ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

สัตวบาล — **สาขา**

สัตวบาล — **ภาควิชา**

เรื่อง พฤติกรรม ประสิทธิภาพการผลิตและสรีรวิทยาของไก่ไข่ในกรงตับที่ความหนาแน่นต่างกันและในคอกปล่อยพื้นพร้อมอุปกรณ์

Behavioural Expression, Production Performance and Physiological of Laying Hens in Different Density Cages and Furnished Pens

นามผู้วิจัย นางสาวดวงแข สุทธิเกิด

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จำเริญ เที่ยงธรรม, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์พนัส ธรรมกีรติวงศ์, ปร.ด.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

พฤติกรรม ประสิทธิภาพการผลิตและสรีรวิทยาของไก่ไข่ในกรงตับที่ความหนาแน่นต่างกัน และในคอกปล่อยพื้นพร้อมอุปกรณ์

Behavioural Expression, Production Performance and Physiological of Laying Hens in Different Density Cages and Furnished Pens

โดย

นางสาวดวงแข สุทธิเกิด

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดวงแข สุทธิเกิด 2553: พฤติกรรม ประสิทธิภาพการผลิตและสรีรวิทยาของไก่ไข่ในกรงตับที่ความหนาแน่นต่างกันและในคอกปล่อยพื้นพร้อมอุปกรณ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาสัตวบาล ภาควิชาสัตวบาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จำเริญ เที่ยงธรรม, Ph.D. 85 หน้า

การศึกษาการแสดงพฤติกรรม ประสิทธิภาพการผลิตและสรีรวิทยาของไก่ไข่ที่เลี้ยงในสภาพโรงเรือนที่แตกต่างกัน โดยใช้ไก่ไข่พันธุ์ Hisex Brown อายุ 19 สัปดาห์ จำนวน 600 ตัว แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม เลี้ยงในระบบคอกและโรงเรือน 3 แบบ คือ กลุ่มที่ 1 โรงเรือนปิดขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง กลุ่มที่ 2 โรงเรือนปิดขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง และกลุ่มที่ 3 โรงเรือนเปิดปล่อยพื้นแสลทแบบปรับปรุงสภาพคอกพร้อมเสริมอุปกรณ์ พบว่าไก่ที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดแบบขังกรงตับแสดงพฤติกรรมการยืน การนั่ง การกินอาหาร การดื่มน้ำ และการทำความสะอาดขนมากกว่าไก่ที่เลี้ยงในโรงเรือนปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ ($P<0.05$) แต่มีพฤติกรรมก้าวร้าวน้อยกว่า ($P<0.05$) ในด้านประสิทธิภาพการผลิต พบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง มีปริมาณอาหารที่กินมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง และไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับมีน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณการกินอาหาร และน้ำหนักไข่มากกว่า ($P<0.05$) แต่มีปริมาณอาหารต่อผลผลิตไข่น้ำหนัก 1 กิโลกรัม และอัตราการตายน้อยกว่าไก่ไข่ปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ ($P<0.05$) ส่วนคุณภาพฟองไข่ คือ น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักไข่ขาว สีไข่แดง น้ำหนักเปลือกไข่ และความหนาเปลือกไข่ของไก่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบขังกรงตับมีค่ามากกว่า ($P<0.05$) แต่มีค่าฮอกยูนิตและความสูงไข่ขาวไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) และพบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรงมีเปอร์เซ็นต์ไข่บุบร้าวน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง และไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับมีเปอร์เซ็นต์ไข่บุบร้าว และไข่สกปรกมากกว่าไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ ($P<0.05$) ส่วนน้ำหนักรังไข่ ท่อนำไข่ส่วนต่างๆ อวัยวะภายใน และระบบทางเดินอาหารของไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทมีแนวโน้มพัฒนาต่ำกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ แต่เมื่อคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวพบว่าไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้พบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ และในโรงเรือนแบบขังกรงตับ 3 ต่อกรง มีค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นต่ำกว่าไก่ไข่ในโรงเรือนแบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง ($P<0.05$) ส่วนระดับกลูโคสของไก่ไข่ในโรงเรือนปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ มีค่าสูงกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิดขังกรงตับ 4 และ 3 ตัวต่อกรง ($P<0.05$) และมีระดับไตรกลีเซอร์ไรด์และสัดส่วนของเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลล์ต่อลิมโฟซัยต์ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มสูงสุดในไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนปล่อยพื้นแสลทแบบปรับปรุงสภาพคอกพร้อมเสริมอุปกรณ์ มีผลต่อการแสดงพฤติกรรมบางประการและคุณภาพฟองไข่บางลักษณะแต่ไม่มีผลต่อผลผลิตไข่ สามารถช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงของกระดูกขาส่วนธิเบียร์ แต่อาจเกิดความเครียดจากความร้อนได้เนื่องจากเลี้ยงในสภาวะอากาศร้อน

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Duangkhae Sutthikoed 2010: Behavioural Expression, Production Performance and Physiological of Laying Hens in Different Density Cages and Furnished Pens. Master of Science (Agriculture), Major Field: Animal Science, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Jamroen Thiengtham, Ph.D. 85 pages.

A behavioral expression and production performance of laying hens in different housing systems was examined using 600 Hisex Brown hens (aged of 19 wks). They were kept in 3 different housing groups as following: 1) in closed house with 3 hens/cage and 2) with 4 hens/cage 3) in opened house with slatted floor and furnished pen system. The result showed that hens in housing system 1 and 2 spent displayed higher time for standing, sitting, eating, drinking and preening during sampling periods than those of furnished housing system ($P<0.05$) but with aggressive need than. The hens in cages also had significantly higher body weight, feed intake and egg weight but lesser feed consumption per kilogram of egg produced and mortility rate. While quality of egg is significantly higher it egg yolk weight, egg albumen weight, yolk color, eggshell weight and thickness but Haugh unit and albumin height not significantly and hens in conventional cages had percentage of cracks eggs and egg dirtiness higher than furnished pen system ($P<0.05$). In addition, ovary weight, oviduct tract, internal organ and gastrointestinal tract is calculate percentage per body weight not significant In addition, the hens in furnished pen had significantly higher hematocrite (%) than in 4 hens/cage ($P<0.05$). Blood glucose of hens in the furnished pen group was significantly higher than those in the other two groups ($P<0.05$). The levels of triglyceride and H/L ratio were not significantly different among treatments ($P>0.05$). This study demonstrated the effect of raising hens in improved furnished pen system on some behavioral expression and eggs quality, but not egg production. It also showed some effect on bone strength. But, as opened housed system, heat stress effect on hens may be of concern.

_____ _____ __ / __ / __

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

สัตวบาล
สาขา

สัตวบาล
ภาควิชา

เรื่อง พฤติกรรม ประสิทธิภาพการผลิตและสรีรวิทยาของไก่ไข่ในกรงตับที่ความหนาแน่นต่างกันและในคอกปล่อยพื้นพร้อมอุปกรณ์

Behavioural Expression, Production Performance and Physiological of Laying Hens in Different Density Cages and Furnished Pens

นามผู้วิจัย นางสาวดวงแข สุทธิเกิด

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จำเริญ เที่ยงธรรม, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์พนัส ธรรมกีรติวงศ์, ปร.ด.)

หัวหน้าภาควิชา
(รองศาสตราจารย์ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จำเริญ เที่ยงธรรม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. พนัส ธรรมกีรติวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาการค้นคว้าวิจัยตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ และเป็นแบบอย่างที่ดีในการดำเนินชีวิตอีกทั้งได้มอบความกรุณาในการอบรมสั่งสอนให้คำปรึกษาตลอดมา ขอขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมชัย จันทร์สว่าง ประธานกรรมการ และ รองศาสตราจารย์ ดร. ไพโชค ปัญจะ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณบุคลากร ตลอดจนเจ้าหน้าที่ฟาร์มไก่หลวงสุวรรณวาจกกสิกิจ และห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน เจ้าหน้าที่ฝ่ายวิจัยและพัฒนา ศูนย์เครื่องจักกลการเกษตรแห่งชาติที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทดลอง

ขอขอบคุณ นายณัฐวุฒิ ครุฑไท และพี่ๆ ห้องปฏิบัติการ ตลอดจนพี่ๆ น้องๆ และเพื่อนสนิททุกคนในสโมสรนิสิตสัตวบาล ที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือให้คำปรึกษาและให้กำลังใจในการทำงานวิจัยตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อณรงค์ คุณแม่ปองจิตต์ นายประทีป คุณย่า และคุณยาย ที่เป็นกำลังใจและให้โอกาสทางการศึกษา ขออุทิศบุญกุศลที่เกิดขึ้นจากการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้แก่ดวงวิญญาณของ คุณตา คุณปู่ และนายไพโรจน์ ทองสัมฤทธิ์ ผู้มอบความรักและเป็นที่พึ่งทางจิตใจ ตลอดจนครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้สั่งสอนความรู้มาจนทำให้การศึกษาที่ผ่านมาสำเร็จไปได้ด้วยดี

ดวงแข สุทธิเกิด

มีนาคม 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	24
อุปกรณ์	24
วิธีการ	26
ผลและวิจารณ์	30
สรุปและข้อเสนอแนะ	60
สรุป	60
ข้อเสนอแนะ	61
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	62
ภาคผนวก	75
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	85

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พื้นที่ในการแสดงพฤติกรรมของไก่ไข่พันธุ์ลูกผสมขนาดกลางในโรงเรือนไก่ไข่แบบปล่อยพื้นที่มีวัสดุรองพื้น	3
2	ปริมาณองค์ประกอบทางโภชนะของอาหารไก่ทดลองจากการวิเคราะห์	26
3	เปอร์เซ็นต์ของจำนวนไก่ไข่ในการแสดงพฤติกรรมในช่วงเวลา 15 นาที	30
4	เปอร์เซ็นต์การแสดงพฤติกรรมการคุ้ยเขี่ย อาบฝุ่น และขึ้นคอนของไก่ไข่ในโรงเรือนแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ในแต่ละช่วงเวลา (ตัวเลขในวงเล็บแสดงจำนวนของไก่ไข่จากไก่ไข่จำนวน 3,333 ตัว	32 36
5	ประสิทธิภาพการผลิตของไก่ไข่ในระบบการเลี้ยงทั้งสามระบบ	40
6	คุณภาพฟองไข่ของไก่ไข่ในระบบการเลี้ยงทั้งสามระบบ	42
7	น้ำหนักและความยาวของรังไข่ และท่อนำไข่ส่วนต่างๆ ในไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์ในระบบการเลี้ยงทั้งสามระบบ	48
8	น้ำหนักของรังไข่ท่อนำไข่ส่วนต่างๆ ในไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์ (เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว)	49
9	น้ำหนักและความยาวของอวัยวะภายใน และระบบทางเดินอาหารของไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์	50
10	อวัยวะภายในและระบบทางเดินอาหารของไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์ (เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว)	51
11	ผลของระบบการเลี้ยงต่อการลักษณะและความแข็งแรงของกระดูกธิเบียร์ของไก่ไข่ อายุ 42 สัปดาห์	53
12	ผลของระบบการเลี้ยงต่อการสะสมแร่ธาตุในกระดูกธิเบียร์ของไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์	55
13	เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่น ระดับกลูโคส และไตรกลีเซอร์ไรด์ของไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์	56
14	สัดส่วนของ H/L และความแตกต่างของเม็ดเลือดขาวในไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์	58

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	การสอบเทียบน้ำหนักจากมวลมาตรฐานของกราฟที่มีช่วงระยะห่าง 10 (range10)	80
2	อุณหภูมิสภาพแวดล้อมของโรงเรือนไก่ไข่อายุ 19-42 สัปดาห์	84

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะของกรงตับ	10
2	ลักษณะของกรงตับเสริมอุปกรณ์	11
3	ลักษณะของการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยอิสระ	12
4	ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของกระดูก	16
5	ลักษณะของโรงเรือนเปิดปล่อยพื้นแสลทแบบปรับปรุงสภาพพร้อมเสริมอุปกรณ์	25
6	แสดงอุณหภูมิภายในโรงเรือนระบบปิดและระบบเปิดของโรงเรือนไก่ไข่อายุ 19-42 สัปดาห์	31

ภาพผนวกที่

1	ลักษณะของกะบะฝุ่น	76
2	ลักษณะของรังไข่	77
3	ลักษณะของคอน	77
4	พฤติกรรมการอาบฝุ่น	78
5	การวัดความแข็งแรงกระดูก	79

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ACTH	=	Adrenocorticotropic hormone
CFU	=	Colony-forming units
CRD	=	Completely Randomized Design
CRF	=	Corticotropin releasing factors
DMST	=	Duncan's new multiple rang test
EU	=	European union
EVAP	=	Evaporative cooling system
FAWC	=	United Kingdom farm animal welfare council
H/L	=	Heterophil/lymphocyte ratio
HPA	=	Hypothalamic-pituitary-adrenal
HU	=	Haugh unit
PCV	=	Pack cell volume
RSPCA	=	Royal society for the prevention of cruelty to animals
SD	=	Standard deviation
WTO	=	World trade organization

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พฤติกรรม ประสิทธิภาพการผลิตและสรีรวิทยาของไก่ไข่ในกรงตับที่ความหนาแน่นต่างกันและในคอกปล่อยพื้นพร้อมอุปกรณ์

Behavioural Expression, Production Performance and Physiological of Laying Hens in Different Density Cages and Furnished Pens

คำนำ

สถานการณ์ปัจจุบันในอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ผู้บริโภค และกลุ่มที่เคลื่อนไหวพิทักษ์เสรีภาพของสัตว์ได้เข้ามามีบทบาทในการกำหนดรูปแบบระบบการเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะระบบการเลี้ยงสัตว์ตามหลักสวัสดิภาพสัตว์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระบบการเลี้ยงไก่ไข่จากการเลี้ยงแบบขังกรงตับไปเป็นระบบการเลี้ยงที่สามารถตอบสนองต่อสวัสดิภาพของไก่ไข่ (welfare of the laying hen) เนื่องจากการเลี้ยงไก่ไข่ในกรงตับ (conventional cages) ทำให้ไก่ไข่ไม่สามารถแสดงพฤติกรรมตามธรรมชาติออกมาได้อาจก่อให้เกิดความเครียด และการจำกัดการเคลื่อนไหวส่งผลต่อความแข็งแรงของกระดูก ทำให้ต้องมีการออกแบบและศึกษาระบบการเลี้ยงแบบใหม่กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งจากการศึกษาและนำมาใช้ในปัจจุบันพบว่ามีสองระบบใหญ่ๆ คือ ระบบขังกรงตับแบบเสริมอุปกรณ์ (furnished cages) และระบบปล่อยอิสระ (free range) ซึ่งเป็นระบบที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคและองค์กรที่เคลื่อนไหวทางด้านสวัสดิภาพของสัตว์แต่อย่างไรก็ตามยังขาดหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ หรือดัชนีชี้วัดที่เหมาะสมที่จะใช้ในการประเมินสถานการณ์การผลิตว่าดี และเหมาะสมกับตัวไก่จริงในแต่ละสภาพแวดล้อมของแต่ละประเทศที่แตกต่างกัน ดังนั้นควรมีการนำระบบเหล่านี้มาประยุกต์ใช้ให้มีความเหมาะสม ซึ่งระบบการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนปล่อยพื้นแสลทแบบปรับปรุงสภาพพร้อมเสริมอุปกรณ์ น่าจะมีความเหมาะสมกับสภาพการผลิตในประเทศไทยโดยในระบบการเลี้ยงมีการเสริมอุปกรณ์ต่างๆ คือ คอน รังไข่ และกะบะฝุ่น เพื่อให้ไก่ไข่สามารถแสดงพฤติกรรมตามธรรมชาติออกมาได้อย่างเหมาะสม เช่นเดียวกับในระบบขังกรงตับแบบเสริมอุปกรณ์และระบบปล่อยอิสระ ดังนั้นในอนาคตจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ควรให้ความสำคัญเกี่ยวกับระบบการผลิตแบบใหม่นี้เป็นอย่างมาก แม้ว่าแรงกดดันภายในประเทศไทยยังส่งผลน้อยและมีทิศทางไม่ชัดเจน แต่การนำเอาข้อกำหนดเหล่านี้มาศึกษาเพื่อใช้เป็นหลักในการประกอบการตัดสินใจในการปฏิบัติย่อมนำไปสู่มาตรฐานการผลิตที่ดีขึ้นตอบสนองต่อความต้องการของตลาดป้องกันการกีดกันทางการค้าเป็นสำคัญ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการแสดงออกทางด้านพฤติกรรม ประสิทธิภาพการผลิตและสรีรวิทยาของไก่ไข่ในโรงเรือนปิดแบบขังกรงตับที่ความหนาแน่นต่างกัน

2. เพื่อศึกษาการปรับตัวทางด้านพฤติกรรม ประสิทธิภาพการผลิตและสรีรวิทยาของไก่ไข่พันธุกรรมทางการค้าปัจจุบันในระบบโรงเรือนเปิดปล่อยพื้นแสลทแบบปรับปรุงสภาพพร้อมเสริมอุปกรณ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

พฤติกรรมตามธรรมชาติของไก่ไข่

ไก่ไข่สืบเชื้อสายมาจากไก่ป่าสีแดง (red jungle fowl) มีถิ่นกำเนิดในเอเชียในสภาพธรรมชาติไก่ไข่ใช้เวลาส่วนใหญ่ในการหาอาหาร (foraging) มีการรวมกลุ่มเป็นกลุ่มเล็กๆ มีการจิกกันเพื่อจัดลำดับฝูง จิกทำความสะอาดขนและเล่นฝุ่นเพื่อกำจัดปรสิตต่างๆ ในเวลากลางคืนขึ้นนอนบนต้นไม้หรือเรียกว่าการขึ้นคอนเพื่อหลบหนีจากนักล่า ก่อนการวางไข่จะหลบซ่อนตัวเพื่อค้นหาที่สำหรับวางไข่และสร้างรังเพียงลำพัง (Abeyesinghe *et al*., 2005) พฤติกรรมของไก่ไข่ดังกล่าวเป็นพฤติกรรมปกติตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นเพื่อการอยู่รอด และคงไว้ซึ่งพฤติกรรมตามธรรมชาติสืบเนื่องต่อๆ กันมา ซึ่งเป็นเวลาเกือบสองพันปีมาแล้วมีการพยายามปรับปรุงพันธุ์ไก่ไข่ เพื่อให้สามารถเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้นโดยมีสายพันธุ์ไก่ไข่ทางการค้า เช่น ISA Brown, Lohmann Brown, Lohmann Selected Leghorn และอื่นๆ (Lundberg and Keeling, 1999) ไปพร้อมๆ กับการพัฒนาระบบการเลี้ยงมาอย่างต่อเนื่อง และระบบการเลี้ยงที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลกในระบบการผลิตไก่ไข่แบบอุตสาหกรรม คือ ระบบขังกรงตับ ซึ่งการเลี้ยงไก่ในระบบคอกลักษณะนี้จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านพฤติกรรมตามธรรมชาติ (Zimmerman *et al*., 1999) เนื่องจากขนาดของพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมในการแสดงพฤติกรรมตามธรรมชาติของไก่ไข่

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่เฉลี่ยที่ไก่ไข่สามารถแสดงพฤติกรรมตามธรรมชาติต่างๆ ออกมาได้นั้นไก่ไข่มีความต้องการพื้นที่ 475-1,876 ตารางเซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่มาตรฐาน 550 ตารางเซนติเมตรต่อตัว ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ทางกลุ่มสหภาพยุโรปลดหย่อนให้ในการเลี้ยงแบบกรงตับ (Dawkins and Hardie, 1989) นับว่าเป็นพื้นที่ที่น้อยมาก ส่งผลให้ไก่ไข่ตกอยู่ในภาวะเสี่ยงจากความเครียดแบบเรื้อรัง (chronic stress) ได้ และไม่สามารถมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับตัวอื่นได้ ซึ่งการที่ไก่ไข่ไม่สามารถแสดงพฤติกรรมตามธรรมชาติออกมาได้ ดังที่กล่าวแล้วในข้างต้นส่งผลให้ให้มีการแสดงพฤติกรรมที่ผิดปกติ ซึ่งพฤติกรรมตามธรรมชาติที่สำคัญที่เปลี่ยนแปลงไปจากการเลี้ยงไก่ไข่ในระบบขังกรงตับมีดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 พื้นที่ในการแสดงพฤติกรรมของไก่ไข่พันธุ์ลูกผสมขนาดกลางในโรงเรือนไก่ไข่แบบปล่อยพื้นที่มีวัสดุรองพื้น

พฤติกรรม	พื้นที่ (ตารางเซนติเมตรต่อตัว)	
	ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด
การยืน	475	428-592
การคุ้ยเขี่ยพื้น	856	655-1,217
การหมุนตัว	1,272	987-1,626
การกางปีกออก	893	660-1,476
การกระพือปีก	1876	1,085-2,606
การสะบัดขน	873	609-1,362
การจิกทำความสะอาดขน	1,151	800-1,977

ที่มา: ดัดแปลงจาก Dawkins and Hardie (1989)

1. **การออกไข่**

จากการศึกษาพฤติกรรมขณะออกไข่ในไก่ป่า พบว่าก่อนการออกไข่จะมีการสำรวจพื้นที่ที่เหมาะสมและเลือกรังเพื่อวางไข่ จากนั้นจะมีการขุดคุ้ยดินหรือวัสดุต่างๆ ก้มตัวหมอบลง และนั่งลงระยะหนึ่งขณะออกไข่และหลังออกไข่ ในขณะที่การขังไก่ไข่ในกรงตับโดยไม่มีรังไข่ ทำให้ช่วงเวลาการสำรวจหาที่วางไข่มีช่วงเวลายาวนาน โดยก่อนออกไข่จะเดินวนไปวนมา และไม่มีพฤติกรรมการนั่งนิ่งระยะหนึ่งหลังการออกไข่เหมือนกับไก่ป่าที่ออกไข่ตามธรรมชาติ (Gorman, 2002) นอกจากนี้ยังพบว่าหากมีรังให้ไก่ไข่จะชอบวางไข่ในรังมากและใช้เวลาในการเคลื่อนไหวในรังมากกว่าไม่มีรัง รวมทั้งแสดงพฤติกรรมตามธรรมชาติของการออกไข่ทั้งหมดออกมา (SVC, 1996) และถ้าหากไก่ไข่พบว่าไม่มีรังอยู่บริเวณนั้นจะเริ่มแสดงอาการกระวนกระวายมากขึ้นเรื่อยๆ และในที่สุดก็จะแสดงพฤติกรรมที่ผิดปกติออกมาถ้าหากไม่พบรังวางไข่ (Mills and Wood-Gust 1985)

การวางไข่เป็นพฤติกรรมสำคัญของไก่ไข่ ซึ่งมีอิทธิพลอย่างมากที่กระทบต่อสวัสดิภาพของตัวไก่ไข่เอง จึงทำให้หลายประเทศมีการกำหนดมาตรฐานการสร้างโรงเรือนเลี้ยงสัตว์เพื่อให้สัตว์มีสวัสดิภาพที่ดี เช่น ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ได้มีการกำหนดโดย The Swiss animal welfare และ The Swiss protection regulations ได้กำหนดระบบมาตรฐานทั้งหมดของโรงเรือนและ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ภายในโรงเรือนรวมทั้งอุปกรณ์ทางการค้าที่มีขายในท้องตลาดจะต้องมีความถูกต้องและเหมาะสมตามแต่ละชนิดของสัตว์ จึงได้มีการทดลองเพื่อให้มีการพัฒนาที่เหมาะสม ซึ่งไก่ไข่ส่วนใหญ่ชอบวางไข่ในรังที่มีลักษณะปิดและจะมีกิจกรรมต่าง ๆ มากกว่ารังไข่ที่เปิดโล่ง (Cooper and Appleby, 2003) และมักจะเลือกรังที่มีลักษณะเป็นกล่องในการวางไข่ และมีเพียงส่วนน้อยที่เลือกรังแบบถาดที่มีวัสดุรองพื้นถาด (Kruschwitz *et al.*, 2008) ไก่ไข่เข้าไปวางไข่ในรังวันละ 1 ครั้ง เท่านั้น Cooper and Appleby (1997) ได้อธิบายว่าไก่ไข่ที่วางไข่บนพื้นจะมีการเคลื่อนไหวก่อนการวางไข่มากกว่าวางไข่ในกล่องที่มีลักษณะปิด เนื่องจากไม่สามารถมองหารังไข่ หรือสถานที่ที่เหมาะสมในการวางไข่ได้

2. การหาอาหาร

พฤติกรรมการจิกกินอาหารรวมทั้งการขุดคุ้ย และคุ้ยเขี่ยแสดงถึงความสามารถในการหาอาหารของไก่ไข่ ซึ่งในสภาพธรรมชาติไก่ไข่ใช้เวลาประมาณ 50-90 เปอร์เซ็นต์ ของเวลาทั้งหมดในแต่ละวันเพื่อการหาอาหาร และมีการจิกกินอาหารมากกว่า 15,000 ครั้งต่อวัน และออกหาอาหารอย่างเป็นที่พอใจจนถึงเวลาพลบค่ำ (Cooper and Appleby, 2003) ซึ่งการเลี้ยงไก่ไข่ในกรงตับไก่ไข่จะไม่สามารถแสดงพฤติกรรมการหาอาหารได้เพราะถูกจำกัดพื้นที่

3. การอาบฝุ่น

พฤติกรรมการอาบฝุ่นประกอบด้วยการนอนตะแคง คุ้ยดินหรือวัสดุต่างๆ ขึ้นบนหลังและปีก การถูขนกับดินและสะบัดออก การอาบฝุ่นเป็นการกำจัดไขมันและปาราสิตต่างๆ ออก เป็นการทำความสะอาดขนเพื่อช่วยรักษาขนให้อยู่ในสภาพดี ไก่ไข่จะมีการเคลื่อนไหวตัวมากในพฤติกรรมการอาบฝุ่น (Lindberg and Keeling, 1999) และชอบแสดงพฤติกรรมนี้บนพื้นที่มีวัสดุต่างๆ ปกคลุม ในสภาพธรรมชาติปกติไก่มีการอาบฝุ่นทุกๆ 2 วัน ซึ่งจะใช้เวลาเฉลี่ยประมาณครึ่งชั่วโมงถึงหนึ่งชั่วโมงต่อครั้ง (Vestergaard, 1982) ในการเลี้ยงไก่ไข่ในกรงตับไก่ไข่ไม่สามารถแสดงพฤติกรรมการอาบฝุ่นได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการขาดวัสดุต่างๆ ในกรงเลี้ยงทำให้ไก่ไข่ต้องแสดงพฤติกรรมอาบฝุ่นแบบไม่จริงออกมาหรือแสดงท่าทางคล้ายอาบฝุ่น (sham dust-bathing) บนพื้นกรงตับเนื่องจากเป็นความต้องการตามธรรมชาติที่อยากจะแสดงพฤติกรรมเหล่านี้ออกมา ถ้าไก่ไข่ไม่ได้แสดงพฤติกรรมเหล่านี้ออกมาอาจจะมีผลโดยอ้อม ทำให้เกิดพฤติกรรมการจิกขนและนำไปสู่การจิกก้นกันในที่สุด (Keeling, 2002)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการทดลองของ Moesta *et al.* (2008) พบว่าไก่ไข่ชอบเล่นฝุ่นในขี้เลื่อยแห้ง 86.54 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าในขี้เลื่อยสดที่พบว่ามีการเล่นเพียง 73.17 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระดับความหนาของขี้เลื่อย 2 ถึง 20 เซนติเมตร ไม่มีผลต่อการกระตุ้นการแสดงพฤติกรรมการอาบฝุ่น โดยไก่ไข่จะชอบเล่นฝุ่นในขี้เลื่อยมากกว่าวัสดุชนิดอื่นๆ เช่น ดิน ทราย และแกลบ

4. การขึ้นคอน

ในสภาพธรรมชาติปกติไก่ไข่จะขึ้นไปนอนบนต้นไม้เพื่อพักผ่อน และป้องกันอันตรายจากศรัตรู ดังนั้นคอนสูงๆ จึงกระตุ้นให้ไก่ไข่พยายามที่จะขึ้นคอนได้ดี และถ้าหากพื้นที่คอนมีจำกัดไก่ไข่ก็จะพยายามต่อสู้แย่งชิง เพื่อให้ได้คอนสำหรับพักผ่อนในตอนกลางคืนได้อย่างปลอดภัยที่สุด (Appleby *et al.*, 1992) แต่ถ้ามีสิ่งรบกวนในขณะที่กำลังจะไปขึ้นคอนในเวลาพลบค่ำ ไก่ไข่จะเริ่มเสาะหาที่ใหม่บริเวณรอบๆ (Olsson and Keeling, 2000) ซึ่งในระบบการเลี้ยงแบบขังกรงตับทำให้ไก่ไข่จำเป็นต้องยืนบนพื้นลวดตั้งแต่เริ่มให้ไข่ไปจนถึงปลดระวาง และไม่สามารถขึ้นคอนพักผ่อนได้ตามธรรมชาติ ซึ่งอาจขัดต่อหลักสวัสดิภาพสัตว์ข้อที่ 4 เป็นอย่างมาก (AHAW, 2005)

จากการศึกษาของ Wall and Tauson (2007) พบว่าไก่ไข่ชอบขึ้นคอนที่เรียงกันแบบเดี่ยวๆ มากกว่าคอนที่เรียงแบบไขว้ และจากการศึกษาของ Wichman *et al.* (2007) พบว่าไก่ไข่ชอบขึ้นคอนในตอนกลางวันที่ระดับความสูง 50 และ 90 เซนติเมตร แต่ในเวลากลางคืนจะชอบขึ้นคอนที่ระดับความสูง 90 และ 130 เซนติเมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไก่ไข่พันธุกรรมทางการค้าปัจจุบันยังคงมีความต้องการพักผ่อนบนคอนตามสภาพธรรมชาติ

5. พฤติกรรมก้าวร้าวและการข่ม

พฤติกรรมความก้าวร้าวและการข่มในไก่ไข่ซึ่งเป็นสัตว์ชั้นสูงมีการจัดลักษณะทางสังคมเป็น 2 แบบ คือ ลำดับขั้นการข่ม (dominance hierarchy or peck order) และการแบ่งอาณาเขต (territoriality) การจัดลักษณะทางสังคมทั้งสองแบบนี้ มีความสำคัญ คือ การข่ม สัตว์จำเป็นต้องมีความสามารถข่มตัวอื่นได้ จึงจะมีอันดับในลำดับชั้นการข่มและสามารถรักษาอาณาเขตของตนไว้ได้ การข่มจึงหมายถึงการที่สัตว์ตัวหนึ่งมีสิทธิเหนือกว่าคู่แข่งขันในการแย่งชิงสิ่งใดๆ ก็ตาม คือ ตัวข่ม (dominant) สามารถเข้าแทนที่ ตัวถูกข่ม หรือตัวรองลงไป (subordinate) ได้ทุกครั้งที่ต้องการ ซึ่งสัตว์เลี้ยงทุกชนิดมีการข่มกันทางสังคม (Turner *et al.*, 2001) การจัดลำดับชั้นการข่ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทางสังคมของสัตว์เลี้ยงมีได้ 3 รูปแบบ คือ ลำดับชั้นการข่มแบบเส้นตรง (linear hierarchy) ลำดับชั้นการข่มแบบมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง (linear-tending hierarchy) และ ลำดับชั้นการข่มแบบซับซ้อน (complex hierarchy) ลำดับชั้นการข่มแบบเป็นเส้นตรง คือ การที่ตัวที่มีอันดับสองข่มตัวอื่นๆ ในฝูงได้ทั้งหมดยกเว้นตัวแรกเรียงต่อกันไปตลอดจนถึงตัวสุดท้ายซึ่งมีอันดับทางสังคมต่ำสุด และไม่สามารถข่มสัตว์ตัวใดๆ ในฝูงได้เลย การจัดลำดับชั้นการข่มแบบนี้มักมีเฉพาะในฝูงขนาดเล็กที่มีสมาชิกไม่เกิน 10 ตัว ส่วนลำดับชั้นการข่มแบบเกือบเป็นเส้นตรงนั้นมีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายคลึงกับลำดับชั้นการข่มแบบเส้นตรงแต่มีความสัมพันธ์แบบ 3 เส้า (triangular relationship) ในตอนใดตอนหนึ่งของลำดับชั้นการข่ม การจัดชั้นการข่มแบบนี้มักมีในฝูงขนาดเล็กเช่นเดียวกันกับการจัดลำดับชั้นการข่มแบบเส้นตรง และสุดท้ายคือลำดับชั้นการข่มแบบซับซ้อนเป็นแบบที่พบได้ในฝูงขนาดใหญ่ หรือในขณะที่การจัดลำดับชั้นยังไม่เสร็จสิ้นลำดับชั้นแบบนี้มักไม่ค่อยถาวรนัก จึงแสดงให้เห็นว่าสัตว์บางตัวในฝูงยังไม่สามารถจัดลำดับของตนได้ (Ylander and Craig, 1980)

ลำดับชั้นการข่มทางสังคมของสัตว์จะมั่นคงถาวรแค่ไหน ขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการ คือ ความสามารถของสัตว์ที่จะรู้จักกันและจดจำกันได้ การย้ำเตือนถึงความสัมพันธ์แบบผู้ข่ม และผู้ถูกข่ม (dominant-subordinate relationship) ซึ่งแสดงออกโดยการข่มขู่ของตัวข่มต่อตัวถูกข่ม และความมั่นคงของสมาชิกภายในฝูง สัตว์จะจดจำตัวที่มีอันดับทางสังคมสูงได้ดีกว่าสัตว์ที่มีอันดับทางสังคมต่ำ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อสัตว์ตัวใดถูกแยกออกไปจากฝูงเป็นเวลานานก็จะถูกลืม และเมื่อกลับมาใหม่จะถูกสัตว์ในฝูงเดิมข่มเหมือนกับสัตว์แปลกหน้า ซึ่งการที่สัตว์จะจดจำกันได้นั้นต้องอาศัยสิ่งกระตุ้นหลายอย่าง เช่น รูปร่าง ท่าทาง หรือกลิ่น เป็นต้น แต่ในไก่จดจำกันได้จากลักษณะของหัว หงอน เหนียง และ สีขนตามลำตัว ในด้านความจำนั้นสัตว์ที่มีสมองพัฒนาดีจะมีความจำแม่นยำ ลำดับชั้นการข่มจะถาวรกว่าสัตว์ที่มีความจำสั้น ในสังคมของฝูงไก่มักมีการจัดลำดับทางสังคมเป็นประจำเพราะไก่มีความจำสั้น (Bradshaw, 1991)

นอกจากนี้ในช่วงที่เกิดความไม่แน่นอนทางลำดับสังคมนี้ ความเครียดทางสังคมของสัตว์ในฝูงจะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีผลกระทบกระเทือนต่อการให้ผลผลิตของสัตว์ในฝูงด้วย จากการศึกษาพบว่าฝูงไก่ที่มีการเปลี่ยนสมาชิกบ่อยๆ จนไม่สามารถจัดอันดับทางสังคมที่ถาวรได้และจะมีการจิกตีกันบ่อย กินอาหารน้อยกว่า เติบโตช้า และให้ผลผลิตน้อยกว่าไก่ในฝูงที่สมาชิกคงที่เป็นเวลานาน นอกจากนั้นยังพบว่าฝูงไก่ที่เปลี่ยนสมาชิกในกลุ่มบ่อย มีความต้านทานโรคต่ำกว่าฝูงที่ไม่เปลี่ยนสมาชิก (Syme *et al*, 1983)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยปกติไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อย หรือกลุ่มไก่ป่าจะเริ่มแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวตั้งแต่อายุน้อยและในไก่ที่มีอายุมากกว่าจะมีความก้าวร้าวมากกว่าไก่อายุน้อย ไก่บางตัวที่มีขนาดเล็กหรือตัวที่อ่อนแอกว่าจะถูกทำร้ายเสมอ (Oden *et al*., 1999) ซึ่งไก่เรียนรู้ได้เร็วว่าควรที่จะหลีกเลี่ยงไก่ตัวอื่นๆ ซึ่งถ้าเกิดการโจมตีย่อมที่จะโจมตีตัวที่เล็กกว่าหรืออ่อนแอกว่าเสมอ การแสดงความพฤติกรรมก้าวร้าวในไก่ คือ การจิกที่ศีรษะของคู่ต่อสู้ ตัวที่อ่อนแอกว่าจะพยายามหลบหนีและจะถูกจิกที่หลังศีรษะเสมอ ไก่ที่มีขนาดตัวเท่าๆ กันจะต่อสู้กันแบบเผชิญหน้า กลุ่มที่มีขนาดเล็กพอที่จดจำสมาชิกแต่ละตัวจะสามารถจดจำผลจากการต่อสู้และหลีกเลี่ยงที่จะต่อสู้กับไก่ตัวที่เคยชนะตัวมันมาแล้ว ซึ่งความก้าวร้าวขึ้นอยู่กับขนาดของกลุ่มและความหนาแน่นของฝูง (Appleby and Jenner, 1993)

การเปลี่ยนแปลงระบบการเลี้ยงไก่ไข่

ข้อเรียกร้องทางด้านสวัสดิภาพสัตว์ (animals welfare) เป็นเงื่อนไขสำคัญที่ผลักดันให้ผู้ผลิตต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบระบบการผลิต และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระบบโรงเรือนแบบขังกรงตับ เนื่องจากขนาดพื้นที่ที่จำกัดและสภาพแวดล้อมในกรงตับทำให้ไก่ไข่ไม่สามารถแสดงพฤติกรรมธรรมชาติออกมาได้ (Zimmerman *et al*., 1999) เช่น การออกไข่ (laying) การหาอาหาร (foraging) การอาบฝุ่น (duth-bathing) การขึ้นคอน (perching) และพฤติกรรมพื้นฐานอื่นๆ ที่ทำให้เกิดความสบาย เช่น การคุ้ยเขี่ย (ground scratching) และการกระพือปีก (wing flapping) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น

จากปัญหาดังกล่าวที่เกิดจากการเลี้ยงแบบขังกรงตับขัดต่อหลักสวัสดิภาพสัตว์ ซึ่งระบุโดยคณะกรรมการด้านสวัสดิภาพสัตว์แห่งสหราชอาณาจักร (United Kingdom farm animal welfare council; FAWC) ก่อตั้งในปี ค.ศ. 1976 เป็นข้อกำหนดในระบบการเลี้ยงสัตว์ที่ต้องเอื้อให้สัตว์สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมได้ ส่งผลทำให้ร่างกายและสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรง ตามหลักสวัสดิภาพสัตว์ (animal welfare) ซึ่งประกอบด้วยอิสรภาพ 5 ประการ (five freedom) (AHAW, 2005) คือ อิสรภาพจากความหิวและกระหาย อิสรภาพจากความไม่สะดวกสบาย อิสรภาพจากความเจ็บปวด บาดเจ็บและโรค อิสรภาพในการแสดงออกซึ่งพฤติกรรมตามปกติ และอิสรภาพจากความกลัวและความกังวลใจ ซึ่งจากข้อกำหนดเหล่านี้จึงได้มีความพยายามปรับเปลี่ยนระบบการเลี้ยงไก่ไข่ขึ้นในปี ค.ศ. 1997 โดยสหภาพยุโรป (european union; EU)ได้มีข้อตกลงร่วมในสนธิสัญญา (treaty of Amsterdam) ให้มีการเอาใจใส่ในความรู้สึกของสัตว์ โดยสัญญาเรียกร้องให้สหภาพยุโรปและประเทศสมาชิกมีการกำหนดและดำเนินนโยบายเกี่ยวกับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเกษตร โดยให้ออกแบบระบบการเลี้ยงไก่ไข่ที่สามารถตอบสนองต่อสวัสดิภาพของไก่ไข่และมีผลบังคับใช้ในปี ค.ศ. 2012 ในสหภาพยุโรปมีไก่ไข่มากกว่า 300 ล้านตัว 3 ใน 4 ส่วนของไก่ไข่เหล่านี้เลี้ยงในระบบโรงเรือนแบบขังกรงตับ จึงเริ่มมีการดำเนินงานตามข้อกำหนดอย่างเป็นทางการในปี ค.ศ. 1999 ห้ามเลี้ยงไก่ไข่ในระบบโรงเรือนกรงตับและให้ใช้ระบบการเลี้ยงแบบใหม่ทั้งหมดโดยเริ่มตั้งแต่ 1 มกราคม ค.ศ. 2012 (Albentosa and Cooper, 2004) นอกจากนี้สหภาพยุโรปได้พยายามเจรจากับองค์การค้าโลก (world trade organization; WTO) ให้ช่วยเหลือสนับสนุน และผลักดันเกี่ยวกับเรื่องนี้ด้วย ซึ่งที่ผ่านมาได้มีการค้นคว้าและทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบการเลี้ยงที่มีความเหมาะสมกับความต้องการทางด้านสวัสดิภาพของไก่ไข่และนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันมีเพียงสองระบบเท่านั้น คือ ระบบโรงเรือนแบบเสริมอุปกรณ์ และระบบโรงเรือนแบบปล่อยอิสระไม่ขังกรง (non-cage system) (Blokhuis, 2007)

ลักษณะสำคัญของระบบคอกและโรงเรือนไก่ไข่

1. ระบบขังกรงตับ

ลักษณะของโรงเรือนมี 2 รูปแบบ คือโรงเรือนระบบปิดและโรงเรือนระบบเปิด ภายในเป็นกรงตับพื้นลวด (ภาพที่ 1) ตามมาตราฐานสากลควรมีพื้นที่ต่อตัวไม่ต่ำกว่า 450 ตารางเซนติเมตร หากมีพื้นที่ต่อตัวต่ำกว่า 450 ตารางเซนติเมตร ถือเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อสวัสดิภาพของไก่ไข่ และปัจจุบันกำหนดว่าควรมีพื้นที่ต่อตัวไม่ต่ำกว่า 550 ตารางเซนติเมตร (Abrahamsson and Tauson, 1995) ลักษณะกรงเป็นกรงเดี่ยวเรียงต่อกันเป็นแถวยาวอาจซ้อนกัน หรือซ้อนแบบเหลื่อมล้ำกันคล้ายขั้นบันได นิยมตั้งกรงสูงจากพื้นประมาณ 60 เซนติเมตร ในหนึ่งกรงอาจมีไก่ประมาณ 2 ถึง 6 ตัว มีรางอาหารและระบบการให้น้ำอัตโนมัติแบบหัวหยด (nipple) พื้นกรงมีลักษณะลาดเอียง (slope) และมีรางรองรับไข่ด้านหน้า ไก่ไข่ได้รับน้ำ อาหาร แสงและโปรแกรมการจัดการด้านสุขภาพตามความต้องการของสายพันธุ์ที่เลี้ยง (AHAW, 2005)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 1 ลักษณะของกรงตับ

ที่มา: Abrahamsson and Tauson (1995)

2. **ระบบกรงตับเสริมอุปกรณ์**

ระบบเสริมอุปกรณ์มีลักษณะคล้ายระบบกรงตับแต่เพิ่มพื้นที่ต่อตัว รวมทั้งมีความสูงของกรงมากขึ้น และเสริมอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อช่วยให้ไก่ไข่สามารถแสดงพฤติกรรมตามธรรมชาติได้มากขึ้น (ภาพที่ 2) กรงขนาดเล็กสุดควรมีไก่ไข่ต่อกรงไม่เกิน 10 ตัว และกรงขนาดใหญ่ควรมีไก่ไข่ต่อกรงไม่ต่ำกว่า 60 ตัว ขึ้นไป และมีข้อกำหนด ดังนี้ คือ ส่วนของพื้นกรงมีพื้นที่ต่อตัวไม่ต่ำกว่า 750 ตารางเซนติเมตร และใน 600 ตารางเซนติเมตร ไม่รวมพื้นที่ของรังไข่ ความสูงของกรงไม่ต่ำกว่า 45 เซนติเมตร นับจากพื้นกรง มีรังไข่ (nest) สำหรับออกไข่ วัสดุสำหรับคุ้ยเขี่ย จิกเล่น และเล่นฝุ่นได้ และคอน (perch) ซึ่งมีความยาว 15 เซนติเมตรต่อตัว (Webster *et al*., 2003)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 2 ลักษณะของกรงตับเสริมอุปกรณ์

ที่มา: Webster *et al.* (2003)

3. ระบบปล่อยอิสระ

ภายในโรงเรือนเป็นคอกชั้นเดียวหรือหลายชั้น หรือเป็นกรงขนาดใหญ่ (aviaries and percheries) และมีข้อกำหนดคือ มีพื้นที่ต่อตัวไม่ต่ำกว่า 9 ตัวต่อตารางเมตร (ระบุไว้เมื่อวันที่ 3 สิงหาคม 1999) จากพื้นที่ที่ใช้ประโยชน์ได้ และต่อไปจะปรับเป็น 12 ตัวต่อตารางเมตร (วันที่ 31 ธันวาคม 2011) ถ้าเป็นพื้นคอกหลายชั้น แต่ละชั้นควรมีระยะห่างกันอย่างน้อย 45 เซนติเมตร มีวัสดุรองพื้น 1 ใน 3 ส่วนของพื้นคอกทั้งหมด หรือมีพื้นที่ในส่วนที่มีวัสดุรองพื้นอย่างน้อย 250 ตารางเซนติเมตรต่อตัว มีรังไข่ 1 รังต่อไก่ไข่ 7 ตัว (1 ตารางเมตรต่อ 120 ตัว) และคอนมีความยาว 15 เซนติเมตรต่อตัว นอกจากนี้พื้นที่ด้านนอกควรมีพื้นที่ 4 ตารางเมตรต่อตัว หรือไม่ต่ำกว่า 2.5 ตารางเมตรต่อตัว และปกคลุมด้วยพืชผักหรือหญ้าเป็นหลัก (Webster *et al.*, 2003) ดังแสดงในภาพที่ 3

นอกจากนั้นยังมีระบบอื่นๆ แต่ไม่เป็นที่นิยมมากนัก คือ แบบคอก (barn) ซึ่งเป็นระบบปล่อยพื้น โดยองค์การคุ้มครองและพิทักษ์สัตว์ (royal society for the prevention of cruelty to animals; RSPCA) รับรองอย่างเป็นทางการว่าเป็นระบบที่มีมาตรฐาน โดยมีการลดความหนาแน่นและจำกัดขนาดของกลุ่มได้และจัดให้มีรังไข่ในคอกด้วย นอกจากนี้ยังมีระบบอินทรีย์ (organic)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งมีการใช้ประโยชน์พื้นที่ภายนอกในลักษณะที่เหมือนกับระบบปล่อยอิสระ แต่มีการจัดการควบคุมศัตรูและเชื้อโรคเป็นอย่างดีมากกว่าระบบปล่อยอิสระ (AHAW, 2005)

ภาพที่ 3 ลักษณะของการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยอิสระ

ที่มา: Webster *et al.* (2003)

ผลกระทบของระบบการเลี้ยงไก่ไข่

1. **พฤติกรรมการจิกขน**

พฤติกรรมการจิกขนเป็นปัญหาหลักที่เกิดขึ้นในไก่ไข่ ซึ่งส่งผลต่อสวัสดิภาพของไก่ไข่เป็นอย่างมาก การจิกกันในไก่ไข่เรียกว่า cannibalism แบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบแรก คือ การจิกขน โดยการจิกขนอาจเกิดขึ้นแบบเล็กน้อย (gentle feather pecking) ไปจนถึงแบบรุนแรง (severe feather pecking) การจิกขนกันแบบรุนแรงทำให้ขนบริเวณนั้นถูกทำลายเกิดการลอกออกของผิวหนังทำให้เกิดบาดแผลลึกและมีเลือดออก (tissue pecking) ซึ่งจะเกิดขึ้นในไก่ที่มีอายุมาก (Nicol *et al.*, 1999) แบบที่สอง คือ การจิกก้น (vent pecking) ซึ่งจะจิกขนบริเวณก้นและอาจลึกไปถึงส่วน uterus และอวัยวะภายใน ทำให้เกิดการบาดเจ็บอย่างรุนแรงและตายในที่สุด ซึ่งเป็นปัญหาที่พบบ่อยมากในการเลี้ยงไก่ไข่แบบระบบขังกรงตับ โดยทั่วไปจะแก้ปัญหานี้โดยการตัดปากซึ่งเป็นการทำลายเนื้อเยื่อ และเส้นประสาทบริเวณปาก ทำให้เกิดการติดเชื้อและอักเสบสร้าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเจ็บปวดแก่ลูกไก่ (Cheng, 2006) และเป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ ซึ่งปัญหาเหล่านี้มีสาเหตุมาจากหลายอย่าง เช่น พันธุกรรม อาหาร แสงสว่างของโรงเรือน ความแตกต่างของขนาดร่างกายและขนาดของกลุ่มการเลี้ยง นอกจากนี้ระบบการเลี้ยงยังเป็นสาเหตุอีกอย่างหนึ่ง ที่ทำให้เกิดการแสดงพฤติกรรมเหล่านี้ (Mcadie *et al*., 2005)

Guesdon and Faure (2004) พบว่าในไก่ไข่ที่เลี้ยงโรงเรือนแบบขังกรงตับมีเปอร์เซ็นต์การตายสูงกว่าในโรงเรือนกรงตับเสริมอุปกรณ์ ($P<0.001$) ซึ่งสาเหตุการตายส่วนใหญ่เกิดจากความเครียด ส่วนในโรงเรือนกรงตับเสริมอุปกรณ์ขนาดเล็กมีอัตราการตายน้อยกว่าโรงเรือนกรงตับเสริมอุปกรณ์ขนาดใหญ่แต่ Wall and Tauson (2007) รายงานว่าการตายส่วนใหญ่ในโรงเรือนแบบขังกรงตับส่วนใหญ่เกิดจากการจิกกันตาย โดยมีการแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวจากการจิกขนบริเวณศีรษะและหงอนก่อน และเริ่มรุนแรงมากขึ้นจนกลายเป็นการจิกกันตาย (cannibalism) มีรายงานระบุว่าพฤติกรรมการอาบฝุ่นสามารถลดพฤติกรรมก้าวร้าวลงได้ และพฤติกรรมการจิกขนจะเกิดขึ้นในโรงเรือนเสริมอุปกรณ์ขนาดใหญ่มากกว่าขนาดเล็ก (Appleby *et al*., 2002)

2. การปนเปื้อนของแบคทีเรียบนฟองไข่

การปนเปื้อนของแบคทีเรียบนฟองไข่ เป็นข้อกีดกันทางการค้าที่สำคัญอย่างหนึ่งในการส่งออกไข่ไก่ จากการศึกษาของ De Rue *et al*. (2008) พบว่า มีจำนวนแอโรบิคแบคทีเรีย (4.0-4.5 log CFU/eggshell; CFU; colony-forming units) และจำนวนแบคทีเรียแกรมลบ (3.0 log CFU/eggshell) ที่ปนเปื้อนบนเปลือกไข่ไม่แตกต่างกันในไข่ที่ได้จากการเลี้ยงไก่ในระบบโรงเรือนแบบขังกรงตับ และโรงเรือนกรงตับเสริมอุปกรณ์ และการใช้วัสดุรองรังไข่ (หญ้าเทียมและลวด) ในโรงเรือนเสริมอุปกรณ์ไม่มีผลต่อการปนเปื้อนของแบคทีเรีย เช่นเดียวกับ Messens *et al*. (2005) ไม่พบความแตกต่างของจำนวนแอโรบิคมีโซฟิลลิกแบคทีเรียที่ปนเปื้อนบนฟองไข่จากการเลี้ยงในระบบการลี้ยงทั้งสองระบบมีเพียงการแพร่กระจายเป็นบางส่วนในรางรองรับไข่ด้านหน้าของโรงเรือนกรงตับเสริมอุปกรณ์เท่านั้น แต่ Mallet *et al*. (2006) รายงานว่าจำนวนของแอโรบิคแบคทีเรียบนเปลือกไข่ในโรงเรือนกรงตับเสริมอุปกรณ์ (4.83 log CFU/eggshell) ที่ตกค้างในรังไข่ และพื้นกรงสูงกว่าในโรงเรือนแบบขังกรงตับ (4.5 log CFU/eggshell) แต่แอโรบิคแบคทีเรียบนเปลือกไข่ที่พบในรางรองรับไข่ด้านหน้าไม่มีความแตกต่างกันทั้งสองระบบการเลี้ยง เช่นเดียวกับ Tauson (2002) พบว่าในโรงเรือนกรงตับเสริมอุปกรณ์ มีปริมาณจำนวนแบคทีเรียบนเปลือกไข่สูงกว่าในโรงเรือนกรงตับแบบเก่าโดยส่วนใหญ่เป็น *Enterococcus* (0.32 log CFU/cm^2) และแอโรบิคแบคทีเรีย (0.18 log CFU/cm^2) อย่างไรก็ตามในระบบการเลี้ยงใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โรงเรือนกรงตับเสริมอุปกรณ์ควรมีจำนวน microbial ตกค้างบนเปลือกไข่ได้ไม่เกิน 5 log CFU/eggshell หรือ 4.5 log CFU/eggshell ซึ่งใช้เป็นมาตรฐานในการยอมรับคุณภาพสุขอนามัยของไข่ (Mallet *et al*., 2006)

3. **ความแข็งแรงของกระดูก** (bone strength)

3.1 โครงสร้างของกระดูก

กระดูกของสัตว์ปีกแต่ละชิ้นมีความเบาและแข็งแรงมากกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม กระดูกหลายชิ้นจะมีอากาศบรรจุอยู่ภายในแทนไขกระดูก (pneumatized bone) โพรงอากาศจะติดต่อกับ ถุงลมและปอดทำให้มีประโยชน์ในการบิน และช่วยในการหายใจ ซึ่งกระดูกประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนเนื้อพื้นของกระดูก (bone matrix) ประกอบด้วยสารอินทรีย์โปรตีนต่างๆ ส่วนใหญ่เป็นคอลลาเจนประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยทำหน้าที่เป็นแหล่งให้ความยืดหยุ่นแก่กระดูก และสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้แคลเซียมและฟอสฟอรัสอีกประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ สารดังกล่าวได้แก่ คอนดรอยตินซัลเฟต (chondrointin sulfate) ไฮยาลูโรนิคแอซิด (hyaluronic acid) และมิวโคโพลีแซคคาไรด์เจล (mucopolysaccharide gel) และส่วนที่สองเป็นส่วนของสารอินทรีย์ที่เป็นส่วนทำให้กระดูกมีความแข็งแรง สารอินทรีย์เหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมฟอสเฟตและแคลเซียมคาร์บอเนต เมื่อใดที่ความเข้มข้นของแคลเซียมและฟอสเฟตถึงจุดหนึ่งจะเกิดการตกตะกอนเป็นผลึกไฮดรอกซีอะพาไทด์ (Werner, 1992)

ลักษณะของกระดูกโดยทั่วไปจะมีกระดูกแข็ง (compact bone) เป็นส่วนเปลือก (cortex) ซึ่งทำหน้าที่ให้ความแข็งแรง โดยทำหน้าที่เป็นส่วนเปลือกของกระดูกเกือบทุกอัน โดยเฉพาะส่วนของไดอะไฟซิส (diaphysis) ของกระดูกยาวจะมีกระดูกแข็งค่อนข้างหนากว่าที่อื่นๆ ซึ่ง compact bone ของกระดูกยาวนั้นหมายถึง cortical bone ส่วนที่อยู่ภายในจะมีส่วนที่เป็นกระดูกพรุน (spongy bone or trabecular bone) และโพรงกระดูก (medullary cavity) เป็นเนื้อกระดูกชนิดพิเศษที่พบได้ในไก่หรือสัตว์ปีกอื่นๆ ที่อยู่ในระยะออกไข่ทำหน้าที่เป็นแหล่งให้ธาตุแคลเซียม ซึ่งกระดูกพรุนจะมีลักษณะเป็นชิ้นกระดูกเล็กๆ เรียกว่าทราบีคูเลย์ (trabeculae) ประสานต่อกันโดยมีช่องว่างแทรกอยู่ซึ่งจะเป็นที่อยู่ของไขกระดูกลักษณะเช่นนี้ทำให้มีลักษณะพรุนเหมือนฟองน้ำ ซึ่งความพรุนของเนื้อกระดูกทำให้มีพื้นที่ผิวมาก ดังนั้นกระดูกพรุนจึงเป็นส่วนที่มีเมแทบอลิซึมและมีอัตราการหมุนเวียน (turnover rate) สูงเมื่อเปรียบเทียบกับกระดูกแข็งและการที่ภายในมีเลือดไปหล่อเลี้ยงรอบๆ ทราบีคูเลย์ก็เป็นปัจจัยช่วยส่งเสริมด้วยเช่นกัน แคลเซียมที่มีอยู่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภายในกระดูกพรุนเป็นส่วนที่มีการหมุนเวียนได้เร็วและช่วยในการก่อให้เกิดสมดุลของแคลเซียมในเลือด (สุกิจ, 2534)

3.2 การรักษาสมดุลของแคลเซียมและฟอสฟอรัส

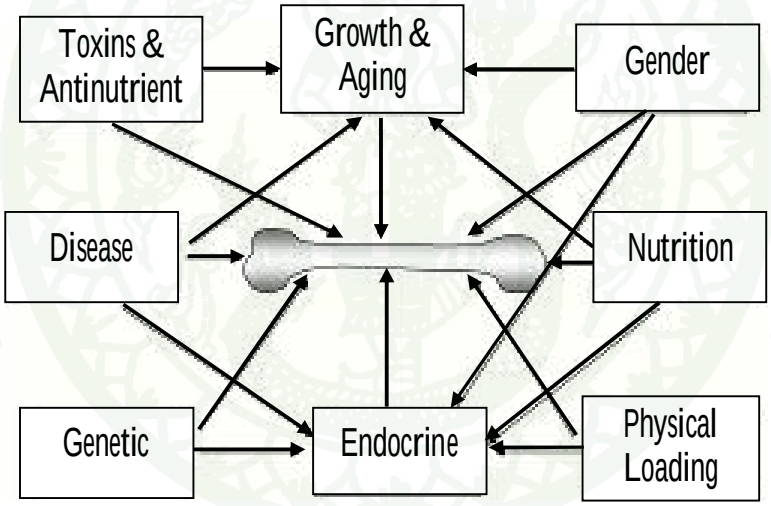
ปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมในพลาสมาถูกควบคุมให้มีระดับคงที่เสมอ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของร่างกาย การลดระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสในพลาสมาจะกระตุ้นต่อมพาราไทรอยด์ (parathyroid gland) ให้หลั่งฮอร์โมนพาราไทรอยด์ เพื่อไปกระตุ้นให้มีการเปลี่ยนโมเลกุลของไวตามินดีไปเป็น 25-hydroxy-D_3 หรือ 25(OH)D_3 ที่ตับ และสาร 1,25-dihydoxy-D_3 หรือ 1,25$(OH)_2D_3$ ที่ไตตามลำดับ ซึ่งมีผลต่อการกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีนที่จะจับแคลเซียม (calcium binding protein) ที่ผนังลำไส้เล็ก ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่ลำไส้เล็ก โดยจะช่วยกระตุ้นการสลายและปลดปล่อยแคลเซียมและฟอสฟอรัสจากกระดูก โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากกระดูกเมดูลลารี (medullary) และช่วยให้ไตดูดซึมแคลเซียมกลับเข้าสู่ร่างกาย เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ใหม่ (Underwood and Suttle, 1999) ในทางตรงกันข้ามการเพิ่มขึ้นของระดับแคลเซียม และฟอสฟอรัสในพลาสมาในปริมาณมากจะกระตุ้นให้ร่างกายผลิตฮอร์โมนแคลซิโตนิน (calcitonin) ซึ่งผลิตจากต่อมไทรอยด์ (thyroid gland) ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและต่อมอัลติโมบัลเซียล (ultimobrancial gland) ในสัตว์ปีกเพื่อเปลี่ยน 25(OH)D_3 เป็นสาร 24,25-dihydroxy-D_3 หรือ 24,25$(OH)_2D_3$ ที่ไต สารดังกล่าวนี้ไปยับยั้งการทำงานของฮอร์โมนพาราไทรอยด์และช่วยให้มีการดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัสเข้าไปในกระดูกมากขึ้น

3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงกระดูก

ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของกระดูกมีหลายประการด้วยกัน (ภาพที่ 4) เช่น การเจริญเติบโต เพศ อายุ พันธุกรรม โภชนะในอาหาร ฮอร์โมน ไซโตไคน์ การติดเชื้อ ภูมิคุ้มกัน สารพิษ สารขัดขวางการใช้โภชนะ การเคลื่อนไหวทางสรีระวิทยา และความเครียด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและความเครียด (Rath *et al.*, 2000) มีความสำคัญมากเนื่องจากการปรับปรุงพันธุ์ไก่ไข่ให้สามารถสร้างผลผลิตสูงๆ ทำให้ไก่ไข่มีความต้องการแคลเซียมในการสร้างผลผลิตมาก เมื่อระดับแคลเซียมที่ได้รับในอาหารไม่เพียงพอเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้เกิดโรคกระดูกพรุน (osteoporosis) มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกระดูกทำให้กระดูกไม่สามารถจะรับน้ำหนักหรือแรงกดดันได้ตามปกติทำให้เกิดอาการกระดูกหักตามมา (Whitehead, 2004) ซึ่งพบว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไก่ไข่ประมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ ตายเนื่องจากโรคกระดูกพรุนโดยจะมีอาการผอมแห้งและบาดเจ็บที่ขา (McCoy *et al.*, 1996; Webster, 2004) ไก่ไข่ก็จะเริ่มเป็นอัมพาตและถ้าไม่ได้รับการดูแลจะเริ่มตายอย่างช้าๆ ขาดอาหารและน้ำเพราะไม่สามารถเข้าไปกินอาหารและน้ำได้ (Abdul-Aziz, 1998) นอกจากนี้ Leyendecker *et al*. (2005) พบว่าระบบการเลี้ยงในโรงเรือนแบบขังกรงตับทำให้ลดความแข็งแรงของกระดูกปีก (humerus) เนื่องจากการจำกัดความเคลื่อนไหวต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเสริมสร้างความแข็งแรงของกระดูก และทำให้มีการหักของกระดูกขาส่วนฟีเมอร์ (femur) และธิเบียร์ (tibia) มากในระหว่างการขนส่งไก่ไข่ที่ปลดระวางไปสู่โรงฆ่าเป็นการขัดต่อหลักสวัสดิภาพของสัตว์ ซึ่งสหภาพยุโรประบุว่าในการเลี้ยงไก่ไข่โรงเรือนควรมีพื้นที่สำหรับการเคลื่อนไหวต่างๆ เช่น การเดิน การกระพือปีก และกิจกรรมอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการสร้างความแข็งแรงของกระดูกสามารถช่วยลดการหักของกระดูกลงได้ (AHAW, 2005)



ภาพที่ 4 ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของกระดูก

ที่มา: Rath *et al.* (2000)

การเลี้ยงไก่ในโรงเรือนแบบขังกรงตับ โดยมีพื้นที่ต่อตัวในกรงน้อยทำให้เกิดข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวร่างกายของไก่ไข่นำไปสู่การเสื่อมของกระดูก และชักนำให้เกิดโรคกระดูกพรุน กระดูกเปราะ และขาอ่อนแรงได้ โดย Jendral *et al.* (2008) ได้ศึกษาปริมาณแร่ธาตุในกระดูกโดยวิธี computed tomography และวัดความแข็งแรงของกระดูกโดยวิธี intron materials tester ของกระดูก ฟีเมอร์และธิเบียร์ในไก่ไข่พันธุ์ White Leghorn อายุ 64 สัปดาห์ พบว่าการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนแบบขังกรงตับมีปริมาณแร่ธาตุ มวลกระดูก พื้นที่กระดูกชั้นนอก มวลกระดูกชั้นนอกต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กว่าโรงเรือนกรงตับเสริมอุปกรณ์ และพบการแตกของกระดูกสูงกว่าโรงเรือนกรงตับเสริมอุปกรณ์ด้วย ดังนั้นการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนกรงตับเสริมอุปกรณ์ทำให้มีการเคลื่อนไหวของร่างกายมากขึ้นทำให้มีการกดทับของกระดูกมากขึ้น เป็นการเพิ่มการดูดซึมแคลเซียมของกระดูกช่วยรักษาโครงสร้างกระดุ้นให้เกิดความแข็งแรงและลดการสูญเสียของสารต่างๆ ของกระดูกชั้นนอก แต่อย่างไรก็ตามไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตและคุณภาพของไข่ (Leyendecker *et al.*, 2005) นอกจากนี้ยังสามารถลดลักษณะความผิดปกติของ keel bone และมีขนาดของกรงเล็บสั้นลงได้ แต่อย่างไรก็ตาม Vits *et al.* (2005) พบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนกรงตับเสริมอุปกรณ์สายพันธุ์ไก่มีส่วนเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงและการหักของกระดูกโดยพบว่า กระดูกฮิวเมอรัส (humerus) ของไก่ไข่พันธุ์ Lohmann Brown มีความแข็งแรงกว่าพันธุ์ Lohmann Selected Leghorn แต่ความแข็งแรงของกระดูกธิเบียร์ไม่แตกต่างกัน

3.4 การวัดความแข็งแรงของกระดูก (bone breaking strength)

ความแข็งแรง เป็นคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุที่พิจารณาจากความ สามารถในการต้านทานแรงที่มากระทำที่จะทำให้เกิดความเค้น (stress) และความเครียด (strain) ขึ้นตามลักษณะของแรงที่มากระทำ (มณฑล, 2531) ดังนั้น bone breaking strength จึงเป็นกระบวนการศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพของกระดูก หรือการหาแรงต่อหน่วยพื้นที่ของกระดูกจุดประสงค์ก็เพื่อหาผลตอบสนองของกระดูกต่อการใช้ประโยชน์ได้ของแร่ธาตุ การสะสมแร่ธาตุในกระดูกและความต้องการแร่ธาตุของสัตว์ (Nimmo *et al.*, 1980)

การทดสอบความแข็งแรงของกระดูกนั้นมีหลายอย่าง เช่น การดึง (tension) การกด (compression) การดัดโค้ง (bending) โดยทั่วไปการหาความแข็งแรงของกระดูกนี้นิยมใช้ทดสอบแบบ bending test (Crenshaw *et al.*, 1981a) ซึ่งวิธีนี้ง่ายต่อการวัด โดยวางตัวอย่างในแนวนอนบนจุดรองรับ 2 จุด และแรงที่ได้จะใกล้เคียงกับชนิดของแรงที่ทำให้กระดูกแตกขณะมีชีวิตในธรรมชาติ บริเวณที่กระดูกแตกจะใกล้เคียงกับจุดที่กดนอกจากนี้กระดูกที่แห้งเล็กน้อยขณะทำการวัดก็จะไม่เปลี่ยนแปลงผลที่ได้มากนัก ขณะที่การทดสอบแบบการดึงหรือการกด การหดตัวจากการแห้งของกระดูกจะมีผลต่อค่าสังเกตบางค่ามากได้แก่ ค่า strain และ modulus of elasticity (Curry, 1970) ซึ่ง Lott *et al.* (1980) ได้ศึกษาผลของสภาพการเก็บที่ต่างกันต่อลักษณะของความแข็งแรงของกระดูกโดยใช้กระดูกสด กระดูกแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และกระดูกที่ทำให้แห้งก่อนการตรวจสอบความแข็งแรงโดยการอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากการศึกษาพบว่ากระดูกสดและกระดูกแช่แข็งไม่มีผลแตกต่างกัน แต่ทั้งกระดูกแช่แข็ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และกระดูกสดมีความแข็งแรงมากกว่ากระดูกที่ผ่านการอบแห้ง สอดคล้องกับรายงานของ Littlefiled *et al.* (1973) ที่ว่ากระดูกสดและกระดูกแช่แข็งมีความแข็งแรงไม่แตกต่างกัน ซึ่งค่าความแข็งแรงของกระดูกตามวิธีของ Crenshaw *et al.* (1981a) และ Sedlin and Hirsch (1966) มีดังนี้

1. bending moment โดย bend เป็นชนิดของแรง และ moment เป็นผลของแรงต่อระยะทาง ดังนั้น bending moment จึงเป็นแรงที่กระทำต่อกระดูกในความยาวที่จัดไว้ที่ความยาวนี้เป็นระยะทางระหว่างจุดหมุน (จุดที่รับน้ำหนัก) ทั้ง 2 ที่รองรับกระดูกอยู่ และบอกถึงการสะสมแร่ธาตุบริเวณไดอะไฟซิส (diaphysis) ของกระดูก

2. ความเค้น เป็นแรงภายในของวัสดุที่พยายามต้านแรงภายนอกที่มากระทำเพื่อไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของวัสดุนั้น bone stress หรือความหมายทั่วไปก็ คือ bone strength โดยหาได้จากแรงต่อหน่วยพื้นที่ของกระดูก stress ไม่เพียงรวมพื้นที่ที่ถูกแรงกดแต่ยังรวมถึงรูปร่างทางเรขาคณิตของพื้นที่ เช่น เมื่อให้แรงกดเท่ากันต่อกระดูกที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยมที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากัน พบว่า stress ของพื้นที่วงกลมจะน้อยกว่าพื้นที่สี่เหลี่ยม stress ไม่สามารถวัดได้โดยตรงแต่ต้องใช้การคำนวณความแตกต่างของสูตรในการคำนวณจึงขึ้นกับชนิดของแรงที่มากระทำต่อกระดูก

3. ความเครียด เป็นการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างความยาวเดิม และความยาวที่เปลี่ยนไปเมื่อมีแรงมากระทำ

4. modulus of elasticity เป็นการวัดประสิทธิภาพของกระดูกที่จะกลับสู่สภาพเดิมหลังจากถูกกระทำโดยแรง ดังนั้น modulus of elasticity จึงเป็นการวัดความแข็งของกระดูก โดยพบว่า ถ้ากระดูกมี modulus of elasticity สูงกระดูกจะมีความแข็งแกร่ง (stiffness) สูงด้วย

4. **ความผิดปกติของเท้าและเล็บ** (foot and claw problems)

ไก่ไข่ที่ปลดระวางที่เลี้ยงในกรงตับมีการบาดเจ็บที่ขา และมีลักษณะของเท้าบิดเบี้ยวเป็นผลมาจากการยืนบนพื้นลาดเอียงอยู่ตลอดเวลา (Tauson, 2002) ทำให้เล็บเท้าไก่ไข่มีลักษณะยาวกว่าปกติรูปร่างบิดเบี้ยวผิดปกติและหัก ซึ่งเล็บเท้าที่ยาวจะมีลักษณะแหลมคมทำให้เคลื่อนไหวลำบากเป็นอันตรายต่อไก่ไข่ตัวอื่นรวมทั้งตัวมันเองด้วย เมื่อเกิดบาดแผลสามารถชักนำให้เกิดการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จิกกัน แต่ในสภาพธรรมชาติไก่ไข่จะใช้เท้าในการคุ้ยเขี่ยหาอาหารตลอดเวลา ทำให้ไม่มีความผิดปกติของเท้าและเล็บ และจากสภาพภายในกรงตับไก่ไข่ไม่สามารถหลบหนีจากการจิกกันได้ ทำให้จิกกันตายในที่สุด (Glatz, 2000) นอกจากนี้แล้วการเลี้ยงไก่ไข่ในกรงตับไก่ไข่ต้องยืนบนพื้นกรงลวดเพื่อให้ผลผลิตเป็นเวลา 1 ปี ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพเท้า คือ hyperkeratosis

5. ผลกระทบจากภาวะความเครียด

ความเครียด เป็นปฏิกิริยาของร่างกายที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์หรือสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่ไม่เหมาะสม และมีผลต่อสุขภาพร่างกายที่มีความสมดุล มีผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายลดลง ผลผลิตลดลง และหากมีมากเกินไปจนสัตว์ไม่สามารถปรับตัวได้อาจทำให้อัตราการตายสูงขึ้น ซึ่งมักเกิดจากปัจจัยหลักในการจัดการเลี้ยงสัตว์ในด้าน โรงเรือน อาหาร และสุขภาพของสัตว์ที่ไม่เหมาะสมและไม่เพียงพอให้กับสัตว์ ร่างกายมีกระบวนการรักษาสมดุลของสิ่งแวดล้อมในร่างกาย ได้แก่ ความเข้มข้นของสารเคมี ความดันของของเหลวในร่างกายให้คงที่อยู่ในช่วงหนึ่ง เป็นการปรับแบบละเอียด (fine tune) เรียกกระบวนการดังกล่าวว่าภาวะรักษาสมดุลของร่างกาย (homeostasis) หรือโดยกลไกการควบคุมเพื่อให้เกิดภาวะรักษาสมดุลของร่างกาย ได้แก่ กลไกการควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย (thermoregulation) การควบคุมระดับน้ำและเกลือแร่ (osmoregulation) และการขับถ่าย (excretion) (ประคอง, 2548) ในสภาวะที่ร่างกายได้รับความเครียด ร่างกายจะมีกลไกการตอบสนองต่อความเครียดโดยมีการตอบสนองร่วมกันระหว่างระบบประสาท ระบบต่อมไร้ท่อ และระบบภูมิคุ้มกันเพื่อป้องกันและปรับตัวให้ร่างกายอยู่ในสภาวะสมดุล ซึ่งปกติถ้าร่างกายมีความเครียดที่รุนแรงและยาวนานเกินไปจะเป็นอันตรายต่อร่างกาย (นทีทิพย์, 2538) ซึ่ง Elrom (2000) แบ่งระบบที่ตอบสนองต่อความเครียดเป็น 2 ระบบ คือ

1. การตอบสนองของระบบประสาท คือ ความพยายามเพื่อต่อสู้หรือหลีกเลี่ยงสภาวะความเครียดโดยแสดงการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของแรงดันเลือด ความไวของระบบประสาท อัตราการหายใจ และระดับน้ำตาลในเส้นเลือดเป็นผลตอบสนองโดยตรงที่ได้รับจากฮอร์โมนแคททีโคลามีน นอร์อิพิแนฟพริน หรือนอร์อะดรีนาลีน และอีพิแนฟพริน หรืออะดรีนาลีน นอกจากนี้ฮอร์โมนเหล่านี้ยังออกฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางให้มีความตื่นตัว วิตกกังวลและกลัว

2. ระบบ hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) เมื่อเปรียบเทียบกับระบบประสาทในการตอบสนองต่อความเครียด ระบบ HPA จะใช้ระยะเวลานานกว่าในการปรับตัวของไก่เมื่อได้รับความเครียดที่เกิดจากสภาพแวดล้อม หลักการทำงานคือความเครียดจะกระตุ้นระบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประสาทและระบบฮอร์โมนโดยเริ่มจากกระตุ้นสมองส่วนไฮโปธาลามัส (hypothalamus) ให้มีการหลั่งฮอร์โมนคอร์ติโคโทรปินรีลิสชิงแฟคเตอร์ (corticotropin releasing factors; CRF) โดยฮอร์โมนตัวนี้มีผลต่อการกระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนหน้า (anterior pituitary) ให้มีการหลั่งฮอร์โมนอะดรีโนคอร์ติโคโทรปิค (adrenocorticotropic hormone; ACTH) จะกระตุ้นต่อมหมวกไตส่วนนอกให้มีการหลั่งฮอร์โมนคอร์ติโคสเตอรอยด์ ซึ่งมีผลทำให้มีการเพิ่มระดับการเผาผลาญพลังงานและแร่ธาตุมากขึ้นเพื่อเตรียมต่อสู้กับความเครียด

5.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเม็ดเลือดขาว

5.1.1 การสร้างเม็ดเลือดขาว (leucopoiecis)

แหล่งการสร้างเม็ดเลือดขาว (white blood cells) อยู่ในไขกระดูก (bone marrow) ภายนอกแอ่งเลือดซึ่งเรียกว่า extravascular มีเซลล์ต้นกำเนิดคือกรานูลโลบลาสท์ (granuloblast) ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นกรานูลโลไซต์ (granulocyte) เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะเคลื่อนที่เข้ามาอยู่ใน sinusoid และเคลื่อนที่เข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือด โดยพวก non-granular มี stem cell ของลิมโฟไซต์ (lymphocyte) อยู่ในไขกระดูกแต่ต้องเคลื่อนที่ไปพัฒนาอยู่ในเนื้อเยื่อน้ำเหลือง (lymphoid tissue) ต่างๆ จนกลายเป็นลิมโฟไซต์ที่สมบูรณ์แล้วจึงเคลื่อนที่เข้าสู่ระบบน้ำเหลืองและระบบไหลเวียนเลือดตามลำดับ ซึ่งอายุของเม็ดเลือดขาวจะสั้นมากประมาณ 2-3 ชั่วโมง ยกเว้นลิมโฟไซต์ที่มีคุณสมบัติในการผ่านเข้าออกจากเส้นเลือดโดยวิธี diapedesis คือ ผ่านจากเส้นเลือดเข้าสู่ tissue space เข้าสู่น้ำเหลืองและเข้าเส้นเลือดจะมีอายุอยู่ได้นานถึง 100 ถึง 200 วัน (วิน, 2548)

5.1.2 ชนิดและปริมาณเม็ดเลือดขาวในสัตว์ปีก

แบ่งเม็ดเลือดขาวออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรก คือ มีกรานูลอยู่ในไนโตพลาสซึม (granular leucocyte) มีหน้าที่เป็นฟาโกไซต์ (phagocyte) จับกินสิ่งแปลกปลอมต่างๆ หรือเซลล์ที่ตายแล้ว ประกอบด้วย 3 ชนิด คือ ชนิดที่หนึ่ง คือ เฮทเทอโรฟิลล์ (heterophil) พบมากที่สุดประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ของเม็ดเลือดขาวทั้งหมด มีรูปร่างกลม นิวเคลียสมีรูปร่างไม่แน่นอน มี 2-3 lobe กรานูลมีลักษณะเป็น rod shape ชนิดที่สอง คือ อีโอซิโนฟิลล์ (eosinophil) พบประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ มีรูปร่างกลม นิวเคลียสมี 2 lobe กรานูลมีรูปร่างกลม และชนิดที่ 3 คือ บาโซฟิลล์ (basophil) พบประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ เซลล์มีรูปร่างกลม ขนาดเล็ก กรานูลมีจำนวนมาก นิวเคลียส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มืดทึบ กลุ่มที่สอง คือ ไม่มีกรานูลในไซโตพลาสซึม (non-granular leucocyte) ประกอบด้วย 2 ชนิด คือ ชนิดที่หนึ่ง คือ ลิมโฟไซต์ มีปริมาณมากที่สุดและมีความสำคัญมากที่สุดแบ่งออกเป็นสองชนิด คือ small และ large leucocyte มีรูปร่างกลม นิวเคลียสมีขนาดใหญ่ ไซโตพลาสซึมมีน้อยมาก ชนิดที่สอง คือ โมโนไซต์ (monocyte) นิวเคลียสมีรูปร่างไม่แน่นอน มีหน้าที่เหมือนกับ granular leucocyte คือเป็นฟาโกไซต์ และเป็น antigen presenting cell คือ จับแอนติเจนให้กับ specific antigen sensitive lymphocyte (Fred *et al*., 2008)

5.1.3 ผลของความเครียดต่อการเปลี่ยนแปลงเม็ดเลือดขาว

ผลของระดับฮอร์โมนคอร์ติโคสเตอรอยด์ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลล์เพิ่มปริมาณในกระแสเลือด โดยการปลดปล่อยเฮทเทอโรฟิลล์ที่เจริญเติบโตเต็มที่ออกมาจากไขกระดูกพร้อมกับลดเฮทเทอโรฟิลล์ที่จะออกจากกระแสเลือดไปยังบริเวณที่อักเสบ นอกจากนี้ยังเพิ่มอายุเฮทเทอโรฟิลล์ในกระแสเลือดให้ยาวนานขึ้น ซึ่งเป็นผลที่ตรงข้ามกับเม็ดเลือดชนิดลิมโฟไซต์ โดยพบว่าลดลงเนื่องจากมีการเคลื่อนย้ายกลับไปยังไขกระดูกและเนื้อเยื่อน้ำเหลือง นอกจากนี้ฮอร์โมนคอร์ติโคสเตอรอยด์ยังสามารถลดการสร้างภูมิคุ้มกันของ B-lymphocyte (สุพรพิมพ์, 2545) ดังนั้นอัตราส่วนของเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลล์ต่อลิมโฟไซต์ (Heterophill-to-lymphocyte; H/L) จึงเป็นตัวชี้วัดระดับความเครียดในไก่ที่ดี (Maxwell and Roberson, 1998)

Altan *et al*. (2003) ได้ศึกษาผลของความเครียดจากความร้อนที่มีผลต่อไก่กระทงโดยใช้ไก่กระทงสองสายพันธุ์คือ Cobb และ Ross โดยเลี้ยงในโรงเรือนที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 34 วัน เมื่ออายุ 35 วัน ไก่ได้รับอุณหภูมิที่ 38 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เป็นเวลา 2 วัน ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนของเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลล์ต่อลิมโฟไซต์เพิ่มขึ้นจาก 0.24 เป็น 0.42 ในไก่ที่ได้รับความเครียดจากความร้อน

จากการศึกษาของ Shini (2003) ในไก่ไข่พันธุ์ brown layers จำนวน 1500 ตัว พบว่าการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนกรงตับแบบเก่ามีจำนวนอัตราส่วนของเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลล์ต่อลิมโฟไซต์ เม็ดเลือดขาวชนิด เฮทเทอโรฟิลล์ ลิมโฟไซต์ โมโนไซต์ และ อีโอซิโนฟิลล์สูงกว่าในโรงเรือนเสริมอุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติแต่มีปริมาณของบาโซฟิลล์ไม่แตกต่างกัน ส่วนปริมาณของแอนติบอดีหลังจากได้รับการกระตุ้นโดยวัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิลของไก่ไข่ในโรงเรือนกรงตับแบบเก่า มีปริมาณสูงกว่าในโรงเรือนเสริมอุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณของ แอนติบอดีหลังได้รับวัคซีนป้องกันโรคหลอดลมอักเสบไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าความเครียดที่เกิดขึ้นจากการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนกรงตับแบบเก่า แม้จะมีสูงกว่าในโรงเรือนเสริมอุปกรณ์แต่ความเครียดในระดับนี้ไม่ผลต่อการผลิตแอนติบอดีหรือลดระดับภูมิคุ้มกันของไก่ไข่ได้

Campo *et al.* (2005) พบว่าการจัดให้มีคอนภายในโรงเรือนมีอัตราส่วนของเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลล์ต่อลิมโฟไซต์ต่ำกว่าโรงเรือนที่ไม่มีคอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเพิ่มจำนวนลิมโฟไซต์และลดจำนวนเฮทเทอโรฟิลล์ส่งผลต่อการลดความเครียดของไก่ไข่ลงได้เป็นการปรับปรุงสวัสดิภาพของไก่ไข่ได้ แต่ Brake *et al.* (1994) รายงานว่าอัตราส่วนของเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลล์ต่อลิมโฟไซต์ไม่มีผลมาจากการใช้คอนในระบบการเลี้ยงในไก่ไข่อายุ 35-60 สัปดาห์ เช่นเดียวกับ Heckert *et al.* (2002) ที่รายงานว่าไม่พบความแตกต่างของอัตราส่วนของเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลล์ต่อลิมโฟไซต์ในการใช้และไม่ใช้คอนในโรงเรือนไก่เนื้อที่อายุ 32-42 วัน

5.2 การเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ

Puvadolpirod and Thaxton (2000) ทำการทดลองโดยแบ่งไก่ออกเป็น 2 กลุ่มการทดลองคือกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ไม่ได้รับฮอร์โมนอะดรีโนคอร์ติโคโทรปิค และกลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ได้รับฮอร์โมนอะดรีโนคอร์ติโคโทรปิค ไก่ในกลุ่มนี้จะได้รับฮอร์โมนอะดรีโนคอร์ติโคโทรปิคเป็นเวลา 7 วันติดต่อกันทำการเก็บข้อมูลในวันที่ 0 (ได้รับปัจจัย) 4 (ช่วงกลางการทดลอง) และ 7 (หลังการทดลอง) จากการศึกษาพบว่า ในวันที่ 0 ของการทดลอง น้ำหนักตัว น้ำหนักตับ ม้าม ต่อมไธมัส และต่อมเบอร์ซ่า ของทั้งสองกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนในวันที่ 4 และ 7 ของการทดลอง ไก่กลุ่มที่ 2 มีน้ำหนักตัว น้ำหนักม้าม ต่อมไธมัส และต่อมเบอร์ซ่าที่ลดต่ำลง และน้ำหนักตับที่เพิ่มสูงขึ้นแตกต่างจากกลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

นอกจากนี้ Pavlik *et al.* (2007) พบว่าน้ำหนักตัวของไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนกรงตับสูงกว่าในโรงเรือนเสริมอุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และเมื่อทำการวิเคราะห์สารชีวเคมีในร่างกายไก่ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 47 และลดลงเรื่อยๆ ในสัปดาห์ที่ 75 ทั้งในโรงเรือนกรงตับแบบเก่าและโรงเรือนเสริมอุปกรณ์อย่ามีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเข้มข้นของคลอเลสเตอรอลเริ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่ 22 ถึง 75

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สัปดาห์ แต่ไม่มีความแตกต่างกันของระดับความเข้มข้นของกลูโคส โปรตีน คลอเลสเตอรอล กรดยูริก และ alkaline phosphate catalytic ในเลือด

ดังนั้นในการทดลองจึงตั้งสมมุติฐานว่า การเลี้ยงไก่ไข่พันธุกรรมปัจจุบันใน โรงเรือนปิดแบบขังกรงตับที่ความหนาแน่นต่างกัน และในโรงเรือนเปิดปล่อยพื้นแสลทแบบปรับปรุงสภาพพร้อมเสริมอุปกรณ์ ตามหลักสวัสดิภาพของไก่ไข่ในสภาพแวดล้อมแบบร้อนชื้นในประเทศไทย น่าจะเป็นการเลี้ยงที่ทำให้ไก่ไข่สามารถแสดงออกทางด้านพฤติกรรมตามธรรมชาติ แต่อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตและสรีรวิทยา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. สัตว์ทดลองและอุปกรณ์

การทดลองใช้ไก่ไข่พันธุ์ Hisex Brown อายุ 19 สัปดาห์ จำนวน 600 ตัว ซึ่งเป็นไก่สาวที่ผ่านการเลี้ยงแบบขังรวมฝูงปล่อยพื้นคอนกรีต แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ

2. โรงเรือน

การทดลองให้อาหารและน้ำแบบเต็มที่ และให้แสง 16 ชั่งโมงต่อวัน โดยเลี้ยงในโรงเรือนที่ต่างกัน 3 แบบ คือ

กลุ่มที่ 1 เลี้ยงในโรงเรือนปิดโดยขังกรงตับจำนวน 3 ตัวต่อกรง 3 ซ้ำๆ ละ 66 ตัว

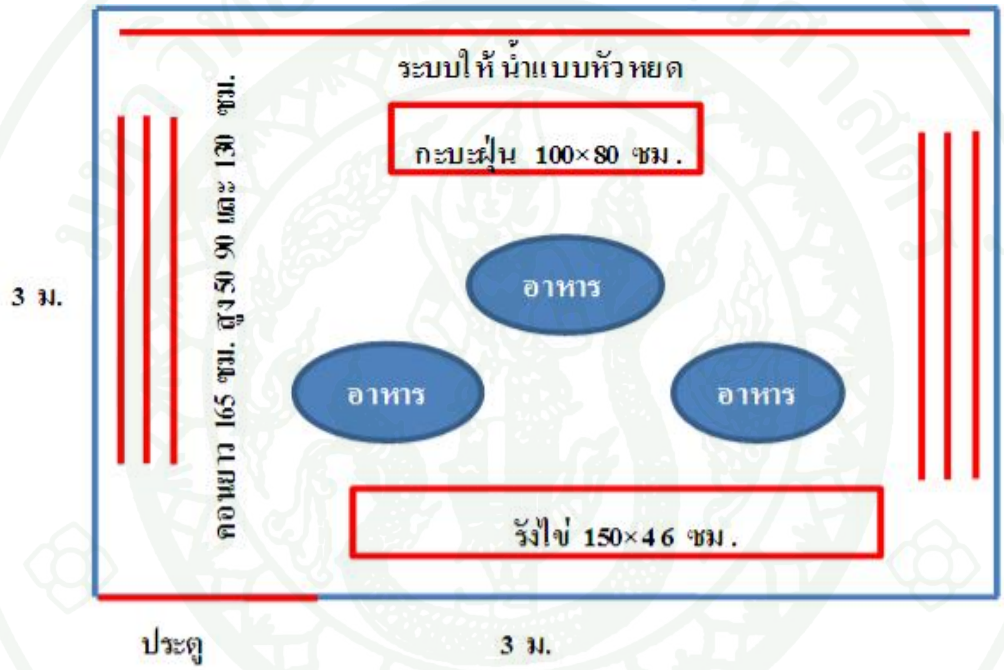
กลุ่มที่ 2 เลี้ยงในโรงเรือนปิดโดยขังกรงตับจำนวน 4 ตัวต่อกรง 3 ซ้ำๆ ละ 68 ตัว

กลุ่มที่ 3 เลี้ยงในคอกภายในโรงเรือนเปิดแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ 66 ตัว ต่อคอก 3 ซ้ำๆ ละ 66 ตัว

ลักษณะของโรงเรือนที่ใช้ในการทดลองแบ่งออกเป็นสองรูปแบบ คือ แบบที่หนึ่งเป็นโรงเรือนระบบปิดที่ควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนด้วยระบบระเหยไอน้ำ (evaporative cooling system; EVAP) ใช้พัดลมระบายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 48 นิ้ว จำนวน 4 ตัว ติดอยู่ด้านท้ายของโรงเรือน กรงที่ใช้เลี้ยงไก่ไข่เป็นกรงตับพื้นลวดขนาด 41 × 46 × 40 เซนติเมตร (กว้าง × ยาว × สูง) เป็นกรงเดี่ยวเรียงต่อกันเป็นแถว 2 ชั้น พื้นกรงมีลักษณะลาดเอียง (slope) และมีรางรองรับไข่ด้านหน้า มีรางอาหารติดอยู่ด้านหน้า ขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร ลึก 10 เซนติเมตร และระบบให้น้ำอัตโนมัติแบบหัวหยด (nipple) แบบที่สองโรงเรือนเปิดปล่อยพื้นแสลทแบบปรับปรุงสภาพพร้อมเสริมอุปกรณ์ ด้านข้างมีตาข่ายลวดกั้นทั้งสี่ด้านอุณหภูมิสภาพแวดล้อมเป็นไปตามธรรมชาติของแต่ละวัน ไม่มีพัดลมระบายอากาศ คอกมีขนาด 3 × 3 เมตร พื้นคอกยกสูงจากพื้นมีระบบให้น้ำอัตโนมัติแบบหัวหยด (nipple) และให้อาหารแบบถังแขวน จำนวน 3 ถัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภายในกรงเป็นพื้นแสลทพลาสติกและมีการเสริมอุปกรณ์ต่างๆ (ภาพที่ 5) คือ รังไข่ ขนาด 150×46 เซนติเมตร ภายในแบ่งเป็น 2 ชั้น ชั้นละ 6 ช่อง แต่ละช่องมีขนาด 36×27 เซนติเมตร พื้นรังไข่ปูด้วยหญ้าเทียม มีกะบะฝุ่นขนาด 100 × 80 ×10 เซนติเมตร ภายในบรรจุขี้เลื่อย และคอนทำจากไม้มีพื้นที่หน้าตัด 4 × 3 เซนติเมตร แบ่งเป็น 3 ชั้น เรียงไล่ระดับแบบขั้นบันไดสามขั้น ชั้นแรกสูงจากพื้นแสลท 50 เซนติเมตร ชั้นที่สองสูง 90 เซนติเมตร และชั้นที่สามสูง 130 เซนติเมตร



ภาพที่ 5 ลักษณะของโรงเรือนเปิดปล่อยพื้นแสลทแบบปรับปรุงสภาพพร้อมเสริมอุปกรณ์

3. อาหาร

อาหารสำเร็จรูปสูตรอาหารสำหรับไก่ไข่ระยะให้ไข่อายุ 20 สัปดาห์ขึ้นไป มีปริมาณองค์ประกอบทางโภชนะจากการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 ปริมาณองค์ประกอบทางโภชนะของอาหารไก่ทดลองจากการวิเคราะห์

โภชนะ	ปริมาณในอาหาร (%)
พลังงานทั้งหมด (kcal/kg)	3,414.00
โปรตีนรวม	17.24
ไขมัน	3.67
ความชื้น	7.60
เถ้า	11.39
เยื่อใย	3.01
แคลเซียม	4.34
ฟอสฟอรัส	1.36

วิธีการ

1. การจัดการเลี้ยงดู

โรงเรือนระบบปิดแบบขังกรงตับ มีผ้าม่านสีดำปิดด้านข้างโรงเรือนเพื่อลดรังสีความร้อนภายนอกเข้าสู่โรงเรือน ใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิสภาพแวดล้อมด้วยระบบระเหยไอน้ำ และการระบายอากาศแบบอุโมงค์ลม (tunnel ventilation system) โดยมีชุดควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือน (thermostat) ควบคุมการปิดเปิดของพัดลม และปั๊มน้ำ ไก่ได้รับแสง 16 ชั่วโมงต่อวัน ได้รับอาหารและน้ำแบบเต็มที่ (*ad libitum*) โดยมีการแบ่งการเลี้ยงเป็น 2 กลุ่ม คือ ไก่ไข่กลุ่มที่ 1 เลี้ยงในกรงตับ 3 ตัวต่อกรง แบ่งเป็น 3 ซ้ำๆ ละ 66 ตัว ซึ่งภายในเป็นกรงตับพื้นลวดขนาด 41 x 46 x 40 เซนติเมตร มีพื้นที่ 628.67 ตารางเซนติเมตรต่อตัว กลุ่มที่ 2 เลี้ยงในกรงตับ 4 ตัวต่อกรง แบ่งเป็น 3 ซ้ำๆ ละ 68 ตัว ซึ่งภายในเป็นกรงตับพื้นลวดขนาด 41 x 46 x 40 เซนติเมตร มีพื้นที่ 471.50 ตารางเซนติเมตรต่อตัว

โรงเรือนระบบเปิดแบบปรับปรุงสภาพพร้อมเสริมอุปกรณ์ ด้านข้างทั้งสี่ด้านมีตาข่ายลวดกั้น อุณหภูมิสภาพแวดล้อมเป็นไปตามธรรมชาติของแต่ละวัน ไก่ได้รับแสง 16 ชั่วโมงต่อวัน ได้รับอาหารและน้ำแบบเต็มที่ และเติมขี้เลื่อยในกระบะฝุ่นทุกๆ 3 วัน ไก่ไข่เลี้ยงแบบขังรวมคอกละ 66 ตัว โดยมีพื้นที่ 1,137.87 ตารางเซนติเมตรต่อตัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การบันทึกข้อมูล

แบ่งการบันทึกข้อมูลเป็น 6 ช่วง ๆ ละ 4 สัปดาห์ คือช่วงที่ไก่ไข่อายุ 19 ถึง 22, 22 ถึง 26, 26 ถึง 30, 30 ถึง 34, 34 ถึง 38 สัปดาห์ และ 38 ถึง 42 ตามลำดับ ชั่งน้ำหนักตัวไก่ไข่เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง ตลอดการทดลองบันทึกปริมาณการกินอาหาร ปริมาณผลผลิตไข่ ไข่บุบร้าว ไข่แตก ไข่สกปรก จำนวนไก่ตาย และอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน และสุ่มตรวจวัดคุณภาพไข่ในทุกวันสุดท้ายของทุกช่วงการทดลองเพื่อวัดคุณภาพฟองไข่ ซ้ำละ 20 ฟอง โดยวัดคุณภาพของน้ำหนักไข่ น้ำหนักไข่แดง สีไข่แดง น้ำหนักไข่ขาว น้ำหนักเปลือกไข่ ความสูงไข่ขาว ความหนาเปลือกไข่ และน้ำหนักเปลือกไข่ โดยคุณภาพไข่นั้นคำนวณค่าฮอกยูนิต (Haugh unit; HU) จากสมการ $HU = 100 \times \log [H + 7.57 - 1.7W^{0.37}]$ เมื่อ HU คือ ค่าฮอกยูนิต H คือความสูงไข่ขาว (mm) และ W คือ น้ำหนักฟองไข่ (g) (Roush, 1981)

สังเกตการแสดงออกทางพฤติกรรมของไก่ไข่ในแต่ละกลุ่มทดลอง ด้วยการสังเกตโดยตรงและใช้กล้องวีดิโอ ซึ่งดัดแปลงจากวิธีการของ Mollenhorst *et al.* (2005) โดยสังเกตพฤติกรรม การยืน นั่ง (นั่งนิ่งตัวสัมผัสกับพื้น) เดิน (เดินจากตำแหน่ง A ไป B) กินอาหาร (จำนวนตัวที่กินอาหารจากรางอาหาร) ดื่มน้ำ (จำนวนตัวที่ดื่มน้ำจากหัวหยด) ทำความสะอาดขน (การทำความสะอาดขนด้วยปากหรือเท้า การสะบัดขน) และการก้าวร้าว (จิกขนหรือแสดงท่าทางข่มขู่) ส่วนพฤติกรรมการคุ้ยเขี่ย อาบฝุ่น(นั่งลงบนวัสดุแล้วกระพือปีก) และขึ้นคอนในเวลากลางวันและกลางคืน สังเกตเฉพาะไก่ไข่ในกลุ่มที่ 3 เท่านั้น โดยสังเกตพฤติกรรมทั้งหมด 6 ครั้ง แบ่งเป็น 1 ครั้ง ต่อ 4 สัปดาห์ ในแต่ละครั้งแบ่งการสังเกตออกเป็น 6 ช่วงเวลา คือ 9.00-10.00 น., 11.00-12.00 น., 13.00-14.00 น., 15.00-16.00 น., 17.00-18.00 น. และ 19.00-20.00 น. โดยเริ่มสังเกต 15 นาที พัก 5 นาที

เมื่อสิ้นสุดการทดลองสุ่มเก็บตัวอย่างเลือดซ้ำละ 6 ตัว นำเลือดที่เจาะได้ไปหาค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (pack cell volume: PCV or haematocrit) โดยใช้ heparinized capillary tube จำนวน 3 หลอด/ตัว จุ่ม หลอด capillary ลงในหลอดใส่เลือดที่มีสารป้องกันการแข็งตัว นำไปปั่นด้วยเครื่อง hematocrit centrifuge ความเร็ว 15,000 รอบ/นาที นาน 10 นาที นำมาอ่านค่าด้วย microhaematocrit reader เลือดบางส่วนนำมาเสมียร์บนแผ่นสไลด์ ปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งในอากาศ 15-20 นาที จากนั้นทำการย้อมด้วยสี wright-giemsa นำมาหาอัตราส่วนของ hetherophil ต่อ lymphocyte, monocyte, eosinophil และ basophil โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ธรรมดา เลือดส่วนที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เหลือนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 3,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วแยกพลาสม่า (เก็บที่อุณหภูมิ -20 °C) เพื่อวิเคราะห์หาระดับของไตรกลีเซอร์ไรด์ และกลูโคสต่อไป

เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำไก่ไข่มาศึกษาอวัยวะภายในและท่อนำไข่ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างไก่ไข่ซ้ำละ 4 ตัว จำนวนรวม 36 ตัว ซึ่งมีน้ำหนักตัวใกล้เคียงน้ำหนักเฉลี่ยของกลุ่ม ชั่งน้ำหนักไก่มีชีวิตแล้วฆ่าไก่ด้วยวิธี asphyxiation โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 1.5-2.0 นาที จากนั้นชำแหละซากนำอวัยวะภายในและท่อนำไข่มาแยกชิ้นส่วนเพื่อชั่งน้ำหนักเป็นกรัม และวัดความยาวเป็นเซนติเมตร และคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์โดยเทียบกับน้ำหนักมีชีวิต จากนั้นเก็บตัวอย่างกระดูกธิเบียร์ไว้ที่อุณหภูมิ -20 °C เพื่อนำไปวัดความแข็งของกระดูก (bending strength) โดยวิธี 3-point bending test จากนั้นนำกระดูกแต่ละชิ้นมาบดให้ละเอียดและนำมาสกัดไขมันออกด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์นำไปวิเคราะห์หาเถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัสในกระดูกตามวิธี proximate analysis ตามวิธีของ AOAC (1990) ดัดแปลงโดย อังคณา และดวงสมร (2532)

3. การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การศึกษาครั้งนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design; CRD) แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 โรงเรือนปิดขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง กลุ่มที่ 2 โรงเรือนปิดขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง และกลุ่มที่ 3 โรงเรือนเปิดปล่อยพื้นแสลทแบบปรับปรุงสภาพพร้อมเสริมอุปกรณ์ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง ทรีทเมนต์โดยวิธี duncan's new multiple rang test (DMST) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1999) ส่วนข้อมูลการแสดงพฤติกรรมในโรงเรือนเปิดปล่อยพื้นแสลทแบบปรับปรุงสภาพพร้อมเสริมอุปกรณ์ใช้ตัวทดสอบทางสถิติแบบไคสแควร์ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีโมเดลดังนี้

$$y_{ij} = \mu + H_i + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อ

y_{ij} = ค่าสังเกตจากสิ่งทดลองที่ i ซ้ำที่ j เมื่อ j = 1 2 และ 3

μ = ค่าเฉลี่ยรวมของระบบการเลี้ยงที่ทำการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

H_i = อิทธิพลของระบบการเลี้ยง เมื่อ i = โรงเรือนปิดขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง โรงเรือนปิดขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง และโรงเรือนเปิดปล่อยพื้นแสลทแบบปรับปรุงสภาพพร้อมเสริมอุปกรณ์

ε_{ij} = ความคลาดของการทดลอง

4. สถานที่ทำการทดลอง

1. โรงเรือนเลี้ยงไก่ไข่ ฟาร์มไก่ไข่หลวงสุวรรณวาจกกสิกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร

2. ห้องปฏิบัติการภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร

3. ศูนย์เครื่องจักรกลทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

5. ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มต้นการทดลองกันยายน 2551 สิ้นสุดการทดลองตุลาคม 2552 รวมระยะเวลาทำการทดลองทั้งสิ้นประมาณ 1 ปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

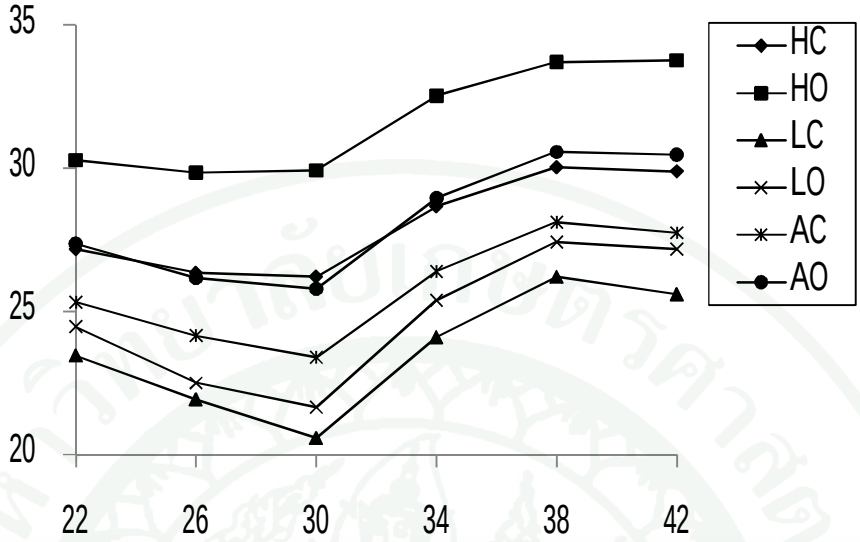
ผลและวิจารณ์

1. อุณหภูมิสภาพแวดล้อมของโรงเรือน

ตลอดเวลาในช่วงการทดลอง 6 ช่วงอายุไก่ไข่ โดยเริ่มจากต้นเดือนพฤศจิกายนถึงกลางเดือนเมษายนอุณหภูมิในโรงเรือนระบบปิดซึ่งเลี้ยงไก่ในกลุ่มที่ 1 และ 2 และโรงเรือนระบบเปิดซึ่งเลี้ยงไก่ในกลุ่มที่ 3 อุณหภูมิโดยเฉลี่ยโดยรวมเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากอยู่ในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน โดยในโรงเรือนระบบปิดมีอุณหภูมิในช่วง 23.71 °C ถึง 28.10 °C เฉลี่ยเท่ากับ 25.89 °C ส่วนโรงเรือนระบบเปิดอยู่ในช่วง 24.75 °C ถึง 31.75 °C เฉลี่ยเท่ากับ 28.18 °C แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิโรงเรือนระบบเปิดมีความเปลี่ยนแปลงมากกว่าระบบปิด และเมื่อพิจารณาอุณหภูมิสูงสุดพบว่าโรงเรือนระบบปิดมีอุณหภูมิสูงสุดในแต่ละช่วงเท่ากับ 27.17 °C, 26.35 °C, 26.21 °C, 28.67 °C, 30.03 °C และ 29.89 °C ตามลำดับ ขณะที่อุณหภูมิสูงสุดในแต่ละช่วงของโรงเรือนระบบเปิดเท่ากับ 30.28 °C, 29.85 °C, 29.92 °C, 32.53 °C, 33.71 °C และ 33.78 °C ตามลำดับ ซึ่งอุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาวะอากาศจากฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูร้อน ส่วนความชื้นสัมพัทธ์มีค่าไม่คงที่ตลอดการทดลองแต่มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือในโรงเรือนปิดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 87.92 และในโรงเรือนเปิดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 87.70 (ภาพที่ 6 และตารางผนวกที่ 2)

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิเฉลี่ยพบว่าโรงเรือนระบบปิดมีความเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงไก่มากกว่าระบบเปิด เนื่องจากในโรงเรือนระบบปิดสามารถควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิน 30 °C ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการเลี้ยงไก่นั้นควรอยู่ในช่วง 10-30 °C และไม่ควรสูงกว่า 30 °C (มานิตย์, 2536) โดยอุณหภูมิเริ่มต้นที่ทำให้ไก่เริ่มหายใจเร็วมากขึ้นหรือแสดงอาการหอบ (panting) คือ 29 °C หรือเมื่ออุณหภูมิภายในร่างกายสูงกว่า 42 °C และระดับของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่ 32 °C เป็นอุณหภูมิที่ไก่เริ่มเกิดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน (Daghir, 1995)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 แสดงอุณหภูมิภายในโรงเรือนระบบปิดและระบบเปิดของโรงเรือนไก่ไข่อายุ 19-42 สัปดาห์

หมายเหตุ: HC = อุณหภูมิสูงสุดโรงเรือนระบบปิด; HO = อุณหภูมิสูงสุดโรงเรือนระบบเปิด; LC = อุณหภูมิต่ำสุดโรงเรือนระบบปิด; LO = อุณหภูมิต่ำสุดโรงเรือนระบบเปิด; AC = อุณหภูมิเฉลี่ยโรงเรือนระบบปิด; AO = อุณหภูมิเฉลี่ยโรงเรือนระบบเปิด

2. การแสดงออกทางด้านพฤติกรรม

การยืน นั่ง เดิน ทำความสะอาดขน กินอาหาร และดื่มน้ำ

ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรงมีการแสดงพฤติกรรมการกินอาหารมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง และแบบที่เลี้ยงปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง มีการแสดงพฤติกรรมการยืน การนั่ง การทำความสะอาดขน การกินอาหาร และการดื่มน้ำมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และนอกจากนี้ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง มีการแสดงพฤติกรรมการเดินหรือการเคลื่อนไหวร่างกาย และพฤติกรรมก้าวร้าวน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง มีพื้นที่ในการเคลื่อนไหวร่างกายน้อย จึงใช้เวลาส่วนใหญ่ในการกินอาหาร พักผ่อน และทำความสะอาดขน (Shimmura *et al.*, 2007a) แต่ไก่ไข่ในโรงเรือนเปิดปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ มีพื้นที่ในการเคลื่อนไหวร่างกายได้สะดวกตามมาตรฐานความต้องการพื้นที่ในการแสดงพฤติกรรมตามธรรมชาติ (Dawkins and Hardie, 1989) รวมทั้งมีอุปกรณ์ต่างๆ ที่ทำให้สามารถแสดงพฤติกรรมตามธรรมชาติอื่นๆ ออกมาได้ เช่น การอาบฝุ่น การขึ้นคอน ทำให้มีการแสดงพฤติกรรมต่างๆ ออกมาได้อย่างหลากหลายมากขึ้นจึงแสดงพฤติกรรมการยืน การนั่ง การทำความสะอาดขนออกมาน้อย สอดคล้องกับ Shimmura *et al.* (2007b) พบว่าการเลี้ยงไก่ไข่ภายใต้อุณหภูมิ 25-33 °C ในโรงเรือนแบบขังกรงตับและกรงตับเสริมอุปกรณ์ ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับมีการแสดงพฤติกรรมการยืน และการทำความสะอาดขนมากกว่าโรงเรือนกรงตับเสริมอุปกรณ์ แต่มีพฤติกรรมการเคลื่อนไหวมากกว่าไก่ไข่ในโรงเรือนแบบขังกรงตับแสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงไก่ไข่โดยการเสริมอุปกรณ์ต่างๆ สามารถกระตุ้นการเคลื่อนไหวร่างกายและแสดงพฤติกรรมต่างๆ ออกมาได้อย่างเหมาะสม

นอกจากนี้ไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 4 ตัวต่อกรงกินอาหารมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 3 ตัวต่อกรง เนื่องมาจากพฤติกรรมทางสังคมในกลุ่มที่มีจำนวนมากทำให้กระตุ้นการกินอาหารและแย่งชิงการกินอาหาร เนื่องจากอยู่ในสภาพกรงที่มีพื้นที่น้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง (ตารางที่ 3 และ 5) อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าการที่ไก่ไข่ในโรงเรือนเปิดปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์แสดงพฤติกรรมการกินอาหาร และการดื่มน้ำน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง เป็นผลมาจากสภาวะอากาศที่ร้อนของโรงเรือนระบบเปิดที่มีอิทธิพลมากทำให้ไก่ลดการกินอาหารลง นอกจากนี้ระบบการเลี้ยงก็เป็นสาเหตุอีกประการหนึ่ง เนื่องจากไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ไก่ไข่มีการกระจายตัวไปบริเวณรอบๆ กรงในการทำกิจกรรมต่างๆ ทำให้อยู่ห่างไกลจากถังอาหารจึงทำให้ไม่มีความสนใจในการกินอาหารแต่ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับอยู่ใกล้รางอาหารมากกว่าจึงกระตุ้นการกินอาหารได้มากกว่า เช่นเดียวกับ Mollenhorst *et al.* (2005) ที่พบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทและมีวัสดุรองพื้น 2 ใน 3 ส่วนของโรงเรือนภายในโรงเรือนระบบปิดมีพฤติกรรมการยืน การกินอาหารน้อยกว่า แต่มีพฤติกรรมการเดิน การหาอาหารมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับและมีพฤติกรรมการดื่มน้ำไม่แตกต่างกัน

ในส่วนพฤติกรรมการดื่มน้ำในการทดลองพบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับมีพฤติกรรมการดื่มน้ำไม่แตกต่างกันเนื่องมาจากอยู่ภายใต้สภาวะอากาศเดียวกัน แต่ไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีการแสดงพฤติกรรมการดื่มน้ำน้อยกว่าแม้ว่าจะมีการให้น้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบหัวหยดเช่นเดียวกับไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ ซึ่ง ปฐม (2540) กล่าวว่าสภาวะอากาศที่ร้อนนี้ได้มีผลต่อการดื่มน้ำของไก่มากขึ้น เนื่องจากไก่เป็นสัตว์ที่ไม่มีต่อมเหงื่อ (sweat glands) ระบบที่เกี่ยวข้องกับการลดอุณหภูมิของร่างกายจึงไม่ดี วิธีการอื่นที่ไก่ใช้ในการลดอุณหภูมิของร่างกายในสภาพอากาศร้อนนอกเหนือจากการอ้าปากหอบ หรือหายใจถี่ เพื่อระบายความร้อนออกจากร่างกายออกมากับความชื้นของปอดและถุงลมแล้ว ไก่ก็พยายามลดความร้อนด้วยการดื่มน้ำมากขึ้น ดังนั้นในการทดลองอุณหภูมิจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ไก่ไข่ดื่มน้ำมากขึ้น แต่ อาวุธ (2541) รายงานว่าการเลี้ยงไก่ไข่แบบขังกรงตับมีผลทำให้ไก่กินน้ำมากกว่าไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแม้อยู่ภายใต้สภาวะอากาศเดียวกัน ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงไม่อาจสรุปได้ว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทมีการดื่มน้ำน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ เนื่องจากในการทดลองไม่ได้ทำการวัดปริมาตรของน้ำเป็นเพียงการสังเกตพฤติกรรมของไก่ไข่ที่เข้าไปดื่มน้ำเท่านั้น

การก้าวร้าว

ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับมีการแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์แสดงพฤติกรรมก้าวร้าวมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับไข่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับเลี้ยงในโรงเรือนระบบปิดภายใต้อุณหภูมิสภาพแวดล้อมที่อยู่สบาย (thermoneutral zone) ไม่ก่อให้เกิดความเครียดจากสภาวะอากาศร้อนจึงแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวไม่แตกต่างกัน แต่ไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์อยู่ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงจึงอาจเกิดความเครียดจากความร้อนทำให้แสดงพฤติกรรมการก้าวร้าวออกมามากกว่า

นอกจากสภาวะอุณหภูมิสูงที่เป็นสาเหตุอย่างหนึ่งที่ก่อให้เกิดความเครียดจากความร้อนทำให้มีการแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวออกมา สภาพทางสังคมในระบบการเลี้ยงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งในการกระตุ้นการแสดงพฤติกรรมนี้ออกมา เนื่องจากไก่ไข่สามารถจดจำกันได้โดยดูลักษณะของหัว หงอน เหนียง และ สีขนตามลำตัว ซึ่งในด้านความจำนั้น สัตว์ที่มีสมองพัฒนาดีจะมีความสามารถในการจดจำสูง จึงทำให้ลำดับชั้นการข่มถาวรกว่าสัตว์ที่มีความจำสั้น ดังนั้นไก่ไข่ซึ่งมีการพัฒนาของสมองไม่ดีเท่ากับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจึงมีความสามารถในการจดจำน้อย ทำให้ในสังคมของฝูงไก่มักมีการจัดลำดับทางสังคมบ่อยครั้ง (Richard *et al*., 2003) แต่ในไก่ที่เลี้ยงที่กรงตับไม่ค่อยพบการแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวออกมา เนื่องจากในกลุ่มมีไก่ไข่ 3 และ 4 ตัว จะจดจำกันได้ดีกว่าเพราะมีจำนวนน้อยกว่า และจะมีความสัมพันธ์ในการข่มที่ชัดเจนหรือยอมรับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สภาพทางสังคมที่เท่าเทียมกัน อีกประการหากมีไก่ตัวใดตัวหนึ่งแสดงการข่มที่ชัดเจน ไก่ตัวดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะยับยั้งปฏิกิริยาการข่มระหว่างไก่ตัวอื่นๆ ได้ (Hughes and Wood-Gush, 1977) และพบว่าพฤติกรรมก้าวร้าวเกิดขึ้นบ่อยครั้งในช่วงเวลาที่ไก่ถูกรบกวน เช่น กิจกรรมก่อนการวางไข่ ซึ่งจากพฤติกรรมทางสังคมของไก่ไข่ที่กล่าวนี้ ทำให้ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง สามารถจดจำกันได้ดีทำให้มีการแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวออกมาน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ ซึ่งเลี้ยงเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของลำดับทางสังคมบ่อยครั้ง เนื่องจากไม่สามารถจดจำสมาชิกในฝูงได้เพราะกลุ่มมีขนาดใหญ่กว่า ทำให้มีการแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวออกมาเพื่อจัดลำดับทางสังคมใหม่สอดคล้องกับ Appleby *et al.* (2002) ที่พบว่าพฤติกรรมนี้จะเกิดขึ้นในโรงเรือนเสริมอุปกรณ์ขนาดใหญ่มากกว่าขนาดเล็ก เช่นเดียวกับ Shimmura *et al.* (2007b) พบว่าการเลี้ยงไก่ในกรงตับ (2 และ 4 ตัวต่อกรง) และกรงตับเสริมอุปกรณ์ (20 ตัวต่อกรง) ภายใต้สภาวะอากาศร้อน (25-33 °C) ไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับเสริมอุปกรณ์มีพฤติกรรมก้าวร้าวมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับเนื่องจากมีขนาดกลุ่มใหญ่กว่า ขัดแย้งกับ Mollenhorse *et al.* (2005) พบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทมีพฤติกรรมการจิกกันน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ และนอกจากความเครียดจากอุณหภูมิ และสภาพแวดล้อมทางสังคมแล้ว Buitenhuis *et al.* (2004) พบว่าการแสดงออกทางด้านพฤติกรรมการจิกขนมีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางด้านพันธุกรรม

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนไก่ไข่ในการแสดงพฤติกรรมต่างๆ ในช่วงเวลา 15 นาที

ลักษณะที่ศึกษา	3 ตัว/กรง	4 ตัว/กรง	ปล่อย/เสริมอุปกรณ์	P-value
ยืน	36.09±1.27[a]	35.71±1.42[a]	19.47±1.54[b]	0.0001
นั่ง	6.86±0.77[a]	7.37±0.71[a]	4.97±2.12[b]	0.0001
เดิน	0.05±0.69[b]	0.01±0.29[b]	16.08±2.23[a]	0.0001
ทำความสะอาดขน	10.45±0.82[a]	10.56±2.25[a]	4.74±1.12[b]	0.0001
กิน	50.31±2.61[b]	55.14±2.93[a]	23.12±2.34[c]	0.0001
ดื่มน้ำ	7.17±0.57[a]	7.61±0.71[a]	4.55±0.75[b]	0.0001
ก้าวร้าว	0.29±0.54[b]	0.36±0.57[b]	0.83±0.68[a]	0.0180

หมายเหตุ: [a,b,c] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแถวนอนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($P<0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การแสดงพฤติกรรมการคุ้ยเขี่ย การอาบฝุ่น และการขึ้นคอนของไก่ไข่ในโรงเรือนแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์

การแสดงพฤติกรรมการคุ้ยเขี่ยและอาบฝุ่นในช่วงเวลา 9.00-9.55 น., 11.00-11.55 น., 13.00-13.55 น. และ 15.00-15.55 น. ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ในช่วงเวลา 17.00-17.55 น. มีการแสดงพฤติกรรมการคุ้ยเขี่ยและอาบฝุ่นน้อยที่สุดแตกต่างกับช่วงเวลาอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และไม่พบพฤติกรรมนี้ในช่วงเวลา 19.00-19.55 น. โดยในช่วงเวลา 9.00-9.55 น. มีแนวโน้มแสดงพฤติกรรมการคุ้ยเขี่ยมากที่สุด 3.60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในช่วงเวลา 11.00-11.55 น. มีแนวโน้มแสดงพฤติกรรมการอาบฝุ่นมากที่สุด 2.28 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ในช่วงเวลา 9.00-9.55 น., 11.00-11.55 น. และ 13.00-13.55 น. มีการแสดงพฤติกรรมการขึ้นคอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนในช่วงเวลา 15.00-15.55 น., 17.00-17.55 น. และ 19.00-19.55 น. มีการแสดงพฤติกรรมการขึ้นคอนเพิ่มขึ้นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ไก่ไข่มีแนวโน้มแสดงพฤติกรรมการคุ้ยเขี่ยมากที่สุดในเวลา 9.00-9.55 น. เนื่องมาจากสภาพอากาศขณะนั้นมีอุณหภูมิไม่สูงมาก ทำให้ไก่ไข่มีการเคลื่อนไหวร่างกาย และกินอาหารมากขึ้น จึงมีการแสดงพฤติกรรมการกินอาหารไปพร้อมๆ กับการแสดงพฤติกรรมการคุ้ยเขี่ย และการที่ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ใช้เท้าในการคุ้ยเขี่ยหาอาหารตลอด ทำให้ไม่มีความผิดปกติของเท้าและเล็บ (Vits *et al.*, 2005) และพบว่าตัวข่มจะมีการแสดงพฤติกรรมคุ้ยเขี่ยมากกว่าตัวถูกข่ม (Shimmura *et al.*, 2007a) นอกจากนี้ในการศึกษาพบว่าการที่ไก่ไข่มีแนวโน้มแสดงพฤติกรรมการอาบฝุ่นมากที่สุดในเวลา 11.00-11.55 น. อาจเนื่องมาจากสภาวะอากาศที่มีอุณหภูมิสูงทำให้ไก่ไข่มีการแสดงพฤติกรรมการอาบฝุ่นมากขึ้น เนื่องจากอาจจะสามารถช่วยระบายความร้อน และอาจจะช่วยลดพฤติกรรมก้าวร้าวได้เล็กน้อย (Shimmura *et al.*, 2007b) แต่จากการทดลองไม่พบพฤติกรรมการอาบฝุ่นในเวลา 19.00-19.55 น. เพราะตามธรรมชาติไก่ไข่จะไม่แสดงพฤติกรรมการอาบฝุ่นในเวลากลางคืน ซึ่งการจัดให้มีกะบะฝุ่นในระบบการเลี้ยงสามารถตอบสนองต่อความต้องการอาบฝุ่นของไก่ไข่ตามสภาพพฤติกรรมธรรมชาติสอดคล้องกับการศึกษาของ Wall and Tauson (2007) พบว่าไก่ไข่ในโรงเรือนแบบขังกรงตับ มีพฤติกรรมคล้ายอาบฝุ่น (sham dust-bathing) มากกว่าไก่ไข่ในโรงเรือนกรงตับเสริมอุปกรณ์แม้ว่าไม่มีกะบะฝุ่น เนื่องจากเป็นความต้องการภายใต้สัญชาติญาณตามธรรมชาติ แสดงว่าการเสริมกะบะฝุ่นหรือถาดวัสดุสำหรับคุ้ยเขี่ย หรือจิกเล่น สามารถช่วยให้ไก่ไข่แสดงพฤติกรรมตามธรรมชาติออกมาได้ตามความต้องการของไก่ไข่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์การแสดงพฤติกรรมการคุ้ยเขี่ย อาบฝุ่น และขึ้นคอนของไก่ไข่ในโรงเรือนแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ในแต่ละช่วงเวลา (ตัวเลขในวงเล็บแสดงจำนวนตัวของไก่ไข่จากไก่ไข่จำนวน 3,333 ตัว)

เวลา	คุ้ยเขี่ย		อาบฝุ่น		ขึ้นคอน	
	แสดง	ไม่แสดง	แสดง	ไม่แสดง	แสดง	ไม่แสดง
1	3.60^{a} (240)	46.40 (3,093)	2.01^{a} (134)	47.99 (3,199)	2.73^{d} (182)	47.27 (3,151)
2	3.29^{a} (219)	46.71 (3,114)	2.28^{a} (152)	47.72 (3,181)	3.00^{d} (200)	47.00 (3,133)
3	3.26^{a} (217)	46.74 (3,116)	2.22^{a} (148)	47.78 (3,185)	2.40^{d} (160)	47.60 (3,173)
4	3.20^{a} (213)	46.80 (3,120)	2.10^{a} (140)	47.90 (3,193)	3.83^{c} (255)	46.17 (3,078)
5	2.61^{b} (174)	47.39 (3,159)	1.14^{b} (76)	48.86 (3,257)	10.41^{b} (694)	39.59 (2,639)
6	0.00^{c} (0)	50.00 (3,333)	0.00^{c} (0)	50.00 (3,333)	25.56^{a} (1,704)	24.44 (1,629)

หมายเหตุ: ^{a,b,c,d} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแถวนอนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

1 = 9.00-9.55 น. 2 = 11.00-11.55 น. 3 = 13.00-13.55 น.

4 = 15.00-15.55 น. 5 = 17.00-17.55 น. 6 = 19.00-19.55 น.

ไก่ไข่แสดงพฤติกรรมขึ้นคอนเพิ่มมากขึ้นจากช่วงเวลา 15.00-15.55 น. ถึงช่วงเวลา 17.00-17.55 และมากที่สุดในช่วงเวลา 19.00-19.55 น. เนื่องมาจากต้องการพักผ่อนในเวลากลางคืนตามพฤติกรรมธรรมชาติ และนอกจากสภาวะอากาศที่ร้อนที่เป็นปัจจัยหนึ่งทำให้ไก่ไข่กินอาหารน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับแล้ว การขึ้นคอนพักผ่อนในเวลากลางคืนก็เป็นสาเหตุหนึ่งด้วยเช่นกัน เนื่องจากไก่ไข่ส่วนใหญ่จะเริ่มขึ้นคอนมากขึ้นตั้งแต่เวลา 17.00 น. ทำให้ไก่ไข่ในโรงเรือนแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์หยุดกินอาหารและพักผ่อนตามธรรมชาติ (Brasstad, 1990) แต่ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับยังคงกินอาหารตามปกติจึงมีปริมาณอาหารที่กินน้อยกว่า ซึ่งจากการศึกษาของ Matsui *et al.* (2004) พบว่าการเสริมคอนในกรงเลี้ยงทำให้ไก่แสดงพฤติกรรมการพักผ่อนมากตลอด 24 ชั่วโมง แต่ไม่แตกต่างกับเวลา 19.00-08.00 น. และมากกว่า 19.00-04.00 น. โดยมีการเคลื่อนไหวร่างกายน้อยในช่วงกลางคืนตั้งแต่เวลา 19.00-04.00 น. และมีอัตราการเต้นของหัวใจตลอดทั้งวันมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงที่ไม่มีคอนเนื่องจากการกระโดดขึ้นคอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ประสิทธิภาพการผลิต

น้ำหนักตัว

ผลของน้ำหนัก (ตารางที่ 5) น้ำหนักตัวเมื่อเริ่มต้นการทดลองที่อายุ 19 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันโดยไก่ไข่ในแต่ละกลุ่มมีน้ำหนักตัว 1.45 กิโลกรัมต่อตัว หลังจากเลี้ยงในระบบการเลี้ยงทั้ง 3 แบบจนถึงอายุ 42 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ และไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ มีน้ำหนักตัวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง มีน้ำหนักตัวมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากับ 1.84, 1.85 และ 1.59 กิโลกรัมต่อตัวตามลำดับ อย่างไรก็ตามไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับมีน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

เมื่อพิจารณาจากคู่มือการเลี้ยงไก่ไข่พันธุ์ Hisex Brown พบว่าน้ำหนักของไก่ไข่ที่อายุ 19 สัปดาห์ ที่ควรเริ่มให้ไข่ควรมีน้ำหนัก 1,560 กรัม ขณะที่น้ำหนักของไก่ไข่เมื่อเริ่มทดลองมีค่าเท่ากับ 1,450 กรัมต่อตัว ซึ่งต่ำกว่ามาตราฐานและอาจส่งผลต่อผลผลิตไข่ให้ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน (7.05 เปอร์เซ็นต์)

ในส่วนของน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง มีน้ำหนักตัวมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ ($P<0.05$) เนื่องจากไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับเลี้ยงภายในโรงเรือนระบบปิดซึ่งมีอุณหภูมิสภาพแวดล้อมโดยเฉลี่ยเท่ากับ 25.89 °C ซึ่งเป็นช่วงเหมาะสมต่อการเลี้ยงไก่ไข่ จึงทำให้มีปริมาณการกินอาหารมากกว่า สอดคล้องกับ Ewing *et al*. (1999) ที่รายงานว่าอุณหภูมิช่วง 21-26 °C เป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกินอาหาร ขณะที่อุณหภูมิในช่วง 26-29 °C ปริมาณการกินได้ของอาหารจะลดลงเล็กน้อย อุณหภูมิในช่วง 29-32 °C ปริมาณการกินอาหารลดลง และเมื่ออุณหภูมิสูงถึง 32-35 °C ปริมาณการกินอาหารและประสิทธิภาพการใช้อาหารจะลดลงอย่างมากจนมีผลทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนระบบปิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณการกินอาหาร

ไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง มีปริมาณการกินอาหารมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 4 ตัวต่อกรง มีปริมาณการกินอาหารมากกว่า 3 ตัวต่อกรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง และไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีปริมาณการกินอาหารเท่ากับ 106.63, 111.64 และ 94.97 กรัมต่อตัวต่อวัน (ตารางที่ 5)

ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ มีปริมาณการกินอาหารน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ ทั้งนี้เนื่องจากสภาวะอากาศร้อนทำให้ต้องลดปริมาณการกินอาหาร สอดคล้องกับ Kampen (1984) ที่รายงานว่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมของโรงเรือนเลี้ยงไก่มีผลต่อปริมาณการกินอาหารของไก่ โดยมีผลต่อศูนย์ควบคุมความอิ่มและอยากกินอาหาร (satiety and appetite center) ที่อยู่บริเวณ ventromedial and lateral nuclei ในไฮโปธาลามัส เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นไก่จะกินอาหารลดลง เพื่อลดเมแทบอลิสมและลดการเกิดความร้อนเพิ่มในร่างกาย (heat increment) นอกจากนี้แล้วไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ ใช้พลังงานในการทำกิจกรรมทางด้านการแสดงออกทางพฤติกรรมธรรมชาติ ซึ่งมีผลให้มีการใช้พลังงานในกิจกรรมเหล่านี้ด้วย และการมีอุปกรณ์ต่างๆ ในการแสดงพฤติกรรมทำให้ไก่ไข่มีความสนใจในการทำกิจกรรมเกี่ยวกับการแสดงออกทางความต้องการตามธรรมชาติที่มีอยู่ออกมา แทนการใช้เวลาในการกินอาหารเพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับ Valkonen *et al.* (2006) ที่พบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับกินอาหารมากกว่า ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบกรงตับเสริมอุปกรณ์ และจะเห็นได้ว่าไก่ไข่พอใจที่จะแสดงพฤติกกรมการคุ้ยเขี่ยหาอาหารที่กล่าวมาแล้วในข้างต้นทั้งที่มีอาหารให้กินแบบเต็มที่

นอกจากนี้แล้วในช่วงเวลาประมาณ 19.00 เป็นต้นไป ไก่ไข่จะเริ่มขึ้นคอนเพื่อพักผ่อนในเวลากลางคืนทำให้ไม่กินอาหาร ส่วนไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง มีปริมาณการกินอาหารมากกว่า 3 ตัวต่อกรง เนื่องจากเนื่องมาจากพฤติกรรมทางสังคมในกลุ่มที่มีจำนวนมากทำให้กระตุ้นการกินอาหาร และพบว่าการข่มทางสังคมไม่มีผลต่อปริมาณการกินอาหาร (Shimmura *et al.*, 2007b)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลผลิตไข่

ผลผลิตไข่ของไก่ไข่ในระบบการเลี้ยงทั้งสามระบบ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5 แต่ Onbasila and Aksoy (2005) พบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบ 5 ตัวต่อกรง (พื้นที่ 393.8 ตารางเซนติเมตรต่อตัว) มีปริมาณผลผลิตไข่น้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบ 3 (พื้นที่ 656 ตารางเซนติเมตรต่อตัว) และ 1 ตัวต่อกรง (พื้นที่ต่อตัว 1,968 ตารางเซนติเมตรต่อตัว) เนื่องจากสภาวะการเลี้ยงที่หนาแน่นเกินไปทำให้มีปริมาณอาหารที่กินลดลง ส่งผลต่อผลผลิตไข่ที่ลดลง แต่ในการทดลองการเลี้ยงไก่ไข่แบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง (471.5 ตารางเซนติเมตรต่อตัว) ซึ่งอาจจะมีพื้นที่ต่อตัวไม่หนาแน่นจนเกินไปจึงไม่ส่งผลต่อการลดปริมาณการกินอาหารที่จะส่งผลต่อผลผลิตไข่ให้ลดลง นอกจากนี้การเลี้ยงภายในโรงเรือนระบบเปิดย่อมส่งผลต่อผลผลิตไข่ที่ลดลง แต่การเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนระบบเปิดแต่มีการเสริมอุปกรณ์ต่างๆ สามารถช่วยให้ไก่ไข่สามารถแสดงออกทางด้านพฤติกรรมตามธรรมชาติออกมาได้จึงอาจจะช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตได้

น้ำหนักไข่

ไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ มีน้ำหนักไข่เฉลี่ยสูงกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง และแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีน้ำหนักไข่ 65.48, 65.77 และ 58.09 กรัมต่อฟอง ตามลำดับ

การเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนระบบเปิดแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ มีน้ำหนักไข่มากว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ ส่วนไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับมีน้ำหนักไข่ไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับ Sell and Rogler (1983) และ Chung Hsu *et al.* (1998) รายงานว่าการเลี้ยงไก่ไข่ในสภาพอุณหภูมิสภาพแวดล้อมสูง ไก่กินอาหารน้อยส่งผลให้ไข่มีน้ำหนักฟองน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในอุณหภูมิสภาพแวดล้อมที่อยู่สบาย (thermoneutral zone) เนื่องจากไก่กินอาหารได้น้อยทำให้ได้รับสารอาหารน้อยกว่า สอดคล้องกับ Valkonen *et al.* (2006) พบว่าการที่ไก่ไข่ได้รับโปรตีนในอาหารในระดับต่ำ จากการกินอาหารที่น้อยกว่าไก่ไข่ในกรงตับ มีผลทำให้น้ำหนักไข่ของไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับเสริมอุปกรณ์น้อยลง เช่นเดียวกับ Lichovni'koriva' and Zeman (2008) พบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบขังกรงตับ มีน้ำหนักไข่มากกว่าไก่ไข่แบบปล่อยพื้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณอาหารต่อผลผลิตไข่น้ำหนัก 1 กิโลกรัม

ปริมาณอาหารต่อผลผลิตไข่น้ำหนัก 1 กิโลกรัม ของไก่ไข่ในโรงเรือนปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ มีค่ามากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกันในไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ โดยมีค่าเท่ากับ 1.97, 2.01 และ 2.90 กรัมต่อน้ำหนักไข่ 1 กรัม ตามลำดับ

การเลี้ยงไก่ในโรงเรือนปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงทำให้ไก่กินอาหารได้น้อย มีการใช้พลังงานบางส่วนในการระบายความร้อนมีผลทำให้ได้รับพลังงานน้อยลง สอดคล้องกับรายงานของ Valencia *et al.* (1980) ที่รายงานว่าการเลี้ยงไก่ไข่ที่เลี้ยงอุณหภูมิ 21°C มีอัตราการเปลี่ยนพลังงานเป็นน้ำหนักไข่ดีกว่ากลุ่มที่เลี้ยงในอุณหภูมิ 32°C นอกจากสภาพแวดล้อมแล้วการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ไก่ไข่ต้องใช้พลังงานบางส่วนในการแสดงกิจกรรมต่างๆ ตามพฤติกรรมธรรมชาติ จึงทำให้ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีปริมาณอาหารต่อผลผลิตไข่น้ำหนัก 1 กิโลกรัม สูงกว่าทุกกลุ่ม

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพการผลิตของไก่ไข่ในระบบการเลี้ยงทั้งสามระบบ

ลักษณะที่ศึกษา	3 ตัว/กรง	4 ตัว/กรง	ปล่อย/เสริมอุปกรณ์	P-value
น้ำหนักตัวเริ่มต้น (kg)	1.45±0.08	1.45±0.08	1.45±0.08	0.9712
น้ำหนักตัวสิ้นสุด (kg)	1.84±0.18^{a}	1.85±0.13^{a}	1.59±0.11^{b}	0.0001
ปริมาณอาหารที่กิน (g/h/d)	106.63±8.62^{b}	111.64±9.64^{a}	94.97±12.67^{c}	0.0001
ผลผลิตไข่ (%)	78.37±29.81	75.80±29.82	71.85±27.36	0.4310
น้ำหนักไข่ (g)	65.48±4.24^{a}	65.77±4.44^{a}	58.09±4.67^{b}	0.0001
ปริมาณอาหารต่อผลผลิตไข่น้ำหนัก 1 kg (g/kg egg)	1.97±0.21^{b}	2.01±0.15^{b}	2.90±0.40^{a}	0.0001
อัตราการตาย (%)	0.00±0.00^{b}	2.03±2.35^{b}	17.57±8.43^{a}	0.0102

หมายเหตุ: ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแถวนอนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อัตราการตาย

การเลี้ยงไก่ไข่แบบขังกรงตับ พบว่ามีอัตราการตายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่น้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5 โดยในการศึกษาครั้งนี้พบว่าสาเหตุการตายส่วนใหญ่ของไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์เกิดจากพฤติกรรมการจิกก้น ซึ่งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจากการรุมจิกจากไก่ตัวอื่นๆ ส่งผลให้เกิดการตายหรือร่างกายบาดเจ็บจากการจิก ทำให้กินอาหารลดลง ร่างกายทรุดโทรม ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากความเครียดจากความร้อนและสภาพทางสังคมที่เลี้ยงแบบรวมกลุ่มทำให้มีการจิกกันมากขึ้น สอดคล้องกับ Guesdon and Faure (2004) พบว่าในโรงเรือนกรงตับเสริมอุปกรณ์ขนาดเล็ก มีอัตราการตายน้อยกว่าโรงเรือนกรงตับเสริมอุปกรณ์ขนาดใหญ่ เช่นเดียวกับ Appleby *et al.* (2002) รายงานว่าการ พฤติกรรมนี้จะเกิดขึ้นในโรงเรือนเสริมอุปกรณ์ขนาดใหญ่มากกว่าขนาดเล็ก โดยมีการแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวจากการจิกขนบริเวณหัวและหงอน และเริ่มรุนแรงมากขึ้นจนกลายเป็น cannibalism และพบว่าพฤติกรรมการจิกก้นมีลักษณะอยู่ในพันธุกรรม ซึ่งเมื่อมีการเลี้ยงแบบรวมกลุ่มกันเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ จะทำให้มีการแสดงออกของพฤติกรรมการจิกก้นออกมาอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นการเลี้ยงแบบหลักสวัสดิภาพสัตว์ซึ่งไม่สามารถหลีกเลี่ยงการเลี้ยงไก่แบบรวมกลุ่มขนาดใหญ่ได้จำเป็นต้องมีการแก้ไขปัญหาข้อนี้ด้วยซึ่งควรจะต้องมีการศึกษาต่อไป

4. คุณภาพฟองไข่

น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักไข่ขาว สีไข่แดง ความสูงไข่ขาว ฮอกยูนิต น้ำหนักเปลือกไข่ และความหนาเปลือกไข่

น้ำหนักไข่แดง และน้ำหนักไข่ขาวของไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง และแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีน้ำหนักไข่แดงเฉลี่ยเท่ากับ 15.24, 15.23 และ 13.01 กรัมต่อฟองตามลำดับ และมีน้ำหนักไข่ขาวเฉลี่ย 43.78, 44.16 และ 39.51 กรัมตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 คุณภาพฟองไข่ของไก่ไข่ในระบบการเลี้ยงทั้งสามระบบ

ลักษณะที่ศึกษา	3 ตัว/กรง	4 ตัว/กรง	ปล่อย/เสริมอุปกรณ์	P-value
น้ำหนักไข่แดง (g)	15.24±0.42[a]	15.23±0.21[a]	13.01±0.35[b]	0.0001
น้ำหนักไข่ขาว (g)	43.78±3.46[a]	44.16±3.91[a]	39.51±3.72[b]	0.0001
สีไข่แดง	10.33±0.49[ab]	10.66±0.49[a]	10.00±0.85[b]	0.0494
ความสูงไข่ขาว (mm)	8.39±1.14	8.35±1.08	8.20±1.08	0.1554
ฮอกยูนิต	89.74±6.41	89.70±5.21	90.52±5.11	0.2100
น้ำหนักเปลือกไข่ (g)	6.38±0.18[a]	6.34±0.22[a]	5.42±0.33[b]	0.0001
ความหนาเปลือกไข่ (mm)	0.38±0.38[a]	0.38±0.38[a]	0.35±0.19[b]	0.0001
ไข่แตก (%)	0.08±0.18	0.23±0.31	0.14±0.46	0.1844
ไข่บุบ (%)	0.51±0.59[b]	0.95±0.93[a]	0.08±0.24[c]	0.0001
ไข่สกปรก (%)	3.54±0.00[a]	3.92±0.75[a]	1.05±0.30[b]	0.0025

หมายเหตุ: [a,b,c] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแถวนอนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)
ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สีไข่แดงของไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 4 ตัวต่อกรงมีค่ามากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 3 ตัวต่อกรง และแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 3 ต่อกรง มีสีไข่แดงไม่แตกต่างกับไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.66, 10.33 และ 10.00 ตามลำดับ ส่วนการเลี้ยงไก่ไข่ทั้งสามระบบ พบว่ามีความสูงไข่ขาวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.39, 8.35 และ 8.20 มิลลิเมตร และเมื่อพิจารณาค่าฮอกยูนิตพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 6)

ไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับมีน้ำหนักเปลือกไข่ และความหนาเปลือกไข่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง และแบบปล่อยพื้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีน้ำหนักเปลือกไข่เฉลี่ย 6.38, 6.34 และ 5.42 กรัมต่อฟอง ตามลำดับ และมีความหนาเปลือกไข่เฉลี่ย 0.38, 0.38 และ 0.35 มิลลิเมตรต่อฟอง ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

การเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนระบบเปิดแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ มีน้ำหนักไข่แดงน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนระบบปิดแบบขังกรงตับ เนื่องจากการที่ไก่กินอาหารได้น้อยทำให้ไก่ได้รับโภชนะน้อยทำให้ไม่เพียงพอต่อการสะสมสารอาหารในไข่แดง เนื่องจากอาหารที่ไก่กินเข้าไปจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการสร้างสารไข่แดงที่ตับแล้วนำมาเก็บสะสมที่กระเปาะไข่บริเวณรังไข่ (Sturkie, 1986) น้ำหนักไข่แดงจึงน้อยลง

นอกจากนี้แล้วยังส่งผลต่อสีไข่แดง โดยพบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสทพร้อมเสริมอุปกรณ์ มีสีไข่แดงน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง แต่ไม่แตกต่างกับ 3 ตัวต่อกรง อาจเนื่องมาจากการดูดซึมสารอาหารต่ำกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง จึงได้รับแหล่งเบต้าแคโรทีน (β-carotene) ซึ่งเป็นแหล่งสารสีที่มีอยู่ในข้าวโพด (Idstein *et al*., 1985) ที่เป็นวัตถุดิบที่ประกอบอยู่ในอาหารได้น้อยจึงทำให้มีสีไข่แดงน้อยกว่า เนื่องจากกลไกการเกิดสีไข่แดงต้องมีรงควัตถุชนิดแซนโทฟิลล์ที่สัตว์ได้รับจากอาหาร โดยรงควัตถุชนิดแซนโทฟิลล์มีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อการเกิดสีของไข่แดง เนื่องจากโมเลกุลของแซนโทฟิลล์ประกอบด้วยออกซิเจน (oxygen) ไฮดรอกซี (hydroxy) คีโตน (ketone) และเอสเทอร์ (ester) ซึ่งโมเลกุลต่างๆ เหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นหมู่อะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะเพื่อให้เกิดสีในไข่แดง (Fox and Vevers, 1960)

ส่วนน้ำหนักไข่ขาวที่ได้จากไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ มีน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ เนื่องจากการที่ไก่กลุ่มนี้กินอาหารได้น้อยทำให้ไก่ได้รับโภชนะในอาหารน้อยโดยเฉพาะโปรตีน ซึ่งไก่ไข่ในระยะให้ไข่มีความต้องการโปรตีนสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งไข่ขาวซึ่งมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่ถึง 9.7-10.6 เปอร์เซ็นต์ (William and Owen, 1984) ดังนั้นการกินอาหารน้อยลงจึงทำให้ได้รับโปรตีนน้อยลงตามไปด้วยมีผลให้มีน้ำหนักไข่ที่น้อยลงด้วย

ในกรณีเดียวกันการที่ไก่ไข่กลุ่มที่เลี้ยงในโรงเรือนปล่อยพื้นแสลทกินอาหารน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ ทำให้ไก่ได้รับโภชนะโดยเฉพาะแคลเซียมไม่เพียงพอสำหรับกระบวนการสร้างเปลือกไข่ เนื่องจากแคลเซียมเป็นแร่ธาตุหลักที่สำคัญในกระบวนการสร้างเปลือกไข่โดยเป็น ส่วนประกอบที่สำคัญของเปลือกไข่ (Sturkie, 1986) หากได้รับแคลเซียมไม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพียงพอจะส่งผลต่อคุณภาพของเปลือก คือ ความหนาเปลือกไข่ และน้ำหนักเปลือกไข่ลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Lichovni'koriva' and Zeman (2008) พบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นได้รับปริมาณแคลเซียมน้อย และมีความหนาเปลือกไข่น้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรง ซึ่งดูเหมือนว่าการใช้ประโยชน์ได้ของไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดแบบขังกรงตับ และโรงเรือนเปิดปล่อยพื้นแสลทแบบปรับปรุงสภาพคอกพร้อมเสริมอุปกรณ์จะแตกต่างกันจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

จากการทดลองการเลี้ยงไก่ไข่ในระบบการเลี้ยงทั้ง 3 แบบพบว่าความสูงไข่ขาวไม่แตกต่างกันแต่มีน้ำหนักไข่แตกต่างกัน ซึ่งไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีน้ำหนักไข่น้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ ดังนั้นค่าฮอกยูนิตซึ่งเป็นค่าที่ใช้วัดคุณภาพไข่ที่ยอมรับกันโดยทั่วไป (William and Owen, 1984) ในไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีแนวโน้มสูงที่สุดน่าจะเป็นผลมาจากน้ำหนักไข่ที่แตกต่างกัน เนื่องจากค่าฮอกยูนิตคำนวณได้จากสูตร $HU = 100 \times \log [H + 7.57 - 1.7 W^{0.37}]$ เมื่อ HU คือค่าฮอกยูนิต H คือความสูงไข่ขาว (mm) และ W คือน้ำหนักฟองไข่ (g) (Roush, 1981) ซึ่ง Chung Hsu *et al.* (1998) พบว่าไข่ไก่จากการเลี้ยงที่อุณหภูมิเฉลี่ย 34 °C มีค่าฮอกยูนิตมากกว่าที่อุณหภูมิเฉลี่ย 24 °C หรือไข่จากโรงเรือนระบบปิดมีค่าฮอกยูนิตน้อยกว่าโรงเรือนระบบเปิด เช่นเดียวกับ ทวีศักดิ์ และคณะ(2546) ที่รายงานว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิดที่มีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 31.95 °C มีค่าฮอกยูนิตมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนระบบปิดที่มีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 25.82 °C แสดงว่าการเลี้ยงไก่ในสภาพอุณหภูมิแวดล้อมสูงทำให้มีน้ำหนักไข่น้อยส่งผลให้ค่าฮอกยูนิตที่ได้มีค่าสูง

เมื่อพิจารณาความสูงไข่ขาวพบว่าไม่แตกต่างกัน เนื่องจากไข่ที่มีน้ำหนักมากจะมีสัดส่วนของน้ำมากกว่าไข่ที่มีน้ำหนักน้อยกว่า (William and Owen, 1984) หรือเกิดจากกระบวนการเคลื่อนที่ของน้ำและอิเลคโทรไลต์เข้าสู่ฟองไข่ (plumping fluid) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในขณะที่ฟองไข่อยู่ภายในท่อนำไข่ส่วนที่เรียกว่าเชลล์แกลน ซึ่งโดยปกติของเหลวส่วนนี้มีผลทำให้ไข่ขาวข้นบางส่วนเจือจางลงกลายเป็นไข่ขาวเหลวชั้นนอก การขาดน้ำอาจมีผลทำให้กระบวนการเคลื่อนที่ของน้ำและอิเลคโทรไลต์เข้าสู่ฟองไข่มีปริมาณลดลง ทำให้ไข่ขาวถูกเจือจางด้วยน้ำน้อยลง ไข่ขาวจึงมีลักษณะแข็ง และยังคงเกาะตัวกันแน่น (Wells and Belyavin, 1987) ทำให้ความสูงไข่ขาวมีค่าไม่แตกต่าง นอกจากนี้แล้วการที่ไก่ไข่กินอาหารน้อยมีผลทำให้ได้รับโปรตีนไม่เพียงพอมีผลทำให้ความสูงไข่ขาวเพิ่มขึ้น (Balnave and Robinson, 2000) ขัดแย้งกับ Naber (1979) ที่รายงานว่าสารอาหารไม่มีอิทธิพลต่อคุณภาพไข่ขาวมากนัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไข่แตก ไข่บุบและไข่สกปรก

การเลี้ยงไก่ไข่ในกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง และปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีเปอร์เซ็นต์ไข่แตก ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.08, 0.23 และ 0.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 7) นอกจากนี้แล้วไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม มีเปอร์เซ็นต์ไข่บุบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง มีเปอร์เซ็นต์ไข่บุบมากว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง และมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.95, 0.51 และ 0.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ไข่สกปรก พบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีเปอร์เซ็นต์ไข่สกปรก 1.05 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบขังกรงตับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรงมีเปอร์เซ็นต์ไข่สกปรกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 3.54 และ 3.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การเลี้ยงไก่ไข่ในระบบการเลี้ยงทั้ง 3 รูปแบบ ถึงแม้ว่ามีเปอร์เซ็นต์ไข่แตกไม่แตกต่างกัน แต่ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง มีเปอร์เซ็นต์ไข่บุบสูงกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 3 ตัวต่อกรง และมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ เนื่องมาจากว่าการเลี้ยงไก่ไข่ในกรงตับ 4 ตัวต่อกรงมีพื้นที่ในการเคลื่อนไหวร่างกายน้อยทำให้ขณะออกไข่ไก่ไข่ไม่สามารถออกไข่ได้อย่างสะดวก หรืออาจได้รับการรบกวนจากไก่ไข่ตัวอื่นส่งผลให้ฟองไข่ได้รับการกระทบกระเทือน หรือบางครั้งเมื่อออกไข่แล้วไข่อาจตกค้างภายในกรงเนื่องจากมีไก่ไข่ในกรงหนาแน่นเป็นผลให้ไก่ไข่ตัวอื่นเหยียบหรือจิกทำให้เกิดความเสียหายก่อนที่จะเคลื่อนที่สู่รางรองรับไข่ด้านหน้ารวมทั้งพื้นที่ภายในกรงที่มีลักษณะลาดเอียงอาจทำให้ไข่ได้รับการกระทบกระเทือนจากกรงลวดจากความเร็วในขณะเคลื่อนที่สู่รางรองรับไข่ (Guesdon and Faure, 2004) เช่นเดียวกับ Wall and Tauson (2007) พบว่าการออกแบบรังไข่ในกรงตับเสริมอุปกรณ์ให้มีความยาวสามารถลดการแตกของไข่ขณะเคลื่อนที่สู่รางรองรับไข่ แต่ในการทดลองการที่ไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ สามารถออกไข่ในรังซึ่งมีรูปแบบของรังที่เป็นส่วนตัวใกล้เคียงกับในธรรมชาติทำให้รู้สึกถึงความปลอดภัยขณะออกไข่ และสามารถแสดงพฤติกรรมการออกไข่ได้อย่างเหมาะสมทำให้ลดการเสียหายของฟองไข่ได้เป็นอย่างดี และการที่ไก่ไข่ใช้รังในการออกไข่ประมาณ 5-6 ตัวต่อช่อง ดังนั้นการขึ้นไปออกไข่ในขณะที่มีไข่ฟองอื่นๆ อยู่ภายในรัง และไข่เหล่านั้นอาจจะต้องรับแรงแรงกดและแรงตึง (Solomom, 1985) จาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การกดทับของตัวไก่เอง อีกทั้งความหนาเปลือกไข่ของไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์น้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ และความหนาเปลือกไข่ และความแข็งแรงของเปลือกไข่มีสหสัมพันธ์ค่อนข้างสูงโดยมีค่าเท่ากับ 0.835 (Romanoff and Romanoff, 1949) แต่สิ่งเหล่านี้ไม่ได้ส่งผลให้ไข่ที่อยู่ภายในรังเกิดความเสียหายแต่อย่างใด อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Onbasilar and Aksoy (2005) พบว่าการเลี้ยงไก่ไข่ 3 และ 5 ตัวต่อกรง มีไข่เสียหายไม่แตกต่างกัน

โดยปกติแล้วการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยพื้นจะพบว่ามีไข่เสียหายและไข่สกปรกมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับแต่ในการทดลองไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ มีไข่สกปรกมากกว่าแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ ($P<0.05$) เนื่องจากมีการจำกัดขนาดของกลุ่มให้มีขนาดไม่ใหญ่มาก คือ 66 ตัวต่อคอก มีรังสำหรับออกไข่อย่างเพียงพอและไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ได้ออกไข่ในรังใกล้เคียงกับในธรรมชาติ (ตลอดการทดลองไม่มีการทำความสะอาดรังไข่และกรงตับ) ส่งผลดีต่อการลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ตกค้างบนเปลือกไข่ ซึ่งใช้เป็นมาตรฐานในการยอมรับคุณภาพสุขอนามัยของไข่ซึ่งต้องมีค่าน้อยกว่า 5 log CFU/eggshell (Mallet *et al*., 2006) นอกจากนี้แล้วไก่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับฟองไข่มีโอกาสสัมผัสกับมูลไก่ที่ติดค้างในกรงลวดขณะที่เคลื่อนที่ลงมายังรางรองรับไข่ด้านหน้าได้มาก (Guesdon *et al*., 2006)

5. ระบบสืบพันธุ์ อวัยวะภายใน และระบบทางเดินอาหาร

น้ำหนักและความยาวของท่อนำไข่

การเลี้ยงไก่ไข่ในกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง และปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ พบว่าการเลี้ยงไก่ไข่แบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรงมีน้ำหนักรังไข่และท่อนำไข่ทั้งหมดมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 3 ตัวต่อกรง และในโรงเรือนแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่มีค่าไม่แตกต่างกันในไก่ไข่ขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง และแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ ซึ่งมีน้ำหนักรังไข่เฉลี่ยเท่ากับ 55.73, 51.63 และ 46.36 กรัม ตามลำดับ และมีน้ำหนักท่อนำไข่ทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 72.73, 67.76 และ 63.50 กรัม ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาน้ำหนักท่อนำไข่แต่ละส่วน คือ อินฟันดิบูลัม แมกนัม อิสมัท เชลล์แกลน และวาจินา พบว่าน้ำหนักของแมกนัมและอิสมัทของไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง มีค่ามากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แต่ไม่แตกต่างกันในไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีน้ำหนักแมกนัมเฉลี่ยเท่ากับ 35.24, 36.30 และ 30.25 กรัม ตามลำดับ และอิสมัทเฉลี่ยเท่ากับ 5.79, 6.02 และ 4.81 กรัม ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักของอินฟันดิบูลัม เชลล์แกลน และวาจินาของไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

นอกจากนี้ยังพบว่าความยาวของท่อนำไข่ทั้งหมด และท่อนำไข่ส่วน อินฟันดิบูลัม แมกนัม อิสมัท และวาจินา ในไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นความยาวของเชลล์แกลนในไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ มีค่าไม่แตกต่างกับไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรงมีค่ามากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.95, 9.33 และ 7.64 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

เมื่อคำนวณน้ำหนักของรังไข่ ท่อนำไข่ทั้งหมด และท่อนำไข่ส่วนต่างๆ คือ อินฟันดิบูลัม แมกนัม อิสมัท เชลล์แกลน และวาจินา เป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว พบว่าไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม มีเปอร์เซ็นต์ของส่วนต่างๆ ต่อน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 8

ไก่ไข่ในกรงตับแบบขัง 4 ตัวต่อกรง มีน้ำหนักรังไข่ และท่อนำไข่ทั้งหมดมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ แต่ไม่แตกต่างกับไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง เนื่องจากกินอาหารได้มากกว่าทำให้ได้รับโภชนะต่างๆ มากกว่าซึ่งการที่ไก่ไข่ได้รับสารอาหารน้อยไม่เพียงพอต่อการเจริญของกระเปาะไข่ขนาดเล็ก ประกอบกับบริเวณที่อยู่ของกระเปาะไข่ขนาดเล็กมีเส้นเลือดมาหล่อเลี้ยงน้อยกว่าบริเวณที่อยู่ของกระเปาะไข่ขนาดใหญ่ ดังนั้นเมื่อได้รับสารอาหารน้อยจึงทำให้กระเปาะไข่ขนาดเล็กฝ่อหายไป ตลอดจนสภาพแวดล้อมในกระบวนการสร้างฟองไข่ในโรงเรือนระบบปิดซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 25.89 °C เหมาะสมกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ที่เลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิดมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 28.18 °C ทำให้ระบบสืบพันธุ์ของไก่ไข่กลุ่มนี้ได้รับการพัฒนาดีกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีน้ำหนักแมกนัม และอิสมัสน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ ส่งผลให้ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับมีน้ำหนักไข่ขาวมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลท เนื่องจากท่อนำไข่ส่วนนี้เป็นส่วนที่ผลิตไข่ขาวและเยื่อหุ้มไข่ แต่อย่างไรก็ตามไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีน้ำหนักรังไข่ และท่อนำไข่ทั้งหมดไม่แตกต่างกับไก่ไข่ที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง และเมื่อคำนวณและเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว พบว่าไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม มีน้ำหนักรังไข่ และท่อนำไข่ทั้งหมดไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 7 น้ำหนัก และความยาวของรังไข่ และท่อนำไข่ส่วนต่างๆ ในไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์ ในระบบการเลี้ยงทั้งสามระบบ

ลักษณะที่ศึกษา	3 ตัว/กรง	4 ตัว/กรง	ปล่อย/เสริมอุปกรณ์	P-value
น้ำหนัก (g)				
รังไข่	51.63±10.37^{ab}	55.73±8.53^{a}	46.36±7.28^{b}	0.0449
ท่อนำไข่	67.76±9.21^{ab}	72.73±9.20^{a}	63.50±6.92^{b}	0.0422
อินฟันดิบูลัม	2.65±1.02	1.97±0.57	2.10±0.67	0.0913
แมกนัม	35.24±4.81^{a}	36.30±4.78^{a}	30.25±3.86^{b}	0.0053
อิสมัท	5.79±0.79^{a}	6.02±1.08^{a}	4.81±0.62^{b}	0.0035
เชลล์แกลน	20.08±3.74	22.16±3.95	20.81±4.68	0.4696
วาจินา	7.44±3.32	9.73±2.16	6.58±1.44	0.0683
ความยาว (cm)				
ท่อนำไข่	12.39±2.13	10.47±2.91	11.79±2.03	0.1506
อินฟันดิบูลัม	12.39±2.13	10.47±2.91	11.79±2.03	0.1506
แมกนัม	38.05±3.23	38.50±3.75	37.69±3.35	0.8490
อิสมัท	10.58±1.25	10.83±1.38	10.15±1.28	0.4518
เชลล์แกลน	7.64±0.68^{b}	9.33±2.33^{a}	8.95±1.58^{ab}	0.0471
วาจินา	5.57±0.97	6.28±1.11	6.57±1.66	0.3479

หมายเหตุ: ^{a,b} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแถวนอนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 น้ำหนักของรังไข่และท่อนำไข่ส่วนต่างๆ ในไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์ (เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว)

ลักษณะที่ศึกษา	3 ตัว/กรง	4 ตัว/กรง	ปล่อย/เสริมอุปกรณ์	P-value
รังไข่	2.50±0.92	1.74±0.44	1.37±0.35	0.0586
ท่อนำไข่	3.78±0.51	3.95±0.52	3.95±0.41	0.6257
อินฟันดิบูลัม	0.14±0.05	0.10±0.03	0.13±0.04	0.1128
แมกนัม	1.96±0.27	1.97±0.27	1.88±0.27	0.6566
อิสมัท	0.32±0.04	0.32±0.06	0.30±0.04	0.3771
เชลล์แกลน	1.12±0.21	1.20±0.21	1.29±0.27	0.2172
วาจินา	0.41±0.17	0.53±0.13	0.4±10.09	0.1962

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

น้ำหนัก ความยาวของอวัยวะภายใน และระบบทางเดินอาหาร

ไก่ไข่ในระบบการเลี้ยง 3 กลุ่ม มีน้ำหนัก ตับ ตับอ่อน ม้าม ไขมันช่องท้อง กระเพาะแท้ กระเพาะบด ลำไส้เล็กส่วนต้น ลำไส้เล็กส่วนกลาง และลำไส้เล็กส่วนปลายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ยกเว้นไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง มีน้ำหนักหัวใจไม่แตกต่างกับไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่น้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) มีค่าเท่ากับ7.16, 6.82 และ 7.85 กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง มีน้ำหนักไขมันช่องท้องไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่มากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.89, 32.00 และ 22.08 กรัม ตามลำดับ และพบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง มีน้ำหนักลำไส้ใหญ่ ไม่แตกต่างกับไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่น้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) มีค่าเท่ากับ 3.28, 3.10 และ 3.75 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 น้ำหนัก ความยาวของอวัยวะภายใน และระบบทางเดินอาหารของไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์

ลักษณะที่ศึกษา	3 ตัว/กรง	4 ตัว/กรง	ปล่อย/เสริมอุปกรณ์	P-value
น้ำหนัก (g)				
หัวใจ	7.16±0.54[b]	7.85±0.94[a]	6.82±0.67[b]	0.0069
ตับ	44.62±5.11	46.60±6.08	42.87±3.30	0.1998
ตับอ่อน	3.40±0.58	3.38±0.54	3.00±0.45	0.1338
ม้าม	1.99±0.47	2.23±0.63	2.03±0.63	0.5996
ไขมันช่องท้อง	32.89±10.82[a]	32.00±7.79[a]	22.08±5.73[b]	0.0100
กระเพาะแท้	6.08±0.48	6.47±0.76	5.73±0.92	0.0700
กระเพาะบด	26.46±1.67	25.51±3.11	25.17±3.86	0.5615
ลำไส้เล็กส่วนต้น	10.40±2.64	11.21±2.37	9.06±1.64	0.0767
ลำไส้เล็กส่วนกลาง	17.02±3.13	17.59±3.24	14.89±2.13	0.0671
ลำไส้เล็กส่วนปลาย	11.45±2.16	12.59±2.47	10.51±1.85	0.0785
ลำไส้ใหญ่	3.75±0.67[a]	3.28±0.48[b]	3.10±0.45[b]	0.0186
ความยาว (cm)				
ลำไส้เล็กส่วนต้น	31.58±2.93	35.08±10.60	29.16±4.17	0.1161
ลำไส้เล็กส่วนกลาง	70.91±5.24[b]	76.25±5.91[a]	69.50±7.02[b]	0.0261
ลำไส้เล็กส่วนปลาย	65.58±7.02	67.50±14.38	62.08±9.03	0.4564
ลำไส้ใหญ่	9.50±0.79[a]	8.58±1.72[a]	6.91±1.92[b]	0.0011

หมายเหตุ: [a,b] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแถวนอนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เมื่อพิจารณาความยาวของลำไส้ส่วนต่างๆ พบว่าไก่ไข่ในระบบการเลี้ยง 3 กลุ่ม มีความยาวลำไส้เล็กส่วนต้นและส่วนปลายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรงมีความยาวของลำไส้เล็กส่วนกลางไม่แตกต่างกับไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่น้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 70.91,

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

69.50 และ 76.25เซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง มีความยาวลำไส้ใหญ่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่มีค่ามากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.50, 8.58 และ 6.91เซนติเมตร (ตารางที่ 9)

เมื่อคำนวณน้ำหนักของอวัยวะภายใน และระบบทางเดินอาหารเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว พบว่าไก่ไข่ทั้ง 3 กลุ่ม มีเปอร์เซ็นต์ของอวัยวะภายในและระบบทางเดินอาหารต่อน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ยกเว้นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักลำไส้ใหญ่ต่อน้ำหนักตัวของไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง มีค่ามากกว่า 4 ตัวต่อกรง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ไก่ไข่แบบขังกรงตับมีค่าไม่แตกต่างกับไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.21, 0.17 และ 0.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 อวัยวะภายในและระบบทางเดินอาหารของไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์ (เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว)

ลักษณะที่ศึกษา	3 ตัว/กรง	4 ตัว/กรง	ปล่อย/เสริมอุปกรณ์	P-value
หัวใจ	0.40±0.32	0.42±0.06	0.42±0.04	0.3015
ตับ	2.48±0.25	2.53±0.32	2.66±0.20	0.2437
ตับอ่อน	0.19±0.03	0.18±0.03	0.18±0.02	0.7927
ม้าม	0.11±0.02	0.11±0.02	0.12±0.03	0.6010
ไขมันช่องท้อง	2.05±0.92	1.74±0.44	1.37±0.35	0.0586
กระเพาะแท้	0.34±0.02	0.35±0.03	0.35±0.05	0.6014
กระเพาะบด	1.48±0.12	1.38±0.15	1.56±0.22	0.0576
ลำไส้เล็กส่วนต้น	0.58±0.14	0.60±0.13	0.56±0.09	0.6537
ลำไส้เล็กส่วนกลาง	0.95±0.17	0.95±0.18	0.92±0.11	0.8831
ลำไส้เล็กส่วนปลาย	0.63±0.12	0.68±0.14	0.65±0.10	0.6308
ลำไส้ใหญ่	0.21±0.03^{a}	0.17±0.02^{b}	0.19±0.02^{ab}	0.0458

หมายเหตุ: ^{a,b} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแถวนอนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)
ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง มีน้ำหนักหัวใจไม่แตกต่างกับไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ แต่มีค่าน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง ในการศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถสรุปผลในส่วนนี้ได้ เนื่องน้ำหนักหัวใจที่เพิ่มมากขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากไก่ได้รับออกซิเจนไม่เหมาะสมกับความต้องการจนเกิดภาวะขาด (Julian *et al.*, 1987) แต่ในการทดลองไม่น่าจะเกิดจากสาเหตุนี้ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวพบว่าไม่แตกต่างกัน

การเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีน้ำหนักไขมันช่องท้องน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ เนื่องจากไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับกินอาหารได้มากจึงทำให้ได้รับพลังงานเพิ่มทำให้มีการสะสมไขมันเป็นพลังงานส่วนเกินเป็นไขมันช่องท้องเพิ่มขึ้นด้วย แต่ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์เลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดต้องใช้พลังงานในการขับความร้อนออกจากร่างกาย รวมทั้งได้รับพลังงานน้อยจากการที่กินอาหารได้น้อยกว่าจึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้องน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ

แม้ว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรงมีน้ำหนักกระเพาะแท้ และน้ำหนักและความยาวลำไส้เล็กส่วนต้น ลำไส้เล็กส่วนกลาง และลำไส้เล็กส่วนปลายไม่แตกต่างกันแต่มีแนวโน้มสูงในกลุ่มที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง และปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ (ยกเว้นความยาวลำไส้เล็กส่วนกลางที่มีความยาวมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง) ซึ่งอาจเกิดจากไก่ไข่กลุ่มนี้มีปริมาณอาหารที่กินมากและมีการดูดซึมสารอาหารที่ดีกว่าจึงทำให้มีการพัฒนาของระบบทางเดินอาหารดีกว่า และในไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีแนวโน้มของน้ำหนักกระเพาะแท้ และน้ำหนักและความยาวลำไส้เล็กส่วนต้น ลำไส้เล็กส่วนกลาง และลำไส้เล็กส่วนปลายต่ำกว่าทุกกลุ่มแสดงให้เห็นถึงการพัฒนาของระบบทางเดินอาหารมีการย่อยและการดูดซึมที่ไม่ดี เนื่องจากการเลี้ยงในสภาวะอากาศร้อนทำให้มีปริมาณการกินอาหารน้อยจึงได้รับสารอาหารน้อยลงตามไปด้วยส่งผลต่อการนำไปพัฒนาระบบทางเดินอาหารต่ำกว่าทุกกลุ่มด้วยเช่นกัน

ไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 3 ตัวต่อกรง มีน้ำหนักลำไส้ใหญ่มากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง และปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ แต่มีความยาวลำไส้ใหญ่ไม่แตกต่างกับไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบ 4 ตัวต่อกรง แต่มีค่ามากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ และเมื่อคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ต่อกรง มีค่ามากกว่า 4 ตัวต่อกรง แต่ไก่ไข่แบบขังกรงตับมีค่าไม่แตกต่างกับไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พร้อมเสริมอุปกรณ์ซึ่งไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับน่าจะมีน้ำหนักของลำไส้ใหญ่ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากมีน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกันทำให้ส่วนนี้ผู้วิจัยไม่สามารถสรุปผลได้

6. ความแข็งแรงกระดูก

การเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีน้ำหนักกระดูกสดของกระดูกธิเบียร์มากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 11.71, 11.25 และ 11.17 กรัม ตามลำดับ และจากการศึกษาความกว้างของกระดูกธิเบียร์ของไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง และไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ พบว่ามีความกว้างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.65, 7.54 และ 7.40 มิลลิเมตร แต่เมื่อพิจารณาความยาวของกระดูกธิเบียร์ พบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีความยาวของกระดูกมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 123.67, 121.48 และ 121.29 มิลลิเมตร (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ผลของระบบการเลี้ยงต่อการลักษณะ และความแข็งแรงของกระดูกธิเบียร์ของไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์

ลักษณะที่ศึกษา	3 ตัว/กรง	4 ตัว/กรง	ปล่อย/เสริมอุปกรณ์	P-value
น้ำหนักสด (g)	11.25±0.62^{b}	11.17±0.95^{b}	11.71±0.62^{a}	0.0341
ความกว้าง (mm)	7.65±0.40	7.54±0.47	7.40±0.62	0.2467
ความยาว (mm)	121.48±3.23^{b}	121.29±3.67^{b}	123.67±3.80^{a}	0.0444
bending force (kN)	14.60±1.60^{b}	14.57±1.81^{b}	16.77±2.75^{a}	0.0229
bending moment (N-cm)	23.96±2.63^{b}	23.22±2.88^{b}	27.58±4.53^{a}	0.0089
ความแข็งแรงกระดูก (kgc)	95.90±1053^{b}	92.96±11.53^{b}	110.38±18.15^{a}	0.0090

หมายเหตุ: ^{a,b}ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแถวนอนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีค่า bending force, bending moment และความแข็งแรงของกระดูกธิเบียร์มากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่มีค่าไม่แตกต่างกันในไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีค่า bending force เฉลี่ยเท่ากับ 16.77, 14.57 และ 14.60 kN ตามลำดับ bending moment เฉลี่ยเท่ากับ 27.58, 23.96 และ 23.22 N-cm และค่าความแข็งแรงของกระดูกเท่ากับ 110.38, 95.90 และ 92.96 kgc ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ผลการศึกษาระบบการเลี้ยงต่อการสะสมแร่ธาตุในกระดูกธิเบียร์ของไก่ไข่ในระบบการเลี้ยงไก่ไข่แบบขังกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง และปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ พบว่าการเลี้ยงไก่ไข่ทั้ง 3 แบบมีเปอร์เซ็นต์เถ้าในกระดูกธิเบียร์ไม่แตกต่างกัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.06, 55.37 และ 56.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาการการสะสมแคลเซียมและฟอสฟอรัสเมื่อคำนวณเป็นกรัมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีแคลเซียมเฉลี่ยเท่ากับ 1.71, 1.65 และ 1.68 กรัม ตามลำดับ และฟอสฟอรัสเฉลี่ยเท่ากับ 0.97, 0.94 และ 0.94 กรัม ตามลำดับ และเมื่อคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การสะสมแคลเซียม และฟอสฟอรัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นกัน ซึ่งการสะสมแคลเซียมเฉลี่ยเท่ากับ 22.28, 21.95 และ 22.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และฟอสฟอรัสเฉลี่ยเท่ากับ 12.72, 12.70 และ 12.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

การเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีน้ำหนักกระดูกสด และความยาวของกระดูกมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ เนื่องมากจากการเคลื่อนไหวร่างกายทำให้มีการเจริญของกระดูกยาว (long bone) ซึ่งเป็นกระดูกประเภทหนึ่งที่มีความยาวมากกว่าความกว้าง โดยการยืดออกของไดอะไฟซิสโดยมีอิพิไฟซิส (epiphysis) อยู่ที่ปลายของกระดูกที่เจริญ ซึ่งปลายของเอพิไฟซิสถูกคลุมด้วยกระดูกอ่อนชนิดไฮยาลินคาร์ทิเลจ (hyaline cartilage) โดยการเจริญของเนื้อเยื่อกระดูกเกิดจากการแบ่งตัวของเซลล์ และการสร้างสารพื้นระหว่างเซลล์ (intercellular matrix) เพิ่มขึ้นทำให้มีมวลและขนาดของเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น ซึ่งการเจริญของกระดูกในแนวยาวของกระดูกยาวเป็นผลจากการสร้างกระดูกแบบแทนที่กระดูกอ่อน (endochondral ossification) ที่บริเวณแผ่นอิพิไฟเซียล (epiphyseal plate) เพื่อสร้างและทดแทนกระดูกอ่อนขึ้นใหม่โดยจะเกิดอย่างต่อเนื่องทำให้มีการเจริญในแนวยาวของกระดูก และทำหน้าที่คงอยู่จนกระทั่งมีการเจริญเต็มที่ของกระดูกส่วนนั้นๆ เมื่อถึงเวลานั้นอิพิไฟเซียลเพลทจะปิดการเจริญในแนวยาวของกระดูกก็จะหยุดลง แต่การเจริญในแนวกว้างหรือความหนาของกระดูกยังคงเพิ่มขึ้นได้อีกจากการสร้าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เนื้อเยื่อหุ้มกระดูก ซึ่งสอดคล้องกับค่า bending force ที่บอกถึงการสะสมแร่ธาตุบริเวณไดอะไฟซิสของกระดูก (Crenshaw *et al.*, 1981b)

ตารางที่ 12 ผลของระบบการเลี้ยงต่อการสะสมแร่ธาตุในกระดูกธิเบียร์ของไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์

ลักษณะที่ศึกษา	3 ตัว/กรง	4 ตัว/กรง	ปล่อย/เสริมอุปกรณ์	P-value
น้ำหนักแห้ง (g)	7.61±0.51	7.55±0.74	7.49±0.41	0.8951
เถ้า (%)	56.06±2.54	55.37±1.97	56.31±1.15	0.5862
แคลเซียม (g)	1.71±0.13	1.65±0.19	1.68±0.11	0.5464
ฟอสฟอรัส (g)	0.97±0.06	0.94±0.11	0.94±0.09	0.5437
แคลเซียม (%)	22.28±1.12	21.95±0.86	22.49±0.63	0.2357
ฟอสฟอรัส (%)	12.72±0.66	12.70±0.85	12.67±0.69	0.9832

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

***** ข้อมูลแสดงในรูปวัตถุแห้ง (dry matter)

ความแข็งแรงของกระดูกของไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีค่ามากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ อาจจะเป็นไปได้ที่จะเกิดจากการเคลื่อนไหวร่างกาย ทำให้มีการกดทับของกระดูกมากขึ้น เป็นการกระตุ้นให้ร่างกายสร้างกระดูกมากขึ้นเพื่อรองรับการเคลื่อนไหว ผลก็คือปริมาณของกระดูกจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้กระดูกสามารถรองรับน้ำหนักหรือแรงกดดันได้ตามปกติ เป็นการเพิ่มการดูดซึมแคลเซียมของกระดูกช่วยรักษาโครงสร้าง กระตุ้นให้เกิดความแข็งแรง และลดการสูญเสียของสารต่างๆ ของกระดูกชั้นนอกซึ่งทำหน้าที่ให้ความแข็งแรง ป้องกันการหักของกระดูก (Hermann, 2006) หรือลดการเกิดภาวะโรคกระดูกพรุนนั่นเอง สอดคล้องกับ Jendral *et al.* (2008) พบว่าการเลี้ยงไกไข่ในโรงเรือนแบบขังกรงตับ มีปริมาณแร่ธาตุ มวลกระดูก พื้นที่กระดูกชั้น cortical และมวลกระดูกชั้นนอกต่ำกว่าโรงเรือนเสริมอุปกรณ์ และพบการแตกของกระดูกสูงกว่าโรงเรือนเสริมอุปกรณ์ด้วย เช่นเดียวกับ Newman and Leeson (1998) พบว่าการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนปล่อยพื้นที่มีวัสดุรองพื้นพร้อมเสริมคอนและรังไข่ มีความแข็งแรงของกระดูกและค่า bending force ของกระดูกธิเบียร์มากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระดูกพบว่าไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับ Newman and Leeson (1998) ที่ไม่พบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์แคลเซียมในกระดูกของไก่ไข่ในโรงเรือนปล่อยพื้นที่มีวัสดุรองพื้น พร้อมเสริมคอน และรังไข่ และไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ ดังนั้นความแข็งแรงของกระดูกที่พบในไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ไม่ได้เป็นผลมาจากสารอนินทรีย์ที่เป็นส่วนทำให้กระดูกมีความแข็งแรง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมฟอสเฟตและแคลเซียมคาร์บอเนต แต่อาจจะเป็นผลมาจากสารอินทรีย์ โปรตีนต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นคอลลาเจนประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นแหล่งให้ความยืดหยุ่นแก่กระดูก (Werner, 1992) นอกจากนี้แล้วการที่แคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระดูกไม่แตกต่างกัน เนื่องจากไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์กินอาหารน้อยแต่ฟองไข่มีขนาดเล็กทำให้มีน้ำหนักและความหนาของเปลือกไข่น้อยเช่นกัน ดังนั้นแคลเซียมในอาหารจึงเพียงพอสำหรับการสร้างเปลือกไข่ ไม่จำเป็นต้องดึงมาจากกระดูกในส่วนที่เป็นกระดูกพรุน (spongy bone และ trabecular bone) และโพรงกระดูก (medullary cavity) ซึ่งเป็นแหล่งให้แคลเซียมในสัตว์ปีกระยะออกไข่ (สุกิจ, 2534) ทำให้แคลเซียมในกระดูกไม่แตกต่างกัน

7. **ค่าโลหิตวิทยา**

การเลี้ยงไก่ไข่ในกรงตับ 3 ตัวต่อกรงและแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ มีค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีค่าน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 4 ตัวต่อกรง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.09, 23.32 และ 26.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่น ระดับกลูโคสและไตรกลีเซอร์ไรด์ในพลาสมาของไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์

ลักษณะที่ศึกษา	3 ตัว/กรง	4 ตัว/กรง	ปล่อย/เสริมอุปกรณ์	P-value
เม็ดเลือดแดงอัดแน่น (%)	24.09±2.77^{b}	26.06±1.75^{a}	23.32±1.91^{b}	0.0020
กลูโคส (mg/dl)	205.82±21.59^{b}	205.96±23.14^{b}	235.17±23.83^{a}	0.0001
ไตรกลีเซอร์ไรด์ (mg/dl)	735.28±277.84	782.90±340.79	761.33±340.50	0.9517

หมายเหตุ: ^{a,b} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแถวนอนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง มีระดับกลูโคสในพลาสมาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีค่าน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์อย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 205.82, 205.96 และ 235.17 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรตามลำดับ และเมื่อพิจารณาระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ของไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบขังกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง และแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 735.28, 782.90 และ 761.33 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (ตารางที่ 13)

ไก่ไข่ในโรงเรือนปล่อยพื้นแสลทแบบปรับปรุงสภาพพร้อมเสริมอุปกรณ์มีค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นต่ำกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิดขังกรงตับ 4 ตัวต่อ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิดขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง สอดคล้องกับ Aengwanich and Chinrasri (2002) รายงานว่าภาวะความเครียดเนื่องจากความร้อนเป็นเวลานานอาจส่งผลให้มีค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นลดลง ซึ่งโดยปกติค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นของไก่ไข่ระยะให้ผลผลิตมีค่าเท่ากับ 28.5 (Sturkie, 1976; Beutler, 2001) นอกจากนี้แล้วค่าค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นของไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทที่มีค่าต่ำแสดงให้เห็นว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้น แสลทอาจจะมีปริมาณการดื่มน้ำมากเนื่องจากสภาวะอากาศร้อนสอดคล้องกับ Koike *et al*. (1983)รายงานว่าการขาดน้ำในไก่ไข่มีผลทำให้ค่าฮีมาโตคริตของไก่มีค่าสูงขึ้น

ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ของไก่ไข่ในระบบการเลี้ยงทั้ง 3 ระบบไม่แตกต่างกัน แม้ว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ต้องอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง ส่วนไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบ 3 และ 4 ตัวต่อกรงมีระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ไม่แตกต่างกันสอดคล้องกับ Onbasilar and Aksoy (2005) ที่พบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 1, 3 และ 5 ตัวต่อกรงมีระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ไม่แตกต่างกัน

ระดับกลูโคสของไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรงไม่แตกต่างกัน ขัดแย้งกับ Onbasilar and Aksoy (2005) ที่พบว่าขนาดพื้นที่ต่อตัวในกรงตับมีผลต่อระดับกลูโคสโดยไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 5 ตัวต่อกรงมีระดับกลูโคสสูงกว่า ไก่ไข่ที่เลี้ยง 1 และ 3 ตัวต่อกรง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเลี้ยงไก่ไข่ 5 ตัวต่อกรงมีพื้นที่ต่อตัวเพียง 393.80 ตารางเซนติเมตรต่อตัว ซึ่งอาจชักนำให้เกิดความเครียดได้มากกว่า ส่วนระดับกลูโคสของไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ สูงกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิดขังกรงตับ 3 และ 4 ตัวต่อกรง ($P<0.05$) แสดงว่ามีความเครียดสูงกว่า เนื่องจากไก่ไข่ได้รับผลกระทบจากความร้อนทำให้ระบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประสาทซิมพาเทติกถูกกระตุ้น และสั่งการเพื่อกระตุ้นต่อมหมวกไตชั้นในโดยมีการหลั่งอะซีติลโคลีน (acetylcholine) เพื่อให้เกิดการหลั่งฮอร์โมนอะดรีนาลีนและนอร์อะดรีนาลีน ทำให้ยับยั้งการสะสมและเพิ่มการสลายกลูโคส (Christine *et al.*, 2009) ขัดแย้งกับ Pavlik *et al.* (2007) พบว่าการเลี้ยงไก่ไข่ในกรงตับ กรงตับเสริมอุปกรณ์ และปล่อยพื้นแบบมีวัสดุรองพื้นมีระดับกลูโคสไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 14 สัดส่วนของ H/L และความแตกต่างของเม็ดเลือดขาวในไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์

ลักษณะที่ศึกษา	3 ตัว/กรง	4 ตัว/กรง	ปล่อย/เสริมอุปกรณ์	P-value
Heterophil (%)	50.93±12.11	58.35±9.58	60.06±11.65	0.0634
Lymphocyte (%)	45.73±13.76^{a}	35.29±9.94^{b}	34.43±12.76^{b}	0.0227
Monocyte (%)	1.86±2.06	2.94±1.91	3.62±1.99	0.0569
Eosinophil (%)	1.46±2.41^{b}	3.58±2.12^{a}	2.12±2.72^{ab}	0.0486
Basophil (%)	-	-	-	-
H/L (%)	1.30±0.71	1.87±0.87	2.09±1.05	0.0533

หมายเหตุ: ^{a,b} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)
ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ไม่พบข้อมูล

ไก่ไข่ในระบบการเลี้ยงทั้งสามระบบมีสัดส่วนระหว่างเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลล์ต่อลิมโฟไซต์ และเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลล์และโมโนไซต์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง และปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ไม่แตกต่างกัน แต่มีค่าน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.29, 34.43 และ 45.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ มีเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิลล์ไม่แตกต่างกับไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ แต่ในไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง มีค่าน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 4 ตัวต่อกรง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.12, 1.46 และ 3.58 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และในการศึกษาไม่พบเม็ดเลือดขาวชนิดบาโซฟิลล์ (ตารางที่ 14)

การเลี้ยงไก่ไข่ทั้งสามระบบการเลี้ยงมีสัดส่วนระหว่างเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลล์ต่อลิมโฟไซต์ไม่แตกต่างกัน แต่ในไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบ 4 ตัวต่อกรง มีแนวโน้มสูงกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบ 3 ตัวต่อกรง เนื่องจากการเลี้ยงไก่ในสภาพที่หนาแน่นกว่าปกติ (4 ตัว/กรง) ส่งผลให้สัตว์เกิดความเครียดมีผลทำให้สัดส่วนระหว่างเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลล์ต่อลิมโฟไซต์สูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่นปกติ (3 ตัว/กรง) นอกจากนี้ในไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีแนวโน้มของสัดส่วนระหว่างเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลล์ต่อลิมโฟไซต์สูงกว่าทุกกลุ่ม แสดงว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์อาจจะได้รับผลกระทบจากความเครียดจากความร้อนในระบบการเลี้ยง นอกจากนี้ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง มีเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์น้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง และปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ แสดงให้เห็นว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง ซึ่งมีพื้นที่ต่อตัวมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง และอยู่ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ อาจจะมีความเครียดน้อยกว่า เนื่องจากผลของระดับฮอร์โมนคอร์ติโคสเตอโรนที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ลดลง (Maxwell and Roberson, 1998) นอกจากนี้ยังพบว่าไก่ไข่ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ มีเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิลล์ไม่แตกต่างกับไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ แต่ในไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง จะมีค่าน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในกรงตับ 4 ตัวต่อกรง ซึ่งแสดงว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง อาจจะมีภาวะความเครียดมากกว่าจากการเลี้ยงที่หนาแน่นมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับมีการแสดงพฤติกรรม การกินอาหาร การดื่มน้ำ และการทำความสะอาดขนมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ ส่งผลให้มีปริมาณการกินอาหาร น้ำหนักไข่มากกว่า และมีปริมาณอาหารต่อผลผลิตไข่น้ำหนัก 1 กิโลกรัมน้อยกว่าไก่ไข่แบบพื้นแสลทแบบพร้อมเสริมอุปกรณ์ ส่งผลให้มีคุณภาพไข่ดีกว่า แต่อย่างไรก็ตามผลผลิตไข่ไม่แตกต่างกัน และพบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีเปอร์เซ็นต์ไข่บุบและไข่สกปรกน้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ ส่วนการที่ไก่ไข่แบบพื้นแสลทแบบพร้อมเสริมอุปกรณ์มีพฤติกรรมก้าวร้าวมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ จึงพบอัตราการตายของไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบแบบปล่อยพื้นแสลทสูงกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ เนื่องจากอาจเกิดความเครียดจากความร้อนและการจัดลำดับทางสังคม นอกจากนี้การที่ไก่ไข่ในโรงเรือนเปิดปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีพฤติกรรมการเดิน หรือการเคลื่อนไหวร่างกายมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับส่งผลให้มีความแข็งแรงกระดูกมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ

ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ มีค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นต่ำกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิดขังกรงตับ 4 ตัวต่อ แต่ไม่แตกต่างกับไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิดขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง ส่วนระดับกลูโคสของไก่ไข่แบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์สูงกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิดขังกรงตับ 3 ตัว และ 4 ตัวต่อกรง แต่มีระดับของไตรกลีเซอร์ไรด์ และสัดส่วนระหว่างเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลล์ต่อลิมโฟไซต์ไม่แตกต่างกันแต่มีแนวโน้มสูงที่สุดในไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์ และมีค่าต่ำสุดในไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง แสดงว่าการเลี้ยงไก่ไข่แบบขังกรงตับ 4 ตัวต่อกรง ในสภาวะที่หนาแน่นกว่าปกติทำให้เกิดความเครียดมากกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบขังกรงตับ 3 ตัวต่อกรง และการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อเสริมอุปกรณ์ได้รับความเครียดจากความร้อนเนื่องจากเลี้ยงอยู่ภายใต้สภาวะอากาศร้อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดลองพบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นแสลทพร้อมเสริมอุปกรณ์มีปัญหาการตายเนื่องจากการจิกก้นมาก ดั้งนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับเรื่องนี้จะเป็นผลดีในการนำระบบนี้ไปใช้ในอนาคต

2. การเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนระบบเปิดย่อมส่งผลต่อการลดการกินอาหารและมีผลต่อคุณภาพฟองไข่ ดังนั้นจึงควรแก้ปัญหาโดยวิธีต่างๆ เช่น การใช้สารเสริม การปรับปรุงสูตรอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของไก่ไข่ที่เลี้ยงในระบบตามหลักสวัสดิภาพสัตว์

3. การศึกษาครั้งต่อไปควรมีการคำนวณต้นทุนในการผลิต เพื่อให้สามารถทราบต้นทุนในการผลิตที่แท้จริงและสามารถนำไปเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจในการผลิต และอัตราการสูญเสียของผลผลิตที่อาจจะทำให้ต้องเปลี่ยนวิธีการผลิตได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ทวีศักดิ์ ศิลปสอน, ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์ และเสกสม อาตมางกูล. 2546. **ผลการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหารต่ำต่อการใช้ประโยชน์ได้ของไนโตรเจนและสรีรวิทยาของไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิดและปิด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นทีทิพย์ กฤษณามระ. 2538. **ฮอร์โมนกลไกและการออกฤทธิ์ร่วม.** โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพฯ.

ปฐม เลาหะเกษตร. 2540. **การเลี้ยงสัตว์ปีก.** สำนักพิมพ์รั้วเขียว, กรุงเทพฯ.

ประคอง ตังประพฤทธิ์กุล. 2548. **ชีววิทยาสัตววิทยา 1.** บริษัทค่านสุทธาการพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

มณฑล ฉายอรุณ. 2531. **การทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ.** สำนักพิมพ์ ยูไนเต็ดท์บุ๊คส์. กรุงเทพฯ.

มานิตย์ เทวรักษ์พิทักษ์. 2536. **การจัดการฟาร์มสัตว์ปีก.** คณะเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

วิน เชยชมศรี. 2548. **วิทยาภูมิคุ้มกันเปรียบเทียบ.** ภาควิชาสัตววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

สุกิจ แสงนิพันธ์กูล. 2534. **กระดูกและกระดูกอ่อน.** คณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สุพรพิมพ์ เจียสกุล. 2545. **สรีรวิทยาการแพทย์ระบบฮอร์โมน.** โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, กรุงเทพฯ.

อังคณา หาญบรรจง และดวงสมร สินเจิมศิริ. 2532. **การวิเคราะห์และประเมินคุณภาพอาหารสัตว์.** ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

Abdul-Aziz, T.A. 1998. Cage layer fatigue is complicated problem. J. World's Poult. Sci . 14: 56-58.

Abeyesinghe, S.M., C.J. Nicol, S.J. Hartnell and C.M. Wathes. 2005. Can domestic fowl *Gallus gallus domesticus* show self control. Anim. Behav. Sci. 70: 1-11.

Abrahamsson, P. and R. Tauson. 1995. Aviary systems and conventional cages for laying hen. J. Anim. Sci. 45: 194-203.

Aengwanich, W. and Chinrasri, O. 2002. Effect of heat stress on body temperature and hematological parameter in male layers. J. Physiol. Sci. 15: 27-33.

AHAW. 2005. Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare on a request from the Commission related to welfare aspects of various systems of keeping laying hens (Question EFSA-Q-2003-092), adopted by the AHAW Panel on 10th and 11th November 2004. The EFSA Journal. 197: 1-23.

Albentosa, M. J. and J.J. Cooper. 2004. Effects of cage height and stocking density on the frequency of comfort behaviours performed by laying hens housed in furnished cages. Anim.Welf. 13: 419-424.

Altan, O., A. Pabuc cuoglu, A. Altan, S. Konyalioglu and H. Bayraktar 2003. Effect of heat stress on oxidative stress, lipid peroxidation and some stress parameters in broilers. Br. Poult. Sci. 44(4): 545–550.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15 thed. Association of official analytical chemists,Washington, DC.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Appleby, M.C., A.W. Walker, C.J. Nichol, A. C. Lindberg, R. Freire, B. O. Hughes and H. A. Elson. 2002. Development of furnished cages for laying hens. Br. Poult. Sci. 43: 489-500.

Appleby, M.C. and T.D. Jenner. 1993. How animals perceive group size: aggression among hens in partitioned pens. *In* Proceedings of the International Congress on Applied Ethology, Humboldt University, Berlin.

Appleby, M.C., B.O. Hughes, and Elson, H.A. 1992. Poultry Production Systems-Behaviour, Management and Welfare. CAB International, Wallingford.

Balnave, D. and D. Robinson. 2000. Amino Acid and Energy Requirements of Imported Brown Layer Strains. Available source http://www.rirdc.gov.au/reports/EGGS/00-179sum.html, March 20, 2010.

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

Blokhuis, H.J. 2007. Recent development in European and international welfare regulation. World's Poult. Sci . 60: 467-477.

Braastad, B.O. 1990. Effect on behaviour and plumage of the key-stimuli floor and a perch in triple cages for laying hens. Appl. Anim. Behav. Sci. 27: 127-139

Bradshaw, R.H. 1991. Discrimination of group members by laying hens *Gallus domesticus*. J. Behav. Proc. 24:143-151.

Brake, J., T.P. Keeley and R.B. Jones. 1994. Effect of age and presence of perches during rearing on tonic immobility fear reaction of broiler breeder pullets. Poult. Sci. 73: 1470-1474.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Buitenhuis A. J., T.B. Rodenburg, P.H. Wissing, J. Visscher, P. Koene, H. Bovenhuis, B.J. Ducro and J.J. van der Poel. 2004. Genetic and phenotypic correlations between feather pecking behavior, stress response, immune response, and egg quality traits in laying hens. Poult. Sci. 83: 1077-1082.

Campo, J.L., M.K. Gil, S.G. Davila and I. Munoz. 2005. Influence of perches and footpad dermatitis on tonic immobility and heterophil to lymphocyte ratio of chickens. Poult. Sci. 84: 10004-10009.

Cheng, H. 2006. Morphological changes and pain in beak trimmed laying hens. World's Poult. Sci. 62: 41-52.

Chung Hsu, J., L. Chung-Yi and P. Wen-Shyg Chiou. 1998. Effect of ambient temperature and methionine supplementation of a low protein diet on the performance of laying hen. Anim. Feed Sci. and Tech. 74: 289-299.

Christine, J., Nicol, C. Gina , E. Joanne and J.B.William. 2009. Associations between welfare indicators and environmental choice in laying hens. J. Anim. Sci. 78: 413-424

Cooper, J.J. and M.C. Appleby. 2003. The value of environment resources to domestic hens: a comparison of the work-rate for food and for nests as a function of time. Anim Welf. 12: 39-52.

_____. 1997. Motivational aspects of individual variation in response to nestboxes by laying hens. Anim. Behav. 54: 1245-1253.

Curry, J.D. 1970. The mechanical properties of bone. Clin. Orthop. Relat. Res. 73:210-231.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Crenshaw, T.D., E.R. Peo, Jr. A.J. Lewis and B.D. Moser. 1981a. Bone strength as a trait for assessing mineralization in swine : a critical review of techniques involved. J. Anim. Sci. 53:827-835.

Crenshaw, T.D., E.R. Peo, Jr. A.J. Lewis, B.D. Moser and D.G. Olson. 1981b. Influence of age, sex and calcium and phosphorus levels on the mechanical properties of various bones in swine. J. Anim. Sci. 52:1319-1330.

Daghir, N.J. 1995. Poultry Production in Hot Climates. The University Press, Cambridge.

Dawkins, M.S. and S. Hardie. 1989. Space needs of laying hens . Br. Poult. Sci. 30: 413-416.

De Rue, K., W. Messens, M. Heyndrickx, T.B. Rodenburg, M. Uyttendaele and L. Herman. 2008. Bacterial contamination of table eggs and influence of housing systems. World's Poult. Sci. 64: 5-17.

Elrom K. 2000. Handling and transportaion of broilers welfare, stress, fear, and meat quality. Islal Veterinary Medical Association. [online] 55(2). Available Source http://www.isrvma.org /article /55_2_1.htm, March 19, 2010.

Ewing, S.A., D.C. Jr. Lay and E.V. Borell. 1999. Farm Animal Well-Being. Simon and Schuster company, New Jersey.

Fox, H.M. and G. Vevers. 1960. The Nature of Animal Colours. 3 rd ed. Sidgwick and Jackson Limited, London.

Fred, D. K. Bernd and A.S. Karel. 2008. Avian immunology. Elsevier Science. USA.

Glatz, P.C. 2000. Beak trimming methods-review. J. Anim. Sci. 13: 1619-1731.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Gorman, I. 2002. Research directions workshop for enhanced welfare cages, held at Stamford Sydney Airport Hotel, 19 October 2001. A report on the workshop hosted by the Rural Industries Research and Development Corporation, September 2002. RIRDC. Web Publication No. W02/024.

Guesdon, V., A.M.H. Ahmed, S. Mallet, J.M. Faure and Y. Nys. 2006. Effects of beak trimming and cage design on laying hen performance and egg quality. Br. Poult. Sci. 47: 1-12.

Guesdon, V. and J.M. Faure. 2004. Laying performance and egg quality in kept in standard or furnished cages. J. Anim. Res. 53: 44-57.

Heckert, R.A., I. Esteves, E. Russek-Cohen and R. Pettit-Riley. 2002. Effect of density and perch availability on the immune status of broilers. Poult. Sci. 81:451-457.

Hermann, K.H. 2006. Chondrodystrophy in turkeys and broilers. World's Poult. 22: 35-36.

Hughes, B.O. and D.G.M. Wood-Gush. 1977. Agonistic behaviour in domestic hens: influence of housing method and group size. Anim. Behav. Sci. 25: 1056-1062.

Idstein, H., C. Bauer and P. Schreier. 1985. Volatile acids in tropical fruits: cherimoya (*Annona cherimolia* Mill.), guava (*Psidium guajava* L.), mango (*Mangifera indica* L.var.Alphonso), papaya (*Carica papaya* L.). Zeitschrift Fuer Lebensmittel-Untersuchung und Forschung. 180: 394-397.

Jendral, M.J., D.R. Korver, J.S. Church and J.J.R. Feddes. 2008. Bone mineral density and strength of White Leghorns housed in conventional modified and commercially available colony battery cages. Poult. Sci. 87: 828-837.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Julian, R.J. 1987. The effect of increased sodium in the drinking water on tight ventricular hypertrophy, right ventricular failure and ascites on broiler chickens. Avian Pathol. 16: 61-71.

Kampen, M.V. 1984. Physiological responses of poultry to ambient temperature. Archiv Fur Experimentelle Veterinar Medicin. 38: 384-391.

Keeling, L. 2002. Behaviour of fowl and other domesticated birds. The Ethology of Domestic Animal: an Introductory Text. CABI Publishing.

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.

Kruschwitz, A., Z. Manja, B. Theres and E.H. Beat. 2008. Nest preference of laying hens (*Gallus gallus domesticus*) and their motivation to exert themselves to gain nest access. Appl. Anim. Behav. Sci. 112: 321-330.

Leyendecker, M., H. Hamann, J. Hartung, J. Kamphues, U. Neumann, C. Surie and O. Distl. 2005. Keeping laying hens in furnished cages and an aviary housing system enhances their bone stability. Br. Poult. Sci. 46: 536-544.

Lichovni'koriva', M. and L. Zeman. 2008. Effect of housing system on the calcium requirement of laying hens and on eggshell quality. J. Anim. Sci. 53: 162-168.

Littlefiled, L.H., J.W. Merkley and T.E. Nightingale. 1973. Storage conditions of humeri and measurement of bone breaking strengths. Poult. Sci. 52: 2053.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Lott, B.D., F.N. Reece and J.H. Drott. 1980. Effect of Preconditioning on bone breaking strength. Poult. Sci. 59: 724-725.

Lundberg, A. and L.J. Keeling. 1999. The impact of social factors on nesting in laying hens (*Gallus gallus domesticus*). Appl. Anim. Behav. Sci. 64: 57-69.

Mallet, S., V. Guesdon, A.M.H. Ahmed and Y. Nys. 2006. Comparison of eggshell hygience in two housing system: standard and furnished cages. Br. Poult. Sci. 47: 30-35.

Matsui, K., A. M. Khalil and K. Takeda. 2004. Effect of Perches on behavior, heart rate, body temperature and locomotion activity of caged hens. . Poult. Sci. 47: 120-130.

Maxwell, M. H. and G.W. Roberson. 1998. The avian heterophil leucocyte. World's Poult. Sci. 54: 155-178.

Mcadie, T. M., L.J. Keeling, H. J. Blokhuis and R.B. Jones. 2005. Reduction in feather pecking and improvement of feather condition with the presentation of a string device to chickens. Appl. Anim. Behav. Sci. 93: 67-80.

McCoy, M.A., G.A.C. Reilly and D.J. Kilpatrick. 1996. Density and breaking strength of bones of mortalities among caged layers. J. Res. Vet. Sci. 60: 185-186.

Messens, W., K. Grijspeerdt and L. Herman. 2005. Eggshell characteristics and penetration by *Salmonella enteric* serovar Enteritidis thourgh the production period of a layer flock. Br. Poult. Sci. 46: 694-700.

Mills, A.D. and D.G.M Wood-Gush. 1985. Pre-laying behavior in battery cages. Br. Poult. Sci. 26: 247-252.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Moesta, A., K. Ute, A. Briese and J. Hartung. 2008. The effect of litter condition and depth on the suitability of wood shavings for dustbathing behavior. Appl. Anim. Behav. Sci. 115: 160-170.

Mollenhorst, H., T.B. Rodenburg, E.A.M. Bokkers, P. Koene and I.J.M. de Boer. 2005. On-farm of laying hen welfare: a comparison of one environment-based and animal-based methods. Appl. Anim Behav Sci. 90: 277-291.

Naber, E.C. 1979. The effect of nutrition on the composition of eggs. Poult. Sci. 58: 518-528.

Newman, S. and S. Leeson. 1998. Effect of housing birds in cages or an aviary system on bone characteristics. Poult. Sci. 77:1492–1496.

Nicol, C. J., N. G. Gregory, T. G. Knowles, I. D. Parkman and L. J. Wilkins. 1999. Differential effects of increased stocking density, mediated by increased flock size, on feather pecking and aggression in laying hens. Appl. Anim .Behav. Sci. 65: 137–152.

Nimmo, R.D., E.R. Peo, Jr., B.D. Moser, P.J. Cunningham, D.G. Olson and T.D. Crenshaw. 1980. Effect of various levels of dietary calcium and phosphorus on performance, blood and bone parameters in growing boars. J. Anim. Sci. 51:100-111.

Oden, K., K. S. Vestergaardand and B. Algers. 1999 Agonistic behaviour and feather pecking in single-sexed and mixed groups of laying hens. Appl. Anim. Behav. Sci. 62: 219-231.

Olsson, I.A.S. and L.J. Keeling. 2000. Night-time roosting in laying hens and the effect of thwarting access to perches. Appl. Anim. Behav. Sci. 68: 243-256.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Onbasilar, E. E. and F. T. Aksoy. 2005. Stress parameters and immune response of layers under different cage floor and density conditions. Livestock Production Science. 95: 255-263.

Pavlik, A., M. Pokludova, D. Zapletal and P. Jelinek. 2007. Effects of housing systems on biochemical indicator of blood plasma in laying hens. J. Acta. Vet. Brno. 76: 339-347.

Puvadolpirod, S. and J. P. Thaxton. 2000. Model of physiological stress in chickens 2. Dosimetry of adrenocorticotropin. Poult. Sci. 78: 370-376.

Rath , N. C., G. R. Huff, W. E. Huff, and J. M. Balog . 2000. Factors regulating bone maturity and strength in poultry. Poult. Sci. 79: 1024-1032.

Richard, B., D. E. Linda and J. Keeling. 2003. Social discrimination and aggression by laying hens in large groups: from peck orders to social tolerance. Appl. Anim. Behav. Sci. 84: 197–212.

Romanoff A.L. and A.J. Romanoff. 1949. The Avian Egg. John Wiley and Sons. Inc., New York.

Roush, W.B. 1981. TI59 calculator program for haugh unit calculator. Poult. Sci. 60: 1086-1088.

SAS. 1999. SAS/STAT User' s Guids. SAS Institute, Cary, North Carolina.

Sedlin, E.D. and C. Hirsch. 1966. Factors affecting the determination of the physical properties of femoral cortical bone. Acta. Orthop. Scand. 37:29-48.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sell, D.R. and J. C. Rogler. 1983. The effect of sorghum tannin and methionine on the performance of the laying hen maintained in two temperature environmenta. Poult. Sci. 63: 109-116.

Shimmura T., Y. Eguchi, K. Uetake and T. Tanaka. 2007a. Differences of behavior, use of resources and physical conditions between dominant and subordinate hens in furnished cages. J. Anim. Sci. 78: 307-313

Shimmura T., S. Hirahara, Y. Eguchi, K. Uetake and T. Tanaka. 2007b. Behavior physiology performance and physical condition of layers in conventional and large furnished cage in hot environment. J. Anim. Sci. 78: 314-322.

Shini, S. 2003. Physiological responses of laying hens to alternative housing systems. Poult. Sci. 5: 357-360.

Solomon. S. E. 1985. Eggshell pigmentation. *In* R. G. Wells ang C. G. Belyavin, ed. Egg quality current problems and recent advances. Poultry Science Symposium. No.20., Butterworths, England.

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

SVC. 1996. Report of the Scientific Veterinary Committee. Animal Welfare Section on the Welfare of Laying Hen. VI/8660/96, 30 October 1996.

Syme, G.J., L.A. Syme and D.R. Barnes. 1983. Fowl sociometry: social discrimination and the behaviour of domestic hens during food competition. Appl. Anim. Ethol. 11, 163-175.

Tauson, R. 2002. Furnished cages and aviaries:production and health. J. World's Poult. Sci. 58: 49-63.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Turner, S.P., G.W. Horgan and S.A. Edwards. 2001. Effect of social group size on aggressive behaviour between unacquainted domestic pigs. Appl. Anim. Behav. Sci. 74: 203-215.

Underwood, E.J., and N.F. Suttle. 1999. The Mineral Nutrition of Livestock. 3rd ed. CABI Publ., UK.

Valencia, M.E., P.M. Maiorino and B.L. Keyd. 1980. Energy utilization in laying hens. II Effect of dietary protein level at 21 and 32°C. Poult. Sci. 59: 2508 – 2511.

Valkonen E., E. Ven äläinen, L. Rossow and J. Valaja. 2006. Effects of dietary protein on egg production of laying hens housed in furnished or conventional cage. Acta Agriculturae Scandinavita, Section A-Animal Sciences. 56: 33-41.

Vestergaard, K. 1982. Dust-bathing in the domestic fowl-diurnal rhythm and dust deprivation. Appl. Anim. Ethol. 8: 487-485.

Vits, A., D. Weitzenburger, H. Humann and O. Distl. 2005. Production egg quality bone strength claw length and keel bone deformities of laying hen housed in furnished cages with different group sizes. Poult. Sci. 84: 1151-1519.

Wall, H. and R. Tauson. 2007. Perch arrangement in small-group furnished cage for laying hens. Appl. Poult. Res. 16: 322-330.

Webster, A.B., R. M., M. Nogossek, I. Sander, B. Wandt, U. Neumann and G. Glunder. 2003. Investigations of layinghen health in enriched cages as compared to conventional cages and a floor pen system. J. Wien. Tiera. Mona. 90: 257-266.

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Werner, R. 1992. Essential Biochemistry and Molegular Biology. Elsevier Science Publ. Co., Berlin.

Whitehead, C.C. 2004. Skeletal disorders in laying hens: the problem of osteoporosis and bone fractures. In G. C. Perry (ed.), Welfare of the Laying Hen. Poultry Science Symposium Series, Vol. 27. CABI Publishing.

Wichman, A., M. Heikkila, A. Valros, B. Forkman, L.J. Keeling. 2007. Perching behavior in chickens and its relation to spatial ability. Appl. Anim. Behav. Sci. 105: 165-179.

William J. and J. C, Owen. 1984. Egg Science and Technology. Haworth Press, Inc., NY

Ylander, D.M. and J.V. Craig. 1980. Inhibition of agonistic acts between hens by a dominant third party. Appl. Anim. Ethol. 6: 63-69.

Zimmerman, P.H., S.N. Brown, E. Glen, A.C. Lindberg, S.J. Pope, F.J. Short, P.D. Warriss, L.J. Wilkins, C.J. Nicol, N.G. Gregory, T.G. Knowles, I.D. Parkman and L.J. Wilkins. 1999. Differential effects of increased stocking density, mediated by increased flock size, on feather pecking and aggression in laying hens. Appl. Anim. Behav. Sci. 65: 137–152.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สูตรการคำนวณ

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว (kg) = น้ำหนักตัวสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักตัวเริ่มต้นการทดลอง

$$\text{ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินในช่วงการทดลอง}}{\text{จำนวนวัน} \times \text{จำนวนไก่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ (hen-day production; HD)} = \frac{\text{จำนวนไข่ในช่วงการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนวัน} \times \text{จำนวนไก่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}$$

$$\text{น้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง (g)} = \frac{\text{น้ำหนักไข่รวม}}{\text{จำนวนไข่}}$$

$$\text{ปริมาณอาหารที่กินต่อน้ำหนักไข่ 1 kg.} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินในช่วงการทดลอง (kg)}}{\text{น้ำหนักไข่ในช่วงการทดลอง (kg)}}$$

ภาพผนวกที่ 1 ลักษณะของกะบะฝุ่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 2 ลักษณะของรังไข่

ภาพผนวกที่ 3 ลักษณะของคอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 4 พฤติกรรมการอาบฝุ่น

การวัดความแข็งแรงของกระดูก (bone breaking strength)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องมือวัดความแข็งแรงของกระดูก ได้แก่ เครื่อง autograph (universal testing machine) ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น AG 10 TE

2. แท่นทดสอบแรงดัดทำลาย ซึ่งเป็นชุดเครื่องมือสำหรับใช้วัดแรงดัด (3 point bending test) ซึ่งสามารถปรับระยะห่างระหว่างจุดรองรับกระดูกความเร็วหัวกด และขนาดหัวกดได้

ระยะระหว่างจุดรองรับกระดูก (spanlength) 63.65 และ 65.82 มิลลิเมตร

อัตราเร็วของหัวกด (testspeed) 50 มิลลิเมตรต่อนาที

เส้นผ่าศูนย์กลางหัวกด 6.35 มิลลิเมตร

น้ำหนักของ LoadcelI 50 kN/500kgf

3. รายงานผลออกทางหน้าจอแสดงผล (monitor) เป็นตัวเลข การตั้งค่าเครื่องมือตามวิธีของ Crenshaw *et al*.(1981b)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขั้นตอนการวัดความแข็งแรงของกระดูก

1. นำกระดูกธิเบียร์วางไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้กระดูกมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง (ประมาณ 12 ชั่วโมง)

2. นำกระดูกวางบนคานโดยจะวางด้านเว้าลงด้านล่างหันเข้าหาพื้นเสมอดังภาพผนวกที่ 5

3. เดินเครื่องตามสภาวะเครื่องที่ได้ตั้งไว้

4. อ่านค่าแรงสูงสุดที่ได้ ซึ่งค่าที่ได้นี้เป็นค่ามวลปรากฏ (apparentmass; Mapp.) นำมาเข้าสมการเพื่อให้ได้ค่าแรงที่แท้จริงจากนั้นจึงนำมาคำนวณหาค่าความแข็งแรงของกระดูกต่อไป

ภาพผนวกที่ 5 การวัดความแข็งแรงกระดูก

การสอบเทียบมวลมาตรฐาน (standard mass, Mstd.)

เพื่อให้ทราบค่าแรงกดที่แท้จริงเนื่องจากค่าที่ปรากฏจะไม่ตรงกับค่าแรงที่แท้จริง ดังนั้นต้องมีการสอบเทียบโดยใช้มวลมาตรฐานที่น้ำหนัก 10-30 กิโลกรัม วิธีการคือ

1. ติดตั้งเครื่องมือสำหรับการสอบเทียบมวลมาตรฐาน

1.1 วางมวลมาตรฐานบนเครื่องมือและอ่านค่าแรงที่เกิดขึ้นและเพิ่มมวลมาตรฐานขึ้นเรื่อย ๆ (increase) จนครบน้ำหนักที่ต้องการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ลดน้ำหนักมวลมาตรฐานลง (decrease) อ่านค่าแรงที่ได้อีกครั้ง

2. นำค่าที่ได้ในข้อ 1.1 และ 1.2 มาเฉลี่ย ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 1

3. จากนั้นนำค่าเฉลี่ยที่ได้จากข้อ 2 ไปสร้างกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของมวลมาตรฐานกับค่ามวลปรากฏ สมการแสดงความสัมพันธ์ดังนี้

$$Y=1.0309X-0.068$$

โดย Y = มวลมาตรฐาน (Mstd;kg)

X = มวลปรากฏ (Mapp;kg)

ตารางผนวกที่ 1 การสอบเทียบน้ำหนักจากมวลมาตรฐานของกราฟที่มีช่วงระยะห่าง 10 (range10)

ลำดับ	มวลมาตราฐาน (กิโลกรัม)	ค่าปรากฏ (kgf)		ค่าเฉลี่ยมวลปรากฏ
		Increasing	Decreasing	
1	10	9.8	9.8	9.8
2	20	19.4	19.4	19.4
3	30	29.2	29.2	29.2

การหาเปอร์เซ็นต์เถ้ากระดูก

วิธีการหาเปอร์เซ็นต์เถ้ากระดูก

1. กระดูกธิเบียร์นำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดหยาบ

2. นำตัวอย่างกระดูกที่บดหยาบแล้วไปสกัดไขมันด้วยปิโตเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) จนหมดไขมัน

3. สุ่มตัวอย่างกระดูกที่บดละเอียดแล้ว 0.4 กรัม นำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว (ใช้เวลาประมาณ 10-12 ชั่วโมง)

4.หลังจากเผาจนได้เถ้าสีขาวแล้วนำใส่โถดูดความชื้น (desecrator) จนเย็น ชั่งน้ำหนักเถ้า

5. คำนวณเปอร์เซ็นต์เถ้าตามสูตร เปอร์เซ็นต์เถ้า = น้ำหนักเถ้า x 100

หมายเหตุ: แสดงผลเปอร์เซ็นต์เถ้าแบบปราศจากไขมัน (fat-free) น้ำหนักตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การหาค่าการอัดแน่นของเม็ดเลือดแดง

ค่าเปอร์เซ็นต์สัมพันธ์ของปริมาตรเม็ดเลือดแดงในเลือดต่อปริมาตรเลือดทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณสัดส่วนระหว่างปริมาตร เป็นมิลลิลิตรของเม็ดเลือดแดงอัดแน่นต่อปริมาตรเป็นมิลลิลิตรทั้งหมดของตัวอย่างเลือดมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ค่าดังกล่าวเป็นดัชนีแสดงถึงความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงในเลือดการหาค่า haematocrit อาจกระทำได้ 2 วิธี คือ

1. คำนวณหาจากค่า MCV และ RBCcount ที่วัดได้โดยเครื่องนับเม็ดเลือดอัตโนมัติ
2. ปั่น (centrifugation) ตัวอย่างเลือด เพื่อหาสัดส่วนระหว่างปริมาตรของเม็ดเลือดแดงอัดแน่นต่อปริมาตรทั้งหมดของตัวอย่างเลือด (ค่าที่ได้อาจแตกต่างจากการคำนวณข้างต้น)

หลักการ

แรงหมุนเหวี่ยงของเครื่องปั่นสามารถแยกส่วนต่างๆ ของเลือดออกจากกันตาม ความแตกต่างของน้ำหนัก เซลล์เม็ดเลือดและเกล็ดเลือดมีความหนาแน่นสูงกว่า จึงแยกออกจากชั้น ของพลาสม่าแล้วเคลื่อนลงสู่ก้นหลอด (ทิศทางเข้าสู่แกนกลางของเครื่องปั่น) เม็ดเลือดแดงมีขนาดเล็กกว่าสามารถผ่านลงสู่ก้นหลอดและอัดแน่นอยู่ล่างสุด เม็ดเลือดขาว เกล็ดเลือด และเม็ดเลือดแดงที่มี นิวเคลียส กระจุกตัวรวมเป็นชั้นเรียกว่า buffycoat อยู่เหนือเม็ดเลือดแดงอัดแน่นและชั้นบนสุดคือพลาสม่าเป็นของเหลวสีเหลือง

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. หลอด heparinizedcapillary
2. หลอดใส่เลือดที่เคลือบสาร heparinized
3. ดินน้ำมัน
4. เครื่อง haematocritcentrifuge
5. เครื่อง microhaematocrit reader

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการวิเคราะห์แบบ micro - haematocrit

1. นำเลือดตัวอย่างใส่ในหลอดเก็บเลือดที่เคลือบด้วยเฮพาริน (lithium heparin) เพื่อป้องกันการแข็งตัวของเลือด

2. เขย่าตัวอย่างเลือดกับสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดในหลอดเก็บตัวอย่างให้เข้ากัน

3. จุ่มปลายข้างหนึ่งของหลอด capillary ลงในหลอดเลือด เอียง capillary tube และหลอดเก็บเลือดเพื่อให้เลือดไหลเข้าสู่หลอดเลือดตามแรง capillary action ประมาณ 3 ใน 4 ของหลอด capillary ใช้นิ้วอุดปลายด้านบนพร้อมยกออกจากหลอดเก็บเลือด แล้วเช็ดทำความสะอาดด้านนอก

4. ทำเครื่องหมายประจำกลุ่ม แล้วนำมาปั่นด้วยเครื่อง haematocrit centrifuge ความเร็ว 10,000-20,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที

5. นำหลอด capillary ที่ปั่นมาวางบนร่องของ microhaematocrit reader โดยให้ขอบบนของดินน้ำมัน (ขอบด้านล่างของเม็ดเลือดแดงอัดแน่น) อยู่บนเส้นฐานของ reader แล้วเลื่อนแผ่นพลาสติก เพื่อให้เส้นทาบขอบด้านบนของพลาสมาเป็นขีด 100 เปอร์เซ็นต์ แล้วเลื่อน Slide bar (ที่จับสีดำด้านขวาของ ARM) ไปยังขอบระหว่างเม็ดเลือดแดงอัดแน่นและ buffy coat หรือพลาสมา อ่านค่าเปอร์เซ็นต์ด้านบนของ ARM และบันทึก

6. หาค่ากลาง haematocrit

การวิเคราะห์หาไตรกลีเซอร์ไรด์ด้วย enzymatic colorimetric method

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน

triglycerides 200mg/dl หรือ 2.28mmol/l

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. โดยใช้ชุดทดสอบของ บริษัท Human Gesellschaft für Biochemica und Diagnostica mbH

2. หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ไมโครปิเปตสำหรับดูดสารละลายปริมาตร 10 และ 1,000 ไมโครลิตร

4. waterbath ที่ควบคุมอุณหภูมิได้ 37± 2 C

5. เครื่อง vortexmixer

6. เครื่อง spectrophotometer ที่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 546 นาโนเมตร

7. cuvetteplastic

วิธีการวิเคราะห์

1. นำสารเคมีและตัวอย่างมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องก่อนทำการวิเคราะห์

2. เติม workingreagent 1,000 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลอง blank standard และ sample

3. เติมน้ำกลั่นลงในหลอด blank เติมสารละลายมาตรฐานลงในหลอดทดลอง standard และ เติมตัวอย่างลงในหลอด sample ปริมาณ 10 ไมโครลิตร

5. เขย่าให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง vortexmixer นาน 30 วินาที

6. นำไปวางไว้ใน water bath ที่มีอุหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที

7. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงทันทีด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 546 นาโนเมตร

การคำนวณความเข้มข้น

$$\text{ไตรกลีเซอร์ไรด์ (mg/dl)} = \frac{\text{ค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่าง} \times \text{ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน}}{\text{ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน}}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 อุณหภูมิสภาพแวดล้อมของโรงเรือนไก่ไข่อายุ 19-42 สัปดาห์

โรงเรือน	อายุ (สัปดาห์)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิสูงสุด (°C)	อุณหภูมิต่ำสุด (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)
ระบบปิด	19-22	86.64±4.10	27.17±0.81	23.46±1.34	25.32±2.17
	22-26	86.60±4.30	26.35±1.06	21.92±1.35	24.14±2.54
	26-30	89.07±2.89	26.21±1.98	20.57±2.42	23.39±3.59
	30-34	84.10±3.74	28.67±0.86	24.10±1.25	26.39±2.54
	34-38	90.39±2.09	30.03±0.69	26.21±1.81	28.12±2.35
	38-42	90.78±0.41	29.89±1.44	25.60±1.03	27.75±2.49
เฉลี่ย	19-42	87.92±3.94	28.10±1.96	23.71±2.55	25.89±2.14
ระบบเปิด	19-22	90.85±0.35	30.28±1.69	24.46±1.23	27.37±3.28
	22-26	90.21±2.07	29.85±1.95	22.50±1.10	26.17±4.03
	26-30	88.96±3.64	29.92±1.76	21.64±2.45	25.78±4.68
	30-34	84.25±5.30	32.53±1.13	25.39±1.28	28.96±3.79
	34-38	80.03±5.63	33.71±0.89	27.42±1.19	30.57±3.34
	38-42	89.39±4.62	33.78±1.31	27.17±1.65	30.48±3.64
เฉลี่ย	19-42	87.70±5.34	31.75±2.06	24.75±2.65	28.18±2.43

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวดวงแข สุทธิเกิด
เกิดวันที่	1 มีนาคม 2527
สถานที่เกิด	อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตสัตว์) มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง พ.ศ. 2550
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์