

บทที่ 3

การทดลองที่ 2

การศึกษานิตของวัตถุดิบที่เหมาะสมในการใช้เป็นแหล่งแคลเซียมในอาหารไก่ไข่

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลการใช้วัตถุดิบที่เป็นแหล่งแคลเซียมในสูตรอาหารไก่ไข่ที่มีต่อปริมาณอาหารที่กิน ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อการผลิตไข่ คุณภาพของไข่ ได้แก่ สีไข่แดง ค่าฮอก ยูนิต ความหนาของเปลือกไข่ และปริมาณเถ้าที่ปราศจากไขมัน ปริมาณธาตุ แคลเซียม และฟอสฟอรัสในกระดูกน่อง (tibia)

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

1. วัตถุดิบอาหารสัตว์ ได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง ข้าวโพด น้ำมันปาล์ม เกลือ ฟอสฟอรัส ไดแคลเซียมฟอสเฟต เปลือกหอย หินปูน และยิปซัม (จากการทดลองที่ 1)
2. ไก่ไข่พันธุ์ Hubbard Golden Comet อายุ 29 สัปดาห์ จำนวน 120 ตัว
3. โรงเรือนและอุปกรณ์ในการเลี้ยงไก่ทดลอง
4. อุปกรณ์สำหรับวัดผลผลิต ได้แก่ เครื่องชั่งละเอียดสำหรับชั่งน้ำหนักไข่ เครื่อง digital albumin high gauge สำหรับวัดค่าความสูงไข่ขาว ไมโครมิเตอร์ (micrometer) สำหรับวัดค่าความหนาของเปลือกไข่ เครื่องเปรียบเทียบสีไข่แดง
5. โรงฆ่าสัตว์ ห้องเย็น และอุปกรณ์ในการชำแหละไก่
6. เตาอบลมร้อน เตาเผา และเครื่องวิเคราะห์ไขมัน

วิธีการ

1. สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่ไข่พันธุ์ Hubbard Golden Comet อายุ 29 สัปดาห์ แบ่งไก่ออกเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 6 ตัว รวมจำนวน 120 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design : CRD) นำมาเลี้ยงในโรงตบข้างเดียว ไก่ได้รับอาหาร 110 กรัม/ตัว/วัน และมีน้ำให้กินตลอดเวลา ไก่ทดลองได้รับสูตรอาหารที่ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบ 5 สูตร (ทรีทเมนต์) คือ

1) เปลือกหอย 2) หินปูน 3) ยิปซัม 4) เปลือกหอย+หินปูน 5) เปลือกหอย+ยิปซัม แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ระยะๆ ละ 28 วัน การประกอบสูตรอาหารให้ได้โภชนะครบตามความต้องการของไก่ไข่คือ พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ โปรตีน แคลเซียม ฟอสฟอรัส เมทไธโอนีน และ ไลซีน ตามคำแนะนำของบริษัท แหลมทองอาหารสัตว์ จำกัด ส่วนประกอบของวัตถุดิบในสูตรอาหารและปริมาณโภชนะแสดงดังตารางที่ 7 อาหารทุกสูตรมีระดับโปรตีน พลังงาน แคลเซียมและฟอสฟอรัสในปริมาณที่เท่ากัน ในช่วงก่อนการทดลองไก่ได้รับอาหารทดลองตั้งแต่อายุ 24 สัปดาห์ เพื่อให้ไก่ปรับตัวกับอาหารก่อนการทดลองจริง และเริ่มเก็บข้อมูลเมื่อไก่อายุ 29 สัปดาห์

2. การวัดคุณภาพไข่

สุ่มเก็บไข่ใน 3 วันสุดท้ายของแต่ละระยะการทดลอง (28 วัน) โดยสุ่มเก็บทั้ง 5 ทรีทเมนต์ ๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 4 ฟอง รวมไข่ทั้งหมด 80 ฟอง นำไข่ที่สุ่มได้ชั่งน้ำหนัก แล้วตอกไข่ เพื่อวัดความสูงของไข่ขาวด้วยเครื่อง digital albumin high gauge โดยทำการวัด 2 จุด ด้านข้างของไข่แดงฝั่งตรงข้ามกัน แล้วหาค่าเฉลี่ย เปรียบเทียบสีของไข่แดงด้วยเครื่องวัดสี แยกไข่ขาวออกจากไข่แดงจนสะอาด แล้วชั่งน้ำหนักไข่แดง ล้างเปลือกไข่ที่มีเยื่อหุ้มไข่ติดอยู่ให้สะอาด นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักเปลือกไข่ (Lee and Choi, 1985) และวัดความหนาของเปลือกไข่ด้วยไมโครมิเตอร์

3. การฆ่าและชำแหละไก่ทดลองเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าที่ปราศจากไขมัน แคลเซียม และฟอสฟอรัสในกระดูกของไก่

สุ่มไก่ทดลองฆ่าละ 1 ตัว รวมไก่ทั้งหมด 20 ตัว อดอาหารไก่เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักมีซีวิต จากนั้นฆ่าไก่โดยการตัดเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณลำคอ ลวกน้ำร้อนแล้วถอนขน ทำการชำแหละและตัดน้องของไก่ออกและเลาะเนื้อที่น้องออกให้หมด เอากระดูกน้องข้างขวาชั่งน้ำหนัก จากนั้น วิเคราะห์หาปริมาณเถ้าที่ปราศจากไขมัน (fat free ash) โดยนำกระดูกเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อกระดูกแห้งแล้วจึงนำเข้าโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้ง หลังจากนั้นใช้ผ้าขาวชนิดหนาห่อกระดูกไว้แล้วทุบกระดูกให้แตก หลังจากนั้น ชั่งน้ำหนักกระดูกทั้งหมด แล้วนำไปสกัดไขมันด้วยเครื่องสกัดไขมัน นำเข้าตู้อบ 3 ชั่วโมง เพื่อระเหยไดคลอโรมีเทน ชั่งน้ำหนักกระดูกแล้วนำเข้าตู้อบ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำเข้าโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักแห้ง นำเข้าเตาเผา 600 องศาเซลเซียส จนเถ้าเป็นสีขาว นำเข้าโถอบแห้ง ชั่งน้ำหนักเถ้าซึ่งอยู่ในสภาพปราศจากไขมัน และเก็บไว้เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ แคลเซียม และฟอสฟอรัส (Karl, et al., 1979)

การวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียมโดยใช้ Atomic Absorption Spectrophotometer (GBC 901) (AOAC, 1990) การหาปริมาณฟอสฟอรัสโดยใช้เครื่อง UV-Visible Spectrometer (Unicam UV 300) (AOAC, 1990)

4. การเก็บข้อมูล

- 4.1 บันทึกจำนวนไข่และน้ำหนักไข่ทุกฟองของไก่ทุกตัว และทุกวันตลอดการทดลอง
- 4.2 บันทึกปริมาณอาหารที่ให้และอาหารเหลือในแต่ละหน่วยการทดลองทุกสัปดาห์
- 4.3 บันทึกน้ำหนักไก่ทุกตัวก่อนการทดลองและน้ำหนักไก่ทุกตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง
- 4.4 บันทึกคุณภาพไข่ ได้แก่ สีของไข่แดง ค่าฮอก ยูนิต ความหนาของเปลือกไข่ และน้ำหนักเปลือกไข่

5. การคำนวณ

$$5.1 \text{ ผลผลิตไข่ (hen day egg production : \%)} = \frac{\text{จำนวนไข่รวม 7 วันใน 1 ไซ้}}{\text{จำนวนไก่ 6 ตัว} \times 7 \text{ วัน}} \times 100$$

$$5.2 \text{ มวลไข่ (egg mass)} = \text{เปอร์เซ็นต์ไข่เฉลี่ย} \times \text{น้ำหนักไข่เฉลี่ย}$$

$$5.3 \text{ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ (feed conversion ratio)} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}{\text{มวลไข่}}$$

$$5.4 \text{ ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 ก.ก.} = \text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่} \times \text{ราคาอาหาร (บาท/ก.ก.)}$$

$$5.5 \text{ ปริมาณแคลเซียมที่กินทั้งหมด (กรัม)} = \frac{a \times b}{c}$$

a = ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม)

b = ปริมาณแคลเซียมจากวัตถุดิบแหล่งแคลเซียมในสูตรอาหาร (กรัม)

c = ปริมาณอาหารทั้งหมดที่ผสมเป็นสูตรอาหาร (กรัม)

$$5.6 \text{ ปริมาณแคลเซียมที่ใช้ประโยชน์ได้ (กรัม)} = \frac{a(b \times \frac{c}{100})}{d}$$

a = ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม)

b = ปริมาณแคลเซียมที่ใช้ประโยชน์ได้จากวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งแคลเซียม (กรัม)

c = ปริมาณวัตถุดิบแหล่งแคลเซียมในสูตรอาหาร (กรัม)

d = ปริมาณอาหารทั้งหมดที่ผสมเป็นสูตรอาหาร (กรัม)

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ มวลไข่ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ คุณภาพไข่ ได้แก่ สีไข่แดง น้ำหนักไข่แดง ฮอก ยูนิต ความหนาของเปลือกไข่ น้ำหนักของเปลือกไข่ ปริมาณเถ้าที่ปราศจากไขมัน แคลเซียม และฟอสฟอรัสในกระดุกน่องไก่ โดยวิธี Analysis of Variance และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1985)

ตารางที่ 7 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะในสูตรอาหารไก่ไข่ (% น้ำหนักแห้ง : % as fed basis or air dry basis)

วัตถุดิบอาหารสัตว์ (ก.ก.)	สูตรที่1	สูตรที่2	สูตรที่3	สูตรที่4	สูตรที่5
ข้าวโพด	54.30	55.51	45.57	54.67	51.40
กากถั่วเหลือง	24.86	24.65	26.34	24.8	25.35
ปลาป่น	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
น้ำมันปาล์ม	0.88	0.45	4.02	0.75	1.92
เปลือกหอย	8.54	0.00	0.00	0.00	0.00
หินปูน	0.00	7.97	0.00	0.00	0.00
ยิปซัม	0.00	0.00	12.63	0.00	0.00
เปลือกหอย + หินปูน (2:1)	0.00	0.00	0.00	8.36	0.00
เปลือกหอย + ยิปซัม (2:1)	0.00	0.00	0.00	0.00	9.91
ไคแคลเซียมฟอสเฟต	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
เกลือ	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.22	0.22	0.24	0.22	0.22
พรีมิกซ์ *	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
ปริมาณโภชนะจากการคำนวณ (% ของน้ำหนักแห้ง)					
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (กิโลแคลอรี/ก.ก.)	2900	2900	2900	2900	2900
โปรตีน (%)	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50
ถั่ว (%)	13.35	12.92	16.55	13.22	14.42
แคลเซียม (%)	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (%)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
เมทไธโอนีน (%)	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
เมทไธโอนีน + ซีสตีล (%)	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
ไลซีน (%)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
ราคา (บาท/ก.ก.)	9.80	9.61	10.12	9.74	9.89

หมายเหตุ *พรีมิกซ์ตามคำแนะนำของ NRC (1994) 1 กิโลกรัม ประกอบด้วย

vitamin : vitamin A 750,000 IU, vitamin D₃ 150,000 IU, E 3,000 IU, vitamin K 0.15 g., vitamin B₁ 0.36 g., vitamin B₂ 0.72 g., vitamin B₆ 0.7 g., vitamin B₁₂ 4 g., Pantothenic acid 2 g., Niacin 6 g., Biotin 2% 0.15 g., Choline Chloride 50% 200 g., Folic acid 0.11 g., mineral : MnSO₄ 16.493 g., CuSO₄·5H₂O 3.142 g., FeSO₄·4H₂O 32.038 g., ZnSO₄·H₂O 10.98 g., KI 0.046 g., Na₂SeO₃ 0.036 g.

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลของการใช้แหล่งแคลเซียมต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตไข่

ผลของการใช้แหล่งแคลเซียมจาก เปลือกหอย หินปูน และยิปซัม ต่อผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่มวลไข่ ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ และต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 ก.ก. ในช่วงอายุ 29-33, 34-37, 38-41 และ 29-41 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 8 และ 9

ตารางที่ 8 ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่มวลไข่ ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ และต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 กก. ของไก่ไข่ในช่วงอายุ 29-41 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย±ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)

ลักษณะ	แหล่งแคลเซียม					ความน่าจะเป็น
	เปลือกหอย	หินปูน	ยิปซัม	เปลือกหอย+หินปูน	เปลือกหอย+ยิปซัม	
การทดลองช่วงอายุ 29-33 สัปดาห์						
ผลผลิตไข่ (%)	81.55±7.64 ^a	83.63±6.23 ^a	58.78±6.27 ^b	86.90±5.91 ^a	84.23±9.41 ^a	0.0001
น้ำหนักไข่ (กรัม/ฟอง)	57.16±1.53	58.84±1.27	57.63±2.18	58.43±2.36	56.34±0.63	0.2940
มวลไข่เฉลี่ย (กรัม/ตัว/วัน)	46.56±4.33 ^a	49.21±3.26 ^a	33.91±4.02 ^b	50.68±1.59 ^a	47.45±5.11 ^a	0.0001
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)	101.9±3.60	105.9±1.14	104.9±3.40	105.6±2.64	106.1±4.67	0.3960
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่	2.21±0.19 ^a	2.17±0.13 ^a	3.13±0.32 ^b	2.09±0.05 ^a	2.26±0.16 ^a	0.0001
ต้นทุนค่าอาหารไข่ 1 ก.ก. (บาท)	21.68±1.82	20.84±1.28	31.71±3.29	20.39±0.49	22.32±1.54	-
การทดลองช่วงอายุ 34-37 สัปดาห์						
ผลผลิตไข่ (%)	78.27±5.44 ^a	75.89±7.86 ^a	55.09±9.46 ^b	81.10±8.05 ^a	78.72±6.15 ^a	0.0010
น้ำหนักไข่ (กรัม/ฟอง)	58.50±1.10	60.62±1.53	58.19±3.46	59.00±1.34	57.46±0.96	0.2430
มวลไข่เฉลี่ย (กรัม/ตัว/วัน)	45.82±3.89 ^a	45.97±4.42 ^a	32.24±7.02 ^b	47.77±3.90 ^a	45.23±3.59 ^a	0.0020
ปริมาณอาหารที่กิน(กรัม/ตัว/วัน)	105.0±6.38	103.1±3.71	105.7±1.48	103.4±1.38	102.9±2.63	0.7350
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่	2.34±0.21 ^a	2.31±0.34 ^a	3.50±0.84 ^b	2.19±0.15 ^a	2.31±0.13 ^a	0.0030
ต้นทุนค่าอาหารไข่ 1 ก.ก. (บาท)	22.94±2.07	22.24±3.26	35.40±8.47	21.35±1.48	22.90±1.30	-
การทดลองช่วงอายุ 38-41 สัปดาห์						
ผลผลิตไข่ (%)	83.27±14.07 ^a	80.60±10.79 ^a	54.14±12.34 ^b	91.96±2.68 ^a	81.70±6.36 ^a	0.0010
น้ำหนักไข่ (กรัม/ฟอง)	59.64±1.67	61.81±1.08	60.08±2.75	60.62±2.60	58.10±1.02	0.1610
มวลไข่เฉลี่ย (กรัม/ตัว/วัน)	49.81±9.30 ^a	49.81±6.40 ^a	32.77±8.69 ^b	55.75±2.71 ^a	47.45±3.52 ^a	0.0030
ปริมาณอาหารที่กิน(กรัม/ตัว/วัน)	107.7±1.47	108.5±3.02	105.0±4.78	108.6±3.35	105.9±2.67	0.4420
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่	2.24±0.47 ^a	2.23±0.29 ^a	3.47±0.96 ^b	1.95±0.07 ^a	2.24±0.14 ^a	0.0050
ต้นทุนค่าอาหารไข่ 1 ก.ก. (บาท)	21.94±4.56	21.40±2.80	35.14±9.76	19.02±0.65	22.17±1.37	-
การทดลองช่วงอายุ 29-41 สัปดาห์						
ผลผลิตไข่ (%)	81.03±8.59 ^a	80.04±7.32 ^a	56.00±8.01 ^b	86.66±4.93 ^a	81.55±5.82 ^a	0.0001
น้ำหนักไข่ (กรัม/ฟอง)	58.43±1.34	60.42±1.25	58.63±2.77	59.35±2.05	57.30±0.87	0.2090
มวลไข่เฉลี่ย (กรัม/ตัว/วัน)	47.40±5.58 ^a	48.33±4.12 ^a	32.97±6.02 ^b	51.40±1.74 ^a	46.71±3.15 ^a	0.0001
ปริมาณอาหารที่กิน(กรัม/ตัว/วัน)	104.9±3.76	105.8±1.55	105.2±2.54	105.9±1.19	104.9±1.92	0.9540
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่	2.26±0.24 ^a	2.24±0.22 ^a	3.37±0.65 ^b	2.08±0.08 ^a	2.27±0.12 ^a	0.0001
ต้นทุนค่าอาหารไข่ 1 ก.ก. (บาท)	22.19±2.38	21.49±2.07	34.08±6.57	20.25±0.76	22.46±1.20	-

หมายเหตุ : อักษร a b c ที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงว่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมีนัย

สำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 9 ปริมาณอาหารที่กิน ปริมาณแคลเซียมที่กินทั้งหมด และปริมาณแคลเซียมที่ใช้ประโยชน์ได้จากวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดในไก่ไข่ในช่วงอายุ 29-41 สัปดาห์ (กรัม/ตัว/วัน) (ค่าเฉลี่ย±ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)

ลักษณะ	แหล่งแคลเซียม					ความน่าจะเป็น
	เปลือกหอย	หินปูน	ยิปซั่ม	เปลือกหอย+หินปูน	เปลือกหอย+ยิปซั่ม	
การทดลองช่วงอายุ 29-33 สัปดาห์						
ปริมาณอาหารที่กิน	101.9±3.60	105.9±1.14	104.9±3.40	105.6±2.64	106.1±4.67	0.3960
ปริมาณแคลเซียมที่กินทั้งหมด	3.11±0.11	3.22±0.03	3.19±0.10	3.22±0.08	3.23±0.14	0.4170
แคลเซียมที่ใช้ประโยชน์ได้	1.84±0.06 ^a	1.36±0.01 ^c	1.26±0.04 ^d	1.72±0.04 ^b	1.70±0.07 ^b	0.0001
การทดลองช่วงอายุ 34-37 สัปดาห์						
ปริมาณอาหารที่กิน	105.0±6.38	103.1±3.71	105.7±1.48	103.4±1.38	102.9±2.63	0.7350
ปริมาณแคลเซียมที่กินทั้งหมด	3.20±0.19	3.14±0.11	3.22±0.04	3.16±0.04	3.14±0.08	0.7550
แคลเซียมที่ใช้ประโยชน์ได้	1.89±0.11 ^a	1.33±0.05 ^c	1.27±0.02 ^c	1.69±0.02 ^b	1.65±0.04 ^b	0.0001
การทดลองช่วงอายุ 38-41 สัปดาห์						
ปริมาณอาหารที่กิน	107.7±1.47	108.5±3.02	105.0±4.78	108.6±3.35	105.9±2.67	0.4420
ปริมาณแคลเซียมที่กินทั้งหมด	3.29±0.04	3.30±0.09	3.19±0.15	3.31±0.10	3.23±0.08	0.4010
แคลเซียมที่ใช้ประโยชน์ได้	1.94±0.03 ^a	1.40±0.04 ^d	1.26±0.06 ^e	1.77±0.05 ^b	1.70±0.04 ^c	0.0001
การทดลองช่วงอายุ 29-41 สัปดาห์						
ปริมาณอาหารที่กิน	104.9±3.76	105.8±1.55	105.2±2.54	105.9±1.19	104.9±1.92	0.9540
ปริมาณแคลเซียมที่กินทั้งหมด	3.20±0.11	3.22±0.05	3.20±0.08	3.23±0.04	3.20±0.06	0.9520
แคลเซียมที่ใช้ประโยชน์ได้	1.89±0.07 ^a	1.36±0.02 ^c	1.26±0.03 ^d	1.73±0.02 ^b	1.68±0.03 ^b	0.0001

หมายเหตุ : อักษร a b c ที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงว่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

1.1 ผลผลิตไข่

จากผลการทดลองในตารางที่ 8 พบว่าในช่วงอายุ 29-33 สัปดาห์ ผลผลิตไข่เฉลี่ยของไก่ที่ได้รับอาหารที่ใช้เปลือกหอย หินปูน เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซั่ม เป็นแหล่งแคลเซียมมีค่าเท่ากับ 81.55, 83.63, 86.90 และ 84.23% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่สูงกว่าผลผลิตไข่ของไก่ที่ได้รับอาหารผสมยิปซั่ม (58.78%) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ในช่วงอายุ 34-37 สัปดาห์ ผลผลิตไข่เฉลี่ยของไก่ที่ได้รับอาหารผสมเปลือกหอย หินปูน เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซั่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งมีค่าเท่า

กับ 78.27, 75.89, 81.10 และ 78.72% ตามลำดับ สูงกว่าผลผลิตไข่ของไก่ที่ได้รับอาหารผสมยิปซัม (55.09%) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนในช่วงอายุ 38-41 สัปดาห์ ผลผลิตไข่เฉลี่ยของไก่ที่ได้รับอาหารผสมเปลือกหอย หินปูน เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) มีค่าเท่ากับ 83.27, 80.60, 91.96 และ 81.70% ตามลำดับ สูงกว่าผลผลิตไข่ของไก่ที่ได้รับอาหารผสมยิปซัม (54.14%) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) และผลผลิตไข่เฉลี่ยในช่วงอายุ 29-41 สัปดาห์ พบว่าสอดคล้องกับผลผลิตไข่ในแต่ละช่วงของการทดลอง โดยผลผลิตไข่ของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเปลือกหอย หินปูน เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) มีค่าเท่ากับ 81.03, 80.04, 86.66 และ 81.55% ตามลำดับ แต่สูงกว่าผลผลิตไข่ของไก่ที่ได้รับอาหารผสมยิปซัม (56.00%) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ในการทดลองครั้งนี้ไก่ได้รับปริมาณแคลเซียมในอาหารทุกสูตรเท่ากันคือ 3.90% แต่เนื่องจากการใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียมจากยิปซัมต่ำกว่าเปลือกหอยและหินปูน (ผลจากการทดลองที่ 1) และจากผลการทดลองในตารางที่ 9 พบว่าแม้ปริมาณแคลเซียมที่กินได้ทั้งหมดจากอาหารที่ใช้วัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดเป็นแหล่งแคลเซียมจะไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาค่าแคลเซียมที่นำไปใช้ประโยชน์ได้นั้น ไก่ที่ได้รับอาหารผสมยิปซัมนำแคลเซียมไปใช้ประโยชน์ได้น้อยกว่า เปลือกหอยและหินปูน มีผลทำให้ไก่ได้รับแคลเซียมไม่เพียงพอต่อความต้องการจึงทำให้ผลผลิตไข่ต่ำกว่าไก่กลุ่มอื่นๆ สอดคล้องกับรายงานของ Keshavarz (1991) ที่รายงานว่าการใช้ยิปซัมเป็นแหล่งแคลเซียมในอาหารไก่ไข่มีผลทำให้ผลผลิตไข่ต่ำกว่าการใช้เปลือกหอย และหินปูน ($P < 0.05$) สาเหตุอาจเนื่องมาจากไก่ที่ได้รับอาหารผสมยิปซัมได้รับแคลเซียมไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย โดย Roland (1981) รายงานว่าถ้าไก่ได้รับอาหารที่มีแคลเซียมไม่เพียงพอจะมีผลทำให้ผลผลิตไข่ลดลง และจากตารางที่ 9 พบว่า แม้แคลเซียมที่ใช้ประโยชน์ได้ของหินปูนจะมีค่าต่ำกว่าเปลือกหอยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาผลผลิตไข่เฉลี่ย (ช่วงอายุ 29-41 สัปดาห์) พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหากนำค่าของแคลเซียมที่ใช้ประโยชน์ได้มาประกอบสูตรอาหารไก่ไข่ ควรกำหนดให้ค่าการใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียมอยู่ที่ 1.36 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป

การใช้ยิปซัมเป็นแหล่งแคลเซียมทำให้อัตราการไข่และคุณภาพไข่ต่ำกว่าวัตถุดิบอื่นๆ เนื่องจากแคลเซียมซัลเฟตมีการละลายได้และแตกตัวเป็นไอออนได้ต่ำ (Price, et al., 1961) นอกจากนี้ การเสริมน้ำมันปาล์ม 4.02 กิโลกรัม ในอาหารทดลองสูตรที่ 3 (ใช้ยิปซัม) ซึ่งมากกว่าสูตรอื่นๆ เพื่อปรับพลังงานให้เท่ากับสูตรอื่นๆ อาจทำให้เกิดการรวมตัวของแคลเซียมกับกรดไขมันอิสระเกิดเป็น

สารประกอบที่ไม่ละลายมากกว่าสูตรที่ 1, 2 และ 4 จึงทำให้แคลเซียมดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้น้อย ส่งผลให้ไก่ได้รับแคลเซียมไม่เพียงพอกับความต้องการ การได้รับแคลเซียมไม่เพียงพอไก่จึงต้องปรับตัวโดยการลดการสูญเสียแคลเซียมออกจากร่างกาย คือในระยะแรกการให้ไข่ของไก่จะยังเป็นปกติอยู่ แต่เปลือกไข่จะบางลง และเมื่อระยะเวลาการขาดแคลเซียมจากอาหารเพิ่มขึ้น ไก่ก็จะลดจำนวนไข่ลงทำให้ผลผลิตไข่ลดลง โดย Bell และ Freeman (1971) รายงานว่าแคลเซียมมีผลต่อการทำงานของต่อมใต้สมอง (pituitary) และการสร้างเปลือกไข่ โดยแคลเซียมจะไปกระตุ้นให้ไฮโปทาลามัส (hypothalamus) หลั่งสารไปกระตุ้นให้ต่อมใต้สมองสร้างและหลั่งฟอลลิเคิล สติมูเลตติง ฮอริโมน (follicle stimulating hormone) และลูทีไนซิง ฮอริโมน (lutinizing hormone) เพื่อไปกระตุ้นการทำงานของรังไข่และท่อไข่อีกทอดหนึ่ง แต่เมื่อไก่ได้รับแคลเซียมในอาหารน้อย จึงต้องดึงมาจากกระดูก ซึ่งแคลเซียมที่สลายออกมาจากกระดูกนั้นจะถูกใช้ไปในการดำรงชีพ (maintenance) ให้เพียงพอก่อนจะนำไปใช้ในการสร้างไข่ ดังนั้นสาเหตุที่ไก่ยังให้ไข่อยู่ (ผลผลิตไข่เฉลี่ยของไก่กลุ่มที่ได้รับยิปซัม 56%) น่าจะเกิดจากไก่ยังได้รับแคลเซียมจากโคแคลเซียมฟอสเฟตที่ใช้เป็นแหล่งของแคลเซียมและฟอสฟอรัสถึงแม้จะมีเปอร์เซ็นต์ต่ำเพียง 0.40% ในสูตรอาหาร

1.2 น้ำหนักไข่

จากตารางที่ 8 การใช้เปลือกหอย หินปูน ยิปซัม เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซัมเป็นแหล่งแคลเซียมในอาหารไก่ไข่ พบว่าไม่มีผลทำให้น้ำหนักไข่เฉลี่ยตลอดการทดลองแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในช่วงอายุ 29-33 สัปดาห์ น้ำหนักไข่เฉลี่ย 57.16, 58.84, 57.63, 58.43 และ 56.34 กรัม ตามลำดับ ช่วงอายุ 34-37 สัปดาห์ น้ำหนักไข่เฉลี่ย 58.50, 60.62, 58.19, 59.00 และ 57.46 กรัม ตามลำดับ ช่วงอายุ 38-41 สัปดาห์ น้ำหนักไข่เฉลี่ย 59.64, 61.81, 60.08, 60.62 และ 58.10 ตามลำดับ และเฉลี่ยในช่วงอายุ 29-41 สัปดาห์ เท่ากับ 58.43, 60.42, 58.63, 59.35 และ 57.30 กรัม ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามการใช้เปลือกหอย+ยิปซัมเป็นแหล่งแคลเซียมในอาหารไก่ไข่พบว่าน้ำหนักไข่มีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ

1.3 มวลไข่

จากตารางที่ 8 ในช่วงอายุ 29-33 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารผสมเปลือกหอย หินปูน เปลือกหอย+ยิปซัม และเปลือกหอย+ยิปซัม มีมวลไข่ 46.56, 49.21, 50.68 และ 47.45 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่สูงกว่ามวลไข่ของไก่ที่ได้รับอาหารผสมยิปซัม (33.91 กรัม/ตัว/วัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ในช่วงอายุ 34-37 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารผสมเปลือกหอย หินปูน เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซัม มีผลผลิตมวลไข่ 45.82, 45.97, 47.77 และ 45.23 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่สูงกว่ามวลไข่ของไก่ที่ได้รับอาหารผสมยิปซัม (32.24 กรัม/ตัว/วัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P < 0.01$) ในช่วงอายุ 38-41 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารผสมเปลือกหอย หินปูน เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซั่ม มีผลผลิตมวลไข่ 49.81, 49.81, 55.75 และ 47.45 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่สูงกว่ามวลไข่ของไก่ที่ได้รับอาหารผสมยิปซั่ม (32.77 กรัม/ตัว/วัน) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$)

ในช่วงอายุ 29-41 สัปดาห์ ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเปลือกหอย หินปูน เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซั่ม มีผลผลิตมวลไข่ 47.40, 48.33, 51.40 และ 46.71 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่สูงกว่ามวลไข่ของไก่ที่ได้รับอาหารผสมยิปซั่ม (32.97 กรัม/ตัว/วัน) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) การที่ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารผสมยิปซั่มมีมวลไข่ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ เพราะผลผลิตไข่ของไก่กลุ่มนี้ต่ำมากเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นๆ เมื่อคำนวณเป็นมวลไข่จึงได้ค่าที่ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ

1.4 ปริมาณอาหารที่กิน

จากตารางที่ 8 พบว่าการใช้เปลือกหอย หินปูน ยิปซั่ม เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซั่มเป็นแหล่งแคลเซียมในอาหารไก่ไข่ไม่มีผลทำให้ปริมาณอาหารที่กินของไก่ไข่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ทุกช่วงอายุการทดลอง โดยในช่วงอายุ 29-33 สัปดาห์ ปริมาณอาหารที่กินเท่ากับ 101.94, 105.93, 104.96, 105.68 และ 106.12 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ช่วงอายุ 34-37 สัปดาห์ ปริมาณอาหารที่กินเท่ากับ 105.06, 103.11, 105.79, 103.47 และ 102.92 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ช่วงอายุ 38-41 สัปดาห์ ปริมาณอาหารที่กินเท่ากับ 107.75, 108.58, 105.06, 108.62 และ 105.94 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และในช่วงอายุ 29-41 สัปดาห์ ปริมาณอาหารที่กินเท่ากับ 104.92, 105.87, 105.27, 105.92 และ 104.99 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่าแม้ปริมาณของแร่ในสูตรอาหารที่ใช้ยิปซั่มเป็นแหล่งแคลเซียม (16.55%) สูงกว่าสูตรอื่นๆ แต่ไม่ได้มีผลต่อปริมาณการกินอาหารของไก่ สอดคล้องกับรายงานของ Keshavarz (1991) ที่รายงานว่า การใช้เปลือกหอย หินปูน ยิปซั่ม เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซั่มเป็นแหล่งแคลเซียมในอาหารไม่มีผลทำให้ไก่กินอาหารได้แตกต่างกัน ($P > 0.05$) การที่ปริมาณอาหารที่กินของไก่ไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากได้มีการปรับโภชนะให้มีปริมาณเท่ากันในอาหารทุกสูตร เช่น โปรตีน แคลเซียม ฟอสฟอรัส เมทไธโอนีน ไลซีน และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง พลังงานซึ่งมีอิทธิพลต่อการกินได้ในไก่อย่างมาก โดยไก่จะกินอาหารในปริมาณที่ได้รับพลังงานเพียงพอกับความต้องการในแต่ละวัน ดังนั้นเมื่ออาหารมีความเข้มข้นของพลังงานเท่ากัน ไก่จึงกินอาหารได้ในปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน

1.5 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่

จากตารางที่ 8 พบว่า ไก่ที่ได้รับอาหารที่ใช้เปลือกหอย หินปูน เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซั่ม เป็นแหล่งแคลเซียมในทุกช่วงอายุการทดลอง (29-33, 34-37, 38-41 และ 29-41 สัปดาห์) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ดีกว่าไก่ที่ได้รับยิปซั่มเป็นแหล่งแคลเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่เป็นเช่นนี้เพราะไก่กลุ่มที่ได้รับยิปซั่มเป็นแหล่งแคลเซียมมีมวลไข่ต่ำกว่าไก่กลุ่มอื่นๆ เมื่อนำไปแทนค่าในสูตรการคำนวณ จึงทำให้ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่อ้อยกว่ากลุ่มอื่น

1.6 ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัม

จากตารางที่ 8 พบว่าไก่ที่ได้รับอาหารที่ใช้ยิปซั่มเป็นแหล่งแคลเซียมมีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 กก. สูงที่สุดทุกช่วงอายุการทดลอง (29-41 สัปดาห์) แม้ว่าปริมาณอาหารที่กินของไก่ทุกกลุ่มจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เนื่องจากสูตรอาหารที่ใช้ยิปซั่มนั้นจำเป็นต้องเสริมน้ำมันปาล์มในปริมาณที่สูงกว่าสูตรอื่นๆ ซึ่งน้ำมันปาล์มมีราคาสูง (19.30 บาท/กก.) และไก่ที่ได้รับอาหารที่ใช้ยิปซั่มเป็นแหล่งแคลเซียมมีผลผลิตไข่ต่ำมาก จึงทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ของไก่ที่ใช้ยิปซั่มเป็นส่วนผสมในอาหารสูงตามไปด้วย (34.08 บาท) และเมื่อพิจารณาสูตรอาหารที่ใช้เปลือกหอย+หินปูนเป็นแหล่งแคลเซียมพบว่าต้นทุนค่าอาหารต่ำสุด (20.25 บาท) ต่ำกว่าการใช้หินปูน (21.49 บาท) เปลือกหอย (22.19 บาท) และเปลือกหอย+ยิปซั่ม (22.46 บาท) เท่ากับ 1.24, 1.94 และ 2.21 บาท ตามลำดับ

2. ผลของการใช้แหล่งแคลเซียมต่อคุณภาพไข่

ผลของการใช้แหล่งแคลเซียมจาก เปลือกหอย หินปูน และยิปซั่มต่อส่วนประกอบและคุณภาพไข่ของไก่ไข่ในช่วงอายุ 29-33, 34-37, 38-41 และ 29-41 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 10, 11, 12 และ 13

2.1 ไข่แดง

2.1.1 น้ำหนักไข่แดง

จากผลการทดลองในตารางที่ 10, 11, 12 และ 13 เมื่อพิจารณาน้ำหนักไข่แดงเมื่อคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไข่ทั้งฟอง ในทุกช่วงอายุการทดลอง (29-33, 34-37, 38-41 และ 29-41 สัปดาห์) พบว่าไก่ที่ได้รับอาหารที่ใช้ยิปซั่ม และเปลือกหอย+ยิปซั่ม เป็นแหล่งแคลเซียมมีน้ำหนักไข่แดงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีค่าสูงกว่าน้ำหนักไข่แดงของไก่ที่ได้รับอาหารที่ใช้เปลือกหอย หินปูน และเปลือกหอย+หินปูน เป็นแหล่งแคลเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การที่ไก่ที่ได้รับอาหารผสมที่ใช้ยิปซั่ม และเปลือกหอย+ยิปซั่ม เป็นแหล่งแคลเซียมมี

ตารางที่ 10 ผลของการใช้แคลเซียมจากเปลือกหอย หินปูน และยิปซัม ต่อส่วนประกอบและคุณภาพไข่ของไก่ไข่ในช่วงอายุ 29-33 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย±ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)

ช่วงอายุ 29-33 สัปดาห์	แหล่งแคลเซียม					ความน่าจะเป็น
	เปลือกหอย	หินปูน	ยิปซัม	เปลือกหอย + หินปูน	เปลือกหอย + ยิปซัม	
น้ำหนักไข่ (กรัม)	60.40±1.98	60.94±1.43	59.52±2.57	59.24±2.21	58.81±1.95	0.5950
น้ำหนักไข่แดง (กรัม)	15.07±0.40	14.99±0.97	16.06±0.46	14.78±0.68	15.64±0.74	0.0980
น้ำหนักไข่แดง (% ไข่ทั้งฟอง)	24.96±0.59 ^b	24.60±1.64 ^b	27.00±0.73 ^a	24.97±1.07 ^b	26.58±0.48 ^a	0.0110
น้ำหนักไข่ขาว (กรัม)	39.59±1.46	40.21±1.62	38.81±2.12	38.63±2.35	37.72±1.18	0.3830
น้ำหนักไข่ขาว (% ไข่ทั้งฟอง)	65.55±0.38	65.97±1.63	65.19±0.82	65.18±1.89	64.14±0.49	0.3260
น้ำหนักเปลือกไข่ (กรัม)	5.74±0.28 ^a	5.75±0.08 ^a	4.65±0.14 ^b	5.82±0.42 ^a	5.46±0.11 ^a	0.0001
น้ำหนักเปลือกไข่ (% ไข่ทั้งฟอง)	9.49±0.22 ^a	9.43±0.23 ^a	7.82±0.27 ^b	9.86±1.04 ^a	9.28±0.19 ^a	0.0001
ฮอก ยูนิต	77.14±2.46 ^b	76.99±4.46 ^b	83.07±0.46 ^a	76.76±3.52 ^b	75.96±1.70 ^b	0.0210
ความหนาเปลือกไข่ (มม.)	0.38±0.01 ^a	0.38±0.01 ^a	0.31±0.01 ^b	0.39±0.02 ^a	0.38±0.2 ^a	0.0001
สีไข่แดง	10.22±0.27	10.28±0.14	10.60±0.18	10.33±0.29	10.42±0.23	0.2030

หมายเหตุ : อักษร a b c ที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงว่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 11 ผลของการใช้แคลเซียมจากเปลือกหอย หินปูน และยิปซัม ต่อส่วนประกอบและคุณภาพไข่ของไก่ไข่ในช่วงอายุ 34-37 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย±ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)

ช่วงอายุ 34-37 สัปดาห์	แหล่งแคลเซียม					ความน่าจะเป็น
	เปลือกหอย	หินปูน	ยิปซัม	เปลือกหอย + หินปูน	เปลือกหอย + ยิปซัม	
น้ำหนักไข่ (กรัม)	60.48±1.66	60.03±2.97	60.04±0.17	59.60±3.20	58.32±1.50	0.6880
น้ำหนักไข่แดง (กรัม)	15.13±0.40	15.12±0.53	15.93±0.88	15.22±0.18	15.87±0.39	0.0970
น้ำหนักไข่แดง (% ไข่ทั้งฟอง)	25.02±0.39 ^b	25.21±0.81 ^b	26.52±1.48 ^{ab}	25.58±1.15 ^b	27.22±0.73 ^a	0.0310
น้ำหนักไข่ขาว (กรัม)	39.70±1.18	39.22±2.44	39.78±1.11	38.61±3.05	37.23±1.13	0.3710
น้ำหนักไข่ขาว (% ไข่ทั้งฟอง)	65.64±0.26	65.31±1.00	66.25±1.73	64.71±1.70	63.83±0.75	0.1100
น้ำหนักเปลือกไข่ (กรัม)	5.65±0.18 ^a	5.68±0.29 ^a	4.34±0.58 ^b	5.78±0.06 ^a	5.22±0.37 ^a	0.0001
น้ำหนักเปลือกไข่ (% ไข่ทั้งฟอง)	9.34±0.15 ^a	9.48±0.46 ^a	7.23±0.97 ^b	9.72±0.57 ^a	8.95±0.48 ^a	0.0001
ฮอก ยูนิต	72.70±4.10 ^b	73.29±4.12 ^b	81.04±3.51 ^a	73.38±3.39 ^b	73.08±4.50 ^b	0.0420
ความหนาเปลือกไข่ (มม.)	0.36±0.01 ^a	0.37±0.02 ^a	0.29±0.02 ^b	0.37±0.02 ^a	0.35±0.02 ^a	0.0001
สีไข่แดง	10.73±0.23	10.75±0.11	11.11±0.16	11.06±0.29	11.06±0.32	0.0870

หมายเหตุ : อักษร a b c ที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงว่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 12 ผลของการใช้แคลเซียมจากเปลือกหอย หินปูน และยิปซัมต่อส่วนประกอบและคุณภาพไข่ของไก่ไข่ในช่วงอายุ 38-41 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย±ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)

ช่วงอายุ 38-41 สัปดาห์	แหล่งแคลเซียม					ความน่าจะเป็น
	เปลือกหอย	หินปูน	ยิปซัม	เปลือกหอย + หินปูน	เปลือกหอย + ยิปซัม	
น้ำหนักไข่ (กรัม)	62.54±1.26	62.79±2.24	62.56±2.31	64.05±2.07	60.15±1.68	0.1320
น้ำหนักไข่แดง (กรัม)	16.15±0.30	16.57±0.68	17.18±0.58	16.14±0.64	16.58±0.47	0.0950
น้ำหนักไข่แดง (% ไข่ทั้งฟอง)	25.82±0.63 ^{bc}	26.40±0.85 ^b	27.47±0.54 ^a	25.19±0.25 ^c	27.57±0.74 ^a	0.0001
น้ำหนักไข่ขาว (กรัม)	40.70±1.00 ^a	40.53±1.53 ^a	40.41±1.93 ^a	42.27±1.38 ^a	38.15±1.26 ^b	0.0190
น้ำหนักไข่ขาว (% ไข่ทั้งฟอง)	65.07±0.57 ^a	64.54±0.65 ^a	64.59±0.87 ^a	65.99±0.29 ^a	63.42±0.87 ^b	0.0020
น้ำหนักเปลือกไข่ (กรัม)	5.70±0.26 ^a	5.69±0.33 ^a	4.96±0.17 ^b	5.64±0.25 ^a	5.42±0.29 ^a	0.0060
น้ำหนักเปลือกไข่ (% ไข่ทั้งฟอง)	9.10±0.23 ^a	9.06±0.25 ^a	7.94±0.48 ^b	8.81±0.41 ^a	9.01±0.28 ^a	0.0010
ฮอก ยูนิต	74.59±1.38 ^a	68.40±4.02 ^b	74.54±4.58 ^a	67.44±3.26 ^b	69.37±4.27 ^b	0.0330
ความหนาเปลือกไข่ (มม.)	0.36±0.01 ^a	0.35±0.02 ^{ab}	0.31±0.01 ^c	0.35±0.01 ^{ab}	0.33±0.02 ^b	0.0010
สีไข่แดง	10.86±0.19 ^{bc}	11.11±0.27 ^{ab}	11.20±0.31 ^{ab}	11.31±0.23 ^a	10.73±0.14 ^c	0.0180

หมายเหตุ : อักษร a b c ที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงว่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 13 ผลของการใช้แคลเซียมจากเปลือกหอย หินปูน และยิปซัมต่อส่วนประกอบและคุณภาพไข่ของไก่ไข่ในช่วงอายุ 29-41 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย±ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)

ช่วงอายุ 29-41 สัปดาห์	แหล่งแคลเซียม					ความน่าจะเป็น
	เปลือกหอย	หินปูน	ยิปซัม	เปลือกหอย + หินปูน	เปลือกหอย + ยิปซัม	
น้ำหนักไข่ (กรัม)	61.14±1.60	61.25±1.27	60.71±1.56	60.96±1.80	59.09±1.51	0.3180
น้ำหนักไข่แดง (กรัม)	15.45±0.20 ^b	15.56±0.33 ^b	16.39±0.59 ^a	15.38±0.48 ^b	16.03±0.42 ^{ab}	0.0190
น้ำหนักไข่แดง (% ไข่ทั้งฟอง)	25.28±0.41 ^b	25.41±0.87 ^b	26.99±0.41 ^a	25.23±0.11 ^b	27.13±0.42 ^a	0.0001
น้ำหนักไข่ขาว (กรัม)	40.00±1.21	39.99±1.27	39.67±0.99	39.84±1.31	37.70±1.08	0.0660
น้ำหนักไข่ขาว (% ไข่ทั้งฟอง)	65.41±0.28 ^a	65.27±0.90 ^a	65.34±0.26 ^a	65.34±0.32 ^a	63.79±0.61 ^b	0.0030
น้ำหนักเปลือกไข่ (กรัม)	5.69±0.23 ^a	5.71±0.20 ^a	4.65±0.17 ^c	5.75±0.19 ^a	5.37±0.20 ^b	0.0001
น้ำหนักเปลือกไข่ (% ไข่ทั้งฟอง)	9.31±0.19 ^a	9.32±0.19 ^a	7.66±0.32 ^b	9.43±0.38 ^a	9.08±0.24 ^a	0.0001
ฮอก ยูนิต	74.81±1.66 ^b	72.89±3.59 ^b	79.55±0.74 ^a	72.53±3.07 ^b	72.80±3.26 ^b	0.0110
ความหนาเปลือกไข่ (มม.)	0.37±0.01 ^a	0.37±0.01 ^a	0.30±0.01 ^b	0.37±0.02 ^a	0.35±0.01 ^a	0.0001
สีไข่แดง	10.60±0.20	10.71±0.05	10.97±0.20	10.90±0.23	10.73±0.20	0.0830

หมายเหตุ : อักษร a b c ที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงว่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

น้ำหนักไขมันสูงนั้น อาจเนื่องจากในสูตรอาหารทั้งสองมีไขมันจากน้ำมันปาล์มในระดับสูงกว่าสูตรอื่นๆ ซึ่งสุวรรณ (2522) รายงานว่าไก่ที่กินอาหารที่มีไขมันสูงทำให้โคเลสเตอรอลในไข่แดงเพิ่มขึ้น 18-23% ซึ่งอาจมีผลทำให้น้ำหนักไข่แดงเพิ่มขึ้น

2.1.2 สีไข่แดง

จากผลการทดลองในตารางที่ 10, 11, 12 และ 13 พบว่าในช่วงอายุ 29-33 และ 34-37 สัปดาห์ สีไข่แดงของไก่ที่ได้รับอาหารทั้ง 5 สูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ในช่วงอายุ 38-41 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารที่ใช้ เปลือกหอย หินปูน ยิปซัม และเปลือกหอย+หินปูนมีสีไข่แดงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีสีไข่แดงเข้มกว่าไก่ที่ได้รับเปลือกหอย+ยิปซัมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

อย่างไรก็ตามแม้สีไข่แดงของไก่ที่ได้รับอาหารทั้ง 5 สูตรมีค่าไม่สม่ำเสมอ แต่เมื่อคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง (ช่วงอายุ 29-41 สัปดาห์) พบว่าสีไข่แดงของไก่ที่ได้รับอาหารที่มี ยิปซัม หินปูน เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซัม เป็นแหล่งแคลเซียมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าสีไข่แดงของไก่ที่ได้รับยิปซัมเป็นแหล่งแคลเซียมจะเข้มกว่าไก่ที่ได้รับเปลือกหอย

น้ำหนักไข่แดงและสีไข่แดงของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ยิปซัม และเปลือกหอย+ยิปซัม เป็นแหล่งแคลเซียมสูงกว่าไก่ที่ได้รับเปลือกหอย หินปูน และเปลือกหอย+หินปูน น่าจะเกิดจากการเสริมไขมันปาล์มลงไปในสูตรอาหารที่ใช้ยิปซัม และเปลือกหอย+ยิปซัมเป็นแหล่งแคลเซียมในปริมาณสูง (4.02% และ 1.92% ตามลำดับ) จึงทำให้ไข่แดงสีเข้มกว่าไก่กลุ่มอื่นๆ โดยสุวรรณ (2522) รายงานว่าการเสริมไขมันในอาหารทำให้สีไข่แดงเข้มขึ้น นอกจากนี้ North (1990) กล่าวว่าไก่กลุ่มที่ให้ผลผลิตไข่ต่ำ มีผลทำให้สีของไข่แดงเข้มกว่าไก่ที่ให้ผลผลิตไข่สูง เพราะไก่ที่ให้ผลผลิตไข่ต่ำ จะผลิตไข่แดงน้อยกว่าทำให้เม็ดสีมีโอกาสสะสมในไข่แดงได้มากขึ้น

2.2 ไข่ขาว

2.2.1 น้ำหนักไข่ขาว

จากผลการทดลองในตารางที่ 10, 11, 12 และ 13 พบว่าน้ำหนักไข่ขาวเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไข่ทั้งฟองของไก่ที่ได้รับเปลือกหอย หินปูน ยิปซัม เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซัมเป็นแหล่งแคลเซียมในช่วงอายุ 29-33 และ 34-37 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ในช่วงอายุ 38-41 และ 29-41 สัปดาห์ น้ำหนักไข่ขาวของไก่ที่ใช้เปลือกหอย+ยิปซัม เป็นแหล่งแคลเซียมมีค่าต่ำกว่าไก่ที่ใช้เปลือกหอย หินปูน ยิปซัม และเปลือกหอย+ยิปซัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำหนักไข่แดงมีมากกว่า

2.2.2 ค่าฮอก ยูนิต

จากผลการทดลองในตารางที่ 10, 11, 12 และ 13 พบว่าในช่วงอายุ 29-33 และ 34-37 สัปดาห์ การใช้ยิปซัมเป็นแหล่งแคลเซียมในอาหารทำให้ค่าฮอก ยูนิตสูงกว่าการใช้เปลือกหอย หินปูน เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซัมเป็นแหล่งแคลเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ช่วงอายุ 38-41 สัปดาห์ การใช้เปลือกหอย และยิปซัมเป็นแหล่งแคลเซียมในอาหารทำให้ค่าฮอก ยูนิตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่สูงกว่าการใช้หินปูน เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซัมเป็นแหล่งแคลเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และช่วงอายุ 29-41 สัปดาห์ การใช้ยิปซัมเป็นแหล่งแคลเซียมในอาหารทำให้ค่าฮอก ยูนิตสูงกว่าการใช้เปลือกหอย หินปูน เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซัมเป็นแหล่งแคลเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

2.3 เปลือกไข่

2.3.1 น้ำหนักเปลือกไข่

จากผลการทดลองในตารางที่ 10, 11, 12 และ 13 พบว่าน้ำหนักเปลือกไข่เมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไข่ทั้งฟองของไก่ที่ใช้เปลือกหอย หินปูน เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซัมเป็นแหล่งแคลเซียมในทุกช่วงอายุการทดลอง (29-33, 34-37, 38-41 และ 29-41 สัปดาห์) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่สูงกว่าไก่ที่ได้รับอาหารที่ใช้ยิปซัมเป็นแหล่งแคลเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

2.3.2 ความหนาเปลือกไข่

จากผลการทดลองในตารางที่ 10, 11, 12 และ 13 พบว่า ในช่วงอายุ 29-33, 34-37, 38-41 และ 29-41 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารที่ใช้ยิปซัมเป็นแหล่งแคลเซียมมีเปลือกไข่บางกว่าไก่ที่ได้รับอาหารที่ใช้เปลือกหอย หินปูน เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซัมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$)

เมื่อพิจารณาตลอดระยะเวลาการทดลอง (29-41 สัปดาห์) พบว่าไก่ที่ได้รับอาหารที่ใช้เปลือกหอยและหินปูนเป็นแหล่งแคลเซียมมีค่าความหนาของเปลือกไข่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) สอดคล้องกับ Keshavarz (1991) ที่พบว่า แคลเซียมจากเปลือกหอยและหินปูนไม่มีผลทำให้ความหนาของเปลือกไข่แตกต่างกันทางสถิติ และสอดคล้องกับรายงานของ Roland (1978) ที่กล่าวว่าคุณภาพเปลือกไข่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อไก่ได้รับอาหารที่มีแคลเซียมไม่ต่ำกว่า 3.75 กรัมต่อตัวต่อวันจากเปลือกหอยหรือหินปูนเพียงอย่างเดียว แต่การใช้ยิปซัมเป็นแหล่งแคลเซียมในอาหารทำให้เปลือกไข่บาง เนื่องจากการใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียมจากยิปซัมซึ่งอยู่ในรูปแคลเซียมซัลเฟตมีการใช้ประโยชน์ได้ต่ำ (ผลจากการทดลองที่ 1) ทำให้ไก่กลุ่มนี้ได้รับ

แคลเซียมไม่เพียงพอกับความต้องการในการสร้างเปลือกไข่ จึงทำให้เปลือกไข่บางลง นอกจากนี้ แคลเซียมในรูปของแคลเซียมซัลเฟตใช้ประโยชน์ได้ต่ำกว่ารูปอื่นมาก ดังนั้นไก่จึงได้รับแคลเซียมไม่เพียงพอกับความต้องการ

ส่วนการใช้เปลือกหอยผสมกับยิปซั่มในอัตราส่วน 2:1 มีแนวโน้มทำให้คุณภาพเปลือกไข่ดีขึ้นกว่าการใช้ยิปซั่มเพียงอย่างเดียว โดยที่ Keshavarz (1991) ให้เหตุผลว่าเปลือกหอยจะช่วยลดความเป็นกรดของยิปซั่มและไปเพิ่มให้เกิดการใช้ประโยชน์ได้สูงขึ้น และเนื่องจากเปลือกหอยมีอนุภาคใหญ่กว่ายิปซั่ม จึงทำให้เปลือกหอยอยู่ในระบบทางเดินอาหารได้นานและสลายตัวอย่างช้าๆทำให้ไก่สามารถนำแคลเซียมไปใช้ประโยชน์ได้ตลอดเวลา

3. ผลของการใช้แคลเซียมจากเปลือกหอย หินปูน และยิปซั่มต่อปริมาณเถ้าที่ปราศจากไขมัน แคลเซียม และฟอสฟอรัสในกระดุกน่องของไก่ไข่

ปริมาณวัตถุแห้ง เถ้าที่ปราศจากไขมัน แคลเซียม และฟอสฟอรัสในกระดุกน่องของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่ใช้ เปลือกหอย หินปูน ยิปซั่ม เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซั่มเป็นแหล่งแคลเซียมดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ปริมาณวัตถุแห้ง เถ้าที่ปราศจากไขมัน แคลเซียม และฟอสฟอรัสในกระดุกน่องของไก่ไข่ (% ของวัตถุแห้ง : % Dry matter basis) (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

แหล่งแคลเซียม	วัตถุแห้ง	เถ้าที่ปราศจากไขมัน	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส	อัตราส่วน Ca : P
เปลือกหอย	94.86±0.23 ^d	62.64±3.06	24.86±0.83	10.33±0.39	2.4 : 1
หินปูน	95.09±0.08 ^{cd}	61.86±2.43	25.20±0.93	10.40±0.44	2.4 : 1
ยิปซั่ม	95.36±0.30 ^{bc}	61.40±2.50	24.64±0.96	10.34±0.24	2.4 : 1
เปลือกหอย + หินปูน	95.72±0.55 ^{ab}	62.39±1.10	26.48±0.40	10.52±0.22	2.5 : 1
เปลือกหอย + ยิปซั่ม	96.12±0.20 ^a	62.19±1.97	25.68±2.39	10.58±0.50	2.4 : 1

หมายเหตุ : อักษร a b c ที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงว่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

จากผลการทดลองในตารางที่ 14 พบว่าไก่ที่ได้รับอาหารที่ใช้เปลือกหอย หินปูน ยิปซั่ม เปลือกหอย+หินปูนและเปลือกหอย+ยิปซั่มเป็นแหล่งแคลเซียมในอาหารมีปริมาณเถ้าที่ปราศจาก

ไขมัน แคลเซียม และฟอสฟอรัส ในกระดูกอ่อนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แม้ว่าจะมีค่าของวัตถุแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งอาจเนื่องจากมีปริมาณไขมันแตกต่างกันและแม้ว่าการใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียมจากยิปซัมมีค่าต่ำ แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณ ถ้าแคลเซียม ฟอสฟอรัสในกระดูก โดยจะเห็นได้ว่ากระดูกของไก่ที่ได้รับอาหารที่ใช้ยิปซัมเป็นแหล่งแคลเซียมมีอัตราส่วนของ แคลเซียม : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 2.4 : 1 ใกล้เคียงกับไก่ที่ได้รับเปลือกหอย หินปูน เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซัมเป็นแหล่งแคลเซียมซึ่งมีอัตราส่วนของ แคลเซียม : ฟอสฟอรัส อยู่ระหว่าง 2.4-2.5 : 1 แสดงให้เห็นว่าไก่ได้รับแคลเซียมในระดับที่เพียงพอกับการสร้างกระดูก และมีเหลือในการให้ผลผลิตไข่ แม้ว่าผลผลิตไข่ต่ำ (ผลผลิตไข่เฉลี่ยตลอดการทดลอง 29-41 สัปดาห์ เท่ากับ 56%) เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตไข่ของไก่ที่ได้รับอาหารที่ใช้เปลือกหอย หินปูน เปลือกหอย+หินปูน และเปลือกหอย+ยิปซัมเป็นแหล่งแคลเซียม