

การศึกษาปริมาณสารปรอทในส่วนเนื้อของไก่
ที่ได้รับเมอร์คิวรี (II) อะซิเตต

ปริญญานิพนธ์

ของ

สมพร เปี่ยมรุ่งเรือง

- 8 พ.ศ. 2535

ห้องสมุดบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

ตุลาคม 2528

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

178465

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตและคณะกรรมการสอบ ได้พิจารณาปฏิญานี้จน
ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการที่ปรึกษา

..... ประธาน
..... กรรมการ
..... กรรมการ

คณะกรรมการสอบ

..... ประธาน
..... กรรมการ
..... กรรมการ

ประกาศจุฬการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้โดยได้รับความแนะนำและความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง
จากรองศาสตราจารย์ ดร. ภิญโญ พานิชพันธ์ ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวดี จันทระจ่าง และ
อาจารย์พรพิมล ม่วงไทย กรรมการ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ดร.ไมตรี ดวงสวัสดิ์ หัวหน้าหน่วยวิจัยสารพิษ สถาบันประมงน้ำจืด
แห่งชาติ ที่กรุณาช่วยเหลือเกี่ยวกับการติดต่อดำเนินการที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบพระคุณ คุณมณฑิพย์ พานุกานนท์ และ คุณอุษณีย์ สีวาวุฒิ กองมาตรฐาน
(ห้องปฏิบัติการเคมี) สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ที่กรุณาให้คำแนะนำ
ในการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ปรอทเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อาภรณ์ วีรสาร ดร. ธาจารย์ณ สุทธิ
และอาจารย์ในภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
ทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำทางด้านการทดลอง รวมทั้งการอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ
เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณอุไรวรรณ พัทธพงศ์พันธุ์ ที่ได้ให้คำแนะนำทางด้านการทดลอง
คุณวิลาวัลย์ วรรณศรี คุณพนารต ลือเดชวิไลกร คุณจตุรรัตน์ เที่ยมก่อน
คุณอุทิศ สายสิงห์ คุณวิชาญ พันธุ์ประเสริฐ และทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยชื่อนามในที่นี้ ที่ได้
ช่วยเหลือและให้กำลังใจอย่างดียิ่งเสมอมา

ท้ายที่สุดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือ
และเป็นกำลังใจอย่างดียิ่ง ตลอดจนน้อง ๆ ทุกคน

สมพร เปี่ยมรุ่งเรือง

สารบัญ

บทที่

หน้า

1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	3
	ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	3
	ขอบเขตในการศึกษาค้นคว้า	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ	4
2	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย	5
	การวิเคราะห์หาปริมาณการตกค้างของปรอทในอาหารในประเทศไทย ...	17
	การวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในสัตว์ปีกของต่างประเทศ	18
	ทฤษฎีอะตอมนิกแอบซอร์พชันสเปกโตรสโกปี ..	21
3	วิธีดำเนินการทดลอง	27
	พันธุ์ไก่และวิธีการเลี้ยง	27
	เครื่องมือที่ใช้	27
	การทดลอง	28
	การคำนวณข้อมูล	31
	การหาเปอร์เซ็นต์รีดักทีฟเวอรี่	32
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	33
	การวิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนคอที่เก็บทุก 6 วัน	
	จำนวน 16 ครั้ง	33
	การวิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนหลังที่เก็บทุก 6 วัน	
	จำนวน 16 ครั้ง	37

การวิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนปีกที่เก็บทุก 6 วัน	
จำนวน 16 ครั้ง	40
การวิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนอกที่เก็บทุก 6 วัน	
จำนวน 16 ครั้ง	43
การวิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนต้นขาถึงสะโพกและ	
ท่อนขาที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง	46
5 บทย่อ สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	49
บทย่อ	49
จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	49
วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	49
การวิเคราะห์ข้อมูล	51
สรุปผลการศึกษาค้นคว้า	51
อภิปรายผล	52
ข้อเสนอแนะ	53
บรรณานุกรม	55
ภาคผนวก	60

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

1	แสดงปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนคอของกลุ่มควบคุมที่เก็บทุก 12 วัน จำนวน 3 ครั้ง และกลุ่มทดลองที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน	34
2	แสดงปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนหลังของกลุ่มควบคุมที่เก็บทุก 12 วัน จำนวน 3 ครั้ง และกลุ่มทดลองที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน	37
3	แสดงปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนปีกของกลุ่มควบคุมที่เก็บทุก 12 วัน จำนวน 3 ครั้ง และกลุ่มทดลองที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน	40
4	แสดงปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนอกของกลุ่มควบคุมที่เก็บทุก 12 วัน จำนวน 3 ครั้ง และกลุ่มทดลองที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน	43
5	แสดงปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนต้นขาถึงสะโพกและท่อนขาของกลุ่มควบคุมที่เก็บทุก 12 วัน จำนวน 3 ครั้ง และกลุ่มทดลองที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน	46

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

1	แสดงการเปลี่ยนแปลงระหว่างปรอทอินทรีย์ และปรอทอินทรีย์ ในสิ่งมีชีวิต	6
2	แสดงการสังเคราะห์เมทิลเมอร์คิวรีไอออน และไดเมทิลเมอร์คิวรี ในสิ่งแวดล้อม	9
3	แสดงการถ่ายทอดสารปรอทในห่วงโซ่อาหาร	10
4	แสดงโครโมโซมของเม็ดเลือดขาวของคนที่ยีนปลา ซึ่งมีเมทิล เมอร์คิวรีไอออนในปริมาณสูง	15
5	แสดงลักษณะฮอลโลวคาทอคแลนซ์ที่ใช้เป็นแหล่งคลื่นแสงเฉพาะธาตุ..	23
6	แสดงลักษณะเตาไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องผลิตอะตอมอิสระ	24
7	แสดงการจัดเครื่องมือสำหรับวัดปริมาณปรอทโดยวิธีอะตอมนิค แบบออร์พชั่นแบบปราศจากเปลวไฟ	26
8	แสดงปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนคอของกลุ่มควบคุมที่เก็บ ทุก 12 วัน จำนวน 6 ครั้ง และกลุ่มทดลองที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน	36
9	แสดงปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนหลังของกลุ่มควบคุมที่เก็บ ทุก 12 วัน จำนวน 6 ครั้ง และกลุ่มทดลองที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน	39
10	แสดงปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนปีกของกลุ่มควบคุมที่เก็บ ทุก 12 วัน จำนวน 6 ครั้ง และกลุ่มทดลองที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน	42

- 11 แสดงปริมาณสารโปรตีนในเนื้อไก่ส่วนอก ของกลุ่มควบคุม ที่เก็บ
ทุก 12 วัน จำนวน 6 ครั้ง และกลุ่มทดลองที่เก็บทุก 6 วัน
จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน 45
- 12 แสดงปริมาณสารโปรตีนในเนื้อไก่ส่วนต้นขาถึงสะโพกและท่อนขาของ
กลุ่มควบคุมที่เก็บทุก 12 วัน จำนวน 6 ครั้ง และกลุ่มทดลอง
ที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน 46

ภูมิหลัง

ปัญหาสารพิษตกค้างในอาหารที่ได้จากพืชและสัตว์ เป็นปัญหาสำคัญที่ควรศึกษาและหาทางแก้ไข สารพิษตกค้างที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตเมื่อสะสมอยู่ในร่างกายเป็นเวลานาน ได้แก่ พวกโลหะหนักต่าง ๆ เช่น ตะกั่ว แคดเมียม และปรอท เป็นต้น สำหรับปรอท เป็นโลหะที่มีสมบัติพิเศษต่างจากโลหะอื่น ๆ หลายประการ อาทิเช่น สามารถรวมกับสารอื่น เกิดเป็นสารประกอบได้หลายชนิด จึงมีการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้ปรอทตกค้างแทรกซึมอยู่ในสิ่งแวดล้อมทั่ว ๆ ไป

การปะปนของปรอทในอาหารมนุษย์เกิดขึ้นได้หลายทาง ซึ่งได้ใช้ให้เป็นประโยชน์และที่รู้เท่าไม่ถึงการณ์เช่น การใส่อนุพันธ์ของปรอทผสมในอาหารไก่และสุกรเพื่อเร่งการเจริญเติบโต ทำให้เกิดพิษตกค้างอยู่ในเนื้อสัตว์ดังกล่าว (สุรณี โรจนอารยานนท์ 2526 : 92) การใช้สารประกอบของปรอทป้องกันเชื้อราในเมล็ดพืช เรลลี (Reilly. 1980 : 112) ได้รายงานไว้ว่า ในระหว่างปี ค.ศ. 1960 - 1966 มีการระบาดของพิษจากสารประกอบของปรอทที่ประเทศอิตาลี ปากีสถาน และกัวเตมาลา โดยมีสาเหตุคล้ายคลึงกัน คือ ประชาชนได้ใช้สารประกอบอัลคิลเมอร์คิวรี (alkyl mercury) เป็นสารป้องกันเชื้อราในข้าวสาลี แล้วนำข้าวสาลีนั้นมาทำขนมปังและอาหาร ทำให้ประชาชนเหล่านั้นเจ็บป่วยเนื่องจากพิษของปรอทและตายเป็นจำนวนมาก การได้รับสารพิษโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์อาจเนื่องมาจากของเสียที่กำจัดออกมาจากท่อไอเสียรถยนต์ ของเสียที่กำจัดออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ปรอทหรือสารประกอบของปรอท จากกระบวนการผลิตอาหาร นั่นคือ อาจคิดมาจากสารปลอมปนในอาหาร โดยทางตรงและทางอ้อม (Somer. 1970 : 215) จึงจะเห็นได้ว่า การนำปรอทมาใช้โดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ปราศจากความรู้ที่แท้จริง และขาดการควบคุมที่ถูกต้อง ทำให้เกิดปัญหาการสะสมของปรอทในอาหารซึ่งเป็นผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ที่เป็นผู้บริโภค

อย่างยิ่ง

มีการศึกษาปริมาณการสะสมของปรอทในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ที่คนบริโภคเป็นประจำ เช่น การตรวจวิเคราะห์การตกค้างของปรอทในปลา นอกจากนี้ ประวิทย์ ชูเกียรติ และคนอื่นๆ (ประวิทย์ ชูเกียรติ และคนอื่นๆ 2520 : 189 - 193) ได้ตรวจพบปริมาณปรอทในเนื้อและตับสุกร โค และ กระบือ แต่ปริมาณที่ตรวจพบไม่มากพอที่จะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เนื้อไก่เป็นเนื้อสัตว์อีกประเภทหนึ่งซึ่งมีผู้นิยมบริโภค และเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสัตว์อื่นเนื้อไก่มีสารอาหารสำคัญต่างๆ มากกว่า แต่จะมีแคลอรีต่ำกว่าเนื้อสัตว์อื่น (สุวรรณ เกษตรสุวรรณ 2519 : 253) จากการศึกษาปริมาณการตกค้างของปรอทในไก่ปรากฏว่าพบสารปรอทมากที่สุด ใน ไต และตับ ที่ทำหน้าที่ในการกำจัดของเสีย ในเนื้อไก่และส่วนอื่นๆ จะพบปริมาณปรอทสะสมอยู่น้อยกว่า (Wright, Younger and Riner. 1974 : 366 - 372)

การเปลี่ยนแปลงและการสะสมปรอทในอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของไก่ ในประเทศไทย ยังไม่มีรายงานการวิจัยทางด้านนี้ โดยเฉพาะส่วนกล้ามเนื้อซึ่งเป็นส่วนที่นำมาประกอบอาหารมากกว่าส่วนอื่น ๆ ยังไม่มีใครศึกษา ผู้วิจัยมีความเห็นว่า การสะสมปริมาณปรอทในส่วนเนื้อของไก่เป็นเรื่องน่าสนใจและมีประโยชน์อย่างยิ่ง การศึกษาเรื่องนี้จึงเป็นการศึกษาปริมาณปรอทในเนื้อไก่ส่วนที่นำมาบริโภคว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร โดยได้ร่วมงานวิจัยครั้งนี้กับ อุทิศ สายสิงห์ และ สุภัฏญา กุฑมิตนตรี ซึ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณปรอทในสมอง เลือด และ เครื่องในไก่ ตามลำดับ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ อะตอมมิกแอสอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ แบบปราศจากเปลวไฟ (Flameless Atomic Absorption Spectrophotometer) ซึ่งวิธีนี้ แฮทช์ และ ออต (Hatch and Ott. 1968 : 2085 - 2087) ได้นำมาวิเคราะห์ปรอทครั้งแรกโดยใช้ปฏิกิริยารีดักชันเพื่อเปลี่ยนเมอร์คิวรี (II) ไอออน (Hg^{2+}) ให้เป็นอะตอมปรอท (Hg^0) แล้ววัดการดูดกลืนแสงของอะตอมปรอท วิธีนี้เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณน้อย ๆ ในสารตัวอย่าง (Stainton. 1971 : 625 - 627) เนื่องจากสี

ความเที่ยงตรงดีมาก ความว่องไวสูงที่ 0.2 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้อุปกรณ์ราคาถูก มีความยุ่งยากน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ เช่น นิวตรอนแอคติเวชัน (Neutron Activation) (Johansen and Eiliv. 1969 : 751 - 755) วิธีไดไทโซน (Dithizone Method) (Hanson. 1973:45) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกวิธีนี้ในการศึกษาปริมาณของปรอทในเนื้อไก่ส่วนต่างๆ

จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารปรอทในตัวอย่างเนื้อไก่ จากอวัยวะส่วนต่าง ๆ ในช่วงเวลาหลังจากที่ไก่ได้รับอาหารผสมสารปรอท

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. ผลจากการศึกษารุ่นนี้ ทำให้ได้รับความรู้ต่าง ๆ ดังนี้
 - 1.1 ปริมาณปรอทในเนื้อไก่ส่วนคอ หลัง ปีก ออก ต้นขาถึงสะโพกและท่อนขา
 - 1.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณปรอทที่สะสมในเนื้อไก่ ตามระยะเวลาหลังจากให้ไก่ได้รับสารปรอท
2. ผลจากการศึกษาจะเป็นแนวทางให้ผู้ผลิตได้ระมัดระวังในการผลิตอาหารไก่ให้มีความปลอดภัยจากสารปรอทให้มากขึ้น
3. เพื่อให้ได้ข้อมูลมาประกอบกับข้อมูลจากแหล่งอื่น ๆ เกี่ยวกับปริมาณสารปรอทที่มนุษย์จำเป็นต้องสัมผัสจากสิ่งแวดล้อม และบริโภคเข้าไป

ขอบเขตในการศึกษาค้นคว้า

1. ศึกษาและวิเคราะห์เฉพาะปรอทในเนื้อส่วนคอ หลัง ปีก ออก ต้นขาถึงสะโพกและท่อนขา
2. ไก่ที่ใช้ทดลองเป็นไก่พันธุ์โรดไอส์แลนด์แดง (Rhode Island Red)

3. อาหารที่ใช้เลี้ยงไก่ เป็นอาหารสำเร็จรูปของบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อุตสาหกรรม จำกัด

4. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ เครื่องมือวิเคราะห์ปรอท (Mercury Analyzer) ชนิดฮิรา-numa (Hiranuma) แบบเอชจี 1 (model HG-1) ของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ไก่พันธุ์โรดไอส์แลนด์แดง (Rhode Island Red) หมายถึง ไก่ที่มีต้นตระกูลที่เกิดในแถบนิวอิงแลนด์ (New England) ซึ่งอยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐอเมริกา รัฐโรดไอส์แลนด์ เป็นไก่พันธุ์เนื้อ พันธุ์ไข่ เมื่อโตแล้วไข่ลดลงมาก ๆ จะตัดขายเป็นไข่พันธุ์เนื้อ ลักษณะทั่ว ๆ ไปคือ ผิวและหนังแข็งเหลือง ตุ่มไขมันสีแดง เปลือกไข่มีสีน้ำตาล น้ำหนักเมื่อโตเต็มที่ 2.94 - 3.95 กิโลกรัม

2. เนื้อไก่ หมายถึง กล้ามเนื้อส่วนคอ หลัง ปีก อก ต้นขาถึงสะโพกและท่อนขา กล้ามเนื้อแต่ละส่วนแยกออกจากกระดูกและเอ็น

3. เนื้อต้นขาถึงสะโพกและท่อนขา หมายถึง กล้ามเนื้อส่วนสะโพกและกล้ามเนื้อขา โดยเริ่มตั้งแต่กล้ามเนื้อซาโทเรียส (sartorius muscle) ซึ่งอยู่ด้านหลัง (dorsal) ของไก่

4. เนื้อหลัง หมายถึง กล้ามเนื้อด้านหลังทั้งหมดของไก่ ยกเว้น กล้ามเนื้อซาโทเรียส

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

ปรอท เป็นโลหะ มีเลขอะตอมเท่ากับ ๘๐ มวลอะตอมเท่ากับ ๒๐๐.๕ ความถ่วงจำเพาะสูงถึง ๑๓.๖ จึงจัดเป็นพวกโลหะหนัก จุดหลอมเหลวและจุดเดือดเท่ากับ -3๘.๘ และ ๓๕๖.๖ องศาเซลเซียส ตามลำดับ ปรอทมีเลขออกซิเดชันสามัญคือ +1 และ +๒ จึงเกิดเป็นสารประกอบได้จำนวนมากทั้งสารประกอบอินทรีย์และสารประกอบอนินทรีย์ (Reilly. 1980 : 106)

การใช้ปรอทและสารประกอบของปรอท

สต็อกเกอร์ และ ซีเจอร์ (Stocker and Seager. 1976 : 200 - 208) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของโลหะปรอทและสารประกอบของปรอทดังนี้

1. เป็นอิเล็กโทรดของเซลล์ปรอท (mercury cell) ในการผลิตโซดาไฟ (NaOH) และก๊าซคลอรีน
2. เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการผลิตพลาสติก เช่น การผลิตยูรีเทน (urethane) โพลีไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride)
3. ทำให้เกิดโลหะเจือกับโลหะอื่น ๆ เช่น ดีบุก เงิน โลหะเจือของปรอทกับโลหะอื่น ๆ เรียกว่า อะมัลกัม (amalgam) ทางทันตแพทย์ใช้อะมัลกัมของปรอทในการอุดฟัน
4. ใช้ทำเทอร์โมมิเตอร์และบาร์อมิเตอร์
5. ใช้ในการผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ทำสวิตช์อัตโนมัติสำหรับตู้เย็นและสวิตช์ไฟฟ้ากระแสตรง
6. ใช้สารประกอบอินทรีย์ของปรอทเป็นยาปราบศัตรูพืชและผสมในเบ็ดลีดเพื่อล่าเข็มนา

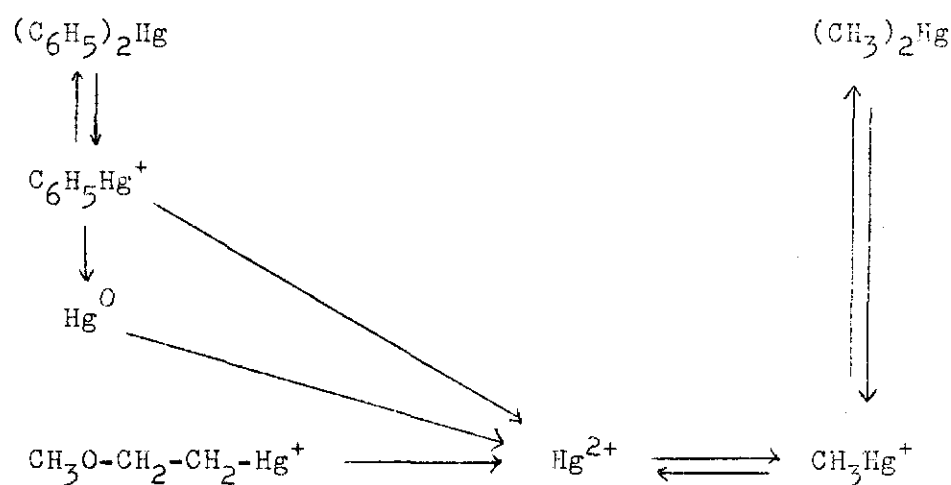
7. ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ เพื่อป้องกันไม่ให้กระดาษยุ่ยง่าย

8. ใช้ในส่วนของการผลิตแบตเตอรี่แห้ง

7. ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ เพื่อป้องกันไม่ให้กระดาษยุ่ยง่าย
8. ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยาซักแห้ง
9. ใช้ในการสังเคราะห์สีทาไม้ทองเรือและเป็นส่วนประกอบในสีป้องกันเชื้อรา

ปรอทอินทรีย์และอนินทรีย์ในสิ่งมีชีวิต

จากการนำปรอทมาใช้ประโยชน์ดังกล่าวจึงมีโอกาสดังกล่าวจะในสิ่งแวดล้อมได้มาก ผลภาวะของปรอทส่วนใหญ่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมถ้าถูกปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลองพื้นที่จะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ปรอทที่ตรวจพบในแหล่งน้ำมีหลายรูป สิ่งมีชีวิตเมื่อได้รับปรอทเข้าไปไม่ว่าปรอทจะอยู่ในรูปใดจะถูกเปลี่ยนแปลงเป็นปรอทอินทรีย์ที่เรียกว่า เมทิลเมอร์คิวรีไอออน (CH_3Hg^+) และไดเมทิลเมอร์คิวรี (CH_3HgCH_3) (Jernelöv, 1969 : 75 - 93) การเปลี่ยนรูปของปรอทในสิ่งมีชีวิต ดังแสดงในภาพประกอบ 1

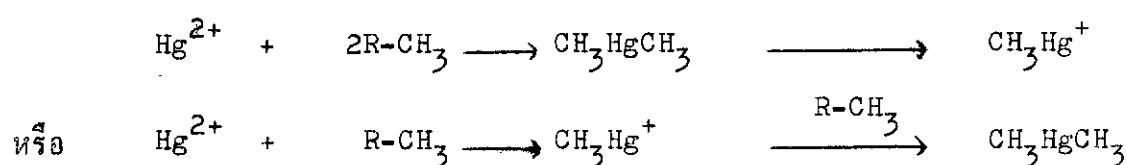


ภาพประกอบ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงระหว่างปรอทอนินทรีย์และปรอทอินทรีย์ในสิ่งมีชีวิต

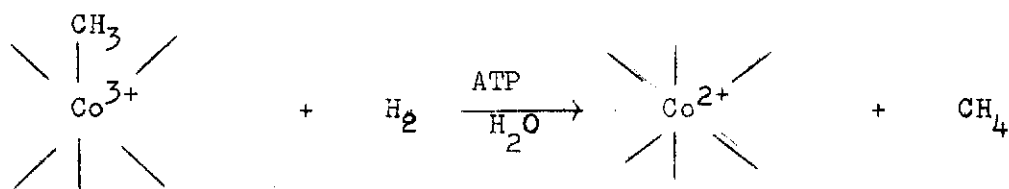
ไม่ว่าจะเป็นปรอทชนิด เฟนิลเมอร์คิวรี ไดเฟนิลเมอร์คิวรี เมทิลเมอร์คิวรี

และโลหะปรอท ทุกชนิดจะถูกเปลี่ยนเป็นเมอร์คิวรี (II) ไอออนก่อนเสนอในธรรมชาติ
 แบคทีเรียบางชนิดสามารถเปลี่ยนเมอร์คิวรี (II) ไอออนให้เป็นอนุพันธ์ของเมทิลหรือ
 ไดเมทิลซึ่งเสถียรอยู่ในสิ่งมีชีวิตได้นาน กระบวนการที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า การเติมหมู่เมทิล
 ลงในสารประกอบ (methylation) ซึ่งมีผู้ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับกลไกของปฏิกิริยา
 ไวดังนี้

ในปี ค.ศ. 1967 เจนสัน และ เจอร์เนลอฟ (Jensen and Jernelöv. 1969 : 753 - 754) ได้รายงานไว้ว่า จุลินทรีย์ที่เติบโตโดยไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobes) ในกากตะกอน (sludge) จากแหล่งน้ำ สามารถเติมหมู่เมทิลลงในสารประกอบได้ เจนสัน และ เจอร์เนลอฟ ได้เสนอสมมุติฐานไว้ว่า การเติมหมู่เมทิลลงในสารประกอบ สามารถเกิดขึ้นได้ใน 2 ปฏิกิริยาดังนี้



วูด เกนนี่ และ โรเซน (Wood, Kennedy and Rosen. 1968 : 173 - 174) ได้ขอมูลบางประการที่ยืนยันปฏิกิริยาทั้งสอง โดยเลี้ยงเมทาโนจิโนแบคทีเรีย (methanogenic bacteria) ให้เจริญในเอทานอลและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อศึกษาการย้ายหมู่เมทิลจาก เมทิลโคบาลามิน ($\text{CH}_3\text{-Co-5,6-dimethylbenzimidazolylcobamide}$) (สูตรโครงสร้างดูภาคผนวก ค) แล้วเกิดเป็นก๊าซมีเทน เมทิลโคบาลามิน เป็นตัวให้หมู่เมทิล (methyl donor) ที่ดีที่สุดในการเกิดเป็นก๊าซมีเทน ปฏิกิริยานี้ต้องการอะดีโนซีน-5'-ไตรฟอสเฟต (ATP) และก๊าซไฮโดรเจนเป็นแหล่งพลังงาน ปฏิกิริยารวมมีดังนี้



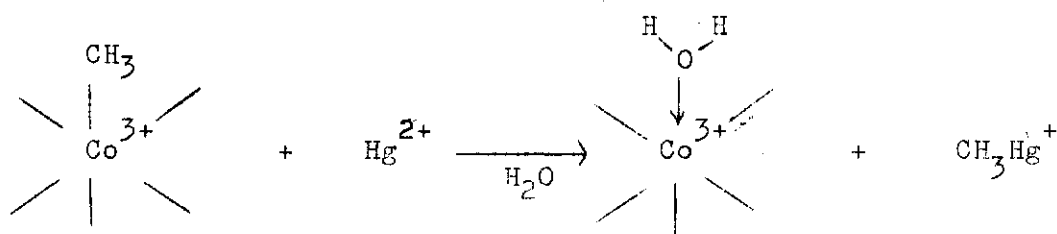
เมทิลโคบาลามิน

(ตะกอนสีน้ำตาล)

(ตะกอนสีแดง)

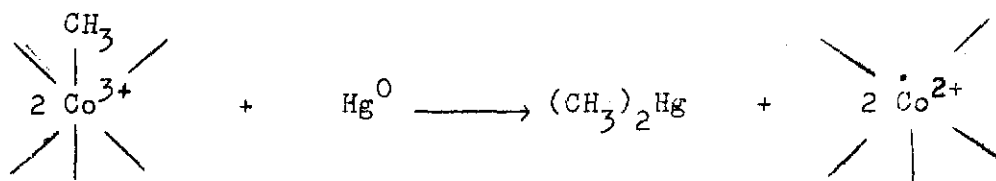
วูด เกล็นดี และ โรเซน พบว่า เมอร์คิวรี (II) ไอออนที่มีความเข้มข้นต่ำสามารถยับยั้งปฏิกิริยานี้ได้ แม้ว่าจะมีการยับยั้งก็ยังมีการย้ายหมู่เมทิลจากเมทิลโคบาลามินได้ โดยสังเกตจาก การเปลี่ยนสีของโคบอลต์ (III) ไอออน ซึ่งมีสีแดงไปเป็นโคบอลต์ (II) ไอออน ซึ่งมีสีน้ำตาลและสมบัติเป็นพาราแมกเนติก ดังนั้นการย้ายหมู่เมทิลจึงนำไปสู่การสังเคราะห์เมทิลเมอร์คิวรีไอออนหรือไดเมทิลเมอร์คิวรี นอกจากนี้พวกเขายังพบว่า การเปลี่ยนจากเมทิลเมอร์คิวรีไอออนไปเป็นไดเมทิลเมอร์คิวรีจะเกิดขึ้นในสภาวะที่เป็นกรด

ต่อมา วูด (Wood, 1971 : 39 - 55) พบว่า กลไกการเติมหมู่เมทิลของปรอทเกิดขึ้นได้ทั้งแบบใช้เอนไซม์และไม่ใช้เอนไซม์ การเติมหมู่เมทิลแบบไม่ใช้เอนไซม์ ได้ศึกษาจากปฏิกิริยาระหว่าง เมอร์คิวรี (II) ไอออน กับเมทิลโคบาลามิน โดยใช้สปินเลเบล (spin label) ในการหาว่าเลนซ์อิเล็กตรอนของโคบอลต์ ในระหว่างปฏิกิริยา พบว่า การย้ายหมู่เมทิลเกิดขึ้นโดยที่วาเลนซ์อิเล็กตรอนของโคบอลต์ไม่เปลี่ยนแปลง และหมู่เมทิลที่มีการย้ายหมู่อยู่ในรูปคาร์แบนไอออน (CH_3^-) ซึ่งมีปฏิกิริยาดังนี้

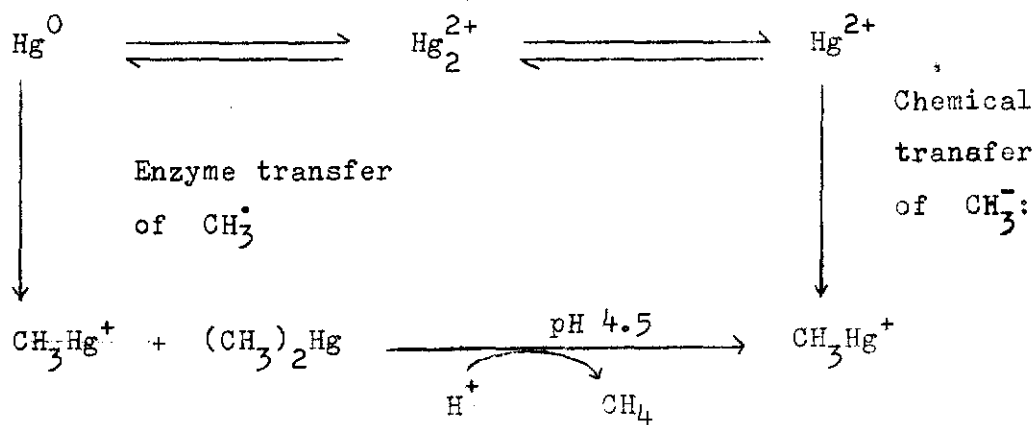


ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นได้เมื่อมีเมอร์คิวรี (II) ไอออนเท่านั้น การรีดักชันของเมอร์คิวรี (II) ไอออนเป็นเมอร์คิวรี (I) ไอออน และโลหะปรอทจะไปยับยั้งปฏิกิริยาดังกล่าว

ภายใต้สภาวะที่ไม่มีอากาศ (anaerobic condition) เมอร์คิวรี (II) ไอออนถูกรีดิวซ์เป็นโลหะปรอท แล้วจึงเกิดเป็นไดเมทิลเมอร์คิวรี และเมทิลเมอร์คิวรี-ไอออน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโลหะปรอท ลอว์ และคนอื่น ๆ (Law and others. 1971 : 3428 - 3435) เพนเลย์ และคนอื่น ๆ (Penley and others. 1971 : 4302 - 4309) พบว่า การเติมหมู่เมทิลโดยมีเอนไซม์ที่ผลิตเมทิลที่ย้ายหมู่จากเมทิลโคบาลามินเป็น เรดิคอลลิสระ ($\text{CH}_3^\cdot$) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีดังนี้



การสังเคราะห์เมทิลเมอร์คิวรีไอออนและไดเมทิลเมอร์คิวรี ในสิ่งแวดล้อม
ดังแสดงในภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แสดงการสังเคราะห์เมทิลเมอร์คิวรีไอออนและไดเมทิลเมอร์คิวรี
ในสิ่งแวดล้อม

ความเข้มข้นของสารปรอทที่ตกค้างในปลา จะมีค่าสูงกว่าความเข้มข้นของสารปรอทในน้ำที่ปลานั้นอาศัยอยู่ถึง 3,000 เท่า (Clark. 1975 : 81)

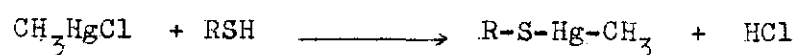
พิษของสารปรอท

อาการของพิษปรอท (Dreisbach. 1963 : 264) จากไอของปรอทและเกลืออนินทรีย์ของปรอท ทำให้เกิดอาการผิดปกติในระบบทางเดินอาหารเช่น เชื้ออสุ-ช่องปากอักเสบ น้ำลายไหลผิดปกติ หันเห็ด เป็นไข้ กลืนได้ อาเจียน ไออักเสบ มีการสั่นของกล้ามเนื้อ มือเท้า ริมฝีปากและลิ้น สำหรับอาการทางจิตจะนอนไม่หลับ ความจำเสื่อม ประสาทหลอน ส่วนอาการพิษจากสารประกอบอินทรีย์ของปรอท มีอาการเด่นชัดทางระบบประสาท มีอาการชาตามนิ้วมือและเท้า เดินโซเซ พูดไม่ชัด ใจผิดปกติและเมื่อกัดเลือดขาวน้อยลง ไตและตับอักเสบ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดอาการพิษต่อประสาทตา ทำให้มองเห็นได้แคบเข้าถ้าเป็นนาน ๆ อาจตาบอดได้

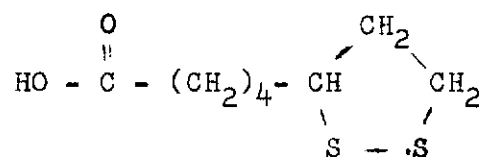
จะเห็นได้ว่าปรอทและสารประกอบของปรอทมีความเป็นพิษต่างกัน ปรอทในรูปของสารอินทรีย์จะมีระดับความเป็นพิษสูงกว่าในรูปที่เป็นสารอนินทรีย์ โดยเฉพาะเมทิลเมอร์คิวรีไอออนเป็นสารประกอบของปรอทที่มีอันตรายมากที่สุด (Plumb. 1972 : 28)

กลไกการเกิดพิษของสารปรอท

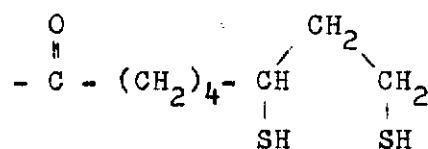
สารประกอบอนินทรีย์และอินทรีย์ของปรอท มีกลไกการเกิดพิษทางชีวเคมี เช่นเดียวกันกับปฏิกิริยาระหว่างสารปรอทกับสารตัวใดในหลอดทดลอง ไอออนของปรอทสามารถรวมกับหมู่ไธลไฮดริล (sulfhydryl group, -SH) ในโปรตีน มีสเตอริโอไอออนไธล และ ในกลูตาไทโอนได้อ่างดี เป็นปฏิกิริยาที่ไม่ย้อนกลับดังนี้



นอกจากนี้ ไอออนของปรอทจะรวมกับหมู่ซัลไฮดริลของเอนไซม์ชนิดใดก็ได้ (non - specific) เอนไซม์จะหยุดทำงานหรือทำงานช้าลงเมตาบอลิซึมหลาย-กระบวนการจะหยุดหรือช้าไปด้วย (ไมตรี สุธงจิตต์ พ.บ. : 56 - 57) จากการศึกษาระบบการทำงานของเอนไซม์ (Plumb. 1972. : 28) พบว่า ในเมตาบอลิซึมของน้ำตาลกลูโคสในร่างกาย มีขั้นสำคัญคือ ไพรูเวท (pyruvate) ที่ได้จากการแตกสลายน้ำตาลกลูโคส จะเข้าสู่ไมโทคอนเดรียแล้วถูกเปลี่ยนให้เป็น อะซีทิลโคเอ (acetyl CoA) โดยการทำงานของกลุ่มเอนไซม์ไพรูเวทดีไฮโดรจีเนส (pyruvate dehydrogenase complex) ประกอบด้วยเอนไซม์สามตัวคือ ไพรูเวทดีไฮโดรจีเนส (pyruvate dehydrogenase) ไดไฮโดรลิพอยล์ทรานส์อะซิเลส (dihydrolipoyl transacetylase) และ ไดไฮโดรลิพอยล์ดีไฮโดรจีเนส (dihydrolipoyl dehydrogenase) มีโคเอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้องกับ ไธอะมีนไพริฟอสเฟต (TPP) ฟลาวินอะดีนไดนิวคลีโอไทด์ (FAD) โคเอนไซม์เอ (CoA - SH) นิโคตินามิโดอินโคนิวคลีโอไทด์ (NAD) และกรดลิโปอิก (lipoic acid) การเกิดอะซีทิลโคเอ ต้องอาศัยอนุพันธ์ของกรดลิโปอิกเป็นตัวนำหมู่อะซีทิล (acetyl group) มาให้แก่โคเอนไซม์เอ โมเลกุลที่เป็นอิสระของกรดลิโปอิกเป็นดังนี้

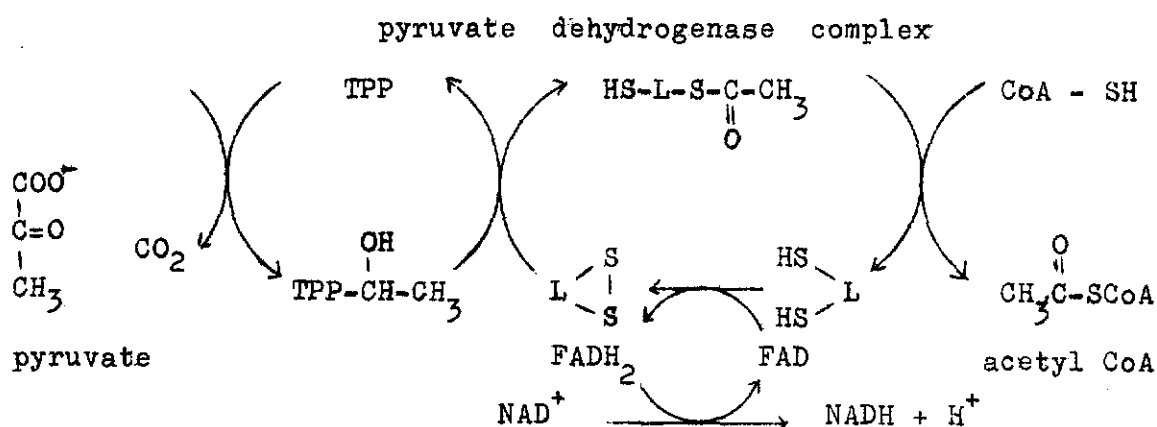


ในเซลล์ตัวกรดลิโปอิกจะอยู่ในรูปของหมู่ลิโปอิกที่เกาะกับไลซีนเรซิดิว (Lysine residue) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเอนไซม์ไดไฮโดรลิพอยล์ทรานส์อะซิเลส และหมู่ลิโปอิกจะถูกรีดิวซ์เกิดหมู่ซัลไฮดริล 2 หมู่ดังนี้

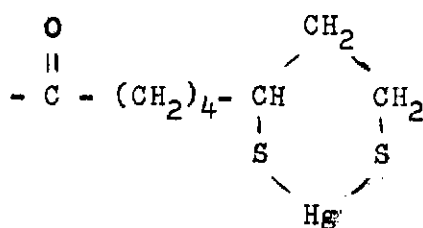


หมู่ซัลไฮดริลที่เกิดขึ้น จะรวมกับหมู่อะซิetyl ที่มาจากไขมันโพสเฟตและเคลื่อนย้าย (transfer) ให้แก่โคเอนไซม์เอ เกิดอะซิetylโคเอนไซม์เอซึ่งร่างกายนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในวัฏจักรเครบส์ (Krebs cycle) หรือใช้ในการสังเคราะห์กรดอะมิโนต่อไป ปฏิบัติตามปกติที่เกิดขึ้น (มนตรี จุฬารัตนพล 2525 : 5)

ดังสมการ



ถ้าปรอทถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์ ไอออนของปรอทจะรวมกับหมู่ซัลไฮดริลของกรดอะมิโน เกิดเป็นสารเชิงซ้อนของปรอทดังนี้



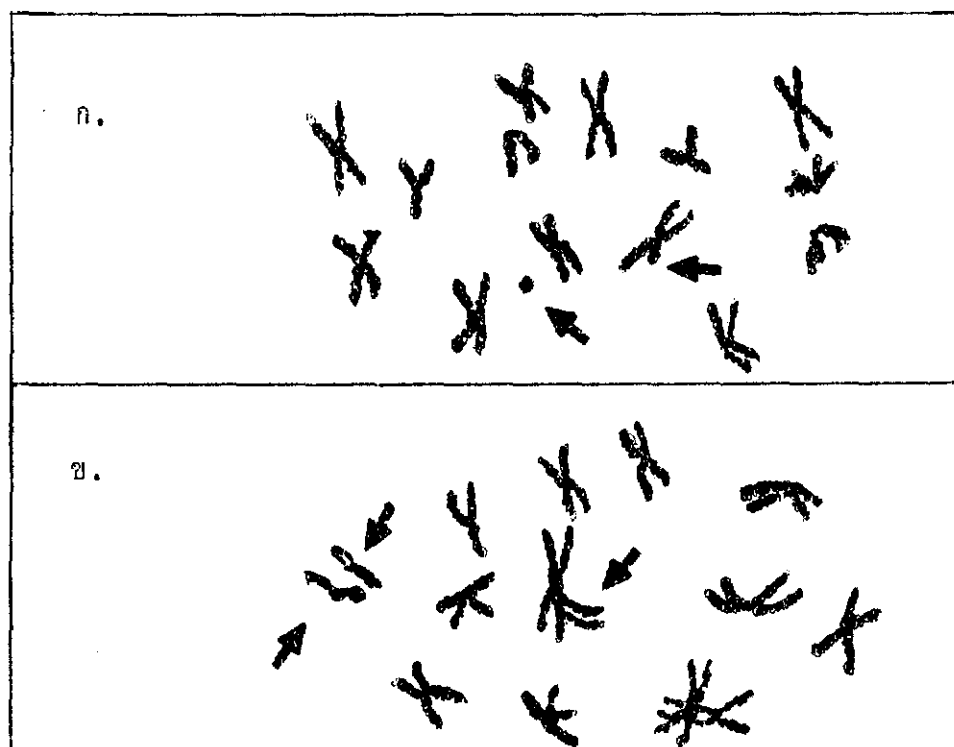
สารเชิงซ้อนของปรอทที่เกิดขึ้นจะขัดขวางการเคลื่อนย้ายหมู่อะซิetyl ทำให้ขาดอะซิetylโคเอ ซึ่งเป็นอาการเช่นเดียวกันกับการขาดวิตามินบี 1 (thiamine) ดังนั้น

อัตราของการเปลี่ยนโพรวาทไปเป็นกรดแลคติกในกล้ามเนื้อจึงเพิ่มสูงขึ้นมาก ผลที่ตามมาคือ ปริมาณของกรดแลคติกเพิ่มขึ้นในกล้ามเนื้อมาก ทำให้กล้ามเนื้อเมื่อยล้า และการหยุดทำงานของเซลล์ในที่สุด

จากการทดลอง พบว่า เมอร์คิวรี (II) ไฮดรอกไซด์สามารถจับกับกรดนิวคลีอิกได้ก็อาจจะจับกับหมู่ไฮดรอกซิลของน้ำตาล หมู่ฟอสเฟต และ ออกซิเจนหรือไนโตรเจนของเบสเพียวรีน ไพริมิดีน เกิดเป็นสารเชิงซ้อนที่เสถียร ซึ่งมีผลให้การสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก และโปรตีนลดลง (McAuliffe. 1979 : 268) แม้ว่าจะไม่มีข้อมูลยืนยันผลของปรอทที่มีต่อการรบกวนของมนุษย์โดยตรง แต่ก็ได้มีผู้รายงานผลของปรอทที่มีต่อการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิกและโปรตีนเช่น นากาซาวา มาคิโน และ โอคาดา (Nakazawa, Makino and Okada. 1975 : 489 - 493) ได้ศึกษาผลของเฟนิลเมอร์คิวรี (II) อะซิเตต และเมทิลเมอร์คิวรี (II) คลอไรด์ โดยใช้ไอโซโทป [H^3]thymidine และ [H^3]uridine พบว่า การสังเคราะห์กรดนิวคลีอิกคือ ดีเอ็นเอ (DNA) และ อาร์เอ็นเอ (RNA) ลดลง และจากการศึกษาของกรูเินเวล และ ครุกแซงค์ (Gruenwedel and Cruikshank. 1979 : 651 - 655) ก็พบว่า เมทิลเมอร์คิวรี (II) ไฮดรอกไซด์ มีผลในการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ อาร์เอ็นเอ และการสังเคราะห์โปรตีนในเซลล์เฮลา (Hela S3 cell) ลดลงเช่นกัน ต่อมา เซาเกอร์ที และ เฟรนเคิล (Chao, Gierthy and Frenkel. 1984 : 1941 - 1945) ศึกษาเปรียบเทียบผลของสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ของปรอท 10 ชนิดที่มีต่อการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิกภายในเซลล์เฮลา พบว่า ไดเมทิลเมอร์คิวรีไม่มีผลต่อการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ และ อาร์เอ็นเอ และยังพบว่า ไฮดรอกซีเมอร์คิวรีเบนโซเอต (p-hydroxymercuribenzoate) กับ เมอร์คิวรี (II) เพอร์คลอเรต ไม่มีผลต่อการสังเคราะห์อาร์เอ็นเอด้วย

จากการศึกษาของสเคิร์ฟวิง แฮนส์สัน และ ลินด์สเทน (Skerfving, Hansson and Lindsten. 1970 : 133 - 139) ได้รายงานว่า คนที่กินปลาซึ่งมี

เมทิลเมอร์คิวรีไอออนตกค้างอยู่ พบว่า โปรทไปทำให้โครโมโซมในเซลล์เลือดขาวพิการ นั่นคือ โครโมโซมแตกออกจากกันเป็นชิ้น ๆ บางเซลล์ปรากฏเป็นซิสเตอร์โครมาติด (sister chromatid) ที่ไม่มีเซนโทรเมียร์ (centromere) ดังแสดงในภาพประกอบ 4 จึงมีแนวโน้มว่า โปรทน่าจะมีผลกระทบต่อระบบสืบพันธุ์ และกรรมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดด้วย



ภาพประกอบ 4 แสดงโครโมโซมของเม็ดเลือดขาวจากเลือดของคนไข้ปลาฉี่

เมทิลเมอร์คิวรีไอออนในปริมาณสูง

ภาพ ก. แสดงถึงโครโมโซมบางส่วนแตกขาดและแยกตัวออกจากกันจนเป็นโครโมโซมที่ไม่สมบูรณ์ (ดูลูกศรชี้)

ภาพ ข. แสดงถึงโครโมโซมที่เป็นส่วนของซิสเตอร์โครมาติด 3 ส่วน ซึ่งทุกส่วนไม่มีลักษณะของเซนโทรเมียร์เลย (ดูลูกศรชี้)

อันตรายของสารปรอท

ปรากฏการณ์เกี่ยวกับอันตรายเนื่องจากสารปรอทที่สำคัญได้แก่ การเกิดโรค มินามาตะ ที่บริเวณอ่าวมินามาตะประเทศญี่ปุ่น ประมาณปี ค.ศ. 1953 พบว่า ประชาชนป่วยด้วยอาการคล้ายกันคือ เกิดอาการผิดปกติของร่างกาย เริ่มด้วยมือและใบหน้า เกิดอาการบวมและเจ็บปวด ร่างกายบางส่วนเป็นอัมพาต ความจำเสื่อม บางคนถึงกับเสียชีวิตและถึงแก่ความตาย สาเหตุเนื่องจากปรอทที่ถูกปล่อยออกมาจากโรงงานผลิต ไวนิลคลอไรด์ในรูปของเสียลงสู่แม่น้ำไซซะกิอยู่ในปลา เมื่อประชาชนบริโภคปลา เหล่านั้นก็ทำให้เกิดโรคพิษของปรอท ต่อมาในปี ค.ศ. 1964 - 1965 ชาวญี่ปุ่นก็ได้รับ บทเรียนเป็นครั้งที่สองเหตุเกิดที่เมืองนิกาตะ (Niigata) โดยโรงงานผลิตอะซิติกไซด์ ซึ่งตั้งอยู่บนฝั่งแม่น้ำอะกาโน (Agano) ได้ปล่อยสารปรอทลงสู่แม่น้ำเช่นกัน พบว่า ประชาชนที่กินปลาซึ่งมีปริมาณปรอทเพียง 5 - 6 ส่วนในล้านส่วน (ppm.) เป็นประจำ ก็อาจถึงตายได้ ในระหว่างปี ค.ศ. 1960 - 1965 มีการระบาดของพิษปรอท ในประเทศอิรัก ปากีสถาน และกัวเตมาลา เนื่องจากประชาชนนำเมล็ดพืชที่ผสมด้วย สารประกอบอินทรีย์ของปรอทมาประกอบอาหารด้วยความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ทำให้ประชาชน เหล่านั้นเจ็บป่วยเนื่องจากพิษของปรอทและตายเป็นจำนวนมาก ต่อมาในปี ค.ศ. 1969 ในมลรัฐนิวเม็กซิโก ประเทศสหรัฐอเมริกาเด็กกินเนื้อหมูซึ่งเลี้ยงด้วยเมล็ดข้าวสาลี-เคมีชาเขียว ซึ่งมีสารประกอบอินทรีย์ของปรอทเป็นองค์ประกอบหลัก เด็กเหล่านั้น ปรากฏอาการป่วยเช่นเดียวกับอาการของโรคมินามาตะ (Miller and Clarkson. 1971 : 29 - 30)

จึงจะเห็นได้ว่าจากเหตุการณ์ที่กล่าวมาทั้งหมด การระบาดของพิษเกิดเนื่องมาจากปรอทที่ตกค้างอยู่ในอาหารทั้งสิ้น สำหรับมาตรฐานในการกำหนดระดับปรอทในอาหาร ประเภทต่าง ๆ ได้มีการกำหนดไว้แตกต่างกันในแต่ละประเทศ องค์การอาหารและยา แห่งสหรัฐอเมริกา (FAD) กำหนดระดับความเข้มข้นสูงสุดให้มีได้ในอาหารและปลาคือ

0.5 ppm. ถ้าเกินระดับนี้จะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค (Ganther and others. 1972 : 1122 - 1123) ข้อกำหนดโดยองค์การอนามัยโลก (WHO) สำหรับอาหารที่บริโภคโดยทั่ว ๆ ไปคือ 0.05 ppm. (Chickos, Garin and Rouse. 1973 : 185 - 189) สำหรับทางการสาธารณสุขของไทยกำหนดว่า ในอาหารจะมีปรอทได้ไม่เกิน 0.02 ppm. (ประกาศสาธารณสุข 2522 : 24)

การวิเคราะห์หาปริมาณการตกค้างของปรอทในอาหารในประเทศไทย

ในประเทศไทยมีการวิเคราะห์หาปริมาณการตกค้างของปรอทในอาหารมาหลายปีส่วนใหญ่เป็นการวิเคราะห์หาพิษตกค้างของปรอทในปลาที่นำมาบริโภค เช่น

วิจิตร คงพล (วิจิตร คงพล 2519 : 13) ได้ทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณการตกค้างของปรอทในปลาและหอยชนิดต่าง ๆ ที่นิยมบริโภคกันในกรุงเทพมหานคร พบปริมาณปรอทในปลาอยู่ระหว่าง 0 - 0.253 ppm. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.035 ppm. และจากการวิเคราะห์ในหอยพบว่ามีความอยู่ระหว่าง 0.030 - 0.220 ppm. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.121 ppm. จากการศึกษานี้สรุปว่า ปรอทจะถ่ายเทเข้าสู่สัตว์น้ำจำพวกหอยมากกว่าปลาในแหล่งน้ำเดียวกัน

พินล เรียนวัฒนา และ วิโรจน์ ปิยวัชรพันธุ์ (พินล เรียนวัฒนา และ วิโรจน์ ปิยวัชรพันธุ์ 2520 : 197 - 198) วิเคราะห์หาปริมาณรวมของปรอทในปลาจากแหล่งน้ำที่มีการใช้ปรอทในการอุตสาหกรรม เปอร์เซนต์รีคิเวอรี (percent recovery) จากการวิเคราะห์ตัวอย่างของปลา 4 ชนิด มีความอยู่ในระหว่างร้อยละ 97 - 102 ปริมาณปรอทที่มีในปลาบางชนิดที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ มีความระหว่าง 0.07750 - 0.5662 ppm. ค่าที่ตรวจพบนี้ มีค่าไม่เกินระดับความเข้มข้นของปรอทที่กำหนดให้บริโภคสูงสุดในอาหารและปลา ซึ่งองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกากำหนดไว้

นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาปริมาณการตกค้างของปรอทในอาหารอื่น ๆ เช่น ในอาหารกระป๋อง เนื้อสัตว์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าปริมาณปรอทสะสม แต่ไม่อยู่ในเกณฑ์

ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในไก่ โดยเฉพาะในเนื้อไก่ ซึ่งเป็นอาหารที่จำเป็นในชีวิตประจำวันเช่นกัน ในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาทางด้านนี้เลย ประเทศไทยมีอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ขนาดใหญ่และแพร่หลายโดยใช้อาหารสำเร็จรูป ซึ่งส่วนผสมของอาหารไก่ที่สำคัญคือ เมล็ดพันธุ์พืช ปลาป่น และพวกหอยชนิดต่าง ๆ ดังนั้น เนื้อไก่อีกจะเป็นอีกแหล่งหนึ่งที่จะนำปรอทเข้าสู่ร่างกายผู้บริโภค

การวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในสัตว์ปีกของต่างประเทศ

สมาร์ท และ ลอยด์ (Smart and Lloyd. 1963 : 734 - 740) ศึกษาการตกค้างของปริมาณปรอทในกล้ามเนื้อ และตับของไก่ที่เลี้ยงด้วยข้าวสาลีผสมกับเมทิลเมอร์คิวรีไดไซยานได์เอไมด์ (methyl mercury dicyandiamide) โดยใช้ข้าวสาลีผสมเมทิลเมอร์คิวรีไดไซยานได์เอไมด์คือ อาหารไก่ชนิดผง โดยแบ่งไก่เป็นสามกลุ่มคือ ไก่กลุ่มแรกให้อัตราส่วน 1 ต่อ 1 ไก่แต่ละตัวจะได้รับปรอทเฉลี่ย สัปดาห์ละ 2.0 มิลลิกรัม กลุ่มที่สอง ให้อัตราส่วน 3 ต่อ 1 ไก่แต่ละตัวของกลุ่มนี้ได้รับปรอทเฉลี่ยสัปดาห์ละ 3.5 มิลลิกรัม และเลี้ยงไก่กลุ่มที่สามเป็นกลุ่มควบคุมด้วยข้าวสาลีกับอาหารไก่ผงโดยไม่ใช้ข้าวสาลีไม่ได้ผสมปรอท ไก่จะถูกฆ่าในสัปดาห์ที่ 4 7 และ 8 ตรวจพบปริมาณปรอทในเนื้อต้นขาถึงสะโพก เนื้ออก และ ตับของไก่กลุ่มแรกมีค่าเท่ากับ 3.2 4.5 และ 11.5 ppm. ตามลำดับ ในไก่กลุ่มที่สองพบปริมาณปรอทในเนื้อต้นขาถึงสะโพกมีค่าเท่ากับ 4.1 ppm. เนื้ออก 7.2 ppm. และ ในตับ 17.2 ppm. สำหรับไก่กลุ่มควบคุมตรวจพบปริมาณปรอทในกล้ามเนื้อและตับมีค่าน้อยมาก

ในประเทศสวีเดน พบว่า ปริมาณร้อยละ 35 ของเมล็ดข้าวโพดจะผสมด้วยเมทิลเมอร์คิวรีไดไซยานได์เอไมด์เพื่อฆ่าเชื้อรา และพบว่า มีประชาชนป่วยด้วยอาการทางระบบประสาทซึ่งสันนิษฐานว่ามีสาเหตุมาจากพิษปรอท เทจนิง และ เวสเตอร์เบิร์ก (Tejning and Vesterberg. 1964 : 6 - 11) ทดลองเลี้ยงไก่พันธุ์ไวท์เลกฮอร์นจำนวนสองตัว โดยใช้เมทิลเมอร์คิวรีไดไซยานได์เอไมด์ผสมในอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่

ไก่ตัวแรกกินอาหารผสมสารโปรตีนในอัตราส่วน 14.25 ไมโครกรัมต่ออาหารหนึ่งกรัม เป็นเวลาสี่เดือนครึ่ง ไก่ตัวที่สองได้รับโปรตีน 1 ไมโครกรัมต่ออาหารหนึ่งกรัมเป็นเวลาหนึ่งปี ทั้งสองต้องการพิสูจน์ว่า ผลตกค้างของโปรตีนในไข่ อวัยวะ และ เนื้อเยื่อของไก่มาจากอาหารที่มีโปรตีนผสมอยู่ ผลการทดลอง ไม่ปรากฏอาการพิษโปรตีนในไก่ทั้งสองกลุ่ม แต่จากการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน การสะสมโปรตีนในส่วนต่าง ๆ ของไก่ตัวแรก มีค่าสูงกว่าไก่ตัวที่สอง จากการทดลองนี้ยังพบว่า ลำดับการสะสมโปรตีนปริมาณสูงสุด ในส่วนต่าง ๆ ของไก่ เหมือนกับที่พบในอวัยวะของมนุษย์ ซึ่งช่วยเนื่องจากพิษของสาร-ประกอบอัลคิลเมอร์คิวรี

การ์ดิเนอร์ ฮิโรนากะ และ สเลน (Gardiner, Hironaka and Slen. 1971 : 657 - 662) เลี้ยงไก่ไข่ที่เล็กอรันตัวผู้ และ ไก่พันธุ์เนือ ตั้งแต่เริ่มฟัก ออกมาจนถึง อายุ 8 สัปดาห์ สัปดาห์แรกให้อาหารโดยไม่ใส่สารโปรตีน และสัปดาห์ ต่อ ๆ มาจะให้อาหารผสมเมทิลเมอร์คิวรีไดไฮดรอกซีโคเอไมด์เพิ่มขึ้นเป็น 0.33 0.66 1.32 2.64 5.29 10.58 และ 21.16 ไมโครกรัมต่ออาหารหนึ่งกรัม อัตรา การเจริญของไก่พันธุ์เนือจะลดลงเมื่อกินอาหารผสมสารโปรตีนมากกว่า 5.29 ไมโครกรัม ระดับสารโปรตีนที่สูงกว่านี้เล็กน้อยจะกระทบต่ออัตราการเจริญของไก่พันธุ์ไข่ที่เล็กอรัน ที่ระดับโปรตีนสูงสุดคือ 21.16 ไมโครกรัมแม้ว่าจะมีผลต่ออัตราการเจริญมาก แต่ก็ไม่มี ผลต่ออัตราการตายของไก่ทั้งสองพันธุ์ปริมาณโปรตีนที่ตรวจพบในเนื้อเยื่อของไก่จะเพิ่มขึ้น หลังจากไก่ได้รับสารโปรตีนในอาหาร พบว่าในไต และ ตับ มีการสะสมปริมาณโปรตีนสูงสุด เนื้ออวัยวะมีปริมาณโปรตีนเป็นครึ่งหนึ่งของไต และ ตับ แต่มีค่ามากกว่าเป็นสองเท่าของหัวใจ

ต่อมา การ์ดิเนอร์ (Gardiner. 1972 : 419 - 423) เปรียบเทียบ การตกค้างของโปรตีนในไข่ ไก่ฟ้า และ ไก่พันธุ์เนือ โดยเลี้ยงกลุ่มตัวอย่างเหล่านี้ ตั้งแต่อายุได้ 5 วัน จนถึงอายุ 35 วัน จัดการทดลองเป็น 4 กลุ่ม ไก่แม่ กลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มของไก่ทดลองให้อาหารผสมเมทิลเมอร์คิวรีไดไฮดรอกซีโคเอไมด์ เป็นจำนวน 0.33 3.3 และ 33 มิลลิกรัม เมื่อเลี้ยงไก่จนครบ 35 วัน

พบว่า ระดับปรอทที่ให้สูงสุดมีผลต่อน้ำหนักไคทินรูเนื้อ น้อยกว่าเปิดและไคฟ้า ที่ระดับนี้ อัตราการตายของไคทินรูเนื้อ ไคฟ้า และ เปิด คิดเป็นร้อยละ 7.5 85 และ 90 ตามลำดับ ผลของสารปรอทที่สะสมในกลุ่มทดลองที่ให้ปรอทในระดับแตกต่างกันเรียงลำดับจากมากไปน้อยคือ หัวใจ เนื้ออก ตับ และ ไต ตรวจพบการสะสมปรอทในเนื้อเยื่อของเปิดมากกว่าไคฟ้า และน้อยที่สุดในไคทินรูเนื้อ เมื่อหยุดให้ไคทินปรอท การตกค้างของปรอทก็จะตกค้างในเนื้อเปิดมากกว่าไคฟ้า และไคทินรูเนื้อ เช่นเดียวกันกับการศึกษาของมัทซุรา (Clark. 1975 : 84 อ้างอิงมาจาก Matsuura. 1966 : 45) จึงเปรียบเทียบการทนต่อพิษของสารประกอบอินทรีย์ของปรอท ในไค หนู ไคฟ้า และ เปิด พบว่า ได้ผลเช่นเดียวกันคือ การทนต่อพิษของสารประกอบอินทรีย์ของปรอทในไคมีมากกว่าหนู และ ไคฟ้า เปิดมีการทนต่อพิษได้น้อยที่สุด

ไรท์ ยังเกอร์ และ ไรเนอร์ (Wright, Younger and Riner. 1974 : 366 - 372) เลี้ยงไก่ไวท์เลกฮอร์นตัวเมีย อายุ 6 เดือน โดยให้ไคทินเมทิลเมอร์คิวรี-ไดโซยาน์ไดเอไมด์บรรจุในแคปซูลในปริมาณ 0.5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักไคหนึ่งกิโลกรัม ให้ไคทินปรอทนี้เป็นเวลา 100 วัน ไคจะถูกฆ่าเมื่อกินปรอทนี้เป็นจำนวน 42 วัน 90 วัน และ 100 วัน พบปริมาณปรอทสะสมอยู่ในอวัยวะต่าง ๆ ของไคเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้คือ ไต ตับ ม้าม เนื้ออก เนื้อต้นขา สมอง หัวใจ และ ไข่ ตามลำดับ

ฮัฟ และ ซาบิก (Hough and Zabik. 1972 : 2101 - 2103) ศึกษาปริมาณปรอทในเป็ดแมคกรอ - เมลลาร์ด (McGrow - Mallard) อายุ 12 เดือนด้วยอะตอมมิคแอนาไลเซอร์พลาสมาสเปกโตรโฟโตมิเตอร์แบบปราศจากเปลวไฟ โดยให้เป็ดกินเมทิลเมอร์คิวรี (II) คลอไรด์ บรรจุในแคปซูล แบ่งการทดลองเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 3 4 และ 5 ได้รับปริมาณสารปรอท 2 6 10 และ 19 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักเป็ดหนึ่งกิโลกรัม ตามลำดับ เป็ดทุกกลุ่มถูกฆ่าเมื่ออายุได้ 2 สัปดาห์ พบว่า การสะสมปริมาณปรอทในอวัยวะต่าง ๆ ของเป็ดทั้ง 5 กลุ่มมีค่า

ไม่แตกต่างกัน ไต และ ตับ มีการสะสมปรอทในปริมาณสูง และสูงกว่าอวัยวะส่วนอื่น ๆ สำหรับเนื้ออก เนื้อตับขาถึงสะโพก สมอง และ หัวใจ มีการสะสมปรอทไม่แตกต่างกัน

ทฤษฎีอะตอมมิกแอมบรอสเฟ้นส์เปกโตรสโคปี

เมื่อธาตุอยู่ในสภาวะที่เป็นอะตอมอิสระ ให้อำนาจที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ ผ่านอะตอมเหล่านั้น ปรากฏว่าอะตอมของธาตุนั้นจะดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นค่าหนึ่ง โดยเฉพาะเท่านั้น ความยาวคลื่นของแสงดังกล่าวนี้ จะพอดีกับพลังงานที่ทำให้ธาตุนั้น เปลี่ยนระดับพลังงานจากสภาวะปกติ (ground state) ไปยังสภาวะเร้า (excited state) พลังงานจำนวนน้อยที่สุดที่ทำให้ธาตุเปลี่ยนระดับพลังงานนี้เรียกว่าพลังงานเรโซแนนซ์ (Resonance energy)

ดังนั้นหลักการสำคัญของการวิเคราะห์ธาตุโดยวิธีนี้คือ การทำให้ธาตุในสารตัวอย่างเกิดเป็นอะตอมอิสระ (Atomization) โดยการแยกอะตอมออกจากโมเลกุลของสารตัวอย่างและให้แสงจากแหล่งของแสง ซึ่งเป็นแสงที่มีพลังงานเท่ากับพลังงานเรโซแนนซ์ของธาตุที่ต้องการหาผ่านเข้าไป จากปริมาณแสงที่ผ่านออกมาสามารถหาปริมาณของธาตุนั้น ๆ ได้

ในอะตอมมิกแอมบรอสเฟ้นส์เปกโตรสโคปีโทมิเตอร์ มีการเกิดอะตอม 2 แบบคือ

1. การเกิดอะตอมอิสระภายใต้เปลวไฟ (Flame Atomization)
2. การเกิดอะตอมอิสระแบบปราศจากเปลวไฟ (Flameless Atomization)
1. การเกิดอะตอมอิสระภายใต้เปลวไฟ (พิมพ์ เรียบเรียง 2524 : 230)

เปลวไฟที่ใช้คือ

- 1.1 อากาศ/โพรเพน มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำประมาณ 1,900 องศาเซลเซียส
- 1.2 อากาศ/อะเซทิลีน มีอุณหภูมิประมาณ 2,300 องศาเซลเซียส
- 1.3 ไนตรัสออกไซด์/อะเซทิลีน มีอุณหภูมิประมาณ 3,000 องศา-

เซลล์เชื้อเพลิง

2. การเกิดอะตอมอิสระแบบปราศจากเปลวไฟ อาจทำได้หลายวิธีเช่น

2.1 ใช้อาร์คไฟฟ้า (Electric Arc)

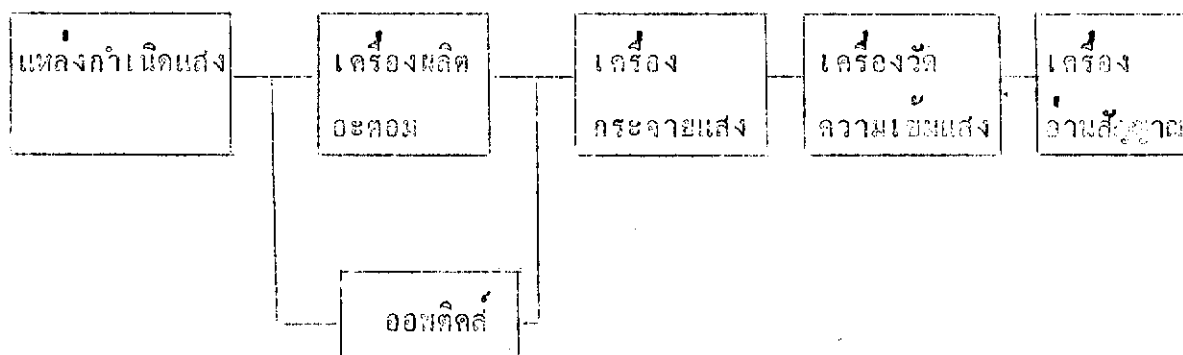
2.2 ใช้เตาไฟฟ้าอุณหภูมิสูง (High Temperature Furnace)

2.3 ใช้ไส้โลหะหรือแผ่นโลหะที่เผาจนจัด (Filament and Strip Atomizers)

2.4 ใช้ระบบที่ให้อิทธิพลของสาร (Vapor Generation System)

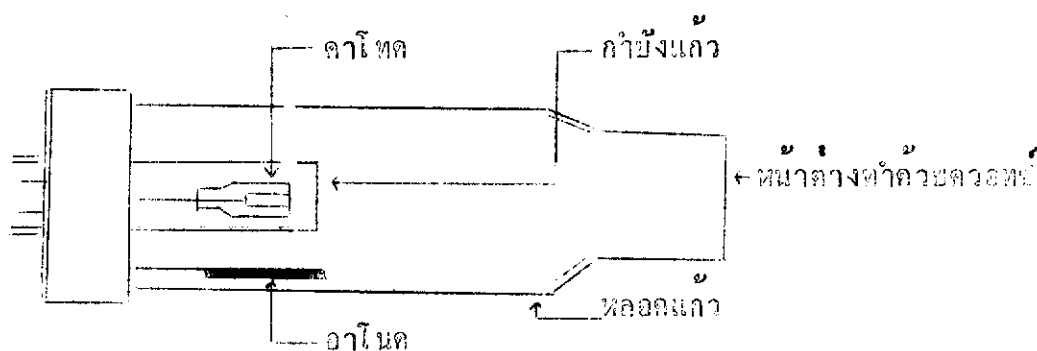
2.5 ใช้แสงเลเซอร์หรือไมโครเวฟพลาสมา (Laser or Microwave Plasma)

ส่วนประกอบที่สำคัญของอะตอมมิเตอร์แบบสปริงสเปกโตรโฟโตมิเตอร์



1. แหล่งกำเนิดแสง (Light Source)

แหล่งของคลื่นแสงเรียกว่า ฮอลโลวคาโทดแลมป์ (Hollow cathode Lamp) มีส่วนประกอบดังนี้



ภาพประกอบ 5 แสดงลักษณะ เซลล์โฟโตอะคูสติกที่ใช้เป็นแหล่งคลื่นแสงเฉพาะทาง

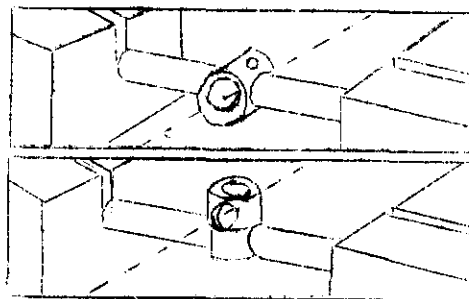
เลเซอร์ ทำด้วยธาตุชนิดเดียวกับธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ โดยทำเป็นทรงกระบอกกึ่งกลางภายในบรรจุก๊าซอาร์กอนหรือก๊าซนีออน มีความกดดันภายใน 10 - 50 Torr. อาร์กอนทำด้วยหลอดทั้งสแตนเลส นิกเกิล เพื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไม่ทำให้เกิดโอโซนที่เป็นก๊าซรั่วด้วยความเร็วสูงไปผ่านผิวของเลเซอร์ ทำให้อะตอมของธาตุที่ใช้ทำเลเซอร์เกิดการเปลี่ยนระดับพลังงานจากสถานะปกติไปสู่สถานะเร้า เมื่อกลับสู่สถานะปกติจะคายคลื่นแสงที่เป็นคุณลักษณะของธาตุนั้น ๆ ออกมาเป็นเส้นสเปกตรัมที่มีความยาวคลื่นเฉพาะ

2. เครื่องผลิตอะตอมมิสเซอร์ (Atomizer)

เป็นส่วนประกอบที่ทำให้ธาตุในสารประกอบกลายเป็นอะตอมมิสเซอร์ สำหรับการเกิดอะตอมมิสเซอร์แบบปราศจากเปลวไฟ มีความร้อนสูงกว่าการเกิดอะตอมมิสเซอร์ภายใต้เปลวไฟ นอกจากนี้ยังทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมมิสเซอร์ได้มากกว่า สามารถใช้กับสารที่เป็นของแข็งโดยไม่ต้องทำให้เป็นสารละลายก่อน และยังสามารถรับอุณหภูมิความร้อนได้ (แบบ อมรสิทธิ์ 2518 : 22) ลักษณะของเตาไฟฟ้าที่ใช้ทำหน้าที่เป็นเครื่องผลิตอะตอมมิสเซอร์เป็นแบบถ้วยแกรไฟต์ (graphite cup) หรือ หลอดแกรไฟต์ (graphite tube) ดังภาพประกอบ 6

แบบหลอดแกรไฟต์

แบบถ้วยแกรไฟต์



ภาพประกอบ 6 แสดงลักษณะเตาไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องผลิตอะตอมอิสระ

3. โมโนโครมาเตอร์หรือฟิลเตอร์ (monochromator or filter)

เป็นส่วนประกอบซึ่งทำหน้าที่แยกเส้นสเปกตรัมของแสงให้เป็นเส้นอะตอมิก-เรโซแนนซ์ (atomic resonance line) ปกตินิยมใช้เกรตติ้งโมโนโครมาเตอร์ (grating monochromator) หรือ ปริซึม (prism)

4. เครื่องวัดความเข้มแสง (detector)

เป็นส่วนประกอบที่วัดความเข้มแสง โดยทั่วไปเป็นหลอดโฟโตมัลติพลาย (photomultiplier tube) ซึ่งประกอบด้วยโฟโตคาโทด (photo cathode) ที่ไวต่อการวัดแสง เมื่อแสงตกบนโฟโตคาโทด จะทำให้เกิดอิเล็กตรอนขึ้นแล้วผ่านการขยายอีกประมาณ 10^3 เท่า เพื่อให้กัลวานอมิเตอร์สามารถอ่านได้

5. เครื่องอ่านสัญญาณ (signal indicator)

อาจเป็นแบบอ่านความเข้มขึ้นได้โดยตรง (Direct readout) หรือใช้วิธีสร้างกราฟมาตรฐาน (calibration curve) โดยอ่านค่า absorbance (Absorbance, A) หรือทรานสมิตเทนซ์ (Transmittance, T) หรือเปอร์เซ็นต์ทรานสมิตเทนซ์ (Percent Transmittance, %T) จากเครื่องมือ แล้วนำมาเขียนกราฟเทียบกับความเข้มขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างค่าทั้งสามมีดังนี้

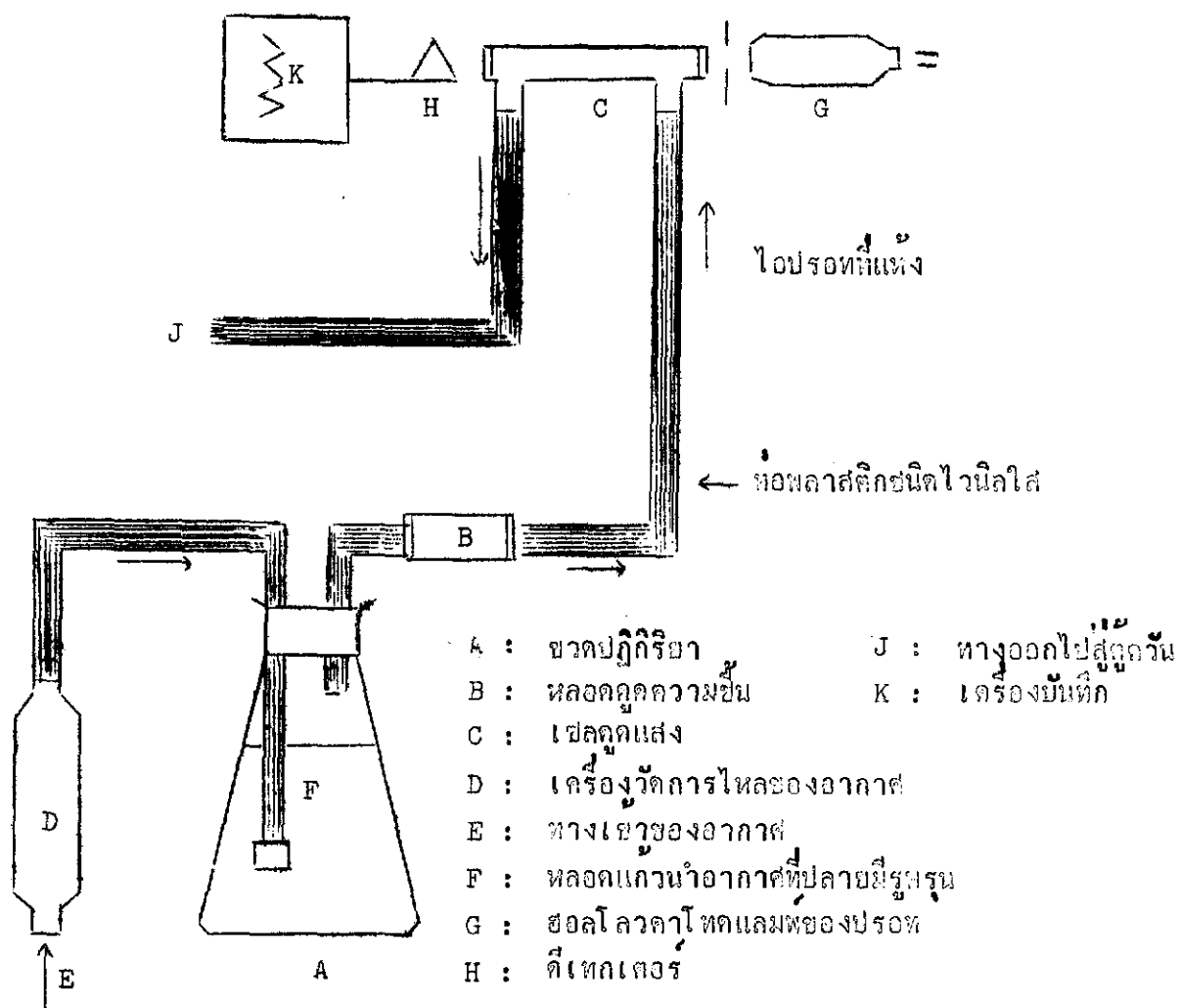
$$A = \log \frac{1}{T} = \log \frac{100}{\%T} = 2 - \log \%T$$

กราฟที่เขียนระหว่างค่าแอบซอร์เบ้นซ์ กับความเข้มข้นเท่านี้ที่เขียนเส้นตรง
ที่ผ่านจุดกำเนิด (origin)

การหาปริมาณปรอทโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ปรอท ซึ่งจัดเป็นอะตอมฟลูออเรสเซนต์
สเปกโตรโฟโตมิเตอร์แบบปราศจากเปลวไฟ

หลักการทำงานของเครื่อง

ในการหาปริมาณปรอทโดยวิธีนี้ ต้องทำให้ปรอทในสารตัวอย่างกลายเป็นอะตอม
อิสระในรูปของไอปรอท โดยวิธีรีดักชันแอเอเรชัน (reduction aeration)
(Ebdon. 1982 : 86) นั่นคือ ใช้ปฏิกิริยารีดักชันเปลี่ยนปรอทเป็นอะตอมอิสระด้วย
ตัวรีดิวซ์ เช่น สารละลายสนทนีสัลไฟด์ ในสารละลายที่เป็นกรด (Hatch and
Ott. 1968 : 2086) ไล่อไอปรอทเข้าสู่เซลล์ดูดแสง (absorption cell) ซึ่งมี
แหล่งกำเนิดแสงของปรอทความยาวคลื่นเท่ากับ 253.7 นาโนเมตร ซึ่งเป็นความยาวคลื่น
ที่สามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่สุด ปริมาณแสงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนไว้ แสงที่ผ่านออกมา
จะผ่านไปยังโมโนโครมาเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่แยกเส้นสเปกตรัมให้เป็นเส้นอะตอมฟลูออเรสเซนต์
ผ่านเข้าเครื่องวัด เพื่อวัดความเข้มของแสงที่ผ่านทะลุออกมา และผ่านไปยังหลอดโฟโต-
มัลติพลายเพื่อขยายสัญญาณ จากนั้นเครื่องอ่านสัญญาณจะบันทึกผลการดูดกลืนแสงออกมา
เป็นตัวเลขที่หน้าปัด ดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 แสดงการจัดเครื่องมือสำหรับวัดปริมาณปรอทโดยวิธีอะตอมมิกแอมบอร์พชั่นแบบปราศจากเปลวไฟ

วิธีดำเนินการทดลอง

วิธีดำเนินการทดลอง มีขั้นตอนดังนี้

พันธุ์ไก่และวิธีการเลี้ยง

สุ่มตัวอย่างไก่พันธุ์โรดไอส์แลนด์แดง เพศเมีย อายุ 18 สัปดาห์ จำนวน 40 ตัว โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มควบคุม(control group) จำนวน 8 ตัว และกลุ่มทดลอง (experimental group) จำนวน 32 ตัว แต่ละกลุ่มแยกขังโดยใช้กรงตับ 4 ชุด ชุดละ 12 กรง

1. สถานที่เลี้ยงไก่

เลี้ยงไก่บนคาค้าศึก 6 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

2. อาหาร

ไก่แต่ละตัวได้รับอาหารโดยเฉลี่ยวันละ 100 กรัม ซึ่งแบ่งกลุ่มการให้อาหารดังนี้

กลุ่มควบคุม เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปของบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อุตสาหกรรม จำกัด

กลุ่มทดลอง เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปของบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อุตสาหกรรม จำกัดเช่นกัน แต่ผสมด้วยเมอร์คิวรี (II) อะซิเตต ด้วยอัตราส่วนของเมอร์คิวรี (II) อะซิเตต 8 มิลลิกรัมต่ออาหารไก่หนึ่งกิโลกรัม การผสมอาหารนี้ทำเป็นประจำทุก ๆ วัน

3. การฆ่าไก่

หลังจากให้ไก่ทั้งสองกลุ่มกินอาหารดังกล่าวเป็นเวลา 30 วัน จะฆ่าไก่ทุก ๆ 6 วัน เริ่มฆ่าไก่ครั้งแรกวันที่ 20 มิถุนายน 2527 โดยฆ่าไก่กลุ่มควบคุม 1 ตัว กลุ่มทดลอง 2 ตัว การฆ่าไก่ครั้งที่ 2 วันที่ 26 มิถุนายน 2527 โดยฆ่าไก่กลุ่มทดลอง 2 ตัว

ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนครบ 16 ครั้ง ทั้งนี้ ระยะเวลาในการฆ่าไก่จึงเริ่มตั้งแต่วันที่ 20 มิถุนายน 2527 ถึงวันที่ 18 กันยายน 2527

4. การชำแหละเนื้อไก่ (วิโรจน์ กันทรรัตน์ ม.ป.ป. : 6)

ชำไก่แล้วนำมาชำแหละทันทีเพื่อรอการวิเคราะห์

4.1 วางซากไก่บนถาดพลาสติกในท่านอนหงาย

4.2 ใช้มีดตัดผิวหนังในแนวกลาง (medial plane) ทางด้านล่างของ

ลำตัว

4.3 เลาะเอาผิวหนังออกจากลำตัวตลอดทั้งลำตัว

4.4 ชำแหละแยกออกเป็นส่วนตัว ๆ 5 ส่วนคือ คอ (neck) หลัง (back)

ปีก (wing) อก (breast) ต้นขาถึงสะโพก (thigh) และท่อนขา (drumstick)

โดยการตัดกล้ามเนื้อท้อง เริ่มจากปลายส่วนล่างของกระดูกอกตรงไปยังส่วนหน้าของไก่ ตัดกระดูกไหปลาร้าออกทั้ง 2 ข้าง เอาอวัยวะที่อยู่ในช่องท้องออก

เครื่องมือที่ใช้

เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องมือวิเคราะห์โปรตีน (ธีรานูมา แบบเอชจี 1) ของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

การทดลอง

1. การเตรียมสารละลายที่ใช้ในปฏิกิริยา

1.1 ตัวออกซิไดซ์ โดยการใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 50 กรัม ละลายในน้ำปราศจากไอออน (deionized water) 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร

1.2 ออกซิไดซิงเอเจนต์รีดิวเซอร์ (oxidizing agent reducer)

โดยการใช้ ไฮดรอกซีลามีนไฮโดรคลอไรด์ $\{(NH_2OH)HCl\}$ 200 กรัม ละลายในน้ำปราศจากไอออน 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร

1.3 คิวรีคิวซ์ ใช้สแตนดาร์ดเฟด 100 กรัม ละลายใน 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร

ของ 0.25M H_2SO_4 วางไวบนเครื่องคนแม่เหล็ก (magnetic stirrer) 1 คืน

2. การเตรียมสารละลายมาตรฐานและการทำกราฟมาตรฐาน

2.1 สารละลายตั้งต้น (stock solution) ความเข้มข้น 1,000 ppm.

โดยใช้เมอร์คิวรี (II) คลอไรด์ ($HgCl_2$) 0.1354 กรัม ละลายใน 5% HNO_3 จนได้ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วทำให้เจือจางเหลือ 10 ppm.

2.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานให้มีความเข้มข้น 0.001 0.002 0.003 0.005 0.010 0.020 และ 0.030 ppm. ตามลำดับ โดยนำสารละลายจากข้อ 2.1 จำนวน 0.01 0.02 0.03 0.05 0.10 0.20 และ 0.30 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำมาใส่ขวดรูปกรวย เติมน้ำปราศจากไอออนให้ครบ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2.3 เติมนิโตรเจนเข้มข้น 2.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร กรดฟอสฟอริกเข้มข้น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมตัวออกซิไดซ์ 15 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปอุ่นในอ่างน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

2.4 เติมออกซิไดซิงเอเจนต์รีดิวเซอร์ 6 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำปราศจากไอออนอีก 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2.5 เติมตัวรีดิวซ์ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วนำไปอ่านค่าความสูงของพีค (peak height) ในเครื่องวิเคราะห์ปรอททันที

2.6 เขียนกราฟระหว่างความสูงของพีคที่ได้ กับปริมาณปรอท ในสารละลายมาตรฐาน ใช้เป็นกราฟมาตรฐานสำหรับอ่านเทียบหาค่าปริมาณปรอทในสารละลายตัวอย่าง

3. การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

นำเนื้อไก่ทั้ง 5 ส่วนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมาบดด้วยเครื่อง ต่อจากนั้นนำมาทำลายโปรตีนด้วยวิธี Wet Digestion โดยแยกวิเคราะห์ดังนี้

3.1 เนื้อส่วนปีก ออก ต้นขาถึงสะโพกและท่อนขา

แบ่งออกมาส่วนละ 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 5 กรัม ใส่ในขวดรูปกรวยขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.1.1 เติมกรดไนตริกเข้มข้น 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปิดด้วย
กระจกนาฬิกา วางบนถาดทรายและตั้งบนเตาไฟฟ้า (hot plate) ควบคุมอุณหภูมิให้อยู่
ระหว่าง 50 - 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง

3.1.2 เติมกรดซัลฟริกเข้มข้น 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปิดด้วย
กระจกนาฬิกา วางบนถาดทรายและตั้งบนเตาไฟฟ้า ควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 50 - 60
องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง

3.1.3 เติมน้ำปราศจากไอออน 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้วิธีเดียวกับ
ข้อ 3.1.1 หรือ 3.1.2 จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 41 ล้างตะกอนด้วยน้ำ
ปราศจากไอออน นำมาใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปรับปริมาตรด้วย
น้ำปราศจากไอออน

3.1.4 ใบบีเปตชุดสารละลายที่เตรียมไว้ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร
ใส่ในขวดรูปกรวย เติมน้ำปราศจากไอออน 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติบโตออกซิไดซ์ 15
ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าให้เข้ากันนำไปอุ่นในอ่างน้ำร้อน อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส

3.1.5 เติมออกซิไดซ์โอเจเนตริคัลเซอร์ 6 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.1.6 เติมน้ำกลั่นปราศจากไอออน 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติม
ตัวรีดิวซ์ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วนำไปอ่านค่าความสูงของฟลูออโรสโคปที่

3.1.7 การหาปริมาณปรอทในสารละลายตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบ
จากกราฟมาตรฐานที่มีความเข้มข้นของปรอท 0.001 - 0.030 ppm.

3.2 เนื้อส่วนคอและหลัง

ยังเนื้อส่วนคอและหลังที่บดแล้ว บันทึกน้ำหนัก ใช้วิธีทำลายโปรตีน
และนำไปหาปริมาณปรอทเช่นเดียวกับข้อ 3.1 แต่การเติมกรดไนตริกเข้มข้น กรดซัลฟริก
เข้มข้น และน้ำปราศจากไอออน จะเติมในปริมาตรเป็น 2 เท่าของน้ำหนักที่ชั่งได้ ส่วนการ
ปรับปริมาตรจะปรับปริมาตรเป็น 10 เท่าของน้ำหนักที่ชั่งได้

การคำนวณข้อมูล

1. ค่าที่อ่านจากเครื่อง จะอ่านจากเครื่องบันทึก (recorder) ซึ่งเป็นค่าความสูงของพีค
2. จากการวัดสารละลายมาตรฐานที่ทราบปริมาณปรอทสามารถสร้างกราฟมาตรฐานได้โดยเขียนกราฟระหว่างความสูงของพีคที่อ่านได้จากเครื่องบันทึกกับปริมาณปรอท
3. จากค่าความสูงของพีคที่อ่านได้จากสารละลายตัวอย่าง สามารถหาปริมาณปรอทโดยเปรียบเทียบจากกราฟมาตรฐาน มีหน่วยเป็นไมโครกรัม
4. การคำนวณค่าที่อ่านได้เป็นหน่วย ไมโครกรัม/กรัม หรือ ppm.
 สมมุติมีสารตัวอย่าง A กรัม เมื่อย่อยสมบูรณ์แล้วปรับปริมาตรเป็น B ลูกบาศก์เซนติเมตร บีเปิดมาปริมาตร C ลูกบาศก์เซนติเมตร วัดความสูงของพีคได้ D เซนติเมตร (ค่านี้สมมุติให้ค่า blank ออกแล้ว) เมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานได้ค่าปริมาณปรอทเท่ากับ E ไมโครกรัม

ตัวอย่างการคำนวณ

ค่าปริมาณปรอทเท่ากับ E ไมโครกรัม หมายความว่า

ในสารละลาย C ลูกบาศก์เซนติเมตร มีปรอท E ไมโครกรัม

ถ้าสารละลาย B ลูกบาศก์เซนติเมตร จะมีปรอท $\frac{E \times B}{C}$ ไมโครกรัม

หรือปริมาณเนื้อไก่ A กรัม มีปรอท $\frac{E \times B}{C}$ ไมโครกรัม

ปริมาณเนื้อไก่ 1 กรัม มีปรอท $\frac{E \times B}{C \times A}$ ไมโครกรัม

เพราะฉะนั้น ในสารตัวอย่าง 1 กรัม มีปรอท $\frac{E \times B}{C \times A}$ ไมโครกรัม/กรัม

หรือ $\frac{E \times B}{C \times A}$ ppm.

การหาเปอร์เซ็นต์รีคัพเวอร์

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานของปรอทที่มีความเข้มข้น 0.02 ppm.
2. เตรียมสารละลายมาตรฐานนี้ลงในเนื้อไก่ส่วนคอของกลุ่มควบคุมให้ปริมาณปรอทเท่ากับ 0.02 ไมโครกรัม (เนื้อไก่ส่วนคอที่ใช้ชิ้นหนึ่งได้นำไปหาปริมาณปรอท พบว่า มีปริมาณเท่ากับ 0.094 ไมโครกรัม)
3. ผ่านกระบวนการต่าง ๆ เหมือนการเตรียมสารละลายตัวอย่าง
4. นำสารละลายไปวัดหาปริมาณปรอท
5. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์รีคัพเวอร์

เมื่อเตรียมสารละลายมาตรฐานลงในเนื้อไก่ส่วนคอ ซึ่งมีปริมาณปรอท 0.094 ไมโครกรัม ปริมาตรรวมของปรอทจะเท่ากับ 0.114 ไมโครกรัม เมื่อผ่านกระบวนการต่าง ๆ แล้ว ตรวจพบปริมาณปรอทครั้งสุดท้ายเท่ากับ 0.112 ไมโครกรัม

วิธีคำนวณ

ปริมาณรวมของปรอท 0.114 ไมโครกรัม ตรวจพบปรอท 0.112 ไมโครกรัม
 ถ้าปริมาณปรอท 100 ไมโครกรัม ตรวจพบปรอท $\frac{0.112 \times 100}{0.114}$ ไมโครกรัม

เพราะฉะนั้น เปอร์เซ็นต์รีคัพเวอร์เท่ากับ 98

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ยของปริมาณปรอทจากตัวอย่างเนื้อไก่ส่วนคอ หลัง ปีก ออก ต้นขา ถึงสะโพกและท่อนขา
2. เขียนกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณปรอทที่สะสมในเนื้อไก่ กับระยะเวลาหลังจากให้ไก่ได้รับอาหารผสมสารปรอท

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารโปรตีนที่สะสมในเนื้อไก่ จากตัวอย่างที่เก็บทุก 6 วัน เป็นเวลา 90 วัน จากส่วนของอวัยวะต่าง ๆ กัน ดังนี้คือ

1. ปริมาณสารโปรตีนในเนื้อไก่ส่วนคอ
2. ปริมาณสารโปรตีนในเนื้อไก่ส่วนหลัง
3. ปริมาณสารโปรตีนในเนื้อไก่ส่วนปีก
4. ปริมาณสารโปรตีนในเนื้อไก่ส่วนอก
5. ปริมาณสารโปรตีนในเนื้อไก่ส่วนต้นขาถึงสะโพกและท่อนขา

การวิเคราะห์หาปริมาณสารโปรตีนในเนื้อไก่ส่วนคอ ที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง

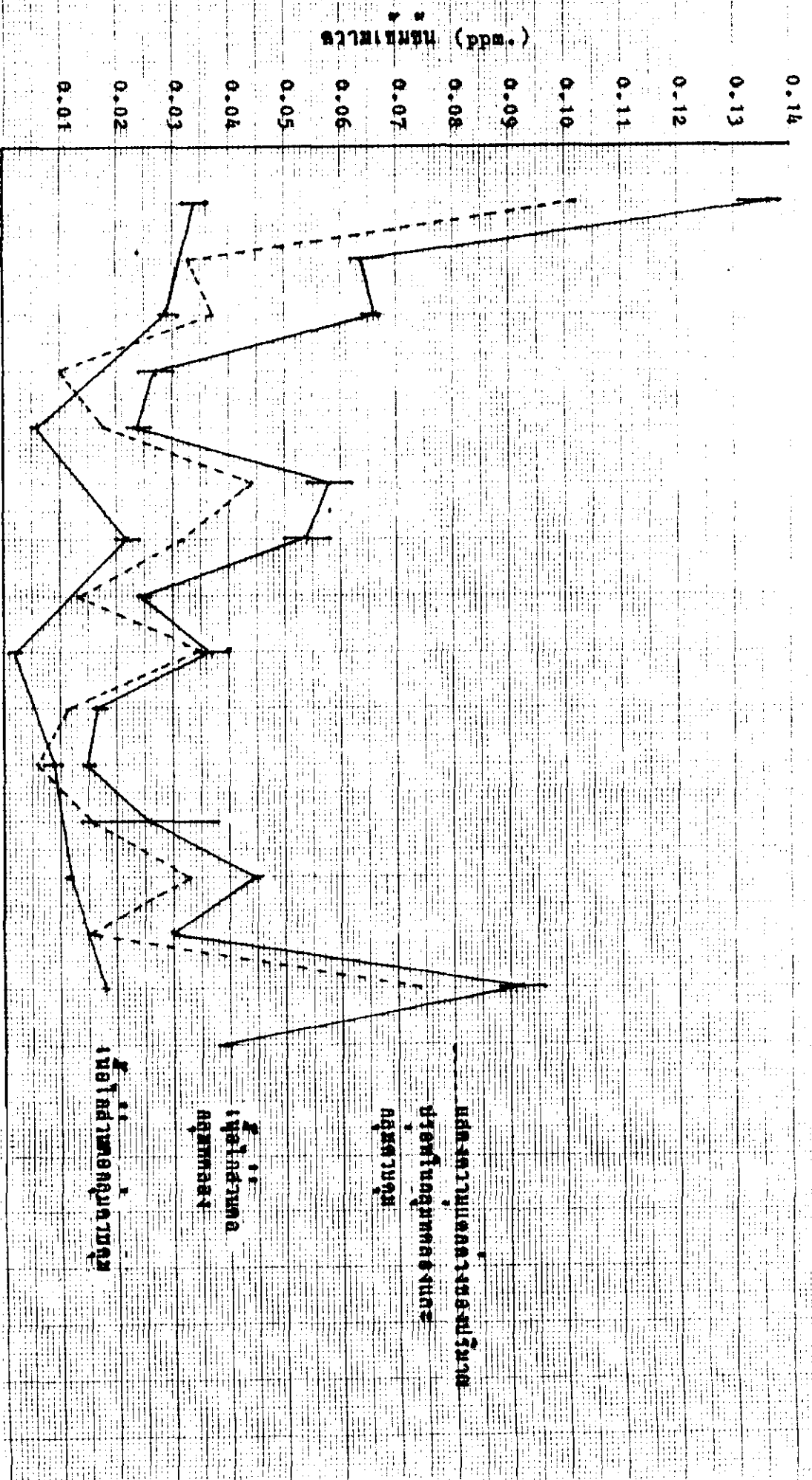
ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารโปรตีนในเนื้อไก่ส่วนคอ ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ได้แสดงไว้ในตาราง 1

ตาราง 1 แสดงปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนคอของกลุ่มควบคุมที่เก็บทุก 12 วัน จำนวน 8 ครั้ง และกลุ่มทดลองที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน

ครั้งที่	ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง (วัน)	ปริมาณสารปรอท (ppm.)	
		กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
1	30	0.034	0.136
2	36	-	0.064
3	42	0.029	0.056
4	48	-	0.027
5	54	0.006	0.024
6	60	-	0.058
7	66	0.022	0.054
8	72	-	0.025
9	78	0.002	0.037
10	84	-	0.017
11	90	0.009	0.015
12	96	-	0.026
13	102	0.012	0.045
14	108	-	0.030
15	114	0.018	0.092
16	120	-	0.039

ผลการทดลองในตาราง 1 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนคอของกลุ่มควบคุมมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย ตลอดช่วงเวลา 90 วันทำการทดลอง คือมีค่าระหว่าง 0.002 - 0.034 ppm. สำหรับกลุ่มทดลองนั้นปรากฏว่า เนื้อไก่อาหารผสมสารปรอทไปแล้ว

30 วัน ปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนคอมีค่าสูงขึ้นมาก เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม คือมีค่าสูงถึง 0.136 ppm. จากนั้น เมื่อเวลาผ่านไปอีก 6 วัน คือ 36 วันหลังจากได้รับอาหารผสมสารปรอท ปริมาณสารปรอทจะลดลงเหลือ 0.064 ppm. แต่ก็ยังสูงกว่ากลุ่มควบคุม จากนั้นจะเริ่มมีค่าสูงขึ้นอีกเล็กน้อย เมื่อเวลาผ่านไปเป็น 42 วัน คือมีค่า 0.066 ppm. เพื่อให้อาหารผสมสารปรอทต่อไปจนถึง 48 และ 54 วัน ปริมาณสารปรอทจะลดลงจนถึง 0.027 และ 0.024 ppm. ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไปเป็น 60 วัน ปริมาณสารปรอทจะเริ่มสูงขึ้นอีก โดยมีค่าถึง 0.058 ppm. แล้วก็จะเริ่มลดลงเมื่อเวลาผ่านไปจนถึง 66 และ 72 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.054 และ 0.025 ppm. ตามลำดับ ปริมาณสารปรอทจะมีค่าสูงขึ้นอีกเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 78 วัน คือมีค่าเท่ากับ 0.037 ppm. แล้วจะลดลงอีกเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 84 และ 90 วัน คือมีค่าเท่ากับ 0.017 และ 0.015 ppm. ตามลำดับ จากนั้นปริมาณสารปรอทจะสูงขึ้นในระยะเวลา 96 และ 102 วัน คือมีค่าเท่ากับ 0.026 และ 0.045 ppm. ตามลำดับ หลังจากให้อาหารผสมสารปรอทไปแล้วเป็น 108 วัน ปริมาณสารปรอทจะลดลงเหลือ 0.030 ppm. แล้วก็จะสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 114 วัน คือมีค่าเท่ากับ 0.092 ppm. จนกระทั่งถึงช่วงสุดท้าย คือ ให้อาหารผสมสารปรอทไปแล้วเป็น 120 วัน ปริมาณสารปรอทจะลดลงเหลือ 0.039 ppm. ทั้งแสดงในภาพประกอบ 8



แสดงแนวโน้มความเข้มข้นของยา
 ปัสสาวะในผู้ป่วยกลุ่มทดลองและ
 กลุ่มควบคุม

ผู้ป่วยกลุ่มทดลอง
 กลุ่มทดลอง

ผู้ป่วยกลุ่มควบคุม
 กลุ่มควบคุม

วันที่ 30 36 42 48 54 60 66 72 78 84 90 96 102 108 114 120
 เวลาผ่านไป (วัน)

ภาพประกอบ 8 แสดงปริมาณสารปัสสาวะในผู้ป่วยกลุ่มทดลองของ
 กลุ่มควบคุมและผู้ป่วยกลุ่มทดลอง 12 วัน จำนวน 8 ครั้ง และกลุ่มทดลอง
 ที่เหลือ 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน

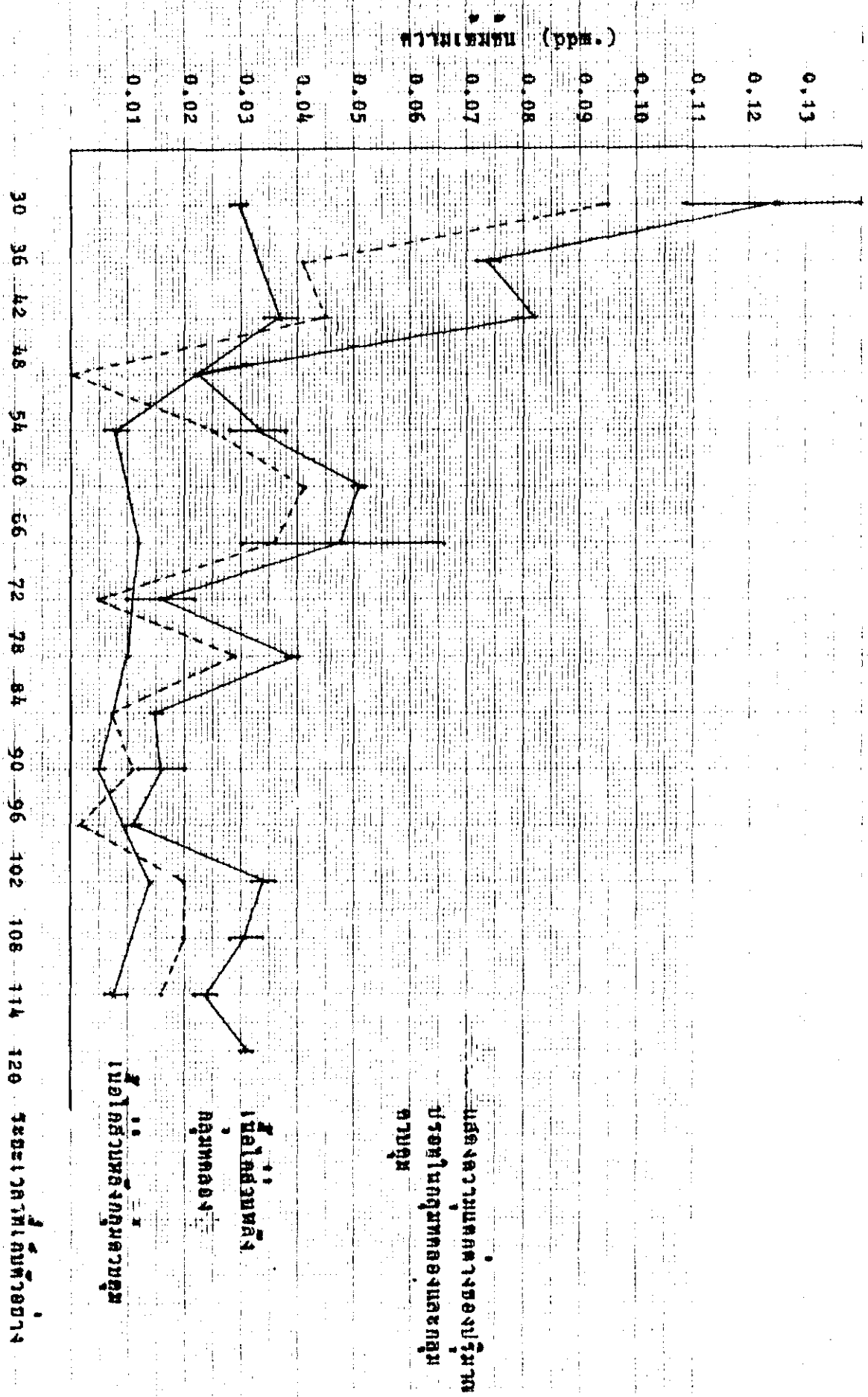
การวิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนหลัง ที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนหลังของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
ได้แสดงไว้ในตาราง 2

ตาราง 2 แสดงปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนหลังของกลุ่มควบคุมที่เก็บทุก 12 วัน จำนวน
8 ครั้ง และกลุ่มทดลองที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน

ครั้งที่	ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง (วัน)	ปริมาณสารปรอท (ppm.)	
		กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
1	30	0.030	0.125
2	36	-	0.074
3	42	0.037	0.082
4	48	-	0.022
5	54	0.008	0.033
6	60	-	0.051
7	66	0.012	0.048
8	72	-	0.016
9	78	0.010	0.039
10	84	-	0.015
11	90	0.005	0.016
12	96	-	0.011
13	102	0.014	0.034
14	108	-	0.031
15	114	0.008	0.024
16	120	-	0.031

ผลการทดลองในตาราง 2 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนหลังของกลุ่มควบคุมมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย ตลอดช่วงเวลา 90 วันทำการทดลอง คือมีค่าระหว่าง 0.005 – 0.037 ppm. สำหรับกลุ่มทดลองนั้นปรากฏว่า เมื่อให้อาหารผสมสารปรอทไปแล้ว 30 วัน ปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนหลังมีค่าสูงขึ้นมาก เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม คือมีค่าสูงถึง 0.125 ppm. จากนั้น เมื่อเวลาผ่านไปอีก 6 วัน คือ 36 วันหลังจากได้รับอาหารผสมสารปรอท ปริมาณสารปรอททดลองจนมีค่าเท่ากับ 0.074 ppm. และเริ่มมีค่าสูงขึ้นอีก เมื่อเวลาผ่านไปเป็น 42 วัน คือมีปริมาณเท่ากับ 0.082 ppm. จากนั้น เมื่อเวลาผ่านไปเป็น 48 วัน ปริมาณสารปรอททดลองอีกโดยมีค่าเท่ากับ 0.022 ppm. และมีค่าสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 54 และ 60 วัน โดยมีค่า 0.033 และ 0.051 ppm ตามลำดับ เมื่อเวลาที่ให้อาหารผสมสารปรอทผ่านไปจนถึง 66 และ 72 วัน ปริมาณสารปรอททดลองจนมีค่าเท่ากับ 0.048 และ 0.016 ppm. ตามลำดับ และเริ่มมีค่าสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 78 วัน คือมีค่าเท่ากับ 0.039 ppm. จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 84 วัน ปริมาณสารปรอทจะลดลงจนมีค่าเท่ากับ 0.015 ppm. และมีค่าสูงขึ้นอีกเล็กน้อย เมื่อเวลาผ่านไปเป็น 90 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.016 ppm. เมื่อให้อาหารสารปรอทไปอีกถึง 96 วัน ปริมาณสารปรอททดลองเหลือ 0.011 ppm. และมีค่าสูงขึ้นอีกเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 102 วัน คือมีค่าเท่ากับ 0.034 ppm. จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไปถึง 108 และ 114 วัน ปริมาณสารปรอททดลองจนถึง 0.031 และ 0.024 ppm. ตามลำดับ จนกระทั่งถึงช่วงเวลาสุดท้าย คือ เมื่อให้อาหารผสมสารปรอทไปแล้วถึง 120 วัน ปริมาณสารปรอทเพิ่มขึ้นอีกโดยมีค่าเท่ากับ 0.031 ppm. ดังแสดงในภาพประกอบ 9



การประกอบ 9 และ 10 เป็นการเปรียบเทียบผลของปริมาณน้ำที่ได้รับในแต่ละวัน (วัน) กับปริมาณน้ำที่ได้รับในแต่ละวัน (วัน) และปริมาณน้ำที่ได้รับในแต่ละวัน (วัน) ที่แตกต่างกัน 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน

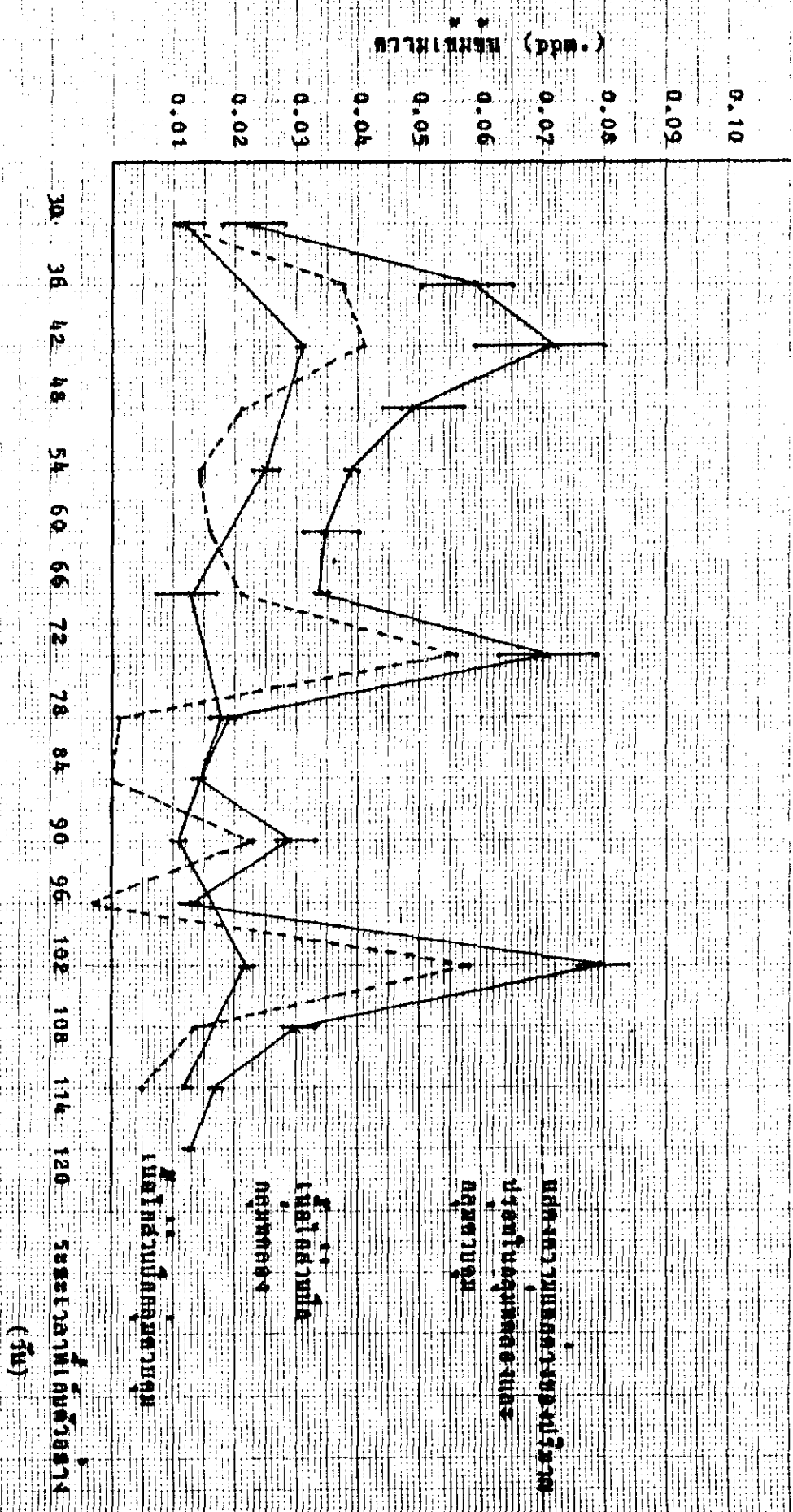
การวิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนปีก ที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนปีกของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
ได้แสดงไว้ในตาราง 3

ตาราง 3 แสดงปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนปีกของกลุ่มควบคุมที่เก็บทุก 12 วัน จำนวน
8 ครั้ง และกลุ่มทดลองที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน

ครั้งที่	ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง (วัน)	ปริมาณสารปรอท(ppm.)	
		กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
1	30	0.012	0.022
2	36	-	0.059
3	42	0.031	0.072
4	48	-	0.049
5	54	0.025	0.039
6	60	-	0.035
7	66	0.013	0.034
8	72	-	0.071
9	78	0.018	0.019
10	84	-	0.014
11	90	0.011	0.029
12	96	-	0.013
13	102	0.022	0.080
14	108	-	0.030
15	114	0.012	0.017
16	120	-	0.013

ผลการทดลองในตาราง 3 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนปีกของ
 กลุ่มควบคุมมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย ตลอดช่วงเวลาทำการทดลอง คือ มีค่าระหว่าง
 0.011 - 0.031 ppm. สำหรับกลุ่มทดลองนั้นปรากฏว่า เมื่อให้อาหารผสมสารปรอทไปแล้ว
 30 วัน ปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนปีกมีค่าเท่ากับ 0.022 ppm. จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป
 เป็น 36 และ 42 วัน ปริมาณสารปรอทจะสูงขึ้นมีค่าเท่ากับ 0.059 และ 0.072 ppm. ตาม
 ลำดับ แล้วมีค่าลดลงอีกเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 48 54 60 และ 66 วัน คือมีค่าเป็น 0.049
 0.039 0.035 และ 0.034 ppm. ตามลำดับ เมื่อให้อาหารผสมสารปรอทผ่านไปแล้วเป็น
 72 วัน ปริมาณสารปรอทมีค่าสูงขึ้นอีก คือ มีค่าเท่ากับ 0.071 ppm. จากนั้นเมื่อเวลาผ่าน
 ไปจนถึง 78 และ 84 วัน ปริมาณสารปรอทลดลงมีค่าเท่ากับ 0.019 และ 0.014 ppm. ตาม
 ลำดับ ปริมาณสารปรอทเริ่มมีค่าสูงขึ้นอีกเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 90 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.029
 ppm. แล้วลดลงเหลือ 0.013 ppm. เมื่อเวลาผ่านไปเป็น 96 วัน จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป
 เป็น 102 วัน ปริมาณสารปรอทมีค่าสูงมากโดยมีค่าถึง 0.080 ppm. แล้วมีค่าลดลงอีก เมื่อ
 เวลาผ่านไปเป็น 108 114 และ 120 วัน คือมีค่าเท่ากับ 0.030 0.017 และ 0.013
 ppm. ตามลำดับ ดังแสดงในภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 แสดงปริมาณของปลาในตู้เลี้ยงของปลาที่เลี้ยง 12 วัน จำนวน 8 ตัว และปลาที่เลี้ยง 6 วัน จำนวน 16 ตัว เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน

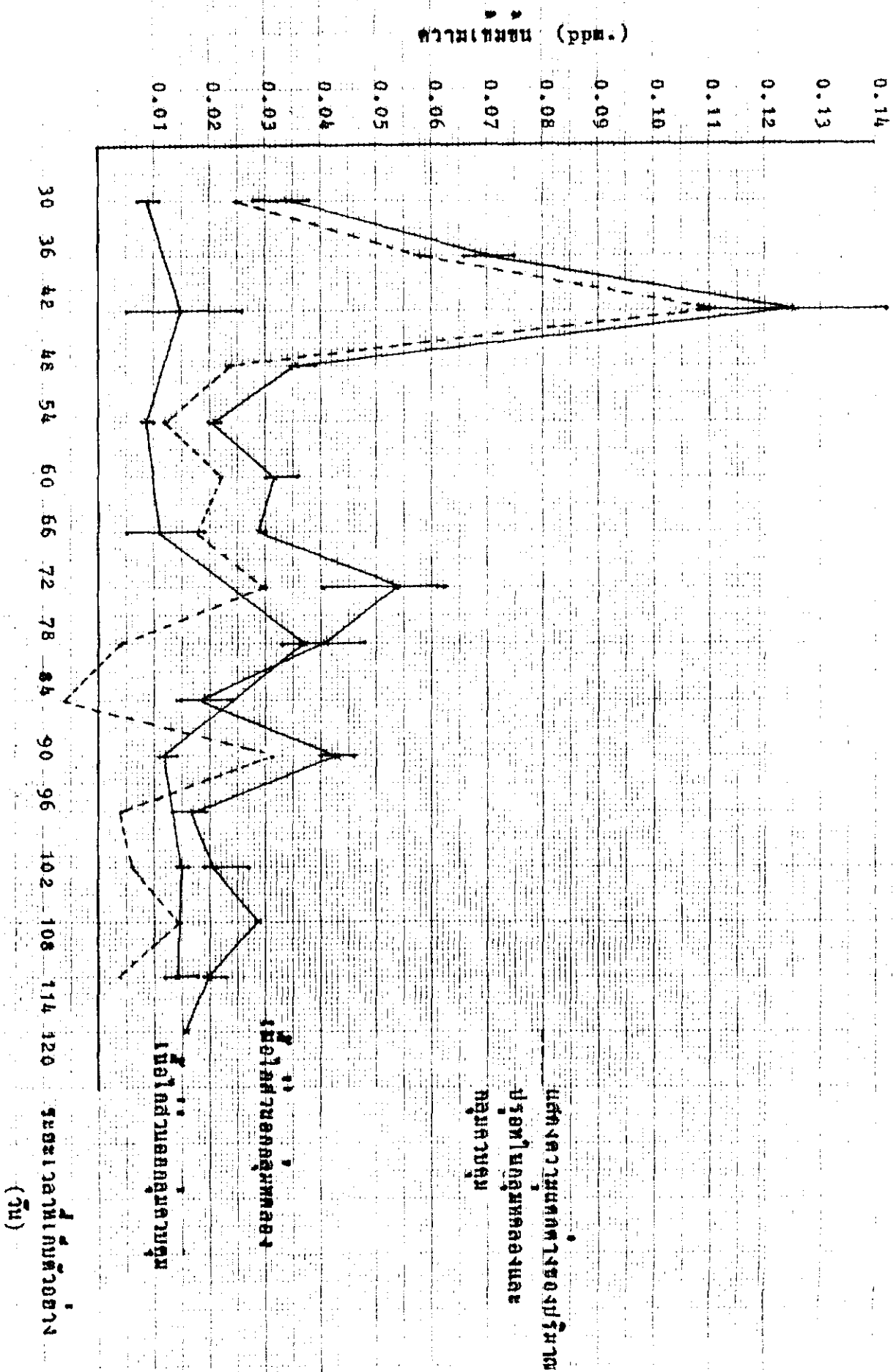
การวิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนนอก ที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนนอกของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
ได้แสดงไว้ในตาราง 4

ตาราง 4 แสดงปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนนอกของกลุ่มควบคุมที่เก็บทุก 12 วัน จำนวน
8 ครั้ง และกลุ่มทดลองที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน

ครั้งที่	ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง (วัน)	ปริมาณสารปรอท (ppm.)	
		กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
1	30	0.009	0.034
2	36	-	0.070
3	42	0.015	0.125
4	48	-	0.036
5	54	0.009	0.021
6	60	-	0.032
7	66	0.011	0.029
8	72	-	0.054
9	78	0.037	0.041
10	84	-	0.018
11	90	0.012	0.043
12	96	-	0.017
13	102	0.015	0.021
14	108	-	0.029
15	114	0.014	0.020
16	120	-	0.016

ผลการทดลองในตาราง 4 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนอกของกลุ่มควบคุมมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย ตลอดช่วงเวลา 90 วันทำการทดลอง โดยมีค่าระหว่าง 0.009 – 0.037 ppm. สำหรับกลุ่มทดลองนั้นปรากฏว่า ปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนอกมีค่าเท่ากับ 0.034 ppm. เมื่อให้อาหารผสมสารปรอทไปแล้ว 30 วัน จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 36 และ 42 วัน ปริมาณสารปรอทมีค่าสูงขึ้นจนมีค่าเท่ากับ 0.070 และ 0.125 ppm. ตามลำดับ แล้วเริ่มลดลงเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 48 และ 54 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.036 และ 0.021 ppm. ตามลำดับ จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 60 วัน ปริมาณสารปรอทสูงขึ้นจนมีค่าเท่ากับ 0.032 ppm. แล้วลดลงเล็กน้อยเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 66 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.029 ppm. และเมื่อให้อาหารผสมสารปรอทต่อไปเป็น 72 วัน ปริมาณสารปรอทสูงขึ้นจนมีค่าเท่ากับ 0.054 ppm. แล้วเริ่มลดลงเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 78 และ 84 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.041 และ 0.018 ppm. ตามลำดับ จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 90 วัน ปริมาณสารปรอทสูงขึ้นอีก มีค่าเท่ากับ 0.043 ppm. แล้วลดลงเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 96 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.17 ppm. และเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 102 และ 108 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.021 และ 0.029 ppm. ตามลำดับ จนกระทั่งเวลาผ่านไปเป็น 114 และ 120 วัน ปริมาณสารปรอทลดลงมีค่าเท่ากับ 0.020 และ 0.016 ppm. ทั้งแสดงในภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 แสดงปริมาณสารปรอทในน้ำดื่มทดลอง ของกลุ่มควบคุมเก็บทุก 12 วัน จำนวน 8 ครั้ง และกลุ่มทดลอง

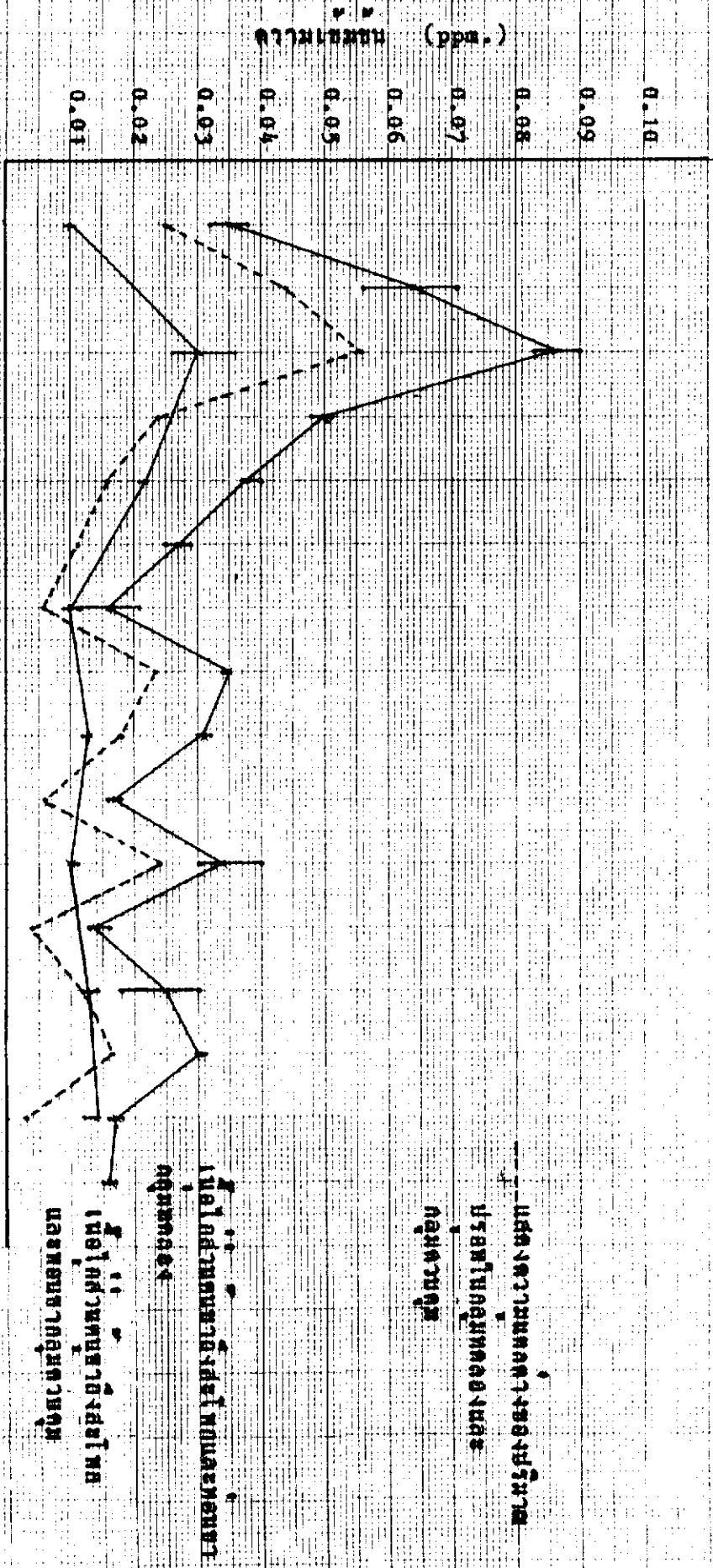
การวิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนต้นขาถึงสะโพกและท่อนขา ที่เก็บทุก 6 วัน
จำนวน 16 ครั้ง

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนต้นขาถึงสะโพกและท่อนขาของ
กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ได้แสดงไว้ในตาราง 5

ตาราง 5 แสดงปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนต้นขาถึงสะโพกและท่อนขาของกลุ่มควบคุมที่
เก็บทุก 12 วัน จำนวน 8 ครั้ง และกลุ่มทดลองที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง
เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน

ครั้งที่	ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง (วัน)	ปริมาณสารปรอท (ppm.)	
		กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
1	30	0.010	0.035
2	36	-	0.064
3	42	0.030	0.086
4	48	-	0.050
5	54	0.022	0.038
6	60	-	0.027
7	66	0.010	0.016
8	72	-	0.035
9	78	0.013	0.031
10	84	-	0.017
11	90	0.010	0.034
12	96	-	0.014
13	102	0.013	0.025
14	108	-	0.030
15	114	0.014	0.017
16	120	-	0.016

ผลการทดลองในตาราง 5 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนต้นขาถึงสะโพกและท่อนขาของกลุ่มควบคุมมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย ตลอดช่วงเวลา 90 วันทำการทดลอง คือมีค่าระหว่าง 0.010 - 0.030 ppm. สำหรับในกลุ่มทดลองนั้นปรากฏว่า เมื่อให้อาหารผสมสารปรอทไปแล้ว 30 วัน ปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนต้นขาถึงสะโพกและท่อนขา มีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม คือมีค่าเท่ากับ 0.035 ppm. จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 36 และ 42 วัน ปริมาณสารปรอทมีค่าสูงขึ้นอีกจนถึง 0.064 และ 0.086 ppm. ตามลำดับ แล้วเริ่มลดลงเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 48 54 60 และ 66 วัน คือมีค่าเท่ากับ 0.050 0.038 0.027 และ 0.016 ppm. ตามลำดับ เมื่อให้อาหารผสมสารปรอทไปเป็นเวลา 72 วัน ปริมาณสารปรอทสูงขึ้นโดยมีค่าเท่ากับ 0.035 ppm. จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 78 และ 84 วัน ปริมาณสารปรอทลดลงมีค่าเท่ากับ 0.031 และ 0.017 ppm. ตามลำดับ เมื่อให้อาหารผสมสารปรอทเป็น 90 วัน ปริมาณสารปรอทสูงขึ้นอีกมีค่าเท่ากับ 0.034 ppm. แล้วลดลงเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 96 วัน คือมีค่าเท่ากับ 0.014 ppm. จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 102 และ 108 วัน ปริมาณสารปรอทสูงขึ้นโดยมีค่าเท่ากับ 0.025 และ 0.030 ppm. ตามลำดับ แล้วลดลงเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 114 และ 120 วัน คือมีค่าเท่ากับ 0.017 และ 0.016 ppm. ตามลำดับ ทั้งแสดงในภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 แสดงปริมาณสารโปรตีนในเนื้อสัตว์ของสัตว์ทดลองและสัตว์ควบคุมที่เลี้ยงดู 12 วัน จำนวน 8 ครั้ง และกลุ่มทดลองที่เลี้ยงดู 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน

บทย่อ สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

บทย่อ

จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารปรอทในตัวอย่างเนื้อไก่จากอวัยวะส่วนต่าง ๆ ในช่วงเวลาที่ไก่ได้รับอาหารผสมสารปรอท

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

1. พันธุ์ไก่และวิธีการเลี้ยง

1.1 กลุ่มตัวอย่างเป็นไก่พันธุ์โรดไอส์แลนด์แดง เพศเมีย อายุ 18 สัปดาห์ จำนวน 40 ตัว โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม จำนวน 8 ตัว และกลุ่มทดลอง จำนวน 32 ตัว

1.2 การให้อาหารไก่ ไก่ทั้งสองกลุ่มได้รับอาหารสำเร็จรูปของบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อุตสาหกรรมจำกัด ในปริมาณและเวลาเท่า ๆ กัน สำหรับอาหารของกลุ่มทดลอง ได้ผสมกับ เมอร์คิวรี (II) อะซิเตด จำนวน 8 มิลลิกรัมต่ออาหารไก่หนึ่งกิโลกรัม

1.3 การฆ่าไก่ ทำการฆ่าไก่ทั้งสองกลุ่ม หลังจากให้ไก่กินอาหารดังกล่าวเป็นเวลา 30 วัน โดยจะฆ่าไก่ทุก 6 วัน เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน

1.4 การชำแหละเนื้อไก่ ฆ่าไก่แล้วนำมาชำแหละออกเป็นส่วนต่าง ๆ 5 ส่วน คือ เนื้อส่วนคอ หลัง ปีก อก ต้นขาถึงสะโพกและท่อนขา

1.5 การเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารปรอท นำเนื้อไก่ทั้ง 5 ส่วนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมาบดด้วยเครื่องบด สุ่มตัวอย่างเนื้อไก่ส่วนปีก อก ต้นขาถึงสะโพกและท่อนขา มาส่วนละ 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 5 กรัม สำหรับส่วนคอและส่วนหลัง ใช้ปริมาณทั้งหมดที่ขังได้

2. เครื่องมือที่ใช้

เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องมือวิเคราะห์ปรอท (ซีรานุมา แบบเอชจี 1) ของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

3. การทดลอง

3.1 เตรียมสารละลายที่ใช้ในปฏิกิริยาออกซิเคชัน และรีดักชัน คือสารละลายโพตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต สารละลายไฮดรอกซีลามีนไฮโดรคลอไรด์ และสารละลายสแตนนัสคลอไรด์

3.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานของปรอท เพื่อจัดทำกราฟมาตรฐาน

3.2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานของปรอท ความเข้มข้น 0.001 0.002 0.003 0.005 0.010 0.020 และ 0.030 ppm. ตามลำดับ โดยเตรียมจากสารละลายตั้งต้นความเข้มข้น 10 ppm. เติมกรดไนตริกเข้มข้น กรดคลอริกเข้มข้น น้ำปราศจากไอออน และสารละลายต่าง ๆ ในข้อ 3.1 แล้วนำไปอ่านค่าความสูงของพีคในเครื่องวิเคราะห์ปรอท

3.2.2 เขียนกราฟระหว่างความสูงของพีคที่ได้กับปริมาณปรอทในสารละลายมาตรฐาน ใช้เป็นกราฟมาตรฐานสำหรับอ่านเทียบค่าปริมาณสารปรอทในสารละลายตัวอย่าง

3.3 เตรียมสารละลายตัวอย่าง

เนื้อไก่ทั้ง 5 ส่วนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่บดแล้ว นำมาแยกวิเคราะห์ดังนี้

เนื้อไก่ส่วนปีก ออก ตันชาถึงสะโพกและท่อนขา ส่วนละ 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 5 กรัม เนื้อไก่ส่วนคอ ส่วนหลัง ใช้ปริมาณทั้งหมดที่ชั่งได้ นำแต่ละส่วน มาทำลายโปรตีน โดยการเติมกรดไนตริกเข้มข้น กรดคลอริกเข้มข้น และน้ำปราศจากไอออน ตามลำดับ โดยให้มีปริมาตรเป็น 2 เท่าของน้ำหนักเนื้อไก่แต่ละส่วน การปรับปริมาตรให้เป็น 10 เท่าของน้ำหนักเนื้อไก่ การวิเคราะห์ปริมาณสารปรอทโดยการเติมสารละลายในข้อ 3.1

แล้วนำไปอ่านค่าความสูงของพีคในเครื่องวิเคราะห์ปรอท

4. การคำนวณข้อมูล

ความสูงของพีคที่อ่านได้จากสารละลายตัวอย่าง สามารถหาปริมาณสารปรอทโดยวัดค่าเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน มีหน่วยเป็น ไมโครกรัม และคำนวณค่าที่อ่านได้เป็นหน่วย ไมโครกรัม/กรัม หรือ ppm.

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ยของปริมาณปรอทจากตัวอย่างเนื้อไก่ส่วนคอ หลัง ออก ถิ่นชา ถึงสะโพกและท่อนขา
2. เขียนกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณปรอทที่สะสมในเนื้อไก่กับระยะเวลา หลังจากให้ไก่ได้รับอาหารผสมสารปรอท

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

1. ปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนคอของกลุ่มทดลอง มีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนกว่ากลุ่มควบคุม โดยปริมาณสารปรอทเพิ่มขึ้นหลังจากให้อาหารผสมสารปรอทไปแล้ว เป็นเวลา 30 42 60 70 96 และ 114 วัน ตามลำดับ และลดลงหลังจากให้อาหารผสมสารปรอทไปแล้ว 54 72 90 และ 108 วัน ตามลำดับ
2. ปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนหลังของกลุ่มทดลอง มีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนกว่ากลุ่มควบคุม โดยปริมาณสารปรอทเพิ่มขึ้นหลังจากให้อาหารผสมสารปรอทไปแล้ว เป็นเวลา 30 42 60 70 90 และ 102 วัน ตามลำดับ และลดลงหลังจากให้อาหารผสมสารปรอทไปแล้วเป็นเวลา 48 72 84 96 และ 114 วัน ตามลำดับ
3. ปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนปีกของกลุ่มทดลอง มีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนกว่ากลุ่มควบคุม โดยปริมาณสารปรอทเพิ่มขึ้นหลังจากให้อาหารผสมสารปรอทไปแล้ว เป็นเวลา 42 72 90 และ 102 วัน ตามลำดับ และลดลงหลังจากให้อาหารผสม

สารปรอทไปแล้วเป็นเวลา 48 66 84 และ 114 วัน ตามลำดับ

4. ปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนนอกของกลุ่มทดลอง มีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนกว่ากลุ่มควบคุม โดยปริมาณสารปรอทเพิ่มขึ้นหลังจากให้อาหารผสมสารปรอทไปแล้วเป็นเวลา 42 60 72 90 และ 108 วัน ตามลำดับ และลดลงหลังจากให้อาหารผสมสารปรอทไปแล้วเป็นเวลา 48 66 84 96 และ 114 วัน ตามลำดับ

5. ปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนต้นขาถึงสะโพกและท่อนขาของกลุ่มทดลอง มีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนกว่ากลุ่มควบคุม โดยปริมาณสารปรอทเพิ่มขึ้นหลังจากให้อาหารผสมสารปรอทไปแล้วเป็นเวลา 42 72 90 และ 108 วัน ตามลำดับ และลดลงหลังจากให้อาหารผสมสารปรอทไปแล้วเป็นเวลา 48 66 84 96 และ 114 วันตามลำดับ

อภิปรายผลการศึกษานี้ว่า

การสะสมปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนนอก ส่วนต้นขาถึงสะโพกและท่อนขา พบว่ามีปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนนอกมากกว่าปริมาณสารปรอทในเนื้อส่วนต้นขาถึงสะโพกและท่อนขา ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ สมาร์ท และ ลอยด์ (Smart and Lloyd. 1963 : 734 - 740) กับ ไรท์ ยังเกอร์ และ ไรเนอร์ (Wright, Younger and Riner. 1974 : 366 - 372) ที่ได้ศึกษาปริมาณการสะสมสารปรอทในเนื้อไก่ โดยให้ไก่กินอาหารผสมเมทิลเมอร์คิวรีไดไฮดรอกไซด์แล้วพบว่า ปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนนอกมากกว่าส่วนต้นขาถึงสะโพกและท่อนขา การที่ปริมาณสารปรอทของเนื้อไก่ส่วนนอกมากกว่าส่วนต้นขาถึงสะโพกและท่อนขา อาจขึ้นอยู่กับ ความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีในกล้ามเนื้อไก่ ซึ่งมีผลต่อการรวมตัวกับ เมอร์คิวรี (II) อะซิเตต

เมื่อให้อาหารผสมสารปรอทไปแล้ว 30 และ 42 วัน จะพบว่าการสะสมสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนคอ หัว และส่วนนอกมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสารปรอทในระยะเวลาต่อ ๆ มา ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารปรอทเพิ่มขึ้น และลดลงเพียงเล็กน้อยเป็นช่วง ๆ อย่างสม่ำเสมอ โดยปริมาณสารปรอทที่เพิ่มขึ้นในระยะหลังมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เนื้อไก่ส่วนปีก ส่วนต้นขาถึงสะโพกและท่อนขาซึ่งเป็นส่วนที่มีการเคลื่อนไหวมาก มีการ

เปลี่ยนแปลงปริมาณสารโปรตีนเพิ่มขึ้นและลดลงในระดับใกล้เคียงกันเป็นช่วง ๆ อย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาที่ให้อาหารผสมสารโปรตีน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ใก่มีการปรับสภาวะของร่างกายในการขับสารโปรตีน เมื่อถึงขีดจำกัดที่ร่างกายจะรับสารโปรตีนไว้ได้แตกต่างกันตามสภาพการใช้งานของกล้ามเนื้อในอวัยวะที่แตกต่างกัน

การที่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารโปรตีนในเนื้อใก่กลุ่มทดลองเช่นนี้ อาจจะมี ความหมายเกี่ยวกับกลไกการเก็บสะสม และการขับสารโปรตีนในเนื้อใก่ หรือ เนื้อสัตว์อื่น ๆ นั่นคือ ข้อมูลจากการทดลองนี้ จะเป็นแนวทางหรือนำไปอ้างอิงได้ว่า ถ้าตรวจพบปริมาณสารโปรตีนในเนื้อใก่เพิ่มขึ้นและลดลงเป็นช่วง ๆ ในระยะเวลาหนึ่งเช่นนี้ การตรวจหาปริมาณสารโปรตีนในช่วงเวลาที่ยาวนานติดต่อกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาค้นคว้าในครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาปริมาณสารโปรตีนในเนื้อใก่ และอวัยวะส่วนอื่นของใก่ในระยะเดือนแรกของการให้อาหารด้วย และใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์หาปริมาณสารโปรตีนในช่วงเวลาที่น้อยลง เช่น ใช้เวลาเพียง 2 หรือ 3 วัน ในการเก็บตัวอย่าง 1 ครั้ง
2. ควรศึกษาปริมาณสารโปรตีนในส่วนเนื้อและอวัยวะส่วนอื่น ๆ ของใก่ในช่วงระยะเวลา และฤดูกาลที่แตกต่างกันออกไป
3. ควรศึกษาว่า หลังจากหยุดให้อาหารที่ผสมด้วยสารโปรตีนแล้ว มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมสารโปรตีนในอวัยวะส่วนต่าง ๆ อย่างไร
4. ควรศึกษาปริมาณสารโปรตีนในส่วนอง ขน กระจก อูจจาระ และปัสสาวะของใก่ด้วย
5. ควรศึกษาปริมาณของสารโปรตีนในอาหารใก่ของบริษัทยุติผลอาหารใก่ที่มีอยู่ในประเทศไทย ในระยะเวลาและฤดูกาลที่แตกต่างกัน
6. ควรสำรวจเนื้อใก่ที่จำหน่ายในท้องตลาดในประเทศไทย ว่ามีปริมาณสารโปรตีนตกค้างอยู่จนถึงขีดเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคหรือไม่

7. การศึกษาสารปรอทในลูกไก่ ที่เลี้ยงตั้งแต่เริ่มฟักออกเป็นตัวจนถึงระยะหนึ่ง เพื่อศึกษาผลของสารปรอทก่อนนำหนักของลูกไก่ ค่า LD_{50} (ปริมาณสารพิษก่อนน้ำหนักสัตว์ทดลอง ที่ทำให้สัตว์ทดลองตายร้อยละ 50 ของจำนวนทั้งหมด) อาการพิษที่แสดงให้เห็น และการเปลี่ยนแปลงทางจุลพยาธิวิทยาในลูกไก่ทดลอง เมื่อใช้สารปรอทคือ เมอร์คิวรี (II) อะซิเตต

8. ควรมีการตรวจปริมาณสารปรอทในกลุ่มบุคคลที่สัมผัส หรือทำงานเกี่ยวข้องกับปรอทโดยตรง เช่นคนงานในโรงงานพลาสติก โรงงานกระดาษ หัตถแพทย์ เป็นต้น การตรวจหาปริมาณสารปรอทควรตรวจในช่วงเวลาสั้น ๆ และตรวจติดต่อกันเป็นเวลานานหลายวัน เช่น ทุก 2 หรือ 3 วัน นานประมาณ 1 เดือน เป็นต้น ผลที่ได้จากการตรวจสอบจะทำให้ทราบว่า ปริมาณสารปรอทที่ตรวจพบนั้น อยู่ในขีดที่เป็นอันตรายต่อผู้ที่สัมผัสหรือทำงานเกี่ยวข้องกับปรอทหรือไม่

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- ประวิทย์ ชุ่มเกษียร และคนอื่น ๆ "การศึกษาสารโลหะหนักเป็นพิษในเนื้อสัตว์ที่ใช้เป็นอาหาร" รายงานการสัมมนาทางวิชาการ สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปัญหามลภาวะโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2520, 274 หน้า
- พิมล เรียนวัฒนา สเปกโตรสโคปีขั้นพื้นฐานกับการประยุกต์ทางเคมี อักษรเจริญทัศน์ 2524, 292 หน้า
- พิมล เรียนวัฒนา และ วิโรจน์ ปิยวัชรพันธุ์ "การหาปริมาณรวมของปรอทในปลาน้ำจืด" รายงานการสัมมนาทางวิชาการ สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปัญหามลภาวะโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2520, 274 หน้า
- มนตรี จุฬาวัฒนพล วิถีเมตาบอลิซึม ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 2525, 64 หน้า
- แมน อมรสิทธิ์ "อะตอมมิกแอสซอร์พชันสเปกโตรสโคปี" วิทยาศาสตร์ 29(11) : 13 - 18 พฤศจิกายน 2518
- ไมตรี สุทธจิตต์ สารพิษในสิ่งแวดล้อมและการเกิดมะเร็ง ม.ป.ท.,ม.ป.ป., 277 หน้า
- วิจิตร คงพล "พิษตกค้างของสารปรอทในอาหารคนไทย" วิทยาศาสตร์ 32(7) : 9 - 18 กรกฎาคม 2521
- วิโรจน์ จันทรรัตน์ กายวิภาคและสรีรวิทยาสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว คณะผลิตกรรมทางการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ เชียงใหม่ ม.ป.ป., 174 หน้า
- สุรณี ไรจน์อารยานนท์ สภาวะแวดล้อมของเรา สถาบันสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2526, 119 หน้า
- สุวรรณ เกษตรสุวรรณ ไข่และเนื้อไก่ ภาควิชาสัตวบาลสัตว์ปีก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2519, 396 หน้า

- Chickos, J.S., D.L.Garin and R.A.Rouse. Chemistry : It Role in Society. London, D.C.Health and Company, 1973. 539 p.
- Chao, Eddie S.E., John F. Gierthy and Gerald D. Frenkel. "A Comparative Study of the Effects of Mercury Compounds on Cell Viability and Nucleic Acid Synthesis in Hela Cells," Biochem. Pharmacol. 33(12) : 1941 - 1945, 1984
- Clark. E.G.C. Verterinary Toxicology. London, Bailliere, Tindall, 1975. 433 p.
- Conor Reilly. Metal Contamination of Food. London, Applied Science Publishers, 1980. 235 p.
- Dreisbach, Robert H. Handbook of Poisoning. 11 th. Edition, Lange Medical Publications Maruzen Asia (Private) LTD, 1983. 634 p.
- Ebdon, L. An Introduction to Atomic Absorption Spectroscopy : A Self Teaching Approach. London, Heyden, 1982. 133 p.
- Gardiner, E.E. "Differences between Ducks, Pheasants, and Chickens in Tissue Mercury Retention, Depletion and Tolerance to Inressing Levels of Dietary Mercury," Canadian Journal of Animal Science. 52(2) : 419 - 423, 1972.
- Gardiner, E.E., Hironaka, R., Glen, S.B. "Growth, Feed Efficiency and Levels of Mercury in Tissues of Two Breeds of Chickens Fed Methyl Mercury Dicyandiamide," Canadian Journal of Animal Science. 51(3) : 651 - 662, 1971.
- Ganther and Others. "Selenium : Relation to Decreased Toxicity of Methylmercury Added to Diets Containing Tuna," Science. 175 : 1122 - 1123, 1972.
- Gruenwedel, D.N. and M.K. Cruikshank. "Effect of Methylmercury (II) on the Synthesis of Deoxyribonucleic Acid, Ribonucleic Acid and Protein in Hela S3 Cell," Biochem. Pharmacol. 23 : 651 - 655, 1979.
- Hanson, N.W. Official Standardized and Recommened Methods of Analysis. London, The Society for Analytical Chemistry, 1973. 45 p.
- Hatch, W.R. and W.L. Ott. "Determination of Submicrogram Quantities of Mercury Absorption Spectrophotometry," Anal. Chem. 40 : 2085 - 2087, 1968.

- Jensen, S. and Jernelöv, A. "Biological Methylation of Mercury in Aquatic Organisms," Nature, 223 : 753 - 754, August, 1969.
- Jernelöv, A. In Chemical Fallout : Current Research of Persistent Pesticides, Springfield, Illinois, Charles C. Thomas, 1969. p. 75 - 93.
- Johansen, O. and Steinnes Eiliv. "Simple Neutron Activation Method for Mercury in Biological Material," The Analyst, 90 : 515 - 530, 1965.
- Law, P.Y. and others. "Synthesis and Catalytic Activity of Spin - Labeled Cobinamide Coenzymes," Biochemistry, 10(18) : 3428 - 3435, 1971.
- Lubert Stryer. Biochemistry, San Francisco, W.H. Freeman and Company, 1981. 949 p.
- McAuliffe, C.A. The Chemistry of Mercury. London, The Macmillan Press, 1980. 288 p.
- Matsuura, M., Akahori, F. and Arai, K. Bull. Azabu. Vet. Coll. Japan, 51 : 45, 1971.
- Miller, Morton W. and Thomas W. Clarkson. Mercury, Mercurials and Mercaptans. Springfield, Illinois, Charles C. Thomas, 1971. 386 p.
- Nakazawa, N., F. Makino and S. Okada. "Acute Effects of Mercuric Compounds on Cultured Mammalian Cells," Biochem. Pharmacol. 24 : 489 - 493, 1975.
- Penley, M.W. and others. "Chemical and Biological Studies with Fluoroalkylcobalamins," Biochemistry, 9(22) : 4302 - 4309, 1970.
- Pitts, J.N. and R.L. Metcalf. Advances in Environmental Science and Technology. New York, Wiley - Interscience, 1971, p. 39 - 55.
- Plumb, Robert C. "Mercury Poisoning," Journal of Chemical Education, 49(1) : 28, 1972.
- Ralf Hartung and Bertram D. Dinman. Environmental Mercury Contamination. Michigan, Ann Arbor Science Publishers, 1974. 345 p.

- Staffan Skerfving, Kerstin Hansson and Jan Lindsten, "Chromosome Breakage in Humans Exposed to Methyl Mercury Through Fish Consumption," Arch. Env. Health. 21 : 133 - 139, August, 1970.
- Somer, E. "The Toxic Potential of Trace Metals in Food," A Review J. Food Sci. 39 :215, 1974.
- Stainton, Michael P. "Syring Procedur for Transfer of Nanogram Quantities of Mercury Vapor Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry," Analytical Chemistry. 43(4) : 625 - 627, 1971.
- Stig Tejning and Ragnar Vesterberg. "Alkyl Mercury Treated Seed in Food Grain," Poultry Science. 43 : 6 - 11, 1964.
- Stocker, H.S. and Seager, S.L. Environmental Chemistry : Air and Water Solution. Glenview, Illinois, Foresman and Company, 1976. p. 200 - 208.
- Wood, J.M. F. Scott Kennedy and C.G. Rosen. "Synthesis of Methyl - mercury Compounds by Extracts of a Methanogenic Bacterium," Nature. 220 : 173 - 174, October, 1968.
- Wright, F.C., Younger and J.C. Riner. "Residues of Mercury in Tissues and Eggs of Chickens Given Oral Doses of Panogen 15," Bull. Environ. Contam. Toxicol. 12(3) : 366 - 372, 1974.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนคอ หลัง ปีก ออก
ต้นขาถึงสะโพกและท่อนขา ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตาราง 1 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในเนื้อไก่ส่วนคอของกลุ่มควบคุมที่เก็บทุก 12 วัน จำนวน 3 ครั้ง และกลุ่มทดลองที่เก็บทุก 6 วันจำนวน 16 ครั้งเป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน

ระยะ เวลา	กลุ่มควบคุม					กลุ่มทดลอง				
	ปริมาณ เนื้อไก่	ปริมาตร สาร	ปริมาณปรอท (ppm.)			ปริมาณ เนื้อไก่	ปริมาตร สาร	ปริมาณปรอท (ppm.)		
	(g)	ละลาย (cm ³)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	(g)	ละลาย (cm ³)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
30	19.2435	192.43	0.036	0.032	0.034	28.4303	284.30	0.138	0.131	0.136*
36	-	-	-	-	-	30.3930	303.93	0.065	0.062	0.064
42	25.3600	253.60	0.031	0.028	0.029	35.2307	352.30	0.064	0.067	0.066
48	-	-	-	-	-	31.8238	318.23	0.024	0.030	0.027
54	24.4306	244.30	0.005	0.006	0.006	43.6500	436.50	0.022	0.026	0.024
60	-	-	-	-	-	38.7411	387.41	0.062	0.054	0.058
66	29.1532	291.53	0.020	0.024	0.022	43.0448	430.44	0.050	0.058	0.054
72	-	-	-	-	-	42.1262	421.26	0.026	0.024	0.025
78	25.8946	258.94	0.003	0.001	0.002	38.7294	387.29	0.040	0.034	0.037
84	-	-	-	-	-	45.3529	453.52	0.016	0.018	0.017
90	25.4232	254.23	0.007	0.010	0.009	42.9495	429.49	0.014	0.016	0.015
96	-	-	-	-	-	35.5206	355.20	0.014	0.038	0.026
102	26.0570	260.57	0.011	0.012	0.012	40.9672	409.67	0.044	0.046	0.045
108	-	-	-	-	-	54.8535	548.53	0.030	0.030	0.030
114	30.3905	303.90	0.018	0.018	0.018	44.1824	441.82	0.088	0.096	0.092
120	-	-	-	-	-	41.1217	411.21	0.040	0.038	0.039

*,** แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณปรอทจากการวัด 3 ครั้ง ครั้งที่ 3 เท่ากับ * 0.138 ** 0.028

ตาราง 2 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในเนื้อไก่ส่วนหลังของกลุ่มควบคุมที่เก็บทุก 12 วัน จำนวน 8 ครั้ง และกลุ่มทดลองที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน

ระยะเวลา	กลุ่มควบคุม					กลุ่มทดลอง				
	ปริมาณเนื้อไก่ (g)	ปริมาตรสารละลาย (cm ³)	ปริมาณปรอท (ppm.)			ปริมาณเนื้อไก่ (g)	ปริมาตรสารละลาย (cm ³)	ปริมาณปรอท (ppm.)		
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
30	9.4435	94.43	0.028	0.031	0.030	21.8614	218.61	0.126	0.140	0.125**
36	-	-	-	-	-	18.8201	188.20	0.076	0.072	0.074
42	10.0628	100.62	0.040	0.034	0.037	24.4551	244.55	0.082	0.082	0.082
48	-	-	-	-	-	18.8238	188.23	0.022	0.022	0.022
54	12.0000	120.00	0.010	0.006	0.008	24.4208	244.20	0.028	0.038	0.033
60	-	-	-	-	-	21.0905	210.90	0.050	0.052	0.051
66	9.9240	99.24	0.012	0.012	0.012	24.1461	241.46	0.030	0.066	0.048
72	-	-	-	-	-	22.0019	220.01	0.022	0.010	0.016
78	12.8620	128.62	0.010	0.010	0.010	22.8685	228.68	0.038	0.040	0.039
84	-	-	-	-	-	25.2454	252.45	0.014	0.016	0.015
90	12.1279	121.27	0.006	0.004	0.005	20.0303	200.30	0.012	0.020	0.016
96	-	-	-	-	-	18.8251	188.25	0.012	0.010	0.011
102	12.8836	128.83	0.014	0.014	0.014	19.7564	197.56	0.032	0.036	0.034
108	-	-	-	-	-	26.3722	263.72	0.034	0.028	0.031
114	12.2247	122.24	0.006	0.010	0.008	21.2158	212.15	0.026	0.022	0.024
120	-	-	-	-	-	20.1357	201.35	0.030	0.032	0.031

*** ค่าเฉลี่ยปริมาณปรอทจากการวัด 3 ครั้ง ครั้งที่ 3 เท่ากับ * 0.031 ** 0.108

ตาราง 3 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในเนื้อไก่ส่วนปีกกลุ่มควบคุม ที่เก็บ

ทุก 12 วัน จำนวน 8 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน

ระยะ เวลา	ปริมาณเนื้อไก่ (g)	ครั้งที่	ปริมาณเนื้อไก่ ที่ไซ้ (g)	ปริมาตรสาร ละลาย (cm ³)	ปริมาณปรอท (ppm.)	ค่าเฉลี่ย (ppm.)
30	32.96	1	5.0500	50	0.015	0.012
		2	5.0090	50	0.010	
		3	5.0220	50	0.010	
42	32.76	1	5.1021	50	0.031	0.031
		2	5.1300	50	0.030	
		3	5.0947	50	0.031	
54	31.30	1	5.0001	50	0.023	0.025
		2	5.0006	50	0.026	
		3	5.0012	50	0.027	
66	31.47	1	4.9857	50	0.014	0.013
		2	5.0009	50	0.017	
		3	4.9680	50	0.007	
78	30.96	1	5.1201	50	0.018	0.018
		2	4.9996	50	0.016	
		3	5.0892	50	0.019	
90	35.44	1	5.0148	50	0.012	0.011
		2	5.0012	50	0.010	
		3	4.9912	50	0.010	
102	36.65	1	5.0001	50	0.022	0.022
		2	5.0002	50	0.021	
		3	4.9997	50	0.023	
114	36.61	1	5.0000	50	0.013	0.012
		2	5.0341	50	0.012	
		3	4.9863	50	0.012	

ตาราง 4 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในเนื้อไก่ส่วนปีกกลุ่มทดลอง ที่เก็บ
ทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน

ระยะ เวลา	ปริมาณเนื้อไก่ (g)	ครั้งที่	ปริมาณเนื้อไก่ ที่ใช้ (g)	ปริมาตรสาร ละลาย (cm ³)	ปริมาณปรอท (ppm.)	ค่าเฉลี่ย (ppm.)
30	64.95	1	5.0010	50	0.020	0.022
		2	5.0137	50	0.028	
		3	5.0002	50	0.018	
36	57.78	1	5.0663	50	0.065	0.059
		2	5.0001	50	0.050	
		3	5.0080	50	0.061	
42	65.02	1	5.0110	50	0.059	0.072
		2	5.0105	50	0.076	
		3	5.0240	50	0.080	
48	58.08	1	5.1002	50	0.056	0.049
		2	5.0500	50	0.047	
		3	5.0306	50	0.044	
54	68.02	1	5.0009	50	0.038	0.039
		2	5.0204	50	0.038	
		3	5.0116	50	0.040	
60	61.73	1	4.9501	50	0.034	0.035
		2	4.9180	50	0.031	
		3	5.0586	50	0.040	
66	63.54	1	4.9825	50	0.033	0.034
		2	4.9857	50	0.035	
		3	5.0021	50	0.034	
72	64.40	1	5.0175	50	0.079	0.071
		2	4.9998	50	0.063	
		3	4.8996	50	0.063	

ระยะ เวลา	ปริมาณเนื้อไก่ (g)	ครั้งที่	ปริมาณเนื้อไก่ ที่ใช้ (g)	ปริมาตรสาร ละลาย (cm ³)	ปริมาณปรอท (ppm.)	ค่าเฉลี่ย (ppm.)
		1	5.0117	50	0.019	

ตาราง 4 (ต่อ)

ระยะ เวลา	ปริมาณเนื้อไก่ (g)	ครั้งที่	ปริมาณเนื้อไก่ ที่ใช้ (g)	ปริมาตรสาร ละลาย (cm ³)	ปริมาณปรอท (ppm.)	ค่าเฉลี่ย (ppm.)
78	58.00	1	5.0117	50	0.019	0.019
		2	5.0153	50	0.020	
		3	5.0052	50	0.018	
84	66.88	1	5.0564	50	0.015	0.014
		2	5.0495	50	0.014	
		3	5.0033	50	0.013	
90	69.02	1	5.0030	50	0.033	0.029
		2	5.0008	50	0.028	
		3	5.0009	50	0.027	
96	63.10	1	5.0157	50	0.014	0.013
		2	5.0137	50	0.013	
		3	5.0053	50	0.011	
102	65.22	1	5.0134	50	0.084	0.080
		2	5.0001	50	0.076	
		3	5.0086	50	0.080	
108	71.78	1	4.9807	50	0.033	0.030
		2	5.0084	50	0.028	
		3	5.0158	50	0.030	
114	60.66	1	5.0284	50	0.017	0.017
		2	5.0303	50	0.018	
		3	5.0037	50	0.016	
120	62.72	1	5.0066	50	0.012	0.013
		2	5.0046	50	0.013	
		3	4.9993	50	0.013	

ตาราง 5 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทในเนื้อไก่ส่วนอกกลุ่มควบคุม ที่เก็บ

ทุก 12 วัน จำนวน 6 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน

ระยะ เวลา	ปริมาณเนื้อไก่ (g)	ครั้งที่	ปริมาณเนื้อไก่ ที่ใช้ (g)	ปริมาตรสาร ละลาย (cm ³)	ปริมาณปรอท (ppm.)	ค่าเฉลี่ย (ppm.)
30	154.78	1	5.0330	50	0.008	0.009
		2	5.0660	50	0.011	
		3	5.0112	50	0.007	
42	163.63	1	5.0430	50	0.014	0.015
		2	5.0008	50	0.005	
		3	5.0207	50	0.026	
54	168.80	1	5.0300	50	0.010	0.009
		2	5.0101	50	0.009	
		3	5.0038	50	0.008	
66	158.60	1	5.0493	50	0.019	0.011
		2	5.0002	50	0.005	
		3	5.0226	50	0.010	
78	160.76	1	5.0979	50	0.031	0.037
		2	5.1091	50	0.048	
		3	5.1000	50	0.033	
90	166.04	1	5.0017	50	0.011	0.012
		2	5.0244	50	0.014	
		3	5.0241	50	0.012	
102	170.99	1	4.9993	50	0.014	0.015
		2	5.0268	50	0.016	
		3	5.0011	50	0.014	
114	164.40	1	5.0132	50	0.012	0.014
		2	5.0308	50	0.018	
		3	4.9984	50	0.011	

ตาราง 6 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในเนื้อไก่ส่วนอก กลุ่มทดลอง ที่เก็บ
ทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน

ระยะ เวลา	ปริมาณเนื้อไก่ (g)	ครั้งที่	ปริมาณเนื้อไก่ ที่ใส่ (g)	ปริมาตรสาร ละลาย (cm ³)	ปริมาณโปรตีน (ppm.)	ค่าเฉลี่ย (ppm.)
30	308.11	1	5.0186	50	0.038	0.034
		2	5.0226	50	0.037	
		3	5.0045	50	0.028	
36	268.95	1	4.9990	50	0.068	0.070
		2	5.0043	50	0.066	
		3	5.0100	50	0.075	
42	322.87	1	4.9982	50	0.126	0.125
		2	5.0116	50	0.142	
		3	4.8999	50	0.108	
48	246.78	1	5.0098	50	0.035	0.036
		2	5.0931	50	0.035	
		3	5.1002	50	0.039	
54	354.83	1	5.0105	50	0.022	0.021
		2	4.9899	50	0.020	
		3	5.0092	50	0.020	
60	264.9	1	5.0083	50	0.036	0.032
		2	5.0019	50	0.030	
		3	5.0067	50	0.030	
66	350.90	1	5.0017	50	0.029	0.029
		2	5.0120	50	0.029	
		3	5.0330	50	0.030	
72	309.70	1	5.0001	50	0.040	0.054
		2	5.0233	50	0.062	
		3	5.0125	50	0.061	

ตาราง 6 (ต่อ)

ระยะ เวลา	ปริมาณเนื้อไม้ (g)	ครั้งที่	ปริมาณเนื้อไม้ ที่ใช้ (g)	ปริมาตรสาร ละลาย (cm ³)	ปริมาณปรอท (ppm.)	ค่าเฉลี่ย (ppm.)
78	297.33	1	4.9994	50	0.040	0.041
		2	5.0015	50	0.041	
		3	5.0008	50	0.041	
84	324.43	1	5.0639	50	0.024	0.018
		2	5.0068	50	0.015	
		3	5.0055	50	0.014	
90	330.18	1	5.0093	50	0.042	0.043
		2	5.0265	50	0.046	
		3	5.0160	50	0.040	
96	292.00	1	5.0400	50	0.018	0.017
		2	5.0072	50	0.013	
		3	5.0409	50	0.019	
102	306.42	1	5.0694	50	0.027	0.021
		2	5.0391	50	0.018	
		3	5.0328	50	0.019	
108	361.15	1	5.0140	50	0.029	0.029
		2	5.0020	50	0.029	
		3	5.0130	50	0.029	
114	260.32	1	5.0102	50	0.019	0.020
		2	5.0227	50	0.023	
		3	4.9989	50	0.018	
120	258.18	1	5.0227	50	0.016	0.016
		2	5.0144	50	0.016	
		3	5.0154	50	0.016	

ตาราง 7 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในเนื้อไก่ส่วนต้นจนถึงสะโพกและท่อนขา
กลุ่มควบคุม ที่เก็บทุก 12 วัน จำนวน 6 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน

ระยะ เวลา	ปริมาณเนื้อไก่ (g)	ครั้งที่	ปริมาณเนื้อไก่ ที่ใช้ (g)	ปริมาตรสาร ละลาย (cm ³)	ปริมาณปรอท (ppm.)	ค่าเฉลี่ย (ppm.)
30	204.99	1	5.0020	50	0.010	0.010
		2	5.0260	50	0.010	
		3	4.9298	50	0.009	
42	235.03	1	4.9991	50	0.026	0.030
		2	5.0164	50	0.023	
		3	5.0387	50	0.036	
54	229.26	1	5.0040	50	0.022	0.022
		2	5.0600	50	0.022	
		3	5.1049	50	0.021	
66	210.68	1	5.0813	50	0.011	0.010
		2	5.0185	50	0.009	
		3	4.9904	50	0.010	
78	238.18	1	5.0251	50	0.012	0.013
		2	5.0286	50	0.013	
		3	4.9826	50	0.012	
90	237.68	1	5.0081	50	0.010	0.010
		2	5.0647	50	0.011	
		3	4.9994	50	0.010	
102	246.36	1	5.0147	50	0.012	0.013
		2	5.0051	50	0.012	
		3	5.0145	50	0.014	
114	258.18	1	5.0007	50	0.012	0.014
		2	4.9878	50	0.012	
		3	5.0396	50	0.017	

ตาราง 3 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในเนื้อไก่ส่วนต้นจนถึงสะโพกและท่อนขา
กลุ่มทดลอง ที่เก็บทุก 6 วัน จำนวน 16 ครั้ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน

ระยะ เวลา	ปริมาณเนื้อไก่ (g)	ครั้งที่	ปริมาณเนื้อไก่ ที่ใช่ (g)	ปริมาตรสาร ละลาย(cm ³)	ปริมาณปรอท (ppm.)	ค่าเฉลี่ย (ppm.)
30	442.11	1	5.0342	50	0.035	0.035
		2	5.0583	50	0.038	
		3	4.9987	50	0.032	
36	429.58	1	5.0012	50	0.066	0.064
		2	5.0124	50	0.071	
		3	4.9804	50	0.056	
42	434.40	1	5.0574	50	0.090	0.086
		2	5.0148	50	0.086	
		3	5.0703	50	0.083	
48	354.92	1	4.9990	50	0.048	0.050
		2	5.0043	50	0.050	
		3	5.0107	50	0.051	
54	481.55	1	5.0100	50	0.040	0.038
		2	5.0010	50	0.037	
		3	5.0002	50	0.038	
60	396.93	1	5.0072	50	0.029	0.027
		2	4.9910	50	0.025	
		3	5.0065	50	0.027	
66	466.11	1	5.0245	50	0.021	0.016
		2	5.0173	50	0.015	
		3	5.0039	50	0.011	
72	400.62	1	5.0110	50	0.034	0.035
		2	5.0159	50	0.035	
		3	5.0473	50	0.034	

ตาราง 3 (ต่อ)

ระยะ เวลา	ปริมาณเนื้อไก่ (g)	ครั้งที่	ปริมาณเนื้อไก่ ที่ใช้ (g)	ปริมาณสาร ละลาย(cm ³)	ปริมาณปรอท (ppm.)	ค่าเฉลี่ย (ppm.)
78	413.05	1	5.0830	50	0.031	0.031
		2	5.0036	50	0.032	
		3	5.0021	50	0.030	
84	426.66	1	5.0233	50	0.016	0.017
		2	5.0075	50	0.016	
		3	5.0561	50	0.018	
90	418.93	1	5.0214	50	0.040	0.034
		2	5.0003	50	0.030	
		3	5.0088	50	0.033	
96	406.25	1	5.0018	50	0.016	0.014
		2	5.0002	50	0.014	
		3	5.0226	50	0.013	
102	445.91	1	5.0640	50	0.030	0.025
		2	5.0255	50	0.026	
		3	5.0034	50	0.018	
108	483.03	1	5.0230	50	0.031	0.030
		2	5.0105	50	0.030	
		3	5.0187	50	0.030	
114	415.82	1	5.0013	50	0.016	0.017
		2	5.0015	50	0.016	
		3	5.0035	50	0.018	
120	420.63	1	5.0045	50	0.017	0.016
		2	4.9920	50	0.015	
		3	5.0046	50	0.015	

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนคอ หลัง ปีก ออก
ต้นขาถึงสะโพกและท่อนขา ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
เป็นจำนวนมิลลิกรัมต่อไก่ 1 ตัว

ตาราง 9 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนคอ หลัง ปีก
อก ตับจนถึงสะโพกและท่อนขา ของกลุ่มควบคุม เป็นจำนวนเฉลี่ยลิกรัมต่อไก่ 1 ตัว

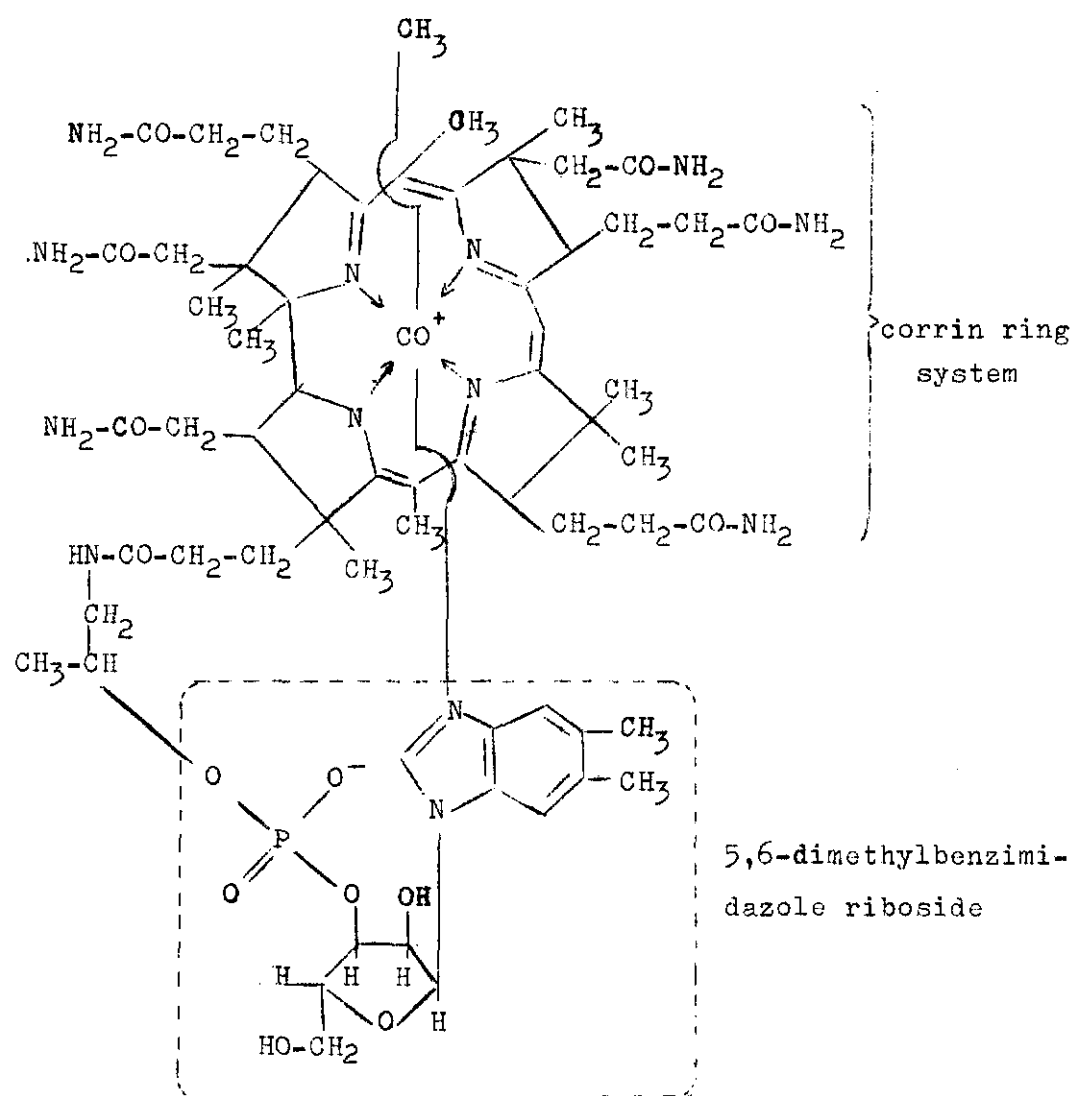
ระยะเวลา	ปริมาณเนื้อไก่ (g)					ปริมาณปรอท (mg) $\times 10^{-4}$				
	คอ	หลัง	ปีก	อก	ตับจนถึง สะโพก และ ท่อนขา	คอ	หลัง	ปีก	อก	ตับจนถึง สะโพก และ ท่อนขา
30	19.2435	9.4435	32.96	154.70	204.99	6.54	2.63	3.96	13.93	20.50
42	25.3600	10.0620	32.76	163.63	235.03	7.35	3.72	10.16	24.55	70.51
54	24.4306	12.0000	31.30	166.80	229.26	1.47	0.96	7.03	15.39	50.44
66	29.1532	19.9240	31.47	158.60	210.60	6.41	1.19	4.09	17.45	21.07
78	25.3946	12.3620	30.96	160.76	230.10	0.52	1.29	5.57	59.40	30.96
90	25.4232	12.1279	35.44	166.04	237.60	2.29	0.61	3.90	19.33	23.77
102	26.0570	12.8836	36.65	170.99	246.36	3.13	1.00	6.06	25.65	32.03
114	30.3905	12.2247	36.61	164.40	258.10	5.47	0.96	4.39	23.02	36.15

ตาราง 10 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในเนื้อไก่ส่วนคอ หลัง ปีก
อก ต้นขาถึงสะโพกและท่อนขา ของกลุ่มทดลอง เป็นจำนวนผลิตภัณฑ์ต่อไก่ 1 ตัว

ระยะเวลา	ปริมาณเนื้อไก่(g)					ปริมาณปรอท (mg) $\times 10^{-4}$				
	คอ	หลัง	ปีก	อก	ต้นขาถึง สะโพก และ ท่อนขา	คอ	หลัง	ปีก	อก	ต้นขาถึง สะโพก และ ท่อนขา
30	14.2151	10.9307	32.40	154.06	221.06	19.33	13.66	7.15	52.30	77.37
36	15.1965	9.4101	20.89	134.43	214.79	9.73	6.96	17.05	94.14	137.47
42	17.6153	12.2276	32.51	161.44	217.20	11.63	10.03	23.41	201.00	106.79
48	15.9113	9.4119	29.04	123.39	177.46	4.30	2.07	14.23	44.42	36.73
54	21.8250	12.2104	34.01	177.42	240.70	5.24	4.03	13.26	37.26	91.50
60	19.3705	10.5453	30.67	132.45	190.47	11.23	5.30	10.31	42.30	53.59
66	21.5224	12.0731	31.77	175.45	233.06	11.62	5.00	10.00	50.00	37.29
72	21.0631	11.0010	32.20	154.35	200.31	5.27	1.76	22.66	23.62	70.11
78	19.3647	11.4343	29.00	140.67	206.53	7.16	4.46	5.51	60.95	64.02
84	22.6764	12.6227	33.44	162.22	213.33	3.85	1.89	4.60	29.20	36.27
90	21.4747	10.0152	34.51	165.09	209.47	3.22	1.60	10.01	70.99	71.22
96	10.7603	9.4126	31.55	146.00	203.13	4.00	1.04	4.10	24.32	28.44
102	20.4036	9.0702	32.61	153.21	222.96	9.22	3.36	26.09	32.17	35.74
108	27.4267	13.1061	35.89	130.56	241.52	6.23	4.09	10.77	52.37	72.46
114	22.0912	10.6079	30.33	130.16	207.91	20.32	2.55	5.16	26.00	35.25
120	20.5600	10.0679	31.36	129.09	210.32	8.02	3.12	4.00	20.65	33.65

ภาคผนวก ก

แสดงสูตรโครงสร้างของเมทิลโคบาลามีน



ภาพประกอบ 1 แสดงสูตรโครงสร้างของเมทิลโคบาลามิน (Stryer. 1981 : 420)

การศึกษานิพนธ์สารปรอทในส่วนเนื้อของไข่
ที่ได้รับเมอร์คิวรี (II) อะซิเตต

บทคัดย่อ
ของ
สมพร เปี่ยมรุ่งเรือง

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

ตุลาคม 2528

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารปรอทในส่วนเนื้อ
ของไก่ตามระยะเวลาที่ไก่ได้รับสารปรอท ไก่โรตไอส์แลนด์แดงได้รับสารปรอทในรูป
เมอร์คิวรี(II) อะซิเตต 800 ไมโครกรัมต่อวัน เป็นเวลา 4 เดือน จึงเริ่มวิเคราะห์
ปริมาณปรอทจากเนื้อไก่ส่วนต่าง ๆ ของกลุ่มควบคุมทุก 12 วัน และกลุ่มทดลองทุก 6 วัน
เป็นเวลาทั้งสิ้น 90 วัน เนื้อไก่ส่วนที่ศึกษาคือ เนื้อไก่ส่วนคอ หลัง ปีก ออก ต้นขา
ถึงสะโพกและท่อนขา ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองมีระดับปรอทสูงกว่ากลุ่มควบคุม
ความเข้มข้นของปรอทในตัวอย่างที่ศึกษามีไม่เท่ากัน โดยความเข้มข้นของปรอทในเนื้อ
ส่วนคอ หลัง และ ส่วนอกมีมากกว่าส่วนปีก ต้นขาถึงสะโพกและท่อนขา นอกจากนี้ยัง
สังเกตได้ว่า ระดับปรอทสูงขึ้น และลดลงเป็นช่วง ๆ ในเนื้อไก่ทุกส่วนที่ศึกษา ผลที่ได้
อาจจะมีความหมายที่สำคัญเกี่ยวกับกลไกการเก็บสะสม และการขับปรอทในไก่ และสัตว์
อื่น ๆ ก็ได้

A STUDY OF MERCURY IN CHICKEN MUSCLE
FEEDING WITH MERCURY (II) ACETATE

AN ABSTRACT

BY

SOMPORN PIAMRUNGRUANG

Presented in partial fulfillment of requirements
for the Master of Education degree
at Srinakharinwirot University

October 1985

The purpose of this thesis was to study the variation of mercury in chicken muscle at various times after the chickens received mercury compound. Rhode Island Red hens received 800 microgram/day of mercury in the form of mercury (II) acetate for four months. After one month on this mercury supplemented diet the chickens were analysed for mercury content every 12 days in control group and 6 days in experimental group for 90 days. The muscles studied were neck, back, breast, wing, thigh and drumstick.

It was found that the experimental group had a higher mercury level than the control group in all muscles and that different muscles had different concentrations of mercury in the same animals. The concentrations of mercury in neck, back and breast were higher than wing, thigh and drumstick. It was also observed that there were indications of cycle in the rise and fall of mercury in all muscles studied leading perhaps to possible and interesting mechanisms of storage and disposal of mercury in chickens and other animals.