วิทยานิพนธ์

การศึกษาการจำกัดน้ำดื่มในไก่ไข่

A Study of Water Restriction in Laying Hens

นายยุทธนา แสงจันทร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

สัตวบาล — **สาขา**

สัตวบาล — **ภาควิชา**

เรื่อง การศึกษาการจำกัดน้ำดื่มในไก่ไข่

A Study of Water Restriction in Laying Hens

นามผู้วิจัย นายยุทธนา แสงจันทร์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์นิรัตน์ กองรัตนานันท์, Ph.D.)

กรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์รัตนา โชติสังกาศ, D.Agr)

กรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์พนัส ธรรมกีรติวงศ์, ปร.ด.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 15 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาการจำกัดน้ำดื่มในไก่ไข่

A Study of Water Restriction in Laying Hens

โดย

นายยุทธนา แสงจันทร์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
พ.ศ. 2551

ยุทธนา แสงจันทร์ 2551: การศึกษาการจำกัดน้ำดื่มในไก่ไข่ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขา สัตวบาล ภาควิชาสัตวบาล ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ นิรัตน์ กองรัตนานันท์, Ph.D. 83 หน้า

การศึกษาผลของการจำกัดน้ำดื่มในไก่ไข่ที่มีต่อการให้ผลผลิต ความชื้นในมูล ลักษณะทางการสืบพันธุ์ โลหิตวิทยาและไต แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ใช้ไก่ไข่พันธุ์อีซ่าบราวน์ เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิด จำนวน 2 ตัวต่อกรง การทดลองที่ 1 ศึกษาการจำกัดปริมาณน้ำที่ให้ไก่กินในแต่ละวัน ใช้ไก่อายุ 44 สัปดาห์ จำนวน 256 ตัว แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มควบคุมได้รับน้ำอย่างเต็มที่ (250 มิลลิลิตร/ตัว/วัน) กลุ่มที่ได้รับน้ำร้อยละ 90 (90%-water) 80 (80%-water) และ 70 (70%-water) ของปริมาณน้ำที่ให้ในกลุ่มควบคุมผลการทดลองพบว่า ปริมาณอาหารที่กินของไก่กลุ่ม 80% และ 70%-water มีค่าต่ำกว่าของไก่กลุ่มควบคุม ส่วนไก่กลุ่ม 90%-water กินอาหารน้อยกว่าไก่กลุ่มควบคุมเฉพาะในช่วงครึ่งหลังของการทดลอง ($P<0.05$) ค่าเฉลี่ยผลผลิตไข่ น้ำหนักเปลือกไข่และความหนาเปลือกไข่ของไก่กลุ่ม 90% และ 80%-water ไม่แตกต่างไปจากของไก่กลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ความชื้นในมูลของไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดน้ำมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าของไก่กลุ่มควบคุมในบางระยะของการทดลอง ($P<0.05$) ด้านลักษณะทางการสืบพันธุ์พบว่า น้ำหนักรังไข่และจำนวนกระเปาะไข่ของไก่กลุ่ม 90% และ 80%-water มีค่าเท่าเทียมกัน ($P>0.05$) ในขณะที่ไก่กลุ่ม 70%-water มีค่าน้ำหนักรังไข่และจำนวนกระเปาะไข่ขนาดเล็กน้อยกว่าของไก่กลุ่มควบคุม ($P<0.05$) น้ำหนักไขมันช่องท้องของไก่กลุ่ม 80% และ 70%-water มีค่าน้อยกว่าของไก่กลุ่ม 90%-water ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างไปจากของไก่กลุ่มควบคุม ($P>0.05$) น้ำหนักกึ๋นของไก่กลุ่ม 80%-water มีค่าสูงกว่าของไก่กลุ่ม 90%-water ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างไปจากของไก่กลุ่มควบคุมและกลุ่ม 70%-water ($P>0.05$) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ สีไข่แดง คุณภาพไข่ขาว ค่าทางโลหิตวิทยา น้ำหนักและโครงสร้างของไตของไก่ทั้งสี่กลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) การทดลองที่ 2 ศึกษาการจำกัดเวลาในการให้น้ำไก่ในแต่ละวัน แบ่งไก่ทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมได้รับน้ำดื่มอย่างเต็มที่ตลอดเวลา และกลุ่มที่ถูกจำกัดเวลาในการให้น้ำโดยให้ไก่ได้รับน้ำวันละ 3 ครั้งได้แก่ กลุ่ม 45 30 และ 15 min-water ได้รับน้ำครั้งละ 45 30 และ 15 นาที โดยใช้ไก่อายุ 56 สัปดาห์ กลุ่มละ 56 ตัว จากการทดลองพบว่าโดยเฉลี่ยไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดน้ำกินอาหารน้อยกว่าไก่กลุ่มควบคุม ($P<0.05$) ผลผลิตไข่ของไก่กลุ่ม 45 และ 30 min-water มีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ขณะที่ไก่กลุ่ม 15 min-water มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าไก่กลุ่มควบคุม ($P<0.05$) น้ำหนักไข่ของไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดน้ำมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าของไก่กลุ่มควบคุมในบางระยะของการทดลอง ($P<0.05$) ความแตกต่างทางสถิติของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ปรากฏเฉพาะในสัปดาห์แรกของการทดลองเท่านั้น ซึ่งไก่กลุ่ม 45 min-water มีค่าเฉลี่ยเท่าเทียมกับไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดน้ำด้วยกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าต่ำกว่าไก่กลุ่มควบคุม ($P<0.05$) ความสูงไข่ขาวของไก่กลุ่ม 45 min-water มีค่าต่ำกว่าของไก่กลุ่มควบคุมในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 ของการทดลอง ($P<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างไก่กลุ่มควบคุม 30 และ 15 min-water ($P>0.05$) สีไข่แดงของไก่กลุ่ม 15 min-water มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าของไก่กลุ่มควบคุมและกลุ่ม 45 min-water ในสัปดาห์ที่ 3 ของการทดลอง ($P<0.05$) น้ำหนักเปลือกไข่ของไก่กลุ่ม 45 min-water มีค่าเท่าเทียมกันกับของไก่กลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ในขณะที่ไก่กลุ่ม 30 และ 15 min-water มีค่าต่ำกว่าไก่กลุ่มควบคุมในบางระยะของการทดลอง ($P<0.05$) ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกันกับความหนาเปลือกไข่ ด้านความชื้นในมูลของไก่ที่ถูกจำกัดน้ำมีแนวโน้มลดลง โดยมีค่าชัดเจนมากขึ้นในไก่กลุ่ม 15 min-water ($P<0.05$) สำหรับลักษณะทางการสืบพันธุ์พบว่าจำนวนกระเปาะไข่ขนาดเล็กของไก่ที่ถูกจำกัดน้ำมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าของไก่กลุ่มควบคุม ($P<0.05$) น้ำหนักรังไข่ของไก่กลุ่ม 15 min-water เพียงกลุ่มเดียวเท่านั้นที่มีค่าน้อยกว่าของไก่กลุ่มควบคุม ($P<0.05$) น้ำหนักไขมันช่องท้องของไก่กลุ่ม 45 min-water มีค่าน้อยกว่าของไก่กลุ่ม 15 min-water ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างไปจากของไก่กลุ่มควบคุมและกลุ่ม 30 min-water ($P>0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าการจำกัดน้ำไม่มีผลกระทบต่อลักษณะต่างๆของเลือดที่ศึกษา น้ำหนักไต หรือโครงสร้างอย่างละเอียดของไต ($P>0.05$) จากการทดลองสรุปได้ว่าการลดความชื้นในมูลอาจทำได้โดยการให้ไก่ได้รับน้ำดื่มร้อยละ 80-90 ของปริมาณน้ำที่ไก่กินอย่างเต็มที่ในแต่ละวันซึ่งไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตไข่ คุณภาพเปลือกไข่ ลักษณะต่างๆของเลือด หรือสัณฐานวิทยาของไตแต่อย่างใด แต่น้ำหนักไข่ลดลงหรืออาจใช้วิธีการจำกัดเวลาในการให้น้ำโดยให้ไก่ได้รับน้ำวันละ 3 ครั้งๆละ 30-45 นาที อย่างไรก็ตามไข่ที่ได้มีขนาดเล็กกว่าและมีเปลือกไข่บางกว่าไก่ที่ได้รับน้ำดื่มอย่างเต็มที่ตลอดเวลา

ยุทธนา แสงจันทร์ ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อประธานกรรมการ

14 / พ.ค. / 2551

Yutthana Saengchan 2008: A Study of Water Restriction in Laying Hens. Master of Science (Agriculture), Major Field: Animal Science, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Associate Professor Nirat Gongruttananun, Ph.D. 83 pages.

Two experiments were conducted with ISA Brown laying hens to investigate the effect of drinking water restriction on fecal moisture, production performance, egg and eggshell quality, reproductive performance, blood physiology and kidney pathology. In each experiment, the birds were housed in cages (2 birds/cage) situated in a temperature-controlled shed. In Experiment 1, a total of 256 hens, 44 wk of age, were randomly divided into four groups. The first treatment group was provided with water at all times (250 ml/b/d) (control group). The birds in the other groups were given water as follows; 90% (90%-water group), 80% (80%-water group) and 70% (70%-water group) of the water given the control group. The results showed that feed intake of the 80% and 70%-water groups was significantly lower than that of the control group ($P<0.05$), whereas the birds in the 90%-water group consumed significantly less feed than those in the control group only during the last four weeks of the study ($P<0.05$). Average egg production, shell weight and shell thickness of the birds in the 90% and 80%-water groups were not significantly different from those of the birds in the control group ($P>0.05$), though a decrease in egg weight was found in the water-restricted groups in some periods of the study ($P<0.05$). Fecal moisture of the water withdrawal groups was significantly lower than that of the control group transiently ($P<0.05$). There were no significant differences in ovary weight and in total number of ovarian follicles between the control, 90% and 80%-water groups ($P>0.05$). On the other hand, the number of small follicles of the hens in the 70% water group was less than that of the hens in the control group ($P<0.05$). Likewise, the ovary weight of the hens in the 70%-water group was lower than that of the hens in the control group ($P<0.05$). Yield of abdominal leaf fat was reduced in the 80% and 70%-water groups as compared with that of the 90%-water group ($P<0.05$), but was not significantly different from that of the control group ($P>0.05$). The average gizzard weight of the 80%-water group was significantly higher ($P<0.05$) than that of the 90%-water group, but was not significantly different from those of the control and 70%-water groups ($P>0.05$). There were no significant differences in parameters of feed conversion ratio, yolk color, albumen quality, blood parameters and kidney asymmetry or kidney lesions among the experimental groups ($P>0.05$). In Experiment 2, 224 hens, 56 wk of age, were divided into four groups of 56 each. The birds in the first treatment group were allowed to have water available at all times (control group). The hens in the other three groups; 45min-water, 30min-water and 15min-water groups were placed on a restricted timing of the water supply, with drinking water provided three times per day for 45, 30 and 15 minutes each time, respectively. In general, feed intake of the birds in the three experimental groups was significantly lower than that of the birds in the control group ($P<0.05$). There were no significant differences in egg production between the control, 45min-water and 30min-water groups throughout the experimental period of four weeks ($P>0.05$), whereas a lower egg production was found in the 15min-water group ($P<0.05$). Average egg weight of three water-restricted groups was significantly lower than that of the control group in some periods of the trial. At the first week of the study, the feed conversion ratio of the 45min-water group was comparable to that of the other two water-restricted groups, all of which were significantly lower than that of the control group ($P<0.05$). Albumen height of the 45min-water group was significantly lower than that of the control group on Week 2 and 4 of the experiment ($P<0.05$), whereas no significant differences were observed between the control, 30 and 15 min-water groups ($P>0.05$).The score of yolk color of the birds in 15 min-water group was significantly higher than those of the control and 45 min-water groups on Week 3 of the experimental period ($P<0.05$). Shell weight of the birds in the 45min-water group was comparable to that of the birds in the control group, whereas those of the 30 and 15 min-water groups were significantly lower than that of the control group transiently ($P<0.05$). A similar pattern was also found for the eggshell thickness characteristic. In addition, trend toward decrease fecal moisture was observed in the birds subjected to the water restrictions. A decrease in excreta moisture became more pronounced for the birds in the 15min-water group ($P<0.05$). The number of small follicles of the birds in the three groups of water restriction was less than that of the control group ($P<0.05$). Nevertheless, a decrease in ovary weight was observed only for the hens in the 15min-water group as compared to that of the birds in the control group ($P<0.05$). Average abdominal fat weight of the 45min-water group was significantly less than that of the 15min-water group ($P<0.05$), but not significantly different from those of the control and 30 min-water groups ($P>0.05$). No detrimental effects were found in the blood parameters, kidney weight, symmetry ratio, or histological structure of the kidneys in any of the experimental bird groups ($P>0.05$). It was concluded that fecal moisture could be slightly reduced by either providing the birds with 80-90% water of *ad libitum* intake or giving water three times a day for 30-45 minutes each time without adverse effect on egg production, shell quality, blood parameters or renal morphology, except for decreased egg weight. However, hens receiving water three times a day for 30-45 minutes each time sometimes produce eggs with a smaller size and thinner shell than the birds having continuously available water.

Yutthana Saengchan — Student's signature

Nirat Gongruttan — Thesis Advisor's signature

14 / May / 2008

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.นิรัตน์ กองรัตนานันท์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.รัตนา โชติสังกาศ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก รองศาสตราจารย์ ดร.พนัส ธรรมกีรติวงศ์ กรรมการที่ปรึกษาวิชารอง ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำและอบรมสั่งสอนในเรื่องของการเรียน การทำงานวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์อย่างใกล้ชิดจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุไร พงศ์ชัยฤกษ์ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์และบุคลากรภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในทุกๆเรื่อง และขอขอบพระคุณพนักงานและบุคลากรภายในฟาร์มไก่หลวงสุวรรณวาจกกสิกิจทุกท่าน ที่ให้ความสะดวกและช่วยเหลือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดที่ได้จากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่และครอบครัวที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนข้าพเจ้าด้วยดีตลอดมา

ยุทธนา แสงจันทร์

เมษายน 2551

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	22
อุปกรณ์	22
วิธีการ	23
ผลและวิจารณ์	30
ผล	30
วิจารณ์	58
สรุปและข้อเสนอแนะ	68
สรุป	68
ข้อเสนอแนะ	68
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	69
ภาคผนวก	78

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณอาหารที่กิน ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ของไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดปริมาณน้ำดื่มกับกลุ่มควบคุม (control) ในแต่ละช่วงการทดลองของการทดลองที่ 1	34
2	คุณภาพภายในฟองไข่ของไก่ทดลองตลอดระยะเวลาการทดลองของการทดลองที่ 1	35
3	คุณภาพเปลือกไข่ของไก่ทดลองตลอดระยะเวลาการทดลองของการทดลองที่ 1	36
4	ค่าเฉลี่ยความชื้นในมูลและปริมาณน้ำที่ขับออกพร้อมมูลของไก่กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จำกัดปริมาณน้ำดื่มในแต่ละระยะการทดลองของการทดลองที่1	37
5	ค่าเฉลี่ยทางโลหิตวิทยาของไก่กลุ่มควบคุมและไก่กลุ่มที่จำกัดปริมาณน้ำดื่มหลังจากสิ้นสุดการทดลอง (การทดลองที่ 1)	38
6	ผลของการจำกัดปริมาณน้ำดื่มที่มีต่อพัฒนาการของอวัยวะสืบพันธุ์ของไก่ทดลองในการทดลองที่ 1	39
7	ผลของการจำกัดปริมาณน้ำดื่มที่มีต่อน้ำหนักและสัดส่วนของไตในไก่แต่ละกลุ่มเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1	40
8	ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักอวัยวะภายในของไก่กลุ่มควบคุมเปรียบเทียบกับไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดปริมาณน้ำดื่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (การทดลองที่ 1)	41
9	ผลของการจำกัดเวลาในการให้น้ำดื่มที่มีต่อปริมาณอาหารที่กิน ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ของไก่ทดลองในการทดลองที่ 2	46
10	ผลของการจำกัดเวลาในการให้น้ำดื่มที่มีต่อคุณภาพของฟองไข่ของไก่ทดลองในการทดลองที่ 2	47
11	คุณภาพเปลือกไข่ของไก่ทดลองตลอดระยะเวลาการทดลองในการทดลองที่ 2	48
12	ผลของการจำกัดเวลาในการให้น้ำดื่มที่มีต่อปริมาณความชื้นในมูลของไก่ทดลองในการทดลองที่ 2	49
13	ค่าเฉลี่ยทางโลหิตวิทยาของไก่กลุ่มควบคุมและไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดเวลาในการให้น้ำเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (การทดลองที่ 2)	50
14	ผลของการจำกัดเวลาในการให้น้ำดื่มที่มีต่อน้ำหนักและความยาวท่อนำไข่ น้ำหนักรังไข่ และจำนวนกระเปาะไข่ของไก่ในแต่ละกลุ่มเปรียบเทียบกับไก่กลุ่มควบคุมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (การทดลองที่ 2)	51

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

15 ผลของการจำกัดเวลาในการให้น้ำที่มีต่อไตของไก่ทดลองเมื่อสิ้นสุดการทดลองในการทดลองที่ 2 52

16 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักอวัยวะภายในของไก่กลุ่มควบคุมเปรียบเทียบกับของไก่กลุ่ม ที่ถูกจำกัดเวลาในการให้น้ำเมื่อสิ้นสุดการทดลองในการทดลองที่ 2 53

ตารางผนวกที่

1 ส่วนประกอบทางโภชนะที่สำคัญในสูตรอาหารสำหรับไก่ไข่อายุ 20 สัปดาห์ขึ้นไปที่ได้จากการวิเคราะห์ 82

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะไตสัตว์ปีกแบ่งออกเป็น 3 division (1) ส่วนของกลีบย่อย (lobule) (2) การจัดเรียงตัวของหน่วยไตภายใน cylinder (3)	7
2	ลักษณะฟองไข่กลุ่มควบคุมเปรียบเทียบกับกลุ่ม 90%-water	54
3	ลักษณะฟองไข่กลุ่มควบคุมเปรียบเทียบกับกลุ่ม 80%-water	54
4	ลักษณะฟองไข่กลุ่มควบคุมเปรียบเทียบกับกลุ่ม 70%-water	54
5	เปรียบเทียบลักษณะกระเปาะไข่ของไก่แต่ละกลุ่มทดลอง	55
6	เปรียบเทียบลักษณะรังไข่และท่อนำไข่ของไก่แต่ละกลุ่มทดลอง	55
7	ลักษณะของเนื้อเยื่อไตของไก่กลุ่มควบคุม	56
8	ลักษณะของเนื้อเยื่อไตของไก่กลุ่ม 90%-water	56
9	ลักษณะของเนื้อเยื่อไตของไก่กลุ่ม 80%-water	57
10	ลักษณะของเนื้อเยื่อไตของไก่กลุ่ม 70%-water	57

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

vs = versus

การศึกษาการจำกัดน้ำดื่มในไก่ไข่

A Study of Water Restriction in Laying Hens

คำนำ

ในสภาพการณ์ปัจจุบัน การแพร่ระบาดของเชื้อไข้หวัดนก (Avian influenza) ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ปีกเป็นอย่างมาก รัฐบาลมีนโยบายในการส่งเสริมให้เกษตรกรมีการจัดระบบการเลี้ยงสัตว์ปีกให้อยู่ในรูปแบบของมาตรฐานฟาร์ม เพื่อเป็นการควบคุมและป้องกันการแพร่ระบาดของโรค โดยการจัดให้ฟาร์มเป็นระบบปิดทั้งหมด ซึ่งเป็นระบบที่มีการเลี้ยงไก่ในโรงเรือนปิดหรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า โรงเรือนอีแวป (Evaporative cooling system : EVAP) ซึ่งเป็นโรงเรือนที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น รวมไปถึงสภาพแวดล้อมอื่นๆให้คงที่และเป็นไปตามความต้องการของสัตว์ได้ ดังนั้นในอนาคตการจัดการโรงเรือนจึงถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญที่ผู้เลี้ยงต้องปฏิบัติอย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรน้ำและการกำจัดมูลไก่ เนื่องจากหลักการทำงานของโรงเรือนแบบอีแวป มีความจำเป็นต้องใช้น้ำในปริมาณที่สูงมากซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตให้แก่เกษตรกร นอกจากนี้การสะสมมูลไก่ที่มีสภาพเปียกแฉะอยู่ภายในโรงเรือนแบบปิดเป็นสาเหตุของการเกิดแก๊ซแอมโมเนียซึ่งเป็นก๊าซพิษ (toxic gas) ที่เป็นอันตรายต่อเยื่อบุตาและเยื่อบุทางเดินหายใจของไก่และบุคคลที่ได้สัมผัสด้วย ซึ่งมีผลเสียต่อสุขภาพและการให้ผลผลิตของสัตว์

การเลี้ยงไก่ไข่ในฟาร์มโดยทั่วไปนิยมเลี้ยงโดยการให้อาหารและน้ำอย่างเต็มที่ ทั้งน้ำและอาหารมีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่งทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ กล่าวคือ ไก่ไข่ที่ได้รับน้ำที่มีคุณภาพดีในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย มีผลทำให้ไก่สามารถกินอาหารได้มากขึ้น แต่หากไก่ได้รับน้ำที่คุณภาพไม่ดี และมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการจะทำให้ไก่กินอาหารได้น้อยลงและส่งผลต่อการให้ผลผลิตตามลำดับ การเลี้ยงไก่ในสภาพขังกรงตับและได้รับน้ำดื่มอย่างเต็มที่ตลอดเวลา เป็นการบังคับไก่ให้อยู่ในพื้นที่จำกัดไก่จึงสามารถดื่มน้ำได้อย่างสะดวกและตลอดเวลา มีโอกาสทำให้ไก่มีพฤติกรรมในการดื่มน้ำมากเกินความต้องการของร่างกาย (เล่นน้ำ) ซึ่งเป็นการใช้น้ำเกินความจำเป็น นอกจากนี้ยังมีผลทำให้ไก่ขับปริมาณน้ำส่วนเกินออกจากร่างกายเพื่อรักษาสมดุลของน้ำในร่างกายให้คงที่ จึงทำให้มูลไก่มีลักษณะเหลว มีผลทำให้การจัดการเกี่ยวกับมูลเป็นไปได้ยากมากยิ่งขึ้น ทั้งในเรื่องของแก๊ซแอมโมเนีย กลิ่น แมลงวัน และปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella spp.* ซึ่งสามารถขยายพันธุ์และเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงมีแนวความคิดในการศึกษาหาวิธีลดปริมาณความชื้นในมูลไก่ โดยการจำกัดน้ำดื่มที่ให้แก่ไก่กินในแต่ละวัน โดยการจำกัดปริมาณหรือเวลาในการให้น้ำในระดับที่เพียงพอกับความต้องการของสัตว์ โดยไม่มีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตและสุขภาพของไก่แต่อย่างใด ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดความชื้นในโรงเรือนแล้วยังเป็นการใช้ทรัพยากรน้ำภายในโรงเรือนอย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย ซึ่งเป็นผลดีต่อสวัสดิภาพของสัตว์ (Animal welfare) และสุขอนามัยของผู้ปฏิบัติงานภายในโรงเรือน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหาวิธีลดปริมาณความชื้นในมูลไก่ไข่ โดยการจำกัดปริมาณน้ำดื่มที่ไก่ได้รับในแต่ละวัน โดยไม่มีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตไข่และสุขภาพของไก่แต่อย่างใด

2. เพื่อศึกษาผลของการจำกัดน้ำในไก่ไข่ โดยวิธีการจำกัดปริมาณน้ำที่ให้และวิธีการจำกัดเวลาในการให้น้ำในแต่ละวัน ที่มีต่อลักษณะการให้ผลผลิต ความชื้นในมูล ลักษณะการสืบพันธุ์ โลหิตวิทยาและลักษณะของไต

การตรวจเอกสาร

1. ความสำคัญของน้ำ (Roles of water)

น้ำเป็นโภชนะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ ตั้งแต่ในระยะตัวอ่อน (embryo) น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในร่างกายของสัตว์ นอกจากนี้ยังมีบทบาทที่สำคัญต่อขบวนการเจริญเติบโตของสัตว์ ความสำคัญของน้ำในไก่ไข่ไม่แตกต่างไปจากสัตว์ชนิดอื่นๆ เนื่องจากร่างกายของไก่มีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่สูงถึงประมาณร้อยละ 60-70 ดังนั้นหากไก่ไข่สูญเสียน้ำออกจากร่างกายประมาณร้อยละ 10 อาจทำให้ไก่ตายได้ หน้าที่ที่สำคัญของน้ำมีดังนี้

1.1 เป็นส่วนประกอบของร่างกาย ช่วยทำให้เซลล์คงรูปอยู่ได้ (พันทิพา, 2543)

1.2 ช่วยระบายความร้อนออกจากร่างกาย โดยการพาความร้อนออกมากับลมหายใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์ปีกซึ่งไม่มีต่อมเหงื่อ (sweat gland) ดังนั้นการระบายความร้อนโดยทางระบบหายใจจึงเป็นส่วนที่สำคัญ (วิโรจน์, 2537)

1.3 เป็นตัวทำละลายที่ดี เช่น ช่วยละลายของเสียและขับออกจากร่างกาย นอกจากนี้ยังช่วยทำให้การเกิดปฏิกิริยาต่างๆภายในร่างกายดำเนินไปได้ตามปกติ (North and Bell, 1990)

1.4 ช่วยรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ เนื่องจากน้ำมีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีความร้อนจำเพาะสูง ทำให้สามารถนำพาความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกายออกมาพร้อมกับลมหายใจได้เป็นจำนวนมาก (บุญล้อม, 2541)

1.5 เป็นตัวหล่อลื่นให้กับอวัยวะและข้อต่อส่วนต่างๆของร่างกาย โดยเป็นส่วนประกอบของน้ำเลี้ยงไขข้อ (synovial fluid) (พันทิพา, 2543)

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการดื่มน้ำในไก่ไข่

ไก่ไข่มีความต้องการน้ำแตกต่างกันไปตามปัจจัยดังต่อไปนี้ คือ

2.1 อายุ ไก่ไข่ในช่วงไก่เล็กมีความต้องการน้ำน้อยกว่าในช่วงไก่ใหญ่ เนื่องจากร่างกายของไก่ที่อายุยังน้อยจะมีปริมาณน้ำที่เป็นองค์ประกอบในร่างกายอยู่สูง ไก่ไข่ระยะไข่มีความต้องการน้ำโดยเฉลี่ย 250 มิลลิลิตรต่อตัวต่อวัน (Lintern-Moore, 1972)

2.2 อุณหภูมิของร่างกาย ถ้าอุณหภูมิของร่างกายสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่ไก่ป่วยจะมีความต้องการน้ำเพิ่มมากขึ้นเพื่อลดความร้อนที่เกิดขึ้นในร่างกาย โดยปกติสัตว์ปีกเป็นสัตว์ที่มีอุณหภูมิภายในร่างกายสูง เมื่อมีอาการป่วยจึงต้องการน้ำในการระบายความร้อนมากขึ้น (บุญล้อม, 2541)

2.3 อุณหภูมิของสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะในช่วงที่มีอากาศร้อนหรือช่วงที่อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมสูง มีผลทำให้ไก่ไข่ต้องการปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น เพื่อช่วยในการระบายความร้อนออกจากร่างกาย (Sterling *et al.,* 2003)

2.4 ความชื้นสัมพัทธ์ ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำไก่จะกินน้ำมากขึ้น เนื่องจากมีการสูญเสียน้ำออกจากร่างกายมากขึ้น (พันทิพา, 2543)

2.5 แหล่งโปรตีนในอาหาร อาหารไก่ที่ใช้ปลาป่นเป็นส่วนประกอบจะมีผลทำให้สัตว์ต้องการปริมาณน้ำมากขึ้น เนื่องจากมีปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์สูง (พันทิพา, 2543)

2.6 ระดับเยื่อใยและพลังงาน ไก่มีความต้องการน้ำเพิ่มมากขึ้นในกรณีที่ได้รับอาหารที่มีเยื่อใยสูง เนื่องจากอาหารที่มีเยื่อใยสูงทำให้มีการขับกากอาหาร (มูล) มาก ซึ่งในมูลไก่จะมีน้ำเป็นองค์ประกอบถึงร้อยละ 75 ไก่จึงต้องการน้ำมากขึ้นเพื่อชดเชยการสูญเสียน้ำที่ถูกขับออกมากับมูล Patterson *et al.* (1989) รายงานว่า ไก่ที่กินอาหารที่มีเยื่อใยสูง เช่น ข้าวสาลี จะกินน้ำมากกว่าไก่ที่กินอาหารที่มีส่วนประกอบของข้าวโพดถึงร้อยละ 50 นอกจากนี้ไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีพลังงานสูงจะมีความต้องการน้ำน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีพลังงานต่ำเนื่องจากอาหารที่มีพลังงานสูงทำให้ไก่สามารถกินอาหารได้น้อยกว่าอาหารที่มีพลังงานต่ำ ทำให้ไก่มีความต้องการน้ำน้อยตามไปด้วย (พันทิพา, 2543)

2.7 แร่ธาตุ โดยเฉพาะเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) มีผลกระทบทำให้ไก่มีความต้องการน้ำมากขึ้นหากได้รับอาหารหรือน้ำที่มีปริมาณเกลืออยู่ในระดับสูง เนื่องจากต้องไปเพิ่มการขับโซเดียม (Na^+) ออกจากร่างกายโดยการทำงานของไต (Herrick, 1971)

2.8 โรค มีโรคบางชนิดที่เกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร ทำให้ไก่กินน้ำมากขึ้นและทำให้ถ่ายเหลว (wet droppings) (พันทิพา, 2543)

2.9 การจัดการ การเลี้ยงไก่ไข่ขังกรงตับมีผลทำให้ไก่กินน้ำมากกว่าไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้น ดังนั้นมูลจึงมีลักษณะเหลวมากกว่า อาวุธ (2541) รายงานว่า ไก่ไข่ที่เลี้ยงกรงตับจะใช้เวลาในการกินน้ำ 8 นาที/ชั่วโมง ทำให้ไก่ขับน้ำส่วนเกินออกมากขึ้นเพื่อรักษาสมดุลของน้ำในร่างกาย

2.10 การเคลื่อนไหว สัตว์ที่มีการเคลื่อนไหวบ่อย จะมีความต้องการปริมาณน้ำมากกว่าสัตว์ที่ชอบอยู่กับที่ (อาวุธ, 2541)

3. ไตสัตว์ปีก (The Avian Kidneys)

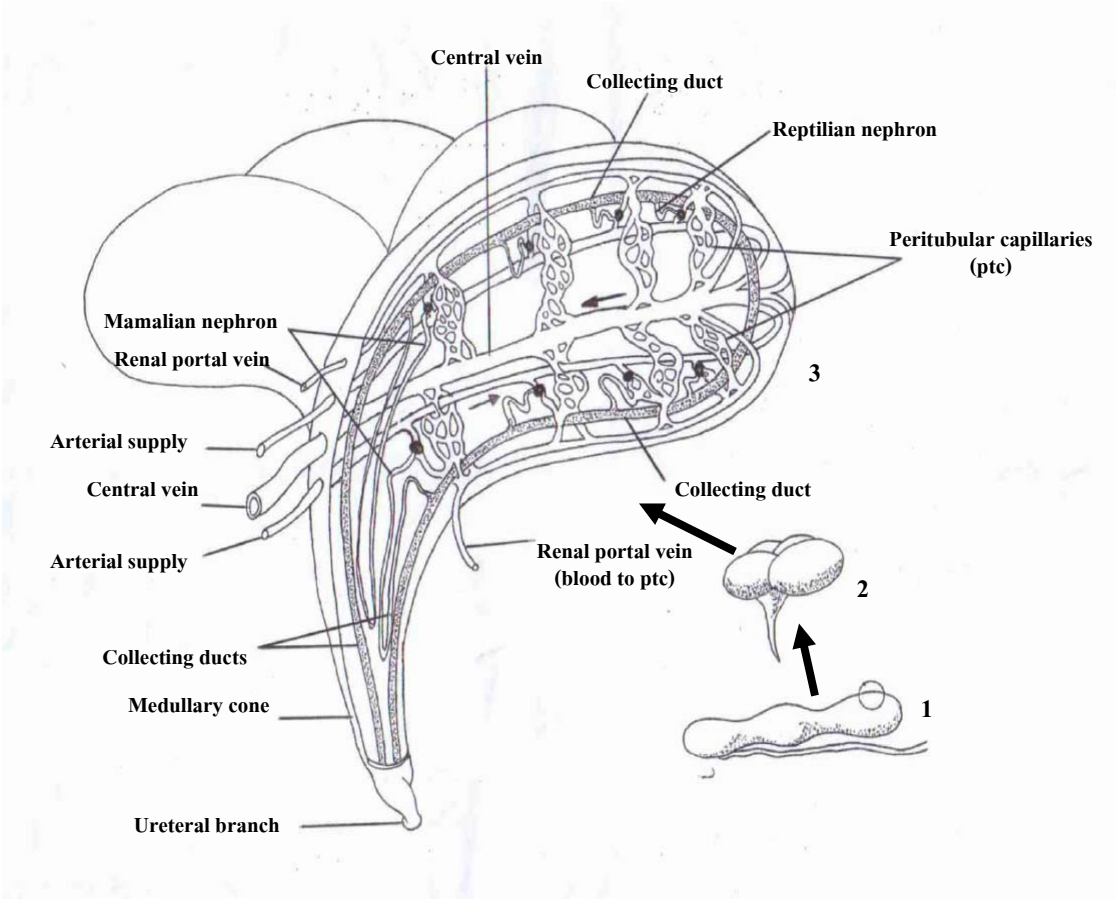
3.1 โครงสร้างของไต (Structure of the kidneys)

ระบบขับถ่ายของสัตว์ปีกประกอบด้วยไต (kidney) และท่อไต (ureter) อย่างละ 1 คู่ ไตฝังตัวอยู่ในโพรงช่องว่างตรงบริเวณกระดูกเชิงกรานโดยอยู่ตรงบริเวณด้านล่าง (ventral) ของกระดูก synsacrum (Hodges, 1974) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่เชื่อมต่อกันระหว่างกระดูกสันหลังส่วนอกชิ้นสุดท้าย ส่วนเอว ส่วนสะโพกและส่วนหาง โดยปกติไตข้างซ้ายและข้างขวาจะมีลักษณะสมมาตรกัน (symmetry) ซึ่งแต่ละข้างแบ่งออกเป็น 3 ส่วน (division) ได้แก่

1. ส่วนแรก เรียกว่า Anterior division หรือ Cranial division
2. ส่วนกลาง เรียกว่า Middle division
3. ส่วนท้าย เรียกว่า Posterior division หรือ Caudal division

ภายในไตประกอบด้วยโครงสร้างย่อยที่มีรูปร่างคล้ายกลีบจำนวนมากมายเรียกว่าพูย่อย (lobule) แต่ละพูย่อยประกอบด้วยโครงสร้างที่มีลักษณะยาวรูปทรงกระบอกเรียกว่า cylinder ภายในแต่ละ cylinder ประกอบด้วยโครงสร้างพื้นฐาน (functional unit) เรียกว่าหน่วยไต (nephron) มีหน้าที่ในการกรองของเสียต่างๆออกจากกระแสเลือด (Sturkie, 1976) ไตของสัตว์ปีกมีระบบเลือดมา

หล่อเลี้ยง 2 ระบบ ได้แก่ Arterial blood supply และ Renal portal system เลือดจากส่วนต่างๆของร่างกายถูกนำมากรองบริเวณโกลเมอรูลัส (glomerulus) เลือดที่ผ่านการกรองจากโกลเมอรูลัสจะเข้าสู่หลอดเลือด efferent arteriole เข้าสู่ร่างแหหลอดเลือดฝอยที่เรียกว่า peritubular capillary network ซึ่งบริเวณนี้เลือดแดงจากหลอดเลือด efferent arteriole จะรวมกับเลือดดำจากส่วนท้ายของร่างกายโดยระบบเลือด renal portal system กลายเป็นเลือดที่ผสมกันระหว่างเลือดแดงกับเลือดดำ (mixed blood) และถูกนำออกจากหน่วยไตโดยผ่านทางหลอดเลือด central vein และถูกนำออกจากไตโดยหลอดเลือด renal vein ต่อไป ส่วนของเหลวที่ผ่านการกรองบริเวณโกลเมอรูลัส ถูกส่งผ่านท่อของหน่วยไตจนเข้าสู่ท่อรวมน้ำปัสสาวะ (collecting ducts) เพื่อขับออกนอกร่างกาย (Hodges, 1974; Sturkie, 1976) ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะไตสัตว์ปีกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน (1) ส่วนของกลีบย่อย (lobule) (2) การจัดเรียงตัวของหน่วยไตภายใน cylinder (3)

ที่มา: Braun and Dantzler (1972)

Nephron ของสัตว์ปีกแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. Reptilian type nephron หมายถึง หน่วยไตที่กระจายอยู่บริเวณเนื้อไตส่วนนอก (cortex) โครงสร้างประกอบด้วยกลุ่มของหลอดเลือดฝอย เรียกว่า glomerulus และระบบท่อของหน่วยไต (tubular system) ไม่มีโครงสร้างของหลอดไตรูปตัวยูส่วนที่เรียกว่า Loops of Henle แต่จะมีท่อสั้นๆ ที่มาทำหน้าที่แทนมีชื่อเรียกว่า cortical intermediate tubule เชื่อมระหว่างท่อของหน่วยไตส่วนต้น (proximal tubule) กับส่วนท้าย (distal tubule)

2. Mammalian type nephron หมายถึง กลุ่มของหน่วยไตที่อยู่ในบริเวณเนื้อไตชั้นใน (medulla) มีโครงสร้างต่างๆคล้ายกับไตของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มี Loops of Henle ซึ่งมีบทบาทในการผลิตน้ำปัสสาวะที่มีความเข้มข้นสูง

ไตของสัตว์ปีกมีขนาดใหญ่กว่าไตของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (คิดเป็นสัดส่วนต่อน้ำหนักตัว) ความสามารถในการกรองน้ำปัสสาวะของไตสัตว์ปีกเทียบเท่ากับไตของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แม้ว่าจะมีขนาดของโกลเมอรูลัสเล็กกว่าก็ตาม แต่ไตของสัตว์ปีกมีจำนวนโกลเมอรูลัสมากกว่าไตของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และที่สำคัญในสัตว์ปีกมีระบบเลือดพิเศษ เรียกว่า Renal portal blood system ซึ่งเป็นระบบเลือดที่ทำหน้าที่นำเลือดดำ (venous blood) จากส่วนท้ายของร่างกาย เช่น ส่วนขาและสะโพก กลับมาเลี้ยงเนื้อเยื่อของไตอีกครั้งหนึ่ง ทำให้ไตสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดของเสียประเภทไนโตรเจน (nitrogenous waste product) ซึ่งส่วนใหญ่คือ กรดยูริก นอกจากนี้ยังมีหน้าที่ในการรักษาปริมาณน้ำในร่างกาย โดยเฉพาะในช่วงที่ร่างกายขาดน้ำ (dehydration) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การทำงานของไตสัตว์ปีกมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับไตของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

3.2 หน้าที่ของไต (Function of the kidneys)

ในสัตว์ปีกไตมีหน้าที่ที่สำคัญต่อร่างกาย ได้แก่

3.2.1 การกำจัดของเสียประเภทไนโตรเจน (Excretion of nitrogen waste product)

สัตว์ปีกขับถ่ายของเสียประเภทไนโตรเจนออกมาในรูปของกรดยูริกเป็นส่วนใหญ่ กรดยูริกถูกสร้างมาจากตับและนำพามาขับทิ้งออกบริเวณไต โดยขบวนการที่เรียกว่า Tubular secretion บริเวณที่มีการขับกรดยูริกออกคือท่อของหน่วยไตส่วนต้น (proximal tubule) สำหรับท่อ

ของหน่วยไตส่วนอื่นอาจมีการขับกรดยูริกออกบ้างเล็กน้อย ลักษณะเฉพาะที่สำคัญของไตสัตว์ปีก คือ มีระบบเลือดพิเศษมาหล่อเลี้ยง เรียกว่า renal portal system ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการขับกรดยูริกที่ไตได้มากขึ้น (Sturkie, 1976; Johnson, 1979)

3.2.2 การควบคุมสมดุลของอิเลคโทรไลท์ (Electrolyte balance regulation)

ในสภาพร่างกายปกติของสัตว์ ปริมาณน้ำที่สัตว์กินและปริมาณน้ำที่ถูกขับออกต้องมีความสมดุลและคงที่ตลอดเวลา เพื่อเป็นการรักษาสมดุลของน้ำที่อยู่ภายในเซลล์ (intracellular fluid) ภายนอกเซลล์ (extracellular fluid) และในพลาสมา (plasma) ทำให้สัตว์สามารถดำรงชีวิตได้ตามปกติ ทั้งนี้หากมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับปริมาณน้ำที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในส่วนต่างๆ เหล่านี้ จะส่งผลทำให้ระดับความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์ (electrolytes) ในกระแสเลือดหรือที่เรียกว่า ออสโมลาลิตี (osmolality) เปลี่ยนแปลงไปจนอาจเกิดความไม่สมดุลขึ้นในร่างกาย (Lopez *et al.,* 1973)

โซเดียม (sodium, Na)

โซเดียมเป็นอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) ที่พบปริมาณมากที่สุดในของเหลวที่อยู่ภายนอกเซลล์ (extracellular fluid) รวมทั้งในเลือดและปัสสาวะของคนและสัตว์ เมื่อร่างกายได้รับโซเดียมจากอาหารและผ่านขบวนการกรองที่ไตแล้ว ประมาณ 2 ใน 3 ของโซเดียมที่ผ่านการกรองจะถูกดูดซึมกลับเข้าสู่ร่างกายที่บริเวณท่อของหน่วยไตส่วนต้น (proximal tubule) (ชลลดา, 2549) ไตมีโครงสร้างที่เรียกว่าจักซ์ตาโกลเมอรูลาร์แอปพาราตัส (juxtaglomerular apparatus) ทำหน้าที่ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของโซเดียมในเลือด เพื่อกระตุ้นการทำงานของไตในการรักษาสมดุลของโซเดียมภายในร่างกายโดยอาศัยกลไกการทำงานของระบบที่เรียกว่าเรนินแองจิโอเทนซิน (renin angiotensin system) (ชลลดา, 2549) ในบางสภาวะที่ไก่เกิดความเครียด เช่น การเสียเลือด (hemorrhage) การขาดน้ำ (dehydration) หรือภาวะอื่นๆที่ทำให้ปริมาตรของเลือดในร่างกายและอัตราการกรองที่โกลเมอรูลัส (glomerular filtration rate, GFR) ลดลง ร่างกายจะตอบสนองโดยการกระตุ้นการหลั่งเอนไซม์เรนนิน (rennin) จาก granular cell บริเวณ juxtaglomerular apparatus ที่ผนังหลอดเลือด afferent arterioles ของไต เพื่อไปกระตุ้นการเปลี่ยนสารแองจิโอเทนซิโนเจน (angiotensinogen) ไปเป็นสาร angiotensin I จากนั้นจะมีเอนไซม์ angiotensin converting enzyme ทำการเปลี่ยน angiotensin I ให้กลายเป็น angiotensin II ซึ่ง angiotensin II ไปกระตุ้นให้ต่อมหมวกไต (adrenal gland) สร้างและหลั่งฮอร์โมนอัลโดสเตอโรน (aldosterone) เพื่อไปกระตุ้นให้ท่อของหน่วยไตส่วนต้น (proximal tubule) เพิ่มการดูดกลับของ

โซเดียมมากขึ้นทำให้มีการดูดน้ำกลับเข้ามาด้วย ทำให้ปริมาตรของเลือดในร่างกายเข้าสู่ระดับปกติ (ชลลดา, 2549; Sturkie, 1976; Layton *et al.,* 2000)

นอกจากนี้ในภาวะที่ไอออนของโซเดียม โปแตสเซียม และคลอไรด์ในเลือดลดลง ยังมีผลต่อการหลั่งเอนไซม์เรนนินเช่นเดียวกันเพื่อรักษาสมดุลของไอออนในร่างกาย (วิโรจน์, 2537) ไก่ไข่ที่ขาดน้ำหรือได้รับน้ำดื่มไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายมีผลทำให้ระดับความเข้มข้นของโซเดียมในกระแสเลือดเพิ่มสูงขึ้น (Koike *et al.,* 1983; Arnason *et al.,* 1986; Roberts, 1991) Gee and Huston (1965) พบว่า การขาดน้ำในไก่ไข่มีผลทำให้ปริมาณของเหลวในร่างกาย (body fluid) มีค่าลดลงประมาณร้อยละ 16-20 ส่งผลทำให้ระดับความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์ต่างๆ รวมทั้งโซเดียมและแคลเซียมดังที่ได้กล่าวมาแล้วมีค่าสูงขึ้น Gongruttananun and Chotesangasa (2005) รายงานว่า ไก่ไข่ที่ขาดน้ำ 48 ชั่วโมง มีผลทำให้ระดับของโซเดียมในเลือดมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 27 ของไก่ที่ได้รับน้ำเต็มที่ตลอดเวลา

แคลเซียม (calcium, Ca)

แคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญอย่างมากในการเลี้ยงไก่ไข่โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะให้ผลผลิต เนื่องจากแคลเซียมเป็นแร่ธาตุหลักที่สำคัญในกระบวนการสร้างเปลือกไข่โดยเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเปลือกไข่ หากไก่ได้รับแคลเซียมไม่เพียงพอจะมีผลทำให้เปลือกไข่มีคุณภาพลดลง ไข่เปลือกบางและแตกร้าวง่ายขึ้น ปกติในอาหารไก่ไข่ระยะให้ผลผลิตจะมีปริมาณแคลเซียมเป็นส่วนประกอบประมาณร้อยละ 3.5-4.0 แคลเซียมจากอาหารในรูปของแคลเซียมรวม (total calcium) ที่ไก่กินเมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะถูกดูดซึมและเก็บสะสมบริเวณกระดูก medullary bone ซึ่งเป็นกระดูกชนิดพิเศษพบเฉพาะในไก่ไข่เพศเมียที่กำลังให้ผลผลิต (Sturkie, 1986) เมื่อมีขบวนการสร้างเปลือกไข่ แคลเซียมที่เก็บสะสมจะถูกนำมาใช้เพื่อสร้างเป็นเปลือกไข่ที่สมบูรณ์โดยจะอยู่ในรูปของแคลเซียมไอออน (ionized calcium, Ca^{2+}) ซึ่งแคลเซียมไอออนนี้จะมีระดับค่อนข้างคงที่ แต่จะมีระดับลดลงเล็กน้อยในช่วงที่มีขบวนการสร้างเปลือกไข่เกิดขึ้นภายในท่อนำไข่ส่วนที่เรียกว่า shell gland (Luck and Scanes, 1979) ในสภาพปกติไก่ไข่ต้องรักษาระดับของแคลเซียมในพลาสมาและของเหลวนอกเซลล์ (extracellular fluid) ให้อยู่ในสภาวะสมดุลตลอดเวลา ไก่ที่ขาดน้ำจะก่อให้เกิดความไม่สมดุลของระดับแคลเซียม (calcium imbalance) การขาดน้ำมีผลทำให้ระดับความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนเพิ่มขึ้น เนื่องจากในเมื่อร่างกายขาดน้ำมีผลทำให้ปริมาตรของของเหลวในร่างกาย (body fluid) ลดลง ทำให้ไอออนในเลือดมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น (Koike *et al.,* 1983) ไตจึงเพิ่มการขับแคลเซียมออกมากขึ้น เพื่อดูดซึมน้ำกลับที่ท่อของหน่วยไต (Sturkie, 1976)

3.2.3 การรักษาสมดุลกรดด่าง (Regulation of acid-base balance)

ในสัตว์ปีกไตนอกจากมีหน้าที่ในการรักษาสมดุลของน้ำและอิเล็กโทรไลต์ต่างๆ ในร่างกายแล้ว ยังมีหน้าที่ในการรักษาสภาพความเป็นกรดด่างของของเหลวในร่างกายให้มีความสมดุลอยู่ตลอดเวลา โดยอาศัยการทำงานของระบบบัฟเฟอร์เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ในกรณีที่มีกรดหรือด่างในร่างกายมากเกินไป ระบบบัฟเฟอร์ที่สำคัญมี 3 ระบบ ได้แก่

1. Bicarbonate buffer system
2. Phosphate buffer system
3. Protein buffer system

ด้วยเหตุนี้หากเกิดความเสียหายแก่ไตหรือไตไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ อาจส่งผลให้ประสิทธิภาพในการรักษาสมดุลกรดด่างในร่างกายลดลง อันจะส่งผลเสียต่อระบบการทำงานของร่างกายจนอาจทำให้ไก่ตายในที่สุด การขาดน้ำมีผลกระทบโดยตรงต่อการทำงานของไต ลักษณะความผิดปกติของไตในไก่ที่ขาดน้ำเป็นเวลานาน คือ ไตมีลักษณะบวมและซีด (Fisher *et al.*, 1961; Onderka *et al.,* 1987) น้ำหนักของไตทั้งสองข้างไม่สมมาตรกัน (kidney weight asymmetry) (Siller, 1981) และยังอาจพบก้อนนิ่ว (urolith) อุดตันภายในท่อไต (ureter) และท่อรวมน้ำปัสสาวะ (collecting duct) (Mallinson *et al.,* 1984) การขาดน้ำในระดับที่รุนแรงมีผลทำให้ไตเกิดการหดตัว การทำงานของไตล้มเหลวและทำให้อัตราการตายของไก่มีค่าสูงขึ้น (Julian, 1982) ดังนั้นหากไก่ขาดน้ำหรือได้รับน้ำไม่เพียงพอจนเข้าสู่ระยะวิกฤตและไตเกิดความเสียหาย จะทำให้เกิดความไม่สมดุลของกรดด่างในร่างกาย ทำให้สัตว์ได้รับอันตรายเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของกรดด่างในร่างกายเกิดขึ้น

3.2.4 การควบคุมสมดุลของน้ำในร่างกาย (Body water regulation)

ไตมีหน้าที่ในการรักษาสมดุลของน้ำในร่างกายของคนและสัตว์ เมื่อร่างกายขาดน้ำไตจะปรับตัวโดยการทำงานเพื่อรักษาน้ำในร่างกายมากขึ้นโดยการขับปัสสาวะออกน้อยลง แต่มีความเข้มข้นสูง เรียกว่า Hypertonic urine ซึ่งการที่ไตของสัตว์ปีกสามารถผลิตปัสสาวะที่มีความเข้มข้นสูงได้ เนื่องจากการทำงานของฮอร์โมน arginine vasotocin (AVT) ที่ผลิตจากสมองส่วนที่เรียกว่าไฮโปธาลามัสแล้วนำมาเก็บที่บริเวณต่อมใต้สมองส่วนหลัง (Goldstein, 2006) AVT ช่วยในการควบคุมสมดุลของน้ำในร่างกาย โดยการควบคุมให้น้ำสามารถถูกดูดซึมผ่านผนังท่อของหน่วยไตได้มากขึ้น ส่งผลให้อัตราการขับปัสสาวะออกลดลง ปัสสาวะจึงมีความเข้มข้นมากขึ้น ทำให้สัตว์ปีกสามารถรักษาน้ำในร่างกายได้ ในทางตรงกันข้ามถ้าหากสัตว์ได้รับน้ำมากเกินปริมาณความ

ต้องการของร่างกาย ทำให้ไตขับปริมาณน้ำส่วนเกินออกจากร่างกาย เพื่อรักษาสมดุลของของเหลวในร่างกายให้คงที่จึงทำให้มูลไก่มีลักษณะเหลว (Lintern-Moore, 1972)

4. การถ่ายเหลว (Wet droppings)

การถ่ายเหลว หมายถึง การที่มูลไก่มีลักษณะเหลวเนื่องจากมีปริมาณของน้ำในมูลมากกว่าร้อยละ 80 (Okumura *et al.,* 1977) นับเป็นปัญหาที่พบได้ในฟาร์มเลี้ยงไก่ไข่ สาเหตุของการถ่ายเหลวอาจเกิดจากปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ โรคบางชนิดที่เกิดในสัตว์ปีก เช่น โรคไต ชนิดของอาหาร และการจัดการในด้านการให้อาหาร (Hungerford, 1969) อุณหภูมิและความชื้นของสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะหากสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิและความชื้นสูง จะยิ่งทำให้ปริมาณความชื้นในมูลเพิ่มสูงมากขึ้น (Okumura *et al.,* 1977) นอกจากนี้พฤติกรรมการดื่มน้ำของไก่เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาการถ่ายเหลว อาวุธ (2541) รายงานว่าแม่ไก่ที่เลี้ยงในกรงตับจะใช้เวลาในการกินน้ำ 8 นาทีต่อชั่วโมง การเลี้ยงไก่ไข่ในกรงตับเป็นการบังคับไก่ให้อยู่ในพื้นที่จำกัด ไก่จึงสามารถดื่มน้ำได้สะดวกและตลอดเวลา มีโอกาสทำให้สัตว์มีพฤติกรรมการดื่มน้ำมากเกินปริมาณความต้องการของร่างกาย (polydipsia) ทำให้ไตขับปริมาณน้ำส่วนเกินออกจากร่างกาย เพื่อรักษาสมดุลของของเหลวในร่างกายให้คงที่จึงทำให้มูลไก่มีลักษณะเหลว การจำกัดปริมาณน้ำดื่มสามารถลดปริมาณน้ำที่ขับออกมากับมูลได้ทำให้มูลมีความชื้นลดลง (Maxwell and Lyle, 1957; Lintern-Moore, 1972; Henuk *et al.,* 1999)

4.1 ผลกระทบที่เกิดจากการถ่ายเหลว

จากปัญหาการถ่ายเหลว ทำให้ปริมาณความชื้นในมูลเพิ่มขึ้น ส่งผลโดยตรงกับการเพิ่มขึ้นของระดับแก๊ซแอมโมเนียภายในโรงเรือน ทำให้เกิดผลเสียต่อทั้งสุขภาพและการให้ผลผลิตของสัตว์ ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้ คือ

4.1.1 ปริมาณความชื้นในมูล (Fecal moisture content)

ในสภาพปกติปริมาณความชื้นในมูลไก่ไข่มีค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ 80 (Anderson and Hill, 1968) มีหลักฐานทางวิชาการบ่งชี้อย่างชัดเจนว่าปริมาณความชื้นในมูลไก่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณน้ำที่ไก่กิน (Hijikuro, 1976; Patterson *et al.,* 1989) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นยังมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของแก๊ซแอมโมเนียภายในโรงเรือน (Weaver and Meijerhof, 1991) อันจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของสัตว์และบุคลากรที่ปฏิบัติงานภายใน

โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ Maxwell and Lyle (1957) ทำการทดลองโดยการจำกัดปริมาณน้ำดื่มในไก่ไข่ที่อยู่ในระยะกำลังให้ผลผลิตไข่ โดยการให้ไก่ได้รับน้ำดื่มวันละ 3 ครั้งๆละ 15 นาที ผลการทดลองพบว่ามูลของไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดน้ำมีลักษณะแห้งกว่าของไก่กลุ่มควบคุมอย่างเห็นได้ชัด การเลี้ยงไก่ขังกรงตับโดยได้รับน้ำอย่างเต็มที่ตลอดเวลามีผลทำให้ไก่กินน้ำมากเกินปริมาณความต้องการของร่างกาย (Lintern-Moore, 1972) Gongruttananun and Chotesangasa (2005) รายงานว่า ปริมาณความชื้นในมูลของไก่ที่ถูกอดน้ำนานติดต่อกัน 2 วัน มีค่าลดลงประมาณร้อยละ 5 ของไก่ที่ได้รับน้ำดื่มอย่างเต็มที่

แอมโมเนีย เกิดจากขบวนการ deamination ที่ตับ แอมโมเนียมีพิษต่อร่างกาย ดังนั้นการขับแอมโมเนียออกจากร่างกายในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจึงขับออกในรูปของยูเรียที่บริเวณไต ในขณะที่สัตว์ปีกขับสารไนโตรเจนออกจากร่างกายส่วนใหญ่ในรูปของกรดยูริก รองลงมาคือแอมโมเนีย โดยในไก่ที่โตเต็มที่สามารถขับกรดยูริกออกจากร่างกายวันละประมาณ 4-5 กรัม ในขบวนการสังเคราะห์กรดยูริกขั้นสุดท้ายอาศัยเอนไซม์ xanthine oxidase ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระดับเอนไซม์ขึ้นอยู่กับระดับโปรตีนในอาหารที่ไก่ได้รับ (ณรงค์ศักดิ์, 2533) Stevens (1996) รายงานว่าไก่ที่กินอาหารที่มีระดับโปรตีนสูงจะขับกรดยูริกออกมากกว่าไก่ที่กินอาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ปริมาณการขับยูริกออกนั้นจะมีระดับสูงขึ้นเมื่อไก่ถูกจำกัดอาหาร (Karasawa, 1986)

4.4.2 การให้ผลผลิต (Production performance)

สำหรับการเลี้ยงไก่ไข่ที่มีปัญหาเกี่ยวกับการถ่ายเหลว อันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ระดับของแก๊ซแอมโมเนียในโรงเรือนเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อมีการสะสมของมูลไก่หรือสิ่งขับถ่ายของไก่ไข่ทำให้เกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์จนกลายเป็นแก๊ซแอมโมเนียเกิดขึ้น โดยเฉพาะในมูลที่มีความชื้นสูง การเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเพิ่มขึ้นของแก๊ซแอมโมเนียภายในโรงเรือน (Weaver and Meijerhof, 1991) นอกจากการย่อยสลายมูลของจุลินทรีย์แล้ว เศษอาหารที่ตกหล่นบนพื้น อุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนและการถ่ายเทอากาศไม่ดียังทำให้มีการเกิดแอมโมเนียเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งเมื่อระดับของแอมโมเนียเพิ่มขึ้นในโรงเรือน ส่งผลทำให้เกิดความเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อบุตาและจมูก โดยไก่อาจแสดงอาการน้ำตาไหล ไอ จาม ขับน้ำมูกและสารคัดหลั่งออกมาคล้ายอาการเป็นหวัด ก่อให้เกิดความเครียดกับตัวไก่และหากได้รับแอมโมเนียในระดับสูงถึง 100-200 ppm ทำให้ไก่เกิดการอักเสบของเยื่อตาขาว (keratoconjunctivitis) เกิดการระคายเคืองในระบบทางเดินหายใจ นำไปสู่การเกิดโรคทางเดินหายใจ อัตราการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตลดลง (Deaton *et al.,* 1982; Hauser and Folsh, 1988)

5. การขาดน้ำในไก่ไข่ (Water deprivation in laying hens)

น้ำเป็นโภชนะที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของไก่ ไก่ที่ขาดน้ำหรือได้รับน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย อาจทำให้ไก่ตกอยู่ในสภาวะขาดน้ำและส่งผลเสียต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตรวมทั้งสุขภาพของไก่ คือ

5.1 ปริมาณอาหารที่กินและสมรรถภาพการผลิต (Feed intake and productive performance)

การขาดน้ำในไก่ไข่มีผลทำให้ไก่กินอาหารลดลง (Bierer *et al.,* 1965; Adams, 1973) Gongruttananun and Chotesangasa (2005) รายงานว่า การขาดน้ำในไก่สาวระยะก่อนไข่เป็นเวลานาน 48 ชั่วโมง มีแนวโน้มทำให้การให้ไข่ฟองแรกช้ากว่าไก่ที่ได้รับน้ำดื่มเต็มที่ตลอดเวลา นอกจากนี้ยังสังเกตพบพฤติกรรมก้าวร้าวในไก่กลุ่มที่ถูกอดน้ำอย่างชัดเจน Adams (1973) รายงานว่า การขาดน้ำในไก่ไข่ระยะกำลังให้ผลผลิตไข่ มีผลกระทบอย่างรุนแรงต่อการให้ผลผลิตไข่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง 2 สัปดาห์แรกหลังจากการขาดน้ำ (Sunde, 1962; Bierer *et al.,* 1965) Bierer *et al.* (1965) ทำการศึกษาโดยการอดน้ำไก่พันธุ์เล็กฮอร์นขาว (White leghorn) นานติดต่อกัน 2 วัน พบว่า การขาดน้ำมีผลทำให้คุณภาพของเปลือกไข่มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่ไม่มีผลต่อคุณภาพภายในฟองไข่แต่อย่างใด Gongruttananun and Chotesangasa (2005) พบว่า การขาดน้ำในไก่สาวระยะก่อนไข่ (prelayer) มีผลทำให้ผลผลิตไข่ลดลงเพียงแค่ในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการให้ผลผลิตไข่เท่านั้น หลังจากนั้นไก่ที่ถูกอดน้ำจะสามารถให้ผลผลิตไข่เท่าเทียมกับไก่กลุ่มควบคุม

5.2 การเจริญพัฒนาของรังไข่และท่อนำไข่ (Development of the ovary and oviduct)

อวัยวะสืบพันธุ์ของสัตว์ปีกเพศเมียประกอบด้วยรังไข่ (ovary) และท่อนำไข่ (oviduct) ในขณะที่ยังเป็นตัวอ่อนระยะแรกพบว่า รังไข่และท่อนำไข่ทั้ง 2 ข้าง (ซ้ายและขวา) ยังเจริญอยู่ แต่ในระยะต่อมาพบว่ารังไข่และท่อนำไข่ด้านขวาเริ่มฝ่อ คงเหลือเฉพาะรังไข่และท่อนำไข่ด้านซ้ายเท่านั้นที่สามารถเจริญพัฒนาต่อไปได้ตามปกติ (North and Bell, 1990) ไก่ไข่ที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์รังไข่และท่อนำไข่ยังไม่พัฒนาอย่างเต็มที่ ในช่วงไก่สาว (pullet) รังไข่ของไก่มีน้ำหนักเพียง 7 กรัมเท่านั้น แต่เมื่อเริ่มเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ (อายุ 5-6 เดือน) รังไข่จะมีลักษณะคล้ายพวงองุ่นมีน้ำหนักประมาณ 40 กรัม และเมื่อเข้าสู่ระยะให้ผลผลิต (อายุ 6 เดือนขึ้นไป) น้ำหนักรังไข่จะมีค่าเพิ่มขึ้นโดยมีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 50 กรัม ภายในรังไข่ของแม่ไก่ที่โตเต็มที่แล้วจะมีเซลล์ไข่ขนาดเล็กเป็นจำนวนมากโดยเฉลี่ยมีค่าประมาณ 120,000 หน่วย (Etches, 1996) Gilbert *et al.* (1983) รายงานว่า กระเปาะไข่ที่พบในรังไข่ของแม่ไก่ในระยะให้ผลผลิตมีขนาดแตกต่างกัน Waddington *et al.* (1985)

ได้จัดแบ่งกระเปาะไข่ออกเป็นกลุ่มๆตามขนาดของกระเปาะไข่ดังนี้คือ กระเปาะไข่ขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร) กระเปาะไข่ขนาดกลาง (เส้นผ่านศูนย์กลาง 2-8 มิลลิเมตร) และกระเปาะไข่ขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 8 มิลลิเมตร) หลังจากที่กระเปาะไข่เจริญพัฒนาเป็นกระเปาะไข่ขนาดใหญ่แล้วจะเริ่มมีการสะสมสารไข่แดงเพื่อพัฒนาเป็นกระเปาะไข่ที่สมบูรณ์ (mature follicles) เพื่อรอการตกไข่ต่อไป

การเจริญและพัฒนาของระบบสืบพันธุ์มีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบฮอร์โมน กล่าวคือ เมื่อไก่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ฟอลลิเคิลสติมูเลติงฮอร์โมน (follicle stimulating hormone; FSH) และลูทีไนซิงฮอร์โมน (luteinizing hormone; LH) ที่หลั่งมาจากต่อมใต้สมองส่วนหน้าโดยการกระตุ้นการทำงานของโกนาโดโทรปินรีลิสซิ่งฮอร์โมน (gonadotropin releasing hormone; GnRH) จะมีผลไปกระตุ้นให้รังไข่และท่อนำไข่รวมถึงกระเปาะไข่มีการเจริญพัฒนา (Etches *et al.,* 1983) นอกจากนี้ในกระบวนการสร้างไข่ของสัตว์ปีกไม่ว่าจะเป็นการสะสมไข่แดง การสร้างไข่ขาว การตกไข่ ตลอดจนการสร้างเปลือกไข่ มีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของ สเตอรอยด์ฮอร์โมน เช่น โพรเจสเตอโรน (progesterone) เทสโทสเตอโรน (testosterone) และเอสโตรเจน (estrogen) ซึ่งสร้างมาจากรังไข่ของแม่ไก่ (Rondell, 1974; Yoshimura and Bahr, 1991) ดังนั้นหากฮอร์โมนดังกล่าวมีปริมาณลดลงหรือไม่สามารถหลั่งเข้าสู่กระแสเลือดได้ ย่อมมีผลต่อกระบวนการสร้างฟองไข่และการเจริญพัฒนาของระบบสืบพันธุ์ เช่น ไก่ไข่ที่ขาดอาหารหรือได้รับอาหารไม่เพียงพอมีผลทำให้ระดับของสเตอรอยด์ฮอร์โมนในพลาสมาและระดับของ LH ลดลง (Etches and Cheng, 1981)

ในขณะที่ปริมาณอาหารที่ไก่ได้รับมีผลต่อการสะสมสารไข่แดง รัตนา (2535) รายงานว่า การจำกัดอาหารไก่ไข่มีผลทำให้การสะสมไข่แดงในกระเปาะไข่มีค่าลดลง ซึ่งจากการนับจำนวนกระเปาะไข่พบว่า เมื่อเปรียบเทียบไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเพียงร้อยละ 85 กับกลุ่มที่ให้กินอาหารอย่างเต็มที่เมื่ออายุ 24 สัปดาห์ กระเปาะไข่ขนาดใหญ่ของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเพียงร้อยละ 85 มีจำนวนน้อยกว่าของไก่กลุ่มที่กินอาหารอย่างเต็มที่เฉลี่ย 4.7 หน่วยต่อรังไข่ และเมื่ออายุ 40 สัปดาห์ กลุ่มที่ได้รับอาหารร้อยละ 85 ยังคงมีจำนวนกระเปาะไข่ขนาดใหญ่น้อยกว่าไก่กลุ่มที่ได้กินอาหารอย่างเต็มที่เฉลี่ย 4.3 หน่วยต่อรังไข่ แต่ไม่พบความแตกต่างของจำนวนกระเปาะไข่ขนาดเล็กและขนาดกลางระหว่างไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารอย่างเต็มที่กับกลุ่มที่ได้รับอาหารเพียงร้อยละ 85 Sevoian and Levine (1957) รายงานว่า การขาดน้ำมีผลยับยั้งการเจริญของรังไข่และท่อนำไข่ของไก่ไข่ โรคหงอนคล้ำหรือหงอนดำ (Bluecomb disease) เป็นลักษณะความผิดปกติอีกลักษณะหนึ่งที่เคยมีรายงานในไก่ที่ถูกอดน้ำ (Fisher *et al.,* 1961) อย่างไรก็ตามไก่ที่มีอายุมาก มีความสามารถทนต่อสภาพการขาด

น้ำได้ดีกว่าไก่ที่มีอายุน้อย สันนิษฐานว่าไก่ที่มีอายุมากมีปริมาณน้ำในส่วนของของเหลวที่อยู่นอกเซลล์ (Extracellular fluid : ECF) มากกว่าไก่ที่มีอายุน้อย (Marsden *et al.*, 1965)

5.3 ไต (Kidney)

Urolithiasis หมายถึง โรคไตชนิดหนึ่งที่พบในสัตว์ปีก มีความสำคัญมากในการผลิตไก่ไข่ทางการค้า เนื่องจากมีผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตไข่รวมทั้งสุขภาพของไก่ สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดโรคนี้ได้แก่

1. ความไม่สมดุลของแคลเซียมในอาหาร (Dietary calcium imbalance)
2. ไวรัสหลอดลมอักเสบติดต่อ (Infectious Bronchitis Virus; IBV)
3. การขาดน้ำ (Water deprivation)

การเกิด urolithiasis พบมากในฝูงไก่ไข่ ซึ่งสร้างความเสียหายแก่ฝูงไก่ คือ ทำให้มีอัตราการตายสูงขึ้น และผลผลิตไข่ลดลง ลักษณะของ urolithiasis ที่พบคือ ไตจะมีการหดตัว ซึ่งอาจเกิดขึ้นเพียงข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้งสองข้างก็ได้ เกิดการสะสมของก้อนนิ่วในไต มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความดันภายในไต และเกิด visceral gout ซึ่งเป็นอาการผิดปกติของไต ที่เกิดจากระบบท่อไตมีการดูดซึมน้ำกลับมากกว่าปกติ ขับปัสสาวะออกน้อยลง เกิดการตกตะกอนของ urate และเกิดการอุดตันบริเวณท่อของหน่วยไตและท่อไต (ureter) (Blaxland *et al.,* 1980)

โดยทั่วไปอัตราการตายของไก่ที่เป็นโรค urolithiasis อาจสูงถึงร้อยละ 50 ของฝูง การตรวจสอบซากไก่ที่ตายสามารถทำได้โดยการผ่าซากและดูวิการที่เกิดขึ้นภายในไต โรคนี้อาจทำให้ไก่ตายฉับพลันหรือไก่อาจไม่แสดงอาการ อีกทั้งไก่ยังสามารถให้ผลผลิตไข่ได้ตามปกติ สำหรับวิการที่ได้จากการผ่าซากและตรวจสอบไตของไก่ที่เป็นโรค urolithiasis จะพบการหดตัวของไต ท่อไตขยาย มีการสะสมของ urate บริเวณท่อไต การหดตัวของไตที่พบอาจเกิดขึ้นกับไตเพียงข้างเดียวหรือทั้งสองข้างก็ได้ ส่วนการตกตะกอนของ urate ที่ท่อไตจะมีลักษณะเป็นตะกอนสีขาว ซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของ Na-Ca urate หรือ Ammonium-Ca-urate (Siller, 1981) และอาจพบการลดลงของจำนวนโกลเมอรูลัสมีผลทำให้อัตราการกรอง (glomerular filtration rate, GFR) ลดลง (Krag and Skadhauge, 1972)

5.4 ลักษณะของอวัยวะภายใน (Appearances of internal organs)

5.4.1 ตับ (Liver)

ตับ เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของขบวนการเมแทบอลิซึมของสารอาหาร สังเคราะห์เอนไซม์ กรดไขมัน ฟอสโฟไลปิด ไลโปโปรตีนและสารประกอบคีโตนบอดี จากการดูดซึมคาร์โบไฮเดรตหรือไขมันและเปลี่ยนกลับไปอยู่ในรูปของกรดไขมัน ซึ่งจะถูกส่งเข้าสู่กระแสเลือดและส่งต่อไปที่รังไข่เพื่อสร้างเป็นไขมันสำหรับไข่แดงในกระบวนการสร้างสารไข่แดง ตับที่มีไขมันสะสมอยู่มากจะมีขนาดใหญ่กว่าปกติ มีสีน้ำตาลแกมเหลือง ฉีกขาดง่าย Trampel *et al.* (2005) ทำการทดลองจำกัดอาหารในไก่เนื้อพบว่า ไก่เนื้อที่ได้รับอาหารอย่างเต็มที่ตับจะมีสีซีดกว่าไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดอาหาร ซึ่งการเกิดความแตกต่างของสีในตับเป็นผลมาจากปริมาณความเข้มข้นของไขมันที่ได้รับจากอาหารและสะสมที่ตับ โดยไก่ที่ได้รับอาหารอย่างเต็มที่ทำให้มีปริมาณไขมันสะสมที่ตับมากกว่าไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารจึงทำให้ตับมีสีซีด

นอกจากนี้การที่ตับเป็นศูนย์กลางที่สำคัญในขบวนการสังเคราะห์โปรตีน ไก่ที่กินอาหารที่มีโปรตีนในระดับสูง ทำให้ตับมีการสังเคราะห์โปรตีนและไขมันเพิ่มขึ้นตับจึงมีขนาดใหญ่ขึ้น (Kita *et al.,* 1996) Maurice *et al.* (1982) พบว่า ไก่ที่ได้รับอาหารโปรตีนสูงมีผลทำให้น้ำหนักตับและไขมันในตับมีค่าสูงกว่าไก่ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนต่ำ ส่วนในไก่ที่ขาดอาหารเป็นเวลา 2 วัน มีผลทำให้น้ำหนักตับลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเต็มที่ (Yaman *et al.,* 2000) ทั้งนี้มีรายงานว่าในสภาวะที่ไก่เกิดความเครียดยังส่งผลให้ตับมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ซึ่ง Mumma *et al.* (2006) ทำการทดลองโดยการเสริมแอดรีโนคอร์ติโคโทรปิคฮอร์โมน (adrenocorticotrophic hormome; ACTH) ในอาหารไก่ไข่ Single comb white leghorn พบว่า ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับแอดรีโนคอร์ติโคโทรปิคฮอร์โมนมีผลทำให้น้ำหนักตับเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไก่กลุ่มควบคุม อันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และเถ้าภายในตับ โดยแอดรีโนคอร์ติโคโทรปิคฮอร์โมนมีหน้าที่กระตุ้นการสร้างและหลั่งฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ (glucocorticoid) จากต่อมหมวกไตส่วนนอก ซึ่งกลูโคคอร์ติคอยด์มีหน้าที่ในการสลายไขมันจากเนื้อเยื่อไขมันและสลายโปรตีน จากนั้นจึงถูกลำเลียงไปที่ตับเพื่อเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ดังนั้นจึงมีปริมาณ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และเถ้าภายในตับสูงขึ้น

5.4.2 ม้าม (Spleen)

ม้ามเป็นอวัยวะที่สำคัญในระบบน้ำเหลือง ม้ามของไก่มีสีน้ำตาลอมแดง รูปร่างกลมหรือรูปไข่อยู่ชิดบริเวณรอยต่อระหว่างกระเพาะแท้ (proventriculus) และกึ๋น (gizzard) มีน้ำหนักประมาณร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักตัว ม้ามทำหน้าที่สร้างเม็ดเลือดในขณะที่สัตว์ยังเป็นตัวอ่อน ม้ามสร้างแอนติบอดีในการต่อต้านเชื้อโรค เป็นด่านสำคัญในการป้องกันสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาในกระแสเลือดโดยการทำงานของ T lymphocyte, B lymphocyte และแมคโครฟาจ (macrophages) อีกทั้งยังเป็นแหล่งกักเก็บเลือดของร่างกาย (Squires, 2003) Mumma *et al.* (2006) ทำการทดลองเลี้ยงไก่โดยเสริมฮอร์โมนแอดรีโนคอร์ติโคโทรปิคฮอร์โมนในอาหาร มีผลทำให้น้ำหนักของม้ามลดลง แสดงว่าแอดรีโนคอร์ติโคโทรปิคฮอร์โมนมีผลต่อการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันซึ่งส่งผลต่อน้ำหนักของม้ามด้วย นอกจากนี้ในสภาวะที่ไก่เกิดความเครียด เช่น การขาดน้ำหรือได้รับน้ำไม่เพียงพอ มีผลทำให้น้ำหนักของม้ามลดลง (Schedle *et al.,* 2006) เนื่องจากเมื่อไก่เกิดความเครียด ทำให้มีการหลั่งฮอร์โมนคอร์ติโคสเตอโรน (corticosterone) ซึ่งเป็นฮอร์โมนในกลุ่มกลูโคคอร์ติคอยด์ที่มีผลต่อการลดจำนวนของลิมโฟซัยต์ (lymphocyte) อีโอซิโนฟิล (eosinophils) และลดจำนวนของเนื้อเยื่อน้ำเหลือง (lymphatic tissue) หากเกิดความเครียดติดต่อกันเป็นเวลานานทำให้ต่อมหมวกไตมีขนาดใหญ่ขึ้น การหลั่งฮอร์โมนคอร์ติโคสเตอโรนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้น้ำหนักของอวัยวะ เช่น ม้ามลดลง (Squires, 2003)

5.4.3 กึ๋น (Gizzard)

การเจริญพัฒนาของระบบย่อยอาหารรวมทั้งกึ๋นในสัตว์ปีกมีความสัมพันธ์กับอายุ การเจริญเติบโตของร่างกาย ชนิดและส่วนประกอบของอาหาร (Corless and Sell, 1999) นอกจากนี้ยังพบว่าแหล่งและระดับของแคลเซียมในอาหารยังมีผลต่อขนาดและน้ำหนักของกึ๋น กล่าวคือหากอาหารที่มีระดับของแคลเซียมสูง ทำให้กึ๋นมีขนาดเพิ่มขึ้นตามไปด้วยและหากขนาดของเปลือกหอยหรือหินปูนซึ่งเป็นแหล่งของแคลเซียมยังมีผลทำให้ขนาดของกึ๋นเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน (Zhang and Coon, 1997)

5.4.4 ไขมันช่องท้อง (Abdominal fat)

ไขมันช่องท้อง หมายถึง แผ่นไขมันบริเวณช่องท้องมีพื้นที่อยู่ระหว่างกล้ามเนื้อช่องท้องและลำไส้ตลอดไปจนรอบๆกึ๋น (Wiseman, 1984) การสะสมไขมันในร่างกายสัตว์มีความสัมพันธ์กับอายุ การเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กินและองค์ประกอบของอาหารที่สัตว์กิน

Pfaff and Austic (1976) รายงานว่า อาหารที่มีพลังงานต่ำและโปรตีนสูงมีผลทำให้ปริมาณไขมันที่สะสมในร่างกายมีค่าลดลง นอกจากนี้ Zubair and Leeson (1996) รายงานว่า การจำกัดอาหารในไก่เนื้อมีผลทำให้ปริมาณไขมันช่องท้องลดลง เนื่องจากในช่วงที่ไก่ขาดอาหารร่างกายจะตอบสนองโดยการย่อยสลายไขมันที่เก็บสะสมในร่างกายออกมาใช้เป็นพลังงานในการดำรงชีวิต (Camacho *et al.,* 2004; Zhan *et al.,* 2007)

5.5 โลหิตวิทยา (Hematology)

โลหิตวิทยา เป็นการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบต่างๆของเลือด เพื่อตรวจสอบลักษณะและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ได้แก่

5.5.1 เม็ดเลือดแดง (Erythrocyte or red blood cell)

ลักษณะของเม็ดเลือดแดงในสัตว์ปีกแตกต่างจากของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม คือ เม็ดเลือดแดงในสัตว์ปีกมีลักษณะเป็นรูปวงรีหรือรูปไข่ (oval shape or eliptical) มีขนาด 7x12 ไมครอน มีนิวเคลียสและมีเอนโดพลาสมิคเรติคูลัม (endoplasmic reticulum) จำนวนมาก ปริมาณของเม็ดเลือดแดงในไก่ไข่ที่โตเต็มวัยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.7 ล้านเซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร (Sturkie, 1976) ทั้งนี้จำนวนของเม็ดเลือดแดงยังมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่างได้แก่

1. เพศ ไก่เพศผู้มีจำนวนของเม็ดเลือดแดงมากกว่าเพศเมีย เนื่องจากฮอร์โมนเพศผู้หรือแอนโดรเจน (androgen) โดยเฉพาะเทสโทสเตอโรน (testosterone) มีผลกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดง (Sturkie, 1986) ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเพศเมียด้วยกันพบว่า ในไก่ไข่ที่กำลังให้ผลผลิตจะมีจำนวนเม็ดเลือดแดงน้อยกว่าไก่ไข่ที่ไม่ให้ผลผลิต อีกทั้งฮอร์โมนเอสโตรเจน (estrogen) ในไก่ไข่ที่กำลังให้ผลผลิตมีผลยับยั้งการสร้างเม็ดเลือดแดงทำให้เม็ดเลือดแดงมีจำนวนลดลง

2. อายุ ในไก่แรกเกิดหรือยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์มีจำนวนของเม็ดเลือดแดงน้อยกว่าไก่ที่โตเต็มวัย (เฉลียว, 2548)

3. อาหาร เช่น ธาตุเหล็ก วิตามิน บี 12 กรดโฟลิก ซึ่งเป็นโภชนะที่มีความสำคัญต่อร่างกายสัตว์และกระบวนการสร้างเม็ดเลือดแดง เมื่อใดที่ร่างกายขาดโภชนะต่างๆเหล่านี้จะมีผลทำให้การสร้างเม็ดเลือดแดงหยุดชะงัก จำนวนของเม็ดเลือดแดงจึงลดลง (วิโรจน์, 2537)

4. อิริย์โธรพอยอิติน (Erythropoitin) หมายถึง สารหรือฮอร์โมนประเภทไกลโคโปรตีน (glycoprotein) สร้างจากไต มีผลไปกระตุ้นให้มีการเจริญและพัฒนาของไขกระดูก (bone marrow) ทำให้มีการสร้างเม็ดเลือดแดงมากขึ้น (Sturkie, 1976)

5. ในบางสภาวะของร่างกาย เช่น สภาพการขาดออกซิเจน (hypoxia) การขาดน้ำ ความเครียด การใช้ยาบางชนิด (เฉลียว, 2548)

5.5.2 เม็ดเลือดขาว (Leucocytes or white blood cell)

เม็ดเลือดขาวมีอยู่หลายชนิดและมีจำนวนแตกต่างกันมีรูปร่างไม่แน่นอน อาจเป็นรูปกลม รี ทำหน้าที่ทำลายเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายโดยการกิน (วิโรจน์, 2537)

ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนเม็ดเลือดขาว ได้แก่

1. ชนิดของสัตว์ปีก
2. เพศ สัตว์เพศเมียมีจำนวนของเม็ดเลือดขาวน้อยกว่าเพศผู้
3. อายุ พบว่าจำนวนของเม็ดเลือดขาวมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นตามอายุของสัตว์
4. สภาพร่างกาย โดยเฉพาะสัตว์มีการติดเชื้อมีจำนวนของเม็ดเลือดขาวสูงกว่าสัตว์ที่อยู่ในสภาพปกติ

ชนิดของเม็ดเลือดขาวประกอบด้วย (เฉลียว, 2548)

1. เฮทเทอโรฟิล (Heterophils) มีรูปร่างกลมสามารถพบเฮทเทอโรฟิลมีจำนวนมากขึ้น เมื่อร่างกายสัตว์ปีกมีการติดเชื้ออย่างรุนแรง โดยเฉพาะตรงบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการติดเชื้อ

2. อีโอซิโนฟิล (Eosinophils) มีขนาดใกล้เคียงกับเฮทเทอโรฟิลเม็ดเลือดขาวชนิดนี้จะเพิ่มจำนวนมากขึ้นเมื่อร่างกายสัตว์ปีกมีพยาธิทั้งภายนอกและภายในหรือภาวะที่ร่างกายเกิดการแพ้อย่างรุนแรง

3. เบโซฟิล (Basophils) มีขนาดและรูปร่างคล้ายกับเฮทเทอโรฟิลบางครั้งอาจมีรูปร่างกลมหรือรี

4. ลิมโฟไซต์ (Lymphocytes) เม็ดเลือดขาวชนิดนี้มี 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เป็นเม็ดเลือดขาวชนิดที่มีปริมาณมากที่สุดในกระแสเลือด

5. โมโนไซต์ (Monocytes) เป็นเม็ดเลือดขาวที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีลักษณะรูปร่างไม่แน่นอน นิวเคลียสมีลักษณะแตกต่างกันออกไป โดยอาจมีรูปร่างกลม หรือมี 2 พู

5.5.3 ฮีมาโตคริต (Hematocrit)

ฮีมาโตคริต หมายถึง ปริมาตรของเม็ดเลือดแดงที่ปรากฏอยู่ในปริมาตรของเลือดจำนวนหนึ่ง ค่าฮีมาโตคริตสามารถใช้ในการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงทั้งหมดที่มีอยู่ในร่างกายของทั้งคนและสัตว์ การหาค่าฮีมาโตคริตทำได้โดยนำเลือดที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด ได้แก่ เฮพาริน (heparin) มาหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็วประมาณ 3,000 รอบต่อนาทีหรือสูงกว่าเป็นเวลา 15-20 นาที เมื่อเลือดตกตะกอนอย่างสมบูรณ์แล้ว สามารถนำไปอ่านค่าฮีมาโตคริตได้ โดยปกติค่าเฉลี่ยฮีมาโตคริตของไก่ไข่ระยะให้ผลผลิตมีค่าเท่ากับ 28.5 (Sturkie, 1976; Beutler, 2001) Gongruttananun and Chotesangasa (2005) รายงานว่า การขาดน้ำในไก่ไข่นาน 48 ชั่วโมง มีผลทำให้ค่าฮีมาโตคริต ของไก่มีค่าสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Koike *et al.* (1983)

5.5.4 ออสโมลาลิตี (Osmolality)

ออสโมลาลิตี เป็นการวัดค่าความเข้มข้นของสารในเลือด เช่น โซเดียม แคลเซียม โปแตสเซียม ยูเรีย กลูโคส และไอออนชนิดอื่นๆที่อยู่ในเลือด ค่าออสโมลาลิตีมีความสัมพันธ์ในทางกลับกันกับปริมาตรของเลือด กล่าวคือ ถ้าเลือดมีปริมาตรมากค่าออสโมลาลิตีจะลดลง ในขณะที่เมื่อปริมาตรของเลือดในร่างกายลดลง เช่น การขาดน้ำหรือการเสียเลือด มีผลทำให้ออสโมลาลิตีมีค่าสูงขึ้น Arnason *et al.* (1986) รายงานว่า ไก่ไข่ที่ขาดน้ำเป็นเวลานานมีผลทำให้ออสโมลาลิตีมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากการขาดน้ำมีผลทำให้ปริมาตรของเลือดและของเหลวที่อยู่ภายนอกเซลล์ (extracellular fluid) ลดลง ทำให้ความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์มีค่าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Koike *et al.* (1983) ซึ่งกล่าวว่า การขาดน้ำในสัตว์ปีกมีผลทำให้ออสโมลาลิตีมีค่าสูง (hyperosmolality) และปริมาตรของเลือดลดลง (hypovolumia)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์การเลี้ยงดู

   อุปกรณ์ให้อาหาร

   อุปกรณ์ให้น้ำ : รางน้ำอัตโนมัติแบบหัวหยดมีถ้วยรอง

   อุปกรณ์ชั่งตวงน้ำ

   เครื่องชั่งน้ำหนักตัวสัตว์

   เครื่องชั่งอาหาร

   เทอร์โมมิเตอร์บันทึกอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน

2. อุปกรณ์ที่ใช้วัดคุณภาพไข่

   2.1 เครื่องวัดความหนาเปลือกไข่ (micrometer)

   2.2 แผ่นพัดวัดสีไข่แดง (yolk color fan)

   2.3 อุปกรณ์วัดคุณภาพไข่ขาว (tripod micrometer)

   2.4 เครื่องชั่งอย่างละเอียด ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความชื้นในมูลไก่

   3.1 ตู้อบแห้ง (Hot air oven) Model Binder E

   3.2 อุปกรณ์สำหรับการเก็บตัวอย่างมูลไก่

4. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้สำหรับการศึกษาทางโลหิตวิทยา

   4.1 การวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของอิเลคโทรไลท์ในพลาสมา โดยใช้เครื่องมือ Cyber Scan (Model PC 5000/5500)

   4.2 เครื่องแยกสารด้วยแรงเหวี่ยง (Hettich EBA 8S)

   4.3 เครื่องแยกสารด้วยแรงเหวี่ยงสำหรับวัดค่าความอัดแน่นเม็ดเลือด (Hettich EBA 8S Zentrifugen)

   4.4 เครื่องมือสำหรับวัดค่าออสโมลาลิตี (vapor pressure osmometer) VAPRO 5520

   4.5 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างเลือดไก่ทดลอง ได้แก่ กระบอกฉีดยา เข็มฉีดยาเบอร์ 20 หลอดทดลอง สารละลายเฮพาริน (Heparin) สำลี และแผ่นพาราฟิล์ม

5. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการผ่าซากไก่ทดลอง เพื่อศึกษาพัฒนาการของระบบสืบพันธุ์ ลักษณะผิดปกติของไตและอวัยวะภายใน ได้แก่ กรรไกรตัดกระดูก กรรไกรผ่าตัด มีดผ่าตัดและปากคีบ (forceps)

6. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้สำหรับห้องปฏิบัติการการศึกษาเนื้อเยื่อ (Histological study) และการนับจำนวนเซลล์เม็ดเลือด

7. กล้องจุลทรรศน์ (Microscope)

วิธีการ

การทดลองที่ 1: การศึกษาการจำกัดน้ำโดยการจำกัดปริมาณน้ำดื่มที่ให้ไก่กินในแต่ละวัน

ก่อนการทดลอง : บันทึกค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำที่ไก่กินอย่างเต็มที่ต่อตัวต่อวัน

ใช้ไก่ไข่พันธุ์เดียวกัน อายุรุ่นเดียวกันและการจัดการเลี้ยงดูเหมือนกันกับไก่ทดลอง จำนวน 128 ตัว โดยแบ่งไก่ออกเป็น 8 กลุ่มๆละ 16 ตัว ขังกรงตับ กรงละจำนวน 2 ตัว ให้อาหารและน้ำเต็มที่ตลอดทั้งวัน (*ad libitum*)

วิธีการวัดปริมาณน้ำที่ไก่กิน

1. ก่อนการให้น้ำไก่ในแต่ละวัน ทำการตวงน้ำในปริมาตรที่เท่ากันทุกกลุ่มทดลอง
2. นำน้ำที่ทราบปริมาตรเติมลงในถังน้ำสำหรับให้ไก่กินในแต่ละกลุ่ม ทุกกลุ่มทดลอง
3. เปิดวาล์วน้ำให้ไก่ทดลองทุกกลุ่มได้รับน้ำในเวลาเดียวกัน (ระยะเวลาที่ใช้ในการเปิดน้ำไม่เกิน 2 นาที) เวลาในการให้น้ำ 10.00 น. ของทุกวัน
4. ไก่ในแต่ละกลุ่มทดลองจะกินน้ำที่ให้ในปริมาตรดังกล่าวตลอดทั้งวัน
5. เช้าวันรุ่งขึ้น เวลา 10.00 น. ทำการปิดวาล์วน้ำที่ให้ไก่กินพร้อมกันทุกกลุ่มแล้วนำน้ำที่เหลือออกมาวัดปริมาตร เพื่อคำนวณค่าปริมาณน้ำที่ไก่กินต่อตัวต่อวัน ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มปิดวาล์วน้ำจนสิ้นสุดการนำน้ำออกจากถังน้ำและการเติมน้ำลงในถังน้ำให้ไก่กินครั้งต่อไปใช้เวลาประมาณ 25 นาที
6. บันทึกปริมาณน้ำที่ไก่แต่ละกลุ่มกินในแต่ละวันเป็นเวลานานติดต่อกัน 4 สัปดาห์ เพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำที่ไก่กินอย่างเต็มที่ต่อตัวต่อวันซึ่งมีค่าเท่ากับ 250 มิลลิลิตร

แผนการทดลอง

1. วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design)

2. สัตว์ทดลอง: ไก่ไข่สายพันธุ์ลูกผสมทางการค้าอีซาบราวน์ (ISA brown) อายุ 44 สัปดาห์ จำนวน 256 ตัว แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม (treatment) โดยวิธีการสุ่ม (random) กลุ่มละ 64 ตัว แต่ละกลุ่มแบ่งออกเป็น 4 ซ้ำ (replication) ซ้ำละจำนวน 16 ตัว

3. จัดไก่ทดลองในแต่ละซ้ำเข้าเลี้ยงในกรงตับ ขนาดของกรง ความกว้าง x ความยาว x ความสูงเท่ากับ 16 x 19 x 14.5 นิ้ว ตามลำดับ กรงละจำนวน 2 ตัว ในโรงเรือนแบบปิด (EVAP) แต่ละกรงติดตั้งอุปกรณ์ให้น้ำแบบหัวหยดมีถ้วยรองกรงละจำนวน 1 ชุด

กลุ่มที่ 1 กลุ่ม control
ได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ตลอดเวลา (กลุ่มควบคุม)
กลุ่มที่ 2 กลุ่ม 90%-water
ได้รับอาหารอย่างเต็มที่ + ได้รับน้ำดื่ม 90% ของปริมาณน้ำที่ให้ในกลุ่มควบคุม
กลุ่มที่ 3 กลุ่ม 80%-water
ได้รับอาหารอย่างเต็มที่ + ได้รับน้ำดื่ม 80% ของปริมาณน้ำที่ให้ในกลุ่มควบคุม
กลุ่มที่ 4 กลุ่ม 70%-water
ได้รับอาหารอย่างเต็มที่ + ได้รับน้ำดื่ม 70% ของปริมาณน้ำที่ให้ในกลุ่มควบคุม

อาหารที่ใช้เลี้ยงไก่ทดลอง ใช้สูตรอาหารสำหรับไก่ไข่ระยะไข่อายุ 20 สัปดาห์ขึ้นไป ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่า มีระดับโปรตีนร้อยละ 18.53 และพลังงานเท่ากับ 3,697.04 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม รายละเอียดแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 1

วิธีการให้น้ำไก่ทดลอง

1. ไก่ทดลองจะได้รับน้ำวันละครั้งทุกวันโดยเติมน้ำใส่ในถังตามจำนวนไก่ในแต่ละซ้ำของแต่ละกลุ่มทดลอง คือ ซ้ำละ 16 ตัว โดยไก่กลุ่ม control ได้รับน้ำดื่มอย่างเต็มที่ ใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการบันทึกปริมาณน้ำที่ไก่กินอย่างเต็มที่ตลอดทั้งวันก่อนการทดลอง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 250 มิลลิลิตรต่อ

ตัว ส่วนไก่กลุ่ม 90%-water 80%-water และ 70%-water ได้รับน้ำเท่ากับ 225 200 และ 175 มิลลิลิตร ต่อตัวต่อวันตามลำดับ เมื่อคำนวณปริมาตรน้ำที่ไก่แต่ละซ้ำของแต่ละกลุ่มทดลองได้รับมีค่าดังนี้ คือ

กลุ่มที่ 1 control แต่ละซ้ำได้รับน้ำดื่มปริมาตรวันละ 4,000 มิลลิลิตร
กลุ่มที่ 2 90%-water แต่ละซ้ำได้รับน้ำดื่มปริมาตรวันละ 3,600 มิลลิลิตร
กลุ่มที่ 3 80%-water แต่ละซ้ำได้รับน้ำดื่มปริมาตรวันละ 3,200 มิลลิลิตร
กลุ่มที่ 4 70%-water แต่ละซ้ำได้รับน้ำดื่มปริมาตรวันละ 2,800 มิลลิลิตร

2. ไก่จะได้รับน้ำปริมาตรดังกล่าวไปตลอดทั้งวันจนกว่าจะหมด
3. การเติมน้ำและเปิดน้ำให้ไก่กินทำพร้อมกันในช่วงเวลา 10.00 น.ของทุกวัน

การบันทึกข้อมูล

1. ปริมาณอาหารที่กิน ผลผลิตไข่และอัตราการเปลี่ยนอาหารเพื่อสร้างไข่
บันทึกปริมาณอาหารที่กิน (feed intake) ทุกๆ 2 สัปดาห์

1.1 บันทึกปริมาณผลผลิตไข่ (% hen-day egg production) ในแต่ละวันทุกวันและคำนวณหาค่าเฉลี่ยทุกๆ 2 สัปดาห์

1.2 บันทึกน้ำหนักไข่ (egg weight) ทุกวันและคำนวณหาค่าเฉลี่ยทุกๆ 2 สัปดาห์

1.3 คำนวณค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเพื่อการสร้างไข่ 1 กิโลกรัม (feed conversion ratio) ทุกๆ 2 สัปดาห์

2. ส่วนประกอบของฟองไข่และคุณภาพเปลือกไข่

ทำการสุ่มไข่ซ้ำละ 8 ฟอง ต่อยไข่เพื่อวัดคุณภาพของฟองไข่และเปลือกไข่ทุกๆ 2 สัปดาห์ บันทึกข้อมูลดังนี้

2.1 น้ำหนักฟองไข่ (egg weight)
2.2 สีไข่แดง (yolk color)
2.3 น้ำหนักไข่แดง (yolk weight)
2.4 ความสูงของไข่ขาว (Haugh unit)
2.5 น้ำหนักไข่ขาว (albumen weight)
2.6 น้ำหนักเปลือกไข่ (shell weight)
2.7 ความหนาเปลือกไข่ (shell thickness)

3. ปริมาณความชื้นในมูล

3.1 บันทึกความชื้นในมูลทุกๆ 2 สัปดาห์ โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างมูลไก่ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ซ้ำละ 2 ตัว บันทึกน้ำหนักมูลสด หลังจากนั้นนำไปอบในตู้อบแห้ง อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 36 ชั่วโมง นำตัวอย่างมูลไก่ออกมาบันทึกน้ำหนักได้เป็นค่าน้ำหนักมูลแห้ง ต่อจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในมูล ซึ่งมีวิธีการคำนวณดังนี้คือ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นในมูล} = \frac{(\text{น้ำหนักมูลสด} - \text{น้ำหนักมูลแห้ง})}{\text{น้ำหนักมูลสด}} \times 100$$

3.2 คำนวณปริมาณน้ำที่ขับออกพร้อมมูล คือการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไก่ขับออกมาจริงพร้อมมูล มีวิธีการคำนวณดังนี้ คือ

$$\text{ปริมาณน้ำที่ขับออกพร้อมมูล} = \frac{(\text{น้ำหนักมูลสด} \times \text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นในมูล})}{100}$$

4. โลหิตวิทยา

เมื่อสิ้นสุดการทดลองเก็บตัวอย่างเลือดไก่ (heparinized blood) ด้วยวิธีการสุ่มซ้ำละ 1 ตัว โดยการเก็บเลือดจากหลอดเลือดที่บริเวณปีก (brachial vein) ตัวละ 5 มิลลิลิตร เวลาในการเก็บตัวอย่างเลือดอยู่ในช่วงเวลา 09.00 น. – 11.00 น. นำเลือดที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าทางโลหิตวิทยาดังต่อไปนี้

4.1 ความอัดแน่นของเซลล์เม็ดเลือด (hematocrit value) โดยการนำตัวอย่างเลือด ซึ่งมีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดอยู่ ใส่ในหลอด capillary แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงโดยเครื่องแยกสารด้วยแรงเหวี่ยงสำหรับวัดค่าความอัดแน่นเม็ดเลือด (Hettich EBA 8S Zentrifugen) ที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที นาน 15 นาที แล้วนำมาอ่านค่าความอัดแน่นของเม็ดเลือด

4.2 ความเป็นกรด ด่าง (pH) ของพลาสมา ความเข้มข้นของโซเดียม (Na^+) และแคลเซียมอิออน (Ca^{2+}) ในพลาสมา โดยการนำเลือดมาหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องแยกสารด้วยแรงเหวี่ยง (Hettich EBA 8S) ที่ระดับความเร็ว 3,500 รอบต่อนาที นาน 15 นาที เพื่อแยกเอาส่วนของพลาสมาไปวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ Cyber Scan (Model PC 5000/5500)

4.3 บันทึกค่าออสโมลาลิตีของเลือด โดยการนำตัวอย่างเลือดที่มีส่วนประกอบของสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดไปวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ (vapor pressure osmometer) VAPRO 5520

4.4 นับจำนวนเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวตามวิธีการของ พนัส (2549)

5. ลักษณะอวัยวะภายใน อวัยวะสืบพันธุ์และไต

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการฆ่าไก่โดยวิธีการสุ่มซ้ำละ 1 ตัว ผ่าซากเพื่อตรวจสอบ และบันทึกข้อมูล ดังนี้

5.1 บันทึกน้ำหนัก สี และความผิดปกติของตับ หัวใจ ม้าม และกึ๋น

5.2 บันทึกน้ำหนักของไขมันภายในช่องท้อง (abdominal fat)

5.3 บันทึกน้ำหนักและความยาวของท่อนำไข่ (oviduct)

5.4 บันทึกน้ำหนักของรังไข่ (ovary) และนับจำนวนกระเปาะไข่ (ovarian follicle) ที่อยู่ภายในรังไข่ โดยการแยกกลุ่มตามขนาดคือ กระเปาะไข่ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามวิธีการของ Waddington *et al.* (1985)

5.5 บันทึกน้ำหนักของไตแต่ละข้างเพื่อคำนวณหาค่าความสมมาตรของไต (symmetry of the kidneys) โดยนำไตแต่ละข้างมาชั่งน้ำหนัก แล้วเปรียบเทียบสัดส่วนของน้ำหนักไตข้างที่มีน้ำหนักมากกว่าต่อน้ำหนักไตข้างที่มีน้ำหนักน้อยกว่า (heavy weight : light weight) ซึ่งสัดส่วนมีค่าไม่เกิน 1.1 – 1.2 ถือว่าไตมีความสมมาตรกัน

5.6 บันทึกลักษณะผิดปกติของไตและท่อไต ได้แก่ การหดตัว (atresia) การเกิดก้อนนิ่ว (urolith) การบวม (swelling) และสีของไต

5.7 ตัดชิ้นส่วนของไตในแต่ละซ้ำๆละ 4 ตัวอย่าง ไปศึกษาความผิดปกติของเนื้อเยื่อในห้องปฏิบัติการเนื้อเยื่อ (Histological Laboratory)

6. บันทึกระดับอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนทุกวันตลอดระยะเวลาการทดลอง

7. บันทึกอัตราการตายของไก่ทุกกลุ่มตลอดระยะเวลาการทดลอง

ระยะเวลาทำการทดลอง : ใช้ระยะเวลาทำการทดลอง 8 สัปดาห์

การทดลองที่ 2: การศึกษาการจำกัดน้ำโดยวิธีการจำกัดเวลาในการให้น้ำในแต่ละวัน

แผนการทดลอง

1. วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design)

2. สัตว์ทดลอง: ใช้ไก่ทดลองของการทดลองที่ 1 หลังจากสิ้นสุดการทดลองแล้วโดยการนำไก่ทั้งหมดมารวมกันคละกันให้กระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งฝูง ทำการคัดเลือกไก่โดยวิธีการสุ่ม (random) จำนวน 224 ตัว แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม (treatment) กลุ่มละ 56 ตัว แต่ละกลุ่มแบ่งออกเป็น 4 ซ้ำ (replication) ซ้ำละ 14 ตัว

3. จัดไก่ทดลองในแต่ละซ้ำเข้าเลี้ยงในกรงตับ กรงละจำนวน 2 ตัว แต่ละกรงติดตั้งอุปกรณ์ให้น้ำแบบหัวหยดมีถ้วยรองกรงละจำนวน 1 ชุดในโรงเรือนแบบปิด(EVAP) โดยให้ไก่ได้รับน้ำและอาหารไก่ไข่เหมือนกันทุกกลุ่ม ก่อนการทดลองให้ไก่มีเวลาในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม (acclimatization) เป็นเวลานาน 4 สัปดาห์ หลังจากนั้นจึงเริ่มการทำการทดลอง โดยแบ่งกลุ่มไก่ทดลองดังนี้

กลุ่มที่ 1: control (กลุ่มควบคุม)

ได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ตลอดเวลา (720 นาที/ตัว/วัน)

กลุ่มที่ 2: 45 min-water

ได้รับอาหารอย่างเต็มที่ + น้ำดื่มวันละ 3 ครั้งๆละ 45 นาที (67.5 นาที/ตัว/วัน)

<u>เวลาในการให้น้ำ</u>

ครั้งที่ 1: 08.00 - 08.45 น.

ครั้งที่ 2: 11.00 - 11.45 น.

ครั้งที่ 3: 15.00 – 15.45 น.

กลุ่มที่ 3: 30 min-water

ได้รับอาหารอย่างเต็มที่ + น้ำดื่มวันละ 3 ครั้งๆละ 30 นาที (45 นาที/ตัว/วัน)

<u>เวลาในการให้น้ำ</u>

ครั้งที่ 1: 08.00 - 08.30 น.

ครั้งที่ 2: 11.00 - 11.30 น.

ครั้งที่ 3: 15.00 – 15.30 น.

กลุ่มที่ 4: 15 min-water

ได้รับอาหารอย่างเต็มที่ + น้ำดื่มวันละ 3 ครั้งๆละ 15 นาที (22.5 นาที/ตัว/วัน)

<u>เวลาในการให้น้ำ</u>

ครั้งที่ 1: 08.00 - 08.15 น.

ครั้งที่ 2: 11.00 - 11.15 น.

ครั้งที่ 3: 15.00 – 15.15 น.

4. การเปิดและปิดวาล์วน้ำทำตามช่วงเวลาที่กล่าวไว้ในแต่ละกลุ่มทดลอง

การบันทึกผลการทดลอง : บันทึกข้อมูลทุกๆสัปดาห์ โดยบันทึกลักษณะต่างๆเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

ระยะเวลาทำการทดลอง : ใช้ระยะเวลาทำการทดลอง 4 สัปดาห์

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1996)

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง (Treatment) ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

สถานที่ทำการทดลอง

1. ฟาร์มไก่หลวงสุวรรณวาจกกสิกิจ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

2. ห้องปฏิบัติการเนื้อเยื่อ (Histological laboratory) ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

การทดลองที่ 1

ปริมาณอาหารที่กินและสมรรถภาพการให้ผลผลิต

ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า การจำกัดปริมาณน้ำดื่มในไก่ไข่มีผลต่อการกินอาหาร ตลอดการทดลองพบว่าไก่กลุ่ม 80%-water และกลุ่ม 70%-water กินอาหารน้อยกว่าไก่กลุ่ม control และกลุ่ม 90%-water ($P<0.05$) โดยที่ปริมาณอาหารที่กินของไก่กลุ่ม 70%-water มีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มทดลองทั้งหมด ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างไก่กลุ่ม control กับกลุ่ม 90%-water พบว่าในช่วง 4 สัปดาห์แรกของการทดลอง ปริมาณอาหารที่กินของไก่ทั้งสองกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่หลังจากนั้นไก่กลุ่ม 90%-water กินอาหารน้อยกว่าไก่กลุ่ม control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตลอดระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์ พบว่าผลผลิตไข่ของไก่กลุ่ม 90%-water มีค่าไม่แตกต่างไปจากของไก่กลุ่ม control เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ถูกจำกัดน้ำดื่มด้วยกันพบว่า ไก่กลุ่มที่ได้รับน้ำเพียง 70% ของกลุ่มควบคุมจะได้รับผลกระทบจากการจำกัดน้ำมากที่สุด โดยมีไก่กลุ่ม 80%-water เป็นกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างกลาง การจำกัดปริมาณน้ำดื่มในไก่ไข่นอกจากจะส่งผลกระทบต่อปริมาณอาหารที่กินและผลผลิตไข่แล้ว ยังพบว่าน้ำหนักไข่ของไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดน้ำบางกลุ่มมีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ยกเว้นในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการทดลอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งไก่กลุ่ม 80%-water มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักไข่น้อยกว่า ($P<0.05$) ไก่กลุ่มควบคุมอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่น้ำหนักไข่ของไก่กลุ่ม 90%-water มีค่าน้อยกว่าของไก่กลุ่ม ควบคุมเฉพาะในช่วง 2-4 สัปดาห์เท่านั้น แม้ว่าน้ำหนักไข่ของไก่กลุ่ม 70%-water จะมีค่าน้อยกว่าของไก่กลุ่มควบคุมในช่วง 2-6 สัปดาห์ก็ตาม แต่ในช่วงสุดท้ายของการทดลองกลับพบว่า น้ำหนักไข่ของไก่ทั้งสองกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามในแต่ละช่วงของการทดลองค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ของไก่ทดลองทั้งสี่กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

คุณภาพไข่และเปลือกไข่

ค่าเฉลี่ยคุณภาพของฟองไข่ของไก่ทดลองทั้งสี่กลุ่ม อันได้แก่ น้ำหนักไข่แดง สีไข่แดง น้ำหนักไข่ขาวและความสูงไข่ขาว แสดงเปรียบเทียบในตารางที่ 2 ความแตกต่างทางสถิติของน้ำหนักไข่แดงปรากฏในระยะ 6 สัปดาห์หลังจากมีการจำกัดน้ำดื่ม โดยพบว่าไก่กลุ่ม 80%-water และกลุ่ม 70%-water มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักไข่แดงน้อยกว่าไก่อีกสองกลุ่มที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในขณะที่ตลอดการทดลองไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างไก่กลุ่ม control กับไก่กลุ่ม 90%-water ที่น่าสนใจคือ ระยะสุดท้ายของการทดลองพบว่า น้ำหนักไข่แดงของไก่กลุ่ม 70%-water มีค่าใกล้เคียงกันกับของไก่กลุ่ม 90%-water และกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ตลอดระยะเวลาการทดลองไม่พบความแตกต่างทางสถิติของสีไข่แดง น้ำหนักไข่ขาวและความสูงไข่ขาวระหว่างไก่ทดลองทั้งสี่กลุ่มแต่อย่างใด ($P>0.05$)

น้ำหนักเปลือกไข่ของไก่กลุ่มควบคุม กลุ่ม 90%-water และกลุ่ม 80%-water มีค่าใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการทดลอง ($P>0.05$) ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกันกับความหนาเปลือกไข่ ในช่วงครึ่งแรกของระยะเวลาการทดลอง ไก่กลุ่ม 70%-water มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักเปลือกไข่ต่ำกว่าไก่กลุ่มควบคุมและกลุ่ม 90%-water อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าไก่กลุ่ม 70%-water มีค่าเฉลี่ยความหนาเปลือกไข่ต่ำกว่าไก่ทั้งสองกลุ่มดังกล่าวตลอดระยะเวลาการทดลอง ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3

ปริมาณความชื้นในมูล

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นในมูลของไก่ทดลองทั้งสี่กลุ่มตลอดการทดลองพบว่าความชื้นในมูลของไก่กลุ่ม 70%-water มีค่าต่ำกว่าของไก่กลุ่ม control และกลุ่ม 90%-water ($P<0.05$) ยกเว้นสัปดาห์ที่ 4 ของการทดลอง ในขณะที่ความชื้นในมูลของไก่กลุ่ม 70%-water กับกลุ่ม 80%-water มีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) เมื่อคำนวณเป็นปริมาณน้ำที่ไก่ขับออกพร้อมมูลพบว่าเป็นไปในทำนองเดียวกันกับความชื้นในมูล การจำกัดปริมาณน้ำดื่มมีผลทำให้ปริมาณน้ำที่ขับออกพร้อมมูลมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะไก่กลุ่ม 70%-water เมื่อเปรียบเทียบกับไก่กลุ่มควบคุม

โลหิตวิทยา

เมื่อสิ้นสุดการทดลองไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าฮีมาโตคริต ระดับความเป็นกรด-ด่างในพลาสมา ระดับความเข้มข้นของประจุแคลเซียมและโซเดียมในพลาสมา รวมทั้งจำนวนเม็ดเลือดแดง จำนวนเม็ดเลือดขาวและค่าออสโมลาลิตีของเลือดระหว่างไก่ทดลองทั้งสี่กลุ่มแต่อย่างใด (P>0.05) ดังสรุปเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 5

พัฒนาการของอวัยวะสืบพันธุ์

เมื่อสิ้นสุดการทดลองได้ฆ่าไก่เพื่อตรวจสอบและเปรียบเทียบน้ำหนักและความยาวของท่อนำไข่ น้ำหนักรังไข่ และนับจำนวนกระเปาะไข่ ดังที่สรุปไว้ในตารางที่ 6 พบว่า การจำกัดปริมาณน้ำดื่มไม่ส่งผลกระทบต่อน้ำหนักและความยาวของท่อนำไข่แต่อย่างใด โดยค่าเฉลี่ยมีความใกล้เคียงกันในทุกกลุ่มทดลอง (P>0.05) ส่วนจำนวนของกระเปาะไข่ พบว่ามีเพียงจำนวนกระเปาะไข่ขนาดเล็ก (small follicle) ของไก่กลุ่ม 70%-water เพียงกลุ่มเดียวเท่านั้นที่มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าของไก่กลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ขณะที่น้ำหนักรังไข่ของไก่กลุ่ม 70%-water มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำหนักรังไข่ของไก่กลุ่ม control และกลุ่ม 80%-water อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างจากน้ำหนักรังไข่ของไก่กลุ่ม 90%-water (P>0.05) ส่วนน้ำหนักรังไข่ของไก่กลุ่ม ควบคุมกลุ่ม 90%-water และกลุ่ม 80%-water ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

น้ำหนักไต

การตรวจสอบลักษณะความผิดปกติของไตของไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดปริมาณน้ำดื่มโดยเปรียบเทียบกับไก่กลุ่มควบคุมแสดงไว้ในตารางที่ 7 ไม่พบความผิดปกติของลักษณะหรือสีของไตในไก่ทั้งสี่กลุ่มแต่อย่างใด เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักและสัดส่วนของไตในไก่ทุกกลุ่มทดลองพบว่ามีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน (P>0.05)

น้ำหนักอวัยวะภายใน

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักของตับ ม้าม กึ๋น หัวใจและไขมันช่องท้องของไก่ทดลองบันทึกเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปรากฏว่าน้ำหนักตับ ม้าม และหัวใจของไก่ทดลองทั้งสี่กลุ่มมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ขณะที่น้ำหนักกึ๋นของไก่กลุ่ม 90%-water มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าของไก่กลุ่ม 80%-water เพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น ส่วนน้ำหนักไขมันช่องท้องของไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดน้ำทั้งสาม

กลุ่มมีค่าไม่แตกต่างจากของไก่กลุ่มที่ได้รับน้ำดื่มอย่างเต็มที่ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มที่ถูกจำกัดน้ำด้วยกัน พบว่าไก่กลุ่ม 80%-water และ 70%-water มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักไขมันช่องท้องไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าของไก่กลุ่ม 90%-water (P<0.05)

อุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน

ตลอดการทดลองที่ 1 พบว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดภายในโรงเรือนมีค่าเท่ากับ 28.72$\pm$0.82^{O}C และ 25.94$\pm$0.97^{O}C ตามลำดับและความชื้นสัมพัทธ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 76.03

อัตราการตายและจำนวนไก่ผลัดขน

ตลอดการทดลองที่ 1 พบว่า ไก่กลุ่ม 90%-water 80%-water และ 70%-water มีจำนวนไก่ตายเท่ากับ 1 2 และ 1 ตัว ตามลำดับ เมื่อคำนวณเป็นอัตราการตายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 1.6$\pm$3.1 3.1$\pm$3.6 และ 1.6$\pm$3.1 ตามลำดับ ส่วนไก่กลุ่มควบคุมไม่มีไก่ตายในระหว่างการทดลองแต่อย่างใด ตลอดการทดลองไม่พบความแตกต่างทางสถิติของอัตราการตายระหว่างไก่ทดลองทั้งสี่กลุ่ม (P>0.05)

ตลอดการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการผลัดขนของไก่ในกลุ่ม 70%-water (39.06$\pm$5.98%) มีค่ามากกว่าของไก่ในกลุ่ม 80%-water (23.44$\pm$10.67%) กลุ่ม 90%-water (12.50$\pm$5.10%) และกลุ่มควบคุม (6.25$\pm$5.10%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่อัตราการผลัดขนของไก่กลุ่ม 80%-water มีค่ามากกว่าของไก่กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างจากของไก่กลุ่ม 90%-water (P>0.05) ส่วนอัตราการผลัดขนของไก่กลุ่ม 90%-water มีค่าใกล้เคียงกับของไก่กลุ่มควบคุม (P>0.05)

ตารางที่ 1 ปริมาณอาหารที่กิน ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ของไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดปริมาณน้ำดื่มกับกลุ่มควบคุม (control) ในแต่ละช่วงการทดลองของการทดลองที่ 1

กลุ่มทดลอง	ช่วงเวลาทดลอง (สัปดาห์)			
	0-2	2-4	4-6	6-8
	ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)			
control	114.85± 1.84[a]	119.65±2.03[a]	120.32±3.90[a]	116.83±5.13[a]
90%-water	112.17± 2.37[a]	117.18±2.93[a]	114.96±1.84[b]	108.04±1.55[b]
80%-water	102.46± 1.48[b]	103.23±3.01[b]	103.91±1.47[c]	99.23±3.39[c]
70%-water	89.96± 5.70[c]	93.63±5.25[c]	97.04±3.17[d]	92.22±2.85[d]
	ผลผลิตไข่ (% hen-day egg production)			
control	93.08±3.93[a]	91.52±3.72[ab]	89.40±3.67[ab]	86.16±4.01[ab]
90%-water	95.43±1.17[a]	95.09±1.31[a]	92.19±1.73[a]	90.51±2.17[a]
80%-water	92.30±0.76[a]	88.06±2.71[b]	84.91±2.89[b]	81.73±1.90[b]
70%-water	86.38±2.35[b]	72.10±2.26[c]	66.79±2.11[c]	63.29±3.81[c]
	น้ำหนักไข่ (กรัม)			
control	64.73±0.94	65.32±0.73[a]	64.69±0.36[a]	64.16±0.54[a]
90%-water	63.62±0.60	63.78±0.88[b]	63.18±1.37[ab]	63.08±1.28[ab]
80%-water	63.62±0.60	62.99±1.19[b]	62.13±1.13[b]	62.09±0.77[b]
70%-water	63.82±1.05	62.97±0.76[b]	62.93±1.04[b]	63.20±1.65[ab]
	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ (กิโลกรัมอาหารที่กิน/1 กิโลกรัมไข่ที่สร้าง)			
control	1.91±0.09	2.01±0.10	2.08±0.07	2.11±0.02
90%-water	1.85±0.02	1.93±0.03	1.97±0.03	1.89±0.04
80%-water	1.74±0.04	1.86±0.07	1.97±0.06	1.95±0.09
70%-water	1.63±0.14	2.07±0.15	2.30±0.13	2.33±0.06

แต่ละค่า คือ ค่าเฉลี่ย ± SD ของ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 16 ตัว

ภายในคอลัมน์เดียวกันของแต่ละลักษณะที่ศึกษาค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 2 คุณภาพภายในฟองไข่ของไก่ทดลองตลอดระยะเวลาการทดลองของการทดลองที่ 1

กลุ่มทดลอง	ระยะเวลาทดลอง (สัปดาห์)			
	2	4	6	8
	น้ำหนักไข่แดง (กรัม)			
control	15.42±0.76	15.98±0.50	16.16±0.28[a]	15.88±0.51[a]
90%-water	15.13±0.08	15.53±0.27	16.20±0.42[a]	15.44±0.30[ab]
80%-water	15.25±0.34	15.32±0.16	15.06±0.12[b]	15.01±0.41[b]
70%-water	15.55±0.64	15.28±0.78	15.45±0.72[b]	15.20±0.49[ab]
	สีไข่แดง			
control	6.80±0.22	7.23±0.06	7.25±0.11	7.16±0.04
90%-water	6.86±0.21	7.27±0.09	7.02±0.21	7.17±0.11
80%-water	7.00±0.18	7.34±0.08	7.39±0.09	7.38±0.16
70%-water	7.16±0.28	7.34±0.11	7.34±0.23	7.74±0.21
	น้ำหนักไข่ขาว (กรัม)			
control	42.91±0.82	43.01±0.83	43.31±0.48	42.83±0.88
90%-water	41.77±0.80	42.09±1.41	43.68±1.34	42.03±0.97
80%-water	42.54±0.67	42.40±0.50	42.39±1.45	42.79±1.25
70%-water	42.15±1.02	41.34±1.88	42.77±1.62	42.39±0.77
	ความสูงไข่ขาว (Haugh Units)			
control	88.17±1.41	87.69±3.21	86.88±2.03	87.28±2.33
90%-water	87.13±2.24	88.16±2.66	85.38±1.93	86.83±0.69
80%-water	85.67±1.88	87.23±1.92	86.02±1.04	85.70±2.75
70%-water	87.88±3.08	87.55±2.38	85.07±2.15	86.95±1.91

แต่ละค่า คือ ค่าเฉลี่ย ± SD ของ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 8 ฟอง

ภายในคอลัมน์เดียวกันของแต่ละลักษณะที่ศึกษาค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 3 คุณภาพเปลือกไข่ของไก่ทดลองตลอดระยะเวลาการทดลองของการทดลองที่ 1

กลุ่มทดลอง	ระยะเวลาทดลอง (สัปดาห์)			
	2	4	6	8
	น้ำหนักเปลือกไข่ (กรัม)			
control	6.45±0.05[a]	6.41±0.02[a]	6.70±0.13	6.31±0.11
90%-water	6.42±0.13[a]	6.28±0.15[a]	6.64±0.28	6.31±0.09
80%-water	6.43±0.22[a]	6.24±0.11[ab]	6.65±0.13	6.31±0.14
70%-water	6.10±0.21[b]	6.06±0.20[b]	6.69±0.09	6.18±0.26
	ความหนาเปลือกไข่ (ไมโครเมตร)			
control	515.00±5.47[a]	503.28±3.04[a]	480.70±4.10[a]	454.58±3.18[a]
90%-water	517.92±6.86[a]	499.95±3.29[a]	479.69±6.27[a]	454.32±3.54[a]
80%-water	514.64±6.39[a]	498.08±5.49[ab]	472.97±2.27[ab]	450.89±2.54[ab]
70%-water	498.85±9.59[b]	490.00±4.16[b]	470.23±2.03[b]	444.03±7.97[b]

แต่ละค่า คือ ค่าเฉลี่ย ± SD ของ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 8 ฟอง

ภายในคอลัมน์เดียวกันของแต่ละลักษณะที่ศึกษาค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยความชื้นในมูลและปริมาณน้ำที่ขับออกพร้อมมูลของไก่กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จำกัดปริมาณน้ำดื่มในแต่ละระยะการทดลองของการทดลองที่1

กลุ่มทดลอง	ระยะเวลาทดลอง (สัปดาห์)			
	2	4	6	8
	ความชื้นในมูล (%)			
control	74.80±0.92[a]	71.99±4.10	72.71±0.78[a]	74.40± 2.33[a]
90%-water	74.65±1.00[a]	71.35±0.77	70.29±1.19[b]	73.49±0.97[a]
80%-water	74.29±1.01[ab]	70.31±3.73	67.68±0.99[c]	70.32±1.35[b]
70%-water	73.14±0.33[b]	68.75±2.71	66.81±1.30[c]	67.94±1.29[b]
	ปริมาณน้ำที่ขับออกพร้อมมูล (มิลลิลิตร/ตัว/วัน)			
control	99.27±8.27[a]	79.39±11.85[a]	82.02± 6.63[a]	81.20±12.00[a]
90%-water	95.61±3.39[a]	76.91±4.02[a]	65.83± 9.55[b]	76.99± 7.55[a]
80%-water	77.49±3.56[b]	65.75±10.78[ab]	53.22±10.38[bc]	57.27± 4.14[b]
70%-water	69.36±7.98[b]	52.11±10.75[b]	45.43± 6.30[c]	57.69± 8.78[b]

แต่ละค่า คือ ค่าเฉลี่ย ± SD ของ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ตัว

ภายในคอลัมน์เดียวกันของแต่ละลักษณะที่ศึกษาค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยทางโลหิตวิทยาของไก่กลุ่มควบคุมและไก่กลุ่มที่จำกัดปริมาณน้ำดื่มหลังจากสิ้นสุดการทดลอง (การทดลองที่ 1)

ค่าทางโลหิตวิทยา	กลุ่มทดลอง			
	control	90%-water	80%-water	70%-water
Hematocrit (%)	24.84±2.70	23.19±0.99	24.16±2.25	25.46±2.23
Plasma pH	8.25± 0.03	8.18±0.11	8.18±0.16	8.22±0.21
Plasma Ca^{2+} (ppm)	411±19.95	449±10.83	455±14.39	445±17.05
Plasma Na^{+}($x10^{4}$ppm)	2.88±0.81	3.56±0.25	3.99±0.52	4.31±0.56
Number of WBC ($x10^{3}/mm^{3}$)	47.83±12.92	55.17±6.21	54.33±8.89	58.83±11.41
Number of RBC ($x10^{6}/mm^{3}$)	1.93±0.27	2.19±0.26	1.76±0.50	1.89±0.39
Osmolality ($mOsm/kgH_2O$)	284.17±4.36	278.67±7.50	281.83±17.52	281.17±5.64

แต่ละค่า คือ ค่าเฉลี่ย ± SD ของ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ตัว

ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มไก่ทดลอง ($P>0.05$)

ตารางที่ 6 ผลของการจำกัดปริมาณน้ำดื่มที่มีต่อพัฒนาการของอวัยวะสืบพันธุ์ของไก่ทดลองในการทดลองที่ 1

กลุ่มทดลอง	ท่อนำไข่		รังไข่น้ำหนัก (กรัม)	จำนวนกระเปาะไข่ (หน่วย)		
	น้ำหนัก (กรัม)	ความยาว (ซม.)		ใหญ่[1]	กลาง[2]	เล็ก[3]
control	72.83±11.00	80.25±4.72	44.87±3.90[a]	9.25±3.20	8.50±4.51	506.50±52.35[a]
90%-water	76.90± 8.20	85.63±5.06	39.51±9.81[ab]	9.25±2.06	9.25±5.12	585.75±37.48[a]
80%-water	78.59±21.91	79.63±6.10	39.97±2.54[a]	9.25±2.50	15.00±4.24	546.50±88.10[a]
70%-water	67.07± 6.48	85.75±6.99	33.09±2.37[b]	8.00±2.94	8.25±3.59	403.75±29.52[b]

แต่ละค่า คือ ค่าเฉลี่ย ± SD ของ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ตัว

ภายในคอลัมน์เดียวกันค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

[1]กระเปาะไข่ขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 8 มิลลิเมตร)

[2]กระเปาะไข่ขนาดกลาง (เส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 2-8 มิลลิเมตร)

[3]กระเปาะไข่ขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร)

ตารางที่ 7 ผลของการจำกัดปริมาณน้ำดื่มที่มีต่อน้ำหนักและสัดส่วนของไตในไก่แต่ละกลุ่ม เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1

กลุ่มทดลอง	น้ำหนักตัวมีชีวิต (กก.)	น้ำหนักไต (กรัม)		สัดส่วนน้ำหนักไต หนัก:เบา	น้ำหนักไตทั้งหมด (กรัม)	น้ำหนักไต: น้ำหนักตัว (กรัม/กก.)
		ซ้าย	ขวา			
Control						
H1[1]	1.89	6.30	6.10	1.03	12.40	6.89
H2	1.77	5.77	5.15	1.12	10.92	6.17
H3	1.73	5.73	5.57	1.03	11.30	6.53
H4	2.10	4.41	4.71	1.07	9.12	4.34
Mean±SD	1.87±0.17			1.06	10.94±1.36	5.90±1.05
90%-water						
H5	2.10	5.36	5.48	1.02	10.84	5.16
H6	2.08	6.82	6.60	1.03	13.42	6.45
H7	1.82	5.79	4.90	1.18	10.69	5.87
H8	1.97	5.79	5.63	1.03	11.42	5.80
Mean	1.99±0.13			1.07	11.59±1.26	5.82±0.53
80%-water						
H9	1.96	6.44	5.95	1.08	12.39	6.32
H10	1.86	6.30	6.41	1.02	12.71	6.83
H11	1.55	4.59	3.99	1.15	8.58	5.54
H12	1.63	6.31	5.68	1.11	11.99	7.36
Mean±SD	1.75±0.19			1.09	11.42±1.91	6.51±0.77
70%-water						
H13	1.64	5.67	5.27	1.08	10.94	6.67
H14	1.59	5.31	4.90	1.08	10.21	6.42
H15	1.70	5.83	4.88	1.19	10.71	6.30
H16	1.74	6.25	6.06	1.03	12.31	7.07
Mean±SD	1.67±0.07			1.10	11.04±0.90	6.62±0.34

[1]Hen number (ในแต่ละกลุ่มไก่ทดลอง สุ่มฆ่าไก่ซ้ำละ 1 ตัว)

ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มไก่ทดลอง ($P>0.05$)

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักอวัยวะภายใน (คำนวณจากน้ำหนักตัวมีชีวิตก่อนฆ่า) ของไก่กลุ่มควบคุมเปรียบเทียบกับไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดปริมาณน้ำดื่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (การทดลองที่ 1)

กลุ่มทดลอง	น้ำหนักอวัยวะภายใน (%)				
	ตับ	ม้าม	กึ๋น	หัวใจ	ไขมันช่องท้อง
Control	1.90±0.21	0.08±0.03	1.21±0.22^{ab}	0.28±0.06	2.94±2.13^{ab}
	(35.35±1.31)	(1.44±0.39)	(22.49±2.77)	(5.15±0.70)	(57.42±45.32)
90%-water	1.79±0.25	0.07±0.01	1.05±0.14^{b}	0.28±0.02	3.81±0.48^{a}
	(35.79±6.30)	(1.46±0.15)	(20.88±3.15)	(5.51±0.51)	(76.28±14.14)
80%-water	1.82±0.14	0.07±0.03	1.35±0.13^{a}	0.32±0.06	1.52±0.61^{b}
	(31.94±5.08)	(1.15±0.45)	(23.56±2.96)	(5.63±0.93)	(26.57±10.30)
70%-water	1.85±0.43	0.06±0.01	1.26±0.09^{ab}	0.30±0.01	1.14±0.43^{b}
	(30.92±7.15)	(0.93±0.22)	(20.97±1.08)	(4.94±0.26)	(19.01± 7.02)

แต่ละค่า คือ ค่าเฉลี่ย ± SD ของ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ตัว

ภายในคอลัมน์เดียวกันค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$)

ค่าในวงเล็บหมายถึง ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักจริง (กรัม)

การทดลองที่ 2

สมรรถภาพการผลิต

จากการทดลองพบว่า การจำกัดเวลาในการให้น้ำมีผลกระทบต่อปริมาณอาหารที่กินของไก่ โดยไก่กลุ่มควบคุม (control) กินอาหารมากกว่าไก่กลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เกือบทุกระยะที่บันทึกผลการทดลอง ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 2 ซึ่งพบว่าปริมาณอาหารที่กินของไก่กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างไปจากของไก่กลุ่ม 45 min-water ($P<0.05$) แต่ยังคงมีค่ามากกว่าของไก่ที่ถูกจำกัดน้ำอีกสองกลุ่มที่เหลือ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดเวลาในการให้น้ำด้วยกัน พบว่า ตลอดการทดลองไก่กลุ่ม 15 min-water กินอาหารน้อยที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าไก่กลุ่ม 30 min-water และกลุ่ม 45 min-water อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่ไก่กลุ่ม 30 min-water และ 45 min-water มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 9

ผลผลิตไข่ของไก่ในช่วงสัปดาห์แรกของการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 2 ของการทดลองปรากฏว่าไก่กลุ่ม 15 min-water ให้ผลผลิตไข่น้อยกว่าไก่กลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จนสิ้นสุดการทดลอง ยกเว้นสัปดาห์ที่ 3 ของการทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยผลผลิตไข่ของไก่กลุ่ม 15 min-water มีค่าไม่แตกต่างไปจากของไก่กลุ่ม 30 min-water ($P>0.05$) ส่วนไก่กลุ่ม 30 min-water และกลุ่ม 45 min-water มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากไก่กลุ่ม control แต่อย่างใด ($P>0.05$) ทางด้านน้ำหนักไข่พบว่า ในช่วงกลางของการทดลอง คือ สัปดาห์ที่ 2 และ 3 น้ำหนักไข่ของไก่ที่ถูกจำกัดเวลาในการให้น้ำทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าของไก่กลุ่ม control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) มีเพียงไก่กลุ่ม 30 min-water เท่านั้นที่ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ของการทดลองมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักไข่ไม่แตกต่างจากไก่กลุ่ม control ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่มีเพียงสัปดาห์แรกของการทดลองเท่านั้นที่ค่าเฉลี่ยของไก่กลุ่ม control มีค่าสูงกว่าของไก่กลุ่มอื่นๆอย่างชัดเจน ($P<0.05$) แต่หลังจากนั้นค่าเฉลี่ยของไก่ทุกกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

องค์ประกอบและคุณภาพของฟองไข่

จากตารางที่ 10 พบว่าการจำกัดเวลาในการให้น้ำในไก่ไข่มีผลต่อความสูงไข่ขาวและสีของไข่แดงเพียงบางระยะของการทดลอง โดยพบว่าในสัปดาห์ที่ 2 ความสูงไข่ขาวของไก่กลุ่ม 45 min-water มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าของไก่กลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่ไก่กลุ่มที่เหลืออีกสามกลุ่มมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ความแตกต่างปรากฏอีกครั้งหนึ่งใน

สัปดาห์ที่ 4 พบว่าความสูงไข่ขาวของไก่กลุ่ม 45 min-water ยังคงมีค่าน้อยกว่าของกลุ่มควบคุมและกลุ่ม 15 min-water ($P<0.05$) แต่ไม่ต่างจากของกลุ่ม 30 min-water ($P>0.05$) ส่วนสีไข่แดงพบว่าในสัปดาห์ที่ 3 ของการทดลอง ค่าเฉลี่ยสีไข่แดงของไก่กลุ่ม 15 min-water มีค่าสูงกว่าของไก่กลุ่มควบคุมและกลุ่ม 45 min-water ($P<0.05$) แต่ไม่ต่างไปจากของไก่กลุ่ม 30 min-water ในขณะที่สีไข่แดงของไก่กลุ่มควบคุม กลุ่ม 45 min-water และกลุ่ม 30 min-water มีค่าใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการทดลอง ($P>0.05$) ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยน้ำหนักไข่แดงและน้ำหนักไข่ขาวระหว่างไก่ทดลองทั้งสี่กลุ่มในทุกระยะที่บันทึกผลการทดลอง

ค่าเฉลี่ยคุณภาพเปลือกไข่ของไก่ทดลองตลอดระยะเวลาการทดลองสรุปเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 11 ในสัปดาห์ที่ 1 พบว่า น้ำหนักเปลือกไข่ของไก่กลุ่ม 30 min-water กับกลุ่ม 15 min-water มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าของไก่กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในสัปดาห์ที่ 2 ไก่กลุ่ม 15min-water ยังคงมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักเปลือกไข่ต่ำกว่าไก่กลุ่มควบคุม ($P<0.05$) ในขณะที่ตลอดการทดลองไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างไก่กลุ่มควบคุมกับกลุ่ม 45 min-water ที่น่าสนใจคือ เมื่อสิ้นสุดการทดลองน้ำหนักเปลือกไข่ของไก่กลุ่ม 15 min-water มีค่าไม่แตกต่างไปจากของไก่กลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ในขณะที่น้ำหนักเปลือกไข่ของไก่กลุ่ม 30 min-water ยังคงมีค่าน้อยกว่าของไก่กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกันกับความหนาเปลือกไข่เมื่อเปรียบเทียบในสัปดาห์ที่ 4 ของการทดลอง ในขณะที่ในสัปดาห์แรกของการทดลองไก่ที่ถูกจำกัดน้ำทั้งสามกลุ่มมีค่าเฉลี่ยความหนาเปลือกไข่น้อยกว่าไก่กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในสัปดาห์ที่ 2 มีเพียงไก่กลุ่ม 15 min-water เพียงกลุ่มเดียวเท่านั้นที่ยังคงมีค่าความหนาเปลือกไข่น้อยกว่าไก่กลุ่มควบคุม ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกันกับน้ำหนักเปลือกไข่

ปริมาณความชื้นในมูล

จากตารางที่ 12 แสดงให้เห็นว่า การจำกัดเวลาในการให้น้ำดื่มในไก่ไข่มีผลต่อปริมาณความชื้นในมูล ในช่วง 3 สัปดาห์แรกของการทดลองพบว่า ไก่กลุ่ม 15 min-water มีค่าเฉลี่ยของความชื้นในมูลต่ำกว่าไก่กลุ่ม control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดเวลาในการให้น้ำดื่มด้วยกันแล้ว พบว่าในสัปดาห์ที่ 3 ค่าความชื้นในมูลของไก่กลุ่ม 15 min-water มีค่าต่ำกว่าของไก่ที่ถูกจำกัดน้ำอีก 2 กลุ่มที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อคำนวณเป็นปริมาณน้ำที่ขับออกพร้อมมูลพบว่า สัปดาห์ที่ 1 และสัปดาห์ที่ 4 ไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดเวลาในการให้น้ำขับน้ำออกพร้อมมูลต่ำกว่าไก่กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สัปดาห์ที่ 2 ไก่กลุ่ม 30 min-water มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำที่ขับออกมาพร้อมมูลไม่แตกต่างจากไก่กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ถูกจำกัดเวลาในการให้น้ำด้วยกัน ($P>0.05$) ในขณะที่ไก่กลุ่ม 45 min-water และ

15 min-water มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในสัปดาห์ที่ 3 มีเพียงไก่กลุ่ม 15 min-water เพียงกลุ่มเดียวเท่านั้นที่มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าไก่กลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

โลหิตวิทยา

สำหรับค่าทางโลหิตวิทยา ได้แก่ ค่าฮีมาโตคริต ความเป็นกรด-ด่างในพลาสมา ระดับความเข้มข้นของโซเดียมและแคลเซียมในพลาสมา จำนวนเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวและค่าออสโมลาลิตีของเลือดของไก่ทดลองทั้งสี่กลุ่มบันทึกเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มไก่ทดลองแต่อย่างใด (P>0.05) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 13

พัฒนาการของอวัยวะสืบพันธุ์

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการสุ่มไก่ชำแหละซากเพื่อศึกษาพัฒนาการของอวัยวะสืบพันธุ์ พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักและความยาวท่อนำไข่ของไก่ทดลองทั้งสี่กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนน้ำหนักรังไข่พบว่า มีเพียงไก่กลุ่ม 15 min-water เพียงกลุ่มเดียวเท่านั้นที่มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าไก่กลุ่มควบคุม (P<0.05) (ตารางที่ 14) เมื่อนับจำนวนกระเปาะไข่ภายในรังไข่พบว่า ไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดเวลาในการให้น้ำทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ยจำนวนกระเปาะไข่ขนาดเล็กน้อยกว่าไก่กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างระหว่างไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดน้ำด้วยกันทั้งสามกลุ่ม (P>0.05)

ไตและอวัยวะภายใน

ผลของการศึกษาเกี่ยวกับไตและอวัยวะภายในของไก่โดยการชำแหละซากเมื่อสิ้นสุดการทดลองสรุปไว้ในตารางที่ 15 และ 16 ตามลำดับ น้ำหนักและลักษณะโดยทั่วไปของไตของไก่ทดลองทั้งสี่กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันแต่อย่างใด (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตับ ม้าม กึ๋นและหัวใจของไก่ทดลองทั้งสี่กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่าไก่กลุ่ม 15min-water มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักไขมันช่องท้องน้อยกว่าไก่กลุ่ม 45min-water (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างจากไก่กลุ่ม control และกลุ่ม 30 min-water (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 16

อุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน

ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเลี้ยงไก่ตลอดการทดลองที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดภายในโรงเรือนมีค่าเท่ากับ 28.46±0.92 ^{O}C และ 25.61±0.79 ^{O}C ตามลำดับและความชื้นสัมพัทธ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 75.82

อัตราการตายและจำนวนไก่ผลัดขน

ตลอดการทดลองในแต่ละกลุ่มทดลองไม่พบจำนวนไก่ตายแต่อย่างใด ค่าเฉลี่ยอัตราการผลัดขนของไก่ในกลุ่ม 15 min-water (39.28±12.37%) มีค่ามากกว่าของไก่ในกลุ่ม 30 min-water (25.00±4.12%) กลุ่ม 45 min-water (16.07±6.84%) และกลุ่มควบคุม (10.71±7.15%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่อัตราการผลัดขนของไก่กลุ่ม 30 min-water มีค่ามากกว่าของไก่กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากของไก่กลุ่ม 45 min-water ($P>0.05$) ส่วนอัตราการผลัดขนของไก่กลุ่ม 45 min-water มีค่าใกล้เคียงกับของไก่กลุ่มควบคุม ($P>0.05$)

ตารางที่ 9 ผลของการจำกัดเวลาในการให้น้ำดื่มที่มีต่อปริมาณอาหารที่กิน ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ของไก่ทดลองในการทดลองที่ 2

กลุ่มทดลอง	ระยะเวลาทดลอง (สัปดาห์)			
	1	2	3	4
	ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)			
control	112.50±5.80[a]	109.95±8.87[a]	115.31±2.20[a]	115.05±4.96[a]
45 min-water	90.31±3.59[b]	101.27±4.36[ab]	105.10±1.18[b]	109.44±2.10[b]
30 min-water	89.70±6.29[b]	100.51±2.12[b]	102.55±1.77[b]	105.87±1.53[b]
15 min-water	79.08±5.86[c]	90.82±5.83[c]	94.90±4.33[c]	95.66±3.05[c]
	ผลผลิตไข่ (%hen-day egg production)			
control	89.29±5.43	89.54±5.23[a]	89.54±2.81[a]	85.97±4.67[a]
45 min-water	84.44±8.55	82.40±6.94[a]	84.18±5.56[a]	82.91±4.36[a]
30 min-water	86.73±3.63	85.20±4.53[a]	82.14±4.89[ab]	83.16±5.30[a]
15 min-water	80.10±7.75	72.19±8.79[b]	75.77±5.79[b]	72.45±6.82[b]
	น้ำหนักไข่ (กรัม)			
control	64.58±1.00	64.72±0.74[a]	64.46±0.89[a]	64.34±1.94
45 min-water	63.65±0.69	63.07±0.71[b]	63.01±0.89[b]	62.75±0.34
30 min-water	64.06±0.49	63.57±0.88[ab]	62.20±0.63[b]	62.70±0.71
15 min-water	63.22±1.56	63.32±1.07[b]	62.61±0.68[b]	63.16±1.31
	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ (กิโลกรัมอาหารที่กิน/1 กิโลกรัมไข่ที่สร้าง)			
control	1.95±0.09[a]	1.90±0.11	2.00±0.05	2.08±0.12
45 min-water	1.69±0.14[b]	1.96±0.14	1.99±0.15	2.11±0.08
30 min-water	1.62±0.06[b]	1.86±0.06	2.01±0.11	2.04±0.10
15 min-water	1.56±0.05[b]	2.00±0.21	2.00±0.07	2.11±0.23

แต่ละค่า คือ ค่าเฉลี่ย ± SD ของ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 14 ตัว

ภายในคอลัมน์เดียวกันของแต่ละลักษณะที่ศึกษาค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 10 ผลของการจำกัดเวลาในการให้น้ำดื่มที่มีต่อคุณภาพของฟองไข่ของไก่ทดลองในการทดลองที่ 2

กลุ่มทดลอง	ระยะเวลาทดลอง (สัปดาห์)			
	1	2	3	4
	ความสูงไข่ขาว (Haugh Units)			
control	87.39±2.47	87.21±1.72[a]	88.07±1.58	89.46±1.38[a]
45 min-water	84.46±2.39	81.04±3.22[b]	88.50±1.81	85.18±3.08[b]
30 min-water	86.71±4.17	88.39±3.25[a]	88.14±3.73	88.25±1.95[ab]
15 min-water	88.93±3.47	88.54±1.19[a]	89.50±2.23	89.86±1.67[a]
	สีไข่แดง			
control	7.29±0.31	7.39±0.18	7.32±0.14[b]	7.43±0.26
45 min-water	7.64±0.25	7.57±0.23	7.21±0.25[b]	7.39±0.18
30 min-water	7.64±0.44	7.82±0.43	7.43±0.31[ab]	7.75±0.18
15 min-water	7.79±0.41	7.75±0.29	7.71±0.16[a]	7.61±0.34
	น้ำหนักไข่แดง (กรัม)			
control	15.74±0.20	15.51±1.06	15.70±0.45	16.22±1.13
45 min-water	16.14±0.70	15.78±0.88	15.45±0.85	15.32±0.64
30 min-water	15.74±0.31	15.53±0.18	15.73±0.67	15.21±0.15
15 min-water	16.02±0.46	15.53±0.60	15.42±0.12	15.46±0.55
	น้ำหนักไข่ขาว (กรัม)			
control	43.67±1.33	43.00±1.30	42.34±1.70	44.09±1.10
45 min-water	42.77±0.92	43.01±1.56	42.27±2.23	43.71±1.47
30 min-water	42.65±1.58	43.71±2.46	42.47±1.76	45.61±2.43
15 min-water	43.74±1.08	42.87±2.21	41.81±0.71	43.36±1.59

แต่ละค่า คือ ค่าเฉลี่ย ± SD ของ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 8 ฟอง

ภายในคอลัมน์เดียวกันของแต่ละลักษณะที่ศึกษาค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 11 คุณภาพเปลือกไข่ของไก่ทดลองตลอดระยะเวลาการทดลองในการทดลองที่ 2

กลุ่มทดลอง	ระยะเวลาทดลอง (สัปดาห์)			
	1	2	3	4
	น้ำหนักเปลือกไข่ (กรัม)			
control	6.61±0.14[a]	6.39±0.23[a]	6.38±0.18	6.51±0.22[a]
45 min-water	6.38±0.24[ab]	6.25±0.40[ab]	6.27±0.35	6.17±0.24[ab]
30 min-water	6.18±0.26[bc]	6.29±0.21[ab]	6.15±0.13	6.01±0.32[b]
15 min-water	5.92±0.37[c]	5.98±0.07[b]	6.15±0.27	6.37±0.11[ab]
	ความหนาเปลือกไข่ (ไมโครเมตร)			
control	451.31± 4.12[a]	436.43±3.22[a]	417.14± 5.23	429.17± 4.42[a]
45 min-water	434.64± 8.46[b]	429.40±7.60[ab]	429.76±15.13	419.88±10.36[ab]
30 min-water	424.05± 9.87[b]	433.10±2.84[ab]	417.50± 3.84	410.83±12.06[b]
15 min-water	429.52±14.44[b]	426.90±4.74[b]	408.45±13.11	425.24± 8.38[ab]

แต่ละค่า คือ ค่าเฉลี่ย ± SD ของ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 8 ฟอง

ภายในคอลัมน์เดียวกันของแต่ละลักษณะที่ศึกษาค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 12 ผลของการจำกัดเวลาในการให้น้ำดื่มที่มีต่อปริมาณความชื้นในมูลของไก่ทดลองในการทดลองที่ 2

กลุ่มทดลอง	ระยะเวลาทดลอง (สัปดาห์)			
	1	2	3	4
	ความชื้นในมูล (%)			
control	73.92±0.89[a]	72.01±0.95[a]	72.13±1.79[a]	72.60±2.36
45 min-water	72.82±2.94[a]	70.71±0.62[a]	71.00±2.68[a]	70.30±1.31
30 min-water	70.57±2.32[ab]	70.41±1.43[ab]	69.53±1.35[a]	69.72±1.03
15 min-water	68.95±2.31[b]	68.67±1.12[b]	65.37±0.77[b]	70.74±2.20
	ปริมาณน้ำที่ขับออกพร้อมมูล (มิลลิลิตร/ตัว/วัน)			
control	92.98±3.84[a]	80.51±4.05[a]	80.45±10.65[a]	90.15±12.71[a]
45 min-water	74.35±11.00[b]	69.40±3.89[b]	71.39±8.73[a]	67.29±5.84[b]
30 min-water	66.76 ±15.63[bc]	64.80±15.23[ab]	66.48±13.06[a]	59.90±8.47[b]
15 min-water	53.96±6.19[c]	57.14±9.72[b]	43.73±7.78[b]	69.95±8.76[b]

แต่ละค่า คือ ค่าเฉลี่ย ± SD ของ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ตัว

ภายในคอลัมน์เดียวกันของแต่ละลักษณะที่ศึกษาค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยทางโลหิตวิทยาของไก่กลุ่มควบคุมและไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดเวลาในการให้น้ำเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (การทดลองที่ 2)

ค่าโลหิตวิทยา	กลุ่มทดลอง			
	control	45 min-water	30 min-water	15 min-water
Hematocrit (%)	24.46±1.32	26.13±2.89	26.20±2.14	25.65±2.13
Plasma pH	8.56±0.15	8.41±0.05	8.41±0.09	8.39±0.09
Plasma Ca^{2+} (ppm)	341.50±16.93	394.33±25.75	361.17±12.19	351.83±19.51
Plasma Na^{+} ($x10^{4}$ppm)	1.32±0.09	1.42±0.07	1.47±0.10	1.34±0.06
Number of WBC ($x10^{3}/mm^{3}$)	70.50±15.71	54.33±9.61	52.17±12.95	65.33±19.63
Number of RBC ($x10^{6}/mm^{3}$)	1.99±0.38	1.94±0.39	1.99±0.35	2.00±0.22
Osmolality ($mOsm/kgH_2O$)	301.50±7.92	298.00±4.15	305.67±9.16	303.83±7.05

แต่ละค่า คือ ค่าเฉลี่ย ± SD ของ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ตัว

ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มไก่ทดลอง ($P>0.05$)

ตารางที่ 14 ผลของการจำกัดเวลาในการให้น้ำดื่มที่มีต่อน้ำหนักและความยาวท่อนำไข่ น้ำหนักรังไข่ และจำนวนกระเปาะไข่ของไก่ในแต่ละกลุ่มเปรียบเทียบกับไก่กลุ่มควบคุมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (การทดลองที่ 2)

กลุ่มทดลอง	ท่อนำไข่		รังไข่น้ำหนัก (กรัม)	จำนวนกระเปาะไข่ (หน่วย)		
	น้ำหนัก (กรัม)	ความยาว (ซม.)		ใหญ่[1]	กลาง[2]	เล็ก[3]
Control	71.75±6.56	79.65±6.20	44.69±2.31[a]	6.50±1.29	11.50±3.70	738.00±89.24[a]
45 min-water	69.57±6.46	77.25±3.06	40.12±5.67[ab]	8.75±2.22	10.75±3.30	465.75±57.49[b]
30 min-water	72.92±12.55	75.28±5.31	39.85±3.04[ab]	7.25±3.86	11.75±3.50	510.25±72.88[b]
15 min-water	67.02±9.17	83.05±14.30	37.94±2.80[b]	6.00±0.82	8.25±2.22	524.25±54.79[b]

แต่ละค่า คือ ค่าเฉลี่ย ± SD ของ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ตัว

ภายในคอลัมน์เดียวกันค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

[1]กระเปาะไข่ขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 8 มิลลิเมตร)

[2]กระเปาะไข่ขนาดกลาง (เส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 2-8 มิลลิเมตร)

[3]กระเปาะไข่ขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร)

ตารางที่ 15 ผลของการจำกัดเวลาในการให้น้ำที่มีต่อไตของไก่ทดลองเมื่อสิ้นสุดการทดลองในการทดลองที่ 2

กลุ่มทดลอง	น้ำหนักตัวมีชีวิต (กก.)	น้ำหนักไต (กรัม)		สัดส่วนน้ำหนักไต หนัก:เบา	น้ำหนักไตทั้งหมด (กรัม)	น้ำหนักไต/น้ำหนักตัว (กรัม/กก.)
		ซ้าย	ขวา			
Control						
H1[1]	1.79	4.76	4.55	1.05	9.31	5.20
H2	1.93	8.11	7.20	1.13	15.31	7.93
H3	1.76	7.25	6.74	1.08	13.99	7.95
H4	1.91	5.92	5.75	1.03	11.67	6.11
Mean±SD	1.85±0.09			1.07	12.57±2.64	6.80±1.37
45 min-water						
H5	1.68	6.04	5.63	1.07	11.67	6.95
H6	1.62	5.39	4.97	1.08	10.36	6.40
H7	1.98	5.86	5.32	1.10	11.18	5.65
H8	1.76	5.24	5.09	1.03	10.33	5.87
Mean±SD	1.76±0.16			1.07	10.89±0.65	6.22±0.58
30 min-water						
H9	1.78	5.57	4.69	1.19	10.26	5.76
H10	1.78	6.54	5.48	1.19	12.02	6.75
H11	1.90	5.38	4.72	1.14	10.10	5.32
H12	1.75	5.78	5.16	1.12	10.94	6.25
Mean±SD	1.80±0.07			1.16	10.83±0.87	6.02±0.62
15 min-water						
H13	1.65	5.26	4.78	1.10	10.04	6.08
H14	1.79	6.06	5.47	1.11	11.53	6.44
H15	1.85	5.61	5.52	1.02	11.13	6.02
H16	1.72	5.41	4.95	1.09	10.36	6.02
Mean±SD	1.75±0.09			1.08	10.77±0.69	6.14±0.02

[1]Hen number (ในแต่ละกลุ่มไก่ทดลอง สุ่มฆ่าไก่ซ้ำละ 1 ตัว)

ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มไก่ทดลอง (P>0.05)

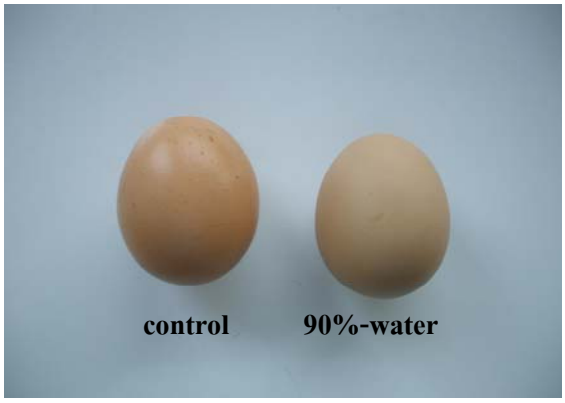
ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักอวัยวะภายใน (คำนวณจากน้ำหนักตัวมีชีวิตก่อนฆ่า) ของไก่กลุ่มควบคุมเปรียบเทียบกับของไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดเวลาในการให้น้ำเมื่อสิ้นสุดการทดลองในการทดลองที่ 2

กลุ่มทดลอง	น้ำหนักอวัยวะภายใน (%)				
	ตับ	ม้าม	กึ๋น	หัวใจ	ไขมันช่องท้อง
Control	1.66±0.09	0.08±0.01	1.20±0.15	0.30±0.03	1.67±0.77^{ab}
	(30.73±2.94)	(1.40±0.22)	(22.24±1.74)	(5.59±0.54)	(31.41±15.18)
45 min-water	1.76±0.08	0.07±0.01	1.40±0.23	0.27±0.04	1.89±0.17^{a}
	(28.72±5.54)	(1.15±0.15)	(24.66±1.15)	(4.86±0.59)	(23.12±4.27)
30 min-water	1.63±0.10	0.07±0.03	1.21±0.23	0.27±0.03	1.77±0.67^{ab}
	(29.42±2.31)	(1.22±0.43)	(21.77±3.57)	(4.86±0.36)	(32.33±12.63)
15 min-water	1.65±0.35	0.07±0.01	1.41±0.10	0.28±0.04	1.31±0.19^{b}
	(31.04±3.82)	(1.16±0.20)	(24.52±2.93)	(4.76±0.52)	(33.01±1.51)

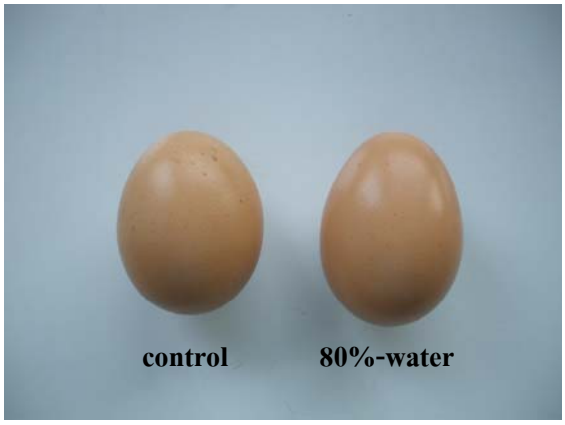
แต่ละค่า คือ ค่าเฉลี่ย ± SD ของ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ตัว

ภายในคอลัมน์เดียวกันค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$)

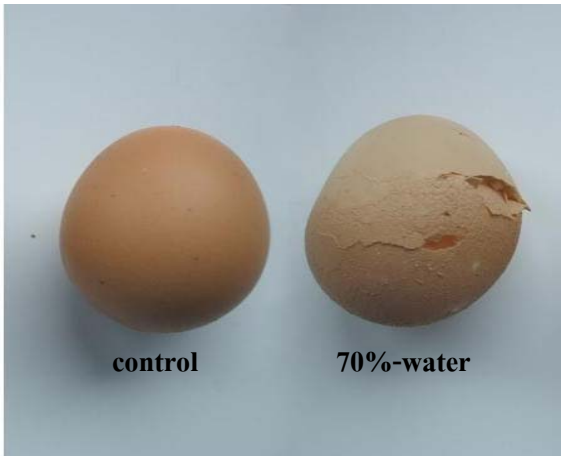
ค่าในวงเล็บ หมายถึง ค่าเฉลี่ยน้ำหนักจริง (กรัม)



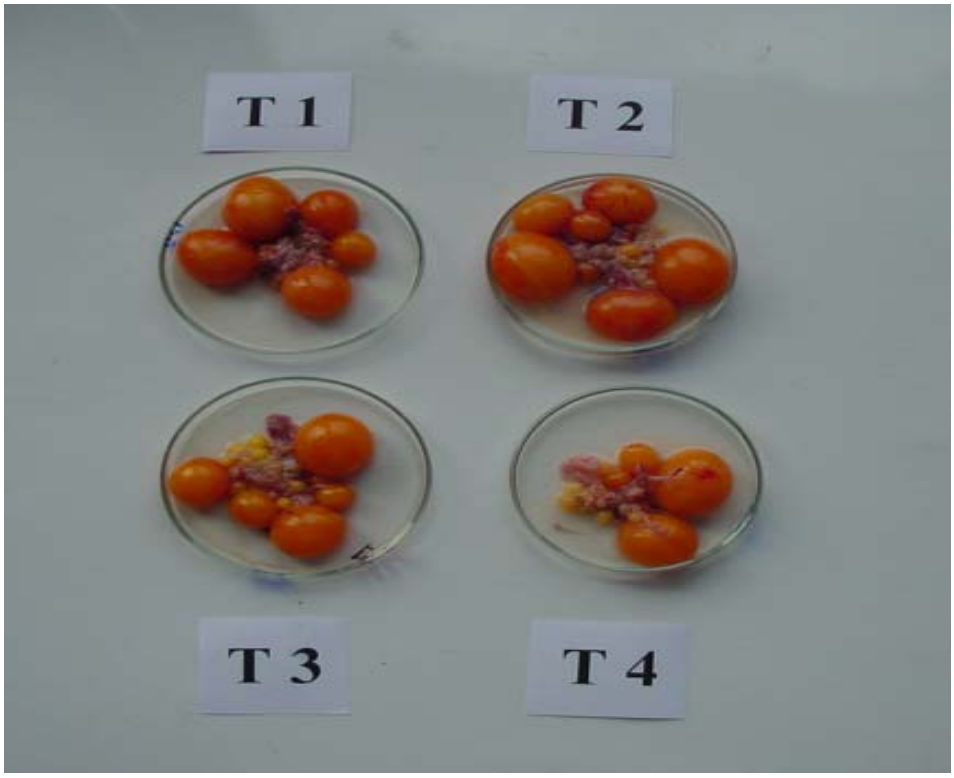
ภาพที่ 2 ลักษณะฟองไข่กลุ่มควบคุมเปรียบเทียบกับกลุ่ม 90%-water



ภาพที่ 3 ลักษณะฟองไข่กลุ่มควบคุมเปรียบเทียบกับกลุ่ม 80%-water

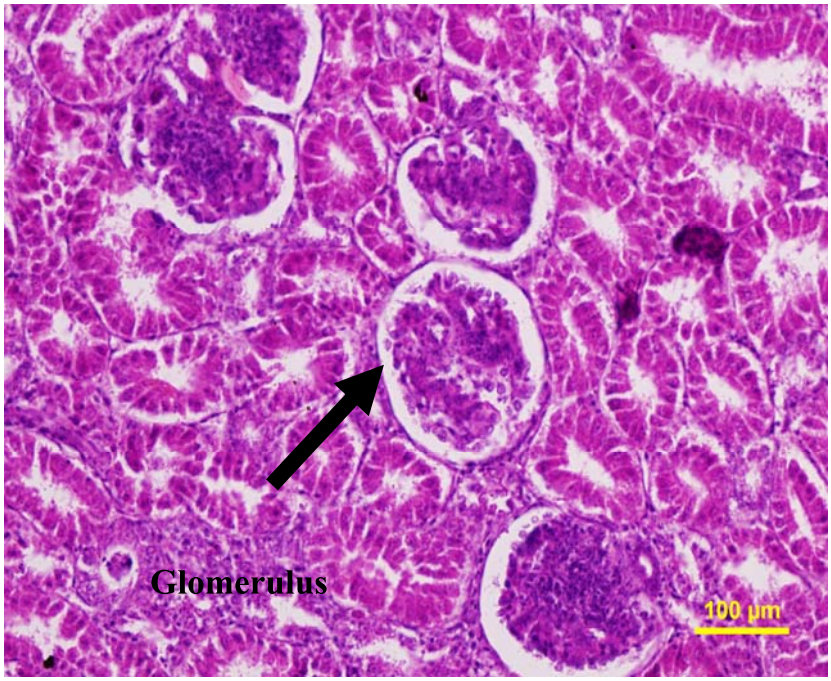


ภาพที่ 4 ลักษณะฟองไข่กลุ่มควบคุมเปรียบเทียบกับกลุ่ม 70%-water



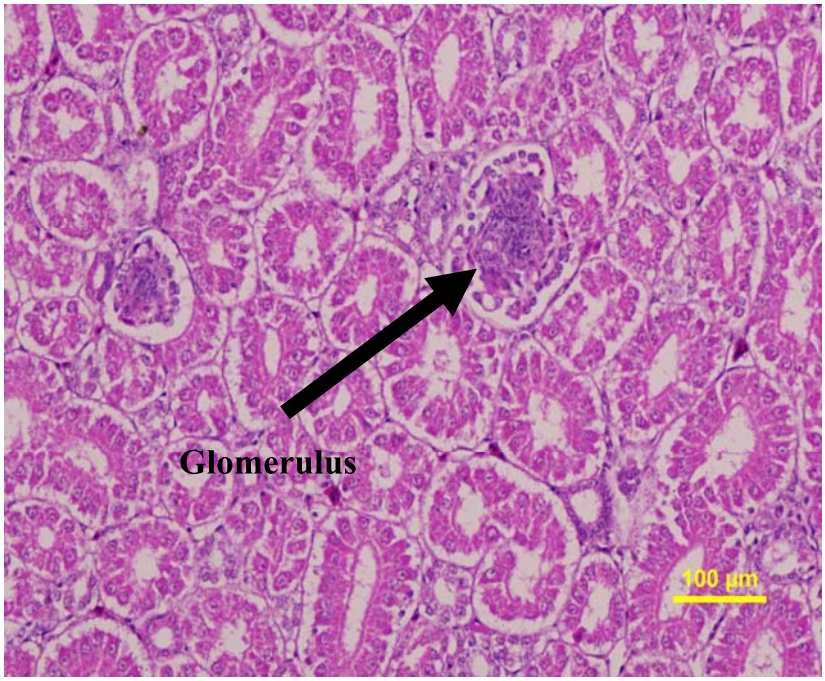
ภาพที่ 5 เปรียบเทียบลักษณะกระเปาะไข่ของไก่แต่ละกลุ่มทดลอง

ภาพที่ 6 เปรียบเทียบลักษณะรังไข่และท่อนำไข่ของไก่แต่ละกลุ่มทดลอง



ภาพที่ 7 ลักษณะของเนื้อเยื่อไตของไก่กลุ่มควบคุม (H&Ex200)

ภาพที่ 8 ลักษณะของเนื้อเยื่อไตของไก่กลุ่ม 90%-water (H&Ex200)



ภาพที่ 9 ลักษณะของเนื้อเยื่อไตของไก่กลุ่ม 80%-water (H&Ex200)

ภาพที่ 10 ลักษณะของเนื้อเยื่อไตของไก่กลุ่ม 70%-water (H&Ex200)

วิจารณ์

จากผลการทดลองจำกัดปริมาณน้ำดื่มในไก่ไข่ในการทดลองที่ 1 พบว่าไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดปริมาณน้ำกินอาหารลดลง สอดคล้องกับผลการทดลองที่เคยรายงานโดยนักวิชาการหลายท่าน (Bierer *et al.*, 1965; Adams 1973; Gongruttananun and Chotesangasa 2005) โดยไก่ที่ได้รับน้ำดื่มร้อยละ 90 ให้ผลผลิตไข่ไม่แตกต่างจากไก่ที่ได้รับน้ำดื่มอย่างเต็มที่ (ตารางที่ 1) แม้ว่าจะกินอาหารน้อยกว่าก็ตาม ในขณะที่ไก่กลุ่มที่ได้รับน้ำดื่มร้อยละ 80 ให้ผลผลิตไข่ต่ำกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับน้ำอย่างเต็มที่บางระยะของการทดลอง อีกทั้งยังพบว่าการให้น้ำดื่มร้อยละ 70 ของปริมาตรที่ไก่ได้รับอย่างเต็มที่มีผลทำให้ไก่กินอาหารน้อยที่สุดและยังให้ผลผลิตไข่ต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับไก่กลุ่มอื่นๆ การกินอาหารถูกควบคุมด้วย ศูนย์กลางในสมองส่วนไฮโปธาลามัส (hypothalamus) ซึ่งตั้งอยู่ทางด้านล่างของสมอง การขาดน้ำหรือได้รับน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายมีผลไปยับยั้งศูนย์ควบคุมการกินทำให้ไก่กินอาหารลดลง (Richards and Proszkowiec-Weglarz, 2007) ทำให้ไก่ได้รับโภชนะไม่เพียงพอสำหรับการสะสมสารไข่แดงและการสร้างกระเปาะไข่ขนาดใหญ่จนสามารถตกไข่ได้ส่งผลให้ผลผลิตไข่ลดลง เนื่องจากอาหารที่ไก่กินเข้าไปจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการสร้างสารไข่แดงที่ตับแล้วนำมาเก็บสะสมที่กระเปาะไข่บริเวณรังไข่ (Sturkie, 1986)

รัตนา (2535) รายงานว่า การจำกัดอาหารไก่ไข่มีผลกระทบต่อการสะสมไข่แดงลดลง แต่หลังจากกลับมาให้อาหารอย่างเต็มที่การสะสมสารไข่แดงก็จะเพิ่มมากขึ้น ทำให้ไก่สามารถกลับมาให้ผลผลิตได้ดีอีกครั้ง อย่างไรก็ตามไข่แดงจะมีขนาดเล็กและมีน้ำหนักลดลง ซึ่งจะส่งผลให้น้ำหนักของฟองไข่ลดลงด้วย ดังจะเห็นได้จากน้ำหนักไข่ของไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดปริมาณน้ำดื่มที่พบในการทดลองครั้งนี้มีแนวโน้มลดลงยกเว้นในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการทดลอง แสดงว่าการจำกัดปริมาณน้ำที่ให้ไก่กินในแต่ละวันทำให้ไก่ได้รับน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายไก่จึงแสดงอาการขาดน้ำ ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณอาหารที่กินและผลผลิตไข่ที่ลดลงโดยเฉพาะในไก่กลุ่มที่ได้รับน้ำเพียงร้อยละ 70 ของปริมาตรที่ไก่กินได้อย่างเต็มที่ ถือเป็นสภาวะวิกฤตของการขาดน้ำที่ส่งผลกระทบอย่างรุนแรง ทำให้ไก่กลุ่มดังกล่าวตอบสนองต่อการขาดน้ำโดยการกินอาหารลดลงและให้ผลผลิตไข่เลวกว่าไก่กลุ่มควบคุมสอดคล้องกับที่ Adams (1973) รายงานว่า การขาดน้ำในไก่ไข่ระยะให้ผลผลิตไข่ มีผลกระทบอย่างรุนแรงต่อการให้ผลผลิตไข่ นอกจากนี้ในการทดลองครั้งนี้ยังพบแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของการผลัดขนของไก่ในไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งเห็นได้อย่างชัดเจนในไก่กลุ่ม 70%-water ซึ่งน่าจะเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อการให้ผลผลิตไข่ Webster (2003) รายงานว่าเมื่อไก่เกิดความเครียดจากสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะการขาดอาหารและน้ำไก่จะปรับตัวโดยการผลัดขน ความเครียดมีผลกระตุ้นการผลิตและหลั่งฮอร์โมนคอร์ติโคสเตอโรนเพิ่มสูงขึ้นซึ่งมีผลไปยับยั้งการทำงานของระบบสืบพันธุ์ทำให้ไก่ให้ผลผลิตไข่ลดลง

เกี่ยวกับคุณภาพของฟองไข่และเปลือกไข่พบว่า การจำกัดปริมาณน้ำในไก่ไข่ส่งผลกระทบต่อน้ำหนักไข่แดง (ตารางที่ 2) โดยเฉพาะในสัปดาห์ที่ 6 ของการทดลองไก่กลุ่ม 80%-water และกลุ่ม 70%-water มีน้ำหนักไข่แดงน้อยกว่าไก่กลุ่มควบคุมและกลุ่ม 90%-water อันเป็นผลเกี่ยวเนื่องมาจากการกินอาหารลดลง ทำให้สารอาหารที่ไก่ได้รับไม่เพียงพอในการสะสมไข่แดง ทำให้ไข่แดงมีขนาดเล็กและน้ำหนักลดลง (รัตนา, 2535) อย่างไรก็ตามไก่กลุ่มที่ได้รับน้ำร้อยละ 80 ให้ผลผลิตไข่ไม่แตกต่างจากไก่กลุ่มควบคุม เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า น้ำหนักไข่แดงของไก่กลุ่ม 70%-water มีค่าเท่าเทียมกับของไก่กลุ่มควบคุม แม้ว่าไก่กลุ่ม 70%-water จะกินอาหารน้อยกว่าก็ตาม ทั้งนี้น่าจะเป็นผลมาจากไก่กลุ่มนี้ให้ผลผลิตไข่ต่ำมาก (63.29%) ซึ่งน้อยกว่ากลุ่มควบคุม (86.16%) อย่างเห็นได้ชัดจึงทำให้มีเวลาในการสะสมสารไข่แดงนาน ทำให้น้ำหนักไข่แดงและน้ำหนักไข่มีค่าไม่แตกต่างไปจากของไก่กลุ่มควบคุม (ตารางที่ 1)

การให้น้ำดื่มในระดับร้อยละ 90 และ 80 ของปริมาณน้ำที่ไก่กินอย่างเต็มที่ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพเปลือกไข่ทั้งในด้านน้ำหนักและความหนาเปลือกไข่ ดังแสดงในตารางที่ 3 ภาพที่ 2 และภาพที่ 3 ในขณะที่ไก่กลุ่มที่ได้รับน้ำเพียงร้อยละ 70 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักเปลือกไข่น้อยกว่าไก่กลุ่มควบคุมและกลุ่ม 90%-water เฉพาะในช่วงครึ่งแรกของการทดลองเท่านั้น ($P<0.05$) ส่วนครึ่งหลังของการทดลองกลับพบว่าน้ำหนักเปลือกไข่มีค่าไม่แตกต่างจากของไก่กลุ่มอื่นๆ ($P>0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยความหนาเปลือกไข่ของไก่กลุ่ม 70%-water มีค่าต่ำกว่าของไก่กลุ่มควบคุมตลอดการทดลอง ($P<0.05$) เนื่องจากไก่กลุ่มนี้กินอาหารน้อยทำให้ไก่ได้รับโภชนะโดยเฉพาะแคลเซียมไม่เพียงพอสำหรับกระบวนการสร้างเปลือกไข่ เนื่องจากแคลเซียมเป็นแร่ธาตุหลักที่สำคัญในกระบวนการสร้างเปลือกไข่โดยเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเปลือกไข่ (Sturkie, 1986) หากได้รับแคลเซียมไม่เพียงพอแล้วจะทำให้คุณภาพของเปลือกไข่ลดลง ไข่เปลือกบางและแตกร้าวง่ายขึ้น (Bierer *et al.*, 1965) ดังแสดงในภาพที่ 4 ส่วนการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเปลือกไข่ในช่วงครึ่งหลังของการทดลองนั้นน่าจะเป็นผลมาจากไก่กลุ่ม 70%-water ขาดน้ำติดต่อกันเป็นเวลานานทำให้ร่างกายมีระดับของแคลเซียมต่ำผิดปกติ (hypocalcemia) ซึ่งจะมีผลไปกระตุ้นให้มีการหลั่งพาราธัยรอยด์ฮอร์โมน (parathyroid hormone) เพื่อไปกระตุ้นให้มีการสลายกระดูกและดึงแคลเซียมจากกระดูกมาใช้ในกระบวนการสร้างเปลือกไข่ (Sturkie, 1986) ทำให้น้ำหนักเปลือกไข่ของไก่กลุ่ม 70%-water มีค่าใกล้เคียงกับของไก่กลุ่มควบคุม

ผลกระทบจากการขาดน้ำนอกจากจะทำให้ปริมาณอาหารที่กินลดลงแล้วยังส่งผลกระทบต่อจำนวนกระเปาะไข่และพัฒนาการของอวัยวะสืบพันธุ์ ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองที่ 1 พบว่าไก่กลุ่มที่ได้รับน้ำดื่มร้อยละ 90 และ 80 ของปริมาตรที่ไก่กินอย่างเต็มที่ ไม่มีผลกระทบต่อจำนวนกระเปาะไข่และพัฒนาการของอวัยวะสืบพันธุ์แต่อย่างใด (ตารางที่ 6) แม้ไก่จะกินอาหารลดลงเมื่อ

เปรียบเทียบกับไก่กลุ่มควบคุม แสดงว่าปริมาณอาหารที่ไก่ทั้งสองกลุ่มได้รับยังเพียงพอสำหรับการสะสมสารไข่แดงและเพียงพอต่อการคงอยู่ของกระเปาะไข่ขนาดเล็ก ขณะที่ไก่กลุ่มที่ได้รับน้ำเพียงร้อยละ 70 มีจำนวนกระเปาะไข่ขนาดเล็กลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับไก่ในกลุ่มอื่นๆ ($P<0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากอาหารที่ไก่ได้รับไม่เพียงพอต่อการคงอยู่ของกระเปาะไข่ขนาดเล็กนั่นเอง

นอกจากการขาดอาหารแล้วในสภาวะที่ไก่ขาดน้ำยังส่งผลให้ไก่เกิดความเครียด มีผลทำให้ต่อมหมวกไตส่วนนอก (adrenal cortex) สร้างและหลั่งฮอร์โมนคอร์ติโคสเตอโรนออกมา (Siegel, 1971) ซึ่งฮอร์โมนดังกล่าวมีผลยับยั้งการหลั่งโกนาโดโทรปิน (FSH และ LH) จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า ทำให้รังไข่ ท่อนำไข่ และกระเปาะไข่ไม่สามารถเจริญพัฒนาต่อไปได้ (Etches *et al.,* 1983) นอกจากนี้ในกระบวนการสร้างไข่ของสัตว์ปีกไม่ว่าจะเป็นการสะสมไข่แดง การสร้างไข่ขาวตลอดจนการสร้างเปลือกไข่ มีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของสเตอรอยด์ฮอร์โมน เช่น โพรเจสเตอโรน (progesterone) เทสโทสเตอโรน (testosterone) และเอสโตรเจน (estrogen) ซึ่งสร้างมาจากรังไข่ของแม่ไก่ (Rondell, 1974; Yoshimura and Bahr, 1991) ดังนั้นหากฮอร์โมนดังกล่าวมีปริมาณลดลงหรือถูกยับยั้งและไม่สามารถหลั่งเข้าสู่กระแสเลือดได้ส่งผลให้ผลผลิตและการทำงานของระบบสืบพันธุ์ลดลง (Etches and Cheng, 1981; Petitte and Etches, 1988)

ปริมาณความชื้นในมูล

จากผลการทดลองในตารางที่ 4 สังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนว่า การจำกัดปริมาณน้ำดื่มที่ให้ไก่กินในแต่ละวันสามารถลดความชื้นในมูลและปริมาณน้ำที่ขับออกพร้อมมูลได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่รายงานโดย Maxwell and Lyle (1957) เนื่องจากการทำงานของไตในการรักษาน้ำภายในร่างกายโดยการขับปัสสาวะออกน้อยลง แต่มีความเข้มข้นสูง เรียกว่า Hypertonic urine การที่ไตของสัตว์ปีกสามารถผลิตปัสสาวะที่มีความเข้มข้นสูงได้ เนื่องจากการทำงานของฮอร์โมน arginine vasotocin (AVT) ที่ผลิตจากสมองส่วนไฮโปธาลามัสแล้วนำมาเก็บที่บริเวณต่อมใต้สมองส่วนหลัง (Goldstein, 2006) AVT ช่วยในการควบคุมสมดุลของน้ำในร่างกาย โดยการควบคุมให้น้ำสามารถถูกดูดซึมผ่านผนังท่อของหน่วยไตกลับคืนสู่ร่างกายได้มากขึ้น อัตราการขับปัสสาวะออกจึงลดลง ทำให้ปัสสาวะมีความเข้มข้นมากขึ้น เมื่อขับออกพร้อมมูลจึงทำให้มูลมีความชื้นลดลง (Maxwell and Lyle, 1957; Lintern-Moore, 1972; Henuk *et al.,* 1999) อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองครั้งนี้พบว่าการให้น้ำไก่ในระดับร้อยละ 70 ของปริมาตรน้ำที่ไก่กินอย่างเต็มที่ มีผลกระทบต่อการกินอาหาร ผลผลิตไข่ คุณภาพไข่และเปลือกไข่ รวมถึงระบบสืบพันธุ์ของไก่ด้วย ระดับที่เหมาะสมของการให้น้ำไก่เพื่อหวังผลในการลดความชื้นในมูลไก่น่าจะอยู่ในช่วงร้อยละ 80 ถึง 90

ของปริมาตรน้ำที่ไก่กินอย่างเต็มที่ แม้ว่าการให้น้ำไก่ในระดับร้อยละ 80 ของปริมาตรน้ำที่ไก่กินอย่างเต็มที่จะมีผลทำให้ความชื้นในมูลลดลงก็ตาม แต่มีผลทำให้ปริมาณอาหารที่กินลดลง ซึ่งส่งผลต่อน้ำหนักไข่ลดลงตามไปด้วย

ส่วนผลกระทบจากการจำกัดปริมาณน้ำดื่มที่มีต่ออวัยวะภายใน พบว่า มีผลทำให้น้ำหนักของอวัยวะภายในได้แก่ ตับ และม้ามมีแนวโน้มลดลงแม้ว่าความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญก็ตาม (ตารางที่ 8) สันนิษฐานว่า การกินอาหารลดลงทำให้ไก่ได้รับโปรตีนและพลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายมีผลทำให้น้ำหนักตับลดลง สอดคล้องกับที่รายงานโดย Maurice *et al.* (1982) ซึ่งพบว่า ไก่ที่ได้รับอาหารโปรตีนต่ำมีผลทำให้น้ำหนักตับและไขมันในตับมีค่าต่ำกว่าไก่ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูง และยังเป็นไปในทำนองเดียวกับรายงานของ Yaman *et al.* (2000) ที่พบว่าในไก่ที่ขาดอาหารเป็นเวลา 2 วัน มีผลทำให้น้ำหนักตับลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับไก่ที่ได้รับอาหารเต็มที่ ซึ่งแตกต่างกับ Mumma *et al.* (2006) ทำการทดลองโดยการให้ฮอร์โมนแอดรีโนคอร์ติโคโทรปิคฮอร์โมนในไก่ไข่ Single comb white leghorn พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับแอดรีโนคอร์ติโคโทรปิคฮอร์โมนมีผลทำให้น้ำหนักตับเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไก่กลุ่มควบคุม อันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และเถ้าภายในตับ โดยที่แอดรีโนคอร์ติโคโทรปิคฮอร์โมน มีหน้าที่กระตุ้นการสร้างและหลั่งฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์จากต่อมหมวกไตส่วนนอก มีหน้าที่ในการสลายไขมันจากเนื้อเยื่อไขมันและสลายโปรตีนและถูกลำเลียงไปที่ตับเพื่อเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของไตรกลีเซอไรด์ ดังนั้นจึงมีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมันและเถ้าภายในตับสูงขึ้น และยังพบว่าแอดรีโนคอร์ติโคโทรปิคฮอร์โมนมีผลต่อการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน ในสภาวะที่ไก่เกิดความเครียด เช่น การขาดน้ำจึงมีผลทำให้น้ำหนักของม้ามลดลง (Squires, 2003; Schedle *et al.,* 2006) ส่วนน้ำหนักกึ๋นนั้นมีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อขนาดและน้ำหนักของกึ๋น เช่น สายพันธุ์ น้ำหนักตัวรวมทั้งชนิดและส่วนประกอบของอาหารที่ไก่กิน โดยอาหารที่มีส่วนประกอบของเยื่อใยหรือเปลือกหอยสูงกว่าปกติทำให้การทำงานของกึ๋นในการบดอาหารเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เซลล์มีการขยายขนาด อีกทั้งการไหลเวียนของเลือดมาหล่อเลี้ยงกึ๋นเพิ่มขึ้นด้วย ส่งผลให้เซลล์ของกล้ามเนื้อกึ๋นสามารถเจริญเติบโตได้ ยังผลให้มีการเพิ่มขึ้นของขนาดและน้ำหนักของกึ๋น อย่างไรก็ตามการจำกัดน้ำทำให้ไก่กินอาหารลดลง การทำงานของกึ๋นในการบดอาหารจึงน้อยลงตามไปด้วย ดังนั้นขนาดและน้ำหนักของกึ๋นจึงน่าจะลดลง แต่จากผลการทดลองครั้งนี้กลับพบว่าน้ำหนักกึ๋นของไก่กลุ่ม 80%-water มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าของไก่กลุ่ม 90%-water อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แม้ว่าโดยภาพรวมแล้วไก่กลุ่ม 90%-water จะกินอาหารมากกว่าไก่กลุ่ม 80%-water ก็ตาม ดังนั้นผู้วิจัยจึงไม่สามารถสรุปและอธิบายสาเหตุที่ทำให้น้ำหนักกึ๋นของไก่กลุ่ม 80%-water มีค่าสูงกว่าของไก่กลุ่ม 90%-water

การให้ไก่ได้รับน้ำดื่มร้อยละ 80 และ 70 มีผลทำให้ปริมาณการสะสมไขมันช่องท้องลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับไก่กลุ่ม 90%-water อันเป็นผลมาจากการที่ไก่ทั้งสองกลุ่มดังกล่าวกินอาหารน้อยกว่าไก่กลุ่ม 90%-water ทำให้พลังงานที่ไก่ได้รับจากอาหารลดลง และอาจไม่เพียงพอต่อการใช้ในการดำรงชีวิตและการนำไปสะสมในร่างกายทำให้การสะสมไขมันช่องท้องลดลง เนื่องจากการสะสมไขมันในร่างกายสัตว์มีความสัมพันธ์กับปริมาณอาหารที่กิน องค์ประกอบของอาหารที่สัตว์กิน อายุและการเจริญเติบโต (Wiseman, 1984) ดังนั้นในช่วงที่ไก่ขาดอาหารทำให้ได้รับพลังงานไม่เพียงพอ ร่างกายจะตอบสนองโดยการย่อยสลายไขมันที่เก็บสะสมในร่างกายออกมาใช้เป็นพลังงานในการดำรงชีวิตมากกว่าการเก็บสะสมในร่างกาย จึงทำให้การสะสมไขมันลดลง (Camacho *et al.,* 2004; Zhan *et al.,* 2007) ส่วนน้ำหนักไขมันช่องท้องของไก่กลุ่มควบคุม (2.94$\pm$2.13%) มีค่าไม่แตกต่างจากของไก่กลุ่มที่ได้รับน้ำร้อยละ 80 (1.52$\pm$0.61%) และ 70 (1.14$\pm$0.43%) น่าจะเป็นผลมาจากปัจจัยอันเนื่องมาจากความแปรปรวนของสัตว์ทดลองจากการสุ่มตัวอย่าง ซึ่งอาจมีจำนวนไม่มากพอจึงทำให้ค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแปรปรวนสูง

ค่าทางโลหิตวิทยาและไต

การจำกัดปริมาณน้ำที่ให้ไก่กินในแต่ละวันไม่พบความแตกต่างของค่าทางโลหิตวิทยา (ตารางที่ 5) น้ำหนักและสัดส่วนของน้ำหนักไต (ตารางที่ 7) ระหว่างไก่ทดลองทั้งสี่กลุ่ม อย่างไรก็ตามค่าความเข้มข้นของประจุโซเดียมในพลาสมามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดน้ำ (ตารางที่ 5) Gongruttananun and Chotesangasa (2005) รายงานว่า การขาดน้ำในไก่ไข่นานติดต่อกัน 2 วัน มีผลทำให้ระดับโซเดียมในพลาสมาเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของนักวิชาการหลายท่าน (Gee and Huston, 1965; Koike *et al.* 1983; Arnason *et al.,* 1986; Roberts, 1991) จากผลการทดลองที่ปรากฏนี้ น่าจะเป็นผลมาจากการทำงานของไตในการรักษาสมดุลของกรดด่าง การควบคุมสมดุลของอิเลคโทรไลท์ และการรักษาสมดุลของน้ำภายในร่างกายยังสามารถทำงานได้ตามปกติดังที่ได้รายงานไว้ในการตรวจเอกสารข้างต้น อีกทั้งระดับของการขาดน้ำยังไม่รุนแรงพอที่จะทำให้เกิดความเสียหายต่อไต ยืนยันได้จากลักษณะของเนื้อเยื่อไตอย่างละเอียด (ภาพที่ 7-10) ซึ่งไม่พบความผิดปกติภายในเนื้อเยื่อไตแต่อย่างใด และสังเกตได้จากการค่าความเป็นกรด ด่างของร่างกายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ตารางที่ 5) แสดงว่าประสิทธิภาพการทำงานของไตยังคงอยู่ในเกณฑ์ปกติ หากมีลักษณะความผิดปกติของไต คือ ไตมีลักษณะบวมและน้ำหนักของไตทั้งสองข้างไม่สมมาตรกัน (kidney weight asymmetry) และพบก้อนนิ่ว (urolith) อุดตันภายในท่อไต (ureter) และท่อรวมน้ำปัสสาวะ (collecting duct) ไตเกิดการหดตัว การทำงานของไตล้มเหลวและอัตราการตายของไก่มีค่าสูงขึ้น แสดงว่าการขาดน้ำอยู่ในภาวะวิกฤตที่ส่งผลกระทบต่อไต เป็นที่น่าเสียดายที่ไม่ได้วิเคราะห์

ความผิดปกติของไตของไก่ทดลองที่ตายในการทดลองครั้งนี้ ซึ่งเป็นความผิดพลาดจากการวางแผนการบันทึกข้อมูล

เมื่อเปลี่ยนมาใช้วิธีการจำกัดเวลาในการให้น้ำในการทดลองที่ 2 ให้ผลปรากฏเป็นไปในทำนองเดียวกันกับการจำกัดปริมาณน้ำดื่มในการทดลองที่ 1 กล่าวคือ ไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดเวลาในการให้น้ำในทุกกลุ่มทดลองกินอาหารลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับไก่กลุ่มควบคุม (ตารางที่ 9) โดยเฉพาะไก่กลุ่ม 15 min-water ซึ่งกินอาหารน้อยกว่าไก่กลุ่มอื่นๆตลอดการทดลอง ส่วนผลผลิตไข่ในช่วงสัปดาห์แรกของการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 2 ของการทดลองปรากฏว่าไก่กลุ่ม 15 min-water ให้ผลผลิตไข่น้อยกว่าไก่กลุ่มอื่นๆอย่างเห็นได้ชัด ($P<0.05$) จนสิ้นสุดการทดลอง เนื่องจากการได้รับน้ำไม่เพียงพอ ทำให้ไก่กินอาหารลดลง ส่งผลให้ขาดโภชนะที่จะนำไปใช้ในกระบวนการสร้างฟองไข่ ผลผลิตไข่จึงลดลง ในขณะที่ไก่กลุ่ม 45 min-water และกลุ่ม 30 min-water มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างไปจากไก่กลุ่มควบคุม

ส่วนน้ำหนักไข่พบว่า มีบางช่วงของการทดลองที่น้ำหนักไข่ของไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดเวลาในการให้น้ำมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าของไก่กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และมีเพียงไก่กลุ่ม 30 min-water เท่านั้นที่ในสัปดาห์ที่ 2 ของการทดลองมีน้ำหนักไข่ไม่แตกต่างจากไก่กลุ่มควบคุม ($P>0.05$) เนื่องจากไก่กินอาหารลดลงทำให้ไก่ได้รับโภชนะไม่เพียงพอสำหรับการสะสมไข่แดง ส่งผลให้น้ำหนักของฟองไข่ลดลงด้วย สำหรับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ พบว่าในสัปดาห์แรกของการทดลองค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ของไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดน้ำทุกกลุ่มมีค่าต่ำกว่าของไก่กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดน้ำสามารถให้ผลผลิตไข่ไม่แตกต่างไปจากของไก่กลุ่มควบคุม (ยกเว้นไก่กลุ่ม 70 min-water) แม้ว่าไก่กลุ่มดังกล่าวจะกินอาหารลดลงและมีน้ำหนักไข่น้อยกว่าไก่กลุ่มควบคุมก็ตาม ทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ของไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดน้ำมีค่าต่ำกว่าของไก่กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 9

ด้านคุณภาพของฟองไข่และเปลือกไข่ของไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดเวลาในการให้น้ำพบว่า ความสูงไข่ขาวของไก่กลุ่ม 45 min-water ในสัปดาห์ที่สองและสัปดาห์สุดท้ายของการทดลองมีค่าต่ำกว่าความสูงไข่ขาวของไก่กลุ่มควบคุม ($P<0.05$) (ตารางที่ 10) น่าจะเป็นผลมาจากการที่ไก่กลุ่ม 45 min-water กินอาหารน้อยกว่าไก่กลุ่มควบคุม จึงอาจทำให้ขาดโภชนะที่มีความจำเป็นในกระบวนการสร้างไข่ขาวโดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีน ทำให้ไข่ขาวมีลักษณะแบนและมีความสูงน้อยกว่าไข่ขาวของไก่กลุ่มควบคุม ส่วนในสัปดาห์สุดท้ายพบว่าความสูงไข่ขาวของไก่กลุ่ม 15 min-water มีค่าเท่าเทียม

กับของไก่กลุ่มควบคุมซึ่งมีค่าสูงกว่าของไก่กลุ่ม 45 min-water สันนิษฐานว่าการจำกัดน้ำมีผลกระทบต่อกระบวนการเคลื่อนที่ของน้ำและอิเลคโทรไลต์เข้าสู่ฟองไข่ (plumping) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในขณะที่ฟองไข่อยู่ภายในท่อนำไข่ส่วนที่เรียกว่า shell gland ซึ่งโดยปกติของเหลวส่วนนี้ (plumping fluid) จะมีผลทำให้ไข่ขาวข้นบางส่วนเจือจางลงกลายเป็นไข่ขาวเหลวชั้นนอก การขาดน้ำอย่างรุนแรงในไก่กลุ่ม 15 min-water อาจมีผลทำให้ plumping fluid มีปริมาณลดลง ทำให้ไข่ขาวถูกเจือจางด้วยน้ำน้อยลง ไข่ขาวจึงมีลักษณะแข็งและยังคงเกาะตัวกันแน่น (Wells and Belyavin, 1987) ทำให้ความสูงไข่ขาวมีค่าไม่แตกต่างไปจากของไก่กลุ่มควบคุม ในขณะที่บันทึกคุณภาพไข่สังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนว่า มวลไข่ขาวของไก่กลุ่ม 30 min-water และ 15 min-water มีการเกาะตัวกันอย่างหนาแน่นมีไข่ขาวเหลวชั้นนอกในปริมาณที่น้อยมาก

ในสัปดาห์ที่ 3 ของการทดลองค่าเฉลี่ยสีไข่แดงของไก่กลุ่มควบคุมและกลุ่ม 45 min-water มีค่าต่ำกว่าของไก่กลุ่ม 15 min-water อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างไปจากของไก่กลุ่ม 30 min-water แต่อย่างใด ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการที่ไก่กลุ่ม 15 min-water มีเวลาในการสะสมสารอาหารในไข่แดงนานกว่าไก่กลุ่มควบคุมและกลุ่ม 45 min-water (เนื่องจากไก่กลุ่ม 15 min-water ให้ผลผลิตไข่น้อยกว่าไก่กลุ่มควบคุมและกลุ่ม 45 min-water แสดงว่าไก่ไม่ได้ไข่ทุกวัน) จึงทำให้มีการสะสมสารสีจากอาหารมากขึ้นและ/หรืออาจเกิดจากการที่น้ำภายในฟองไข่ลดลงเนื่องจากการขาดน้ำโดยเฉพาะน้ำที่เป็นส่วนประกอบของไข่แดงส่วน white yolk และ yellow yolk ทำให้สีไข่แดงมีความชัดเจนมากขึ้น

สิ่งที่น่าสนใจคือ เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพเปลือกไข่ระหว่างไก่กลุ่มควบคุมกับกลุ่มที่ได้รับน้ำดื่มเพียงวันละ 3 ครั้งๆละ 15 นาที พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักเปลือกไข่และความหนาเปลือกไข่ของไก่ทั้งสองกลุ่มมีค่าเท่าเทียมกัน (ตารางที่ 11) ทั้งๆที่ในช่วงสองสัปดาห์แรกของการทดลองคุณภาพเปลือกไข่ของไก่กลุ่ม 15 min-water มีค่าต่ำกว่าของไก่กลุ่มควบคุมมาตลอด สันนิษฐานว่าอาจเป็นผลมาจากไก่กลุ่ม 15 min-water อยู่ในสภาวะการขาดน้ำติดต่อกันเป็นเวลานาน นอกจากนี้ปัจจัยเกี่ยวกับอายุอาจเป็นปัจจัยเสริม ส่งผลให้ร่างกายอยู่ในสภาพมีระดับแคลเซียมต่ำผิดปกติ/อย่างรุนแรง (hypocalcemia) ซึ่งเป็นปัจจัยกระตุ้นการหลั่งพาราธัยรอยด์ฮอร์โมนมีผลทำให้เกิดขบวนการย่อยสลายกระดูก (bone decalcification) และมีการนำแคลเซียมที่ถูกปลดปล่อยจากกระดูกไปใช้สร้างเป็นเปลือกไข่ตามลำดับ พาราธัยรอยด์ฮอร์โมนเป็นฮอร์โมนประเภทเปปไตด์ฮอร์โมน ผลิตมาจากต่อมพาราธัยรอยด์ ซึ่งจะตอบสนองต่อสภาวะที่ร่างกายมีแคลเซียมต่ำ ในสัตว์ปีกอวัยวะเป้าหมายในการทำงานของฮอร์โมนคือ กระดูกและไต บทบาทของพาราธัยรอยด์ฮอร์โมนคือ กระตุ้นขบวนการย่อยสลายกระดูก (bone mobilization) มีผลทำให้แคลเซียมในกระดูกถูกปลดปล่อยเข้าสู่กระแสเลือด (Sturkie, 1976)

การให้ไก่ได้รับน้ำครั้งละ 15 นาที สามารถลดความชื้นในมูลได้มากกว่าไก่กลุ่มควบคุม ($P<0.05$) สอดคล้องกับผลการทดลองที่รายงานโดย Maxwell and Lyle (1957) มีเพียงสัปดาห์สุดท้ายของการทดลองเท่านั้นที่ความชื้นในมูลของไก่กลุ่ม 15 min-water ที่เพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติ เนื่องจากมีไก่ทดลองบางซ้ำขับมูลซึ่งมีความชื้นสูงออกมาทำให้มูลมีน้ำมาก (เฉลี่ย 80 มิลลิลิตร/ตัว/วัน) ทำให้ค่าเฉลี่ยที่ได้จึงเพิ่มขึ้นมากผิดปกติ (ตารางที่ 12) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากปริมาณน้ำที่ขับออกพร้อมมูลแล้วพบว่า โดยเฉลี่ยไก่ที่ถูกจำกัดเวลาในการให้น้ำทุกกลุ่มขับน้ำออกพร้อมมูลลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับไก่กลุ่มควบคุม

การจำกัดเวลาในการให้น้ำไก่ในแต่ละวันไม่พบความแตกต่างระหว่างค่าทางโลหิตวิทยา (ตารางที่ 13) น้ำหนักและสัดส่วนของไต (ตารางที่ 15) ของไก่ทั้งสี่กลุ่มทดลอง แสดงว่าการจำกัดเวลาในการให้น้ำยังไม่ทำให้ระดับของการขาดน้ำรุนแรงพอที่จะทำให้เกิดความเสียหายต่อไต ไตจึงสามารถทำหน้าที่ในการรักษาสมดุลของน้ำและทำให้ปริมาณความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์ยังคงอยู่ในระดับปกติดังกล่าว

ด้านลักษณะทางการสืบพันธุ์และอวัยวะภายใน พบว่า ไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดเวลาในการให้น้ำทุกกลุ่มมีจำนวนกระเปาะไข่ขนาดเล็กน้อยกว่าไก่กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 14) ในขณะที่ไก่กลุ่มที่ได้รับน้ำเพียงครั้งละ 15 นาที มีผลทำให้น้ำหนักรังไข่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับไก่กลุ่มควบคุม ($P<0.05$) ซึ่งผลจากการทดลองชี้ให้เห็นว่าไก่ที่ได้รับน้ำดื่มเพียงวันละ 3 ครั้งๆละ 15 นาทีได้รับน้ำไม่เพียงพอส่งผลกระทบต่อการคงอยู่และการพัฒนาของกระเปาะไข่ขนาดเล็ก โดยสามารถอธิบายได้ 2 นัยคือ นัยแรก เป็นผลมาจากการกินอาหารลดลง ทำให้ปริมาณสารอาหารที่ไก่ได้รับไม่เพียงพอต่อการคงอยู่ของกระเปาะไข่ขนาดเล็กประกอบกับบริเวณที่อยู่ของกระเปาะไข่ขนาดเล็กมีเส้นเลือดมาหล่อเลี้ยงน้อยกว่าบริเวณที่อยู่ของกระเปาะไข่ขนาดใหญ่ดังนั้นเมื่อขาดสารอาหารจึงทำให้กระเปาะไข่ขนาดเล็กฝ่อหายไป นัยที่ 2 เกี่ยวข้องกับการเกิดความเครียดจากการขาดน้ำและหรือความเครียดที่เกิดจากวิธีการให้น้ำทำให้ต่อมหมวกไตส่วนนอกหลั่งฮอร์โมนคอร์ติโคสเตอโรนมากขึ้น ซึ่งฮอร์โมนดังกล่าวนี้มีผลไปยับยั้งการหลั่งของฮอร์โมนโกนาโดโทรปินส่งผลให้การพัฒนาของรังไข่และท่อนำไข่ถูกยับยั้งด้วย

จากการจำกัดเวลาในการให้น้ำพบว่า น้ำหนักไขมันช่องท้องของไก่กลุ่มควบคุม 45 min-water และ 30 min-water มีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำหนักไขมันช่องท้องของไก่กลุ่ม 30 min-water และ 15 min-water มีค่าใกล้เคียงกับของกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ในขณะที่ไก่กลุ่ม 15 min-water กลับมีค่ามากกว่าไก่กลุ่ม 45 min-water อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 16 โดยความเป็นจริงแล้วการสะสมไขมันในร่างกายมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอายุ

ปริมาณอาหารที่กินและองค์ประกอบของอาหารที่สัตว์กิน (Pfaff and Austic, 1976) แต่จากผลที่ปรากฏนี้ยังไม่สามารถอธิบายได้ว่าสาเหตุที่ไก่กลุ่ม 45 min-water มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักไขมันช่องท้องน้อยกว่าไก่กลุ่ม 15 min-water นั้นเป็นผลมาจากปัจจัยใด สันนิษฐานว่าผลการทดลองที่ไม่ชัดเจนน่าจะเป็นผลมาจากปัจจัยอันเนื่องมาจากความแปรปรวนของสัตว์ทดลอง (individual variation) จากการสุ่มสัตว์ทดลอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะว่า ในการศึกษาเกี่ยวกับการชำแหละซากควรใช้จำนวนสัตว์ที่เป็นตัวแทนมากกว่านี้เพื่อลดความแปรปรวน

เมื่อเปรียบเทียบทางด้านสมรรถภาพการผลิตระหว่างไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดปริมาณน้ำดื่มในการทดลองที่ 1 กับไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดเวลาในการให้น้ำของการทดลองที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยทางด้านสมรรถภาพการผลิต ได้แก่ ปริมาณอาหารที่กิน ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ปรากฏผลไปในทำนองเดียวกันทั้งสองการทดลอง โดยไก่กลุ่มที่ได้รับน้ำร้อยละ 70 (70%-water) ในการทดลองที่ 1 และไก่กลุ่มที่ได้รับน้ำวันละ 3 ครั้งๆละ 15 นาที (15min-water) ในการทดลองที่ 2 เป็นกลุ่มที่ได้รับผลกระทบจากการจำกัดน้ำมากที่สุด ส่งผลให้ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตมีค่าต่ำกว่าของไก่กลุ่มควบคุมอย่างชัดเจน ในขณะที่ไก่กลุ่ม 80%-water และกลุ่ม 30 min-water ซึ่งถือว่าเป็นกลุ่มที่ได้รับผลกระทบจากการจำกัดน้ำรองลงมาจากไก่กลุ่ม 90%-water และกลุ่ม 45 min-water ให้ผลผลิตไข่ไม่แตกต่างไปจากไก่กลุ่มควบคุมแต่อย่างใด แม้ว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักไข่มีค่าน้อยกว่าของไก่กลุ่มควบคุมในบางระยะของการทดลองก็ตาม

อย่างไรก็ตามหากมองทางด้านผลกระทบที่เกิดขึ้นกับตัวไก่อันเนื่องมาจากความเครียดที่เกิดจากการถูกจำกัดน้ำ ผู้วิจัยมองว่าการจำกัดปริมาณน้ำที่ให้ไก่กินในแต่ละวันส่งผลให้ไก่เกิดความเครียดในระดับที่รุนแรงมากกว่าการจำกัดเวลาในการให้น้ำ เนื่องจากการทดลองจำกัดปริมาณน้ำดื่มนั้นจะให้น้ำไก่เพียงวันละครั้งตั้งแต่เวลา 10.00 น. ในขณะที่การจำกัดเวลาในการให้น้ำ ไก่จะได้รับน้ำวันละ 3 ครั้งตามเวลาที่กำหนด ทำให้ไก่สามารถปรับตัวโดยการกินน้ำมากขึ้นในช่วงที่เปิดน้ำให้ไก่กินเป็นการชดเชย (compensation) ในช่วงที่ถูกอดน้ำ ไก่จึงเกิดความเครียดน้อยกว่าการจำกัดปริมาณน้ำดื่มในการทดลองที่ 1 โดยสังเกตได้ว่าไก่กลุ่มที่ถูกจำกัดเวลาในการให้น้ำทุกกลุ่มยกเว้นไก่กลุ่ม 15 min-water ให้ผลผลิตไข่ไม่แตกต่างไปจากไก่กลุ่มควบคุม ทั้งนี้หากต้องเลือกใช้วิธีการจำกัดน้ำเพื่อหวังผลในการลดความชื้นในมูล ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะให้ใช้การจำกัดเวลาในการให้น้ำไก่ เพื่อลดความเครียดจากการขาดน้ำ อย่างไรก็ตามข้อดีที่เห็นได้อย่างชัดเจนจากการทดลองที่ 1 คือ การให้ไก่ได้รับน้ำดื่มร้อยละ 90 ของปริมาณที่ไก่กินอย่างเต็มที่ มีผลดีในแง่ทางเศรษฐกิจ เนื่องจากไก่กลุ่มนี้ให้ผลผลิตไข่ไม่แตกต่างจากไก่กลุ่มควบคุม ในขณะที่กินอาหารน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาน้ำหนักไข่ของไก่ทั้งสองกลุ่มพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) ตลอดการทดลอง ยกเว้นในช่วงสัปดาห์ที่ 2-4 เพียงช่วงเดียวเท่านั้นที่ไก่กลุ่ม 90%-water มีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก

ไข่น้อยกว่าไก่กลุ่มควบคุม (63.78 กรัม vs 65.32 กรัม) อย่างไรก็ตามการซื้อขายไข่ในตลาดใช้วิธีแบ่งเกรดไข่ตามช่วงน้ำหนัก ซึ่งน้ำหนักไข่ของไก่ทั้งสองกลุ่มดังกล่าวจัดอยู่ในไข่เกรดเดียวกัน ดังนั้นการจำกัดน้ำโดยวิธีนี้อาจเป็นทางเลือกให้แก่เกษตรกรนำไปใช้บริหารจัดการฟาร์มเพื่อเพิ่มรายได้ให้แก่ฟาร์ม

จากการทดลองสรุปได้ว่าการลดความชื้นในมูลอาจทำได้โดยการให้ไก่ได้รับน้ำดื่มร้อยละ 80-90 ของปริมาณน้ำที่ไก่กินอย่างเต็มที่ในแต่ละวันโดยไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตไข่ คุณภาพเปลือกไข่ ลักษณะต่างๆของเลือด หรือสัณฐานวิทยาของไตแต่อย่างใด ยกเว้นน้ำหนักไข่ลดลงหรืออาจใช้วิธีการจำกัดเวลาในการให้น้ำโดยให้ไก่ได้รับน้ำวันละ 3 ครั้งๆละ 30-45 นาที อย่างไรก็ตามผลผลิตไข่ที่ได้มีขนาดเล็กกว่าและมีเปลือกไข่บางกว่าไก่ที่ได้รับน้ำดื่มอย่างเต็มที่ตลอดเวลา

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การจำกัดปริมาณน้ำดื่มโดยให้ไก่ได้รับน้ำร้อยละ 90 ของปริมาตรที่ไก่สามารถกินได้อย่างเต็มที่สามารถลดปริมาณความชื้นในมูลได้เพียงเล็กน้อย โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ส่วนการให้น้ำดื่มร้อยละ 80 สามารถลดปริมาณความชื้นในมูลได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามมีผลทำให้น้ำหนักไข่ลดลงในบางระยะของการทดลอง ในขณะที่ไก่กลุ่มที่ได้รับน้ำดื่มร้อยละ 70 แม้ว่าจะสามารถลดความชื้นในมูลได้มากที่สุดแต่ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อผลผลิตไข่ น้ำหนักและคุณภาพเปลือกไข่

การจำกัดเวลาในการให้น้ำไก่ในแต่ละวันโดยให้ไก่ได้รับน้ำวันละ 3 ครั้งๆละ 45 นาที มีแนวโน้มลดปริมาณความชื้นในมูลได้เพียงเล็กน้อยแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตไข่และคุณภาพเปลือกไข่โดยรวม แต่ทำให้น้ำหนักไข่และคุณภาพไข่ขาวลดลงในบางระยะของการทดลอง ไก่ที่ได้รับน้ำครั้งละ 30 นาที มีแนวโน้มลดปริมาณความชื้นในมูลได้มากขึ้นโดยไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตและคุณภาพภายในฟองไข่ อย่างไรก็ตามมีผลทำให้น้ำหนักไข่และคุณภาพเปลือกไข่ลดลง ส่วนกลุ่มที่ได้รับน้ำครั้งละ 15 นาที สามารถลดปริมาณความชื้นในมูลได้มากที่สุดแต่ส่งผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตอย่างรุนแรง

ข้อเสนอแนะ

1. การนำเทคนิคการจำกัดน้ำดื่มมาใช้ในไก่ไข่ ควรใช้ความระมัดระวังอย่างมาก เนื่องจากอาจทำให้ไก่อยู่ในสภาวะขาดน้ำได้

2. น่าที่จะมีการค้นคว้าต่อไปเกี่ยวกับเกี่ยวกับปัจจัยอื่นๆ เช่น สภาพการเลี้ยง ลักษณะโรงเรือน ความหนาแน่น อุณหภูมิ และอายุไก่ เป็นต้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เฉลียว ศาลากิจ. 2548. **โลหิตวิทยาทางสัตวแพทย์.** ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ชลลดา บูรณกาล. 2549. **สรีรวิทยาประยุกต์ของไตและระบบขับถ่ายปัสสาวะในสัตว์เลี้ยง.** ตีรณสาร, กรุงเทพฯ.

ณรงค์ศักดิ์ ชัยบุตร. 2533. **สรีรวิทยาระบบขับถ่ายปัสสาวะ (ทางสัตวแพทย์)**. ประชาชน, กรุงเทพฯ.

บุญล้อม ชีวอิสระกุล. 2541. **โภชนศาสตร์สัตว์ เล่ม 1.** พิมพ์ครั้งที่ 6. ธนบรรณการพิมพ์, เชียงใหม่.

พนัส ธรรมกีรติวงศ์. 2549. **ปฏิบัติการสรีรวิทยาของสัตว์.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2543. **หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 1 โภชนะ.** โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

รัตนา โชติสังกาศ. 2535. ผลของการจำกัดอาหารต่อการเจริญเติบโต พัฒนาการของรังไข่และท่อนำไข่ และอัตราการตายในไก่ไข่. **วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (วิทย)** 26: 263-271.

วิโรจน์ จันทรัตน์. 2537. **กายวิภาคและสรีรวิทยาสัตว์ปีก.** สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้, เชียงใหม่.

ศุภลักษณ์ โรมรัตนพันธ์. 2545. **เทคนิคเนื้อเยื่อสัตว์.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อาวุธ ตันโช. 2541. **พฤติกรรมสัตว์ปีก.** โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

Adams, A.W. 1973. Consequences of depriving laying hens of water a short time. **Poultry Sci**. 52: 1221-1223.

Anderson, R.S. and K.J. Hill. 1968. The interrelationship between food and water and egg laying in light hybrid hens. **Proc. Nutr. Soc.** 27: 3A-4A.

Arnason, S.S., G.E. Rice, A. Chadwick and E. Skadhauge. 1986. Plasma levels of arginine vasotocin, prolactin, aldosterone and corticosterone during prolonged dehydration in the domestic fowl: effect of dietary NaCl. **J. Comp. Physiol.** 156: 383-397.

Beutler, E. 2001. Production and destruction of erythrocytes, pp. 365-368. *In* J. Williams, ed. **Hematology**. 6th ed. The McGraw-Hill Companies, New York.

Bierer, B.W., T.H. Eleazer and D.E. Roebuck. 1965. Effect of feed and water deprivation on chickens, turkeys, and laboratory mammals. **Poultry Sci.** 44: 768–773.

Blaxland, J.D., E.D. Borland, W.G. Siller and L. Matindale. 1980. An investigation of urolithiasis in two flocks of laying fowls. **Avian Pathol.** 9: 5-19.

Braun, E.J. and W.H. Dantzler. 1972. Function of mammalian-type and reptilian-type nephrons in kidney of desert quail. **Am. J. Physiol.** 222: 617-629.

Camacho, M.A., M.E. Suarez, J.G. Herrera, J.M. Cuca and C.M. Carcia-Bojalil. 2004. Effect of age of feed restriction and microelement supplementation to control ascites on production and carcass characteristics of broilers. **Poultry Sci.** 83: 526-532.

Corless, A.B. and J.L. Sell. 1999. The effect of delayed access to feed and water on the physical and function development of the digestive system of young turkeys. **Poultry Sci.** 78: 1158-1169.

Deaton, J.W., F.N. Reece and B.D. Lott. 1982. Effect of atmospheric ammonia on laying hens performance. **Poultry Sci.** 61: 1815-1819.

Etches, R.J. 1996. **Reproduction in Poultry**. CAB International, Wallingford, UK.

Etches, R.J. and K.W. Cheng. 1981. Changes in the plasma concentrations of luteinizing hormone, progesterone, oestradiol and testosterone and in the binding of follicle-stimulating hormone to the theca of follicles during the ovulation cycle of the hen (*Gallus domesticus*). **J. Endocr.** 91: 11-22.

Etches, R.J., H.E. MacGregor, T.F. Morris and J.B. Williams. 1983. Follicular growth and maturation in the domestic hen (*Gallus domesticus*). **J. Reprod. Fert.** 67: 351-358.

Fisher, H., P. Grimminger, H.S. Weiss and C.D. Hudson. 1961. Observation on water deprivation and bluecomb disease. **Poultry Sci.** 40: 813-814.

Gee, G.F. and T.M. Huston. 1965. Effects of feed and water deprivation on body fluid compartments in the domestic fowl. **Poultry Sci.** 44: 1372.

Gilbert, A.B., M.M. Perry, D. Waddington and M.A. Hardie. 1983. Role of atresia in establishing the follicular hierarchy in ovary of the domestic hen (*Gallus domesticus*). **J. Reprod. Fert.** 69: 221-227.

Goldstein, D.L. 2006. Regulation of the avian kidney by arginine vasotocin. **Gen. Comp. Endocrinol.** 147: 78-84.

Gongruttananun, N. and R. Chotesangasa. 2005. Short-term stressor effects of water deprivation prior to the onset of lay on subsequent reproductive performance of ISA Brown pullets. **Kasetsart J. (Nat. Sci.).** 39(2): 226-234.

Hauser, R.H. and D.W. Folsh. 1988. Measures for measuring ammonia in poultry house: review and approved practices. **J. Vet. Med.** 35: 1530-1536.

Henuk, Y.L., C.J. Thwaites and J.G. Dingle. 1999. The effect of short-term feed and water restriction on the performance of laying hens, pp. 7-1 - 7-11. *In* D. Munt, A. Baker, J. Dingle, M. Elks, K. Gurney, J. Houweling, R. Jenner and S. McGoldrick, eds. ***Queensland Poultry Science Symposium***, vol.8, University of Queensland, Gatton College, Queensland.

Herrick, J.B. 1971. Water quality for livestock and poultry. **Feedstuffs** 43(8): 28.

Hijikuro, S. 1976. Effect of dietary sodium and potassium excess on water consumption, urine excretion and moisture content of feces of chickens. **Jpn. Poult. Sci.** 13(2): 37-41.

Hodges, R.D. 1974. **The Histology of the Fowl**. Academic Press, London.

Hungerford, T.G. 1969. **Disease of Poultry**, 4th ed., pp. 427-428. Angus and Robertson, Sydney.

Johnson, O.W. 1979. Urinary organs, pp. 184-235. *In* A.S. King and J. McLelland, eds. **Form and Function in Birds**. Academic Press, London.

Julian, R. 1982. Water deprivation as a cause of renal disease in chickens. **Avian Pathol**. 11: 615-617.

Karasawa, Y. 1986. Ammonia production and its contribution to urinary nitrogenous compounds in chickens fed low or high protein diet. **J. Nutr.** 116(12): 2378-2386.

Kita, K., S. Matsunami and J. Okumura. 1996. Relationship of protein synthesis to mRNA levels in the liver of chicks under various nutritional conditions. **J. Nutr.** 126: 1610-1617.

Koike, T.I., L.R. Pryor and H.L. Neldon. 1983. Plasma volume and electrolytes during progressive water deprivation in chickens (*Gallus domesticus*). **Comp. Biochem. Physiol.** 74A: 83-87.

Krag, B. and E. Skadhauge. 1972. Renal salt and water excretion in the budgerygah (*Melopsittacus undulates*). **Comp. Biochem. Physiol**. 41A: 667-683.

Layton, H.E., J.M. Davies, G. Casotti and E.J. Braun. 2000. Mathematical model of avian urine concentrating mechanism. **Am. J. Physiol.** 279: 1139-1160.

Lintern-Moore, S. 1972. The relationship between water intake and the production of wet droppings in the domestic fowl. **Br. Poult. Sci.** 13: 237-242.

Lopez, G.A., R.W. Phillips and C.F. Nockels. 1973. The effect of age on water metabolism in hens. **Proc. Soc. Exp. Biol. Med.** 142(2): 545.

Luck, M.R. and C.G. Scanes. 1979. Plasma levels of ionized calcium in the laying hens (*Gallus domesticus*). **Comp. Biochem. Physiol.** 63A: 177-191.

Mallinson, E.T., H. Rothenbacher, R.F. Wideman, D.B. Snyder, E. Russek, A.I. Zuckerman and J.P. Davidson. 1984. Epizootiology, pathology and microbiology of an outbreak of urolithiasis in chickens. **Avian Dis.** 28: 25-43.

Marsden, S.J., G.S. McKee and M.L. Crandall. 1965. Water deprival and replenishment in poultry. **Poultry Sci.** 44: 793-797.

Maurice, D.V., B.L. Hughes, J.E. Jones and J.M. Weber. 1982. The effect of reverse protein and low protein feeding regimens in the rearing period on pullet growth, performance and liver and abdominal fat at end of lay. **Poultry Sci.** 61: 2421-2429.

Maxwell, B.J. and J.B. Lyle. 1957. Restricted water for wet droppings preventation. **Poultry Sci.** 36: 921-922.

Mumma, J.O., J.P. Thaxton, Y. Vizzier-Thaxton and W.L. Dodson. 2006. Physiological stress in laying hens. **Poultry Sci.** 85: 761-769.

North, M.O. and D.D. Bell. 1990. **Commercial Chicken Production Manual.** 4th ed. Van Nostrand Reinhold Publ., New York.

Okumura, J., I. Tasaki and K. Saito. 1977. Relation between ambient temperature and relative humidity and wet droppings in chickens. **Jpn. Poult. Sci**. 14: 217-222.

Onderka, D.K., J.A. Hanson, F.L. Leggett and L.D. Armstrong. 1987. Renal pathology in chicks following water deprivation. **Avian Dis.** 31: 735-739.

Patterson, P.H., M.L. Sunde and J.L. Pimentel. 1989. Water consumption and fecal moisture of laying hens fed wheat middlings and corn-soybean-alfalfa meal diets. **Poultry Sci.** 68: 830-833.

Petitte, J.N. and R.J. Etches. 1988. The effect of corticosterone on the photoperiodic response of immature hens. **Gen. Comp. Endocrinol**. 39: 424-430.

Pfaff, F.F., Jr. and R.E. Austic. 1976. Influence of diet on development of the abdominal fat pad in the pullet. **J. Nutr.** 106: 443-450.

Richards, M.P. and M. Proszkowiec-Weglarz. 2007. Mechanism regulating feed intake, energy expenditure and body weight in poultry. **Poultry Sci.** 86: 1478-1490.

Roberts, J.R. 1991. Effects of water deprivation on renal function and plasma arginine vasotocin in the feral chicken *Gallus gallus* (Phasianidae). **Aust. J. Zool.** 39: 439-446.

Rondell, P. 1974. Role of steroid synthesis in the process of ovulation. **Biol. Reprod.** 10: 199-215.

SAS, 1996. **SAS Procedures Guide,** Release 6.3 Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Schedle, K., M. Haslinger, R. Leitgeb, F. Bauer, T. Ettle and W. Windisch. 2006. Carcass and meat quality of broiler chickens at different starving periods before slaughter. **Veterinarija ir Zootechnika.** 35: 85-88.

Sevoian, M. and P.P. Levine. 1957. Effect of infectious bronchitis on the reproductive tract, egg production and egg quality of laying chickens. **Avian Dis.** 1: 136-164.

Siegel, H.S. 1971. Adrenals, stress and the environment. **World's Poult. Sci.** 27: 327-349.

Siller, W.G. 1981. Renal pathology of the fowl-A review. **Avian Patho.** 10: 187-262.

Squires, E.J. 2003. **Applied Animal Endocrinology**. CABI publishing, Trowbridge, UK.

Sterling, K.G., D.D. Bell, G.M. Pesti and S.E. Aggrey. 2003. Relationships among strain, performance and environmental temperature in commercial laying hens. **J. Appl. Poult. Res.** 12: 85-91.

Stevens, L. 1996. **Avian Biochemistry and Molecular Biology**. Cambridge University Press, Cambridge.

Sturkie, P.D. 1976. **Avian Physiology.** Springer-Verlag New York, Inc., New York.

Sturkie, P.D. 1986. **Avian Physiology**. 4th ed. Springer-Verlag New York, Inc., New York.

Sunde, M.L. 1962. Amino acid, proteins and stuff. **Poultry Sci.** 41: 1688.

Trampel, D.W., J.L. Sell, D.U. Ahn and J.G. Sebranek. 2005. Preharvest feed withdrawal affects liver lipid and liver color in broiler chickens. **Poultry Sci.** 84: 137-142.

Waddington, D., M.M. Perry, A.B. Gilbert and M.M. Hardie. 1985. Follicular growth and atresia in the ovaries of hens (*Gallus domesticus*) with diminished egg production rate. **J. Reprod. Fert.** 74: 399-405.

Weaver, W.D. and R. Meijerhof. 1991. The effect of different level of relative-humidity and air movement on litter conditions, ammonia levels, growth, and carcass quality of broiler chickens. **Poultry Sci.** 70: 746-755.

Webster, A.B. 2003. Physiology and behavior of the hen during induced molt. **Poultry Sci.** 82: 992-1002.

Wells, R.G. and C.G. Belyavin. 1987. **Egg Quality-Current Problems and Recent Advances**. Butterworth & Co. (Publishers) Ltd., London.

Wiseman, J. 1984. **Fats in Animal Nutrition**. Butterworths, London.

Yaman, M.A., K. Kita and J. Okumura. 2000. Various micronutrient intakes additive stimulate protein synthesis in liver and muscle of food deprived chicks. **J. Nutr.** 130: 70-76.

Yoshimura, Y. and J.M. Bahr. 1991. Localization of progesterone receptors in pre-and postovulatory follicles of domestic hens. **Endocrinology** 128: 323-330.

Zhan, X.A., M. Wang, H. Ren, R.Q. Zhao, J.X. Li and Z.L. Tan. 2007. Effect of early feed restriction on metabolic programming and compensatory growth on broiler chickens. **Poultry Sci.** 86: 654-660.

Zhang, B. and C.N. Coon. 1997. The relationship of calcium intake, source, size, solubility *in vitro* and *in vivo*, and gizzard limestone retention in laying hens. **Poultry Sci.** 76: 1702-1706.

Zubair, A.K. and S. Leeson. 1996. Changes in body composition and adipocyte cellularity of male broilers subjected to varying degrees of early-life feed restriction. **Poultry Sci.** 75: 719-728.

ภาคผนวก

กระบวนการทำตัดเนื้อเยื่อและการย้อมสี (ศุภลักษณ์, 2545)

1. การล้าง (washing)

ตัดเนื้อเยื่อให้มีความหนาประมาณ 5 มิลลิเมตร แล้วนำไปล้างโดยให้น้ำประปาไหลผ่านเป็นเวลา 4 ชั่วโมง

2. การขจัดน้ำออกจากเนื้อเยื่อ (dehydration)

นำเนื้อเยื่อผ่านแอลกอฮอล์จากความเข้มข้นต่ำไปสู่ความเข้มข้นสูงเพื่อป้องกันการหดตัวของเซลล์ เริ่มจาก 70% 80% 95% และ 100%

3. การขจัดแอลกอฮอล์และทำให้เนื้อเยื่อใส (clearing or dealcoholization)

สารที่ใช้ในการขจัดแอลกอฮอล์และทำให้เนื้อเยื่อใสคือ ไซลีน โดยเปลี่ยนน้ำยา 2 ครั้งในขั้นตอนนี้

4. การแทรกซึมของพาราฟิน (infiltration)

พาราฟินที่ใช้มีชื่อเรียกทางการค้าคือ พาราพลาส (paraplast) ซึ่งในขั้นตอนที่ 2-4 จะใช้เครื่องเตรียมเนื้อเยื่ออัตโนมัติในการเตรียมเนื้อเยื่อ

สรุประยะเวลาในการเตรียมเนื้อเยื่อโดยการใช้เครื่องตรียมเนื้อเยื่ออัตโนมัติ รวมระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมเนื้อเยื่อทั้งหมด คือ 18 ชั่วโมง

5. การฝังเนื้อเยื่อในพาราฟิน (embedding)

ในขั้นตอนนี้จะทำโดยใช้เครื่องฝังเนื้อเยื่อ เมื่อพาราฟินที่ฝังเนื้อเยื่อแข็งตัวดีแล้ว (สังเกตจากการเกิดฝ้าบริเวณเนื้อพาราฟิน) นำเนื้อเยื่อออกจากกระทงและเก็บไว้เพื่อทำการตัดเนื้อเยื่อในลำดับต่อไป

การตัดและการย้อมสีเนื้อเยื่อไต

1. การตัดแต่งหน้าบล็อก (Trimming)

การตัดแต่งโดยใช้มีดโกนหรือมีดปอกผลไม้ปาดเอาพาราฟินบริเวณหน้าบล็อกออกจนใกล้เนื้อเยื่อมากที่สุดแล้วตัดด้านข้างทั้งสี่ด้านออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

2. การตัดเนื้อเยื่อให้เป็นแผ่นบาง (sectioning)

การตัดเนื้อเยื่อควรให้ใบมีดทำมุม 5 องศา กับหน้าบล็อกและตัดเนื้อเยื่อให้มีความหนา 5 ไมโครเมตร (μm)

3. การติดเนื้อเยื่อแผ่นบางบนสไลด์ (affix)

นำสไลด์ที่สะอาดมาวางไว้ จากนั้นหยดแอลกอฮอล์ 50% ลงบนสไลด์ (ปริมาตรขึ้นอยู่กับขนาดของเนื้อเยื่อ) นำเนื้อเยื่อแผ่นบางมาวางลงบนสไลด์ที่มีแอลกอฮอล์อยู่ จากนั้นนำสไลด์ไปแช่ในอ่างน้ำที่เตรียมไว้เรียกว่าอ่างลอยเนื้อเยื่อ ซึ่งมีน้ำกลั่นผสมอยู่กับเจลาติน (0.5%) มีอุณหภูมิอยู่ที่ 43-45 องศาเซลเซียส ปล่อยให้น้ำดึงเนื้อเยื่อออกไปอย่างช้าๆเพื่อที่จะให้เนื้อเยื่อยืดออกอย่างเต็มที่จนกว่าจะหมดสไลด์ จากนั้นล้างสไลด์ 2-3 ครั้งในอ่างแล้วจึงให้เนื้อเยื่อเกาะกับสไลด์เพื่อนำไปอุ่นสไลด์ต่อไป

4. การอุ่นสไลด์

เมื่อได้สไลด์ที่มีเนื้อเยื่อเรียบร้อยแล้วนำมาอุ่นที่เครื่องอุ่นสไลด์ (slide warmer) ข้ามคืน โดยใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อครบกำหนดจึงเก็บสไลด์รอทำการย้อมสีต่อไป

แฮริสฮีมาท็อกซิลิน (Harris's hematoxylin)

ฮีมาท็อกซิลิน (hematoxylin crystals)	5	กรัม
แอลกอฮอล์ 100%	50	มิลลิลิตร
แอมโมเนียมหรือโปแตสเซียมอาลัม		

(ammonium or potassium alum)	100	กรัม
น้ำกลั่น	1,000	มิลลิลิตร
เมอคูริกออกไซด์เรด (mercuric oxide, red)	2.5	กรัม

สีอีโอซิน

1% stock alcohol eosin ประกอบด้วย

สี eosin ละลายน้ำได้	1	กรัม
น้ำกลั่น	20	มิลลิลิตร

ละลายให้เข้ากันแล้วจึงเติม

แอลกอฮอล์ 95%	80	มิลลิลิตร

สารละลาย Working solution ประกอบด้วย

สารละลายอีโอซินสต็อก	1	ส่วน
แอลกอฮอล์ 80%	3	ส่วน

เติมกรดแอซิติกเข้มข้นจำนวน 0.5 มิลลิลิตรต่อ 100 มิลลิลิตรของสีที่ผสมแล้ว

ขั้นตอนการย้อมสี

1. การขจัดพาราฟิน (deparaffinization) เป็นการล้างพาราฟินออกจากเนื้อเยื่อโดยการแช่ในไซลีน 2 ครั้งๆละ 5 นาที

2. การเอาน้ำเข้าเนื้อเยื่อ (hydration) คือ การให้น้ำค่อยๆเข้าสู่เนื้อเยื่อ โดยใช้แอลกอฮอล์จากความเข้มข้นสูงลงสู่ความเข้มข้น

3. การย้อมสีครั้งแรก (primary stain) โดยย้อมด้วยสีฮีมาท็อกซิลินก่อน ใช้เวลา 8 นาที

4. การล้างสีส่วนเกินออก (differentiation) โดยการใช้ 1% แอซิดแอลกอฮอล์ (70% แอลกอฮอล์ 99 มิลลิลิตร ผสมกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร)

5. การปรับเนื้อเยื่อให้เป็นกลาง (neutralization) ใช้สารละลายลิเทียมคาร์บอเนต 1 นาที

6. การย้อมสีซ้ำ (counterstain) ใช้สี อิโอซิน ย้อมซ้ำประมาณ 2 นาที

7. การขจัดน้ำ (dehydrate) โดยใช้ 70% แอลกอฮอล์จุ่มอย่างรวดเร็วประมาณ 30 วินาที แล้วต่อไปที่ 95% แอลกอฮอล์ 2 ครั้งๆละ 2 นาที และ 100% แอลกอฮอล์ 2 ครั้งๆละ 2 นาที

8. การขจัดแอลกอฮอล์และทำให้เนื้อเยื่อใส (clearing) โดยจุ่มในไซลีน 2 ครั้งๆละ 5 นาที

9. การปิดกระจกสไลด์ (mounting) ทำได้โดยใช้สารเปอร์เมาต์ (permount)

ตารางผนวกที่ 1 ส่วนประกอบทางโภชนะที่สำคัญในสูตรอาหารสำหรับไก่ไข่อายุ 20 สัปดาห์ขึ้นไปที่ได้จากการวิเคราะห์

โภชนะ	ร้อยละ
โปรตีน	18.53
เยื่อใย	2.97
แคลเซียม	3.24
ฟอสฟอรัส	0.80
พลังงานรวม	3,697 kcal/kg feed

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายยุทธนา แสงจันทร์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	20 มกราคม 2525
สถานที่เกิด	บ้านเลขที่ 2/2 หมู่ที่ 2 ต.นาเหนือ อ.อ่าวลึก จ.กระบี่
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (สัตวศาสตร์) (เกียรตินิยมอันดับ 1) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-