บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนฟักไข่ และ 2) ส่วนทดสอบด้านอาหาร มีรายละเอียดดังนี้

ส่วนการฟักไข่นกกระจอกเทศ

แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 : การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมของห้องเก็บไข่และระดับความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมของตู้ฟัก

อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย

1. ไข่นกกระจอกเทศพันธุ์คอดำจำนวน 482 ฟอง
2. ตู้ฟักไข่นกกระจอกเทศชนิดที่ผลิตเองในประเทศจากบริษัทสยามอินคูเบเตอร์ ขนาดฟักได้เต็มที่ 125 ฟอง โดยทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity, RH) ของตู้ฟักสามารถควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติได้
3. ตู้เกิดนกกระจอกเทศ ขนาดจุไข่ได้ 60 ฟอง ไม่สามารถควบคุม RH ได้ ปล่อยให้เป็นไปตามสภาพบรรยากาศภายในห้อง
4. ตู้ฟักไข่ไก่ที่ดัดแปลงสำหรับฟักไข่นกกระจอกเทศ ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ แต่ RH ควบคุมไม่ได้ และไม่มีเครื่องกลับไข่อัตโนมัติต้องทำการกลับด้วยมือ
5. เทอร์โมมิเตอร์ชนิดดิจิตอลเพื่อแสดงค่า RH และอุณหภูมิภายในตู้ฟัก
6. อุปกรณ์ส่องไข่ เพื่อตรวจการมีเชื้อของไข่ฟัก
7. เครื่องชั่ง ประกอบด้วย

- เครื่องชั่งชนิดจานสปริง ขนาดชั่งได้สูงสุด 3,110 ก. มีความละเอียด 0.01 ก. สำหรับชั่งน้ำหนักไข่ และลูกนกกระจอกเทศแรกเกิด
- เครื่องชั่งชนิดไฮโดรลิก ขนาดชั่งได้ 150 กก. มีความละเอียด 50 ก. สำหรับชั่งน้ำหนักตัวนกกระจอกเทศในช่วงอายุ 1, 2 และ 3 เดือน และชั่งปริมาณอาหารที่กิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

8. ไม้บรรทัด และสายวัด ใช้วัดขนาดความกว้าง ความยาว และเส้นรอบวงของไข่นกกระจอกเทศ

9. เครื่องวัดความหนาเปลือกไข่ชนิดดิจิตอล ความละเอียด 0.001 มม.

10. ห้องปรับอากาศ สำหรับเก็บไข่ก่อนเข้าฟัก

11. ฟอร์มาลินกับด่างทับทิม ใช้ในอัตราส่วน ฟอร์มาลิน (formalin) 24 ซีซี. ต่อด่างทับทิม ($KMnO_4$: Potassium permanganate) 12 ก. ต่อตู้ที่ใช้รมควันขนาด 30 ลบ.ฟ. โดยผสมทั้งสองชนิดข้างต้นให้ทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde) ใช้รมควันไข่นกกระจอกเทศเป็นเวลา 20 นาที เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และแบคทีเรียที่ติดมากับปลือกไข่ เช่น *Escherichia coli*, *Bacillus cereus* โดยทำการรมในตู้สำรอง ก่อนนำไข่เข้าฟักในตู้ฟัก

วิธีการทดลอง

ไข่นกกระจอกเทศที่นำมาศึกษาในครั้งนี้ได้จากฟาร์มของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดพะเยา ของคุณนรินทร์ คำเอี่ยม และคุณสุชัย ศรีจริยากร และจากมูลนิธิโครงการหลวง สถานีอ่างขางและทุ่งหลวง จังหวัดเชียงใหม่ โดยไข่ทั้งหมดมาจากนกสายพันธุ์คอดำ ส่วนใหญ่วางไข่เป็นปีที่สอง สำหรับอาหารที่ให้แก่นกกระจอกเทศพ่อแม่พันธุ์ของเกษตรกรดังกล่าว เป็นอาหารสำเร็จรูปจากบริษัทที่ผลิตเชิงการค้า โดยในกรณีของมูลนิธิโครงการหลวงมีผักเสริมให้ด้วย

บันทึกน้ำหนักไข่ ความหนาของเปลือกไข่รวมทั้ง ความยาว ความกว้าง และเส้นรอบวงของฟองไข่แต่ละฟอง แล้วนำไปไว้ในห้องเย็นที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ โดยอยู่ในช่วง 18-21^{0}ซ (เฉลี่ย 20.4^{0}ซ) หากมีไข่มากกว่า 1 ฟอง/วัน ให้แบ่งไข่ส่วนหนึ่งเก็บไว้ในห้องอุณหภูมิปกติ 25-35^{0}ซ (เฉลี่ย 28^{0}ซ) ภายใต้สภาพของบรรยากาศในแต่ละห้องจริง โดยไข่ทั้ง 2 กลุ่ม ถูกเก็บไว้เป็นเวลา 1-14 วัน

จากนั้น แบ่งไข่ที่เก็บไว้ ออกเป็น 2 ส่วนๆ แรก นำเข้าฟักในตู้ที่ใช้ฟักไข่นกกระจอกเทศโดยเฉพาะซึ่งสามารถควบคุม RH ได้โดยให้อยู่ประมาณ 25% ส่วนที่ 2 ฟักในตู้ฟักไข่ไก่ที่ไม่สามารถควบคุมความชื้นได้ ค่า RH ส่วนใหญ่ผันแปรอยู่ระหว่าง 40-45% (เฉลี่ย 42%) ส่วนอุณหภูมิกำหนดไว้ที่ 36.4^{0}ซ เหมือนกันทั้งสองตู้ให้ไข่อยู่ในตู้ทั้ง 2 นี้เป็นเวลา 38 วันก่อนย้ายไปยังตู้เกิด

ทำการกลับไข่ทุกวันในช่วง 38 วันแรก โดยตู้ที่สามารถควบคุม RH ได้จะมีเครื่องกลับไข่อัตโนมัติที่ทำการกลับไข่ทุกชั่วโมงในแนวตั้งทำมุม 90^0 ส่วนตู้ที่ไม่สามารถควบคุม RH ได้ ต้องทำการกลับไข่ด้วยมือวันละประมาณ 6 ครั้งโดยกลับในแนวนอนทำมุม 180^0 หลังจากฟักครบ 38 วัน แล้วทำการย้ายไข่จากตู้ฟักทั้งสองตู้ไปยังตู้เกิดที่มีอุณหภูมิ 36.4^{0}ซ เหมือนในตู้ฟักแต่ไม่สามารถ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ควบคุมความชื้นได้ ให้ไข่ทั้งหมดอยู่ในตู้นี้ จนกระทั่งฟักออกเป็นตัว โดยในระยะนี้ไม่มีการกลับไข่

ทำการส่องไข่วันที่ 14 และ 38 ของการฟัก บันทึกเปอร์เซ็นต์ไข่เน่า[1/] ไข่มีเชื้อ และไข่เชื้อตาย รวมทั้งบันทึกน้ำหนักไข่ที่สูญเสียไปในระหว่างการฟัก ระยะเวลาที่ใช้ฟักออกเป็นตัว คำนวณอัตราการฟักออกเป็นตัว (hatchability) โดยคิดเป็นร้อยละของไข่ที่มีเชื้อ นอกจากนี้ทำการบันทึกน้ำหนักแรกเกิดของลูกนกด้วย

ในระหว่างการศึกษา ทำการวัดอุณหภูมิของห้องเก็บไข่ รวมทั้งอุณหภูมิและ RH ของตู้ฟักทุกวัน วันละ 3 ครั้งที่เวลา 9, 12 และ 16 นาฬิกา ข้อมูลแสดงในภาคผนวก ข.

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance) โดยใช้แผนการทดลองแบบ 2×2 Factorial in Completely randomized design (CRD) โดยมีอุณหภูมิของห้องเก็บไข่ก่อนเข้าฟักและ RH ของตู้ฟักเป็นปัจจัยหลัก เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (Duncan, 1995)

การทดลองที่ 2 : การหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บไข่ก่อนนำเข้าฟัก

อุปกรณ์ที่ใช้ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ยกเว้นตู้ฟักไข่ซึ่งใช้ตู้สำหรับฟักไข่นกกระจอกเทศโดยเฉพาะเท่านั้น (ไม่ได้ใช้ตู้ฟักไข่ไก่)

วิธีการทดลอง

ใช้ไข่นกกระจอกเทศที่มาจากแหล่งต่างๆ ในภาคเหนือ ดังที่กล่าวไว้แล้วในการทดลองที่ 1 จำนวน 146 ฟอง นำมาเก็บรวบรวมไว้ในห้องปกติที่อุณหภูมิ ช่วง 25-35^{0}ซ (เฉลี่ย 28^{0}ซ) โดยอุณหภูมิของห้องนอกจากจะผันแปรตามช่วงเวลาของวันแล้วยังผันแปรตามฤดูกาลด้วย คือ มีอุณหภูมิต่ำ ในช่วงฤดูหนาว และ/หรือเวลากลางคืน แต่มีอุณหภูมิสูงในช่วงฤดูร้อนและ/หรือเวลากลางวัน จากนั้นทยอยนำไข่ที่มีระยะเวลาเก็บเท่ากับ 4, 8, 12 และ 16 วัน เข้าฟักพร้อมกันในตู้สำหรับฟักไข่นกกระจอกเทศ ที่มีเครื่องกลับไข่อัตโนมัติ และสามารถควบคุม RH เฉลี่ยให้เท่ากับ 28.5% (RH ค่อนข้างสูง เนื่องจากศึกษาในช่วงฤดูฝน ซึ่งจะผันแปรระหว่าง 25-35%) การใช้ตู้ฟักรวมทั้งการจัดการด้านการฟักไข่และการบันทึกข้อมูล กระทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

[1/] ไข่เน่าสังเกตจากการที่ไข่มีกลิ่นเหม็นและมีน้ำออกจากรูพรุนของเปลือกไข่ และเมื่อทำการส่องไข่จะพบว่าภายในฟองไข่มีสีดำทึบทั้งฟอง ซึ่งเมื่อพบว่าไข่ฟองใดเป็นไข่เน่า จะนำออกจากตู้ฟักทันที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

นำข้อมูลที่ได้ คือ ระยะเวลาการเก็บไข่ก่อนฟัก (4, 8, 12, และ 16วัน) ที่มีผลต่ออัตราการฟัก มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผน CRD (Steel and Torrie, 1984) และหาลำดับความแตกต่างระหว่างกลุ่ม โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (Duncan, 1995)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะภายนอกของฟองไข่กับการฟักออก

สำหรับการหาความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างลักษณะภายนอกของฟองไข่ ตลอดจนน้ำหนักไข่และน้ำหนักที่สูญหายไปในระหว่างการฟักที่มีต่อการฟักออกนั้น ได้นำข้อมูลที่บันทึกไว้จากทั้งสองการทดลอง (โดยไม่คำนึงถึงระยะเวลาในการเก็บไข่และอุณหภูมิของห้องเก็บไข่ก่อนเข้าฟัก ตลอดจน RH ของตู้ฟัก) มาจัดเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มไข่ฟักออก กลุ่มไข่ที่ฟักไม่ออก กลุ่มไข่ที่ไม่มีเชื้อ และกลุ่มไข่เน่า/เสียหาย

แล้วหาความสัมพันธ์ดังกล่าวโดยนำข้อมูลที่ได้ มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ CRD (Steel and Torrie, 1984) และหาลำดับความแตกต่างระหว่างกลุ่มใช้วิธี Duncan's new multiple range test (Duncan, 1995)

นอกจากนี้ยังได้นำไข่ที่มีเชื้อทั้งหมดมาแบ่งกลุ่ม ตามขนาดของไข่ออกเป็น 2 กลุ่ม ตามมาตรฐานของ Gonzalez (1999) คือกลุ่มไข่ขนาดเล็ก น้ำหนัก $\leq$ 1,450 ก. และ กลุ่มไข่ขนาดกลาง น้ำหนัก 1,450-1,650 ก. แล้วนำมาคำนวณหาความสัมพันธ์กับความหนาเปลือกไข่ น้ำหนักที่สูญเสียระหว่างการฟักที่ 38 วัน อัตราการฟักออกและน้ำหนักลูกนกเมื่อฟักออก โดยใช้ t-test วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (กัลยา, 2544)

ส่วนการทดสอบด้านอาหาร

การทดลองที่ 3 : การศึกษาสมรรถภาพการผลิตลูกนกกระจอกเทศช่วงอายุ 3 เดือนแรก

อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย

1. ลูกนกกระจอกเทศที่ได้จากการฟักในการทดลองที่ 1 และ 2 จำนวน 48 ตัว

2. เครื่องกก พร้อมหลอดไฟแบบหลอดไส้ (Tungsten) ขนาด 100 วัตต์ จำนวน 4 หลอดต่อกก สำหรับให้ความอบอุ่นแก่ลูกนกแรกเกิดถึงอายุ 4 สัปดาห์

3. ภาชนะแบบจานแบน สำหรับใส่ผักบุ้งซึ่งสับละเอียดแล้ว และใส่อาหารข้นเพื่อให้ลูกนกช่วงอายุ 1-2 สัปดาห์แรก หลังจากนั้นเปลี่ยนเป็นกระถางดินเผาก้นลึกให้ลูกนกช่วง 3-12 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4. ภาชนะใส่น้ำแบบกระป๋องพลาสติก (ดัดแปลงทำเอง) ขนาด 2 ลิตร ให้น้ำลูกนกช่วงแรกเกิดถึง 4 สัปดาห์ และภาชนะใส่น้ำซึ่งเป็นถังกลมขนาด 20 ลิตร ใส่น้ำให้นกช่วงอายุ 5-12 สัปดาห์

5. คอกทดลอง แบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ

5.1 คอกสำหรับลูกนกช่วงอายุ 1-4 สัปดาห์ ใช้คอกแบบพื้นซีเมนต์ขนาดกว้างคอกละ 4 ตร.ม. ใช้จุลูกนกคอกละตัว โดยใช้แผ่นสแลทพลาสติกขนาดแผ่นละ 50×100 ซม. มาต่อกันเป็นแผงเพื่อกั้นเป็นคอก

5.2 คอกสำหรับนกอายุ 5-12 สัปดาห์ ใช้คอกแบบพื้นดินขนาดกว้างคอกละ 12 ตร.ม. ใช้จุนกคอกละตัว โดยใช้ตาข่ายเหล็กขนาดแผ่นละ 1.50×2.50 ม. มากั้นเป็นคอก

6. กระสอบป่านใช้สำหรับปูพื้นลูกนกแรกเกิดจนถึงอายุ 4 สัปดาห์

7. ผักบุ้งจีน โดยซื้อจากตลาดสดแม่เหียะ นำมาแช่น้ำด่างทับทิม 15 นาที ใช้อัตราส่วน ด่างทับทิม 1/4 ช้อนชา : น้ำเปล่า 1 ลิตร เพื่อกำจัดพยาธิ และเชื้อโรคต่างๆ

8. เครื่องผสมอาหารแบบนอน ความจุ 60 กก./การผสม 1 ครั้ง

9. เครื่องชั่งแบบไฮโดรลิก ใช้ชั่งน้ำหนักลูกนกและอาหาร ขนาดชั่งได้สูงสุด 150 กก. ความละเอียดที่อ่านได้ 200 ก.

10. ทิงเจอร์ไอโอดีนใช้ทาฆ่าเชื้อบริเวณสะดือสำหรับนกแรกเกิด

วิธีการทดลอง

หลังจากลูกนกกระจอกเทศเกิด (ออกจากฟองไข่) ใช้ทิงเจอร์ไอโอดีนทาที่สายสะดือ แล้วทิ้งลูกนกให้อยู่ในตู้เกิดต่อไปอีกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อลูกนกแข็งแรงดีแล้ว จึงนำมาเลี้ยงแบบปล่อยบนพื้นคอกซีเมนต์ โดยใช้กระสอบป่านปูรองพื้น ให้ความอบอุ่นด้วยเครื่องกกไฟฟ้า ช่วงอายุ 1-14 วันแรกให้มีอุณหภูมิ 35 ^{0}ซ โดยประมาณ (Deeming *et al.,* 1993) ในช่วงสัปดาห์แรกหลังจากเกิด ให้อาหารข้นและผักบุ้งสับเพียงเล็กน้อย ส่วนน้ำสะอาดให้กินอย่างพอเพียง หากลูกนกไม่คุ้นเคยหรือยืนนิ่งโดยไม่สนใจอะไรเลย จะฝึกให้ลูกนกรู้จักกินน้ำและอาหาร ช่วงนี้ดูแลอย่างใกล้ชิด หลังจากนั้นเพิ่มปริมาณอาหารและผักบุ้งให้ลูกนกได้กินอย่างเต็มที่ โดยผักบุ้งกำหนดให้กินเท่ากันทุกกลุ่ม ส่วนอาหารที่ให้นกช่วงอายุ 1-12 สัปดาห์ เป็นอาหารแบบผงผสมเอง มีโปรตีน 3 ระดับ คือ 18, 20 และ 22% ในแต่ละระดับของโปรตีนมีเยื่อใย 2 ระดับ (5 และ 10%) รายละเอียดของส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนะ แสดงไว้ในตารางที่ 15

การให้อาหารในช่วงลูกนกอายุไม่เกิน 1 เดือน จะสับผักบุ้งให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วคลุกรวมกับอาหารข้นในอัตราส่วน 1 : 1 เพื่อป้องกันไม่ให้ลูกนกเลือกกินอาหารชนิดใดชนิดหนึ่งจนถึงอายุ 15 วัน จึงแยกการให้อาหารข้นและผัก ให้วันละ 2 ครั้ง (เช้า เย็น) ให้กินอย่างเต็มที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หลังจากลูกนกอายุครบ 1 เดือน ย้ายจากคอกซีเมนต์ไปเลี้ยงบนพื้นดินโล่ง ที่มีเนื้อที่เฉลี่ย 6 ตารางเมตรต่อตัว จนถึงอายุครบ 12 สัปดาห์

บันทึกน้ำหนักลูกนกแรกเกิดโดยชั่งเป็นรายตัวทุก 4 สัปดาห์ ในขณะที่ปริมาณอาหารที่กิน (อาหารผสมและผักบุ้ง) บันทึกทุกสัปดาห์จนถึงระยะอายุ 12 สัปดาห์ ส่วนอัตราการตายและอาการผิดปกติของนกทดลอง บันทึกทุกครั้งที่พบเห็น

ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ด้วยแผนการทดลองแบบ 3×2 Factorial in CRD โดยมีระดับโปรตีน และเยื่อใยในอาหารเป็นปัจจัยหลัก สำหรับการหาความแตกต่างระหว่างกลุ่มใช้วิธี Duncan's new multiple range test (Duncan, 1995)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 15. ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลองสำหรับเลี้ยงลูกนกกระจอกเทศ ช่วงอายุ 1 วันถึง 12 สัปดาห์

ระดับโปรตีนในอาหาร (%)	18		20		22	
ระดับเยื่อใยในอาหาร (%)	5	10	5	10	5	10
ชนิดวัตถุดิบ						
ข้าวโพด	55.10	18.92	51.00	13.85	46.02	9.30
รำละเอียด	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
รำหยาบ [2/]	4.55	24.30	3.70	23.73	2.97	22.84
กากถั่วเหลือง (44% CP)	25.14	28.90	29.88	33.82	34.85	38.72
ปลาป่น (55% CP)	3.00	3.00	3.50	3.50	4.00	4.00
น้ำมันรำ	1.58	14.58	1.83	15.13	2.36	15.38
ไดแคลเซี่ยมฟอสเฟต	3.28	3.10	2.95	3.00	2.80	2.85
เปลือกหอย	1.50	1.39	1.45	1.32	1.40	1.30
เมทไธโอนีน	0.04	0.06	0.02	0.04	-	-
ไลซีน	0.21	0.15	0.07	0.01	-	0.01
เกลือ	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
วิตามินแร่ธาตุพรีมิกซ์ [1/]	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
รวม (กก.)	***100.00***	***100.00***	***100.00***	***100.00***	***100.00***	***100.00***
องค์ประกอบทางเคมีจากการคำนวณ *(% air dry basis)*						
โปรตีน	18.01	18.03	19.99	20.03	22.00	22.04
ME (kcal/g)	2.81	2.86	2.81	2.86	2.81	2.85
เยื่อใย	5.01	9.98	5.00	10.04	5.02	10.02
ไขมัน	5.08	17.56	5.22	17.97	5.60	18.09
แคลเซียม	1.67	1.61	1.62	1.61	1.61	1.62
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้	0.83	0.79	0.78	0.78	0.76	0.76
ไลซีน	1.20	1.20	1.20	1.20	1.27	1.34
เมทไธโอนีน	0.36	0.36	0.36	0.36	0.37	0.35

[1/] ประกอบด้วย มก. / กก. วิตามินแร่ธาตุ (ยกเว้นที่ระบุ): วิตามิน; เอ 3,000,000 หน่วยสากล, $ดี_3$ 600,000 หน่วยสากล, อี 2,500 หน่วยสากล, $เค_3$ 0.25, $บี_1$ 0.32, $บี_2$ 1.50, $บี_6$ 1.12, $บี_{12}$ 0.012, กรดแพนโตธินิก 3.8, กรดโฟลิก 0.1, โคลีน 188 : แร่ธาตุ ; ทองแดง 3.2, สังกะสี 14, แมงกานีส 12, เหล็ก 23, โคบอลต์ 0.02, ซิลิเนียม 0.04, ไอโอดีน 0.15 ; สารถนอมคุณภาพอาหารสัตว์ 12.50

[2/] ค่า ME ที่ใช้ในการคำนวณกำหนดให้เท่ากับ 0.5 kcal/g

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved