ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สัตวศาสตร์)

ปริญญา

สัตวศาสตร์	สัตวบาล
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การใช้มันสำปะหลังและกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบในอาหารไก่กระทง สำหรับการคำนวณสูตรอาหารต้นทุนต่ำ

The Use of Cassava and Sulfur Amino Acids for Least-Cost Feed Formulation in Broiler Diets

นามผู้วิจัย นายเชาว์วิทย์ ระฆังทอง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์สมชัย จันทร์สว่าง, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุริยะ สะวานนท์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญอ้อม โฉมที, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์วิริยา ลุ้งใหญ่, ปร.ด.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การใช้มันสำปะหลังและกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบในอาหารไก่กระทง สำหรับการคำนวณสูตรอาหารต้นทุนต่ำ

The Use of Cassava and Sulfur Amino Acids for Least-Cost Feed Formulation in Broiler Diets

โดย

นายเชาว์วิทย์ ระฆังทอง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (สัตวศาสตร์)
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เชาว์วิทย์ ระฆังทอง 2555: การใช้มันสำปะหลังและกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบในอาหารไก่กระทงสำหรับการคำนวณสูตรอาหารต้นทุนต่ำ ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (สัตวศาสตร์) สาขาสัตวศาสตร์ ภาควิชาสัตวบาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์, Ph.D. 121 หน้า

การศึกษาการใช้มันสำปะหลังและกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบสำหรับคำนวณสูตรอาหารต้นทุนต่ำประกอบด้วย 3 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการใช้มันสำปะหลังและข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานและการเสริมเมทไธโอนีน 3 ชนิด (ไม่เสริม เสริมชนิดผง (dry DL-methionine, DLM) และเสริมชนิดเหลว (liquid DL-methionine hydroxy analog-free acid, LMA) โดยใช้ไก่กระทงเพศผู้พันธุ์ Ross 308 จำนวน 1,500 ตัว แบ่งเป็น 6 กลุ่มๆ ละ 10 ซ้ำๆ ละ 25 ตัว พบว่า น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตราเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กก. และปริมาณซากของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมเมทไธโอนีนชนิด DLM หรือ LMA สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารขาดเมทไธโอนีน (*P*<0.05) ขณะที่มีการสะสมไขมันช่องท้องต่ำกว่าไก่กลุ่มที่ใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานมีอัตราเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวและปริมาณซากด้อยกว่า แต่มีปริมาณโปรตีนรวม อัลบูมิน และโกลบูลินในเลือดสูงกว่าไก่กลุ่มที่ใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงาน (*P*<0.05)

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้มันสำปะหลังและความต้องการกรดอะมิโนที่มีกำมะถัน (TSAA) สำหรับคำนวณสูตรอาหารต้นทุนต่ำ (LCF) โดยใช้ไก่กระทงเพศผู้พันธุ์ Ross 308 จำนวน 1,400 ตัว แบ่งเป็น 8 กลุ่มๆ ละ 7 ซ้ำๆ ละ 25 ตัว พบว่า สมรรถภาพการผลิตและปริมาณซากของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพดและสูตร LCF-มันสำปะหลังที่มีระดับ TSAA ในอาหารตามคำแนะนำของสายพันธุ์ไม่แตกต่างกัน ความต้องการ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลังที่ทำให้ไก่กระทงมีการเจริญเติบโตช่วง 1-42 วัน สูงสุดมีค่าประมาณ 95-100% ของระดับที่แนะนำโดยสายพันธุ์ ขณะที่ระดับ TSAA ในอาหารที่ทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กก. ต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 88% ของระดับที่แนะนำ นอกจากนี้ระดับ TSAA ที่ทำให้ไก่กระทงมีปริมาณเนื้อหน้าอกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 106.68% ของระดับที่แนะนำโดยสายพันธุ์ และไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลังมีปริมาณโปรตีนรวม อัลบูมิน และโกลบูลินในเลือดเพิ่มขึ้น

การทดลองที่ 3 ใช้ไก่กระทงเพศผู้พันธุ์ Ross 308 อายุ 35 วัน จำนวน 16 ตัว แยกเลี้ยงรายตัวเพื่อศึกษาค่าทางเคมีในสิ่งย่อยและค่าการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลือง และสูตร LCF-มันสำปะหลังที่อายุ 42 วัน พบว่า การย่อยได้ของสารอาหารลดลงเมื่อไก่กระทงได้รับอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง (*P*<0.05) ค่าการย่อยได้ปรากฏของโปรตีนในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง (76.26%) มีค่าต่ำกว่าอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลือง (86.21%) (*P*<0.05) ขณะที่ปริมาณโปรตีนรวมในเลือดเพิ่มขึ้นเมื่อไก่กระทงได้รับอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง (*P*<0.05)

__________________ __________________ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Choawit Rakangtong 2012: The Use of Cassava and Sulfur Amino Acids for Least-Cost Feed Formulation in Broiler Diets. Doctor of Philosophy (Animal Science), Major Field: Animal Science, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Associate Professor Chaiyapoom Bunchasak, Ph.D. 121 pages.

Three experiments were designed to study the use of cassava and sulfur amino acids for least-cost feed formulation in broiler diets. The experiment 1 was conducted to determine the effects of two dietary energy sources (corn and cassava) and three type of dietary methionine supplementation (without methionine, dry DL-methionine (DLM) supplementation and liquid DL-methionine hydroxy analog-free acid (LMA)). In all, 1500 male broiler chicks (Ross 308) were divided in to 6 group of 10 replicates of 25 chicks each. Weight gains, ADG, FCR, FCG and meat yield of chicks fed diets supplemented with LMA or DLM were significantly greater than those of chicks fed the methionine deficient diets ($P<0.05$), while abdominal fat was lower. For effect of energy sources, chicks fed the cassava diet showed poorer feed conversion ratio and meat yield, but the total protein, albumin and globulin level was higher than chicks fed the corn diet.

In experiment 2, study effects of using cassava and total sulfur amino acid (TSAA) requirement in least-cost formulation (LCF) diets. In all, 1400 male broiler chicks (Ross 308) were divided in to 8 group of 7 replicates of 25 chicks each. There were not significant differences obtained in productive performance and meat yield between chickens fed corn-soybean and LCF-cassava diets at TSAA commercial recommendation levels. The requirement of TSAA for optimum growth performance is 95-100% of the commercial level, whereas TSAA requirement for the best feed cost per gain was found at 88% of the commercial level. The requirement of TSAA for maximum breast meat yield is 106.68% of the commercial level. The total protein, albumin and globulin were increased in LCF-cassava diets.

The experiment 3, a total of 16 chicks was randomly allotted to individual cages at 35 days to measure the digestibility of corn-soybean and LCF-cassava diets at 42 days. Results showed that nutrient digestibility decreased with LCF-cassava diet ($P<0.05$). The apparent protein digestibility in LCF-cassava diets (76.26%) was lower than corn-soybean diets (86.21%)($P<0.05$). However, a total protein in broiler fed LCF-cassava diets was a significant increase ($P<0.05$).

____________________ ____________________ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร. สมชัย จันทร์สว่าง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุริยะ สะวานนท์ อาจารย์ ดร.วิริยา ลุ้งใหญ่ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญอ้อม โฉมที อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ ความเมตตา และการอบรมสั่งสอนในทุกด้าน จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ศรเทพ ธัมวาศร ประธานการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร. รณชัย สิทธิไกรพงษ์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำแนะนำสำหรับการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณบริษัท SUMITMO CHEMICAL CO., LTD. JAPAN ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย ขอขอบคุณศูนย์วิทยาการขั้นสูงเพื่อเกษตรและอาหาร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ ที่สนับสนุนอุปกรณ์และงบประมาณในการวิจัย ขอขอบคุณฟาร์มไก่หลวงสุวรรณวาจกกสิกิจ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำงานวิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่ และพนักงานทุกท่านของภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ที่ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน รวมทั้งขอขอบคุณพี่ เพื่อน และน้อง ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและความปรารถนาดีต่อข้าพเจ้า

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่มีทางสำเร็จได้หากขาดความรักจากคุณพ่อชัยศรี คุณแม่เสาวณี ระฆังทอง และรองศาสตราจารย์ ดร. ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์ ที่ได้มอบให้กับข้าพเจ้า รวมทั้งการเสียสละจากภรรยา และลูก ตลอด 4 ปีที่ผ่านมา ซึ่งประโยชน์อันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับผู้มีพระคุณทั้งหลาย และหากมีข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้แต่ผู้เดียว

เชาว์วิทย์ ระฆังทอง

พฤษภาคม 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	22
ผลและวิจารณ์	44
สรุปและข้อเสนอแนะ	88
สรุป	88
ข้อเสนอแนะ	89
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	90
ภาคผนวก	106
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	121

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่ | หน้า

ตารางที่		หน้า
1	แสดงคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์	6
2	อิทธิพลของราคามันสำปะหลังต่อข้าวฟ่างในการคำนวณสูตรอาหารไก่กระทงด้วยวิธี LCF	9
3	ความต้องการโปรตีนกรดอะมิโนของไก่กระทงแต่ละสายพันธุ์และคำแนะนำของ NRC (1994)	17
4	แสดงผลการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทง	18
5	แสดงผลการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารต่อองค์ประกอบซากของไก่กระทงอายุ 42 วัน	20
6	แสดงผลของการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อการใช้ประโยชน์ได้ของสารอาหารในไก่กระทงอายุ 42 วัน	21
7	แสดงปริมาณและชนิดของการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหารทดลองพื้นฐาน	25
8	ปริมาณวัตถุดิบและองค์ประกอบทางโภชนะในอาหารทดลองพื้นฐาน	25
9	การเติม DLM และปริมาณ TSAA ในอาหารทดลอง	35
10	ปริมาณวัตถุดิบและองค์ประกอบทางโภชนะในอาหารทดลองพื้นฐาน	36
11	ผลของอาหารทดลองต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทงที่อายุ 1-21 วัน	46
12	ผลของอาหารทดลองต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงที่อายุ 22-42 วัน	47
13	ผลของอาหารทดลองต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงที่อายุ 1-42 วัน	48
14	ผลของอาหารทดลองต่อปริมาณซากไก่กระทงที่อายุ 42 วัน	56
15	ผลต่อปริมาณไขมันช่องท้องและองค์ประกอบทางเคมีของตับไก่กระทงที่อายุ 42 วัน	57
16	ผลของอาหารทดลองต่อค่าทางเคมีในเลือดของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน	58
17	ผลของอาหารทดลองต่อปริมาณจุลินทรีย์ในลำไส้ของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน	59

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ | **หน้า**

ตารางที่		หน้า
18	ต้นทุนค่าอาหารไก่กระทงระยะเล็กและระยะรุ่นจากการคำนวณ	60
19	ผลของอาหารทดลองต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทงที่อายุ 1-21 วัน	63
20	สมการถดถอยและความต้องการ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทงช่วง 1-21 วัน	64
21	ผลของอาหารทดลองต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทงที่อายุ 22-42 วัน	66
22	สมการถดถอยและความต้องการ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทงช่วง 22-42 วัน	67
23	ผลของอาหารทดลองต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทงที่อายุ 1-42 วัน	69
24	สมการถดถอยและความต้องการ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ต่อสมรรถภาพการผลิตและปริมาณเนื้อหน้าอกไก่กระทงช่วง 1-42 วัน	70
25	สัดส่วน TSAA:Lysine ในอาหารทดลอง	73
26	ผลของอาหารทดลองต่อปริมาณซากไก่กระทงที่อายุ 42 วัน	78
27	ผลของอาหารทดลองต่อองค์ประกอบทางเคมีของตับไก่กระทง ที่อายุ 42 วัน	82
28	ผลของอาหารทดลองต่อค่าทางเคมีในเลือดไก่กระทงที่อายุ 42 วัน	83
29	ผลของสูตรอาหารและระดับ TSAA ต่อองค์ประกอบทางเคมี ในสิ่งย่อย และค่าการย่อยได้ปรากฏของโปรตีนในลำไส้เล็กส่วนปลาย ของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน	85
30	ปริมาณโปรตีนรวมและกรดยูริกในเลือดของไก่กระทงที่ได้รับอาหาร สูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองและอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ที่มีระดับ TSAA ในอาหารเท่ากับ 100 % ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์	86

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างของกรดอะมิโนเมทไธโอนีน	13
2	กระบวนการเปลี่ยน DL-methionine (DLM) และ DL-OH-methionine (LMA) เป็น L-methionine ในร่างกาย	14
3	กระบวนการเมแทบอลิซึมของกรดอะมิโนเมทไธโอนีน	15
4	แสดงความสัมพันธ์ของระดับเยื่อใยในอาหารและปริมาณอาหารที่กินของไก่กระทงระยะรุ่นช่วง 22-42 วัน	49
5	แสดงการเปรียบเทียบราคาอาหารและต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่ม 1 กก. ของไก่กระทงช่วง 1-42 วัน ที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองและอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง โดยมีระดับ TSAA เท่ากับ 100 % ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์	71
6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอาหารที่กินกับน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทงที่ได้รับอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลังตลอดระยะการทดลอง (1-42 วัน)	72
7	แสดงค่าความต้องการ TSAA ในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่กระทงช่วง 1-21 วัน	74
8	แสดงค่าความต้องการ TSAA ในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่กระทงช่วง 22-42 วัน	75
9	แสดงค่าความต้องการ TSAA ในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน	76
10	แสดงค่าความต้องการ TSAA ในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นช่วง 1-42 วัน และปริมาณเนื้อหน้าอกของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน	80

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใช้มันสำปะหลังและกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบในอาหารไก่กระทงสำหรับการคำนวณสูตรอาหารต้นทุนต่ำ

The Use of Cassava and Sulfur Amino Acids for Least-Cost Feed Formulation in Broiler Diets

คำนำ

จากปัญหาวิกฤตราคาน้ำมันที่เกิดขึ้น ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้พลังงานจากน้ำมันเป็นพลังงานทดแทนที่ผลิตจากพืชมากขึ้น โดยพลังงานที่ใช้ทดแทนน้ำมันคือ เอทานอล ซึ่งกระบวนการผลิตเอทานอลส่วนใหญ่ใช้เมล็ดข้าวโพด หรืออ้อยเป็นวัตถุดิบในการผลิต ส่งผลให้พืชเหล่านี้มีราคาสูงขึ้น และกระทบต่อต้นทุนในการผลิตอาหารสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตอาหารสัตว์ปีกซึ่งนิยมใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลัก ดังนั้นอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์จึงมีความต้องการวัตถุดิบทดแทนข้าวโพด เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มทางเลือกสำหับการผลิตอาหารสัตว์ในภาวะที่วัตถุดิบขาดแคลนและมีราคาสูง

แนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาคือ การใช้วัตถุดิบทดแทนที่ผลิตได้เพียงพอภายในประเทศและมีราคาถูก โดยวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการนำมาทดแทนข้าวโพดคือ มันสำปะหลัง แต่จากข้อมูลพบว่าการใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ปีกในประเทศไทยมีปริมาณน้อย เนื่องจากการใช้มันสำปะหลังมีข้อจำกัดหลายอย่าง เช่น ปริมาณเยื่อใยสูง ปริมาณและคุณภาพของโปรตีนต่ำเป็นต้น โดยการใช้มันสำปะหลังในอาหารสัตว์ปีกจำเป็นต้องเพิ่มวัตถุดิบแหล่งโปรตีนและต้องเสริมกรดอะมิโนสังเคราะห์โดยเฉพาะเมทไธโอนีนในปริมาณมากกว่าปกติเพื่อเพิ่มปริมาณกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบรวม (total sulfur amino acid, TSAA) ในอาหารให้ครบตามความต้องการ เนื่องจากมันสำปะหลังมีปริมาณกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่ำมาก โดยมีเพียง 24% ของปริมาณเมทไธโอนีนที่พบในข้าวโพด

การเสริมเมทไธโอนีนสังเคราะห์ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์มี 2 ชนิด คือ ชนิดผง (DL-methionine; DLM) และชนิดเหลว (liquid DL-methionine hydroxy analog free acid; LMA) ซึ่งเมทไธโอนีนแต่ละชนิดอาจเหมาะสมสำหรับใช้ในการประกอบสูตรอาหารที่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบอาหารที่มีผลต่อระดับความต้องการ TSAA ขณะที่การศึกษาระดับความต้องการ TSAA ในอาหารสัตว์ปีกมักอ้างอิงจากสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพด-กากถั่วเหลืองเป็นหลัก นอกจากนี้การประกอบสูตรอาหารทางการค้าต้องคำนวณสูตรอาหารแบบ least-cost formulation (LCF) โดยใช้วัตถุดิบหลายชนิดร่วมกันเพื่อทำให้อาหารมีราคาต่ำสุด และวัตถุดิบส่วนใหญ่ที่ใช้มักมีราคาถูกหรือมีปริมาณและคุณภาพของโปรตีนต่ำ เช่น มันสำปะหลัง ทำให้คุณภาพของอาหารต่ำลง และอาจทำให้ค่าความต้องการโภชนะโดยเฉพาะปริมาณ TSAA เปลี่ยนแปลง

ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงศึกษาผลของการใช้มันสำปะหลังเทียบกับข้าวโพดในอาหารไก่กระทงและความต้องการกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบในอาหาร ต่อสมรรถภาพการผลิต ปริมาณซาก ค่าทางเคมีในเลือด องค์ประกอบทางเคมีของตับ ปริมาณจุลินทรีย์ในลำไส้ และค่าการย่อยได้ในลำไส้เล็กตอนปลาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานและเปรียบเทียบผลของ DLM กับ LMA ในอาหารไก่กระทงต่อ สมรรถภาพการผลิต ปริมาณซาก ค่าทางเคมีในเลือด องค์ประกอบทางเคมีของตับ และปริมาณจุลินทรีย์ในลำไส้ของไก่กระทง

2. เพื่อหาค่าความต้องการกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบสำหรับการคำนวณสูตรอาหารต้นทุนต่ำ โดยใช้มันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบ (LCF-มันสำปะหลัง) ที่ทำให้ไก่กระทงมีผลตอบสนองต่อสมรรถภาพการผลิตและปริมาณซากดีที่สุด

3. เพื่อเปรียบเทียบผลของอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองกับอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลังต่อองค์ประกอบทางเคมีและค่าการย่อยได้ปรากฏของโปรตีน ในลำไส้เล็กส่วนปลายของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

วัตถุดิบอาหารพลังงาน (ข้าวโพดและมันสำปะหลัง)

วัตถุดิบอาหารพลังงานที่สัตว์ได้รับส่วนใหญ่มาจากคาร์โบไฮเดรท เช่น แป้ง และน้ำตาล สาโรจน์ (2547) รายงานว่า วัตถุดิบอาหารพลังงานมีความเข้มข้นของพลังงานต่อหน่วยน้ำหนักสูง แต่จะมีปริมาณโปรตีนน้อย โดยมีระดับโปรตีนต่ำกว่า 20% และมีเยื่อใยต่ำกว่า 18% ซึ่งแหล่งวัตถุดิบพลังงานที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ปีก ได้แก่ ข้าวโพด มันสำปะหลัง และปลายข้าว

1. ข้าวโพด

ข้าวโพดเป็นแหล่งวัตถุดิบพลังงานที่สำคัญที่สุดในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2553) รายงานว่า ในประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดประมาณ 7.10 ล้านไร่ และมีผลผลิตประมาณ 4.62 ล้านตัน (ฤดูการผลิตปี 2552/53) ปริมาณผลผลิตในแต่ละปีไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศ โดยแหล่งผลิตที่สำคัญ คือ จังหวัดเพชรบูรณ์ นครราชสีมา ลพบุรี สระแก้ว นครสวรรค์ เลย ตาก เชียงราย พะเยา อุทัยธานี ชัยภูมิ พิษณุโลก สระบุรี กำแพงเพชร และน่าน ซึ่งมีผลผลิตรวมประมาณร้อยละ 85 ของผลผลิตทั้งประเทศ สำหรับฤดูการผลิตปี 2553/54 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2553) ได้ประมาณการพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดว่ามีทั้งสิ้น 7.11 ล้านไร่ ได้ผลผลิตประมาณ 4.49 ล้านตัน และคิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 631 กิโลกรัม/ไร่

ข้าวโพดภายในประเทศมีประมาณ 95% ของความต้องการผลผลิตทั้งหมด โดยใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ประมาณปีละ 4-4.2 ล้านตัน ใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารไก่ประมาณ 62% ใช้ในอาหารสุกรประมาณ 36% และใช้ในการเลี้ยงสัตว์อื่นๆ ประมาณ 2% (สมาคมส่งเสริมผู้ใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์, 2549) ความต้องการใช้ข้าวโพดในปี 2553/54 มีประมาณ 4.35 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2552/53 ซึ่งมีประมาณ 4.27 ล้านตัน หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.87 (กรมการค้าภายใน, 2554) สำหรับปี 2554/55 ความต้องการข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 4.52 ล้านตัน หรือเพิ่มขึ้นจากปี 2553/54 คิดเป็นร้อยละ 3.91 (กรมการค้าภายใน, 2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณค่าทางโภชนะของข้าวโพด (ตารางที่ 1) มีโปรตีนเฉลี่ย 8-9% ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพต่ำ เพราะขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับสัตว์หลายชนิด โดยเฉพาะ ไลซีน เมทไธโอนีน และทริปโตเฟน (สาโรจน์, 2547) นอกจากนี้ข้าวโพดมีปริมาณแคลเซียมต่ำ ราคาผันผวนตามฤดูกาลและราคาในตลาดโลก คุณภาพไม่สม่ำเสมอขึ้นกับพื้นที่การปลูก และอาจพบสารพิษของเชื้อรา เช่น อะฟลาทอกซิน (aflatoxin) และ ซีรานีโนน (zearalenone) เป็นต้น อย่างไรก็ตามข้าวโพดนับเป็นแหล่งพลังงานที่ดีสำหรับสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องโดยมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy; ME) เฉลี่ย 3,200-3,600 kcal/kg ทั้งนี้ ข้าวโพดยังมีเยื่อใยต่ำ จึงถูกย่อยได้สูง เป็นแหล่งไขมันที่ดี (แหล่งกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น ลิโนลีอิค) และยังเป็นวัตถุดิบที่มีสารสี (xanthophylls) ข้าวโพดจึงเป็นธัญพืชที่ดีสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์เมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่น

2. มันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย เป็นพืชที่ปลูกง่ายทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศที่แปรปรวน ทำให้เกษตรกรนิยมปลูกมันสำปะหลังกันอย่างกว้างขวาง สมาคมการค้ามันสำปะหลัง (2554) รายงานว่าในฤดูการผลิตปี 2554/2555 มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังประมาณ 7.37 ล้านไร่ ให้ผลผลิต 3,408 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นผลผลิตหัวมันสดประมาณ 25.11 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2553/2554 ประมาณ 3.2 ล้านตัน ปัจจัยที่ทำให้พื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตรวมและผลผลิตเฉลี่ยต่อไรเพิ่มขึ้น เพราะเกษตรกรขายหัวมันสำปะหลังได้ราคาดี สภาพภูมิอากาศเอื้ออำนวยต่อการเพาะปลูก มีการพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูงขึ้นและที่สำคัญเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยและข้าวโพดหันมาปลูกมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น อุทัย และสุกัญญา (2547) รายงานว่า การนำมันสำปะหลังมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ยังไม่ได้รับความนิยมมากนัก เนื่องจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ผลิตได้ในประเทศยังมีปริมาณเพียงพอกับความต้องการ การใช้มันสำปะหลังจึงอาจลดต้นทุนการผลิตอาหารได้ไม่มากนัก แต่ในระยะเวลา 2-3 ปีที่ผ่านมาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของโลกเกิดภาวะขาดแคลนและมีราคาสูง เนื่องจากประเทศสหรัฐอเมริกานำผลผลิตข้าวโพดส่วนหนึ่งไปผลิตเป็นเอทานอล เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน ดังนั้นการนำมันสำปะหลังมาใช้ทดแทนข้าวโพดในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์จึงได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มันสำปะหลังเป็นพืชที่เก็บสะสมอาหารไว้ในรากรูปคาร์โบไฮเดรต คือ แป้ง ความสามารถในการสร้างและสะสมแป้งในรากมีความแตกต่างกัน ขึ้นกับสายพันธุ์ อายุที่เก็บเกี่ยวปริมาณน้ำฝนในช่วงแรกก่อนการเก็บเกี่ยว และปัจจัยอื่นๆ (สาโรจน์, 2547) นอกจากนี้ อุทัยและสุกัญญา (2547) รายงานว่า หัวมันสำปะหลังสดที่มีอายุ 12 เดือน และได้รับปริมาณน้ำฝนเพียงพอ โดยไม่มีฝนตกชุกขณะเก็บเกี่ยวจะมีความชื้นเฉลี่ยประมาณ 65% ซึ่งเมื่อนำมาแปรรูปเป็นมันเส้นและมันอัดเม็ดจะมีสิ่งแห้งเฉลี่ยประมาณ 85-87% โปรตีน 2.5% ไขมัน 0.5% เยื่อใย 3-3.5% และมีแป้งรวม 70-80% ให้พลังงานใช้ประโยชน์ได้ในสัตว์ปีก 3,200-3,300 kcal/kg ขึ้นกับปริมาณของสิ่งปนเปื้อนและแป้งที่สูญเสียไปปะหว่างการตากและการแปรรูป ซึ่งคุณค่าทางโภชนะแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์

องค์ประกอบ (ค่าเฉลี่ย)	ข้าวโพด	มันสำปะหลัง	ปลายข้าว
วัตถุแห้ง (%)	86.4	87.3	87.4
โปรตีน (%)	8.1	2.5	7.7
เยื่อใย (%)	2.2	2.9	1.1
ไขมัน (%)	3.7	0.5	1.2
เถ้า (%)	1.2	2.3	0.9
พลังงานใช้ประโยชน์ได้สัตว์ปีก (kcal/kg)	3,130	3,202	3,322
องค์ประกอบกรดอะมิโน (g/kg)			
ไลซีน	2.4	1.0	2.8
ธรีโอนีน	3.0	0.8	2.6
เมทไธโอนีน	1.7	0.4	1.8
ซีสตีน	2.0	0.5	1.8
เมทไธโอนีน+ซีสตีน	3.7	0.9	3.6
ทริปโตเฟน	0.5	0.2	0.9
ไอโซลิวซีน	3.0	0.8	3.1
วาลีน	4.1	1.5	4.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 (ต่อ)

องค์ประกอบกรดอะมิโน (g/kg)	ข้าวโพด	มันสำปะหลัง	ปลายข้าว
ลูซีน	10.2	1.3	6.0
ฟีนิลอะลานีน	4.0	0.9	3.9
ไทโรซีน	3.4	0.6	3.5
ฟีนิลอะลานีน+ไทโรซีน	7.4	1.5	7.4
ฮีสติดีน	2.4	1.1	1.8
อาร์จินีน	3.8	1.1	6.3
อะลานีน	6.1	1.2	4.1
เอสปาเตท	5.3	1.7	6.6
กูลตามีน	15.4	3.1	12.8
ไกลซีน	3.1	0.8	3.4
เซอรีน	4.1	0.8	3.8
โปรลีน	7.5	1.2	3.3
แร่ธาตุ (g/kg)			
แคลเซียม	0.4	1.5	0.5
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	2.6	0.8	2.1
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้	0.65	0.60	0.95

ที่มา: Sauvant *et al*. (2004)

การประกอบสูตรอาหารต้นทุนต่ำ (least-cost formulation, LCF) **ด้วยมันสำปะหลัง**

ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตสัตว์ปีกคิดเป็น 60-65% ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด ทำให้ราคาอาหารสัตว์เป็นปัจจัยที่ผู้เลี้ยงให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก ดังนั้นการประกอบสูตรอาหารสัตว์ทางการค้าจำเป็นต้องผลิตอาหารที่มีคุณภาพในราคาต่ำสุด (least-cost) โดยใช้การแก้สมการทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น (linear programming) ช่วยคำนวณสูตรอาหารที่ใช้วัตถุดิบจำนวนหลายชนิดประกอบกัน ตามความต้องการโภชนะที่กำหนดไว้ เช่น พลังงาน โปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุ เป็นต้น ซึ่งมีสมการฟังชั่นเป้าหมายดังนี้ (Al-Deseit, 2009)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$\text{Minimize } Z = \sum C_{ij}X_j$$

เมื่อ Z = ราคาอาหาร

C_{ij} = ราคาวัตถุดิบ

X_j = ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในสูตรอาหาร

เนื่องจากฟังชั่นเป้าหมายในการประกอบสูตรอาหารด้วยวิธี LCF คือทำให้อาหารมีราคาต่ำสุด ดังนั้นราคาของวัตถุดิบอาหารจึงเป็นตัวแปรสำคัญที่กำหนดระดับการใช้วัตถุดิบในการประกอบสูตร โดย Henry and Correa (1992) ศึกษาการใช้มันสำปะหลังและข้าวฟ่างเป็นวัตถุดิบพลังงานในการประกอบสูตรอาหารไก่กระทง ด้วยวิธี LCF พบว่า หากมันสำปะหลังมีราคา 80% ของราคาข้าวฟ่าง การคำนวณสูตรอาหารจะใช้มันสำปะหลังทั้งหมดเท่ากับ 46.6% โดยไม่เลือกใช้ข้าวฟ่างในสูตรอาหาร แต่เมื่อเพิ่มราคามันสำปะหลังเป็น 85% ของราคาข้าวฟ่าง พบว่าวิธี LCF เลือกใช้ข้าวฟ่างแทนมันสำปะหลังในสูตรอาหาร โดยใช้ข้าวฟ่างเท่ากับ 53.5% ในสูตรอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 2 นอกจากนี้ Khajarern and Khajarern (1984) ได้ศึกษาราคาอาหารที่ใช้เมล็ดธัญพืชและมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน พบว่า หากราคามันสำปะหลังแห้งต่ำกว่า 50% ของเมล็ดธัญพืชแล้ว การใช้มันสำปะหลังแทนเมล็ดธัญพืชทำให้ต้นทุนค่าอาหารสัตว์ลดลง แต่หากราคามันสำปะหลังแพงกว่าระดับดังกล่าวการใช้มันสำปะหลังจะเพิ่มต้นทุนค่าอาหาร นอกจากนี้ระดับการใช้มันสำปะหลังอาจเปลี่ยนแปลงตามราคาวัตถุดิบชนิดอื่นที่ต้องใช้เพิ่มขึ้นเมื่อมีมันสำปะหลังในสูตรอาหาร เช่น กากถั่วเหลือง และไขมัน อย่างไรก็ตาม อุทัย และสุกัญญา (2547) แนะนำว่ามันสำปะหลังสามารถนำมาใช้ประกอบสูตรอาหารสัตว์ปีกได้สูงสุดถึง 45% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต อีกทั้งทำให้ต้นทุนค่าอาหารและต้นทุนการผลิตลดลง

Oyebimpe *et al*. 2006 รายงานว่าการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในอาหารไก่กระทงที่ระดับ 20% ในสูตรอาหาร โดยปรับระดับโปรตีนและโภชนะต่างๆ ในสูตรอาหารให้เท่ากันสามารถทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อตัวของไก่กระทงที่อายุ 56 วัน ต่ำกว่าการใช้ข้าวโพด สอดคล้องกับสุวรรณี (2543) ที่ใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารไก่กระทงทำให้ราคาอาหารต่อกิโลกรัมลดลงจาก 8.39 บาท เป็น 7.68 บาท นอกจากนี้ Anaeto and Adighibe (2011) ได้รายงานผลการใช้มันสำปะหลังแทนข้าวโพดในสูตรอาหารไก่ไข่ พบว่าทำให้ต้นทุนค่าอาหารลดลงจาก 62.28 Naira/kg เป็น 53.32 Naira/kg เช่นเดียวกับสุวรรณี และคณะ (2543) ที่พบว่าการใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารไก่ไข่และไก่กระทงช่วงอายุ 22-42 วัน ทำให้ราคาอาหารต่อกิโลกรัมลดลงจาก 6.80 เป็น 6.43 บาท/กก และ 8.34 เป็น 7.36 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 2 อิทธิพลของราคามันสำปะหลังต่อข้าวฟ่างในการคำนวณสูตรอาหารไก่กระทง ด้วยวิธี LCF

	สัดส่วนราคา มันสำปะหลังต่อข้าวฟ่าง (%)	
	80	85
ข้าวโพด	0	0
ข้าวฟ่าง	0	53.5
มันสำปะหลัง	46.6	0
กากซีแซม	22.9	16.7
น้ำมันพืช	4.6	3.6
ไลซีน	0.6	0.5
เมทไธโอนีน	0.1	0.1

ที่มา: ดัดแปลงจาก Henry and Correa (1992)

การย่อยได้ของโภชนะในมันสำปะหลังและข้าวโพด

มีการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยและการดูดซึมแป้ง (ileum starch digestibility) ของไก่กระทงที่ใช้ข้าวโพดและมันสำปะหลังผ่านกระบวนการบดด้วยเครื่องบดสองชนิด (hammer mill และ roller mill) พบว่า ค่า digestion coefficients ของข้าวโพดและมันสำปะหลังมีค่าเท่ากับ 97.4 และ 97.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมันสำปะหลังอัดเม็ดมีค่าเท่ากับ 98.9 เปอร์เซ็นต์ (Weurding *et al*., 2001) มันสำปะหลังมีการย่อยได้สูงในส่วนลำไส้เล็กตอนต้น ต่างจากข้าวโพดที่เกิดการย่อยในทุกส่วนของลำไส้เล็ก เนื่องจากโครงสร้างของแป้งมันสำปะหลังมีอนุภาคที่ละเอียดกว่าแป้งข้าวโพด ทำให้มีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับน้ำย่อยได้มากกว่าจึงถูกย่อยได้อย่างรวดเร็วในลำไส้ เช่นเดียวกับ สุวรรณา และคณะ (2547) ที่เปรียบเทียบการใช้มันสำปะหลังกับข้าวโพดในอาหาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไก่กระทงต่อกิจกรรมของน้ำย่อยในระบบทางเดินอาหาร โดยพบว่าไก่กระทงที่ได้รับข้าวโพดมีกิจกรรมของน้ำย่อยซูเครส และมอลเทสในส่วนดูโอดินั่ม และกิจกรรมของน้ำย่อยซูเครสในส่วนเจจูนั่มต่ำกว่าไก่กระทงที่ได้รับมันสำปะหลังเป็นอาหาร เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังถูกย่อยอย่างรวดเร็วและมากกว่าแป้งข้าวโพดในลำไส้เล็กส่วนต้น (Weurding *et al*., 2003) จึงทำให้ส่วนของแป้งข้าวโพดที่ไม่ถูกย่อยมีมากกว่ามันสำปะหลังประมาณ 1.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแป้งที่ไม่ถูกย่อยจะถูกใช้เป็นอาหารสำหรับแบคทีเรียในทางเดินอาหารส่วนปลาย (Eliasson and Gudmundsson, 1996)

แม้ว่าค่าการย่อยได้ระหว่างแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลังจะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่จากการศึกษาของ Oyebimpe *et al*. (2006) ที่ใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดที่ระดับ 10 20 และ 30% ในอาหารไก่กระทงกลับพบว่า เมื่อใช้มันสำปะหลังในระดับสูงขึ้นค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ การสะสมโปรตีนในร่างกาย และค่าการย่อยได้ของเยื่อใยลดลง และต่ำกว่าอาหารที่ใช้ข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสาเหตุเกิดจากระดับเยื่อใยที่สูงในมันสำปะหลังขัดขวางการย่อยและดูดซึมโภชนะอื่นๆ ในระบบทางเดินอาหาร เช่นเดียวกับการศึกษาของ Khempaka *et al*. (2009) ที่รายงานว่าการเพิ่มปริมาณการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารไก่กระทงจาก 4 จนถึง 16% ในอาหารทำให้ระดับเยื่อใยในอาหารสูงขึ้น และเมื่อหาค่าการย่อยได้ของอาหารพบว่า การเพิ่มกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารทำให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุต่ำลง และยังทำให้ไก่กระทงมีค่าการสะสมไนโตรเจนในร่างกายต่ำกว่าการใช้ข้าวโพด

ผลการใช้มันสำปะหลังในอาหารไก่กระทง

1. ผลต่อการเจริญเติบโต

Khajarern and Khajarern (1985) รายงานผลการใช้มันสำปะหลัง (มันเส้น) ทดแทนข้าวโพดในอาหารไก่กระทง ที่ระดับ 0 20 และ 30% ในสูตรอาหาร พบว่าการใช้มันสำปะหลังทุกระดับไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของไก่กระทง และการใช้มันสำปะหลังที่ระดับ 30% ในสูตรอาหารไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตลดลง แต่ต้องมีการปรับสมดุลทางโภชนะในสูตรอาหารโดยเฉพาะเมื่อใช้มันสำปะหลังในอาหารสัตว์ปีกต้องมีการเพิ่มวัตถุดิบชนิดอื่นๆ ในสูตรอาหารสูงขึ้น เช่น กากถั่วเหลือง ไขมัน และกรดอะมิโนเมทไธโอนีน เพื่อปรับระดับโภชนะในสูตรอาหารให้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เท่าเทียมกับการใช้ข้าวโพด เช่นเดียวกับ Oyebimpe *et al.* 2006 ที่ศึกษาการใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารไก่กระทงที่ระดับ 10 20 และ 30% ในสูตรอาหาร พบว่าการใช้มันสำปะหลังที่ระดับ 20% ในสูตรอาหารทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวไม่แตกต่างจากไก่กลุ่มที่ใช้ข้าวโพด แต่การใช้มันสำปะหลังในระดับ 30% ในสูตรอาหาร ทำให้สมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สุวรรณี (2543) รายงานผลการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดที่ระดับ 50 75 และ 100% ในสูตรอาหารไก่กระทง พบว่าการใช้มันสำปะหลังที่ระดับ 50% ในสูตรอาหารไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตในทุกระยะของการเจริญเติบโตแตกต่างจากการใช้ข้าวโพด แต่การใช้มันสำปะหลังที่ระดับ 75 และ 100% ทำให้สมรรถภาพการผลิต ได้แก่ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวด้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับข้าวโพด แต่การใช้มันสำปะหลังในระดับดังกล่าวไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพซาก อีกทั้งไม่ทำให้ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตลดลง นอกจากนี้ สุวรรณา (2548) รายงานว่าไม่พบความแตกต่างของปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ระหว่างการใช้มันสำปะหลังและการใช้ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบหลักในอาหารไก่กระทงที่อายุ 28 วัน

Tewe and Egbunike (1988) รายงานผลการใช้มันสำปะหลังในอาหารไก่กระทงที่ระดับ 0-30% ในสูตรอาหาร พบว่าการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดที่ระดับ 22.5% ในสูตรอาหารจะทำให้ไก่กระทงมีสมรรถภาพการผลิตเทียบเท่ากับการใช้ข้าวโพด แต่หากใช้มันสำปะหลังในระดับสูงกว่านี้สมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงจะลดลงในทุกด้าน เช่นเดียวกับ Tiémoko (1988) ที่รายงานว่าไก่กระทงสามารถใช้มันสำปะหลังสูงถึง 30% ในสูตรอาหารระยะ 29-49 วัน โดยไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงแตกต่างจากการใช้ข้าวโพด แต่การใช้มันสำปะหลังระดับสูงในสูตรอาหารจะทำให้ไก่กระทงกินอาหารเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม Chou and Muller (1972) รายงานว่าไก่กระทงสามารถใช้มันสำปะหลังได้สูงถึง 58% ในสูตรอาหารโดยต้องใช้ในรูปอาหารอัดเม็ด และต้องปรับสมดุลของกรดอะมิโนในอาหารโดยเฉพาะเมทไธโอนีนให้เพียงพอกับความต้องการของตัวสัตว์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ผลต่อปริมาณซาก

Mhone *et al.* (2008) ศึกษาผลการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในอาหารไก่กระทงที่ระดับ 10 15 และ 20% ในสูตรอาหาร พบว่าการใช้มันสำปะหลังทุกระดับไม่ทำให้น้ำหนักซากหลังถอนขนแตกต่างจากการใช้ข้าวโพด สอดคล้องกับ Egbunike *et al.* (2009) ที่รายงานผลการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในระดับ 0-15% ในอาหารไก่กระทง พบว่าการใช้มันสำปะหลังทุกระดับไม่ทำให้ปริมาณเนื้อหน้าอกแตกต่างจากการใช้ข้าวโพด เช่นเดียวกับ Longo *et al.* (2007) ที่ใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพด 15% ในสูตรอาหาร โดยไม่ทำให้ปริมาณซากของไก่กระทงแตกต่างกัน แต่การใช้มันสำปะหลังมีแนวโน้มทำให้ไก่กระทงมีการสะสมไขมันช่องท้องสูงกว่าการใช้ข้าวโพด อย่างไรก็ตามการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดเกิน 50% ในสูตรอาหาร ทำให้ปริมาณเนื้อหน้าอกของไก่กระทงต่ำกว่าการใช้ข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สุวรรณี และคณะ, 2543)

นันทวัน และคณะ (2545) ศึกษาผลของการไม่ใช้ยาปฏิชีวนะในอาหารไก่กระทงที่ใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบหลักเปรียบเทียบกับการใช้ข้าวโพด ในสภาพการเลี้ยงที่ต่ำกว่ามาตรฐานเพื่อชักนำให้ไก่มีอัตราการตายสูงขึ้น พบว่าไก่ที่เลี้ยงด้วยมันสำปะหลังมีอัตราการตายต่ำกว่าไก่ที่เลี้ยงด้วยข้าวโพด เช่นเดียวกับสุวรรณี (2543) ที่พบว่าการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดมีแนวโน้มทำให้อัตราการตายของไก่ลดลง เนื่องจากสารพิษจากเชื้อราในข้าวโพดทำให้สัตว์เกิดความเครียดและภูมิต้านทานต่ำลง

เมทไธโอนีน (Methionine)

เมทไธโอนีน (methionine) ซีสเตอีน (cysteine) และซีสตีน (cystine) จัดอยู่ในกลุ่มกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ (sulfur amino acids) โดยเมทไธโอนีนเป็นกรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acids, EAA) ที่ร่างกายสัตว์สร้างไม่ได้หรือสร้างได้แต่ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกายจึงต้องได้รับจากอาหาร (บุญล้อม, 2546) ส่วนซีสเตอีนและซีสตีน ร่างกายสามารถสร้างขึ้นได้เองโดยใช้เมทไธโอนีนเป็นสารตั้งต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมทไธโอนีนมีชื่อทางเคมีว่า (S)-2-amino-4-(methylsulfanyl) butyric acid ($C_5H_{11}NO_2S$) มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 149 Dalton จุดหลอมเหลว 281 องศาเซลเซียส มีค่า pI เท่ากับ 5.74 ค่า pK_1 (α-COOH) เท่ากับ 2.13 และค่า pK_2 (α-NH_3^+) เท่ากับ 9.28 (อาภัสสรา, 2543) โครงสร้างประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group, -COOH) หมู่อะมิโน (amino group, $-NH_2$) อะตอมไฮโดรเจน (hydrogen atom, -H) และมีหมู่ R (side chain) ที่มีกำมะถันเป็นส่วนประกอบ โดยหมู่อะมิโนเกาะติดกับคาร์บอนที่ตำแหน่งแอลฟ่า เมทไธโอนีนจัดเป็น non polar methyl thioester group ที่ทำให้กรดอะมิโนมีคุณสมบัติเป็น hydrophobic amino acid (Dibner and Buttin, 2002; Brosnan and Brosnan, 2006) ดังภาพที่ 1

$$CH_3 - S - CH_2 - CH_2 - \underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}} - COOH$$

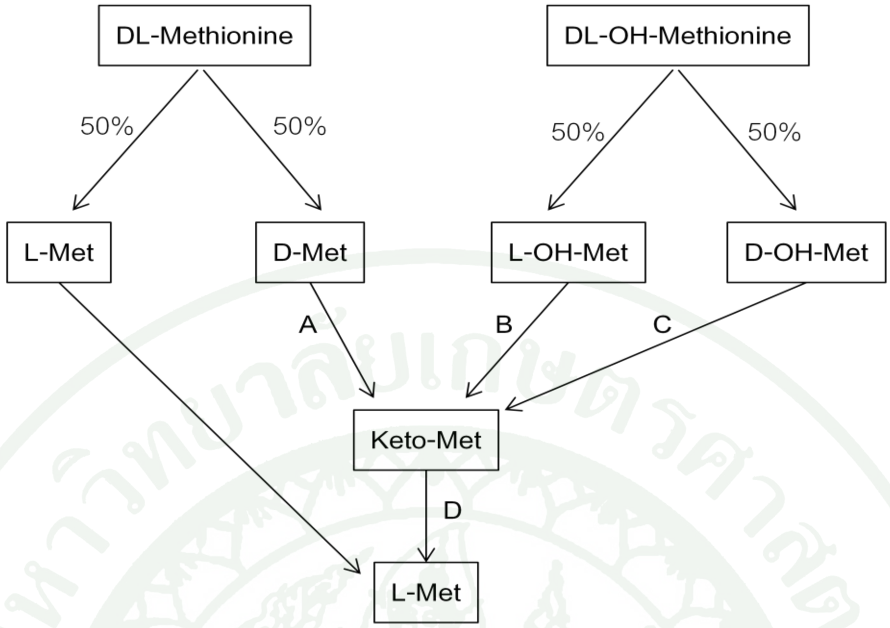
Methionine

ภาพที่ 1 โครงสร้างของกรดอะมิโนเมทไธโอนีน

ที่มา: Brosnan and Brosnan (2006)

โดยทั่วไปสัตว์ปีกได้รับกรดอะมิโนเมทไธโอนีนจากวัตถุดิบในอาหาร เช่น กากถั่วเหลือง กากถั่งลิสง และข้าวโพด เป็นต้น ซึ่งปริมาณกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในวัตถุดิบกลุ่มนี้มีต่ำกว่าความต้องการของสัตว์ปีก (Waldroup *et al*., 1981) ดังนั้นการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนสังเคราะห์เพื่อเพิ่มปริมาณเมทไธโอนีนในอาหารเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ (Campbell, 2001) โดยรูปแบบหรือแหล่งของเมทไธโอนีนที่ใช้เสริมในอาหารสัตว์มี 2 ชนิด คือ ชนิดผง (DL-methionine; DLM) และชนิดเหลว (liquid DL-methionine hydroxy analog free acid; LMA) โดยต่างกันที่ LMA มีหมู่ไฮดรอกซี (-OH) แทนหมู่อะมิโน($-NH_2$) จึงทำให้ LMA มีความเป็นกรดสูง ($pH \leq 1.0$) โดยสัตว์ปีกสามารถเปลี่ยน LMA เป็นกรดอะมิโนเมทไธโอนีนได้หลังจากดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย (Knight *et al.,* 1998; Dibner, 2003; Gaines *et al.,* 2005) ดังแสดงในภาพที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



A คือ D-amino acid oxidase, B คือ L-α -hydroxy acid oxidase

C คือ D-2-hydroxy acid dehydrogenase, D คือ general transaminase

***ภาพที่* 2** กระบวนการเปลี่ยน DL-methionine (DLM) และ DL-OH-methionine (LMA) เป็น L-methionine ในร่างกาย

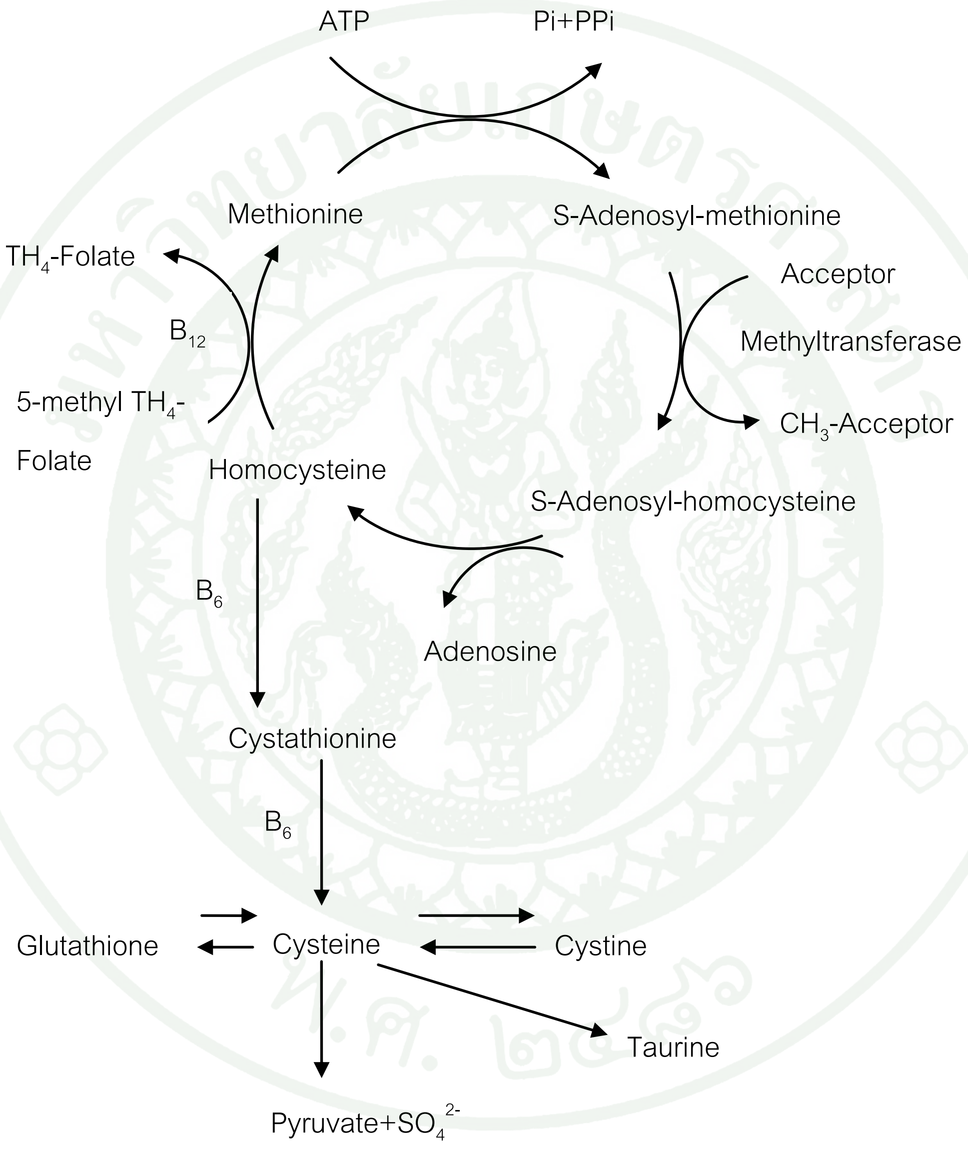
ที่มา: ดัดแปลงจาก Dilger and Baker (2008)

เมแทบอลิซึมของเมทไธโอนีน

กระบวนการเมแทบอลิซึมของเมทไธโอนีนครึ่งหนึ่งเกิดขึ้นที่ตับ วิถีหลักในการสลายเมทไธโอนีน คือ ปฏิกิริยาการย้ายหมู่ซัลเฟอร์ (transsulfuration) เพื่อสังเคราะห์กรดอะมิโนซีสเตอีน และปฏิกิริยาการย้ายหมู่เมทิล (transmethylation) โดยกรดอะมิโนเมทไธโอนีนจะเปลี่ยนเป็น S-adenosyl-methionine (SAM) ซึ่งเป็นรูปที่ให้หมู่เมทิล เมื่อเมทไธโอนีนให้หมู่เมทิลแล้วจะกลายเป็นโฮโมซีสเตอีน (homocysteine) ซึ่งทำหน้าที่ให้อะตอมซัลเฟอร์ในการสังเคราะห์ซีสเตอีนต่อไป ส่วนที่เหลือคือ โฮโมเซอรีน (homoserine) ถูกเปลี่ยนเป็น succinyl Co A (Mato *et al*., 2002) อย่างไรก็ตามพบว่าร่างกายสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์หรือสังเคราะห์ได้ในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงมีการเปลี่ยนไปมาระหว่างเมทไธโอนีนและซีสเตอีน (พจน์ และคณะ,

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2543) ผ่านทางปฏิกิริยาการรับหมู่เมทิล (remethylation) ซึ่งปฏิกิริยานี้มีสารตัวกลางที่สำคัญ คือ โฮโมซีสเตอีน (homocysteine) โดยรับหมู่เมทิลจาก 5-methyl TH_4-Folate แต่สามารถสังเคราะห์ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 กระบวนการเมแทบอลิซึมของกรดอะมิโนเมทไธโอนีน

ที่มา: ดัดแปลงจาก Brody (1994)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การย่อยและดูดซึมกรดอะมิโนที่เสริมในรูปอิสระ (กรดอะมิโนสังเคราะห์) แตกต่างกับกรดอะมิโนในวัตถุดิบอาหาร เนื่องจากสัตว์สามารถดูดซึมและนำกรดอะมิโนสังเคราะห์ไปใช้ได้อย่างรวดเร็ว (Ruff, 1974) ซึ่ง Bunchasak (2009) รายงานว่า การดูดซึมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนสังเคราะห์ L-methionine (L-met) ในลำไส้เล็กของไก่กระทง (brush-border membrane vesicles) เป็นกระบวนการที่อาศัยพลังงานภายในเซลล์ควบคู่กับการขนส่งโซเดียม (Na-dependent active transport) โดยเฉพาะในช่วงที่แพร่เข้าเซลล์ เช่นเดียวกับ Dibner (2003) พบว่า การดูดซึม DLM (L-Met and D-Met) ในระบบทางเดินอาหารเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยพลังงาน (energy-dependent) และตัวขนส่ง (carrier-mediated) แต่การดูดซึม LMA ส่วนใหญ่ไม่จำเป็นต้องอาศัยพลังงาน (energy-independent) และตัวขนส่ง (carrier-independent) และมีส่วนน้อยเท่านั้นที่ต้องอาศัยโปรตอนและตัวขนส่ง (proton-dependent and carrier-mediated) ช่วยในการดูดซึมซึ่งคล้ายกับการดูดซึมกรดแลคติกในทางเดินอาหาร อีกทั้งยังพบว่าอัตราการดูดซึม LMA สูงสุดนั้นเกิดขึ้นในลำไส้เล็กตอนต้น (duodenum) แตกต่างจาก DLM ที่ส่วนใหญ่ถูกดูดซึมบริเวณลำไส้เล็กตอนปลาย (ileum) อย่างไรก็ตามการดูดซึมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนสังเคราะห์ทั้งสองชนิดนั้นเกิดขึ้นสมบูรณ์ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์

ความต้องการกรดอะมิโนกำมะถันและการเสริมเมทไธโอนีนในไก่กระทง

ความต้องการกรดอะมิโนของไก่กระทงขึ้นกับพันธุกรรมและสภาพการจัดการเป็นส่วนใหญ่ โดยทั่วไปความต้องการกรดอะมิโนเพื่อการดำรงชีพค่อนข้างต่ำในช่วงแรก (ปริมาณที่กิน) และจะเพิ่มขึ้นเมื่อไก่มีการเจริญเติบโตสูงขึ้น โดยความต้องการโปรตีนและกรดอะมิโนในอาหารไก่กระทงแต่ละสายพันธุ์แสดงในตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของพันธุกรรมมีผลต่อความต้องการกรดอะมิโน อย่างไรก็ตามแม้ว่าไก่แต่ละสายพันธุ์จะมีความต้องการกรดอะมิโนที่ต่างกัน แต่เมื่อคิดสัดส่วนกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบรวมต่อไลซีนในอาหาร (TSAA:Lysine) กลับพบว่า มีค่าใกล้เคียงกันคือประมาณ 0.74-0.78 ซึ่งข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าความสมดุลของกรดอะมิโนในอาหารมีความสำคัญต่อร่างกายไม่น้อยไปกว่าปริมาณที่ได้รับ และจากการศึกษาของ George and Baker (1971) พบว่าการเสริมเมทไธโอนีน ซิสเตอีน และซีสตีนในอาหารไก่กระทงที่ขาดกรดอะมิโนทั้งสามชนิด โดยคำนวณเป็นปริมาณกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ (TSAA) ทำให้ไก่กระทงมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตดีกว่าการเสริมกรดอะมิโนแต่ละชนิดแยกกัน ดังนั้นการเสริมกรดอะมิโนกลุ่มนี้จึงต้องพิจารณาในรูปของปริมาณ TSAA ในอาหาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ความต้องการโปรตีนกรดอะมิโนของไก่กระทงแต่ละสายพันธุ์ และคำแนะนำของ NRC (1994)

พันธุ์	อายุ (วัน)	ความต้องการกรดอะมิโนในอาหาร (%)				
		โปรตีน	ไลซีน	เมทไธโอนีน	เมทไธโอนีน+ซีสตีน	ธรีโอนีน
	0-10	22-25	1.43	0.51	1.07	0.94
Ross 308	11-24	21-23	1.24	0.45	0.95	0.83
	25-42	19-22	1.06	0.40	0.83	0.72
	42-ขึ้นไป	17-21	1.00	0.38	0.79	0.68
	0-10	21.5	1.33	0.56	0.98	0.85
Cobb 500	11-22	19.5	1.25	0.53	0.96	0.80
	23-42	18.0	1.10	0.48	0.88	0.73
	43-ขึ้นไป	17.0	1.04	0.44	0.80	0.70
	0-20	22-24	1.40	0.60	1.05	0.90
Hubbard	21-33	20-22	1.25	0.54	0.98	0.85
	34-42	19-21	1.15	0.49	0.90	0.78
	42-ขึ้นไป	17-19	0.95	0.43	0.78	0.67
	0-21	23	1.10	0.50	0.90	0.80
NRC 1994	22-42	20	1.00	0.38	0.72	0.74
	43-56	18	0.85	0.32	0.60	0.68

ที่มา: ดัดแปลงจาก NRC (1994); Aviagen (2007); Cobb (2006); Hubbard (n.d.)

Wyllie and Kinebo (1988) ศึกษาผลการเสริมเมทไธโอนีนที่ระดับ 0 0.15 และ 0.30% ในสูตรอาหารไก่กระทงที่ใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน พบว่าการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารไก่กระทงช่วยปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตให้ดีขึ้น เช่นเดียวกับ Olson *et al.* (1969) ที่ศึกษาการใช้มันเส้นในอาหารไก่กระทงที่ระดับ 45% ร่วมกับการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนที่ระดับ 0 0.1 0.2 0.4 และ 0.8% ในสูตรอาหาร พบว่า การเสริมเมทไธโอนีนที่ระดับ 0.2% ทำให้สมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงดีกว่ากลุ่มที่เสริมเมทไธโอนีนที่ระดับ 0 และ 0.1% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนที่ระดับสูงกว่า 0.2% ไม่ช่วยปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตให้สูงขึ้น อย่างไรก็ตามการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารที่ใช้มันสำปะหลังเพิ่มขึ้นมากกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระดับปกติเล็กน้อยเป็นการช่วยป้องกันการเกิดพิษจากกรดไฮโดรไซยานิคที่อยู่ในมันสำปะหลังได้ อีกทั้งช่วยป้องกันการขาดเมทไธโอนีนซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง (Garcia and Dale, 1999)

Bruyer and Vanbelle (1990) รายงานว่า เมื่อเสริมเมทไธโอนีนในรูป DLM และ LMA ในอาหารพื้นฐาน ที่มีระดับเมทไธโอนีน 0.31% ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของไก่กระทง ทำให้ไก่กระทงมีน้ำหนักตัว และประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Bunchasak and Keawarun (2006) ที่เสริมเมทไธโอนีนสองชนิดคือ DLM และ LMA ในอาหารที่ขาดเมทไธโอนีน (0.31% ในระยะเล็ก และ 0.49% ในระยะรุ่น) ให้มีระดับสูงขึ้นเท่ากับความต้องการของสายพันธุ์ พบว่า การเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนทั้งสองชนิดทำให้ไก่กระทงมีสมรรถภาพการผลิต ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมเมทไธโอนีน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทง

	การเสริมเมทไธโอนีน		
	ไม่เสริมเมทไธโอนีน	เสริม DLM	เสริม LMA
ระยะเล็ก 0-3 สัปดาห์			
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม)	962^{A}	1057^{B}	1084^{C}
น้ำหนักตัว (กรัม)	702^{A}	852^{B}	892^{C}
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	1.449^{A}	1.297^{B}	1.269^{B}
ระยะรุ่น 3-6 สัปดาห์			
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม)	2994^{A}	3168^{B}	3238^{B}
น้ำหนักตัว (กรัม)	2155^{A}	2451^{B}	2416^{B}
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	2.062^{AB}	1.993^{A}	2.081^{B}

หมายเหตุ $^{A,B\text{ และ }C}$ อักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวนอนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ที่มา: Bunchasak and Keawarun (2006)

Thomas *et al.* (1990) รายงานประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ได้ (bioefficacy) ของ DL-Met-OH เมื่อเทียบกับ DL-Met ในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นน้ำหนักตัว มีค่าเท่ากับ 72 และ 73% ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Lemme *et al.* (2002) ที่รายงานประสิทธิภาพของ DL-Met-OH ต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวมีค่าเท่ากับ 68 และ 67% ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าคำแนะนำของ Bunchasak *et al.* (2006) ที่รายงานว่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ได้ของ LMA ในไก่กระทงอายุ 1 วัน จนถึงระยะส่งตลาด ที่ใช้อาหารข้าวโพด-กากถั่วเหลือง มีค่าเท่ากับ 88% สอดคล้องกับหลายการศึกษาที่รายงานว่า ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ได้ของ LMA เมื่อเทียบกับ DLM มีค่าประมาณ 65-90% (Baker and Boebel, 1980; Noll *et al*., 1984; Baker, 1994; Hesegawa *et al*., 2005)

Hiramoto *et al.* (1990) และ Edmonds *et al.* (1985) รายงานว่า ไก่ที่ได้รับกรดอะมิโนเมทไธโอนีนไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย จะทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนลดลง มีการเจริญเติบโตช้า และสมดุลไนโตรเจนเปลี่ยนไป สอดคล้องกับ Meirelles *et al.* (2003) ที่รายงานว่าการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารไก่กระทง ทำให้ไก่กระทงมีการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนในร่างกายเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมทไธโอนีนเป็นกรดอะมิโนตัวเริ่มต้นในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน (Harold and Rajbhandary, 1998) จึงทำให้ร่างกายสังเคราะห์โปรตีนได้ดีขึ้น และเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนในร่างกาย

Kalinowski *et al.* (2003a) and Kalinowski *et al.* (2003b) รายงานผลการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหารไก่กระทงที่อายุ 0-3 และ 3-6 สัปดาห์ พบว่า การเพิ่มระดับเมทไธโอนีนในอาหารจาก 0.35 เป็น 0.50% ในสูตรอาหาร ไม่ทำให้ปริมาณอาหารที่กินเพิ่มขึ้น และไก่กระทงได้รับไนโตรเจนจากอาหารเข้าสู่ร่างกายไม่แตกต่างกัน แต่การเสริมเมทไธโอนีนทำให้ไก่กระทงมีการสะสมไนโตรเจน (nitrogen retention, %) เพิ่มขึ้น จาก 60.8 เป็น 64.1% และจาก 61.6 เป็น 66.1% ในระยะ 0-3 และ 3-6 สัปดาห์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารไก่กระทงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนในร่างกาย

นอกจากนี้ Jensen *et al.* (1989) และ Bunchasak and Keawarun (2006) รายงานว่าการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารไก่กระทง ทำให้การสะสมไขมันในช่องท้องลดลงและมีเปอร์เซ็นต์ซากสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังแสดงในตารางที่ 5 นอกจากนี้ Mandal *et al.* (2004) รายงานว่าการเสริมเมทไธโอนีนในอาหาร ทำให้ปริมาณเนื้อหน้าอกเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Moran (1994) ที่พบว่า ไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมเมทไธโอนีนมีปริมาณเนื้อหน้าอกส่วนนอกสูงกว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารขาดเมทไธโอนีน ดังนั้นการสะสมกล้ามเนื้อในร่างกายของไก่กระทงมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับปริมาณเมทไธโอนีนในอาหาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 แสดงผลการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารต่อองค์ประกอบซากไก่กระทงที่อายุ 42 วัน

องค์ประกอบซาก (% ของน้ำหนักตัว)	การเสริมเมทไธโอนีน		
	ไม่เสริมเมทไธโอนีน	เสริม DLM	เสริม LMA
ซาก	83.66	84.75	84.62
สะโพก	12.48	12.45	13.20
น่อง	10.65	10.73	10.98
สันใน	3.27	3.46	3.44
สันนอก	11.39^{A}	12.91^{B}	12.97^{B}
ปีก	7.93	7.93	8.01
ไขมันช่องท้อง	2.42^{A}	1.88^{B}	1.83^{B}

หมายเหตุ $^{A\ และ\ B}$ อักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวนอนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ที่มา: Bunchasak and Keawarun (2006)

Mendonca and Jensen (1989) และ Meirelles *et al.* (2003) รายงานว่า การเสริมเมทไธโอนีนทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของไขมันในร่างกายลดลง ขณะที่การขาดเมทไธโอนีนในอาหาร ทำให้ไก่กระทงได้รับเมทไธโอนีนไม่เพียงพอ และเกิดความไม่สมดุลของกรดอะมิโนในร่างกาย มีผลให้การใช้ประโยชน์ของไขมันเพิ่มขึ้น เนติกานต์ (2549) รายงานเช่นกันว่าการใช้ประโยชน์ของโปรตีนในร่างกายเพิ่มขึ้นแต่การใช้ประโยชน์ของไขมันกลับลดลงเมื่อไก่กระทงได้รับการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารดังแสดงในตารางที่ 6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 แสดงผลของการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อการใช้ประโยชน์ได้ของสารอาหารในไก่กระทงอายุ 42 วัน

การใช้ประโยชน์ได้ของสารอาหาร	การเสริมเมทไธโอนีน		
	ไม่เสริมเมทไธโอนีน	เสริม DLM	เสริม LMA
การใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีน (%)	56.80^{A}	60.16^{B}	58.48^{AB}
การใช้ประโยชน์ได้ของไขมัน (%)	89.78^{A}	86.86^{AB}	85.96^{B}

หมายเหตุ $^{A\ และ\ B}$ อักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวนอนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ที่มา: เนติกานต์ (2549)

สมมุติฐาน

1. การใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบพลังงานในอาหารไก่กระทง ทำให้สมรรถภาพการผลิต ปริมาณและคุณภาพซาก องค์ประกอบทางเคมีของตับ จุลินทรีย์ในลำไส้ และค่าทางเคมีในเลือด ไม่แตกต่างกับการใช้ข้าวโพด

2. การใช้มันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบในการคำนวณสูตรอาหารแบบ LCF ทำให้ไก่กระทงมีสมรรถภาพการผลิตไม่แตกต่างจากการใช้อาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลือง และทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง

3. ความต้องการปริมาณ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง มีค่าแตกต่างจากความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์ซึ่งใช้อาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบหลัก

4. องค์ประกอบทางเคมีและค่าการย่อยได้ของโปรตีนในลำไส้เล็กของไก่กระทงที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองและอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง มีความแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาการใช้มันสำปะหลังและกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบในอาหารไก่กระทงสำหรับการคำนวณสูตรอาหารต้นทุนต่ำ ได้แบ่งงานวิจัยออกเป็น 3 การทดลองย่อย ดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 การใช้มันสำปะหลังและข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานและแหล่งเมทไธโอนีนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต ปริมาณซาก องค์ประกอบทางเคมีของตับ ค่าทางเคมีในเลือด และจุลินทรีย์ในลำไส้ของไก่กระทง

อุปกรณ์

1. สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่กระทงเพศผู้พันธุ์ Ross 308 อายุ 1 วัน จำนวน 1,500 ตัว

2. โรงเรือน

ใช้โรงเรือนระบบปิดติดตั้งหลอดไฟให้แสงสว่างชนิดเดย์ไลท์ (daylight) พร้อมระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนด้วยระบบระเหยไอน้ำ (evaporative cooling system) มีพัดลมระบายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 48 นิ้ว จำนวน 4 ตัว ติดตั้งท้ายโรงเรือนซึ่งเป็นการระบายอากาศแบบอุโมงค์ลม (tunnel ventilation system) ภายในโรงเรือนมีคอกขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 1 x 3 x 0.6 เมตร พื้นคอกเป็นคอนกรีตใช้แกลบเป็นวัสดุรองพื้นหนาประมาณ 5 เซนติเมตร ทำการเลี้ยงไก่กระทง 25 ตัวต่อคอก (0.12 ตารางเมตร/ตัว) จำนวน 60 คอก ให้อาหารโดยใช้ถังแขวนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว และมีระบบการให้น้ำอัตโนมัติแบบหัวหยด (nipple) จำนวน 4 หัวต่อคอก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. อุปกรณ์บันทึกข้อมูล

3.1 เทอร์โมมิเตอร์แบบบันทึกอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดสำหรับบันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแต่ละวัน และเทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะเปียกสำหรับบันทึกความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละวัน

3.2 เครื่องชั่งดิจิตอลขนาด 5,000 กรัม จุดทศนิยม 2 ตำแหน่ง สำหรับชั่งน้ำหนักไก่และอาหารทดลอง และเครื่องชั่งดิจิตอลขนาด 30 กิโลกรัม จุดทศนิยม 2 ตำแหน่ง สำหรับชั่งน้ำหนักอาหารทดลอง

4. อาหารทดลอง

ใช้อาหารทดลองแบบผง (mash form) แบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ 1) ระยะเล็ก (starter, 1-21 วัน) คำนวณให้อาหารทดลองมีโปรตีน 21% ระดับพลังงาน 3,175 ME kcal/kg และ 2.) ระยะรุ่น (grower, 22-42 วัน) คำนวณให้มีโปรตีน 19% และพลังงาน 3,175 ME kcal/kg

การผสมอาหารทดลองพื้นฐาน (basal diet) ใช้เครื่องผสมอาหารแนวนอน ตามสูตรซึ่งคำนวณให้มีปริมาณโภชนะตามความต้องการของสายพันธุ์ (ตารางที่ 8) โดยใช้วัตถุดิบอาหารพลังงานแตกต่างกัน 2 ชนิด คือ ข้าวโพดและมันสำปะหลัง จากนั้นทำการเสริมแหล่งเมทไธโอนีน (DLM หรือ LMA) ในอาหารทดลองแต่ละสูตรให้มีปริมาณ TSAA ตามความต้องการของสายพันธุ์ (Aviagen, 2002) โดยปริมาณของ TSAA ในอาหารทดลองระยะเล็กและระยะรุ่น เท่ากับ 1.09 และ 0.95% ตามลำดับ การเสริม LMA ในอาหารพื้นฐานนั้นกำหนดให้ LMA มีค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ (bioefficacy) เทียบกับ DLM เท่ากับ 88% (W/W) หรือ 1.136 เท่าของ DLM (ตารางที่ 7) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อาหารทดลองระยะเล็ก (1-21 วัน)

สูตรที่ 1 คือ อาหารพื้นฐานสูตรข้าวโพด ไม่เสริมเมทไธโอนีน (NON)

สูตรที่ 2 คือ อาหารพื้นฐานสูตรข้าวโพด เสริมเมทไธโอนีนชนิด DLM ให้มีระดับ TSAA ในอาหารเท่ากับ 1.09%

สูตรที่ 3 คือ อาหารพื้นฐานสูตรข้าวโพด เสริมเมทไธโอนีนชนิด LMA ให้มีระดับ TSAA ในอาหารเท่ากับ 1.09%

สูตรที่ 4 คือ อาหารพื้นฐานสูตรมันสำปะหลัง ไม่เสริมเมทไธโอนีน (NON)

สูตรที่ 5 คือ อาหารพื้นฐานสูตรมันสำปะหลัง เสริมเมทไธโอนีนชนิด DLM ให้มีระดับ TSAA ในอาหารเท่ากับ 1.09%

สูตรที่ 6 คือ อาหารพื้นฐานสูตรมันสำปะหลัง เสริมเมทไธโอนีนชนิด LMA ให้มีระดับ TSAA ในอาหารเท่ากับ 1.09%

อาหารทดลองระยะรุ่น (22-42 วัน)

สูตรที่ 1 คือ อาหารพื้นฐานสูตรข้าวโพด ไม่เสริมเมทไธโอนีน (NON)

สูตรที่ 2 คือ อาหารพื้นฐานสูตรข้าวโพด เสริมเมทไธโอนีนชนิด DLM ให้มีระดับ TSAA ในอาหารเท่ากับ 0.95%

สูตรที่ 3 คือ อาหารพื้นฐานสูตรข้าวโพด เสริมเมทไธโอนีนชนิด LMA ให้มีระดับ TSAA ในอาหารเท่ากับ 0.95%

สูตรที่ 4 คือ อาหารพื้นฐานสูตรมันสำปะหลัง ไม่เสริมเมทไธโอนีน (NON)

สูตรที่ 5 คือ อาหารพื้นฐานสูตรมันสำปะหลัง เสริมเมทไธโอนีนชนิด DLM ให้มีระดับ TSAA ในอาหารเท่ากับ 0.95%

สูตรที่ 6 คือ อาหารพื้นฐานสูตรมันสำปะหลัง เสริมเมทไธโอนีนชนิด LMA ให้มีระดับ TSAA ในอาหารเท่ากับ 0.95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 แสดงปริมาณและชนิดของการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหารทดลองพื้นฐาน

	NON (ไม่เสริม)		DLM		LMA[3]	
	starter[1]	grower[2]	starter	grower	starter	grower
ข้าวโพด						
เมทไธโอนีน (mg/100 g)	0	0	464	369	527	419
แป้งข้าวโพด (mg/100 g)[4]	464	369	0	0	0	0
ราคา (บาท/กิโลกรัม)[5]	13.07	12.39	13.81	12.98	13.70	12.89
มันสำปะหลัง						
เมทไธโอนีน (mg/100 g)	0	0	526	437	598	496
แป้งข้าวโพด (mg/100 g)	526	437	0	0	0	0
ราคา (บาท/กิโลกรัม)	12.42	11.68	13.26	12.38	13.14	12.27

หมายเหตุ [1] ปริมาณ TSAA ในอาหารทดลองระยะเล็กเท่ากับ 1.09%

[2] ปริมาณ TSAA ในอาหารทดลองระยะรุ่นเท่ากับ 0.95%

[3] ปริมาณ LMA คำนวณที่ค่า bioefficacy เท่า 88% (W/W) ของ DLM

[4] แป้งข้าวโพดใช้เป็นวัตถุเติมเต็มเพื่อปรับปริมาณอาหารในแต่ละสูตรให้เท่ากัน

[5] ราคาอาหารอ้างอิงจากราคาของวัตถุดิบในปี พ.ศ. 2551

ตารางที่ 8 ปริมาณวัตถุดิบและองค์ประกอบทางโภชนะในอาหารทดลองพื้นฐาน

	ระยะเล็ก 1-21 วัน		ระยะรุ่น 22-42 วัน	
วัตถุดิบ (%)	ข้าวโพด	มันสำปะหลัง	ข้าวโพด	มันสำปะหลัง
ข้าวโพด	57.95	-	64.57	-
มันสำปะหลัง	-	46.47	-	51.67
กากถั่วเหลือง (48%)	27.17	34.01	23.88	31.55
กากถั่วเหลืองไขมันเต็ม	7.00	7.00	5.00	5.00
น้ำมันรำ	2.60	7.64	1.81	7.47
แอล-ไลซีน	0.48	0.36	0.37	0.23
แอล-ธรีโอนีน	0.18	0.16	0.12	0.10
โมโนไดแคลเซียมฟอสเฟต (P 21%)	2.37	2.40	2.11	2.15
แคลเซียมคาร์บอเนต	1.29	0.95	1.16	0.79

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 (ต่อ)

วัตถุดิบ (%)	ระยะเล็ก 1-21 วัน		ระยะรุ่น 22-42 วัน	
	ข้าวโพด	มันสำปะหลัง	ข้าวโพด	มันสำปะหลัง
เกลือ	0.20	0.18	0.30	0.30
วิตามินและแร่ธาตุพรีมิกซ์[1]	0.18	0.18	0.18	0.18
สารกันหืน	0.13	0.13	0.13	0.13
โภชนะจากการคำนวณ (วิเคราะห์ [2])				
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (kcal/kg)	3170.00	3170.00	3170.00	3170.00
โปรตีน (%)	21.00 (20.75)	21.00 (20.14)	19.00 (19.27)	19.00(19.37)
ไขมัน (%)	6.51 (6.46)	9.80 (9.35)	5.54 (5.59)	9.24 (9.24)
เยื่อใย (%)	3.00 (2.26)	4.50 (3.71)	2.87 (2.18)	4.65 (3.62)
ไลซีน (%)	1.44 (1.46)	1.44 (1.47)	1.23 (1.23)	1.23 (1.25)
อาร์จินีน (%)	1.35 (1.32)	1.45 (1.37)	1.20 (1.22)	1.31 (1.17)
เมทไธโอนีน (%)	0.29 (0.26)	0.26 (0.24)	0.28 (0.24)	0.24 (0.29)
เมทไธโอนีน+ ซีสตีน (TSAA, %)	0.62 (0.63)	0.56 (0.67)	0.58 (0.57)	0.51 (0.45)
ธรีโอนีน (%)	0.93 (0.86)	0.93 (0.83)	0.80 (0.74)	0.80 (0.69)
แคลเซียม (%)	1.00	1.00	0.90	0.90
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้ (%)	0.50	0.50	0.45	0.45
ราคาอาหารต่อ 1 กิโลกรัม (บาท)[3]	13.07	12.42	12.39	11.68

หมายเหตุ [1]วิตามินและแร่ธาตุพรีมิกซ์ 1 กิโลกรัมประกอบด้วยวิตามินเอ 12,000,000 IU วิตามินดี 3,000,000 IU วิตามินอี 15,000 มิลลิกรัม วิตามินเค 1,500 มิลลิกรัม วิตามินบี1 1,500 มิลลิกรัม วิตามินบี2 5,500 มิลลิกรัม วิตามินบี6 2,000 มิลลิกรัม วิตามินบี12 10 มิลลิกรัม กรดนิโคตินิก 25,000 มิลลิกรัม ดี-แคลเซียมแพนโททิเนต 12,000 มิลลิกรัม กรดโฟลิก 500 มิลลิกรัม ไบโอติน 120 มิลลิกรัม แมงกานีส 80 กรัม สังกะสี 60 กรัม เหล็ก 40 กรัม ทองแดง 8 กรัม ไอโอดีน 0.05 กรัม โคบอน 0.10 กรัม ซีลีเนียม 0.10 กรัม และเติมสื่อจนครบ 1 กิโลกรัม

[2]ค่าภายในวงเล็บเป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมี

[3]ราคาอาหารอ้างอิงจากราคาของวัตถุดิบในปี พ.ศ. 2551

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. แผนการทดลอง

จัดกลุ่มทดลองแบบ 2×3 แฟคตอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (2×3 factorial experiments in completely randomized design) จำนวน 10 ซ้ำ โดยมีปัจจัยหลัก คือ 1. ชนิดของวัตถุดิบอาหารพลังงาน (energy source (ES); ข้าวโพด และมันสำปะหลัง) 2. แหล่งกรดอะมิโนเมทไธโอนีน (methionine source (MS); NON (ไม่เสริม), เสริม DLM และ เสริม LMA)

2. การจัดการสัตว์ทดลอง

เลี้ยงไก่กระทงอายุ 1 วันที่ได้รับการสเปรย์วัคซีน ND+IB (newcastle disease and avian infectious bronchitis) จากโรงฟัก ในโรงเรือนระบบปิดที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 28 องศาเซลเซียส โดยแบ่งไก่ออก เป็น 6 กลุ่มๆ ละ 10 ซ้ำๆ ละ 25 ตัว ที่ความหนาแน่น 0.12 ตารางเมตรต่อตัว ไก่ได้รับแสงสว่างเป็นเวลา 23 ชั่งโมงต่อวัน ได้รับน้ำผ่านระบบอัตโนมัติแบบน้ำหยด และได้รับอาหารอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 42 วัน

3. การบันทึกผลและเก็บตัวอย่าง

3.1 สมรรถภาพการผลิต

แบ่งการบันทึกผลการทดลองออกเป็น 2 ช่วงๆ ละ 21 วัน คือ ระยะเล็กที่อายุ 1-21 วัน และระยะรุ่นที่อายุ 22-42 วัน โดยแต่ละช่วงมีการบันทึกข้อมูลดังนี้

3.1.1 บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว โดยชั่งไก่ทุกตัวในทุกกลุ่มทดลองที่อายุ 1 21 และ 42 วัน เพื่อคำนวณหาน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (body weight gain, BWG) และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain, ADG) ในแต่ละช่วงการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.2 บันทึกปริมาณอาหารที่กิน โดยชั่งอาหารทุกหน่วยทดลองทุกสัปดาห์ เพื่อคำนวณหาปริมาณอาหารที่กินต่อตัว (feed intake, FI) ในแต่ละช่วงการทดลอง (1-21 22-42 และ 1-42 วัน)

3.1.3 เมื่อมีไก่ตายจะบันทึกจำนวน น้ำหนัก และปริมาณอาหารในแต่ละกลุ่มทดลอง เพื่อใช้คำนวณปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ในแต่ละช่วงการทดลอง

3.1.4 นำข้อมูลน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และปริมาณอาหารที่กิน มาคำนวณอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (feed conversion ratio, FCR) และ ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (feed cost:gain, FCG)

3.1.5 บันทึกอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุดและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนทุกวัน

3.1.6 สุ่มเก็บอาหารทดลองสูตรพื้นฐานเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนะ

3.2 ปริมาณซาก

เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่อายุ 42 วัน ทำการเลือกไก่ที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวในแต่ละหน่วยทดลองมาเป็นตัวแทนในการหาปริมาณซาก (ปริมาณซากอุ่น) โดยใช้หน่วยทดลองละ 2 ตัว จำนวน 20 ตัวต่อกลุ่มทดลอง (10 ซ้ำๆ ละ 2 ตัว) รวมทั้งหมด 160 ตัว บันทึกน้ำหนักน้ำหนักมีชีวิต (live weight) แล้วนำมาฆ่าโดยวิธี asphyxiation (ใช้ก๊าซ CO_2 แทนที่ก๊าซออกซิเจนในอากาศจนน้อยกว่า 6% ซึ่งทำให้ไก่หมดสติอย่างเฉียบพลัน) นำเลือดออกจากซากก่อนถอนขนและนำอวัยวะภายในรวมไขมันช่องท้องออกเพื่อบันทึกน้ำหนักซากอุ่น (eviscerated weight) หลังจากนั้นทำการตัดแต่งซากออกเป็นส่วนต่างๆ เพื่อบันทึกน้ำหนักได้แก่ เนื้อหน้าอกไม่รวมหนัง (breast) ปีก (wing) สะโพก (thigh) น่อง (drumstick) ไขมันช่องท้องรวมไขมันรอบกึ๋น (abdominal fat pad) ตับ (liver) โดยนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาปริมาณซากคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวมีชีวิต (% of live weight)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 การเก็บตัวอย่างเลือด

ทำการสุ่มไก่ที่อายุ 42 วัน จากกลุ่มทดลองซ้ำละ 2 ตัว โดยทำการอดอาหารไก่ก่อนเจาะเลือดประมาณ 8 ชั่วโมง ทำการเจาะเลือดด้วยหลอดปราศจากเชื้อขนาด 5 มิลลิลิตร (เข็มเบอร์ 22) ที่ตำแหน่งเส้นเลือดดำใหญ่ข้างคอ (jugular vein) นำเลือดที่ได้ใส่ในหลอดเก็บเลือดขนาด 10 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้จนตกตะกอนแยกชั้น และทำการแยกซีรั่มโดยการปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 × g เป็นเวลา 15 นาที เก็บซีรั่มที่แยกได้ในอุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

4. การตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์ในลำไส้

4.1 นำไก่ที่อายุ 42 วัน ซึ่งมีน้ำหนักใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยในแต่ละหน่วยทดลองมาเป็นตัวแทนในการเก็บลำไส้ส่วนซีกั่ม โดยใช้หน่วยทดลองละ 2 ตัว จำนวน 20 ตัวต่อกลุ่มทดลอง (10 ซ้ำๆ ละ 2 ตัว) รวมทั้งหมด 160 ตัว นำมาฆ่าโดยวิธี asphyxiation แล้วทำการเปิดซากเพื่อเก็บลำไส้ส่วนซีกั่มโดยตัดเหนือท่อร่วมระหว่างลำไส้เล็กและซีกั่มขึ้นไปประมาณ 3 ซม. แล้วใช้ด้ายที่ผ่านการฆ่าเชื้อผูกจนแน่น เก็บในถุงที่ปิดสนิทที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ต่อไป

4.2 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยนำส่วนผสมของอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชนิดไปต้มจนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อความดัน (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทิ้งไว้จนอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส นำขวดอาหารแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ซึ่งมีอุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส รอจนกระทั่งอาหารเย็นลงประมาณ 50 องศาเซลเซียส แล้วเทลงในจานเลี้ยงเชื้อ (petri dish) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แล้วด้วยวิธีปลอดเชื้อจุลินทรีย์ ทิ้งไว้จนกระทั่งเย็นและแข็ง ทำการไล่ไอน้ำในจานเลี้ยงเชื้อโดยคว่ำจานลงอบในตู้อบอุณหภูมิ 37องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมงเพื่อให้ผิวหน้าแห้งและเป็นการตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ โดยเชื้อ *E. coli* เลี้ยงในอาหาร MacConkey agar และจุลินทรีย์กลุ่ม *Lactobacillus* spp. เลี้ยงในอาหาร Man Rogosa Sharp agar (MRS agar) ตามวิธีของ Biagi *et al.* (2006)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3 เจือจางสิ่งย่อยจากซีกั่มไก่ทดลองจำนวน 10 กรัมในสารละลาย diluents (buffered peptone water) ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ได้สารละลายเจือจาง 1:10 แล้วเขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นใช้ปิเปตดูดสารละลายเชื้อเริ่มต้นปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลาย diluents ปริมาตร 9 มิลลิลิตร และทำการเจือจางเชื้อเพิ่มครั้งละ 10 เท่า (ten-fold serial dilution) จนได้สารละลายเชื้อที่ $1:10^{6}$

4.4 การทำ spread plate ใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร หยดบนอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วเกลี่ยเชื้อให้ทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ ที่ความเจือจาง 3 ระดับ ซึ่งได้ทำการทดสอบมาก่อนหน้าแล้วว่าเชื้อสามารถขึ้นได้ 30-300 โคโลนี

4.5 การบ่มเชื้อ โดยเชื้อ *E. coli* บ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37.8 องศาเซลเซียส ในสภาวะมีออกซิเจน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ขณะที่เชื้อ *Lactobacillus* spp.ทำการบ่มเชื้อในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในถังบ่มเพาะเชื้อชนิดไร้ออกซิเจน

4.6 การนับจำนวนโคโลนี เลือกนับเฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีโคโลนีระหว่าง 30-300 โคโลนี จำนวน 2 ระดับ แล้วนำค่าที่นับได้ไปคำนวณปริมาณเชื้อต่อตัวอย่าง 1 กรัม (colony forming units/g; CFU/g)

5. การวิเคราะห์ทางเคมี

5.1 สุ่มตัวอย่างอาหารทดลองที่ผสมเสร็จแล้ว เพื่อวิเคราะห์โภชนะต่างๆ คือ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย โดยวิธี Proximate analysis ตามวิธีของ AOAC (2000) และทำการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนในอาหารทดลองด้วยเครื่อง amino acid analyzer (Model 835-50, Hitachi, Tokyo, Japan) ดังแสดงในตารางที่ 8

5.2 วิเคราะห์หาปริมาณไตรกลีเซอร์ไรด์ด้วยวิธี enzymatic colorimetric method โดยใช้ชุดทดสอบสำเร็จรูป (Assay kit, Human Gesllschaft für Biochemica und Diagnostica mbH, Wiesbaden, Germany) นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าความเข้มแสงเพื่อหาความเข้มข้นของไตรกลีเซอร์ไรด์ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความเข้มแสง 510 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (triglycerides 200 mg/dl)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.3 วิเคราะห์ปริมาณกรดยูริก (uric acid) ด้วยวิธี PAP-method (enzymatic colorimetric method) โดยใช้ชุดทดสอบสำเร็จรูป (Assay kit, Human Gesllschaft für Biochemica und Diagnostica mbH, Wiesbaden, Germany) นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าความเข้มแสงเพื่อหาความเข้มข้นของกรดยูริกด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความเข้มแสง 520 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (uric acid 8 mg/dl)

5.4 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนรวม (total protein) ด้วยวิธี biuret method โดยใช้ชุดทดสอบสำเร็จรูป (Assay kit, Human Gesllschaft für Biochemica und Diagnostica mbH, Wiesbaden, Germany) นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าความเข้มแสงเพื่อหาความเข้มข้นของโปรตีนรวมด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความเข้มแสง 580 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (protein 8 g/dl)

5.5 วิเคราะห์ปริมาณอัลบูมิน (albumin) ด้วยวิธี bromocresol green method โดยใช้ชุดทดสอบสำเร็จรูป (Assay kit, Human Gesllschaft für Biochemica und Diagnostica mbH, Wiesbaden, Germany) นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าความเข้มแสงเพื่อหาความเข้มข้นของอัลบูมินด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความเข้มแสง 578 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (albumin 4 g/dl)

5.6 ความเข้มข้นของโกลบูลิน (globulin) คำนวณจากค่าความเข้มข้นของโปรตีนรวมลบค่าความเข้มข้นของอัลบูมินในเลือด

5.7 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในตับ คือ ปริมาณน้ำและโปรตีน โดยวิธี proximate analysis ตามวิธีของ AOAC (2000)

5.8 วิเคราะห์ปริมาณไขมันทั้งหมดในตับ โดยดัดแปลงจากวิธีของ Folch et al. (1957) การเตรียมตัวอย่างตับ โดยนำตับที่เก็บไว้ในอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มาละลายที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ข้ามคืน สุ่มตัวอย่างตับมาบดด้วยเครื่อง homogenize จนเนื้อตับละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นชั่งตัวอย่างตับน้ำหนัก 3-5 กรัม สกัดไขมันจากตับด้วยสารละลาย Chloroform:

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Methanol ในอัตราส่วน 2:1 (v/v) 10 เท่า แล้วนำไปทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenized) ความเร็ว 20,000 รอบ/นาที นาน 1 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดการสกัดไขมันที่สมบูรณ์เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 โดยใช้ปั๊มดูดอากาศช่วยกรอง นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยตัวทำละลายออกเพื่อหาปริมาณไขมันทั้งหมดในตับ

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย General linear model (GLM) ตามการทดลองแบบแฟคตอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากทดลอง โดยวิธีของ Tukey-Kramer ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α = 0.05) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ และมีแบบหุ่นทางสถิติดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = ค่าสังเกตของปัจจัยแหล่งวัตถุดิบพลังงานที่ i ปัจจัยแหล่งกรดอะมิโนเมทไธโอนีนที่ j และการทำซ้ำที่ k

μ = ค่าเฉลี่ยรวม

τ_i = อิทธิพลของปัจจัยแหล่งวัตถุดิบพลังงานที่ i (i; ข้าวโพด, มันสำปะหลัง)

β_j = อิทธิพลของปัจจัยแหล่งเมทไธโอนีนที่ j (j; NON (ไม่เสริม), DLM, LMA)

$(\tau\beta)_{ij}$ = อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยแหล่งวัตถุดิบพลังงานที่ i และปัจจัยแหล่งเมทไธโอนีนที่ j

ε_{ijk} = ความคลาดเคลื่อนสุ่ม โดยที่ $\varepsilon_{ijk} \sim NID(0, \sigma^2)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 2 ศึกษาความต้องการกรดอะมิโนที่มีกำมะถันในอาหารไก่กระทงที่คำนวณแบบ least-cost formulation (LCF) โดยใช้มันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบ

อุปกรณ์

1. สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่กระทงเพศผู้พันธุ์ Ross 308 อายุ 1 วัน จำนวน 1,400 ตัว

2. โรงเรือนและอุปกรณ์ที่ใช้ในโรงเรือน

ใช้โรงเรือนระบบปิดพร้อมอุปกรณ์เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3. อาหารทดลอง

ให้อาหารทดลองรูปอัดเม็ด (pellet form) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร แบ่งการให้อาหารออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่ 1) ระยะเล็ก (1-21 วัน) คำนวณให้อาหารทดลองมีโปรตีน 22% ระดับพลังงาน 3,025 ME kcal/kg และ 2.) ระยะรุ่น (22-42 วัน) คำนวณให้มีโปรตีน 20% และพลังงาน 3,150 ME kcal/kg

การผสมอาหารทดลองพื้นฐานใช้สูตรอาหารที่แตกต่างกัน 2 สูตร คือ 1) อาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลือง และ 2) อาหารสูตรที่คำนวณแบบ least-cost formulation (LCF-มันสำปะหลัง) โดยใช้มันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบไม่เกิน 25% ในสูตรอาหาร เพื่อลดต้นทุนค่าอาหารและป้องกันผลเสียที่อาจเกิดกับสมรรถภาพการผลิต ดังแสดงรายละเอียดของสูตรอาหารในตารางที่ 10 โดยใช้เครื่องผสมอาหารแนวนอน ซึ่งคำนวณให้อาหารแต่ละสูตรมีปริมาณโภชนะตามความต้องการยกเว้นปริมาณ TSAA ซึ่งทำการเติมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนชนิด DLM ภายหลังเพื่อปรับปริมาณ TSAA ในอาหารแต่ละสูตรตามทรีทเมนต์ (ตารางที่ 9) ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สูตรที่ 1 คือ สูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองไม่เสริม DLM มีปริมาณ TSAA ในอาหารเท่ากับ 61% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์

สูตรที่ 2 คือ สูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองเสริม DLM มีปริมาณ TSAA ในอาหารเท่ากับ 100% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์

สูตรที่ 3 คือ สูตร LCF-มันสำปะหลัง ไม่เสริม DLM มีปริมาณ TSAA ในอาหารเท่ากับ 61% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์

สูตรที่ 4 คือ สูตร LCF-มันสำปะหลัง เสริม DLM มีปริมาณ TSAA ในอาหารเท่ากับ 84% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์ (แนะนำโดย NRC, 1994)

สูตรที่ 5 คือ สูตร LCF-มันสำปะหลัง เสริม DLM มีปริมาณ TSAA ในอาหารเท่ากับ 100% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์

สูตรที่ 6 คือ สูตร LCF-มันสำปะหลัง เสริม DLM มีปริมาณ TSAA ในอาหารเท่ากับ 105% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์

สูตรที่ 7 คือ สูตร LCF-มันสำปะหลัง เสริม DLM มีปริมาณ TSAA ในอาหารเท่ากับ 110% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์

สูตรที่ 8 คือ สูตร LCF-มันสำปะหลัง เสริม DLM มีปริมาณ TSAA ในอาหารเท่ากับ 115% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 การเติม DLM และปริมาณ TSAA ในอาหารทดลอง

ปริมาณ TSAA ในอาหารเทียบกับความต้องการของสายพันธุ์ (%)	ปริมาณในอาหาร (mg/100 g)			
	ระยะเล็ก[1]		ระยะรุ่น[2]	
	DLM	แป้งข้าวโพด[3]	DLM	แป้งข้าวโพด
ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง				
61	0	412	0	316
100	412	0	316	0
LCF-มันสำปะหลัง				
61	0	591	0	464
84	254	337	197	267
100	427	164	335	129
105	481	110	378	86
110	537	054	421	43
115	591	000	464	0

หมายเหตุ [1] ปริมาณ TSAA ในอาหารทดลองระยะเล็กเท่ากับ 1.07%

[2] ปริมาณ TSAA ในอาหารทดลองระยะรุ่นเท่ากับ 0.86%

[3] แป้งข้าวโพดใช้เป็นวัตถุเติมเต็มเพื่อปรับปริมาณอาหารในแต่ละสูตรให้เท่ากัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ปริมาณวัตถุดิบและองค์ประกอบทางโภชนะในอาหารทดลองพื้นฐาน

วัตถุดิบ (%)	ระยะเล็ก 1-21 วัน ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง	ระยะเล็ก 1-21 วัน LCF-มันสำปะหลัง	ระยะรุ่น 22-42 วัน ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง	ระยะรุ่น 22-42 วัน LCF-มันสำปะหลัง
ข้าวโพด	58.57	30.00	61.75	29.96
มันสำปะหลัง	-	20.23	-	22.73
กากถั่วเหลือง (48%)	35.23	35.87	31.59	32.56
รำข้าว	-	2.00	-	2.00
กากเร็ปซีด	-	3.00	-	3.00
น้ำมันรำ	1.10	4.03	2.63	5.83
แอล-ไลซีน	0.36	0.33	0.05	0.01
แอล-ธรีโอนีน	0.13	0.13	-	-
โมโนไดแคลเซียมฟอสเฟต (P 21%)	2.33	2.30	2.08	2.04
แคลเซียมคาร์บอเนต	1.45	1.28	1.19	1.00
เกลือ	0.23	0.22	0.22	0.22
วิตามินและแร่ธาตุพรีมิกซ์[1]	0.18	0.18	0.18	0.18
โภชนะจากการคำนวณ (วิเคราะห์[2])				
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (kcal/kg)	3025.00	3025.00	3150.00	3150.00
โปรตีน (%)	22.00 (21.82)	22.00 (21.80)	20.00 (19.42)	20.00 (19.32)
ไขมัน (%)	3.81 (4.38)	6.16 (6.80)	5.38 (5.59)	7.92 (7.25)
เยื่อใย (%)	2.81 (2.26)	3.94 (3.71)	2.78 (2.18)	3.98 (3.68)
ไลซีน (%)	1.43 (1.47)	1.43 (1.41)	1.09 (1.08)	1.09 (1.02)
อาร์จินีน (%)	1.45 (1.33)	1.46 (1.43)	1.33 (1.23)	1.35 (1.20)
เมทไธโอนีน (%)	0.32(0.30)	0.31(0.29)	0.22(0.21)	0.21(0.19)
เมทไธโอนีน + ซีสตีน (TSAA, %)	0.66 (0.67)	0.65 (0.67)	0.54 (0.49)	0.53 (0.47)
ธรีโอนีน (%)	0.94 (0.88)	0.94 (0.92)	0.75 (0.75)	0.74 (0.71)
แคลเซียม (%)	1.05	1.05	0.85	0.85
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้ (%)	0.50	0.50	0.42	0.42
ราคาอาหารต่อ 1 กิโลกรัม (บาท)[3]	10.88	10.36	10.69	10.20

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 (ต่อ)

หมายเหตุ [1] วิตามินและแร่ธาตุพรีมิกซ์ 1 กิโลกรัมประกอบด้วยวิตามินเอ 12,000,000 IU วิตามินดี 3,000,000 IU วิตามินอี 15,000 มิลลิกรัม วิตามินเค 1,500 มิลลิกรัม วิตามินบี1 1,500 มิลลิกรัม วิตามินบี2 5,500 มิลลิกรัม วิตามินบี6 2,000 มิลลิกรัม วิตามินบี12 10 มิลลิกรัม กรดนิโคตินิก 25,000 มิลลิกรัม ดี-แคลเซียมแพนโททิเนต 12,000 มิลลิกรัม กรดโฟลิก 500 มิลลิกรัม ไบโอติน 120 มิลลิกรัม แมงกานีส 80 กรัม สังกะสี 60 กรัม เหล็ก 40 กรัม ทองแดง 8 กรัม ไอโอดีน 0.05 กรัม โคบอน 0.10 กรัม ซีลีเนียม 0.10 กรัม และเติมสื่อจนครบ 1 กิโลกรัม

[2] ค่าภายในวงเล็บเป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมี

[3] ราคาอาหารอ้างอิงจากราคาของวัตถุดิบในปี พ.ศ. 2552

วิธีการ

1. แผนการทดลอง

จัดกลุ่มการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) จำนวน 7 ซ้ำ โดยปัจจัยที่พิจารณาคือ อิทธิพลของอาหารทดลองที่แตกต่างกัน 8 สูตร

2. การจัดการสัตว์ทดลอง

เลี้ยงไก่กระทงอายุ 1 วัน ที่ได้รับการสเปรย์วัคซีน ND+IB (newcastle disease and avian infectious bronchitis) จากโรงฟัก ในโรงเรือนระบบปิด โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 28 องศาเซลเซียส แบ่งไก่กระทงออกเป็น 8 กลุ่มๆ ละ 7 ซ้ำๆ ละ 25 ตัว ที่ความหนาแน่น 0.12 ตารางเมตรต่อตัว ไก่ได้รับแสงสว่างเป็นเวลา 23 ชั่วโมงต่อวัน ได้รับน้ำผ่านระบบอัตโนมัติแบบน้ำหยด และได้รับอาหารอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 42 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การบันทึกผลและเก็บตัวอย่าง

การบันทึกผลและเก็บตัวอย่างได้แก่ สมรรถภาพการผลิต ปริมาณซาก และการเก็บตัวอย่างเลือด ทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

4. การวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์ทางเคมีได้แก่ การวิเคราะห์โภชนะในอาหารทดลอง ค่าทางเคมีในเลือด (ไตรกลีเซอร์ไรด์ กรดยูริก โปรตีนทั้งหมด อัลบูมิน และโกลบูลิน) ปริมาณน้ำ โปรตีน และไขมันทั้งหมดในตับทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

5. การหาค่าความต้องการกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ

นำข้อมูลด้านสมรรถภาพการผลิตและปริมาณซาก มาวิเคราะห์หาค่าความต้องการกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบในอาหาร ตามวิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบพื้นผิวตอบสนอง (response surface regression) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติโดยพิจารณาจากข้อมูลที่มีการตอบสนองต่อการเพิ่มระดับ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง แบบเส้นโค้ง quadratic ($P<0.05$) มาวิเคราะห์เพื่อสร้างสมการทำนายและหาค่าความต้องการกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ (TSAA) ในอาหารที่ทำให้ไก่กระทงมีผลตอบสนองสูงสุดหรือต่ำสุด

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย General linear model (GLM) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากทดลองโดยวิธีของ Tukey-Kramer ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ และมีแบบหุ่นทางสถิติดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Y_{ij} = ค่าสังเกตุจากทรีทเมนต์ที่ i ซ้ำที่ j

μ = ค่าเฉลี่ยรวม

τ_i = อิทธิพลของทรีทเมนต์ที่ i

เมื่อ i = 1 คือ สูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองไม่เสริม DLM มีปริมาณ TSAA ในอาหารเท่ากับ 61% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์

2 คือ สูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองเสริม DLM มีปริมาณ TSAA ในอาหารเท่ากับ 100% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์

3 คือ สูตร LCF-มันสำปะหลัง ไม่เสริม DLM มีปริมาณ TSAA ในอาหารเท่ากับ 61% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์

4 คือ สูตร LCF-มันสำปะหลัง เสริม DLM มีปริมาณ TSAA ในอาหารเท่ากับ 84% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์ (แนะนำโดย NRC, 1994)

5 คือ สูตร LCF-มันสำปะหลัง เสริม DLM มีปริมาณ TSAA ในอาหารเท่ากับ 100% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์

6 คือ สูตร LCF-มันสำปะหลัง เสริม DLM มีปริมาณ TSAA ในอาหารเท่ากับ 105% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์

7 คือ สูตร LCF-มันสำปะหลัง เสริม DLM มีปริมาณ TSAA ในอาหารเท่ากับ 110% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์

8 คือ สูตร LCF-มันสำปะหลัง เสริม DLM มีปริมาณ TSAA ในอาหารเท่ากับ 115% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์

ε_{ij} = ความคลาดเคลื่อนสุ่ม โดยที่ $\varepsilon_{ij} \sim NID(0, \sigma^2)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 3 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและค่าการย่อยได้ปรากฏของโปรตีน ในลำไส้เล็กส่วนปลายของไก่กระทงที่ใช้สูตรอาหาร LCF-มันสำปะหลัง

อุปกรณ์

1. สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่กระทงเพศผู้อายุ 35 วัน พันธุ์ Ross 308 จำนวน 16 ตัว

2. โรงเรือน

ใช้โรงเรือนแบบเปิด พร้อมระบบไฟให้แสงสว่างโดยให้ไก่กระทงได้รับแสง 23 ชั่วโมงต่อวัน ภายในโรงเรือนมีกรงเมแทบอลิซึมจำนวน 16 กรง แต่ละกรงมีขนาด (กว้าง×ยาว×สูง) เท่ากับ 42×87×45 เซนติเมตร ใช้เลี้ยงไก่กระทง 1 ตัวต่อกรง ในแต่ละกรงติดตั้งรางอาหารด้านหน้าขนาด 4 นิ้ว มีกระบอกให้น้ำด้านหลังปริมาตร 500 มิลลิลิตร และมีถาดรองรับมูลใต้พื้นกรง

3. อาหารทดลอง

ใช้อาหารทดลองที่มีปริมาณโภชนะเท่ากับอาหารทดลองระยะรุ่น (22-42 วัน) ในการทดลองที่ 2 ผสมสารบ่งชี้โครมิกซ์ออกไซด์ (Cr_2O_3) ซึ่งไม่ถูกย่อยและดูดซึมในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ปริมาณ 0.50% ในอาหารทดลอง

วิธีการ

1. แผนการทดลอง

จัดกลุ่มทดลองแบบ 2×2 แฟคตอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (2×2 factorial experiments in completely randomized design) จำนวน 4 ซ้ำ โดยมีปัจจัยหลัก คือ 1. ชนิดของสูตรอาหาร (ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง และ LCF-มันสำปะหลัง) 2. ระดับ TSAA ในอาหาร (61 และ 100% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การจัดการสัตว์ทดลอง

เลี้ยงไก่กระทงอายุ 1 วัน ที่ได้รับการสเปรย์วัคซีน ND+IB (newcastle disease and avian infectious bronchitis) จากโรงฟัก ในโรงเรือนแบบเปิดซึ่งให้อาหารและน้ำเต็มที่ (*ad libitum*) เมื่อไก่กระทงอายุได้ 35 วัน จะทำการคัดเลือกไก่ที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันมาเลี้ยงบนกรงแยกเดี่ยวจนสัตว์สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมและระบบการให้อาหารที่เปลี่ยนไป และทำการให้อาหารทดลองที่ยังไม่ผสมสารบ่งชี้เป็นเวลา 4 วันเพื่อให้ไก่คุ้นเคยกับสูตรอาหารใหม่และขับอาหารเก่าออกจากระบบทางเดินอาหาร จากนั้นเมื่อไก่กระทงอายุ 39 วัน จึงเริ่มให้อาหารทดลองที่ผสมสารบ่งชี้โครมิกซ์ออกไซด์เป็นเวลา 3 วัน และในแต่ละวันไก่กระทงจะได้รับอาหารประมาณ 80% (ดัดแปลงจากบุญล้อม, 2541) ของความต้องการตามสายพันธุ์โดยแบ่งให้วันละ 2 ครั้ง เวลา 9.00 น. และ 17.00 น ตามลำดับ จนไก่มีอายุ 42 วันจึงทำการเก็บตัวอย่างสิ่งย่อย (digesta) ภายในลำไส้เล็กส่วนปลาย (ileum)

3. การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ทางเคมี

3.1 การเก็บตัวอย่าง

ทำการเจาะเลือดไก่กระทงที่อายุ 42 วัน เพื่อวิเคราะห์ปริมาณกรดยูริก และโปรตีนรวมในเลือดเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 และ 2 และให้อาหารที่ผสมสารบ่งชี้ก่อนทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 6 ชั่วโมง จึงนำไก่มาฆ่าโดยวิธี asphyxiation เปิดซากและทำการเก็บสิ่งย่อยในส่วนลำไส้เล็กตอนปลาย โดยเก็บสิ่งย่อยเฉพาะช่วงหลัง diverticulum ลงไป 5 เซนติเมตร จนถึงตำแหน่งก่อนท่อร่วมระหว่างลำไส้เล็กและซีกั่ม 5 เซนติเมตร นำสิ่งย่อยที่ได้ใส่ขวดเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส (Kluth and Rodehutscord, 2009) เพื่อนำไปวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

3.2 การวิเคราะห์คาร์บอน ไฮโดรเจน และไนโตรเจน

นำตัวอย่างสิ่งย่อยไปทำให้แห้งโดยวิธีเยือกแข็ง (freeze-drying) เพื่อป้องกันการสูญเสียไนโตรเจนและบดตัวอย่างให้ละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร สุ่มตัวอย่างที่ผ่านการบดแล้วประมาณ 0.15-0.25 กรัม ใส่กระดาษชั่งเฉพาะสำหรับวิเคราะห์ (Part No. 502-186 tin foil cup) ด้วยวิธี combustion method (Model TruSpec CHN, LECO Corporation, Michigan, USA) ดัดแปลงจาก Huang *et al*. (2006)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 การวิเคราะห์โครมิกซ์ออกไซด์

นำตัวอย่างที่ผ่านการทำให้แห้งและบดจนละเอียดแล้วมาวิเคราะห์หาปริมาณโครมิกซ์ ออกไซด์ดัดแปลงจากวิธีของ Bolin *et al.* (1952) และ Furukawa and Tsukahara (1966) คำนวณค่าสัมประสิทธ์การย่อยได้ (digestibility coefficient) ของโภชนะในลำไส้เล็กตอนปลาย โดยใช้สมการ

$$\text{การย่อยได้ปรากฏ (\%)} = 100 - 100 \left\{ \frac{\text{\% โครมิกซ์ออกไซด์ในอาหาร} \times \text{\% โปรตีนในสิ่งย่อย}}{\text{\% โครมิกซ์ออกไซด์ในสิ่งย่อย} \times \text{\% โปรตีนในอาหาร}} \right\}$$

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย General linear model (GLM) ตามการทดลองแบบแฟคตอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและค่าการย่อยได้ของโปรตีนในลำไส้ส่วนปลาย โดยวิธีของ Tukey-Kramer และเปรียบเทียบผลของกรดยูริก และโปรตีนรวมในเลือด โดยวิธี T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α = 0.05) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ และมีแบบหุ่นทางสถิติดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = ค่าสังเกตของปัจจัยชนิดสูตรอาหารที่ i ปัจจัยระดับ TSAAในอาหารที่ j และการทำซ้ำที่ k

μ = ค่าเฉลี่ยรวม

τ_i = อิทธิพลของปัจจัยชนิดสูตรอาหารที่ i (i; ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง, LCF-มันสำปะหลัง)

β_j = อิทธิพลของปัจจัยระดับ TSAA ในอาหารที่ j (j; 61, 100 % ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์)

$(\tau\beta)_{ij}$ = อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยชนิดสูตรอาหารที่ i และปัจจัยระดับ TSAA ในอาหารที่ j

ε_{ijk} = ความคลาดเคลื่อนสุ่ม โดยที่ $\varepsilon_{ijk} \sim NID(0, \sigma^2)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานที่ทำการวิจัย

1. ฟาร์มไก่หลวงสุวรรณวาจกกสิกิจ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ

2. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ และห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ

3. ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ

ระยะเวลาในการวิจัย

ระยะเวลาทำการวิจัยเริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2551 และสิ้นสุดการวิจัยเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้มันสำปะหลังประกอบสูตรอาหารไก่กระทงและทำให้ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไก่กระทงลดลงโดยไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต

2. ทราบระดับความต้องการ TSAA ในอาหารไก่กระทงที่ใช้มันสำปะหลังเพื่อลดต้นทุนค่าอาหาร และให้สมรรถภาพการผลิตในแต่ละด้านดีที่สุด

แหล่งทุนสนับสนุน

1. ได้รับงบประมาณการสนับสนุนจากภาคเอกชน โดยบริษัท SUMITMO CHEMICAL CO., LTD. JAPAN

2. ศูนย์วิทยาการขั้นสูงเพื่อเกษตรและอาหาร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 การใช้มันสำปะหลังและข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานและแหล่งเมทไธโอนีน ในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต ปริมาณซาก องค์ประกอบทางเคมีของตับ ค่าทางเคมีในเลือด และจุลินทรีย์ในลำไส้ของไก่กระทง

1. สมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง

1.1 สมรรถภาพการผลิตช่วง 1-21 วัน (ระยะเล็ก)

ผลของแหล่งวัตถุดิบพลังงานและการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนทั้ง 2 แหล่ง ในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงช่วง 1-21 วัน แสดงในตารางที่ 11 พบอิทธิร่วมระหว่างแหล่งวัตถุดิบพลังงานและแหล่งเมทไธโอนีนต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยไก่กลุ่มที่ใช้มันสำปะหลังและไม่ได้รับการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารมีสมรรถภาพการผลิตต่ำสุด การเสริมเมทไธโอนีนทั้งสองชนิด (DLM หรือ LMA) ในอาหาร ทำให้สมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมเมทไธโอนีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ไม่พบความแตกต่างระหว่างแหล่งเมทไธโอนีนเมื่อใช้ในอาหารที่มีข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง แต่การเสริมเมทไธโอนีนชนิด LMA ในอาหารที่ใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวและต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ดีกว่าการเสริมเมทไธโอนีนชนิด DLM (P<0.05) อย่างไรก็ตามการใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารทำให้ไก่กระทงมีปริมาณอาหารที่กินสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

1.2 สมรรถภาพการผลิตช่วง 22-42 วัน (ระยะรุ่น)

อิทธิพลของอาหารทดลองต่อสมรรถภาพการผลิตช่วง 22-42 วัน แสดงในตารางที่ 12 พบอิทธิพลร่วมของวัตถุดิบพลังงานและการเสริมเมทไธโอนีนทั้ง 2 แหล่งในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยพบว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเสริมแหล่งเมทไธโอนีนทั้ง 2 แหล่งทำให้สมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมเมทไธโอนีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และไม่พบความแตกต่างกันของแหล่งเมทไธโอนีนที่ใช้เสริมในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทง อย่างไรก็ตามการใช้มันสำปะหลังทำให้ไก่กระทงมีปริมาณอาหารที่กินมากกว่ากลุ่มที่ใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในไก่กลุ่มที่ใช้มันสำปะหลังสูงกว่าไก่กลุ่มที่ใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

1.3 สมรรถภาพการผลิตช่วง 1-42 วัน (ตลอดการทดลอง)

เมื่อพิจารณาผลของสมรรถภาพการผลิตตลอดการทดลองช่วง 1-42 วัน (ตารางที่ 13) พบว่า อิทธิพลระหว่างแหล่งวัตถุดิบพลังงานและการเสริมเมทไธโอนีนทั้ง 2 แหล่งในอาหารทำให้สมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงแตกต่างกัน (P<0.05) โดยไก่กลุ่มที่ใช้มันสำปะหลังและไม่ได้รับการเสริมเมทไธโอนีนมีสมรรถภาพการผลิตต่ำสุด และการเสริมเมทไธโอนีนทั้ง 2 แหล่งทำให้สมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงสูงขึ้น (P<0.05) และไม่พบความแตกต่างของแหล่งเมทไธโอนีนในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทง อย่างไรก็ตามไก่กลุ่มที่ใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานมีปริมาณอาหารที่กินสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ข้าวโพด จึงทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวและต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม สูงกว่าการใช้ข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นอกจากนี้การเสริมแหล่งเมทไธโอนีนชนิด LMA ในอาหารทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการเสริมเมทไธโอนีนชนิด DLM ประมาณ 0.56 และ 0.77 บาท ในอาหารที่มีข้าวโพดและมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 ผลของอาหารทดลองต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทงที่อายุ 1-21 วัน

เมทไธโอนีน (MS)	แหล่งพลังงาน (ES)			*P*-value			SEM[1]
	ข้าวโพด	มันสำปะหลัง	เฉลี่ย	ES	MS	ES×MS	
	น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)						
NON	655.93^{Y}	608.15^{Z}	632.04				
DLM	724.21^{X}	698.90^{X}	711.55	< 0.01	< 0.01	0.01	6.45
LMA	719.82^{X}	722.85^{X}	721.33				
เฉลี่ย	699.98	676.63	688.31				
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)						
NON	31.23^{Y}	28.96^{Z}	30.10				
DLM	34.48^{X}	33.28^{X}	33.88	< 0.01	< 0.01	0.01	0.31
LMA	34.28^{X}	34.42^{X}	34.35				
เฉลี่ย	33.33	32.22	32.78				
	ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว)						
NON	1003.11	1012.70	1007.90^{b}				
DLM	1018.91	1054.26	1036.59^{a}	< 0.01	< 0.01	0.16	3.47
LMA	1022.22	1039.56	1030.89^{a}				
เฉลี่ย	1014.74^{B}	1035.51^{A}	1025.13				
	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว						
NON	1.53^{Y}	1.67^{X}	1.60				
DLM	1.41^{Z}	1.51^{XY}	1.46	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01
LMA	1.42^{Z}	1.44^{Z}	1.43				
เฉลี่ย	1.45	1.54	1.49				
	ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (บาท)						
NON	20.00^{XY}	20.71^{X}	20.36				
DLM	19.44^{YZ}	20.04^{XY}	19.74	0.20	< 0.01	0.01	0.12
LMA	19.47^{YZ}	18.90^{Z}	19.19				
เฉลี่ย	19.62	19.88	19.76				

หมายเหตุ [1] SEM คือ Standard error of the mean

X, Y และ Z อักษรต่างกันในแถวนอนและแถวตั้งแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

a และ b อักษรต่างกันในแต่ละแถวตั้งแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

A และ B อักษรต่างกันในแต่ละแถวนอนแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 ผลของอาหารทดลองต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงที่อายุ 22-42 วัน

เมทไธโอนีน (MS)	แหล่งพลังงาน (ES)			*P*-value			SEM[1]
	ข้าวโพด	มันสำปะหลัง	เฉลี่ย	ES	MS	ES×MS	
	น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)						
NON	1616.05^{Y}	1452.87^{Z}	1534.47				
DLM	1840.76^{X}	1866.57^{X}	1853.66	0.02	< 0.01	< 0.01	24.28
LMA	1904.41^{X}	1886.12^{X}	1895.27				
เฉลี่ย	1787.07	1735.19	1761.13				
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)						
NON	76.95^{Y}	69.18^{Z}	73.07				
DLM	87.65^{X}	88.88^{X}	88.27	0.02	< 0.01	< 0.01	1.16
LMA	90.69^{X}	89.81^{X}	90.25				
เฉลี่ย	85.10	82.63	83.86				
	ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว)						
NON	3052.58^{Z}	3071.41^{Z}	3061.99				
DLM	3158.52^{Z}	3395.28^{Y}	3276.90	< 0.01	< 0.01	0.04	24.31
LMA	3170.22^{Z}	3367.25^{Y}	3268.74				
เฉลี่ย	3127.11	3277.98	3202.54				
	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว						
NON	1.89^{X}	2.11^{W}	2.00				
DLM	1.72^{YZ}	1.82^{X}	1.77	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.02
LMA	1.67^{Z}	1.79^{XY}	1.73				
เฉลี่ย	1.75	1.90	1.83				
	ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (บาท)						
NON	23.43	24.70	24.06^{a}				
DLM	22.28	22.53	22.40^{b}	< 0.01	< 0.01	0.08	0.17
LMA	21.48	21.93	21.70^{c}				
เฉลี่ย	22.40^{B}	23.05^{A}	22.72				

หมายเหตุ [1] SEM คือ Standard error of the mean

$^{W,\ X,\ Y}$ และ ^{Z} อักษรต่างกันในแถวนอนและแถวตั้งแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

$^{a,\ b}$ และ ^{c} อักษรต่างกันในแต่ละแถวตั้งแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{A} และ ^{B} อักษรต่างกันในแต่ละแถวนอนแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 ผลของอาหารทดลองต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงที่อายุ 1-42 วัน

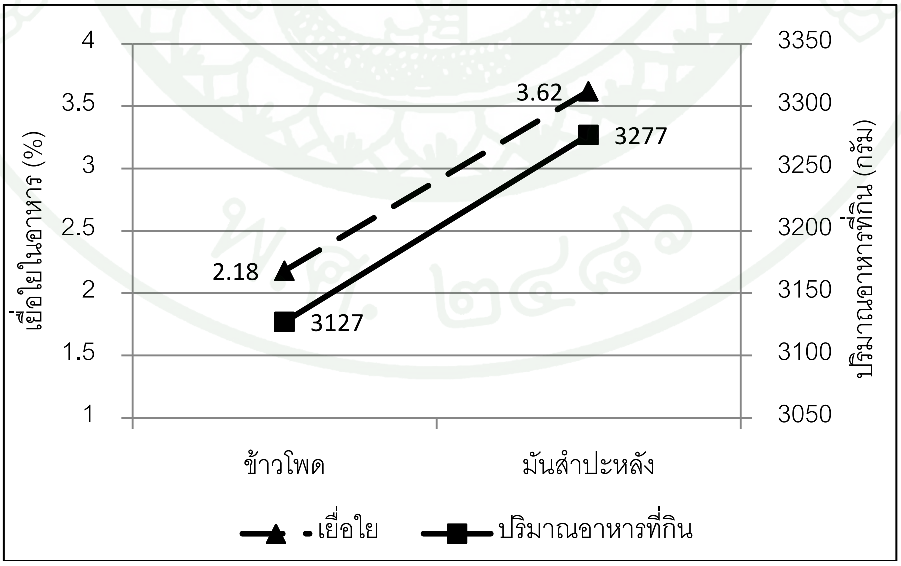
เมทไธโอนีน (MS)	แหล่งพลังงาน (ES)			*P*-value			SEM[1]
	ข้าวโพด	มันสำปะหลัง	เฉลี่ย	ES	MS	ES×MS	
	น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)						
NON	2271.98^{Y}	2061.04^{Z}	2166.51				
DLM	2564.97^{X}	2565.47^{X}	2565.22	< 0.01	< 0.01	< 0.01	29.83
LMA	2624.24^{X}	2608.97^{X}	2616.60				
เฉลี่ย	2487.06	2411.83	2449.44				
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)						
NON	54.09^{Y}	49.07^{Z}	51.58				
DLM	61.07^{X}	61.08^{X}	61.08	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.71
LMA	62.48^{X}	62.12^{X}	62.30				
เฉลี่ย	59.22	57.42	58.32				
	ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว)						
NON	4055.68^{Z}	4084.12^{Z}	4069.90				
DLM	4177.43^{Z}	4449.54^{Y}	4313.49	< 0.01	< 0.01	0.03	26.56
LMA	4192.44^{Z}	4406.81^{Y}	4299.63				
เฉลี่ย	4141.85	4313.49	4227.67				
	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว						
NON	1.79^{W}	1.98^{V}	1.88				
DLM	1.63^{YZ}	1.74^{WX}	1.68	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.02
LMA	1.60^{Z}	1.69^{XY}	1.64				
เฉลี่ย	1.67	1.80	1.74				
	ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (บาท)						
NON	22.43^{X}	23.52^{W}	22.97				
DLM	21.48^{YZ}	21.85^{XY}	21.66	< 0.01	< 0.01	0.04	0.23
LMA	20.92^{Z}	21.08^{YZ}	21.00				
เฉลี่ย	21.61	22.15	21.88				

หมายเหตุ [1] SEM คือ Standard error of the mean

$^{V, W, X, Y \text{ และ } Z}$ อักษรต่างกันในแถวนอนและแถวตั้งแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ไก่กระทงสามารถใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานในอาหารร่วมกับการเสริมแหล่งเมทไธโอนีนสังเคราะห์ได้โดยไม่ทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทงแตกต่างกันในทุกช่วงการทดลอง อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวกลับพบว่า การใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานมีประสิทธิภาพด้อยกว่าการใช้ข้าวโพด เนื่องจากไก่กลุ่มที่ใช้มันสำปะหลังมีปริมาณอาหารที่กินสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ข้าวโพด การเพิ่มปริมาณการกินอาหารของไก่ที่ใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานอาจเกิดจาก ระดับเยื่อใยที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร โดยพบว่า ระดับเยื่อใยในอาหารที่ใช้มันสำปะหลังสูงกว่าการใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานประมาณ 65% (3.62 VS 2.18%) (ภาพที่ 4) ซึ่งอาจทำให้ค่าการย่อยได้ของอาหารต่ำลง ส่งผลให้ไก่กระทงกินอาหารเพิ่มขึ้นเพื่อทำให้ร่างกายได้รับปริมาณโภชนะที่เพียงพอต่อความต้องการ (Adema *et al.* 2007) โดย Mourão *et al.* (2008) และ González *et al.* (2010) กล่าวว่าอาหารที่มีระดับเยื่อใยสูงทำให้ไก่กระทงกินอาหารมากขึ้น เนื่องจากปริมาณเยื่อใยที่เพิ่มขึ้นทำให้อาหารมีอัตราการไหล (passage rate) ภายในระบบทางเดินอาหารเร็วขึ้น และค่าการย่อยได้ของโภชนะและพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารลดลง ดังนั้นการใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารไก่กระทงจึงต้องคำนึงถึงระดับเยื่อใยที่เพิ่มขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสมรรถภาพการผลิตโดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่ด้อยลง



ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ของระดับเยื่อใยในอาหารและปริมาณอาหารที่กินของไก่กระทงระยะรุ่นช่วง 22-42 วัน

การขาดเมทไธโอนีนในอาหารทำให้ไก่กระทงมีสมรรถภาพการผลิตลดลงอย่างชัดเจน และเป็นผลมาจากความไม่สมดุลของกรดอะมิโนในอาหาร เพราะการขาดเมทไธโอนีนทำให้สัดส่วนกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบต่อไลซีน (TSAA:Lysine) ในอาหารลดลง และเมื่อไก่กระทงได้รับอาหารที่มีกรดอะมิโนไม่สมดุลเข้าสู่ร่างกาย รูปแบบและสัดส่วนของกรดอะมิโนในเลือดจะเปลี่ยนแปลง ซึ่งกระทบต่อความอยากกินอาหารของไก่กระทง อีกทั้งร่างกายไม่สามารถใช้ประโยชน์จากกรดอะมิโนที่ไม่สมดุลในอาหารได้ ทำให้ไก่กระทงกินอาหารลดลงและมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ (Gietzen, 1993) เช่นเดียวกับ Harper and Roger (1965) ที่พบว่าหลังจากสัตว์ได้รับอาหารที่มีกรดอะมิโนไม่สมดุล ความอยากกินอาหารจะลดลงภายใน 4-6 ชั่วโมง ทำให้การเจริญเติบโตของสัตว์ต่ำ สอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่า ไก่กระทงที่ได้รับอาหารไม่เสริมเมทไธโอนีนมีปริมาณอาหารที่กินและการเจริญเติบโตต่ำ และเมื่อเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหารทำให้สัดส่วน TSAA:Lysine ในอาหารเพิ่มขึ้นจาก 0.41 เป็น 0.75 ในอาหารระยะเล็กและจาก 0.43 เป็น 0.76 ในอาหารระยะรุ่น ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ใกล้เคียงกับคำแนะนำของ NRC (1994) ทำให้ไก่กระทงมีสมรรถภาพการผลิตดีขึ้น เช่นเดียวกับ Powell *et al*. (2009) ที่พบว่าการเพิ่มสัดส่วน TSAA:Lysine ในอาหารจาก 0.51 เป็น 0.76 ทำให้ไก่กระทงมีอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น

การทดลองครั้งนี้คำนวณประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ (bioefficacy, W/W) ของ LMA ที่ 88% ของ DLM ซึ่งไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมแหล่งเมทไธโอนีนทั้ง 2 ชนิด มีสมรรถภาพการผลิตไม่แตกต่างกัน จึงสามารถสรุปได้ว่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของเมทไธโอนีนชนิด LMA ที่ทำให้ไก่กระทงมีสมรรถภาพการผลิตในระดับเดียวกับ DLM มีค่าไม่ต่ำกว่า 88% (W/W) สอดคล้องกับ Bunchasak and Keawarun (2006) ที่กล่าวว่ากรดอะมิโนเมทไธโอนีนชนิด LMA มีค่าประสิทธิภาพมากกว่า 80% เมื่อเทียบกับ DLM เพื่อทำให้สมรรถภาพการเจริญเติบโตอยู่ในระดับเดียวกัน อย่างไรก็ตามหากเปรียบเทียบต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวกลับพบว่าการเสริมเมทไธโอนีนชนิด LMA ในอาหารไก่กระทงทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่ำกว่าการเสริมเมทไธโอนีนชนิด DLM ทั้งในอาหารสูตรข้าวโพดและสูตรมันสำปะหลัง เนื่องจากเมทไธโอนีนชนิด LMA มักมีราคาถูกกว่าเมทไธโอนีนชนิด DLM และเมื่อใช้ประกอบสูตรอาหารจึงทำให้ราคาอาหารลดลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ปริมาณซากของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน

ผลของแหล่งวัตถุดิบพลังงานในอาหารและการเสริมเมทไธโอนีนทั้ง 2 แหล่งต่อปริมาณซากไก่กระทงที่อายุ 42 วัน แสดงในตารางที่ 14 ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างแหล่งพลังงานและการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารต่อปริมาณซากของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน และเมื่อพิจารณาในแต่ละปัจจัยหลักพบว่า การได้รับแหล่งพลังงานที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณซากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยไก่กลุ่มที่ได้รับข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานในอาหารมี เปอร์เซ็นต์ซาก ปริมาณเนื้อหน้าอก และปีก (% ของน้ำหนักมีชีวิต) มากกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหาร (P<0.05) อย่างไรก็ตามการเสริมเมทไธโอนีนทั้งชนิด DLM หรือ LMA ในอาหารไม่ทำให้ปริมาณซากของไก่กระทงแตกต่างกัน แต่การเสริมเมทไธโอนีนทำให้ไก่กระทงมีเปอร์เซ็นต์ซาก ปริมาณเนื้อหน้าอก และปีก สูงกว่าไก่กลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมเมทไธโอนีน (P<0.05)

แม้ว่าน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน ในกลุ่มที่ใช้มันสำปะหลังหรือข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานร่วมกับการเสริมแหล่งเมทไธโอนีนในอาหารไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่การใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานทำให้ไก่กระทงมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ปริมาณซาก และปริมาณเนื้อหน้าอกสูงกว่าการใช้มันสำปะหลัง ผลดังกล่าวอาจเกิดจากประสิทธิภาพการสังเคราะห์โปรตีนในร่างกายเมื่อได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดและมันสำปะหลังแตกต่างกัน จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ข้าวโพดและมันสำปะหลังมีอัตราการย่อยและปลดปล่อยสารอาหารแตกต่างกันในแต่ละส่วนของลำไส้เล็ก โดยการย่อยข้าวโพดเกิดขึ้นต่อเนื่องอย่างช้าๆ เมื่อเปรียบเทียบกับมันสำปะหลังที่มีการย่อยอย่างรวดเร็วในลำไส้เล็กส่วนต้น (Weurding *et al.*, 2001) เช่นเดียวกับ Enting *et al.* (2008) ที่กล่าวว่าการย่อยแป้งข้าวโพดในลำไส้ของไก่กระทงเกิดขึ้นแบบช้าๆ และต่อเนื่อง (slowly digestible starch, SDS) แต่แป้งมันสำปะหลังมีการย่อยได้เร็วในลำไส้เล็กส่วนต้น (rapidly digestible starch, RDS) ซึ่งความแตกต่างของอัตราการย่อยในลำไส้อาจส่งผลให้ระดับกลูโคสในกระแสเลือดมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกัน โดยมันสำปะหลังมีการย่อยแบบ RDS ทำให้ระดับกลูโคสในกระแสเลือดเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็ว ขณะที่ข้าวโพดมีการย่อยแบบ SDS ทำให้การเพิ่มระดับกลูโคสในกระแสเลือดค่อนข้างคงที่ และจากความสัมพันธ์ระหว่างไกลซิมิกอินเด็ก (glycemic index) กับ อินซูลินนิมิกอินเด็ก (insulinemic index) ในร่างกายทำให้การเปลี่ยนแปลงระดับกลูโคสในเลือดมีผลโดยตรงต่อการหลั่งฮอร์โมนอินซูลิน (Björck *et al.*, 2000) ซึ่งกระตุ้นการขนส่งและการนำกรดอะมิโนเข้าสู่เซลล์เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน (Fox, 1996) ดังนั้นการใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทำให้ร่างกายมีระดับอินซูลินค่อนข้างคงที่เป็นระยะเวลานานกว่าการใช้มันสำปะหลัง จึงอาจจะส่งเสริมประสิทธิภาพการสังเคราะห์โปรตีนในร่างกายได้ดีกว่า อีกทั้งอาหารที่ใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานมีเยื่อใยต่ำจึงมีการย่อยได้สูง สัตว์จึงได้รับโปรตีนจากอาหารเพิ่มขึ้นซึ่งอาจทำให้ร่างกายสังเคราะห์และสะสมโปรตีนสูง

นอกจากอิทธิพลของแหล่งพลังงานในอาหารต่อความแตกต่างกันของปริมาณซาก การเสริมเมทไธโอนีนในอาหารยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ปริมาณซากและปริมาณเนื้อหน้าอกของไก่กระทงแตกต่างกัน โดยไก่กระทงที่ได้รับอาหารขาดเมทไธโอนีนมีปริมาณเนื้อหน้าอกลดลง 21.59 และ 22.17% เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการเสริมแหล่งเมทไธโอนีนชนิด DLM และLMA ในอาหาร การลดลงของปริมาณเนื้อหน้าอกคิดเป็นสัดส่วนสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับกล้ามเนื้อส่วนอื่นๆ ของร่างกาย เนื่องจากโปรตีนและกรดอะมิโนในอาหารมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนโครงสร้าง (Furlan *et al.*, 2004) ซึ่ง Moran (1994) ให้เหตุผลว่าการสร้างกล้ามเนื้อในไก่กระทงโดยเฉพาะกล้ามเนื้อหน้าอกสันนอก (pectoralis major) ได้รับอิทธิพลโดยตรงจากกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหารมากกว่ากล้ามเนื้อส่วนอื่นๆ

3. ปริมาณไขมันช่องท้อง น้ำหนักตับ และองค์ประกอบทางเคมีของตับไก่กระทง

ผลของแหล่งวัตถุดิบพลังงานในอาหารและการเสริมเมทไธโอนีนทั้ง 2 แหล่งต่อไขมันช่องท้อง น้ำหนักตับ และองค์ประกอบทางเคมีของตับไก่กระทงแสดงในตารางที่ 15 พบว่าการใช้แหล่งวัตถุดิบพลังงานที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณไขมันช่องท้อง แต่การเสริมเมทไธโอนีนในอาหารทำให้ไก่กระทงมีการสะสมไขมันช่องท้องต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมเมทไธโอนีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และการเสริมเมทไธโอนีนทั้ง 2 แหล่งไม่ทำให้ปริมาณไขมันช่องท้องของไก่กระทงแตกต่างกัน

ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างแหล่งวัตถุดิบพลังงานกับการเสริมแหล่งเมทไธโอนีนทั้ง 2 ชนิดในอาหารต่อน้ำหนักตับ และองค์ประกอบทางเคมีของตับไก่กระทงที่อายุ 42 วัน แต่พบอิทธิของแหล่งพลังงานในอาหารต่อความแตกต่างกันของน้ำหนักตับไก่กระทง โดยพบว่าไก่กลุ่มที่ได้รับมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานมีน้ำหนักตับสูงกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และการเสริมแหล่งเมทไธโอนีนชนิด LMA ทำให้น้ำหนักตับของไก่กระทงต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมเมทไธโอนีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำ โปรตีน และไขมัน ในตับของไก่กระทงแสดงในตารางที่ 15 พบว่า แหล่งวัตถุดิบพลังงานและการเสริมแหล่งเมทไธโอนีนทั้ง 2 ชนิด ในอาหารไม่ทำให้องค์ประกอบทางเคมีของตับไก่กระทงที่อายุ 42 วัน แตกต่างกันทางสถิติ โดยในการทดลองครั้งนี้มีค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำ โปรตีน และปริมาณไขมันในตับเท่ากับ 72.63 18.14 และ 7.54% ของน้ำหนักตับ

ไก่กระทงมีการสะสมไขมันในช่องท้องสูงขึ้น เมื่อได้รับอาหารขาดเมทไธโอนีน เพราะกรดอะมิโนเมทไธโอนีนทำหน้าที่เติมหมู่เมทิล (methylation) ให้กับสารชีวโมเลกุลในกระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมัน เช่น S-Adenosyl-methionine (SAM) phosphatidylcholine และ carnitine (Devlin, 1997) ดังนั้นเมื่อร่างกายขาดเมทไธโอนีนทำให้ปริมาณ SAM ลดลง และกระบวนการ methylation ถูกยับยั้ง ส่งผลให้การใช้ประโยชน์ของไขมันในร่างกายลดลงและการสะสมไขมันจึงเพิ่มขึ้น จากรายงานของ Albino *et al.* (1999); Gorman and Balnave (1995); Edwin (1994) และ Hickling *et al.* (1990) พบว่าการเสริมเมทไธโอนีน และการเพิ่มระดับ TSAA ในอาหารทำให้ไกกระทงมีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้นและลดการสะสมไขมันช่องท้องลง เช่นเดียวกับผลการทดลองนี้ที่พบว่า เมื่อไก่กระทงได้รับอาหารเสริมแหล่งเมทไธโอนีนตามระดับความต้องการของร่างกายทำให้การสะสมไขมันช่องท้องลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมเมทไธโอนีน โดยลดลงจาก 2.58% เป็น 1.96 และ 2.05% (% ของน้ำหนักมีชีวิต) ในการเสริมเมทไธโอนีนชนิด DLM และ LMA ในอาหารตามลำดับ

การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตับไก่กระทงที่ใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานยังไม่ทราบสาเหตุที่ชัดเจน แต่มีข้อสันนิฐานว่าอาจเกิดจากมันสำปะหลังมีการย่อยได้เร็วในระบบทางเดินอาหารและข้อมูลจากการศึกษาการย่อยได้ด้วยเทคนิค in vitro พบว่า 72% ของแป้งมันสำปะหลังจะถูกย่อยได้ภายใน 25 นาที ขณะที่แป้งข้าวโพดมีการย่อยได้เพียง 29% (Weurding *et al.*, 2001) การใช้มันสำปะหลังจึงทำให้ระดับกลูโคสในเลือดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ร่างกายจึงต้องเปลี่ยนกลูโคสส่วนเกินเป็นไกลโคเจนสะสมที่ตับ (Weideman *et al*, 2012) และเมื่อมันสำปะหลังถูกย่อยหมดระดับกลูโคสที่ลดลงจะกระตุ้นให้ตับเปลี่ยนไกลโคเจนที่สะสมไว้เป็นกลูโคสเพื่อรักษาระดับกลูโคสในกระแสเลือด ดังนั้นการที่ตับต้องทำหน้าเพิ่มขึ้นเพื่อรักษาระดับกลูโคสผ่านกระบวนการเปลี่ยนไกลโคเจนที่สะสมในตับ จึงอาจทำให้น้ำหนักตับของไก่กระทงกลุ่มที่ใช้มันสำปะหลังมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานในอาหาร นอกจากนี้การเสริมเมทไธโอนีนชนิด DLM หรือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

LMA ในอาหารทำให้น้ำหนักตับของไก่กระทงลดลง เนื่องจากเมทไธโอนีนเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ไขมันในตับ โดย Bunchasak *et al.* (1997) รายงานว่าการเสริม เมทไธโอนีนและซีสตีนในอาหารทำให้ไตรกลีเซอร์ไรด์ในตับลดลง ฟอสฟอลิปิดสูงขึ้น สอดคล้องกับผลของไขมันในตับที่ลดลงเมื่อเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหาร

4. ค่าทางเคมีในเลือด และปริมาณจุลินทรีย์ในลำไส้

ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างแหล่งวัตถุดิบพลังงานและการเสริมเมทไธโอนีนทั้ง 2 แหล่งในอาหารต่อปริมาณกรดยูริก โปรตีนรวม อัลบูมิน โกลบูลิน และไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน เมื่อพิจารณาอิทธิพลหลักของแต่ละปัจจัยพบว่า แหล่งพลังงานในอาหารมีผลต่อค่าทางเคมีในเลือด โดยไก่กระทงที่ใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานมีค่าโปรตีนรวม อัลบูมิน โกลบูลิน และไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดสูงกว่าไก่กลุ่มที่ใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่การเสริมแหล่งเมทไธโอนีนทั้ง 2 ชนิดในอาหารไม่ทำให้ค่าทางเคมีในเลือดแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการเสริมแหล่งเมทไธโอนีนทั้ง 2 ชนิด ทำให้ค่าโปรตีนรวม อัลบูมิน และโกลบูลินในเลือด สูงกว่าไก่กลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมเมทไธโอนีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (แสดงในตารางที่ 16)

ผลของปริมาณจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนซีกั่ม แสดงในตารางที่ 17 พบว่าแหล่งวัตถุดิบพลังงานและการเสริมแหล่งเมทไธโอนีนทั้ง 2 ชนิดในอาหารไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์กลุ่มแลกติก และเชื้อ อี. โคไล ในลำไส้ส่วนซีกั่มของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อ อี. โคไล เท่ากับ 7.82 $\log_{10}$ CFU/มิลลิลิตร และมีจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มแลกติกเฉลี่ยเท่ากับ 8.47 $\log_{10}$ CFU/มิลลิลิตร

Corzo *et al.* (2009) พบว่าการเสริมกรดอะมิโนสังเคราะห์ในอาหารไก่กระทงทำให้ระดับโปรตีนรวมและอัลบูมินในเลือดสูงขึ้น สอดคล้องกับผลการทดลองนี้ที่พบว่า ไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมแหล่งเมทไธโอนีนมีระดับโปรตีนรวม อัลบูมิน และโกลบูลินในเลือดสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารขาดเมทไธโอนีน เช่นเดียวกับ Zhang and Guo (2008) ที่รายงานว่า การเสริมเมทไธโอนีนในอาหารไก่กระทงเพื่อปรับสมดุลของกรดอะมิโนทำให้ระดับโปรตีนรวมในเลือดเพิ่มขึ้น Bunchasak *et al.* (2005) กล่าวว่าโปรตีนรวม อัลบูมิน และโกลบูลินในเลือดของสัตว์ปีกเป็นดัชนีชี้วัดภาวะทางโภชนาการของสัตว์ ซึ่งตอบสนองโดยตรงต่อปริมาณและคุณภาพของโปรตีน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในอาหาร (Eggum, 1989 and Tewe, 1985) ดังนั้นการเสริมเมทไธโอนีนจึงทำให้อาหารมีคุณภาพโปรตีนดีขึ้น นอกจากนี้ไก่กลุ่มที่ใช้มันสำปะหลังมีระดับโปรตีนรวม อัลบูมิน และโกลบูลินในเลือดสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงาน อาจเกิดจากคุณภาพโปรตีนในอาหาร ซึ่งอาหารสูตรมันสำปะหลังมีใช้กากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารให้เพียงพอต่อความต้องการ โดยในการทดลองครั้งนี้อาหารสูตรมันสำปะหลังมีการใช้กากถั่วเหลืองมากกว่าอาหารสูตรข้าวโพดประมาณ 7-8% ในสูตรอาหาร ซึ่ง สาโรจน์ (2547) กล่าวว่า โปรตีนจากกากถั่วเหลืองเป็นโปรตีนจากพืชที่มีคุณภาพดีที่สุด และมีอัตราส่วนของกรดอะมิโนใกล้เคียงกับโปรตีนในตัวสัตว์ และร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงถึง 92% ดังนั้นการใช้กากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นจึงอาจทำให้ร่างกายได้รับโปรตีนคุณภาพดี และทำให้ระดับโปรตีนรวม อัลบูมิน และโกลบูลินในเลือดสูงขึ้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของโปรตีนรวม และอัลบูมินในเลือดมีความสัมพันธ์กับความต้องการโปรตีนของร่างกายเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต โดย Corzo *et al.* (2005) รายงานว่าไก่กระทงที่มีน้ำหนักตัวสูงจะมีระดับโปรตีนรวมในเลือดมากกว่าไก่ที่มีน้ำหนักตัวต่ำ เนื่องจากร่างกายต้องการโปรตีนปริมาณมากสำหรับสร้างกล้ามเนื้อและรักษาระดับการหมุนเวียนโปรตีนในร่างกาย (protein turnover) เช่นเดียวกับการทดลองครั้งนี้ที่ไก่กลุ่มที่มีน้ำหนักตัวสูงจะมีปริมาณโปรตีนรวม อัลบูมิน และโกลบูลินในเลือดเพิ่มขึ้น

สุวรรณา (2548) รายงานผลการใช้มันสำปะหลังในอาหารไก่กระทงต่อปริมาณจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนซีกั่ม พบว่าไก่กลุ่มที่ใช้มันสำปะหลังมีปริมาณเชื้อ อี.โคไล น้อยกว่า และมีจุลินทรีย์กลุ่มแลกติกมากกว่าไก่กลุ่มที่ใช้ข้าวโพด โดยอธิบายว่าการย่อยมันสำปะหลังทำให้เกิดน้ำตาลสูง ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มแลกติกใช้เป็นอาหารเพื่อการเจริญเติบโตและเกิดการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค (เชื้อ อี.โคไล) แตกต่างจากการทดลองครั้งนี้ที่พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ อี.โคไล และจุลินทรีย์กลุ่มแลกติกในลำไส้ส่วนซีกั่มของไก่กระทง ที่ใช้มันสำปะหลังหรือข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานร่วมกับการเสริมแหล่งเมทไธโอนีนทั้ง 2 ชนิด (DLM และ LMA) ไม่มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับ Dahiya *et al.* (2007) ที่รายงานว่าการเสริมเมทไธโอนีนชนิด DLM หรือ MHA-FA ในอาหารไก่กระทงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์กลุ่มแลกติกและอี.โคไลในลำไส้ส่วนซีกั่ม ผลที่แตกต่างกันอาจเกิดจากการทดลองครั้งนี้ไก่กระทงได้รับการจัดการด้านอาหาร สุขภาพ และสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างดี ทำให้ความแตกต่างของปริมาณจุลินทรีย์ในร่างกายมีน้อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 ผลของอาหารทดลองต่อปริมาณซากไก่กระทงที่อายุ 42 วัน

เมทไธโอนีน (MS)	แหล่งพลังงาน (ES)			*P*-value			SEM[1]
	ข้าวโพด	มันสำปะหลัง	เฉลี่ย	ES	MS	ES×MS	
	เปอร์เซ็นต์ซาก (% ของน้ำหนักมีชีวิต)						
NON	78.38	76.95	77.66[b]				
DLM	80.43	78.99	79.71[a]	< 0.01	< 0.01	0.39	0.20
LMA	80.31	79.85	80.08[a]				
เฉลี่ย	79.70[A]	78.60[B]	79.15				
	เนื้อหน้าอก (% ของน้ำหนักมีชีวิต)						
NON	15.63	15.13	15.38[b]				
DLM	19.09	18.31	18.70[a]	< 0.01	< 0.01	0.74	0.16
LMA	19.25	18.32	18.79[a]				
เฉลี่ย	17.99[A]	17.25[B]	17.62				
	ปีก (% ของน้ำหนักมีชีวิต)						
NON	7.55	7.30	7.42[b]				
DLM	7.81	7.49	7.65[a]	< 0.01	< 0.01	0.06	0.03
LMA	7.67	7.62	7.65[a]				
เฉลี่ย	7.68[A]	7.47[B]	7.57				
	สะโพก (% ของน้ำหนักมีชีวิต)						
NON	12.83	12.79	12.81				
DLM	12.80	12.58	12.69	0.36	0.70	0.89	0.08
LMA	12.75	12.55	12.65				
เฉลี่ย	12.79	12.64	12.72				
	น่อง (% ของน้ำหนักมีชีวิต)						
NON	9.99	9.61	9.80				
DLM	10.00	9.91	9.96	0.64	0.49	0.06	0.06
LMA	9.76	10.09	9.93				
เฉลี่ย	9.92	9.87	9.89				

หมายเหตุ [1] SEM คือ Standard error of the mean

[a และ b] อักษรต่างกันในแต่ละแถวตั้งแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[A และ B] อักษรต่างกันในแต่ละแถวนอนแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ผลต่อปริมาณไขมันช่องท้องและองค์ประกอบทางเคมีของตับไก่กระทงที่อายุ 42 วัน

เมทไธโอนีน (MS)	แหล่งพลังงาน (ES)			*P*-value			SEM[1]
	ข้าวโพด	มันสำปะหลัง	เฉลี่ย	ES	MS	ES×MS	
			ไขมันช่องท้อง (% ของน้ำหนักมีชีวิต)				
NON	2.45	2.72	2.58[a]				
DLM	1.96	1.96	1.96[b]	0.06	< 0.01	0.36	0.05
LMA	1.98	2.12	2.05[b]				
เฉลี่ย	2.13	2.27	2.18				
			น้ำหนักตับ (% ของน้ำหนักมีชีวิต)				
NON	2.69	2.97	2.83[a]				
DLM	2.50	2.95	2.73[ab]	< 0.01	< 0.01	0.43	0.04
LMA	2.41	2.81	2.61[b]				
เฉลี่ย	2.53[B]	2.91[A]	2.72				
			น้ำ (% ของน้ำหนักตับ)				
NON	72.48	72.81	72.64				
DLM	72.59	72.34	72.47	0.39	0.70	0.27	0.15
LMA	73.20	72.34	72.77				
เฉลี่ย	72.75	72.50	72.63				
			โปรตีน (% ของน้ำหนักตับ)				
NON	17.39	18.54	17.96				
DLM	18.31	18.37	18.34	0.01	0.47	0.20	0.13
LMA	17.79	18.47	18.12				
เฉลี่ย	17.83	18.46	18.14				
			ไขมัน (% ของน้ำหนักตับ)				
NON	8.75	6.69	7.72				
DLM	7.40	7.78	7.59	0.10	0.66	0.02	0.19
LMA	7.41	7.23	7.32				
เฉลี่ย	7.85	7.23	7.54				

หมายเหตุ [1] SEM คือ Standard error of the mean

[a และ b] อักษรต่างกันในแต่ละแถวตั้งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[A และ B] อักษรต่างกันในแต่ละแถวนอนมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 ผลของอาหารทดลองต่อค่าทางเคมีในเลือดของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน

เมทไธโอนีน (MS)	แหล่งพลังงาน (ES)			*P*-value			SEM[1]
	ข้าวโพด	มันสำปะหลัง	เฉลี่ย	ES	MS	ES×MS	
			กรดยูริก (mg/dl)				
NON	4.28	4.26	4.27				
DLM	4.39	3.89	4.14	0.31	0.35	0.79	0.15
LMA	3.95	3.55	3.75				
เฉลี่ย	4.21	3.90	4.06				
			โปรตีนรวม(g/dl)				
NON	2.91	3.18	3.05[b]				
DLM	3.16	3.62	3.39[a]	< 0.01	< 0.01	0.42	0.05
LMA	3.37	3.58	3.48[a]				
เฉลี่ย	3.15[B]	3.46[A]	3.30				
			อัลบูมิน (g/dl)				
NON	1.48	1.51	1.49[b]				
DLM	1.56	1.79	1.68[a]	< 0.01	< 0.01	0.06	0.02
LMA	1.69	1.77	1.73[a]				
เฉลี่ย	1.58[B]	1.69[A]	1.63				
			โกลบูลิน (g/dl)				
NON	1.44	1.67	1.55[b]				
DLM	1.60	1.83	1.71[ab]	< 0.01	0.02	0.73	0.03
LMA	1.68	1.82	1.75[a]				
เฉลี่ย	1.57[B]	1.77[A]	1.67				
			ไตรกลีเซอร์ไรด์ (mg/dl)				
NON	127.78	156.89	142.33				
DLM	132.30	134.96	133.63	0.01	0.41	0.15	2.94
LMA	133.83	145.78	139.80				
เฉลี่ย	131.30[B]	145.88[A]	138.67				

หมายเหตุ [1] SEM คือ Standard error of the mean

[a และ b] อักษรต่างกันในแต่ละแถวตั้งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[A และ B] อักษรต่างกันในแต่ละแถวนอนมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 ผลของอาหารทดลองต่อปริมาณจุลินทรีย์ในลำไส้ของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน

เมทไธโอนีน (MS)	แหล่งพลังงาน (ES)			*P*-value			SEM[1]
	ข้าวโพด	มันสำปะหลัง	เฉลี่ย	ES	MS	ES×MS	
	เชื้อ *E. coli* ($\log_{10}$ CFU/มิลลิลิตร)						
NON	7.71	7.97	7.84				
DLM	7.84	7.77	7.81	0.45	0.96	0.58	0.06
LMA	7.75	7.84	7.79				
เฉลี่ย	7.77	7.86	7.82				
	เชื้อ *Lactobacillus* spp. ($\log_{10}$ CFU/มิลลิลิตร)						
NON	8.68	8.37	8.53				
DLM	8.29	8.34	8.31	0.12	0.05	0.28	0.05
LMA	8.66	8.50	8.58				
เฉลี่ย	8.54	8.41	8.47				

หมายเหตุ [1] SEM คือ Standard error of the mean

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 2 ศึกษาความต้องการกรดอะมิโนที่มีกำมะถันในอาหารไก่กระทงที่คำนวณแบบ least-cost formulation (LCF) โดยใช้มันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบ

1. ผลต่อต้นทุนค่าอาหาร

ราคาอาหารไก่กระทงจากการคำนวณด้วยวิธี LCF โดยใช้มันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบ (LCF-มันสำปะหลัง) แสดงในตารางที่ 18 การทดลองครั้งนี้กำหนดให้ใช้มันสำปะหลังได้ไม่เกิน 25% ในการคำนวณอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง พบว่า อาหารไก่กระทงระยะเล็กและระยะรุ่น มีการใช้มันสำปะหลังเท่ากับ 20.23 และ 22.73% ในสูตรอาหาร โดยมีปริมาณโภชนะตรงตามข้อกำหนดของความต้องการ และทำให้ราคาอาหารต่ำสุด เมื่อทำการเปรียบเทียบราคาอาหารในสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลือง กับอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ที่ระดับ TSAA เท่ากับ 100% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์ พบว่า การใช้มันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบในอาหารทำให้ราคาอาหารลดลง 0.50 บาท/กิโลกรัม ทั้งในอาหารระยะเล็กและระยะรุ่น

ตารางที่ 18 ต้นทุนค่าอาหารไก่กระทงระยะเล็กและระยะรุ่นจากการคำนวณ

ระดับ TSAA	ราคาอาหาร[1] (บาท/กิโลกรัม)	
(% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์)	ระยะเล็ก (1-21 วัน)	ระยะรุ่น (22-42 วัน)
ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง		
61	10.88	10.69
100	11.33	11.06
LCF-มันสำปะหลัง (ปริมาณมันสำปะหลังในสูตร)	*20.23 %*	*22.73 %*
61	10.36	10.20
84	10.64	10.30
100	10.83	10.55
105	10.89	10.60
110	10.95	10.66
115	11.01	10.71

หมายเหตุ [1] ราคาข้าวโพด มันสำปะหลัง และกากถั่วเหลืองอ้างอิงในปี พ.ศ. 2552 เท่ากับ 7.30 3.90 และ 15.90 บาท ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การประกอบสูตรอาหารสัตว์ทางการค้าต้องใช้วิธีคำนวณแบบ least-cost formulation (LCF) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อทำให้ได้โภชนะตามต้องการและราคาต่ำสุดโดยใช้วัตถุดิบหลายชนิดร่วมกัน เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 ที่คำนวณสูตรอาหารแบบ LCF โดยใช้มันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร ซึ่งหากพิจารณาเฉพาะปริมาณโภชนะและระดับราคาของมันสำปะหลังที่ไม่เกิน 65% ของราคาข้าวโพด การคำนวณแบบ LCF จะเลือกใช้มันสำปะหลังแทนการใช้ข้าวโพดในการประกอบสูตรอาหาร แต่จากผลการทดลองที่ 1 แสดงให้เห็นว่าการใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดทั้งหมดทำให้ไก่กระทงมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวด้อยลง และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม สูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากไก่กลุ่มที่ใช้มันสำปะหลังมีการกินอาหารสูง ดังนั้นการใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารไก่กระทงจึงต้องใช้ในระดับที่เหมาะสม สอดคล้องกับผลการศึกษาในอดีตที่พบว่า การใช้มันสำปะหลังมากกว่า 30% ในสูตรอาหาร ทำให้สมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงลดลง (Khajarern and Khajarern, 1985; Tewe and Egbunike, 1988; Tiémoko, 1988; Oyebimpe *et al*., 2006) ด้วยเหตุนี้การทดลองที่ 2 จึงกำหนดระดับการใช้มันสำปะหลังในการคำนวณสูตรอาหารด้วยวิธี LCF ไม่เกิน 25% ซึ่งทำให้ราคาอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ต่ำกว่าอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองประมาณ 0.50 บาท/กิโลกรัม หรือลดลงประมาณ 4.6% ขณะที่มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณและคุณภาพโปรตีนต่ำ แต่มีเยื่อใยสูง จึงอาจส่งผลต่อความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นในอาหารโดยเฉพาะกรดอะมิโนกลุ่มกำมะถัน ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงกำหนดระดับ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ตั้งแต่ 61 ถึง 115% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์เพื่อหาค่าความต้องการ TSAA ในสูตรอาหารที่มีมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบ

2. สมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง

2.1 สมรรถภาพการผลิตและความต้องการ TSAA ช่วง 1-21 วัน (ระยะเล็ก)

ผลการศึกษาระดับ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงช่วง 1-21 วัน แสดงในตารางที่ 19 พบว่า ปริมาณอาหารที่กินในทุกกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับ TSAA ในอาหารระดับ 61% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์พบว่า การใช้อาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองทำให้ไก่กระทงมีสมรรถภาพการผลิตสูงกว่ากลุ่มที่ใช้อาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง (P<0.01)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และการเพิ่มระดับ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง และอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลือง จาก 61 เป็น 100% ของความต้องการ ทำให้สมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) อีกทั้งไม่พบความแตกต่างกันของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวระหว่างไก่กลุ่มที่ใช้อาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง และกลุ่มที่ใช้อาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองที่มีระดับ TSAA เท่ากับ 100% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์ อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มระดับ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง มากกว่า 100% ของความต้องการ ไม่ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตของไก่กระทงดีขึ้น แต่ทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม สูงขึ้น และการเพิ่มระดับ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง จาก 61 เป็น 115% ของความต้องการทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม มีการตอบสนองเป็นแบบเส้นโค้ง quadratic (P<0.01)

การวิเคราะห์การถดถอยโดยวิธีพื้นผิวตอบสนองต่อสมรรถภาพการผลิตช่วง 1-21 วัน ในไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง และมีการเปลี่ยนแปลงต่อการเพิ่มระดับ TSAA เป็นแบบเส้นโค้ง quadratic (P<0.05) และพบว่าความต้องการ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง เพื่อทำให้ไก่กระทงมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ดีที่สุด มีค่าเท่ากับ 103.72 103.72 105.91และ 97.62% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 20

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 ผลของอาหารทดลองต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทงที่อายุ 1-21 วัน

ระดับ TSAA (% ของความต้องการตามสายพันธุ์)	น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (บาท)
ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง					
61	782.08^{B}	37.24^{B}	1081.57	1.39^{B}	15.07^{A}
100	842.51^{A}	40.12^{A}	1066.51	1.27^{D}	14.34^{B}
LCF-มันสำปะหลัง					
61	731.35^{C}	34.82^{C}	1059.86	1.45^{A}	15.02^{A}
84	798.99^{AB}	38.05^{AB}	1056.22	1.32^{C}	14.07^{B}
100	828.16^{AB}	39.44^{AB}	1057.73	1.28^{CD}	13.84^{B}
105	819.06^{AB}	39.00^{AB}	1058.26	1.29^{CD}	14.07^{B}
110	816.29^{AB}	38.87^{AB}	1053.53	1.29^{CD}	14.14^{B}
115	815.82^{AB}	38.85^{AB}	1045.66	1.28^{CD}	14.12^{B}
SEM[1]	6.43	0.31	3.17	0.01	0.08
ANOVA (*P*-value)	<0.01	<0.01	0.26	<0.01	<0.01
Linear regression	<0.01	<0.01	0.32	<0.01	<0.01
Quadratic regression	<0.01	<0.01	0.51	<0.01	<0.01

หมายเหตุ [1] SEM คือ Standard error of the mean

A, B, C และ D อักษรต่างกันในแต่ละแถวตั้งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 สมการถดถอยและความต้องการ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทงช่วง 1-21 วัน

รายการ	สมการ[1]	R^2	CV (%)	ความต้องการ TSAA (%)[2]
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	$287.38 + 10.30(TSAA) - 4.96E^{-02}(TSAA^2)$	0.67	3.01	103.72[3]
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	$13.66 + 0.49(TSAA) - 2.31E^{-03}(TSAA^2)$	0.67	3.01	103.72[3]
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	$2.21 - 1.75E^{-02}(TSAA) + 8.24E^{-05}(TSAA^2)$	0.82	2.22	105.91[4]
ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (บาท)	$21.74 - 0.16(TSAA) + 8.21E^{-04}(TSAA^2)$	0.62	2.19	97.62[4]

หมายเหตุ [1] สมการทำนายสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงต่อระดับ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง

[2] ความต้องการ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง (% ของความต้องการ TSAA ที่แนะนำโดยสายพันธุ์) ที่จุดหยุดนิ่ง (stationary point)

[3] ระดับ TSAA ในอาหารที่ทำให้ผลตอบสนองสูงสุด (stationary point is a maximum)

[4] ระดับ TSAA ในอาหารที่ทำให้ผลตอบสนองต่ำสุด (stationary point is a minimum)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 สมรรถภาพการผลิตและความต้องการ TSAA ช่วง 22-42 วัน (ระยะรุ่น)

ผลต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงช่วง 22-42 วัน แสดงในตารางที่ 21 พบว่า สมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองไม่แตกต่างจากไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง เมื่อมีระดับ TSAA ในอาหารเท่ากับ 61% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์ และการเพิ่มระดับ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง และอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองจาก 61 เป็น 100% ของความต้องการ ทำให้สมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างของสมรรถภาพการผลิตระหว่างไก่กลุ่มที่ใช้อาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง และกลุ่มที่ใช้อาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองที่มีระดับ TSAA เท่ากับ 100% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์ การเพิ่มระดับ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง มากกว่า 100% ของความต้องการไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มระดับ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง จาก 61 เป็น 115% ของความต้องการทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม มีการตอบสนองแบบเส้นโค้ง quadratic ($P<0.05$)

ผลการวิเคราะห์การถดถอยโดยวิธีพื้นผิวตอบสนองต่อความต้อง TSAA ในอาหารสูตรสูตร LCF-มันสำปะหลัง ต่อสมรรถภาพการผลิตช่วง 22-42 วัน แสดงในตารางที่ 22 พบว่า ความต้องการ TSAA ในอาหารที่ทำให้ไก่กระทงมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ดีที่สุด มีค่าเท่ากับ 94.31 94.31 94.42 และ 85.44% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 21 ผลของอาหารทดลองต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทงที่อายุ 22-42 วัน

ระดับ TSAA (% ของความต้องการตามสายพันธุ์)	น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (บาท)
ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง					
61	1671.44^{B}	79.59^{B}	3347.55^{C}	2.01^{AB}	21.54
100	1887.67^{A}	89.89^{A}	3555.00^{AB}	1.88^{B}	20.84
LCF-มันสำปะหลัง					
61	1665.82^{B}	79.32^{B}	3428.35^{BC}	2.06^{A}	21.05
84	1747.43^{AB}	83.21^{AB}	3460.43^{BC}	1.98^{AB}	20.40
100	1913.15^{A}	91.10^{A}	3676.80^{A}	1.93^{AB}	20.33
105	1803.53^{AB}	85.88^{AB}	3539.18^{AB}	1.97^{AB}	20.85
110	1796.31^{AB}	84.25^{AB}	3489.20^{ABC}	1.97^{AB}	21.05
115	1754.16^{AB}	83.53^{AB}	3491.69^{ABC}	2.00^{AB}	21.38
SEM[1]	18.37	0.87	19.53	0.01	0.13
ANOVA (*P*-value)	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.20
Linear regression	0.04	0.04	0.09	0.05	0.43
Quadratic regression	0.02	0.02	0.04	0.03	0.01

หมายเหตุ [1] SEM คือ Standard error of the mean

A, B และ C อักษรต่างกันในแต่ละแถวตั้งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 สมการถดถอยและความต้องการ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทงช่วง 22-42 วัน

รายการ	สมการ[1]	R^2	CV (%)	ความต้องการ TSAA (%)[2]
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	$396.96 + 30.44(TSAA) - 0.16(TSAA^2)$	0.24	6.29	94.31[3]
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	$18.88 + 1.45(TSAA) - 7.69E^{-03}(TSAA^2)$	0.24	6.29	94.31[3]
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	$2.85 - 1.90E^{-02}(TSAA) + 1.01E^{-04}(TSAA^2)$	0.22	3.68	94.42[4]
ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (บาท)	$29.42 - 0.21(TSAA) + 1.25E^{-03}(TSAA^2)$	0.18	3.71	85.44[4]

หมายเหตุ [1] สมการทำนายสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงต่อระดับ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง

[2] ความต้องการ TSAA ในอาหารสูตร LCF (% ของความต้องการ TSAA ที่แนะนำโดยสายพันธุ์) ที่จุดหยุดนิ่ง (stationary point)

[3] ระดับ TSAA ในอาหารที่ทำให้ผลตอบสนองสูงสุด (stationary point is a maximum)

[4] ระดับ TSAA ในอาหารที่ทำให้ผลตอบสนองต่ำสุด (stationary point is a minimum)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 สมรรถภาพการผลิตและความต้องการ TSAA ช่วง 1-42 วัน (ตลอดระยะการทดลอง)

ผลของสมรรถภาพการผลิตตลอดระยะการทดลอง (1-42 วัน) ดังแสดงในตารางที่ 23 พบว่า ไก่กระทงที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองและไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ที่มีปริมาณ TSAA ในอาหารเท่ากับ 61% ของความต้องการ มีสมรรถภาพการผลิตต่ำสุด และการเพิ่มระดับ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง และอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองจาก 61 เป็น 100% ของความต้องการ ทำให้สมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางยิ่งสถิติ ($P<0.01$) และเป็นระดับที่ทำให้ไก่กระทงมีสมรรถภาพการผลิตสูงสุด อย่างไรก็ตามการเพิ่มระดับ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลังมากกว่า 100% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์ ไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงเพิ่มขึ้น และเมื่อวิเคราะห์ผลตอบสนองต่อการเพิ่มระดับ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง จาก 61 เป็น 115% ของความต้องการพบว่า น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม มีการตอบสนองเป็นแบบเส้นโค้ง quadratic ($P<0.05$)

ค่าความต้องการ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ต่อสมรรถภาพการผลิตตลอดช่วงการทดลอง (1-42 วัน) จากการวิเคราะห์การถดถอยด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนองแสดงในตารางที่ 24 พบว่าค่าความต้องการปริมาณ TSAA ในอาหารที่ทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ดีที่สุดมีค่าเท่ากับ 96.06 96.06 98.78 และ 88.63% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 23 ผลของอาหารทดลองต่อสมรรถภาพการผลิตไก่กระทงที่อายุ 1-42 วัน

ระดับ TSAA (% ของความต้องการตามสายพันธุ์)	น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (บาท)
ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง					
61	2453.52^{BC}	58.42^{BC}	4429.12^{B}	1.81^{AB}	19.44^{A}
100	2730.18^{A}	65.00^{A}	4621.50^{AB}	1.69^{C}	18.84^{AB}
LCF-มันสำปะหลัง					
61	2401.50^{C}	57.18^{C}	4490.25^{B}	1.87^{A}	19.14^{AB}
84	2556.41^{BC}	60.86^{BC}	4527.94^{AB}	1.77^{BC}	18.38^{B}
100	2741.31^{A}	65.27^{A}	4734.53^{A}	1.73^{BC}	18.36^{B}
105	2622.59^{AB}	62.44^{AB}	4597.44^{AB}	1.75^{BC}	18.72^{AB}
110	2589.36^{ABC}	61.65^{ABC}	4541.52^{AB}	1.75^{BC}	18.82^{AB}
115	2569.98^{ABC}	61.19^{ABC}	4537.35^{AB}	1.77^{BC}	19.06^{AB}
SEM[1]	21.18	0.50	19.46	0.01	0.08
ANOVA (*P*-value)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Linear regression	<0.01	<0.01	0.16	<0.01	0.60
Quadratic regression	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01

หมายเหตุ [1] SEM คือ Standard error of the mean

[A, B และ C] อักษรต่างกันในแต่ละแถวตั้งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 24 สมการถดถอยและความต้องการ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ต่อสมรรถภาพการผลิตและปริมาณเนื้อหน้าอกช่วง 1-42 วัน

รายการ	สมการ[1]	R^2	CV (%)	ความต้องการ TSAA (%)[2]
	1-42 วัน			
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	$660.04 + 41.53(TSAA) – 0.22(TSAA^2)$	0.40	4.39	96.06[3]
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย (กรัม/วัน)	$15.74 + 0.99(TSAA) – 5.14E^{-03}(TSAA^2)$	0.40	4.39	96.06[3]
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	$2.62 – 1.76E^{-02}(TSAA) + 8.93E^{-05}(TSAA^2)$	0.53	2.43	98.78[4]
ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (บาท)	$26.70 – 0.19(TSAA) + 1.06E^{-03}(TSAA^2)$	0.31	2.44	88.63[4]
ปริมาณเนื้อหน้าอก (% ของน้ำหนักตัวมีชีวิต)	$5.65 – 0.36(TSAA) + 1.71E^{-03}(TSAA^2)$	0.48	5.84	106.68[3]

หมายเหตุ [1] สมการทำนายสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงต่อระดับ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง

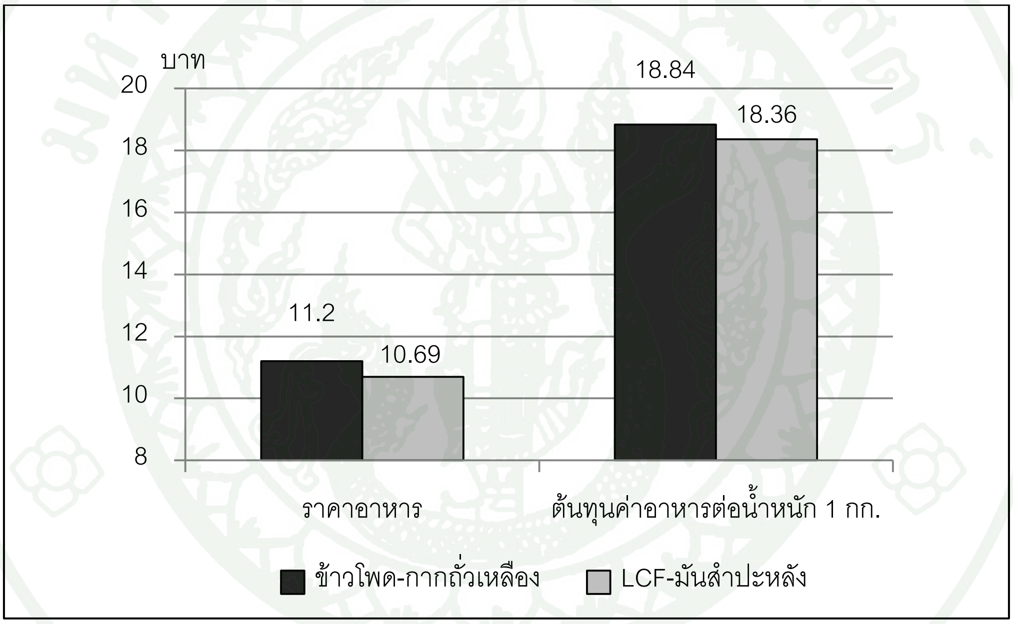
[2] ความต้องการ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง (% ของความต้องการ TSAA ที่แนะนำโดยสายพันธุ์) ที่จุดหยุดนิ่ง (stationary point)

[3] ระดับ TSAA ในอาหารที่ทำให้ผลตอบสนองสูงสุด (stationary point is a maximum)

[4] ระดับ TSAA ในอาหารที่ทำให้ผลตอบสนองต่ำสุด (stationary point is a minimum)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไก่กระทงที่ได้รับอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลังและอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองที่มีระดับ TSAA ในอาหารเท่ากับ 100% ตามความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน แต่การใช้อาหารสูตร LCF-มันสำปะหลังทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ช่วง 1-42 วัน ต่ำกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองประมาณ 48 สตางค์ หรือคิดเป็น 1.30 บาทต่อตัว (เมื่อคำนวณน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน เท่ากับ 2700 กรัม) ดังนั้นการคำนวณสูตรอาหารแบบ LCF ที่ใช้มันสำปะหลังไม่เกิน 25% ของสูตรอาหาร ทำให้ราคาอาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ลดลง 4.5% และ 2.5% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับการใช้อาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลือง ดังแสดงในภาพที่ 5

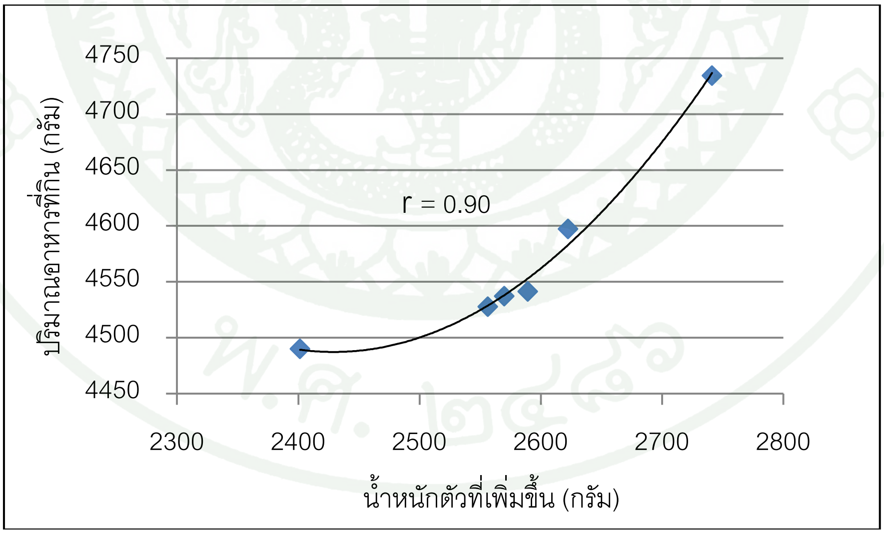


ภาพที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบราคาอาหารและต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่ม 1 กิโลกรัม ของไก่กระทงช่วง 1-42 วัน ที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองและอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง โดยมีระดับ TSAA เท่ากับ 100% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์

ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ที่มีปริมาณ TSAA ในอาหารเท่ากับ 84% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์ (ระดับ TSAA ที่แนะนำโดย NRC 1994) มีสมรรถภาพการผลิตต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับ TSAA ในอาหารเท่ากับ 100% ของความต้องการ อาจเกิดจากความไม่สมดุลของกรดอะมิโนในอาหาร โดยการทดลองครั้งนี้กำหนดค่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นตามคำแนะนำของสายพันธุ์ ซึ่งสูงกว่าระดับที่แนะนำโดย NRC (1994) ทำให้สมดุลของกรดอะมิโนตามสัดส่วน TSAA:Lysine ในอาหารทดลองต่ำลง ซึ่ง NRC (1994) ระบุว่าสัดส่วน TSAA:Lysine ในอาหารไก่กระทงควรมีค่าเท่ากับ 0.82 และ 0.72 สำหรับช่วงอายุ 1-21 วัน และ 22-42 วัน ตามลำดับ ขณะที่อาหารสูตรที่มีระดับ TSAA ตามคำแนะนำของ NRC (1994) (84% ของความต้องการ) มีสัดส่วน TSAA:Lysine เท่ากับ 0.63 และ 0.66 สำหรับช่วงอายุ 1-21 และ 22-42 วัน ตามลำดับ (แสดงในตารางที่ 25) ซึ่ง D'Mello (2003) กล่าวว่าความไม่สมดุลของกรดอะมิโนทำให้สัตว์กินอาหารลดลง และมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำสอดคล้องกับการทดลองครั้งนี้ที่พบว่า ไก่กลุ่มที่ได้รับปริมาณ TSAA ในอาหารเท่ากับ 84% ของความต้องการ มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่ำเนื่องจากกินอาหารลดลง อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มระดับ TSAA ในอาหารจาก 61 และ 84 เป็น 100% ของความต้องการ ทำให้ไก่กระทงกินอาหารเพิ่มขึ้นจาก 4490.25 และ 4527.94 เป็น 4734.53 กรัม (ช่วง 1-42 วัน) และส่งผลให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นประมาณ 14.15 และ 7.23% ลดอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวลง 7.49 และ 2.23% โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณอาหารที่กินกับน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.90 ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอาหารที่กินกับน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทงที่ได้รับอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ตลอดระยะการทดลอง (1-42 วัน)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเพิ่มระดับ TSAA ในอาหารจาก 61 เป็น 100% ของความต้องการ ทำให้สัดส่วน TSAA:Lysine ในอาหารเพิ่มขึ้นจาก 0.45 เป็น 0.75 ในช่วง 1-21 วัน และจาก 0.49 เป็น 0.79 ในช่วง 22-42 วัน (ตารางที่ 25) ซึ่งใกล้เคียงกับสัดส่วนที่แนะนำโดยสายพันธุ์ และการเพิ่มขึ้นของสัดส่วน TSAA:Lysine ทำให้อาหารมีความสมดุลของกรดอะมิโนดีขึ้น ซึ่งช่วยปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง สอดคล้องกับการศึกษาของ Vieira *et al.* (2004) ที่รายงานว่าการเพิ่มสัดส่วน TSAA:Lysine ในอาหารจาก 0.50 เป็น 0.77 ส่งผลให้ไก่กระทงมีการเจริญเติบโตสูงขึ้น และมีการตอบสนองต่อการเพิ่มระดับ TSAA ในอาหารเป็นแบบ non-linear เช่นเดียวกับ Powell *et al.* (2009) ที่พบว่า การเพิ่มสัดส่วน TSAA:Lysine ในอาหารจาก 0.51 เป็น 0.76 ทำให้อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันของไก่กระทงเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มระดับ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง มากกว่า 100% ของความต้องการทำให้สัดส่วน TSAA:Lysine ในอาหารสูงขึ้น แต่ไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่กระทง แสดงให้เห็นว่าสัดส่วน TSAA:Lysine ในอาหารที่เหมาะสมมีผลต่อการเจริญเติบโตของไก่กระทง สอดคล้องกับการศึกษาของ Garlich (1985) และ Bunchasak and Keawarun (2006) ที่รายงานว่าการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนเพื่อปรับระดับ TSAA ในอาหาร ทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นประมาณ 12-28% เมื่อเทียบกับไก่กลุ่มที่ขาด TSAA ในอาหาร

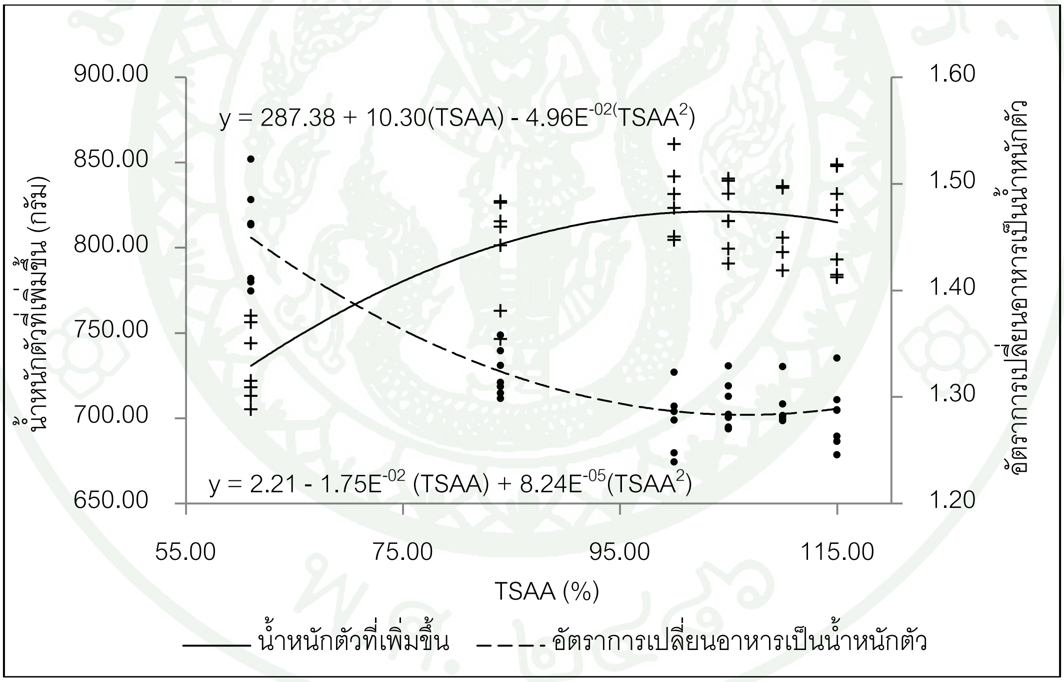
ตารางที่ 25 สัดส่วน TSAA:Lysine ในอาหารทดลอง

ระดับ TSAA ในอาหาร[1] (% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์)	สัดส่วน TSAA:Lysine	
	1-21 วัน	22-42 วัน
61% (ไม่เติมเมทไธโอนีนในอาหาร)	0.45	0.49
84% (ระดับที่แนะนำโดย NRC)	0.63	0.66
100% (ระดับที่แนะนำโดยสายพันธุ์)	0.75	0.79
105%	0.78	0.83
110%	0.83	0.87
115%	0.86	0.91

หมายเหตุ [1] ปริมาณ TSAA ที่ 100% ของความต้องที่แนะนำโดยสายพันธุ์ช่วง 1-21 และ 22-42 วัน มีค่าเท่ากับ 1.07 และ 0.86 % ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

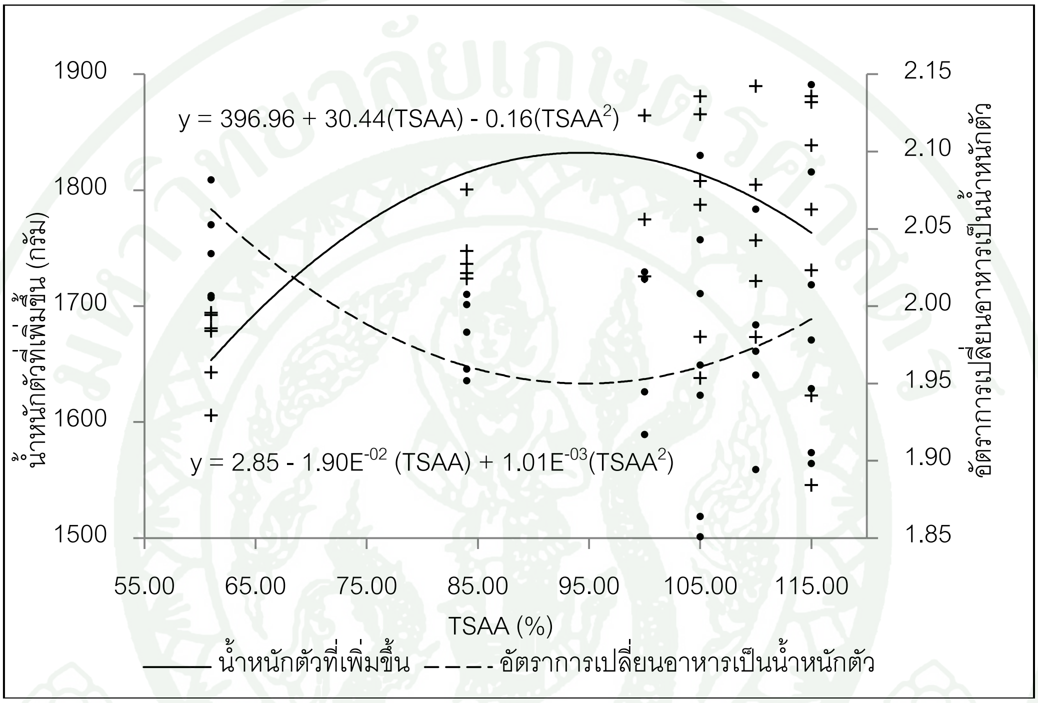
ความต้องการ TSAA ในอาหารสูตร LCF- มันสำปะหลังของไก่กระทงระยะเล็ก (1-21 วัน) ที่ทำให้ไก่กระทงมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดมีค่าสูงกว่าระดับที่แนะนำโดยสายพันธุ์ โดยมีค่าเท่ากับ 103.72% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์ ขณะที่ความต้องการ TSAA เพื่อทำให้ไก่กระทงมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีที่สุดมีค่าเท่ากับ 105.91% (แสดงในภาพที่ 7) สอดคล้องกับรายงานของ Lumpkins *et al.* (2007) ที่พบว่าความต้องการเมทไธโอนีน (TSAA ในอาหาร) เพื่อทำให้ไก่กระทงมีน้ำหนักตัวเพิ่มสูงสุดมีค่าต่ำกว่าความต้องการเพื่อทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวต่ำสุด เช่นเดียวกับการศึกษา ของ Han and Baker, (1994) Mack *et al.* (1999) และ Baker *et al.* (2002) ที่พบว่าค่าความต้องการ Lysine เพื่อเพิ่มน้ำหนักตัวสูงสุดมีค่าต่ำกว่าความต้องการเพื่อทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีที่สุด



ภาพที่ 7 แสดงค่าความต้องการ TSAA ในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่กระทงช่วง 1-21 วัน

ความต้องการ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลังของไก่กระทงระยะรุ่น (22-42 วัน) เพื่อทำให้ไก่กระทงมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีที่สุดมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ต่ำกว่าระดับที่แนะนำโดยสายพันธุ์ประมาณ 5% โดยมีค่าเท่ากับ 94.31 และ

94.42 % ของความต้องการ ตามลำดับ (แสดงในภาพที่ 8) สอดคล้องกับหลายการทดลองที่รายงานในลักษณะเดียวกันว่าความต้องการ TSAA ในอาหารเพื่อทำให้ไก่กระทงมีการเพิ่มน้ำหนักตัวสูงสุดและมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวต่ำสุดไม่แตกต่างกัน (Mendonca and Jensen, 1989; Morris *et al.*,1992 and Huyghebaert and Pack, 1996)

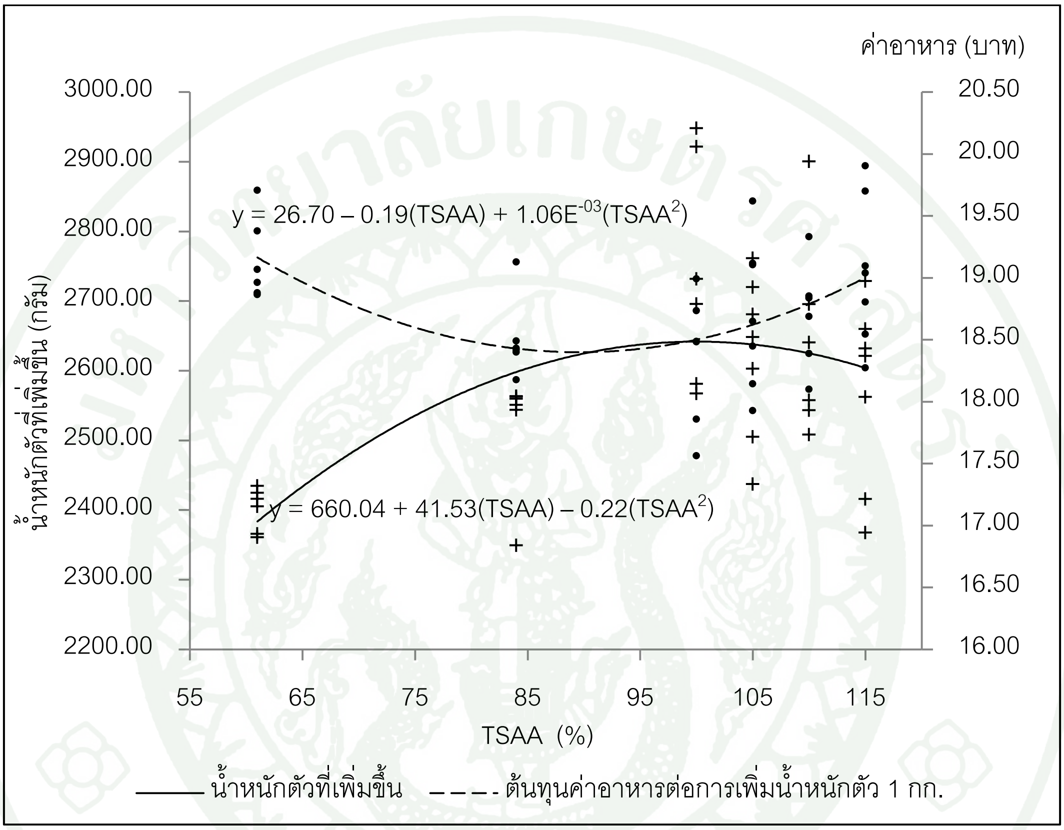


ภาพที่ 8 แสดงค่าความต้องการ TSAA ในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่กระทงช่วง 22-42 วัน

ค่าความต้องการ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลังเพื่อทำให้ไก่กระทงมีการเจริญเติบโตสูงสุดในช่วง 1-21 วัน และในช่วง 22-42 วัน ที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าค่าความต้องการ TSAA ในอาหารไก่กระทงระยะเล็กเพื่อทำให้ไก่กระทงมีการเจริญเติบโตสูงสุดควรมากกว่าระดับที่แนะนำโดยสายพันธุ์ 3-5% แต่สำหรับอาหารไก่กระทงระยะรุ่นสามารถลดระดับ TSAA ในอาหารลงได้ประมาณ 5 % ของคำแนะนำโดยสายพันธุ์โดยไก่กระทงสามารถรักษาระดับการเจริญเติบโตสูงสุดไว้ได้ อย่างไรก็ตามระดับ TSAA ที่ทำให้ไก่มีการเจริญเติบโตสูงสุดนั้นไม่ใช่ระดับที่ทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตต่ำสุด โดยระดับ TSAA ที่ทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 88.63% ซึ่งต่ำกว่าระดับที่แนะนำโดยสายพันธุ์ประมาณ 11% แสดงให้เห็นว่าระดับ TSAA ที่แนะนำโดยสายพันธุ์อาจเหมาะสมสำหรับการผลิตไก่กระทงเพื่อให้มีการเจริญเติบโตสูงสุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แต่หากเป้าหมายของการผลิตไก่กระทงเป็นการผลิตเพื่อให้ได้ผลตอบแทนสูงสุด การลดระดับ TSAA ในอาหารลดประมาณ 5-10% ของคำแนะนำตามสายพันธุ์เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แสดงค่าความต้องการ TSAA ในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน

2. ผลต่อปริมาณซากที่อายุ 42 วัน

ผลของระดับ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ต่อปริมาณซากของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน แสดงในตารางที่ 26 พบว่า ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองที่มีระดับ TSAA ในอาหารเท่ากับ 100% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์ซากสูงสุดโดยมีค่าเท่ากับ 82.45% ของน้ำหนักตัวมีชีวิตและสูงกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณ TSAA เท่ากับ 61% ของความต้องการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เช่นเดียวกับผลของเปอร์เซ็นต์ซากในไก่กลุ่มที่ใช้อาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง โดยพบว่าการเพิ่มระดับ TSAA ใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อาหารจาก 61% เป็น 100% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์ทำให้เปอร์เซ็นต์ซากสูงขึ้น และไม่แตกต่างกับไก่กลุ่มที่ใช้อาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลือง โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 80.64 เป็น 82.30% ของน้ำหนักตัวมีชีวิต อย่างไรก็ตามการเพิ่มระดับ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง จาก 100 เป็น 115% ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์ซากของไก่กระทงเพิ่มขึ้น

ผลของปริมาณ TSAA ในอาหารต่อปริมาณเนื้อหน้าอกพบว่า ไก่กระทงที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองและอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ที่มีปริมาณ TSAA ในอาหารเท่ากับ 100% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์ มีปริมาณเนื้อหน้าอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 26.08 และ 26.09% ของน้ำหนักตัวมีชีวิต ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับ TSAA ในอาหารเท่ากับ 61% ของความต้องการอย่างมีนัยสำคัญทางยิ่งสถิติ (P<0.01) แต่การเพิ่มระดับ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ให้สูงกว่าระดับที่แนะนำโดยสายพันธุ์ไม่ทำให้ปริมาณเนื้อหน้าอกของไก่กระทงเพิ่มขึ้น และผลตอบสนองของปริมาณเนื้อหน้าอกต่อการเพิ่มปริมาณ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง จาก 61 เป็น 115% เป็นแบบเส้นโค้ง quadratic (P<0.05) โดยมีค่าความต้องการ TSAA ในอาหารที่ทำให้ปริมาณเนื้อหน้าอกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 106.68% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์ (ตารางที่ 24)

ระดับ TSAA ในอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองและอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ไม่มีผลต่อปริมาณปีกและไขมันช่องท้องของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน แต่พบว่าไก่กลุ่มที่ได้รับปริมาณ TSAA ในอาหารต่ำ (61% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์) มีปริมาณไขมันช่องท้องสูงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับ TSAA ในอาหารเท่ากับ 100% ของความต้องการ (2.81 VS 2.24% ของน้ำหนักมีชีวิต) นอกจากนี้ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณ TSAA ต่ำ (61%) มีปริมาณซากส่วนสะโพกและน่องเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 26 ผลของอาหารทดลองต่อปริมาณซากไก่กระทงที่อายุ 42 วัน

ระดับ TSAA	ปริมาณซากที่อายุ 42 วัน (% ของน้ำหนักตัวมีชีวิต)					
(% ของความต้องการตามสายพันธุ์)	ปริมาณซาก	เนื้อหน้าอก	ปีก	สะโพก	น่อง	ไขมันช่องท้อง
ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง						
61	81.48^{AB}	22.71^{CD}	10.18	19.01^{A}	14.08^{AB}	2.81
100	82.45^{A}	26.08^{A}	10.12	18.11^{AB}	13.79^{AB}	2.68
LCF-มันสำปะหลัง						
61	80.64^{B}	21.65^{D}	10.20	18.75^{AB}	14.77^{A}	2.81
84	81.27^{AB}	23.68^{BCD}	10.05	18.64^{AB}	14.08^{AB}	2.52
100	82.30^{AB}	26.09^{A}	10.09	18.05^{AB}	13.99^{AB}	2.24
105	81.92^{AB}	25.13^{AB}	10.05	18.14^{AB}	13.80^{AB}	2.39
110	81.97^{AB}	24.34^{ABC}	10.00	18.39^{AB}	13.79^{AB}	2.60
115	81.99^{AB}	25.11^{AB}	10.02	17.92^{B}	13.32^{B}	2.55
SEM	0.15	0.26	0.03	0.08	0.10	0.06
ANOVA (*P*-value)	0.03	<0.01	0.83	<0.01	0.02	0.30
Linear regression	<0.01	<0.01	0.20	<0.01	<0.01	0.19
Quadratic regression	0.48	0.04	0.76	0.75	0.87	0.13

หมายเหตุ [1] SEM คือ Standard error of the mean

$^{A, B, C \text{ และ } D}$ อักษรต่างกันในแต่ละแถวตั้งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

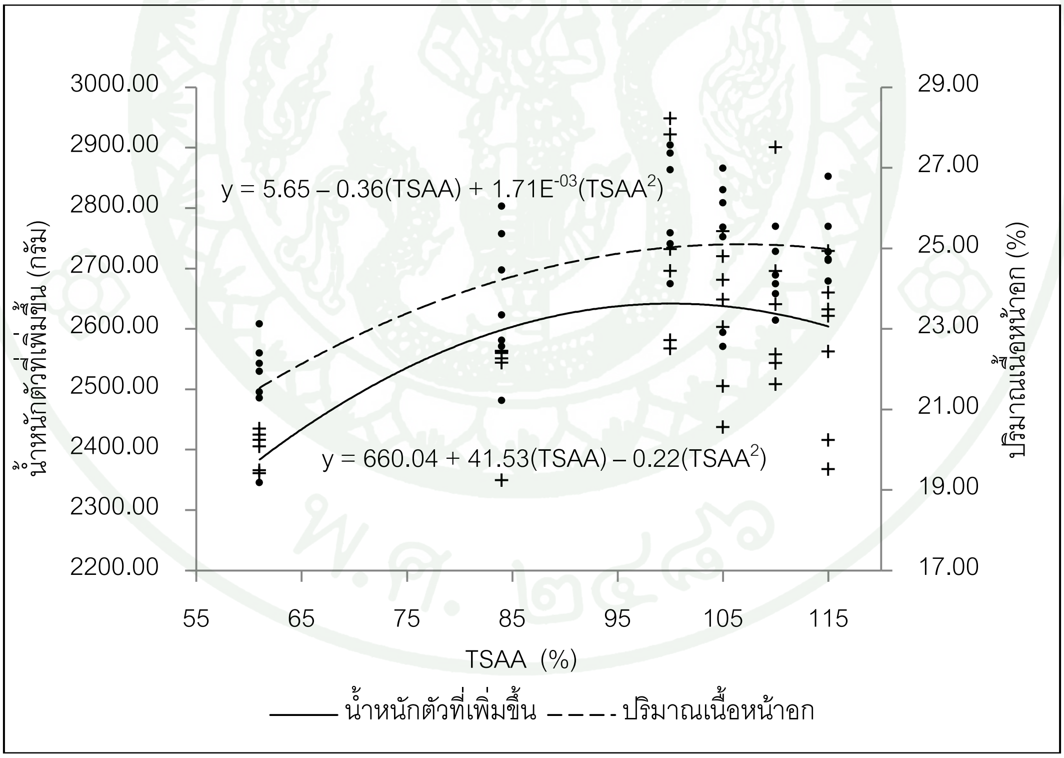
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เนื่องจากปริมาณเนื้อหน้าอกของไก่กระทงมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับอัตราการสังเคราะห์และสะสมโปรตีนในร่างกาย ปริมาณเนื้อหน้าอกจึงเป็นดัชนีที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน (Café and Waldroup 2006) โดย Moran (1994) รายงานว่าไก่กระทงที่ได้รับปริมาณ TSAA ในอาหารไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ทำให้กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนถูกยับยั้ง และส่งผลโดยตรงต่อการสะสมโปรตีนในกล้ามเนื้อหน้าอกสูงเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อส่วนอื่นๆ ของร่างกาย สอดคล้องกับผลการทดลองครั้งนี้ที่พบว่าไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับปริมาณ TSAA ในอาหารที่ระดับ 61% ของความต้องการมีปริมาณเนื้อหน้าอกต่ำกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับปริมาณ TSAA ที่ระดับ 100% ของความต้องการประมาณ 20.50% เช่นเดียวกับ Bunchasak and Keawarun (2006) ที่พบว่า การเสริมเมทไธโอนีนในอาหารไก่กระทงเพื่อเพิ่มปริมาณ TSAA ในอาหาร ทำให้ไก่กระทงมีปริมาณเนื้อหน้าอกเพิ่มขึ้นประมาณ 11% นอกจากนี้การเพิ่มระดับ TSAA ในอาหารยังทำให้ไก่กระทงลดการสะสมไขมันช่องท้องลงเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับอาหารขาด TSAA โดยการทดลองครั้งนี้พบว่า การเพิ่มปริมาณ TSAA ในอาหารจาก 61 เป็น 100% ของความต้องการทำให้การสะสมไขมันช่องท้องลดลง 4.63 และ 20.28% ในอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองและอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ตามลำดับ โดย Bunchasak *et al*. (1998) รายงานว่ากรดอะมิโนเมทไธโอนีน (TSAA) ทำให้การทำงานของเอนไซม์ acetyl-Co A carboxylase และ fatty acid systhetase ใน cytosal ที่ควบคุมการสังเคราะห์ไขมันในตับลดลง อีกทั้งยังเป็น lipotropic factor ที่ทำหน้าที่พาไตรกลีเซอไรด์ออกจากตับ สอดคล้องกับ รัชฎาภรณ์ (2549) ที่รายงานว่าการเสริม DLM และ LMA ในอาหารมีแนวโน้มทำให้ระดับไตรกลีเซอไรด์ในตับและการสะสมไขมันช่องท้องลดลง เช่นเดียวกับ Vieira *et al*. (2004) ที่พบว่าไก่กระทงลดการสะสมไขมันช่องท้องลงประมาณ 30% เมื่อได้รับการเสริมเมทไธโอนีนเพื่อเพิ่มระดับ TSAA ในอาหาร

การเพิ่มขึ้นของปริมาณเนื้อสะโพกและน่อง (% ของน้ำหนักตัวมีชีวิต) ในไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีระดับ TSAA ต่ำ (61 และ 84% ของความต้องการ) อาจเกิดจากอาหารที่มีระดับ TSAA ต่ำทำให้ปริมาณกล้ามเนื้อส่วนสะโพกและน่องลดลงน้อยกว่ากล้ามเนื้อหน้าอก และเมื่อคิดเป็นสัดส่วนต่อน้ำหนักตัวจึงมีการเปลี่ยนแปลงน้อย เช่นเดียวกับ Kerr *et al*. (1990) ที่รายงานว่าอิทธิพลของปริมาณโภชนะในอาหารในไก่กระทงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเนื้อสะโพกและน่องน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณกล้ามเนื้อหน้าอก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Schutte and Pack (1995) รายงานว่าการกำหนดค่าความต้องการ TSAA ในอาหารไก่กระทงโดยยึดตามการเพิ่มน้ำหนักตัวสูงสุดเป็นเกณฑ์นั้นอาจไม่เพียงพอที่จะทำให้ไก่กระทงมีการสะสมกล้ามเนื้อสูงสุด สอดคล้องกับผลการทดลองครั้งนี้ที่พบว่า ค่าความต้องการ TSAA ในอาหารสำหรับการเพิ่มน้ำหนักตัวสูงสุดตลอดช่วงการทดลอง (1-42 วัน) มีค่าเท่ากับ 96.06% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์ ซึ่งต่ำกว่าค่าความต้องการ TSAA เพื่อการสะสมเนื้อหน้าอกสูงสุดที่มีค่าเท่ากับ 106.68% ของความต้องการ ดังแสดงในภาพที่ 10 เช่นเดียวกับ Meirelles *et al.* (2003) ที่พบว่าค่าความต้องการ TSAA ในอาหารเพื่อการสะสมกล้ามเนื้ออกสูงสุดนั้นมีค่าสูงกว่าค่าความต้องการเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวหรือเพื่อเพิ่มปริมาณซากรวมของไก่กระทง อย่างไรก็ตามความต้องการ TSAA เพื่อทำให้ไก่กระทงมีสมรรถภาพการผลิตและปริมาณซากสูงสุดนั้น กลับไม่ใช่ระดับที่ทำให้มีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวต่ำสุด แสดงให้เห็นว่าการกำหนดค่าความต้องการ TSAA ในอาหารขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการผลิตเป็นสำคัญ



ภาพที่ 10 แสดงค่าความต้องการ TSAA ในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นช่วง 1-42 วัน และปริมาณเนื้อหน้าอกของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ผลต่อน้ำหนักและองค์ประกอบทางเคมีของตับไก่กระทงที่อายุ 42 วัน

ผลของระดับ TSAA ในอาหารต่อน้ำหนักและองค์ประกอบทางเคมีของตับไก่กระทงที่อายุ 42 วัน แสดงในตารางที่ 27 พบว่า ไก่กระทงที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองที่มีระดับ TSAA ในอาหารเท่ากับ 61% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์มีปริมาณไขมันในตับสูงสุด และสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับปริมาณ TSAA ในอาหารที่ระดับ 100% ของความต้องการอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) อย่างไรก็ตามการเพิ่มระดับ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง จาก 61 เป็น 115% ของความต้องการไม่ทำให้ปริมาณไขมันในตับแตกต่างกัน นอกจากนี้ไม่พบอิทธิพลของอาหารทดลองต่อความแตกต่างของปริมาณน้ำ โปรตีน (%ของน้ำหนักตับ) และน้ำหนักตับ (% ของน้ำหนักตัวมีชีวิต) ของไก่กระทงในการทดลองครั้งนี้

ปริมาณไขมันในตับของไก่กระทงที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองและมีระดับ TSAA เท่ากับ 61% มีค่าสูงกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับปริมาณ TSAA 100% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์ มีสาเหตุจากไก่กลุ่มที่ได้รับ TSAA ที่ 61% ซึ่งไม่ได้รับการเสริมกรดอะมิโนเมท-ไธโอนีนในอาหารทำให้ร่างกายขาดเมทไธโอนีนเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ฟอสโฟลิพิด (phospholipids) ที่เป็นสารสำคัญในกระบวนการขนส่งไขมันจากตับออกสู่กระแสเลือด โดย Bunchasak *et al*. (1997) รายงานว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารโปรตีนต่ำร่วมกับการเสริมเมทไธ-โอนีนและซีสตีน ทำให้ปริมาณฟอสโฟลิพิดในตับและกล้ามเนื้อหน้าอกสูงขึ้น อีกทั้งช่วยลดระดับไตรกลีเซอร์ไรด์และโคเลสเตอรอลง นอกจากนี้กรดอะมิโนเมทไธโอนีนยังเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ acetyl-CoA carboxylase และ fatty acid synthetase ภายในตับ ดังนั้นไก่กระทงที่ได้รับอาหารขาดเมทไธโอนีนจึงมีการสะสมไขมันในตับเพิ่มขึ้น (Bunchasak *et al*., 1998)

4. ผลต่อค่าทางเคมีในเลือดของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน

ผลของระดับ TSAA ในอาหารต่อค่าทางเคมีในเลือดของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน แสดงในตารางที่ 28 พบว่าระดับ TSAA ที่แตกต่างกันในอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองและอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ไม่มีผลต่อปริมาณกรดยูริก และไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของไก่กระทง อย่างไรก็ตามไก่กลุ่มที่ได้รับปริมาณ TSAA ที่ 61% ของความต้องการในอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองและอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง มีปริมาณโปรตีนรวม อัลบูมิน และโกลบูลินในเลือดต่ำ และการเพิ่มระดับ TSAA ในอาหารให้สูงขึ้นทำให้ปริมาณสารเมแทบอไลท์ของโปรตีนทั้ง 3 ชนิดในเลือดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 27 ผลของอาหารทดลองต่อองค์ประกอบทางเคมีของตับไก่กระทงที่อายุ 42 วัน

ระดับ TSAA	องค์ประกอบทางเคมี (% ของน้ำหนักมีชีวิต)			
(% ของความต้องการตามสายพันธุ์)	น้ำหนักตับ	น้ำ	โปรตีน	ไขมัน
ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง				
61	2.77	70.52	16.05	10.94^{B}
100	2.55	73.04	17.39	8.04^{A}
LCF-มันสำปะหลัง				
61	2.83	71.56	17.73	8.74^{AB}
84	2.70	70.89	17.22	8.81^{AB}
100	2.69	72.85	17.57	7.18^{A}
105	2.51	72.63	17.59	8.29^{A}
110	2.72	72.19	17.21	8.35^{A}
115	2.64	72.77	17.91	8.59^{A}
SEM	0.04	0.26	0.17	0.08
ANOVA (*P*-value)	0.62	0.08	0.17	<0.01
Linear regression	0.20	0.06	0.95	0.43
Quadratic regression	0.59	0.48	0.38	0.29

หมายเหตุ [1] SEM คือ Standard error of the mean

[A และ B] อักษรต่างกันในแต่ละแถวตั้งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 28 ผลของอาหารทดลองต่อค่าทางเคมีในเลือดไก่กระทงที่อายุ 42 วัน

ระดับ TSAA	ค่าทางเคมีในเลือด				
(% ของความต้องการตามสายพันธุ์)	โปรตีนรวม (g/dl)	อัลบูมิน (g/dl)	โกลบูลิน (g/dl)	กรดยูริก (mg/dl)	ไตรกลีเซอร์ไรด์ (mg/dl)
ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง					
61	3.13^{B}	1.47^{B}	1.66^{B}	5.51	127.12
100	3.45^{AB}	1.61^{AB}	1.84^{AB}	5.78	151.18
LCF-มันสำปะหลัง					
61	3.80^{AB}	1.68^{AB}	2.12^{AB}	4.55	135.44
84	3.97^{A}	1.74^{AB}	2.22^{A}	5.44	171.81
100	3.82^{AB}	1.81^{AB}	1.92^{AB}	5.30	159.56
105	3.99^{A}	1.82^{A}	2.17^{AB}	5.41	146.38
110	3.92^{A}	1.88^{A}	2.03^{AB}	4.88	137.59
115	3.96^{A}	1.86^{A}	2.10^{AB}	4.94	130.13
SEM [1]	0.06	0.03	0.05	0.16	6.51
ANOVA (*P*-value)	<0.01	<0.01	0.02	0.64	0.67
Linear regression	0.54	0.02	0.56	0.55	0.68
Quadratic regression	0.81	0.85	0.83	0.17	0.07

หมายเหตุ [1] SEM คือ Standard error of the mean

$^{A\ และ\ B}$ อักษรต่างกันในแต่ละแถวตั้งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 3 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและค่าการย่อยได้ปรากฏของโปรตีน ในลำไส้เล็กส่วนปลายของไก่กระทงที่ใช้สูตรอาหาร LCF-มันสำปะหลัง

องค์ประกอบทางเคมีในลำไส้เล็กส่วนปลายและค่าการย่อยได้ของโปรตีนในไก่กระทงที่อายุ 42 วัน แสดงในตารางที่ 29 ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของสูตรอาหารกับระดับ TSAA ต่อเปอร์เซ็นต์คาร์บอน และไฮโดรเจนของสิ่งย่อยในลำไส้เล็กส่วนปลาย แต่พบอิทธิพลของสูตรอาหารต่อความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์คาร์บอน และไฮโดรเจน โดยไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอน และไฮโดรเจนในสิ่งย่อยสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยมีค่าเท่ากับ 41.19 และ 6.04% และ 39.50 และ 5.81% ตามลำดับ และระดับ TSAA ที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์คาร์บอนและไฮโดรเจนของสิ่งย่อยในลำไส้เล็กตอนปลายของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน

ผลต่อเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและโปรตีนของสิ่งย่อยในลำไส้เล็กส่วนปลาย พบว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง และมีระดับ TSAA ในอาหารเท่ากับ 100% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและโปรตีนในลำไส้เล็กส่วนปลายสูงกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและโปรตีนเท่ากับ 2.89 และ 18.10% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามระดับ TSAA ในอาหารไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและโปรตีนในลำไส้เล็กส่วนปลายของไก่กระทง

ค่าการย่อยได้ปรากฏของโปรตีนในลำไส้เล็กส่วนปลาย พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของสูตรอาหารและระดับ TSAA ต่อค่าการย่อยได้ปรากฏของโปรตีน แต่อิทธิพลของสูตรอาหารที่ทำให้ค่าการย่อยได้ปรากฏของโปรตีนในลำไส้เล็กตอนปลายของไก่กระทงแตกต่างกัน โดยไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง มีค่าการย่อยได้ปรากฏของโปรตีนต่ำกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยมีค่าเท่ากับ 76.24 และ 86.21% ตามลำดับ และไม่พบอิทธิพลของระดับ TSAA ในอาหารต่อค่าการย่อยได้ของโปรตีนในลำไส้เล็กส่วนปลายของไก่กระทง นอกจากนี้ไก่กระทงที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลือง ที่มีระดับ TSAA ในอาหารเท่ากับ 100% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์มีแนวโน้ม (P=0.07) ทำให้ปริมาณกรดยูริกในเลือดสูง และมีโปรตีนรวมในเลือดต่ำกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังแสดงในตารางที่ 30

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 29 ผลของสูตรอาหารและระดับ TSAA ต่อองค์ประกอบทางเคมีในสิ่งย่อย และค่าการย่อยได้ปรากฏของโปรตีนในลำไส้เล็กส่วนปลายของไก่กระทงที่อายุ 42 วัน

สูตรอาหาร (F)	TSAA[1]			*P*-value			SEM[2]
	61	100	เฉลี่ย	F	TSAA	F×TSAA	
			คาร์บอน (%)				
ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง	39.44	39.56	39.50^{B}				
LCF-มันสำปะหลัง	40.10	41.28	41.19^{A}	<0.01	0.71	0.95	0.28
เฉลี่ย	40.27	40.42	40.41				
			ไฮโดรเจน (%)				
ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง	5.86	5.75	5.81^{B}				
LCF-มันสำปะหลัง	6.05	6.03	6.04^{A}	<0.01	0.34	0.57	0.04
เฉลี่ย	5.96	5.89	5.92				
			ไนโตรเจน (%)				
ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง	2.33^{Y}	2.15^{Y}	2.24				
LCF-มันสำปะหลัง	2.51^{XY}	2.89^{X}	2.70	<0.01	0.36	0.03	0.09
เฉลี่ย	2.42	2.52	2.48				
			โปรตีน (%)				
ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง	14.53^{Y}	13.48^{Y}	13.99				
LCF-มันสำปะหลัง	15.67^{XY}	18.10^{X}	16.89	<0.01	0.36	0.03	0.56
เฉลี่ย	15.10	15.78	15.50				
			ค่าการย่อยได้ปรากฏของโปรตีน (%)				
ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง	85.87	86.55	86.21^{A}				
LCF-มันสำปะหลัง	77.84	74.64	76.24^{B}	<0.01	0.33	0.14	1.47
เฉลี่ย	81.85	80.59	80.92				

หมายเหตุ [1] ปริมาณ TSAA คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์

[2] SEM คือ Standard error of the mean

[X และ Y] อักษรต่างกันในแถวนอนและแถวตั้งแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[A และ B] อักษรต่างกันในแต่ละแถวตั้งแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 30 ปริมาณโปรตีนรวมและกรดยูริกในเลือดของไก่กระทงที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองและอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ที่มีระดับ TSAA ในอาหารเท่ากับ 100% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์

	ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง	LCF-มันสำปะหลัง	*P*-value
โปรตีนรวม (g/dl)	3.15±0.17[1]	3.48±0.30	0.02
กรดยูริก (mg/dl)	5.79±1.43	4.18±0.50	0.07

หมายเหตุ [1] ± Standard deviation

ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง มีปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และโปรตีน ในสิ่งย่อยสูงกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลือง แสดงให้เห็นว่าอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง มีการย่อยได้และการดูดซึมโภชนะต่ำ สาเหตุอาจเกิดจากการใช้มันสำปะหลังในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง มีระดับเยื่อใยรวมสูง ซึ่ง Petterson and Razan (1993) Jansman *et al.* (1995) และ Len *et al.* (2009) รายงานว่า เมื่อระดับเยื่อใยรวม (crude fiber) ในอาหารเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในลำไส้เล็กส่วนปลายลดลง เช่นเดียวกับผลการทดลองครั้งนี้ที่พบว่า การใช้มันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบในอาหารทำให้ระดับเยื่อใยรวมในอาหารเพิ่มขึ้นจาก 2.78% ในอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลือง เป็น 3.98% ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 1.4 เท่า ทำให้ไก่กระทงที่ใช้อาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง มีค่าการย่อยได้ของโปรตีนต่ำ (76.24%) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้อาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลือง (86.21%) สอดคล้องกับ Khempaka *et al.* (2009) ที่รายงานว่าการเพิ่มระดับการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารไก่กระทง ทำให้ระดับเยื่อใยรวมในอาหารสูง และมีการขับไนโตรเจนทางมูลสูงขึ้น จึงทำให้ค่าการย่อยได้ปรากฏของอินทรียวัตถุลดลง

การเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนรวมในเลือดของไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง เป็นไปในทิศทางเดียวกับการทดลองที่ 1 และ 2 ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของคุณภาพโปรตีนในอาหารเมื่อมีการใช้กากถั่วเหลืองสูงขึ้น อีกทั้งการทดลองที่ 3 ใช้การให้อาหารแบบจำกัด ซึ่งทำให้ไม่มีอิทธิพลปริมาณอาหารที่กินเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนรวมในเลือดจึงน่าจะเกิดจากคุณภาพของโปรตีนในอาหารเป็นสำคัญ และเมื่อนำผลของการสะสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไขมันช่องท้องในการทดลองที่ 2 มาพิจารณาร่วมด้วยจะเห็นว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง มีการสะสมไขมันช่องท้องต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลือง ซึ่งหมายความว่าร่างกายสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลังได้ดี

แม้ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณกรดยูริกในเลือดของไก่กระทง แต่ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองมีแนวโน้มของปริมาณกรดยูริกสูงกว่าอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง (*P*=0.07) สอดคล้องกับการทดลองที่ 2 (หน้า 83, ตารางที่ 28) ที่พบว่าปริมาณกรดยูริกในเลือดของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองมีค่าสูง ซึ่งอาจเกิดจากอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองมีค่าการย่อยได้ของโปรตีนสูง ทำให้ปริมาณกรดยูริกในเลือดเพิ่มขึ้น ซึ่ง Stevens (1996) รายงานว่าระดับกรดยูริกในเลือดของไก่กระทงจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณโปรตีนที่ได้รับจากอาหาร โดยมีค่าความสัมพันธ์ระหว่างกรดยูริกที่ขับออกทั้งหมดกับปริมาณโปรตีนที่ได้รับจากอาหารสูงถึง 93% (Hevia and Cilfford, 1977) อีกทั้งการทดลองครั้งนี้จำกัดปริมาณอาหารที่กิน ซึ่งทำให้ไม่มีอิทธิพลของปริมาณอาหารที่กินมาเกี่ยวข้อง ดังนั้นปริมาณกรดยูริกในเลือดที่สูงขึ้นจึงเกิดจากอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลืองมีค่าการย่อยได้ของโปรตีนสูง ทำให้ร่างกายได้รับโปรตีนเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตามผลการศึกษาครั้งนี้พิสูจน์ให้เห็นว่าการใช้อาหารสูตร LCF-มันสำปะหลังที่มีระดับ TSAA ตามคำแนะนำของสายพันธุ์ ทำให้สมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงไม่แตกต่างจากการใช้อาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลือง ถึงแม้ว่าอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง จะมีค่าการย่อยได้ของโปรตีนต่ำ ทำให้ไก่ได้รับโปรตีนจากอาหารลดลง แต่โปรตีนที่ร่างกายได้รับเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพ ซึ่งไก่กระทงสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้การเจริญเติบของไก่กระทงไม่แตกต่างจากการใช้อาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลือง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานทำให้ไก่กระทงมีปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น แต่มีเปอร์เซ็นต์ซาก และปริมาณเนื้อหน้าอกลดลงเมื่อเทียบกับการใช้ข้าวโพด การใช้ข้าวโพดหรือมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารไม่มีผลต่อปริมาณไขมันช่องท้อง องค์ประกอบทางเคมีของตับ และปริมาณจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนซีกั่มของไก่กระทง อีกทั้งการเสริมแหล่งเมทไธโอนีนชนิด LMA ที่กำหนดให้มีค่า bioefficacy เทียบกับ DLM เท่ากับ 88% (W/W) ในอาหารไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตและปริมาณซากของไก่กระทงแตกต่างจากการเสริมเมทไธโอนีนชนิด DLM

2. สามารถใช้มันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารที่คำนวณแบบ LCF (ไม่เกิน 25%) และมีระดับ TSAA ตามความต้องการ เพื่อทำให้ต้นทุนค่าอาหารลดลง โดยไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิต ปริมาณซาก ค่าทางเคมีในเลือดและตับของไก่กระทงต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลือง

3. ความต้องการ TSAA ในอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง ที่ทำให้ไก่กระทงมีสมรรถภาพการผลิตช่วง 1-21 วัน สูงสุด มีค่าประมาณ 103-106% ของระดับที่แนะนำโดยสายพันธุ์ ซึ่งสูงกว่าค่าความต้องการ TSAA ในช่วง 22-42 วัน ที่มีค่าประมาณ 95 % ระดับที่แนะนำโดยสายพันธุ์ และความต้องการ TSAA ตลอดช่วงการทดลอง (เรียงจากสูงไปต่ำ) ที่ทำให้ไก่กระทงมีปริมาณเนื้อหน้าอก อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ดีที่สุดมีค่าเท่ากับ 106.68 98.78 96.06 และ 88.63% ของความต้องการที่แนะนำโดยสายพันธุ์ ตามลำดับ

4. ไก่กระทงที่ได้รับอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลัง มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และโปรตีนในสิ่งย่อยสูง และมีค่าการย่อยได้ปรากฏของโปรตีนในลำไส้เล็กส่วนปลายต่ำกว่าไก่กลุ่มที่ใช้อาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลือง อย่างไรก็ตามอาหารสูตร LCF-มันสำปะหลังมีแนวโน้มการใช้ประโยชน์ของโปรตีนในร่างกายสูงกว่าอาหารสูตรข้าวโพด-กากถั่วเหลือง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. สามารถใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารได้ประมาณ 25% ของสูตรอาหารโดยไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต แต่หากใช้ในระดับสูงขึ้นหรือใช้ทดแทนข้าวโพดทั้งหมด จะทำให้ไก่กระทงกินอาหารเพิ่มขึ้น ดังนั้นผู้ใช้จึงควรมีวิธีการป้องกันปัญหาที่เกิดจากการกินอาหารที่เพิ่มขึ้น และควรเลือกเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนชนิด LMA เนื่องจากทำให้มีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ต่ำกว่าการใช้เมทไธโอนีนชนิด DLM

2. การหาค่าความต้องการปริมาณ TSAA ในอาหารไก่กระทงควรทำควบคู่กับการพิจารณาสัดส่วน TSAA:Lysine และ ideal protein ในการใช้วัตถุดิบที่แตกต่างกัน

3. การวิเคราะห์การถดถอยด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนองเพื่อหาค่าความต้องการ TSAA ในการทดลองครั้งนี้ เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทดลองที่ต้องการทราบผลตอบสนองของปัจจัยใดๆ ต่อค่าที่ต้องการศึกษาได้หลากหลายและมีประสิทธิภาพสูง

4. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของระยะเวลาที่อาหารอยู่ในระบบทางเดินอาหาร (retention time) องค์ประกอบทางเคมีในส่วนต่างๆ ของระบบทางเดินอาหาร ค่าการย่อยได้ และการสลายโปรตีนในร่างกาย เพื่อทำให้สามารถอธิบายผลของอาหารทดลองต่อประสิทธิภาพการย่อยการดูดซึมสารอาหาร การใช้ประโยชน์ได้ของสารอาหาร และอัตราการสะสมสารอาหารในร่างกาย ได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมการค้าภายใน. 2554. **ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์**. แหล่งที่มา: http://agri.dit.go.th//web_dit_sec5/dmin/uploadfiles/multi_files/Binder1%E0%B8%9E%E0%B8%A2.pdf.html, 24 ธันวาคม 2554.

นันทวัน ธนะศรีสุธารัตน์, สุจิตตรา มูลชัยสุข, สุพรรษา ตาถาวรรณ, อุทัย คันโธ และ สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2545. **ผลการใช้มันสำปะหลังเปรียบเทียบกับข้าวโพดในอาหารไก่กระทงที่มีการเสริมและไม่เสริมยาปฏิชีวนะ**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เนติกานต์ แก้วอรุณ. 2549. **ผลของแหล่งกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่อสมรรถภาพการผลิตและการใช้ประโยชน์ได้ของสารอาหารในไก่กระทงเพศผู้**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

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

รัชฎาภรณ์ ไชยพิศ. 2549. **ผลของดีแอล-เมทไธโอนีน และดีแอล-เมทไธโอนีนไฮดรอกซี่อะนาลอคต่อสมรรถภาพการผลิต เมทาบอลิซึมของไขมัน และการสะสมแร่ธาตุในไก่กระทงเพศผู้**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมาคมการค้ามันสำปะหลังไทย. 2554. Cassava crop survey. แหล่งที่มา: http://www.ttta-tapioca.org/web2/ta_crop.php, 17 มกราคม 2555.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมาคมส่งเสริมผู้ใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์. 2549. **สถานการณ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไทย ปี 2549**. แหล่งที่มา: http://www.feedusers.com/thai/cms/html/Maize_feed/190.html, 21 ธันวาคม 2554.

สาโรจน์ ค้าเจริญ. 2547. **อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง**. ภาควิชาสัตวบาล. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ข่อนแก่น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2554**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุวรรณา พรหมทอง, อุทัย คันโธ, ชนินทร์ ติรวัฒนวานิช, สุนทรานี ทองใหญ่, สภาพร อิสริโยดม , กัญจนะ มากวิจิตร์ และ อรุณี อิงคากุล. 2547. การเปรียบเทียบการใช้ข้าวโพดและมันสำปะหลังเป็นอาหารไก่กระทงต่อคุณสมบัติทางสรีรวิทยาของทางเดินอาหาร. น. 190-198. *ใน* **เรื่องเต็ม การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42 สาขาสัตว์ และสาขาสัตวแพทยศาสตร์**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุวรรณา พรหมทอง. 2548. **การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางสรีรวิทยา จุลกายวิภาค และจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารไก่กระทงที่ได้รับอาหารสูตรมันสำปะหลังกับอาหารสูตรข้าวโพด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวรรณี แสนทวีสุข. 2543. **การใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารไก่ไข่และไก่กระทง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวรรณี แสนทวีสุข, อุทัย คันโธ, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และปุณฑริกา หะริณสุต. 2543. การใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในอาหารไก่กระทง, 236-247. *ใน* **เรื่องเต็ม การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 38 สาขาสัตว์ และสาขาสัตวแพทยศาสตร์**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุทัย คันโธ และ สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2547. **การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์: ผลการใช้และข้อมูลการวิจัยในประเทศไทย**. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์, สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

Adama, T.Z., S.A. Ogunbajo and M. Mambo. 2007. Feed intake, growth performance and nutrient digestibility of broiler chicks fed diets containing varying levels of sorghum dried brewers' grains. **Int. J. Poult. Sci.** (8): 592-598.

Albino, L.F.T., S.H.M. Silva, J.R. Vargas, H.S. Rostagno and M.A. Silva. 1999. Níveis de methionina+cistina para frangos de corte de 1 a 21 e 22 a 42 dias de idade. **R. Bras. Zootec.** 28: 519-525.

Al-Deseit, B. 2009. Least-cost broiler ration formulation using linear programming technique. **J. Anim. Vet. Adv.** 8 (7): 1274-1278.

Anaeto, M. and L.C. Adighibe. 2011. Cassava root meal as substitute for maize in layers ration. **Braz. J. Poult. Sci.** 13(2): 153-156.

AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis.** 17th ed. The Association of Official analytical Chemists, Washington, DC.

Aviagen. 2002. **Ross 308 Broiler performance objectives.** Aviagen LTD., Midlothian, UK.

_______. 2007. **Ross 308 Broiler: Nutrition Specification.** Aviagen LTD., Midlothian, UK.

_______. 2009. **Arber acres plus broiler nutrition specification.** Aviagen LTD., Midlothian, UK.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Baker, D.H. 1994. Utilization of precursors for L-amino acids, pp. 37-62. *In* JPF. D'Mello, ed. **Amino acids in farm animal nutrition.** CAB Internation. Wallingford, UK.

Baker, D.H. and K.P. Boebel. 1980. Utilization of the D- and L-isomers of methionine and methionine hydroxy analogue as determined by chick bioassay. **J. Nutr.** 110: 959-964.

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.

Biagi, G., A. Piva, M. Moschini, E. Vezzali and F. X. Roth. 2006. Effect of gluconic acid on piglet growth performance, intestinal microflora, and intestinal wall morphology. **J. Anim. Sci.** 84: 370-378.

Björck, I., H. Liljeberg and E. Östman. 2000. Low glycaemic-index foods. **Br. J. Nutr. 83(Suppl.)**: S149-S155.

Bolin, D.W., R.P. King and E.W. Klosterman. 1952. A simplifiled method for the determination of chromic oxide (Cr_2O_3) when used as an index substance. **Scince.** 116: 634-635.

Brody, T. 1994. **Nutritional Biochemistry**. Academic Press, Inc., Sandi ego, California, United State of America.

Brosnan, J.T. and M.E. Brosnan. 2006. The sulfur-containing amino acids: an overview. **J. Nutr.** 136: 1636S-1640S.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Bruyer, D.C. and M. Vanbelle. 1990. Efficacite comparee pour la croissance du poussin de differentes sources de methionine. Anual Zootech. 39: 45-51.

Bunchasak, C. 2009. Role of dietary methionine in poultry production. J. Poult. Sci. 46: 169-179.

Bunchasak, C. and N.Keawarun. 2006. Effect of methionine hydroxy analog free acid on growth performance and chemical composition of liver of broiler chicks fed a corn-soybean based diet from 0 to 6 weeks of age. Anim. Sci. J. 77: 95-102.

Bunchasak, C. K. Poosuwan and R. Nukraew. 2005. Effect of dietary protein on egg production and immunity response of laying hen during peak production period. Int. J. Poult. Sci. 4(9): 701-708.

_______, K. Tanaka and S. Ohtani. 1998. Effect of supplementing nonessential amino acids on growth performance and fat accumulation in broiler chicks feds a diet supplemented with Met+Cys. Jpn. Poult. Sci. 35: 182-188.

Bunchasak, C., U. Santoso, K. Tanaka, S. Ohtni, and C.M. Collado. 1997. The effect of suppementing methionine plus cystine to a low-protein diet on the growing broiler chicks. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 10: 185-191.

Café, M.B. and P.W. Waldroup. 2006. Interactions between levels of methionine and lysine in broiler diets changed at typical industry intervals. Int. J. Poult. Sci. 5: 1008-1015.

Campbell, K.C.M. 2001. Therapeutic Use of D-methionine to reduce the toxicity of platinumcontaining anti-tumor compounds and other compounds. US Patent 6187817.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Chou, K.C. and Z. Muller. 1972. Complete substitution of maize by tapioca in broiler ration, pp. 149-160. *In* **Proc. Australian Poultry Sci.** Conv., Newzealand, Auckland.

Cobb 500. 2006. **Broiler growth & nutrition supplement.** Cobb-Vantress, Inc. Arkansas. USA.

Corzo, A., E. T. Moran, Jr., D. Hoehler and A. Lemme. 2005. Dietary tryptophan need of broiler males from forty-two to fifty-six days of age. **Poult. Sci.** 84:22-231.

Corzo, A., R.E. Loar II and M.T. Kidd. 2009. Limitation of dietary isoleucine and valine in broiler chick diets. **Poult. Sci.** 88:1934-1938.

D'Mello, JPF. 2003. Amino acid in animal nutrition. 2nd edn. CABI Publishing, Wallingford, UK.

Dahiya, J.P., D. Hoehler, A.G. Van Kessel and M.D. Drew. 2007. Effect of different dietary methinine source on intestinal microbial population in broiler chickemns. **Poult. Sci.** 86: 2358-2366.

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

Dibner, J.J. 2003. Review of the metabolism of 2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid. **World. Poul. Sci.** 59: 99-110.

Dibner, J.J. and Buttin, P. 2002. Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. **J. Appl. Poult. Res.** 11: 453-463.

Dilger, R.N. and D.H. Baker. 2008. Cyst(e)ine imbalance and its effect on methionine precursor utilization in chicks. **J. Anim. Sci.** 86: 1832-1840.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Edmonds, M.S., C.M. Parsons and D.H. Baker. 1985. Limiting amino acid in low protein corn-soybean meal diet fed to growing chick. **Poult. Sci.** 64: 1519-1526.

Edwin, T. and J.R. Moran. 1994. Response of broiler strains differing in body fat to inadequate: live performance and processing yields. **Poult. Sci.** 73: 1116-1126.

Egbunike, G.N., E.A. Agiang, A.O. Owosibo and A.A. Fatufe. 2009. Effect of protein on performance and haematology of broilers fed cassava peel-based diets. **Arch. Zootec.** 58(224): 655-662.

Eggum, B.O. 1989. Biochemical and methodological principles, pp.1-52. *In*: H.D. Bock, B. Eggum, A.G. Low, O. Simon and T. Zebrowska (eds). **Protein metabolism in farm animals**. Evaluation, Digestion, Absorption and Metabolism, (Oxford Science Publication, Deutscher Handwirtschafts Verlag, Berlin).

Eliasson, A. C. and M. Gudmundsson. 1996. Starch: physicochemical and functional aspects, pp.431–503. *In* A. C. Eliasson, ed. **Carbohydrates in Food.** Marcel Dekker, New York, NY.

Enting, H., A. Veldman, M.W.A. Verstegen and P.J. Van der Aar. 2007. The effect of low-density diets on broiler breeder development and nutrient digestibility during the rearing period. **Poult. Sci.** 86: 720-726.

Folch, J., M. Lees and G.H. Sloanestanley. 1957. **A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue.** Received for publication, 23: 497-.509

Fox, S.I. 1996. **Human Physiology.** Wm.C. Brown Publishers, Dubuque, IA. pp 588.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Furlan, R.L., DE. de. Faria Filho, P.S. Rosa and M. Macari. 2004. Does low-protein diet improve broiler performance under heat stress conditions. **Braz. J. Poult. Sci.** 6: 71-79.

Furukawa, A and S. Tsukahara. 1966. Quantification of chromic oxide in faeces and feeds. *In* Olvera-Novoa M.A., C.A. Martinez-Palacios and E.R.de León. 1994. **Nutrition of fish and crustaceans a laboratory manual**. FAO, Mexico.

Gaines, A.M., G.F. Yi, B.W. Ratliff, P. Srichana, D.C. Kendall, G.L. Allee, C.D. Knight and K.R. Perryman. 2005. Estimation of the ideal ratio of true ileal digestible sulfur amino acids:lysine in 8 to 26 kg nursery pigs. **J. Anim. Sci.** 83: 2527-2534.

Garcia, M. and N. Dale. 1999. Cassava root meal for poultry. **J. Appl. Poult. Res.** 8: 132-137.

Garlich, J.D. 1985. Response of broiler to DL-methionine hydroxy analogue free acid, DL-methionine, and 1-methionine. **Poult. Sci.** 64: 1541-1548.

George, G. and D. H. Baker. 1971. Sulfur amino acid nutrition of the growing chick: quantitative aspects concerning the efficacy of dietary methionine, cysteine and cystine. **J. Anim. Sci.** 33: 1005-1011.

Gietzen, D.W. 1993. Neural mechanisms in the response to amino acid deficiency. **J. Nutr.** 123: 610-625.

González, J.M., E. Jiménez-Moreno, D. González-Sánchez, R. Lázaro and G.G. Mateos. 2010. Effect of inclusion of oat hulls and sugar beet pulp in the diet on productive performance and digestive traits of broilers from 1 to 42 days of age. **Anim. Feed Sci.& Tech.** 162: 37-46.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Gorman, I and D. Balnave. 1995. The effect of dietary lysine and methionine concentrations on the growth characteristics and breast meat yields of Australian broiler chickens. **Austral. J. Agric. Res.** 46: 1569-1577.

Han, Y. and D.H. Baker. 1994. Digestible lysine requirement of male and female broiler chicks during the period three to six weeks posthatching. **Poult. Sci.** 73:1739-1745.

Harold, J. D. and U.L. RajBhandary. 1998. Initiation of Protein Synthesis in Mammalian Cells with Codons Other Than AUG and Amino Acids Other Than Methionine. **Molecular and Cellular Biology.** 18(9) : 5140-5147.

Harper, A.E. and Q.R. Roger. 1965. Amino acid imbalance. **Proceeding Nutrition Sociation** 24: 173-190.

Hasegawa H, Y. Shinohara, K. Akahane and T. Hashimoto. 2005. Direct detection and evaluation of conversion of D-methionine into L-methionine in rats by stable isotope methodology. **J. Nutr.** 135: 2001-2005.

Henry, G. and C. Correa. 1992. **Economic of cassava product use in animal feeding.** Available source: http://www.fao.org/ag/AGa/AGAP/FRG/AHPP95/95-169.pdf. 14 January 2012.

Hickling, D., W. Guenter and M.E. Jackson. 1995 . The effects of dietary methionine and lysine on broiler chicken performance and breast meat yield. **Canadian Journal of Animal Science.** 70: 673-678.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

Huang, K.H., X. Li, V. Ravindran and W.L. Bryden. 2006. Comparison of apparent Ileal amino acid digestibility of feed ingredients measured with broilers, layer, and rooters. **Poult. Sci.** 85: 625-634.

Hubbard. n.d. **Broiler management guide.** Hubbard LLC. Walpole NH 03608. USA.

Huyghebaert, G. and M. Pack. 1996. Effects of dietary protein content, addition on nonessential amino acids and dietary methionine to cysteine balance on responses to dietary sul-phur-containing amino acids in broilers. **Br. Poult. Sci.** 37: 623-639.

Jansman, A.J., M. W. Verstegen, J. Huisman and J. W. van den Berg. 1995. Effects of hulls of faba beans (Vicia faba L.) with a low or high content of condensed tannins on the apparent ileal and fecal digestibility of nutrients and the excretion of endogenous protein in ileal digesta and feces of pigs. **J. Anim. Sci.** 73: 118-127.

Jensen, L.S., C.L. Wyatt and B.L. Francer. 1989. Sulphur amino acid requirement of broiler chickens from 3 to 6 weeks of age. **Poult. Sci.** 68: 163-168.

Kalinowski, A., E.T. Moran, Jr. and C. Wyatt. 2003a. Methionine and cystine requirements of slow- and fast-feathering male broilers from zero to three weeks of age. **Poult. Sci.** 82: 1423-1427.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

_______.and _______. 2003b. Methionine and cystine requirements of slow-and fast-feathering male broilers from three to six weeks of age. **Poult. Sci.** 82: 1428-1437.

Kerr, B.J., M.T. Kidd, K.M. Halpin, G.W. Mcward and C.L. Quarles. 1999. Lysine level increases live performance and breast yields in male broilers. **J. App. Poult. Res.** 8: 381-390.

Khajarern, S and J.M. Khajarern. 1984. The economics and public acceptance of cassava based ration in Thailand. **Trop. Anim. Prod.** 9: 129-141.

Khajarern, S and J.M. Khajarern. 1985. Roots and tubers as cereals substitutes, pp. 79-90. *In* R. Sansoucy, T.R. Preston and R.A. Leng, eds. **Proceedings of the FAO expert consultation on the substitution of imported concentrate feeds in animal production systems in developing countries**. FAO, Rome.

Khempaka, S., W. Molee and M. Guillaume. 2009. Dried cassava pulp as an alternative feedstuff for broilers: effect on growth performance, carcass traits, digestive organs, and nutrient digestibility. **J. Appl. Poult. Res.** 18: 487-493.

Knight, C.D. Atwell, C.W. Wuelling, F.J. Ivey and J.J. Dibner. 1998. The relative effectiveness of 2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid and DL-methionine in young swine. **J. Anim. Sci.** 76: 781-787.

Lemme, A., D. Hoehler, J.J. Brennan and P.F. Mannion. 2002. Relative effectiveness of methionine hydroxy analog compared to DL-methionine in broiler chickens. **Poult. Sci.** 81: 838-845.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Len, N.T., T.B. Ngoc, B. Ogle and J.E. Lindberg. 2009. Ileal and total tract digestibility in local (Mong Cai) and exotic (Landrace×Yorkshire) piglets fed low and high-fibre diets, with or without enzyme supplementation. **Livestock Science.** 126: 73-79.

Longo, F.A., J.F.M. Menten, A.A. Pedroso, A.N. Figueiredo, A.M.C. Racanicci and J.O.B. Sorbara. 2007. Performance and carcass composition of broiler fed different carbohydrate and protein source in the prestarter phase. **J. Appl. Poult. Res.** 16: 171-177.

Lumpkins, B.S., A.B. Batal and D.H. Baker. 2007. Variations in the digestible sulfur amino acid requirement of broiler chickens due to sex, growth criteria, rearing environment, and processing yield characteristics . **Poult. Sci.** 86: 325-330.

Mack, S. D., D. Bercovici, G. E. DeGroote, B. Leclercq, M. Lippens, M. Pack, J. S. Schutte and S. Van Cauwenberghe. 1999. Ileal amino acid profile and lysine specification for broiler chickens of 20 to 40 days of age. **Br. Poult. Sci.** 40: 257-265.

Mandal, A.B., A.V. Elangovan, and T.S. Johri. 2004. Comparing bio-efficacy of DL-methionine hydroxy analogue free acid with DL-methionine in broiler chickens. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.** 17: 102-108.

Mato, J.M., F.J. Corrales, S.C. Lu and M.A. Avila. 2002. S-adenosylmethionine: a control switch that regulates liver function. **FASEB J.** 16: 15-26.

Meirelles, H.T., R. Albuquerque, L.M.O. Borgatti, L.W.O. Souza, N.C. Meister and F.R. Lima. 2003. Performance of broilers fed with different levels of methionine hydroxy analogue and DLmethionine. **Braz. J. Poult. Sci.** 5(1): 69-74.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Mendonca, CX. and Jensen LS. 1989. Influence of protein concentration on the sulphur amino acid requirement of broiler chickens during the finishing period. **Br. Poult. Sci.** 30: 889-898.

Mhone, M.S., Y. Chande, A.C.L. Safalaoh, T.N. Gondwe, A.R.K. Mhone, N.M. Mahungu. and V. Sandifolo. 2008. Potential role of cassava in broiler diets: effects on growth performance. *In* **DARS Annual Review and Planning Meeting**. Lilongwe, Malawi.

Moran, E. Jr. T. 1994. Response of broiler strains differing in body fat to inadequate methionine: live performance and processing yields. **Poult. Sci.** 73: 1116-1126.

Moris, T.R., R.M. Gous and S. Abebe. 1992. Effects of dietary protein concentration on the response of growing chicks to methionine. **Br. Poult. Sci.** 33: 795-803.

Mouráo, J.L., V.M. Pinheiro, J.A.M. Prates, R.J.B. Bessa, L.M.A. Ferreira, C.M.G.A. Fontes and P.I.P. Ponte. 2008. Effect of dietary dehydrated pasture and citrus pulp on the performance and meat quality of broiler chickens. **Poult. Sci.** 87: 733-743.

National Research Council. 1994. **Nutrition Requirement of Poutry**. 9th ed. National Academy of science. Washington, DC.

Noll, S.L., P.E. Waibel, D.R. Cook. and J.A. Witmer. 1984. Biopotency of methionine sources for young turkeys. **Poult. Sci.** 63: 2458-2470.

Olson, D.W., M.L. Sunde and H.R. Bird. 1969. Amino acid supplementation of mandioca meal chick diets. **Poult. Sci.** 48: 1949-1953.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Oyebimpe, K., A.O. Fanimo, O.O. Oduguwa and W.O. Biobaku. 2006. Response of broiler chickens to cassava peel and maize offal in cashewnut meal-based diets. **Arch. Zootec.** 55(211): 301-304.

Pettersson, D. and A. Razdan. 1993. Effects of increasing levels of sugar-beet pulp in broiler chicken diets on nutrient digestion and serum lipids. **Br. J. Nutr.** 70: 127-137.

Powell, S., T.D. Bidner and L.L. Southern. 2009. The interactive effects of glycine, total sulfur amino acids, and lysine supplementation to corn-soybean meal diets on growth performance and serum uric acid and urea concentrations in broilers. **Poult. Sci.** 88: 1407-1412.

Ruff, M.D. 1974. Reduced transport of methionine in intestines of chickens infected with *Eimeria necatrix*. **J. Parasitiol.** 60: 838-843.

Sauvant, D., J. M. Perez and G. Tran. 2004. **Table of Composition and Nutritional Value of Feed Materials.** Wageningen Academic Pulblishers, Netherlands.

Schutte, J.B. and M. Pack. 1995. Sulfur amino acid requirement of broiler chicks from fourteen to thirty-eight days of age, 1. Performance and carcass yield. **Poult. Sci.** 74: 480-487.

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

Tewe, O.O. 1985. Protein metabolism in growing pigs fed corn or cassava peel based diets containing graded protein levels. **Res. Vet. Sci.** 29: 259-263.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Tewe, O.O. and G.N. Egbunike. 1988 . Utilization of cassava in non-ruminant livestock feeds, pp 28-38. *in* **Proceeding. IITA/IICA/Univ. of Ibadan workshop on the potential utilisation of cassava as livestock feed in Africa, IITA.** Ibadan, Nigeria.

Thomas, O.P., P.C. Tamplin, S.D. Crissey, E. Bossard and A. Zuckerman. 1991. An evaluation of methionine hydroxy analog free acid using a nonlinear (exponential) bioassay. **Poult. Sci.** 70: 605-610.

Tiémoko, Y.O. 1988. The Use of Cassava in Broiler Diets in Cote d'Ivoire: Effects on Growth Performance and Feed Costs. *In* S.K. Hahn, L. Reynolds and G.N. Egbunike, eds. 1992. **Proceedings of the IITA/ILCA/University of Ibadan Workshop on the Potential Utilisation of Cassava as Livestock Feed in Africa.** Ibadan, Nigeria.

Vieira, S.L., A. Lemme, D.B. Goldenberg and I. Brugalli. 2004. Responses of growing broilers to diets with increased sulfur amino acids to lysine ratios at two dietary protein levels. **Poult. Sci.** 83: 1307-1313.

Waldroup, P.W., C.J. Mabray, J.R. Blackman, P.J. Slater, R.J. Short and Z.B. Johnson. 1981. Effectiveness of the free acid of methionine hydroxy analogue as methionine supplement in broiler diets. **Poult. Sci**. 60: 438-443.

Weideman, M.A., E. Chivandi and K.H. Erlwanger. 2012. Glucose tolerance and lipid absorption in guinea fowl (*Numida meleagris*) and domestic fowl (*Gallus gallus var. domesticus*). **Asian J. Anim.Vet. Adv.** 1- 11.

Weurding, R.E., A. Veldman, Willem A.G. Veen, P.J. van der Aar and Martin W. A. Verstegen. 2001. Starch digestion rate in the small intestine of broiler chickens differs among feedstuffs. **J. Nutr.** 131: 2329-2335.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Weurding, R.E., H. Enting and M.W.A. Verstegen. 2003. The relation between starch digestion rate and amino acid level for broiler chickens. **Poult. Sci.** 82: 279-284.

Wyllie, D. and A. Kinabo. 1980. Cassava or maize meal for broiler and the effect of supplementation with methionine and sulphate in cassava based diets. **Trop. Anim. Prod.** (5): 182-190.

Zhang, L.B. and Y.M. Guo. 2008. Effect f liquid DL-2-hydroxy-4-methylthio butanoic acid on growth performance and immune responses in broiler chickens. **Poult. Sci.** 87: 1370-1376.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การคำนวณสมรรถภาพการผลิต

1.1 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อตัว (กรัม)

$$= \frac{\text{น้ำหนักตัวสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักตัวเริ่มต้นการทดลอง}}{\text{จำนวนไก่}}$$

1.2 อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัว (กรัม)

$$= \frac{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อตัว}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

1.3 ปริมาณอาหารที่กินต่อตัว (กรัม)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่ให้} - \text{ปริมาณอาหารที่เหลือ}}{\text{จำนวนไก่}}$$

1.4 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (feed conversion ratio, FCR)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินต่อตัว}}{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อตัว}}$$

1.5 ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม. (feed cost: gain, FCG)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน} \times \text{ราคาอาหารต่อ กก.}}{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น}}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.6 เปอร์เซ็นต์ซาก (% ของน้ำหนักมีชีวิต)

$$= \frac{\text{น้ำหนักซากไม่รวมเครื่องในและไขมันช่องท้อง}}{\text{น้ำหนักตัวมีชีวิต}} \times 100$$

1.7. ปริมาณเนื้อหน้าอก (% ของน้ำหนักมีชีวิต)

$$= \frac{\text{น้ำหนักเนื้อหน้าอก}}{\text{น้ำหนักตัวมีชีวิต}} \times 100$$

1.8 ปริมาณปีก (% ของน้ำหนักมีชีวิต)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปีก}}{\text{น้ำหนักตัวมีชีวิต}} \times 100$$

1.9 ปริมาณสะโพก (% ของน้ำหนักมีชีวิต)

$$= \frac{\text{น้ำหนักสะโพก}}{\text{น้ำหนักตัวมีชีวิต}} \times 100$$

1.10 ปริมาณน่อง (% ของน้ำหนักมีชีวิต)

$$= \frac{\text{น้ำหนักน่อง}}{\text{น้ำหนักตัวมีชีวิต}} \times 100$$

1.11 ปริมาณไขมันช่องท้อง (% ของน้ำหนักมีชีวิต)

$$= \frac{\text{น้ำหนักไขมันช่องท้อง}}{\text{น้ำหนักตัวมีชีวิต}} \times 100$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.12 ปริมาณตับ (% ของน้ำหนักมีชีวิต)

$$= \frac{\text{น้ำหนักตับ}}{\text{น้ำหนักตัวมีชีวิต}} \times 100$$

2. การตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์ในลำไส้เล็กส่วนซีกั่ม

2.1 การเตรียมตัวอย่างสิ่งย่อย

นำไก่กระทงที่อายุ 42 วัน ซึ่งมีน้ำหนักใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยในแต่ละหน่วยทดลอง มาเป็นตัวแทนในการเก็บสิ่งย่อยในซีกั่ม ฆ่าโดยวิธี asphyxiation (ใช้แก๊ส CO_2) แล้วทำการเปิดซากเพื่อเก็บซีกั่มโดยตัดเหนือท่อร่วมระหว่างลำไส้เล็กและซีกั่มขึ้นไปประมาณ 3 ซม. แล้วใช้ด้ายที่ผ่านการฆ่าเชื้อผูกจนแน่น แล้วเจือจางสิ่งย่อยจากซีกั่มไก่ทดลองจำนวน 10 กรัมในสารละลาย diluents (Buffered peptone water) ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ได้สารละลายเจือจาง 1:10 แล้วเขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นใช้ปิเปตดูดสารละลายเชื้อเริ่มต้นปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลาย diluents ปริมาตร 9 มิลลิลิตร และทำการเจือจางเชื้อเพิ่มครั้งละ 10 เท่า (ten-fold serial dilution) จนได้สารละลายเชื้อที่ $1{:}10^6$

2.2 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ (Culture Medium)

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Mac Conkey และ Sharpe (MRS) ตามวิธีของ Biagi *et al.* (2006) โดยมีส่วนประกอบดังที่แสดง จากนั้นปรับความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในช่วง 5.0±0.5 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 *N* และทำการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

2.2.1 อาหารเลี้ยงเชื้อ Mac Conkey

Peptone	5.00	กรัม
Lactose	2.50	กรัม
Yeast extracts	3.00	กรัม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sodium chloride	5.00	กรัม
Neutral red	0.03	กรัม
Di-sodium hydrogen phosphate	3.50	กรัม
Potassium di-hydrogen phosphate	1.50	กรัม
Agar	15.00	กรัม
Chromogenic mix	20.30	กรัม
Distilled water	1000.00	มิลลิลิตร

2.2.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ Sharpe (MRS)

D (+) glucose	20.00	กรัม
Peptone	10.00	กรัม
Meat extract	8.00	กรัม
Yeast extract	4.00	กรัม
Di-potassium hydrogen phosphate	2.00	กรัม
Di-ammonium hydrogen citrate	2.00	กรัม
Sodium acetate	5.00	กรัม
Magnesium sulfate	0.20	กรัม
Manganese sulfate	0.04	กรัม
Sorbitan monostearate (Tween 80)	1.00	มิลลิลิตร
Agar	14.00	กรัม
Distilled water	1000.00	มิลลิลิตร

3. **การวิเคราะห์หาไตรกลีเซอร์ไรด์ด้วย** Enzymatic Colorimetric Method

หลักการทำปฏิกิริยา

$$\text{Triglyceride} \xrightarrow{\text{Lipase}} \text{Glycerol + Fatty acids}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

GK

Glycerol + ATP → Glycerol- 3- phosphate + ADP

GPO

Glycerol- 3- phosphate + O_2 → Dihydroxyacetone Phosphate + H_2O_2

POD

H_2O_2 + 4- Aminoantipyrine → Quinoneimine dye + HCl+H_2O + 4-Chlorophenol

GK = Glycerol Kinase

GPO = Glycerol Phosphate Oxidase

POD = Peroxidase

H_2O_2 = Hydrogen peroxide

สารตัวทำปฏิกิริยาประกอบด้วย

PIPES Buffer (pH 7.0)	50 mmol/l
4 - Chlorophenol	5 mmol/l
4 - Aminoantipyrine	0.25 mmol/l
Magnesium ions	4.5 mmol/l
ATP	2 mmol/l
Lipasen	$\geq$ 1.3 U/ml
Peroxidase	$\geq$ 0.5 U/ml
Glycerolkinase	$\geq$ 0.4 U/ml
Glycerol-3-Phosphate Oxidase	$\geq$ 1.5 U/ml

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน

Triglycerides 200 mg/dl หรือ 2.28 mmol/l

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเสถียรของตัวอย่าง

กรณีเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2-8 °C ประมาณ 3 วัน หรือ ที่ –20 °C เก็บได้ 4 เดือน

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร
2. ไมโครปิเปตขนาดที่สามารถดูดสารละลายปริมาตร 10 และ 1,000 ไมโครลิตร
3. เครื่อง Vortex mixer
4. เครื่อง Spectrophotometer ที่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร
5. Cuvette ขนาด 1 ml

วิธีการวิเคราะห์

1. นำสารเคมีและตัวอย่างมาไว้ที่อุณหภูมิห้องก่อนทำการวิเคราะห์ (15-28 องศาเซลเซียส)
2. เขียนฉลากติดหลอดทดลอง Blank Standard และ Sample
3. เติม Working reagent 1,000 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลอง Blank Standard และ Sample
4. เติมสารละลายมาตรฐานลงในหลอดทดลอง standard และ เติมตัวอย่างลงในหลอด Sample ปริมาณ 10 ไมโครลิตร
5. เขย่าให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง Vortex mixer นาน 10 วินาที
6. บ่มที่อุณหภูมิ 20-25°C เป็นเวลา10 นาที หรือที่ 37°C เป็นเวลา 5 นาที
7. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงทันทีด้วย Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร
8. เมื่อครบกำหนดเวลานำตัวอย่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสงภายใน 60 นาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การคำนวณความเข้มข้น Triglycerides Concentration

C = 200 × (Δ A sample/Δ A STD) (mg/dl) หรือ

C = 2.28 × (Δ A sample/Δ A STD) (mmol/l)

4. **การวิเคราะห์ปริมาณกรดยูริกในเลือด ด้วยวิธี** PAP-Methode (Enzymetic colorimetric)

เป็นวิธีการวิเคราะห์กรดยูริกโดยปฏิกิริยา uricase

$$\text{Uric acid} + O_2 + 2H_2O \xrightarrow{\text{uricase}} \text{allantoin} + CO_2 + H_2O_2$$

$$2H_2O_2 + \text{DCHBS} + \text{PAP} \xrightarrow{\text{peroxidase}} \text{quinoneimine} + \text{HCl} + 4H_2O$$

ตัวอย่างที่สามารถใช้วิเคราะห์ได้

Serum, heparinised plasma or EDTA-plasma, urine.

Dilute urine 1+10 with dist.water.

เงื่อนไขสำหรับการวิเคราะห์

ความยาวแสง: 520 nm, Hg 546 nm

Optical path: 1 cm

Temperature: 20-25 °C or 37°C

ก่อนทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงในแต่ละครั้ง ต้องทำการแทนค่า blank ก่อนในแต่ละครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการวิเคราะห์

1. ดูดสารตัวทำปฏิกิริยาจำนวน 1000 µl ใส่หลอดทดลอง
2. นำสารตัวทำปฏิกิริยาเพื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงแทนค่า blank
3. ดูดสารตัวอย่างปริมาณ 20 µl ใส่ในหลอดที่มีสารตัวทำปฏิกิริยาจำนวน 1000 µl
4. นำมาเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vertex นาน 10 วินาที
5. บ่มที่อุณหภูมิ 20-25°C เป็นเวลา10 นาที หรือที่ 37°C เป็นเวลา 5 นาที
6. เมื่อครบเวลานำตัวอย่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสงภายใน 15 นาที

การคำนวณค่าความเข้มข้น Uric acid

1. Serum or plasma

   $C = 8 \times (\Delta A \text{ sample}/\Delta A \text{ STD})$ (mg/dl)

   $C = 476 \times (\Delta A \text{ sample}/\Delta A \text{ STD})$ (µmol/l)

2. Urine

   $C = 88 \times (\Delta A \text{ sample}/\Delta A \text{ STD})$ (mg/dl)

   $C = 5235 \times (\Delta A \text{ sample}/\Delta A \text{ STD})$ (µmol/l)

5. การวิเคราะห์ Total protein liquicolor (Biuret method)

เป็นวิธีการที่ใช้การทำปฏิกิริยาของโปรตีนใน alkaline solution จากสารประกอบ ซึ่งค่าการดูดกลืนแสงจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นโปรตีนในตัวอย่าง

สารเคมี

Sodium hydroxide	200 mmol/l
Potassium sodium tartrate	32 mmol/l
Copper sulfate	12 mmol/l
Irritant R 36/38	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารมาตรฐาน

Protein	8 g/dl
หรือ	80 g/dl
Sodium azide	0.095 %

ตัวอย่างที่สามารถใช้วิเคราะห์ได้

Serum, heparinised plasma or EDTA-plasma, urine.

ความเสถียรของตัวอย่าง

กรณี serum เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2-8 °C มากกว่า 1 เดือน หรือ ที่ 15-25 °C เก็บได้ 1 สัปดาห์

เงื่อนไขสำหรับการวิเคราะห์

ความยาวแสง: 520-580 nm, Hg 546 nm

Optical path: 1 cm

Temperature: 20-25 °C

ก่อนทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงในแต่ละครั้ง ต้องทำการแทนค่า Blank ก่อน

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร
2. ไมโครปิเปตขนาดที่สามารถดูดสารละลายปริมาตร 10 และ 1,000 ไมโครลิตร
3. เครื่อง Vortex mixer
4. เครื่อง Spectrophotometer ที่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 520-580 นาโนเมตร
5. Cuvette ขนาด 1 ml

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการวิเคราะห์

1. ดูดสารตัวทำปฏิกิริยาจำนวน 1000 µl ใส่หลอดทดลอง
2. นำสารตัวทำปฏิกิริยาเพื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงแทนค่า blank
3. ดูดสารตัวอย่างปริมาณ 20 µl ใส่ในหลอดที่มีสารตัวทำปฏิกิริยาจำนวน 1000 µl
4. นำมาเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vertex นาน 10 วินาที
5. บ่มที่อุณหภูมิ 20-25°C เป็นเวลา10 นาที หรือที่ 37°C เป็นเวลา 5 นาที
6. เมื่อครบกำหนดเวลานำตัวอย่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสงภายใน 30 นาที

การคำนวณค่าความเข้มข้นของ Total protein

1. คำนวณด้วยการคูณ factor

   $C = 19\times \Delta A$ (g/dl)

   $C = 190 \times \Delta A$ (g/l)

2. คำนวณด้วนสารมาตรฐาน

   $C = 8 \times (\Delta A \text{ sample}/\Delta A \text{ STD})$ (g/dl)

   $C = 80 \times (\Delta A \text{ sample}/\Delta A \text{ STD})$ (g/l)

หมายเหตุ

หากความเข้มข้นของ Total protein มากกว่า 12 g/dl หรือ 120 g/l ควรทำการเจือจางตัวอย่างด้วย physiological saline 0.9 % ในอัตราส่วน 1+1

6. วิธีการหาไขมันทั้งหมดในตับ (Liver total lipid)

ไขมันทั้งหมดเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ สามารถสกัด (Extract) ไขมันทั้งหมดออกจากเซลล์และเนื้อเยื่อตับ โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น คลอโรฟอร์ม (Chloroform) เมทธานอล(Methanol) อะซีโตน (Acetone) เป็นต้น ซึ่งการสกัดได้ดัดแปลงจากวิธีของ Folch (1957)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารเคมี

1. Chloroform
2. Methanol

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ขวดแก้วรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)
2. บีกเกอร์
3. แท่งแก้ว
2. กรวยกรอง (Funnel)
3. กรวยกรองแบบแยก (Separatory funnel)
4. Water bath ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้
5. Round bottom flask
6. กระบอกตวง (Cylinder)
7. กระดาษกรองเบอร์ 1
8. ไมโครปิเปต และDropper
9. เครื่อง Homogenize
10. เครื่อง Vortex mixer
11. เครื่องดูด (Suction)
12. ตู้อบ (Oven)
13. โถดูดความชื้น
14. เครื่องชั่งดิจิตอล

วิธีการวิเคราะห์

1. นำตับที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง ออกจากตู้เย็นปล่อยทิ้งไว้ให้อุณหภูมิสูงขึ้นด้วยอุณหภูมิห้อง

2. ชั่งน้ำหนักตับที่บดแล้ว 3-4 กรัม ใส่ลงในขวดแก้วรูปชมพู่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. เติม Chloroform : Methanol (2:1 v/v) ลงไป 30 ml (20 เท่าของตัวอย่าง) ลงในขวดแก้วรูปชมพู่

4. นำไปผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง Homogenize ความเร็ว 20,000 รอบ/นาที นาน 1 นาที

5. เขย่าแรง ๆ ด้วยเครื่อง Vortex mixer เพื่อให้การสกัดไขมันเกิดขึ้นได้สมบูรณ์

6. กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ลงในขวดแก้วรูปชมพู่โดยใช้เครื่องดูด (Suction) ช่วย

7. นำกากที่ได้มาล้างด้วย Chloroform : Methanol (2:1 v/v) จำนวน 30 มิลลิลิตร อีกครั้งหนึ่ง

8. รวมสารละลายที่กรองได้ลงใน Round bottom flask แล้วเทลงในบีกเกอร์ที่ทราบน้ำหนัก

9. นำไประเหยเอา Solvent ออกด้วยเครื่อง Water bath ที่อุณหภูมิประมาณ 60 – 70 องศาเซลเซียล

10. นำไปอบเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียล นาน 8 ชั่วโมง แต่อย่าให้ไหม้เพราะอาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้

11. ใส่ในโถดูดความชื้น แล้วชั่งหาน้ำหนักของไขมันที่สกัดได้

วิธีการคำนวณ

ปริมาณไขมันในตับ (%) = ((น.น. บิกเกอร์รวมไขมัน – น.น. บิกเกอร์)/ น.น. ตัวอย่าง)×100

7. วิธีการวิเคราะห์โครมิกซ์ออกไซด์

โครมิกซ์ออกไซด์นิยมใช้เป็นสารบ่งชี้ในการทดลองเพื่อวัดค่าการย่อยได้ในสัตว์ เนื่องจากเป็นสารที่ไม่ละลายและไม่ถูกย่อยในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ อีกทั้งโครเมียม (Cr) เป็นธาตุที่ไม่ค่อยมีในอาหารทั่วไป ซึ่งการวิเคราะห์ปริมาณโครมิกซ์ออกไซด์ดัดแปลงจากวิธีของ Bolin *et al*. (1952) และ Furukawa and Tsukahara (1966)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์

1. เตาย่อย (kjeldahl apparatus)
2. เจดาห์ลฟลาสค์ (kjeldahl flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร
3. ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร
4. กรวยกรอง (funnel)
5. กระดาษกรอง (filter paper) เบอร์ 40
6. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย (spectrophotometer)

สารเคมี

1. กรดไนตริกเข้มข้น (HNO_3)
2. กรดเปอร์คลอริคเข้มข้น ($HClO_4$)

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอยางใสเจดาหลฟลาสคขนาด 500 มิลลิลิตร โดยชั่งตัวอยางอาหารประมาณ 1.5 กรัมและตัวอยางสิ่งย่อยประมาณ 0.5 กรัม

2. เติมกรดไนตริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตร นำไปย่อยที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิเป็น 190 องศาเซลเซียส ย่อยจนหมดควันสีเหลือง หรือสารละลายใส และมีตะกอนสีเขียว หากสารละลายยังไม่ใสหรือมีสีเขียวให้เติมกรดไนตริกเพิ่ม 5 มิลลิลิตร แล้วย่อยต่อจนสมบูรณ์

3. ตั้งทิ้งในช่องดูดควันจนเย็น เติมกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร และนำไปย่อยอีกครั้งจนสารละลายในขวดเปลี่ยนเป็นสีส้มแดง ย่อยต่ออีกจนหมดควันสีขาว เมื่อตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจะเห็นคราบสีแดงภายในฟลาสค์

4. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กรองสารละลายที่ได้ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 40 ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร ล้างด้วยน้ำกลั่น 3-4 ครั้ง ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน

5. นำสารละลายที่กรองแล้วไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับ blank (ทำทุกขั้นตอนเหมือนตัวอย่างแต่ไมไดใสตัวอย่าง) โดยปรับค่าการดูดกลืนแสงของ blank ให้เป็นศูนย์โดยการตั้ง auto zero

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การคำนวณ

การคำนวณปริมาณโครมิกซ์ออกไซด์ในตัวอย่างอาหารและสิ่งย่อยที่ได้จากการทดลองได้ดังสมการ

ปริมาณโครมิกซ์ออกไซด์ (%) = (A × EF × ml Al × 1000)/(1000 × W)

เมื่อ A = ค่าการดูดกลืนแสง

ml Al = ปริมาตรของสารละลายที่ไดหลังจากขั้นตอนการปรับปริมาตร

W = น้ำหนักตัวอย่าง

$$EF = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นโครมิกซ์ออกไซด์ระดับต่างๆ จากการทำกราฟมาตรฐาน}}{\text{ค่าการดูดกลืนแสง}}$$

หมายเหตุ (ค่า EF โดยปกติมีค่า 389-400 มิลลิกรัมต่อลิตร)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นายเชาว์วิทย์ ระฆังทอง
เกิดวันที่	25 ธันวาคม 2522
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช
ประวัติกาศึกษา	วท.บ. (เทคโนโลยีการผลิตสัตว์) มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
	วท.ม. (สัตวศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ประวัติการทำงาน	ตำแหน่ง สัตวบาลอาวุโส
	บริษัท กรุงเทพผลิตผลอุตสาหกรรมการเกษตร จำกัด (มหาชน)
	ตำแหน่ง นักวิชาการ ฟาร์มไก่หลวงสุวรรณวาจกกสิกิจ
	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนผู้ช่วยวิจัยระดับดุษฎีบัณฑิต
	โครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ทุนสนับสนุนการตีพิมพ์ผลงานวิจัยระดับนานาชาติ
	บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ทุนสนับสนุนการเสนอผลงานวิจัยระดับนานาชาติจาก
	Kasetsart University Corn and Sorghum Master Research
	Project
	ทุนสนับสนุนวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา (ปริญญาโท)
	บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ทุนผู้ช่วยสอนจากบัณฑิตวิยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	(พ.ศ. 2551 และ 2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์