บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ส่วนประกอบของฟองไข่

โครงสร้างของฟองไข่หรือส่วนประกอบของฟองไข่ที่สมบูรณ์ มีส่วนสำคัญ 5 ส่วน (นุกูล, 2545) คือ

2.1.1 จุดกำเนิดหรือจุดเจริญ (germinal disc) เป็นจุดที่มีชีวิตในฟองไข่อยู่ชิดกับไข่แดง เป็นที่อยู่ของโครโมโซมที่ถ่ายทอดมาจากแม่ไก่ที่ได้รับการผสมแล้ว จุดเจริญนี้จะมีเซลล์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่อยู่ในตัวแม่ไก่ และเมื่อออกจากตัวแม่ไก่แล้วจุดเจริญจะมีขนาดใหญ่กว่าจุดเจริญของฟองไข่ที่ไม่เกิดการปฏิสนธิ เมื่อนำไข่ที่ได้รับการผสมนั้นไปฟัก จุดเจริญนี้จะแบ่งเซลล์เจริญขึ้นเรื่อยๆ จนกลายเป็นตัวอ่อนโดยใช้อาหารต่างๆ ที่มีอยู่ในฟองไข่จนกระทั่งครบกำหนดฟัก ตัวอ่อนภายในฟองไข่ก็จะเป็นลูกไก่ที่สมบูรณ์ เจาะเปลือกไข่ออกมาเป็นลูกไก่

2.1.2 ไข่แดง (yolk) เกิดในรังไข่ ประกอบด้วยถุงหุ้มทรงกลมและเยื่อที่ยึดไข่แดงไว้ ไข่แดงทำหน้าที่เป็นถุงเก็บอาหารสำรอง ประกอบด้วยน้ำ ไขมัน และโปรตีน อาหารสำรองนี้จะใช้ประโยชน์ในระหว่างการฟักช่วงท้าย และถูกดูดเข้าช่องท้องของตัวลูกไก่ก่อนจะฟักออกเพื่อใช้เป็นอาหารในช่วงอายุ 2-3 วันแรกเท่านั้น

2.1.3 ไข่ขาว (albumen) เป็นที่สะสมอาหารและน้ำให้ลูกไก่ใช้อย่างสมบูรณ์ในระหว่างการฟัก นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันพวกเชื้อโรค เช่น แบคทีเรีย ไข่ขาวประกอบด้วยโปรตีนประมาณ 10% ที่เหลือเป็นน้ำ ในไข่ขาวมีวิตามินและแร่ธาตุที่ละลายในน้ำ ไข่ขาวทั้งหมดจะแยกเป็นส่วนๆ ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน แบ่งออกเป็น 4 ชั้นโดยมีบางส่วนข้น บางส่วนใสเหมือนวุ้น ส่วนที่เป็นไข่ขาวข้นมีหน้าที่เป็นแหล่งอาหาร เป็นตัวยึด และกันกระเทือนสำหรับไข่แดง นอกจากนี้ยังมีแผ่นบางๆ สีขาวข้นลักษณะเป็นเกลียว ทำหน้าที่ยึดไข่ให้อยู่ตรงกลาง ไข่ขาวเหลวถูกควบคุมให้อยู่รอบไข่แดง โดยมีไข่ขาวข้นแทรกอยู่ ไข่ขาวเหลวที่อยู่ใกล้ชิดกับจุดกำเนิดจะมีความข้นน้อยกว่าส่วนอื่น จึงทำให้ส่วนนี้ลอยตัวขึ้นได้เมื่อมีการกลับไข่ ดังนั้นเวลากลับไข่ส่วนของจุดเจริญจึงอยู่ด้านบนเสมอ ซึ่งสอดคล้องกับ Brake *et al.* (1997) ที่รายงานว่า ภายในฟองไข่จากชั้นเปลือกไข่ประกอบด้วยไข่ขาว ไข่แดง และ blastoderm ซึ่งอยู่บริเวณไข่แดง คุณภาพของไข่ขาวจะดีหรือเลว ขึ้นอยู่กับการเก็บรักษาและอายุของแม่ไก่ ทั้งนี้ปริมาณโปรตีนของไข่ขาวจะลดลงตามอายุของแม่ไก่ เมื่อไก่วางไข่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(oviposition) โปรตีนจากไข่ขาวจะเป็นตัวป้องกันแบคทีเรียและไวรัสก่อนที่การสร้างเยื่อหุ้มเปลือกไข่จะเสร็จสมบูรณ์

2.1.4 เยื่อหุ้ม (บุ) เปลือกไข่ (shell membrane) เป็นส่วนที่อยู่รอบๆ ฟองไข่ด้านใน เกาะกันอย่างหลวมๆ กับผิวทั้งสองข้าง (เปลือกไข่ และไข่ขาวเหลว) ด้านนอกยึดแน่นกับเปลือกไข่ เยื่อทั้งสองชั้นแยกออกจากกัน ในส่วนที่มีพื้นผิวกว้างที่สุด (ด้านป้าน) จะกลายเป็นส่วนของช่องอากาศ ซึ่งจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของตัวอ่อน โดยยอมให้มีการระเหยน้ำทั้งก่อนและระหว่างการฟัก (ขณะที่มีการหายใจของตัวอ่อน) ขนาดของช่องอากาศจะเพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บไข่ไว้ก่อนนำเข้าฟักและในระหว่างการฟัก ดังนั้นการควบคุมขนาดของช่องอากาศ จึงจำเป็นมากสำหรับการจัดการเกี่ยวกับการฟักไข่

2.1.5 เปลือกไข่ (shell) ประกอบด้วย แคลเซียมคาร์บอเนต ที่มีลักษณะเป็นแท่งๆ มาต่อกัน ตรงรอยต่อระหว่างแท่งจะไม่สนิท จึงมีช่องว่างหรือรูพรุนมากมายบนเปลือกไข่ โดยเฉพาะส่วนด้านป้านของฟองไข่จะมีรูมากกว่าบริเวณอื่น รูเหล่านี้เป็นช่องทางของการแลกเปลี่ยนอากาศจากการหายใจ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน ส่วนนอกสุดของเปลือกไข่มีสารอินทรีย์เรียกว่า cuticle เคลือบที่ผิวของฟองไข่ทั้งหมด ทำหน้าที่ปิดรูพรุนที่เปลือกไข่เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำออกจากฟองไข่มากเกินควรและป้องกันแบคทีเรีย รวมทั้งเชื้อโรคอื่นๆ ที่จะเข้าไปทำลายฟองไข่ด้วย

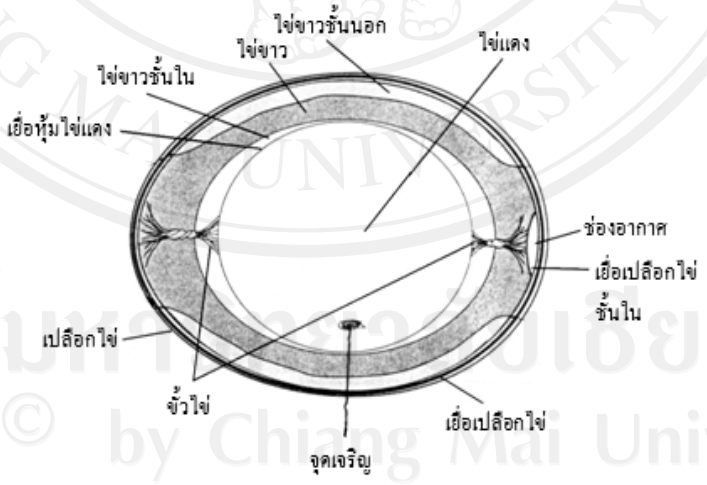

Figure 1 Egg structure (สมชาย, 2549)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 การเจริญเติบโตของเชื้อลูกไก่

การเจริญของเชื้อลูกไก่เกิดขึ้นหลังจากการปฏิสนธิ (fertilization) ในขณะที่ไข่แดงกำลังผ่านเข้าสู่ท่อนำไข่ โดยอสุจิเจาะผ่านเยื่อหุ้มไข่แดง (vitelline membrane) ในบริเวณที่ใกล้กับส่วนของเซลล์สืบพันธุ์ที่เรียกว่า บลาสโตดิสก์ (blastodisc) เข้าไปและทิ้งเฉพาะส่วนหางไว้ ทำให้เกิดการรวมเอานิวเคลียสที่มีจำนวนโครโมโซมเพียงครึ่งหนึ่ง (haploid) จากอสุจิ และอีกครึ่งหนึ่งจากไข่ หลังจากนั้นไซโตพลาสซึมของเซลล์ไข่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเพื่อป้องกันอสุจิตัวอื่นเข้าไปผสม ทำให้ได้ตัวอ่อน (embryo) ที่มีโครโมโซมเป็นคู่ (diploid) การปฏิสนธิจะไม่เกิดขึ้นถ้าไข่แดงผ่านเข้าสู่ท่อนำไข่ส่วนที่สร้างไข่ขาวแล้ว (อนุชา, 2539) สอดคล้องกับนุกูล (2545) ที่กล่าวว่า การเจริญเติบโตของเชื้อลูกไก่ เริ่มเมื่อมีนิวเคลียสของพ่อและของแม่มารวมกันเป็นเซลล์เดียวของชีวิตใหม่ เรียกว่าไซโกท (zygote) แล้วเซลล์จะเพิ่มทวีคูณจนมีจำนวนเซลล์มากมาย เริ่มเป็นลูกไก่ระยะแรก (embryo) เช่นเดียวกับวรวิทย์ (2528) ที่ระบุว่า การแบ่งตัวของเซลล์ไข่ จะเริ่มตั้งแต่ไข่อยู่ในตัวแม่ไก่ คือ หลังจากการตกไข่เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ไข่ที่ได้รับการผสมกับอสุจิจะเริ่มแบ่งเซลล์ เมื่อฟองไข่ผ่านมาถึง isthmus ตัวอ่อนจะแบ่งเซลล์ได้ 16 เซลล์ เมื่อผ่านไปอยู่ในส่วนของ uterus เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จะมีเซลล์ 256 เซลล์ และเมื่อแม่ไก่วางไข่ออกมา ตัวอ่อนจะแบ่งตัวได้หลายพันเซลล์แล้ว ซึ่งสามารถสังเกตด้วยตาเปล่าได้โดยการต่อยไข่ให้แตกออก ไข่ที่ได้รับการผสมพันธุ์จะมีส่วนของ blastoderm ใหญ่กว่าไข่ที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ ประภากร (2546) กล่าวว่า เมื่อไข่ได้รับการปฏิสนธิแล้วจะมีการเจริญของตัวอ่อน แบ่งออกได้ 2 ระยะ คือ

2.2.1 การเจริญของตัวอ่อนภายในตัวแม่ไก่

ในระยะเริ่มต้นของการพัฒนาการเจริญเติบโตของตัวอ่อนจะเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการสร้างไข่ขาว ในช่วงที่ไข่แดงผ่านไปตามท่อนำไข่ส่วนต่างๆ ซึ่งจะมีการสร้างไข่ขาว ทั้งไข่ขาวข้น ไข่ขาวเหลว เยื่อบุไข่และเปลือกไข่โดยใช้เวลานานถึง 24 ชั่วโมง ในกรณีที่แม่ไก่วางไข่ก่อนเวลา 16.00 น. จะไม่มีปัญหาในการเก็บไข่ แต่ถ้าช้ากว่านั้น (หลัง 16.00 น.) ไข่จะถูกปล่อยทิ้งไว้ในกรงไข่หรือบนวัสดุรองพื้นจนถึงรุ่งเช้าจึงจะถูกเก็บออกจากโรงเรือน ทำให้ตัวอ่อนมีการเจริญเติบโตมากขึ้นซึ่งมีผลเสียต่อการฟักออก

2.2.2 การเจริญของตัวอ่อน (ภายนอกตัวแม่ไก่) หลังวางไข่

การเจริญเติบโตระยะแรกขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ โดยตัวอ่อนจะมีพัฒนาการต่อไปในขณะที่อยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 70 °ฟ ดังนั้นการเก็บไข่ไว้ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 70 °ฟ จะทำให้ตัวอ่อนหยุดการเจริญเติบโต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 การสร้างเยื่อหุ้มตัวอ่อน

นอกจากถุงไข่แดง (yolk sac) ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งอาหารของตัวอ่อนแล้ว ยังมีเนื้อเยื่อที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของตัวอ่อนอีก 3 ชนิด (ประภากร, 2546) คือ

1. Amnion ทำหน้าที่รักษาน้ำและป้องกันการกระทบกระเทือนของตัวอ่อน
2. Chorion ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนก๊าซ
3. Allantois ทำหน้าที่เก็บของเสีย

2.3.1 หน้าที่ของเนื้อเยื่อต่างๆ

Amnion เป็นถุงหุ้มตัวอ่อนทำหน้าที่รักษาน้ำ ก่อนที่จะมีการสร้างถุงน้ำคร่ำ ตัวอ่อนจะเปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลไม่ซับซ้อนไปเป็นกรดแลคติกเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงาน แต่เมื่อตัวอ่อนมีการเจริญมากขึ้นทำให้ต้องใช้โมเลกุลของสารอาหารที่ซับซ้อน ผลสุดท้ายจะได้ของเสีย คือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ น้ำจะสะสมในถุงน้ำคร่ำซึ่งตัวอ่อนจะมีการเคลื่อนไหวอย่างเป็นอิสระอยู่ในถุงนี้ นอกจากนี้ยังเป็นตัวช่วยรักษาอุณหภูมิอีกด้วย ในช่วงกลางของการฟักถุงนี้จะมีขนาดใหญ่ขึ้น และจะค่อยๆ ลดขนาดลงในช่วงท้าย โดยลูกไก่จะดูดกลืนเอาของเหลวในถุงซึ่งเป็นพวกไข่ขาวและไข่แดงเข้าช่องท้องเพื่อใช้เป็นอาหารก่อนที่จะฟักออกเป็นตัว

Chorion ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนก๊าซ โดยในช่วงตลอด 21 วันของการฟัก ไข่ฟัก 1 ฟอง ต้องการออกซิเจนประมาณ 4,617 ลูกบาศก์เซนติเมตร และขับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาประมาณ 3,864 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปอดจะยังไม่ทำงานจนถึงช่วงที่ลูกไก่เจาะเปลือกไข่ ดังนั้นปริมาณก๊าซที่มากมายเหล่านี้จะถูกแลกเปลี่ยนโดยตรงระหว่างเปลือกและระบบเส้นเลือดของ allantois โดยเยื่อนี้จะสัมผัสโดยตรงกับเปลือกไข่และช่องอากาศ กล่าวคือ allantois และ chorion จะช่วยในระบบการหายใจ โดยมีเส้นเลือดที่มาจาก allantois ทำหน้าที่ลำเลียงออกซิเจน

Allantois ทำหน้าที่เก็บและกำจัดของเสียที่ไม่ใช่ก๊าซ รวมทั้งลำเลียงออกซิเจน หลังจากมีการเจริญของอวัยวะต่างๆ ลำไส้และไตจะเริ่มทำหน้าที่ ทำให้มีของเสียเกิดขึ้น สิ่งขับถ่ายเหล่านี้จะไม่ผ่านออกทางก้นไปยังถุงน้ำคร่ำ แต่จะผ่านไปยังถุง allantois น้ำจะถูกดูดซึมกลับไปยังหลอดเลือด ส่วนของเสียประเภทไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดยูริกที่ไม่ละลายน้ำและตกผลึกอยู่ในถุง allantois

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

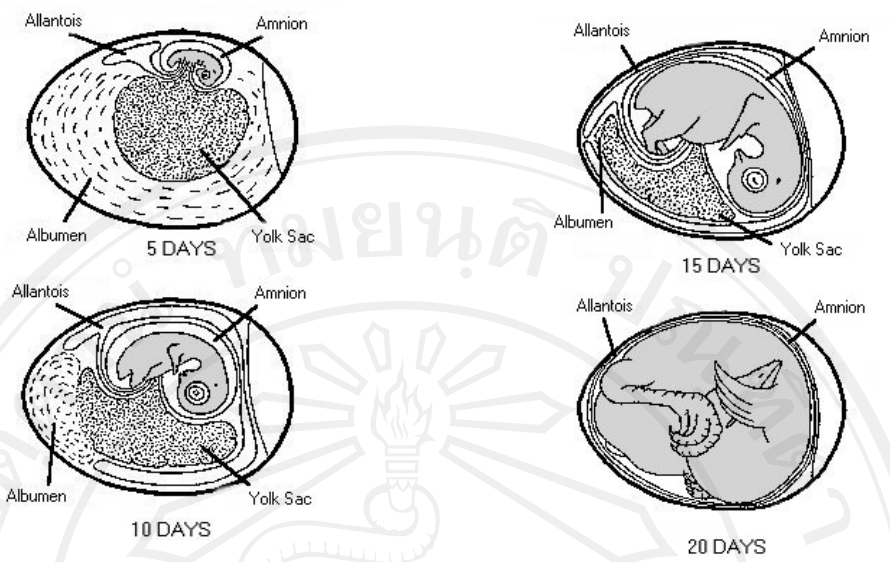

Figure 2 Stages in chick embryo development (Mississippi State University, 2008)

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการฟักออก

การฟักไข่ให้ออกเป็นตัวลูกไก่ที่ดีในอุตสาหกรรมการฟักไข่ ขึ้นกับ 3 ปัจจัยหลัก คือ ปัจจัยจากพ่อแม่พันธุ์และการเลี้ยงได้แก่

1) สายพันธุ์ สุขภาพ และความสมบูรณ์พันธุ์ของไก่ ไข่ที่จะนำเข้าฟักควรได้จากฝูงที่มีความสมบูรณ์พันธุ์สูง และเป็นฝูงที่มีการจัดการพ่อ-แม่พันธุ์ที่ดี สุขภาพแข็งแรง ปราศจากโรค และแม่พันธุ์ควรได้รับวัคซีนครบถ้วน ซึ่งสามารถถ่ายทอดสู่ไข่ฟักเพื่อสร้างภูมิต้านทานโรคให้กับลูกไก่ได้

2) คุณภาพไข่ฟักและวิธีการเก็บรักษาตลอดจนระยะเวลาในการเก็บไข่ฟักก่อนนำเข้าฟัก

3) ความสมบูรณ์ในกระบวนการฟักไข่

อย่างไรก็ดีในการฟักไข่แบบอุตสาหกรรมมีรายละเอียดทางเทคนิคค่อนข้างมาก จึงไม่ขอกล่าวในที่นี้ รวมทั้งในเรื่องของสายพันธุ์ สุขภาพ และความสมบูรณ์พันธุ์ของพ่อแม่พันธุ์ก็จะไม่กล่าวถึงด้วยเช่นกัน ผู้วิจัยจะขอให้รายละเอียดเฉพาะในส่วนของคุณภาพไข่ฟัก วิธีการเก็บรักษาและระยะเวลาในการเก็บไข่ฟักก่อนนำเข้าฟักเท่านั้น ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญเนื่องจากเป็นขั้นตอนแรกของโรงฟักไข่เมื่อได้รับไข่ฟักที่มีคุณภาพจากฟาร์มพ่อแม่พันธุ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5 คุณภาพไข่ฟัก

ปฐม (2540) กล่าวว่า ในการฟักไข่ ผู้ฟักต้องการได้ลูกไก่คุณภาพดีจำนวนมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ด้วยวิชาการและเทคโนโลยีที่ทันสมัย ปัจจุบันอัตราการฟักออกของไข่มีสูงถึงเกือบ 100% ของไข่ที่เข้าฟักทั้งหมด ไข่ฟักที่จะฟักออกได้ดีต้องมีคุณภาพดีทั้งภายนอกและภายใน การเก็บรักษาไข่ก่อนทำการฟักก็เป็นสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อการฟักออกด้วย ดังนั้นจึงควรทำการคัดเลือกไข่ฟักให้มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการฟัก ดังนี้

2.5.1 ขนาดและน้ำหนักของฟองไข่

ขนาดของไข่ฟักที่เหมาะสม จะทำให้การฟักออกเป็นตัวดีกว่าไข่ที่มีขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่เกินไป ขนาดที่เหมาะควรมีน้ำหนักระหว่าง 53-65 กรัม ถ้ามีขนาดใหญ่เกินไปจะฟักออกไม่ดี รวมทั้งยังมีปัญหาในการบรรจุลงลังและการจัดลงถาดฟัก ในการให้ไข่ระยะแรกของไก่เนื้อพ่อแม่พันธุ์ไข่มักมีขนาดใหญ่และมีไข่แดงแฝดมาก จำเป็นต้องคัดออกเนื่องจากไม่สามารถฟักออกเป็นตัวได้

2.5.2 รูปทรงของฟองไข่

ไข่ที่มีลักษณะรูปทรงผิดปกติไม่ควรนำเข้าฟักเพราะให้อัตราการฟักออกต่ำ นอกจากนี้ไข่ที่มีลักษณะดังกล่าว เช่น กลมสั้น ยาวรี บิดเบี้ยว ยังสามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้ (อรวรรณ, 2547) ดังนั้นจึงควรใช้ไข่ฟักที่มีรูปทรงปกติ ไข่ฟักที่มีรูปร่างผิดไปจากปกติมากจะฟักออกไม่ดี แต่ถ้าไม่ผิดปกติมากนัก เช่น เปลือกมีสัน หรือรอยย่น ก็อาจจะฟักออกเป็นตัวได้ (อนุชา, 2539)

2.5.3 คุณภาพและสีของเปลือกไข่

คุณภาพเปลือกไข่มีความสัมพันธ์โดยตรงต่อการฟักออก ไข่ที่มีความหนาของเปลือกแบบปกติคือ มีค่าระหว่าง 0.36-0.38 มม. จะมีการฟักออกดีที่สุด ส่วนไข่ที่มีเปลือกคุณภาพต่ำ เช่น มีรูพรุน เปลือกบาง หรือมีรอยร้าว การฟักออกจะต่ำลง เนื่องจากเกิดการสูญเสียน้ำออกจากฟองไข่มากเกินไป ถึงแม้ว่าลูกไก่จะฟักออกมาได้ แต่จะมีขนแห้งติดเปลือกไม่แข็งแรง นอกจากนี้สีของเปลือกไข่ควรตรงตามลักษณะสายพันธุ์ สีสม่ำเสมอเท่ากันทั่วทั้งฟอง คุณภาพของเปลือกไข่นอกจากจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรมแล้วยังขึ้นอยู่กับอาหารและอุณหภูมิแวดล้อมด้วย ปริมาณของธาตุแคลเซียมและวิตามินดีในอาหารก็มีผลต่อคุณภาพเปลือกไข่ การเลี้ยงไก่ไว้ในที่อากาศร้อน (เกิน 80-90 °ฟ) จะทำให้ได้เปลือกไข่บางกว่าการเลี้ยงในที่อากาศเย็น (อรวรรณ, 2547)

2.5.4 คุณภาพภายในฟองไข่

ปฐม (2540) กล่าวว่า ไข่ฟักที่มีคุณภาพภายในไม่ดีจะทำให้ได้อัตราการฟักออกลดลง เช่น ไข่ฟักที่มีช่องอากาศแตกกระจาย (loose air cell) ช่องอากาศอยู่ผิดที่ และมีจุดเลือด (blood spots)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ขนาดใหญ่มีอัตราการฟักออกเป็นตัวเพียง 32.4, 68.1 และ 71.5% ของไข่มีเชื้อเท่านั้น ในขณะที่ไข่ปกติ (normal eggs) มีอัตราการฟักออกสูงถึง 87.2% ของไข่มีเชื้อ (Table 1) นอกจากนี้ไข่ฟักที่สดมีไข่แดงอยู่ตรงกลางฟองไข่จะฟักออกดีกว่าและให้ลูกไก่แข็งแรงกว่าไข่ฟักที่ไม่สด

Table 1 Fertility and hatchability of normal and abnormal eggs (North and Bell, 1990)

	Fertility rate	Hatchability (%)	
	(%)	From fertile eggs	From total eggs
Normal eggs	82.3	87.2	71.7
Small cracked eggs	74.6	53.2	39.7
Miss shape	69.1	48.9	33.8
Thin-shell eggs	72.5	47.3	34.3
Loose air cell	72.3	32.4	23.4
Abnormal air cell	81.1	68.1	53.2
Blood spots	78.7	71.5	56.3

2.6 การเก็บรักษาไข่ฟักในห้องเก็บไข่ก่อนนำเข้าฟัก

2.6.1 อุณหภูมิและความชื้นในห้องเก็บรักษาไข่ฟัก

2.6.1.1 อุณหภูมิของห้องเก็บไข่

อนุชา (2539) กล่าวว่า ไข่ฟักควรเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเจริญของตัวอ่อน เพราะถ้าปล่อยให้เกิดการแบ่งเซลล์ต่อไปเรื่อยๆ จะมีโอกาสกระทบกระเทือนได้ง่าย ทำให้อัตราการฟักออกลดลง อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับเก็บรักษาไข่ฟักไว้ไม่เกิน 7 วัน ควรอยู่ระหว่าง 55-65 °ฟ แต่ถ้าเก็บไว้นานเกิน 7 วันควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 50-55 °ฟ (Table 2) การนำไข่เข้าไปเก็บไว้ในห้องเย็นควรค่อยๆ ลดอุณหภูมิลงทีละน้อยโดยใช้เวลาประมาณ 6-8 ชั่วโมง หากทำให้อุณหภูมิของฟองไข่ลดลงอย่างรวดเร็วจะทำให้ตัวอ่อนตายได้ สอดคล้องกับ ปฐม (2540) ที่กล่าวว่า ถ้าเก็บไข่ฟักไว้ไม่เกิน 7 วัน ควรปรับอุณหภูมิของห้องไว้ที่ 60-65 °ฟ แต่ถ้าเก็บไว้นานเกิน 7 วัน ควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 50-55 °ฟ หากเก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิสูงกว่าช่วงดังกล่าวข้างต้น จะส่งผลเสียต่ออัตราการฟักออกเป็นตัว สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ควรอยู่ระหว่าง 75-85%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 2 Effect of storage time and temperature in storage room on hatchability (อนุชา, 2539)

Storage time (days)	Room temperature	
	50°-54°F	60°-64°F
	◄- - Hatchability of fertile eggs (%) -►	
7	84.8	85.0
14	80.8	78.9
21	68.2	42.6

อาวุธ (2538) กล่าวว่า ในสภาพอากาศร้อนเช่นประเทศไทย ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 85-100 °ฟ จัดว่าเป็นระดับอุณหภูมิที่ทำให้เชื้อที่ปฏิสนธิแล้ว (zygote) สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ อุณหภูมิที่เชื้อลูกไก่เจริญเติบโตต่อไม่ได้ คือ ต่ำกว่า 69 °ฟ การเก็บไข่ไว้นานๆ ตัวอ่อนจะอ่อนแอและตาย ดังนั้นเพื่อรักษาคุณภาพไข่ไม่ให้มีผลเสียต่อการฟัก จึงควรเก็บไข่ไว้ในห้องเก็บไข่ที่มีเครื่องปรับอากาศปรับให้มีอุณหภูมิไม่เกิน 69 °ฟ ถ้าเก็บไว้นานเกิน 7 วัน ควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 50-55 °ฟ ทั้งนี้ไม่ควรต่ำกว่า 50 °ฟ

Mauldin (2002) กล่าวว่า อุณหภูมิในห้องเย็นเก็บไข่ก่อนนำเข้าฟักควรอยู่ที่ 65 °ฟ หากเก็บไข่ไว้นานกว่า 1 สัปดาห์ควรลดอุณหภูมิห้องเก็บไข่ลงเหลือ 55 °ฟ สอดคล้องกับสุวรรณและคณะ (2535) ที่ระบุว่า ควรรักษาอุณหภูมิของห้องเก็บไข่ไว้ระหว่าง 50-60 °ฟ และไม่ควรสูงกว่า 65 °ฟ โดยมีข้อควรระวังอย่างหนึ่งคือ อย่าเก็บไข่ฟักไว้ในตู้เย็นธรรมดาเพราะมีอุณหภูมิต่ำกว่า 40 °ฟ การเก็บในตู้เย็นดังกล่าวเพียงไม่กี่ชั่วโมงอาจทำลายเชื้อลูกไก่ได้ นอกจากนี้การเก็บรักษาไข่ฟักด้วยการบรรจุแก๊สไนโตรเจนลงไปในถุงที่มีไข่ฟักอยู่ก็สามารถช่วยรักษาไข่ฟักและเพิ่มอัตราการฟักออกได้เช่นกัน

2.6.1.2 ความชื้นของห้องเก็บไข่

อนุชา (2539) ระบุว่า ระหว่างการเก็บไข่เพื่อรอนำเข้าฟัก ไข่จะมีการระเหยความชื้นผ่านทางรูพรุนของเปลือกอยู่ตลอดเวลา ปริมาณความชื้นที่ระเหยขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ถ้าความชื้นในห้องเก็บไข่ต่ำเกินไปจะทำให้ไข่ฟักสูญเสียความชื้นมาก แต่ถ้าสูงเกินไปจะส่งเสริมให้เกิดเชื้อราและแบคทีเรียที่เป็นอันตรายต่อไข่ฟัก การเก็บรักษาไข่ฟักที่ดีจะต้องพยายามไม่ให้มีการระเหยน้ำออกจากฟองไข่ซึ่งเป็นเรื่องที่ปฏิบัติยาก เพราะจะต้องทำให้ความชื้นในห้องถึงจุดอิ่มตัวหรืออยู่ในระดับ 100% ดังนั้นความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 75-80%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สอดคล้องกับวิรัตน์ (2541) และอรวรรณ (2547) ที่กล่าวว่า ความชื้นสัมพัทธ์ในการเก็บควรอยู่ประมาณ 75-80% ถ้าความชื้นต่ำมากจะทำให้ไข่ฟักสูญเสียความชื้นมาก แต่ถ้าความชื้นสูงเกินไปหรือมากกว่า 90% จะทำให้ไข่เปียก เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตดี สามารถเจริญผ่านเข้าไปในฟองไข่ทำให้เกิดการเน่าเสียได้

Mauldin (2002) กล่าวว่า ความชื้นในฟองไข่จะสูญเสียออกทางเปลือกไข่โดยวิธีการระเหย อัตราการสูญเสียความชื้นขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศรอบๆ ฟองไข่ เมื่อความชื้นต่ำอัตราการสูญเสียน้ำออกจากฟองไข่ก็จะสูง ความชื้นสัมพัทธ์ของการเก็บไข่ที่เหมาะสมควรอยู่ที่ 75-80% เช่นเดียวกับรายงานอื่นๆ ที่กล่าวมา

2.6.2 วิธีการเก็บรักษาไข่ฟัก

หลังจากตัวอ่อนมีการปฏิสนธิแล้ว จะมีการพัฒนาการเจริญเติบโตทันที สภาพแวดล้อมและการเก็บที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้ตัวอ่อนอ่อนแอและตายได้ โดยเฉพาะเมื่อมีความจำเป็นต้องเก็บไข่ไว้เป็นเวลานานหลายสัปดาห์ การเก็บด้วยวิธีต่างๆ จึงถูกนำมาใช้เพื่อรักษาคุณภาพไข่ฟักให้มีอัตราสูญเสียน้อยที่สุด ดังนี้

2.6.2.1.1.1 การใช้กล่องกระดาษและถุงพลาสติกคลุม

Gordon and Siegel (1966) ได้ศึกษาถึงอัตราการฟักออกของไข่ฟักที่เก็บในกล่องกระดาษ (carton) กับกล่องกระดาษที่ใส่ในถุงพลาสติก (cryovac[1/] + carton) โดยทำการเก็บไข่ไว้ 4 ระยะ คือ 5, 12, 19 และ 26 วัน ปรากฏว่า การเก็บในกล่องกระดาษใส่ถุงพลาสติก มีอัตราการฟักออกดีกว่าการเก็บในกล่องกระดาษธรรมดาทุกระยะเก็บ และเมื่อเปรียบเทียบกับไข่ใหม่ (เก็บในห้องเก็บไข่เป็นเวลา 2 วัน) ปรากฏว่า ไข่ใหม่มีอัตราการฟักออกดีกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ (Table 3) สอดคล้องกับ Becker *et al.* (1966) ที่ระบุว่า การเก็บไข่ไว้ในถุงพลาสติกทำให้มีอัตราการฟักออกสูงกว่าการเก็บไข่ไว้ในถาดตามปกติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (80.9 vs. 71.8 %, P<0.01) และการเก็บไข่ไว้ที่อุณหภูมิต่ำ รวมทั้งการเก็บไว้ในถุงพลาสติกให้ผลดีกว่าเก็บไว้นอกถุงพลาสติกที่อุณหภูมิสูง

[1/] ลักษณะและคุณสมบัติของพลาสติก cryovac ดูรายละเอียดได้ในภาคผนวก ก.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 3 Fertility and hatchability from 2 storage methods compared with fresh eggs (Gordon and Siegel., 1966)

Storage method	Storage time (days)				Average
	5	12	19	26	
Cryovac + Carton					
Total eggs	73	69	62	54	258
Fertility (%)	90.4	84.1	85.5	92.6	88.8
Hatchability (% of fertile)	88.9	82.8	88.7	80.2	85.5 [a]
Carton Only					
Total eggs	77	70	70	64	281
Fertility (%)	87.0	78.6	85.0	82.8	83.6
Hatchability (% of fertile)	82.1	65.5	66.7	43.4	65.5 [b]
Fresh (storage 2 days)					
Total eggs					87
Fertility (%)					82.8
Hatchability (% of fertile)					88.8 [a]

[a,b]Main effect means with no common superscript differ significantly ($P \leq 0.01$)

Becker *et al.* (1966) ได้ทดลองนำไข่จากไก่สายพันธุ์ New Hampshire x Delaware มาเก็บไว้ในถาดพลาสติก ที่อุณหภูมิ 12.8 °ซ (55 °ฟ) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการศึกษา 2 ปัจจัยคือ อุณหภูมิและวิธีการเก็บ โดยสุ่มไข่ออกเป็น 2 กลุ่ม ในแต่ละกลุ่มแบ่งเป็น 2 ชุดตามแผนการทดลองแบบ 2 x 2 Factorial design กลุ่มที่ 1 เก็บไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิ 22.2 °ซ (72 °ฟ) ความชื้นสัมพัทธ์ 50% กลุ่มที่ 2 เก็บไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิ 11.6-13.9 °ซ (53-57 °ฟ) ความชื้นสัมพัทธ์ 70% โดยทั้งสองกลุ่มแบ่งเป็น 2 วิธีการเก็บ คือ 1) ใส่ถาดพลาสติกปกติ (ไม่ใส่ถุงพลาสติก) 2) ใส่ถาดพลาสติกจากนั้นนำไปใส่ในถุงพลาสติก polyvinylidene chloride copolymer (cryovac) แล้วปิดปากถุง จากนั้นนำไข่เข้าตู้ฟักเป็นงวดๆ โดยมีระยะเวลาเก็บ 2, 4, 6, 9 และ 14 วัน ผลปรากฏว่า การเก็บไข่ไว้ในห้องที่อุณหภูมิต่ำ (11.6-13.9 °ซ หรือ 53-57 °ฟ) ทำให้มีอัตราการฟักออกสูงกว่าการเก็บไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิสูง (22.2 °ซ หรือ 72 °ฟ) อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (83.3 vs. 69.5%, $P<0.01$) การเก็บไข่ไว้ในถุงพลาสติกก็ทำให้มีอัตราการฟักออกสูงกว่าการเก็บไข่ไว้ในถาดตามปกติอย่างมีนัยสำคัญ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ยิ่งเช่นกัน (80.9 vs. 71.8%, P<0.01) แสดงว่า การเก็บไข่ไว้ที่อุณหภูมิต่ำ รวมทั้งการเก็บไว้ในถุงพลาสติกให้ผลดีกว่าเก็บไว้นอกถุงพลาสติกที่อุณหภูมิสูง

นอกจากนี้ Becker *et al*. (1966) ยังได้ระบุอีกว่า การเก็บไข่ไว้ในห้องเก็บไข่ก่อนฟักไม่เกิน 4 วัน ไม่ว่าจะเก็บที่อุณหภูมิเท่าใดหรือเก็บด้วยการใส่และไม่ใส่ถุงพลาสติกก็ตาม ไม่มีผลต่ออัตราการฟักออกมากนัก แต่ถ้าเก็บไว้นานตั้งแต่ 6 วันขึ้นไป การเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำจะให้ผลดีกว่าการเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงอย่างเห็นได้ชัด การเก็บในถุงพลาสติกจะให้ผลดีกว่าการเก็บนอกถุงพลาสติก ดังนั้นการเก็บไข่ฟักไว้เป็นเวลานานมากกว่า 1 สัปดาห์ควรเก็บรักษาไว้ในสิ่งแวดล้อมปิดโดยการเก็บไว้ในถุงพลาสติก cryovac รวมทั้งเก็บไว้ในห้องเย็นจะดีที่สุด

Becker *et al*. (1968) ได้นำไข่ฟักมาแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มควบคุมซึ่งใส่ไข่ฟักไว้ในถาดพลาสติกเก็บในห้องเย็นโดยไม่มีวัสดุอื่นหุ้ม (unpackage) กลุ่มที่ 2 เก็บเช่นเดียวกับกลุ่มที่ 1 แต่นำไปใส่ในถุงพลาสติก cryovac และกลุ่มที่ 3 เก็บเช่นเดียวกับกลุ่มที่ 2 แต่ก่อนที่จะนำเข้าฟักเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ได้อัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ลงไปให้แทนที่อากาศ (Table 4) ผลปรากฏว่า การเก็บไข่ฟักในห้องเก็บไข่ไม่เกิน 8 วัน การเจริญของตัวอ่อนและอัตราการฟักออกของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน แต่หลังจากการเก็บที่ 8 วัน กลุ่มที่ 3 ซึ่งใส่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มเข้าไป มีผลการฟักออกต่ำกว่าที่เก็บไว้ในถุงพลาสติก cryovac (กลุ่มที่ 2) เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ ปรากฏว่า ระยะเวลาการเก็บมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการฟักออกเป็นตัวจากไข่มีเชื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01) การเก็บไข่ไว้ในถุงพลาสติกพร้อมกับบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปก่อนนำเข้าฟัก 1 ชั่วโมง มีอัตราการฟักออกต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) เมื่อเทียบกับการเก็บไว้ในถุงพลาสติกเพียงอย่างเดียว แต่ไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม และเมื่อเฉลี่ยทุกระยะการเก็บพบว่า อัตราการฟักออกคิดเป็นร้อยละของไข่มีเชื้อในกลุ่มที่เก็บไว้ในถุงพลาสติก cryovac (กลุ่มที่ 2) มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ (80.2 vs. 74.7 และ 74.2% ตามลำดับ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 4 Embryonic viability and hatchability of eggs from various storage time and methods (Becker *et al*., 1968)

Storage in days (T)	Storage methods (M)	No. eggs	Embryonic viability (%)			Hatchability (%)	
			0-10 days	11-28 days	Pipping	Fertile eggs	Total eggs
1-4	Unpackaged	303	92.1	95.3	94.1	82.6	69.0
	Cryovac	304	92.5	95.0	96.2	84.5	66.4
	Cryovac+CO_2	303	94.3	97.0	97.8	89.4	72.6
5-8	Unpackaged	302	92.0	91.8	95.3	80.5	77.9
	Cryovac	300	94.0	95.3	91.1	81.6	68.0
	Cryovac+CO_2	302	95.4	92.6	91.6	81.0	64.9
9-12	Unpackaged	274	89.0	86.6	93.8	72.2	55.1
	Cryovac	274	91.5	92.8	96.1	81.6	63.1
	Cryovac+CO_2	273	90.0	81.0	83.1	60.7	46.9
13-17	Unpackaged	247	84.1	76.5	87.2	56.0	41.3
	Cryovac	243	87.9	86.9	92.8	70.9	53.1
	Cryovac+CO_2	243	84.5	84.4	87.1	62.1	44.4
1-17	Unpackaged	1,126	89.7	88.7	93.3	74.2[a]	59.0[a]
	Cryovac	1,121	91.7	93.0	94.0	80.2[b]	63.2[b]
	Cryovac+CO_2	1,121	91.6	89.6	90.9	74.7[a]	58.2[a]

[a,b]Main effect means with no common superscript differ significantly ($P \leq 0.05$)

2.6.2.2 ตำแหน่งการวางฟองไข่

การที่เอาด้านป้านของฟองไข่ขึ้นในระหว่างที่เก็บไว้ในห้องเก็บไข่ก่อนนำเข้าฟักนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ช่องอากาศอยู่ด้านบน ซึ่งได้ผลดีกว่าการวางไข่แบบนอน แต่ถ้าจำเป็นต้องเก็บไข่ไว้เป็นระยะเวลานานให้นำด้านแหลมขึ้น (ด้านป้านลง) ซึ่งพบว่า ให้ผลดีกว่า ทั้งนี้เพราะความชื้นจะสูญเสียโดยการระเหยออกจากฟองไข่น้อยกว่า การเก็บไข่เป็นระยะเวลานานควรใส่ในถุงสุญญากาศหรือใช้แก๊สเฉื่อย เช่น ไนโตรเจน ฯลฯ บรรจุเข้าไปในถุงจะทำให้เก็บไข่ฟักไว้ได้นานขึ้นเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม อัตราการฟักออกเป็นตัวยังคงลดลงบ้างตามระยะเวลาการเก็บไข่ (สุชน,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2542) สอดคล้องกับอรวรรณ (2547) ที่กล่าวว่า การเก็บไข่ในห้องเย็นควรวางโดยเอาด้านป้านขึ้น แต่ไม่ควรเก็บไข่ไว้นานเกิน 7 วัน เพราะจะทำให้อัตราการฟักออกลดลงวันละ 2%

Brake *et al*. (2006) ได้นำไข่ฟักจากฝูงแม่ไก่แก่อายุ 58 และ 64 สัปดาห์มาเก็บไว้เป็นเวลา 3 และ 14 วัน โดยแบ่งตำแหน่งการวางฟองไข่ไว้ 3 แบบ คือ 1) วางแบบปกติเอาด้านป้านขึ้น 2) วางด้านป้านลง และ 3) วางปกติแต่กลับไข่ 45° จำนวน 4 ครั้งต่อวัน ปรากฏว่าไข่ฟักที่เก็บ 3 วันการวางไข่ทั้ง 3 กลุ่มมีอัตราการฟักออกไม่แตกต่างกัน ส่วนไข่ฟักที่เก็บ 14 วัน กลุ่มที่กลับไข่ 45° ทุกวัน (กลุ่มที่ 3) มีอัตราการฟักออกเท่ากับกลุ่มที่ 2 (วางด้านป้านลง) คือ 82.3 vs. 82.7% ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่ 1 วางแบบปกติมีอัตราการฟักออกต่ำสุด (76.3%, Table 5) สรุปได้ว่า การเก็บไข่เป็นเวลานานทำให้อัตราการฟักลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Elibol *et al*. (2002) ที่ระบุว่า ในฝูงแม่ไก่อายุ 52 สัปดาห์การเก็บไข่เป็นเวลา 14 วัน กลุ่มที่กลับไข่ระหว่างเก็บจะมีอัตราการฟักออกสูงกว่ากลุ่มที่ไม่กลับไข่ (83.9 vs. 75.4%) โดยอัตราการฟักออกที่สูงขึ้นเป็นผลจากมีการตายของตัวอ่อนระยะต้นและระยะสุดท้ายลดลง และนอกจากนี้ยังพบว่า อัตราการฟักออกของการเก็บไข่แบบเอาด้านป้านขึ้นและกลับไข่ 4 ครั้งต่อวันในระหว่างการเก็บ มีค่าเท่ากันกับการเก็บไข่แบบเอาด้านป้านลงมีการกลับและไม่กลับไข่

Table 5 Effect of egg storage, stored in either the large end up (LEU) or small end up (SEU) position, and turning during storage on fertile hatchability (Brake *et al*., 2006)

Turning (times/day)	Days of egg storage			
	3		14	
	LEU	SEU	LEU	SEU
	◄-------- (% Hatchability of fertile eggs) --------►			
0	85.5	86.6	76.3	82.7
4	86.8	82.6	82.6	82.3

Elibol *et al*. (2006) ศึกษาความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเก็บไข่ วิธีการวางไข่ในระหว่างการเก็บ และความถี่ของการกลับไข่ในระหว่างการฟักต่ออัตราการตายของตัวอ่อนและอัตราการฟักออกจากแม่ไก่พันธุ์ Ross ทำการทดลองโดยใช้ไข่จากแม่ไก่อายุ 62 และ 60 สัปดาห์ในการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ เก็บไข่ไว้เป็นเวลา 3 และ 14 วัน ที่อุณหภูมิ 18 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 75% โดยเอาด้านป้านขึ้นเทียบกับเอาด้านป้านลง และกลับไข่ 24 และ 96 ครั้งต่อวันใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระหว่างการฟัก ซึ่งทั้งสองการทดลองใช้ไข่จำนวน 150 ฟองต่อกลุ่ม และในแต่ละกลุ่มตัวอย่างทำการทดลอง 4 ซ้ำ หลังจากลูกไก่ฟักออกหมดแล้ว ไข่ที่ฟักไม่ออกทั้งหมดจะถูกแกะออกและดูด้วยตาเปล่าทีละฟอง เพื่อคำนวณอัตราการตายของตัวอ่อน และเปอร์เซ็นต์การฟักออกต่อไข่มีเชื้อทั้งหมด พบว่าการเก็บไข่ไว้เป็นเวลานาน 14 วัน ทำให้อัตราการฟักออกลดลง เนื่องจากมีการตายของตัวอ่อนสูงขึ้น โดยอัตราการฟักออกเฉลี่ย (3 และ 14 วัน) ของกลุ่มที่เก็บแบบเอาด้านป้านลง (73.2%) จะสูงกว่าการเก็บแบบปกติที่เอาด้านป้านขึ้น (67.6%) นอกจากนี้ การกลับไข่ระหว่างการฟักด้วยความถี่ 96 ครั้งต่อวันเปรียบเทียบกับ 24 ครั้งต่อวันสามารถเพิ่มอัตราการฟักออกได้ประมาณ 3% (71.8 vs. 69.0% ตามลำดับ) เนื่องจากจะทำให้การตายของตัวอ่อนในช่วงแรกลดลง สรุปได้ว่า เมื่อเก็บไข่เป็นเวลานาน 14 วัน ควรเก็บไข่แบบเอาด้านป้านลง หรือเพิ่มความถี่ในการกลับไข่เป็น 96 ครั้งต่อวัน (Table 6)

Table 6 Effects of egg storage period, egg storage position, and frequency turning incubation on fertile hatchability (Elibol *et al*., 2006)

Frequency turning (times/day)	Days of egg storage (day)			
	3		14	
	LEU	SEU	LEU	SEU
24	86.5	84.6	46.4	58.5
96	84.5	86.0	52.8	63.8

LEU = Large end up, SEU = Small end up

Butcher and Nilipour (2002) กล่าวว่า ปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่ออัตราการฟักออกของไข่มีเชื้อคือ ตำแหน่งของการวางฟองไข่ระหว่างการเก็บไข่ โดยปกติจะเก็บแบบเอาด้านป้านขึ้น แต่ถ้าเก็บไว้นานกว่า 7 วัน ควรเอาด้านป้านลงแล้วค่อยกลับด้านป้านขึ้นอีกครั้งก่อนนำเข้าฟักเพื่อให้อัตราการฟักออกดีขึ้น (Table 7) ซึ่งสอดคล้องกับ Mauldin (2002) ที่ระบุว่าการเก็บไข่ในห้องเย็นเป็นเวลาน้อยกว่า 10 วันควรเอาด้านป้านขึ้น แต่ถ้าจำเป็นต้องเก็บไข่ไว้นานกว่า 10 วัน ควรเอาด้านป้านลงแล้วค่อยกลับเอาด้านป้านขึ้นอีกครั้งก่อนนำเข้าตู้ฟัก และถ้าต้องการเก็บไว้นานกว่านั้นควรกลับไข่ 45° ทุกวัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 7 Effect of egg position storage on hatchability (Butcher and Nilipour, 2002)

Trials	1	2	Average
Number of eggs	1,426	4,860	6,286
	◄-----(% Hatchability of fertile eggs)---►		
Large End Up	85.55	84.28	85.23
Small End Up	87.61	86.05	87.22
Different	2.06	1.77	1.99

Tiwary and Maeda (2005) ได้ทำการทดลอง โดยใช้ไข่จากแม่ไก่สายพันธุ์การค้าจำนวน 689 ฟอง แบ่งโดยสุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม (วางด้านป้านของฟองไข่ขึ้น) และกลุ่มวางด้านป้านลง นำไปเก็บไว้ในห้องเก็บไข่ที่มีอุณหภูมิ 15 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 60% เป็นเวลา 1, 2 และ 3 สัปดาห์ ก่อนเข้าฟักนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อให้อุณหภูมิภายในฟองไข่สูงขึ้น จากนั้นนำเข้าฟักในตู้ฟักที่มีอุณหภูมิ 37.5 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 60% ผลปรากฏว่า การเก็บไข่ไว้นาน 1 สัปดาห์ไม่พบความแตกต่างระหว่างการวางด้านป้านขึ้นหรือด้านป้านลง ส่วนไข่ที่เก็บไว้เป็นเวลานาน 3 สัปดาห์ มีสัดส่วนการสูญเสียน้ำหนักไข่สูงกว่าเก็บไว้ที่ 1 และ 2 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ทำให้มีอัตราการฟักออกต่ำลง การวางไข่แบบเอาด้านป้านลงจะทำให้ได้อัตราการฟักออกดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การที่อัตราการฟักออกลดลงเมื่อเก็บไข่ไว้เป็นระยะเวลานานๆ นั้นมีสาเหตุจากไข่เชื้อตายไม่ว่าจะเป็นการตายระยะก่อน 3 วัน ช่วง 3-5 วัน หรือหลังจาก 15 วันของการฟัก มีสัดส่วนสูงขึ้นตามระยะการเก็บไข่ (Table 8)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 8 Effect of egg position at differing storage time on egg weight loss, hatchability and mortality (Tiwary and Maeda, 2005)

	Storage time (week)					
	1		2		3	
	Normal	Opposite	Normal	Opposite	Normal	Opposite
Egg weight loss (%)	0.60±0.06^{b}	0.60±0.06^{b}	1.19±0.10^{c}	1.21±0.10^{c}	1.82±0.15^{d}	1.82±0.16^{d}
Hatchability (%)	76.5±7.5^{b}	80.9±4.0^{b}	56.1±8.9^{c}	66.7±4.5^{d}	25.5±6.3^{e}	47.7±6.4^{f}
Mortality (%)						
< 3 days	5.1±1.6^{b}	5.2±1.6^{b}	10.2±1.5^{c}	9.6±2.3^{c}	29.1±2.8^{d}	18.5±2.8^{e}
3-15 days	3.1±1.3^{a}	3.2±1.3^{a}	9.2±3.0^{b}	4.2±1.1^{a}	21.3±5.5^{c}	17.4±7.1^{c}
> 15 days	15.4±7.5^{bc}	10.6±3.6^{c}	24.5±5.2^{d}	19.5±4.7^{bd}	24.1±2.8^{d}	16.5±2.4^{b}
Total	*23.5±7.5^{b}*	*19.0±4.0^{b}*	*43.9±8.9^{c}*	*33.3±4.5^{d}*	*74.5±6.3^{e}*	*52.4±6.4^{f}*

$^{a-f}$Means in the same row with no common superscript differ significantly ($P \leq 0.05$).

Normal = Large end up (วางแบบด้านป้านขึ้นในระหว่างการเก็บไข่)

Opposite = Large end down (วางแบบด้านป้านลงในระหว่างการเก็บไข่)

นอกจากนี้ Tiwary and Maeda (2005) ได้ใช้ไข่จากฝูงเดียวกับการทดลองแรก จำนวน 120 ฟอง แบ่งไข่ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) ใส่กล่องแล้วทำการหมุน (กลับไข่) 45° ตามแกน Y ทุก ๆ 12 ชั่วโมง (rotation) และ 2) ไม่มีการหมุนหรือกลับไข่ (non-rotation) นำไข่ทั้งสองกลุ่มไปเก็บไว้ในห้องเก็บไข่ที่มีอุณหภูมิ 15°ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 60% หลังจากเก็บไว้ครบ 3 และ 4 สัปดาห์ นำไข่ไปไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำเข้าฟัก ในสภาพเดียวกันกับการทดลองที่ 1 ผลปรากฏว่า อัตราการฟักออกและการตายของตัวอ่อน ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มกลับไข่และไม่กลับไข่เมื่อเก็บไข่ไว้นาน 3 และ 4 สัปดาห์ แต่การเก็บไข่ไว้ที่ 4 สัปดาห์มีอัตราการฟักออกต่ำกว่า ในขณะที่มีอัตราการตายช่วง 3 วันแรกของการฟักสูงกว่า แต่ไม่พบความแตกต่างของอัตราการตายในระหว่างการฟักอายุ 3-15 วัน และหลัง 15 วัน (Table 9) ทั้งนี้พบว่า ระยะเวลาเก็บมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักไข่ คือ ถ้าระยะเวลาในการเก็บนานขึ้นจะมีการสูญเสียน้ำหนักไข่มากขึ้นทำให้อัตราการฟักออกลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการสูญเสียน้ำออกจากฟองไข่ทำให้ตัวอ่อนตาย การเก็บไข่ไว้นานจะเกิดการสูญเสียน้ำจากฟองไข่โดยการระเหยซึ่งมีผลต่อความสามารถในการฟักโดยตรง เมื่อไข่ถูกเก็บแบบเอาด้านป้านขึ้นและเก็บไว้เป็นเวลานานขนาดของช่องอากาศ (air sac) เพิ่มขึ้น มีการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนมายังเยื่อหุ้มเปลือกไข่สูงขึ้น ทำให้ตัวอ่อนตายได้ ในทาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตรงข้ามถ้าเก็บไข่แบบด้านป้านลงจะทำให้ตัวอ่อนไม่สามารถเคลื่อนที่มาเชื่อมต่อกับช่องอากาศได้เหมือนกรณีการเอาด้านป้านขึ้น อัตราการตายของตัวอ่อนจึงต่ำกว่า ดังนั้นการเก็บไข่ไว้เป็นเวลานานควรเก็บไข่แบบเอาด้านป้านลงซึ่งจะช่วยทำให้ไข่มีอัตราการฟักสูงขึ้น แต่ไม่ควรเก็บไข่ไว้นานเกิน 3 สัปดาห์

Table 9 Effect of egg rotation after storage for 3 or 4 weeks on hatchability and mortality (Tiwary and Maeda, 2005)

Storage time (week)	3		4	
Egg turning	Non rotation	Rotation	Non rotation	Rotation
Hatchability (%)	44.4±5.6[a]	30.4±9.6[a]	0.0±0.0[b]	7.9±4.0[b]
Mortality (%)				
< 3 days	32.8±4.3[a]	35.2±10.6[a]	89.6±5.8[b]	80.1±8.8[b]
3-15 days	19.1±4.6[a]	27.8±4.0[a]	10.4±5.8[a]	12.0±7.2[a]
> 15 days	3.7±3.7[a]	6.7±3.3[a]	0.0±0.0[a]	0.0±0.0[a]
Total	*55.6±5.6[a]*	*69.6±9.6[a]*	*100±0.0[b]*	*92.1±4.0[b]*

[a-b] Means in the same row with no common superscript differ significantly (P<0.05).

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.7 ระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ฟัก

นอกเหนือจากคุณภาพทั้งภายนอกและภายในฟองไข่แล้ว ระยะเวลาและวิธีการเก็บไข่ก่อนนำเข้าตู้ฟักก็มีผลโดยตรงต่ออัตราการฟักออกเช่นกัน การเก็บไข่ฟักไว้นานจะทำให้ช่องอากาศในไข่ (air cell, ด้านป้านของฟองไข่) มีขนาดใหญ่ขึ้น ความชื้นระเหยออกจากฟองไข่ทำให้มีอัตราการฟักออกลดลง ทั้งนี้ยิ่งเก็บไว้นานการฟักออกก็ยิ่งต่ำ ซึ่ง North (1984) ระบุว่า อัตราการฟักออกลดลงตามระยะเวลาที่เก็บไข่ หากเก็บไว้เป็นเวลา 25 วันจะฟักไม่ออกเป็นตัว ในขณะที่การเก็บไข่ไว้ไม่เกิน 4 วันจะมีอัตราการฟักออกสูงสุด (87-88% ของไข่มีเชื้อ)

กองบำรุงพันธุ์สัตว์ (2551) ได้ระบุว่า ไข่เมื่อเก็บไว้นานขึ้นจะมีสภาพเป็นด่างเนื่องจากระหว่างที่เก็บ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในฟองไข่จะระเหยออก ก๊าซนี้เกิดจากขบวนการเมแทบอลิซึมของไข่โดยอยู่ในรูปของสารละลายกรดคาร์บอนิกและเกลือไบคาร์บอเนต ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะระเหยออกไปจนในไข่มีปริมาณก๊าซเท่ากับอากาศโดยรอบ

กรดคาร์บอนิก (carbonic acid) มีอะตอมของคาร์บอนเป็นส่วนประกอบ มีสูตรโมเลกุล H_2CO_3 กรดนี้เกิดจากการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ เขียนเป็นสมการ คือ

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

โดยสมดุลระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และกรดคาร์บอนิก มีความสำคัญมากสำหรับการควบคุมความเป็นกรดของของเหลวในร่างกายสิ่งมีชีวิตเกือบทุกชนิดสำหรับเกลือของกรดคาร์บอนิกเรียกว่า ไบคาร์บอเนต (หรือไฮโดรเจนคาร์บอเนต) และคาร์บอเนต (Wikipedia, 2008a)

Elibol *et al.* (2002) รายงานว่า ในไก่สาว (อายุ 31 สัปดาห์) ไม่พบความแตกต่างของอัตราไข่มีเชื้อ อัตราการฟักออก และเปอร์เซ็นต์การตายของตัวอ่อนระยะสุดท้าย แต่ในไก่แก่ (อายุ 52 สัปดาห์) จะมีอัตราการฟักออกลดลงถ้าเก็บไข่ไว้นานเกิน 7 วัน โดยจะมีอัตราการฟักออก 86.7% และ 82.2% ในกลุ่มที่กลับไข่และไม่กลับไข่ตามลำดับ ส่วนการเก็บไข่ไว้นาน 14 วัน กลุ่มที่กลับไข่และไม่กลับไข่จะมีอัตราการฟักออก 83.9% และ 75.4% ตามลำดับ

Butcher and Nilipour (2002) ได้ทดลองเก็บไข่ไว้ในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 65 °ฟ ความชื้นสัมพัทธ์ 78% เป็นเวลา 3, 8, 12, 16, 20, 23 และ 26 วัน จากนั้นนำไข่เข้าฟัก ปรากฏว่า ไข่ที่เก็บเป็นระยะเวลามากกว่า 7 วันจะมีอัตราการฟักออกลดลง จนถึงระยะเก็บ 26 วันไข่จะไม่สามารถฟักออกเป็นตัวได้ ในขณะที่การเก็บไข่ไม่เกิน 3 วัน มีอัตราการฟักออกสูงสุด สอดคล้องกับ North (1984) ซึ่งได้ระบุว่า อัตราการฟักออกจะลดลงตามระยะเวลาที่เก็บไข่ หากเก็บไว้เป็นเวลา 25 วันจะไม่สามารถฟักออกเป็นตัวได้ ส่วนการเก็บไข่ไม่เกิน 4 วันจะมีอัตราการฟักออกสูงสุด (Table 10)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 10 Effect of storage time of hatching eggs on hatchability (North, 1984)

Days of storage	Hatchability (% of fertile eggs)
1	88
4	87
7	79
10	68
13	56
16	44
19	30
22	26
25	0

ภูพิงค์ (2551) ได้นำไข่จากฝูงไก่เนื้อพ่อแม่พันธุ์อายุ 55 สัปดาห์ จำนวน 6,048 ฟองมาเก็บไว้ในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 65 °ฟ (18 °ซ) ความชื้นสัมพัทธ์ 70% เป็นระยะเวลา 2, 9 และ 14 วัน โดยแต่ละระยะแบ่งไข่ออกเป็น 3 กลุ่ม (วิธีการเก็บ) คือ 1) กลุ่มควบคุม (ใส่ถาดพลาสติกตามปกติ) 2) ใส่ถาดพลาสติกเหมือนกลุ่ม 1 แล้วบรรจุในถุงพลาสติก 3) ใส่ถาดพลาสติกบรรจุในถุงพลาสติก (เหมือนกลุ่ม 2) แล้วอัดก๊าซไนโตรเจนจนเต็มถุง ผลปรากฏว่า เมื่อเก็บไข่ไว้ที่ 14 วัน อัตราการฟักออกลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) โดยมีการตายของตัวอ่อนทั้งในระยะต้น (อายุ 1 - 17 วัน) และระยะท้าย (อายุ 18 - 21 วัน) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับผลของวิธีการเก็บพบว่า ในช่วงเวลาการเก็บไข่ไม่เกิน 14 วัน วิธีการเก็บทั้ง 3 กลุ่มไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มว่าไข่ที่เก็บไว้ในถุงพลาสติกและถุงพลาสติกบรรจุก๊าซไนโตรเจน มีอัตราการฟักออกสูงกว่ากลุ่มที่เก็บในถาดพลาสติกปกติประมาณ 1-2% (Table 11)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 11 Hatchability of hatching eggs from broiler breeder hen when stored with different methods and duration (ภูพิงค์, 2551)

Main effect	Storage time (T)			Method (M) [1/]			Probability		
	2 d	9 d	14 d	Control	Bag	Bag+N_2	T	M	T x M
Infertile (eggs)	213	217	223	218	219	216			
Fertile (eggs)	1,779	1,761	1,750	1,763	1,764	1,763			
Infertile eggs (%)	10.69	10.89	11.21	10.94	10.99	10.84	NS	NS	NS
Fertile eggs (%)	89.31	88.41	87.74	88.51	88.56	88.41	NS	NS	NS
Dead embryo (%)[2/]	4.67	5.56	7.68	6.48	5.62	5.82	*	NS	NS
Dead in shell (%)[3/]	3.71	3.61	7.98	5.77	5.02	4.52	**	NS	NS
Hatchability (%)									
- from total eggs	80.92	79.22	72.19	76.26	77.91	78.16	**	NS	NS
- from fertile eggs	90.61	89.61	82.17	86.12	87.97	88.30	**	NS	NS
Cull chicks (%)	1.56	1.71	2.61	2.21	2.06	1.61	*	NS	NS

* ($P<0.05$), * * ($P<0.01$), NS = non significant different

[1/] Method: Control = Plastic tray Bag = Plastic tray + Plastic bag

Bag + N_2 = Plastic tray + Plastic bag +N_2

[2/] Embryo death during 1 – 17 days of incubation period

[3/] Embryo death during 18 – 21 days of incubation period (can not pip)

2.8 ผลของระยะเวลาการเก็บไข่ต่อการเปลี่ยนแปลง pH ของไข่ขาวในฟองไข่

Benton and Brake (1996) ได้สุ่มไข่จากไก่เนื้อพ่อแม่พันธุ์ Arbor Acres อายุ 30 และ 50 สัปดาห์ นำมาเก็บไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 18 °ซ (65 °ฟ) ความชื้นสัมพัทธ์ 75% เป็นเวลา 5 วัน แล้วนำเข้าตู้ฟักอุณหภูมิ 37.5 ± 0.2 °ซ พร้อมกับไข่อีกชุดหนึ่งซึ่งมาจากไก่ฝูงเดียวกันโดยไม่ต้องนำไปเก็บไว้ในห้องเย็น คือ นำเข้าฟักในวันที่แม่ไก่วางไข่ทันที หลังจากเข้าตู้ฟักเป็นเวลา 2, 24, 48 และ 66 ชั่วโมง สุ่มไข่จากตู้ฟักมาหาค่า pH ของไข่ขาวด้วยเครื่อง pH meter ผลปรากฏว่า ไข่ใหม่จะมีค่า pH ของไข่ขาวเฉลี่ยต่ำกว่าไข่ที่เก็บไว้นาน โดยไข่ใหม่และไข่ที่เก็บไว้เป็นเวลา 5 วัน หลังจากนำเข้าตู้ฟัก 2 ชั่วโมง ค่า pH ของไข่ขาวจะเท่ากับ 7.68 vs. 8.93 หรือเท่ากับเพิ่ม 1.25 ใน 24 ชั่วโมงต่อมาค่า pH เพิ่มเป็น 8.75 vs. 9.13 หรือเท่ากับเพิ่มขึ้น 0.38 หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงของ pH ทั้งในไข่เก่าและไข่ใหม่จะแตกต่างกันไม่มากนัก แสดงว่า การแลกเปลี่ยนก๊าซภายในฟองไข่มีมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่สุดช่วง 24 ชั่วโมงแรกหลังจากนำเข้าตู้ฟัก อย่างไรก็ดี เมื่อคิดค่าเฉลี่ยของไข่ที่อยู่ในตู้ฟักตั้งแต่ 2 ถึง 66 ชั่วโมง พบว่า ไข่ที่เก็บไว้ในห้องเย็นเป็นเวลา 5 วันมีค่า pH สูงกว่าไข่ใหม่อย่างมีนัยสำคัญ (9.10 vs. 8.94, $P<0.05$; Table 12) สาเหตุที่ pH ของไข่ขาวเพิ่มสูงขึ้นนั้นมีสาเหตุเนื่องมาจากการสูญเสียก๊าซ CO_2จากฟองไข่ สำหรับค่า pH ของไข่ขาวจากแม่ไก่ทั้งสองอายุ (30 vs. 50 สัปดาห์) เมื่อเฉลี่ยจากทุกอายุการฟักปรากฏว่า มีค่าไม่แตกต่างกัน (8.86 vs. 8.89, Table 12)

Table 12 Albumen pH during the first 66 h. of incubation of fresh eggs or of eggs stored for 5 days from young (30 wk) or old (50 wk) broiler breeder hens (Benton and Brake, 1996)

Main effect means	n	Hours of incubation					
		2 h	24 h	48 h	66 h	n	Average
Flock age, wk							
30	24	8.29	8.92	9.14	9.11	96	8.86
50	24	8.32	8.97	9.16	9.10	96	8.89
	SE	0.02	0.02	0.02	0.02	SE	0.01
Storage time (day)							
0	24	7.68	8.75	9.07	9.08	96	8.94^{B}
5	24	8.93	9.13	9.23	9.13	96	9.10^{A}
	SE	0.02	0.02	0.02	0.02	SE	0.01
Hours of incubation	48	8.30^{b}	8.94^{b}	9.15^{a}	9.10^{a}		
	SE	0.01	0.01	0.01	0.01		

^{a,b}Main effect means with no common superscript differ significantly ($P\leq0.05$).
^{A,B}Main effect means with no common superscript differ significantly ($P\leq0.01$).
SE for n = 24, n = 48, n = 96 calculated from flock age by egg storage by hours of incubation analysis.

Lapao *et al.* (1999) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของระยะเวลาในการเก็บและอายุของไก่พ่อแม่พันธุ์เนื้อต่อความสูงและค่า pH ของไข่ขาว โดยการทดลองที่ 1 ได้นำไข่ 80 ฟองจากฝูงแม่ไก่อายุ 32 และ 54 สัปดาห์มาเก็บไว้ในห้องเย็นเป็นเวลา 0, 1, 4 และ 8 วัน ส่วนการทดลองที่ 2 นำไข่ 400 ฟองจากฝูงแม่ไก่อายุ 42 และ 59 สัปดาห์มาเก็บไว้เป็นเวลา 0, 1, 4 และ 8 วันเช่นกัน หลังจากนำไข่เข้าฟักแล้วเป็นเวลา 12, 24, 38 และ 60 ชั่วโมง นำไข่มาตรวจสอบ ผลปรากฏว่า pH ของไข่ขาวเพิ่มสูงขึ้น แต่ความสูงของไข่ขาวจะลดลงตามระยะเวลา โดยค่า pH ของไข่ขาวเพิ่มจาก 8.2 เป็น 9.15 เมื่อเก็บจาก 0 เป็น 8 วัน ทั้งนี้ฝูงไก่แก่จะมีค่า pH ของไข่ขาวสูงกว่าไก่สาวเสมอในทุกระยะเวลาเก็บยกเว้นที่ระยะการเก็บ 8 วันไม่พบว่ามีความแตกต่างกัน สำหรับความสูงของไข่ขาว ปรากฏว่า จะลดลงตามอายุแม่ไก่ โดยไก่อายุน้อยมีความสูงของไข่ขาวมากกว่าไก่แก่ (อายุมาก) อย่างมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นัยสำคัญ กล่าวคือ มีค่าเท่ากับ 6.68 มม.ในไก่อายุ 32 สัปดาห์ และ 5.68 มม.ในไก่อายุ 59 สัปดาห์ นอกจากนี้ยังพบว่า ความสูงของไข่ขาวในไข่สดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.13 มม. สูงกว่าไข่ที่เก็บไว้ในห้องเก็บไข่อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ของไข่ขาวหลังนำไข่เข้าตู้ฟักแล้ว ปรากฏว่าค่า pH จะสูงขึ้นจนถึงชั่วโมงที่ 60 หลังเข้าตู้ฟัก เฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของการเก็บไข่ 0, 1, 4 และ 8 วัน เมื่อเทียบระหว่างชั่วโมงที่ 60 และชั่วโมงที่ 12 มีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.50, 0.40, 0.26 และ 0.16 ทั้งนี้ค่า pH ของไข่ขาวจะสูงขึ้นตามระยะเวลาเก็บโดยจะเพิ่มสูงสุดในช่วง 24 ชั่วโมงหลังนำเข้าตู้ฟัก หลังจากนั้นการเพิ่มขึ้นของค่า pH จะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ส่วนค่าเฉลี่ยความสูงของไข่ขาวลดลงอย่างมีนัยสำคัญตามระยะเวลาเก็บไข่ คือ ลดลงจาก 5.00 เหลือ 3.59 มม. เมื่อนำเข้าตู้ฟักเป็นเวลา 12 และ 60 ชั่วโมง ขณะที่ไข่ใหม่ (ระยะเก็บ 0 วัน) ก่อนนำเข้าฟัก กลุ่มที่มีอายุ 42 และ 59 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยของความสูงของไข่ขาวเท่ากับ 6.37 และ 5.68 มม. ค่าเฉลี่ยของการเพิ่มขึ้นของ pH และการลดลงของความสูงของไข่ขาวของไข่หลังเข้าฟัก 12 ถึง 60 ชั่วโมงที่เก็บไว้นานกว่า 4 วันขึ้นไป พบว่า มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

Becker *et al*. (1968) ได้ศึกษาความแตกต่างของค่า pH ในไข่ขาวและไข่แดงเมื่อเก็บไข่ในช่วงเวลาของวันต่างกัน โดยแบ่งเป็น 4 ช่วงคือ เวลา 8.30 11.30 14.30 และ 16.30 น. หลังเก็บไข่แต่ละช่วงแล้วนำไปเก็บไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 12-14 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80% ทันที หลังเก็บรอบสุดท้าย (16.30 น.) เป็นเวลา 24 ชั่วโมงจึงนำมาตรวจสอบค่า pH ผลปรากฏว่า ไข่ที่เก็บหลังสุดเวลา 16.30 น. มีค่า pH ของไข่ขาวเท่ากับ 7.74 แต่เมื่อเก็บไข่ไว้นานขึ้นค่า pH ก็จะสูงขึ้น โดยผู้วิจัยให้เหตุผลว่า เกิดจากการสูญเสีย CO_2 ออกจากฟองไข่ ส่วนค่า pH ของไข่แดงไม่มีการเปลี่ยนแปลง (5.91-6.10; Table 13)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 13 Average pH of White Leghorn eggs collected at different time of the days (Becker *et al*., 1968)

Time of gathering	pH of albumen	pH of yolk
4.30 p.m.	7.74	6.06
2.30 p.m.	7.77	6.10
11.30 a.m.	7.98	5.94
8.30 a.m.	8.36	5.91
Average	7.96	6.00

นอกจากนี้ Becker *et al.* (1968) ยังได้ศึกษาหาค่า pH ของไข่ขาวที่เปลี่ยนแปลงจากการเก็บ โดยนำไข่ที่เก็บดังกล่าวใส่ถุงพลาสติกแล้วอัดก๊าซ CO_2 เข้าไปแทนที่อากาศในถุง มัดปากถุงทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง (CO_2 treated eggs) ก่อนนำไข่เข้าตู้ฟัก สุ่มออกมาวัดค่า pH ผลปรากฏว่า ค่า pH ของไข่ขาวจะเท่ากับ 7.94 ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ใส่ CO_2 อย่างมาก (7.94 vs. 9.13 ตามลำดับ) ใกล้เคียงกับไข่ใหม่ (pH = 7.91) แต่หลังจากนำเข้าตู้ฟักแล้วเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ค่า pH ของไข่ขาวกลับสูงขึ้นมีค่าใกล้เคียงกับการเก็บไข่แบบปกติที่นำเข้าฟักในช่วงเวลาเดียวกัน (9.20 vs. 9.30) สรุปได้ว่าก๊าซ CO_2 ภายในฟองไข่มีการสูญเสียออกจากฟองไข่หลังจากนำเข้าฟัก (Table 14)

Table 14 Mean pH of thick albumen of White Leghorn eggs (Becker *et al*., 1968)

Measurement time	Mean pH
Day laid (Fresh eggs)	7.907
Day of setting (1 day storage before incubation)	9.132
After 24 hours of incubation	9.296
CO_2 treated eggs	
Immediately after treatment	7.937
After 24 hours of incubation	9.201

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Benton *et al.* (2001) ได้ศึกษาถึงความสูงและค่า pH ของไข่ขาวระหว่างการฟัก โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง โดยนำไข่มาจากไก่เนื้อพ่อแม่พันธุ์ Arbor Acres ที่เลี้ยงขังในกรงเดี่ยวจนถึงอายุ 43 และ 44 สัปดาห์ก่อนเก็บไข่ 2 วัน แม่ไก่ครึ่งหนึ่งถูกนำมาผสมเทียมโดยการฉีดน้ำเชื้อเข้าไป ส่วนแม่ไก่ที่เหลือจะไม่ได้รับการผสมซึ่งเป็นกลุ่มควบคุม เก็บไข่ในวันที่ 1-3 ใส่ในแผงกระดาษ จากนั้นนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 18°ซ (65°ฟ) ความชื้นสัมพัทธ์ 75% ส่วนไข่ในวันที่ 4 ไม่ต้องนำไปเก็บในห้องเย็น จากนั้นสุ่มไข่จากทุกอายุ (วัน) ของการเก็บไข่ในห้องเย็นและไข่สด (ใหม่) ในปริมาณเท่าๆ กันเข้าฟัก หลังจากเข้าตู้ฟักแล้ว 2 ชั่วโมง นำไข่ออกมาวัดความสูงของไข่ขาว ทั้งในกลุ่มไข่มีเชื้อและไม่มีเชื้อ ผลปรากฏว่า ทั้งสองการทดลองมีค่าความสูงของไข่ขาวของไข่มีเชื้อต่ำกว่าไข่ไม่มีเชื้อ (5.61 vs. 5.94 และ 5.81 vs. 6.15 มม.) และความสูงของไข่ขาวของกลุ่มที่เข้าฟัก (2 ชั่วโมง) มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ฟัก (0 ชั่วโมง) ในขณะที่มีค่า pH ของไข่ขาวสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ทั้งในการทดลองที่ 1 และ 2 (Table 15)

Table 15 Effect of the presence of blastoderm (fertilized vs. unfertilized egg) on albumen height and pH during initial incubation (Benton *et al.* , 2001)

Exp.	Length of incubation (h)	n	Albumen height (mm)		Avg.	n	Albumen pH		Avg.
			fertilized	unfertilized			fertilized	unfertilized	
1	0	31	5.86	6.43	6.15^{A}	31	8.54	8.43	8.49^{B}
	2	31	5.36	5.46	5.41^{B}	31	8.58	8.59	8.58^{A}
		62	5.61^{b}	5.94^{a}		62	8.56^{A}	8.51^{B}	
2	0	31	5.95	6.47	6.21^{A}	35	8.44	8.41	8.43^{B}
	2	31	5.67	5.82	5.75^{B}	35	8.47	8.44	8.46^{A}
		62	5.81^{b}	6.15^{a}		70	8.46^{a}	8.43^{a}	

^{a,b} Main effect means with no common superscript differ significantly ($P<0.05$).

^{A,B} Main effect means with no common superscript differ significantly ($P<0.01$).

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Silversides and Scott (2001) ได้ใช้ไข่จากไก่พันธุ์ Isa-Brown และพันธุ์ Isa-White โดยเก็บไข่จาก 4 ช่วงอายุ คือ 25, 31, 45 และ 59 สัปดาห์ ในแต่ละช่วงอายุใช้ไข่จำนวน 150 ฟอง ทำการวัดค่า pH ในไข่ขาวภายหลังจากที่เก็บไว้ในห้องเก็บไข่เป็นเวลา 1, 3, 5 และ 10 วัน ส่วนกรณีของไข่สดซึ่งเป็นกลุ่มเปรียบเทียบ ทำการเก็บและวัดค่า pH ภายใน 2 ชั่วโมงหลังจากแม่ไก่วางไข่ นำไข่มาชั่งน้ำหนักและวัดความสูงของไข่ขาว ผลปรากฏว่า ไข่ขาวจากไก่พันธุ์ Isa-Brown มีความสูงต่ำกว่าพันธุ์ Isa-White ทั้งนี้ความสูงของไข่ขาวจะลดลงตามอายุของแม่ไก่และระยะเวลาในการเก็บที่เพิ่มขึ้น สำหรับค่า pH ของไข่ขาวไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์และอายุของแม่ไก่ แต่จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved