ผลของทองแดงต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง

พิชิตร์ วรรณคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการผลิตสัตว์
โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2548

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการผลิตสัตว์

ชื่อเรื่อง

ผลของทองแดงต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง

โดย

พิชิตร์ วรรณคำ

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ ทองวิทยา)

วันที่ 17 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2548

กรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทฤทธิ์ โชคถาวร)

วันที่ 17 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2548

กรรมการที่ปรึกษา .....

(อาจารย์ ดร.วีรศักดิ์ ปรกติ)

วันที่ ๑๗ เดือน กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๔๘

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมปอง สรวมศิริ)

วันที่ 17 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2548

โครงการบัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงวุฒิ เพ็ชรประดับ)

รองประธานกรรมการโครงการบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 26 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2548

ชื่อเรื่อง	ผลของทองแดงต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง
ชื่อผู้เขียน	นายพิชิตร์ วรรณคำ
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการผลิตสัตว์
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ ทองวิทยา

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของทองแดงต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงได้จัดทำเป็น 3 การทดลองคือ

การทดลองที่ 1 เป็นการทดลองหาระดับของทองแดงที่เหมาะสม โดยใช้ไก่กระทงพันธุ์ เอเบอร์ อาร์เดอร์ อายุ 1 วัน คละเพศจำนวน 120 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ๆ 3 ซ้ำ ๆ 10 ตัว อาหารทดลองเสริมทองแดงในรูปจุนสี (copper sulfate pentahydrate) ที่ระดับ 0 (ควบคุม), 200, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะปรากฏของอาหารสำหรับไก่กระทงอายุ 4 - 8 สัปดาห์ ของการทดลองที่ 1 โดยใช้ไก่กระทงทำทวารเทียม อายุ 10 สัปดาห์ เพศผู้จำนวน 12 ตัว เลี้ยงขังเดี่ยวบนกรงตับ แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 1 ตัว การทดลองที่ 3 เป็นการทดลองหารูปของทองแดงที่เหมาะสม โดยใช้ไก่กระทงพันธุ์ เอเบอร์ อาร์เดอร์ อายุ 1 วัน คละเพศจำนวน 120 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ๆ 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ตัว อาหารทดลองเสริมทองแดงในรูป ต่าง ๆ คือ copper acetate, copper carbonate, copper chloride และ copper sulfate pentahydrate ทั้ง 3 การทดลอง ใช้แผนการทดลองเป็นแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ระหว่างการทดลองมีอาหารน้ำให้ไก่กินอย่างเต็มที่

ผลการทดลองปรากฏว่า การทดลองที่ 1 พบว่าระดับทองแดงไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทงแต่ละสัปดาห์ และทุกช่วงอายุ ($P > 0.05$) ยกเว้นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นที่อายุ 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสี 300 มก./กก. อาหาร มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงสุด ($P < 0.05$) ในด้านเปอร์เซ็นต์ซากในไก่กระทงอายุ 4 สัปดาห์ พบว่า ไก่กลุ่มที่เสริมจุนสี 250 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักขน และซากไม่รวมเครื่องในสูงสุด และไก่กลุ่มที่เสริมจุนสี 200 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักน่องสูงสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ผลการทดลองที่ 2 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของวัตถุแห้ง เยื่อใย และไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรค มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของโปรตีน ไขมัน และเถ้า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดย

ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสี 300 มก./กก. อาหาร มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของโปรตีนและไขมันสูงสุด แต่ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของเถ้าสูงสุด ผลการทดลองที่ 3 พบว่า รูปของทองแดงไม่มีผลต่อ ปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทง แต่ละสัปดาห์ และทุกช่วงอายุ ($P > 0.05$) ในด้านเปอร์เซ็นต์ซากไก่กระทงอายุ 4 และ 8 สัปดาห์ พบความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยที่อายุ 4 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม copper acetate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงน้ำดีสูงสุด และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม copper carbonate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักขาสูงสุด และที่อายุ 8 สัปดาห์เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไขมันช่องท้องของไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม copper sulfate pentahydrate สูงสุด

ดังนั้นจึงแนะนำให้ใช้ทองแดงในรูปจุนสี โดยใช้ระดับของทองแดงที่ 8.00 มก./กก. อาหาร สำหรับช่วงอายุ 0 – 3 สัปดาห์ และ 84.35 มก./กก. อาหาร สำหรับช่วงอายุ 4 – 8 สัปดาห์

Title	Effects of Copper on Productive Performance of Broilers
Author	Mr.Pichit Wonnakom
Degree	Master of Science in Animal Production
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Dr.Narin Thongwittaya

ABSTRACT

A study on the effects of copper on the productive performance of broilers was conducted in 3 experiments. In **Experiment 1**, 120 day-old Arbor Acres birds were divided into four treatment groups with each treatment having three replicates of 10 birds. Experimental diets were supplemented with copper sulfate pentahydrate at 0 (control), 200, 250 and 300 mg/kg feed. In **Experiment 2**, twelve 10 week-old male birds with artificial anus were divided into four treatment groups with three replicates of 1 bird each. Experimental diets in experiment 1 were used for 4 – 8 weeks. In **Experiment 3**, 120 day-old Arbor Acres birds were divided into four treatment groups with three replicates of 10 birds each. Experimental diets were supplemented with different sources of copper (copper acetate, copper carbonate, copper chloride and copper sulfate pentahydrate). In this study, CRD was used in the 3 experiments with comparison of means using the DNMRT. Diet and water were provided on an *ad libitum*.

Results in **Experiment 1** showed that weekly feed intake, weight gain and feed conversion ratio from different levels of copper sulfate pentahydrate were not significantly different ($P > 0.05$). However, weight gain was significantly highest in 8 week-old birds supplemented with copper sulfate pentahydrate at 300 mg/kg feed ($P < 0.05$). Significant carcass percentage difference ($P < 0.05$) was found in 4 week-old bird while weight percentage of feather and carcass with eviscerated carcass were highest in chicken fed with diets supplemented with copper sulfate pentahydrate at 250 mg/kg feed. The drumstick weight percentage was significantly highest in birds fed control diet ($P < 0.05$). In **Experiment 2**, apparent digestibility of dry matter, crude fiber and nitrogen free extract were not significantly difference ($P > 0.05$). Apparent digestibility was significant different ($P < 0.05$) in crude protein and ether extract which were the highest in group supplemented with 300 mg/kg feed of copper sulfate pentahydrate.

However, apparent digestibility of ash was significant highest in control group ($P < 0.05$). In **Experiment 3**, feed intake, weight gain and feed conversion ratio in each week period were not significantly different among birds fed with different sources of copper ($P > 0.05$). Carcass weight percentages were found significantly different ($P < 0.05$) in 4 and 8-week old birds. Highest weight percentage of gall bladder of bird fed with copper acetate and thigh of bird fed with copper carbonate which were found in 4 week-old birds while highest weight percentage of abdominal fat was found in 8 week-old birds fed with copper sulfate pentahydrate.

In conclusion, it is recommended that copper be used in the form of copper sulfate pentahydrate at the level of 8.00 mg copper/kg feed for 0 – 3 week-old birds and 84.35 mg copper/kg feed for 4 – 8 week-old birds to ensure highest productive performance.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ ทองวิทยา ซึ่งเป็นประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำในการวางแผนการดำเนินงานทดลอง ตลอดจนช่วยสนับสนุนวัสดุอุปกรณ์สำหรับใช้ในการดำเนินงาน รายงานฉบับนี้จนกระทั่งงานทดลองสำเร็จ ตลอดจนให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไข จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทฤทธิ์ โชคถาวร อาจารย์ ดร.วีรศักดิ์ ปรกติ กรรมการที่ปรึกษา และอาจารย์ ดร.ธเนศ แก้วกำเนิด ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้คำแนะนำตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขจนกระทั่งสำเร็จเป็นวิทยานิพนธ์อย่างสมบูรณ์

ขอขอบคุณสาขาอาหารสัตว์ และสาขาสัตว์ปีก ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมเกษตร และภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความกรุณาใช้สถานที่ ตลอดจนอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทดลอง และขอขอบคุณโครงการบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย รวมทั้งบริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์พรีมิกซ์ สำหรับการทดลอง

นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการศึกษาเล่าเรียนมาโดยตลอด ขอบคุณทุก ๆ คนในครอบครัว เพื่อน ๆ ที่คอยเป็นกำลังใจให้ตลอดในระหว่างการศึกษา

นายพิชิตร์ วรรณคำ

ตุลาคม 2548

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
ABSTRACT	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญเรื่อง	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(10)
คำย่อ	(11)
บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขอบเขตการวิจัย	2
การตรวจเอกสาร	3
ทองแดง	3
- การแพร่กระจายในเนื้อเยื่อ	3
- หน้าที่	3
- เมแทบอลิซึม	4
- การเคลื่อนย้ายและการใช้ประโยชน์ในเนื้อเยื่อ	5
- การขับถ่าย	5
- อาการขาด	6
- พิษ	8
ผลของการเสริมทองแดงในรูปจุนสีต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง	9
ผลของการเสริมทองแดงจากสารประกอบต่าง ๆ ที่มีต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง	13

หน้า

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 23
การบันทึกข้อมูล 28
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ 28
ระยะเวลาในการทดลอง 28
สถานที่ทำการทดลอง 28
ผลการทดลอง
การทดลองที่ 1 ศึกษาการเสริมทองแดงระดับต่าง ๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทง 0 - 8 สัปดาห์ 29
การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของอาหารจากการทดลองที่ 1 โดยการใช้ไก่ที่ผ่านการทำทวารเทียม 46
การทดลองที่ 3 ศึกษาการใช้ทองแดงในรูปต่าง ๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทง 0 - 8 สัปดาห์ 48
วิจารณ์ผลการทดลอง 66
สรุปผลการทดลอง 73
บรรณานุกรม 74
ประวัติผู้วิจัย 77

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	อิทธิพลของระดับทองแดงต่อสมรรถภาพการผลิตและวิการที่พบในปาก และกระเพาะบดของไก่กระทงอายุ 21 วัน	10
2	อิทธิพลของทองแดงในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทง	12
3	อิทธิพลของทองแดงในรูปจุนสีต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทง	13
4	สูตรเคมี ลักษณะทางกายภาพ และการใช้ประโยชน์ได้ ของทองแดงในสารประกอบชนิดต่าง ๆ	14
5	อิทธิพลของรูปและระดับทองแดงต่อปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทง	15
6	อิทธิพลของรูปและระดับทองแดงต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน และปริมาณทองแดงที่กินของไก่กระทง	16
7	อิทธิพลของการเสริมทองแดงในรูปทองแดงซิเตรดที่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงที่อายุ 35 วัน	17
8	อิทธิพลของทองแดงในรูปต่าง ๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน	18
9	อิทธิพลของทองแดงในรูปต่าง ๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง	19
10	อิทธิพลของรูปและความเข้มข้นของทองแดงต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทงที่อายุ 21 วัน	20
11	อิทธิพลของรูปทองแดงระดับต่าง ๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทงที่อายุ 42 วัน	21
12	อิทธิพลของรูปทองแดงต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงช่วงอายุ 9 และ 21 วัน	22
13	ส่วนประกอบอาหารไก่กระทงที่ใช้ในการทดลอง	25
14	ผลของระดับทองแดงต่อปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยของไก่กระทง	31
15	ผลของระดับทองแดงต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่กระทง	34
16	ผลของระดับทองแดงต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทง	36
17	ผลของระดับทองแดงต่ออัตราการตายของไก่กระทง	38

ตาราง หน้า

18	ผลของการเสริมทองแดงที่ระดับต่างกันต่อเปอร์เซ็นต์ซากของไก่กระทงที่อายุ 4 สัปดาห์	42
19	ผลของการเสริมทองแดงที่ระดับต่างกันต่อเปอร์เซ็นต์ซากของไก่กระทงที่อายุ 8 สัปดาห์	45
20	ผลของการเสริมทองแดงที่ระดับต่าง ๆ ต่อการย่อยได้ปรากฏของโภชนะ	48
21	ผลของรูปของทองแดงต่อปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยของไก่กระทง	50
22	ผลของรูปของทองแดงต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่กระทง	53
23	ผลของรูปของทองแดงต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทง	56
24	ผลของรูปของทองแดงต่ออัตราการตายของไก่กระทง	57
25	ผลของรูปของทองแดงต่อเปอร์เซ็นต์ซากของไก่กระทงที่อายุ 4 สัปดาห์	61
26	ผลของรูปของทองแดงต่อเปอร์เซ็นต์ซากของไก่กระทงที่อายุ 8 สัปดาห์	65

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	วิถีเมแทบอลิซึมของทองแดงในมนุษย์	6

อักษรย่อ

อักษรย่อ	ย่อมาจาก
ก.	กรัม
กก.	กิโลกรัม
ซม.	เซนติเมตร
ตร.ซม.	ตารางเซนติเมตร
ตร.ม.	ตารางเมตร
มก.	มิลลิกรัม
มล.	มิลลิลิตร
Cd	cadmium
CP	crude protein
Cu	copper
C.V.	coefficient of variance
DM	dry matter
EE	ether extract
FCR	feed conversion ratio
Hg	mercury
Kcal	kilocalory
Kg	กิโลกรัม
ME	metabolizable energy
Mo	molybdenum
pH	ความเป็นกรด - ด่าง
ppm	part per million (ส่วนในล้านส่วน)
RBC	red blood cell
Zn	zinc

บทนำ

การเสริมทองแดงในอาหารไก่กระทงช่วยด้านการทำงานจุลินทรีย์ และกระตุ้นการเจริญเติบโต (Fisher, 1973) สารประกอบทองแดงมีหลายรูป ซึ่งแต่ละรูปมีคุณสมบัติ ปริมาณการใช้และการใช้ประโยชน์ได้ต่างกัน (Ledoux et al., 1991) ในทางโภชนศาสตร์สัตว์ ส่วนใหญ่ใช้ทองแดงในรูปจุนสี (copper sulfate pentahydrate) เนื่องจากหาซื้อได้ง่าย และราคาถูก (บุญเสริม, 2540) ไก่กระทงทุกช่วงอายุของการเจริญเติบโตต้องการระดับทองแดงที่ 8 มก./กก. อาหาร [สภาวิจัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา: National Research Council (NRC), 1994] การเสริมทองแดงในรูปจุนสี 125 มก./กก. อาหาร ทำให้จุลินทรีย์ในวัตถุรองพื้นลดจำนวนลงถึง 6 เท่า และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทงที่อายุ 7 สัปดาห์ดีขึ้น (Johnson et al., 1985) Pesti and Bakalli (1996) รายงานไว้ว่าการเสริมทองแดงในรูปจุนสี 250 มก./กก. อาหาร ในอาหารไก่กระทง ทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นดีขึ้น 4.9% และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นดีขึ้น 3.4% นอกจากนี้ยังทำให้ปริมาณโคเลสเตอรอลในพลาสมาและกล้ามเนื้อหน้าอกลดลง 37 และ 40.2% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงระดับที่แนะนำโดย NRC (1994) ซึ่งสอดคล้องกับ Konjufca et al. (1997) ที่รายงานไว้ว่า การเสริมทองแดงในรูปจุนสีที่ระดับ 63 มก./กก. อาหาร ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโต และลดโคเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในกล้ามเนื้ออกตับและซีรัมของไก่กระทงได้

พิษของทองแดง NRC (1988) รายงานไว้ว่า สัตว์ที่ได้รับทองแดงมากเกินไปทำให้เกิดอาการผิดปกติ ถ้ารุนแรงอาจถึงตายได้ Pond et al. (1995) รายงานไว้ว่าพิษของทองแดงไม่ค่อยพบในสัตว์กระเพาะเดี่ยวและคน ส่วนใหญ่พบในสัตว์กระเพาะรวม

การศึกษาครั้งนี้จึงสนใจที่จะศึกษาผลของระดับและรูปของทองแดงต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษามีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้คือ

1. เพื่อศึกษาหาระดับของทองแดงที่เหมาะสมต่อการผลิตไก่กระทง
2. เพื่อศึกษาหาการย่อยได้ของอาหารไก่กระทงที่เสริมทองแดง
3. เพื่อศึกษาหารูปของทองแดง ที่เหมาะสมสำหรับเสริมในอาหารไก่กระทง
4. เพื่อเป็นแนวทางในการนำผลการทดลองไปประยุกต์ใช้ สำหรับการผลิตและการวิจัยในสัตว์ปีกต่อไป

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

คาดว่าทำให้ทราบระดับและรูปของทองแดงที่เหมาะสม ต่อการเสริมในอาหารไก่กระทง โดยให้ผลดีต่อการผลิตไก่กระทงในสภาพแวดล้อมการเลี้ยงไก่ของประเทศไทย และเป็นแนวทางให้เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ได้ผลิตไก่กระทงที่มีคุณภาพ โดยคำนึงถึงความต้องการของผู้บริโภคต่อไป

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยมีขอบเขตการศึกษาดังต่อไปนี้คือ

1. ศึกษาหาระดับการใช้ทองแดงในรูปจุนสี ($CuSO_4.5H_2O$) ในอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 0 – 8 สัปดาห์
2. ศึกษาการย่อยได้ปรากฏของอาหารช่วงอายุ 4 — 8 สัปดาห์ จากการทดลองที่ 1
3. ศึกษารูปของทองแดงในอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 0 – 8 สัปดาห์

การตรวจเอกสาร

ทองแดง (Copper)

ทองแดงในทางโภชนศาสตร์ จัดอยู่ในกลุ่มของแร่ธาตุรอง (micromineral หรือ trace mineral) สัตว์ต้องการเล็กน้อยเป็นอาหาร มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโต (บุญเสริม, 2540) ในอาหารสัตว์ควรมีปริมาณทองแดงเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์แต่ละชนิด ซึ่งปริมาณทองแดงในพืชอาหารสัตว์จะขึ้นอยู่กับทองแดงในดิน และปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น สภาพการระบายน้ำของดิน นอกจากนี้ปริมาณทองแดงในพืชแต่ละชนิดแตกต่างกันไป เช่น พวกที่ให้เมล็ด และผลิตภัณฑ์ข้างเคียงจากเมล็ดมีทองแดงอยู่สูง ส่วนในฟางข้าวและน้ำนมมีทองแดงต่ำ ในลูกสัตว์โดยเฉพาะลูกสุกรควรให้เกลือของเหล็ก และเกลือของทองแดงเสริมด้วย โดยทั่วไปปริมาณทองแดงในหญ้ามีอยู่ประมาณ 5 - 8 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ของวัตถุแห้ง (dry matter) (พันทิพา, 2535) การให้ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของธาตุทองแดง เช่น ทองแดงซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) หรือทองแดงออกไซด์ (CuO) สามารถเพิ่มระดับทองแดงในพืชได้ โดยการให้ทางดินหรือพ่นทางใบ (บริษัท อุตสาหกรรมเกษตรพัฒนา จำกัด, 2546)

การแพร่กระจายในเนื้อเยื่อ (tissue distribution)

อวัยวะหลายส่วนในร่างกายของสัตว์เกือบทุกชนิดที่มีปริมาณทองแดงอยู่สูง ได้แก่ ตับ สมอง ไต หัวใจ ส่วนที่มีจุดสีในตา ผม และขน ในส่วนของตับอ่อน ม้าม กล้ามเนื้อ ผิวหนัง และกระดูก มีปริมาณทองแดงอยู่ปานกลาง ส่วนของต่อมไทรอยด์ ต่อมใต้สมอง ต่อมลูกหมาก และต่อมไธมัสมีปริมาณทองแดงอยู่น้อยมาก ปริมาณทองแดงในเนื้อเยื่อแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ โดยทั่วไปเนื้อเยื่อของที่สัตว์อายุน้อยจะมีทองแดงสูงกว่าสัตว์ที่อายุมาก และอาหารที่สัตว์กินมีความสำคัญต่อปริมาณทองแดงในตับและในเลือด โดยปริมาณทองแดงในเลือดมากกว่า 90% จะรวมตัวกับโปรตีนโกลบูลิน (α_2 –globulin) และซีลูโลพลาสมิน (ceruloplasmin) ส่วนที่เหลืออีก 10% จะรวมตัวกับเม็ดเลือดแดงในรูปอีริโทรคิวพรีน (erythrocuprein) ในสัตว์ที่ตั้งท้องมีส่วนทำให้ทองแดงในเลือดเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในรูปของซีลูโลพลาสมิน โดยพบว่าทองแดงในรูปดังกล่าวนี้ เป็นตัวกระตุ้นการสร้างฮอร์โมนเอสโตรเจนในเลือด (Pond et al., 1995)

หน้าที่ (function)

ทองแดงมีหน้าที่ช่วยในการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมของธาตุเหล็ก ช่วยสร้างอีลาตีน (elastin) และคอลลาเจน (collagen) ช่วยในการผลิตเมลานิน (melanin) ช่วยสร้างความสมบูรณ์ให้กับระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) และยังช่วยในการ

สร้างเซลล์เม็ดเลือดแดง (hematopoiesis) นอกจากนี้ทองแดงยังช่วยทำให้การดูดซึมธาตุเหล็กในลำไส้เป็นปกติ รวมทั้งการปล่อยธาตุเหล็กจากระบบเรติคูโลเอนโดทรีเลียล (reticuloendothelial system) และเซลล์พาเลนไครมอล (parenchymal cell) ในตับเข้าสู่พลาสมา หน้าที่ดังกล่าวของทองแดงนี้ เกี่ยวข้องกับการออกซิเดชันของธาตุเหล็ก จากในรูปของเฟอร์รัส (ferrous) ไปเป็นเฟอร์ริก (ferric) เพื่อส่งผ่านจากเนื้อเยื่อไปสู่พลาสมา สำหรับซีรูโลพลาสมินต้องการเอนไซม์ที่มีทองแดงเป็นส่วนประกอบใช้ในการออกซิเดชันของธาตุเหล็ก นอกจากนี้ทองแดงยังช่วยสร้างความแข็งแรงของกระดูก โดยทองแดงมีส่วนช่วยทำให้โครงสร้างคอลลาเจนในกระดูกมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และช่วยในการสร้างอีลาตีนในหลอดเลือดแดงใหญ่ (aorta) รวมทั้งระบบเส้นเลือดในหัวใจที่เหลือ หน้าที่ดังกล่าวนี้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการปรากฏตัวของทองแดงในเอนไซม์ไลซิลออกซิเดส (lysyl oxidase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ร่างกายต้องการเพื่อการเคลื่อนย้ายกลุ่มกรดอะมิโน (amino group) ของกรดอะมิโนไลซีน (lysine) ในขบวนการสร้างเดสโมซีน (desmosine) และ ไอโซเดสโมซีน (isodesmosine) และกลุ่ม key cross-linkage ในอีลาตีน นอกจากนี้ทองแดงยังจำเป็นต่อการสร้างปลอกหุ้มใยประสาท (myelination) ของเซลล์สมองและไขสันหลัง และทองแดงยังเป็นส่วนประกอบสำคัญของเอนไซม์ไซโตโครมออกซิเดส (cytochrome oxidase) ซึ่งทำหน้าที่สร้างเม็ดสีของขน และยังมีเอนไซม์อีกมากมายที่ต้องการทองแดง ซึ่งอาจจะรวมทั้งเอนไซม์ไซโตโครมซีออกซิเดส (cytochrome–*c*-oxidase) เอนไซม์เฟอร์โรออกซิเดส (ferroxidase) และเอนไซม์ไทโลซิเนส (tyrosinase) การสร้างเม็ดสีของเส้นผมและขนต้องการทองแดงเพื่อเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์โปลีเฟนิลออกซิเดส (polyphenyl oxidases) ที่เป็นตัวกระตุ้นปฏิกิริยาการเปลี่ยนรูปของไทโรซีน (tyrosine) ไปเป็นเมลานิน (melanin) และรวมตัวกับกลุ่มไดซัลไฟด์ (disulfide group) กลายเป็นโปรตีนเคอราตีน (keratin) ในขน และเส้นผม (Pond et al., 1995)

เมแทบอลิซึม (metabolism)

การดูดซึม (absorption) ทองแดงเกิดขึ้นที่บริเวณลำไส้ ซึ่งในสัตว์แต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดซึมทองแดงแตกต่างกันไป พบว่าการดูดซึมทองแดงของสุนัขส่วนใหญ่เกิดที่ลำไส้เล็กส่วนกลาง (jejunum) มนุษย์ดูดซึมที่ลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenum) หนูดูดซึมที่ลำไส้เล็กทุกส่วน ส่วนในสุกรจะถูกดูดซึมได้ทั้งที่ลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ อัตราการดูดซึมได้ของทองแดงในสัตว์แต่ละชนิดแตกต่างกันไป ในมนุษย์มีอัตราการดูดซึมมากกว่า 30% แต่ในสัตว์ชนิดอื่น ๆ ยังไม่มีการศึกษาที่กว้างขวางนัก แต่ในไก่มีรายงานว่า พบการรวมตัวระหว่างธาตุทองแดงกับโปรตีน (Cu-binding protein) เกิดขึ้นที่เซลล์ผนังของลำไส้เล็กส่วนต้น จึงสันนิษฐานว่า มีการดูดซึมทองแดงเกิดขึ้นในบริเวณนี้ นอกจากนี้ระดับความเป็นกรด - ด่าง (pH) ในลำไส้ยังมีผลต่อการดูดซึมทองแดง (Pond et al., 1995)

จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทองแดงกับธาตุอื่น ๆ พบว่า เกลือของแคลเซียม (calcium salt) ทำให้การดูดซึมทองแดงลดลง และการรวมตัวระหว่างทองแดงกับกำมะถันที่ได้เป็น CuS ซึ่งอยู่ในรูปที่ละลายไม่ได้ทำให้การดูดซึมทองแดงลดลงเช่นกัน นอกจากนี้ทองแดงเมื่อรวมตัวกับธาตุอื่นได้แก่ ปรอท (Hg) โมลิบดินัม (Mo) แคดเมียม (Cd) และสังกะสี (Zn) ยังมีผลทำให้การดูดซึมของทองแดงลดลงได้ด้วย และยังพบว่า ธาตุแคดเมียมและสังกะสีสามารถเข้าไปแทนที่ทองแดงในขณะที่มีการรวมตัวกับโปรตีน (Cu-binding protein) ที่ผนังลำไส้ของไก่มีผลทำให้การดูดซึมทองแดงลดลง ส่วนการทำงานของปรอทและโมลิบดินัมยังไม่เป็นที่เข้าใจกระจ่างนัก นอกจากนี้การใช้กรดอะมิโนสังเคราะห์ในอาหารสุกรและสัตว์ปีกอาจจะทำให้การดูดซึมของทองแดงลดลง (Pond et al., 1995) Linder (1991) รายงานว่า การใช้อาหารที่มีกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เช่น เมทไธโอนีนและโฮโมซีสตีน จะยับยั้งการดูดซึมทองแดงในหนู

รูปของทองแดงมีผลต่อการดูดซึมได้ด้วย เช่น ทองแดงในรูปคิวปริกซัลเฟต (cupric sulfate) จะถูกดูดซึมได้ดีกว่า ทองแดงในรูปคิวปริกซัลไฟด์ (cupric sulfide) ส่วนทองแดงไนเตรต (cupric nitrate) ทองแดงคลอไรด์ (cupric chloride) และทองแดงคาร์บอเนต (cupric carbonate) จะถูกดูดซึมได้ดีกว่าทองแดงออกไซด์ (cupric oxide) โดยทองแดงที่มีส่วนประกอบของโลหะจะถูกดูดซึมได้น้อยที่สุด (เพิ่มศักดิ์, 2533)

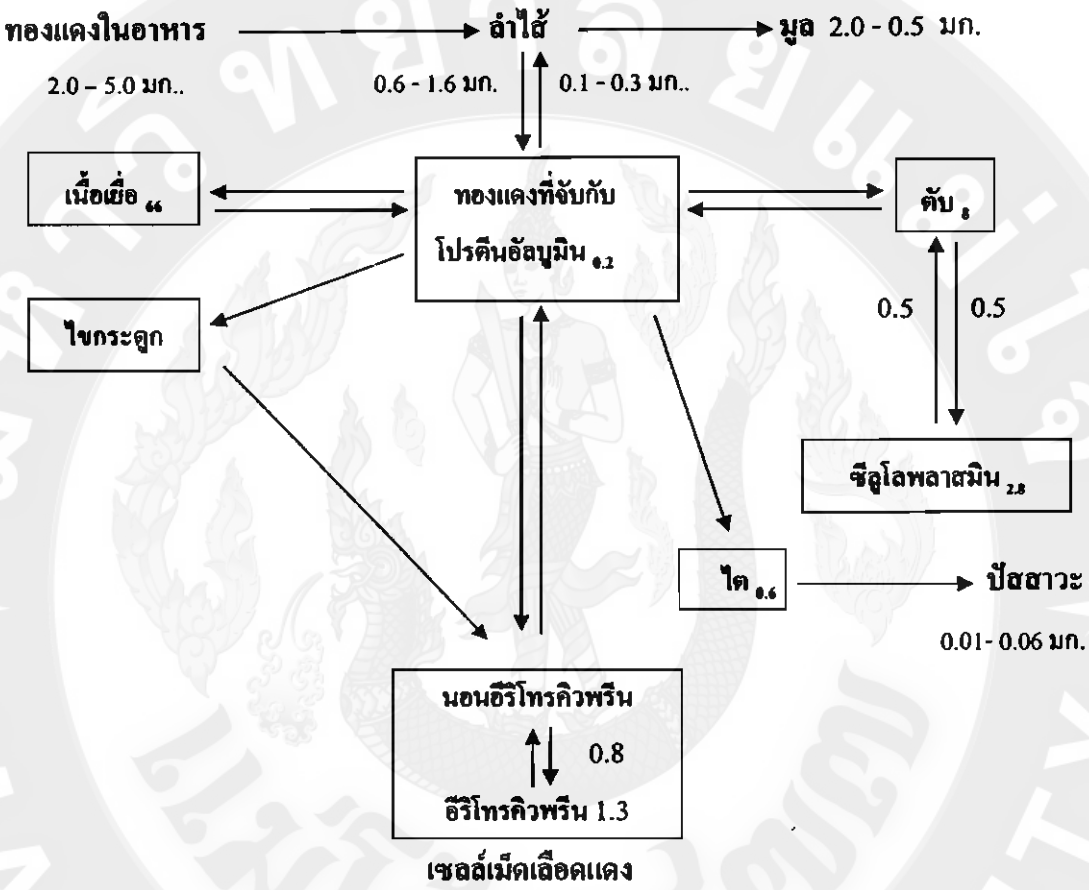
การเคลื่อนย้ายและการใช้ประโยชน์ในเนื้อเยื่อ (transport and tissue utilization)

ทองแดงเมื่อถูกดูดซึม จะรวมตัวกับโปรตีนอัลบูมินในพลาสมาอย่างหลวม ๆ แล้วส่งไปยังเนื้อเยื่อทั่วร่างกาย และโพรงกระดูกยังดึงดูดธาตุนี้ไว้เพื่อการสร้างเซลล์ของเม็ดโลหิตแดง โดยจะเป็นส่วนประกอบของอีริโทรคิวพรีน (erythrocuprein) จากนั้นทองแดงจะถูกส่งไปยังตับซึ่งจะถูกดึงดูดไว้โดยเซลล์พาเลนไคมอล และถูกเก็บสะสมหรือส่งผ่านไปยังพลาสมาในรูปของ Cu-albumin ในปริมาณที่มากกว่าในรูปของซีรูโลพลาสมิน หรือถูกใช้ในการสังเคราะห์เอนไซม์ที่มีทองแดงเป็นส่วนประกอบ (Cu-containing enzyme) หลายชนิด หรือการสังเคราะห์โปรตีนที่มีทองแดงเป็นส่วนประกอบ (Cu-containing proteins) (Pond et al., 1995)

การขับถ่าย (excretion)

การขับถ่ายทองแดงส่วนใหญ่จะขับออกจากร่างกายทางน้ำดี แต่ก็มีเป็นส่วนน้อยที่ถูกขับออกมาทางเซลล์ของลำไส้ (endogenous) และในทางปัสสาวะ ผิวหนังทางเหงื่อ และผม หรือขนขับออกน้อยมากจนเกือบวัดปริมาณไม่ได้ โดยทองแดงที่ขับออกมาทางน้ำดีจะพบในมูล (ภาพ 1) ได้มีการศึกษาการขับถ่ายทองแดงโดยใช้สารกัมมันตภาพรังสี พบว่าแหล่งหลักของ

ทองแดงในปัสสาวะจะขับมาปัสสาวะโดยรวมตัวกันอย่างหลวม ๆ กับโปรตีนอัลบูมินในพลาสมา (Pond et al., 1995)



ภาพที่ 1. วิถีเมแทบอลิซึมของทองแดงในมนุษย์
ที่มา: ดัดแปลงจาก Pond et al. (1995)

อาการขาด (deficiency signs)

การขาดทองแดงในอาหารนั้น เกี่ยวข้องกับการลดปริมาณทองแดงในเนื้อเยื่อและในเลือด ระดับของทองแดงในเลือดต่ำกว่า 0.2 มก./มล. เป็นผลเสียกับการสร้างเม็ดโลหิตแดง (hematocrit) หากเกิดขึ้นในสัตว์จำพวก หนู กระต่าย และสุกร จะทำให้เกิดโรคโลหิตจางชนิด hypochromic microcytic แต่ถ้าหากเกิดขึ้นใน วัวและแกะ จะทำให้เกิดโรคโลหิตจางชนิด hypochromic macrocytic และถ้าเกิดขึ้นในไก่และสุนัข จะทำให้เกิดโรคโลหิตจางชนิด normochromic normocytic โดยทั่วไปการขาดธาตุทองแดงทำให้ช่วงชีวิตของเม็ดโลหิตแดง (red blood cell, RBC) สั้นลง และเป็นผลทำให้เกิดการลดการดูดซึมได้ รวมทั้งลดการใช้ประโยชน์

ได้ของธาตุเหล็กลง ดังนั้นการเกิดโรคโลหิตจางขึ้น จึงเกี่ยวข้องโดยตรงกับการสร้างเม็ดโลหิตแดง อันเนื่องมาจากร่างกายต้องการธาตุนี้เพื่อเป็นส่วนประกอบของเม็ดโลหิตแดง ซึ่งสาเหตุทางอ้อมนั้นเกี่ยวข้องกับการลดปริมาณความเข้มข้นของโปรตีนซีลูโลพลาสมิน (ceruloplasmin) ในพลาสมา สาเหตุหลังนี้จะเป็นผลทำให้เกิดการลดการดูดซึมและการใช้ประโยชน์ได้ของธาตุเหล็ก อย่างไรก็ตามเป็นที่ปรากฏว่าการขาดธาตุทองแดงจะไม่รบกวนขบวนการสังเคราะห์ฮีม (heme) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของฮีโมโกลบินแต่ประการใด แต่ปัญหาที่พบในลูกแกะมีรายงานไว้ว่า ผลของการขาดทองแดงทำให้กล้ามเนื้อทำงานไม่พร้อมเพรียงกัน (ataxia) ในแกะที่กินหญ้าในสภาพทุ่งหญ้าที่มีปริมาณทองแดงควบคู่กับปริมาณโมลิบดินัมและกำมะถันระดับต่ำ ทำให้เกิดโรคหลังแอ่น (swayback) และโรคกล้ามเนื้อไม่สัมพันธ์กันในลูกสัตว์ (enzootic neonatal ataxia) ซึ่งในลูกแกะที่เกิดใหม่ พบว่าได้รับผลกระทบนี้มาก ผลกระทบนี้อาจพบใน แพะ หนูตะเภา สุกร และหนู ถ้าหากเลี้ยงในสภาพดังกล่าวไปจนถึงวัยหนุ่มสาว (Pond et al., 1995)

อาการขาดทองแดงมีผลต่อระบบประสาท พบว่าการสร้างปลอกหุ้มใยประสาท (myelin) ผิดปกติในเซลล์ประสาทของสมองและไขสันหลัง ซึ่งวิการเบื้องต้น สังเกตพบว่าความผิดปกติของระบบประสาท เกี่ยวข้องกับปริมาณทองแดงในสมองลดลง ทำให้ลดการทำงานของเอนไซม์ไซโตโครมออกซิเดส (cytochrome oxidase) ลดลง ที่จำเป็นในการสังเคราะห์ฟอสโฟไลปิด (phospholipid) นอกจากนี้พบว่าการฉีดทองแดงไกลซีน (Cu-glycine) และทองแดงผสมชื่อว่า Cu-EDTA หรือสารประกอบทองแดงเมทไธโอนีน (Cu-methionine complexes) ให้กับแม่แกะที่กำลังตั้งท้อง พบว่าสามารถป้องกันโรคหลังแอ่นในลูกแกะได้ ในส่วนของอาการขาดทองแดงที่พบวิการของโรคทางพันธุกรรมในหนูและทารกนั้น เกี่ยวข้องกับความผิดปกติของยีน (gene) ที่ควบคุมเมแทบอลิซึมของทองแดง ซึ่งอาการคล้ายกับการขาดทองแดงในอาหารที่ได้อธิบายไว้ก่อนหน้านี้แล้ว (Pond et al., 1995)

การขาดธาตุทองแดงยังเป็นผลทำให้เกิดความผิดปกติของกระดูกในสัตว์หลายชนิด เช่น สุกร ไก่ สุนัข และกระต่าย อาการกระดูกผิดปกติที่พบคือ สูญเสียการสะสมธาตุต่าง ๆ ของเนื้อกระดูก และกระดูกยาวบางลด แม้ว่าส่วนประกอบของธาตุทองแดง ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียมในเถ้ากระดูกจะปกติ ลักษณะผิดปกติที่ปรากฏนี้ อาจเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของคอลลาเจนด้านขวางของกระดูก ทำให้เกิดการสลายตัวได้ดีกว่าคอลลาเจนในกระดูกปกติ ในการนี้ฤทธิ์ของเอนไซม์เอมีนออกซิเดส (amine oxidase activity) ของกระดูกจากสัตว์ที่ขาดธาตุทองแดงจะลดลงไป 30 - 40% นอกจากนี้ขนของสัตว์ที่ขาดทองแดงจะมีพัฒนาการที่ผิดไปจากปกติ เช่น ขนแกะเป็นเส้นขนที่เหยียดตรงมากกว่าที่จะเป็นขนที่เจริญแบบอ่อนนุ่มและยืดหยุ่นตัวได้ตามปกติ ลักษณะผิดปกติดังกล่าวเกี่ยวข้องกับการลดปริมาณหมู่ของสารไดซัลไฟด์ (disulfide

group) และเพิ่มปริมาณหมู่ซัลไฮดริล (sulhydryl groups) และรวมทั้งการรบกวนการเรียงตัวของห่วงโซ่ โพลีเพปไทด์ (polypeptide chains) ขบวนการสะสมจุดสีต่าง ๆ เกี่ยวข้องกับธาตุทองแดงเป็นอย่างมาก โดยถ้าระดับธาตุทองแดงลดลงในระดับที่ยังไม่ทำให้เกิดโรคโลหิตจางหรือการเสื่อมของประสาท หรือการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ในกระดูก เป็นเหตุให้สูญเสียการสะสมจุดสีในขนเช่น ในแกะดำเกิดลักษณะที่เรียกว่า อาการสูญเสียการสะสมจุดสีของขน (achromotrichia) ซึ่งสามารถทำให้เกิดขึ้นได้ในขนแกะ โดยให้แกะกินอาหารที่ขาดธาตุทองแดงสลับกับอาหารปกติจะทำให้เกิดจุดสีสลับกันเป็นทาง การขาดทองแดงในไก่ สุกร และโค ยังแสดงอาการผิดปกติที่ลิ้นหัวใจ หลอดเลือดหัวใจและมีเลือดออกในกล้ามเนื้อ นอกจากนี้การขาดทองแดงในไก่ พบว่าตัวอ่อนตายเนื่องจากมีปัญหาเกี่ยวกับระบบหายใจ ผลผลิตไข่ลดลง รวมทั้งเกิดอาการเลือดออกและตัวอ่อนตายในที่สุด ลักษณะต่าง ๆ ที่เกิดในสัตว์ปีกนั้น เกี่ยวข้องกับความผิดปกติของการสร้างเม็ดโลหิตแดงและเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ในตัวอ่อน ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเกิดการชักนำโดยการลดฤทธิ์ของเอนไซม์โมโนเอมีนออกซิเดส (monoamine oxidase activity) การขาดทองแดงในสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้น พบมากกว่าการเกิดพิษของทองแดง เนื่องจากปริมาณทองแดงในพืชมีความแปรปรวนมาก และการใช้ประโยชน์ได้ของปริมาณทองแดงของสัตว์เคี้ยวเอื้องขึ้นอยู่กับสัตว์แต่ละตัว โดยมีนัยสำคัญเพียงเล็กน้อย (Pond et al., 1995)

พิษ (toxicity)

สัตว์แต่ละชนิดมีความทนพิษได้ไม่เท่ากัน แกะและลูกแกะอ่อนไหวต่อความเป็นพิษของทองแดงมากกว่าสัตว์ชนิดอื่น ๆ พบว่า ลูกแกะที่เลี้ยงด้วยน้ำนมที่เสริมทองแดงในระดับ 115 ส่วนในล้านส่วน (ppm) พบว่า ลูกแกะมีอาการเลือดปนในปัสสาวะ (hemoglobinuria) ผิวเหลืองซีดอันมีสาเหตุมาจากตับอักเสบ (jaundice) เนื้อเยื่อตาย (necrosis) จากการเสื่อมสภาพของระบบเอนไซม์และดิคตามมาด้วยการเสียชีวิตของสัตว์ ความเป็นพิษในสัตว์ที่เลี้ยงบนทุ่งหญ้า อาจมีสาเหตุมาจากดินมีธาตุทองแดงเป็นส่วนประกอบอยู่สูงมาก จึงทำให้พืชที่สัตว์กินมีธาตุทองแดงอยู่ในปริมาณสูงด้วย โดยเฉพาะอาการดังกล่าวจะเกิดในขณะเดียวกันกับที่ธาตุโมลิบดินัมมีปริมาณน้อย หรือตับถูกทำลายจากการกินพืชที่มีสารพิษเข้าไป พืชที่มีพิษ เช่น ถั่วพุ่ม และหญ้างวงช้าง อันเป็นการลดความสามารถของตับที่จะขับธาตุทองแดงออกจากร่างกาย (Pond et al., 1995)

มีงานวิจัยในสุกรจำนวนมากที่รายงานไว้ว่า สุกรที่ได้รับธาตุทองแดงในอาหารปริมาณสูง สำหรับสุกรรุ่นในระดับ 250 ส่วนในล้านส่วน (ppm) จะช่วยปรับปรุงการเจริญเติบโตให้ดีขึ้น ลักษณะการกระตุ้นการเจริญเติบโตดังกล่าวยังไม่เป็นที่ทราบถึงกลไกในการทำงานของธาตุนี้ แต่บางครั้งอาการพิษก็อาจเกิดขึ้นได้จากการใช้ธาตุทองแดงในระดับนี้ และยังไม่มีการ

รับรองการใช้ธาตุนี้เกินกว่า 150 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ว่าจะเป็นการปลอดภัยสำหรับสัตว์ อาการพิษที่สังเกตได้จากสัตว์มีตั้งแต่อัตราการเจริญเติบโตลดลง อาการโลหิตจางอย่างอ่อน ๆ ไปจนกระทั่งตายอย่างเฉียบพลัน ซึ่งเกิดจากตับถูกทำลายและมีเลือดออก (hemorrhage) แพร่กระจายไปในเนื้อเยื่อ และในบางครั้งพบว่าอาการพิษที่ทำให้สัตว์ถึงแก่ความตาย โดยใช้ทองแดงในระดับ 250 ส่วนในล้านส่วน (ppm) นั้น อาจเกิดจากการผสมอาหารไม่ทั่วถึง การใช้ทองแดงในระดับสูงกว่า 425 ส่วนในล้านส่วน (ppm) จะทำให้สัตว์เริ่มแสดงอาการโลหิตจาง ผิวเหลืองซีด และตับถูกทำลาย การใช้ทองแดงในระดับ 250 ส่วนในล้านส่วน (ppm) พบว่าทำให้ระดับธาตุเหล็กในตับลดลง ซึ่ง แก้ไขได้โดยให้สัตว์ได้รับธาตุเหล็กเพิ่มขึ้นจากปกติ ลักษณะอาการดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า อาการพิษที่เกิดจากธาตุทองแดงเป็นสาเหตุให้เกิดการขาดธาตุเหล็ก นอกจากนี้แหล่งของโปรตีนที่สัตว์ได้รับ ยังเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการใช้ประโยชน์ได้ของทองแดง เช่น โปรตีนจากนมมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดโรคโลหิตจางอย่างรุนแรง และลดการเจริญเติบโตมากกว่าการใช้โปรตีนจากถั่วเหลือง ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าเกิดปฏิกิริยาระหว่างทองแดงและเหล็ก รวมทั้งปัจจัยจากแหล่งโปรตีนต่อการเกิดความเป็นพิษของทองแดง มีส่วนเกี่ยวข้องกับการดูดซึมของธาตุทั้งสองจากลำไส้ (Pond et al., 1995)

พิษของทองแดงในมนุษย์พบน้อยมาก ยกเว้นในกรณีมีอุบัติเหตุปนเปื้อนในอาหาร และอาการผิดปกติเรื้อรังจากพิษของทองแดงยังไม่มีรายงานเช่นกัน อย่างไรก็ตามในมนุษย์บางคนอาจจะมียีนที่ชักนำทำให้เกิดเมแทบอลิซึมของทองแดงแล้วเป็นพิษได้ ซึ่งเป็นอาการของโรควิลสันต์ (Wilson's disease) วิการเบื้องต้นพบว่าทำให้ตับไม่ทำงาน ส่งผลให้การเคลื่อนย้ายโปรตีนอัลบูมินที่จับกับทองแดงในพลาสมารวมกันเป็นซีรูโลพลาสมิน ถ้าขาดยีนส์ที่ควบคุมระบบเอนไซม์ที่สำคัญในตับ ผลทำให้ที่ตับมีการสะสมทองแดงไว้มากทำให้เกิดตับแข็ง (liver cirrhosis) ไตถูกทำลายซีรูโลพลาสมิน (ceruloplasmin) ในพลาสมาลดลง และระดับทองแดงในสมองและไตสูงขึ้น การให้สารคีเลต (chelating agent) ช่วยขับถ่ายทองแดงทางปัสสาวะ ลดการทำลายเนื้อเยื่อ และได้มีการศึกษารักษาคนไข้โรควิลสันต์โดยให้อาหารเสริมธาตุสังกะสีในปริมาณสูง (Pond et al., 1995) คนหากได้รับทองแดงวันละ 10 มก./วัน นานหลายสัปดาห์ อาจจะทำให้ร่ายกายอ่อนแอ และคลื่นเหียน (Denis, 2005)

ผลของการเสริมทองแดงในรูปจุนสีต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง

ทองแดงที่ผสมในอาหารโดยทั่วไปนิยมเสริมในรูปจุนสี (copper sulfate pentahydrate: $CuSO_4.5H_2O$) ซึ่งมีทองแดงอยู่ประมาณ 25.45% ทั้งนี้เนื่องจากมีราคาถูกและหาได้

ทั่วไป NRC (1994) แนะนำว่า ความต้องการทองแดงในอาหารของไก่กระทงทุกระยะการเจริญเติบโตอยู่ที่ประมาณ 8 มก./กก. อาหาร

Jensen et al. (1991) ได้ศึกษาการใช้ทองแดงในรูปจุนสีระดับต่าง ๆ โดยใช้ไก่กระทง พันธุ์ Petersen × Arbor Acres จำนวน 120 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ตัว เลี้ยงแบบปล่อยพื้น กลุ่มแรกเป็นกลุ่มควบคุม ได้รับอาหารพื้นฐานที่มีทองแดง 10.20 มก./กก. อาหาร มีโปรตีน 23% พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 3,100 Kcal ME/kg กลุ่ม 2 – 4 เสริมด้วยทองแดงในรูปจุนสี 120, 240 และ 480 มก./กก. อาหาร เลี้ยงตั้งแต่อายุ 1 – 21 วัน เมื่อไก่อายุ 21 วัน ทำการชั่งน้ำหนักตัว และปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด เพื่อนำไปคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (feed conversion ratio) และทำการฆ่าไก่ทุกตัว โดยวิธีเชือดคอ จากนั้นชำแหละซาก สังเกตวิการที่ช่องปากและกระเพาะบด แล้วบันทึกจำนวนไก่ที่พบวิการ พร้อมกับให้คะแนนความรุนแรงของวิการที่พบ ตั้งแต่ 1 – 4 (1: ไม่มีวิการ, 2 - 4: ตามระดับความรุนแรง) ในส่วนวิการที่พบในกระเพาะบดจะพิจารณาให้คะแนนร่วมกับขนาดของกระเพาะแท้

ผลการทดลองแสดงในตาราง 1 พบว่าระดับความเข้มข้นของทองแดงในอาหารไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทงที่อายุ 21 วัน แต่ระดับของทองแดงมีผลต่อวิการที่พบและคะแนนความรุนแรงของวิการในช่องปากและกระเพาะบด พบว่าคะแนนความรุนแรงเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความเข้มข้นทองแดงในอาหารเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$)

ตาราง 1 อิทธิของระดับทองแดงในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและวิการที่พบในปากและกระเพาะบดของไก่กระทงอายุ 21 วัน

ระดับทองแดง (มก./กก. อาหาร)	น้ำหนักตัว (กรัม)	FCR	วิการช่องปาก		วิการกระเพาะบด	
			วิการที่พบ (%)	รุนแรง (คะแนน)	วิการที่พบ (%)	รุนแรง (คะแนน)
ควบคุม	535	1.51	7^{b}	1.07^{c}	53	1.60^{c}
120	581	1.53	20^{b}	1.23^{c}	80	2.20^{c}
240	589	1.46	80^{a}	2.53^{b}	87	2.37^{b}
480	567	1.51	100^{a}	3.47^{a}	100	3.47^{a}

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Jensen et al. (1991)

Bakalli and Pesti (1995) ได้ทำการศึกษาผลของทองแดงในรูปจุนสี (copper sulfate pentahydrate) 3 การทดลอง โดยใช้ไก่กระทงเพศผู้ พันธุ์ Peterson × Arber Acres เลี้ยงบนกรงตับพื้นตาข่ายลวด 10 ตัว/กรง ให้แสงตลอด 24 ชั่วโมง น้ำและอาหารให้กินตลอดช่วงอายุการทดลองถึง 21 หรือ 42 วัน ทั้ง 3 การทดลองใช้อาหารพื้นฐานสูตรเดียวกัน มีโภชนะตามความต้องการและปริมาณทองแดงตามที่ NRC (1994) แนะนำ โดยมีองค์ประกอบทางโภชนะคือ โปรตีน 23.13%, พลังงาน 3,130 Kcal ME/kg., เมทไธโอนีน 0.57% และซีสตีน 0.35% แต่ละการทดลอง อาหารพื้นฐานมีทองแดง 11.19, 8.83 และ 9.37 มก./กก. อาหาร ในการทดลอง 1, 2 และ 3 ตามลำดับ โดยใช้ทองแดงในรูปจุนสี (copper sulfate pentahydrate) ทำการชั่งน้ำหนักตัวไก่ที่อายุ 42 วัน ในการทดลองที่ 1 ชั่งน้ำหนักตัวที่อายุ 21 วัน ในการทดลอง 2 และ 3 โดยการทดลองที่ 1 แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ตัว กลุ่มที่ 1 เป็น กลุ่มควบคุมได้รับอาหารพื้นฐาน ใช้ทดลองเลี้ยง 0 - 42 วัน กลุ่มที่ 2 อาหารพื้นฐานเสริมทองแดง 250 มก./กก. อาหาร ใช้ทดลองเลี้ยง 0 - 35 วัน และกลุ่มที่ 3 อาหารพื้นฐานเสริมทองแดง 250 มก./กก. อาหาร ใช้ทดลองเลี้ยง 0 - 42 วัน ส่วนการทดลองที่ 2 และ 3 แบ่งการทดลองเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ตัว ช่วงอายุการทดลองของไก่ 21 วัน แต่ละกลุ่มได้รับอาหารดังนี้ กลุ่มที่ 1 อาหารพื้นฐาน และกลุ่มที่ 2 อาหารพื้นฐานเสริมทองแดง 250 มก./กก. อาหาร ผลการทดลอง (ตาราง 2) พบว่า น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทงกลุ่มเสริมทองแดง 250 มก./กก. อาหาร ที่อายุ 0 – 35 วัน และ 0 – 42 วัน มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นดีกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมทองแดง และมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบการเสริมทองแดงที่ 0 – 35 วัน กับ 0 – 42 วัน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และกลุ่มที่เสริมทองแดงที่ 250 มก./กก. อาหาร ที่อายุ 0 – 21 วัน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ในส่วนของอัตราการการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น พบว่าไก่กระทงกลุ่มที่เสริมทองแดง 250 มก./กก. อาหาร ที่อายุ 0 – 35 วัน และ 0 – 42 วัน มีอัตราการการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นดีกว่ากลุ่มควบคุมและมีความแตกต่างกันทางสถิติ $P < 0.05$) และไก่กระทงที่เสริมทองแดงที่อายุ 0 – 21 วัน มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น เทียบกับกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตาราง 2 อิทธิพลของทองแดงในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทง

การทดลอง	อายุ (วัน)	ช่วงเวลาที่เสริม (วัน)	ระดับทองแดง (มก./กก. อาหาร)	
			0	250
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กก.)				
1	42	0 - 35	-	1.921[a]
	42	0 - 42	1.846[b]	1.963[a]
2	21	0 - 21	0.647	0.642
3	21	0 – 21	0.663	0.666
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น				
1	42	0 - 35	-	1.920[b]
	42	0 - 42	1.993[a]	1.883[b]
2	21	0 - 21	1.722	1.718
3	21	0 - 21	1.683	1.647

ตัวเลขในแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ที่มา: Bakalli and Pesti (1995)

Pesti and Bakalli (1996) ได้ศึกษาผลของระดับทองแดงในรูปจุนสี (copper sulfate pentahydrate) ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทง โดยใช้ไก่กระทงอายุ 1 วัน เพศผู้พันธุ์ Peterson × Arber Acres เลี้ยงแบบปล่อยพื้น ในกรงขนาด 1.22 × 3.66 ตร.ม. ใช้อาหารพื้นฐานที่มีโปรตีน 23.13%, พลังงาน 3,130 Kcal ME/kg., เมทไธโอนีน 0.57%, ซีสตีน 0.35% และมีระดับทองแดงที่วัดได้ประมาณ 10.4 มก./กก. อาหาร แบ่งการทดลองเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ไก่ 15 ตัว ในแต่ละกลุ่มได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูปจุนสี ดังนี้ 0, 125, 250 และ 375 มก./กก. อาหาร ทำการทดลองเป็นเวลา 21 และ 42 วัน ผลการทดลองปรากฏดังนี้ (ตาราง 3)

1. น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (body weight gain)

ไก่กระทงที่อายุ 21 วัน ทั้ง 4 กลุ่ม มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ที่อายุ 42 วัน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกลุ่มที่เสริมจุนสี 250 มก./กก. อาหาร มีน้ำหนักตัวสูงสุด

2. อัตราการการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (feed conversion ratio)

ไก่กระทงที่อายุ 21 วัน ทั้ง 4 กลุ่มมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่พบความแตกต่างทางสถิติในอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกลุ่มที่เสริมจุนสี 250 มก./กก. อาหาร มีอัตราการการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นดีที่สุด

ตาราง 3 อิทธิพลของทองแดงในรูปจุนสีต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทง

การทดลอง	ช่วงเวลาที่เสริม (วัน)	ระดับทองแดง (มก./กก. อาหาร)			
		0	125	250	375
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กก.)	21	0.587	0.621	0.635	0.591
	42	1.879[a]	1.895[a]	1.972[b]	1.884[b]
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น	21	1.530	1.564	1.496	1.505
	42	1.953[a]	1.943[a]	1.889[c]	1.916[bc]

ตัวเลขในแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ที่มา: Pesti and Bakalli (1996)

ผลของการเสริมทองแดงจากสารประกอบต่าง ๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง

ปัจจุบันการใช้อาหารมีวิวัฒนาการมากขึ้น โดยได้มีการศึกษาถึงรูปฟอร์มของแร่ธาตุ โดยพิจารณาถึงรูปที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด ดังนั้นในกรณีรูปของทองแดงจึงมีผู้สนใจเปรียบเทียบรูปของทองแดงใหม่ ๆ ที่นำมาใช้เสริมในอาหารไก่ รวมทั้งระดับที่ใช้เสริมด้วยว่ามีผลต่อสมรรถภาพการผลิตสัตว์อย่างไร

Ledoux et al. (1991) ได้ทำการศึกษาผลของระดับทองแดงในรูปของสารประกอบต่าง ๆ ได้แก่ ทองแดงซัลเฟต (copper sulfate) ทองแดงอะซิเตรต (copper acetate) ทองแดงคาร์บอเนต (carbonate) ทองแดงออกไซด์ (copper oxide) และทองแดงคลอไรด์ (eopper chloride) ซึ่งระดับทองแดงแต่ละรูปแบ่งเป็น 4 ระดับ คือ 150, 300 และ 450 มก./กก. อาหาร เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่มีระดับทองแดง 11.10 มก./กก. อาหาร ใช้ไก่เพศผู้พันธุ์ Cobb จำนวน 208 ตัว ผลการทดลองพบว่า สารประกอบทองแดงแต่ละชนิดมีปริมาณทองแดงไม่เท่ากัน และมีความแตกต่างของ

ลักษณะทางกายภาพ รวมทั้งการใช้ประโยชน์ได้ในร่างกายของสัตว์ต่างกัน (ตาราง 4) โดยพบว่าทองแดงในรูปสารประกอบออกไซด์ (oxide) และคาร์บอเนต (carbonate) จะมีปริมาณทองแดงอยู่สูง แต่มีการใช้ประโยชน์ได้น้อย เพราะทองแดงในรูปออกไซด์ ไม่ละลายในน้ำและละลายในสารอื่นได้ค่อนข้างต่ำ จึงดูดซึมไม่ได้ ส่วนทองแดงในรูปคาร์บอเนต แม้ว่าจะไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในสารละลายอื่น ทำให้ดูดซึมได้แต่ร่างกายใช้ประโยชน์ไม่ค่อยได้เช่นกัน สำหรับทองแดงในรูปของสารประกอบอะซิเตรตและซัลเฟต แม้ว่าจะมีทองแดงเพียง 32.1 และ 25.1% ตามลำดับ แต่มีการใช้ประโยชน์ในร่างกายสัตว์ปีกได้ดี โดยทองแดงในรูปของอะซิเตตมีการใช้ประโยชน์ได้ดีที่สุด แต่ไม่สามารถใช้ผสมในอาหารให้สัตว์กินได้ เนื่องจากมีการละลายน้ำได้น้อยจะมีผลกระทบต่อการย่อยและการดูดซึม ในส่วนของสมรรถภาพการผลิต พบว่า รูปและระดับของทองแดงไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยแต่ละวัน (average daily feed intake) น้ำหนักตัวที่เพิ่มเฉลี่ยแต่ละวัน (average daily gain) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (feed conversion ratio) ของไก่กระทง ($P > 0.10$) แต่พบว่าไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป acetate มีปริมาณอาหารที่กินและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่าไก่กลุ่มอื่น ๆ (ตาราง 5)

ตาราง 4 สูตรเคมี ลักษณะทางกายภาพ และการใช้ประโยชน์ได้ ของทองแดงในสารประกอบชนิดต่าง ๆ

รูปของทองแดง	สูตรเคมี	ลักษณะทางกายภาพ	ปริมาณทองแดง (%)	การละลายน้ำ (%)	การใช้ประโยชน์ได้ (%)
Oxide	CuO	สีดำเป็นผง	74.10	0	0.54
Carbonate	$CuCO_3$	สีเขียวอ่อนเป็นผง	54.60	0	54.30
Acetate	$Cu(C_2H_3O_2)_2$	สีน้ำเงินเข้มเป็นผง	32.10	95.20	100.00
Sulfate	$CuSO_4.5H_2O$	สีน้ำเงินอ่อนเป็นผลึก	25.10	98.90	88.50

ที่มา: ดัดแปลงจาก Ledoux et al. (1991)

ตาราง 5 อิทธิพลของรูปและระดับทองแดงต่อปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทง

รูปของทองแดง	เสริมทองแดง (มก./กก.)	ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย (กรัม/วัน)	น้ำหนักตัวที่เพิ่มเฉลี่ย (กรัม/วัน)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น
ควบคุม	0	41.40	27.50	1.50
Acetate	150	38.90	25.50	1.53
Acetate	300	38.80	25.10	1.55
Acetate	450	35.10	23.40	1.50
Oxide	150	41.90	28.40	1.48
Oxide	300	41.30	28.00	1.47
Oxide	450	43.10	26.90	1.61
Sulfate	150	43.00	27.20	1.58
Sulfate	300	39.50	26.50	1.49
Sulfate	450	38.50	24.90	1.55
Carbonate	150	41.00	27.40	1.49
Carbonate	300	41.60	27.40	1.50
Carbonate	450	42.60	28.50	1.49

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Ledoux et al. (1991)

Baker et al. (1991) ได้ทำการศึกษาระดับทองแดงแต่ละรูปในไก่กระทงเพศผู้พันธุ์ New Hampshire × Comlubian จำนวน 180 ตัว แบ่งเป็น 9 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 5 ตัว เลี้ยงแบบปล่อยพื้นในโรงเรือนปิด ให้แสงตลอด 24 ชั่วโมง มีน้ำและอาหารให้กินอย่างเต็มที่ โดยไก่กระทงที่อายุ 1 - 7 วันแรก ให้อาหารที่ประกอบด้วยโปรตีน 23% ทองแดง 15 มก./กก. อาหาร เหมือนกันทุกกลุ่ม เริ่มให้อาหารทดลองเมื่อไก่มีอายุ 8 - 22 วัน โดยระดับและรูปของทองแดงที่ศึกษาแสดงไว้ในตาราง 6 ผลการทดลองพบว่า ระดับและรูปของทองแดงที่เสริมในอาหารไก่กระทงในช่วงอายุ 8 – 22 วัน ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ($P > 0.05$)

ตาราง 6 อิทธิพลของรูปและระดับทองแดงต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน และปริมาณทองแดงที่กินของไก่กระทง

รูปของทองแดง[1]	ระดับทองแดง (มก./กก.)	น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม)	ปริมาณทองแดงที่กิน (มก.)
ควบคุม	0	269	407	0
$CuSO_4.5H_2O$	75	267	400	30
$CuSO_4.5H_2O$	150	267	393	58.9
Cu - lysine	75	272	398	29.8
Cu - lysine	150	262	391	58.7
Cu_2O	75	271	398	29.8
Cu_2O	150	271	410	61.4
CuO	75	268	392	29.6
CuO	150	268	397	59.6

[1] อาหารทดลองทุกกลุ่มมีทองแดงอยู่ 290 มก./กก. อาหาร (15 มก.จากอาหารและเพิ่มอีก 275 มก.ในรูปจุนสี)

ที่มา: ดัดแปลงจาก Baker et al. (1991)

จากผลการทดลอง Pesti and Bakalli (1996) ทดลองเสริมทองแดงซิเตรต (copper citrate) ในระดับต่าง ๆ 5 ระดับคือ 0, 63, 125, 185 และ 250 มก./กก. อาหาร โดยทดลองกับไก่กระทงตั้งแต่แรกเกิดจนถึงอายุ 35 วัน อาหารพื้นฐานมีโปรตีน 23.13% พลังงาน 3.13 Kcal ME/g และมีทองแดง 10.4 มก./กก. อาหาร พบว่าการเสริมทองแดงจนถึงระดับ 185 มก./กก. อาหาร ทำให้ไก่กระทงมีน้ำหนักตัวเพิ่มสูงกว่ากลุ่มควบคุม 2.9 - 7.0% และมีอัตราแลกน้ำหนักดีขึ้น 4.2 - 7.4% โดยการเสริมในระดับ 125 มก./กก. อาหาร ในรูปทองแดงซิเตรต ทำให้ไก่กระทงมีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุดและสูงกว่ากลุ่มที่เสริมระดับ 63 มก./กก. อาหาร อย่างมีนัยสำคัญ การเสริมในระดับที่สูงกว่า 125 มก./กก. อาหาร ไม่ช่วยให้น้ำหนักตัวดีขึ้น นอกจากนี้การเสริมในระดับ 250 มก./กก. อาหาร ยังทำให้สมรรถภาพการผลิตลดลงด้วย แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 7)

Ewing et al. (1998) ได้ทำการทดลอง 2 การทดลอง คือการทดลองที่ 1 ใช้ไก่พันธุ์ Ross 208 จำนวน 720 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 6 ซ้ำ ๆ ละ 30 ตัว เลี้ยงแบบปล่อยพื้น กลุ่มแรกเป็นกลุ่มควบคุมให้อาหารฐานที่มีทองแดง 9.34 มก./กก. อาหาร ซึ่งทองแดงระดับนี้เพียงพอกับความต้องการของไก่กระทงตามคำแนะนำของ NRC (1994) แล้วกลุ่มที่ 2 - 4 เสริมด้วยทองแดงที่ระดับความเข้มข้น 125 มก./กก. อาหาร โดยกลุ่มที่ 2 เสริมในรูปจุนสี หรือ ทองแดงซัลเฟต (copper

sulfate pentahydrate) กลุ่มที่ 3 เสริมในรูปทองแดงออกซิคลอไรด์ (copper oxychloride) กลุ่มที่ 4 เสริมในรูปทองแดงซิเตรต (copper citrate) เลี้ยงตั้งแต่อายุ 1 - 42 วัน โดยใช้อาหารสูตรเดียวกันตลอด

ตาราง 7 อิทธิพลของการเสริมทองแดงในรูปทองแดงซิเตรตที่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงที่อายุ 35 วัน

ระดับทองแดงที่เสริม (มก./กก. อาหาร)	น้ำหนักตัวเพิ่ม (ก./35 วัน)	ดีขึ้น[2] (%)	อัตราแลกน้ำหนัก[1] (ก. อาหาร/ก. นน. เพิ่ม)	ดีขึ้น[2] (%)
0	1.801[c]	-	1.840[ab]	-
63	1.855[b]	2.9	1.763[bc]	4.2
125	1.928[a]	7.0	1.713[c]	6.9
185	1.914[a]	6.3	1.703[c]	7.4
250	1.789[c]	0.1	1.863[a]	1.2

ค่าเฉลี่ยในแถวตั้งเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

[1] เป็นค่าที่ปรับแล้ว = อาหารที่กินต่อตอก/นน. เพิ่ม ของไก่มีชีวิต + นน. เพิ่ม ของไก่ตาย

[2] ผลดีจากการเสริมทองแดงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

ที่มา: Pesti and Bakalli (1996)

ผลปรากฏว่าการเสริมทองแดงไม่ว่ารูปใดที่ระดับความเข้มข้น 125 มก./กก. อาหาร ทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน ดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในรูปทองแดงซิเตรต ซึ่งการเสริมในรูปนี้ให้ผลดีกว่าการเสริมในรูปจุนสี และทองแดงออกซิคลอไรด์ แต่อัตราการตายของทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 8)

ในการทดลองที่ 2 Ewing et al. (1998) ได้ทำการทดลองในไก่ Ross 208 เพศผู้ 720 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 6 ซ้ำ ๆ ละ 30 ตัว เลี้ยงในกรงแบบปล่อยพื้น เช่นเดียวกับการทดลองแรก แต่อาหารที่ให้แบ่งเป็น 2 ระยะ ระยะแรกใช้เลี้ยงไก่อายุ 1 - 18 วัน อาหารมีโปรตีน 21.4% พลังงานใช้ประโยชน์ได้ 3,050 Kcal ME/kg. ส่วนระยะที่ 2 ใช้เลี้ยงไก่อายุ 19 - 56 วัน อาหารมีโปรตีน 19.9% และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 3,171 Kcal ME/kg. ทั้ง 2 ระยะประกอบด้วยทองแดงประมาณ 9 มก./กก. อาหาร ไก่แต่ละกลุ่มได้รับอาหารดังนี้ 1) อาหารพื้นฐาน (ควบคุม), 2) เสริมทองแดง 125 มก./กก. อาหาร (ในรูปจุนสี), 3) เสริมทองแดง 125 มก./กก. อาหาร (ในรูปทองแดงออกซิคลอไรด์) และ 4) เสริมทองแดง 63 มก./กก. อาหาร (ในรูปทองแดงซิเตรต)

ตาราง 8 อิทธิพลของทองแดงในรูปต่าง ๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน

ทองแดงที่เสริม		นน. เพิ่มขึ้น	ดีขึ้น [1/]	อัตราแลก นน.[2/]	ดีขึ้น [1/]	อัตราการตาย
รูป	ระดับ (มก./กก.)	(กก.)	(%)	(อาหาร/นน. เพิ่ม)	(%)	(%)
กลุ่มควบคุม	0	2.477[c]	-	2.017[a]	-	5.5
จุนสี	125	2.564[b]	3.5	1.911[b]	5.2	10.0
ออกซิคลอไรด์	125	2.551[b]	3.0	1.946[b]	3.5	6.1
ซิเตรต	125	2.674[a]	8.0	1.879[b]	6.8	7.8

ค่าเฉลี่ยในแถวตั้งเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

[1/] ผลดีจากการเสริมทองแดงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

[2/] เป็นค่าที่ปรับแล้ว = อาหารที่กินต่อตอก/(นน. เพิ่มของไก่ที่มีชีวิต + นน. เพิ่มของไก่ตาย)

ที่มา: ดัดแปลงจาก Ewing et al. (1998)

ผลการทดลอง (ตาราง 9) ปรากฏว่าในระยะ 18 วันแรก การเจริญเติบโตและอัตราแลกน้ำหนักของทุกกลุ่มไม่ต่างกัน (ไม่ได้แสดงผลในตาราง) แต่ที่อายุ 35 และ 56 วัน การเสริมทองแดง ทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและมีอัตราแลกน้ำหนักดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูปซิเตรต 63 มก./กก. อาหาร ให้ผลดีกว่าการเสริมทองแดงในรูปอื่นอย่างมีนัยสำคัญ แม้ว่าระดับที่เสริมจะต่ำกว่าก็ตาม แสดงว่าทองแดงในรูปนี้ ร่างกายสามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า สำหรับอัตราการตายของทุกกลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ตาราง 9 อิทธิพลของทองแดงในรูปต่าง ๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง

ทองแดงที่เสริม		ช่วงอายุการเสริม 0 –35 วัน		ช่วงอายุการเสริม 0 –56 วัน		ไก่ตาย (%)
รูป	ระดับ	นน. เพิ่มขึ้น (กก.)	อัตราแลก นน.[2/] (อาหาร/นน. เพิ่ม)	นน. เพิ่มขึ้น (กก.)	อัตราแลก นน.[2/] (อาหาร/นน. เพิ่ม)	
ควบคุม	0	1.739[c]	1.727[a]	3.245[c]	2.161[a]	2.4
จุนสี	125	1.779[b]	1.625[b]	3.392[b]	2.023[b]	5.8
ออกซิคลอไรด์	125	1.794[b]	1.624[b]	3.415[b]	1.980[b]	5.8
ซิเตรต	63	1.843[a]	1.556[c]	3.541[a]	1.985[b]	6.3

ค่าเฉลี่ยในแถวคั้งเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

[1/] เป็นค่าที่ปรับแล้ว = อาหารที่กินต่อคอก/(นน. เพิ่ม ของไก่มีชีวิต + นน. เพิ่ม ของไก่ตาย)

[2/] ผลดีจากการเสริมทองแดงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

ที่มา: คัดแปลงจาก Ewing et al. (1998)

Miles et al. (1998) ได้ทำการทดลอง 2 การทดลองเพื่อเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ได้ของทองแดงในรูปของจุนสี (copper sulfate pentahydrate, $CuSO_4.5H_2O$) และ ทองแดงคลอไรด์ [copper chloride, $Cu_2(OH)_3Cl$] ในไก่กระทง การทดลองที่ 1 ใช้ไก่พันธุ์ Ross จำนวน 288 ตัว แบ่งเป็น 7 กลุ่ม โดยกลุ่มควบคุม มี 6 ซ้ำ และ แต่กลุ่มที่เสริมทองแดงมี 7 ซ้ำ แต่ละซ้ำ ใช้ไก่ 6 ตัว คือ ไก่ตัวผู้ 3 ตัว และไก่ตัวเมีย 3 ตัว ใช้อาหารทดลองสูตรที่มีปริมาณทองแดง 26 มก./กก. อาหาร (อาหารควบคุม) และเสริมทองแดงที่ระดับ 150, 300 และ 450 มก./กก. อาหาร ระยะเวลาการทดลอง 21 วัน ผลการทดลองพบว่า (ตาราง 10) ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงทุกกลุ่ม ไม่ว่าในรูปใดไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุม แต่พบแนวโน้มว่าไก่กระทงกลุ่มที่เสริมทองแดงในรูปทองแดงคลอไรด์ที่ระดับ 300 มก./กก. อาหาร ปริมาณอาหารที่กิน และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงสุด แต่ไก่กระทงกลุ่มที่เสริมทองแดงในรูปจุนสีที่ระดับ 450 มก./กก. อาหาร ปริมาณอาหารที่กินและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่ำที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณทองแดงในตับสูงขึ้นตามความเข้มข้นของทองแดงในอาหารที่เพิ่มขึ้นไม่ว่าจะอยู่ในรูปใด

การทดลองที่ 2 ของ Miles et al. (1998) ทำการทดลองใช้ไก่กระทงไก่พันธุ์ Ross จำนวน 1,260 ตัว แบ่งเป็น 7 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมี 10 ซ้ำ ๆ ละ 18 ตัว (เพศผู้ 9 ตัว และเพศเมีย 9 ตัว) ใช้อาหารทดลองประกอบด้วยปริมาณทองแดง 20 มก./กก. อาหาร (อาหารควบคุม) และเสริมที่ระดับ 200, 400 และ 600 มก./กก. อาหาร ระยะเวลาทดลอง 21 วัน ผลการทดลองพบว่า

(ตาราง 11) ไก่กระทงมีปริมาณอาหารที่กินลดลง เมื่อระดับความเข้มข้นทองแดงในอาหารเพิ่มขึ้น โดยไก่กระทงกลุ่มที่เสริมทองแดง 600 มก./กก. อาหาร ในรูปของทองแดงคลอไรด์ (copper chloride) มีปริมาณอาหารที่กินและการเจริญเติบโตน้อยกว่าทุกกลุ่ม ในส่วนของอัตราการตายของไก่กระทงที่อายุ 42 วันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) และไก่เพศเมียกินอาหารน้อยกว่าเพศผู้ ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (Miles et al., 1998)

ตาราง 10 อิทธิพลของรูปและความเข้มข้นของทองแดงต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทงที่อายุ 21 วัน[1]

รูปของทองแดง	ปริมาณทองแดงแต่ละรูป (มก./กก. อาหาร)	ปริมาณอาหารที่กิน (ก.)	น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (ก.)	ทองแดงในตับ[2] (มก./100 ก.)
ควบคุม	0	831 ± 14.5	605 ± 13.1	18 ± 0.54
$CuSO_4.5H_2O$	150	785 ± 23.7	595 ± 18.1	25 ± 2.36
	300	767 ± 14.8	568 ± 12.2	102 ± 17.10
	450	695 ± 21.8	485 ± 20.3	185 ± 178.1
$Cu_2(OH)_3Cl$	150	786 ± 25.6	549 ± 12.3	20 ± 1.90
	300	839 ± 17.3	633 ± 9.3	72 ± 11.4
	450	820 ± 30.0	619 ± 23.4	204 ± 25.5

[1] ค่าเฉลี่ยของไก่กระทงกลุ่มควบคุมมี 6 ซ้ำ และ แต่ละกลุ่มที่เสริมทองแดงมี 7 ซ้ำ (ไก่กระทง 6 ตัว/ซ้ำ)

[2] ปริมาณทองแดงในตับในรูป DM

ที่มา: ดัดแปลงจาก Miles et al. (1998)

Banks et al. (2004) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ของทองแดงรูปต่าง ๆ ร่วมกับ nonphytate P (NPP) 2 ระดับคือ 0.20 และ 0.40% รูปของทองแดงที่ใช้มีอยู่ 4 รูป ได้แก่ copper sulfate, copper chloride, copper citrate และ copper lysinate โดยใช้ไก่พันธุ์ Ross 308 จำนวน 288 ตัว แบ่งเป็น 6 กลุ่ม ๆ ละ 8 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ไก่ 6 ตัว กลุ่มที่เสริมทองแดงใช้อาหารทดลองสูตรที่มี nonphytate P (NPP) 0.20% พลังงาน 3,070 Kcal ME/kg. โปรตีน 22% และเสริมทองแดงให้มีปริมาณทองแดง 250 มก./กก. อาหาร ผลการทดลองพบว่า รูปของทองแดงไม่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่กระทง ($P > 0.05$) แต่พบแนวโน้มในไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride มีน้ำหนักตัวที่ อายุ 9 และ 21 วัน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น

ตาราง 11 อิทธิพลของรูปทองแดงระดับต่าง ๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทงที่อายุ 42 วัน

รูปของทองแดง	เสริมทองแดง (มก./กก. อาหาร)	เพศ	ปริมาณอาหารที่กิน (ก.)	น้ำหนักตัว (ก.)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น
ควบคุม	0	ผู้	3,725	2,139	1.74
		เมีย	3,169	1,780	1.78
$CuSO_4.5H_2O$	200	ผู้	3,683	2,134	1.73
		เมีย	3,035	1,707	1.78
	400	ผู้	3,434	1,986	1.73
		เมีย	3,032	1,684	1.80
	600	ผู้	3,325	1,543	2.16
		เมีย	2,848	1,394	2.04
$Cu_2(OH)_3Cl$	200	ผู้	3,591	2,060	1.74
		เมีย	3,194	1,787	1.79
	400	ผู้	3,550	1,966	1.81
		เมีย	3,182	1,741	1.83
	600	ผู้	2,779	1,335	2.10
		เมีย	2,432	1,187	2.06

ที่มา: คัดแปลงมาจาก Miles et al. (1998)

และปริมาณอาหารที่กินดีกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมทองแดงรูปอื่น ๆ ทุกกลุ่ม ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride ดีกว่ากลุ่มที่เสริมทองในรูปอื่น ๆ ดังแสดงใน ตาราง 12

ตาราง 12 อิทธิพลของรูปทองแดงต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงช่วงอายุ 9 และ 21 วัน

ปริมาณ NNP (%)	รูปของทองแดง[1]	น้ำหนักตัวอายุ 9 วัน (ก./ตัว)	น้ำหนักตัวอายุ 21 วัน (ก./ตัว)	น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (ก./ตัว)	ปริมาณอาหารที่กิน (ก./ตัว)	อาหาร/น้ำหนักตัวเพิ่ม
0.20	-	118	466	348	603	1.75
0.40	-	119	458	339	623	1.88
0.20	Cu sulfate	119	465	347	628	1.84
0.20	Cu citrate	119	459	340	649	1.92
0.20	Cu lysinate	119	468	349	636	1.84
0.20	Cu chloride	120	499	379	661	1.75

[1] แต่ละรูปของทองแดงมีความเข้มของทองแดง 250 มก./กก. อาหาร

ที่มา: ดัดแปลงจาก Banks et al. (2004)

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ในการศึกษาวิจัยได้ทำการทดลองโดยแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 ศึกษาการเสริมทองแดงระดับต่าง ๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง 0 - 8 สัปดาห์

การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของอาหารจากการทดลองที่ 1 โดยการใช้ไก่ที่ผ่านการทำทวารเทียม (artificial anus)

การทดลองที่ 3 ศึกษาการใช้ทองแดงในรูปต่าง ๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง 0 - 8 สัปดาห์

การทดลองที่ 1 การศึกษาการเสริมทองแดงระดับต่าง ๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง 0 – 8 สัปดาห์

เป็นการศึกษาหาระดับของทองแดง (จุนสี) ที่เหมาะสม ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง โดยรายละเอียดที่ทำการศึกษา คือ

1. ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยของไก่กระทงช่วงอายุ 0 - 3, 4 - 8 และ 0 - 8 สัปดาห์
2. น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่กระทงช่วงอายุ 0 - 3, 4 - 8 และ 0 - 8 สัปดาห์
3. อัตราการเปลี่ยนอาหาร (FCR) ของไก่กระทงช่วงอายุ 0 - 3, 4 - 8 และ 0 - 8 สัปดาห์
4. คุณภาพซากของไก่กระทงที่อายุ 4 และ 8 สัปดาห์

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์สำหรับการทดลองประกอบด้วย
   - คอกไม้ไผ่ขนาด 2 ตารางเมตร จำนวน 12 คอก
   - กระปุกน้ำความจุ 4 ลิตร จำนวน 12 กระปุก
   - ถาดอาหารลูกไก่จำนวน 12 ถาด
   - ถังใส่อาหารทดลองจำนวน 12 ถัง
   - เครื่องผสมอาหารแบบถังนอน จำนวน 1 เครื่อง
   - เครื่องชั่งขนาด 2,000 กรัม จำนวน 1 เครื่อง

- เครื่องชั่งดิจิตอล 150 กรัม อ่านละเอียดได้ 2 หน่วย จำนวน 1 เครื่อง
- เครื่องชั่งวิเคราะห์ที่สามารถอ่านได้ละเอียด 4 ตำแหน่ง จำนวน 1 เครื่อง
- หลอดไฟ 60 วัตต์ จำนวน 12 หลอด
- อุปกรณ์ในการเลี้ยงอื่น ๆ เช่น ที่ตักอาหาร, อุปกรณ์ทำความสะอาด ฯลฯ

วิธีการวิจัย

ในการทดลองครั้งนี้ใช้ไก่กระทง พันธุ์ เอเบอร์ อาเคอร์ อายุ 1 วัน คละเพศ จำนวน 120 ตัว เลี้ยงในโรงเรือนเปิด แบ่งเป็น 12 คอก ๆ ขนาด 2 ตร.ม. ใช้แกลบเป็นวัสดุรองพื้น ให้แสงตลอด 24 ชั่วโมง มีอาหารและน้ำให้กินอย่างเต็มที่ ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ แผนการทดลองเป็นแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) (จรัญ, 2527) ใช้อาหารเปรียบเทียบ ที่ประกอบด้วยโภชนะและปริมาณทองแดงในระดับความต้องของไก่กระทงตามที่ NRC (1994) แนะนำ (ตาราง 13) ใช้พรีมิกซ์ที่ไม่ได้ผสมทองแดง แต่เติมจุนสี 31.43 มก./กก. อาหาร ให้มีปริมาณทองแดง 8 มก./กก. อาหาร แบ่งอาหารทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ตัว ดังนี้

กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม (8 ppm Cu)
กลุ่มที่ 2 อาหารควบคุมเสริมจุนสี 200 มก./กก. อาหาร (58.90 ppm Cu)
กลุ่มที่ 3 อาหารควบคุมเสริมจุนสี 250 มก./กก. อาหาร (71.62 ppm Cu)
กลุ่มที่ 4 อาหารควบคุมเสริมจุนสี 300 มก./กก. อาหาร (84.35 ppm Cu)

การบันทึกข้อมูล

ระหว่างการทดลองมีการบันทึกข้อมูลดังนี้คือ

1. ชั่งและบันทึกน้ำหนักไก่กระทงทุกสัปดาห์
2. ชั่งและบันทึกน้ำหนักอาหารที่กินทุกสัปดาห์
3. ชั่งและบันทึกน้ำหนักซากไก่กระทงแยกชิ้นส่วนที่อายุ 4 และ 8 สัปดาห์
4. ชั่งและบันทึกน้ำหนักไก่ตายและอาหารที่เหลือเมื่อมีไก่ตายเกิดขึ้น

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย, ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย, อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของแต่ละสัปดาห์ และคุณภาพซาก โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) และทำการวิเคราะห์ผลความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้วิธี Analysis of Variance

เมื่อพบความแตกต่างเกิดขึ้น จะนำข้อมูลที่ได้ไปประเมินหาค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน โดยใช้วิธี Duncan' s New Multiple Range Test (จรัญ, 2527)

ตาราง 13 ส่วนประกอบอาหารไก่กระทงที่ใช้ในการทดลอง (%)

อาหารทดลอง	อายุ 0 - 3 สัปดาห์	อายุ 4 - 8 สัปดาห์
ส่วนประกอบวัตถุดิบ		
ข้าวโพด	28.11	30.80
ปลายข้าว	25.00	30.00
รำละเอียด	10.00	10.00
กากถั่วเหลือง	25.30	20.18
ปลาป่น	8.50	7.00
น้ำมันพืช	1.49	0.52
เกลือ	0.50	0.40
เปลือกหอย	0.50	0.50
ไดแคลเซียมฟอสเฟต (P/18)	0.35	0.35
พรีมิกซ์ไก่กระทง[1/]	0.25	0.25
จุนสี (copper sulfate pentahydrate)[2/]	0.03143	0.03143
คุณค่าทางโภชนะจากการคำนวณ		
พลังงาน, Kcal ME/kg	3,000.00	3,200.00
โปรตีน, %	23.00	20.00
แคลเซียม, %	1.00	0.90
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยนช์ได้, %	0.45	0.40
ไลซีน, %	1.20	1.00
เมทไธโอนีน, %	0.93	0.72

[1/] พรีมิกซ์ไก่กระทงของบริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด ที่ไม่ได้ผสมทองแดง

[2/] จุนสีที่ประกอบในสูตรอาหารใช้ในการทดลองที่ 1 และ 2 เท่านั้น ซึ่งคิดเป็นปริมาณทองแดงเท่ากับ 8 มก./กก. อาหาร

การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้โดยการใช้ไก่ที่ผ่านการทำทวารเทียม

การศึกษาใช้อาหารของการทดลองที่ 1 โดยใช้ไก่กระทงที่ผ่านการทำ ทวารเทียม (artificial anus) แล้ว ตามวิธีของ Isshiki and Nakahiro (1988) อายุ 10 สัปดาห์ เพศผู้ จำนวน 12 ตัว เลี้ยงขังเดี่ยวบนกรงตับ แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ ใช้อาหารเปรียบเทียบสูตรสำหรับไก่กระทงอายุ 4 - 8 สัปดาห์ ที่มีทองแดง 8 มก./กก. อาหาร (ตาราง 13) อาหารทดลองทำการเสริมทองแดงในรูปจุนสี (copper sulfate pentahydrate) 4 ระดับคือ 0, 200, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร ใช้ระยะเวลาก่อนทดลอง 7 วัน เพื่อให้ไก่ปรับตัวกับสภาพกรงที่เลี้ยงและอาหารทดลอง หลังจากนั้นทำการเก็บมูลเป็นเวลา 4 วัน โดยเย็บถุงติดกับผิวหนังรอบ ๆ ทวารเทียมทั้ง 4 ด้าน เพื่อความสะดวกในการเก็บมูล แล้วนำอาหารและมูลของไก่แต่ละกลุ่มไปวิเคราะห์หา ปริมาณวัตถุแห้ง เถ้า เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (AIA) โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และไนโตรเจนฟรีเอ็คแทรกซ์ ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์นำไปคำนวณหาค่าการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ ตามวิธีของ Schneider and Flatt (1975)

$$\text{ค่าการย่อยได้วัตถุแห้ง} = 100 - \frac{100\ (\%\ \text{AIA ในอาหาร})}{\%\ \text{AIA ในมูล}}$$

$$\text{ค่าการย่อยได้ของโภชนะ} = 100 - \frac{100\ (\%\ \text{AIA ในอาหาร} \times \%\ \text{โภชนะในมูล})}{\%\ \text{AIA ในมูล} \times \%\ \text{โภชนะในอาหาร}}$$

อุปกรณ์

- กรงตับ 12 กรง
- อุปกรณ์ผ่าตัด
- ถังใส่อาหาร 4 ถัง
- ถุงพลาสติกสำหรับใส่มูล

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้

การทดลองที่ 3 การศึกษาการใช้ทองแดงในรูปต่าง ๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง 0 – 8 สัปดาห์

เป็นการศึกษารูปของทองแดงที่ใช้ในอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 0 – 8 สัปดาห์ต่อสมรรถภาพการผลิต รายละเอียดที่ทำการศึกษา คือ

1. ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยของไก่กระทงช่วงอายุ 0 - 3, 4 - 8 และ 0 - 8 สัปดาห์
2. น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่กระทงช่วงอายุ 0 - 3, 4 - 8 และ 0 - 8 สัปดาห์
3. อัตราการเปลี่ยนอาหาร (FCR) ของไก่กระทงช่วงอายุ 0 - 3, 4 - 8 และ 0 - 8 สัปดาห์
4. คุณภาพซากของไก่กระทงที่อายุ 4 และ 8 สัปดาห์

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์สำหรับการเลี้ยง
   - คอกไม้ไผ่ขนาด 2 ตารางเมตร จำนวน 12 คอก
   - กระปุกน้ำความจุ 4 ลิตรจำนวน 12 กระปุก
   - ถาดอาหารลูกไก่จำนวน 12 ถาด
   - ถังใส่อาหารทดลองจำนวน 12 ถัง
   - เครื่องผสมอาหารแบบถังนอน จำนวน 1 เครื่อง
   - เครื่องชั่งขนาด 2,000 กรัมจำนวน 1 เครื่อง
   - เครื่องชั่งดิจิตอล 150 อ่านละเอียดได้ 2 หน่วย จำนวน 1 เครื่อง
   - เครื่องชั่งวิเคราะห์ที่สามารถอ่านได้ละเอียด 4 ตำแหน่ง จำนวน 1 เครื่อง
   - หลอดไฟ 60 วัตต์จำนวน 12 หลอด
   - อุปกรณ์ในการเลี้ยงอื่น ๆ เช่น ที่ตักอาหาร, อุปกรณ์ทำความสะอาด

วิธีวิจัย

ในการทดลองครั้งนี้ใช้ไก่กระทง พันธุ์เอเบอร์ อาเคอร์ อายุ 1 วัน คละเพศ จำนวน 120 ตัว เลี้ยงในโรงเรือนเปิด แบ่งเป็น 12 คอก ๆ ขนาด 2 ตร.ม. ใช้แกลบเป็นวัสดุรองพื้น ให้แสงตลอด 24 ชั่วโมง มีอาหารและน้ำให้กินอย่างเต็มที่ ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ แผนการทดลองเป็นแบบสุ่มตลอด (CRD) (จรัญ, 2527) แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ตัว ใช้อาหารทดลองที่แสดงไว้ในตาราง 13 โดยผสมทองแดงแต่ละรูปในอาหารให้มีปริมาณทองแดง 84.35 มก./กก. อาหาร เท่ากัน แต่ใช้ทองแดงในรูปต่างกันดังนี้

กลุ่มที่ 1 ใช้ทองแดงผสมอาหารในรูป copper acetate ($Cu_3.CO_2CuH_2O$)
(106.92 มก./กก. อาหาร)

กลุ่มที่ 2 ใช้ทองแดงผสมอาหารในรูป copper carbonate [$CuCO_3.Cu(OH)_2.H_2O$]
(158.70 มก./กก. อาหาร)

กลุ่มที่ 3 ใช้ทองแดงผสมอาหารในรูป copper chloride ($CuCl_2.2H_2O$)
(270.27 มก./ กก. อาหาร)

กลุ่มที่ 4 ใช้ทองแดงผสมอาหารในรูป copper sulfate pentahydrate ($CuSO_4.5H_2O$)
(331.43 มก./กก. อาหาร)

การบันทึกข้อมูล

ระหว่างการทดลองมีการบันทึกข้อมูลดังนี้คือ

1. ชั่งและบันทึกน้ำหนักไก่กระทงทุกสัปดาห์
2. ชั่งและบันทึกน้ำหนักอาหารที่กินทุกสัปดาห์
3. ชั่งและบันทึกน้ำหนักซากไก่กระทงแยกชิ้นส่วน ที่อายุ 4 และ 8 สัปดาห์
4. ชั่งและบันทึกน้ำหนักไก่ตายและอาหารที่เหลือเมื่อมีไก่ตายเกิดขึ้น

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยแต่ละสัปดาห์, ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อสัปดาห์, อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และคุณภาพซาก โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) และทำการวิเคราะห์ผลความแตกต่างระหว่างกลุ่มทางสถิติ โดยใช้วิธี Analysis of Variance เมื่อพบความแตกต่างระหว่างกลุ่มเกิดขึ้น จะนำข้อมูลที่ได้ไปประเมินหาค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (จรัญ, 2527)

ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มดำเนินการ เดือน กรกฎาคม 2545
เสร็จสิ้น เดือน เมษายน 2546

สถานที่ทำการทดลอง

- โรงเรือนทดลอง สาขาอาหารสัตว์ และ
- ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ สาขาอาหารสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาการเสริมทองแดงระดับต่าง ๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทง 0 – 8 สัปดาห์

ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย

ผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 14 พบว่า ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยของไก่กระทงแต่ละสัปดาห์และช่วงอายุมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

อายุ 1 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มควบคุม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (191.67 กรัม) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250, 200 และ 300 มก./กก. อาหาร มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 185.00, 178.33 และ 176.67 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 2 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มควบคุม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (348.33 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 346.00, 341.67 และ 330.33 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 3 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มควบคุม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (585.11 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 576.74, 572.00 และ 567.00 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 4 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มควบคุม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (821.42 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 784.02, 759.33 และ 750.07 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 5 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มควบคุม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (921.50 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 920.42, 885.90 และ 878.40 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 6 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 มก./กก. อาหาร ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (1,093.86 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่ม

ที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 1,077.45; 1,009.53 และ 1,008.75 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 7 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มควบคุม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (1,167.95 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 1,088.72; 1,082.61 และ 1,053.53 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มควบคุม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (1,208.54 กรัม/ตัว) รองลงมาคือ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 1,181.00; 1,157.95 และ 1,143.52 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

ช่วงอายุ 0 - 3 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มควบคุม ปริมาณอาหารที่กิน (ปริมาณทองแดงที่กิน, มก.) เฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุดคือ 1,125.11 กรัม/ตัว (9.00) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีปริมาณอาหารที่กิน (ปริมาณทองแดงที่กิน) เฉลี่ยเท่ากับ 1,101.07 (64.85), 1,098.67 (78.69) และ 1,074.00 (90.59) กรัม/ตัว ตามลำดับ

ช่วงอายุ 4 - 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มควบคุม ปริมาณอาหารที่กิน (ปริมาณทองแดงที่กิน, มก.) เฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุดคือ 5,196.86 กรัม/ตัว (41.57) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200, 250 และ 300 มก./กก.อาหาร มีปริมาณอาหารที่กิน (ปริมาณทองแดงที่กิน, มก) เฉลี่ยเท่ากับ 5,068.02 (298.51), 4,895.32 (350.60) และ 4,834.27 (407.77) กรัม/ตัว ตามลำดับ

ช่วงอายุ 0 - 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มควบคุม ปริมาณอาหารที่กิน (ปริมาณทองแดงที่กิน, มก.) เฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด 6,321.97 กรัม/ตัว (50.58) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีปริมาณอาหารที่กิน (ปริมาณทองแดงที่กิน, มก) เฉลี่ยเท่ากับ 6,169.09 (363.36), 5,993.99 (429.29) และ 5,908.27 (498.36) กรัม/ตัว ตามลำดับ

น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย

ผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 15 พบว่าน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่กระทงแต่ละสัปดาห์และทุกช่วงอายุ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้น

น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยไก่กระทงที่อายุ 8 สัปดาห์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตาราง 14 ผลของระดับทองแดงต่อปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยของไก่กระทง (กรัม/ตัว/สัปดาห์)

อายุ (สัปดาห์)	ปริมาณของจุนสีที่เสริม (มก./กก. อาหาร)				C.V. (%)
	0	200	250	300	
1	191.67	178.33	185.00	176.67	4.73
2	348.33	346.00	341.67	330.33	4.60
3	585.11	576.74	572.00	567.00	4.23
4	821.42	784.02	759.33	750.07	9.27
5	921.50	920.42	885.90	878.40	13.55
6	1,077.45	1,093.86	1,009.53	1,008.75	6.83
7	1,167.95	1,088.72	1,082.61	1,053.53	25.87
8	1,208.54	1,181.00	1,157.95	1,143.52	18.28
0 - 3	1,125.11	1,101.07	1,098.67	1,074.00	3.98
4 - 8	5,196.86	5,068.02	4,895.32	4,834.27	7.30
0 - 8	6,321.97	6,169.09	5,993.99	5,908.27	6.09
ปริมาณทองแดงที่กินเฉลี่ย (มก./ตัว)					
0 - 3	9.00	64.85	78.69	90.59	
4 - 8	41.57	298.51	350.60	407.77	
0 - 8	50.58	363.36	429.29	498.36	

ทุกช่วงอายุของการวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

น้ำหนักตัวไก่เริ่มการทดลอง ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสี 250 มก./กก. อาหาร น้ำหนักตัวเริ่มการทดลองเฉลี่ยแนวโน้มดีที่สุด (42.60 กรัม/ตัว) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200, 0 และ 300 มก./กก. อาหาร มีน้ำหนักตัวเริ่มการทดลองเฉลี่ยเท่ากับ 41.93, 41.84 และ 41.60 กรัม/ตัว ตามลำดับ

อายุ 1 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มควบคุม น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (95.81 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250, 200 และ 300 มก./กก. อาหาร มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 90.80, 87.20 และ 84.47 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 2 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสี 250 มก./กก. อาหาร น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (224.63 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 200 และ 300 มก./กก. อาหาร มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 223.30, 222.04 และ 218.93 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 3 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสี 250 มก./กก. อาหาร น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (291.96 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 291.57, 280.33 และ 283.00 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 4 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มควบคุม น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (230.16 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250, 200 และ 300 มก./กก. อาหาร มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 228.90, 228.80 และ 216.40 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 5 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสี 300 มก./กก. อาหาร น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (371.17 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 250 และ 200 มก./กก. อาหาร มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 355.29, 341.97 และ 339.98 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 6 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสี 300 มก./กก. อาหาร น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (397.17 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200, 250 และ 0 มก./กก. อาหาร มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 389.30, 383.28 และ 373.00 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 7 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสี 300 มก./กก. อาหาร น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (417.40 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200, 250 และ 0 มก./กก. อาหาร มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 393.17, 390.47 และ 388.37 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสี 300 มก./กก. อาหาร น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยดีที่สุด (436.53 กรัม/ตัว/สัปดาห์) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200, 250 และ 0 มก./กก. อาหาร มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 398.95, 398.68 และ 395.00 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ โดยไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 200 และ 250 มก./กก. อาหาร น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ช่วงอายุ 0 – 3 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มควบคุม น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (610.68 กรัม/ตัว) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 601.20, 595.76 และ 586.40 กรัม/ตัว ตามลำดับ

ช่วงอายุ 4 – 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสี 300 มก./กก. อาหาร น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (1,838.67 กรัม/ตัว) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200, 250 และ 0 มก./กก. อาหาร มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 1,750.20; 1,743.30 และ 1,741.82 กรัม/ตัว.ตามลำดับ

ช่วงอายุ 0 – 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสี 300 มก./กก. อาหาร น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (2,425.07 กรัม/ตัว) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 200 และ 250 มก./กก. อาหาร มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 2,351.50; 2,351.40 และ 2,339.06 กรัม/ตัว ตามลำดับ

น้ำหนักตัวสิ้นสุดการทดลอง ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสี 300 มก./กก. อาหาร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง อายุครบ 56 วัน (8 สัปดาห์) น้ำหนักตัวมีแนวโน้มดีที่สุด (2,466.67 กรัม/ตัว) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสี 0, 200 และ 250 มีน้ำหนักตัวสิ้นสุดการทดลองเท่ากับ 2,393.34, 2,393.33 และ 2,381.66 กรัม/ตัว ตามลำดับ

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น

ผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 16 พบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นแต่ละสัปดาห์และทุกช่วงอายุของไก่กระทง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

อายุ 1 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มควบคุม อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุด (2.00) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250, 200 และ

300 มก./กก. อาหาร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.04, 2.05 และ 2.09 ตามลำดับ

ตาราง 15 ผลของระดับทองแดงต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่กระทง (กรัม/ตัว/สัปดาห์)

อายุ (สัปดาห์)	ปริมาณของจุนสีที่เสริม (มก./กก. อาหาร)				C.V. (%)
	0	200	250	300	
1 (วัน)	41.84	41.93	42.60	41.60	6.26
1	95.81	87.20	90.80	84.47	6.26
2	223.30	222.04	224.63	218.93	4.26
3	291.57	291.96	280.33	283.00	4.67
4	230.16	228.80	228.90	216.40	5.67
5	355.29	339.98	341.97	371.17	6.73
6	373.00	389.30	383.28	397.17	9.09
7	388.37	393.17	390.47	417.40	7.89
8	395.00[b]	398.95[b]	398.68[b]	436.53[a]	0.91
0 - 3	610.68	601.20	595.76	586.40	3.53
4 - 8	1,741.82	1,750.20	1,743.30	1,838.67	1.34
0 - 8	2,351.50	2,351.40	2,339.06	2,425.07	7.97
56 (วัน)	2,393.34	2,393.33	2,381.66	2,466.67	1.41

[a, b] ตัวอักษรในแถวแนวนอนเดียวกันแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$).

อายุ 2 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300 มก./กก. อาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุด (1.51) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250 มก./กก. อาหาร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (1.52) และกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0 และ 200 มก./กก. อาหาร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่ำสุดเท่ากันคือ 1.56

อายุ 3 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 มก./กก. อาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุด (1.98) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่ม

ที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300, 0 และ 250 มก./กก. อาหาร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.00, 2.01 และ 2.04 ตามลำดับ

อายุ 4 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250 มก./กก. อาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุด (3.32) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200, 300 และ 0 มก./กก. อาหาร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 3.43, 3.47 และ 3.57 ตามลำดับ

อายุ 5 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300 มก./กก. อาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุด (2.37) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0 และ 250 มก./กก. อาหาร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากัน (2.59) และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 มก./กก. อาหาร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่ำสุดคือ 2.71

อายุ 6 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300 มก./กก. อาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุด (2.54) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250, 200 และ 0 มก./กก. อาหาร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.63, 2.81 และ 2.89 ตามลำดับ

อายุ 7 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300 มก./กก. อาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุด (2.52) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 และ 250 มก./กก. อาหาร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากัน (2.77) และไก่กระทงกลุ่มควบคุมมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่ำสุดคือ 3.01

อายุ 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300 มก./กก. อาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุด (2.62) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250, 200 และ 0 มก./กก. อาหาร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.90, 2.96 และ 3.06 ตามลำดับ

ช่วงอายุ 0 - 3 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 และ 300 มก./กก. อาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุดเท่ากัน (1.83) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250 และ 0 มก./กก. อาหาร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากันคือ 1.84

ช่วงอายุ 4 - 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300 มก./กก. อาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุด (2.63) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250, 200 และ 0 มก./กก. อาหาร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.81, 2.90 และ 2.98 ตามลำดับ

ช่วงอายุ 0 - 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300 มก./กก. อาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุดเท่ากัน (2.44) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250, 200 และ 0 มก./กก. อาหาร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.56, 2.62 และ 2.69 ตามลำดับ

ตาราง 16 ผลของระดับทองแดงต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทง

อายุ	ปริมาณของจุนสีที่เสริม (มก./กก. อาหาร)				C.V.
(สัปดาห์)	0	200	250	300	(%)
1	2.00	2.05	2.04	2.09	6.22
2	1.56	1.56	1.52	1.51	3.68
3	2.01	1.98	2.04	2.00	4.14
4	3.57	3.43	3.32	3.47	31.71
5	2.59	2.71	2.59	2.37	12.01
6	2.89	2.81	2.63	2.54	11.65
7	3.01	2.77	2.77	2.52	15.78
8	3.06	2.96	2.90	2.62	6.78
0 - 3	1.84	1.83	1.84	1.83	2.57
4 - 8	2.98	2.90	2.81	2.63	11.46
0 - 8	2.69	2.62	2.56	2.44	9.41

ทุกช่วงอายุของการวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

อัตราการตาย

ผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 17 พบว่า อัตราการตายของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูปจุนสีที่ระดับต่าง ๆ ที่อายุ 0 – 8 สัปดาห์ โดยไก่ตายเกิดขึ้นในการทดลอง

จำนวน 15 ตัว โดยไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม มีไก่ตายสูงสุด (5 ตัว) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูปจุนสีที่ระดับ 250 มก./กก. อาหาร มีจำนวนไก่ตาย 4 ตัว และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูปจุนสีที่ระดับ 200 และ 300 มก./กก. อาหาร มีจำนวนไก่ตายน้อยสุดเท่ากันคือ 3 ตัว ซึ่งไก่กระทงทุกตัวที่ตายจะมีอายุแตกต่างกันดังรายละเอียดต่อไปนี้

ช่วงอายุ 0 -3 สัปดาห์ พบการตายเกิดขึ้นในการทดลองไก่กระทงจำนวน 2 ตัว โดยไก่กระทงกลุ่มควบและกลุ่มเสริมจุนสีระดับ 200 มก./กก. อาหาร กลุ่มละ 1 ตัว ไก่ที่ตายในกลุ่มควบคุม มีอายุ 15 วัน น้ำหนักตัว 303.91 กรัม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสะสม 584.00 กรัม/ตัว ปริมาณทองแดงที่กินเฉลี่ยสะสม 4.67 มก./ตัว และไก่ตายในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสี 200 มก./กก. อาหาร มีอายุ 8 วัน น้ำหนักตัว 157.40 กรัม ปริมาณอาหารที่กินอาหารสะสม 215 กรัม/ตัว และปริมาณทองแดงที่กินสะสม 12.67 มก./ตัว

ช่วงอายุ 4 -8 สัปดาห์ พบการตายเกิดขึ้นในการทดลองจำนวน 13 ตัว ซึ่งการตายของไก่จะเกิดขึ้นมากในช่วงนี้ โดยแต่ละกลุ่มทดลองมีจำนวนไก่ตายดังนี้

กลุ่มที่ 1. ไก่กลุ่มที่ได้อาหารควบคุม พบการตายของไก่เกิดขึ้นจำนวน 4 ตัว ไก่ตายแต่ละตัวมีอายุต่างกันดังนี้

- อายุ 24 วัน จำนวน 1 ตัว ไก่ตายมีน้ำหนักตัว 690.64 กรัม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสะสม 1,713.13 กรัม/ตัว และปริมาณทองแดงที่กินเฉลี่ยสะสม 13.71 มก./ตัว
- อายุ 38 วัน ไก่ตายจำนวน 1 ตัว มีน้ำหนักตัว 1,286.82 กรัม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสะสม 3,150.73 กรัม/ตัว และปริมาณทองแดงที่กินเฉลี่ยสะสม 25.21 มก./ตัว
- อายุ 50 วัน ไก่ตายจำนวน 2 ตัว มีน้ำหนักตัว 2,078.80 และ 2,037.27 กรัม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสะสม 5,542.25 และ 5,160.31 กรัม/ตัว และปริมาณทองแดงที่กินเฉลี่ยสะสม 44.34 และ 41.28 มก./ตัว ตามลำดับ

กลุ่มที่ 2. ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูปจุนสี 200 มก./กก. อาหาร พบการตายของไก่เกิดขึ้นจำนวน 2 ตัว ไก่ตายแต่ละตัวมีอายุต่างกันดังนี้

- อายุ 37 วัน ไก่ตายจำนวน 1 ตัว มีน้ำหนักตัว 1,187.18 กรัม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสะสมสะสมได้ 2,600.30 กรัม/ตัว และปริมาณทองแดงที่กินเฉลี่ยสะสม 153.16 มก./ตัว
- อายุ 38 วัน ไก่ตายจำนวน 1 ตัว มีน้ำหนักตัว 1,448.12 กรัม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสะสม 3,152.75 กรัม/ตัว และปริมาณทองแดงที่กินเฉลี่ยสะสม 185.70 มก./ตัว

กลุ่มที่ 3. ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูปจุนสี 250 มก./กก.

อาหาร พบการตายเกิดขึ้นจำนวน 4 ตัว ไก่ตายแต่ละตัวมีอายุต่างกันดังนี้

- อายุ 30 วัน ไก่ตายจำนวน 1 ตัว มีน้ำหนักตัว 886.10 กรัม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสะสม 2,091.18 กรัม/ตัว และปริมาณทองแดงที่กินเฉลี่ยสะสม 149.77 มก./ตัว
- อายุ 37 วัน ไก่ตายจำนวน 1 ตัว มีน้ำหนักตัว 1,212.60 กรัม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสะสม 3,074.25 กรัม/ตัว และปริมาณทองแดงที่กินเฉลี่ยสะสม 220.18 มก./ตัว
- อายุ 44 วัน ไก่ตายจำนวน 1 ตัว มีน้ำหนักตัว 1,691.95 กรัม/ตัว ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสะสม 4,098.75 กรัม/ตัว และปริมาณทองแดงที่กินสะสม 293.59 มก./ตัว
- อายุ 51 วัน ไก่ตายจำนวน 1 ตัว มีน้ำหนักตัว 2,001.32 กรัม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสะสม 4,914.06 กรัม/ตัว และปริมาณทองแดงที่กินเฉลี่ยสะสม 351.95 มก./ตัว

กลุ่มที่ 4. ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูปจุนสี 250 มก./กก. อาหาร พบการตายเกิดขึ้นจำนวน 3 ตัว ไก่ตายแต่ละตัวมีอายุต่างกันดังนี้

- อายุ 43 วัน ไก่ตายจำนวน 1 ตัว มีน้ำหนักตัว 1,659.50 กรัม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสะสม 3,843.05 กรัม/ตัว และปริมาณทองแดงที่กินเฉลี่ยสะสม 323.16 มก./ตัว
- อายุ 50 วัน ไก่ตายจำนวน 1 ตัว มีน้ำหนักตัว 1,659.50 กรัม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสะสม 4,778.43 กรัม/ตัว และปริมาณทองแดงที่กินเฉลี่ยสะสม 403.06 มก./ตัว
- อายุ 51 วัน ไก่ตายจำนวน 1 ตัว มีน้ำหนักตัว 2,213.80 กรัม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสะสม 4,960.57 กรัม/ตัว และปริมาณทองแดงที่กินเฉลี่ยสะสม 418.42 มก./ตัว

ตาราง 17 ผลของระดับทองแดงต่ออัตราการตายของไก่กระทง

การตาย	ปริมาณของจุนสีที่เสริม (มก./กก. อาหาร)			
	0	200	250	300
ช่วงอายุ 0 – 3 สัปดาห์				
จำนวน, ตัว	1	1	-	-
อายุ, วัน	15	8	-	-
ช่วงอายุ 4 – 8 สัปดาห์				
จำนวน, ตัว	4	2	4	3
อายุ, วัน	24, 38, 50, 50	37, 38	30, 37, 44, 51	43, 50, 51

เปอร์เซ็นต์ซากของไก่กระทงที่อายุ 4 สัปดาห์

ผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 18 โดยเปอร์เซ็นต์ซากคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักก่อนเชือด พบว่าลักษณะซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีระดับต่างกัน คือ 0, 200, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร ลักษณะที่วัดส่วนใหญ่ คือ ซากหลังเชือด ซากหลังถอนขน ตับ ถุงน้ำดี กึ๋น + กระเพาะแท้ หัวใจ แข้ง + หัว ขา ปีก กล้ามเนื้ออกใน กล้ามเนื้ออกนอก และไขมันช่องท้อง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นเปอร์เซ็นต์ ขน ซากไม่รวมเครื่องใน และน่อง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ซากหลังเชือด ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังเชือดมีแนวโน้มสูงที่สุด (95.39%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 200 และ 250 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังเชือดเท่ากับ 95.16, 95.07 และ 94.39% ตามลำดับ

ซากหลังถอนขน ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังถอนขนมีแนวโน้มสูงที่สุด (90.63%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 300 และ 250 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังถอนขนเท่ากับ 90.48, 90.00 และ 89.65% ตามลำดับ

ตับ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตับมีแนวโน้มสูงที่สุด (3.12%) รองลงมาคือไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0 และ 200 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตับเท่ากัน (2.87%) และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตับน้อยที่สุด (2.71%)

ถุงน้ำดี ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงน้ำดีมีแนวโน้มสูงที่สุด (0.23%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200, 0 และ 250 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงน้ำดีเท่ากับ 0.16, 0.15 และ 0.14% ตามลำดับ

กึ๋น + กระเพาะแท้ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกึ๋น + กระเพาะแท้มีแนวโน้มสูงที่สุด (0.35%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250, 0 และ 300 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกึ๋น + กระเพาะแท้เท่ากับ 0.32, 0.31 และ 0.30% ตามลำดับ

หัวใจ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวใจมีแนวโน้มสูงที่สุด (0.70%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่

ระดับ 0 และ 300 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวใจเท่ากัน (0.62%) และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวใจน้อยที่สุด (0.58%)

แข้ง + หัว ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแข้ง + หัวมีแนวโน้มสูงที่สุด (8.48%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200, 300 และ 0 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแข้ง + หัวเท่ากับ 8.34, 8.28 และ 8.15% ตามลำดับ

ขา ไก่กระทงกลุ่มควบคุม เปอร์เซ็นต์น้ำหนักขามีแนวโน้มสูงที่สุด (12.37%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250, 200 และ 300 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักขาเท่ากับ 12.32, 11.59 และ 11.41% ตามลำดับ

ปีก ไก่กระทงกลุ่มควบคุม เปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกมีแนวโน้มสูงที่สุด (9.26%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250, 200 และ 300 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกเท่ากับ 9.17, 9.07 และ 8.88% ตามลำดับ

กล้ามเนื้ออกใน ไก่กระทงกลุ่มควบคุม เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกล้ามเนื้ออกในมีแนวโน้มสูงที่สุด (3.25%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300, 250 และ 200 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกล้ามเนื้ออกในเท่ากับ 3.22, 3.10 และ 2.89% ตามลำดับ

กล้ามเนื้ออกนอก ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0 และ 300 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกล้ามเนื้ออกนอกมีแนวโน้มสูงที่สุดเท่ากันคือ 11.31% รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250 และ 200 มก./กก.อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกล้ามเนื้ออกนอกเท่ากับ 10.61 และ 10.18% ตามลำดับ

ไขมันช่องท้อง ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไขมันช่องท้องมีแนวโน้มสูงที่สุด (1.97%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300, 250 และ 0 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักไขมันช่องท้องเท่ากับ 1.84, 1.82 และ 1.75% ตามลำดับ

ขน ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักขนสูงที่สุด (5.74%) โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ 300, 0 และ 200 มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักขนเท่ากับ 4.86, 4.68 และ 4.45% ตามลำดับ แต่ทั้ง 3 กลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ซากไม่รวมเครื่องใน ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากไม่รวมเครื่องในสูงที่สุด (83.48%) โดยมีความแตกต่างกันอย่างไม่

มีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0 และ 200 มก./กก. อาหาร ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากไม่รวมเครื่องในเท่ากับ 83.08 และ 83.05% ตามลำดับ แต่ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากไม่รวมเครื่องในต่ำที่สุดคือ 73.05% และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 200 และ 250 มก./กก. อาหาร

น่อง ไก่กระทงกลุ่มควบคุม เปอร์เซ็นต์น้ำหนักน่องสูงที่สุด (11.28%) ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 และ 250 มก./กก. อาหาร ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักน่องเท่ากับ 10.98 และ 10.60% ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300 มก./กก. อาหาร ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักน่องเท่ากับ 9.85% ตามลำดับ ส่วนไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

เปอร์เซ็นต์ซากของไก่กระทงที่อายุ 8 สัปดาห์

ผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 19 พบว่าลักษณะซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมจุนสี ระดับต่างกัน คือ 0, 200, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร ทุกลักษณะที่วัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) คือ ซากหลังเชือด ซากหลังถอนขน ซากไม่รวมเครื่องใน ตับ ถุงน้ำดี กึ๋น + กระเพาะแท้ หัวใจ แข้ง + หัว น่อง ขา ปีก กล้ามเนื้ออกใน กล้ามเนื้ออกนอก และไขมันช่องท้อง

ซากหลังเชือด ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังเชือดมีแนวโน้มสูงที่สุด (97.30%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังเชือดเท่ากับ 97.15, 96.69 และ 96.95% ตามลำดับ

ซากหลังถอนขน ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังถอนขนมีแนวโน้มสูงที่สุด (94.73%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300, 0 และ 250 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังถอนขนเท่ากับ 93.91, 93.87 และ 93.52% ตามลำดับ

ขน ไก่กระทงกลุ่มควบคุม เปอร์เซ็นต์น้ำหนักขนมีแนวโน้มสูงที่สุด (3.28%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250, 300 และ 200 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักขนเท่ากับ 3.17, 3.04 และ 2.57% ตามลำดับ

ตาราง 18 ผลของการเสริมทองแดงที่ระดับต่างกันต่อเปอร์เซ็นต์ซากของไก่กระทงที่อายุ 4 สัปดาห์

ลักษณะซาก (%)	ปริมาณของจุนสีที่เสริม (มก./กก. อาหาร)				C.V.
	0	200	250	300	(%)
1. น้ำหนักก่อนเชือด (กรัม)	851.67	820.16	823.67	812.67	6.28
2. ซากหลังเชือด	95.16	95.07	94.39	95.39	0.99
3. ซากหลังถอนขน	90.48	90.63	89.65	90.00	0.96
4. ขน	4.68[b]	4.45[b]	5.74[a]	4.86[b]	6.72
5. ซากไม่รวมเครื่องใน	83.08[a]	83.05[a]	83.48[a]	73.05[b]	4.29
6. ตับ	2.87	2.87	3.12	2.71	7.52
7. ถุงน้ำดี	0.15	0.16	0.14	0.23	19.44
8. กึ๋น + กระเพาะแท้	0.31	0.35	0.32	0.30	10.50
9. หัวใจ	0.62	0.58	0.70	0.62	7.80
10. แข้ง + หัว	8.15	8.34	8.48	8.28	3.97
11. น่อง[1]	11.28[a]	10.98[ab]	10.60[ab]	9.85[b]	3.43
12. ขา[1]	12.37	11.59	12.32	11.41	4.38
13. ปีก[1]	9.26	9.07	9.17	8.88	2.61
14. กล้ามเนื้ออกใน[2]	3.25	2.89	3.10	3.22	10.52
15. กล้ามเนื้ออกนอก[2]	11.31	10.18	10.61	11.31	10.93
16. ไขมันช่องท้อง	1.75	1.97	1.82	1.84	17.28

[a,b,c] ตัวอักษรในแถวแนวนอนเดียวกันแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$).

[1] รวมหนังและกระดูก

[2] ไม่รวมหนังและกระดูก

ซากไม่รวมเครื่องใน ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากไม่รวมเครื่องในมีแนวโน้มสูงที่สุด (82.49%) รองลงมาคือไก่กระทง

กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300, 0 และ 250 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากไม่รวมเครื่องในเท่ากับ 81.32, 81.11 และ 81.02% ตามลำดับ

ตับ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตับมีแนวโน้มสูงที่สุด (2.46%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 300 และ 250 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตับเท่ากับ 2.37, 2.34 และ 2.16% ตามลำดับ

ถุงน้ำดี ไก่กระทงกลุ่มควบคุม เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงน้ำดีมีแนวโน้มสูงที่สุด (0.13%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300, 200 และ 250 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงน้ำดีเท่ากับ 0.12, 0.11 และ 0.10% ตามลำดับ

กึ๋น + กระเพาะแท้ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0 และ 200 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกึ๋น + กระเพาะแท้มีแนวโน้มสูงที่สุดเท่ากัน (0.21%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกึ๋น + กระเพาะแท้เท่ากันคือ 0.18%

หัวใจ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0 และ 300 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวใจมีแนวโน้มสูงที่สุดเท่ากัน (0.49%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 และ 250 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวใจเท่ากันคือ 0.44%

แข้ง + หัว ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแข้ง + หัวมีแนวโน้มสูงที่สุด (6.40%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0 และ 300 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแข้ง + หัวเท่ากัน (6.01%) และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแข้ง + หัวน้อยที่สุดคือ 5.94%

น่อง ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักน่องมีแนวโน้มสูงที่สุด (11.21%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักน่องเท่ากับ 11.10, 11.06 และ 10.34% ตามลำดับ

ขา ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักขามีแนวโน้มสูงที่สุด (13.18%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300, 200 และ 0 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักขาเท่ากับ 12.76, 12.33 และ 12.26% ตามลำดับ

ปีก ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกมีแนวโน้มสูงที่สุด (8.17%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 250 และ 200 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกเท่ากับ 8.04, 8.03 และ 7.85% ตามลำดับ

กล้ามเนื้ออกใน ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกล้ามเนื้ออกในมีแนวโน้มสูงที่สุด (3.44%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 250 และ 200 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกล้ามเนื้ออกในเท่ากับ 3.32, 3.24 และ 3.21% ตามลำดับ

กล้ามเนื้ออกนอก ไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกล้ามเนื้ออกนอกมีแนวโน้มสูงที่สุด (11.71%) รองลงมาคือไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300, 0 และ 250 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกล้ามเนื้ออกนอกเท่ากับ 11.69, 11.30 และ 11.22% ตามลำดับ

ไขมันช่องท้อง ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 มก./กก. อาหาร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไขมันช่องท้องมีแนวโน้มสูงที่สุด (2.58%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 300 และ 250 มก./กก. อาหาร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักไขมันช่องท้องเท่ากับ 2.21, 2.17 และ 2.01% ตามลำดับ

ตาราง 19 ผลของการเสริมทองแดงที่ระดับต่างกันต่อเปอร์เซ็นต์ซากของไก่กระทงที่อายุ 8 สัปดาห์

ลักษณะซาก (%)	ปริมาณของจุนสีที่เสริม (มก./กก. อาหาร)				C.V. (%)
	0	200	250	300	
1. น้ำหนักก่อนเชือด (กรัม)	2,373.33	2,376.33	2,361.67	2,386.67	7.28
2. ซากหลังเชือด	97.15	97.30	96.69	96.95	0.34
3. ซากหลังถอนขน	93.87	94.73	93.52	93.91	0.70
4. ขน	3.28	2.57	3.17	3.04	15.26
5. ซากไม่รวมเครื่องใน	81.11	82.49	81.02	81.32	1.61
6. ตับ	2.37	2.46	2.16	2.34	11.51
7. ถุงน้ำดี	0.13	0.11	0.10	0.12	36.56
8. กึ๋น + กระเพาะแท้	0.21	0.21	0.18	0.18	18.15
9. หัวใจ	0.49	0.44	0.44	0.49	13.01
10. แข้ง + หัว	6.01	6.40	5.94	6.01	3.73
11. น่อง[1]	11.10	11.21	11.06	10.34	4.29
12. ขา[1]	12.26	12.33	13.18	12.76	7.15
13. ปีก[1]	8.04	7.85	8.03	8.17	0.87
14. กล้ามเนื้ออกใน[2]	3.32	3.21	3.24	3.44	8.36
15. กล้ามเนื้ออกนอก[2]	11.30	11.71	11.22	11.69	7.74
16. ไขมันช่องท้อง	2.21	2.58	2.01	2.17	16.83

ทุกค่าที่ทำการวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$).

[1] รวมหนังและกระดูก

[2] ไม่รวมหนังและกระดูก

การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของอาหารจากการทดลองที่ 1 โดยการใช้ไก่ที่ผ่านการทำทวารเทียม

การทดลองเพื่อศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารที่เสริมทองแดงในรูปจุนสีที่ระดับต่างกันของไก่กระทง ปรากฏผลการทดลองดังรายละเอียดที่แสดงไว้ในตาราง 20

การย่อยได้ของวัตถุแห้ง ไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 200, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งเท่ากับ 76.41, 77.86, 78.34 และ 78.14% ตามลำดับ โดยการเสริมทองแดงในรูปจุนสีระดับต่าง ๆ มีแนวโน้มทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250 มก./กก. อาหาร มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้สูงสุด แต่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

การย่อยได้ของโปรตีน ไก่กระทงที่ได้รับอาหารที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 200, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนเท่ากับ 61.75, 63.98, 67.46 และ 69.71% ตามลำดับ โดยไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300 มก./กก. อาหาร มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนสูงสุด และไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250 มก./กก. อาหาร แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมที่ระดับ 200 และ 0 มก./กก. อาหาร ส่วนไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250 มก./กก. อาหาร มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนไม่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 มก./กก. อาหาร แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มควบคุม ส่วนไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดง 200 มก./กก. อาหาร มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม

การย่อยได้ของไขมัน ไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 200, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมันเท่ากับ 86.02, 86.93, 88.67 และ 88.75% ตามลำดับ โดยไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300 มก./กก. อาหาร มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมันสูงสุด โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มที่เสริมจุนสีที่ระดับ 200 และ 250 มก./กก. อาหาร แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับกลุ่มควบคุม ส่วนไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสี 200 มก./กก. อาหาร มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มควบคุม

การย่อยได้ของเยื่อใย ไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 200, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยเท่ากับ 15.19, 16.24, 18.22 และ 17.44% ตามลำดับ โดยพบแนวโน้มว่า ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 250 มก./กก. อาหาร มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยสูงสุด รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300, 200 และ 0 มก./กก. อาหาร ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรค ไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 200, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรค เท่ากับ 86.66, 88.65, 87.28 และ 88.08% ตามลำดับ โดยพบแนวโน้มว่า ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมจุนสีที่ระดับ 200 มก./กก. อาหาร มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรคสูงสุด รองลงมาคือ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 300, 250 และ 0 มก./กก. อาหาร ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

การย่อยได้ของเถ้า ไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 0, 200, 250 และ 300 มก./กก. อาหาร มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเถ้าเท่ากับ 51.38, 43.70, 50.05 และ 33.90% ตามลำดับ โดยไก่กระทงกลุ่มควบคุม มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเถ้าสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่เสริมจุนสีที่ระดับ 200 และ 250 มก./กก. อาหาร แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับกลุ่มที่เสริมจุนสีที่ระดับ 300 มก./กก. อาหาร ส่วนไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมจุนสีที่ระดับ 200 และ 300 มก./กก. อาหาร ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเถ้ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตาราง 20 ผลของการเสริมทองแดงที่ระดับต่าง ๆ ต่อการย่อยได้ปรากฏของโภชนะ (%)

สัมประสิทธิ์การย่อยได้	ปริมาณของจุนสีที่เสริม (มก./กก. อาหาร)				C.V.
(%)	0	200	250	300	(%)
วัตถุแห้ง	76.41	77.86	78.34	78.14	1.70
โปรตีน	61.75^{c}	63.98^{bc}	67.46^{ab}	69.71^{a}	4.23
ไขมัน	86.02^{b}	86.93^{ab}	88.67^{a}	88.75^{a}	1.14
เยื่อใย	15.19	16.24	18.22	17.44	2.09
ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรค	86.66	88.65	87.28	88.08	2.57
เถ้า	51.38^{a}	43.70^{ab}	50.05^{a}	33.90^{b}	4.50

^{a,b,c} ตัวอักษรในแถวแนวนอนเดียวกันแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$).

การทดลองที่ 3 ศึกษาการใช้ทองแดงในรูปต่าง ๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทง 0 – 8 สัปดาห์

ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย

ผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 21 พบว่าปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงรูปต่างกัน ในแต่ละสัปดาห์และช่วงอายุ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

อายุ 1 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (191.67 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper chloride และ copper sulfate pentahydrate มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 185.67, 185.00 และ 181.67 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 2 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (375.00 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride, copper carbonate และ copper acetate มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 368.33, 366.67 และ 360.00 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 3 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (603.33 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือ

ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate, copper chloride และ copper carbonate มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 598.33, 594.67 และ 583.67 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 4 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (867.33 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper acetate และ copper sulfate pentahydrate มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 858.37, 848.33 และ 837.33 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 5 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (860.83 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate, copper carbonate และ copper acetate มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 858.33, 855.71 และ 848.75 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 6 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (1,137.50 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper chloride และ copper acetate มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 1,090.42; 1,083.33 และ 1,044.58 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 7 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (1,184.94 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride, copper acetate และ copper sulfate pentahydrate มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 1,142.50; 1,090.71 และ 1,105.83 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (1,200.42 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper sulfate pentahydrate และ copper acetate มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 1,190.71; 1,186.79 และ 1,131.85 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

ช่วงอายุ 0 - 3 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย (ปริมาณทองแดงที่กิน, มก) มีแนวโน้มดีที่สุดคือ

ช่วงอายุ 0 - 3 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย (ปริมาณทองแดงที่กิน, มก) มีแนวโน้มดีที่สุดคือ 1,160.00 กรัม/ตัว (97.85) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate, copper chloride และ copper carbonate มีปริมาณอาหารที่กิน (ปริมาณทองแดงที่กิน, มก) เฉลี่ยเท่ากับ 1,150.00 (97.00), 1,148.00 (96.83) และ 1,136.01 (95.82) กรัม/ตัว ตามลำดับ

ตาราง 21 ผลของรูปของทองแดงต่อปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยของไก่กระทง (กรัม/ตัว/สัปดาห์)

อายุ	รูปของทองแดงที่เสริม				C.V.
(สัปดาห์)	Acetate	Carbonate	Chloride	Sulfate	(%)
1	191.67	185.67	185.00	181.67	5.45
2	360.00	366.67	368.33	375.00	2.86
3	598.33	583.67	594.67	603.33	3.24
4	848.33	858.37	867.33	837.33	4.34
5	848.75	855.71	860.83	858.33	6.10
6	1,044.58	1,090.42	1,083.33	1,137.50	6.70
7	1,090.71	1,184.94	1,142.50	1,105.83	9.70
8	1,131.85	1,190.71	1,200.42	1,186.79	10.03
0 - 3	1,150.00	1,136.01	1,148.00	1,160.00	2.43
4 - 8	4,964.22	5,180.15	5,154.41	5,125.78	4.71
0 - 8	6,114.22	6,316.16	6,302.41	6,285.78	3.90
ปริมาณทองแดงกินสะสม (มก./ตัว)					
0 - 3	97.00	95.82	96.83	97.85	
4 - 8	418.73	436.95	434.77	432.36	
0 - 8	515.73	532.77	531.61	530.21	

ทุกช่วงอายุที่ทำการวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

copper sulfate pentahydrate และ copper acetate มีปริมาณอาหารที่กิน (ปริมาณทองแดงที่กิน, มก) เฉลี่ยเท่ากับ 5,154.41 (434.77), 5,125.78 (432.36) และ 4,964.22 (418.73) กรัม/ตัว ตามลำดับ

ช่วงอายุ 0 – 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย (ปริมาณทองแดงที่กิน, มก) มีแนวโน้มดีที่สุดคือ 6,316.16 กรัม/ตัว (532.77) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride, copper sulfate pentahydrate และ copper acetate มีปริมาณอาหารที่กิน (ปริมาณทองแดงที่กิน, มก) เฉลี่ย เท่ากับ 6,302.41 (531.61), 6,285.78 (530.21) และ 6,114.22 (515.73) กรัม/ตัว ตามลำดับ

น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย

ผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 22 พบว่าน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูปที่ต่างกันแต่ละสัปดาห์และช่วงอายุ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

น้ำหนักตัวไก่เริ่มการทดลอง ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate น้ำหนักตัวเริ่มการทดลองเฉลี่ยแนวโน้มดีที่สุด (38.00 กรัม/ตัว) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper chloride และ copper sulfate pentahydrate มีน้ำหนักตัวเริ่มการทดลองเฉลี่ยเท่ากับ 37.53, 37.13 และ 37.07 กรัม/ตัว ตามลำดับ

อายุ 1 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (91.27 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate, copper chloride และ copper carbonate มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 90.33, 89.53 และ 84.13 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 2 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (221.67 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride, copper carbonate และ copper acetate มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 211.67, 208.33 และ 206.67 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 3 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (313.67 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper sulfate pentahydrate และ copper chloride มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 311.67, 311.27 และ 308.33 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper sulfate pentahydrate และ copper chloride มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 311.67, 311.27 และ 308.33 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 4 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (334.58 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate, copper carbonate และ copper acetate มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 316.73, 315.33 และ 303.67 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 5 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (367.50 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper chloride และ copper acetate มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 350.36, 334.58 และ 327.32 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 6 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (451.00 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper chloride และ copper acetate มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 417.61, 394.58 และ 381.31 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 7 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (422.47 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate, copper chloride และ copper acetate มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 407.92, 406.00 และ 386.90 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

อายุ 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (421.60 กรัม/ตัว/สัปดาห์) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper chloride และ copper acetate มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 408.19, 397.87 และ 373.53 กรัม/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ

ช่วงอายุ 0 - 3 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (624.21 กรัม/ตัว) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate, copper chloride และ copper carbonate มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 610.67, 609.53 และ 604.13 กรัม/ตัว ตามลำดับ

ช่วงอายุ 4 - 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (1,964.75 กรัม/ตัว) รองลงมาคือ

ช่วงอายุ 0 - 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยมีแนวโน้มดีที่สุด (2,588.96 กรัม/ตัว) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper chloride และ copper acetate มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 2,518.09; 2,456.23 และ 2,383.40 กรัม/ตัว ตามลำดับ

น้ำหนักตัวสิ้นสุดการทดลอง ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate น้ำหนักตัวสิ้นสุดการทดลองอายุครบ 56 วัน (8 สัปดาห์) มีแนวโน้มดีที่สุด (2,626.03 กรัม/ตัว) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper chloride และ copper acetate มีน้ำหนักตัวสิ้นสุดการทดลองเท่ากับ 2,555.62; 2,493.36 และ 2,421.40 กรัม/ตัว ตามลำดับ

ตาราง 22 ผลของรูปของทองแดงต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่กระทง (กรัม/ตัว/สัปดาห์)

อายุ	รูปของทองแดงที่เสริม				C.V.
(สัปดาห์)	Acetate	Carbonate	Chloride	Sulfate	(%)
1 (วัน)	38.00	37.53	37.13	37.07	3.53
1	90.33	84.13	89.53	91.27	3.39
2	206.67	208.33	211.67	221.67	5.69
3	313.67	311.67	308.33	311.27	5.59
4	303.67	315.33	334.58	316.73	14.58
5	327.32	350.36	334.58	367.50	5.88
6	381.31	417.61	394.58	451.00	13.19
7	386.90	422.47	406.00	407.92	23.51
8	373.53	408.19	397.87	421.60	18.74
0 - 3	610.67	604.13	609.53	624.21	4.42
4 - 8	1,772.73	1,913.96	1,846.70	1,964.75	7.58
0 - 8	2,383.40	2,518.09	2,456.23	2,588.96	5.60
56 (วัน)	2,421.40	2,555.62	2,493.36	2,626.03	1.40

ทุกช่วงอายุที่ทำการวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น

ผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 23 พบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทง ที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงรูปต่างกันแต่ละสัปดาห์และช่วงอายุ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

อายุ 1 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุดเท่ากัน (1.99) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride, copper acetate และ copper carbonate มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.07, 2.12 และ 2.21 ตามลำดับ

อายุ 2 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุด (1.69) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate และ copper chloride มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากัน (1.74) และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate ต่ำสุดคือ 1.76

อายุ 3 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุด (1.87) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate, copper chloride และ copper sulfate pentahydrate มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.91, 1.93 และ 1.94 ตามลำดับ

อายุ 4 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุด (2.64) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper chloride และ copper acetate มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.72, 2.77 และ 2.79 ตามลำดับ

อายุ 5 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุด (2.34) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper chloride และ copper acetate มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.44, 2.57 และ 2.59 ตามลำดับ

อายุ 6 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุด (2.52) รองลงมาคือ

ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper acetate และ copper chloride มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.61, 2.74 และ 2.75 ตามลำดับ

อายุ 7 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุด (2.71) รองลงมาคือ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper chloride และ copper acetate มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.80, 2.81 และ 2.82 ตามลำดับ

อายุ 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุด (2.81) รองลงมาคือ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper chloride และ copper acetate มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.92, 3.02 และ 3.03 ตามลำดับ

ช่วงอายุ 0 - 3 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุด (1.86) รองลงมาคือ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate, copper carbonate และ copper chloride มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากันคือ 1.88

ช่วงอายุ 4 - 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุด (2.61) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper acetate และ copper chloride มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.71, 2.80 และ 2.89 ตามลำดับ

ช่วงอายุ 0 - 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มดีที่สุด (2.43) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.51 และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate และ copper chloride อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มต่ำที่สุดเท่ากันคือ 2.57

อัตราการตาย

ผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 24 พบว่า อัตราการตายของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูปต่าง ๆ ที่อายุ 0 – 8 สัปดาห์ พบไก่ตายเกิดขึ้นในการทดลองจำนวน 4 ตัว

ผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 24 พบว่า อัตราการตายของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูปต่าง ๆ ที่อายุ 0 – 8 สัปดาห์ พบไก่ตายเกิดขึ้นในการทดลองจำนวน 4 ตัว โดยไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate มีจำนวนไก่ตายสูงสุด (2 ตัว) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate และ copper sulfate pentahydrate มีจำนวนไก่ตายเท่ากันคือ 1 ตัว และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride ไม่มีไก่ตายเกิดขึ้น ซึ่งไก่ตายแต่ละตัวมีอายุต่างกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตาราง 23 ผลของรูปของทองแดงต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทง

อายุ	รูปของทองแดงที่เสริม				C.V.
(สัปดาห์)	Acetate	Carbonate	Chloride	Sulfate	(%)
1	2.12	2.21	2.07	1.99	10.48
2	1.74	1.76	1.74	1.69	5.28
3	1.91	1.87	1.93	1.94	5.19
4	2.79	2.72	2.77	2.64	15.08
5	2.59	2.44	2.57	2.34	6.18
6	2.74	2.61	2.75	2.52	13.51
7	2.82	2.80	2.81	2.71	20.47
8	3.03	2.92	3.02	2.81	24.22
0 - 3	1.88	1.88	1.88	1.86	4.00
4 - 8	2.80	2.71	2.89	2.61	7.08
0 - 8	2.57	2.51	2.57	2.43	5.77

ทุกช่วงอายุที่ทำการวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ช่วงอายุ 0 - 3 สัปดาห์ พบว่า การตายของไก่เกิดในการทดลองจำนวน 1 ตัว โดยไก่ตายเกิดขึ้นในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate ไก่ตายที่อายุ 15 วัน มีน้ำหนักตัว 250 กรัม ซึ่งสังเกตพบว่าไก่ที่ตาย มีน้ำหนักตัวน้อยที่สุดในกลุ่มและกรงที่เลี้ยง เนื่องจากก่อนหน้าที่จะตายไก่มีอาการซึมไม่กินอาหารโดยไม่ทราบสาเหตุ วันที่พบไก่ตายมีปริมาณที่กินเฉลี่ยสะสมของไก่ตายคำนวณรวมกับไก่ชีวิตในกรงเดียวกันคือ 572.34 กรัม/ตัว คิดเป็น

ช่วงอายุ 4 - 8 สัปดาห์ พบการตายเกิดในการทดลองจำนวน 3 ตัว โดยไก่ตายเกิดขึ้นในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate และ copper sulfate pentahydrate จำนวน 2 และ 1 ตัว ตามลำดับ ซึ่งไก่ตายแต่ละตัวมีรายละเอียดดังนี้

1. ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate พบไก่ตายเกิดขึ้นจำนวน 2 ตัว โดยไก่ตายแต่ละตัวพบที่อายุต่างกันได้แก่

- อายุ 30 วัน ไก่ตายจำนวน 1 ตัว มีน้ำหนักตัว 1,230.00 กรัม ปริมาณที่กินเฉลี่ยสะสม 2,208.33 กรัม/ตัว และปริมาณทองแดงที่กินเฉลี่ยสะสม 186.27 มก./ตัว
- อายุ 38 วัน ไก่ตายจำนวน 1 ตัว มีน้ำหนักตัว 1,470.00 กรัม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสะสม 3,247.08 กรัม/ตัว และปริมาณทองแดงที่กินเฉลี่ยสะสม 273.89 มก./ตัว

2. ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate พบไก่ตายเกิดขึ้นจำนวน 1 ตัว ที่อายุ 51 วัน โดยไก่ตายมีน้ำหนักตัว 2,100 กรัม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสะสม 4,077.59 กรัม/ตัว และปริมาณทองแดงที่กินเฉลี่ยสะสม 343.94 มก./ตัว

ตาราง 24 ผลของรูปของทองแดงต่ออัตราการตายของไก่กระทง

การตาย	รูปของทองแดงที่เสริม			
	Acetate	Carbonate	Chloride	Sulfate
ช่วงอายุ 0 – 3 สัปดาห์				
จำนวน, ตัว	-	1	-	-
อายุ, วัน	-	15	-	-
ช่วงอายุ 4 – 8 สัปดาห์				
จำนวน, ตัว	2	-	-	1
อายุ, วัน	30, 38	-	-	51

เปอร์เซ็นต์ซากของไก่กระทงที่อายุ 4 สัปดาห์

ผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 25 โดยเปอร์เซ็นต์ซากคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวก่อนเชือด พบว่าลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงรูปต่างกัน คือ copper acetate, copper carbonate, copper chloride และ copper sulfate pentahydrate ลักษณะที่วัดส่วนใหญ่คือ ซากหลังเชือด ซากหลังถอนขน ขน ซากไม่รวมเครื่องใน

ตับ กึ๋น + กระเพาะแท้ หัวใจ แข้ง + หัว น่อง ปีก กล้ามเนื้ออกใน กล้ามเนื้ออกนอก และไขมันช่องท้อง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงน้ำดี และขาที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ซากหลังเชือด ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังเชือดมีแนวโน้มสูงที่สุด (97.71%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper acetate และ copper chloride มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังเชือดเท่ากับ 97.62, 96.79 และ 95.79% ตามลำดับ

ซากหลังถอนขน ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมในรูป copper sulfate pentahydrate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังถอนขนมีแนวโน้มสูงที่สุด (92.39%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper chloride และ copper acetate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังถอนขนเท่ากับ 91.88, 91.69 และ 90.91% ตามลำดับ

ขน ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมในรูป copper acetate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักขนมีแนวโน้มสูงที่สุด (5.88%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper sulfate pentahydrate และ copper chloride มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักขนเท่ากับ 5.74, 5.33 และ 4.09% ตามลำดับ

ซากไม่รวมเครื่องใน ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากไม่รวมเครื่องในมีแนวโน้มสูงที่สุด (80.52%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate, copper chloride และ copper acetate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากไม่รวมเครื่องในเท่ากับ 79.80, 76.21 และ 73.59% ตามลำดับ

ตับ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตับมีแนวโน้มสูงที่สุด (2.91%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate และ copper sulfate pentahydrate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตับเท่ากัน (2.83) และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตับน้อยที่สุดคือ 2.82%

กึ๋น + กระเพาะแท้ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกึ๋น + กระเพาะแท้มีแนวโน้มสูงที่สุด (0.27%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride และ copper sulfate pentahydrate เปอร์เซ็นต์

น้ำหนักกึ๋น + กระเพาะเท่ากัน (0.26%) และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกึ๋น + กระเพาะแท้น้อยที่สุดคือ 0.25%

หัวใจ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวใจมีแนวโน้มสูงที่สุด (0.81%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper chloride และ copper sulfate pentahydrate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวใจเท่ากับ 0.73, 0.67 และ 0.65% ตามลำดับ

แข้ง + หัว ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแข้ง + หัวมีแนวโน้มสูงที่สุด (8.39%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate, copper chloride และ copper acetate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแข้ง + หัวเท่ากับ 8.37, 8.34 และ 7.71% ตามลำดับ

น่อง ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักน่องมีแนวโน้มสูงที่สุด (11.04%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate, copper chloride และ copper acetate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักน่องเท่ากับ 10.52, 10.41 และ 10.20% ตามลำดับ

ปีก ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกมีแนวโน้มสูงที่สุด (8.99%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride, copper acetate และ copper sulfate pentahydrate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกเท่ากับ 8.95, 8.62 และ 8.33% ตามลำดับ

กล้ามเนื้ออกใน ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกล้ามเนื้ออกในมีแนวโน้มสูงที่สุด (3.18%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper sulfate pentahydrate และ copper acetate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกล้ามเนื้ออกในเท่ากับ 3.02, 2.96 และ 2.95% ตามลำดับ

กล้ามเนื้ออกนอก ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกล้ามเนื้ออกนอกมีแนวโน้มสูงที่สุด (11.56%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper chloride และ copper acetate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกล้ามเนื้ออกนอกเท่ากับ 11.29, 11.12 และ 10.46% ตามลำดับ

ไขมันช่องท้อง ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไขมันช่องท้องมีแนวโน้มสูงที่สุด (1.44%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride และ copper sulfate pentahydrate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนัก

ไขมันช่องท้องเท่ากัน (1.39%) และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักไขมันช่องท้องน้อยสุดเท่ากับ 1.28%

ถุงน้ำดี ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงน้ำดีสูงที่สุด (0.19%) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate และ copper chloride ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงน้ำดีเท่ากัน (0.16%) และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงน้ำดีน้อยที่สุดคือ 0.12% ส่วนกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate และ copper chloride มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงน้ำดีมีความแตกต่างกันอย่างไม่นัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ทั้ง 2 กลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate

ขา ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักขาสูงที่สุด (13.72%) ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate (13.24%) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride และ copper acetate ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักขาเท่ากับ 12.93 และ 12.51% ตามลำดับ ส่วนไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate

เปอร์เซ็นต์ซากของไก่กระทงที่อายุ 8 สัปดาห์

ผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 26 พบว่าลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงรูปต่างกัน คือ copper acetate, copper carbonate, copper chloride และ copper sulfate pentahydrate ลักษณะที่วัดส่วนใหญ่ คือ ซากหลังเชือด ซากหลังถอนขน ขน ซากไม่รวมเครื่องใน ตับ ถุงน้ำดี กึ๋น + กระเพาะแท้ หัวใจ แข้ง + หัว น่อง ขา ปีก กล้ามเนื้ออกใน และกล้ามเนื้ออกนอก แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักไขมันช่องท้องที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตาราง 25 ผลของรูปของทองแดงต่อเปอร์เซ็นต์ซากของไก่กระทงที่อายุ 4 สัปดาห์

ลักษณะซาก (%)	รูปของทองแดงที่เสริม				C.V. (%)
	Acetate	Carbonate	Chloride	Sulfate	
1. น้ำหนักก่อนเชือด (กรัม)	949.50	952.00	944.50	951.00	4.51
2. ซากหลังเชือด	96.79	97.62	95.79	97.71	2.25
3. ซากหลังถอนขน	90.91	91.88	91.69	92.39	2.44
4. ขน	5.88	5.74	4.09	5.33	23.35
5. ซากไม่รวมเครื่องใน	73.59	80.52	76.21	79.80	10.64
6. ตับ	2.82	2.83	2.91	2.83	9.23
7. ถุงน้ำดี	0.19^{a}	0.16^{b}	0.16^{b}	0.12^{c}	10.47
8. กึ๋น + กระเพาะแท้	0.27	0.25	0.26	0.26	7.72
9. หัวใจ	0.81	0.73	0.67	0.65	16.65
10. แข้ง + หัว	7.71	8.39	8.34	8.37	6.74
11. น่อง[1]	10.20	11.04	10.41	10.52	4.93
12. ขา[1]	12.51^{c}	13.72^{a}	12.93^{bc}	13.24^{ab}	1.59
13. ปีก[1]	8.62	8.99	8.95	8.33	3.47
14. กล้ามเนื้ออกใน[2]	2.95	3.02	3.18	2.96	9.48
15. กล้ามเนื้ออกนอก[2]	10.46	11.29	11.12	11.56	9.18
16. ไขมันช่องท้อง	1.28	1.44	1.39	1.39	14.31

$^{a, b, c}$ ตัวอักษรในแถวแนวนอนเดียวกันแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$).

[1] . รวมหนังและกระดูก

[2] ไม่รวมหนังและกระดูก

ซากหลังเชือด ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride เปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังเชือดมีแนวโน้มสูงที่สุด (96.92%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper acetate และ copper sulfate pentahydrate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังเชือดเท่ากับ 96.77, 96.74 และ 96.72% ตามลำดับ

ซากหลังถอนขน ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังถอนขนมีแนวโน้มสูงที่สุด (92.91%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate, copper carbonate และ copper chloride มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังถอนขนเท่ากับ 92.75, 92.62 และ 92.52% ตามลำดับ

ขน ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride เปอร์เซ็นต์น้ำหนักขนมีแนวโน้มสูงที่สุด (4.40%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper sulfate pentahydrate และ copper acetate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักขนเท่ากับ 4.15. 3.97 และ 3.82% ตามลำดับ

ซากไม่รวมเครื่องใน ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากไม่รวมเครื่องในมีแนวโน้มสูงที่สุด (83.17%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate, copper chloride และ copper carbonate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากไม่รวมเครื่องในเท่ากับ 82.84, 82.59 และ 82.54% ตามลำดับ

ตับ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตับมีแนวโน้มสูงที่สุด (2.03%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate, copper chloride และ copper sulfate pentahydrate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตับเท่ากับ 1.95. 1.86 และ 1.83% ตามลำดับ

ถุงน้ำดี ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงน้ำดีมีแนวโน้มสูงที่สุด (0.12%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงน้ำดีเท่ากับ 0.11% และไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate และ copper sulfate pentahydrate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงน้ำดีน้อยสุดเท่ากันคือ 0.09%

กึ๋น + กระเพาะแท้ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกึ๋น + กระเพาะแท้มีแนวโน้มสูงที่สุด (0.19%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกึ๋น + กระเพาะแท้เท่ากับ 0.17% และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride และ copper sulfate pentahydrate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกึ๋น + กระเพาะแท้น้อยสุดคือ 0.16%

หัวใจ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวใจมีแนวโน้มสูงที่สุด (0.43%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride และ copper carbonate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวใจเท่ากัน (0.41%)

และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวใจต่ำสุดคือ 0.36%

แข้ง + หัว ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแข้ง + หัวมีแนวโน้มสูงที่สุด (5.69%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride. copper sulfate pentahydrate และ copper carbonate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแข้ง + หัวเท่ากับ 5.68, 5.66 และ 5.62% ตามลำดับ

น่อง ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักน่องมีแนวโน้มสูงที่สุด (10.27%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate, copper sulfate pentahydrate และ copper chloride มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักน่องเท่ากับ 10.01, 9.99 และ 9.39% ตามลำดับ

ขา ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักขามีแนวโน้มสูงที่สุด (12.63%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride, copper acetate และ copper sulfate pentahydrate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักขาเท่ากับ 12.50, 11.86 และ 10.43% ตามลำดับ

ปีก ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกมีแนวโน้มสูงที่สุด (7.27%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate, copper chloride และ copper sulfate pentahydrate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกเท่ากับ 7.25, 7.08 และ 7.02% ตามลำดับ

กล้ามเนื้ออกใน ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกล้ามเนื้ออกในมีแนวโน้มสูงที่สุด (3.48%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกล้ามเนื้ออกในเท่ากับ 3.42% และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate และ copper chloride มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกล้ามเนื้ออกในน้อยสุดเท่ากันคือ 3.30%

กล้ามเนื้ออกนอก ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกล้ามเนื้ออกนอกมีแนวโน้มสูงที่สุด (11.19%) รองลงมาคือไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper acetate, copper chloride และ copper sulfate pentahydrate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกล้ามเนื้ออกนอกเท่ากับ 10.86, 10.76 และ 10.55% ตามลำดับ

ไขมันช่องท้อง ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate pentahydrate มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักไขมันช่องท้องสูงที่สุด (2.12%) โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

กับกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper carbonate และ copper acetate ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักไขมันช่องท้องเท่ากับ 1.67 และ 1.65% ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักไขมันช่องท้องเท่ากับ 1.36% ส่วนไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper chloride, copper carbonate และ copper acetate เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไขมันช่องท้องไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตาราง 26 ผลของรูปของทองแดงต่อเปอร์เซ็นต์ซากของไก่กระทงที่อายุ 8 สัปดาห์

ลักษณะซาก (%)	รูปของทองแดงที่เสริม				C.V. (%)
	Acetate	Carbonate	Chloride	Sulfate	
1. น้ำหนักก่อนเชือด (กรัม)	2,615.00	2,563.33	2,551.67	2,611.67	6.76
2. ซากหลังเชือด	96.74	96.77	96.92	96.72	0.51
3. ซากหลังถอนขน	92.91	92.62	92.52	92.75	0.69
4. ขน	3.82	4.15	4.40	3.97	28.60
5. ซากไม่รวมเครื่องใน	83.17	82.54	82.59	82.84	1.03
6. ตับ	1.95	2.03	1.86	1.83	11.68
7. ถุงน้ำดี	0.12	0.09	0.11	0.09	16.05
8. กึ๋น + กระเพาะแท้	0.17	0.19	0.16	0.16	19.61
9. หัวใจ	0.36	0.41	0.41	0.43	7.01
10. แข้ง + หัว	5.69	5.62	5.68	5.66	7.60
11. น่อง[1]	10.27	10.01	9.39	9.99	6.43
12. ขา[1]	11.86	12.63	12.50	10.43	7.98
13. ปีก[1]	7.25	7.27	7.08	7.02	3.87
14. กล้ามเนื้ออกใน[2]	3.30	3.48	3.30	3.42	9.05
15. กล้ามเนื้ออกนอก[2]	10.86	11.19	10.76	10.55	7.49
16. ไขมันช่องท้อง	1.65[ab]	1.67[ab]	1.36[b]	2.12[a]	13.14

[a, b] ตัวอักษรในแถวแนวนอนเดียวกันแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$).

[1] รวมหนังและกระดูก

[2] ไม่รวมหนังและกระดูก

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการใช้ทองแดงต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง โดยเริ่มตั้งแต่ระดับการใช้ การย่อยได้ และรูปของทองแดงที่เหมาะสมสำหรับไก่กระทง

การทดลองที่ 1

จากการศึกษาหาระดับของทองแดงในรูปจุนสี (copper sulfate pentahydrate) ที่ใช้ในอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 0 – 8 สัปดาห์ ที่เหมาะสมต่อสมรรถภาพการผลิต พบว่า ระดับทองแดงในไก่กระทงทุกช่วงอายุที่ทำการศึกษา มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นน้ำหนักตัวที่เพิ่มที่ขึ้นที่อายุ 8 สัปดาห์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าระดับการเสริมจุนสีในกลุ่มทดลองต่าง ๆ ส่วนใหญ่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไก่กระทง เมื่อพิจารณาจากปริมาณอาหารที่กิน จะเห็นว่าการเสริมทองแดงในรูปจุนสีทุกระดับไม่มีผลต่อความน่ากินของไก่กระทงทุกช่วงอายุ แต่พบแนวโน้มว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมทุกช่วงอายุ มีปริมาณอาหารที่กินสูงสุด ส่วนน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นที่อายุ 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูปจุนสี 300 มก./กก. อาหาร มีความแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มอื่น ๆ โดยที่อายุ 1 - 7 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นช่วงอายุ 0 - 3 สัปดาห์ ของไก่กระทงกลุ่มควบคุมสูงสุด แต่ช่วงอายุ 4 - 8 และ 0 - 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มเสริมทองแดงในรูปจุนสี 300 มก./กก. อาหาร มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงสุด ถึงแม้ว่าอาหารทดลองของแต่ละกลุ่มมีคุณค่าทางโภชนะเท่ากัน จะเห็นว่าตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 – 8 ไก่ที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในระดับสูงขึ้น ทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงขึ้น และไก่ที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในระดับ 300 มก./กก. อาหาร มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงสุด ทั้งนี้เนื่องจาก ในช่วงดังกล่าวไก่มีการเจริญเติบโตเร็วขึ้น จึงทำให้มีความต้องการทองแดงในปริมาณที่สูงขึ้น และ ในส่วนของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ช่วงอายุ 0 – 3 สัปดาห์ ใกล้เคียงกันคือ 1.83 – 1.84 แต่ช่วงอายุ 4 – 8 และ 0 – 8 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มเสริมทองแดงในรูปจุนสี 300 มก./กก. อาหาร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นดีที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Baker et al. (1991) ที่ทำการศึกษาการใช้ประโยชน์ได้ของทองแดงทั้งระดับการใช้และรูปของทองแดง โดยการเสริมทองแดงในรูปจุนสี 3 ระดับ คือ 0, 75 และ 150 มก./กก. อาหาร ในไก่กระทงอายุตั้งแต่ 8 – 22 วัน และรายงานไว้ว่า ทุกระดับของทองแดงไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและปริมาณอาหารที่กิน และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เช่นเดียวกับการทดลองของ Jensen et al.

(1991) ที่รายงานผลของการเสริมทองแดงในรูปจุนสีในอาหาร ที่ระดับ 0, 120, 240 และ 480 มก./กก. อาหาร (ตาราง 1) และรายงานไว้ว่าไก่กระทงที่อายุ 3 สัปดาห์ ระดับของทองแดงไม่มีผลต่อน้ำหนักตัว และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว แต่มีแนวโน้มว่าน้ำหนักตัวของไก่กระทงกลุ่มที่เสริมทองแดงในรูปจุนสี 240 มก./กก. อาหาร ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Bakalli and Pesti (1995) ที่รายงานถึงผลของการใช้ทองแดงในรูปจุนสี 2 ระดับ คือ 0 กับ 250 มก./กก. อาหาร พบว่าไก่กระทงช่วงอายุ 0 - 3 สัปดาห์ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่จากผลการทดลอง (ตาราง 2) พบแนวโน้มว่าไก่กระทงกลุ่มควบคุมมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นดีกว่า เช่นเดียวกับการทดลองของ Pesti and Bakalli (1996) ที่รายงานถึงผลการใช้ทองแดงในรูปจุนสี 4 ระดับคือ 0, 125, 250 และ 375 มก./กก. อาหาร ในไก่กระทงช่วงอายุ 0 – 21 วัน พบว่า ระดับการเสริมทองแดงไม่มีผลต่อ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น แต่พบแนวโน้มว่าการเสริมระดับที่ 250 มก./กก. อาหาร มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นดีที่สุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่การทดลองของ Pesti and Bakalli (1996) ในไก่กระทงช่วงอายุ 0 – 42 วัน พบว่า ไก่กระทงกลุ่มได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูปจุนสี 250 มก./กก. อาหาร มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มอื่น และมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และอีกการทดลองของ Bakalli and Pesti (1995) ที่เปรียบเทียบการใช้ทองแดงในรูปจุนสีเสริมที่ระดับ 250 มก./กก. อาหาร 3 ช่วงอายุการเสริม คือ 0 ถึง 35 และ 42 วัน พบว่า ช่วงอายุการเสริม 42 วัน มีผลทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ดีกว่าช่วง 0 - 35 วัน และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ที่ช่วงอายุ 0 และ 35 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่การทดลองของ Ewing et al. (1998) ในไก่กระทงช่วงอายุ 0 – 42 วัน ผลการทดลอง (ตาราง 8) พบว่าไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูปจุนสี 125 มก./กก. อาหาร มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงกว่า กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งขัดแย้งกับการทดลองของ Guo et al. (1991) ที่รายงานไว้ว่า ไก่กระทงกลุ่มที่เสริมทองแดงในรูปจุนสี 150 มก./กก. อาหาร มีน้ำหนักตัวสูงสุด แต่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในส่วนของอัตราการตายจากผลการทดลอง ส่วนใหญ่พบไก่ตายมากในอายุ 4 – 8 สัปดาห์ โดยเฉพาะช่วงท้ายของการทดลอง จากการสังเกตวันที่ไก่ตาย พบว่าหลังจากชั่งน้ำหนักแล้วหนึ่งวัน ถ้าพิจารณาถึงความเป็นพิษของทองแดงในรูปจุนสีระดับต่าง ๆ เปรียบเทียบไก่กลุ่มที่เสริมทองแดงในรูปจุนสีกับกลุ่มควบคุมแล้ว พบว่าไก่กระกลุ่มควบคุมมีอัตราการตายสูง

กว่า ดังนั้นการที่ไก่ตายในกลุ่มที่เสริมทองแดงทุกกลุ่มเป็นการตายตามปกติ อันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมและการจัดการเลี้ยงดู

ลักษณะเปอร์เซ็นต์ซากที่วัดในไก่กระทงที่อายุ 4 และ 8 สัปดาห์ ส่วนใหญ่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยผลที่ได้ใกล้เคียงกับรายงานของ เมธี (2529) ที่ทำการศึกษาเปอร์เซ็นต์ซากของไก่กระทงที่อายุ 60 วัน และ Leeson and Summers (1980) ที่รายงานไว้ว่า เปอร์เซ็นต์ซากของไก่กระทงที่น้ำหนักตัวและอายุต่างกัน มีเปอร์เซ็นต์ซากของส่วนต่าง ๆ ใกล้เคียงกัน โดยความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ซากที่พบจากการทดลองครั้งนี้ อาจจะไม่ได้เป็นผลที่เกิดขึ้นจากทองแดง เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ซากของกลุ่มที่เสริมทองแดงในรูปจุนสี 250 และ 300 มก./กก. อาหาร กับกลุ่มที่ไม่เสริม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่ง สุวรรณ (2529) ได้รายงานไว้ว่า เปอร์เซ็นต์ซากของไก่กระทงจะแตกต่างกัน เนื่องจากการสูญเสียน้ำหนักตัวของไก่ที่รอเชือดนานเกินไป การจับไก่แขวนห่างมือหรือทำให้ไก่ดิ้นมาก การเอาเลือดออกจากตัวไก่ไม่หมด ลวกน้ำร้อนนานเกินไปทำให้การชำแหละมีหนังฉีกขาด และการถอนขนผิดพลาด

ดังนั้นการใช้ทองแดงในระดับ 8 มก./กก. อาหาร ตามคำแนะนำของ NRC (1994) ก็เพียงพอสำหรับปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของไก่กระทงในช่วงอายุ 0 - 3 สัปดาห์แรก แต่การใช้ทองแดงในระดับ 84.35 มก./กก. อาหาร ที่ช่วงอายุ 4 – 8 สัปดาห์ ทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นดีกว่ากลุ่มอื่น ๆ และการเสริมทองแดงในระดับ 84.35 มก./กก. อาหาร ช่วงอายุ 0 – 8 สัปดาห์ ทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทงทุกช่วงอายุดีที่สุด ผลการทดลองนี้สรุปได้ว่าการเสริมทองแดงในรูปจุนสีที่ระดับ 84.35 มก./กก. อาหาร ทำให้สมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงดีที่สุด

การทดลองที่ 2

จากผลการศึกษาหาการย่อยได้ปรากฏของโภชนะต่าง ๆ ของไก่กระทงที่ทำทวารเทียมที่ได้รับอาหารเสริมทองแดง (จุนสี) ที่ระดับต่างกัน พบว่าการย่อยได้ปรากฏของ โปรตีน ไขมัน และเถ้า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยไก่ที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงมีการย่อยได้ของโปรตีนและไขมันดีขึ้น แต่การย่อยได้ของเถ้าลดลง ส่วนการย่อยได้ที่ปรากฏของวัตถุแห้ง เยื่อใย และไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรค มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีแนวโน้มว่าการย่อยได้ของโภชนะดังกล่าวดีขึ้น เมื่อมีการเสริมทองแดง (ตาราง 20)

การย่อยได้ปรากฏของวัตถุแห้ง ของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงที่ระดับต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) อาจเป็นเพราะอาหารทดลองที่ใช้นั้นเป็นอาหารมีคุณค่าทางโภชนะเท่ากันและปริมาณอาหารที่กินของไก่ทุกกลุ่มไม่ต่างกันทางสถิติ จึงทำให้ค่าการย่อยได้ปรากฏของวัตถุแห้งไม่ต่างกัน

การย่อยได้ปรากฏของโปรตีน ของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงที่ระดับต่าง ๆ สูงกว่าของไก่กระทงที่ได้รับอาหารควบคุม และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อาจเป็นเพราะระดับทองแดงในอาหารที่สูงขึ้น มีผลทำให้ไก่กระทงสามารถใช้ประโยชน์จากโปรตีนในอาหารดีขึ้น จึงมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนมูลลดลง ซึ่งจากผลการทดลองที่ 1 ที่พบแนวโน้มในส่วนของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (ตาราง 16) ของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูปจุนสีทุกระดับดีกว่าไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุม และดีขึ้นตามระดับความเข้มข้นของทองแดง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Robbins and Baker (1980) ที่รายงานไว้ว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูปจุนสี 250 และ 500 มก./กก. อาหาร ต้องการกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบสูงกว่า ไก่ที่ได้รับอาหารที่ไม่เสริมทองแดง โดยเพิ่มขึ้น 13 และ 30% ตามลำดับ แต่ขัดแย้งกับผลการทดลองของ Ledoux et al. (1987) ที่รายงานไว้ว่า การเสริมกรดอะมิโน Methionine 0.4% ในอาหารเสริมทองแดงในรูปจุนสี 400 มก./กก. อาหาร ทำให้การสะสมทองแดงในตับลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเสริมจุนสีที่ระดับ 400 มก./กก. อาหาร เป็นระดับที่สูง ซึ่งอาจจะเป็นอันตรายต่อไก่ก็ได้

การย่อยได้ปรากฏของเยื่อใย ของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงที่ระดับต่าง ๆ สูงกว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารควบคุม และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยการย่อยได้ของเยื่อใยของไก่ที่ได้รับอาหารควบคุมต่ำกว่าของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดง อาจจะเนื่องมาจากปริมาณการกินอาหารของไก่กลุ่มควบคุมสูงกว่า (ตาราง 14) ทำให้อัตราไหลผ่านอาหารในระบบทางเดินอาหารเร็วกว่าของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดง ซึ่ง เทอดชัย (2532) รายงานไว้ว่า การเพิ่มปริมาณอาหารให้กับสัตว์ หรือปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้เพิ่มสูงขึ้น ทำให้อาหารผ่านทางเดินอาหารเร็วขึ้น ส่งผลให้การย่อยได้ของโภชนะที่เป็นแหล่งของพลังงานลดลง แต่การย่อยเยื่อใยในไก่นั้นเกิดจากการหมักโดยจุลินทรีย์ที่บริเวณไส้ติ่ง (ceca) เป็นส่วนใหญ่ จึงต้องใช้เวลาในการย่อยนานขึ้น ซึ่ง บุญล้อม (2542) รายงานไว้ว่า เยื่อใยเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทที่เป็นโครงสร้าง (structural carbohydrate) พวกเซลลูโลส (cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เอนไซม์จากสัตว์ไม่สามารถย่อยได้ ต้องอาศัยการย่อยโดยจุลินทรีย์

ซึ่งสอดคล้องกับ เพิ่มศักดิ์ (2533) ที่รายงานไว้ว่า ไส้ติ่งของไก่สามารถย่อยเยื่อใย โดยเฉพาะเซลลูโลส (cellulose) ได้ถึง 18% จากการหมักของจุลินทรีย์

การย่อยได้ปรากฏของไขมัน ของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงที่ระดับต่าง ๆ สูงกว่าของไก่กระทงที่ได้รับอาหารควบคุม และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่ง Xia et al. (2004) รายงานไว้ว่า การเสริมทองแดงในรูปจุนสี 150 มก./กก. อาหาร ทำให้ปริมาณเอนไซม์ไลเปส (Lipase) ในลำไส้เล็กของไก่กระทงสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารไม่เสริมทองแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยปริมาณเอนไซม์ไลเปสที่วัดได้ คือ 15.41 และ 14.94 หน่วย (Sigma-Tietz unit) ตามลำดับ การที่ปริมาณเอนไซม์ไลเปสสูงขึ้น ก็จะมีผลทำให้การย่อยได้ของไขมันสูงตามขึ้นไปด้วย

การย่อยได้ปรากฏของเถ้า ของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงที่ระดับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่า ไก่กระทงที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม มีการย่อยได้ปรากฏของเถ้าสูงกว่าของไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดง อาจเป็นเพราะว่า ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในระดับที่สูงนั้น มีการขับถ่ายทองแดงที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ของร่างกายออกมามาก จึงทำให้ปริมาณเถ้าในมูลสูงกว่า เมื่อทำการคำนวณเป็นการย่อยได้ของเถ้าจึงต่ำลงไปด้วย (ตาราง 20) ซึ่งสอดคล้องกับ การทดลองของ Pesti and Bakalli (1996) ที่รายงานไว้ว่าการเสริมทองแดงในอาหารสูงขึ้น ทำให้ปริมาณทองแดงที่มีอยู่ในวัสดุรองพื้นสูงขึ้น

การย่อยได้ปรากฏของไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรค ของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงที่ระดับต่าง ๆ สูงกว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารควบคุม และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่ง Xia et al. (2004) รายงานไว้ว่า การเสริมทองแดงในรูปจุนสี 150 มก./กก. อาหาร ทำให้ปริมาณเอนไซม์ อะไมเลส (Amylase) ในตับอ่อนของไก่กระทงสูงกว่ากลุ่มไม่เสริม โดยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และปริมาณเอนไซม์อะไมเลสที่วัดได้ของไก่กระทงกลุ่มที่เสริมทองแดงและกลุ่มไม่เสริมคือ 43.67 และ 41.62 หน่วย (Somogyi unit) ตามลำดับ จากการที่ปริมาณเอนไซม์อะไมเลสสูงขึ้น ก็จะมีผลทำให้การย่อยแป้งได้มากขึ้น ซึ่งแป้งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรค

การทดลองที่ 3

จากการศึกษารูปของทองแดงที่ใช้ในอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 0 - 8 สัปดาห์ ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง พบว่ารูปของทองแดงไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตในด้าน

ปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทงทุกช่วงอายุที่ทำการศึกษา แต่มีแนวโน้มว่า ปริมาณอาหารที่กินช่วงอายุ 0 - 3 สัปดาห์ ของไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate สูงสุด แต่ช่วงอายุ 4 - 8 และ 0 - 8 สัปดาห์ ไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper cabonate มีปริมาณอาหารที่กินสูงสุด ส่วนน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper sulfate ช่วงอายุ 0 - 3, 4 - 8 และ 0 - 8 สัปดาห์ สูงสุด และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมในรูป copper sulfate ทุกช่วงอายุดีที่สุด ซึ่งผลการทดลองสอดคล้อง Ledoux et al. (1991) ที่รายงานผลการเปรียบเทียบรูปและระดับของทองแดง (ตาราง 5) โดยใช้ทองแดงในรูป copper acetate, copper oxide, copper sulfate และ copper carbonate ซึ่งระดับของทองแดงที่ทดลองในแต่ละรูปคือ 150, 300 และ 450 มก./กก. อาหาร พบว่าทั้งรูปและระดับของทองแดงไม่มีผลต่อ ปริมาณอาหารที่กินน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทงที่อายุ 21 วัน ($P > 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบรูปของทองแดงที่เสริมในระดับ 300 มก./กก. อาหาร มีแนวโน้มว่า ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทองแดงในรูป copper oxide มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อวันสูงสุด กลุ่มที่เสริมทองแดงในรูป copper carbonate มีปริมาณอาหารที่กินต่อวันสูงสุด และประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่กลุ่มที่เสริม copper oxide ดีที่สุด เช่นเดียวกับการทดลองของ Baker et al. (1991) ที่รายงานผลการเปรียบเทียบรูปและระดับของทองแดงในช่วงอายุ 8 - 22 วัน (ตาราง 6) พบว่าทั้งรูปและระดับของทองแดง ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กินและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ($P > 0.05$) แต่ผลการทดลองขัดแย้งกับรายงานของ Ewing et al. (1998) ที่พบความแตกต่างทางสถิติของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในไก่กระทงช่วงอายุ 0 - 42 วัน เมื่อใช้ทองแดงในรูปต่างกัน และมีระดับของทองแดงเท่ากัน คือ 125 มก./กก. อาหาร (ตาราง 8) พบว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารที่เสริมทองแดงในรูป copper citrate มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมทองแดงในรูป copper sulfate และ copper oxychloride และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมทองแดงในรูป copper citrate ดีกว่าของกลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมทองแดงในรูป copper sulfate และ copper oxychloride อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ผลการทดลองยังสอดคล้องกับรายงานของ Banks et al. (2004) ที่รายงานผลการทดลองที่ใช้ทองแดงในรูปต่าง ๆ คือ copper sulfate, copper citrate, copper lysinate และ copper chloride โดยทองแดงของแต่รูปมีระดับ 250 มก./กก. อาหาร (ได้จากการคำนวณ) แต่ปริมาณที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ 253, 310, 230 และ 253 มก./กก. อาหาร ตามลำดับ

พบว่าปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และน้ำหนักตัวที่อายุ 9 และ 21 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ส่วนอัตราการตายของไก่ทดลอง แสดงให้เห็นว่ารูปของทองแดงไม่มีผลต่ออัตราการตายของไก่ หรือไม่เป็นพิษต่อไก่ โดยจะเห็นได้จากอัตราการตายของไก่ในการทดลองที่ 3 มีน้อยกว่าของการทดลองที่ 1 และอัตราการตายของไก่ก็ต่ำ ซึ่งเป็นการตายตามปกติของการเลี้ยงไก่อันอาจจะเกิดขึ้นเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมและสุขภาพของไก่

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของซากที่วัดในไก่กระทงที่อายุ 4 และ 8 สัปดาห์ ส่วนใหญ่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าระดับและรูปของทองแดงที่ใช้ไม่มีผลต่อปริมาณซากส่วนที่กินได้ ซึ่งข้อมูลเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากและอวัยวะต่าง ๆ (ตาราง 25 และ 26) ใกล้เคียงกับผลของการทดลองที่ 1

จากการทดลองหาระดับและรูปของทองแดง พบว่าในช่วงอายุ 0 – 3 สัปดาห์ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของการทดลองที่ 1 และ 3 ใกล้เคียงกัน จึงควรจะใช้ทองแดงในรูปของจุนสีในระดับ 31.43 มก./กก. อาหาร (8.00 มก. ทองแดง/กก. อาหาร) เนื่องจากทองแดงในรูปจุนสีมีราคาถูก และหาซื้อได้ง่ายกว่า ส่วนช่วงอายุ 4 – 8 สัปดาห์ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ของการทดลองที่ 3 ดีกว่าของการทดลองที่ 1 และผลจากรูปของทองแดงต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง ก็ใกล้เคียงกัน อีกทั้งไม่มีผลเสียต่อปริมาณอาหารที่กิน (ความน่ากินของอาหาร) และอัตราการตาย (ความเป็นพิษ) ดังนั้นจึงใช้ทองแดงในรูปจุนสี ที่ระดับ 331.43 มก./กก. อาหาร (84.35 มก. ทองแดง/กก. อาหาร)

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพอจะสรุปได้ดังนี้ คือ

1. การใช้ทองแดงในรูปของจุนสี (copper sulfate pentahydrate) ต่อการผลิตไก่กระทง ระดับที่เหมาะสมสำหรับช่วงอายุ 0 – 3 สัปดาห์ คือ 8.00 มก. ทองแดง/กก. อาหาร และ สำหรับช่วงอายุ 4– 8 สัปดาห์ คือ 84.35 มก. ทองแดง/กก. อาหาร

2. การย่อยได้ของโภชนะดีขึ้น เมื่อใช้ทองแดงในระดับสูงขึ้น

3. รูปของทองแดง ไม่มีผลต่อความน่ากินของอาหารและสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง

4. ระดับและรูปของทองแดงไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซาก

บรรณานุกรม

จรัญ จันทลักขณา. 2527. **สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย.** กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช

บริษัท อุตสาหกรรมเกษตรพัฒนา จำกัด. 2546. **ทองแดงในพืช.** [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http: //www.usahakaset. com/copper. htm (5 กรกฎาคม 2548).

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2542. **ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ธนบรรณการพิมพ์. น. 30-31.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2540. **ข้อพิจารณาในการเสริมธาตุทองแดงแก่สัตว์เลี้ยง. วารสารสัตว-บาล.** 7(41): 65-69.

เทอดชัย เวียรศิลป์. 2532. **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง.** พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. น. 64-66.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2535. **หลักอาหารสัตว์ เล่ม 1 โภชนะ.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

เพิ่มศักดิ์ ศิริวรรณ. 2533. **โภชนศาสตร์สัตว์ปีก.** เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 303 น.

เมธี มีนพกิจ. 2529. **การศึกษาเปอร์เซ็นต์ซากในการเลี้ยงไก่กระทงอายุต่าง ๆ กัน.** เชียงใหม่: ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้.

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2529. **ไข่และเนื้อไก่.** กรุงเทพฯ: อมรการพิมพ์.

Bakalli, R. l. and G. M. Pesti. 1995. Dietary copper in excess of nutrition requirement reduces plasma and breast muscle cholesterol of chickens. **Poultry Science.** 74: 360-365.

Baker, D. H., J. Odle, M. A. Funk and T. M. Wieland. 1991. Research Note: Bioavailability of copper in cupric oxide, cuprous oxide and in a copper-lysine complex. **Poultry Science.** 70: 177–179.

Banks, K. M., K. L. Thompson, J. K. Rush and T. J. Applegate. 2004. Effect of copper source on phosphorus retention in broiler chicks and laying hens. **Poultry Science.** 83: 990-996.

Denis, M. M. 2005. **Copper.** [online] Available http: //www. nutrition. org/nutinfo/content/copp. Html (2 July 2005)

Ewing, P. H., G. M. Pesti, R. I. Bakalli and J. F. M. Menten. 1998. Studies on the feeding of cupric sulfate pentahydrate, cupric citrate and copper oxychloride to broiler chickens. **Poultry Science.** 77: 445 – 448.

Fisher, C. 1973. Use of copper sulfate as growth promoter for broilers. **Feedstuffs.** 26: 24-25.

Guo, R., P. R. Henry, R. A. Holwerda, J. Cao, C. Littell and R. A. Miles. 1991. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic copper sources for poultry. **Journal Animal Science.** 79: 1132-1141.

Isshiki, Y. and Y. Nakahiro. 1988. A technique for attaching an artificial anus using the reversed rectum method in domestic fowl. **Japan Poultry Science.** 25: 394-399.

Jensen, L. S., A. Patricia and K. N. Dobson. 1991. Induction of lesions in broiler chicks by supplementing the diet with copper. **Avian Diseases.** 35: 969-973.

Johnson, E. L., J. L. Nicholoson and J. A. Doerr. 1985. Effect of dietary copper on liter microbial population and broiler performance. **British Poultry Science.** 26: 171-177.

Konjufca, V. H., G. M. Pesti and R. I. Bakalli. 1997. Modulation of cholesterol levels in broiler meat by dietary garlic and copper. **Poultry Science.** 78: 1264-1271.

Ledoux, D. R., P. R. Henry, C. B. Ammerman, P. V. Rao and R. D. Miles. 1991. Estimation of the relative bioavailability of inorganic copper sources for chicks using tissue uptake of copper. **Journal Animal Science.** 69: 215–222.

Ledoux, D. R., R. D. Miles, C. B. Ammerman and R. H. Harma. 1987. Interaction of dietary nutrient concentration and supplemental copper on chick performance and tissue copper concentrations. **Poultry Science.** 66: 1379-1382.

Leeson, S., and J. D. Summers. 1980. Product and carcass characteristic of the broiler chicken. **Poultry Science.** 59: 786-798.

Linder, M. C. 1991. **Biochemistry of Copper.** New York: Plenum Press.

Miles, R. D., S. F. O'Keefe, P. R. Henry, C. B. Ammerman and X. G. Luo. 1998. The effect of dietary supplementation with copper sulfate or tribasic copper chloride on broiler performance, relative copper bioavailability and dietary prooxidation activity. **Poultry Science.** 77: 416-425.

NRC. 1988. **Nutrient Requirements of Swine.** 9th ed. Washington, D. C.: National Academy Press.

NRC. 1994. **Nutrient Requirements of Poultry.** 9th ed. Washington, D. C.: National Academy Press.

Pesti, G. M. and R. I. Bakalli. 1996. Studies on the feeding of cupric sulfate pentahydrate and cupric citrate to broiler chickens. **Poultry Science.** 75: 1086–1091.

Pesti, G. M. and R. I. Bakalli. 1998. Studies on the effect of feeding cupric sulfate pentahydrate to laying hens on egg cholesterol content. **Poultry Science.** 77: 1540–1545.

Pond, W. G., D. C. Church and K. R. Pond. 1995. **Basic Animal Nutrition and Feeding**. 6rd ed. New York: John Wiley and Sons. 199-203 pp.

Robbins, K. R. and D. H. Baker. 1980. Effect of amino acid level and source on the performance of chicks fed high levels of copper. **Poultry Science.** 59: 1246-1253.

Schneider, B. H. and W. P. Flatt. 1975. **The Evaluation of Feed througb Digestibility Experiments.** Athen: The University of Georgia Press.

Ward, T. L., K. L. Watkins and L. L. Southern. 1994. Interactive effects of dietary copper and water copper level on growth, water intake, and plasma and liver copper concentrations of poults. **Poultry Science.** 73: 1306–1311.

Wilson, C. 2005. **Copper Toxicity Syndromein.** [online] Available http: //www. drlwilson. com/articles/copper_toxicity_syndome.htm (23 June 2005).

Xia, M. S., C. H. Hu and Z. R. Xu. 2004. Effects of copper-bearing montmorillonite on growth performance, digestive enzyme activities, and intestinal microflora and morphology of male broilers. **Poultry Science.** 83: 1868-1875.

Zhou, W., E. T. Kornegay, M. D. Lindemann, J. W. G. W. Swinkels, M. K. Welten and E. A. Wong. 1994. Stimulation of growth by intravenous injection of copper in weanling pigs. **Journal Animal Science**. 72: 2395–2403.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายพิชิตร์ วรรณคำ	
เกิดเมื่อ	10 ตุลาคม 2521	
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2534	ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านโค้งงาม อ. ฮอด จ. เชียงใหม่
	พ.ศ. 2537	มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนฮอดพิทยาคม อ. ฮอด จ. เชียงใหม่
	พ.ศ. 2540	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเกษตรกรรมและเทคโนโลยี เชียงใหม่ จ. เชียงใหม่
	พ.ศ. 2542	อนุปริญญาวิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่
	พ.ศ. 2544	ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2547	เจ้าพนักงานสัตวบาล ศูนย์วิจัยการผสมเทียมและเทคโนโลยีชีวภาพ จ. เชียงใหม่
	พ.ศ. 2548	พนักงานราชการ ศูนย์วิจัยการผสมเทียมและเทคโนโลยีชีวภาพ จ. เชียงใหม่
ผลงานทางวิชาการ	พ.ศ. 2545	การศึกษาผลของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในนกกระทาญี่ปุ่น ปัญหาพิเศษปริญญาตรี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	พ.ศ. 2547	ผลของทองแดงต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง งานประชุมวิชาการ ครั้งที่ 1 ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่