ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

สัตวบาล | สัตวบาล

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหารต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมันในไก่ไข่

Factor Affecting of Dietary Protein and Methionine Levels on Lipid Metabolism of Layers

นามผู้วิจัย นางสาวรัตนา นึกเร็ว

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์กัญนะ มากวิจิตร์, Dr.Med.Vet.)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัมรรัตน์ พรหมบุญ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์พรศรี ชัยรัตนายุทธ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 27 **เดือน** กุมภาพันธ์ **พ.ศ.** 2549

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหารต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมันในไก่ไข่

Factor Affecting of Dietary Protein and Methionine Levels on Lipid Metabolism of Layers

โดย

นางสาวรัตนา นึกเร็ว

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
พ.ศ. 2549

ISBN 974-16-1129-3

รัตนา นึกเร็ว 2549: ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหารต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมันในไก่ไข่ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาสัตวบาล ภาควิชาสัตวบาล ประธานกรรมการที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์, Ph.D. 127 หน้า
ISBN 974-16-1129-3

ศึกษาผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหารต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมันในไก่ไข่ โดยใช้ไก่ไข่พันธุ์แบ็บค็อก บี – 380 อายุ 21 ถึง 48 สัปดาห์ จำนวน 1,152 ตัว ในโรงเรือนระบบปิด วางแผนการทดลองแบบ 3 × 4 Factorial in Completely Randomized Design อาหารทดลองมีโปรตีน 3 ระดับ คือ 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ เสริมเมทไธโอนีนสัดส่วนโปรตีนต่อเมทไธโอนีน (CP:Met) เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 ไก่ไข่ถูกแบ่งออกเป็น 12 กลุ่ม ๆ ละ 6 ซ้ำ ๆ ละ 16 ตัว ได้รับน้ำและอาหารอย่างเต็มที่ พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักไข่ มวลไข่ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.01$) ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลองและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) ระดับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ต้นทุนอาหารต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัมสูงที่สุด การศึกษาองค์ประกอบของไขมัน แบ่งออกเป็น 2 ช่วงอายุ (21-33 และ 33-48 สัปดาห์) ที่อายุ 33 สัปดาห์ พบว่าไก่ที่ได้รับโปรตีนในระดับสูง ทำให้เปอร์เซ็นต์ไข่แดง ระดับ Phospholipid ในไข่แดงและระดับ Triiodothyronine (T3) ในซีรั่ม ลดลง ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ มีสัดส่วนของ Phospholipid:Cholesterol ในไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 และ 16 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) การเสริมเมทไธโอนีนในโปรตีนแต่ละระดับ ทำให้น้ำหนักไข่แดงและ Cholesterol ในไข่แดงสูงขึ้น ไก่ไข่ที่ได้รับเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 36.84 มีระดับ Phospholipid ในไข่แดงสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ($P<0.05$) การศึกษาไก่ไข่อายุ 48 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ มี Triglyceride ในตับและระดับ T3 ในซีรั่ม ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 และ 16 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) จึงสรุปได้ว่าโปรตีนและเมทไธโอนีน มีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมัน โดยเฉพาะ Cholesterol และ Phospholipid ในซีรั่มและไข่แดง

รัตนา นึกเร็ว — ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อประธานกรรมการ

22 / ก.พ. / 49

Rattana Nukraew 2006: Factor Affecting of Dietary Protein and Methionine Levels on Lipid Metabolism of Layers. Master of Science (Agriculture), Major Field: Animal Science, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Associate Professor Chiyapoom Bunchasak, Ph.D. 127 pages.
ISBN 974-16-1129-3

This study was conducted to evaluate the effect of protein (CP) and methionine (Met) levels in diet on lipid metabolism in laying hens. One thousand one hundred and fifty two laying hens (Bebcock B -380 at 21 week of age) were used and raised in closed house system. The design was completely randomized design with 3×4 factorial in CRD of treatments. Three constant protein levels were 14, 16 and 18 % and four levels of CP:Met ratio were assigned at 51.62, 46.67, 36.84 and 31.82 respectively. The hens were divided into twelve groups (each treatment consisted with 6 replications, 16 hens each). Feed and water were available *ad libitum*. The results indicated that hens received at level of 16 and 18 % CP produced better egg weight, body weight, egg mass and feed conversion than at level of 14 % CP groups ($P<0.01$). However, the hens fed with 18 % CP revealed more expensive production cost than 14 and 16 % CP groups ($P<0.05$). As for the lipid fraction parameters, which were divided into 2 periods (21-33 and 33-48 weeks age range). At 33 weeks of age, for high protein consumption (18 % CP) was not significantly decreased yolk %, yolk phospholipids, phospholipid:cholesterol ratio in egg yolk and serum triiodothyronine. Supplementing Met to 14, 16 and 18 % CP diets caused an elevation of yolk weight and yolk cholesterol significantly. Moreover, the hens received at level 36.84 of CP:Met ratio obtained higher yolk phospholipids content than other groups ($p<0.05$). At 48 weeks of age, the hens received 18 % CP diet produced lower liver triglyceride and serum triiodothyronine content than those of 14 and 16 % CP groups ($P<0.05$). In conclusion, dietary CP and Met revealed obviously influence on lipid metabolism of laying hens, particularly cholesterol and phospholipids content in serum and yolk.

Rattana Nukraew — Student's signature

Thesis Advisor's signature — 22 / Feb / 06

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้สนับสนุน ให้คำปรึกษาแนะนำ และอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยนี้ ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. นสพ. กัญจนะ มากวิจิตร์ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมรรัตน์ พรมบุญ กรรมการที่ปรึกษาวิชารอง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัศนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ให้สำเร็จลุลวงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย ขอขอบคุณ บริษัทฟาร์มไก่พันธุ์เกิดเจริญ จำกัด ที่ให้การสนับสนุนพันธุ์ไก่ เพื่อใช้ในการทดลอง ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตสัตว์ปีก สถาบันวิจัยสุวรรณวาจกสิกิจ เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำงานวิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่และพนักงานทุกท่านที่ได้อำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ในระหว่างการทดลอง ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการกายวิภาคและสรีรวิทยา ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ตลอดจนเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน และเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทางเคมี ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้องทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนและคอยให้กำลังใจ ในการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ให้การอบรมสั่งสอนจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ นิสิตปริญญาตรี โทและเอก ภาควิชาสัตวบาล และภาควิชาชีวเคมี ทุกท่านที่ได้ให้การช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

รัตนา นึกเร็ว

กุมภาพันธ์ 2549

สารบัญ

หน้า

สารบัญ..... (1)
สารบัญตาราง..... (2)
สารบัญภาพ..... (5)
คำนำ..... 1
วัตถุประสงค์..... 2
การตรวจเอกสาร.....3
อุปกรณ์และวิธีการ..... 24
อุปกรณ์..... 24
วิธีการทดลอง.....25
ผลและวิจารณ์.....36
สรุป.....100
เอกสารและสิ่งอ้างอิง.....102
ภาคผนวก.....116

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 ระดับความต้องการโปรตีนเพื่อการสร้างไข่ของไก่ไข่……7
2 ความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นและสัดส่วนของกรดอะมิโนจำเป็น
เทียบกับกรดอะมิโนไลซีนในอาหารไก่ไข่ระยะไข่……16
3 สัดส่วนไขมันในพลาสมาและไข่แดงของไก่ไข่……...17
4 ส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารพื้นฐานที่ใช้ในการทดลอง……....26
5 ส่วนประกอบทางโภชนะจากการคำนวณของอาหารพื้นฐานที่ใช้ใน
การทดลอง(3 สูตร) เทียบกับระดับโภชนะตามคำแนะนำของ NRC (1994)
และข้อแนะนำของไก่ไข่พันธุ์ทางการค้า……27
6 สัดส่วนของโภชนะต่าง ๆ จากการคำนวณในอาหารพื้นฐานเปรียบเทียบ
กับคำแนะนำของ NRC (1994) ……...28
7 ระดับกรดอะมิโนในอาหารโปรตีนแต่ละระดับโดยยึดหลัก
โปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)……...29
8 ส่วนประกอบทางเคมีจากการวิเคราะห์ในวัตถุดิบอาหาร……30
9 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของอาหารทดลอง……...31
10 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในและนอกโรงเรือน……..…..38
11 แสดงปริมาณกรดอะมิโนที่ได้รับเทียบกับคำแนะนำของ NRC (1994)……..….40
12 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อน้ำหนักตัว……..…..41
13 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อเปอร์เซ็นต์การตาย……..….43
14 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อปริมาณอาหารที่กิน…….……45
15 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อปริมาณโปรตีนและ
เมทไธโอนีนที่ได้รับ……..48
16 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อเปอร์เซ็นต์ไข่
และน้ำหนักไข่……...51
17 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อมวลไข่……....53

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

18 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อการเปลี่ยนอาหาร
และโปรตีนเป็นน้ำหนักไข่……..56
19 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อต้นทุนอาหารต่อการผลิตไข่……..58
20 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อน้ำหนักไข่แดง……..…..61
21 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนเปอร์เซ็นต์ไข่แดง……..…..62
22 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อน้ำหนักตับ……..……65
23 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อน้ำหนักตับ
(เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว)……66
24 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อปริมาณ
ไตรกลีเซอร์ไรด์ในตับ……..72
25 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อระดับ
ไตรกลีเซอร์ไรด์ในซีรั่ม……73
26 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อปริมาณ
ไตรกลีเซอร์ไรด์ในไข่แดง……74
27 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อปริมาณ
คอเลสอเตอรอลในตับ…….. 80
28 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อระดับ
คอเลสเตอรอลในซีรั่ม…….. 81
29 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อปริมาณ
คอเลสเตอรอลในไข่แดง……..82
30 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อระดับ
ฟอสฟอลิปิดในซีรั่ม……..87
31 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อปริมาณ
ฟอสฟอลิปิดในไข่แดง……88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

32 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อระดับ
ฟอสฟอลิปิด:คอเลสเตอรอลในซีรั่ม……..…92
33 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อปริมาณ
ฟอสฟอลิปิด:คอเลสเตอรอลในไข่แดง……..93
34 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อระดับ
Triiodothyronine ในซีรั่ม……...96
35 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อระดับ
Growth Hormone ในซีรั่ม……..99

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1 แสดงการใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนในอาหาร……...8
2 แสดง ก. โครงสร้างของกรดอะมิโนเมทไธโอนีน
ข. โครงสร้างของซีสตีน……9
3 การสังเคราะห์ S-adenosylmethionine……10
4 การปลี่ยนแปลงเมทไธโอนีนต่อการสังเคราะห์ซีสเตอีน……11
5 แสดงการสังเคราะห์คาร์นิทีน……12
6 แสดงการสังเคราะห์ Creatine……13
7 แสดงวิถีการสังเคราะห์ Triglyceride และ Phospholipids……18
8 แสดงโครงสร้างของฮอร์โมน (ก) T4 และ (ข) T3……20
9 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในและนอกโรงเรือนตลอดระยะเวลาทำการทดลอง……37
10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนที่กินกับเปอร์เซ็นต์ไข่……50

ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหารต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมันในไก่ไข่

Factor Affecting of Dietary Protein and Methionine Levels on Lipid Metabolism of Layers

คำนำ

ไข่เป็นอาหารที่มีประโยชน์สำหรับมนุษย์ ภายในฟองไข่ประกอบไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีนในไข่ไก่นั้นจัดเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง อีกทั้งในไข่ยังมี Phosphatidylcholine (lecithin) ซึ่งเป็น Phospholipid ชนิดหนึ่งที่มี Choline เป็นองค์ประกอบสารนี้มีความสำคัญต่อร่างกายในการเป็นองค์ประกอบของเซลล์สมองและเยื่อหุ้มผนังเซลล์ต่าง ๆ รวมถึงเป็นสารสื่อประสาทเพื่อควบคุมการทำงานของสมอง (Noble, 1985)

เมื่อพิจารณาการบริโภคไข่ของคนไทยพบว่ามีเพียง 132 ฟอง/คน/ปี ซึ่งเป็นจำนวนที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับประเทศอื่น เนื่องจากผู้บริโภคกังวลในเรื่องของระดับ Cholesterol และ Triglyceride ที่สะสมอยู่ในไข่แดง มีรายงานว่าการได้รับ Cholesterol ในอาหารในปริมาณมากจะเหนี่ยวนำให้เกิดปัจจัยเสี่ยงของโรคหลอดเลือดแดงตีบ (Atheroclerosis) และการอุดตันของหลอดเลือดหัวใจ (Thrombosis) จึงทำให้เกิดปัญหาการบริโภคไข่ในปริมาณที่ต่ำของคนไทย ส่งผลให้ราคาไข่ตกต่ำไปด้วย (กรมการค้าภายใน, 2546)

การแก้ไขปัญหาการบริโภคไข่ในประเทศไทย นอกจากการให้ความรู้ที่ถูกต้องในการบริโภคไข่แล้ว ยังต้องมีการศึกษาวิจัยเพื่อผลิตไข่ที่มีคุณภาพ สำหรับช่วยดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค ให้หันมาบริโภคไข่เพิ่มขึ้นและช่วยเพิ่มมูลค่าของไข่ งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า Phospholipid โดยเฉพาะ Phosphatidylcholine สามารถยับยั้งการดูดซึม Cholesterol ได้ และเมทไธโอนีน (Methionine; Met) ยังมีความสัมพันธ์กับกระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมัน โดยเฉพาะกระบวนการสังเคราะห์ Phospholipid ซึ่งทำหน้าที่ให้หมู่เมทธิล (Methyl donor) (Devlin, 1997) อย่างไรก็ตามการศึกษาอิทธิพลของกรดอะมิโนเมทไธโอนีนและโปรตีนต่อปริมาณไขมันชนิดต่าง ๆ เช่น Triglyceride Cholesterol และ Phospholipid ในตับ ซีรั่มและไข่แดงของไก่ไข่ยังไม่แพร่หลาย ขณะ

ที่กระบวนการเมแทโบลิซึมของไขมันในไก่ไข่มีความสำคัญมาก เนื่องจากว่าไก่ไข่ต้องผลิตไขมันจำนวนมาก เพื่อเก็บสะสมไว้ในไข่แดงสำหรับใช้ในการเจริญเติบโตของตัวอ่อน (Noble, 1995) นอกจากนั้นการสังเคราะห์โปรตีนและการสลายไขมันเพื่อใช้เป็นพลังงาน ยังเกี่ยวข้องกับฮอร์โมน Triiodothyronine และ Growth hormone (Friancis, 1983) ดังนั้นการทดลองในครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาสมรรถภาพการผลิต องค์ประกอบของไขมัน รวมถึงระดับ Triiodothyronine และ Growth hormone ในไก่ไข่ เมื่อไก่ไข่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกันและเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในสัดส่วนที่ต่างกัน

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาอิทธิพลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีน ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่
2. ศึกษาอิทธิพลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีน ต่อการเปลี่ยนแปลงไขมันในไก่ไข่
3. ศึกษาอิทธิพลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีน ต่อระดับ Triiodothyronine และGrowth hormone ในซีรั่มของไก่ไข่

ตรวจเอกสาร

โปรตีน

1. ลักษณะทั่วไปของโปรตีน

โปรตีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ ประกอบด้วยธาตุ คาร์บอน ไนโตรเจน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และกำมะถัน โดยมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอยู่ 51-55 % ไฮโดรเจน 6.5-7.3 % ออกซิเจน 21-23 % ไนโตรเจน 15.5-18 % ฟอสฟอรัส 0-1.5 % และกำมะถัน 0.5-2 % จึงทำให้โปรตีนมีโมเลกุลใหญ่และมีน้ำหนักมาก (Robert *et al*. 2000)

โครงสร้างของโปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโนมาเรียงตัวกัน เชื่อมด้วยพันธะเปปไทด์ (Peptide bone) เกิดเป็นสายเปปไทด์ โดยมีบางส่วนเป็นกรดอะมิโนจำเป็น (Essential amino acid) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายของมนุษย์และสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้ หรือสังเคราะห์ได้แต่ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย และส่วนที่เหลือจะเป็นกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (Non essential amino acid) คือเป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายสามารถผลิตได้ โดยเปลี่ยนจากกรดอะมิโนหรือสารอื่นภายในร่างกาย (Rose, 1997)

โปรตีนในธรรมชาติมีเป็นจำนวนมากทั้งโปรตีนธรรมดาที่ประกอบด้วยมอนอเมอร์ (Monomer) ซึ่งมีกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ เรียงกันเป็นสายยาว (Simple protein) และโปรตีนที่มีสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์มาเชื่อมอยู่ (Conjugated protein) เช่น นิวคลีโอโปรตีน (Nucleoprotein) ไลโพโปรตีน (Lipoprotein) และไกลโคโปรตีน (Glycoprotein) นอกจากนั้นโปรตีนยังมีโครงรูป 2 ชนิด คือโปรตีนเส้นใย (Fibrous protein) มีรูปของพอลิเพปไทด์เป็นเส้นยาว ไม่ละลายน้ำ ทำหน้าที่เป็นโปรตีนโครงสร้าง เนื่องจากมีความแข็งแรงและยืดหยุ่นสูง ชนิดที่สองคือ โปรตีนก้อนกลม (Globular protein) ซึ่งมีโครงรูปของสายพอลิเพปไทด์ขดไปมาและอัดแน่นเป็นทรงกลม โปรตีนชนิดนี้ละลายน้ำได้ดี และทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการต่าง ๆ ภายในเซลล์ (พจน์และคณะ, 2543)

2. แหล่งของโปรตีน

โปรตีนพบอยู่ในวัตถุดิบทั้งในพืชและสัตว์ แหล่งอาหารสำหรับมนุษย์ที่มีโปรตีนสูง เช่น เนื้อ นม ไข่ ปลา และถั่วต่าง ๆ เป็นต้น อาหารจากสัตว์ที่มีระดับโปรตีนสูงและมีราคาถูกที่สุด คือ ไข่ ซึ่งไข่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 12 % โดยไข่แดงมีโปรตีนสูงถึง 17.5 % ส่วนในไข่ขาวมีโปรตีน 11.0 % (North and Bell, 1990)

นวลจันทร์ (2544) รายงานว่า แหล่งโปรตีนที่ใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ที่ดีนั้น แบ่งออกเป็น 2 แหล่ง คือแหล่งโปรตีนที่ได้จากพืช เช่น กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง ใบกระถิน เป็นต้น และแหล่งโปรตีนที่ได้จากสัตว์ เช่น ปลาป่น เนื้อและกระดูกป่น หางนมผง เป็นต้น ซึ่งแหล่งโปรตีนที่ได้จากสัตว์จัดเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพดีกว่าโปรตีนที่ได้จากพืช เพราะมีปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็นมากกว่า แต่มีราคาแพง จึงทำให้ใช้โปรตีนจากสัตว์ได้ไม่ควรเกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ประกอบกับโปรตีนที่ได้จากสัตว์ยังมีข้อจำกัดอื่น ๆ เช่น การปนเปื้อนของเชื้อโรค เกลือ หรือสารพิษ ส่วนโปรตีนที่ได้จากพืช เช่น กากถั่วเหลือง ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่มีราคาถูก แต่มักมีปริมาณของเมทไธโอนีนค่อนข้างต่ำ ดังนั้นการใช้โปรตีนจากพืชจำเป็นต้องเสริมกรดอะมิโนที่จำเป็นลงในสูตรอาหารด้วย

3. การย่อยและการดูดซึม

เมื่อโปรตีนเคลื่อนตัวเข้าสู่กระเพาะอาหารจะกระตุ้นเซลล์ภายในกระเพาะอาหารให้หลั่งฮอร์โมนแกสทริน (Gastrin) เพื่อช่วยกระตุ้นเซลล์เยื่อบุกระเพาะอาหารให้หลั่งกรดไฮโดรคลอริกไปช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในรูปที่ทำงานไม่ได้ (Zymogen) ได้แก่ เพปซิโนเจน (Pepsinogen) ให้เป็นเปปซิน (Pepsin) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนในกระเพาะอาหาร (Brody, 1994) จากนั้นโปรตีนที่ถูกย่อยในกระเพาะจะเคลื่อนตัวไปยังลำไส้เล็ก และถูกย่อยด้วยเอนไซม์ทริปซิน (Trypsin) ไคโมทริปซิน (Chymotrypsin) ซึ่งเอนไซม์ทั้ง 3 จะย่อยโปรตีนในตำแหน่งที่จำเพาะแตกต่างกัน จากนั้นโปรตีนที่มีขนาดเล็กจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ คาร์บอกซีเพปติเดส (Carboxypeptidase) และอะมิโนเปปติเดส (Aminopeptidase) จนได้กรดอะมิโนอิสระ (พจน์และคณะ, 2543)

การดูดซึมโปรตีนส่วนใหญ่ถูกดูดซึมในรูปของกรดอะมิโนอิสระบริเวณลำไส้เล็กส่วนกลาง (Jejunum) และมีการดูดซึมในรูปของไดเพปไทด์ (Dipeptide) ซึ่งจะถูกย่อยจนสมบูรณ์เป็นกรดอะมิโนอิสระที่เยื่อบุผนังลำไส้เล็ก จากนั้นกรดอะมิโนอิสระจะถูกขนส่งผ่านผนังลำไส้เล็กเข้าสู่กระแสเลือดและขนส่งต่อไปยังตับเพื่อส่งต่อไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (Brody, 1994)

4. การขนส่งโปรตีน

หลังจากกรดอะมิโนอิสระถูกดูดซึมแล้ว จะถูกขนส่งผ่านชั้นเซลล์เยื่อบุผนังลำไส้ไปยัง Serosa โดยกรดอะมิโนอิสระจะจับกับโปรตีนขนส่งจำเพาะ (Specific transport protein) ซึ่งมีวิตามินบี 6 (Pyridoxal phosphate) ช่วยในการขนส่ง และ Na^+ เป็นตัวพากรดอะมิโนเข้าสู่เซลล์ ขณะที่กระบวนการขนส่งกรดอะมิโนนั้นเป็นแบบ Active transport ซึ่งต้องการพลังงานในรูปของ ATP เพื่อช่วยในการขนส่งด้วย (อาภัสสรา, 2543) เมื่อกรดอะมิโนเข้าสู่ตับแล้วจะถูกขนส่งผ่านกระแสเลือดไปยังอวัยวะต่าง ๆ ภายในร่างกายเพื่อนำไปสังเคราะห์เป็นโปรตีนในร่างกายต่อไป (Stevens, 1996)

5. การขับถ่าย

โปรตีนส่วนใหญ่ที่ถูกดูดซึมจะอยู่ในรูปของกรดอะมิโน สามารถสะสมในรูปของโปรตีนในร่างกายได้ แต่ถ้าได้รับโปรตีนจากอาหารในปริมาณมากเกินความต้องการ ร่างกายจะมีกระบวน การในการกำจัดออก เนื่องจากว่าร่างกายของมนุษย์และสัตว์ไม่สามารถสะสมกรดอะมิโนในรูปกรดอะมิโนอิสระได้ (Stevens, 1996) การกำจัดหมู่อะมิโนต้องอาศัยเอนไซม์ Aminotransferase ย้ายหมู่อะมิโนให้อยู่ในรูปของกลูทามิก (Glutamic) เพื่อนำไปสังเคราะห์ในวัฏจักรยูเรีย (Urea cycle) และถูกขับออกจากร่างกาย โดยในสัตว์ปีกขับออกในรูปของยูริก (Uric acid) ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวปนออกมากับอุจจาระของสัตว์ปีก (ปฐม, 2540) ส่วนโครงคาร์บอน (carbon skeleton) จะถูกสลายต่อเป็นพลังงานและไขมันสะสมในเนื้อเยื่อไขมันต่อไป (บุญล้อม, 2546)

6. ความต้องการโปรตีนในไก่ไข่

ความต้องการโปรตีนในสัตว์จะแตกต่างกันในช่วงอายุและชนิดของสัตว์ โดยสัตว์ที่อยู่ใน ช่วงให้ผลผลิตมีความต้องการโปรตีนเป็นจำนวนมาก เนื่องจากว่าโปรตีนเป็นโภชนะที่สัตว์สร้างขึ้นเองไม่ได้ ต้องได้รับจากอาหารเพื่อใช้สังเคราะห์เป็นโปรตีนที่สะสมในร่างกาย รวมทั้งในเนื้อ นมและไข่ ด้วยเหตุนี้ ในระยะที่สัตว์ต้องการโปรตีน แต่ได้รับไม่เพียงพอกับความต้องการ จึงทำให้การเจริญเติบโตของสัตว์ช้าลงและให้ผลผลิตน้อยลง (นวลจันทร์, 2544) ขณะที่ Peterson *et al,* (1966) รายงานว่าอัตราการเจริญเติบโตของไก่ไข่นั้นสัมพันธ์โดยตรงกับเปอร์เซ็นต์โปรตีน และระดับของกรดอะมิโนในอาหาร การให้อาหารโปรตีนต่ำ ทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตช้า อย่างไรก็ตาม Wiseman (1987) กล่าวว่าความต้องการโปรตีนของไก่ไข่ขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตไข่ มากกว่าเพิ่มน้ำหนักตัว โดยความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพมีอยู่ประมาณ 2-4 กรัม/วัน ขณะที่ความต้องการโปรตีนเพื่อสร้างไข่สูงถึง 12-14 กรัม/วัน เช่นเดียวกับ Fisher (1986) รายงานว่าการสร้างไข่ทุก ๆ 1 กิโลกรัม ไก่ไข่ต้องการโปรตีนเพื่อสร้างไข่ประมาณ 150 กรัม และสร้างไข่ขาว ไข่แดงและเปลือกไข่ อย่างละ 1 กิโลกรัม มีความต้องการโปรตีนประมาณ 130 210 และ 40 กรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 1 นอกจากนั้น NRC (1994) แนะนำว่าระดับโปรตีนในอาหารไก่ไข่ที่อยู่ในช่วงให้ผลผลิตควรอยู่ที่ 16.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามการให้อาหารที่มีปริมาณโปรตีนหรือในอาหารมีกรดอะมิโนตัวใดตัวหนึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ ทำให้การสร้างและการสะสมโปรตีน การเจริญเติบโต รวมถึงการให้ผลผลิตลดลง Reid (1976) รายงานว่าโปรตีนในสูตรอาหาร ระดับ 10 11.5 และ 13.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่เพียงพอต่อความต้องการของไก่ที่จะให้ผลผลิตสูงสุด ขณะที่การเพิ่มระดับโปรตีน 15.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาณไข่และน้ำหนักไข่ดีขึ้น แต่การเพิ่มระดับโปรตีนเป็น 17.5 และ 19.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณโปรตีนที่ได้รับมากเกินความต้องการ และไม่ช่วยให้ผลผลิตไข่เพิ่มขึ้น

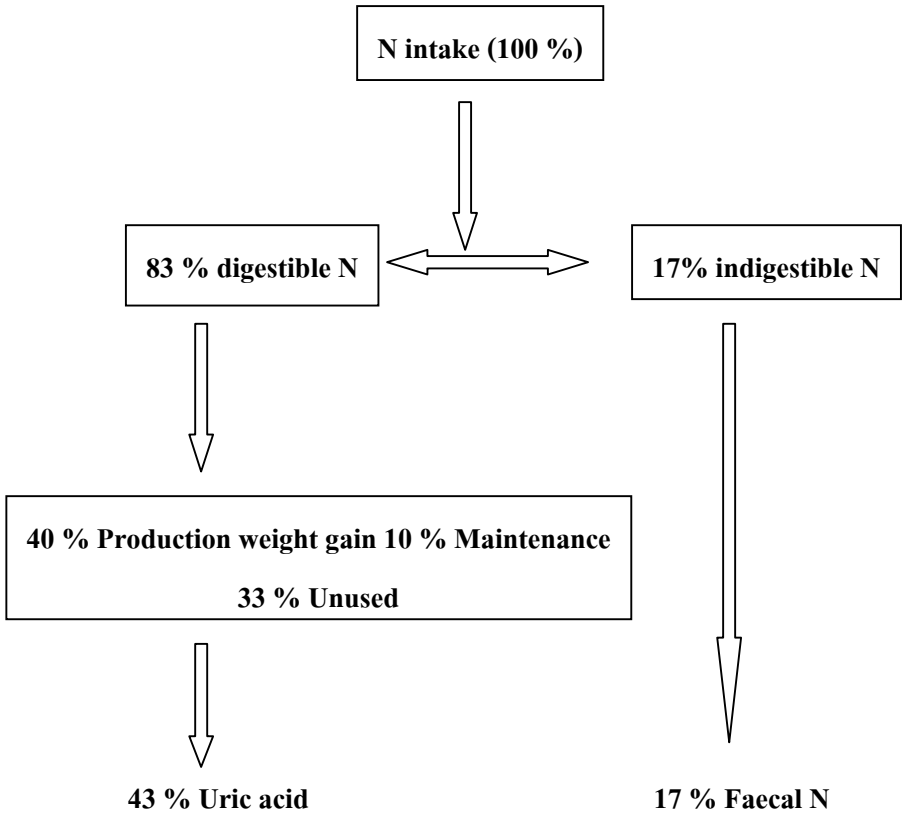
<u>ตารางที่ 1</u> ระดับความต้องการโปรตีนเพื่อการสร้างไข่ของไก่ไข่

ความต้องการโภชนะ	unit	โปรตีน (kg/หน่วย)
การสร้างไข่	1kg	0.15
สร้างไข่แดง	1kg	0.21
สร้างไข่ขาว	1kg	0.13
สร้างเปลือกไข่	1kg	0.04

ที่มา: แปลงจาก Fisher (1986)

7. การใช้อาหารโปรตีนต่ำในไก่ไข่

ปัจจุบันมีการปรับระดับโปรตีนในอาหารไก่ไข่ให้ต่ำลง และปรับสมดุลของกรดอะมิโน เนื่องจากโปรตีนที่สัตว์กินเข้าไป ไก่สามารถใช้ได้เพียง 40 % ส่วนที่เหลืออีกประมาณ 60 % ถูกขับออกจากร่างกาย (Schutte *et al.,* 1983) การลดระดับโปรตีนและปรับสมดุลของกรดอะมิโนโดยการใช้กรดอะมิโนสังเคราะห์ทำให้ไก่สามารถใช้ประโยชน์จากกรดอะมิโนได้มากขึ้น ลดการขับถ่ายกรดอะมิโนส่วนเกิน (แสดงดังภาพที่ 1) จากรายงานที่ผ่านมาพบว่าการลดอาหารโปรตีนในไก่ไข่ลงเหลือ 14 % และเสริมเมทไธโอนีนในอาหารช่วยให้ประสิทธิภาพการผลิตเทียบเท่ากับการใช้โปรตีนในอาหาร 16 % (Sell and Roglor, 1983) นอกจากนั้นการลดระดับโปรตีนในอาหารลงเหลือ 14 เปอร์เซ็นต์ และเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีน ยังสามารถลด Heat Increment ที่เกิดจากการย่อยโปรตีน และร่างกายยังสามารถดูดซึมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนได้เร็วขึ้น ขณะที่ธีรวิทย์ (2547) พบว่าการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารโปรตีน 14 % ทำให้เปอร์เซ็นต์ไข่เทียบเท่ากับกลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 16 % นอกจากนั้นมีรายงานถึงการลดระดับโปรตีนในอาหารว่ายังเพิ่มประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและลดปริมาณไนโตรเจนที่ถูกขับออกมากับมูล (Lessen *et al.,* 1991)

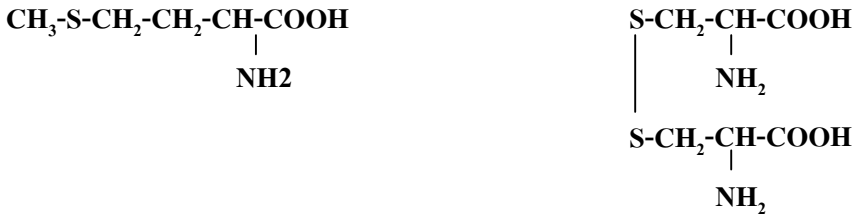


<u>ภาพที่ 1</u> แสดงการใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนในอาหาร
ที่มา: แปลงจาก Schutte *et al*., (1983)

<u>กรดอะมิโนเมทไธโอนีน</u>

1. ลักษณะทั่วไปของกรดอะมิโนเมทไธโอนีน

กรดอะมิโนเมทไธโอนีน (Methionine) เป็นกรดอะมิโนหนึ่งใน 20 ชนิดที่มีความสำคัญทางด้านโภชนศาสตร์ และเป็นกรดอะมิโน 1 ใน 10 ชนิดที่ถูกจัดเป็นกรดอะมิโนที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย (Essential amino acid) เนื่องจากร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้ จำเป็นต้องรับจากอาหารที่กินเข้าไป (เพิ่มศักดิ์, 2533) กรดอะมิโนเมทไธโอนีน จัดอยู่ในกลุ่มของกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบเช่นเดียวกับ กรดอะมิโนซีสตีน (Cystine) (อาภัสสรา, 2543) แต่ซีสตีนนั้นเป็นกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (Non essential amino acid) เนื่องจากร่างกายสามารถสังเคราะห์ขึ้นจากกรดอะมิโนตัวอื่นได้ (NRC, 1984) โครงสร้างของเมทไธโอนีนและซีสตีน แสดงดังภาพที่ 2



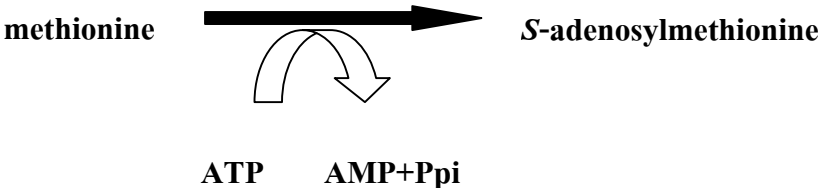
Methionine (ก) **Cystine (ข)**

<u>ภาพที่ 2</u> ก. โครงสร้างของกรดอะมิโนเมทไธโอนีน ข. โครงสร้างของกรดอะมิโนซีสตีน
ที่มา: Robort *et al*., (2000)

ตามปกติพบกรดอะมิโน 2 รูปคือ รูป D- form หรือเรียกว่า Right hand isomer และ L-form หรือ Left-hand isomer แต่รูปที่กรดอะมิโนสามารถนำไปสร้างเป็นโปรตีนคือ รูป L-form ดังนั้นในส่วนของ D-form ต้องถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูป L-form ก่อน (Dibner and Knight, 1984) แต่เมทไธโอนีนที่ทางการค้าจะอยู่ในรูป DL-Methionine ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็น L-Methionine ในร่างกายสัตว์ได้ (นวลจันทร์, 2544) โดยอาศัยเอนไซม์ D-amino acid oxidase เพื่อเปลี่ยน D-Methionine เป็น Keto-Methionine จากนั้นผ่านกระบวนการ Transamination เปลี่ยนเป็น L-Methionine ด้วยการทำงานของเอนไซม์ L-œ –hydroxy acid oxidase (Dibner and Knight, 1984)

2. การสลายตัวให้หมู่เมธิล ของกรดอะมิโนเมทไธโอนีน

ในสัตว์ชั้นสูงรวมทั้งพืชและแบคทีเรีย พบว่าการเติมหมู่เมทธิล (Methyl group) ให้กับสารชีวโมเลกุลต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะได้จากเมทไธโอนีน โดยเมทไธโอนีนทำปฏิกิริยากับ Adenosine triphosphat (ATP) ได้เป็นสารประกอบที่มี Sulfonium พลังงานสูง คือ S-adenosylmethionine (SAM) แสดงดังภาพที่ 3 ซึ่งเป็นรูป Active methionine สามารถให้หมู่เมทธิลกับปฏิกริยา Methylation แก่สารชีวโมเลกุลอื่น (Devlin, 1997) นอกจากเมทไธโอนีนที่เป็นตัวให้หมู่เมทธิลแล้ว พบว่า Choline และ Betain ยังสามารถให้หมู่เมทธิลได้เช่นเดียวกับกรดอะมิโนเมทไธโอนีน



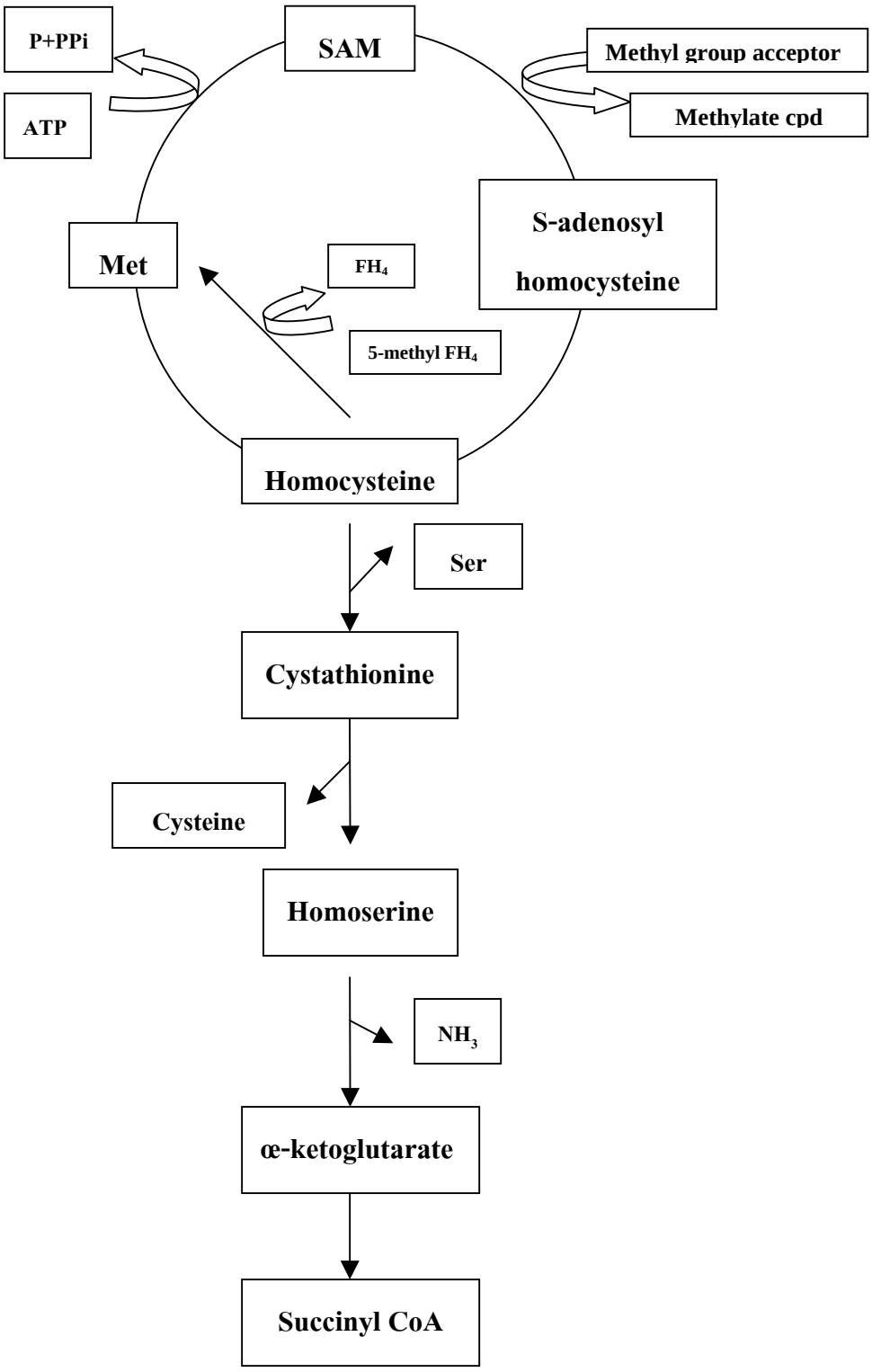
ภาพที่ 3 การสังเคราะห์ S-adenosylmethionine (SAM)
ที่มา : Devlin (1997)

3. หน้าที่ของกรดอะมิโนเมทไธโอนีน

กรดอะมิโนเมทไธโอนีน มีความสำคัญต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในร่างกาย เช่น มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต ระบบภูมิคุ้มกัน และระบบสืบพันธุ์ของสัตว์ (Finkelstein, 1990)

1. หน้าที่ของกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อการสังเคราะห์กรดอะมิโนซีสเตอีน

กรดอะมิโนเมทไธโอนีน เป็นกรดอะมิโนที่ทำหน้าที่ให้หมู่เมทิลที่สำคัญที่สุดในร่างกาย แต่ร่างกายมนุษย์และสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์เมทไธโอนีนได้เอง จำเป็นต้องได้รับจากอาหาร ส่วนกระบวนการสังเคราะห์กรดอะมิโนซีสเตอีนจากเมทไธโอนีนนั้น พบว่าเมทไธโอนีนเมื่อให้หมู่เมทธิลแล้วจะเปลี่ยนเป็น Homocysteine ซึ่งทำหน้าที่ให้ S อะตอมในการสังเคราะห์ซีสเตอีน ส่วนที่เหลือคือ Homoserine จะถูกเปลี่ยนแปลงต่อไป จนได้ Succinyl CoA ส่วน Homocysteine บางส่วนจะเปลี่ยนเป็น เมทไธโอนีนได้บ้าง โดยรับหมู่เมทธิลจาก 5- methyl FH_4 (สุรางค์, 2524) ดังภาพที่ 4

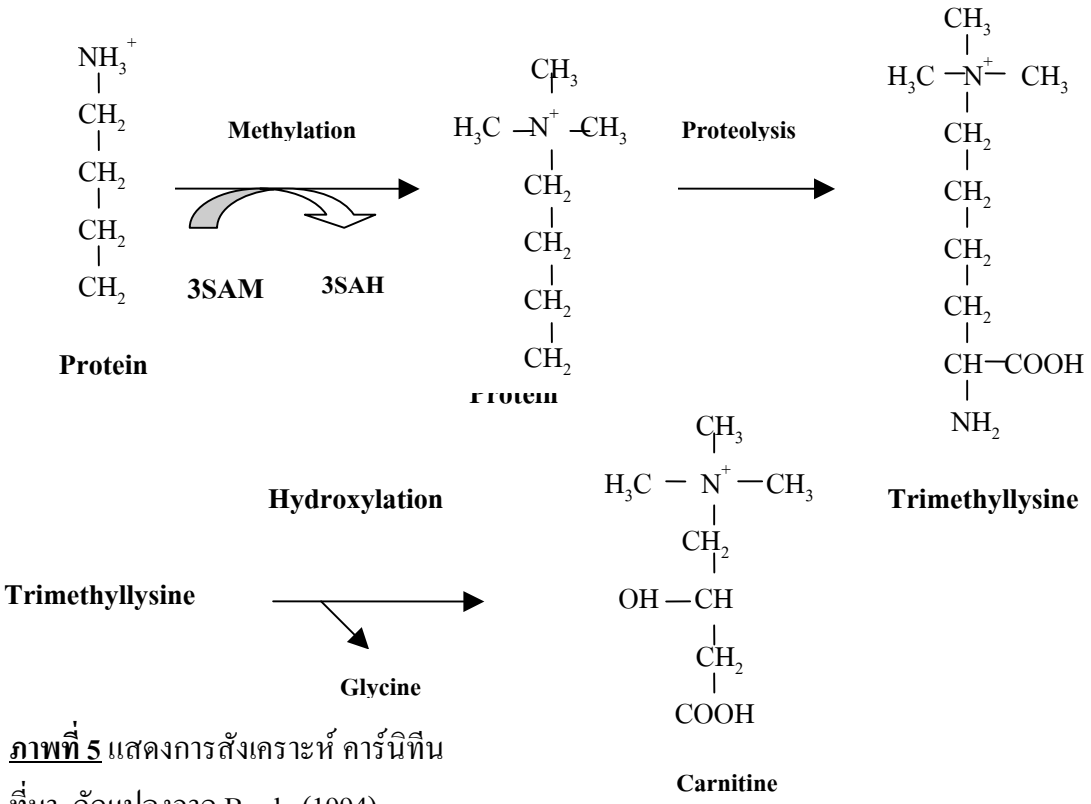


<u>ภาพที่ 4</u> การเปลี่ยนแปลง Met ต่อการสังเคราะห์ Cysteine

ที่มา: แปลงจาก สุรางค์ (2524)

2. หน้าที่ต่อการสลายไขมันเพื่อเป็นแหล่งพลังงานและกระบวนการเมเทโบลิซึมของไขมัน

กระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมันนั้น เกี่ยวข้องกับเมทไธโอนีน เนื่องจากการเติมหมู่ เมทธิลให้กับสารชีวโมเลกุลส่วนใหญ่ได้จากเมทไธโอนีน (Devlin, 1997) ดังนั้นเมทไธโอนีนจึงเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ Phosphatidylcholine และคาร์นิทีน ซึ่ง Phosphatidylcholine ถูกสังเคราะห์ในตับ 20-40 % โดยกระบวนการ Methylation ซึ่งได้รับหมู่เมทธิลจาก SAM กล่าวคือ Phosphatidylethanolamine รับหมู่เมทธิลจาก SAM แล้วเปลี่ยนเป็น Phosphatidylcholine (Gurr and Harwood, 1991) ส่วนคาร์นิทีน (Carnitine) นั้นเกี่ยวข้องกับกระบวนการสลายกรดไขมันที่เกิดขึ้นในเมทริกซ์ (matrix) ของไมโตคอนเดรีย โดยกรดไขมันที่มีความยาวคาร์บอนมาก ๆ (Long chain fatty acid) ไม่สามารถผ่านแมมเบรน (Membrane) ของไมโตคอนเดรีย เพื่อเข้าสู่เมทริก (Matrix) ได้โดยตรงจำเป็นต้องอาศัย คาร์นิทีน (Carnitine) ในการพาเข้าสู่เมทริกของไมโตคอนเดรีย คาร์นิทีนเป็นสารชีวโมเลกุลที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ โดยกระบวนการสังเคราะห์คาร์นิทีนที่ตับต้องอาศัยเมทไธโอนีนเป็นแหล่งของหมู่เมทธิล (Brody, 1994) ดังภาพที่ 5

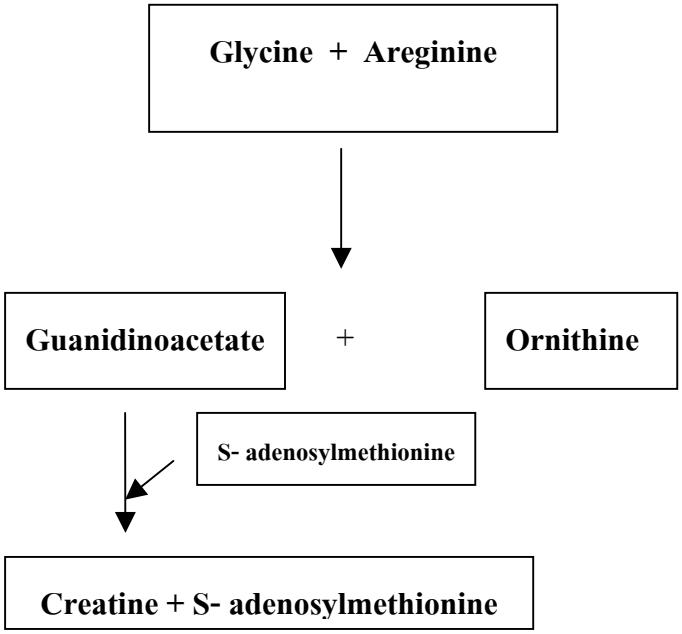


ภาพที่ 5 แสดงการสังเคราะห์ คาร์นิทีน

ที่มา: ดัดแปลงจาก Brody (1994)

3. หน้าที่ต่อการสังเคราะห์ครีเอทีน (Creatine)

ครีเอทีนเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่มีมากในกล้ามเนื้อ สังเคราะห์จากกรดอะมิโน 3 ตัวที่ตับ ได้แก่ ไกลซีน อาร์จินิน และเมทไธโอนีน แสดงดังภาพที่ 6



<u>ภาพที่ 6</u> แสดงการสังเคราะห์ Creatine
ที่มา : Devlin (1997)

การหดตัวของกล้ามเนื้อ ต้องใช้พลังงาน ซึ่งพลังงานที่ใช้ในกระบวนการหดตัว ได้มาจากการสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อไปเป็นกลูโคส จากนั้นกลูโคสเข้าสู่กระบวนการไกลโคไลซีส เพื่อเปลี่ยนไปเป็นพลังงานต่อไป อย่างไรก็ตาม ก่อนที่ร่างกายจะใช้พลังงานจากไกลโคเจน เพื่อช่วยในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ร่างกายจะใช้ครีเอทีนเป็นพลังงานหลักก่อน จากนั้นครีเอทีนก็ถูกเปลี่ยน เป็นครีเอตินีนและถูกขับถ่ายออกจากร่างกายทางปัสสาวะ (Devlin, 1997)

4. ความต้องการกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในไก่ไข่

ในสัตว์ปีกกรดอะมิโนเมทไธโอนีน จัดเป็นกรดอะมิโนที่มีความจำกัดอันดับ 1 (First limiting amino acid) และไลซีนเป็นกรดอะมิโนที่มีความจำกัดอันดับ 2 (Hiramoto *et al.,* 1990) กล่าวคือ หากในอาหารไก่มีปริมาณเมทไธโอนีนไม่เพียงพอไก่จะมีการเจริญเติบโตช้าและสมดุลของไนโตรเจนเปลี่ยนไป ซึ่งการขาดเมทไธโอนีนนั้นจะแสดงผลชัดเจนกว่ากรดอะมิโนไลซีน (Kino and Kumura, 1986) นอกจากนั้นแล้ว Said *et al*., (1974) ได้ศึกษาผลของการขาดกรดอะมิโนไลซีนและเมทไธโอนีนในหนู พบว่าหนูที่ขาดไลซีนมีน้ำหนักตัวลดลงไม่มากนัก ในขณะที่การขาดเมทไธโอนีน ทำให้น้ำหนักตัวหนูลดลงอย่างช้า ๆ แต่มากกว่าเมื่อให้อาหารที่ขาดไลซีน

ไก่ไข่แต่ละช่วงอายุและแต่ละสายพันธุ์ มีความต้องการและใช้ประโยชน์จากกรดอะมิโนแตกต่างกัน นอกจากนั้นแล้วระดับกรดอะมิโนในอาหารยังมีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่มีผลในการตอบสนองของกรดอะมิโนต่อการผลิตไข่ (Miller *et al*., 1960) ขณะที่ระดับกรดอะมิโนที่ไก่ไข่ต้องการยังมีความผันแปรจากหลาย ๆ ปัจจัยอธิเช่น ระดับโปรตีนในอาหาร อุณหภูมิในการเลี้ยง ระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ เป็นต้น โดยระดับและสัดส่วนของกรดอะมิโนจำเป็นที่ไก่ไข่ต้องการในระยะให้ผลผลิต แสดงในตารางที่ 2

Csonka *et al*., (1947) รายงานว่า ปริมาณเมทไธโอนีนและซีสตีนที่พบในไข่นั้นขึ้นกับอาหารที่แม่ไก่ได้รับ และถ้าแม่ไก่ขาดเมทไธโอนีนจะมีผลต่อองค์ประกอบภายในฟองไข่ ขณะที่ Ingram *et al*., (1950) พบว่าผลผลิตไข่จะลดลงอย่างรวดเร็วในไก่ไข่กลุ่มที่ไม่ได้รับเมทไธโอนีนในอาหาร และพบว่าความต้องการเมทไธโอนีนในไก่ไข่อยู่ที่ระดับไม่เกิน 0.38 % และต้องการ Met+cys ไม่เกิน 0.63 % Antonio *et al*., (1991) ได้ทดลองเสริมเมทไธโอนีนในอาหารโปรตีน 13 % เปรียบเทียบกับกลุ่มโปรตีน 16 % ไม่เสริมเมทไธโอนีน พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 13 % ร่วมกับการเสริมเมทไธโอนีน ทำให้เปอร์เซ็นต์ไข่และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่คิดเป็นต่อกรัมและต่อไข่ 1 โหล ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม NRC (1984) แนะนำว่าความต้องการ Met+Cys ในไก่ไข่เท่ากับ 0.55 %

Hiramoto *et al*., (1990) พบว่าการขาดเมทไธโอนีน ในอาหารทำให้น้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการไข่ลดลง นอกจากนี้การขาดเมทไธโอนีนในอาหารทำให้น้ำหนักตัวต่ำกว่าการขาดไลซีน โดยไก่ในช่วงเริ่มวางไข่ต้องการเมทไธโอนีนประมาณ 410 มิลลิกรัมต่อวัน

เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตไข่ แต่ถ้าพบว่าไก่มีการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่ามาตรฐาน เนื่องจากได้รับสารอาหารไม่เพียงพอในกรณีเช่นนี้สามารถเพิ่มปริมาณเมทไธโอนีนให้เป็น 450 มิลลิกรัมต่อวัน เพื่อนำไปใช้ชดเชยการเจริญเติบโตได้ (ANNEX, 2000)

Fisher (1969) รายงานว่าการเลี้ยงไก่ไข่ด้วยอาหารที่จำกัดปริมาณเมทไธโอนีน ทำให้ผลผลิตไข่ และน้ำหนักฟองไข่ลดลง 2 ถึง 3 กรัมในช่วง 3 ถึง 4 สัปดาห์แรก จากนั้นผลผลิตไข่จะเริ่มคงที่ ซึ่งน้ำหนักองค์ประกอบของฟองไข่ ได้แก่ ไข่แดง ไข่ขาว และเปลือกไข่ลดลงทั้งหมด แต่พบว่าการลดลงของน้ำหนักไข่แดงน้อยกว่า ไข่ขาวและเปลือกไข่ ทำให้สัดส่วนของไข่แดงในฟองไข่เพิ่มขึ้น

<u>ตารางที่ 2</u> ความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นและสัดส่วนของกรดอะมิโนจำเป็นเทียบกับกรดอะมิโนไลซีนในอาหารไก่ไข่ระยะไข่

กรดอะมิโน (%)	ทวีศักดิ์ และคณะ (2546)[1/]	ทวีศักดิ์ และคณะ (2546)[2/]	อุทัย (2529)[3/]	NRC (1994)[4/]	Daghir (1995)
ไลซีน (%)	0.88	0.70	0.70	0.69	0.70
เมทไธโอนีน (%)	0.38	0.44	0.34	0.38	0.34
เมทไธโอนีน + ซีสทีน (%)	0.69	0.44	0.59	0.58	0.60
ทริปโตแฟน (%)	0.20	0.18	0.15	0.16	0.17
ทรีโอนีน (%)	0.66	0.51	0.63	0.47	0.59
ไอโซลูซีน (%)	0.82	0.73	0.63	0.65	0.67
อาร์จินีน (%)	0.95	0.83	0.75	0.70	0.84
ลูซีน (%)	1.23	1.06	0.91	0.82	1.18
เฟนีลอะลานีน (%)	0.67	0.64	0.47	0.47	0.72
ฮิสติดีน (%)	0.29	0.25	0.17	0.17	0.34
วาลีน (%)	0.79	0.69	0.70	0.70	0.69

<u>หมายเหตุ</u> [1/]ความต้องการกรดอะมิโนในไก่ไข่ในอาหารที่มีระดับโปรตีนสูงและ Met ต่ำ (16%CP,0.38%Met) ที่ระดับพลังงานใช้ ประโยชน์ได้ (ME) 2,900 kcal / kg

[2/]ความต้องการกรดอะมิโนในไก่ไข่ในอาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำและ Met สูง (14%CP,0.44%Met) ที่ระดับพลังงานใช้ ประโยชน์ได้ (ME) 2,900 kcal / kg

[3/] ความต้องการกรดอะมิโนในไก่ไข่ที่เลี้ยงในอุณหภูมิสูงกว่า 27 องศาเซลเซียส

[4/] ความต้องการกรดอะมิโนในไก่ไข่ที่เลี้ยงในอุณหภูมิสภาวะแวดล้อมตั้งแต่ 18 ถึง 24 องศาเซลเซียส โปรตีน 16 % ที่ระดับพลังงานใช้ ประโยชน์ได้ 2,900 kcal / kg

<u>องค์ประกอบของไขมันในไข่</u>

Nobel (1985) รายงานว่าไขมันจากตับถูกขนส่งผ่านกระแสเลือดในรูปของไลโพโปรตีน (Lipoprotein) แล้วสะสมไว้ใน follicle ที่พัฒนาแล้ว ผ่าน Ovum basement membrane โดยจะสะสมไขมันไว้ในไข่แดง สัดส่วนของไขมันในพลาสมาและไข่แดงของไก่แสดงในตารางที่ 3 ขณะที่ North and Bell (1990) พบว่าไข่แดงมีไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 32.5 % ของน้ำหนักสด ซึ่งไขมันส่วนใหญ่เป็นไตรกลีเซอร์ไรด์ ฟอสฟอลิปิด คอเลสเตอรอล และไขมันอื่น ๆ ซึ่งฟอสฟอลิปิดที่พบในปริมาณมากในไข่แดง ได้แก่ Phosphatidylcholine พบว่ามีอยู่ถึง 24 % ในไข่ 1 ฟอง และ 74 % ของฟอสฟอลิปิด ส่วน Phosphatidylethanolamine มีอยู่ประมาณ 3.8 % ในไข่ 1 ฟอง และ 21 % ของฟอสฟอลิปิด (Junija, 1997)

<u>ตารางที่ 3</u> สัดส่วนไขมันในพลาสมาและไข่แดงของไก่ไข่ (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักทั้งหมด)

ชนิดไขมัน	ปริมาณไขมันในพลาสมา (%)	ปริมาณไขมันในไข่แดง (%)	Phospholipids	ปริมาณไขมันในพลาสมา (%)	ปริมาณไขมันในไข่แดง (%)
Cholesterol esters	3.9	1.3	PE	17.7	23.9
Triglyceride	62.9	63.1	PC	70.9	69.1
Free cholesterol	6.8	4.9	Lyso-PC	5.6	-
Phospholipid	25.4	29.7	PS	2.2	2.7

<u>หมายเหตุ</u> : PE คือ Phosphatidylethanolamine

PC คือ phosphatidylcholine

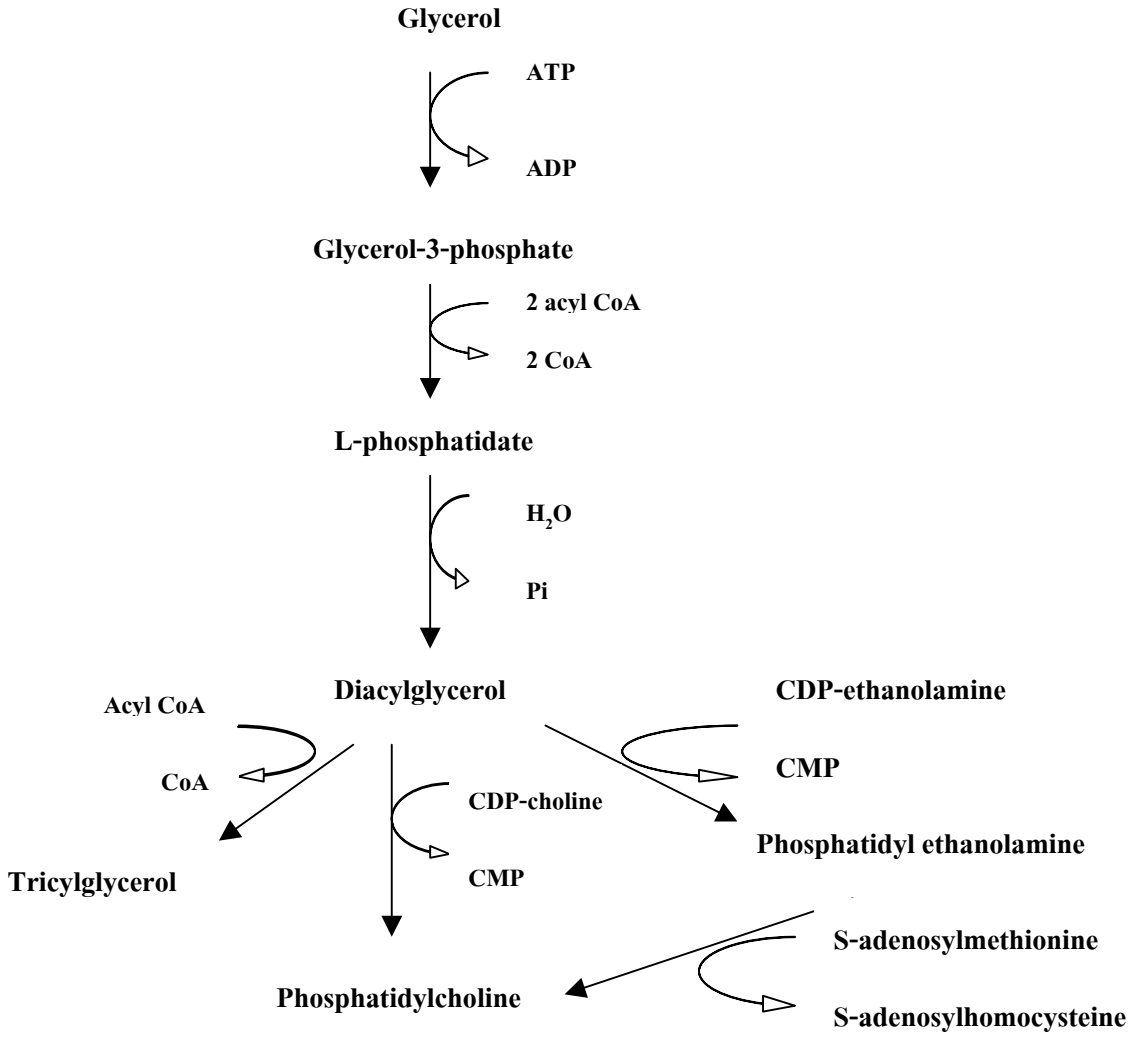
Lyso-PC คือ Lyso- phosphatidylcholine

PS คือ Phosphatidylserine

ที่มา : แปลงจาก Nobel (1985)

<u>โปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมัน</u>

กรดอะมิโนเมทไธโอนีนทำหน้าที่เป็น Lipotropic amino acid ซึ่งมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมันในร่างกายและยังให้หมู่เมทธิลที่ดี การสังเคราะห์ Triglyceride และ Phospholipid มีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากต้องการ Phosphatidic acid เหมือนกัน รวมทั้งยังมีความสามารถในการใช้สารตั้งต้นได้เท่ากัน การสังเคราะห์ Phosphatidylcholine ในตับส่วนใหญ่ใช้กลไกการสังเคราะห์จาก Cytidine diphosphocholine (CDP-Choline) และอีก 20-40 % ของการสังเคราะห์ทั้งหมดใช้กลไกการสังเคราะห์จากกระบวนการ Methylation ของ Phosphatidyle thanolaine โดยรับหมู่เมทธิลจาก SAM (Gurr and Harwood, 1991) ดังภาพที่ 7



<u>ภาพที่ 7</u> วิถีการสังเคราะห์ Triglyceride และ Phospholipids

ที่มา : อาภัสสรา (2543)

เห็นได้ว่า SAM มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์ Phosphatidylcholine ดังนั้นถ้าสัตว์ขาดเมทไธโอนีน ซึ่งเป็นตัวให้หมู่เมทธิล ก็จะทำให้ปริมาณ SAM ลดลง และปฏิกริยาการเกิดกระบวนการ Methylation จะถูกยับยั้ง (Anon, 2002b) โดย Bunchasak *et al.,* (1997) พบว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารโปรตีนต่ำและเสริม Met+Cys ในระดับ 1.25 % มีปริมาณ Phospholipid ในตับและกล้ามเนื้อหน้าอกสูงขึ้น ในขณะที่ ปริมาณ Triglyceride และ Cholesterol ลดลง นอกจากนี้ Bunchasak *et al.,* (1998) ยังพบว่าเมทไธโอนีน ทำให้การทำงานของเอนไซม์ Acetyl-CoA carboxylase และ Fatty acid systhetase ใน Cytosal ที่ควบคุมการสังเคราะห์ไขมันในตับลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ Smith (1983) รายงานว่าการเสริมเมทไธโอนีน ทำให้ Acetyl-CoA carboxylase และ Malic enzyme ลดลงเช่นกัน

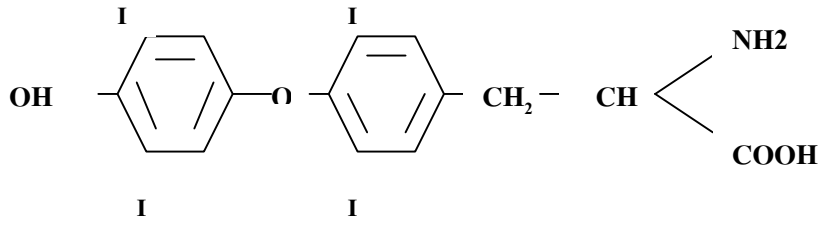
ไธรอยด์ ฮอร์โมน (Thyroid Hormone)

1. ลักษณะทั่วไปของไธรอยด์ ฮอร์โมน (Thyroid Hormone)

ไธรอยด์ ฮอร์โมน เป็นฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไธรอยด์ ถูกจัดอยู่ในกลุ่มเอมีนฮอร์โมน (Amine hormone) ซึ่งสังเคราะห์มาจากกรดอะมิโนไทโรซีน ที่มีไอโอดีนประกอบอยู่ด้วย มี 2 ชนิดคือ Tetraiodothyronine หรือเรียกว่า Thyroxine (T4) และ Triiodothyronine หรือ T3 ฮอร์โมนนี้จะถูกเก็บไว้ในต่อมไธรอยด์และหลั่งเมื่อถูกกระตุ้นจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า ปกติไธรอยด์ ฮอร์โมน ที่เข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิต จะรวมกับโปรตีนเฉพาะในพลาสมา ได้แก่ Protein bound iodine, Thyroxine binding prealbumine และ Protein binding globulin และเมื่อออกฤทธิ์ จะแตกตัวเป็นฮอร์โมนอิสระ ซึ่งอยู่ในสภาพ T4 มากกว่า T3 กล่าวคือ สัตว์ปีกที่โตเต็มที่มีค่าความเข้มข้นของ T4 ในพลาสมาและซีรั่ม อยู่ระหว่าง 5-15 ng/ml และค่าความเข้มข้นของ T3 อยู่ระหว่าง 0.5-4 ng/ml (McNabb, 2000) แต่ T3 จะอยู่ในรูป Active form ซึ่งทำปฏิกริยาได้ดีกว่า T4 ประมาณ 3-4 เท่า (Wilson and Foster, 1992) โครงสร้างของ T3 และ T4 แสดงดังภาพที่ 8

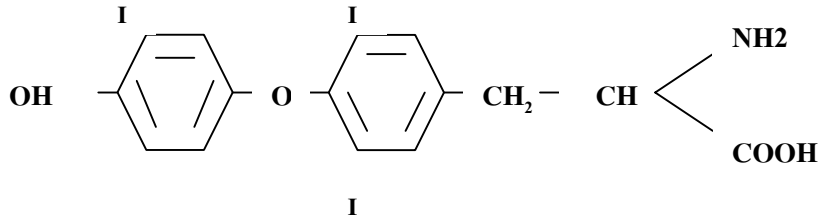
ต่อมไธรอยด์ในสัตว์ปีกมีลักษณะเป็นต่อมคู่คล้ายรูปไข่ฝังอยู่บริเวณคอ ด้านข้างของหลอดลม และค่อนไปทางด้านล่างของคออยู่ติดกับ Common carotid arteries เหนือตำแหน่งทางแยกของหลอดเลือด Subclavian และ Common carotid arteries ได้รับเลือดมาหล่อเลี้ยงจาก Cranial และ Caudal thyroid arteries โดยแยกออกมาจาก Common carotid arteries และเลือดดำจากต่อมไธรอยด์ จากนั้นไหลเข้าสู่ Jugular veins ในสัตว์ปีกนั้นพบว่าต่อมไธรอยด์ เกิดขึ้นครั้งแรกเมื่อฟัก

ได้ 2 วัน โดยจะเกิดมีเนื้อต่อมตามแนวกลางตัว จากผนังด้านล่างของลำคอบริเวณ Branchial pouches คู่ที่ 1 และคู่ที่ 2 โดยเนื้อที่นูนขึ้นมาจะมีลักษณะคล้ายถ้วยมี 2 กลีบ และมีก้านเล็ก ๆ ยึดติดกับผนังลำคอ ต่อมาก้านจะหายไป และต่อมจะแยกออกจากกัน เคลื่อนที่ไปอยู่ด้านข้าง (McNabb, 2000)



Thyroxin, T_4

(ก)



Triiodothyronine, T_3

(ข)

<u>ภาพที่ 8</u> โครงสร้างของฮอร์โมน (ก) T4 และ (ข) T3
ที่มา: นทีทิพย์ (2538)

2. กระบวนการสังเคราะห์ ไธรอยด์ ฮอร์โมน (Thyroid Hormone)

Brody (1994) รายงานว่าการสังเคราะห์ฮอร์โมนจากต่อมไธรอยด์ของสัตว์ปีก เกิดขึ้นคล้ายกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยต่อมไธรอยด์ มีหน้าที่สร้างฮอร์โมนที่สำคัญ 2 ชนิด คือ T3 และ T4 การสังเคราะห์เริ่มต้นจาก Iodine trapping มีการขนส่ง Iodide โดยเก็บจากเลือดเข้าสู่ Follicular cell และเข้าสู่ Lumen โดยอาศัยกระบวนการ Active transport จากนั้น Organification of iodine หรือ Organic binding iodine จะถูกเปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการ Oxidative ได้ Active iodine โดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ Peroxidase ซึ่งมี Hydrogen peroxide เป็นองค์ประกอบ ส่วน Iodine จะจับกับ Tyrosine ได้ Monoiodotyrosine (MIT) จากนั้นเกิดปฏิกริยา Iodotyrosine coupling อีก 2 โมเลกุลของ Diiodotyrosine (DIT) ได้ Thyroxin หรือ T4 ส่วน 1 โมเลกุลของ MIT รวมกับ 1 โมเลกุลของ DIT ได้ Triiodothyronineหรือ T3 ฮอร์โมนที่ผลิตมาจาก Follicular epithelial cells จะถูกขับมานอกเซลล์ เพื่อส่งไปเก็บไว้ ตรงกลางของ Follicle โดยฮอร์โมนจะเกาะติดกับสารโมเลกุลขนาดใหญ่ เรียกว่า Thyroglobulin รวมเรียกว่า Colloid ซึ่งทำหน้าที่รอรับสัญญาณจาก Thyroid stimulating hormone (TSH) จึงปลดปล่อยไธรอยด์ ฮอร์โมน สู่ระบบหมุนเวียนโลหิต ขณะที่ Thommes (1987) กล่าวว่า สามารถตรวจพบ ฮอร์โมนไทรอกซิน (Thyroxin hormone) ในพลาสมาของไก่ไข่ได้ตั้งแต่วันที่ 6 โดยประมาณของการฟัก แต่ยังไม่ทราบแน่ชัดว่าเป็นฮอร์โมนของตัวอ่อนหรือฮอร์โมนที่มาจากแม่ที่เก็บสะสมไว้ในไข่แดง (Wilson and McNabb, 1997) ในขณะที่ไธรอยด์ฮอร์โมน ไม่มีเซลล์เป้าหมายที่จำเพาะ แต่มีผลต่อเซลล์เกือบทุกชนิดในร่างกาย โดยเฉพาะในช่วงการเจริญเติบโต จัดได้ว่าเป็นตัวกระตุ้นการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อ (Tissue growth factor) ไธรอยด์ฮอร์โมนในระดับที่เหมาะสม จะกระตุ้นการหมุนเวียนของโปรตีน (Protein turn over) แต่หากมีมากเกินไปนั้น จะมีผลไปกระตุ้นการสลายมากกว่าการสร้างและการสะสมโปรตีน (นทีทิพย์, 2538)

3. บทบาทของไธรอยด์ ฮอร์โมน (Thyroid hormone)

ไธรอยด์ ฮอร์โมน เป็นฮอร์โมนที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย ช่วยในการเสริมสร้างกล้ามเนื้อ การเคลื่อนไหว กระตุ้นให้เซลล์สร้างโปรตีนเพิ่มขึ้น นอกจากนั้น ยังมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของกระดูก มีผลเป็น Calorigenic action คือ ควบคุมอัตราการเผาผลาญสารอาหารต่าง ๆ ในร่างกาย รวมถึงการผลิตความร้อนและใช้พลังงาน ทำให้ร่างกายเกิดความอบอุ่น ซึ่งเป็นกระบวนการ Catabolic เพื่อปรับตัวให้เข้ากับความร้อนหนาว ทำให้ Basal metabolic rate (BMR) สูงขึ้น และยังกระตุ้นการเพิ่มออกซิเจน นอกจากนั้นยังกระตุ้นทุกขั้นตอนของ

คาร์โบไฮเดรตเมแทบอลิซึม และช่วยกระตุ้นให้เกิดการสร้างกลูโคส (Gluconeogenesis) การดูดซึมน้ำตาลกลูโคสเพื่อเพิ่มระดับกลูโคสในเลือด สำหรับใช้เป็นพลังงานภายในร่างกาย (Friancis, 1983)

ทรงยศ (2546) รายงานว่าไก่ที่มีอายุ 16 สัปดาห์ ระดับ T3 จะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณอาหารที่กิน และน้ำหนักตัว ขณะที่ ระดับของ T3 กลับมีความสัมพันธ์เชิงลบกับไขมันในช่องท้อง กล่าวคือถ้าระดับ T3 สูงขึ้นทำให้ปริมาณไขมันในช่องท้องลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ Wilson *et al.,* (1983); Stewart and Washburn (1983) พบว่าความเข้มข้นของ T3 ในเลือดมีความสัมพันธ์เชิงลบกับไขมันซาก โดยเมื่อไก่ได้รับอาหารที่มี T3 ส่งผลให้ไขมันซากลดลง เช่นเดียวกับ RoseBrough and McMurtry (1998) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของระดับโปรตีน และ T3 ในอาหาร พบว่า T3 สามารถลดการสร้างไขมัน (Lipogenesis) ในไก่กระทงอายุ 8 วัน นอกจากนี้ นทีทิพย์ (2538) รายงานว่า ไธรอยด์ฮอร์โมน ยังมีผลต่อกระบวนการสลายไขมัน ในเซลล์ รวมถึงการสันดาปกรดอะมิโนอิสระ (Oxidative of free fatty acid) เมื่อเพิ่มพลังงาน หรือความร้อนแก่ร่างกาย ในขณะที่การตัดต่อมไธรอยด์ (Thyroidectomy) หรือ Tx และการทำลายต่อมไธรอยด์ กลับมีผลทำให้การเจริญเติบโตของร่างกายลดลง ทำให้ระบบการขนส่งในร่างกายเปลี่ยนแปลง การสะสมไขมันในร่างกายเพิ่มขึ้น (วิโรจน์, 2537)

Growth hormone

1. ลักษณะทั่วไปของ Growth hormone

Growth hormone (GH) หรือ Somatotropic hormone (STH) เป็นฮอร์โมนที่ได้จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า เซลล์ร่างกายทุกชนิดเป็นเป้าหมายของฮอร์โมน ยกเว้น เซลล์ประสาท GH มีโครงสร้างเป็น Peptide hormone ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ เป็นโปรตีนโกลบูลิน ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 191 หน่วย เรียงกันเป็นสาย Polypeptide สายเดี่ยว และจับกันเป็นวงด้วยแขน Disulfide 2 แขนที่สร้างจาก Somatotrop (นทีทิพย์, 2538)

2. บทบาทของ Growth hormone

Growth hormone ทำงานร่วมกับฮอร์โมน Thyroxin จากต่อมไธรอยด์ และ Insulin จาก Islets of langerhan ในตับอ่อน ซึ่งทำหน้าที่คล้ายกับเป็นตัว Catalyst ให้มีการเผาผลาญสารอาหารในเลือด (วิโรจน์, 2537) Friancis (1983) รายงานว่า GH มีบทบาทอย่างมากต่อการสะสมไขมัน และนำไขมันไปใช้เป็นพลังงาน โดยส่งเสริมการเผาผลาญอาหารไขมันและเนื้อเยื่อไขมัน (Lipolysis) ทำให้กรดไขมันอิสระในเลือดสูงขึ้น นอกจากนั้นแล้ว GH ยังช่วยเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีน ทำให้การสะสมโปรตีนในร่างกายสูงขึ้น โดยทำหน้าที่นำกรดอะมิโนที่ได้จากอาหารเข้าสู่เซลล์และช่วยลดอัตราการใช้กลูโคสเพื่อสังเคราะห์เป็นพลังงาน โดยลดการนำเข้าน้ำตาลสู่เซลล์ต่าง ๆ ซึ่งจะทำงานตรงข้ามกับอินซูลิน นอกจากนั้น GH ยังช่วยกระตุ้นการทำงานของ RNA ในการสื่อสารให้ Ribosome ผลิตโปรตีน (เพทาย, 2538) ขณะที่ วิโรจน์ (2537) กล่าวว่า GH ยังมีบทบาทในการช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกาย โดยเฉพาะการเจริญเติบโตของเซลล์กระดูกและกล้ามเนื้อ แต่ถ้าร่างกายสัตว์ขาด GH หรือมีน้อยกว่าปกติในช่วงที่สัตว์ยังเล็ก ทำให้สัตว์มีรูปร่างแคระแกรน โดย Scanes *et al.,* (1980) พบว่าไก่ไข่อายุ 3-12 สัปดาห์ ระดับ GH ในซีรั่มมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่อัตราการเจริญเติบโตลดลง เมื่อเทียบกับไก่กระทง ซึ่งสอดคล้องกับ Barke and Marks (1982); Stewart and Washburn (1983) ที่พบว่าไก่กระทงที่เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วมีระดับ GH ต่ำกว่าไก่ที่เจริญเติบโตอย่างช้า ๆ นอกจากนั้น Proudman (1995) รายงานว่า อายุไก่มีผลต่อระดับ GH ในซีรั่ม โดยไก่ที่มีอายุมากระดับ GH จะลดลง นอกจากนั้น นทีทิพย์ (2538) รายงานว่าความเครียดและการได้รับความกระทบกระเทือนทางร่างกายจะมีผลต่อการหลั่ง GH นอกจากนั้น ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการเมแทบอลิซึมของสารอาหาร เช่น น้ำตาล กรดไขมันจะมีผลยับยั้งการหลั่ง GH แต่กรดอะมิโนจะกระตุ้นการหลั่ง GH ในเลือด

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. สัตว์ทดลอง

การทดลองใช้ไก่ไข่สายพันธุ์แบ๊บค็อก บี–380 (Babcock B–380) อายุ 21-48 สัปดาห์ จำนวน 1,152 ตัว โดยแบ่งไก่ออกเป็น 12 กลุ่ม ๆ ละ 6 ซ้ำ ๆ ละ 16 ตัว แต่ละกลุ่มมีน้ำหนักเฉลี่ย 1453.86 $\pm$ 13.11 กรัม

2. โรงเรือนระบบปิด

โรงเรือนทดลองมีขนาดกว้าง 8 เมตร ยาว 60 เมตร สูง 3 เมตร ควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนด้วย ระบบระเหยไอน้ำ (Evaporative cooling system) ใช้พัดลมระบายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 48 นิ้วจำนวน 4 ตัว ติดอยู่ท้ายโรงเรือนเป็นการระบายอากาศแบบอุโมงค์ลม (Tunnel ventilation system) และใช้ผ้าม่านสีดำปิดด้านข้างโรงเรือนเพื่อลดรังสีความร้อนภายนอกเข้าสู่โรงเรือน โดยมีชุดควบคุม Thermostat ควบคุมการปิด-เปิดของพัดลมและปั๊มน้ำ ภายในมีกรงตับพื้นลวดขนาด 41 x 46 x 40 ลูกบาศก์เซนติเมตร (พื้นที่ 920 ตารางเซนติเมตรต่อตัว) รางอาหารขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร ลึก 10 เซนติเมตรและระบบการให้น้ำอัตโนมัติแบบหัวหยด (Nipple)

3. อาหารทดลอง

อาหารทดลองพื้นฐานมีโปรตีน 3 ระดับ ได้แก่ 14 16 และ 18 % สูตรอาหารพื้นฐานทุกสูตรมีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้เท่ากัน คือ 2,750 Kcal/Kg ตามคำแนะนำของ ธีรวิทย์และชัยภูมิ (2547) และเสริมเมทไธโอนีน ตามสัดส่วนของโปรตีนต่อเมทไธโอนีน (CP:Met) เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 ดังตารางที่ 4-7

วิธีการทดลอง

1. แผนการทดลอง

แผนการทดลองที่ใช้มีลักษณะเป็น 3x4 factorial ที่สุ่มโดยสมบูรณ์ (3x4 factorial experimental in completely randomized design) โดยพิจารณา 2 ปัจจัยหลักได้แก่ ระดับเปอร์เซ็นต์โปรตีน 3 ระดับและปริมาณ Met ที่ปรับตาม CP : Met 4 ระดับ โดยแบ่งไก่ออก เป็น 12 กลุ่ม ๆ ละ 6 ซ้ำ ๆ ละ 16 ตัว

2. การจัดการเลี้ยงดู

เลี้ยงบนกรงตับความหนาแน่น 920 ตารางเซนติเมตรต่อตัว (2 ตัวต่อช่อง) ในโรงเรือนระบบปิด ให้ไก่ได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) โดยไก่จะได้รับน้ำผ่านระบบน้ำหยด (Nipple) ใช้ผ้าม่านสีดำปิดข้างโรงเรือน เพื่อลดรังสีความร้อนจากภายนอกเข้าสู่โรงเรือน ใช้ระบบควบคุม สภาพแวดล้อมด้วยระบบไอน้ำ (Evaporative cooling system) แบบ Negative pressure system และระบบการระบายอากาศแบบอุโมงค์ลม (Tunnel ventilation system) ตั้งอุณหภูมิเพื่อควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำที่ 27 ถึง 29 องศาเซลเซียส และตั้งค่าความชื้นเพื่อควบคุมการเปิดปั๊มน้ำที่ 75 ถึง 80 % RH และควบคุมการปิดปั๊มน้ำที่ 85 ถึง 90 % RH และให้ไก่ไข่ได้รับแสง 16 ชั่วโมงต่อวัน

3. อาหารทดลอง

อาหารทดลองที่ใช้ประกอบด้วยอาหารพื้นฐาน 3 สูตรมีระดับโปรตีน 3 ระดับ คือ 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณเมทไธโอนีน เท่ากับ 0.27 0.31 และ 0.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ไม่เสริมเมทไธโอนีน) และมีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้เท่ากันทุกกลุ่ม ตามคำแนะนำของ ธีรวิทย์และชัยภูมิ (2547) คือ 2,750 Kcal/Kgโดยก่อนและหลังประกอบสูตรอาหารได้วิเคราะห์ทางเคมีเพื่อประเมินระดับโภชนะในสูตรอาหาร จากนั้นคำนวณสัดส่วนของ CP : Met ในสูตรอาหารพื้นฐานให้ต่างกัน 4 ระดับ ดังต่อไปนี้

1. สูตรอาหารพื้นฐานทั้ง 3 สูตรซึ่งมีค่าเฉลี่ยของ CP : Met เท่ากับ 51.62 ใกล้เคียงกับคำแนะนำของ NRC (1994) คือ 50 (ไม่เสริม Met)

2. เสริม Met ในสูตรอาหารพื้นฐานทั้ง 3 สูตรจน CP : Met เท่ากับ 46.67 ตามข้อแนะนำของไก่ไข่สายพันธุ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ (ANNEX, 2000)

3. เสริม Met ในสูตรอาหารพื้นฐานทั้ง 3 สูตรจนสัดส่วน CP : Met เท่ากับ 36.84 ตามข้อแนะนำของ ทวีศักดิ์ และคณะ (2546) ในกลุ่มที่มีระดับโปรตีนสูงและ Met ต่ำ (16% CP, 0.38% Met)

4. เสริม Met ในสูตรอาหารพื้นฐานทั้ง 3 สูตรจนสัดส่วน CP : Met เท่ากับ 31.82 ตามข้อ แนะนำของ ทวีศักดิ์ และคณะ (2546) ในกลุ่มที่มีระดับโปรตีนต่ำและ Met สูง (14% CP, 0.44% Met) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 10

<u>ตารางที่ 4</u> ส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารพื้นฐานที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบอาหาร(%)	14% CP	16% CP	18% CP
ข้าวโพด	67.16	65.57	62.63
กากถั่วเหลือง (CP 44%)	11.71	18.39	20.21
ปลาป่น (CP 58%)	5.00	5.00	7.65
รำสกัดน้ำมัน	5.72	0.77	-
L-Lysine	0.11	-	-
Monocalciumphosphate (P 21%)	0.95	0.96	0.55
เปลือกหอย	8.61	8.57	8.27
เกลือ	0.24	0.24	0.19
[1/]Premix	0.50	0.50	0.50
รวม(kg)	100.00	100.00	100.00

[1/]Premix: Lutavit® Mix CNK004 consist of Vitamin A 4.80 MIU; D_3 0.96 MIU; E 3.20 g; K_3 0.80 g; B_1 0.40 g; B_2 1.60 g; B_6 1.20 g; B_{12} 0.004 g; Pantothenic acid 3.80 g; Niacin 6 g; Folic acid 0.20 g; Biotin 0.036 g; Se 0.04 g; Fe 24 g; Mn 24 g Zn 16 g; Cu 2.40 g; I 0.14 g; Feed preservative substant 2.50 g; Flavor 10 g and carrier added to 1.00 kg premix.

<u>ตารางที่ 5</u> ส่วนประกอบทางโภชนะจากการคำนวณของอาหารพื้นฐานที่ใช้ในการทดลอง (3 สูตร) เปรียบเทียบกับระดับโภชนะตามคำแนะนำของ NRC (1994) และ ข้อแนะนำของไก่ไข่พันธุ์ทางการค้า

ส่วนประกอบของโภชนะจากการคำนวณ	14% CP	16% CP	18% CP	NRC (1994)	ข้อแนะนำของไก่ไข่ทางการค้า[2/]
โปรตีน (%)	14.00	16.00	18.00	16.5	17.73
พลังงาน (ME/kcal/kg)	2750.00[3/]	2750.00[3/]	2750.00[3/]	ก[1/]	2800.00
แคลเซียม (%)	3.80	3.80	3.80	3.60	3.42 – 3.78
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้ (%)	0.40	0.40	0.40	0.27	0.38
ไลซีน (%)	0.80	0.86	1.01	0.76	0.80
เมทไธโอนีน (%)	0.27	0.31	0.35	0.33	0.39
ทริปโตแฟน (%)	0.16	0.19	0.22	0.17	0.18
ทรีโอนีน (%)	0.55	0.63	0.71	0.52	-
ไอโซลูซีน (%)	0.57	0.66	0.75	0.71	-
อาร์จินีน (%)	0.87	1.04	1.17	0.77	-
ลูซีน (%)	1.30	1.46	1.59	0.90	-
เฟนีลอะลานีน (%)	0.68	0.79	0.88	0.52	-
ฮิสติดีน (%)	0.42	0.47	0.52	0.19	-
วาลีน (%)	0.68	0.78	0.87	0.77	-
ราคา (บาท/กก.)	7.26	7.52	7.99	-	-

<u>หมายเหตุ</u> : กำหนดปริมาณการกินของไก่ไข่เท่ากับ 110 กรัมต่อตัวต่อวัน คำนวณโดยใช้โปรแกรม Feedlive (2000) ราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์เดือน ธันวาคม 2546

ก[1/] ความต้องการพลังงานงานของสัตว์ตามคำแนะนำของ NRC (1994) มีความผันแปรตามน้ำหนักตัวแลปริมาณไข่จึงไม่สามารถระบุระดับพลังงานที่ชัดเจนได้

[2/] ข้อแนะนำของไก่ไข่สายพันธุ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ (ANNEX, 2000)

[3/]ระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้ตามคำแนะนำของ ธีรวิทย์และชัยภูมิ (2547)

<u>ตารางที่ 6</u> สัดส่วนของโภชนะต่าง ๆ จากการคำนวณในอาหารพื้นฐานเปรียบเทียบกับคำแนะนำ ของ NRC (1994)

	14% CP	16% CP	18% CP	NRC (1994)
โปรตีน/พลังงาน	0.0051	0.0058	0.0065	ก[1/]
โปรตีน/เมทไธโอนีน	51.85	51.61	51.43	50.00
โปรตีน/ไลซีน	17.50	18.60	17.82	21.71
ไลซีน /ไลซีน	1.00	1.00	1.00	1.00
เมทไธโอนีน /ไลซีน	0.34	0.36	0.35	0.43
ทริปโตแฟน /ไลซีน	0.20	0.22	0.22	0.22
ทรีโอนีน/ไลซีน	0.69	0.73	0.70	0.68
ไอโซลูซีน /ไลซีน	0.71	0.77	0.74	0.93
อาร์จินีน /ไลซีน	1.09	1.21	1.16	1.01
ลูซีน /ไลซีน	1.63	1.70	1.57	1.18
เฟนีลอะลานีน /ไลซีน	0.85	0.92	0.87	0.68
ฮิสติดีน/ไลซีน	0.53	0.55	0.51	0.25
วาลีน /ไลซีน	0.85	0.91	0.86	1.01

<u>หมายเหตุ</u> : ก[1/] ความต้องการพลังงานงานของสัตว์ตามคำแนะนำของ NRC (1994) มีความผันแปร ตามน้ำหนักตัวและปริมาณไข่จึงไม่สามารถระบุระดับพลังงานที่ชัดเจนได้

ตารางที่ 7 ระดับกรดอะมิโนในอาหารโปรตีนแต่ละระดับโดยยึดหลักโปรตีน : เมทไธโอนีน (CP:Met)

ระดับโปรตีน (%)	ระดับเมทไธโอนีน (%) ในอาหาร (คำนวณตาม CP:Met)			
	51.62[1/]	46.67[2/]	36.84[3/]	31.82[4/]
14 .00	0.270	0.300	0.380	0.440
16 .00	0.310	0.342	0.434	0.503
18.00	0.350	0.385	0.488	0.565

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยของ CP : Met ในสูตรอาหารพื้นฐาน 3 สูตรที่ไม่เสริม Met ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับคำแนะนำของ NRC (1994) คือ 50

[2/] สัดส่วน CP : Met ตามข้อแนะนำของไก่ไข่สายพันธุ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ (ANNEX, 2000)

[3/] สัดส่วนของ CP : Met ตามข้อแนะนำของ ทวีศักดิ์ และคณะ (2546) ในกลุ่มที่มีระดับโปรตีนสูงและ Met ต่ำ (16% CP,0.38% Met)

[4/] สัดส่วนของ CP : Met ตามข้อแนะนำของ ทวีศักดิ์ และคณะ (2546) ในกลุ่มที่มีระดับโปรตีนต่ำและ Met สูง (14% CP,0.44% Met)

<u>ตารางที่ 8</u> ส่วนประกอบทางเคมีจากการวิเคราะห์ในวัตถุดิบอาหาร

	ข้าวโพด	กากถั่วเหลือง	ปลาป่น	รำสกัดน้ำมัน
ความชื้น (%)	12.56	11.58	6.96	10.16
โปรตีน (%)	**7.73**	**43.55**	**58.55**	**15.01**
แคลเซียม (%)	0.02	0.31	5.98	0.10
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (%)	0.19	0.66	3.28	1.50
เถ้า (%)	1.20	6.22	24.28	11.0
ไลซีน (%)	0.24	2.64	4.07	0.69
เมทไธโอนีน (%)	**0.16**	**0.58**	**1.51**	**0.20**
ทริปโตแฟน (%)	0.06	0.60	0.58	0.12
ทรีโอนีน (%)	0.28	1.68	2.25	0.50
ไอโซลูซีน (%)	0.25	1.96	2.22	0.59
อาร์จินีน (%)	0.38	3.16	3.32	1.07
ลูซีน (%)	0.93	3.29	3.87	0.97
วาลีน (%)	0.37	2.07	2.58	0.80

<u>ตารางที่ 9</u> ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของอาหารทดลอง

องค์ประกอบ	14%CP	16%CP	18%CP
ความชื้น (%)	10.44	10.70	10.53
วัตถุแห้ง (%)	89.56	89.30	89.47
โปรตีน (%)	**14.59**	**16.47**	**18.57**
ไขมัน (%)	2.65	2.99	2.80
เยื่อใย (%)	2.89	2.90	2.89
เถ้า (%)	13.39	13.30	13.77
แคลเซียม (%)	4.16	4.09	4.01
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (%)	0.77	0.76	0.71
พลังงานรวม (kcal/kg)	3,545.86	3,596.82	3,423.79
ไลซีน (%)	0.81	0.86	1.01
เมทไธโอนีน (%)	**0.26**	**0.29**	**0.33**
ทริปโตแฟน (%)	0.15	0.18	0.20
ทรีโอนีน (%)	0.53	0.61	0.69
ไอโซลูซีน (%)	0.54	0.64	0.72
อาร์จินีน (%)	0.85	1.00	1.13
ลูซีน (%)	1.26	1.41	1.54
เฟนีลอะลานีน (%)	0.67	0.80	0.87
ฮิสติดีน (%)	0.42	0.47	0.52

4. <u>การบันทึกผลการทดลอง</u>

การบันทึกผลการทดลองแบ่งเป็น 7 ช่วง ๆ ละ 28 วัน คือช่วงที่ไก่ไข่อายุ 21–24 25–28 29-32 33–36 37–40 41–44 และ 45-48 สัปดาห์ตามลำดับ โดยแต่ละช่วงจะมีการบันทึกข้อมูลพื้นฐานดังนี้ คือ 1. อุณหภูมิโรงเรือน 2. น้ำหนักตัว 3. ผลผลิตไข่ 4. ปริมาณอาหารที่กิน 5. น้ำหนักไข่ (โดยทำการสุ่มไข่ทุก 3 วันสุดท้ายของแต่ละช่วง สุ่มซ้ำละ 4 ฟอง) และ 6. จำนวนไก่ตาย แล้วประมวลข้อมูล ตั้งแต่อายุ 21-48 สัปดาห์

เนื่องจากสภาพทางสรีระวิทยาของไก่ไข่ระยะให้ผลผลิตสูงสุด และหลังให้ผลผลิตสูงสุดมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงทำการสุ่มไก่ทั้งหมด 72 ตัว (ซ้ำละ 1 ตัว) เมื่ออายุไก่ 33 และ 48 สัปดาห์ เพื่อเจาะเลือดไก่ที่เส้นเลือดดำบริเวณปีก (Wing vein) นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 3,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที แยกซีรั่ม ชำแหละซากเพื่อนำตับมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นเก็บตับและซีรั่มไว้ในตู้แช่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีต่อไป และสุ่มไข่ 144 ฟอง (ซ้ำละ 2 ฟอง) เมื่ออายุไก่ได้ 33 และ 48 สัปดาห์ เพื่อชั่งน้ำหนักไข่ทั้งฟอง น้ำหนักไข่แดง เก็บตัวอย่างไข่แดงในตู้แช่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีต่อไป

5. <u>การวิเคราะห์ทางเคมี</u>

การเตรียมตัวอย่างไข่แดงและตับ

การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์หา Triglyceride และ Cholesterol ในไข่แดงและตับ ดัดแปลงจากวิธีของ Sutton *et al*. (1984) ทำการสกัดไขมันโดยชั่งตัวอย่าง 1 กรัม เจือจางด้วย Acetone: Ethanol (1:1 v/v) 5 เท่า แล้วนำไป Homogenized ที่ความเร็ว 20,000 รอบ/นาที นาน 1 นาที หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 3,000 รอบ/นาที นำสารละลายส่วนบนไปวิเคราะห์ โดยใช้วิธีการเดียวกับการวิเคราะห์ในซีรั่ม การเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ Phospholipid ในไข่แดงดัด แปลงตามวิธีของ Folch *et al*. (1957)

วิธีวิเคราะห์โภชนะในอาหารทดลองและองค์ประกอบของไขมันในตับ ซีรั่มและไข่แดง

1. สุ่มวัตถุดิบอาหารก่อนการผสมและตัวอย่างอาหารทดลองที่ผสมเสร็จแล้ว เพื่อวิเคราะห์โภชนะต่าง ๆ คือ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า โดยวิธี Proximate analysis ตามวิธีของ AOAC (1990) วิเคราะห์พลังงานรวมในอาหารโดยใช้เครื่อง Bomb calorimeter และวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม ฟอสฟอรัส ตามวิธีของ AOAC (1990) ดัดแปลงโดย อังคณา และดวงสมร (2532) และวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโนโดยใช้เครื่อง Near Infrared Spectroscopy (NIR) (Wu *et al.*, 2002) ดังแสดงในตารางที่ 8 และ 9 โดยทำการสุ่มวัตถุดิบอาหารทดลองเพื่อทำการเคราะห์ เพื่อประเมินโภชนะที่มีอยู่จริงก่อนคำนวณสูตรอาหาร ส่วนการสุ่มอาหารทดลองนั้นจะทำการสุ่มทุกครั้งที่ผสมอาหารทดลองและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ –4 องศาเซลเซียส เมื่อสิ้นสุดการทดลองจึงนำอาหารทดลองที่สุ่มทั้งหมดมารวมกันเพื่อทำการสุ่มตัวอย่างนำไปวิเคราะห์ทางเคมีตามวิธีที่กล่าวไว้ข้างต้น

2. วิเคราะห์หาปริมาณ Triglyceride และ Cholesterol ในซีรั่ม ตับ และไข่แดง ด้วยวิธี Enzymatic Colorimetric Method ด้วยเครื่อง Spectrophotometer โดยใช้ Test kits ของบริษัท Erba Diagnostics Mannheim GmbH วิเคราะห์หาปริมาณ Phospholipid ในซีรั่มและไข่แดง ด้วยวิธี Colorimetric method ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ตามวิธีของ Stewart (1980) (รายละเอียดแทรกไว้ในภาคผนวกท้ายเล่ม)

3. วิเคราะห์หาปริมาณฮอร์โมน Triiodothyronine และ Growth Hormone ในซีรั่ม โดยวัด Radioactivity ด้วยเครื่อง Gamma Counter โดยใช้ Test kits ของบริษัท Diagnostic Products Corporation (รายละเอียดแทรกไว้ในภาคผนวกท้ายเล่ม)

6. <u>การวิเคราะห์ข้อมูล</u>

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบ Factorial experimental in completely randomized design โดยแบ่งช่วงของข้อมูลตามลักษณะปฏิสัมพันธ์ของช่วงเวลาตามคำแนะนำของ มนต์ชัย (2544) และนำข้อมูลแต่ละช่วงมารวมกันหาเป็นค่าเฉลี่ย เพื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธีของ Duncan's new multiple range test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1988) โดยมีแบบหุ่นทางสถิติคือ

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_I + AB_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

μ = ค่าเฉลี่ยร่วม

A_I = อิทธิพลของระดับโปรตีน โดย i = 14% 16% และ 18%

B_j = อิทธิพลของระดับ CP : Met โดย j = 51.62, 46.67, 36.48, 31.82

AB_{ij} = อิทธิพลร่วมระหว่างระดับโปรตีนและระดับสัดส่วน CP : Met

ε_{ijk} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลองโดย $\varepsilon_{ijk} \sim NID(0,\delta^2)$

จากนั้นวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ในอาหารต่อลักษณะต่างๆ ที่สำคัญโดยการสร้างสมการถดถอยและหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson's Coeffi cient of Correlation) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Excel (Excel, 2000)

7. <u>ระยะเวลาในการทดลอง</u>

เริ่มการทดลองประมาณ ธันวาคม 2546

สิ้นสุดการทดลองประมาณ กรกฎาคม 2547

8. <u>สถานที่ทำการทดลอง</u>

1. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตสัตว์ปีก สถาบันวิจัยสุวรรณวาจกกสิกิจ เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

2. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

3. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร บางเขน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

4. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์กรดอะมิโน บริษัท Degussa (Degussa AO – Feed Additive & Applied Technology) เมือง Hanau ประเทศเยอรมัน

5. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทางเคมี ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพ ฯ

ผลและวิจารณ์

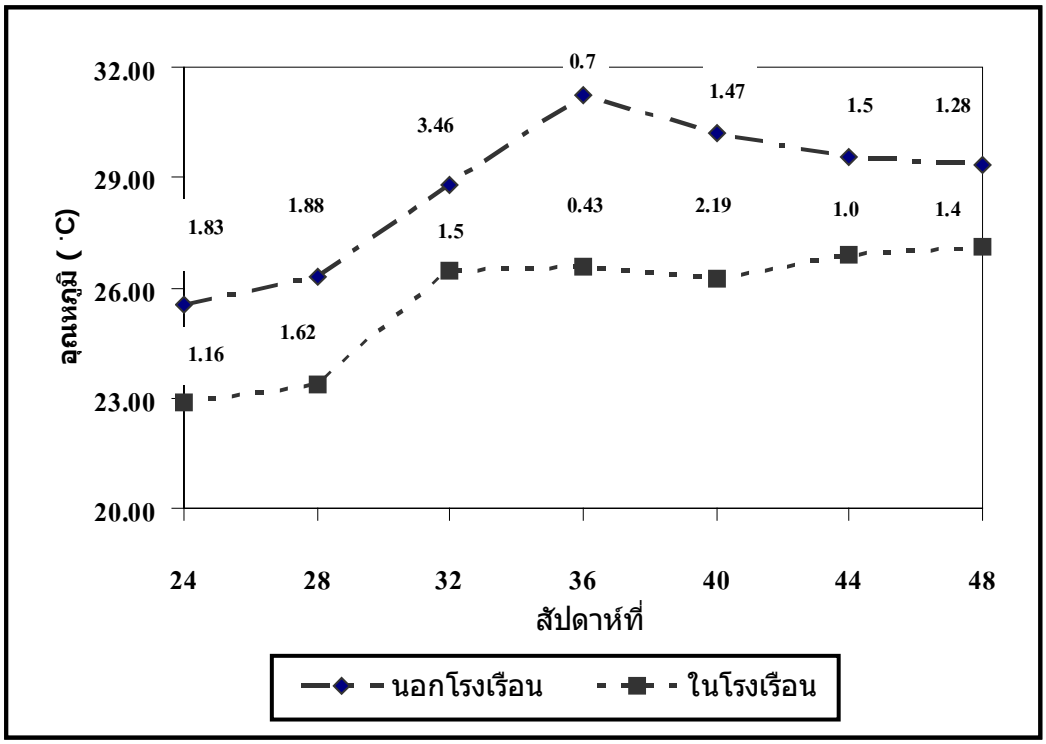
<u>อุณหภูมิสภาพแวดล้อมของโรงเรือน</u>

ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง 7 ช่วง พบว่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของโรงเรือนมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่สูงขึ้น เนื่องจากเริ่มการทดลองประมาณปลายเดือนธันวาคมจนถึงเดือนกรกฎาคมซึ่งอยู่ในช่วงฤดูหนาว ฤดูร้อน และช่วงต้นของฤดูฝน ดังแสดงในภาพที่ 6 จะเห็นได้ว่าตลอดระยะเวลาทดลองอุณหภูมิภายในโรงเรือนต่ำกว่านอกโรงเรือน และภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 29.93 $\pm$ 1.64 และ 21.36 $\pm$ 1.76 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนความชื้นสัมพันธ์สูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 83.98 $\pm$ 2.34 และ 79.27 $\pm$ 1.83 % ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 10

จากผลการทดลองดังภาพที่ 9 เห็นได้ว่า ในช่วงสัปดาห์ที่ 32-36 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสภาพแวดล้อมภายนอกโรงเรือนเพิ่มสูงขึ้นจากช่วงสัปดาห์ที่ 28-32 เท่ากับ 2.4 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกโรงเรือนเท่ากับ 31.21 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนเท่ากับ 26.57 องศาเซลเซียส ซึ่งแตกต่างกันถึง 4.64 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนยังมีค่าสูง โดยมีค่าเท่ากับ 85.09 $\pm$ 1.25 % ขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือนมีค่าเพียง 65.86 $\pm$ 6.03 % และเมื่อการผลิตเข้าสู่ช่วงสัปดาห์ที่ 36 อุณหภูมิภายนอกโรงเรือนเริ่มลดลง ทำให้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในโรงเรือนเข้าสู่สภาพปกติในสัปดาห์ที่ 44 ซึ่งค่าความชื้นสัมพัทธ์มีลักษณะเช่นเดียวกัน

การใช้โรงเรือนระบบปิดทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนต่ำกว่านอกโรงเรือนเมื่ออุณหภูมิภายนอกสูงเกินกว่า 30 องศาเซลเซียส และทำให้ในช่วงกลางวันและกลางคืนต่างกันน้อย (ศิขัณฑ์, 2545) โดยอุณหภูมิโรงเรือนที่ลดลงนั้นทำให้สัตว์สามารถจัดการกับความร้อนที่ผลิตขึ้นจากร่างกายได้ดีขึ้น มีการย่อยอาหาร และมีกระบวนการทาง Metabolic ที่ดีขึ้น (Ferguson *et al*., 2000) การศึกษาในครั้งนี้พบว่า อุณหภูมิที่ใช้อยู่ในช่วง 21.36-29.94 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเลี้ยงไก่ไข่ในประเทศไทย สอดคล้องกับ ปฐม (2543) กล่าวว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงไก่ไข่ในประเทศเขตหนาวอยู่ที่ 12.5 องศาเซลเซียส และในประเทศไทยควรอยู่ในช่วง 21.5-26.8 องศาเซลเซียส และไม่ควรมากกว่า 30 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่ทำให้ไก่เริ่มเกิดความเครียดและเริ่มหอบ (panting) ทำให้หายใจขับคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่าง

กายลดลง เป็นเหตุให้ค่า pH ในพลาสมาสูงขึ้น ก่อให้เกิดภาวะ Alkalosis (Odem *et al*., 1986) เช่นเดียวกับ Chung Hsu *et al*., (1998) รายงานว่าไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนที่มีอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส ทำให้ ปริมาณอาหารที่กิน เปอร์เซ็นต์ไข่ น้ำหนักไข่และน้ำหนักตับลดลง



ภาพที่ 9 อุณหภูมิเฉลี่ยในและนอกโรงเรือนตลอดระยะเวลาทำการทดลอง

ตารางที่ 10 **อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในและนอกโรงเรือน**

อายุ (สัปดาห์)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						ความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ย (%)	
	นอกโรงเรือน			ในโรงเรือน				
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	นอกโรงเรือน	ในโรงเรือน
21 - 24	31.35 ± 1.98	19.70 ± 2.71	25.53 ± 1.83	27.17 ± 1.34	18.62 ± 1.66	22.90 ± 1.16	71.73 ± 4.58	85.81 ± 1.10
25 - 28	32.17 ± 2.78	20.38 ± 3.09	26.27 ± 2.53	27.68 ± 1.88	19.03 ± 1.88	23.36 ± 1.62	70.71 ± 4.83	85.72 ± 1.37
29 - 32	34.78 ± 1.85	22.85 ± 2.24	28.81 ± 1.42	32.35 ± 3.46	20.54 ± 1.36	26.45 ± 1.58	68.23 ± 5.16	86.00 ± 2.29
33 – 36	37.41 ± 1.12	25.01 ± 1.13	31.21 ± 0.61	31.27 ± 0.76	21.87 ± 0.96	26.57 ± 0.43	65.86 ± 6.03	85.09 ± 1.35
37 – 40	35.51 ± 2.04	24.95 ± 0.90	30.23 ± 1.36	30.87 ± 1.47	21.63 ± 4.08	26.25 ± 2.19	73.73 ± 4.80	76.91 ± 1.02
41 – 44	34.35 ± 2.75	24.76 ± 0.83	29.56 ± 1.62	29.94 ± 1.57	23.90 ± 0.72	26.92 ± 1.04	75.73 ± 5.59	76.25 ± 2.97
45 – 48	34.18 ± 1.80	24.46 ± 0.76	29.32 ± 1.10	30.29 ±1.28	23.95 ± 2.26	27.12 ± 1.48	75.18 ± 4.47	75.65 ± 1.15

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่

1. ผลต่อน้ำหนักตัว

ผลของน้ำหนักตัวแสดงในตารางที่ 11 พบว่าน้ำหนักตัวไก่เมื่อเริ่มต้นการทดลอง (21 สัปดาห์) ไม่มีความแตกต่างกัน ไก่ในแต่และกลุ่มมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1453.86±4.86 กรัมต่อตัว ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับคู่มือสายพันธุ์แบ๊บค๊อก บี – 308 (Babcock B – 308) ของ ANNEX (2000) พบว่าน้ำหนักตัวที่อายุ 21 สัปดาห์ เท่ากับ 1830.00 กรัมต่อตัว ซึ่งมากกว่าน้ำหนักไก่เมื่อเริ่มการทดลองครั้งนี้ นอกจากนี้หลังจากเลี้ยงด้วยอาหารทดลองจนมีอายุ 48 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน 16 และ 18 % มีน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มที่รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 14 % ($P<0.01$) ส่วนการเสริมเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met ที่ต่างกันไม่มีผลต่อน้ำหนักตัว และไม่พบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างระดับโปรตีนและเมทไธโอนีน ต่อน้ำหนักตัวในสัปดาห์ที่ 48

ตลอดระยะเวลาทดลอง พบว่า ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 16 และ 18 % มีน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มอาหารโปรตีน 14 % ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับรายงานของ Chung Hsu *et al.* (1998) กล่าวว่าเมื่อเลี้ยงไก่ในสภาพแวดล้อมอุณหภูมิ 24 ± 1.0 องศาเซลเซียส และให้อาหารโปรตีน 17 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มที่รับอาหารโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ และการเพิ่มระดับเมทไธโอนีนในอาหารโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ไก่มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่าการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักตัวมีแนวโน้มสูงขึ้น นอกจากนี้ ทวีศักดิ์และคณะ (2456) ยังกล่าวว่า ไก่ที่ได้รับโปรตีน 14 % มีน้ำหนักตัวน้อยกว่าไก่ที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเสริมเมทไธโอนีนในอาหารโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้น้ำหนักตัวไก่สูงขึ้น

เป็นที่น่าสังเกตว่าไก่กลุ่มที่รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 14 % มีน้ำหนักตัวน้อยกว่ากลุ่มที่รับอาหารโปรตีน 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าในการผลิตระยะยาว (21-48 สัปดาห์) อาหารโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ อาจไม่เพียงพอต่อความต้องการเพื่อการให้ผลผลิต Meluzzi *et al.* (2001) รายงานว่า ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารโปรตีนต่ำ (130 g/kg CP) ทำให้น้ำหนักตัวที่อายุ 40 สัปดาห์น้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนสูงกว่า (150 และ 170 g/kg CP) ซึ่งอาจเกิดจากระดับโปรตีนในอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการในการผลิตไข่ทำให้มีการสลายโปรตีนในร่างกายเพื่อทดแทน สอดคล้องกับ Summer (1993) พบการสลายโปรตีนในร่างกายของสัตว์เมื่อได้รับโปรตีนในอาหารต่ำ

กว่า 90 g/kg CP อย่างไรก็ตามจากการศึกษาในครั้งนี้ เมื่อปรับสมดุลของอะมิโนในอาหารโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ โดยเสริมเมทไธโอนีนตามสัดส่วน CP : Met เท่ากับ 46.67 และ 36.84 ทำให้น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีแนวโน้มสูงกว่า 31.82 ซึ่งเป็นไปได้ว่าโปรตีนที่กินอาจไม่ได้ต่ำกว่าความต้องการ แต่มีกรดอะมิโนอื่นที่ได้รับนอกจากเมทไธโอนีน เช่น ไอโซลิวซีน ทริปโทเฟน ต่ำกว่าความต้องการ เมื่อเทียบกับ NRC (1994) ดังแสดงในตารางที่ 11 ซึ่งกรดอะมิโนทั้งสอง จัดเป็นกรดอะมิโนที่มีความจำเป็นต่อร่างกายเช่นเดียวกับกรดอะมิโนเมทไธโอนีน ขณะที่กรดอะมิโนจำเป็นนั้น มีความ สำคัญมากต่อการเพิ่มความสมดุลของกรดอะมิโนในร่างกาย ทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากกรดอะมิโนได้สูงสุด และช่วยให้ร่างกายสัตว์เจริญเติบโตตามปกติ โดย Morris and Gous (1988) กล่าวว่า ไอโซลิวซีน เมทไธโอนีน และไลซีน จัดเป็น First limiting amino acid ในไก่ไข่ นอกจากนี้ Baker *et al*., (2002) ยังรายงานว่าน้ำหนักตัวและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่กระทงดีขึ้น เมื่อปริมาณ ทริปโทเฟน และไอโซลิวซีนที่กินเพิ่มขึ้น

<u>ตารางที่ 11</u> แสดงปริมาณกรดอะมิโนที่ได้รับเทียบกับคำแนะนำของ NRC (1994)

กรดอะมิโนที่ได้รับ (กรัม/ตัว/วัน)	14% CP	16% CP	18% CP	NRC (1994)*
ไลซีน	0.90	0.96	1.131	0.84
เมทไธโอนีน	0.39	0.44	0.51	0.36
ทริปโตแฟน	0.17*	0.20	0.22	0.19
ทรีโอนีน	0.59	0.68	0.77	0.57
ไอโซลูซีน	0.60*	0.71	0.81	0.78
อาร์จินีน	0.95	1.12	1.27	0.85
ลูซีน	1.41	1.57	1.73	0.99
เฟนิลอะลานีน	0.75	0.89	0.97	0.57
ฮีสติดีน	0.47	0.52	0.58	0.21

<u>หมายเหตุ</u> * ปริมาณอาหารที่กิน 110 กรัม/ตัว/วัน

ตารางที่ 12 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อน้ำหนักตัว

	ระดับโปรตีน	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	SEM	Interaction
	(CP)	51.62	46.67	36.84	31.82			(CP X CP:Met)
น้ำหนักตัว (g)	14	1,455.62	1,445.00	1,449.68	1,454.42	1,451.18		
สัปดาห์ที่ 21	16	1,461.56	1,458.85	1,453.75	1,448.95	1,455.78	0.15	NS
	18	1,448.33	1,453.33	1,459.58	1,457.29	1,454.63		
	เฉลี่ย	1,455.17	1,452.39	1,454.34	1,453.55			
น้ำหนักตัว (g)	14	1,719.68	1,725.17	1,725.25	1,732.47	1,725.64^{Y}		
สัปดาห์ที่ 48	16	1,767.06	1,767.64	1,763.23	1,772.41	1,767.58^{X}	4.93	NS
	18	1780.82	1754.51	1775.41	1,773.31	1,771.01^{X}		
	เฉลี่ย	1,755.85	1,749.11	1,754.63	1,759.40			
น้ำหนักตัวที่ เพิ่ม	14	53.23	52.46	56.67	46.22	52.14^{y}		
ขึ้น (g)	16	56.43	56.43	62.70	69.18	61.19^{x}	1.39	NS
สัปดาห์ที่ 21-48	18	64.19	56.49	63.69	63.16	61.88^{x}		
	เฉลี่ย	57.95	55.13	61.02	59.52			

หมายเหตุ $^{X \text{ และ } Y}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

$^{x \text{ และ } y}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P>0.05$)

2. ผลต่ออัตราการตาย

ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับต่างกัน ไม่มีผลกับอัตราการตายของไก่ แต่ไก่ไข่ได้รับโปรตีนในอาหารสูงขึ้น มีแนวโน้มทำให้อัตราการตายของไก่ลดลง ไก่ที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับ 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการตายเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 0.18 0.13 และ 0.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารโปรตีนแต่ละระดับไม่มีผลต่ออัตราการตายของไก่ ไก่ที่ไม่ได้รับอาหารเสริมเมทไธโอนีน (สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62) มีอัตราการตายตลอดการทดลองเท่ากับ 0.14 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ได้รับเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 46.67 36.84 และ 31.82 พบว่ามีอัตราการตาย เท่ากับ 0.18 0.17 และ 0.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 13) และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่ออัตราการตายของไก่

จากการทดลองพบว่าระดับโปรตีนและเมทไธโอนีนในอาหารไม่มีผลต่ออัตราการตาย โดยอัตราการตายเฉลี่ยของไก่อยู่ที่ 0-0.2 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากว่าไก่ไข่อยู่ในโรงเรือนที่มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม จากตารางที่ 12 พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 14 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตัวลดลง แต่ไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการตาย แสดงให้เห็นว่าโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ อาจยังไม่ส่งผลต่อสุขภาพไก่ถึงแม้จะส่งผลต่อน้ำหนักตัวของไก่ไข่ก็ตาม ซึ่งสอดคล้องกับ Fernandez *et al*. (1973) ได้ศึกษาผลของโปรตีนและการเปลี่ยนแปลงระดับโปรตีน ในไก่พันธ์เล็กฮอร์ขาวอายุ 20 สัปดาห์ พบว่าการเปลี่ยนแปลงระดับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ เป็น 15 เปอร์เซ็นต์ และ โปรตีน 15 เป็น 13 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่ออัตราการตาย นอกจากนั้นยังพบว่าการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีน 0.05 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารที่มีโปรตีน 13 เปอร์เซ็นต์ ทำให้อัตราการตายไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับโปรตีน 15 17 และ 18 เปอร์เซ็นต์ แม้ระดับโปรตีนในอาหารสูงขึ้น ทำให้อัตราการตายลดลง สอดคล้องกับ Peterson *et al*., (1966) รายงานว่าอัตราการตายของไก่ไข่จะลดลงเมื่ออาหารมีระดับโปรตีนสูงขึ้น

ตารางที่ 13 **ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อเปอร์เซ็นต์การตาย**

	ระดับโปรตีน	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	SEM	Interaction
	(CP)	51.62	46.67	36.84	31.82			(CP X CP:Met)
เปอร์เซนต์การตาย (%)	14	0.14	0.19	0.31	0.07	0.18		
สัปดาห์ที่ 21-48	16	0.12	0.14	0.09	0.17	0.13	0.02	NS
	18	0.17	0.21	0.09	0.07	0.13		
	เฉลี่ย	0.14	0.18	0.17	0.10			

หมายเหตุ NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met (P>0.05)

3. ปริมาณอาหารที่กิน

เมื่อพิจารณาที่ระดับโปรตีนในอาหาร พบว่าโปรตีนแต่ละระดับ ไม่ทำให้ปริมาณการกินอาหารของไก่ไข่แตกต่างกันทางสถิติ โดยกลุ่มที่ได้รับโปรตีนระดับ 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอาหารที่กิน เท่ากับ 111.69 111.54 และ 112.02 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารโปรตีนแต่ละระดับ ไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน ไก่กลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมเมทไธโอนีน (สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62) มีปริมาณอาหารที่กินเท่ากับ 112.05 กรัม/ตัว/วัน ขณะที่กลุ่มที่เสริมเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 46.67 36.84 และ 31.82 มีปริมาณอาหารที่กินเท่ากับ 111.89 112.16 และ 110.91 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ดังตารางที่ 14 นอกจากนั้นไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและกรดเมทไธโอนีนต่อปริมาณอาหารที่ได้รับของไก่ไข่

ปริมาณอาหารที่กินของไก่ไข่สอดคล้องกับปริมาณที่แนะนำตามสายพันธุ์ โดยพบว่าไก่ไข่กินอาหารวันละ 110 กรัม/ตัว/วัน (ANNEX, 2000) ซึ่งจากการทดลองพบว่าไก่ไข่มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยตลอดการทดลองประมาณ 110-113 กรัม/ตัว/วัน อุทัย (2529) รายงานว่าการกินอาหารของสัตว์ขึ้นกับปริมาณพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ โดยสัตว์จะกินอาหารจนกระทั่งได้ปริมาณพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ดังนั้นระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในตัวสัตว์ จะเป็นตัวควบคุมปริมาณอาหารที่กินของสัตว์ สอดคล้องกับธีรวิทย์และชัยภูมิ (2547) พบว่า เมื่อลดระดับพลังงานในอาหารลง ไก่จะกินอาหารได้มากขึ้น เพื่อให้ได้รับพลังงานเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ซึ่งพลังงานที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงในระบบปิดคือ 2,750 kcal/kg

นอกจากนั้นสภาพของโรงเรือนและอุณหภูมิภายในโรงเรือนที่ใช้เลี้ยงสัตว์ยังมีอิทธิพลต่อการกินอาหารของสัตว์ด้วย Ferguson (2000) รายงานว่าสัตว์สามารถใช้อาหารคุณภาพต่ำได้ดีหากอยู่ในอุณหภูมิการเลี้ยงที่เหมาะสม เนื่องจากสัตว์สามารถปรับการกินอาหารได้ จากการทดลองในครั้งนี้จะเห็นได้ว่าไก่อยู่ในโรงเรือนที่มีอุณหภูมิการเลี้ยงที่เหมาะสม (มานิตย์, 2536) และได้รับพลังงานเท่ากันคือระดับ 2,750 ME kcal/kg ดังนั้นไก่ไข่ได้รับปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในระดับที่ต่างกันจึงไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน

ตารางที่14 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อปริมาณอาหารที่กิน

	ระดับโปรตีน	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	SEM	Interaction
	(CP)	51.62	46.67	36.84	31.82			(CP X CP:Met)
ปริมาณอาหารที่กิน (g/hen/day)	14	111.56	111.79	112.54	110.88	111.69		
สัปดาห์ที่ 21-48	16	111.42	111.48	112.21	111.05	111.54	0.22	NS
	18	113.17	112.38	111.74	110.79	112.02		
	เฉลี่ย	112.05	111.89	112.16	110.91			

หมายเหตุ NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met (P>0.05)

4. ผลต่อปริมาณโปรตีนและเมทไธโอนีนที่ได้รับ

ผลของโปรตีนและเมทไธโอนีนที่กินแสดงในตารางที่ 15 พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนระดับ 14 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนและเมทไธโอนีนที่ได้รับต่ำกว่ากลุ่ม 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยพบว่าไก่ไข่ที่ได้รับระดับโปรตีน 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนที่ได้รับเฉลี่ย เท่ากับ 15.64 17.81 และ 20.20 กรัม/ตัว/วัน และมีปริมาณเมทไธโอนีนที่ได้รับเฉลี่ยเท่ากับ 0.39 0.44 และ 0.50 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารโปรตีนแต่ละระดับ พบว่าไม่ส่งผลต่อปริมาณโปรตีนที่ได้รับในแต่ละกลุ่มการทดลอง โดยกลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมเมทไธโอนีน มีค่าเฉลี่ยของปริมาณโปรตีนที่ได้รับเท่ากับ 17.94 กรัม/ตัว/วัน ส่วนกลุ่มที่ได้รับการเสริมเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 46.67 36.84 และ 31.82 พบว่ามีค่าเฉลี่ยปริมาณโปรตีนที่ได้รับเท่ากับ 17.90 17.95 และ 17.74 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ในขณะที่การเสริมเมทไธโอนีนในอาหารโปรตีนแต่ละระดับ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 31.82 มีปริมาณเมทไธโอนีนที่ได้รับสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับเมทไธโอนีนในอาหารสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 36.84 46.67 และ 51.62 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) การเสริมเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 ในอาหารไก่ไข่ มีปริมาณเมทไธโอนีนที่ได้รับเฉลี่ยเท่ากับ 0.35 0.38 0.49 และ 0.56 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ

ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อปริมาณโปรตีนที่ได้รับ แต่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อเมทไธโอนีนที่ได้รับ โดยพบว่าการเสริมเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met ต่างกัน ในอาหารโปรตีนแต่ละระดับ ทำให้มีปริมาณเมทไธโอนีนที่ได้รับต่างกัน ซึ่งกลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับ 18 เปอร์เซ็นต์ และเสริมเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 31.82 มีปริมาณเมทไธโอนีนที่ได้รับสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ขณะที่กลุ่มโปรตีนระดับ 14 เปอร์เซ็นต์ และไม่เสริมเมทไธโอนีน (สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62) มีปริมาณเมทไธโอนีนที่ได้รับต่ำที่สุด

จากการทดลองแสดงในตารางที่ 15 พบว่าการกินอาหารของไก่ไข่ในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ระดับโปรตีนในอาหารทดลองในแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันเมื่อไก่ไข่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับต่ำและยังมีการกินอาหารเท่าเดิม จึงทำให้โปรตีนและเมทไธโอนีนที่ได้รับต่ำด้วย ขณะที่ อาภัสสรา (2543) รายงานว่าโปรตีนในอาหารจะมีกรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบ รวมถึงกรดอะมิโนเมทไธโอนีนด้วย ดังนั้นระดับโปรตีนที่สูงขึ้นจึงส่งผลให้กรดอะมิโน

เมทไธโอนีนสูงขึ้น ทำให้ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับต่ำมีปริมาณโปรตีนและเมทไธโอนีนที่ได้รับต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหารในระดับสูง ซึ่งจากการทดลองเห็นได้ว่า ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 14 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนและเมทไธโอนีนที่ได้รับต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับ ทวีศักดิ์และคณะ (2546) ได้ศึกษาระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหารไก่ไข่ ต่อปริมาณโปรตีนที่ได้รับ พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 16 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนที่ได้รับมากกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ และเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในระดับต่างกัน เช่นเดียวกับชูพงษ์และคณะ (2543) พบว่าไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 21 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนที่ได้รับสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 17 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลการทดลองในครั้งนี้อาจเกิดจากอิทธิพลของอาหารทดลองร่วมกับปริมาณอาหารที่ไก่กิน ดังนั้นความแตกต่างที่เกิดขึ้นน่าจะมีผลมาจากระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหารที่แตกต่างกันเป็นหลัก นอกจากนั้น NRC (1994) แนะนำว่าไก่ไข่ที่กินอาหาร 110 กรัม/ตัว/วัน มีความต้องการโปรตีน 16.5 กรัม/ตัว/วัน ขณะที่ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนที่ได้รับ 15.64 กรัม/ตัว/วัน ซึ่งต่ำกว่าความต้องการของไก่ไข่ ส่งผลให้ไก่กลุ่ม 14 เปอร์เซ็นต์ กินอาหารเพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้โปรตีนเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย จึงทำให้ปริมาณอาหารที่กินในแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 15 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อปริมาณโปรตีนและเมทไธโอนีนที่ได้รับ

	ระดับโปรตีน	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	SEM	Interaction
	(CP)	51.62	46.67	36.84	31.82			(CP X CP:Met)
ปริมาณโปรตีนที่ได้รับ	14	15.62	15.65	15.76	15.52	15.64^{Z}		
(g/hen/day)	16	17.83	17.84	17.82	17.77	17.81^{Y}	0.22	NS
สัปดาห์ที่ 21-48	18	20.37	20.23	20.28	19.94	20.20^{X}		
	เฉลี่ย	17.94	17.90	17.95	17.74			
ปริมาณเมทไธ	14	0.31^{I}	0.34^{H}	0.43^{E}	0.49^{D}	0.39^{Z}		
โอนีนที่ได้รับ (g/hen/day)	16	0.34^{H}	0.38^{G}	0.49^{D}	0.56^{B}	0.44^{Y}	0.01	**
สัปดาห์ที่ 21-48	18	0.39^{F}	0.43^{E}	0.54^{C}	0.63^{A}	0.50^{X}		
	เฉลี่ย	0.35^{D}	0.38^{C}	0.49^{B}	0.56^{A}			

หมายเหตุ $^{X, Y \text{ และ} Z}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

$^{A, B, C, D, E, F, G,H}$ และ ^{I} อักษรต่างกันในแถวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

** พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ในอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)

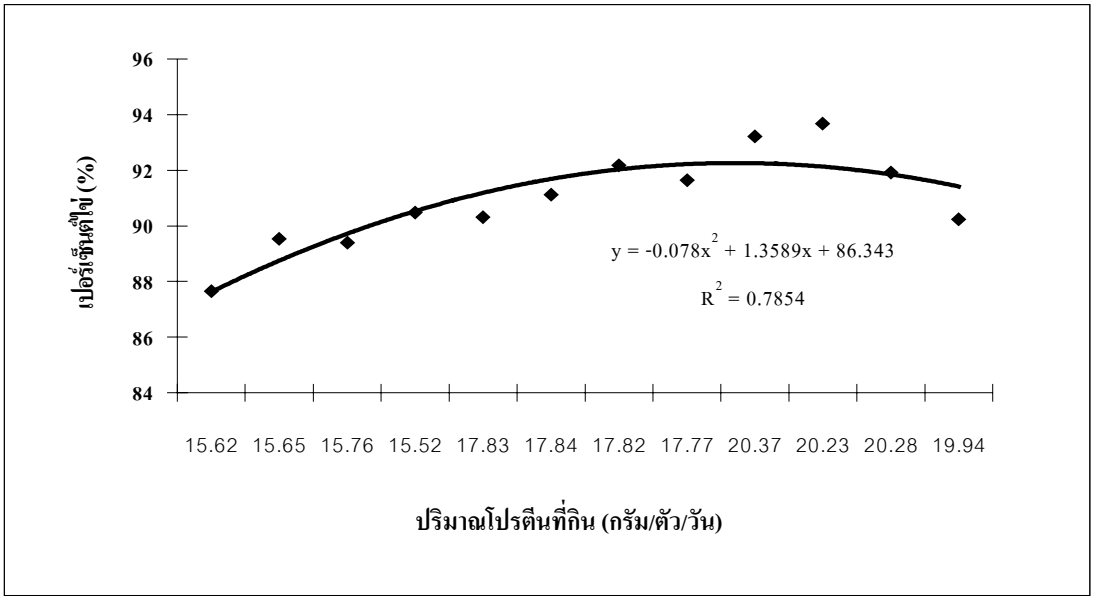
NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P>0.05$)

5. ผลต่อผลผลิตไข่ (%Hen day) น้ำหนักไข่และมวลไข่

ระดับโปรตีนไม่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ไข่ในแต่ละกลุ่มการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่โปรตีนที่สูงขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์ไข่มีแนวโน้มสูงขึ้น ($R^2 = 0.78$) (ภาพที่ 10) ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารโปรตีนระดับ 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ไข่ตลอดการทดลอง เท่ากับ 89.27 91.32 และ 92.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่าไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับ 14 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักไข่ต่ำกว่ากลุ่ม 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยกลุ่มที่ระดับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักไข่เฉลี่ยเท่ากับ 58.84 กรัม และกลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับ 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์มีน้ำหนักไข่เท่ากับ 60.58 และ 60.87 กรัม ตามลำดับ การเสริมเมทไธโอนีนในอาหารโปรตีนแต่ละระดับไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์ไข่แตกต่างกันทางสถิติ โดยกลุ่มที่ไม่เสริมเมทไธโอนีน (สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62) มีเปอร์เซ็นต์ไข่ เท่ากับ 90.40 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับกลุ่มที่เสริมเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 46.67 36.84 และ 31.82 ซึ่งมีปริมาณไข่เฉลี่ยเท่ากับ 91.45 91.17 และ 90.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่การเสริมเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 31.82 ทำให้น้ำหนักไข่สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 ($P<0.05$) กลุ่มที่ได้รับอาหารไม่ได้เสริมเมทไธโอนีน (สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62) มีน้ำหนักไข่เฉลี่ยเท่ากับ 59.44 กรัม และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 46.67 36.84 และ 31.82 มีน้ำหนักไข่เฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 60.25 59.98 และ 60.72 กรัม ตามลำดับ ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อเปอร์เซ็นต์ไข่และน้ำหนักไข่ ดังตารางที่ 16

จากการทดลองพบว่าระดับโปรตีนและเมทไธโอนีน ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์ไข่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Antonio *et al.,* (1991) พบว่าการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีน ในอาหารโปรตีน 13 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับกลุ่มที่ได้รับโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ไม่เสริมเมทไธโอนีน มีเปอร์เซ็นต์ไข่ไม่แตกต่างกัน แต่ขัดแย้งกับ Ingram *et al*., (1950) ที่พบว่าผลผลิตไข่นั้นลดลงอย่างรวดเร็วในไก่ไข่กลุ่มที่ไม่รับกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหาร จากการที่น้ำหนักไข่ของไก่ไข่กลุ่ม 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 14 เปอร์เซ็นต์ อาจเกิดจากปริมาณโปรตีน และกรดอะมิโนชนิดอื่น ๆ ที่ได้รับในกลุ่มโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่าความต้องการ เมื่อเทียบกับความต้องการของไก่สายพันธุ์แบ๊บค๊อก บี 380 ที่ต้องการโปรตีนอยู่ที่ระดับ 17.73 กรัม/ตัว/วัน และกรดอะมิโนเมทไธโอนีน อยู่ที่ 0.39 กรัม/ตัว/วัน (ANNEX, 2000) อย่างไรก็ตาม NRC (1994) แนะนำว่าไก่ไข่มีความต้องการโปรตีน 16.50 กรัม/ตัว/วัน และเมทไธโอนีน 0.33 กรัม/ตัว/วัน จากการทดลองในครั้ง

นี้ พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนและเมทไธโอนีนที่ได้รับเท่ากับ 15.64 และ 0.39 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเทียบปริมาณโปรตีนที่ได้รับกับ NRC (1994) และ ANNEX (2000) พบว่าปริมาณโปรตีนที่ได้รับในกลุ่มโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าความต้องการของไก่ไข่ ดังนั้นจึงทำให้น้ำหนักฟองไข่ลดลง นอกจากนี้ การเสริมเมทไธโอนีนในอาหาร ยังทำให้น้ำหนักไข่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Chung Hsu *et al*., (1998) และ Coon (1991) กล่าวว่าปริมาณโปรตีนและเมทไธโอนีนในอาหารมีผลโดยตรงต่อน้ำหนักฟองไข่ ขณะที่ Fisher (1969) รายงานว่าการเลี้ยงไก่ไข่ด้วยอาหารที่จำกัดปริมาณเมทไธโอนีน ทำให้น้ำหนักฟองไข่ลดลง 2 ถึง 3 กรัม ในช่วง 3 ถึง 4 สัปดาห์แรก โดยน้ำหนักองค์ประกอบของฟองไข่ ได้แก่ ไข่แดง ไข่ขาว และเปลือกไข่ลดลงทั้งหมด เช่นเดียวกับ Csonka *et al*., (1947) ที่รายงานว่า แม่ไก่ขาดเมทไธโอนีน มีการสังเคราะห์องค์ประกอบภายในฟองไข่ลดลง ส่งผลให้น้ำหนักไข่ลดลง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเสริมโปรตีนและเมทไธโอนีนในอาหารไก่ไข่ ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์ไข่ในแต่ละกลุ่มการทดลองสูงขึ้น แต่ระดับโปรตีนและเมทไธโอนีนทำให้น้ำหนักไข่สูงขึ้น จนทำให้มวลไข่สูงขึ้น (แสดงในตารางที่ 17) แสดงให้เห็นว่าระดับโปรตีนมีอิทธิพลต่อขนาดของไข่มากกว่าปริมาณการให้ผลผลิต



ภาพที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนที่กินกับเปอร์เซ็นต์ไข่

ตารางที่ 16 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อเปอร์เซ็นไข่และน้ำหนักไข่

	ระดับโปรตีน	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	SEM	Interaction
	(CP)	51.62	46.67	36.84	31.82			(CP X CP:Met)
เปอร์เซ็นไข่ (%)	14	87.65	89.54	89.40	90.48	89.27		
สัปดาห์ที่ 21-48	16	90.32	91.13	92.18	91.65	91.32	0.37	NS
	18	93.22	93.68	91.92	90.24	92.27		
	เฉลี่ย	90.40	91.45	91.17	90.79			
น้ำหนักไข่ (g)	14	57.96	59.02	58.81	59.57	58.84^{Y}		
สัปดาห์ที่ 21-48	16	59.67	60.92	61.16	60.55	60.58^{X}	0.18	NS
	18	60.68	60.81	59.95	62.03	60.87^{X}		
	เฉลี่ย	59.44^{b}	60.25^{ab}	59.98^{ab}	60.72^{a}			

หมายเหตุ $^{X \text{ และ } Y}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

$^{a \text{ และ } b}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P>0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงในตารางที่ 17 พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ มีมวลไข่ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ มีมวลไข่เท่ากับ 52.52 ขณะที่กลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีมวลไข่เท่ากับ 55.38 และ 56.17 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงการเสริมเมทไธโอนีน พบว่าไม่มีอิทธิพลต่อมวลไข่ โดยพบว่าสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 มีมวลไข่เท่ากับ 53.75 55.19 54.72 และ 55.10 ตามลำดับ จากการทดลองไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อมวลไข่

ค่ามวลไข่คำนวณจากผลคูณของเปอร์เซ็นต์ไข่กับน้ำหนักไข่ ซึ่งอาหารที่มีระดับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเปอร์เซ็นต์ไข่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ แต่มีน้ำหนักไข่ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อนำมาคำนวณจึงทำให้ค่ามวลไข่ในกลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีนสูง เมื่อปริมาณอาหารที่กินเท่ากัน ดังนั้นกลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับสูงจึงมีปริมาณโปรตีนเพียงพอ หรือมากกว่าความต้องการ โดยเห็นได้ว่าการเสริมเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 ในอาหารโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ มีมวลไข่ต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับอาหารโปรตีน 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากผลในครั้งนี้สอดคล้องกับหลายงานวิจัย โดย Reid and Weber (1973) พบว่าการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ และมวลไข่ ขณะที่ Theyer *et al.* (1974) รายงานว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่มีการปรับสมดุลของกรดอะมิโน ทำให้ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ รวมถึงมวลไข่ดีขึ้น นอกจากนั้น ทวีศักดิ์และคณะ (2546); ธีรวิทย์และชัยภูมิ (2547) และ Shafer *et al*. (1996) รายงานว่าปริมาณเมทไธโอนีนที่กินมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่ามวลไข่ เช่นเดียวกับ Summers *et al,* (1991) รายงานว่าการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนระดับ 0.32 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารโปรตีนต่ำ (10 % CP) ทำให้มวลไข่เพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากกรดอะมิโนเมทไธโอนีนมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมเทโบลิซึมของโปรตีนมาก ดังนั้นเมื่อเสริมเมทไธโอนีนในอาหารจะช่วยปรับสมดุลของกรดอะมิโนจึงทำให้ประสิทธิภาพการผลิตของไก่ไข่ดีขึ้น (Sell and Rogler, 1983)

ตารางที่ 17 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อมวลไข่

	ระดับโปรตีน	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	SEM	Interaction
	(CP)	51.62	46.67	36.84	31.82			(CP X CP:Met)
มวลไข่	14	50.81	52.99	52.51	53.76	52.52^{Y}		
สัปดาห์ที่ 21-48	16	53.90	55.37	56.49	55.58	55.38^{X}	0.33	NS
	18	56.54	56.99	55.16	55.98	56.17^{X}		
	เฉลี่ย	53.75	55.19	54.72	55.10			

หมายเหตุ $^{X \text{ และ } Y}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P>0.05$)

6. ผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหาร และโปรตีนเป็นน้ำหนักไข่

จากการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงในตารางที่ 18 พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับ 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ดีกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนระดับ 14 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.01$) ขณะที่ระดับโปรตีนในอาหารสูงขึ้นทำให้อัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นน้ำหนักไข่ด้อยลง โดยกลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 และ 16 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นน้ำหนักไข่ ดีกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับ 18 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.01$) และการเสริมเมทไธโอนีน ในอาหารไก่ไข่สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ดีกว่ากลุ่มที่ได้รับเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 46.67 และ 31.62 ($P<0.05$) ขณะที่การเสริมเมทไธโอนีนไม่ทำให้อัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นน้ำหนักไข่แตกต่างทางสถิติ นอกจากนั้นไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารและโปรตีนเป็นน้ำหนักไข่

กลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีน 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ดีกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากกลุ่มที่ได้รับโปรตีน 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามวลไข่สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นแล้ว ไก่ไข่กินอาหารไม่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มการทดลอง ขณะที่น้ำหนักไข่ของไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 20) ดังนั้นเมื่อนำมาคำนวณเป็นอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่จึงทำให้กลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 14 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่ากลุ่ม 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าการได้รับโปรตีนต่ำ (14 เปอร์เซ็นต์) ทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารโดยรวมน้อยลง ซึ่งส่งผลต่อน้ำหนักไข่โดยตรง ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่โปรตีนที่กิน (16 และ 18 เปอร์เซ็นต์) มีปริมาณที่มากพอจึงเปลี่ยนเป็นพลังงานเพื่อใช้ในการสร้างไข่ นอกจากนี้การเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ดีขึ้น สอดคล้องกับหลายงานวิจัย ที่พบว่าการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารช่วยปรับสมดุลของอาหารให้ดีขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์ไข่และน้ำหนักไข่สูงขึ้น (Chung Hsu *et al*., 1998 และ Sell and Rogler, 1983) ความสมดุลของกรดอะมิโนที่ดี ทำให้การสังเคราะห์โปรตีนสูงขึ้น ขณะที่กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 และ 16 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นน้ำหนักไข่ดีกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าโปรตีนที่ต่ำลงทำให้ประสิทธิภาพของการใช้โปรตีนดีขึ้นเพราะโปรตีนถูกเปลี่ยนเป็นพลังงาน (FCR ดีขึ้น) ซึ่งสอดคล้องกับ ทวีศักดิ์และคณะ (2546) พบว่า เมื่อลดระดับโปรตีนในอาหารลงและเสริมเมทไธโอนีน ทำให้อัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นน้ำหนักไข่ดีขึ้น ด้วยเหตุที่โปรตีนที่สัตว์กินเข้า

ไปสามารถใช้ประโยชน์ได้เพียง 40 เปอร์เซ็นต์ที่เหลืออีก 60 เปอร์เซ็นต์จะถูกขับออกจากร่างกาย (Schutte *et al.,* 1983) ดังนั้นการลดระดับโปรตีนและปรับสมดุลของกรดอะมิโนทำให้ไก่สามารถใช้ประโยชน์จากโปรตีนและกรดอะมิโนได้สูงขึ้น

<u>ตารางที่ 18</u> ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อการเปลี่ยนอาหารและโปรตีนเป็นน้ำหนักไข่

	ระดับโปรตีน	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	SEM	Interaction
	(CP)	51.62	46.67	36.84	31.82			(CP X CP:Met)
การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่	14	2.20	2.12	2.16	2.07	2.14^{X}		
(อาหารที่กิน/มวลไข่)	16	2.08	2.01	1.99	2.01	2.02^{Y}	0.01	NS
สัปดาห์ที่ 21-48	18	2.01	1.97	2.04	1.99	2.00^{Y}		
	เฉลี่ย	2.09^{a}	2.04^{b}	2.06^{ab}	2.02^{b}			
การเปลี่ยนโปรตีนเป็นน้ำหนักไข่	14	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30^{Z}		
(โปรตีนที่กิน/มวลไข่)	16	0.32	0.33	0.32	0.32	0.32^{Y}	0.032	NS
สัปดาห์ที่ 21-48	18	0.36	0.36	0.36	0.35	0.36^{X}		
	เฉลี่ย	0.33	0.33	0.33	0.32			

<u>หมายเหตุ</u> $^{X, Y \text{ และ } Z}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

$^{a \text{ และ } b}$ อักษรต่างกันในแถวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met

* สูตรการคำนวณ อัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นน้ำหนักไข่ = (ปริมาณโปรตีนที่กิน / มวลไข่)

7. ผลต่อต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่

จากตารางที่ 19 พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 14 และ 16 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 18 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.01$)ไก่ไข่ได้รับโปรตีนในอาหาร 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่เท่ากับ 15.72 15.45 และ 16.28 บาท/ไข่ 1 กิโลกรัม ขณะที่การเสริมเมทไธโอนีนในอาหารไม่ทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ แตกต่างกันทางสถิติ ไก่ได้รับอาหารเสริมเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 มีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่เท่ากับ 15.88 15.52 15.98 และ 15.89 บาท/ไข่ 1 กิโลกรัม ตามลำดับ นอกจากนั้นไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่

ตลอดการทดลองพบว่า การเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารทำให้ปริมาณโปรตีนและเมทไธโฮนีนที่ได้รับสูงขึ้น ส่งผลให้ไก่มีน้ำหนักฟองไข่และมวลไข่สูงขึ้น แต่เมื่อคำนวณเป็นอัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นน้ำหนักไข่ พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นน้ำหนักไข่ดีกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 18 เปอร์เซ็นต์ โดยมีต้นทุนการผลิตต่ำลงจาก 16.28 เป็น 15.45 และ 15.72 บาท/ไข่ 1 กก ในไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 18 16 และ 14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นจึงควรใช้อาหารที่มีระดับโปรตีนในอาหาร 14 และ 16 เปอร์เซ็นต์ เสริมเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 36.84 หรือ 31.82 ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง สอดคล้องกับทวีศักดิ์และคณะ (2546) ที่พบว่าการลดระดับโปรตีนในอาหาร ทำให้ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนดีขึ้น และยังมีต้นทุนการผลิตดีกว่า แสดงให้เห็นว่าระดับโปรตีนที่สูงเกินความต้องการของสัตว์ ไม่ได้ทำให้การใช้ประโยชน์จากโปรตีนลดลงเพียงอย่างเดียว แต่ยังทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นด้วย (Attar and Brake, 1988)

ตารางที่ 19 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อต้นทุนอาหารต่อการผลิตไข่

	ระดับโปรตีน	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	SEM	Interaction
	(CP)	51.62	46.67	36.84	31.82			(CP X CP:Met)
ต้นทุนอาหารต่อการผลิตไข่	14	15.99	15.45	15.95	15.50	15.72^{Y}		
(bath/kg egg)	16	15.62	15.22	15.33	15.64	15.45^{Y}	0.08	NS
	18	16.04	15.89	16.67	16.52	16.28^{X}		
	เฉลี่ย	15.88	15.52	15.98	15.89			

หมายเหตุ $^{X \text{และ} Y}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P>0.05$)

ผลของโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อกระบวนการเมทาบอลิซึมของไขมัน

เนื่องจากสภาพทางสรีระวิทยาของไก่ไข่ในระยะให้ผลผลิตสูงสุดและหลังให้ผลผลิตสูงสุดไปแล้วมีความแตกต่างกัน โดยช่วงให้ไข่สูงสุดมีการสร้างฟองไข่ในปริมาณมาก จึงต้องใช้พลังงานจากอาหารในการสร้างฟองไข่ แต่ในช่วงหลังให้ไข่สูงสุด ไก่ไข่ไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานในการสร้างฟองไข่ แต่จะใช้พลังงานในการสังเคราะห์โภชนะภายในฟองไข่สูงขึ้น (Noble *et al*., 1986) จึงทำให้กระบวนการเมเทโบลิซึมของสารชีวเคมีภายในร่างกายของไก่ต่างกัน ดังนั้นในส่วนการวิเคราะห์ผลของไขมัน จึงต้องแยกวิเคราะห์เป็นสองช่วง (อายุ 33 สัปดาห์ และ 48 สัปดาห์)

1. ผลต่อน้ำหนักไข่แดง

จากการทดลองในช่วงแรก (33 สัปดาห์) พบว่าระดับโปรตีนในอาหารไม่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักไข่แดง (กรัม/ฟอง) ของไก่ แต่เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์แล้ว พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับ 18 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับ 14 และ 16 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) แต่เมื่อพิจารณาถึงการเสริมเมทไธโอนีน พบว่า ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 มีน้ำหนักไข่แดง (กรัม/ฟอง) ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 46.67 และ 31.82 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ขณะที่การเสริมเมทไธโอนีนในอาหารไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์ไข่แดงเปลี่ยนแปลง (ตารางที่ 21)

ช่วงที่สอง (48 สัปดาห์) พบว่าระดับโปรตีนในอาหาร ไม่ทำให้น้ำหนักไข่แดง (กรัม/ฟอง) และเปอร์เซ็นต์ไข่แดงแตกต่างทางสถิติ และการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารไม่มีผลต่อน้ำหนักไข่แดง (กรัม/ฟอง) และเปอร์เซ็นต์ไข่แดงของไก่ไข่เช่นกัน เมื่อพิจารณาถึงอายุ พบว่าไก่ไข่ที่อยู่ในช่วงให้ผลผลิตสูงสุด (อายุ 33 สัปดาห์) มีน้ำหนักไข่แดง (กรัม/ฟอง) ต่ำกว่ากลุ่มที่อยู่ในช่วงหลังให้ผลผลิตสูงสุด (อายุ 48 สัปดาห์) ($P<0.05$) แต่เปอร์เซ็นต์ไข่แดงไม่แตกต่างกัน นอกจากนั้นไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อน้ำหนักไข่แดง (กรัม/ฟอง) และเปอร์เซ็นต์ไข่แดงของไก่ไข่ ทั้งสองช่วงการทดลอง (ตารางที่ 20 และ21)

North and Bell (1990) รายงานว่าไข่ไก่มีไข่แดงเป็นองค์ประกอบอยู่ถึง 27.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับงานทดลองในครั้งนี้ที่มีค่าประมาณ 24.50-26.93 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองพบว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14

และ 16 เปอร์เซ็นต์ อาจเป็นเพราะระดับโปรตีนที่สูงขึ้น ทำให้โปรตีนที่สะสมในไข่ขาวสูงกว่าที่จะเปลี่ยนเป็นไขมันที่สะสมในไข่แดง สอดคล้องกับ Chung Hsu *et al*., (1998) พบว่าไก่ที่ได้รับอาหารโปรตีน 17 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักไข่ขาวมากว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 14 เปอร์เซ็นต์ Gardner and Young (1972) รายงานว่าการเพิ่มโปรตีนจาก 12 เปอร์เซ็นต์ เป็น 18 เปอร์เซ็นต์ ทำให้น้ำหนักไข่ขาวสูงขึ้น นอกจากนั้น William and Owen (1984) รายงานว่าในไข่ขาวนั้นมีโปรตีน โดยมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่ถึง 9.70-10.60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโปรตีนที่ได้จากอาหารจะสังเคราะห์เป็นโปรตีนที่พบในผลผลิต (พจน์และคณะ 2543) ส่วนในไข่แดงนั้น มีไขมันประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์ (Noble, 1985) ขณะที่การเสริมเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met ลดลงทำให้น้ำหนักไข่แดงสูงขึ้น สอดคล้องกับ Shafer *et al.,* (1996) ที่พบว่าการเสริมเมทไธโอนีนในอาหาร ทำให้น้ำหนักไข่แดงเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามน้ำหนักไข่แดงยังเพิ่มขึ้นตามอายุของแม่ไก่ (Akbar *et al*., 1983; Burley and Vadehra, 1989) ดังนั้นเห็นได้ว่าระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนที่เสริมลงในอาหารทำให้น้ำหนักไข่แดงสูงขึ้น

ตารางที่ 20 **ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อน้ำหนักไข่แดง**

	ระดับโปรตีน (CP)	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	ช่วงอายุ	SEM	Interaction
		51.62	46.67	36.84	31.82				(CP X CP:Met)
น้ำหนักไข่แดง (g)	14	13.97	14.38	13.74	15.04	14.30			
สัปดาห์ที่ 33	16	13.45	14.91	14.62	14.89	14.54	14.55^{y}	0.15	NS
	18	13.73	14.65	14.52	14.47	14.33			
	เฉลี่ย	13.74^{b}	14.63^{a}	14.29^{ab}	14.80^{a}				
น้ำหนักไข่แดง (g)	14	15.27	15.74	15.63	16.26	15.72			
สัปดาห์ที่ 48	16	15.59	15.23	15.66	16.15	15.65	15.67^{x}	0.14	NS
	18	15.06	14.93	16.64	15.89	15.63			
	เฉลี่ย	15.31	15.30	15.98	16.09				

หมายเหตุ $^{x \text{ และ } y}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{a \text{ และ } b}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P>0.05$)

<u>ตารางที่ 21</u> ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อเปอร์เซ็นต์ไข่แดง

	ระดับโปรตีน (CP)	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	ช่วงอายุ	SEM	Interaction
		51.62	46.67	36.84	31.82				(CP X CP:Met)
เปอร์เซ็นไข่แดง (%)	14	25.07	25.78	25.44	26.17	25.61^{x}			
สัปดาห์ที่ 33	16	26.21	25.79	25.08	25.41	25.62^{x}	25.05^{x}	0.19	NS
	18	24.32	24.93	24.06	24.67	24.51^{y}			
	เฉลี่ย	25.20	25.50	26.06	25.53				
เปอร์เซ็นต์ไข่แดง (%)	14	24.10	25.49	25.30	26.09	25.25			
สัปดาห์ที่ 48	16	25.54	25.30	23.87	25.67	25.09	25.13^{x}	0.17	NS
	18	25.29	24.16	26.05	24.64	25.04			
	เฉลี่ย	24.98	24.99	25.07	25.46				

<u>หมายเหตุ</u> $^{x \text{ และ } y}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P>0.05$)

2. ผลต่อน้ำหนักตับ

ในช่วงแรก (33 สัปดาห์) ของการทดลอง พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน16 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตับ (กรัม) มากกว่ากลุ่ม 14 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตับ (กรัม) ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับโปรตีนระดับ 16 เปอร์เซ็นต์มีน้ำหนักตับเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนระดับ 14 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) ขณะที่สัดส่วน CP:Met ในอาหารไก่ไข่ ไม่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักตับ (กรัม) และน้ำหนักตับเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ส่วนในช่วงที่สอง (48 สัปดาห์) พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์มีน้ำหนักตับ (กรัม) มากกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) ส่วนกลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตับ (กรัม) ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามโปรตีนแต่ละระดับไม่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักตับเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว การเสริมเมทไธโอนีนในอาหาร พบว่าไม่มีผลต่อน้ำหนักตับ (กรัม) และน้ำหนักตับเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว เมื่อพิจารณาถึงอายุ พบว่าไก่ไข่ที่อยู่ในช่วงให้ผลผลิตสูงสุด (อายุ 33 สัปดาห์) มีน้ำหนักตับและเปอร์เซ็นต์ตับต่ำกว่ากลุ่มที่อยู่ในช่วงหลังให้ผลผลิตสูงสุด (อายุ 48 สัปดาห์) ($P<0.05$) นอกจากนี้ยังไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อน้ำหนักและตับน้ำหนักตับเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว ทั้งสองช่วง (ตารางที่ 22 และ23)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตับ (กรัม) ลดลง อาจเป็นเพราะมีปริมาณไขมันในตับน้อยหรือมีการสังเคราะห์โปรตีนต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนสูงกว่า ส่วนการเสริมเมทไธโอนีนต่างกัน 4 ระดับไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตับ (กรัม) การที่ไก่ได้รับโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ตับมีขนาดใหญ่ขึ้น อาจเกิดจากการสังเคราะห์โปรตีนและไขมันสูงขึ้นเพื่อรองรับผลผลิตที่สูงขึ้น โดยสังเกตจากปริมาณของผลผลิตไข่ที่สูงในกลุ่มนี้ Steven (1996) รายงานว่าตับเป็นแหล่งสำคัญในการเปลี่ยนกรดอะมิโนที่ได้จากโปรตีนในอาหารเป็นโปรตีนที่ใช้ในตับและพลาสมาหลายชนิด ดังนั้นเมื่อได้รับโปรตีนในปริมาณมากก็จะทำให้มีการขนส่งกรดอะมิโนและการสังเคราะห์โปรตีนในตับเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ ทวีศักดิ์และคณะ (2546) พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 14 เปอร์เซ็นต์ และเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีน 0.26 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตับต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ และเสริมเมทไธ

โอนีนระดับ 0.38 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้น Noble (1985) รายงานว่าไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ มีไขมันในตับต่ำกว่ากลุ่ม 16 เปอร์เซ็นต์ ไขมันภายในตับที่เพิ่มขึ้นทำให้น้ำหนักตับสูงขึ้น ขณะที่ Thayler *et al*., (1973) พบว่าระดับโปรตีนในอาหารและน้ำหนักแห้งของตับจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณไขมันในตับและอายุการให้ไข่ นอกจากนั้น Maurice *et al,*. (1982) รายงานว่าไก่ไข่ที่กินอาหารโปรตีนระดับ 13.5 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตับ เปอร์เซ็นต์ไขมันในตับ น้อยกว่าไก่ไข่ที่กินอาหารโปรตีนระดับ 19 เปอร์เซ็นต์ Bunchasak *et al*., (2005) รายงานว่าไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับ 18 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตับสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับ 14 และ 16 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 22 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อน้ำหนักตับ

	ระดับโปรตีน (CP)	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	ช่วงอายุ	SEM	Interaction
		51.62	46.67	36.84	31.82				(CP X CP:Met)
น้ำหนักตับ (g)	14	30.42	32.62	32.25	31.13	31.61^{y}			
สัปดาห์ที่ 33	16	32.95	36.64	36.58	33.98	35.01^{x}	33.35^{y}	0.56	NS
	18	33.60	32.67	32.42	35.14	33.43^{xy}			
	เฉลี่ย	32.44	33.89	33.3	33.28				
น้ำหนักตับ (g)	14	47.62	44.87	52.15	46.78	47.85^{y}			
สัปดาห์ที่ 48	16	55.77	56.53	52.63	47.97	53.22^{x}	50.65^{x}	0.86	NS
	18	50.45	52.07	48.93	52.02	50.87^{xy}			
	เฉลี่ย	51.28	51.16	51.24	48.92				

หมายเหตุ $^{x \text{ และ } y}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P>0.05$)

ตารางที่ 23 **ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อน้ำหนักตับ**

	ระดับโปรตีน (CP)	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	ช่วงอายุ	SEM	Interaction
		51.62	46.67	36.84	31.82				(CP X CP:Met)
น้ำหนักตับ (%/BW)	14	1.66	1.72	1.81	1.70	1.72^{y}			
สัปดาห์ที่ 33	16	1.77	1.87	2.03	2.04	1.92^{x}	1.83^{y}	0.03	NS
	18	1.88	1.78	1.87	1.81	1.84^{xy}			
	เฉลี่ย	1.78	1.79	1.90	1.84				
น้ำหนักตับ (%/BW)	14	2.78	2.42	2.73	2.41	2.59			
สัปดาห์ที่ 48	16	2.79	3.03	2.88	2.45	2.79	2.72^{x}	0.05	NS
	18	2.91	2.84	2.52	2.80	2.77			
	เฉลี่ย	2.83	2.77	2.71	2.55				

หมายเหตุ $^{x \text{ และ } y}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P>0.05$)

ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อระดับ Triglyceride ใน ตับ ซีรั่มและไข่แดงของไก่ไข่

1. ผลต่อปริมาณ Triglyceride ในตับ

เมื่อพิจารณาช่วงแรกของการทดลอง พบว่าระดับโปรตีนในอาหารไม่มีผลต่อปริมาณ Triglyceride ในตับ กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ Triglyceride ในตับเท่ากับ 35.26 34.29 และ 35.28 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ การเสริม เมทไธโอนีน ไม่มีผลต่อปริมาณ Triglyceride ในตับเช่นกัน กลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารเสริมเมทไธโอนีน (สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62) มีปริมาณ Triglyceride ในตับเท่ากับ 36.55 มิลลิกรัม/กรัม มีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มที่ได้รับเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 46.67 36.84 และ 31.82 ซึ่งมีปริมาณ Triglyceride ในตับเท่ากับ 34.54 32.74 และ 35.96 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ ขณะที่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีน ต่อปริมาณ Triglyceride ในตับ (ตารางที่ 24)

ส่วนช่วงที่สอง พบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ Triglyceride ในตับต่ำกว่ากลุ่มโปรตีน 14 และ 16 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.01$) ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ Triglyceride ในตับเท่ากับ 32.77 31.85 และ 28.89 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ แต่การเสริมเมทไธโอนีนในอาหารไม่มีผลต่อปริมาณ Triglyceride ในตับ ไก่ไข่แต่ละกลุ่มที่ได้รับสัดส่วน CP:Met ในอาหารเท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 มีปริมาณ Triglyceride ในตับเท่ากับ 31.55 31.62 31.72 และ 29.79 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาถึงอายุไก่ พบว่าไก่ไข่ที่ให้ไข่อายุ 33 สัปดาห์ มีปริมาณ Triglyceride ในตับสูงกว่าไก่อายุ 48 สัปดาห์ ($P<0.05$) อายุ 33 สัปดาห์ มีปริมาณ Triglyceride ในตับเท่ากับ 35.18 มิลลิกรัม/กรัมตับ และอายุ 48 สัปดาห์ มีปริมาณ Triglyceride ในตับเท่ากับ 31.16 มิลลิกรัม/กรัมตับ นอกจากนั้นพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อปริมาณ Triglyceride ในตับของไก่ไข่ ($P<0.01$) กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ และเสริมเมทไธโอนีน มีปริมาณ Triglyceride ในตับลดลง ขณะที่การเสริมเมทไธโอนีน ในอาหารโปรตีนระดับ 14 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ Triglyceride ในตับไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 24)

ไก่ไข่ที่อยู่ในช่วงให้ไข่มีการสะสม Triglyceride มากในตับ เพื่อใช้สำหรับการให้ผลผลิตไข่และเป็นองค์ประกอบภายในฟองไข่ (Fujii *et al.,* 1985) จากการทดลองพบว่าไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับสูงมีปริมาณ Triglyceride ในตับลดลง อาจเนื่องจากว่าไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน

ในอาหารระดับ 18 เปอร์เซ็นต์มีการสังเคราะห์ Triglyceride ในตับมาก นอกจากนี้ไก่ไข่ยังมีกระบวนการป้องกันไม่ให้ระดับ Triglyceride สะสมในตับสูงจนก่อให้เกิดภาวะ Fatty liver syndrome จึงมีการขนย้าย Triglyceride จากตับไปสะสมไว้ในไข่แดงหรือเนื้อเยื่อไขมันมากขึ้น สอดคล้องกับผลการทดลองในตารางที่ 26 พบว่าปริมาณ Triglyceride ในไข่แดงของไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ Taurog *et al*. (1994) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงระดับของไขมันในตับนั้นขึ้นอยู่กับความต้องการไขมันเพื่อใช้ในการสร้างฟองไข่ ระดับโปรตีนที่สูงอาจทำให้การสังเคราะห์ Lipoprotein สูงขึ้น เพื่อใช้ในการขนส่งไขมันไปสะสมยังไข่แดง Suadoun and Leclereq (1987) รายงานว่าไขมันที่สะสมในร่างกายไก่ส่วนใหญ่ประกอบด้วย Plasma lipids และ Lipoprotein ได้แก่ ไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำมาก (Very Low Density Lipoprotein; VLDL) และไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Lipoprotein; HDL) ซึ่งโมเลกุลของสารเหล่านี้ถูกสังเคราะห์ที่ตับ ดังนั้นตับจึงเป็นแหล่งสังเคราะห์ไขมันที่สำคัญ (Lipogenesis) เพื่อสะสมไขมันไว้ในร่างกายและฟองไข่ ไขมันจากตับจะขนส่งผ่านกระแสเลือดในรูปของ Lipoprotein อย่างไรก็ตาม Bunchasak *et al*., (1997) พบว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารโปรตีนต่ำและเสริมเมทไธโอนีนและซีสตีน ระดับ 1.25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ Triglyceride ในตับลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่โปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ เสริมเมทไธโอนีน ทำให้ปริมาณ Triglyceride ในตับต่ำลง

เมื่อพิจารณาถึงอายุไก่ พบว่าไก่ที่อยู่ในช่วงให้ผลผลิตสูงสุด (อายุ 33 สัปดาห์) มีปริมาณ Triglyceride ในตับสูงกว่ากลุ่มที่อยู่ในช่วงหลังให้ผลผลิตสูงสุด (อายุ 48 สัปดาห์) สอดคล้องกับ Thayer *et al*. (1973) รายงานว่าแม่ไก่อายุ 34 สัปดาห์ สะสมไขมันไว้ที่ตับสูงถึง 30 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่ออายุ 54 สัปดาห์ ระดับไขมันในตับของไก่ไข่กลับต่ำลงเหลือเพียง 19 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นไขมันในตับของไก่ไข่นั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาการเจริญเติบโตเพียงเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับระยะการให้ไข่ด้วย นอกจากนี้ Nobel (1985) ได้กล่าวว่าเมื่อไก่อยู่ในระยะการให้ไข่ปริมาณของไขมันทั้งหมดในตับจะเพิ่มขึ้น 2-3 เท่า เมื่อเทียบกับไก่สาว เพื่อให้เพียงพอต่อการให้ผลผลิตไข่และการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนในร่างกาย

2. ผลต่อระดับ Triglyceride ในซีรั่ม

จากตารางที่ 25 ช่วงแรกของการทดลอง พบว่าระดับโปรตีนในอาหารไม่มีอิทธิพลต่อระดับ Triglyceride ในซีรั่ม โดยไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับ 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีระดับ Triglyceride ในซีรั่มเท่ากับ 1,136.70 1,297.24 และ 1,183.00 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ตามลำดับ และการเสริมเมทไธโอนีนในอาหาร ไม่ทำให้ระดับ Triglyceride ในซีรั่มเปลี่ยนแปลงเช่นกัน ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 มีระดับ Triglyceride ในซีรั่มเท่ากับ 1,213.60 1,034.41 1,314.42 และ 1,250.54 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ตามลำดับ

ส่วนช่วงที่สอง พบว่าระดับโปรตีนที่ต่างกัน ไม่ทำให้ระดับ Triglyceride ในซีรั่มเปลี่ยนแปลง ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับ 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีระดับ Triglyceride ในซีรั่มเท่ากับ 2,037.4 2,040.9 และ 1,933.1 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ตามลำดับ ขณะที่การเสริมเมทไธโอนีน ไม่มีผลต่อระดับ Triglyceride ในซีรั่มเช่นกัน โดยการเสริมเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 มีระดับ Triglyceride ในซีรั่มเท่ากับ 1,988.5 2,166.9 1,962.2 และ 1,897.8 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาถึงอายุไก่ พบว่าไก่ไข่ที่ให้ไข่อายุ 33 สัปดาห์ มีปริมาณ Triglyceride ในซีรั่มต่ำกว่าอายุ 48 สัปดาห์ ($P<0.05$) โดยอายุ 33 สัปดาห์ มีปริมาณ Triglyceride ในซีรั่มเท่ากับ 1,204.91 มิลลิกรัม/เดซิลิตร และอายุ 48 สัปดาห์ มีปริมาณ Triglyceride ในซีรั่มเท่ากับ 2,003.80 มิลลิกรัม/เดซิลิตร นอกจากนั้นไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อระดับ Triglyceride ในซีรั่มของไก่ไข่ ทั้งสองช่วงการทดลอง

Wagner *et. al*., (1978) พบว่าระดับ Triglyceride ในซีรั่มของไก่ไข่มีความแปรผันสูงถึงแม้จะเป็นไก่พันธุ์เดียวกันและได้รับอาหารเหมือนกัน คือ 52-5,754 มิลลิกรัม/เดซิลิตร จากการทดลองในครั้งนี้พบว่าระดับ Triglyceride ในซีรั่มอยู่ในช่วง 200-2,600 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ระดับ Triglyceride ในซีรั่ม เป็นตัวบ่งบอกถึงการเคลื่อนย้าย Triglyceride จากตับไปยังไข่ และเนื้อเยื่อไขมันอื่น ๆ ขณะที่การขนส่ง Triglyceride จากตับไปยัง Extra hepatic tissue จะอาศัยไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำมาก (Very Low Density Lipoprotein; VLDL) (Hermier *et al.,* 1984) นอกจากนั้น Nobel (1985) รายงานว่าไก่ไข่จะรักษาระดับ Triglyceride และ Cholesterol ในเลือด เพื่อป้อง

กันไม่ให้เกิดภาวะไขมันในเลือดสูงจนก่อให้เกิดความผิดปกติ เนื่องจากว่า Triglyceride มีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่บางส่วน ซึ่งสามารถแข็งตัวได้ที่อุณหภูมิห้อง ดังนั้นถ้าระดับ Triglyceride ในกระแสเลือดสูง ทำให้เกิดการอุดตันของหลอดเลือด นันทิยา (2533) รายงานว่าระดับ Triglyceride ที่เพิ่มขึ้นในซีรั่ม มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคความดันโลหิตสูงในมนุษย์ นอกจากนี้ การทำงานของเอนไซม์ Plasma lipoprotein lipase ยังเป็นตัวควบคุมระดับ Triglyceride ในซีรั่ม กล่าวคือเมื่อเอนไซม์ตัวนี้ทำงานต่ำลง ปริมาณ Triglyceride ในเลือดก็จะสูงขึ้น (Wagner *et. al.*, 1978) ดังนั้นเห็นได้ว่าระดับโปรตีนและเมทไธโอนีนไม่มีผลต่อระดับ Triglyceride ในซีรั่ม อย่างไรก็ตาม เมื่ออายุไก่มากขึ้น ระดับ Triglyceride ในซีรั่มก็จะสูงขึ้นด้วย แต่ระดับ Triglyceride ในไข่แดงไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่า Triglyceride ในซีรั่มถูกนำไปสะสมไว้ในอวัยวะอื่น ๆ เช่น ในเซลล์ไขมัน (Adipose cell) ของเนื้อเยื่อไขมัน (Adipose fat) มากกว่าสะสมในไข่แดง สอดคล้องกับนันทิยา (2533) รายงานว่าหนูที่อายุมาก จะมีการสร้างและสะสมไขมันในเนื้อเยื่อไขมันมากกว่าในตับหรือเนื้อเยื่ออื่น ๆ

3. ผลต่อปริมาณ Triglyceride ในไข่แดง

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ในช่วงแรกของการทดลอง พบว่าโปรตีนในอาหารไม่มีผลต่อปริมาณ Triglyceride ในไข่แดงของไก่ไข่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ Triglyceride ในไข่แดงเท่ากับ 135.50 139.00 และ 133.65 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงการเสริมเมทไธโอนีน ในอาหารสัดส่วน CP:Met ต่างกัน ไม่ทำให้ปริมาณ Triglyceride ในไข่แดงเปลี่ยนแปลงเช่นกัน ไก่ไข่ที่ได้รับเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 มีปริมาณ Triglyceride ในไข่แดงเท่ากับ 135.60 135.25 131.97 และ 141.81 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 26)

ช่วงที่สอง พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 18 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณ Triglyceride ในไข่แดงสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 16 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ Triglyceride ในซีรั่มเท่ากับ 135.70 127.74 และ 145.41 มิลลิกรัม/กรัม ขณะที่การเสริมเมทไธโอนีนไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณ Triglyceride ในไข่แดงของไก่ไข่ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 มีปริมาณ Triglyceride ในไข่แดงเท่ากับ 131.55 131.23 145.10 และ 137.24 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาถึงอายุ พบว่าไก่ไข่ที่ให้ไข่อายุ 33 สัปดาห์ มีปริมาณ Triglyceride ในไข่แดงไม่แตกต่างกับอายุ 48 สัปดาห์ โดยอายุ 33 สัปดาห์ มีปริมาณ Triglyceride ในไข่แดงเท่ากับ 137.01 มิลลิกรัม/กรัมไข่แดง และอายุ 48 สัปดาห์ มีปริมาณ Triglyceride ในไข่แดงเท่ากับ 136.28 มิลลิกรัม/กรัมไข่แดง นอกจากนั้นไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อปริมาณ Triglyceride ในไข่แดง ทั้งสองช่วงการทดลอง (ตารางที่ 26)

ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ Triglyceride ในไข่แดงสูงขึ้น อาจเกิดจากระดับโปรตีนในอาหารระดับ 18 เปอร์เซ็นต์เป็นระดับที่มากเกินความต้องการของไก่ไข่ Stevens (1996) รายงานว่า ร่างกายสัตว์ไม่สามารถเก็บสะสมโปรตีนที่ได้จากอาหารในรูปกรดอะมิโนอิสระได้ ต้องกำจัดหมู่อะมิโนออก เหลือโครงคาร์บอนซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็น Acetyl CoA และเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กรดไขมัน แต่ร่างกายไม่สามารถเก็บสะสมกรดไขมันในรูปอิสระได้ ต้องเปลี่ยนเป็น Triglyceride และขนส่งผ่านทางตับเพื่อเก็บสะสมในไข่แดงและเนื้อเยื่อไขมัน (Wagner *et. al*., 1978) หรืออาจเกิดจากที่โปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ไลโปโปรตีน (Lipoprotein) สูงขึ้น ส่งผลให้ Lipoprotein lipase สูงขึ้น เพื่อขนส่ง Triglyceride เข้าไปในไข่แดง ซึ่งสอดคล้องกับ ตารางที่ 24 พบว่าปริมาณ Triglyceride ในตับของไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ลดลง อย่างไรก็ตามไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณ Triglyceride ในไข่แดงไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์อาจเนื่องจากว่า ระดับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ ไก่ไข่มีผลผลิตไข่ต่ำกว่ากลุ่มอื่นขณะที่ได้รับพลังงานในอาหารเท่ากัน ดังนั้นอาจมีการสังเคราะห์และขนส่ง Triglyceride สูงได้เช่นกัน เพราะปรากฏการณ์การสูงขึ้นของ Triglyceride เมื่อได้รับโปรตีนต่ำนั้นพบได้เสมอ (พจน์และคณะ, 2543) จึงส่งผลให้ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ Triglyceride ในไข่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์

<u>ตารางที่ 24</u> ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อปริมาณ Triglyceride ในตับ

	ระดับโปรตีน (CP)	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	ช่วงอายุ	SEM	Interaction
		51.62	46.67	36.84	31.82				(CP X CP:Met)
ปริมาณ Triglyceride	14	38.13	32.81	33.32	36.79	35.26			
ในตับ (mg/g)	16	38.12	34.14	30.45	34.40	34.29	35.18^{x}	0.78	NS
สัปดาห์ที่ 33	18	33.38	36.60	34.43	36.69	35.28			
	เฉลี่ย	36.55	34.54	32.74	35.96				
ปริมาณ Triglyceride	14	33.69^{AB}	30.85^{ABC}	35.84^{A}	30.69^{ABC}	32.77^{X}			
ในตับ (mg/g)	16	32.53^{ABC}	33.98^{AB}	31.86^{ABC}	29.02^{BC}	31.85^{X}	31.16^{y}	0.46	**
สัปดาห์ที่ 48	18	28.42^{BC}	30.03^{ABC}	27.46^{C}	29.99^{ABC}	28.89^{Y}			
	เฉลี่ย	31.55	31.62	31.72	29.79				

<u>หมายเหตุ</u> $^{X \text{ และ } Y}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

$^{A, B \text{ และ } C}$ อักษรต่างกันในแถวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

$^{x \text{ และ } y}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met (P>0.05)

** พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met (P<0.01)

<u>ตารางที่ 25</u> ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อปริมาณ Triglyceride ในซีรั่ม

	ระดับโปรตีน	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	ช่วงอายุ	SEM	Interaction
	(CP)	51.62	46.67	36.84	31.82				(CP X CP:Met)
ปริมาณ Triglyceride	14	977.59	1,097.39	1,522.61	1,077.83	1,136.70			
ในซีรั่ม (mg/dl)	16	1,628.97	1,057.21	1,293.81	1,279.54	1,297.24	1204.91[y]	76.75	NS
สัปดาห์ที่ 33	18	1,172.70	911.44	1,172.61	1,422.98	1,183.00			
	เฉลี่ย	1,213.60	1,034.41	1,314.42	1,250.54				
ปริมาณ Triglyceride	14	2,139.18	2,105.68	1,898.39	2,006.54	2,037.44			
ในซีรั่ม (mg/dl)	16	1,763.36	2,492.24	1,983.66	1,924.52	2,040.94	2003.80[x]	78.38	NS
สัปดาห์ที่ 48	18	2,062.99	1,902.78	2,004.49	1,762.26	1,933.13			
	เฉลี่ย	1,988.51	2,166.90	1,962.20	1,897.80				

<u>หมายเหตุ</u> [x และ y] อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P>0.05$)

ตารางที่ 26 **ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อปริมาณ Triglyceride ในไข่แดง**

	ระดับโปรตีน (CP)	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	ช่วงอายุ	SEM	Interaction
		51.62	46.67	36.84	31.82				(CP X CP:Met)
ปริมาณ Triglyceride	14	138.04	137.73	123.77	142.83	135.50			
ในไข่แดง (mg/g)	16	129.98	144.24	136.31	145.46	139.00	137.01	1.74	NS
สัปดาห์ที่ 33	18	138.79	124.20	135.82	136.21	133.65			
	เฉลี่ย	135.60	135.25	131.97	141.81				
ปริมาณ Triglyceride	14	146.26	132.87	136.52	127.16	135.70^{xy}			
ในไข่แดง (mg/g)	16	123.10	134.51	135.61	117.65	127.74^{y}	136.28	2.90	NS
สัปดาห์ที่ 48	18	125.21	126.32	163.19	166.92	145.41^{x}			
	เฉลี่ย	131.55	131.23	145.10	137.24				

หมายเหตุ $^{x \text{ และ } y}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P>0.05$)

ผลของระดับโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อปริมาณ Cholesterol ใน ตับ ซีรั่มและไข่แดง

1. ผลต่อปริมาณ Cholesterol ในตับ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงในตารางที่ 27 ในช่วงแรกของการทดลอง (33 สัปดาห์) พบว่า ระดับโปรตีนในอาหารไม่มีผลต่อปริมาณ Cholesterol ในตับของไก่ไข่อย่างมีนัยสำคัญ กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณ Cholesterol ในตับเท่ากับ 2.57 2.64 และ 2.57 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ ขณะที่การเสริมเมทไธโอนีน ในอาหารไม่ทำให้ปริมาณ Cholesterol ในตับเปลี่ยนแปลงเช่นกัน ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 มีปริมาณ Cholesterol ในตับเท่ากับ 2.56 2.64 2.57 และ 2.60 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ

ช่วงที่สองของการทดลอง (48 สัปดาห์) พบว่าระดับโปรตีนในอาหารไม่มีผลต่อปริมาณ Cholesterol ในตับ ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณ Cholesterol ในตับเท่ากับ 1.89 1.86 และ 2.03 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ และการเสริมเมทไธโอนีน ไม่ทำให้ปริมาณ Cholesterol ในตับเปลี่ยนแปลงเช่นกัน กลุ่มที่ได้รับเมทไธโอนีน สัดส่วนCP:Met เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 มีปริมาณ Cholesterol ในตับเท่ากับ 1.83 2.04 1.92 และ 1.92 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตามอายุของไก่มีผลต่อปริมาณ Cholesterol ในตับ โดยพบว่าอายุ 33 สัปดาห์ ไก่ไข่มีปริมาณ Cholesterol ในตับ สูงกว่าอายุ 48 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อปริมาณ Cholesterol ในตับ ทั้งสองช่วงการทดลอง

ตับเป็นแหล่งสำคัญในการเกิดเมเทโบลิซึม โดยสามารถสร้าง Cholesterol และเปลี่ยน Cholesterol เป็นน้ำดีหรือสารสเตียรอยด์ต่าง ๆ เพื่อส่งไปยังอวัยวะในร่างกาย (นันทิยา, 2533) ในไก่พบว่ามีระดับ Cholesterol ในตับ 3.01-3.08 มิลลิกรัม/กรัม (Sutton *et al.*, 1984) ปริมาณ Cholesterol ในอาหารมีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์ Cholesterol ในตับ ขณะที่ภายในตับเองมีการควบคุมการสังเคราะห์ Cholesterol แบบย้อนกลับ โดยปริมาณ Cholesterol ที่มากเกินไปจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ HMG- CoA reductase ลดการสังเคราะห์ Cholesterol เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดภาวะหลอดเลือดอุดตัน (Artherosclerosis) (Siperstein and Fagan, 1966) นอกจากนั้นไก่ไข่ยังมีกลไกในการป้องกันไม่ให้ Cholesterol ในตับมีมากเกินไป จึงส่งออกสู่กระแสเลือดไปเก็บไว้ในไข่

แดง (Harris and Wilcox, 1963) โดยอาศัยการทำงานของไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low density lipoprotein; LDL) ซึ่งมีหน้าที่ในการขนส่ง Cholesterol จากตับไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ (นันทิยา, 2533) และไข่แดงเพื่อใช้สำหรับสะสมเป็นพลังงานให้กับตัวอ่อน (Weiss and Scott, 1979) แสดงให้เห็นว่าระดับโปรตีนและเมทไธโอนีนไม่มีผลต่อปริมาณ Cholesterol ในตับ ดังนั้นจึงส่งผลให้ปริมาณ Cholesterol ในตับไม่เปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามไก่ที่อยู่ในช่วงให้ผลผลิตสูงสุด (33 สัปดาห์) มีปริมาณ Cholesterol ในตับสูงกว่าไก่ไข่ที่อยู่ในช่วงหลังให้ผลผลิตสูงสุด (48 สัปดาห์) อาจเกิดจากสภาพทางสรีรวิทยาของไก่ที่แตกต่างกัน โดยจะเห็นได้ว่าเมื่อไก่อายุ 48 สัปดาห์ ไก่จะมีขนาดตับใหญ่กว่าอายุ 33 สัปดาห์ ซึ่งเป็นไปได้ว่าตับมีการสังเคราะห์ไลโปโปรตีน VLDL ที่สลายเป็น LDL ออกสู่กระแสเลือดสูงขึ้น เพื่อใช้ในการขนส่ง Cholesterol ไปยังอวัยวะต่าง ๆ (Klasing, 1998) จึงทำให้ปริมาณ Cholesterol ในตับของไก่ลดลงเมื่ออายุไก่มากขึ้น

2. ผลต่อปริมาณ Cholesterol ในซีรั่ม

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 28 พบว่าในช่วงแรกของการทดลอง (ช่วง 33 สัปดาห์) ระดับโปรตีนในอาหารไม่ทำให้ระดับ Cholesterol ในซีรั่มของไก่ไข่เปลี่ยนแปลง กลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีน 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีระดับ Cholesterol ในซีรั่มเท่ากับ 83.34 97.49 และ 85.60 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ตามลำดับ ขณะที่การเสริมเมทไธโอนีน ไม่มีอิทธิพลต่อระดับ Cholesterol ในซีรั่มเช่นกัน ซึ่งไก่ไข่ที่ได้รับเมทไธโอนีน ในอาหารสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 ในอาหาร มีระดับ Cholesterol ในซีรั่มเท่ากับ 92.55 85.50 84.44 และ 90.82 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ตามลำดับ

ช่วงที่สองของการทดลอง (ช่วง 48 สัปดาห์) พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับต่างกัน มีระดับ Cholesterol ในซีรั่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับ 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีระดับ Cholesterol ในซีรั่มเท่ากับ 160.47 151.54 และ 149.83 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ตามลำดับ นอกจากนั้นการเสริมเมทไธโอนีน ไม่ทำให้ระดับ Cholesterol ในซีรั่มของไก่ไข่เปลี่ยนแปลง ซึ่งไก่ไข่ที่ได้รับเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 มีระดับ Cholesterol ในซีรั่มเท่ากับ 140.27 149.49 159.26 และ 166.28 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงอายุไก่ พบว่าไก่ที่อยู่ในช่วงให้ผลผลิตสูงสุด (อายุ 33 สัปดาห์) มีระดับ Cholesterol ในซีรั่ม ต่ำกว่าไก่ที่อยู่หลังการให้ผลผลิตสูงสุด (อายุ 48 สัปดาห์) โดยไก่ที่มีอายุ 33 สัปดาห์ มีระดับ Cholesterol ในซีรั่มเท่ากับ 93.63 มิลลิกรัม/เดซิลิตร และไก่อายุ 48 สัปดาห์

มีระดับ Cholesterol ในซีรั่มเท่ากับ 153.95 มิลลิกรัม/เดซิลิตร นอกจากนั้นไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อปริมาณ Cholesterol ในซีรั่มของไก่ไข่ ทั้งสองช่วงการทดลอง

Cholesterol มีหน้าที่เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ สเตอรอยด์ ฮอร์โมน วิตามินดี และกรดน้ำดี ซึ่งมีความสำคัญในการเมเทโบลิซึมไขมันในร่างกาย นอกจากนั้นยังเป็นองค์ประกอบของไลโปโปรตีนชนิดต่าง ๆ (บุญล้อม, 2546) ระดับ Cholesterol ในเลือดไก่ไข่มีค่าอยู่ประมาณ 52-270 มิลลิกรัม/เดซิลิตร (Wagner *et al*., 1978) ซึ่งแปรผันตามพันธุกรรม อาหาร และยาต่าง ๆ (Hargis, 1988) สอดคล้องกับ ผลการทดลองในครั้งนี้ที่พบว่าระดับ Cholesterol ในซีรั่มของไก่ไข่อยู่ในช่วง 52-180 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ขณะที่แม่ไก่สามารถควบคุมระดับ Cholesterol ในซีรั่มได้โดยการขับออกไปไว้ที่ไข่แดง ซึ่งเป็นกลไกป้องกันระดับ Cholesterol ในซีรั่มสูงจนก่อให้เกิดภาวะ Hypercholesterolemia โดยความสามารถของไก่แต่ละตัวนั้นไม่เท่ากัน (Harris and Wilcox, 1963) นอกจากนี้ไก่ยังมีความสามารถในการกำจัด Cholesterol ที่มีระดับสูงในซีรั่ม โดยการขับ Cholesterol ออกทางน้ำดี (Sutton *et al.,* 1984) จึงอาจทำให้ Cholesterol ในซีรั่มของการศึกษาในครั้งนี้ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงอายุไก่ พบว่าเมื่อไก่อายุมากขึ้น ระดับ Cholesterol ในซีรั่มของไก่สูงขึ้น ขณะที่ปริมาณ Cholesterol ในตับของไก่ลดลง (ตารางที่ 27) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเมื่อไก่อายุมากขึ้น การขนส่ง Cholesterol จากตับออกสู่กระแสเลือดจะสูงขึ้น โดยอาศัยการทำงานของไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low Density Lipoprotein; LDL) เพื่อนำไปเก็บสะสมในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ภายในร่างกาย สอดคล้องกับ นันทิยา (2533) รายงานว่าระดับไขมันส่วนใหญ่ในเลือดของคนจะเพิ่มขึ้นตามอายุ โดยจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในวัยเด็ก จนอายุประมาณ 6 ปี จากนั้นจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในผู้ใหญ่ นอกจากนั้นยังพบว่าระดับ Cholesterol ในซีรั่มของผู้ชายอายุ 20-39 ปี มีค่าเท่ากับ 214 มิลลิกรัม/เดซิลิตร และอายุ 40-69 ปี มีค่าเท่ากับ 234 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าอายุที่มากขึ้น ทำให้ระดับ Cholesterol ในซีรั่มสูงขึ้น เพราะเมื่ออายุมากขึ้นร่างกายไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานในการเจริญเติบโต แต่จะใช้พลังงานบางส่วนเพื่อการดำรงชีวิต และส่วนที่เหลือจะถูกนำไปสะสมอยู่ในรูปของไขมัน ได้แก่ Triglyceride และ Cholesterol ในเนื้อเยื่อไขมัน

3. ผลต่อปริมาณ Cholesterol ในไข่แดง

ช่วงแรกของการทดลอง พบว่าระดับโปรตีนในอาหารไม่ทำให้ปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงเปลี่ยนแปลง ไก่ไข่ได้รับโปรตีนในอาหาร 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงเท่ากับ 10.38 10.44 และ 10.47 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ ขณะที่การเสริมเมทไธโอนีนในอาหารสัดส่วน CP: Met เท่ากับ 51.62 มีปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 46.67 และ 31.82 ($P<0.05$) กลุ่มที่ได้รับเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 มีปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงเท่ากับ 9.89 มิลลิกรัม/กรัม ขณะที่กลุ่มที่ได้รับเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 46.67 36.84 และ 31.82 มีปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงเท่ากับ 10.68 10.37 และ 10.75 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อปริมาณ Cholesterol ในไข่แดง ($P<0.05$) ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 14 เปอร์เซ็นต์ และเสริมเมทไธโอนีน ทำให้ระดับ Cholesterol ในไข่แดงเพิ่มขึ้นเทียบเท่ากับกลุ่มที่ได้รับโปรตีน 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์

ช่วงที่สอง พบว่า กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ไก่ไข่ได้รับโปรตีน 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงเท่ากับ 9.58 9.54 และ 10.04 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ สำหรับการเสริมเมทไธโอนีน พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 มีปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 36.84 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กลุ่มที่ได้รับเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 มีปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงเท่ากับ 9.37 มิลลิกรัม/กรัม กลุ่มที่ได้รับเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 46.67 36.84 และ 31.82 มีปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงเท่ากับ 9.88 10.07 และ 9.56 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ นอกจากนั้นอายุไก่มีผลต่อปริมาณ Cholesterol ในไข่แดง โดยไก่ไข่อายุ 33 สัปดาห์ มีปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงสูงกว่าไก่ไข่อายุ 48 สัปดาห์ ($P<0.05$) และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อปริมาณ Cholesterol ในไข่แดง ($P<0.01$) ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์และเสริมเมทไธโอนีน มีปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงสูงขึ้น ขณะที่การเสริมเมทไธโอนีนในอาหารโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงลดลง (ตารางที่ 29)

Shafer *et al*., (1996) ได้ทดลองเสริมเมทไธโอนีนในอาหารไก่ไข่ พบว่าเมื่อเสริมเมทไธโอนีนในอาหารระดับสูงขึ้น ทำให้ปริมาณไขมันและโปรตีนในไข่แดงเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองในครั้งนี้พบว่า เมื่อเสริมเมทไธโอนีนสูงขึ้น ปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงก็สูงขึ้นด้วยเช่นกัน อาจเป็นไปได้ว่าเมทไธโอนีนทำให้เกิดการสังเคราะห์ Cholesterol สูงขึ้น เพื่อส่งไปสะสมที่ไข่แดง สำหรับใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ฮอร์โมนให้กับตัวอ่อน เช่นเดียวกับ Oda (1989) รายงานว่า การเสริมเมทไธโอนีนในอาหาร ทำให้ระดับ Cholesterol ในซีรั่มของหนูสูงขึ้น เนื่องจากว่าการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase ในตับของหนูที่ได้รับอาหารเสริมเมทไธโอนีนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการเคลื่อนย้าย Cholesterol จากซีรั่มไปสะสมยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงยังมีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุ โดยพบว่าไก่ที่อยู่ในช่วงให้ผลผลิตสูงสุด (อายุ 33 สัปดาห์) มีปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงสูงกว่าไก่ที่อยู่ในช่วงหลังให้ผลผลิตสูงสุด (อายุ 48 สัปดาห์) ซึ่งสอดคล้องกับ Kovacs *et al.,* (1998) รายงานว่าระดับ Cholesterol ในไข่แดงจะสูงขึ้นจนถึงอายุ 45 สัปดาห์ หลังจากนั้นจะลดลงจนสิ้นสุดระยะการให้ไข่ เช่นเดียวกับ Vorlova *et al.,* (2001) ศึกษาปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงของไก่ไข่ที่อายุต่างกัน พบว่าปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงของไก่จะสูงที่สุดเมื่ออายุ 30 สัปดาห์ และจะลดลงจนสิ้นสุดระยะการให้ผลผลิต

<u>ตารางที่ 27</u> ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อปริมาณ Cholesterol ในตับ

	ระดับโปรตีน (CP)	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	ช่วงอายุ	SEM	Interaction
		51.62	46.67	36.84	31.82				(CP X CP:Met)
ปริมาณ Cholesterol	14	2.59	2.79	2.47	2.44	2.57			
ในตับ (mg/g)	16	2.54	2.37	2.84	2.78	2.64	2.65[x]	0.05	NS
สัปดาห์ที่ 33	18	2.55	2.72	2.42	2.60	2.57			
	เฉลี่ย	2.56	2.64	2.57	2.60				
ปริมาณ Cholesterol	14	1.95	1.94	1.76	1.94	1.89			
ในตับ (mg/g)	16	1.42	2.03	1.99	1.99	1.86	1.92[y]	0.04	NS
สัปดาห์ที่ 48	18	2.12	2.17	2.02	1.82	2.03			
	เฉลี่ย	1.83	2.04	1.92	1.92				

<u>หมายเหตุ</u> [x และ y] อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P>0.05$)

<u>ตารางที่ 28</u> ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อปริมาณ Cholesterol ในซีรั่ม

	ระดับโปรตีน	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	ช่วงอายุ	SEM	Interaction
	(CP)	51.62	46.67	36.84	31.82				(CP X CP:Met)
ปริมาณ Cholesterol	14	79.28	83.10	78.20	92.78	83.34			
ในซีรั่ม (mg/dl)	16	113.44	86.07	88.01	102.94	97.49	93.63[y]	3.48	NS
สัปดาห์ที่ 33	18	91.90	87.61	86.07	72.43	85.60			
	เฉลี่ย	92.55	85.50	84.44	90.82				
ปริมาณ Cholesterol	14	144.82	153.57	202.03	141.46	160.47			
ในซีรั่ม (mg/dl)	16	110.24	152.98	126.29	209.80	151.54	153.95[x]	8.37	NS
สัปดาห์ที่ 48	18	165.75	143.42	149.44	147.59	149.83			
	เฉลี่ย	140.27	149.99	159.26	166.28				

<u>หมายเหตุ</u> [x และ y] อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P>0.05$)

ตารางที่ 29 ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อปริมาณ Cholesterol ในไข่แดง

	ระดับโปรตีน (CP)	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	ช่วงอายุ	SEM	Interaction
		51.62	46.67	36.84	31.82				(CP X CP:Met)
ปริมาณ Cholesterol ใน	14	9.01^{d}	10.08^{abcd}	10.99^{a}	11.20^{a}	10.38			
ไข่แดง (mg/g)	16	9.52^{cd}	11.20^{a}	10.45^{abc}	10.59^{abc}	10.44	10.13^{x}	0.13	*
สัปดาห์ที่ 33	18	10.99^{a}	10.78^{ab}	9.67^{bcd}	10.46^{abc}	10.47			
	เฉลี่ย	9.89^{b}	10.68^{a}	10.37^{ab}	10.75^{a}				
ปริมาณ Cholesterol ใน	14	9.44^{ABC}	10.16^{AB}	9.49^{ABC}	9.2^{BC}	9.58^{xy}			
ไข่แดง (mg/g)	16	9.08^{BC}	10.02^{ABC}	10.20^{AB}	8.84^{C}	9.54^{y}	9.72^{y}	0.09	**
สัปดาห์ที่ 48	18	9.60^{ABC}	9.43^{ABC}	10.52^{A}	10.53^{A}	10.04^{x}			
	เฉลี่ย	9.37^{b}	9.88^{ab}	10.07^{a}	9.56^{ab}				

หมายเหตุ $^{x \text{ และ } y}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{A, B \text{ และ} C}$ อักษรต่างกันในแถวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

$^{a, b \text{ และ } c}$ อักษรต่างกันในแถวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P>0.05$)

** พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P<0.01$)

* พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P<0.05$)

ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อระดับ Phospholipid ในซีรั่ม และไข่แดง

1. ผลต่อระดับ Phospholipid ในซีรั่ม

ช่วงแรกของการทดลอง เมื่อพิจารณาระดับโปรตีนในอาหาร พบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ มีระดับ Phospholipid ในซีรั่มต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) ไก่ไข่ได้รับโปรตีน 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีระดับ Phospholipid ในซีรั่มเท่ากับ 175.48 250.72 และ 217.18 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ตามลำดับ ขณะที่การเสริมเมทไธโอนีน ไม่มีอิทธิพลต่อระดับ Phospholipid ในซีรั่ม ไก่ไข่ได้รับเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 มีระดับ Phospholipid ในซีรั่มเท่ากับ 232.79 180.91 214.50 และ 229.64 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ตามลำดับ และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีน ต่อระดับ Phospholipid ในซีรั่มของไก่ไข่

ช่วงที่สองของการทดลอง พบว่าระดับโปรตีนไม่มีอิทธิพลต่อระดับ Phospholipid ในซีรั่ม ไก่ที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับ 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีระดับ Phospholipid ในซีรั่มเท่ากับ 283.87 266.48 และ 242.29 มิลลิกรัม/เดซิลิตร เมื่อพิจารณาการเสริมเมทไธโอนีน พบว่าการเสริมเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 36.84 มีระดับ Phospholipid ในซีรั่มสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 31.82 ($P<0.05$) ไก่ไข่ได้รับอาหารเสริมเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 มีระดับ Phospholipid ในซีรั่มเท่ากับ 236.31 268.32 331.10 และ 221.12 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงอายุการให้ผลผลิต พบว่าไก่ที่อยู่ในช่วงให้ผลผลิตสูงสุด (อายุ 33 สัปดาห์) มีระดับ Phospholipid ในซีรั่มต่ำกว่าไก่ที่อยู่ในช่วงหลังการให้ผลผลิตสูงสุด (อายุ 44 สัปดาห์) ($P<0.05$) นอกจากนั้นไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อระดับ Phospholipid ในซีรั่ม ทั้งสองช่วงการทดลอง แสดงในตารางที่ 30

ฟอสฟอลิปิดเป็นไขมันที่พบได้ในเซลล์ทุกชนิด รวมทั้งไขมันในพลาสมามีหน้าที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ที่สำคัญ และทำให้สารประกอบไขมันคงสภาพเป็นสารละลายได้ในร่างกาย นอกจากนั้นการมี Phospholipid ในเลือดสูงยังมีประโยชน์ต่อการขนส่ง Triglyceride และ Cholesterol ในรูปของไลโปโปรตีน จากตับสู่อวัยวะต่าง ๆ ในร่างกายได้ดีขึ้น (Giroux *et al.,* 1999) ระดับ Phospholipid ในซีรั่มของไก่มีค่าอยู่ในช่วง 150-1,950 มิลลิกรัม/เดซิลิตร (Wagner *et al.,* 1978) ซึ่งจากการทดลองในครั้งนี้พบว่ามีค่าประมาณ 200 มิลลิกรัม/เดซิลิตร และจากการทดลอง

พบว่าระดับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ มีระดับ Phospholipid ในซีรั่มต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องจากว่าโปรตีนในอาหารเกี่ยวข้องกับการสร้างเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ Phospholipid รวมถึงใช้สังเคราะห์คานิทีน ที่ทำหน้าที่พากรดไขมันเข้าสู่ไมไตรคอนเดรียเพื่อสลายเป็นพลังงาน และไลโปโปรตีนที่พาไขมันออกสู่กระแสเลือด ดังนั้นถ้าร่างกายของสัตว์ได้รับโปรตีนไม่เพียงพอกับความต้องการ ปริมาณของสารดังกล่าวอาจต่ำลงทำให้การสลายกรดไขมันและการสังเคราะห์ Phospholipid ลดลง (พจน์และคณะ, 2543) ส่งผลให้ระดับ Phospholipid ในซีรั่มของไก่ไข่ลดลงด้วย อย่างไรก็ตามระดับโปรตีนที่สูงเกินไปนั้น ร่างกายสัตว์จะนำโปรตีนส่วนเกินนี้ไปสังเคราะห์เป็นพลังงาน โดยโครงคาร์บอนของโปรตีนสามารถเปลี่ยนเป็น Acetyl CoA ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ Cholesterol และกรดไขมันซึ่งเป็นองค์ประกอบของ Triglyceride(Gurr and Harwood, 1991) ดังนั้นระดับโปรตีนที่สูงเกินอาจก่อให้เกิดการสะสม Triglyceride และ Cholesterol มากกว่าที่จะสะสม Phospholipid นอกจากนั้นการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 36.84 มีระดับ Phospholipid ในซีรั่มสูงที่สุด Brody (1994) รายงานว่า กรดอะมิโนเมทไธโอนีนสามารถให้หมู่เมธิลในกระบวนการสังเคราะห์ Phospholipid โดยเมทไธโอนีนจะทำปฏิกริยากับ ATP ได้ S-adenosylmethionine (SAM) ซึ่งจะเป็นตัวให้หมู่เมธิลกับฟอสฟาติดิลเอทาโนลามีน (Phosphatidylethanolamine) เพื่อเปลี่ยนเป็นฟอสฟาติดิลโคลีน (Phosphatidylcholine) ดังนั้นการเสริมเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 36.84 เป็นระดับที่เพียงพอที่ทำให้ร่างกายไก่มีระดับ Phospholipid ในซีรั่มสูงสุด นอกจากนั้นไก่ไข่อายุ 33 สัปดาห์ มีระดับ Phospholipid ในซีรั่มต่ำกว่าไก่ไข่อายุ 48 สัปดาห์ เช่นเดียวกับระดับ Triglyceride และ Cholesterol ในซีรั่ม ดังแสดงในตารางที่ 25 และ 28 อาจเป็นไปได้ว่าเมื่อไก่อายุสูงขึ้นจะมีการเก็บสะสมพลังงานในรูปของไขมันและสังเคราะห์ไลโปโปรตีนสูงขึ้น จึงทำให้มีการขนส่งไขมันออกสู่กระแสเลือด สูงขึ้น

2. ผลต่อปริมาณ Phospholipid ในไข่แดง

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงในตารางที่ 31 ช่วงแรกของการทดลอง (อายุ 33 สัปดาห์) พบว่า ไก่ไข่ได้รับโปรตีนในอาหาร 18 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ Phospholipid ในไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 14 และ 16 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.01$) ไก่ไข่ได้รับโปรตีนระดับ 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ Phospholipid ในซีรั่มเท่ากับ 66.87 69.11 และ 43.26 มิลลิกรัม/กรัมไข่แดง ตามลำดับ ขณะที่การเสริมเมทไธโอนีนในอาหารสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 36.84 ทำให้ปริมาณ Phospholipid ในไข่แดงสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ($P<0.05$) ไก่ไข่ได้รับเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 มีปริมาณ Phospholipid ในซีรั่มเท่ากับ 54.98 57.32 68.11 และ 58.58 มิลลิกรัม/กรัมไข่แดง ตามลำดับ นอกจากนั้นพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อปริมาณ Phospholipid ในไข่แดง ($P<0.05$) การเสริมเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 36.84 ในอาหารโปรตีน 14 และ 16 เปอร์เซ็นต์ทำให้ปริมาณ Phospholipid ในไข่แดงสูงขึ้น

สำหรับช่วงที่สองพบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 16 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณ Phospholipid ในไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับ 18 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) ไก่ไข่ได้รับโปรตีนในอาหาร 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ Phospholipid ในไข่แดงเท่ากับ 83.93 77.73 และ 92.09 มิลลิกรัม/กรัมไข่แดง ตามลำดับ ขณะที่การเสริมเมทไธโอนีน ในอาหารไก่ไข่ ไม่มีผลต่อปริมาณ Phospholipid ในไข่แดง กลุ่มที่ได้รับเมทไธโอนีน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 มีปริมาณ Phospholipid ในไข่แดงเท่ากับ 83.40 82.23 89.45 และ 85.39 มิลลิกรัม/กรัมไข่แดง ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาถึงอายุ พบว่าไก่ไข่อายุ 33 สัปดาห์ มีปริมาณ Phospholipid ในไข่แดงต่ำกว่าไก่ไข่ที่มีอายุ 48 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อปริมาณ Phospholipid ในไข่แดง ในช่วงที่สอง

An *et al.,* (1997) รายงานว่าปริมาณ Phospholipid ในไข่แดงของไก่ไข่ มีประมาณ 86 มิลลิกรัม/ไข่แดง 1 กรัม ซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองในครั้งนี้ พบว่าไก่ไข่มีปริมาณ Phospholipid ในไข่แดง ประมาณ 70-99 มิลลิกรัม/ไข่แดง 1 กรัม จากการทดลองช่วงแรกเห็นได้ว่า ระดับโปรตีนในอาหาร 18 เปอร์เซ็นต์ทำให้ไข่แดงของไก่ไข่มีปริมาณ Phospholipid ต่ำที่สุด อาจเนื่องจากว่าระดับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่สูงเกินความต้องการของร่างกายสัตว์ ประกอบกับจากตารางที่ 29 พบว่าปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงของไก่ไข่ในช่วงแรกมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อได้รับโปรตีนในอาหารในระดับที่สูงขึ้น จึงเห็นได้ว่าระดับโปรตีนในอาหารที่สูงขึ้น ก่อให้เกิดการสะสม

Cholesterol มากกว่าสะสม Phospholipid ในไข่แดง ขณะที่การเสริมเมทไธโอนีนในอาหาร ทำให้ปริมาณ Phospholipid ในไข่แดงสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Tsiagbe *et al*. (1988) รายงานว่าการเสริมเมทไธโอนีน ทำให้ปริมาณ Phospholipid ในไข่แดงสูงขึ้น

อย่างไรก็ตามในช่วงที่สองกลับพบว่าระดับโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ทำให้ปริมาณ Phospholipid ในไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหาร 14 และ 18 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองในครั้งนี้พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์มีแนวโน้มทำให้ผลผลิตไข่มากขึ้น ไก่ไข่จึงใช้พลังงานในการสร้างโปรตีนในฟองไข่สูงขึ้น ทำให้มีพลังงานในการสร้างไขมันน้อยลง แต่อย่างไรก็ตามไก่ยังมีความจำเป็นต้องใช้พลังงานเพื่อสังเคราะห์ Phospholipid และ Cholesterol สำหรับสะสมไว้ในไข่แดงทุกฟองเพื่อใช้สำหรับเป็นอาหารของตัวอ่อน (Noble, 1995) ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณ Phospholipid ในไข่แดงของไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ มี Phospholipid ในไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ จากการทดลองช่วงที่สอง พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 16 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ Triglyceride และ Cholesterol ในไข่แดงลดลงเช่นกัน (ตารางที่ 26 และ 29) นอกจากนั้นแล้วไก่ไข่ที่อยู่ในช่วงหลังการให้ผลผลิตสูงสุด (อายุ 48 สัปดาห์) มีปริมาณ Phospholipid ในไข่แดงสูงกว่าไก่ไข่ที่อยู่ในช่วงให้ผลผลิตสูงสุด (อายุ 33 สัปดาห์) ขณะที่ไก่ที่อยู่ให้ช่วงหลังให้ผลผลิตสูงสุด มีปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มที่อยู่ในช่วงให้ผลผลิตสูงสุด (ตารางที่ 29) การที่ Phospholipid ในไข่แดงสูงขึ้น และ Cholesterol ในไข่แดงลดลงเมื่อไก่มีอายุมากขึ้น อาจเกิดจากสภาพทางสรีรวิทยาของไก่ไข่ที่ต่างกันเมื่ออายุและความสามารถในการให้ผลผลิตของสัตว์ต่างกัน ดังนั้นถ้าต้องการให้มีปริมาณ Phospholipid ในไข่แดงสูงขึ้น ควรเลี้ยงไก่ที่มีอายุ 48 สัปดาห์ขึ้นไป

ตารางที่ 30 **ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อปริมาณ Phospholipid ในซีรั่ม**

	ระดับโปรตีน (CP)	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	ช่วงอายุ	SEM	Interaction
		51.62	46.67	36.84	31.82				(CP X CP:Met)
ปริมาณ Phospholipid	14	149.33	178.19	176.19	198.20	175.48^{y}			
ในซีรั่ม (mg/dl)	16	373.26	192.92	247.22	189.49	250.72^{x}	214.46^{y}	14.15	NS
สัปดาห์ที่ 33	18	175.77	171.62	220.07	301.24	217.18^{xy}			
	เฉลี่ย	232.79	180.91	214.50	229.64				
ปริมาณ Phospholipid	14	268.08	284.95	383.98	198.49	283.87			
ในซีรั่ม (mg/dl)	16	152.33	331.25	218.53	263.79	266.48	264.21^{x}	17.60	NS
สัปดาห์ที่ 48	18	288.52	188.77	290.81	201.06	242.29			
	เฉลี่ย	236.31^{ab}	268.32^{ab}	331.10^{a}	221.12^{b}				

หมายเหตุ $^{x และ y}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{a, b และ c}$ อักษรต่างกันในแถวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P>0.05$)

ตารางที่ 31 **ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อปริมาณ Phospholipid ในไข่แดง**

	ระดับโปรตีน	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	ช่วงอายุ	SEM	Interaction
	(CP)	51.62	46.67	36.84	31.82				(CP X CP:Met)
ปริมาณ	14	62.44^{bcd}	64.86^{bcd}	73.24^{ab}	66.94^{bcd}	66.87^{X}			
Phospholipid ในไข่	16	61.44^{bcd}	71.46^{bc}	87.44^{a}	56.10^{cde}	69.11^{X}	59.75^{y}	2.18	*
แดง (mg/g)	18	41.05^{ef}	35.63^{f}	43.66^{ef}	52.69^{de}	43.26^{Y}			
สัปดาห์ที่ 33	เฉลี่ย	54.98^{b}	57.32^{b}	68.11^{a}	58.58^{b}				
ปริมาณ	14	83.48	86.54	84.79	80.30	83.93^{xy}			
Phospholipid ในไข่	16	84.29	74.83	77.09	74.01	77.73^{y}	85.12^{x}	1.94	NS
แดง (mg/g)	18	82.42	82.86	102.34	99.14	92.09^{x}			
สัปดาห์ที่ 48	เฉลี่ย	83.40	82.23	89.45	85.39				

หมายเหตุ $^{X \text{ และ } Y}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

$^{x \text{ และ } y}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{a, b, c, d, e, f}$ อักษรต่างกันในแถวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P>0.05$)

* พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P<0.05$)

ผลของโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อระดับ Phospholipid:Cholesterol ในซีรั่มและไข่แดง

1. ผลต่อระดับ Phospholipid:Cholesterol ในซีรั่ม

จากตารางที่ 32 ช่วงแรกของการทดลอง พบว่าระดับโปรตีนในอาหารไม่มีอิทธิพลต่อระดับ Phospholipid:Cholesterol ในซีรั่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์มีระดับ Phospholipid:Cholesterol ในซีรั่มเท่ากับ 2.00 2.44 และ 2.47 ตามลำดับ ขณะที่การเสริมเมทไธโอนีนไม่มีผลต่อระดับ Phospholipid:Cholesterol ในซีรั่มเช่นกัน ไก่ไข่กลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมเมทไธโอนีน (สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62) มีระดับ Phospholipid :Cholesterol ในซีรั่ม เท่ากับ 2.23 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มที่เสริมเมทไธโอนีนสัดส่วน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 46.67 36.84 และ 31.82 มีระดับ Phospholipid:Cholesterol ในซีรั่มเท่ากับ 2.19 2.53 และ 2.25 ตามลำดับ

ช่วงที่สอง พบว่า ระดับโปรตีนไม่มีผลต่อระดับ Phospholipid:Cholesterol ในซีรั่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีระดับ Phospholipid :Cholesterol ในซีรั่มเท่ากับ 1.73 1.93 และ 1.63 ตามลำดับ และการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารไม่ทำให้ระดับ Phospholipid:Cholesterol ในซีรั่มเปลี่ยนแปลงเช่นกัน กลุ่มที่ได้รับอาหารไม่เสริมเมทไธโอนีน (สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62) มีระดับ Phospholipid:Cholesterol ในซีรั่มเท่ากับ 1.68 ขณะที่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมเมทไธโอนีนสัดส่วน สัดส่วน CP:Met เท่ากับ 46.67 36.84 และ 31.82 มีระดับ Phospholipid:Cholesterol ในซีรั่มเท่ากับ 1.79 2.04 และ 1.55 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงอายุ พบว่าไก่ที่อยู่ในช่วงให้ผลผลิตสูงสุด (อายุ 33 สัปดาห์) มีระดับ Phospholipid:Cholesterol สูงกว่ากลุ่มที่อยู่หลังการให้ผลผลิตสูงสุด (อายุ 48 สัปดาห์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนั้น ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อระดับ Phospholipid: Cholesterol ในซีรั่ม

จากการทดลองในครั้งนี้เห็นได้ว่าระดับ Phospholipid:Cholesterol ในซีรั่มไม่เปลี่ยนแปลงในทุกกลุ่มการทดลอง อาจเนื่องจากไก่ต้องการรักษาสมดุลของสารอาหารที่อยู่ในซีรั่ม เพื่อป้องกันไม่ให้มีไขมันตัวใดตัวหนึ่งมากเกินไป จนก่อให้เกิดความผิดปกติต่อตัวสัตว์เอง กระบวนการ Reverse Cholesterol Transport (RCT) เป็นกระบวนหนึ่งที่ช่วยในการขนส่ง Cholesterol จากอวัยวะต่าง ๆ ภายในร่างกายกับสู่ตับ เพื่อป้องกันการสะสม Cholesterol ในกระแสเลือดและตาม

ผนังหลอดเลือด (Ottnad *et al*., 1995) ซึ่งกระบวนการนี้มี Phospholipid และ Cholesterol อิสระเป็นสารตั้งต้น และอาศัยการทำงานของเอนไซม์ Lecithin-Cholesterol Acyltransferase (LCAT) เป็นตัวเร่ง ปฏิกริยาได้ผลผลิตเป็นไลโซเลซิติน (Lyso lecithin) และคอเลสเตอรอลเอสเทอร์ (Cholesterol ester) หลังจากนั้นไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Lipoprotein; HDL) จะทำหน้าที่เป็นตัวขนส่ง Cholesterol กับไปยังตับ เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์เป็นกรดน้ำดีและฮอร์โมน (Vance, 1998) การทำงานของเอนไซม์ LCAT จะมีความสัมพันธ์กับระดับ HDL ในกระแสเลือด โดยถ้าเอนไซม์ LCAT ทำงานลดลง จะส่งผลให้ระดับ HDL ในกระแสเลือดลดลงด้วย (Glmoset *et al*., 1970) นอกจากนั้นสัตว์ปีกยังมีการขนส่ง Cholesterol และ Phospholipid ไปไว้ในไข่แดง เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการเจริญเติบโตของตัวอ่อน (Noble, 1995) ดังนั้นจึงทำให้สัดส่วน Phospholipid:Cholesterol ในซีรั่มไม่เปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามอายุไก่ที่มากขึ้น สัดส่วน Phospholipid:Cholesterol ในซีรั่มจะต่ำลง เนื่องจากว่าระดับ Phospholipid ในซีรั่มของไก่อายุ 48 สัปดาห์ มีระดับสูง อย่างไรก็ตามระดับ Cholesterol ในซีรั่มมีปริมาณที่สูงมากกว่า เมื่อนำมาคำนวณจึงทำให้ระดับ Phospholipid :Cholesterol ต่ำลงเมื่อเทียบกับอายุ 33 สัปดาห์

2. ผลต่อระดับ Phospholipid:Cholesterol ในไข่แดง

ช่วงแรกของการทดลอง พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนระดับ 18 เปอร์เซ็นต์มีระดับ Phospholipid:Cholesterol ในไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับ 14 และ 16 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.01$) กลุ่มที่ได้รับโปรตีนอาหารระดับ 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีระดับ Phospholipid:Cholesterol ในไข่แดงเท่ากับ 6.45 6.70 และ 4.11 ตามลำดับ ขณะที่การเสริมเมทไธโอนีนไม่ทำให้ระดับ Phospholipid:Cholesterol ในไข่แดงเปลี่ยนแปลง กลุ่มที่ได้รับเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 มีระดับ Phospholipid:Cholesterol ในไข่แดงเท่ากับ 5.62 5.41 6.64 และ 5.44 ตามลำดับ นอกจากนั้นพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อระดับ Phospholipid:Cholesterol ในไข่แดง ($P<0.05$) ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนแต่ละระดับเสริมด้วยเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 36.84 ทำให้ระดับ Phospholipid:Cholesterol ในไข่แดงสูงขึ้น ในขณะที่การเสริมเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 31.82 ในโปรตีนระดับ 16 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ระดับ Phospholipid:Cholesterol ในไข่แดงลดลง

ช่วงที่สอง พบว่าระดับโปรตีนในอาหาร ไม่มีอิทธิพลต่อระดับ Phospholipid :Cholesterol ในไข่แดง ไก่ไข่ได้รับโปรตีน 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีระดับ Phospholipid :Cholesterol ในไข่แดง เท่ากับ 8.77 8.34 และ 9.17 ตามลำดับ ขณะที่การเสริมเมทไธโอนีน ไม่ทำให้ระดับ Phospholipid:Cholesterol ในไข่แดงเปลี่ยนแปลงเช่นกัน กลุ่มที่ได้รับเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 มีระดับ Phospholipid:Cholesterol ในไข่แดงเท่ากับ 9.02 8.32 8.88 และ 8.95 ตามลำดับ นอกจากนั้นไก่ที่อยู่ในช่วงหลังให้ผลผลิตสูงสุด (อายุ 48 สัปดาห์) มีสัดส่วน Phospholipid:Cholesterol ในไข่แดงสูงกว่ากลุ่มที่อยู่ในช่วงให้ผลผลิตไข่สูงสุด (อายุ 33 สัปดาห์) ($P<0.05$) ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อระดับ Phospholipid :Cholesterol ในไข่แดง (ตารางที่ 33)

ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์มีสัดส่วน Phospholipid:Cholesterol ในไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มอื่น เนื่องจากว่า ระดับโปรตีนที่สูงขึ้นส่งผลให้ร่างกายมีการสังเคราะห์ Cholesterol เพื่อสะสมไว้ในไข่แดงเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 29) ขณะที่มีการสังเคราะห์ Phospholipid ในไข่แดงลดลง (ตารางที่ 31) เมื่อคิดเป็นสัดส่วน Phospholipid:Cholesterol พบว่ามีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 และ 16 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม การเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหารโปรตีนแต่ละระดับส่งผลให้สัดส่วน Phospholipid:Cholesterol เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Anon (2000b) กล่าวว่า SAM มีส่วนช่วยป้องกันการสะสมไขมันในตับและเพิ่มสัดส่วนของ Phospholipid:Cholesterol เนื่องจากว่ากรดอะมิโนเมทไธโอนีนมีบทบาทที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ Phospholipid โดยเป็นตัวให้หมู่เมธิลในกระบวนการสังเคราะห์ฟอสฟาติดิลโคลีน (Phosphatidylcholine;PC) หรือ เลซิติน (Lecithin) จากฟอสฟาติดิลเอทาโนลามีน (Phosphatidylethanolamine; PE) (Brody, 1994) จึงส่งผลให้มีการสังเคราะห์ Phospholipid เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการทดลองในครั้งนี้ พบว่าการเสริมเมทไธโอนีนทำให้สัดส่วน Phospholipid:Cholesterol เพิ่มขึ้น ดังนั้นถ้าสัดส่วนของ Phospholipid :Cholesterol เพิ่มขึ้นก็จะเป็นการดี ขณะเดียวกันการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในระดับที่สูงเกินไป ร่างกายต้องมีการกำจัดออกเหลือส่วนที่เป็นโครงคาร์บอนสามารถนำไปสังเคราะห์เป็นกรดไขมันและ Triglyceride สะสมในร่างกายต่อไปได้

ตารางที่ 32 **ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อระดับ Phospholipid:Cholesterol ในซีรั่ม**

	ระดับโปรตีน (CP)	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	ช่วงอายุ	SEM	Interaction
		51.62	46.67	36.84	31.82				(CP X CP:Met)
ระดับ Phospholipid	14	1.94	2.14	1.90	2.03	2.00			
:Cholesterol ในซีรั่ม	16	2.95	2.17	2.89	1.76	2.44	2.30[x]	0.12	NS
สัปดาห์ที่ 33	18	1.91	2.25	2.69	3.31	2.47			
	เฉลี่ย	2.23	2.19	2.53	2.25				
ระดับ Phospholipid	14	1.75	1.95	1.70	1.53	1.73			
:Cholesterol ในซีรั่ม	16	1.34	2.14	2.46	1.77	1.93	1.76[y]	0.09	NS
สัปดาห์ที่ 48	18	1.94	1.27	1.95	1.36	1.63			
	เฉลี่ย	1.68	1.79	2.04	1.55				

หมายเหตุ [x และ y] อักษรต่างกันในแถวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P>0.05$)

<u>ตารางที่ 33</u> ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อระดับ Phospholipid:Cholesterol ในไข่แดง

	ระดับโปรตีน (CP)	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	ช่วงอายุ	SEM	Interaction (CP X CP:Met)
		51.62	46.67	36.84	31.82				
ระดับ Phospholipid	14	6.69^{b}	6.47^{b}	6.68^{b}	6.00^{bc}	6.45^{X}			
:Cholesterol ในไข่แดง	16	6.50^{b}	6.46^{b}	8.47^{a}	5.37^{bcd}	6.70^{X}	5.77^{y}	0.23	*
สัปดาห์ที่ 33	18	3.84^{de}	3.31^{e}	4.38^{cde}	4.96^{cde}	4.11^{Y}			
	เฉลี่ย	5.62	5.41	6.64	5.44				
ระดับ Phospholipid	14	8.91	8.54	8.94	8.66	8.77			
:Cholesterol ในไข่แดง	16	9.50	7.26	7.52	8.69	8.34	8.79^{x}	0.20	NS
สัปดาห์ที่ 48	18	8.68	8.80	9.72	9.40	9.17			
	เฉลี่ย	9.02	8.32	8.88	8.95				

<u>หมายเหตุ</u> $^{X \text{ และ } Y}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

$^{x \text{ และ } y}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

$^{a, b, c, d \text{ และ } e}$ อักษรต่างกันในแถวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met (P>0.05)

* พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met (P<0.05)

ผลของโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อระดับฮอร์โมน Triiodothyronine และ Growth hormone ในซีรั่ม

1. ผลต่อระดับฮอร์โมน Triiodothyronine (T3)

ช่วงแรกของการทดลอง (อายุ 33 สัปดาห์) พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนระดับ 18 เปอร์เซ็นต์ มีระดับ T3 ในซีรั่มต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนระดับ 14 และ 16 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) กลุ่มที่ได้รับโปรตีน14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีระดับ T3 ในซีรั่มเท่ากับ 83.08 82.17 และ 64.42 นาโนกรัม/เดซิลิตร ตามลำดับ ขณะที่การเสริมเมทไธโอนีนในอาหารไม่มีอิทธิพลต่อระดับ T3 ในซีรั่ม ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 มีระดับ T3 ในซีรั่มเท่ากับ 76.78 72.72 70.11 และ 86.88 นาโนกรัม/เดซิลิตร ตามลำดับ

ช่วงที่สอง พบว่า กลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 18 เปอร์เซ็นต์ มีระดับ T3 ในซีรั่มต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 และ 16 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) กลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับ 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์มีระดับ T3 ในซีรั่มเท่ากับ 115.57 116.62 และ 94.86 นาโนกรัม/เดซิลิตร เมื่อพิจารณาการเสริมเมทไธโอนีน พบว่าไม่ทำให้ระดับ T3 ในซีรั่มเปลี่ยนแปลง ไก่ไข่ที่ได้รับเมทไธ-โอนีนในอาหารสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 มีระดับ T3 ในซีรั่มเท่ากับ 114.61 99.74 115.95 และ 105.75 นาโนกรัม/เดซิลิตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงอายุไก่ พบว่าไก่ไข่ที่มีอายุ 33 สัปดาห์ มีระดับ T3 ในซีรั่มต่ำกว่าอายุ 44 สัปดาห์ ($P<0.05$) ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อระดับ T3 ในซีรั่มของไก่ไข่ ทั้งสองช่วงการทดลอง (ตารางที่ 34)

งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ระดับโปรตีนในอาหารลดลงมีอิทธิพลต่อการทำงานของฮอร์โมน T3 และความสามารถในการหมุนเวียน T3 ในเลือด โดยระดับ T3 ในพลาสมาของไก่ไข่จะสูงขึ้นเมื่อไก่ได้รับโปรตีนไม่เพียงพอกับความต้องการ (Alester and Carew, 1984; Keagy *et al*., 1987; Buyse *et al*., 1992) เช่นเดียวกับการทดลองในครั้งนี้ที่พบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน 14 และ 16 เปอร์เซ็นต์มีระดับฮอร์โมน T3 สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนในอาหาร 18 เปอร์เซ็นต์ อาจเกิดจากไก่ไข่ที่ได้รับอาหารโปรตีนต่ำ มีการสะลายไขมันหรือโปรตีนเพื่อใช้เป็นพลังงานในการสังเคราะห์โภชนะภายในฟองไข่ เพื่อรองรับปริมาณผลผลิต ขณะที่ไธรอยด์ฮอร์โมนมีบทบาทในการควบคุมอัตราการเผาผลาญสารอาหารต่าง ๆ ในร่างกาย รวมถึงการผลิตความร้อนและการใช้พลังงาน ทำให้ Basal Metabolic Rate (BMR) สูงขึ้น นอกจากนี้ T3 ยังกระตุ้นทุกขั้นตอนของกระบวนการ

เมแทโบลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและไขมัน โดยจะกระตุ้นการสร้างกลูโคสจากกระบวนการ Guconeogenesis เพื่อใช้เป็นพลังงานต่อไป (Friancis, 1983) ดังนั้นจึงทำให้ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารโปรตีนต่ำ มีระดับ T3 ในซีรั่มสูงขึ้น และเมื่อเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีน พบว่าไม่มีผลต่อระดับ T3 ในซีรั่ม ซึ่งสอดคล้องกับ Carew (1997) พบว่าไก่ที่ได้รับอาหารที่ไม่ได้เสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีน มีระดับ T3 ในพลาสมาไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม (กลุ่มที่ได้รับเมทไธโอนีนเพียงพอตามความต้องการ) นอกจากนั้นระดับ T3 ในซีรั่มยังมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณไขมันในช่องท้องของไก่พื้นเมือง (ทรงยศ, 2546) เช่นเดียวกับ Wilson *et al.,* (1983); Stewart and Washburn (1998) รายงานว่า ความเข้มข้นของ T3 ในกระแสเลือดมีความสัมพันธ์เชิงลบกับไขมันซาก นอกจากนั้น RoseBrough and McMurtry (1998) ทำการศึกษาอิทธิพลของระดับโปรตีน และ T3 ในอาหาร พบว่า T3 สามารถลดการสร้างไขมัน (Lipogenesis) ในไก่กระทงอายุ 8 วัน และ Madsen and Sonne (1976) รายงานว่าเนื้อเยื่อไขมันของหนูที่ได้รับ T3 จะมีการสลายไขมันและควบคุม Glucagon receptors สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในครั้งนี้ พบว่าไก่ไข่อายุ 48 สัปดาห์ ได้รับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ มีระดับ T3 ในซีรั่มลดลง แต่ระดับ Triglyceride Cholesterol และ Phospholipid ในไข่แดงสูงขึ้น (ตารางที่ 26 29 และ 31) นอกจากนั้นระดับ T3 ในซีรั่มยังสูงขึ้นเมื่ออายุไก่เพิ่มขึ้น อาจเป็นไปได้ว่าเมื่อไก่อายุมากขึ้นจะมีการผลิตไขมันเก็บไว้ในไข่แดงสูงขึ้น ขณะที่ T3 มีผลกระตุ้นทุกขั้นตอนของกระบวนการเมแทโบลิซึมของไขมันทั้งผลิต สลายและการทำลาย อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลง T3 ในซีรั่มยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าเกิดจากอายุหรือไม่ (นทีทิพย์, 2538)

ตารางที่ 34 **ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อระดับ Triiodothyronine ในซีรั่ม**

	ระดับโปรตีน	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	ช่วงเวลา	SEM	Interaction
	(CP)	51.62	46.67	36.84	31.82				(CP X CP:Met)
ระดับ Triiodothyronine	14	75.00	89.00	77.67	90.67	83.08^{x}			
ในซีรั่ม (ng/dl)	16	86.33	71.67	72.67	101.20	82.17^{x}	76.48^{y}	3.16	NS
สัปดาห์ที่ 33	18	69.00	57.50	60.00	71.17	64.42^{y}			
	เฉลี่ย	76.78	72.72	70.11	86.88				
ระดับ Triiodothyronine	14	117.19	112.08	123.76	109.24	115.57^{x}			
ในซีรั่ม (ng/dl)	16	127.98	86.93	142.18	109.39	116.62^{x}	109.01^{x}	3.55	NS
สัปดาห์ที่ 48	18	98.68	100.22	81.91	95.80	94.86^{y}			
	เฉลี่ย	114.61	99.74	115.95	105.75				

หมายเหตุ $^{x \text{ และ } y}$ อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.05$)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P>0.05$)

2. ผลต่อระดับ Growth hormone (GH)

จากตารางที่ 35 ช่วงแรกของการทดลอง พบว่าระดับโปรตีนในอาหารไม่มีผลต่อระดับ GHในซีรั่มของไก่ไข่ กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีระดับ GH ในซีรั่มเท่ากับ 1.75 1.58 และ 1.24 นาโนกรัม/เดซิลิตร ส่วนการเสริมเมทไธโอนีน ไม่ทำให้ระดับ GH ในซีรั่มเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ไก่ไข่ได้รับอาหารเสริมเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 51.62 46.67 36.84 และ 31.82 มีระดับ GH ในซีรั่มเท่ากับ 1.69 1.59 1.45 และ 1.37 นาโนกรัม/เดซิลิตร ตามลำดับ

ช่วงที่สองของการทดลอง พบว่า ระดับโปรตีนในอาหารไม่ทำให้ระดับ GH ในซีรั่มเปลี่ยนแปลง ไก่ไข่ได้รับโปรตีน 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีระดับ GH ในซีรั่มเท่ากับ 1.14 1.17 และ 0.95 นาโนกรัม/เดซิลิตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการเสริมเมทไธโอนีนในอาหาร พบว่า ไม่มีผลต่อระดับ GH ในซีรั่ม ไก่ไข่ได้รับอาหารเสริมเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 5.62 46.67 36.84 และ 31.82 มีระดับ GH ในซีรั่มเท่ากับ 1.01 1.03 1.14 และ 1.15 นาโนกรัม/เดซิลิตร ขณะที่ไก่ที่อยู่ในช่วงให้ผลผลิตสูงสุด (อายุ 33 สัปดาห์) มีระดับ GH ในซีรั่มสูงกว่าไก่ไข่ที่อยู่ในช่วงหลังการให้ผลผลิตสูงสุด (อายุ 48 สัปดาห์) นอกจากนั้นไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อระดับ GH ในซีรั่มของไก่ไข่ ทั้งสองช่วงการทดลอง

จากผลการทดลองทั้งสองช่วงเห็นได้ว่าระดับโปรตีนสูงขึ้น มีแนวโน้มทำให้ระดับ GH ในซีรั่มของไก่ไข่ลดลง นทีทิพย์ (2538) รายงานว่าการขาดไทรอยด์ฮอร์โมนหรือมีในระดับต่ำ โดยเฉพาะ T3 ทำให้ระดับของ GH ลดลงด้วย โดย GH และ T3 จะทำงานร่วมกัน (วิโรจน์, 2537) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในตารางที่ 34 พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับสูง ทำให้ระดับ T3 ในซีรั่มลดลง ขณะที่ระดับ GH มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน ขณะที่ Engster *et al.,* (1979) รายงานว่าไก่และไก่งวงที่ได้รับอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายเป็นระยะเวลานาน ทำให้ระดับ GH ในกระแสเลือดสูงขึ้น นอกจากนั้น Friancis (1983) พบว่า GH มีบทบาทอย่างมากต่อการนำไขมันไปใช้เป็นพลังงาน โดยระดับ GH ที่สูงขึ้นส่งเสริมการเผาผลาญอาหารไขมันและเนื้อเยื่อไขมัน (Lipolysis) ทำให้ได้กรดไขมันอิสระในเลือดสูงขึ้น ช่วยลดการสะสมไขมันในเนื้อเยื่อไขมัน (Campbell and Scanes, 1987) จากการทดลองในตารางที่ 26 และ 29 พบว่าปริมาณ Triglyceride และ Cholesterol ในไข่แดงของไก่ไข่สูงขึ้น เมื่อได้รับโปรตีนในอาหารระดับ 18 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเห็นได้ว่าระดับโปรตีนที่สูงขึ้นทำให้ระดับ GH ในซีรั่มลดลง ส่งผลให้เกิดการ

สะสมไขมันในไข่แดงเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะ Cholesterol และ Triglyceride สอดคล้องกับ Bacon (1986); McKeown *et al.,* (1974); Anthony *et al.,* (1990) รายงานว่าไก่และไก่งวง ที่ถูกจำกัดอาหารมีระดับ GH และ Nonesterified fatty acids (NEFA) ในซีรั่มสูงขึ้น ทำให้ระดับ Triglyceride ลดลง นอกจากนั้นอายุที่เพิ่มขึ้น ทำให้ระดับ GH ในซีรั่มของไก่ไข่ลดลง สอดคล้องกับ Proudman (1995) รายงานว่าอายุไก่มีผลต่อระดับ GH โดยไก่ที่มีอายุมากระดับ GH จะลดลง

ตารางที่ 35 **ผลของระดับโปรตีนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อระดับ Growth hormone ในซีรั่ม**

	ระดับโปรตีน (CP)	สัดส่วนโปรตีน:เมทไธโอนีน (CP:Met)				เฉลี่ย	ช่วงเวลา	SEM	Interaction
		51.62	46.67	36.84	31.82				(CP X CP:Met)
ระดับ Growth hormone	14	1.77	1.98	1.30	1.95	1.75			
ในซีรั่ม (ng/dl)	16	2.02	1.21	2.15	1.00	1.58	1.52[x]	0.12	NS
สัปดาห์ที่ 33	18	1.35	1.57	0.90	1.17	1.24			
	เฉลี่ย	1.69	1.59	1.45	1.37				
ระดับ Growth hormone	14	1.35	1.06	0.99	1.15	1.14			
ในซีรั่ม (ng/dl)	16	1.05	1.07	1.35	1.20	1.17	1.08[y]	0.04	NS
สัปดาห์ที่ 48	18	0.64	0.96	1.08	1.10	0.95			
	เฉลี่ย	1.01	1.03	1.14	1.15				

หมายเหตุ [x และy] อักษรต่างกันในแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและสัดส่วน CP:Met ($P>0.05$)

สรุปผลการทดลอง

1. การเพิ่มระดับโปรตีนในอาหาร ทำให้โปรตีนและเมทไธโอนีนที่ได้รับสูงขึ้น ส่งผลให้น้ำหนักตัวไก่ น้ำหนักไข่ มวลไข่ สูงขึ้น และทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่เมื่อสิ้นสุดการทดลองดีขึ้น ขณะที่กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนอาหารต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัม ต่ำกว่ากลุ่ม 18 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเสริมเมทไธโอนีนในอาหาร ทำให้เมทไธโอนีนที่ได้รับและ น้ำหนักไข่สูงขึ้น นอกจากนั้นยังทำให้อัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นน้ำหนักไข่ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม ระดับโปรตีนและเมทไธโอนีน ไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กินและเปอร์เซ็นต์ไข่ แต่ระดับโปรตีนที่สูงขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์ไข่เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น

2. ระดับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เปอร์เซ็นต์ไข่แดงในไก่อายุ 48 สัปดาห์ ลดลง ขณะที่กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตับสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ การเสริมเมทไธโอนีนในอาหาร ยังทำให้น้ำหนักไข่แดงสูงขึ้น แต่ไม่มีผลทำให้น้ำหนักตับเปลี่ยนแปลง พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีนต่อน้ำหนักไข่แดง โดยพบว่าการเสริมเมทไธโอนีนในโปรตีน 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ ทำให้น้ำหนักไข่แดงสูงขึ้น

3. ระดับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาณ Triglyceride ในตับของไก่อายุ 48 สัปดาห์ ปริมาณ Phospholipid และสัดส่วน Phospholipid:Cholesterol ในไข่แดงของไก่ไข่อายุ 33 สัปดาห์ ลดลง ขณะที่กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ Phospholipid ในซีรั่มสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม ระดับโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาณ Triglyceride Cholesterol และ Phospholipid ในไข่แดงลดลง ส่วนการเสริมเมทไธโอนีน ทำให้ปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงสูงขึ้น กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 36.84 มีระดับ Phospholipid ในซีรั่มและไข่แดง สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับเมทไธโอนีนสัดส่วน CP:Met เท่ากับ 31.82 พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและเมทไธโอนีน ต่อปริมาณ Triglyceride ในตับของไก่ไข่อายุ 48 สัปดาห์ ปริมาณ Cholesterol ในไข่แดงของไก่อายุ 33 และ 48 สัปดาห์ และปริมาณ Phospholipid ในไข่แดงของไก่อายุ 33 สัปดาห์

4. ไก่ไข่ที่ได้รับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ มีระดับ T3 ในซีรั่ม ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 14 และ 16 เปอร์เซ็นต์ แต่โปรตีนในอาหารไม่มีผลต่อระดับ GH ในซีรั่ม ขณะที่การเสริมเมทไธโอนีนไม่ทำให้ระดับ T3 และ GH ในซีรั่มของไก่ไข่เปลี่ยนแปลง นอกจากนั้นไก่ไข่อายุ 48 สัปดาห์ มีน้ำหนักไข่แดง น้ำหนักตับ ระดับ Triglyceride ในซีรั่มและไข่แดง ระดับ Cholesterol ในซีรั่ม ปริมาณ Phospholipid ในซีรั่มและไข่แดง รวมถึงสัดส่วน Phospholipid:Cholesterol ในไข่แดง ระดับฮอร์โมน T3 และ GH ในซีรั่มสูงกว่าช่วงอายุ 33 สัปดาห์ แต่ปริมาณ Triglyceride ในซีรั่มและตับ ปริมาณ Cholesterol ในตับและไข่แดง และสัดส่วน Phospholipid:Cholesterol ในซีรั่มต่ำกว่าช่วงอายุ 33 สัปดาห์

ดังนั้นระดับโปรตีนและสัดส่วนเมทไธโอนีนที่เหมาะสมที่สุด ทั้งด้านการให้ผลผลิตและองค์ประกอบของไขมัน โดยเฉพาะการเพิ่มระดับของฟอสฟอลิปิดในไข่แดง คือ ระดับโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ และ เมทไธโอนีน สัดส่วน (CP:Met) เท่ากับ 36.84

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมการค้าภายใน. 2546. **เอกสารประกอบการประชุม คณะอนุกรรมการกำหนดแนวทางการตลาดไก่ไข่และผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 1.**

ชูพงษ์ เปี่ยมงูเหลือม. 2543. **ผลการลดระดับโปรตีนร่วมกับการเสริมกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบในอาหารต่อคุณลักษณะทางการเจริญเติบโตและคุณภาพซากในไก่กระทง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ ฯ.

ทรงยศ กิตติชนม์ธวัช. 2546. **การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก และสมรรถภาพการสืบพันธุ์ ของไก่พื้นเมืองไทย ไก่พื้นเมืองญี่ปุ่น และไก่ลูกผสมพื้นเมืองไทย x ไก่พื้นเมืองญี่ปุ่น.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ ฯ.

ทวีศักดิ์ ศิลปสอน, ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์ และ เสกสม อาตมางกูร. 2546. **ผลการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหารโปรตีนต่ำต่อ การใช้ประโยชน์ได้ของไนโตรเจน และสรีรวิทยาของไก่ไข่ ที่เลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิดและปิด**. กรุงเทพฯ:วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีรวิทย์ เปี่ยคำภา และชัยภูมิ บัญชาศักดิ์ . 2547. **ระดับพลังงานที่เหมาะสมในอาหารโปรตีนต่ำเมทไธโอนีนสูงต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ในโรงเรือนระบบปิด**. การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ภาคใต้ ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

นทีทิพย์ กฤษณามระ. 2538. **ฮอร์โมนกลไกและการออกฤทธิ์ร่วม**. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนพานิช. กรุงเทพฯ.

นันทิยา ชนะรัตน์. 2533. **คู่มือเคมีคลินิก สารไขมันในเลือด**. คณะเทคนิคการแพทย์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

นวลจันทร์ พารักษา. 2544. **อาหารสัตว์**. ภาควิชาสัตวบาล. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

บุญล้อม ชีวอิสระกุล. 2546. **ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์**. ภาควิชาสัตวศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ปฐม เลาหะเกษตร. 2543. **การเลี้ยงสัตว์ปีก**. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพ.

พจน์ ศรีบุญลือ, พัชรี บุญศิริ, โสพิศ วงศ์คำ. 2543. **ตำราชีวเคมี**. ภาควิชาชีวเคมี. คณะแพทยศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

เพทาย พงษ์เพียจันทร์. 2538. **สรีรวิทยาสัตว์เลี้ยง**. ภาควิชาสัตวศาสตร์. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

เพิ่มศักดิ์ ศิริวรรณ. 2533. **โภชนศาสตร์สัตว์ปีก**. คณะผลิตกรรมการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้. เชียงใหม่.

มานิตย์ เทวรักษ์พิทักษ์. 2536. **การจัดการฟาร์มสัตว์ปีก**. พิมพ์ครั้งที่ 4. คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

มนต์ชัย ดวงจินดา. 2544. **การใช้โปรแกรม SAS เพื่อวิเคราะห์งานวิจัยทางด้านสัตว์.** ภาควิชาสัตวศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

วิโรจน์ จันทรัตน์. 2537. **กายวิภาคและสรีรวิทยาของสัตว์ปีก**. ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์, คณะผลิตกรรมการเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ศิขัณฑ์ พงษ์พิพัฒนน์. 2545. **ระบบ Evap : เทคนิคและการจัดการสำหรับการเลี้ยงสัตว์**.น. 154. หนังสือที่ระลึก25 ปี สมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย. สมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย. กรุงเทพ ฯ.

สุรางค์ อัศวมั่นคง. 2524. โปรตีน. **ภาควิชาชีวเคมี**. คณะเภสัชศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ ฯ

อนุชา แสงโสภณ. 2539. **การฟักไข่และการจัดการโรงฟักไข่**. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ

อาภัสสรา ชมิดท์. 2543. **ชีวเคมี**. ภาควิชาสรีรวิทยา. คณะสัตวแพทยศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อังคณา หาญบรรจง และ ดวงสมร สินเจิมศิริ. 2532. **การวิเคราะห์และประเมินคุณภาพอาหารสัตว์**. ภาควิชาสัตวบาล, คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุทัย คันโธ. 2529. **อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก**. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, นครปฐม.

Akber, M.K., J.S. Gavora, G.W. Friars and R.S. Gowe. 1983. Composition of eggs by commercial size categories: Effects of genetic group, age and diet. **Poult. Sci**. 62: 925-933.

Alber, J.J, C.H. Chen and J.L. Adolphon. 1981. Lecithin : cholesterol acyltransferase (LCAT) mass; its relationship to LCAT activity and cholesterol esterification rate. **J. Lipid Res**. 22: 1206-1213.

Alster, F.A. and L.B. Carew. 1984. Energy balance and thyroid function in protein deficient chick. **Nutr. Rep. Int**. 30: 1231-1240.

An, B.K., H. Nishiyama, K. Tanaka, S. Ohtani, T. Iwata, K. Tsutsumi and M. Kasai. 1997. Dietary safflower phospholipid reduces liver lipids in laying hens. **Poult. Sci**. 76: 689-695.

ANNEX. 2000. **Management Guide Babcock B-308**. Hubbard ISA Ltd. Peterborough.

Anonymous. 2002b. **Phospholipid metabolism**. Available Source: http://www. med.uiuc.edu /m1/ biochemistry/ TAreview/phosphilipid. htm, December. 25, 2002.

Anthony, N.R., R. Vasilatos-Younken, W.L. Bacon and M.S. Lilburn. 1990. Secretory pattern of growth hormone, insulin and related metabolites in growing male turkeys: effect of overnight fasting and refeeding. **Poult. Sci**. 69: 801-811.

Antonio M., J.R. Penz and S.E.O. Jensen. 1991. Influence of protein concentration, Amino acid supplementation and daily time of access to high or low protein diets on egg weight and components in laying hens. **Poult. Sci**. 70:2460-2466.

Attar, A.J. and J.T. Brake. 1988. **Ammonia control: Benefits and trade-offs**. Poultry digest, August 1988. Watt Publishing Co, Mount Morris, IL, 362pp.

Bacon, W.L. 1986. Age and short term feed restriction effect on plasma triglyceride and free fatty acid concentrations in male turkeys. **Poult. Sci**. 65: 1945-1984.

Baker, D.H., A.B. Batal, T.M. Parr, N.R. Augspurger and C.M. Parsons. 2002. Ideal ratio (relative to lysine) of tryptophan, threonine, isoleucine and valine for chicks during the second and third weeks posthatch. **Poult. Sci**. 81: 485-494.

Brody, T. 1994. **Nutritional Biochemistry**. Academic Press, Inc., New York.

Bunchasak C, K. Tanaka, S. Ohtani and C.M. Collado. 1996. Effect of Met + Cys Supplementation to a low Protein Diet on Growth Performance and Fat Accumulation of Broiler Chicks at Starter Period. **Ani. Sci**. **and Tech**. 67:959-966.

Bunchasak, C., K. Poonsuwan, R. Nukraew, K. Markvichitr and A. Choothesa. 2005. Effect of dietary protein on egg production and immunity responses of laying hens during peak production period. **Inter. J. Poult. Sci**. 4(9): 701-708.

Burke, W.H. and H.L. Marks. 1982. Growth hormone and prolactin levels in non selected and selected broiler lines of chickens from hatch to eight weeks of age. **Growth**. 46: 283-295.

Burley, R.W. and D.V. Vadehra. 1989. **Avian Egg**: Chemistry and Biology., Chichester: Wiley-Interscience.

Buyse, J., E. Decuypere, L. Berghman, E.R. Kuhn and F. Vandesande. 1992. Effect of dietary protein content on episodic growth hormone secretion and on heat production of male broiler chicken. **Br. Poult. Sci**. 33: 1101-1109.

Campbell, R.M. and C.G. Scancs. 1987. Growth hormone inhibition of glucagons and cAMP induced lipolysis by chicken adipose tissue in vitro. **Proc. Soc. Exp. Biol. Med**.184: 456-46.

Carew. L.B., K.G. Everts and F.A. Alster. 1997. Growth and plasma thyroid hormone concentrations of chicks fed diets deficient in essential amino acids. **Poult. Sci**. 76: 1398-1404.

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

Coon, D.C. 1991. **Livestock Feeds and Feeding**. 13th ed., Prentice-Hall Inc., New Jerey.

Csonka, F.A., C.A. Denton and S.J. Ringel. 1947. The methionine and cytine content of hen's egg. **J. Biol. Chem**. 169: 259-265.

Devlin, T.M. 1997. **Biochemistry with clinical correlation**. Wiley-Liss, Inc., USA. 1186p

Dibner, J.J. and C.D. Knight. 1984. Conversation of 2-hydroxy-4-(methionine) butanoic acid and l- methionine in the chick: A stereospecific pathway. **J. Nutr**. 114: 1716-1723.

Engster, H.M., L.B. Carew, S. Harvey and C.G. Scanes. 1979. Growth hormone metabolism in essential fatty acid-deficient and pair-fed nondeficient chick. **J. Nutr**. 109: 330-338.

Excel. 2000. **Microsoft Excel (2000) User's Guids**. Microsoft ® Excel 2000, New York.

Feedlive. 2000. **FeedLIVE 1.50 Copyright@2000**. Licensed to: Seksom Attamangkune. Kasetsart U. Bangkok.

Ferguson, N.S., G.A. Arnold,G. Lavers and R.M. Gous. 2000. The response of growing pigs to amino acids as influenced by environmental temperature. **Bri. Soc. of Ani. Sci**. 70:287-297.

Fernandez, R., A.J. Salman and J. MeGinnis. 1973. Effect of feeding different protein levels and of changing protein level on egg production. **Poult. Sci**. 52: 64-69.

Finkelstein, J.D. 1990. Methionine Metabolism in Mammals. **J. Nutr. Biochem**. 1:228-237.

Fisher, C. 1969. The effect of a protein deficiency on egg composition. **Bri. Poult. Sci**. 10: 149-154.

Fisher, C. 1986. The determination of the mathionine requirements of laying pullets by a diet dilution technique. **Br. Poult. Sci**. 11: 67–82.

Folch, J., M. Lee and G.H. Sloane – Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. **J. Biol. Chem**. 226: 497-509.

Friancis, S.G. 1983. **Basic and clinical endocrinology**. Lange Medical Publication, Maruzen.

Fujii, M., K. Odawara, M. Ohyama, T. Fuknaga and K. Koga. 1985.Fatty acid compositions of triacylglycerols and phospholipids in hen liver lipid before and after sexual maturity. **Poult. Sci**. 64: 1371-1376.

Gardener, F.A. and L.L. Young. 1972. The influence of dietary protein and energy levels on the protein and lipid content of the hen's egg. **Poult. Sci**. 51:994-997.

Giroux, I., E.M. Kukowska and K.K. Carroll. 1999. Role of dietary lysine, methionine and arginine in the regiulation of hypercholesterolemia in rabbits. **J. Nutr. Biochem**. 10: 166-171.

Glmoset, J.A., K.R. Norum. and W. King. 1970. Plasma Lipoproteins in familial lecithin: cholesterol acyltransferase deficiency : lipid composition and reactivity in vitro. **J. Clin Invest**. 49: 1827-1837.

Gurr, M.I. and J.L. Harwood. 1991. **Lipid Biochemistrry**.Cnapman and Hall, USA.

Hargis, P.S. 1988. Modifying egg yolk cholesterol in the domestic fowl- a review. **World Poult. Sci**. 44: 17-29.

Harris, P.C. and F.H. Wilcox. 1963. Studies on egg yolk cholesterol 3. Effect of dietary cholesterol. **Poult. Sci**. 42: 186-189.

Hermier, D., M.J. Chapman and B. Leclercq. 1984. Plasma lipoprotein profile in fasted and refed chickens selected for high or low adiposity. **J. Nutr**.114: 1112-1121.

Hiramoto, K., T. Muramatsu and Okurama. 1990. Effect of methionine and lysine deficient on protein synthesis in the liver and oviduct and in the whole body of laying hens. **Poult. Sci**.69 :84-89.

Ingram, G.R., W.W. Cravens, C.A. Elvehjem and J.G. Halpin. 1950. The methionine requirement of the laying hen. **Poult. Sci**. 29 :431-434.

Junija, L.R. 1997. **Egg yolk lipid**, pp. 73-98. In T. Yamamoto, L.R. Juneja, H. Hatta and M. Kim, eds. Hen Eggs: Their Basic and Applied Science. CRC Press, Inc., Tokyo.

Keagy, E.M., L.B. Carew, F.A. Alster and R.S., Tyzbir. 1987. Thyroid function energy balance, body composition and organ growth in protein deficient chick. **J. Nutr**. 117 : 1532-1540.

Kino, K. and J. Okumura. 1986. the effect of single essential amino acid deprivative on chick growth and nitrogen and energy balances at ad libitum and equalized food intake. **Pouit. Sci**. 65 : 1728-1735.

Klasing, K.C. 1998. **Comparative avian nutrition**. Department of Avian Science College of Agriculture and Environmental Science. University of California Davis. California. USA.

Kovacs, G., K. Dublecz, F. Husveth, L. Wagner, D. Gerendaid, J. Orban and H. Manillod. 1998. Effect of different hybrids, strains and age of laying hens on the cholesterol content of table egg. **Acta Vet. Hung**. 46 : 285-294.

Lesson, S., J.D. Summers and L.J. Caston. 1991. Diet dilution and compensatory growth in broilers. **Poult. Sci**. 70 :867-873.

Madsen, S.N. and O. Sonne. 1976. Increase of glucagons receptors in hyperthyroidism. **Nature**. 262 : 793-795.

Mauric. D.V., B.L. Hughes, J.E. Jone and M. Weber. 1982. The effect of reverse protein and low protein feeding regimens in the rearing period on pullet growth, subsequent performance and abdominal fat at end of lay. **Poult. Sci**. 61 : 2424-2429.

McKeown, B.A., T.M. John and J.C. George. 1974. Effect of exercise on levels of plasma growth hormone, free fatty acid and glucose in the pigeon. **Arch. Int. Physiol. Biochem**. 82: 55-62.

McNabb, F.A. 2000. **Thyroids**, pp. 461-471. *In* G.C. Whittow, eds. Sturkies Avian Physiology. Academic press. San Diego, California.

Meluzzi, A., F. Sirri, N. Tallarico and A. Franchini. 2001. Nitrogen retention and performance of brown laying hens on diets with different protein content and constant concentratrion of amino acid and energy. **Brit. Poult. Sci**. 42 : 213-217.

Miller, E.C., J.S. O'Barr and C.A. Denton. 1960. Studies on a short-term procedure for determining amino acid requirements of laying hens. **Poult. Sci**. 39 : 1438-1442.

Morris, T.R. and R.M. Gous. 1988. Partitioning of the response to protein between egg number and egg weight . **Br Poult. Sci**. 29:93-99.

National Research Council. 1984. **Nutrition Requirement of Poultry. 8th ed**. Nation Academy of Science. Washington,D.C.

Nobel, R.C. 1985. Egg Lipid, pp. 159-177. In R.G. Well and Belyavin, ed. **Egg Quality-Current Problems and Recent Avances**. Carfax Publishing Company, London.

Noble, R.C., F. Lonsdale., K. Connor and D. Brown. 1986. Changes in the lipid metabolism of thechick embryo with parental age. **Poult. Sci**. 65: 409-416.

North, M.O. and D. Bell. 1990. **Commercial chicken production manual' 4th edition**. Van No strand Reinhold, New York.

Odem, T.W., P.C. Harrison and W.G. Bottje. 1986. Effect of the normally induced respiratory alkalosis on blood ionized calcium levels on the domestic hen. **Poult. Sci**. 65: 570-573.

Ottnad, H.E., K. Kuchler and W. Schneider. 1995. Chicken lecithin-cholesterol acyltransferase. Molecular characterization reveals unusual structure and expression pattern. **J. Biol. Chem**. 44: 26139-26145.

Peterson, C.F., E.A. Sauter and C.E. Lampmand. 1966. The effect of protein levels of starter mashh upon chick growth, maturity and subsequent egg production factor. **Poult. Sci**. 45:1115.

Proudman, J.A., K.A. Krishnan and K. Maruyama. 1995. Outogeny of pituitary and serum growth hormone in growing turkeys as measured by radioimmunoassay and radioreceptor assay. **Poult. Sci**.74: 1201-1208.

Reid, B.L. 1976. Estimated daily protein requirements of laying hen. **Poult. Sci**. 55: 1641-1645.

Reid, B.L and C.W. Weber. 1973. Dietary protein and sulfer amino acid levels for laying hens during heat stress. **Poult. Sci**. 52: 1335-1343.

Robert, K.M., K.G. Daryl, A.M. Peter and W.R. Victor. 2000. **Harper's Biochemistry**. Appleton and Lange., Washington, D.C.

Rose brough, R.W. and J.P. McMurtry. 1998. Further studies on carry over effect of dietary crude protein and triiodothyronine (T3) in broiler chicken. **Poult. Sci**. 77: 90.

Rose, S.P. 1997. **Principle of Poultry Science**. Harpper Adams. Agriculture college. London.

Said, A.K., D.M. Hegsted and K.C. Hayes. 1974. Response of adult rats to deficiencies of different essential amino acid. **J. Nutr**. 31: 47-57.

SAS. 1988. **SAS/STAT User' s Guids**. SAS Institute, Cary, North Carolina.

Scanes, C.G., S.H. Van Middelkoop, P.J. Sharp, and S. Harvey. 1980. Strain differences in the blood concentration of luteinizing hormone, prolactin and growth hormone in female chickens. **Poult. Sci**. 59: 159-163.

Schutte, J.B., E.J. Vanweerden and H.L. Bertram. 1983. Sulphur amino acid requirement of laying hens and the effects of excess dietary methionine on laying performance. **Brit. Poult. Sci.** 24:319 –326.

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

Shafer, D.J., J.B. Carey and J.F. Prochaska. 1996. Effect of dietary methionine intake on egg component yield and composition. **Poult. Sci**. 75:1080-1085.

Siperstein, M.D. and V.M. Fagan. 1966. Feedback control of mevalonate synthesis by dietary cholesterol. **J. Biol. Chem**. 241: 602-609.

Smith, J.T., V.A. Robert. B.B. Joyce and L.G. Mary. 1983. A metabolic comparison of cyteine and methionine supplements in the diet of a rat. **J. Nutr**. 113: 22-227.

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

Stewart, J.C.M. 1980. Colorimetric determination of phospholipids with ammonium forrothiocyanate. **Anal Biochem**. 104, 10.

Stewart, P.A. and K.W. Washburn. 1983. Variation in growth hormone, triiodothyronine (T3) and lipogenic enzyme activity in broiler strains differing in growth and fatness. **Growth** 47: 411-425.

Suadoun, A. and B. Leclelereq. 1987. In vivo lipogenesis of genetically lean and fat chicken: effect of nutritional state and dietary. **J. Nutr**. 117: 428-435

Summers, J.D., J.L. Atkinson and D. Spratt. 1991. Supplementation of low protein diet in an attempt to optimize egg mass out put. **Cannadian. J. Ani. Sci**. 71: 211-220.

Summers, J.D., 1993. Reducing nitrogen excretion of laying-hen by feeding lower crude protein diets. **Poult. Sci**. 72: 1473-1478.

Sutton, C.D., W.M. Muir and G. E. Mitchell. 1984. Cholesterol metabolism in the laying hen as influenced by dietary cholesterol, caloric intake and genotype. **Poult. Sci**. 63: 972-980.

Thayer, R.H., E.C. Nelson, E.T. Clemens, R.R. Johnson and A.L. Malle. 1973. Lipid composition of livers from laying hens. **Poult. Sci**. 52: 2270-2275.

Thayer, R.H., G.E. Hubbell, J.A. Kasbohm, R.D. Morrison and E.C. Nelson. 1974. Daily protein intake requirement of laying hens. **Poult. Sci**. 53: 354-364.

Thayler, R.H., E.C. Nelson, E.T. Clemens, R.R. Johnson and A.L. Malle. 1973. Lipid composition of livers from laying hens. **Poult. Sci**. 52: 2270-2275.

Thommes, R.C. 1987. Ontogenesis of thyroid function and regulation in the developing chick embryo. **J. Exp. Zool.,1(suppl)**. 273-279.

Tsiagbe, V.K., M.E. Cook, A.E. Harper and M.L. Sunde. 1988. Alterations in phospholipids composition of egg yolks from laying hens fed choline and methionine supplemented diets. **Poult Sci**. 67. 1717-1724.

Vance, D.E. 1998. **Metabolism of cholesterol**, pp. 532-560. In G.L. Zubay, ed. Biochemistry, 4th ed. The McGraw-Hill Companies, Inc., USA.

Vorlova. L, E. Sieglova, R. Karpiskova and V. Kopriva. 2001. Cholesterol content in eggs during the laying period. **Acta Vet. Brno**. 70: 387-390.

Wegner, M.S., J.L. Kelley, E.C. Nelson, P. Alaupovic and R.H. Thayer. 1978. Lipid metabolism in laying hen: the relationship of plasma lipid and liver fatty Acid sythetase activity to changes in liver composition. **Poult. Sci**. 57: 959-967.

Weiss, F.G. and M.L. Scott. 1979. Effect of dietary fiber, fat and total energy upon plasma cholesterol and other parameters in chickens. **J. Nutr**. 109: 693-701.

William, J and J.C. Owen. 1984. **Egg Science and Technology**. Haworth Press, Inc., New York.

Wilson and Foster. 1992. **Textbook of endocrinology 8th ed**. Saunders Co.

Wilson, C.M. and McNabb, F.M.A. 1997. Maternal thyroid hormones in Japanese quail eggs and their influence on embryonic development. **Gen. Comp. Endrocrinol**. 107; 153-165.

Wilson, H.R., M.A. Boone, A.S. Arafa and D.M. Janky. 1983. Abdominal fat pad reproduction in broilers with thyoactive iodinated casein. **Poult. Sci**. 62: 811-818.

Wiseman, J. 1987. **Feeding of Non ruminant livestock Robert Hartholl (1985) Ltd**., England. 214p.

Wu, J G., C. Shi and X. Zhang. 2002. Estimating the amino acid composition in milled rice by near infrared reflect spectroscoscopy. **Field Crop Reaearch**. 75:1-7.

ภาคผนวก

<u>การเตรียมตัวอย่างไข่แดงเพื่อการวิเคราะห์ฟอสฟอลิปิด</u>

นำไข่ไก่ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง ออกจากตู้เย็นปล่อยทิ้งไว้ให้อุณหภูมิสูงขึ้นด้วยอุณหภูมิห้อง

การสกัดไขมันในไข่แดง

การสกัดแยกลิปิดออกจากไข่แดงดัดแปลงจากวิธีของ Folch *et al* (1957) ลิปิดที่สกัดได้จะนำไปวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟีลิปิด

<u>สารเคมี</u>

1. Chloroform
2. Methanol

<u>อุปกรณ์</u>

1. Erlenmeyer flask
2. Funnel
3. Separatory funnel
4. Rotary evaporator, เครื่องสกัดไขมัน
5. Round bottom flask
6. Cylinder
7. กระดาษกรอง
8. ไมโครปิเปต และDropper
9. หลอดทดลอง และ Vial
10. เครื่อง Homogenize

วิธีการ

การสกัดไขมันจากไข่แดง (Crude oil)

1. ชั่งน้ำหนักไข่แดง 3-4 กรัม ใส่ลงใน Erlenmeyer flask
2. เติม Chloroform : Methanol (2:1 v/v) ลงไป 30 ml ลงใน Erlenmeyer flask
3. นำไปผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง Homogenize ความเร็ว 20,000 รอบ/นาที นาน 1 นาที
4. เขย่าแรง ๆ เพื่อให้การสกัดไขมันเกิดขึ้นได้สมบูรณ์
5. กรองผ่านกระดาษกรองลงใน Erlenmeyer flask
6. นำกากที่ได้มาล้างด้วย Chloroform : Methanol (2:1 v/v) จำนวน 30 ml อีกครั้งหนึ่ง
7. รวมสารละลายที่กรองได้ เก็บใน Round bottom flask แล้วเทลงในกระบอกที่ทราบน้ำหนักนำไประเหยเอา Solvent ออกด้วยเครื่องสกัดไขมัน หรือ เครื่อง Rotary Evaporator
8. ชั่งหาน้ำหนักของน้ำมันที่สกัดได้แล้วละลายด้วย Chloroform
9. นำน้ำมันที่ได้ใส่ใน Vial เก็บในตู้เย็น อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์หาไตรกลีเซอร์ไรด์ด้วย Enzymatic colorimetric Method โดยใช้ Test kits ของบริษัท Erba diagnostic Mannheim GmbH

หลักการ

$$\text{Triglyceride} + H_2O \xrightarrow{\text{Lipase}} \text{Glycerol} + \text{Free fatty acids}$$

$$\text{Glycerol} + \text{ATP} \xrightarrow{\text{GK}} \text{Glycerol- 3- phosphate} + \text{ADP}$$

$$\text{Glycerol- 3- phosphate} + O_2 \xrightarrow{\text{GPO}} \text{DAP} + H_2O_2$$

$$H_2O_2 + \text{4AAP} + \text{3,5DHBS} \xrightarrow{\text{Peroxidase}} \text{Quinoneimine dye} + 2H_2O$$

GK = Glycerol Kinase

GPO = Glycerol Phosphate Oxidase

DAP = Dihydroxyacetone Phosphate

ATP = Adenosine triphosphate

4-AAP = 4- Aminoantipyrine

3,5- DHBS = 3,5-Dichloro-2-hydroxybenzene sulfonate

สาร Working reagent ประกอบด้วย

1. ATP 2.5 mmol/l
2. Mg^{2+} 2.5 mmonl/l
3. 4- Aminoantipyrine 0.8 mmonl/l
4. 3,5- DHBS 1 mmol/l
5. Peroxidase > 2,000 U/l
6. Glycerol Kinase > 550 U/l
7. Glycerol Phosphate Oxidase > 8,000 U/l
8. Lipoprotein Lipase > 3,500 U/l
9. Buffer (pH 7.0 $\pm$ 0.1 ที่ 20 องศาเซลเซียส) 53 mmol/l

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. หลอดทดลอง
2. ไมโครปิเปตขนาดที่สามารถดูดสารละลายปริมาตร 10 และ 1,000 ไมโครลิตร
3. ปิเปตขนาด 50 มิลลิลิตร
4 Water bath ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 37 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส
5. เครื่อง Vortex mixer
6. เครื่อง Spectrophotometer ที่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร

วิธีการวิเคราะห์

1. นำสารเคมีต่าง ๆ และตัวอย่างมาไว้ที่อุณหภูมิห้องก่อนทำการวิเคราะห์ (15-28 องศาเซลเซียส)
2. เขียนฉลากติดหลอดทดลอง Blank standard และ Sample
3. เติมน้ำกลั่นลงในหลอด blank เติมสารละลายมาตรฐานลงในหลอดทดลอง Standard และ เติมตัวอย่างลงในหลอด Sample 10 ไมโครลิตร
4. เติม Working reagent 1,000 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลอง Blank standard และ Sample
5. เขย่าให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง Vortex mixer นาน 1 นาที
6. นำไปตั้งไว้ใน Water bath ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที
7. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร

การคำนวณ

ไตรกลีเซอร์ไรด์ (mg/dl) = (ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง/ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน) × ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (mg/dl)

การวิเคราะห์หาคลอเลสเตอรอลด้วย Enzyatic colorimetric Method โดยใช้ Test kits ของบริษัท Erba diagnostic Mannheim GmbH

หลักการ

$$\text{Cholesterol ester} \xrightarrow{\text{CE}} \text{Cholesterol + fatty acids}$$

$$\text{Cholesterol + } O_2 \xrightarrow{\text{CHOD}} \text{Cholest-4-en-3-one + } H_2O_2$$

$$2H_2O_2 + 4\text{AAP} + \text{Phenol} \xrightarrow{\text{Peroxidase}} 4H_2O + \text{Quinoneimine}$$

CE = Cholesterol ester

CHOD = Cholesterol Oxidase

4AAP = 4-Aminoantipyrine

สาร Working reagent ประกอบด้วย

1. Cholesterol ester (pancreatic) > 200 IU/l
2. Cholesterol oxidase (microbial) > 150 IU/l
3. Peroxidase (horseradish) > 2,000 IU/l
4. Sodium Phenolate 20 mmol/l
5. 4-Aminoantipyrine 0.5 mmon/l
6. Phosphate Buffer (pH 6.5 $\pm$ 0.1)
7. Lipid Clearing Agent

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. หลอดทดลอง
2. ไมโครปิเปตขนาดที่สามารถดูดสารละลายปริมาตร 20 และ 1,000 ไมโครลิตร
3. ปิเปตขนาด 50 มิลลิลิตร
4. Water bath ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 37 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส
5. เครื่อง Vortex mixer
6. เครื่อง Spectrophotometer ที่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร

วิธีการวิเคราะห์

1. นำสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ และตัวอย่างมาไว้ที่อุณหภูมิห้องก่อนทำการวิเคราะห์ (15-28 องศาเซลเซียส)
2. เขียนฉลากติดหลอดทดลอง Blank standard และ sample
3. เติมน้ำกลั่นลงในหลอด Blank เติมสารละลายมาตรฐานลงในหลอด Standard และเติมตัวอย่างลงในหลอด Sample 20 ไมโครลิตร

1. เติม Working reagent 1,000 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลอง Blank standard และ Sample
2. เขย่าสารละลายให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง Vortex mixer นาน 1 นาที
3. นำหลอดทดลองแต่ละหลอด ไปตั้งไว้ใน Water bath ที่ควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที
4. นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร

<u>การคำนวณ</u>

คอเลสเตอรอล (mg/dl) = (ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง/ค่าดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน) × ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (mg/dl)

<u>การวิเคราะห์หาฟอสฟอลิปิดด้วยวิธี Colorimetric Method</u>

<u>สารเคมี</u>

1. Triocyanate agent ประกอบด้วย Ferric chloride, Ammonium triocyanate และ น้ำกลั่น
2. Chloroform

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. Volum metric flask
2. แท่งแก้วคนสาร
3. ไมโครปิเปต ขนาด 10 1000 และ 5000 ไมโครลิตร
4. หลอดทดลอง
5. เครื่อง Vortex Mixer
6. เครื่อง Centrifuge ควบคุมอุณหภูมิ ความเร็ว 3000 RPM
7. Dropper
8. เครื่อง Spectrophotometer ช่วงการดูดกลืนแสง 488 นาโนเมตร

วิธีการวิเคราะห์

1. เขียนฉลากติดหลอดทดลอง Blank Standard และ Sample
2. เติม Standard phosphatidylcholine ลงในหลอด Standard ปริมาณ 0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 และ 200 ไมโครลิตร เติม Chloroform ลงในหลอดทดลอง Blank 2,000 ไมโครลิตร และ เติมตัวอย่างซีรั่ม 20 ไมโครลิตร แต่ถ้าเป็น ตัวอย่างไข่แดงให้หยด 10 ไมโครลิตรลงในหลอด Sample แต่ละหลอด
3. เติม Chloroform ในหลอด Standard ให้ครบ 2,000 ไมโครลิตร
4. เติม Triocyanate agent 1,000 ไมโครลิตร
5. นำไปปั่นเหวี่ยง ด้วยเครื่อง Centrifuge ความเร็วรอบ 3,000 RPM (Low speed) นาน 15 นาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
6. ดูดสารสีแดงที่ลอยอยู่ด้านบนของสารละลายออก
7. นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ใช้ความยาวคลื่น 488 นาโนเมตร

วิธีการคำนวณ

1. นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ ไปคำนวณหาค่าความเข้มข้นของ Phosphatidylcholine โดยแทนในค่าY ในสมการ Regression จากกราฟ Standard Curve
2. นำค่าความเข้มข้นของ Phosphatidylcholine มาคำนวณเป็นความเข้มข้นของฟอสฟอลิปิด

$$\text{ฟอสฟอลิปิด (mg/dl)} = \frac{(\text{ค่าความเข้มข้นของฟอสฟาติดิลโคลีน (mg/dl) X ความเข้มข้นของ Chloroform (µl))}}{\text{ปริมาณตัวอย่าง (µl)}}$$

การวิเคราะห์ Triiodothironine และ Growth Hormone ในซีรั่ม โดยใช้ Solid-phase ^{125}I radioimmunoassay

หลักการ

การตรวจโดยเทคนิคนี้ ใช้สมบัติในการเลือกจับอย่างจำเพาะระหว่างฮอร์โมน ซึ่งทำหน้าที่เหมือนแอนติเจน (Antigen) กับแอนติบอดีฮอร์โมน (Antibodies hormone) โดยใช้วิธีการยับยั้งแบบแข่งขัน (Competitive inhibition) ระหว่างฮอร์โมนที่ติด และไม่ติดฉลากกัมมันตภาพรังสี กับแอนติบอดี โดยสารกัมมันตภาพรังสีที่ใช้ติดฉลากฮอร์โมนคือ ไอโอดีน ชนิด ^{125}I ซึ่งสามารถให้รังสีแกมม่าที่มีอำนาจทะลุทะลวงสูง จึงทำให้ตรวจหาฮอร์โมนในระดับต่ำ ๆ ได้ดี การตรวจวิธีนี้จะหยดทั้งสารละลายมาตรฐานของฮอร์โมน และตัวอย่างที่ต้องการตรวจหาระดับฮอร์โมนไปพร้อม ๆ กัน โดยเติมแอนติบอดี และฮอร์โมนที่ติดฉลาก ^{125}I ในจำนวนที่แน่นอนลงไป แล้วนำไปรวมกับตัวอย่างสารที่ต้องการตรวจหาระดับฮอร์โมน และใช้เวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสม จากนั้นทำการแยกฮอร์โมนที่ติดฉลาก ^{125}I ที่อยู่ในรูปอิสระ และจับกับแอนติบอดี จากกันโดยการแยกตะกอนออกมา แล้วนำค่ากัมมันตภาพรังสีที่ได้ ไปเทียบกับค่าจากกราฟที่ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

สารเคมีทุกชนิดควรอยู่ที่อุณหภูมิห้อง (15-28 องศาเซลเซียส) ก่อนทำการวิเคราะห์

1. เครื่อง Gamma Counter ที่ใช้กับหลอดขนาด 12 × 75 มิลลิเมตร
2. เครื่อง Vortex mixer
3. เครื่อง Centrifuge ที่ควบคุมอุณหภูมิและความเร็วรอบ 3,000 ×g
4. หลอด Polypropylene ขนาด 12 × 75 มิลลิเมตร
5. ไมโครปิเปต ขนาด 100 และ 1,000 ไมโครลิตร
6. เครื่อง Water bath ควบคุมอุณหภูมิ
7. น้ำกลั่นเพื่อใช้กับหลอด NSB
8. บีกเกอร์ และแท่งแก้ว สำหรับการเตรียม Working solution
9. Deionized water สำหรับการเตรียม Calibrators
10. ที่วางหลอดทดลองชนิดโฟม (Foam decanting rack)
11. Volum metric pipets ขนาด 2.0 5.0 และ 7.7 มิลลิลิตร

สารเคมีวิเคราะห์ T3

1. ^{125}I Total T3
2. Total T3 Calibrators มีปริมาณ T3 เท่ากับ 0 20 50 100 200 และ 600 นาโนกรัม/เดซิลิตร
3. หลอด Polypropylene ที่เคลือบด้วยแอนติบอดี และ T3 (Total T3 Ab Coated Tubes)

สารเคมีวิเคราะห์ Growth Hormone

1. hGH Antiserum
2. ^{125}I hGH
3. hGH Calibrators ทั้งหมด 7 ขวด ติดฉลาก A ถึง G
4. Precipitating Solution

วิเคราะห์ T3

1. เขียนฉลากติดหลอด Polypropylene ขนาด 12 × 75 มิลลิเมตร จำนวน 2 หลอด คือ T (Total Count) และ NSB (Nonspecific binding)
2. เขียนฉลากติดหลอดที่เคลือบด้วยแอนติบอดีและ T3 ซึ่งประกอบด้วยหลอด A ถึง F และตัวอย่างที่ต้องการหาระดับฮอร์โมน
3. ใช้ไมโครปิเปต ขนาด 100 ไมโครลิตร ดูด Zero calibrators (A) เติมลงในหลอด NSB และ A เติม Calibrators B-F และตัวอย่างลงในหลอดที่ติดฉลากไว้
4. เติม ^{125}I Total T3 1 มิลลิลิตร ลงในทุกหลอด จากนั้นเขย่าด้วยเครื่อง Vortex (หลอด T หลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนนี้ ให้ผ่านไปยังขั้นตอนที่ 7)
5. นำทุกหลอด ยกเว้นหลอด T ไปอุ่นใน Water bath ใช้อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง
6. เทสารละลายส่วนบนออก ยกเว้นหลอด T แล้วคว่ำหลอดไว้ให้สารละลายไหลออกให้หมด เป็นเวลา 2-3 นาที
7. นำไปนับด้วยเครื่อง Gamma Counter ใช้เวลา 1 นาทีในการนับ โดยใช้ช่อง ^{125}I สำหรับการหา T3

การคำนวณ

1. นำค่าที่นับได้ไปคำนวณด้วยโปรแกรม GMS Version 3.05 หรือ
2. นำค่าที่ได้ไปคำนวณโดย

ค่านับได้สุทธิ = ค่าที่นับได้ – ค่าที่นับได้จากหลอด NSB

% Bound = (ค่าที่นับได้สุทธิ / ค่าที่นับได้สุทธิของหลอด A) × 100

นำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟในกระดาษ Logit – log โดยให้แกน X เป็น % Bound และแกน Y เป็นค่าความเข้มข้นของ Calibrators A-F ลากให้เป็นเส้นตรงผ่านจุด ทราบค่าความเข้มข้นของตัวอย่าง โดยการนำ % Bound มาใส่ในกราฟ แล้วอ่านค่าความเข้มข้น

วิธีการวิเคราะห์ Growth Hormone

1. เขียนฉลากติดหลอด Polypropylene ขนาด 12 × 75 มิลลิเมตร จำนวน 2 หลอด คือ T (Total Count) และ NSB (Nonspecific binding)
2. เขียนฉลากติดหลอด Polypropylene ประกอบด้วยหลอด A - G และหลอดตัวอย่าง
3. ใช้ไมโครปิเปต 100 ไมโครลิตร ดูด Zero calibrators (A) เติมลงในหลอด NSB และ A และเติม Calibrators B-G ในหลอดที่เขียนฉลาก B-G และตัวอย่าง ลงในหลอดที่เขียนฉลากไว้
4. เติม hGH antiserum 100 ไมโครลิตร ลงในทุกหลอด ยกเว้น หลอด NSB และ T
5. นำทุกหลอดไปอุ่นที่อุณหภูมิห้อง (15-28 องศาเซลเซียส) นาน 1 ชั่วโมง
6. เติม ^{125}I hGH 100 ไมโครลิตร จากนั้นเขย่าทุกหลอดด้วยเครื่อง Vortex
7. นำทุกหลอดไปอุ่นที่อุณหภูมิห้อง (15-28 องศาเซลเซียส) นาน 1 ชั่วโมง (ยกเว้นหลอด T ไม่ต้องอุ่น)
8. เติม Cold precipitating 1 มิลลิลิตร ทุกหลอด ยกเว้นหลอด T นำไปเขย่าด้วยเครื่อง Vortex
9. นำทุกหลอดยกเว้นหลอด T ไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 3,000×g อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

10. เทสารละลายส่วนบนออก ยกเว้นหลอด T แล้วคว่ำหลอดไว้ให้สารละลายไหลออกหมด (อย่าให้ตะกอนหลุดติดออกมา)
11. นำไปนับด้วยเครื่อง Gamma Counter ใช้เวลา 1 นาทีในการนับ โดยใช้ช่อง ^{125}I สำหรับการหา GH

<u>การคำนวณ</u>

1. นำค่าที่นับได้ไปคำนวณด้วยโปรแกรม GMS Version 3.05 หรือ
2. นำค่าที่ได้ไปคำนวณโดย

ค่านับได้สุทธิ = ค่าที่นับได้ – ค่าที่นับได้จากหลอด NSB

% Bound = (ค่าที่นับได้สุทธิ / ค่าที่นับได้สุทธิของหลอด A) × 100

นำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟในกระดาษ Logit – log โดยให้แกน X เป็น % Bound และแกน Y เป็นค่าความเข้มข้นของ Calibrators A-G ลากให้เป็นเส้นตรงผ่านจุด ทราบค่าความเข้มข้นของตัวอย่าง โดยการนำ % Bound มาใส่ในกราฟ แล้วอ่านค่าความเข้มข้น