

ผลของโปรตีนและเมทไธโอนีนในอาหารต่อผลผลิต ลักษณะภายนอกของไข่ไก่ และทัศนคติของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร

Effect of Dietary Protein and Methionine on Egg Production, External Characters of Chicken Eggs and Attitude Consumers in Bangkok Metropolitan Area

คำนำ

แม้ว่าไข่ไก่จะมีคุณค่าทางโภชนาการและมีราคาถูก แต่คนไทยกลับมีอัตราการบริโภคไข่ไก่โดยเฉลี่ยเพียง 130 ฟอง/คน/ปี ขณะที่ประเทศที่พัฒนาแล้วมีอัตราการบริโภคไข่ที่สูงกว่าซึ่งอาจเนื่องมาจากคนไทยไม่นิยมบริโภคไข่ไก่ หรือมีวิตกกังวลต่อไขมันในฟองไข่ว่า อาจเป็นตัวก่อให้เกิดโรคหลอดเลือดโคโรนารีตีตัน (Coronary Heart Disease, CHD) ยิ่งไปกว่านั้นอัตราการบริโภคไข่กลับมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากการระบาดของโรคไข้หวัดนกในปี 2547 โดยทำให้การบริโภคไข่ลดลงในปี 2546 ที่มีอัตราการบริโภคประมาณ 137 ฟอง/คน/ปี เหลือเพียง 105 ฟอง/คน/ปี ในปี 2547 (สมาคมผู้ผลิต ผู้ค้า และส่งออกไข่ไก่, 2547)

ในกลุ่มของผู้บริโภคไข่มีรายงานว่าปัจจัยด้านราคาและรายได้ของผู้บริโภคนอกจากจะเป็นตัวกำหนดการเลือกซื้อแล้ว (สุรเสน, 2544; โกวิทย์, 2545) ลักษณะทางกายภาพ อันได้แก่ ขนาด รูปร่างและสีของเปลือกไข่ ก็มีความสำคัญต่อการเลือกซื้อเช่นกันเนื่องจากผู้บริโภคบางคนมีทัศนคติว่าลักษณะทางกายภาพมีผลต่อคุณค่าทางอาหารและรสชาติ (Ishibashi and Yonemoachi, 2003) ดังนั้นหากผู้ผลิตไข่ไก่สามารถผลิตไข่ที่มีลักษณะภายนอกให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคได้ก็อาจจะสามารถแก้ไขหรือบรรเทาปัญหาด้านการตลาดของตนได้

นอกจากนี้เป็นที่ทราบกันดีว่าแหล่งวัตถุดิบโปรตีนในอาหารของไก่ไข่ ซึ่งคิดเป็นต้นทุนสูงที่สุดในสูตรอาหารนั้นมีผลต่อการให้ผลผลิตและขนาดของฟองไข่ และมีรายงานว่า การเสริมเมทไธโอนีนซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นอันดับที่หนึ่งสามารถเพิ่มขนาดของฟองไข่ (Harms and Russell, 1996) และช่วยปรับปรุงคุณภาพเปลือกไข่ได้ (Petersen *et al.*, 1983; Bunchasak and Silapasorn, 2005) ดังนั้นการศึกษาผลของระดับโปรตีนและเมทไธโอนีนจึงน่าเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ไข

ปัญหาคุณภาพภายนอกของไข่ไก่ซึ่งได้แก่ สี รูปร่าง ขนาด และลักษณะเปลือกไข่เพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคได้

การศึกษานี้จึงถูกแบ่งออกเป็น 2 งานทดลองโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรตีนและเมทาโซอินินต่อผลผลิตและลักษณะภายนอกของเปลือกไข่ และผลของลักษณะภายนอกของเปลือกไข่ต่อการเลือกซื้อไข่ไก่ของผู้บริโภคไข่ในเขตกรุงเทพมหานคร

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของโปรตีนและเมทาโซอินินต่อผลผลิต และคุณภาพภายนอกของไข่ไก่
2. เพื่อศึกษาความคิดเห็นต่อลักษณะภายนอกไข่ไก่ที่มีผลต่อพฤติกรรมในการเลือกซื้อของผู้บริโภคไข่ไก่ในเขตกรุงเทพมหานคร

การตรวจเอกสาร

โปรตีนและกรดอะมิโน

โปรตีนเป็นโภชนะที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิต ไก่กินโปรตีนเพื่อต้องการกรดอะมิโนในโปรตีนไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนซึ่งเป็นส่วนประกอบของร่างกายอื่นได้แก่ ขน ผิวหนัง กล้ามเนื้อ โครงสร้าง และเป็นส่วนประกอบของสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเผาผลาญต่างๆ ของร่างกาย ได้แก่ เอนไซม์ ฮอร์โมน ฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง อินซูลินโกลบูลิน เป็นต้น (Robinson, 1978) นอกจากนี้กรดอะมิโนยังใช้เป็นสารตั้งต้นในการสร้างสารประกอบต่างๆ ของร่างกายที่ไม่ใช่โปรตีน (National Research Council [NRC], 1994) และในไก่ยังต้องการอะมิโนเพื่อนำไปสร้างเป็นโปรตีนในฟองไข่ (Cole and Van Lumen, 1994)

โปรตีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 5,000 Kd (มนตรี และคณะ, 2543) ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนมาเรียงต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ (peptide bond) หลายสายเกิดเป็นสายเปปไทด์ (polypeptide chain) โดยกรดอะมิโนในแต่ละหน่วยประกอบด้วย ธาตุคาร์บอนร้อยละ 51-55 ออกซิเจนร้อยละ 21-23.5 ไนโตรเจนร้อยละ 15.5-18 ไฮโดรเจนร้อยละ 6.5-7.3 กำมะถันร้อยละ 0.5-2.0 ฟอสฟอรัสร้อยละ 0-1.5 และอาจมีธาตุเหล็กรวมอยู่ด้วยในโปรตีนบางชนิด (บุญล้อม, 2546)

กรดอะมิโนในธรรมชาติมีมากกว่า 200 ชนิด แต่มีเพียง 20 – 22 ชนิดเท่านั้นที่พบได้บ่อยในองค์ประกอบของโปรตีน และมีกรดอะมิโนเพียง 10 ชนิดที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้หรือสังเคราะห์ได้ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกายและจำเป็นต้องได้รับจากอาหาร เรียกว่ากรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) ได้แก่ อาร์จินีน ฮิสทิดีน ไลซีน ลูซีน ไอโซลูซีน เมทไธโอนีน เบนิลอะลานีน ทรีโพรเฟน ทรีโอนีน และ วาลีน ส่วนกรดอะมิโนอีก 12 ชนิดที่เหลือเป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้จากสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ ได้เพียงพอกับความต้องการ เรียกว่า กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (nonessential amino acid) แต่ในไก่เล็กยังมีความต้องการกรดอะมิโนเพิ่มอีก 2 ชนิด คือ ไกลซีนและโพรลีน เนื่องจากในไก่เล็กยังไม่สามารถสังเคราะห์กรดอะมิโนทั้งสองชนิดได้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย (Baker, 1991; Pond *et al.*, 1995)

Fisher (1994) รายงานว่าไก่ไข่ที่มีน้ำหนักตัวประมาณ 1.8 กิโลกรัมจะมีโปรตีนสะสมในร่างกายประมาณ 340 กรัม โดย 60 กรัมของน้ำหนักเป็นโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของขน ซึ่งเมื่อไก่ไข่เริ่มเป็นสาวที่อายุ 155 วัน (ประมาณ 22 สัปดาห์) สามารถให้ไข่ตลอดระยะเวลาหนึ่งปีรวมกันประมาณ 300 ฟอง หรือประมาณ 18 กิโลกรัม โดยเป็นโปรตีนจากไข่ 2.2 กิโลกรัมหรือคิดเป็นโปรตีนประมาณ 800% ของโปรตีนในร่างกาย (ไม่รวมขน) ต่อการไข่หนึ่งปี

ดังนั้นโปรตีนที่ไก่กินจะเข้าไปสะสมอยู่ในไข่เพียง 30% โดยไข่หนึ่งฟองมีโปรตีนประมาณ 7 – 7.5 กรัม ซึ่งเป็นโปรตีนในไข่แดงประมาณ 3.1 กรัมหรือคิดเป็น 42% ของโปรตีนในฟองไข่ถูกสังเคราะห์จากตับและเป็นโปรตีนในไข่ขาวประมาณ 4 กรัมหรือ 54% ของโปรตีนในฟองไข่ถูกสังเคราะห์จากท่อนำไข่ในส่วน magnum เป็นหลัก ส่วนโปรตีนที่เหลืออีก 3 – 4 % จะเป็นโปรตีนในส่วนของเยื่อหุ้มไข่ซึ่งถูกสร้างในส่วน isthmus และ shell gland ของท่อนำไข่ (Fisher, 1994)

นอกจากนี้ในการสร้างไข่ทุกๆ 1 กิโลกรัม ไก่ไข่ต้องการโปรตีนประมาณ 150 กรัม ซึ่งในการสร้างไข่แดง ไข่ขาว และเปลือกไข่ อย่างละ 1 กิโลกรัม ไก่ไข่มีความต้องการโปรตีนประมาณ 210 130 และ 40 กรัมตามลำดับ (Fisher, 1986; ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ระดับความต้องการพลังงานและโปรตีนเพื่อการดำรงชีวิตและการสร้างไข่ของไก่ไข่

ความต้องการโภชนะ	unit	พลังงานที่สามารถใช้ ^{1/} ประโยชน์ได้ (MJ/unit)	โปรตีน (Kg/unit) ^{2/}
การดำรงชีพ	$Pm^{-0.27} \cdot P \text{ day}^{3/}$	1.63	0.008
การสร้างไข่	1.0 Kg.	10.00	0.15
การสร้างไข่แดง	1.0 Kg.	25.00	0.21
การสร้างไข่ขาว	1.0 Kg.	3.60	0.13
การสร้างเปลือกไข่	1.0 Kg.	1.20	0.04

หมายเหตุ ^{1/} Metabolizable Energy , ^{2/} Ideal Protein, ^{3/} Pm=Mature Protein Weight,

P=Protein Weight (Kg) Excluding Plumage

ที่มา : Fisher (1986)

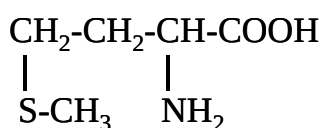
เมทไธโอนีน

เมทไธโอนีนเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นหนึ่งในสิบชนิดที่ร่างกายสังเคราะห์ไม่ได้หรือสังเคราะห์ได้แต่ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย โดยเมทไธโอนีนจัดอยู่ในกลุ่มของกรดอะมิโนที่มีหมู่ซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ เช่นเดียวกับซิสทีน (Ravikiran and Devegowda, 1998) และทอรีนที่เป็นกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้โดยใช้เมทไธโอนีนเป็นสารตั้งต้น (NRC, 1984)

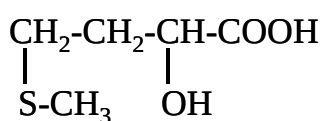
NRC (1984) รายงานว่าเมทไธโอนีนเป็นกรดอะมิโนที่จำกัดอันดับที่ 1 (First-limiting amino acid) ในอาหารสัตว์ปีก ขณะที่ไลซีนและอาร์จินีนเป็นกรดอะมิโนที่จำกัดอันดับที่ 2 โดยวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งโปรตีนจากพืช เช่น กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง ซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญในอาหารสัตว์ปีกมีปริมาณเมทไธโอนีนต่ำกว่าแหล่งโปรตีนจากสัตว์ เช่น ปลาป่น ที่เป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพสูงแต่มีราคาแพง ขณะเดียวกันข้าวโพดซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบที่ให้พลังงานก็มีกรดอะมิโนเมทไธโอนีนต่ำไม่เพียงพอกับความต้องการ โดยปริมาณเมทไธโอนีนที่ต่ำจะมีผลไปจำกัดการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีน

สำหรับกรดอะมิโนเมทไธโอนีนสังเคราะห์ทางการค้าที่ใช้เสริมในสูตรอาหารนั้นมีอยู่ 2 รูปแบบคือ ดีแอล-เมทไธโอนีน (DL-methionine; DL-Met) และเมทไธโอนีนไฮดรอกซีอะนาลอก (methionine hydroxy analogue; MHA) โดยดีแอล-เมทไธโอนีนและเมทไธโอนีนไฮดรอกซีอะนาล็อกมีโครงสร้างทางเคมีที่คล้ายคลึงกัน แต่ต่างกันที่เมทไธโอนีนไฮดรอกซีอะนาล็อกมีหมู่ไฮดรอกซีแทนที่หมู่อะมิโนในดีแอล-เมทไธโอนีน (Patrick and Schaible, 1980; ภาพที่ 1)

Methionine



**DL-2 hydroxy-4
methylthio-butanoic
(OH-Met)**



ภาพที่ 1 โครงสร้างของ methionine และ methionine analogue (α -hydroxy analogue ;OH-Met)
ที่มา: Patrick and Schaible (1980)

เมทไธโอนีนมีความสำคัญต่อกระบวนการในร่างกายหลายอย่าง เช่น การเจริญเติบโต ระบบภูมิคุ้มกัน โรค และระบบสืบพันธุ์ (Finkelstein, 1990) และยังทำหน้าที่เป็นตัวเริ่มต้นของกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน และเมทไธโอนีนในรูป s-adenosyl methionine (SAM) ทำหน้าที่ให้หมู่ methyl สำหรับกระบวนการ transmethylation และกระบวนการต่างๆ ในร่างกายรวมทั้งยังมีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์ฮีสทีนจากโฮโมฮีสทีน (Eloranta, 1997; Finkelstein, 1990)

นอกจากนี้เมทไธโอนีนยังสามารถทดแทนสารเมแทบอลิซึมของตัวเองได้เช่น โฮโมฮีสทีน ฮีสทีน ครีเอทีน โคลีนิ และคาร์นิทีน ซึ่งหากสารประกอบเหล่านี้มีสัดส่วนไม่สมดุลกับความต้องการของร่างกายจะส่งผลให้กระบวนการเมแทบอลิซึมของเมทไธโอนีนผิดปกติและส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของไก่ (สุทิสสา, 2545)

ขบวนการเมแทบอลิซึมที่เปลี่ยนเมทไธโอนีนไปเป็นฮีสเตอีน ฮีสทีน และสารอื่นๆ เช่น ทอรีน กลูตาไทโอน ปฏิกริยาเหล่านี้ต้องใช้โคเอนไซม์คือ ไบตามินบี 6 (Pyridoxine) โดยจากการศึกษาของ Takeuchi *et al.* (1991) พบว่าอาหารที่มีเมทไธโอนีนอยู่สูงแต่มีไบตามินบี 6 ต่ำ สัตว์จะมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด เนื่องจากมีระดับคอเลสเตอรอลและสารประกอบโฮโมฮีสเตอีนสูงขึ้น นอกจากนี้อาหารที่มีปริมาณเมทไธโอนีนส่วนเกินสูงแต่มีกรดฟอลิก (folic acid) ไบวิตามินบี 6 และ ไบวิตามิน บี 12 (Cyanocobalamin) ต่ำจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนเมทไธโอนีนไปเป็นโฮโมฮีสเตอีนเพิ่มขึ้นเช่นกัน (Baker and Czarnecki, 1985)

Nelson and Cox (2000) รายงานว่าการขาดเมทไธโอนีนทำให้อัตราเจริญเติบโตลดลง ลดความสมดุลของไนโตรเจน ลดประสิทธิภาพการใช้อาหาร ลดความเข้มข้นของโปรตีนในซีรัม เพิ่มการสะสมของไขมันในตับ มีอาการบวมและลดการสังเคราะห์เอ็นไซม์และฮอร์โมนในร่างกายทั้งนี้เนื่องจากการขาดเมทไธโอนีนจะไปยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน

เปลือกไข่

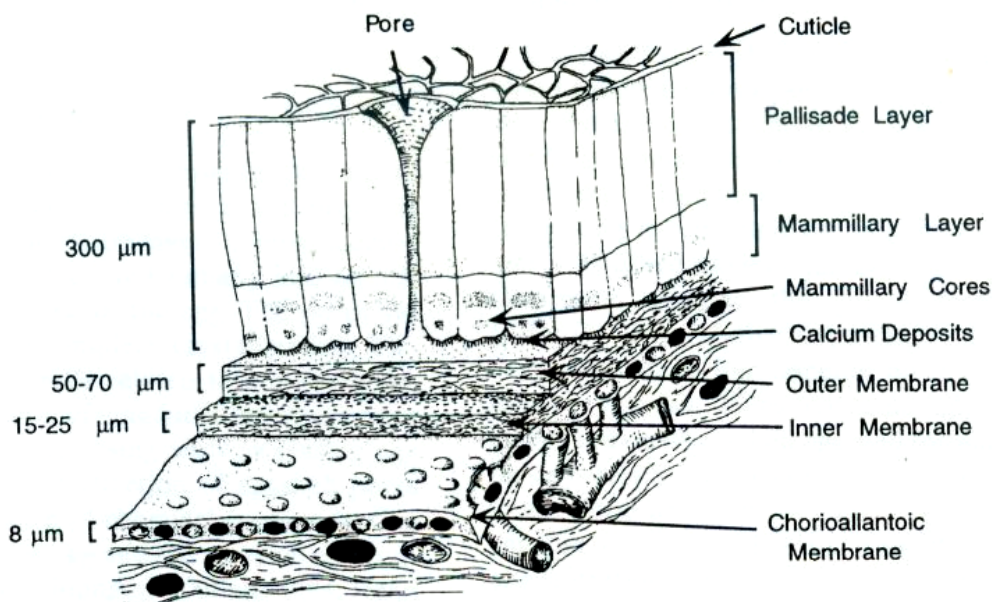
โครงสร้างและส่วนประกอบของเปลือกไข่

เปลือกไข่ที่มีน้ำหนักประมาณ 5 กรัม ประกอบไปด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นส่วนใหญ่ (ประมาณ 98%) และที่เหลือเป็นอินทรีย์วัตถุอีกประมาณ 2% (สุวรรณ, 2529; ตารางที่ 2) นอกจากนี้ยังพบธาตุอื่นๆ เช่น แมกนีเซียมในรูปแมกนีเซียมคาร์บอเนตและแมงกานีส (Leach and Gross, 1983) ที่ผิวนอกของเปลือกถูกหุ้มด้วยเคลือบผิวไข่ (cuticle) ที่มีความหนาไม่เท่ากัน โดยมีความหนาเฉลี่ยประมาณ $10\text{ }\mu\text{m}$ ซึ่งปิดทับรูบนเปลือกไข่ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง $10 - 30\text{ }\mu\text{m}$ และกระจายอยู่ประมาณ 10,000 รูทั่วทั้งฟอง เปลือกไข่มีความหนาทั้งหมดเฉลี่ยประมาณ $300\text{ }\mu\text{m}$ แบ่งออกได้เป็น 2 ชั้นคือ mammillary และ pillisade หรือ spongy layer (Johnson, 2000; ภาพที่ 2) ที่มีความหนาเท่ากับ 200 และ $110\text{ }\mu\text{m}$ ตามลำดับ (Simkiss and Taylor, 1971; Okubo *et al.*, 1997)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบของเปลือกไข่

องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย (กรัม)	ร้อยละของเปลือกไข่
น้ำ	0.1	1.6
วัตถุแห้ง :	6.0	98.4
อินทรีย์วัตถุ	0.2	3.3
- โปรตีน	0.2	3.3
- ไขมัน	น้อยมาก	0.03
อนินทรีย์วัตถุ	5.8	95.1
รวม	6.1	100

ที่มา: สุวรรณ (2529)



ภาพที่ 2 โครงสร้างและส่วนประกอบของเปลือกไข่

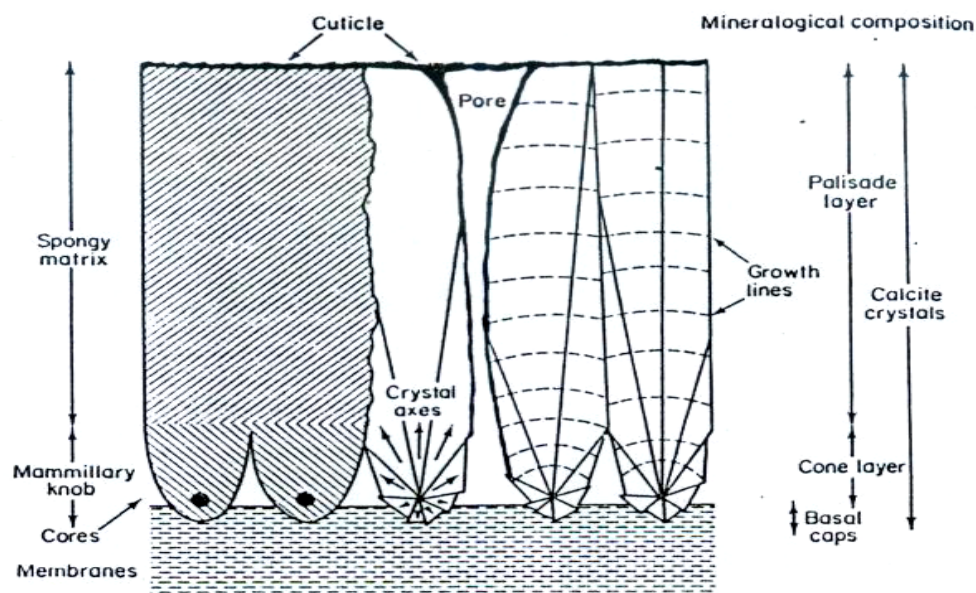
ที่มา : Johnson (2000)

กระบวนการสร้างเปลือกไข่

กระบวนการสร้างเปลือกเริ่มจากการตกผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตในส่วนของแกนซึ่งเรียกว่า mammillary core และเกิดการจัดเรียงตัวเป็นรัศมีและขยายตัวออกไป (Simkiss and Taylor, 1971; ภาพที่ 3) จนกลายเป็นแท่งขนานกัน โดย mammillary core เกิดขึ้นตั้งแต่อยู่ในท่อหน้าไข่ส่วนของ isthmus ดังนั้นเมื่อไข่เคลื่อนเข้าสู่ส่วนของ shell gland จึงเป็นการสะสมของแคลเซียมบนฟองเพื่อขยายส่วนของ spongy layer ให้สมบูรณ์เท่านั้น ไข่จะอยู่ใน shell gland เป็นเวลาประมาณ 20 – 24 ชั่วโมง (สุจินต์, 2532; วิโรจน์, 2537)

การสะสมของแคลเซียมคาร์บอเนตเริ่มขึ้นตั้งแต่ไข่เคลื่อนเข้าสู่ shell gland จนกระทั่ง 2 ชั่วโมงก่อนการวางไข่ และในช่วง 5 ชั่วโมงแรกที่ไข่อยู่ใน shell gland เป็นช่วงที่มีการสะสมของน้ำและอิเล็กโทรไลต์ผ่านเยื่อเปลือกไข่เข้าสู่ไข่ขาว ซึ่งน้ำที่ผ่านเข้าสู่ไข่ขาวนอกจากไปผสมกับโปรตีนของไข่ขาวแล้วยังทำหน้าที่ยึดเปลือกไข่ โดยเพิ่มระยะห่างระหว่างปลายของ mammillae ขณะเดียวกันผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งอยู่เป็นแนวรัศมีจาก mammillary core ทุกทิศทางจะขยายขึ้นและแทงลึกลงไปจนชิดกับเยื่อหุ้มฟองไข่ การสะสมของน้ำลดลงภายหลังไข่อยู่ใน shell gland ได้ 5-6 ชั่วโมง โดยลดลงจาก 0.46 เหลือเพียง 0.04 ซีซี/ชั่วโมง/กรัมของอัลบูมิน (วัตถุแห้ง) และคงที่

ไปจนถึงสิ้นสุดกระบวนการ สำหรับสีของเปลือกไข่พบว่าเกิดขึ้นก่อนการวางไข่ประมาณ 2-3.5 ชั่วโมง (Woodard and Mather, 1964; Poole, 1965; Tanaka *et al.*, 1977; Soh *et al.*, 1989, 1993) ในขณะที่เคลือบผิวไข่เกิดขึ้นก่อนการวางไข่อย่างน้อยประมาณ 30 นาที (สุจินต์, 2532; วิโรจน์, 2537)



ภาพที่ 3 การจัดเรียงตัวและทิศทางการสะสมของแคลเซียมในระหว่างกระบวนการสร้างเปลือก
ที่มา : Simkiss and Taylor (1971)

แหล่งของแคลเซียมสำหรับการสร้างเปลือกไข่

ไข่ที่กำลังวางไข่มักมีแคลเซียมในกระแสเลือดประมาณ 20-30 มิลลิกรัม ในขณะที่กระบวนการสร้างเปลือกมีความต้องการใช้แคลเซียมในอัตรา 100-150 มิลลิกรัม/ชั่วโมง ด้วยอัตราดังกล่าวภายในเวลาประมาณ 30 นาทีแคลเซียมในกระแสเลือดจะหมดลง ดังนั้นจึงต้องมีแหล่งสำรองแคลเซียมสำหรับนำมาใช้ในกระบวนการสร้างเปลือก ซึ่งแหล่งที่มาของแคลเซียมในร่างกายสัตว์ปีกที่สำคัญมี 2 แหล่งคือ 1) จากระบบทางเดินอาหาร โดยมีการดูดซึมที่บริเวณ duodenum และ jejunum ส่วนต้น และ 2) จากกระดูกซึ่งเป็นแหล่งของแคลเซียมที่สำคัญในการสร้างเปลือกไข่ โดยกระดูกที่มีความสำคัญเป็นอันดับแรกคือ กระดูก medullary แต่ในบางครั้งในภาวะที่ขาดแคลนแคลเซียมอย่างรุนแรงอาจใช้แคลเซียมจากกระดูก cortical แทน โดยกระดูก medullary พบได้ในกระดูกที่มีลักษณะเป็นแท่งยาว (เช่น femur และ tibia) ปกติกระบวนการสร้างเปลือกไข่เกิดขึ้นในช่วงเวลากลางคืนมากกว่าช่วงกลางวัน ซึ่งเป็นช่วงที่แคลเซียมในทางเดินอาหารมีอยู่น้อย ดังนั้นแหล่งของแคลเซียมที่ใช้ในการสร้างเปลือกจึงมาจากกระดูก medullary มากกว่ามาจากทางเดิน

อาหาร สอดคล้องกับ Johnson (2000) ที่รายงานว่า 25% ของอาหารที่ไก่ได้รับในแต่ละวันถูกนำไปใช้ในกระบวนการสร้างเปลือกไข่ ซึ่งถ้าในอาหารมีปริมาณแคลเซียมประมาณ 3.6% หรือมากกว่า แหล่งของแคลเซียมที่ใช้สร้างเปลือกจะมาจากอาหาร แต่ถ้าในอาหารมีปริมาณแคลเซียมประมาณ 2% หรือน้อยกว่า แหล่งของแคลเซียมที่ใช้จะมาจากกระดูกประมาณ 30-40% (สุจินต์, 2532; วิโรจน์, 2537)

กลไกที่ควบคุมขบวนการดูดซึมและสลายแคลเซียมจากกระดูกและทางเดินอาหาร อยู่ภายใต้อิทธิพลของฮอร์โมนที่สำคัญ คือ

1. พาราไทรอยด์ ฮอร์โมน (Parathyroid hormone, PTH) ซึ่งมีหน้าที่เพิ่มการดูดซึมแคลเซียมจากทางเดินอาหารและสลาย (resorption) แคลเซียมจากกระดูกเพื่อเพิ่มระดับในกระแสเลือด นอกจากนี้ PTH ยังเกี่ยวข้องกับการดูดซึมกลับของแคลเซียมและฟอสฟอรัส อีกทั้งยังกระตุ้นการสร้างวิตามินดี 3 ($1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$) ที่ไต (Sturkie, 1986)

2. แคลซิโทนิน (Calcitonin, CT) สร้างจาก Ultimobranchial gland จะหลั่งเมื่อมีระดับแคลเซียมในเลือดสูง (Hypercalcemia blood) โดยมีผลยับยั้งการทำงานของ PTH มีผลทำให้ระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสในเลือดลดลงโดยไปลดอัตราการสลายกระดูก นอกจากนี้ calcitonin ยังลดการดูดซึมกลับของฟอสฟอรัสจากอิทธิพลของ PTH (Sturkie, 1986)

3. วิตามินดี 3 (Cholecalciferol) เกี่ยวข้องกับกระบวนการดูดซึมและการสลายกระดูก โดยมีหน้าที่ในการกระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์ calcium-binding protein (CaBP or Calbindin-D28k) (Wasserman and Corradino, 1973) ซึ่งเป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่ในการขนย้ายแคลเซียมในเซลล์ดูดซึมบริเวณทางเดินอาหารและ shell gland โดย Calbindin ถูกสังเคราะห์ขึ้นในส่วนของ tubular gland cells ของ shell gland ซึ่งเป็นส่วนปลายของ isthmus ติดกับ shell gland นอกจากนี้ไม่พบว่ามี Calbindin ปรากฏในส่วนอื่นๆ ของท่อไข่ (ส่วนต้นของ isthmus และ magnum) (Wasserman *et al.*, 1991)

รูปร่างของไข่

สำหรับรูปร่างของไข่โดยปกติ ข้างหนึ่งมีลักษณะป้าน ข้างหนึ่งแหลม แต่ใบบางตัวอาจให้ไข่ที่มีลักษณะกลมหรือยาว หรือสองข้างแหลม มนเท่าๆกัน ความแตกต่างของรูปร่างไข่มิได้รับอิทธิพลจากปัจจัยที่สำคัญได้แก่ พันธุกรรม ลักษณะทางสรีรวิทยา และสิ่งแวดล้อม (สุวรรณ, 2529) สำหรับขนาดไข่ใบบางมาตรฐานหรือลักษณะไข่ใบบางในอุณหภูมิต้นั้นดังแสดงในตารางที่ 3 Romanoff and

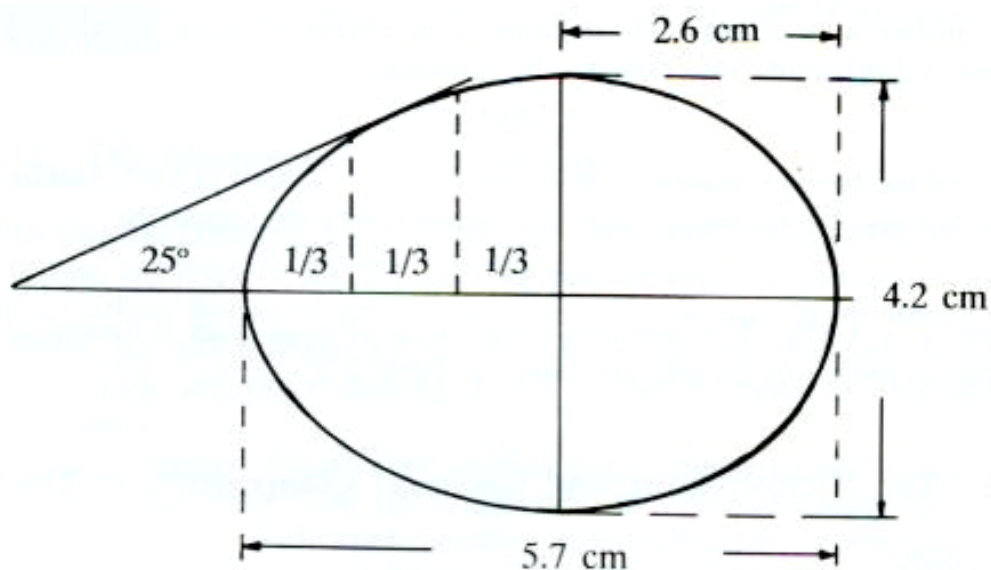
Romanoff (1949) รายงานว่ารูปทรงของไข่มีเส้นผ่าศูนย์กลางความกว้าง และความยาวเท่ากับ 4.2 และ 5.7 เซนติเมตรตามลำดับ (ภาพที่ 4) เมื่อคำนวณคิดเป็นปริมาตรของฟองไข่มีค่าเท่ากับ 44.7 และ 52.1 cm^3 (เมื่อใช้ค่าคงที่ในการคำนวณ (k) = 0.85 และ 0.99 ตามลำดับ) และเมื่อคำนวณเป็นพื้นที่ผิวบนฟองไข่มีค่าเท่ากับ 65.0 และ 71.2 cm^2 (เมื่อ k = 4.63 และ 5.07 ตามลำดับ) (Etches, 1996) นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำหนักไข่ก็มีความสัมพันธ์กับของฟองไข่ ขณะเดียวกันปริมาตรของไข่สัมพันธ์กับความหนาของเปลือกไข่ (shell thickness) เช่นกัน (สุวรรณ, 2529)

ตารางที่ 3 ขนาดไข่มาตรฐานหรือขนาดของไข่ในอุดมคติ

ลักษณะ	ค่าที่วัดได้
น้ำหนัก	50.0 กรัม
ปริมาตร	53.0 ซีซี
ความถ่วงจำเพาะ	1.09
เส้นรอบวงตามยาว	15.7 เซนติเมตร
เส้นรอบวงตามกว้าง	13.5 เซนติเมตร
ดัชนีรูปทรง	74
ดัชนีพื้นที่	68.0 เซนติเมตร

ที่มา : Romanoff and Romanoff (1949)

สำหรับปัจจัยทางสรีรวิทยา พบว่าภายในท่อนำไข่มีความแตกต่างกันระหว่างกล้ามเนื้อภายในและภายนอก โดยท่อนำไข่ประกอบด้วยกล้ามเนื้อ 2 ชั้น คือมัดกล้ามเนื้อเรียบชั้นในที่วังโดยรอบทำหน้าที่ในการผลักดันไข่ให้เคลื่อนไปตามส่วนต่างๆของท่อนำไข่ตามลำดับและมัดกล้ามเนื้อเรียบชั้นนอกที่วางตามยาวทำหน้าที่ยึดตัวเพื่อขยายท่อนำไข่ จึงมีผลต่อความผันแปรของรูปร่างของฟองไข่ (วิโรจน์, 2537) สอดคล้องกับรายงานของ Romanoff and Romanoff (1949) รายงานว่าสิ่งที่กำหนดรูปร่างของไข่คือท่อนำไข่ โดยขณะที่ไข่อยู่ในท่อนำไข่ถ้าไข่มีความต้านทานน้อยไข่จะมีลักษณะรูปร่างยาวและแคบ แต่ถ้าหากมีความต้านทานเพิ่มขึ้นไข่จะมีลักษณะรูปร่างสั้นและกว้าง เช่นเดียวกับ วิโรจน์ (2537) ที่เสนอว่าการที่ไข่มีปริมาตรใหญ่ขึ้นอาจเกิดจากการสร้างไข่ขาวมากขึ้นและแรงกดดันที่บริเวณส่วน isthmus จึงมีผลต่อรูปร่างของฟองไข่ แต่ขัดแย้งกับ สุวรรณ (2529) ที่รายงานว่าสิ่งที่กำหนดลักษณะรูปร่างของฟองไข่แต่ละฟองคือ การบีบและหดตัวของกล้ามเนื้อ



ภาพที่ 4 ลักษณะมาตรฐานหรือลักษณะในอุดมคติของไข่ไก่

ที่มา : Romanoff and Romanoff (1949)

shell gland โดยการบีบตัวของกล้ามเนื้อที่นำไข่เพื่อส่งให้ไข่เดินทางมายังปากทวารหนักทำให้ไข่ข้างที่นำทางมานั้นได้รับแรงกดดันมากกว่าส่วนอื่น จึงเป็นด้านป้านส่วนอีกด้านได้รับแรงกดดันน้อยกว่า จึงเป็นด้านแหลม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของท่อไข่โดยถ้าท่อไข่มีขนาดเล็กและส่วนที่สร้างไข่ขาว (magnum) มีการสร้างไข่ขาวในปริมาณที่มาก ไข่ที่ออกมาจะมีรูปทรงยาว แต่ถ้าท่อไข่มีขนาดใหญ่ไข่จะถูกกดดันผ่านไปได้คล่องและสะดวกกว่า ไข่จึงมักมีรูปร่างกลมและมีขนาดเล็ก

ขนาดของไข่

ขนาดและองค์ประกอบของไข่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอาหาร น้ำหนักตัวและอายุของแม่ไก่เป็นสำคัญ โดยอายุของแม่ไก่เป็นปัจจัยหลักที่กำหนดขนาดของฟองไข่ ไข่แดง ไข่ขาว และน้ำหนักของเปลือกไข่ (Etches, 1996) ความสัมพันธ์กันระหว่างขนาดของฟองไข่กับน้ำหนักตัวไก่พบว่า เป็นลักษณะเส้นตรงในไก่ไข่ที่โตเต็มที่ จึงอาจเป็นไปได้ว่าไก่ที่มีขนาดของอวัยวะสืบพันธุ์ใหญ่จะให้ไข่ฟองใหญ่ตาม นอกจากไก่สาวที่วางไข่ฟองแรกจะให้ไข่ที่มีขนาดฟองเล็ก ขนาดและน้ำหนักของฟองไข่เพิ่มขึ้นตามความสมบูรณ์พันธุ์และอายุที่เพิ่มขึ้น (Romanoff and Romanoff, 1949)

นอกจากนี้โภชนาการโดยเฉพาะโปรตีนมีผลต่อน้ำหนักไข่มากที่สุด โดย Romanoff and Romanoff (1949) รายงานการทดลองลดระดับโปรตีนในอาหารของไก่สาวจาก 21% เหลือเพียง 12% พบว่ามีผลทำให้น้ำหนักเฉลี่ยของฟองไข่ลดลงจาก 53.8 กรัมเหลือ 52.9 กรัม สอดคล้องกับ Summer and Leeson (1985) ที่รายงานว่าปริมาณโปรตีนที่ไก่กินได้มีอิทธิพลต่อขนาดไข่หากองค์ประกอบโปรตีนในอาหารของไก่ไข่มีความเปลี่ยนแปลงไปประมาณ 12 – 19% จะมีผลต่อขนาดของฟองไข่ประมาณ 2 – 4 กรัม Reid (1976) รายงานว่าการลดระดับโปรตีนในอาหารไก่ไข่จาก 19.5% เป็น 10% มีผลให้น้ำหนักไข่ลดลงจาก 59.7 เหลือเพียง 54.7 กรัมลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Coon (1993) ที่รายงานว่าลดระดับโปรตีนจาก 18 และ 16 เป็น 14% โปรตีนมีผลให้น้ำหนักไข่ลดลงจาก 57 และ 56 กรัมเหลือเพียง 54.4 กรัมตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณเมทไธโอนีนที่ได้รับมีผลต่อน้ำหนักของฟองไข่ (Petersen *et al.*, 1983) จากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของโปรตีนและ/หรือกรดอะมิโนในอาหารจะมีผลต่อการสะสมของไข่ขาว (Etches, 1996)

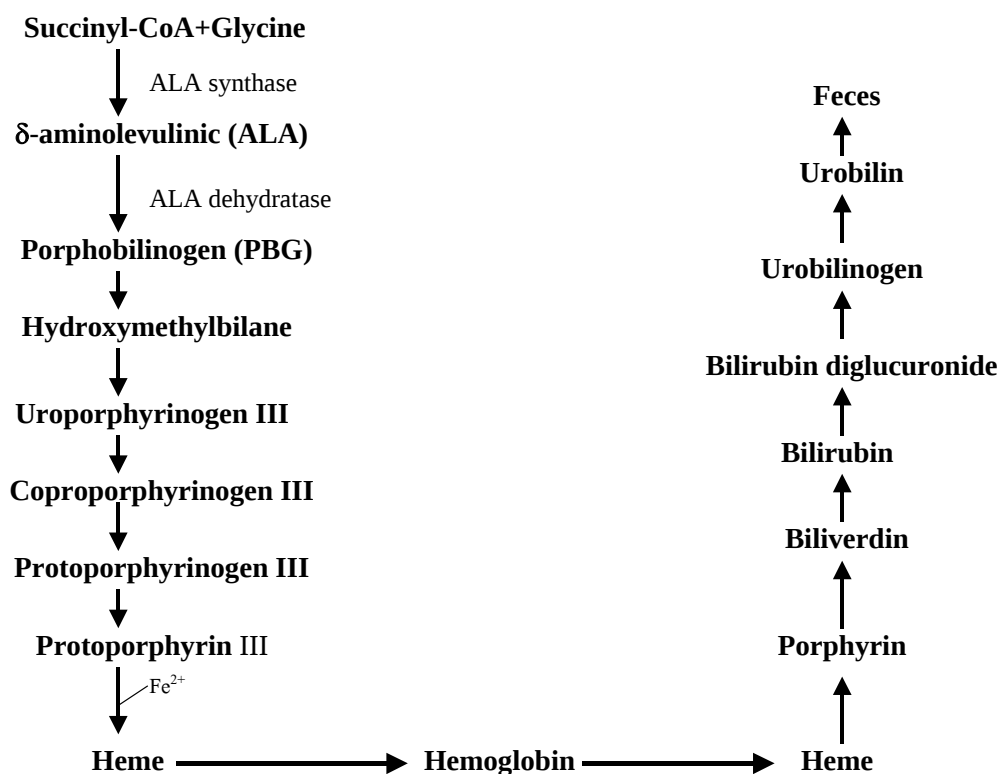
สีเปลือกไข่

สุวรรณ (2529) และ Romanoff and Romanoff (1949) รายงานว่าสีของเปลือกไข่เป็นสารประกอบของ porphyrins หรือ ooporphyrin pigments เกิดจากการสังเคราะห์หมู่ฮีมที่เกิดขึ้นในไมโทคอนเดรีย โดย succinyl CoA ทำปฏิกิริยากับไกลซีนกลายเป็น δ -aminolevulinic (ALA) เร่งโดยเอนไซม์ ALA synthase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ควบคุมอัตราการสังเคราะห์ porphyrin ในตับโดยใช้ pyridoxal phosphate เป็นโคเอนไซม์ (มีวิตามินบี 6 เป็นส่วนประกอบ) ALA จะถูกส่งมายัง cytosol

ซึ่ง ALA 2 โมเลกุลจะรวมตัวและกลายเป็น prophobilinogen (PBG) เร่งโดยเอนไซม์ ALA dehydratase ซึ่งมีสังกะสีเป็น prosthetic group จากนั้น PBG 4 โมเลกุลจะรวมตัวกันเป็น hydroxymethylbilane และเปลี่ยนรูปต่อไปจนสุดท้ายกลายเป็น protoporphyrin III (ภาพที่ 5) ซึ่งจะรวมกับ ferrous iron และกลายเป็นฮีโมโกลบิน หนึ่งโมเลกุลของฮีโมโกลบินประกอบด้วยสี่หน่วยย่อยของโกลบินและสลายเป็นกรดอะมิโน ส่วนฮีโมโกลบินสลายเป็น porphyrin กับเหล็ก โดย porphyrin สลายต่อในม้ามและตับด้วยการทำงานของ heme oxygenase กลายเป็น biliverdin ซึ่งมีสีเขียวและถูก reduce กลายเป็น bilirubin ซึ่งมีสีเหลืองและถูกขนส่งไปยังตับโดยอัลบูมินในเลือดเพื่อไปทำปฏิกิริยาให้เกิด conjugate กลายเป็น bilirubin monoglucuronide และ bilirubin diglucuronide ตามลำดับ จากนั้น conjugate bilirubin จะถูกขับออกมาพร้อมกับน้ำดี (มนตรี และคณะ, 2543; วิชัย, 2545)

Polin (1957) รายงานว่าเนื้อเยื่อของ shell gland ของไก่สามารถสังเคราะห์ porphyrins จาก δ -aminolevulinic แต่การสังเคราะห์นี้ถูกจำกัดในไก่ไข่ที่ให้เปลือกสีขาว (วิโรจน์, 2537) Stevens *et al.* (1974) ทำการวัดปริมาณของเอนไซม์ ALA-synthetase และ ALA-dehydratase ในท่อนำไข่ของไก่ที่ให้เปลือกสีขาวและสีน้ำตาล พบว่าในไก่ที่ให้ไข่เปลือกสีน้ำตาลมีปริมาณของเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดสูงกว่าไก่ที่ให้ไข่เปลือกสีขาวในทุกๆ ส่วน (magnum, isthmus และ uterus) ทั้งขณะที่มีและไม่มีไข่อยู่ในระบบสืบพันธุ์ โดยความเข้มข้นของเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดสูงขึ้นตามกระบวนการสร้างฟองไข่ที่เพิ่มขึ้น โดยใน shell gland มีปริมาณสูงที่สุด

Schwartz *et al.* (1980) รายงานว่าไก่ที่ให้เปลือกสีน้ำตาลมีการทำงานของเอนไซม์ ALA-synthetase หรือ uterine 5-aminolevulinic-acid synthetase (succinyl CoA : glycine c-succinyl transferase EC 2.3.1.37) สูงกว่าไก่ที่ให้เปลือกสีขาว Solomon (1991) รายงานว่าความเข้มข้นของสีเปลือกไข่จะลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากไก่มักมีการสังเคราะห์ porphyrin ที่ลดลง โดยสาเหตุจากโรคและความเครียดมีผลทำให้สีของเปลือกมีความเข้มข้นลดลง นอกจากนี้ความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ไก่ที่ให้เปลือกสีน้ำตาลและไก่ที่ให้เปลือกสีขาวก็มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของ porphyrin ดังแสดงในตารางที่ 4



ภาพที่ 5 กระบวนการสร้าง (ซ้าย) และกระบวนการสลาย (ขวา) ของหมู่ฮีม

ที่มา : ดัดแปลงจากมนตรี และคณะ (2543); วิชัย (2545)

ตารางที่ 4 ความเข้มข้นของ porphyrin ในแต่ละส่วนของท่อนำไข่ (mg/g wet wt)

สายพันธุ์	อวัยวะ	Uroporphyrin		Coproporphyrin		Protoporphyrin	
		ESG ¹	OVE ²	ESG ¹	OVE ²	ESG ¹	OVE ²
Brown	Isthmus	0	0	0	0	0.078	0.025
Ranger	Shell gland	0.066	0	0.021	0.06	2.51	0.89
White	Isthmus	0	0	0.064	0.022	0.19	0.06
Leghorn	Shell gland	0	0	1.5	0.49	2.12	1.001

หมายเหตุ ESG¹ = เมื่อมีไข่อยู่ในท่อนำไข่

OVE² = เมื่อไม่มีไข่อยู่ในท่อนำไข่

ที่มา : ดัดแปลงจาก Solomon (1991)

ลักษณะของผิวเปลือก

ผิวของเปลือกไข่มีความแตกต่างกันแม้ว่าเป็นไข่ไก่พันธุ์เดียวกัน ลักษณะโดยปกติของเปลือกไข่จะมีผิวที่เกลี้ยงกลมและเรียบ แต่ในบางครั้งอาจเกิดลักษณะที่ผิดปกติ ซึ่งเกิดจากปัจจัยทางพันธุกรรม สิ่งแวดล้อม อาหาร และยาที่ไก่ได้รับทำให้มีผลต่อลักษณะของเปลือก (สุวรรณ, 2529) โดยลักษณะที่ผิดปกติสามารถจำแนกออกได้เป็นดังนี้

1. The body-checked egg (equatorial bulge) เป็นลักษณะผิดปกติที่เกิดขึ้นในกระบวนการสร้างเปลือก ซึ่งลักษณะที่ปรากฏจะมีแนวเว้าจมลงไปบนฟองเป็นทางยาวล้อมรอบในส่วนกึ่งกลางฟอง (Tullett, 1985) Roland (1981) เสนอว่าลักษณะความผิดปกตินี้เป็นลักษณะสำคัญที่พบได้บ่อย โดยอาจพบได้มากถึง 90% ในไข่ไก่เกรด B หรือคิดเป็น 50% ของปัญหาไข่แตกร้าวและผิดปกติทั้งหมด สำหรับอุบัติการณ์การเกิดลักษณะ body-checked พบว่าเพิ่มขึ้นตามอายุของไก่และจำนวนของไก่ต่อกรง ลักษณะ body-checked พบมากที่สุดในช่วงเช้าซึ่งเป็นไปได้ว่าอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของช่วงแสง (photoperiod) (Tullett, 1985) Hughes and Black (1976) รายงานเพิ่มเติมว่าลักษณะ body-checked อาจเกิดจากความเครียดทำให้เกิดลักษณะผิดปกติดังกล่าวเพิ่มขึ้น เนื่องมีการหลั่งฮอร์โมน adreneline ทำให้ shell gland เกิดการหดตัวอย่างรุนแรงจึงเกิดลักษณะผิดปกติดังกล่าว

2. Translucency เป็นลักษณะความผิดปกติของเปลือกที่ลักษณะขุ่นมัวเป็นจุดหรือเป็นแนวยาวบนฟองไข่ มีสาเหตุจากในบริเวณนั้นมีการสะสมของความชื้นที่ได้เปลือก (Tullett, 1985) Talbot and Tyler (1974) รายงานว่าในไข่ที่มีลักษณะปกติ ขณะที่อยู่ในกระบวนการสร้างเปลือกจะมีอินทรีย์วัตถุมาหุ้มเปลือกในปริมาณที่พอเหมาะเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำเคลื่อนย้ายเข้าสู่เปลือก แต่ในไข่ที่มีลักษณะ Translucency จะไม่มีการป้องกันเนื่องจากมีอินทรีย์วัตถุอยู่ต่ำหรือมีแร่ธาตุจำนวนมากมาพอกทำให้น้ำสามารถเข้าสู่เปลือกได้ง่าย

3. Corrugated eggs เป็นลักษณะความผิดปกติที่บนเปลือกมีลักษณะเป็นรอยย่น ซึ่งมีสาเหตุมาจากการที่ไก่เป็นโรค เช่น โรคหลอดลมอักเสบ (Infectious bronchitis, I.B.) หรือเกิดจากการขาดธาตุอาหารบางอย่าง เช่น ทองแดง หรือขาด lathyrogen beta-aminopropionitrile (BAPN) ในสูตรอาหารทำให้ไข่ที่ผิดปกติมีขนาดใหญ่กว่าเนื่องมีน้ำเป็นองค์ประกอบในไข่ขาวมากขึ้น (Tullett, 1985)

4. A and B eggs เป็นลักษณะผิดปกติที่เกิดขึ้นเนื่องจากการกระทบกันของไข่ 2 ฟองในระหว่างที่ยังอยู่ในกระบวนการสร้างเปลือกทำให้เกิดเป็นลักษณะรอยย่นบนฟองไข่ โดยขณะที่ไข่

ฟองแรก (A) อยู่ใน shell gland และอยู่ในกระบวนการสร้างเปลือก แต่ไข่ฟองต่อไป (B) ตกลงมา (ovulation) เร็วหรือไข่ฟองแรกครบกำหนดเวลาที่จะออกแต่ยังไม่ถูกขับออกมาจึงเกิดการกระทบกันภายใน shell gland หรือเกิดกระบวนการสร้างเปลือกซ้ำขึ้นอีกครั้ง ทำให้เกิดเป็นรอยย่นหรือรอยขรุขระบนเปลือก ในบางครั้งทำให้ฟอง B มีลักษณะเปลือกบางตามมา (van Middlelekoop, 1971; Carter, 1977; Tullett, 1985)

5. Shell-less and soft-shelled eggs ปัญหาไข่เปลือกบางและไข่เปลือกนุ่มเป็นปัญหาที่สำคัญและสร้างปัญหาในการเลี้ยงซึ่งมักพบได้บ่อยในทุกฟาร์ม นอกจากนี้ยังสร้างปัญหาในการเก็บบันทึกข้อมูลเนื่องจากไข่ประเภทนี้ส่วนมากจะหายหรือสูญหายไปก่อนที่จะทำการเก็บข้อมูล จากการสำรวจข้อมูลของ Roland (1977) พบปัญหาไข่เปลือกบางและไข่เปลือกนุ่มประมาณ 2.4% ในไก่ไข่อายุ 8 เดือนและเพิ่มขึ้นเป็น 16.1% ในไก่ไข่อายุ 17 เดือน โดยเฉลี่ยพบประมาณ 7.7% ของไข่ที่ทำการเก็บข้อมูล (Roland, 1977) สำหรับสาเหตุของการเกิดปัญหาไข่เปลือกบางและไข่เปลือกนุ่ม Ogasawara *et al.* (1974) รายงานว่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงในการหลั่งของเหลวใน shell gland โดยมีการหลั่งฟอสฟอรัสในระดับสูงทำให้กระบวนการสร้างเปลือกสิ้นสุดลง สอดคล้องกับรายงาน Hester *et al.* (1980) พบว่าไก่ที่ให้ไข่เปลือกบางและไข่เปลือกนุ่มมีระดับของฟอสเฟตในพลาสมาสูงกว่าไก่ที่ให้ไข่ปกติ ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าระดับฟอสฟอรัสที่สูงจะไปยับยั้งกระบวนการสร้างเปลือก (Simkiss, 1964) และจากการทดลองโดยฉีดสารละลายฟอสเฟตเข้าสู่ shell gland ประมาณ 3 ชั่วโมงภายหลังที่ไข่เคลื่อนเข้าสู่ shell gland พบว่าเป็นสาเหตุทำให้ไข่กว้างไข่ที่มีลักษณะเปลือกบางออกมาภายหลังได้รับสารประมาณ 30 นาที (Ogasawara *et al.*, 1975) นอกจากนี้ Ogasawara *et al.* (1974) ยังเสนอว่าการเกิดปัญหาไข่เปลือกบางและไข่เปลือกนุ่มอาจเกิดจากการตกไข่ 2 ครั้งในหนึ่งวัน โดยขณะที่ไข่ฟองแรกเข้าสู่ shell gland กระบวนการสร้างฟองไข่จะเกิดขึ้นโดยปกติ แต่เมื่อไข่ฟองที่ 2 เข้าสู่ shell gland ระดับของฟอสเฟตกลับเพิ่มสูงขึ้นเหมือนเดิมจึงเหตุให้เกิดการจับจาก shell gland

6. Pimpling เป็นลักษณะผิดปกติที่บนเปลือกมีก้อนหินปูนเกาะอยู่ โดย Roland *et al.* (1975) ได้แบ่งลักษณะ Pimpling ออกเป็น 2 ลักษณะคือ 1) ลักษณะขรุขระติดอยู่ที่ผิวภายนอกเท่านั้นซึ่งง่ายต่อการเอาออก และแบบที่ 2) ลักษณะขรุขระเกิดขึ้นในระหว่างเชื่อมไข่กับพื้นผิวภายนอกฟอง ซึ่งถ้าเอาออกจะเกิดเป็นรูบนฟองและทำให้ของเหลวในฟองไหลออกมา โดยอุบัติเหตุการเกิดของลักษณะผิวขรุขระนี้จะเพิ่มขึ้นตามอายุ แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรค (Ball *et al.*, 1974; Roland *et al.*, 1975)

7. Coated eggs เป็นลักษณะที่สามารถสังเกตได้จากสีและลักษณะสัมผัส โดยมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันไปคือ sandpaper, white-banded, calcium-splashed, chalky deposit, fine-dusting, being

pink หรือ lilac ซึ่งจากที่กล่าวมาพอสรุปเป็นลักษณะได้ดังนี้คือ บนฟองมีลักษณะสัมผัสที่สากๆ เหมือนกระดาษทราย มีสีขาวคล้ายฝุ่นชอล์กเป็นวง เกิดจากแคลเซียมหรือเคลือบผิวไข่มาสะสมในบริเวณนั้นมากผิดปกติ สำหรับลักษณะผิวหยาบ (Coated eggs) มีรายงานว่าพบอยู่ประมาณ 5 – 20% ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญในการผลิต โดยทำให้ราคาไข่ตกลงอย่างมาก (Tullett, 1985) อุบัติการณ์ดังกล่าวมักเกิดขึ้นอย่างมากในช่วงแรกและช่วงปลายของการให้ไข่ Hughes and Gilbert (1984) รายงานว่าลักษณะดังกล่าวอาจเกิดขึ้นเนื่องจากไข่อยู่ใน shell gland นานกว่าปกติจึงเกิดการสะสมแคลเซียมบนเปลือกหรือสร้างเคลือบผิวไข่ซ้ำอีกครั้ง (Tullett, 1985) โดยสาเหตุที่ไข่ยังค้างอยู่ใน shell gland นั้นอาจเกิดจากความเครียดหรือปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อตัวไก่ (El-Boushy *et al.*, 1968) เมื่อให้ไก่ได้รับ adrenaline (1 มิลลิกรัมได้ฟิวหนึ่ง) ก่อนวางไข่พบว่าไข่จะให้ไข่ที่มีลักษณะผิดปกติ (Hughes and Gilbert, 1984) สำหรับคราบหรือผงสีขาวบนฟองจากการนำไปวิเคราะห์ พบว่าเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต (Tullett, 1985) จากผลดังกล่าวจึงช่วยสนับสนุนถึงสมมุติฐานเรื่องที่ว่าไข่คงอยู่ใน shell gland นานกว่าปกติทำให้เกิดการสร้างเปลือกหรือเคลือบผิวไข่ซ้ำอีกครั้ง

การบริโภคไข่ไก่ของคนไทย

ร้อยละ 98 ของผลผลิตไข่ไก่ถูกนำมาบริโภคภายในประเทศที่เหลืออีกร้อยละ 2 ถูกส่งออกไปยังต่างประเทศ (สัญญา, 2546) แต่จากความต้องการบริโภคไข่ไก่ของคนไทยในรอบ 6 ปีที่ผ่านมา พบว่าสัดส่วนการบริโภคในรูปแบบดังกล่าวไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก เนื่องจากคนไทยส่วนหนึ่งยังมีความเข้าใจในเรื่องไขมันในฟองไข่ที่ไม่ถูกต้องและวิตกกังวลต่อการบริโภคไข่ไก่ ทั้งนี้ อัตราการบริโภคไข่ไก่ของคนไทยตลอดระยะเวลา 6 ปีที่ผ่านมา (ตารางที่ 5) พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่อัตรา 138 ฟอง/คน/ปี ซึ่งต่ำกว่าประเทศอื่นๆ หลายประเทศที่มีอัตราการบริโภคอยู่ระหว่าง 200-350 ฟอง/คน/ปี ซึ่งจะเห็นได้ว่าอัตราการบริโภคไข่ไก่ของคนไทยกับประเทศที่พัฒนาแล้ว (เช่น ญี่ปุ่น) มีอัตราการบริโภคที่แตกต่างกันมากกว่า 1 เท่า นอกจากนี้อัตราการบริโภคไข่ไก่ของคนไทยยังมีแนวโน้มลดลงเพราะผู้บริโภคกลัวอันตรายจากไขมันในไข่แดง ประกอบกับในช่วงปลายปี 2546 ประเทศไทยประสบกับปัญหาการระบาดของโรคไข้หวัดนก (Avian Influenza, AI) ทำให้มีการบริโภคไข่ไก่ลดลงเป็นอย่างมาก

ตารางที่ 5 อัตราการบริโภคไข่ของประชากรในประเทศที่สำคัญ

หน่วย : ฟอง/คน/ปี

ประเทศ	2541	2542	2543	2544	2545	2546
สหรัฐอเมริกา	245	256	260	260	266	271
ฝรั่งเศส	259	267	267	265	267	269
เยอรมัน	-	225	226	226	226	225
ญี่ปุ่น	348	348	346	344	343	342
ไต้หวัน	359	339	338	342	336	331
จีน	243	287	290	302	336	352
มาเลเซีย	257	234	240	243	238	234
ไทย	133	129	133	153	147	137

ที่มา : สมาคมผู้ผลิต ผู้ค้า และส่งออกไข่ไก่ (2547)

ทัศนคติ

คำว่า “ทัศนคติ” (attitude) มาจากภาษาละตินว่า “aptus” ซึ่งหมายความว่า โน้มเอียง เหมาะเจาะ (fitness) หรือปรุงแต่ง (adaptness) สำหรับภาษาไทยมีคำหลายคำที่หมายถึง attitude เช่น ทัศนคติ เจตคติ ทำความรู้จัก สำหรับในที่นี้ของใช้คำว่าทัศนคติ ซึ่งหมายถึง ความโน้มเอียงที่เรียนรู้เพื่อให้มีพฤติกรรมที่สอดคล้องกับลักษณะที่พึงพอใจหรือไม่พึงพอใจที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง (เสรี, 2542)

คุณลักษณะของทัศนคติ

จิระวัฒน์ (2538) ได้รายงานถึงคุณลักษณะของทัศนคติไว้ดังนี้

1. ทัศนคติเป็นสิ่งที่เกิดจากการเรียนรู้ ไม่ใช่สิ่งที่ติดตัวมาแต่กำเนิด ประสบการณ์มีอิทธิพลอย่างมากต่อทัศนคติ การสะสมประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยผ่านกระบวนการปะทะสังสรรค์กับสิ่งต่าง เป็นต้นว่า บุคคล สิ่งของ สถานการณ์แวดล้อม และความผันแปรในสังคม ฯลฯ จะมีผลโดยตรงต่อทัศนคติ ตัวอย่างเช่น บุคคลหนึ่งจะมีทัศนคติทางบวกต่อปุ๋ยเคมีเพราะ รู้ว่า หากหากใช้ให้ถูกกับชนิดพืชและใช้อย่างถูกวิธีก็จะได้รับผลผลิตสูง ไม่เช่นนั้นบุคคลดังกล่าว ก็

ต้องมีประสบการณ์ได้เคยเห็นคนอื่นใช้หรือตนเองเคยใช้มาแล้วได้ผลดี ความรู้สึกทางบวกต่อป้ายเคมีชนิดนั้นจะเกิดขึ้น

2. ทักษะมีคุณลักษณะของการประเมิน (evaluative nature) ทักษะเกิดจากการประเมินความคิดหรือความเชื่อที่บุคคลมีอยู่เกี่ยวกับสิ่งของ บุคคลอื่น หรือเหตุการณ์ ฯลฯ (attitude object) ซึ่งจะเป็นสื่อกลางทำให้เกิดปฏิกิริยาตอบสนอง การที่บุคคลหนึ่งจะมีทัศนคติอย่างไรต่อสิ่งใดขึ้นอยู่กับผลการประเมินความรู้ ความคิด หรือความเชื่อที่มีเกี่ยวกับสิ่งนั้น ซึ่งจะทำให้ผู้ประเมินเกิดความรู้สึกทางบวกหรือทางลบต่อสิ่งดังกล่าว ผลการประเมินอาจแตกต่างกันตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล ตัวอย่างเช่น ทักษะต่อสิ่งเดียวกัน อาจแตกต่างกันตามปัจจัยทางประชากรศาสตร์ ทั้งนี้เนื่องจากแต่ละกลุ่มมีความรู้และประสบการณ์แตกต่างกัน

3. ทักษะมีคุณภาพและความเข้มข้น (quality and intensity) คุณภาพและความเข้มข้นของทัศนคติจะเป็นสิ่งที่บอกถึงความแตกต่างของทัศนคติที่แต่ละคนมีต่อสิ่งต่างๆ คุณภาพของทัศนคติเป็นสิ่งที่ได้จากการประเมิน เมื่อบุคคลประเมินสิ่งใดสิ่งหนึ่งก็อาจมีทัศนคติทางบวก (ความรู้สึกชอบ) หรือทัศนคติทางลบ (ความรู้สึกไม่ชอบ) ต่อสิ่งนั้น นั่นคือ ก่อให้เกิดสภาวะความพร้อมที่จะเข้าหาหรือหลีกเลี่ยงสิ่งดังกล่าว ส่วนความเข้มข้นจะบ่งถึงความมากน้อยของทัศนคติทางบวกหรือลบ หรือบ่งชี้ระดับการประเมิน เช่น ชอบมาก ชอบปานกลาง ชอบน้อย เป็นต้น

4. ทักษะมีความคงทนไม่เปลี่ยนแปลงง่าย (permanence) ทักษะมีความคงทนและเปลี่ยนได้ไม่ถาวรนัก (stable and enduring) ในกรณีที่มีการสะสมประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น โดยผ่านกระบวนการเรียนรู้มานานพอ ในกรณีเช่นนี้การเพิ่มความรู้ใหม่หรือประสบการณ์ใหม่หรือแม้แต่การบังคับพฤติกรรมนั้นๆ อยู่เสมอก็อาจจะไม่มีผลทำให้ทัศนคติที่กล่าวข้างต้นเปลี่ยนแปลง

5. ทักษะต้องมีสิ่งที่หมายถึง (attitude object) ทักษะจะต้องมีสิ่งที่หมายถึงที่แน่นอน นั่นคือ ทักษะต่ออะไร ต่อบุคคล ต่อสิ่งของหรือต่อสถานการณ์ จะไม่มีทัศนคติใดๆ ที่ไม่หมายถึงสิ่งใดและบุคคลจะต้องมีความรู้หรือประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น

6. ทักษะมีลักษณะความสัมพันธ์ ทักษะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับสิ่งของ บุคคลอื่น หรือสถานการณ์และความสัมพันธ์นี้เป็นความรู้สึกงูใจ (motivation affect) นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละทัศนคติ ทั้งนี้เนื่องจากทัศนคติต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งจะประกอบด้วยหลาย

ทัศนคติที่มีต่อระดับความสัมพันธ์แตกต่างกัน ในกลุ่มที่มีความสัมพันธ์กันเองสูงก็จะรวมตัวเป็น มิติตามคุณลักษณะหรือองค์ประกอบของสิ่งนั้น สิ่งที่ทัศนคติ หมายถึงมิติเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์ ซึ่งกันและกัน และเมื่อรวมกันก็จะเป็นมิติของความรู้สึก (affective) หรือทัศนคติที่บุคคลมีต่อสิ่งนั้น ความสัมพันธ์ดังกล่าวข้างต้นเกิดจากคุณลักษณะที่คล้ายคลึงกันของส่วนต่างๆของสิ่งที่กล่าวถึง ความสัมพันธ์นี้ยิ่งสูงมากเท่าใด การรวมตัวของแต่ละทัศนคติก็ยิ่งแน่นแฟ้นทั้งยังเป็นทัศนคติที่มีความสำคัญต่อผู้ที่เป็นเจ้าของ ทัศนคติอย่างนี้อาจเกิดขึ้นได้หลายกรณี เป็นต้นว่า เกิดจากสิ่งที่ทัศนคติหมายถึงลักษณะเฉพาะหรือสะสมความรู้ ประสบการณ์และความรู้สึกเกี่ยวกับสิ่งนั้นมีติดต่อกันเป็นเวลานาน

ดังนั้นการเข้าใจถึงพฤติกรรมในการเลือกซื้อและบริโภคไข่ไก่ของผู้บริโภคจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ เพราะจะทำให้สามารถกำหนดทิศทางของการส่งเสริมการเลี้ยงไก่ การขาย หรือส่งเสริมให้ผู้บริโภคไข่สูงขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพและตรงตามเป้าหมาย