



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

ผลของสารสกัดผงเมล็ดมะขามต่อภาวะเครียดและภาวะเครียดออกซิเดชั่น
ของเมล็ดเลือดแดงในไก่เนื้อเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง

โดย

ผศ.น.สพ.ดร. วรพล เองวานิชและคณะ

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กรกฎาคม 2552

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

ผลของสารสกัดผงเมล็ดมะขามต่อภาวะเครียดและภาวะเครียดออกซิเดชัน
ของเม็ดเลือดแดงในไก่เนื้อเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง

คณะผู้วิจัย

- ผศ.น.สพ.ดร.วรพล เองวานิช
- ศ.ดร. ไมตรี สุทธิจิตต์

สังกัด

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยนเรศวร

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

Abstract

Project Code: MRG5080213

Project Title: Effects of Tamarinds Seed Extract on Stress and Oxidative Stress of Red Blood Cell in Broilers under High Environmental Temperature.

Investigator: 1) Assist. Prof. Dr. Worapol Aengwanich , Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Mahasarakham University, Maha Sarakham 44000, Thailand. 2) Prof. Dr. Maitree Suttajit, School of Science and Technology, Naresuan University Prayou, Muang District, Phayao 56000, Thailand

E-mail Address: Wara651@hotmail.com

Project Period: July 2007-July 2009

Abstract:

The aim of this experiment was to determine the effect of polyphenols extracted from tamarind (*Tamarindus indica* L.) seed coat on physiological changes (body temperature, respiratory rate, heterophil, lymphocyte, monocyte, basophile, eosinophil, heterophil/ lymphocyte, red blood cell parameter, and bilirubin in serum and feces), oxidative stress (glutathione peroxidase activity and malondialdehyde), body weight and morphological observation of red blood cell by using SEM and TEM in male broilers maintained at high environmental temperature. The results revealed the following information: Body temperature and respiratory rate of broilers maintained at 38 ± 2 °C was higher than broilers maintained at 26 ± 2 °C ($P<0.05$). Lymphocyte and basophil of broilers maintained in the environmental temperature at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 400 mg/kg in diet were increased ($P<0.05$). On the other hand, heterophil and monocyte of broilers maintained in the environmental temperature at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 400 mg/kg in diet were decreased ($P<0.05$). On day 1, the heterophil/ lymphocyte ratio of broilers that were maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 300 and 400 mg/kg in their diet was lower than broilers that received polyphenols at 0 and 200 mg/kg in their diet ($P<0.05$). Glutathione peroxidase activity of broilers that were maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols was lower than untreated group ($P<0.05$). On day 1 of experimental period, malondialdehyde of broilers maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 400 mg/ kg in diet was lower than broilers that received polyphenols at 0 and 100 mg/kg in their diet ($P<0.05$).

On day 7, malondialdehyde of broilers maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 100 and 200 mg/ kg in their diet was higher than broilers that received polyphenols at 0, 400 and 500 mg/kg in their diet ($P<0.05$). At week 1, the body weight of broilers that were maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 100, 200, 300, 400 and 500 mg/ kg in their diets, and broilers maintained at 26 ± 2 °C was higher than the control group which had not been treated with a polyphenols diet ($P<0.05$). Polyphenols at 100 mg/kg in diet could reduce the effect of high environmental temperature on red blood cell parameters ($P<0.05$). The bilirubin of the broilers maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 100 mg/kg in their diet was lower than other groups ($P<0.05$). On the other hand, polyphenols at 400 mg/kg in diets increased red blood cell destruction and bilirubin in broilers that were maintained at 38 ± 2 °C ($P<0.05$).

This study indicated that polyphenols extracted from tamarind (*Tamarindus indica* L.) seed coat could reduced heat stress oxidative stress of red blood cell and improved growth rate in broilers. However, the high level of polyphenols caused red blood cell abnormality.

Keywords: Heat stress, oxidative stress, broiler, tamarind, anthrocyanidins

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : MRG5080213

ชื่อโครงการ: ผลของสารสกัดผงเมล็ดมะขามต่อภาวะเครียดและภาวะเครียดออกซิเดชันของ
เม็ดเลือดแดงในไก่เนื้อเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง

ชื่อนักวิจัย และสถาบัน: 1.) ผศ.น.สพ.ดร.วรพล เองวานิช หน่วยปฏิบัติการวิจัยภาวะเครียด
และภาวะเครียดออกซิเดชันทางสัตว์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอมะ
เมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000; 2.) ศ.ดร.ไมตรี สุทธิจิตต์ สำนักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยนเรศวร วิทยาเขตพระยา และสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ ศูนย์วิจัย คณะแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

E-mail Address: wara651@hotmail.com

ระยะเวลาโครงการ: กรกฎาคม 2550-กรกฎาคม 2552

บทคัดย่อ:

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อวัดผลของสารโพลีฟีนอล ที่สกัดจากเปลือกเมล็ดมะขาม
ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา (อุณหภูมิร่างกาย อัตราการหายใจ เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอ
โรฟิล ลิมโฟไซต์ โมโนไซต์ เบโซฟิล อีโอซิโนฟิล อัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาว
ชนิดเฮเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ ค่าสังเกตเม็ดเลือดแดงและบิลิรูบินในซีรัมและมูล) ภาวะเครียด
ออกซิเดชัน (กิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดสและมาลอนไดอัลดีไฮด์) น้ำหนัก
ตัวและการสังเกตลักษณะของเม็ดเลือดแดง โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
และส่องผ่าน ของไก่เนื้อเพศผู้ที่เลี้ยงในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง ผลการศึกษามีดังต่อไปนี้
อุณหภูมิร่างกายและอัตราการหายใจของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C สูงกว่าไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์และเบโซฟิลของไก่เนื้อที่ 38 ± 2
°C และได้รับโพลีฟีนอลที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารเพิ่มสูงขึ้น ($P < 0.05$) ในทางตรง
ข้ามเม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลและโมโนไซต์ของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับโพลีฟีนอลที่
ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารลดลง ($P < 0.05$) ในวันที่ 1 ของการทดลองเปอร์เซ็นต์
เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับโพลีฟีนอลที่ระดับ
300 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ต่ำกว่าไก่เนื้อที่ได้รับโพลีฟีนอลที่ระดับ 0 และ 200
มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ($P < 0.05$) กิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดสของไก่
เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลมีระดับต่ำกว่าไก่เนื้อกลุ่มที่ไม่ได้รับสารโพลีฟีนอล ใน
วันที่ 1 ของการทดลองมาลอนไดอัลดีไฮด์ของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับโพลีฟีนอลที่ระดับ
400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ต่ำกว่าไก่เนื้อที่ได้รับโพลีฟีนอลที่ระดับ 0 และ 100 มิลลิกรัม
ต่อกิโลกรัมอาหาร ($P < 0.05$) วันที่ 7 ของการทดลอง มาลอนไดอัลดีไฮด์ของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C
และได้รับโพลีฟีนอลที่ระดับ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับโ
ลีสฟีนอลที่ระดับ 0, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 1 ของการ

ทดลอง น้ำหนักตัวของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับโพลีฟีนอลที่ระดับ 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารและไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C สูงกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้เสริมสารโพลีฟีนอลในอาหาร ($P < 0.05$) สารโพลีฟีนอลที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารสามารถลดผลของสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง ต่อค่าสังเกตเม็ดเลือดแดง ($P < 0.05$) ระดับบิลิรูบินของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับโพลีฟีนอลที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ต่ำกว่ากลุ่มอื่น ($P < 0.05$) ในทางตรงข้ามโพลีฟีนอลที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เพิ่มการทำลายเม็ดเลือดแดงและทำให้ระดับบิลิรูบินของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C เพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าสารโพลีฟีนอลที่สกัดจากเปลือกเมล็ดมะขาม มีผลช่วยลดภาวะเครียดเนื่องจากจากความร้อน เพิ่มการเจริญเติบโต ลดภาวะเครียดออกซิเดชันที่เกิดกับเม็ดเลือดแดงในไก่เนื้อ อย่างไรก็ตามถ้าไก่เนื้อได้รับสารโพลีฟีนอลในระดับสูง มีผลทำให้เกิดความผิดปกติกับเม็ดเลือดแดง

คำสำคัญ: ภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน, ภาวะเครียดออกซิเดชัน, ไก่เนื้อ, มะขาม, แอนโทไซยานิน

Executive Summary

การวิจัยนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ วัดผลของสารโพลีฟีนอลที่สกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา (อุณหภูมิร่างกาย อัตราการหายใจ เม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิล ลิมโฟไซต์ โมโนไซต์ เบโซฟิล อีโอซิโนฟิล อัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ ค่าสังเกตเม็ดเลือดแดงและบิลิรูบินในซีรัมและมูล) ภาวะเครียดออกซิเดชัน (กิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดสและมาลอนไดอัลดีไฮด์) น้ำหนักตัวและการสังเกตลักษณะของเม็ดเลือดแดง โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ อีเลคตรอนแบบส่องกราดและส่องผ่าน ของไก่อเนื้อเพศผู้ที่เลี้ยงในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง ผลจากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิร่างกายและอัตราการหายใจของไก่อเนื้อในสิ่งแวดล้อม ที่มีอุณหภูมิสูงสูงกว่าไก่อเนื้อที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ ค่าสังเกตเม็ดเลือดขาวชนิดต่างๆและค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ของไก่อเนื้อ ที่ได้รับสารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามมีการเปลี่ยนแปลงทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวบ่งชี้ว่าสารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะขาม สามารถลดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนได้ นอกจากนี้กิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส และระดับของมาลอนไดอัลดีไฮด์ของไก่อเนื้อที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง มีการเปลี่ยนแปลงที่สามารถบ่งชี้ได้ว่า สารสกัดโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และลดภาวะเครียดออกซิเดชันในไก่อเนื้อ เมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง นอกจากนี้เมื่อไก่อเนื้อได้รับสารโพลีฟีนอลที่สกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามพบว่า น้ำหนักตัวของไก่อเนื้อในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง จะเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างจากไก่อเนื้อที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ บ่งชี้ว่าสารสกัดดังกล่าวช่วยลดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และเมื่อเสริมสารโพลีฟีนอลที่สกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามแล้วยังพบว่า สามารถลดผลของสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงต่อค่าสังเกตเม็ดเลือดแดง และระดับของบิลิรูบินในเลือดและมูล ในทางตรงข้ามโพลีฟีนอลที่ระดับสูง จะมีผลเพิ่มการทำลายเม็ดเลือดแดง และทำให้ระดับบิลิรูบินของไก่อเนื้อในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงเพิ่มสูงขึ้น การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าสารโพลีฟีนอลที่สกัดจากเปลือกเมล็ดมะขาม มีผลช่วยลดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน เพิ่มการเจริญเติบโต ลดภาวะเครียดออกซิเดชันที่เกิดกับเม็ดเลือดแดงในไก่อเนื้อ อย่างไรก็ตามถ้าไก่อเนื้อได้รับสารโพลีฟีนอลในระดับสูงมีผลทำให้เกิดความผิดปกติกับเม็ดเลือดแดง และผลการศึกษาที่ได้ยังมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษารายละเอียดในเชิงลึก เช่น ขนาดของสารสกัดที่เหมาะสมที่สุด ความเป็นพิษ (ถ้ามี) หรือประยุกต์ใช้ในสัตว์ชนิดอื่นหรือในมนุษย์ต่อไป

คำนำ

โครงการวิจัย “ผลของสารสกัดผงเมล็ดมะขามต่อภาวะเครียดและภาวะเครียดออกซิเดชันของเม็ดเลือดแดงในไก่เนื้อเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง” ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ตามสัญญาเลขที่ MRG5080213 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ เพื่อศึกษาผลของสกัดจากผงเปลือกเมล็ดมะขามต่อ อัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮโทฟิลต่อลิมโฟไซต์ จำนวนเม็ดเลือดแดงทั้งหมด เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่น ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ค่า MCV, MCH, MCHC ระดับของบิลิรูบินในเลือดและมูล ระดับของกิจกรรมเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดสในเยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง TBARS และพยาธิสภาพของเม็ดเลือดแดงจากการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิด SEM และ TEM ของไก่เนื้อ เมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง ผลจากการศึกษา ทำให้ทราบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารชนิดดังกล่าวในการลดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน ลดจำนวนของอนุมูลอิสระ ภาวะเครียดออกซิเดชัน และเพิ่มการเจริญเติบโตของไก่เนื้อเมื่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน ซึ่งผลจากการวิจัยที่ได้ถือได้ว่าเป็นความรู้ใหม่ที่มีคุณค่า ในการนำผลิตภัณฑ์ธรรมชาติมาใช้ในการผลิตสัตว์ในประเทศและสากล

ผศ.น.สพ.ดร.วรพล เองวานิชและคณะ

กรกฎาคม 2552

สารบัญ

	หน้า
ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
ระเบียบวิธีวิจัย	13
ผลการทดลอง	14
วิจารณ์ผลการทดลอง	35
สรุปผลการทดลอง	45
ประสบการณ์การวิจัย	46
เอกสารอ้างอิง	47

สารบัญตาราง

	หน้า
Table 1. Body temperature (BT) of broilers maintained at $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, and broilers maintained in the environmental temperature at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.	14
Table 2. Respiratory rate (RR) of broilers maintained at $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, and broilers maintained in the environmental temperature at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.	15
Table 3. Heterophil/ lymphocyte ratio of broilers maintained at $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, and broilers maintained in the environmental temperature at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.	16
Table 4. Body weight of broilers maintained at $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, and broilers maintained in the environmental temperature at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.	17
Table 5. Malondialdehyde (MDA) of broilers were maintained at thermoneutral ($26\pm 2^{\circ}\text{C}$), and high environmental temperature ($38\pm 2^{\circ}\text{C}$) that received polyphenols at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in their diets.	18
Table 6. Heterophil, lymphocyte, monocyte, basophil and eosinophil of broilers maintained at $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, and broilers maintained in the environmental temperature at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.	20
Table 7. Total red blood cell count (TRBC) of broilers maintained at $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, and broilers maintained in the environmental temperature at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.	22

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

Table 8. Packed cell volume (PCV) of broilers maintained at $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, and broilers maintained in the environmental temperature at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.	23
Table 9. Hemoglobin concentration (Hb) of broilers maintained at $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, and broilers maintained in the environmental temperature at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.	24
Table 10. MCV of broilers maintained at $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, and broilers maintained in the environmental temperature at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.	25
Table 11. MCH of broilers maintained at $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, and broilers maintained in the environmental temperature at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.	25
Table 12. MCHC of broilers maintained at $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, and broilers maintained in the environmental temperature at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.	26
Table 13. Plasma bilirubin of broilers maintained at $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, and broilers maintained in the environmental temperature at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.	27
Table 14. Bilirubin in feces of broilers maintained at $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, and broilers maintained in the environmental temperature at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.	28

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

Table 15. Glutathione peroxidase activity of broilers were maintained at thermoneutral (26 ± 2 °C), and high environmental temperature (38 ± 2 °C) that received polyphenols at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in their diets.

29

Figure 1. SEM micrograph of red blood cell in broilers were maintained at thermoneutral (26 ± 2 °C), and high environmental temperature (38 ± 2 °C) that received polyphenols at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in their diets (A1-A2, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 26 ± 2 °C, on day1 of experimental period; A3-A4, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 26 ± 2 °C, on day 14 of experimental period; B1-B2, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C, on day1 of experimental period; B3-B4, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C, on day 14 of experimental period; C1-C2, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 100 mg/kg diet, on day1 of experimental period; C3-C4, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 100 mg/kg diet, on day14 of experimental period; D1-D2, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 200 mg/kg diet, on day1 of experimental period; D3-D4, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 200 mg/kg diet, on day14 of experimental period; E1-E2, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 300 mg/kg diet, on day1 of experimental period; E3-E4, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 300 mg/kg diet, on day14 of experimental period; F1-F2, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 400 mg/kg diet, on day1 of experimental period; F3-F4, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 400 mg/kg diet, on day14 of

30

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

experimental period; G1-G2, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 500 mg/kg diet, on day1 of experimental period; G3-G4, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 500 mg/kg diet, on day14 of experimental period).

Figure 2. TEM micrograph of red blood cell in broilers were maintained at thermoneutral ($26\pm 2^{\circ}\text{C}$), and high environmental temperature ($38\pm 2^{\circ}\text{C}$) that received polyphenols at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in their diets (A1-A2, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, on day1 of experimental period; A3-A4, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, on day 14 of experimental period; B1-B2, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$, on day1 of experimental period; B3-B4, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$, on day 14 of experimental period; C1-C2, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 100 mg/kg diet, on day1 of experimental period; C3-C4, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 100 mg/kg diet, on day14 of experimental period; D1-D2, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 200 mg/kg diet, on day1 of experimental period; D3-D4, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 200 mg/kg diet, on day14 of experimental period; E1-E2, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 300 mg/kg diet, on day1 of experimental period; E3-E4, TEM

34

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 300 mg/kg diet, on day14 of experimental period; F1-F2, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 400 mg/kg diet, on day1 of experimental period; F3-F4, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 400 mg/kg diet, on day14 of experimental period; G1-G2, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 500 mg/kg diet, on day1 of experimental period; G3-G4, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 500 mg/kg diet, on day14 of experimental period).

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ประเทศไทยส่งออกไก่เป็นสินค้าออกด้านปศุสัตว์ ที่ทำรายได้ให้แก่ประเทศเป็นอันดับหนึ่งและประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกผลิตภัณฑ์จากไก่เนื้อเป็นอันดับ 5 ของโลก คิดเป็นมูลค่ากว่าหมื่นล้านบาทต่อปี อย่างไรก็ตามประเทศของเราอยู่ในเขตที่มีภูมิอากาศร้อนและชื้น (tropical) ทำให้มักทำให้ไก่เนื้อประสบปัญหาการเกิดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน ทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในประเทศ สูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่ไก่จะสามารถอยู่ได้สบายตามปกติ ซึ่งโดยทั่วไปอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่ไก่เนื้อสามารถอยู่ได้สบายตามปกติคือ 22 - 24 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ทำให้ไก่เริ่มเกิดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนคือ 32 องศาเซลเซียส (Cooper and Washburn, 1998) เป็นต้นไป

ภาวะเครียด (stress) หมายถึง สภาวะของสัตว์ซึ่งเป็นผลมาจากการถูกรบกวนจากปัจจัยที่ทำให้เกิดภาวะเครียด (stressor) ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยเดียวหรือหลายปัจจัย ปัจจัยที่ทำให้เกิดภาวะเครียดเหล่านี้ มีทั้งที่เป็นปัจจัยจากภายนอกหรือปัจจัยภายในร่างกายของสัตว์เอง เช่น สิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง ซึ่งจะมีผลทำให้สัตว์เกิดภาวะเครียดและพยายามรักษาสิ่งแวดล้อมภายในร่างกายให้อยู่ในสภาวะคงที่ อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าภาวะธำรงดุล (homeostasis) การเกิดขึ้นของกระบวนการดังกล่าวเป็นไปเพื่อให้สัตว์สามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้ Moberg (1985) และ Moberg and Mench (2000) ได้เสนอหุ่นจำลอง (model) ของภาวะเครียดในสัตว์ โดยแบ่งการเกิดภาวะเครียดในสัตว์ออกเป็น 3 ส่วน คือ การจดจำภาวะเครียดได้ การตอบสนองทางชีววิทยา เพื่อต่อต้านปัจจัยที่ทำให้เกิดภาวะเครียด และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการตอบสนองต่อภาวะเครียด ซึ่ง Moberg (1985) ได้อธิบายกลไกการตอบสนองของสัตว์ต่อปัจจัยที่ทำให้เกิดภาวะเครียดดังนี้คือ การตอบสนองของสัตว์ต่อภาวะเครียดเริ่มต้นที่ระบบประสาทส่วนกลาง โดยระบบประสาทส่วนกลางจะทำหน้าที่ 2 ส่วนคือ รับรู้ปัจจัยที่ทำให้เกิดภาวะเครียด (stressor) และจัดระบบการตอบสนองทางชีววิทยา (biological response) ต่อปัจจัยที่ทำให้เกิดภาวะเครียดนั้น การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติและฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่ออื่น ถือว่าเป็นระบบที่มีความสำคัญที่สุดที่ช่วยให้สัตว์สามารถจัดการกับภาวะเครียดที่เกิดขึ้นได้ โดยทั่วไปปัจจัยที่ทำให้เกิดภาวะเครียดหลายชนิด มักไม่มีผลกระทบต่อสัตว์มากนัก เนื่องจากสัตว์สามารถจัดการกับปัจจัยเหล่านี้ได้ แต่ถ้าหากสัตว์เกิดการตอบสนองต่อปัจจัยที่ทำให้เกิดภาวะเครียดอย่างรุนแรงหรือต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน สุดท้ายมักเป็นสาเหตุโน้มนำทำให้สัตว์เข้าสู่ระยะก่อนเกิดโรค (prepathology) และระยะเกิดโรค (pathology) ตามลำดับ

ภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) คือ ภาวะที่ร่างกายมีการสร้างสารอนุมูลอิสระในกลุ่มออกซิเจน (reactive oxygen species) ในปริมาณที่สูงกว่าระดับที่กลไกการทำงานภายในเซลล์หรือร่างกายจะสามารถทำลายได้หมด จึงทำให้ร่างกายอยู่ในภาวะไม่สมดุลระหว่างการสร้างและการทำลายสารอนุมูลอิสระเหล่านี้ สารอนุมูลอิสระเกือบทั้งหมด เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) ซูเปอร์ออกไซด์ (superoxide) เปอร์ออกไซด์ (peroxide) และไฮดรอกซีแรดิคัล (hydroxyl radical) สารเหล่านี้จัดเป็นอนุมูลอิสระที่เกิดจากออกซิเจนในกลุ่มปฐมภูมิ (primary reactive oxygen

species) เกิดขึ้นจากกลไกเมแทบอลิซึมของออกซิเจน ในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ภายในไมโทคอนเดรีย โดยเฉพาะในห่วงโซ่การขนส่งอิเล็กตรอน (electron transport chain) เพื่อสร้างพลังงานในรูปแบบเอ ที พี (ATP) สำหรับกิจกรรมของร่างกาย ปฏิกริยาที่เกี่ยวข้องกับ Cytochrome P-450 ที่ตับ โดยทั่วไปอนุมูลอิสระเหล่านี้จะอยู่ในภาวะที่ไม่เสถียร (unstable) เนื่องจากโครงสร้างภายในอะตอมหรือโมเลกุลมีอิเล็กตรอนไม่คู่เป็นคู่ (unpair) เมื่ออยู่ในภาวะที่ไม่เสถียรอนุมูลอิสระเหล่านี้จะพยายามให้ตัวเองเสถียร โดยการไปดึงเอาอิเล็กตรอนจากอะตอมหรือจับกับโมเลกุลอื่น เพื่อให้อะตอมของตนเองเกิดภาวะเสถียร โดยเฉพาะการทำปฏิกริยากับโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น โปรตีน ไขมันและดีเอ็นเอ เมื่อเกิดภาวะเครียดเนื่องจากออกซิเดชันอันมีผลมาจากอนุมูลอิสระ จะมีผลทำให้เกิดปฏิกริยาเบออกซิเดชันของไขมัน (lipid peroxidation) โดยเฉพาะพอสโพลิดที่เยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) ซึ่งจะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ที่ง่ายต่อการถูกทำลายโดยโมเลกุลที่ไม่เสถียรเหล่านี้ เมื่อเยื่อหุ้มเซลล์เกิดความเสียหายมีผลทำให้เซลล์ตาย และอนุมูลอิสระที่สร้างขึ้นเหล่านี้หากมีมาก จะมีผลเสียต่อร่างกายโดยจะทำลายเซลล์หลายชนิด

Aengwanich (2002) ทำการศึกษาและพบว่าเมื่อไก่อยู่ภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน อุณหภูมิร่างกายที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกิดความผิดปกติแก่ระบบของเม็ดเลือดแดง เช่น ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นลดลง สอดคล้องกับการตรวจเอกสารของ วรพล และสุจินต์ (2545) การทดลองของ Furlan et al. (1999) และ Yahav et al. (1997) นอกจากค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นของไก่เมื่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนจะลดลงแล้ว จากการศึกษาของวรพลและคณะ (2545), วรพลและสุจินต์ (2545), Furan et al. (1999), Yahav et al. (1997), Borges et al. (1999), Aengwanich (2002), Aengwanich and Chinrasri (2002) และ Aengwanich and Simaraks (2003) ยังพบว่าความเข้มข้นของฮีโมโกลบินของไก่มีค่าลดลง ส่วนระดับพลาสมาบิลิรูบินของไก่เมื่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนจะเพิ่มขึ้น (วรพลและคณะ, 2545) โดยสาเหตุหลักที่ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นและความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในไก่ลดลง เกิดจากเม็ดเลือดแดงแตกภายในเส้นเลือด (intravascular hemolysis)

เมล็ดมะขามเป็นเศษเหลือจากการบริโภคและโรงงานผลิตมะขามเปียก ซึ่งได้แยกเอาเนื้อมะขามออกจากเมล็ดเพื่อนำไปจำหน่าย ส่วนเมล็ดจะถูกนำไปใช้ประโยชน์น้อยมาก จากการศึกษาของ Leamsomrong et al. (2005) พบว่าในส่วนเปลือกหุ้มของเมล็ดมะขามมีสารกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenol) อยู่เป็นจำนวนมาก (หากสกัดด้วยตัวทำละลาย เมทานอล เอทานอลและน้ำจะได้สารโพลีฟีนอลเท่ากับ 812.282 mg/g, 106.160 mg/g และ 29.757 mg/g ตามลำดับ) ซึ่งสารกลุ่มดังกล่าวนี้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการนำผงจากเปลือกเมล็ดมะขาม มาสกัดสารโพลีฟีนอลแล้วนำสารสกัดดังกล่าวมาศึกษาฤทธิ์ในการลดภาวะเครียดและภาวะเครียดออกซิเดชันของไก่เนื้อ เมื่ออยู่ในภาวะสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเม็ดเลือดแดงของไก่ โดยศึกษาถึงฤทธิ์ของสารโพลีฟีนอลจากเมล็ดมะขาม ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮโทโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่น ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ระดับของบิลิรูบินในเลือด ระดับของบิลิรูบินในมูลของไก่ กิจกรรมของเอนไซม์

กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดสและ TBARS ของเยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง ซึ่งองค์ความรู้ใหม่ที่จะได้คือ ผลของการใช้สารต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะขาม ในการลดภาวะเครียดและ ภาวะเครียดออกซิเดชันที่เกิดขึ้นกับไก่และเม็ดเลือดแดงของไก่ภายใต้สิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง องค์ความรู้ที่ได้จะเป็นพื้นฐานสำคัญในการประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เพื่อลดภาวะเครียด เนื่องจากความร้อนและภาวะเครียดออกซิเดชันของสัตว์เลี้ยงและสัตว์เศรษฐกิจต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากผงเปลือกเมล็ดมะขามต่ออัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ จำนวนเม็ดเลือดแดงทั้งหมด เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่น ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ค่า MCV, MCH, MCHC ระดับของบิลิรูบินในเลือดและมูลของไก่เนื้อเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง
2. เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากผงเปลือกเมล็ดมะขาม ต่อระดับของกิจกรรมเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดสในเยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดงและ TBARS ของไก่เนื้อเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง
3. เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากผงเปลือกเมล็ดมะขาม ต่อพยาธิสภาพของเม็ดเลือดแดงจากการตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของไก่เนื้อ เมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเลี้ยงไก่เริ่มขึ้นครั้งแรกในประเทศแถบเอเชีย (Daghir, 1995) ซึ่งไก่เหล่านี้ได้กลายเป็นบรรพบุรุษของไก่สมัยใหม่ที่มีการปรับปรุงพันธุ์ และแพร่ขยายไปยังส่วนต่างๆของโลก (Rose, 1997) ปัจจุบันการเลี้ยงไก่ได้รับความนิยมมากกว่าปศุสัตว์ชนิดอื่น เนื่องจากเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่าย เจริญเติบโตเร็ว และให้ผลผลิตสูง อย่างไรก็ตามนักปรับปรุงพันธุ์ส่วนใหญ่มักจะอยู่ในประเทศเขตอบอุ่นที่มีอุณหภูมิไม่สูงมากนักเช่น อังกฤษ ฝรั่งเศส เนเธอร์แลนด์ และ สหรัฐเป็นต้น ดังนั้นจึงมักมีคำถามตามมาคือสายพันธุ์ที่มีการปรับปรุงในเขตอบอุ่น มีความเหมาะสมเพียงพอสำหรับประเทศที่อยู่ในเขตร้อนและมีความชื้นสูงหรือไม่ และยิ่งไปกว่านั้นในปัจจุบันสายพันธุ์เหล่านี้ได้แพร่กระจายไปยังส่วนต่าง ๆ ของโลกเช่น ไก่เนื้อสายพันธุ์การคำ (Daghir, 1995) เป็นต้น

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น (tropical zone) ในช่วงฤดูร้อนมีอุณหภูมิสูงระหว่าง 36-40°C จึงทำให้การเลี้ยงไก่เกิดปัญหาภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนตามมา ซึ่งภาวะดังกล่าวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบต่างๆ ภายในร่างกายหลายประการ ทั้งระบบประสาทอัตโนมัติ ระบบฮอร์โมนและต่อมไร้ท่อ การเปลี่ยนแปลงระบบภูมิคุ้มกัน และพฤติกรรมเป็นต้น (Morberg, 1985) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้ภาวะธำรงดุล (homeostasis) ของไก่เปลี่ยนไป (Ewing et al., 1999) การเปลี่ยนแปลงภายในร่างกายดังกล่าว มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไก่ ทั้งปริมาณการกิน

ได้ (Yuming et al., 1998; Oliveira et al., 2000; Deeb and Cahaner, 2001; Xin et al., 2002) และ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Cooper and Washburn, 1998; Yuming et al., 1998; Mehta and Singari, 1999; Altan et al., 2000b; Oliveira et al., 2000; Temin et al., 2000; Deeb and Cahaner, 2001) ของไก่ ลดลง นอกจากนี้ยังมีผลทำให้อัตราการตายของไก่เพิ่มขึ้น (Keshavarz and McDougald, 1981; Eberhart and Washburn, 1993; Sokolowicz et al., 1996; Berrong and Washburn, 1998; May and Lott, 2000)

โดยทั่วไปอุณหภูมิร่างกายตามปกติของไก่ในสิ่งแวดล้อมที่ไก่อยู่ได้สบายคือ $41 - 42^{\circ}\text{C}$ (Donkoh, 1989; Reddy, 2000) เมื่อไก่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงจะพบว่าอุณหภูมิร่างกายของ ไก่จะเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของร่างกายของไก่จะเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง ไก่จะพยายาม ลดอุณหภูมิของร่างกายลงโดยอาศัยกลไก 2 ประการคือ กลไกแบบกล (mechanical mechanism) และกลไกทางเคมี (chemical mechanism) ซึ่งกลไกการปรับตัวเพื่อลดอุณหภูมิของร่างกายแบบกล มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติแบบซิมพาเทติก ผลจากการกระตุ้น การทำงานของระบบประสาทนี้ ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงของการทำงานของอวัยวะเช่น หัวใจเต้นเร็วขึ้น การบีบตัวของหัวใจเพิ่มขึ้นทั้งหัวใจห้องบนและห้องล่างเพื่อขับเลือดไปยังบริเวณ ผิวหนัง เพื่อให้ความร้อนถูกพาความร้อนออกจากร่างกาย ขณะเดียวกันเส้นเลือดที่ปอดจะมีการ ขยายตัวเพิ่มมากขึ้น (Ewing et al., 1999) โดยทั่วไปการทำงานของปอดและหัวใจ จะมีความสัมพันธ์ กับการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของระบบประสาทส่วนกลาง และระบบประสาท อัตโนมัติซิมพาเทติก เพื่อให้ร่างกายสามารถปรับสภาพให้ทันกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป จาก การศึกษาผลของภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนในไก่ของ Beer et al. (1989) พบว่าเมื่อเลี้ยงไก่ที่ อุณหภูมิ $22-25^{\circ}\text{C}$ เปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 37°C องศาเซลเซียส อุณหภูมิร่างกายของไก่เพิ่มขึ้นจาก 41.9°C ไปเป็น 43.2°C ส่งผลทำให้ไก่มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นจาก 25 ครั้งต่อนาทีเป็น 195 ครั้งต่อนาทีและอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นจาก 318 ครั้งต่อนาทีเป็น 373 ครั้งต่อนาทีตามลำดับ ซึ่ง กระบวนการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวที่เกิดขึ้นเป็นไปเพื่อรักษาระดับของอุณหภูมิร่างกาย โดยไก่ พยายามลดอุณหภูมิร่างกายลงเรียกไก่ที่อยู่ในภาวะนี้ว่าไก่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน (วรพลและสุจินต์, 2545) ซึ่งประกอบด้วย 4 กระบวนการด้วยกันคือ การแผ่รังสีความร้อน (radiation) การนำความร้อน (conduction) การพาความร้อน (convection) และการระเหยกลายเป็นไอ (evaporation) (Guyton, 1966) นอกจากนี้ไก่ยังมีการระบายความร้อนโดยผ่านทางน้ำที่ขับออกมา ทางไต (วรพลและสุจินต์, 2546ก) ซึ่งสอดคล้องกับการตรวจเอกสารของ Hoppe (1999) ที่พบว่าเมื่อ ไก่อยู่ในภาวะอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงไก่จะมีการตอบสนองของพฤติกรรมโดยกินน้ำเพิ่มขึ้น ใน ขณะเดียวกันก็มีการขับของเหลวออกทางทวารร่วม (cloaca) ในปริมาณมาก ของเหลวที่ถูกขับ ออกมามีลักษณะเหลวใส และมีความเข้มข้นต่ำกว่าน้ำปัสสาวะ วรพลและสุจินต์ (2546ก) อธิบายการ เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ดังนี้คือ เมื่อไก่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน ไก่จะกินน้ำมากขึ้นและมีการกรองน้ำและ ขับออกทางไตในปริมาณมาก เพื่อระบายความร้อนผ่านทางไต น้ำปัสสาวะเหล่านี้ จึงสะสมจำนวนมากที่ไต ส่งผลทำให้พบมีการสะสมของน้ำทั้งในเนื้อเยื่อ ท่อไตและภายในเซลล์ของไต

นอกจากนี้เมื่อไก่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนอุณหภูมิร่างกายไก่อจะสูงขึ้น ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงมากนี้จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์ของไตโดยทั่วไป ทั้งเซลล์เสื่อมเซลล์ตายเป็นต้น

นอกจากนี้วรพลและสุจินต์ (2546ข) ได้อธิบายการเปลี่ยนแปลงของตับในไก่เมื่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนจะพบว่า ตับเป็นกลุ่มเซลล์ที่มีไมโทคอนเดรียจำนวนมากและเป็นแหล่งสร้างความร้อนที่สำคัญ ดังนั้นเมื่อเกิดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน ตับจึงน่าจะเป็นอวัยวะที่ได้รับผลกระทบจากภาวะนี้ค่อนข้างรุนแรง เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิของร่างกายภายในบริเวณตับจะสูงขึ้นมาก ซึ่งความร้อนดังกล่าวอาจจะมีผลทำให้เซลล์ของตับเกิดความผิดปกติ โดยเฉพาะเยื่อหุ้มเซลล์จะถูกทำลายและเซลล์จะตาย นอกจากนี้ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน ยังส่งผลทำให้ความสามารถในการนำออกซิเจนไปยังเซลล์ตับลดลง เนื่องจากอุณหภูมิร่างกายที่สูงขึ้นจะทำให้การจับกันระหว่างออกซิเจนกับฮีโมโกลบินลดลง นอกจากนี้ค่าความเข้มข้นของฮีโมโกลบินและค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงของไก่เมื่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนจะลดลงด้วย การเปลี่ยนแปลงดังที่กล่าวมานี้อาจมีผล ทำให้เซลล์ของตับ ซึ่งมีความไวต่อการขาดออกซิเจนสูง เกิดภาวะขาดออกซิเจนและทำให้เซลล์เสื่อมตามมา โดยสิ่งที่ยืนยันว่าเซลล์เริ่มมีความผิดปกติคือ เซลล์ตับเริ่มมีการสะสมของเม็ดไขมันและหากเซลล์ตับพัฒนาจนกระทั่งอยู่ในระยะเซลล์เสื่อม และมีการสะสมไขมันจะเรียกเซลล์ในระยะนี้ว่าเซลล์เสื่อมแบบ fatty degeneration

ปอดของไก่เมื่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนจะมีเลือดออกใน parabronchus, alveolar duct และ alveolar sac โครงสร้างของปอดเกิดความเสียหายมีเซลล์ของเนื้อเยื่อปอดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ไก่ทั้ง 3 สายพันธุ์ยังพบเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจเสื่อมกล้ามเนื้อหัวใจฉีกขาด มีเลือดออกระหว่างกล้ามเนื้อหัวใจ และมีเม็ดเลือดขาวมาสะสมบริเวณของอวัยวะที่เกิดความเสียหาย ผลจากการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของวรพลและสุจินต์ (2546ค) ซึ่งวรพลและสุจินต์ (2546ค) ได้ อธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นว่า โดยทั่วไปการทำงานของปอดและหัวใจ จะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทอัตโนมัติ ซิมพาเทติก เพื่อให้ร่างกายสามารถปรับสภาพให้ทันกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป ซึ่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวที่เกิดขึ้นเป็นไปเพื่อรักษาระดับของอุณหภูมิร่างกาย โดยไก่พยายามลดอุณหภูมิร่างกายลง การระบายความร้อนของไก่เมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นนั้น มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการทำงานของหัวใจและระบบหายใจ เนื่องจากหัวใจต้องทำหน้าที่สูบฉีดเลือด ที่มีอุณหภูมิสูงภายในร่างกายที่อยู่ลึกลงไปมายังผิวหนัง เพื่อให้สามารถถ่ายเทออกสู่สิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น รวมถึงการเพิ่มอัตราการหายใจเพื่อให้สามารถพาไอน้ำที่มีความร้อนออกมาจากร่างกายด้วย ผลจากการทำงานที่มากกว่าปกติดังกล่าวข้างต้น ส่งผลทำให้เกิดพยาธิสภาพขึ้นทั้งที่หัวใจและปอด โดยเมื่อพิจารณาจากพยาธิสภาพของปอดแล้วพบว่าการคั่งของเลือดในเส้นเลือดที่ปอด นอกจากนี้ยังพบเลือดออกกระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวบ่งชี้ได้ว่าไกมีการปรับตัวโดยพยายามส่งเลือดไปที่ปอดให้มากขึ้น โดยมีสาเหตุสำคัญสองประการ คือ ต้องการหายใจเพื่อรับออกซิเจนให้ได้มากขึ้น และเพื่อขับเลือดที่มีความร้อนสูงไปที่ปอดเพื่อระบายออกสู่ภายนอกด้วยวิธีระเหยออกมากับไอน้ำ นอกจากนี้หัวใจจะต้องพยายามขับเลือดไปที่ปอดเพื่อระบาย

ความร้อนและรับออกซิเจน หลังจากที่ถูกเลือดจากปอดกลับมายังหัวใจ หัวใจก็จะสูบฉีดเลือดไปทั่วร่างกายเพิ่มมากขึ้น เพื่อระบายความร้อนออกจากร่างกายบริเวณผิวหนัง เมื่อทำการตรวจลักษณะทางพยาธิสภาพของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจพบว่า ในไก่ทุกตัวเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจมีความเสียหายมาก โดยเฉพาะการฉีกขาดของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ สำหรับบริเวณที่กล้ามเนื้อหัวใจเกิดความเสียหายพบว่าไม่มีเม็ดเลือดขาวมาสะสมจำนวนมาก การที่มีเม็ดเลือดขาวเข้ามานั้น เกิดขึ้นเนื่องมาจากการเข้ามาเพื่อเก็บกินเนื้อเยื่อที่เกิดความเสียหายซึ่งสอดคล้องกับการตรวจเอกสารของ Harmon (1998) ที่พบว่าเมื่อเกิดการอักเสบและความเสียหายขึ้น จะมีการเพิ่มจำนวนของเม็ดเลือดขาวชนิดต่างๆยังบริเวณที่เกิดการเสียหายนั้น เพื่อทำลายหรือเก็บกินสิ่งแปลกปลอม

การเปลี่ยนแปลงของระดับพลาสมาโซเดียมและคลอไรด์

จากการศึกษาของ Deyhim and Teerter (1995) และ Borges et al. (1999) พบว่าเมื่อไก่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนจะมีผลทำให้ระดับของโซเดียมในเลือดลดลง ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวอาจเกิดขึ้น เมื่อไก่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนและระบบการทำงานของฮอร์โมน aldosterone ที่ถูกกระตุ้นพร้อมกับการหลั่งของฮอร์โมน glucocorticoid (กระตุ้นจาก ACTH) (Ewing et al., 1999) ยังสามารถทำงานได้เป็นปกติจึงทำให้ไก่มีการดูดกลับโซเดียมที่ท่อไตได้ ในขณะที่มีการขับถ่ายปัสสาวะออกไปมาก (Belay and Teerter, 1993; Hoppe, 1999) จึงทำให้ระดับของโซเดียมในร่างกายสูงเนื่องจากโซเดียมถูกดูดกลับมาก ขณะที่ร่างกายไก่อเสียน้ำไปกับมูลมากแต่ปริมาณโซเดียมในร่างกายยังคงเท่าเดิมหรือเปลี่ยนแปลงไม่มาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Deyhim and Teerter (1995) และ Borges et al. (1999) ซึ่งพบว่าเมื่อไก่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนจะมีผลทำให้ระดับของโซเดียมในเลือดลดลง นอกจากนี้จากการศึกษาของวรพลและสุจินต์ (2546ค) ซึ่งได้ทำการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงทางจุลพยาธิวิทยาของไต ในไก่เนื้อ เมื่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนพบว่า ไตเกิดการบวมน้ำและมีการสะสมของน้ำภายในโครงสร้างไต โดยเฉพาะบริเวณช่องว่างของท่อไต และมีเลือดออกกระจายอยู่ทั่วไประหว่างท่อไต ท่อรวมน้ำปัสสาวะและชั้นไตเยื่อหุ้มไต นอกจากนี้ยังพบเซลล์เยื่อบุของท่อไตเกิดการเสื่อมแบบมีการสะสมไขมัน ซึ่งพยาธิสภาพและพฤติกรรมการขับถ่ายน้ำออกทางปัสสาวะของไก่จำนวนมากนี้ น่าจะมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงระดับของโซเดียมในร่างกายไก่ และเมื่อไก่อยู่ในภาวะอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงแล้วเป็นเวลา 21 วัน ไก่สามารถปรับตัวได้ (Aengwanich et al., 2003c)

การเปลี่ยนแปลงของระดับพลาสมาโปแตสเซียม

จากการศึกษาของ Deyhim and Teerter (1995) และ Borges et al. (1999) พบว่าเมื่อไก่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนแล้วจะทำให้ระดับของโปแตสเซียมในเลือดลดลง แต่จากการศึกษาของทั้ง 2 คนที่กล่าวมาเป็นการศึกษาแบบเฉียบพลัน (acute heat stress) ดังนั้นจึงไม่ทำให้ไก่เกิดความผิดปกติอะไรมากนัก เนื่องจากไม่ก่อให้เกิดพยาธิสภาพจนทำให้ระดับของโปแตสเซียมในเลือด

ของไก่อเพิ่มขึ้น ขณะที่ไก่อเกิดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนแบบเฉียบพลันนี้ ระดับโปแตสเซียมของไก่อจะลดลงเนื่องจากไก่อหายใจมากเกินไปจนทำให้เสียคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไปจนทำให้ไก่อเกิดภาวะเลือดเป็นด่าง (alkalosis) (Daghir, 1995) แล้วมีการดึงเอาโปแตสเซียมจากของเหลวภายนอกเซลล์เข้าสู่ภายในเซลล์ของไก่อ จึงทำให้ระดับโปแตสเซียมในเลือดลดลง ส่วนไก่อที่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนแบบเรื้อรัง (chronic) จะมีระดับของโปแตสเซียมในเลือดสูง (hyperkalemia) อาจมีสาเหตุมาจากเนื้อเยื่อของไตผิดปกติ ภาวะการขาดน้ำ (dehydration) และการเกิดภาวะโลหิตจางเนื่องจากเม็ดเลือดแดงแตกในเส้นเลือด (Ritchie et al., 1994) ซึ่งภาวะความผิดปกติเหล่านี้สอดคล้องกับการศึกษา ผลของภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนเป็นเวลานาน ที่ส่งผลทำให้เกิดความผิดปกติของระบบต่างๆ ของ วรพลและสุจินต์ (2546ก); วรพลและสุจินต์ (2546ข); วรพลและสุจินต์ (2546ค); Aengwanich (2002); Aengwanich et al. (2003a) และ Aengwanich et al. (2003b) ตามลำดับ โดยจะพบว่าภาวะดังกล่าวมีผลทำให้เกิดความผิดปกติของเนื้อเยื่อไต ตับ ปอดและหัวใจ และเกิดการแตกของเม็ดเลือดแดงภายในเส้นเลือด ซึ่งอาจมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับพลาสมาโปแตสเซียมของไก่อ

ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิล

เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลสามารถพบได้ในระบบหมุนเวียนเลือดของสัตว์ปีก ที่ทำหน้าที่ในระบบภูมิคุ้มกันแบบฟั้งเซลล์ (Ritchie et al., 1994) เม็ดเลือดขาวชนิดนี้จะเป็นเม็ดเลือดขาวกลุ่มแรกที่ตอบสนองต่อการติดเชื้อและการอักเสบของร่างกาย (Harmon, 1998) ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจาก เมื่อไก่ออยู่ในภาวะเครียดระดับของฮอร์โมน กลูโคคอร์ติคอยด์ของไก่อจะเพิ่มขึ้น ซึ่งฮอร์โมนดังกล่าวจะมีผลทำให้ เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลเข้าสู่กระแสเลือดมากขึ้น (Jain, 1993) สอดคล้องกับการศึกษาของ Altan et al. (2000a) และ Borges et al. (1999) ที่พบว่าเมื่อไก่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนแล้วค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลของไก่อจะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ วรพลและสุจินต์ (2546ก) วรพลและสุจินต์ (2546ข) Aengwanich et al. (2003a) และ Aengwanich et al. (2003b) ได้ทำการศึกษาผลของภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน ต่อความผิดปกติของเนื้อเยื่อของอวัยวะภายใน เช่น ปอด หัวใจ ตับ ไต พบว่าอวัยวะภายในดังกล่าวของไก่อจะเกิดความเสียหายและเกิดการอักเสบเมื่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน จึงทำให้มีการเพิ่มขึ้นของเม็ดเลือดขาวชนิดนี้ในกระแสเลือด

ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์

เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์เป็นเม็ดขาวที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันชนิดฟั้งเซลล์และไม่ฟั้งเซลล์ ประกอบด้วยเม็ดเลือดขาว 2 ชนิดคือ เม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์ชนิด B - cell และเม็ดเลือดขาวชนิด T- cell ซึ่งเม็ดเลือดขาวทั้ง 2 ชนิดนี้จะทำงานร่วมกันในการป้องกัน สิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกายและสร้างภูมิคุ้มกัน (Downing and Bryden, 2002) ในสัตว์ปีกเม็ดเลือดขาวชนิด

ลิมโฟไซต์ชนิดจะ B - cell และเม็ดเลือดขาวชนิด T- cell จะพัฒนาและทำให้สามารถทำงานได้ (maturation) ที่ต่อมเบียร์ช่าและต่อมไทมัสตามลำดับ (Whittow, 2000) จากนั้นจึงเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดเพื่อทำหน้าที่ในระบบภูมิคุ้มกัน จากการศึกษาของ Puvadolpirod and Thaxton (2000) พบว่าเมื่อไก่ออยู่ในภาวะเครียดจะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ วรพลและคณะ(2545) Altan et al., (2000a) และ Borges et al. (1999) ที่พบว่าเมื่อไก่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนแล้วทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ลดลง การลดลงของค่าดังกล่าวนี้เกิดขึ้นเนื่องมาจากอิทธิพลของฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ (Jain, 1993) เมื่อไก่ออยู่ในภาวะเครียดไก่อจะมีการหลั่งฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ออกมา (Downing and Bryden, 2002) ซึ่งฮอร์โมนดังกล่าวนี้จะมีผลทำให้จำนวนของเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ในกระแสเลือดลดลง ขณะเดียวกันจะเพิ่มจำนวนของเม็ดเลือดขาวชนิดนี้ในเนื้อเยื่อ (Jain, 1993)

ค่าอัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์

ค่าอัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์เป็นค่าสังเกต ที่ถูกนำมาใช้วัดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนในไก่ ที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย (Puvadolpirod and Thaxton, 2000) และในปัจจุบันถือได้ว่าเป็นค่าสังเกตที่ดีในการประเมินภาวะเครียดแบบเรื้อรังของไก่ (Gross and Siegel, 1983) เนื่องจากเดิมนั้นการประเมินภาวะเครียดในไก่อักจะจะใช้ค่าของระดับฮอร์โมน corticosterone (Moberg, 1985; Balm, 1999; Downing and Bryden, 2002; Ewing et al., 1999) แต่เนื่องจากค่าดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างสูงและไม่แน่นอน (Widosky, 1989) จึงทำให้ผลการศึกษาลาดเคลื่อนได้ง่าย จากการศึกษาของวรพลและคณะ (2545), Gross and Siegel (1983), Aengwanich (2002), Aengwanich and Chinrasri (2002), Aengwanich and Simaraks (2003), Aengwanich et al. (2003a), Aengwanich et al. (2003b) พบว่าเมื่อไก่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนค่าอัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ ของไก่อจะเพิ่มขึ้น

พลาสมากลูโคส

กลูโคสเป็นแหล่งของพลังงานที่ทุกเซลล์ภายในร่างกายมีการใช้อยู่ตลอดเวลา ดังนั้นสัตว์จะต้องมีการรักษาระดับของกลูโคสในเลือดให้มีระดับคงที่ (Ritchie et al., 1994) ซึ่งส่วนใหญ่การรักษาระดับกลูโคสจะเกี่ยวข้องกับฮอร์โมนอินซูลิน กลูคาγον และคาร์ติโคลามีน (Horton et al., 1996) การเปลี่ยนแปลงระดับกลูโคสในเลือดเกิดขึ้นจากสาเหตุหลายประการเช่น กลัว ตกใจ และอยู่ในภาวะเครียด (Bush, 1991) เป็นต้น จากการศึกษาของ Puvadolpirod and Thaxton (2000) พบว่าเมื่อให้ ACTH แก่ไก่เพื่อศึกษาแบบจำลองสำหรับภาวะเครียดที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา

พบว่าระดับกลูโคสของไก่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Yuming et al.(1998) และ Zulkifli et al. (2000) ที่พบว่าเมื่อไก่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนระดับพลาสมากลูโคสของไก่จะเพิ่มขึ้น

พลาสมาโคเลสเตอรอล

เมื่อไก่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน จะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีหลายประการ เช่น กรดไขมัน สอร์โอมและเอนไซม์ในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของสอร์โอมคาคิโคลามีนและกลูโคคอร์ติคอยด์ ซึ่งสอร์โอมทั้ง 2 ชนิดนี้จะออกฤทธิ์กระตุ้นการทำงานของสอร์โอมกลูคากอน ซึ่งมีฤทธิ์แย่งจับกับสอร์โอมอินซูลินทำให้เกิดการยับยั้งการทำงานของสอร์โอมและสอร์โอมคาคิโคลามีน ส่งผลทำให้ร่างกายเกิดภาวะอินซูลินในเลือดต่ำ (Devries and Housh, 1994; Esmay et al., 1978) เมื่อสอร์โอมกลูคากอนสูงขึ้นจะมีผลทำให้เกิดการสลายตัวของไกลโคเจนที่ตับและกล้ามเนื้อ รวมทั้งมีการสลายเนื้อเยื่อไขมันและกล้ามเนื้อได้เป็นกรดไขมันและกรดอะมิโน โดยสารประกอบในกลุ่มไขมันที่เพิ่มขึ้นได้แก่ไตรกลีเซอไรด์โคเลสเตอรอล และ high density lipoprotein (HDL) (Puvadolpirod and Thaxton, 2000) โคเลสเตอรอลเป็นไขมันหลักและเป็นสารตั้งต้นของสอร์โอมสเตียรอยด์ การเพิ่มขึ้นของโคเลสเตอรอลในเลือดเกิดขึ้นเมื่อระดับไขมันในเลือดสูงรวมกับการเกิด fatty degeneration นอกจากนี้ยังพบได้ในกรณีที่เกิดความเสียหายแก่ตับ (Ritchie et al., 1994) และเมื่อไก่เกิดภาวะเครียดระดับของโคเลสเตอรอลในเลือดของไก่จะเพิ่มขึ้น (Puvadolpirod and Thaxton, 2000)

พลาสมาเอนไซม์กลูตามิกออกซาลอะซีติกทรานซามิเนส

เอนไซม์กลูตามิกออกซาลอะซีติกทรานซามิเนส เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ transamination ของกรดอะมิโนภายในเซลล์โดยทั่วไปและจะถูกปล่อยออกมาสู่กระแสเลือด หลังจากเนื้อเยื่อเสียหายหรือเกิดเซลล์ตายภายในอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ กลัยโคไลซิส (glycolysis) (Kuchel and Ralston, 1988) ซึ่งสามารถพบได้ในตับ กล้ามเนื้อหัวใจ สมองและเซลล์ไต แต่โดยทั่วไปจะพบมากที่ตับและกล้ามเนื้อ (Ritchie et al., 1994; Bush, 1991; Kuchel and Ralston, 1988) การเพิ่มขึ้นของเอนไซม์กลูตามิกออกซาลอะซีติกทรานซามิเนสในสัตว์ปีก จะบ่งชี้ถึงการทำงานของตับและกล้ามเนื้อหัวใจเสียหายส่วนเอนไซม์ครีเอตินไคเนส (creatin kinase) จะบ่งชี้เฉพาะกล้ามเนื้อเสียหาย (Ritchie et al., 1994) เมื่อเกิดความผิดปกติของอวัยวะเหล่านี้ จะส่งผลทำให้เอนไซม์กลูตามิกออกซาลอะซีติกทรานซามิเนสในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น (Ritchie et al., 1994; Bush, 1991; Kuchel and Ralston, 1988) จากการศึกษาของ Borgin et al.(1996) พบว่าเมื่อไก่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน จะมีผลทำให้ระดับของเอนไซม์กลูตามิกออกซาลอะซีติกทรานซามิเนสเพิ่มขึ้น

ปริมาณการกินได้และน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน

Stillbon et al. (1988), McFalane et al. (1989), May and Lott (1992), Michell and Carlisle (1992), Teeter et al. (1992), Kutlu and Forbes (1993), McKee and Harrison (1995), McKee et al. (1997), Belucio et al. (1999), Mehta and Singari (1999), Yuming et al. (1999), Oliveira et al. (2000), Deed and Cahaner (2001) และ Xin et al. (2002) พบว่าเมื่อไก่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนปริมาณการกินได้ของไก่ลดลง ขณะที่ Pardue et al. (1985), Stillbon et al. (1988), McFalane et al. (1989), Cahaner and Leenstra (1992), Michell and Carlisle (1992), Kutlu and Forbes (1993), Eberhart and Washburn (1993), Yahav et al. (1997), McKee et al. (1997), Cooper and Washburn (1998), Yuming et al. (1998), Mehta and Singari (1999), Altan et al. (2000b), Oliveira et al. (2000), Temin et al. (2000) และ Deeb and Cahaner (2001) พบว่าเมื่อไก่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวันของไก่จะลดลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตของไก่ลดลง

กิจกรรมเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดสและ TBARS ในไข่

Omaye and Tappel (1974) รายงานว่ากิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดสในแต่ละเนื้อเยื่อของไก่เรียงจากมากไปหาน้อยคือ ตับ > หัวใจ > เม็ดเลือด > ปอด > พลาสมา > ตับอ่อน นอกจากนี้ Fidler et al. (1980) ทำการทดลองเสริมโซเดียมซีลีไนท์ในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0.2, 0.4 และ 0.6 พีพีเอ็ม พบว่าเมื่อระดับซีลีเนียมในอาหารเพิ่มขึ้นระดับของกิจกรรมเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดสในตับจะสูงกว่าในพลาสมา สอดคล้องกับผลการทดลองของ Surai (2000) ที่เสริมซีลีไนท์ไทโอนในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0.00-14.00 พีพีเอ็ม ที่อายุ 1-24 วัน พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดสในตับไก่ไข่สูงจะขึ้น เมื่อระดับซีลีเนียมในอาหารไก่ไข่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากซีลีเนียมซึ่งสามารถทำงานร่วมกับกลูตาไทโอน ซึ่งมีส่วนช่วยในปฏิกิริยาการกำจัดอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ Lin et al. (2006) ทำการศึกษาผลของภาวะเครียดออกซิเดชันในไก่เนื้อโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้รับความร้อนสูง (อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส) และกลุ่มที่รับอุณหภูมิปกติ (อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส) แล้ววัดระดับของ TBARS ในชั่วโมงที่ 0, 3 และ 6 พบว่าระดับ TBARS ในชั่วโมงที่ 6 ของกลุ่มที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงจะสูงกว่ากลุ่มที่รับอุณหภูมิปกติ นอกจากนี้ระดับของ TBARS ในตับของไก่ในชั่วโมงที่ 3 และ 6 ของกลุ่มที่ได้รับความร้อนสูงจะมีระดับสูงกว่ากลุ่มที่รับอุณหภูมิปกติ ทั้งชั่วโมงที่ 3 และ 6 ส่วนระดับ TBARS ในหัวใจพบว่ากลุ่มที่ได้รับความร้อนสูงและกลุ่มที่รับอุณหภูมิปกติไม่แตกต่างกัน ส่วน Sahin et al. (2001) ทำการศึกษาผลของการเสริมวิตามินอีภายใต้สภาวะเครียดในไก่กระทรงภายใต้อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส โดยเสริมวิตามินอีที่ระดับ 0, 62.5, 125, 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร พบว่าการเพิ่ม

ระดับวิตามินอีในอาหารภายใต้อุณหภูมิสูง มีผลทำให้มาลอนไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde, MDA) ในกระแสเลือดและตับลดลง

อนุมูลอิสระกับการแตกของเม็ดเลือดแดงในไก่เนื้อ

เมื่อไก่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง จะมีผลต่อพฤติกรรมและการตอบสนองทางสรีรวิทยาของ ซึ่งจะมีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลง กตุมิคุ้มกันและอัตราการตายของไก่เพิ่มสูงขึ้น (Mujahid et al., 2005) นอกจากนี้ขณะที่ไก่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนร่างกายของไก่จะมีการสร้างอนุมูลอิสระเกิดขึ้นมากกว่าปกติและโมเลกุลเหล่านี้จะก่อให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชันทั้งในไก่เนื้อ ไก่ไข่และนกกระทา (Lin et al., 2008) นอกจากนี้ภาวะดังกล่าวยังมีผลทำให้สถานภาพของการต้านอนุมูลอิสระภายในร่างกายของสัตว์ปีกเสียไป เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอนุมูลอิสระ โดยทั่วไปการเกิดภาวะ ลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) ในซีรัมและเนื้อเยื่อ มีผลทำให้เกิดความเสียหายต่อชีวโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ ส่งผลให้เซลล์เกิดความเสียหายหรือสูญเสียหน้าที่ไป (Maini et al., 2007) ภาวะเครียดออกซิเดชันมีบทบาทสำคัญในทางสรีรวิทยาและพยาธิวิทยาหลายประการ รวมทั้งกลไกที่ก่อให้เกิดภาวะชราภาพของเซลล์เม็ดเลือดแดง (aging process of red blood cells) การที่เม็ดเลือดแดงสัมผัสกับอนุมูลอิสระจะมีผลทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของเม็ดเลือดแดงมีการเปลี่ยนแปลง เช่น การเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน ความสามารถในการคงรูปร่างของเม็ดเลือดแดงลดลง การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์ และเม็ดเลือดแดงแตก (hemolysis) ซึ่งการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชันและออกซิเดชันของโปรตีนที่เยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง หรือทั้ง 2 กระบวนการเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้เกิดเม็ดเลือดแดงแตก (Zou et al., 2001).

องค์ประกอบของสารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะขาม

Gu et al. (2003) ทำการศึกษาองค์ประกอบของสารที่สกัดได้จากเปลือกเมล็ดมะขามพบว่า มี procyanidin oligomers 29.32 กรัมต่อกิโลกรัม และ high molecular weight tannins เท่ากับ 101.89 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ Sudjaroen et al. (2005) ยังได้รายงานองค์ประกอบของสารสกัดที่ได้จากเปลือกเมล็ดมะขามว่าประกอบด้วย procyanidins เป็นหลัก โดยส่วนใหญ่จะเป็น oligomeric procyanidin tetramer (30.2%), procyanidin hexamer (23.8%), procyanidin trimer (18.1%), procyanidin pentamer (17.6%), และมี procyanidin B₂ (5.5%) และ (-)-epicatechin (4.8%) เล็กน้อย ซึ่งสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก (phenolic compound) เหล่านี้มีฤทธิ์ทางชีววิทยาในการเก็บกักอนุมูลอิสระกลุ่มออกซิเจน (ROS) ลดการก่อให้เกิดความเสียหายที่มาจากภาวะออกซิเดชัน (Sudjaroen et al., 2005) และลดการเกิดภาวะลิพิดเปอร์ออกซิเดชันทั้งในหลอดทดลอง (Tsuda et al., 1993) และสัตว์ทดลอง (Martinello et al., 2006).

ระเบียบวิธีวิจัย

การจัดสภาพโรงเรือนทดลอง

1. โรงเรือนทดลองไก่ที่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน

- เป็นโรงเรือนทดลองทรงสูงวางตัวในแนวทิศตะวันออก – ตะวันตก
- แบ่งกันห้องขนาด 70 ลบ.ม. ผนังทุกด้านเป็นตาข่ายบุด้วยผ้าพลาสติกหนา สีดำทุกด้าน
- ติดพัดลมดูดอากาศ 2 ตัวซึ่งต่อเข้ากับ Digital Thermostate และ Timer relay เพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในห้อง
- ติด Hygrometer เพื่อตรวจอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
- โดยให้ความร้อนโดยใช้ Heater ขนาด 3,000 วัตต์ ควบคุมอุณหภูมิโดย Digital Thermostat
- อุณหภูมิที่ใช้เลี้ยงไก่จะเป็นแบบวงจร (cyclic) เพื่อให้ไก่มีโอกาสพักกินอาหารโดยจะเลียนแบบอุณหภูมิตามธรรมชาติ ระดับอุณหภูมิจะอยู่ระหว่าง 26 ± 2 - 38 ± 2 - 26 ± 2 องศาเซลเซียส โดยไก่จะสัมผัสกับช่วงอุณหภูมิ 38 ± 2 องศาเซลเซียส วันละ 5 ชั่วโมง

2. โรงเรือนทดลองไก่ที่อยู่ในภาวะอุณหภูมิปกติ

เลี้ยงไก่ในห้องปรับอุณหภูมิที่เป็นห้องปรับอากาศ โดยควบคุมอุณหภูมิในช่วง 26 ± 2 องศาเซลเซียส

การจัดสัตว์ทดลองลงในหน่วยทดลอง

สัตว์ทดลองจะถูกเลี้ยงบนกรงดับที่ใช้เลี้ยงไก่ไข่ที่จัดไว้ภายในห้องปรับอุณหภูมิเพื่อเก็บข้อมูลรายตัวโดยจะจัดไก่ให้อยู่ในกรงละ 7 ตัว

การวางแผนการทดลอง

ออกแบบการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Split plot in time in CRD มี 6 ทรีตเมนต์ได้แก่ กลุ่มควบคุม (ไก่ที่อุณหภูมิ 26 ± 2 องศาเซลเซียส) ไก่ได้รับสารสกัดจากผงเมล็ดมะขาม 0, 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ตามลำดับ แต่ละทรีตเมนต์มี 3 ซ้ำ โดยใช้ไก่เนื้อหน่วยทดลองละ 7 ตัว

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SAS (SAS, 1990) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) (Duncan, 1955) และกำหนดความเชื่อมั่นที่ระดับ $P < 0.05$

ค่าสังเกตที่เก็บจากการทดลอง

1. ค่าอัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโอฟิลต่อเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ (heterophil: lymphocyte ratio) ค่ากิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดสจากเยื่อหุ้มเซลล์ของเม็ดเลือดแดงและ TBARS
3. จำนวนเม็ดเลือดแดงทั้งหมด เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่น ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ค่า MCV, MCH, MCHC ระดับของบิลิรูบินในเลือดและมูลของไก่เนื้อ
4. อุณหภูมิร่างกาย อัตราการหายใจ เม็ดเลือดขาวชนิดต่างๆ ได้แก่ เฮเทอโอฟิล ลิมโฟไซต์ โมโนไซต์ แบซิฟิลและอีโอซิโนฟิล และน้ำหนักตัวไก่ (เพิ่มเติม)
5. พยาธิสภาพของเม็ดเลือดแดงที่ตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิด SEM และ TEM

กิจกรรมวิจัย

1. นำไก่เนื้อสายพันธุ์ที่ผลิตในเชิงการค้า 130 ตัว มาเลี้ยงในโรงเรือนทดลอง ทำวัคซีนตามโปรแกรม เมื่ออายุได้ 18 วัน นำไก่ขึ้นเลี้ยงบนกรงตับไก่ให้ชินกับสภาพการเลี้ยงเป็นเวลา 7 วัน โดยให้อาหารและน้ำแก่ไก่แบบเต็มที่ตลอดเวลา
2. จัดไก่แยกเลี้ยงใน 2 สภาวะในโรงเรือนทดลองที่จัดสภาพของอุณหภูมิ สิ่งแวดล้อมเป็น 2 แบบ คือโรงเรือนที่มีสภาพอุณหภูมิร้อน ($38 \pm 2^{\circ}\text{C}$) และโรงเรือนสภาพอุณหภูมิปกติ ($26 \pm 2^{\circ}\text{C}$) โดยแบ่งไก่ทรีตเมนต์แรก (กลุ่มควบคุม) เลี้ยงในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิ $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$ และสุมทรีตเมนต์ที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 เลี้ยงในโรงเรือนที่มีสภาพอุณหภูมิร้อน ($38 \pm 2^{\circ}\text{C}$)
3. เก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือด Cervical vein (Ritchie et al., 1994) แบ่งเลือดออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก ไม่ใส่สารป้องกันการแข็งตัวของเลือดเพื่อแยกซีรัมสำหรับตรวจค่า TBARS ส่วนที่สอง ใส่สารป้องกันการแข็งตัวของเลือดชนิด EDTA (Campbell, 1995) แบ่งเลือดออกเป็นสองส่วน ส่วนแรก นำไปปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกเม็ดเลือดสำหรับนำไปตรวจหากิจกรรมเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส ส่วนพลาสมานำไปตรวจหาระดับของบิลิรูบินในเลือด และส่วนที่สอง นำไปตรวจหาค่าจำนวนเม็ดเลือดแดงทั้งหมด เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่น ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ค่า MCV, MCH, MCHC และนับแยกชนิดเม็ดเลือดขาว โดยเก็บตัวอย่างเลือดในช่วงเวลาที่ไก่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิ 38 ± 2 องศาเซลเซียสแล้ว 2 ชั่วโมง (ในวันที่ 1, 7, 14 และ 21 ของการทดลอง)

4. ตัวอย่างเลือดที่เก็บในวันที่ 1 และ 14 ของการทดลอง นำไปศึกษาความผิดปกติของเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิด SEM และ TEM
5. เก็บข้อมูลอุณหภูมิร่างกายและอัตราการหายใจของไก่ในวันที่ 1, 7, 14 และ 21 ของการทดลอง
6. ทำการเก็บมูลของไก่หน่วยทดลองละ 5 ตัวเพื่อนำไปตรวจหาระดับของบิลิรูบินในมูลในวันที่ 1, 7, 14 และ 21 ของการทดลอง
7. เก็บข้อมูลน้ำหนักตัวของไก่ในสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4 ของการทดลอง
8. บันทึกข้อมูล

ผลการทดลอง

1. อุณหภูมิร่างกาย (Body temperature) (เก็บเพิ่มเติม)

วันที่ 1, 7 และ 21 ของการทดลอง อุณหภูมิร่างกายของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ สูงกว่าไก่เนื้อที่อุณหภูมิ $26\pm 2^{\circ}\text{C}$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในสิ่งแวดล้อมที่อุณหภูมิ $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิร่างกายของไก่เนื้อที่ได้รับโพลีฟีนอลที่สกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (Table 1)

Table 1. Body temperature (BT) of broilers maintained at $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, and broilers maintained in the environmental temperature at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.

		Environmental temperature							
Parameter	Days	26±2 °C	38±2 °C						SEM
		0	100	200	300	400	500		
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
BT (°C)	1	40.64 ^b	42.71 ^a	43.00 ^a	42.93 ^a	43.02 ^a	43.71 ^a	43.05 ^a	0.27
	7	40.53 ^b	42.63 ^a	42.77 ^a	42.82 ^a	43.37 ^a	43.16 ^a	42.43 ^a	0.29
	14	40.86	42.02	42.41	42.16	42.61	42.37	41.87	0.22
	21	39.95 ^b	41.37 ^a	41.79 ^a	41.96 ^a	41.71 ^a	41.91 ^a	41.71 ^a	0.16
	Mean	40.50 ^b	42.18 ^a	42.49 ^a	42.47 ^a	42.68 ^a	42.79 ^a	42.27 ^a	0.24

^a and ^b within row, mean with no common superscript differ significantly ($P<0.05$);

BT=body temperature; SEM = standard error of the mean.

2. อัตราการหายใจ (Respiratory rate) (เก็บเพิ่มเติม)

ในวันที่ 1 อัตราการหายใจของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C สูงกว่าอัตราการหายใจของไก่ที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในสิ่งแวดล้อมที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C อัตราการหายใจของไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลที่สกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 100, 200, 300 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ต่ำกว่าอัตราการหายใจของไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับสารโพลีฟีนอลที่สกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในวันที่ 7, 14 และ 21 ของการทดลอง อัตราการหายใจของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C สูงกว่าอัตราการหายใจของไก่ที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิ 38 ± 2 °C อัตราการหายใจของไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับสารโพลีฟีนอลที่สกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (Table 2)

Table 2. Respiratory rate (RR) of broilers maintained at 26 ± 2 °C, and broilers maintained in the environmental temperature at 38 ± 2 °C and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.

		Environmental temperature							
Parameter	Days	26±2 °C	38±2 °C					SEM	
			0	100	200	300	400		500
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		mg/kg
RR (B/M)	1	46.80 ^c	109.53 ^b	103.53 ^b	133.73 ^b	111.87 ^b	109.73 ^b	189.00 ^a	5.55
	7	38.13 ^b	201.47 ^a	196.67 ^a	206.80 ^a	206.27 ^a	199.60 ^a	202.00 ^a	2.02
	14	52.20 ^b	199.87 ^a	203.60 ^a	202.00 ^a	201.73 ^a	198.00 ^a	198.00 ^a	1.98
	21	50.50 ^b	184.76 ^a	190.46 ^a	192.38 ^a	195.39 ^a	199.97 ^a	180.10 ^a	6.06
	Mean	46.91 ^b	173.91 ^a	173.57 ^a	183.73 ^a	178.82 ^a	176.83 ^a	192.28 ^a	3.90

^a and ^b within row, mean with no common superscript differ significantly ($P < 0.05$); RR= respiratory rate; B/M=breath/minute; SEM = standard error of the mean.

3. อัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ (Heterophil/ lymphocyte ratio)

ในวันที่ 1 ของการทดลอง อัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ ของไก่ที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลที่สกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 300 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร ต่ำกว่าอัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ของไก่กลุ่มที่ได้รับสารโพลีฟีนอลที่สกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร และกลุ่มที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในวันที่ 7, 14 และ 21 ของการทดลอง อัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ ของไก่ที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (Table 3)

Table 3. Heterophil/ lymphocyte ratio of broilers maintained at 26 ± 2 °C, and broilers maintained in the environmental temperature at 38 ± 2 °C and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.

		Environmental temperature							
Parameter	Days	26+2 °C	38+2 °C					SEM	
			0	100	200	300	400		500
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
H/L ratio	1	0.14 ^a	0.17 ^a	0.08 ^{bc}	0.12 ^{ab}	0.06 ^c	0.06 ^c	0.07 ^{bc}	0.018
	7	0.12	0.11	0.13	0.18	0.21	0.14	0.12	0.026
	14	0.12	0.21	0.18	0.20	0.07	0.09	0.15	0.035
	21	0.15	0.13	0.14	0.10	0.14	0.11	0.09	0.028
	Mean	0.13	0.16	0.13	0.15	0.12	0.10	0.11	0.017

^{a,b and c} within row, mean with no common superscript differ significantly ($P < 0.05$); H/L ratio=heterophil/ lymphocyte ratio; SEM = standard error of the mean.

4. น้ำหนักตัว (Body weight) (เก็บเพิ่มเติม)

ในสัปดาห์ที่ 1 ของการทดลอง น้ำหนักตัวของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลที่สกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร และไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C สูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลที่สกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในวันที่

สัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 ของการทดลอง น้ำหนักตัวของไก่ที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C และไก่ที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลที่สกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 100, 200, 300, 400 and 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (Table 4)

Table 4. Body weight of broilers maintained at 26 ± 2 °C, and broilers maintained in the environmental temperature at 38 ± 2 °C and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.

		Environmental temperature							
Parameter	Weeks	26±2 °C	38±2 °C					SEM	
		0 mg/kg	100	200	300	400	500		
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
BW (g)	1	922.78 ^a	800.67 ^b	883.67 ^a	929.67 ^a	912.67 ^a	943.67 ^a	934.00 ^a	26.54
	2	1422.22	1398.00	1406.79	1419.33	1405.83	1413.68	1390.96	19.41
	3	1905.56	1867.17	1820.70	1867.17	1926.49	1941.27	1879.53	31.11
	4	2364.44	2367.36	2381.81	2377.04	2421.44	2455.43	2372.32	24.70
	Mean	1653.75	1608.30	1623.24	1648.30	1666.61	1688.51	1644.20	19.08

^a and ^b within row, mean with no common superscript differ significantly ($P < 0.05$); BW= body weight; SEM = standard error of the mean.

5. ระดับมาลอนไดอัลดีไฮด์ (Malondialdehyde, MDA)

วันที่ 1 ของการทดลอง ที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C หลังจากที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ระดับมาลอนไดอัลดีไฮด์ ของไก่เนื้อของไก่กลุ่มที่ได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและไก่เนื้อของไก่กลุ่มที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

วันที่ 7 ของการทดลองที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C ระดับมาลอนไดอัลดีไฮด์ของกลุ่มควบคุมและไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C ต่ำกว่าไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ($P < 0.05$) ระดับมาลอนไดอัลดีไฮด์ของกลุ่มควบคุมและไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ต่ำกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ($P < 0.05$) (Table 5)

Table 5. Malondialdehyde (MDA) of broilers were maintained at thermoneutral (26 ± 2 °C), and high environmental temperature (38 ± 2 °C) that received polyphenols at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in their diets.

		Environmental temperature							
Parameter	Days	26±2 °C	38±2 °C					SEM	
		0	100	200	300	400	500		
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
MDA (μmol)	1	78.62 ^{ab}	113.53 ^a	112.77 ^a	94.88 ^{ab}	86.05 ^{ab}	65.84 ^b	100.86 ^{ab}	10.76
	7	105.13 ^{bc}	92.08 ^c	201.68 ^a	144.93 ^b	100.49 ^{bc}	77.49 ^c	80.97 ^c	15.94
	14	68.47	70.49	78.90	70.87	67.48	68.86	77.50	7.24
	21	40.94	42.53	34.00	42.42	39.35	47.22	59.12	10.67
	Average	73.29 ^b	79.66 ^b	106.84 ^a	88.28 ^{ab}	73.34 ^b	64.85 ^b	79.61 ^b	7.76

a,b and c within row, mean with no common superscript differ significantly ($P < 0.05$); SEM = standard error of the mean.

6. เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) (เก็บเพิ่มเติม)

วันที่ 1 ของการทดลอง เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ ของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลที่สกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร สูงกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับสารโพลีฟีนอลที่สกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ ของไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) วันที่ 7 ของการทดลอง เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ ของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C และไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 200 และ 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร ($P > 0.05$) และในวันที่ 14 และ 21 ของการทดลอง, เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ ของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C และ 38 ± 2 °C ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (Table 6)

7. เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิล (Heterophil) (เก็บเพิ่มเติม)

วันที่ 1 ของการทดลอง เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร ต่ำกว่าไก่ที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร และไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) วันที่ 14 ของการทดลอง ไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้รับโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 300 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในวันที่ 7 และ 21 ของการทดลอง เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิล ของไก่เนื้อทั้ง 2 สิ่งแวดล้อมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (Table 6)

8. เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ (Monocyte) (เก็บเพิ่มเติม)

วันที่ 1 ของการทดลองเม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ ของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร สูงกว่า ไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร และไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$). ในวันที่ 7, 14 และ 21 ของการทดลอง เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ ของไก่เนื้อทั้งสองสิ่งแวดล้อมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (Table 6)

9. เม็ดเลือดขาวชนิดเบโซฟิล (Basophil) (เก็บเพิ่มเติม)

วันที่ 7 ของการทดลอง เม็ดเลือดขาวชนิดเบโซฟิลของไก่ที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 200 และ 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร และไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในวันที่ 1, 14 และ 21 ของการทดลอง เม็ดเลือดขาวชนิดเบโซฟิลของไก่ทั้ง 2 สิ่งแวดล้อมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (Table 6)

10. เม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิล (Eosinophil) (เก็บเพิ่มเติม)

วันที่ 1 เม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิลของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร และไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิลของ

Table 6. Heterophil, lymphocyte, monocyte, basophil and eosinophil of broilers maintained at 26 ± 2 °C, and broilers maintained in the environmental temperature at 38 ± 2 °C and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.

		Environmental temperature							
		26±2 °C		38±2 °C					
Parameter	Days		0	100	200	300	400	500	SEM
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
Heterophil (%)	1	10.74 ^a	11.28 ^a	5.71 ^b	9.33 ^a	4.95 ^b	4.06 ^b	5.28 ^b	1.14
	7	9.45	8.57	9.48	12.28	13.71	10.06	8.19	1.52
	14	7.67 ^{abc}	13.59 ^a	12.04 ^{ab}	12.71 ^{ab}	4.84 ^c	6.44b ^c	10.57 ^{abc}	1.95
	21	10.11	9.24	9.95	7.44	9.07	8.09	6.24	1.51
Lymphocyte (%)	1	74.13 ^{bc}	65.34 ^c	75.86 ^{ab}	75.14 ^{ab}	82.29 ^{ab}	84.46 ^a	80.47 ^{ab}	2.97
	7	76.37 ^a	75.85 ^a	74.08 ^{ab}	67.67 ^{bc}	65.80 ^c	71.62 ^{abc}	68.51 ^{abc}	2.45
	14	66.05	65.40	67.85	66.66	75.27	76.96	71.95	3.95
	21	69.83	68.80	67.96	73.00	68.98	73.04	71.76	3.83
Monocyte (%)	1	11.66 ^b	20.15 ^a	12.10 ^b	12.05 ^b	9.43 ^b	8.00 ^b	11.43 ^b	2.09
	7	11.95	12.71	13.05	14.67	15.43	14.25	19.76	1.69
	14	21.44	16.80	17.01	16.56	15.96	13.17	13.52	2.81
	21	15.89	16.54	17.38	14.85	18.43	16.27	18.00	3.00
Basophil (%)	1	2.38	2.20	2.57	1.86	2.53	3.01	2.38	0.38
	7	1.41 ^d	2.48 ^{cd}	2.57 ^{bcd}	4.36 ^a	4.24 ^{ab}	3.25 ^{abc}	3.09 ^{abcd}	0.52
	14	3.52	3.07	2.43	2.91	3.35	2.26	3.33	0.57
	21	3.22	3.73	3.08	3.87	2.78	1.72	3.38	0.44
Eosinophil (%)	1	1.09 ^{bc}	1.03 ^{bc}	3.76 ^a	1.62 ^b	0.81 ^{bc}	0.47 ^c	0.33 ^c	0.33
	7	0.82	0.38	0.71	1.03	0.81	0.81	0.44	0.24
	14	1.30	1.15	0.68	1.15	0.58	1.18	0.62	0.39
	21	0.94	1.69	1.68	0.84	0.75	0.88	0.62	0.28

a,b,c and b within row, mean with no common superscript differ significantly ($P < 0.05$); SEM = standard error of the mean.

ไก่เนื้อที่ได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และในวันที่ 7, 14 และ 21 ของการทดลอง เม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิล ของไก่เนื้อทั้ง 2 สิ่งแวดล้อมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (Table 6)

11. จำนวนเม็ดเลือดแดงทั้งหมด (Total red blood cell, TRBC)

วันที่ 7 จำนวนเม็ดเลือดแดงทั้งหมด ของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ $26\pm 2^{\circ}\text{C}$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จำนวนเม็ดเลือดแดงทั้งหมด ของไก่เนื้อที่ $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร สูงกว่า ไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร และไก่เนื้อที่ $26\pm 2^{\circ}\text{C}$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) วันที่ 14 จำนวนเม็ดเลือดแดงทั้งหมด ของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ และได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร สูงกว่าไก่ที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จำนวนเม็ดเลือดแดงทั้งหมด ของไก่เนื้อที่ $26\pm 2^{\circ}\text{C}$ สูงกว่าไก่เนื้อที่ $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 7)

12. เปอร์เซนต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่น (Packed cell volume, PCV)

วันที่ 1 ของการทดลอง เปอร์เซนต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่น ของไก่ที่อุณหภูมิ $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อ กลุ่มที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100, 200, 300, 400 and 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร ($P<0.05$) วันที่ 7 เปอร์เซนต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่น ของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 200 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหารและไก่เนื้อที่ $26\pm 2^{\circ}\text{C}$ ($P<0.05$) วันที่ 14 เปอร์เซนต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่น ของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ $26\pm 2^{\circ}\text{C}$ และไก่เนื้อที่อุณหภูมิ $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร ($P<0.05$) ในวันที่ 21 เปอร์เซนต์เม็ดเลือด

แดงอัดแน่น ของไก่เนื้อที่ ที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C และไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร ($P < 0.05$) (Table 8)

Table 7. Total red blood cell count (TRBC) of broilers maintained at 26 ± 2 °C, and broilers maintained in the environmental temperature at 38 ± 2 °C and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.

Parameter	Days	Environmental temperature							SEM
		26±2 °C	38±2 °C						
		0 mg/kg	100 mg/kg	200 mg/kg	300 mg/kg	400 mg/kg	500 mg/kg		
TRBC	1	1.72	1.78	1.77	1.85	1.92	1.85	2.01	0.10
(x10 ⁶ cell/μl)	7	2.24 ^c	3.02 ^b	3.87 ^a	3.36 ^{ab}	3.11 ^b	2.82 ^{bc}	2.92 ^{bc}	0.22
	14	2.73 ^a	2.49 ^{ab}	2.41 ^{ab}	2.37 ^{abc}	2.00 ^{bc}	1.87 ^c	2.13 ^{bc}	0.14
	21	2.31	2.38	2.59	2.20	2.45	2.65	1.97	0.14
	Mean	2.25 ^b	2.42 ^b	2.66 ^a	2.45 ^b	2.37 ^b	2.30 ^b	2.26 ^b	0.07

a, b and c within row, mean with no common superscript differ significantly ($P < 0.05$); TRBC=total red blood cell; SEM = standard error of the mean.

13. ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน (Hemoglobin concentration, Hb)

วันที่ 1 ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ของไก่เนื้อ ที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร สูงกว่ากลุ่มอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ของไก่เนื้อ ที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร สูงกว่าไก่ที่ได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในวันที่ 14 ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ของไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C สูงกว่าไก่กลุ่มที่ 38 ± 2 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในวันที่ 21 ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ของไก่เนื้อ ที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C สูงกว่าไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร ($P < 0.05$) (Table 9)

Table 8. Packed cell volume (PCV) of broilers maintained at 26 ± 2 °C, and broilers maintained in the environmental temperature at 38 ± 2 °C and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.

		Environmental temperature							
Parameter	Days	26±2 °C			38±2 °C				SEM
		0	100	200	300	400	500		
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
PCV (%)	1	27.42 ^{ab}	31.19 ^a	24.86 ^b	25.29 ^b	24.33 ^b	24.76 ^b	25.85 ^b	1.36
	7	32.20 ^b	32.76 ^b	34.93 ^{ab}	33.01 ^b	34.76 ^{ab}	37.37 ^a	33.19 ^b	1.07
	14	30.30 ^a	28.62 ^{ab}	29.38 ^a	30.19 ^a	27.29 ^{abc}	24.57 ^{bc}	23.38 ^c	1.38
	21	28.76 ^a	25.67 ^b	27.33 ^{ab}	26.31 ^{ab}	27.14 ^{ab}	28.01 ^{ab}	22.95 ^c	0.80
	Mean	29.67 ^a	29.56 ^a	29.12 ^a	28.70 ^a	28.38 ^a	28.68 ^a	26.34 ^b	0.62

^{a,b and c} within row, mean with no common superscript differ significantly ($P < 0.05$); PCV=packed cell volume; SEM = standard error of the mean.

14. ค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง (Mean corpuscular volume, MCV)

วันที่ 1 ค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง ของไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C และไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง ของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร สูงกว่าไก่กลุ่มอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่อุณหภูมิเดียวกัน วันที่ 7 ค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง ของไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C และไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง ของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร สูงกว่าไก่ที่ได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 10)

Table 9. Hemoglobin concentration (Hb) of broilers maintained at 26 ± 2 °C, and broilers maintained in the environmental temperature at 38 ± 2 °C and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.

		Environmental temperature							
Parameter	Days	26±2 °C		38±2 °C					SEM
		0	100	200	300	400	500		
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
Hemoglobin (mg/dL)	1	5.77 ^{bc}	6.12 ^b	6.80 ^a	5.70 ^{bc}	5.88 ^{bc}	5.49 ^c	5.92 ^{bc}	0.16
	7	6.64	6.29	6.59	6.91	6.72	6.98	6.51	0.21
	14	6.60 ^a	4.80 ^b	4.95 ^b	4.43 ^b	4.17 ^b	4.28 ^b	4.11 ^b	0.36
	21	6.54 ^a	5.89 ^{abc}	6.15 ^{ab}	5.46 ^{bc}	5.92 ^{abc}	5.96 ^{abc}	5.29 ^c	0.25
	Mean	6.39 ^a	5.77 ^{bc}	6.12 ^{ab}	5.63 ^c	5.67 ^c	5.68 ^c	5.46 ^c	0.12

^{a,b and c} within row, mean with no common superscript differ significantly ($P < 0.05$); Hb=hemoglobin; SEM = standard error of the mean.

15. ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฮีโมโกลบิน (Mean corpuscular hemoglobin, MCH)

วันที่ 7 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฮีโมโกลบิน ของไก่ที่ 26 ± 2 °C สูงกว่าไก่ที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฮีโมโกลบิน ของไก่ที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร สูงกว่าไก่ที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 11)

Table 10. MCV of broilers maintained at 26 ± 2 °C, and broilers maintained in the environmental temperature at 38 ± 2 °C and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.

		Environmental temperature							
Parameter	Days	26±2 °C	38±2 °C						SEM
			0	100	200	300	400	500	
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
MCV	1	189.43 ^a	177.56 ^a	141.87 ^b	142.72 ^b	131.66 ^b	139.36 ^b	133.78 ^b	10.00
(fL)	7	148.01 ^a	111.96 ^{bc}	95.94 ^c	104.59 ^c	115.39 ^{bc}	137.29 ^{ab}	119.02 ^{bc}	8.39
	14	119.71	122.31	127.62	126.26	137.16	133.42	122.97	10.27
	21	127.63	110.16	105.24	124.46	115.75	107.05	121.54	7.80
	Mean	146.20 ^a	130.50 ^b	117.67 ^c	124.51 ^{bc}	125.90 ^{bc}	129.28 ^b	124.33 ^{bc}	3.20

a,b and c within row, mean with no common superscript differ significantly ($P < 0.05$); MCV=mean corpuscular volume; SEM = standard error of the mean.

Table 11. MCH of broilers maintained at 26 ± 2 °C, and broilers maintained in the environmental temperature at 38 ± 2 °C and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.

		Environmental temperature							
Parameter	Days	26±2 °C		38±2 °C				SEM	
		0	100	200	300	400	500		
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
MCH	1	32.99	34.72	38.90	26.04	27.88	30.40	30.44	2.61
(pg)	7	30.17 ^a	21.69 ^{bc}	18.02 ^c	21.55 ^{bc}	22.18 ^{bc}	25.72 ^b	23.13 ^b	1.37
	14	25.90	20.05	21.28	18.88	21.08	23.17	20.65	2.03
	21	29.24	24.85	24.30	25.87	25.21	22.23	28.17	1.79
	Mean	29.58 ^a	25.33 ^b	25.63 ^b	23.09 ^b	24.09 ^b	25.03 ^b	25.60 ^b	0.83

a,b and c within row, mean with no common superscript differ significantly ($P < 0.05$); MCH=mean corpuscular hemoglobin; SEM = standard error of the mean.

16. ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฮีโมโกลบินต่อเซลล์เม็ดเลือดแดง (Mean corpuscular hemoglobin concentration, MCHC)

วันที่ 1 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฮีโมโกลบินต่อเซลล์เม็ดเลือดแดง ของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารสูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 200, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C ($P < 0.05$) วันที่ 14 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฮีโมโกลบินต่อเซลล์เม็ดเลือดแดง ของไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C สูงกว่าไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C ($P < 0.05$) (Table 12)

Table 12. MCHC of broilers maintained at 26 ± 2 °C, and broilers maintained in the environmental temperature at 38 ± 2 °C and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.

		Environmental temperature							
Parameter	Days								SEM
		26±2 °C	38±2 °C						
			0 mg/kg	100 mg/kg	200 mg/kg	300 mg/kg	400 mg/kg	500 mg/kg	
MCHC	1	21.65 ^{bc}	19.49 ^{bc}	27.77 ^a	23.01 ^{bc}	24.47 ^{ab}	22.50 ^{bc}	23.34 ^b	1.10
(g/dL)	7	20.53	19.42	18.74	21.05	19.35	16.99	18.16	0.61
	14	21.97 ^a	16.73 ^b	16.22 ^b	14.42 ^b	15.13 ^b	18.79 ^b	19.39 ^b	1.24
	21	22.68	23.77	24.14	20.48	21.80	21.09	23.68	1.22
	Mean	21.71 ^a	19.85 ^b	21.72 ^a	19.74 ^b	20.18 ^{ab}	19.84 ^b	21.15 ^{ab}	0.49

a,b and c within row, mean with no common superscript differ significantly ($P < 0.05$); MCHC=mean corpuscular hemoglobin concentration; SEM = standard error of the mean.

17. พลาสมาบิลิรูบิน (Plasma bilirubin)

วันที่ 1 พลาสมาบิลิรูบิน ของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารสูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 100, 200 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C ($P < 0.05$) (Table 13)

Table 13. Plasma bilirubin of broilers maintained at 26 ± 2 °C, and broilers maintained in the environmental temperature at 38 ± 2 °C and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.

		Environmental temperature							
Parameter	Days	26+2 °C	38+2 °C						SEM
		0	100	200	300	400	500		
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
Plasma	7	0.203 ^b	0.233 ^b	0.223 ^b	0.267 ^b	0.457 ^a	0.333 ^{ab}	0.307 ^b	0.04
bilirubin	14	0.025	0.347	0.407	0.367	0.390	0.377	0.433	0.12
(mg/dl)	21	0.870	0.657	0.830	0.635	0.807	0.833	0.703	0.10
	Mean	0.327	0.413	0.360	0.403	0.550	0.517	0.483	0.06

^a and ^b within row, mean with no common superscript differ significantly ($P < 0.05$); SEM = standard error of the mean.

18. บิลิรูบินในมูล (Bilirubin in feces)

วันที่ 1 บิลิรูบินในมูลของไก่ที่ 38 ± 2 °C และได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ต่ำกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) บิลิรูบินในมูลของไก่ที่ 26 ± 2 °C สูงกว่าไก่ที่ 38 ± 2 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) วันที่ 14 บิลิรูบินในมูลของไก่ที่ 38 ± 2 °C และได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ต่ำกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) บิลิรูบินในมูลของไก่ที่ 26 ± 2 °C สูงกว่าไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) วันที่ 21 บิลิรูบินในมูลของไก่ที่ 38 ± 2 °C และ ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ต่ำกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 200, 300 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) บิลิรูบินในมูลของไก่ที่ 38 ± 2 °C และ ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อ

กิโกรัมอาหาร สูงกว่า ไก่เนื้อที่ได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 100, 200 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโกรัมอาหาร และไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C ($P < 0.05$) (Table 14)

Table 14. Bilirubin in feces of broilers maintained at 26 ± 2 °C, and broilers maintained in the environmental temperature at 38 ± 2 °C and received polyphenols from tamarind seed coat extract at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in diets.

		Environmental temperature							
Parameter	Days	26+2 °C			38+2 °C				SEM
		0	100	200	300	400	500		
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
Bilirubin in feces (x10 ⁻² mg%)	1	5.00 ^a	3.70 ^b	1.00 ^c	1.00 ^c	1.00 ^c	1.33 ^c	1.70 ^c	0.20
	7	5.33	4.33	3.33	3.00	3.67	3.00	4.00	0.30
	14	4.33 ^a	2.67 ^{bc}	2.00 ^c	2.67 ^{bc}	3.33 ^{abc}	4.00 ^{ab}	3.33 ^{abc}	0.30
	21	2.33 ^{cd}	3.00 ^{abcd}	2.00 ^d	3.67 ^{abc}	4.00 ^{ab}	4.33 ^a	2.67 ^{bcd}	0.30
	Mean	4.20 ^a	3.40 ^{ab}	2.10 ^c	2.60 ^{bc}	3.00 ^{ab}	3.20 ^{ab}	2.90 ^{ab}	0.30

a,b,c and d within row, mean with no common superscript differ significantly ($P < 0.05$); SEM = standard error of the mean.

19. กิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส (Glutathione peroxidase activity)

วันที่ 1 ของการทดลอง กิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส ของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโกรัมอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส ของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโกรัมอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโกรัมอาหาร ($P < 0.05$).

วันที่ 7 ของการทดลอง กิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส ของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโกรัมอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโกรัมอาหาร ($P < 0.05$) กิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส ของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ

38±2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 100, 300 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 26±2 °C ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$).

วันที่ 14 ของการทดลอง กิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส ของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38±2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ($P<0.05$).

วันที่ 21 ของการทดลอง กิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส ของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38±2 °C และ 26±2 °C ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 15)

Table 15. Glutathione peroxidase activity of broilers were maintained at thermoneutral (26±2 °C), and high environmental temperature (38±2 °C) that received polyphenols at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in their diets.

		Environmental temperature							
Parameter	Days	26±2 °C			38±2 °C			SEM	
		0	100	200	300	400	500		
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
Glutathione	1	18.20 ^c	81.67 ^a	37.28 ^b	39.60 ^b	34.27 ^{bc}	39.87 ^b	38.16 ^b	34.89
peroxidase	7	17.13 ^{bc}	20.41 ^{abc}	15.38 ^c	26.37 ^a	17.00 ^c	25.51 ^{ab}	19.97 ^{abc}	6.60
activity	14	16.91 ^{ab}	15.74 ^{ab}	11.39 ^b	21.35 ^a	20.77 ^a	21.65 ^a	22.81 ^a	6.18
(mUnit/gHb)	21	18.49	23.16	15.84	22.54	13.72	16.83	20.23	7.22
	Mean	17.68	35.25	19.97	27.46	23.65	25.97	25.29	50.15

^{a,b and c} within row, mean with no common superscript differ significantly ($P< 0.05$); SEM = standard error of the mean.

20. ความผิดปกติของเม็ดเลือดแดงเมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดและส่องผ่าน (SEM และ TEM)

จากการศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาคของเม็ดเลือดแดงด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องผ่านของเม็ดเลือดแดงไก่เนื้อทั้งกลุ่มที่อุณหภูมิ 26±2 °C และไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38±2 °C และได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ในวันที่ 1 และ 14 ของการทดลอง ผลการศึกษามีดังนี้

20.1 การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

ลักษณะจุลกายวิภาคภายนอกของเม็ดเลือดแดงที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ในไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C และไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจาก

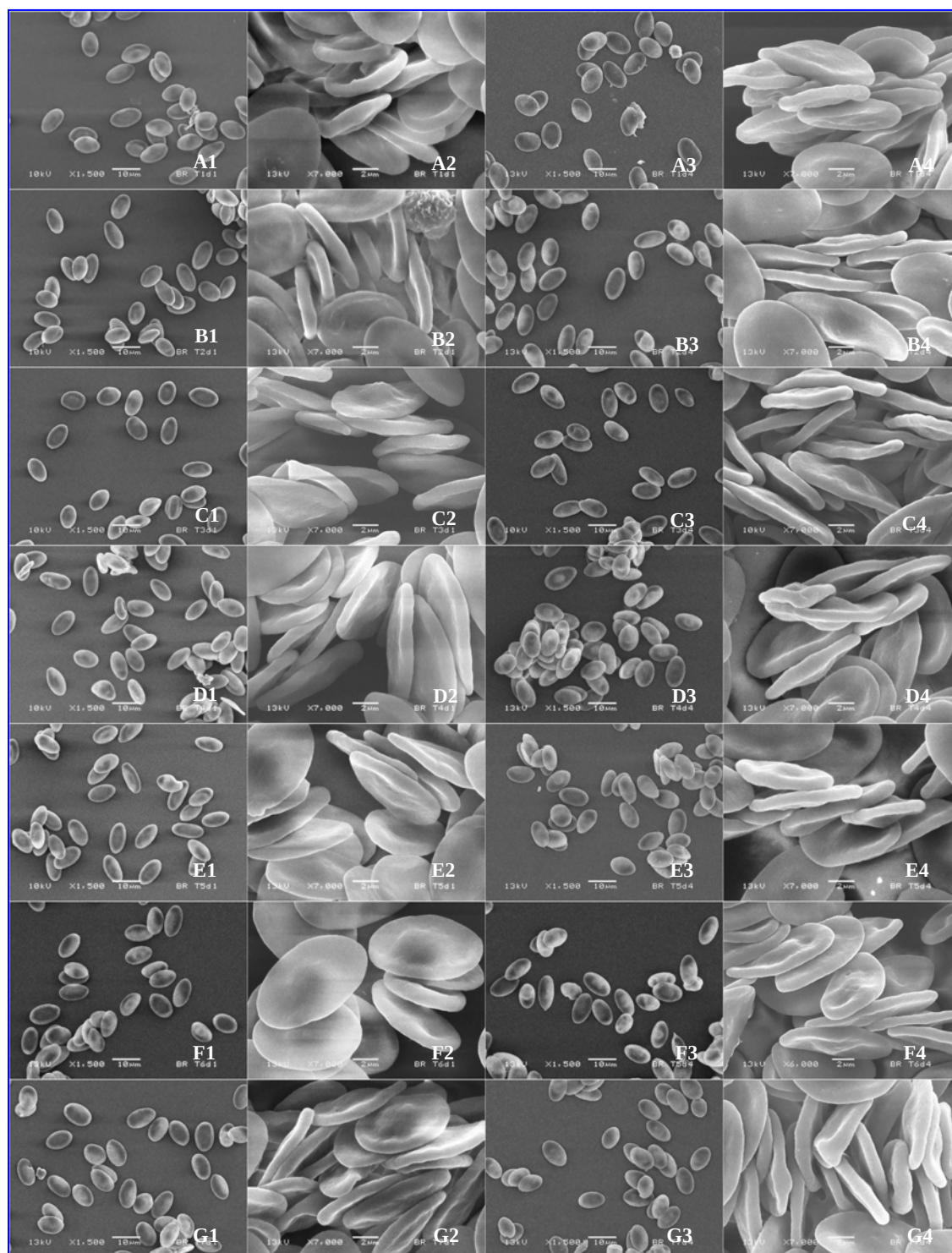


Figure 1. SEM micrograph of red blood cell in broilers were maintained at thermoneutral (26 ± 2 °C), and high environmental temperature (38 ± 2 °C) that received polyphenols at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in their diets ((A1-A2, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 26 ± 2 °C, on day1 of experimental period; A3-A4, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 26 ± 2 °C, on day 14 of experimental period; B1-B2, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C, on day1 of experimental period; B3-B4, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C, on day 14 of experimental period; C1-C2, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 100 mg/kg in diet, on day1 of experimental period; C3-C4, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 100 mg/kg in diet, on day14 of experimental period; D1-D2, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 200 mg/kg in diet, on day1 of experimental period; D3-D4, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 200 mg/kg in diet, on day14 of experimental period; E1-E2, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 300 mg/kg in diet, on day1 of experimental period; E3-E4, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 300 mg/kg in diet, on day14 of experimental period; F1-F2, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 400 mg/kg in diet, on day1 of experimental period; F3-F4, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 400 mg/kg in diet, on day14 of experimental period; G1-G2, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 500 mg/kg in diet, on day1 of experimental period; G3-G4, SEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at 38 ± 2 °C and received polyphenols at 500 mg/kg in diet, on day14 of experimental period).

เปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ในวันที่ 1 และ 14 ของการทดลอง ผลการทดลองพบว่าโดยทั่วไปลักษณะของเม็ดเลือดแดงไก่เนื้อจะมีลักษณะแบนและรี (Oval shape) บริเวณตรงกลางเซลล์จะนูนสูงขึ้น ซึ่งเป็นตำแหน่งของนิวเคลียส และลักษณะของเม็ดเลือดแดงเมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดไม่แตกต่างกันในทุกกลุ่มทดลอง ดัง Figure 1.

20.2 การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM)

ผลการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) ของเซลล์เม็ดเลือดแดงในไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C และไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ในวันที่ 1 และ 14 ของการทดลอง ผลการทดลองมีดังนี้

วันที่ 1 ของการทดลองพบว่าลักษณะเม็ดเลือดโดยรวมของไก่แต่ละกลุ่มทดลองมีลักษณะแตกต่างไปจากเซลล์เม็ดเลือดแดงปกติ (ที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C; ภาพ A) ซึ่งใช้เป็นเป็นภาพอ้างอิงโดยเซลล์เม็ดเลือดแดงที่ปกติ มีลักษณะแบนรี ภาควัดขวางเป็นรูปกระสวย ส่วนกลางนูนแล้วค่อยๆเอียงลงไปที่ยอด มีไซโทพลาสซึมมาก และหนาติดสีเข้มเท่ากัน (Homogeneous) นิวเคลียสมีลักษณะเด่นคือ มีโครมาตินที่ห่อและกระจายตัวเป็นจุดๆ ทำให้ติดสีย้อมไม่เท่ากันหรือเฮเทอโรโครมาติน (Heterochromatin) รูปร่างเป็นวงรีที่มีส่วนนูนไม่มาก ในไก่กลุ่มที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และไม่ได้เสริมสารโพลีฟีนอลพบว่ารูปทรงของเซลล์กลมขึ้นหรืออัตราส่วนระหว่างความยาวและความกว้างของ

เซลล์ลดลง มีความหนาของเซลล์เพิ่มขึ้น ปริมาณไซโตพลาสซึมเพิ่มขึ้นแต่ติดสีจางลง พบมีออร์แกเนลบางชนิดเช่น ไมโทคอนเดรีย เอนโดพลาสมิสมเรตติคูลัมชนิดขรุขระ (RER) นิวเคลียสมีรูปร่างบิดเบี้ยวโดยส่วนใหญ่จะเว้ากลางเป็นทรงนาฬิกาทราย โครมาตินยังคงลักษณะเฮเทอโรโครมาตินอยู่ ในไก่อ่อนกลุ่มที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้เสริมสารโพลีฟีนอลที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร พบว่ารูปร่างโดยรวมของเซลล์มีขนาดใหญ่ กลมและหนาเพิ่มขึ้น ปริมาณไซโตพลาสซึมเพิ่มมากขึ้น แต่ติดสีไม่สม่ำเสมอ โดยบางเซลล์ติดสีจาง บางเซลล์ติดสีเข้ม และบางเซลล์มีไซโตพลาสซึมติดสีเข้มที่ขอบเซลล์ ส่วนด้านในติดสีจาง พบไมโทคอนเดรีย RER ลักษณะนิวเคลียสอาจกลมขึ้นหรือส่วนกลางหนาขึ้นหรือแบนลงมาก แต่ยังมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ ไก่อ่อนปกติที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C ซึ่งทำให้ขนาดเซลล์โดยรวมใหญ่ขึ้นด้วย นิวเคลียสยังมีลักษณะเฮเทอโรโครมาตินแต่มีการกระจายของสายโครมาตินสม่ำเสมอขึ้น ทำให้เห็นบริเวณที่ติดสีอ่อนลงและติดสีเข้ม (Electron dense) มากขึ้น ในกลุ่มนี้พบว่าขนาดของช่องว่างในเยื่อหุ้มนิวเคลียส (Halo) มีขนาดใหญ่ขึ้น ในไก่อ่อนกลุ่มที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้เสริมสารโพลีฟีนอลที่ระดับ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร พบว่าเซลล์โดยรวมมีขนาดและลักษณะใกล้เคียงกับ ไก่อ่อนปกติที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C มากที่สุด แต่ไซโตพลาสซึมติดสีจาง พบไมโทคอนเดรีย RER นิวเคลียสเป็นเฮเทอโรโครมาตินที่มีลักษณะบิดเบี้ยวและมักพบ Halo ขนาดใหญ่ ในไก่อ่อนกลุ่มที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้เสริมสารโพลีฟีนอลที่ระดับ 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เซลล์โดยรวมมีความหนาเพิ่มขึ้น ไซโตพลาสซึมปริมาณมากขึ้น ติดสีไม่สม่ำเสมอโดยขอบเซลล์จะติดสีเข้มกว่าที่กลางเซลล์ พบไมโทคอนเดรีย RER นิวเคลียสค่อนข้างกลมและมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ ไก่อ่อนปกติที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C มีลักษณะเป็นเฮเทอโรโครมาตอนที่มีส่วนติดสีอ่อนมากกว่าส่วนที่ติดสีเข้ม ลักษณะเม็ดเลือดเมื่อตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านของไก่อ่อนกลุ่มที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้เสริมสารโพลีฟีนอลที่ระดับ 300 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีลักษณะเซลล์ไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างมากจาก ไก่อ่อนปกติที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C กล่าวคือ รูปร่างเซลล์โดยรวมหนาขึ้น ไซโตพลาสซึมปริมาณมากขึ้น แต่ติดสีจางมาก พบไมโทคอนเดรีย RER นิวเคลียสค่อนข้างกลมและมีขนาดใหญ่ นิวเคลียสติดสีจาง โดยไก่อ่อนกลุ่มที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้เสริมสารโพลีฟีนอลที่ระดับ 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร นิวเคลียสยังมีโครมาตินที่หดตัวอยู่บ้าง แต่ในไก่อ่อนกลุ่มที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้เสริมสารโพลีฟีนอลที่ระดับ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารโครมาตินกระจายตัวทั้งหมดจนติดเป็นสีจางสม่ำเสมอหรือยูโครมาติน (Euchromatin) พบ Halo ขนาดใหญ่ที่บรรจุสารบางอย่างทำให้ไม่เป็นช่องว่างใสแตกต่างไปจากเซลล์เม็ดเลือดแดงของกลุ่มอื่นๆ

สำหรับลักษณะของเม็ดเลือดแดงไก่อ่อนในวันที่ 14 ของการทดลอง พบว่า ใน ไก่อ่อนปกติที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C รูปร่างโดยรวมของเซลล์แบนลง นิวเคลียสแบนลงและพบช่องว่างใสของ Halo ใหญ่ขึ้น ใน ไก่อ่อนกลุ่มที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และไม่ได้เสริมสารโพลีฟีนอลในอาหาร เซลล์มีขนาดเล็กจากรูปร่างของเซลล์รียาวขึ้น ความหนาลดลง ปริมาณของไซโตพลาสซึมลดลงและติดสีจาง ไม่พบออร์แกเนลแต่พบชิ้นส่วนของโครมาตินกระจายออกมานอกนิวเคลียส ซึ่งมีลักษณะแบนหรือเป็นรูปนาฬิกาทราย พบโครมาตินกระจายหลวมๆ จึงติดสีอ่อนเมื่อเทียบกับวันที่ 1 ใน ไก่อ่อนกลุ่มที่

เลี้ยงที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้เสริมสารโพลีฟีนอลที่ระดับ 100 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อาหาร เซลล์เม็ดเลือดแดงมีความเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้นจนมีลักษณะโดยรวมใกล้เคียงกับ ไข่เนื้อ ปกติที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C และ ไข่เนื้อกลุ่มที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้เสริมสารโพลีฟีนอลที่ระดับ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร โดยมีความสอดคล้องกันคือพบ Halo ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ในไข่เนื้อกลุ่มที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้เสริมสารโพลีฟีนอลที่ระดับ 300 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร รูปร่างเซลล์โดยรวมมีลักษณะใกล้เคียงกันคือ เซลล์ยาวรีมากขึ้นแต่แบนลง ไซโทพลาสซึมน้อยลง นิวเคลียสยาวรีหรือแบนลงโครมาตินกระจายตัวมากจนเป็นยูโครมาตินในไข่เนื้อกลุ่มที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้เสริมสารโพลีฟีนอลที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และยังพบ Halo ขนาดใหญ่ที่บรรจุสารบางอย่างทำให้ไม่เป็นช่องว่างใสแตกต่างไปจากเซลล์เม็ดเลือดแดงของกลุ่มอื่นๆ (Figure 2.)

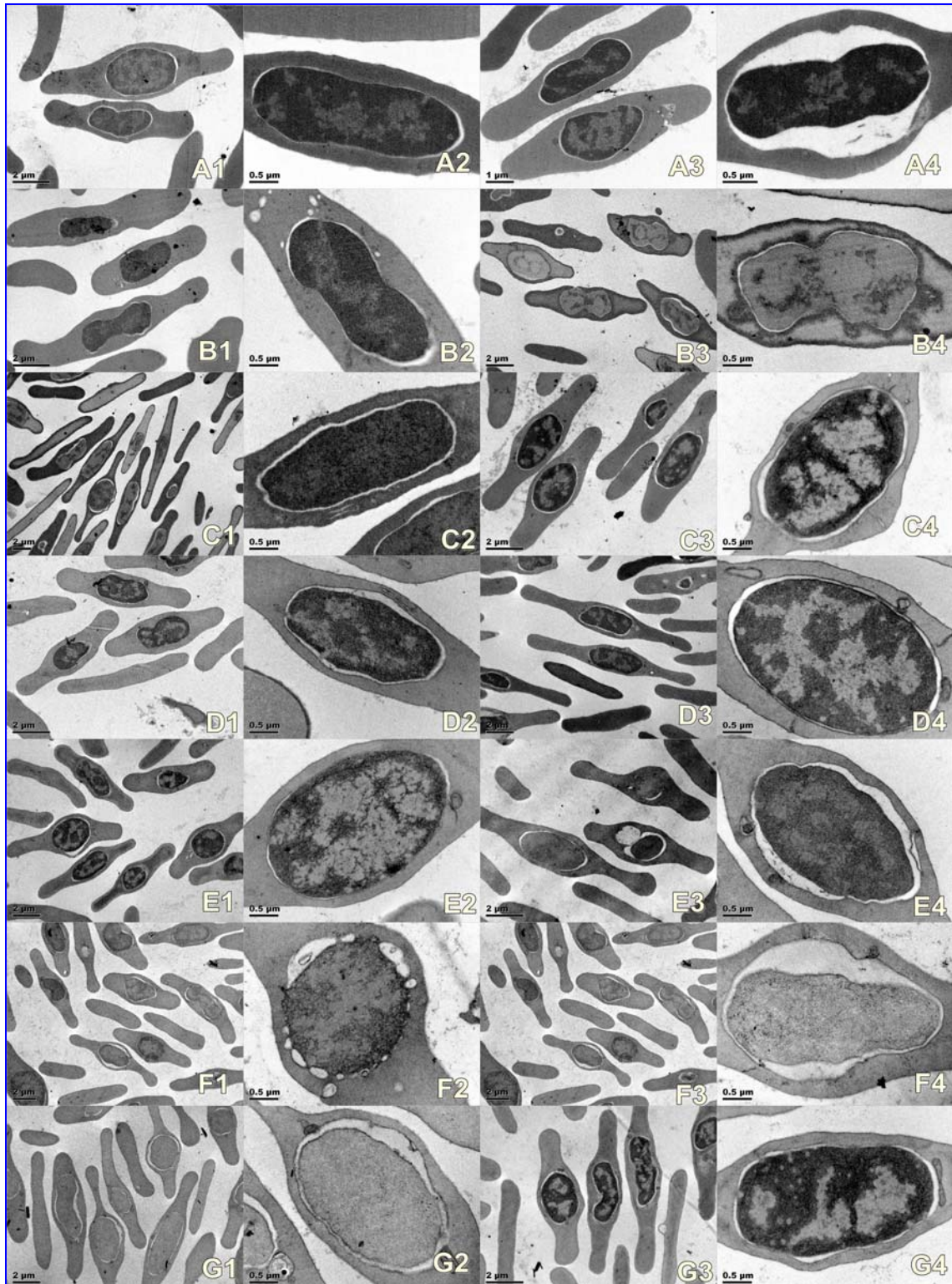


Figure 2. TEM micrograph of red blood cell in broilers were maintained at thermoneutral ($26\pm 2^{\circ}\text{C}$), and high environmental temperature ($38\pm 2^{\circ}\text{C}$) that received polyphenols at 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/kg in their diets (A1-A2, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, on day1 of experimental period; A3-A4, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, on day 14 of experimental period; B1-B2, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$, on day1 of experimental period; B3-B4, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$, on day 14 of experimental period; C1-C2, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 100 mg/kg in diet, on day1 of experimental period; C3-C4, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 100 mg/kg in diet, on day14 of experimental period; D1-D2, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 200 mg/kg in diet, on day1 of experimental period; D3-D4, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 200 mg/kg in diet, on day14 of experimental period; E1-E2, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 300 mg/kg in diet, on day1 of experimental period; E3-E4, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 300 mg/kg in diet, on day14 of experimental period; F1-F2, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 400 mg/kg in diet, on day1 of experimental period; F3-F4, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 400 mg/kg in diet, on day14 of experimental period; G1-G2, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 500 mg/kg in diet, on day1 of experimental period; G3-G4, TEM micrograph of red blood cell of broiler maintained at $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ and received polyphenols at 500 mg/kg in diet, on day14 of experimental period).

วิจารณ์ผลการทดลอง

วิจารณ์ผลชุดที่ 1

วันที่ 1, 7 และ 21 ของการทดลอง อุณหภูมิร่างกายของไก่เนื้อที่ $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ สูงกว่าอุณหภูมิร่างกายของไก่เนื้อที่ $26\pm 2^{\circ}\text{C}$ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานของ Donkoh (1989), Boulahson et al. (1995) และ Cooper & Washburn (1998) อย่างไรก็ตามในสิ่งแวดล้อมที่ $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิร่างกายของไก่เนื้อที่ได้รับโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปรากฏการณ์นี้ชี้ให้เห็นว่าโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขาม ไม่มีผลต่ออุณหภูมิร่างกายของไก่เนื้อเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง

วันที่ 1, 7, 14 และ 21 ของการทดลอง อัตราการหายใจของไก่เนื้อที่ $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ สูงกว่าอัตราการหายใจของไก่เนื้อที่ $26\pm 2^{\circ}\text{C}$ ผลการศึกษานี้เหมือนกับรายงานของ Whittow (2000) Whittow (2000) รายงานว่าหลังจากที่ไก่เนื้อสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง อุณหภูมิร่างกายของไก่จะสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิร่างกายตามปกติ ไก่จะพยายามลดอุณหภูมิร่างกายลงโดยเพิ่มอัตราการหายใจหรือหอบ ในสิ่งแวดล้อมที่ $38\pm 2^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิร่างกายของไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 100, 200, 300 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ต่ำกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร อย่างไรก็ตามการกลไกของสารโพลีฟีนอลที่ทำให้เกิดกลไกดังกล่าวนี้ยังไม่ทราบ

วันที่ 1 ของการทดลอง อัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ ของไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 300 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ต่ำกว่าอัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ของไก่เนื้อ ที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 300 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สามารถลดผลกระทบจากภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนในไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C อย่างไรก็ดีตามในวันที่ 7, 14 และ 21 ของการทดลอง อัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ ของไก่เนื้อทั้ง 2 สิ่งแวดล้อมไม่แตกต่างกัน

วันที่ 1 ของการทดลอง ระดับของมาลอนไดอัลดีไฮด์ของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีระดับต่ำกว่าไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 และ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร นั้นแสดงว่าสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามช่วยลดภาวะลิปิดเปอร์ออกซิเดชันในไก่เนื้อเมื่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนได้

ในวันที่ 7 ของการทดลอง ระดับของมาลอนไดอัลดีไฮด์ของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีระดับสูงกว่าไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C แต่ไม่ได้รับสารโพลีฟีนอล นั้นแสดงว่าไก่ที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เกิดภาวะลิปิดเปอร์ออกซิเดชันสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้สารสกัด และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีระดับของมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่ำกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ซึ่งผลดังกล่าวบ่งชี้ว่าสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ช่วยลดการเกิดภาวะลิปิดเปอร์ออกซิเดชันในไก่เนื้อเมื่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนได้

Eberhart & Washburn (1993), Altan et al. (2000b), Oliveira et al. (2000), Temin et al. (2000) and Deed & Cahaner (2001) รายงานว่าสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงจะมีผลกดอัตราการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ มีการศึกษาหลายวิธีเพื่อลดผลกระทบจากภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนในไก่ เช่น เพิ่มความเร็วลม (increasing air velocity) (Dozier et al., 2005), ใช้ระบบความเย็นด้านล่างคอก (using ventral cooling) (Wolfenson et al., 2001) การจำกัดอาหาร (feed restriction) (Zulkifli et al., 2000) และการเสริมสารต่างๆในน้ำและ/หรืออาหาร ได้แก่ อีเลคโตรไลต์ (electrolyte) (Borges et al., 2004) วิตามินซี (ascorbic acid) (Roussan et al., 2008) วิตามินอี (vitamin E) (Puthongsiriporn et al., 2001) อะซิติลซาลิไซลิก แอซิด (acetylsalicylic acid) (Roussan et al., 2008) โซเดียมไบคาร์บอเนต (sodium bicarbonate) (Puron et al., 1997; Roussan et al., 2008) โพแทสเซียม คลอไรด์ (potassium chloride) (Smith & Teeter, 1992; Smith & Teeter, 1993; Beker & Teeter, 1994) ฟอสฟอริก แอซิด (phosphoric acid) (Daskiran et al., 2004) ซิตริก แอซิด

(citric acid) (Daskiran et al., 2004), แมงกานีส โปรตีนเนต (manganese proteinate) (Sands & Smith, 1999) โครเมียม พิคอลิเนต (chromium picolinate) (Sands & Smith, 1999) ทุ-ไฮดร็อกซี-โพร-เมทิลไทโอ (2-hydroxy-4-(methylthio)) บิวทาโนอิก แอซิด (butanoic acid) (Ribeiro & Penz, Jr., 2001) ดีแอลเมทไทโอนีน (DL-methionine) (Ribeiro & Penz, Jr., 2001) คาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide) (Smith & Teeter, 1993) และแอมโมเนียมคลอไรด์ (ammonium chloride) (Smith & Teeter, 1993) เป็นต้น

สำหรับการศึกษานี้ ในสัปดาห์ที่ 1 ของการทดลอง น้ำหนักตัวของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C สูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่เสริมลงในอาหาร สามารถลดผลกระทบที่เกิดจากภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนในไก่เนื้อและทำให้อัตราการเจริญเติบโตของไก่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 ของการทดลอง น้ำหนักตัวของไก่ที่ 26 ± 2 °C และไก่ที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ 0, 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ไม่แตกต่างกัน ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามจะมีผลต่ออัตราการเติบโตของไก่เนื้อในช่วงต้นๆของการเกิดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮทโทโรฟิลต่อลิมโฟไซต์

สรุป ไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน เมื่อไก่เนื้อได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สารโพลีฟีนอลที่ระดับดังกล่าว ช่วยลดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน ลดระดับของมาลอนไดอัลดีไฮด์และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 100, 200, 300 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และเป็นที่น่าสนใจว่าสารโพลีฟีนอลช่วยลดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนในช่วงสัปดาห์แรกของการทดลอง

วิจารณ์ผลชุดที่ 2

วันที่ 1 และ 7 ของการทดลอง เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ ของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขาม ที่ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ไม่แตกต่างจากไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสิ่งแวดล้อมที่ 38 ± 2 °C ไม่มีผลต่อเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ของไก่เนื้อ ผลการศึกษานี้แตกต่างจากรายงานของ Altan et al. (2000a), Borges et al. (1999), Campo and Davilla (2002), Borges et al. (2004) ซึ่งรายงานว่าเมื่อไก่เนื้ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์จะลดลง อย่างไรก็ตามในวันที่ 1 ของการทดลอง หลังจากที่ไก่เนื้อได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามเป็นเวลา 8 ชั่วโมง เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ ของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100, 200, 300, 400 และ

500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร นอกจากนี้เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ ของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C นอกจากนี้ในวันที่ 7 เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ของไก่ที่ 26 ± 2 °C และไก่ที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ไม่แตกต่างจากไก่เนื้อที่ได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามสามารถเพิ่มระดับของเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ ของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และระดับของสารโพลีฟีนอลที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดต่อเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ คือที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร

วันที่ 1 ของการทดลอง หลังจากไก่เนื้อสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงที่ 38 ± 2 °C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลของไก่เนื้อที่ได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ไม่แตกต่างจากไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C อย่างไรก็ตาม วันที่ 14 ของการทดลอง เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลของไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C เกือบ 2 เท่า แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ในการวินิจฉัยทางคลินิก ผลการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่า เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลของไก่เนื้อเมื่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนเพิ่มขึ้นในวันที่ 14 ของการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Maxwell et al. (1992), Cooper and Washburn (1998), Borges et al. (1999), Altan et al. (2000) and Borges et al. (2004) ซึ่งรายงานว่าเมื่อไก่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลในกระแสเลือดจะเพิ่มขึ้น Jain (1993) ได้ให้รายละเอียดว่า กลูโคคอร์ติคอยด์ ซึ่งหลั่งออกมาจำนวนมากภายใต้ภาวะเครียด เป็นสาเหตุทำให้เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น โดยสารดังกล่าวจะมีผลเพิ่มการขับเม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลจากไขกระดูกเข้าสู่กระแสเลือดเม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลของไก่ที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ต่ำกว่าไก่ที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารและไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C นอกจากนี้ในวันที่ 14 เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิล ของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลที่ระดับ 300 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 300 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สามารถลดระดับของเม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ที่ 38 ± 2 °C ในวันที่ 1 และ 14 หลังจากสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง และระดับที่มีผลต่อเม็ดเลือดขาวชนิดนี้มากที่สุดคือที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร

Bush (1991) อธิบายว่าเมื่อสัตว์อยู่ในภาวะเครียดร่างกายจะมีการหลั่งกลูโคคอร์ติคอยด์เกิดขึ้นในร่างกาย ซึ่งภาวะดังกล่าวนี้นับเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะโมโนไซต์ในกระแสเลือดสูง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของโมโนไซต์ มาจากโมโนไซต์ถูกขับออกมาจากแหล่งเก็บมากขึ้น แล้วเข้าสู่กระแสเลือด ใน

วันที่ 1 เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ ของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 26 ± 2 °C ดังนั้นไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน เมื่อไก่เนื้ออยู่ที่ 38 ± 2 °C เป็นเวลา 8 ชั่วโมงและได้รับสารโพลีฟีนอลที่ระดับ 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร โมโนไซต์ของไก่จะต่ำกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ผลจากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าโพลีฟีนอลที่สกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามสามารถลดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนในไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และระดับที่ให้ผลดีที่สุดคือ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร

วันที่ 7 ของการทดลอง เม็ดเลือดขาวชนิดเบโซฟิล ของไก่ที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 200 และ 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C เม็ดเลือดขาวชนิดเบโซฟิล ของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 200 และ 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร Jain (1993) พบว่าสารกลูโคคอร์ติคอยด์เหนี่ยวนำให้เม็ดเลือดขาวชนิดเบโซฟิลในกระแสดเลือดสัตว์แต่ละชนิดแตกต่างกันออกไป นอกจากนี้ Bush (1991) ให้ข้อเสนอแนะว่ากลูโคคอร์ติคอยด์สามารถลดจำนวนของเม็ดเลือดขาวชนิดเบโซฟิล ในกรณีที่เม็ดเลือดขาวชนิดเบโซฟิลในกระแสดเลือดสูง สำหรับการศึกษาสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามสามารถเพิ่มจำนวนของเม็ดเลือดขาวชนิดเบโซฟิลในกระแสดเลือด ดังนั้นผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามสามารถลดผลจากสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงในไก่เนื้อ ซึ่งใช้จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิลเป็นค่าสังเกต และระดับของสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่เหมาะสมคือ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร

Bush (1991) พบว่าในกรณีของการเกิดภาวะเครียดแบบเฉียบพลัน จะมีการหลั่งอะดรีนาลีน (อีพิเนฟริน) เป็นเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะเม็ดเลือดของชนิดอีโอซิโนฟิลสูงเล็กน้อย แล้วตามด้วยภาวะการมีเม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิลเสียต่ำปานกลางเรียกว่า 'peaking' หลังจากนั้นประมาณ 4 ชั่วโมง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ Jain (1993) เขารายงานว่า การขึ้นและลงของภาวะเม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิลสูงนี้ อาจเกิดขึ้นระหว่างมีการปล่อยฮอร์โมนอีพิเนฟรินภายในร่างกายภายใต้สภาวะเครียด นอกจากนี้ Bush (1991) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าการปล่อยฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ภายในร่างกาย จะเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะเม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิลต่ำด้วยหลายกลไกดังนี้คือ การเหนี่ยวนำให้เกิดการแตกของเม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิล การเพิ่มการเก็บกินเม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิล โดยเม็ดเลือดขาวชนิดแมคโคฟาจ การกระตุ้นให้เม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิลอพยพไปสู่ลำไส้เล็กและเนื้อเยื่อของอวัยวะน้ำเหลืองและกีดการสร้างเม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิลในไขกระดูก ในการศึกษา วันที่ 1 ของการทดลอง เม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิลของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัม

ต่อกิโกรัมอาหาร มีจำนวนเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเริ่มต้นของการสัมผัสกับความร้อน เหมือนกับการได้รับสารอีพีนเฟรินในร่างกาย ซึ่งรายงานโดย Bush (1991) และ Jain (1993) ในทางตรงข้าม เม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิล ของไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโกรัมอาหาร ต่ำกว่าไก่นอกกลุ่มที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 200 มิลลิกรัมต่อกิโกรัมอาหาร ปรากฏการณ์นี้แสดงให้เห็นว่าสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโกรัมอาหาร ต่ำกว่าจำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิลในระยะเริ่มแรก ของการสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง เหมือนกับกลูโคคอร์ติคอยด์ที่รายงานโดย Bush (1991) อย่างไรก็ตามกลไกของสารโพลีฟีนอลที่ทำให้เกิดผลดังกล่าวยังไม่ทราบกลไกการออกฤทธิ์

สรุป สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขาม จะเพิ่มเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์และเบโซฟิลลดเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิล โมโนไซต์และมีผลทั้งเพิ่มและลดเม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิลและระดับของสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขาม ที่มีผลต่อเม็ดเลือดขาวของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C คือ 400 มิลลิกรัมต่อกิโกรัมอาหาร สุดท้ายสารโพลีฟีนอลส่วนใหญ่มีผลต่อเม็ดเลือดขาวของไก่เนื้ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง ในช่วงระยะเวลาประมาณ 1-7 วัน ของการทดลอง

วิจารณ์ผลชุดที่ 3

วันที่ 1 ของการทดลอง จำนวนเม็ดเลือดแดงทั้งหมด ของไก่ทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ เปอร์เซนต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นของไก่ที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโกรัมอาหาร สูงกว่าไก่นอกกลุ่มที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโกรัมอาหาร เปอร์เซนต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นของไก่ที่ 38 ± 2 °C และได้รับโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโกรัมอาหาร สูงกว่าไก่นอกกลุ่มที่ 26 ± 2 °C แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดงของไก่เนื้อในวันที่ 1 ของการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง ของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโกรัมอาหาร ต่ำกว่าไก่นอกกลุ่มที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโกรัมอาหาร และไก่นอกกลุ่มที่ 26 ± 2 °C ซึ่งผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อไก่เนื้ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามในช่วงแรก จะมีผลทำให้เกิดการหดตัวของเม็ดเลือดแดง เป็นผลให้ค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดงลดลง ดังนั้น เปอร์เซนต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นของไก่เนื้อเมื่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนจึงต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขาม ในวันที่ 1 ของการทดลอง ความเข้มข้นของฮีโมโกลบินของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโกรัมอาหาร สูงกว่าไก่นอกกลุ่มอื่น ความเข้มข้นของฮีโมโกลบินของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลที่ 0 มิลลิกรัมต่อกิโกรัมอาหาร สูงกว่าไก่นอกกลุ่มที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจาก

เปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ปรากฏการณ์นี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อไก่เนื้ออยู่ที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร จะทำให้ความเข้มข้นของฮีโมโกลบินเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่า ค่าเฉลี่ยฮีโมโกลบินต่อเซลล์เม็ดเลือดแดง ของไก่เนื้อในวันที่ 1 ของการทดลอง ค่าเฉลี่ยฮีโมโกลบินต่อเซลล์เม็ดเลือดแดง ของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 200, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C อย่างไรก็ตามยังไม่ทราบกลไกการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยฮีโมโกลบินต่อเซลล์เม็ดเลือดแดง ในไก่เนื้อเมื่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนและได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร

วันที่ 7 ของการทดลอง จำนวนเม็ดเลือดแดงทั้งหมดของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C ปรากฏการณ์นี้สามารถอธิบายได้ว่าเมื่อไก่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงไก่จะตอบสนองโดยเพิ่มอัตราการหายใจส่งผลให้การกินน้ำของไก่ลดลงแต่เสียน้ำมากขึ้นเนื่องจากการขับน้ำออกมาทางมูลจำนวนมาก (Aengwanich et al, 2007). ซึ่งข้อมูลที่สนับสนุนสมมติฐานนี้รายงานโดย Aengwanich et al. (2003) และ Aengwanich and Simaraks (2004) ซึ่งพบว่าเมื่อไก่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน อัตราการหายใจของไก่จะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ไ้จะปรับตัวเพื่อเพิ่มการขับน้ำปัสสาวะ ดังนั้นจำนวนเม็ดเลือดแดงทั้งหมดของไก่ที่ 38 ± 2 °C จะสูงกว่าไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C จำนวนเม็ดเลือดแดงทั้งหมดของไก่ที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ทำให้จำนวนเม็ดเลือดแดงทั้งหมดของไก่เนื้อในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงเพิ่มขึ้นหลังจากเลี้ยงไก่ที่อุณหภูมิดังกล่าวมาแล้วเป็นเวลา 7 วัน นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่น ของไก่ที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 200 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดงของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นในกลุ่มที่ได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สูงกว่ากลุ่มอื่นเกิดขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของปริมาตรเซลล์

วันที่ 14 ของการทดลอง จำนวนเม็ดเลือดแดงทั้งหมดของไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C สูงกว่าไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ซึ่งมีความสัมพันธ์กับรายงานของ Donkoh (1989) ซึ่งเขาพบว่า จำนวนเม็ดเลือดแดง

ทั้งหมดของไก่อเนื้อที่ 35 °C สูงกว่าไก่อเนื้อที่ 20, 25 และ 30 °C เมื่อไก่อเนื้อได้รับสารโพลีฟีนอลที่ระดับ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร จำนวนเม็ดเลือดแดงทั้งหมดสูงกว่าไก่อเนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สามารถลดความเสียหายของเม็ดเลือดแดง และไก่อเนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เป็นสาเหตุทำให้จำนวนเม็ดเลือดแดงทั้งหมดลดต่ำลงมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นของไก่อเนื้อที่ 26 ± 2 °C และไก่อเนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สูงกว่าไก่อเนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร

ในวันที่ 21 ของการทดลอง ความเข้มข้นของฮีโมโกลบินของไก่อเนื้อที่ 26 ± 2 °C สูงกว่าไก่อเนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นของไก่อเนื้อที่ 26 ± 2 °C และไก่อเนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สูงกว่าไก่อเนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เป็นสาเหตุทำให้จำนวนเม็ดเลือดแดงทั้งหมดลดลง

วันที่ 1 ของการทดลอง บิลิรูบินในมูลของไก่อเนื้อที่ 26 ± 2 °C สูงกว่าไก่อเนื้อที่ 38 ± 2 °C ปรากฏการณ์นี้สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อไก่อเนื้อสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงไก่อจะตอบสนองต่อภาวะดังกล่าวโดยลดอุณหภูมิร่างกายผ่านทาง การขับปัสสาวะ (Aengwanich and Simaraks, 2004) เป็นสาเหตุให้น้ำในปัสสาวะของไก่อเนื้อเมื่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนสูงกว่าไก่อที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมปกติ ดังนั้นบิลิรูบินในมูลของไก่อเนื้อที่ 38 ± 2 °C จึงต่ำกว่าไก่อที่ 26 ± 2 °C นอกจากนี้บิลิรูบินในมูลของไก่อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ต่ำกว่าไก่อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และไก่อเนื้อที่ 26 ± 2 °C ปรากฏการณ์นี้แสดงให้เห็นว่าในวันที่ 1 ของการทดลอง หลังจากไก่อเนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร บิลิรูบินในมูลของไก่อจะต่ำกว่าไก่อกลุ่มที่ไม่ได้รับสารโพลีฟีนอล อย่างไรก็ตามพลาสมาบิลิรูบินของไก่อเนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สูงกว่าไก่อเนื้อที่ ได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 100, 200 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และไก่อเนื้อที่ 26 ± 2 °C ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าพลาสมาบิลิรูบินของไก่อเนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เพิ่มขึ้น และหลังจากนั้น พลาสมาบิลิรูบินของไก่อเนื้อทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปรากฏการณ์นี้แสดงให้เห็นว่าสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขาม มีผลต่อระดับของบิลิรูบินในช่วงต้นของการทดลองเท่านั้น Bush (1991) อธิบายว่าสาเหตุการเพิ่มขึ้นของบิลิรูบินคือ ภาวะเม็ดเลือดแดงแตกใน

เส้นเลือดแบบเฉียบพลัน เซลล์ตับเกิดความเสียหายและท่อน้ำดีอุดตัน สำหรับการศึกษาหลังจากที่ไก่อ้อมสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงเป็นเวลา 2 ชั่วโมง พลาสมาบิลิรูบินของไก่จะเพิ่มขึ้น ปรากฏการณ์นี้แสดงให้เห็นว่าสาเหตุการเพิ่มขึ้นของพลาสมาบิลิรูบินเกิดจากภาวะเม็ดเลือดแดงแตกแบบเฉียบพลัน พลาสมาบิลิรูบินของไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สูงกว่ากลุ่มอื่น ปรากฏการณ์นี้แสดงให้เห็นว่าสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เป็นสาเหตุของการเกิดภาวะเม็ดเลือดแดงแตกสูงกว่ากลุ่มอื่น หลังจากวันที่ 7, 14 และ 21 ของการทดลอง พลาสมาบิลิรูบินของไก่เนื้อแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปรากฏการณ์นี้แสดงให้เห็นว่าในช่วงต้นๆของการสัมผัสต่อความร้อนเท่านั้นที่มีผลต่อการทำลายเม็ดเลือดแดง

วันที่ 14 ของการทดลอง บิลิรูบินในมูลของไก่ที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ต่ำกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C ในวันที่ 21 ของการทดลอง บิลิรูบินในมูลของไก่ที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ต่ำกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 200, 300 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร พลาสมาบิลิรูบินของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ต่ำกว่าไก่เนื้อที่ 26 ± 2 °C ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สามารถลดการเกิดภาวะเม็ดเลือดแดงแตกในเส้นเลือดได้ดีกว่ากลุ่มอื่น นอกจากนี้ในวันที่ 14 และ 21 ของการทดลอง บิลิรูบินในมูลของไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ต่ำกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ซึ่งชี้ให้เห็นว่าสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เป็นสาเหตุให้เกิดภาวะเม็ดเลือดแดงแตกในเส้นเลือดมากกว่ากลุ่มอื่น พลาสมาบิลิรูบินเพิ่มขึ้นในวันที่ 1 ของการทดลองและในวันที่ 7, 14 และ 21 ของการทดลองพลาสมาบิลิรูบินของไก่เนื้อแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปรากฏการณ์นี้แสดงให้เห็นว่าไก่เนื้อสามารถจัดการกับระดับของพลาสมาบิลิรูบินที่เพิ่มสูงขึ้นนี้ได้ ดังนั้นพลาสมาบิลิรูบินจึงไม่แตกต่างกันในทางตรงข้ามบิลิรูบินในมูลแตกต่างกัน ซึ่งโดยทั่วไปการทำลายเม็ดเลือดแดงในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และการเพิ่มสูงขึ้นของพลาสมาบิลิรูบินในมูลสามารถช่วยบ่งชี้ถึงการทำลายเม็ดเลือดแดงที่เกิดขึ้นจริง ดังนั้นบิลิรูบินในมูลจึงช่วยบ่งชี้การทำลายเม็ดเลือดแดงของไก่ได้ดีกว่าพลาสมาบิลิรูบิน

สรุป สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สามารถช่วยลดผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงต่อค่าสังเกตเม็ดเลือดแดงได้ และบิลิรูบินในมูล เป็นค่าสังเกตที่มีประสิทธิภาพ ในการบ่งชี้การทำลายเม็ดเลือดแดงได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่ทำให้เกิดความเจ็บปวดแก่ไก่เนื้อเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง

วิจารณ์ผลชุดที่ 4

ในวันที่ 1 ของการทดลอง ไก่เนื้อกลุ่มที่ 38 ± 2 °C มีระดับกิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส สูงกว่าไก่กลุ่มที่ 26 ± 2 °C นั้นแสดงว่าเมื่อไก่เนื้ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน จะมีการสร้างอนุมูลอิสระออกมาจำนวนมาก จึงทำให้กิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส สูงกว่ากลุ่มที่ 26 ± 2 °C ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ การศึกษาของ Lin et al. (2008) ที่พบว่าเมื่อไก่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนแล้วจะมีการสร้างอนุมูลอิสระเกิดขึ้นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขาม ที่ระดับ 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร พบว่าระดับกิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส ลดลงต่ำกว่าไก่กลุ่มที่ไม่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขาม นั้นแสดงว่าสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามแสดงคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นขณะที่ไก่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน สอดคล้องกับรายงานของ Tsuda et al (1993) และ Martinello et al. (2006) ที่พบว่าสารโพลีฟีนอลที่สกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระทั้งในหลอดทดลองและในสัตว์ทดลอง

ในวันที่ 7 ของการทดลอง ระดับกิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดสของไก่กลุ่มที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และในวันที่ 14 ของการทดลอง ไก่เนื้อที่ 38 ± 2 °C และได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีระดับกิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส สูงกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ 26 ± 2 °C นั้นแสดงว่าสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ช่วยลดจำนวนของอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นขณะที่ไก่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนได้ดีกว่าระดับอื่น

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดสและระดับของมาลอนไดอัลดีไฮด์พบว่ามีลักษณะสวนทางกันกล่าวคือ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร จะมีผลทำให้กิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดสต่ำแสดงถึงการกำจัดอนุมูลอิสระกลุ่มออกซิเจนที่เกิดขึ้นได้ดี แต่ในทางตรงกันข้ามระดับมาลอนไดอัลดีไฮด์จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร อาจเป็นไปได้ว่าการวัดค่ากิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดสและระดับของมาลอนไดอัลดีไฮด์มาจากคนละแหล่งกล่าวคือ ค่ากิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดสวัดจากเซลล์เม็ดเลือดแดง ส่วนระดับของมาลอนไดอัลดีไฮด์วัดจากซีรัมซึ่งมาจากทุกส่วนของร่างกาย ทำให้ได้ค่าที่ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ที่เม็ดเลือดแดงสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร จะมีผลช่วยต้านอนุมูลที่เกิดขึ้นได้ดีกว่าระดับอื่น ขณะที่ในซีรัมสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ด

มะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เป็นระดับที่ต่ำที่สุด แต่มีผลทำให้มีระดับของมาลอนไดอัลดีไฮด์ในซีรัมสูงกว่าระดับอื่นและกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อเสริมสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร จะทำให้ระดับของมาลอนไดอัลดีไฮด์ในซีรัมต่ำกว่ากลุ่มอื่น โดยพบว่าเมื่อระดับของสารโพลีฟีนอลสูงขึ้นจะมีผลทำให้แนวโน้มของระดับมาลอนไดอัลดีไฮด์ลดลงซึ่งขณะนี้ไม่ทราบกลไกที่เกิดขึ้น

เมื่อศึกษาลักษณะของเม็ดเลือดแดงของไก่เนื้อโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และส่องผ่าน (TEM) พบว่าเม็ดเลือดแดงจะไม่พบความผิดปกติชัดเจนเมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแต่จะพบความผิดปกติเด่นชัดเมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน โดยพบว่าเม็ดเลือดแดงของไก่เนื้อกลุ่มที่ 38 ± 2 °C และไม่ได้รับสารโพลีฟีนอลจะมีความผิดปกติของเม็ดเลือดแดงสูงนั้นแสดงว่าเมื่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะมีผลต่อเซลล์เม็ดเลือดแดงและทำให้เกิดเม็ดเลือดแดงแตก ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบเม็ดเลือดแดงของร่างกาย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Zou et al. (2001) จากการศึกษาช่วยยืนยันและอธิบายผลการศึกษาที่ผ่านมาของ Aengwanich (2002) ซึ่งรายงานว่าเมื่อไก่เนื้ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนไก่จะอยู่ในภาวะเม็ดเลือดแดงแตกในเส้นเลือด ความเข้มข้นของบิลิรูบินในเลือดและมูลจะเพิ่มขึ้น และค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดงจะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นจะลดลงซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Donkoh (1989) ที่รายงานว่าเมื่อไก่เนื้ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงจะมีผลทำให้จำนวนเม็ดเลือดแดง ความเข้มข้นของฮีโมโกลบินและค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นลดลง และเมื่อทำการเสริมสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามพบว่าลักษณะของเม็ดเลือดแดงในกลุ่มที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร จะมีผลทำให้เกิดความผิดปกติต่อเม็ดเลือดแดงต่ำกว่ากลุ่มอื่น และกลุ่มที่ได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร จะมีผลทำให้เกิดความผิดปกติต่อเม็ดเลือดแดงสูงกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งสอดคล้องกับค่ากิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส นั้นแสดงว่าสารสกัดโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามช่วยลดความเสียหายจากอนุมูลอิสระต่อเม็ดเลือดแดงที่เกิดขึ้นระหว่างเกิดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนได้และระดับที่เหมาะสมคือ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร

สรุปผลการทดลอง

ไก่เนื้อที่อุณหภูมิ 38 ± 2 °C อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน เมื่อไก่เนื้อได้รับสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สารโพลีฟีนอลที่ระดับดังกล่าวช่วยลดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน ลดระดับของมาลอนไดอัลดีไฮด์และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไข่สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับ สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 100, 200, 300 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และเป็นที่น่าสนใจว่าสารโพลีฟีนอลช่วยลดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนในช่วงสัปดาห์แรกของการทดลอง นอกจากนี้สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 400

มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีผลเพิ่มเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์และเบโซฟิล ลดเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทโทโรฟิล โมโนไซต์และมีผลทั้งเพิ่มและลดเม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิล และสารโพลีฟีนอลมีผลต่อเม็ดเลือดขาวของไก่เมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง ในช่วงระยะเวลาประมาณ 1-7 วัน ของการทดลอง สารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สามารถช่วยลดผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงต่อค่าสังเกตเม็ดเลือดแดงได้ โดยมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นขณะไก่อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน และมีผลลดกิจกรรมของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส สุดท้ายบิลิรูบินในมูลของไก่เป็นค่าสังเกตที่มีประสิทธิภาพ ในการบ่งชี้การทำลายเม็ดเลือดแดงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่ทำให้เกิดความเจ็บปวดแก่ไก่เมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง

ประสบการณ์การวิจัย

โครงการวิจัย “ผลของสารสกัดผงเมล็ดมะขามต่อภาวะเครียดและภาวะเครียดออกซิเดชันของเม็ดเลือดแดงในไก่เนื้อ เมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง” ได้เริ่มดำเนินการมาตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2550 และสิ้นสุดโครงการในเดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2552 ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวมเวลาทั้งสิ้น 2 ปี การดำเนินการวิจัยโครงการวิจัยนี้พบว่า มีอุปสรรคและปัญหาหลายประการที่ต้องแก้ไข รวมถึงการปรับรูปแบบการทดลองบางประการ เพื่อให้สามารถดำเนินการวิจัยให้สำเร็จลุล่วงได้ นอกจากนี้ระหว่างการวิจัยคณะผู้วิจัยยังได้พบข้อมูลบางประการที่น่าสนใจ จากการเก็บข้อมูลอื่นๆ นอกเหนือจากการกำหนดไว้ในวัตถุประสงค์ของการวิจัย กระบวนการวิจัยที่เป็นปัญหามากที่สุดสำหรับโครงการวิจัยนี้คือ การสกัดสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขาม และการตกตะกอนแทนนินจากสารสกัดดังกล่าว ซึ่งต้องใช้เวลาในขั้นตอนนี้ประมาณ 12 เดือน นอกจากขั้นตอนการสกัดสารโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามแล้ว ข้อเสนอโครงการได้กำหนดให้ใช้ระดับของสารสกัดโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามที่ระดับ 0, 500, 1,000, 1,500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร พบว่าระดับดังกล่าวมีผลทำให้การเจริญเติบโตของไก่ลดลงและมีไก่บางตัวตาย คณะผู้วิจัยจึงทดลองหาระดับสารโพลีฟีนอลที่เหมาะสมใหม่ โดยทำการทดลอง Preliminary study 2 ครั้ง และพบว่าระดับที่เหมาะสมสำหรับการทดลองคือ 0, 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร โดยพบว่าระดับของสารโพลีฟีนอล ในระดับใหม่นี้บางระดับมีผลทำให้การเจริญเติบโตของไก่ดีขึ้น ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงวางแผนการทดลองเก็บข้อมูล ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มเติมเข้ามาในการทดลองนี้ (ดังปรากฏในรายงานการวิจัย) นอกจากนี้ระหว่างการนับแยกเม็ดเลือดเพื่อนำมาคำนวณหาค่าอัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮทโทโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ พบว่าไก่เนื้อที่ได้รับสารสกัดโพลีฟีนอลจากเปลือกเมล็ดมะขามมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเม็ดเลือดขาวที่น่าสนใจ จึงทำการเก็บข้อมูลในส่วนดังกล่าวนี้เพิ่มเติม (ดังปรากฏในรายงานการวิจัย) ทำให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำมาอธิบายข้อมูลตามวัตถุประสงค์หลักได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จากปรากฏการณ์และประสบการณ์การวิจัยดังที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการวิจัยหรือการสร้างองค์ความรู้ใหม่นั้น ในบางครั้งจำเป็นต้องมีการ

เปลี่ยนแปลงระเบียบวิธีวิจัยให้เหมาะสมกับการทดลอง นอกจากนี้การเก็บข้อมูลแวดล้อมอื่นๆร่วมด้วยจะทำให้ได้องค์ความรู้ในเรื่องนั้นๆสมบูรณ์ยิ่งขึ้น หรืออาจจะพบข้อค้นพบใหม่ๆที่มีคุณประโยชน์มากกว่าข้อมูลตามที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์เดิม

เอกสารอ้างอิง

- วรพล เองวานิช และสุจินต์ สิมารักษ์. 2545. ภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนในไก่. วารสารสงขลานครินทร์ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 24(1): 159-167.
- วรพล เองวานิช, อรรพรรณ ชินราศรี, รังสรรค์ ชีมน, พนม แสนป่อง, สาวิตรี แสนนาม และลำปาง มโนธรรม. 2545. ผลของบอระเพ็ดต่อประสิทธิภาพการผลิต อุณหภูมิร่างกาย อัตราการหายใจ โลหิตวิทยาและชีวเคมีโลหิตในไก่เนื้อเมื่ออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน. รายงานการประชุมทางวิชาการสมุนไพรรไทย โอกาสและทางเลือกใหม่ของอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ วันที่ 24-25 ตุลาคม 2545 ณ โรงแรมมารวยการ์เดน จตุจักร กรุงเทพมหานคร หน้า 185-199.
- วรพล เองวานิช และสุจินต์ สิมารักษ์. 2546ก. ผลของภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนเป็นเวลานานต่อการเปลี่ยนแปลงทางจุลพยาธิวิทยาของไตในไก่เนื้อ. เวชสารสัตวแพทย์ 33(3): 92-96.
- วรพล เองวานิช และสุจินต์ สิมารักษ์. 2546ข. ผลของภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนเป็นเวลานานต่อพยาธิสรีรวิทยาของตับในไก่เนื้อ. สัตวแพทย์สาร 54(1-2): 57-62.
- วรพล เองวานิช และสุจินต์ สิมารักษ์. 2546ค. ผลของภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนต่อพยาธิสรีรวิทยาของปอดและหัวใจของไก่เนื้อ. วารสารสัตวแพทย์ 13(2): 17 - 23.
- Aengwanich W. 2002. Effects of chronic heat stress on red blood cell disorders in broiler chickens. Mahasarakham Univ. J. 21 (1): 1-10.
- Aengwanich W, Chinrasri O. 2002. Effect of heat stress on body temperature and hematological parameters in male layers. Thai J. Physiol. Sci. 15(1): 27-33.
- Aengwanich W, Simaraks S. 2003. Comparative ability to tolerance heat between Thai native chickens and broilers under chronic heat stress. J. Thai Vet. Med. Assoc. 54(1-2) :39-48.
- Aengwanich, W., Sridama, S., Phasuk, Y., Vongpralab, T, Pakdee, P., Katavetin, S., Simaraks, S. 2003a. Effects of ascorbic acid on cell mediated, humoral immune system and pathophysiology of white blood cell in broilers under heat stress. Songklanakarin J. Sci. Technol. 25(3): 297-306.

- Aengwanich, W. , Chuachan, U., Phasuk, Y., Vongpralab, T, Pakdee, P., Katavetin, S., Simaraks, S. 2003b. Effect of ascorbic acid on respiratory rate, body temperature, heterophil: lymphocyte ratio and microscopic lesion score in lung, liver, kidney, cardiac muscle and spleen in broilers under chronic heat stress. Thai J. Agric. Sci. 36(2): 207-218.
- Aengwanich, W. , Phasuk, Y., Vongpralab, T., Pakdee, P., Katavetin, S., Simaraks, S. (2003c): Physiological adaptation and effect of ascorbic acid on adaptation in broilers under heat stress. Thai J. Agric. Sci. 36, 225-232.
- Aengwanich, W., Simaraks, S. 2004. Pathophysiology of heart, lung, liver and kidney in broilers under chronic heat stress. Songklanakarin J. Sci. Technol. 26, 417-424.
- Aengwanich, W. 2007. Effects of high environmental temperature on blood indices of Thai indigenous, Thai indigenous crossbred and broiler chickens. Internat.J. Poult. Sci. 6, 427-430.
- Altan, O., Altan, A., Cabuk, M., Bayatar, H. 2000a. Effect of heat stress on some blood parameters in broilers. Turk Vet. Ve. Hayvancilik Dergisi. 24(1): 145 – 148.
- Altan, O., Altan, A., Oguz, I., Pabuccuoglu, A., Konyalioglu, S. 2000b. Effect of heat stress on growth, some blood variables and lipid oxidation in broilers exposed to high temperature at early age. British Poult. Sci. 41(4): 489 – 493.
- Balm, P. H. M. 1999. Stress Physiology in Animal. Sheffield Academic Press Ltd. Sheffield.
- Belay, T., Teeter, R.G. 1993. Broiler water balance and thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. Poult. Sci. 72(1): 116 – 124.
- Beker, A., Teeter, R.G. 1994. Drinking water temperature and potassium chloride supplementation effect on broiler body temperature and performance during heat stress. J. Appl. Poult. Res. 3, 87-92.
- Belucio, A.A.P., Malheiros, R.D., Furlan, R.L., Morases, V.M.B., Macari M. 1999. Effect of anticoccidia drugs and acute heat stress on the hydroelectrolytic balance in colostomized chickens. Revista - Brasileira - de - Ciencia – Avicola. 1(2): 103 – 108.
- Beers, K.W., Raup, T.J., Bottje, W.G., Odom, TW. 1989. Physiological responses of heat-stressed broilers fed nicarbazin. Poult. Sci. 68(3): 428-34.

- Berrong, S.L., Washburn, K.W. 1998. Effects of genetic variation on total plasma protein, body weight gains, and body temperature response to heat stress. *Poult. Sci.* 77: 379 – 385.
- Borges, S.A., Ariki, J., Martins, C.L., Moraes, V.M.B. de. 1999. Potassium chloride supplementation in heat stressed broilers. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 28(2): 313 – 319.
- Borges, S.A., Fischer da Silva, A.V., Majorka, A., Hoodge, D.M., Cummings, K.R. 2004. Physiological response of broiler chickens to heat stress and dietary electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalents per kilogram). *Poult. Sci.* 83, 1551-1558.
- Borgin, E., Peh, H.C., Avida, Y., Israeli, B.A., Kahaner, D. 1996. The effect of longterm high environmental temperature on cellular enzyme activity from different organs. *Euro. J. of Biochem. And Clinic. Biochem.* 34(8): 625-629.
- Boulahson, A.A., Garlich, J.D., Edens, F.W. 1995. Potassium chloride improve the thermotolerance of chickens exposed to acute heat stress. *Poult. Sci.* 74, 75-87.
- Bush, B.M. 1991. *Interpretation of Laboratory Results for Small Animal Clinicians.* Blackwell Scientific Publication, Oxford.
- Cahaner, A., Leenstra, F. 1992. Effect of high temperature on growth and efficiency of male and female broilers from lines selected for high weight gain, favorable feed conversion, and high or low fat content. *Poult. Sci.* 71(8): 1237-1250.
- Campbell, T.W. 1995. *Avian Hematology and Cytology,* Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Campo, J.L., Davila, S.G. 2002. Changes in heterophil to lymphocyte ratios of heat-stressed chickens in response to dietary supplementation of several related stress agents. *Arch. Geflugelk.,* 66, 80-84.
- Cooper, M.A., Washburn, K.W. 1998. The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption and feed utilization in broilers under heat stress. *Poult. Sci.* 77: 237 – 242.
- Daghir, N. J. 1995. *Poultry Production in Hot Climates.* The University Press, Cambridge.
- Daskiran, M., Teeter, R.G., Van hooser, S.L., Gibson, M.L., Roura, E. 2004. Effect of dietary acidification on mortality rates, general performance, carcass characteristics, and serum chemistry of broilers exposed to cyclic high ambient temperature stress *J. Appl. Poult. Res.* 13, 605-613.

- Deeb, N., Cahaner, A. 2001. Genotypic – by- environmental interaction with broiler genotypes differing in growth rate: 2. The effect of high ambient temperature on dwarf versus normal broilers. . *Poult. Sci.* 80: 541 – 548.
- Devries, H.A., Housh, T.J., 1994. *Physiology of Exercise*. W.C. Brown Communication, Inc, Dubuque.
- Deyhim, F., Teerter, R.G. 1995. Effect of heat stress and drinking water salt supplements on plasma electrolyte and aldosterone concentration in broiler chickens. *Int. J. Biochem.* 38 (4): 216-217.
- Donkoh, A. 1989. Ambient temperature: a) ffecting performance and physiological response of broiler chickens. *Int. J. Biometeorol.* 33:259 - 265.
- Downing, J.A., Bryden, W.L. 2002. A non-invasive test of stress in laying chicken hens. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. Project number US-71A.
- Dozier III, W.A., Lott, B.D., Branton, S.L. 2005. Growth response of male broilers subjected to increasing air velocities at high ambient temperatures and a high dew point. *Poult. Sci.* 84, 962-966.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple ranges and multiple F test. *Biometric.* 11:1 – 42.
- Eberhart, D.E., Washburn, K.W. 1993. Variation in body temperature response of naked neck and normally feathered chickens to heat stress. *Poult. Sci.* 72: 1385 – 1390.
- Esmay, M.L. 1978. *Principles of Animal Environment*. The Avi Publishing Company, Inc., Connecticut.
- Ewing, S.A., Lay JR., D.C., Borell, E.V. 1999. *Farm Animal Well-Being: Stress physiology, Animal Behavior, and Environmental Design*. Simon&Schuster/ A Viacom Company, New Jersey.
- Fidler, J.W., Naber, E.C., Latshaw, J.D. .1980. Effect of peroxide administration on selenium utilization, growth, deficiency symptoms, and glutathion peroxidase activity in Chicks fed controlled selenium diets. *Poult. Sci.* 59: 141-148.
- Furlan, R.L., Macari, M., Mores, V.M.B., Malheiros, R.D., Malheiros, E.B., Secato, E.R. 1999. Hematological and gasometric response of different broiler chicken strains under acute heat stress. *Revista-Brasileira-de-Ciencia Avicola.* 1(1): 77 – 84.
- Gross, W.B., Siegel, H. S. 1983. Evaluation of the heterophil/ lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian dis.* 27: 972 – 979.

- Gu, L., Kelm, M.A., Hammerstone, J.F., Zhang, Z., Beecher, G., Holden, J., Haytowitz, D., Prior, R.L. 2003. Liquid chromatographic/electrospray ionization mass spectrometric studies of procyanidins in foods. *J. Mass Spect.* 38, 1272-1280.
- Guyton, A.C. 1966. *Textbook of Medical Physiology*. W.B. Saunders Company, Philadelphia.
- Harmon, B.G. 1998. Avian heterophil in inflammation and disease resistance. *Poult. Sci.* 77: 972-977.
- Hoppe, P.P., 1999. Wet litter in broilers. *Poultry Internat.* 38 (11): 52-62.
- Horton, H.R., Moran, L.A., Ohs, R.S., Rawn, J.P., Scringeour, K.G. 1996. *Principles of Biochemistry*. Simon&Schuster/ A Viacom Company, NJ.
- Jain, N. C. 1993. *Essential of Veterinary Hematology*. Lea& Febiger. Philadelphia.
- Keshavarz, K., McDougald, L.R.. 1981. Influence of anticoccidial drugs on losses of broiler chickens from heat stress and coccidiosis. *Poult. Sci.* 60: 2423 – 2428.
- Kuchel, P. W., Ralston, G. B. 1988. *Theory and Problems of Biochemistry*. Kin Keong Printing Co. PTE. Ltd. Republic of Singapore.
- Kutlu, H.R., Forbes, J.M. 1993. Self selection of ascorbic acid in coloured foods by heat stressed broiler chicks. *Physiol. Behav.* 53: 103 – 110.
- Leamsomrong, K., Chantiratikul, P., Seeponkai, P., Anguravirutt, S. Chitsomboon, B., Sinchaikij, P., Suttajit, M. 2005. Antioxidant and antihemolytic activities of polyphenolic compounds extracted from Tamarind seed pericarp. *Proceeding in The 1st International Conference on Natural Products for Health and Beauty: From Local Wisdom to Global marketplace 17th – 21st October 2005 Maha Sarakham, Thailand*, p. 216
- Lin, H., Decuypere, E., Buyse, J. 2006. Acute heat stress induces oxidation stress in broiler chickens. *Comp. Biochem. Physiol., A* 144, 11 – 17.
- Lin, H., De Vos, D., Decuypere, E., Buyse, J. 2008. Dynamic changes in parameters of redox balance after mild heat stress in aged laying hens (*Gallus gallus domesticus*). *Comp. Biochem. Physiol. Part C*, 147, 30-35.
- Martinello, F., Soares, S.M., Franco, J.J., Santos, A.C., Sugohara, A., Garcia, S.B., Curti, C., Uyemura, S.A. 2006. Hypolipemic and antioxidant activities from *Tamarindus indica* L. plup extract in hypercholesterolemic hamster. *Food and Chem. Toxicol.* 44, 810-818.

- May, J.D., Lott, B.D. 1992. Feed and water consumption patterns of broilers at high environmental temperature. *Poult. Sci.* 71: 331 – 336.
- Maxwell, M.H., Robertson, G.W., Mitchell, M.A., Carlisle, A.J. 1992. The fine structure of broiler chicken blood cells, with particular reference to basophils, after severe heat stress. *Comp. Haematol. Internat.* 2, 190-200.
- May, J.D., Lott, B.D. 2000. The effect of environmental temperature on growth and feed conversion of broilers to 21 days of age. *Poult. Sci.* 79: 669 - 671.
- Mcfalane, J.M., Curtis, S.E., Shanks, R.D., Carmer, S.G. 1989. Multiple concurrent stressor in chickens. 1. Effect on weight gain, feed intake and behavior. *Poult. Sci.* 68: 501 – 509.
- Mckee, J.S., Harrison, P.C. 1995. Effects of supplemental ascorbic acid on the performance of broiler chickens exposed to multiple concurrent stressors. *Poult. Sci.* 74: 1772 - 1785.
- Mckee, J.S., Harrison, P.C., Riskoski, G.L. 1997. Effect of supplemental ascorbic acid on the energy conversion of broiler chicks during heat stress and feed withdrawal. *Poult. Sci.* 76: 1278 – 1286.
- Mehta, R.K., Shingari, B.K. 1999. Feeding under heat stress. *Poult. Internat.* : Asia Pacific Edition 38(9): 68 - 77.
- Michell, M.A., Carlisle, A.J. 1992. The effect of chronic exposure to elevated environmental temperature on intestinal morphology and nutrient absorption in the domestic fowl (*Gallus domesticus*). *Com. Biochem. Physiol. A Com. Physiol.* 101(1): 137-142.
- Moberg, G.P. 1985. *Animal Stress*. Waverly Press, Inc., Maryland.
- Moberg, G.P., Mench, J. A. 2000. *The Biology of Animal Stress: Basic Principles and Implications for Animal welfare*. CAB International, New York.
- Oliveira, N.A.R. de, Oliveira, R.F.M.de, Donzele, J.L., Rostagno, H.S., Ferreira, R.A., Maximiano, H.do.C. 2000. Effect of environmental temperature on performance and carcass characteristics in broilers pair fed and two levels of metabolizable energy. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 29(1): 183-190.
- Omaye, S.T., Tappel. A.L. 1974. Effect of dietary selenium on glutathione peroxidase in the chick. *J. Nutr.* 104: 747-753,
- Pardue, S.L., Thraxton, J.P., Brake, J. 1985. Influence of supplemental ascorbic acid on broiler performance following exposure to high environmental temperature. *Poult. Sci.* 64: 1334 – 1338.

- Puron, D., Santamaria, R., Segura, J.C. 1997. Sodium bicarbonate and broiler performance at high stocking densities in a tropical environment. *J. Appl. Poult. Res.* 6, 443-448.
- Puthongsiriporn, U., Scheideler, S.E., Sell, J.L., Beck, M.M. 2001. Effects of vitamin E and C supplementation on performance, in vitro lymphocyte proliferation, and antioxidant status of laying hens during heat stress. *Poult. Sci.* 80, 1190-1200.
- Puvadolpirod, S., Thaxton, J. P. 2000. Physiology stress in chickens 1. Response parameters. *Poult. Sci.* 76: 363 – 369.
- Reddy, C.V. 2000. Maintaining growth and production. *Poult. Int., Asia Pacific Edition.* 31(1): 36 – 40.
- Ribeiro, A.M.L., Penz, Jr., A.M. 2001. Effects of 2-hydroxy-4-(methylthio)butanoic acid and DL-methionine on broiler performance and compensatory growth after exposure to two different environmental temperatures. *J. Appl. Poult. Res.* 10, 419-426.
- Ritchie, B.W., Harrison, J.G., Harrison, R.L. 1994. *Avian Medicine.* Winger's Publishing, Inc, Florida.
- Rose, S. P. 1997. *Principles of Poultry Science.* Biddles Ltd., Guildford.
- Roussan, D.A., Khwaldeh, G.Y., Haddad, R.R., Shaheen, I.A., Salameh, G., Al Rifai, R. 2008. Sodium bicarbonate, and potassium chloride supplementation in water on the performance of broiler chickens exposed to heat stress. *J. Appl. Poult. Res.* 17, 141-144.
- Sahin, K., Sahin, N., Onderci, M., Yaralioglu, S., Kucuk., O. 2001. Protective role of supplemental vitamins E on lipid peroxidation of broilers reared under heat stress. *Comp. Biochem. Physiol.* 46 (5): 140 – 144.
- Sands, J.S., Smith, M.O. 1999. Broilers in heat stress conditions: Effects of dietary manganese proteinate or chromium picolinate supplementation. *J. Appl. Poult. Res.* 8: 280-287.
- SAS. 1990. *SAS/STAT User's Guide: Statistics, Release 6.04 Edition* SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Smith, M.O., Teeter, R.G. 1992. Effects of potassium chloride supplementation on growth of heat-distressed broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 1, 321-324.
- Smith, M.O., Teeter, R.G. 1993. Carbon dioxide, ammonium chloride, potassium chloride, and performance of heat distressed broiler. *J. Appl. Poult. Res.* 2, 61-66.

- Sokolowicz, Z., Herbut, E., Ruda, M. 1996. Effect of chronic thermal stress on the productivity and behavior of broilers fowl. *Roczniki Naukowe Zootechniki*. 23(3): 269-280.
- Stillbon, H.L., Harris, JR. G.C., Bottje, W.G., Waldroup, P.W. 1988. Ascorbic acid and acetylsalicylic acid (aspirin) in the diet of broilers maintained under heat stress condition. *Poult. Sci.* 67: 1183 – 1187.
- Sudjaroen, Y., Haubner, R., Wurtele, G., Hull, W.E., Erben, G., Spiegelhalder, B., Changbumrung, S., Bartsch, H., Owen, R.W. 2005. Isolation and structure elucidation of phenolic antioxidants from tamarind (*Tamarindus indicus* L.) seed and pericarp. *Food and Chemical Toxicol.* 43, 1673-1682.
- Surai, P.F. 2000. Effect of selenium and vitamin E content of the maternal diet on the antioxidant System of the yolk and the developing chick. *Br. Poult. Sci.* 41(2): 235 – 243.
- Teeter, R.G., Smith, M.O., Wiernusz, C.J. 1992. Feed and water consumption pattern of broilers at high environmental temperature. *Poult. Sci.* 71: 331 – 336.
- Temin, S., Chagneau, A.M., Peresson, R., Tesseraud, S. 2000. Chronic heat exposure alters protein turnover of three different skeletal muscles in finishing broiler chickens fed 20 and 25% protein diets. *J. of Nutrition* 130(4): 813-819.
- Tsuda, T., Osawa, T., Makino, Y., Kato, H., Kawakishi, S. 1993: Screening for antioxidant activity of edible pulses. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 57, 1606–1608
- Whitrow, G.C. 2000. *Sturkie's Avian Physiology*. Harcourt Inc, Florida.
- Widosky, T.M. Curtis, S.E., Graves, C.N. 1989. The neutrophil: lymphocyte ratio in pigs fed cortisol. *Can. J. Anim. Sci.* 69:501-504.
- Wolfenson, D., Bachrach, D., Maman, M., Graber, Y., Rozenboim, I. 2001. Evaporative cooling of ventral regions of the skin in heat-stressed laying hens. *Poult. Sci.* 80, 958-964.
- Xin, H., Gates, R.S., Puma, M.C., Ahn, D.U. 2002. Drinking water temperature effect on laying hens subjected to warm cyclic environments. *Poult. Sci.* 81: 608 – 617.
- Yahav, S., Straschow, A., Plavnik, I., Hurwitz, S. 1997. Blood system response of chickens to changes in environmental temperature. *Poult. Sci.* 76: 627 - 633.

- Yuming, G., Caini, L., Yuping, Z., Guo, Y.M., Liu, C.N., Zhou, Y.P. 1998. Impact of heat stress on broilers and the effects of supplemental yeast chromium. *Acta – Veterinaria – et – Zootechnica Sinica*. 29(4): 339 – 344.
- Zulkifli, I., Che Norma, M.T., Israf, D.A., Omar, A.R. 2000. The effect of early age feed restriction on subsequent response to high environmental temperature in female broiler chickens. *Poult. Sci.* 79: 1401 – 1407.
- Zou, C.G., Agar, N.S., Jones, G.L. 2001. Oxidative insult to human red blood cells induced by free radical initiator AAPH and its inhibition by a commercial antioxidant mixture. *Life sci.* 69, 75-86.