บทความปริทัศน์

ภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนในไก่

วรพล เองวานิช[1] และ สุจินต์ สิมารักษ์[2]

ไก่กระทงและไก่ไข่เป็นสัตว์ปีกเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งนอกจากจะผลิตเพื่อใช้บริโภคภายในประเทศแล้ว ยังส่งเป็นสินค้าออกจำหน่ายยังต่างประเทศทั้งในรูปแบบไข่ไก่แปรรูป ไก่สดแช่แข็งและผลิตภัณฑ์เนื้อไก่แปรรูปคิดเป็นมูลค่าปีละหลายพันล้านบาท โดยพบว่าประเทศไทยผลิตเนื้อไก่ได้มากที่สุดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Poultry International, 1999) และผลิตเนื้อไก่ส่งออกได้มากเป็นอันดับ 6 ของโลก รองมาจากสหรัฐอเมริกา บราซิล ฝรั่งเศส เนเธอร์แลนด์ และประเทศจีน (Poultry International, 1998) ดัง Table 1 เช่นเดียวกับไก่ไข่พบว่าในปี พ.ศ. 2542 ประเทศไทยสามารถผลิตไข่ได้มากที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Poultry International, 2000)

Table 1. Exports of broilermeat ('000 metric tons)

Country	1993	1995	1996	1997	1998*
USA	891	1,766	2,005	2,115	2,153
Brazil	417	424	569	649	620
France+	317	657	344	340	350
Netherlands+	106	149	157	170	176
China	145	350	390	415	410
Thailand	157	173	165	190	220
Total	2,033	3,519	3,630	3,879	3,929
Grand total#	2,466	4,000	4,356	4,802	4,912

+ Excludes trade with Eu countries, # Total for all the major exporting countries and excludes re-exports from Hong Kong and * Forecast

Source: Poultry International (1998)

อย่างไรก็ตามในบางฤดูกาลเช่นในฤดูร้อนหรือบางช่วงที่มีอุณหภูมิสูงไก่กระทงมักจะประสบปัญหาเกิดภาวะเครียด เนื่องจากความร้อนทำให้เกิดผลเสียหายตามมา

[1]สพ.บ. (สรีรวิทยา) ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000 [2]D.V.M., Ph.D. (Reproductive physiology) รองศาสตราจารย์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

Corresponding e-mail : worapol.a@mus.ac.th

รับต้นฉบับ 30 พฤษภาคม 2544 รับลงพิมพ์ 25 กันยายน 2544

หลายประการ ถึงแม้ว่าจะมีความพยายามในการปรับปรุงพันธุ์ไก่ให้มีความทนทานต่ออากาศร้อนแล้วก็ตาม ตัวอย่างเช่น การเลี้ยงไก่กระทงที่อุณหภูมิ 32 ^{o}C จะมีผลทำให้ผลผลิตลดลง 20 - 30 % เมื่อเทียบกับการเลี้ยงที่ 24 ^{o}C (Cooper and Washburn, 1998) และยังทำให้อัตราการตายในไก่เพิ่มขึ้น (Daghir, 1995) นอกจากนี้ผลกระทบที่เกิดจากภาวะเครียดยังแสดงไว้ใน Table 2

ปัจจุบัน ปัญหาดังกล่าวได้มีแนวทางในการแก้ไขหลายประการ เช่น การใช้โรงเรือนระบบทำความเย็นโดยการระเหยของไอน้ำ (evaporative cooling system) การเติมสารประกอบหรือแร่ธาตุชนิดต่างๆ ลงไปในอาหาร หรือ ผสมน้ำดื่มเพื่อลดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน (Daghir, 1995) เป็นต้น อย่างไรก็ตามวิธีการต่างๆ เหล่านี้มีทั้งข้อดีและข้อเสียต่อผู้เลี้ยง องค์ความรู้เกี่ยวกับสาเหตุและกลไกการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่แท้จริง อาจนำไปสู่การแก้ไขที่ถูกต้องและได้ผลอันจะทำให้การผลิตไก่เกิดขึ้นได้อย่างเต็มศักยภาพ

วัตถุประสงค์ของบทความนี้เพื่อให้ผู้อ่านได้เข้าใจถึงสาเหตุของการเกิดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน (heat stress) ในทางสรีรวิทยา ชีวเคมีบางประการ รวมทั้งพฤติกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องอันจะเป็นพื้นฐานในการศึกษาและแก้ไขปัญหาภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนได้อย่างถูกต้อง

ภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน คือ ภาวะที่ร่างกายพยายามปรับตัวจากสภาพที่อุณหภูมิร่างกายสูง ให้กลับมาอยู่ที่อุณหภูมิร่างกายปกติ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ การพยายามรักษาธำรงดุล (homeostasis) ของอุณหภูมิร่างกาย (Ewing *et al*., 1999) นั่นเอง สรีรวิทยาเกี่ยวกับภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนอาจพิจารณาได้จากหลายระบบของร่างกาย ได้แก่ ระบบประสาทและต่อมไร้ท่อฮอร์โมน ชีวเคมี และโลหิตวิทยาซึ่งส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมตามมา

1. สาเหตุและกระบวนการของภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน

1.1 อุณหภูมิร่างกาย

โดยทั่วไป ช่วงอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่ทำให้อุณหภูมิร่างกายสัตว์อยู่ในช่วงปกติเรียกว่า zone of normothermia ส่วนอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่ทำให้อุณหภูมิ

Table 2. Effect and impacts of stress.

Typical effect of stress	Possible biological impact	Potential economic impact
- Adaptation/ habituation problem	Increased variability in animal performance; animal discomfort.	Increased cost of production
- Altered nutrient requirements	Reduced efficiency in nutrient use	Increased feed cost and related cost of production
- Reduced nutrient utilization	Reduced efficiency in nutrient use	Increased feed cost and related cost of production
- Reduced production rate	Low conception rate or neonatal survival rate; reduced semen quality.	Increased cost of production
- Altered body or product composition related to altered performance	Altered ratio of tissue components or changes in other tissue characteristics	Reduced product value
- Self - isolation	Reduced performance	Increased cost of production
- Reduced immune response and the related increase susceptibility to disease and ultimately death	Reduced biological efficiency	Reduced product value and increased cost of production

Source: an adapted from Ewing *et al*. (1999)

ร่างกายสัตว์สูงและต่ำกว่าปกติ เรียกว่า zone of hyperthermia และ zone of hypothermia ตามลำดับ

ปกติอุณหภูมิร่างกายไก่จะเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงแคบๆ โดยอุณหภูมิต่ำและสูงสุดของไก่กระทงจะอยู่ระหว่าง 40.5 ถึง 41.5 °C (Daghir, 1995) และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงขึ้น จะมีผลทำให้อุณหภูมิร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยจะมีลักษณะเพิ่มสูงขึ้น สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงไก่กระทงอยู่ระหว่าง 21 ถึง 26 °C (Ewing *et al*., 1999) และเมื่ออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมสูงขึ้นจะส่งผลกระทบต่อไก่ดังแสดงไว้ใน Table 3 และถือได้ว่า ระดับของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่ 32 °C เป็นอุณหภูมิเริ่มต้นที่ทำให้ไก่เกิดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน (Daghir, 1995)

2. ระบบประสาท

การตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน จะเกิดขึ้นเมื่อไก่อยู่ในสภาพอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิที่ไก่อยู่ได้อย่างปกติ (zone of normothermia) และเมื่อใดก็ตามที่ไก่อยู่ในภาวะอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูง ไก่จะเกิดการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่สูงนั้นโดยตัวรับสัมผัสอุณหภูมิ (thermorecepter) บริเวณผิวหนัง กล้ามเนื้อ ตับ และอวัยวะภายใน (Martin, 1995) จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเป็นสัญญาณประสาท และส่งผ่านสัญญาณดังกล่าวไปยังปลายประสาท จากนั้นสัญญาณจะเข้าสู่ไขสันหลัง (spinal cord) และระบบประสาทส่วนกลาง คือ reticular area, brain stem, warming sensor ในไฮโปทาลามัส (hypothalamus) และทาลามัส (thalamus) (Ewing *et al*., 1999, and Arther and Hall, 1997) จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งไปสังเคราะห์ที่ external cerebral cortex (Ewing *et al*., 1999 and Martin, 1995)

เมื่อรับรู้ว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงขึ้น ร่างกายจะตอบสนองต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้นโดยกลไกการเปลี่ยนแปลงของสมองส่วนไฮโปทาลามัส 2 กระบวนการ คือ กระบวนการปรับตัวโดยใช้ระบบประสาทซิมพาเธติกและต่อมหมวกไตส่วนใน (the hypothalamic-adrenal medullary stress response system, SA) และกระบวนการปรับตัวโดยใช้ระบบของสมองส่วนไฮโปทาลามัส ต่อมใต้สมอง และต่อมหมวกไตส่วนนอก (the hypothalamus - pituitary - adrenocortical stress response system, HPA) (Ewing *et al*., 1999) ตามลำดับ

2.1 ระบบประสาทซิมพาเธติกและต่อมหมวกไตส่วนใน

การตอบสนองของร่างกายสัตว์ต่อภาวะเครียดของระบบประสาทซิมพาเธติก และ ต่อมหมวกไตส่วนในประกอบด้วยการทำงานจากสมองส่วนไฮโปทาลามัส ต่อมใต้สมอง (neurohypophysis) ระบบประสาทซิมพาเธติก (sympathetic nervous system) และต่อมหมวกไตส่วนใน (adrenal medulla) ซึ่งกลไกดังกล่าวเป็นกลไกที่เตรียมเพื่อให้สัตว์พร้อมในภาวะฉุกเฉิน และการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในระยะแรก (Ewing *et al*.,1999) โดยเริ่มต้นจากสมองส่วน external cerebral cortex หลังจากสังเคราะห์สัญญาณ (signal synthesis) แล้ว สัญญาณจะถูกส่งไปยังสมองส่วนไฮโปทาลามัส หลังจากนั้นไฮโปทา-

Table 3. Effect of ambient temperature on physiology, behavior and production in poultry.

Temperature (°C)	Physiology, behavior and production
Below 10	Reduction in weight gains and feed efficiency.
10 to 21	Feed efficiency is reduced in cold stress.
21 to 26	Ideal temperature range.
26 to 29	Slight reduction in feed intake; limited influence on production and efficiency.
29 to 32	Feed consumption is reduced; cooling procedures should precede the attainment of this range to maintain adequate performance.
32 to 35	Feed consumption and performance are reduced drastically and heat prostration may occur; cooling is essential

Source: an adapted from Ewing *et al*. (1999)

ลามัสจะส่งสัญญาณประสาทไปยังไขสันหลัง ซึ่งสัญญาณประสาทดังกล่าวจะถูกส่งผ่านปมประสาทซิมพาเธติกและไปยังต่อมหมวกไตส่วนในตามลำดับ นอกจากนี้สัญญาณประสาทที่ผ่านปมประสาทจะกระจายไปยังอวัยวะต่างๆ ภายในช่องอกและช่องท้อง (Ewing *et al.*,1999) หลังจากที่ได้รับสัญญาณต่อมหมวกไตจะสร้างฮอร์โมนในกลุ่มคาติโคลามีน (catecholamine) ได้แก่ นอร์ - อีพิเนฟริน (nor-epinephrine) และ อีพิเนฟริน (epinephrine) (Ewing *et al.*,1999; Foss and Keterian, 1998; Rogers and Roberts, 1997; Martin, 1995 and Devrives and Housh, 1994)

ระบบประสาทอัตโนมัติ โดยเฉพาะระบบประสาทซิมพาเธติกเป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม เมื่อไก่เกิดภาวะเครียดกลไกของระบบประสาทนี้จะมีผลกระตุ้นการทำงานของอวัยวะต่างๆ โดยมีฮอร์โมนในกลุ่มคาติโคลามีน ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาทในระบบประสาทอัตโนมัติแสดงได้ดัง Table 4

2.2 ระบบของสมองส่วนไฮโปทาลามัส ต่อมใต้สมอง และ ต่อมหมวกไตส่วนนอก

การตอบสนองต่อภาวะเครียดโดยระบบนี้เป็นการตอบสนองในระยะยาว เมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่ใช้กลไกของระบบประสาทอัตโนมัติ (Ewing *et al.*, 1999) และต่อมหมวกไตส่วนนอก โดยกลไกจะเริ่มจากการสังเคราะห์สัญญาณประสาทที่ส่วน external cerebral cortex จากนั้นสัญญาณประสาทจะถูกส่งไปยังสมองส่วนทาลามัสและไฮโปทาลามัส ที่สามารถรับรู้การเปลี่ยนแปลงของภาวะธำรงดุลได้ (Martin, 1995) หลังจากนั้น ไฮโปทาลามัส จะหลั่งฮอร์โมน corticotropin releasing hormone (CRH) ซึ่งเป็นเปปไทด์ฮอร์โมนไปกระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนหน้าให้หลั่ง adrenocorticotropic hormone (ACTH) และฮอร์โมนดังกล่าว จะถูกส่งตามกระแสเลือด (humoral system) ไปยังต่อมหมวกไตส่วนนอก (adrenal cortex) และกระตุ้นให้มีการหลั่งฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ (gluco-corticoid) และอัลโดสเตอโรน (aldosterone) ออกสู่กระแสเลือด (Ewing *et al.*, 1999 and Martin, 1995) โดยระดับของฮอร์โมน adrenocorticotropic hormone ต่ำสุดที่มีผลทำให้ระดับของกลูโคคอร์ติคอยด์ในไก่กระทงเพิ่มในปริมาณสูงสุดคือ 8 นาโนกรัม/มล. (Puvadolpirod and Thaxton, 2000)

Table 4. Broad effects of epinephrine in response to a stressor.

Organs	Physiological change
Eye	Dilates
Heart	Increases rate and force of contraction in both auricular and ventricular muscle. Dilation of cardiovascular system.
Lung	Dilates blood vessel to enhance blood flow and oxygen transfer.
Salivary gland	Constricts blood flow.
Spleen	Contracts to expel erythrocytes to increase oxygen transport capacity of blood
Kidney	Restricts blood flow to reduce glucose clearance and shunts blood to skeletal muscles
Skin and subcutaneous blood vessels	Constricts blood vessels to reduce flow and shunt blood to skeletal muscles.
Adipose tissue	Stimulates lipolysis to convert fat to free fatty and glucose for energy.
Skeletal muscle	Dilates blood vessels to increase blood flow. Increases metabolic conversion of glycogen to lactic acid then to glucose for energy.
Liver	Stimulates conversion of glycogen to glucose.
Pancreas	Stimulates release of glucagon to stimulate conversion of protein to free amino acids then to glucose for energy. Inhibits action of insulin to reduce glucose clearance for energy conservation.

Source: an adapted from Ewing *et al.* (1999)

3. ฮอร์โมน

เมื่อเกิดภาวะเครียดขึ้นกับร่างกายแล้ว จะมีผลทำให้เกิดการหลั่งฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับกลไกการปรับตัวหลายชนิด ได้แก่ ฮอร์โมนในกลุ่มคาติโคลามีน ได้แก่ นอร์ - อีพิเนฟริน และ อีพิเนฟริน กลูโคคอร์ติคอยด์ อินซูลิน (insulin) กลูคากอน (glucagon) (Ewing *et al.*,1999; Foss and Keterian, 1998; Rogers and Roberts,1997; Martin, 1995 and Devrives and Housh, 1994) และฮอร์โมนที่ควบคุมการเจริญเติบโต (growth hormone) (Rogers and Roberts, 1997 and Daghir, 1995), ไทรอยด์ฮอร์โมน (thyroid hormone) และอัลโดสเตอโรน (Devrives and Housh, 1994) เป็นต้น ซึ่งฮอร์โมนกลุ่มดังกล่าวมีผลต่อภาวะเครียด ดังต่อไปนี้

3.1 คาติโคลามีน (catecholamine)

คาติโคลามีน เป็นฮอร์โมนที่ถูกสร้างจากต่อมหมวกไตส่วนใน มีผลต่อร่างกาย 2 ประการได้แก่เป็นสารสื่อนำกระแสประสาทของระบบประสาทอัตโนมัติทั้งแบบซิมพาเธติก และ พาราซิมพาเธติก และเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทโบลิซึมของร่างกาย ในการเตรียมพร้อมต่อการตอบสนองต่อภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน โดยมีผลลดการหลั่งอินซูลินทำให้ระดับของอินซูลินในกระแสเลือดลดลง และกระตุ้นการหลั่งของฮอร์โมนกลูคากอนจากตับอ่อน (Ewing *et al.*, 1999; Foss and Keterian, 1998; Rogers and Roberts, 1997; Martin, 1995 and Devrives and Housh, 1994) ผลจากการทำงานของฮอร์โมนกลูคากอน ทำให้มีการสลายไกลโคเจนจากตับและกล้ามเนื้อและกระตุ้นการสลายของไขมัน (lipolysis) ส่งผลให้มีการเพิ่มระดับน้ำตาลในกระแสเลือด ดังนั้นหน้าที่หลักของฮอร์โมนนี้ คือควบคุมระดับของสารตั้งต้นที่เป็นแหล่งพลังงานของร่างกายเมื่ออยู่ในภาวะเครียด ได้แก่ กลูโคส กรดอะมิโน และกรดไขมันอิสระเป็นต้น (Rogers and Roberts, 1997) คาติโคลามีน เป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อภาวะเครียดในระยะสั้น (Ewing *et al.*, 1999) พบว่าในระหว่างอุณหภูมิร่างกายสูงในไก่กระทงระดับของฮอร์โมนคาติโคลามีน ในกระแสเลือดจะคงระดับอยู่ประมาณ 140 นาที หลังจากไก่เกิดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน จากนั้นจะกลับลงมาอยู่ในระดับปกติและในการควบคุมอุณหภูมิของร่างกายพบว่าฮอร์โมนคาติโคลามีน มีบทบาทมากกว่ากลูโคคอร์ติคอยด์ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่ออยู่ในภาวะอุณหภูมิร่างกายสูงระดับของฮอร์โมนนอร์ - อีพิเนฟริน ในสมองจะสูงขึ้น (Daghir, 1995)

3.2 กลูโคคอร์ติคอยด์ (glucocorticoid)

กลูโคคอร์ติคอยด์ เป็นฮอร์โมนที่สร้างขึ้นจากต่อมหมวกไตส่วนนอก เมื่อเกิดภาวะเครียดร่างกายจะมีระดับของฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์สูงขึ้น (Ewing *et al.*, 1999; Foss and Keterian, 1998; Rogers and Roberts,1997; Martin, 1995 and Devrives and Housh, 1994) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อภาวะเครียดในระยะยาว (Ewing *et al.*,1999) ฮอร์โมนชนิดนี้มีฤทธิ์เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทโบลิซึมเช่นเดียวกับฮอร์โมนคาติโคลามีน (Ewing *et al.*,1999 and Chesworth *et al.*, 1998) กลูโคคอร์ติคอยด์จะช่วยให้ไก่ปรับตัวและเป็นตัวบ่งชี้ความสามารถในการปรับตัวในระยะเฉียบพลัน (acute) หรือเรื้อรัง (chronic) จากการศึกษาพบว่าระดับของฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ จะลดลงเมื่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนประมาณ 120 นาที ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการป้องกันการสร้างความร้อนของร่างกายที่มากเกินไปและการปรับตัวของต่อมหมวกไตต่อภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน (Daghir, 1995)

3.3 ฮอร์โมนที่ควบคุมการเจริญเติบโต (growth hormone)

เมื่อร่างกายมีอุณหภูมิสูงขึ้นพบว่าระดับของฮอร์โมนที่ควบคุมการเจริญเติบโต จะสูงขึ้นเพื่อเพิ่มระดับของกลูโคคอร์ติคอยด์ (Rogers and Roberts, 1997) เสริมกลไกการเกิดกระบวนการสลายไขมันจากกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อไขมัน (Rogers and Roberts, 1997 and Foss and Keterian, 1998) และการสร้างพลังงานในขบวนการเมแทโบลิซึมในเซลล์กล้ามเนื้อ และพบว่าการเพิ่มขึ้นของฮอร์โมนที่ควบคุมการเจริญเติบโต มีผลทำให้อุณหภูมิของร่างกายสูงขึ้นด้วย (Foss and Keterian, 1998)

3.4 ไทรอยด์ฮอร์โมน (thyroid hormone)

ไทรอยด์ฮอร์โมน มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการเมแทโบลิซึมของสัตว์ปีกเมื่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน (Daghir, 1995) โดยไทรอยด์ฮอร์โมน จะมีผลไปกระตุ้นให้มีการสร้าง ATP ซึ่งเป็นสารประกอบสำคัญที่

เป็นแหล่งพลังงานที่ใช้ในการตอบสนองต่อภาวะเครียด (Rogers and Roberts, 1997 and Chesworth *et al*., 1998) นอกจากนี้ ยังเพิ่มปริมาณเอนไซม์ที่จำเป็นในกระบวนการต่างๆ ภายในเซลล์ เพิ่มจำนวนและขนาดของไมโตคอนเดรีย เพิ่มการนำกลูโคสเข้าสู่เซลล์และมีผลกระตุ้นการสลายไขมันในกระบวนการเบตา - ออกซิเดชั่น (B-oxidation) (Foss and Keterian, 1998) เมื่อทำการตัดต่อมไทรอยด์ของไก่ออก พบว่า อุณหภูมิและเมแทโบลิซึมของร่างกายไก่จะลดลง ในทางตรงกันข้ามเมื่อให้ไทรอยด์ฮอร์โมนกับไก่ จะมีผลกระตุ้นทำให้มีการสร้างความร้อนในร่างกายสูงขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อไก่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนเป็นระยะเวลานานการทำงานของไทรอยด์ฮอร์โมนจะลดลง และพบว่าไก่ที่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนหากมีระดับของไทรอยด์ฮอร์โมนต่ำจะทำให้อัตราการตายในไก่ลดลง (Daghir, 1995)

3.5 อัลโดสเตอโรน (aldosterone)

เมื่อต่อมหมวกไตส่วนนอกถูกกระตุ้นด้วย adreno-corticotropic hormone นอกจากจะมีการสร้างและหลั่ง glucocorticoid แล้ว ต่อมหมวกไตยังมีการหลั่งฮอร์โมนอัลโดสเตอโรน ซึ่งฮอร์โมนดังกล่าวมีฤทธิ์ในการกระตุ้นการดูดซึมกลับของโซเดียมไอออน (Na^+) ที่ไต (Ewing *et al*., 1999) แต่ในทางตรงกันข้ามจะมีการขับโพแทสเซียม (K^+) และคลอไรด์ (Cl^-) ออกนอกร่างกาย (Arther and Hall, 1997 and Martin, 1995)

4. ชีวเคมีของภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน

4.1 ส่วนประกอบชีวเคมีในเลือด (blood constituents)

เมื่อไก่กระทงอยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน ไก่กระทงจะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีหลายประการเช่น ระดับกลูโคส กรดไขมัน และเอนไซม์ในกระแสเลือดจะสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของฮอร์โมนคาติโคลามีน และกลูโคคอร์ติคอยด์ ซึ่งฮอร์โมนทั้ง 2 ชนิดนี้จะออกฤทธิ์กระตุ้นการทำงานของฮอร์โมนกลูคากอนซึ่งมีฤทธิ์แย่งจับ (antagonist) กับตัวรับ (recepter) ของฮอร์โมนอินซูลิน ทำให้เกิดการยับยั้งการทำงานและการหลั่งฮอร์โมนดังกล่าว ส่งผลให้ร่างกายเกิดภาวะฮอร์โมนอินซูลินในกระแสเลือดต่ำ (hypoinsulinemia) (Devrives and Housh, 1994 and Esmay *et al*.,1978) เมื่อระดับของฮอร์โมนกลูคากอนสูงขึ้นจะมีผลทำให้เกิดการสลายตัวของไกลโคเจน (glycogen) ที่ตับและกล้ามเนื้อ (glycogenolysis) รวมทั้งมีการสลายเนื้อเยื่อไขมันและกล้ามเนื้อได้เป็นกรดไขมันและกรดอะมิโน โดยสารประกอบในกลุ่มไขมันที่เพิ่มสูงขึ้น ได้แก่ ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) โคเลสเตอรอล (cholesterol) และ high density lipoprotein (HDL) (Puvadolpirod and Thaxton, 2000) การที่มีการสลายไกลโคเจน เนื้อเยื่อไขมันและกล้ามนี้เป็นไปเพื่อเปลี่ยนเป็นกลูโคสส่งผลให้ระดับของกลูโคสในกระแสเลือดสูงขึ้น (hyperglycemia) ระดับกลูโคสที่สูงขึ้นนี้ส่วนหนึ่งจะเป็นพลังงานเพื่อใช้ในกระบวนการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ (Devrives and Housh, 1994) และการที่ตับเกิดปฏิกิริยาที่สูงขึ้นกว่าปกตินี้ส่งผลให้ระดับเอนไซม์ Alanine Amino Transferase และ Aspartate Aminotransferase ในกระแสเลือดสูงขึ้น (Philips and Piggins, 1992)

4.2 ชีวเคมีของอุณหภูมิร่างกาย (biochemistry of body temperature)

เมื่อสัตว์อยู่ในภาวะการปรับตัวก่อนเข้าสู่ภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน (upper critical point) สัตว์จะมีการสร้างความร้อนสูงมากขึ้นกว่าระดับปกติ อุณหภูมิภายในร่างกายสัตว์จะสูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามเมื่อสัตว์อยู่ในระยะการปรับตัวก่อนเข้าสู่ภาวะเครียดเนื่องจากความเย็น (lower critical point) สัตว์จำเป็นต้องสร้างความร้อนเพื่อรักษาอุณหภูมิร่างกาย ซึ่งกลไกดังกล่าวถูกควบคุมโดยสมองส่วนไฮโปทาลามัส (Chesworth *et al*., 1998)

ปกติสัตว์จะมีกลไกในการควบคุมระดับของอุณหภูมิภายในร่างกาย แต่จะสามารถรักษาสมดุลของอุณหภูมิได้ในช่วงแคบๆ เท่านั้น โดยพบว่าไก่จะมีอุณหภูมิร่างกายประมาณ 41 ^{o}C และอุณหภูมิของร่างกายจะสูงกว่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม เมื่อไก่อยู่ในภาวะอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่สูงกว่าปกติ ซึ่งความร้อนทั้งหมดเกิดจากการสลายพันธะฟอสเฟตของ ATP (Chesworth *et al*., 1998 and Arther and Hall, 1997) กลไกสำคัญของร่างกายที่ทำให้เกิดการสร้างความร้อนที่สำคัญคือกลไก sodium - potassium - ATPase pump ในเซลล์ประสาทซึ่งพบว่าความร้อนภายในร่างกายที่สูงขึ้นมาจากระบบนี้ประมาณ 5 - 50 % ของความร้อนที่ร่างกายสร้างขึ้น นอกจากนี้กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อก็ทำให้เกิดความร้อนขึ้นในร่างกายในปริมาณสูง

เช่นเดียวกัน (Arther and Hall, 1997)

4.3 พฤติกรรม

เมื่ออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมสูงขึ้นจาก 24 ^{o}C เป็น 35 ^{o}C พบว่าอุณหภูมิร่างกายของไก่กระทงจะเปลี่ยนจาก 41.2 ^{o}C เป็น 44.6 ^{o}C (Teeter *et al*., 1992) ไก่จะมีการปรับตัวในการลดอุณหภูมิโดยกินน้ำมากขึ้น (May and Lott, 1992 and Esmay, 1978) ดัง Table 5 แต่การกินอาหารลดลง (Teeter *et al*., 1992 and Esmay, 1978) ซึ่งส่งผลให้น้ำหนักตัวลดลงด้วย (Cooper and Washburn, 1998 and Mcfalane *et al*., 1989)

โดยพบว่าการกินน้ำจะเกิดขึ้นทันทีหลังจากอุณหภูมิสูงขึ้น 2 - 3 ชั่วโมง แต่เมื่อไก่เคยชินกับอุณหภูมิสูงจึงจะเริ่มกินอาหาร ซึ่งการกินน้ำจะเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 24 ^{o}C ไก่จะมีอัตราส่วนระหว่างการกินน้ำกับอาหารเป็น 2:1 แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นไก่จะกินน้ำเป็น 2 เท่าของปกติ (Hoppe, 1999) ดังแสดงไว้ใน Table 6

เมื่ออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมสูงขึ้นไก่จะแสดงอาการหายใจหอบ เพื่อใช้พื้นที่บริเวณปากและระบบทางเดินหายใจในการระบายความร้อน (Hoppe, 1999 and Daghir, 1995) และอุณหภูมิเริ่มต้นที่ไก่เริ่มหายใจเร็วคือ 29 ^{o}C หรืออุณหภูมิร่างกายไก่สูงกว่า 42 ^{o}C (Daghir, 1995) เมื่อไก่อาศัยอยู่ในอุณหภูมิ 24 ^{o}C แล้วเปลี่ยนไปอยู่ในอุณหภูมิที่ระดับ 37 ^{o}C ไก่จะมีอัตราการหายใจเพิ่มจาก 25 ครั้งต่อนาทีเป็น 195 ครั้งต่อนาที (Beers *et al*., 1989) เมื่อไก่เริ่มหายใจหอบไก่จะสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์จากปอด ทำให้คาร์บอนไดออกไซด์และไบคาร์บอเนตในกระแสเลือดลดลง (Daghir, 1995 and Beers *et al*., 1989) เนื่องจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในกระแสเลือดลดลง ส่งผลให้ระดับของไฮโดรเจนไอออน (H^{+}) ในกระแสเลือดลดลง ทำให้ pH ของพลาสมาสูงขึ้นภาวะนี้เรียกว่าอัลคาโรซีส (alkalosis) (Daghir, 1995) ในไก่ไข่พบว่าในภาวะนี้จะทำให้ขาด HCO_3^- เป็นผลทำให้เปลือกไข่บางและไม่แข็งแรง (Winget and Smith, 1962 and Hodges, 1969)

นอกจากการตอบสนองต่ออุณหภูมิร่างกายที่สูงขึ้นโดยการดื่มน้ำและหอบแล้วไก่จะมีการขับน้ำออกทางทวารร่วม (cloaca) ในปริมาณมากโดยน้ำที่ถูกขับออกมาจะมีลักษณะ เหลว ใสและมีความเข้มข้นต่ำกว่าน้ำปัสสาวะ (urine) ซึ่งเมื่อน้ำออกมาถึงบริเวณทวารร่วม (cloaca) ส่วนใหญ่จะไม่มีการดูดซึมกลับดัง Table 6 นอกจากการขับน้ำออกทางทวารร่วมแล้ว ไก่ยังขับน้ำออกทางกระจกตา ช่องปาก จงอยปาก ช่องจมูก เส้นเลือด arteriovenous shunt บริเวณช่องตาและแข้งของไก่ (Daghir, 1995)

Table 5. Ratio of water to feed intake in broilers at thermal comfort temperature and with cyclic heat stress.

Age (Weeks)	ambient temperature (^{o}C)	
	24 degree ^{o}C	24-35-24 ^{o}C
5	1.82	2.43
6	1.89	2.84
7	2.01	3.03

Source: Hoppe (1999)

ส่วนพฤติกรรมภายในฝูงพบว่าไก่จะแยกตัวออกมาจากฝูงไม่รวมกลุ่มทำให้การจัดการยากขึ้น (Ewing *et al*., 1999)

5. โลหิตวิทยาและระบบภูมิคุ้มกัน (hematology and immunity

จากการเปลี่ยนแปลงของร่างกายเพื่อตอบสนองต่อภาวะเครียดจะส่งผลต่อระบบหมุนเวียนเลือดหลายประการ ทั้งนี้ผลส่วนใหญ่เกิดมาจากอิทธิพลของฮอร์โมนกลูโคคอร์-ติคอยด์ ซึ่งออกฤทธิ์ทั้งต่ออวัยวะที่สร้างเม็ดเลือดและต่อเม็ดเลือดเอง โดยฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ จะไปมีผลกดการทำงานของระบบการสร้างเม็ดเลือด (hemopoietic system) ที่สร้างทั้งจำนวนเม็ดเลือดขาวชนิด บี - ลิมโฟไซต์ (B - lymphocyte) เม็ดเลือดแดงและส่วนประกอบ เช่น ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) เป็นต้น นอกจากระบบการสร้างเม็ดเลือดแล้ว อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับเม็ดเลือดขาวชนิด ที - ลิมโฟไซต์ (T - lymphocyte) ได้แก่ ม้าม ต่อมไธมัส และต่อมเบอร์ซ่ายังได้รับผลกระทบเช่นกัน โดยพบว่าเมื่อไก่กระทงได้รับฮอร์โมน adrenocorticotropic hormone จะมีอวัยวะทั้ง 3 ฝ่อเล็กลงกว่าปกติ (Puvadolpirod and Thaxton, 2000) นอกจากนี้ ฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ยังมีผลต่อเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์โดยตรง โดยจะจับกับเยื่อหุ้มเซลล์ซึ่งส่งผลให้เกิดความผิดปกติของเยื่อ

Table 6. Effect of heat stress on water metabolism of broilers.

	Thermoneutrality (24 °C)	Heat stress (35 °C)
Live weight, kg	1.82	1.93
Feed intake, g	127	135
Urine osmolality, mosmol/kg	187	136
Plasma osmolality, mosmol/kg	309	307
Water intake, ml/d	285	519
Water: feed	2.24	3.8
Water loss, ml/d		
- Urine	95	227
- Faeces	81	55
- Respiration	109	237

Source: Hoppe (1999)

หุ้มเซลล์และเมแทโบลิซึมภายในเซลล์ (Daghir, 1995) ผลจากการกดการสร้างและทำลายเซลล์เม็ดเลือดขาวจะมีผลทำให้เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ (lymphocyte) ลดลง ในทางตรงกันข้ามเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิล (heterophil) จะสูงขึ้นส่งผลให้ค่าอัตราส่วนระหว่างเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ต่อเฮทเทอโรฟิล (H/Lratio) สูงขึ้น ซึ่งสามารถใช้ค่าดังกล่าวเป็นดัชนีบงชี้ภาวะเครียดที่เกิดกับไก่ทางอ้อมได้ นอกจากผลที่เกิดขึ้นกับเม็ดเลือดขาวแล้ว ภาวะเครียดยังมีผลทำให้จำนวนเม็ดเลือดแดงทั้งหมด (Puvadolpirod and Thaxton, 2000) ค่าฮีโมโกลบิน (hemoglobin) และเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดอัดแน่น (%PCV) ลดลง (Daghir, 1995)

สรุป

ภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนในไก่เป็นปัญหาที่สำคัญในการเลี้ยงไก่ของประเทศไทย ทั้งนี้เนื่องจากการเลี้ยงในปัจจุบันส่วนใหญ่จำเป็นต้องนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ เพื่อลดปัญหาดังกล่าวแต่ละปีคิดเป็นมูลค่ามหาศาล เกษตรกรรายย่อยที่ไม่สามารถซื้อเทคโนโลยีเหล่านี้ได้ส่วนใหญ่มักจะประสบปัญหาผลผลิตต่ำ และอัตราการตายสูงบางรายประสบกับการขาดทุนและล้มเลิกกิจการไป ความรู้ทางด้านสรีรวิทยาของการเกิดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน ซึ่งเป็นความรู้ที่ทำให้ทราบกลไกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับร่างกายเมื่อไก่อยู่ในภาวะอุณหภูมิสูงนั้นจะเป็นแนวทางที่สำคัญในการแก้ปัญหาที่ถูกต้องโดยสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการเกิดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนที่สำคัญ ได้แก่ การทำงานของร่างกายในระบบประสาทและต่อมไร้ท่อ ฮอร์โมน โลหิตวิทยา ชีวเคมี ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะส่งผลออกมาในรูปของพฤติกรรมและการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม องค์ความรู้พื้นฐานทั้งหมดนี้หากสามารถนำมาประยุกต์ใช้แล้ว อาจทำให้เราสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้

เอกสารอ้างอิง

Arther, G.C. and Hall, J.E., 1997. Human Physiology and Mechanisms of Disease. W.B. Saunders Company. Philadelphia.

Beers, K.W., Raup T.J., and Bottje W.G, 1989. Physiological responses of heat stressed broilers. Poultry Sci. 68 : 428-434.

Chesworth, J.M., Stuchbury T., and Scaife J.R., 1998. Agricultural Biochemistry. St.Edmundsbury Press, Suffolk.

Cooper, M.A. and Washburn, K.W., 1998. The relationship of body themperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress. Poultry Sci. 77 : 237-242.

Daghir, N.J. 1995. Poultry Production in Hot Climates. University Press Cambridge.

Devries, H.A. and Housh, T.J., 1994. Physiology of Exercise. W. C. Brown Communication, Inc, Dubuque.

Esmay, M.L., 1978. Principles of Animal Environment. The Avi Publishing Company, Inc., Connecticut.

Ewing, S.A., Lay, D.C. Jr., and Borell, E.V., 1999. Farm Animal Well - Being. Simon & Schuster company, New Jersey.

Foss, M.L. and Keterian, S.J., 1998. Physiology for Exercise and Sport. The McGraw - Hill, Inc, Singapore.

Hodges, R.D., 1969. pH and mineral ion levels in the blood for the laying hen (*Gallus domesticus*) in reaction to egg shell formation. Comp. Biochem. Physiol. 28 : 1243 - 1257.

Hoppe, P.P., 1999. Wet litter in broilers. Poultry International. 38(11) : 52-62.

Martin, F.H., 1995. Fundamental of Anatomy and Physiology. Simon & Schuster Company, New-Jersey.

May, J.D. and Lott, B.D., 1992. Feed and water consumpton patterns of broilers at high environmental temperature. Poultry Sci.71 : 331-336.

Mcfarlane, J.M., Curtis, S.E., Shanks, R.D. and Carmer, S.G., 1989. Multicurrent stressors in chicks: Effect on weight gain, feed intake, and Behavior. Poultry Sci. 68 : 501-509.

Philips, C.and Piggins, D., 1992. Farms Animals and Environment. University Press, Cambridge.

Poultry International., 2000. World growths continue. Poultry International: Asia Pacific Edition. 39(14) : 20-28.

Poultry International., 1999. Southeast Asia turnaround next year. Poultry International: Asia Pacific Edition. 38(1) : 8-14.

Poultry International., 1998. The poultry industry in the third millenium. Poultry International: Asia Pacific Edition. 37(14) : 20-28.

Puvadonpirod S. and Thaxton, T.J., 2000. Model of physiological stress in chickens 1. Response parameter. Poultry Sci. 79 : 363-369.

Rogers, R.A. and Roberts, S.O., 1997. Exercise physiology. Mosby - Year Book, Inc, Singapore.

Teeter, R.G., Smith, M.O., and Wiernusz, C.J., 1992. Research note: Broiler acclimation to heat distress and feed intake effects on body temperature in birds exposed to thermoneutral and high ambient temperatures. Poultry Sci.71: 1101-1104.

Winget, C.M., and Smith, A.H., 1962. Dissociation of the calcium protein complex of laying hen's plasma. Am. J. Physiol. 196: 371 - 374.