ผลของการเสริมกากพริกขี้หนู *(Capsicum frutescens* Linn.) ต่อการเจริญเติบโต การย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย และการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่นในไก่เนื้อภายใต้สภาวะการเลี้ยงหนาแน่น

นางสาวกฤติยา เทียมหิรัณย์โสภิต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล
คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF CHILLI (*CAPSICUM FRUTESCENS* LINN.) MEAL ON GROWTH PERFORMANCE, ILEAL DIGESTIBILITY AND LIPID PEROXIDATION IN BROILERS UNDER HIGH DENSITY CONDITION

Miss Krittiya Thiamhirunsopit

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Animal Nutrition
Department of Animal Husbandry
Faculty of Veterinary Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2008
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการเสริมกากพริกขี้หนู *(Capsicum frutescens* Linn.) ต่อการเจริญเติบโต การย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย และการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่น ในไก่เนื้อภายใต้สภาวะการเลี้ยงหนาแน่น
โดย	นางสาวกฤติยา เทียมหิรัณย์โสภิต
สาขาวิชา	อาหารสัตว์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ สุวรรณา กิจภากรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.ชฎา พิศาลพงศ์

คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสัตวแพทยศาสตร์
(ศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.อรรณพ คุณาวงษ์กฤต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ดร.อุตรา จามีกร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ สุวรรณา กิจภากรณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ดร.ชฎา พิศาลพงศ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ดร.ศิรกานต์ ฐิตวัฒน์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร อิสริโยดม)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กฤติยา เทียมหิรัณย์โสภิต: ผลของการเสริมกากพริกขี้หนู *(Capsicum frutescens* Linn.) ต่อการเจริญเติบโต การย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย และการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่น ในไก่เนื้อภายใต้สภาวะการเลี้ยงหนาแน่น (EFFECTS OF CHILLI (*CAPSICUM FRUTESCENS* LINN.) MEAL ON GROWTH PERFORMANCE, ILEAL DIGESTIBILITY AND LIPID PEROXIDATION IN BROILERS UNDER HIGH DENSITY CONDITION) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.สุวรรณา กิจภากรณ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : ดร.ชฎา พิศาลพงศ์, 58 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมกากพริกขี้หนู *(Capsicum frutescens* Linn.) ต่อการเจริญเติบโต การย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย และการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่น ในไก่เนื้อภายใต้สภาวะการเลี้ยงหนาแน่น โดยใช้ไก่เนื้อ เพศผู้ พันธุ์ Cobb 500 อายุ 1 วัน จำนวน 664 ตัว แบ่งออกเป็น 10 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ โดยที่ 9 กลุ่ม เลี้ยงที่ความหนาแน่นสูงอีก 1 กลุ่มที่เหลือเลี้ยงที่ความหนาแน่นปกติ ไก่ถูกเลี้ยงปล่อยพื้นในโรงเรือนเปิดเป็นเวลา 41 วัน อาหารทดลองประกอบด้วยอาหารควบคุม 2 กลุ่มใช้เลี้ยงไก่ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน อาหารควบคุมเสริมด้วยอะวิลามัยซินระดับ 2.5 มก./กก. อาหารควบคุมเสริมด้วยวิตามินอีระดับ 250 มก./กก. และอาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดจากพริก พริกป่น และกากพริกในระดับที่ให้แคปไซซินเท่ากับ 20 และ 30 มก./กก. ตามลำดับ ในวันที่ 21 และ 41 ของการทดลอง บันทึกน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน และสุ่มไก่ซ้ำละ 2 ตัว เก็บตัวอย่างเลือดที่เส้นเลือดดำบริเวณปีก เพื่อตรวจวัดดัชนีความเครียดและปริมาณการเกิดกระบวนออกซิเดชั่นของไขมันในเลือด (lipid peroxidation) และเก็บตัวอย่างอาหารบริเวณลำไส้เล็กส่วนปลายเพื่อหาการย่อยได้ รวมทั้งศึกษาความคงตัวของสารสำคัญในพริก

ผลการทดลองความคงตัวของสารแคปไซซินในกากพริกพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณสารแคปไซซินในกากพริกลดลงมากกว่าพริกในรูปแบบอื่น ไก่ที่ได้รับพริกทุกรูปแบบมีแนวโน้มช่วยลดความเครียดได้ ($P>0.05$) และสามารถลดปริมาณการเกิดกระบวนออกซิเดชั่นของไขมันในเลือดได้ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่มีการเลี้ยงอย่างหนาแน่นได้อย่างชัดเจน ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นปกติ และกลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะหรือวิตามินอี ($P>0.05$) ทั้งในไก่อายุ 21 และ 41 วัน ค่าการย่อยได้ของโภชนะที่ทำการตรวจวัดบริเวณลำไส้เล็กส่วนปลายในไก่ที่อายุ 21 และ 41 วันของทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตตลอดการทดลอง (0-41 วัน) พบว่า อาหารที่มีพริกทุกรูปแบบเป็นส่วนประกอบ ให้น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง และน้ำหนักตัวตัวที่เพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นสูง ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นปกติ และกลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะ ($P>0.05$) กากพริกให้น้ำหนักเพิ่มสูงกว่าสารสกัดหยาบจากพริกในรูปแกรนูลแต่ไม่แตกต่างจากพริกป่น สำหรับระดับของแคปไซซินที่ใช้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ผลการทดลองสรุปได้ว่า กากพริกสามารถใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ดีในการเพิ่มน้ำหนักตัว และระดับสารแคปไซซินที่ใช้เพียง 20 มก./กก. สามารถช่วยลดการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันในเลือดไก่เนื้อได้ ในการเลี้ยงไก่ที่ความหนาแน่นสูง ผลตอบสนองของการให้พริกต่อการเจริญเติบโตและการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันในเลือดให้ผลในระยะแรกสูงกว่าระยะหลัง

ภาควิชา สัตวบาล..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา อาหารสัตว์..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2551..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

497 55524 31 : MAJOR ANIMAL NUTRITION

KEYWORDS : CHILLI (CAPSICUM FRUTESCES LINN.) MEAL / CAPSAICIN / STABILITY / LIPID PEROXIDATION / ILEAL DIGESTIBILITY / BROILERS

KRITTIYA THIAMHIRUNSOPIT : EFFECTS OF CHILLI (*CAPSICUM FRUTESCENS* LINN.) MEAL ON GROWTH PERFORMANCE, ILEAL DIGESTIBILITY AND LIPID PEROXIDATION IN BROILERS UNDER HIGH DENSITY CONDITION. ADVISOR : ASSOC. PROF. SUWANNA KIJPARKORN, M.S., CO-ADVISOR : CHADA PHISALAPHONG, Ph.D., 58 pp.

An experiment was conducted to investigate the effects of chilli (*Capsicum frutescens* Linn.) meal on growth performance, ileal digestibility and lipid peroxidation in broilers under high-density condition. Total 664 day-old male Cobb-500 chicks were randomly allocated into 10 treatments of 4 replicates. The treatments contained 9 groups of high-density and 1 group of normal-density. Birds were raised on floor pens in open-sided housing for 41 days. The treatments comprised 2 control diet groups with difference density of bird per pen, control diet supplemented with avilamycin 2.5 mg/kg, control diet supplemented with α-tocopheryl acetate 250 mg/kg, and diets composed of chilli granule, chilli powder, and chilli meal at level of capsaicin 20 and 30 mg/kg respectively. On day 21 and 41 of the experiment, body weight, and feed intake were recorded and 2 broilers/replicate were randomly selected for collecting blood sample at wing vein. Stress Index and Thiobarbituric Acid Reactive Substance (TBARS) in plasma was analyzed. Ileal content was collected and analyzed for nutrient digestibility. Stability of capsaicin in all forms of chilli were also determined.

Stability of capsaicin in chilli meal decreased when storage time increased. Decreasing level of capsaicin in chilli meal was higher than the other forms. On day 21 and 41, Stress index of birds fed with chilli of all forms tended to decrease ($P>0.05$) while their lipid peroxidation in plasma significantly decreased comparing to high-density control group ($P<0.05$) but it was not different with normal-density control group, and control diet supplemented with avilamycin or α-tocopheryl acetate ($P>0.05$). Ileal nutrient digestibility of all groups on day 21 and 41 were not different ($P>0.05$). Growth performance of overall experimental period was considered. Final weight and daily weight gain of all forms of chilli fed groups were higher than high-density control group ($P<0.05$) but were not different from normal-density control group and control diet supplemented with avilamycin ($P>0.05$). Chilli meal gave higher weight gain than chilli granule but not different from chilli powder. Both capsaicin level of all chilli forms were not different ($P>0.05$). In conclusion, Chilli meal could be used as an ingredient in broiler diet to increase bird weight and capsaicin at the level of 20 mg/kg can decrease plasma lipid peroxidation in broiler under high-density condition. The response of chilli on growth performance and lipid peroxidation in plasma were higher in starter than grower period.

Department : Animal Husbandry..... Student's Signature Krittiya T.

Field of Study : Animal Nutrition..... Advisor's Signature A. Kijpark

Academic Year : 2008..... Co-Advisor's Signature Chada Phisalaphong

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.สุวรรณา กิจภากรณ์ ให้คำปรึกษาด้านการวิจัย หาทุนสนับสนุนการวิจัย การแก้ไขและเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. ชฎา พิศาลพงศ์ ที่ช่วยร่วมหาทุนสนับสนุน ให้คำปรึกษาด้านการวิจัย และแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ รวมทั้งคณะกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณหน่วยงานและผู้มีรายนามต่อไปนี้ที่ให้ความอนุเคราะห์ และช่วยให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้

1) บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนการศึกษาครั้งนี้ภายใต้ชื่อทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช
2) บัณฑิตวิทยาลัย คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ร่วมให้ทุนสนับสนุน
3) สถาบันวิจัยและพัฒนา องค์การเภสัชกรรม ที่ให้ความอนุเคราะห์พริก สารเคมี อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำสารสกัด และวิเคราะห์สารสำคัญจากพริก และคุณสุเมธ บุญเกิด และเจ้าหน้าที่องค์การเภสัชกรรมทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและแนะนำตลอดระยะเวลาทำการวิจัย
4) บริษัท โอซาโกร จำกัด ที่สนับสนุนทุนในการจัดซื้อสารเคมี
5) บริษัท เจริญโภคภัณฑ์ จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์สัตว์ทดลอง
6) บริษัท ท็อป ฟีด มิลล์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ ในการผสมอาหารทดลอง
7) รศ.น.สพ.ดร.กฤษ อังคนาพร ภาควิชาสรีรวิทยา ที่คอยให้คำปรึกษาทางสถิติ และหน่วยชีวเคมี คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการเก็บตัวอย่าง และอุปกรณ์ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้
8) น.สพ.สมคิด ขานดา และคุณสมพร แวงสูงเนิน ที่ให้คำแนะนำ การติดต่อประสานงาน และกรุณาช่วยเก็บตัวอย่างในการวิจัย
9) ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ทั้งการทดลองภาคสนามและการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณบุคคลในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด และขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นายบรรจง อุรา และนางสาวปิยพร สุขวนิช ตลอดจนผู้ที่ให้ความช่วยเหลือทุกท่าน ที่ช่วยให้การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ญ

บทที่

บทที่ 1 บทนำ..... 1

วัตถุประสงค์การวิจัย..... 2

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3

ความเครียดในการเลี้ยงสัตว์..... 3

อนุมูลอิสระ..... 3

การเกิด lipid peroxidation ในเยื่อหุ้มเซลล์..... 5

พริกและสารสำคัญในการต้านออกซิเดชั่น..... 6

ความคงตัวของสารสำคัญ..... 7

การย่อยและการดูดซึมของสาร capsaicin..... 8

ฤทธิ์ต่อการลดความเครียด..... 9

ฤทธิ์ต้านการเกิด lipid peroxidation ของ capsaicin..... 9

ฤทธิ์ต่อการย่อยได้ของโภชนะ..... 11

ฤทธิ์ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต..... 11

ความเป็นพิษ..... 12

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย..... 14

บทที่ หน้า

สัตว์ทดลอง..... 14
การเตรียมพริก..... 14
อาหารทดลอง..... 15
การเก็บข้อมูล..... 19
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... 21

บทที่ 4 ผลการทดลอง..... 22
ความคงตัวของสารสำคัญในพริกทั้ง 3 รูปแบบ..... 22
คุณภาพของอาหาร..... 23
ดัชนีความเครียด..... 23
การเกิด lipid peroxidation..... 23
การย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย..... 23
คุณลักษณะการเจริญเติบโต..... 33

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง..... 35
ปริมาณและความคงตัวของสารแคปไซซินในพริก..... 35
คุณค่าทางโภชนะของพริกและอาหารทดลอง..... 36
ความเครียดและการต้านออกซิเดชั่น..... 36
การย่อยได้ของสารอาหาร 39
คุณลักษณะการเจริญเติบโต..... 40
สรุปผลการทดลอง..... 41
ข้อเสนอแนะ..... 42

รายการอ้างอิง..... 43
ภาคผนวก..... 53
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 58

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าโภชนะทางเคมีของพริกทั้ง 3 รูปแบบ	16
2	อาหารทดลอง	16
3	ส่วนประกอบของอาหารทดลองช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์	17
4	ส่วนประกอบของอาหารทดลองช่วงอายุ 4–6 สัปดาห์	18
5	ความคงตัวของแคปไซซินในพริกทั้ง 3 รูปแบบ	22
6	คุณค่าโภชนะทางเคมีของอาหารทดลอง 0-21 วัน	24
7	คุณค่าโภชนะทางเคมีของอาหารทดลอง 22-41 วัน	25
8	ผลต่อค่าเซลล์เม็ดเลือดขาว และ H/L ratio ในไก่เนื้ออายุ 21 และ 41 วัน	26
9	ผลต่อค่า TBARS ในพลาสม่าในไก่เนื้ออายุ 21 และ 41 วัน	27
10	เปอร์เซ็นต์การย่อยได้โภชนะบริเวณลำไส้เล็กส่วนปลายในไก่เนื้ออายุ 21 วัน	28
11	เปอร์เซ็นต์การย่อยได้โภชนะบริเวณลำไส้เล็กส่วนปลายในไก่เนื้ออายุ 41 วัน	29
12	ผลของการเสริมพริกในรูปแบบต่างๆ ต่อคุณลักษณะการเจริญเติบโตช่วงอายุ 0-21 วัน	30
13	ผลของการเสริมพริกในรูปแบบต่างๆ ต่อคุณลักษณะการเจริญเติบโตช่วงอายุ 22-41 วัน	31
14	ผลของการเสริมพริกในรูปแบบต่างๆ ต่อคุณลักษณะการเจริญเติบโตช่วงอายุ 0-41 วัน	32

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงโครงสร้างของ capsaicin	7
2	แสดงโครงสร้างของ vanillin และ 8-methyl-6-noneamide	10
3	แสดงแผนการเก็บข้อมูลตลอดการทดลอง	21

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

การเลี้ยงไก่เนื้อในสภาวะที่หนาแน่นสูงเพื่อเพิ่มผลผลิต ส่งผลให้สัตว์เกิดความเครียด ซึ่งความเครียดที่เกิดขึ้นมีผลไปกระตุ้นให้ร่างกายสร้างอนุมูลอิสระ (free radical) เพิ่มขึ้น (Droge, 2002) โดยปกติอนุมูลอิสระจะถูกสร้างขึ้นในกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ของเซลล์ในร่างกาย ซึ่งอนุมูลอิสระเหล่านี้จะถูกทำลายโดยระบบต้านออกซิเดชั่นตามธรรมชาติของเซลล์ภายในร่างกาย แต่ถ้าร่างกายผลิตอนุมูลอิสระออกมามากและไม่สามารถทำลายได้หมด จะส่งผลให้สัตว์เกิดภาวะ oxidative stress อนุมูลอิสระจะไปทำลายส่วนประกอบของเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเยื่อหุ้มเซลล์และก่อให้เกิดโรคต่างๆ ได้ (Fellenberg and speisky, 2006) ส่งผลต่อการเจริญเติบโต การลดความเครียดที่ผ่านมานิยมเสริมด้วยสารปฏิชีวนะในน้ำและอาหาร แต่ผลที่ตามมาคือสารตกค้างในเนื้อสัตว์ส่งผลให้เกิดการดื้อยาของเชื้อโรคต่อผู้บริโภค (สาโรช และเยาวมาลย์, 2002; Denise, 1987; Dan, 2003; Ian et al., 2004) จึงมีการห้ามใช้สารเหล่านี้ในการผลิตไก่เนื้อในหลายประเทศ จากปัญหาดังกล่าวจึงมีความพยายามที่จะหาสารเสริมทดแทน สารธรรมชาติจึงเข้ามามีบทบาทเพื่อทดแทนการใช้สารปฏิชีวนะ

พืชสมุนไพรเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ทดแทนสารปฏิชีวนะได้ เนื่องจากสมุนไพรและสารสกัดจากสมุนไพรเป็นสารที่มาจากธรรมชาติซึ่งมีสารออกฤทธิ์สำคัญ (active ingredient) ที่มีสรรพคุณที่เป็นประโยชน์ในหลายด้าน จึงได้มีการศึกษาวิจัยการนำสมุนไพรมาใช้เพิ่มมากขึ้น (สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน, 1998) พริก *(Capsicum frutescens* Linn.) เป็นสมุนไพรที่มีความน่าสนใจมากเนื่องจากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมามีการใช้พริกในรูป พริกป่น และสารสกัดจากพริกพบว่าพริกมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อโรค (Tellez et al., 1993; McElroy et al., 1994; Fadile and Elif, 2005) กระตุ้นการกิน ช่วยในการย่อยอาหารและการดูดซึม (สาโรช และเยาวมาลย์, 2002) ต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (นวลจันทร์ และคณะ, 2005; Oboh et al., 2006) ส่งผลให้การเจริญเติบโตดีขึ้น ซึ่งสารออกฤทธิ์สำคัญในพริก คือ Vinillyl amine capsaicin (Kentaro et al., 2002) จึงมีการนำพริกมาสกัดเพื่อนำไปใช้ในการรักษาโรคในมนุษย์และในสัตว์กันอย่างแพร่หลาย ในการสกัดสารสำคัญทำให้มีกากพริกเหลืออยู่ ซึ่งยังไม่ได้มีการพัฒนานำไปใช้ประโยชน์ จึงน่าสนใจที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบตัวหนึ่งในการผลิตไก่เนื้อและยังเป็นการใช้ประโยชน์จากพริกได้อย่างครบวงจร

การทดลองในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อ

1. ศึกษาความคงตัวของสารสำคัญในกากพริกและพริกในรูปแบบต่างๆ
2. ศึกษาผลของการเสริมกากพริกในอาหารไก่เนื้อภายใต้สภาวะการเลี้ยงอย่างหนาแน่นต่อ
    2.1 การลดความเครียด
    2.2 การเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่น
    2.3 การย่อยได้ของโภชนะบริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย
    2.4 สมรรถภาพในการเจริญเติบโต
3. ศึกษาผลของการเสริมกากพริกเพื่อเปรียบเทียบกับสารปฏิชีวนะ (avilamycin) และวิตามินอีสังเคราะห์ (tocopheryl acetate)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความเครียดในการเลี้ยงสัตว์

ความเครียดในการเลี้ยงไก่ มีสาเหตุจากหลายปัจจัย เช่น ความร้อน การเลี้ยงอย่างหนาแน่น ในระบบอุตสาหกรรม การเปลี่ยนแปลงฤดูกาล การติดเชื้อ และการจัดการที่ไม่เหมาะสมเป็นต้น (Leeson and Summer, 2001) เมื่อสัตว์อยู่ในสภาวะเครียดร่างกายตอบสนองต่อภาวะความเครียดโดยมีการหลั่งฮอร์โมนในกลุ่ม corticosteroid ซึ่งเป็นฮอร์โมนสำคัญที่มีผลต่อร่างกายในการ กระตุ้นการเพิ่ม glucose ในพลาสม่า และมีการหลั่ง catecholamine (norepinephrine และ epinephrine) เพื่อกระตุ้นกระบวนการ gluconeogenesis เพื่อสลาย glycogen ในตับให้เป็น glucose ซึ่งใช้เป็นพลังงาน เพื่อต่อต้านความเครียด สัตว์ที่อยู่ในสภาวะเครียดจะมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณและชนิดของเม็ดเลือดขาว โดยการสร้างเม็ดเลือดขาวชนิดลิมไฟไซท์ (lymphocyte) ลดลงเนื่องจากสัตว์มีการหลั่งฮอร์โมนในกลุ่ม corticosteroid ที่มีผลในการกดการสร้างลิมโฟไซท์ทั้งชนิด B-cell และ T-cell ด้วยการทำให้เกิดการฝ่อตัวของต่อมเบอร์ซ่าและต่อมไทมัส (Leeson and Summer, 2001) ในขณะเดียวกันมีผลกระตุ้นการสร้างเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอร์โรฟิล (heterophil) เพิ่มขึ้นส่งผลให้สัดส่วนของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอร์โรฟิลกับลิมโฟไซท์มีค่าเพิ่มขึ้นในภาวะที่สัตว์มีความเครียด ทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตช้าลง (Cravener et al., 1992; Tankson et al., 2001) ด้วยเหตุนี้จึงมีการใช้ค่าสัดส่วนระหว่างเฮทเทอร์โรฟิลกับลิมโฟไซท์ (H/L ratio) เป็นพารามิเตอร์หนึ่งในการบ่งบอกภาวะเครียดของสัตว์ได้ (Gross and Siegel, 1983)

อนุมูลอิสระ

ความเครียดมีผลกระตุ้นให้ร่างกายสร้างอนุมูลอิสระ (free radical) ในระดับสูง (Droge, 2002) อนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลหรืออะตอมของสารที่ไม่คงตัว ซึ่งเกิดจากสารหรือโมเลกุลนั้นมีอิเล็กตรอนวงนอกไม่ครบจำนวนคู่ จึงมีความเสถียรต่ำและมีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยาสูง และสามารถทำปฏิกิริยากับโมเลกุลหรืออะตอมอื่นที่อยู่รอบๆ ตัว โดยรับหรือให้อิเล็กตรอนแก่โมเลกุลข้างเคียงเพื่อให้ตัวมันเองมีความเสถียร โมเลกุลข้างเคียงที่สูญเสียหรือรับอิเล็กตรอนจะกลายเป็น

อนุมูลอิสระตัวใหม่ที่มีความไม่เสถียรต่อไป และจะเข้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นๆ ที่อยู่ข้างเคียง จนเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) (กฤษ, 2004; วัลลภ และประณีต, 2004; Halliwell and Chirico, 1993) อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นได้แก่ superoxide ($O_2^{\bullet}$) nitric oxide ($NO^{\bullet}$) hydroxyl radical ($HO^{\bullet}$) hydroperoxyl radical ($OOH^{\bullet}$) peroxynitrite ($ONOO^{-}$) และ hypochlorous acid (HOCl) (Yun-Zhong et al., 2002) และยังมีโมเลกุลที่ไม่ใช่อนุมูลอิสระแต่สามารถกลายไปเป็นอนุมูลอิสระได้ เช่น hydrogen peroxide (H_2O_2) หรือในกรณีที่มีเหล็กหรือทองแดงปริมาณมากจะเกิดเป็น hydroxyl radicals ขึ้นมาได้ตามปฏิกิริยาดังนี้ (Fellenberg and Speisky, 2006)

$$Fe^{2+} + H_2O_2 \longrightarrow Fe^{3+} + OH^{\bullet} + OH^{-}$$

$$Fe^{3+} + H_2O_2 \longrightarrow Fe^{2+} + OOH^{\bullet} + H^{+}$$

อนุมูลอิสระจะถูกสร้างขึ้นเป็นปกติในกระบวนการเมแทบอลิซึมของเซลล์ในร่างกาย ซึ่งอนุมูลอิสระเหล่านี้จะถูกทำลายโดยระบบต้านออกซิเดชั่น (antioxidant defense system) ในร่างกาย เมื่อร่างกายมีการผลิตอนุมูลอิสระมากเกินไปและสารต้านออกซิเดชั่นในร่างกายตามธรรมชาติไม่เพียงพอที่จะทำลายอนุมูลอิสระจะส่งผลให้เกิดภาวะ oxidative stress ขึ้น มีผลทำลายเนื้อเยื่อ และก่อให้เกิดความผิดปกติต่างๆ ได้ (Cheng et al., 2002) จากสาเหตุดังกล่าวส่งผลให้เกิดการทำลายส่วนประกอบของเซลล์ เช่น ดีเอ็นเอ ไขมัน โปรตีน และโมเลกุลขนาดเล็กอื่นๆ (Britton et al., 2002; Urso and Clarkson, 2003; Fellenberg and Speisky, 2006) โดยเฉพาะอย่างยิ่งไขมัน ซึ่งเป็นตัวเริ่มต้นให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ที่เรียกว่า lipid peroxidation ทำให้เกิดอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้นและสามารถทำลายเซลล์ที่อยู่ข้างเคียงได้ ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายประกอบด้วยระบบเอ็นไซม์ (enzymatic antioxidant) ได้แก่ เอนไซม์ glutathione peroxidase (GPx) เอนไซม์ catalase (CAT) และเอนไซม์ superoxide dismutase (SOD) และระบบที่ไม่ใช่เอ็นไซม์ (nonenzymatic antioxidant) ซึ่งทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระโดยตรง เช่น alpha-tocopherol (วิตามิน E) retinol (วิตามิน A) ascorbic acid (วิตามิน C) glutathione ubiquinone flavonoid และแร่ธาตุ เช่น สังกะสี และซีลีเนี่ยม ที่สามารถป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระได้ดีเช่นกัน ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระจะทำลายอนุมูลอิสระโดยการให้หรือรับอิเล็กตรอน ทำให้ปฏิกิริยาลูกโซ่สิ้นสุดลง สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้จะไม่กลายเป็นอนุมูลอิสระหลังจากทำปฏิกิริยา เนื่องจากตัวมันเองมีความคงตัวทั้งในรูปอิเล็กตรอนครบและอิเล็กตรอนขาดหรือเกิน

(กฤษ, 2004; วัลลภ และประณีต, 2004; Halliwell and Chirico, 1993; Yun-Zhong et al., 2002; Fellenberg and Speisky, 2006) นอกจากระบบป้องกันภายในร่างกายแล้วการใช้สารบางชนิดโดยการที่สัตว์กินเข้าไป เช่น สารประกอบในกลุ่ม phenolic compound พบว่ามีความสามารถในการปกป้องเซลล์จากการทำลายโดยอนุมูลอิสระได้ดี (Kentaro et al., 2002; Yun-Zhong et al., 2002; Fellenberg and Speisky, 2006) สารนี้พบมากในพืช และผัก เช่น พริก บร็อคโคลี ขิง ขมิ้น กระเทียม แอปเปิ้ล องุ่น และบลูเบอร์รี (สาโรช และเยาวมาลย์, 2002; Oboh et al., 2006)

การเกิด lipid peroxidation ในเยื่อหุ้มเซลล์

เยื่อหุ้มเซลล์มีส่วนประกอบของไขมันและโปรตีนหลายชนิดซึ่งมีประจุอยู่ด้วย โมเลกุลส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophillic) อยู่ด้านนอกเซลล์ ส่วนโมเลกุลที่ชอบไขมัน (lipophillic) อยู่ด้านในเซลล์ ภายในเยื่อหุ้มเซลล์มีโปรตีนซึ่งมีความสำคัญกับการทำงานของเซลล์ ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุมการผ่านเข้าออกของไอออน ควบคุมสมดุลออสโมติก หรือทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณของเซลล์ เมื่อมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกาย อนุมูลอิสระจะเข้าทำลายกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวของเยื่อหุ้มเซลล์เกิดเป็นอนุมูลอิสระไขมันเปอร์ออกซี (lipid peroxy radical) จากนั้นอนุมูลอิสระไขมันเปอร์ออกซี จะเข้าไปทำลายโครงสร้างและการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ที่เป็นโปรตีนและส่วนอื่นๆ ให้เปลี่ยนแปลงไป (Bottje et al., 1995)

Halliwell และ Chirico (1993) ได้อธิบายการเกิด lipid peroxidation ว่าเริ่มต้นจากการที่กรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acids) ถูกดึงไฮโดรเจนอะตอมออกจาก methylene (-CH_2-) group ที่ตำแหน่งถัดจากพันธะคู่ โดยอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (hydroxyl radical, $HO^{\bullet}$) หรืออนุมูลอิสระตัวอื่น ทำให้ไขมันเกิดเป็นอนุมูลอิสระที่ไม่คงตัว (lipid radical หรือ carbon-centered radical) จึงพยายามทำตัวมันเองให้เสถียรโดยจัดเรียงโมเลกุลใหม่เป็นรูป conjugated diene ซึ่งภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้เป็นอนุมูลอิสระเปอร์ออกซิล (peroxyl radical, ROO^{-}) จากนั้นอนุมูลอิสระเปอร์ออกซิลจะไปดึงไฮโดรเจนอะตอมออกจากโมเลกุลของไขมันตัวอื่นเพื่อทำให้ตัวมันเองเสถียร ขณะเดียวกันก็ทำให้เกิดอนุมูลอิสระไขมันและเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจน เกิดเป็นอนุมูลอิสระไขมันเปอร์ออกซิล (lipid peroxyl radical, $LOO^{\bullet}$) จากนั้นอนุมูลอิสระไขมันเปอร์ออกซิลจะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลไขมันที่อยู่ข้างเคียงโดยดึงไฮโดรเจนอะตอมออก เกิดเป็นไขมันไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (lipid hydroperoxide,

LOOH) และอนุมูลอิสระไขมันที่ไม่คงตัว ซึ่งอนุมูลอิสระไขมันเปอร์ออกซิล และอนุมูลอิสระไขมันไฮโดรเปอร์ออกไซด์ทำให้ปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิด lipid peroxidation สามารถดำเนินต่อไปได้ จากนั้นอนุมูลอิสระไขมันที่ไม่คงตัวจับกัน 2 โมเลกุล หรือจับกับอนุมูลอิสระไขมันเปอร์ออกซิล ทำให้เกิดโมเลกุลที่คงตัว ได้แก่ อีเทน (ethane) หรือ เพนเทน (pentane) และไขมันอัลดิไฮด์ (lipid aldehyde)

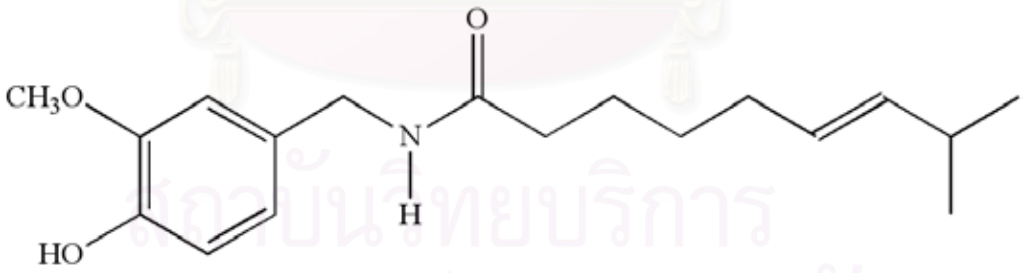
การเกิด lipid peroxidation ทำให้โครงสร้างเซลล์เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้การทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ที่เป็นโปรตีนเปลี่ยนแปลงไป โดยทำให้เสียสมดุลในการควบคุมแคลเซียมไอออนภายในเซลล์จากการทำงานของเอนไซม์แคลเซียมไอออนเอทีพีเอส นำไปสู่การตายของเซลล์ และยังสามารถออกซิไดซ์โปรตีนและดีเอนเอ (DNA) ทำความเสียหายให้กับเซลล์ข้างเคียงได้ (Halliwell and Chirico, 1993)

พริกและสารสำคัญในการต้านออกซิเดชัน

พริก มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ และหมู่เกาะอินเดียตะวันตก ซึ่งถูกค้นพบโดยโคลัมบัส สำหรับประเทศไทยมีหลักฐานยืนยันว่าพริกถูกนำเข้ามาโดยชาวโปรตุเกสเป็นเวลาหลายร้อยปี พริกที่มีปลูกกันในประเทศ มีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไปตามแต่ละภาค เช่น พริกขี้หนู มีชื่อเรียกอื่นๆ ว่า พริกนก พริกแด้ ปะแกว หมักเพ็ด พริกแจว (เหนือ) พริกขี้นก และดีปลี (ใต้) มีชื่อสามัญ Capsicums Chillies Green pepper Paprika pepper Tabasco pepper และ Cayenne pepper และมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Capsicum* spp. อยู่ในวงศ์ Solanaceae พริกที่พบมากในประเทศไทยได้แก่ พริกขี้หนู (*Capsicum frutescens* Linn.) และพริกชี้ฟ้า (*Capsicum annuum* Linn.) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพริกเป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก มีใบแบบใบเดี่ยว ใบมีรูปร่างตั้งแต่รูปไข่ถึงเรียวยาว มีขนาดต่างๆ กัน มีรากลึก ต้นพริกที่โตเต็มที่จะมีรากฝอยแผ่ออกเกินกว่าหนึ่งเมตร มีดอกเดี่ยวตามซอกใบหรือกิ่ง มีกลีบดอกสีขาว 5 กลีบ บางพันธุ์มีสีม่วง ขนาดผลมีตั้งแต่ขนาดเล็กจนกระทั่งขนาดใหญ่ เมื่อผลสุกจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง ส้ม หรือเหลือง สภาพที่เหมาะสมกับการปลูก คือ ดินร่วนปนทราย มีความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมในช่วง 5.5-6.5 (สมพร, 2003)

องค์ประกอบและคุณค่าทางโภชนะของพริกขี้หนู (จินดาศรีสะเกษ) ประกอบด้วย พลังงาน 5.13 กิโลแคลอรี/กรัม โปรตีน 15.46 ไขมัน 12.34 เยื่อใย 35.07 เถ้า 5.22 แคลเซียม

0.31 และ ฟอสฟอรัส 0.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ศรีสุดา, 2006) สารสำคัญในผลพริกเป็นสารในกลุ่มฟีโนลิกเอไมด์ (phenolic amide) ซึ่งสารออกฤทธิ์หลักคือ capsaicinoids มีประมาณ 0.11-1.5 เปอร์เซ็นต์ของพริกแห้ง capsaicinoids ประกอบด้วย capsaicin 48.6 dihydro-capsaicin 36.0 nordihydrocapsaicin 7.4 homocapsaicin 2.0 และ homodihydrocapsaicin 2.0 เปอร์เซ็นต์ (Carol et al., 1996) ซึ่งในสารสกัดหยาบจากพริก (oleoresin capsicum) นอกจากมีแคปไซซินแล้วยังที่ประกอบไปด้วย โปรตีน 12-15 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 9-17 เปอร์เซ็นต์ สารสี (carotenoid pigments) เช่น capsanthin capsorubin carotene lutein วิตามินเอ วิตามินอี และน้ำมันหอมระเหย (volatile oil) อีกเล็กน้อย (Carol et al., 1996; Federica et al., 2009) ในพริกสด 1 กรัม จะมีสาร capsaicin อยู่ประมาณ 4.36 มิลลิกรัม (Federica et al., 2009) บริเวณที่พบสารแคปไซซินภายในผลพริกนั้น ส่วนใหญ่จะอยู่ในบริเวณเยื่อแกนกลางสีขาว หรือเรียกว่า รก (placenta) ส่วนของเนื้อ เปลือก และเมล็ดของพริกจะมีสารแคปไซซินอยู่น้อยมาก แคปไซซินเป็นสารหลักสำคัญของสารในกลุ่ม capsaicinoid ที่ได้จากพริกซึ่งเป็น volatile alkaloid มีชื่อทางเคมีว่า 8-methyl-n-vanillyl-6-nonenamide มีสูตรโมเลกุลคือ $C_{18}H_{27}NO_3$ มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 305.41 มีจุดหลอมเหลวเท่ากับ 62-65 องศาเซลเซียส (สมพร, 2003) แคปไซซินเป็นสารที่มีประโยชน์หลายประการ เช่น ช่วยในการย่อยอาหาร ต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน, 1998)



ภาพที่ 1 โครงสร้าง capsaicin ดัดแปลงจาก Kentaro และคณะ (2002)

ความคงตัวของสารสำคัญ

ความคงตัวของสารสำคัญในพริกพบว่าเมื่อนำพริกสดทั้งที่ทำการบดก่อนผ่านความร้อน (pasteurized) และผ่านความร้อนก่อนการบดที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 และ 10 นาที เปรียบเทียบกับพริกที่ไม่ผ่านความร้อน พบว่าการผ่านความร้อนแล้วนำไป

อบแห้งที่ทำให้ปริมาณของเอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ซึ่งเป็นเอ็นไซม์ที่ทำให้สารแคปไซซินอยด์ (capsaicinoid) ในพริกสดมีการสลายตัวลดลงมากที่สุดคือที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และเมื่อนำพริกมาบดเป็นผงจากนั้นบรรจุด้วยถุงโพลีเอททีลีน (polyethylene bags) แบบสุญญากาศเก็บไว้ในอุณหภูมิห้องที่มีแสงและไม่มีแสงเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าการเก็บไว้ในที่ที่มีแสงและไม่มีแสงไม่มีความแตกต่างกันและการลดลงของสารแคปไซซินอยด์ ทั้ง 2 กลุ่มจะเกิดขึ้นได้ชัดใน 4 สัปดาห์แรก เมื่อพิจารณาถึงขั้นตอนการบด ก่อนและหลังได้รับความร้อนพบว่าปริมาณแคปไซซินอยด์ในพริกที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ก่อนทำการบดมีปริมาณแคปไซซินอยด์ลดลงจากเดิมเฉลี่ย 6.8 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ทำการบดก่อนการผ่านความร้อนมีปริมาณแคปไซซินอยด์ลดลงเฉลี่ย 11.9 เปอร์เซ็นต์ (Ute et al., 2006) Kopec และคณะ (2002) ทำการทดสอบสารแคปไซซินในรูปของเหลวที่ความเข้มข้น 0.5 ถึง 128 ไมโครโมลาร์ ที่สภาพแตกต่างกันคือ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีการป้องกันแสง ที่อุณหภูมิห้องไม่มีการป้องกันแสงและมีการป้องกันแสง และที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีการป้องกันแสง และทำการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ทดสอบทุก 1 เดือน เป็นระยะเวลา 1 ปี พบว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีการป้องกันแสง พบความแตกต่างที่ระยะเวลา 2 เดือน ซึ่งมีค่าลดลง 0.5-2 ไมโครโมลา ($P<0.05$) การทดสอบที่อุณหภูมิห้องและไม่มีการป้องกันแสง พบการลดลงที่ระยะเวลา 6 เดือน ส่วนที่อุณหภูมิห้องและมีการป้องกันจากแสงพบการลดลงที่ระยะเวลา 4 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับเริ่มต้น สำหรับกลุ่มที่ทดสอบที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีการป้องกันแสงมีค่าลดลงเมื่อ 1 ปี เป็นต้นไป Ayhan และ Feramuz (2004) ทำการทดสอบความคงตัวของพริกป่นที่บรรจุในถุงโพลีเอททีลีนแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิห้องและปราศจากแสง เป็นระยะเวลา 10 เดือน โดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ทดสอบทุก 2 เดือน พบว่ามีการลดลงของแคปไซซินตั้งแต่เดือนที่ 2 ซึ่งลดลง 2.87 เปอร์เซ็นต์ จากเริ่มต้นแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ของปริมาณแคปไซซิน 13.93 และ 27.87 เปอร์เซ็นต์ จากเริ่มต้นในเดือนที่ 4 และเดือนที่ 10 ตามลำดับ

การย่อยและการดูดซึมของ capsaicin

การให้สารแคปไซซินในหนูแฮมส์เตอร์และหนูแรท (Arnold, 1984; Kawada et al., 1984; Iwai et al., 2003) เพื่อศึกษาการย่อยและการดูดซึมของแคปไซซิน พบว่าการย่อยเริ่มต้นที่

กระเพาะอาหาร และพบว่าบางส่วนของสารหายไปในกระเพาะอาหารซึ่งคาดว่ากระเพาะอาหารสามารถดูดซึมสารแคปไซซินได้ แต่การดูดซึมส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ลำไส้เล็กส่วนกลาง (jejunum) แบบ passive diffusion โดยบางส่วนจะถูกเมแทบอไลท์ (metabolite) ในผนังลำไส้ขณะที่ถูกดูดซึม การดูดของสารแคปไซซินในระบบทางเดินอาหารนั้นสามารถดูดซึมได้ประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ภายในระยะเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อถูกดูดซึมเข้าไปในระบบเลือดแล้วจะจับกับ albumin ในกระแสเลือดเพื่อขนส่งไปยังตับทาง portal vein โดยตับจะเป็นอวัยวะสำคัญในการเมแทบอไลท์สารแคปไซซิน จากนั้นสารเมแทบอไลท์ที่เกิดขึ้น ได้แก่ dihydrocapsaicin, vanillylamine, vanillin, vanillyl, alcohol และ vanillic acid ซึ่งอยู่ในรูป free form หรือ conjugates กับ glucoronide จะเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดไปยังเซลล์ต่างๆ ต่อไป

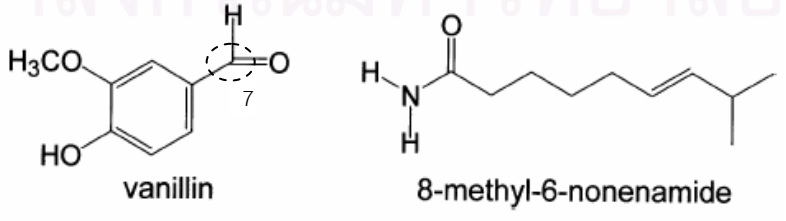
ฤทธิ์ต่อการลดความเครียด

การทดสอบคุณสมบัติในการลดความเครียดของสารสกัดหยาบจากพริกที่มีระดับแคปไซซิน 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ในไก่เนื้อ มีแนวโน้มทำให้ค่า H/L ratio ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะอะวิลามัยซินที่ระดับ 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ($P>0.05$) (นวลจันทร์ และคณะ, 2005) ชัยวัฒน์ (2003) และการทดลองของสุวรรณา และคณะ (2005) ที่เสริมขมิ้นชันที่มีสารในกลุ่มเดียวกับแคปไซซินอยด์ คือ curcuminoid ในไก่เนื้อเลี้ยงที่ความหนาแน่น 17 ตัว/ตารางเมตร พบว่าค่า H/L ratio ลดลงต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งในไก่อายุ 3 และ 6 สัปดาห์

ฤทธิ์ต้านการเกิด lipid peroxidation ของ capsaicin

แคปไซซินเป็นสารที่ให้ความเผ็ดหลักในผลพริก ซึ่งได้มีการทดลองแล้วว่ามีความสามารถในการยับยั้งการเกิด reactive oxygen species และ lipid peroxidation ได้ (Salimath et al., 1986; Pulla and Lokesh, 1992; Asai et al., 1999; Henderson et al., 1999; Okada and Okajima, 2001) และยังพบว่าสารสกัดหยาบจากพริกสามารถลดการเกิด lipid peroxidation ได้ เนื่องจากสารแคปไซซินและสารอนุพันธ์ในสารสกัดหยาบจากพริกมีโครงสร้างเป็นสารกลุ่มฟีนอล (phenolic compound) ซึ่งมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระได้ (นวลจันทร์ และคณะ, 2005) ซึ่ง Oboh และคณะ (2006) ได้ทำการศึกษาสารสกัดจากพริก (*Capsicum annum*,

Tepin และ *Capsicum chinese*, Habanero) ในรูปของเหลว ในการป้องกันการเกิด lipid peroxidation ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำด้วยประจุธาตุเหล็กเฟอรัส (Fe^{2+}) ในสมองของหนูแรท ผลจากการศึกษาพบว่าสารสกัดจากพริก (สุกและดิบ) สามารถลดระดับของ Malondialdehyde (MDA) ซึ่งเป็นผลผลิตที่ได้จากกระบวนการ lipid peroxidation ลงได้ ($P<0.05$) ทั้งในสมองที่ได้รับและไม่ได้รับ Fe^{2+} เนื่องจากในสารสกัดมีสารพวก phenol วิตามินซี และ Fe^{2+} chelating ที่มีความสามารถในการจับกับ Fe^{2+} และมีผลยับยั้งการเกิด lipid peroxidation ได้อยู่ด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าแคปไซซินสามารถยับยั้งการเกิด lipid peroxidation ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า α-tocopherol โดยพบว่าใช้แคปไซซินเพียง 15 ไมโครโมลาร์ ในขณะที่ต้องใช้ α-tocopherol ถึง 230 ไมโครโมลา และแคปไซซินยังสามารถขจัดอนุมูลอิสระได้ทั้งที่ผิวเยื่อหุ้มเซลล์และภายในเยื่อหุ้มเซลล์ นอกจากนี้แคปไซซินจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างตัวเองเป็นอนุมูลอิสระภายหลังจากการทำปฏิกิริยา โครงสร้างหลักในการเกิดปฏิกิริยาของแคปไซซิน กับอนุมูลอิสระคือ vanillin และ 8-methyl-6-noneamide (ภาพที่ 2) และตำแหน่งที่ทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระของแคปไซซินที่ช่วยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นคือ ตำแหน่ง C7 ของ benzyl carbon (Kentaro et al., 2002) และจากการศึกษาการเกิด lipid peroxidation ในรูปของค่า Thiobarbituric Acid Reactive Substance (TBARS) ในไก่เนื้ออายุ 0-3 และ 4-6 สัปดาห์ พบว่าการให้สารสกัดหยาบที่มีระดับแคปไซซิน 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ทำให้ค่า TBARS ลดต่ำลง โดยที่ระดับ 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีค่าต่ำที่สุดและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะ avilamycin ที่ระดับ 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (นวลจันทร์ และคณะ, 2005) ขณะที่การเสริม α-tocopheryl acetate จะต้องเสริมถึงระดับ 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร (บรรจง, 2007) และ 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร (Sahin et al., 2002) ไก่เนื้อ จึงจะสามารถลดการเกิด lipid peroxidation ได้



ภาพที่ 2 โครงสร้างของ vanillin และ 8-methyl-6-noneamide (Kentaro et al., 2002)

ฤทธิ์ต่อการย่อยได้ของโภชนะ

แคปไซซินมีส่วนช่วยในการย่อยอาหารซึ่งเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของระบบทางเดินอาหาร โดยกระตุ้นการบีบและคลายตัวของของกระเพาะอาหาร ช่วยเพิ่มการขับหลั่งของน้ำลายและการออกฤทธิ์ของเอ็นไซม์อะไมเลส (amylase) โปรติเอส (protease) และไลเปส (lipase) ได้ และยังสามารถเพิ่มการขับหลั่งของกรดในกระเพาะอาหาร และการไหลเวียนของเลือดในชั้นเยื่อบุผิว (mucosa) ของลำไส้เล็กในหนูเมาส์ (Platel and Srinivasan, 2004) กระตุ้นเส้นประสาทวากัสเนิฟ (vagus nerve) และกลุ่มเส้นใยประสาทในเยื่อบุกระเพาะอาหาร (capsaicin-sensitive nerve fiber) (Bhat et al., 1984; Lan and Holzer, 1993) ทำให้เกิดการหลั่งแกสตริน (gastrin) ส่งผลให้ parietal cell หลั่ง H^+ ซึ่งมีผลไปกระตุ้น chief cell ให้หลั่งเปปซิโนเจน (pepsinogen) เพิ่มมากขึ้นและ H^+ ยังมีผลไปกระตุ้นให้เปปซิโนเจนซึ่งเป็นโปรเอ็นไซม์ (pro-enzyme) ให้เปลี่ยนเป็นเปปซิน (pepsin) (กฤษ, 1997) ซึ่งมีคุณสมบัติในการย่อยอาหารจำพวกโปรตีน นอกจากนี้ยังกระตุ้นให้มีการหลั่งฮอร์โมนโคริซิสโทไคนิน (cholecystokinin) ซึ่งทำหน้าที่กระตุ้นการบีบคลายตัวของกล้ามเนื้อ ส่งผลให้เกิดการบีบตัวของถุงน้ำดี ทำให้มีการหลั่งน้ำดีเข้าสู่ลำไส้ กระตุ้นการหลั่ง ซีครีติน (secretin) ที่มีฤทธิ์ในการกระตุ้นการหลั่งไบคาร์บอเนต (bicarbonate) จากตับอ่อน และยังสามารถกระตุ้นการสร้างของกรดน้ำดีจากตับได้ ทำให้มีความเข้มข้นและปริมาณของน้ำดีเพิ่มมากขึ้น (Kalpana and Srinivasan., 2004) จึงช่วยในการใช้ประโยชน์ของไขมันเพิ่มมากขึ้น

ฤทธิ์ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

เนื่องจากแคปไซซินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีจึงได้มีผู้ทำการศึกษาในสัตว์พบว่า การเสริมพริกป่นที่มีสารแคปไซซิน 3 ระดับ คือ 0, 2 และ 4 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ทดแทนยาปฏิชีวนะคลอเตตราซัยคลินในสูตรอาหารไก่เนื้อพบว่า ไม่มีผลต่อการกินได้ น้ำหนักตัว และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ($P>0.05$) (รัชนี, 2003) ซึ่งนวลจันทร์ และคณะ (2005) ได้ทำการทดลองเสริมสารสกัดหยาบจากพริกในระดับที่ให้สารแคปไซซินตั้งแต่ 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะอะวิลามัยซินในระดับ 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในไก่เนื้ออายุ 6 สัปดาห์ ภายใต้สภาพโรงเรือนเปิด พบว่าที่อายุ 0-3 สัปดาห์ การเสริมสารสกัดหยาบจากพริกในระดับที่ให้สารแคปไซซิน 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ไม่มีผลต่อการเพิ่มของน้ำหนักตัว ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการตายของไก่เนื้อ ($P>0.05$) แต่ในด้านปริมาณการกินอาหารพบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยที่ระดับ 15 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ให้ค่าสูงที่สุด ($P>0.05$) ขณะที่อายุ 4-6 สัปดาห์ พบว่าไม่มีผลต่อปริมาณการกินอาหาร ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการตาย ($P>0.05$) แต่ที่ระดับ 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นสูงที่สุดและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับ 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และกลุ่มควบคุม เมื่อพิจารณาตลอดช่วงการทดลอง (0-6 สัปดาห์) พบว่าการเพิ่มน้ำหนักตัวของไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากพริกในระดับที่ให้สารแคปไซซิน 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ให้สารปฏิชีวนะแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยที่ระดับสารแคปไซซิน 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีค่าสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ McElroy และคณะ (1994) พบว่าการให้แคปไซซินที่ระดับ 5 และ 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ($P>0.05$) ในไก่เนื้อทั้ง 2 ระยะ ส่วนในด้านรสชาติของเนื้อ Sams และคณะ (1995) ทำการทดลองเสริมสารแคปไซซินที่ระดับ 0 และ 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ลงในอาหารไก่เนื้ออายุ 1-42 วันพบว่า รสชาติของเนื้อหน้าอก (light meat) และเนื้อน่อง (dark meat) ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$)

ความเป็นพิษ

การบริโภคพริกในปริมาณที่มากเกินไปมีผลทำให้รู้สึกแสบร้อนในปาก และกระเพาะอาหาร เนื่องจากสารแคปไซซินในพริกจะไปกระตุ้นปลายประสาทในกระเพาะอาหารทำให้เกิดการบีบตัวอย่างรุนแรง และเกิดการหลั่ง acetylcholine และ histamine ทำให้ระคายเคืองในปาก และยังส่งผลทำให้อัตราการหายใจ ความดันโลหิต และการบีบตัวของหัวใจเพิ่มขึ้น (ยงยศ และมณี, 1980) Young และ Sang (1995) รายงานว่า การให้สารแคปไซซินทางปากขนาดที่ทำให้หนูทดลอง (swiss albino mice) ตายครึ่งหนึ่ง (LD_{50}) มีค่าเท่ากับ 190 มก./น้ำหนักตัว 1 กก. ในการทดสอบความเป็นพิษแบบกึ่งเรื้อรัง (subchronic) ในหนูแรทที่โตเต็มวัย ที่ทำการให้สารสกัดหยาบจากพริกระดับ 0.5 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม โดยผ่านท่อจากปากเข้าสู่กระเพาะอาหารทุกวัน และมีการให้อาหารและน้ำดื่มตามปกติ ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 60 วัน บันทึกข้อมูลการกินอาหาร และน้ำหนักตัว ทุกๆ 10 วัน พบว่าหลังจากวันที่ 40 ของการทดลอง มีปริมาณการกินอาหารเพิ่มมากขึ้น แต่มีน้ำหนักตัวลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการให้สารสกัด

หยาบจากพริก และไม่พบอัตราการตาย การที่น้ำหนักตัวลดลงทั้งๆ ที่กินอาหารมากขึ้น Kawada และคณะ (1986) อธิบายว่า เกิดจากแคปไซซินไป กระตุ้นเมแทบอลิซึมของไขมัน เมื่อทำการการุณยฆาตเพื่อทำการชันสูตร (autopsy) พบว่ากลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบจากพริกเกิดภาวะโลหิตคั่ง (hyperemia) แต่ไม่พบวิการเลือดออก ที่บริเวณตับและระบบทางเดินอาหาร และไม่พบการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิวิทยาบริเวณอวัยวะอื่นๆ นอกจากนี้ Govindarajan และ Sathyanarayana (1991) ยังรายงานว่าไม่พบความแตกต่างของน้ำหนักกระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ตับ ไต ตับอ่อน และม้าม ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบจากพริก สำหรับค่าทางชีวเคมีในซีรั่ม ของเอ็นไซม์แอสพาเตทอะมิโนทรานเฟอร์เรส (Aspartate aminotransferase : AST หรือ GOT) และเอ็นไซม์แกมม่า-กลูตามิว ทรานสเฟอเรส (Gamma-glutamyl transferase : GGT) ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกถึงสภาวะความผิดปกติของเนื้อเยื่อตับ ปกติมักอยู่ในระดับต่ำและมีค่าคงที่ ในสัตว์ปีกจะมีค่า AST อยู่ระหว่าง 95-370 U/L และ GGT อยู่ระหว่าง 1-45 U/L (Lewandowski et al., 1986) แต่หากเนื้อเยื่อมีความผิดปกติหรือเกิดพิษจะมีการปลดปล่อยเอ็นไซม์ออกสู่กระแสเลือดจึงทำให้มีค่าสูงขึ้น และยังสามารถบอกถึงคุณสมบัติในการต้านความเป็นพิษต่อตับได้ (anti-hepatotoxic property) El-Deek และ Al-Harthi (2003) พบว่าการใช้สารสกัดหยาบจากพริกที่ระดับสารแคปไซซิน 5-20 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ในไก่เนื้อ ให้ค่า GOT และ GGT อยู่ในเกณฑ์ปกติ ซึ่ง นวลจันทร์ และคณะ (2005) ทดลองให้สารกัดหยาบจากพริกที่ระดับสารแคปไซซินที่ระดับเดียวกันค่า GOT (295.2-320.1 U/L) และ GGT (19.89-21.85 U/L) อยู่ในเกณฑ์ปกติ แสดงให้เห็นว่าการใช้แคปไซซินในระดับดังกล่าวติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน 42 วัน ไม่ก่อให้เกิดความผิดปกติของเนื้อเยื่อตับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่เนื้อพันธุ์ Cobb เพศผู้อายุ 1 วัน จำนวน 664 ตัว โดยทำการสุ่มไก่เนื้อแบ่งออกเป็น 10 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ โดยไก่แต่ละกลุ่มจะถูกสุ่มให้มีน้ำหนักเฉลี่ยใกล้เคียงกัน โดยที่ 9 กลุ่ม เลี้ยงที่ความหนาแน่นที่ 17 ตัว/ตารางเมตร ในช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์ และลดเหลือ 13 ตัว/ตารางเมตร ในช่วงอายุ 4-6 สัปดาห์ ส่วนที่เหลืออีก 1 กลุ่ม เลี้ยงที่ความหนาแน่นปกติที่ 13 ตัว/ตารางเมตร ในช่วง 0-3 สัปดาห์ และเหลือ 9 ตัว/ตารางเมตร ในช่วงอายุ 4-6 สัปดาห์ ในโรงเรือนเปิด ตามคำแนะนำของกรมปศุสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 1999) เพื่อใช้เปรียบเทียบ ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 42 วัน หรือเมื่อไก่มีน้ำหนักตัว 2.0± 0.2 กิโลกรัม ไก่ได้รับอาหารแบบกินเต็มที่ (ad libitum) และมีน้ำดื่มอย่างเพียงพอตลอดระยะเวลา ไก่ทุกตัวได้รับวัคซีนนิวคาสเซิล-หลอดลมอักเสบ (Newcastle-bronchitis) จากโรงฟัก และได้รับวัคซีน กัมโบโร (Izovac GUMBORO 3®) ในวันที่ 14 ของการทดลอง การเลี้ยงได้รับแสงเป็นระยะเวลา 23 ชั่วโมงต่อวัน ตลอดการทดลอง การทดลองในครั้งนี้ได้รับการพิจารณาจากคณะกรรมการจรรยาบรรณการใช้สัตว์ทดลองจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเตรียมพริก

พริกทั้ง 3 รูปแบบที่ใช้ในการทดลองเป็นพริกชุดเดียวกัน พริกที่ใช้ซื้อมาอยู่ในรูปพริกแห้ง และนำมาเตรียมตามวิธีการดังนี้ก่อนนำไปผสมอาหารทดลอง

1. พริกป่น นำพริกแห้งมาบดด้วยเครื่องบด (Brabender ohg duisburg®) ที่มีขนาดตะแกรง 3 มิลลิเมตร เก็บรักษาไว้ในถุงพลาสติกและใส่กล่องทึบแสง นำไปเก็บไว้ที่ห้องควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส (Thai Herbal Pharmacopoeia, 1987) และทำการสุ่มบางส่วนแบ่งบรรจุในถุงฟอยล์ (foil) จำนวน 3 ถุง เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 75±5 เปอร์เซ็นต์ สำหรับทดสอบความคงตัว

2. สารสกัดหยาบจากพริก (Capsicum Oleoresin) ที่ทำให้อยู่ในรูปแกรนูล เตรียมโดยนำสารสกัดหยาบจากพริกที่ได้รับความอนุเคราะห์จากองค์การเภสัชกรรม มาทำละลายด้วย propylene glycol และผสมด้วยสารป้องกันการเกิดออกซิเดชั่น จากนั้นนำข้าวโพดบดที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 (0.85 มิลลิเมตร) มาผสมจนเป็นเนื้อเดียวกันในเครื่องผสม (Hobart mixer, USA) เป็นระยะเวลา 30 นาที นำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง นำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 16 (1.18 มิลลิเมตร) จากนั้นบรรจุแกรนูลที่ได้ลงในถุงฟอยล์ เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส และทำการสุ่มบางส่วนแบ่งบรรจุในถุงฟอยล์ เก็บไว้อุณหภูมิ 40±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 75±5 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 4 ถุง ที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 75±5 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 3 ถุง สำหรับทดสอบความคงตัว

3. กากพริกที่เหลือจากการสกัดหยาบนำไปผึ่งลมให้แห้งเป็นระยะเวลา 1 วัน แล้วนำมาอบแห้งอีกครั้งในตู้อบ (Menmert®, Ule 800) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เพื่อระเหยเอทานอลออก เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง (สำนักงานคณะกรรมการการสาธารณสุขมูลฐาน, 1997) จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบด (Brabender ohg duisburg®) ที่มีขนาดตะแกรง 3 มิลลิเมตร เก็บรักษาไว้ในถุงพลาสติกและใส่กล่องทึบแสง ที่ห้องควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับการเก็บพริกป่น และทำการสุ่มอีกส่วนหนึ่งแบ่งบรรจุในถุงฟอยล์ จำนวน 3 ถุง เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 75±5 เปอร์เซ็นต์ สำหรับทดสอบความคงตัว

ทำการสุ่มตัวอย่างพริกทั้ง 3 รูปแบบ ไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะโดยประมาณโดยใช้วิธี proximate analysis เพื่อหา ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส ตามวิธีการของ AOAC (1990) ประมาณค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในพริกคำนวณตามวิธีการของ AAFCO (2000) และทำการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญแคปไซซินในพริกตามวิธีการของ AOAC (1995) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณสูตรอาหารต่อไป ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 3.1

อาหารทดลอง

อาหารทดลองถูกแบ่งออกเป็น 9 สูตร (ตารางที่ 3.2) ประกอบด้วย อาหารควบคุม 2 กลุ่ม ที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นต่างกัน อาหารควบคุมเสริมด้วยอะวิลามัยซินในระดับ 2.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร อาหารควบคุมเสริมด้วยวิตามินอี (α-tocopheryl acetate) 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร และอาหารที่ประกอบด้วยพริกทั้ง 3 รูปแบบ ในระดับที่ให้ปริมาณแคปไซซินเท่ากับ 20 และ

30 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ซึ่งต้องใช้สารสกัดหยาบจากพริกในรูปแกรนูลในระดับ 0.83 และ 1.24 เปอร์เซ็นต์ พริกป่นในระดับ 1.16 และ 1.74 เปอร์เซ็นต์ และกากพริกในระดับ 5.26 และ 7.89 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร ตามลำดับ โดยคำนวณให้อาหารทุกสูตรมีค่าพลังงานและค่าโภชนะที่ใกล้เคียงกับความต้องการของสายพันธุ์ อาหารแบ่งเป็น 2 ช่วงอายุคือ ช่วง starter (อายุ 1–21 วัน) และช่วง grower (อายุ 22–42 วัน) ทำการสุ่มตัวอย่างอาหารทุกสูตรจำนวน 500 กรัม เก็บเข้าตู้แช่ที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

ตารางที่ 3.1 คุณค่าโภชนะทางเคมีของพริกทั้ง 3 รูปแบบ (% วัตถุแห้ง)

สารอาหาร (%)	สารสกัดในรูปแกรนูล	พริกป่น	กากพริก
โปรตีน	8.2	17.4	13.3
ไขมัน	4.9	14.0	9.9
เยื่อใย	1.8	22.0	25.6
เถ้า	1.6	7.2	7.9
แคลเซี่ยม	0.3	0.3	0.2
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	0.3	0.1	0.1
แคปไซซิน (กรัม/100 กรัม)	0.27	0.19	0.04
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (กิโลแคลอรี่/กก.) [1/]	3,629	3,172	2,826

[1/] ได้จากการคำนวณ

ตารางที่ 3.2 อาหารทดลอง

กลุ่มทดลอง	อาหารทดลอง
1	อาหารควบคุม
2	อาหารควบคุม (สำหรับการเลี้ยงที่ความหนาแน่นปกติ)
3	อาหารควบคุมเสริม avilamycin 2.5 มก./กก.อาหาร
4	อาหารควบคุมเสริม วิตามินอี (tocopheryl acetate) 250 มก./กก.อาหาร
5	อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร
6	อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร
7	อาหารที่ประกอบด้วยพริกป่นที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร
8	อาหารที่ประกอบด้วยพริกป่นที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร
9	อาหารที่ประกอบด้วยกากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร
10	อาหารที่ประกอบด้วยกากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร

ตารางที่ 3.3 ส่วนประกอบของอาหารทดลองช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์

ชนิดวัตถุดิบ	น้ำหนัก (กก./100 กก.อาหาร)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ข้าวโพด	48.3	48.3	48.3	48.3	47.5	47.1	48.1	48.0	47.6	47.1
กากถั่วเหลือง	38.1	38.1	38.1	38.1	38.1	38.1	37.9	37.8	37.5	37.3
น้ำมันรำข้าว	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.7	4.6	4.2	4.0
กระถิน	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.4	4.1	1.6	0.0
โมโนไดแคลเซียมฟอสเฟต	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
แคลเซียมคาร์บอเนต	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
เกลือ	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
ดีแอลเมไธโอนีน	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
แอลไลซีน	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
ทรีโอนีน	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
โคลีน คลอไรด์ 60 %	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
พรีมิกซ์วิตามิน[1/]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
พรีมิกซ์แร่ธาตุ[2/]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
สารต้านออกซิเดชั่น	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
ยากันบิด	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
วิตามินอี	-	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-
อะวิลามัยซิน	-	-	0.0025	-	-	-	-	-	-	-
สารสกัดหยาบพริก	-	-	-	-	0.83	1.24	-	-	-	-
พริกป่น	-	-	-	-	-	-	1.16	1.74	-	-
กากพริก	-	-	-	-	-	-	-	-	5.26	7.89
สมดุลอิเล็คโตรไลท์[3/]	279.17	279.17	279.17	279.17	279.17	279.17	279.17	284.55	293.25	288.13
ความหนาแน่น[4/]	660.32	660.32	660.32	660.32	654.09	650.97	655.73	653.57	642.65	642.66

[1/] พรีมิกซ์วิตามิน/กิโลกรัมอาหาร ประกอบด้วย วิตามิน A 12,000 หน่วยสากล วิตามิน D_3 3,000 หน่วยสากล วิตามิน E 15 มก. วิตามิน K_3 1.5 มก. วิตามิน B_1 1.5 มก. วิตามิน B_2 5.5 มก. วิตามิน B_6 2 มก. วิตามิน B_{12} 0.01 มก. กรดนิโคธินิค 25 มก. ดีแคลเซียมแพนโทธิเนต 12 มก. กรดโฟลิค 0.5 มก. ไบโอติน 0.12 มก.

[2/] พรีมิกซ์แร่ธาตุ/กิโลกรัมอาหาร ประกอบด้วยแมงกานีส 80 มก. สังกะสี 60 มก. เหล็ก 40 มก. ทองแดง 8 มก. ไอโอดีน 0.5 มก. โคบอล 0.1 มก. ซีลีเนี่ยม 0.1 มก

[3/] หน่วยเป็น มิลลิอีควิวาเลนท์ต่อกิโลกรัม (mEq/kg)

[4/] หน่วยเป็น กรัมต่อลิตร (g/L)

ตารางที่ 3.4 ส่วนประกอบของอาหารทดลองช่วงอายุ 4–6 สัปดาห์

ชนิดวัตถุดิบ	น้ำหนัก (กก./100 กก.อาหาร)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ข้าวโพด	53.3	53.3	53.3	53.3	52.4	52.0	53.0	52.9	52.5	52.0
กากถั่วเหลือง	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8	30.6	30.6	30.3	30
น้ำมันรำข้าว	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.8	6.7	6.3	6.1
กระถิน	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.4	4.1	1.6	0.0
โมโนไดแคลเซียมฟอสเฟต	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
แคลเซียมคาร์บอเนต	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
เกลือ	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
ดีแอลเมไธโอนีน	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
แอลไลซีน	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ทรีโอนีน	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
โคลีน คลอไรด์ 60 %	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
พรีมิกซ์วิตามิน[1/]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
พรีมิกซ์แร่ธาตุ[2/]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
สารต้านออกซิเดชั่น	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
ยากันบิด	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
วิตามินอี	-	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-
อะวิลามัยซิน	-	-	0.0025	-	-	-	-	-	-	-
สารสกัดหยาบพริก	-	-	-	-	0.83	1.24	-	-	-	-
พริกป่น	-	-	-	-	-	-	1.16	1.74	-	-
กากพริก	-	-	-	-	-	-	-	-	5.26	7.89
สมดุลอิเล็คโตรไลท์[3/]	239.67	239.67	239.67	239.67	239.67	239.67	243.15	244.45	251.67	257.45
ความหนาแน่น[4/]	650.51	650.51	650.51	650.49	644.27	641.09	645.92	643.76	632.84	623.16

[1/] พรีมิกซ์วิตามิน/กิโลกรัมอาหาร ประกอบด้วย วิตามิน A 12,000 หน่วยสากล วิตามิน D_3 3,000 หน่วยสากล วิตามิน E 15 มก. วิตามิน K_3 1.5 มก. วิตามิน B_1 1.5 มก. วิตามิน B_2 5.5 มก. วิตามิน B_6 2 มก. วิตามิน B_{12} 0.01 มก. กรดนิโคธินิค 25 มก. ดีแคลเซียมแพนโทธิเนต 12 มก. กรดโฟลิค 0.5 มก. ไบโอติน 0.12 มก.

[2/] พรีมิกซ์แร่ธาตุ/กิโลกรัมอาหาร ประกอบด้วยแมงกานีส 80 มก. สังกะสี 60 มก. เหล็ก 40 มก. ทองแดง 8 มก. ไอโอดีน 0.5 มก. โคบอล 0.1 มก. ซีลีเนี่ยม 0.1 มก.

[3/] หน่วยเป็น มิลลิอีคิวิวาเลนท์ต่อกิโลกรัม (mEq/kg)

[4/] หน่วยเป็น กรัมต่อลิตร (g/L)

การเก็บข้อมูล

1. อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์

บันทึกอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน เวลา 8.00, 12.00 และ 16.00 น. ทุกวัน พบว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วง 0-3 สัปดาห์ ของการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.36±1.56 องศาเซลเซียส และ 78.83±5.42 เปอร์เซ็นต์; 31.56±1.06 องศาเซลเซียส และ 46.34±8.94 เปอร์เซ็นต์; 30.04±1.19 องศาเซลเซียส; และ 47.36±12.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.09±1.67 องศาเซลเซียส และ 80.89±4.92 เปอร์เซ็นต์; 31.34±1.51 องศาเซลเซียส และ 44.61±3.50 เปอร์เซ็นต์; 30.80±1.35 องศาเซลเซียส และ 44.38±2.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2. ทดสอบความคงตัวของสารสำคัญในพริก (Stability)

นำสารสกัดในรูปแกรนูล พริกป่น และกากพริก ที่แบ่งบรรจุลงในถุงฟอยล์ทึบแสง มาทดสอบความคงตัว โดยนำเฉพาะสารสกัดในรูปแกรนูลเพียงอย่างเดียวมาเก็บรักษาไว้ในสภาพเร่งที่อุณหภูมิ 40±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 75±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 2 3 และ 6 เดือน ซึ่งเทียบเท่ากับ 2 4 6 และ 12 เดือนในสภาพปกติ เพื่อใช้เปรียบเทียบกับการเก็บรักษาในสภาพปกติ ที่นำทั้งสารสกัดในรูปแกรนูล พริกป่น และกากพริก มาทดสอบที่สภาพปกติที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 75±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 3 6 และ 12 เดือน โดยดัดแปลงตามวิธีการของ Guidance for Industry (2004) และนำพริกทุกรูปแบบมาวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญแคปไซซินเมื่อครบกำหนดระยะเวลาดังกล่าวตามวิธีการของ AOAC (1995)

3. วิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนะของอาหาร

นำอาหารทดลองทุกสูตรที่สุ่มเก็บไว้ทั้ง 2 ระยะ ไปวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนะโดยประมาณ (proximate analysis) ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส ตามวิธีการของ AOAC (1990)

4. คุณลักษณะการเจริญเติบโต

บันทึกน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน ในวันที่ 1, 21 และ 41 วัน ของการทดลอง และจำนวนไก่ตายทุกวัน เพื่อนำมาคำนวณหา น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อตัวต่อวัน ปริมาณอาหารที่กินต่อ

ตัวต่อวัน อัตราการแลกเนื้อ และอัตราการตาย เนื่องจากความหนาแน่นทั้ง 2 ช่วงอายุไม่เท่ากัน อัตราการตายในช่วงอายุ 0-41 วัน จึงใช้วิธีการคิดโดยนำอัตราการตายของทั้ง 2 ช่วงอายุมาหาค่าเฉลี่ย

5. สถานภาพการเป็นสารต้านออกซิเดชั่น

เก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือดดำที่ปีก (wing vein) ในสัปดาห์ที่ 3 และ 6 ของการทดลอง โดยทำการสุ่มไก่ ซ้ำละ 2 ตัว ซึ่งตัวอย่างที่เก็บมา 1 ตัว เป็น 1 ตัวอย่าง รวม 80 ตัวอย่างต่อครั้ง ด้วยเข็มฉีดยาเบอร์ 22G ขนาด 1.5 นิ้ว ในหลอดเก็บเลือดที่มีสารกันเลือดแข็งตัว (heparin) จากนั้นนำเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง (Nuve, NF 800R, USA) ที่ความเร็วรอบ 308.7 g เป็นเวลา 5 นาที และเก็บส่วนใสที่ลอยอยู่ชั้นบน (plasma) ไว้ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส ไว้สำหรับวัดปริมาณ malondialdehyde (MDA) ที่เกิดจากปฏิกิริยา Lipid peroxidation โดยการวิเคราะห์ Thiobarbituric Acid Reactive Substance (TBARS) ตามวิธีการของ Feix และคณะ (1991)

6. การตรวจวัดค่า H/L ratio

ทำการเก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือดดำที่ปีก (wing vein) ในสัปดาห์ที่ 3 และ 6 ของการทดลอง โดยใช้ไก่ชุดเดียวกับการวิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS) รวมทั้งหมด 80 ตัวอย่างต่อครั้งเช่นกัน แต่ใช้หลอดเก็บเลือดที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด (ethylenediaminetetraacetic acid ; EDTA) เพื่อนำไปวัดค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (peck cell volume ; PCV) จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวทั้งหมด (white blood cell ; WBC) จำแนกชนิดและจำนวนของเม็ดเลือดขาวซึ่งประกอบด้วย heterophils และ lymphocyte เพื่อนำไปคำนวณสัดส่วนของเม็ดเลือดขาวชนิด heterophil/lymphocyte (H/L ratio) โดยส่งตรวจที่หน่วยชันสูตร คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. การย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย (Ileal digestibility)

ในระหว่างวันที่ 17 -21 และ 37-41 ทำการผสมสารบ่งชี้การย่อยได้ (chromic oxide) 0.25 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร ให้ไก่กินต่อเนื่องเป็นเวลา 4 วัน (Steenfeldt et al., 2003) ในวันที่ 21 และ 41 ทำการสุ่มไก่ ซ้ำละ 2 ตัว โดยใช้ไก่ชุดเดียวกับการวิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS) ในพลาสม่า ทำการการุณยฆาตโดยวิธีการฉีด sodium pentobarbital (100 มก./กก.) เกินขนาด ด้วยเข็มฉีดยาเบอร์ 22G ขนาด 1.5 นิ้ว เข้าที่เส้นเลือด

บริเวณลำคอ (jugular vein) เปิดซากและเก็บตัวอย่างอาหารในส่วนของลำไส้เล็กส่วนปลาย (ileal) ตั้งแต่บริเวณ Meckel's diverticulum ถึง Ileocaecal junction นำตัวอย่างที่ได้จากไก่ 2 ตัวในแต่ละซ้ำในปริมาณที่เท่ากันมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 40 ตัวอย่างต่อครั้งและอาหารทดลองที่ผสมโครมิกออกไซด์ เพื่อนำไปหาสารบ่งชี้การย่อยได้ ตามวิธีการของ Bolin และคณะ (1952) และวิเคราะห์ปริมาณโภชนะในตัวอย่างจากลำไส้เล็กส่วนปลาย และอาหาร ได้แก่ ความชื้น พลังงาน โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส ตามวีธีการของ AOAC (1990)

<u>แผนการเก็บข้อมูล</u>

สัปดาห์ที่	0	1	2	3	4	5	6
	Wt	-	-	Cr_2O_3 Wt	-	-	Cr_2O_3 Wt
	-	-	-	FI	-	-	FI
	-	-	-	Ileal	-	-	Ileal
	-	-	-	BS	-	-	BS

ภาพที่ 3 ภาพแสดงแผนการเก็บข้อมูลตลอดการทดลอง

Wt = น้ำหนักตัว

FI = ปริมาณอาหารที่กิน

Cr_2O_3 = โครมิกออกไซด์

Ileal = เก็บตัวอย่างมูล

BS = เก็บตัวอย่างเลือด

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างกลุ่มทดลอง (General linear Model) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มทดลองโดยใช้ Orthogonal contrast โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ (SAS Institute Inc, 2002)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลอง

1. ความคงตัวของสารสำคัญในพริกทั้ง 3 รูปแบบ

ผลการวิเคราะห์ ปริมาณสารแคปไซซินเริ่มต้นพบว่าสารสกัดรูปแกรนูล มีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือพริกป่น และกากพริก การทดสอบสารสกัดในรูปแกรนูลทั้งสภาพเร่งและสภาพปกติ เมื่อคิดเทียบเป็นระยะเวลาที่เท่ากันพบว่าค่าที่ได้ใกล้เคียงกัน แต่ปริมาณสารแคปไซซินที่ตรวจวัดได้มีความแปรปรวน ไม่ได้ลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ในส่วนของพริกป่นและกากพริกที่ตรวจวัดที่สภาพปกติ เป็นไปในแนวทางเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณสารแคปไซซินลดลง โดยสารสกัดในรูปแกรนูลมีเปอร์เซ็นต์การลดลงต่ำสุดขณะที่กากพริกสูงที่สุด (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ความคงตัวของแคปไซซินในพริกทั้ง 3 รูปแบบ (% วัตถุแห้ง)

ชนิดของพริก	ระยะเวลา (เดือน)/แคปไซซิน กรัม/100 กรัม					
	0 (เริ่มต้น)	2	3	4	6	12
Acc[1/] 40ºC/ 75%RH						
สารสกัดในรูปแกรนูล	0.272	0.267	-	0.241	0.260	0.270
% ลดลง[3/]	-	1.84	-	11.40	4.41	0.74
RT[2/] 30ºC/ 75%RH						
สารสกัดในรูปแกรนูล	0.272	-	0.251	-	0.270	0.240
% ลดลง	-	-	7.72	-	0.74	11.76
พริกป่น	0.187	-	0.170	-	0.142	0.149
% ลดลง	-	-	9.09	-	24.06	20.32
กากพริก	0.043	-	0.030	-	0.012	0.011
% ลดลง	-	-	30.23	-	72.09	74.42

[1/] Accelerate: สภาพเร่งที่ 1 2 3 และ 6 เดือน เทียบเท่ากับ 2 4 6 และ 12 เดือนในสภาพปกติ

[2/] Room temperature: สภาพปกติ

[3/] % ลดลงจากเริ่มต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. คุณภาพของอาหาร

คุณค่าโภชนะทางเคมีของอาหารทดลองแสดงใน ตารางที่ 4.2 และ 4.3 จะเห็นได้ว่าอาหารทั้ง 10 สูตร มีคุณค่าทางโภชนะใกล้เคียงกันทั้ง 2 ระยะ ยกเว้นค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ที่ได้จากการคำนวณในสูตรอาหารต่างกันเล็กน้อยโดยที่อาหารที่ประกอบด้วยกากพริกมีค่าพลังงานต่ำสุด

3. ดัชนีความเครียด

ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในส่วนของค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวทั้งหมด heterophil และ lymphocyte รวมทั้ง H/L ratio ในไก่ทั้ง 2 ระยะ ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าการเลี้ยงที่ความหนาแน่นปกติมีค่า H/L ratio ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่มีการเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูง และการได้รับพริกทุกรูปแบบและทุกระดับ มีแนวโน้มที่สามารถช่วยลดความเครียดได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารสกัดจากพริกในรูปแกรนูลซึ่งให้ค่า H/L ratio ต่ำที่สุด ขณะที่ระดับของแคปไซซินที่ใช้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.4)

4. การเกิด lipid peroxidation

พบความแตกต่างกันในส่วนของการเกิด lipid peroxidation ในไก่เนื้อที่ทำการตรวจวัดที่ 21 และ 41 วัน (ตารางที่ 4.5) เมื่อทำการทดสอบเปรียบเทียบกลุ่มที่มีการเลี้ยงด้วยความหนาแน่นสูงกับกลุ่มที่มีการเลี้ยงด้วยความหนาแน่นปกติ ($P<0.05$) และกับกลุ่มที่ได้รับพริกทุกรูปแบบ ($P<0.05$) ค่า TBARS ในพลาสม่าของกลุ่มที่ได้รับพริกต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่เลี้ยงอย่างหนาแน่นสูง ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มการเลี้ยงที่ความหนาแน่นปกติ กลุ่มที่เสริมด้วยสารปฏิชีวนะ และกลุ่มที่เสริมด้วยวิตามินอี ($P>0.05$) นอกจากนี้ไม่พบความแตกต่างของระดับแคปไซซินทั้ง 2 ระดับที่ใช้ ($P>0.05$)

5. การย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย

ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะทุกตัวที่ทำการตรวจวัดบริเวณลำไส้เล็กส่วนปลายของไก่ที่ 21 และ 41 วัน ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.6 และ 4.7)

ตารางที่ 4.2 คุณค่าโภชนะทางเคมีของอาหารทดลอง 0-21 วัน (%วัตถุแห้ง)

สารอาหาร (%)	อาหารทดลอง[1/]									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
โปรตีน (%)	24.74	24.74	24.59	24.59	24.42	24.49	24.47	24.48	24.52	24.38
ไขมัน (%)	8.55	8.55	8.53	7.86	7.60	7.52	7.20	8.62	8.26	7.68
เยื่อใย (%)	4.77	4.77	4.62	4.44	4.66	4.81	4.81	4.86	4.83	5.03
เถ้า (%)	5.93	5.93	5.78	6.10	5.67	6.22	5.98	6.37	6.61	6.57
แคลเซียม (%)	1.01	1.01	1.00	1.00	1.02	1.03	0.98	0.98	0.97	0.97
ฟอสฟอรัส (%)	0.71	0.71	0.70	0.69	0.71	0.69	0.70	0.69	0.68	0.68
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ [2/] (กิโลแคลอรี่/กก.)	3475.54	3475.54	3475.54	3475.54	3473.93	3473.41	3474.79	3474.48	3458.89	3464.04

[1/] อาหารทดลอง 1 และ 2 = อาหารควบคุมที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน, 3 = อาหารควบคุมเสริม avilamycin 2.5 มก./กก.อาหาร, 4 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี (tocopheryl acetate) 250 มก./กก.อาหาร, 5 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร, 6 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร, 7 = อาหารที่ประกอบด้วยพริกป่นที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร, 8 = อาหารที่ประกอบด้วยพริกป่นที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร, 9 = อาหารที่ประกอบด้วยกากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร 10 = อาหารที่ประกอบด้วยกากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร.

[2/] ได้จากการคำนวณ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 คุณค่าโภชนะทางเคมีของอาหารทดลอง 22-41 วัน (%วัตถุแห้ง)

สารอาหาร (%)	อาหารทดลอง[1/]									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
โปรตีน (%)	21.74	21.74	21.98	21.89	21.71	21.74	21.72	21.68	21.86	21.67
ไขมัน (%)	10.26	10.26	10.39	10.26	10.43	9.60	9.52	9.63	9.50	8.93
เยื่อใย (%)	4.58	4.58	4.58	4.81	4.57	4.56	4.72	4.78	5.06	5.43
เถ้า (%)	5.82	5.82	5.66	5.53	6.30	5.45	5.39	6.24	5.93	5.75
แคลเซียม (%)	1.04	1.04	1.04	1.04	1.06	1.07	1.03	1.00	1.01	1.00
ฟอสฟอรัส (%)	0.75	0.75	0.75	0.74	0.75	0.74	0.72	0.72	0.72	0.73
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ [1/] (กิโลแคลอรี่/กก.)	3655.21	3655.21	3655.21	3655.11	3653.52	3655.05	3654.47	3654.18	3643.42	3638.09

[1/] อาหารทดลอง 1 และ 2 = อาหารควบคุมที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน, 3 = อาหารควบคุมเสริม avilamycin 2.5 มก./กก.อาหาร, 4 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี (tocopheryl acetate) 250 มก./กก.อาหาร, 5 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร, 6 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร, 7 = อาหารที่ประกอบด้วยพริกป่นที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร, 8 = อาหารที่ประกอบด้วยพริกป่นที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร, 9 = อาหารที่ประกอบด้วยกากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร 10 = อาหารที่ประกอบด้วยกากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร.

[2/] ได้จากการคำนวณ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 ผลต่อค่าเซลล์เม็ดเลือดขาว และ H/L ratio ในไก่เนื้ออายุ 21 และ 41 วัน

กลุ่มทดลอง[1/]	21 วัน					41 วัน				
	PCV (%)	WBC (cell/μL)	Heterophil (%)	Lymphocyte (%)	H/L ratio	PCV (%)	WBC (cell/μL)	Heterophil (%)	Lymphocyte (%)	H/L ratio
T1	28.75	40613	51.25	33.88	1.73	29.00	38906	53.25	32.50	2.02
T2	29.29	39029	42.43	32.43	1.44	28.25	36750	47.13	34.75	1.66
T3	29.88	39056	47.63	37.88	1.66	28.38	31031	44.25	33.63	1.97
T4	28.57	42643	51.29	31.14	1.69	28.00	35063	47.13	29.00	1.88
T5	29.25	40825	40.75	30.75	1.35	28.00	30938	53.88	33.25	1.87
T6	28.00	34694	44.88	33.86	1.34	29.88	40688	46.38	35.88	1.83
T7	29.80	33900	42.60	31.40	1.39	29.75	40656	46.88	26.38	1.92
T8	28.71	39464	49.86	36.14	1.40	29.50	32594	46.50	24.13	1.94
T9	30.00	29714	51.71	32.00	1.68	30.38	38781	52.50	32.50	1.91
T10	30.00	33063	47.25	27.25	1.74	29.00	33813	47.88	25.38	1.93
Pooled SEM	0.2971	1058.1303	1.2242	0.9180	0.0735	0.2689	1058.2388	1.4501	1.3394	0.1165
P-value	0.8471	0.1203	0.3667	0.3539	0.8579	0.2798	0.1818	0.8680	0.4680	0.9999

[1/] อาหารทดลอง 1 และ 2 = อาหารควบคุมที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน, 3 = อาหารควบคุมเสริม avilamycin 2.5 มก./กก.อาหาร, 4 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี (tocopheryl acetate) 250 มก./กก.อาหาร, 5 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร, 6 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร, 7 = อาหารที่ประกอบด้วยพริกป่นที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร, 8 = อาหารที่ประกอบด้วยพริกป่นที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร, 9 = อาหารที่ประกอบด้วยกากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร 10 = อาหารที่ประกอบด้วยกากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร.

ตารางที่ 4.5 ผลต่อค่า TBARS ในพลาสม่าในไก่เนื้ออายุ 21 และ 41 วัน

กลุ่มทดลอง[1/]	Malondialdehyde (nmol/ml)	
	21 วัน	41 วัน
T1	3.54	4.91
T2	2.87	3.64
T3	3.07	3.77
T4	2.88	3.66
T5	2.89	3.87
T6	2.94	3.90
T7	2.94	3.74
T8	2.94	3.64
T9	3.10	3.68
T10	3.13	3.68
Pooled SEM	0.0469	0.0824
Contrast		
T1 vs T2	0.0423	0.0005
T1 VS T5,T6,T7,T8,T9,T10	0.0002	<.0001
T2 VS T5,T6,T7,T8,T9,T10	0.2291	0.7823
20 ppm VS 30 ppm	0.6390	0.8604
T5,T6 VS T7,T8	0.6983	0.8214
T5,T6 VS T9,T10	0.3241	0.6574
T7,T8 VS T9,T10	0.5479	0.5038
T3 VS T5,T6,T7,T8,T9,T10	0.5835	0.6743
T4 VS T5,T6,T7,T8,T9,T10	0.4127	0.9368

[1/] อาหารทดลอง T1 และ T2 = อาหารควบคุมที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน, T3 = อาหารควบคุมเสริม avilamycin 2.5 มก./กก.อาหาร, T4 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี (tocopheryl acetate) 250 มก./กก. อาหาร, T5 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร, T6 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร, T7 = อาหารที่ประกอบด้วยพริกป่นที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร, T8 = อาหารที่ประกอบด้วยพริกป่นที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร, T9 = อาหารที่ประกอบด้วยกากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร, T10 = อาหารที่ประกอบด้วยกากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร.

ตารางที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะบริเวณลำไส้เล็กส่วนปลายในไก่เนื้ออายุ 21 วัน

กลุ่มทดลอง[1/]	เถ้า	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส	ไขมัน	โปรตีน	NDF
T1	62.52	57.21	55.99	73.41	72.61	58.21
T2	62.17	57.12	56.16	73.96	72.17	57.48
T3	58.60	53.89	53.12	71.43	71.75	57.38
T4	60.65	54.06	53.26	73.60	71.21	55.02
T5	62.82	56.79	55.10	72.35	74.30	58.12
T6	58.05	54.44	53.92	73.96	73.78	57.90
T7	59.00	55.55	55.63	72.19	72.87	57.14
T8	59.66	55.44	55.82	73.19	73.18	58.03
T9	58.86	54.74	55.04	73.69	72.54	56.81
T10	58.15	54.30	55.96	71.79	71.34	55.64
Pooled SEM	0.6929	0.6479	0.6994	0.5524	0.3409	0.5809
P-value	0.7358	0.9571	0.9883	0.9862	0.5863	0.9726

[1/] อาหารทดลอง T1 และ T2 = อาหารควบคุมที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน, T3 = อาหารควบคุมเสริม avilamycin 2.5 มก./กก.อาหาร, T4 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี (tocopheryl acetate) 250 มก./กก.อาหาร, T5 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร, T6 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร, T7 = อาหารที่ประกอบด้วยพริกป่นที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร, T8 = อาหารที่ประกอบด้วยพริกป่นที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร, T9 = อาหารที่ประกอบด้วยกากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร, T10 = อาหารที่ประกอบด้วยกากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะบริเวณลำไส้เล็กส่วนปลายในไก่เนื้ออายุ 41 วัน

กลุ่มทดลอง	เถ้า	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส	ไขมัน	โปรตีน	NDF
T1	58.74	69.60	66.28	80.08	76.36	60.26
T2	58.13	69.40	66.71	81.31	75.26	60.42
T3	58.05	69.70	66.36	82.17	75.37	60.22
T4	57.88	71.48	68.22	83.03	76.59	62.33
T5	59.10	71.12	68.36	82.95	77.90	61.40
T6	59.70	71.10	68.15	82.62	77.81	61.89
T7	59.55	71.45	68.01	82.09	78.60	63.38
T8	61.75	69.77	67.05	81.76	76.62	62.52
T9	60.34	70.51	67.08	81.29	76.68	62.93
T10	59.80	68.89	66.60	80.33	75.42	60.35
Pooled SEM	0.7781	0.4725	0.7153	0.3934	0.4574	0.5442
P-value	0.9933	0.9551	0.9994	0.7767	0.8129	0.9097

[1/] อาหารทดลอง T1 และ T2 = อาหารควบคุมที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน, T3 = อาหารควบคุมเสริม avilamycin 2.5 มก./กก.อาหาร, T4 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี (tocopheryl acetate) 250 มก./กก.อาหาร, T5 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร, T6 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร, T7 = อาหารที่ประกอบด้วยพริกป่นที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร, T8 = อาหารที่ประกอบด้วยพริกป่นที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร, T9 = อาหารที่ประกอบด้วยกากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 20 มก./กก.อาหาร, T10 = อาหารที่ประกอบด้วยกากพริกที่มีระดับของแคปไซซิน 30 มก./กก.อาหาร.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 ผลของการเสริมพริกในรูปแบบต่างๆ ต่อคุณลักษณะการเจริญเติบโตช่วงอายุ 0-21 วัน

กลุ่มทดลอง	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น(กรัม/ตัว/วัน)	ปริมาณอาหารที่กิน(กรัม/ตัว/วัน)	อัตราการแลกเนื้อ	อัตราการตาย (%)
T1	45.15	812.63	36.46	57.73	1.58	2.94
T2	44.81	817.50	36.80	56.07	1.52	1.92
T3	44.27	889.26	40.24	59.97	1.49	0.00
T4	45.29	889.12	40.18	59.05	1.47	0.00
T5	45.00	911.47	41.26	59.75	1.45	0.00
T6	44.85	876.03	39.58	57.65	1.46	0.00
T7	44.56	910.15	41.14	59.57	1.45	1.47
T8	45.44	925.15	41.97	60.73	1.45	1.47
T9	45.15	856.47	38.64	58.39	1.51	0.00
T10	44.71	904.71	41.62	62.12	1.52	2.94
Pooled SEM	0.0869	7.2062	0.3615	0.2902	0.0097	0.4797
Contrast						
T1 VS T2	0.2145	0.8183	0.7251	0.0148	0.0847	1.0000
T1 VS T5,T6,T7,T8,T9,T10	0.7039	0.0002	0.0002	0.0293	0.0016	0.1642
T2 VS T5,T6,T7,T8,T9,T10	0.2114	0.0003	0.0006	0.0002	0.1413	0.1642
20 ppm VS 30 ppm	0.7014	0.7378	0.7106	0.8035	0.6243	1.0000
T5,T6 VS T7,T8	0.8355	0.6286	0.6379	0.0885	0.7825	0.6474
T5,T6 VS T9,T10	0.9807	0.5251	0.5864	0.7231	0.3912	0.6474
T7,T8 VS T9,T10	0.8464	0.8783	0.9411	0.9034	0.2598	1.0000
T3 VS T5,T6,T7,T8,T9,T10	0.3756	0.6743	0.6453	0.7582	0.5321	0.4111
T4 VS T5,T6,T7,T8,T9,T10	0.2756	0.7339	0.7895	0.4639	0.3436	0.7775

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 ผลของการเสริมพริกในรูปแบบต่างๆ ต่อคุณลักษณะการเจริญเติบโตช่วงอายุ 22-41 วัน

กลุ่มทดลอง	น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว/วัน)	ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)	อัตราการแลกเนื้อ	อัตราการตาย (%)
T1	2290.19	74.28	138.72	1.87	0.00
T2	2401.94	79.46	144.30	1.82	0.00
T3	2370.00	73.25	139.52	1.91	0.00
T4	2349.39	70.97	144.97	2.04	1.92
T5	2419.23	74.77	143.98	1.93	0.00
T6	2349.42	71.98	139.62	1.94	0.00
T7	2431.41	74.21	140.67	1.90	1.92
T8	2418.43	72.14	140.48	1.95	1.92
T9	2420.00	76.69	141.73	1.85	0.00
T10	2505.56	77.94	142.63	1.83	1.92
Pooled SEM	15.3916	0.6670	1.1004	0.0160	0.3695
Contrast					
T1 VS T2	0.0021	0.0042	0.4700	0.5654	0.2724
T1 VS T5,T6,T7,T8,T9,T10	0.0350	0.6899	0.4412	0.1768	0.4699
T2 VS T5,T6,T7,T8,T9,T10	0.6875	0.0502	0.8603	0.0801	0.4699
20 ppm VS 30 ppm	0.1760	0.5334	0.8886	0.6982	0.5235
T5,T6 VS T7,T8	0.8934	0.9055	0.2601	0.1800	1.0000
T5,T6 VS T9,T10	0.4460	0.0143	0.3791	0.0273	1.0000
T7,T8 VS T9,T10	0.5288	0.4893	0.8004	0.0623	1.0000
T3 VS T5,T6,T7,T8,T9,T10	0.9359	0.5334	0.5617	0.8769	0.4699
T4 VS T5,T6,T7,T8,T9,T10	0.5707	0.1406	0.5628	0.0069	0.4699

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 ผลของการเสริมพริกในรูปแบบต่างๆ ต่อคุณลักษณะการเจริญเติบโตช่วงอายุ 0-41 วัน

กลุ่มทดลอง	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น(กรัม/ตัว/วัน)	ปริมาณอาหารที่กิน(กรัม/ตัว/วัน)	อัตราการแลกเนื้อ	อัตราการตาย (%)
T1	45.15	2290.19	55.16	97.24	1.76	1.47
T2	44.81	2401.94	57.68	99.11	1.72	0.96
T3	44.27	2370.00	56.73	98.78	1.74	0.00
T4	45.29	2349.39	55.52	100.96	1.82	0.96
T5	45.00	2419.23	57.91	100.84	1.74	0.00
T6	44.85	2349.42	56.21	97.64	1.74	0.00
T7	44.56	2431.41	58.37	99.13	1.70	1.70
T8	45.44	2418.43	57.47	99.63	1.74	1.70
T9	45.15	2420.00	57.92	99.04	1.71	0.00
T10	44.71	2505.56	60.33	101.40	1.68	2.43
Pooled SEM	0.0869	15.3916	0.3559	0.5701	0.0112	0.2847
Contrast						
T1 VS T2	0.2145	0.0021	0.0258	0.1350	0.1066	0.4571
T1 VS T5,T6,T7,T8,T9,T10	0.7039	0.0350	0.0279	0.2749	0.5630	0.4508
T2 VS T5,T6,T7,T8,T9,T10	0.2114	0.6875	0.7831	0.3759	0.1215	0.0903
20 ppm VS 30 ppm	0.1580	0.1760	0.9508	0.8693	0.1267	0.6667
T5,T6 VS T7,T8	0.0830	0.8934	0.5636	0.1979	0.0931	0.6866
T5,T6 VS T9,T10	0.5455	0.4460	0.0327	0.4201	0.1157	0.6866
T7,T8 VS T9,T10	0.8464	0.5288	0.3789	0.6212	0.9097	1.0000
T3 VS T5,T6,T7,T8,T9,T10	0.3756	0.9359	0.3095	0.8354	0.5792	0.8106
T4 VS T5,T6,T7,T8,T9,T10	0.2756	0.5707	0.0522	0.7145	0.9355	0.4623

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. **คุณลักษณะการเจริญเติบโต**

จากตารางที่ 4.8 ที่ช่วงอายุ 0-21 วัน พบว่าน้ำหนักเริ่มต้น และอัตราการตาย ของไก่เนื้อทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่พบความแตกต่างของน้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อตัวต่อวัน ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน และอัตราการแลกเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การเลี้ยงที่ความหนาแน่นปกติพบความแตกต่างของปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันต่ำกว่าการเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูง (P<0.05) การได้รับพริกทุกรูปแบบสามารถเพิ่มน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อตัวต่อวันได้สูงกว่า กินอาหารมากกว่า อัตราการแลกเนื้อที่ต่ำกว่า และให้น้ำหนักสิ้นสุดมากกว่า (P<0.05) กลุ่มที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นสูง และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นปกติพบความแตกต่างในลักษณะเดียวกันยกเว้นอัตราการแลกเนื้อที่ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) การได้รับพริกทุกรูปแบบเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะและกลุ่มที่เสริมวิตามินอี รวมทั้งรูปแบบและระดับของพริก ให้ผลต่อคุณลักษณะการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน (P>0.05)

สำหรับช่วงอายุ 22-41 วัน ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ของปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน และอัตราการตาย (P>0.05) แต่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของน้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัวต่อวัน และอัตราการแลกเนื้อ (P<0.05) แสดงในตารางที่ 4.9

การเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูงมีน้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัวต่อวันต่ำกว่ากลุ่มการเลี้ยงที่ความหนาแน่นปกติ (P<0.01) การได้รับพริกทุกรูปแบบให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่ำกว่ากลุ่มการเลี้ยงที่ความหนาแน่นปกติ (P<0.05) และมีอัตราการแลกเนื้อต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมวิตามินอี (P<0.01) แต่การได้รับพริกทำให้น้ำหนักสิ้นสุดการทดลองสูงกว่ากลุ่มการเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูง (P<0.05) เมื่อทำการเปรียบเทียบรูปแบบของพริกพบว่า กลุ่มที่ได้รับกากพริกให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัวต่อวันสูงกว่า แต่ให้อัตราการแลกเนื้อต่ำกว่า กลุ่มที่ได้รับสารสกัดจากพริกในรูปแกรนูล (P<0.05) ระดับของพริกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) รวมทั้งไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มที่ได้รับพริกกับกลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะ (P>0.05)

เมื่อพิจารณาในภาพรวมของการผลิตในช่วงอายุ 0-41 วัน ตารางที่ 4.10 พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของน้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน (P<0.05) ระหว่างกลุ่มที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นปกติกับกลุ่มที่เลี้ยงความหนาแน่นสูง และกลุ่มที่ได้รับพริกทุกรูปแบบกับกลุ่มที่เลี้ยงความหนาแน่นสูง และพบว่าการ

เสริมพริกให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัวต่อวันสูงกว่ากลุ่มที่เสริมวิตามินอี ($P<0.05$) ในส่วนรูปแบบของพริกพบว่ากลุ่มที่ได้รับกากพริกให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าการได้รับสารสกัดในรูปแกรนูล ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากพริกป่นและระดับในการเสริมไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณและความคงตัวของสารแคปไซซินในพริก

สารสกัดในรูปแกรนูลมีปริมาณแคปไซซินเริ่มต้นมากที่สุดเนื่องจากการทำสารสกัดในรูปแกรนูลสามารถเตรียมให้มีความเข้มข้นของแคปไซซินสูงตามที่ต้องการได้โดยคำนวณตามปริมาณสารสกัดที่ใช้ แต่มีข้อแตกต่างกันคือสารสกัดในรูปแกรนูลมีแคปไซซินเคลือบอยู่ที่ผิวของข้าวโพด สัตว์น่าจะมีการย่อยและดูดซึมได้ดีกว่าพริกป่นและกากพริก ซึ่งเป็นสมุนไพรที่บดเป็นผงสารแคปไซซินจึงยังคงอยู่ภายในเซลล์ (นันทวัน, 2004) พริกป่นมีปริมารสารแคปไซซินลดลงมา ส่วนกากพริกนั้นเป็นส่วนที่เหลือจากการสกัดสารสำคัญออกมาแล้วจึงทำให้มีปริมาณสารสำคัญที่เหลืออยู่มีปริมาณน้อยที่สุด

พริกที่ใช้เป็นพริกที่ผ่านการทำให้แห้ง จึงทำให้เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ซึ่งเป็นเอ็นไซม์ที่ทำให้สารแคปไซซินอยด์ (capsaicinoid) ในพริกสดมีการสลายตัว มีปริมาณลดลง (Ute et al., 2006) จึงไม่น่าจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดลงของสารแคปไซซินในพริกทั้ง 3 รูปแบบ จากผลการวิเคราะห์สารสกัดในรูปแกรนูลมีความคงตัวดีที่สุด เนื่องจากในการทำแกรนูลได้มีการใส่สารต้านการเกิดออกซิเดชั่น ผลการทดสอบความคงตัวที่ 12 เดือนทั้งที่อุณหภูมิห้องและสภาพเร่งมีปริมาณสารแคปไซซินลดลงต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ (การกำหนดปริมาณสารสำคัญของยาสมุนไพรในมนุษย์ โดยทั่วไปแล้วจะให้มีปริมาณสารสำคัญอยู่ในช่วงลดลงได้ไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ เช่น ยาแคปซูลฟ้าทะลายโจรอยู่ที่ 80-120 เปอร์เซ็นต์ ยาแคปซูลขมิ้นชัน อยู่ที่ไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น (Thai Herbal Pharmacopoeia, 2004)) ผลการวิเคราะห์ค่าที่ได้มีความแปรปรวนเล็กน้อย ซึ่งคาดว่าเกิดจาก ความไม่สม่ำเสมอของแกรนูลซึ่งมีขนาดของข้าวโพดแตกต่างกันจึงทำให้มีการจับของสารสกัดแตกต่างกัน รวมทั้งในการวิเคราะห์สมุนไพรจะมีค่าความคาดเคลื่อนในการวิเคราะห์มากกว่าการวิเคราะห์สารเคมีเดี่ยว แต่ค่าดังกล่าวอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ในพริกป่นและกากพริกไม่ได้มีการใส่สารต้านการเกิดออกซิเดชั่นเพิ่มเข้าไปจึงทำให้ความคงตัวน้อยกว่าสารสกัดในรูปแกรนูล เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง พบว่าพริกป่นมีปริมาณ

แคปไซซินลดลงมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่เดือน 6 ขณะที่กากพริกมีปริมาณแคปไซซินลดลงตั้งแต่เดือนที่ 3 อย่างไรก็ตามพริกยังประกอบด้วย วิตามินเอ และซี (Carol et al., 1996; Simonne et al., 1997; Ofelia et al., 2005) ที่มีคุณสมบัติในการต้านการเกิดออกซิเดชั่น (Filomena et al., 2007; Federica et al., 2009) อยู่ด้วย จึงสามารถสรุปได้ว่าความคงตัวของพริกทุกรูปแบบนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณสารแอนติออกซิเดชั่นในธรรมชาติและสารป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นที่ได้จากการสังเคราะห์ที่ประกอบอยู่

คุณค่าทางโภชนะของพริกและอาหารทดลอง

จากผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของพริกทุกรูปแบบ พบว่าปริมาณไขมันในพริกป่นมีค่าสูงที่สุดเนื่องจากพริกมีส่วนประกอบของสารสี (pigment) เช่น capsorubin capsanthin zeaxantin และ lutein (Ofelia et al., 2005; Guil-Guerrero et al., 2006) ซึ่งมีคุณสมบัติละลายได้ไขมัน จึงทำให้พริกมีค่าไขมันสูง ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของสารสกัดในรูปแกรนูลนั้นมากที่สุดเนื่องจากในการทำแกรนูลนั้นใช้ข้าวโพดเป็นสื่อในการผสม ซึ่งข้าวโพดมีค่าพลังงานที่สูงจึงทำให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้สูงตามไปด้วย ในอาหารทดลองทั้งสองระยะจะเห็นได้ว่าอาหารที่เสริมกากพริกที่ระดับแคปไซซิน 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร มีเยื่อใยสูงที่สุด เนื่องจากกากพริกมีเยื่อใยสูงถึง 25.6 เปอร์เซ็นต์ และใช้ในปริมาณมากที่สุด รองลงมาเป็นอาหารที่ประกอบด้วยพริกป่น ส่วนอาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดจากพริกมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุมเพราะใช้ข้าวโพดเป็นสื่อในการทำแกรนูล สำหรับคุณค่าทางโภชนะของอาหารทดลอง พบว่ามีค่าสารอาหารที่วิเคราะห์ได้มีค่าใกล้เคียงกันมากซึ่ง Rosebrough และคณะ (1999) และ Sadeghi และ Tabiedian (2005) รายงานว่า อาหารที่มีค่าพลังงานและโปรตีนใกล้เคียงกันจะไม่ส่งผลต่อคุณลักษณะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ

ความเครียดและการต้านออกซิเดชั่น

Bounouns และ Stedman (2000) ได้รายงานว่าในค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นและจำนวนเม็ดเลือดขาวทั้งหมดของไก่เนื้ออยู่ในช่วง 22-35 เปอร์เซ็นต์ และ 12,000-30,000 เซลล์/ไมโครลิตร ซึ่งค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นที่ได้ในการทดลองนี้อยู่ในช่วงดังกล่าวแต่ค่าจำนวนเม็ดเลือดขาวทั้งหมดเกือบทุกกลุ่มมีค่าสูงกว่า 30,000 เซลล์/ไมโครลิตร ยกเว้นกลุ่มที่ได้รับกากพริก

20 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ที่อยู่ในช่วงดังกล่าว การที่จำนวนเม็ดเลือดขาวสูง Todor (1998) และ Al-Saffar และ Al-Mawla (2008) ได้รายงานว่าถ้าไก่ที่มีการติดเชื้อจะมีจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวทั้งหมดสูงกว่าปกติ และ Maxwell (1993) ได้รายงานว่าสัตว์ปีกที่มีความเครียดสูงจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวทั้งหมดจะสูงขึ้น เช่นกัน ในการศึกษาครั้งนี้ความเครียดเกิดจากการเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูงเนื่องจากค่า H/L ratio ในกลุ่มควบคุมที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นสูงมีค่าสูงที่สุด ขณะที่ค่าต่ำสุดอยู่ที่กลุ่มควบคุมที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นปกติ แม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่ง Post และคณะ (2003) รายงานว่าการเลี้ยงไก่เนื้อที่ความหนาแน่นสูงทำให้ไก่เกิดความเครียดสูงกว่าปกติ วัดจากค่า H/L ratio ที่สูงขึ้นและยังกล่าวว่าค่า H/L ratio มีความสัมพันธ์กับระดับ Corticosterone ใน พลาสม่า สนับสนุนโดย Gross และ Siegel, (1983) ที่กล่าวว่า H/L ratio สามารถใช้เป็นดัชนี บ่งบอกสภาวะเครียดได้ และมีความผันแปรน้อยกว่าการพิจารณาเฉพาะค่าจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวแต่ละชนิด นอกจากนี้ยังสามารถเชื่อถือได้มากกว่าระดับ Corticosterone ในพลาสม่า (Maxwell, 1993) ซึ่ง Gross และคณะ (1980) และ Maxwell และ Robertson (1998) อธิบายไว้ว่าเมื่อสัตว์เครียดร่างกายจะมีการหลั่ง Corticosterone ทำให้เกิดการสลายตัวของเซลล์น้ำเหลืองได้แก่ ม้าม ต่อมเบอร์ซ่า และไทมัส ที่ทำหน้าที่สร้างเม็ดเลือดขาวชนิด lymphocyte เข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดมีปริมาณลดลง ขณะที่จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิด heterophil มีการเคลื่อนย้ายจากไขกระดูกเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดมากขึ้น เพื่อตอบสนองต่อความเครียด ผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับผลการทดลองที่เลี้ยงไก่ที่ความหนาแน่นสูงที่ผ่านมา ซึ่งพบเพียงแนวโน้มของค่าเปอร์เซ็นต์ heterophil ที่เพิ่มขึ้น และ lymphocyte ที่ลดลง (ชัยวัฒน์, 2003; Heckert et al., 2002; Thaxton et al., 2006; Mehmet, 2008) อย่างไรก็ดีมีผู้รายงานว่ายังมีปัจจัยอื่นที่มีผลกระทบต่อค่า H/L ratio อาทิเช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นภายในโรงเรือน และลักษณะของอาหาร (EL-Lethey et al., 2000; Mehmet, 2008)

กากพริกให้ค่า H/L ratio ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นสูงเพียงเล็กน้อยแต่สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับพริกทุกรูปแบบขณะที่พริกในรูปแบบสารสกัดแกรนูลให้ค่าต่ำสุด การที่เป็นเช่นนี้น่าจะเป็นผลจากการย่อยสารแคปไซซินออกจากกากพริกได้น้อยกว่าพริกรูปอื่นๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว นอกเหนือจากนี้พริกยังมีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย Orndorff (2004) ได้รายงานว่าการเสริมสารแคปไซซินผงที่ความเข้มข้น 5 และ 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร สามารถลดปริมาณเชื้อ *Salmonella* spp. ในไก่ลงได้ เช่นเดียวกับ Tellez และคณะ (1993) และ McElroy และคณะ (1994) ส่วน Fadile และ Elif (2005) พบว่าแคปไซซินสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Helicobacter pylori* ได้ ซึ่งจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคบริเวณ

ผนังลำไส้ส่งผลผนังลำไส้เสียหาย จากการทดลองในครั้งนี้ การได้รับแคปไซซินอาจช่วยลดเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคทำให้ผนังลำไส้เสียหายน้อยลงจึงทำให้สัตว์มีความเครียดลดลง และให้ผลดีกว่าการเสริมอะวิลามัยซิน ซึ่งเห็นได้ชัดในระยะเล็ก

การเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูงให้ค่า TBARS สูงและแตกต่างจากความหนาแน่นปกติทั้ง 2 ระยะของการเลี้ยง ($P<0.05$) เป็นการช่วยยืนยันว่าสัตว์เกิดความเครียดแม้ว่าค่า H/L ratio จะไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ค่า TBARS สูงขึ้นเนื่องจากการเลี้ยงที่มีความหนาแน่นสูง สอดคล้องกับผลงานของ Sodsee และคณะ (2005) ที่ทำการทดลองการเลี้ยงที่ความหนาแน่นต่างกัน พบว่าเมื่อความหนาแน่นสูงขึ้นทำให้ค่า H/L ratio และ TBARS มีแนวโน้มสูงขึ้นตามไปด้วย และไก่เนื้อที่อายุมากจะมีความเครียดมากกว่าไก่ที่อายุน้อยเนื่องจากพื้นที่ต่อตัวลดลง (สุวรรณา และคณะ, 2005) เช่นเดียวกับการศึกษาครั้งนี้ที่ค่า TBARS ที่ 41 วัน สูงกว่า 21 วัน ซึ่งการเลี้ยงไก่ในครั้งนี้เลี้ยงความหนาแน่นสูงกว่าค่าปกติที่แนะนำให้เลี้ยงไก่เนื้อในโรงเรือนเปิดที่ 8-9 ตัวต่อตารางเมตร (กรมปศุสัตว์, 1999)

กากพริกให้ค่า TBARS ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมเล็กน้อยซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกับค่า H/L ratio เหตุผลก็เช่นเดียวกัน การได้รับพริกทุกรูปแบบและทุกระดับมีแนวโน้มให้ค่า TBARS ลดลงเช่นกัน เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นสูง จากรายงานของ Kentaro และคณะ (2002) และ Oboh และคณะ (2006) พบว่าสารแคปไซซินในพริกเป็นสารกลุ่มฟีนอล (phenolic compound) ที่มีความสามารถลดระดับมาลอนไดแอลดีไฮด์ (malondialdehyde ; MDA) ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกซิเดชันของไขมัน (lipid peroxidation) ลงได้ และสอดคล้องกับนวลจันทร์ และคณะ (2005) ที่ทำการทดลองเสริมแคปไซซินในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 5-20 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร สามารถลดการเกิด lipid peroxidation ลงได้ ในส่วนของสารปฏิชีวนะมีผลในการลดการเกิด lipid peroxidation ทางอ้อมโดยสารปฏิชีวนะไปช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่นำสารอาหารไปใช้ และยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคบริเวณผนังลำไส้ ทำให้เซลล์เสียหายน้อยลง (Leeson and Summer, 2001) ส่งผลให้การเกิดอนุมูลอิสระในร่างกายลดลงไปด้วยจึงให้ผลไม่แตกต่างกับการใช้พริกที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชั่นและยังสามารถต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น สำหรับวิตามินอีเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่ามีคุณสมบัติในการยับยั้งการเกิด lipid peroxidation โดยทำให้ปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระในขั้นแรกสิ้นสุดลง (บรรจง, 2007; Sahin et al., 2002)

การย่อยได้ของสารอาหาร

สารแคปไซซินในกากพริกและพริกป่นไม่สามารถเพิ่มการย่อยได้ของสารอาหารได้เด่นชัด เนื่องจากไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) นันทวัน (2004) ได้อธิบายว่ารูปแบบของสมุนไพรที่บดเป็นผงนั้นสารสำคัญยังคงอยู่ในเซลล์ทำให้สัตว์ย่อยดูดซึมได้เพียงบางส่วนที่ถูกสกัดออกมาระหว่างอยู่ในกระเพาะอาหารและลำไส้ ส่วนใหญ่จะถูกขับออกมากับอุจจาระ โดยเฉพาะในไก่ซึ่งมีการกินอาหารและถ่ายมูลบ่อย ดังนั้นเมื่อทดสอบในรูปแบบผงอาจจะพบความแปรปรวนได้ ในส่วนของกากพริกซึ่งสารสำคัญเป็นส่วนที่เหลือจากการสกัด แสดงว่าสาระสำคัญยังคงอยู่ในเซลล์และสัตว์ย่อยได้ยากกว่าจึงให้ค่าการย่อยได้ของโปรตีนใกล้เคียงกับกลุ่มการเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูง (P>0.05) ในส่วนของสารสกัดจากพริกแม้ว่าสารแคปไซซินจะถูกย่อยและดูดซึมได้ง่ายกว่าแต่ไม่ได้ช่วยให้การย่อยได้ดีขึ้นทั้งๆ ที่มีรายงานว่าสารแคปไซซินช่วยเพิ่มการออกฤทธิ์ของเอ็นไซม์อะไมเลส โปรติเอส และไลเปส และเพิ่มการขับหลั่งของกรดในกระเพาะอาหาร (Platel and Srinivasan, 2004) และกระตุ้นการสร้างของกรดน้ำดี ทำให้มีความเข้มข้นและปริมาณของน้ำดีเพิ่มมากขึ้น (Kalpana and Srinivasan., 2004) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการย่อยได้ตรวจวัดที่ไก่อายุ 21 วัน ซึ่งระบบเอนไซม์ได้พัฒนาเต็มที่แล้ว (Noy and Sklan, 1985) แต่ถ้าทำการศึกษาในไก่ที่อายุน้อยกว่านี้อาจเห็นผลเด่นชัด นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้สารสกัดที่ให้ผลไม่แตกต่างเช่นเดียวกัน อาทิเช่น Muhl และ Liebert (2007) ทำการทดลองเสริมสารสกัด (*XTRACT*™) ที่ประกอบด้วย carvacrol 5 เปอร์เซ็นต์ cinnamaldehyde 3 เปอร์เซ็นต์ และ สารสกัดหยาบจากพริก (capsicum oleoresin) 2 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับ 50 100 200 และ 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร และสารสกัดจากราก *Sanguinaria canadensis* ที่ประกอบด้วย alkaloids, sanguinarin และ chelerythrin 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมในไก่ทั้ง 2 ระยะ พบว่าการย่อยได้ของโปรตีนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และ Herna´ndez และคณะ (2004) ได้ทำการเสริมน้ำมันหอมระเหยจากออริกาโน ชินนามอน และพริก 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ซึ่งวิเคราะห์แล้วพบว่ามี carvacrol 19 มิลลิกรัม Cinnamaldehyde 34 มิลลิกรัม และ capsaicin 60 มิลลิกรัม ในอาหารไก่เนื้อระยะแรก และ 50 60 และ 40 มิลลิกรัม ตามลำดับ ในอาหารไก่เนื้อระยะหลัง และน้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลมิ้นท์ (sage, thyme and rosemary) 5000 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ซึ่งประกอบด้วย rosmarinic acid 370 ในไก่เนื้อระยะแรก และ 285 มิลลิกรัม ในไก่เนื้อระยะหลัง เปรียบเทียบกับการเสริมสารปฏิชีวนะอะวิลามัยซิน 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร พบว่าการย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลายของโปรตีนไม่มีความแตกต่างกันทาง

สถิติ (P>0.05) แต่ Garcia และ คณะ (2007) ได้ทำการเสริมน้ำมันหอมระเหยจากออริกาโน ชินนามอน และพริก 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร และน้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลมิ้นท์ (sage, thyme and rosemary) 5,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เสริมน้ำมันหอมระเหย พบว่าการย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลายของโปรตีนในไก่เนื้อที่อายุ 42 วัน ของกลุ่มที่เสริมน้ำมันหอมระเหยจากออริกาโน ชินนามอน และพริก 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหารสูงกว่ากลุ่มควบคุม (P<0.05) ซึ่งผลที่แตกต่างกับผลการทดลองในครั้งนี้อาจเนื่องมาจากระดับแคปไซซุนที่ใช้สูงกว่า (40 มิลลิกรัม) และยังมีสารสำคัญจากสารสกัดชนิดอื่นร่วมอยู่ด้วยจึงให้ผลที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะการเจริญเติบโต

การให้พริกทุกรูปแบบทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงไก่เล็ก (0-21 วัน) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม การที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากพริกมีฤทธิ์กระตุ้นการกิน (สาโรช และ เยาวมาลย์, 2002; Jang et al., 1992) ประกอบกับปริมาณการกินได้ยังเพิ่มขึ้นตามปริมาณเยื่อใยในอาหารที่เพิ่มขึ้นในอาหารในไก่เนื้อ Leeson และ Summer (2001) รายงานว่าในอาหารที่มีปริมาณเยื่อใยสูงทำให้ไก่ต้องกินเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้รับพลังงานให้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย และสอดคล้องกับ Ibrahim และ Zubeir (1991) ที่ทำการทดลองเสริมเยื่อใยในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 8.1 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับ กลุ่มควบคุม ที่ระดับ 4.2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเสริมเยื่อใยทำให้ปริมาณการกินอาหารเพิ่มขึ้นแตกต่างกับกลุ่มควบคุม (P<0.05) ส่งผลให้ไก่มีน้ำหนักเพิ่มต่อตัวสูงตามไปด้วย Arija และคณะ (1998) อธิบายว่าปริมาณเยื่อใยในอาหารที่สูงขึ้นจะทำให้ค่า bulk density และความเข้มข้นของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ลดลง (Musharaf, 1991) ในการทดลองครั้งนี้แม้ว่าอาหารประกอบด้วยกากพริกที่มีระดับแคปไซซิน 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีปริมาณเยื่อใยสูงสุด (5.03 และ 5.43 เปอร์เซ็นต์ ในช่วง 0-21 วัน และ 22-41 วัน) แต่ปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ มากนัก ดังนั้นปริมาณการกินได้ที่เพิ่มขึ้นน่าจะเป็นผลร่วมกันระหว่างฤทธิ์กระตุ้นการกินของสารแคปไซซินในพริกและปริมาณเยื่อใยในอาหาร

ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันและการเจริญเติบโตยังมีสาเหตุจากการเพิ่มระดับความหนาแน่นในการเลี้ยง Pesti และ Howarth (1983) รายงานว่าปริมาณอาหารที่กินได้มีแนวโน้มลดลงเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น (Waldroup et al., 1992; Sodsee et al., 2005) ส่งผลให้การเจริญเติบโตลดลง (Cravener et al., 1992; Sodsee et al., 2005) และอัตราการแลกเนื้อสูงขึ้น

(Van Middelkoop, 1997; Feddes et al., 2002; Sodsee et al., 2005) และน้ำหนักตัวที่ลดลงเมื่อเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูงขึ้นยังมีความสัมพันธ์กับความเครียดที่เพิ่มขึ้น (Cravener et al., 1992; Tankson et al., 2001) ส่งผลให้เกิดกระบวนการ gluconeogenesis จากโปรตีน เพื่อเปลี่ยนเป็นแหล่งพลังงานแก่ร่างกายเพื่อต่อต้านความเครียด และปรับให้ร่างกายอยู่ในภาวะสมดุล (homeostasis) (Puvadolpirod and Thaxton, 2000) จากการเลี้ยงไก่ที่ความหนาแน่นสูงยังทำให้การเดินไปกินน้ำและอาหารไม่สะดวกทำให้เกิดความเครียดเพิ่มขึ้น (ชัยวัฒน์, 2003)

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการได้รับพริกสามารถเพิ่มน้ำหนักตัวได้ เนื่องมาจากพริกสามารถกระตุ้นการกินอาหารได้มากขึ้น เมื่อกินมากขึ้นจึงส่งผลให้น้ำหนักตัวของสัตว์เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Garcia และคณะ (2007) ที่ทำการเสริมน้ำมันหอมระเหยจากออริกาโน ซินนามอน และพริก 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ในอาหารไก่เนื้อที่อายุ 42 วัน ให้อัตราการแลกเนื้อดีกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) การที่ได้รับกากพริกให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นดีกว่าการได้รับสารสกัดในรูปแกรนูล อาจเนื่องมาจากสารสกัดเป็นสารที่ถูกสกัดออกมาจากเซลล์ของพริกเรียบร้อยแล้วสัตว์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันทีและมากกว่ากากพริกซึ่งสารสำคัญยังคงอยู่ในเซลล์และสัตว์ย่อยได้ยากกว่า ซึ่งสารแคปไซซินสามารถกระตุ้นเมทาบอลิซึมของไขมัน (Kawada et al., 1986) ได้ เมื่อมีการดูดซึมนำไปใช้ได้มากกว่าทำให้ไปกระตุ้นเมทาบอลิซึมของไขมันได้ดีกว่า จึงทำให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่ำกว่าการได้รับกากพริก และอีกกลไกหนึ่งซึ่ง Iwai และคณะ (2003) อธิบายว่า แคปไซซินจะไปกระตุ้นการหลั่ง catecholamine ที่ adrenal gland และจะไปตามกระแสเลือดไปยังตับและ adipose tissue ซึ่งจะมี receptor อยู่ กระตุ้นให้มีการสลายของกลูโคสและ free fatty acid และไปยัง peripheral tissue กระตุ้นให้เกิดความร้อนขึ้น

สรุปผลการทดลอง

ความคงตัวของสารสำคัญในพริกทั้ง 3 รูปแบบ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณสารสำคัญในพริกจะลดลงซึ่งกากพริกลดลงมากที่สุด การได้รับกากพริกในอาหารไก่เนื้อภายใต้สภาวะการเลี้ยงอย่างหนาแน่นสูงมีแนวโน้มช่วยลดความเครียดแต่สามารถลดการเกิด lipid peroxidation ลงได้ ส่งผลต่อคุณลักษณะการเจริญเติบโตดีขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการย่อยได้ของโภชนะบริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย ระดับสารแคปไซซินเพียง 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร สามารถช่วยลดการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันในเลือดไก่เนื้อได้ ผลตอบสนองของการให้พริกต่อการเจริญเติบโตและการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันในเลือดให้ผลในระยะแรกสูงกว่าระยะหลังเมื่อเลี้ยง

ไก่ที่ความหนาแน่นสูงการเสริมกากพริกในอาหารที่ระดับสารแคปไซซิน 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร สามารถทดแทนสารปฏิชีวนะ (avilamycin) และวิตามินอีสังเคราะห์ (tocopheryl acetate) เมื่อเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูง ส่งผลให้ได้รับผลผลิตสูงขึ้นกว่าการเลี้ยงที่ความหนาแน่นปกติ และกากพริกยังคงคุณค่าทางโภชนะมากพอที่จะใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์สำหรับอาหารไก่เนื้อได้ดีอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องการย่อยได้ในไก่เนื้ออายุน้อยกว่า 21 วัน ที่เลี้ยงอย่างหนาแน่น เพื่อพิสูจน์ว่าสารแคปไซซินช่วยเพิ่มการออกฤทธิ์ของเอนไซม์ เพิ่มการขับหลั่งของกรดเกลือ และน้ำดี ในทางเดินอาหารได้หรือไม่ รวมทั้งศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ถ้าใช้ได้จริงจะสามารถลดการนำเข้าเอนไซม์และสารเสริมกรดที่นิยมใช้ในอาหารสัตว์ระยะเล็กได้ รวมทั้งสามารถเพิ่มผลผลิตจากการเลี้ยงไก่อย่างหนาแน่น เนื่องจากผลการทดลองครั้งนี้การใช้พริกทุกรูปแบบในการเลี้ยงไก่ที่หนาแน่นสูงให้ผลไม่แตกต่างจากการเลี้ยงที่ความหนาแน่นปกติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมปศุสัตว์. 1999 (2542). คู่มือระเบียบการปฏิบัติงานเรื่องการตรวจมาตรฐานฟาร์มเลี้ยงไก่เนื้อสำหรับคณะผู้ตรวจรับรองมาตรฐานฟาร์ม. กลุ่มงานบำบัดโรคสัตว์ กรมปศุสัตว์. 41-46.

กฤษ อังคนาพร. 1997 (2540). เอกสารประกอบการสอนเรื่องสรีรวิทยาระบบทางเดินอาหารของสัตว์. คณะสัตวแพทยศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 48-57.

กฤษ อังคนาพร. 2004 (2547). แนวทางการใช้สมุนไพรในการเป็นสารต้านออกซิเดชั่น. ใน: คู่มือการวิจัยสมุนไพรการผลิตสัตว์ 2. จันทร์จรัส เรี่ยวเดชะ กฤษ อังคนาพร และ เปล่งศรี อิงคนันท์ (บรรณาธิการ). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ตีรณสาร. 60-70.

ชัยวัฒน์ สุวรรณทัต. 2003 (2546). การใช้ขมิ้นชันเป็นสารต้านออกซิเดชั่นต่อสถานภาพภูมิคุ้มกันและสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อซึ่งอยู่ในภาวะเครียด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 71 หน้า.

นันทวัน บุณยะประภัศร. 2004 (2547). ปัญหาและข้อควรระวังในด้านการศึกษาวิจัยด้านสมุนไพรในสัตว์. ใน: คู่มือการวิจัยสมุนไพรการผลิตสัตว์ 2. จันทร์จรัส เรี่ยวเดชะ กฤษ อังคนาพร และ เปล่งศรี อิงคนันท์ (บรรณาธิการ). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ตีรณสาร. 9-13.

นวลจันทร์ พารักษา, ทวีศักดิ์ ส่งเสริม, อรทัย ไตรวุฒานนท์, สิรินทร์พร สินธุวณิชย์ และ ธรรมศาสตร์ ศรีสัตยเสถียร. 2005 (2548). การใช้สารสกัดหยาบจากพริกในไก่เนื้อภายใต้สภาพการเลี้ยงในระบบโรงเรือนเปิด. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 38 หน้า.

บรรจง อุรา. 2007 (2550). ผลของวิตามินอีในน้ำมันปาล์มดิบต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต การเกิดกระบวนการออกซิเดชั่นของไขมัน และความเข้มข้นของวิตามินอีในเนื้อเยื่อของไก่เนื้อ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 69 หน้า.

ยงยศ มนต์เสรีนุสรณ์ และมณี วัชรานนท์. 1980 (2523). แคปไซซินสารเผ็ดในพริก. เภสัชสาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 5(4): 257-265.

รัชนี บัวระภา. 2003 (2546). ผลของการใช้คลอเตตราซัยคลินและพริกป่นในสูตรอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพซาก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 45 หน้า.

วัลลภ วีชะรังสรรค์ และปราณีต โอปณะโสภิต. 2004 (2547). ภาพรวมของอนุมูลอิสระและการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากพืชในหลอดทดลอง. ศรีนครินทรวิโรฒเภสัชสาร. 9(1): 73-80.

ศรีสุดา สุทธิมั่น. 2006 (2549). การเสริมพริกป่นและเปลือกมังคุดป่นในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และการควบคุมโรคบิดในไก่เนื้อ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 59 หน้า.

สมพร ภูติยานันต์. 2003 (2546). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการแพทย์แผนไทย. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ. 117-121.

สาโรช ค้าเจริญ และเยาวมาลย์ ค้าเจริญ. 2002 (2545). งานวิจัยสมุนไพรในไก่. ใน: เอกสารประกอบการบรรยายในการประชุมวิชาการสมุนไพรไทยโอกาสและทางเลือกใหม่ของอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์. กรุงเทพฯ. 24-25 ตุลาคม 2545: 47-62.

สำนักงานคณะกรรมการการสาธารณสุขมูลฐาน กระทรวงสาธารณสุข. 1998 (2541). สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ดอกหญ้า. 10-11.

สุวรรณา กิจภากรณ์, ชัยวัฒน์ สุวรรณทัต. กฤษ อังคณาพร และ พิภพ สดสี. 2005 (2548). ระดับที่เหมาะสมของขมิ้นชันในการเป็นสารเร่งการเจริญเติบโต สารต้านออกซิเดชั่น และสารกระตุ้นภูมิคุ้มกัน ในไก่เนื้อที่เลี้ยงอย่างหนาแน่น. ใน: สมุนไพรไทย โอกาสและทางเลือกใหม่ของอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ ครั้งที่ 3. นวลจันทร์ พารักษา และ สิรินทร์พร สินธุวณิชย์ (บรรณาธิการ). กรุงเทพฯ. 63-70.

ภาษาอังกฤษ

AAFCO. 2000. Official Publication. In: Association of American Feed Control Official. Atlanta: USA. 159.

Al-Saffar, T.M. and Al-Mawla, E.D. 2008. Some hematological changes in chickens infected with ectoparasites in Mosul. Iraqi J. Vet. Sci. 22: 95-100.

AOAC. 1990. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Washington D.C., USA.

AOAC. 1995. Capsaicinoids in Capsicums and their Extractives Liquid Chromatographic Method. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 18th ed. Maryland, USA.

Arija, I., Brenes, A., Viveros, A., and Elites, R. 1998. Effects of inclusion of full-fat sunflower kernels and hulls in diets for growing broiler chickens. Anim. Feed Sci. Technol. 70: 137-149.

Arnold, B. 1984. Chemistry and Pharmacology. In: The Alkaloids. New York: Acedamic press. 228-285.

Asai, A., Nakagawa, K. and Miyazawa, T. 1999. Antioxidative effects of turmeric, rosemary and capsicum extracts on membrane phospholipid peroxidation and liver lipid metabolism in mice. Biosci. Biotechnol. Biochem. 63: 2118–2122.

Ayhan, T. and Feramuz, O. 2004. Influences of gamma irradiation and storage on the capsaicinoids of sun-dried and dehydrated paprika. Food. Chem. 86: 509–515.

Bhat, G.B., Srinivasan, M.R. and Chandrasekhara, N. 1984. Influence of curcumin and capsaicin on the composition and secretion of bile in rats. J. Food. Technol. 21: 225-227.

Bolin, D.W., King, R.P. and Klosterman, E.W. 1952. A simplified method for the determination of chromic oxide (Cr_2O_3) when used as an index substance. Sci. 116: 634-635.

Bottje, W., Enkvetchakul, B. and Wideman, R.F. 1995. Antioxidants, hypoxia and lipid peroxidation involvement in pulmonary hypertension syndrome (ascite). In: novus nutrition update. 5 (2). Novus international.

Bounouns, D.I. and Stedman, N.L. 2000. Normal Avian Hematology: Chicken and Turkey. In: Schalm's veterinary hematology 5th edition. Feldman, B.F., Zinkl J.G. and Jain, N.C. (eds). Philadephia: Lippincott Williams & Wilkins. 1152-1153.

Britton, R.S., Leiceter, K.L. and Bacon, B.R. 2002. Iron toxicity and chelation therapy. Int. J. Hematol. 76: 219-228.

Carol, A.N., Linda, A.A. and David, P.J. 1996. Herbal Medicines. A Guide for Health Care Professionals. London: Pharmaceutical. 60-61.

Cheng, F.C., Jen, J. and Tsai, T.H. 2002. Hydroxyl radical in living systems and its separation methods. J. Chromatogr. 81: 481-496.

Cravener T.L., Roush W.B. and Mashaly M.M. 1992. Broiler production under varying population densities. Poult. Sci. 71: 427-433.

Dan, J.D. 2003. Antibiotic residues in poultry tissues and eggs: Human health concerns?. Poult. Sci. 82: 618–621.

Denise., E.C. 1987. Antibiotic residues and drug resistance in human intestinal flora. Antimicrob. Agents Chemother. 31: 587-593.

Droge, W. 2002. Free radicals in physiological control of cellular function. Physiol. Rev. 82: 47–95.

El-Deek, A.A. and Al-Harthi, M.A. 2003. Additive effect of Amoxicillin on performance, carcass characteristics, plasma constituents of broiler chicks fed diets containing black and hot pepper or their mixture (Abstract). Poultry Science Association 92nd Annual meeting Abstracts. Wisconsin, USA. 156.

EL-Lethey, H., Aerni, V., Jung, T.W., and Wechsler, B., 2000. Stress and feather pecking in laying hens in relation to housing conditions. Br. Poult. Sci. 41: 22-28.

Fadile, Y.Z. and Elife, O. 2005. in vitro activity of capsaicin against *Helicobacter pylori*. Ann. Microbiol. 55: 125-127.

Feddes, J.J.R, Emmanuel, E.J. and Zuidhoft, M.J. 2002. Broiler performance, body weight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking density. Poult. Sci. 81: 774-779.

Federica, M., Rosa T., Marco, B., Monica R.L., Filomena, C., Giancarlo, S., Bruno, D., Peter J.H. and Francesco, M. 2009. The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of Capsicum chinense Jacq. cv Habanero. Food. Chem. 114: 553–560.

Feix J.B., Bachowski G.J. and Girotti A.W. 1991. Photodynamic action of merocyanine 540 on erythrocyt membranes: structural perturbation of lidid and protein constituents. Biochem. Biophys. Acta. 1075: 28-35.

Fellenberg, M.A. and Speisky, H. 2006. Antioxidants: their effects on broiler oxidative stress and its meat oxidative stability. World's Poult. Sci. J. 62: 53-70.

Filomena, C., Giancarlo A.S. and Francesco M. 2007. Chemical and biological variability of hot pepper fruits (Capsicum annuum var. acuminatum L.) in relation to maturity stage. Food Chem. 102: 1096–1104.

Garcia, V., Catala´-Gregori, P., Herna´ndez, F., Megı´as, M.D. and Madrid, J. 2007. Effect of formic acid and plant extracts on growth, nutrient digestibility, intestine mucosa morphology, and meat yield of broilers. J. Appl. Poult. Res. 16: 555–562.

Govindarajan, V.S. and Sathyanarayana, M.N. 1991. Capsicum-production, technology, chemistry and quality. Part V. Impact on physiology, pharmacology, nutrition and metabolism. Crit Rev Food Sci Nutr. 29: 435-437.

Gross, W.B., Siegel, P.B. and Dubose, R.T. 1980. Some effects of feeding corticosterone to chickens. Poult. Sci. 59: 516-522.

Gross, W.B. and Siegel, H.S. 1983. Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chicken. Avian Dis. 27: 972-979.

Guidance for industry. 2004. “Q1F Stability Data Package for Registration Applications in Climatic Zones III and IV”. FDA. 1-4.

Guil-Guerrero, J.L., Martínez-Guirado, C., Rebolloso-Fuentes, M.M. and Carrique-Pérez, A. 2006. Nutrient composition and antioxidant activity of 10 pepper (*Capsicum annuun*) varieties. Eur. Food Res. Technol. 224: 1-9.

Halliwell, B. and Chirico, S. 1993. Lipid peroxidation: its mechanism, measurement, and significance. Am. J. Clin. Nutr. 57(suppl): 15-25.

Heckert, R.A., Estevez, I., Russek-Cohen, E. and Petti-Riley, R. 2002. Effects of density and perch availability on the immune status of broiler. Poult. Sci. 81: 451-457.

Henderson, D.E., Slickman A.M. and Henderson S.K. 1999. Quantitative HPLC determination of the antioxidant activity of capsaicin on the formation of lipid hydroperoxides of linoleic acid: a comparative study against BHT and melatonin. J. Agric. Food Chem. 47: 2563– 2570.

Herna´ndez, F., Madrid, J., Garcı´a, V., Orengo, J. and Megı´as, M.D. 2004. Influence of Two Plant Extracts on Broilers Performance, Digestibility, and Digestive Organ Size. Poul. Sci. 83: 169–174.

Ian, P., Mark. C., Tony. C., Brad, D.G., Christian, F., Ron. J., Charles, N., Rodney, P. and John, W. 2004. Does the use of antibiotics in food animals pose a risk to human health?. J. Antimicrob. Chemother. 53: 28–52.

Ibrahim, M.A. and El Zubeir, E.A. (1991). Higher fibre sunflower seed meal in broiler chick diets. Anim. Feed. Sci. 33: 343-347.

Iwai, K., Yazawa, A. and Watanabe, T. 2003. Roles as metabolic regulators of the non-nutrients, capsaicin and capsiate, supplemented to diets. Proc. Jpn. 79: 202-212.

Jang, J.J., Devor, D.E., Logsdon, D.L., and Ward, J.M. 1992. A 4-week feeding study of ground red chilli (CASICUM ANNUUM) in male B6C3F mice. Fd Chem. Toxic. 30: 783-787.

Kawada, T., Hakihara, K. and Iwai, K. 1986. Effects of capsaicin on lipid metabolism in rats fed a high fat diet. J. Nutr. 116: 1272-1278.

Kawada, T., Tetsuya. S., Masahiro. T. and Kazuo, I. 1984. Gastrointestinal absorption and metabolism of capsaicin and dihydrocapsaicin in rats, Toxicol. App. Pharmacol. 72: 449-456.

Kentaro, K., Satoru, G., Miki, N., Mina, Y., Kazutoyo, A., Chie, O., Hironori, S., Takenori, K. and Hiroshi, T. 2002. Mechanism of potent antiperoxidative effect of capsaicin. Biochim. Biophys. Acta. 1573: 84-92.

Kopec, S.E., DeBellos, R.J. and Irwin, R.S. 2002. Chemical analysis of freshly prepared and stored capsaicin solutions: implications for tussigenic challenges (Abstract). Pulm. Pharmacol. Ther. 15: 529-34.

Lan, H.E. and Holzer, H.H. 1993. Duodenal acid-induced inhibition of gastric motility and emptying in rat. Am. J. Physiol. 3: 544-546.

Leeson, S. and Summer, J.D. 2001. Nutrition, Disease and Stress. Nutrition of the Chicken 4th edition. Canada : Ontario. 90-115.

Lewandowski, A.H., Campbell, T.W. and Harrison, GJ. 1986. Clinical Chemistries. In: Harrison GJ, LR Harrison (eds) Clinical Avian Medicine and Surgery. Saunders: Philadelphia. 192–200.

Maxwell, M.H. 1993. Avian blood leucocyte responses to stress. World's Poult. Sci. J. 49: 34-43.

Maxwell, M.H. and Robertson, G.W. 1998. The avian heterophil leucocyte: a review. World's Poult. Sci. J. 54: 155-177.

McElroy, A.P., Manning, J.G., Jaeger, L.A., Taub, M., Williams, J.D. and Hargis, B.M. 1994. Effect of prolonged administration of dietary capsaicin on broiler growth and *Salmonella enteritidis* susceptibility. Avain Dis. 38: 329-333.

Mehmet, K., 2008. The effect of stocking density on stress reaction in broiler chickens during summer. Turk. J. Vet. Anim. Sci. 32: 31-36.

Muhl, A.I and Liebert, F. 2007. Growth, nutrient utilization and threonine requirement of growing chicken fed threonine limiting diets with commercial blende of phytogenic feed additives. J. Poult. Sci. 44: 297-304.

Musharaf, N.A. 1991. Effect of graded levels of sunflower seed meal in broiler diets. Anim. Feed Sci. Technol. 33: 129-137.

Noy, Y. and Sklan, D. 1995. Digestion and absorption in the young chick. Poult. Sci. 74: 366-373.

Oboh, G., Puntel, R.L. and Rocha, J.B.T. 2006. Hot pepper (*Capsicum annuum*, Tepin and *Capsicum Chinese*, Habanero) prevents Fe^{2+} -induced lipid peroxidation in brain - *in vitro*. Food Chem. 102: 178-185.

Ofelia, C., Federico G. and Ricardo M. 2005. Comparative study of carotenoid composition in three mexican varieties of Capsicum annuum L. Food. Chem. 90: 109–114.

Okada, Y. and Okajima, H. 2001. Antioxidant effect of capsaicin on lipid peroxidation in homogenous solution, micelle dispersions and liposomal membranes. Redox Rep. 6: 117–122.

Orndorff B.W. 2004. Comparison of prophylactic or therapeutic dietary administration of capsaicin oleoresin for resistance to *Salmonella* in broiler chickens. Thesis Master of Science. Animal and Poultry Sciences (Pathology and Immunology). Virginia Polytechnic Institute and State University. 46 pp.

Pesti, G.M. and Howarth, B. 1983. Effect of population density on the growth, organ weights and plasma corticosterone of young broiler chicks. Poult. Sci. 62: 1080-1083.

Platel, K. and Srinivasan, K. 2004. Digestive stimulant action of spices : A myth or reality?. Indian J. Med. Res. 119: 167-179.

Post, J., Rebel, M.J. and Ter Huunrne, A.H.M. 2003. Automated blood cell count: A sensitive and reliable method to study corticosterone-related stress in broilers. Poult. Sci. 82: 591-595.

Pulla, A.C. and Lokesh, B.R. 1992. Studies on spice principles as antioxidants in the inhibition of lipid peroxidation of rat liver microsomes. Mol. Cell. Biochem. 111: 117–124.

Puvadolpirod, S. and Thaxton, J.P. 2000. Model of physiological stress in chickens 4. Digestion and metabolism. Poult. Sci. 79: 383-390.

Rosebrough R.W., Mcmurtry J.P. and Vasilatos-Youmken R. (1999). Dietary Fat and Protein Interactions in the Broiler. Poult. Sci. 78: 992-998.

Sadeghi, G.H. and Tabiedian, S.A. 2005. Effect of different energy to protein ratio and tallow supplementation on broiler performance. Int. J. Poult. Sci. 4: 976-981.

Sahin, K., Sahin, N., Sar, M. and Gursu, M.F. 2002. Effects of vitamins E and A supplementation on lipid peroxidation and concentration of some mineral in broilers reared under heat stress (32°C). Nutr Res. 22: 723–731.

Salimath, B.P., Sundaresh, C.S. and Srinivas, L.1986. Dietary components inhibit lipid peroxidation in erythrocyte membrane. Nutr. Res. 6: 1171-1178.

Sams, A.R., Hirschler, E.M., McElroy, A.P., Manning, J.G. and Hargis, B.M. 1995. Flavor evaluation of light and lark meat from broiler fed capsaicin. Poult. Sci. 74: 205-207.

SAS. 2002. SAS/SAT Guide for personal computers. Version 9.00 ed. SAS Inst., Inc., Carry, NC.

Simonne, A.H., Simonne, E.H., Eitenmiller, R.R., Mills, H.A. and Green, N.R. 1997. Ascorbic acid and provitamin A contents in unusually colored Bell Peppers (*Capsicum annuum* L.) . J. Food Compost. Anal. 10: 299–311.

Sodsee, P., Suvanatad, C., Kijparkorn, S. and Angkanaporn, K. (2005). Effect of stocking density on growth performance, oxidative status, immunological indicator and financial return in broiler. Proceeding of AHAT/BSAS International Conference. November 14-18. T158.

Steenfeldt, S., González, E. and Bach,K.E. 2003. Effects of inclusion with blue lupins (*Lupinus angustifolius*) in broiler diets and enzyme supplementation on production performance, digestibility and dietary AME content. Anim. Feed Sci. Technol. 110: 185-200.

Tankson, J.D., Vizzier-Thaxton, Y., Thaxton, J.P., May, J.D. and Cameron, J.A. 2001. Stress and nutrition quality of broilers. Poult. Sci. 80: 1384-1389.

Tellez, G.I., Jaeger, L. Dean, C.E., Corrier, D.E., DeLoach, J.R., Williams, J.D. and Hargis, B.M. 1993. Effect of prolonged administration of dietary capsaicin on salmonella enteritidis infection in leghorn chicks. Avian. Dis. 37: 143-148.

Thai Herbal Pharmacopoeia. 1987. Department of Medical Sciences. Ministry of Public Health. Nonthaburi Thailand. V. I.

Thai Herbal Pharmacopoeia. 2004. Department of Medical Sciences. Ministry of Public Health. Nonthaburi Thailand. 29-31

Thaxton, J.P, Dozier, W.A., Branton, S.L., Morgan, G.W., Miles, D.W., Roush, W.B., Lott, B.D. and Vizzier-Thaxton, Y. 2006. Stocking density and physiological adaptive responses of broilers. Poult. Sci. 85: 819–824.

Todor, K. 1999. Changes in the white blood cells and specific phagocytosis in chicken with experimental acute fowl typhoid. Jpn. Poult. Sci. 36: 304-310.

Urso, M.L. and Clarkson, P.M. 2003. Oxidative stress, exercise and antioxidant supplementation. Toxicol. 189: 41-54.

Ute, S., Andreas, S. and Reinhold, C. 2006. Effects of blanching and storage on capsaicinoid stability and peroxidase activity of hot chili peppers (Capsicum frutescens L.). Inno. Food Sci. Emerging Technol. 7: 217–224.

Van Middelkoop, J.H. 1997. Influence of stocking density on broiler performance. Poult. Sci. 76 (suppl): 103-106.

Waldroup, A.L., Skinner, J.T., Hierholzer, R.E., Kopek, J.M. and Waldroup, P.W. 1992. Effect of bird density on salmonella contamination of prechill carcasses. Poult. Sci. 71: 844-849.

Young-Joon, S. and Sang, S.L. 1995. Capsaicin, A double-edged sword: toxicity, metabolism, and chemopreventive potential. Life Sci. 56: 1845-1855.

Yun-Zhong, F., Sheng, Y. and Guoyao, W. 2002. Free radicals, Antioxidants and nutrition. Nutrition. 8: 872-879.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญในพริก (AOAC, 1995)

สารละลายและสารมาตรฐาน

1. Acetonitrile (Mallinckrodt, USA) 40%และ acetic acid (Labscan, Thailand) 60% ใน ultrapure water ที่ผ่านการกรองด้วย membrane filter ขนาด 0.45 มม. สำหรับเป็น mobile phase (สำหรับสารสกัดในรูปแกรนูลใช้ Acetonitrile 45%และ acetic acid 55% ใน ultrapure water)
2. สารมาตรฐานแคปไซซิน (*N-Vanillyl-n-nonanamide* 99%) (Sigma-Aldrich, USA)
3. Ethanol AR grade สำหรับเตรียมตัวอย่าง

อุปกรณ์

1. เครื่องบด FRITSCH pulverisette 14 (Germany)
2. HPLC (High Performance Liquid Chromatography) (Dionex®, Ultimate 3000, Germany) Thermo separation Product (TSP) ประกอบด้วย Spectra System P1000 solvent delivery system และ UV-6000LP diode array Uv-visible detector ที่ 280 นาโนเมตร สำหรับ flow rate ที่ใช้ 1.5 มล./นาที (สารสกัดในรูปแกรนูลใช้ 1.2 มล./นาที) injection volume 20 ไมโครลิตร run time 30 นาที การประมวลผลโดยซอฟแวร์ PC1000
3. HPLC analytical column คอลัมน์ที่ใช้เป็นสเตนเลส (Mightysil, Japan) C18 ขนาด 150x4.6 มม. ขนาดอนุภาค 5 ไมโครเมตร
4. Vacuum oven (WTBbunder, VDL, Germany)
5. Soxhlet (FDF 3 0250CE, Britain)
6. Water bath
7. Cooling water (LTD 6, England)

ขั้นตอนการสกัดและวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. บดตัวอย่างสารสกัดในรูปแกรนูลและพริกป่น 25 ก. ลงในขวดก้นกลมขนาด 500 มล. ที่มี เอทานอล 95% 200 มล. สำหรับกากพริกใช้ 75 ก. เอทานอล 95% 250 มล.
2. นำไปรีฟลัค (reflux) ที่อุณหภูมิ 75°ซ เป็นระยะเวลา 5 ชม.
3. ปล่อยให้เย็นและปรับปริมาตรให้ครบเท่าเดิม คนให้เข้ากัน จากนั้นแบ่งมาจำนวน 1-4 มล. ใส่ลงในขวดขนาดเล็ก (vial) เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

วิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS) (Feix et al., 1991)

สารละลายและสารละลายมาตรฐาน

1. Butylate Hydroxytuluene (BHT) 50 นาโนโมลต่อลิตร
2. Trichloric acetic acid (TCA) 10%
3. Thiobarbituric acid (TBA) 5%
4. 1, 1, 3, 3– tetraethoxypropane ที่ 0 2 4 6 8 และ 10 นาโนโมล

อุปกรณ์

1. เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) (Hettich zentrifugal, Universal 16/16R, Germany)
2. เครื่อง UV-VIS spectrophotometer (Shimudsu® UV-160 A, double beam)
3. Water bath

ขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. พลาสมา 600 ไมโครลิตร ผสมกับ Butylate Hydroxytuluene (BHT) 120 ไมโครลิตร และ trichloric acetic acid (TCA) 1,800 ไมโครลิตร
2. สารละลายมาตรฐานใส่แทนพลาสม่าในปริมาตรที่เท่ากัน ทำตามขั้นตอนเช่นเดียวกับในพลาสม่า
3. นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นเวลา 10 นาที
4. จากนั้นนำไปเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็วรอบ 39.3 g เป็นระยะเวลา 10 นาที
5. นำส่วนใสที่ลอยอยู่ชั้นบนมา 1,500 ไมโครลิตร ผสมกับ thiobarbituric acid 1,500 ไมโครลิตร นำไปต้มในน้ำเดือด และปล่อยไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
6. ทำการวัดค่าด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร ค่า TBARS ที่ได้มีหน่วยเป็น นาโนโมล ของ MDA ต่อมิลลิลิตร

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์โครมิกซ์ออกไซด์

ปริมาณโครมิกซ์ออกไซม์ ในอาหารทดลองและ ileal content วิเคราะห์ตามวิธีการของ Bolin และคณะ (1952)

สารละลาย

1. Oxidizing reagent (sodium molypdate 11.75 ก. Sulfuric acid 96% 150 มล. และ perchloric acid 70-72% 200 มล. ในน้ำกลั่น 150 มล.)
2. Perchloric acid 70-72%

อุปกรณ์

1. กระดาษกรองเบอร์ 40
2. เครื่อง UV-VIS spectrophotometer (Shimudsu® UV-160 A, double beam)
3. เตาย่อย

ขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่างใส่เจดาห์ลฟลาสค์ขนาด 500 มล. โดยใช้ตัวอย่างอาหารประมาณ 1.5 ก. และตัวอย่างมูลประมาณ 0.5 ก.
2. เติมสารละลายออกซิไดซิงรีเอเจนต์ 12 มล. และนำไปย่อยบนเตาย่อยด้วยไฟปานกลางจนสารละลายมีสีเหลืองส้ม และมีไอน้ำเกาะบริเวณข้างหลอดใช้เวลาประมาณ 45 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็น
3. เติมกรดเปอร์คลอริค 3 มล. และนำไปย่อยอีกครั้ง จนปรากฏไอน้ำบริเวณผิวด้านในฟลาสค์ (45 นาที) จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็น
4. นำสารละลายที่ได้มาปรับปริมาตรรวมให้ได้ 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น และกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 40
5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร
6. ทำ blank โดยทำขั้นตอนเหมือนกันทุกอย่างแต่ไม่ใส่ตัวอย่าง

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวกฤติยา เทียมหิรัณย์โสภิต เกิดเมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม 2527 ที่ กรุงเทพมหานคร จบการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ จากภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2548 เข้าศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2549

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย