ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อสมรรถนะการให้ผลผลิต คุณภาพไข่ ปริมาณคอเลสเตอรอล และองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่

นางสาวบัณฑิตา ทักขนนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2557

EFFECT OF LAYING HEN REARING SYSTEMS ON PRODUCTION PERFORMANCE, EGG QUALITY, CHOLESTEROL CONTENT AND FATTY ACID COMPOSITION OF EGG

Buntita Thukhanon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Animal Production Technology

Suranaree University of Technology

Academic Year 2014

ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อสมรรถนะการให้ผลผลิต คุณภาพไข่
ปริมาณคอเลสเตอรอล และองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รศ. ดร.พงษ์ชาญ ณ ลำปาง)
ประธานกรรมการ

(อ. ดร.วิทธวัช โมพี)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร.สุทิศา เข็มผะกา)
กรรมการ

(ผศ. น.สพ. ดร.บัญชร ลิขิตเดชาโรจน์)
กรรมการ

(ผศ. ดร.อมรรัตน์ โมพี)
กรรมการ

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม

(ผศ. ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

บัณฑิตา ทักขนนท์ : ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อสมรรถนะการให้ผลผลิต คุณภาพไข่ ปริมาณคอเลสเตอรอล และองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่ (EFFECT OF LAYING HEN REARING SYSTEMS ON PRODUCTION PERFORMANCE, EGG QUALITY, CHOLESTEROL CONTENT AND FATTY ACID COMPOSITION OF EGG) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.วิทธวัช โมพี, 63 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ที่แตกต่างกันต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตไข่ คุณภาพไข่ ปริมาณคอเลสเตอรอล และองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่ โดยใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ทางการค้า (Isa Brown) อายุ 30 สัปดาห์ จำนวน 276 ตัว แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ โดยแบ่งตามรูปแบบการเลี้ยงดังนี้ คือ กลุ่มที่ 1 เลี้ยงไก่ไข่บนกรงตับ (4 ตัว/กรง) กลุ่มที่ 2 เลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยพื้น (5 ตัว/ตารางเมตร) และกลุ่มที่ 3 เลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยพื้น (5 ตัว/ตารางเมตร) และมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้า (2 ตารางเมตร/ตัว) เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ (อายุไก่ 30 ถึง 42 สัปดาห์) ไก่ทั้งสามกลุ่มได้รับอาหารสูตรเดียวกันตลอดการทดลอง ผลการศึกษาพบว่ารูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ไม่มีผลต่อผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ ($P>0.05$) แต่พบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นกินอาหารได้มากกว่าไก่ที่เลี้ยงบนกรงตับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในส่วนของคุณภาพไข่พบว่ารูปแบบการเลี้ยงทั้งสามแบบไม่ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ของไข่ขาว ไข่แดง เปลือกไข่ ความหนาของเปลือกไข่ ความสูงไข่ขาว และค่า Haugh unit แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าการเลี้ยงไก่ไข่แบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้ามีสีไข่แดงเข้มที่สุด ($P<0.05$) รูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่ไก่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่พบว่าการเลี้ยงไก่ไข่แบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้ามีการสะสมกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ที่เพิ่มสูงที่สุด ส่งผลให้อัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 ต่อโอเมก้า-3 ลดลงต่ำที่สุด ($P<0.05$)

การศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการเลี้ยงไก่ไข่แบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้า สามารถช่วยเพิ่มสีของไข่แดงและสัดส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในไข่ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตไข่ และคุณภาพไข่

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์	ลายมือชื่อนักศึกษา____________
ปีการศึกษา 2557	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา____________
	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ____________
	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ____________

BUNTITA THUKHANON : EFFECT OF LAYING HEN REARING SYSTEMS ON PRODUCTION PERFORMANCE, EGG QUALITY, CHOLESTEROL CONTENT AND FATTY ACID COMPOSITION OF EGG. THESIS ADVISOR : WITTAWAT MOLEE, Ph.D., 63 PP.

LAYING HENS/REARING SYSTEM/FATTY ACID/CHOLESTEROL

The objectives of this research was to determine the effects of different laying hen rearing systems on production performance, egg quality, cholesterol content and fatty acid composition of egg. A total of 276, 30-wk-old Isa Brown laying hens were randomly allocated into 3 treatments : a conventional battery cage, a floor pen and a free-range system. As in a conventional battery cage treatment, birds were reared with 4 birds per cage. In the floor pen treatment, birds were housed with 5 birds per m^2. In the free-range treatment, birds were housed in a similar way to the floor pen group but, in addition, they also had an outdoor grass paddock (2 m^2 per bird). All birds were provided with the same diet during the 12 weeks of the experimental period (30 to 42 weeks of age). The results showed that the different rearing systems did not affect egg production, egg weight or feed conversion ratio ($P>0.05$). However, the hens in the floor pen treatment had a higher feed intake than the hens in the conventional battery cage treatment ($P<0.05$). There were no differences among the groups in the percentage of albumen, yolk or shell; shell thickness; albumen height or Haugh unit ($P>0.05$). However, the hens in the free-range treatment had the highest egg yolk color ($P<0.05$). The different rearing systems did not affect the cholesterol content of the eggs ($P>0.05$). However, the highest proportion of n-3 fatty acids and

the lowest ratio of n-6 to n-3 fatty acids were found in the free-range treatment ($P<0.05$).

These data indicate that the free-range system comparing with the floor pen one can enhance egg yolk color and proportion of n-3 fatty acids of egg, without differences in production performance and egg quality.

School of Animal Production Technology Student's Signature_________________

Academic Year 2014 Advisor's Signature_________________

Co-advisor's Signature______________

Co-advisor's Signature______________

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จได้นั้นผู้เขียนขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.วิทธวัช โมฬี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทิศา เข็มผะกา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.บัญชร ลิขิตเดชาโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้โอกาสผู้เขียนได้เรียนต่อในระดับปริญญาโท ให้การสนับสนุนผู้เขียนทั้งในด้านวิชาการ ให้คำปรึกษาการดำเนินงานวิจัย และตรวจแก้วิทยานิพนธ์ ตลอดจนสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการวิจัย จนสำเร็จลุล่วง และเกิดเป็นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขึ้น

ขอขอบคุณฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ดำเนินงานวิจัย ตลอดจนบุคลากรฟาร์มมหาวิทยาลัยที่ช่วยเหลือการทำวิจัย และให้คำแนะนำต่าง ๆ ตลอดมา

ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ตลอดจนบุคลากรอาคารเครื่องมือ 1 3 และ 10 ที่ได้อำนวยความสะดวกให้ความช่วยเหลือในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำวิจัย และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย

ขอขอบคุณพี่ปอย อ้อย อี๊ด นักศึกษาบัณฑิตศึกษาทุกคน และน้อง ๆ ที่เรียนระดับปริญญา-ตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ ที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในตลอดเวลาที่เรียนและทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสัญญลักษณ์ และคุณแม่กุหลาบ ทักขนนท์ ตลอดจนครอบครัวของผู้เขียนทุกท่าน ที่ให้การอบรมเลี้ยงดูเป็นอย่างดี เป็นแรงผลักดัน และให้กำลังใจผู้เขียนมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

บัณฑิตา ทักขนนท์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ **หน้า**

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาในการทำวิจัย

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยส่วนใหญ่ยังคงมุ่งเน้นการผลิตเพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตและผลกำไรมากกว่าคุณภาพของสินค้า นำมาสู่การเลี้ยงที่หนาแน่น ทำให้สัตว์มีพื้นที่จำกัดในการเคลื่อนไหว และมีการแสดงออกของพฤติกรรมตามธรรมชาติที่ลดลง โดยเฉพาะการเลี้ยงไก่ไข่บนกรงตับ ซึ่งเป็นการเลี้ยงไก่ไข่บนกรงภายในโรงเรือนตลอดช่วงการให้ไข่เพื่อง่ายต่อการจัดการทั้งทางด้านการเลี้ยง การให้อาหาร การเก็บผลผลิต การดูแลด้านสุขาภิบาลและการป้องกันโรค และลดต้นทุนการผลิต เพราะใช้พื้นที่ต่อตัวน้อยในการผลิต แต่อย่างไรก็ตามการเลี้ยงไก่ไข่บนกรงตับยังคงมีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ เป็นรูปแบบการเลี้ยงในพื้นที่จำกัดทำให้สัตว์มีโอกาสในการแสดงออกของพฤติกรรมทางธรรมชาติที่ลดลง (Tuason, Wahlstrom, and Abrahamsson, 1999; Vits, Weitzenburger, Hamann, and Distl, 2005) ส่งผลเสียต่อสวัสดิภาพสัตว์ (animal welfare) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่พบว่าการเลี้ยงไก่ไข่บนกรงตับส่งผลเสียต่อสุขภาพไก่ไข่ โดยเฉพาะความผิดปกติของกระดูก (Compassion in World Farming Trust, 2006; Wang, Zheng, Ning, Qu, Xu, and Yang, 2009; Holt, Davies, Dewulf, Gast, Huwe, Jones, Waltman, and Willian, 2011) จนกระทั่งสหภาพยุโรปได้มีการประกาศกฎหมายห้ามเลี้ยงไก่ไข่บนกรงตับ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2555 เป็นต้นมา ประกอบกับข้อเรียกร้องทางด้านสวัสดิภาพสัตว์จากองค์กรสวัสดิภาพสัตว์ต่าง ๆ และกระแสของผู้บริโภคที่มากขึ้นต่อการให้ความสำคัญกับกระบวนการผลิตสัตว์ที่เน้นการจัดการให้สัตว์อยู่สบายและดีต่อสวัสดิภาพสัตว์ (Rizzi and Chiericato, 2010) รวมถึงความต้องการไข่ไก่ที่ไม่ได้เลี้ยงบนกรงตับ (Singh, Cheng, and Silversides, 2009) จากทัศนคติดังกล่าวทำให้ผู้บริโภคส่วนหนึ่งยอมจ่ายเงินในราคาสูงกว่าสินค้าทั่วไปเพื่อซื้อสินค้าที่มีผลดีต่อสุขภาพมีกระบวนการผลิตที่ดีต่อสวัสดิภาพสัตว์ มีความเป็นธรรมชาติ และปลอดภัย ซึ่งเราเรียกกลุ่มผู้บริโภคที่มีกำลังซื้อกลุ่มนี้ว่าผู้บริโภคในตลาดกลุ่มเฉพาะ (segmentation market หรือ niche market) ดังนั้นเพื่อตอบสนองต่อผู้บริโภคในกลุ่มดังกล่าว ผู้เลี้ยงไก่บางส่วนจึงเริ่มหันมาให้ความสนใจในการที่จะผลิตไข่ไก่สำหรับป้อนตลาดในกลุ่มนี้ นั่นคือการผลิตไข่ไก่ที่เลี้ยงโดยไม่ใช้กรงตับ (cage-free egg) ซึ่งมีหลายแบบ ได้แก่ ไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงแบบปล่อยพื้นหรือขังรวมภายในโรงเรือน (floor pen egg) ไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยออกสู่ภายนอก (free-range egg) และไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงแบบอินทรีย์ (organic egg)

การเลี้ยงไก่ไข่แบบไม่ใช้กรงตับได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะในประเทศแถบยุโรป และในด้านวิชาการก็ยังคงมีการศึกษาเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่ไข่ทางเลือกเหล่านี้เรื่อยมา โดยรายงาการศึกษาก่อนหน้านี้ในแง่ของผลผลิตกล่าวว่าผลผลิตไข่จากการเลี้ยงบนกรงตับและแบบปล่อยพื้นไม่แตกต่างกัน (Basmacioglu and Ergul, 2005) ในขณะที่ Singh et al. (2009) พบว่าการกินได้ของไก่ที่เลี้ยงในทั้งสองระบบไม่แตกต่างกัน แต่การเลี้ยงไก่ไข่บนกรงตับมีประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีกว่าการเลี้ยงแบบปล่อยพื้น นอกจากนี้ยังมีรายงานที่กล่าวว่าการเลี้ยงไก่ไข่แบบมีพื้นที่ปล่อยออกสู่ภายนอกจะทำให้ผลผลิตไข่ต่ำลงเมื่อเทียบกับการเลี้ยงบนกรงตับ (Wang et al., 2009) ในแง่ของน้ำหนักไข่ Vits et al. (2005) รายงานว่า ไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นมีน้ำหนักไข่สูงกว่าแบบที่เลี้ยงบนกรงตับ ซึ่งตรงกันข้ามกับ Yakabu et al. (2007) พบว่าไข่ที่ได้จากการเลี้ยงบนกรงตับมีน้ำหนักมากกว่าไข่ที่ได้จากการเลี้ยงไก่แบบปล่อยพื้น ส่วนในด้านคุณภาพไข่ ในขณะที่ Basmacioglu and Ergul (2005) พบว่าไข่ไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นมีน้ำหนักไข่ขาว มีความสูงไข่ขาวสูงกว่า และมีน้ำหนักไข่แดงที่ต่ำกว่าไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงบนกรงตับ ส่วน Roberts (2004) พบว่าความสูงของไข่ขาวของไข่ที่ได้จากการเลี้ยงแบบปล่อยพื้นต่ำกว่าบนกรงตับ เนื่องจากเกิดผลกระทบจากกลิ่นแอมโมเนียจากพื้นคอก Pistekova, Hovorka, Vecerek, Strakova, and Suchy (2006) พบว่าการเลี้ยงทั้งสองระบบไม่มีผลต่อน้ำหนักไข่แดง แต่ไก่ที่เลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยออกสู่ภายนอกจะให้สีของไข่แดงเข้มกว่าไก่ที่เลี้ยงบนกรงตับ นอกจากนี้ Singh et al. (2009) ยังได้รายงานว่าไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นให้ไข่ที่เปลือกหนากว่าที่เลี้ยงแบบกรงตับ เนื่องจากมีการเพิ่มเมตาบอลิซึมของแคลเซียม ในขณะที่มีบางการศึกษาที่พบว่ารูปแบบการเลี้ยงไม่ส่งผลต่อความแข็งแรงของเปลือกไข่และความหนาเปลือกไข่ (Petek, Alpay, Gezen, and Cibik, 2009) เปอร์เซ็นต์เปลือกไข่ (Van Den Brand, Parmentier, and Kemp, 2004; Samman, Kung, Carter, Foster, Ahmad, Phuyal, and Petocz, 2009) และในส่วนของส่วนประกอบของไขมันในไข่นั้น Hidalgo, Rossi, Clerici, and Ratti (2008) รายงานว่า ไข่ไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้น และแบบปล่อยให้มีพื้นที่ภายนอกนั้นจะมีปริมาณไขมันไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ Wang et al. (2009) พบว่า ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงของไก่ที่เลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยออกสู่ภายนอกต่ำกว่าไก่ที่เลี้ยงบนกรงตับ และ Rossi And De Reu (2011) พบว่าไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงบนกรงตับ แบบปล่อยพื้น และแบบมีพื้นที่ปล่อยออกสู่ภายนอก และระบบอินทรีย์มีองค์ประกอบของกรดไขมันชนิด Monounsaturated fatty acids (MUFA) และ Polyunsaturated fatty acids (PUFA) ไม่แตกต่างกัน ส่วนในแง่ของกรดไขมันชนิด Saturated fatty acids (SFA) พบว่ายังคงไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ในขณะที่ Lopez-Bote, Sanz Arias, Rey, Castano, Isabel, and Thos (1998) พบว่าไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยออกสู่ภายนอกมีองค์ประกอบของกรดไขมันโอเมก้า-3 สูงขึ้น เนื่องจากได้รับหญ้าซึ่งเป็นแหล่งของ α-linolenic acid (C18 : 3n-3) จากแปลงปล่อยเป็นอาหาร และไข่ไก่ยังมีอัตราส่วนของกรดไขมันโอเมก้า-6 ต่อโอเมก้า-3 ที่ต่ำลงอีก

ด้วย ซึ่งตรงข้ามกับ Hidalgo et al. (2007) ที่กล่าวว่า ไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงบนกรง ปล่อยพื้น และมีพื้นที่ปล่อยออกสู่ภายนอก มีปริมาณของกรดไขมันโอเมก้า-3 และอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันโอเมก้า-6 ต่อโอเมก้า-3 ไม่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น จะเห็นได้ว่าการเลี้ยงไก่แบบปล่อยพื้นมีแนวโน้มที่จะส่งผลต่อสมรรถนะการผลผลิตที่ด้อยลง แต่อาจทำให้คุณภาพไข่ดีกว่าการเลี้ยงบนกรงตับในแง่ของคุณภาพไข่ขาวและคุณภาพเปลือก แต่อย่างไรก็ตามยังมีบางรายงานที่ให้ผลตรงกันข้าม ส่วนในแบบมีพื้นปล่อยสู่ภายนอกนั้นมีแนวโน้มที่จะให้ไข่ไก่ที่มีคอเลสเตอรอลต่ำและมีการสะสมของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ที่สูงขึ้น ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงต้องการเปรียบเทียบระบบการเลี้ยงแบบปล่อยพื้น และปล่อยพื้นแบบมีพื้นที่ปล่อยออกสู่ภายนอก กับการเลี้ยงบนกรงตับ ข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เลี้ยงไก่ไม่ว่าจะเป็นแบบปล่อยพื้น และแบบมีพื้นที่ปล่อยออกสู่ภายนอกโรงเรือน เพราะคุณภาพไข่ที่ดีกว่า นอกจากนี้ไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงแบบปล่อย (โดยเฉพาะการมีพื้นที่ปล่อยออกสู่ภายนอกโรงเรือน) จะมีราคาสูงกว่าแบบกรงตับสองเท่า จึงเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าสินค้าให้กับเกษตรกรและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในกลุ่มเฉพาะได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อทราบถึงผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ที่แตกต่างกัน ต่อสมรรถนะการให้ผลผลิต คุณภาพไข่ ปริมาณคอเลสเตอรอล และองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

การเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อย ทั้งปล่อยพื้น และมีพื้นที่ปล่อยออกสู่ภายนอก เป็นการเลี้ยงที่เน้นการจัดการที่ส่งผลดีต่อสวัสดิภาพสัตว์ และทำให้ไก่อยู่อย่างไม่หนาแน่น ส่งผลดีต่อคุณภาพไข่ขาว ไข่แดง และเปลือกไข่ นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงได้ และไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยและมีพื้นที่ปล่อยออกสู่ภายนอก จะมีการจิกกินหญ้าและน่าจะมีผลต่อคุณภาพองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดงอีกด้วย

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ ต่อสมรรถนะการให้ผลผลิต คุณภาพไข่ ปริมาณคอเลสเตอรอล และองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่ โดยใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ทางการค้าเป็นตัวแทนไก่ไข่ โดยกำหนดพื้นที่ภายในโรงเรือนของไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นและแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้าให้มีความหนาแน่น 5 ตัว/ตารางเมตร (0.2 ตารางเมตร/ตัว) ตามมาตรฐานการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนระบบเปิด อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังไม่ได้กำหนดมาตรฐาน

ในการเลี้ยงไก่ไข่ในแบบมีพื้นที่ปล่อยออกสู่ภายนอก ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงกำหนดพื้นที่ภายนอกโรงเรือนที่ 2 ตารางเมตร/ตัว และมีการปลูกหญ้าปกคลุมพื้นที่ และไก่ไข่ที่เลี้ยงระบบทางการค้าที่มีกรงตับจะทำการเลี้ยงไก่ไข่บนกรงตับที่มีความหนาแน่น 4 ตัว/กรง ภายในโรงเรือนปิดที่มีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น แสงสว่าง และความเร็วลม

การเลี้ยงไก่ไข่ในแบบปล่อยทั้งปล่อยพื้น และมีพื้นที่ปล่อยออกสู่ภายนอก มีปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและมีความน่าสนใจที่จะทำการศึกษา ทั้งในด้านของสายพันธุ์ สมรรถนะการให้ผลผลิต คุณภาพไข่ สุขภาพสัตว์ ความเครียด ความต้านทานโรค การตอบสนองทางด้านพฤติกรรม ความเหมาะสมของฤดูกาลเลี้ยง ฯลฯ แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงผลของการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยพื้นภายในโรงเรือน และการเลี้ยงไก่ไข่แบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้า โดยจะเน้นการจัดการในด้านสวัสดิภาพของสัตว์ที่มีผลต่อสมรรถนะการให้ผลผลิต คุณภาพไข่ ปริมาณคอเลสเตอรอล และองค์ของกรดไขมันในไข่แดง

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

ได้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อให้ผู้ผลิตไก่ไข่ทางเลือกสำหรับตลาดในกลุ่มเฉพาะ ซึ่งเป็นตลาดสินค้าที่มีกระบวนการผลิตที่ดีต่อสวัสดิภาพสัตว์ เนื่องจากสัตว์ได้มีพื้นที่ในการแสดงออกของพฤติกรรมตามธรรมชาติ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการเลี้ยงไก่ไข่ทางเลือกในประเทศไทย และเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าของไข่ไก่อีกทางหนึ่ง

บทที่ 2
วรรณกรรมและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 อุตสาหกรรมการผลิตไข่ไก่ในประเทศไทย

ปัจจุบันการเลี้ยงไก่ไข่ในระบบอุตสาหกรรมของไทย เป็นการผลิตที่เน้นผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ให้สูงขึ้น โดยทำการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนระบบปิดที่มีการควบคุมสิ่งแวดล้อม ให้ไก่ไข่อยู่ในพื้นที่จำกัดและยืนบนกรงตลอดช่วงอายุการให้ไข่ ซึ่งระบบการเลี้ยงนี้เป็นระบบการเลี้ยงที่มีประสิทธิภาพการผลิตสูง ใช้พันธุ์ไก่ไข่ที่ให้ผลผลิตสูง มีการให้อาหารที่ตรงตามความต้องการของไก่ไข่ เลี้ยงไก่ในโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิ มีการจัดการด้านสุขาภิบาลและการควบคุมป้องกันโรคที่ดี ทำให้ไก่ไข่ให้ผลผลิตที่สูงตามศักยภาพของพันธุกรรม โดยจากข้อมูลของกรมปศุสัตว์ในปี พ.ศ. 2557 พบว่าปริมาณการเลี้ยงไก่ไข่ทั้งประเทศอยู่ที่ประมาณ 52 ล้านตัว คิดเป็น 13.90% ของจำนวนไก่ทั้งหมดในประเทศ รองจากไก่เนื้อและไก่พื้นเมือง โดยในปี พ.ศ. 2557 ประเทศไทยผลิตไข่ไก่ได้จำนวน 13,655 ล้านฟอง โดยบริโภคภายในประเทศ 98% และส่งออก 2% ซึ่งการส่งออกเน้นไปที่การระบายไข่ไก่ที่ล้นตลาดและรักษาเสถียรภาพของอุตสาหกรรมไข่ไก่ จากข้อมูลของสมาคมผู้ผลิตผู้ค้าและผู้ส่งออกไข่ไก่ในปี พ.ศ. 2553 ถึงปัจจุบัน พบว่าการเลี้ยงไก่ไข่ของประเทศไทยกว่ากึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 53.64) ซึ่งหมายรวมถึงปริมาณผลผลิตไข่ที่ผลิตได้ทั้งประเทศอยู่ในมือของผู้เลี้ยงขนาดใหญ่และขนาดใหญ่มากซึ่งมีข้อได้เปรียบด้านต้นทุนการผลิต เนื่องจากเป็นผู้นำเข้าพันธุ์ไก่ไข่เองจึงสามารถผลิตลูกไก่และมีไก่สาวสำหรับเลี้ยงเป็นไก่ยืนกรงได้ตามต้องการ อย่างไรก็ตามแนวโน้มในอนาคตพบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ส่วนใหญ่ทั้งขนาดย่อย ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ จะยังคงเลี้ยงไก่ไข่ในจำนวนเท่าเดิม และมีส่วนน้อยที่มีแนวโน้มจะเลี้ยงไก่ไข่เพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าปริมาณการผลิตไข่ไก่ในประเทศไทยในด้านปริมาณนั้นค่อนข้างคงที่และเพียงพอต่อการบริโภคในประเทศ ดังนั้นการผลักดันเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมไก่ไข่น่าจะเป็นไปในด้านการส่งเสริมการส่งออก และการเพิ่มมูลค่าไข่ไก่ โดยรัฐบาลก็ได้มีนโยบายและยุทธศาสตร์ตามกรอบยุทธศาสตร์ไข่ไก่ พ.ศ. 2551-2555 ในการผลักดันเรื่องดังกล่าวเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน

ในด้านการเพิ่มมูลค่าของไข่ไก่สดนั้นมีการศึกษาและพัฒนามาอย่างต่อเนื่องเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ทั้งในด้านของการเพิ่มแหล่งของสารอาหารที่มีประโยชน์ในอาหารไก่ไข่เพื่อสะสมในไข่ การเลี้ยงไก่ไข่อนามัยโดยไม่ใช้ยาปฏิชีวนะ การใช้สมุนไพรในการเลี้ยงแม้กระทั่งระบบการเลี้ยงไก่ไข่ทางเลือกอื่น ๆ ที่เน้นการจัดการด้านสวัสดิภาพสัตว์ ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตที่ได้รับความสนใจจากผู้ผลิตและผู้บริโภคมากขึ้นเรื่อย ๆ เพราะเป็นกระบวนการ

ผลิตไข่ไก่ที่เป็นธรรมชาติ เน้นการจัดการที่ให้สัตว์อยู่สบายและมีการแสดงออกของพฤติกรรมตามธรรมชาติ จะเห็นได้จากการที่มีการผลิตสินค้าไข่ไก่ที่เลี้ยงในแบบปล่อยโดยเฉพาะแบบปล่อยที่มีพื้นที่ภายนอก ออกสู่ตลาดซึ่งเป็นตลาดในกลุ่มเฉพาะ โดยติดฉลากสินค้าที่สื่อถึงรูปแบบการเลี้ยงที่เป็นธรรมชาติ ให้ไก่อยู่สบาย (happy chick) และตลาดในกลุ่มนี้ยังสามารถเติบโตและมีส่วนแบ่งการตลาดที่สูงขึ้นทุกปี ถึงแม้ว่าราคาของไข่ไก่จะสูงกว่าไข่ไก่โดยทั่วไป แต่ก็ยังคงมีผู้บริโภคที่มีกำลังซื้อและมีความเป็นห่วงในด้านสวัสดิภาพสัตว์ให้ความสนใจสินค้าเหล่านี้ ซึ่งระบบการเลี้ยงไก่ไข่ทางเลือกนี้ ได้แก่ การเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยพื้น (ขังรวม) การเลี้ยงไก่ไข่แบบกึ่งปล่อย และการเลี้ยงไก่ไข่อินทรีย์ เป็นต้น ซึ่งหากมีการส่งเสริมทั้งในแง่ของมาตรฐานการเลี้ยง คุณภาพของสินค้าและมีข้อมูลทางวิทยาศาสตร์รองรับ จะทำให้ระบบการเลี้ยงไก่ไข่ทางเลือกนี้สามารถเป็นอีกทางเลือกของเกษตรกรในการเพิ่มมูลค่าสินค้าได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งนอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าสินค้าแล้วยังเป็นการเพิ่มโอกาสของช่องทางตลาดนอกเหนือจากตลาดที่เน้นปริมาณการผลิต ทั้งในประเทศและตลาดส่งออกได้อีกด้วย

2.2 ระบบการเลี้ยงไก่ไข่ทางเลือก

จากการค้นคว้าเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับระบบการเลี้ยงไก่ไข่พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่ที่ศึกษาจะเกี่ยวข้องกับการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยพื้นภายในโรงเรือน ส่วนการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยพื้นภายในโรงเรือนและมีพื้นที่ปล่อยออกสู่ภายนอกหรือระบบกึ่งปล่อยนั้น ถึงแม้ว่าจะมีความนิยมในการเลี้ยงในประเทศสหภาพยุโรปและมีเพิ่มมากขึ้นในสหรัฐอเมริกา แต่งานวิจัยที่เกี่ยวข้องยังมีอยู่น้อยมาก และนอกจากนี้การศึกษาเอกสารในครั้งนี้ยังมีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงไก่ในระบบอินทรีย์อีกด้วย เนื่องจากการเลี้ยงไก่ทั้งสองแบบใช้หลักการใกล้เคียงกัน คือมีพื้นที่ปล่อยภายนอกโรงเรือนเหมือนกัน และเน้นการจัดการที่ดีต่อสวัสดิภาพของไก่เหมือนกัน แต่ก็ยังคงมีข้อกำหนดในการเลี้ยงที่แตกต่างกันในบางประการ ซึ่งการเลี้ยงไก่แบบกึ่งปล่อยนั้นจะมีข้อกำหนดแตกต่างกันออกไปในแต่ละประเทศ (ตารางที่ 1)

ตามมาตรฐานของประเทศไทยกำหนดไว้ว่า การเลี้ยงไก่ไข่ในระยะไข่แบบปล่อยพื้นภายในโรงเรือน หากเป็นโรงเรือนปิดให้ทำการเลี้ยงได้ไม่เกิน 7 ตัว/ตารางเมตร และโรงเรือนเปิดไม่เกิน 5 ตัว/ตารางเมตร แต่สำหรับพื้นที่ปล่อยออกสู่ภายนอกตามมาตรฐานของประเทศไทยไม่ได้มีการกำหนดไว้ สำหรับประเทศสหภาพยุโรปซึ่งทำการเลี้ยงไก่ระบบกึ่งปล่อยและระบบอินทรีย์อย่างแพร่หลายนั้น ได้กำหนดว่าภายในโรงเรือนต้องมีความหนาแน่นของแม่ไก่ไม่เกิน 9 ตัว/ตารางเมตร และมีพื้นที่ปล่อยภายนอกโรงเรือนสำหรับไก่ไข่ไม่ต่ำกว่า 4 ตารางเมตร/ตัว และมีรังไข่สำหรับให้แม่ไก่วางไข่ไม่เกิน 7 แม่/รัง ส่วนคอนนอนไม่ได้ระบุว่ามีขนาดเท่าใด แต่จากการศึกษาของ Lymbery (1997) ได้แนะนำไว้ที่ความยาวไม่น้อยกว่า 25 เซนติเมตร/ตัว ส่วนประเทศ

สหรัฐอเมริการะบุเพียงแต่ว่าต้องมีพื้นที่เพียงพอให้แม่ไก่แสดงออกทางพฤติกรรมธรรมชาติ ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงกำหนดความหนาแน่นของการเลี้ยงแบบปล่อยพื้นตามมาตรฐานการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยพื้นภายในโรงเรือนเปิดของประเทศไทยคือกำหนดความหนาแน่นไม่เกิน 5 ตัว/ตาราง-เมตร (0.2 ตารางเมตร/ตัว) และกำหนดพื้นที่ปล่อยออกสู่ภายนอกอีก 2 ตารางเมตร/ตัว ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวน่าจะเพียงพอต่อการแสดงออกของพฤติกรรมการคุ้ยเขี่ย จิกหญ้า และหาอาหารของไก่ไข่ รังไข่สำหรับให้แม่ไก่วางไข่ไม่เกิน 7 แม่/รัง และมีคอนนอน ส่วนการเลี้ยงไก่ไข่บนกรงตับจะเลี้ยงในโรงเรือนระบบปิด โดยมีพื้นที่ 0.046 ตารางเมตร/ตัว (4 ตัวต่อกรง) ซึ่งพื้นที่ภายในกรงไม่ต่ำกว่ามาตรฐานการเลี้ยงไก่บนกรงของประเทศไทยที่ 0.045 ตารางเมตร/ตัว (450 ตารางเซนติเมตร) ถึงแม้ว่าการเลี้ยงไก่ไข่ทางเลือกทั้งสองแบบนี้จะทำการเลี้ยงในโรงเรือนเปิด แต่การเลี้ยงสามารถเลี้ยงในระบบปิดได้ ซึ่งหมายถึงการจำกัดพื้นที่ของการเลี้ยงชัดเจน ทั้งพื้นที่ของโรงเรือนและพื้นที่ปล่อยแปลงภายนอก โดยการใช้ตาข่ายหรือสิ่งปลูกสร้างกั้นเขตการเลี้ยงเพื่อป้องกันนกหรือสัตว์รบกวนอื่น ๆ ที่จะเข้าสู่บริเวณพื้นที่เลี้ยง รวมถึงการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพ (bio-security) ที่ดี โดยการควบคุมผู้คนเข้าออกและมีอ่างน้ำยาฆ่าเชื้อบริเวณหน้าฟาร์มและหน้าโรงเรือนเป็นต้น

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบมาตรฐานของการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยในประเทศต่าง ๆ

มาตรฐาน	ชนิดของสัตว์	ความหนาแน่นภายในโรงเรือน (ไม่เกินตัว/ตารางเมตร)	พื้นที่ภายนอกโรงเรือน (ตารางเมตร/ตัว)
สหรัฐอเมริกา	ไก่ไข่	ระบุเพียงแต่ว่าต้องมีพื้นที่ภายนอกโรงเรือน	
สหภาพยุโรป	ไก่ไข่ (Free-range)	9	4
	ไก่ไข่ (Organic)	6	4
ประเทศไทย[1]	ไก่ไข่ (โรงเรือนปิด)	7	-
	ไก่ไข่ (โรงเรือนเปิด)	5	-

ที่มา : ดัดแปลงจาก Fanatico (2006) และสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2553)

[1]ประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยจึงใช้มาตรฐานของการเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนแบบเปิด

2.3 ระบบการลี้ยงไก่ไข่ทางเลือกกับสุขภาพและสวัสดิภาพสัตว์

กระแสของผู้บริโภคและองค์กรสวัสดิภาพสัตว์ต่าง ๆ เป็นปัจจัยสำคัญที่ผลักดันให้ผู้ผลิตบางรายหันมาสนใจระบบการผลิตไก่ไข่โดยไม่ใช้กรงตับ ซึ่งสหภาพยุโรปได้ทำการยกเลิกการเลี้ยง

ในระบบกรงตับไปแล้ว แต่หากจะเลี้ยงบนกรงจำเป็นต้องเลี้ยงในระบบการขังกรงแบบเสริมอุปกรณ์ (furnished cage) ที่ต้องมีพื้นที่อย่างน้อย 750 ตารางเซนติเมตร/ตัว และอนุญาตให้มีรังสำหรับวางไข่ วัสดุรองพื้น และคอนนอนได้ (EU, 1999) หรือเลี้ยงในระบบทางเลือกอื่นดังได้กล่าวมาคือ การเลี้ยงแบบปล่อยพื้น การเลี้ยงแบบปล่อยให้มีพื้นที่ออกสู่ภายนอก และการเลี้ยงในระบบอินทรีย์ ซึ่งระบบการเลี้ยงไก่ไข่ทางเลือกเป็นระบบที่ให้ไก่ไข่ได้แสดงพฤติกรรมตามธรรมชาติ (Shimmura, Hirahara, Eguchi, Uetake, and Tanaka, 2007) ทำให้มีการเคลื่อนไหวมากขึ้น และลดการสูญเสียของกระดูกชั้นนอก (Leyendecker, Hamman, Hartung, Kamphues, Neumann, Surie, and Distl, 2005) นอกจากนี้ Shini (2003) ยังพบว่าการเลี้ยงไก่ไข่บนกรงตับจะทำให้ไก่ไข่มีปริมาณของเม็ดเลือดขาวชนิด heterophils สูงขึ้น และมีปริมาณ lymphocytes ลดลง และส่งผลให้ไก่ไข่ที่เลี้ยงในระบบกรงตับมีค่า H/L ที่สูงกว่าการเลี้ยงไก่ไข่แบบกรงขังเสริมอุปกรณ์และการเลี้ยงแบบปล่อยให้มีพื้นที่ภายนอก ซึ่งค่าดังกล่าวนั้นเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้สุขภาพสัตว์และการตอบสนองต่อความเครียดได้ แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีความกังวลเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่ไข่ทางเลือกในด้านสวัสดิภาพและสุขภาพของสัตว์เช่นกัน มีบางการศึกษาที่พบว่าเนื่องจากการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยพื้นหรือการเลี้ยงแบบปล่อยที่มีพื้นที่ปล่อยออกสู่ภายนอกนั้นไก่ไข่จะมีพฤติกรรมทางสังคม เช่น การจิกขน หรือการจิกตีกัน และความก้าวร้าวเกิดขึ้นได้ (Donaldson and O’Connell, 2012) นอกจากนี้การเลี้ยงไก่แบบปล่อยพื้นและแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่ภายนอก เป็นการเลี้ยงแบบมีการสัมผัสกับพื้นคอกโดยตรง เพิ่มโอกาสการสัมผัสกับฝุ่น เชื้อโรค และแอมโมเนียบนพื้นคอกอีกด้วย (Tuason et al., 1999) ซึ่งปัจจัยดังกล่าวเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตและคุณภาพไข่เช่นกัน (Singh et al., 2009) นอกจากนี้ปัจจัยด้านอุณหภูมิที่สูงโดยเฉพาะในประเทศไทยส่งผลทำให้ไก่เกิดความเครียดจากความร้อน (heat stress) ได้อีกด้วย ดังนั้นการเลี้ยงไก่ไข่ทางเลือกนั้น ผู้ผลิตจำเป็นต้องมีการจัดการที่เหมาะสมเพื่อให้มีจุดสมดุลระหว่างสุขภาพสัตว์ สวัสดิภาพสัตว์ และความต้องการของผู้บริโภค

2.4 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อสมรรถนะการให้ผลผลิต

ผลการศึกษาเอกสารด้านสมรรถนะการให้ผลผลิต ในแง่ของผลผลิตไข่ Basmacioglu and Ergul (2005) พบว่าผลผลิตไข่จากการเลี้ยงบนกรงตับและแบบปล่อยพื้นไม่แตกต่างกัน แต่การเลี้ยงไก่ไข่บนกรงตับมีประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีกว่า ในขณะที่ Singh et al. (2009) พบว่าการกินได้และประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่ที่เลี้ยงในทั้งสองระบบไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามรายงานของ Yakubu, Salako, and Ige (2007) กล่าวว่า ไก่ไข่ที่เลี้ยงบนกรงตับให้ผลผลิตไข่สูงกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นภายในโรงเรือน เพราะไก่ไข่ที่เลี้ยงบนกรงมีโอกาสได้รับมลพิษทางอากาศและสัมผัสเชื้อโรคน้อยกว่า ถึงแม้ว่าจะอยู่ในพื้นที่จำกัด แต่ไก่ไข่จะมีการปรับตัวให้เข้ากับลักษณะที่อยู่

อาศัยได้ (ตารางที่ 2.2) ซึ่งหากไก่ได้รับมลพิษทางอากาศและสัมผัสเชื้อโรคมาก ร่างกายจะดึงเอาพลังงานไปใช้ในส่วนของการป้องกันและรักษาโรคมากขึ้น นอกจากนี้ Wang et al. (2009) ยังพบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงบนกรงตับให้ผลผลิตสูงกว่า แต่มีระยะเวลาของช่วงให้ไข่สูงสุดต่ำกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงระบบปล่อยที่มีพื้นออกสู่ภายนอกโรงเรือน (ภาพที่ 2.1) เนื่องจากมีพื้นที่จำกัดในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้มีการสูญเสียพลังงานในการดำรงชีวิตน้อยกว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบปล่อย ซึ่งดึงพลังงานสะสมไปใช้ในการแสดงออกของพฤติกรรมตามธรรมชาติ แม้ว่ามีการศึกษาที่พบว่าไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นนั้นมีการกินได้ที่สูงขึ้น แต่หากไก่มีกิจกรรมมากขึ้นและได้รับพลังงานไม่เพียงพอจะทำให้น้ำหนักไข่ลดลง แม้ว่าไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นจะมีการกินได้มากกว่าก็ตาม แต่พลังงานสะสมก็ถูกใช้ไปเพื่อการดำรงชีพสูงขึ้น (Yakubu et al., 2007) ซึ่งตรงข้ามกับรายงานของ Singh et al. (2009) ที่พบว่าไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงไก่ปล่อยพื้นจะมีน้ำหนักสูงขึ้น และยังคงมีงานวิจัยที่กล่าวว่าไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงบนกรงมีน้ำหนักไม่ต่างจากไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงแบบปล่อยพื้นอีกด้วย (Basmacioglu and Ergul, 2005)

ตารางที่ 2.2 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตไข่

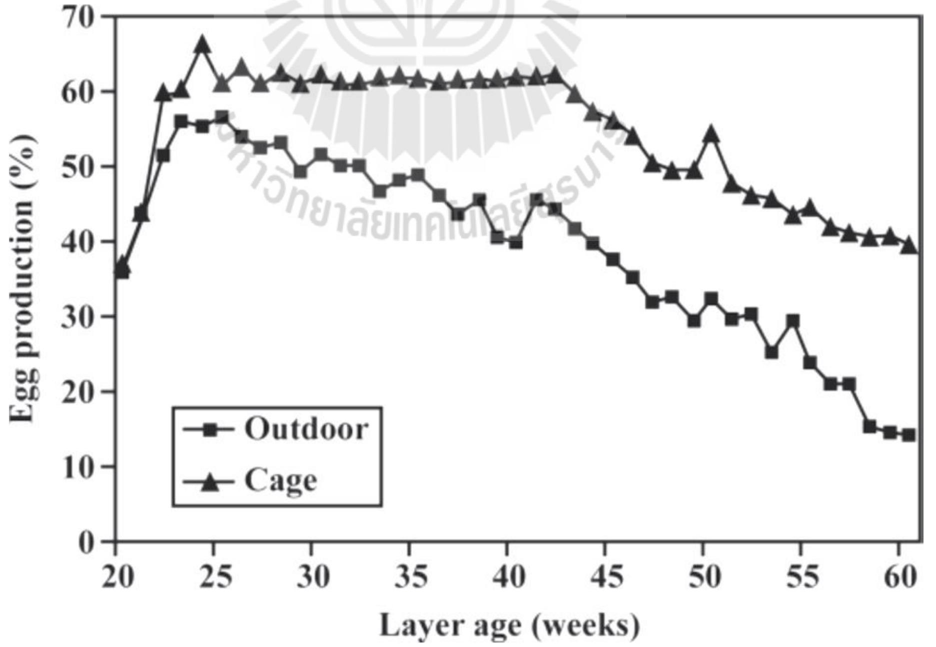
References	Age (weeks)	Treatment	Egg production (%)	Egg weight (g)	FI (g/bird/d)	FCR
Singh et al. (2009)[1]	20-50	Cages	86.70	54.30[b]	110.30	1.42
		Floor pen	85.00	58.60[a]	112.20	2.13
Yakubu et al. (2007)[2]	27	Cages	74.06[a]	53.40[a]	93.79[b]	-
		Floor pen	69.16[b]	52.72[b]	95.62[a]	-
Basmacioglu and Ergul (2005)[2]	21	Cages	82.23	62.03	113.90[b]	-
		Floor pen	82.62	62.00	125.40[a]	-

หมายเหตุ : [a-b]Mean within row with different superscripts differ (P<0.05)

[1]Hen-day Egg production (%)

[2]Hen-house Egg production (%)

จากการศึกษาของ Rivera-Ferr, Lantinga, and Kwakkel (2007) ได้ทำการเลี้ยงไก่เนื้อในระบบอินทรีย์ โดยมีพื้นที่ปล่อยประกอบด้วยแปลงหญ้าและตอข้าวสาลีปกคลุม ในช่วงอายุ 25-28 วัน พบว่าไก่มีการกินได้ของพืชโดยรวมบริเวณภายนอกโรงเรือนคิดเป็นวัตถุแห้ง 10.7 กรัม และ Horsted, Hermansen, and Hansen (2007) ได้นำไก่ไข่ไปเลี้ยงในระบบอินทรีย์พบว่าในช่วงแรกของการนำไก่ไปเลี้ยงในแปลงที่มีหญ้าและพืชปกคลุมภายนอกของโรงเรือน กลุ่มที่ได้รับอาหารข้าวสาลีซึ่งมีปริมาณโภชนะที่น้อยกว่าอาหารทางการค้ามีผลทำให้ไก่ลดปริมาณการกินอาหารลง ส่งผลให้อัตราการให้ผลผลิตไข่ลดลงด้วย แต่หลังจากปล่อย 6-7 สัปดาห์ ไก่จะสามารถปรับตัว เพิ่มการกินได้ และมีอัตราการให้ไข่ได้เหมือนกับอาหารทางการค้า และนอกจากนี้การที่สัตว์ได้อยู่ในสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ทำให้สัตว์ได้รับอาหารเสริมพวกแมลงและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังเป็นอาหารด้วย (Moritz, Parsons, Buchanan, Baker, Jaczynski, Gekara, and Bryan, 2005; Wang et al., 2009) ซึ่งน่าจะส่งผลดีต่อการเพิ่มแหล่งโภชนะจากธรรมชาติอีกทางหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงไก่ในระบบปล่อยทั้งแบบปล่อยขังภายในโรงเรือนเปิด และการเลี้ยงแบบปล่อยที่มีพื้นที่ปล่อยสู่ภายนอก จำเป็นจะต้องมีการดูแลเอาใจใส่ และการจัดการเลี้ยงไก่ต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษ เพราะเป็นการเลี้ยงในโรงเรือนเปิด ซึ่งจะได้รับผลกระทบโดยตรงจากความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติด้วยเช่นกัน



ภาพที่ 2.1 เปรียบเทียบผลของการเลี้ยงไก่ไข่บนกรงและการเลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่ภายนอกต่อปริมาณผลผลิตไข่ (Wang et al., 2009)

จากการวิเคราะห์เอกสารดังกล่าวในแง่ของปริมาณผลผลิตไข่พบว่า เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลผลิตไข่ของไก่ที่เลี้ยงแบบกรงตับกับแบบปล่อยพื้น ยังไม่สามารถสรุปได้เนื่องจากข้อมูลยังขัดแย้งกันอยู่ และเมื่อเปรียบเทียบผลผลิตไข่จากการเลี้ยงบนกรงกับแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่ภายนอกพบว่า การเลี้ยงไก่ไข่แบบมีพื้นที่ปล่อยสู่ภายนอกมีผลผลิตไข่ต่ำกว่า และการกินได้ที่สูงกว่าไก่ที่เลี้ยงบนกรงตับ เนื่องจากได้รับผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม แต่บางรายงานก็กล่าวว่าผลผลิตไข่ไม่แตกต่างกันเนื่องจากไก่ไข่จะมีการปรับตัวและสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ตามธรรมชาติ และนอกจากนี้การเลี้ยงระบบปล่อยภายนอกยังมีอาหารเสริมตามธรรมชาติทำให้ไก่ได้รับโภชนะเสริมทั้งโปรตีนและพลังงานอีกด้วย

2.5 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่

โดยปกติแล้วคุณภาพไข่จะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์และอายุของไก่ไข่ แต่อย่างไรก็ตามการจัดการโรงเรือนและรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพไข่ (Silversides, Korver, and Budgell, 2006; Singh et al., 2009) การวิเคราะห์คุณภาพของไข่ประกอบไปด้วยการศึกษาภายนอก (external egg quality) ซึ่งไข่ที่ไม่มีคุณภาพ เช่น ไข่บุบ แตก ไข่เปื้อน และไข่ผิดรูป เป็นต้น จะถูกคัดแยกออกเป็นไข่เสียทันทีตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บผลผลิต ส่วนไข่ที่ผ่านการคัดแยกนั้น คุณภาพภายนอกที่สำคัญ คือ ความแข็งแรงของเปลือกไข่ (shell breaking strength) ความหนาเปลือกไข่ (shell thickness) และน้ำหนักเปลือกไข่ (shell weight) ซึ่งมีความสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตไข่ไก่เป็นอย่างมาก นอกจากนี้คุณภาพของไข่ภายใน (interior egg quality) ได้แก่ น้ำหนักไข่ขาว (albumen weight) ความสูงไข่ขาว (albumen height) น้ำหนักไข่แดง (yolk weight) สีของไข่แดง (yolk color) และค่า Haugh unit ยังเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของไข่ไก่อีกอย่างหนึ่ง โดยคุณภาพภายในของไข่จะได้รับอิทธิพลของสายพันธุ์ อายุ สุขภาพแม่ไก่ รวมถึงอาหารที่ได้รับอีกด้วย

ตารางที่ 2.3 รูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่

Egg quality	**Cage**	**Floor pen**	**Free-range**	**Organic**	**Breed**	**References**
	---------- at 24 to 36 weeks of age-------					Petek et al. (2009)
Egg weight (g)	61.9	60.3	-	-	Super Nick	
Shell thickness (mm)	0.336	0.343	-	-		
Shell breaking strength (N)	37.21	37.39	-	-		
Haugh unit	85.95	-	85.89	-		
Shell (%)	11.37	-	-	11.03	-[1]	Samman et al. (2009)
Albumen (%)	62.1	-	-	62.6		
Yolk (%)	26.07	-	-	26.56		
	---------- at 20 to 30 weeks of age-------				LW	Singh et al. (2009)
Egg weight (g)	54.3	58.6	-	-	H & N	
Shell weight (g)	5.21^{b}	5.49^{a}	-	-	LB	
Albumen weight (g)	34.8^{b}	37.4^{a}	-	-		
Albumen height (mm)	8.58^{a}	8.45^{b}	-	-		
Yolk colour	5.05^{b}	6.11^{a}	-	-		
Yolk weight (g)	14.4^{b}	15.7^{a}	-	-		

ตารางที่ 2.3 รูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่ (ต่อ)

Egg quality	Cage	Floor pen	Free-range	Organic	Breed	References
	---------- at 27 to 68 weeks of age-------				-	Abrati (2006)
Shell (%)	10.88^{b}	10.97^{b}	-	11.1^{a}		
Albumen (%)	65.59^{a}	65.57^{a}	-	64.38^{b}		
Albumen height (mm)	7.70^{b}	8.00	-	-		
Yolk (%)	23.53^{b}	23.45^{b}	-	24.44^{a}		
Yolk colour	10.50	9.40	-	-		
Haugh unit	86.00^{b}	87.50^{a}	-	-		
	---------- at 21 to weeks of age-------				Babcock-300	Basmacioglu and Ergul
Shell weight (g)	6.14	6.15	-	-	IsaBrown	(2005)
Albumen weight (g)	40.29^{b}	40.77^{a}	-	-		
Yolk weight (g)	15.63^{a}	15.03^{b}	-	-		
	---------- at 25 to 59 weeks of age-------				ISA	Van den Brand et al.
Shell (%)	12.59	-	12.64	-		(2004)
Albumen (g)	58.79	-	59.05	-		
Albumen height (mm)	5.88	-	6.04	-		

ตารางที่ 2.3 รูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่ (ต่อ)

Egg quality	Cage	Floor pen	Free-range	Organic	Breed	References
	---------- at 25 to 59 weeks of age-------				ISA	Van den Brand et al.
Yolk (g)	32.74	-	32.40	-		(2004)
Yolk colour	9.30[a]	-	11.00[b]	-		

หมายเหตุ : [a-b]Mean within row with different superscripts differ ($P<0.05$).

[1]Supermarket eggs

จากการศึกษาเอกสารทางวิชาการเกี่ยวกับน้ำหนักไข่ Singh et al. (2009) และ Abrati (2006) รายงานว่า ไข่ที่ได้จากการเลี้ยงไก่แบบปล่อยพื้นมีน้ำหนักไข่ที่สูงกว่าไข่ที่ได้จากการเลี้ยงไก่บนกรงตับ ซึ่งตรงข้ามกับ Yakubu et al. (2007) ที่พบว่าไก่ที่เลี้ยงบนกรงตับให้ไข่ที่มีน้ำหนักสูงกว่าไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นเนื่องจากไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นมีการดึงพลังงานไปใช้เพื่อดำรงชีวิตมากขึ้น ในขณะที่ Basmacioglu and Ergul (2005) และ Petek et al. (2009) พบว่าไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงบนกรงตับและปล่อยพื้นมีน้ำหนักไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีรายงานที่กล่าวว่าน้ำหนักของไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงบนกรงตับ แบบปล่อยพื้น และแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่ภายนอกไม่แตกต่างกันอีกด้วย (Van den Brand et al., 2004; Wang et al., 2009) จากการศึกษาเอกสารพบว่าในแง่ของน้ำหนักไข่พบว่าข้อมูลมีความแตกต่างกันเนื่องจากอายุ และสายพันธุ์ของไก่ไข่ที่ใช้ในการทดลองที่แตกต่างกันรวมถึงสภาพแวดล้อมในงานทดลองที่แตกต่างกันอีกด้วย (ตารางที่ 2.2 และ 2.3)

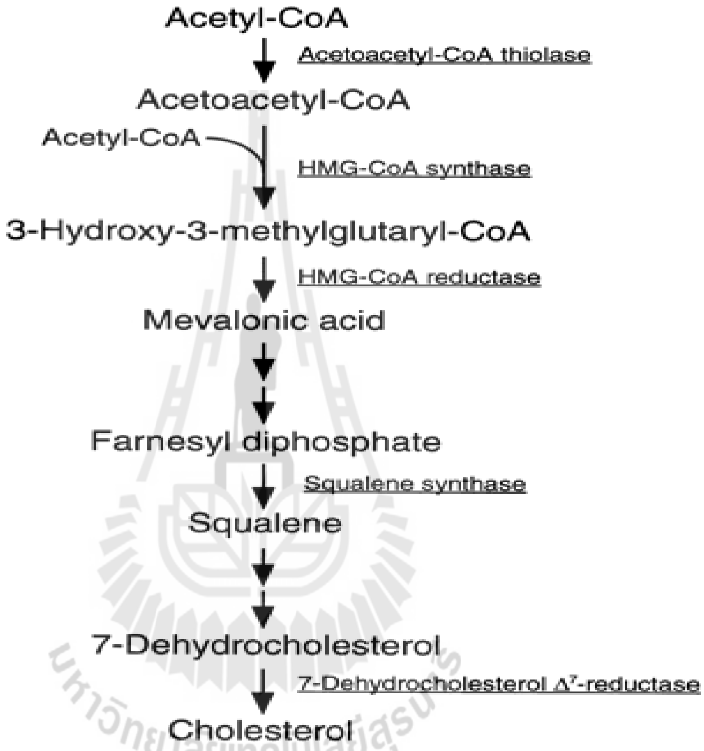
ในส่วนของคุณภาพไข่ขาวและไข่แดง Singh et al. (2009) พบว่าไข่ไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นมีน้ำหนักไข่ขาว น้ำหนักไข่แดง และน้ำหนักเปลือกไข่สูงกว่า แต่ความสูงของไข่ขาวต่ำกว่าไข่ไก่ที่เลี้ยงบนกรงตับเนื่องจากได้รับผลกระทบจากแอมโมเนียบนพื้นคอก ในขณะที่ Basmacioglu and Ergul (2005) พบว่าไข่ไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นมีน้ำหนักไข่ขาว มีความสูงไข่ขาวสูงกว่า และมีน้ำหนักไข่แดงที่ต่ำกว่าไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงบนกรงตับ Van den Brand et al. (2004) พบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่ภายนอกมีเปอร์เซ็นต์ไข่ขาวและเปอร์เซนต์ไข่แดงไม่แตกต่างจากไข่ไก่จากการเลี้ยงบนกรง แต่จะมีสีเข้มกว่า นอกจากนี้รายงานของ Abrati (2006) ยังพบว่าไข่ไก่จากการเลี้ยงแบบอินทรีย์ที่มีพื้นที่ภายนอกมีน้ำหนักไข่ขาวและค่า Haugh unit ที่สูงกว่า มีน้ำหนักไข่แดงที่ต่ำกว่า และมีสีไข่แดงที่เข้มกว่าไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงบนกรงและปล่อยพื้นอีกด้วย

ในส่วนของเปลือกไข่ Basmacioglu and Ergul (2005) พบว่าน้ำหนักเปลือกไข่จากการเลี้ยงไก่ไข่ทั้งสองแบบไม่มีความแตกต่างกัน แต่ Singh et al. (2009) พบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นมีน้ำหนักเปลือกไข่ที่สูงกว่าการเลี้ยงบนกรงตับเนื่องจากมีการเพิ่มกิจกรรมเมตาบอลิซึมของแคลเซียมจากการเคลื่อนไหวร่างกาย ในขณะที่มีบางการศึกษาที่พบว่ารูปแบบการเลี้ยงไม่ส่งผลต่อความแข็งแรงของเปลือกไข่ และความหนาเปลือกไข่ (Petek et al., 2009) เปอร์เซ็นต์เปลือกไข่ (Van den Brand et al., Samman et al., 2009) ในขณะที่ Abrati (2006) พบว่าไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีเปอร์เซ็นต์เปลือกไข่ที่สูงกว่าการเลี้ยงบนกรงและปล่อยพื้นภายในโรงเรือน

2.6 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อปริมาณไขมันและคอเลสเตอรอลในไข่แดง

ในไข่ไก่หนึ่งฟองปกติจะมีคอเลสเตอรอลประมาณ 198-250 mg (สาโรช, 2542; Weggemans, Zock, and Katan, 2001) ทั้งนี้เพื่อช่วยให้คัพภะสามารถพัฒนาออกมาเป็นตัวอ่อนได้และฟักออกได้ สำหรับผู้บริโภคแล้วคอเลสเตอรอลในไข่ไก่มีส่วนทำให้คอเลสเตอรอลในเลือดสูง

และเกิดโรคเส้นเลือดอุดตันและโรคหัวใจได้ ระดับของคอเลสเตอรอลในไข่เพิ่มขึ้นตามขนาดตัวของแม่ไก่และพลังงานที่กิน การลดพลังงานในอาหารสามารถลดคอเลสเตอรอลในไข่ได้ แต่ขณะเดียวกันก็จะลดอัตราการให้ผลผลิตไข่ แต่อย่างไรก็ตามคอเลสเตอรอลเป็นสารประเภทลิปิดที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้เอง โดยเกิดการสังเคราะห์ที่ตับ ลำไส้ และผิวหนัง มักพบร่วมกับกรดไขมันอิ่มตัวที่ไหลเวียนอยู่ในร่างกาย (จารุวรรณ์, 2554) กระบวนการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล ดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 การสังเคราะห์คอเลสเตอรอล (Honda, Salen, Nguyen, Tint, Batta, and Shefer, 1998)

อาหารที่มีเยื่อใยสูงสามารถช่วยลดคอเลสเตอรอลในไข่แดงได้ เพราะเยื่อใยในอาหารลดการดูดซึมคอเลสเตอรอลที่ลำไส้เล็ก โดยคอเลสเตอรอลในรูปของน้ำดี (bile) จะจับกับเยื่อใยและถูกขับออกมาจากร่างกาย แต่อย่างไรก็ตามร่างกายก็สามารถสร้างขึ้นได้โดยสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ คือ acetyl CoA และ acetoacetyl-CoA ซึ่งเปลี่ยนเป็น β-hydroxy β-methylglutaryl-CoA (HMG-CoA) และถูกรีดิวส์เป็น mevalonate และเปลี่ยนเป็น isopentenyl pyrophosphate โดยปฏิกิริยา decarboxylation และ squalene มีคุณสมบัติเป็นสารประกอบและเกิดการเรียงตัวเป็นวงแหวนได้เป็นสาร lanosterol ที่มีนิวเคลียสเป็น steroid จากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นคอเลสเตอรอล ปกติร่างกายจะมีการรักษาความสมดุลย์ของคอเลสเตอรอลให้คงที่เสมอ กล่าวคือ ถ้าร่างกายได้รับ

อาหารพวกเนื้อสัตว์มากก็จะลดการสร้างคอเลสเตอรอลลง ในทางตรงข้ามถ้าได้รับอาหารที่เป็นพืชมากหรือเนื้อสัตว์น้อยร่างกายก็จะสังเคราะห์คอเลสเตอรอลเพิ่มขึ้น เพื่อชดเชยให้เกิดความสมดุลย์ โดยร่างกายจะมีการควบคุมการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล เมื่อเซลล์ได้รับคอเลสเตอรอลเพียงพอแล้ว การทำงานของเอนไซม์ HMG CoA reductase จะถูกยับยั้ง ทำให้การสร้างขึ้นมาใหม่ของคอเลสเตอรอลในเซลล์ลดลง และคอเลสเตอรอลที่สังเคราะห์ขึ้นจะมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อทำหน้าที่ต่าง ๆ เช่น ที่ผิวหนังจะถูกเปลี่ยนเป็นวิตามินดี และคอเลสเตอรอลที่ตับจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำดีช่วยในการทำให้ไขมันแตกตัวและดูดซึมไขมัน (วิยดา และคณะ, 2554) และคอเลสเตอรอลยังสามารถได้รับจากอาหารที่กินเข้าไป แต่จะไม่พบในพืชซึ่งไม่มีการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล แต่น้ำมันพืชบางชนิดที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูงหรือการบริโภคอาหารที่มีพลังงานสูงอาจกระตุ้นการสร้างคอเลสเตอรอลในร่างกายได้ (ศูนย์ข้อมูลสุขภาพกรุงเทพ, 2554)

ในส่วนของการศึกษาเอกสารด้านผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.4 พบว่า มีงานวิจัยบางส่วนที่กล่าวว่ารูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ไม่มีผลต่อปริมาณไขมันและคอเลสเตอรอลในไข่แดง ทั้งการเปรียบเทียบระหว่างการเลี้ยงไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงบนกรงกับไข่ไก่ที่ทำการเลี้ยงแบบปล่อยพื้น (Abrati, 2006) และการเปรียบเทียบระหว่างไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงบนกรงตับกับไข่ไก่อินทรีย์ (Matt, Veromann, and Luik, 2009) นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Hidalgo et al. (2008) ที่ทำการศึกษาไข่ไก่ในท้องตลาดพบว่าไข่ไก่ที่ได้จากรูปแบบการเลี้ยงที่แตกต่างกัน ทั้งการเลี้ยงบนกรงตับ แบบปล่อยพื้น การเลี้ยงแบบที่มีพื้นที่ปล่อยสู่ภายนอก และการเลี้ยงในระบบอินทรีย์ มีปริมาณไขมันในไข่แดงไม่แตกต่างกัน ในขณะที่การทดลองของ Wang et al. (2009) พบว่า ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงของไข่ไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นและมีพื้นที่ปล่อยสู่ภายนอกจะต่ำกว่าไข่ไก่บนกรงตับ เนื่องจากไก่ที่เลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่ภายนอกจะมีการใช้คอเลสเตอรอลสูงกว่าที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้ ซึ่งตรงกันข้ามกับ Minelli et al. (2007) ที่กล่าวว่าการเลี้ยงไก่ไข่แบบอินทรีย์ซึ่งมีหลักการคล้ายกับการเลี้ยงไก่ไข่ที่มีพื้นที่ปล่อยสู่ภายนอกนั้นจะให้ผลผลิตไข่ไก่มีคอเลสเตอรอลสูงขึ้น

ตารางที่ 2.4 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อปริมาณไขมันและคอเลสเตอรอลในไข่แดง

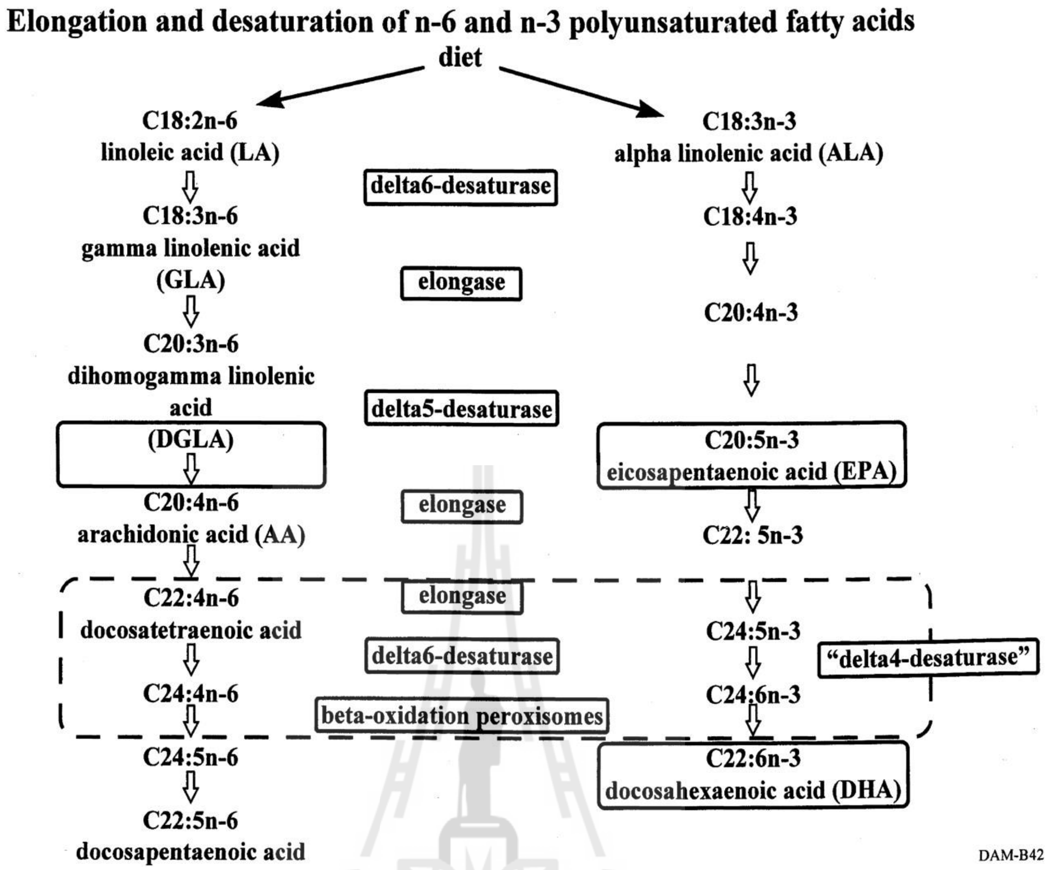
Parameters	Cage	Floor pen	Free-range	Organic	Breeds	References
Lipid (g/100 g)	8.88	-	-	7.94	Hyline Brown	Matt et al. (2009)
Cholesterol (mg/100 g)	3.41	-	-	4.89		
		--------------at 34-50 weeks of age-------------			Warren-Isa Brown	Pignoli et al. (2009)
Lipid (g/100 g)	58.70	61.50	-			
Cholesterol (mg/100 g)	3.61	3.42	-			
		--------------at 26-50 weeks of age-------------			Blue-shelled	Wang et al. (2009)
Cholesterol (mg/egg)	158.01^{a}	-	125.23^{b}	-		
		--------------at 28-73 weeks of age-------------			Hyline Brown	
Lipid (g/100 g)	-	-	-	-		Minelli et al. (2007)
Cholesterol (mg/100 g)	1.21^{b}	-	-	1.26^{a}		
Lipid (g/100 g)	9.50	9.50	9.40	10.10	-[1]	
Cholesterol (mg/100 g)	-	-	-	-		Hidalgo et al. (2008)
		--------------at 27-68 weeks of age-------------			-	Abrati (2006)
Lipid (g/100 g)	9.13	9.08	-			
Cholesterol (mg/100 g)	4.09	4.24	-			

หมายเหตุ : $^{a-b}$Mean within column with different superscripts differ (P<0.05); [1]Supermarket eggs

2.7 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง

องค์ประกอบของกรดไขมันในร่างกายของสัตว์กระเพาะเดี่ยวจะขึ้นอยู่กับชนิดของไขมันที่สัตว์ได้รับจากอาหาร (Woods and Fearon, 2009) ซึ่งกรดไขมันในสัตว์จะประกอบด้วยกรดไขมันชนิดอิ่มตัวมากที่สุด อันดับต่อมาคือกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว สัตว์ปีกสามารถสังเคราะห์กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (Saturated fatty acids, SFA) และชนิดไม่อิ่มตัวพันธะเดี่ยว (Monounsaturated fatty acids, MUFA) ได้จากอาหารที่กินเข้าไป แต่กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวหลายพันธะ (Polyunsaturated fatty acids, PUFA) โดยเฉพาะ linoleic acid (LA, 18 : 2n6) และ α-linolenic acid (ALA, 18 : 3n3) สัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้ จะต้องได้รับจากการกินอาหารเท่านั้น (มณีรัตน์, 2539) และเมื่อได้รับกรดไขมันชนิด ALA สัตว์สามารถใช้กรดไขมันชนิดนี้ในการสังเคราะห์เป็นกรดไขมันชนิด eicosapentaenoic acid (EPA, C20:5n-3) และ docosahexaenoic acid (DHA, C22 : 6n-3) (ภาพที่ 2.3) ได้ โดยกรดไขมันในอาหารมีความเกี่ยวข้องกับสุขภาพของผู้บริโภค

ระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกันอาจไม่ส่งผลต่อชนิดของกรดไขมันในไข่ไก่ หากไข่ไก่ได้รับอาหารและโภชนะในปริมาณเท่ากัน แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่ารูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ที่แตกต่างกันส่งผลต่อการกินได้ที่แตกต่างกัน รวมถึงการเลี้ยงไก่ไข่แบบมีพื้นที่ปล่อยสู่ภายนอกนั้น จะทำให้สัตว์ได้รับอาหารเสริมพวกแมลงและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังเป็นอาหารด้วย (Moritz et al., 2005; Wang et al., 2009) รวมถึงหากมีการปลูกพืช เช่น หญ้า หรือธัญพืช ในแปลงปล่อย จะทำให้ไก่ได้รับโภชนะอื่น ๆ เพิ่มขึ้นตามไปด้วย รวมถึงแหล่งของไขมันและชนิดของกรดไขมันที่แตกต่างจากการได้รับอาหารเพียงอย่างเดียว โดยจากการศึกษาของ French, Stanton, Lawless, Riordan, Monahan, Caffrey, and Moloney (2000) พบว่าหญ้าจะมีไขมันเป็นองค์ประกอบ 29 g/kg DM และประกอบด้วยกรดไขมันชนิด palmitic acid (C16 : 0) stearic acid (C18 : 0) oleic acid (C18 : 1n-9) linoleic acid (C18 : 2n-6) และ α-linolenic acid (C18 : 3n-3) เท่ากับ 20.81 3.29 5.74 14.0 และ 49.2% ตามลำดับ รายงานการศึกษาในไก่เนื้อพบว่า เนื้อไก่ที่ได้จากการเลี้ยงแบบปล่อยจะมีปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโอเมก้า-3 และโอเมก้า-6 เพิ่มสูงขึ้น (Husak, Sebranek, and Bregendahl 2008; Castellini et al., 2002) เนื่องจากมีการจิกกินหญ้าในแปลงปล่อย



ภาพที่ 2.3 การสังเคราะห์กรดไขมันกลุ่มโอเมก้า-3 และโอเมก้า-6 (Simopoulos, 2008)

ตารางที่ 2.5 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง

Fatty acid	Cage	Non-cage	Free-range	Organic	References
SFA (%)	34.1[a]	35.1[b]	34.5[ab]	35.0[b]	Rossi And De Reu (2011)
MUFA (%)	43.7	43.4	42.9	42.7	(modified from Rossi,
PUFA (%)	22.9	21.3	22.5	22.1	2007)
n-6/n-3	10.8	11.2	11.7	11.3	
SFA (%)	34.55[a]	-	33.71[b]	-	Pignoli et al. (2009)
MUFA (%)	34.96[b]	-	37.91[a]	-	(54-56 weeks)
PUFA (%)	30.49[A]	-	28.37[B]	-	
PUFA/SFA	0.88	-	0.84	-	
n-6/n-3	12.42	-	12.76	-	

ตารางที่ 2.5 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง (ต่อ)

Fatty acid	Cage	Non-cage	Free-range	Organic	References
SFA (%)	33.3[b]	35.3[b]	34.4[b]	36.4[a]	Hidalgo et al. (2008)
MUFA (%)	40.5	41.7	43.6	39.6	
PUFA (%)	22.9	21.3	22.0	24.0	
PUFA/SFA	0.8	0.7	0.6	0.7	
n-6/n-3	11.2	12	11.1	11.5	
SFA (%)	33.92	33.55	-	-	Abrati (2006)
MUFA (%)	49.56[a]	47.00[b]	-	-	(27-68 weeks)
PUFA (%)	16.51	16.75	-	-	
PUFA/SFA	0.49[b]	0.50[a]	-	-	
n-6/n-3	10.15	10.12	-	-	
SFA (%)	37.71	-	41.68	-	Lopez-Bote et al.
MUFA (%)	39.34	-	40.35	-	(1998)
n-6 (%)	21.59[A]	-	14.72[B]	-	
n-3 (%)	1.16[B]	-	3.02[A]	-	
n-6/n-3	18.73[A]	-	5.21[B]	-	

หมายเหตุ : [a-b]Mean within column with different superscripts differ ($P<0.05$)
[A-B]Mean within column with different superscripts differ ($P<0.01$)

จากการศึกษาเอกสารพบว่ารูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ที่แตกต่างกันส่งผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง Hidalgo et al. (2008) และ Rossi (2011) พบว่าไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงบนกรงตับแบบปล่อยพื้น แบบมีพื้นที่ปล่อยสู่ภายนอก และระบบอินทรีย์ มีองค์ประกอบของกรดไขมันชนิด Monounsaturated fatty acids (MUFA) และ Polyunsaturated fatty acids (PUFA) ไม่แตกต่างกัน และนอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่พบว่ารูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ไม่ส่งผลต่ออัตราส่วนระหว่างกรดไขมัน n-6/n-3 ในไข่แดง (Pignoli, Rodriguez-Estrada, Mandrioli, Barbanti, Rizzi, And Lercker, 2009; Hidalgo et al., 2008; Abrati, 2006; Rossi And De Reu, 2011) ส่วนในแง่ของกรดไขมันชนิด Saturated fatty acids (SFA) พบว่ายังไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน บางงานวิจัยพบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงบนกรงตับมีองค์ประกอบของ SFA ในไข่ไก่ไม่แตกต่างจากการไก่ไข่ที่เลี้ยงบนพื้น

(Hidalgo et al., 2008; Abrati, 2006) ซึ่งไม่สอดคล้องกับ Pignoli et al. (2009) ที่พบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยและมีพื้นที่ปล่อยสู่ภายนอกจะมีการสะสม SFA ในไข่ไก่ต่ำกว่าไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงบนกรง ในขณะที่ Lopez-Bote et al. (1998) พบว่าไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงแบบมีพื้นที่สู่ภายนอกมีองค์ประกอบของกรดไขมันโอเมก้า-3 สูงขึ้น เนื่องจากได้รับหญ้าซึ่งเป็นแหล่งของ α-linolenic acid (C18 : 3n-3) จากแปลงปล่อยเป็นอาหาร และไข่ไก่ยังมีอัตราส่วนของกรดไขมันโอเมก้า-6 ต่อโอเมก้า-3 ที่ต่ำลงอีกด้วย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

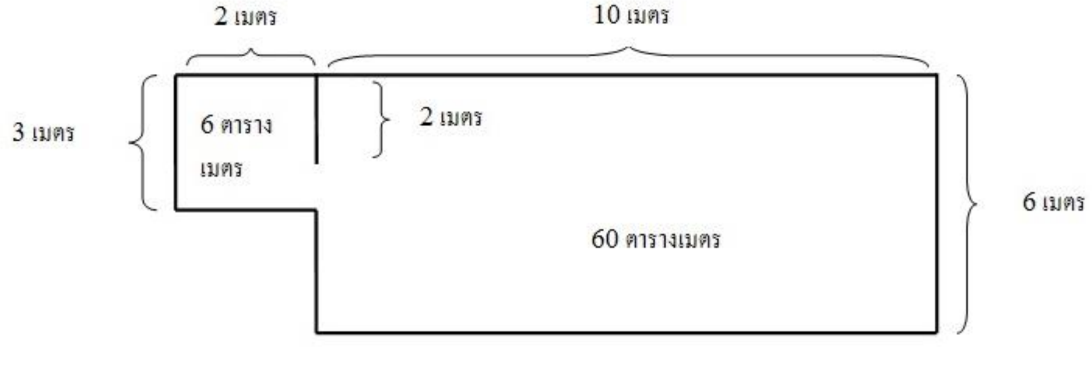
3.1 ปัจจัยที่ศึกษา

ใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ทางการค้า (Isa Brown) อายุ 30 สัปดาห์ จำนวน 276 ตัว สุ่มเข้างานทดลองตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) โดยแบ่งไก่ออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

- กลุ่มที่ 1 เลี้ยงไก่บนกรงตับ (4 ตัว/กรง หรือ 0.046 ตารางเมตร/ตัว) (กลุ่มควบคุม)
- กลุ่มที่ 2 เลี้ยงแบบปล่อยพื้นภายในโรงเรือน (5 ตัว/ตารางเมตร หรือ 0.2 ตาราง-เมตร/ตัว)
- กลุ่มที่ 3 เลี้ยงแบบปล่อยพื้นภายในโรงเรือน (5 ตัว/ตารางเมตร หรือ 0.2 ตาราง-เมตร/ตัว) และมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้า (2 ตารางเมตร/ตัว)

โดยกลุ่มที่ 1 มี 3 ซ้ำ ๆ ละ 32 ตัว (8 กรง) กลุ่มที่ 2 และ 3 กลุ่มละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 30 ตัว ไก่ในกลุ่มที่ 1 ถูกเลี้ยงในโรงเรือนระบบปิดที่มีการควบคุมอุณหภูมิ (Evaporative cooling system) บนกรงตับ มีพื้นที่ 40 x 46 ตารางเซนติเมตร และสูง 36 เซนติเมตร

ส่วนไก่กลุ่มที่ 2 และ 3 เลี้ยงภายในโรงเรือนระบบเปิด โดยเลี้ยงแบบปล่อยพื้นภายในโรงเรือน มีรังไข่สำหรับให้วางไข่ 1 รัง ต่อ 6 ตัว และมีคอนนอน ไก่กลุ่มที่ 3 มีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้ารูซี่ ดังแสดงในภาพที่ 3.1 ในช่วงเวลา 6.00-18.00 น. ของทุกวัน



ภาพที่ 3.1 โรงเรือนเลี้ยงไก่ไข่แบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้า

ไก่ทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ได้รับอาหารที่มีโภชนะเท่ากันตามความต้องการโภชนะของไก่ไข่ที่แนะนำโดย NRC (1994) และตามมาตรฐานสายพันธุ์ ส่วนประกอบของสูตรอาหารแสดงในตารางที่ 3.1 ไก่ทั้งสามกลุ่มได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) ตลอดการทดลอง 12 สัปดาห์ (อายุไก่ 30-42 สัปดาห์)

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารที่ใช้ในอาหารทดลอง

Ingredients (%)	**Amount (%)**
Corn	48.21
Rice bran	10.00
Soybean meal (44% CP)	24.15
Fish meal (60% CP)	3.00
Soybean oil	4.30
Calcium carbonate	8.97
Dicalcium phosphate (P21)	0.65
DL-methionine	0.12
Salt	0.35
Mineral-vitamin premix[1]	0.25
Calculated chemical composition	
ME (kcal/kg)	2,900.00
Available phosphorus (%)	0.35
Lysine (%)	1.27
Methionine + cystine (%)	0.59
Analyzed chemical composition	
Dry matter (%)	91.88
Crude protein (%)	16.90
Crude fiber (%)	3.90
Crude fat (%)	7.85
Calcium (%)	3.72

หมายเหตุ : [1]Provided (per kilogram of diet): Vitamin A, 15,000 IU; Vitamin D3, 3,000 IU; Vitamin E, 25 IU; Vitamin K3, 5 mg; Vitamin B1, 2.5 mg; Vitamin B2, 7 mg; Vitamin B6, 4.5 mg; Vitamin B12, 25 μg; Pantothenic acid, 35 mg; Folic acid, 0.5 mg; Biotin, 25 g; Nicotinic acid, 35 mg; Choline chloride, 250 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; Fe, 80 mg; Cu, 1.6 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.15 mg

3.2 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

3.2.1 การศึกษาด้านสมรรถนะการให้ผลผลิต (production performance)

บันทึกจำนวนไข่ไก่ ปริมาณอาหารที่กิน และน้ำหนักไข่ทุกวัน เพื่อคำนวณเปอร์เซนต์ผลผลิตไข่ (hen day egg production) น้ำหนักไข่เฉลี่ย (egg weight) ปริมาณอาหารที่กินได้เฉลี่ย (feed intake) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ (FCR) ของแต่ละกลุ่มทดลอง ทุกสัปดาห์ รวมทั้งจำนวนการตายของไก่ทุกครั้งที่พบ โดยนำข้อมูลที่ได้คำนวณตามสูตร

1) ผลผลิตไข่ (hen day egg production)

$$= \frac{\text{จำนวนไข่ในช่วงการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนวัน} \times \text{จำนวนไก่}}$$

2) น้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง (egg weight)

$$= \frac{\text{น้ำหนักไข่ทั้งหมด (กรัม)}}{\text{จำนวนไข่ (ฟอง)}}$$

3) ปริมาณอาหารที่ได้ (feed intake, FI)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินในช่วงการทดลอง (กิโลกรัม)}}{\text{จำนวนไก่ทั้งหมด (กิโลกรัม)}}$$

4) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ (Feed conversion ratio, FCR)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม)}}{\text{น้ำหนักไข่ที่ผลิตได้ (กรัม)}}$$

3.2.2 การเก็บข้อมูลการกินได้ของหญ้า (grass intake)

การเก็บตัวอย่างและบันทึกปริมาณผลผลิตหญ้าทำตามวิธีการของ Lantinga, Neuteboom, and Meijs (2004) เนื่องจากจำนวนหญ้าในแปลงอาจจะมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นในแต่ละวัน ในการวัดปริมาณหญ้าจึงทำการเปรียบเทียบหญ้าที่มีการเจริญเติบโตตามธรรมชาติ และแปลงหญ้าที่มีการปล่อยไก่ลงเลี้ยง

ปริมาณหญ้าที่มีการเจริญเติบโตตามธรรมชาติจะใช้กล่องที่มีขนาด 50 x 50 เซนติเมตร จำนวน 2 กล่องต่อแปลง สุ่มวางลงในแปลงหญ้า เปรียบเทียบกับปริมาณหญ้าในแปลงที่มีการ

ปล่อยไก่ลงเลี้ยง โดยจะทำการวัดปริมาณหญ้าครั้งที่ 1 เมื่อ 6 สัปดาห์ของการทดลอง และครั้งที่ 2 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (12 สัปดาห์) ซึ่งหญ้าจะมีความสูงประมาณ 70 เซนติเมตร ทำการตัดหญ้าจากกล่องที่วางไว้เพื่อวัดปริมาณหญ้าจำนวน 2 จุดในแปลง โดยตัดที่ความสูง 15 เซนติเมตร จากพื้นดิน เพื่อนำมาคำนวณผลผลิตหญ้าในแปลงและปริมาณหญ้าที่ไก่กิน และสุ่มตัวอย่างหญ้านำไปอบที่อุณหภูมิ 65ºC จนน้ำหนักคงที่ เพื่อที่จะนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ค่าความชื้น โปรตีน เยื่อใย และสัดส่วนของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในหญ้า

3.2.3 การวิเคราะห์โภชนะในอาหารและหญ้า

นำตัวอย่างอาหารและตัวอย่างหญ้าอบแห้งที่บดแล้วนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ตามวิธีการของ Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1996)

3.2.4 การศึกษาด้านคุณภาพไข่ (egg quality)

ในวันสุดท้ายของทุก 2 สัปดาห์ คือสัปดาห์ที่ 2 4 6 8 10 และ 12 ของการทดลอง ทำการสุ่มไข่ทั้งหมด 90 ฟอง กลุ่มละ 30 ฟอง ซ้ำละ 10 ฟอง เพื่อวิเคราะห์คุณภาพไข่ ได้แก่ น้ำหนักเปลือกไข่ (shell weight) ความหนาเปลือกไข่ (shell thickness) น้ำหนักไข่ขาว (albumen weight) ความสูงของไข่ขาว (albumen height) น้ำหนักไข่แดง (yolk weight) และสีไข่แดง (yolk color) การวัดสีไข่แดงจะทำการการตอกไข่แยกไข่วัดสีไข่แดง และทำการวัด 3 ตำแหน่งโดยเครื่อง Hunterlab colorquest XE โดยวัดค่า L* a* และ b* ของไข่แดง นอกจากนี้นำข้อมูลความสูงไข่ขาวคำนวณหาค่า Haugh unit ของไข่ไก่จากสูตรดังนี้

$$\text{Haugh unit} = 100 \log (H + 7.57 - 1.7W^{0.37})$$

เมื่อ H = ค่าเฉลี่ยความสูงไข่ขาว (มิลลิเมตร) ทำการวัด 3 จุด ที่จุดกึ่งกลางระหว่างไข่ขาวกับขอบไข่แดง

G = 32.2 (ค่าคงที่)

W = น้ำหนักไข่ (กรัม)

3.2.5 การศึกษาด้านปริมาณคอเลสเตอรอลและองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่

ในวันสุดท้ายของทุก ๆ 4 สัปดาห์ คือสัปดาห์ที่ 4 8 และ 12 ของการทดลอง ทำการสุ่มไข่ทั้งหมด

135 ฟอง กลุ่มละ 45 ฟอง ซ้ำละ 15 ฟอง นำไข่แดงแต่ละซ้ำมารวมกัน 5 ฟอง/ตัวอย่าง ในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งจะได้ตัวอย่างไข่แดง 9 ตัวอย่าง/กลุ่ม (5 ฟอง/ตัวอย่าง) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณคอเลสเตอรอลและองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง

3.2.6 การวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอล

การวิเคราะห์ทำตามวิธีของ Rowe, Macedo, Visentainer, Souza and Matsushita (1999) โดยตัวอย่างไข่แดงจะนำมาสกัดปริมาณไขมันด้วยสาร chloroform-methanol และสกัดปริมาณคอเลสเตอรอลออกจากไลโปโปรตีน โดยทำการชั่งตัวอย่างไข่แดง 5 กรัม ใส่ลงใน round bottom flask เติม chloroform-methanol-isopropanal (90 : 5 : 5 v/v/v) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เติม 60% KOH ปริมาตร 5 มิลลิลิตร (1 มิลลิลิตรต่อตัวอย่าง 1 กรัม) เขย่าให้เข้ากัน ทำการ reflux เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาวางให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง และทำการถ่ายตัวอย่างใส่ลงใน separating funnel เติม hexane ปริมาตร 100 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่นปริมาตร 25 มิลลิลิตร และเขย่าให้เข้ากันเป็นเวลา 15 นาที จะเห็นการแยกชั้นของ hexane อย่างชัดเจนซึ่งจะอยู่ชั้นบน แยกสารละลาย hexane ใส่ erlenmeyer Flask และทำการปิเปตสารมา 12.5 มิลลิลิตร ทำให้แห้งด้วยการ dry ด้วย N_2 แล้วนำสารส่วนที่แห้งมาละลายด้วย internal standard ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ดูดสารใส่ vial นำไปวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลด้วย gas chromatography (Hewlett Packard, HP 6890 series GC system)

3.2.7 การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง

การวิเคราะห์กรดไขมันตามวิธีของ Folch, Lees, and Sloane-Stanley (1957) และ Metcalfe, Schmitz, and Pelka (1966) ตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย อาหารสัตว์ ไข่แดง และหญ้าสดอบแห้ง ตัวอย่างจะถูกทำให้อยู่ในรูปของ methyl ester โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 15 กรัม เติม chloroform-methanol (2 : 1) ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่อง homogenize นาน 2 นาที เติม chloroform 30 มิลลิลิตร และปั่นอีก 2 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง เติม deionize water ปริมาตร 30 มิลลิลิตร เติม 0.58% NaCl ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้ววางทิ้งไว้ 1 คืนให้แยกชั้น เก็บชั้นของไขมันใส่ขวดฝาเกลียว (ห่อฟอยด์) เก็บที่ -20ºC

ขั้นตอนการทำ methylation ทำการชั่งตัวอย่างไขมันประมาณ 25 มิลลิกรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง โดยการดูดตัวอย่างใส่หลอดทดลองและนำไปทำให้แห้งด้วย N_2 gas จนตัวสารละลายแห้งเหลือเฉพาะกรดไขมันอยู่ นำไปชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในการคำนวณตัวอย่างไขมัน เติม 0.5 N NaOH/MeOH ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ทำการไล่อากาศด้วย N_2 gas ให้ความร้อน 100ºC 5 นาที เขย่า แล้วตั้งไว้ให้เย็น เติม 14% BF_3 in methanol ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ไล่อากาศด้วย N_2 gas แล้วปิดฝา เติม C17 : O (2.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ใน Hexane) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ไล่อากาศด้วย N_2 gas แล้วปิดฝา ให้ความร้อน 100 ºC 5 นาที เขย่า แล้วตั้งไว้ให้เย็น เปิดฝาเติม deionize water ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และ hexane ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ปิดฝาเขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งไว้ให้แยกชั้น ตัก Na_2SO_4 ประมาณปลายช้อนตักสาร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดเล็กหลอดใหม่ เมื่อสารละลายแยกชั้น ดูด

ชั้น hexane ใส่ลงในขวด Vial สีชาปริมาณ 1 มิลลิลิตร เพื่อนำไปฉีดเข้าเครื่อง gas chromatography ปริมาตร 1 ไมโครลิตร (Hewlett Packard, HP 7890 series GC system)

3.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variances, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละปัจจัยการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS version 13.0 (SPSS, 2004)

แบบจำลองทางสถิติ $y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$

โดยกำหนดให้ y_{ij} = ค่าสังเกตจากทรีทเมนต์ที่ i, ซ้ำที่ j เมื่อ j = 1,…,r

μ = overall mean

T_i = อิทธิพลเนื่องจากทรีทเมนต์ที่ i เมื่อ i = 1,…,t

ε_{ij} = Error

3.4 สถานที่และระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ดำเนินงานวิจัยระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2554 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2555 แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงการเตรียมความพร้อมของโรงเรือนและแปลงหญ้าก่อนการทดลอง ช่วงระยะเวลาทดลองเลี้ยงไก่ ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และทำการวิเคราะห์ผลในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการทดลองและการอภิปรายผล

4.1 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อสมรรถนะการให้ผลผลิต

ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่แบบกรงตับ (cage) แบบปล่อยพื้นในโรงเรือน (floor pen) และแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้า (free-range) ต่อสมรรถนะการให้ผลผลิต ได้แก่ ผลผลิตไข่ (egg production) น้ำหนักไข่ (egg weight) ปริมาณการกินได้ (feed intake) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ (feed conversion ratio, FCR) แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อสมรรถนะการให้ผลผลิต

Age (week)	Parameters[1]	Treatment			P-value	SEM[2]
		Cage	Floor pen	Free-range		
30-34	Egg production (%)	87.30	87.80	87.85	0.10	0.82
	Egg weight (g)	56.55	57.14	58.55	0.13	0.35
	Feed intake (g/b/d)	112.58[b]	118.71[a]	114.29[b]	0.03	0.72
	FCR	2.39	2.36	2.33	0.06	0.02
34-38	Egg production (%)	90.17	87.48	90.71	0.52	1.17
	Egg weight (g)	61.74	58.83	59.64	0.43	0.88
	Feed intake (g/b/d)	113.11[b]	118.04[a]	118.56[a]	0.02	0.63
	FCR	2.28	2.30	2.20	0.18	0.04
38-42	Egg production (%)	89.06	88.3	87.92	0.95	1.41
	Egg weight (g)	58.96	58.13	59.75	0.44	0.48
	Feed intake (g/b/d)	113.83[b]	115.69[a]	117.11[a]	0.03	0.63
	FCR	2.17[b]	2.37[a]	2.39[a]	0.01	0.02

ตารางที่ 4.1 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อสมรรถนะการให้ผลผลิต (ต่อ)

Age (week)	Parameters[1]	Treatment			P-value	SEM[2]
		Cage	Floor pen	Free-range		
30-42	Egg production (%)	87.51	87.86	88.83	0.86	1.00
	Egg weight (g)	59.04	58.31	59.32	0.28	0.32
	Feed intake (g/b/d)	113.17[b]	117.48[a]	116.66[ab]	0.02	0.63
	FCR	2.21	2.36	2.27	0.10	0.02

หมายเหตุ : [a–b]Means within a row with different superscript letters significantly different (P<0.05)

[1]n=3 per group

[2]Standard error of mean

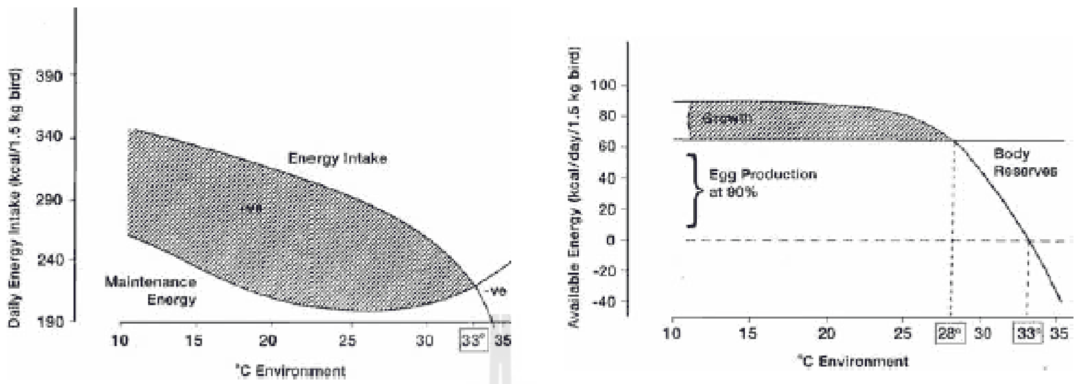
เมื่อพิจารณาผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตในช่วงเดือนแรก (อายุไก่ 30-34 สัปดาห์) และเดือนที่สอง (อายุไก่ 34-38 สัปดาห์) ของการทดลอง พบว่า ไก่ไข่ที่เลี้ยงบนกรงตับ แบบปล่อยพื้น และแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้า มีผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ และ FCR ที่ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) แต่ในเดือนแรกไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นภายในโรงเรือนจะมีการกินได้ที่สูงกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงบนกรงและแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่เดือนที่สองไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นและแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้ามีการกินได้ที่ไม่แตกต่างกัน แต่สูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงบนกรง (P<0.05) ส่วนในเดือนที่สามของการทดลองพบว่า ไก่ไข่ทั้งสามกลุ่มมีผลผลิตไข่ และน้ำหนักไข่ (P>0.05) แต่พบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นและแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้ามี FCR ที่ด้อยกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงบนกรง เมื่อพิจารณาผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตตลอดช่วงการทดลอง พบว่า รูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ไม่มีผลต่อผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ (P>0.05) ในขณะที่ไก่ที่ทำการเลี้ยงแบบปล่อยพื้นภายในโรงเรือนจะมีการกินได้ที่สูงกว่าไก่ที่เลี้ยงบนกรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

จากผลการทดลอง ในแง่ของผลผลิตไข่พบว่าสอดคล้องกับรายงานของ Basmacioglu and Ergul (2005) ที่กล่าวว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงบนกรงตับและแบบปล่อยพื้นให้ผลผลิตที่ไม่แตกต่างกัน และสอดคล้องกับ Singh et al. (2009) ที่รายงานประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่ไข่ที่เลี้ยงบนกรงและเลี้ยงแบบปล่อยพื้นไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ผลการทดลองในการศึกษาครั้งนี้ไม่สอดคล้องกับรายงานของ Yakubu et al. (2007) ที่กล่าวว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นจะให้ผลผลิตไข่ที่ต่ำกว่าไก่

ไข่ที่เลี้ยงบนกรงเนื่องจากไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นจะได้รับผลกระทบจากแอมโมเนียบนพื้นคอก แต่อย่างไรก็ตามในงานทดลองนี้มีการจัดการโรงเรือนที่เน้นสวัสดิภาพของสัตว์ เน้นให้สัตว์อยู่สบาย มีอากาศถ่ายเทสะดวก และมีคอนนอน ซึ่งทำให้ลดผลกระทบจากแอมโมเนียบนพื้นคอกลงได้ และเมื่อเปรียบเทียบผลผลิตของไก่ไข่ที่เลี้ยงบนกรงและเลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้า พบว่าไม่สอดคล้องกับรายงานของ Wang et al. (2009) ที่กล่าวว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงบนกรงตับจะให้ผลผลิตไข่ที่สูงกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในระบบปล่อย เนื่องจากการเลี้ยงบนกรงตับ ไก่ไข่จะมีพื้นที่ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ อย่างจำกัด จึงใช้พลังงานสะสมน้อยกว่าไก่ที่เลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้า

จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่ารูปแบบการเลี้ยงไม่ส่งผลต่อผลผลิตไข่นั้น ถึงแม้ว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นและแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้านั้นจะเป็นรูปแบบการเลี้ยงที่ทำให้ไก่มีพื้นที่ในการแสดงออกของพฤติกรรมตามธรรมชาติ ทั้งการคุ้ยเขี่ยหาอาหาร จิกกินหญ้า การสร้างรัง การวางไข่ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ไก่ใช้พลังงานสะสมของร่างกายมากกว่าการเลี้ยงบนกรงที่มีพื้นที่อย่างจำกัด และดึงเอาพลังงานในส่วนของ Net energy (NE) มาใช้ในการดำรงชีวิต (Maintanance, NEm) สูงขึ้น ซึ่งไก่สามารถกินอาหารตามความต้องการพลังงานของร่ายกายได้ ถ้าหากพลังงานในสูตรอาหารอยู่ระหว่าง 2,500-3,400 kcal ME/kg (Leeson, 2001) และพลังงานของอาหารที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้คือ 2,900 kcal ME/kg ซึ่งอยู่ในช่วงที่ไก่สามารถกินอาหารได้ตามความต้องการพลังงาน จะเห็นได้จากการที่ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นจะมีการกินได้ที่สูงขึ้น แต่ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้าก็มีแนวโน้มที่จะมีการกินได้เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่เลี้ยงบนกรงตับ ซึ่งเกิดจากไก่ไข่ที่เลี้ยงในแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้านี้จะมีการได้รับหญ้า แมลง รวมถึงสัตว์ไม่กระดูกสันหลังเป็นอาหารเสริมจากธรรมชาติในแปลงหญ้าด้วย (Moritz et al., 2005; Wang et al., 2009) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยด้านอุณหภูมิของโรงเรือนเลี้ยงปล่อยพื้นและแบบปล่อยพื้นที่มีพื้นที่ปล่อยออกสู่แปลงหญ้าที่สูงกว่าโรงเรือนที่เลี้ยงในระบบกรงตับ โดยอุณภูมิเฉลี่ยจะสูงกว่าโรงเรือนที่เลี้ยงในระบบกรงตับ และมีความร้อนสูงกว่าช่วงไก่อยู่สบาย (Thermoneutral zone) ของไก่ไข่ (19-27ºC) ทำให้ไก่ไข่มีความต้องการพลังงาน NEm มากขึ้นเพื่อการระบายความร้อนของร่างกาย ซึ่งหากมากเกิน 33ºC สมดุลพลังงานจะติดลบ และมีการดึงพลังงานในส่วนของการสร้างผลผลิตมาใช้ (ภาพที่ 4.1) จากข้อมูลการกินได้ที่แตกต่างกันในแต่ละเดือนของการทดลองจะทำให้เห็นการปรับตัวของไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นที่กินมากขึ้น แม้ว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงปล่อยพื้นจะสูงกว่ากลุ่มอื่น แต่ก็ไม่ส่งผลกระทบกับผลผลิต น้ำหนักไข่ และประสิทธิภาพการใช้อาหารตลอดช่วงการทดลอง แต่อย่างไรก็ตามในเดือนที่สามของการทดลองพบว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นและแบบมีพื้นปล่อยออกสู่แปลงมี FCR ที่สูงขึ้น สอดคล้องกับอุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนที่สาม (33ºC) ที่สูงกว่าเดือนที่หนึ่งและสองของการทดลอง (28 และ 29ºC ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่าอายุไก่และ

อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ไก่ไข่มี FCR ที่สูงขึ้นตามไปด้วย หากอุณภูมิของสิ่งแวดล้อมสูงกว่านี้อาจส่งผลต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตในด้านอื่นเนื่องจากไข่ไก่จะมีการกินได้ที่ลดลง

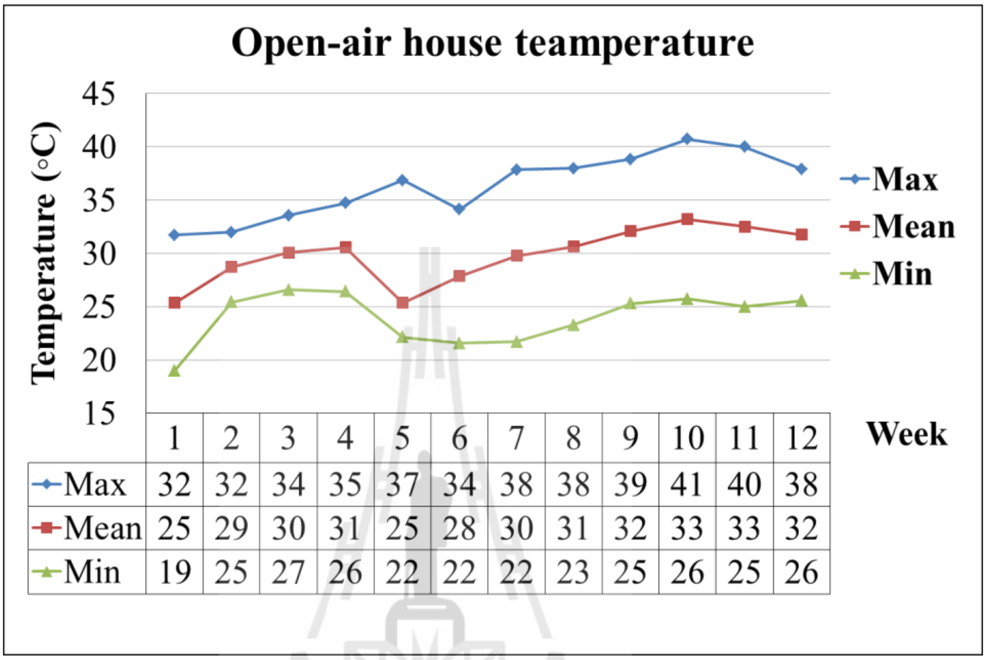


ภาพที่ 4.1 อิทธิพลของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมต่อสมดุลพลังงานของร่างกายไก่ (Poultrypro.com, 2010)

4.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโรงเรือนเลี้ยงไก่ไข่

ในการทดลองครั้งนี้จัดทำขึ้นในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2555 ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูหนาว และต้นฤดูร้อน ในช่วงการทำการทดลองมีการบันทึกอุณหภูมิและความชื้นของโรงเรือนที่เลี้ยงในระบบกรงตับและโรงเรือนเปิดทุกวัน ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยของโรงเรือนเปิดในเดือนที่ 1 2 และ 3 ของการทดลอง เท่ากับ 28 29 และ 33ºC ตามลำดับ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33 37 และ 39ºC ตามลำดับ และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22 24 และ 25ºC ตามลำดับ โรงเรือนระบบปิดที่ทำการเลี้ยงไก่ไข่บนกรงตับมีอุณหภูมิเฉลี่ยในเดือนที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 26 28 และ 29ºC ตามลำดับ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 31 34 และ 35ºC ตามลำดับ และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22 23 และ 22ºC ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของแต่ละโรงเรือนจะสูงขึ้นเมื่อเข้าสู่ฤดูร้อน และโรงเรือนเปิดมีอุณหภูมิที่สูงกว่า และมีความแตกต่างกันระหว่างวันมากกว่าโรงระบบปิดที่เลี้ยงไก่ไข่บนกรงตับ โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโรงเรือนเปิดตลอดการทดลองได้แสดงไว้ในภาพที่ 4.2 ในด้านความชื้นสัมพัทธ์ พบว่าความชื้นสัมพัทธ์ของโรงเรือนเปิดสูงงกว่าโรงเรือนระบบปิดทั้งสามเดือนของการทดลอง ความชื้นสัมพัทธ์ของโรงเรือนเปิดเท่ากับ 83 79 และ 83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนระบบปิดเท่ากับ 75 79 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งความชื้น-สัมพัทธ์เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการระบายความร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 50-80% ซึ่งถ้าความชื้นในอากาศต่ำ การระบายความร้อนออกจากร่างกายจะระบายได้ดีขึ้น จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเปิดนั้นสูงมาก ดังนั้นหากมีการใช้พัดลมระบายอากาศช่วย

ไล่ความร้อนและความชื้นออกจากโรงเรือน หรือมีการใช้วัสดุมุงหลังคาที่สามารถสะท้อนความร้อนได้ดี และไม่เก็บสะสมความร้อน จะทำให้ลดผลกระทบอันเกิดจากอุณหภูมิและความชื้นที่มีต่อไก่ไข่ได้



ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโรงเรือนเลี้ยงไก่ไข่แบบเปิด

4.3 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่

ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่บนกรงตับ (cage) แบบปล่อยพื้นในโรงเรือน (floor pen) และแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้า (free-range) ต่อคุณภาพไข่ แสดงในตารางที่ 4.2 (เดือนที่ 1 2 และ 3 ของการทดลอง) พบว่ารูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ไม่มีผลต่อคุณภาพไข่ น้ำหนักเปลือกไข่ (shell weight) ความหนาเปลือกไข่ (shell thickness) น้ำหนักไข่ขาว (albumen weight) ความสูงไข่ขาว (albumen height) น้ำหนักไข่แดง (yolk weight) และค่า Haugh unit ($P>0.05$) ถึงแม้ว่าเปอร์เซ็นต์ของไข่ขาว ไข่แดง ในแต่ละกลุ่มจะไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาน้ำหนักของไข่ขาวและไข่แดง พบว่า ไข่ไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นมีน้ำหนักไข่ขาวที่สูงกว่าไข่ไก่ที่เลี้ยงบนกรงตับ ($P<0.05$) ในเดือนที่ 1 และ 2 ของการทดลอง และไข่ไก่ที่เลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้ามีน้ำหนักไข่ขาวที่สูงกว่าไข่ไก่ที่เลี้ยงบนกรงตับ ($P<0.05$) ทั้งสามเดือนของการทดลอง ในด้านน้ำหนักไข่แดงพบว่า ไข่ไก่ของกลุ่มที่ 2 และ 3 มีน้ำหนักไข่แดงต่ำกว่าไข่ไก่ที่เลี้ยงบนกรงตับกลุ่มที่ 1 ($P<0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วพบว่าไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามในเดือนแรกของการทดลอง

พบว่า ไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงไก่ไข่แบบขังในโรงเรือนและแบบมีพื้นที่ปล่อยภายนอกจะมีเปอร์เซ็นต์ไข่แดงที่ต่ำลงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงบนกรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ในด้านของสีของไข่แดง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.3 พบว่าไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้าจะมีค่าของสีแดงและสีเหลืองที่เพิ่มขึ้นกว่ากลุ่มอื่น ($P<0.05$) และมีค่าความสว่างที่ไม่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มการทดลอง นอกจากนี้ไข่ไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยให้มีพื้นสู่แปลงหญ้านั้นจะมีสีไข่แดงตามพัดสี (Roche color fan) ที่เข้มกว่ากลุ่มอื่นอีกด้วย ($P<0.05$)

จากผลการทดลองในด้านน้ำหนักไข่พบว่าสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ที่กล่าวว่าไข่ไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นมีน้ำหนักไม่ต่างจากไข่ไก่ที่เลี้ยงบนกรง (Basmacioglu and Ergul, 2005; Petek et al., 2009) และไข่ไก่ที่เลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่ภายนอกมีน้ำหนักไม่แตกต่างจากไข่ไก่ที่เลี้ยงบนกรง (Wang et al., 2009; Van Den Brand et al., 2004) แต่ไม่สอดคล้องกับรายงานของ Singh et al. (2009) ที่กล่าวว่าไข่ไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นจะมีน้ำหนักไข่ น้ำหนักไข่แดง และน้ำหนักไข่ขาวที่สูงขึ้น และรายงานของ Yakubu et al. (2007) ที่กล่าวว่าไข่ไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นจะมีน้ำหนักต่ำลง โดยจากการศึกษาพบว่าน้ำหนักไข่แดงเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อน้ำหนักของฟองไข่มากกว่าน้ำหนักไข่ขาวและน้ำหนักเปลือก (Singh et al., 2009) แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้พบว่าน้ำหนักไข่แดงของแต่ละกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงทำให้น้ำหนักไข่ไม่ต่างกัน ถึงแม้ว่าในเดือนแรกของการทดลองจะพบว่าเปอร์เซ็นต์ของไข่แดงของกลุ่มที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นและแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้าจะต่ำลง แต่เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักไข่ทั้งฟองแล้วพบว่าไม่แตกต่างกัน แต่ไข่ไก่จากกลุ่มที่เลี้ยงปล่อยพื้นและแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่ภายนอกจะมีแนวโน้มของน้ำหนักไข่ที่สูงกว่า ซึ่งส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ไข่แดงต่ำลง

ตารางที่ 4.2 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่

Age (week)	Egg quality[1]	Treatment			P-value	SEM[2]
		Cage	Floor pen	Free-range		
34	Albumen (%)	59.11	61.40	60.46	0.53	0.79
	Yolk (%)	26.68[a]	25.22[b]	24.87[b]	0.03	0.22
	Shell (%)	14.21	13.38	14.66	0.81	0.80
	Albumen height (mm)	7.36	7.47	7.42	0.67	0.05
	Shell thickness (mm)	0.39	0.42	0.42	0.25	0.006
	Haugh Unit	86.89	87.36	86.69	0.74	0.35

ตารางที่ 4.2 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่ (ต่อ)

Age (week)	Egg quality[1]	Treatment			P-value	SEM[2]
		Cage	Floor pen	Free-range		
34	Albumen (%)	59.11	61.40	60.46	0.53	0.79
	Yolk (%)	26.68[a]	25.22[b]	24.87[b]	0.03	0.22
	Shell (%)	14.21	13.38	14.66	0.81	0.80
	Albumen height (mm)	7.36	7.47	7.42	0.67	0.05
	Shell thickness (mm)	0.39	0.42	0.42	0.25	0.006
	Haugh Unit	86.89	87.36	86.69	0.74	0.35
38	Albumen (%)	60.89	59.51	60.6	0.6	0.56
	Yolk (%)	24.16	24.72	24.67	0.88	0.50
	Shell (%)	14.95	15.77	14.73	0.78	0.62
	Albumen height	7.13	7.17	7.35	0.39	0.06
	Shell thickness (mm)	0.36	0.36	0.37	0.53	0.005
	Haugh Unit	85.95	85.11	83.97	0.06	0.25
42	Albumen (%)	58.6	60.73	62.29	0.11	0.59
	Yolk (%)	25.37	24.76	24.07	0.07	0.18
	Shell (%)	16.04	14.51	13.64	0.41	0.69
	Albumen height	6.99	7.30	7.38	0.19	0.08
	Shell thickness (mm)	0.36	0.38	0.38	0.25	0.003
	Haugh Unit	83.89	86.04	86.07	0.28	0.57

หมายเหตุ : [a–b]Means within a row with different superscript letters significantly different ($P<0.05$)

[1]n = 30 per group

[2]Standard error of mean

ผลการทดลองในด้านของความสูงไข่ขาวและค่า Haugh unit พบว่าสอดคล้องกับ Petek et al. (2009) ที่กล่าวว่าการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยไม่ส่งผลต่อความสูงไข่ขาวและค่า Haugh unit และสอดคล้องกับผลจากการศึกษาในไข่ไก่อินทรีย์ที่พบว่ามีความสูงของไข่ขาวไม่แตกต่างจากไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงบนกรง (Van Den Brand et al., 2004) แต่ไม่สอดคล้องกับ Abrati et al. (2006) ที่กล่าวว่าไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงแบบปล่อยพื้นจะมีความสูงไข่ขาวและค่า Haugh unit สูงกว่าไข่ไก่ที่

เลี้ยงบนกรง อย่างไรก็ตามคุณภาพไข่ในด้านความสูงของไข่ขาวและค่า Haugh unit นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ แหล่งโปรตีนและกรดอะมิโนที่ไก่ได้รับ การเกิดโรค แอมโมเนียในคอก การผลัดขน รวมถึงระยะเวลาการเก็บไข่ (Roberts, 2004) ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างของลักษณะดังกล่าวซึ่งเป็นผลมาจากรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.3 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อสีของไข่แดง

Age (week)	Yolk color[1]	Treatment			P-value	SEM[2]
		Cage	Floor pen	Free-range		
34	Lightness	47.74	46.88	46.33	0.08	0.18
	Redness	4.02^{b}	4.30^{b}	5.07^{a}	0.03	0.12
	Yellowness	36.34^{b}	35.89^{b}	39.11^{a}	0.04	0.51
	Roche score	7.20^{b}	7.20^{b}	9.40^{a}	0.0001	0.052
38	Lightness	51.15	50.14	50.54	0.31	0.25
	Redness	4.30^{b}	4.60^{b}	5.52^{a}	0.02	0.14
	Yellowness	38.94^{b}	38.38^{b}	42.69^{a}	0.04	0.57
	Roche score	7.53^{b}	7.60^{b}	9.80^{a}	0.0001	0.052
42	Lightness	52.43	51.52	51.28	0.11	0.20
	Redness	4.41	4.72	5.25	0.14	0.15
	Yellowness	39.90	39.44	41.86	0.26	0.57
	Roche score	7.33^{b}	7.40^{b}	9.60^{a}	0.0001	0.054

หมายเหตุ : $^{a\text{–}b}$Means within a row with different superscript letters significantly different ($P<0.05$)

[1]n = 30 per group

[2]Standard error of mean

ในด้านสีของไข่แดง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.3 (สัปดาห์ที่ 4 8 และ 12 ของการทดลอง) พบว่าสอดคล้องกับรายก่อนหน้านี้ที่กล่าวว่าไข่ไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยให้มีพื้นที่ภายนอกจะมีสีที่เข้มกว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงบนกรง (Van Den Brand et al., 2004) ซึ่งจากผลการทดลองครั้งนี้พบว่าค่าสีที่เข้มขึ้นนั้นเป็นผลมาจากค่าของสีแดงและสีเหลืองที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสีของไข่แดงนั้นเป็นคุณภาพไข่อีกด้านหนึ่งที่มีความสำคัญสำหรับผู้บริโภค โดยจะขึ้นอยู่กับอาหารที่ไก่กิน (Leeson and Summers, 1991 อ้างโดย Singh et al., 2009) ซึ่งไก่ไข่ที่ทำการเลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้านั้นจะได้รับหญ้า

และพืชธรรมชาติชนิดอื่น ๆ เป็นอาหาร ซึ่งในพืชจะมีสารสีต่าง ๆ ที่เป็นรงควัตถุอยู่ในคลอโรพลาสต์ ทำหน้าที่ในการจับพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ดังนั้นเมื่อไก่ได้รับหญ้าเป็นอาหารเสริมก็จะได้รับรงควัตถุที่อยู่ในพืชด้วย รวมถึงค่าสีแดงที่เพิ่มขึ้นอาจเกิดจากการที่สัตว์มีการเคลื่อนไหวร่างกายจะทำให้มีการไหลเวียนของเลือดที่ดีขึ้นทำให้ไมโอโกลบินและฮีโมโกลบินในเลือดที่เพิ่มขึ้นและเกิดการสะสมในไข่แดง แต่อย่างไรก็ตามผลการศึกษาครั้งนี้ยังไม่สอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ที่กล่าวว่าไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงแบบปล่อยพื้นจะมีสีเข้มกว่ากลุ่มที่เลี้ยงบนกรง (Singh et al., 2009) ซึ่งจากรายงานดังกล่าวพบว่าน่าจะเป็นเพราะฟองไข่ที่มีขนาดเล็กกว่าทำให้สีไข่แดงที่เข้มขึ้น แต่การศึกษาในครั้งนี้ขนาดของไข่แดงของทั้งสองกลุ่มมีขนาดเท่ากัน ทำให้สีของไข่แดงของไข่ไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นไม่แตกต่างจากไข่ไก่ที่เลี้ยงบนกรง

4.4 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดง

จากการศึกษาผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดง พบว่ารูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ไม่มีผลต่อปริมาณคอเลสเตอรอลและไขมันในไข่แดง ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Abrati (2006) และ Hidalgo et al. (2008) ที่กล่าวว่าไข่ไก่ที่ทำการเลี้ยงแบบปล่อยพื้นจะมีปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงไม่แตกต่างจากไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงบนกรง แต่ไม่สอดคล้องกับ Wang et al. (2009) ที่กล่าวว่าไข่ไก่ที่ทำการเลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่ภายนอกนั้นจะมีคอเลสเตอรอลต่ำกว่าไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงบนกรง เพราะไก่ไข่มีการดึงคอเลสเตอรอลไปใช้มากกว่าที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้ ถึงแม้ว่าไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยพื้นและแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้าจะมีกิจกรรมสูงขึ้น รวมถึงไก่ที่เลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้าจะมีโอกาสได้รับหญ้าซึ่งเป็นแหล่งของเยื่อใย และมีการศึกษาพบว่าการเสริมเยื่อใยในอาหารไก่ไข่สามารถลดคอเลสเตอรอลในไข่แดงได้ (McNaughton, 1978) แต่ในการศึกษาครั้งนี้พบว่ารูปแบบการเลี้ยงไม่มีผลต่อทั้งปริมาณคอเลสเตอรอลและไขมันในไข่แดง เนื่องจากคอเลสเตอรอลเป็นสารประเภทลิปิดที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้เอง โดยเกิดการสังเคราะห์ที่ตับ และลำไส้ ทำให้เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ไม่ส่งผลต่อปริมาณไขมัน และคอเลสเตอรอลที่ถูกขนส่งไปสะสมในไข่ นอกจากนี้ไก่ไข่มีการกินได้ที่สูงขึ้นส่งผลให้ได้รับไขมันในปริมาณที่สูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้ร่างกายของไก่มีปริมาณไขมันและคอเลสเตอรอลที่เพียงพอ จะเห็นได้จากปริมาณคอเลสเตอรอลและ Triglyceride ในเลือดไก่ไข่ทุกกลุ่มของการทดลองที่ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.5) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไขมันและคอเลสเตอรอลในไข่แดงของไข่ในแต่ละกลุ่มการทดลองที่ไม่แตกต่างกัน เพราะร่างกายของไก่ไข่สามารถสังเคราะห์คอเลสเตอรอลเองได้ เนื่องจากคอเลสเตอรอลเป็น

องค์ประกอบสำคัญที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน และฮอร์โมน ซึ่งร่างกายของไก่ไข่ก็จะผลิตคอเลสเตอรอลเพิ่มขึ้นมาเพื่อให้เพียงพอกับที่ร่างกายต้องการ

ตารางที่ 4.4 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อปริมาณคอเลสเตอรอลและไขมันในไข่แดง

Parameters[2]	**Age (weeks)**	**Cage**	**Floor pen**	**Free-range**	**P- value**	**SEM[1]**
Cholesterol	34	138.29	129.56	128.08	0.48	3.53
(mg/yolk)	38	133.41	137.96	138.14	0.83	3.55
	42	142.53	142.77	142.44	0.99	4.05
Fat	34	11.42	11.23	10.96	0.65	0.61
(g/100 g egg)	38	11.79	11.36	11.55	0.73	0.59
	42	12.45	12.60	12.31	0.99	0.62

หมายเหตุ : [1]Standard error of mean

[2]n = 9 per group

ตารางที่ 4.5 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อปริมาณคอเลสเตอรอล และ Triglyceride ในเลือดไก่ไข่

Parameters[2]	**Cage**	**Floor pen**	**Free-range**	***P*-value**	**SEM[1]**
Cholesterol (mg/L)	54.34	53.86	53.77	0.67	2.43
Triglyceride (mg/L)	1,054.89	1,116.57	1,098.53	0.45	48.89
HDL (mg/L)	23.89	24.11	24.32	0.36	2.32
LDL (mg/L)	9.26	9.17	9.08	0.83	0.69

หมายเหตุ : [1]Standard error of mean

[2]n = 9 per group

4.5 ผลของการเลี้ยงไก่ไข่แบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้าต่อปริมาณการเปลี่ยนของหญ้าในแปลงปล่อย

การเลี้ยงไก่ไข่ที่มีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้าจะทำการปล่อยไก่ลงในแปลงหญ้ารูซี่ที่มีขนาดพื้นที่ 1 ตัวต่อ 2 ตารางเมตร และได้ทำการวัดปริมาณหญ้าในแปลงเมื่อสัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 12 (เมื่อสิ้นสุดการทดลอง) ในการวัดปริมาณ จะตัดหญ้าในแปลงจากกล่องที่ได้ทำการสุ่มไว้ และ

ป้องกันไม่ให้ไก่จิกกินหญ้า ผลการวัดปริมาณหญ้ารูซี่คิดเป็นน้ำหนักแห้งเฉลี่ย ในพื้นที่ 60 ตาราง-เมตร เท่ากับ 35.82 และ 23.88 กิโลกรัม/หญ้า 1 แปลง และเมื่อคิดเป็นผลผลิตต่อไร่ เท่ากับ 955.14 และ 636.76 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งในการศึกษานี้ได้เลี้ยงไก่ภายในโรงเรือนที่สร้างถาวรจึงไม่ได้มีการเคลื่อนย้ายหรือปรับเปลี่ยนแปลงหญ้าทำให้ปริมาณของหญ้าในแปลงลดลง เนื่องจากการเหยียบย่ำและการจิกของไก่ ซึ่งปริมาณของผลผลิตหญ้ารูซี่ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่ามีปริมาณที่น้อยกว่ารายงานของกรมปศุสัตว์ (2554) ที่พบว่าหญ้ารูซี่สามารถให้ผลผลิตคิดเป็นน้ำหนักแห้ง 2.0-2.5 ตัน/ไร่ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณผลผลิตที่น้อยกว่าอาจจะเป็นผลจากการปลูกหญ้าที่ไม่ได้มีการให้ปุ๋ยเพิ่มเติม ซึ่งหญ้าอาจจะมีการเจริญเติบโตไม่เต็มที่ ทำให้มีปริมาณผลผลิตที่น้อยกว่า และจากการวัดปริมาณหญ้ารูซี่ในระหว่างการเลี้ยง เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าที่มีการเจริญเติบโตที่เป็นปกติในกล่องที่ได้สุ่มไว้ พบว่ามีการสูญเสียที่เกิดจากการคุ้ยเขี่ย และการจิกกินของไก่ไข่เฉลี่ย 16.91 กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน สอดคล้องกับการรายงานของ Hughes and Dun (1983) อ้างโดย Horsted et al. (2007) ไก่ไข่จะมีการกินได้ของพืช 30-35 กรัมวัตถุแห้ง/วัน และปริมาณโภชนะของหญ้ารูซี่แสดงในตารางที่ 4.6 ในการศึกษานี้ หญ้ารูซี่จะมีปริมาณโภชนะ ได้แก่ ไขมัน เยื่อใย เถ้า ที่ใกล้เคียงกับการศึกษาอื่น ๆ แต่ปริมาณโปรตีนจะมีค่าสูงกว่าในการศึกษาอื่น ๆ ที่มีปริมาณโปรตีนประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ (สถานีพัฒนาอาหารสัตว์ประจวบคีรีขันธ์, 2554) ซึ่งอาจจะเกิดจากการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการตัดหญ้าที่อายุ 42 วัน ความสูงประมาณ 70 เซนติเมตร จากการตัดหญ้ารูซี่ที่นำไปใช้เลี้ยงโคจะตัดที่อายุ 45-70 วัน ซึ่งหญ้าจะมีความสูงประมาณ 100 เซนติเมตร เนื่องจากการศึกษานี้เป็นการศึกษาในไก่ไข่ที่มีขนาดเล็ก และการตัดหญ้าจะทำให้เกิดการแตกยอดใหม่ ซึ่งหญ้าที่เกิดใหม่จะมีผลต่อปริมาณโปรตีนที่สูงขึ้นด้วย

ตารางที่ 4.6 ผลของการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยต่อปริมาณการกินได้และองค์ประกอบทางเคมีของหญ้า

Ruzi grass	**Amount**
Grass intake (dry matter) g/day	16.91
Chemical composition (%)	
Dry matter (fresh)	28.71
Crude protein	14.87
Fat	2.43
Crude fiber	29.67
Ash	11.48

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ (ตารางที่ 4.7) จะมีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acids, SFA) กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดที่มีพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง (Monounsaturated fatty acids, MUFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 ตำแหน่ง) (Polyunsaturated fatty acids, PUFA) อยู่ในปริมาณ 19.51 30.35 และ 50.14% ตามลำดับ ซึ่ง SFA จะประกอบด้วย palmitic acid (C16 : 0) เป็นส่วนใหญ่ และมีการสะสมกรดไขมันชนิดนี้สูงที่สุดเช่นเดียวกับในไข่ไก่ รองลงมาคือ stearic acid (C18 : 0) ส่วน MUFA พบว่ามี oleic acid (C18 : 1n-9) มากที่สุด ส่วน PUFA ประกอบด้วย linoleic acid (C18 : 2n-6) มากที่สุด และถือว่าเป็นองค์ประกอบของกรดไขมันที่มีมากที่สุดในอาหาร คือ 46.64%

ตารางที่ 4.7 แสดงองค์ประกอบชนิดของกรดไขมันในอาหารและหญ้า

Fatty acid (% of total fatty acid)	Feed	Ruzi grass
C14 : 0	0.25	0.57
C15 : 0	0.12	0.12
C16 : 0	15.19	18.46
C16 : 1	0.32	0.00
C18 : 0	3.56	2.39
C18 : 1n-9	30.03	3.05
C18 : 2n-6	46.64	18.78
C18 : 3n-6	0.45	0.46
C18 : 3n-3	2.34	51.97
C22 : 0	0.39	0.54
C20 : 4n-6	0.18	0.00
C20 : 5n-3	0.00	3.66
C22 : 6n-3	0.53	0.00
SFA[1]	19.51	22.08
MUFA[2]	30.35	3.05
PUFA[3]	50.14	74.87

ตารางที่ 4.7 แสดงองค์ประกอบชนิดของกรดไขมันในอาหารและหญ้า (ต่อ)

Fatty acid (% of total fatty acid)	Feed	Ruzi grass
$n\text{-}6^4$	47.27	19.24
$n\text{-}3^5$	2.87	55.63
n-6/n-3	16.47	0.35

หมายเหตุ : [1]Sum of saturated fatty acids from C4 : 0 - C20 : 0

[2]Sum of monounsaturated fatty acids from C14 : 1 - C22 : 1

[3]Sum of polyunsaturated fatty acids from C18 : 2 - C22 : 6

[4]Sum of n-6 fatty acids C18 : 2n-6 - C22 : 6n-3

[5]Sum of n-3 fatty acids C18 : 3n-3 - C22 : 6n-3

การเลี้ยงไก่ไข่แบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้านั้น ไก่จะมีโอกาสได้รับหญ้าซึ่งเป็นแหล่งของ PUFA ในปริมาณสูง ได้แก่ α-linolenic acid (ALA, C18 : 3n-3) และ linoleic acid (LA, C18 : 2n-6) เท่ากับ 51.97 และ 18.78% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าอาหารที่ใช้ในการทดลองจะมีกรดไขมันชนิดโอเมก้า 6 อยู่สูง และทำให้อัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 ต่อโอเมก้า-3 สูงไปด้วย คือ 16.47 ซึ่งแตกต่างจากหญ้าที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 สูง และมีอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 ต่อโอเมก้า-3 ต่ำ คือ 0.35 ซึ่งไก่ไข่กลุ่มที่ทำการเลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่ภายนอกจะได้รับหญ้าเป็นอาหารเสริม และสามารถเพิ่มแหล่งกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในไข่ได้

4.6 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง

การศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง ได้ทำการศึกษาในสัปดาห์ที่ 4 8 และ 12 ของการทดลอง ผลการศึกษารูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดงพบว่า ไข่ไก่จากรูปแบบการเลี้ยงที่แตกต่างกัน ทั้งการเลี้ยงบนกรงตับ แบบปล่อยพื้น และแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้า มีองค์ประกอบของ SFA MUFA PUFA และกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 (n-6) ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ทั้งในสัปดาห์ที่ 4 8 และ 12 ของการทดลอง ในขณะที่ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้าให้ไข่ที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันชนิด docosahexaenoic (DHA, C22 : 6n-3) และกรดไขมันโอเมก้า-3 (n-3) สูงกว่าการเลี้ยงบนกรงตับ และปล่อยพื้นภายในโรงเรือน ($P<0.05$) และส่งผลให้อัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 ต่อโอเมก้า-3 ต่ำลง ($P<0.05$) ในไข่ไก่ที่ได้

จากการเลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้า แต่ปริมาณของกรดไขมัน ALA ไม่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มทดลอง (P>0.05)

ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับ Hidalgo et al. (2008) ที่กล่าวว่าไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงแบบปล่อยพื้นจะมีองค์ประกอบของ SFA และ MUFA ที่ไม่แตกต่างจากไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงบนกรง แต่ยังคงไม่สอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ที่กล่าวว่าการเลี้ยงไก่ไข่ทั้งแบบปล่อยพื้น และมีพื้นที่ปล่อยสู่ภายนอกจะทำให้ไข่ไก่ที่ได้มีองค์ประกอบของกรดไขมันชนิด MUFA และ PUFA สูงขึ้น และมีกรดไขมันชนิด SFA ที่ต่ำลง (Pignoli et al., 2009) ที่เป็นเช่นนี้เพราะไก่ไข่ทั้งสามกลุ่มได้รับอาหารชนิดเดียวกันตลอดการทดลอง ซึ่งทำให้ได้รับแหล่งของกรดไขมันชนิดเดียวกันด้วย แต่ไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้านั้นจะได้รับหญ้าในแปลงเป็นอาหารเสริม ซึ่งเป็นแหล่งของ α-linolenic acid (ALA, C18 : 3n-3) จึงทำให้ไข่ไก่มีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้ามีปริมาณของ n-3 ที่สูงขึ้น และมี n-6/n-3 ที่ต่ำกว่าไข่ไก่กลุ่มอื่นที่เลี้ยงบนกรงและปล่อยพื้นภายในโรงเรือน ในแง่ของปริมาณของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในไข่แดงที่สูงขึ้น พบว่าสอดคล้องกับรายงานของ Lopez-Bote et al. (1998) ที่กล่าวว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้าจะมีปริมาณของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในไข่แดงที่เพิ่มขึ้น และมีอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันโอเมก้า-6 ต่อโอเมก้า-3 ที่ต่ำลงเช่นเดียวกัน ALA EPA docosapentaenoic (DPA, C22 : 5n-3) และ DHA ในไข่แดงที่เพิ่มขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าชนิดของ n-3 ในไข่ที่เพิ่มขึ้นคือ DHA เพียงอย่างเดียว แต่ปริมาณของ ALA ในไข่แดงของแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ตรวจไม่พบ EPA ในไข่แดงของทั้งสามกลุ่มการทดลอง ซึ่งโดยปกติแล้วเมื่อสัตว์ได้รับ ALA สัตว์จะสามารถใช้กรดไขมันชนิดนี้ในการสังเคราะห์เป็นกรดไขมันชนิด EPA และ DHA ได้ แต่การศึกษาครั้งนี้พบเพียงองค์ประกอบของกรดไขมันชนิด DHA ในไข่ ซึ่งน่าจะเกิดจากกระบวนการ elongation ของ EPA ไปเป็น DHA ที่บริเวณตับไก่ เนื่องจากไก่เป็นสัตว์ที่มีขนาดของตับใหญ่มากเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัว ทำให้กระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้นได้สูง (Fredriksson, Elwinger, and Pickova, 2006)

ตารางที่ 4.8 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง (สัปดาห์ที่ 4 ของการทดลอง)

Fatty acid[1] (% of total fatty acid)	**Treatment**				
	Cage	**Floor pen**	**Free-range**	**P- value**	**SEM[2]**
C14 : 0	0.33	0.31	0.30	0.08	0.005
C16 : 0	24.15	24.64	24.58	0.26	0.12
C16 : 1	0.84^{a}	0.73^{b}	0.72^{b}	0.008	0.01

ตารางที่ 4.8 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง (สัปดาห์ที่ 4 ของการทดลอง) (ต่อ)

Fatty acid[1] (% of total fatty acid)	Treatment				
	Cage	Floor pen	Free-range	*P*- value	SEM[2]
C18 : 0	8.35	8.818	8.72	0.08	0.07
C18 : 1n-9	35.82	35.23	35.91	0.18	0.14
C18 : 2n-6	25.71	25.51	24.78	0.30	0.23
C18 : 3n-3	0.21	0.23	0.24	0.17	0.02
C20 : 2	0.27	0.28	0.28	0.40	0.004
C20 : 3n-6	0.25	0.28	0.27	0.45	0.02
C20 : 4n-6	2.33	2.24	2.32	0.45	0.03
C22 : 6n-3	1.74[b]	1.75[b]	1.88[a]	0.02	0.02
SFA[3]	32.83	33.75	33.60	0.17	0.18
MUFA[4]	36.66	35.96	36.69	0.19	0.15
PUFA[5]	30.51	30.29	29.27	0.42	0.22
n-6[6]	28.29	28.03	27.37	0.27	0.21
n-3[7]	1.95[b]	1.98[b]	2.12[a]	0.006	0.01
n-6/n-3	14.51[a]	14.16[a]	12.91[b]	0.006	0.13

หมายเหตุ : [a-b]Means within a row with different superscript letters significantly different (P<0.05)

[1]n = 9 per group

[2]Standard error of mean

[3]Sum of saturated fatty acids from C4 : 0 - C20 : 0

[4]Sum of monounsaturated fatty acids from C14 : 1 - C22 : 1

[5]Sum of polyunsaturated fatty acids from C18 : 2 - C22 : 6

[6]Sum of omega-6 fatty acids C18 : 2n-6 - C22 : 6n-3

[7]Sum of omega-3 fatty acids C18 : 3n-3 - C22 : 6n-3

ตารางที่ 4.9 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง (สัปดาห์ที่ 8 ของการทดลอง)

Fatty acid[1] (% of total fatty acid)	**Treatment**				
	Cage	**Floor pen**	**Free-range**	**P- value**	**SEM[2]**
C14 : 0	0.28	0.28	0.28	0.84	0.01
C16 : 0	23.12	22.77	24.21	0.006	0.12
C16 : 1	1.02	0.97	0.77	0.07	0.04
C18 : 0	8.53	9.21	8.35	0.02	0.09
C18 : 1n-9	36.15	34.97	35.70	0.46	0.37
C18 : 2n-6	25.92	26.60	25.52	0.52	0.36
C18 : 3n-3	0.20	0.21	0.23	0.03	0.003
C20 : 2	0.26	0.29	0.29	0.11	0.01
C20 : 4n-6	0.25	0.29	0.26	0.64	0.06
C22 : 6n-3	1.96	2.00	2.13	0.06	0.03
SFA[3]	31.93	32.26	32.84	0.18	0.17
MUFA[4]	37.17	35.94	36.47	0.38	0.33
PUFA[5]	30.90	31.80	30.69	0.59	0.45
n-6[6]	16.71	29.30	28.04	0.50	0.41
n-3[7]	2.16[b]	2.21[b]	2.36[a]	0.03	0.02
n-6/n-3	13.19[a]	13.26[a]	11.88[b]	0.01	0.16

หมายเหตุ : [a-b]Means within a row with different superscript letters significantly different ($P<0.05$)

[1]n = 9 per group

[2]Standard error of mean

[3]Sum of saturated fatty acids from C4 : 0 - C20 : 0

[4]Sum of monounsaturated fatty acids from C14 : 1 - C22 : 1

[5]Sum of polyunsaturated fatty acids from C18 : 2 - C22 : 6

[6]Sum of omega-6 fatty acids C18 : 2n-6 - C22 : 6n-3

[7]Sum of omega-3 fatty acids C18 : 3n-3 - C22 : 6n-3

ตารางที่ 4.10 ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง (สัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง)

Fatty acid[1] (% of total fatty acid)	**Treatment**				
	Cage	**Floor pen**	**Free-range**	**P- value**	**SEM[2]**
C14 : 0	0.29	0.27	0.28	0.48	0.01
C16 : 0	23.32	24.25	24.37	0.03	0.13
C16 : 1	0.94	0.75	0.81	0.0005	0.01
C18 : 0	8.91	8.59	8.58	0.47	0.12
C18 : 1n-9	36.81	35.98	35.48	0.06	0.18
C18 : 2n-6	24.67	25.16	25.08	0.74	0.26
C18 : 3n-3	0.19	0.24	0.23	0.09	0.01
C20 : 2	0.29	0.29	0.29	0.93	0.01
C20 : 3n-6	0.24	0.27	0.28	0.32	0.01
C20 : 4n-6	2.27	2.21	2.43	0.007	0.02
C22 : 6n-3	2.05^{b}	1.95^{b}	2.17^{a}	0.04	0.03
SFA[3]	32.52	33.11	33.23	0.06	0.10
MUFA[4]	37.77	36.77	36.29	0.05	0.20
PUFA[5]	30.18	30.12	30.48	0.52	0.27
n-6[6]	27.18	27.64	27.79	0.60	0.25
n-3[7]	2.24^{b}	2.19^{b}	2.40^{a}	0.03	0.03
n-6/n-3	12.13^{a}	12.62^{a}	11.58^{b}	0.04	0.14

หมายเหตุ : [a-b]Means within a row with different superscript letters significantly different ($P<0.05$)

[1]n = 9 per group

[2]Standard error of mean

[3]Sum of saturated fatty acids from C4 : 0 - C20 : 0

[4]Sum of monounsaturated fatty acids from C14 : 1 - C22 : 1

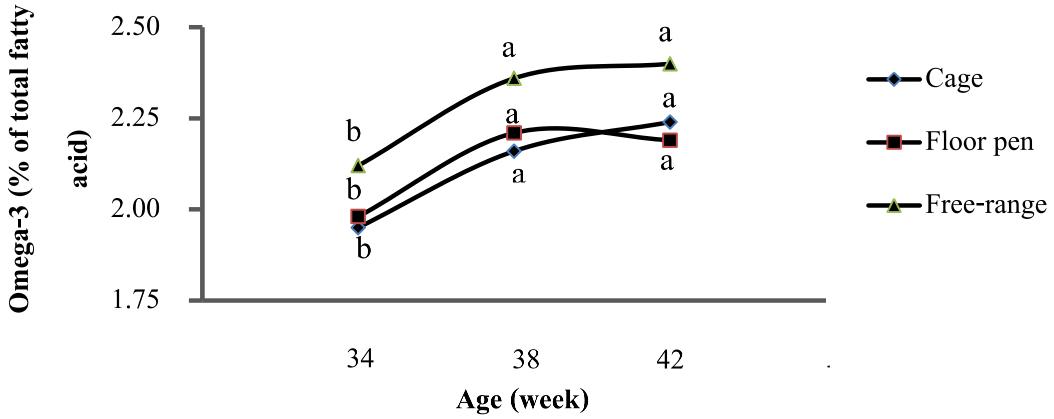
[5]Sum of polyunsaturated fatty acids from C18 : 2 - C22 : 6

[6]Sum of omega-6 fatty acids C18 : 2n-6 - C22 : 6n-3

[7]Sum of omega-3 fatty acids C18 : 3n-3 - C22 : 6n-3

4.7 การเปลี่ยนแปลงของการสะสมกรดไขมันในไข่แดงตลอดการทดลอง

ผลของรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ต่อการเปลี่ยนแปลงกรดไขมันในไข่แดงตลอดการทดลอง พบว่า ตลอดระยะเวลาของการทดลอง ไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงบนกรงตับ แบบปล่อยพื้น และแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมัน LA ALA และโอเมก้า-6 ที่สะสมในไข่แดง (P>0.05) แต่มีการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมัน DHA และโอเมก้า-3 ที่สะสมในไข่แดงระหว่างช่วงการทดลอง (P<0.05) โดยไก่ไข่จะมีการเปลี่ยนแปลงการสะสม DHA และโอเมก้า-3 ระหว่างเดือนที่ 1 และ 2 ของการทดลอง และจะไม่เปลี่ยนแปลงระหว่างเดือนที่ 2 และ 3 ของการทดลองในทุกกลุ่มการทดลอง (ภาพที่ 4.3) โดยปริมาณการสะสมกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ของแต่ละกลุ่มการทดลองจะไม่แตกต่างในเดือนที่ 1 และ 3 ของการทดลอง แต่กลุ่มที่เลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้ามีแนวโน้มของปริมาณกรดไขมันโอเมก้า-3 สูงกว่ากลุ่มอื่น (P = 0.07) ส่วนในเดือนที่ 2 พบว่าไข่ไก่ที่เลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยแปลงหญ้าจะมีการสะสมกรดไขมันโอเมก้า-3 สูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงบนกรงตับและแบบปล่อยพื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (22.32 20.72 และ 20.39 mg/100g ตามลำดับ ไม่ได้แสดงข้อมูลในตาราง) โดยเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันพบว่าการสะสมกรดไขมันในไข่แดงจะขึ้นอยู่กับชนิด และปริมาณของกรดไขมันในอาหารที่ได้รับ (Hargis, 1991) โดยการศึกษาของ Cachaldora et al. (2006) พบว่าไก่ไข่มีประสิทธิภาพในการสะสมกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในไข่แดง 26% ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านอื่นด้วย ทั้งอายุ พันธุกรรม ขนาดไข่แดง มวลไข่ และแหล่งของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ที่ใช้ในสูตรอาหาร ซึ่งประสิทธิภาพการสะสมกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในไข่แดงจะเพิ่มขึ้นแบบถดถอย เมื่อระดับกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ที่ได้รับจากอาหารสูงขึ้น (Gonzalez-Esquerra and Leeson, 2000) จะเห็นได้ว่าเมื่อไก่ไข่ได้รับแหล่งของกรดไขมัน DHA และกรดไขมันโอเมก้า-3 อย่างต่อเนื่องจะทำให้มีปริมาณของกรดไขมันชนิดนี้สะสมในไข่แดงเพิ่มขึ้น แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปปริมาณของกรดไขมันที่สะสมในไข่แดงจะไม่เปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์กรดไขมันโอเมก้า-3 ตลอดการทดลอง

หมายเหตุ : [a–b]Means within a row with different superscript letters significantly different (P<0.05)

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

รูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยพื้น (floor pen) และการเลี้ยงแบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้า (free-range) เป็นรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ทางเลือกที่เน้นการจัดการทางด้านสวัสดิภาพสัตว์ให้สัตว์ได้อยู่อย่างสบาย และมีโอกาสในการแสดงออกของพฤติกรรมตามธรรมชาติที่มากขึ้น เป็นการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในกลุ่มเฉพาะ และเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าสินค้าอีกด้วย

ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ไม่มีผลต่อสมรรถนะการให้ผลผลิต ทั้งผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ FCR คุณภาพไข่ และปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่ไก่ ($P>0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงไก่ไข่แบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้านั้น จะทำให้สีของไข่แดงเข้มขึ้นกว่าไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงบนกรง และการเลี้ยงแบบปล่อยพื้น ($P<0.05$) นอกจากนี้ไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงในแบบที่มีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้านั้นจะมีการสะสมกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ที่เพิ่มสูงขึ้น รวมถึงมีอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 ต่อกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ที่ลดลง

5.2 ข้อเสนอแนะ

การเลี้ยงไก่ไข่ทางเลือกในโรงเรือนเปิดต้องมีการจัดการด้านการป้องกันและระบายความร้อนที่ดี รวมถึงการระบายความชื้นในช่วงเวลาที่มีความชื้นสูง โดยการมีพัดลมระบายอากาศเสริมในช่วงอุณหภูมิและความชื้นสูง รวมถึงการออกแบบโรงเรือนในการถ่ายเทอากาศที่ดีจะช่วยลดผลกระทบด้านความเครียดที่เกิดจากความร้อนที่มีต่อไก่ไข่ได้

นอกจากนี้จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าการเลี้ยงไก่แบบมีพื้นที่ปล่อยสู่แปลงหญ้าจะให้ไข่ที่มีสีไข่ไก่ที่เข้มขึ้น และมีองค์ประกอบของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในไข่สูงขึ้น เนื่องจากได้รับหญ้าเป็นอาหารเสริม ดังนั้นหากมีการเลี้ยงไก่ไข่แบบมีพื้นที่ปล่อยสู่ภายนอกและมีการปลูกหญ้าในแปลงปล่อยจะเป็นแนวทางในการเพิ่มจุดเด่นของไข่ไก่ที่เลี้ยงในรูปแบบนี้ได้ แต่เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ทำขึ้นในฟาร์มวิจัยขนาดเล็กซึ่งมีพื้นที่จำกัดสำหรับแปลงหญ้า รวมถึงการออกแบบพื้นที่แปลงหญ้าที่มีความยาวของแปลงมากเกินไป จะทำให้ไก่ใช้ประโยชน์จากหญ้าได้ไม่เต็มที่ ควรมีการหมุนเวียนหรือคำนึงถึงรูปแบบของแปลงปล่อยให้ไม่กว้างหรือยาวจนเกินไป รวมถึงมีการสร้างร่มเงาสำหรับให้ไก่ไข่ เพื่อให้ไก่ไข่มีการใช้ประโยชน์จากแปลงหญ้าได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

จารุวรรณ์ ศิริพรรณพร. (2554). **บทบาทของอาหารต่อการควบคุมไขมันในเลือด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.rmutphysics. com/charud/oldnews/84/chemistry/choles1.htm

จุรีรัตน์ สัจจิพานนท์, สิงห์ ไชยวงค์, ศุภสิน สุริยะ และชาญชัย มณีดุลย์. (2528). **อัตราปุ๋ยและวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้ารูซี่**. รายงานผลงานวิจัย กองอาหารสัตว์.

ชาญชัย มณีดุลย์, บัญชา สัจจาพันธ์, จีระวัชร์ เข็มสวัสดิ์, อนันต์ ภู่สิทธิกุล, ปัทมา ธิติธนาพรพงศ์ และวัชรินทร์ วากะมะ. (2529). **โภชนะที่ย่อยได้ของหญ้ารูซี่**. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์.

มณีรัตน์ อังศุศรีวงศ์. (2539). น้ำมันปลา อาหารเสริมเพื่อสุขภาพ. **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ** 44(140): 6-8.

มาตรฐานสินค้าเกษตร. (2553). **การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่ไข่**. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2548). **เกษตรอินทรีย์ เล่ม 2 : ปศุสัตว์อินทรีย์**. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วิยดา เทพหัตถี, ศศิวิมล แสวงผล, เชฏฐ์ สาทรกิจ และทยา เจนจิตติกุล. (2554). สารานุกรมผลิตผลและผลิตภัณฑ์จากพืชในซุปเปอร์มาร์เก็ต ฉบับคอมพิวเตอร์. **สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล**.

ศูนย์ข้อมูลสุขภาพกรุงเทพ. (2554). [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.bangkokhealth.com

ศูนย์ปศุสัตว์อินทรีย์ กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์. (2553). **การเลี้ยงไก่ไข่อินทรีย์แบบปล่อย**. กรมปศุสัตว์. 1-30 หน้า.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2551). **เกษตรอินทรีย์ไทยโอกาสก้าวไกล หากภาครัฐเร่งยกระดับมาตรฐานการผลิต** [ออนไลน์]. ได้จาก: https://www.kasikornresearch.com/TH/K-EconAnalysis/Pages/ViewSummary.aspx?docid=14345

สถานีพัฒนาอาหารสัตว์ประจวบคีรีขันธ์. (2554). **การสาธิตการเลี้ยงโคเนื้อภายใต้ระบบการปล่อยแทะเล็ม** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.dld.go.th/nspk_pkk/ac02.html.

สาโรช ค้าเจริญ. (2542). **อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Abrati, F. (2006). **Influenza del sistema di allevamento e dell' età dell' ovaiola sulla qualità dell'uovo in guscio**. MS Università degli Studi di Milano.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990). **Official methods of analysis of the association of offcial analytical chemist**. (15th ed.). Washington DC.

Basmacioglu, H., and Ergul, M. (2005). Research on the factors affecting cholesterol content and some other characteristics of eggs in laying hens. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**. 29: 157-164.

Bilcik, B., and Keeling, L. J. (1999). Changes in feather condition in relation to feather pecking and aggressive behavior in laying hens. **British Poultry Science**. 40: 444-451.

Cherian, G., Holsonbake, T. B., and Goeger, M. P. (2002). Fatty acid composition and egg components of specialty eggs. **Poultry Science**. 81: 30-33

Castellini, C., Mugnai, C., and Dal Bosco, A. (2002). Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. **Meat Science**. 60: 219-225.

Compassion in World Farming Trust. (2006). **The way forward for Europe's egg industry: keeping the ban on battery cages in 2012** [On-line]. Available: http://www.ciwf.org

Donaldson, C. J., and O'Connell, N. E. (2012). The influence of access to aerial perches on fearfulness, social behavior and production parameters in free-range laying hens. **Applied Animal Behavior Science**. 142: 51-60.

Fanatico, A. (2006). **Alternative poultry production systems and outdoor access** [On-line]. Available: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/animalwelfare/poultryoverview.pdf

Fredriksson, S., Elwinger, K., and Pickova, J. (2005). Fatty acid and carotenoid composition of egg yolk as an effect of microalgae addition to feed formula for laying hens. **Food Chemistry**. 99: 530-537.

French, P., Stanton, C., Lawless, F., Riordan, E. G. O., Monahan, F. J., Caffrey, P. J., and Moloney, A. P. (2000). Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. **Journal of Animal Science**. 78: 2849-2855.

Folch, J., Lees, M., and Sloane-Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**. 226: 497-509.

Hidalgo, A., Rossi, M., Clerici, F., and Ratti, S. (2008). A market study on the quality characteristics of eggs from different housing systems. **Food Chemistry**. 106: 1301-1308.

Holt, P. S., Davies, R. H., Dewulf, J., Gast, R. K., Huwe, J. K., Jones, D. R., Waltman, D., and Willian, K. R. (2011). The impact of different housing systems on egg safety and quality. **Poultry Science**. 90: 251-262.

Honda, A., Salen, G., Nguyen, L. B., Tint, G. S., Batta, A. K., and Shefer, S. (1998). Down-regulation of cholesterol biosynthesis in sitosterolemia: diminished activities of acetoacetyl-CoA thiolase, 3 -hydroxy-3-methylglutaryl-CoA synthase, reductase, squalene synthase and 7-dehydrocholesterol *D*7-reductase in liver and mononuclear leukocytes. **Journal of Lipid Research**. 39.

Horsted, K., Hermansen, J. E., and Hansen, H. (2007). Botanical composition of herbage intake of free-range laying hens determined by microhistological analysis of faeces. **Archiv fur Geflugelkunde**. 71(4): 145-151.

Husak, R. L., Sebranek, J. G., and Bregendahl, K. (2008). A survey of commercially available broilers marketed as organic, free-range, and conventional broilers for cooked meat yields, meat composition, and relative value. **Poultry Science**. 87: 2367-2376.

Lantinga, E. A, Neuteboom, J. H., and Meijs, J. A. C. (2004). Sward methods. In E. A. Lantinga (ed). **Herbage Intake Handbook** (pp. 23-52). The British Grassland Society.

Leeson, S. (2001). Feeding programs for laying hens. **ASA Techical Bulletin**. 49.

Leyendecker, M., Hamman, H., Hartung, J., Kamphues, J., Neumann, U., Surie C., and Distl, O. (2005). Keeping laying hens in furnished cages and aviary housing system enhances their bone stability. **Journal of British Poultry Science**. 46: 536-544

Lopez-Bote, C. J., Sanz Arias, R., Rey, A. I., Castano, A., Isabel, B., and Thos, J. (1998). Effect of free-range feeding on *n*y3 fatty acid and a-tocopherol content and oxidative stability of eggs. **Animal Feed Science Technology**. 72: 33-40

Lymbery, P. (1997). Beyond the battery: A welfare charter for laying hens : a compassion in world farming report. UK: CIWF Trust. 36 p.

Matt, D., Veromann, E., and Luik, A. (2009). Effect of housing systems on biochemical composition of chicken eggs. **Agronomy Research**. **7**: 662-667.

McNaughton, J. L. (1978). Effect of dietary fiber on egg yolk, liver, and plasma cholesterol concentrations of the laying hen. **Journal of Nutrition**. 108: 1842-1848.

Metcalfe, L. D., Schmitz, A. A., and Pelka, J. R. (1966). Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. **Analytical Chemistry**. 38: 514-515.

Minelli, G., Sirri, F., Folegatti, E., Meluzzi, A., and Franchini, A. (2007). Egg quality traits of laying hens reared in organic and conventional systems. **Italian Journal of Animal Science**. 6: 728-730.

Moritz, J. S., Parsons, A. S., Buchanan, N. P., Baker, N. J., Jaczynski, J., Gekara, O. J., and Bryan, W. B. (2005). Synthetic methionine and feed restriction effects on performance and meat quality of organically reared broiler chickens. **Applied Poultry Research**. 14: 521-535.

National Research Council. (1994). **Nutrient requirements of poultry** (9th ed.). Washington, DC: National Academy Press.

Navara, K. J., and Pinson, S. E. (2010). Yolk and albumen corticosterone concentrations in eggs laid by white versus brown caged laying hens. **Poultry Science**. 89: 1509-1513.

Petek, M., Alpay, F., Gezen, S. S., and Cibik, R. (2009). Effects of housing system and age on early stage egg production and quality in commercial laying hens. **The Journal of the Faculty of Veterinary Medicine, University of Kafkas**. 15(1): 57-62.

Pignoli, G., Rodriguez-Estrada, M. T., Mandrioli, M., Barbanti, L., Rizzi, L., and Lercker, G. (2009). Effects of different rearing and feeding systems on lipid oxidation and antioxidant capacity of freeze-dried egg yolks. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 57(24): 11517-11527.

Pistekova V., Hovorka, M., Vecerek, V., Strakova, E., and Suchy, P. (2006). The quality comparison of eggs laid by laying hens kept in battery cages and in a deep litter system. **Czech Journal of Animal Science**. 51: 318-325.

Poultrypro. (2010). **Feeding programs for laying hens : heat stress** [On-line]. Available: http://www.poultrypro.com

Rizzi, C., and Chiericato, G. M. (2010). Chemical composition of meat and egg yolk of hybrid and Italian breed hens reared using on and organic production system. **Poultry Science**. 89: 1239-1251.

Rivera-Ferr, M. G., Lantinga, E. A., and Kwakkel, R. P. (2007). Herbage intake and use of outdoor area by organic broilers : effects of vegetation type and shelter addition. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences**. 54(3): 279-291.

Roberts, J. R. (2004). Factor affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. **Journal of Poultry Science**. 41: 161-177.

Rossi, M., and De Reu, K. (2011). Alternative hen housing systems and egg quality. **Woodhead Publishing Limited**. 1: 351-375

Rowe, A., Macedo, F. A. F., Visentainer, J. V., Souza, N. E., and Matsushita, M. (1999). Muscle composition and fatty acid profile in lambs fattened in drylot or pasture. **Meat Science**. 51(4): 283-288.

Samman, S., Kung, F. P., Carter, L. M., Foster, M. J., Ahmad, Z. I., Phuyal, J. L., and Petocz, P. (2009). Fatty acid composition of certified organic, conventional and omega-3 eggs. **Food Chemistry**. 116: 911-914.

Shimmura, T., Hirahara, S., Eguchi, Y., Uetake, K., and Tanaka, T. (2007). Behavior physiology performance and physical condition of layers in conventional and large furnished cage in hot environment. **Journal of Animal Science**. 78: 314-322.

Shini, S. (2003). Physiological responses of laying hens to alternative housing system. **Journal of Poultry Science**. 5: 357-360.

Silversides, F. G., Korver, D. R., and Budgell, K. L. (2006). Effect of strain of layer and age at photostimulation on egg production, egg quality, and bone strength. **Poultry Science**. 85: 1136-1144.

Simopoulos, A. P. (2008). Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. **Experimental Biology and Medicine**. 233: 674-688.

Singh, K., Cheng, K. M., and Silversides, F. G. (2009). Production performance and egg quality of four strains of laying hens kept in conventional cages and floor pens. **Poultry Science**. 88: 256-264.

SPSS. (2004). **User's Guide, Version 13.0 SPSS Inc**. Chicago.

Tuason, R., Wahlstrom, A., and Abrahamsson, P. (1999). Effect of two floor housing system and cages on health, production, and fear response in layers. **Journal of Applied Poultry Science**. 8: 152-159.

Van Den Brand, H., Parmentier, H. K., and Kemp, B. (2004). Effects of housing system (outdoor vs cages) and age of laying hens on egg characteristics. **British Poultry Science**. 45(6): 745-752.

Vits, A., Weitzenburger, D., Hamann, H., and Distl, O. (2005). Production, egg quality, bone strength, claw length, and keel bone deformities of laying hens housed in furnished cages with different group sizes. **Poultry Science**. 84: 1511-1519.

Wang, X. L., Zheng, J. X., Ning, Z. H., Qu, L. J., Xu, G. Y., and Yang, N. (2009). Laying performance and egg quality of blue-shelled layers as affected by different housing systems. **Poultry Science**. 88: 1485-1492.

Weggemans, R. M., Zock, P. L., and Katan, M. B. (2001). Dietary cholesterol from eggs increases the ratio of total cholesterol to high-density lipoprotein cholesterol in humans : A meta-analysis. **The American Journal of Clinical Nutrition**. 73: 885-891.

Woods, V. B., and Fearon, A. M. (2009). Dietary sources of unsaturated fatty acids for animals and their transfer into meat, milk and eggs : A review. **Livestock Science**. 126: 1-20.

Yakubu, A., Salako, A. E., and Ige, A. O. (2007). Effects of genotype and housing system on the laying performance of chickens in different seasons in the semi-humid tropics. **International Journal of Poultry Science**. 6(6): 434-439.

Zimmerman, P. H., Lindberg, A. C., Pope, S. J., Glen, E., Bolhuis, J. E., and Nicol, C. J. (2006). The effect of stocking density, flock size and modified management on laying hen behavior and welfare in a non-cage system. **Applied Animal Behaviour Science**. 101: 111-124.

ภาคผนวก

วิธีการดำเนินงานทางห้องปฏิบัติการ

ภาคผนวก

วิธีการดำเนินงานทางห้องปฏิบัติการ

1. การวิเคราะห์ Fatty acid ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Folch et al. (1957) และ Metcalfe et al. (1966)

การเตรียมสาร Standard

การเตรียมสาร Internal standard fatty acid

ใช้ C17 : 0 (Heptadecanoic) เป็น internal standard ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยทำการชั่งสารละลาย C17 : 0 (Heptadecanoic) 1 กรัม ลงใน volumetric flask ขนาด 500 มิลลิลิตร และใช้สาร hexane ปรับปริมาตรจนครบ

สารเคมี (ต่อ 1 ตัวอย่าง)

1. Chloroform-methanol (2 : 1)	90 ml
2. Chloroform	30 ml
3. DI water	30 ml
4. 0.58% NaCl	5 ml

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
2. เครื่องปั่น Homogenizer
3. กรวยแยกพร้องขาตั้ง
4. กรวยกรอง
5. กระดาษกรอง
6. กระบอกตวงขนาด 50 ml และ 100 ml
7. Micropipette ขนาด 1 ml
8. ขวดฝาเกลียว

วิธีการ

1. ชั่งไข่แดง 5 กรัม
2. เติม chloroform-methanol (2 : 1) ปริมาตร 90 ml
3. ปั่นด้วยเครื่อง Homogenizer 2 นาที
4. เติม chloroform 30 ml และปั่นอีก 2 นาที
5. กรองด้วยกระดาษกรอง
6. เติมน้ำ DI ปริมาตร 30 ml
7. เติม 0.58% NaCl ปริมาตร 5ml
8. เขย่าให้เท่ากันแล้ววางทิ้งไว้ 1 คืนให้แยกชั้น (ต้องใช้ฟอยด์ห่อไม่ให้แสงเข้า)
9. เก็บชั้นของไขมันใส่ขวดฝาเกลียว (ใช้ฟอยด์ห่อ)
10. เก็บที่-20ºC

การเตรียมสารละลายไขมันเพื่อฉีด Gas chromatography (GC)

1. N_2
2. 0.5 N NaOH/MeOH ปริมาตร 1.5 ml
3. 14%BF_3 /MeOH ปริมาตร 2 ml
4. Internal standard (C17 : 0 2 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร in Hexane) ปริมาตร 1 ml
5. น้ำ DI ปริมาตร 10 ml
6. Hexane ปริมาตร 5 ml
7. Na_2SO_4

อุปกรณ์

1. Tube ฝาเกลียวที่ปิดสนิท แก๊สผ่านไม่ได้ 2 tube/sample
2. Vial สีชา พร้อมชุดฝาปิด 1 ชุด
3. Micropipette 1 ml พร้อม tip สีฟ้า สำหรับดูดสารละลายและสารเคมี
4. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
5. เครื่องให้ความร้อน 100ºC
6. Cylinder 25 ml หรือ 10 ml สำหรับตวงน้ำ DI 1 อัน
7. นาฬิกาจับเวลา
8. Pipette 5 ml สำหรับดูด Hexane 1 อัน
9. ช้อนตักสารสำหรับ Na_2SO_4

10. เครื่อง Mixer

11.Rack วาง tube 1-2

12. Beaker 50 ml 2 อัน

13. Beaker 100 ml 2 อัน

วิธีการ

1. ชั่ง tube แก้วและฝา จดบันทึกน้ำหนักไว้ (A)
2. ดูดสารละลายไขมันที่สกัดได้จากเนื้อใส่ tube ที่ชั่งแล้วปริมาตร 4 ml
3. Dry ด้วย N_2 จนตัวสารละลายแห้งหมด เหลือเฉพาะกรดไขมันอยู่ใน tube
4. ชั่ง tube ภายหลังการ dry ด้วย N_2 จดบันทึกไว้ (B)
5. เติม 0.5 N NaOH/MeOH ปริมาตร 1.5 ml
6. Dry ด้วย N_2 (เพื่อไล่ O_2 คือให้ N_2 เข้าไปแทนที่ O_2 แล้วปิดฝาให้สนิท)
7. ให้ความร้อน 100ºC นาน 5 นาที
8. เขย่า 1-2 ครั้ง แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
9. เปิดฝาเติม 14%BF_3 /MeOH ปริมาตร 2 ml
10. Dry ด้วย N_2 แล้วปิดฝา
11. เติม internal standard (C17 : 0 2 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร in Hexane) ปริมาตร 1 ml
12. Dry ด้วย N_2 แล้วปิดฝา
13. ให้ความร้อน 100ºC นาน 5 นาที
14. เขย่า 1-2 ครั้ง แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
15. เปิดฝาเติม น้ำ DI ปริมาตร 10 ml และ Hexane ปริมาตร 5 ml
16. ปิดฝาเขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งไว้ให้แยกชั้น (แยกเร็ว)
    (ในกรณีไม่แยกชั้นทันทีให้นำไป centrifuge ที่ 10ºC 5,000 rpm เวลา 15 นาที)
17. ตัก Na_2SO_4 ประมาณปลายช้อนตักสาร ใส่ลงใน tube ฝาเกลียว (tubeใหม่)
18. เมื่อสารละลายแยกชั้นแล้วใช้ Micropipette ดูดชั้น Hexane (ชั้นบนมาใส่ tube ฝาเกลียวที่มี Na_2SO_4 อยู่เพื่อ dry น้ำที่ติดมากับชั้น Hexane ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที)
19. ดูดสารละลายชั้นบนที่ dry น้ำใส่ Vial สีชา 1 ml เพื่อนำไปฉีดเข้าเครื่อง GC

Condition of gas chromatography

Column : Supelco SP 2560

Column Length : 100 m x 250 μm

Injector temperature : 260ºC

Column temperature : initial 70ºC final temperature 240ºC

Detector : FID 260ºC

Flow rate : 1.0 ml/min

ตารางที่ ก.1 ชนิดของกรดไขมันที่ใช้เป็นมาตรฐานในการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง gas chromatography (Supelco 37 Component FAME Mix)

No.	Component	Weight (%)
1	C4 : 0 (Butryic)	4
2	C6 : 0 (Caproic)	4
3	C8 : 0 (Caprylic)	4
4	C10 : 0 (Capric)	4
5	C11 : 0 (Undecanoic)	2
6	C12 : 0 (Lauric)	4
7	C13 : 0 (Tridecanoic)	2
8	C14 : 0 (Myristic)	4
9	C14 : 1 (Myristoleic)	2
10	C15 : 0 (Pentadecanoic)	2
11	C15 : 1 (cis-10-Pentadecenoic)	2
12	C16 : 0 (Palmitic)	6
13	C16 : 1 (Palmitoleic)	2
14	C17 : 0 (Heptadecanoic)	2
15	C17 : 1 (cis-10-Heptadecenoic)	2
16	C18 : 0 (Stearic)	4
17	C18 : 1n9c (Oleic)	4
18	C18 : 1n9t (Elaidic)	2
19	C18 : 2n6c (Linoleic)	2
20	C18 : 2n6t (Linolelaidic)	2

ตารางที่ ก.1 ชนิดของกรดไขมันที่ใช้เป็นมาตรฐานในการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง gas chromatography (Supelco 37 Component FAME Mix) (ต่อ)

No.	Component	Weight (%)
21	C18 : 3n6 (g-Linolenic)	2
22	C18 : 3n3 (a-Linolenic)	2
23	C20 : 0 (Arachidic)	4
24	C20 : 1n9 (cis-11-Eicosenoic)	2
25	C20 : 2 (cis-11, 14-Eicosadienoic)	2
26	C21 : 1 (Henicosanoic)	2
27	C22 : 0 (Behenic)	4
28	C20 : 3n6 (cis-8, 11, 14-Eicosatrienoic)	2
29	C22 : 1n9 (Erucic)	2
30	C20 : 3n3 (cis-11, 14, 17-Eicosatrienoic)	2
31	C20 : 4n6 (Arachidonic)	2
32	C23 : 0 (Tricosanoic)	2
33	C22 : 2 (cis-13, 16-Docosadienoic)	2
34	C24 : 0 (Lignoceric)	4
35	C20 : 5n3 (cis-5, 8, 11, 14, 17-Eicosapentaenoic)	2
36	C24 : 1n9 (Nervonic)	2
37	C22 : 6n3 (cis-4, 7, 10, 13, 16, 19-Docosahexaenoic)	2

2. การวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอล

การเตรียมสาร internal standard cholesterol

สาร internal standard cholesterol จะเตรียมให้มีความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยทำการชั่งสารละลาย 5α-cholestane 25 มิลลิกรัม ลงใน volumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร และใช้สาร hexane ปรับปริมาตรจนครบ

การเตรียม Working standard โดยการนา stock standard cholesterol ปิเปตมาปริมาตร 0.05 0.1 0.25 0.5 1 2.5 มิลลิลิตร ลงใน volumetric flask ขนาด 10 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยสาร hexane เพื่อให้มีระดับความเข้มข้นเท่ากับ 0.05 0.1 0.25 0.5 1 และ 2.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง
2. ชุด Reflux
3. ปิเปตต์
4. Vortex
5. ขวด Vial

สารเคมี

1. Ethanol-methanol-isopropanal (90 : 5 : 5 v/v/v)
2. 60% KOH
3. Hexane
4. DI water
5. Internal standard (5-cholestane ใน hexane 0.1 มิลลิกรัม/มิลลิกรัม)

ขั้นตอน

1. ชั่งไข่แดง 5 กรัม ใส่ใน Round bottom flask
2. เติม Ethanol-methanol-isopropanol (90 : 5 : 5 v/v/v) ปริมาตร 20 มิลลิกรัม เติม 60% KOH ปริมาตร 5 มิลลิกรัม (1 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 1 กรัม) เขย่าให้เข้ากัน
3. ทำการ reflux เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (เริ่มนับจากตัวอย่างเดือด) นำมาวางให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง
4. เติม Hexane ปริมาตร 100 มิลลิลิตร และผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที
5. เติมน้ำ DI ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 15 นาที จะเห็นการแยกชั้นของ Hexane อย่างชัดเจนด้านบน
6. ทำการปิเปตสารละลายมา ปริมาตร 12.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง
7. ทำให้แห้ง (dry) ด้วยก๊าซไนโตรเจน (N_2)
8. นำส่วนที่แห้งมาละลายด้วย internal standard ปริมาตร 1 มิลลิลิตร
9. ดูดใส่ vial นำไปวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลด้วย Gas chromatography (Hewlett Packard, HP 6890 series GC system)

ประวัติผู้เขียน

นางสาวบัณฑิตา ทักขนนท์ เกิดเมื่อวันที่ 3 พฤศจิกายน พ.ศ. 2530 ที่อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนอุดรพิทยานุกูล อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร ในปีการศึกษา 2552 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา หลังจากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี