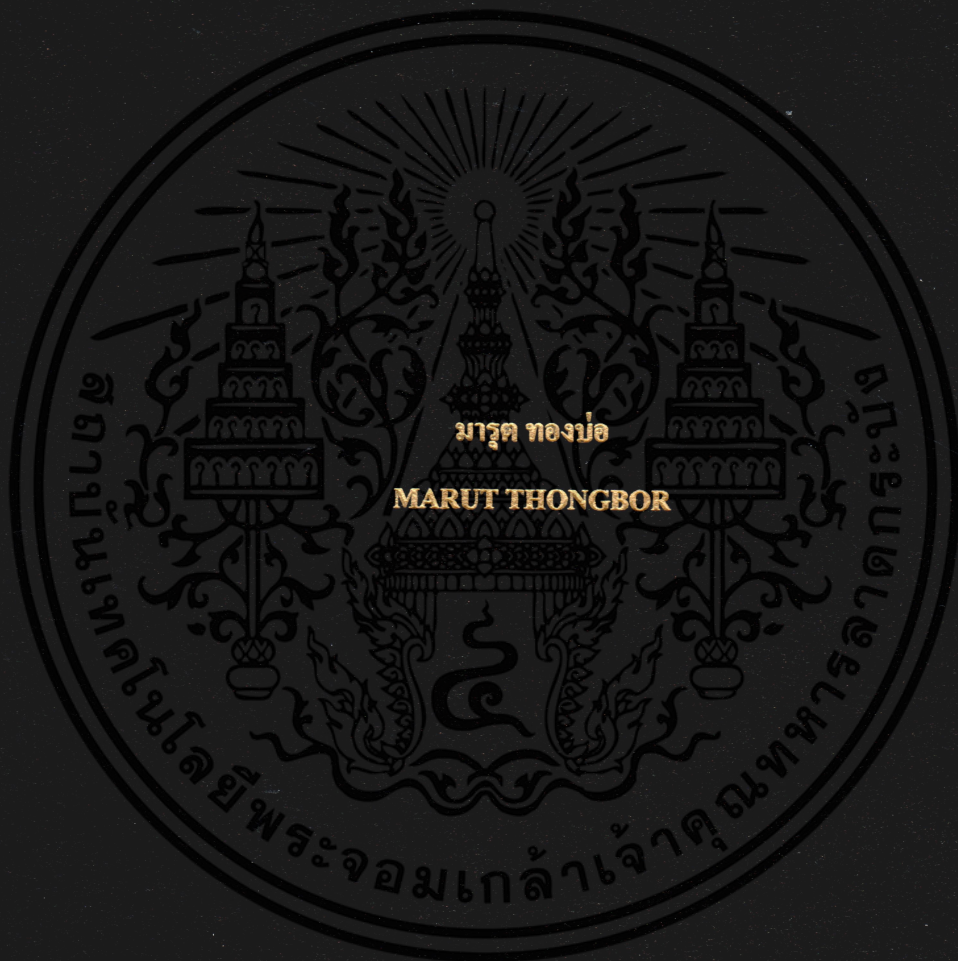


การทวนสอบวิธีลดการปนเปื้อนของสารตะกั่วในการผลิตเกลือดินของ
จังหวัดอุบลราชธานี

VERIFICATION OF LEAD REDUCTION IN SOIL SALT
PRODUCTION FROM UBON RATCHATHANI PROVINCE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการความปลอดภัยอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AI-M-054-345

การทวนสอบวิธีลดการปนเปื้อนของสารตะกั่วในการผลิตเกลือดินของ
จังหวัดอุบลราชธานี

VERIFICATION OF LEAD REDUCTION IN SOIL SALT
PRODUCTION FROM UBON RATCHATHANI PROVINCE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการความปลอดภัยอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AI-M-054-345

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**VERIFICATION OF LEAD REDUCTION IN SOIL SALT
PRODUCTION FROM UBON RATCHATHANI PROVINCE**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SAFETY MANAGEMENT
FACULTY OF AGRO-INDUSTRY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2019

KMITL-2019-AI-M-054-345

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2019

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การทวนสอบวิธีลดการปนเปื้อนของสารตะกั่วในการผลิตเกลือดินของ
จังหวัดอุบลราชธานี
VERIFICATION OF LEAD REDUCTION IN SOIL SALT PRODUCTION
FROM UBON RATCHATHANI PROVINCE

ชื่อนักศึกษา นายมารุต ทองบ่อ
รหัสประจำตัว 57608020
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา การจัดการความปลอดภัยอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์	
ผศ.ดร.อพัชชา จินดาประเสริฐ	
ดร.กิตติชัย บรรจง	
รศ.สพญ.ดร.ประภาพร ขอไพบูลย์	

วัน / เดือน / ปีที่สอบ 24 กรกฎาคม 2562 เวลา 15.00-17.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้อง AI 501 อาคารปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิริโรดม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ..... 2562

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การทวนสอบวิธีลดการปนเปื้อนของสารตะกั่วในการผลิตเกลือ ดินของจังหวัดอุบลราชธานี
นักศึกษา	นายมารุต ทองบ่อ
รหัสประจำตัว	57608020
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	การจัดการความปลอดภัยอาหาร
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. อติสร เสวตวิวัฒน์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาปริมาณสารตะกั่วในดินที่ใช้ในการผลิตเกลือสินเธาว์ และศึกษาวิธีลดการปนเปื้อนสารตะกั่ว ของเกลือสินเธาว์ที่ผลิตจากดินบริเวณจังหวัดอุบลราชธานี เนื่องจากพื้นที่นี้ยังมีการผลิตเกลือสินเธาว์แบบภูมิปัญญาชาวบ้านที่ตกทอดมาจากรุ่นสู่รุ่น เกลือที่ได้นำมาใช้บริโภค และนำมาใช้ในการถนอมอาหารเป็นจำนวนมาก เช่น ปลาาร้า เค็มบักนัด เป็นต้น ซึ่งตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 3051 (พ.ศ.2545) กำหนดสารปนเปื้อนที่อาจมีอยู่ในเกลือบริโภค ต้องเป็นไปตามข้อกำหนด โดยมีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกลือบริโภค มีเกณฑ์ที่กำหนดไม่เกิน 2.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากการทดลองพบว่า ค่าปริมาณตะกั่วที่พบในดินก่อนละลายเพื่อทำเกลือสินเธาว์มีปริมาณสารตะกั่วสูงที่สุด 10.836 ± 2.916 mg/kg ตัวอย่างเกลือขาว 5.719 ± 0.473 mg/kg และตัวอย่างเกลือดำ 4.807 ± 0.369 mg/kg ค่าลำดับ เมื่อนำน้ำเกลือที่ละลายจากดินมาผ่านตัวดูดซับสารโดยใช้เกลือขาวและเกลือดำ พบว่าความเข้มข้นของสารตะกั่วในน้ำเกลือหลังผ่านเกลือทั้งสองชนิดไม่เกินค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกลือบริโภค (มอก. 2085 – 2544) กำหนดไว้ โดยเมื่อนำมาเปรียบเทียบพบว่าเกลือขาวสามารถดูดซับสารตะกั่วได้ดีในตั้งแต่นาทีที่ 7 เป็นต้นไปโดยมีค่าการดูดซับสารตะกั่วจากน้ำที่ละลายจากเกลือดินได้สูงถึง 97.42 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อทิ้งไว้ให้ผ่านการดูดซับในเวลาที่นานขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับสารตะกั่วของเกลือขาวก็จะสูงขึ้นกว่า นาทีที่ 7 อีกเพียงเล็กน้อย กล่าวคือ ดูดซับสารตะกั่วจากน้ำเกลือที่ละลายจากดินได้ 97.96, 97.96, 97.90 และ 98.10 เปอร์เซ็นต์ในนาทีที่ 15, 30, 45 และ 60 นาที ตามลำดับ เช่นเดียวกับเกลือดำที่สามารถดูดซับสารตะกั่วจากน้ำเกลือที่ละลายจากดินได้ดีในนาทีที่ 7 คือ 95.96 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อทิ้งไว้ในนาทีที่สูงขึ้น จะดูดซับตะกั่วได้มากขึ้นอีกเพียงเล็กน้อย คือ ดูดซับได้ 94.45, 95.47, 96.58 และ 97.02 เปอร์เซ็นต์ในนาทีที่ 15, 30, 45 และ 60 นาที

ตามลำดับ โดยแถบขวามีค่าเฉลี่ยสามารถดูดซับสารตะกั่ว 97.87 เปอร์เซ็นต์ แถบซ้ายมีค่าเฉลี่ยสามารถดูดซับสารตะกั่ว 95.89 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : สารตะกั่ว, เกลือสินเธาว์, แถบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	VERIFICATION OF LEAD REDUCTION IN SOIL SALT PRODUCTION FROM UBON RATCHATHANI PROVINCE
Student	Mr. Marut Thongbor
Student ID.	57608020
Degree	Master of Science
Program	Food Safety Management
Year	2019
Thesis Advisor	Assoc. Prof.Dr.Adisorn Swetwiwathana

ABSTRACT

This study is aimed on the investigation of lead residue in soil of Ubon Ratchathani province which is well-known to be used for soil salt production. This soil salt product is used for consumption and to be used as preservative for pickled fish, Kem-buk-nud production etc. in this area. According to the standard of the Ministry of Industry, Thailand, had set the criterion for the residue of lead in any salt product should not over 2.0 mg/kg, thus, the investigation of the lead residue in soil for soil salt production in this area including the rice husk of both white and black had been studied. The results informed that the soil samples implied the highest lead residue at 10.836 ± 2.916 mg/kg. While white husk and black husk samples which used as lead absorption after salt from the soil had been dissolved from the soil, showed the present of lead residue at 5.719 ± 0.473 mg/kg and 4.807 ± 0.369 mg/kg, respectively.. When used both of white and black husk as an absorbent phase to reduce lead contamination in salt aliquot during soil salt production process. The results revealed that white husk was able to remove lead from salt aliquot after the salt aliquot attached to the white husk for 7 min (97.42 %). Percentage of lead reduction exhibited a bit higher when the attached time of salt aliquot contacted to white husk for 15, 30, 45 and 60 min (97.96, 97.96, 97.90 and 98.10 %), respectively. Concurred results were also informed in the use of black husk as an absorbent phase. The results informed that black husk was able to remove lead from salt aliquot after the salt aliquot attached to the black husk for 7 min (95.96 %). Percentage of lead reduction exhibited a bit higher when the attached time of salt aliquot contacted to black husk for 15, 30, 45 and 60 min (94.45, 95.47, 96.58 and 97.02 %), respectively. The overall reduction of lead from salt aliquot

using white and black husk as absorbent in this study can be concluded that using white husk as absorbent phase could reduce the lead from salt aliquot for 97.87 percent and using black husk as absorbent phase could reduce the lead from salt aliquot for 95.89 percent.

Key Word (s) : Lead, Soil salt production, Rice husk



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือ และการแนะนำ ให้คำปรึกษาที่ดี เป็นอย่างยิ่งของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ รศ.ดร. อติสร เสวตวิวัฒน์ และอาจารย์ เจ้าหน้าที่ในสาขาการจัดการความปลอดภัยอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์ ต่องานวิจัย ตลอดจนได้กรุณาตรวจแก้ไขรายงานฉบับนี้ให้สมบูรณ์มากขึ้น จึงขอกราบขอบพระคุณ เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.อพัชชา จินดาประเสริฐ ดร.กิตติชัย บรรจง และ รศ.สพญ.ดร.ประภาพร ขอไพบุลย์ ที่ให้คำปรึกษาและแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จคล่องไปด้วยดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ คุณแกลการใช้เครื่องวิเคราะห์โลหะหนัก (Atomic Absorption Spectrometer : AAS) ในภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ และให้คำปรึกษาในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ในสาขาการจัดการความปลอดภัย รุ่นที่ 2 ที่คอยเป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือ เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ต่างๆ ให้คำปรึกษาที่ดี และมีมิตรภาพดีๆ ที่เป็นกำลังใจให้กันตลอดการทำงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณคุณกาญจนา มหาพล และคุณพัฒนพร อุ่นวงศ์ ที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษาจึงทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณชวานาเกลือที่บ่อเป็นนาเกลือ อำเภอเชิงใน จังหวัดอุบลราชธานี ที่คอยให้ความช่วยเหลือ เอื้อเฟื้อ ตัวอย่างในการทดลอง รวมทั้งภูมิปัญญา กระบวนการทำ รวมทั้งเทคนิคต่างๆ จึงทำให้ทำงานวิจัยนี้สำเร็จไปได้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ ครอบครัว และบุคคลอันเป็นที่รักอย่างยิ่ง ที่ได้ให้กำลังใจ มาโดยตลอด ให้การสนับสนุนในด้านต่างๆ ตลอด รวมทั้งคณาจารย์ทุกคนที่ได้สั่งสอนให้มีทักษะ แนวคิด และวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ จนโครงการพิเศษนี้สำเร็จได้ด้วยดี

มารุต ทองบ่อ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญภาพ.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 เกล็ดินเซาว์	7
2.2 สารตะกั่ว.....	11
2.3 วัสดุทางชีวภาพในการดูดซับโลหะหนัก	14
2.3.1 แกลบ.....	14
2.3.2 ถ่านแกลบ.....	15
2.4 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างเกล็ด.....	17
2.4.1 การวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำเสียโดยใช้เครื่อง AAS.....	17
2.5 ผลการศึกษาการใช้วัสดุทางชีวภาพในการดูดซับโลหะหนัก.....	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.1 ทำการศึกษาการดูดซับ โลหะหนักบางชนิดด้วยวัสดุธรรมชาติ.....	18
2.5.2 ศึกษาการดูดซับสารตะกั่วด้วยแกลบ.....	19
2.5.3 ความสามารถ modified multi-stage bubble column reactor สำหรับ สารตะกั่วและการลดความต้องการการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์จากน้ำทิ้ง โดยใช้แกลบ.....	19
2.5.4 การลดปริมาณสารตะกั่วจากน้ำเสียโรงงานผลิตแบตเตอรี่โดยใช้ขี้เถ้า แกลบดำ.....	19
2.5.5 การดูดซับสารตะกั่วและปรอทด้วยขี้เถ้าแกลบ.....	20
2.5.6 การดูดซับไอออนสารตะกั่ว (II) ในขี้เถ้าแกลบ.....	20
2.5.7 การดูดซับ ทองแดงและแร่สารตะกั่วด้วยฟางข้าว / Fe ₃ O ₄ Nanocomposite: การเพิ่มประสิทธิภาพสมมูลไอโซเทอร์มอลและการศึกษา การดูดซับจลศาสตร์.....	21
2.5.8 การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคเกลือ สินเธาว์.....	22
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการทดลอง.....	24
3.1 ตัวอย่างที่นำมาตรวจวิเคราะห์.....	24
3.1.1 ตัวอย่างดิน.....	24
3.1.2 ตัวอย่างแกลบ.....	24
3.1.3 ตัวอย่างแกลบดำ.....	24
3.2 สารเคมี.....	24
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	24
3.4 สถานที่ทำการทดลอง.....	25
3.5 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง.....	25
3.6 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	25
3.6.1 การเตรียมสาร.....	26
3.6.1.1 เตรียมสารละลายกรดไนตริก (HNO ₃).....	26
3.6.1.2 เตรียมสารละลายมาตรฐาน.....	26
3.6.1.3 เตรียมตัวอย่างดิน.....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6.1.4 เตรียมตัวอย่างแกลบขาว.....	27
3.6.1.5 เตรียมตัวอย่างแกลบดำ.....	27
3.6.2. วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่ว.....	27
3.6.2.1. วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองราง กระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์.....	27
3.6.2.2. วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลอง กระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการ....	28
3.6.3. การวิเคราะห์ตัวอย่าง.....	29
3.6.3.1. การทำกราฟมาตรฐาน (Standard Curve).....	29
3.6.3.2. หาผลของความเข้มข้นของสารตะกั่วเริ่มต้น ในดิน แกลบขาว แกลบ ดำ และความเข้มข้นของสารตะกั่วหลังใช้สารดูดซับสารตะกั่ว.....	29
3.6.6 การวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นที่ได้ทางสถิติ.....	30
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล.....	31
4.1 ผลการหาความเข้มข้นเริ่มต้นของตัวอย่างดิน แกลบขาว และแกลบดำ...	31
4.2 ผลการหาความเข้มข้นหลังใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองราง กระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์.....	32
4.3 ผลการหาความเข้มข้นหลังใช้ใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลอง กระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการ	35
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....	39
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	39
ข้อเสนอแนะ	40

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบปริมาณสารปนเปื้อนโลหะหนัก 5 รายการในอาหาร ที่กำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 98 (พ.ศ. 2529) กับที่กำหนดในมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.2085-2544).....	5
ตารางที่ 2.2 ผลการตรวจค่าโลหะหนักในดินที่บ่อเป็นนาเกลือ บริเวณใกล้เคียง และแหล่งน้ำ เก็บตัวอย่างโดยสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 อุบลราชธานี ตรวจสอบโดยส่วนวิจัยสิ่งแวดล้อมดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน	6
ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบกับผลการตรวจโลหะหนักใน “ดิน” และ “เกลือสินเธาว์” ที่บ่อเป็นนาเกลือ ปี 2555	7
ตารางที่ 2.4 ปริมาณการผลิตเกลือของโลก แสดงด้วยปริมาณล้านเมตริกตัน	10
ตารางที่ 2.5 จำนวนผู้ผลิตเกลือสินเธาว์ที่ได้รับอนุญาตในภาคอีสาน	10
ตารางที่ 2.6 คำนวณหาปริมาณ โลหะหนักสารหนู ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม และทองแดง ในเกลือสินเธาว์เปรียบเทียบกับค่า Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI) เมื่อคำนวณที่น้ำหนักตัวเฉลี่ย 55.33 กิโลกรัม	24
ตารางที่ 2.7 การคำนวณหาปริมาณ โลหะหนักสารหนู ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม และทองแดง ในเกลือสินเธาว์เปรียบเทียบกับค่า Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI) เมื่อคำนวณที่น้ำหนัก 12 กิโลกรัม.....	23
ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจหาความเข้มข้นสารตะกั่วเริ่มต้นของตัวอย่างดิน แกลบขาว และแกลบดำ.....	31
ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจหาความเข้มข้นสารตะกั่วหลังใช้สารดูดซับด้วยการทดลองที่ 1 วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองระบบกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์.....	33
ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจหาความเข้มข้นสารตะกั่วหลังใช้สารดูดซับด้วยการทดลองที่ 2 วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองระบบการผลิตเกลือสินเธาว์โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการ.....	36

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างดินและน้ำบริเวณบ่อเป็นนาเกลือ เมื่อวันที่ 24 พฤศจิกายน 2554 ที่พบการปนเปื้อนสารหนู, สารตะกั่ว,ปรอท และทองแดง เกินเกณฑ์มาตรฐาน.....	6
ภาพที่ 2 แสดงแผนภาพองค์ประกอบของเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer.....	18
ภาพที่ 3 Schematic ภาพประกอบของกระบวนการดูดซับสำหรับ Cu (II) และ Pb (II) โดย RS / Fe ₃ O ₄ -NCs.....	22
ภาพที่ 4 จุดสุ่มเก็บตัวอย่างดินเกลือจำนวน 5 บริเวณ เพื่อเป็นตัวแทนดินบริเวณบ่อเป็นนาเกลือทั้งหมด	25
ภาพที่ 5 กราฟเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารตะกั่วในสารดูดซับที่เวลาต่างๆ โดยการดูดซับสารตะกั่วของสารดูดซับในแต่ละเวลา มีความสามารถลดปริมาณสารตะกั่วอย่างไม่มีนัยสำคัญ.....	34
ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างสารดูดซับแคลเซียม และแคลเซียม มีความสามารถในการดูดซับอย่างมีนัยสำคัญ.....	34
ภาพที่ 7 กราฟเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารตะกั่วในสารดูดซับที่เวลาต่างๆ โดยการดูดซับสารตะกั่วของสารดูดซับในแต่ละเวลา มีความสามารถลดปริมาณสารตะกั่วอย่างไม่มีนัยสำคัญ.....	37
ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างสารดูดซับแคลเซียม และแคลเซียม มีความสามารถในการดูดซับอย่างมีนัยสำคัญ.....	37

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

จังหวัดอุบลราชธานีมีภูมิปัญญาที่ใช้ขุยดินผลิตเกลือสินเธาว์ใช้ในการอุปโภคและบริโภค ซึ่งมีการสืบทอดต่อกันมาจากรุ่นสู่รุ่น เกลือที่ได้จากการผลิตชาวบ้านนิยมนำมาบริโภค ถนอมอาหารต่างๆ เช่น ปลา ร้า เค็มบักนัด เป็นต้น และยังส่งขายในพื้นที่ใกล้เคียง บ่อเป็นนาเกลือเป็นนาเกลือที่ยังมีชาวนาเกลือใช้พื้นที่ประกอบอาชีพ ซึ่งมีพื้นที่ทั้งสิ้น 73 ไร่ 2 งาน มีชาวบ้านจากหลายหมู่บ้านเข้ามาจับจองพื้นที่ทำกินผลิตเกลือสินเธาว์ เกลือที่ได้ถือว่ามีคุณค่าทั้งในด้านภูมิปัญญาและวัฒนธรรมของชุมชน ทางสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 จังหวัดอุบลราชธานี ได้สังเกตเห็นว่ากระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์ควรเป็นมรดกที่อยู่คู่บ้านเมืองสืบทอดให้ลูกหลานได้เรียนรู้การกระบวนการผลิต เพื่อสามารถเป็นอีกอาชีพทางเลือกหนึ่ง หรือเรียนรู้และอนุรักษ์ถึงภูมิปัญญาชาวบ้าน เพราะในปัจจุบันผู้สืบทอดภูมิปัญญานี้ลดน้อยลง พร้อมทั้งการจัดการความปลอดภัยอาหาร ได้มีบทบาทเพิ่มมากขึ้น ในปัจจุบัน ทางสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 จังหวัดอุบลราชธานี ได้ตระหนักในการเฝ้าระวังคุณภาพมาตรฐานเกลือที่ผลิตจากดินก่อนที่จะส่งเสริมการเสริมไอโอดีนในเกลือ และจากการติดตามการเฝ้าระวังพบว่ามีโลหะหนักเกินมาตรฐานที่กำหนด โดยเฉพาะสารตะกั่ว สาธารณสุขจังหวัดอุบลราชธานีได้ตระหนักถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค เนื่องจากชาวอุบลราชธานี ส่วนใหญ่จะใช้เกลือที่ได้จากการผลิตมาประกอบอาหาร และถนอมอาหาร เช่น ปลา ร้า เค็มบักนัด เป็นต้น ต่อมาทางเจ้าหน้าที่สาธารณสุขจังหวัดได้นำเกลือไปตรวจวิเคราะห์หาโลหะหนัก พบการปนเปื้อนสารหนู, สารตะกั่ว, ปปรอท และทองแดง เกินเกณฑ์ 14, 12, 2 และ 9 ตัวอย่าง ตามลำดับ คิดเป็น 70%, 60%, 10% และ 45% ตามลำดับ ไม่มีตัวอย่างใดผ่านเกณฑ์โลหะหนัก ค่าเฉลี่ย (mean ± sd) ปริมาณสารหนู, สารตะกั่ว, ปปรอท, แคดเมียม และทองแดงที่ตรวจพบคือ 1.095 ± 1.438 , 3.338 ± 4.370 , 0.013 ± 0.020 , 0.041 ± 0.047 และ 43.933 ± 50.611 mg/kg ตามลำดับ (กาญจนา และพัฒนพร, 2557) ซึ่งโลหะหนักเหล่านี้มีความเป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์ พร้อมทั้งสามารถสะสมในร่างกายได้ ส่งผลทำให้สภาพร่างกายผิดปกติ สารตะกั่วเป็นสาเหตุทำให้ร่างกายผิดปกติในระบบประสาท ระบบทางเดินอาหาร ระบบทางเดินปัสสาวะ ระบบไต และระบบโลหิตเป็นพิษ ทั้งนี้ยังเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดมะเร็ง ซึ่งในชีวิตประจำวันมีโอกาสได้รับ โลหะหนักจากแหล่งอื่น เด็กและสตรีมีครรภ์ไม่ควรบริโภคเกลือสินเธาว์ สำหรับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกลือบริโภค (มอก. 2085 – 2544) ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 3051 (พ.ศ.2545) กำหนดสารปนเปื้อนที่มีอยู่ในเกลือบริโภค ต้องเป็นไปตามข้อกำหนด ซึ่งสารตะกั่วมีเกณฑ์กำหนดบริโภคไม่เกิน 2.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม วิธีทดสอบตาม ECSS/SC 313-1982

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(วิธีการทดสอบตาม Codex Alimentarius Requistos generals, 1982) ในการศึกษางานวิจัยนี้จะศึกษาเกี่ยวกับการหาวิธีการลดสารตะกั่วที่ปนเปื้อนอยู่ในดินเกลือ โดยใช้วิธีธรรมชาติหรือหาวัตถุดิบที่เหลือใช้จากการเกษตรมาช่วยลดปริมาณสารตะกั่วในขั้นตอนกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์ สารดูดซับชนิดที่หาง่าย และราคาถูก เช่น แกลบเผา ถ่าน ถ่านกัมมันต์ ขี้เถ้า คาโอลิน เบนโทไนท์ กาบมะพร้าว รัง ไหม เยื่อไม้ไผ่ และใยข้าวโพด จากการศึกษาข้อมูลพบว่าสารตะกั่วถูกดูดซับได้มากที่สุดในช่วง 30-70% โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก ทองแดง แคลเซียม สังกะสี อยู่ในช่วง 2-10% และ นิกเกิล โครเมียม แมงกานีส น้อยกว่า 1% เมื่อเทียบความสามารถในการดูดซับโลหะของวัสดุเรียงตามลำดับมากไปน้อยได้ดังนี้ ขี้เถ้า ถ่านกัมมันต์ เบนโทไนท์ ส่วนถ่าน แกลบ เยื่อไม้ไผ่ กาบ มะพร้าว และใยไหม มีความสามารถในการดูดซับโลหะใกล้เคียงกัน เมื่อกำจัดโลหะหนักผสมกันพบว่าวิธีการแบบต่อเนื่องมีประสิทธิภาพในการกำจัดได้ดีกว่าวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องประมาณ 5 เท่า แต่เมื่อนำวิธีทั้งสองมารวมกัน โดยใช้วัสดุขี้เถ้าได้ผลเหมาะสมที่สุด (ชินวัฒน์, 2554) จากการศึกษาการลดปริมาณสารตะกั่วจากน้ำเสียโรงงานผลิตแบตเตอรี่โดยใช้ขี้เถ้าแกลบค่าพบว่าประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารตะกั่วจะเกิดได้ดีที่พีเอชที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 3 ที่ความสูงของถ่านแกลบค่า 60 ซม. และอัตราการกรอง 0.4 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. โดยถ่านแกลบค่ามีอายุใช้งาน 8 ชม. และมีความสามารถในการลดปริมาณ สารตะกั่วโดยเฉลี่ยมากกว่า 99.85 % ส่วนผลการศึกษาเกี่ยวกับน้ำเสียจริงจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ที่มีความเข้มข้นของสารตะกั่ว 9.583 มก./ล. พบว่า พีเอชที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 4 โดยใช้ความสูงถ่านแกลบค่าอัตราการกรองที่เหมาะสมจากการทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์ คือที่ความสูงถ่านแกลบค่า 60 ซม. และอัตราการกรอง 0.4 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. พบว่า ถ่านแกลบค่าสามารถลดปริมาณสารตะกั่วให้ค่าสารตะกั่วอยู่ในมาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม ได้เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และพบว่าต้นทุนในการลดปริมาณสารตะกั่วจากน้ำเสียโรงงานผลิตแบตเตอรี่ประมาณ 4.39 บาทต่อปริมาณน้ำเสีย 1 ลิตร หรือเท่ากับ 458.39 บาทต่อปริมาณสารตะกั่วที่ถูกจำกัด 1 กรัม โดยใช้ถ่านแกลบค่า 38.61 กิโลกรัม (ถ่านแกลบค่า 1 กิโลกรัมสามารถลดปริมาณสารตะกั่วได้ 25.95 มิลลิกรัม) (นริศรา, 2545) จากข้อมูลข้างต้นจะพบว่าสารตะกั่วที่ปนเปื้อนในเกลือสินเธาว์มีปริมาณสูงกว่ามาตรฐาน และการศึกษาวัสดุดูดซับต่างๆ ที่เหลือใช้จากการเกษตร หาง่าย และราคาถูก งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้แกลบขาว และแกลบดำเป็นวัสดุในการลดสารตะกั่ว ซึ่งถ่านแกลบค่าสามารถลดปริมาณสารตะกั่วให้ค่าสารตะกั่วอยู่ในมาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม ได้เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และพบว่าต้นทุนในการลดปริมาณสารตะกั่วจากน้ำเสียโรงงานผลิตแบตเตอรี่ประมาณ 4.39 บาทต่อปริมาณน้ำเสีย 1 ลิตร หรือเท่ากับ 458.39 บาทต่อปริมาณสารตะกั่วที่ถูกจำกัด 1 กรัม โดยใช้ถ่านแกลบค่า 38.61 กิโลกรัม (ถ่านแกลบค่า 1 กิโลกรัมสามารถลดปริมาณสารตะกั่วได้ 25.95 มิลลิกรัม) (นริศรา, 2545) ทั้งนี้จากงานวิจัยนี้เป็น การทดลองหาวิธีลดปริมาณสารตะกั่วที่มีการตรวจพบว่ามีค่าสูงในสารตั้งต้นที่จะนำมาผลิตตามกระบวนการผลิตตามภูมิปัญญาชาวบ้านที่มีมาตั้งแต่บรรพบุรุษ เพื่อเป็นการเสริมสร้างความมั่นใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพที่สูงขึ้น ส่งเสริมให้ชาวนาเกลือได้มีผลผลิตที่มีมาตรฐานเพิ่มมากขึ้น เสริมความเชื่อมั่นต่อผู้บริโภค และลดการกระจายความเสี่ยงของผู้บริโภคตลอดห่วงโซ่ของการผลิต เนื่องจากทางผู้ผลิตมีการส่งกระจายผลิตภัณฑ์ออกขายภายในจังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดใกล้เคียง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาปริมาณสารตะกั่วในดินที่ใช้ในการผลิตเกลือสินเธาว์จากดินบริเวณจังหวัดอุบลราชธานี

1.2.2 ทวนสอบวิธีการปนเปื้อนสารตะกั่ว จากเกลือสินเธาว์ที่ได้จากดินบริเวณจังหวัดอุบลราชธานี

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาวิธีการปนเปื้อนสารตะกั่ว จากเกลือสินเธาว์ที่ได้จากดินบริเวณจังหวัดอุบลราชธานี โดยศึกษาปริมาณของสารตะกั่วในดินและกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์ แล้วศึกษาหาวิธีที่เหมาะสมในการลดการปนเปื้อนสารตะกั่ว ทางเลือกในการใช้วัสดุ อุปกรณ์ หรือวิธีการที่ง่ายที่หาได้จากการเกษตร เพื่อลดการปนเปื้อนสารตะกั่ว เพื่อเป็นทางเลือกในการลดความเสี่ยงให้แก่ผู้บริโภคเกลือสินเธาว์ที่ได้จากดินบริเวณจังหวัดอุบลราชธานี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงสารตะกั่วที่ปนเปื้อนอยู่ในดินที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเกลือสินเธาว์ที่จังหวัดอุบลราชธานี

1.4.2 ทราบวิธีทวนสอบที่เหมาะสมในการเลือกใช่วิธีการลดการปนเปื้อนของสารตะกั่วในการผลิตเกลือสินเธาว์ที่จังหวัดอุบลราชธานี

1.4.3 สามารถนำวิธีการใช้เกลือขาว และเกลือดำเป็นวัสดุดูดซับสารตะกั่วไปเผยแพร่และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับชาวนาเกลือในพื้นที่ได้ในอนาคต

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จังหวัดอุบลราชธานีมีนาเกลือขนาดใหญ่อยู่หลายพื้นที่ ในอดีตแต่ละพื้นที่ก็จะมีก็จะมีการขายได้จากการทำนาเกลือเป็นกอบเป็นกำจากการขายเกลือ ซึ่งจะมีชาวเขมร เดินทางมาซื้อเกลือเป็นประจำ โดยเกวียน ซึ่งนาเกลือขนาดใหญ่ ได้แก่ นาเกลือนาพิน-สะพือ ที่อำเภอตระการพืชผล นาเกลือหลวง ที่ตำบลบ้านไทย-บ้านกอก อำเภอเขื่องใน และนาเกลือใหญ่ ที่ตำบลสร้างถ่อ อำเภอยางชุมน้อย (ปัจจุบันเรียกนาเกลือ “บ่อเป็น”) หลังจากหน้าเก็บเกี่ยวผลผลิตจากการทำนาข้าว จะเป็นหน้าแล้ง (หน้าร้อน) ชาวนาเกลือจะผลิตเกลือทุกๆ ปี โดยใช้ระยะเวลา 2-3 เดือน ก่อนที่จะเข้าหน้าฝน ในหน้าฝนจะมีปริมาณน้ำมากและบริเวณนาเกลือบ่อเป็นจะมีลำธารเล็กๆ ไหลผ่าน เมื่อปริมาณน้ำเยอะทำให้น้ำล้นตลิ่ง เสริมกับปริมาณน้ำฝนที่มีอยู่บริเวณนาเกลือ ทำให้เกิดน้ำท่วมขัง ทำให้ชาวนาเกลือผลิตเกลือไม่ได้ เนื่องจากความเค็มของเกลือมีน้อย แต่เมื่ออากาศร้อนกลับมา น้ำระเหยหมดดินก็จะแห้งทำให้มีขุยดินที่มีปริมาณเกลือเยอะขึ้นมาในปัจจุบันนาเกลือได้มีปิดตัวลงเนื่องจากยุคสมัย การถ่ายทอดภูมิปัญญา และทางเลือกในการประกอบอาชีพมีเพิ่มมากยิ่งขึ้น ทำให้นาเกลือหลายพื้นที่ยกเลิกการผลิต แต่ที่นาเกลือบ่อเป็นทางกระทรวงสาธารณสุขจังหวัดเห็นถึงภูมิปัญญาวิถีชีวิตของชาวบ้านกำลังลดลงจึงรณรงค์ให้มีการสืบสาน หรือมีการอนุรักษ์การทำนาเกลือนี้สืบต่อไปถึงรุ่นลูกรุ่นหลาน จึงได้มีการจัดทัศนศึกษาแก่นักเรียนในช่วงฤดูการทำนาเกลือ และควบคุมการผลิตเกลือให้เข้าสู่มาตรฐาน

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่อง เกลือบริโภค (2554) กำหนดให้เกลือบริโภคเป็นอาหารกำหนดคุณภาพมาตรฐาน ในประกาศระบุเฉพาะปริมาณไอโอดีนที่ต้องมี คือ 20 - 40 มิลลิกรัมต่อเกลือบริโภคหนึ่งกิโลกรัม ไม่ได้กำหนดคุณสมบัติทางเคมีหรือปริมาณสารปนเปื้อนไว้ในประกาศ ให้ใช้ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529) เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนมาพิจารณาประกอบ ซึ่งเป็นประกาศที่ใช้กับอาหารทุกชนิดทุกประเภท ในขณะที่มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 2085-2544) ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 3051 (พ.ศ. 2545) มีการกำหนดปริมาณสารปนเปื้อนโลหะหนักในเกลือบริโภคไว้อย่างชัดเจน คือ สารหนู สารตะกั่ว ปรอท แคดเมียม และทองแดง ไม่ให้เกิน 0.5, 2.0, 0.1, 0.5 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 98 พบว่าไม่เท่ากัน (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบปริมาณสารปนเปื้อนโลหะหนัก 5 รายการในอาหาร ที่กำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 98 (พ.ศ. 2529) กับที่กำหนดในมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.2085-2544)

	รายการ	ประกาศ 98 ไม่เกิน (mg/kg)	มอก.เกลือบริโภค ไม่เกิน (mg/kg)
1	สารหนู Arsenic (As)	2.00	0.50
2	ตะกั่ว Lead (Pb)	1.00	2.00
3	ปรอท Mercury (Hg)	0.02	0.10
4	แคดเมียม Cadmium (Cd)	ไม่ระบุ	0.50
5	ทองแดง Copper (Cu)	20.0	2.00

ที่มา : มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 2085-2544)

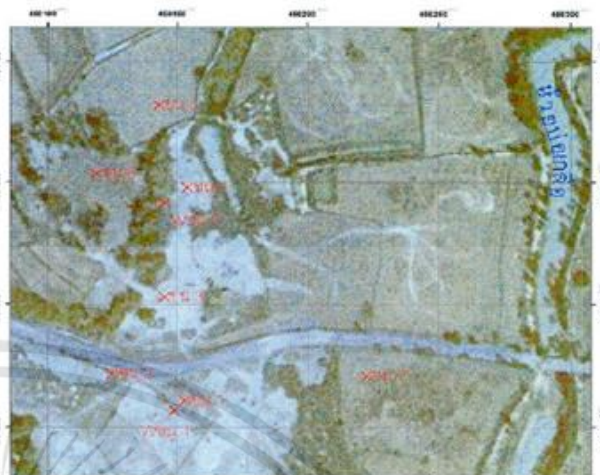
จากผลการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในเกลือสินเธาว์ที่ผลิตในจังหวัดอุบลราชธานี (ตารางที่ 2.2) พบการปนเปื้อนสารหนู สารตะกั่ว ปรอท และทองแดง เกินเกณฑ์ 14, 12, 2 และ 9 ตัวอย่าง ตามลำดับ คิดเป็น 70%, 60%, 10% และ 45% ตามลำดับ ไม่มีตัวอย่างใดผ่านเกณฑ์โลหะหนักค่าเฉลี่ย (mean \pm sd) ปริมาณสารหนู สารตะกั่ว ปรอท แคดเมียม และทองแดงที่ตรวจพบ คือ 1.095 ± 1.438 , 3.338 ± 4.370 , 0.013 ± 0.020 , 0.041 ± 0.047 และ 43.933 ± 50.611 mg/kg ตามลำดับ เกลือสินเธาว์ที่ผลิตในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบการปนเปื้อนสารหนู, สารตะกั่ว, ปรอท และทองแดง เกินเกณฑ์ 19, 17, 4 และ 1 ตัวอย่าง ตามลำดับ คิดเป็น 86.4%, 77.3%, 18.2% และ 4.5% ตามลำดับ ค่าเฉลี่ย (mean \pm sd) ปริมาณสารหนู สารตะกั่ว ปรอท แคดเมียม และทองแดงที่ตรวจพบ คือ 0.619 ± 0.135 , 5.937 ± 8.620 , 0.012 ± 0.031 , 0.040 ± 0.073 และ 0.199 ± 0.326 mg/kg ตามลำดับ ผลการประเมินความเสี่ยง ปริมาณโลหะหนัก สารหนู สารตะกั่ว ปรอท แคดเมียม และทองแดง ที่กลุ่มตัวอย่างได้รับจากการบริโภคเกลือสินเธาว์ต่อสัปดาห์ไม่เกินค่า PTWI คือ 18.02, 35.12, 0.95, 1.34 และ 18.79% ของ PTWI ตามลำดับ เมื่อคำนวณที่ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของประชากรกลุ่มตัวอย่าง 55.33 กิโลกรัม (กาญจนา และ พัฒนพร, 2558) โดยการสุ่มเก็บตัวอย่าง ในบริเวณพื้นที่บ่อเป็นนาเกลือ เมื่อวันที่ 24 พฤศจิกายน 2554 มีจุดเก็บดังภาพที่ 1

จุดเก็บตัวอย่างดิน-น้ำ-พืช ที่พบ
โลหะหนักในเกลือสินเธาว์
ต.สร้างถ่อ อ.เมืองไทย จ.อุบลราชธานี
ในพื้นที่ บ้านปลาลำ (บ้านธานี)

พิกัดเก็บตัวอย่าง		
ตัวอย่างดิน	x	y
ขน.1	450153	1704261 ฝักรามเกลือ
ขน.2	450125	1704272 ฝักรามเกลือ
ขน.3	450145	1704303 ดินในสวนเกลือ
ขน.4	450154	1704348 ฝักรามเกลือ
ขน.5	450143	1704382 ที่นาคอนบน
ขน.6	450119	1704354 ที่เนินไร่เกลือ
ขน.7	450223	1704271 ที่นาคอนล่าง

ตม.น้ำ		
ขน.1	450149	1704257 บ่อน้ำที่เขตเกลือ
ขน.2	450145	1704342 บ่อน้ำที่เขตดินเกลือ

ตม.พืช (ข้าว)		
ขน.5	450143	1704382 ที่นาคอนบน



ภาพที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างดินและน้ำบริเวณบ่อเป็นนาเกลือ เมื่อวันที่ 24 พฤศจิกายน 2554 ที่พบ
การปนเปื้อนสารหนู, สารตะกั่ว,ปรอท และทองแดง เกินเกณฑ์มาตรฐาน
ที่มา : กาญจนา และ พัฒนพร (2558)

ตารางที่ 2.2 ผลการตรวจค่าโลหะหนักในดินที่บ่อเป็นนาเกลือ บริเวณใกล้เคียง และแหล่งน้ำ เก็บ
ตัวอย่างโดยสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 อุบลราชธานี ตรวจโดยส่วนวิจัยสิ่งแวดล้อมดิน สำนัก
วิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน

ตัวอย่าง	สถานที่เก็บตัวอย่าง	โลหะหนัก (mg/kg)							pH	สภาพน้ำใต้ดิน
		สารหนู	แคดเมียม	ทองแดง	ตะกั่ว	เหล็ก	สังกะสี	ปรอท		
55005190	ดิน บานเกลือ อสม.หนอง	2.574	0.125	2.275	5.890					
55005191	ดิน ที่ดินข้าง ๆ อสม.หนอง ไม่ได้ทำนาเกลือ	2.291	0.125	4.400	4.750					
55005192	ดิน โขงของ ชาวประมง	1.905	0.075	1.650	4.825					
55005193	ดิน บานเกลือ ชาวประมง	2.130	0.075	2.150	4.225					
55005194	ดิน นาข้าว กำนันรณณ ไม่ได้ทำนาเกลือ	4.082	0.125	3.600	6.750					
55005195	ดิน ที่เนิน ใกล้กับนาข้าวกำนันรณณ ไม่ได้ทำนาเกลือ ทำสวนครัวเล็ก ๆ น้อย (ข้าว)	1.357	0.150	2.625	5.575					
55005196	ดิน นาข้าว ใกล้ห้วย ใกล้นาเกลือ	0.856	nd	1.025	4.125					
55005188	น้ำบ่อ บานเกลือ อสม.หนอง	nd	nd	nd	0.004	0.115	0.019	7.81	9.95	
55005189	น้ำบ่อ บานเกลือ ชาวประมง	nd	nd	nd	0.004	0.020	0.023	7.74	13.61	
55005187	รวงข้าว นาข้าว กำนันรณณ ไม่ได้ทำนาเกลือ	0.085	nd	1.550	0.050					

ที่มา : กาญจนา และ พัฒนพร (2558)

นำผลตรวจ โลหะหนักใน “ดิน” ที่สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 อุบลราชธานี เก็บตัวอย่าง
เปรียบเทียบกับ โลหะหนักใน “เกลือดิน” ที่ผลิตจากบริเวณใกล้เคียงกันซึ่งผลิตในช่วงต้นปี พ.ศ.
2555 เพื่อศึกษาสาเหตุ การปนเปื้อน (ตารางที่ 2.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบกับผลการตรวจโลหะหนักใน “ดิน” และ “เกลือสินเธาว์” ที่บ่อเป็นนาเกลือ ปี 2555

รายการตรวจ	ปริมาณที่ตรวจพบ (mg/kg)			
	ผลตรวจ “ดิน” บริเวณ บ่อเป็น 7 ตัวอย่าง		ผลตรวจ “เกลือดิน” บ่อเป็น 6 ตัวอย่าง	
	ช่วง (Range)	ค่าเฉลี่ย (mean ± sd)	ช่วง (Range)	ค่าเฉลี่ย (mean ± sd)
1 สารหนู Arsenic (As)	0.856 - 4.082	2.171 ± 1.024	0.487-0.528	0.502 ± 0.018
2 ตะกั่ว Lead (Pb)	4.125 - 6.750	5.157 ± 0.949	0.903-3.637	2.182 ± 0.972
3 แคดเมียม Cadmium (Cd)	0 - 0.150	0.096 ± 0.051	0.023-0.070	0.043 ± 0.022
4 ทองแดง Copper (Cu)	1.025 - 4.400	2.532 ± 1.147	Not detect	Not detect

ที่มา : กาญจนา และ พัฒนพร (2558)

2.1 เกลือสินเธาว์

การทำเกลือเกลือสินเธาว์ มีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จุดเริ่มต้นที่บริเวณอ่างเก็บน้ำหนองบ่อ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม โดยเริ่มทำเมื่อปี พ.ศ.2512 และมีการขยายตัวอย่างมาก ในระหว่างปี พ.ศ. 2514 – 2522 จนทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมในเรื่องการแพร่กระจายของดินเค็ม ทำให้พื้นที่เกษตรกรรมเสียหายเป็นจำนวนมาก นอกจากการขยายตัวภายในจังหวัดมหาสารคามแล้ว การทำเกลือเกลือสินเธาว์ยังขยายไปยังจังหวัดอื่น ๆ ทำให้ปัญหาสิ่งแวดล้อมรุกรามไปเป็นบริเวณกว้างเช่นกัน รวมทั้งมีการร้องเรียนจากผู้ที่ได้รับผลกระทบมากขึ้น (กองประสานการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ม.ป.ป.)

การแยกเกลือสินเธาว์ออกมาจากดิน เริ่มจากการ นำดินมาละลายน้ำ เกลือสินเธาว์จะแยกตัวออกมาจากดินได้ โดยการละลายในน้ำ เมื่อน้ำของเหลว (น้ำเกลือ) ที่ได้มารอง และต้มจนแห้งจะได้เกลือติดอยู่ที่ภาชนะ จัดเป็นกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากภูมิปัญญาประกอบด้วย

- 1) การละลาย (Solubility) คือ การทำให้ตัว ถูกละลายหนึ่งชนิดหรือมากกว่ากระจายตัว อยู่ในตัวทำละลาย และรวมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยสารที่มีปริมาณมากกว่าจัดเป็น ตัวทำละลาย (Solvent) ส่วนสารที่มีปริมาณน้อยกว่าจัดเป็น ตัวถูกละลาย (Solute)
- 2) การกรอง (Filtration) คือ การแยก สารผสมที่มีสถานะเป็นของแข็งออกจากของเหลว
- 3) การระเหย (Evaporation) หมายถึง การที่โมเลกุลของของเหลวบริเวณผิวหน้าหลุดออกไปเป็นแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4) การตกผลึก (Crystallization) คือ กระบวนการเกิดผลึกของแข็งจากสารละลาย (Solution) จาก ของเหลว (Melt) หรือ ไอ (Vapor) ทั้งนี้กระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญา ผลิตภัณฑ์อินทรีย์ที่มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ (1) กองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2538 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง การผลิตและการตลาดเกลือ ของประเทศไทย และ (2) เพชร สุพัตกุล (2544 : บทคัดย่อ) ศึกษาผลกระทบจากการผลิตเกลือสินเธาว์ : กรณีตำบลบ้านคาง อำเภอบ้านคาง จังหวัดอุดรธานีพบว่า การผลิตเกลือสินเธาว์ ได้มาจากการต้ม โดยนำดินมาละลายน้ำซึ่งมีโซเดียมคลอไรด์ เป็นองค์ประกอบ ถือเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ได้ใช้กระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์เพื่อการผลิตเกลือสินเธาว์ด้วยวิธีการแยกสาร และการผลิตเกลือยังมีผลกระทบ ในทางบวกคือคนมีรายได้ จากการประกอบอาชีพต้มเกลือและเป็นแรงงานรับจ้าง ทำให้ เศรษฐกิจในชุมชนขยายตัวได้ (วารสารชุมชนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, 2557)

การผลิตเกลือสินเธาว์ (ตามภาคผนวก ก)

การผลิตเกลือสินเธาว์จากอดีตจนถึงปัจจุบันอาศัยหลักการที่คล้ายกัน คือ ละลายเกลือด้วยน้ำให้เป็น น้ำ เกลือ ผ่านกรรมวิธีทำให้ระเหยหรือบริสุทธิ์ แล้วอาศัยความร้อนทำให้น้ำระเหยออกไป น้ำเกลือจึงเข้มข้น ขึ้น จนถึงจุดที่เกลือเกิดการตกผลึกออกมา การผลิตเกลือสินเธาว์แบบดั้งเดิมนี้เป็น ภูมิปัญญาท้องถิ่น ที่ชาวบ้าน สามารถผลิตเกลือด้วยกรรมวิธีที่เรียบง่ายและประยุกต์ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่รอบตัว เช่น การขุดหลุมสองหลุม การใช้มัดฟางข้าวและผ้ากระสอบเป็น ตัวกรอง แล้วต้มเกลือในหม้อดินเผาหรือกระทะ เป็น น้ด้น ซึ่งแสดงถึง อัจฉริยภาพของบรรพชน และในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องสูบน้ำ เกลือ เตาด้มเกลือทำให้สามารถผลิตเกลือ ได้ในปริมาณที่สูงขึ้นและได้มาตรฐานมากขึ้น พร้อมกบลดการใช้ทรัพยากรป ่าไม้ ได้แก่ การใช้แกลบแทนฟืน เป็น น้ด้น เนื่องจากเกลือสินเธาว์เป็น วัตุดิบต้นนี้ าค่อยลดให้กบอุตสาหกรรมอื่นๆ ดังนั้น ความต้องการเกลือสินเธาว์ จึงมีสูง และต้องการใช้ในปริมาณมาก ประกอบกับเกลือสินเธาว์ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเคมีต้องมีความบริสุทธิ์ สูง (อรภา และคณะ, 2561)

การผลิตเกลือสินเธาว์จากเกลือหินโดยทั่วไปใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ ใช้การละลาย การกรอง การระเหย และการตกผลึก หรือการละลายและการตกผลึก หรือการละลายและการตกผลึก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของเกลือที่เกิดขึ้นในแหล่งนั้นๆ

1. เกลือจากผิวดิน ทำได้โดยขุดคราบเกลือจากผิวดินมาละลายน้ำกรองเศษดินและกากตะกอนออก นำน้ำ เกลือ ไปเคี่ยวให้แห้งจะได้ผลึกเกลือ

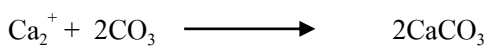
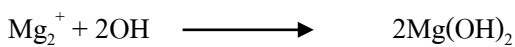
2. เกลือจากน้ำเกลือบาดาล น้ำเกลือบาดาลจะอยู่ลึกจากพื้นดินหลายระดับ อาจจะเป็น 5-10 เมตรหรือ 30 เมตรก็ได้ การผลิตทำได้โดยการขุดเจาะลง ไปถึงระดับน้ำเกลือบาดาลและสูบน้ำเกลือ ขึ้นมานำไปต้มหรือตากจะได้เกลือตกผลึกออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เกลือจากเกลือหิน มีลำดับขั้นตอนการผลิตดังนี้

3.1. อัดน้ำจืดลงไปละลายเกลือในชั้นหินเกลือ

3.2. นำสารละลายน้ำเกลือมาเติม NaOH และ Na_2CO_3 เพื่อกำจัด Mg_2^+ และ Ca_2^+ ดังสมการ



กรองแยก $\text{Mg}(\text{OH})_2$ และ CaCO_3 ออกนำสารละลายเกลือไปตกผลึกจะได้ NaCl เมื่อตกผลึกไปนานๆ NaCl ในสารละลายจะลดลงแต่ในสารละลายจะมี NaSO_4 และ Na_2CO_3 ละลายอยู่ เรียกสารละลายนี้ว่า “น้ำขม”

3.3. นำน้ำขมมากำจัดไอออนต่างๆออก โดยเติม CaCl_2 จะเกิด CaSO_4 และ CaCO_3 ดังสมการ



กรองแยกตะกอนออกนำสารละลายที่ได้ไปตกผลึก NaCl ได้อีก

ปัจจุบันมีการทำนาเกลือบาดาลกันมากบนเนื้อที่ประมาณ 12,000 ไร่ ได้แก่ บริเวณจังหวัดมหาสารคาม นครราชสีมา ร้อยเอ็ด สกลนคร ชัยภูมิ และจังหวัดหนองคาย (Eduzones Elibrary สารานุกรมฟรี, 2555)

เกลือเป็นสิ่งจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันทั่วไปของคนเราที่ต้องใช้วัตถุดิบจากเกลือ เช่น ผงซักฟอก สบู่ ยาสีฟัน กระจกยา น้ำยาทำความสะอาด สะอาด ยาฆ่าแมลง ยาปราบศัตรูพืช ฯลฯ ซึ่งจากงานวิจัยของสถาบันเกลือประมาณการใช้ประโยชน์จากเกลือได้ถึง 14,000 วิธี ประเทศที่ผลิตเกลือรายใหญ่ของโลกคือ สหรัฐอเมริกา จีน เยอรมัน อินเดีย และ แคนาดา (ตารางที่ 2.4) และจากรายงานการผลิตเกลือของทั่วโลกของสถาบันเกลือในปี พ. ศ. 2542 ประมาณ 209 ล้านตัน และปริมาณความต้องการเกลือของโลกมีแนวโน้มที่สูงขึ้น (ตารางที่ 2.4)

พื้นที่ภาคอีสานมีปริมาณเกลือสำรองจากการคำนวณของกองเศรษฐกิจธรณีวิทยา คาดว่ามีประมาณ 18 ล้านล้านตัน ซึ่งนับว่าเกลือของภาคอีสานเป็นแหล่งเกลือสำรองที่มีปริมาณมากมายนานาชาติถือเป็นทรัพยากรธรรมชาติอย่างหนึ่งของภาค ก่อให้เกิดอาชีพการทำเกลือสินเธาว์ และโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตเกลือในภาคอีสาน แม้พบว่าเกลือมีปริมาณมากมายแต่ปัจจุบันประเทศไทยผลิตเกลือขึ้นมาใช้เพื่อตอบสนองความต้องการภายในประเทศเท่านั้น ยังไม่มีรายงานการส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศ (มยุรี, 2543) และจากตัวเลขประมาณการผลิตเกลือหินในประเทศไทยประจำปี พ. ศ. 2542 มีปริมาณการผลิต 739,502 ตัน คิดเป็นมูลค่า 369.8 ล้านบาท (ตารางที่ 2.5) เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขของการผลิตเกลือในประเทศที่แสดงในตารางที่ 2.5 และการผลิตเกลือจากทั่วโลกที่แสดงในตารางที่ 2.4 ประเทศไทยยังมีการผลิตเกลือในปริมาณที่ต่ำ ขณะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณเกลือสำรองของประเทศมีเป็นจำนวนมาก และในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาจากปี 2538 ถึงปี 2542 มีตัวเลขของการนำเข้าเกลือหินมาใช้ในประเทศเพียง 78 ตัน คิดเป็นมูลค่ารวม 765,562 บาท โดยนำเข้าจากสหรัฐอเมริกา อินเดีย และเยอรมัน (มยุรี, 2543)

ตารางที่ 2.4 : ปริมาณการผลิตเกลือของโลก แสดงด้วยปริมาณล้านเมตริกตัน

ประเทศ	2538	2539	2540	2541	2542
อเมริกา	42.2	42.3	41.5	41.3	45.0
จีน	29.8	29.	30.5	30.8	28.1
เยอรมัน	15.2	15.9	15.8	15.7	15.7
อินเดีย	9.5	9.5	9.5	9.5	14.4
แคนาดา	10.6	12.2	13.3	13.3	12.5
ออสเตรเลีย	8.1	7.9	8.7	8.9	10.0
เม็กซิโก	7.7	8.5	7.9	8.4	8.5
ฝรั่งเศส	7.5	7.9	7.1	7.0	7.0
รวม	199.0	201.0	201.0	186.0	209.0

ที่มา : Salt Institute อ้างถึง U.S. Geological Survey Minerals Yearbook (1999)

ตารางที่ 2.5 : จำนวนผู้ผลิตเกลือสินเธาว์ที่ได้รับอนุญาตในภาคอีสาน

จังหวัด	จำนวนผู้ได้รับอนุญาต			รวม
	วิธีตาก	วิธีต้ม	วิธีตากและวิธีต้ม	
นครราชสีมา	27	15	1	43
มหาสารคาม	-	24	-	24
อุดรธานี	115	8	3	126
หนองคาย	3	6	-	9
สกลนคร	43	50	-	93
รวม	188	103	4	295

ที่มา : กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคที่ 5 จังหวัดขอนแก่น (2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สารตะกั่ว

เป็นธาตุที่มีอยู่ในธรรมชาติที่จัดอยู่ในหมู่ที่ IV ของตารางธาตุ มีเลขอะตอม 82 เลขมวล 207.19 จุดหลอมเหลว (melting point) 364 °C จุดเดือด (boiling point) 1,797 °C สารตะกั่วมีสมบัติทางกายภาพ และเคมีคล้ายดีบุก ทำให้บริสุทธิ์ได้ง่าย ทนต่อการผุกร่อนได้ดี ละลายน้ำได้น้อย ในธรรมชาติสารตะกั่วมีกำเนิดจากหินอัคนีและหินแปรมีประมาณ 10 – 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบในรูปของสารประกอบสารตะกั่วซัลไฟด์ สารตะกั่วซัลเฟต ตัวอย่างแร่ที่มีสารตะกั่วเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ แร่ galena ซึ่งเป็นซัลไฟด์ของสารตะกั่ว (PbS), cerussite (PbCO₃), anglesite (PbSO₄), minium (Pb₃O₄), wulfenite (PbMnO₄), crocite (PbCrO₄), ZnS และ pyrite เป็นต้น (เชิดศักดิ์, 2543) ในสิ่งแวดล้อมอยู่ใน 3 แหล่งใหญ่ คือ น้ำ ดิน และอากาศ ทั้ง 3 แหล่งนี้มีความสัมพันธ์กันสามารถเปลี่ยนแปลงส่งผ่านสารตะกั่วซึ่งกันและกันได้ ถ้าแหล่งใดแหล่งหนึ่งเกิดมลพิษของสารตะกั่วหรือโลหะหนักอื่น ๆ (ปรอท แคดเมียม ทองแดง สังกะสี โครเมียม เป็นต้น) ย่อมทำให้เกิดปัญหามลพิษของอีก 2 แหล่งได้

สารตะกั่วจัดเป็น โลหะหนักที่มีอันตรายต่อสุขภาพ เนื่องจากมีการนำสารตะกั่วมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายชนิด โดยเฉพาะการผลิตหมึกพิมพ์ การผลิตสีหลายประเภท การผลิตแบตเตอรี่ การผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ใช้เป็นส่วนผสมของขามาแมลง ในสีย้อมผม เป็นต้น ในประเทศที่พัฒนาแล้ว ปัญหาสารตะกั่วปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมลดลง เพราะเลิกใช้สารตะกั่วเป็นสารกันออกผสมในน้ำมันเบนซิน อย่างไรก็ตามยังคงมีปัญหาการได้รับสารตะกั่วจากสิ่งแวดล้อมในระดับต่ำที่ก่อให้เกิดพิษเรื้อรัง (chronic low exposure level of lead) อยู่รวมทั้งการได้รับพิษสารตะกั่วในเด็กที่ขาดการดูแลอย่างดีจากผู้ปกครองและผู้ใหญ่ที่ประกอบอาชีพ ในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้สารตะกั่ว ในคนสารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทางใหญ่ คือ ทางปาก ทางลมหายใจ และทางผิวหนัง เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกดูดซึมซึมเข้าสู่กระแสเลือด แตกต่างกันตามชนิดของสารประกอบสารตะกั่ว สารตะกั่วอินทรีย์จะละลายไขมันทำให้ดูดซึมซึมผ่านผิวหนังได้ดี ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์จับกับหมู่ไทออล หรือซัลไฮดริลของโปรตีนหรือเอนไซม์ เกิดความเสียหายต่ออวัยวะเป้าหมายและขับออกนอกร่างกายช้ากว่าสารตะกั่วอนินทรีย์ และเกิดเป็นพิษต่อระบบประสาทมากกว่าไต ขณะที่สารตะกั่วอนินทรีย์จะถูกดูดซึมซึมและขับออกนอกร่างกายเร็วจึงเป็นพิษต่อไตมากกว่าสมอง สารตะกั่วส่วนใหญ่จะพบในกระดูก และสะสมอยู่นานมากกว่า 20 ปี ที่เหลือพบสะสมในตับ สมองและไตซึ่งเปลี่ยนแปลงไม่สะสมนาน ในเลือดส่วนใหญ่จะพบว่าสารตะกั่วจะจับอยู่ในเม็ดเลือดแดง ส่วนที่เหลือจะอยู่ในพลาสมา ความเป็นพิษของสารตะกั่วที่พบคือ สารตะกั่วจะมีผลทำให้เม็ดเลือดแดงแตกง่ายและอายุสั้น โดยมีผลต่อการสร้างฮีโมโกลบินที่เป็นส่วนประกอบของฮีโมโกลบิน โดยยับยั้งเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการสร้างฮีโมโกลบินหลายขั้นตอน เนื่องจากฮีโมโกลบินเป็นสารพอร์พัยรินที่สังเคราะห์ขึ้นจากสารต้นกำเนิด 2 ชนิด คือ กรดอะมิโน ไกลซีน และ ซักซินิลโคเอ ดังนั้นพิษของสารตะกั่วทำให้เกิดโรคโลหิตจาง และภาวะพอร์พัยเรีย (พบการสะสมของสารตัวกลางของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างสิมเป็นพอร์พัยรินชนิดต่างๆ ในเนื้อเยื่อและปัสสาวะ) สารตะกั่วมีผลต่อการทำงานของไต ทำให้มีการทำลายของเซลล์บุท่อไตและถ้ามีระดับสารตะกั่วในเลือดสูงมากจะทำให้เกิดมะเร็งที่ไตหรือไตวายได้ สารตะกั่วยังมีผลต่อสมอง ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงระดับของ monoamine transmitter และเพิ่มเมตาบอลิท์ ทั้ง HVA และ VMA ในปัสสาวะ ทำให้มีความผิดปกติของระบบประสาทส่วนกลาง และส่วนปลายโดยพิษของสารตะกั่วต่อสมองในเด็กจะรุนแรงกว่าในผู้ใหญ่ เป็นต้น (ปิยะรัตน์, ม.ป.ป.)

สารตะกั่วเป็นธาตุที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมทั่วไป ปกติผู้ใหญ่จะรับประทานอาหารโดยมีสารตะกั่วปนเปื้อนอยู่ด้วยประมาณวันละ 150 ug อาหารเด็กอาจมีสารตะกั่วปนประมาณวันละ 100 ug และรับสารตะกั่วในน้ำดื่มประมาณ 100 ug ต่อวัน นอกจากนี้คนเรายังรับสารตะกั่วทางการหายใจ โดยทั่วไปอากาศอาจจะมีปริมาณสารตะกั่ว 1-2 ug/m³ ประมาณกันว่าถ้าปริมาณสารตะกั่วในอากาศ 1 ug/m³ จะทำให้สารตะกั่วในเลือดสูงขึ้น 1 ug/dl โดยสรุปคนหนึ่งอาจรับสารตะกั่วเข้าไปในร่างกายวันละ 0.1-2 mg ในจำนวนนี้ประมาณ 75% เข้าทางทางเดินอาหารและ 25% เข้าทางการหายใจ การดูดซับซึมสารตะกั่วไปทางเดินอาหาร ผู้ใหญ่จะดูดซับซึมเข้าไปในร่างกายประมาณ 10% ส่วนเด็กจะดูดซับซึมมากกว่าถึง 40% ดังนั้นเด็กที่รับประทานสารที่ปนเปื้อนสารตะกั่วทางปาก อาจจะมีอาการเป็นพิษมากกว่า ส่วนสารตะกั่วที่เข้าไปในทางเดินหายใจ ถ้าขนาดของผงฝุ่นที่มีสารตะกั่วยิ่งเล็กลงการดูดซับซึมก็ยิ่งมาก ผงฝุ่นสารตะกั่วที่เล็กกว่า 0.5 um ร่างกายสามารถดูดซับซึมได้ถึง 90% การกระจายของสารตะกั่วในร่างกาย เนื่องจากปกติสารตะกั่วที่เข้าสู่ร่างกายจะถูกกำจัดออกไปช้าๆ ผลทำให้สารตะกั่วมีการสะสมขึ้น ในคนทั่วไปสารตะกั่วอาจจะสะสมในร่างกายประมาณ 200 mg ส่วนในคนงานที่ทำงานเกี่ยวกับสารตะกั่วอาจจะสะสมถึง 500 mg สำหรับการกระจายตัวของสารตะกั่วในร่างกายจะกระจายแบบ 3 compartments กล่าวคือสารตะกั่วส่วนหนึ่งจะไปอยู่ในเลือดซึ่ง 95% จะจับกับ RBC ปริมาณที่อยู่ในเลือด 2 mg และมีค่า half-life 35 วัน อีกส่วนหนึ่งจะกระจายไปที่ soft tissue ของร่างกายเช่น ตับ ไต ระบบประสาท ปริมาณของสารตะกั่วที่สะสมในส่วนนี้ยังไม่ทราบแน่นอน อาจจะมีประมาณ 0.6 mg แต่ในบางการศึกษาเชื่อว่ามีมากถึง 10% ของสารตะกั่วที่สะสมในร่างกาย สารตะกั่วในส่วนนี้มี half-life ประมาณ 40 วัน สารตะกั่วส่วนใหญ่ที่สุดที่สะสมในร่างกายคือในกระดูกมีประมาณ 200 mg บางรายงานเชื่อว่ามีประมาณ 90% ค่า half-life ของสารตะกั่วในกระดูกประมาณ 20-30 ปี การขจัดสารตะกั่วในร่างกายส่วนใหญ่ประมาณ 75% จะถูกขับออกทางไต คือ 36 ug/วัน อีก 25% หรือ 12 ug/วัน จะถูกขับออกทาง น้ำดี ผม เหงื่อ และเล็บ (คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล,ม.ป.ป.)

จากข้อมูล www.honestdocs.com เมื่อวันที่ 23 ม.ค. 2019 แจ้งว่า เมื่อสารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายจะกระจายไปยังเนื้อเยื่อของอวัยวะส่วนต่างๆ (ค่าครึ่งชีวิต 40 วัน) เช่น สมอง หัวใจ ปอด ตับ ม้าม ไชกระดูก เส้นผม เป็นต้น หลังจากนั้นจะสะสมที่กระดูกและฟันเกือบทั้งหมด (ค่าครึ่งชีวิต 10-20 ปี) มีเพียงเล็กน้อยที่อยู่ในกระแสเลือด โดยเฉพาะเม็ดเลือดแดง (ค่าครึ่งชีวิต 30-40 วัน) แล้วจะจับ

ออกทางไตและทางอุจจาระ เหนือ หากขับออกได้ช้าจะมีการ สะสมและเกิดพิษ โดยเฉพาะเมื่อ ร่างกายมีภาวะขาดสมดุลกรด-ด่าง สารตะกั่วที่สะสมอยู่ในกระดูกจะเข้าสู่หลอดเลือดและกระจาย ไปตามเนื้อเยื่ออ่อนทำให้เกิดอาการพิษมากขึ้น สารตะกั่วจะขัดขวางการสร้างฮีโมโกลบินในเม็ด เลือดแดง ขัดขวางเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างฮีโมโกลบิน โดยขัดขวางการจับตัวระหว่างเหล็ก (Fe⁺) กับ โปรโตพอร์ไฟริน (Protoporphyrin) ทำให้ระดับของฮีโมโกลบินและฮีมาตอลิตลดลง ส่งผลกระทบต่อการ สร้างเม็ดเลือด และ protoporphyrin จะจับกับสังกะสี (Zn) เป็น Zinc protoporphyrin (ZPP) นอกจากนี้พิษจากสารตะกั่วยังมีผลลดการส่งผ่านกระแสไฟฟ้าให้หัวใจ ทำให้หัวใจเต้นผิดจังหวะ และการไหลเวียนเลือดผิดปกติ ไตทำงานผิดปกติเกี่ยวกับการขับกรดยูริก สารตะกั่วสามารถผ่านไปยังสมองทาง Blood brain barrier ทำให้เกิดอาการทางระบบประสาทได้ และยังมีผลต่ออวัยวะ สืบพันธุ์และโครโมโซม

อาการที่เกิดจะมีอาการปวดท้องอย่างรุนแรงเป็นพักๆ (Colicky pain) คลื่นไส้ อาเจียน อาจ มีอาการมึนศีรษะ หอบเหนื่อย ความดันเลือดต่ำ สับสน ชัก และหมดสติ อาการที่เป็นแบบเรื้อรัง เช่น ชีด อ่อนเพลีย เมื่ออาหาร ลื่นลิ้น เหนื่อยล้า (Lead line) อาจมีอาการท้องผูก ท้องเสีย กลืน อุจจาระและปัสสาวะไม่ได้ ปวดบวมตามข้อจากกรดยูริกสูง ไม่มีความรู้สึกทางเพศ ประจำเดือน ผิดปกติ มึนงง แขนขาชา นอนไม่หลับ ผื่นร้าย อารมณ์ฉุนเฉียวง่าย ความจำไม่ดี หลงลืมง่าย สมอง อักเสบ อาจทำให้แท้งและก่อให้เกิดมะเร็งได้

การวินิจฉัยโรค จากประวัติมีสาเหตุจากอาชีพ สภาพแวดล้อม ที่อยู่อาศัย และแหล่งที่มา ของอาหารและน้ำดื่มใช้บริโภค ความเจ็บป่วยในระบบต่างๆ จากการตรวจร่างกาย เช่น การตรวจ สัญญาณชีพ ภาวะชีพ ตรวจภายในช่องปากพบเหงือกส่วนที่ใกล้ฟันมีสีดํา หัวใจเต้นผิดจังหวะ ถ้าใส่และระบบประสาททำงานผิดปกติ นอกจากนี้ตรวจหาระดับสารตะกั่วจากเลือด ปัสสาวะ และ กระดูก จะพบสารตะกั่วมีระดับสูง และควรตรวจหาค่าฮีโมโกลบิน ฮีมาโตคริต เพื่อดูภาวะชีพ ตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจเพื่อดูการทำงานของหัวใจ

การรักษาจะมีการให้ยาแคลเซียมอีดีทีเอ (Ca EDTA) 50 mg/kg/day หรือ ผู้ใหญ่ 1 gm ใน 5% D/W 500 ml/day เป็นเวลา 5 วัน หากมีอาการทางสมอง แพทย์จะให้ยาขับสารตะกั่วชนิด Dimercaprol (BAL) เสริม เพื่อให้ยาเข้าสู่สมองได้ดี หรือมีการให้ยา Succinyl ASIA หรือ 2,3 Dimercaptosuccinic acid (DMSA) หรือ Chemet 10 mg/kg ทุก 8 ชั่วโมง เป็นเวลา 14 วัน อาจมีการ สวนล้างด้วย Polyethyleneglycol ในชั่วโมงแรกหลังได้รับพิษจากสารตะกั่ว หรือมีการให้สารน้ำ ทางหลอดเลือดดำ หากมีอาการมาก ให้ Atropine 10% และ Calcium gluconate 10% ลดการบีบตัวของลำไส้ และลดอาการพิษ หากมีอาการชัก ให้ Phenobarbital และอาจจะแนะนำให้เปลี่ยนอาชีพ หรือย้ายที่ทำงาน หากมีระดับสารตะกั่วในเลือดมากกว่า 60 ไมโครกรัม/เดซิลิตร (Honestdoc ,2561)

2.3 วัสดุทางชีวภาพในการดูดซับโลหะหนัก

การศึกษาการใช้วัสดุชีวมวลเป็นวัสดุดูดซับโลหะหนักเริ่มต้น มาตั้งแต่ราวปี 1980 โดยเริ่มต้น พบว่าวัสดุชีวมวลที่มีชีวิตสามารถเก็บสะสมไอออนของโลหะหนักไว้ได้ด้วยกระบวนการเมตาบอลิซึม หลังจากนั้นก็พบว่าวัสดุชีวมวลที่ตายแล้วสามารถดูดซับไอออนของโลหะหนักได้ เช่นเดียวกัน ผ่านทางกลไกด้านฟิสิกส์-เคมีกระบวนการดูดซับไม่ได้ขึ้นอยู่กับชนิด หรือส่วนผสมทางเคมีของวัสดุชีวมวลเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านกายภาพ ภายนอกและคุณสมบัติทางเคมีของสารละลายโดยกลไกการดูดซับเกี่ยวข้องกับกระบวนการเหล่านี้ คือการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน (complexation) กระบวนการดูดซับทางกายภาพ (adsorption) การประสาน (coordination) การตกตะกอนสารอนินทรีย์ (inorganic microprecipitation) การคีเลชัน (chelation) และการแลกเปลี่ยนประจุ (ion-exchange) ซึ่งอาจเกิดขึ้นเพียงหนึ่งกลไก หรือเกิดจาก หลายกลไก ร่วมกัน วัสดุชีวมวลที่นิยม ใช้เป็นวัสดุดูดซับ ได้แก่แบคทีเรีย เชื้อรา ยีสต์ และสาหร่าย นอกจากนี้ ยังพบว่า วัสดุเหลือใช้ตามธรรมชาติและของเสียจากอุตสาหกรรมหรือของเสียจากการเกษตรก็สามารถใช้เป็นวัสดุดูดซับได้ เช่นเดียวกัน อาทิเช่น ขนสัตว์ฟางข้าว ไยมะพร้าว เปลือกไข่ ฯลฯ วัสดุดูดซับที่ดีควรมีคุณสมบัติ ดังนี้

สามารถดูดซับไอออนโลหะหนักออกจากสารละลายได้ในปริมาณสูง และรวดเร็ว มีความสามารถในการดูดซับไอออนโลหะหนักได้หลายชนิดไม่จำเพาะเจาะจงต่อ ไอออนโลหะหนักชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้น เพราะในน้ำที่ส่วนใหญ่มีไอออนโลหะหนักหลายชนิด ปะปนกันอยู่

สามารถแยกออกจากสารละลายได้ง่ายรวดเร็วและมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกระบวนการชะไอออนโลหะหนักออกจากวัสดุชีวมวลควรทำ ได้ง่าย และรวดเร็ว ส่วนสารเคมีที่ใช้ควรมีราคาถูกและหาได้ง่าย วัสดุชีวมวลที่ถูกชะไอออนโลหะหนักออกแล้ว ควรสามารถนำกลับมาใช้เป็นวัสดุดูดซับได้อีกหลายครั้ง (อภิชาติ, 2556)

2.3.1 แกลบ

จากข้อมูลการใช้แกลบในพืชเกษตร.คอม เว็บเพื่อพืชเกษตรไทย (2559) แจ้งว่า แกลบ ถือเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเปลือกซึ่งทำให้เกิดเศษของเปลือกข้าวออกมา มีลักษณะสีเหลืองทอง สีเหลืองอ่อน สีน้ำตาลแดงขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ข้าว

แกลบประกอบด้วยสารอินทรีย์ และซิลิกา ปริมาณสารอินทรีย์จะประกอบด้วยคาร์บอนประมาณ 51% ออกซิเจน 42% ส่วนที่เหลือจะเป็นไฮโดรเจน และไนโตรเจน ส่วนซิลิกาจะพบมากบริเวณผิวนอกของแกลบจึงทำให้แกลบมีความแข็งแรงสูงสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุขัดผิวได้

แคลบที่ได้จากการสีข้าวเปลือกจะมีประมาณร้อยละ 22-25 โดยน้ำหนักจากเมล็ดข้าวเปลือก ทำให้การสีข้าวเปลือกแต่ละครั้งจะเกิดแคลบจำนวนมาก ซึ่งปัจจุบันมีการนำแคลบมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในหลายด้านด้วยกัน ได้แก่

- เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในภาคครัวเรือน เช่น เชื้อเพลิงในเตาประหยัดพลังงาน เชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยแคลบ 1 กิโลกรัม สามารถให้พลังงานจากการเผาไหม้ได้สูงถึง 3,800 กิโลแคลอรี ซึ่งใกล้เคียงกับไม้ และถ่านไม้ที่ 4,000-5,000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม จึงสามารถนำมาทดแทนเชื้อเพลิงจากไม้ได้เป็นอย่างดี
- เป็นเชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม เช่น โรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าชีวมวล เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องจักรไอน้ำของโรงสีข้าว เชื้อเพลิงโรงงานเครื่องปั้นดินเผา โรงงานผลิตปูนซีเมนต์ เป็นต้น
- ใช้เป็นวัสดุขุดผิวทั้งในภาคครัวเรือน และอุตสาหกรรม
- ใช้ในการเผาถ่านเพื่อลด และควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมสำหรับการเผาถ่าน ป้องกันการลุกไหม้เป็นเปลวไฟ
- เป็นส่วนผสมของวัสดุก่อสร้าง เช่น อิฐบล็อก อิฐมอญ รวมถึงผสมดินเหนียวสำหรับงานก่อสร้าง
- ใช้ในการปรับปรุงดินในหลายด้าน อาทิ การปรับปรุงดินเค็ม การเพิ่มความร่วนซุยของดิน การเพิ่มอินทรีย์วัตถุ และแร่ธาตุอาหารในดิน เป็นต้น
- การใช้ประโยชน์ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ เช่น ใช้รองพื้นสำหรับฟาร์มไก่หรือสุกร
- ใช้ทำขบวนการเคลือบก้อนน้ำแข็งป้องกันน้ำแข็งละลาย

2.3.2 ถ่านแคลบ

จากข้อมูลการใช้แคลบในพืชเกษตร.คอม เว็บไซต์เพื่อเกษตรกรไทย (2559) แจ้งว่า ชี้ถ่านแคลบถือเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้ของแคลบมีลักษณะหลายสีขึ้นอยู่กับกระบวนการเผาแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

ชี้ถ่านแคลบเทา เป็นชี้ถ่านแคลบที่มีลักษณะสีเทา เนื้อชี้ถ่านแคลบแข็ง และคงรูปมากกว่าแคลบชนิดอื่น แต่จะแตกละเอียดหากได้รับแรงกดบีบ เป็นแคลบที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิไม่เกิน 600 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ขณะเผาไหม้จะไม่เกิดเปลวไฟ

ชี้ถ่านแคลบดำ เป็นชี้ถ่านแคลบที่มีลักษณะสีดำ เนื้อชี้ถ่านมีการคงรูปของแคลบบางส่วน เนื้อแคลบแข็งและเปราะกว่าแคลบสีเทา แต่จะแตกละเอียดหากได้รับแรงกดบีบ เป็นแคลบที่ได้จากการเผาอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิไม่เกิน 1200 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ โดยไม่เกิดเปลวไฟขณะเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซีเถ้าแกลบขาว เป็นซีเถ้าแกลบที่มีลักษณะสีขาว เนื้อซีเถ้าแกลบแตกหักเป็นผงขนาดเล็ก เป็นแกลบที่ได้จากการเผาอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิสูง ภายใต้สภาวะออกซิเจนที่มีเกินพอทำให้เกิด การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ โดยส่วนมากมักจะเกิดเปลวไฟขณะเผาไหม้หากเผาในที่โล่งที่มีอากาศ กระจายสู่พื้นผิวขณะเผาไหม้ที่เพียงพอ นอกจากการเผาที่อุณหภูมิสูงแล้วยังสามารถเผาได้จาก แกลบดำที่อุณหภูมิต่ำอย่างต่อเนื่องได้อีกวิธี แกลบชนิดนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์มากใน อุตสาหกรรมเนื่องจากองค์ประกอบส่วนมากจะเป็นซิลิกา

เมื่อแกลบเผาไหม้จะทำให้เกิดเถ้า 13-30 % ที่ประกอบด้วยซิลิกาไดออกไซด์ (SiO₂) ประมาณ 85-97 % ส่วนอื่นจะประกอบด้วยแร่ธาตุต่างๆ เช่น K₂O 2.3%, MgO 0.5%, Al₂O 0.4%, CaO 0.4%, Fe₂O₃ 0.2% และ Na₂O 0.1%

ประโยชน์ของซีเถ้าแกลบดำ

- นำมาเป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อช่วยเพิ่มความร่วนซุย เพิ่มแร่ธาตุ ดินอุ้มน้ำได้ดี รวมถึง นิยมนำมาเป็นวัสดุปลูกผสมกับดินสำหรับการปลูกพืชในกระถาง
- ใช้เป็นตัวดูดซับในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย บำบัดก๊าซพิษสำหรับดูดซับสารมลพิษ ต่างๆ หรือที่เรียกว่าถ่านกัมมันต์

ประโยชน์ของแกลบเทา

- นิยมนำมาเป็นวัสดุปรับปรุงดิน และผสมดินเป็นวัสดุปลูกสำหรับการปลูกพืชใน กระถาง

ประโยชน์ของแกลบขาว

- ใช้เป็นวัตถุดิบการผลิตซิลิกา
- ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแก้ว ผลิตภัณฑ์จากแก้ว
- ใช้เป็นส่วนผสมของอิฐก่อสร้าง เนื่องจากสามารถทนต่อความร้อนได้ดีมากกว่า 1000 องศาเซลเซียส
- ใช้เป็นส่วนผสมของการผลิตปูนซีเมนต์
- ใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน

ประโยชน์ของวิธีการเผาแกลบดำ

- จุดหลุมเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร สูง 50 ซม. ตามปริมาณ การเผา หรืออาจก่ออิฐขึ้นสูงล้อมรอบ
- ตั้งฐานก่อกองไฟตรงกลางจนไฟลุกไหม้เป็นถ่านแดง
- นำถ่านน้ำมันเจาที่ไม้ใช้แล้วหรือท่อโลหะวางครอบกองไฟ
- นำแกลบเทกองรอบถึงหรือท่อโลหะที่ครอบกองไฟให้ท่วมสูงตามระดับของบ่อ
- หลังจากปฏิบัติตามวิธีข้างต้น แกลบจะเริ่มเผาไหม้อย่างช้าโดยไม่ลุกเป็นเปลวไฟจน แกลบบริเวณด้านนอกมีลักษณะไหม้ดำทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำการเกลี่ย และฉีดพรมด้วยน้ำจืดดับสนิท และเคลือบเย็นตัว

2.4 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างเกลือ

การกำหนดปริมาณสารตะกั่ว ตามวิธีการ EuSalt / AS 013-2005 "การกำหนดปริมาณสารตะกั่วรวม วิธีการอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรมิเตอร์" ("Determination of total lead content flame atomic absorption spectrometric method".) อีกทางเลือกหนึ่งคือ EuSalt / AS 015-2007 การตรวจวัดความยาวคลื่นที่อะตอมคายพลังงานออกมาในรูปแบบแสง (ICP-OES) ("Determination of Elements Emission Spectrometric Method (ICP-OES)) (CODEX STAN 150-1985, 2013)

2.4.1 การวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำเสียโดยใช้เครื่อง AAS

การวิเคราะห์หาปริมาณ โลหะหนักในน้ำเสียโดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrometer) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถทำได้ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์ ที่ได้รับความนิยมมากวิธีหนึ่ง เพราะเป็นเทคนิคที่สะดวก รวดเร็ว มีความเที่ยงความแม่นยำ มีสภาพไวสูง และเป็นเทคนิคที่เฉพาะดีมาก สามารถวิเคราะห์หาปริมาณธาตุโลหะหนักที่มีจำนวนน้อยๆ ในน้ำเสียได้ และไม่ต้องผ่านกรรมวิธีหลายขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างน้ำก่อนการวิเคราะห์ประกอบกับค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ไม่สูงมากนัก ดังนั้นห้องปฏิบัติการวิเคราะห์โดยทั่วไปมักนิยมใช้เทคนิคนี้กันมาก ความสามารถของเทคนิคนี้สูงมาก เพราะสามารถใช้วิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ได้ถึง 67 ธาตุ ทำให้การใช้งานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

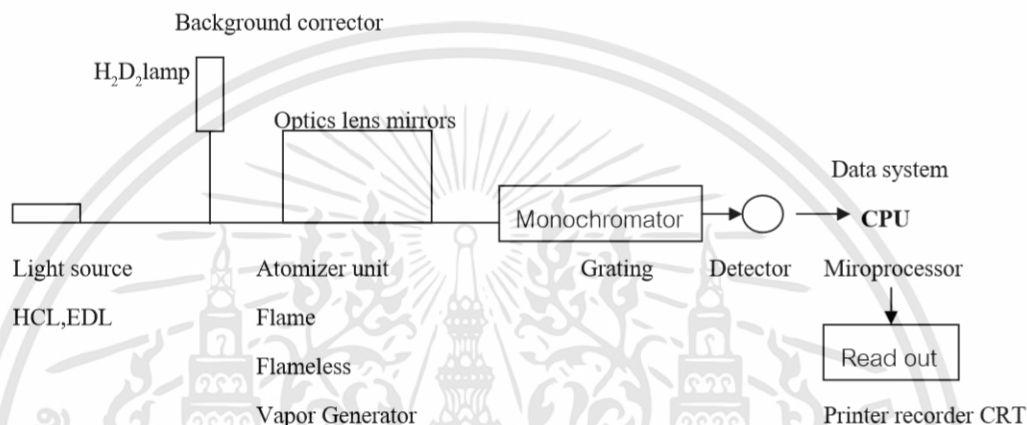
เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุนั้นสามารถทำได้หลายวิธี คือ

- ใช้ Flame Atomization Technique เทคนิคนี้ใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างแตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟ (flame) ที่เหมาะสม
- ใช้ Flameless Technique หรือ Non-flame Atomization Technique เทคนิคนี้ใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างสลายตัวเป็นอะตอมได้ด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (electrothermal atomizer หรือ graphite furnace) โดยสามารถโปรแกรมให้อุณหภูมิของการเผามีค่าต่างๆ กัน และใช้เวลาต่าง ๆ กันได้
- ใช้ Hydride Generation Technique เนื่องจากมีธาตุบางชนิดจะเปลี่ยนให้เป็นอะตอมโดยตรงด้วยเทคนิค 1 และ 2 ไม่ได้จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันการรวมตัวกับออกซิเจนของธาตุเหล่านี้ ดังนั้น จึงต้องใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านี้กลายเป็นไอได้ง่ายๆ ที่อุณหภูมิห้องด้วยการรีดิวซ์ให้เป็นไฮไดรด์ แล้วให้ไฮไดรด์นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮโดรเจน ความร้อนจากเปลวไฟไฮโดรเจนทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมเสรีได้ เทคนิคนี้ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ As, Se, Te, Ge, Bi, Sb

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใช้ Cold Vapor Generation Technique สำหรับเทคนิคนี้เหมาะที่จะใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนให้เป็นไอได้ง่ายๆ ซึ่งได้แก่ การวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณน้อย โดยเฉพาะ

เพื่อความเข้าใจถึงขั้นตอนของเทคนิคการวิเคราะห์ทาง AAS ตลอดทั้งหน้าที่ของส่วนต่างๆ ของเครื่อง AAS โดยจะอธิบายพอสังเขป ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2 แสดงแผนภาพองค์ประกอบของเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer
ที่มา : ชนัญชิตา (ม.ป.ป.)

2.5 ผลการศึกษาการใช้วัสดุทางชีวภาพในการดูดซับโลหะหนัก

2.5.1 ทำการศึกษาการดูดซับโลหะหนักบางชนิดด้วยวัสดุธรรมชาติ

ชนิดที่หาง่าย และราคาถูก เช่น แกลบเผา ถ่าน ถ่านกัมมันต์ ขี้เถ้า คาโอลิน เบนโทไนท์ กาบมะพร้าว รั้ว ไหม เยื่อไม้ไผ่ และใยข้าวโพด พบว่าสารตะกั่วถูกดูดซับได้มากที่สุดในวัสดุเกือบทุกชนิด โดยมีค่าการ นำอยู่ในช่วง 30-70% โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก ทองแดง แคลเดียม สังกะสี อยู่ใน ช่วง 2-10% และ นิกเกิล โครเมียม แมงกานีส น้อยกว่า 1% เมื่อเทียบความสามารถในการดูดซับโลหะของวัสดุเรียง ตามลำดับมากไปน้อยได้ดังนี้ ขี้เถ้า ถ่านกัมมันต์ เบนโทไนท์ ส่วนถ่าน แกลบ เยื่อไม้ไผ่ กาบ มะพร้าว และใยไหม มีความสามารถในการดูดซับ โลหะใกล้เคียงกัน เมื่อกำจัดโลหะหนักผสมกัน พบว่าวิธีการแบบต่อเนื่องมีประสิทธิภาพในการกำจัดได้ดีกว่าวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง ประมาณ 5 เท่า แต่เมื่อนำวิธีทั้งสองมารวมกัน โดยใช้วัสดุขี้เถ้าได้ผลเหมาะสมที่สุด (ชินวัฒน์, 2554)

2.5.2 ศึกษาการดูดซับสารตะกั่วด้วยแกลบ

การดูดซับสารตะกั่วของแกลบดำ แกลบที่ผ่านการต้มด้วยไฮโดรคลอริก ซิลิกาจากแกลบ และ ซิลิกาเชิงการค้า โดยวิธีการดูดซับแบบคอลัมน์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร จากผลการทดลองพบว่าซิลิกาจากแกลบสามารถดูดซับสารตะกั่วได้ดีที่สุด คิดเป็น 99.85 % หรือ ดูดซับได้ถึง 31.153 ppm จากความเข้มข้นของสารตะกั่วทั้งหมด 31.2 ppm (กัณทิมา และคณะ 2555)

2.5.3 ความสามารถ modified multi-stage bubble column reactor สำหรับสารตะกั่วและการลดความต้องการการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโดยใช้แกลบ

การปล่อยน้ำเสียออกสู่สิ่งแวดล้อมเป็นเรื่องที่น่าเป็นห่วงทั่วโลก ซึ่งการดูดซับเป็นหนึ่งในเทคนิคที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการบำบัดน้ำเสีย งานวิจัยนี้ใช้แกลบเป็นตัวดูดซับสารกัมมันตภาพรังสีในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการออกแบบ modified multi-stage bubble column reactor (MMBCR) สามขั้นตอน เพื่อลดปริมาณสารตะกั่วและความต้องการการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์จากน้ำเสียโดยแกลบการดูดซับที่บริเวณพื้นผิว ซึ่ง multi-staging จะสำเร็จด้วยการใช้ hydrodynamically ทำให้เกิดฟองอย่างต่อเนื่อง การสลายตัวและการฟื้นฟู ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมทำให้ปริมาณสารตะกั่วสูงสุดและการลด BOD ที่ได้จากการใช้แกลบเป็น 77.15% และ 19.05% ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า modified multi-stage bubble column reactor (MMBCR) ประโยชน์ที่จะได้รับจากการกำจัดสารตะกั่วจากน้ำทิ้งและการกำจัด BOD แม้การกำจัดนี้จะเป็นประโยชน์และสามารถใช้ modified multi-stage bubble column reactor (MMBCR) บำบัดน้ำเสียก่อนที่จะนำน้ำเสียไปบำบัดทางชีวภาพ (Sahu et al, 2009)

2.5.4 การลดปริมาณสารตะกั่วจากน้ำเสียโรงงานผลิตแบตเตอรี่โดยใช้ชี้แกลบดำ

ผลการศึกษาเกี่ยวกับน้ำเสียสังเคราะห์พบว่า ประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารตะกั่วจะเกิดได้ดีที่พีเอชที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 3 ที่ความสูงของแกลบดำ 60 ซม. และอัตราการกรอง 0.4 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. โดยแกลบดำมีอายุใช้งาน 8 ชม. และมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารตะกั่วโดยเฉลี่ยมากกว่า 99.85 % ส่วนผลการศึกษาเกี่ยวกับน้ำเสียจริงจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ที่มีความเข้มข้นของสารตะกั่ว 9.583 มก./ล. พบว่า พีเอชที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 4 โดยใช้ความสูงแกลบดำอัตราการกรองที่เหมาะสมจากการทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์ คือที่ความสูงแกลบดำ 60 ซม. และอัตราการกรอง 0.4 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. พบว่า แกลบดำสามารถลดปริมาณสารตะกั่วให้ค่าสารตะกั่วอยู่ในมาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม ได้เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และพบว่าต้นทุนในการลดปริมาณสารตะกั่วจากน้ำเสียโรงงานผลิตแบตเตอรี่ประมาณ 4.39 บาทต่อปริมาณน้ำเสีย 1 ลิตร

หรือเท่ากับ 458.39 บาทต่อปริมาณสารตะกั่วที่ถูกจำกัด 1 กรัม โดยใช้ถ่านกัมมันต์ 38.61 กิโลกรัม (ถ่านกัมมันต์ 1 กิโลกรัมสามารถลดปริมาณสารตะกั่วได้ 25.95 มิลลิกรัม) (นริศรา, 2545)

2.5.5 การดูดซับสารตะกั่วและปรอทด้วยถ่านกัมมันต์

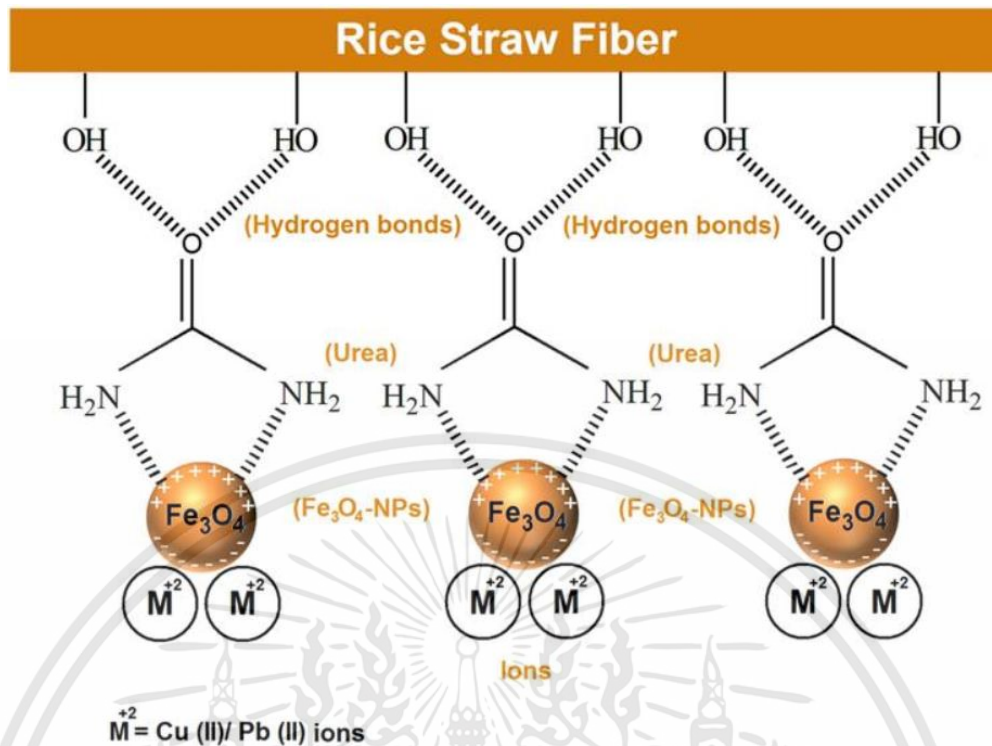
การศึกษานี้ใช้ถ่านกัมมันต์ซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรเป็นตัวดูดซับ สำหรับการดูดซับสารตะกั่วและปรอทจากน้ำ การศึกษานี้จะใช้ระยะเวลาสัมผัส, ความแรงของไอออน, ขนาดของอนุภาคและค่าความเป็นกรด – ด่างเป็นตัวกำหนด ถ่านกัมมันต์เป็นวัสดุดูดซับที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับไอออนสารตะกั่วและปรอท ใช้สมการ Bangham เพื่อแสดงกลไกในการดูดซับไอออนสารตะกั่วและปรอท โดยถ่านกัมมันต์ ความสามารถในการดูดซับและอัตราการดูดซับของไอออนสารตะกั่วสูงกว่าไอออนปรอทมากและเร็วกว่า เมื่อใช้อนุภาคถ่านกัมมันต์สูง pH ของสารละลายและความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไนเตรตลดลง ไอออนของสารตะกั่วและไอออนปรอทจะดูดซับบนถ่านกัมมันต์มากขึ้น ข้อมูลสมมูลที่ได้รับมีให้สอดคล้องกับทั้ง isomys คูดซับทั้ง Langmuir และ Freundlich (Feng et al, 2004)

2.5.6 การดูดซับไอออนสารตะกั่ว (II) ในถ่านกัมมันต์

การศึกษานี้เกี่ยวกับการดูดซับ Pb (II) จากสารละลายในถ่านกัมมันต์ ผลผลิตพลอยได้จากโรงงานข้าว ถ่านกัมมันต์เป็นของแข็งที่ได้จากการเผาถ่าน ซึ่งการศึกษานี้จะประเมินอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ เช่น pH ความเข้มข้นเริ่มต้น ปริมาณการดูดซับ เวลาสัมผัส และผลกระทบของอุณหภูมิ สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัด Pb (II) คือ pH 5 ปริมาณสารดูดซับ 5 กรัมต่อลิตรของสารละลายและเวลาสัมผัส 1 ชั่วโมง การดูดซับของ Pb (II) ตาม pseudo-second-order kinetics ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่สัมประสิทธิ์มีค่าอยู่ในลำดับ 10-10 ตารางเมตร/วินาที การดูดซับไอโซเทอมสมมูลอธิบายได้ดีด้วยแบบจำลองการดูดซับของ Freundlich ความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์สำหรับไอออน Pb (II) ในแง่ของการดูดซับสารอาหารเพียงอย่างเดียวคือ 91.74 มก./กรัม การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปี (ΔS_0) และเอนทัลปี (ΔH_0) อยู่ที่ประมาณ 0.132 kJ / (mol K) และ 28.923 kJ / mol ตามลำดับ ค่าความเป็นลบของพลังงานอิสระของ Gibbs (ΔG_0) บ่งชี้ถึงการดูดซับ Pb (II) ที่เป็นไปได้และธรรมชาติของถ่านกัมมันต์ ค่าพลังงานการดูดซับ (E) คำนวณด้วยไอโซเทอมของ Dubinin-Radushkevich มีค่า 9.901 kJ / mol แสดงให้เห็นว่ากระบวนการดูดซับนั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อหากระบวนการที่เหมาะสมในกระบวนการบำบัดน้ำเสียได้ (Kumar et al, 2009)

2.5.7 การดูดซับทองแดงและแร่สารตะกั่วด้วยฟางข้าว / Fe_3O_4 Nanocomposite: การเพิ่มประสิทธิภาพสมมูลไอโซเทอร์มอลและการศึกษาการดูดซับจลศาสตร์

จากการศึกษาพบว่า ยูเรียถูกดูดซับบนพื้นผิว RS ผ่านพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ OH ที่มีอยู่ใน RS และกลุ่มคาร์บอนิลที่มีอยู่ในยูเรีย เช่นเดียวกับยูเรียมี NH_2 สองกลุ่ม ที่มีขั้วลบ และผิวของ Fe_3O_4 อนุภาคนาโนเป็นประจุบวก ดังนั้นค่าที่แตกต่างกันเหล่านี้ที่เป็นลบและบวก จึงสามารถดึงดูดซับกันและกันได้ ในทางตรงกันข้ามการดูดซับไอออนด้วย RS / Fe_3O_4 -NCs เมื่อไอออนเข้าใกล้คอมโพสิตอนุภาคนาโนของ Fe_3O_4 ทำหน้าที่เป็นแม่เหล็กและเป็น โมฟ ไดรซ์ชั่วคราวและมีการเปลี่ยนแปลงประจุบวกกับผิวเป็นประจุลบ หมายความว่า จะมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคนาโนและไอออนของ Fe_3O_4 เนื่องจากไม่มีพันธะใหม่ในผลลัพธ์ของ FT-IR ดังนั้นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเป็นปฏิกิริยาทางกายภาพ ในการวิเคราะห์ BET พื้นที่ผิวและปริมาตรรูสำหรับ RS และ RS / Fe_3O_4 -NCs ไล่ในปริมาณ $2.45 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, $0.019 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$ และ $54.76 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, $0.23 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$ ตามลำดับ หลังจากเคลือบอนุภาคนาโนและการกระจายตัวที่เหมาะสมของอนุภาคนาโนทำให้พื้นที่ผิวมีเพิ่มมากขึ้น และขนาดของรูเช่นเดียวกับพื้นที่ที่สามารถใช้งานได้ที่มากกว่า อาจเป็นสาเหตุสำคัญสำหรับการกำจัดไอออนด้วย RS / Fe_3O_4 -NCs ที่สูงขึ้น เมื่อเทียบกับ RS การกระจายตัวของอนุภาคนาโนที่ดีขึ้นบนผิวของ RS จะทำให้สามารถดูดซับ Cu (II) และ Pb (II) ได้มากขึ้น นอกจากนี้ปฏิกิริยาของ NC กับไอออนแล้วอนุภาคนาโน Fe_3O_4 บนผิวของ RS ยังช่วยในการดูดซับ superparamagnetism เพื่อให้แน่ใจว่ามีการดูดซับที่เหมาะสมหลังการดูดซับ (Khandanlou et al, 2015)



ภาพที่ 3 Schematic ภาพประกอบของกระบวนการดูดซับสำหรับ Cu (II) และ Pb (II)

โดย RS / Fe₃O₄-NCs

ที่มา : Khandanlou et al (2015)

2.5.8 การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคเกลือสินเธาว์

โดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบ เฉพาะเจาะจงจาก 15 หลังคาเรือนที่ผลิตและบริโภคเกลือสินเธาว์รวม 52 คน ในตำบลเชิงใน อำเภอเชิงใน จังหวัด อุบลราชธานี วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย มัชฐาน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานนำไปคำนวณหาปริมาณ โลหะหนักสารหนู ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม และทองแดง ในเกลือสินเธาว์เปรียบเทียบกับค่า Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI) จากนั้นจัดเวทีประชุมทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องนำเสนอผลการประเมินความเสี่ยง ร่วมกันหาทางออก หาวิธีการแก้ไขปัญหาลงและจัดทำเป็นขกร่างการจัดการความเสี่ยง จากการ วิเคราะห์พบว่าปริมาณ โลหะหนักสารหนู สารตะกั่ว ปรอท แคดเมียม และทองแดง ไม่เกินค่า PTWI คือ 18.02 , 35.12,0.95,1.34 และ 18.79 % ของ PTWI ตามลำดับ เมื่อคำนวณที่ค่าเฉลี่ยนำหนักตัวของประชากรกลุ่มตัวอย่าง 55.33 กิโลกรัม ในชีวิตประจำวันมีโอกาสได้รับ โลหะหนักจาก แหล่งอื่น เด็กและสตรีมีครรภ์ไม่ควรบริโภคเกลือสินเธาว์บ่อเป็นนาเกลือมีพื้นที่ 73 ไร่ 2 งาน มี ชาวบ้าน จากหลายหมู่บ้านเข้ามาจับจองทำนาเกลือสืบทอดกันมานาน การผลิตเกลือสินเธาว์จึงมี คุณค่าทั้งในด้านภูมิปัญญาและ วัฒนธรรมของชุมชน การอนุรักษ์พื้นที่การดูแลการประกอบอาชีพ ที่ใช้สารเคมีรอบๆ นาเกลือ การค้นหาแหล่งที่มา ของโลหะหนัก การจัดพื้นที่การผลิต การปรับปรุง พัฒนากระบวนการผลิต การสุ่มตรวจการปนเปื้อนโลหะหนัก ในเกลือสินเธาว์และการเฝ้าระวัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านสุขภาพของชุมชน ข้อเสนอเหล่านี้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องเริ่มตระหนัก เป็นการเริ่มต้น ที่จะนำไปสู่ การจัดการความเสี่ยง และการสื่อสารความเสี่ยงต่อไป (พัฒนาพร และกาญจนา, 2558)

ตารางที่ 2.6 คำนวณหาปริมาณ โลหะหนักสารหนู ตะกั่วปรอท แคดเมียม และทองแดง ในเกลือ สินเชาว์เปรียบเทียบกับค่า Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI) เมื่อคำนวณที่น้ำหนักตัว เฉลี่ย 55.33 กิโลกรัม

	โลหะหนัก	Daily intake (mg/คน)	Weekly intake, WI (mg/คน)	Weekly intake, WI (mg/kg นน.ตัว)	PTWI (mg/kg นน. ตัว)	(WI/PTWI) x 100 %
1	สารหนู Arsenic (As)	0.0214	0.1495	0.0027	0.015	18.02
2	ตะกั่ว Lead (Pb)	0.0694	0.4858	0.0088	0.025	35.12
3	ปรอท Mercury (Hg)	0.00037	0.0026	0.000047	0.005	0.95
4	แคดเมียม Cadmium Cd)	0.00074	0.0052	0.000094	0.007	1.34
5	ทองแดง Copper (Cu)	0.5198		DI 0.0094	PMTDI 0.05 - 0.5	(DI/PMTDI) x 100 1.879 - 18.79

ที่มา : พัฒนาพร และกาญจนา (2558)

ตารางที่ 2.7 การคำนวณหาปริมาณ โลหะหนักสารหนู ตะกั่วปรอท แคดเมียม และทองแดง ในเกลือสินเชาว์เปรียบเทียบกับค่า Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI) เมื่อคำนวณที่น้ำหนัก 12 กิโลกรัม

	โลหะหนัก	Daily intake (mg/คน)	Weekly intake, WI (mg/คน)	Weekly intake, WI (mg/kg นน.ตัว)	PTWI (mg/kg นน. ตัว)	(WI/PTWI) x 100 %
1	สารหนู Arsenic (As)	0.0214	0.1495	0.0125	0.015	83.07
2	ตะกั่ว Lead (Pb)	0.0694	0.4858	0.0405	0.025	161.94
3	ปรอท Mercury (Hg)	0.00037	0.0026	0.0002	0.005	4.37
4	แคดเมียม Cadmium Cd)	0.00074	0.0052	0.0004	0.007	6.18
5	ทองแดง Copper (Cu)	0.5198		DI 0.043	PMTDI 0.05 - 0.5	(DI/PMTDI) x 100 8.664 - 86.64

ที่มา : กาญจนา และพัฒนาพร (2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการทดลอง

3.1 ตัวอย่างที่นำมาตรวจวิเคราะห์

3.1.1 ตัวอย่างดิน เก็บมาจากบ่อเป็นนาเกลือมีพื้นที่ทั้งสิ้น 73 ไร่ 2 งาน อ.เจียงใน จ.อุบลราชธานี (แหล่งเก็บตามภาพที่ 3)

3.1.2 ตัวอย่างแกลบ เก็บมาจากบ่อเป็นนาเกลือ อ.เจียงใน จ.อุบลราชธานี (แหล่งเก็บตามภาพที่ 3)

3.1.3 ตัวอย่างแกลบดำ เก็บมาจากบ่อเป็นนาเกลือ อ.เจียงใน จ.อุบลราชธานี (แหล่งเก็บตามภาพที่ 3)

3.2 สารเคมี

3.2.1 Nitric acid (HNO₃) AR Grade (RCI Labscan)

3.2.2 Pb standard for Atomic Absorption Spectrometer (AAS)

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.3.1 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Balance) (Mettler Toledo, Germany)

3.3.2 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (Heraeus, Germany)

3.3.3 ช้อนสแตนเลส (Stainless spoon) (หัวม้าลาย, ประเทศไทย)

3.3.4 หลอดทดลองขนาด (Test tube) ขนาด 16x150 ml

3.3.5 หลอดทดลองขนาด (Test tube) ขนาด 13x150 ml

3.3.6 ปีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50, 250, 500 และ 1,000 ml

3.3.7 กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 50, 100, 500 และ 1,000 ml

3.3.8 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 และ 500 ml

3.3.9 ปิเปต (Pipettes) ขนาด 1, 5, 10 และ 20 ml

3.3.10 เครื่องอะตอมมิคแอบซอร์พชัน สเปกโตรมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrometer) (Shimadzu AA-680)

3.3.11 ชุดกรอง Buchner funnel

3.3.12 ถาดสแตนเลส

3.3.13 ถังพลาสติกใส่น้ำขนาด 20 L

3.3.14 ตาข่ายไนลอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการสุขภิบาลอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร และห้องปฏิบัติการเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

เดือนมกราคม 2560 ถึง มิถุนายน 2561

3.6 วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาปริมาณสารตะกั่วในดินที่ใช้ในการผลิตเกลือสินเธาว์ และศึกษาวิธีการการปนเปื้อนสารตะกั่ว จากดินบริเวณจังหวัดอุบลราชธานี โดยนำตัวอย่างดิน และวัสดุดูดซับสารตะกั่ว (แกลบขาว และแกลบดำ) มาหาปริมาณความเข้มข้น สารตะกั่ว และหาปริมาณความเข้มข้นสารตะกั่วที่ผ่านกระบวนการดูดซับ (แกลบขาว และแกลบดำ) มีจุดเก็บตัวอย่างดินเกลือบริเวณผิวดิน ที่บ่อเป็นนาเกลือ อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี พื้นที่ 73 ไร่ 2 งาน เมื่อวันที่ 27 มิถุนายน 2560 ที่พบการปนเปื้อนสารตะกั่วเกินเกณฑ์มาตรฐาน



ภาพที่ 4 จุดสุ่มเก็บตัวอย่างดินเกลือ แกลบขาว แกลบดำ จำนวน 5 บริเวณ เพื่อเป็นตัวแทนดิน แกลบขาว แกลบดำ บริเวณบ่อเป็นนาเกลือทั้งหมด

การทดลองนี้ได้จำลองกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์ออกเป็น 2 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองรางกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์ วิธีที่ 2 วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์โดยใช้วัสดุอุปกรณ์

ภายในห้องปฏิบัติการ การเตรียมสาร การเตรียมตัวอย่าง และการวิเคราะห์ (ชินวัฒน์, 2554) มีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.6.1. การเตรียมสาร

3.6.1.1 เตรียมสารละลายกรดไนตริก (HNO_3)

เตรียมสารละลาย 0.01 M HNO_3 ปริมาตร 2,000 ml โดยคำนวณหาความเข้มข้นเริ่มต้นของกรดไนตริกจากสูตร $C=10\%D/MW$ (C คือค่าความเข้มข้น, D คือค่าความหนาแน่น, MW คือค่าน้ำหนักของมวลโมเลกุล) แทนค่า $\% = 65$, $D = 1.39 \text{ g/ml}$, MW ของไนตริก = 63.01 g/mol $C = 10(65)(1.39 \text{ g/ml}) / (63.01 \text{ g/mol}) = 14.1393 \text{ M}$ เพราะฉะนั้น C กรดไนตริก = 14.14 M จากนั้นหาความเข้มข้นสารละลาย 0.01 M จากสูตร $C_1V_1=C_2V_2$ (C_1 คือความเข้มข้นตั้งต้น (จะต้องทราบ), V_1 คือปริมาตรที่ต้องใช้ ของ ความเข้มข้นตั้งต้น, C_2 คือ ความเข้มข้นที่ต้องการเตรียม, V_2 คือ ปริมาตรทั้งหมดที่ต้องการเตรียม) แทนค่า $(14.14 \text{ M})V_1 = (1\text{M})(2,000\text{ml})$ จะได้ $V_1 = 141.45 \text{ ml}$ เพราะฉะนั้นต้องใช้กรดไนตริก 141.45 ml ในสารละลายปริมาตร 2,000 ml

3.6.1.2 เตรียมสารละลายมาตรฐาน

สารละลายมาตรฐานสารตะกั่วความเข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 50 ml นำ Pb standard for Atomic Absorption Spectrometer (AAS) 5 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 45 ml ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ml เตรียมสารละลายมาตรฐานจาก stock solution (50 ml) ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1, 3, 5, 7, 10 ppm ปิเปต โดยใช้ volume pipette จาก stock solution 0.1, 0.5, 1, 3, 5, 7, 10 ml ตามลำดับ ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 50 ml ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ml จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้นต่างๆ ตามลำดับ

3.6.1.3 เตรียมตัวอย่างดิน

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดินสำหรับหาผลของความเข้มข้นเริ่มต้น และความเข้มข้นหลังใช้สารดูดซับสารตะกั่ว โดยมีวิธีการเตรียมตัวอย่างดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำตัวอย่างดินที่สุ่มจากนาเกลือ มาอบในตู้ Hot Air Oven ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือจนกว่าดินจะแห้ง

ขั้นตอนที่ 2 นำดินที่อบเสร็จเรียบร้อยแล้วมาบดและร่อนผ่านตะแกรงไนลอน

ขั้นตอนที่ 3 ชั่งตัวอย่างดินใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml จำนวน 10 g และ 200 g ใส่ในบีกเกอร์ 500 ml แล้วปิดด้วยพาราฟิล์ม เพื่อไม่ให้สัมผัสกับความชื้นในอากาศ

3.6.1.4 เตรียมตัวอย่างแกลบขาว

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างแกลบขาวสำหรับหาผลของความเข้มข้นเริ่มต้น และความเข้มข้นหลังใช้สารดูดซับสารตะกั่ว โดยมีวิธีการเตรียมตัวอย่างดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำตัวอย่างแกลบขาวที่สุ่มจากชานาเกลื่อนำมาใช้ มาอบในตู้ Hot Air Oven ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือจนกว่าแกลบขาวจะแห้ง

ขั้นตอนที่ 2 ชั่งตัวอย่างแกลบขาวใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml จำนวน 10 g และ 100 g ใส่ในบีกเกอร์ 500 ml แล้วปิดด้วยพาราฟิล์ม เพื่อไม่ให้สัมผัสกับความชื้นในอากาศ

3.6.1.5 เตรียมตัวอย่างแกลบดำ

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างแกลบดำสำหรับหาผลของความเข้มข้นเริ่มต้น และความเข้มข้นหลังใช้สารดูดซับสารตะกั่ว โดยมีวิธีการเตรียมตัวอย่างดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำตัวอย่างแกลบดำที่สุ่มจากชานาเกลื่อนำมาใช้ มาอบในตู้ Hot Air Oven ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือจนกว่าแกลบดำจะแห้ง

ขั้นตอนที่ 2 ชั่งตัวอย่างแกลบดำใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml จำนวน 10 g และ 100 g ใส่ในบีกเกอร์ 500 ml แล้วปิดด้วยพาราฟิล์ม เพื่อไม่ให้สัมผัสกับความชื้นในอากาศ

3.6.2. วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่ว

3.6.2.1. วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์

เตรียมแบบจำลองกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์ในขั้นตอนการใช้สารดูดซับสารตะกั่ว โดยแบ่งการทดลองใช้สารดูดซับออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

- ชนิดที่ 1 ใช้แกลบขาวเป็นสารดูดซับสารตะกั่วในกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์

ขั้นตอนที่ 1 เทตัวอย่างแกลบขาวที่อบเตรียมไว้ลงในรางสูง 2 cm. (ขนาดราง 44 x 7 cm.) พร้อมเกลี่ยแกลบขาวให้เรียบเสมอกัน

ขั้นตอนที่ 2 เทตัวอย่างดินที่อบเตรียมไว้ลงไปทับแกลบขาวในรางสูง 2 cm. พร้อมเกลี่ยดินให้เรียบเสมอกัน

ขั้นตอนที่ 3 เทน้ำกลั่น 500 ml ลงไปในรางที่เตรียมดินและแกลบขาว ให้น้ำกลั่นละลายดินลงไปที่แกลบขาว เพื่อให้แกลบขาวดูดซับสารตะกั่วเป็นเวลา 0, 7, 15, 30, 45 และ 60 นาที ตามลำดับ แล้วเก็บตัวอย่างสารละลายใส่ในขวดรูปชมพู่ ปริมาตร 50 ml ขนาด 250 ml แล้วปิดด้วยพาราฟิล์ม

- ชนิดที่ 2 ใช้แกลบดำเป็นสารดูดซับสารตะกั่วในกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์

ขั้นตอนที่ 1 เทตัวอย่างเกลบดำที่อบเตรียมไว้ลงในรางสูง 2 cm. (ขนาดราง 44 x 7 cm.) พร้อมเกลี่ยเกลบดำให้เรียบเสมอกัน

ขั้นตอนที่ 2 เทตัวอย่างดินที่อบเตรียมไว้ลงไปทับเกลบดำในรางสูง 2 cm. พร้อมเกลี่ยดินให้เรียบเสมอกัน

ขั้นตอนที่ 3 เทน้ำกลั่น 500 ml ลงไปในรางที่เตรียมดินและเกลบดำ ให้น้ำกลั่นละลายดินลงไปที่เกลบดำ เพื่อให้เกลบดำดูดซับสารตะกั่วเป็นเวลา 0, 7, 15, 30, 45 และ 60 นาที ตามลำดับ แล้วเก็บตัวอย่างสารละลายใส่ในขวดรูปชมพู่ ปริมาตร 50 ml ขนาด 250 ml แล้วปิดด้วยพาราฟิล์ม

3.6.2.2. วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการ

เตรียมแบบจำลองกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์ในขั้นตอนการใช้สารดูดซับสารตะกั่ว โดยแบ่งการทดลองใช้สารดูดซับออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

- ชนิดที่ 1 ใช้เกลบขาวเป็นสารดูดซับสารตะกั่วในกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์

ขั้นตอนที่ 1 เทตัวอย่างเกลบขาวที่เตรียมไว้ลงในกรวยสก็ด พร้อมเกลี่ยเกลบขาวให้เรียบเสมอกัน

ขั้นตอนที่ 2 เทตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ลงไปทับเกลบขาว พร้อมเกลี่ยดินให้เรียบเสมอกัน

ขั้นตอนที่ 3 เทน้ำกลั่น 500 ml ลงไปในกรวยสก็ดที่เตรียมดินและเกลบขาว ให้น้ำกลั่นละลายดินลงไปที่เกลบ เพื่อให้เกลบขาวดูดซับสารตะกั่วเป็นเวลา 0, 7, 15, 30, 45 และ 60 นาที ตามลำดับ แล้วเก็บตัวอย่างสารละลายใส่ในขวดรูปชมพู่ ปริมาตร 100 ml ขนาด 250 ml แล้วปิดด้วยพาราฟิล์ม

- ชนิดที่ 2 ใช้เกลบดำเป็นสารดูดซับสารตะกั่วในกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์

ขั้นตอนที่ 1 เทตัวอย่างเกลบดำที่เตรียมไว้ลงในกรวยสก็ด พร้อมเกลี่ยเกลบดำให้เรียบเสมอกัน

ขั้นตอนที่ 2 เทตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ลงไปทับเกลบดำ พร้อมเกลี่ยดินให้เรียบเสมอกัน

ขั้นตอนที่ 3 เทน้ำกลั่น 500 ml ลงไปในกรวยสก็ดที่เตรียมดินและเกลบดำ ให้น้ำกลั่นละลายดินลงไปที่เกลบ เพื่อให้เกลบดำดูดซับสารตะกั่วเป็นเวลา 0, 7, 15, 30, 45 และ 60 นาที ตามลำดับ แล้วเก็บตัวอย่างสารละลายใส่ในขวดรูปชมพู่ ปริมาตร 100 ml ขนาด 250 ml แล้วปิดด้วยพาราฟิล์ม

3.6.3. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.6.3.1. การทำกราฟมาตรฐาน (Standard Curve)

เปิดเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrometer : AAS) รุ่น AAnalyst-200 ยี่ห้อ PerKinElmer พร้อมเซตระบบเครื่องเพื่อเริ่มการทำกราฟมาตรฐาน (Standard Curve) ตามที่แนะนำโดยชินวัฒน์ (2554) และวิเคราะห์ตัวอย่างเพื่อหาความเข้มข้นเริ่มต้น และความเข้มข้นหลังจากการดูดซับสารตะกั่ว

3.6.3.2. หาผลของความเข้มข้นของสารตะกั่วเริ่มต้น ในดิน แกลบขาว แกลบดำ และความเข้มข้นของสารตะกั่วหลังใช้สารดูดซับสารตะกั่ว

หลังจากทำกราฟมาตรฐาน (Standard Curve) แล้วนำตัวอย่างดิน แกลบขาว และแกลบดำ มาหาความเข้มข้นของสารตะกั่วเริ่มต้น ตามที่แนะนำโดยชินวัฒน์ (2554) ดังนี้

- ละลายตัวอย่างดิน 10 g ที่เตรียมไว้ด้วยสารละลาย 0.01 M HNO₃ ปริมาณ 90 ml แล้วทำการกรองด้วยชุดกรอง Buchner Funnel แล้วนำสารละลายที่ได้ใส่หลอดทดลอง ขนาด 16 x 50 ml ปิดด้วยพาราฟิล์ม

- ละลายตัวอย่างแกลบขาว 10 g ที่เตรียมไว้ด้วยสารละลาย 0.01 M HNO₃ ปริมาณ 90 ml แล้วทำการกรองด้วยชุดกรอง Buchner Funnel แล้วนำสารละลายที่ได้ใส่หลอดทดลอง ขนาด 16 x 50 ml ปิดด้วยพาราฟิล์ม

- ละลายตัวอย่างแกลบดำ 10 g ด้วย สารละลาย 0.01 M HNO₃ ปริมาณ 90 ml แล้วทำการกรองด้วยชุดกรอง Buchner Funnel แล้วนำสารละลายที่ได้ใส่หลอดทดลอง ขนาด 16 x 50 ml ปิดด้วยพาราฟิล์ม

นำตัวอย่างสารละลายที่ได้หลังผ่านสารดูดซับ มาหาความเข้มข้นสารตะกั่ว ดังนี้

- นำตัวอย่างสารละลายที่ได้จากวิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลอง กระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์ ปริมาตร 10 ml ละลายด้วย 0.01 HNO₃ ปริมาตร 90 ml ใส่บีกเกอร์ 250 ml แล้วนำสารละลายที่ได้ใส่หลอดทดลอง ขนาด 16 x 50 ml ปิดด้วยพาราฟิล์ม

- นำตัวอย่างสารละลายที่ได้จากวิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลอง กระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการ ปริมาตร 10 ml ละลายด้วย 0.01 HNO₃ ปริมาตร 90 ml ใส่บีกเกอร์ 250 ml แล้วนำสารละลายที่ได้ใส่หลอดทดลอง ขนาด 16 x 50 ml ปิดด้วยพาราฟิล์ม

นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ข้างต้นมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrometer : AAS) รุ่น AAnalyst-200 ยี่ห้อ PerKinElmer วิเคราะห์ 3 ซ้ำ หาผลของความเข้มข้นเริ่มต้น และความเข้มข้นหลังใช้สารดูดซับสารตะกั่ว แล้วบันทึกผล

3.6.6 การวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นที่ได้ทางสถิติ

สถิติในการทดลองเป็นสถิติที่ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกันข้อมูลที่รวบรวมได้อยู่ในระดับ อันตรภาคหรืออัตราส่วน ใช้สถิติการทดสอบค่า t มีชื่อเฉพาะว่า t -test for Independent Samples สถิติตัวนี้ใช้มากทั้งในการวิจัยเชิงเปรียบเทียบและการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งมี 2 กรณี (ชูศรี, 2541)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

4.1 ผลการหาความเข้มข้นเริ่มต้นของตัวอย่างดิน แกลบขาว และแกลบดำ

ผลการตรวจหาความเข้มข้นสารตะกั่วเริ่มต้นของตัวอย่างดิน แกลบขาว และแกลบดำ พบว่าในตัวอย่างดินมีประมาณสารตะกั่ว 10.836 ± 2.916 mg/kg แกลบขาว 5.719 ± 0.473 mg/kg และแกลบดำ 4.807 ± 0.369 mg/kg เมื่อเทียบความเข้มข้นของสารตะกั่วที่พบในดินเกลือปี พ.ศ. 2555 (กาญจนา และพัฒนพร, 2558) พบว่าดินเกลือปี 2560 มีความเข้มข้นเฉลี่ยของสารตะกั่วสูงกว่า แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางผลการตรวจหาความเข้มข้นสารตะกั่วเริ่มต้นของตัวอย่างดิน แกลบขาว และแกลบดำ และเปรียบเทียบความเข้มข้นที่ตรวจพบสารตะกั่วในปี 2555 และ ปี 2560

ลำดับ	ตัวอย่างการวิเคราะห์	ความเข้มข้นที่ตรวจพบของสารตะกั่ว (mg/kg) ปี 2560		
		ช่วง (Range)	ค่าเฉลี่ย (Mean \pm SD)	ค่าเฉลี่ย (Mean \pm SD)
				ความเข้มข้นที่ตรวจพบของสารตะกั่ว (mg/kg) ปี 2555 ที่มา : กาญจนา และพัฒนพร (2557)
1	ดินเกลือ	5.548 - 15.038	10.836 ± 2.916	5.157 ± 0.949
2	แกลบขาว	0.931 - 11.960	5.719 ± 0.473	-
3	แกลบดำ	0.162 - 8.626	4.807 ± 0.369	-

ผลความเข้มข้นของสารตะกั่วในดินที่เอามาใช้ผลิตเกลือมีแนวโน้มที่สูงขึ้นจาก 5.157 ± 0.949 mg/kg ในปี 2555 เป็น 10.836 ± 2.916 mg/kg ในปี พ.ศ. 2560 จากการสำรวจพื้นที่พบว่าบริเวณบ่อเป็นนาเกลือมีคลองผ่าน และบริเวณรอบข้างมีนาข้าวเป็นบริเวณกว้างรอบบริเวณนาเกลือ ช่วงหน้าฝนมีน้ำท่วมขังบริเวณนาเกลือ ทำให้โลหะหนักหรือสารพิษไหลมาสะสมบริเวณนี้ หมู่บ้านโดยรอบประกอบอาชีพเก็บของเก่าขาย และทำที่พักของเก่าเป็นโกดัง เช่น ถุงพลาสติก กระดาษลังหรือกระดาษเก่า เศษเหล็ก แบตเตอรี่ สายไฟ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เป็นต้น มีระบบการจัดเก็บไม่ถูกสุขลักษณะ และไม่ถูกวิธี อาจทำให้สารโลหะหนัก หรือสารพิษอื่นๆ รั่วไหล หรือถูกเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชะล้างด้วยฝนลงส่งแม่น้ำ ลำธาร และไหลไปสู่พื้นที่อื่นๆได้ต่อไป ในช่วงหน้าแล้งพื้นที่นาเกลือจะมีดอกเกลือขึ้นชวานาเกลือจะมาผลิตเกลือดินออกไว้ใช้ในครัวเรือนและขายในพื้นที่รอบๆ และภายในจังหวัดอุบลราชธานี ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้จึงตระหนักในความปลอดภัยของผู้บริโภค เนื่องจากมีแนวโน้มของสารตะกั่วที่สูงขึ้นและเกินค่ามาตรฐานของ มอก. เพื่อจัดการลดความเสี่ยงต่อผู้บริโภค งานวิจัยนี้ได้มีการทดลองนำแกลบขาว และแกลบดำมาใช้เป็นวัสดุดูดซับปริมาณสารตะกั่ว เนื่องจากแกลบขาวและแกลบดำตามที่ชินวัฒน์ (2554) เสนอแนะเนื่องจากเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย และราคาถูก ทั้งนี้ยังสามารถใช้ลดปริมาณสารตะกั่วตามกัมมา และคณะ (2555) ได้ศึกษาการดูดซับสารตะกั่วด้วยแกลบ และนริศรา (2545) ที่ใช้ลดปริมาณสารตะกั่วจากน้ำเสียโรงงานผลิตแบตเตอรี่ โดยใช้ขี้เถ้าแกลบดำได้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ทั้งได้ออกแบบการทดลอง มีการจำลองให้คล้ายกับของจริงที่ชวานาเกลือทำการผลิตเกลือ (แสดงตามภาคผนวก ก)

4.2 ผลการหาความเข้มข้นหลังใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองระบบการผลิตเกลือสินเธาว์

วิธีการทดลองใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองระบบการผลิตเกลือสินเธาว์ เป็นวิธีการจำลองสภาวะการผลิตเกลือจากเกลือดิน และจำลองขั้นตอนการใช้สารดูดซับเข้ามาช่วยในการลดสารตะกั่ว โดยนำแกลบขาว และแกลบดำมาทดลองดูดซับสารตะกั่วที่น้ำพาไหลผ่านจากดินสู่วัสดุดูดซับตามที่ชาวบ้านในแหล่งดังกล่าวนำมาใช้ในการลดปริมาณสารตะกั่วจากน้ำที่ละลายจากดิน จากตาราง 2.3 พบว่าจากการผลิตเกลือจากเกลือดินจะใช้แกลบขาว วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรมารองเพื่อให้ น้ำที่ละลายเกลือไหลผ่านลงมา ซึ่งผลการตรวจตัวอย่างดินมีปริมาณสารตะกั่วเข้มข้นเฉลี่ย 5.157 ± 0.949 mg/kg และเมื่อนำตัวอย่างเกลือไปตรวจพบว่ามีปริมาณความเข้มข้นของสารตะกั่วลดลงเป็น 2.182 ± 0.972 mg/kg (กาญจนา และ พัฒนพร, 2557) จากผลการทดลองจะสังเกตเห็นว่า เมื่อกระบวนการกรองผ่านแกลบขาว และแช่น้ำไว้ในระยะเวลา 4-5 ชั่วโมงก่อนที่จะปล่อยน้ำออกมาเพื่อเก็บไว้ทำการระเหยให้ได้เป็นเกลือ มีปริมาณสารตะกั่วจะลดลงจากปริมาณตั้งต้นคือดิน จากการศึกษาผลการทดลองโดยวิธีการที่เตรียมตามแบบชาวบ้านที่ปฏิบัติอยู่ (การจำลองระบบการผลิตเกลือจากเกลือดิน) ได้ค่าตามตารางที่ 4.2 โดยพบว่าหลังจากนำดินมาผ่านตัวดูดซับคือแกลบขาว และแกลบดำ ดินที่ผ่านกระบวนการดูดซับสารตะกั่วด้วยแกลบขาว และแกลบดำ มีค่าความเข้มข้นของสารตะกั่ว 0.196 ± 1.025 mg/kg, 0.320 ± 0.980 mg/kg ตามลำดับ จากสารตะกั่วตั้งต้น 10.836 ± 2.916 mg/kg โดยเวลาที่ใช้ในการดูดซับที่ดีที่สุดทั้งแกลบขาว และแกลบดำเท่ากับ 7 นาที และการดูดซับของการลดลงของสารตะกั่วคิดเป็น 98.19% และ 97.05% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับผลการทดลองของกัมมา และคณะ (2555) พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับสารตะกั่วของแกลบขาว และแกลบดำแบบปกติ จะสามารถลดปริมาณสารตะกั่วได้น้อยกว่า

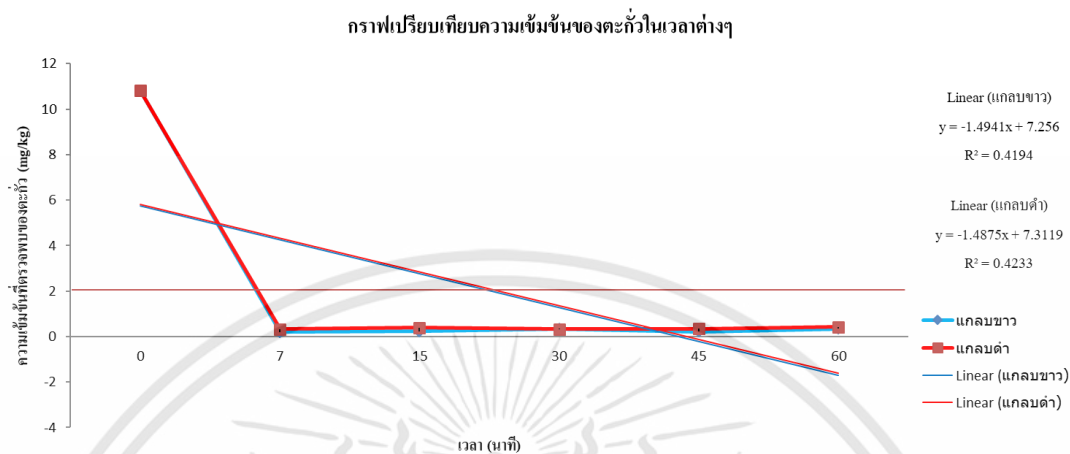
วิธีการนำเกลือดำที่ผ่านการต้มด้วยไฮโดรคลอริก ซิลิกาจากเกลือ และซิลิกาเชิงการค้า โดยวิธีการดูดซับแบบคอลัมน์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร จากผลการทดลองพบว่าซิลิกาจากเกลือสามารถดูดซับสารตะกั่วได้ดีที่สุด คิดเป็น 99.85 % หรือ ดูดซับได้ถึง 31.153 ppm จากความเข้มข้นของสารตะกั่วทั้งหมด 31.2 ppm

ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจหาความเข้มข้นสารตะกั่วหลังใช้สารดูดซับด้วยการทดลองที่ 1 วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองโรงกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์

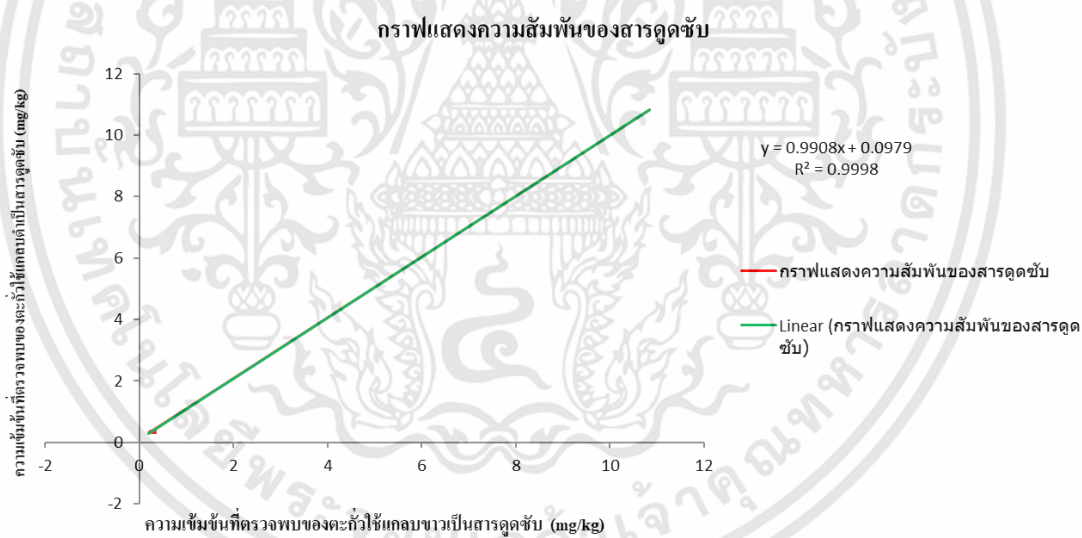
ลำดับ	ตัวอย่างการวิเคราะห์	ระยะเวลาในการดูดซับ (นาท)	ปริมาณความเข้มข้นที่ตรวจพบของสารตะกั่ว (mg/kg)		เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารตะกั่ว
			ช่วง (Range)	ค่าเฉลี่ย (Mean \pm SD)	
1	เกลือขาว	0	5.548 - 15.038	10.836 \pm 2.916	-
		7	0.102 - 0.345	0.196 \pm 1.025	98.19
		15	0.120 - 0.402	0.229 \pm 1.122	97.89
		30	0.176 - 0.433	0.338 \pm 0.992	96.89
		45	0.099 - 0.309	0.218 \pm 0.894	97.99
		60	0.222 - 0.479	0.342 \pm 1.167	96.84
2	เกลือดำ	0	5.548 - 15.038	10.836 \pm 2.916	-
		7	0.186 - 0.394	0.320 \pm 0.980	97.05
		15	0.286 - 0.397	0.383 \pm 0.394	96.46
		30	0.127 - 0.627	0.332 \pm 2.058	96.93
		45	0.148 - 0.456	0.345 \pm 1.252	96.82
		60	0.222 - 0.610	0.419 \pm 1.425	96.13

เมื่อนำผลการตรวจหาความเข้มข้นสารตะกั่วหลังใช้สารดูดซับด้วยการทดลองที่ 1 วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองโรงกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์เปรียบเทียบความเข้มข้นของสารตะกั่วในสารดูดซับที่เวลาต่างๆ โดยการดูดซับสารตะกั่วของสารดูดซับในแต่ละเวลามีความสามารถลดปริมาณสารตะกั่วอย่างไม่มีนัยสำคัญเกลือขาวและเกลือดำ (ภาพที่ 5) แต่ความสามารถในการดูดซับปริมาณสารตะกั่วมีความสัมพันธ์ระหว่างกันสารดูดซับ

แกลบขาว และแกลบดำ มีความสามารถในการดูดซับอย่างมีนัยสำคัญที่ $R^2 = 0.99995$ (ภาพที่ 6) ในนาที่ที่ 7, 15, 30, 45 และ 60 นาที



ภาพที่ 5 กราฟเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารตะกั่วในสารดูดซับที่เวลาต่างๆ



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างสารดูดซับแกลบขาว และแกลบดำ

จากผลการทดลองตามแบบการทดลองที่ 1 วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองระบบการผลิตเกลือสินเธาว์ พบว่าไม่สามารถควบคุมน้ำหนักรีดของตัวอย่างดินแกลบขาว และแกลบดำที่เอามาใช้ได้ การเรียงตัวกันของแกลบขาว แกลบดำ และดินที่ใช้ทดลองคู่ค่อนข้างแยกลำบาก จึงได้ออกแบบการทดลองที่ 2 วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วใน

แบบจำลองกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการเพื่อควบคุมอัตราส่วนที่ใช้ คุณลักษณะการไหลผ่านของน้ำได้ชัดเจนเพิ่มมากขึ้น (ตามหัวข้อ 4.3)

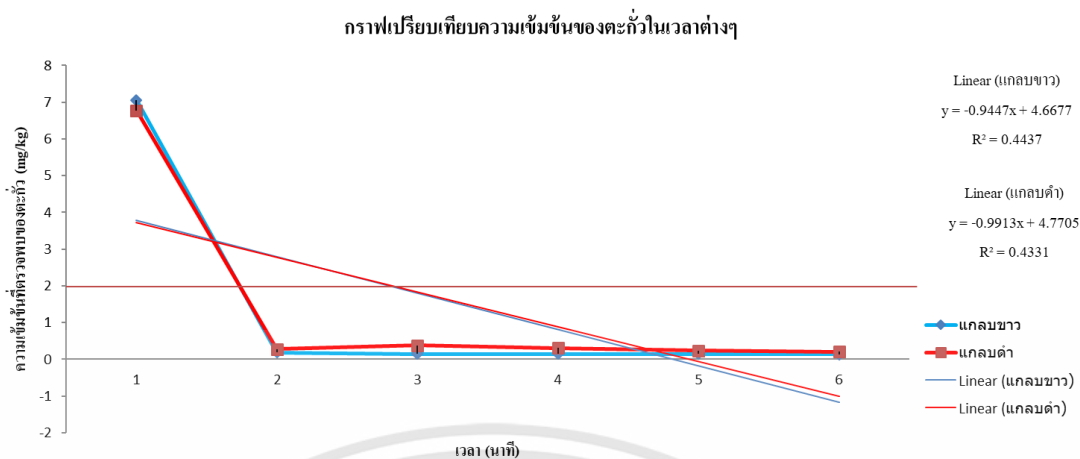
4.3 ผลการหาความเข้มข้นหลังใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการ

วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการ พบว่า ผลของความเข้มข้นสารตะกั่วหลังใช้แกลบขาว และแกลบดำเป็นสารดูดซับซึ่งผลจากการศึกษาโดยวิธีการที่เตรียมตามแบบชาวบ้านที่ปฏิบัติอยู่ ได้ค่าตามตารางที่ 4.2 โดย พบว่า หลังจากนำดินมาผ่านตัวดูดซับคือแกลบขาว และแกลบดำ พบว่าดินที่ผ่านกระบวนการดูดซับสารตะกั่วด้วยแกลบขาว และแกลบดำ มีค่าความเข้มข้นของสารตะกั่ว 0.134 ± 0.504 mg/kg , 0.202 ± 0.286 mg/kg ตามลำดับ โดยเวลาที่ใช้ในการดูดซับที่ดีที่สุดเท่ากับ 60 นาที และการดูดซับคิดเป็น 98.10% และ 97.02 % ตามลำดับ เมื่อสังเกตจะพบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับสารตะกั่วจะเริ่มตั้งแต่นาทีที่ 7 และปริมาณการดูดซับสารตะกั่วในนาทีต่างๆ แทบจะลดลงไม่ต่างกัน ซึ่งสามารถลดสารตะกั่วลงโดยมีความเข้มข้นในแกลบขาวเหลือ 0.091 ± 0.112 mg/kg คิดเป็น 97.42% และแกลบดำมีความเข้มข้นของสารตะกั่วลดลงเหลือ 0.137 ± 0.141 mg/kg จากปริมาณความเข้มข้นของสารตะกั่วตั้งต้นที่ 7.053 ± 0.203 mg/kg คิดเป็น 95.96% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้แกลบทั้งสองชนิดในสัดส่วนของแกลบขาว และแกลบดำ เมื่อเทียบกับน้ำเกลือที่ละลายจากดินในอัตราส่วน แกลบขาวหรือแกลบดำ 1 ส่วน : ดิน 2 ส่วน จะช่วยทำให้ตะกั่วที่มีอยู่ในน้ำเกลือที่ละลายจากดินก่อนผ่านการดูดซับในชั้นแกลบทั้งสอง ลดลงอยู่ในปริมาณที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ เมื่อเทียบกับผลการทดลองของกัมทิมา และคณะ (2555) พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับสารตะกั่วของแกลบขาว และแกลบดำแบบปกติ จะสามารถลดปริมาณสารตะกั่วได้น้อยกว่า วิธีการนำแกลบดำที่ผ่านการต้มด้วยไฮโดรคลอริก ซิลิกาจากแกลบ และซิลิกาเชิงการค้า โดยวิธีการดูดซับแบบคอลัมน์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ซึ่งผลการทดลองพบว่าซิลิกาจากแกลบสามารถดูดซับสารตะกั่วได้ดีที่สุด คิดเป็น 99.85 % หรือ ดูดซับได้ถึง 31.153 ppm จากความเข้มข้นของสารตะกั่วทั้งหมด 31.2 ppm

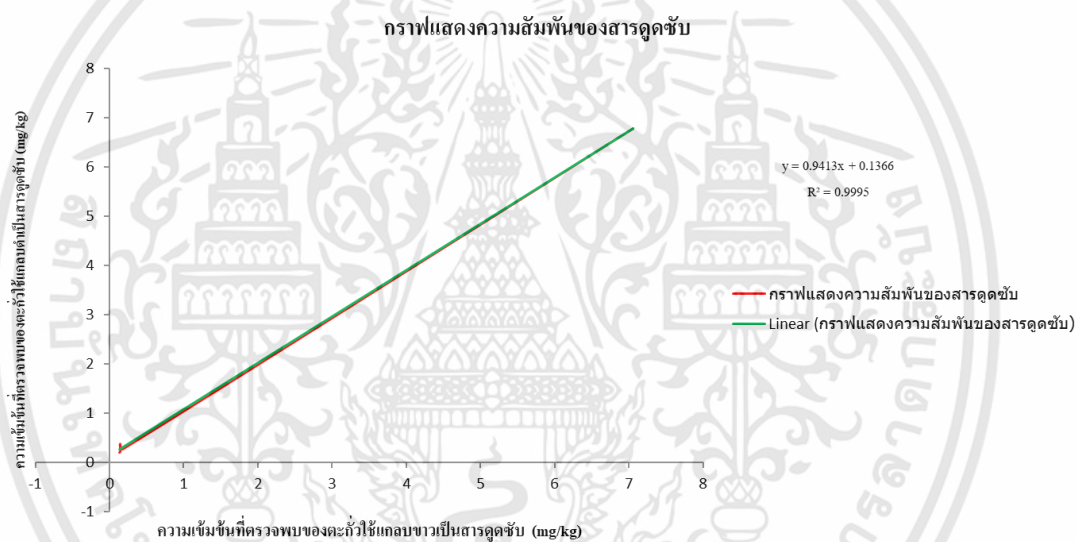
ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจหาความเข้มข้นสารตะกั่วหลังใช้สารดูดซับด้วยการทดลองที่ 2 วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการ

ลำดับ	ตัวอย่างการวิเคราะห์	ระยะเวลาในการดูดซับ (นาที)	ปริมาณความเข้มข้นที่ตรวจพบของสารตะกั่ว (mg/kg)		เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารตะกั่ว
			ช่วง (Range)	ค่าเฉลี่ย (Mean \pm SD)	
1	แกลบ	0	6.472 - 8.231	7.053 \pm 0.203	-
		7	0.070 - 0.105	0.091 \pm 0.112	97.42
		15	0.030 - 0.141	0.072 \pm 0.360	97.96
		30	0.025 - 0.154	0.072 \pm 0.425	97.96
		45	0.040 - 0.122	0.074 \pm 0.257	97.90
		60	0.015 - 0.164	0.067 \pm 0.504	98.10
2	แกลบดำ	0	6.472 - 8.231	7.053 \pm 0.042	-
		7	0.110 - 0.154	0.137 \pm 0.141	95.96
		15	0.130 - 0.239	0.188 \pm 0.328	94.45
		30	0.105 - 0.199	0.154 \pm 0.281	95.47
		45	0.070 - 0.172	0.116 \pm 0.311	96.58
		60	0.060 - 0.154	0.101 \pm 0.286	97.02

เมื่อนำผลการตรวจหาความเข้มข้นสารตะกั่วหลังใช้สารดูดซับด้วยการทดลองที่ 2 วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารตะกั่วในสารดูดซับที่เวลาต่างๆ โดยการดูดซับสารตะกั่วของสารดูดซับในแต่ละเวลามีความสามารถลดปริมาณสารตะกั่วอย่างไม่มีนัยสำคัญแกลบขาวและแกลบดำ (ภาพที่ 7) แต่ความสามารถในการดูดซับปริมาณสารตะกั่วมีความสัมพันธ์ระหว่างกันสารดูดซับแกลบขาว และแกลบดำ มีความสามารถในการดูดซับอย่างมีนัยสำคัญที่ $R^2 = 0.99998$ (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 7 กราฟเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารตะกั่วในสารดูดซับที่เวลาต่างๆ



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างสารดูดซับแกลบขาว และแกลบดำ

ข้อสังเกตเมื่อเปรียบเทียบการทดลองที่ 1 วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์ และการทดลองที่ 2 วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการ พบว่าการทดลองในการทดลองที่ 1 ไม่เห็นการเรียงตัวหรืออัดแน่นของแกลบขาว และแกลบดำที่ชัดเจน การดูลักษณะการไหลผ่าน กินอิมน้ำของดินก่อนที่จะไหลผ่านไปยังวัสดุดูดซับและเวลาที่แน่นอนในการดูดซับของแกลบขาว และแกลบดำ กับน้ำที่ไหลผ่านลงมา รวมทั้งปริมาณการใส่เมื่อเปรียบเทียบกับของจริงที่ชามวลเกลือทดลองอัตราส่วนในการใช้แกลบรองพื้นกับปริมาณดินที่ใช้อยู่ประมาณ 1:3 หรือ 1:4 (แกลบ:ดิน) แต่ในการทดลองที่ 1 ใช้อัตราส่วน 1:1 จึงทำให้ประสิทธิภาพลดปริมาณของสารตะกั่วมีแนวโน้มที่ลดน้อยลงต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ซึ่งเป็นไปตามกัมมิต เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มา และคณะ (2555) เมื่อนำมาทำการทดลองที่ 2 เพื่อดูการไหลผ่านของน้ำที่ไหลลงมาสู่แกลบขาว และแกลบดำ พบว่าแกลบขาวมีการไหลผ่านของน้ำได้ช้ากว่าเนื่องจากขนาดของแกลบขาวมีขนาดใหญ่เมื่อนำมาอัดแน่นกันทำให้มีช่องว่างในการไหลผ่านของน้ำไหลได้ช้ากว่าการอัดแน่นของแกลบดำ และมีพื้นที่ผิวในการดูดซับสารตะกั่วที่มากกว่าแกลบขาว จากข้อสังเกตพบว่าแกลบดำจะมีลักษณะโปร่งมีรูพรุนค่อนข้างมาก ซึ่งแกลบขาวจะประกอบด้วยสารอินทรีย์ และซิลิกา สารอินทรีย์จะประกอบด้วยธาตุคาร์บอนประมาณ 51% ออกซิเจน 42% ส่วนที่เหลือจะเป็นไฮโดรเจน และไนโตรเจน ส่วนซิลิกาจะพบมากบริเวณผิวนอกของแกลบขาวจึงทำให้แกลบมีความแข็งสูง และเนื้อแกลบดำจะแข็งและเปราะกว่าแกลบสีเทา แต่จะแตกละเอียดหากได้รับแรงกดบีบ ตามข้อมูลพืชเกษตร.คอม เว็บเพื่อพืชเกษตรไทย (2559) เมื่อนำมาอัดแน่นแล้วยังมีรูช่องว่างค่อนข้างมากทำให้การไหลผ่านของน้ำค่อนข้างเร็วและพื้นที่ผิวในการดูดซับสารตะกั่วค่อนข้างน้อยกว่าแกลบขาว

จากผลการทดลองทั้งหมดจะพบว่า น้ำที่ละลายจากเกลือดินมีการปนเปื้อนของตะกั่วในปริมาณที่สูง แต่ปริมาณตะกั่วที่สูงนั้น สามารถลดลงให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้โดยใช้แกลบขาวหรือแกลบดำเป็นตัวดูดซับสารตะกั่วที่ปนเปื้อนในน้ำละลายเกลือจากดิน และจากการศึกษานี้พบว่าปริมาณแกลบขาวหรือแกลบดำที่ใช้ในอัตราส่วนของแกลบต่อน้ำละลายเกลือจากดินที่ใช้ ถ้ามีปริมาณแกลบขาวหรือแกลบดำมาก จะช่วยให้ลดสารตะกั่วที่ปนเปื้อนในน้ำละลายเกลือจากดินได้มากกว่าอัตราส่วนของปริมาณแกลบที่น้อย และเวลาที่ให้น้ำละลายเกลือสัมผัสกับแกลบขาวหรือแกลบดำที่ให้ผลดีที่สุดของอัตราส่วนระหว่างแกลบขาวหรือแกลบดำและน้ำละลายเกลือที่ 1:1 หรือ 1:2 เป็นเวลาอย่างน้อย 7 นาที จะช่วยลดปริมาณสารตะกั่วที่ปนเปื้อนในน้ำละลายเกลือจากดินนี้ได้จนเหลือสารตะกั่วในระดับที่ปลอดภัยต่อการผลิตเกลือสินเธาว์เพื่อการบริโภคได้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

กระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์ตามภูมิปัญญาชาวบ้านที่สืบทอดกันมารุ่นต่อรุ่น ทางสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 จังหวัดอุบลราชธานี ได้เล็งเห็นว่า กระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์ควรเป็นมรดกที่อยู่คู่บ้านเมืองสืบทอดให้ลูกหลานได้เรียนรู้การกระบวนการผลิต เพื่อสามารถเป็นอีกอาชีพทางเลือกหนึ่ง หรือเรียนรู้และอนุรักษ์ถึงภูมิปัญญาชาวบ้าน เพราะในปัจจุบันผู้สืบทอดภูมิปัญญานี้ลดน้อยลง เนื่องจากการจัดการความปลอดภัยอาหารได้มีบทบาทเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน ในการทดลองนี้เป็นการหาวิธีลดปริมาณสารตะกั่วที่มีการตรวจพบว่ามีค่าสูงในสารตั้งต้นที่จะนำมาผลิตตามกระบวนการผลิตตามภูมิปัญญาชาวบ้านที่มีมาตั้งแต่บรรพบุรุษ เพื่อเป็นการเสริมสร้างความมั่นใจในผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพที่สูงขึ้น ส่งเสริมให้ชาวนาเกลือได้มีผลผลิตที่มีมาตรฐานเพิ่มมากขึ้น เสริมความเชื่อมั่นต่อผู้บริโภค และลดการกระจายความเสี่ยงของผู้บริโภคตลอดห่วงโซ่ของการผลิต เนื่องจากทางผู้ผลิตมีการส่งกระจายผลิตภัณฑ์ออกขายภายในจังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดใกล้เคียง จากการทดลองพบว่าค่าที่ได้ในดินมีปริมาณสารตะกั่วสูงที่สุด 10.836 ± 2.916 mg/kg ตัวอย่างแกลบขาว 5.719 ± 0.473 mg/kg และตัวอย่างแกลบดำ 4.807 ± 0.369 mg/kg ค่าลำดับ เมื่อนำมาผ่านตัวดูดซับสารพบว่าความเข้มข้นของสารตะกั่วไม่เกินค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกลือบริโภค (มอก. 2085 – 2544) กำหนดไว้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบพบว่าแกลบขาวสามารถดูดซับสารตะกั่วได้ดีในนาที่ที่ 60, 30, 15, 45 และ 7 ตามลำดับ แกลบดำสามารถดูดซับสารตะกั่วได้ดีในนาที่ที่ 60, 45, 7, 30 และ 15 ตามลำดับ โดยแกลบมีค่าเฉลี่ยสามารถดูดซับสารตะกั่ว 97.87 % แกลบดำมีค่าเฉลี่ยสามารถดูดซับสารตะกั่ว 95.89 % จากการทดลองที่ 1 วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองโรงกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์พบว่าหลังจากนำดินมาผ่านตัวดูดซับคือแกลบขาว และแกลบดำ ดินที่ผ่านกระบวนการดูดซับสารตะกั่วด้วยแกลบขาว และแกลบดำ มีค่าความเข้มข้นของสารตะกั่ว 0.196 ± 1.025 mg/kg, 0.320 ± 0.980 mg/kg ตามลำดับ จากสารตะกั่วตั้งต้น 10.836 ± 2.916 mg/kg โดยเวลาที่ใช้ในการดูดซับที่ดีที่สุดทั้งแกลบขาว และแกลบดำเท่ากับ 7 นาที และการดูดซับของการลดลงของสารตะกั่วคิดเป็น 98.19% และ 97.05% ตามลำดับ และจากการทดลองที่ 2 วิธีการทดลองการใช้สารดูดซับสารตะกั่วในแบบจำลองกระบวนการผลิตเกลือสินเธาว์โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการ พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับสารตะกั่วจะเริ่มตั้งแต่นาทีที่ 7 และปริมาณการดูดซับสารตะกั่วในนาที่ต่างๆ แทบจะลดลงไม่ต่างกัน ซึ่งสามารถลดสารตะกั่วลงโดยมีความเข้มข้นในแกลบขาวเหลือ 0.091 ± 0.112 mg/kg คิดเป็น 97.42% และแกลบดำมีความเข้มข้นของสารตะกั่วลดลงเหลือ 0.137 ± 0.141 mg/kg จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณความเข้มข้นของสารตะกั่วตั้งต้นที่ 7.053 ± 0.203 mg/kg คิดเป็น 95.96% และเมื่อเทียบกับผลการทดลองของกัมพูชา และคณะ (2555) พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับสารตะกั่วของแกลบขาว และแกลบดำแบบปกติ จะสามารถลดปริมาณสารตะกั่วได้น้อยกว่า วิธีการนำแกลบดำที่ผ่านการต้มด้วยไฮโดรคลอริก ซิลิกาจากแกลบ และซิลิกาเชิงการค้า โดยวิธีการดูดซับแบบคอลัมน์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร จากผลการทดลองพบว่าซิลิกาจากแกลบสามารถดูดซับสารตะกั่วได้ดีที่สุด คิดเป็น 99.85 % หรือ ดูดซับได้ถึง 31.153 ppm จากความเข้มข้นของสารตะกั่วทั้งหมด 31.2 ppm ในการตรวจหาความเข้มข้นสารตะกั่วในกระบวนการผลิตเกลือดิน ควรนำตัวอย่างดิน แกลบขาว และแกลบดำ หลังจากผ่านจากการทดลองดูดซับสารตะกั่ว มาตรวจหาความเข้มข้นคงเหลือของสารตะกั่วเพื่อยืนยันหาปริมาณสารตะกั่วคงเหลือในดินทั้งตรวจหาในแกลบขาว และแกลบดำ ว่ามีความสามารถในการดูดซับสารตะกั่วได้จริง ทั้งนี้ในการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการดูดซับสารตะกั่ว และทดลองในพื้นที่จริงเพื่อทดลองว่าอัตราส่วนในระดับการทดลองใช้ได้กับพื้นที่จริง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรให้มีการตรวจสอบปริมาณสารตะกั่วในกระบวนการผลิต หลังจากมีการใช้แกลบขาว และแกลบดำแล้ว
2. ควรศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแกลบขาวต่อดิน และแกลบดำต่อดิน ที่จะใช้ในการดูดซับสารตะกั่วให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด
3. ควรศึกษาทดลองในพื้นที่จริงเพื่อทดลองว่าอัตราส่วนในระดับการทดลองใช้ได้กับพื้นที่จริง
4. ศึกษาอัตราส่วนของวัสดุคู่ชั้กับดิน และระยะเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับสารตะกั่ว



บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคที่ 5 จังหวัดขอนแก่น. 2543. จำนวนผู้ผลิตเกลือสินเธาว์ที่ได้รับอนุญาตในภาคอีสาน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://home.kku.ac.th/peangta/peangta-salt.htm>. 10 กรกฎาคม 2559.
- กองประสานการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ม.ป.ป. เกลือสินเธาว์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.onep.go.th/nrem/index.php/110-nrem-articles/coord-3-articles/rocksalt>. 10 กรกฎาคม 2559.
- กาญจนา มหาพล และ พัฒนพร อุ่นวงศ์. 2558. สถานการณ์การปนเปื้อนโลหะหนักในเกลือที่ผลิตจากดินจังหวัดอุบลราชธานี และภาคตะวันออกเฉียงเหนือและการประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคเกลือดิน ที่ปนเปื้อนโลหะหนักโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน. วารสารสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 จังหวัดอุบลราชธานี. 2558(24): 14-26.
- กัณฑ์มา นิยะกิจ กุลวดี คณาวิชา และ ศพพร คุณาพิสิฐกุล. 2555. ศึกษาการดูดซับตะกั่วด้วยแกลบ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://ricehusk-lead.blogspot.com/>. 10 กรกฎาคม 2559.
- คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล, ม.ป.ป. ภาวะเป็นพิษจากสารตะกั่ว. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://med.mahidol.ac.th/poisoncenter/th/pois-cov/Lead>. 26 ตุลาคม 2561.
- ชญชิตา สายขุมดี. ม.ป.ป. การวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำเสียโดยการใช้เครื่อง AAS. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://php.diw.go.th/research/?page_id=68. 10 กรกฎาคม 2559.
- ชินวัฒน์ ศาสนนันท์. 2554. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักโดยใช้วัสดุธรรมชาติในชุมชน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.ssruii.ssru.ac.th/bitstream/ssruii/443/1/034-54.pdf>. 10 กรกฎาคม 2559.
- ชูศรี วงศ์รัตน์. 2541. เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. 40. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์นิตมิต.
- นริศรา โพธิ์มูล. 2545. การลดปริมาณตะกั่วจากน้ำเสียโรงงานผลิตแบตเตอรี่ โดยใช้แกลบดำ. วิทยานิพนธ์. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เนตรนภา รัตนโพธานันท์. 2557. ภูมิปัญญาการผลิตเกลือในแอ่งดินโคราช. วารสารชุมชนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. ม.ป.ป.: 13-20.

- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2554. เล่ม 128 ตอนพิเศษ 41 ง. หน้า 33 – 34. (ลงวันที่ 7 เมษายน 2554). เกลือบริโกล . [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P-021.pdf. 21 กุมภาพันธ์ 2559.
- ปิยะรัตน์ โตสุขโขวงศ์. ม.ป.ป. การเป็นพิษจากสารตะกั่ว (Lead Poisoning). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://cai.md.chula.ac.th/lesson/lesson4613/lesson/page_f.html. 10 กรกฎาคม 2559.
- พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 พ.ศ. 2529. ราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 103, ตอนที่ 23 ฉบับพิเศษ หน้า 16. (ลงวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2529), เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://elib.fda.moph.go.th/fulltext2/กฎหมาย/กองควบคุมอาหาร/ประกาศกระทรวงสาธารณสุข/9_No98.doc. 21 กุมภาพันธ์ 2559.
- พระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3051 พ.ศ.2545. ราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 119, ตอนพิเศษ 98 ง (ลงวันที่ 10 ตุลาคม 2545), เรื่องกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกลือบริโกล. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://itc.excise.go.th/tisi/fulltext/TIS2085-2544.pdf>. 21 กุมภาพันธ์ 2559.
- พัฒนพร อุ๋นวงศ์ และกาญจนา มหาพล. 2558. การประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคเกลือดินที่ปนเปื้อนโลหะหนักโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน อำเภอเชิงใน จังหวัดอุบลราชธานี. วารสารวิชาการสาธารณสุข. 2558(24): 430-435.
- พีชเกษตร.คอม เว็บไซต์เพื่อพีชเกษตรไทย. 2559. แกลบ แกลบดำ ขี้เถ้าแกลบ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://puechkaset.com/%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B8%A5%E0%B8%9A/>. 10 กรกฎาคม 2559.
- มยุรี ปลายวงศ์. 2543. เกลือหิน. 128-132. ในกองวิชาการและวางแผน กรมทรัพยากรธรณี. สถานการณ์แร่ของไทยในรอบ 5 ปี (2538-2542). รายงานวิชาการ ฉบับที่ 10/2543. กรุงเทพมหานคร : กรมทรัพยากรธรณี.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2545. เกลือบริโกล. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <file:///C:/Users/thongma/Desktop/valve/Thesis%20KMITL/3%20ref/thesis/TIS2085-2544.pdf>. 10 กรกฎาคม 2559.
- สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2553. การดูดซับโลหะหนักโดยวิธีทางชีวภาพ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUK Ewj2uj30eDLAhXYC44KHcaSAgcQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fsiweb.dss.go.th%2Fpack%2Ffulltext%2Ffir2.pdf&usq=AFQjCNHvGmH50G_xhgKm0VMKX0_lg0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6ZQw&sig2=QrDaVzBFGT4V25EuaB21w&bvm=bv.117868183,d.c2E&cad=rja . 7

กรกฎาคม 2559.

อรภา สกุลพานิชย์ อรุณ อินเจริญศักดิ์ และปรีชา เรืองสุพันธุ์. 2561. การผลิตเกลือสินเธาว์จาก
ดั่งเดิมสู่การผลิตในระดับอุตสาหกรรม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<http://www.pharm.tu.ac.th/pdf/25610728.pdf>. 26 ตุลาคม 2561

อภิชาติ พานิชกุล. 2556. การดูดซับโลหะทองแดงและสังกะสีในสารละลายน้ำ ด้วย
Rhodopseudomonas boonkerdii sp. nov. strain NS20 และ *Bradyrhizobium* sp. strain
DOA9. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://newtdc.thailis.or.th/docview.aspx?tdcid=132755>.

7 กรกฎาคม 2559.

CODEX STAN 150-1985. 2013. CODEX STANDARD FOR FOOD GRADE SALT. [ONLINE].

Available: http://files.foodmate.com/2013/files_1116.html. 26 October 2018.

Eduzones Elibrary, สารานุกรมฟรี 2555. การผลิตเกลือสินเธาว์. [ONLINE]. Available:

<http://saltsaltrock.blogspot.com/2012/06/nacl-eduzones-elibrary-rock-salt-1.html>.

23 October 2018.

Feng, Q., Lin, Q., Gong, F., Sugita, S., Shoya, M. 2004. Adsorption of lead and mercury by rice
husk ash. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2004 (278) : 1 – 8.

Honestdoc. 2018. Lead poisoning. [ONLINE]. Available: <https://www.honestdocs.co/symptoms-of-lead-poisoning>. 26 October 2018.

Khandanlou, R., Ahmad, M.B., Masoumi, H.R.F., Shameli, K., Basri, K., Kalantari, K. 2015.

Rapid Adsorption of Copper(II) and Lead(II) by Rice Straw/Fe₃O₄ Nanocomposite:
Optimization, Equilibrium Isotherms, and Adsorption Kinetics Study [ONLINE].

Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4376687/>. 26 October 2018.

Salt Institute homepage. [ONLINE]. Available :<http://www.saltinstitute.org>. 10 May 2000

Sahu, J.N., Agarwal, S., Meikap, B.C., and Biswar, M .N. 2009. Performance of a modified
multi-stage bubble column reactor for lead(II) and biological oxygen demand removal
from wastewater using activated rice husk, 2009(161): 317-324.

Naiya, T.K., Bhattacharya, A.K., Mandal, S., Das, S.K. 2009. The sorption of lead (II) ions on
rice husk ash. 2009(163): 1254-1264.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การบวนการทำเกลือสินเธาว์ที่บ่อเป็นนาเกลือ อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดนครราชสีมา

นาเกลือ



ขุดเกลือดิน



กองขุดเกลือดิน



น้ำเกลือ



รางแช่ขุดเกลือดิน



บ่อน้ำใช้



กองดินที่ผ่านการแช่



ต้มเกลือ

การระเหยให้ได้เกลือ

ตากเกลือให้แห้ง
บรรจุใส่กระสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายมารุต ทองบ่อ
วัน เดือน ปีเกิด	2 เมษายน พ.ศ. 2532
ที่อยู่	119 หมู่ 3 ถนนเทอดพระเกียรติ ตำบลวัดชลอ อำเภอบางกรวย จังหวัด นนทบุรี 11130
ประวัติการศึกษา	<ul style="list-style-type: none"> - พ.ศ. 2555 จบการศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ - พ.ศ. 2557 ศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการความปลอดภัยอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	<ul style="list-style-type: none"> - พ.ศ. 2562 Application Engineer ฝ่ายบริการหลังการขาย ดูแลชุดพีดีเคมี ทดลองการเลือกใช้เคมี ตั้งเคมีเข้า และทดลองสารเคมีในกระบวนการผลิตกระดาษ - พ.ศ. 2560 Technical Sales ขายเครื่องมือวิทยาศาสตร์การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านสิ่งแวดล้อม โปรแกรม website การเชื่อมโยงข้อมูลระบบ CEMs, OPMs, AQMs, Emergency Online และดูแลโครงการด้านสิ่งแวดล้อมต่าง เช่น สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ รถตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่ ติดตั้งระบบตรวจวัดมลพิษระยะไกลแบบอัตโนมัติ (CEMs) ศูนย์เฝ้าระวังสิ่งแวดล้อม เป็นต้น - พ.ศ. 2558 Application Support ประสานงาน รายงานด้านสิ่งแวดล้อม จัดทำเอกสารต่างๆ ของฝ่ายขาย การตลาด ตามระบบ ISO : 9001 และอื่นๆ ตามที่ได้รับมอบหมายจากหัวหน้า - พ.ศ. 2556 เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์เฝ้าระวังสิ่งแวดล้อมกรมโรงงานอุตสาหกรรมกรุงเทพมหานคร ดูแลข้อมูลทางด้านน้ำ – อากาศ (ระบบ OPMs CEMs และ AQMs) ที่แต่ละโรงงานทั่วประเทศไทย ส่งค่า online เข้ามา ทำรายงาน ประจำวัน สัปดาห์ รายเดือน ตรวจสอบอุปกรณ์ ดูแลอุปกรณ์และอื่นๆ ภายในศูนย์ฯ admin : www.eimcdiw.com ดูแลการตีพิมพ์ข้อมูลน้ำแล้วนำมาประมวลผล ประสานงาน รับเรื่องเกี่ยวกับข้อมูลที่รับ -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติการทำงาน (ต่อ) ส่งข้อมูลเข้ามายังกรม และอื่นๆตามที่ได้รับมอบหมายงาน จากหัวหน้า และผู้ว่าจ้างงาน (ตาม tor)

- พ.ศ. 2555 นักจุลชีวะวิทยา เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ จุดเสี่ยงที่มีการปนเปื้อนเชื้อในผลิตภัณฑ์ (อุปกรณ์ คน และวัตถุดิบ) และน้ำกินน้ำใช้ ภายในโรงงานมาวิเคราะห์ ดูแลห้องปฏิบัติการ พร้อมอุปกรณ์ต่างๆ ภายในห้อง เบิกอุปกรณ์ เชื้ออุปกรณ์ สั่งซื้ออุปกรณ์ สาร และอาหารเพาะเชื้อ รับประทานของ เตรียมอุปกรณ์ เตรียมสาร เตรียมอาหารเพราะเชื้อ ล้างพร้อมจัดเก็บอุปกรณ์ และจัดทำ ดูแลเอกสารตามระบบ ISO 9001 , ISO 17025 ติดต่อประสานงานกับแผนกต่างๆ และงานอื่นๆ ที่ได้รับมอบหมายจาก หัวหน้าผู้จัดการแผนก QA

การนำเสนอผลงาน มารุต ทองบ่อ. 2561. การลดสารตะกั่วในการทำเกลือดินในจังหวัดอุบลราชธานี. การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 8, 28-29 มิถุนายน 2561, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย.