกรรมชุบโลหะ อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ เป็นต้น การกำจัดตะกั่วในน้ำเสียใช้วิธีทางเคมีในการเปลี่ยนสารละลายของตะกั่วให้อยู่ในรูปของตะกั่วที่ไม่ละลายน้ำโดยการเติมสารเคมี เช่น ใช้โซดาไฟเพื่อเกิดการตกตะกอนผลึกในรูปของตะกั่วไฮดรอกไซด์ ใช้โซดาแอชเพื่อให้เกิดการตกผลึกในรูปของตะกั่วคาร์บอเนต และใช้ฟอสเฟตเพื่อให้เกิดการตกผลึกในรูปของฟอสเฟต การกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสามารถใช้ในกระบวนการโคแอกกูเลชั่นด้วยสารส้ม การแลกเปลี่ยนไอออนและดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) (ขวัญฤดี โชติชนาทวีวงศ์ และคณะ, 2545)

2.6 จำปาดะ

จำปาดะมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Artocarpus interger* ชื่อสามัญ Champedak, Bankong (ขนุนจำปาดะ,จำปาดะ) ชื่อวงศ์ Moraceae เป็นไม้ผลยืนต้นขนาดใหญ่ถึงใหญ่มาก ปลูกได้ทุกพื้นที่ของประเทศเจริญเติบโตได้ดีในเขตภาคใต้ที่มีฝนตกชุก ดินดำร่วน เนื้อดินลึก มีอินทรียวัตถุมาก ระบายน้ำและอากาศถ่ายเทดี ไม่ทนต่อสภาพน้ำขังค้างนาน เป็นพืชสกุลเดียวกันกับขนุนซึ่งสามารถทาบกิ่งหรือเปลี่ยนยอดไปมาซึ่งกันและกันได้ ออกดอกติดผลทั้งที่ลำต้นและใต้ท้องกิ่งแก่ขนาดใหญ่ ผลที่เกิดตามลำต้นคุณภาพดีกว่าผลใต้ท้องกิ่ง ผลที่ลำต้นเกิดต่ำใกล้พื้นดินคุณภาพดีกว่าผลที่เกิดตามลำต้นแต่อยู่สูงขึ้นไป และผลใต้ท้องกิ่งอยู่ชิดโคนกิ่งมากกว่าจะคุณภาพดีกว่าผลที่อยู่ถัดไปทาง ปลายกิ่ง รูปร่างภายนอกคล้ายขนุนมาก นิยมรับประทานกันมากในหมู่คนไทยภาคใต้

จำปาดะ มีรูปร่างคล้ายขนุนมี เป็นไม้ผลสกุลเดียวกับขนุน (Artocarpus) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในคาบสมุทรมลายู อินโดนีเซีย และเกาะนิวกินี ในประเทศไทยน่าจะเป็นไม้ผลที่นำเข้ามาปลูกเช่นเดียวกับขนุน จำปาดะเป็นผลไม้ประจำจังหวัดสตูล มีลักษณะเป็นไม้ต้นใบเดี่ยว และมีขนปกคลุมแผ่นใบ มียางสีขาวขุ่น เป็นผลกลมคล้ายขนุนแต่มีขนาดเล็กกว่า รูปร่างผลรูปทรงกระบอก เมื่อสุกเปลือกผลนิ่ม กลิ่นหอมแรงและรส หวานจัด เนื้อผลที่เรียกว่า “ยุม” (ผลย่อยเป็นผลสดเมล็ดเดียวและเนื้อหุ้มเมล็ด) ไม่ค่อยหลุดออกจากแกนผล เนื้อผลจำปาดะสามารถทำอาหารได้หลากหลาย

ซึ่งในพืช รวมทั้งจำปาดะ จะมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ มีแทนนิน ลิกนิน และเซลลูโลส ซึ่งน่าจะสามารถดูดซับไอออนตะกั่วได้ อีกทั้งเปลือกจำปาดะยังมีเพกทิน ที่เป็นสารคาร์โบไฮเดรตที่มีคุณสมบัติพองตัวและละลายน้ำได้ และเป็นสารที่ข้นหนืดที่อาจจะนำมาใช้ประโยชน์เป็นสารช่วยแขวนตะกอนในผลิตภัณฑ์ยาต่างๆ ได้ (อนุชิต พลับรู้การ และอรุณพร อิฐรัตน์, 2534)

ผลไม้ไทยหลายชนิดมีเพกทินเป็นส่วนประกอบที่จะนำ มาใช้สกัด เอกสารวิจัยส่วนใหญ่รายงานการสกัดเพกทินด้วยน้ำร้อน (นัยทัศน์ ภู่ศรัณย์, 2530) ศึกษาการสกัดเพกทินจากขนุน จำปาดะโดยสกัดจากแกน เปลือก และซังขนุนจำ ปาดะด้วยความร้อน พบว่า มีเพกทินร้อยละ 8.97 11.57 และ 12.14 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการสกัดคือ 60 นาที พบว่า อุณหภูมิและเวลาดังกล่าวเป็นสภาวะที่สามารถ สกัดเพกทินจากซังขนุนได้มากที่สุด ได้ศึกษาถึงวิธีการสกัด เพกทินจากเปลือกผลไม้แห้งด้วยหม้อนึ่งอัดไอที่มีความดันไอสูง 15 ปอนด์ โดยใช้กรดซิตริก 1% w/w จำนวน 1.8 ลิตร ในการสกัด และใช้ระยะเวลาในการสกัด 30 นาที และใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถสกัดเพกทินได้ปริมาณ 262.5 กรัมต่อกิโลกรัม (Martinez-Sanchez, no date; อ้างถึง นัยทัศน์ ภู่ศรัณย์, 2530)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาข้อมูลงานวิจัยที่มีการใช้วัสดุจากธรรมชาติมาใช้เป็นตัวดูดซับ เช่น การใช้เปลือกมะขามและเปลือกทับทิม การดูดซับโลหะหนักบางชนิดด้วยวัสดุธรรมชาติ การศึกษาการดูดซับสีย้อมและไอออนโลหะตะกั่วด้วยถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากเปลือกทุเรียน การใช้การดูดซับสารตะกั่วของเปลือกมังคุด เป็นต้น เพื่อใช้ในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสีย โดยวิธีที่ประหยัดเพื่อทดแทนการใช้สารเคมีในการบำบัดน้ำเสีย มีรายละเอียดดังนี้

ยุพดี เส้นขาว (2557) ได้ทำการศึกษาการกำจัดไอออนแคดเมียมและตะกั่วจากน้ำเสียด้วยมะขามและเปลือกทับทิม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดไอออนแคดเมียมและตะกั่วจากน้ำเสีย โดยใช้มะขามและเปลือกทับทิมที่ไม่ปรับสภาพทางเคมีและที่ปรับสภาพทางเคมีด้วยกรดซัลฟุริก เป็นตัวดูดซับ และศึกษาสมบัติของตัวดูดซับด้วยการหาค่าการดูดซับไอโอดีน รวมทั้งศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพของตัวดูดซับ ผลการศึกษาจากการทดลองแบบกะพบว่ามะขามและเปลือกทับทิมที่ปรับสภาพมีประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียน้ำสังเคราะห์ได้สูงกว่ามะขามและเปลือกทับทิมที่ไม่ปรับสภาพ ส่วนมะขามและเปลือกทับทิมที่ไม่ปรับสภาพต่างก็มีประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียมได้ใกล้เคียงกับมะขามและเปลือกทับทิมที่ปรับสภาพ ตามลำดับ นอกจากนี้ประสิทธิภาพการดูดซับไอออนจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาและความเข้มข้นของไอออนโลหะในน้ำเสีย

รวมทั้งมีแนวโน้มว่าการดูดซับแคดเมียมและตะกั่วของมะขามและเปลือกทับทิมปรับสภาพมีความเหมาะสมกับไอโซเทอม การดูดซับแบบฟรุนดลิชมากกว่าแบบแลงเมียร์ ซึ่งพบว่าในการดูดซับแคดเมียมด้วยมะขามปรับสภาพมีค่า K, n และ R2 เท่ากับ 0.91 0.08 และ 0.5424 ตามลำดับ และมีค่า Xm,b และ R2 เท่ากับ-0.88 -0.12 และ 0.154 ตามลำดับ และมีค่า Xm, b และ R2 เท่ากับ 2.57 -1.41 และ 0.0002 ตามลำดับ สำหรับการดูดซับตะกั่วด้วยมะขามปรับสภาพมีค่า K, n และ R2 เท่ากับ 23.66 1.02 และ 0.5138 ตามลำดับ และมีค่า Xm, b และ R2 เท่ากับ -256.41 -0.06 และ 0.2775 ตามลำดับ ส่วนเปลือกทับทิมปรับสภาพมีค่า K, n และ R2 เท่ากับ 17.79 0.76และ 0.534 ตามลำดับ และมีค่า Xm,b และ R2 เท่ากับ -55.25 -0.18 และ 0.2668 ตามลำดับ นอกจากนี้มะขามและเปลือกทับทิมที่ปรับสภาพจะมีประสิทธิภาพการดูดซับแคดเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์แบบต่อเนื่องได้สูงกว่าการดูดซับตะกั่วมาก และสูงกว่ามะขามและเปลือกทับทิมที่ไม่ปรับสภาพ ส่วนมะขามที่ไม่ปรับสภาพและเปลือกทับทิมที่ปรับสภาพมีประสิทธิภาพการดูดซับแคดเมียมและตะกั่วในน้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการเคมีได้สูงใกล้เคียงกัน และสูงกว่ามะขามที่ปรับสภาพและเปลือกทับทิมที่ไม่ปรับสภาพตามลำดับ

ชานนท์ มากสิน และคณะ (2546) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วของเปลือกมังคุด โดยศึกษาการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายเลด (II) ไนเตรตที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ 0.500 0.250 0.125 0.062 0.031 0.016 0.008 0.004 0.002 0.001 และ 0.0005 โมลต่อลิตร ตามลำดับ กับสารละลายโปแตสเซียม ไอโอไดด์ความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร จากนั้นศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับสารตะกั่วของเปลือกมังคุด โดยศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสารตะกั่วของน้ำสกัดจากเปลือกมังคุดที่ความเข้มข้นของสารละลายเลด (II) ไนเตรตความเข้มข้นต่างๆ หาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำสกัดจากเปลือกมังคุดในการดูดซับสารตะกั่วระยะเวลาที่เหมาะสม และศึกษาการแปรรูปเปลือกมังคุดไปใช้ในการดูดซับตะกั่ว พบว่าการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายเลด (II) ไนเตรตกับ สารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ เกิดตะกอนสีเหลืองที่ความเข้มข้น 0.500 0.250 0.125 0.062 0.031 0.016 0.008 0.004 และ 0.002 โมลต่อลิตร และน้ำสกัดจากเปลือกมังคุดสามารถดูดซับสารตะกั่วจากสารละลายเลด (II) ไนเตรตได้ที่ความเข้มข้น 0.008 0.004 และ 0.002 โมลต่อลิตร ในอัตราส่วนระหว่างสารละลายเลด (II) ไนเตรตต่อน้ำสกัดจากเปลือกมังคุดเป็น 10:12 10:5 และ 10:2 โดยปริมาตรตามลำดับ ในระยะเวลา 15 นาที ส่วนการแปรรูปเปลือกมังคุดไปใช้ในการดูดซับสารตะกั่ว พบว่าการทำเป็นผงแห้งเหมาะสมที่สุด

รัตนา มหาชัย (2542) ทำการศึกษาการดูดซับโลหะหนักบางชนิดด้วยวัสดุธรรมชาติชนิดที่หาง่ายและราคาถูก เช่น แกลบเผา ถ่าน ถ่านกัมมันต์ ขี้เถ้า คาโอลิน เบนโทไนท์ กาบมะพร้าว รังไหม เยื่อไม้ไผ่ และใยข้าวโพด พบว่าตะกั่วถูกดูดซับได้มากที่สุดในวัสดุเกือบทุกชนิด โดยมีค่าการ

นำอยู่ในช่วง 30-70 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก ทองแดง แคดเมียม สังกะสี อยู่ในช่วงร้อยละ 2-10 และนิกเกิล โครเมียม แมงกานีส น้อยกว่าร้อยละ 1 เมื่อเทียบความสามารถในการดูดซับโลหะของวัสดุเรียงตามลำดับ มากน้อยได้ดังนี้ ขี้เถ้า ถ่านกัมมันต์ เบนโทไนท์ ส่วนถ่านแกลบ เยื่อไม้ไผ่ กาบมะพร้าว และใยไหม มีความสามารถในการดูดซับโลหะใกล้เคียงกัน เมื่อกำจัดโลหะหนักผสมกันพบว่าวิธีการแบบต่อเนื่องมีประสิทธิภาพในการกำจัดดีกว่าวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องประมาณ 5 เท่า แต่เมื่อนำวิธีทั้งสองมารวมกัน โดยใช้วัสดุขี้เถ้าได้ผลเหมาะสมที่สุด

สราวุธ ศรีคุณ (2550) ทำการศึกษาการดูดซับสีย้อมและไอออนโลหะตะกั่วด้วยถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากเปลือกทุเรียน พบว่าการดูดซับไอออนโลหะตะกั่วของถ่านกัมมันต์ที่คาร์บอไนเซชัน 123 ภายใต้ความดันสุญญากาศ มีประสิทธิภาพในการดูดซับมากกว่าถ่านกัมมันต์ที่คาร์บอไนเซชัน ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน คือ 8.43 และ 7.97 มิลลิกรัมต่อกรัม

อุบลรัตน์ วาริชวัฒนะ (2544) ศึกษาความสามารถและประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักสามชนิด ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมด้วยถ่านกระดูกที่เตรียมจากการเผากระดูกโค กระบือ โดยทำการทอลองแบบแบตช์และแบบคอลัมน์ ผลการทดลองแบบแบตช์พบว่าถ่านกระดูกสามารถกำจัดตะกั่วได้ดีกว่าแคดเมียมแต่ไม่สามารถกำจัดโครเมียมได้ ถ่านกระดูกสามารถกำจัดตะกั่วได้ประสิทธิภาพสูงที่สุดโดยคิดเป็น 458.55 มิลลิกรัมต่อกรัม ถ่านกระดูกที่ความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียเริ่มต้นเป็น 100 โมลต่อลิตร และ pH เริ่มต้นเป็น 5 ส่วนผลการศึกษาไอโซเทอมโดยใช้ถ่านกระดูกพบว่าความสามารถในการกำจัดตะกั่วมีความสัมพันธ์กับไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิช

ภาณุพงษ์ สถิตวัฒนาพร (2546) ศึกษาการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้เถ้าลอยชานอ้อยโดยศึกษาที่ความเข้มข้นของตะกั่วในช่วง 5 ถึง 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า pH ในช่วง 2 ถึง 6 และปริมาณตัว ดูดซับในช่วง 0.1 ถึง 20 กรัมต่อลิตร ผลการศึกษาพบว่า การดูดซับจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของตะกั่วเพิ่มขึ้น การศึกษาไอโซเทอมโดยใช้เถ้าลอยชานอ้อย พบว่าความสามารถในการกำจัดตะกั่วมีความเข้มข้นมีความสัมพันธ์กับไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิช

รอฮานา อาดาม และคณะ (2553) ประสิทธิภาพการดูดซับโลหะโดยใช้ถ่านและถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากเปลือกมังคุด พบว่ามีค่าความชื้น สารอินทรีย์ระเหย ขี้เถ้าและปริมาณคาร์บอนคงตัว มีค่าเท่ากับ 3.77 16.83 5.4 และ 74 ตามลำดับ ในการวิเคราะห์ค่าไอโอดีนนัมเบอร์นั้นพบว่าการดูดซับไอโอดีนมีค่าต่างกัน เมื่อวัสดุดูดซับต่างชนิดกัน คือ ถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดมีค่าการดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุด รองลงมาคือถ่านกัมมันต์ทางการค้า และถ่านจากเปลือกมังคุด ซึ่งมีค่าไอไอโอดีนนัมเบอร์ 955.19 658.83 และ125.22 มิลลิกรัมต่อกรัม ส่วนในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วนั้น ไอออนทองแดงชนิดเดียว และสารละลายผสมของไอออนตะกั่ว

และทองแดงในน้ำเสียสังเคราะห์ ค่าพีเอชที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 3-6 ในการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของถ่านเปลือกมังคุดและถ่านกัมมันต์ทางการค้าคือ 25 กรัมต่อลิตร

ลลิดา นิทัศนจารุกุล (2554) ศึกษาการกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดูดติดผิวโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาความสามารถในการดูดติดผิวตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร คือเปลือกทุเรียนและเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ที่ผ่านกระบวนการกระตุ้นทางเคมีโดยใช้เกลือแกง (NaCl) การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ขั้นแรกเป็นการเตรียมถ่านกัมมันต์ศึกษาลักษณะทางกายภาพ และประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้นโดยการวัดค่าไอโอดีนนัมเบอร์ ขั้นตอนที่สองคือการทำการทดลองแบบไม่ต่อเนื่องหรือแบบแบตช์เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการดูดติดผิวตะกั่ว ได้แก่ ค่าพีเอช เวลาสัมผัส และประมาณถ่าน เพื่อทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดิช และขั้นตอนสุดท้ายคือการทดลองแบบต่อเนื่อง โดยใช้ถังดูดติดผิวแบบแท่งเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานของถ่าน ในขั้นตอนการทดลองเตรียมถ่านกัมมันต์ พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการเผาวัตถุดิบให้เป็นถ่านพร้อมกับการกระตุ้นคือ 800 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัตถุดิบต่อเกลือแกงที่เหมาะสม ซึ่งทำให้ถ่านมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงที่สุดคืออัตราส่วน 1:0 สำหรับถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิด โดยถ่านเปลือกทุเรียน และถ่านเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์จะมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงที่สุดเท่ากับ 567 และ 532 มิลลิกรัมของไอโอดีนต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ตามลำดับ และสามารถสรุปได้ว่าการแช่วัตถุดิบด้วยสารละลายเกลือแกงอิ่มตัวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปอบแห้ง แล้วนำมาทำการเผาและกระตุ้น ก็เพียงพอที่จะทำให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีประสิทธิภาพสูง การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดติดผิวตะกั่วพบว่า การดูดติดผิวตะกั่วจะเพิ่มขึ้นเมื่อพีเอชของน้ำเสียเพิ่มขึ้น ตั้งแต่พีเอช 2 ถึงพีเอช 9 และที่พีเอชของน้ำเสียเริ่มต้นตั้งแต่ 4 ขึ้นไป พบว่าถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 ชนิด มีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสูงกว่าร้อยละ 90 ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการดูดติดผิวบนถ่านกัมมันต์ร่วมกับการตกตะกอนของตะกั่ว ผลของเวลาสัมผัสพบว่า สมดุลของการดูดติดผิวสำหรับถ่านทั้งสองชนิดคือ 10 นาที ผลของการหา ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดิช แสดงให้เห็นว่าถ่านเปลือกทุเรียนมีความสามารถในการดูดติดผิวสูงกว่าถ่านเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ การทดลองแบบต่อเนื่องได้เลือกใช้ถ่านเปลือกทุเรียน บรรจุในชุดถังดูดติดผิวแบบแท่ง เมื่อทำการป้อนน้ำเสียแบบไหลลงอย่างต่อเนื่อง และทำการเก็บน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทางปลายท่อ จนกระทั่งถ่านหมดประสิทธิภาพในการดูดติดผิว พบว่าถ่านเปลือกทุเรียนที่ชั้นความสูง 30 60 90 และ120 เซนติเมตร สามารถบำบัดน้ำเสียได้ 94.01 58.85 และ47.06 BV ตามลำดับ จากการศึกษาเตรียมถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร พบว่าถ่านเปลือกทุเรียนมีศักยภาพที่จะพัฒนาไปใช้งานทั้งในระดับครัวเรือน และระดับอุตสาหกรรม

ปนัดดา คำรัตน์ (2545) ศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากกากขี้แป้งของโรงงานน้ำยางข้นในการกำจัดตะกั่วและปรอทในน้ำเสียสังเคราะห์การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากขี้แป้งจากโรงงานน้ำยางข้นซึ่งเป็นของเสียมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ที่มีคุณภาพโดยได้ศึกษาประสิทธิภาพของการกำจัดตะกั่วและปรอทในน้ำเสียสังเคราะห์ เปรียบเทียบระหว่างถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากขี้แป้งกับถ่านกัมมันต์ที่จำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไปโดยถ่านขี้แป้งที่เตรียมขึ้นนั้นใช้เกลือแกงเป็นสารกระตุ้น และทำการล้างสารกระตุ้นด้วยกรดเจือจาง เมื่อนำไปศึกษาลักษณะทางกายภาพ พบว่า ถ่านขี้แป้งมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์ 510 มิลลิกรัมไอโอดีนต่อกรัม ของถ่านกัมมันต์ และมีพื้นที่ผิว 566.39 ตารางเมตรต่อกรัม จากนั้นได้ทำการทดลองแบบแบตช์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดติดผิวตะกั่วและปรอท ได้แก่ พีเอช ความเข้มข้นของโลหะหนัก และปริมาณถ่าน เพื่อทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิช พบว่าที่พีเอช 4 และความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดตะกั่วและปรอทดีที่สุด จากการทดสอบไอโซเทอมของการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ แสดงให้เห็นว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากขี้แป้งมีความสามารถในการดูดติดผิวตะกั่วและปรอทได้ 116.18 และ18.78 มิลลิกรัมต่อกรัมถ่านกัมมันต์ตามลำดับ และถ่านการค้ามีความสามารถในการดูดติดผิวตะกั่วและปรอทได้ 11.07 และ 98.85 มิลลิกรัมต่อกรัมถ่านกัมมันต์ ตามลำดับ การทดสอบแบบต่อเนื่องในคอลัมน์ได้ใช้ถ่านขี้แป้งที่มีดินเหนียวเป็นวัสดุเชื่อมประสาน และทำการป้อนน้ำเสียอย่างต่อเนื่องแบบไหลลงด้วยอัตราการไหล 3 ลิตรต่อชั่วโมง และเก็บน้ำเสียจนกระทั่งถ่านหมดประสิทธิภาพในการดูดติดผิว พบว่าถ่านกัมมันต์ที่ชั้นความสูง 30 60 90 และ120 เซนติเมตร สามารถบำบัดตะกั่วในน้ำเสียได้ 5865.58 3910.39 3909.50 และ 3054.47 BV ตามลำดับและสามารถบำบัดปรอทได้ 28.87 16.04 11.76 และ 9.62 BV ตามลำดับ จากผลการทดลองแบบฟรุนดลิชและแบบต่อเนื่องแสดงให้เห็นว่ากัมมันต์ที่ผลิตจากกากขี้แป้งมีความเหมาะสมในการกำจัดตะกั่วมากกว่าปรอท

ปรียาพา พาณิชย์ และพุทธธิดา ภูโอบ (2556) ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากกากปาล์ม โดยมีวัตถุประสงค์คือ เป็นการเตรียมเพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่กากปาล์มและเป็นการลดปริมาณของเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันปาล์ม โดยจะนำกากปาล์มไปหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์โดยวิธีการกระตุ้นทางเคมี จะใช้กรดฟอสฟอริกในการกระตุ้นเพื่อให้เกิดรูพรุนภายในกากปาล์ม ซึ่งในการเตรียมถ่านกัมมันต์นั้นใช้กากปาล์ม 25 กรัม และความเข้มข้นของกรดฟอสฟอริกที่ใช้ในการกระตุ้นที่แตกต่างกัน คือ 20 25 และ 30 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำกากปาล์มที่ผ่านการกระตุ้นแล้วไปทาการคาร์บอนไนซ์เซชัน 350 400 และ 450 องศาเซลเซียส นำถ่านกัมมันต์ที่ได้ไปกำจัดสารเคมีออก และนำถ่านกัมมันต์ไปวิเคราะห์ผลด้วยวิธีทดสอบไอโอดีนนัมเบอร์ซึ่งค่าไอโอดีนที่ดีที่สุดที่ได้คือ 578.293 มิลลิกรัมต่อกรัม บำบัดสีเมทิลีนบลูมีค่าการดูดซับที่ได้คือ 14.919 มิลลิกรัม

ต่อกรัม และค่าการตรวจวัดพื้นที่ผิวที่ได้คือ 431.9631 ตารางเมตร ต่อกรัม จากการทดสอบค่าการดูดซับไอโอดีนพบว่ากากปาล์มสามารถนามาทำเป็นถ่านกัมมันต์ได้

สุชาดา สุทธิพิบูลย์ และ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ (2547) ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วและอาร์เซนิกในน้ำเสียด้วยถ่านกระดูกที่ใช้เป็นสารดูดซับในการกำจัดโลหะหนัก 2 ชนิด จากน้ำเสียสังเคราะห์ ได้แก่ ตะกั่ว (Pb) และอาร์เซนิก (As (V)) โดยถ่านกระดูกที่ใช้ในการทดลองมีการเตรียมแตกต่างกัน 4 สภาวะ และทำการทดลองแบบแบทช์เพื่อศึกษาถึงสภาวะการเตรียมถ่านกระดูกและสภาวะการทดลองที่เหมาะสมที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงที่สุด ได้แก่เวลาสัมผัส และพีเอชน้ำเสียเริ่มต้น ปริมาณถ่านกระดูก รวมถึงการศึกษาไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิช และแบบแลงมัวร์ จากนั้นนำสภาวะการทดลองกำจัดตะกั่วที่เหมาะสมไปทำการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของถ่านกระดูกในน้ำเสียจริง โดยตัวแปรควบคุมที่ใช้ตลอดการทดลองแบบแบทช์ คือ น้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นโลหะหนักเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตรน้ำเสียที่ใช้ทดลอง 25 มิลลิลิตร และความเร็วในการกวนผสม 250 รอบต่อนาที จากการศึกษาพบว่าถ่านกระดูกสามารถกำจัดตะกั่วได้ดีกว่าอาร์เซนิกมาก และเมื่อเพิ่มพีเอชน้ำเสียจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงขึ้นด้วย ซึ่งถ่านกระดูกสภาวะที่ 3 ที่เตรียมขึ้นจากการกระตุ้นด้วยสารละลาย NaOH ปริมาณถ่าน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำเสียมีความเหมาะสมต่อการกำจัดตะกั่วได้ดีที่สุดที่พีเอชน้ำเสียเริ่มต้นเท่ากับ 6 ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงถึงร้อยละ 100 หรือคิดเป็นความสามารถในการดูดซับเท่ากับ 401.65 มิลลิกรัมตะกั่วต่อกรัมถ่าน และจากผลการวิเคราะห์โครงสร้างของถ่านกระดูกก่อนและหลังการทดลองแสดงให้เห็นว่า กระบวนการกำจัดนั้นเกิดจากการดูดซับตะกั่ว โดยไฮดรอกซีอะพาไตต์เกิดเป็น Ca[subscript 3]Pb [subscript 7](PO) [subscript 4][subscript 6](OH)[subscript 2] สำหรับถ่านสภาวะที่ 1 ที่ไม่ผ่านการกระตุ้นใดๆนั้นมีความเหมาะสมต่อการกำจัดอาร์เซนิกได้ดีที่สุด คือให้ประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 13.76 หรือคิดเป็นความสามารถในการดูดซับเท่ากับ 1.22 มิลลิกรัมอาร์เซนิกต่อกรัมถ่าน เมื่อปรับพีเอชน้ำเสียเท่ากับ 6 และจากการศึกษาไอโซเทอมการดูดซับพบว่าถ่านกระดูกให้ลักษณะการดูดซับตะกั่วและอาร์เซนิก ตามแบบจำลองไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิช สำหรับการทดลองใช้ถ่านกระดูกกำจัดตะกั่วในน้ำเสียจริงที่มีความเข้มข้นของตะกั่วเริ่มต้น 185 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าสามารถกำจัดตะกั่วในน้ำเสียจริงได้ถึงร้อยละ 94.33 เมื่อใช้ถ่านกระดูกในปริมาณ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

ประกฤต เลิศจรัสอร่ามดี (2539) ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดไอออนของโลหะหนักในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยการใช้ขี้เลื่อย ฟางข้าว และขุยมะพร้าวขึ้นอยู่กับชนิดของไอออนโลหะหนัก ความเข้มข้นของโลหะหนักพีเอชของน้ำเสีย ชนิดของวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร ปริมาณของวัสดุที่ใช้ และเวลาที่วัสดุดังกล่าวสัมผัสกับน้ำเสีย การหาปริมาณไอออนของโลหะที่เหลือจากการ

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

กำจัดของขี้เลื่อย ฟางข้าวและขุยมะพร้าวจะใช้วิธีไตเตรตกับอีดีทีเอ ผลจากการกำจัดไอออนของตะกั่ว Pb^{2+}และไอออนของปรอท Hg^{2+}ด้วยขี้เลื่อย ฟางข้าว และขุยมะพร้าวซึ่งจะเป็นการศึกษาแบบทีละเท (batch studies) พบว่าขุยมะพร้าวที่ความเข้มข้น 50 ส่วนในล้านส่วน ปริมาณ 0.20 กรัม ความสามารถในการกำจัดไอออนของตะกั่ว และไอออนของปรอทในน้ำเสียสังเคราะห์ สามารถที่จะกำจัดได้ 80 เปอร์เซ็นต์ และ78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ขี้เลื่อยและฟางข้าว พบว่า ขุยมะพร้าวจะมีความสามารถในการกำจัดไอออนของโลหะหนักได้ดีกว่าขี้เลื่อย และ ฟางข้าว สำหรับน้ำเสียจากโรงงานแบตเตอรี่ที่ความเข้มข้น ของตะกั่ว 0.3-0.7 ส่วนในล้านส่วน พบว่าขี้เลื่อย ฟางข้าว และขุยมะพร้าวสามารถกำจัดไอออนของตะกั่วได้เกือบร้อยละ 100

จรรยาพร ไชยวิเศษ (2549) ศึกษาการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียโดยใช้เปลือกกล้วยเพื่อศึกษาความสามารถของเปลือกกล้วยในการกำจัดตะกั่ววาเลนซี่ +2 ในน้ำเสีย เปลือกกล้วยที่นำมาศึกษามี 3 แบบ คือ แบบที่หนึ่งเป็นเปลือกกล้วยดิบ แบบที่สองเป็นแบบ เปลือกกล้วยอบแห้งยาว 2.5 เซนติเมตร แบบที่สามเป็นเปลือกกล้วยแบบอบแห้งบดละเอียด รูปแบบของการทดลองเป็นแบบกะ (Batch process) การศึกษาแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรก ศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ เพื่อนำมาใช้ในการกำจัดตะกั่วที่มีความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ขั้นที่สองเป็นการศึกษาประสิทธิภาพที่ระดับพีเอช และระยะเวลาสัมผัสต่างๆ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ ผลการศึกษา พบว่าปริมาณที่เหมาะสมของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ สำหรับการกำจัดตะกั่วที่มีความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตรในน้ำเสีย คือ ปริมาณ 150 กรัมต่อลิตร โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วร้อยละ 85.92 91.75 95.88 ตามลำดับ สภาวะที่เหมาะสมของเปลือกกล้วยทั้งสามแบบสำหรับการกำจัดตะกั่ว คือ ระดับพีเอช 4 และระยะเวลาสัมผัส 60 นาที โดยประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของกล้วยแบบอบแห้งบดละเอียด ให้ค่าประสิทธิภาพสูงที่สุด คือ ร้อยละ 98.12 ขณะที่แบบอบแห้งยาว 2.5 เซนติเมตร และแบบดิบให้ค่าประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 93.06 และ 95.2 ตามลำดับ

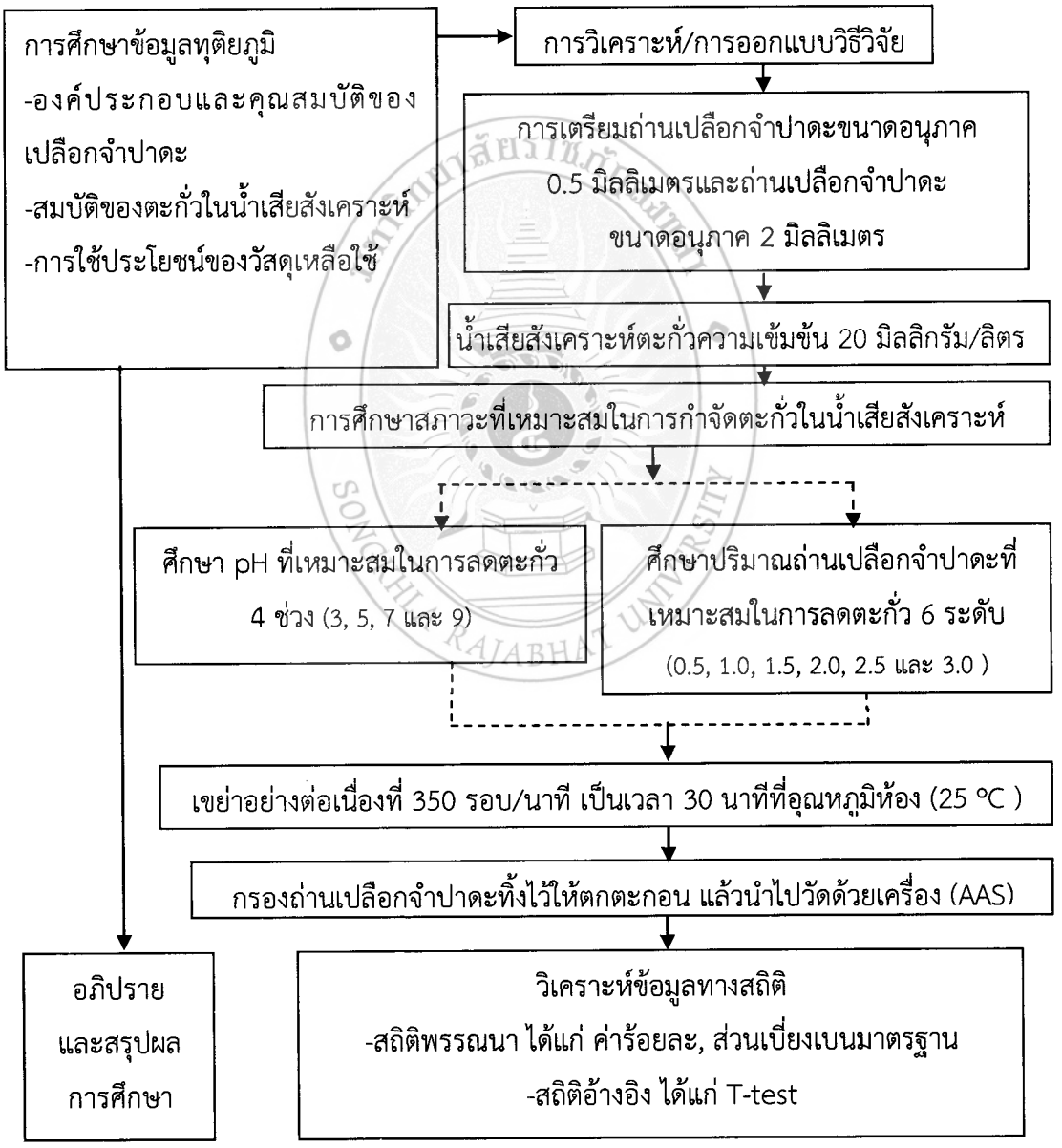
ว
628.1683
ส127ก

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 กรอบแนวคิดวิธีการดำเนินงาน

กรอบแนวคิดการศึกษาเรื่องการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านเปลือกจำปาดะ แสดงไว้ใน**รูปที่ 3.1**



รูปที่ 3.1 กรอบแนวคิดวิธีการดำเนินงาน

3.2 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อเปรียบเทียบถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร และถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสม 2 สภาวะ ได้แก่ ค่าพีเอชที่ 3 5 7 และ 9 และหาปริมาณ 0.5 1 1.5 2 2.5 และ 3 กรัม โดยใช้ความเข้มข้นของตะกั่ว 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3.2.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ เปลือกจำปาดะที่ได้ผ่านการตากที่แห้งสนิทประมาณ 1-2 สัปดาห์ แล้วใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร ที่มีฝาปิด มาเผาเป็นเวลา 45 นาที นำถ่านเปลือกจำปาดะมาบดและร่อนด้วยตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร และขนาด 2 มิลลิเมตร

3.2.2 พื้นที่ศึกษา

1) พื้นที่เก็บตัวอย่าง เปลือกจำปาดะที่เหลือทิ้งโดยเก็บจากร้านขนมกล้วยตามพื้นที่ในอำเภอเมือง จังหวัดสตูล

2) พื้นที่เตรียมวัสดุ เตรียมถ่านเปลือกจำปาดะเพื่อใช้ในการศึกษาและเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ ณ ห้องปฏิบัติการโปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

3) พื้นที่ทดสอบ การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) รุ่น AA 880 ณ สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 1 สงขลา

3.3 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

1) เปลือกจำปาดะ

2) ตู้อบสาร ซึ่งใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

3) ถังน้ำมัน 200 ลิตร

4) ตะแกรงร่อน ขนาด 0.5 มิลลิเมตรและ ขนาด 2 มิลลิเมตร

5) ช้อนตักสาร

6) โถดูดความชื้น (Desiccator)

7) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ METTLER TOLED รุ่น PL 3002

8) เครื่อง Atomic absorption spectroscopy (AAS) รุ่น AA 880

9) เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter) ยี่ห้อ Clean pH รุ่น pH 30

10) Stirrer Hot plate

11) บีกเกอร์ขนาดต่างๆ

12) ขวดรูปชมพู่ขนาดต่างๆ

13) นาฬิกาจับเวลา

14) กรวยแก้ว

15) กระบอกตวง

16) กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42

17) ปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร

18) บิวเรต

19) แคมป์

20) สแตนด์

21) ขวดพลาสติก ขนาด 200 มิลลิลิตร

22) ถุงป้องกันความชื้น

23) Hydrochloric Acid

24) Sodium sulfite

25) น้ำแป้ง

26) Lead nitrate [$Pb(NO_3)_2$] (AR grade)

27) Deionized water (DI water)

28) Potassium iodide (KI)

29) สารละลายมาตรฐานตะกั่วความเข้มข้น 1000 ppm (AAS grade)

3.4 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุดูดซับ

นำวัสดุดูดซับ ได้แก่ เปลือกจำปาดะมาทำการตากแห้งให้สนิท จากนั้นนำไปเผาด้วยถังน้ำมัน 200 ลิตร ให้ไหม้เป็นถ่าน เป็นเวลา 45 นาที จากนั้นนำวัสดุดูดซับที่ผ่านการเผามาบดด้วยโกร่งบดและร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร และขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเก็บไว้ในเดซิเคเตอร์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วบรรจุถ่านเปลือกจำปาดะในถุงพลาสติก และปิดปากถุงให้แน่นเพื่อป้องกันความชื้น

3.5 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

เตรียมสารละลายมาตรฐานตะกั่ว (Stock solution) 1,000 ppm

ชั่งเลด (II) ไนเตรต $Pb(NO_3)_2$ จำนวน 1.5986 กรัม ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1 ลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water, DI) เก็บไว้ในขวดพลาสติกที่อุณหภูมิห้องเพื่อนำไปใช้ในการเตรียมสารละลายไปวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในการศึกษาต่อไปด้วยเครื่อง Atomic absorption spectroscopy (AAS) (คุณยุพดี เส้นขาว, 2557)

การเตรียมสารละลายมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว

ชั่งตะกั่ว $Pb(NO_3)_2$ (AR grade) 1.5984 กรัม โดยใช้สารละลายกรดไนตริก (HNO_3) ความเข้มข้น 0.1 โมล เป็นตัวทำละลาย ปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร

3.6 ขั้นตอนการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับ

3.6.1 ศึกษาปริมาณตะกั่วที่ปลดปล่อยจากตัวดูดซับ

ชั่งวัสดุดูดซับที่เตรียมไว้ขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร และขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร อย่างละ 0.5 1 1.5 2 2.5 และ 3 กรัม ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร ตามลำดับ ละลายด้วยน้ำที่ปราศจากไอออน ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างละ 100 มิลลิลิตร ใช้มือเขย่าเพื่อให้สารละลายกับตัวอย่างผสมเข้ากัน เป็นระยะเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง และตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปกรอง ด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนออก จากนั้นนำสารละลายที่ผ่านการกรองใส่ในขวดพลาสติก ขนาด 200 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS เพื่อวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วที่เหลืออยู่ในน้ำ

3.6.2 ศึกษาคุณสมบัติของการดูดซับ Iodine Number

อบวัสดุดูดซับที่เตรียมไว้ขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร และขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ในเดซิเคเตอร์ ชั่งวัสดุดูดซับปริมาณ 0.5 กรัม ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลาย HCl ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใช้มือเขย่าเพื่อให้สารละลายกับตัวอย่างผสมเข้ากัน นำไปต้มให้เดือดเป็นระยะเวลา 30 วินาที (ต้มเพื่อกำจัดซัลไฟด์) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเติม I_2 ความเข้มข้น 0.10 โมลาร์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปิดจุกทันที ใช้มือเขย่าแรงๆ เป็นระยะเวลา 30 วินาที หรือนำเข้าเครื่องเขยา Stirrer hot plate และเขยาด้วยอัตราเร็ว 300 รอบตอนาที เป็นระยะเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 เพื่อแยกวัสดุดูด

ซับออกจากสารละลาย และนำสารละลายที่ได้จากการกรอง ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ไตรเตรทด้วย Na_2SO_3 จนเป็นสีเหลืองอ่อน หยดน้ำแป้ง 2-3 หยด สารละลายกลายเปนสีน้ำเงิน ไตรเตรทต่อจนใสไม่มีสี บันทึกค่า Na_2SO_3 ที่ใช้เพื่อคำนวณหาปริมาณการดูดซับ

3.6.3 ศึกษาระดับค่า pH ที่เหมาะสมต่อการดูดซับ

ทำการศึกษาที่พีเอช 3 5 7 9 ชั่งวัสดุดูดซับที่เตรียมไว้ขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร และขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร อย่างละ 3.0 กรัม ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำที่ปราศจากไอออนอย่างละ 100 มิลลิลิตร ปรับค่าพีเอชด้วยสารละลาย HCl ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ใช้เครื่อง Stirrer hot plate เขย่าด้วยอัตราเร็ว 300 รอบตอนาที เป็นระยะเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง และตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนออก จากนั้นนำสารละลายที่ผ่านการกรองใส่ในขวดพลาสติก ขนาด 200 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS เพื่อวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วที่เหลืออยู่ในน้ำ

3.6.4 ศึกษาหาปริมาณของการดูดซับ

ชั่งวัสดุดูดซับขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรและขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร อย่างละ 0.5 1 1.5 2 2.5 และ 3.0 กรัม ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร ตามลำดับ ละลายด้วยสารละลายตะกั่ว ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างละ 100 มิลลิลิตร ใช้ Stirrer hot plate เขย่าด้วยอัตราเร็ว 300 รอบต่อนาที เป็นเวลาระยะเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง ตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนออก จากนั้นนำสารละลายที่ผ่านการกรอง ใส่ในขวดพลาสติก ขนาด 200 มิลลิลิตร เพื่อไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักจากถ่านเปลือกจำปาดะด้วยเครื่อง AAS เพื่อวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วที่เหลืออยู่ในน้ำ

3.6.5 ศึกษาขนาดอนุภาคของการดูดซับ

ชั่งวัสดุดูดซับที่เตรียมไว้ขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรและขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร อย่างละ 3.0 กรัม ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร ละลายด้วยสารละลายตะกั่ว ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใช้เครื่อง Stirrer Hot Plate เขย่าด้วยอัตราเร็ว 350 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง และตั้งทิ้งไว้ 60 นาที จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนออก จากนั้นนำสารละลายที่ผ่านการกรอง

ใส่ในขวดพลาสติก ขนาด 200 มิลลิลิตร เพื่อไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักจากถ่านเปลือกจำปาดะด้วยเครื่อง AAS เพื่อวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วที่เหลืออยู่ในน้ำ

3.7 วิธีการคำนวณการศึกษาประสิทธิภาพตะกั่วของเปลือกถ่านจำปาดะ

วิธีการคำนวณการศึกษาประสิทธิภาพตะกั่วของเปลือกจำปาดะ โดยใช้สูตร ดังนี้ (พรพิมล ห่อสุวรรณชัย, 2542)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การกำจัดตะกั่ว} = \frac{(\text{ปริมาณตะกั่วก่อนการดูดซับ-ปริมาณตะกั่วหลังการดูดซับ}) \times 100}{\text{ปริมาณตะกั่วก่อนการดูดซับ}}$$

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษา

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ จะทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติด้วยโปรแกรม SPSS โดยวิเคราะห์ 2 ส่วน คือ

3.8.1 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนเพื่อเสนอผลการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

3.8.2 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติแบบอ้างอิง ได้แก่ T-test เพื่อศึกษาความแตกต่างของประสิทธิภาพถ่านเปลือกจำปาดะในการดูดซับตะกั่ว และใช้ One-Way Anova เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับตะกั่ว

บทที่ 4

ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

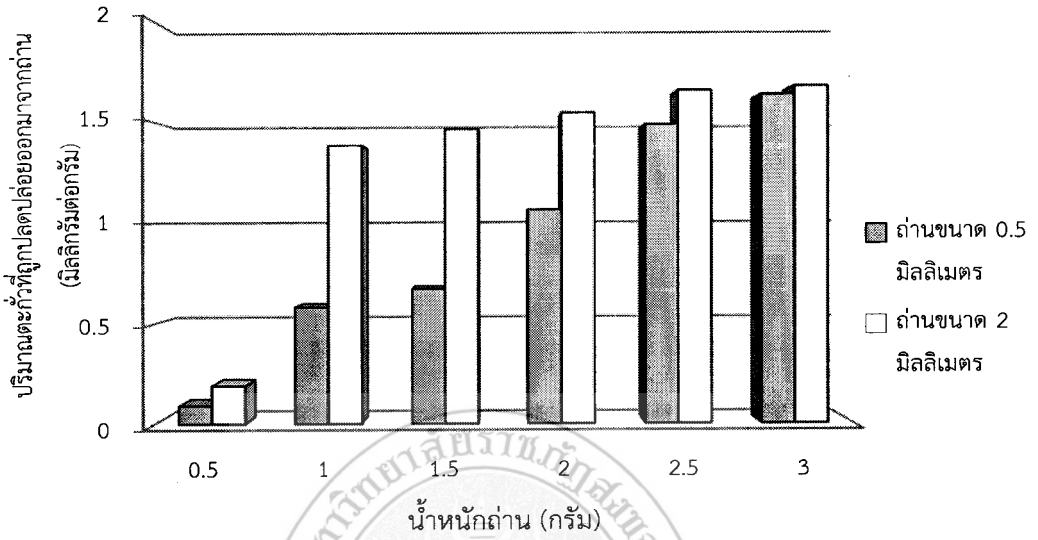
การศึกษาประสิทธิภาพของถ่านเปลือกจำปาดะในการดูดซับไอออนตะกั่ว (Pb) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของถ่านเปลือกจำปาดะที่มีความสามารถในการดูดซับไอออนตะกั่วออกจากน้ำ

4.1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วที่ปลดปล่อยออกมาจากถ่านเปลือกจำปาดะ

การวิเคราะห์ตะกั่วในถ่านเปลือกจำปาดะ เพื่อศึกษาปริมาณตะกั่วที่ถูกปล่อยออกมาจากถ่านเปลือกจำปาดะทั้ง 2 ขนาดอนุภาค คือ ขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรและขนาดอนุภาค 2.0 มิลลิเมตร ก่อนที่จะนำถ่านเปลือกจำปาดะมาใช้เป็นตัวดูดซับ พบว่าถ่านเปลือกจำปาดะ ขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร มีปริมาณตะกั่วที่ละลายน้ำออกมามากกว่าถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร เนื่องจากถ่านขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร มีพื้นผิวที่มากกว่าส่งผลให้มีการละลายของตะกั่วที่สะสมอยู่ภายในออกมาได้มากกว่าถ่านขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร ซึ่งส่งผลให้ถ่านขนาดอนุภาค 2.0 มิลลิเมตรนั้น สามารถสัมผัสกับน้ำได้ดีกว่าถ่านขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร ดังแสดงใน **ตารางที่ 4.1-1** และ**ภาพที่** 4.1-1

ตารางที่ 4.1-1 การปลดปล่อยตะกั่วของถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรและขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร

น้ำหนักถ่าน (กรัม)	ปริมาณตะกั่วที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากถ่าน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
	ถ่านเปลือกจำปาดะ ขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร	ถ่านเปลือกจำปาดะ ขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร
0.5	0.09	0.19
1.0	0.58	1.38
1.5	0.67	1.46
2.0	1.06	1.54
2.5	1.48	1.65
3.0	1.63	1.67



ภาพที่ 4.1-1 การเปรียบเทียบขนาดอนุภาคของถ่านต่อการปลดปล่อยตะกั่ว

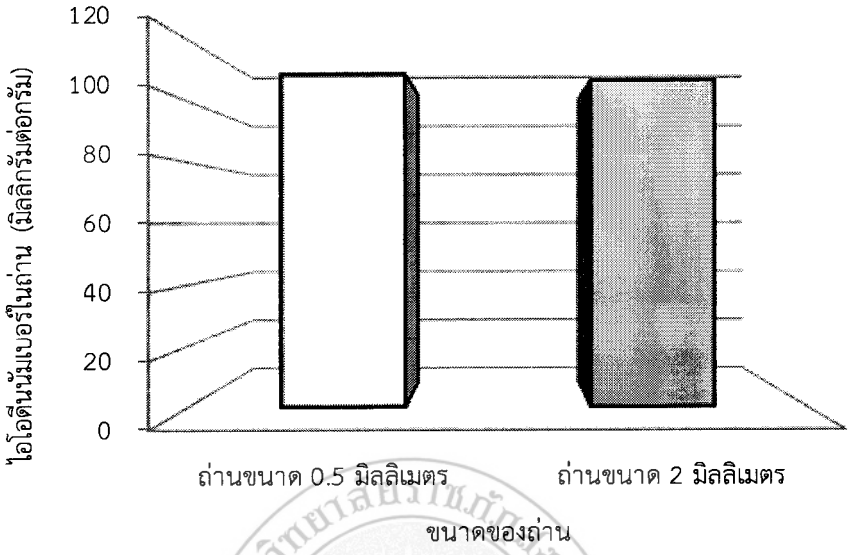
4.2 ผลการวิเคราะห์การดูดซับไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านเปลือกจำปาดะ

การศึกษาการดูดซับค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านเปลือกจำปาดะ โดยศึกษาการใช้ $Na_2S_2O_3$ ซึ่งกำหนดปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรและขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร ให้คงที่เท่ากับสัดส่วน 0.5 กรัม ต่อ HCl ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร อัตราการต้มให้เดือด ระยะเวลาสัมผัส 30 วินาที ตามด้วย I_2 ไทเตรทจนเป็นสีเหลืองอ่อน หยดน้ำแป้ง 2-3 หยด ไตเตรทต่อจนเป็นสีใส ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ผลการศึกษาพบว่า จากการนำถ่านเปลือกจำปาดะทั้ง 2 ขนาดอนุภาคที่ผ่านการอบ (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส) ถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาคขนาด 0.5 มิลลิเมตรสามารถดูดซับได้ดีกว่าถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาคขนาด 2.0 มิลลิเมตร มีค่าการดูดซับเฉลี่ยเท่ากับ 108.45 และ 106.41 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ค่าไอโอดีนนัมเบอร์บอกถึงความพรุนของถ่าน เมื่อมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์ในถ่านมากแสดงว่าถ่านนั้นมีความพรุนมาก ส่งผลต่อการดูดซับดี ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.2-1** และ**ภาพที่ 4.2-1** โดยประสิทธิภาพการลดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งสอดคล้องกับค่าไอโอดีนนัมเบอร์ในถ่านเปลือกทุเรียนจากงานวิจัยของ เพ็ญพิชญา เตียว (2554) มีค่า 202.32 มิลลิกรัมต่อกรัม แต่แตกต่างกับค่าไอโอดีนนัมเบอร์ในถ่านเปลือกทุเรียนจากงานวิจัย

ของ ลลิดา นิทัศนจารุกุล (2554) มีค่า 567 มิลลิกรัมต่อกรัม เนื่องจากใช้วิธีการศึกษาที่แตกต่างกันจากงานวิจัยของลลิดา นิทัศนจารุกุล (2554) ก่อนการวิเคราะห์ไอโอดีนนัมเบอร์ จะใช้วิธีการแช่ถ่านด้วยสารละลายเกลือแกงอิ่มตัวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาวิเคราะห์ไอโอดีนนัมเบอร์ จึงส่งผลให้ถ่านเปลือกทุเรียนในงานวิจัยของลลิดา นิทัศนจารุกุล (2554) มีค่าไอโอดันนัมเบอร์ที่สูงเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของการวิเคราะห์แบบไม่นำถ่านไปแช่ด้วยสารละลายเกลือแกงอิ่มตัวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ซึ่งมีค่า 532 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกากขี้แป้ง ซึ่งมีค่า 510 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์จากกากปาล์ม ซึ่งมีค่า 578.29 มิลลิกรัมต่อกรัม เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านแต่ละชนิดจะมีค่าที่แตกต่างกันและมีค่าสูงกว่าถ่านเปลือกทุเรียนในการทดลอง เนื่องจากใช้ชนิดของถ่านและมีวิธีการในการทดสอบที่แตกต่างกัน และถ่านที่มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์ที่สูงก็จะส่งผลให้มีผลต่อการดูดซับที่ดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 4.2-1 การดูดซับไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาคแตกต่างกัน

การทดลอง	ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ในถ่านเปลือกจำปาดะ (มิลลิกรัมต่อกรัม)	
	ถ่านเปลือกจำปาดะ ขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร	ถ่านเปลือกจำปาดะ ขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร
ครั้งที่ 1	108.91	105.93
ครั้งที่ 2	108.32	107.52
ครั้งที่ 3	108.11	105.77
ค่าเฉลี่ย	108.45±0.34	106.41±0.79



ภาพที่ 4.2-1 ประสิทธิภาพต่อการแสดงชั้นเปอร์เซ็นต์ของถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรและขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร

4.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับ

การศึกษา pH ที่เหมาะสมต่อการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยศึกษาผลของ pH ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 3 5 7 และ 9 ตามลำดับ ต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งกำหนดปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร และขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร ให้คงที่เท่ากับสัดส่วน 1.0 กรัม ใช้สารละลายตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร อัตราการทำงานของเครื่องเขย่า 350 รอบต่อนาที และเวลาที่สัมผัส 1 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า

4.3.1 ผลการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านเปลือกจำปาดะอนุภาคขนาด 0.5 มิลลิเมตร

จากการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการลดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร พบว่าเมื่อ pH ของน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 3 จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วสูงสุดคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือที่ pH 5 7 และ 9 มีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วเท่ากับร้อยละ 99 98 และ 97 ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงใน**ตารางที่ 4.3-1** โดย

ประสิทธิภาพการลดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในทุกช่วง pH (ผลสถิติแสดงไว้ใน**ภาคผนวก ค**)

ตารางที่ 4.3-1 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร ในช่วง pH ต่างๆ

สัดส่วนการใช้ถ่านเปลือกจำปาดะ (ร้อยละ)	ปริมาตรน้ำเสียสังเคราะห์ (มิลลิลิตร)	สภาวะที่ใช้ในการลดตะกั่ว	ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อลิตร)				ประสิทธิภาพในการลดตะกั่ว (ร้อยละ)
			ก่อนใส่ถ่าน	หลังใส่ถ่าน	ปริมาณที่ลดลง	ค่าเฉลี่ย	
0.20	100	pH 3	7.20	0.00	7.20	4.80	100
0.20	100	pH 5	7.37	0.17	7.20	4.91	99
0.20	100	pH 7	7.68	0.48	7.20	5.12	98
0.20	100	pH 9	7.76	0.56	7.20	5.17	97

4.3.2 ผลการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร

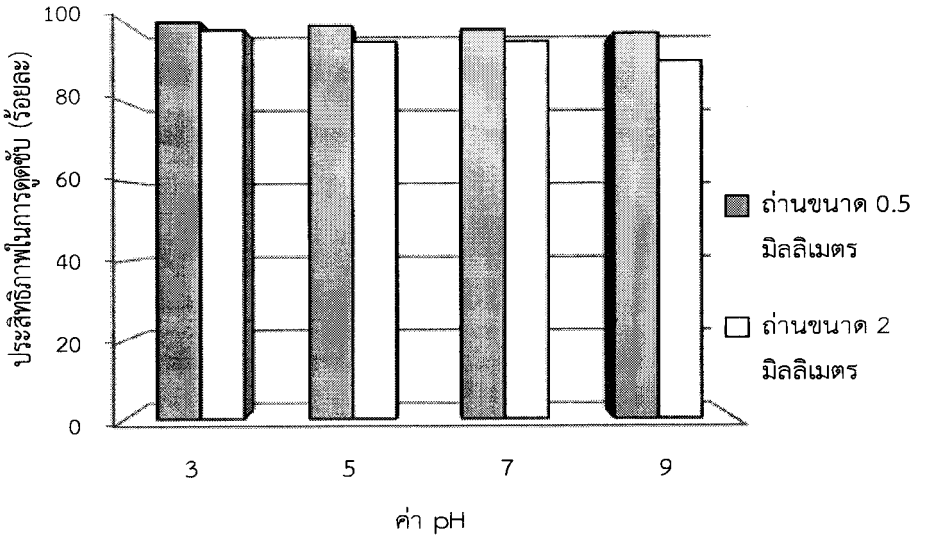
จากการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร พบว่าเมื่อ pH ของน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 3 จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 98 รองลงมาคือที่ pH 5 7 และ 9 ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วร้อยละ 95 95 และ 90 ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดใน**ตารางที่ 4.3-2** โดยประสิทธิภาพการลดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในช่วงพีเอชที่ 3 (ดังแสดงรายละเอียดใน**ภาคผนวก ค**)

ตารางที่ 4.3-2 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร ในช่วง pH ต่างๆ

สัดส่วนการใช้ถ่านเปลือกจำปาดะ (ร้อยละ)	ปริมาตรน้ำเสียสังเคราะห์ (มิลลิลิตร)	สภาวะที่ใช้ในการลดตะกั่ว	ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อลิตร)				ประสิทธิภาพในการลดตะกั่ว (ร้อยละ)
			ก่อนใส่ถ่าน	หลังใส่ถ่าน	ปริมาณที่ลดลง	ค่าเฉลี่ย	
0.20	100	pH 3	7.68	0.48	7.20	5.12	98
0.20	100	pH 7	8.29	1.09	7.20	5.53	95
0.20	100	pH 5	8.23	1.03	7.20	5.49	95
0.20	100	pH 9	9.18	1.98	7.20	6.12	90

4.3.3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านเปลือกจำปาดะในช่วง pH ที่แตกต่างกัน

การเปรียบเทียบผลของ pH 4 ระดับ กับประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร และขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านเปลือกจำปาดะ ขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร และขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร มีค่าลดลงตามค่า pH และถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วสูงกว่าโดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 4.3-1 โดยในการศึกษาระดับ pH ของสารละลายที่เหมาะสมต่อการดูดซับตะกั่วด้วยถ่านเปลือกจำปาดะจะสอดคล้องกับงานวิจัยของ (รอฮานา, 2553) เรื่องประสิทธิภาพการดูดซับโลหะโดยใช้ถ่านและถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากเปลือกมังคุด ผลการศึกษาพบว่าค่า pH ที่เหมาะสมต่อการดูดซับคือ pH 3 - pH 6



ภาพที่ 4.3-1 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านเปลือกจำปาดะในช่วง pH ต่างๆ

4.3.4 ผลการศึกษาปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะที่เหมาะสมต่อการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์

การศึกษาปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ ปริมาณสัดส่วนการใช้ถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค ขนาด 0.5 มิลลิเมตร และ ขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตรต่อน้ำเสียสังเคราะห์ ปริมาณขนาดอนุภาคละ 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 และ 3.0 กรัม ตามลำดับ ความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิเมตร อัตราการทำงานของเครื่องเขย่า 350 รอบต่อนาที และระยะเวลาสัมผัส 1 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า

1) ผลของปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร ต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์

ผลของปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร ในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ pH 3 พบว่าเมื่อใช้ถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร 0.5 กรัม ในน้ำเสียสังเคราะห์ 100 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วร้อยละ 100 และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วตามปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะที่ใช้ด้วยสถิติ T-Test พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 4.3-3

ตารางที่ 4.3-3 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรแตกต่างกัน

สัดส่วนการใช้ถ่านเปลือกจำปาดะ (ร้อยละ)	ปริมาตรน้ำเสียสังเคราะห์ (มิลลิลิตร)	สภาวะที่ใช้ในการลดตะกั่ว	ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อลิตร)				ประสิทธิภาพในการลดตะกั่ว (ร้อยละ)
			ก่อนใส่ถ่าน	หลังใส่ถ่าน	ปริมาณที่ลดลง	ค่าเฉลี่ย	
0.20	100	0.5	3.23	0.00	3.23	2.15	100
0.20	100	1.0		0.00	3.23		100
0.20	100	1.5		0.00	3.23		100
0.20	100	2.0		0.00	3.23		100
0.20	100	2.5		0.00	3.23		100
0.20	100	3.0		0.00	3.23		100

2) ผลของปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะอนุภาคขนาด 2 มิลลิเมตร ต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์

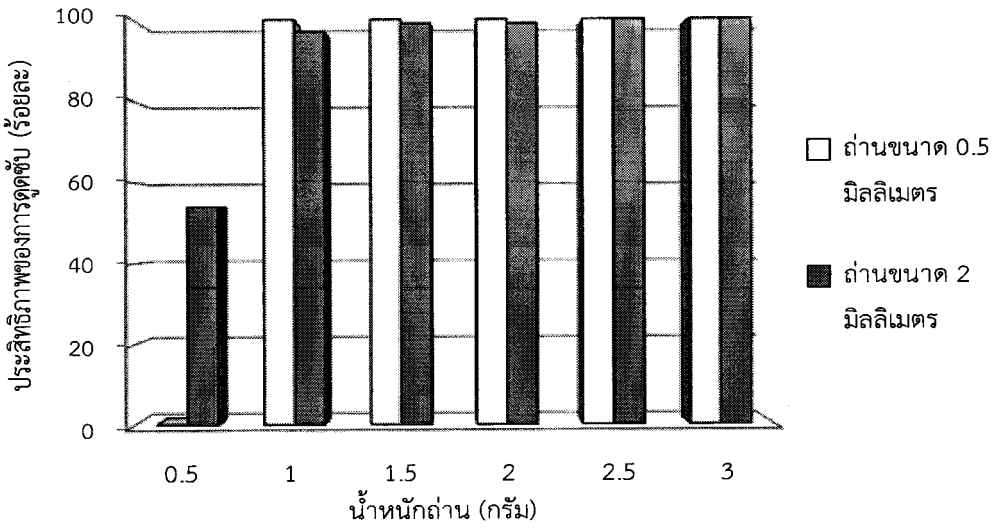
ผลของปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร ในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ pH 3 พบว่าเมื่อใช้ถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร 1.0 กรัม ในน้ำเสียสังเคราะห์ 100 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วร้อยละ 97 รองลงมาคือ ปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะ 2.0 1.5 1.0 และ 0.5 กรัม ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วได้ร้อยละ 100 99 97 และ 54 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วตามปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะที่ใช้และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วตามปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะที่ใช้ด้วยสถิติ T-Test พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.3-4**

ตารางที่ 4.3-4 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตรแตกต่างกัน

สัดส่วนการใช้ถ่านเปลือกจำปาดะ (ร้อยละ)	ปริมาตรน้ำเสียสังเคราะห์ (มิลลิลิตร)	สภาวะที่ใช้ในการลดตะกั่ว	ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อลิตร)				ประสิทธิภาพในการลดตะกั่ว (ร้อยละ)
			ก่อนใส่ถ่าน	หลังใส่ถ่าน	ปริมาณที่ลดลง	ค่าเฉลี่ย	
0.20	100	0.5	3.23	9.14	5.91	6.09	54
0.20	100	1.0		0.09	2.14	1.82	99
0.20	100	1.5		0.22	3.01	2.15	99
0.20	100	2.0		0.00	3.23	6.09	100
0.20	100	2.5		0.00	3.23	2.15	100
0.20	100	3.0		0.53	2.70	2.15	97

3) ผลการเปรียบเทียบปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะกับประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านเปลือกจำปาดะอนุภาคขนาด 0.5 มิลลิเมตร และขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร ปริมาณต่างกัน พบว่าปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วของถ่านเปลือกจำปาดะอนุภาคขนาด 0.5 มิลลิเมตร และขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงใน**รูปภาพที่ 4.3-2** โดยในการศึกษาปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยของสุชาดา สุทธิพิบูลย์ และ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ (2547) ในการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วและอาร์เซนิกในน้ำเสียด้วยถ่านกระดูกที่ใช้เป็นสารดูดซับในการกำจัดโลหะหนัก 2 ชนิด จากน้ำเสียสังเคราะห์ ได้แก่ ตะกั่ว และอาร์เซนิก ทำการศึกษาโดยใช้ถ่านกระดูกในการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียที่มีความเข้มข้น 185 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าถ่านกระดูกสามารถกำจัดตะกั่วได้ถึงร้อยละ 94.33 โดยใช้ถ่านกระดูดในปริมาณ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งใช้ตัวดูดซับในปริมาณที่น้อยแต่มีประสิทธิภาพในการดูดซับที่สูง เนื่องจาก ถ่านกระดูกมีความพรุนมากจึงส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการดูดซับที่สูง



ภาพที่ 4.3-2 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะแตกต่างกัน

4.3.5 ผลการศึกษาขนาดของเปลือกจำปาดะที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์

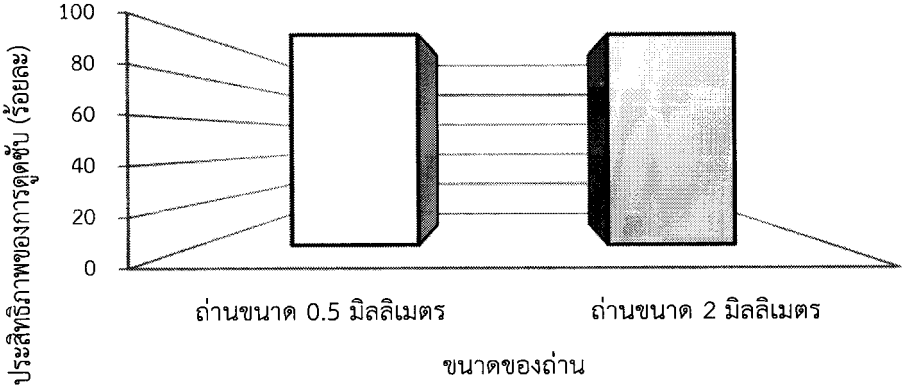
การศึกษาขนาดอนุภาคของตัวดูดซับที่เหมาะสมต่อการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ ปริมาณสัดส่วนการใช้ถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร และขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร ให้ค่าคงที่ปริมาณ 3.0 กรัม ต่อน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร อัตราการทำงานของเครื่องเขย่า 350 รอบต่อนาที และเวลาที่สัมผัส 1 ชั่วโมง

ผลการศึกษาพบว่า การศึกษาขนาดอนุภาคของตัวดูดซับที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ เมื่อขนาดอนุภาคของตัวดูดซับขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วสูงสุดได้ร้อยละ 100 ซึ่งสามารถกำจัดตะกั่วได้มากกว่าถ่านขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วได้ร้อยละ 99.90 ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.3-5** และ**ภาพที่ 4.3-3** โดยประสิทธิภาพการลดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 0.05 เนื่องจากธรรมชาติของโมเลกุลที่เป็นตัวดูดซับ ถ่านที่มีพื้นที่ผิวและโครงสร้างของรูพรุนที่มีขนาดใหญ่ เมื่อขนาดของวัตถุลดลงพื้นที่ผิวมีเพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้ดูดซับได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจรรยาพร ไชยวิเศษ (2549) ศึกษาการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียโดยใช้เปลือกกล้วยเพื่อศึกษาความสามารถของเปลือกกล้วยในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสีย โดยใช้เปลือกกล้วยที่นำมาศึกษา 3 แบบ คือ เปลือกกล้วยดิบ เปลือกกล้วยอบแห้งยาว 2.5 เซนติเมตร และเปลือกกล้วยแบบอบแห้งบดละเอียด โดยใช้ระยะเวลาในการสัมผัสกับน้ำเสีย 60 นาที มีผลการศึกษา คือ

เปลือกกล้วยแบบอบแห้งบดละเอียด มีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงสุด คือ ร้อยละ 98.12 ขณะที่แบบอบแห้งยาว 2.5 เซนติเมตร และแบบดิบให้ค่าประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 93.06 และ 95.2 ตามลำดับ เนื่องจากวัตถุดูดซับที่มีขนาดเล็กจะสามารถดูดซับได้ดีกว่าวัตถุดูดซับที่มีขนาดใหญ่ เพราะวัตถุดูดซับที่มีขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวในการดูดซับที่มากจึงส่งผลให้วัตถุดูดซับขนาดเล็กสามารถดูดซับได้ดีกว่าวัตถุดูดซับที่มีขนาดใหญ่ และจากงานวิจัยของลลิดา นิทัศนจารุกุล (2554) ศึกษาการกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดูดติดผิวโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยใช้ถ่านเปลือกทุเรียนและถ่านเม็ดมะม่วงหิมพานต์เป็นตัวดูดซับ ศึกษาว่าปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับตะกั่วที่มีประสิทธิภาพสูง นั้นคือ น้ำเสียต้องมี pH ตั้งแต่ 2-9 การดูดซับจะมีประสิทธิภาพสูงซึ่งจากการศึกษางานวิจัยของลลิดา นิทัศนจารุกุล (2554) พบว่าถ่านเปลือกทุเรียนและถ่านเม็ดมะม่วงหิมพานต์มีประสิทธิภาพในการดูดซับกว่าร้อยละ 90 เนื่องจากน้ำเสียที่นำมาศึกษานั้นมีพีเอช ในน้ำที่มากกว่า 4 จึงส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการดูดซับที่สูง

ตารางที่ 4.3-5 ประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน

สัดส่วนการใช้ถ่านเปลือกจำปาดะ (ร้อยละ)	ปริมาตรน้ำเสียสังเคราะห์ (มิลลิลิตร)	สภาวะที่ใช้ในการลดตะกั่ว	ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อลิตร)				ประสิทธิภาพในการลดตะกั่ว (ร้อยละ)
			ก่อนใส่ถ่าน	หลังใส่ถ่าน	ปริมาณที่ลดลง	ค่าเฉลี่ย	
0.20	100	0.5	3.23	0.00	3.23	2.15	100
0.20	100	2.0		0.01	3.22	2.15	100



ภาพที่ 4.3-3 ประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยถ่านเปลือกจำปาดะพบว่า ปริมาณตะกั่วที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร มีปริมาณตะกั่วที่ปลดปล่อยมาจากถ่านเปลือกจำปาตะมากกว่าถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.63 และ 1.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์หาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ พบว่าการดูดซับไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร มีความพรุนและการดูดซับได้ดีกว่าถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 2.0 มิลลิเมตร มีค่า 108.45 และ 106.41 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าคุณสมบัติของถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรเหมาะสมในการผลิตถ่านมากกว่าถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร ส่วนสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับ ได้แก่ ค่าพีเอชที่ใช้ในการดูดซับ ปริมาณของถ่านเปลือกจำปาดะที่เหมาะสมต่อการดูดซับ และขนาดของถ่านเปลือกจำปาดะที่เหมาะสมต่อการดูดซับ จากการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ คือ พีเอชที่ 3 โดยถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพการดูดซับได้ดีกว่าถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพการดูดซับได้ร้อยละ 100 และ 98 ตามลำดับ ส่วนปริมาณของถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรและขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร ที่เหมาะสมต่อการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์คือ ปริมาณถ่าน 2.0 กรัม และขนาดที่เหมาะสมต่อการดูดซับคือ ถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรดูดซับได้ดีกว่าขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร คือร้อยละ 100

ถ่านเปลือกจำปาดะมีประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์มากกว่าร้อยละ 60 ตามสมมติฐาน และถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วได้ดีกว่าถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ในการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร ควรเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเสียที่ปนเปื้อนตะกั่วในการทดลอง เนื่องจากปริมาณถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร ที่ทดลองนั้นมากเกินไป

2) ควรศึกษาปัจจัยอื่นๆ ของวัสดุดูดซับ เช่น ลักษณะของเส้นใย รูพรุน ระยะเวลา และความหนาแน่นของถ่านเปลือกจำปาดะ

3) ควรนำตัวอย่างน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนจริง และยังไม่ผ่านการบำบัดมาทำการทดลองการดูดซับตะกั่วด้วยถ่านเปลือกจำปาดะ

4) ควรนำเปลือกจำปาดะไปทดสอบในการดูดซับสารโลหะหนักตัวอื่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บรรณานุกรม

กุลธิดา สะอาด. (2557). *ประสิทธิภาพการดูดติดผิวไอออนทองแดงของถ่านชีวภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอ*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม). คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม. สถาบันบัณฑิตพัฒนาบริหารศาสตร์.

ขวัญฤดี โชติชนาทวีวงศ์ และคณะ. (2545). *มลพิษน้ำและผลกระทบในกรมโรงงานอุตสาหกรรมกระทรวง*. คณะกรรมการบริหารหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต. สาขาวิชายุทธศาสตร์การพัฒนา.

จรรยาพร ไชยวิเศษ. (2549). *การกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียโดยใช้เปลือกกล้วย*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. เทียม

ชัยบัวลอย วิภาดา และสมภพ สนองราษฎร์. (2552). *การดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านกัมมันต์มูลโค*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ชานนท์ มากสิน และคณะ. (2546). *เปลือกมังคุดกับการดูดซับตะกั่ว*. ค้นเมื่อวันที่ 1 เมษายน 2557, จากเว็บไซต์: http://www.vcharkarn.com/project/upload/0/577_1.pdf.

เชี่ยวชาญ อุตรภิชาติ. (2535). *เคมีเชิงฟิสิกส์*. สงขลานครินทร์. มหาวิทยาลัย. ภาควิชาเคมี

ดำรง ชุมมงคล และอภิสิทธิ์ เจริญกุล. (2533). *การผลิตถ่านกัมมันต์โดยใช้ NaCl เป็นตัวกระตุ้น*. ชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทยครั้งที่12

ธีระ วงศ์เนตร และปรีชา ปัญญา. (2554). *การผลิตถ่านกัมมันต์จากเหง้ามันสำปะหลัง. สักทอง* : วารสารการวิจัย.

นัยทัศน์. (2530). *การสกัดโปรตีนจากส่วนเหลือใช้ของจำปาดะ*. ว.สงขลานครินทร์ 9. 99-104.

ปนัดดา คำรัตน์. (2545). *ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากกากขี้แป้งของโรงงานน้ำยางข้นในการกำจัดตะกั่วและปรอทในน้ำเสียสังเคราะห์*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์. วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร. คณะวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย. บัณฑิตวิทยาลัย.

บดินทร์ หิรัญยูปกรณ์. (2547). *การกำจัดไอออนโลหะหนักออกจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยเศษดินเผา*. ปริญญานิพนธ์. วศ.ม.(วิศวกรรมศาสตร์). กรุงเทพฯ. บัณฑิตวิทยาลัย.

ประกฤต เลิศจรัสอร่ามดี. (2539). *การกำจัดตะกั่ว และปรอทในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยการใช้ขี้เลื่อย ฟางข้าว และขุยมะพร้าว*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์. วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. บัณฑิตวิทยาลัย.

ปรียาพา พาณิชย์ และพุทธธิดา ภูโอบ. (2556). *การเตรียมถ่านกัมมันต์จากกากปาล์ม*. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ภานุพงษ์ สถิตวัฒนาพร. (2546). *การนำเถ้าลอยชานอ้อยไปใช้ในการดูดซับแล้วนำไปทำก้อนแข็ง*. กรุงเทพฯ:ภาควิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. คณะวิศวกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. (2538). *คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไมตรีย์ สุทธจิตต์. (2531). *สารพิษรอบตัวเรา*. ภาคเคมี. คณะแพทย์ศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ยุพดี เส้นขาว . (2557). *การกำจัดไอออนแคดเมียมและตะกั่วจากน้ำเสียด้วยมะขามและเปลือกทับทิม*. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

รัตนา มหาชัย. (2542). *การดูดซับโลหะหนักบางชนิดด้วยวัสดุธรรมชาติ*. ค้นเมื่อวันที่ 1 เมษายน 2557, จากเว็บไซต์: http://www.champa.kku.ac.th/sci_jounal/detail.asp?vol=27&no=2.

รอฮานา และอุษา. (2553). *ประสิทธิภาพการดูดซับโลหะโดยใช้ถ่านและถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากเปลือกมังคุด*. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. ปีที่ 13: ฉบับที่ 3 ตุลาคม 2553 – มกราคม 2554.

รุจิพรรณ เสนีย์. (2554). *ประสิทธิภาพการดูดซับโลหะหนักในน้ำสียจากการย้อมสีกระจูดด้วยวัสดุธรรมชาติ*. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยทักษิณ.

รอฮานา อาดาม และอุษา อ้นทอง. (2553). *ประสิทธิภาพการดูดซับโลหะหนักโดยใช้ถ่านและถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากเปลือกมังคุด*. บทความงานวิจัย. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ลลิดา นิทัศนจารุกุล. (2544). *การกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดูดติดผิว โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. สหสาขาวิชา-วิทยาศาสตร์. วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. บัณฑิตวิทยาลัย.

วัลภา อาชีวปริสุทธิ. (2543). *การพัฒนาตัวดูดซับไอออนโลหะหนักจากวัสดุชีวมวลที่ไม่มีชีวิต.* (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิศวกรรมศาตร์. วิศวกรรมเคมี. ธนบุรี. คณะวิศวกรรมศาตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. บัณฑิตวิทยาลัย.

สราวุธ ศรีคุณ. (2550). *การศึกษาการดูดซับสีย้อมและไอออนโลหะตะกั่วด้วยถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากเปลือกทุเรียน.* สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี. สถาบันเทคโนโลยี พระจอมกล้าพระนครเหนือ.

สุชาดา สุทธิพิบูลย์ และอรทัย ชวาลภาฤทธิ์. (2547). *ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วและอาร์เซนิกในน้ำเสียด้วยถ่านกระดูก.* จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมพูล กฤตลักษณ์. (2532). *สถานการณ์โรคพิษสารตะกั่วในประเทศไทย.* วารสารไทย. Siriraj Hospital Gazette.

เพ็ญพิชญา เตียว. (2544). *ศึกษาถ่านเปลือกทุเรียนเพิ่มธาตุอาหาร ดูดโลหะหนักในดิน.* ค้นเมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2558. จากเว็บไซต์: http://www.thairath.co.th.

อนุชิต พลับรู้การ และอรุณพร อิฐรัตน์. (2534). สมบัติทางเคมีและกายภาพของสารสกัดคาร์โบไฮเดรทจากเปลือกด้านในขนุนและจำปาดะ. ว.สงขลานครินทร์ 13(3-4) : 133-139.

อุดมลักษณ์ ศรีทัศนีย์. (2529). *ตรวจและติดตามประเมินผล.* นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการพิเศษ

อุบลรัตน์ วาริชวัฒนะ. (2544). *ศึกษาความสามารถและประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักสามชนิด.* กรุงเทพมหานคร. ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ไทย.

อุบลรัตน์ วาริชวัฒนะ. (2544). *การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียโดยใช้ถ่านกระดูก.* กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Patterson. J.W., Allen,H.E. and Scala, J.J. 1997. "Carbonate Precipitat Metals Pollutants", J. Water Pollut.Contral Fed.

ภาคผนวก

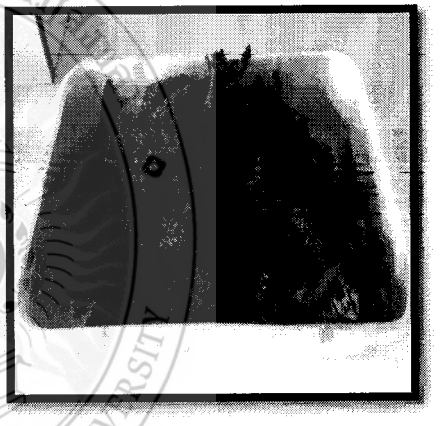
ภาคผนวก ก

ภาพประกอบการวิจัย

(ก) เปลือกจำปาดะ

(ข) การตากเปลือกจำปาดะ

(ค) การเผาเปลือกจำปาดะ

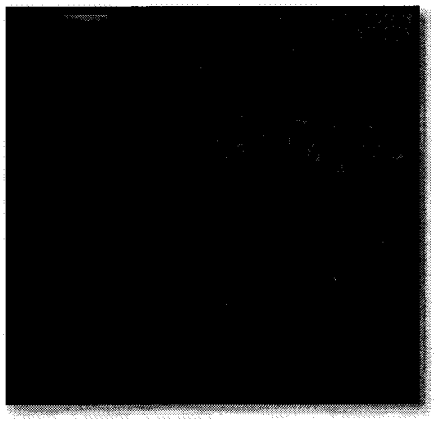


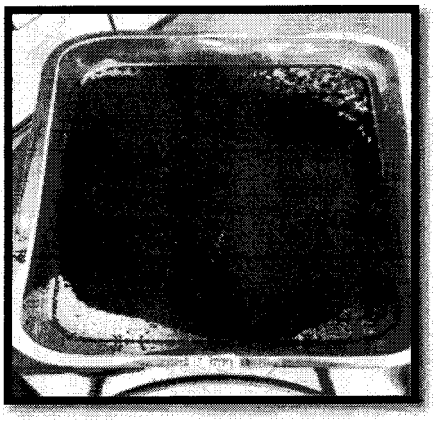
(ง) เปลือกจำปาดะที่ผ่านการเผา

(จ) การบดวัสดุดูดซับ

(ฉ) การร่อนวัสดุดูดซับ

ภาพที่ ผก-1 การเตรียมวัสดุดูดซับ





(ช) วัสดุดูดซับที่ผ่านการร่อน

(ซ) การเก็บวัสดุดูดซับ

ภาพที่ ผก-2 วัสดุดูดซับขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร และ 2 มิลลิเมตร

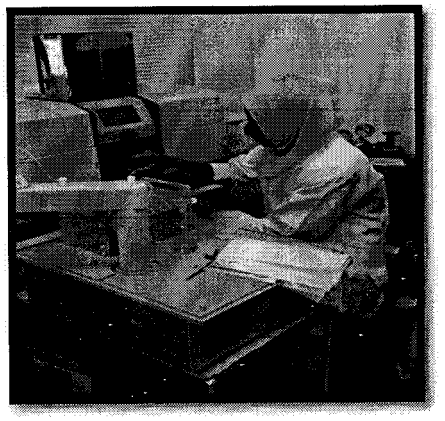
(ก) การชั่งวัสดุดูดซับ

(ข) การทดลอง

(ค) การไทเทรต

(ง) การปรับ pH ของสารละลาย

(จ) การกรองตัวอย่าง



(ฉ) การวิเคราะห์ตัวอย่าง

ภาพที่ ผก-3 การทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วด้วยถ่านเปลือกจำปาดะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ข
แบบนำเสนอโครงร่าง

แบบเสนอโครงร่างวิจัย
โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
วิจัยทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม 4453503

1.ชื่อโครงการ ถ่านเปลือกจำปาดะกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์
The Removal of Lead in Synthetic Wastewater By Bark Charcoal

2. สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
(การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)

3. ชื่อผู้วิจัย

3.1 นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน รหัสนักศึกษา 554231019
นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

Miss Mariam Salaeman,
Undergraduate Environmental Science, Faculty of Science and Technogy, SongkhlaRajabhat University

3.2 นางสาวรัตติยา การามา รหัสนักศึกษา 554231021
นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

Miss. Rattiya Karama,
Undergraduate Environmental Science, Faculty of Science and Technogy, Songkhla Rajabhat University

4. คณะกรรมการที่ปรึกษาวิจัยเฉพาะทาง

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์กมลนาวิน อินทนูจิตร

5. รายละเอียดเกี่ยวกับการวิจัย

5.1 โลหะหนัก

โลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5 ขึ้นไป มีเลขอะตอมอยู่ระหว่าง 23-92 ภายในคาบที่ 4-7 ของตารางธาตุ โลหะหนักมีสถานะเป็นของแข็ง (ยกเว้น ปรอทที่เป็นของเหลว ที่อุณหภูมิปกติ) คุณสมบัติของโลหะหนักคือ นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี มีลักษณะเป็นเงา มันวาว เหนียว สามารถนำมาตีเป็นแผ่นบางๆได้และสะท้อนแสงได้ดี คุณสมบัติทางเคมีของโลหะหนักคือมีค่าออกซิเดชั่นได้หลายค่า ดังนั้น โลหะหนักจึงสามารถรวมตัวกับสารอื่นๆเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (Complex-Compound) ซึ่งสามารถถ่ายทอดสู่สิ่งมีชีวิตได้โดยผ่านไปตามห่วงโซ่อาหาร (Food Chain) โลหะเหล่านี้จะแพร่กระจายในสิ่งแวดล้อมและปนเปื้อนในดิน น้ำ อากาศ และ พืช จากนั้นจะเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ โลหะหนักหลายชนิดเป็นอันตรายร้ายแรงเมื่อเข้าสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต ซึ่งอาจมีผลทำให้เกิดการตายและพิการได้

5.1.1 ตะกั่ว

ตะกั่ว เป็นโลหะที่มีสถานะเป็นของแข็ง สีเทาเข้ม มีจุดหลอมเหลวต่ำ ทำให้บริสุทธิ์ได้ง่ายทนต่อการผุกร่อนได้ดี ละลายน้ำได้ดี และกลายเป็นไอออนได้ที่อุณหภูมิต่างๆ ตะกั่วตะกั่วมีอยู่ในรูปอิออนอิสระเป็นรูปที่มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยา ตะกั่วโลกนี้จะเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตมากที่สุด ตะกั่วถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง ทำให้เกิดการปนเปื้อนของตะกั่วในสิ่งแวดล้อมมากขึ้นโดยเกิดจากน้ำ ฝน ขยะ และน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ชุมชน การเกษตรกรรม รวมทั้งการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง จากการสำรวจปริมาณความเข้มข้นของสหกรณ์ในช่วงปี พ.ศ. 2529-2531 ในแม่น้ำแม่กลอง พบว่ามีค่าไม่เกิน 10 ไมโครกรัมต่อลิตร ตะกั่วที่พบปนเปื้อนอยู่ในธรรมชาติอาจอยู่ในรูปสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ลักษณะของดิน และน้ำสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี เป็นต้น และหาพื้นที่ใดมีตะกั่วปนเปื้อนอยู่มาก ก็จะตรวจพบว่าปริมาณตะกั่วในดินตะกอนมีมากตามไปด้วยเพราะเกิดจากการสลายตัวของหินและดินที่มีตะกั่วปนเปื้อนอยู่

1) คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของตะกั่ว

ตะกั่วเป็นธาตุตัวที่ 5 ของหมู่ 4 A ในตารางธาตุ ซึ่งใช้สัญลักษณ์ทางเคมีว่า Pb มีเลขออกซิเดชัน 0, +2, +4 ตะกั่วมีสถานะออกซิเดชัน +2 ที่เสถียร สมบัติทางกายภาพของตะกั่วประกอบด้วย ความหนาแน่น 11.3 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร จุดหลอมเหลว 327 องศาเซลเซียส จุดเดือด 1744 องศาเซลเซียส การนำไฟฟ้าดี ออกไซด์ของตะกั่วอยู่ในรูป Lead mono-oxide PbO, Lead dioxide PbO_2 และ red lead minium Pb_3O_4 ซึ่ง Pb^{2+} จะเสถียรกว่า Pb^{4+} เกลือของตะกั่ว

+2 โดยทั่วไปไม่ละลายน้ำ ยกเว้น อะซิเตต และไนเตรต เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวอย่างอิสระให้ไอออน Pb^{2+}

ตะกั่วส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแร่ เช่น แร่กาลีนา (Galena) และ แร่เซรัสไวต์ (Cerussite) และแร่แองกลีไซต์ (Anglestite) แร่ซึ่งมีตะกั่วเป็นองค์ประกอบ

2) ประโยชน์ของตะกั่ว

ก) โลหะตะกั่ว

คุณสมบัติคงทนต่อการผุกร่อนอ่อนตัวหลอมเหลวได้ง่าย รวมทั้งมีคุณสมบัติในการป้องกันการแผ่รังสี ตะกั่วจึงใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมทางนี้

- หล่อตัวพิมพ์
- หุ้มสายเคเบิล สายไฟฟ้า สายโทรศัพท์
- ทำหัวกระสุนปืน
- ชุบเคลือบโลหะอื่นเพื่อป้องกันสนิม
- เชื่อมบัดกรี
- อุปกรณ์ป้องกันรังสีจากเครื่องเอกซเรย์ เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู

โลหะผสม (Alloy) ต่างๆ เช่น

- ตะกั่วผสมดีบุก เป็นโลหะบัดกรี (Solder)
- ตะกั่วผสมพลวง เป็นโลหะตัวพิมพ์
- ตะกั่วผสมดีบุกและทองแดง เป็นโลหะพิวเตอร์ (Puter)
- ใช้ในระบบสัญญาณไฟไหม้อัตโนมัติซึ่งมีจุดหลอมเหลวที่ 70°c

ข) ตะกั่วอนินทรีย์

1) ตะกั่วออกไซด์ (Lead oxide) Lead mono-oxide (PbO) Lead Dioxide (PbO_2) Lead red oxide (Pb_2O_4) Lead silicate ($PbSiO_3$) (Lead carbonate ($PbCO_3$) ใช้ในอุตสาหกรรมสี อุตสาหกรรมแบตเตอรี่ อุตสาหกรรมกระจก อุตสาหกรรมเครื่องเคลือบ

2) ตะกั่วคาร์บอเนต (Lead carbonate) ตะกั่วซัลเฟต (Lead sulfate) และตะกั่วโครเมต ใช้ในอุตสาหกรรมสี

a. ตะกั่วอะซิเตท (Lead acetate) เป็นเกลือของตะกั่วที่ละลายน้ำได้ดี และใช้ในเครื่องสำอางและครีมใส่ผม

b. ตะกอนไนเตรท (Lead nitrate) ใช้ในงานอุตสาหกรรมพลาสติก และอุตสาหกรรมยาง

ค) ตะกั่วอินทรีย์

1) ตะกั่วเตตระเอธิล Tetraethyl lead (TEL) และ ตะกั่วเตตระเมธิล

2) Tetra methyl lead (TML) ใช้เป็นสารเพิ่มค่าออกเทนและให้เครื่องยนต์เดินเรียบ (Antiknock) ในน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นตะกั่วที่นำมาใช้ใหม่ไม่ได้ เพราะเมื่อเผากลายเป็นไอเกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

3) การเข้าสู่ร่างกาย ตะกั่วเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทางดังนี้

ก) ทางเดินหายใจ

ก๊าซหรือละอองของตะกั่วและผลขนาดเล็กกว่า 0.75 ไมครอน สามารถผ่านถุงลมในปอดและผ่านสู่กระแสเลือด ฝุ่นขนาดใหญ่จะติดทางบริเวณทางเดินหายใจตอนบน เช่น จมูก ช่วงต่อระหว่างโพรงจมูก คอ และ หลอดลมใหญ่ ซึ่งร่างกายจะขับออกในรูปของเสมหะ

ข) ทางเดินอาหาร

เกิดจากการปนเปื้อนในอาหาร น้ำ โดยวิธีหนึ่ง เช่น ปนเปื้อนมากับอาหารมือที่หยิบ การสูบบุหรี่ขณะทำงาน ตะกั่วผ่านสู่กระเพาะอาหาร รวมทั้งการกลืนเสมหะ ทางเดินอาหารจะถูกดูดซึมตะกั่วเข้าสู่กระแสเลือดปริมาณร้อยละ 10 ส่วนที่เหลือถูกขับออกทางอุจจาระ

ค) ทางผิวหนัง

เฉพาะตะกั่วอินทรีย์เท่านั้นที่ซึมผ่านทางผิวหนังได้ (สมพูล กฤตลักษณ์, 2532)

4) การแพร่กระจายและการสะสมของตะกั่วในร่างกาย

ตะกั่วเป็นธาตุที่ไม่มีหน้าที่เกี่ยวกับเมตตาบอลิซึมในร่างกาย ดังนั้นเมื่อตะกั่วเข้าสู่ร่างกายไม่ว่าจะโดยทางปาก ทางการหายใจ และทางผิวหนังจึงก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์เช่นเดียวกับปรอทที่ทำให้เกิดโรคมินามาตะ หรือสารหนูที่ทำให้เกิดโรคพิษสารหนูทั้งนี้ พบว่าตะกั่วมีความเป็นพิษมากกว่าแคดเมียม ปรอทและพลวง ถึง 5 เท่า (อุดมลักษณ์ ศรีทัศนีย์, 2529) และเนื่องจากตะกั่วอินทรีย์และตะกั่วอนินทรีย์ อาการพิษที่เกิดขึ้นจึงมีลักษณะแตกต่างกัน นอกจากนี้ตะกั่วยังก่อให้เกิดผลกระทบทางอ้อม เช่น ทำให้เกิดความต้านทานต่อโรคไข้ไทฟอยด์ลดลง สำหรับการสะสมตะกั่วในร่างกายเมื่อเข้าสู่กระแสเลือด แล้วจะถูกพาไปทั่วร่างกาย สามารถพบสักวันได้ในทุกส่วน ตะกั่วส่วนใหญ่สะสมอยู่ในกระดูกถึง 95 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 6.60-7.82 ไมโครกรัมต่อกรัม ลิ้นหัวใจและสมองมีตะกั่ว 0.05 - 0.09 ไมโครกรัมต่อกรัม ไทรอยด์ กล้ามเนื้อปอด กระเพาะลำไส้ มีตะกั่ว 0.14-10.19 ไมโครกรัมต่อกรัม เส้นผมมีตะกั่ว 2-80 ไมโครกรัมต่อกรัม ในคนปกติมีตะกั่วในปัสสาวะประมาณ50-80 ไมโครกรัมต่อลิตร ผู้ใหญ่ไม่ควรมีตะกั่วในเลือดเกินกว่า

40 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร (สมพูล กฤตลักษณ์, 2532) ส่วนในเด็กไม่ควรมีตะกั่วในเลือดเกินกว่า 10 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร

5) ความเป็นพิษของตะกั่ว

อันตรายของตะกั่วต่อระบบภายในร่างกายสิ่งมีชีวิตมีดังนี้

1) ระบบการสร้างเม็ดเลือดพิษ ตะกั่วทำให้เกิดโรคโลหิตจาง โดยรบกวนการทำงานของเอนไซม์ที่สังเคราะห์ Heme หลายชนิด และยับยั้งการใช้เหล็ก ทำให้ฮีโมโกลบินลดลง

2) ระบบประสาท ตะกั่วมีพิษ ทำลายระบบประสาท ทำให้เกิดอาการเฉื่อยชา เมื่อยล้าง่าย อัมพาต ข้อมือ-ข้อเท้าแตะ วิงเวียนศีรษะ กล้ามเนื้อทำงานไม่สัมพันธ์กันทำให้ หกล้มง่าย นอนไม่หลับ หงุดหงิด ตกใจง่าย สมองเชื่องช้า ความจำเสื่อม มันงง และชัก

3) ระบบไต ตะกั่วทำความเสียหายต่อท่อไต ทำให้มีการขับกรดอามิโน น้ำตาล และฟอสเฟต ออกมากับปัสสาวะมากผิดปกติ ทั้งนี้เนื่องจาก ตะกั่วรวมตัวกับโปรตีนของเซลล์ภายในไต ทำให้หลอดเลือดไตทำงานผิดปกติ

4) กระเพาะและลำไส้ เมื่อได้รับพิษตะกั่ว จะทำให้ปวดท้องรุนแรง อุจจาระมีเลือดปน หากมีอาการมากจะมีความรู้สึกมีรถโลหะในปาก

5) ระบบสืบพันธุ์ พิษตะกั่ว มีผลต่อการมีประจำเดือนของสตรี และอาจมีผลทำให้เกิดการแท้งบุตรได้ ความเป็นพิษของโลหะตะกั่วปริมาณตะกั่วที่มีในเลือดปริมาณ 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตรจะไม่เป็นพิษ ถ้าได้รับในปริมาณมากในทันทีทันใด เช่นพบในเลือดมากกว่า 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดเป็นพิษฉับพลันได้ในปัสสาวะประมาณ 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับมาตรฐานของตะกั่วในอากาศ ในบริเวณที่ทำงานกำหนดไว้ว่าไม่ควรเกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ของอากาศ สำหรับคนงานที่ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน หรือ 40-42 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ความเป็นพิษของตะกั่วจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีสังกะสีและปรอทรวมอยู่ด้วย (ไมตรี สุทธจิตต์, 2531)

5.1.2 ตะกั่วที่พบในแหล่งน้ำ

ตะกั่ว เป็นโลหะหนักมีน้ำหนักอะตอมเท่ากับ 207.2 ในสิ่งแวดล้อมอยู่ใน 3 แหล่งใหญ่ คือ น้ำ ดิน และอากาศ ทั้ง 3 แหล่งนี้มีความสัมพันธ์กันสามารถเปลี่ยนแปลงส่งผ่านสารตะกั่วซึ่งกันและกันได้ ถ้าแหล่งใดแหล่งหนึ่งเกิดมลพิษของตะกั่วหรือโลหะหนักอื่นๆ (ปรอท แคดเมียม ทองแดง สังกะสี โครเมียม เป็นต้น) ย่อมทำให้เกิดปัญหามลพิษของอีก 2 แหล่งได้

1) มาตรฐานของสารตะกั่ว

มาตรฐานของสารตะกั่วในสิ่งแวดล้อมที่องค์การอนามัยโลก (WHO) และสำนักงานกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติกำหนดไว้ คือ

ก) ตะกั่วในอากาศ ไม่เกิน 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขณะในช่วงปี พ.ศ. 2531-2532 มีรายงานการวัดสารตะกั่วในอากาศที่กรุงเทพในถนนและริมทางด่วน แห่งละ 7 วัน พบว่าบริเวณที่มีการจราจรคับคั่งพบสารตะกั่วมากที่สุดหรือมีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่บริเวณถนนวงเวียนใหญ่ เยาวราช ประตูน้ำ อยู่ในระดับ 5-7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu g/m^3$) ส่วนริมทางด่วนเฉลี่ยสูงสุดที่ด่านเก็บเงินดินแดง 3 $\mu g/m^3$ ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศที่กำหนดไว้ (<10 $\mu g/m^3$) และค่ามาตรฐานในสถานที่ประกอบการในปี 1989 ให้ใช้ไม่เกิน 50 $\mu g/m^3$

ข) ตะกั่วในน้ำกำหนดไว้ไม่เกิน 50 mg/L (0.05 mg/L) ซึ่ง WHO ให้ไม่เกิน 10 mg/L และจากการวัดน้ำประปามีน้อยกว่า 20 mg/L

ค) ตะกั่วในอาหาร กำหนดไว้ให้น้อยกว่า 300 mg/day และจากการวัดน้อยกว่า 20 mg/day

5.1.3 กระบวนการดูดซับ (Adsorption)

กระบวนการดูดซับเป็นวิธีการที่นิยมใช้มากในด้านการบำบัดน้ำเสียเนื่องจากสามารถกำจัดสารปนเปื้อนขนาดเล็กจนถึงขั้นโมเลกุล ซึ่งไม่อาจกำจัดได้โดยวิธีการตกตะกอน หรือการกรองแบบธรรมดา โดยอาศัยความสามารถเฉพาะตัวของสารในการดึงโมเลกุลของสารปนเปื้อนให้มาเกาะที่ผิวของตัวดูดซับ เรียกปรากฏการณ์ที่สารปนเปื้อนมาเกาะที่ผิวว่ากระบวนการดูดซับ (Adsorption) ตัวที่ทำหน้าที่ดูดซับเรียกตัวดูดซับ (Adsorbent) ส่วนโมเลกุลที่มาเกาะติดที่ผิวตัวดูดซับเรียก ตัวดูดซับ (Adsorbate) ปรากฏการณ์ดูดซับนี้เกิดขึ้นระหว่าง 2 พื้นผิว (Surface) โดยที่ตัวดูดซับ ซึ่งได้แก่ พื้นที่ผิวระหว่างของเหลวกับของแข็ง พื้นผิวระหว่างของแข็งกับก๊าซ พื้นผิวระหว่างของแข็งกับของแข็ง และพื้นผิวระหว่างของเหลวกับของเหลว กระบวนการดูดซับเหล่านี้สามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น สารอินทรีย์และโลหะถูกดูดซับในดินหรือตะกอนดินในทะเล มหาสมุทร และแม่น้ำ กระบวนการดูดซับที่เกิดขึ้นโดยมนุษย์ เช่น การใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดซับเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนจากอากาศและน้ำ กระบวนการดูดซับนี้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในประโยชน์ในด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมหลายด้านด้วยกัน เช่น การใช้ดินเหนียวดูดซับยาฆ่าแมลงในดินหรือดูดซับโลหะจาก Landfill เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสารพิษที่จะลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน

5.1.4 ประเภทของตัวดูดซับ (Adsorbent) แบ่งได้ 3 ประเภท

1) สารอนินทรีย์ ได้แก่ ดินเหนียวชนิดต่างๆ แมกนีเซียมออกไซด์ แอคติวิตเต็ดซิลิกา (Activated Silica) เป็นต้น สารธรรมชาติมักมีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 50-200 ตารางเมตรต่อกรัม แต่ตัวดูดซับประเภทสารอนินทรีย์นี้สามารถจับโมเลกุลหรือคอลลอยได้เพียงไม่กี่ชนิดทำให้การใช้ประโยชน์จากสารดูดซับประเภทสารอนินทรีย์มีข้อจำกัดมาก

2) ถ่านกัมมันต์อาจจัด เป็นสารอนินทรีย์สังเคราะห์แต่เป็นตัวดูดซับที่ดีกว่าสารอนินทรีย์ชนิดอื่นๆ จึงเป็นที่นิยมกันมากเนื่องจากเป็นถ่านที่ผ่านการกระตุ้นเพื่อให้มีความพรุนมาก และมีพื้นที่ผิวภายในสูง โดยทั่วไปมีพื้นที่ผิวประมาณ 450-1,500 ตารางเมตรต่อกรัม(Weber.*et al*, 1981) และมีขนาดรูพรุนตั้งแต่ 10-10,000 อังสตรอม (Hessler.*et al*, 1963) ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากชิ้นส่วนของพืชและสัตว์ จะมีแร่ธาตุที่เป็นอันตรายน้อยกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหิน (ดำรง ชุมมงคลและอภิสิทธิ์ เจริญกุล, 2533)

3) ประเภทสารอินทรีย์สังเคราะห์ ได้แก่ สารเรซินแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange Resin) สังเคราะห์ขึ้นมาเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆสารเรซินเหล่านี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 300-500 ตารางเมตรต่อกรัม ซึ่งถือว่ามีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์ แต่เรซินมีข้อได้เปรียบมากกว่าคือ สามารถปรับสภาพนำมาใช้ใหม่ได้ง่ายและสารที่ใช้ มีราคาถูก เช่น เกลือแกง (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2538)

5.1.5 รูปแบบของการดูดซับ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) การดูดซับทางกายภาพ (Physisorption) โมเลกุลของตัวดูดซับ (Adsorbate) ยึดติดกับผิวตัวดูดซับ (Adsorbent) โดยแรงแวนเดอร์วาล์ลที่อ่อน (Weak Vander Waal's force) เรียกกระบวนการดูดติดผิวตัวดูดซับนี้ว่า การดูดซับ (Adsorption) ซึ่งเป็นกระบวนการการแบบผันกลับได้ (Reversible Process) ส่วนกระบวนการที่ตัวดูดซับหลุดออกจากผิวตัวดูดซับ เรียกว่า Desorption โมเลกุลของตัวถูกดูดซับเกาะอยู่บนผิวดูดซับในลักษณะซ้อนกันเป็นหลายชั้นเรียกว่า Multilayer

2) การดูดซับทางเคมี (Chemisorption) โมเลกุลของตัวดูดซับยึดติดอยู่กับผิวของตัวดูดซับโดยพันธะเคมีที่แข็งแรง ซึ่งมีความแข็งมากกว่าแรงเวนเดอร์วาล์ลแบะยากต่อการเกิด Desorption การดูดซับทางเคมีนี้โมเลกุลถูกตัวดูดซับเกาะอยู่บนผิวตัวดูดซับ ในลักษณะที่เป็นชั้นเดียว เรียกว่า Monolayer (เชี่ยวชาญ อุตรภิชาติ, 2535)

5.1.6 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ

สมบัติของตัวดูดซับพื้นที่ผิวและโครงสร้างของรูพรุน พื้นที่ผิวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับรูพรุนหากมีรูพรุนมีมากทำให้มีพื้นที่ผิวดูดซับมาก ดังนั้นความสามารถในการดูดซับก็จะมากขึ้น การดูดซับจะเกิดได้ดีเมื่อมีโมเลกุลตัวถูกดูดซับมีขนาดเล็กกว่ารูพรุนเล็กน้อย หากรูพรุนมีมากแต่มีขนาดเล็กหรือรูพรุนขนาดใหญ่แต่ปากรูพรุนมีขนาดเล็กก็จะไม่ทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น

สมบัติของสารที่ถูกดูดซับ

- ความสามารถในการละลาย สารที่มีความสามารถในการละลายสูง จะถูกดูดซับได้น้อย เนื่องจากก่อนที่จะเกิดกระบวนการดูดซับขึ้นจะต้องมีการทำลายพันธะของตัวถูกละลายและตัวทำละลายที่จะเกิดการดูดซับ ซึ่งถ้าไม่มีการทำลายพันธะก็จะสามารถเกิดการดูดซับได้

- น้ำหนักและขนาดโมเลกุล ถ้าน้ำหนักโมเลกุลและขนาดโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับเพิ่มขึ้นความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้นและโมเลกุลที่มีโครงสร้างเป็นกิ่ง (Branched Chain) จะถูกดูดซับได้ดีกว่าโมเลกุลที่เป็นโซ่ตรง (Straight Chain)

- ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) การดูดซับขึ้นกับสภาพความเป็นขั้วของพื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มขึ้น ทำให้การดูดซับไอออนลบเกิดได้มากขึ้น

- อุณหภูมิ การเพิ่มอุณหภูมิ จะทำให้การแพร่ผ่านของสารที่ถูกดูดซับลงไปยังรูพรุนของตัวดูดซับอ่อนลง

5.2 มาตรฐานโลหะหนัก

โลหะหนักและสารประกอบของโลหะหนักเกือบทุกชนิดเป็นพิษ จึงเป็นอันตรายต่อร่างกายโดยอาจทำให้เจ็บป่วย พิการ หรืออาจตายได้ ถ้าได้รับเข้าสู่ร่างกายในปริมาณที่มากเกินไป ดังนั้น จึงต้องมีการกำหนดมาตรฐานการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม

สำหรับโลหะหนักที่ทำการศึกษา คือ ตะกั่วมีมาตรฐานในการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมนิคมอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ได้กำหนดให้มีปริมาณตะกั่วไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (พรพิมล ห่อสุวรรณชัย, 2542)

5.2.1 มาตรฐานความปลอดภัยในสิ่งแวดล้อมและสภาพในการทำงาน

1) ในอากาศ

- ความเข้มข้นของตะกั่ว ในบรรยากาศบริเวณที่พักอาศัย (Ambient air) ไม่ควรเกิน 0.005 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ

- ความเข้มข้นของตะกั่ว ในบรรยากาศบริเวณที่ทำงาน สำหรับคนงานที่ทำงานตลอด 8 ชั่วโมงต่อวัน หรือ 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ไม่ควรเกิน 0.15 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ของอากาศ

2) น้ำทิ้ง ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2522) ห้ามมิให้ระบายน้ำทิ้งที่มีค่าตะกั่วมากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตรออกจากโรงงาน

3) ในน้ำดื่ม ปริมาณตะกั่วไม่ควรเกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร

4) ภาชนะใส่อาหาร เครื่องเคลือบดินเผาหรือเครื่องเคลือบที่ใช้ในการบรรจุอาหารเพื่อบริโภคทุกชนิดที่มีตะกั่วละลายออกมาได้ต้องไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อความจุ 1 ลิตร

5) อาหาร อาหารที่บรรจุในภาชนะปิดมิดชิด ซึ่งเป็นอาหารควบคุมของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับ 24 (พ.ศ. 2502) ต้องมีมาตรฐานโดยคำนวณน้ำหนักของตะกั่วในอาหารได้ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

6) ค่าปกติของความเข้มข้นของตะกั่วในดิน ไม่ควรเกิน 15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ระดับปกติของตะกั่วในเลือด มีค่าไม่เกินไมโครกรัมต่อเดซิลิตร WHO (1980) กำหนดค่ามาตรฐานตะกั่วในเลือดของคนงานผู้ชายที่ต้องทำงานสัมผัสกับตะกั่ว มีค่าไม่เกิน 40 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตรและค่ามาตรฐานตะกั่วของผู้หญิงและเด็ก มีค่าไม่เกิน 25 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร

5.3 วิธีการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย

5.3.1 การตกตะกอน (Precipitation)

เป็นวิธีนิยมใช้มานานแล้ว โดยเติมสารเคมีลงไปในน้ำทิ้ง เพื่อทำปฏิกิริยากับโลหะหนักที่ละลายอยู่ เกิดตะกอนแยกออกจากน้ำได้ ตัวอย่างเช่น การใช้ ไฮดรอกไซด์ ออกไซด์คาร์บอเนต ซัลไฟด์ โลหะหนักแต่ละชนิดสามารถตกตะกอนได้ที่พีเอชแตกต่างกัน เช่น ตะกั่วตกตะกอนไฮดรอกไซด์ได้ที่พีเอช 7.5-9.5 แคดเมียมสามารถตกตะกอนไฮดรอกไซด์ได้ที่พีเอช 9.5-12.5 ตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zinc) ถ้าปรับพีเอชให้สูงมากเกินไปจะเกิดเป็นพลัมเบทและซิงเคล ซึ่งสามารถกลับไปละลายน้ำได้อีก การตกตะกอนไฮดรอกไซด์จึงต้องเลือกปรับพีเอชให้เหมาะสมสำหรับโลหะแต่ละชนิดในน้ำเสีย

5.3.2 การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange)

วิธีนี้อาศัยเรซิน เป็นตัวแยกโลหะหนักออกจากสารละลาย โดยให้เกิดการแลกเปลี่ยนไอออนในสารละลายกับไอออนบนผิวเรซินที่เป็นตัวแลกเปลี่ยนประจุบวก เป็นพวกกรดอินทรีย์ที่ไม่ละลายอาจเป็นพวกซัลโฟนิค การกำจัดตะกั่วอยู่ในรูปของเตตราเอธิลเลต ด้วยการใช้เรซินแลกเปลี่ยนเป็นประจุบวกพวกคาร์บอกซิลิกแอซิด พบว่าสามารถลดปริมาณตะกั่วจาก 126.7 มิลลิกรัมต่อลิตรคงเหลือ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับแคดเมียมมีการใช้วิธีนี้ในการกำจัดบ้าง แต่ไม่ค่อยเป็นที่นิยมมากนักเนื่องจากต้องใช้เรซินที่มีความจำเพาะเจาะจง วิธีการแลกเปลี่ยนไอออนนี้

เหมาะสำหรับกำจัดโลหะหนักที่มีปริมาณน้อยและให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสูงสุด เช่น น้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ปนอยู่ต้องกำจัดออกก่อน โดยผ่านเข้าไปในคอลัมน์ถ่านกัมมันต์

5.3.3 การระเหย (Evaporation)

เป็นวิธีง่ายๆที่ใช้กันมากวิธีหนึ่ง โดยการกำจัดน้ำออกจากน้ำเสีย จะใช้ได้ผลในกรณีที่มีปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียมีปริมาณมากเท่านั้น

5.3.4 รีเวิร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis)

วิธีนี้กำจัดโลหะหนักโดยใช้ความดันสูงผ่านเซมิเพอมิเอเบิล เมมเบรน ซึ่งจะยอมให้ไอออนบางชนิดเท่านั้นที่ผ่านได้และต้องใช้ความดันสูงและต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเลือกเมมเบรนที่จะต้องให้ทนต่อความดัน ความเป็นกรดและด่าง ตัวอย่าง เมมเบรนที่ใช้ได้แก่ เซลลูโลสอะซิเตต พอลิเอมีด พอลิฟูแรน วิธีนี้ใช้กำจัดโลหะหนักในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมชุบโลหะด้วยไฟฟ้า น้ำเสียจากกระบวนการล้างภาพ

5.3.5 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction)

เป็นวิธีที่แยกโลหะหนักออกจากสารละลาย โดยการเติมตัวทำละลายซึ่งสามารถละลายโลหะหนักได้ดีกว่า วิธีนี้มีข้อเสียคือ ค่าใช้จ่ายของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดค่อนข้างสูง

5.3.6 อิเลคโตรไดอะไลซิส (Electro dialysis)

วิธีการนี้ใช้กระแสไฟฟ้าแยกโลหะหนักออกให้ผ่านเพอมีเอเบิล เมมเบรน ข้อเสียของวิธีนี้คือ ราคาแพง

5.3.7 ออกซิเดชัน – รีดักชัน (Oxidation – Reduction)

ใช้มากในโรงงานชุบโลหะ ซึ่งมีสารประกอบโลหะหนักต่างๆที่เจือปนอยู่ ในการกำจัดต้องมีการเติมสารเคมีลงไปเพื่อทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับโลหะหนักที่ต้องการกำจัด ทำให้โลหะหนักเปลี่ยนรูปไปเป็นสารประกอบอื่นที่ไม่เป็นพิษหรือตกตะกอนได้ สารเคมีที่เป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น ออกซิเจน, โอโซน, คลอรีน, โฮโปคลอไรด์ เปอร์แมงกาเนต ส่วนสารเคมีที่ทำให้เกิดปฏิกิริยารีดักชัน ได้แก่ เฟอรัสซัลเฟต, โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ตัวอย่างวิธีออกซิเดชัน – รีดักชัน และการทำให้ตกตะกอน ควบคู่กันในระบบการกำจัด โลหะหนักสำหรับโงงานชุบเคลือบขนาดกลางและเล็กกำหนดโดยกรมแรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถทำแบบ Batch Process และเป็นวิธีการที่ใช้กันมากในการกำจัด

โลหะหนักในน้ำเสียในประเทศไทย การตกตะกอนเป็นวิธีที่ง่าย แต่มีข้อเสียคือ ในกรณีที่มี โลหะหนักหลายชนิดปนอยู่ด้วยกันในน้ำเสียตกตะกอนโลหะหนักพร้อมๆกัน นอกจากการเกิดตะกอนได้ช้าแล้วยังไม่สามารถแยกตะกอนกับน้ำที่จะทิ้งได้อย่างเด็ดขาด การแก้ปัญหาอาจกระทำได้ 2 วิธีคือ ส่งเสริมการวิจัยให้มีการนำเอาโลหะหนักกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ หรือหาวิธีการกำจัดโลหะหนักให้อยู่ในรูปที่คงตัวในธรรมชาติ เพื่อไม่ให้กลับมากระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในอนาคตแต่จะเลือกใช้วิธีใดต้องคำนึงถึงต้นทุนในการผลิต การดูแลรักษาและที่สำคัญ คือ วิธีในการบำบัดต้องสะดวกและหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีให้มากที่สุด

5.4 อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี (Atomic Absorption Spectroscope, AAS)

อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี ใช้คำย่อว่า AAS เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถทำได้ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์ ปัจจุบันเทคนิคทาง AAS เป็นที่นิยมมากวิธีหนึ่ง เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ให้ความเที่ยง ความแม่น มีสภาพไวสูง ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ไม่สูงมากนัก และเป็นเทคนิคเฉพาะที่ดีมาก สามารถใช้ในการวิเคราะห์ธาตุต่างๆ ได้ถึง 67 ธาตุ (แม้น อมรสิทธ์ และ อมร เพชรสม, 2534)

5.4.1 หลักการของเทคนิค อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี (AAS)

หลักการของเทคนิค AAS เป็นกระบวนการที่เกิดจากอะตอมอิสระของธาตุดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นเฉพาะ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ ธาตุแต่ละชนิดจะมีระดับของพลังงานแตกต่างกัน จึงมีการดูดกลืนพลังงานที่แตกต่างกันด้วย เช่น อะตอมของทองแดงจะดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 324.8 นาโนเมตร หมายความว่า แสงที่ความยาวคลื่นนี้เป็นแสงที่มีพลังงานพอเหมาะที่จะทำให้อิเล็กตรอนของทองแดง อะตอมเกิดการเปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้นไปสู่สถานะเร้าซึ่งปริมาณเกิดแสงที่ดูดกลืนเข้าไปจะแปรตามความเข้มข้นของสาร ค่าที่วัดได้ คือ ค่าแอบซอร์แบนซ์ (absorbance) ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาความเข้มข้นของสาร

5.4.2 เทคนิคต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี AAS

สัมพันธ์ พลันสังเกต และคณะ (2544) ได้สรุปเทคนิคต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุนั้นสามารถทำได้หลายวิธี คือ

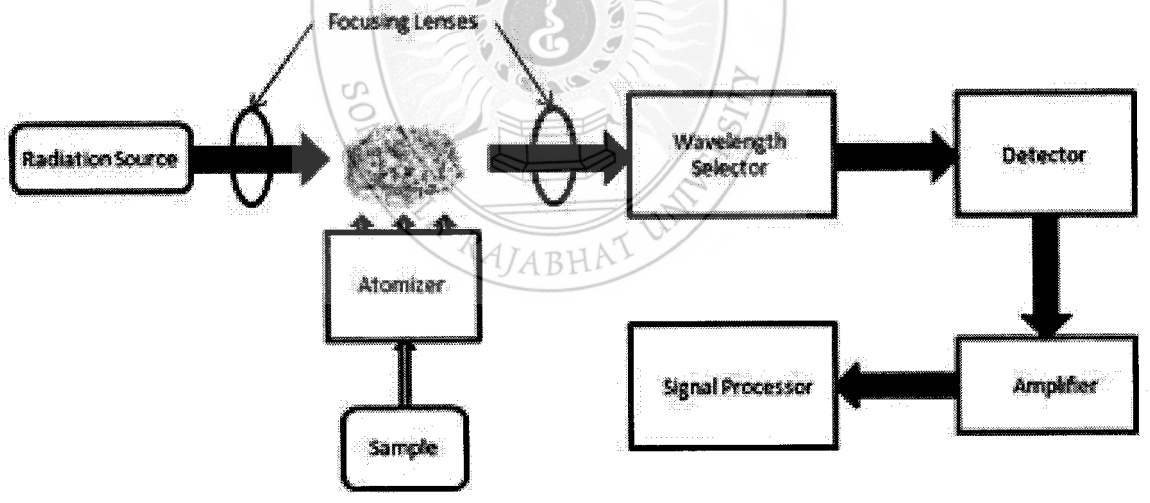
1. ใช้ Flame Atomization Technique เทคนิคใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างแตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟที่เหมาะสม

2. ใช้ Flameless Technique หรือ Non – Flame Atomization Technique

ซึ่งเทคนิคนี้ใช้วิเคราะห์กระบวนการทำให้สารตัวอย่างสลายตัวเป็นอะตอมได้ด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (Electro thermal atomizer หรือ Graphite furnaces) โดยสามารถตั้งโปรแกรมให้อุณหภูมิของการเผา มีค่าต่างๆกันก็ได้

3) ใช้ Hydride Generation Technique เนื่องจากมีธาตุบางชนิดซึ่งเปลี่ยนให้เป็นอะตอมโดยตรงด้วยเทคนิค 1 และ 2 ไม่ได้ แต่จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันการรวมตัวกับออกซิเจนของธาตุเหล่านี้ ดังนั้น จึงต้องใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านี้กลายเป็นสารที่เป็นไอง่ายๆที่อุณหภูมิห้องด้วยการรีดิวซ์ให้เป็นไฮไดรด์ และไอโดรเจน นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮโดรเจน ความร้อนจากเปลวไฟไฮโดรเจนจะทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมเสรีได้ เทคนิคนี้ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ As, Se, Te, Ge, Bi, Sb

4) ใช้เป็น Cold Vapor Generation technique สำหรับเทคนิคนี้เหมาะสมที่จะใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนเป็นไอได้ง่ายๆ ซึ่งได้แก่การวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณน้อยโดยเฉพาะเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์โดยเทคนิคทาง AAS คืออะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องมือดังภาพที่ 5.4-1



ภาพที่ 5.4-1 ส่วนประกอบของเครื่องอะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Author: admin, January 14th, 2010)

5.4.3 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่อง AAS

1. Hollow Cathode Lamp ใช้เป็น light source ใน Atomic Absorption Analysis Lamp ทำด้วยโลหะชนิดเดียวกับธาตุที่ต้องการศึกษา

2. Frame atomizer ใช้ spray sample solution ให้เป็นฝอยเล็กๆเพื่อลดการรบกวนที่เกิดจากสารอื่นปนเปื้อนเข้ามา และทำให้สารตัวอย่างดูดกลืน thermal energy จาก Flame กลายเป็น vapor atom ได้ง่ายขึ้น Flame ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงต่างกันจะทำให้อุณหภูมิต่างกันไปด้วย

เช่น	Air/acetylene	ให้อุณหภูมิประมาณ 2,300 องศาเซลเซียส
	Air/propene	ให้อุณหภูมิประมาณ 1,900 องศาเซลเซียส
	Nitrous oxide/acetalene	ให้อุณหภูมิประมาณ 3,000 องศาเซลเซียส

3. Wavelength selection แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

3.1 Chopper ใช้เลือก wavelength ที่เหมาะสมในการวัดธาตุใดธาตุหนึ่งเพื่อให้ Absorbed radiant energy มากที่สุดในการวัดหาปริมาณของสาร

3.2 Monochromator มีหน้าที่ทำให้แสงจาก source ที่กระจายทุกทิศทางเป็นลำแสงขนานเพื่อผ่านเข้าไปยัง path cell ของ sample

4. Detector ใช้วัดความเข้มของแสงที่ผ่านออกจาก sample

5. Read out system เป็นส่วนแสดงค่า absorbance

5.4.4 ประโยชน์ของ AAS ที่ใช้ในงานวิเคราะห์ทางเคมี

เทคนิคทาง AAS สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานวิเคราะห์ธาตุในตัวอย่างได้กว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นตัวอย่างของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ (วรรณภา ตันยืนยังค์, 2544) สามารถจำแนกชนิดของตัวอย่างเป็นประเภทต่างๆได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์หินและดินเพื่อหาปริมาณธาตุต่างๆ
   - Major element เช่น Si, Al, Fe, Ti, Ca, Mg, Na, K, La
   - Trance element เช่น Co, Cr, Cu, Li, Mn, Ni, Pb, Rb, V, Zn
   - Special treatment of element เช่น Sb, As, Bi, B, Cd, Ga, Hg, Te, Tl

2. การวิเคราะห์แร่ เช่น แร่เหล็ก นิกเกิล แพลทินัม แมงกานีส ดีบุก ตะกั่ว พลวง ทอง โครเมียม โคบอลต์ อะลูมิเนียม ซีโอไลต์ โคโมไมต์ หินปูน บอกไซต์ เป็นต้น

3. การวิเคราะห์น้ำ เช่น น้ำจากแหล่งธรรมชาติ น้ำสำหรับบริโภค น้ำทิ้ง เป็นต้น

4. การวิเคราะห์อากาศ เช่น อากาศจากแหล่งโรงงานอุตสาหกรรม จากแหล่งชุมชน จากแหล่งที่มีการจราจรหนาแน่น ควันพิษ เป็นต้น

5. การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์จากพืช เช่น การหาปริมาณของธาตุต่าง

- Major element เช่น Ca, Mg, K, Na, As
- Trance element เช่น Cu, Zn, Fe, Mo, Sr, Mn, Co

6. การวิเคราะห์ทางชีวเคมีและพิษวิทยา เช่น การหาปริมาณ Na, K, Li, Ca, Mg, Sr, Cu, Zn ในเลือด ปัสสาวะและเนื้อเยื่อ และในกรณีทางพิษวิทยาใช้วิเคราะห์หาAs, Cd, Cr, Co, Pb, Mn, Hg, Ni, Tl

7. การวิเคราะห์น้ำมันและผลิตภัณฑ์ทางปิโตรเลียม เช่น การหาองค์ประกอบที่เป็นโลหะของน้ำมันชนิดต่างๆ

8. การวิเคราะห์โลหะและโลหะผสม เพื่อหาปริมาณโลหะผสมชนิดต่างๆหาปริมาณสารเจือปนโลหะบริสุทธิ์ เป็นต้น

9. การวิเคราะห์ตัวอย่างประเภท refractories and metal oxides, ceramics

10. การวิเคราะห์ตัวอย่างประเภท nuclear energy

11. การวิเคราะห์ธาตุในสารอื่นๆ

5.5 การบำบัดน้ำเสียที่มีตะกั่ว

ตะกั่วที่มีธาตุทรานสิชัน ที่พบกระจายอยู่ทั่วไปในธรรมชาติเป็นโลหะหนักที่มีความอ่อนตัวสามารถดัด รีด หรือตีง่าย ทนทานต่อการกัดกร่อน สามารถนำมาผสมกับโลหะต่างๆ ได้หลายชนิด มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง อุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียปนเปื้อนด้วยตะกั่ว และโลหะหนักต่างๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมเหมืองแร่อุตสาหกรรมชุบโลหะ อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ เป็นต้น การกำจัดตะกั่วในน้ำเสียใช้วิธีทางเคมีในการเปลี่ยนสารละลายของตะกั่วให้อยู่ในรูปของตะกั่วที่ไม่ละลายน้ำโดยการเติมสารเคมี เช่น ใช้โซดาไฟเพื่อเกิดการตกตะกอนผลึกในรูปของตะกั่วไฮดรอกไซด์ ใช้โซดาแอชเพื่อให้เกิดการตกผลึกในรูปของตะกั่วคาร์บอเนต และใช้ฟอสเฟตเพื่อให้เกิดการตกผลึกในรูปของฟอสเฟต การกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสามารถใช้ในกระบวนการโคแอกกูเลชั่นด้วยสารส้ม การแลกเปลี่ยนไอออนและดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) (ขวัญฤดี โชติชนาทวีวงศ และคณะ, 2545)

5.6 จำปาดะ

จำปาดะมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Artocarpus interger* ชื่อสามัญ Champedak, Bankong (ขนุนจำปาดะ,จำปาดะ) ชื่อวงศ์ Moraceae เป็นไม้ผลยืนต้นขนาดใหญ่ถึงใหญ่มาก ปลูกได้ทุกพื้นที่ของประเทศเจริญเติบโตได้ดีในเขตภาคใต้ที่มีฝนตกชุก ดินดำร่วน เนื้อดินลึก มีอินทรียวัตถุมาก ระบายน้ำและอากาศถ่ายเทดี ไม่ทนต่อสภาพน้ำขังค้างนาน เป็นพืชสกุลเดียวกันกับขนุนซึ่งสามารถทาบกิ่งหรือเปลี่ยนยอดไปมาซึ่งกันและกันได้ ออกดอกติดผลทั้งที่ลำต้นและใต้ท้องกิ่งแก่ขนาดใหญ่ ผลที่เกิดตามลำต้นคุณภาพดีกว่าผลใต้ท้องกิ่ง ผลที่ลำต้นเกิดต่ำใกล้พื้นดินคุณภาพดีกว่าผลที่เกิดตามลำต้นแต่อยู่สูงขึ้นไป และผลใต้ท้องกิ่งอยู่ชิดโคนกิ่งมากกว่าจะคุณภาพดีกว่าผลที่อยู่ถัดไปทาง ปลายกิ่ง รูปร่างภายนอกคล้ายขนุนมาก นิยมรับประทานกันมากในหมู่คนไทยภาคใต้

จำปาดะ มีรูปร่างคล้ายขนุนมี เป็นไม้ผลสกุลเดียวกับขนุน (Artocarpus) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในคาบสมุทรมลายู อินโดนีเซีย และเกาะนิวกินี ในประเทศไทยน่าจะเป็นไม้ผลที่นำเข้ามาปลูกเช่นเดียวกับขนุน จำปาดะเป็นผลไม้ประจำจังหวัดสตูล มีลักษณะเป็นไม้ต้นใบเดี่ยว และมีขนปกคลุมแผ่นใบ มียางสีขาวขุ่น เป็นผลกลมคล้ายขนุนแต่มีขนาดเล็กกว่า รูปร่างผลรูปทรงกระบอก เมื่อสุกเปลือกผลนิ่ม กลิ่นหอมแรงและรส หวานจัด เนื้อผลที่เรียกว่า “ยุม” (ผลย่อยเป็นผลสดเมล็ดเดียวและเนื้อหุ้มเมล็ด) ไม่ค่อยหลุดออกจากแกนผล เนื้อผลจำปาดะสามารถทำอาหารได้หลากหลาย ซึ่งในพืช รวมทั้งจำปาดะ จะมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ มีแทนนิน ลิกนิน และเซลลูโลส ซึ่งน่าจะสามารถดูดซับไอออนตะกั่วได้ อีกทั้งเปลือกจำปาดะยังมีเพกทิน ที่เป็นสารคาร์โบไฮเดรตที่มีคุณสมบัติพองตัวและละลายน้ำได้ และเป็นสารที่ข้นหนืดที่อาจจะนำมาใช้ประโยชน์เป็นสารช่วยแขวนตะกอนในผลิตภัณฑ์ยาต่างๆ ได้ (อนุชิต พลับรู้การ และอรุณพร อิฐรัตน์, 2534)

ผลไม้ไทยหลายชนิดมีเพกทินเป็นส่วนประกอบที่จะนำ มาใช้สกัด เอกสารวิจัยส่วนใหญ่รายงานการสกัดเพกทินด้วยน้ำร้อน (นัยทัศน์ ภู่ศรัณย์, 2530) ศึกษาการสกัดเพกทินจากขนุนจำปาดะโดยสกัดจากแกน เปลือก และซังขนุนจำ ปาดะด้วยความร้อน พบว่า มีเพกทินร้อยละ 8.97 11.57 และ 12.14 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการสกัดคือ 60 นาที พบว่า อุณหภูมิและเวลาดังกล่าวเป็นสภาวะที่สามารถ สกัดเพกทินจากซังขนุนได้มากที่สุด ได้ศึกษาถึงวิธีการสกัด เพกทินจากเปลือกผลไม้แห้งด้วยหม้อนึ่งอัดไอที่มีความดันไอสูง 15 ปอนด์ โดยใช้กรดซิตริก 1% w/w จำนวน 1.8 ลิตร ในการสกัด และใช้ระยะเวลาในการสกัด 30 นาที และใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถสกัดเพกทินได้ปริมาณ 262.5 กรัมต่อกิโลกรัม (Martinez-Sanchez, no date; อ้างถึง นัยทัศน์ ภู่ศรัณย์, 2530)

5.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาข้อมูลงานวิจัยที่มีการใช้วัสดุจากธรรมชาติมาใช้เป็นตัวดูดซับ เช่น การใช้เปลือกมะขามและเปลือกทับทิม การดูดซับโลหะหนักบางชนิดด้วยวัสดุธรรมชาติ การศึกษาการดูดซับสีย้อมและไอออนโลหะตะกั่วด้วยถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากเปลือกทุเรียน การใช้การดูดซับสารตะกั่วของเปลือกมังคุด เป็นต้น เพื่อใช้ในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสีย โดยวิธีที่ประหยัดเพื่อทดแทนการใช้สารเคมีในการบำบัดน้ำเสีย มีรายละเอียดดังนี้

ยุพดี เส้นขาว (2557) ได้ทำการศึกษาการกำจัดไอออนแคดเมียมและตะกั่วจากน้ำเสียด้วยมะขามและเปลือกทับทิม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดไอออนแคดเมียมและตะกั่วจากน้ำเสีย โดยใช้มะขามและเปลือกทับทิมที่ไม่ปรับสภาพทางเคมีและที่ปรับสภาพทางเคมีด้วยกรดซัลฟุริก เป็นตัวดูดซับ และศึกษาสมบัติของตัวดูดซับด้วยการหาค่าการดูดซับไอโอดีน รวมทั้งศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพของตัวดูดซับ ผลการศึกษาจากการทดลองแบบกะพบว่ามะขามและเปลือกทับทิมที่ปรับสภาพมีประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียน้ำสังเคราะห์ได้สูงกว่ามะขามและเปลือกทับทิมที่ไม่ปรับสภาพ ส่วนมะขามและเปลือกทับทิมที่ไม่ปรับสภาพต่างก็มีประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียมได้ใกล้เคียงกับมะขามและเปลือกทับทิมที่ปรับสภาพ ตามลำดับ นอกจากนี้ประสิทธิภาพการดูดซับไอออนจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาและความเข้มข้นของไอออนโลหะในน้ำเสีย รวมทั้งมีแนวโน้มว่าการดูดซับแคดเมียมและตะกั่วของมะขามและเปลือกทับทิมปรับสภาพมีความเหมาะสมกับไอโซเทอม การดูดซับแบบฟรุนดลิชมากกว่าแบบแลงเมียร์ ซึ่งพบว่าในการดูดซับแคดเมียมด้วยมะขามปรับสภาพมีค่า K, n และ R2 เท่ากับ 0.91 0.08 และ 0.5424 ตามลำดับ และมีค่า Xm, b และ R2 เท่ากับ -0.88 -0.12 และ 0.154 ตามลำดับ และมีค่า Xm, b และ R2 เท่ากับ 2.57 -1.41 และ 0.0002 ตามลำดับ สำหรับการดูดซับตะกั่วด้วยมะขามปรับสภาพมีค่า K, n และ R2 เท่ากับ 23.66 1.02 และ 0.5138 ตามลำดับ และมีค่า Xm, b และ R2 เท่ากับ -256.41 -0.06 และ 0.2775 ตามลำดับ ส่วนเปลือกทับทิมปรับสภาพมีค่า K, n และ R2 เท่ากับ 17.79 0.76และ 0.534 ตามลำดับ และมีค่า Xm, b และ R2 เท่ากับ -55.25 -0.18 และ 0.2668 ตามลำดับ นอกจากนี้มะขามและเปลือกทับทิมที่ปรับสภาพจะมีประสิทธิภาพการดูดซับแคดเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์แบบต่อเนื่องได้สูงกว่าการดูดซับตะกั่วมาก และสูงกว่ามะขามและเปลือกทับทิมที่ไม่ปรับสภาพ ส่วนมะขามที่ไม่ปรับสภาพและเปลือกทับทิมที่ปรับสภาพมีประสิทธิภาพการดูดซับแคดเมียมและตะกั่วในน้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการเคมีได้สูงใกล้เคียงกัน และสูงกว่ามะขามที่ปรับสภาพและเปลือกทับทิมที่ไม่ปรับสภาพตามลำดับ

ชานนท์ มากสิน และคณะ (2546) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วของเปลือกมังคุด โดยศึกษาการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายเลด (II) ไนเตรตที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ 0.500 0.250 0.125 0.062 0.031 0.016 0.008 0.004 0.002 0.001 และ 0.0005 โมลต่อลิตร ตามลำดับ กับสารละลายโปแตสเซียม ไอโอไดด์ความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร จากนั้นศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับสารตะกั่วของเปลือกมังคุด โดยศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสารตะกั่วของน้ำสกัดจากเปลือกมังคุดที่ความเข้มข้นของสารละลายเลด (II) ไนเตรตความเข้มข้นต่างๆ หาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำสกัดจากเปลือกมังคุดในการดูดซับสารตะกั่วระยะเวลาที่เหมาะสม และศึกษาการแปรรูปเปลือกมังคุดไปใช้ในการดูดซับตะกั่ว พบว่าการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายเลด (II) ไนเตรตกับ สารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ เกิดตะกอนสีเหลืองที่ความเข้มข้น 0.500 0.250 0.125 0.062 0.031 0.016 0.008 0.004 และ 0.002 โมลต่อลิตร และน้ำสกัดจากเปลือกมังคุดสามารถดูดซับสารตะกั่วจากสารละลายเลด (II) ไนเตรตได้ที่ความเข้มข้น 0.008 0.004 และ 0.002 โมลต่อลิตร ในอัตราส่วนระหว่างสารละลายเลด (II) ไนเตรตต่อน้ำสกัดจากเปลือกมังคุดเป็น 10 : 12 10 : 5 และ 10 : 2 โดยปริมาตรตามลำดับ ในระยะเวลา 15 นาที ส่วนการแปรรูปเปลือกมังคุดไปใช้ในการดูดซับสารตะกั่ว พบว่าการทำเป็นผงแห้งเหมาะสมที่สุด

รัตนา มหาชัย (2542) ทำการศึกษาการดูดซับโลหะหนักบางชนิดด้วยวัสดุธรรมชาติชนิดที่หาง่ายและราคาถูก เช่น แกลบเผา ถ่าน ถ่านกัมมันต์ ขี้เถ้า คาโอลิน เบนโทไนท์ กาบมะพร้าว รังไหม เยื่อไม้ไผ่ และใยข้าวโพด พบว่าตะกั่วถูกดูดซับได้มากที่สุดในวัสดุเกือบทุกชนิด โดยมีค่าการนำอยู่ในช่วง 30-70 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก ทองแดง แคดเมียม สังกะสี อยู่ในช่วงร้อยละ 2-10 และนิกเกิล โครเมียม แมงกานีส น้อยกว่าร้อยละ 1 เมื่อเทียบความสามารถในการดูดซับโลหะของวัสดุเรียงตามลำดับ มากน้อยได้ดังนี้ ขี้เถ้า ถ่านกัมมันต์ เบนโทไนท์ ส่วนถ่านแกลบ เยื่อไม้ไผ่ กาบมะพร้าว และใยไหม มีความสามารถในการดูดซับโลหะใกล้เคียงกัน เมื่อกำจัดโลหะหนักผสมกันพบว่าวิธีการแบบต่อเนื่องมีประสิทธิภาพในการกำจัดดีกว่าวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องประมาณ 5 เท่า แต่เมื่อนำวิธีทั้งสองมารวมกัน โดยใช้วัสดุขี้เถ้าได้ผลเหมาะสมที่สุด

สราวุธ ศรีคุณ (2550) ทำการศึกษาการดูดซับสีย้อมและไอออนโลหะตะกั่วด้วยถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากเปลือกทุเรียน พบว่าการดูดซับไอออนโลหะตะกั่วของถ่านกัมมันต์ที่คาร์บอไนเซชัน 123 ภายใต้ความดันสุญญากาศ มีประสิทธิภาพในการดูดซับมากกว่าถ่านกัมมันต์ที่คาร์บอไนเซชัน ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน คือ 8.43 และ 7.97 มิลลิกรัมต่อกรัม

อุบลรัตน์ วาริชวัฒนะ (2544) ศึกษาความสามารถและประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักสามชนิด ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมด้วยถ่านกระดูกที่เตรียมจากการเผากระดูกโค กระบือ โดยทำการทอลองแบบแบตช์และแบบคอลัมน์ ผลการทดลองแบบแบตช์พบว่าถ่านกระดูก

สามารถกำจัดตะกั่วได้ดีกว่าแคดเมียมแต่ไม่สามารถกำจัดโครเมียมได้ ถ่านกระดูกสามารถกำจัดตะกั่วได้ประสิทธิภาพสูงที่สุดโดยคิดเป็น 458.55 มิลลิกรัมต่อกรัม ถ่านกระดูกที่ความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียเริ่มต้นเป็น 100 โมลต่อลิตร และ pH เริ่มต้นเป็น 5 ส่วนผลการศึกษาไอโซเทอมโดยใช้ถ่านกระดูกพบว่าความสามารถในการกำจัดตะกั่วมีความสัมพันธ์กับไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิช

ภาณุพงษ์ สถิตวัฒนาพร (2546) ศึกษาการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้เถ้าลอยชานอ้อยโดยศึกษาที่ความเข้มข้นของตะกั่วในช่วง 5 ถึง 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า pH ในช่วง 2 ถึง 6 และปริมาณตัว ดูดซับในช่วง 0.1 ถึง 20 กรัมต่อลิตร ผลการศึกษาพบว่า การดูดซับจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของตะกั่วเพิ่มขึ้น การศึกษาไอโซเทอมโดยใช้เถ้าลอยชานอ้อย พบว่าความสามารถในการกำจัดตะกั่วมีความเข้มข้นมีความสัมพันธ์กับไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิช

รอฮานา อาดาม และคณะ (2553) ประสิทธิภาพการดูดซับโลหะโดยใช้ถ่านและถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากเปลือกมังคุด พบว่ามีค่าความชื้น สารอินทรีย์ระเหย ขี้เถ้าและปริมาณคาร์บอนคงตัว มีค่าเท่ากับ 3.77 16.83 5.4 และ 74 ตามลำดับ ในการวิเคราะห์ค่าไอโอดีนนัมเบอร์นั้นพบว่าการดูดซับไอโอดีนมีค่าต่างกัน เมื่อวัสดุดูดซับต่างชนิดกัน คือ ถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดมีค่าการดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุด รองลงมาคือถ่านกัมมันต์ทางการค้า และถ่านจากเปลือกมังคุด ซึ่งมีค่าไอไอโอดีนนัมเบอร์ 955.19 658.83 และ 125.22 มิลลิกรัมต่อกรัม ส่วนในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วนั้น ไอออนทองแดงชนิดเดียว และสารละลายผสมของไอออนตะกั่ว และทองแดงในน้ำเสียสังเคราะห์ ค่าพีเอชที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 3-6 ในการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของถ่านเปลือกมังคุดและถ่านกัมมันต์ทางการค้าคือ 25 กรัมต่อลิตร

ลลิดา นิทัศนจารุกุล (2554) ศึกษาการกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดูดติดผิวโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาความสามารถในการดูดติดผิวตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร คือเปลือกทุเรียนและเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ที่ผ่านกระบวนการกระตุ้นทางเคมีโดยใช้เกลือแกง (NaCl) การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ขั้นแรกเป็นการเตรียมถ่านกัมมันต์ศึกษาลักษณะทางกายภาพ และประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้นโดยการวัดค่าไอโอดีนนัมเบอร์ ขั้นตอนที่สองคือการทำการทดลองแบบไม่ต่อเนื่องหรือแบบแบตช์เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการดูดติดผิวตะกั่ว ได้แก่ ค่าพีเอช เวลาสัมผัส และประมาณถ่าน เพื่อทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดิช และขั้นตอนสุดท้ายคือการทดลองแบบต่อเนื่อง โดยใช้ถังดูดติดผิวแบบแท่ง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานของถ่าน ในขั้นตอนการทดลองเตรียมถ่านกัมมันต์ พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการเผาวัตถุดิบให้เป็นถ่านพร้อมกับการกระตุ้นคือ 800 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัตถุดิบต่อเกลือแกงที่เหมาะสม ซึ่งทำให้ถ่านมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงที่สุดคืออัตราส่วน

1 : 0 สำหรับถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิด โดยถ่านเปลือกทุเรียน และถ่านเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์จะมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงที่สุดเท่ากับ 567 และ 532 มิลลิกรัมของไอโอดีนต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ตามลำดับ และสามารถสรุปได้ว่าการแช่วัตถุดิบด้วยสารละลายเกลือแกงอิ่มตัวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปอบแห้ง แล้วนำมาทำการเผาและกระตุ้น ก็เพียงพอที่จะทำให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีประสิทธิภาพสูง การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดติดผิวตะกั่วพบว่า การดูดติดผิวตะกั่วจะเพิ่มขึ้นเมื่อพีเอชของน้ำเสียเพิ่มขึ้น ตั้งแต่พีเอช 2 ถึงพีเอช 9 และที่พีเอชของน้ำเสียเริ่มต้นตั้งแต่ 4 ขึ้นไป พบว่าถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 ชนิด มีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสูงกว่าร้อยละ 90 ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการดูดติดผิวบนถ่านกัมมันต์ร่วมกับการตกตะกอนของตะกั่ว ผลของเวลาสัมผัสพบว่า สมดุลของการดูดติดผิวสำหรับถ่านทั้งสองชนิดคือ 10 นาที ผลของการหา ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดิช แสดงให้เห็นว่าถ่านเปลือกทุเรียนมีความสามารถในการดูดติดผิวสูงกว่าถ่านเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ การทดลองแบบต่อเนื่องได้เลือกใช้ถ่านเปลือกทุเรียน บรรจุในชุดถังดูดติดผิวแบบแท่ง เมื่อทำการป้อนน้ำเสียแบบไหลลงอย่างต่อเนื่อง และทำการเก็บน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทางปลายท่อ จนกระทั่งถ่านหมดประสิทธิภาพในการดูดติดผิว พบว่าถ่านเปลือกทุเรียนที่ชั้นความสูง 30 60 90 และ 120 เซนติเมตร สามารถบำบัดน้ำเสียได้ 94.01 58.85 และ47.06 BV ตามลำดับ จากการศึกษาเตรียมถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร พบว่าถ่านเปลือกทุเรียนมีศักยภาพที่จะพัฒนาไปใช้งานทั้งในระดับครัวเรือน และระดับอุตสาหกรรม

ปนัดดา คำรัตน์ (2545) ศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากกากขี้แป้งของโรงงานน้ำยางข้นในการกำจัดตะกั่วและปรอทในน้ำเสียสังเคราะห์การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากขี้แป้งจากโรงงานน้ำยางข้นซึ่งเป็นของเสียมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ที่มีคุณภาพโดยได้ศึกษาประสิทธิภาพของการกำจัดตะกั่วและปรอทในน้ำเสียสังเคราะห์ เปรียบเทียบระหว่างถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากขี้แป้งกับถ่านกัมมันต์ที่จำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไปโดยถ่านขี้แป้งที่เตรียมขึ้นนั้นใช้เกลือแกงเป็นสารกระตุ้น และทำการล้างสารกระตุ้นด้วยกรดเจือจาง เมื่อนำไปศึกษาลักษณะทางกายภาพ พบว่า ถ่านขี้แป้งมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์ 510 มิลลิกรัมไอโอดีนต่อกรัม ของถ่านกัมมันต์ และมีพื้นที่ผิว 566.39 ตารางเมตรต่อกรัม จากนั้นได้ทำการทดลองแบบแบตช์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดติดผิวตะกั่วและปรอท ได้แก่ พีเอช ความเข้มข้นของโลหะหนัก และปริมาณถ่าน เพื่อทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิช พบว่าที่พีเอช 4 และความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดตะกั่วและปรอทดีที่สุด จากการทดสอบไอโซเทอมของการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ แสดงให้เห็นว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากขี้แป้งมีความสามารถในการดูดติดผิวตะกั่วและปรอทได้ 116.18 และ18.78 มิลลิกรัมต่อกรัมถ่านกัมมันต์ตามลำดับ และถ่านการค้ามีความสามารถในการดูดติดผิวตะกั่วและปรอทได้

11.07 และ 98.85 มิลลิกรัมต่อกรัมถ่านกัมมันต์ ตามลำดับ การทดสอบแบบต่อเนื่องในคอลัมน์ได้ใช้ถ่านขี้แป้งที่มีดินเหนียวเป็นวัสดุเชื่อมประสาน และทำการป้อนน้ำเสียอย่างต่อเนื่องแบบไหลลง ด้วยอัตราการไหล 3 ลิตรต่อชั่วโมง และเก็บน้ำเสียจนกระทั่งถ่านหมดประสิทธิภาพในการดูดติดผิว พบว่าถ่านกัมมันต์ที่ชั้นความสูง 30, 60 90 และ120 เซนติเมตร สามารถบำบัดตะกั่วในน้ำเสียได้ 5865.58 3910.39 3909.50 และ 3054.47 BV ตามลำดับและสามารถบำบัดปรอทได้ 28.87 16.04 11.76 และ 9.62 BV ตามลำดับ จากผลการทดลองแบบฟรุนดลิชและแบบต่อเนื่องแสดงให้เห็นว่ากัมมันต์ที่ผลิตจากกากขี้แป้งมีความเหมาะสมในการกำจัดตะกั่วมากกว่าปรอท

ปรียาพา พาณิชย์ และพุทธธิดา ภูโอบ (2556) ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากกากปาล์ม โดยมีวัตถุประสงค์คือ เป็นการเตรียมเพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่กากปาล์มและเป็นการลดปริมาณของเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันปาล์ม โดยจะนำกากปาล์มไปหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์โดยวิธีการกระตุ้นทางเคมี จะใช้กรดฟอสฟอริกในการกระตุ้นเพื่อให้เกิดรูพรุนภายในกากปาล์ม ซึ่งในการเตรียมถ่านกัมมันต์นั้นใช้กากปาล์ม 25 กรัม และความเข้มข้นของกรดฟอสฟอริกที่ใช้ในการกระตุ้นที่แตกต่างกัน คือ 20 25 และ 30 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำกากปาล์มที่ผ่านการกระตุ้นแล้วไปทาการคาร์บอนไนซ์เซชัน 350 400 และ 450 องศาเซลเซียส นำถ่านกัมมันต์ที่ได้ไปกำจัดสารเคมีออก และนำถ่านกัมมันต์ไปวิเคราะห์ผลด้วยวิธีทดสอบไอโอดีนนัมเบอร์ซึ่งค่าไอโอดีนที่ดีที่สุดที่ได้คือ 578.293 มิลลิกรัมต่อกรัม บำบัดสีเมทิลีนบลูมีค่าการดูดซับที่ได้คือ 14.919 มิลลิกรัมต่อกรัม และค่าการตรวจวัดพื้นที่ผิวที่ได้คือ 431.9631 ตารางเมตร ต่อกรัม จากการทดสอบค่าการดูดซับไอโอดีนพบว่ากากปาล์มสามารถนามาทำเป็นถ่านกัมมันต์ได้

สุชาดา สุทธิพิบูลย์ และ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ (2547) ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วและอาร์เซนิกในน้ำเสียด้วยถ่านกระดูกที่ใช้เป็นสารดูดซับในการกำจัดโลหะหนัก 2 ชนิด จากน้ำเสียสังเคราะห์ ได้แก่ ตะกั่ว (Pb) และอาร์เซนิก (As (V)) โดยถ่านกระดูกที่ใช้ในการทดลองมีการเตรียมแตกต่างกัน 4 สภาวะ และทำการทดลองแบบแบทช์เพื่อศึกษาถึงสภาวะการเตรียมถ่านกระดูกและสภาวะการทดลองที่เหมาะสมที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงที่สุด ได้แก่เวลาสัมผัส และพีเอชน้ำเสียเริ่มต้น ปริมาณถ่านกระดูก รวมถึงการศึกษาไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิช และแบบแลงมัวร์ จากนั้นนำสภาวะการทดลองกำจัดตะกั่วที่เหมาะสมไปทำการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของถ่านกระดูกในน้ำเสียจริง โดยตัวแปรควบคุมที่ใช้ตลอดการทดลองแบบแบทช์ คือ น้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นโลหะหนักเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตรน้ำเสียที่ใช้ทดลอง 25 มิลลิลิตร และความเร็วในการกวนผสม 250 รอบต่อนาที จากการศึกษาพบว่าถ่านกระดูกสามารถกำจัดตะกั่วได้ดีกว่าอาร์เซนิกมาก และเมื่อเพิ่มพีเอชน้ำเสียจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงขึ้นด้วย ซึ่งถ่านกระดูกสภาวะที่ 3 ที่เตรียมขึ้นจากการกระตุ้นด้วยสารละลาย NaOH ปริมาณถ่าน 20 มิลลิกรัม

ต่อลิตร น้ำเสียมีความเหมาะสมต่อการกำจัดตะกั่วได้ดีที่สุดที่พีเอชน้ำเสียเริ่มต้นเท่ากับ 6 ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงถึงร้อยละ 100 หรือคิดเป็นความสามารถในการดูดซับเท่ากับ 401.65 มิลลิกรัมตะกั่วต่อกรัมถ่าน และจากผลการวิเคราะห์โครงสร้างของถ่านกระดูกก่อนและหลังการทดลองแสดงให้เห็นว่า กระบวนการกำจัดนั้นเกิดจากการดูดซับตะกั่ว โดยไฮดรอกซีอะพาไตต์เกิดเป็น Ca[subscript 3]Pb [subscript 7](PO) [subscript 4][subscript 6](OH)[subscript 2] สำหรับถ่านสภาวะที่ 1 ที่ไม่ผ่านการกระตุ้นใดๆนั้นมีความเหมาะสมต่อการกำจัดอาร์เซนิกได้ดีที่สุด คือให้ประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 13.76 หรือคิดเป็นความสามารถในการดูดซับเท่ากับ 1.22 มิลลิกรัมอาร์เซนิกต่อกรัมถ่าน เมื่อปรับพีเอชน้ำเสียเท่ากับ 6 และจากการศึกษาไอโซเทอมการดูดซับพบว่าถ่านกระดูกให้ลักษณะการดูดซับตะกั่วและอาร์เซนิก ตามแบบจำลองไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิช สำหรับการทดลองใช้ถ่านกระดูกกำจัดตะกั่วในน้ำเสียจริงที่มีความเข้มข้นของตะกั่วเริ่มต้น 185 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าสามารถกำจัดตะกั่วในน้ำเสียจริงได้ถึงร้อยละ 94.33 เมื่อใช้ถ่านกระดูกในปริมาณ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

ประกฤต เลิศจรัสอร่ามดี (2539) ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดไอออนของโลหะหนักในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยการใช้ขี้เลื่อย ฟางข้าว และขุยมะพร้าวขึ้นอยู่กับชนิดของไอออนโลหะหนัก ความเข้มข้นของโลหะหนักพีเอชของน้ำเสีย ชนิดของวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร ปริมาณของวัสดุที่ใช้ และเวลาที่วัสดุดังกล่าวสัมผัสกับน้ำเสีย การหาปริมาณไอออนของโลหะที่เหลือจากการกำจัดของขี้เลื่อย ฟางข้าวและขุยมะพร้าวจะใช้วิธีไตเตรตกับอีดีทีเอ ผลจากการกำจัดไอออนของตะกั่ว Pb^{2+}และไอออนของปรอท Hg^{2+}ด้วยขี้เลื่อย ฟางข้าว และขุยมะพร้าวซึ่งจะเป็นการศึกษาแบบทีละเท (batch studies) พบว่าขุยมะพร้าวที่ความเข้มข้น 50 ส่วนในล้านส่วน ปริมาณ 0.20 กรัม ความสามารถในการกำจัดไอออนของตะกั่ว และไอออนของปรอทในน้ำเสียสังเคราะห์ สามารถที่จะกำจัดได้ 80 เปอร์เซ็นต์ และ78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ขี้เลื่อยและฟางข้าว พบว่า ขุยมะพร้าวจะมีความสามารถในการกำจัดไอออนของโลหะหนักได้ดีกว่าขี้เลื่อย และ ฟางข้าว สำหรับน้ำเสียจากโรงงานแบตเตอรี่ที่ความเข้มข้น ของตะกั่ว 0.3 - 0.7 ส่วนในล้านส่วน พบว่าขี้เลื่อย ฟางข้าว และขุยมะพร้าวสามารถกำจัดไอออนของตะกั่วได้เกือบร้อยละ 100

จรรยาพร ไชยวิเศษ (2549) ศึกษาการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียโดยใช้เปลือกกล้วยเพื่อศึกษาความสามารถของเปลือกกล้วยในการกำจัดตะกั่ววาเลนซี่ +2 ในน้ำเสีย เปลือกกล้วยที่นำมาศึกษามี 3 แบบ คือ แบบที่หนึ่งเป็นเปลือกกล้วยดิบ แบบที่สองเป็นแบบ เปลือกกล้วยอบแห้งยาว 2.5 เซนติเมตร แบบที่สามเป็นเปลือกกล้วยแบบอบแห้งบดละเอียด รูปแบบของการทดลองเป็นแบบกะ (Batch process) การศึกษาแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรก ศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ เพื่อนำมาใช้ในการกำจัดตะกั่วที่มีความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ขั้นที่

สองเป็นการศึกษาประสิทธิภาพที่ระดับพีเอช และระยะเวลาสัมผัสต่างๆ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการกำจัดตะกั่วของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ ผลการศึกษา พบว่าปริมาณที่เหมาะสมของเปลือกกล้วยทั้ง 3 แบบ สำหรับการกำจัดตะกั่วที่มีความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตรในน้ำเสีย คือ ปริมาณ 150 กรัมต่อลิตร โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วร้อยละ 85.92 91.75 95.88 ตามลำดับ สภาวะที่เหมาะสมของเปลือกกล้วยทั้งสามแบบสำหรับการกำจัดตะกั่ว คือ ระดับพีเอช 4 และระยะเวลาสัมผัส 60 นาที โดยประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของกล้วยแบบอบแห้งบดละเอียด ให้ค่าประสิทธิภาพสูงที่สุด คือ ร้อยละ 98.12 ขณะที่แบบอบแห้งยาว 2.5 เซนติเมตร และแบบดิบให้ค่าประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 93.06 และ 95.2 ตามลำดับ

5.8 วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการ

5.8.1 การเตรียมตัวดูดซับ

1) นำเปลือกจำปาดะตากแห้งให้สนิท

2) นำไปเผาที่อุณหภูมิสูง เป็นเวลา 45 นาที

3) นำมาบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตรและขนาด 2.0 มิลลิเมตร

4) นำถ่านเปลือกจำปาดะจากข้อ3 ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็น

5) นำถ่านเปลือกจำปาดะจากข้อ4 เก็บในเดซิเคเตอร์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

6) นำถ่านเปลือกจำปาดะบรรจุในถุงพลาสติก และปิดปากถุงให้แน่นเพื่อป้องกันความชื้น

5.8.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

1) ชั่งเลด (II) ไนเตรต $Pb(NO_3)_2$ จำนวน 1.5986 กรัม ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1 ลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water, DI) เก็บไว้ในขวดพลาสติกที่อุณหภูมิห้องเพื่อนำไปใช้ในการเตรียมสารละลายไปวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในการศึกษาต่อไปด้วยเครื่อง Atomic absorption spectroscopy (AAS) (คุณยุพดี เส้นขาว, 2557)

2) เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร นำน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของตะกั่ว 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และน้ำปราศจากไอออน 1000 มิลลิลิตร

5.8.3 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับ

1) ศึกษาปริมาณตะกั่วที่ปลดปล่อยจากตัวดูดซับ

ก) ชั่งถ่านเปลือกจำปาดะที่เตรียมไว้ขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร และขนาดอนุภาค 2.0 มิลลิเมตร อย่างละ 0.5 1 1.5 2 2.5 และ 3 กรัม ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร

ข) ละลายด้วยน้ำที่ปราศจากไอออนความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างละ 100 มิลลิลิตร

ค) ใช้มือเขย่าเพื่อให้สารละลายกับตัวอย่างผสมเข้ากันเป็นระยะเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง และตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 30 นาที

ง) กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนออก

จ) จากนั้นนำสารละลายที่ผ่านการกรองใส่ในขวดพลาสติกขนาด 200 มิลลิลิตร

ฉ) นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS เพื่อวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วที่เหลืออยู่ในน้ำ

2) ศึกษาคุณสมบัติของการดูดซับ Iodine Number

ก) นำถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรและขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ในเดซิเคเตอร์

ข) ชั่งถ่านเปลือกจำปาดะปริมาณ 0.5 กรัม ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลาย HCl ความเข้มข้น 5% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

ค) ใช้มือเขย่าเพื่อให้สารละลายกับตัวอย่างผสมเข้ากัน นำไปต้มให้เดือด เป็นระยะเวลา 30 วินาที (ต้มเพื่อกำจัดซัลไฟด์) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ง) เติม I_2 ความเข้มข้น 0.10 โมล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปิดจุกทันที ใช้มือเขย่าแรงๆ เป็นระยะเวลา 30 วินาทีหรือนำเข้าเครื่องเขยา Stirrer hot plate และเขย่าด้วยอัตราเร็ว 300 รอบตอนาที เป็นระยะเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

จ) กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 เพื่อแยกวัสดุดูดซับออกจากสารละลาย นำสารละลายที่ได้จากการกรอง ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

ฉ) ไทเตรทด้วย Na_2SO_3 จนเป็นสีเหลืองอ่อน หยดน้ำแป้ง 2-3 หยด สารละลายกลายเปนสีน้ำเงิน ไตรเตรทต่อจนใสไม่มีสี

ช) บันทึกค่า Na_2SO_3 ที่ใช้เพื่อคำนวณหาปริมาณการดูดซับ

3) ศึกษาระดับค่า pH ที่เหมาะสมต่อการดูดซับ

ก) ชั่งถ่านเปลือกจำปาดะที่เตรียมไว้ขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรและขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร อย่างละ 3.0 กรัม ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตรต่อลิตร

ข) ละลายด้วยน้ำที่ปราศจากไอออนอย่างละ 100 มิลลิลิตร ปรับค่า pH 3 5 7 และ 9 ด้วยสารละลาย HCl ความเข้มข้น 0.1 โมล

ค) ใช้เครื่อง Stirrer hot plate เขย่าด้วยอัตราเร็ว 300 รอบตอนาที เป็นระยะเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง และตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 30 นาที

ง) กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนนำสารละลายที่ผ่านการกรองใส่ในขวดพลาสติก ขนาด 200 ml.

จ) นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS เพื่อวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วที่เหลืออยู่ในน้ำ

4) ศึกษาหาปริมาณของการดูดซับ

ก) ชั่งถ่านเปลือกจำปาดะขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร และขนาดอนุภาค 2.0 มิลลิเมตร อย่างละ 0.5 1 1.5 2 2.5 3.0 กรัม ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร

ข) ละลายด้วยสารละลายตะกั่ว ความเข้มข้น 20 มิลลิลิตรต่อลิตร อย่างละ 100 มิลลิลิตร

ค) ใช้ Stirrer hot plate เขย่าด้วยอัตราเร็ว 300 รอบตอนาที เป็นเวลาระยะเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง ตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 30 นาที

ง) กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนออกนำสารละลายที่ผ่านการกรอง ใส่ในขวดพลาสติก ขนาด 200 มิลลิลิตร

จ) วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักจากถ่านเปลือกจำปาดะด้วยเครื่อง AAS เพื่อวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วที่เหลืออยู่ในน้ำ

5) ศึกษาขนาดของการดูดซับ

ก) ชั่งถ่านเปลือกจำปาดะที่เตรียมไว้ขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร และขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร อย่างละ 3.0 กรัม ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร

ข) ละลายด้วยสารละลายตะกั่ว ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใช้เครื่อง Stirrer Hot Plate เขย่าด้วยอัตราเร็ว 300รอบตอนาที เป็นระยะเวลา 15นาทีที่อุณหภูมิห้อง และตั้งทิ้งไว้ 60 นาที

ค) กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนออก

ง) นำสารละลายที่ผ่านการกรอง ใส่ในขวดพลาสติก ขนาด 200 มิลลิลิตร

จ) วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักจากถ่านเปลือกจำปาดะด้วยเครื่อง AAS เพื่อวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วที่เหลืออยู่ในน้ำ

5.8.4 วิธีการคำนวณการศึกษาประสิทธิภาพตะกั่วของเปลือกถ่านจำปาดะ

หาได้จากสูตร (พรพิมล ห่อสุวรรณชัย, 2542)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การกำจัดตะกั่ว} = \frac{(\text{ปริมาณตะกั่วก่อนการดูดซับ-ปริมาณตะกั่วหลังการดูดซับ}) \times 100}{\text{ปริมาณตะกั่วก่อนการดูดซับ}}$$

5.8.5 สถิติที่ใช้ในการศึกษา

คือ สถิติอ้างอิงแบบมีพารามิเตอร์โดยการทดสอบสมมติฐานของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่สัมพันธ์ ด้วยคำสั่ง T-Test Dependent

5.8.6 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1) เปลือกจำปาดะ

2) ตู้อบสาร ซึ่งใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

3) ถังน้ำมัน 200 ลิตร

4) ตะแกรงร่อน ขนาด 0.5 มิลลิเมตรและ ขนาด 2 มิลลิเมตร

5) ช้อนตักสาร

6) โถดูดความชื้น (Desiccator)

7) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ METTLER TOLED รุ่น PL 3002

8) เครื่อง Atomic absorption spectroscopy (AAS) รุ่น AA 880

9) เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter) ยี่ห้อ Clean pH รุ่น pH 30

10) Stirrer Hot plate

11) บีกเกอร์ขนาดต่างๆ

12) ขวดรูปชมพู่ขนาดต่างๆ

13) นาฬิกาจับเวลา

14) กรวยแก้ว

15) กระบอกตวง

16) กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42

17) ปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร

18) บิวเรต

19) แคมป์

20) สแตนด์

21) ขวดพลาสติก ขนาด 200 มิลลิลิตร

22) ถุงป้องกันความชื้น

23) Hydrochloric Acid

24) Sodium sulfite

25) น้ำแป้ง

26) Lead nitrate [$Pb(NO_3)_2$] (AR grade)

27) Deionized water (DI water)

28) Potassium iodide (KI)

29) สารละลายมาตรฐานตะกั่วความเข้มข้น 1000 ppm (AAS grade)

5.8.7 งบประมาณในการดำเนินงาน

1) ค่าใช้เครื่องในการวิเคราะห์ตัวอย่าง	3,500	บาท
2) ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	500	บาท
3) ค่าเอกสารในการค้นคว้า	500	บาท
4) ค่าทำเล่มวิจัย 5 เล่ม	1,200	บาท
รวม	5,700	บาท

5.8.8 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2559					2560									
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
รวบรวมข้อมูลและตารางเอกสาร	▬	▬	▬												
สอบโครงร่างวิจัย				▲											
การทดลองภาคสนาม			▬	▬	▬										
ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการทำ					▬	▬	▬	▬	▬						
สอบรายงานความก้าวหน้าวิจัย											▲				
วิเคราะห์ผลและสรุปผล												▬	▬		
การเขียนเล่มวิจัย											▬	▬	▬	▬	▬

ภาคผนวก ค

รายงานการวิเคราะห์

(ท.ธ.๔๙)

ที่ อก. ๐๕๐๕/...๕๕...

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

๗ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๙ มกราคม ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๔๘/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๙ มกราคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....
(นายประสิทธิ์ ศรีพรหม)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ รักษาราชการแทน
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๐๓/๒๕๖๐
เครื่องหมาย pH3 0.5 mm.
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = Nil มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....
(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่.....๖๑/๒๕๖๐.....(กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....
(นายประสิทธิ์ ศรีพรหม)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

(ท.ธ.๔๙)

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

ที่ อก. ๐๕๐๕/...๕๖...

๗ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๙ มกราคม ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๕๐/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๙ มกราคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....

(นายประสิทธิ์ ศรีพรหม)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ รักษาราชการแทน
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๐๕/๒๕๖๐
เครื่องหมาย pH5 0.5 mm.
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = 0.17 มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....

(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่.....๖๓/๒๕๖๐.....(กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....

(นายประสิทธิ์ ศรีพรหม)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

PRINCE OF SONGKLA RAJABHAT UNIVERSITY

(ท.ธ.๔๙)

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

ที่ อก. ๐๕๐๕/...๕๘.....

๗ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๙ มกราคม ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๕๒/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๙ มกราคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....

(นายประสิทธิ์ ศรีพรหม)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ รักษาราชการแทน
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๐๗/๒๕๖๐
เครื่องหมาย pH7 0.5 mm.
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = 0.48 มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....

(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่.....๒๕/๒๕๖๐.....(กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....

(นายประสิทธิ์ ศรีพรหม)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

(ท.ธ.๔๙)

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

ที่ อก. ๐๕๐๕/...๖๐.....

๗ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๙ มกราคม ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๕๔/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๙ มกราคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....

(นายประสิทธิ์ ศรีพรหม)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ รักษาราชการแทน
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๐๙/๒๕๖๐
เครื่องหมาย pH9 0.5 mm.
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = 0.56 มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....

(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่.....๖๗/๒๕๖๐.....(กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....

(นายประสิทธิ์ ศรีพรหม)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

RAJABHAT UNIVERSITY

(ท.ธ.๔๙)

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

ที่ อก. ๐๕๐๕/.....๙๕.....

๗ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๙ มกราคม ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๔๙/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๙ มกราคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....

(นายประสิทธิ์ ศรีพรหม)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ รักษาราชการแทน
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๐๔/๒๕๖๐
เครื่องหมาย pH3 2 mm.
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = 0.48 มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....

(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่.....๒๒/๒๕๖๐ (กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....

(นายประสิทธิ์ ศรีพรหม)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

(ท.ธ.๔๙)

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

ที่ อก. ๐๕๐๕/.....๕๗.....

๗ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๙ มกราคม ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๕๑/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๙ มกราคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....

(นายประสิทธิ์ ศรีพรหม)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ รักษาราชการแทน
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๐๖/๒๕๖๐
เครื่องหมาย pH5 2 mm.
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = 1.09 มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....

(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่.....๖๙/๒๕๖๐.....(กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....

(นายประสิทธิ์ ศรีพรหม)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

(ท.ธ.๔๙)

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

ที่ อก. ๐๕๐๕/...๕๙.....

๗ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๙ มกราคม ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๕๓/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๙ มกราคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....

(นายประสิทธิ์ ศรีพรหม)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ รักษาราชการแทน
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๐๘/๒๕๖๐
เครื่องหมาย pH7 2 mm.
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = 1.03 มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....

(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่.....๖๖/๒๕๖๐.....(กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....

(นายประสิทธิ์ ศรีพรหม)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

(ท.ธ.๔๙)

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

ที่ อก. ๐๕๐๕/๖๑

๗ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๙ มกราคม ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๕๕/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๙ มกราคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....

(นายประสิทธิ์ ศรีพรหม)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ รักษาราชการแทน
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๑๐/๒๕๖๐
เครื่องหมาย pH9 2 mm.
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = 1.98 มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....

(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่ ๖๗/๒๕๖๐ (กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....

(นายประสิทธิ์ ศรีพรหม)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

PRINCE OF SONGKLA RAJABHAT UNIVERSITY

(ท.ธ.๔๙)

ที่ อก. ๐๕๐๕/...๑๗๖...

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

๙ มีนาคม ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๐ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๖๐/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๐ มีนาคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....

(นายไพรัตน์ เตชะวิวัฒนาการ)
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๔๙/๒๕๖๐
เครื่องหมาย 0.5 mm 0.5 g
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = Nil มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....

(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่.....๗๐/๒๕๖๐.....(กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....

(นางสาวนุชรี จวนซ้าย)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
รักษาราชการแทน หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

(ท.ธ.๔๙)

ที่ อก. ๐๕๐๕/๑๗

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

๙ มีนาคม ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๐ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๖๑/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๐ มีนาคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....

(นายไพรัตน์ เตชะวิวัฒนาการ)
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๕๐/๒๕๖๐
เครื่องหมาย 0.5 mm 1 g
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = Nil มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....

(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่ ๔๗/๒๕๖๐ (กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....

(นางสาวนุชรี จวนช้าย)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
รักษาราชการแทน หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

(ท.ธ.๔๙)

ที่ อก. ๐๕๐๕/.๑๖๕.....

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

๙ มีนาคม ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๐ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๖๒/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๐ มีนาคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....
(นายไพรัตน์ เตชะวิวัฒนาการ)
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๕๑/๒๕๖๐
เครื่องหมาย 0.5 mm 1.5 g
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = Nil มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....
(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่.....๘๗/๒๕๖๐.....(กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....
(นางสาวนุชรี จวนซ้าย)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
รักษาราชการแทน หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

(ท.ธ.๔๙)

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

ที่ อก. ๐๕๐๕/..๑๖๙.....

๙ มีนาคม ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๐ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๖๓/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๐ มีนาคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....

(นายไพรัตน์ เตชะวิวัฒนาการ)
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๕๒/๒๕๖๐
เครื่องหมาย 0.5 mm 2 g
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = Nil มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....

(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่.....๘๙/๒๕๖๐.....(กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....

(นางสาวนุชรี จวนซ้าย)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
รักษาราชการแทน หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

SONGKLA RAJABHAT UNIVERSITY

(ท.ธ.๔๙)

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

ที่ อก. ๐๕๐๕/๒๓๑

๙ มีนาคม ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๐ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๖๔/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๐ มีนาคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....
(นายไพรัตน์ เตชะวิวัฒนาการ)
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๕๓/๒๕๖๐
เครื่องหมาย 0.5 mm 2.5 g
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = Nil มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....
(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่ ๙๐/๒๕๖๐ (กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....
(นางสาวนุชรี จวนช้าย)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
รักษาราชการแทน หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

(ท.ธ.๔๙)

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

ที่ อก. ๐๕๐๕/๑๓๖

๙ มีนาคม ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๐ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๖๕/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๐ มีนาคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....

(นายไพรัตน์ เตชะวิวัฒนาการ)
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๕๔/๒๕๖๐
เครื่องหมาย 0.5 mm 3 g
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = Nil มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....

(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่.....๙๑/๒๕๖๐.....(กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....

(นางสาวนุชรี จวนช้าย)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
รักษาราชการแทน หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

(ท.ธ.๔๙)

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

ที่ อก. ๐๕๐๕/.๑๓๗.....

๙ มีนาคม ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๐ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๖๖/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๐ มีนาคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....

(นายไพรัตน์ เตชะวิวัฒนาการ)
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๕๕/๒๕๖๐
เครื่องหมาย 2 mm 0.5 g
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = 9.14 มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....

(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่.....๗๒/๒๕๖๐.....(กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....

(นางสาวนุชรี จวนซ้าย)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
รักษาราชการแทน หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

(ท.ธ.๔๙)

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

ที่ อก. ๐๕๐๕/๑๓๔

๙ มีนาคม ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๐ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๖๗/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๐ มีนาคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....
(นายไพรัตน์ เตชะวิวัฒนาการ)
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๕๖/๒๕๖๐
เครื่องหมาย 2 mm 1 g
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....
(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่ ๗๗/๒๕๖๐ (กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....
(นางสาวนุชรี จวนช้าย)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
รักษาราชการแทน หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

(ท.ธ.๔๙)

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

ที่ อก. ๐๕๐๕/๑๓๕

๙ มีนาคม ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๐ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๖๘/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๐ มีนาคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....

(นายไพรัตน์ เตชะวิวัฒนาการ)
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๕๗/๒๕๖๐
เครื่องหมาย 2 mm 1.5 g
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = 0.22 มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....

(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่.....๑๕/๒๕๖๐ (กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....

(นางสาวนุชรี จวนซ้าย)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
รักษาราชการแทน หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

(ท.ธ.๔๙)

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

ที่ อก. ๐๕๐๕/.๑๓๖.....

๙ มีนาคม ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๐ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๖๙/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๐ มีนาคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....

(นายไพรัตน์ เตชะวิวัฒนาการ)
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๕๘/๒๕๖๐
เครื่องหมาย 2 mm 2 g
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = Nil มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....

(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่.....๙๕/๒๕๖๐.....(กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....

(นางสาวนุชรี จวนช้าย)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
รักษาราชการแทน หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

(ท.ธ.๔๙)

ที่ อก. ๐๕๐๕/.....๑๗๗.....

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

๙ มีนาคม ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๐ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๗๐/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๐ มีนาคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....

(นายไพรัตน์ เตชะวิวัฒนาการ)
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๕๙/๒๕๖๐
เครื่องหมาย 2 mm 2.5 g
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = Nil มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....

(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่.....๗๐/๒๕๖๐.....(กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....

(นางสาวนุชรี จวนช้าย)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
รักษาราชการแทน หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

(ท.ธ.๔๙)

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

ที่ อก. ๐๕๐๕/๑๓๘

๙ มีนาคม ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๐ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๗๑/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๐ มีนาคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....
(นายไพรัตน์ เตชะวิวัฒนาการ)
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๖๐/๒๕๖๐
เครื่องหมาย 2 mm 3 g
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = 0.53 มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....
(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่ ๗๗/๒๕๖๐ (กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....
(นางสาวนุชรี จวนช้าย)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
รักษาราชการแทน หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

(ท.ธ.๔๙)

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

ที่ อก. ๐๕๐๕/๑๖๔

๙ มีนาคม ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๐ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๕๘/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๐ มีนาคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....

(นายไพรัตน์ เตชะวิวัฒนาการ)
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๔๗/๒๕๖๐
เครื่องหมาย ขนาดของตัวดูดซับ 0.5 mm
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = Nil มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....

(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่.....๔๔/๒๕๖๐.....(กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....

(นางสาวนุชรี จวนช้าย)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
รักษาราชการแทน หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

(ท.ธ.๔๙)

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

ที่ อก. ๐๕๐๕/๑๖๕

๙ มีนาคม ๒๕๖๐

เรื่อง รายงานการวิเคราะห์

เรียน นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน บ้านเลขที่ ๑๐๓/๑ หมู่ ๕ ตำบลบ้านกลาง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี ๙๔๑๓๐ โทร. ๐๙๗-๑๑๕ ๑๙๗๐ และ ๐๘๓-๓๙๙ ๕๒๔๐

ขอส่งรายงานการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ ๑๐ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐ ตามใบคำขอเลขที่ ๕๙/๒๕๖๐ ลงวันที่ ๑๐ มีนาคม ๒๕๖๐ ดังต่อไปนี้

.....

(นายไพรัตน์ เตชะวิวัฒนาการ)
ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต ๑ สงขลา

รายงานการวิเคราะห์

ตัวอย่างหมายเลขวิเคราะห์ที่ ๑๔๘/๒๕๖๐
เครื่องหมาย ขนาดของตัวดูดซับ 2 mm
ผลของการวิเคราะห์ ปริมาณตะกั่ว (Pb) = Nil มิลลิกรัมต่อลิตร

จบรายงานการวิเคราะห์

ชื่อผู้วิเคราะห์

.....

(นางสาวทิพย์นภา เตะหมาน)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

ที่ ๘๕/๒๕๖๐ (กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม)
เรียน ผอ. สรข. ๑ เพื่อโปรดทราบ

.....

(นางสาวนุชรี จวนซ้าย)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
รักษาราชการแทน หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา

ภาคผนวก ง

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

1. **ชื่อผู้ทำวิจัย** นางสาวมาเรียม สาแล่หมัน
   วัน/เดือน/ปีเกิด 29 พฤศจิกายน 2536
   ที่อยู่ 103/1 หมู่ 5 ต.บ้านกลาง อ.ปะนาเระ จ.ปัตตานี 94130
   เบอร์โทรศัพท์ 083-3995240
   การศึกษา นักศึกษาปริญญาตรี
   โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
   คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
2. **ชื่อผู้ทำวิจัย** นางสาวรัตติยา การามา
   วัน/เดือน/ปีเกิด 6 กุมภาพันธ์ 2537
   ที่อยู่ 106/34 ถ.สฤษดิ์ภูมินารถ ต.พิมาน อ.เมือง จ.สตูล 91000
   เบอร์โทรศัพท์ 097-1151970
   การศึกษา นักศึกษาปริญญาตรี
   โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
   คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY