**(ร่าง) รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์**
**โครงการวิจัย (Project)**
**โครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก. ปีงบประมาณ 2555-2556**

---

***ส่วนที่ 1*** **สรุปผลการดำเนินงานโครงการวิจัย (Project)**

1.1 รหัส ร-ม. 17.55 ชื่อโครงการ ผลตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและโลหะหนักในขน และไข่เป็ด

1.2 ลักษณะโครงการ ⊘ เป็นโครงการวิจัยเดี่ยว
○ เป็นโครงการย่อยในชุดโครงการวิจัย (ระบุชื่อชุดโครงการวิจัย) .....

1.3 ชื่อหัวหน้าโครงการ อ.ดร.พรรณวิมล ตันหัน

1.4 หน่วยงานหลักรับผิดชอบ ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์

1.5 ประเภทโครงการ ⊘ โครงการวิจัย 3 สาขา; ☐ เกษตรศาสตร์ ☑ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ☐ สังคมศาสตร์ฯ
○ โครงการวิจัยสถาบันเพื่อพัฒนาคุณภาพ
○ โครงการวิจัยและถ่ายทอดงานวิจัยสู่ประชาชน
○ โครงการเสริมสร้างความเข้มแข็งด้านการวิจัย
○ โครงการวิจัยเพื่อพัฒนาหน่วยปฏิบัติการวิจัยเชี่ยวชาญเฉพาะ (SRU)
○ โครงการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพเชิงบูรณาการเพื่อการแข่งขันฯ
○ โครงการวิจัยพัฒนาร่วมภาครัฐและเอกชน

1.6 ระยะเวลาดำเนินงานวิจัยตลอดโครงการ 2 ปี ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2555 ถึงปีงบประมาณ 2556

1.7 สถานที่ดำเนินงานวิจัย/เก็บข้อมูล อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี

1.8 งบประมาณรวมตลอดโครงการ 292,500.00 บาท ประกอบด้วย

ปีงบประมาณ 2555 ได้รับ 150,000.00 บาท ปีงบประมาณ 2556 ได้รับ 142,500 บาท
ปีงบประมาณ ..... ได้รับ ..... บาท ปีงบประมาณ ..... ได้รับ ..... บาท
ปีงบประมาณ ..... ได้รับ ..... บาท ปีงบประมาณ ..... ได้รับ ..... บาท

1.9 วัตถุประสงค์โครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณของสารเคมีในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและโลหะหนักที่สะสม และตกค้างในขนและไข่ของเป็ดไข่ไล่ทุ่งที่เลี้ยงในบริเวณที่มีการเพาะปลูกข้าว
2. เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการสะสมและ การตกค้างของสารเคมีในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและโลหะหนักในขนและไข่ของเป็ด ที่เลี้ยงใกล้บริเวณที่มีการเพาะปลูกข้าว
3. เพื่อประเมินความเสี่ยงของการบริโภคไข่ของเป็ดไข่ไล่ทุ่งที่มีการการสะสม และตกค้างของสารเคมีในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและโลหะหนัก

1.10 เป้าหมายผลงานวิจัยตลอดโครงการ

| ปีที่ | เดือนที่ | ผลงานวิจัยที่คาดว่าจะได้ |
|---|---|---|
| 1. | 1-6 | สำรวจพื้นที่บริเวณศึกษาในเขตจังหวัดสุพรรณบุรี ทำการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง |
| | 7-12 | เลือกพื้นที่ที่ทำการศึกษา โดยประเมินจากการตกค้างของสารออร์กาโนคลอรีน และโลหะหนักที่ทำการศึกษา เก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 วิเคราะห์การตกค้างของสารดังกล่าว |

2. 1-6 วิเคราะห์การตกค้างของสารออร์กาโนคลอรีน และโลหะหนัก

7-12 วิเคราะห์และประเมินผลจากตัวอย่างจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 8 จุดเปรียบเทียบข้อมูล ทำรายงาน และประเมินผลกระทบต่างๆ จากการตกค้างของสารในกลุ่มสารออร์กาโนคลอรีน และโลหะหนัก

1.11 สรุปการดำเนินงานวิจัยตลอดโครงการ

| **วัตถุประสงค์ (ตามแผน)** | **เป้าหมาย / ผลที่คาด (ตามแผน)** | **ผลการดำเนินงาน (ปฏิบัติได้จริง)** |
|---|---|---|
| เพื่อศึกษาปริมาณของสารเคมีในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและโลหะหนักที่สะสมและตกค้างในขนและไข่ของเป็ดไข่ไล่ทุ่งที่เลี้ยงในบริเวณที่มีการเพาะปลูกข้าว | พื้นที่ที่มีการตกค้างของสารในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและโลหะหนักที่เกิดจากการทำนาข้าว | ได้ทำการสำรวจพื้นที่ในเขตจังหวัดนครปฐมและสุพรรณบุรี ได้กำลังดำเนินการวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้าง ในกลุ่ม |
| เลือกพื้นที่ที่ทำการศึกษา โดยประเมินจากการตกค้างของสารออร์กาโนคลอรีนและโลหะหนักทีทำการศึกษา | ได้พื้นที่ที่มีการตกค้างของสารในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและโลหะหนักที่เกิดจากการทำนาข้าว | ได้ทำการเลือกจุดเก็บตัวอย่าง 8 จุดเก็บที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อน สารออร์กาโนคลอรีนและโลหะหนัก โดยพบว่ามีการตกค้างของโลหะหนัก 7 ชนิดที่ทำการศึกษา ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง เหล็ก แมงกานีส นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี |
| วิเคราะห์การตกค้างของสารออร์กาโนคลอรีน และโลหะหนัก | ได้ปริมาณการตกค้างของสารในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและโลหะหนัก ในไข่เป็ด และขนเป็ด | ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณการตกค้างของโลหะหนัก และทำการสกัดตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณการตกค้างของสารประกอบในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน |

1.12 สรุปผลการดำเนินงานตามวัตถุประสงค์

(/) บรรลุ.....

( ) บรรลุบางส่วน (ร้อยละ.....) เหตุผล.....

( ) ไม่บรรลุ เหตุผล.....

1.13 ผลผลิต/ สิ่งที่ได้จากการวิจัย (Outputs) (โปรดระบุรายละเอียด)

(/) องค์ความรู้/ข้อมูลพื้นฐาน การปนเปื้อนของสารในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน และโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการตกค้างที่พบในไข่เป็ด ที่เป็นอาหารของมนุษย์.....

( ) สายพันธุ์พืช/สัตว์/จุลินทรีย์.....

( ) ผลิตภัณฑ์.....

( ) สิ่งประดิษฐ์.....

( ) เทคโนโลยี/นวัตกรรม.....

( ) ฐานข้อมูล/ซอฟแวร์.....

( ) คู่มือ.....

( ) วิดีทัศน์.....

(/) การสร้างนักวิจัย/สนับสนุนนิสิตปริญญาตรี ..... คน ปริญญาโท 1 คน ปริญญาเอก ..... คน
(/) สนับสนุนการศึกษาปัญหาพิเศษ ..... เรื่อง (ระบุ) ..... วิทยานิพนธ์ 1 เรื่อง (ระบุ) การติดตามตรวจสอบการตกค้างของสารเอนโดซัลแฟนในขนและไข่ของเป็ด
( ) อื่นๆ (ระบุ) .....

1.14 ผลลัพธ์/ผลสำเร็จที่ได้/หรือคาดว่าจะได้จากการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ (Outcomes)

(1) เป้าหมายการนำไปใช้ประโยชน์ (ระบุกลุ่มเป้าหมายของงานวิจัยเชิงปริมาณ/คุณภาพ)

( ) ด้านการศึกษา/เสริมการเรียนการสอน .....
(/) ด้านการเกษตร เกษตรกรผู้ใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืช ผู้เลี้ยงเป็ด .....
( ) ด้านอุตสาหกรรม .....
(/) ด้านทรัพยากรธรรมชาติ/สิ่งแวดล้อม นักวิชาการสิ่งแวดล้อม .....
(/) ด้านคุณภาพชีวิต สุขภาพอนามัย ผู้บริโภค .....
( ) ด้านเศรษฐกิจ .....
( ) ด้านสังคม .....
( ) ด้านการทำนุบำรุงศิลป ศาสนา วัฒนธรรม .....
( ) ด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยี/ฝึกอบรมแก่กลุ่มเป้าหมาย .....
(/) เสนอภาครัฐ เพื่อใช้กำหนดแผน/นโยบาย ฯลฯ กรมควบคุมมลพิษ และกระทรวงสาธารณสุข .....
( ) นำความรู้ไปวิจัย/พัฒนาขั้นต่อไป .....
(/) ก่อให้เกิดความร่วมมือระหว่างหน่วยงาน/การสร้างเครือข่าย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล .....
( ) อื่นๆ (ระบุ) .....

(2) สรุปผลการนำผลการวิจัยไปเผยแพร่ / ถ่ายทอด **ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดโครงการ** (ระบุรายละเอียด อยู่ระหว่างดำเนินการส่งตีพิมพ์/ตีพิมพ์แล้วในรูปแบบ**เอกสารอ้างอิง**และ**แนบสำเนาเป็นภาคผนวก**ของรายงาน)

(/) ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการต่างประเทศ 2 เรื่อง (ระบุ)
1. Health risk associated with the pesticide (endosulfan) residues in soil, water, feed and duck eggs (อยู่ในระหว่างดำเนินการส่งตีพิมพ์ ในวารสาร Environmental Monitoring and Assessment)
2. Biomonitoring of heavy metals in duck eggshells (อยู่ในระหว่างดำเนินการส่งตีพิมพ์ ในวารสาร Biological Trace Element Research)

( ) ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการในประเทศ ..... เรื่อง (ระบุ) .....
(/) นำเสนอในการประชุม/สัมมนา ต่างประเทศ 1 เรื่อง (ระบุ)
Essential metals levels in duck eggs and estimation of human health risk from egg consumption (poster presentation) นำเสนอในการประชุม 18th Federation of Asian Veterinary Associations Congress วันที่ 28-30 พฤศจิกายน 2557 Marina Bay Sands, Singapore
( ) นำเสนอในการประชุม/สัมมนา ในประเทศ ..... เรื่อง (ระบุ) .....
( ) นำเสนอทางวิทยุ/โทรทัศน์/Website ..... เรื่อง/ครั้ง (ระบุ) .....
( ) นำเสนอทางนิทรรศการ ..... เรื่อง/ครั้ง (ระบุ) .....
( ) บทความ/เอกสารสิ่งพิมพ์/วีดีทัศน์ ..... เรื่อง/ครั้ง (ระบุ) .....
( ) ถ่ายทอด/ฝึกอบรมแก่เกษตรกร/ผู้สนใจ ..... เรื่อง/ครั้ง (ระบุ) .....
( ) ถ่ายทอดสู่ภาคเอกชน/อุตสาหกรรม/ผู้ประกอบการ (ประโยชน์เชิงพาณิชย์) ..... เรื่อง/ครั้ง (ระบุ) .....
( ) ภาครัฐนำไปใช้กำหนดแผน/นโยบาย ฯลฯ (ระบุ) .....

◯ มีผู้นำผลงานวิจัยไปอ้างอิง (ระบุ).....

◯ อื่นๆ (ระบุ).....

1.15 การยื่นจด ◯ สิทธิบัตร ◯ อนุสิทธิบัตร ◯ ลิขสิทธิ์

◯ มีศักยภาพที่จะยื่นจด (ระบุ)..... ◯ ยื่นจดแล้ว เมื่อ.....

1.16 ผลกระทบ (Impact) ที่เกิดจากการนำผลการวิจัยไปใช้ (ระบุว่าก่อให้เกิดผลกระทบอย่างไร)

◯ ด้านความมั่นคง อาทิ การเมืองการปกครอง กฎหมาย การต่างประเทศ โครงสร้างพื้นฐาน และบริการโทรคมนาคม ฯลฯ (ระบุ).....

◯ ด้านการเศรษฐกิจ อาทิ การพาณิชยกรรม การเกษตรกรรม การอุตสาหกรรม การท่องเที่ยว วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พลังงาน ฯลฯ (ระบุ).....

⊘ ด้านคุณภาพชีวิตและสังคม ศักยภาพของคนและการศึกษา การแพทย์และสาธารณสุข หลักประกันความมั่นคง สวัสดิการสังคม วัฒนธรรม จริยธรรมและค่านิยม ฯลฯ (ระบุ) ได้ทราบถึงความเสี่ยงต่อการบริโภคไข่ที่ปนเปื้อนด้วยสารออร์กาโนคลอรีน และโลหะหนัก เพื่อเป็นการวางแผนป้องกันความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้

◯ ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การบริการจัดการการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์ การป้องกันการทำลาย ลดการสูญเสีย การฟื้นฟูทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ฯลฯ

◯ อื่นๆ (ระบุ).....

1.17 ผลการดำเนินงานวิจัยสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ ในด้าน

◯ ยุทธศาสตร์การขจัดความยากจน

◯ ยุทธศาสตร์การพัฒนาคนและสังคมที่มีคุณภาพ

◯ ยุทธศาสตร์การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้สมดุล และแข่งขันได้

⊘ ยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

◯ ยุทธศาสตร์การต่างประเทศและเศรษฐกิจระหว่างประเทศ

◯ ยุทธศาสตร์การพัฒนากฎหมายและส่งเสริมการบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี

◯ ยุทธศาสตร์การส่งเสริมประชาธิปไตยและกระบวนการประชาสังคม

◯ ยุทธศาสตร์การรักษาความมั่งคงของรัฐ

◯ ยุทธศาสตร์การรองรับการเปลี่ยนแปลงและพลวัตโลก

◯ อื่นๆ โปรดระบุ.....

1.18 ปัญหา อุปสรรค ในการดำเนินงานวิจัยและแนวทางแก้ไข ไม่มี.....

1.19 งานที่จะทำต่อไป/คำชี้แจงเพิ่มเติม -.....

1.20 ได้แนบ **“รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการ (Project)”** ตามหัวข้อ **ในส่วนที่ 2** (หน้าถัดไป) มาด้วยแล้ว

ลงชื่อ.....หัวหน้าโครงการ

( อ.ดร.พรรณวิมล ตันหัน )

...../...../..... วัน/เดือน/ปี ที่รายงาน

*ส่วนที่ 2* **(ร่าง) รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์**

**โครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก. ปีงบประมาณ 2555-2556**

โครงการวิจัยรหัส ร-ม 17.55

# การตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและโลหะหนักในขน และไข่เป็ด

# Organochlorine Pesticides and Selected Heavy Metals Residuals in Mallard Features and Eggs

*พรรณวิมล ตันหัน [(1)], บุษยานรรณ เกตุแย้ม [(1)], กาญจนา อิ่มศิลป์ [(1)], อำนาจ พัวพลเทพ [(1)], วัชรีพร ตฤณชาติวณิชย์ [(2)], ศรัญญา พัวพลเทพ [(1)],อุสุมา เจิมนาค [(1)],นภสร เผ่าชูศักดิ์ [(1)] มาลียา เครือตราชู [(2)]*
*PHANWIMOL TANHAN [(1)] BUTSAYANAN KETYAM [(1)] KANJANA IMSILP [(2)] AMNART POAPOLATHEP [(1)] WACHREEPORN TRINACHARTVANIT [(2)] SARANYA POAPOLATHEP [(1)] USUMA JERMNAK [(1)] NAPASSORN PHAOCHOOSAK [(1)] MALEEYA KRAUTRACHUE [(2)]*

## บทคัดย่อ

การปนเปื้อนสารเคมีในสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ โดยเฉพาะโลหะหนัก และยาฆ่าแมลงเป็นกลุ่มของสารเคมีที่พบการตกค้างในสิ่งแวดล้อมเป็นปริมาณสูง สารเคมีเหล่านี้สามารถก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตได้ ถึงแม้จะมีมาตรการในการห้ามใช้สารเคมีบางชนิดในกลุ่มนี้ แต่ยังสามารถตรวจพบการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้อย่างต่อเนื่อง และมีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากมีการขยายพื้นที่การทำอุตสาหกรรม และการทำเกษตรกรรม สารเคมีเหล่านี้ที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมสามารถถูกสะสม และส่งผ่านทางห่วงโซ่อาหาร ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภค โดยเฉพาะอาหารของมนุษย์ การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาการตกค้างของยาฆ่าแมลงในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน และโลหะหนักในไข่เป็ด โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ Gas Chromatography (GC) และ Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) จากการศึกษาพบการตกค้างของสารในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน โดยพบปริมาณสูงที่สุดในตัวอย่างต่างๆ ดังนี้ endrin ketone สูงสุดในดินและเปลือกไข่, endrin aldehyde ในน้ำ, endosulfan II ในอาหาร และ $\beta$-HCB ตกค้างสูงสุดในไข่และขนเป็ด โดยจากปริมาณที่ตรวจพบนี้พบว่าปริมาณของ aldrin, $\sum$chlordane, dieldrin, endrin, $\sum$heptachlor มีปริมาณสูงกว่า Acceptable Daily Intake (ADI) นอกจากนี้พบการตกค้างของโลหะหนักทั้ง 7 ชนิดที่ทำการศึกษา โดยพบปริมาณของโลหะหนักชนิดต่างๆ สูงที่สุดดังนี้ Fe ในดิน, Ni ในน้ำ, Fe และ Mn ในอาหาร, Fe และ Zn ในไข่แดง, Zn ในขนเป็ด, Pb ในไข่ขาวและเปลือกตามลำดับ เมื่อประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคไข่ที่มีการปนเปื้อนโลหะหนัก จากค่า Target Hazard Quotient (THQ) พบว่าก่อนให้เกิดความเสี่ยงจากการบริโภคได้เมื่ออ้างอิงจากการบริโภคเฉลี่ยของคนไทย

**คำสำคัญ**: ออร์กาโนคลอรีน; โลหะหนัก; สิ่งแวดล้อม; ไข่เป็ด; การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

## ABSTRACT

Chemical contamination in the environment is an important global issue. Among these pollutants, heavy metals and pesticides are a major groups of chemicals found in the environment. These chemicals can cause toxicities to organisms. Despite certain chemicals in this group are prohibited. Their residues can be detected to present with increasing in their levels. Cause of the increasing in agricultures as well as industries. These chemical contaminants can be accumulated and transferred through the food chain. Pose a health risk to consumers especially for human consumption. This present study, we determined the residues of organochlorine compounds and heavy metals using Gas Chromatography (GC) and Atomic Absorption Spectroscopy (AAS), respectively. For organochloring compounds, the highest amounts were found as in the following; endrin ketone in soil samples and egg shells, endrin aldehyde in water samples, endosulfan II in feed samples and $\beta$-HCB in eggs and feathers. In addition, the amounts of aldrin, $\sum$chlordane, dieldrin, endrin, $\sum$heptachlor in egg contents were higher than the Acceptable Daily Intake (ADI) limits. For heavy metals analysis, we also found the residues of selected seven heavy metals. The highest levels were found as following; Fe in soil, Ni in water, Fe and Mn in feed, Fe and Zn in yolk, Zn in feather, Pb in the albumen and shell. Using the Target Hazard Quotient (THQ), results showed that the health risk effect on the consumption of contaminated duck eggs based on average consumption of Thai population.

Key words: organochlorine; heavy metals; environment; duck eggs; health risk analysis

# บทนำ

ประเทศไทยมีการประกาศห้ามใช้และนำเข้า ยาฆ่าแมลงในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน (organochlorine pesticide; OCP) เพื่อให้เป็นไปตามข้อตกลงของอนุสัญญาสต๊อกโฮม เนื่องจากสารเคมีในกลุ่มนี้สลายตัวได้ยากในธรรมชาติ และมีความเป็นพิษสูงต่อสิ่งมีชีวิตรวมทั้งมนุษย์ แต่ในปัจจุบันยังมีการตรวจพบการตกค้างของสารเคมีในกลุ่มนี้ เช่น ดีดีที (DDT) และสารอนุพันธ์ เอนโดซัลแฟน (endosulfan) และสารอนุพันธ์ เป็นต้น ในพืชและสัตว์น้ำเช่น หอย ปลา กุ้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่ทำการเพาะปลูกข้าว เนื่องจากสารเคมีกลุ่มนี้ถูกใช้อย่างแพร่หลายเพื่อกำจัดสัตว์ศัตรูพืชโดยเฉพาะหอยเชอร์รี่ จึงทำให้มีการตกค้างของสารออร์กาโนคลอรีน และสามารถตรวจพบได้ในปัจจุบัน นอกจากสารเคมีในกลุ่มของออร์กาโนคลอรีนแล้ว สารตกค้างในกลุ่มของโลหะหนักก็ยังต้องให้ความสำคัญอยู่อย่างต่อเนื่อง เพราะโลหะหนักมีความคงตัวอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้เป็นเวลานาน สลายตัวยากและขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพและเคมีของโลหะหนักนั้น การปนเปื้อนของโลหะหนักในพื้นที่ทำเกษตรกรรมพบว่าเกิดจากการปนเปื้อนของโลหะหนักในปุ๋ยเคมี และปุ๋ยที่ได้มาจากมูลสัตว์ที่มีการปนเปื้อน นอกจากนี้แล้วที่ผ่านมาได้มีการใช้สารประกอบ copper sulphate ในการกำจัดหอยเชอร์รี่ซึ่งอาจมีการตกค้างอยู่ในปัจจุบันด้วย นอกจากนี้มีรายงานพบว่าการเผาทำลายต้นข้าวหลังจากเก็บเกี่ยวจะเป็นการเพิ่มความเสถียรของโลหะหนักให้คงอยู่และตกค้างอยู่ในดินด้วย

การเลี้ยงเป็ด นอกจากเป็ดจะได้รับอาหารจากที่ผู้เลี้ยงให้แล้ว เป็ดจะได้แหล่งโปรตีนจากจากหอย ปู ปลา และรำ-ปลายข้าว ในปัจจุบันจะมีการเลี้ยงควบคู่ไปกับการเพาะปลูกข้าว หรือเลี้ยงอยู่ในบริเวณเพาะปลูกข้าว เพื่อเป็นการกำจัดหอยเชอร์รี่ที่ทำลายต้นข้าว ดังนั้นหากเกษตรกรมีการใช้ยาฆ่าหอยเชอร์รี่ที่อยู่ในกลุ่มของสารประกอบออร์กาโนคลอรีน หรือมีการตกค้างของสารในกลุ่มนี้อยู่แล้วในพื้นที่นาแห่งนั้น เป็ดที่กินหอยก็จะได้รับและสะสมสารพิษในกลุ่มนี้เช่นเดียวกัน

จากการใช้สารเคมีเพื่อใช้ในการเกษตรโดยเฉพาะการเพาะปลูกข้าว ทำให้ในปัจจุบันมีการตกค้างของสารเหล่านี้ แต่ปริมาณไม่สูงมากหากมองถึงการถ่ายทอดของสารผ่านทางห่วงโซ่อาหารแล้วนั้น จะพบว่าสารพิษเหล่านี้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น (biomagnifications) ในลำดับขั้นของสิ่งมีชีวิตที่สูงขึ้น และจากการเกิดอุทกภัยในปี พ.ศ. 2554 นั้นอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการตกค้างของสารเคมีในกลุ่มนี้ และโลหะหนักขึ้นได้ ซึ่งในโครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาการตกค้างของสารเคมีในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน และโลหะหนักในขน และไข่ของเป็ดที่เลี้ยงอยู่ในบริเวณที่ทำการเพาะปลูกข้าว ซึ่งยังพบปัญหาที่เกิดจากการตกค้างเพิ่มขึ้น การมีระบบติดตามและตรวจสอบที่ครอบคลุมการตกค้างของสารเคมีเหล่านี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง เพราะในความเป็นจริงแล้วมนุษย์กับนกหรือสัตว์ปีกก็มีการได้รับสารพิษเหล่านี้จากการบริโภคเหมือนกัน ซึ่งหาพบการตกค้างในสัตว์กลุ่มนี้ก็สามารถที่จะใช้ประเมินผลที่เกิดขึ้นในมนุษย์ได้เช่นกัน ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นการเฝ้าระวังและติดตามตรวจสอบปริมาณการตกค้างของโลหะหนักและสารเคมีในกลุ่มของออร์กาโนคลอรีน ให้เป็นการปฏิบัติตามข้อตกลงระหว่างประเทศที่ประเทศไทยได้ให้สัตยาบันในอนุสัญญาสตอกโฮล์มไว้ และเป็นข้อมูลสำหรับผู้บริโภคต่อไปด้วย

**วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย**

1. เพื่อศึกษาปริมาณของสารเคมีในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและโลหะหนักที่สะสม และตกค้างในดิน น้ำ อาหาร ขน และไข่เป็ดไข่เลี้ยงในบริเวณที่มีการเพาะปลูกข้าว

2. เพื่อประเมินความเสี่ยงของการบริโภคไข่ของเป็ดไข่ไล่ทุ่งที่มีการการสะสม และตกค้างของสารเคมีในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและโลหะหนัก

**ขอบเขตของโครงการวิจัย**

พื้นที่ที่ทำการศึกษาวิจัย เป็นฟาร์มเลี้ยงเป็ดที่อยู่ในบริเวณที่มีการเพาะปลูกข้าวในเขตจังหวัดสุพรรณบุรี เนื่องจากจังหวัดสุพรรณบุรีการเลี้ยงเป็ดในปริมาณสูงที่สุดของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2553 ประกอบกับมีพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกข้าวอย่างแพร่หลาย โดยจะเลือกสุ่มจากประชากรเป็ดไข่ไล่ทุ่งในแต่ละพื้นที่จำนวน 30 ตัวอย่างต่อหนึ่งพื้นที่ โดยเก็บตัวอย่างดิน น้ำ อาหาร ขน และไข่เป็ดเพื่อวิเคราะห์หาการตกค้างของสารเคมีในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและโลหะหนัก

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ และข้อมูลที่ได้จะเป็นการเฝ้าระวังและติดตามตรวจสอบปริมาณการตกค้างของโลหะหนักและสารเคมีในกลุ่มของออร์กาโนคลอรีนใน ขนและไข่ของเป็ดไลทุ่ง เพื่อให้เป็นการปฏิบัติตามข้อตกลงระหว่างประเทศที่ประเทศไทยได้ให้สัตยาบันในอนุสัญญาสตอกโฮล์มไว้ และเป็นข้อมูลสำหรับผู้บริโภคต่อไปด้วย

**การทบทวนวรรณกรรม**

ตามที่ประเทศไทยได้ให้สัตยาบัน ในข้อตกลงระหว่างประเทศเรื่องการจัดการสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานตามอนุสัญญาสต๊อกโฮล์ม ได้กำหนดสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (Persistent Organic Pollutants: POPs) มีทั้งหมด 12 ชนิด เป็นสารป้องกันกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน 8 ชนิดได้แก่ เฮปตาคลอร์ และสารประกอบ (Heptachlor & epoxide), ออลดริน (Aldrin), คลอเดน (Chlordane), ดีลดริน (Dieldrin), เอนดริน (Endrin), ดีดีทีและสารอนุพันธุ์ (DDT & derivatives), ไมเร็กซ์ (Mirex) และ ท็อกซาฟีน (Toxaphene) เป็นสารกำจัด โรคพืช 1 ชนิดคือ เฮกซะคลอโรเบนซิน (Hexachlrobenzene; HCB) และเป็นสารที่ใช้ในขบวนการผลิตหรือเกิดจากขบวนการผลิตทาง อุตสาหกรรม 3 ชนิดได้แก่ สารประกอบโพลิคลอรินเนเต็ดไบฟีนิล (Polychlorinated Biphenyl Compounds; PCBs), ไดออกซิน (dioxins) และ ฟูแรน (furans) สำหรับ mirex นั้นไม่เคยมีการนำเข้ามาใช้ในประเทศ นอกจากศึกษาสาร POPs 8 ชนิดแล้ว ได้ศึกษาสารพิษในกลุ่ม ออร์กาโนคลอรีน อีก 3 ชนิดคือ แอลฟา- เบต้า- แกมมา- เฮกซะครอโรเบนซิน ($\alpha$-, $\beta$-, $\gamma$-HCB), ไดโคฟอล (Dicofol) และ เอนโดซัลแฟนและสารอนุพันธุ์ (Endosulfan & derivatives) ซึ่ง 2 ชนิดหลังยังคงมีการใช้ในการเกษตรกรรมในปัจจุบัน

ประเทศไทยมีการใช้สารเคมีเพื่อป้องกันและกำจัดศัตรูพืชอย่างกว้างขวาง อาทิเช่น สารกำจัดแมลง (insecticides) สารกำจัดหนู (rodenticides) สารกำจัดวัชพืช (herbicides) สารกำจัดเชื้อรา (fungicides) สารกำจัดไส้เดือนฝอย (nematocides) เป็นต้น ซึ่งสารเคมีดังกล่าวสามารถแบ่งเป็น กลุ่มหลักๆ 2 กลุ่ม ดังนี้

1) กลุ่มที่มีฤทธิ์ตกค้างยาวนาน คือ กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (organochlorine) หรือมีอีกชื่อหนึ่งว่ากลุ่ม chlorinated hydrocarbon เป็นสารที่สลายตัวช้ามีฤทธิ์ตกค้างยาวนาน สะสมในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตและแพร่กระจายในสิ่งแวดล้อมโดยมีระยะเวลาตกค้างยาวนานประมาณ 30 ปี มีความสัมพันธ์กับขบวนการห่วงโซ่

อาหาร (food chains) ของพืชและสัตว์รวมถึงมนุษย์ด้วย สารเคมีนี้ออกฤทธิ์โดยการสัมผัส (contact) และกินตาย (stomach poisons) สารเคมีในกลุ่มนี้มีผลทำลายระบบประสาทส่วนกลาง และอาจเป็นเหตุของโรคมะเร็ง (โดยขึ้นอยู่กับปริมาณสารเคมีที่ร่างกายได้รับเข้าไปซึ่งจะทำให้เกิดพิษต่อร่างกายในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการตอบสนองต่อสารพิษของแต่ละบุคคล (dose & respond)

ซึ่งปัจจุบันสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้จัดเป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 ตาม พ.ร.บ.วัตถุอันตราย พ.ศ.2535 โดยห้ามมิให้มีการใช้ การผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือมีไว้ในครอบครอง ควบคุมโดยการห้ามประกอบกิจการใดๆ เนื่องจากเป็นสารที่มีคุณสมบัติคงทนอยู่ในสภาพแวดล้อมได้เป็นระยะเวลายาวนาน ประมาณ 30 ปี ประกอบกับมีความเป็นพิษสูงและอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม และมีความทนทานต่อการถูกย่อยสลายโดยเอ็นไซม์ของสิ่งมีชีวิตที่มีอยู่ตามธรรมชาติ แต่อย่างไรก็ตามจากการรายงานของแผนงานผักปลอดภัยจากสารพิษ จังหวัดขอนแก่น ในปี พ.ศ. 2553 ยังพบมีการจำหน่ายของสารเคมีในกลุ่มนี้อยู่ ซึ่งเป็นการนำเข้ามาจำหน่ายโดยผิดกฎหมาย ดังนั้นจึงไม่เป็นที่น่าแปลกใจว่าทำไมถึงจะตรวจพบการตกค้างของสารเคมีในกลุ่มนี้อยู่

2) กลุ่มที่สลายตัวเร็ว ไม่ตกค้างและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย ได้แก่ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต กลุ่มคาร์บาเมต กลุ่มไพรีทรอยด์ และกลุ่มสารกำจัดวัชพืช สารเคมีกลุ่มนี้จะมีการตกค้างในสิ่งแวดล้อมในระยะเวลาสั้น โดยระยะเวลาการสลายตัวส่วนใหญ่เฉลี่ยจะอยู่ประมาณ 3-15 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความร้อน แสงแดด และสารเคมีบางชนิดสามารถสลายตัวได้โดยจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินและพืช ชนิดของสารเคมี กลุ่มที่สลายตัวเร็ว ได้แก่

ออร์กาโนฟอสเฟต (organophosphate) สารเคมีในกลุ่มนี้มีฟอสฟอรัส (P) เป็นองค์ประกอบสำคัญ ออกฤทธิ์ทั้งในทางสัมผัสและดูดซึม (systemic) โดยพิษจะออกฤทธิ์ในช่วงสั้นๆ สารเคมีในกลุ่มนี้สามารถถูกเปลี่ยนแปลง ในร่างกาย (metabolize) และถูกขับถ่ายออกจากร่างกายของสัตว์ทางอุจจาระและปัสสาวะได้ ทั้งนี้ระยะเวลาในการขับสารนี้ออกจากร่างกายสัตว์จะขึ้นอยู่กับปริมาณสารเคมีและระยะเวลาที่ร่างกายสัตว์ได้รับเข้าไป

คาร์บาเมท (carbamate) สารเคมีกลุ่มนี้มีไนโตรเจน (N) เป็นองค์ประกอบสำคัญ ลักษณะของการออกฤทธิ์คล้ายคลึงกับกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต โดยออกฤทธิ์ในช่วงสั้นๆ สามารถขับถ่ายออกจากร่างกายของสัตว์ได้อย่างรวดเร็ว ทางอุจจาระและปัสสาวะได้ ทั้งนี้ระยะเวลาในการขับสารนี้ออกจากร่างกายสัตว์จะขึ้นอยู่กับปริมาณสารเคมีและระยะเวลาที่ร่างกายสัตว์ได้รับเข้าไป

ไพรีทรอยด์ (pyrethroid) สารเคมีในกลุ่มนี้มีข้อดีกว่าสารเคมีในกลุ่มอื่นๆ ในแง่ที่มีความปลอดภัยต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและมีฤทธิ์ในการกำจัดแมลงสูงกว่า แต่เนื่องจากมีความยุ่งยากในการสังเคราะห์จึงทำให้ต้นทุนการผลิตสูง จึงมีราคาแพงกว่าสารเคมีในกลุ่มอื่นๆ ด้วยเหตุที่สารเคมีในกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพสูงแม้ใช้ในอัตราความเข้มข้นที่ต่ำ ปัญหาด้านพิษตกค้างจึงมีน้อยมาก ทางอุจจาระและปัสสาวะได้ ทั้งนี้ระยะเวลาในการขับสารนี้ออกจากร่างกายสัตว์จะขึ้นอยู่กับปริมาณสารเคมีและระยะเวลาที่ร่างกายสัตว์ได้รับเข้าไป

การใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชในประเทศไทย

1) เอสโซนัด 95 ตราหมาแดง (ชื่อสามัญ 2, 4-ดี โซเดียมซอลต์) อยู่ในกลุ่มสารเคมีกำจัดวัชพืช สามารถสลายตัวได้เร็วเมื่อออกสู่สิ่งแวดล้อมทำให้ความเป็นพิษลดลง มีค่าครึ่งชีวิตสั้น (Half life) ประมาณ 2 สัปดาห์ถึง 6 เดือน ทั้งนี้ระยะเวลาการสลายตัวอาจขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ สภาพอากาศ แสงแดด และบางตัวสลายโดยจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินและพืช สารเคมีเหล่านี้มีความเป็นพิษเฉียบพลันเมื่อสัมผัสโดยตรง

เช่น ทางปาก ทางผิวหนัง จะมีอาการปวดศีรษะ เหงื่อออกมาก อ่อนเพลีย คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องเสีย เบื่ออาหาร ตาพร่า พูดไม่ชัด กล้ามเนื้อกระตุก

2) ไกลโฟเสท ราวอัพ สปาร์ค (ชื่อสามัญ ไกลโฟเสท) อยู่ในกลุ่มสารเคมีกำจัดวัชพืช สารเคมีเหล่านี้มีค่าครึ่งชีวิต (half life) ที่สั้น ประมาณ 32 วัน ทั้งนี้มีปัจจัยต่างๆ ในการสลายตัวและความเป็นพิษเฉียบพลันเมื่อสัมผัสโดยตรง เช่นเดียวกับเอสโซนัด 95

3) กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีฟอสพอรัสเป็นองค์ประกอบ โดยสารเคมีในกลุ่มนี้ที่รู้จักกันคือ มาลาไธออน (Malathion) พาราอาซินอน (Paraazinon) เฟนนิโตรไธออน (Fenitrothion) พิริมิฟอสเมธิล (Pirimiphosmethyl) และไดคลอวอส (Dichlorvos หรือ DDVP) เป็นต้น สารเคมีชนิดนี้มีค่าครึ่งชีวิต (half life) ประมาณ 2 สัปดาห์ถึง 6 เดือน ทั้งนี้ระยะเวลาการสลายตัวอาจขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ สภาพอากาศ แสงแดด และบางตัวสลายโดยจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินและพืช สารเคมีในกลุ่มนี้จะมีพิษรุนแรงมากกว่ากลุ่มอื่น แต่น้อยกว่ากลุ่มออร์กาโนครอลีน โดยเป็นพิษกับทั้งแมลงและสัตว์อื่นๆ ทุกชนิด เมื่อได้รับหรือสัมผัสโดยตรง เช่น ทางปาก ผิวหนัง และสูดดมจะมีอาการคลื่นไส้ วิงเวียนอ่อนเพลีย กล้ามเนื้อหดตัว แน่นหน้าอก อาเจียน ท้องเดิน ตาพร่า อาการพิษรุนแรงจะหมดสติ น้ำลายฟูมปาก อุจจาระ ปัสสาวะราด ชัก หายใจลำบาก และหยุดหายใจ

4) กลุ่มคาร์บาเมต ซึ่งมีคาร์บาริลเป็นองค์ประกอบสำคัญ โดยสารเคมีกำจัดแมลงที่รู้จักและใช้กันมาก คือ คาร์บาริล (Carbaryl ที่มีชื่อการค้า Savin) คาร์โบฟูแรน (Carbofuran) โพรพ็อกเซอร์ (Propoxur) เบนไดโอคาร์บ (Bendiocarb) สารเคมีชนิดนี้มีค่าครึ่งชีวิตที่สั้น (half life) ต่ำกว่า 2 สัปดาห์ สารเคมีในกลุ่มคาร์บาเมตจะมีความเป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมน้อยกว่ากลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต เมื่อได้รับหรือสัมผัสโดยตรง เช่น ทางปาก ทางผิวหนังและสูดดม ซึ่งจะมีอาการ มึนงง ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย กระวนกระวาย ม่านตาหรี่ คลื่นไส้ อาเจียน น้ำตาและน้ำลายไหล เหงื่อออกมาก ปวดท้องเกร็ง ชีพจรเต้นช้า กล้ามเนื้อเกร็ง

ถึงแม้ว่าในประเทศไทยจะมีการห้ามใช้ ห้ามนำเข้า ของสารเคมีในกลุ่มของออร์กาโนคลอรีนเป็นส่วนใหญ่ เช่น สารเคมีในกลุ่มของดีดีที (DDT) เป็นเวลากว่า 20 ปีแล้ว แต่ในปัจจุบันก็ยังมีการตรวจพบสารประกอบในกลุ่มนี้ตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อมในประเทศ จากการรายงานของกรมควบคุมมลพิษ (พ.ศ. 2538) พบการตกค้างของสารในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดิน น้ำ ตะกอนดิน ปลา หอย ผัก ผลไม้ ธัญพืช เป็นต้น ส่วนการปนเปื้อนในไข่ของสัตว์ปีกพบว่า สามารถตรวจพบการตกค้างในไข่ไก่ที่เลี้ยงในภาคกลางของประเทศ (Kumnerdmum and Pumonkutchai, 1995) ในปี พ.ศ. 2540-2542 กองวัตถุมีพิษทางการเกษตรได้ทำการตรวจวิเคราะห์การตกค้างของสารเคมีในกลุ่มของออร์กาโนคลอรีนในบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก พบว่ามีการปนเปื้อนของสารเคมีในกลุ่มของออร์กาโนคลอรีนในน้ำ < 0.01-1.21 ไมโครกรัม/ลิตร และ <0.01-7.43 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในตะกอนดิน (Chulain *et al.*, 2002) ในปี พ.ศ. 2550 ได้มีการรายงานการตกค้างของสารอนุพันธุ์ของดีดีที (DDT) คือ ดีดีอี (DDE) ในไข่ของนกยางเปีย (little egret, *Egretta garzetta*) ที่ศึกษาในเขตเพาะปลูกข้าว ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่ามีค่าการตกค้าง 33.4-116.0 นาโนกรัม/กรัม น้ำหนักสด (Keithmaleesatti *et al.*, 2007) ซึ่งสถานการณ์การปนเปื้อน ของสารเคมีในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในบริเวณทำการเกษตรในภาคเหนือ ภาคตะวันออก และบริเวณสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ และคลองลำทับแถบ ที่ตรวจพบดังแสดงในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** แสดงปริมาณของสารเคมีในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในบริเวณต่างๆ ในประเทศไทย

| | ปริมาณ (นาโนกรัม/กรัม) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | บริเวณทำเกษตรกรรม ภาคเหนือ | บริเวณทำเกษตรกรรม ภาคตะวันออก | บริเวณสามเหลี่ยมปากแม่น้ำแม่กลอง | คลองลำทับแถบลุ่มน้ำแม่กลอง |
| ปีที่ทำการสำรวจ | พ.ศ. 2539 | พ.ศ. 2540 | พ.ศ. 2546 | พ.ศ. 2547 |
| $\sum_{HCHs}$ | ND | ND | 640-6920 | 340-24170 |
| Heptachlor | ND | 0.005-0.297 | <1-1920 | <1-5950 |
| Heptachlor epoxide | ND | 0.009-11.910 | 2340-204410 | 2670-152760 |
| Endosulfan I | 1.22-634.90 | 0.011-8.818 | 50-200 | 10-320 |
| Endosulfan II | ND | ND | <1-510 | <1-140 |
| Endosulfan sulfate | ND | ND | <1-1340 | <1-15720 |
| $\sum_{DDTs}$ | 1.57-599.40 | 0.005-3.349 | 80-1830 | <1-6780 |
| Methoxychlor | ND | ND | <1-230 | <1-6470 |
| ที่มา | (Thapinta and Hudak, 2000) | (Thapinta and Hudak, 2000) | (Poolpak *et al.*, 2008) | (Poolpak *et al.*, 2008) |

นอกจากการใช้ยาฆ่าแมลงในกลุ่มของออร์กาโนคลอรีนในการกำจัดหอยเชอร์รี่และแมลงศัตรูพืชชนิดอื่นๆ ได้มีการแนะนำให้ใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟต (98%) โดยใช้ในอัตราส่วน 1 กิโลกรัมต่อไร่ละลายน้ำ ซึ่งตรวจพบการตกค้างในน้ำบริเวณบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งเป็นที่รับน้ำที่ปล่อยจากที่นาบริเวณใกล้เคียง สถานะการณ์การปนเปื้อนของโลหะหนักในนาข้าวที่มีการรายงานนั้น แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบที่หลากหลายของธาตุ รวมทั้งโลหะหนัก (Wong *et al.*, 2002; Kyuma, 2004) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ปัจจัยทางเคมีของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของดินในนาข้าวมีลักษณะที่หลากหลายด้วย (Kyuma, 2004; Chandrajith *et al.*, 2005) ได้มีการรายงานปริมาณของแร่ธาตุต่างๆ รวมทั้งโลหะหนักที่อยู่ในนาข้าวในหลายๆ ประเทศในเขตอบอุ่นของทวีปเอเชีย ยกเว้นในประเทศไทย ได้แก่ ฟิลิปปินส์พบปริมาณ โคบอลล์ต (cobalt) โมลิบดินัม (molybdenum) สตรอนเทียม (strontium) วานาเดียม (vanadium) และ สังกะสี (zinc) ในปริมาณสูง แต่พบ รูบิเดียม (rubidium) และ เซอโคเดียม (zirconium) ในปริมาณต่ำ ในประเทศพม่าดินในนาข้าวจะพบปริมาณของ โบรอน (boron) โครเมียม (chromium) ทองแดง (copper) โมลิบดินัม (molybdenum) นิกเกิล (nickel) และ สังกะสี (zinc) ในปริมาณสูง (Domingo and Kyuma, 1983) ในประเทศเวียดนาม ดินในนาข้าวจะมีองค์ประกอบของธาตุ โครเมียม (chromium) โมลิบดินัม (molybdenum) และ รูบิเดียม (rubidium) ในปริมาณสูง (Domingo and Kyuma, 1983) เป็นต้น จากการรายงานของประเทศเพื่อนบ้านดังที่กล่าวมาแล้วนั้น สามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาการปนเปื้อนของธาตุและโลหะหนักในนาข้าว และการตกค้างในสัตว์ที่อาศัยอยู่ในบริเวณรวมทั้งในเป็ดด้วย

การเลี้ยงเป็ด (*Anas platyrhynchos*) ในประเทศไทย มีการเลี้ยงอยู่ 2 ประเภท คือ การเลี้ยงเป็ดเนื้อและการเลี้ยงเป็ดไข่ ซึ่งการติดตามตรวจสอบในโครงการวิจัยนี้เลือกศึกษาในเป็ดไข่พันธุ์นครปฐมซึ่งเป็นเป็ดพันธุ์

พื้นเมือง ลักษณะเพศเมียมีสีน้ำตาลลายกาบอ้อย น้ำหนักประมาณ 1.5-1.8 กิโลกรัม เพศผู้หัวมีสีเหลืองเข้ม คอเป็นแว่นสีขาว ปากสีเทา เท้าและแข้งมีสีส้ม

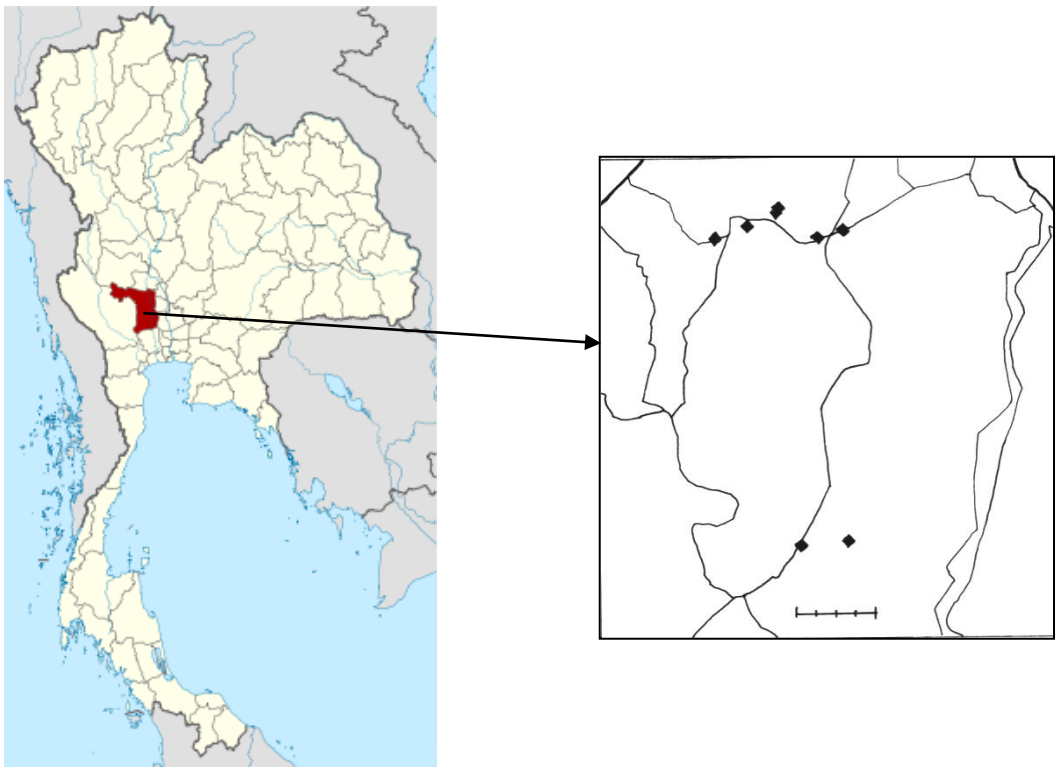
การเลี้ยงเป็ดไข่ของไทย จะนิยมนำไปปล่อยเลี้ยงตามแหล่งน้ำธรรมชาติ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า การเลี้ยงเป็ดไล่ทุ่ง โดยทำการต้อน หรือขนย้ายจากทุ่ง หรือพื้นที่หนึ่งไปเลี้ยงในอีกทุ่งหนึ่ง เพื่อให้หาอาหารจากธรรมชาติ เช่น หอย ปู ปลา และรำ-ปลายข้าว กินเป็นอาหารหลัก ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนสำหรับการสร้างไข่ รวมถึงข้าวเปลือกที่ตกหล่นหลังการเก็บเกี่ยว เป็นการลดต้นทุนการผลิต จากการศึกษาที่ผ่านมา ไข่ของนกที่อยู่ตามธรรมชาติถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้สำหรับสารพิษอินทรีย์ต่างๆ เช่น สารประกอบออร์กาโนคลอรีน ในหลายประเทศ เช่น ประเทศกรีซ ตุรกี อิตาลี ฝรั่งเศษ ฮองกง และ ปากีสถาน แต่ในประเทศไทยการรายงานการตรวจวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของสารประกอบอินทรีย์ดังกล่าวในไข่ของนกหรือสัตว์ปีก ยังมีข้อมูลในปริมาณค่อนข้างน้อย (Keithmaleesatti *et al.*, 2007) นอกจากนี้ในปัจจุบันพบว่างานวิจัยที่ศึกษาการตกค้างของสารพิษต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม โดยใช้ขนนกเป็นตัวชี้วัด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากนกหรือสัตว์ปีกสามารถขับของเสียออกจากร่างกายโดยการสะสมไว้ในขน และพบว่าปริมาณของสารพิษที่สะสมนั้นจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากขนมีการเจริญและงอกอยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้การตรวจวัดสารตกค้างที่สะสมในขนของนกและสัตว์ปีกนั้น พบว่าเป็นวิธีที่สะดวก กว่าการวิเคราะห์การสะสมในเลือด หรือในอวัยวะต่างๆ (Burger, 1993; Cahill *et al.*, 1998; Tom *et al.*, 2002)

ในประเทศไทยพบว่ามีการห้ามนำเข้าและจำหน่ายสารฆ่าแมลงในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนเป็นเวลานานกว่า 20 ปีแล้ว แต่อย่างไรก็ตาม ยังสามารถตรวจพบการปนเปื้อนของสารประกอบประเภทนี้อยู่อย่างต่อเนื่อง อาจต้องใช้เวลานานในการสลายสารประกอบเหล่านี้ ดังนั้นการตรวจติดตามปริมาณสารตกค้างของสารเคมีในกลุ่มนี้นั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในปัจจุบัน เพื่อให้ผู้บริโภคได้เลือกบริโภคอาหารที่ปลอดจากการปนเปื้อนของสารเคมี การศึกษาในโครงการวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาเพื่อตรวจวัดปริมาณการตกค้างของสารในกลุ่มออร์กาโนครอลีน และในโลหะหนักในเป็ดไข่ไล่ทุ่ง (*Anas platyrhynchos*) โดยศึกษาการตกค้างในขน และไข่ โดยเลือกบริเวณศึกษาในเขตจังหวัดสุพรรณบุรี เนื่องจากเป็นจังหวัดที่มีการเลี้ยงเป็ดมากที่สุดในประเทศไทย นอกจากนี้ระยะเวลาที่ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการตกค้างของสารในกลุ่มออร์กาโนครอลีน และโลหะหนักนั้น จะเลือกศึกษาในช่วงระหว่างมีการทำนา เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการใช้ยาฆ่าแมลง และปุ๋ยเคมีเป็นจำนวนมาก

# วิธีวิจัย

## 1. พื้นที่ทำการศึกษา

พื้นที่ศึกษาเป็นฟาร์มเป็ดไข่จำนวน 8 ฟาร์มในเขตจังหวัดสุพรรณบุรี (ภาพที่ 1) พื้นที่วิจัยที่ทำการศึกษาจะมีตำแหน่งที่ตั้งในบริเวณที่ทำการเกษตรโดยเฉพาะการทำนาข้าว เก็บตัวอย่างดินที่ผิว (top soil) และน้ำ ของแต่และพื้นที่มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณการตกค้างของสารเคมีในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน และโลหะหนัก เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบปริมาณสารเคมีในดินที่เกิดจากการเพาะปลูกข้าว และการตกค้างของสารในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและโลหะหนัก



**ภาพที่ 1** แสดงตำแหน่งของบริเวณที่เก็บตัวอย่างทั้ง 8 ฟาร์ม

## 2. การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่าง ดิน น้ำ อาหาร ขน และไข่เป็ด ในฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 ฟาร์ม โดยทำการสุ่มตัวอย่าง 30 ตัวอย่างจากแต่ละพื้นที่ นำตัวอย่าง ขนและไข่ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20$^{o}$ซ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างต่อไป

## 3. การเตรียมตัวอย่าง

### *3.1 การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารออร์กาโนคลอรีน*

*3.1.1 ตัวอย่างดิน*

การสกัดตัวอย่างดินโดยใช้สารผสมระหว่าง เฮกเซน:อะซิโตน (1:1 v:v) จากนั้นกรองตัวอย่างใสผ่าน $Na_2SO_4$ เพื่อทำการกำจัดน้ำ จากนั้นทำการละลายตัวอย่างอีกครั้งด้วยสารละลายเอนเฮกเซน และกรองตัวอย่างผ่าน Minisart filter (0.45 µm) หลังจากกรองแล้วทำการระเหยสารละลายโดยใช้ลมไนโตรเจน ละลายตัวอย่างอีกครั้งด้วยเอนเฮกเซนให้สารมีปริมาตร 1 มิลลิลิตร สำหรับการวิเคราะห์โดยใช้ GC-µECD

*3.1.2 ตัวอย่างขน*

การสกัดสารเคมีในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในขนทำได้โดยวิธี ของ (Covaci and Schepen, 2001; Jaspers *et al.*, 2007) นำตัวอย่างขนน้ำหนัก (200 – 350 มิลลิกรัม) มาสกัดข้ามคืน ที่อุณหภูมิ 40°ซ ในกรดไฮโครคริก (4M) และ เฮกเซน:ไดครอโรมีเทน (4:1 v:v) จากนั้นนำสารละลายใสที่ได้มากรองผ่านใยแก้วและ $Na_2SO_4$ เพื่อเป็นการจับสารประกอบอินทรีย์ ทำการซะด้วยสารเฮกเซน:ไดครอโรมีเทน (4:1 v:v) อีกครั้ง ต่อจากนั้นทำให้สารละลายที่ชะออกมาระเหยโดยใช้ลมไนโตรเจน ละลายตัวอย่างอีกครั้งด้วยเอนเฮกเซน เตรียมสารละลายที่ได้ใส่ในขวดตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์โดย GC-µECD

*3.1.3 ตัวอย่างไข่*

นำตัวอย่างไข่ 10-15 กรัม (น้ำหนักเปียก) มาผสมกับ $Na_2SO_4$ เพื่อกำจัดน้ำออก จากนั้นทำการสกัดด้วยเฮกเซน:อะซิโตน (1:1 v:v) จากนั้นกรองตัวอย่างใสผ่าน $Na_2SO_4$ เพื่อทำการกำจัดน้ำออกให้หมด ทำการกรองผ่าน Florisil column เพื่อกำจัดไขมันส่วนเกินออก และทำให้แห้งโดยใช้ลมไนโตรเจน ละลายตัวอย่างอีกครั้งด้วยเอนเฮกเซน ก่อนทำการวิเคราะห์หาปริมาณการตกค้างตามวิธีการ AOAC_International (1995)

***3.2 การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก***

*3.2.1 ตัวอย่างดิน*

นำตัวอย่างดินที่เก็บอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70°ซ ร่อนผ่านตะแกรงเพื่อกำจัดเศษหิน เปลือกหอยและอื่นๆ ทำการย่อยตามวิธีของ Hernández *et al.* (1999) กรองตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง (Whatmann No. 4) จากนั้นทำการวัดปริมาณโลหะหนักโดยใช้เครื่อง Flame Atomic Absorption Spectrometer (FAAS)

*3.2.2 ตัวอย่างขน*

ก่อนทำการสกัดนำตัวอย่างขนมาล้างด้วยน้ำเพื่อกำจัดฝุ่นออก ต่อจากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่น (distilled water) 3 ครั้ง นำตัวอย่างขนไปอบที่อุณหภูมิ 70°ซ ชั่งน้ำหนักแห้งก่อนทำการสกัดด้วย กรดไนตริก (70%) : ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (30%) (1:1 v:v) (Blust *et al.*, 1988) จากนั้นทำการวัดปริมาณโลหะหนักโดยใช้เครื่อง FAAS

*3.2.3 ตัวอย่างไข่*

นำตัวอย่างไข่ขาว (albumin) และไข่แดง (yolk) มาอบที่อุณหภูมิ 60°ซ เพื่อคำนวนหาปริมาณน้ำก่อนที่จะทำการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก นำตัวอย่างไข่ 0.8 กรัมมาย่อยสลายด้วย กรดไนตริก (70%) : ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (30%) (1:1 v:v) ตามวิธีของ Hernández *et al.* (1999) กรองตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง (Whatmann No. 4) จากนั้นทำการวัดปริมาณโลหะหนักโดยใช้เครื่อง FAAS

**4. การคำนวนความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคไข่ที่ปนเปื้อนโลหะหนัก (Health Risk Assessment)**

การประมาณค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคไข่เป็ดที่ปนเปื้อนด้วยโลหะหนัก สามารถประเมินจากสมการโดยอ้างอิงจาก USEPA ตามสมการ

$$\text{Target hazard quotient (THQ)} = \frac{EF \times ED \times FIR \times C}{RFD \times WAB \times TA} \times 10^{-3}$$

กำหนดให้ EF (Exposure frequency) ความถี่ในการบริโภค (วัน/ปี)

ED (Exposure duration) ระยะเวลาการบริโภค กำหนดให้เป็น 70 ปี

FIR (Food ingestion rate) อัตราการบริโภคต่อครั้ง (ไข่ 50 กรัม/คน/ครั้ง)

C (Metal concentration) ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

RFD (Oral reference dose) ปริมาณการบริโภคอ้างอิง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม-วัน) (ตารางที่ 2) (USEPA, 1997, 2000)

WAB (Average body weight) ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัว ประชากรในประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 65 กิโลกรัม

TA (Averaging exposure time for non carcinogens) ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ไม่ทำให้เกิดมะเร็ง

หากค่า THQ มีค่าสูงกว่า 1 แสดงว่าการสะสมของโลหะหนักชนิดนั้นมีศักยภาพในการทำเกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพได้

**ตารางที่ 2** แสดงค่า RFD (Oral reference dose) ของโลหะหนักชนิดต่างๆ ที่ทำการศึกษา (USEPA, 1997, 2000)

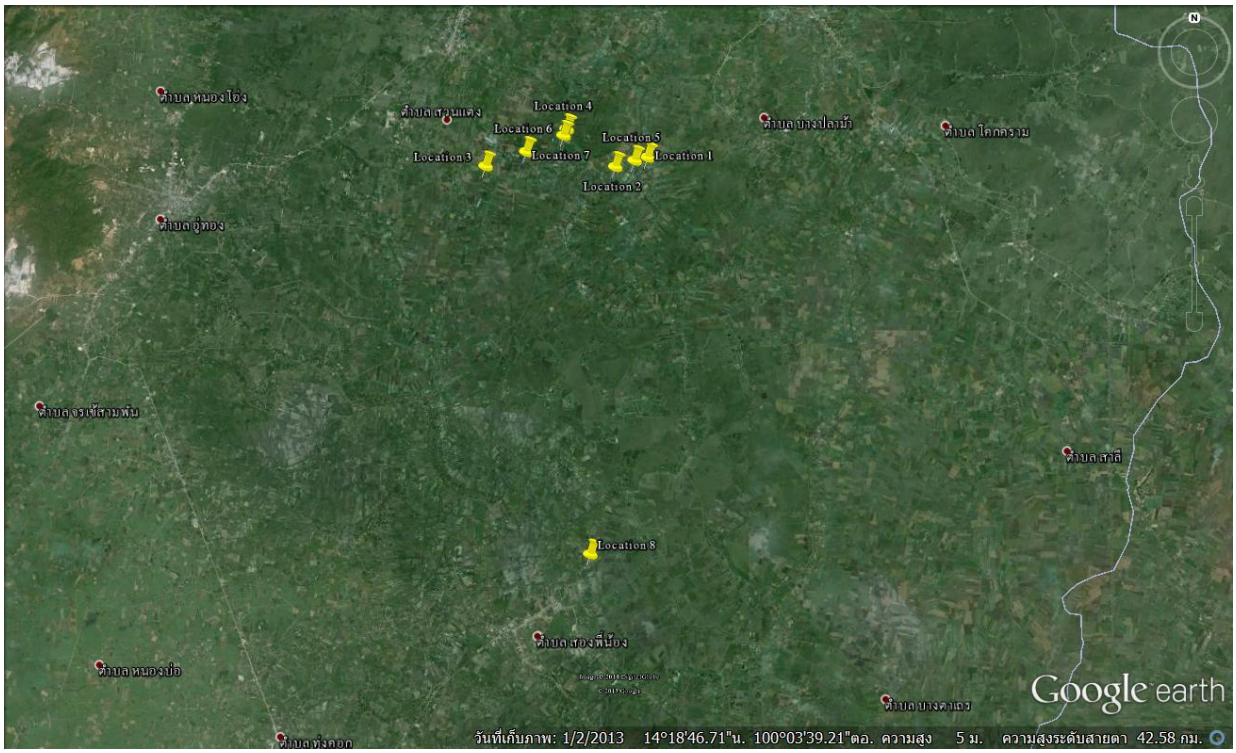
| **ธาตุ** | Cd | Cu | Fe | Pb | Mn | Ni | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **RFD (มิลลิกรัม/กิโลกรัม-วัน)** | 0.003 | 0.04 | 0.7 | 0.0035 | 0.0014 | 0.02 | 0.3 |

**5. การวิเคราะห์เชิงสถิติ**

การวิเคราะห์เชิงสถิติ ทดสอบความแตกต่างของปริมาณสารตกค้างในขน และไข่ของตัวอย่างที่เก็บได้ในแต่ละพื้นที่ โดยใช้วิธี one-way ANOVA โดยใช้โปรแกรม SPSS computer software version 16.0 และหาค่าความสัมพันธ์ของปริมาณสารปนเปื้อนในดินกับการตกค้างในขนและไข่ของตัวอย่างโดยวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยใช้วิธี Pearson's correlation โดยกำหนดให้มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $\alpha$ = 0.05

## ผล และ วิจารณ์

ได้ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างดินและน้ำของฟาร์มเป็ดที่มีพื้นที่อยู่ใกล้บริเวณเพาะปลูกข้าวในบริเวณอำเภอสองพี่น้องจังหวัดสุพรรณบุรี เป็นจำนวน 8 จุด ดังภาพที่ 2




**ภาพที่ 2** แสดงตำแหน่งที่ทำการสำรวจตัวอย่าง

**ตารางที่ 3** แสดงตำแหน่งของที่ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างทั้ง 8 ฟาร์ม

| ฟาร์ม | Latitude | Longitude |
|---|---|---|
| 1 | 14°23’14.8”N | 100°04’11.2”E |
| 2 | 14°23’02.6”N | 100°03’28.1”E |
| 3 | 14°23’03.4”N | 100°00’35.2”E |
| 4 | 14°23’51.4”N | 100°02’23.2”E |
| 5 | 14°23’10.72”N | 100°03’53.94”E |
| 6 | 14°23’22.0”N | 100°01’29.5”E |
| 7 | 14°23’43.0”N | 100°02’19.1”E |
| 8 | 14°14’42.0”N | 100°02’54.8”E |

จากการสำรวจพบว่า จำนวน ลักษณะการเลี้ยง และอาหารของเป็ดที่ใช้ในแต่ละฟาร์มมีความแตกต่างกัน โดยพบว่าฟาร์มส่วนใหญ่ใช้อาหารสำเร็จรูป โดยอาจมีการเสริมวิตามิน และหินเพื่อทำให้เปลือกไข่มีความแข็งแรงอีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมดจะตั้งอยู่ในบริเวณที่ติดกับการทำนา ซึ่งจากการสอบถามการใช้

สารเคมีเพื่อกำจัดศัตรูพืชนั้น พบว่ามีการใช้ยาฆ่ายาในกลุ่มของ ไกลโฟเสต (glyphosate) ปุ๋ยเคมี และรวมถึงยาฆ่าแมลงในกลุ่มของออร์กาโนคลอรีนบางชนิด เป็นต้น ดังรายละเอียด

**ฟาร์มที่ 1** ฟาร์มเลี้ยงเป็ดประมาณ 10,000 ตัว การเลี้ยงเป็นเล้าดินผสมการปล่อยลงน้ำ การให้อาหารเป็นอาหารสำเร็จรูป

**ฟาร์มที่ 2** ฟาร์มเลี้ยงเป็ดประมาณ 3,000 ตัว การเลี้ยงเป็นเล้าดิน การให้อาหารเป็นอาหารสำเร็จรูป (จุดเก็บที่ 5 ของการสำรวจครั้งแรก)

**ฟาร์มที่ 3** ฟาร์มเลี้ยงเป็ดประมาณ 20,000 ตัว การเลี้ยงเป็นเล้าดินผสมการปล่อยลงน้ำ และปล่อยบ่อ การให้อาหารเป็นอาหารสำเร็จรูป (จุดเก็บที่ 6 ของการสำรวจครั้งแรก)

**ฟาร์มที่ 4** ฟาร์มเลี้ยงเป็ดประมาณ 20,000 ตัว การเลี้ยงเป็นเล้าดินผสมการปล่อยลงน้ำ และปล่อยบ่อ การให้อาหารเป็นอาหารสำเร็จ (เจ้าของเดียวกับฟาร์มที่ 3 แต่เลี้ยงในระยะห่างกัน)

**ฟาร์มที่ 5** ฟาร์มเลี้ยงเป็นประมาณ 1,200 ตัว การเลี้ยงเป็นเล้าดินผสมการปล่อยลงน้ำ การให้อาหารเป็นอาหารสำเร็จรูปผสมหิน

**ฟาร์มที่ 6** ฟาร์มเลี้ยงเป็นประมาณ 1,800 ตัว การเลี้ยงเป็นเล้าดินผสมการปล่อยลงน้ำ การให้อาหารเป็นอาหารสำเร็จรูปผสมวิตามิน

**ฟาร์มที่ 7** ฟาร์มเลี้ยงเป็นประมาณ 1,600 ตัว การเลี้ยงเป็นเล้าดินผสมการปล่อยลงน้ำ การให้อาหารเป็นอาหารสำเร็จรูป

**ฟาร์มที่ 8** ฟาร์มเลี้ยงเป็นประมาณ 20,000 ตัว การเลี้ยงเป็นเล้าดินผสมการปล่อยลงน้ำ และเล้าลอยน้ำ การให้อาหารเป็นอาหารสำเร็จรูปผสมรำ และปลาบ่น (จุดเก็บที่ 1 ของการสำรวจครั้งแรก)

**ภาพที่ 3** ลักษณะการเลี้ยงเป็ดที่มีพื้นที่เลี้ยงอยู่ใกล้บริเวณที่ทำการเพาะปลูกข้าว

**ภาพที่ 4** ลักษณะการเลี้ยงเป็ดที่มีพื้นที่เลี้ยงอยู่ใกล้บริเวณที่ทำการเพาะปลูกข้าว

**ภาพที่ 5** ลักษณะการเลี้ยงเป็ดการปล่อยเป็ดลงบ่อน้ำ

**1. การตกค้างของสารประกอบในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน**

***1.1 ปริมาณออร์กาโนคลอรีนในดิน***

ภาพที่ 6 แสดงปริมาณเฉลี่ยรวมของสารประกอบออร์กาโนคลอรีนทั้ง 20 ชนิดที่พบในดินจากฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 แห่ง ดังนี้

*1.1.1 Aldrin*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ aldrin ในตัวอย่างดินที่เก็บจากฟาร์มที่ 8 แห่ง โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 5.37 นาโนกรัม/กรัม โดยพบการตกค้างสูงสุดในดินที่เก็บจากฟาร์มที่ 5 (12.12 นาโนกรัม/กรัม) ซึ่งเป็นปริมาณที่มีความแตกต่างจากฟาร์มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05)

*1.1.2 HCB ($\alpha$-HCB, $\beta$-HCB, $\gamma$-HCB, $\delta$-HCB)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของสารประกอบในกลุ่ม HCB ทั้ง 4 isomers ในดินทั้ง 8 ฟาร์ม โดยพบว่าค่าเฉลี่ยรวมของ $\beta$-HCB (4.74 นาโนกรัม/กรัม) เป็น isomer ที่พบในปริมาณสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ $\delta$-HCB (2.99 นาโนกรัม/กรัม) > $\gamma$-HCB (2.69 นาโนกรัม/กรัม) > $\alpha$-HCB (2.42 นาโนกรัม/กรัม) ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบปริมาณที่พบในแต่ละพื้นที่พบว่า ปริมาณ $\delta$-HCB ที่ตรวจพบในฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่ต่างกัน $\alpha$-HCB ที่ตรวจพบในฟาร์มที่ 3 มีปริมาณสูงสุด (4.42 นาโนกรัม/กรัม) แตกต่างจากฟาร์มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05) และ $\beta$-HCB และ $\gamma$-HCB พบในปริมาณสูงสุดในดินจากฟาร์มที่ 4 (6.61 นาโนกรัม/กรัม) และฟาร์มที่ 7 (3.96 นาโนกรัม/กรัม) ซึ่งมีปริมาณแตกต่างจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05)

*1.1.3 Chlordane ($\alpha$-Chlordane, $\gamma$-Chlordane)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ chlordane ในดินจากฟาร์มทั้ง 8 ฟาร์ม โดยพบการตกค้างทั้ง 2 isomer ที่ตรวจสอบ ($\alpha$-Chlordane, $\gamma$-Chlordane) โดยพบปริมาณเฉลี่ยรวมของ $\alpha$-Chlordane สูงกว่า $\gamma$-Chlordane แต่อย่างไรก็ตามปริมาณ $\alpha$-Chlordane ที่ตรวจพบในดินที่เก็บมาจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่ต่างกัน แต่ปริมาณ $\gamma$-Chlordane ที่ตรวจพบในดินจากฟาร์มที่ 7 (3.90 นาโนกรัม/กรัม) มีปริมาณสูงที่สุดแตกต่างจากปริมาณที่พบในดินที่เก็บจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05)

*1.1.4 DDTs (4,4'-DDD, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ DDT และอนุพันธ์ (4,4'-DDD, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT) โดยพบว่า 4,4'-DDD เป็นอนุพันธ์ที่มีปริมาณเฉลี่ยรวมสูงที่สุด (4.88 นาโนกรัม/กรัม) รองลงมาได้แก่ 4,4'-DDT (3.88 นาโนกรัม/กรัม) และ 4,4'-DDE (3.12 นาโนกรัม/กรัม) ตามลำดับ โดยปริมาณของ 4,4'-DDT และ 4,4'-DDE ที่พบในดินที่เก็บมาจากฟาร์มที่ 5 มีปริมาณสูงที่สุดแตกต่างจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05) ในขณะที่

ปริมาณของ 4,4'-DDD ที่ตรวจพบในดินจากฟาร์มที่ 7 มีปริมาณสูงที่สุดแตกต่างจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05)

*1.1.5 Dieldrin*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Dieldrin ในดินทั้ง 8 ฟาร์มที่ศึกษา มีปริมาณเฉลี่ยรวม 2.64 นาโนกรัม/กรัม โดยพบปริมาณ Dieldrin ในดินสูงสุดจากฟาร์มที่ 3 (3.18 นาโนกรัม/กรัม) มีปริมาณสูงที่สุดแตกต่างจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05)

*1.1.6 Endosulfan (Endosulfan I, Endosulfan II, Endosulfan sulfate)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Endosulfan ทั้ง 2 isomer และอนุพันธ์ Endosulfan sulfate ในดินทั้ง 8 ฟาร์มที่ศึกษา โดยพบปริมาณเฉลี่ยรวมของ Endosulfan sulfate สูงที่สุด (7.31 นาโนกรัม/กรัม) รองลงมาได้แก่ Endosulfan II (4.27 นาโนกรัม/กรัม) และ Endosulfan I (2.82 นาโนกรัม/กรัม) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของ Endosulfan ในดินแต่ละฟาร์มพบว่า ดินที่เก็บมาจากฟาร์มเป็ดไข่ที่ 5 พบปริมาณ Endosulfan sulfate และ Endosulfan II ในปริมาณที่สูงกว่าที่พบในฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05) (12.06 และ 7.03 นาโนกรัม/กรัม ตามลำดับ)

*1.1.7 Endrin (Endrin, Endrin aldehyde, Endrin ketone)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Endrin และอนุพันธ์ Endrin aldehyde และ Endrin ketone ในตัวอย่างดินทั้ง 8 ฟาร์มที่ทำการศึกษา โดยปริมาณเฉลี่ยรวมของอนุพันธ์ Endrin ketone (18.12 นาโนกรัม/กรัม) มีปริมาณสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ Endrin aldehyde (4.91 นาโนกรัม/กรัม) และ Endrin (3.69 นาโนกรัม/กรัม) ตามลำดับ โดยพบว่าปริมาณของ Endrin aldehyde ใน 8 ฟาร์มมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05) ในขณะที่ดินจากฟาร์มที่ 7 มีปริมาณของ Endrin ketone (42.14 นาโนกรัม/กรัม) และ Endrin (5.59 นาโนกรัม/กรัม) สูงกว่าปริมาณที่พบในดินจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05)

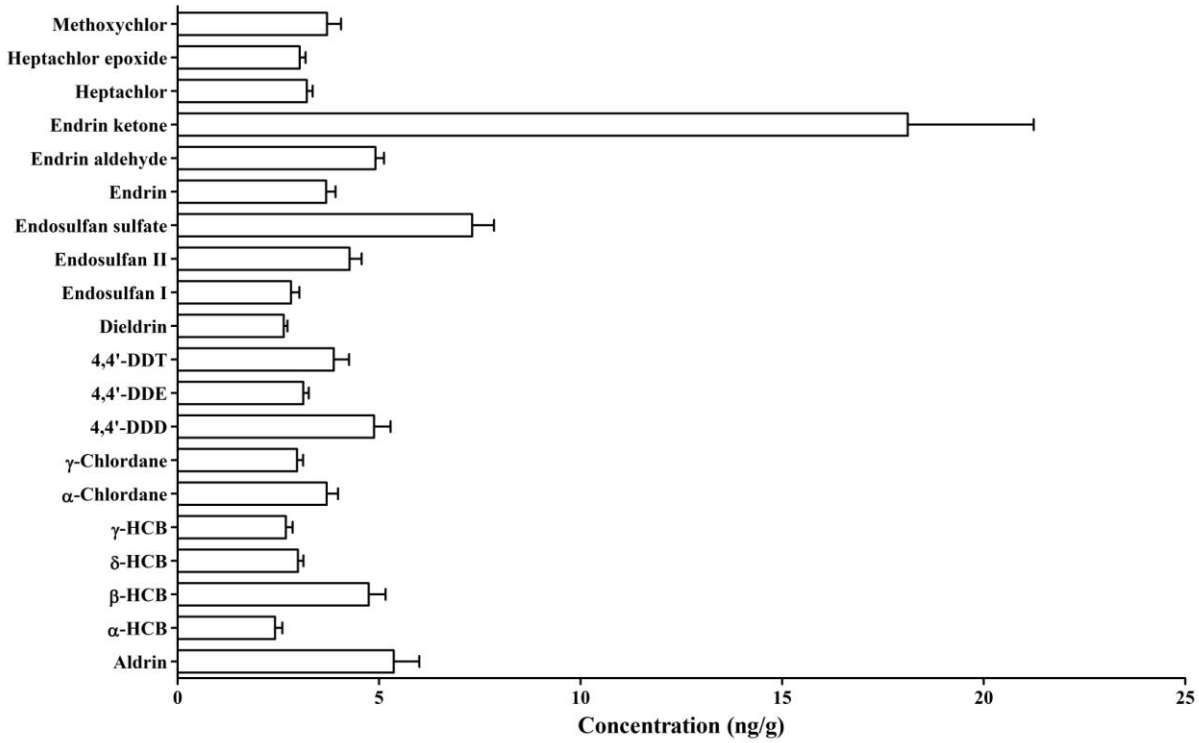
*1.1.8 Heptachlor (Heptachlor, Heptachlor epoxide)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Heptachlor และ อนุพันธ์ Heptachlor epoxide ในดินตัวอย่างทั้ง 8 ฟาร์มที่ทำการศึกษาโดยพบปริมาณเฉลี่ยของ Heptachlor (3.21 นาโนกรัม/กรัม) มีปริมาณสูงกว่าอนุพันธ์ Heptachlor epoxide (3.03 นาโนกรัม/กรัม) โดยพบว่าปริมาณของ Heptachlor ที่ตรวจพบในดินจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05) แต่พบว่าปริมาณของ Heptachlor epoxide ที่พบในดินจากฟาร์มที่ 3 (4.50 นาโนกรัม/กรัม) และ 5 (3.96 นาโนกรัม/กรัม) มีปริมาณสูงกว่าแตกต่างจากปริมาณที่พบในดินจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05)

*1.1.9 Methoxychlor*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Methoxychlor ในดินตัวอย่างทั้ง 8 ฟาร์มที่ทำการศึกษาโดยพบปริมาณเฉลี่ยรวมของ Methoxychlor มีปริมาณ 3.71 นาโนกรัม/กรัม โดยพบว่าปริมาณ Methoxychlor ที่

ตรวจพบในดินจากฟาร์มที่ 7 (42.14 นาโนกรัม/กรัม) มีปริมาณสูงกว่าปริมาณที่ตรวจพบในดินจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05)




**ภาพที่ 6** แสดงปริมาณเฉลี่ยของออร์กาโนคลอรีนทั้ง 20 ชนิดในดินจากฟาร์มที่ทำการศึกษา

### *1.2 ปริมาณออร์กาโนคลอรีนในน้ำ*

ภาพที่ 7 แสดงปริมาณออร์กาโนคลอรีนทั้ง 20 ชนิด ที่ตรวจพบตกค้างในน้ำจากบ่อน้ำบริเวณเลี้ยงเป็ดไข่ทั้ง 8 ฟาร์มที่ทำการศึกษา จากการวิเคราะห์พบปริมาณการตกค้างของออร์กาโนคลอรีนชนิดต่างๆ ดังนี้

*1.2.1 Aldrin*

จากการสำรวจพบปริมาณเฉลี่ยรวมของ Aldrin ในน้ำ 1.63 นาโนกรัม/มิลลิลิตร โดยปริมาณ Aldrin ที่พบในน้ำจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

*1.2.2 HCB ($\alpha$-HCB, $\beta$-HCB, $\gamma$-HCB, $\delta$-HCB)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของสารประกอบในกลุ่ม HCB ทั้ง 4 isomers ในน้ำจากทั้ง 8 ฟาร์ม โดยพบว่าค่าเฉลี่ยรวมของ $\beta$-HCB (1.42 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) เป็น isomer ที่พบในปริมาณสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ $\delta$-HCB (1.24 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) > $\gamma$-HCB (1.19 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) > $\alpha$-HCB (0.80 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบปริมาณที่พบในแต่ละพื้นที่พบว่า ปริมาณของ HCB ทั้ง 4 isomers ที่ตรวจพบในน้ำจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่ต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

*1.2.3 Chlordane ($\alpha$-Chlordane, $\gamma$-Chlordane)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Chlordane ในน้ำจากทั้ง 8 ฟาร์ม พบการตกค้างของ Chlordane ทั้ง 2 isomer ที่ตรวจสอบ ($\alpha$-Chlordane, $\gamma$-Chlordane) โดยพบปริมาณเฉลี่ยรวมของ $\alpha$-Chlordane (1.15 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) สูงกว่า $\gamma$-Chlordane (1.12 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณของ Chlordane ทั้ง 2 isomers ที่ตรวจพบในน้ำจากทั้ง 8 ฟาร์มมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

*1.2.4 DDTs (4,4'-DDD, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ DDT และอนุพันธ์ (4,4'-DDD, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT) ในน้ำจากฟาร์มทั้ง 8 แห่ง โดยพบว่า 4,4'-DDT เป็นอนุพันธ์ที่มีปริมาณเฉลี่ยรวมสูงที่สุด (1.35 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) รองลงมาได้แก่ 4,4'-DDE (1.06 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) และ 4,4'-DDD (1.05 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ปริมาณของ DDT และอนุพันธ์ ที่ตรวจพบในน้ำจากทั้ง 8 ฟาร์มมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

*1.2.5 Dieldrin*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Dieldrin ในน้ำจากฟาร์มทั้ง 8 แห่ง มีปริมาณเฉลี่ยรวม 0.98 นาโนกรัม/มิลลิลิตร อย่างไรก็ตามปริมาณ Dieldrin ที่พบในน้ำจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

*1.2.6 Endosulfan (Endosulfan I, Endosulfan II, Endosulfan sulfate)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Endosulfan ทั้ง 2 isomer และอนุพันธ์ Endosulfan sulfate ในน้ำจากฟาร์มทั้ง 8 แห่ง โดยพบปริมาณเฉลี่ยรวมของ Endosulfan sulfate สูงที่สุด (2.00 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) รองลงมา ได้แก่ Endosulfan I (1.91 นาโนกรัม/มิลลิตร) และ Endosulfan II (1.21 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามปริมาณของ Endosulfan ทั้ง 2 isomers และ Endosulfan sulfate ที่พบในน้ำจากทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

*1.2.7 Endrin (Endrin, Endrin aldehyde, Endrin ketone)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Endrin และอนุพันธ์ Endrin aldehyde และ Endrin ketone ในน้ำจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งที่ทำการศึกษา โดยพบปริมาณเฉลี่ยรวมของอนุพันธ์ Endrin ketone (2.41 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) มีปริมาณสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ Endrin aldehyde (1.73 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) และ Endrin (1.18 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ตามลำดับ โดยพบว่าปริมาณของ Endrin และอนุพันธ์ที่ตวรจพบในน้ำจากทั้ง 8 ฟาร์มมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

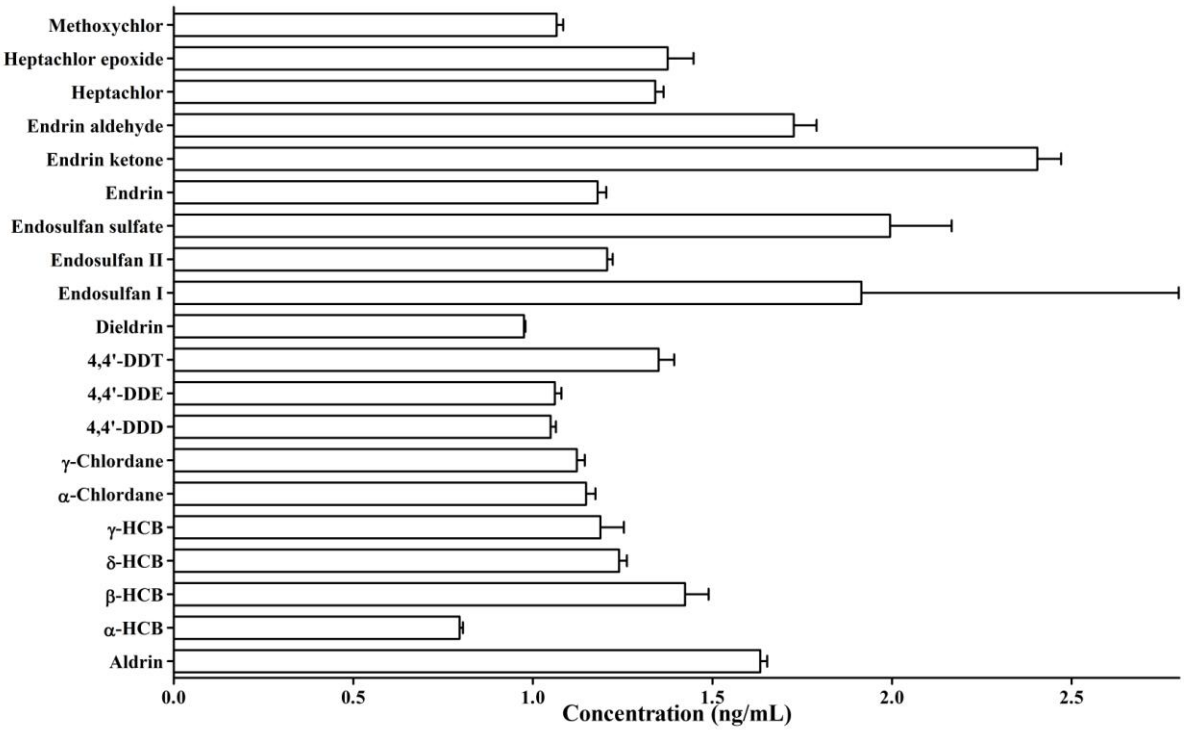
*1.2.8 Heptachlor (Heptachlor, Heptachlor epoxide)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Heptachlor และ อนุพันธ์ Heptachlor epoxide น้ำจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งที่ทำการศึกษา โดยพบปริมาณเฉลี่ยรวมของ Heptachlor epoxide (1.38 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) มีปริมาณสูง

กว่าอนุพันธ์ Heptachlor (1.34 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) โดยพบว่าปริมาณของ Heptachlor และอนุพันธ์ที่ตรวจพบในน้ำจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

*1.2.9 Methoxychlor*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Methoxychlor ในน้ำจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งที่ทำการศึกษา โดยพบปริมาณเฉลี่ยรวมของ Methoxychlor 1.07 นาโนกรัม/มิลลิลิตร โดยพบว่าปริมาณ Methoxychlor ที่ตรวจพบในน้ำจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)




**ภาพที่ 7** แสดงปริมาณเฉลี่ยของออร์กาโนคลอรีนทั้ง 20 ชนิดในน้ำจากฟาร์มที่ทำการศึกษา

**1.3 ปริมาณออร์กาโนคลอรีนในอาหาร**

ภาพที่ 8 แสดงปริมาณเฉลี่ยรวมของสารประกอบออร์กาโนคลอรีนทั้ง 20 ชนิดที่พบในอาหารที่ใช้เลี้ยงเป็ดจากฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 แห่ง จากการวิเคราะห์พบปริมาณการตกค้างของออร์กาโนคลอรีนชนิดต่างๆ ดังนี้

*1.3.1 Aldrin*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Aldrin ในตัวอย่างอาหารที่เก็บจากฟาร์มที่ 8 แห่ง โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 6.89 นาโนกรัม/กรัม โดยพบการตกค้างสูงสุดในอาหารที่ใช้เลี้ยงเป็ดจากฟาร์มที่ 6 (29.42 นาโนกรัม/กรัม) ซึ่งเป็นปริมาณที่มีความแตกต่างจากฟาร์มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05)

*1.3.2 HCB ($\alpha$-HCB, $\beta$-HCB, $\gamma$-HCB, $\delta$-HCB)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของสารประกอบในกลุ่ม HCB ทั้ง 4 isomers ในอาหารที่ใช้เลี้ยงเป็ดทั้ง 8 ฟาร์ม โดยพบว่าค่าเฉลี่ยรวมของ $\beta$-HCB (5.18 นาโนกรัม/กรัม) เป็น isomer ที่พบในปริมาณสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ $\alpha$-HCB (4.01 นาโนกรัม/กรัม) > $\delta$-HCB (3.01 นาโนกรัม/กรัม) > $\gamma$-HCB (2.68 นาโนกรัม/กรัม) ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบปริมาณที่พบในอาหารของแต่ละฟาร์มพบว่า ปริมาณ $\gamma$-HCB ที่ตรวจพบในฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่ต่างกัน $\alpha$-HCB ที่ตรวจพบในฟาร์มที่ 2 มีปริมาณสูงสุด (11.06 นาโนกรัม/กรัม) แตกต่างจากฟาร์มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05) และ $\beta$-HCB พบในปริมาณสูงสุดในดินจากฟาร์มที่ 1 (6.26 นาโนกรัม/กรัม) ฟาร์มที่ 2 (7.83 นาโนกรัม/กรัม) ฟาร์มที่ 5 (6.67 นาโนกรัม/กรัม) และ ฟาร์มที่ 8 (7.23 นาโนกรัม/กรัม) และ พบปริมาณของ $\delta$-HCB สูงสุดในอาหารที่ใช้เลี้ยงเป็ดจากฟาร์มที่ 2 (4.50 นาโนกรัม/กรัม) ซึ่งปริมาณที่พบมีปริมาณแตกต่างจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05)

*1.3.3 Chlordane ($\alpha$-Chlordane, $\gamma$-Chlordane)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Chlordane ในอาหารที่ใช้เลี้ยงเป็ดจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งที่ทำการศึกษา โดยพบการตกค้างของ Chlordane ทั้ง 2 isomers ที่ตรวจสอบ ($\alpha$-Chlordane, $\gamma$-Chlordane) โดยพบปริมาณของ $\gamma$-Chlordane (7.89 นาโนกรัม/กรัม) สูงกว่า $\alpha$-Chlordane (2.78 นาโนกรัม/กรัม) โดยปริมาณ $\alpha$-Chlordane ที่ตรวจพบในอาหารที่ใช้เลี้ยงเป็ดจากฟาร์มที่ 3 (3.65 นาโนกรัม/กรัม) และ 4 (3.65 นาโนกรัม/กรัม) มีปริมาณสูงกว่าที่ตรวจพบในฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และปริมาณ $\gamma$-Chlordane ที่ตรวจพบในอาหารจากฟาร์มที่ 5 มีปริมาณสูงที่สุด (22.41 นาโนกรัม/กรัม) แตกต่างจากปริมาณที่พบในดินที่เก็บจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05)

*1.3.4 DDTs (4,4'-DDD, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ DDT และอนุพันธ์ (4,4'-DDD, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT) ในอาหารที่ใช้เลี้ยงเป็ดทั้ง 8 แห่งที่ทำการศึกษา โดยพบว่า 4,4'-DDD เป็นอนุพันธ์ที่มีปริมาณเฉลี่ยรวมสูงที่สุด (4.83 นาโนกรัม/กรัม) รองลงมาได้แก่ 4,4'-DDE (3.35 นาโนกรัม/กรัม) และ 4,4'-DDT (2.89 นาโนกรัม/กรัม) ตามลำดับ โดยปริมาณของ 4,4'-DDD ที่พบตกค้างในอาหารที่ใช้เลี้ยงเป็ดในฟาร์มที่ 2 มีปริมาณสูงสุด (15.26 นาโนกรัม/กรัม) แตกต่างจากปริมาณที่ตรวจพบในอาหารจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05) อย่างไรก็ตาม ปริมาณ 4,4'-DDE และ 4,4'-DDT ที่ตรวจพบในอาหารจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

*1.3.5 Dieldrin*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Dieldrin ในอาหารที่ใช้เลี้ยงเป็ดจากทั้ง 8 ฟาร์มที่ทำการศึกษา มีปริมาณเฉลี่ยรวม 8.38 นาโนกรัม/กรัม โดยพบว่าปริมาณ Dieldrin ที่พบในอาหารเลี้ยงเป็ดจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

*1.3.6 Endosulfan (Endosulfan I, Endosulfan II, Endosulfan sulfate)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Endosulfan ทั้ง 2 isomer และอนุพันธ์ Endosulfan sulfate ในอาหารที่ใช้เลี้ยงเป็ด โดยพบปริมาณเฉลี่ยรวมของ Endosulfan II (17.23 นาโนกรัม/กรัม) สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ Endosulfan sulfate (8.33 นาโนกรัม/กรัม) และ Endosulfan I (4.08 นาโนกรัม/กรัม) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของ Endosulfan ทั้ง 2 isomers และอนุพันธ์ พบว่า ในอาหารที่ใช้เลี้ยงเป็ดในแต่ละฟาร์ม พบว่า อาหารที่ใช้เลี้ยงเป็ดจากฟาร์มที่ 3 และ 4 มีปริมาณ Endosulfant I ที่ตรวจพบอยู่ในระดับต่ำกว่าค่าที่วิเคราะห์ได้ ซึ่งปริมาณที่ตรวจพบสูงสุดพบในอาหารเลี้ยงเป็ดจากฟาร์มที่ 8 (7.04 นาโนกรัม/กรัม) ปริมาณ Endosulfan II ที่ตรวจพบในอาหารเป็ดจากฟาร์มที่ 2 (81.03 นาโนกรัม/กรัม) เป็นปริมาณ Endosulfan สูงสุดที่ตรวจพบซึ่งพบว่ามีปริมาณแตกต่างจากในอาหารเลี้ยงเป็ดจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามปริมาณของ Endosulfan sulfate ที่ตรวจพบในอาหารเลี้ยงเป็ดทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

*1.3.7 Endrin (Endrin, Endrin aldehyde, Endrin ketone)*

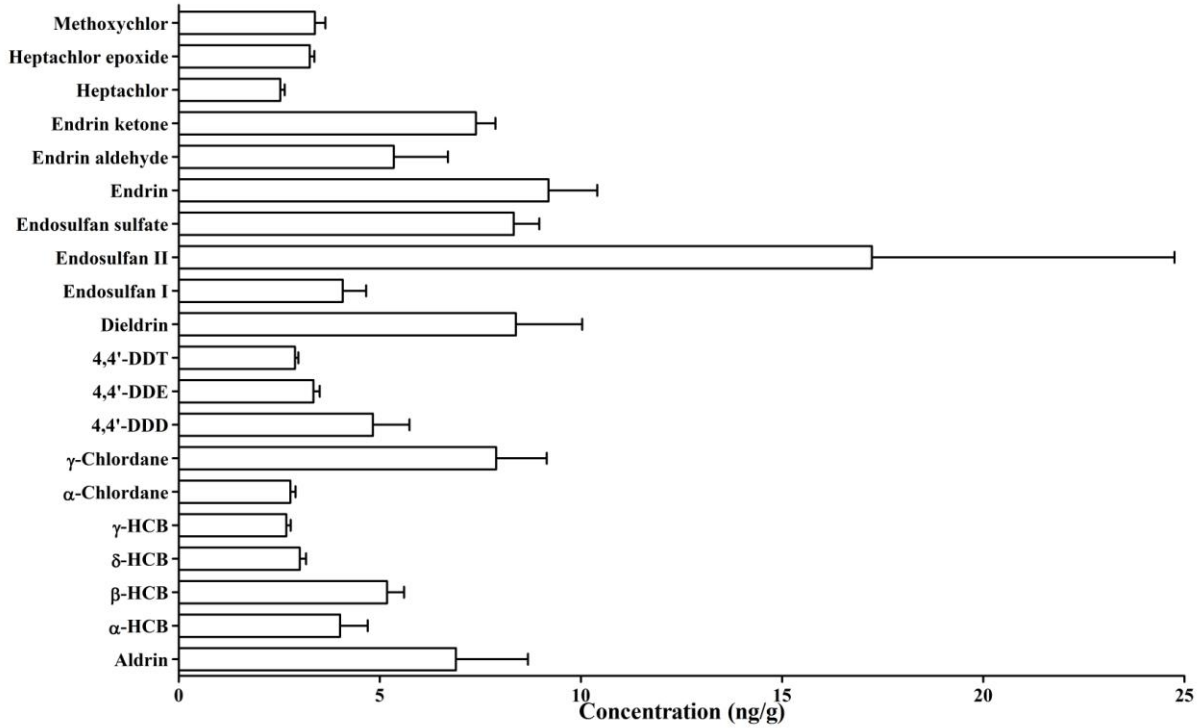
จากการสำรวจพบการตกค้างของ Endrin และอนุพันธ์ Endrin aldehyde และ Endrin ketone ในอาหารเลี้ยงเป็ดจากฟาร์มที่ทำการศึกษา โดยพบปริมาณเฉลี่ยรวมของ Endrin (9.19 นาโนกรัม/กรัม) มีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ อนุพันธ์ Endrin ketone (7.39 นาโนกรัม/กรัม) และ Endrin aldehyde (5.35 นาโนกรัม/กรัม) ตามลำดับ โดยพบว่าปริมาณของ Endrin และ Endrin ketone ที่ทำการวิเคราะห์ในอาหารทั้ง 8 ฟาร์มมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่อาหารเลี้ยงเป็ดจากฟาร์มที่ 3, 4, 5 และ 6 มีปริมาณ Endrin aldehyde ที่ตรวจพบต่ำกว่าปริมาณที่วิเคราะห์ได้

*1.3.8 Heptachlor (Heptachlor, Heptachlor epoxide)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Heptachlor และ อนุพันธ์ Heptachlor epoxide ในตัวอย่างอาหารที่ใช้เลี้ยงเป็ดจาก 8 ฟาร์มที่ทำการศึกษา โดยพบปริมาณเฉลี่ยรวมของอนุพันธ์ Heptachlor epoxide (3.26 นาโนกรัม/กรัม) มีปริมาณสูงกว่า Heptachlor (2.53 นาโนกรัม/กรัม) โดยพบว่าปริมาณของ Heptachlor และ Heptachlor epoxide ที่ตรวจพบในอาหารเลี้ยงเป็ดจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

*1.3.9 Methoxychlor*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Methoxychlor ในตัวอย่างอาหารที่ใช้เลี้ยงเป็ดจากฟาร์มทั้ง 8 ฟาร์มที่ทำการศึกษาโดยพบปริมาณเฉลี่ยรวมของ Methoxychlor มีปริมาณ 3.39 นาโนกรัม/กรัม และพบว่าปริมาณ Methoxychlor ที่ตรวจพบในอาหารเลี้ยงเป็ดจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)




**ภาพที่ 8** แสดงปริมาณเฉลี่ยของออร์กาโนคลอรีนทั้ง 20 ชนิดในอาหารเลี้ยงเป็ดจากฟาร์มที่ทำการศึกษา

**1.4 ปริมาณออร์กาโนคลอรีนที่พบในขนเป็ด**

จากการวิเคราะห์ปริมาณออร์กาโนคลอรีนที่พบในขนเป็ดพบว่า ปริมาณ $\beta$-HCB มีปริมาณสูงที่สุด (5.72 นาโนกรัม/กรัม) จากฟาร์มที่ 2 และปริมาณที่พบรองลงมา ได้แก่ endrin ketone จากขนเป็ดในฟาร์มที่ 4 (5.18 นาโนกรัม/กรัม) และ ฟาร์มที่ 1 (4.73 นาโนกรัม/กรัม) และ aldrin จากขนเป็ดในฟาร์มที่ 3 (3.00 นาโนกรัม/กรัม) ตามลำดับ

**1.5 ปริมาณออร์กาโนคลอรีนที่พบในเปลือกไข่เป็ด**

ภาพที่ 9 แสดงปริมาณเฉลี่ยรวมของสารประกอบออร์กาโนคลอรีนทั้ง 20 ชนิดที่พบในเปลือกไข่เป็ดจากฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 แห่งที่ทำการศึกษา จากการวิเคราะห์พบปริมาณการตกค้างของออร์กาโนคลอรีนชนิดต่างๆ ในเปลือกไข่ ดังนี้

*1.5.1 Aldrin*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Aldrin ในตัวอย่างเปลือกไข่ที่ทำการสุ่มเก็บจากฟาร์มทั้ง 8 แห่ง โดยพบการปนเปื้อนในเปลือกไข่ทั้งหมด 135 ตัวอย่าง ในปริมาณเฉลี่ยรวม 3.22 นาโนกรัม/กรัม โดยพบการตกค้าง Aldrin ในเปลือกไข่เป็ดในฟาร์มทั้ง 8 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

*1.5.2 HCB ($\alpha$-HCB, $\beta$-HCB, $\gamma$-HCB, $\delta$-HCB)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของสารประกอบในกลุ่ม HCB ทั้ง 4 isomers ในเปลือกไข่เป็ดทั้ง 8 ฟาร์ม โดยพบว่าค่าเฉลี่ยรวมของ $\beta$-HCB (2.37 นาโนกรัม/กรัม) เป็น isomer ที่พบในปริมาณสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ $\delta$-HCB (2.29 นาโนกรัม/กรัม) > $\gamma$-HCB (2.13 นาโนกรัม/กรัม) > $\alpha$-HCB (1.65 นาโนกรัม/กรัม) ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบปริมาณที่พบในอาหารของแต่ละฟาร์มพบว่า ปริมาณสารประกอบในกลุ่ม HCB ทั้ง 4 isomers ที่ตรวจพบในฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

*1.5.3 Chlordane ($\alpha$-Chlordane, $\gamma$-Chlordane)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Chlordane ในเปลือกไข่เป็ดจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งที่ทำการศึกษา โดยพบการตกค้างของ Chlordane ทั้ง 2 isomer ที่ตรวจสอบ ($\alpha$-Chlordane, $\gamma$-Chlordane) โดยพบปริมาณฉลี่ยรวมของ $\alpha$-Chlordane (3.27 นาโนกรัม/กรัม) สูงกว่า $\gamma$-Chlordane (2.36 นาโนกรัม/กรัม) โดยปริมาณ $\alpha$-Chlordane ที่ตรวจพบในเปลือกไข่เป็ดจากฟาร์มที่ 6 (7.43 นาโนกรัม/กรัม) มีปริมาณสูงกว่าที่ตรวจพบในฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05) ในขณะที่ปริมาณ $\gamma$-Chlordane ที่ตรวจพบในเปลือกไข่เป็ดจากทั้ง 8 ฟาร์มมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

*1.5.4 DDTs (4,4'-DDD, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ DDT และอนุพันธ์ (4,4'-DDD, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT) ในเปลือกไข่เป็ดทั้ง 8 แห่งที่ทำการศึกษา โดยพบว่า 4,4'-DDT เป็นอนุพันธ์ที่มีปริมาณเฉลี่ยรวมสูงที่สุด (2.65 นาโนกรัม/กรัม) รองลงมาได้แก่ 4,4'-DDD (2.58 นาโนกรัม/กรัม) และ 4,4'-DDD (2.26 นาโนกรัม/กรัม) ตามลำดับ โดยปริมาณของ การตกค้างของ DDT และอนุพันธ์ (4,4'-DDD, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT) ในเปลือกไข่เป็ดทั้ง 8 แห่งที่ทำการศึกษาทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

*1.5.5 Dieldrin*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Dieldrin ในเปลือกไข่เป็ดจากทั้ง 8 ฟาร์มที่ทำการศึกษา มีปริมาณเฉลี่ยรวม 2.05 นาโนกรัม/กรัม โดยพบว่าปริมาณ Dieldrin ที่พบในเปลือกไข่เป็ดจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

*1.5.6 Endosulfan (Endosulfan I, Endosulfan II, Endosulfan sulfate)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Endosulfan ทั้ง 2 isomer และอนุพันธ์ Endosulfan sulfate ในเปลือกไข่เป็ด โดยพบปริมาณเฉลี่ยรวมของ Endosulfan sulfate สูงที่สุด (3.71 นาโนกรัม/กรัม) รองลงมา ได้แก่ Endosulfan I (3.25 นาโนกรัม/กรัม) และ Endosulfan II (2.43 นาโนกรัม/กรัม) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของ Endosulfan ทั้ง 2 isomers และอนุพันธ์ พบว่า ในปริมาณการตกค้างในเปลือกไข่เป็ดในแต่ละฟาร์มพบว่า มีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05) นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ยังพบว่าการตกค้างของ Endosulfan II ในเปลือกไข่เป็ดจากฟาร์มที่ 2 และจากตลาดสดมีปริมาณที่ต่ำกว่าปริมาณที่สามารถวิเคราะห์ได้

*1.5.7 Endrin (Endrin, Endrin aldehyde, Endrin ketone)*

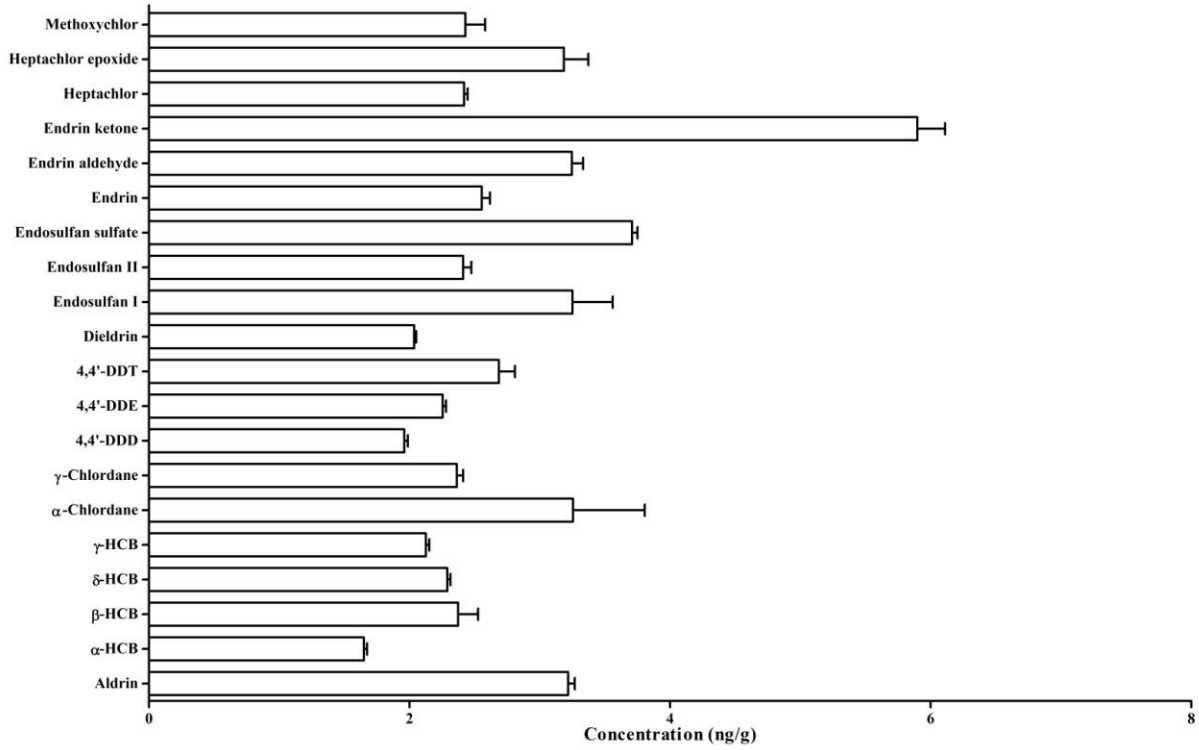
จากการสำรวจพบการตกค้างของ Endrin และอนุพันธ์ Endrin aldehyde และ Endrin ketone ในเปลือกไข่เป็ดจากฟาร์มที่ทำการศึกษาทั้ง 8 ฟาร์ม โดยพบปริมาณเฉลี่ยรวมของ Endrin ketone (6.22 นาโนกรัม/กรัม) มีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ อนุพันธ์ Endrin aldehyde (3.25 นาโนกรัม/กรัม) และ Endrin (2.58 นาโนกรัม/กรัม) ตามลำดับ โดยพบว่าปริมาณของ Endrin และ Endrin ketone ที่ทำการวิเคราะห์ในเปลือกไข่เป็ดที่สุ่มเก็บจากฟาร์มทั้ง 8 ฟาร์มมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ยังพบว่าการตกค้างของ Endrin aldehyde ในเปลือกไข่เป็ดจากฟาร์มที่ 2, 5, 7, 8 และ จากตลาดสดมีปริมาณต่ำกว่าปริมาณที่สามารถวิเคราะห์ได้

*1.5.8 Heptachlor (Heptachlor, Heptachlor epoxide)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Heptachlor และ อนุพันธ์ Heptachlor epoxide ในเปลือกไข่เป็ดจาก 8 ฟาร์มที่ทำการศึกษา โดยพบปริมาณเฉลี่ยรวมของอนุพันธ์ Heptachlor epoxide (3.19 นาโนกรัม/กรัม) มีปริมาณสูงกว่า Heptachlor (2.42 นาโนกรัม/กรัม) โดยพบว่าปริมาณของ Heptachlor และ Heptachlor epoxide ที่ตรวจพบในเปลือกไข่เป็ดจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

*1.5.9 Methoxychlor*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Methoxychlor ในเปลือกไข่เป็ดจากฟาร์มทั้ง 8 ฟาร์มที่ทำการศึกษา โดยพบปริมาณเฉลี่ยรวมของ Methoxychlor มีปริมาณ 2.44 นาโนกรัม/กรัม และพบว่าปริมาณ Methoxychlor ที่ตรวจพบในอาหารเลี้ยงเป็ดจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)




**ภาพที่ 9** แสดงปริมาณเฉลี่ยของออร์กาโนคลอรีนทั้ง 20 ชนิดในเปลือกไข่เป็ดจากฟาร์มที่ทำการศึกษา

**1.6 ปริมาณออร์กาโนคลอรีนในไข่แดงและไข่ขาว**

ภาพที่ 10 แสดงปริมาณเฉลี่ยรวมของสารประกอบออร์กาโนคลอรีนทั้ง 20 ชนิดที่พบไข่เป็ด (ไข่แดง และไข่ขาว) จากฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 แห่ง และจากตลาดสด จากการวิเคราะห์พบปริมาณการตกค้างของออร์กาโนคลอรีนชนิดต่างๆ ในไข่แดงและไข่ขาว ดังนี้

*1.6.1 Aldrin*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Aldrin ในตัวอย่างไข่แดงและไข่ขาวที่สุ่มเก็บจากฟาร์มที่ 8 แห่ง และจากตลาดสด โดยพบว่าในไข่แดง และไข่ขาวตรวจพบปริมาณเฉลี่ยรวม Aldrin ในไข่แดงสูงกว่าปริมาณที่พบในไข่ขาว (3.25 และ 3.11 นาโนกรัม/กรัม ตามลำดับ) โดยในไข่แดงพบการตกค้างสูงสุดในไข่แดงที่เลี้ยงจากฟาร์มที่ 4 (4.40 นาโนกรัม/กรัม) ซึ่งเป็นปริมาณที่มีความแตกต่างจากฟาร์มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$>0.05) แต่ในไข่ขาวไม่พบความแตกต่างของปริมาณ Aldrin ที่พบในแต่ละฟาร์มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

*1.6.2 HCB ($\alpha$-HCB, $\beta$-HCB, $\gamma$-HCB, $\delta$-HCB)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของสารประกอบในกลุ่ม HCB ทั้ง 4 isomers ในไข่เป็ดทั้ง 8 ฟาร์ม โดยพบว่าค่าเฉลี่ยรวมของ HCB ในไข่ขาวมีปริมาณสูงกว่าที่พบในไข่แดง พบว่าปริมาณเฉลี่ยรวมของ $\beta$-HCB ที่พบในไข่แดงและไข่ขาวมีปริมาณสูงที่สุด (2905.20 และ 193.11 นาโนกรัม/กรัม ในไข่แดงและไข่ขาว ตามลำดับ) รองลงมา ได้แก่ $\gamma$-HCB (5.42 และ 7.30 นาโนกรัม/กรัม ในไข่แดงและไข่ขาว ตามลำดับ) > $\delta$-HCB (2.50 และ 2.30 นาโนกรัม/กรัม ในไข่แดงและไข่ขาว ตามลำดับ) > $\alpha$-HCB (2.36 และ 1.84 นาโนกรัม/กรัม ในไข่แดงและ

ไข่ขาว ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามปริมาณ δ-HCB ที่พบในไข่แดงจากฟาร์มที่ 5 มีปริมาณต่ำกว่าปริมาณที่สามารถวิเคราะห์ได้ และปริมาณของ HCB ทั้ง 4 isomers ที่พบในไข่แดงจากการสุ่มเก็บทั้ง 8 ฟาร์มมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในไข่ขาวพบว่า ปริมาณของ γ-HCB (26.71 นาโนกรัม/กรัม), β-HCB (15325 นาโนกรัม/กรัม) และ δ-HCB (2.37 นาโนกรัม/กรัม) ที่พบจากฟาร์มที่ 2 มีปริมาณสูงสุดแตกต่างจากปริมาณที่พบจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

*1.6.3 Chlordane (α-Chlordane, γ-Chlordane)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Chlordane ทั้ง 2 isomers ในไข่แดงและไข่ขาวจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งที่ทำการศึกษา โดยพบการตกค้างของ α-Chlordane (2.39 และ 2.25 นาโนกรัม/กรัม ในไข่แดงและไข่ขาว ตามลำดับ) ในปริมาณที่สูงกว่า γ-Chlordane (2.25 และ 2.22 นาโนกรัม/กรัม ในไข่แดงและไข่ขาว ตามลำดับ) นอกจากนี้พบว่าปริมาณ α-Chlordane และ γ-Chlordane ที่พบในไข่แดงจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ปริมาณ α-Chlordane ที่พบในไข่ขาวจากฟาร์มที่ 1 มีปริมาณสูงสุด (2.70 นาโนกรัม/กรัม) แตกต่างจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

*1.6.4 DDTs (4,4'-DDD, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ DDT และอนุพันธ์ (4,4'-DDD, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT) ในไข่แดงและไข่ขาว และพบมีปริมาณในไข่แดงสูงกว่าในไข่ขาว นอกจากนี้จากการวิเคราะห์พบว่า 4,4'-DDT เป็นอนุพันธ์ที่มีปริมาณเฉลี่ยรวมสูงที่สุด (3.15 และ 2.59 นาโนกรัม/กรัม ในไข่แดงและไข่ขาว ตามลำดับ) รองลงมาได้แก่ 4,4'-DDD (2.41 และ 2.09 นาโนกรัม/กรัม ในไข่แดงและไข่ขาว ตามลำดับ) และ 4,4'-DDE (2.34 และ 2.11 นาโนกรัม/กรัม ในไข่แดงและไข่ขาว ตามลำดับ)

*1.6.5 Dieldrin*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Dieldrin ในไข่เป็ดจากทั้ง 8 ฟาร์มที่ทำการศึกษา โดยพบปริมาณ Dieldrin ในไข่แดง (2.03 นาโนกรัม/กรัม) สูงกว่าปริมาณที่พบในไข่ขาว (1.99 นาโนกรัม/กรัม) โดยพบว่าปริมาณ Dieldrin ที่พบไข่เป็ดจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

*1.6.6 Endosulfan (Endosulfan I, Endosulfan II, Endosulfan sulfate)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Endosulfan ทั้ง 2 isomer และอนุพันธ์ (Endosulfan sulfate) ในไข่เป็ด โดยพบปริมาณเฉลี่ยรวมของ Endosulfan sulfate สูงที่สุด (3.58 และ 3.59นาโนกรัม/กรัม ในไข่แดงและไข่ขาว ตามลำดับ) รองลงมา ได้แก่ Endosulfan II (2.43 และ 2.46 นาโนกรัม/กรัม ในไข่แดงและไข่ขาว ตามลำดับ) และ Endosulfan I (2.09 และ 2.19 นาโนกรัม/กรัม ในไข่แดงและไข่ขาว ตามลำดับ) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามปริมาณของ Endosulfan ทั้ง 2 isomers และ Endosulfan sulfate ที่พบในไข่แดงและไข่ขาวมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

*1.6.7 Endrin (Endrin, Endrin aldehyde, Endrin ketone)*

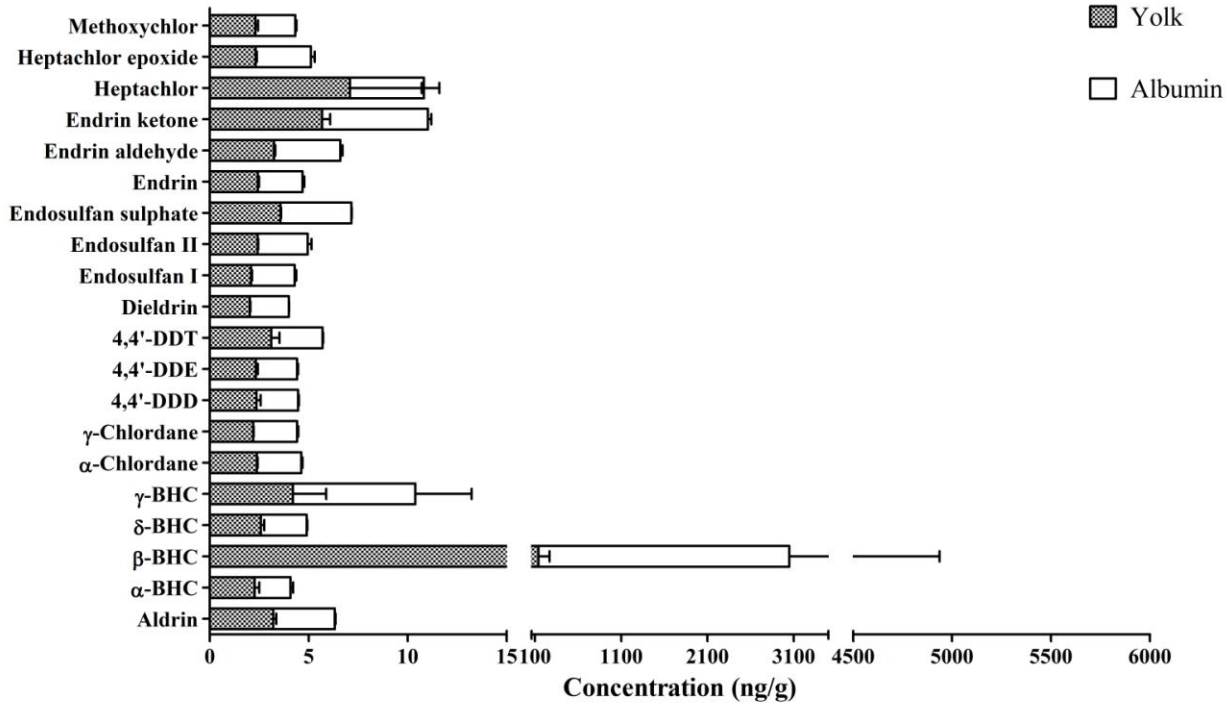
จากการสำรวจพบการตกค้างของ Endrin และอนุพันธ์ Endrin aldehyde และ Endrin ketone ในไข่เป็ดจากฟาร์มที่ทำการศึกษา โดยพบปริมาณเฉลี่ยรวมของ Endrin ketone (6.06 และ 5.71 นาโนกรัม/กรัม ในไข่แดงและไข่ขาว ตามลำดับ) มีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ อนุพันธ์ Endrin aldehyde (3.28 และ 3.40 นาโนกรัม/กรัม ในไข่แดงและไข่ขาว ตามลำดับ) และ Endrin (2.48 และ 2.43 นาโนกรัม/กรัม ในไข่แดงและไข่ขาว ตามลำดับ) ตามลำดับ โดยพบว่าปริมาณของ Endrin, Endrin aldehyde และ Endrin ketone ที่ทำการวิเคราะห์ในไข่เป็ดทั้ง 8 ฟาร์มมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

*1.6.8 Heptachlor (Heptachlor, Heptachlor epoxide)*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Heptachlor และ อนุพันธ์ Heptachlor epoxide ในตัวอย่างไข่เป็ดจาก 8 ฟาร์มที่ทำการศึกษา โดยพบปริมาณเฉลี่ยรวมของ Heptachlor (7.65 และ 3.75 นาโนกรัม/กรัม ในไข่แดงและไข่ขาว ตามลำดับ) มีปริมาณสูงกว่าอนุพันธ์ Heptachlor epoxide (2.32 และ 2.86 นาโนกรัม/กรัม ในไข่แดงและไข่ขาว ตามลำดับ) โดยพบว่าปริมาณของ Heptachlor และ Heptachlor epoxide ที่ตรวจพบในไข่เป็ดจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

*1.6.9 Methoxychlor*

จากการสำรวจพบการตกค้างของ Methoxychlor ในตัวอย่างไข่เป็ดจากฟาร์มทั้ง 8 ฟาร์มที่ทำการศึกษา โดยพบปริมาณเฉลี่ยรวมของ Methoxychlor มีปริมาณ 2.30 และ 2.05 นาโนกรัม/กรัม ในไข่แดงและไข่ขาว ตามลำดับ และพบว่าปริมาณ Methoxychlor ที่ตรวจพบในไข่เป็ดจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)




**ภาพที่ 10** แสดงปริมาณเฉลี่ยรวมของออร์กาโนคลอรีนทั้ง 20 ชนิดในไข่เป็ด (ไข่แดง ไข่ขาว)

**1.7 ความเสี่ยงจากการบริโภคไข่เป็ดที่ปนเปื้อนสารออร์กาโนคลอรีน**

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณออร์กาโนคลอรีนชนิดต่างๆ ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับค่า Acceptable Daily Intake (ADI) จากการวิเคราะห์พบว่า ค่าเฉลี่ยรวมของ Aldrin, ∑Chlordane, Dieldrin, Endrin และ ∑Heptachlor ที่พบตกค้างในไข่เป็ดมีปริมาณสูงกว่าค่า ADI ของสารชนิดต่างๆ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณที่ตรวจพบนี้ มีค่าต่ำกว่า Maximum Residue Level ยกเว้นค่า β-HCB

**ตารางที่ 4** ปริมาณออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในไข่แดง และไข่ขาว เปรียบเทียบกับค่า Acceptable Daily Intake (ADI)

| Persistent organochlorine pesticides | Daily intake of pesticides from duck eggs by an adult person (ng/kg bodyweight*) | Acceptable Daily Intake (ADI) (ng/kg)** | Maximum Residue Level (MRL) (ng/kg)** |
|---|---|---|---|
| Aldrin | 413.0 ± 8.4 | 100 | 6000 |
| ∑Chlordane | 596.4 ± 8.4 | 500 | 2000 |
| ∑DDTs | 606.2 ± 35.0 | 10000 | 40000 |
| Dieldrin | 175.0 ± 6.3 | 100 | 6000 |
| ∑Endosulfan | 776.3 ± 18.9 | 6000 | 50000 |
| Endrin | 215.6 ± 8.4 | 200 | 800 |
| ∑Heptachlor | 1085.7 ± 18.9 | 100 | 4000 |
| HCB | 288.4 ± 8.4 | Not available | 10000 |
| α-HCB | 263.9 ± 14.7 | Not available | 4000 |
| β-HCB | 213281.6 ± 34766.2 | Not available | 3000 |
| γ-HCB (Lindane) | 729.4 ± 93.8 | 5000 | 1000 |
| Methoxychlor | 248.5 ± 10.5 | 100000 | 10000 |

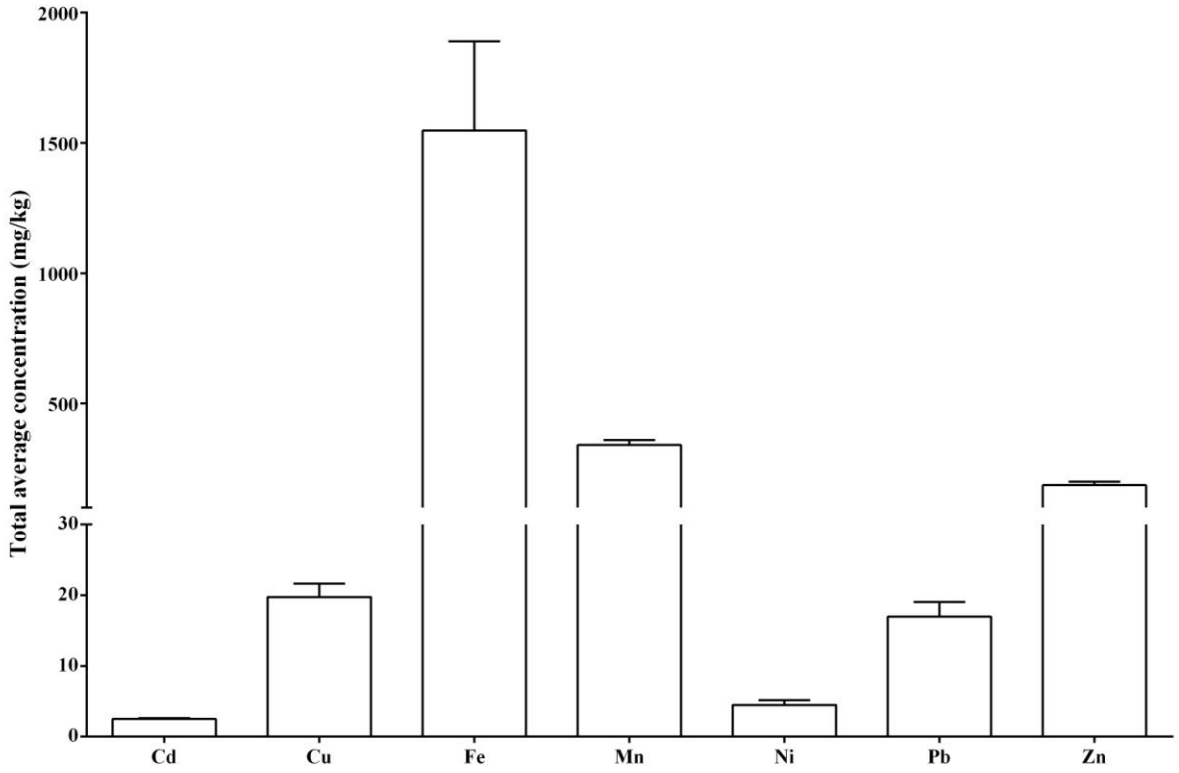
*น้ำหนักเฉลี่ย 70 กิโลกรัม

**FAO/WHO (2010)

**2. การตกค้างของโลหะหนัก**

***2.1 การตกค้างของโลหะหนักในดิน***

จากการวิเคราะห์การตกค้างของโลหะหนักทั้ง 7 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม (Cd) ทองแดง (Cu) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) นิกเกิล (Ni) ตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zn) ในดินพบว่าสามารถตรวจพบการตกค้างของโลหะหนักได้ทุกชนิดที่ทำการศึกษา โดยพบว่า ในดินจะมีปริมาณของ Fe (1548 ไมโครกรัม/กรัม) สูงกว่าโลหะหนักชนิดอื่นๆ เนื่องจาก Fe เป็นแร่ธาตุหลักที่พบในดินที่ใช้ปลูกข้าว (Prakongkep *et al.*, 2008) โดยปริมาณโลหะหนักที่พบเรียงตามปริมาณที่พบได้ดังนี้ Mn (341 ไมโครกรัม/กรัม) > Zn (187 ไมโครกรัม/กรัม) > Cu (20 ไมโครกรัม/กรัม) > Pb (20 ไมโครกรัม/กรัม) > Ni (4.50 ไมโครกรัม/กรัม) > Cd (2.51 ไมโครกรัม/กรัม) ตามลำดับโดยพบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของดินพื้นผิวที่พบทั่วโลก พบว่าปริมาณ Cd และ Zn ที่พบในดินเฉลี่ยมีปริมาณที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยดังกล่าว (ภาพที่ 11)




**ภาพที่ 11** แสดงปริมาณเฉลี่ยรวมของโลหะหนักในดิน

*2.1.1 Cd*

จากการวิเคราะห์ปริมาณ Cd ในดินจากฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 ฟาร์มพบว่าสามารถตรวจพบการปนเปื้อนของ Cd ในดินทั้ง 8 ฟาร์มที่ทำการศึกษา โดยพบว่าปริมาณของ Cd สูงสุดในดินจากฟาร์มที่ 6 (3.03 ไมโครกรัม/กรัม) ซึ่งปริมาณของ Cd ที่พบในดินนั้นมีปริมาณต่ำกว่าค่ามาตรฐาน คุณภาพดินเพื่อการอยู่อาศัยและการเกษตรกรรม กรมควบคุมมลพิษ ประเทศไทย (ไม่เกิน 37 ไมโครกรัม/กรัม) (กรมควบคุมมลพิษ, 2015) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณของ Cd ที่พบนั้นมีปริมาณสูงกว่า ค่าเฉลี่ยของดินที่พบบนผิวโลก (0.37-0.78 ไมโครกรัม/กรัม) (Kabata-Pendias, 2001; Essington, 2004)

*2.1.2 Cu*

จากการวิเคราะห์ปริมาณ Cu ในดินจากฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 ฟาร์มพบว่า ปริมาณ Cu พบในดินจากฟาร์มที่ 2 (30 ไมโครกรัม/กรัม), 5 (31 ไมโครกรัม/กรัม) และ 8 (35 ไมโครกรัม/กรัม) ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงแตกต่างจากดินจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสิถิติ ($p > 0.05$) ปริมาณของ Cu ที่พบนั้นจะอยู่ในช่วงของปริมาณเฉลี่ยของดินที่พบทั่วโลก (0.37-0.78 ไมโครกรัม/กรัม) (Kabata-Pendias, 2001; Essington, 2004)

*2.1.3 Fe*

จากการวิเคราะห์ปริมาณ Fe ในดินจากฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 แห่งพบว่าปริมาณ Fe ที่พบในดินจากฟาร์มที่ 5 (3570 ไมโครกรัม/กรัม) และ 6 (4318 ไมโครกรัม/กรัม) ซึ่งมีปริมาณสูงแตกต่างจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสิถิติ ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณ Fe ที่พบในดินนั้นมีปริมาณอยู่ระหว่างค่าเฉลี่ยของดินที่พบทั่วโลก (2000-550000 ไมโครกรัม/กรัม) (Kabata-Pendias, 2001; Essington, 2004)

*2.1.4 Mn*

จากการวิเคราะห์ปริมาณของ Mn ในดินจากฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 แห่งพบว่ามีปริมาณของ Mn สูงที่สุดจากดินที่เก็บมาจากฟาร์มที่ 1 (343 ไมโครกรัม/กรัม) ซึ่งมีปริมาณสูงแตกต่างจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสิถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งปริมาณของ Mn ที่พบในดินทั้ง 8 ฟาร์มนั้นมีปริมาณอยู่ระหว่างค่าเฉลี่ยของดินที่พบทั่วโลก (270-530 ไมโครกรัม/กรัม) (Kabata-Pendias, 2001; Essington, 2004) และมีปริมาณที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน คุณภาพดินเพื่อการอยู่อาศัยและการเกษตรกรรม กรมควบคุมมลพิษ ประเทศไทย (1800 ไมโครกรัม/กรัม) (กรมควบคุมมลพิษ, 2015)

*2.1.5 Ni*

จากการวิเคราะห์ปริมาณของ Ni ในดินจากฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 แห่งพบว่ามีปริมาณของ Ni ที่พบในดินจากฟาร์มที่ 3 (5.25 ไมโครกรัม/กรัม), 5 (8.00 ไมโครกรัม/กรัม) และ 6 (7.00 ไมโครกรัม/กรัม) มีปริมาณสูงแตกต่างจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสิถิติ ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณ Ni ที่พบในดินทั้ง 8 ฟาร์มนั้นมีปริมาณอยู่ระหว่างค่าเฉลี่ยของดินที่พบทั่วโลก (270-530 ไมโครกรัม/กรัม) (Kabata-Pendias, 2001; Essington, 2004) และมีปริมาณที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน คุณภาพดินเพื่อการอยู่อาศัยและการเกษตรกรรม กรมควบคุมมลพิษ ประเทศไทย (1600 ไมโครกรัม/กรัม) (กรมควบคุมมลพิษ, 2015)

*2.1.6 Pb*

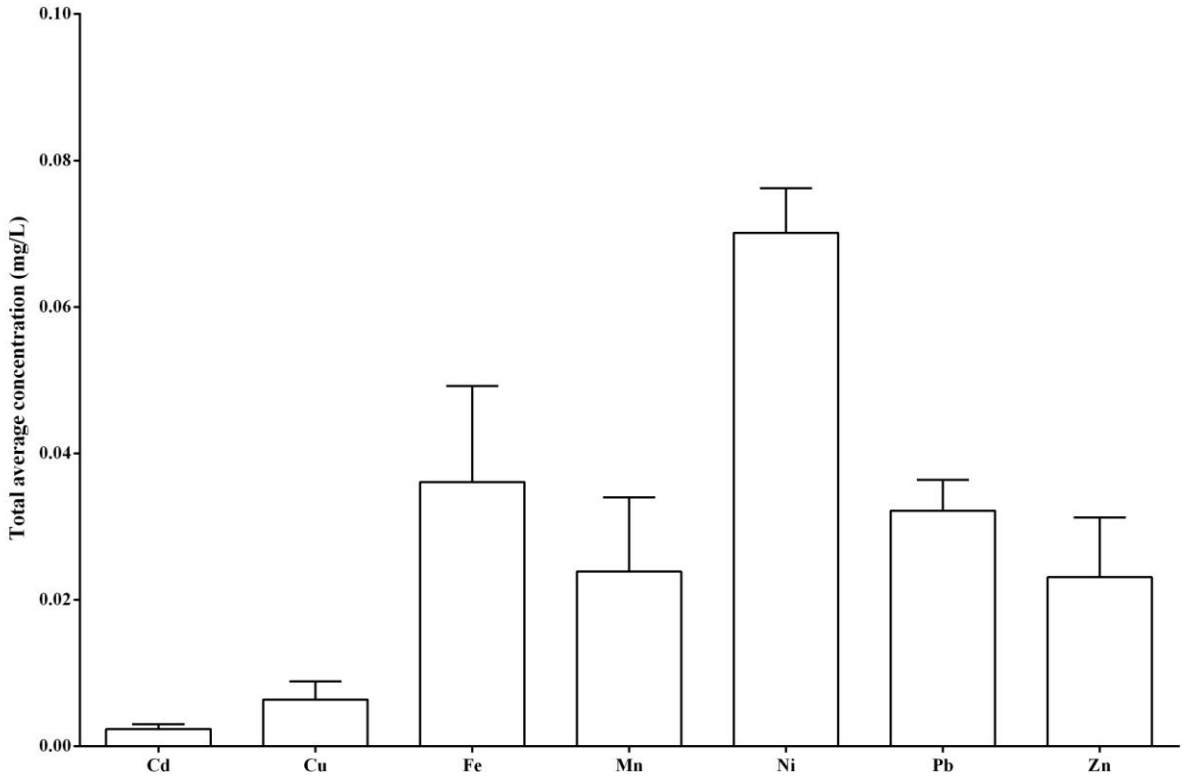
จากการวิเคราะห์ปริมาณของ Pb ในดินจากฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 แห่งพบว่า ปริมาณของ Pb ที่พบในดินจากฟาร์มที่ 6 มีปริมาณสูงที่สุด (38 ไมโครกรัม/กรัม) ซึ่งมีปริมาณสูงแตกต่างจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสิถิติ ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณ Pb ที่พบในดินทั้ง 8 ฟาร์มนั้นมีปริมาณอยู่ระหว่างค่าเฉลี่ยของดินที่พบทั่วโลก (22-44 ไมโครกรัม/กรัม) (Kabata-Pendias, 2001; Essington, 2004) และมีปริมาณที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน คุณภาพดินเพื่อการอยู่อาศัยและการเกษตรกรรม กรมควบคุมมลพิษ ประเทศไทย (ไม่เกิน 400 ไมโครกรัม/กรัม) (กรมควบคุมมลพิษ, 2015)

*2.1.7 Zn*

จากการวิเคราะห์ปริมาณ Zn ในดินจากฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 แห่ง และพบว่ามีปริมาณของ Zn ที่พบในดินมีปริมาณสูงกว่า ค่าเฉลี่ยของดินที่พบทั่วโลก (45-100 ไมโครกรัม/กรัม) (Kabata-Pendias, 2001; Essington, 2004)

### *2.2 การตกค้างของโลหะหนักในน้ำ*

จากการวิเคราะห์โลหะหนักทั้ง 7 ชนิด ในน้ำพบว่าโลหะหนักที่พบจึงมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน กรมควบคุมมลพิษ (2014) เนื่องจากโลหะหนักมีการละลายตัวในน้ำได้ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากโลหะหนักจะมีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ค่อนข้างต่ำ โดยพบว่าโลหะหนักที่พบตกค้างในน้ำสูงที่สุด ได้แก่ Ni (78 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) โดยปริมาณโลหะหนักที่พบตกค้างมีปริมาณเรียงจากมากไปน้อย ดังนี้ Pb (32 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) > Fe (16 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) > Zn (11 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) > Mn (8 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) > Cu (3 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) > Cd (2.5 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ตามลำดับ (ภาพที่ 12)




**ภาพที่ 12** แสดงปริมาณเฉลี่ยรวมของโลหะหนักในน้ำ

*2.2.1 Cd*

จากการวิเคราะห์ปริมาณ Cd ในน้ำจากฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 ฟาร์ม พบว่าสามารถตรวจพบการปนเปื้อนของ Cd ในน้ำจากฟาร์มที่ 1, 2, 3, 6 และ 7 โดยพบว่าปริมาณ Cd ในน้ำจากฟาร์มที่ 4, 5 และ 8 มีปริมาณต่ำกว่าค่าที่วิเคราะห์ได้ โดยพบว่าปริมาณของ Cd สูงสุดในน้ำจากฟาร์มที่ 7 (6 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (20 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) (กรมควบคุมมลพิษ, 2014)

*2.2.2 Cu*

จากการวิเคราะห์ปริมาณ Cu ในน้ำจากฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 ฟาร์มพบว่า ปริมาณ Cu พบในน้ำจากฟาร์มที่ 3 (6 นาโนกรัม/มิลลิลิตร), และ 7 (7 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) มีปริมาณ Cu ที่สูงแตกต่างจากดินจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่ปริมาณ Cu ที่ตรวจพบในน้ำจากฟาร์มที่ 5 และ 8 มีปริมาณที่ต่ำกว่าค่าที่วิเคราะห์ได้ อย่างไรก็ตามปริมาณของ Cu ที่พบนั้นมีปริมาณที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (100 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) (กรมควบคุมมลพิษ, 2014)

*2.2.3 Fe*

จากการวิเคราะห์พบการปนเปื้อนของ Fe ในน้ำจากฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 แห่ง โดยพบว่าปริมาณ Fe ที่พบในน้ำจากฟาร์มทั้ง 8 แห่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

*2.2.4 Mn*

จากการวิเคราะห์ปริมาณของ Mn ในน้ำจากฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 แห่งพบว่ามีปริมาณของ Mn สูงที่สุดจากน้ำที่เก็บมาจากฟาร์มที่ 7 (12.90 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ซึ่งมีปริมาณสูงแตกต่างจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณ Mn ที่ตรวจพบในน้ำจากฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 แห่ง มีปริมาณต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (1000 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) (กรมควบคุมมลพิษ, 2014)

*2.2.5 Ni*

จากการวิเคราะห์ปริมาณของ Ni ในน้ำจากฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 แห่งพบว่ามีปริมาณของ Ni ที่พบในดินจากฟาร์มที่ 1 (97 นาโนกรัม/มิลลิลิตร), 2 (91 นาโนกรัม/มิลลิลิตร), 3 (99 นาโนกรัม/มิลลิลิตร), 5 (83 นาโนกรัม/มิลลิลิตร), 6 (95 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) และ 7 (92 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) มีปริมาณสูงแตกต่างจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณ Ni ที่พบในน้ำทั้ง 8 ฟาร์มนั้นมีปริมาณต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (100 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) (กรมควบคุมมลพิษ, 2014)

*2.2.6 Pb*

จากการวิเคราะห์ปริมาณของ Pb ในน้ำจากฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 แห่งพบว่า ปริมาณของ Pb ที่พบในดินจากฟาร์มที่ 7 มีปริมาณสูงที่สุด (70 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ซึ่งมีปริมาณสูงแตกต่างจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และเป็นปริมาณที่สูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (50 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) (กรมควบคุมมลพิษ, 2014)

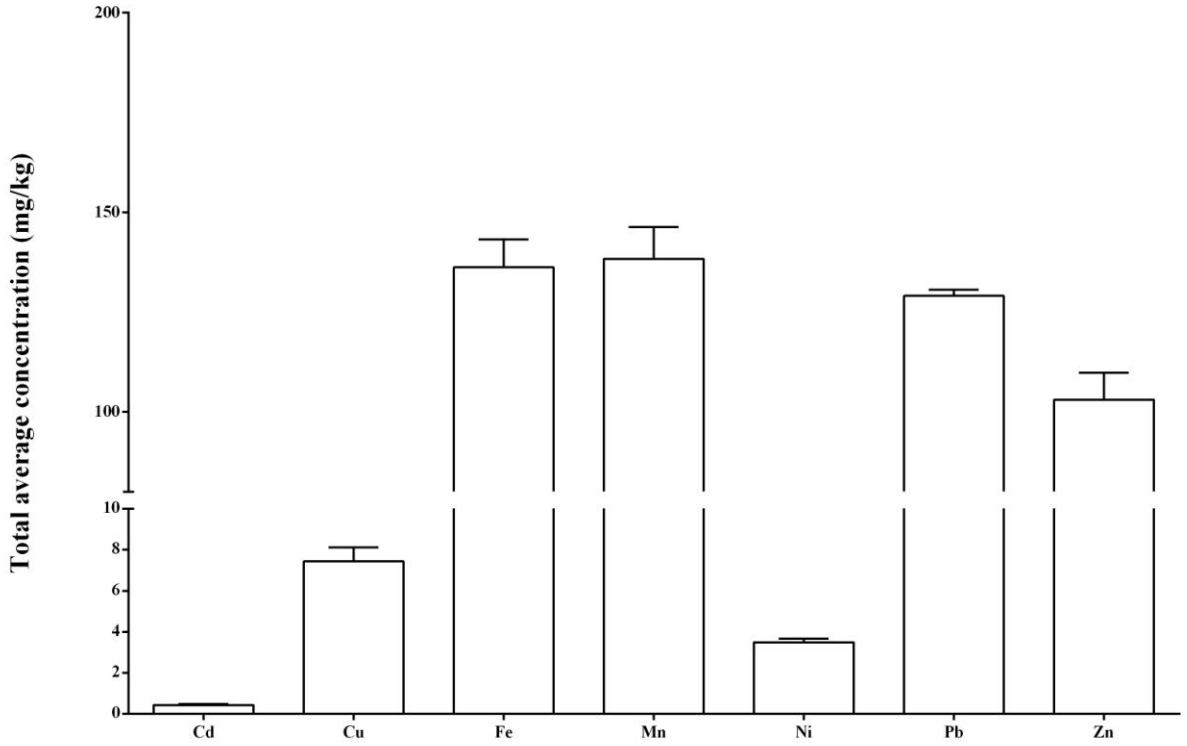
*2.2.7 Zn*

จากการวิเคราะห์ปริมาณ Zn ในน้ำจากฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 แห่ง พบว่าปริมาณ Zn ที่พบปนเปื้อนในน้ำจากฟาร์มที่ 8 มีปริมาณสูงสุด (15 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) แตกต่างจากปริมาณที่พบในน้ำจากฟาร์มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณ Zn ที่พบในน้ำทั้ง 8 ฟาร์มนั้นมีปริมาณต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (1000 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) (กรมควบคุมมลพิษ, 2014)

**2.3 การปนเปื้อนของโลหะหนักในอาหาร**

จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักทั้ง 7 ชนิด ในอาหารเลี้ยงเป็ดจากฟาร์มเป็ดไข่ทั้ง 8 ฟาร์มพบว่าโลหะหนักที่พบปนเปื้อนในอาหารเลี้ยงเป็ดในน้ำสูงที่สุด ได้แก่ Ni (78 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) โดยปริมาณโลหะหนักที่พบตกค้างมีปริมาณเรียงจากมากไปน้อย ดังนี้ Pb (32 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) > Fe (16 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) > Zn

(11 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) > Mn (8 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) > Cu (3 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) > Cd (2.5 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ตามลำดับ (ภาพที่ 13)




**ภาพที่ 13** แสดงปริมาณเฉลี่ยรวมของโลหะหนักในอาหาร

**2.4 การปนเปื้อนของโลหะหนักในขนเป็ด**

จากการศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในขนเป็ด พบการปนเปื้อนของโลหะหนักทั้ง 7 ชนิดที่ทำการศึกษาโดยพบว่า Zn เป็นโลหะหนักที่พบเป็นปริมาณสูงที่สุด โดยปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยรวมที่พบเรียงตามปริมาณได้ดังนี้ Zn (50.79 ไมโครกรัม/กรัม) > Fe (32.09 ไมโครกรัม/กรัม) > Pb (20.59 ไมโครกรัม/กรัม) > Mn (11.47 ไมโครกรัม/กรัม) > Cu (6.39 ไมโครกรัม/กรัม) > Ni (4.50 ไมโครกรัม/กรัม) > Cd (0.31 ไมโครกรัม/กรัม) ตามลำดับ

**2.5 การปนเปื้อนของโลหะหนักในไข่เป็ด**

จากผลการทดลองพบการตกค้างของโลหะหนักทั้ง 7 ชนิด ที่ทำการศึกษา ในเปลือกไข่ ไข่แดง และไข่ขาว โดยในเปลือกไข่ (ภาพที่ 14) พบว่ามีการตกค้างของ Pb, Fe และ Cu สูงที่สุดใน ไข่ขาว ไข่แดง และเปลือกไข่ตามลำดับ โดยพบปริมาณของโลหะหนักในเปลือกไข่ สูงกว่าไข่แดงและไข่ขาวตามลำดับ ยกเว้น Fe และ Zn

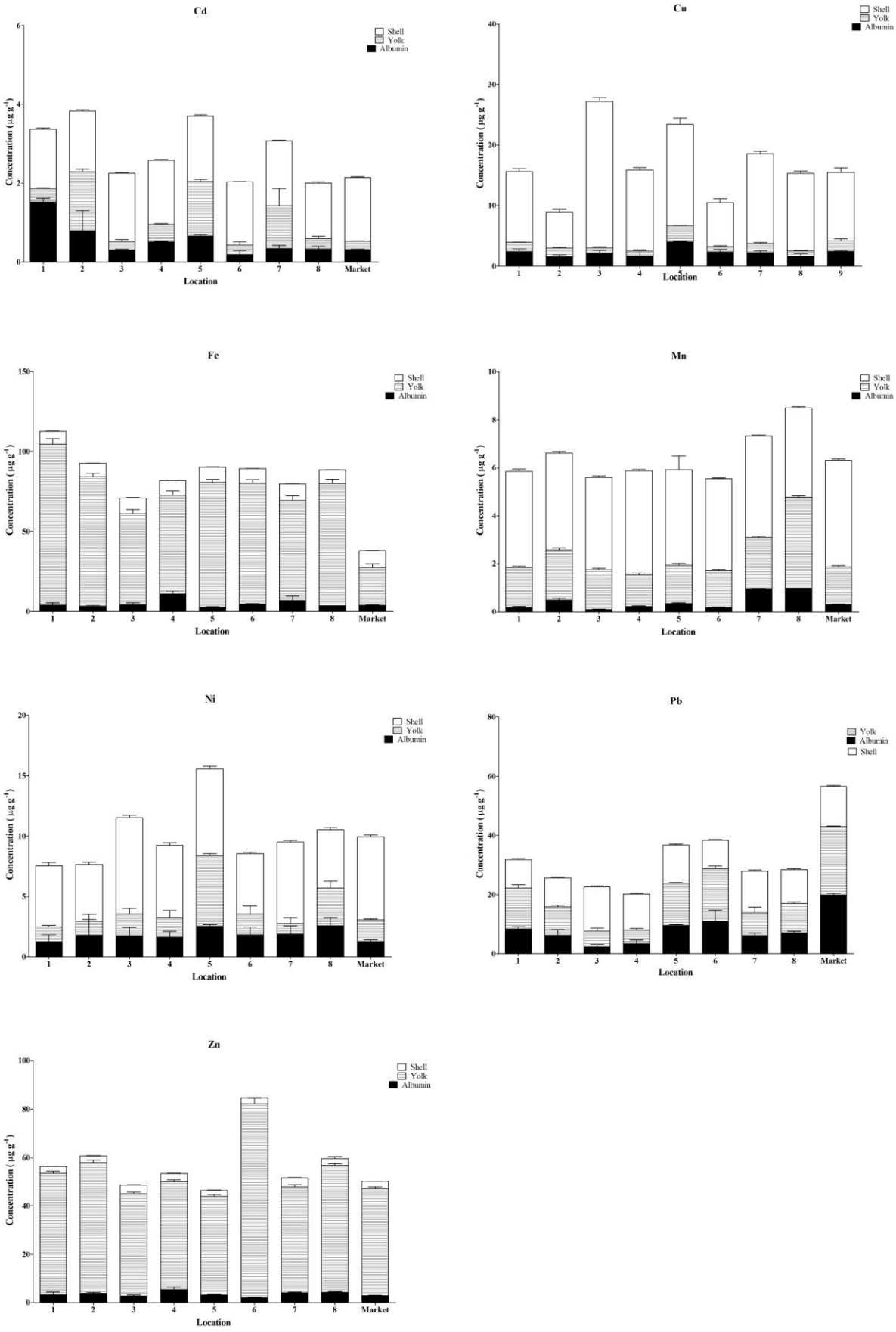
การตกค้างของโลหะหนักในเปลือกไข่พบว่าปริมาณเฉลี่ยรวมของโลหะหนัก ตามปริมาณที่พบเป็นดังนี้ Pb (8.17 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) > Fe (4.87 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) > Zn (3.44 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) > Cu (2.27 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) > Ni (1.83 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) > Cd (0.55 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) > Mn (0.42 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ตามลำดับ

การตกค้างของโลหะหนักในไข่แดงพบว่าปริมาณเฉลี่ยรวมของโลหะหนัก ตามปริมาณที่พบเป็นดังนี้ Fe (66.73 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) > Zn (46.07 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) > Pb (11.77 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) > Ni (1.85 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) > Mn (1.69 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) > Cu (1.37 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) > Cd (0.56 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ตามลำดับ

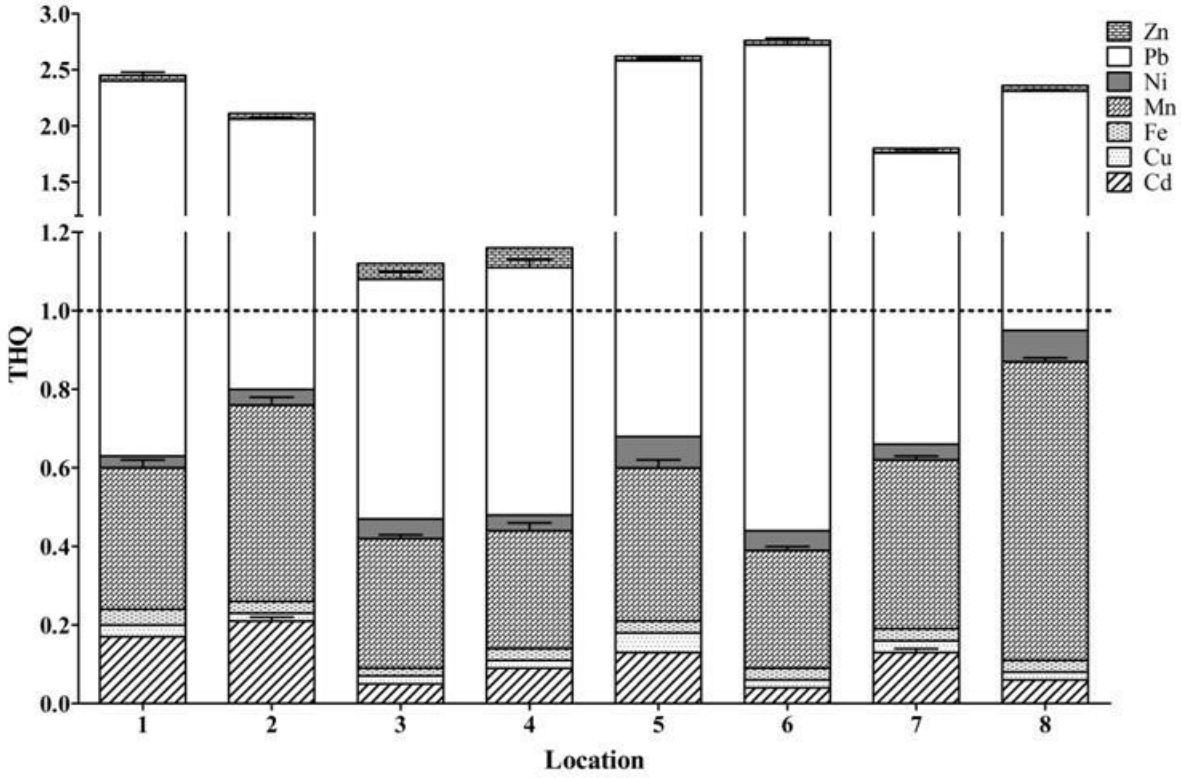
การตกค้างของโลหะหนักในไข่ขาวพบว่าปริมาณเฉลี่ยรวมของโลหะหนัก ตามปริมาณที่พบเป็นดังนี้ Pb (8.17 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) > Fe (4.87 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) > Zn (3.44 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) > Cu (2.27 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) > Ni (1.83 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) > Cd (0.55 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) > Mn (0.42 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ตามลำดับ

**2.6 การประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคไข่ที่ปนเปื้อนด้วยโลหะหนัก**

จากการประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคไข่เป็ดที่พบการปนเปื้อนของโลหะหนักทั้ง 7 ชนิดพบว่า การบริโภคไข่ ตามค่าเฉลี่ยของสำนักโภชนาการ กระทรวงสาธารณสุข พบว่าคนไทยบริโภคไข่ 132 ฟอง/คน/ปี โดยน้ำหนักไข่เฉลี่ย 50 กรัม/ฟอง พบว่าไข่เป็ดจากบริเวณที่ทำการศึกษาก่อให้เกิดความเสี่ยงจากการบริโภคได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง จากการปนเปื้อนของ Pb เนื่องจากมีค่า target hazard quatient (THQ) สูงกว่า 1 เมื่อเปรียบเทียบกับโลหะชนิดอื่นๆ พบว่าโลหะหนักชนิดอื่นๆ มีค่า THQ ที่ต่ำกว่า 1 แต่อย่างไรก็ตามการบริโภคนั้นจะให้ความสำคัญกับการปนเปื้อนของโลหะหนักทั้งหมด นั่นคือผลรวมของ THQ ของโลหะหนักทั้ง 7 ที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ ก่อให้เกิดความเสี่ยงจากการบริโภคได้ หากได้รับตามปริมาณที่ใช้อ้างอิงในครั้งนี้




**ภาพที่ 14** แสดงปริมาณเฉลี่ยรวมของโลหะหนักทั้ง 7 ชนิด ในเปลือกไข่ ไข่แดง และไข่ขาว




**ภาพที่ 15** แสดงค่า THQ ของโลหะหนัก 7 ชนิด ที่ปนเปื้อนในไข่เป็ด

## สรุปและเสนอแนะ

จากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบถึงการปนเปื้อนของสารในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน และโลหะหนักในไข่เป็ด ซึ่งประเทศไทยมีการผลิตไข่เป็ดได้เป็นอันดับ 1 ใน 3 ของผลผลิตรวมทั่วโลก จากปริมาณที่ตรวจพบในสิ่งแวดล้อม (ดิน, น้ำ และอาหาร) พบว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณที่ตรวจพบในไข่เป็ด ดังนั้นหากจะลดปริมาณการปนเปื้อนที่มีในอาหารต้องเริ่มต้นจากการลดปริมาณการใช้ รวมถึงการพัฒนาการจัดการสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้น จะทำให้ปริมาณที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อมลดลง และจะลดปริมาณการถ่ายทอดผ่านทางห่วงโซ่อาหารได้ และจากการศึกษาในครั้งนี้จะมีประโยชน์ต่อนักสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนักโภชนาการ นอกจากนี้ยังทำให้ทราบถึงการใช้ขนเป็ดในการวเคราะห์การปนเปื้อนของสารในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน และโลหะหนักได้ และสามารถนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพได้ นอกจากนี้จากการประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคทำให้ทราบถึงแนวโน้มของผลที่มีต่อการบริโภคในระยะยาวของไข่เป็ดที่ปนเปื้อน ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำหรับนักโภชนาการไปใช้ในการแนะนำสำหรับการบริโภคต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

AOAC_International (1995). Official Methods of Analysis. Gaithersburg, AOAC International.

Blust, R, Van_Der_Linden, A, Verheyen, E and Decleir, W (1988). Evaluation of microwave heating digestion and graphite furnace atomic absorption spectrometry with continuum source

backgroud correction for the determination of Fe, Cu and Cd in brine shrimp. *Journal of Analytical Atomic Spectrometer*, 3: 387-393.

Burger, J (1993). Metals in avian feathers: bioindicators of environmental pollution. *Review in Environmental Toxicology*, 5: 203-311.

Cahill, T M, Anderson, D W, Elbert, R A, Perley, B P and Johnson, D R (1998). Elemental profiles in feather samples from a mercury-contaminated lake in central California. *Archeives of Environmental Contamination and Toxicology*, 35: 75-81.

Chandrajith, R, Dissanayake, C B and Tobscholl, H J (2005). The abundances of rarer trace elements in paddy (rice) soils of Sri Lanka. *Chemosphere* 118: 1415-1420.

Chulain, P, Tungnipon, W and Sakulthiengtrong, S (2002). Distribution of pesticides from agricultural area to the main river in Thailand. *Proceedings of the Fourth Technical Conference of Agricultural Toxic Substances Division*: 55-63.

Covaci, A and Schepen, P (2001). Chromatographic aspects of the analysis of selected persistent organochlorine pollutants in human hair. *Chromatographia*, 53: 366-371.

Domingo, L E and Kyuma, K (1983). Trace elements in tropical Asian paddy soils I. total trace element status. *Soil Science and Plant Nutrition*, 29: 439-452.

Essington, M E (2004). Soil and Water Chemistry: An Integrative Approach. USA, CRC Press LLC.

FAO/WHO (2010). FAO/WHO meeting on pesticide residues: pestivide residues in food 2010. Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment ant the WHO Core Assessment Group on Pesticide Residues.

Hernández, L M, Gómara, B, Fernández, M, Jiménez, B, González, M J, Baos, R, Hiraldo, F, Ferrer, M, Benito, V, Suñer, M A, Devesa, V, Muñoz, O and Montoro, R (1999). Accumulation of heavy metals and As in wetland birds in the area around Doñana National Park affected by the Aznalcollar toxic spill. *Science of The Total Environment*, 242(1–3): 293-308.

Jaspers, V L B, Voorspoels, S, Covaci, A, Lepoint, G and Eens, M (2007). Evaluation of the usefulness of bird feathers as a non-destructive biomonitoring tool for organic pollutants: a comparative and meta-analytical approach. *Environmental International*, 33: 328-337.

Kabata-Pendias, A (2001). Trace Elements in Soils and Plants. USA, CRC Press LLC.

Keithmaleesatti, S, Thirakhupt, K, Pradatsudarasar, A, Varanusupakul, P, Kitana, N and Robson, M (2007). Concentration of organochlorine in egg yolk and reproductive success of Egretta garzetta (Linnaeus, 1758) at Wat Tan-en non-hunting area, Phra Nakhorn Si Ayuthaya Province, Thailand. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 68(1): 79-83.

Kyuma, K (2004). Paddy Soil Science. Japan, Kyoto University Press.

Poolpak, T, Pokethitiyook, P, Kruatrachue, M, Arjarasirikoon, U and Thanwaniwat, N (2008). Residue analysis of organochlorine pesticides in the Mae Klong river of Central Thailand. *Journal of Hazardous Materials*, 156(1–3): 230-239.

Prakongkep, N, Suddhiprakarn, A, Kheoruenromne, I, Smirk, M and Gilkes, R J (2008). The geochemistry of Thai paddy soils. *Geoderma*, 144(1–2): 310-324.

Thapinta, A and Hudak, P F (2000). Pesticide use and residual occurrence in Thailand. *Environmental Monitoring Assessment*, 60: 103-114.

Tom, D, Bervoets, L, Blust, R and Eens, M (2002). Tissue levels of lead in experimentally exposed zebra finches (*Taeniopygia guttata*) with particular attention on the use of feathers as biomonitor. *Archeives of Environmental Contamination and Toxicology*, 42: 88-92.

USEPA (1997). Exposure Factors Handbook. Cincinnati, Ohio, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment.

USEPA (2000). Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for use in Fish Advisories: EPA 823-B-00-007. Washington, D.C., USA, Office of Science and Technology and Office of Water, USEPA.

Wong, S C, Li, X D, Zhang, G, Qi, S H and Min, Y S (2002). Heavy metals in agricultural soils of the Pearl River Delta, South China. *Environmental Pollution* 119: 33-44.

กรมควบคุมมลพิษ (2014). "มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน." Retrieved 17 April 2014, 2014.

กรมควบคุมมลพิษ (2015). "มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์." Retrieved 10 สิงหาคม 2558, 2558, from http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_soil01.html.

---

(1) *ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*
*Department of Pharmacology, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University*

(2) *ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล*
*Department of Biology, Faculty of Science, Mahidol University*

**หมายเหตุ :** ให้ส่งรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ (ฉบับร่าง) จำนวน 3 ชุด ก่อน โดยสถาบันวิจัยและพัฒนาจะส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมิน / วิจารณ์ หากไม่มีการแก้ไข จะแจ้งให้ส่งเพิ่ม แต่หากมีความเห็นข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิให้ปรับแก้ไข จะแจ้งให้ดำเนินการแก้ไข และให้ส่งรายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (ฉบับจริง) **จำนวน 12 ชุด** พร้อม Diskette ต่อไป