

ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสีย น้ำทิ้งและกากตะกอนหมูลสุกรจากฟาร์มสุกร  
ที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศและใช้อากาศ

Heavy Metal Content in Wastewater, Effluent and Biogas Digested Sludge  
from Swine Farms Using Anaerobic and Aerobic Wastewater Treatment System

วรีย์ณิดา วิวรรณมงคล<sup>1</sup> จงรักษ์ แก้วประสิทธิ์<sup>2\*</sup> สุกัญญา จัตตูปรพงษ์<sup>3</sup> และอุทัย คันทน์<sup>3</sup>  
Wareenida Wiwanthamongkon<sup>1</sup>, Chongrak Kaewprasit<sup>2,\*</sup>, Sukunya Juttupornpong<sup>3</sup> and Uthai Kanto<sup>3</sup>

Abstract

Wastewater, effluent and biogas digester sludge from anaerobic digester and aerobic digester of 16 swine farms had pH 6.9-7.7 and As, Cd, Hg and Pb content ranging from 0-0.0598, 0-0.0141, 0-0.0035 and 0-0.0472 mg L<sup>-1</sup>, respectively. Heavy metal content in wastewater and effluent of all farms, which were investigated by ICP technique, were below the PCD standard, and there was no relationships among the heavy metal content from each collection site of the samples. Also, biogas digester sludge had pH 6.4-7.0 and As, Cd, Hg and Pb content ranging from 3.9658-17.4499, 0.7058-2.6585, 0-0.5054 and 3.7611-44.9735 mg kg<sup>-1</sup>, respectively. The heavy metal content from all sources were below the maximum limits of organic fertilizer standard and no relationships between the heavy metal content in wastewater, effluent and biogas digester sludge. Therefore, wastewater, effluent or biogas digester sludge could be used as plant nutrient source.

**Keywords** : Wastewater, Effluent, Biogas digester sludge, Heavy metal, ICP

---

<sup>1</sup>ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ม. เกษตรศาสตร์ กำแพงแสน จ นครปฐม.73140

<sup>1</sup>Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

<sup>2</sup>ภาควิชาเคมี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ม. เกษตรศาสตร์ กำแพงแสน จ นครปฐม.73140

<sup>2</sup>Department of Chemistry, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

<sup>3</sup>ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร ม. เกษตรศาสตร์ กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

<sup>3</sup>Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

รับเรื่อง : ตุลาคม 2557

\*Corresponding author faascrks@ku.ac.th

## บทคัดย่อ

ตัวอย่างน้ำเสียและน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบมีบ่อหมักไร้อากาศและแบบใช้อากาศระบบบ่อพักของ 16 ฟาร์มสุกร มีค่า pH 6.9-7.7 ปริมาณโลหะหนักซึ่งวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค ICP ได้แก่ สารหนู (As) แคดเมียม (Cd)ปรอท (Hg) และตะกั่ว (Pb) อยู่ในช่วง 0-0.0598, 0-0.0141, 0-0.0035 และ 0-0.0472 mg L<sup>-1</sup> ตามลำดับ ซึ่งปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำเสียและน้ำทิ้งของทุกฟาร์มมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ และไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโลหะหนักกับตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง สำหรับกากตะกอนมูลสุกรจาก 6 ฟาร์มสุกร มีค่า pH 6.4-7.0 และปริมาณโลหะหนัก สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) ปรอท (Hg) และตะกั่ว (Pb) อยู่ในช่วง 3.9658-17.4499, 0.7058-2.6585, 0-0.5054 และ 3.7611-44.9735 mg kg<sup>-1</sup> ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ และไม่พบความสัมพันธ์ของปริมาณโลหะหนักในน้ำเสีย น้ำทิ้งและกากตะกอนมูลสุกร ดังนั้นจึงสามารถนำน้ำเสีย น้ำทิ้ง หรือกากตะกอนมูลสุกรไปใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารพืชได้

## คำนำ

โลหะหนัก (heavy metal) เป็นธาตุที่มีน้ำหนักอะตอม 53.5 - 200.6 มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 5 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (Srivastava and Majumder, 2008) และมีพิษแม้ที่ความเข้มข้นต่ำ เช่น สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) ปรอท (Hg) และตะกั่ว (Pb) มีการตรวจพบโลหะหนักได้ทั้งในภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม เช่น อุตสาหกรรมการผลิตปุ๋ยและยาฆ่าแมลง เป็นต้น ทั้งยังเป็นสารคงตัวที่ไม่สามารถสลายตัว ในกระบวนการทางธรรมชาติ และสามารถเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์โดยผ่านทางอาหาร น้ำ การสูดดมและดูดซึมทางผิวหนัง (Renge *et al.*, 2012) โดยก่อให้เกิดการระคายเคืองคลื่นไส้ เวียนศีรษะ นอนไม่หลับ และโรคมะเร็ง (Fu and Wang, 2011) โลหะหนักสามารถแพร่กระจายในดิน น้ำ อากาศ และพืช ในขณะที่ปัจจุบันฟาร์มสุกรทั่วไปมักใช้อาหารเลี้ยงสุกรซึ่งมีวัตถุติดที่มาจากพืช อาทิ ปลายข้าว ข้าวโพด กากถั่วเหลือง และไคแคลเซียมฟอสเฟตซึ่งเป็นแหล่งของแร่ธาตุ นั้น วัตถุติดเหล่านี้ อาจมีการปนเปื้อนของโลหะหนัก (Dobrzanski *et al.*, 2010) และถ่ายทอดไปยังเนื้อหรือมูลสุกร ซึ่งบางฟาร์มจำหน่ายมูลสุกรที่แห้งแล้วให้กับเกษตรกรเพื่อใช้เป็นปุ๋ย ส่วนบัสสาวะ น้ำล้างคอก และน้ำหลังทำความสะอาดสัตว์สุกร จะบำบัดโดยการผ่านบ่อพัก (ponding system) บางฟาร์มซึ่งมีสุกรจำนวนมากจะนำมูลสุกรรวมทั้งบัสสาวะ น้ำล้างคอก และน้ำหลังทำความสะอาด

สะอาดตัวสุกร เป็นวัตถุดิบนำเข้าบ่อหมักไร้อากาศ (anaerobic digester) และสุดท้ายทุกฟาร์มต้องบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งตรวจสอบโดยกรมควบคุมมลพิษ (Pollution Control Department, 2012) ของเสียที่ผ่านบ่อหมักไร้อากาศแล้ว คือน้ำทิ้งและกากตะกอนมูลสุกรมีธาตุอาหารต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (Juttupornpong *et al.*, 2012) จึงมีการใช้ของเสียที่ผ่านบ่อหมัก ไร้อากาศแล้วนั้นเป็นปุ๋ยอินทรีย์ใส่ทางดิน และหรือฉีดพ่นทางใบให้แก่ต้นพืช การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปริมาณโลหะหนักในน้ำเสีย น้ำทิ้งและกากตะกอนมูลสุกรจากฟาร์มสุกร ก่อนการนำมาใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารในการเพิ่มผลผลิตพืช และเพื่อเป็นการยืนยันความปลอดภัยจากการปนเปื้อนโลหะหนัก

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างน้ำเสียและน้ำทิ้งจาก 16 ฟาร์มสุกร จังหวัดนครปฐม ราชบุรี ชลบุรี ฉะเชิงเทรา และระยอง โดยฟาร์มที่มีระบบบำบัดน้ำเสียแบบมีบ่อหมักไร้อากาศ ได้แก่ fixed dome digester, covered lagoon digester, channel digester จำนวน 12 ฟาร์ม (ตารางที่ 1) แต่ละฟาร์มเก็บตัวอย่างน้ำปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ณ 3 จุด (collecting site) จุดที่ 1. น้ำเสียในบ่อพักก่อนเข้าบ่อหมัก

ไว้รออากาศ จุดที่ 2. น้ำทิ้งที่ออกมาจากบ่อหมักไว้รออากาศ และ จุดที่ 3. น้ำทิ้งในบ่อสุดท้ายก่อนปล่อยออกจากฟาร์ม (ภาพที่ 1) และเก็บตัวอย่างกากตะกอนมูลสุกรที่แห้งแล้ว จากลานตากกากตะกอน (ภาพที่ 1) โดยสุ่มเก็บ 3 จุด และ เก็บฟาร์มละ 1 กิโลกรัม ฟาร์มสุกรที่มีระบบบำบัดแบบใช้อากาศระบบบ่อพัก (ponding system) จำนวน 4 ฟาร์ม (ตารางที่ 2) นั้น แต่ละฟาร์มเก็บตัวอย่างน้ำปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ณ 3 จุด จุดที่ 1. น้ำเสียในบ่อรวมของเสีย จุดที่ 2. น้ำทิ้งในบ่อหมัก และ จุดที่ 3. น้ำทิ้งในบ่อสุดท้าย ก่อนปล่อยออกจากฟาร์ม (ภาพที่ 2) และการเก็บตัวอย่าง แต่ละฟาร์มกระทำ 2 ซ้ำ ณ เวลาต่างกัน 1 เดือน คือ มิถุนายน และสิงหาคม พ.ศ. 2555 เพื่อยืนยันผลการ วิเคราะห์ แต่เวลาที่เก็บตัวอย่างเป็นช่วงเวลาเดียวกัน คือ 8.00-10.00 น.

**การวิเคราะห์ตัวอย่าง**

นำตัวอย่างทั้งหมด วัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ด้วยเครื่องวัดพีเอช โดยเตรียมตัวอย่างน้ำเสียน้ำทิ้ง แต่ละจุด 50 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ และเตรียมสารละลาย กากตะกอนมูลสุกรโดยใช้กากตะกอนมูลสุกรที่แห้งแล้ว

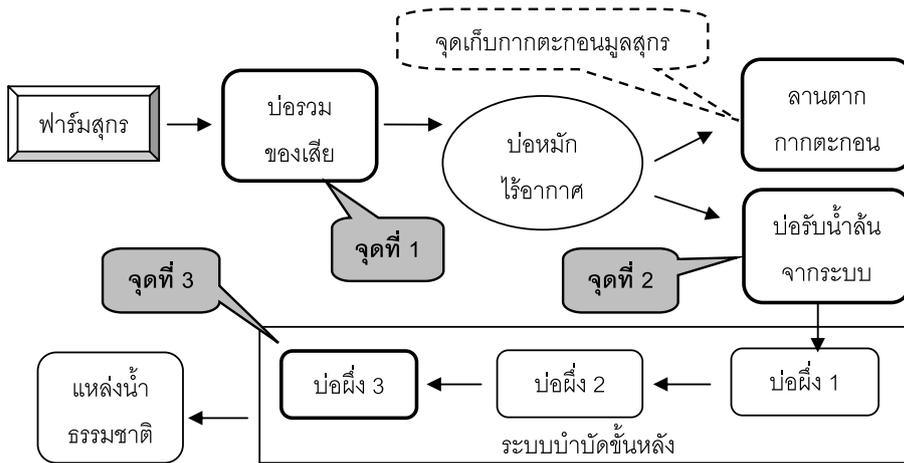
จากลานตากกากตะกอนแล้วนำไปอบแห้งอีกครั้ง ณ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นร่อนผ่าน ตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ผสมกับน้ำที่ปราศจากไอออน อัตราส่วน 1: 5 คนให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 30 นาที การเตรียม ตัวอย่าง น้ำเสีย/น้ำทิ้งเพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก คือ สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) ปรอท (Hg) และตะกั่ว (Pb) ตาม Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WPCF, 2005) และ ปรับปรุงวิธีโดยปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้น วิเคราะห์หาปริมาณโดยเทคนิค Inductively-coupled plasma optical emission spectrometer (ICP-OES) สำหรับกากตะกอนมูลสุกรเตรียมตาม Method 3051a (U.S. Environmental Protection Agency, 1997) ซึ่ง ปรับปรุงโดยผสมกากตะกอน 1 กรัม ที่ร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 2 มิลลิเมตร กับกรดไนตริกเข้มข้น 18 มิลลิลิตร และกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 มิลลิลิตร และใช้ ICP-OES การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่าง แต่ละ ชนิด แต่ละจุดเก็บตัวอย่างกระทำ 3 ซ้ำ

**ตารางที่ 1** ฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ

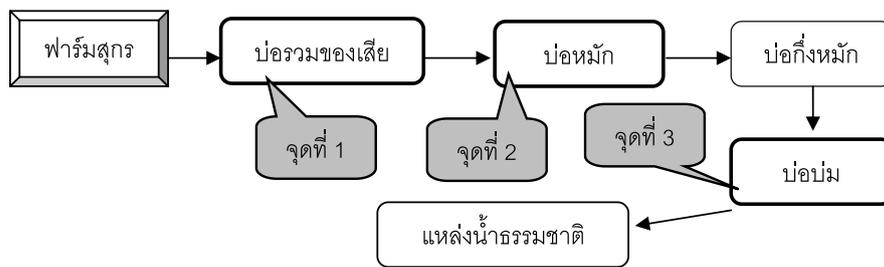
ประเภท	ลำดับ	ชื่อฟาร์ม	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด
fixed dome	1	A	ตะพง	เมือง	ระยอง
digester	2	B	ตะพง	เมือง	ระยอง
	3	C	ตะพง	เมือง	ระยอง
	4	D	หนองแห่น	พนมสารคาม	ฉะเชิงเทรา
	covered	5	E	หนองงูเหลือม	เมือง
Lagoon	6	F	ดอนยายหอม	เมือง	นครปฐม
digester	7	G	หนองปากโลง	เมือง	นครปฐม
	8	H	ธาตุทอง	บ่อทอง	ชลบุรี
channel	9	I	ห้วยยางโทน	ปากท่อ	ราชบุรี
digester	10	J	ห้วยยางโทน	ปากท่อ	ราชบุรี
	11	K	คูบัว	เมือง	ราชบุรี
	12	L	น้ำพุ	เมือง	ราชบุรี

ตารางที่ 2 ฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ

ประเภท	ลำดับ	ชื่อฟาร์ม	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด
ponding system	13	M	แปลงยาว	พนมสารคาม	ฉะเชิงเทรา
	14	N	ท่าบุญมี	เกาะจันทร์	ชลบุรี
	15	O	โพรงมะเดื่อ	เมือง	นครปฐม
	16	P	หนองแหน	พนมสารคาม	ฉะเชิงเทรา



ภาพที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย น้ำทิ้งและกากตะกอนมูลสุกรของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ



ภาพที่ 2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียและน้ำทิ้งระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ

### วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely random design; CRD) วิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติ (F-test) ที่  $P < 0.05$  และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) และหาความสัมพันธ์ของข้อมูล (correlation) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

### ผลและวิจารณ์

#### 1. ความเป็นกรด-เบสและปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียและน้ำทิ้ง

ความเป็นกรด-เบส จากฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ มีค่า 7.2-7.7 (ตารางที่ 3) และแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) ซึ่งใกล้เคียงกับความเป็นกรด-เบส จากฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ 6.9-7.5 (ตารางที่ 4) โดยไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างความเป็นกรด-เบสในแต่ละจุดที่เก็บตัวอย่างทั้ง 2 ระบบ ค่าความเป็นกรด-เบสในทุกตัวอย่างและทุกฟาร์มอยู่ในช่วงของค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรของกรมควบคุมมลพิษ (Pollution Control Department, 2012)

ปริมาณสารหนูจากฟาร์มที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศมีค่า 0-0.0598 มิลลิกรัมต่อลิตร ( $\text{mg L}^{-1}$ )

และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ( $P < 0.05$ ) ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (Pollution Control Department, 2012) ฟาร์ม C มีปริมาณสารหนูมากที่สุด 0.0598  $\text{mg L}^{-1}$  ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ฟาร์ม J พบสารหนูที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ส่วน ฟาร์ม F ไม่พบสารหนู (ตารางที่ 3) แต่ปริมาณสารหนูในน้ำเสียและน้ำทิ้งในฟาร์มที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ มีค่า 0-0.0330  $\text{mg L}^{-1}$  และแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) ปริมาณสารหนูที่พบอาจปนเปื้อนจากอาหารที่ใช้เลี้ยงสุกรในแต่ละฟาร์ม การให้อาหารสุกรแต่ละระยะการเจริญเติบโต มักมีการใช้ชนิดและองค์ประกอบวัตถุดิบอาหารที่ต่างกัน จึงมีผลทำให้ปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนมาในสูตรอาหารแตกต่างกันด้วย (Dobrzanski et al., 2010) โดยฟาร์ม M และ N ไม่พบสารหนูทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่าง ปริมาณแคดเมียมจากฟาร์มที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศมีค่า 0-0.0141  $\text{mg L}^{-1}$  และแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ฟาร์ม D มีแคดเมียมมากที่สุด 0.0141  $\text{mg L}^{-1}$  ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ฟาร์ม J ไม่พบแคดเมียม ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 3 ส่วนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ พบว่าทุกฟาร์มมีแคดเมียมทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่าง มีค่า 0.0007-0.0063  $\text{mg L}^{-1}$

ตารางที่ 3 ความเป็นกรด-เบสและปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียและน้ำทิ้งของฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

ฟาร์ม	จุดเก็บ	pH	As	Cd	Hg	Pb
<b>Fixed dome digester</b>						
A	1	7.4	0.0013 <sup>ab</sup>	0.0007 <sup>a</sup>	0.0004 <sup>a</sup>	0.0218
	2	7.5	0.0187 <sup>ab</sup>	0.0007 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0.0299
	3	7.3	0.0047 <sup>ab</sup>	0.0033 <sup>ab</sup>	0.0004 <sup>a</sup>	0
B	1	7.6	0.0062 <sup>ab</sup>	0.0084 <sup>ab</sup>	0.0035 <sup>c</sup>	0.0097
	2	7.4	0.0090 <sup>ab</sup>	0.0053 <sup>ab</sup>	0 <sup>a</sup>	0.0077
	3	7.4	0.0099 <sup>ab</sup>	0.0086 <sup>ab</sup>	0.0030 <sup>ab</sup>	0.0067
C	1	7.5	0.0076 <sup>ab</sup>	0.0005 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0.0004
	2	7.4	0.0369 <sup>ab</sup>	0.0010 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0
	3	7.4	0.0598 <sup>c</sup>	0.0005 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0.0001
D	1	7.4	0.0092 <sup>ab</sup>	0.0083 <sup>ab</sup>	0 <sup>a</sup>	0.0078
	2	7.6	0.0095 <sup>ab</sup>	0.0092 <sup>ab</sup>	0 <sup>a</sup>	0.0098
	3	7.4	0.0458 <sup>ab</sup>	0.0141 <sup>c</sup>	0.0027 <sup>ab</sup>	0.0010
<b>Covered lagoon</b>						
E	1	7.5	0.0177 <sup>ab</sup>	0.0065 <sup>ab</sup>	0.0005 <sup>a</sup>	0.0188
	2	7.4	0.0109 <sup>ab</sup>	0.0027 <sup>a</sup>	0.0005 <sup>a</sup>	0.0137
	3	7.6	0.0227 <sup>ab</sup>	0.0051 <sup>ab</sup>	0 <sup>a</sup>	0.0329
F	1	7.4	0 <sup>a</sup>	0.0002 <sup>a</sup>	0.0004 <sup>a</sup>	0.0058
	2	7.7	0 <sup>a</sup>	0.0007 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0.0052
	3	7.6	0 <sup>a</sup>	0.0008 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0.0005
G	1	7.6	0.0129 <sup>ab</sup>	0.0041 <sup>ab</sup>	0.0009 <sup>ab</sup>	0.0071
	2	7.5	0.0170 <sup>ab</sup>	0.0046 <sup>ab</sup>	0.0015 <sup>ab</sup>	0.0167
	3	7.4	0.0040 <sup>ab</sup>	0.0081 <sup>ab</sup>	0.0023 <sup>ab</sup>	0.0117
H	1	7.5	0.0594 <sup>c</sup>	0.0108 <sup>ab</sup>	0 <sup>a</sup>	0.0132
	2	7.6	0.0512 <sup>ab</sup>	0.0094 <sup>ab</sup>	0 <sup>a</sup>	0.0035
	3	7.6	0.0384 <sup>ab</sup>	0.0057 <sup>ab</sup>	0 <sup>a</sup>	0.0031
<b>Channel digester</b>						
I	1	7.4	0.0284 <sup>ab</sup>	0.0012 <sup>a</sup>	0.0004 <sup>a</sup>	0.0027
	2	7.4	0.0217 <sup>ab</sup>	0.0025 <sup>a</sup>	0.0003 <sup>a</sup>	0.0107
	3	7.5	0.0250 <sup>ab</sup>	0.0045 <sup>ab</sup>	0.0003 <sup>a</sup>	0.0185
J	1	7.5	0.0300 <sup>ab</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0.0138
	2	7.4	0.0357 <sup>ab</sup>	0.0013 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0.0248
	3	7.6	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0.0472
K	1	7.2	0.0086 <sup>ab</sup>	0.0071 <sup>ab</sup>	0.0004 <sup>a</sup>	0.0000
	2	7.5	0.0034 <sup>ab</sup>	0.0068 <sup>ab</sup>	0.0015 <sup>ab</sup>	0.0080
	3	7.6	0.0095 <sup>ab</sup>	0.0086 <sup>ab</sup>	0 <sup>a</sup>	0.0067

L	1	7.3	0.0010 <sup>ab</sup>	0.0006 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0
	2	7.4	0.0075 <sup>ab</sup>	0 <sup>a</sup>	0.0005 <sup>a</sup>	0
	3	7.5	0.0065 <sup>ab</sup>	0.0024 <sup>a</sup>	0.0005 <sup>a</sup>	0
มาตรฐาน**		5.5-9	0.25	0.03	0.005	0.2

\*\* : Pollution Control Department; PCD (2012)

ตารางที่ 4 ความเป็นกรด-เบสและปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียและน้ำทิ้งของฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ (มีลิกนินต่อลิตร)

ฟาร์ม	จุดเก็บ	pH	As	Cd	Hg	Pb
<b>Ponding system</b>						
M	1	7.4	0	0.0037	0	0.0436
	2	7.2	0	0.0054	0	0.0464
	3	7.0	0	0.0050	0.0002	0.0099
N	1	7.2	0	0.0030	0	0.0129
	2	6.9	0	0.0019	0	0.0184
	3	7.6	0	0.0048	0	0
O	1	7.2	0.0330	0.0007	0.0003	0.0439
	2	7.5	0.0130	0.0051	0.0003	0.0385
	3	7.6	0.0140	0.0016	0.0003	0.0289
P	1	7.1	0.0264	0.0059	0.0001	0.0163
	2	7.2	0	0.0061	0	0.0246
	3	7.4	0.0160	0.0063	0	0.0102
มาตรฐาน*		5.5-9	0.25	0.03	0.005	0.2

\* : Pollution Control Department; PCD (2012)

ปริมาณปรอทจากฟาร์มใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ มีค่า 0-0.0035 mg L<sup>-1</sup> และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ฟาร์ม B มีปริมาณปรอทในน้ำเสียและน้ำทิ้งมากที่สุด ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 แต่ฟาร์ม C, H และ J ไม่พบปริมาณปรอท ส่วนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ พบปรอท มีค่า 0-0.0003 mg L<sup>-1</sup>

ปริมาณตะกั่วจากฟาร์มใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ มีค่า 0-0.0472 mg L<sup>-1</sup> และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ฟาร์ม J มีปริมาณตะกั่วในน้ำเสียและน้ำทิ้งมากที่สุด ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 คือ 0.0472 mg L<sup>-1</sup> แต่ฟาร์ม L แต่ไม่พบปริมาณตะกั่ว ส่วนปริมาณตะกั่วจากฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบบำบัดแบบใช้อากาศ มีค่า 0-0.0464 mg L<sup>-1</sup>

สาเหตุที่พบปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ในน้ำเสียและน้ำทิ้ง เนื่องจากมีการปนเปื้อนของสารหนูในวัตถุดิบอาหารและไคคลอซีมฟอสเฟต (Dobrzanski et al., 2010) ที่ใช้เลี้ยงสุกร และปริมาณโลหะหนักในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศมีค่ามากกว่าในระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ เนื่องจากในฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศจะมีการเก็บรวบรวมมูลสุกรและนำไปจำหน่ายก่อนล้างคอกปริมาณมูลสุกรจึงมีน้อยกว่า

## 2. ความเป็นกรด-เบสและปริมาณโลหะหนักในภาคตะกอนมูลสุกร

ภาคตะกอนมูลสุกรทั้ง 6 ฟาร์มมีค่า 6.4-7.0 และแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) โดย

อยู่ในช่วงค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 (Department of Agriculture, 2008) ดังรายละเอียดในตารางที่ 5

ปริมาณสารหนูในกากตะกอนมูลสุกรจากทุกฟาร์ม มีค่า 3.9658 - 17.4499 mg kg<sup>-1</sup> และแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) ส่วนแคดเมียมมีค่า 0.7058-2.6585 mg kg<sup>-1</sup> และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยพบมากที่สุด ใน ฟาร์ม J และน้อยที่สุดใน ฟาร์ม B สำหรับปรอทมีค่า 0-0.5054 mg kg<sup>-1</sup> พบใน ฟาร์ม B และ ฟาร์ม J เพียง 2 ฟาร์ม และมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) ส่วนตะกั่ว มีค่า 3.7611-44.9735 mg kg<sup>-1</sup>แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) (ตารางที่ 5) การที่กากตะกอนมูลสุกรมีปริมาณโลหะหนักที่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากอาหารที่ใช้เลี้ยงสุกรในแต่ละฟาร์ม มีความแตกต่างกัน (Dobrzanski *et al.*, 2010) การให้อาหารสุกรแต่ละระยะการเจริญเติบโต มักมีการใช้ชนิดและองค์ประกอบวัตถุดิบอาหารที่แตกต่างกัน จึงมีผลทำให้ปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนมาในสูตรอาหารแตกต่างกัน

ด้วย (Tulayakul *et al.*, 2012) เมื่อคำนวณค่าสัดส่วนปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดโดยใช้ค่าสูงสุดที่วิเคราะห์ได้ต่อค่ามาตรฐานแต่ละธาตุ พบว่า มีค่าต่ำมาก คือ ตะกั่วมีสัดส่วน 0.09: 1 สารหนู 0.35: 1 แคดเมียม 0.53: 1 และปรอท 0.25: 1 ซึ่งเมื่อนำกากตะกอนมูลสุกรไปใช้เป็นปุ๋ยจะปลอดภัย

ไม่พบความสัมพันธ์

1. ระหว่างปริมาณโลหะหนักกับปริมาณโลหะหนัก แต่ละชนิดทั้ง 4 ชนิด ณ จุดเก็บตัวอย่างต่างกัน
2. ระหว่างปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดทั้ง 4 ชนิด ในน้ำเสียและน้ำทิ้งกับปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนมูลสุกร
3. ระหว่างค่าความเป็นกรด-เบสกับปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดทั้ง 4 ชนิด ในน้ำเสีย น้ำทิ้งหรือกากตะกอนมูลสุกร
4. ระหว่างปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดทั้ง 4 ชนิด ในฟาร์มที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศและแบบไม่ใช้อากาศ ซึ่งปริมาณที่พบนั้นมีปริมาณต่ำมากและต่ำกว่ามาตรฐาน

ตารางที่ 5 ความเป็นกรด-เบสและปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนมูลสุกรของฟาร์มสุกร (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ฟาร์ม	pH	As	Cd	Hg	Pb
A	7.0	6.8648	0.9631 <sup>a</sup>	0	3.7611
B	7.0	3.9658	0.7058 <sup>a</sup>	0.2761	7.3129
E	6.7	9.3338	1.4099 <sup>ab</sup>	0	33.0482
F	6.8	11.0560	1.4554 <sup>ab</sup>	0	6.7575
I	6.4	17.4499	1.6997 <sup>ab</sup>	0	20.9260
J	6.5	10.9052	2.6585 <sup>b</sup>	0.5054	44.9735
มาตรฐาน*	5.5- 8.5	50	5	2	500

\* : มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (Department of Agriculture, 2008)

## สรุป

จากผลการศึกษาค่าความเป็นกรด-เบส และ ปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ในน้ำเสียและน้ำทิ้งจาก ฟาร์มสุกร 16 ฟาร์ม พบว่า ค่าความเป็นกรด-เบส อยู่ใน ช่วงค่ามาตรฐาน และปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด มีค่า ต่ำกว่ามาตรฐานการระบายน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษที่ กำหนดไว้ฟาร์มสุกร จึงสามารถระบายน้ำทิ้งออกสู่แหล่ง น้ำธรรมชาติได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและ นอกจากนี้ ค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน และปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนมูลสุกรมีค่าต่ำกว่า มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กำหนดไว้ ดังนั้นสามารถนำน้ำเสีย น้ำทิ้ง หรือกากตะกอนมูลสุกรไปใช้เป็นแหล่งธาตุอาหาร พืชได้อย่างปลอดภัย

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหาร สัตว์ สถาบันวิจัยกสิกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาสัตว์ และผลิตภัณฑ์สัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

- APHA, AWWA and WEF. 2005. **Standard Method for the Examination of Water and Wastewater. 21<sup>st</sup> edition.** American Public Health Association. Washington D.C. 1,134 p.
- Department of Agriculture, 2008. **Organic fertilizer Standard. (Article 2)** Act B.E. 2550. Department of plant control and agriculture, Bangkok. 24 p. (in Thai)
- Dobrzanski, Z., K. P-Sewerniak, S. Dragan, D. Korniewicz, K. Hoffmann and A. Korniewicz. 2010. Effect of various feed phosphates on biochemical indices of blood and mineral composition of bones in finishing pigs. **Journal of Acta Veterinaria Brno** 79 (1) : 355-361.
- Fu F. and Q. Wang. 2011. Removal of Heavy Metal ions from Wastewater : A Review. **Journal of Environmental Management** 92 : 407-418.
- Juttupornpong, S., P. U-soongnern and U. Kanto. 2012. **Utilization of Animal Farm Wastes as Fertilizer for Economic Crop Yield Improvement.** SARDI. Kasetsart University. Kampaengsaen. Nakhon Pathom, Thailand. (in Thai)
- Pollution Control Department. 2012. **Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Act B.E. 2535.** 5<sup>th</sup> edition. Bangkok, Thailand. 1,039 p. (in Thai)
- Renge, V. C., S. V. Khedkar and S. V. Pande. 2012. Removal of Heavy metals from Wastewater using Low Cost Adsorbents : A Review. **Science Reviews & Chemical Communications** 2(4), 2012, 580-584.
- Srivastava, N.K. and C.B. Majumder. 2008. Novel biofiltration methods for the treatment of heavy metals from industrial wastewater. **Journal of Hazardous Materials**, 151, 1-8.
- Tulayakul P., A. Boonsoongnern, S. Kasemsuwan, N.Ratanavanichrojn, R. Netvichian, and S. Khaodhiar. 2012. Heavy Metals, Escherichia coli and Salmonella spp. in Feeds, Reused Water, Wastewater and Manure from Swine Farms: A Case Report. **Kasetsart Journal (Natural Sciences)** 46 : 882 - 893.
- U.S. Environmental Protection Agency. 1997. **Method 3051a: Microwave assisted acid dissolution of sediments, sludges, soils, and oils.** 2nd ed. U.S. Government Print. Office, Washington D.C.