

การศึกษาปริมาณของปรอทในไข่ไก่ และการถ่ายทอดปรอทไปยังลูกไก่

ปริญญานิพนธ์

ของ

จุไรวรรณ ทิพนพงศ์พันธุ์

๓ ก.ย. ๒๕๒๕

สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท ๒๓ พระโขนง กรุงเทพฯ ๑๑ โทร ๓๙๒๑๕๗๕, ๓๙๑๕๐๕๘

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประธานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

เมษายน ๒๕๒๕

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาปริมาณของปรอทในไข่ไก่ และการถ่ายทอดปรอทไปยังลูกไก่

บทคัดย่อ

ของ

อุไรวรรณ ทวีทองพันธุ์

เล่นอดอมหาริทยาสืบศิรินทรวิโรด: ประธานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

เมษายน 2525

การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์ปริมาณของปรอทในไข่ขาวและไข่แดง และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณปรอทตามระยะเวลาหลังจากที่ไก่ได้รับสารปรอทเมอคิวรี (II) อะซีเตท ตลอดจนศึกษาการถ่ายทอดสารปรอทไปยังลูกไก่ด้วย ผลการศึกษาปรากฏว่า ปรอทในไข่ขาวมีปริมาณต่ำมาก คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.008 - 0.053 ppm. โดยมีปริมาณใกล้เคียงกันเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาหลังจากที่ไก่ได้รับสารเมอคิวรี (II) อะซีเตท สำหรับในไข่แดงพบปรอทในปริมาณที่ค่อนข้างสูง คือ มีค่าระหว่าง 0.250 - 0.520 ppm. โดยมีการเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาหลังจากที่ไก่ได้รับสารปรอท คือ จะเพิ่มขึ้นในระยะเวลา 30 - 50 และ 80 - 105 วัน และจะลดลงในระยะเวลา 55 - 75 และ 110 - 120 วัน ในไข่อ่อนจากท้องแม่ไก่พบปริมาณของปรอทสูงสุดในไข่ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.91 - 1.20 เซนติเมตร มีค่า 1.847 ppm. นอกจากนี้ยังพบว่าปรอทมีการถ่ายทอดจากแม่ไก่ไปยังลูกไก่โดยสารปรอทจะสะสมอยู่ในส่วนเครื่องในของลูกไก่ในปริมาณสูงกว่าในส่วนเนื้อของลูกไก่ คือ มีค่าโดยเฉลี่ย 0.068 และ 0.048 ppm. ตามลำดับ

*A STUDY OF MERCURY CONTENT IN CHICKEN EGGS
AND MERCURY TRANSFER OF CHICKS*

AN ABSTRACT

BY

URAIWAN THANHAPHONGPHAN

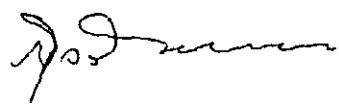
*Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree
at Srinakharinwirot University
April 1982*

The purpose of this thesis is to quantitatively analyse the mercury content in egg white and yolk and to observe their variation with time after mercury (II) acetate is fed to hens and cocks. The amount of mercury which has been transferred to the chicks is also analysed. The experimental data show that the mercury content in egg white is very low and is in the range of 0.008 - 0.053 ppm. This range of mercury content did not vary with time during the period of the experiment. In egg yolk the mercury content is rather high, in the range of 0.250 - 0.520 ppm. and changes with time during the experiment. The mercury content in the yolk is found to increase during the period of 30 - 50 days and 80 - 105 days and to decrease during the period of 55 - 75 and 110 - 120 days respectively. For eggs that are removed from hens and which have no shells the highest mercury content of 1.847 ppm. is found in eggs having diameters of 0.91 - 1.20 centimeters. It is also observed that some amount of mercury is transferred from hen to chick. The mercury content in the chicks averaged 0.068 ppm. in the internal organs and 0.048 ppm. in muscles respectively.

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตและคณะกรรมการสอบ ได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิตของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการที่ปรึกษา

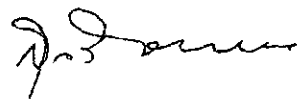
คณะกรรมการสอบ



ประธาน

นางวันแก้ว จันทะ

กรรมการ



ประธาน

นางวันแก้ว จันทะ

กรรมการ



กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงด้วยความช่วยเหลือและแนะนำอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญา พานิชย์พันธุ์ ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ลุ่สลิ สันทรกระจำจ ประธานกรรมการที่ปรึกษา และ อาจารย์พงษ์พันธ์ สันทยต์ กรรมการทำนอาจารย์ทั้งสามได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำในด้านการค้นคว้าทดลอง และได้กรุณาตรวจแก้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้อย่างดียิ่ง ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ดร.ไมตรี ดวงสวัสดิ์ หัวหน้าหน่วยงานวิจัยสารพิษ และ คุณวิรัตดา สิตะสิทธิ์ แห่งสถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ ที่กรุณาให้ใช้เครื่องมือทำการทดลอง พร้อมทั้งให้คำปรึกษา และแนะนำเกี่ยวกับวิธีการทดลอง การใช้เครื่องมือเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ ดร.สุรชัย นิมจิรวัดณ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ดร.ประพิน วิไลรัตน์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับการติดต่อเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สุภาพร ธีสรโยดม ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อาจารย์กรองแก้ว พุทธิยาสถาพร ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร คุณเกษม สำนะโยติ ผู้ช่วยผู้จัดการฟาร์มสุรนา สักกรการเกษตร ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่เป็นอย่างดี

และสุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณพี่ธีระเดช วิสัย คุณอรสา ทวีทพงศ์พันธุ์ ตลอดจนพี่ ๆ และน้อง ๆ ทุกคน ที่เป็นกำลังใจอันสูงส่ง และขอขอบพระคุณ คุณนิยชา สุพานิชย์ คุณมโน สันทโยติกุล คุณวินัย วิทยาชัย คุณทองปอนด์ ลำดอ่อน คุณประยูร ดำรงรักษ์ ตลอดจนเพื่อน ๆ และนิสิตปริญญาโท ภาควิชาชีวเคมี มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจในงานวิจัยครั้งนี้

จุไรวรรณ ทวีทพงศ์พันธุ์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	7
ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	8
ขอบเขตในการศึกษาค้นคว้า	8
คำนิยามศัพท์เฉพาะ	8
2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย	10
การวิเคราะห์หาสารพิษในไข่ไก่และไข่เป็ดในประเทศไทย	10
การวิเคราะห์หาปรอทในไข่ของต่างประเทศ	10
ทฤษฎีอะตอมชนิดแอบซอร์ปชันสเปกโตรสโคปี (<i>Atomic Absorption Spectroscopy</i>)	13
3 วิธีดำเนินการทดลอง	19
กลุ่มตัวอย่าง	19
อุปกรณ์และสารเคมี	21
วิธีดำเนินการทดลอง	23
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง	31
การวิเคราะห์หาปริมาณของปรอทในไข่ขาว และไข่แดง จากไข่ที่เก็บมาในระยะ เวลาต่าง ๆ กัน	31
การวิเคราะห์หาปริมาณของปรอทในไข่อ่อนที่มีขนาดต่าง ๆ กัน จากท้องของแม่ไก่	44
การวิเคราะห์หาปริมาณของปรอทที่สะสมอยู่ในลูกไก่ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง	46

บทที่	หน้า
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	47
สรุปผลจากการศึกษาค้นคว้า	48
อภิปรายผลจากการศึกษาค้นคว้า	50
ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาค้นคว้าในครั้งต่อไป	51
บรรณานุกรม	53
ภาคผนวก	58

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงจำนวนไข่ที่ร่างกายต้องการประจำวัน	1
2	แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณของโปรตีนในไข่ขาวของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จากไข่ที่เก็บมาในระยะเวลาต่าง ๆ กัน	32
3	แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณของโปรตีนในไข่แดงของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จากไข่ที่เก็บมาในระยะเวลาต่าง ๆ กัน	35
4	แสดงปริมาณของโปรตีนที่เข้าไปในไข่ขาวและไข่แดงของกลุ่มควบคุมที่เก็บมาใน ระยะเวลาต่าง ๆ กัน	38
5	แสดงปริมาณของโปรตีนที่เข้าไปในไข่ขาวและไข่แดงของกลุ่มทดลองที่เก็บมาใน ระยะเวลาต่าง ๆ กัน	41
6	แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณของโปรตีนในไข่อ่อนที่มีขนาดต่าง ๆ กัน จาก ท้องของแม่ไก่ ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง	44
7	แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณของโปรตีนที่สะสมอยู่ในส่วนเนื้อและส่วนเครื่องใน ของลูกไก่	46

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

1	ภาพแสดงลักษณะ <i>Hollow Cathode Lamp</i> ที่ใช้เป็นพลังงานของคลื่นแสงเฉพาะธาตุ	15
2	ภาพแสดงลักษณะของ <i>Carbon Cup Atomizer</i>	16
3	ภาพแสดงลักษณะของ <i>Carbon Tube Atomizer</i>	16
4	ภาพแสดงวิธีการเผาของเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิสูงขึ้น	17
5	ภาพแสดงแคลิเบรชัน เคิร์บ ที่ใช้ในการหาความเข้มข้นของสารตัวอย่าง	29
6	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของปรอทในโซ่ขาวทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ที่เก็บมาในระยะเวลาด่าง ๆ กัน	34
7	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของปรอทในโซ่แดงทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ที่เก็บมาในระยะเวลาด่าง ๆ กัน	37
8	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของปรอทในโซ่ขาวและโซ่แดงของกลุ่มควบคุมที่เก็บ มาในระยะเวลาด่าง ๆ กัน	40
9	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของปรอทในโซ่ขาวและโซ่แดงของกลุ่มทดลองที่ เก็บมาในระยะเวลาด่าง ๆ กัน	43
10	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของปรอทในโซ่อ่อนที่มีขนาดต่าง ๆ กันจาก ห้องแม่ไก่ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง	45

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ไข่เป็นอาหารที่มีคุณภาพสูง ประกอบด้วยโปรตีนที่สมบูรณ์ มีไขมัน และคาร์โบไฮเดรตที่เป็นประโยชน์ และนอกจากนี้ยังประกอบด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่สำคัญต่อร่างกายอีกมากมาย พวกเกลือแร่ที่มีอยู่ในอาหารชนิดอื่น ๆ น้อย เช่น ฟอสฟอรัส และเหล็กนั้น ปรากฏว่า มีอยู่ในไข่เป็นปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ด้วยเหตุนี้จึงกล่าวได้ว่า ไข่ เป็นอาหาร ซึ่งสามารถให้สารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงยิ่ง ฉะนั้น การบริโภคอาหารในวันหนึ่ง ๆ ถ้าไม่สามารถบริโภคสารอาหารที่สำคัญต่อร่างกายได้ครบถ้วนแล้ว ควรจะมีไข่เป็นส่วนประกอบดังนี้

ตาราง 1 แสดงจำนวนไข่ที่ร่างกายต้องการประจำวัน

วัย	จำนวนไข่ที่ควรได้รับ
เด็ก	1 ฟอง / วัน
ผู้ใหญ่	อาทิตย์ละ 3 ฟอง
หญิงมีครรภ์	1 ฟอง / วัน
หญิงให้นมลูก	1 ฟองหรือมากกว่า / วัน

แต่อย่างไรก็ตาม ไข่ที่เราบริโภคอยู่ทุกวันนี้ มักไม่ค่อยปลอดภัยนัก เนื่องจากสารพิษต่าง ๆ ที่อยู่ในไข่ โดยเฉพาะสารปรอท ซึ่ง เชฟเฟอร์ และคนอื่น ๆ ได้พบว่าไข่ไก่ที่เก็บตัวอย่างจากตลาดและฟาร์มเลี้ยงไก่ในรัฐโอไฮโอ มินนิโซตา และ จอร์เจีย สหรัฐอเมริกา จำนวน 19 ตัวอย่าง มีปรอทอยู่ในช่วง 0.02 - 0.1 ppm. หรือโดยเฉลี่ย 0.04 ppm และปรอทที่พบอยู่ในรูปของ

สารประกอบอินทรีย์ที่เรียกว่า เมทิลเมอร์คิวรไคลด์ ($MeHgCl$) และ เอทิลเมอร์คิวรไคลด์ ($EtHgCl$) (ลูนิย์ เลัวร์ส 2521 : 8) จากการศึกษาของ เชฟเฟอร์ ทำให้มีผู้สนใจ และ ศึกษาเรื่องนี้อย่างมากมาย และในสภาวะปัจจุบัน โอกาสที่ไก่จะได้รับสารปรอทมากขึ้น โดยเฉพาะ อย่างยิ่งทางอาหาร ทั้งนี้เพราะพวกธัญพืชที่ถูกเก็บรักษาไว้ โดยเติมพวกสารประกอบอินทรีย์ของ ปรอท (*Organomercurial compound*) เพื่อป้องกันการเน่าเสียจากเชื้อรา (Fitzhugh and others. 1950 : 433 - 442) สารปรอทบางส่วนซึมผ่านเข้าไปในเมล็ด บางส่วน สะสมอยู่บนพื้นดิน โอกาสที่ไก่จะได้รับสารปรอทก็มีมาก บ่อเกิดของสารปรอทที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีสารปรอทเจือปนอยู่ เช่น โรงงานโซดาไฟและคลอรีน โรงงานผลิตเยื่อกระดาษ ซึ่งปล่อยสารปรอทประมาณ 150 - 200 กรัมต่อการผลิตคลอรีน 1 ตัน นอกจากนี้ในอากาศทั่วไปมีปรอทสะสมอยู่ประมาณ 0.2 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ปรอทเหล่านี้ ละลายมากับสายฝน ส่วนหนึ่งลงสู่แม่น้ำลำคลอง พวกสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ เช่น แพลงตอน (*plankton*) ได้รับสารปรอทเข้าไป สารปรอทเหล่านี้จะถูกถ่ายทอดไปสะสมอยู่ในปลา เมื่อไก่กินอาหารที่มี ส่วนผสมของปลาปนที่มีสารปรอทอยู่ก็เป็นการเพิ่มสารปรอทในร่างกายไก่

ปรอทเป็นโลหะที่มีสถานะเป็นของเหลว สามารถระเหยและกลั่นตัวได้ในอุณหภูมิปกติ สารปรอทกระจายอยู่ทั่วไปในดิน หิน แร่ อากาศ และน้ำ ในสิ่งมีชีวิตสารปรอทเข้าสู่ตัวอ่อนได้ โดยการถ่ายทอดทางสายรก (*placenta*) ระดับปรอทในตัวอ่อนจะเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับระดับ ปรอทในตัวแม่ โดยที่ระดับปรอทของตัวอ่อนจะมีมากกว่าตัวแม่ประมาณสองเท่า (Childs. 1973 : 50 - 52) สารปรอทที่มีอันตรายมากที่สุด คือ เมทิล เมอร์คิวรี (*Methyl mercury*) ซึ่งเกาะแน่นกับโปรตีนในอาหาร โดยไม่ถูกทำลายจากการแช่เย็น ต้มหรือผัด (Chickos, Garin and Rouse. 1973 : 185 - 189) นอกจากนี้สารปรอทยังถูกสาปส์ดูดซึมได้ดี อีกด้วย สำหรับความสามารถในการดูดซึมนี้ขึ้นอยู่กับ ความเข้มข้นของปรอท ระยะเวลาที่สัมผัส และอุณหภูมิ (McKone. 1971 : 1138 - 1139) สารปรอทจะถูกขับถ่ายออกมาทางปัสสาวะ และอุจจาระมากที่สุด (Anonymous. 1969 : 891 - 905) นอกจากนี้ จากผลการทดลอง ของ ไฮรายามา (Hirayama. 1980 : 318 - 323) พบว่า กรดอะมิโนมีผลต่อปริมาณ

ปรอทที่สะสมอยู่ในสมอง โดยที่ *L-cysteine* จะทำให้อัตราการสะสมของสารปรอทในสมองสูงขึ้น เนื่องจาก *L-cysteine* มีหมู่ซัลไฮดริล ($-SH$) อยู่ สามารถทำปฏิกิริยากับไอออนของปรอทได้ เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนอยู่ในรูป *Methyl mercury cysteine (MMCys)* สำหรับ *L-phenyl alanine* ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่เป็นกลาง จะมีผลไปยับยั้งการสะสมของปรอทในสมอง ทำให้ปรอทในสมองลดลง ส่วน *L-Lysine* และ *L-Glutamic* ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่เป็นเบส และเป็นกรดตามลำดับ จะไม่มีผลต่อการสะสมของปรอทในสมอง สารปรอทสามารถทำให้เกิดโรคมินามาตะ (*Minamata Disease*) ซึ่งเรียกตามชื่อของอ่าวมินามาตะ สาเหตุ คือ ชาวบ้านในบริเวณนั้นได้จับปลาในอ่าวดังกล่าวมาบริโภค ซึ่งปลาเหล่านั้นมีสารปรอทสะสมอยู่ เนื่องจากการปล่อยของเสียที่มีสารปรอทปะปนอยู่มากของโรงงานผลิตพลาสติกที่อยู่ใกล้อ่าวนั้น

ผลของสารปรอทที่เกี่ยวข้องกับยีน

นาคาซาวา และคนอื่น ๆ (*Nakazawa and others. 1975 : 489 - 493*) ได้รายงานไว้ว่า *phenyl mercuric acetate* และ *methyl mercuric chloride* จะมีผลในการยับยั้งการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก (*Nucleic acid*) คือ *DNA* ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของยีน

กรูนิเวเดล และ ครุกแชนก์ (*Gruenwedel and Cruikshank. 1979 . 651 - 655*) ได้รายงานไว้ว่า *methyl mercuric hydroxide* จะมีผลในการยับยั้งการสังเคราะห์ *DNA, RNA* และการสังเคราะห์โปรตีนของเซลล์ *HeLa S₃*

จากการศึกษาของ นาคาดา และ อิมูรา (*Nakada and Imura. 1980 . 24 - 28*) ในเซลล์ *glioma* และ *neuroblastoma* ของหนู พบว่าสารประกอบอนินทรีย์ของปรอทที่มีความเข้มข้นระหว่าง $10^{-6} - 10^{-5} M$. มีผลต่อการกระตุ้นการสังเคราะห์ *DNA* และทำให้ *Thymidine* และ *Deoxycytidine* เคลื่อนย้ายเข้าไปในเซลล์ได้น้อยกว่า แต่ความเข้มข้นดังกล่าวไม่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายของพวก *purine deoxyribo-nucleoside* เข้าไปในเซลล์ สำหรับพวก *methyl mercury* ที่มีความเข้มข้น $10^{-6} - 10^{-5} M$. จะไม่มีผลต่อการสังเคราะห์ *DNA* ของเซลล์ดังกล่าว

ผลของสารปรอทที่มีต่อระบบประสาทส่วนกลาง

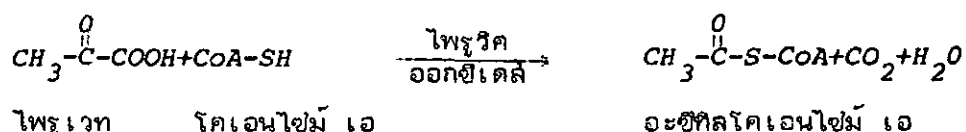
ถ้าสารปรอทไปสะสมอยู่ที่ระบบประสาทส่วนกลาง (Central Nervous System) จะรบกวนการทำงานของระบบประสาทดังกล่าว อาราดา (ปฐม แหยมเกตุ 2519 65 อ้างอิงมาจาก Harada. 1968 : 92) ได้รายงานไว้ว่า อาการของโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทส่วนกลาง มีอาการเสื่อมของ เซลล์กลูตาไรต์ และส่วนของ แกนงูลา ของเซเรเบลลัม และ ยังเกี่ยวข้องกับปมประสาทไฮโปทาลมัส (Hypothalamus) สมองส่วนกลาง และ เซเรบรัม คอรัเทกซ์ (Cerebral Cortex) อาการป่วยเริ่มต้นด้วยอาการชาตรงปลายเส้นประสาททุกแห่ง เช่น ริมฝีปากและลิ้น ระบบการสั่งงานของมือผิดปกติ เกิดความลำบากในการเปล่งเสียงและการกลืน ทำให้เป็นใบ้และมีการผิดปกติของสายตาทำให้มองเห็นได้ในระยะที่จำกัด

ผลของสารปรอทต่อระบบเอนไซม์

จากการศึกษาของ แอลเบิร์ต (เวรวิทย์ ชีวภรณ์ภักดิ์ 2520 18 อ้างอิงมาจาก Albert. 1968) พบว่า การยับยั้งของ เอนไซม์อาจเกิดขึ้นที่หลอดไต เมื่อเอนไซม์ที่ประกอบด้วย mercapto groups ในเนื้อเยื่อเกิดปฏิกิริยากับสารประกอบของปรอททำให้ปริมาณการดูดซึมของโซเดียมไอออนและน้ำลดลง

ผลของสารปรอทที่มีต่อขบวนการหายใจ

ปรอทมีผลต่อขบวนการหายใจที่เกิดโดยปฏิกิริยาต่อเนื่องในวัฏจักรเครบส์ (Krebs Cycle) คือ ขั้นที่ ไพรูเวท (Pyruvate) ที่มาจากการเผาผลาญอาหารซึมเข้าสู่ไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) ได้อย่างอิสระแล้ว จะเข้ารวมกับโคเอนไซม์ เอ (Co-enzyme A) เกิดปฏิกิริยาลดคาร์บอนไดออกไซด์ (Decarboxylation) กลายเป็นอะซิติล โคเอนไซม์ เอ (Acetyl Co A) โดยมีเอนไซม์ ไพรูวิก ออกซิเดส (Pyruvic Oxidase) เป็นตัวเร่ง ดังสมการ



และอะซิติลโคเอนไซม์ เอ จะเผาผลาญต่อไปในวัฏจักรเครบส์ ทำให้มีพลังงานเกิดขึ้น แต่ถ้าปรอทเข้าสู่ร่างกาย ปรอทจะเข้าสู่กระแสโลหิต และจับกับโคเอนไซม์ เอ ซึ่งมีหมู่ ซัลไฮดริล (-SH) อยู่ สามารถทำปฏิกิริยากับอิออนของปรอท เกิดเป็น CoA-Hg-SH สารตัวนี้ไม่สามารถรวมกับไพริวเวตได้ ดังนั้น อัตราเร็วของปฏิกิริยาในการเปลี่ยนไพริวเวตไปเป็นแอซิติลเตทในกล้ามเนื้อจึงเพิ่มขึ้นสูงมาก ผลที่ตามมา คือ ปริมาณของกรดแอซิติคเพิ่มขึ้นในกล้ามเนื้อมาก ทำให้กล้ามเนื้อเกิดอาการเมื่อยล้า เมื่อเป็นเช่นนั้นนาน ๆ ในที่สุดเซลล์จะตาย

อาการของพิษปรอทที่มีต่อมนุษย์นั้นอาจแตกต่างกันไปบ้างเล็กน้อย เช่น มีแผลพุพองที่แก้ม ปาก บริเวณเหงือก เห็นหลอด ปวดท้อง คลื่นเหียน อาเจียร เล็บหน้าอก ปวดศีรษะอย่างมาก มีอาการเรื้อรังทางประสาท ความจำเสื่อม เบื่ออาหาร มือสั่น เพ้อเจ้อไม่ได้สติ สำหรับผู้ป่วยที่ได้รับสารเมทิลเมอร์คิวรีมาก จะมีอาการคล้ายโรคพิษสุนัขบ้า ถ้าไม่ได้รับการรักษาอาจถึงตายได้

ปริมาณของปรอทที่เข้าสู่ร่างกายตามมาตรฐานความปลอดภัยนั้น องค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดระดับของความเข้มข้นสูงสุดไว้ คือ ในอาหารและปลา เท่ากับ 0.5 ppm. (Ganther and others. 1972 : 1122 - 1123) ถ้าเกินระดับนี้จะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ส่วนระดับความเข้มข้นที่องค์การอนามัยโลกกำหนด คือ 0.05 ppm. (Chickos, Garin and Rouse. 1973 : 185 - 189) ¹ องค์การอาหารและยาแห่งสหประชาชาติ กำหนดให้อาหารและยามีปรอทได้ไม่เกิน 0.5 ppm. น้ำดื่มไม่เกิน 0.005 ppm. (สุนทร สุวรรณโณม 2517 2-3) สำหรับประเทศไทย กระทรวงสาธารณสุข กำหนดให้อาหารโดยทั่วไปมีมาตรฐานความปลอดภัยเท่ากับ 0.02 ppm. สำหรับอาหารทะเล มีมาตรฐานความปลอดภัยเท่ากับ 0.5 ppm. (ประกาศสาธารณสุข 2522 : 24)

เนื่องจากปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทย ได้ขยายตัวขึ้นตลอดเวลา ความเจริญก้าวหน้าด้านนี้ทั้งผลดีและผลเสีย ผลเสียนั้นสามารถควบคุมได้ ถ้าหากมีการระวังและทำการยั้งยั้งสารพิษต่าง ๆ อย่างถูกต้อง แต่ถ้าหากขาดความระมัดระวัง

ในด้านนี้ ก็จะทำให้เกิดผลกระทบกระเทือนต่อสิ่งแวดล้อม ผลเสียที่ควบคู่มากับความเจริญก้าวหน้าด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีที่คนทั่วไปเริ่มหันมาให้ความสนใจ คือ สารปรอท ซึ่งนับวันจะถูกขับออกมาในรูปของของเสียมากขึ้น ไม่ว่าจะมาจากโรงงานอุตสาหกรรม หรือมาจากเกษตรกรรมก็ตาม และเนื่องจากปรอทเป็นอันตรายต่อร่างกายอย่างยิ่ง ประเทศต่าง ๆ จึงได้มีการควบคุมและป้องกันอย่างกว้างขวางและได้ผลดี สำหรับประเทศไทยก็ให้ความสนใจเรื่องนี้มากพอสมควร โดยมีการตรวจหาปรอทในอาหารและในน้ำทะเลต่าง ๆ เป็น

สำโรจน์ ศักดิ์เจริญ ได้หาปริมาณการสะสมของสารปรอทในผักบุ้งใกล้โรงงานก่อสร้างตึกไฮดาในประเทศไทย ผักบุ้ง (*Ipomoea aquatica*) ที่นำมาศึกษาพบว่า ในใบของผักบุ้งที่ลอยอยู่เหนือน้ำ มีสารปรอทสะสมอยู่ในระหว่าง 0.75 - 1.26 ppm. (เฉลี่ย 0.95 ppm.) ส่วนในลำต้นที่ลอยอยู่ มีสารปรอทสะสมอยู่ในระหว่าง 0.28 - 0.67 ppm. ส่วนผักบุ้งจากแหล่งปลอดมลภาวะมีสารปรอทที่ใบและลำต้นเพียง 0.01 - 0.17 และ 0.01 - 0.06 ppm. ตามลำดับ (บุญเลิศ อังศิริจินดา 2522 : 33)

ประวิทย์ ชูมเกษียร และคนอื่น ๆ (ประวิทย์ ชูมเกษียร และคนอื่น ๆ 2520 : 189 - 193) ได้ศึกษาสารโลหะหนักเป็นพิษในเนื้อสัตว์ที่ใช้เป็นอาหาร โดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างสัตว์ทั้งสิ้น 188 ตัวอย่าง ประกอบด้วย สุนัข สุนัข โค สุนัข กระบือ พบว่าทั้ง สุนัข โค และ กระบือ เกือบทั้งหมดมีปริมาณสารปรอทไม่สูงเกินไปนัก ยกเว้นในสุนัขเพียงรายเดียวเท่านั้น จากรายบุรี มีสารปรอทเกินกว่า 0.01 ppm.

แสงเดือน บุญโยประการ (แสงเดือน บุญโยประการ 2518 : 403 - 404) ได้รวบรวมผลการวิเคราะห์ปริมาณสารปรอทของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และกรมอนามัย จากการวิเคราะห์ตามจุดต่าง ๆ รวมสี่แห่ง ในแม่น้ำเจ้าพระยา ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน ตลอดปี พบว่ามีปรอทอยู่ในน้ำทุกจุด และได้พบปริมาณที่สูงมากสองแห่ง คือ ที่อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ กับอำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี

นอกจากการศึกษาของบุคคลดังกล่าวแล้ว ยังมีการศึกษาใน ปลา อาหารกระป๋อง และการสำรวจน้ำต่าง ๆ อีกหลายแห่ง ซึ่งทุกแห่งมีสารปรอทสะสมอยู่ สำหรับการวิเคราะห์หรือ

การตรวจหาปริมาณสารปรอทในไอน้ำนั้น ยังไม่ได้กระทำอย่างจริงจังในประเทศไทย ผู้วิจัยคิดว่า เป็นเรื่องที่น่าสนใจและมีประโยชน์มาก เพราะประเทศไทยมีอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ขนาดใหญ่ และแพร่หลาย โดยใช้อาหารสำเร็จรูป และยังมีการเลี้ยงแบบอุตสาหกรรมครบวงจร โดยปล่อยให้หูกินตามธรรมชาติ ไม่ได้มีการควบคุมด้านอาหารแต่อย่างใดเลย สำหรับอาหารสำเร็จรูปนั้น เราอาจควบคุมไม่ให้มีสารปรอทปนอยู่ได้ แต่ไก่ที่หากินตามธรรมชาติยากที่เราจะควบคุมได้ ฉะนั้น สารปรอทอาจเข้าสู่ไก่ได้ทั้งทางอาหาร และเมื่อสารปรอทเข้าสู่ร่างกายก็ย่อมถ่ายทอด ไปยังไข่ได้ (Tammisto and others. 1968 : 15 - 21)

สำหรับเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณน้อยในสารตัวอย่าง จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเป็น เครื่องมือที่ให้ความไวสูง มีความแม่นยำ และความถูกต้องที่ดีมาก ปัจจุบันนักเคมีได้คิดวิธีการ ใหม่ ๆ เช่น Gas Chromatography (Westoo, Gunnel. 1966 : 2131 - 2137) Neutron Activation Analysis (Johansen, O. and Elliv Steinnes. 1969 . 751 - 755) Dithizone Method (Johnson, W.C. and others. 1965 . 515 - 530) เป็นต้น แต่บางวิธีต้องลงทุนแพงมาก ประกอบกับอุปกรณ์ที่ใช้เตรียมสารก็หายาก วิธีที่ นิยมทำกันมากในปัจจุบันได้แก่ Cold Vapor Atomic Absorption Spectrophotometry (Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry) (Uthe, J.F. and others. 1970 : 805 - 811) เนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงมาก และเป็นวิธีที่ ค่อนข้างเฉพาะในการวิเคราะห์หาปริมาณน้อย ๆ ที่มีในสารตัวอย่าง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือก วิธีดังกล่าวนี้สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในไข่ไก่และลูกไก่

จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

- 1 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณปรอทในไข่แดง และไข่ขาว
- 2 เพื่อหาปริมาณของปรอทของไข่อ่อนในท้องของแม่ไก่
- 3 เพื่อศึกษาปริมาณของปรอทที่ถ่ายทอดจากไข่ไปยังลูกไก่

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

- 1 ผลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้านี้ จะให้ได้ความรู้ต่าง ๆ ดังนี้
 - 1.1 ปริมาณปรอทในส่วนต่าง ๆ ของไข่ ได้แก่ ไข่แดง และไข่ขาว
 - 1.2 ระยะแรกที่ปรอทเข้าไปในไข่อ่อน
 - 1.3 การถ่ายทอดปรอทจากไข่ไปยังลูกไก่
- 2 ผลการศึกษาค้นคว้าในเรื่องนี้ จะเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไปในด้าน
 - 2.1 ผลของปรอทในส่วนต่าง ๆ ของไข่ที่มีต่อลูกไก่
 - 2.2 หาวิธีการป้องกันมิให้ปรอทเข้าไปสะสมในอาหารไก่
- 3 เป็นประโยชน์แก่ผู้เลี้ยงไก่ ในด้านการคัดเลือกไข่ที่จะนำไปฟัก เพื่อให้ได้ไก่ที่มี

คุณภาพดี

ขอบเขตในการศึกษาค้นคว้า

1. ศึกษาและวิเคราะห์เฉพาะปรอทเพียงอย่างเดียว
2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า คือ Atomic Absorption Spectroscopy
ชนิด Flameless Atomic Absorption Spectroscopy (Perkin-Elmer Model 3737)
3. ไก่ที่ใช้ทดลองเป็นไก่พันธุ์โรดไอส์แลนด์แดง (Rhode Island Red)
4. อาหารที่ใช้เลี้ยงไก่เป็นอาหารสำเร็จรูปของบริษัท เจริญโภคภัณฑ์อุตสาหกรรมจำกัด

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

1 ไก่พันธุ์โรดไอส์แลนด์แดง (Rhode Island Red) หมายถึง ไก่ที่มีต้นตระกูลที่เกิดจากเกาะโรด (Rhode) ในรัฐนิวอิงแลนด์ (New England) ซึ่งอยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐอเมริกา มีลักษณะทั่ว ๆ ไป คือ ตัวและหน้าแข้งเหลือง ต้มหูสีแดง ให้ไข่ที่มีเปลือกไข่สีน้ำตาล น้ำหนักเมื่อโตเต็มที่ 2.94 - 3.85 กิโลกรัม

2. สารละลายมาตรฐาน (*Standard Solution*) หมายถึง สารละลายที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนของสาร ใช้เป็นมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบกับสารตัวอย่างที่ต้องการหาปริมาณ

3 *ppb (Part Per Billion)* หมายถึง หน่วยวัดปริมาณวัตถุพิษ ใช้วัดเป็นจำนวนส่วนในสารทั้งหมดหนึ่งล้านส่วน เช่น จำนวนไมโครกรัมในสารทั้งหมดหนึ่งกิโลกรัม

4 *ppm.(Part Per Million)* หมายถึง หน่วยวัดปริมาณวัตถุพิษ ใช้วัดเป็นจำนวนส่วนในสารทั้งหมดหนึ่งล้านส่วน เช่น จำนวนไมโครกรัมในสารทั้งหมดหนึ่งกรัม หรือจำนวนมิลลิกรัมในสารทั้งหมดหนึ่งกิโลกรัม

5 เปอร์เซนต์รีฟเวอรี (*Percent Recovery*) หมายถึง เปอร์เซนต์ของปริมาณสารพิษที่ตรวจพบได้ โดยการใส่วัตถุพิษที่ต้องการศึกษาลงไปในสารตัวอย่าง และผ่านขั้นตอนการต่าง ๆ ทุกขั้นตอน ขั้นตอนสุดท้ายตรวจดูว่าวัตถุพิษเหลืออยู่เท่าใด เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณที่ใส่ลงไป

6 แคลิเบรชัน เคิร์ฟ (*Calibration Curve*) เป็นกราฟพลอต (*Plot*) ค่า *Corrected Absorbance* (ค่า *Absorbance* ของสารตัวอย่างที่หักลบค่า *Absorbance* ของ *Blank* ออกไปแล้ว) เทียบกับความเข้มข้นของสารที่ต้องการวิเคราะห์ (พิกเซล เรียนวัดนา 2524 257)

7 ลูกไก่ หมายถึง ไก่ที่เกิดจากไข่ของแม่ไก่ที่ใช้ในการทดลอง และมีอายุได้ 2 วัน

8 เครื่องไนไก่ หมายถึง อวัยวะทั้งหมดที่อยู่ในช่องท้องของลูกไก่

9 เนื้อไก่ หมายถึง อวัยวะส่วนต่าง ๆ ของลูกไก่ ยกเว้นส่วนที่เป็นเครื่องไนไก่ ล้วนหัว และส่วนขา

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

การวิเคราะห์หา สารพิษในไข่ไก่และไข่เป็ดในประเทศไทย

อมรา วงศ์พุทธพิทักษ์ กอบทอง รูปหอม และ บุญโพ สิตะพันธ์กุล (อมรา วงศ์พุทธพิทักษ์ กอบทอง รูปหอม และ บุญโพ สิตะพันธ์กุล 2520 . 26 - 35) แห่ง กองวิเคราะห์อาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ได้สำรวจปริมาณยาฆ่าแมลงในไข่เป็ดและไข่ไก่ จากจังหวัดต่าง ๆ โดยใช้ ก๊าซ โครมาโตกราฟี (Gas Chromatography) ผลการสำรวจ พบว่ามีการปนเปื้อนของ DDT ในรูป *pp-DDE* และ *pp-DDT* ในไข่ไก่และไข่เป็ด ทุกตัวอย่าง ที่ปล่อยให้หาพิษเองตามธรรมชาติและที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม แต่ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณยาฆ่าแมลงที่พบระหว่างไก่ที่เลี้ยงทั้งสองวิธีนี้ได้ เนื่องจากไม่ได้รับข้อมูล เพียงพอ ตรวจพบยาฆ่าแมลงในไข่ไก่มากกว่าในไข่เป็ด ปริมาณยาฆ่าแมลงโดยทั่วไปในไข่ไก่ มีมากกว่าในไข่เป็ดด้วย ไข่ไก่จากจังหวัดละโว้ เปรียบเทียบกับปริมาณตกค้างอยู่หลายชนิด และใน ปริมาณที่มากกว่าไข่ จากจังหวัดอื่น ที่พบรองลงไป ได้แก่ ไข่ที่เก็บได้จากจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันกับค่าสูงสุดที่กำหนดไว้โดยองค์การอนามัยโลก (WHO)

การวิเคราะห์หาปรอทในไข่ของต่างประเทศ

อันเดอร์ดัล (Underdal. 1968) ได้ศึกษาหาปริมาณปรอทในไข่ โดยวิธีนิวตรอน แอกติเวชัน (Neutron Activation) โดยใช้ตัวอย่าง 93 ตัวอย่าง จากผลของการทดลองพบว่า ไข่โดยทั่วไปมีปริมาณปรอทโดยเฉลี่ย 0.021 ppm. ต่อไข่หนึ่งฟอง และในการวิเคราะห์ครั้งนี้ พบว่ามีอยู่หนึ่งตัวอย่างที่มีปริมาณปรอทมากกว่า 0.05 ppm. ปริมาณปรอทในระดับนี้ถือว่าเป็น อันตรายต่อผู้บริโภค ตามที่องค์การอนามัยโลก (WHO) กำหนดไว้

ทามมิสโต และคนอื่น ๆ (Tammisto and others. 1968 : 15 - 21) ได้ ทดลองเลี้ยงไก่โดยให้อาหารที่ผสมด้วยสารประกอบของปรอทพวก Alkoxy Alkyl Mercury

จากนั้นเก็บไข่ไปทดสอบพบว่าสารปรอทสะสมอยู่ในไข่เหล่านั้นโดยเฉลี่ยประมาณ 28 - 57 ppm. และอัตราการเพิ่มของสารปรอทจะสูงสุดในสัปดาห์ที่ 10 สารปรอทที่พบส่วนใหญ่เป็นพวก *Methoxy Ethyl Mercury Silicate* ประมาณ 3.8 ppm. ที่พบรองลงไป ได้แก่ *Methoxy Ethyl Mercury Chloride* ประมาณ 1.30 ppm. สารปรอทที่ตรวจพบนี้ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์มาจากอาหารที่ไข่เลี้ยงไก่ นอกนั้นเป็นสารปรอทที่ผลึกลงไป สารปรอทจะเข้าไปสะสมในไข่แดงมากที่สุด

๕) ไควเมีย และคนอื่น ๆ (Kivimäe and others. 1969 : 1014 - 1016) ได้ทดลองเลี้ยงไก่พันธุ์ เลกฮอร์นสีขาว (White Leghorn) ด้วยข้าวสาลีที่ผสมด้วย *Methyl Mercury Hydroxide*, *Phenyl Mercury Hydroxide*, *Methoxy Ethyl Mercury Hydroxide* และ *Mercury (II) Nitrate* โดยให้อัตราส่วน 8 และ 32 มิลลิกรัมของสารปรอทต่อหนึ่งกิโลกรัมของข้าวสาลี หลังจากให้อาหารไปสี่สัปดาห์ นำไข่ที่ได้ไปทดสอบพบว่า *Methyl Mercury Hydroxide* มากที่สุด รองลงไปเป็น *Phenyl Mercury Hydroxide*, *Methoxy Ethyl Mercury Hydroxide* และ *Mercury (II) Nitrate* ตามลำดับ

จากคุณสมบัติและความแตกต่างของสารประกอบปรอทพบว่ามีการเพิ่มของระดับปรอทในไข่ขาว จากการเปรียบเทียบของไก่สองกลุ่มที่ให้ *Methyl Mercury Hydroxide* พบว่าเมื่อเพิ่ม *Methyl Mercury Hydroxide* สี่เท่า ปริมาณสารปรอทในไข่ขาวจะเพิ่มขึ้นสี่เท่าด้วย สำหรับ *Mercury (II) Nitrate* และ *Phenyl Mercury Hydroxide* ปริมาณสารปรอทในไข่ขาวเพิ่มขึ้นน้อยมาก สำหรับ *Methoxy Ethyl Mercury Hydroxide* ปริมาณสารปรอทในไข่ขาวเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า แต่ปริมาณสารปรอทในไข่แดงจะเพิ่มขึ้นสี่เท่า เมื่อเพิ่มสารประกอบของปรอทเป็นสี่เท่า

ไก่ที่ได้รับ *Mercury (II) Nitrate*, *Phenyl Mercury Hydroxide* หรือ *Methoxy Ethyl Mercury Hydroxide* มีปริมาณของ *Methyl Mercury Compounds* ในเลือด และในกล้ามเนื้อสูง (ประมาณ 60 - 90 เปอร์เซ็นต์) ส่วนในตับและไต ปริมาณของ *Methyl Mercury Compounds* ต่ำมาก (สูงสุด 12 เปอร์เซ็นต์) กล้ามเนื้อของไก่

ที่ได้รับ *Methyl Mercury Hydroxide* อาจจะมี *Methyl Mercury Compounds*

โฮเวลล์ (Howell, 1969 : 212 - 213) ได้ศึกษาหาปริมาณสารปรอทในไก่อ่อน และไก่แก่ โดยเลี้ยงดูด้วยเมล็ดข้าวที่ผสมด้วย *Methyl Mercuric Dicyandiamide* (Panogen) หลังจากให้อาหารเหล่านี้ไประยะหนึ่งก็ทำการตรวจสอบไข่ และกล้ามเนื้อไก่ที่ได้จากไก่ทั้งสองประเภท ผลปรากฏว่า ไก่อ่อนจะมีปรอทสะสมอยู่เกินปริมาณที่กำหนดไว้ (0.1 ppm.) เมื่อไก่กินอาหารเหล่านี้เป็นเวลานานกว่าสองเดือน ส่วนไก่แก่จะมีปริมาณปรอทเกินปริมาณที่กำหนดไว้ เมื่อไก่กินอาหารเหล่านี้เป็นเวลาหกสัปดาห์

ไบร์เน และ คอสตา (Byrne and Kosta, 1971) ได้ทำการตรวจสอบสารปรอทที่อยู่ในไข่ ในน้ำ ในดิน ในต้นไม้ ซึ่งอยู่ใกล้กับบริเวณที่ตั้งของเหมืองปรอท ที่เมือง *Idrija, Slovenia* ประเทศยูโกสลาเวีย (Yugoslavia) พบว่าในสิ่งต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้น มีสารปรอทสะสมอยู่ในปริมาณสูงมาก ซึ่งนับว่าเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอย่างมาก สารปรอทเหล่านี้มาจากเหมืองปรอทนั่นเอง โดยเหมืองนี้ปล่อยของเสียที่มีสารประกอบของปรอทสะสมอยู่ออกมาทางปล่องควัน ทำให้สารปรอทกระจายไปสู่บรรยากาศสูงประมาณ 10 - 100 ppm. ในสภาพบรรยากาศทั่วไปจะมีสารปรอทสะสมอยู่เพียง 0.005 - 0.1 ppm. เท่านั้น

นอกจากนี้ ไบร์เน เดอร์เมลล์ และ คอสตา (Byrne, Dermelle and Kosta, 1971 : 415 - 427) ยังได้ทำการสำรวจการกระจายของสารปรอทในบรรยากาศรอบ ๆ เหมืองปรอท ที่เมือง *Idrija, Slovenia* ประเทศยูโกสลาเวีย อีกครั้งหนึ่ง ได้ตรวจหาปริมาณสารปรอทที่สะสมอยู่ในต้นไม้ และตามส่วนต่าง ๆ ของสัตว์ เช่น ขนนก ขนกระต่าย ขนวัว พบมีสารปรอทสะสมอยู่สูงมาก นอกจากนี้ยังศึกษาถึงปลาในน้ำที่จับได้จากแม่น้ำในบริเวณนั้น พบมีสารปรอทสะสมอยู่สูงมาก และยังพบอีกว่า สารปรอทเหล่านี้จะเข้าไปสะสมในไข่ปลา มากกว่าในเนื้อปลา

ส่วน ไควมีเย สเวนส์สัน และ อูล์ฟวาร์สัน (Kivimae, Swensson and Ulfvarson, 1970 : 86) ได้ทดลองเลี้ยงไก่ด้วยข้าวสาลีที่ผสมด้วยสารพวก *Methyl Mercury Hydroxide* และ *Mercury (II) Nitrate* ในอัตราส่วน 400 ไมโครกรัมของสารปรอทต่อห้ากรัมของข้าวสาลี

พบว่าใน 20 สัปดาห์แรกไม่เกิดผลต่อน้ำหนัก สัตว์ของไข่ ตลอดจนความถี่ของการวางไข่ แต่หลังจากนั้น ผลผลิตไข่จะลดน้อยลง และปริมาณสารปรอทในไข่จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ไก่ที่ได้ *Methyl Mercury Hydroxy* จำนวน 1,600 ไมโครกรัมต่อวัน ไก่จะตายถึง 7 ใน 8 ตัว ในช่วงเวลา 32 - 37 วัน สารปรอทจะเข้าไปสะสมตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ประมาณ 25,000 - 70,000 นาโนกรัมต่อไก่หนึ่งกรัม ถ้าหยุดให้อาหารเหล่านี้เป็นเวลาสี่สัปดาห์ พบว่าสารปรอทจะลดลงเหลือประมาณ 4,000 - 500 นาโนกรัมต่อไก่หนึ่งกรัม ส่วนไก่ที่กิน *Mercury (II) Nitrate* จะมีสารปรอทไปสะสมอยู่ 1,000 - 2,000 นาโนกรัมต่อไก่หนึ่งกรัม หลังจากหยุดให้อาหารเหล่านี้เป็นเวลาสี่สัปดาห์ การกระจายของสารปรอทจะสิ้นสุดลงและจะตรวจพบสารปรอทตกค้างเท่ากับสารปรอทในไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารปกติ

สำหรับ ไรท์ และ ไรเนอร์ (Wright and Riner 1974 : 366 - 372) ได้ทดลองเลี้ยงไก่ด้วยอาหารไก่ที่ผสมกับ *Methyl Mercury Dicyandiamide* โดยให้ส่วนผสมของอาหารหนึ่งกิโลกรัมต่อ *Methyl Mercury Dicyandiamide* 0.5 มิลลิกรัม ไข่เลี้ยงไก่เป็นเวลานานแปดเดือน หลังจากนั้นวิเคราะห์หาสารปรอทตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ปรากฏว่ามีสารปรอทสะสมอยู่ตามอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายจากน้อยไปมากดังนี้ คือ ไต ตับ เนื้อส่วนหน้าอก กล้ามเนื้อส่วนขา สมอง หัวใจ และ ไข่ ตามลำดับ

ทฤษฎี อะตอมมิคแอบซอร์ปชันสเปกโตรสโกปี (Atomic Absorption Spectroscopy)

หลักการสำคัญของการวิเคราะห์ธาตุโดยวิธีนี้ คือ การทำให้ธาตุในสารตัวอย่างเกิดอะตอมอิสระ (Atomization) โดยการแยกอะตอมออกมาจากโมเลกุลของสารตัวอย่าง และให้แสงจาก *Hollow Cathode Lamp* ซึ่งเป็นแสงที่มีพลังงานเท่ากับพลังงานเรโซแนนซ์ (Resonance Energy) ของธาตุที่ต้องการหาผ่านเข้าไปจากปริมาณแสงที่ผ่านออกมาสามารถหาปริมาณของธาตุนั้น ๆ ได้

การวิเคราะห์โดยวิธี *Atomic Absorption Spectrophotometry* มีสองแบบใหญ่ ๆ คือ

1. อะตอมอิสระเกิดภายในเปลวไฟ (*Flame Atomization*)
2. อะตอมอิสระเกิดโดยไม่ใช้เปลวไฟ (*Non-flame Atomization*)

1 อะตอมอิสระเกิดภายในเปลวไฟ เป็นวิธีที่ทำให้สารกลายเป็นอะตอมอิสระโดยใช้ความร้อนจากเปลวไฟ เปลวไฟที่ใช้ ได้แก่

1.1 *Air Propane Flame* เป็นเปลวไฟที่มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ ประมาณ $1,800^{\circ}\text{C}$

1.2 *Air Acetylene Flame* เป็นเปลวไฟที่มีอุณหภูมิประมาณ $2,300^{\circ}\text{C}$

1.3 *Nitrous Oxide-Acetylene Flame* เป็นเปลวไฟที่มีอุณหภูมิประมาณ $3,000^{\circ}\text{C}$

2 อะตอมอิสระเกิดโดยไม่ใช้เปลวไฟ เป็นวิธีที่ทำให้สารกลายเป็นอะตอมอิสระโดยไม่ใช้เปลวไฟ อาจทำได้หลายวิธี เช่น

2.1 ใช้เตาไฟฟ้าอุณหภูมิสูง (*High Temperature Furnace*)

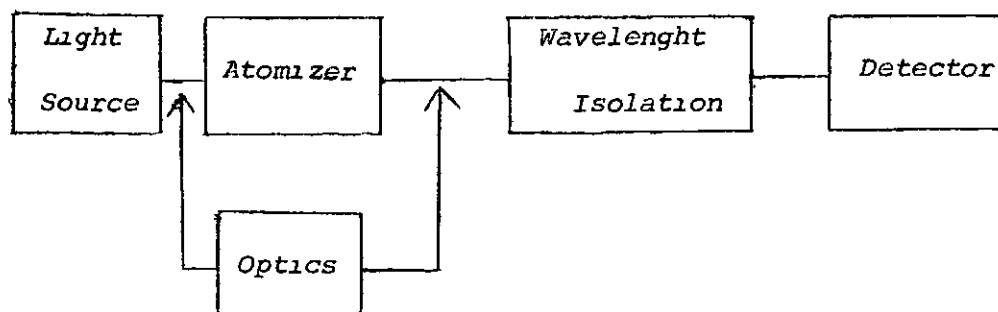
2.2 ใช้ไส้โลหะหรือแผ่นโลหะที่เผาไหม้ร้อนจัด (*Filament and Strip Atomizers*)

2.3 ใช้อาร์คไฟฟ้า (*Electric Arc*)

2.4 ใช้ระบบกำเนิดไอของสาร (*Vapor Generation System*)

2.5 ใช้แสงเลเซอร์หรือไมโครเวฟพลาสมา (*Microwave Plasma*)

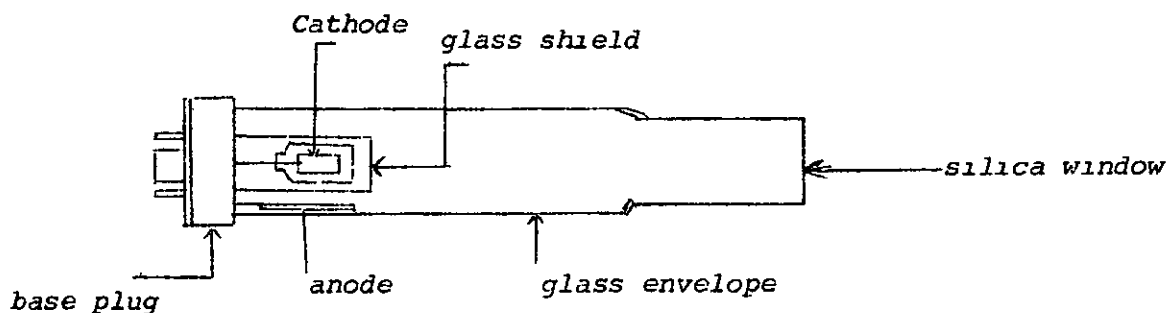
ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่อง *Flameless Atomic Absorption Spectrophotometer*



1. Light Source (Hollow Cathode Lamp)

เป็นแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในเครื่องอะตอมมิกแอ็บซอร์ปชันสเปกโตรสโคปนั้น ต้องเป็นแสงที่มีความยาวคลื่น (Wave Length) หรือมีพลังงานเท่ากับพลังงานเรโซแนนซ์ (Resonance Energy) ของธาตุที่ต้องการหาปริมาณ

ส่วนประกอบของ Hollow Cathode Lamp มีดังนี้



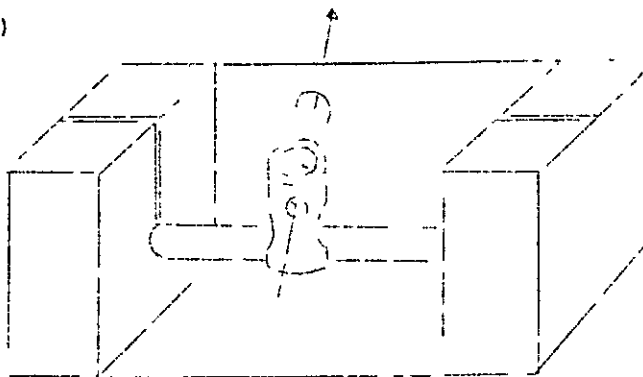
ภาพประกอบ 1 ภาพแสดงลักษณะ Hollow Cathode Lamp ที่ใช้เป็นแหล่งของคลื่นแสงเฉพาะธาตุ

คาโทด (Cathode) ทำด้วยธาตุชนิดเดียวกับธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ โดยทำเป็นทรงกระบอกกลวงภายในบรรจุด้วยกาซอาร์กอน หรือกาซนีออน มีความกดดัน 10 - 15 ทอร์ อาโนด (Anode) ทำด้วยลวดทังสเตน นิกเกิล เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไป จะทำให้กาซเสื่อม แตกตัวเป็น แคทไอออน และ อิเล็กตรอน ถ้าความต่างศักย์สูงพอจะทำให้แคทไอออนที่เป็นกาซวิ่งด้วยความเร็วสูงไปชนผิวของ คาโทด ทำให้อะตอมของธาตุที่ใช้ทำคาโทดเกิด *Excitation* และเมื่อ *De-excitation* จะคายคลื่นแสงที่เป็นคุณสมบัติเฉพาะของธาตุนั้น ๆ ออกมาเป็นเส้นสเปกตรัมมีความยาวคลื่นเฉพาะ

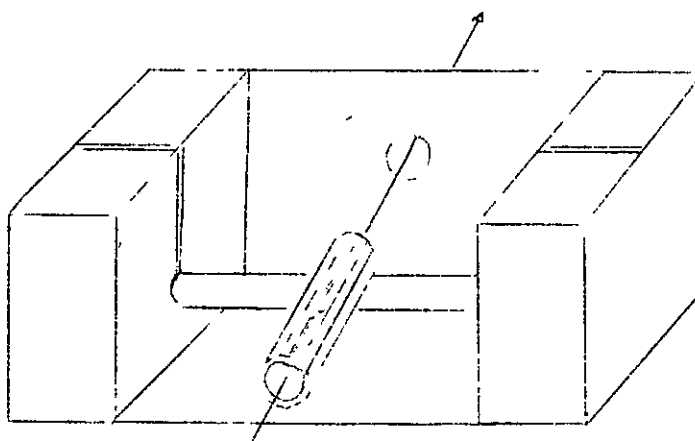
2 Atomizer หรือ Nebulizer

เป็นส่วนประกอบที่ทำให้ธาตุในส่วนประกอบกลายเป็นอะตอมอิสระ สำหรับพวก *Flame Atomic Absorption* จะทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมอิสระโดยใช้เปลวไฟ ซึ่งมีความร้อนน้อยกว่าพวก *Non-Flame Atomic Absorption* ซึ่งไม่ใช้เปลวไฟ เนื่องจากแบบ *Non-Flame Atomic Absorption* มีความร้อนสูง ทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมอิสระได้มากกว่า และสามารถเข้ากับสารที่เป็นของแข็ง โดยไม่ต้องทำให้เป็นสารละลายก่อน นอกจากนี้ยังสามารถ

ปรับอุณหภูมิตามต้องการได้ ลักษณะของเตาไฟฟ้า (Furnace) ที่ทำหน้าที่เป็น Atomizer นั้น เป็นถ้วยกราไฟท์ (Graphite Cup) หรือแท่งกราไฟท์ (Graphite Tube) ดังนี้ (แนมัน อมรสิทธิ์ 2518 : 22)



ภาพประกอบ 2 ภาพแสดงลักษณะของ Carbon Cup Atomizer

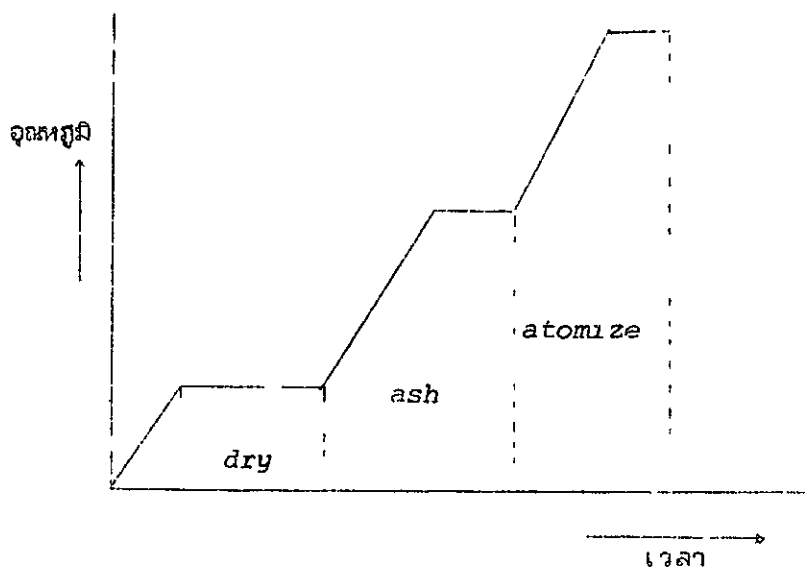


ภาพประกอบ 3 ภาพแสดงลักษณะของ Carbon Tube Atomizer

เตาไฟฟ้าจะทำให้เกิดอะตอมอิสระที่สามารถดูดกลืนแสงที่ผ่านเข้าไปในเตานั้นได้ การทำงานของเตาไฟฟ้า แบ่งออกเป็นสามขั้นตอน คือ (พิมล เรียบวัฒนา 2524 242 - 244)

- 1 ขั้นทำให้แห้ง (Drying Stage) เป็นขั้นที่ทำให้ตัวทำละลายระเหยออกไปจากสารตัวอย่างซึ่งบรรจุอยู่ในเตานั้น
- 2 ขั้นเผาเป็นขี้เถ้า (Ashing Stage) เป็นขั้นที่มีการกำสลายโมเลกุลของสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์อื่น ๆ ออกไปจากสารตัวอย่าง

3 ขั้นเกิดอะตอม (*Atomization Stage*) เป็นขั้นที่มีการเกิดอะตอมอิสระภายในขอบเขตที่มีพื้นที่จำกัด ✱



ภาพประกอบ 4 ภาพแสดงวัฏจักรการเผาของเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิสูงขึ้น

อุณหภูมิเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้สารเปลี่ยนเป็นอะตอม แต่อะตอมบางส่วนอาจถูก *Excited* ได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ปริมาณของอะตอมที่ถูก *Excited* ต่อปริมาณของอะตอมที่อยู่ใน *Ground State* ๓ อุณหภูมิใด ๆ สามารถทราบได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

$$N_J = \frac{N_O g_J}{g_O} e^{-\frac{E_J}{KT}}$$

N_O = จำนวนอะตอมที่ *Ground State*

N_J = จำนวนอะตอมที่อยู่ใน *Excited State*

E_J = พลังงานของ *Excitation*

K = ค่าคงที่ของ Boltzmann (*Boltzmann Constant*)

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (*Absolute Temperature*)

g_1 และ g_0 = Statistical Weight ของอะตอมซึ่งขึ้นอยู่กับ Nuclear Spin ของอะตอม

3 Monochromator หรือ Filter

เป็นส่วนประกอบที่กำหนดหน้าที่แยก แสงของสเปกตรัมให้เป็น Atomic Resonance Line ปกตินิยมใช้ Grating Monochromator หรือปริซึม

4. Detectors

เป็นส่วนประกอบที่ใช้สำหรับวัดความเข้มของแสง โดยทั่วไป Detector เป็น Photomultiplier Tube ซึ่งประกอบด้วย Photo Cathode ที่ไวต่อแสง เนื่องจากแสงตกลงบน Photo Cathode จะทำให้เกิดอิเล็กตรอนขึ้น แล้วผ่านการขยายอีกประมาณ 10^8 เท่า เพื่อให้ กลวาโนมิเตอร์ สามารถอ่านได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ ใช้ไก่พันธุ์โรดไอส์แลนด์แดง (*Rhode Island Red*) โดยใช้ไก่ 22 ตัว เป็นไก่ตัวเมีย 20 ตัว ไก่ตัวผู้ 2 ตัว ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการเลี้ยงกลุ่มตัวอย่างเอง เริ่มเลี้ยงไก่ตั้งแต่อายุ 18 สัปดาห์ โดยเริ่มเลี้ยงเมื่อวันที่ 9 มิถุนายน ถึงวันที่ 9 ธันวาคม 2524

1 ไก่ตัวเมีย

ไก่ตัวเมีย แบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม (*Control Group*) 10 ตัว และกลุ่มทดลอง (*Experimental Group*) 10 ตัว แต่ละกลุ่มยังแยกออกจากกันโดยใช้กรงตับสองชุด ชุดละ 10 ตัว ไก่แต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารวันละหนึ่งกิโลกรัม ดังนั้น ไก่หนึ่งตัวจะได้รับอาหารโดยเฉลี่ยวันละ 100 กรัม

1 1 กลุ่มควบคุม เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปของบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อุตสาหกรรมจำกัด

1 2 กลุ่มทดลอง เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปของบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อุตสาหกรรมจำกัด

เช่นกัน แต่ผสมด้วยสารประกอบ *Mercury (II) Acetate* โดยใช้สารประกอบของปรอทนี้แปดมิลลิกรัมต่ออาหารไก่หนึ่งกิโลกรัม ดังนั้น ไก่แต่ละตัวจะได้รับสารปรอทโดยเฉลี่ยวันละ 800 ไมโครกรัม

2 ไก่ตัวผู้

ไก่ตัวผู้เลี้ยงไว้เพื่อผสมพันธุ์ ไก่ตัวผู้ทั้งสองตัวนี้มีโอกาสผสมพันธุ์กับไก่ตัวเมีย ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปของบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อุตสาหกรรมจำกัด

3 การผสมอาหาร

3 1 ชั่ง *mercury (II) acetate* 8 มิลลิกรัม

3 2 ชั่งอาหารสำเร็จรูปของบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อุตสาหกรรมจำกัด ปริมาณหนึ่งกิโลกรัม

3 3 บด *mercury (II) acetate* ให้ละเอียด

3 4 นำ *mercury (II) acetate* ที่บดละเอียดแล้วมาผสมกับอาหาร โดยการคลุกเคล้าด้วยช้อน และค่อย ๆ เพิ่มปริมาณอาหารทีละน้อย จนกระทั่งครบหนึ่งกิโลกรัม

3 5 การผสมอาหารทำเป็นประจำทุกวัน

4. การผสมพันธุ์ไก่

ในการผสมพันธุ์ไก่ ให้ไก่ตัวผู้ทั้งสองตัว ได้มีโอกาสผสมพันธุ์กับไก่ตัวเมียทั้งกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง โดยปฏิบัติดังนี้

4 1 ให้ไก่ตัวเมียจากกลุ่มควบคุม ผสมพันธุ์กับไก่ตัวผู้ตัวที่ 1 และไก่ตัวเมียจากกลุ่มทดลอง ผสมพันธุ์กับไก่ตัวผู้ตัวที่ 2 โดยให้ไก่ตัวเมียแต่ละตัวได้อยู่ร่วมกับไก่ตัวผู้ ตัวละสามชั่วโมง จนครบทุกตัวของแต่ละกลุ่ม

4.2 สับเปลี่ยนไก่ตัวผู้ โดยให้ไก่ตัวเมียในกลุ่มควบคุมอยู่ร่วมกับไก่ตัวผู้ตัวที่ 2 และไก่ตัวเมียในกลุ่มทดลองอยู่ร่วมกับไก่ตัวผู้ตัวที่ 1 โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 4 1

4.3 ทำเช่นนี้เรื่อย ๆ ตลอดการทดลอง ในวันหนึ่ง ๆ จะให้ไก่อยู่รวมเพื่อผสมพันธุ์กันได้กลุ่มละสามตัว คือ ตอนเช้า 1 ตัว ตอนบ่าย 1 ตัว และตอนเย็นอีก 1 ตัว

5 การเก็บไข่

หลังจากให้ไก่กินอาหารดังกล่าวเป็นเวลาหนึ่งเดือนแล้ว จึงเริ่มเก็บไข่เพื่อนำไปตรวจหาปริมาณปรอทโดยเครื่อง *Flameless Atomic Absorption Spectrophotometer* ปฏิบัติดังนี้

5 1 เริ่มเก็บตัวอย่างไข่ครั้งแรก หลังจากให้อาหารดังกล่าวครบหนึ่งเดือน คือ เริ่มเก็บไข่ตั้งแต่วันที่ 9 กรกฎาคม 2524

5 2 หลังจากเก็บไข่ครั้งแรกแล้วเว้นไป 4 วัน จึงเก็บไข่ครั้งที่ 2 แล้วเว้นไปอีก 4 วัน เก็บไข่ครั้งที่ 3 ทำเช่นนี้เรื่อย ๆ จนครบ 3 เดือน

5 3 ระยะเวลาในการเก็บไข่ ตั้งแต่วันที่ 9 กรกฎาคม 2524 ถึง 5 ตุลาคม 2524

6 การฟักไข่

6.1 นำไข่ที่เก็บได้ตั้งแต่วันที่ 6 - 10 ตุลาคม กลุ่มละ 30 ฟอง ไปฟักด้วยตู้ฟักไข่แบบไฟฟ้า ที่ภาควิชาชีวเคมี มหาวิทยาลัยมหิดล

6.2 นำลูกไก่ที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในส่วนต่าง ๆ คือ ส่วนเนื้อไก่ และส่วนเครื่องในไก่

7 การฆ่าไก่

ทำการฆ่าไก่ของทั้งสองกลุ่ม หลังจากเลี้ยงไก่ไปแล้วหกเดือน เพื่อศึกษาปริมาณของโปรตีนที่เข้าไปในส่วนต่าง ๆ ของไข่อ่อน

อุปกรณ์และสารเคมี

1 อุปกรณ์

1.1 กระบอกตวง (Measuring Cylinder)

1.2 ขวดขม้ (Conical Flask)

1.3 ขวดวัดปริมาตร (Volumetric Flask)

1.4 ช้อนตักสาร (Spatula)

1.5 แปรงล้างขวด (Brush)

1.6 กระจกนาฬิกา (Watch Glass)

1.7 เตาไฟฟ้า (Hot Plate)

1.8 บีกเกอร์ (Beaker)

1.9 ถาดทราย

1.10 เครื่องชั่งชนิดหยาบและชนิดละเอียด

1.11 กระดาษกรองเบอร์ 41

1.12 ปีเปต (Pipette)

2 สารเคมี

2 1 *Mercury (II) Acetate*

2 2 *Nitric Acid*

2 3 *Sulfuric Acid*

2 4 *Mercuric Chloride*

2 5 *Sodium Chloride*

2 6 *Hydroxylamine Sulphate*

2 7 *Stannous Sulphate*

2 8 *Ethyl Alcohol*

3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่อง *Flameless Atomic Absorption Spectrophotometer (Perkin-Elmer Model 373)* ของสถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ

หลักการทำงานของเครื่อง

ในการหาปริมาณธาตุ โดยใช้ *Atomic Absorption* นี้ จะต้องเป็นธาตุที่สามารถเปลี่ยนให้เป็นอะตอมจากสารประกอบได้ ในการหาปรอทใช้ปฏิกิริยารีดักชันเปลี่ยนปรอทเป็นอะตอมอิสระด้วย *Reducing Agents* เช่น *Stannous Chloride* ในสารละลายที่เป็นกรด (*Hatch and Ott. 1968 : 2085 - 2087*) แล้วไลโอของปรอทเข้าสู่ *Absorption Cell* ซึ่งมีแหล่งกำเนิดแสงของปรอท (*Mercury Lamp*) ที่มีความยาวคลื่นเท่ากับ 253.7 นาโนเมตร ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่สามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่สุด (*Staanton. 1971 . 625 - 627*) ผ่านเข้ามา ปริมาณแสงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืน (*Absorp*) ไว้ และผ่านเข้าไปยัง *Filter* ซึ่งทำหน้าที่แยกเส้นของ สเปกตรัม (*Spectrum*) ให้เป็น *Atomic Resonance Lines* ผ่านเข้าหัววัด (*Detector*) เพื่อวัดความเข้มของแสงที่ผ่านทะลุออกมา และผ่านไปยัง *Photomultiplier* เพื่อขยายสัญญาณ จากนั้น *Recorder* จะบันทึกผลการดูดกลืนแสงของปรอทออกมาเป็นตัวเลขที่หน้าปัด

วิธีดำเนินการทดลอง

1 การทำความสะอาดเครื่องมือและเครื่องแก้วที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและเครื่องแก้วที่ใช้ในการทดลอง ต้องทำความสะอาดโดยใช้ผงซักฟอก แล้วล้างด้วยน้ำอุ่น จากนั้นล้างต่อด้วย HNO_3 1% . Alcohol 95% ในอัตราส่วน 1 1 และ ล้างด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน (Deionized Water) อีกสองครั้ง อบให้แห้ง

2 เตรียม Mercury Reductant

เตรียม Mercury Reductant โดย

- 2.1 เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน 600 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในปิกเกอร์ขนาด 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 2.2 ก้อย ๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงไปทีละน้อย จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 2.3 เติมโซเดียมคลอไรด์ 5 กรัม
- 2.4 เติม Hydroxylamine Sulphate $(\text{NH}_2\text{OH})_2 \text{H}_2\text{SO}_4$ 10 กรัม
- 2.5 เติม Stannous Sulphate 20 กรัม กังไว้ให้เป็น เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนจนครบ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้เข้ากัน

3 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน และการทำแคลิเบรชัน เติร์บ

3.1 เตรียม Stock Mercury Solution ให้มีความเข้มข้น 1,000 ppm. โดยละลาย Mercuric Chloride (AR-grade) 0.1354 กรัม ในน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน แล้วทำให้ได้สารละลาย 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยเติมน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนนั้น

3.2 เตรียม Working Solution ให้มีความเข้มข้น 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 และ 70 ppb. ตามลำดับ โดยเตรียมจาก Stock Mercury Solution นั้น

3.3 ใช้หลอดดูดขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ดูดสารละลายมาตรฐานจากข้อ 3.2 มาสองลูกบาศก์เซนติเมตร และใช้หลอดดูดยาอีกอันดูดสารละลาย Mercury Reductant ที่เตรียมได้จากข้อ 2 มาสองลูกบาศก์เซนติเมตร

3 4 ถ่ายสารละลาย *Mercury Reductant* ไปยังสารละลายมาตรฐานที่ดูดไว้อีกหลอดสีดยาหนึ่ง และปรับหลอดสีดยาให้มีช่องว่างประมาณหกลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าสารละลายนี้ประมาณ 10 วินาที เพื่อรีดิวส์ให้ Hg^{2+} กลายเป็น Hg^0 ในช่วงนี้ปรอทจะกลายเป็นไอ สัดส่วนที่เป็นไอเข้าไปในเครื่องวัด เพื่อวัดค่า *Absorbance* ก่อนที่จะนำสารละลายมาตรฐานไปวัดจะต้องใช้สารละลายที่เป็น *Blank* วัดค่า *Absorbance* เสียก่อน

4 การเตรียมสารตัวอย่าง (ไข่ไก่)

4 1 นำไข่ของทั้งกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ต้องการวิเคราะห์ในแต่ละครั้ง (ครั้งละ 20 ฟอง เป็นของกลุ่มควบคุม 10 ฟอง กลุ่มทดลอง 10 ฟอง) มาแยกส่วนที่เป็นไข่แดงและไข่ขาวออกจากกัน

4 2 ตีไข่แต่ละส่วนให้เข้ากัน โดยใช้เครื่องตีไข่ แล้วแบ่งไข่มาส่วนละสามตัวอย่าง ตัวอย่างละห้ากรัม ใส่ในขวดขมพู่

4 3 เติมนครไดไนตริกเข้มข้นลงไป 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปิดด้วยกระจกนาฬิกา แล้วนำเอาไปวางในภาตทรายที่ควบคุมอุณหภูมิ $50 - 60^{\circ}C$ เป็นเวลาประมาณ 6 และ 15 ชั่วโมง สำหรับไข่ขาวและไข่แดงตามลำดับ จนกระทั่งไม่มีควันสีน้ำตาลของกาซีนโตรเจนไดออกไซด์เหลืออยู่ในขวดขมพู่

4 4 นำขวดขมพู่ออกจากภาตทราย ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นจึงเติมนครดิลฟุริคเข้มข้นลงไปอีก 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปิดด้วยกระจกนาฬิกา แล้วนำเอาไปวางในภาตทรายที่ควบคุมอุณหภูมิ $50 - 60^{\circ}C$ เป็นเวลานาน 6 และ 15 ชั่วโมง สำหรับไข่ขาวและไข่แดง ตามลำดับ แล้วทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้องอีกครั้งหนึ่ง

4.5 เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วต้มอีกห้านาที เพื่อไล่กาซีนโตรเจนไดออกไซด์ จากนั้นจึงกรองสารละลายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 41 และล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนและปรับปริมาตรเป็น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4 6 ไข่หลอดสีดยาขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ดูดสารละลายที่เตรียมได้ไว้ในข้อ 4 5 มาสองลูกบาศก์เซนติเมตร และไข่หลอดสีดยาอีกอันหนึ่งดูดสารละลาย *Mercury Reductant* มาสองลูกบาศก์เซนติเมตร เช่นกัน

4 7 ผสมสารละลาย *Mercury Reductant* จากที่ดูได้ไปยังหลอดดูดยาอันแรก และปรับหลอดดูดยาให้มีช่องว่างประมาณหกลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าสารละลายนี้ประมาณ 10 วินาที เพื่อดิวส์ Hg^{+2} กลายเป็น Hg^0 ซึ่งในช่วงนี้ปรอทจะกลายเป็นไอ สัดส่วนที่เป็นไอนี้เข้าไปในเครื่องวัด

4 8 ไอของปรอทจะเข้าสู่ *Absorption Cell* โดยผ่านกรดซัลฟุริกเข้มข้น ซึ่งบรรจุไว้ใน *Drying Bottle* วัดการดูดแสงของอะตอมปรอทในภาวะที่เป็นไอที่ *Ground State* 253.7 นาโนเมตร โดยมี *Hg Hollow Cathode Lamp* เป็นแหล่งกำเนิดแสง แล้วบันทึกค่าที่วัดได้ด้วย *Recorder*

4 9 หาปริมาณปรอทในสารละลายตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบจากแคลิเบรชันเคิร์ฟ ซึ่งใช้สารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 5 - 70 *ppb*. และใช้น้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนเป็น *Blank Solution* ผลจากการหาแคลิเบรชันเคิร์ฟ ได้แสดงไว้ตามกราฟในภาพประกอบ 5

5 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง (เนื้อ และเครื่องในของลูกไก่)

5.1 นำลูกไก่ที่ฟักได้ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมาฆ่า แล้วแยกออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนเนื้อไก่ และส่วนเครื่องในไก่ จากนั้นนำไปบดด้วยเครื่องบดจนละเอียด

5.2 นำไปชั่งน้ำหนักอย่างละเอียดของแต่ละส่วน แล้วแบ่งมาห้ำตัวอย่างในปริมาณตัวอย่างละห้ากรัม

5 3 วิเคราะห์หาปริมาณปรอทเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ในไข่ไก่ (ข้อที่ 4)

6 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง (ไข่อ่อนในช่องท้องของแม่ไก่)

6.1 ฆ่าแม่ไก่ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แล้วแยกเอาพวงไข่ในท้องออกมา

6 2 แบ่งไข่อ่อนตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของไข่ ซึ่งวัดโดย เวอร์เนีย คาลิเปอร์

(*Vernier Caliper*) ออกเป็น 10 ขนาด ดังนี้

6 2 1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 0.60 เซนติเมตร

6 2 2 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.61 - 0.90 เซนติเมตร

6 2 3 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.91 - 1.20 เซนติเมตร

6.2.4 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.21 - 1.50 เซนติเมตร

6.2.5 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.51 - 1.80 เซนติเมตร

6.2.6 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.81 - 2.10 เซนติเมตร

6.2.7 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.11 - 2.40 เซนติเมตร

6.2.8 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.41 - 2.70 เซนติเมตร

6.2.9 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.71 - 3.00 เซนติเมตร

6.2.10 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.01 เซนติเมตรขึ้นไป

6.3 ตีไข่แต่ละขนาดให้เข้ากันด้วยเครื่องตีไข่ แล้วแบ่งมาขนาดละสามตัวอย่าง
ตัวอย่างละห้ากรัม

6.4 วิเคราะห์หาปริมาณปรอท เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ไนโอเก้ (ข้อที่ 4)

การหาเปอร์เซ็นต์ซีฟเวอร์

- 1 เตรียมสารละลายมาตรฐานของปรอทที่มีความเข้มข้น 20 *ppb*.
- 2 เติมน้ำสารละลายมาตรฐานนี้ลงในไข่แดงของกลุ่มควบคุม (ไข่แดงที่ใช้ได้ ไข่แดง
ส่วนหนึ่งไปหาปริมาณปรอทก่อน พบว่ามีปริมาณปรอทอยู่เท่ากับ 0.0015 ไมโครกรัม)
- 3 ผ่านขบวนการต่าง ๆ เหมือนการเตรียมสารละลายตัวอย่าง
- 4 นำสารละลายไปวัดหาปริมาณปรอท

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ซีฟเวอร์

เมื่อเติมน้ำสารละลายมาตรฐานของปรอทที่มีความเข้มข้น 20 *ppb*. จำนวนหลอดบวกกี้
เซนติเมตร ลงในสารละลายตัวอย่าง ซึ่งมีปรอทสะสมอยู่ 0.0015 ไมโครกรัม แล้วนำไปวัดหา
ปริมาณปรอท พบว่ามีปรอทอยู่ 0.0955 ไมโครกรัม

วิธีการคำนวณ

สารละลายมาตรฐานของปรอทมีความเข้มข้น 20 ppb. หมายความว่า

$$\begin{aligned} \text{สารละลายมาตรฐาน 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีปรอท} &= 20 \text{ ไมโครกรัม} \\ \text{ถ้าสารละลายมาตรฐาน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีปรอท} &= \frac{20 \times 5}{1,000} \text{ ไมโครกรัม} \\ &= 0.1 \text{ ไมโครกรัม} \end{aligned}$$

สารปรอทที่ตรวจพบ 0.0955 ซี เป็นปรอทจากสารตัวอย่างเดิม 0.0015 ไมโครกรัม

เพราะฉะนั้น สารปรอทที่ตรวจพบจริงจากสารละลายมาตรฐาน จะเท่ากับ 0.094

ไมโครกรัม

$$\begin{aligned} \text{เติมปรอทลงไป 0.1 ไมโครกรัม ตรวจพบปรอท} &= 0.094 \text{ ไมโครกรัม} \\ \text{ถ้าเติมปรอทลงไป 100 ไมโครกรัม ตรวจพบปรอท} &= \frac{0.094 \times 100}{0.1} \text{ ไมโครกรัม} \end{aligned}$$

$$\text{เพราะฉะนั้น เปอร์เซนต์รีคฟเวอรี} = 94$$

การคำนวณค่าที่อ่านได้จากเครื่อง

- 1 ค่าที่อ่านได้จากเครื่อง จะอ่านเป็นตัวเลข ซึ่งเป็นค่าของ Absorbance
 - 2 จากการวัดสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น สามารถสร้างแคลิเบรชันเคิร์ฟได้ โดยพลอตระหว่างค่าความเข้มข้นกับค่า Absorbance ที่อ่านได้จากเครื่อง ตามภาพประกอบ 5
 - 3 จากค่า Absorbance ที่อ่านได้จากสารละลายตัวอย่าง สามารถหาความเข้มข้นได้ โดยเทียบจากแคลิเบรชันเคิร์ฟ โดยมีหน่วยเป็น ppb.
 - 4 การคำนวณค่าความเข้มข้นที่ได้เป็นหน่วย ppm.
- สมมติว่ามีสารตัวอย่าง A กรัม เมื่อย่อยสมบูรณ์แล้วปรับปริมาตรเป็น B ลูกบาศก์เซนติเมตร วัดค่า Absorbance ได้ C (ค่านี้สมมติว่าหักลบค่า Blank ออกแล้ว) เมื่อเทียบจากแคลิเบรชันเคิร์ฟ ได้ค่าความเข้มข้นเท่ากับ D ppb.

ตัวอย่างการคำนวณ

ค่าความเข้มข้น เท่ากับ $D.ppb.$

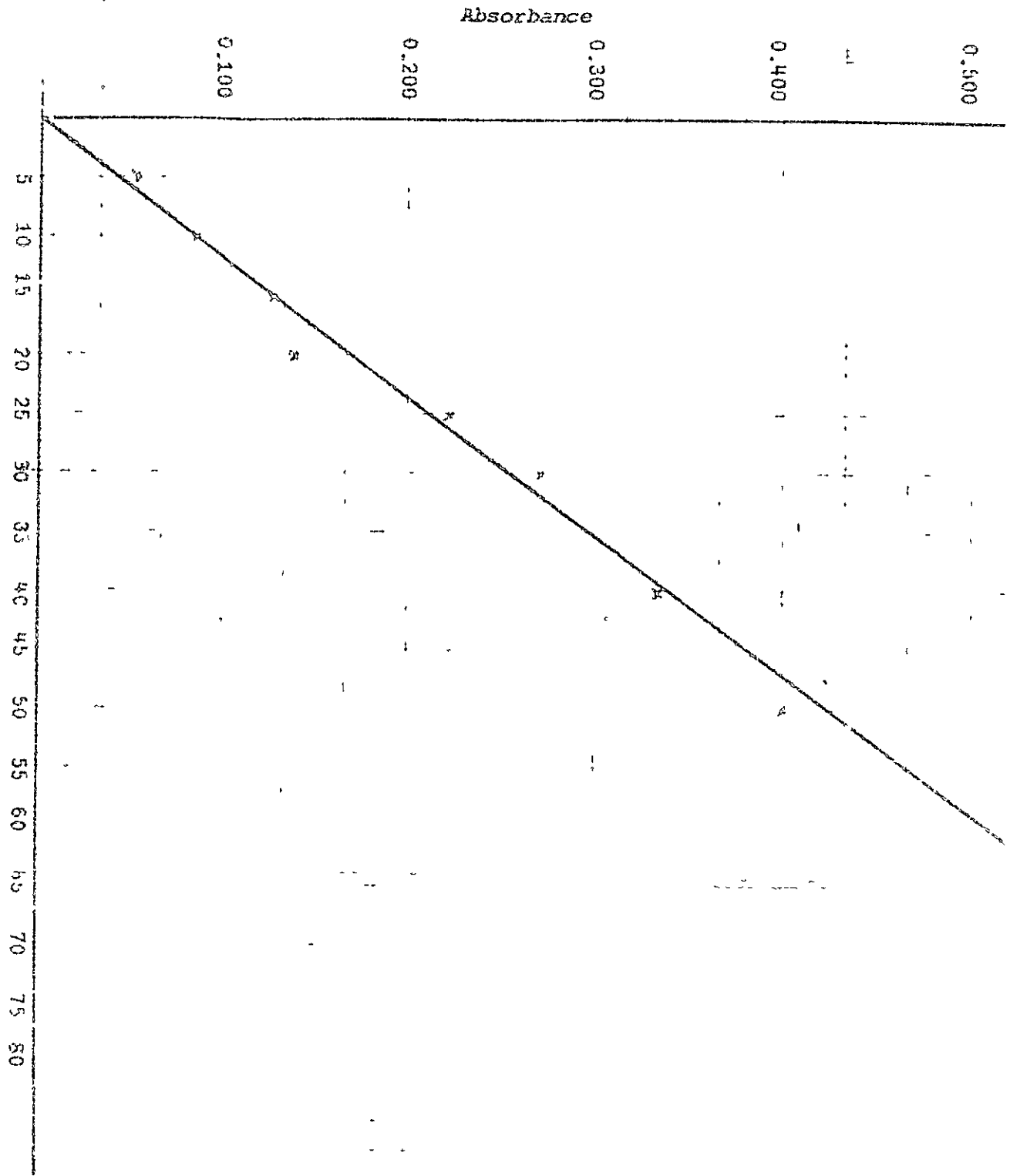
หมายความว่า ในสารละลาย 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีปรอท = D ไมโครกรัม

ในสารละลาย B ลูกบาศก์เซนติเมตร มีปรอท = $\frac{D \times B}{1,000}$ ไมโครกรัม

ในสารตัวอย่าง A กรัม มีปรอท = $\frac{D \times B}{1,000}$ ไมโครกรัม

เพราะฉะนั้น ถ้าในสารตัวอย่าง 1 กรัม จะมีปรอท = $\frac{D \times B}{1,000 \times A}$ ไมโครกรัม/กรัม

ในสารตัวอย่าง 1 กรัม จะมีปรอท = $\frac{D \times B}{1,000 \times A}$ ppm.



ภาพประกอบ ๖ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

ความเข้มข้น (mg/ml)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ยของปริมาณปรอทในไข่แดง ไข่ขาว ของแต่ละวัน
2. หาค่าเฉลี่ยของปริมาณปรอทที่พบในแต่ละขนาดของไข่อ่อน
3. หาค่าเฉลี่ยของปริมาณปรอทในส่วนของเนื้อไก่
4. หาค่าเฉลี่ยของปริมาณปรอทในส่วนของเครื่องในไก่
5. เขียนกราฟแสดงปริมาณปรอทที่มีอยู่ในกลุ่มตัวอย่างนั้น ๆ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลจัดทำตามลำดับดังต่อไปนี้ คือ

1. การวิเคราะห์หาปริมาณของโปรตีนในไข่ขาว และไข่แดง จากไข่ที่เก็บมาในระยะ
เวลาต่าง ๆ กัน
2. การวิเคราะห์หาปริมาณของโปรตีนในไข่อ่อนที่มีขนาดต่าง ๆ กันจากท้องของแม่ไก่
3. การวิเคราะห์หาปริมาณของโปรตีนที่ละลายอยู่ในลูกไก่

1 การวิเคราะห์หาปริมาณของโปรตีนในไข่ขาว และไข่แดง จากไข่ที่เก็บมาในระยะเวลาต่าง ๆ กัน

1.1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณของโปรตีนในไข่ขาวของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จากไข่
ที่เก็บมาในระยะเวลาต่าง ๆ กัน ได้แสดงไว้ในตาราง 2

ตาราง 2 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณของปรอทในไขขาวของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เก็บมาในระยะเวลาต่าง ๆ กัน

ระยะเวลาที่เก็บไข่ (วัน)	ปริมาณของปรอท (ppm.)	
	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
30	0.018	0.053
35	0.02 ^u	0.032
40	0.020	0.028
45	0.015	0.024
50	0.015	0.020
55	0.013	0.018
60	0.013	0.009
65	0.010	0.014
70	0.009	0.008
75	0.014	0.016
80	0.013	0.018
85	0.016	0.020
90	0.016	0.029
95	0.013	0.029
100	0.016	0.032
105	0.013	0.018
110	0.013	0.013
115	0.016	0.016
120	0.015	0.021

ผลการวิเคราะห์ในตาราง 2 พบว่าปริมาณปรอทในไข่ขาวทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง มีปริมาณใกล้เคียงกัน แต่พบปรอทในกลุ่มทดลองมากกว่ากลุ่มควบคุมเล็กน้อย โดยที่การเปลี่ยนแปลงของปรอทในไข่ขาวจากกลุ่มควบคุม ที่เก็บมาในช่วงเวลาดังแต่ 30 วัน จนถึง 120 วัน หลังจากให้อาหารนั้น มีปริมาณปรอทอยู่ระหว่าง 0.009 - 0.024 ppm. ส่วนการเปลี่ยนแปลงของปรอทในไข่ขาวจากกลุ่มทดลองมีปริมาณปรอทอยู่ระหว่าง 0.008 - 0.053 ppm. ซึ่งแสดงไว้ด้วยกราฟในภาพประกอบ 6

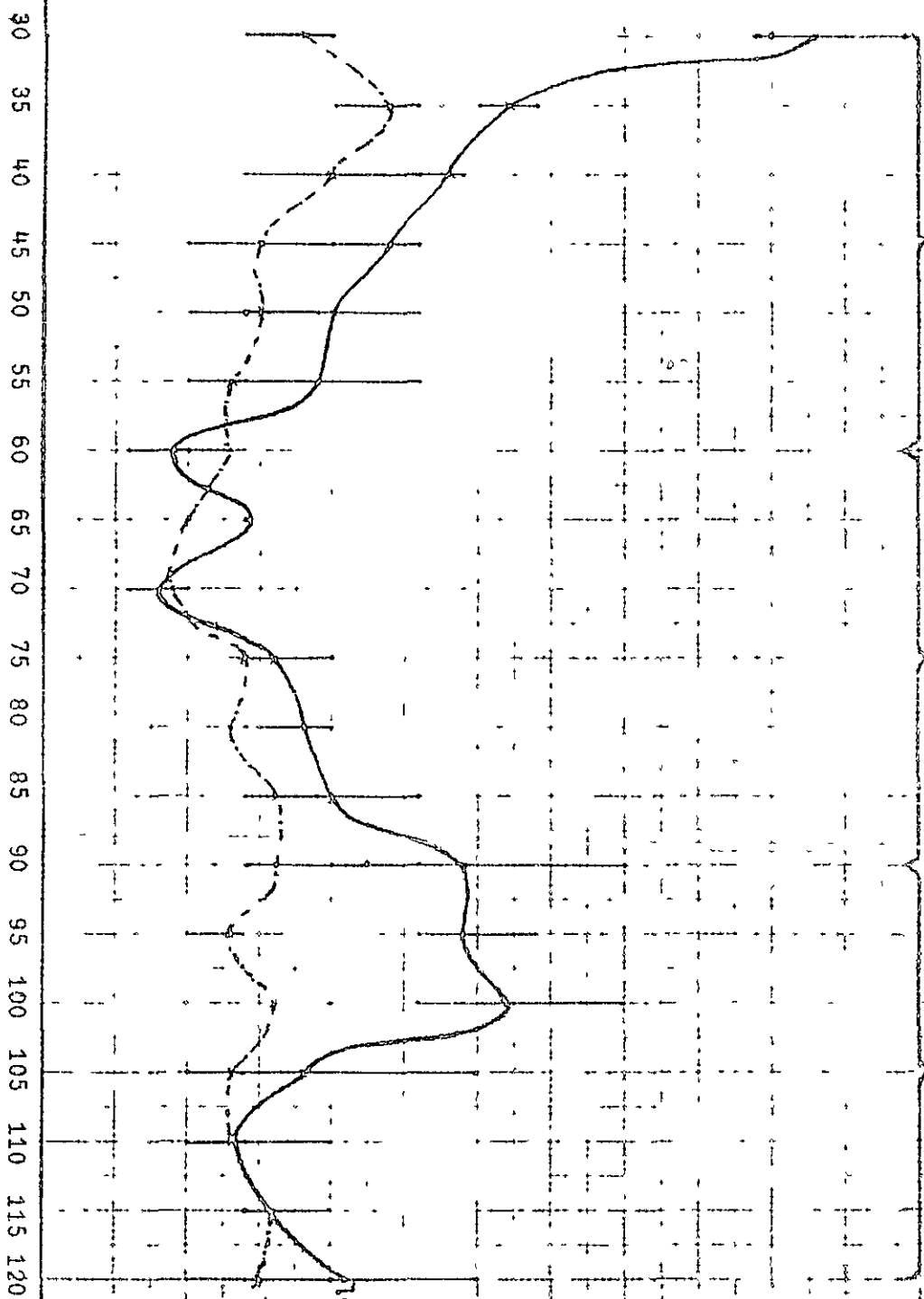
9 กรกฎาคม - 7 สิงหาคม

8 สิงหาคม - 6 กันยายน

7 กันยายน - 5 ตุลาคม

ความเข้มข้น (ppm.)

0.060
0.055
0.050
0.045
0.040
0.035
0.030
0.025
0.020
0.015
0.010
0.005



ข้อมูลกลุ่มทดลอง
ข้อมูลกลุ่มควบคุม

ระยะเวลาที่เก็บไข่ (วัน)

ภาพประกอบ 6

กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของโปรตีนในไข่ขาวที่กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

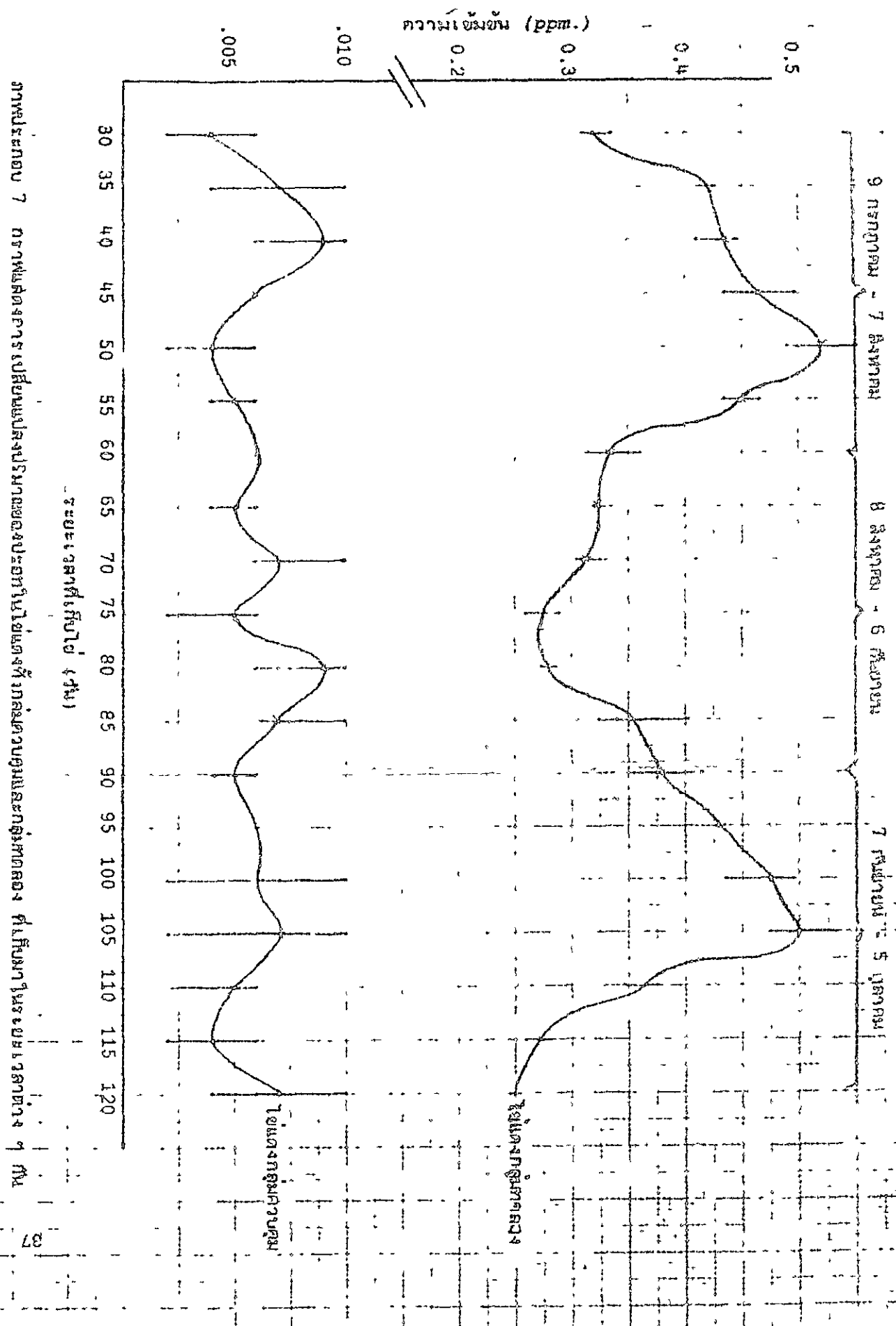
38

1 2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณของปรอทในไข่แดง ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
จากไข่ที่เก็บมาในระยะเวลาต่าง ๆ กัน ได้แสดงไว้ในตาราง 3

ตาราง 3 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณของปรอทในไข่แดง ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
ที่เก็บมาในระยะเวลาต่าง ๆ กัน

ระยะเวลาที่เก็บไข่ (วัน)	ปริมาณของปรอท (ppm.)	
	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
30	0.004	0.320
35	0.007	0.421
40	0.009	0.435
45	0.006	0.463
50	0.004	0.520
55	0.005	0.450
60	0.006	0.336
65	0.005	0.322
70	0.007	0.313
75	0.005	0.276
80	0.009	0.282
85	0.007	0.355
90	0.005	0.380
95	0.006	0.431
100	0.006	0.474
105	0.007	0.497
110	0.005	0.367
115	0.004	0.273
120	0.007	0.250

ผลการวิเคราะห์ในตาราง 3 พบว่า ปริมาณของปรอทไนโอแดงของกลุ่มทดลองมากกว่า ปริมาณของปรอทไนโอแดงของกลุ่มควบคุม สำหรับในกลุ่มควบคุม พบว่าปริมาณปรอทไนโอแดงมีค่าน้อยมาก และมีปริมาณใกล้เคียงกัน ในระยะเวลาที่ต่างกัน คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.004 - 0.009 ppm. ส่วนกลุ่มทดลองนั้นพบว่าปริมาณของปรอทไนโอแดงค่อนข้างสูง เมื่อพิจารณาปริมาณของปรอทกับระยะเวลาที่เก็บไข่ พบว่าปริมาณของปรอทจะเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บไข่มาในระยะ 30 - 50 วัน และ 80 - 105 วัน คือ มีค่า 0.320 - 0.520 ppm. และ 0.282 - 0.497 ppm. ตามลำดับ และจะลดลงเมื่อเก็บไข่มาในระยะ 55 - 75 และ 110 - 120 วัน คือ มีค่าระหว่าง 0.450 - 0.276 และ 0.367 - 0.250 ppm. ตามลำดับ ซึ่งแสดงไว้ด้วยกราฟในภาพประกอบ 7



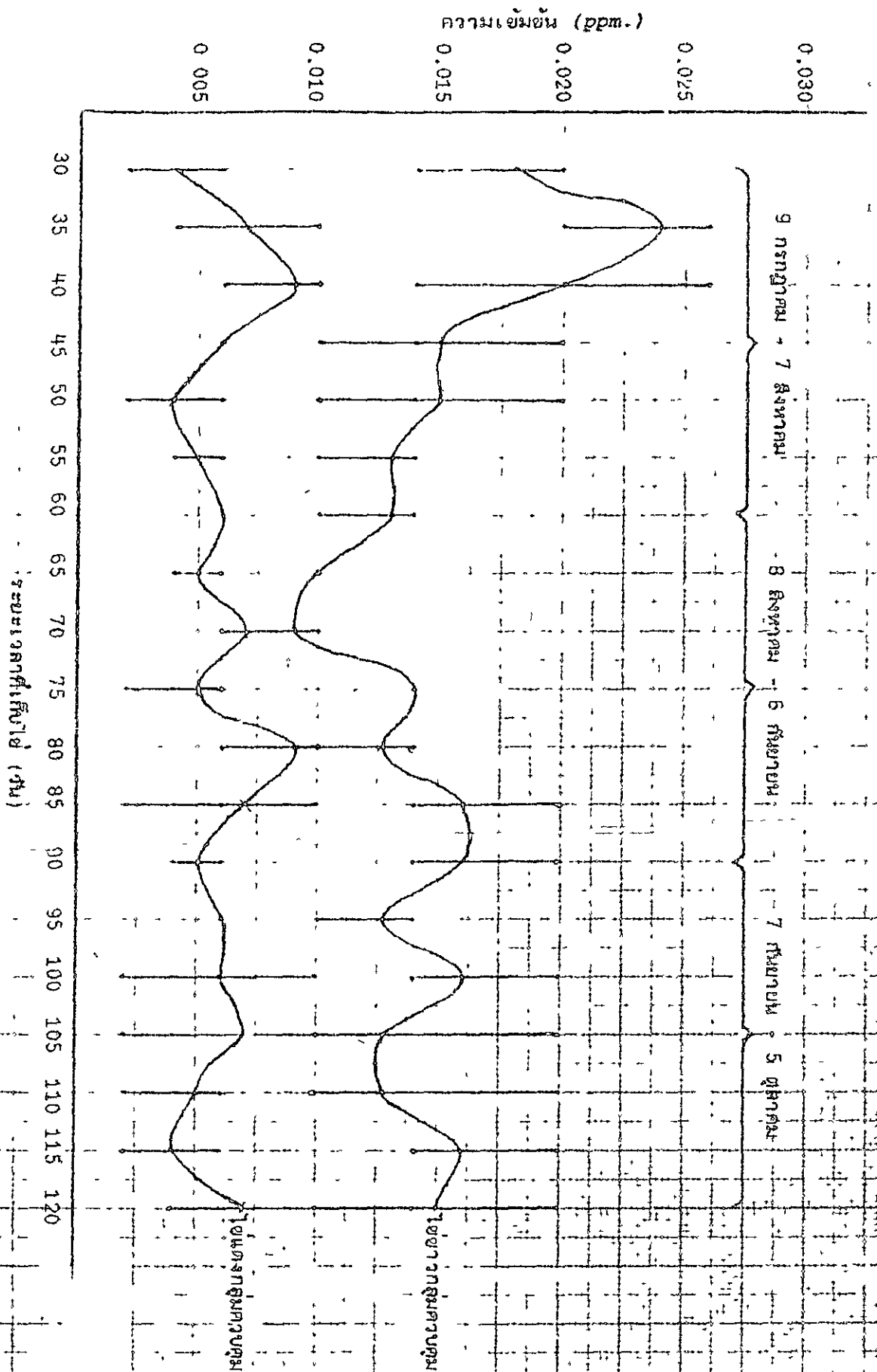
ภาพประกอบ 7 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของอะโรมาติกไฮโดรเจนที่ก่อตัวด้วยผลจากสภาวะต่าง ๆ ที่

1 3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในไข่ขาวและไข่แดงของกลุ่มควบคุมที่เก็บมา
 ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน ได้แสดงไว้ในตาราง 4

ตาราง 4 แสดงปริมาณของปรอทที่เข้าไปในไข่ขาวและไข่แดงของกลุ่มควบคุมที่เก็บมาในระยะ
 เวลาต่าง ๆ กัน

ระยะเวลาที่เก็บไข่ (วัน)	ปริมาณปรอท (ppm.)	
	ไข่ขาว	ไข่แดง
30	0.018	0.004
35	0.024	0.007
40	0.020	0.009
45	0.015	0.006
50	0.015	0.004
55	0.013	0.005
60	0.013	0.006
65	0.010	0.005
70	0.009	0.007
75	0.014	0.005
80	0.013	0.009
85	0.016	0.007
90	0.016	0.005
95	0.013	0.006
100	0.016	0.006
105	0.013	0.007
110	0.013	0.005
115	0.016	0.004
120	0.015	0.007

ผลจากการวิเคราะห์ในตาราง 4 พบว่า ไอ้ในกลุ่มควบคุมมีปริมาณของ
 โปรตีนไอโซฮิวมากกว่าไอ้แดง คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.009 - 0.024 และ 0.004 - 0.009
ppm. ตามลำดับ สำหรับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโปรตีนไอโซฮิวและไอ้แดง ตามระยะเวลา
 ที่เก็บไข่คล้าย ๆ กัน คือ ปริมาณของโปรตีนเปลี่ยนแปลงไปไม่สม่ำเสมอ ซึ่งแสดงไว้ด้วยกราฟใน
 ภาพประกอบ 8



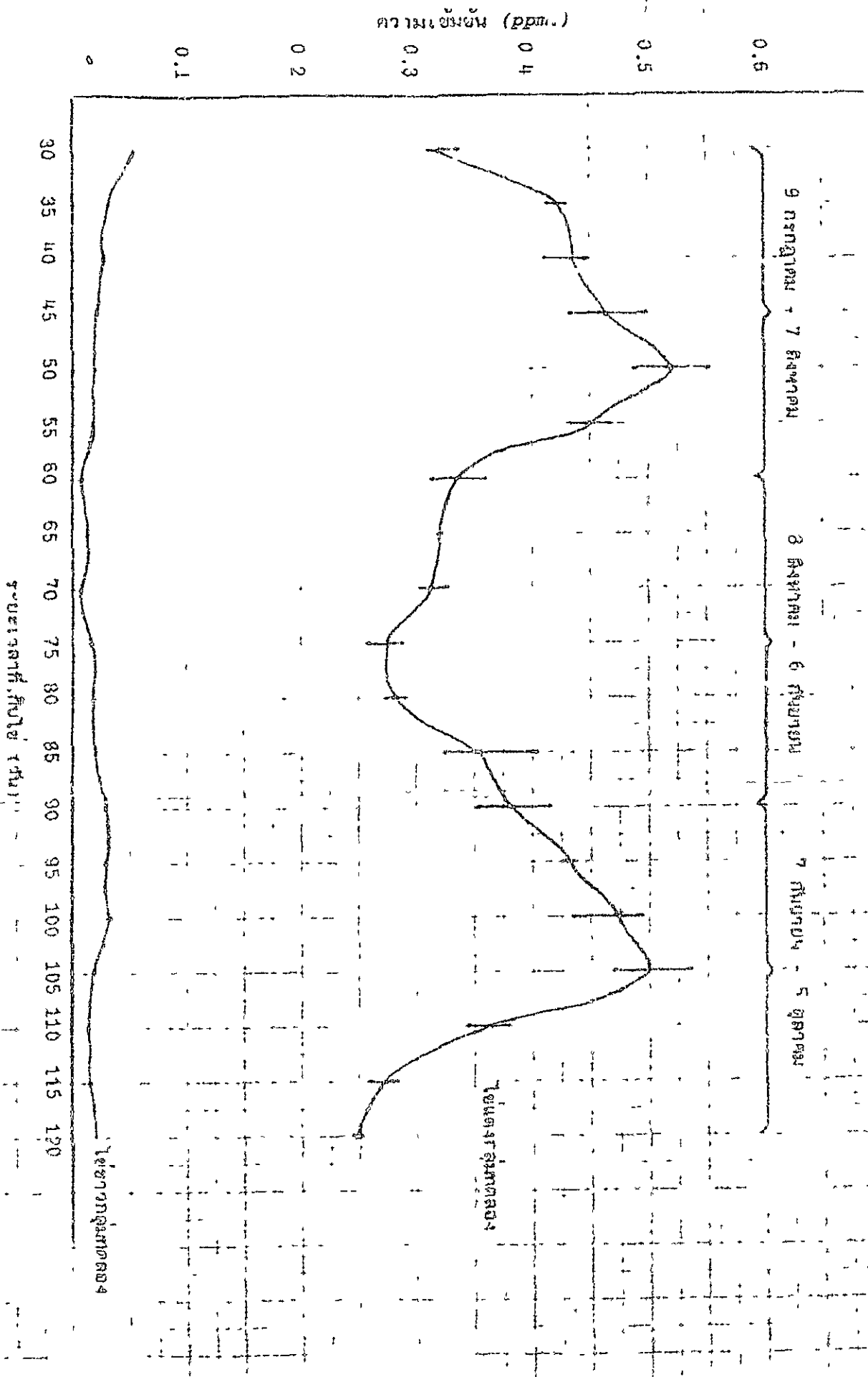
ภาพประกอบ ๖ การนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ของประชาชนในต่างแดนใช้ของของกลุ่มชาวฮมส์ที่ได้รับใช้ในระบอบเวลาดำรง

๑ 4 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในไข่ขาวและไข่แดง ของกลุ่มทดลองที่เก็บมาใน
ระยะเวลาต่าง ๆ กัน ได้แสดงไว้ในตาราง 5

ตาราง 5 แสดงปริมาณของปรอทที่เข้าไปในไข่ขาวและไข่แดง ของกลุ่มทดลองที่เก็บมาใน
ระยะเวลาต่าง ๆ กัน

ระยะเวลาที่เก็บไข่ (วัน)	ปริมาณของปรอท (ppm.)	
	ไข่ขาว	ไข่แดง
30	0.053	0.320
35	0.032	0.421
40	0.028	0.435
45	0.024	0.463
50	0.020	0.520
55	0.018	0.450
60	0.009	0.336
65	0.014	0.322
70	0.008	0.313
75	0.016	0.276
80	0.018	0.282
85	0.020	0.355
90	0.029	0.380
95	0.029	0.431
100	0.032	0.474
105	0.018	0.497
110	0.013	0.367
115	0.016	0.273
120	0.021	0.250

ผลจากการวิเคราะห์ในตาราง 5 พบว่า ไซ้ในกลุ่มทดลองมีปริมาณปรอทในไซ้แดงมากกว่า ไซ้ขาว โดยจะมีปริมาณมากกว่าในไซ้ขาวตลอดระยะเวลาที่เก็บไซ้ โดยพบว่าไซ้แดงจะมีปรอทอยู่ระหว่าง 0.250 - 0.520 ppm. ส่วนไซ้ขาวมีปรอทอยู่ระหว่าง 0.008 - 0.053 ppm. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณปรอทในไซ้แดง ตามระยะเวลาต่าง ๆ เพิ่มขึ้นและลดลง ตามผลการวิเคราะห์ในตาราง 2 และ 3 ตามลำดับ และได้แสดงไว้ด้วยกราฟในภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของโปรตีนในตัวอย่างและตัวอย่างของสารสกัดจากพืชที่เป็นประโยชน์

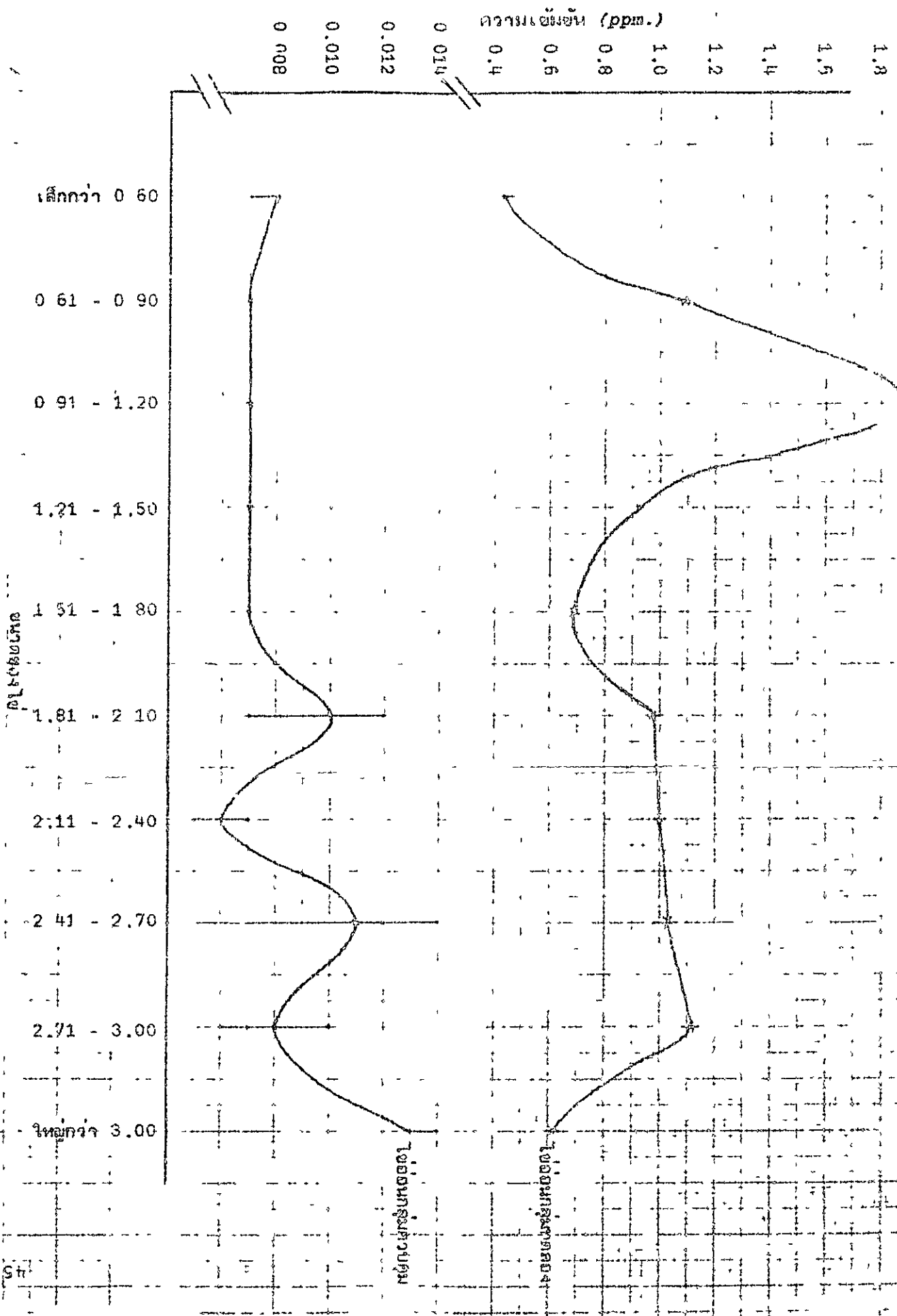
2. การวิเคราะห์หาปริมาณของปรอทในไข่อ่อนที่มีขนาดต่าง ๆ กัน จากท้องของแม่ไก่ ได้แสดงไว้ในตาราง 6

ตาราง 6 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณของปรอทในไข่อ่อนที่มีขนาดต่าง ๆ กัน จากท้องของแม่ไก่ ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ขนาดของไข่ (เซนติเมตร)	กลุ่มตัวอย่าง	
	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
เล็กกว่า 0.60	0.008	0.440
0.61 - 0.90	0.007	1.082
0.91 - 1.20	0.007	1.847
1.21 - 1.50	0.007	0.923
1.51 - 1.80	0.007	0.691
1.81 - 2.10	0.010	0.969
2.11 - 2.40	0.006	1.000
2.41 - 2.70	0.011	1.032
2.71 - 3.00	0.008	1.144
ใหญ่กว่า 3.00	0.013	0.614

ผลการวิเคราะห์ในตาราง 6 พบว่า ไข่ในกลุ่มควบคุมทุกขนาด มีปริมาณของปรอทอยู่ในไข่อ่อนน้อยมาก คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.006 - 0.013 ppm. สำหรับไข่ในกลุ่มทดลองนั้น พบว่ามีปริมาณของปรอทค่อนข้างสูง คือ อยู่ระหว่าง 0.440 - 1.847 ppm. และปริมาณปรอทจะสูงที่สุดในไข่ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.91 - 1.20 เซนติเมตร คือ มีค่าเท่ากับ 1.847 ppm. ซึ่งได้แสดงด้วยกราฟในภาพประกอบ 10

ภาพประกอบ 10 กราฟแสดงปริมาณการเปลี่ยนแปลงของปรอทในไข่อ่อนจากท้องแม่ไก่ ตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง



3. การวิเคราะห์หาปริมาณของปรอทที่สะสมอยู่ในลูกไก่ ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ได้แสดงไว้ในตาราง 7

ตาราง 7 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณของปรอทที่สะสมอยู่ในส่วนเนื้อและส่วนเครื่องในของลูกไก่

กลุ่มตัวอย่าง		ปริมาณปรอท (ppm.)					ค่าเฉลี่ย
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
กลุ่มควบคุม	ส่วนเนื้อ	0.010	0.014	0.006	0.010	0.010	0.010
	ส่วนเครื่องใน	0.006	0.010	0.006	0.010	0.006	0.008
กลุ่มทดลอง	ส่วนเนื้อ	0.046	0.054	0.049	0.046	0.046	0.048
	ส่วนเครื่องใน	0.071	0.070	0.065	0.078	0.068	0.068

ผลจากการวิเคราะห์ในตาราง 7 พบว่า ปริมาณปรอทที่สะสมอยู่ในลูกไก่ของกลุ่มควบคุม ทั้งส่วนเนื้อ และส่วนเครื่องในมีปริมาณปรอทอยู่น้อยมาก คือ 0.010 และ 0.008 ppm ตามลำดับ สำหรับในกลุ่มทดลอง พบว่ามีปริมาณของปรอทอยู่ทั้งในส่วนเนื้อ และส่วนเครื่องใน คือ 0.048 และ 0.068 ppm. ตามลำดับ โดยจะถ่ายทอดประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ จากปริมาณปรอทในไข่ ของกลุ่มทดลอง

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอนะ

จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

- 1 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณปรอทในไข่แดงและไข่ขาว
2. เพื่อหาปริมาณของปรอทของไข่อ่อนในท้องของแม่ไก่
- 3 เพื่อศึกษาปริมาณของปรอทที่ถ่ายทอดจากไข่ไปยังลูกไก่

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

- 1 ผลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้านี้ทำให้ได้ความรู้ต่าง ๆ ดังนี้
 - 1.1 ปริมาณปรอทในส่วนต่าง ๆ ของไข่ได้แก่ ไข่แดง และไข่ขาว
 - 1 2 ระยะแรกที่ปรอทเข้าไปในไข่อ่อน
 - 1 3 การถ่ายทอดปรอทจากไข่ไปยังลูกไก่
2. ผลจากการศึกษาค้นคว้านี้ในเรื่องนี้ จะเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไปในด้าน
 - 2.1 ผลของปรอทในส่วนต่าง ๆ ของไข่ที่มีต่อลูกไก่
 - 2.2 หาวิธีการป้องกันมิให้ปรอทเข้าไปสะสมในอาหารไก่
3. เป็นประโยชน์แก่ผู้เลี้ยงไก่ ในด้านการคัดเลือกไข่ที่จะนำไปฟักเพื่อให้ได้ไก่ที่มีคุณภาพดี

การดำเนินการทดลอง

- 1 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ไก่ตัวเมียที่ผู้วิจัยได้นำมาเลี้ยง จำนวน 20 ตัว โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง กลุ่มละ 10 ตัว และไก่ตัวผู้ชก 2 ตัว
2. การให้อาหารไก่ ไก่ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จะได้รับอาหารสำเร็จรูปของบริษัท เจริญโภคภัณฑ์อุตสาหกรรมจำกัด ในปริมาณและเวลาที่เท่า ๆ กัน สำหรับอาหารของกลุ่มทดลองได้ผสมกับ Mercury (II) acetate จำนวนแปดมิลลิกรัมต่ออาหารไก่หนึ่งกิโลกรัม

3. การผสมพันธุ์ ให้ไก่ตัวเมียทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ได้อยู่ร่วมกับไก่ตัวผู้ทั้งสองตัว โดยสับเปลี่ยนกันตัวละ 3 ชั่วโมง ในช่วงเวลาเช้าถึงเย็น ตลอดการทดลอง

4. การเก็บไข่ ไข่ที่ใช้ในการวิเคราะห์เก็บหลังจากทำการเลี้ยงไก่ไปแล้ว 30 วัน และจากนั้นจะเก็บไข่ทุก ๆ 5 วัน จนครบ 3 เดือน

5. การฟักไข่ นำไข่ที่ได้หลังจากเก็บไข่ที่จะนำไปรีเกราะหัตตามข้อ 4 ครบแล้ว จำนวนกลุ่มละ 30 ฟอง ไปทำการฟักด้วยเครื่องฟักแบบไฟฟ้า แล้วนำลูกไก่ที่ได้จากการฟักอายุ 2 วัน มาทำการฆ่า เพื่อเอาส่วนเนื้อ และส่วนเครื่องในมาวิเคราะห์

6. การฆ่าไก่ ทำการฆ่าไก่ทั้งสองกลุ่ม หลังจากทำการทดลองไปแล้ว 6 เดือน เพื่อนำเอาไข่อ่อนในท้องของแม่ไก่มาวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ *Flameless Atomic Absorption Spectrophotometer (Perkin-Elmer Model 373)* ของสถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ

2 หาค่าเฉลี่ยของปริมาณโปรตีนในไข่แดง ไข่ขาว ของแต่ละวัน

3. หาค่าเฉลี่ยของปริมาณโปรตีนที่พบในแต่ละขนาดของไข่อ่อน

4 หาค่าเฉลี่ยของปริมาณโปรตีนในส่วนของเนื้อไก่

5 หาค่าเฉลี่ยของปริมาณโปรตีนในส่วนของเครื่องในไก่

6 เขียนกราฟแสดงปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในกลุ่มตัวอย่างนั้น ๆ

สรุปผลจากการศึกษาค้นคว้า

1. ปริมาณโปรตีนในไข่ขาว ที่ถ่ายทอดมาจากไข่ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า โปรตีนเข้าไปในไข่ขาวทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง มีปริมาณใกล้เคียงกันมาก ปริมาณโปรตีนในไข่ขาวที่เก็บมาจากไข่ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

2. ปริมาณปรอทในไข่แดงจากไข่ที่เก็บมาในระยะเวลาดังต่าง ๆ กัน พบว่าปริมาณปรอทที่เข้าไปในไข่แดงของกลุ่มทดลอง แตกต่างจากกลุ่มควบคุมมาก โดยที่ปริมาณในไข่แดงของกลุ่มควบคุมมีค่าน้อยมาก และมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของปรอทในไข่แดง จากไข่ที่เก็บมาในระยะเวลาดังต่าง ๆ กัน

สำหรับกลุ่มทดลองนั้น พบว่ามีปริมาณปรอทในไข่แดงค่อนข้างสูง และมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของปรอทในไข่แดงตามช่วงเวลาที่เก็บไข่เพิ่มขึ้นและลดลงอย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาที่ทดลอง โดยจะเพิ่มขึ้นในระยะเวลาส่งให้อาหารไก่แล้ว 30 - 50 วัน และ 80 - 105 วัน และจะลดลงในระยะ 55 - 75 วัน และ 110 - 120 วัน ตามลำดับ

3. ปริมาณของปรอทที่เข้าไปในไข่ขาว จากไข่ที่เก็บมาในระยะเวลาดังต่าง ๆ กันของกลุ่มควบคุม มากกว่าปริมาณของปรอทในไข่แดงของกลุ่มควบคุม และมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาที่เก็บไข่คล้าย ๆ กัน ทั้งในไข่ขาวและในไข่แดง คือ ปริมาณปรอทเปลี่ยนแปลงไม่สม่ำเสมอ

4. ปริมาณของปรอท ที่เข้าไปในไข่แดงจากไข่ที่เก็บมาในระยะเวลาดังต่าง ๆ กัน ของกลุ่มทดลองมากกว่าปริมาณของปรอทในไข่ขาว ตลอดระยะเวลาที่เก็บไข่ การเปลี่ยนแปลงปริมาณของปรอทในไข่แดงตามระยะเวลาดังต่าง ๆ นั้น จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามช่วงระยะเวลาอย่างสม่ำเสมอ (ตามผลในข้อ 2) แต่ในไข่ขาวพบว่า ปริมาณของปรอทมีการเปลี่ยนแปลงไม่สม่ำเสมอ

5. ผลจากการทดลองครั้งนี้พบว่า ไข่ในกลุ่มควบคุมมีปริมาณของปรอทในไข่ขาวมากกว่าไข่แดง ส่วนไข่ในกลุ่มทดลองมีปริมาณของปรอทในไข่แดงมากกว่าในไข่ขาว โดยตลอดระยะเวลาที่เก็บไข่มาวิเคราะห์

6. ปริมาณของปรอทในไข่อ่อนตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของไข่จากท้องของแม่ไก่ ปรากฏว่า ในกลุ่มควบคุมมีปริมาณของปรอทอยู่น้อยมาก คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.006 - 0.013 ppm. สำหรับไข่อ่อนในกลุ่มทดลอง พบว่ามีปริมาณของปรอทค่อนข้างสูง คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.440 - 1.847 ppm. และปริมาณของปรอทจะสูงที่สุดในไข่ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.91 - 1.20 เซนติเมตร คือ มีค่าเท่ากับ 1.847 ppm.

7 ปริมาณปรอทที่สะสมอยู่ในลูกไก่ที่พบว่า ลูกไก่ในกลุ่มควบคุมทั้งส่วนเนื้อและส่วนเครื่องใน มีปริมาณปรอทน้อยมาก คือ 0.010 และ 0.008 ppm. ตามลำดับ แต่สำหรับในกลุ่มทดลอง พบว่ามีปริมาณของปรอทอยู่ทั้งในส่วนเนื้อและส่วนเครื่องในสูง คือ 0.048 และ 0.068 ppm. ตามลำดับ ผลจากการทดลองครั้งนี้แสดงว่า สารปรอทสามารถถ่ายทอดจากแม่ไก่ไปยังไข่และลูกไก่ได้ โดยสะสมอยู่ในส่วนของเครื่องในมากกว่าส่วนของเนื้อ

อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า

การที่ปริมาณปรอทเข้าไปในไข่ขาวมากกว่าไข่แดงสำหรับไข่ในกลุ่มควบคุม และปริมาณปรอทเข้าไปในไข่แดงได้มากกว่าไข่ขาวสำหรับกลุ่มทดลองนั้น อาจขึ้นอยู่กับชนิดของสารปรอท โดยที่กลุ่มควบคุมอาจได้รับสารปรอท ซึ่งแตกต่างไปจากสารปรอทที่ผสมให้กลุ่มทดลองกิน ซึ่งเหตุผลนี้จะสอดคล้องกับผลการทดลองของ ไควมีเย และ สเวนสัน (Kiwimae and Swensson. 1969 : 1014 - 1016) พบว่า ชนิดของสารปรอทจะมีผลต่ออัตราการสะสมของปรอทในไข่แดงและไข่ขาว โดยพบว่าไก่กลุ่มที่ได้รับ methylmercury hydroxide จะมีปริมาณปรอทในไข่ขาวมากกว่าในไข่แดง ส่วนกลุ่มที่ได้รับ phenylmercury hydroxide, methoxyethylmercury hydroxide, mercury (II) nitrate มีปริมาณของปรอทในไข่แดงมากกว่าไข่ขาว และ ผลจากการทดลองของ เซลล์ และคนอื่น ๆ (Sell and others. 1974 : 248 - 251) พบว่า ไก่ที่ได้รับ Mercuric chloride จะมีปริมาณปรอทสะสมอยู่ในไข่ขาวมากกว่าไข่แดง สำหรับผลการทดลองครั้งนี้พบว่า Mercury (II) acetate เข้าไปสะสมในไข่แดงได้ดีกว่าไข่ขาว ซึ่งแสดงว่า Mercury (II) acetate สามารถรวมตัวได้ดีกับส่วนที่เป็นไขมัน มากกว่าส่วนที่เป็นน้ำ นอกจากนี้การเข้าไปสะสมของปรอทยังขึ้นอยู่กับระดับสารปรอทที่ไก่ได้รับ ถ้าไก่ได้รับสารปรอทน้อยจะพบปรอทในไข่แดงน้อยกว่าไข่ขาว แต่เมื่อไก่ได้รับสารปรอทมากขึ้น อัตราการสะสมในไข่แดงจะเพิ่มมากขึ้น ดังผลการทดลองของ ไควมีเย และ สเวนสัน (Kiwimae and Swensson. 1969 : 1014 - 1016) พบว่าปริมาณของ methyl mercury ในไข่แดงมีค่า

น้อยกว่าไข่ขาวมาก แต่เมื่อให้อาหารผสมของสารปรอทมากขึ้น จะพบว่าปริมาณปรอทในไข่แดง ทั้งหมดจะสูงกว่าไข่ขาว ประมาณ 3 - 10 เท่า

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณปรอทในไข่แดงของกลุ่มทดลอง เพิ่มขึ้นในระยะหลังจากไก่ได้รับอาหารที่ผสมด้วย *Mercury (II) acetate* ไปแล้ว 30 - 50 วัน และ 80 - 105 วัน และจะลดลงเมื่อเก็บไข่มาในระยะ 55 - 75 และ 110 - 120 วัน ซึ่ง แสดงว่า ในช่วงระยะเวลาหนึ่งไก่สามารถขับสารปรอทออกจากร่างกายได้บ้างบางส่วน

ปริมาณการเปลี่ยนแปลงของปรอทที่เข้าไปในไข่ขาว ไม่คงที่แน่นอนนั้น ทั้งนี้เนื่องจาก ปรอทที่เข้าไปในไข่ขาวมีปริมาณน้อยมาก จึงทำให้ค่า *Absorbance* ที่วัดได้ไม่แน่นอน จึงไม่สามารถสรุปผลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณปรอทในไข่ขาวได้

ปริมาณปรอทมีการถ่ายเทออกจากแม่ไก่ไปยังไข่ไก่ และจากไข่ไปยังลูกไก่ โดยจะถ่ายเทอด ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ โดยพบปริมาณของปรอทจะสะสมอยู่ในส่วนของ เครื่องในมากกว่าในส่วน ของ เนื้อลูกไก่ ทั้งนี้อาจจะเป็นอันเนื่องมาจากความแตกต่างของสารอาหารที่มีอยู่ในเนื้อไข่ไก่ และในส่วน ของ เครื่องในไก่ ซึ่งจะมีผลต่อการรวมตัวกับสารปรอทพวก *Mercury (II) acetate* ได้แตกต่างกัน

ปริมาณปรอทในไข่อ่อน จะมีมากกว่าปริมาณปรอทของไข่นอกตัวไก่ โดยจะมีปริมาณปรอท สูงสุดในไข่ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.91 - 1.20 เซนติเมตร ทั้งนี้อาจจะเป็นอันเนื่องมาจาก ความแตกต่างของสารอาหารที่มีอยู่ในไข่นอกตัวต่าง ๆ กัน ซึ่งจะมีผลต่อการรวมตัวกับสารปรอทพวก *Mercury (II) acetate* ได้แตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาค้นคว้าในครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาหาปริมาณของปรอทในอาหารไก่
2. ควรศึกษาหาปริมาณของปรอทในส่วน ของ ไข่ขาว ไข่แดง และอวัยวะต่าง ๆ ของ แม่ไก่ด้วย
3. ควรศึกษาว่าหลังจากหยุดให้อาหารที่ผสมด้วยสารปรอทแล้ว ปรอทที่สะสมอยู่ใน ตัวแม่ไก่จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

4. ควรศึกษาว่า ไก่ที่เกิดจากไข่ที่มีสารปรอทสะสมอยู่นี้ เมื่อเติบโตจนกระทั่งสามารถให้ไข่ได้แล้ว ไข่เหล่านั้นยังมีสารปรอทสะสมอยู่หรือไม่ และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
5. ควรศึกษาว่าปรอทมีผลต่อส่วนประกอบของไข่ขาวและไข่แดงอย่างไร
6. ควรสำรวจว่าไข่ที่มีอยู่ในท้องตลาดของประเทศไทย มีปรอทสะสมอยู่มากน้อยแค่ไหน
7. ควรศึกษาหาปริมาณของปรอทในไข่ในช่วงระยะเวลาและฤดูกาลที่แตกต่างกันออกไป และควรศึกษาในระยะเวลาที่นานกว่านี้
8. ควรศึกษาหาปริมาณของปรอทในไข่โดยเปลี่ยนสารปรอทเป็นตัวอื่นบ้าง เช่น *Mercuric chloride, Methyl mercury hydroxide* เป็นต้น
9. ในการทดลองควรจดน้ำหนักไก่ จุลหุมิของโรงเรือน และการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของไก่ ตลอดการทดลอง

บรรณาธิการ

บรรณานุกรม

บุญเลิศ ชังศิริจินดา "การละลายของสารปรอทในผักบุ้งใกล้โรงงานคอสติคโซดาในประเทศไทย"

วนสาร 37(1) : 33 มกราคม - มีนาคม 2522

ปฐม แหยมเกตุ การวิเคราะห์ปริมาณปรอทในปลาลำน้ำบางชนิดในอ่าวไทย โดยวิธีนิวตรอน

แอคติเวชัน วิทยานิพนธ์ ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต แผนกวิชาชีวเคมี

เทคโนโลยี ปณิธิวิทยาชัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2519, 65 หน้า ฮัดสำเนา

ประวิทย์ อุ้มเกษียร และคนอื่น ๆ "การศึกษาสารโลหะหนักเป็นพิษในเนื้อสัตว์ที่ใช้เป็นอาหาร"

รายงานการสัมมนาทางวิชาการ สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปัญหา

มลภาวะของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย 2520, 274 หน้า

พิมล เรียบวัฒนา สเปกโตรสโคปีอินฟราเรดกับการประยุกต์ทางเคมี อักษรเจริญทัศน์ 2524,

292 หน้า

แมน อมรสิทธิ์ "อะตอมมิก แอบซอร์พชันสเปกโตรสโคปี" วิทยาคาสตร์ 29(11) . 22

พฤศจิกายน 2518

สารารณสุข, กระทรวง ประกาศของสารารณสุข 24, 2522

สุนทร สุวรรณโณ การหาปริมาณปรอทในน้ำทะเลโดยวิธีวิเคราะห์แบบ Destructive

Neutron Activation วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

2517, 72 หน้า ฮัดสำเนา

สุนีย์ เสาวรส "สารปรอทในไข่" ยัยพฤกษ์วิทยาคาสตร์ 25(17) : 8 - 10 พฤษภาคม

2521

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ ไข่และเนื้อไก่ ภาควิชาสัตวบาลสัตว์ปีก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2519, 396 หน้า

แสงเดือน บุญโยประการ "ข่าวการประมงในประเทศไทย กรมวิทยาคาสตร์การแพทย์ พบมี

สารปรอทในแม่น้ำเจ้าพระยา" การประมง 28(3) : 403 - 404 กรกฎาคม 2518

วรวิทย์ ชีวาภรณ์วิวัฒน์ การศึกษาปริมาณรวมของปรอทและปริมาณปรอทอินทรีย์ในปลาบางชนิด

ในอ่าวไทยตอนบน วิทยานิพนธ์ การศึกษาตามหลักสูตรปริมาตรวิทยา ค่าลดทอนหาปัจจัย

แผนกริชาวิทยา ค่าลดทอนทางทะเล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2520, 109 หน้า

ฮัตสึนา

อมรา วงศ์พุทธพิทักษ์ และคนอื่น ๆ "การสำรวจปริมาณยาฆ่าแมลงในไข่" กรมวิทยาศาสตร์

การแพทย์ 19(1) : 28 - 35 2520

Albert, A. Selective Toxicology. London, Methuens and Co., Ltd.,
p. 74 - 75, 1968.

Anonymous. "Maximum Allowable Concentration of Mercury Compound,"
Arch. Environ. Health. 19(6) : 891 - 905, 1969.

Byrne, A.R., M. Dermelj and L. Kosta. "Neutron Activation Analysis of
Environmental Contamination and Distribution of Mercury in Animals
and Fish," Nucl. Tech. Environ. Pollut. Proc. Symp. p. 415 - 427,
1971.

Chickos, J.S., D.L. Garin and R.A. Rouse. Chemistry : Its Role in
Society. London, D.C. Health and Company, p. 185 - 189, 1973.

Childs, E.A. "Kinetic of Transplacental Movement of Mercury Fed in a
Tuna Matrix to Mice," Arch. Environ. Health. 27(1) : 50 - 52, 1973.

Dyrne, A.R. and Lado Kosta. "Preliminary Survey of the Uptake and
Distribution Mercury in Some Plants and Other Environmental Samples
in an Area with High Background Levels," CHEMICAL ABSTRACTS.
74 : 102754S., 1971.

Fitzhugh, O.C. and others. "Chronic Oral Toxicities of Mercury-Phenyl
and Mercuric Salts," Arch. Ind. Hyg. Occupational Med. 2 : 433 -
442, 1950.

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 Cells," Biochem. Pharmacol. 28 : 651 - 655, 1979.

Harada, Y. "Clinical Investigation on Minamata Disease, C. Congenital (or Fatal) Minamata Disease," Minamata Disease. Japan, Kumamoto University, 92.

Hatch, W.R. and W.L. Ott. "Determination of Submicrogram Quantities of Mercury Absorption Spectrophotometry," Anal. Chem. 40 : 2085 - 2087, 1968.

Hirayama, Kimiko. "Effect of Amino Acids on Brain Uptake of Methyl Mercury," Toxicol. Appl. Pharmacol. 55 : 318 - 323, 1980.

Howell, J. "Mercury Residues in Chicken Eggs and Tissues from a Flock Exposed to Methyl Mercuric Dicyandiamide," Can. Vet. J. 10(8) : 212 - 213, 1969.

Johansen, O. and Steinnes Elliv. "Simple Neutron Activation Method for Mercury in Biological Material," Int. J. Appl. Radiat. Isotop. 20(11) : 751 - 755, 1969.

Johnson, W.C. and others. "The Determination of Small Amounts of Mercury in Organic Matter," The Analyst. 90 : 515 - 530, 1965.

Kivimae, A., A. Swensson and U. Ulfvarson. "Long-term Experiments on the Effects of Feeding While Leghorn Hens Wheat Treated with Different Mercury Compounds," CHEMICAL ABSTRACTS 76 : 81907V., 1972.

Kivimae, A. and others. "Methyl Mercury Compounds in Eggs from Hens after Oval Administration of Mercury Compounds," J. Agr. Food Chem. 17(5) : 1014- 1016, 1969.

McKone, E.C. "Rapid Uptake of Mercury Ion by Goldfish," Env. Science and Technology. 5(11) : 1138 - 1139, 1971.

Nakada, S. and N. Imura. "Stimulation of DNA Synthesis and Pyrimidine Deoxyribonucleoside Transport Systems in Mouse Glioma and Mouse Neuroblastoma Cells by Inorganic Mercury," Toxicol. Appl. Pharmacol. 53 : 24 - 28, 1980.

Nakazawa, N., F. Makino and S. Okada. "Acute Effects of Mercuric Compounds on Cultured Mammalian Cells," Biochem. Pharmacol. 24 : 489 - 493, 1975.

Sell, Jerry L. and others. "Distribution of Mercury among Components of Eggs Following the Administration of Methylmercuric Chloride to Chickens," J. Agr. Food Chem. 22(2) : 24- 251, 1974.

- / Stainton, Michael P. "Syringe Procedure for Transfer of Nanogram Quantities of Mercury Vapor Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry," Analytical Chemistry. 43(4) : 625 - 627, 1971.
- Tamimisto, E.S. and others. "Effects of Seed Disinfectants Containing Alkoxyalkyl Mercury Derivatives on the Mercury Content of Hens Eggs in a Feeding Test with Disinfected Cereal Grains," Ann. Agr. Fenn Suppl. 7(1) : 15 - 21, 1968.
- Underdal, Bjarue. "Mercury in Foods Determined by Activation Analysis," Nord. Veterinaarmed. 20(1) : 9 - 13, 1968.
- / Uthe, J.F., F.A. J. Armstrong and M.P. Stainton. "Mercury Determination in Fish Samples by Wet Digestion and Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry," J. Fish. Res. Bd. Canada. 27 : 805 - 811, 1970.
- / Westoo, Gunnel. "Determination of Methylmercury Compounds in Foodstuffs," Acta Chemica Scandinavica. 20 : 2131 - 2137, 1966.
- / Wright, F.C., R.L. 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

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณของปรอทในไข่ขาว ไข่แดง เนื้อไก่ เครื่องในไก่ และ
ไข่อ่อนในท้องแม่ไก่ ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตาราง 1 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในไข่ขาวของกลุ่มควบคุม จากไข่ที่เก็บมาในระยะ
เวลาต่าง ๆ กัน

ระยะเวลา	ครั้งที่	ปริมาณไข่ที่ใช้ (g)	ปริมาณของสารละลาย (cm ³)	ค่า Absorbance (A)				หักค่า blank 0.007 (n)	ผลการคำนวณ		
									ความเข้มข้น		
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		ppb.	ppm.	เฉลี่ย (ppm.)
30	1	4.9820	100	0.015	0.017	0.021	0.017	0.010	1.0	0.020	0.018
	2	4.9900	100	0.017	0.013	0.015	0.015	0.008	0.7	0.014	
	3	5.0111	100	0.015	0.016	0.016	0.016	0.009	1.0	0.020	
35	1	5.0234	100	0.020	0.020	0.018	0.019	0.012	1.3	0.026	0.024
	2	5.0122	100	0.020	0.018	0.019	0.019	0.012	1.3	0.026	
	3	5.0334	100	0.019	0.018	0.015	0.017	0.010	1.0	0.020	
40	1	5.1212	100	0.019	0.016	0.016	0.016	0.009	1.0	0.020	0.020
	2	4.9870	100	0.016	0.019	0.018	0.018	0.011	1.3	0.026	
	3	4.9500	100	0.015	0.015	0.017	0.015	0.008	0.7	0.014	
45	1	5.0112	100	0.013	0.015	0.013	0.013	0.006	0.5	0.010	0.015
	2	5.0320	100	0.018	0.012	0.015	0.015	0.008	0.7	0.014	
	3	5.1001	100	0.014	0.019	0.017	0.017	0.010	1.0	0.020	
50	1	4.9698	100	0.015	0.016	0.015	0.015	0.008	0.7	0.014	0.015
	2	4.9873	100	0.016	0.017	0.019	0.017	0.010	1.0	0.020	
	3	5.1222	100	0.011	0.012	0.013	0.012	0.005	0.5	0.010	
55	1	5.0009	100	0.015	0.015	0.010	0.013	0.006	0.5	0.010	0.013
	2	5.0123	100	0.015	0.015	0.013	0.014	0.007	0.7	0.014	
	3	5.0321	100	0.013	0.014	0.014	0.014	0.007	0.7	0.014	

ตาราง 1 (ต่อ)

ระยะเวลา	ครั้งที่	ปริมาณ ไข่ ที่ใช้ (g)	ปริมาณ ของ สาร ละลาย (cm ³)	ค่า Absorbance (A)				หักค่า Blank 0.007 (A)	ผลการคำนวณ ความเข้มข้น		
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		ppb.	ppm.	เฉลี่ย (ppm.)
60	1	5.1249	100	0.015	0.017	0.010	0.014	0.007	0.7	0.014	0.013
	2	5.0239	100	0.015	0.010	0.010	0.012	0.005	0.5	0.010	
	3	5.0680	100	0.012	0.011	0.018	0.014	0.007	0.7	0.017	
65	1	4.8898	100	0.013	0.014	0.012	0.013	0.006	0.5	0.010	0.010
	2	5.0447	100	0.015	0.010	0.011	0.012	0.005	0.5	0.010	
	3	4.9384	100	0.012	0.015	0.013	0.013	0.006	0.5	0.010	
70	1	4.9455	100	0.013	0.014	0.009	0.012	0.005	0.5	0.010	0.009
	2	5.1196	100	0.013	0.010	0.011	0.011	0.004	0.3	0.006	
	3	4.9204	100	0.013	0.014	0.013	0.013	0.006	0.5	0.010	
75	1	4.9317	100	0.015	0.015	0.011	0.014	0.007	0.7	0.014	0.014
	2	4.9302	100	0.010	0.015	0.016	0.014	0.007	0.7	0.014	
	3	5.0522	100	0.013	0.016	0.015	0.015	0.008	0.7	0.014	
80	1	4.9232	100	0.011	0.016	0.015	0.014	0.007	0.7	0.014	0.013
	2	4.9549	100	0.013	0.014	0.013	0.013	0.006	0.5	0.010	
	3	5.1008	100	0.015	0.017	0.013	0.015	0.008	0.7	0.014	
85	1	5.0330	100	0.014	0.017	0.013	0.015	0.008	0.7	0.014	0.016
	2	5.0394	100	0.021	0.016	0.015	0.017	0.010	1.0	0.020	
	3	5.1040	100	0.017	0.013	0.014	0.015	0.008	0.1	0.014	
90	1	4.9883	100	0.014	0.014	0.015	0.014	0.007	0.7	0.014	0.016
	2	4.9533	100	0.013	0.016	0.014	0.014	0.007	0.7	0.014	
	3	5.0502	100	0.020	0.017	0.017	0.018	0.010	1.0	0.020	

ตาราง 1 (ต่อ)

ระยะเวลา	ครั้งที่	ปริมาณ ไฮโซล (g)	ปริมาณ ของ สาร ละลาย (cm ³)	ค่า Absorbance (A)				หาค่า blank 0 007 (A)	ผลการคำนวณ ความเข้มข้น		
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		ppb.	ppm.	เฉลี่ย (ppm.)
95	1	5.0363	100	0.013	0.015	0.017	0.015	0.008	0.7	0.014	0.013
	2	4.9711	100	0.013	0.015	0.012	0.012	0.006	0.5	0.010	
	3	5.0019	100	0.017	0.016	0.015	0.015	0.008	0.7	0.014	
100	1	4.9001	100	0.012	0.015	0.017	0.015	0.008	0.7	0.014	0.016
	2	4.8899	100	0.018	0.017	0.015	0.015	0.008	0.7	0.014	
	3	4.9325	100	0.019	0.015	0.014	0.016	0.009	1.0	0.020	
105	1	4.9882	100	0.012	0.012	0.015	0.013	0.006	0.5	0.010	0.013
	2	5.0545	100	0.018	0.017	0.014	0.016	0.009	1.0	0.020	
	3	5.0112	100	0.017	0.010	0.012	0.013	0.006	0.5	0.010	
110	1	5.0236	100	0.017	0.011	0.019	0.016	0.009	1.0	0.020	0.013
	2	5.4980	100	0.011	0.014	0.011	0.012	0.005	0.5	0.010	
	4	5.0568	100	0.013	0.015	0.009	0.012	0.005	0.5	0.010	
115	1	4.9815	100	0.017	0.012	0.018	0.014	0.007	0.7	0.014	0.016
	2	4.9013	100	0.013	0.014	0.016	0.014	0.007	0.7	0.014	
	3	4.9113	100	0.018	0.012	0.017	0.016	0.009	1.0	0.020	
120	1	4.0021	100	0.013	0.014	0.012	0.013	0.006	0.5	0.010	0.015
	2	5.9319	100	0.017	0.012	0.018	0.016	0.009	1.0	0.020	
	3	4.9800	100	0.013	0.015	0.015	0.014	0.007	0.7	0.014	

ตาราง 2 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในใบข้าวของกลุ่มทดลองจากใบที่เก็บมาในระยะ
เวลาต่าง ๆ กัน

ระยะเวลา	ครั้งที่	ปริมาณ ใบ ที่ใส่ (g)	ปริมาณ ของ สาร ละลาย (cm ³)	ค่า Absorbance (A)				หักค่า blank 0.007 (A)	ผลการคำนวณ ความเข้มข้น		
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		ppb.	ppm.	เฉลี่ย (ppm.)
30	1	5.0157	100	0.029	0.029	0.030	0.029	0.022	2.5	0.050	0.053
	2	5.0884	100	0.033	0.035	0.034	0.034	0.027	3.0	0.059	
	3	5.0527	100	0.030	0.031	0.031	0.030	0.023	2.5	0.049	
35	1	5.3494	100	0.023	0.020	0.022	0.021	0.014	1.7	0.032	0.032
	2	4.9746	100	0.024	0.025	0.023	0.023	0.016	1.7	0.034	
	3	5.0378	100	0.020	0.019	0.021	0.020	0.013	1.5	0.030	
40	1	5.0363	100	0.019	0.017	0.018	0.018	0.011	1.3	0.026	0.028
	2	5.2022	100	0.021	0.020	0.019	0.020	0.013	1.5	0.029	
	5	5.3449	100	0.019	0.022	0.021	0.020	0.013	1.5	0.028	
45	1	5.0158	100	0.016	0.016	0.022	0.018	0.011	1.3	0.026	0.024
	2	4.9870	100	0.017	0.019	0.019	0.018	0.011	1.3	0.026	
	3	4.9801	100	0.014	0.018	0.019	0.017	0.010	1.0	0.020	
50	1	4.9689	100	0.011	0.019	0.015	0.015	0.008	0.7	0.014	0.020
	2	5.0216	100	0.016	0.018	0.020	0.018	0.011	1.3	0.026	
	3	5.3966	100	0.015	0.015	0.020	0.016	0.009	1.0	0.019	
55	1	4.9630	100	0.017	0.019	0.019	0.018	0.011	1.3	0.026	0.018
	2	5.0360	100	0.015	0.014	0.015	0.015	0.008	0.7	0.014	
	3	5.0523	100	0.015	0.014	0.014	0.007	0.007	0.7	0.014	

ตาราง 2 (ต่อ)

ระยะเวลา	ครั้งที่	ปริมาณ ไฮโดร ที่ใส่ (g)	ปริมาณ ของ สาร ละลาย (cm)	ค่า Absorbance (A)				หักค่า blank 0.007 (A)	ผลการคำนวณ ความเข้มข้น		
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		ppb.	ppm.	เฉลี่ย (ppm.)
60	1	5.0500	100	0.012	0.012	0.014	0.012	0.005	0.5	0.010	0.009
	2	4.9433	100	0.011	0.013	0.009	0.011	0.004	0.3	0.006	
	3	4.9299	100	0.012	0.014	0.012	0.012	0.005	0.5	0.010	
65	1	4.8898	100	0.014	0.015	0.016	0.015	0.008	0.7	0.014	0.014
	2	5.0447	100	0.013	0.013	0.017	0.014	0.007	0.7	0.014	
	3	4.9384	100	0.012	0.015	0.015	0.014	0.007	0.7	0.014	
70	1	4.9455	100	0.012	0.014	0.015	0.013	0.006	0.5	0.010	0.008
	2	5.1196	100	0.010	0.013	0.011	0.011	0.004	0.3	0.006	
	3	4.9204	100	0.013	0.013	0.013	0.013	0.006	0.5	0.010	
75	1	4.9317	100	0.016	0.017	0.016	0.016	0.009	1.0	0.020	0.016
	2	4.9302	100	0.015	0.016	0.013	0.014	0.007	0.7	0.014	
	3	5.0522	100	0.015	0.015	0.014	0.015	0.008	0.7	0.014	
80	1	4.9232	100	0.016	0.015	0.014	0.015	0.008	0.7	0.014	0.018
	2	4.9549	100	0.016	0.016	0.016	0.016	0.009	1.0	0.020	
	3	5.1008	100	0.017	0.017	0.015	0.017	0.010	1.0	0.020	
85	1	5.0330	100	0.014	0.017	0.015	0.015	0.008	0.7	0.014	0.020
	2	5.0394	100	0.023	0.017	0.019	0.019	0.012	1.3	0.026	
	3	5.1040	100	0.016	0.017	0.015	0.016	0.009	1.0	0.020	
90	1	4.9883	100	0.016	0.016	0.017	0.016	0.009	1.0	0.020	0.029
	2	4.9533	100	0.016	0.018	0.018	0.018	0.011	1.3	0.026	
	3	5.0520	100	0.020	0.027	0.027	0.024	0.017	2.0	0.040	

ตาราง 2 (ต่อ)

ระยะเวลา	ครั้งที่	ปริมาณ ไข่ ใส่ไข่ (g)	ปริมาณ ของ สาร ละลาย (cm ³)	ค่า Absorbance (A)				หาค่า blank 0.007 (A)	ผลการคำนวณ ความเข้มข้น		
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		ppb.	ppm.	เฉลี่ย (ppm.)
95	1	5.0363	100	0.022	0.018	0.019	0.019	0.012	1.3	0.026	0.029
	2	4.9711	100	0.020	0.019	0.020	0.019	0.012	1.3	0.026	
	3	5.0019	100	0.024	0.022	0.022	0.022	0.015	1.7	0.034	
100	1	5.0491	100	0.025	0.023	0.024	0.024	0.017	2.0	0.040	0.032
	2	4.9295	100	0.020	0.021	0.018	0.019	0.012	1.3	0.026	
	3	5.0940	100	0.020	0.020	0.020	0.020	0.013	1.5	0.029	
105	1	5.0469	100	0.019	0.019	0.023	0.020	0.013	1.5	0.030	0.018
	2	5.0583	100	0.016	0.015	0.013	0.014	0.007	0.7	0.014	
	3	5.0587	100	0.013	0.011	0.012	0.012	0.005	0.5	0.010	
110	1	5.0255	100	0.014	0.014	0.013	0.013	0.006	0.5	0.010	0.013
	2	4.9586	100	0.017	0.015	0.015	0.015	0.008	0.7	0.014	
	3	4.9162	100	0.015	0.015	0.015	0.015	0.008	0.7	0.014	
115	1	5.0449	100	0.017	0.018	0.014	0.016	0.009	1.0	0.020	0.016
	2	5.1021	100	0.013	0.015	0.017	0.015	0.008	0.7	0.014	
	3	4.9594	100	0.012	0.015	0.015	0.014	0.007	0.7	0.014	
120	1	5.0011	100	0.016	0.023	0.020	0.020	0.013	1.5	0.030	0.021
	2	5.1224	100	0.014	0.017	0.017	0.016	0.009	1.0	0.020	
	3	5.0821	100	0.018	0.013	0.012	0.014	0.007	0.7	0.014	

ตาราง 3 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในไข่แดงของกลุ่มควบคุม จากไข่ที่เก็บมาใน
ระยะเวลาต่าง ๆ กัน

ระยะเวลา	ครั้งที่	ปริมาณไข่ที่ใช้ (g)	ปริมาณของสารละลาย (cm ³)	ค่า Absorbance (A)				หักค่า blank 0.007 (A)	ผลการคำนวณความเข้มข้น		
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		ppb.	ppm.	เฉลี่ย (ppm.)
30	1	5.0164	100	0.008	0.009	0.009	0.009	0.002	0.2	0.004	0.004
	2	5.0373	100	0.007	0.009	0.009	0.008	0.001	0.1	0.002	
	3	5.0142	100	0.009	0.012	0.011	0.011	0.004	0.3	0.006	
35	1	5.0240	100	0.013	0.008	0.005	0.009	0.002	0.2	0.004	0.007
	2	5.0012	100	0.011	0.008	0.014	0.011	0.004	0.3	0.006	
	3	5.0142	100	0.015	0.010	0.011	0.012	0.005	0.5	0.010	
40	1	5.0576	100	0.009	0.011	0.012	0.011	0.004	0.5	0.010	0.009
	2	5.0706	100	0.013	0.014	0.013	0.013	0.006	0.5	0.010	
	3	5.0110	100	0.010	0.009	0.013	0.011	0.004	0.3	0.006	
45	1	4.9891	100	0.009	0.010	0.012	0.010	0.003	0.3	0.006	0.006
	2	4.9099	100	0.011	0.010	0.009	0.010	0.003	0.3	0.006	
	3	5.0105	100	0.008	0.013	0.012	0.011	0.004	0.3	0.006	
50	1	5.1362	100	0.010	0.010	0.008	0.009	0.002	0.2	0.004	0.004
	2	5.0240	100	0.007	0.009	0.008	0.008	0.001	0.1	0.002	
	3	4.9087	100	0.010	0.011	0.011	0.011	0.004	0.3	0.006	
55	1	5.0508	100	0.013	0.008	0.006	0.009	0.002	0.2	0.004	0.005
	2	5.0201	100	0.010	0.012	0.011	0.011	0.004	0.3	0.006	
	3	4.9982	100	0.010	0.012	0.009	0.010	0.003	0.3	0.006	

ตาราง 3 (ต่อ)

ระยะเวลา	ครั้งที่	ปริมาณไข่ ที่ใช้ (g)	ปริมาณของสารละลาย (cm ³)	ค่า Absorbance (A)				หักค่า blank	ผลการคำนวณความเข้มข้น		
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	0.007	ppb.	ppm.	เฉลี่ย (ppm.)
								(A)			
60	1	4.9424	100	0.010	0.010	0.011	0.010	0.003	0.3	0.006	0.006
	2	5.1210	100	0.011	0.010	0.012	0.011	0.004	0.3	0.006	
	3	4.9901	100	0.009	0.012	0.012	0.011	0.003	0.3	0.006	
65	1	5.0208	100	0.010	0.013	0.010	0.011	0.004	0.3	0.006	0.005
	2	4.9981	100	0.008	0.007	0.011	0.009	0.002	0.2	0.004	
	3	5.0589	100	0.013	0.007	0.008	0.009	0.002	0.2	0.004	
70	1	5.0420	100	0.012	0.012	0.009	0.011	0.004	0.3	0.006	0.007
	2	5.0162	100	0.007	0.010	0.011	0.010	0.003	0.3	0.006	
	3	5.0143	100	0.013	0.011	0.012	0.012	0.005	0.5	0.010	
75	1	5.0872	100	0.009	0.013	0.012	0.011	0.004	0.3	0.006	0.005
	2	5.0018	100	0.010	0.009	0.012	0.010	0.003	0.3	0.006	
	3	5.2888	100	0.005	0.010	0.009	0.008	0.001	0.1	0.002	
80	1	5.0449	100	0.012	0.011	0.016	0.016	0.004	0.3	0.006	0.009
	2	5.0097	100	0.013	0.010	0.014	0.012	0.005	0.5	0.010	
	3	4.9899	100	0.009	0.012	0.014	0.012	0.005	0.5	0.010	
85	1	5.0078	100	0.010	0.007	0.008	0.008	0.001	0.1	0.002	0.007
	2	5.0908	100	0.010	0.011	0.010	0.010	0.003	0.3	0.006	
	3	5.0887	100	0.013	0.012	0.012	0.012	0.005	0.5	0.010	
90	1	4.9629	100	0.007	0.010	0.011	0.009	0.002	0.2	0.004	0.005
	2	4.9480	100	0.010	0.012	0.011	0.011	0.004	0.3	0.006	
	3	5.0382	100	0.011	0.009	0.012	0.011	0.004	0.3	0.006	

ตาราง 3 (ต่อ)

ระยะเวลา	ครั้งที่	ปริมาณไข่ที่ใช้ (g)	ปริมาณของสารละลาย (cm ³)	ค่า Absorbance (A)				หักค่า blank 0.007 (A)	ผลการคำนวณความเข้มข้น		
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		ppb.	ppm.	เฉลี่ย (ppm.)
95	1	5.0118	100	0.010	0.006	0.011	0.010	0.003	0.3	0.006	0.006
	2	5.0234	100	0.010	0.010	0.012	0.011	0.004	0.3	0.006	
	3	4.9920	100	0.010	0.013	0.011	0.011	0.004	0.3	0.006	
100	1	4.9836	100	0.006	0.009	0.010	0.008	0.001	0.1	0.002	0.006
	2	4.9879	100	0.012	0.010	0.010	0.011	0.004	0.3	0.006	
	3	5.0896	100	0.010	0.012	0.013	0.012	0.005	0.5	0.010	
105	1	5.0132	100	0.007	0.008	0.008	0.008	0.001	0.1	0.002	0.007
	2	5.0812	100	0.009	0.013	0.008	0.012	0.005	0.5	0.010	
	3	5.0018	100	0.012	0.013	0.015	0.013	0.006	0.5	0.010	
110	1	5.0311	100	0.008	0.010	0.013	0.010	0.003	0.3	0.006	0.005
	2	5.1960	100	0.009	0.008	0.008	0.008	0.001	0.1	0.002	
	3	5.0182	100	0.010	0.010	0.012	0.010	0.003	0.3	0.006	
115	1	5.0821	100	0.007	0.009	0.012	0.009	0.002	0.2	0.004	0.004
	2	4.9903	100	0.006	0.008	0.011	0.008	0.001	0.1	0.002	
	3	4.9998	100	0.009	0.013	0.009	0.010	0.003	0.3	0.006	
120	1	5.0820	100	0.009	0.008	0.011	0.009	0.002	0.2	0.004	0.007
	2	5.1391	100	0.009	0.013	0.014	0.012	0.005	0.5	0.010	
	3	4.9900	100	0.011	0.008	0.013	0.011	0.004	0.3	0.006	

ตาราง 4 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในไข่แดงของกลุ่มทดลอง จากไข่ที่เก็บมาใน
ระยะเวลาต่าง ๆ

ระยะเวลา	ครั้งที่	ปริมาณไข่ ที่ใช้ (g)	ปริมาณของ สารละลาย (cm ³)	ค่า Absorbance (A)				หักค่า blank 0.007 (A)	ผลการคำนวณ ความเข้มข้น		
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		ppb.	ppm.	เฉลี่ย (ppm.)
30	1	4.9735	100	0.138	0.138	0.142	0.139	0.132	15.5	0.312	0.320
	2	4.9695	100	0.145	0.144	0.148	0.148	0.142	16.7	0.336	
	3	4.9810	100	0.144	0.135	0.140	0.140	0.133	15.5	0.311	
35	1	5.2527	100	0.149	0.190	0.193	0.192	0.185	21.7	0.413	0.421
	2	4.9813	100	0.177	0.191	0.184	0.184	0.177	21.0	0.422	
	3	5.1355	100	0.187	0.195	0.200	0.193	0.186	22.0	0.428	
40	1	5.1698	100	0.176	0.178	0.205	0.186	0.179	21.3	0.412	0.435
	2	4.9764	100	0.208	0.167	0.209	0.195	0.188	22.3	0.448	
	3	5.0149	100	0.198	0.196	0.189	0.194	0.187	22.3	0.445	
45	1	4.9148	100	0.187	0.180	0.192	0.186	0.179	21.3	0.433	0.463
	2	4.9613	100	0.216	0.220	0.217	0.217	0.210	24.7	0.498	
	3	5.0107	100	0.209	0.187	0.208	0.201	0.194	23.0	0.459	
50	1	5.0589	100	0.241	0.221	0.221	0.228	0.221	26.3	0.519	0.520
	2	5.0206	100	0.217	0.198	0.227	0.214	0.227	24.5	0.488	
	3	4.9832	100	0.238	0.247	0.235	0.240	0.233	27.5	0.552	
55	1	5.0119	100	0.159	0.204	0.179	0.192	0.185	21.7	0.433	0.450
	2	5.0787	100	0.189	0.236	0.203	0.209	0.202	23.7	0.467	
	3	4.9692	100	0.192	0.193	0.200	0.195	0.188	22.3	0.449	

ตาราง 4 (ต่อ)

ระยะเวลา	ครั้งที่	ปริมาณ ไข่ ที่ใช้ (g)	ปริมาณ ของ สาร ละลาย (cm ³)	ค่า Absorbance (A)				หักค่า blank 0.007 (A)	ผลการคำนวณ ความเข้มข้น		
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		ppb.	ppm.	เฉลี่ย (ppm.)
60	1	4.9905	100	0.139	0.140	0.144	0.141	0.134	15.7	0.315	0.336
	2	4.9857	100	0.160	0.164	0.157	0.160	0.153	18.0	0.361	
	3	4.9873	100	0.149	0.149	0.149	0.149	0.142	16.5	0.331	
65	1	5.0042	100	0.139	0.143	0.147	0.143	0.138	16.0	0.320	0.322
	2	5.0719	100	0.153	0.149	0.133	0.145	0.138	16.3	0.321	
	3	5.0834	100	0.150	0.142	0.148	0.146	0.139	16.5	0.325	
70	1	5.0200	100	0.136	0.134	0.144	0.138	0.131	15.5	0.309	0.313
	2	5.0476	100	0.140	0.135	0.136	0.137	0.130	15.3	0.303	
	3	5.0071	100	0.152	0.138	0.145	0.145	0.138	16.3	0.325	
75	1	5.0288	100	0.128	0.133	0.131	0.130	0.123	14.5	0.288	0.276
	2	5.0046	100	0.131	0.125	0.125	0.127	0.120	14.0	0.280	
	3	5.2025	100	0.124	0.124	0.121	0.121	0.114	13.5	0.259	
80	1	5.0059	100	0.128	0.122	0.127	0.125	0.118	13.7	0.274	0.282
	2	4.9765	100	0.127	0.126	0.129	0.127	0.120	14.0	0.281	
	3	4.9873	100	0.130	0.132	0.131	0.131	0.124	14.5	0.291	
85	1	5.0320	100	0.172	0.184	0.183	0.179	0.172	20.3	0.403	0.355
	2	5.0939	100	0.155	0.142	0.147	0.148	0.141	16.5	0.324	
	3	5.0117	100	0.154	0.154	0.153	0.153	0.146	17.0	0.339	
90	1	4.8900	100	0.186	0.177	0.175	0.179	0.172	20.3	0.415	0.380
	2	4.9923	100	0.162	0.169	0.170	0.167	0.160	18.7	0.375	
	3	5.0392	100	0.160	0.162	0.155	0.159	0.152	17.7	0.351	

ตาราง 4 (ต่อ)

ระยะเวลา	ครั้งที่	ปริมาณ ไข่ ที่ใช้ (g)	ปริมาณ ของ สาร ละลาย ³ (cm)	ค่า Absorbance (A)				หักค่า blank 0.007 (A)	ผลการคำนวณ ความเข้มข้น		
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		ppb.	ppm.	เฉลี่ย (ppm.)
95	1	5.0980	100	0.191	0.199	0.181	0.190	0.183	21.5	0.429	0.431
	2	5.0636	100	0.198	0.191	0.188	0.192	0.185	21.7	0.429	
	3	4.9783	100	0.186	0.195	0.195	0.192	0.185	21.7	0.436	
100	1	4.9321	100	0.209	0.197	0.230	0.212	0.205	24.3	0.493	0.474
	2	4.9923	100	0.217	0.218	0.215	0.216	0.209	24.7	0.495	
	3	5.0758	100	0.198	0.192	0.190	0.193	0.186	22.0	0.433	
105	1	5.0312	100	0.221	0.221	0.221	0.217	0.216	24.7	0.491	0.497
	2	5.2526	100	0.215	0.209	0.216	0.213	0.206	24.5	0.466	
	3	5.0422	100	0.232	0.237	0.234	0.234	0.227	27.0	0.535	
110	1	4.9242	100	0.166	0.170	0.165	0.167	0.160	18.7	0.380	0.367
	2	4.9661	100	0.162	0.167	0.171	0.166	0.159	18.7	0.377	
	3	4.9416	100	0.153	0.149	0.155	0.152	0.149	17.0	0.344	
115	1	5.0571	100	0.126	0.128	0.129	0.127	0.120	14.0	0.277	0.273
	2	4.9300	100	0.122	0.120	0.106	0.116	0.109	13.7	0.258	
	3	4.9205	100	0.129	0.119	0.138	0.128	0.121	14.0	0.284	
120	1	5.0210	100	0.123	0.120	0.103	0.115	0.109	12.7	0.253	0.250
	2	4.9800	100	0.120	0.118	0.105	0.144	0.107	12.5	0.251	
	3	4.9204	100	0.115	0.115	0.100	0.110	0.103	12.0	0.244	

ตาราง 5 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณของปรอท ในไข่อ่อนที่มีขนาดต่าง ๆ กัน จากท้องตลาด
แม่ไก่ของกลุ่มควบคุม

ขนาดเส้นผ่า ศูนย์กลาง ไข่ (cm)	ครั้ง ที่	ปริมาณ ไข่ ที่ไข่ (g)	ปริมาณ ของ ไข่ ละลาย (cm ³)	ค่า Absorbance (A)				หักค่า blank 0 007 (A)	ผลการคำนวณ ความเข้มข้น		
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		ppb.	ppm.	เฉลี่ย (ppm.)
เล็กกว่า 0.60	1	4.0890	100	0.010	0.009	0.008	0.009	0.002	0.3	0.007	0.008
	2	3.6745	100	0.010	0.008	0.009	0.009	0.002	0.3	0.008	
0.61 - 0.90	1	4.3810	100	0.010	0.011	0.012	0.011	0.004	0.3	0.007	0.007
0.91 - 1.20	1	4.0124	100	0.008	0.009	0.011	0.009	0.002	0.3	0.007	0.007
1.21 - 1.50	1	4.0146	100	0.012	0.008	0.010	0.010	0.003	0.3	0.007	0.007
1.51 - 1.80	1	4.4320	100	0.007	0.010	0.011	0.009	0.002	0.3	0.007	0.007
1.81 - 2.10	1	4.1769	100	0.010	0.012	0.012	0.011	0.004	0.3	0.007	0.010
	2	5.0313	100	0.013	0.012	0.012	0.012	0.005	0.5	0.012	
	3	5.0415	100	0.010	0.014	0.012	0.012	0.005	0.5	0.010	
2.11 - 2.40	1	5.5047	100	0.009	0.010	0.014	0.011	0.004	0.3	0.005	0.006
	2	4.9230	100	0.008	0.011	0.012	0.010	0.003	0.3	0.006	
	3	4.9821	100	0.009	0.011	0.009	0.010	0.003	0.3	0.006	
2.41 - 2.70	1	5.0424	100	0.013	0.015	0.013	0.014	0.007	0.7	0.014	0.011
	2	5.4505	100	0.012	0.016	0.015	0.014	0.007	0.7	0.013	
	3	5.4723	100	0.011	0.010	0.012	0.011	0.004	0.3	0.005	

ตาราง 5 (ต่อ)

ขนาดเส้นผ่า ศูนย์กลาง ไข่ (cm)	ครั้งที่	ปริมาณ ไข่ ที่ไข่ (g)	ปริมาณ ของ สาร ละลาย (cm ³)	ค่า Absorbance (A)				หักค่า blank 0.007 (A)	ผลการคำนวณ ความเข้มข้น		
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		ppb.	ppm.	เฉลี่ย (ppm.)
2.71 - 3.00	1	4.7931	100	0.010	0.008	0.009	0.009	0.002	0.3	0.006	0.008
	2	4.2940	100	0.012	0.011	0.011	0.011	0.004	0.3	0.007	
	3	5.0112	100	0.013	0.012	0.014	0.013	0.006	0.5	0.010	
ใหญ่กว่า 3.00	1	5.3509	100	0.014	0.015	0.013	0.014	0.007	0.7	0.013	0.013
	2	4.9326	100	0.015	0.013	0.013	0.014	0.007	0.7	0.014	
	3	5.1892	100	0.012	0.014	0.015	0.014	0.007	0.7	0.013	

ตาราง 6 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณของปรอท ในไข่อ่อนที่มีขนาดต่าง ๆ กัน จากท้องแม่ไก่
ของกุ่มทดลอง

ขนาดเส้นผ่า ศูนย์กลาง ไข่ (cm)	ครั้ง ที่	ปริมาณ ไข่ ที่ใช้ (g)	ปริมาณ ของ สาร ละลาย (cm ³)	ค่า Absorbance (A)				หักค่า blank 0 007 (A)	ผลการคำนวณ ความเข้มข้น		
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		ppb.	ppm.	เฉลี่ย (ppm.)
เล็กกว่า 0.60	1	5.1720	100	0.180	0.187	0.192	0.186	0.179	21.3	0.412	0.440
	2	5.1152	100	0.222	0.203	0.204	0.210	0.203	24.0	0.469	
0.61 - 0.90	1	3.3924	100	0.318	0.308	0.325	0.317	0.310	36.7	1.818	1.082
0.91 - 1.20	1	3.2105	100	0.515	0.508	0.495	0.506	0.499	59.3	1.847	1.847
0.21 - 1.50	1	6.4662	100	0.508	0.498	0.518	0.508	0.501	59.7	0.923	0.923
1.51 - 1.80	1	7.4522	100	0.476	0.454	0.470	0.467	0.460	51.5	0.691	0.691
1.81 - 2.10	1	5.2305	100	0.412	0.420	0.436	0.423	0.416	49.3	0.942	0.969
	2	5.1410	100	0.435	0.430	0.432	0.432	0.425	50.3	0.978	
	3	5.1099	100	0.440	0.430	0.432	0.434	0.427	50.5	0.988	
2.11 - 2.40	1	5.0343	100	0.427	0.439	0.430	0.432	0.425	50.3	0.999	1.000
	2	5.0009	100	0.428	0.432	0.425	0.432	0.425	50.3	1.006	
	3	5.0963	100	0.444	0.433	0.428	0.435	0.428	50.7	0.995	
2.41 - 2.70	1	5.0523	100	0.444	0.405	0.408	0.426	0.419	49.7	0.984	1.032
	2	5.0466	100	0.446	0.451	0.459	0.452	0.445	52.7	1.044	
	3	5.0585	100	0.464	0.462	0.460	0.462	0.455	54.0	1.068	

ตาราง 6 (ต่อ)

ขนาดเส้นผ่า ศูนย์กลาง ไข่ (cm)	ครั้ง ที่	ปริมาณ ไข่ ที่ใช้ (g)	ปริมาณ ของ สาร ละลาย (cm ³)	ค่า Absorbance (A)				หักค่า blank 0.007 (A)	ผลการคำนวณ ความเข้มข้น		
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		ppb.	ppm.	เฉลี่ย (ppm.)
2.71 - 3.00	1	5.0355	100	0.473	0.478	0.468	0.473	0.466	55.5	1.102	1.144
	2	4.9376	100	0.485	0.495	0.505	0.596	0.489	58.0	1.175	
	3	4.9625	100	0.488	0.492	0.485	0.488	0.481	57.3	1.155	
ใหญ่กว่า 3.00	1	5.0566	100	0.242	0.240	0.211	0.231	0.224	26.5	0.529	0.614
	2	5.1466	100	0.308	0.291	0.300	0.299	0.292	34.5	0.674	
	3	5.1581	100	0.288	0.282	0.286	0.285	0.278	33.0	0.640	

ตาราง 7 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณของปรอทที่สะสมอยู่ในส่วนเนื้อ และส่วนเครื่องในไก่ของ

กลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	ครั้งที่	ปริมาณ ไข่ ที่ใช้ (g)	ปริมาณ ของ สาร ละลาย (cm ³)	ค่า Absorbance (A)				หักค่า blank 0.007 (A)	ผลการคำนวณ ความเข้มข้น		
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		ppb.	ppm.	เฉลี่ย (ppm.)
เนื้อไก่	1	4.9145	100	0.015	0.012	0.013	0.013	0.006	0.5	0.010	0.010
	2	5.1073	100	0.015	0.013	0.014	0.014	0.007	0.7	0.014	
	3	4.9360	100	0.013	0.011	0.010	0.011	0.004	0.3	0.006	
	4	5.1000	100	0.014	0.011	0.012	0.012	0.005	0.5	0.010	
	5	5.2354	100	0.013	0.014	0.013	0.013	0.006	0.5	0.010	
เครื่องในไก่	1	4.9926	100	0.011	0.010	0.012	0.011	0.004	0.3	0.006	0.008
	2	5.0019	100	0.013	0.012	0.012	0.012	0.005	0.5	0.010	
	3	5.0031	100	0.009	0.011	0.010	0.010	0.003	0.3	0.006	
	4	5.1361	100	0.013	0.014	0.013	0.013	0.006	0.5	0.010	
	5	4.9577	100	0.009	0.011	0.012	0.010	0.003	0.3	0.006	

ตาราง 8 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณของปรอทที่สะสมอยู่ในส่วนเนื้อและส่วนเครื่องในไก่ของ
กลุ่มทดลอง

กลุ่มตัวอย่าง	ครั้งที่	ปริมาณ ไก่ ที่ใช้ (g)	ปริมาณ ของ สาร ละลาย (cm ³)	ค่า Absorbance (A)				หักค่า blank 0 007 (A)	ผลการคำนวณ ความเข้มข้น		
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		ppb.	ppm.	เฉลี่ย (ppm.)
เนื้อไก่	1	5.0441	100	0.027	0.025	0.024	0.025	0.018	2.3	0.046	0.048
	2	5.0454	100	0.034	0.028	0.030	0.031	0.024	2.7	0.054	
	3	5.1123	100	0.027	0.028	0.028	0.028	0.021	2.5	0.049	
	4	4.9674	100	0.028	0.026	0.026	0.027	0.020	2.3	0.046	
	5	5.0321	100	0.026	0.027	0.029	0.027	0.020	2.3	0.046	
เครื่องในไก่	1	4.9435	100	0.036	0.037	0.037	0.037	0.030	3.5	0.071	0.068
	2	4.9883	100	0.036	0.037	0.039	0.037	0.030	3.5	0.070	
	3	5.0983	100	0.036	0.035	0.037	0.036	0.039	3.3	0.065	
	4	5.1519	100	0.039	0.042	0.041	0.041	0.034	4.0	0.078	
	5	5.1300	100	0.032	0.036	0.035	0.034	0.027	3.0	0.058	

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงชนิดและปริมาณโภชนาที่สำคัญจากไข่ 2 ฟอง 108 กรัม

ตาราง 9 ชนิดและปริมาณโภชนาที่สำคัญจากไข่ 2 ฟอง 108 กรัม (สุวรรณ เกษตรสุวรรณ
2519 : 101 - 103)

สารอาหารและแร่ธาตุ	ปริมาณ
โปรตีน	12.2 กรัม
กรดอมิโนที่สำคัญ	
อาร์จินีน (Arginine)	0.82 กรัม
ฮิสติดีน (Histidine)	0.33 กรัม
ไอโซลิวซีน (Isoleucine)	0.86 กรัม
ลูซีน (Leucine)	1.03 กรัม
ไลซีน (Lysine)	0.84 กรัม
เมไธโอนีน (Methionine)	0.41 กรัม
เฟนิลอะลานีน (Phenylalanine)	0.66 กรัม
ธรีโอนีน (Threonine)	0.68 กรัม
แวลีน (Valine)	1.00 กรัม
ไขมันกับลิปิด	11.0 กรัม
สารประกอบที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturated)	
กรดไขมัน (Fatty acids)	7.2 กรัม
กรดไลโนเลอิก (Linoleic acid)	2.4 กรัม
กรดไลโนเลนิก (Linolenic acid)	0.32 กรัม
กรดอาราคิโดนิก (Arachidonic Acid)	0.26 กรัม
ปริมาณแคลอรี	164 แคลอรี
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	0.6 กรัม

ตาราง 9 (ต่อ)

สารอาหารและแร่ธาตุ	ปริมาณ	
เกลือแร่ต่าง ๆ		
แคลเซียม (Calcium)	52	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส (Phosphorus)	202	มิลลิกรัม
โซเดียม (Sodium)	132	มิลลิกรัม
คลอไรด์ (Chlorine)	149	มิลลิกรัม
โพแทสเซียม (Potassium)	152	มิลลิกรัม
กำมะถัน (Sulfur)	143	มิลลิกรัม
แมกนีเซียม (Magnesium)	54	มิลลิกรัม
เหล็ก (Iron)	2.6	มิลลิกรัม
ไอโอดีน (Iodine)	5-9	ไมโครกรัม
แมงกานีส (Manganese)	4-18	ไมโครกรัม
สังกะสี (Zinc)	1	มิลลิกรัม
โมลิบดีนัม (Molybdenum)	น้อยมาก	
โคบอลต์ (Cobalt)	น้อยมาก	
ทองแดง (Copper)	0.3	มิลลิกรัม
วิตามินต่าง ๆ		
วิตามิน เอ (Vitamin A)	1,100	I.U.
วิตามิน ดี (Vitamin D)	100	I.U.
วิตามิน อี (Vitamin E)	2	มิลลิกรัม
วิตามิน เค (Vitamin K)	น้อยมาก	

ตาราง 9 (ต่อ)

สารอาหารและแร่ธาตุ	ปริมาณ
วิตามิน บี ต่าง ๆ	
วิตามิน บี 1 (Thiamine)	0.1 มิลลิกรัม
วิตามิน บี 2 (Riboflavin)	0.28 มิลลิกรัม
กรดแพนโทเธนิก (Pantothenic acid)	1.6 มิลลิกรัม
โคลีน (Choline)	582 มิลลิกรัม
ไนอาซิน (Niacin)	0.1 มิลลิกรัม
วิตามิน บี 6 (Pyridoxine)	120 ไมโครกรัม
กรดโฟลิก (Folic acid)	6 ไมโครกรัม
ไบโอติน (Biotin)	10 ไมโครกรัม
วิตามิน บี 12 (Vitamin B ₁₂)	1 ไมโครกรัม
อินอซิทอล (Inositol)	22 มิลลิกรัม
สารประกอบอื่น ๆ ที่ช่วยในการเจริญเติบโต	น้อยมาก
น้ำ	74 กรัม

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงสูตรอาหารสำหรับไก่ไข่

ตาราง 10 สูตรอาหารไก่ไข่ต่ออาหารผสม 1 ชุด (100 กิโลกรัม)

ที่	รายการ	จำนวน (กิโลกรัม)	หมายเหตุ
1.	รำละเอียด	50	กากถั่วเหลือง
2.	ปลายข้าว	10	หรือกากถั่วลิสง
3.	ข้าวโพด	10	ใช้แทนกันได้
4	กากถั่วลิสง	5	ปลายข้าวหรือ
5	กากถั่วเหลือง	5	ข้าวโพดใช้
6	ใบกระถินปน	4	แทนกันได้
7	ปลาน้ำจืดสับ	10	
8.	เปลือกหอยปน	4	
9	กระดูกปน	1	
10	เกลือ	0.5	
11	วิตามิน + ยา + อาหารเสริม	1	

ตาราง 11 ไวตามิน-ยา-อาหารเสริม สำหรับผสมอาหารไก่ต๋ออาหารผสม 1 ชุด (100 กิโลกรัม)

ที่	รายการ	จำนวนกรัม
1.	ไวตามินเอ + ดี 3 (ความแรง 325/110)	4
2	ไวตามิน เค 3 (ความแรง 95 เปอร์เซ็นต์)	0 2
3.	ไวตามิน บี 1 (ความแรง 100 เปอร์เซ็นต์)	0.2
4	ไวตามิน บี 6 (ความแรง 100 เปอร์เซ็นต์)	0 5
5	ไนอาซิน (ความแรง 100 เปอร์เซ็นต์)	4
6	แพนโทธิคแอซิค (ความแรง 100 เปอร์เซ็นต์)	1 2
7	ไวตามิน บี 12 (ความแรง 60 - 100 มิลลิกรัม/ปอนด์)	12
8.	โคลีนคลอไรด์ (ความแรง 50 เปอร์เซ็นต์)	150
9.	แมงกานีสซัลเฟต	12
10.	ซิงค์ซัลเฟต	5
11	ยาเกินหิน (บี.เอช ที)	5
12.	อาหารเสริม ปฏิชีวนะ	ตามส่วน

ภาคผนวก ง

ผลการฟักรั้วของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง และลักษณะของลูกไก่ที่ได้

ผลจากการฟักไข่

เมื่อนำไข่จำนวนกลุ่มละ 30 ฟอง ไปฟักด้วยตู้ฟักไข่แบบไฟฟ้า ผลปรากฏว่า

กลุ่มควบคุม ฟักออกเป็นตัว จำนวน 17 ตัว มีลักษณะสมบูรณ์แข็งแรง 15 ตัว ไม่แข็งแรง

2 ตัว

กลุ่มทดลอง ฟักออกเป็นตัว จำนวน 23 ตัว มีลักษณะสมบูรณ์ แข็งแรง 7 ตัว ไม่แข็งแรง

16 ตัว ตายภายใน 2 วัน 6 ตัว

ลักษณะลูกไก่ที่สมบูรณ์แข็งแรงของทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

1. ขนแห้งสวย เรียงเป็นระเบียบ
2. ตากลมวาว สุกใส
3. อ้วนกลม
4. ขู่ขางาแข็งแรง เดินได้ดี
5. นิ้วเท้าเรียว ผิวหนังที่เท้าเรียบ

ลักษณะลูกไก่ที่ไม่แข็งแรงของกลุ่มควบคุม

1. ขนไม่เป็นระเบียบ
2. ผอม ตัวเล็ก
3. เดินได้ไม่ดี

ลักษณะลูกไก่ที่ไม่แข็งแรงของกลุ่มทดลอง

1. ขนไม่เป็นระเบียบ ขู่เหียง เบิกอื่น
2. ตาเซื่องซึม
3. ผอม ตัวเล็ก
4. ขาเกบิดเบี้ยว ท้องป่อง ทรงตัวไม่ค่อยได้
5. ผิวหนังที่นิ้วเท้าขุ่น

ภาคผนวก จ

ตารางแสดงผลการหาปริมาณของปรอทในไข่ขาว ไข่แดง ไข่อ่อนในท้องแม่ไก่ เป็นจำนวนมิลลิกรัมต่อไข่ 1 ฟอง และส่วนเนื้อไก่ เครื่องในไก่ เป็นจำนวนมิลลิกรัมต่อลูกไก่ 1 ตัว

ตาราง 12 ผลการหาปริมาณของปรอทในไข่ขาวและไข่แดงของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง เป็นจำนวนมิลลิกรัมต่อไข่ 1 ฟอง

ระยะเวลา ที่เก็บไข่ (วัน)	ปริมาณของปรอท (มิลลิกรัม)			
	กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง	
	ไข่ขาว	ไข่แดง	ไข่ขาว	ไข่แดง
30	0.0003	0.0001	0.0009	0.010
35	0.0004	0.0002	0.0005	0.013
40	0.0003	0.0003	0.0005	0.013
45	0.0003	0.0002	0.0004	0.014
50	0.0003	0.0001	0.0003	0.016
55	0.0002	0.0002	0.0003	0.014
60	0.0002	0.0002	0.0002	0.010
65	0.0002	0.0002	0.0002	0.010
70	0.0002	0.0002	0.0001	0.010
75	0.0002	0.0002	0.0003	0.009
80	0.0002	0.0003	0.0003	0.009
85	0.0003	0.0002	0.0003	0.011
90	0.0003	0.0002	0.0005	0.012
95	0.0002	0.0002	0.0005	0.013
100	0.0003	0.0002	0.0005	0.015
105	0.0002	0.0002	0.0003	0.015
110	0.0002	0.0002	0.0002	0.011
115	0.0003	0.0001	0.0003	0.008
120	0.0003	0.0002	0.0004	0.008

ตาราง 13 ผลการหาปริมาณของปรอทจากไข่ในท้องแม่ไก่ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง เป็น
จำนวนมิลลิกรัมต่อไข่ 1 ฟอง

ขนาดของไข่ (เซนติเมตร)	ปริมาณของปรอท (มิลลิกรัม)	
	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
0.61 - 0.90	0.000002	0.0002
0.91 - 1.20	0.000007	0.0010
1.21 - 1.50	0.000007	0.0014
1.51 - 1.80	0.000002	0.0020
1.81 - 2.10	0.000003	0.0030
2.11 - 2.40	0.000002	0.0034
2.41 - 2.70	0.000006	0.0050
2.71 - 3.00	0.000007	0.010
ใหญ่กว่า 3.00	0.00004	0.019

ตาราง 14 ผลการหาปริมาณของปรอทที่สะสมในลูกไก่ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง เป็นจำนวน
มิลลิกรัมต่อไก่ 1 ตัว

	กลุ่มตัวอย่าง	ปริมาณของปรอท (มิลลิกรัม)
กลุ่มควบคุม	ส่วนเนื้อ	0.0004
	ส่วนเครื่องใน	0.00003
กลุ่มทดลอง	ส่วนเนื้อ	0.0006
	ส่วนเครื่องใน	0.0002