จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุนอุดหนุนเพื่อเพิ่มพูนและพัฒนาประสิทธิภาพทางวิชาการ

รายงานผลการวิจัย

การศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างในไข่

โดย

ดาณิศ ทวีติยานนท์

วรา พานิชเกรียงไกร

กุมภาพันธ์ 2531

636.089
5925716
ค381ร
ฉ.2

66

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุนอุดหนุนเพื่อเพิ่มพูนและพัฒนาประสิทธิภาพทางวิชาการ

รายงานผลการวิจัย

การศึกษาปริมาณสารหนูตกค้างในไข่

โดย

ดาณิศ ทวีติยานนท์

วรา พานิชเกรียงไกร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กุมภาพันธ์ 2531

หอเอกสารประเทศไทย
มอบให้หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
9 / ม.ค. / 33

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

636.089
5925715
ด381ว
ฉ.๒

ท 053536 -4 เม.ย. 2533

กิติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยและคณะระลึกถึงพระคุณผู้ที่ช่วยเหลือให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ดังนี้

รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและคณะกรรมการ (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

คณะกรรมการปฏิบัติการกิจวิจัยอาหาร (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

อาจารย์ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายสัตวแพทย์ บุญเชิด ชัยพานิช

คุณ ไพพรรณ พิทยานนท์

อาจารย์ สุวัฒน์ กลิ่นหอม

คุณ สมพร แววสูงเนิน

คุณ นิมิตร สุวรรณาศรัย

คุณ กัลยา ยงยุทธ

คุณ อรวรรณ จำรัสฉาย

คุณ จรีนุช ผูกจิต

คุณ ชลอ สังฆะโต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อโครงการวิจัย : การศึกษาปริมาณสารหนูตกค้างในไข่

ชื่อผู้วิจัย : คณิศ ทวีติยานนท์

วรา พานิชเกรียงไกร

เดือนและปีที่ทำการวิจัยเสร็จ : กุมภาพันธ์ 2531

บทคัดย่อ

ไก่พันธุ์ไข่เลี้ยงโดยให้อาหารผสมที่มีสารหนู (3– Nitro –4–hydroxyphenylarsonic acid) ผสมอยู่ในอาหารด้วยในระดับ 25 และ 50 ppm. ให้ไก่กินอาหารตั้งแต่ก่อนไก่เริ่มไข่ 10 วัน และให้กินติดต่อกันทุกวันต่อไปอีก 60 วัน ตรวจหาปริมาณสารหนูที่ตกค้างในไข่ขาวและไข่แดงด้วย Spectrophotometer พบสารหนูประมาณ 2.0 ppm. หรือน้อยกว่าเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะไข่ขาว แต่ปริมาณสารหนูที่พบไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญ.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Project title : Determination of arsenic in eggs

Name of the Investigators: DANIS DAVITIYANANDA

WARA PANICHKRIANGKRAI

Year : February 1988

ABSTRACT

Chicken (layer) were fed on mixed feed with organic arsenic (3-Nitro-4-hydroxyphenylarsonic acid at the level of 25 and 50 ppm. Organic arsenic was given 10 days before laying and continued for 60 days. After that normal feed was used as control group. Egg white and yolk were analyzed for arsenic residue by Spectrophotometer. The arsenic residue was detected especially in egg white about 2.0 ppm. or less but not being Significantly different from the control group.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
1.	แสดงปริมาณร้อยละที่พบสารหนูจำแนกตามกลุ่มการทดลอง . . .	11
2.	แสดงปริมาณร้อยละที่พบสารหนูจำแนกตามกลุ่มและประเภทไข่ .	11
3.	(3.1, 3.2, 3.3) . . . . จำนวนร้อยละที่พบสารหนูจำแนกตามจำนวนไข่ ประเภทไข่ และกลุ่มการทดลอง (กลุ่มทดลอง 1, กลุ่มทดลอง 2 และ กลุ่มทดลอง 3)	12–13
4.	(4.1, 4.2, 4.3) . . . . จำนวนร้อยละที่พบสารหนูจำแนกตามจำนวนไข่ในแต่ละกลุ่ม การทดลอง	14–15
5.	(5.1, 5.2, 5.3) . . . . ปริมาณสารหนูจำแนกตามน้ำหนักไข่เฉลี่ยแต่ละกลุ่ม	16–17
6.	แสดงปริมาณสารหนูจำแนกตามน้ำหนักไข่เฉลี่ย	17
7.	แสดงปริมาณร้อยละที่พบสารหนูจำแนกตามกลุ่ม . . . . (การทดลองเดี่ยว)	18
8.	แสดงปริมาณร้อยละที่พบสารหนูจำแนกตามกลุ่มและประเภท. . ไข่ (การทดลองเดี่ยว)	18
9.	แสดงปริมาณอาหารเฉลี่ยตามวันและกลุ่ม	19–20
10.	แสดงจำนวนไข่แต่ละเดือนแยกตามกลุ่ม	21

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1.	แนวโน้มของปริมาณไข่เฉลี่ย	22
2.	ปริมาณสารหนูที่ปรากฏในไข่ขาวและไข่แดง	23
3.	อัตราร้อยละของปริมาณสารหนูที่ปรากฏในไข่แดงและไข่ขาว	24
4.	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสารหนูที่ปรากฏในไข่ขาวและไข่แดง	25
5.	แสดงโครงสร้างทางเคมีของสารประกอบอินทรีย์เคมี	26
6.	กรงตับที่ใช้เลี้ยงไก่	27
7.	โรงเรือนที่ใช้เลี้ยงไก่	27
8.	วัฏจักรของสารหนู	28

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการส่วนผนวก

ส่วนผนวกที่ หน้า

1. รูปแบบของสารประกอบสารหนู 31
2. วัตถุที่ใช้ควบคุมโรคระบาด 31
3. สูตรอาหารไก่ไข่ 32
4. ยาที่ใช้ควบคุมพยาธิ 32
5. Vitamin and Electrolytes 32
6. น้ำหนักไก่แต่ละกลุ่มก่อนและหลังการทดลอง 33
7. สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 34

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
กิติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ii
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	iii
รายการตารางประกอบ	iv
รายการรูปประกอบ	v
รายการส่วนผนวก	vi
บทที่	
1. บทนำ	1
2. อุปกรณ์และวิธีการ	4
3. ผลการทดลอง	6
4. อภิปรายผล	6
5. ข้อสรุป	10
6. ข้อเสนอแนะ	10
เอกสารอ้างอิง	29
ส่วนผนวกที่ 1	31
ส่วนผนวกที่ 2	31
ส่วนผนวกที่ 3	32
ส่วนผนวกที่ 4	32
ส่วนผนวกที่ 5	32
ส่วนผนวกที่ 6	33
ส่วนผนวกที่ 7	34

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[library stamp]

บทนำ

การใช้อินทรีย์สารหนูผสมอาหารสัตว์มีมานานตั้งแต่ ค.ศ.1945 แล้ว อย่างไรก็ตามเมื่อได้ยินคำว่า สารหนู ผู้ฟังมักต้องพยายามหลีกให้ห่างไว้ เพื่อความปลอดภัยของสุขภาพอนามัย จากบันทึกรายงานต่อที่ประชุม The Nutrition Symposium on Trace Elements in Nutrition ในปี 1966 ซึ่ง Frost ได้รายงานการบันทึกบนแผ่นหิน (Milestones) ถึงเรื่องราวความเป็นมาของสารหนูและการใช้ ปี 1942 เป็นครั้งแรกที่นำอินทรีย์สารหนูมาใช้ (Cacodyl) ปี 1867 ใช้สารหนูเป็นสารฆ่าแมลงเป็นครั้งแรกในรูปของ Copper acetoarsenite หรือ Paris Green ปี 1907 Ehrlich และ Bertheim แสดงให้เห็นลักษณะต่าง ๆ ของ Arsenilic acid ปี 1910 ใช้สารหนูในรูปสารเคมีเพื่อการบำบัดโรค โดยใช้ Arsphenamine ปี 1946 พบอินทรีย์สารหนู 3–Nitro-4–hydroxyphenylarsonic acid ผสมอาหารสัตว์เพื่อควบคุมโรคบิด และมีผลกระตุ้นการเจริญเติบโตของสัตว์ด้วย (Feed additive compendium 1981,1984)

โดยทั่วไปสารหนูอยู่ในรูป trioxide (As_2O_3) (Clark, 1975) พบตามบริเวณโรงงานถลุงแร่ โดยเฉพาะแร่ทองแดง สารหนูเป็นสารกึ่งโลหะ (Metalloid) สามารถผสมรวมได้กับโลหะ และทำปฏิกิริยาได้กับธาตุ ไฮโดรเจน และออกซิเจน ซึ่งธาตุดังกล่าวนี้เป็นส่วนประกอบของแร่ธาตุที่กระจายอยู่ทั่วไป มนุษย์ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับสารหนู ซึ่งปกติมีอยู่ในธรรมชาติจากรายงานของ Arsenic Development Committee News, No. 15 September,1967., เกี่ยวกับการแพร่กระจายของสารหนู ซึ่งสามารถพบได้ทุกแห่งบนพื้นโลก (2–5 ppm.) ในน้ำทะเล (2–5 ppb.) ในบรรยากาศ (40 atom /10^7 atom of Silicon) แม้ร่างกายมนุษย์ก็พบได้ในปริมาณ 0.2–0.3 ppm. โดยเทียบกับธาตุต่าง ๆ ได้แก่ แมงกานีส แบเรียม และ ไอโอดีนเป็นต้น ในเอกสารดังกล่าวยังได้รายงานถึงสารหนูประกอบสารหนูที่ใช้กันกว้างขวางได้แก่ ยาฆ่าแมลง ฆ่าเชื้อรา โรงงานอุตสาหกรรมแก้ว เครื่องไฟฟ้าฟอกอากาศ หรืออยู่ในรูปสารเคมี (USP., 1975) เป็นส่วนประกอบของสีบนกระดาษติดฝาผนัง น้ำยาถนอมเนื้อไม้ ยาเบื่อหนู ยาฆ่าวัชรพืช (Clark, 1975) น้ำยากำจัดพยาธิบนผิวหนัง ยากำจัดพยาธิ (Haemonchus contortus)(B.Vet.C., 1965) ยากำจัดเหาและไร แกะ

(Dreisbach, 1966) ยารักษาท้องร่วงในสุกร (Windholz, 1976) ยาบำรุง สำหรับมนุษย์ (Fowler's solution) (Fowler,1986, B.P.C., 1963) ยาคุมเชื้อแบคทีเรีย (E. coli) ในไก่และสุกรและเป็นยารักษาโรคโลหิตจางในสัตว์ (B. Vet. C. Supplement 1970) สารหนูที่ใช้เป็นยาภายในของสัตว์ได้แก่ Thiacetasamide Sodium (Jones, 1977., J.A.V.M.A., 1969) Thimelarsen (Kume, 1974) และ Neoasphenamine (B.P.Vet. 1977) เป็นต้น คนถ้าได้รับสารหนูในปริมาณที่เกิดพิษเฉียบพลันจะแสดงอาการผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร และระบบประสาท โดยจะคลื่นเหียน อาเจียน ท้องร่วง ปวดท้องมาก ปวดศีรษะ มึนงง อาจมีอาการชัก ถ้าปริมาณสารหนูที่ได้รับไม่มากนัก จะอ่อนเพลีย ปวดกล้ามเนื้อ ทางเดินอาหารผิดปกติ สีของเล็บก็จะเปลี่ยนไป (Bennett, 1966., Hood., 1972.)

โดยทั่วไปสารหนูแบ่งออกเป็นอินทรีย์ และ อนินทรีย์สารหนูซึ่งอยู่ในรูปของ Trivalent หรือ Pentavalent (ส่วนผนวกที่ 1) อินทรีย์สารหนูมีความเป็นพิษมากกว่าอนินทรีย์และ Trivalent form ก็มีความเป็นพิษมากกว่า Pentavalent form ซึ่งพอสรุปได้ว่าอนินทรีย์สารหนู ส่วนใหญ่เป็นสารที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ในขณะที่อินทรีย์สารหนูใช้เป็นสารที่ผสมในอาหารให้สัตว์กินได้ สารอินทรีย์ดังกล่าวมีรูปแบบคล้ายกัน ต่างกันที่ Side chain (รูปที่ 5) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ได้แก่ Arsenilic acid, P-ureidobenzenearsonic acid, 3-Nitro-4-hydroxyphenylarsonic acid และ 4-nitrophenylarsonic acid.

ครั้งแรกมีการนำอนินทรีย์สารหนู (Inorganic arsenic) มาใช้เป็นยาฆ่าเชื้อบิด (Eimeria tenella) ในไก่และพบว่าอนินทรีย์สารหนูดังกล่าวมีความเป็นพิษต่อตัวเองด้วย จึงได้มีการนำอินทรีย์สารหนู (Organic arsenic) มาใช้ได้แก่ 4-hydroxyphenylarsonic acid ซึ่งมีความเป็นพิษน้อยกว่าแต่ผลของยาไม่ดี จึงนำ 3-Nitro -4-hydroxyphenylarsonic acid ซึ่งมีพิษน้อยและให้ผลดีกว่ามาใช้แทน นอกจากนี้ 3- Nitro -4- hydroxyphenylarsonic acid (3-Nitro) ยังถูกนำมาใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโต ตั้งแต่ปี ค.ศ.1946 (Morehouse and Mayfield 1946) และจดทะเบียนเป็นทางการเมื่อ 5 ตุลาคม 1948 เพื่อใช้เป็นสาร

เร่งการเจริญเติบโต (Morehouse 1949) ซึ่ง Bird, Groschke และ Robin (1949) ก็ให้การสนับสนุนให้ 3- Nitro เป็นสารเร่งการเจริญเติบโต (Clark,1975) หรืออาจให้ 3- Nitro. ในลักษณะสารผสมล่วงหน้า, สารฆ่าเชื้อและสารเร่งการเจริญเติบโต (Premix, antibacterial and growth promotor)(B.Vet.C.1965, Supplement 1970; B.P.Vet. 1977).

3- Nitro. เป็นสารเร่งการเจริญเติบโต เพิ่มการเปลี่ยนอาหารและประสิทธิภาพในการกินอาหารทั้งไก่และสุกร ในไก่กระทง (Broiler) ใช้ 45 ppm. ไก่จะโตเพิ่มขึ้นประมาณ 8 % การศึกษาดังกล่าวเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่มาก จึงใช้กันมาตั้งแต่ ปี ค.ศ.1949 เพื่อควบคุมเชื้อบิดและเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในไก่ Morehouse, (1946) Bird et al, (1949) สารหนู (3-Nitro.) ดังกล่าว เมื่อให้แก่สัตว์แล้วจำเป็นต้องหยุดยาก่อนนำสัตว์ส่งโรงฆ่า ก่อนนำผลิตภัณฑ์มาบริโภคอย่างน้อย 5 วัน มิเช่นนั้นจะทำให้ปรากฏสารหนูตกค้างในอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์ได้จากการศึกษาของ คาณิศ (1978) พบสารหนูตกค้างในไก่เนื้อ (Broiler) ที่จำหน่ายในท้องตลาด เขต กทม. จาก 0.005-0.588ppm. นอกจากนี้ คาณิศ (1981) ศึกษาพบว่าการให้สารหนูผสมอาหารไก่เนื้อทำให้ไก่โตเร็วกว่าปกติ แต่ถ้าให้มากกว่าปริมาณปกติ 20 เท่า ไก่จะไม่เติบโตและร่างกายจะผิดปกติโดยเฉพาะบริเวณข้อต่อกระดูก นอกจากพบสารหนูในไก่แล้วยังพบสารหนูตกค้างในอวัยวะสุกร เฉลี่ย 0.032-0.271 ppm. ส่วนอาหารทะเล (กุ้ง หอย ปู ปลา) พบเฉลี่ย 0.012-0.300 ppm. คาณิศ (1983)

จากรายงานของ Frazer (1953) ในการประชุม Arsenic Development Committee Report (II) ปริมาณสารหนูที่ทำให้คนตาย 500 มก./วัน ปริมาณที่เป็นพิษ 50 มก./วัน ปริมาณเพื่อการรักษา (เป็นยา) 5 มก./วัน ปริมาณที่ไม่มีผลกระทบต่อร่างกาย 0 .5 มก./วัน จากรายงานดังกล่าว ถ้าให้ Arsanilic acid ซึ่งเป็นอินทรีย์สารหนูชนิดหนึ่งผสมในอาหารไก่ 0.5 มก. ถ้าคนกินเนื้อไก่ 2.8 ปอนด์ ตับ 0.75 ปอนด์ และไข่ 38 ฟอง จะได้รับสารหนู 0.4,1.5 และ 0.2 ppm. ตามลำดับ.

การวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาการใช้สารหนู (3-Nitro -4- hydroxyphenylarsonic acid) ผสมอาหารไก่พันธุ์ไข่ เพื่อทราบผลการไข่ของไก่ ปริมาณสารหนูตกค้างในไข่ขาวและไข่แดง เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดการใช้ 3-Nitro. ในไก่ไข่หรือไม่ทั้งนี้เพื่อ

สุขภาพและอนามัยของประชาชนโดยเฉพาะไข่ไก่เป็นโปรตีนที่ทั้งเด็ก ผู้ใหญ่และคนชราบริโภคอยู่เกือบทุกวัน.

อุปกรณ์และวิธีการ

ไก่ไข่เพศเมียพันธุ์แม่ค้า RA 501* อายุ 20 สัปดาห์ จำนวน 60 ตัว ชั่งน้ำหนัก (ส่วนผนวกที่ 6) ทุกตัวก่อนนำขึ้นกรงตับ (รูปที่ 6) ซึ่งอยู่ในโรงเรือน (รูปที่ 7) ไก่ทุกตัวมีรางอาหารเป็นสัดส่วน แขวนไว้ด้านล่าง เหนือกรงแต่ละตัวแขวนแผ่นกระดาษสี่เหลี่ยม เพื่อบันทึกขนาด หมายเลขไก่ บันทึกอัตราไข่ น้ำหนัก (แรกเข้าและเมื่อสิ้นสุดการทดลอง) ปริมาณของอาหาร แต่ละวันและอาการผิดปกติของไก่ เมื่อนำไก่ขึ้นกรง 3 วันแรกให้น้ำผสม Vitamin และ Electrolyte (ส่วนผนวกที่ 5) เมื่อไก่ขึ้นกรงได้ครบ 3 วัน ให้ยาถ่ายพยาธิ (ส่วนผนวกที่ 4) เมื่อไก่ขึ้นกรงได้ครบ 5 วัน ให้วัคซีนป้องกันโรคระบาด (ส่วนผนวกที่ 2) ครั้งแรกไก่ทุกตัวให้อาหารสูตรไก่ไข่ (ส่วนผนวกที่ 3) จนครบ 7 วัน เพื่อให้ไก่ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมจากการที่ได้ขนย้าย เปลี่ยนสถานที่ อากาศ ถ้าช่วงใดอากาศเปลี่ยนแปลง เช่น ฝนตก ร้อนจัด ให้ Vitamin และ Electrolyte ละลายน้ำให้ไก่กินติดต่อกัน 2–3 วัน ถ้าไก่แสดงอาการหงอยเหงา ซึม อุจจาระผิดปกติให้ anti-infection 3–5 วัน แบ่งไก่ออกเป็น 3 กลุ่มๆละ 20 ตัว.

<u>กลุ่มที่ 1</u> กลุ่มทดลอง 1 (กลุ่มควบคุม) ให้ไก่ได้รับอาหารสูตรไก่ไข่

<u>กลุ่มที่ 2</u> กลุ่มทดลอง 2 ให้ไก่ได้รับอาหารสูตรไก่ไข่ผสมสาร 3-Nitro. ปริมาณ 25 กรัม ต่ออาหาร 1 ตัน (25 ppm.)

<u>กลุ่มที่ 3</u> กลุ่มทดลอง 3 ให้ไก่ได้รับอาหารสูตรไก่ไข่ผสมสาร 3-Nitro. ปริมาณ 50 กรัม ต่ออาหาร 1 ตัน (50 ppm.)

เมื่อให้ไก่ทุกกลุ่มกินอาหารสูตรไก่ไข่ครบ 7 วันแล้ว ไก่กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 เริ่มให้กินอาหารสูตรไก่ไข่ผสม 3- Nitro. 25 และ 50 ppm. ตามลำดับตั้งแต่ก่อนไก่เริ่มไข่ 10 วันและให้กินติดต่อกันทุกวันต่อไปอีก 60 วัน จึงหยุดยาและ

---

* ไก่ไข่ RA 501 พ่อโร้ดไอส์แลนด์แดง แม่บาร์พลีมัทร็อค ของฟาร์มรุ่งรักษ์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลี้ยงไก่ต่ออีก 18 วัน จึงสิ้นสุดการทดลอง ในแต่ละวันที่ไก่กลุ่มใดเริ่มไข่เก็บมาชั่งน้ำหนัก, บันทึกการไข่แต่ละกลุ่มแต่ละตัว ไข่ที่ได้แต่ละวันแต่ละกลุ่มหลังจากชั่งน้ำหนักแล้วนำมารวมกัน สำหรับไข่ไก่แต่ละกลุ่มในแต่ละวันเคาะไข่กับขอบ Beaker ให้เปลือกแตกแล้วแยกไข่ขาวออกจากไข่แดง โดยใช้ขอบเปลือกไข่และนิ้วมือช่วย ไข่แดง (ใช้แท่งแก้วตีให้แตกก่อน) และไข่ขาวของแต่ละกลุ่มนำมาปั่นด้วย Magnetic bar นาน 3 นาที ด้วยความเร็วสูง แต่ละตัวอย่างจะเข้ากันเป็นเนื้อเดียวกันไม่จับเป็นก้อน.

นำไข่แดงและไข่ขาวอย่างละ 10 กรัม มาย่อยด้วยวิธี Wet digestion ไข่แดงที่ย่อยจะมีควันสีน้ำตาลมาก เดือดค่อนข้างรุนแรงต้องคอยระวังอาจจะไหม้ ควรใส่แท่งแก้วยาวลงไปด้วยจะทำให้การเดือดลดความรุนแรงลงมาก ของที่ย่อยแล้วดังกล่าวมีความเป็นกรดสูงนำมาทำให้เป็นกลางด้วย สารละลายแอมโมเนีย (NH_3 25 %) แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 50 มล. ใส่ลงใน Volumetric flask นำไปหาสารหนูใน arsenic apparatus (Arsine Generator) ด้วยวิธีของ Irving Sunshine (Sunshine, 1971) หลังจากใส่สารตัวอย่างลงใน reaction flask แล้ว เติมสารละลาย $Zn\ Cl_2$ ในกรดเกลือแล้วเติม 0.2 % $Cu\ SO_4$ 0.1 มล. เมื่อใส่สารละลายต่างๆ ครบแล้วเติม Zn-powder ลงไป 5 กรัม ปิดส่วนต่อซึ่งเป็นหลอดดักแก๊ส ซึ่งมีสำลีชุบ lead acetate solution ซึ่งอบแห้งแล้ว แผ่เป็นแผ่นบางใส่ไว้ส่วนตอนบนสุดใส่สารละลาย Silverdicthyldithiocarbamate ใน pyridine จำนวน 3 มล. ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง ถ้าในตัวอย่างมีสารหนูอยู่ด้วย ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะได้แก๊ส arsine ผ่านเข้าไปยังสารละลาย pyridine ทำให้สารละลาย pyridine เปลี่ยนสี นำสารละลาย pyridine ดังกล่าวไปวัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ 525 nm โดยใช้น้ำกลั่นที่ผ่านขั้นตอนต่าง ๆ เช่นเดียวกับตัวอย่าง เป็น blank และในการศึกษาหาปริมาณสารหนูจากตัวอย่างต้องทำเทียบกับ standard 1 จุดเสมอ ค่าที่ได้นำไปเทียบกับค่าความเข้มข้นของสารหนู ของ standard cure ซึ่งหาออกมาก่อนแล้วโดยใช้สารหนู 3- Nitro. ค่าที่ได้คำนวณออกมาเป็นความเข้มข้นของ 3-Nitro. เป็นไมโครกรัม/กรัม (หนึ่งส่วนในล้านส่วน)

<u>ผลการทดลอง</u>

จากการทดลองพบว่า มีสารหนูปะปนอยู่ทั่วไป แม้ในอาหารไก่ที่ไม่ได้ผสมสารหนู ก็สามารถพบสารหนูปนเปื้อนในไข่ ซึ่งเปรียบเทียบได้กับไข่จากไก่ที่กินอาหารผสมสารหนู (3–Nitro) ในอัตราส่วน 25 และ 50 ppm (ตารางที่ 1,2) ปริมาณที่พบส่วนมากประมาณ 2 ppm. หรือน้อยกว่าตารางที่ 3 (3.1,3.2 และ 3.3) ถ้าดูในแต่ละกลุ่มแต่ละวันที่ไก่ไข่ ปริมาณสารหนูดังกล่าวพบในกลุ่มไก่ที่ไข่รวมกัน 11–15 ฟองต่อวัน ตารางที่ 4 (4.1,4.2 และ 4.3) นอกจากนี้ในกลุ่มไข่ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยมากกว่า 35 กรัม ก็พบสารหนูในปริมาณดังกล่าวด้วย ตารางที่ 5(5.1,5.2 และ 5.3) ตารางที่ 6 ถ้าแยกไก่มาศึกษาตัวเดียวผลที่ได้รับก็เช่นเดียวกับการศึกษาเป็นกลุ่ม ตารางที่ 7,8

การกินอาหารของไก่แต่ละกลุ่มมากน้อยไม่เท่ากัน ตารางที่ 9 ปริมาณไข่แต่ละกลุ่มต่างกัน ในบางระยะ ตารางที่ 10 ซึ่งเห็นได้ชัดเจน เกี่ยวกับแนวโน้มของการไข่ในแต่ละกลุ่ม รูปที่ 1 แม้ว่าการศึกษาครั้งนี้ปริมาณสารหนูในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดก็ตาม แต่ถ้าปริมาณสารหนูจากไข่แดงและไข่ขาวแล้วจะเห็นว่าแตกต่างกันตามรูปที่ 2,3 และ 4

<u>อภิปรายผล</u>

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสารหนูมีปะปนอยู่ทั่วไป แม้ในไข่ที่ไม่ใส่สารหนูในอาหารเลยก็ตาม จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า ปริมาณ ร้อยละของสารหนูที่พบในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่ต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้จากการปนเปื้อนของสารหนูตามธรรมชาติ ในพื้นดินบางแห่งสามารถพบสารหนูได้ถึง 4 ppm. แม้ในเครื่องดื่มและอาหารสำหรับมนุษย์ก็พบได้ 0.1 และ 1.0 ppm. ตามลำดับ (Martin, C.R.A. 1965) แต่ถ้าดูจากปริมาณร้อยละในไข่ขาวและไข่แดง ตามตารางที่ 2 รูปที่ 2 และรูปที่ 3 โดยเฉพาะที่ปริมาณสารหนู 2 ppm. หรือน้อยกว่า สำหรับไข่ขาวในกลุ่มทดลอง 3 พบสารหนูมากกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 2 ส่วนไข่แดงกลุ่มทดลองที่ 2 และ 3 พบปริมาณสารหนูมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 แต่จากรูปที่ 2 ปริมาณสารหนูทั้งกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2และกลุ่มทดลองที่ 3 พบมากตั้งแต่ 0.01–2.00 ppm. ทั้งสามกลุ่มมีปริมาณใกล้เคียงกัน

ในกลุ่มควบคุมปริมาณสารหนูที่น้อยกว่า 0.01 พบมากในไข่แดง ซึ่งกลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 ก็เช่นกัน จากรูปที่ 2 ปริมาณร้อยละของสารหนูที่ปรากฏทั้งไข่ขาวและไข่แดงพบมากที่สุดปริมาณ 0.01–1.00 ppm.

ปริมาณสารหนูจากไข่ขาว ไข่แดงในแต่ละกลุ่มถ้าดูจากจำนวนไข่ในแต่ละกลุ่มซึ่งมีจำนวนไข่ไม่เท่ากันในแต่ละวัน จากตารางที่ 3 (3.1,3.2 และ 3.3) และตารางที่ 4 ปริมาณสารหนูที่พบตามจำนวนร้อยละ พบปริมาณ 2 ppm หรือน้อยกว่ามากที่สุดทั้ง 3 กลุ่มการทดลองทั้งไข่ขาวและไข่แดง กลุ่มที่พบมากที่สุดคือกลุ่มไข่ที่มีจำนวน 11–15 ฟอง แต่ถ้าดูตามตารางที่ 5 ปริมาณสารหนูจำแนกตามน้ำหนักไข่เฉลี่ยในแต่ละกลุ่มแล้ว ปรากฏว่าผลของทั้ง 3 กลุ่มออกมาใกล้เคียงกัน ปริมาณสารหนูพบมากในไข่กลุ่มที่มีน้ำหนักมากกว่า 35 กรัม ตามตารางที่ 5 และ 6 แต่จากตารางที่ 7 ซึ่งเป็นการศึกษาเดี่ยวปรากฏว่ากลุ่มทดลองกลับมีปริมาณสารหนูมากกว่า แสดงว่าบริมาณที่ทำการศึกษามีการปนเปื้อนด้วยสารหนูซึ่งในบางแห่งบนพื้นโลกสามารถพบสารหนูปนเปื้อนอยู่ถึง 4 ppm.Martin, (1965) แม่น้ำตามธรรมชาติในสหรัฐอเมริกาก็สามารถปน – เปื้อนด้วยสารหนูได้ Stewart (1973) ไก่แต่ละกลุ่มที่ทำการศึกษากินอาหารไม่เท่ากันพบว่าไก่กลุ่มทดลองที่ 2 กินอาหารมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 3 ส่วนกลุ่มทดลองที่ 1 กินอาหารน้อยที่สุด.

ในการศึกษาครั้งนี้ไก่ที่ทำการทดลองมีลักษณะเป็นตัวผู้ไม่ไข่เลย 2 ตัว และไข่ไม่เกิน 2 ฟอง 2 ตัว แสดงให้เห็นว่าไก่พันธุ์นี้ถ้านำมาศึกษาเกี่ยวกับไก่ไข่อาจต้องใช้จำนวนมากเพื่อลดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับลักษณะความสมบูรณ์ในการไข่ ถ้าดูจากรูปที่ 1 แนวโน้มของปริมาณไข่แล้ว พบว่าไก่กลุ่มทดลอง 3 เริ่มไข่ก่อน กลุ่มทดลอง 2 เริ่มไข่ตามมา ส่วนกลุ่มทดลอง 1 ไข่ช้ากว่า แต่กลุ่มทดลอง 3 หลังจากเริ่มไข่แล้วระยะหนึ่งก็หยุดไข่ มาเริ่มไข่อีกครั้งใกล้กลุ่มทดลอง 1เริ่มไข่ แต่กลุ่มทดลอง 2 เมื่อเริ่มไข่แล้วจะไข่ติดต่อกันเรื่อย ปริมาณไข่เพิ่มมากขึ้นเห็นได้ชัดเจนกว่ากลุ่มอื่น หลังจากไข่ได้ประมาณ 30 วัน ปริมาณไข่แต่ละกลุ่ม แต่ละวันจะสูงสุดและคงอยู่ตลอดการทดลอง ถ้าดูจากปริมาณไข่แล้ว ถ้าผสมสารหนู (3– Nitro) ในอาหารไก่ไข่ 25 ppm จะช่วยให้ไก่ไข่ได้เร็วขึ้น ไข่ปริมาณมากกว่า แต่กินอาหารมากกว่า ไก่กลุ่มที่กินอาหารผสมสารหนู 50 ppm หรือกลุ่มที่กินอาหารไม่ผสมสารหนูเลย(ตารางที่ 10,ส่วนผนวกที่ 6 และตารางที่ 9)

ในอาหารมนุษย์บางครั้งพบสารหนูปนเปื้อนอยู่ด้วยปริมาณ 32 ไมโครกรัม/กรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่มากกว่าการให้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโต แต่ถ้าปริมาณที่จะทำให้เกิดความเป็นพิษแล้ว ต้องมีสารหนูมากกว่า 86 ไมโครกรัม/กรัม Harding (1968) ในบางครั้งพบว่า มีการเสริมฤทธิ์กันระหว่างสารหนูกับ enterovirus โดยการแสดงออกของโรคจากการให้ sodium arsenite หรือ 3-Nitro ผสมน้ำให้หนู (mice) กิน และทำให้หนูได้รับเชื้อ (Encephalomyocarditis) enterovirusพบว่าหนูที่ได้รับสารหนู และ virus ปริมาณตายจะสูงมาก ทั้งนี้เนื่องจากการไประงับการ form interferon, Harding (1968), Pass (1979).

การสะสมของสารหนูในเนื้อเยื่อและการขับออกถ้าเป็นหนู (rat) การขับออกค่อนข้างช้า แต่ในปศุสัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม การขับออกค่อนข้างเร็ว People (1964) เป็นการยากถ้าเราจะหลีกเลี่ยงมิให้มีการปนเปื้อนกับสารหนู ทั้งนี้เพราะสารหนูสามารถพบได้โดยทั่วไป จากการศึกษาของ Smith (1969) ด้วย Neutron activation คนปกติที่โตเต็มที่พบสารหนูในเนื้อเยื่อ 0.04–0.09 ppm. พบมากที่ผิวหนัง เล็บและผม ประมาณ 0.12,0.36 และ 0.65 ppm. ตามลำดับ นอกจากนี้ Halminton and Minsk (1972,1973) ก็ศึกษาด้วย Neutron activation เช่นกันพบว่าค่าเฉลี่ยสารหนู (Arsenic) ที่พบในอาหารต่างๆ ของตัวอย่างที่ยังสดได้แก่เมล็ดพืช 0.18 $\pm$ 0.05 หัวผักกาด 0.08 $\pm$ 0.01 ผลไม้ 0.07 $\pm$ 0.01 ไขมัน 0.05 $\pm$ 0.01 น้ำนม 0.05 $\pm$ 0.01 เนื้อ (หมู วัว แกะ) ที่ยังไม่ทำให้สุก 0.01 $\pm$ 0.05 และ ปลา 2.0 $\pm$ 0.1 ไมโครกรัม ของ Arsenic /กรัม.

ผลการวิจัยครั้งนี้ถ้าเทียบกับปริมาณสารหนูที่พบในอวัยวะไก่และสุกรจากท้องตลาดในเขต กทม. พบว่าในเนื้อไก่พบสารหนูเฉลี่ย 0.005 ppm. (คาณิศ 1978) จากการศึกษาของ คาณิศ (1981) พบสารหนูในเนื้อไก่ประมาณ 0.01 ppm. เนื้อสุกรเฉลี่ย 0.032 – 0.268 ppm. (คาณิศ 1983) ในไข่ (0.01 – 2.00 ppm.

จะเห็นได้ว่าอาหารประเภทโปรตีนที่ประชาชนบริโภคอยู่ทุกวันนี้ การปนเปื้อนของสารหนูในไข่ใกล้เคียงเนื้อหมู แต่มากกว่าเนื้อไก่ ปริมาณสารหนูในไข่ถ้าดูจากรูปที่ 4

เกี่ยวกับค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบน แบบมาตรฐานในไข่ขาวและไข่แดงกลุ่มทดลอง 1 และ 2 ใกล้เคียงกันมากถ้าเทียบกับกลุ่มควบคุม กลุ่มควบคุมค่อนข้างจะกระจายกัน ปริมาณสารหนูจะอยู่ในปริมาณ 1.05 ppm. ส่วนในไข่แดงความหนาแน่นของส่วนเบี่ยงเบนใกล้เคียงกับปริมาณสารหนู จะอยู่ประมาณ 0.3 ppm. แต่ถ้าเทียบกับอาหารทะเล จากการศึกษาของ คาณิศ (1983) ในปลาทู กุ้ง หอยลาย หอยแครง และหอยแมลงภู่ ปริมาณสารหนูที่พบใกล้เคียงกับปริมาณที่พบในเนื้อสุกร ปริมาณสารหนูที่พบในไข่โดยเฉลี่ย (รูปที่ 2,3 และ 4) มากกว่าที่พบในเนื้อไก่ สุกร และกุ้ง หอย ปลา แสดงว่าสารหนูที่ปนเปื้อนในทะเลประเทศไทยมีไม่มากนัก เพราะจากการศึกษาของ คาณิศ (1983) พบสารหนูที่ตกค้างในปลาหมึก, ปลาเก๋า, ปลาแดง ปลาน้ำดอกไม้ ปลาตาเดียว ปลากระพงแดง ปลาข้างเหลือง หอยกระพง ปูม้า และ ปูทะเล ประมาณ 0.07–0.086 ppm. ปริมาณดังกล่าวเป็นปริมาณที่น้อยถ้าเทียบกับที่พบในไข่ แต่ปริมาณที่พบในหอยทากทะเลมีมากถึง 5.080 ppm. (คาณิศ 1983) แสดงว่านอกจากขึ้นกับบริเวณที่ปนเปื้อนแล้ว ชนิดสัตว์ก็เป็นส่วนสำคัญอีกอย่างหนึ่งต่อการปนเปื้อนของสารหนู นอกจากนี้ไข่ที่ขายตามท้องตลาด ไข่นกกระทา ไข่ไก่ ไข่เป็ด ไข่เค็ม และไข่เค็มไชยาพบว่า ไข่ขาวมีปริมาณสารหนูมากกว่า 2 ppm. ส่วนไข่แดง ไข่นกกระทามีปริมาณสารหนูมากกว่า 2 ppm. ไข่เป็ดและไข่เค็มประมาณ 2 ppm. ส่วนไข่ไก่และไข่เค็มไชยาน้อยกว่า 1 ppm. ด้วยเหตุนี้จะเห็นว่ามีการปนเปื้อนของสารหนูมีอยู่ทั่วไป หรืออาจมีการให้สารหนู (3– Nitro) ผสมอาหารเพื่อวัตถุประสงค์เกี่ยวกับไข่ก็เป็นได้ ซึ่งประกาศกระทรวงสาธารณสุข ที่อนุญาตให้อาหารมีการปนเปื้อนด้วยสารหนูไม่เกิน 2–0 ppm.* ส่วนในสหรัฐอเมริกา พิจารณาให้มีสารหนูตกค้างในไข่ได้ไม่เกิน 0.5 ppm. (Van Gelder (1976).

---

* ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 80 (พ.ศ. 2527)

ข้อสรุป

ผลที่ได้กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นการปนเปื้อนของสารหนูและการตกค้างของสารหนูในไข่ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง.

ข้อเสนอแนะ

การใช้สารหนู (3-Nitro.) ปริมาณ 25 ผสมอาหารไก่ไข่ให้ผลไก่ไข่เร็วขึ้น ปริมาณมากขึ้นกว่ากลุ่มไก่ที่กินอาหารผสมสารหนู 50 ppm. หรือไม่ผสมเลย แต่พบปัญหาสารหนูตกค้างซึ่งพบได้ทุกกลุ่มการทดลอง แสดงว่ามีทั้งการปนเปื้อนและการตกค้าง

อาหารที่บริโภคทุกวันนี้ก็พบสารหนูตกค้างอยู่หลายอย่างแล้วทั้งจากธรรมชาติ (อาหารทะเล) จากเนื้อไก่และสุกร การจะให้มีสารหนูตกค้างในไข่เพิ่มไปอีกเป็นการไม่เหมาะสมนักเพราะไข่เป็นโปรตีนที่ประชาชนทุกเภททุกวัยบริโภค แม้ปริมาณสารหนูที่พบจะไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมก็ตาม แต่ปริมาณสารหนูที่ตกค้างก็อยู่ในระดับใกล้เคียงกับค่าสูงสุดของการปนเปื้อนที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุข ด้วยเหตุนี้จึงไม่สมควรใช้สารหนู (3- Nitro.)ผสมในอาหารไก่ไข่ เพื่อความปลอดภัยของสุขภาพและอนามัยของประชาชน ตลอดทั้งปัญหาสารตกค้างซึ่งจะมีผลกระทบต่อการส่งสินค้าออกต่างประเทศด้วย.

ตารางที่ 1. แสดงปริมาณร้อยละที่พบสารหนูจำแนกตามกลุ่มการทดลอง.

ปริมาณสารหนู (ppm.)	กลุ่มทดลอง 1	กลุ่มทดลองที่ 2	กลุ่มทดลองที่ 3
	% ที่พบสารหนู	% ที่พบสารหนู	% ที่พบสารหนู
น้อยกว่า 0.01 (< 0.01)	12.7	4.8	5.8
เท่ากับ 2 หรือน้อยกว่า (≤ 2)	82.8	88.0	89.9
มากกว่า 2 (> 2)	4.5	7.2	4.3
รวม (%)	100.0	100.0	100.0
จำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์	134	125	132

ตัวอย่างที่ 2. แสดงปริมาณร้อยละที่พบสารหนูจำแนกตามกลุ่มและประเภทไข่

ปริมาณสารหนู (ppm.)	ไข่ขาว			ไข่แดง		
	กลุ่มทดลอง1	กลุ่มทดลอง 2	กลุ่มทดลอง 3	กลุ่มทดลอง1	กลุ่มทดลอง 2	กลุ่มทดลอง 3
น้อยกว่า 0.01 (< 0.01)	3.0	1.6	1.4	22.7	8.2	10.1
เท่ากับ 2 หรือน้อยกว่า (≤ 2)	88.2	84.4	90.0	77.3	91.8	89.9
มากกว่า (> 2)	8.8	14.0	8.6	–	–	–
รวม (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
จำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์	68	64	70	66	61	69

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3. จำนวนร้อยละที่พบสารหนูจำแนกตามจำนวนไข่ ประเภทไข่และกลุ่มการทดลอง.

3.1 กลุ่มทดลอง 1

ปริมาณสารหนู (ppm.)	ไข่ขาว				ไข่แดง			
	1 – 5	6 – 10	11–15	15–20	1 – 5	6 –10	11–15	16–20
น้อยกว่า 0.01 (< 0.01)	1	–	1	–	4	2	9	–
เท่ากับ 2 หรือน้อยกว่า (≤ 2)	4	6	49	1	7	3	40	1
มากกว่า 2 (> 2)	6	–	–	–	–	–	–	–
รวม	11	6	50	1	11	5	49	1

3.2 กลุ่มทดลอง 2

ปริมาณสารหนู (ppm.)	ไข่ขาว				ไข่แดง			
	1 – 5	6–10	11–15	16–20	1 – 5	6–10	11–15	16–20
น้อยกว่า 0.01 (< 0.01)	1	–	–	–	–	–	5	–
เท่ากับ 2 หรือน้อยกว่า (≤ 2)	3	2	49	–	6	4	46	–
มากกว่า 2 (> 2)	2	1	6	–	–	–	–	–
รวม	6	3	55	–	6	4	51	–

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3. (ต่อ)

3.3 กลุ่มทดลอง 3

ปริมาณสารหนู (ppm.)	ไข่ขาว				ไข่แดง			
	1–5	6–10	11–15	16–20	1–5	6–10	11–15	16–20
น้อยกว่า 0.01 (<0.01)	1	–	–	–	1	1	5	–
เท่ากับ 2 หรือน้อยกว่า (≤ 2)	14	16	33	–	16	16	30	–
มากกว่า 2 (> 2)	2	2	2	–	–	–	–	–
รวม	17	18	35	–	17	17	35	–

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ตารางที่ 4</u> จำนวนร้อยละที่พบสารหนูแยกตามจำนวนไข่ในแต่ละกลุ่มทดลอง.

4.1 กลุ่มทดลอง 1 (ควบคุม)

ปริมาณสารหนู (ppm.)	% ที่พบในไข่แต่ละกลุ่ม			
	1–5	6–10	11–15	16–20
น้อยกว่า 0.01 (< 0.01)	5	2	10	–
เท่ากับ 2 หรือน้อยกว่า (≤ 2)	11	9	89	2
มากกว่า 2 (> 2)	6	–	–	–
รวมตัวอย่างที่วิเคราะห์	22	11	99	2

4.2 กลุ่มทดลอง 2

ปริมาณสารหนู (ppm.)	% ที่พบในไข่แต่ละกลุ่ม			
	1–5	6–10	11–15	16–20
น้อยกว่า 0.01 (< 0.01)	1	–	5	–
เท่ากับ 2 หรือน้อยกว่า (≤ 2)	9	6	95	–
มากกว่า 2 (> 2)	2	1	6	–
รวมตัวอย่างที่วิเคราะห์	12	7	106	–

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ตารางที่ 4</u> (ต่อ)

4.3 กลุ่มทดลอง 3

ปริมาณสารหนู (ppm.)	% ที่พบในไข่แต่ละกลุ่ม			
	1–5	6–10	11–15	16–20
น้อยกว่า 0.01 (<0.01)	2	1	5	–
เท่ากับ 2 หรือน้อยกว่า (≤ 2)	30	32	63	–
มากกว่า 2 (>2)	2	2	2	–
รวมตัวอย่างที่วิเคราะห์	34	35	70	–

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

053536

ตารางที่ 5. ปริมาณสารหนูจำแนกตามน้ำหนักไข่เฉลี่ยแต่ละกลุ่ม.

5.1 กลุ่มทดลอง 1

น้ำหนัก (กรัม)	น้อยกว่า 0.01 (< 0.01)	เท่ากับ 2 หรือน้อยกว่า (≤ 2)	มากกว่า 2 (> 2)
5.1 – 10	1	–	–
10.1 – 15	2	4	–
15.1 – 20	–	–	–
20.1 – 25	1	2	–
25.1 – 30	2	6	4
30.1 – 35	–	3	–
> 35	11	96	2
รวม	17	111	6

5.2 กลุ่มทดลอง 2

น้ำหนัก (กรัม)	น้อยกว่า 0.01 (< 0.01)	เท่ากับ 2 หรือน้อยกว่า (≤ 2)	มากกว่า 2 (> 2)
5.1 – 10	–	–	–
10.1 – 15	–	–	–
15.1 – 20	–	1	–
20.1 – 25	–	5	–
25.1 – 30	–	–	–
30.1 – 35	–	1	–
> 35	6	103	9
รวม	6	110	9

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 (ต่อ)

5.1 กลุ่มทดลอง 3

น้ำหนัก (กรัม)	น้อยกว่า 0.01 (< 0.01)	เท่ากับ 2 หรือน้อยกว่า (⩽ 2)	มากกว่า 2 (> 2)
5.1 – 10	–	–	–
10.1 – 15	–	3	–
15.1 – 20	–	–	–
20.1 – 25	1	5	–
25.1 – 30	–	1	1
30.1 – 35	–	1	–
>35	7	114	5
รวม	8	125	6

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณสารหนูจำแนกตามน้ำหนักไข่เฉลี่ย

น้ำหนัก (กรัม)	น้อยกว่า 0.01 (< 0.01)	เท่ากับ 2 หรือน้อยกว่า (⩽ 2)	มากกว่า 2 (> 2)
5	–	–	–
5.1 – 10	1	1	–
10.1 – 15	2	7	–
15.1 – 20	–	1	–
20.1 – 25	2	12	–
25.1 – 30	2	7	5
30.1 – 35	–	5	–
>35	24	313	16
รวม	31	346	21

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7. แสดงปริมาณร้อยละที่พบสารหนูจำแนกตามกลุ่ม (การทดลองเดี่ยว).

ปริมาณสารหนู (ppm.)	กลุ่มทดลอง 1	กลุ่มทดลอง 2	กลุ่มทดลอง 3
	% ที่พบ	% ที่พบ	% ที่พบ
น้อยกว่า 0.01 (<0.01)	3.9	8.2	39.1
เท่ากับ 2 หรือน้อยกว่า (≤2)	96.1	90.6	60.9
มากกว่า 2 (>2)	–	1.2	–
รวม	100.0	100.0	100.0
จำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์	77	171	225

ตารางที่ 8. แสดงปริมาณร้อยละที่พบสารหนูจำแนกตามกลุ่มและประเภทไข่(การทดลองเดี่ยว).

ปริมาณสารหนู (ppm.)	ไข่ขาว			ไข่แดง		
	ทดลอง 1	ทดลอง 2	ทดลอง 3	ทดลอง 1	ทดลอง 2	ทดลอง 3
น้อยกว่า 0.01 (<0.01)	2.6	2.3	25.0	5.3	14.3	53.1
เท่ากับ 2 หรือน้อยกว่า (≤2)	97.4	96.6	75.0	94.7	89.5	46.7
มากกว่า 2 (>2)	–	1.1	–	–	1.2	–
รวม %	100	100	100	100	100	100
จำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์	37	87	112	38	84	113

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๑. แสดงปริมาณอาหารเฉลี่ยตามวัน และกลุ่ม.

วันที่	กลุ่มทดลอง 1	กลุ่มทดลอง 2	กลุ่มทดลอง 3	วันที่	กลุ่มทดลอง 1	กลุ่มทดลอง 2	กลุ่มทดลอง 3
1	120.00	89.00	90.00	20	91.58	97.50	90.00
2	78.95	103.50	97.00	21	91.58	83.50	92.50
3	86.84	100.00	98.75	22	86.84	72.50	102.50
4	74.21	95.00	88.00	23	85.79	97.50	90.00
5	86.32	102.50	95.00	24	75.26	87.89	92.00
6	86.84	107.11	100.00	25	79.16	100.00	100.00
7	85.79	94.50	89.50	26	101.58	115.79	107.00
8	73.68	95.00	81.75	27	110.53	102.63	103.50
9	82.63	97.50	90.00	28	81.05	102.26	107.00
10	36.84	99.00	87.50	29	85.79	97.74	60.00
11	74.74	92.50	88.00	30	84.21	102.63	80.00
12	81.58	100.00	87.50	31	86.84	92.11	82.00
13	84.58	90.50	89.50	32	102.22	99.47	106.67
14	84.21	96.50	89.00	33	86.41	97.89	88.33
15	85.37	91.50	88.75	34	86.11	89.47	87.22
16	87.89	109.00	98.00	35	93.33	97.73	94.44
17	87.89	85.00	99.00	36	95.00	105.26	96.99
18	91.58	94.00	101.00	37	83.33	103.63	107.67
19	90.53	22.00	107.00	38	80.55	92.11	87.78

ตารางที่ 9 (ต่อ) แสดงปริมาณความเฉลี่ยตามวันและกลุ่ม.

วันที่	กลุ่มทดลอง 1	กลุ่มทดลอง 2	กลุ่มทดลอง 3	วันที่	กลุ่มทดลอง 1	กลุ่มทดลอง 2	กลุ่มทดลอง 3
39	122.22	115.79	122.22	57	87.65	102.94	49.44
40	66.11	74.21	63.89	58	95.88	101.76	83.33
41	86.11	105.26	94.44	59	102.94	94.12	86.11
42	86.11	35.79	87.22	60	108.82	98.82	111.11
43	97.22	79.47	88.89	61	102.94	105.88	94.44
44	62.94	86.31	100.00	62	111.76	117.65	88.89
45	70.59	80.56	72.22	63	95.88	111.76	94.67
46	79.41	83.53	93.89	64	90.59	101.18	80.56
47	86.47	98.33	80.56	65	97.06	108.82	95.19
48	100.00	94.44	88.89	66	105.88	108.82	94.44
49	84.12	88.89	88.89	67	129.41	129.41	122.22
50	95.88	91.67	85.56	68	111.76	102.94	111.11
51	79.41	80.56	88.89	69	101.94	100.00	105.56
52	87.65	125.00	91.67	70	108.82	94.12	86.11
53	97.06	125.00	91.67	71	102.35	96.47	105.56
54	82.94	77.78	97.22	72	112.94	120.00	122.22
55	5.88	88.89	91.11	73	100.00	104.12	100.00
56	14.71	91.67	97.33	74	105.88	101.76	105.56

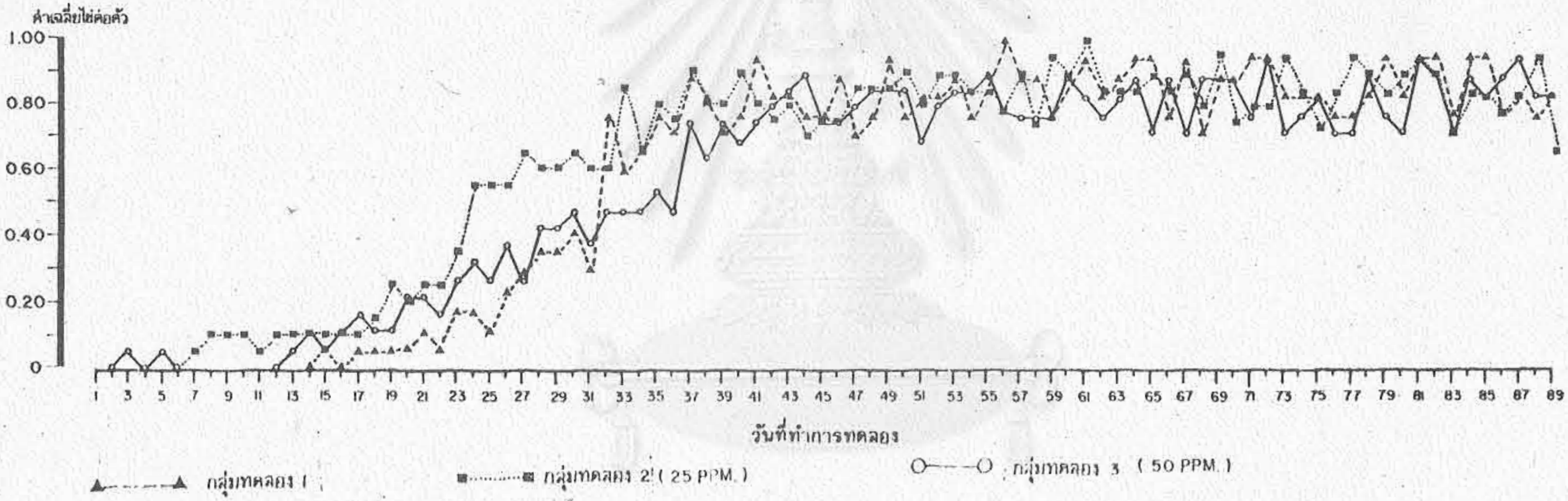
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10. แสดงจำนวนไข่แต่ละเดือนแยกตามกลุ่ม.

ไก่	กลุ่มทดลอง 1			กลุ่มทดลอง 2			กลุ่มทดลอง 3		
ตัวที่	กพ.	มีค.	เมย.	กพ.	มีค.	เมย.	กพ.	มีค.	เมย.
1	2	27	28	6	27	30	4	28	28
2	2	22	9 *	1	18	28	12	26	25
3	2	28	24	22	28	30	12	23	29
4	5	22	28	2	24	26	15	25	—*
5	—	21	24	8	25	29	—	16	24
6	—	25	29	—	23	5	1	22	—*
7	13	30	22	8	30	24	—	11	22
8	4	30	27	5	26	26	—	21	27
9	—	21	28	—	26	30	—	—	—
10	2	21	22	3	28	30	1	29	27
11	—	21	27	17	25	29	6	31	22
12	—	25	29	3	30	27	5	21	23
13	—*	—	—*	4	26	12*	—	21	28
14	—	13	20	8	28	23	—	22	27
15	1	25	29	3	19	22	—	5	—
16	—	1	1	4	21	18	1	30	28
17	—	22	24	—	12*	—*	5	26	27
18	—*	—	—	11	29	28	—	20	28
19	—	21	30	2	20*	20	—	16	26
20	—	26	29	—	19	27	—	13	29
$\bar{X}$	19.59			19.18			19.73		
SD	9.98			9.87			9.19		
n	44			55			45		
ΣX	862			1055			888		
SE	6.63			7.42			6.71		

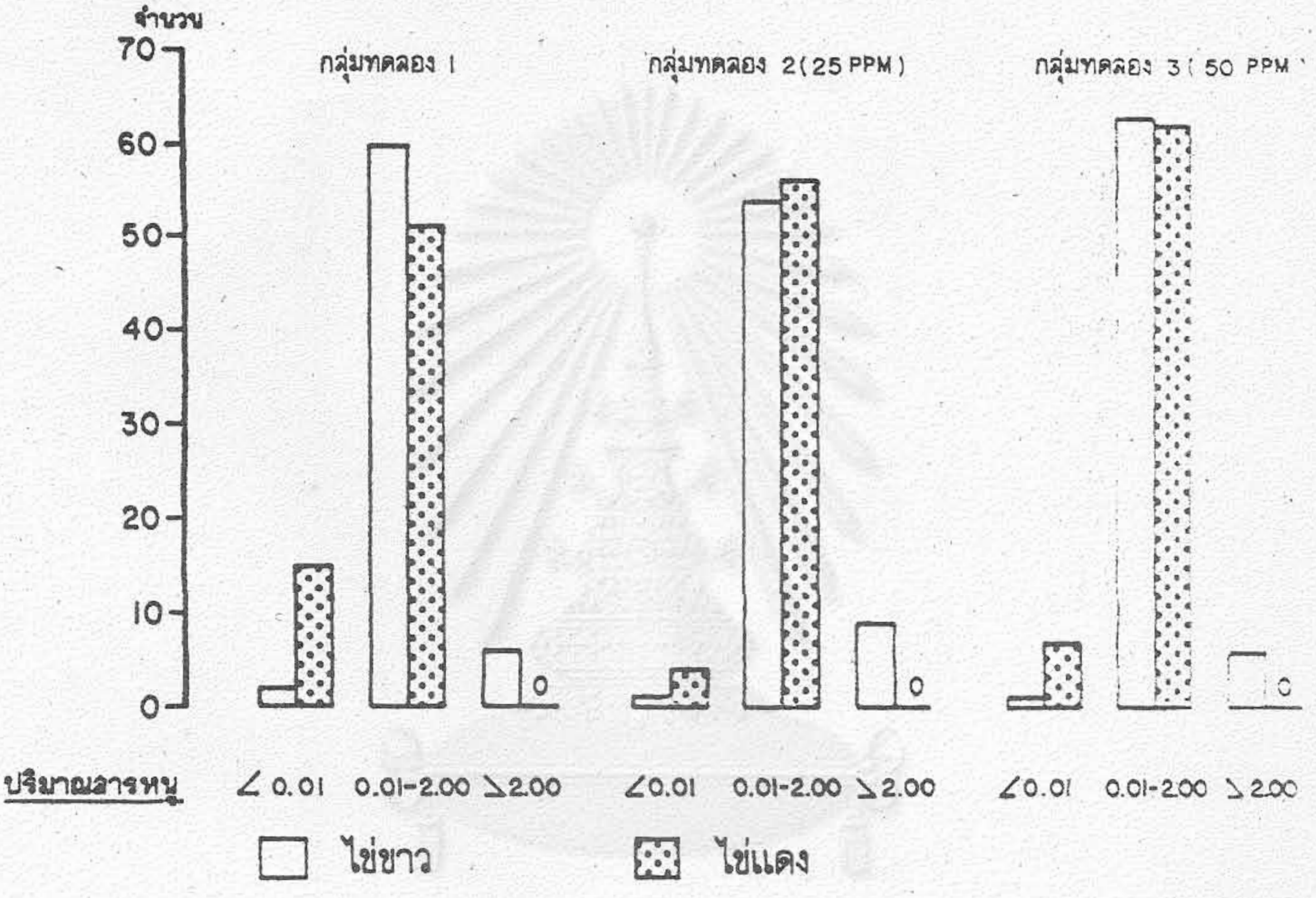
* ไก่ตายระหว่างการทดลอง

รูปที่ 1 แนวโน้มของปริมาณไข่เฉลี่ย



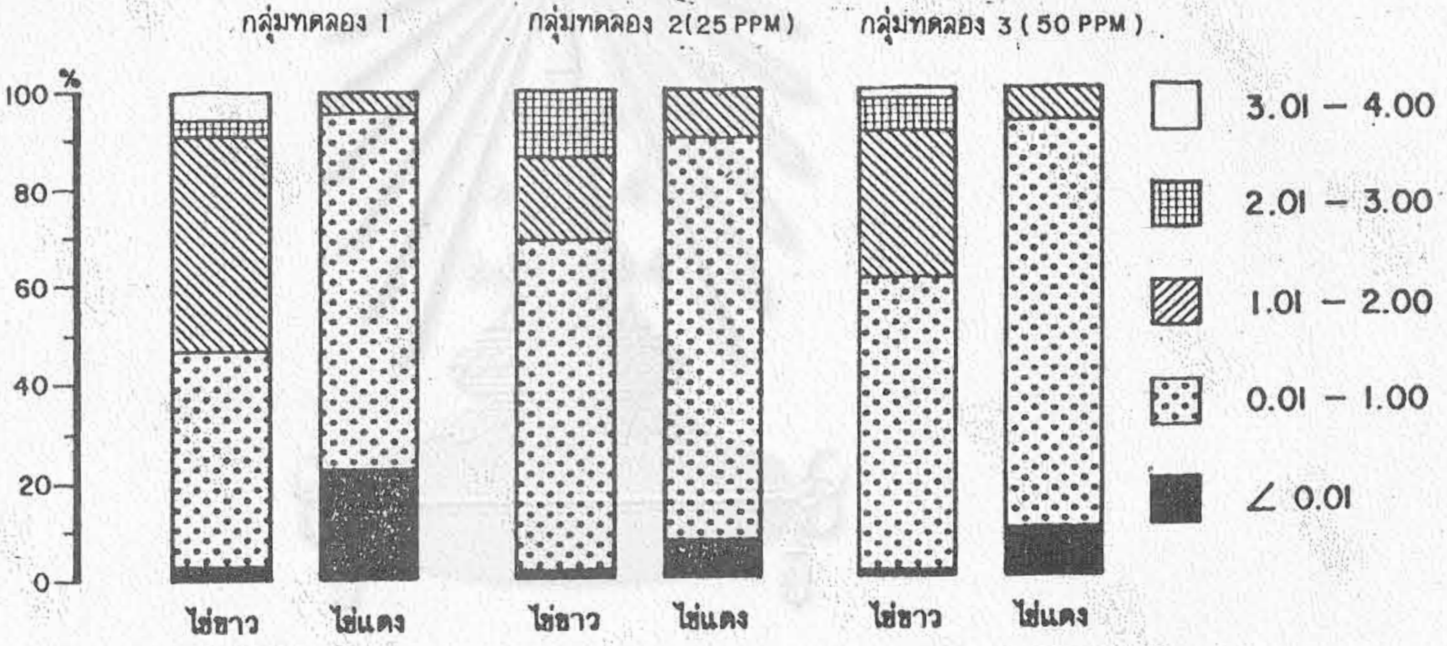
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2 ปริมาณสารหนูที่ปรากฏในไข่ขาวและไข่แดง



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

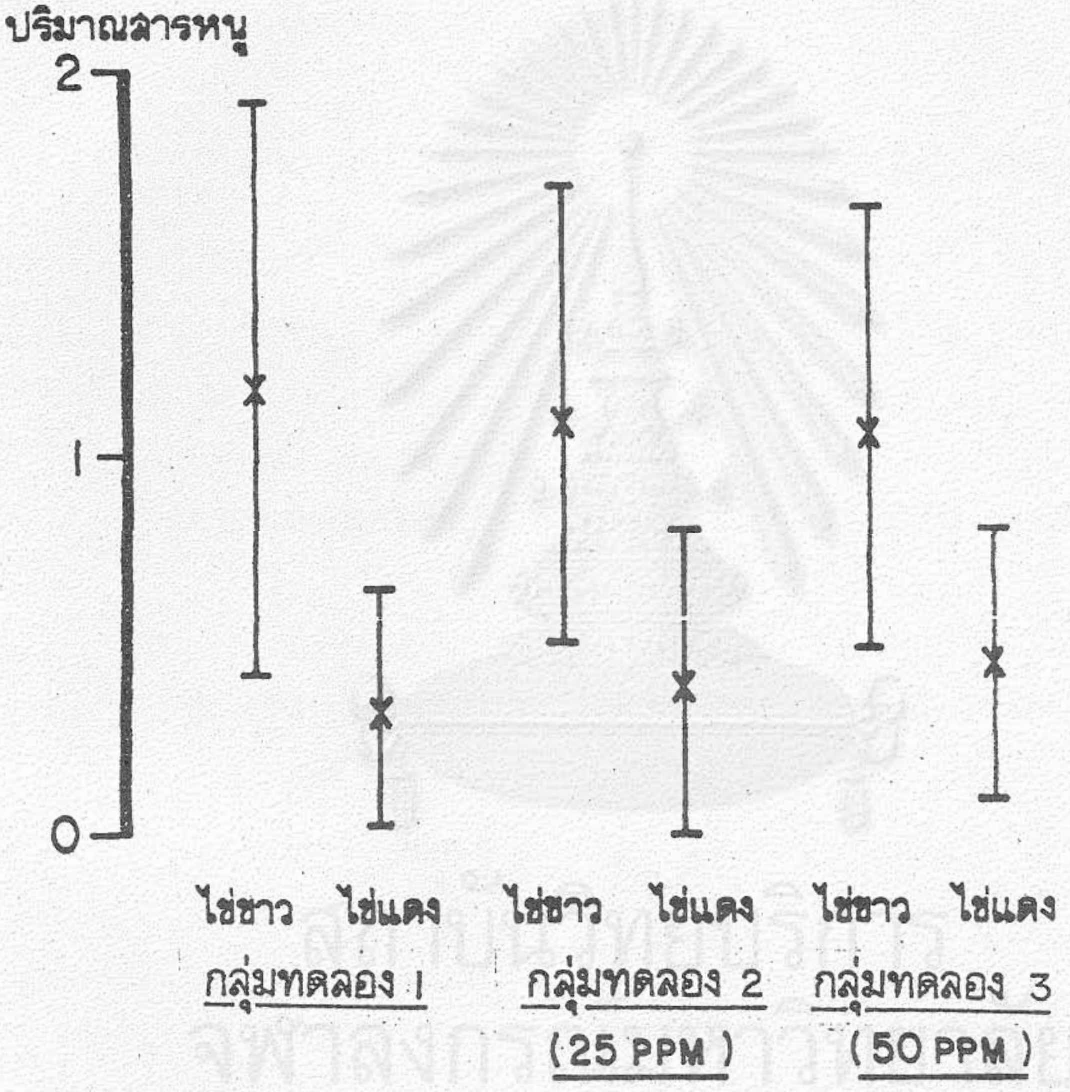
รูปที่3 อัตราร้อยละของปริมาณสารหนูที่ปรากฏในไข่แดงและไข่ขาว



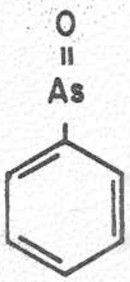
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

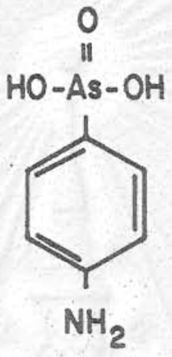
รูปที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสารหนูที่ปรากฏในไข่ขาวและไข่แดง



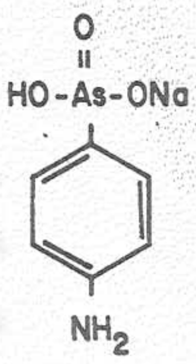
รูปที่ 5 แสดงโครงสร้างทางเคมีของสารประกอบอินทรีย์เคมี



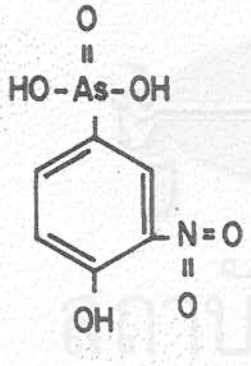
ARSENOSOBENZENE



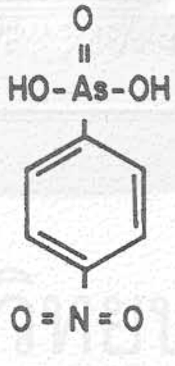
ARSANILIC ACID



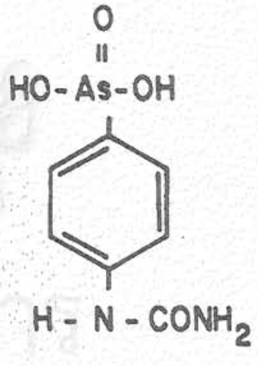
SODIUM ARSANILATE



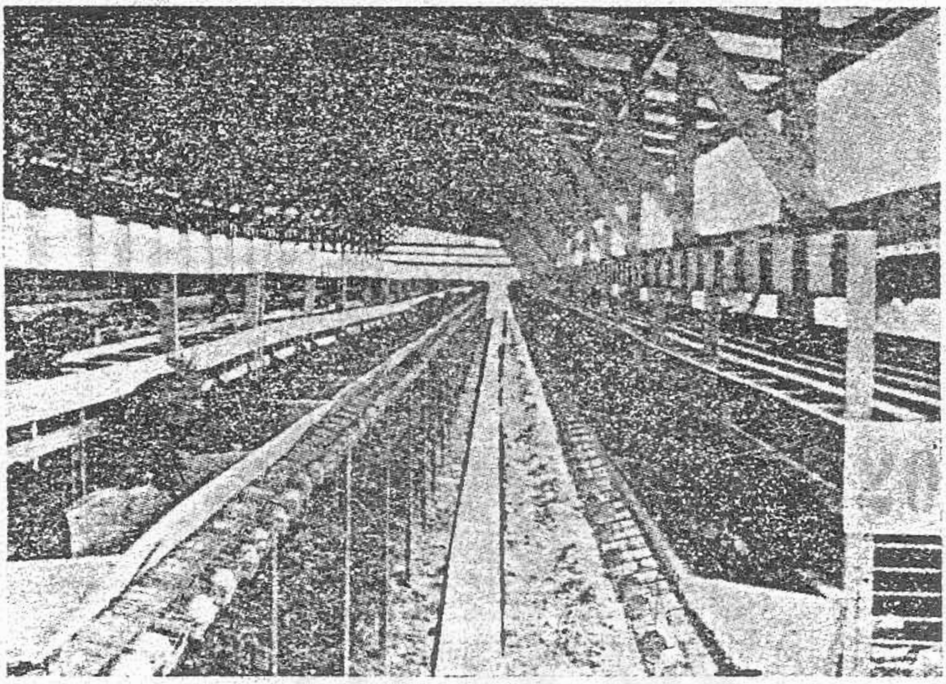
3-NITRO



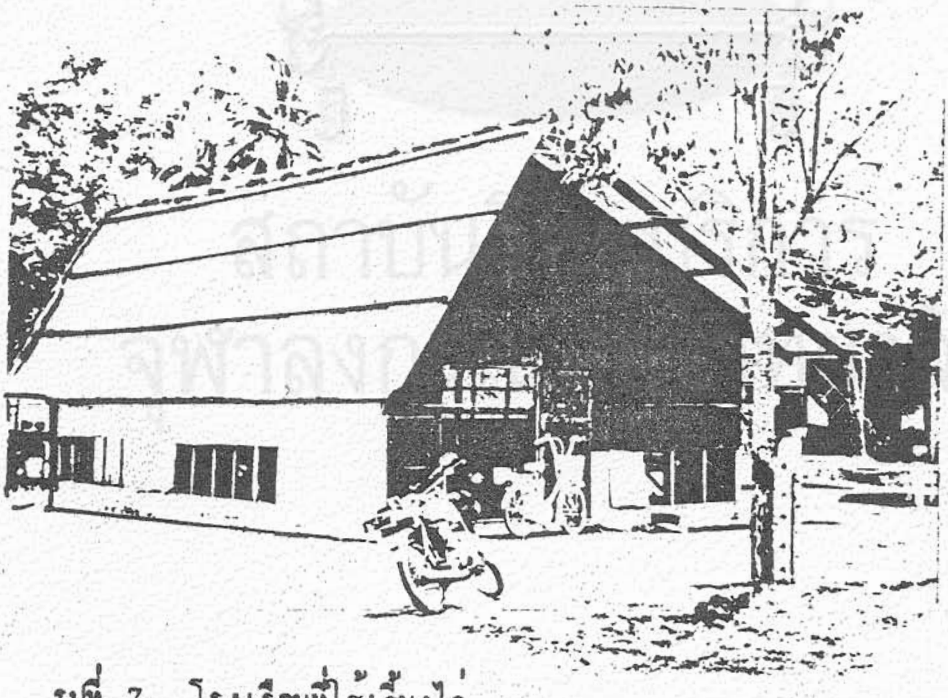
4-NITRO



p-UREIDOBENZENE-ARSONIC ACID

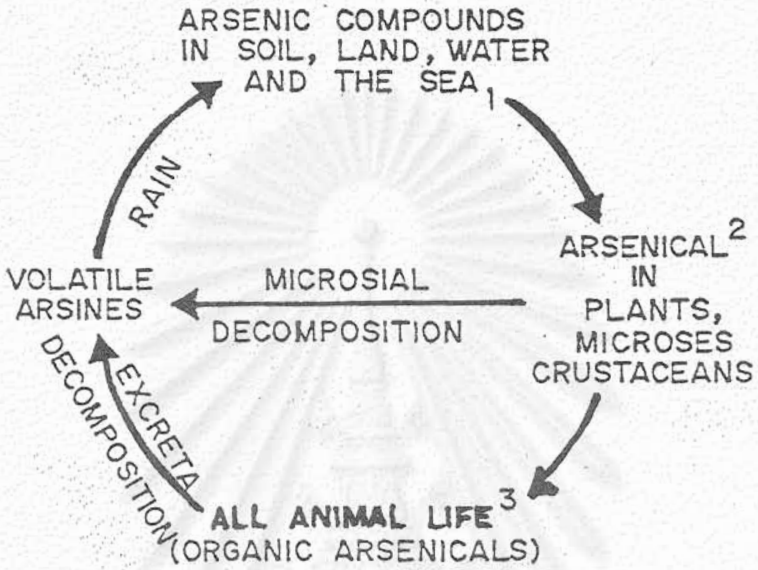


รูปที่ 6. กรงตับที่ใช้เลี้ยงไก่



รูปที่ 7. โรงเรือนที่ใช้เลี้ยงไก่

รูปที่ ๘ แสดงวัฏจักรของสารหนู



1. สารหนูที่พบในธรรมชาติ
2. ปริมาณสารหนูที่ปรากฏ
   2.1 ในสาหร่ายทะเลได้ถึง 9.0 ppm.
   2.2 บนพื้นดินได้น้อยกว่า 0.5 ppm.
3. ปริมาณสารหนูที่ตรวจพบได้
   3.1 สัตว์ที่เป็นอาหารมนุษย์ต่ำกว่า 0.5 ppm.
   3.2 สัตว์ที่มีเปลือกหรือกระดอง 3 – 100 ppm.
   3.3 ปลา 0.5 – 3 ppm.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

คาณิศ หวีศิยานนท์ 1978. ปริมาณสารหนูในส่วนต่างๆ ของไก่จากท้องตลาด. J. of Thai.Vet.Med.Assoc. Vol.29 No.3 Sept. p.71-79.

คาณิศ หวีศิยานนท์ 1981. สารหนูในไก่พันธุ์เนื้อ.Thai J. of Vet.Med. Vol.11 No.1 March. p.12-22.

คาณิศ หวีศิยานนท์ 1983. การศึกษาเพื่อหาปริมาณสารหนูในอาหารทะเลและอวัยวะสุกร. J. of environmental research. vol.5 October p.29-39.

Bennett.,I.L.and Heyman.A. 1966. In"Principles of Internal Medicine" (T.R.Harrison et al, eds.) 5th,ed.1405 McGraw-Hill, New York.

Bird,H.R.,A.C. Groschke, and M. Rubin, 1949. Effect of Arsenic Acid Derivatives in Stimulating Growth of Chickens. J. of Nutrition. 37:215-226.

British Pharmaceutical Codex. 1963. The Pharmaceutical Press London 1197.

British Pharmacopoeia (Veterinary) 1977. The University Press Cambridge, p.6-7.

British Veterinary Codex. 1965. The Pharmaceutical Press. London 31-32, 641-642.

British Veterinary Codex. 1970. (Supplement),The Pharmaceutical Press, London. p.221-222.

Clark E.G.C.1975. Veterinary Toxicology Bailliere,Tindall,London p.34-43.

Dreishack, R.H.1966. Arsenic and Arsine,Hand book Poisoning 5th edi.p.174-176.

Feed Additive Compendium (1981 ,1984). The Miller Publishing Company, p.296-318, 293-309.

Fowler, T. 1986. Medicinal Reports of the effects of Arsenic in the cure of Aques London.J.Johnson & Wm. Brown.

Frazer, A.C. 1953. Tolerance to Arsenic in Man Endeavour 12,43 (Arsenic Development Committee Report.)

Frost, Donglas V. 1967. Arsenicals in Biology Retrospect and Prostect Federation Proceedings, 26: 194-208, January-February

Harding,J.D.J.,Lewis,D. and Done, J.T. 1968. Vet.Rec. 83:560.

Hood. R.D. Brishop, L.B. 1972. Teratogenic effects of sodium arsenate in mice 24(1) Jan. 62-65.

Jones, L.M.Booth, N.H., McDonald, L.E. 1977. Veterinary Pharmacology and Therapeutic 4^{th} edi. p.1244-1249, 1319-1321.

Kume, Seji. 1974. Heart worm Symposium 18-101.

Martin, C.R.A. 1965. Practical Food Inspection 6^{th} edi.(Foor parte) London H.K.Lewis & Co.Ltd. p.600

Morehouse,N.P. and Mayfield. O.J. 1946. The effect of some Aryl Arsenic Acids on Experimental Coccidiosis: Infection of chickens. J.of Parasitology. 32:20-24, 1946.

Morehouse, Neal F. 1949. Accelerated Growth of Chickens and Turkeys Produced by 3-Nitro-4-hydroxyphenylarsonic acid. Poultry Science, 28: 375-384.

Ostle,B. and R.W.Mensing 1975. Statistics in Research 3rd edi. The Iowa State University Press, Ames.

Pass, D.A. Forman, A.J. Connaughton, I.D. Gillick, J.C.and Cutler R.S. 1979. Atypical Porcine Enterovirus encephalomyelitis Possible interraction Between Enteroviruses and Arsenicals Australian Veterinary Journal, Vol.55, October. P.495-497.

People, S.A. 1964. Arsenic Toxicity in Cattle. N.Y.Acad.Sci. 111. 644-649.

Stewart,G.F. and Amerine,M.A. 1973. Water Supply for Food Processing Introduction to Food Science and Technology. Academic Press. New York and London, A subsidiary of Harcourt Brace Javanovich,Publisher, p.235-236.

Van Gelder,G.A.1976. Clinical and Diagnostic Veterinary Toxicology 2^{nd} edi. Kendall/Hunt Publishing Company. 293.

Windholz, M. 1976. The Merck Index 9th edi. 825. The effect of some Aryl Arsenic on Experimental Coccidiosis: infection of chickens.

ส่วนผนวกที่ 1

Form	Inorganic	Organic
Trivalent	Arsenic Trioxide Sodium Arsenite	Arsenosobenzene Arsenamide
Pentavalent	Arsenic Acid Lead Arsenate	Arsenilic Acid Sodium Arsanilate 3-Nitro-4-hydroxyphenylarsonic acid 4'-Nitrotrophenylarsonic acid P-Ureidobenzencarsonic acid

แสดงรูปแบบของสารประกอบสารหนู

ส่วนผนวกที่ 2

วัตถุที่ใช้ควบคุมโรคระบาด

Vaccine	ประเภท
New Castle Disease Vaccine	M.P. Strain

เป็นวัคซีนจากกรมปศุสัตว์ ให้ยาโดยใช้เข็มจุ่มยาแทงที่ผนังปีก.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนผนวกที่ 3

สูตรอาหารไก่ไข่	
วัตถุดิบ	ปริมาณที่ใช้ (กิโลกรัม)
1. ข้าวโพด	21.0
2. รำละเอียด	7.5
3. ปลาป่น	5.0
4. กากถั่วเหลือง	2.5
5. กระถิน (ใบกระถินป่น)	1.2
6. เปลือกหอย	2.5
7. เกลือ	0.05 (50 กรัม)
8. ไค-แคลเซี่ยม-ฟอสเฟต	0.15 (150 กรัม)
9. พรีมิกซ์ไก่ไข่	0.10
รวม	40.0 ก.ก.

ส่วนผนวกที่ 4

ยาที่ใช้ควบคุมพยาธิ

Rintal$^{(R)}$ granules 10% ประกอบด้วย Febantel 10 กรัม ใน 100 กรัม เพื่อควบคุมพยาธิตัวกลม.

ส่วนผนวกที่ 5

Vitamin and Electrolytes ประกอบด้วย

Vitamins	ปริมาณ	Electrolytes	อื่น ๆ
Vitamin A	5,000,000 I.U.	Sodium	สารเพิ่มรส
Vitamin D_3	700,000 I.U.	Potassium	และ
Vitamin E	2,500 I.U.	Acetate	แต่งกลิ่น
B-complex	1.0 Gm.		
D-pantothenic	6.0 Gm.		
Riboflavin	0.5 Gm.		
Niacin	12.5 Gm.		
Thiamine	250.0 Mg.		

ส่วนผนวกที่ 6

น้ำหนักไก่แต่ละกลุ่ม ก่อนและหลังการทดลอง

ไก่ ตัวที่	กลุ่มทดลองที่ 1 (น้ำหนักเป็นกรัม)		กลุ่มทดลองที่ 2 (น้ำหนักเป็นกรัม)		กลุ่มทดลองที่ 3 (น้ำหนักเป็นกรัม)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	1260	1790	1720	2280	1550	2060
2	1380 *	–	1560	2360	1400	2057
3	1300	1810	1350	1760	1320	2050
4	1500	1870	1290	1790	1780 *	–
5	1700	1900	1560	2170	1380	2100
6	1520	1900	1200	1740	1560 *	–
7	1600	1970	1600	2390	1240	1710
8	1250	1660	1700	2360	1340	1700
9	1700	2130	1380	1890	1420	2340
10	1450	1870	1250	1780	1250	2000
11	1520	2180	1520	1770	1620	1730
12	1540	2200	1300	1950	1370	1790
13	1260 *	–	1650 *	–	1550	2040
14	1420	2090	1420	1880	1520	2050
15	1500	1840	1180	1450	1260 *	–
16	1120	2100	1330	2230	1460	2040
17	1380	1730	1340 *	–	1540	2000
18	1460	–	1620	2100	1400	2060
19	1400	1700	1730	–	1460	2320
20	1360	1630	1580	2020	1180	1870
$\bar{x}$	1442.35	1904.12	1456.47	1995.29	1411.76	1915.12
SD	156.79	181.49	191.34	271.99	122.59	186.12
n	17	17	17	17	17	17
SE	4.12	4.12	4.12	4.12	4.12	4.12

* ไก่ตายระหว่างการทดลอง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนผนวกที่ 7.

สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

สารเคมี

Conc. $HClO_4$ 70 - 72 % pro.analysis Lot. 519 May & Baker Ltd.

Conc. HNO_3 No.2031. sp.gr.1.42 BDH - Limited Poole England.

Conc. H_2SO_4 Catalog 9681- 03 AR., J.T.Baker American.

Hydrochloric acid 36 % mol.wt.3646. May & Baker Ltd.

Lead acetate mol.wt.379.35. May & Baker Ltd.

Pyridine Actual Analysis Lot. 602952. J.T.Baker Chemical Co. Phillions brug N.J.08865.

Silverdithiocarbamate Lot.31628 RIEDEL DEHAEN AG SEELZE HANNOVER.

Zinc Chloride powder. Mol.wt.136. Lot.25883 May & Baker Ltd.

Zinc globule 20 mech AR Lot.8701 Kamp. Mallinckrodt.

อุปกรณ์

1. Spectrophotometer Coleman Journal II Model 6/35.
2. Arsenic apparatus.
3. Hot plate.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย