ผลของการเสริมจักรนารายณ์ (*Gynura divaricata*) ในอาหาร ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต การย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย การเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน และการสะสมไขมันในซากในไก่เนื้อที่เลี้ยงหนาแน่น

นายชัยรัตน์ แจ่มแจ้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล
คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF DIETARY JAKR-NA-RAI (*GYNURA DIVARICATA*) INCLUSION ON GROWTH PERFORMANCE, ILEAL DIGESTIBILITY, LIPID PEROXIDATION AND CARCASS FAT DEPOSITION IN BROILER UNDER HIGH STOCKING DENSITY

Mr. Chairat Jamjang

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 2014
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการเสริมจักรนารายณ์ (*Gynura divaricata*) ในอาหาร ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต การย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย การเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชันและการสะสมไขมันในซากในไก่เนื้อที่เลี้ยงหนาแน่น
โดย	นายชัยรัตน์ แจ่มแจ้ง
สาขาวิชา	อาหารสัตว์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ สุวรรณา กิจภากรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. กฤษ อังคนาพร

คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสัตวแพทยศาสตร์
(ศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. รุ่งโรจน์ ธนาวงษ์นุเวช)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. บุญฤทธิ์ ทองทรง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ สุวรรณา กิจภากรณ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. กฤษ อังคนาพร)

.....กรรมการ
(อาจารย์ สัตวแพทย์หญิง ดร. อนงค์นาฏ อัศวชีพ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. กานต์ สุขสุแพทย์)

ชัยรัตน์ แจ่มแจ้ง : ผลของการเสริมจักรนารายณ์ (*Gynura divaricata*) ในอาหาร ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต การย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย การเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชันและการสะสมไขมันในซากในไก่เนื้อที่เลี้ยงหนาแน่น (EFFECTS OF DIETARY JAKR-NA-RAI (*GYNURA DIVARICATA*) INCLUSION ON GROWTH PERFORMANCE, ILEAL DIGESTIBILITY, LIPID PEROXIDATION AND CARCASS FAT DEPOSITION IN BROILER UNDER HIGH STOCKING DENSITY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. สุวรรณา กิจภากรณ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. น.สพ. ดร. กฤษ อังคนาพร, 51 หน้า.

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมจักรนารายณ์ (*Gynura divaricata*) ในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต การย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย การเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน และการสะสมไขมันในซากไก่เนื้อที่เลี้ยงหนาแน่น โดยใช้ไก่เนื้อเพศผู้พันธุ์ Cobb 500 อายุ 22 วัน จำนวน 240 ตัวทำการสุ่มไก่แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 6 ซ้ำๆ ละ 8 ตัวโดยเลี้ยงในโรงเรือนเปิดภายในสภาพแวดล้อมเดียวกันที่ความหนาแน่นสูง 28 กก./ตรม. จนถึงอายุ 43 วัน อาหารทดลอง 5 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่ม 1 อาหารควบคุม กลุ่ม 2 อาหารควบคุมเสริมอะวิลามัยซิน 2.5 มก./กก. อาหาร กลุ่ม 3 อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากจักรนารายณ์ในรูปแกรนูลที่มีระดับของสารฟลาโวนอยด์ 1.3 ก./กก. อาหาร กลุ่มที่ 4 และ 5 อาหารที่ประกอบด้วยผงจักรนารายณ์ที่มีระดับของสารฟลาโวนอยด์ 1.3 และ 2.6 ก./กก. อาหาร ตามลำดับ ทำการเก็บเลือดเพื่อวัดน้ำตาลในเลือด สัดส่วนเฮทเทอร์โรฟิลต่อลิมโฟไซท์ รวมถึงพารามิเตอร์อื่นๆ ได้แก่ การวัดความเข้มข้นของกรดน้ำดี สัมประสิทธิ์การย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย สมรรถภาพการเจริญเติบโต มาลอนไดแอลดีไฮด์ในพลาสม่าและเนื้อหน้าอก ไขมันช่องท้องและการสูญเสียน้ำในเนื้อ

ผลการทดลองพบว่า อาหารที่ประกอบด้วยจักรนารายณ์ในรูปผงทั้ง 2 ระดับทำให้ระดับน้ำตาลในเลือด ($P<0.01$) และสัดส่วนเฮทเทอร์โรฟิลต่อลิมโฟไซท์ ($P<0.001$) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่ามาลอนไดแอลดีไฮด์ในพลาสมาไม่มีความแตกต่าง ($P>0.05$) ความเข้มข้นของกรดน้ำดีในลำไส้เล็กส่วนเจจูนัมเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) แต่ไม่พบความแตกต่างของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของสารอาหารที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย ($P>0.05$) การเสริมจักรนารายณ์ที่มีระดับฟลาโวนอยด์ 1.3 ก./กก. ช่วยเพิ่มน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดและปริมาณอาหารที่กิน ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ที่ระดับ 2.6 ก./กก. อาหาร ให้ผลไม่แตกต่างจากกลุ่มอื่น ขณะที่น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันและอัตราการแลกเนื้อไม่แตกต่างกันในทุกกลุ่ม ($P>0.05$) ทางด้านคุณภาพซากพบความแตกต่างของร้อยละของน้ำหนักซากและไขมันช่องท้องลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่เมื่อนำน้ำหนักตัวมีชีวิตมาใช้เป็นตัวแปรร่วมพบว่าไม่แตกต่างกัน ส่วนค่าการสูญเสียน้ำในเนื้อและมาลอนไดแอลดีไฮด์ที่วัดได้ในเนื้อหน้าอกไก่ไม่พบความแตกต่างเช่นกัน ($P>0.05$) ผลการทดลองสรุปได้ว่า การเสริมผงจักรนารายณ์ที่มีระดับฟลาโวนอยด์ 1.3 ก./กก. อาหารไก่เนื้อ สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดความเครียดจากการเลี้ยงหนาแน่น และการเสริมจักรนารายณ์ที่ระดับเดียวกันนี้ทั้งสารสกัดหยาบในรูปแกรนูลและผง สามารถเพิ่มความเข้มข้นของกรดน้ำดี รวมถึงการเพิ่มปริมาณอาหารที่กินและน้ำหนักตัวในช่วง 22-43 วัน แต่ไม่มีผลต่อการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชันในพลาสม่าและเนื้อหน้าอก สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของสารอาหารบริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย และการสูญเสียน้ำในเนื้อ ในส่วนของการลดลงของไขมันช่องท้อง ไม่สามารถสรุปแน่ชัดว่าเกิดจากสารสำคัญในจักรนารายณ์หรือเกิดจากน้ำหนักไก่เนื้อมีชีวิตที่ใช้ศึกษา

ภาควิชา สัตวบาล	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา อาหารสัตว์	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
ปีการศึกษา 2557	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5575331031 : MAJOR ANIMAL NUTRITION
KEYWORDS: BROILER / CARCASS FAT DEPOSITION / GROWTH PERFORMANCE / GYNURA DIVARICATA / ILEAL DIGESTIBILITY / LIPID PEROXIDATION

CHAIRAT JAMJANG: EFFECTS OF DIETARY JAKR-NA-RAI (*GYNURA DIVARICATA*) INCLUSION ON GROWTH PERFORMANCE, ILEAL DIGESTIBILITY, LIPID PEROXIDATION AND CARCASS FAT DEPOSITION IN BROILER UNDER HIGH STOCKING DENSITY. ADVISOR: ASSOC. PROF. SUWANNA KIJPARKORN, CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. DR. KRIS ANGKANAPORN, D.V.M. Ph.D., 51 pp.

The experiment was designed to investigate the effects of dietary Jakr-Na-Rai (*Gynura divaricata*) inclusion on growth performance, ileal digestibility, lipid peroxidation and carcass fat deposition in broiler under high stocking density. Total 240 Cobb-500 birds, at 22 days of age were randomly allocated into 5 groups of 6 replicates, each with 8 birds. They were raised in open-sided housing system, under high stocking density 28 kg BW/m^2 in the tropical environment until 43 days of age. The five treatments were: Group 1 control diet, Group 2 control diet plus 2.5 mg avilamycin/kg diet, Group 3 diet was contained Jakr-Na-Rai granules at the level of 1.3 g flavonoid/ kg diet, and Groups 4 and 5 contained Jakr-Na-Rai powder at the level of 1.3 and 2.6 g flavonoid/kg diet, respectively. Blood was collected for fasting glucose and heterophil/lymphocyte ratio (H/L). In addition, bile acid concentrations in jejunum content, ileal nutrient digestibility coefficients, growth performance, malondiadehyde (MDA) in plasma and breast meat, abdominal fat and drip loss were determined.

The results showed that Jakr-Na-Rai powder supplementation in both levels decreased blood glucose ($P<0.01$) and H/L ratio ($P<0.001$) significantly, without change in plasma MDA ($P>0.05$). Bile acid concentrations in jejunum increased significantly ($P<0.001$) but there was no difference in ileal nutrient digestibility coefficients ($P>0.05$). Diet contained Jakr-Na-Rai at the level of 1.3 g flavonoid/ kg diet increased final body weight and feed intake ($P<0.05$), but no significant difference was shown at the level of 2.6 g flavonoid/ kg diet compared to the others. In addition, average daily gain and feed conversion ratio were not significantly different among groups ($P>0.05$). For carcass quality, significant difference of dressing percentage and abdominal fat were detected ($P<0.05$). However, when live weight was determined as covariance, no significant difference was detected. Drip loss and MDA concentrations in breast meat did not change ($P>0.05$). In conclusion, diet composed of Jakr-Na-Rai at the level of 1.3 g flavonoid/kg diet in powder form, was sufficient to decrease blood glucose and H/L ratio. Diets composed of Jakr-Na-Rai at the level of 1.3 g flavonoid/kg diet in both forms, were found to increase bile acid concentrations and increase body weight of birds in grower-finisher period due to enhanced feed intake. There was no significant difference in lipid peroxidation in plasma and breast meat and ileal nutrient digestibility coefficients. Abdominal fat cannot infer the result of either active ingredient of jakr-na-rai or live weight in this study.

Department:	Animal Husbandry	Student's Signature	.....
Field of Study:	Animal Nutrition	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2014	Co-Advisor's Signature	.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รศ. สุวรรณา กิจภากรณ์ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำแก้ปัญหาด้านการวิจัย หาทุนสนับสนุนการวิจัย การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ การวิเคราะห์ข้อมูล แก้ไขและเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์และสำเร็จไปด้วยดี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ. น.สพ.ดร. กฤษ อังคนาพร ที่ให้คำปรึกษาแนะนำแก้ปัญหาด้านการวิจัย การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ การวิเคราะห์ข้อมูล และแก้ไขและเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ รวมทั้งคณะกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณหน่วยงานและผู้มีรายนามต่อไปนี้ที่ให้ความอนุเคราะห์ และช่วยให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้

1) บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนการศึกษาครั้งนี้ภายใต้ชื่อทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

2) บัณฑิตวิทยาลัย คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ร่วมให้ทุนสนับสนุน

3) หน่วยชีวเคมี คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือทางห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์ทางเคมี

4) ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทำการทดลองภาคสนาม และห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์ทางเคมี

5) บริษัท เจริญโภคภัณฑ์ จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์สัตว์ทดลอง

6) บริษัท ท็อปฟีด มิลล์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ ในการผสมอาหารทดลอง

7) คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษาและแนะนำทั้งการทดลองภาคสนามและการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบุคคลในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด และขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ ตลอดจนผู้ที่ให้ความช่วยเหลือทุกท่าน ที่ช่วยให้การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

ความเครียดในการเลี้ยงสัตว์ 3

อนุมูลอิสระ 3

การเกิด lipid peroxidation ในเยื่อหุ้มเซลล์ 5

ภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำในไก่เนื้อ 5

การสลายไขมันในไก่เนื้อ 6

คุณภาพซาก 6

จักรนารายณ์ 7

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสมุนไพรจักรนารายณ์ 8

การย่อยและการดูดซึมของฟลาโวนอยด์ 13

ความเป็นพิษของจักรนารายณ์ 13

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 14

การเก็บข้อมูล 18

การวิเคราะห์ทางเคมี 20

การวิเคราะห์ข้อมูล 23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง 24
องค์ประกอบของเลือด 24
ความเข้มข้นของกรดน้ำดีและการย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย 25
คุณลักษณะการเจริญเติบโต 25
คุณภาพซาก 26
บทที่ 5 วิจารณ์และสรุป 32
ระดับน้ำตาลในเลือด 32
ดัชนีความเครียด และการต้านออกซิเดชัน 34
ความเข้มข้นของกรดน้ำดีและการย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย 36
คุณลักษณะการเจริญเติบโต 37
คุณภาพซาก 38
สรุปผลการทดลอง 40
รายการอ้างอิง 41
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 51

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 อาหารทดลอง 16

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของอาหารทดลองช่วง 4-6 สัปดาห์ 17

ตารางที่ 3 คุณค่าโภชนะทางเคมีของจักรนารายณ์ และอาหารทดลองช่วง 4-6 สัปดาห์ 27

ตารางที่ 4 ผลของจักรนารายณ์ต่อ ระดับน้ำตาล องค์ประกอบของเลือด และ MDA ในพลาสม่าในไก่เนื้ออายุ 43 วัน 28

ตารางที่ 5 ผลของจักรนารายณ์ต่อความเข้มข้นของกรดน้ำดีและสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของโภชนะในไก่เนื้ออายุ 41 วัน 29

ตารางที่ 6 ผลของการเสริมจักรนารายณ์ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตช่วง 22-41 วัน 30

ตารางที่ 7 ผลของจักรนารายณ์ต่อน้ำหนักซาก การสะสมไขมันในซาก และการสูญเสียน้ำในเนื้อหน้าอกในไก่เนื้ออายุ 43 วัน 31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ 1 จักรนารายณ์ (*Gynura divaricata*)..... 7

ภาพที่ 2 โครงสร้างหลักของฟลาโวนอยด์ 9

ภาพที่ 3 โครงสร้างของแคมเฟอรอล (kaempferol)..... 10

ภาพที่ 4 โครงสร้างของสาร β-sitosterol 12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1

บทนำ

การเลี้ยงไก่เนื้อในสภาวะหนาแน่นสูงเพื่อเพิ่มผลผลิต ส่งผลให้สัตว์เกิดความเครียด ซึ่งมีผลให้ร่างกายสัตว์สร้างอนุมูลอิสระมากขึ้น อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นมากและไม่สามารถทำลายได้หมดด้วยระบบต้านออกซิเดชันตามธรรมชาติของเซลล์ในร่างกาย จะทำให้สัตว์เกิดภาวะที่เรียกว่า oxidative stress นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณและชนิดเม็ดเลือดขาว โดยการสร้างเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์ (lymphocyte) ลดลง ในขณะเดียวกันมีผลกระตุ้นการสร้างเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอร์โรฟิล (heterophil) เพิ่มขึ้น ส่งผลให้สัตว์มีการเจริญเติบโตช้าลง และก่อให้เกิดโรคต่างๆ ได้ง่าย (Leeson and Summer, 2001; Droge, 2002; Fellenberg and Speisky, 2006) ผู้เลี้ยงบางรายมีการใช้สารปฏิชีวนะเสริมในอาหารเพื่อช่วยลดความเครียด แต่ผลที่ตามมาคือเกิดการตกค้างของสารเหล่านี้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ มีผลให้เกิดการดื้อยาในผู้บริโภคได้ อีกทั้งในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาให้ความสนใจทางด้านสุขภาพมากขึ้น เรื่องความปลอดภัยของอาหาร (food safety) ถือเป็นเหตุผลสำคัญในการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โดยผลิตภัณฑ์นั้นจะต้องปลอดจากสารตกค้าง และไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภค ดังนั้นจึงมีการห้ามใช้สารปฏิชีวนะในการผลิตเนื้อสัตว์ในหลายประเทศ โดยสหภาพยุโรปซึ่งเป็นคู่ค้าที่สำคัญกับประเทศไทยได้ถอดถอนการใช้สารปฏิชีวนะในการผลิตสัตว์ปีกตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2549 (Cogliani et al., 2011) ด้วยเหตุนี้การส่งออกผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ไปยังสหภาพยุโรปจึงได้หยิบยกเอาเรื่องการปนเปื้อนสารปฏิชีวนะมาเป็นเรื่องกีดกันทางการค้า และมีการตรวจสอบการนำเข้าอย่างเข้มงวด หากพบจะส่งกลับสินค้าทั้งหมด ซึ่งส่งผลกระทบต่อการส่งออกผลิตภัณฑ์ไก่ของประเทศไทยโดยรวม (Corpet, 1987; Donoghue, 2003) จากปัญหาดังกล่าวจึงมีความพยายามศึกษาหาสารเสริมจากธรรมชาติเพื่อทดแทนการใช้สารปฏิชีวนะ พืชสมุนไพรถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือก ที่มีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย ทั้งในมนุษย์และสัตว์ ที่มีสารออกฤทธิ์ในการเพิ่มสมรรถภาพการเจริญเติบโต (Emami et al., 2012) ต้านอนุมูลอิสระ (Aksu et al., 2011) ลดการสะสมไขมันในซาก (สนามชัย, 2013) เป็นต้น

จักรนารายณ์ (*Gynura divaricata*) เป็นสมุนไพรอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากมีสารออกฤทธิ์สำคัญ คือ ฟลาโวนอยด์ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Wan et al., 2011a; Wu et al., 2011) และมีแคมเฟอรอล (kaempferol) ซึ่งเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่พบมากที่สุดในจักรนารายณ์ (Wan et al., 2011a) มีผลทำให้สัตว์ทดลองหลั่งน้ำดีเพิ่มขึ้น (Crespy et al., 2003) ซึ่งช่วยในเรื่องการย่อยได้ของสารอาหารประเภทไขมัน และมีสารฟลาโวนอยด์และโพลีแซคคาไรด์เป็นองค์ประกอบที่มีฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือด (Jiang et al., 2009; Li et al., 2009; Wu et al., 2011;

Keeratikajorn et al., 2012) จากคุณสมบัติในการลดน้ำตาลในเลือด ส่งผลให้เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ (hypoglycemia) ร่างกายจะมีการสลายไกลโคเจนเพื่อให้ได้รับพลังงานตามที่ร่างกายต้องการ (Ashwell and McMurtry, 2003) ประกอบกับร่างกายไก่มีการสะสมไกลโคเจนอยู่น้อยมาก (North, 1984) เมื่อไกลโคเจนหมดลง ขั้นต่อไปร่างกายจะสลายไขมันในรูปไตรกลีเซอไรด์ที่เก็บในเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) มาใช้เป็นแหล่งพลังงานในสัตว์ปีกหากพลังงานไม่เพียงพอ ซึ่งจะส่งผลต่อการลดการสะสมไขมันในซากไก่เนื้อ (North, 1984; Griffin et al., 1992) อีกทั้งจักรนารายณ์เป็นพืชที่ปลูกและขยายพันธุ์ได้ง่าย และมีมากในประเทศไทย (Jaiboon et al., 2011) ที่ผ่านมายังไม่มีรายงานการใช้จักรนารายณ์ในรูปแบบสารสกัดหยาบ และรูปแบบผงเพื่อเลี้ยงไก่เนื้อ ด้วยเหตุนี้จึงสนใจที่จะนำจักรนารายณ์มาเพิ่มศักยภาพการผลิตไก่เนื้อ การทดลองในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมจักรนารายณ์ (*Gynura divaricata)* ในอาหารไก่เนื้อที่เลี้ยงหนาแน่นต่อ ระดับน้ำตาลในเลือด การลดความเครียด การเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน การย่อยได้ของโภชนะบริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย รวมถึงสมรรถภาพในการเจริญเติบโตและคุณภาพซาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความเครียดในการเลี้ยงสัตว์

ความเครียดในการเลี้ยงไก่ มีสาเหตุจากหลายปัจจัย เช่น สภาวะความหนาแน่นสูงเพื่อเพิ่มผลผลิต การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ การติดเชื้อ และการจัดการที่ไม่เหมาะสม เมื่อสัตว์เกิดความเครียดร่างกายจะหลั่งฮอร์โมนอะดรีโนคอร์ติโคโทรปิก (adrenocorticotropic hormone, ACTH) ที่มีผลควบคุมการสร้างฮอร์โมน corticosteroid ของต่อมหมวกไตส่วนนอก (adrenal cortex) ซึ่งมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรท โดยกระตุ้นขบวนการ glycogenolysis เพิ่มปริมาณกลูโคสในพลาสม่า โดยการสลายไกลโคเจนที่ตับ ซึ่งใช้เป็นแหล่งพลังงาน เพื่อตอบสนองต่อความเครียด (Leeson and Summer, 2001) สัตว์ที่อยู่ในสภาวะเครียดจะมีผลทำให้เกิดการหลั่งของกรดในกระเพาะมีมากขึ้น ส่งผลทำให้เกิดแผลในกระเพาะอาหาร และสัตว์เบื่ออาหาร มีผลให้สัตว์มีการเจริญเติบโตที่ช้าลง (Cattanach et al., 1988) นอกจากนี้ยังมีผลให้เกิดการสลายตัวของเซลล์น้ำเหลืองได้แก่ ม้าม ต่อมเบอร์ซ่า และไทมัส ส่งผลให้สัตว์มีโอกาสเกิดโรคต่างๆ ได้ง่าย เนื่องจากเซลล์น้ำเหลืองจะสร้างเม็ดเลือดขาวชนิด lymphocyte เข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดในปริมาณที่ลดลง ขณะที่จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิด heterophil ที่สร้างมาจากไขกระดูกย้ายเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดในปริมาณที่มากขึ้น เพื่อตอบสนองต่อความเครียด (Leeson and Summer, 2001) ด้วยเหตุนี้การใช้ค่าสัดส่วนระหว่างเฮทเทอร์โรฟิลกับลิมโฟไซท์ (H/L ratio) สามารถเป็นตัวบ่งชี้ภาวะความเครียดของสัตว์ได้ ซึ่งการลดความเครียดในสัตว์ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาโดยใช้สารเสริมที่มาจากธรรมชาติอย่างสมุนไพรบางชนิด เช่น ผงขมิ้นชัน สารสกัดจากเมล็ดองุ่น สามารถให้ผลดีเทียบเท่าการใช้สารปฏิชีวนะ (ชัยวัฒน์, 2003; El-Damrawy, 2014)

อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระเป็นสารที่อิเล็กตรอนอิสระ (unpaired electron) อยู่ในวงนอกของอะตอมหรือโมเลกุล จึงมีความไวในการเข้าทำปฏิกิริยา โดยดึงอิเล็กตรอนจากสารอื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียงเพื่อให้ตนเองเสถียร ในขณะเดียวกันสารที่ถูกดึงอิเล็กตรอนไปจะมีอิเล็กตรอนไม่ครบคู่จึงต้องดึงอิเล็กตรอนจากสารอื่นที่อยู่ข้างเคียง จนกลายเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) ทำให้เกิดอันตรายกับ

ส่วนประกอบของเซลล์โดยรอบบริเวณนั้น เช่น โปรตีน ไขมัน และดีเอ็นเอ (Ames et al., 1993; Halliwell and Chirico, 1993) อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นได้แก่ superoxide (O_2*) hydroxyl radical (HO*) nitric oxide (NO*) hydroperoxyl radical (OOH*) peroxynitrite ($ONOO^-$) และ hypochlorous acid (HOCl) ซึ่งเกิดจากการใช้ออกซิเจนในกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ต่างๆ ของเซลล์ในสิ่งมีชีวิต (Fang et al., 2002; Fellenberg and Speisky, 2006; Wan et al., 2011a) นอกจากนี้โลหะทรานสิชันได้แก่ เหล็ก (Fe^{2+}) และทองแดง (Cu^{2+}) ที่มีอยู่ทั่วไปในร่างกายยังสามารถเร่งการสร้าง hydroxyl radical (OH*) จาก superoxide (O_2*) และ hydrogen peroxide (H_2O_2) ในปฏิกิริยา Fenton (Fenton's reaction) (Halliwell and Chirico, 1993) ดังสมการ 1 และ 2

$$Fe^{2+} + H_2O_2 \longrightarrow Fe^{3+} + OH^* + OH^- \qquad (1)$$

$$Fe^{3+} + H_2O_2 \longrightarrow Fe^{2+} + OOH^* + H^+ \qquad (2)$$

อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะถูกทำลายด้วยระบบต้านออกซิเดชัน (antioxidant defense system) เพื่อให้เกิดสมดุลของอนุมูลอิสระในร่างกายของสิ่งมีชีวิตโดยการทำงานของสารต้านออกซิเดชั่น (antioxidation) ซึ่งประกอบด้วยระบบเอนไซม์ (enzymatic antioxidant) ได้แก่ เอนไซม์ catalase (CAT) เอนไซม์ superoxide dismutase (SOD) เอนไซม์ glutathione peroxidase (GPx) ในระบบเอนไซม์นั้นมีแร่ธาตุได้แก่ ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) และ ซีลีเนียม (Se) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญโดยที่ เหล็กเป็นส่วนของเอนไซม์ catalase ทองแดง สังกะสี และแมงกานีสเป็นส่วนของเอนไซม์ superoxide dismutase และซีลีเนียมเป็นส่วนของเอนไซม์ glutathione peroxidase (Ames et al., 1993; Fang et al., 2002; Fellenberg and Speisky, 2006; Aksu et al., 2011) ส่วนระบบที่ไม่ใช่เอ็นไซม์ (nonenzymatic antioxidant) ประกอบด้วย retinol (วิตามิน A) ascorbic acid (วิตามิน C) alpha-tocopherol (วิตามิน E) และฟลาโวนอยด์ โดยที่สารเหล่านี้จะเข้าทำปฏิกิริยากับสารอนุมูลอิสระโดยตรง ซึ่งทั้งหมดนี้มีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระในการป้องกันผลเสียของการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน หากร่างกายผลิตอนุมูลอิสระ (free radical) มากเกินกว่าที่ระบบป้องกันจะยับยั้งได้หมดจะทำให้เกิดสภาวะ oxidative stress ขึ้น ส่งผลให้อนุมูลอิสระที่เหลืออยู่ทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกายจากปฏิกิริยาที่เรียกว่า ลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน (Halliwell and Chirico, 1993) การเสริมสารต้านอนุมูลอิสระสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวได้ (Ames et al., 1993; Fang et al., 2002)

การเกิด lipid peroxidation ในเยื่อหุ้มเซลล์

ลิปิดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์ ที่ไวต่อการถูกออกซิไดซ์ จากการศึกษาของ Nawar (1996) ได้อธิบายกลไกการเกิดปฏิกิริยาลิปิดเปอร์ออกซิเดชันออกเป็น 3 ระยะ เริ่มต้นจากระยะเหนี่ยวนำ (initiation) โดยกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acid) ของเยื่อหุ้มเซลล์ถูกอนุมูลอิสระดึงไฮโดรเจนอะตอมออกที่ตำแหน่งถัดจากพันธะคู่ ทำให้ไขมันเกิดเป็นอนุมูลอิสระที่ไม่คงตัว (lipid radical) ต่อมาเป็นระยะเพิ่มจำนวน (propagation) โดยที่อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นอนุมูลเปอร์ออกซี (peroxy radical) และจะเข้าทำปฏิกิริยาต่อกับกรดไขมันตัวถัดไปเกิดเป็นไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) ซึ่งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นใหม่สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนใหม่ได้ต่อไปเรื่อยๆ เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) จนในที่สุดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกัน 2 โมเลกุลหรือจับกับอนุมูลอิสระไขมันเปอร์ออกซิล ทำให้เกิดความคงตัวซึ่งเป็นระยะสิ้นสุด (termination)

ภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำในไก่เนื้อ

ระดับน้ำตาลในเลือดของไก่เนื้อมีค่าระหว่าง 180-250 มก./ดล. ซึ่งเป็นระดับที่สูงกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทั่วไป เนื่องจากไก่เนื้อเป็นสัตว์ที่มีเมแทบอลิซึมสูง หากเกิดภาวะระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ (hypoglycemia) ร่างกายจะหลั่งฮอร์โมนกลูคากอนจากตับอ่อนทำให้มีการสลายไกลโคเจนที่สะสมไว้ในตับเปลี่ยนเป็นกลูโคสเพื่อให้ได้พลังงาน (Ashwell and McMurtry, 2003; Hernawan et al., 2012) อย่างไรก็ตาม ไก่มีความสามารถในการสะสมไกลโคเจนในร่างกายได้น้อยมากเพียงร้อยละ 1 และถูกใช้หมดไปไม่กี่ชั่วโมงหลังจากที่สัตว์อดอาหาร เมื่อไกลโคเจนหมดลงขั้นตอนต่อไปจะมีการสลายไขมันที่เก็บสะสมไว้ในรูปไตรกลีเซอร์ไรด์เพื่อให้ได้พลังงาน (North, 1984) นอกจากนี้ภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำยังส่งผลให้สัตว์เกิดความอยากอาหารเป็นพิเศษ สัตว์จะกินอาหารในปริมาณที่เพิ่มขึ้นเพื่อรักษาระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในภาวะปกติ (glucose homeostasis) โดยมีกลไกที่สำคัญเกี่ยวข้องกับสมองส่วนไฮโพทาลามัสที่ใช้ในการควบคุมพฤติกรรมการกินอาหารซึ่งมีศูนย์ควบคุมความอิ่มอยู่ที่บริเวณ ventromedial hypothalamus (VMH) ซึ่งมีปัจจัยของฮอร์โมนอินซูลินมาเกี่ยวข้อง ในขณะที่ศูนย์ควบคุมความอยากอาหารอยู่บริเวณ lateral hypothalamus (LH) มีปัจจัยของฮอร์โมนกลูคากอนมาเกี่ยวข้องเมื่อระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ (Jiang et al., 2014)

การสลายไขมันในไก่เนื้อ

ผลจากการที่ปริมาณน้ำตาลในเลือดลดลง ทำให้ไก่เนื้อได้รับพลังงานไม่เพียงพอ ร่างกายจะสลายไกลโคเจนที่ตับก่อน ตามด้วยไขมันในรูปไตรกลีเซอไรด์ที่เก็บในเนื้อเยื่อไขมัน ซึ่งแหล่งสะสมสมหลักจะอยู่บริเวณช่องท้อง (North, 1984; Griffin et al., 1992) โดยการสลายไขมันในไก่เนื้อเริ่มจากฮอร์โมนกลูคากอนที่หลั่งมาจากตับอ่อนเพิ่มสูงขึ้นในกระแสเลือด กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ไตรกลีเซอไรด์ไลเพส ให้สลายไตรกลีเซอร์ไรด์ได้เป็นกรดไขมัน จากนั้นกรดไขมันจะเข้าสู่ชั้นไซโทพลาสซึม แต่เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายกรดไขมันอยู่ในไมโทคอนเดรีย กรดไขมันต้องรวมกับโคเอนไซม์เอ (Coenzyme A) เพื่อให้ได้เป็นแฟตตีเอซิลโคเอนไซม์เอ (fatty Acyl-Co A) จากนั้นแฟตตีเอซิลโคเอนไซม์เอ จะเปลี่ยนเป็นแฟตตีเอซิลคาร์นิทีน (fatty acylcarnitine) โดยอาศัยเอนไซม์คาร์นิทีนเอซิลทรานเฟอเรส (carnitine acyltransferase) เป็นตัวนำกรดไขมันเข้าผนังไมโทคอนเดรีย แล้วจึงเปลี่ยนกลับมาเป็นแฟตตีเอซิลโคเอนไซม์เออีกครั้งหนึ่ง ต่อมาแฟตตีเอซิลโคเอนไซม์จะถูกนำไปสลายในไมโทคอนเดรียโดยกระบวนการที่เรียกว่า เบตา-ออกซิเดชัน (β-oxidation) ได้เป็นอะซิติลโคเอนไซม์เอ ซึ่งจะถูกนำเข้าวัฏจักรไตรคาร์บอกซิลิค เพื่อให้ได้พลังงานออกมา (Klasing, 1998; Pond et al., 2005) ซึ่งการสลายไขมันเพื่อให้ได้พลังงานจะส่งผลต่อการสะสมไขมันช่องท้อง ด้วยเหตุนี้จึงมีการใช้ค่าร้อยละของน้ำหนักไขมันช่องท้อง เป็นพารามิเตอร์หนึ่งในการบ่งบอกการสะสมไขมันในซากของไก่เนื้อได้ (Griffiths et al., 1976)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คุณภาพซาก

ร้อยละของน้ำหนักซากเป็นสิ่งหนึ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ เนื่องจากสามารถเปรียบเทียบราคากับปริมาณเนื้อที่ได้รับว่าคุ้มค่าหรือไม่ โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับร้อยละของน้ำหนักซาก เช่น พันธุ์ อาหารที่ได้รับ เพศ และน้ำหนักตัวมีชีวิต เป็นต้น (สัญชัย, 2008; Olawumi, 2013) นอกจากนี้ปัญหาหลักของอุตสาหกรรมไก่เนื้อคือคุณภาพซากที่มีไขมันช่องท้องมาก ซึ่งเกิดขึ้นในกรณีที่สัตว์ปีกได้รับพลังงานในปริมาณที่มากเกินความต้องการ พลังงานส่วนเกินจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไขมันเก็บสะสมที่เนื้อเยื่อไขมันตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยแหล่งเก็บสะสมหลักจะอยู่ในส่วนช่องท้อง (abdominal fat pad) (North, 1984) ในอดีตที่ผ่านมามีการส่งออกไก่แบบทั้งตัว ซึ่งมีแผ่นไขมันช่องท้องติดมาด้วย แต่ปัจจุบันการส่งออกเป็นแบบชำแหละชิ้นส่วนมากขึ้น เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค ทำให้ผู้ประกอบการ ในอุตสาหกรรมการผลิตไก่เนื้อมีความพยายามที่จะลดไขมันช่องท้อง เนื่องจากไม่เป็นที่ต้องการของตลาด โดยความแปรปรวนของปริมาณไขมันช่องท้อง

ของไก่เนื้อที่เลี้ยงภายใต้สภาวะแวดล้อมเดียวกันมีความแปรปรวนร้อยละ 24-34 หากลดปริมาณไขมันช่องท้องได้ จะทำให้สัดส่วนของเนื้อไก่เพิ่มสูงขึ้น (Le Bihan-Duval et al., 1988; Bell and Weaver, 2001; สัญชัย, 2008) ความสามารถในการอุ้มน้ำ ถือเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งที่ผู้บริโภคต้องการ เพราะทำให้มีความรู้สึกว่าเนื้อนั้นมีความชุ่มฉ่ำ และน้ำที่ออกมาจากเนื้อยังทำให้เนื้อมีรสชาติดีอีกด้วย ปริมาณน้ำที่ยังคงอยู่ภายในเนื้อหลังจากทำให้สุกแล้วเป็นผลมาจากความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity) ที่ช่วยกระตุ้นการหลั่งของน้ำลายทำให้เกิดความรู้สึกชุ่มฉ่ำภายในปาก โดยโปรตีนในกล้ามเนื้อเป็นสารประกอบ ที่มีความเป็นประจุสูง จึงสามารถจับโมเลกุลของน้ำไว้ได้อย่างดี หากโปรตีนถูกทำลายด้วยอนุมูลอิสระ ก็จะทำให้โมเลกุลน้ำหลุดออกไปเป็นอิสระ เนื้อในขณะนั้นเรียกได้ว่ามีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ทำให้น้ำหนักเนื้อลดลงไปมากกว่าเนื้อที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง นอกจากนี้การสูญเสียน้ำของเนื้อยังส่งผลเสียต่อลักษณะปรากฏของเนื้อไก่ที่อยู่ในภาชนะบรรจุ ซึ่งวางขายในห้างสรรพสินค้าต่างๆ หากมีน้ำซึมออกมาจากเนื้อไก่มาก จะไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค เพราะเข้าใจว่าเป็นเนื้อที่เก็บไว้นาน (สัญชัย, 2008)

จักรนารายณ์

จักรนารายณ์ เป็นสมุนไพรที่นำเข้ามาจากประเทศจีน มีลักษณะเป็นไม้พุ่ม ลำต้นสีเขียวลายแดง โตเต็มที่ในฤดูหนาวและให้ดอกสีเหลือง เป็นพืชในตระกูล compositae วงศ์ asteraceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Gynura divaricata* มีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ชนิดที่เป็นใบกลม ใบมีสีเขียวอ่อน ลักษณะอ่อนนุ่ม มีขนเล็กๆ ทั้งด้านบนและใต้ใบ เรียกว่า “แปะตำปึง” และชนิดที่เป็นใบยาว ซึ่งเป็นชนิดที่ใช้ในการศึกษา ผิวใบด้านบนจะเรียบมีขนเล็กน้อย เรียกว่า “ซินจีเหมาเยี่ย” (Aritajat et al., 2008) ดังแสดงในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 จักรนารายณ์ (*Gynura divaricata*)

คุณค่าทางโภชนะของจักรนารายณ์ จากการศึกษาของ Keeratikajorn และคณะ (2012) พบว่าส่วนก้านและใบที่ตัดจากยอด 20 เซนติเมตร มีค่า โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า เท่ากับร้อยละ 15.5, 3.7, 12.7 และ 16.3 ของวัตถุแห้งตามลำดับ สำหรับสารออกฤทธิ์สำคัญในจักรนารายณ์ ประกอบด้วย flavonoids, phenolics, cerebrosides, polysaccharide, alkaloids, terpenoids และ sterol (Chen et al., 2009; Wan et al., 2011b; Wu et al., 2011) Wan และคณะ (2011b) ทำการศึกษาโครงสร้างทางเคมีของสารประกอบฟีนอลิกในจักรนารายณ์ พบสารประกอบฟลาโวนอยด์ดังนี้ quercetin, kaempferol, kaempferol-3-O-β-D-glucopyranoside, quercetin-3-O-rutinoside, kaempferol-3, 7-di-O-β-D-glucopyranoside, kaempferol-3-O-rutinoside-7-O-β-D-glucopyranoside และ3,5-dicaffeoylquinic acid ในปีต่อมา Chou และ Lee (2012) ได้ทำการศึกษาโครงสร้างทางเคมีของ polysaccharide ในจักรนารายณ์พบสาร fructo oligosaccharide ซึ่งประกอบด้วย β-D-fructofuranose, sucrose,1-kestone, Nytose และ 1(f)-β-fructofuranosylnystose ขณะที่ Chen และคณะ (2003) พบสาร β-sitosterol ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม phytosterol ในจักรนารายณ์อีกด้วย

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสมุนไพรจักรนารายณ์

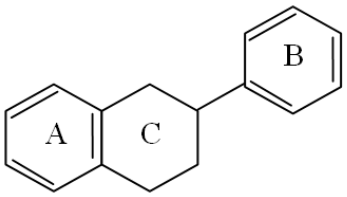
1. ฤทธิ์ต่อการลดความเครียด

ฟลาโวนอยด์ เป็นสารประกอบฟีโนลิกเช่นเดียวกับสารเคอร์คูมิน ซึ่งมีฤทธิ์ในการลดความเครียด ชัยวัฒน์ และคณะ (2003) ศึกษาการเสริมผงขมิ้นชัน ที่ระดับ 0, 90, 135 และ 180 มก. เคอร์คูมินอยด์/กก. ในอาหารไก่เนื้อ โดยเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูง 17 ตัว/ตรม. ผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ได้รับผงขมิ้นชันที่ระดับ 180 มก. เคอร์คูมินอยด์/กก. อาหาร ช่วยลดค่า H/L ratio ที่อายุ 42 วันเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) นอกจากนี้ El-Damrawy (2014) ศึกษาการเสริมสารสกัดเมล็ดองุ่น ซึ่งเป็นพืชที่มีประโยชน์มากที่สุดของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ โดยเสริมที่ระดับ 0, 100 และ 200 มก. สารสกัดเมล็ดองุ่น/กก. ในอาหารไก่เนื้อ ที่เลี้ยงภายใต้อุณหภูมิสูง 36 องศาเซลเซียส วันละ 8 ชั่วโมง ในช่วงอายุ 22-40 วัน พบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดเมล็ดองุ่นที่ระดับ 200 มก. สารสกัดเมล็ดองุ่น/กก. อาหาร มีค่า H/L ratio ที่อายุ 40 วัน ลดลงเมื่อเทียบกับทุกกลุ่ม ($P<0.05$)

2. ฤทธิ์ต่อการต้านออกซิเดชัน

ฟลาโวนอยด์ เป็นสารที่พบมากที่สุดในสารสกัดจักรนารายณ์ จากการศึกษาของ Wu และคณะ (2011) ศึกษาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในสารสกัดจักรนารายณ์ ที่ได้จากการนำใบและก้านมา

อบแห้งจากนั้นสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พบว่า มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 20.6 มก./ก. ของวัตถุแห้งโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของรูติน (rutin) ในปีเดียวกัน Wan และคณะ (2011a) ศึกษาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในสารสกัดจักรนารายณ์ ที่ได้จากการนำใบมาอบแห้งและสกัดด้วยเอทานอล 45 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส พบว่า มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 44.1 มก./ก. ของวัตถุแห้งโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของแคมเฟอรอล (kaempferol) สารฟลาโวนอยด์มีหน้าที่ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยจ่ายอิเล็กตรอนให้กับอนุมูลอิสระทำให้อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นมีความเสถียร ไม่ทำอันตรายต่อเซลล์ (Rice-Evans et al., 1996) ฟลาโวนอยด์เป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มีสูตรโมเลกุล คือ C_{15} (C_6-C_3-C_6) โดยมีโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2 ประกอบด้วยวงแหวน A และ B (phenyl ring) จับกับวงแหวน C การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่วงแหวน C ทำให้มีการแยกฟลาโวนอยด์ ออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มสารแอนโธไซยานินส์ (anthocyanins) ซึ่งอยู่ในรูปของอนุพันธ์ต่างๆ พบมากในสีของดอกไม้ ผัก และผลไม้ และกลุ่มสารแอนโธแซนทินส์ (anthoxanthins) ที่ไม่มีสี ประกอบด้วยกลุ่มต่างๆ ได้แก่ กลุ่มฟลาโวนส์ ฟลาแวนส์ ไอโซฟลาโวนส์ ฟลาโวนอลส์ ฟลาวานอลส์ และอนุพันธ์ที่อยู่ในรูปไกลโคไซด์ (Butkhup, 2011)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 2 โครงสร้างหลักของฟลาโวนอยด์

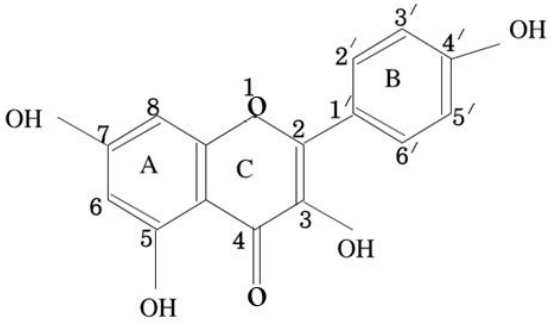
Intajak และคณะ (2012) ศึกษาคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันโดยใช้ใบสดจักรนารายณ์สกัดด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสารสกัดจักรนารายณ์ (*Gynura divaricata* extracts, GDE) มีคุณสมบัติต้านออกซิเดชัน โดยมีประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นของอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (50% Effective Concentration, EC_{50}) ของอนุมูลอิสระ 2, 2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid ($ABTS^{+}$*) อนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (O_2^{-}*) อนุมูลไฮดรอกซิล (OH*) และ มีฤทธิ์ในการป้องกันการเกิดภาวะลิปิดเปอร์ออกซิเดชันได้เท่ากับ 0.48 0.54 0.01 และ 16.13 มก.GDE/มล. ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า GDE มีสารฟีโนลิกเป็นองค์ประกอบ โดยมีค่า gallic acid equivalent (GAE) เท่ากับ 17 มก./ก. นอกจากนี้ Nirmala และ Ramanathan (2011) ศึกษาการเสริมสารแคมเฟอรอลในอาหารหนูแรทที่ระดับ 0.05, 0.1 และ 0.2

ก./กก. ของน้ำหนักตัว พบว่า กลุ่มที่ได้รับแคมเฟอรอลที่ระดับ 0.2 ก./กก. ของน้ำหนักตัว สามารถลดค่าการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชันได้ดีที่สุด ($P<0.05$) โดยมีค่า TBAR ในเนื้อเยื่อตับลดลงจากกลุ่มที่รับแคมเฟอรอล 0.05 และ 0.1 ก./กก. ของน้ำหนักตัวเท่ากับร้อยละ 36.6 และ 19.6 ตามลำดับ

3. ฤทธิ์ต่อการย่อยได้

แคมเฟอรอล (kaempferol) เป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่พบมากที่สุดในสารสกัดจักรนารายณ์ (Wan et al., 2011a) มีโครงสร้างทางเคมีดังแสดงในภาพที่ 3 โดยมีหมู่ OH เกาะที่คาร์บอนตำแหน่ง 3, 5, 7 และ 4′ จึงแตกต่างจากฟลาโวนอยด์ตัวอื่นๆ (Rice-Evans et al., 1996) สารแคมเฟอรอลมีฤทธิ์ทำให้หนูแรทหลั่งน้ำดีเพิ่มขึ้น (Crespy et al., 2003) ซึ่งการมีน้ำดีเพิ่มขึ้นจะช่วยให้กระบวนการอิมัลซิฟิเคชัน (emulsification) มีประสิทธิภาพมากขึ้น คือ การทำให้ไขมันแตกตัวเป็นโมเลกุลขนาดเล็ก ส่งผลให้เอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อนย่อยไขมันได้เป็นกรดไขมันและเบต้าโมโนกลีเซอไรด์ได้ดีขึ้น (Powell et al., 2001) อัตราการหลั่งน้ำดีในสัตว์ปีกอยู่ที่ 1 มล./ชั่วโมง มีค่า pH ประมาณ 5.9-6.8 น้ำดีจะถูกขับหลั่งออกสู่ลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenum) และประมาณร้อยละ 94 จะถูกดูดกลับที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย (Ilium) ผ่านเข้าสู่ portal blood กลับเข้าสู่ตับ และนำกลับมาใช้ใหม่ (enterohepatic circulation) (Laplace and Quaissi, 1997) กนกภรณ์ (2010) ศึกษาผลการเสริมน้ำดีจากสุกรในอาหารไก่เนื้อที่มีไขมันสูงพบว่าการเสริมผงน้ำดีที่ระดับ 12 และ 25 ก./กก. อาหาร มีค่าการย่อยได้ของโปรตีน และไขมัน สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมผงน้ำดีที่ระดับ 50 ก./กก. อาหาร ($P<0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3 โครงสร้างของแคมเฟอรอล (kaempferol)

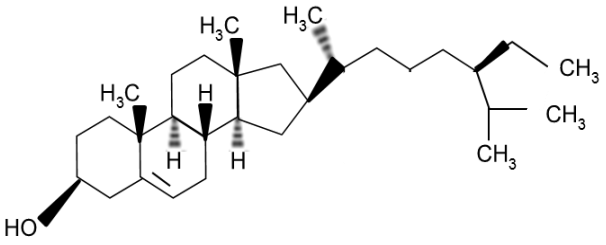
4. ฤทธิ์ต่อระดับน้ำตาลในเลือด

สารฟลาโวนอยด์ และโพลีแซคคาไรด์ มีบทบาทสำคัญในการยับยั้งเอนไซม์ α-amylase และ α-glycosidase จึงทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ (Jiang et al., 2009; Wu et al., 2011) Zhang และ Tan (2000) ศึกษาผลของสารสกัดหยาบจากใบ *Gynura procumbens* ซึ่งอยู่ใน genus เดียวกับสมุนไพรที่ใช้ศึกษา ทำการสกัดด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ต่อระดับน้ำตาลในเลือดของหนูแรทที่เหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานด้วยสเตรปโตโซซิน ช่วงการศึกษา 7 วัน พบว่าสารสกัดหยาบที่ระดับ 150 มก./กก. น้ำหนักตัว สามารถลดระดับน้ำตาล ในเลือดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) Aritajat และคณะ (2008) ศึกษาผลของสารสกัดหยาบจากใบจักรนารายณ์ด้วยน้ำ ในหนูแรทปกติที่มีน้ำหนักตัว 240-250 ก. โดยการให้ทางปากวันละ 1 มล. เป็นเวลา 30 วัน พบว่า สารสกัดหยาบที่ระดับ 15 และ 30 มก./มล. ไม่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือด ($P>0.05$) ในปีถัดมา Li และคณะ (2009) ศึกษาผลของสารสกัดหยาบจากลำต้นและใบจักรนารายณ์ด้วยน้ำ และเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ในหนูไมซ์ปกติที่มีน้ำหนักตัว 18-22 ก. เป็นเวลา 7 วัน พบว่าสารสกัดหยาบด้วยน้ำ และเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับ 0.4 ก./กก. น้ำหนักตัว มีผลทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดหนูไมซ์ลดลง นอกจากนี้สารสกัดหยาบด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลที่ดีกว่ากลุ่มที่ใช้ยาลดระดับน้ำตาลในเลือด (glyburide) ในการลดระดับน้ำตาลในเลือดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ต่อมา Deng และคณะ (2011) ศึกษาผลของสารสกัดโพลีแซคคาไรด์ จากลำต้นและใบจักรนารายณ์ ทำการทดลองในหนูแรทน้ำหนักตัว 160-180 ก. ที่เหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานด้วยสเตรปโตโซซิน เป็นเวลา 7 วัน พบว่ากลุ่มที่ได้รับสารสกัดโพลีแซคคาไรด์ที่ระดับ 0.4 ก./กก. น้ำหนักตัว ทำให้ระดับน้ำตาลทั้งในเลือดและในปัสสาวะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในปีถัดมา Keeratikajorn และคณะ (2012) ศึกษาผลของลำต้นและใบสดของจักรนารายณ์ตัดที่ความยาว 20 ซม. วัดจากยอด ทำการทดลองในกระต่ายน้ำหนักตัว 1.10 กก. เป็นเวลา 28 วัน โดยให้กินเต็มที่ เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยการกินได้ต่อวันมีค่าเท่ากับ 3.6 ก. วัตถุแห้ง/กก. น้ำหนักตัว พบว่า ปริมาณการกินอาหาร น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และองค์ประกอบของเลือด ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่ระดับน้ำตาลในเลือดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

5. ฤทธิ์ต่อการสะสมไขมันในซาก

สาร β-sitosterol เป็นสารออกฤทธิ์สำคัญที่พบในจักรนารายณ์ (Chen et al., 2003) มีโครงสร้างทางเคมีดังแสดงในภาพที่ 4 Matsuoka และคณะ (2008) รายงานว่า สาร β-sitosterol ไปขัดขวางการดูดซึมคอเลสเตอรอลบริเวณลำไส้เล็ก ส่งผลให้ระดับคอเลสเตอลรอลในเลือดลดลง สนามชัย (2013) ศึกษาผลของสาร β-sitosterol ในผงใบมะรุม ที่ระดับร้อยละ 2, 4 และ 6 ของผง

มะรุมในอาหารไก่เนื้อ พบว่า กลุ่มที่ได้รับผงมะรุมร้อยละ 6 มีการสะสมไขมันในช่องท้องลดลงร้อยละ 53.1 เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$)



ภาพที่ 4 โครงสร้างของสาร β-sitosterol

6. ฤทธิ์ต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ

สารสกัดในจักรนารายณ์ที่ได้จากการนำใบมาอบแห้งและสกัดด้วยเอทานอล 45 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีโนลิกเท่ากับ 34.30 มก. GAE/ก.ของวัตถุแห้ง ซึ่งมีฤทธิ์ลดการเกิดปฏิกิริยาลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน (Wan et al., 2011a) โดยที่เยื่อหุ้มเซลล์ของสิ่งมีชีวิตนั้นมีส่วนของไขมันเป็นส่วนประกอบ โมเลกุลส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) อยู่ด้านนอกเซลล์ ส่วนโมเลกุลที่ชอบไขมัน (lipophilic) อยู่ด้านในเซลล์ ภายในเยื่อหุ้มเซลล์ มีโปรตีนที่มีความสำคัญกับการทำงานของเซลล์ คอยควบคุมการผ่านเข้าออกของไอออน ควบคุมสมดุลออสโมติก หรือทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณของเซลล์ เมื่อมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นจากกระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกาย อนุมูลอิสระนั้นจะเข้าทำลายกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวโดยดึงไฮโดรเจนอะตอมของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้โครงสร้างเซลล์เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้การทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ที่เป็นโปรตีนเปลี่ยนแปลงไป และนำไปสู่การตายของเซลล์ (apoptosis) (Halliwell and Chirico, 1993) การสูญเสียสภาพของโปรตีนที่เยื่อหุ้มเซลล์เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำในกล้ามเนื้อต่ำลง ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระในช่องว่างของมัยโอไฟบริลาร์ (myofibrilar) เพิ่มขึ้นจึงทำให้น้ำไหลออกจากกล้ามเนื้อ (สัญชัย, 2008) Damsawang และคณะ (2010) ศึกษาการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันซึ่งมีสารเคอร์คูมินจัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีโนลิก ที่ระดับร้อยละ 0.0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ในอาหารไก่เนื้อ ผลการทดลองพบว่า กลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับร้อยละ 0.4 มีการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับที่ระดับ 0.2, 0.6 และ กลุ่มควบคุม ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่เสริมร้อยละ 0.8

การย่อยและการดูดซึมของฟลาโวนอยด์

ฟลาโวนอยด์เป็นสารประกอบฟีนอลิกประเภทโพลีฟีนอล ส่วนใหญ่มักอยู่รวมกับน้ำตาล ในรูปของสารประกอบ β-glycosides สามารถละลายน้ำได้ดีเนื่องจากเป็นโมเลกุลที่ชอบน้ำ (hydrophilic) สำหรับการดูดซึมของสารฟลาโวนอยด์จะดูดซึมได้ทั้ง 2 แบบ คือแบบผ่านเซลล์โดยไม่ใช้พลังงาน (paracellular passive) ซึ่งดูดซึมได้เฉพาะฟลาโวนอยด์อิสระที่ไม่จับกับโมเลกุลของน้ำตาลหรือที่เรียกว่า aglycones ในการเปลี่ยนรูปจาก β-glycosides ไปเป็น aglycones จำเป็นต้องอาศัยแบคทีเรียในลำไส้ คือ *Bacillus licheniformis* และ *Bacillus subtilis* ที่มีความสามารถผลิตเอนไซม์ β-glucosidase มาย่อยให้เป็นฟลาโวนอยด์อิสระ (Hollman, 2004; Bagudo et al., 2014) Griffiths และ Barrow (1972) ศึกษาการดูดซึมสารประกอบไกลโคไซด์ในหนูแรทที่ปลอดเชื้อแบคทีเรียในทางเดินอาหาร พบปริมาณสารประกอบไกลโคไซด์ที่ตรวจวัดในมูลมีปริมาณมาก ในขณะที่หนูปกติที่มีแบคทีเรียในทางเดินอาหารพบปริมาณสารประกอบไกลโคไซด์เพียงเล็กน้อยจึงเป็นเหตุผลว่า แบคทีเรียในทางเดินอาหารมีส่วนช่วยในการเปลี่ยนรูปจาก β-glycosides ไปเป็น aglycones ทำให้การดูดซึมฟลาโวนอยด์เพิ่มมากขึ้น ส่วนการดูดซึมแบบใช้พลังงาน (transcellular active) อาศัยตัวขนส่ง sodium dependent glucose transporter 1 (SGLT1) ดูดซึมสาร β-glycosides เข้าสู่ลำไส้เล็กและถูกย่อยด้วยเอนไซม์ broad-specific β-glucosidase ได้เป็น aglycones และเข้าสู่กระแสเลือด (Hollman, 2004; Walle, 2004) Sesink และคณะ (2003) รายงานว่าสารฟลาโวนอยด์มีความสามารถในการดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดได้มากกว่าร้อยละ 75 ที่บริเวณลำไส้เล็กจากการศึกษาในหนูแรท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความเป็นพิษของจักรนารายณ์

Ju-Xian และ Xian (2003) ศึกษาความเป็นพิษของจักรนารายณ์ รายงานว่าหลังจากที่ให้จักรนารายณ์ทางปากหนูไมซ์เป็นเวลา 7 วัน พบว่าระดับที่ทำให้หนูทดลองตายครึ่งหนึ่ง (LD_{50}) มีค่าเท่ากับ 10 ก./กก. ของน้ำหนักตัว และยังมีผลทำให้เกิดความผิดปกติของสเปิร์มในหนูไมซ์ นอกจากนี้ Poeaim และคณะ (2008) รายงานว่าสารสกัดจากใบจักรนารายณ์ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้น 0-10 มก./มล. ไม่พบความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ชนิด L929 ซึ่งเป็นเซลล์ mouse connective tissue fibroblast จากการศึกษาในหลอดทดลองเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สัตว์ทดลองและการจัดการ

ไก่เนื้อเพศผู้พันธุ์ Cobb 500 อายุ 1 วัน จำนวน 300 ตัว เลี้ยงรวมกันเป็นระยะเวลา 0-3 สัปดาห์ ในโรงเรือนเปิด ในวันที่ 22 ของการทดลองจะทำการสุ่มไก่จำนวน 240 ตัวแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 6 ซ้ำๆ ละ 8 ตัว ทำการเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูง 28 กก./ตารางเมตร ซึ่งกรมปศุสัตว์ (1999) แนะนำที่ความหนาแน่นปกติ 20 กก./ตารางเมตร ทดลองเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ ไก่ทุกตัวได้รับอาหารแบบกินเต็มที่ (*ad libitum*) และมีน้ำดื่มอย่างเพียงพอตลอดระยะเวลาการทดลอง ไก่ทุกตัวได้รับวัคซีนนิวคาสเซิล (Newcastle disease, ND) วัคซีนหลอดลมอักเสบติดต่อ (Infections bronchitis, IB) และ วัคซีนกัมโบโร (Infectious bursal disease, IBD) จากโรงฟัก และที่อายุไก่ 14 วันได้รับวัคซีนนิวคาสเซิล-หลอดลมอักเสบติดต่อ (Hipraviar Newcastle-bronchitis®, Spain) การทดลองครั้งนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจรรยาบรรณการใช้สัตว์ทดลองของคณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (Approval No. 1431002)

3.2 การเตรียมจักรนารายณ์

จักรนารายณ์ที่ใช้ในการทดลอง ทำการปลูกที่ศูนย์ฝึกนิสิต คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดนครปฐม ทำการตัดที่ความยาว 30 เซนติเมตร วัดจากยอด และใช้ทุกส่วน (ก้านและใบ) นำมาเตรียมเป็น 2 รูปแบบก่อนนำไปผสมอาหารทดลองดังนี้

3.2.1 จักรนารายณ์ในรูปผงเตรียมตามวิธีการของ นันทวัน (2004) ตัดจักรนารายณ์มาล้างและผึ่งลมไว้เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง จดบันทึก แยกส่วนใบและก้านออกจากกัน นำก้านมาหั่นให้ได้ขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร จากนั้นนำใบและก้านวางทิ้งไว้ 1 คืนที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำเข้าตู้อบ (Menmert® Ule 800, Germany) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำการชั่งน้ำหนักและจดบันทึก นำมาบดด้วยเครื่องบด (Retsch®, Germany) ที่มีขนาดตะแกรง 1 มิลลิเมตร เก็บตัวอย่างผงจักรนารายณ์ในถุงพลาสติกสีดำที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการผสมอาหารต่อไป

3.2.2 จักรนารายณ์ในรูปสารสกัดหยาบ เตรียมตามวิธีการที่ดัดแปลงมาจาก Intajak และคณะ (2012) ดังนี้ ตัดจักรนารายณ์มาล้างและผึ่งลมไว้เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนัก

ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง จดบันทึก แยกส่วนใบและก้านออกจากกัน นำก้านและใบมาหั่นให้ได้ขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร วางทิ้งไว้ 1 คืนที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำจักรนารายณ์ใส่ในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) เติมเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วน 1 : 10 แช่ทิ้งไว้ 7 วัน ทำการเขย่าขวดสารสกัดวันละ 4 ครั้ง เมื่อครบ 7 วัน แยกส่วนกากและส่วนสารละลายออกจากกัน นำสารละลายที่ได้มาทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Eyelanew rotary vacuum evaporator®, Tokyo) จากนั้นทำให้อยู่ในรูปแกรนูล เตรียมโดยนำสารสกัดหยาบที่ได้ผสมกับข้าวโพดบดที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 (0.85 มิลลิเมตร) มาผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นลงโดยวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบรรจุลงในถุงพลาสติกสีดำเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการผสมอาหารต่อไป

สุ่มตัวอย่างจักรนารายณ์ทั้ง 2 รูปแบบ ไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะโดยใช้วิธี Proximate analysis เพื่อหา โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส ตามวิธีการของ AOAC (1990) ประมาณค่าพลังงานใช้ประโยชนได้ในจักรนารายณ์ คำนวณตามวิธีการของ AAFCO (2000) และทำการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์โดยเทียบกับสารแคมเฟอรอลตามวิธีการของ Wan และคณะ (2011a) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณสูตรอาหาร ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.1

3.3 อาหารทดลอง

อาหารทดลองมี 5 สูตรดังแสดงในตารางที่ 1 ประกอบด้วย 1) อาหารกลุ่มควบคุม 2) อาหารควบคุมเสริมด้วยอะวิลามัยซินในระดับ 2.5 มก./กก.อาหาร 3) อาหารควบคุมที่ทดแทนข้าวโพดด้วยสารสกัดหยาบในรูปแกรนูลระดับ 1.3 ก. สารฟลาโวนอยด์/กก. อาหาร คิดเป็นสารสกัดหยาบในรูปแกรนูล 120 ก./กก. อาหาร เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ว่าผลที่ได้รับว่าเกิดจากสารสกัดหรือเกิดจากสารอื่นที่มีอยู่ในจักรนารายณ์รูปผง 4) และ 5) อาหารที่ประกอบด้วยจักรนารายณ์ผง 2 ระดับที่ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์เท่ากับ 1.3 และ 2.6 ก./ กก. อาหาร คิดเป็นผงจักรนารายณ์ 46.1 และ 99.2 ก./กก. อาหารตามลำดับ อาหารทุกสูตรมีค่าพลังงานและโปรตีนไม่น้อยกว่าความต้องการของไก่เนื้อพันธุ์ Cobb 500 (Cobb, 2010) ทำการสุ่มตัวอย่างอาหารทดลองทุกสูตร โดยสุ่มจำนวน 1 จุด (100 ก.) ต่อถุง รวม 15 ถุง นำมารวมกันให้ได้จำนวน 1,500 กรัม เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

ตารางที่ 1 อาหารทดลอง

กลุ่มทดลอง	อาหารทดลอง
1	อาหารควบคุม
2	อาหารควบคุมเสริมอะวิลามัยซิน 2.5 มก./กก.อาหาร
3	อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากจักรนารายณ์ที่มีระดับของสารฟลาโวนอยด์ 1.3 ก./กก. อาหาร
4	อาหารที่ประกอบด้วยผงจักรนารายณ์ที่มีระดับของสารฟลาโวนอยด์ 1.3 ก./กก. อาหาร
5	อาหารที่ประกอบด้วยผงจักรนารายณ์ที่มีระดับของสารฟลาโวนอยด์ 2.6 ก./กก. อาหาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของอาหารทดลองช่วง 4-6 สัปดาห์ (ก./กก. อาหาร) [1/]

วัตถุดิบ	T1	T2	T3	T4	T5
ข้าวโพด	579	579	459	560	539
กากถั่วเหลือง 48.5% CP	227	227	227	218	208
กระถิน	50	50	50	32	10
ถั่วเหลืองไขมันเต็ม	50	50	50	50	50
น้ำมันรำข้าว	50	50	50	50	50
โมโนไดแคลเซียมฟอสเฟต	12	12	12	12	12
แคลเซียมคาร์บอเนต	18	18	18	18	18
เกลือ	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
ดีแอลเมไธโอนีน	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
แอลไลซีน	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
ทรีโอนีน	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
โคลีน คลอไรด์ 60%	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
พรีมิกซ์วิตามิน[2/]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
พรีมิกซ์แร่ธาตุ[3/]	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ยากันบิด	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
อะวิลามัยซิน		0.025			
จักรนารายณ์ในรูปแกลนูล			120		
ผงจักรนารายณ์				46.1	99.2

[1/] อาหารทดลอง T1 = อาหารควบคุม, T2 = อาหารควบคุมเสริมอะวิลามัยซิน 2.5 มก./กก.อาหาร, T3 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากจักรนารายณ์ในรูปแกรนูลที่มีระดับของสารฟลาโวนอยด์ 1.3 ก./กก.อาหาร, T4 และ T5 = อาหารที่ประกอบด้วยผงจักรนารายณ์ ที่มีระดับของสารฟลาโวนอยด์ 1.3 และ 2.6ก./กก. อาหาร ตามลำดับ

[2/] พรีมิกซ์วิตามิน/กิโลกรัมอาหาร ประกอบด้วย วิตามิน A 12,000 หน่วยสากล วิตามิน D3 3,000 หน่วยสากล วิตามิน E 15 มก. วิตามิน K3 1.5 มก. วิตามิน B2 5.5 มก. วิตามิน B6 2 มก. วิตามิน B12 0.01 มก. กรดนิโคธินิค 25 มก. ดีแคลเซียมเพนโทธิเนต 12 มก. กรด โฟลิค 0.05 มก. ไบโอติน 0.12 มก.

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

การเก็บข้อมูล

1. อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์

บันทึกอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน เวลา 8.00, 12.00 และ 16.00 น. ทุกวัน พบว่า ช่วงทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.0 องศาเซลเซียส และร้อยละ 85.9; 33.4 องศาเซลเซียส และร้อยละ 79.4 และ 32.1 องศาเซลเซียส และร้อยละ 78.75 ตามลำดับ

2. สมรรถภาพการเจริญเติบโต

บันทึกน้ำหนักตัว และปริมาณอาหารที่กินในแต่ละกลุ่ม ในวันเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง และบันทึกจำนวนไก่ตายทุกวัน นำข้อมูลที่ได้คำนวณหาปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และอัตราการตาย

3. การเก็บตัวอย่างเลือด

ทำการเก็บตัวอย่างเลือดซ้ำละ 2 ตัวโดยใช้เข็มฉีดยาเบอร์ 22G ขนาด 1 นิ้ว เก็บเลือดจากหลอดเลือดดำที่ปีก (wing vein) ตัวละ 3 มล. ในวันที่ 43 ของการทดลองเพื่อตรวจวัด

3.1 วัดระดับน้ำตาลในเลือดทันทีด้วยเครื่องวัดระดับน้ำตาลในเลือด (Accuchek performa®, Germany) ตามวิธีการของ Meex และคณะ (2006)

3.2 วัดค่า H/L ratio โดยเก็บตัวอย่างเลือดใส่ในหลอดเก็บเลือด (eppendorf tube) ที่มีสารกันเลือดแข็งตัว (ethylenediaminetetraacetic acid, EDTA) เพื่อนำไปวัดค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (pack cell volume, PCV) จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวทั้งหมด (white blood cell, WBC) จำแนกชนิดและจำนวนของเม็ดเลือดขาวซึ่งประกอบด้วยเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิล (heterophils) และลิมโฟไซท์ (lymphocyte) เพื่อนำไปคำนวณสัดส่วนของเม็ดเลือดขาวชนิด heterophils/lymphocyte (H/L ratio) ตามวิธีการของ Ritchie และคณะ (1994) โดยส่งตรวจที่หน่วยชันสูตรโรคสัตว์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยต่อไป

3.3 วัดสถานภาพการเป็นสารออกซิเดชัน โดยเก็บเลือดในหลอดเก็บเลือด (eppendorf tube) ที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด (heparin) จากนั้นนำเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง (Nuve, NF 800R, USA) ที่ความเร็วรอบ 300 x g เป็นเวลา 5 นาทีและเก็บส่วนใสที่ลอยอยู่ชั้นบน (plasma) ไว้ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส ไว้สำหรับวัดปริมาณมาลอนไดแอลดีไฮด์ (malondialdehyde, MDA) ที่เกิดจากปฏิกิริยาลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน โดยการวิเคราะห์ Thiobarbituric Acid Reactive Substance (TBAR) ตามวิธีการของ Feix และคณะ (1991)

4. ความเข้มข้นกรดน้ำดี และการย่อยได้ปรากฏบริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย

ในระหว่างวันที่ 39-41 ของอายุไก่ทดลองทำการผสมสารบ่งชี้การย่อยได้ acid insoluble ash (AIA) ปริมาณร้อยละ 2 ในอาหาร ให้ไก่กินต่อเนื่องเป็นเวลา 3 วัน ในวันที่ 41 ของอายุไก่ทำการสุ่มไก่ ซ้ำละ 2 ตัว เพื่อการุณยฆาตโดยการฉีด sodium pentobarbital เกินขนาด (100 มก./กก.) ด้วยเข็มฉีดยาเบอร์ 22G ขนาด 1.5 นิ้ว เข้าที่หัวใจ (intracardiac injection) จากนั้นเปิดซากเพื่อ

4.1 เก็บตัวอย่างอาหารในส่วนลำไส้เล็กส่วนกลาง (jejunal content) ตั้งแต่จุดสิ้นสุดลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenum) ถึงบริเวณ Meckel's diverticulum โดยวิธีการรูดเบาๆ จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้จากไก่ 2 ตัวในแต่ละซ้ำในปริมาณที่เท่ากันมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 6 ตัวอย่าง ต่อกลุ่ม เก็บใส่กล่องพลาสติกแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของกรดน้ำดี (bile acid) ตามวิธีการของ Chong (2006)

4.2 เก็บตัวอย่างอาหารในส่วนลำไส้เล็กส่วนปลาย (ileal content) ตั้งแต่บริเวณ Meckel's diverticulum ถึง Ileocecal junction โดยวิธีการรูดเบาๆ จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้จากไก่ 2 ตัวในแต่ละซ้ำในปริมาณที่เท่ากันมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 6 ตัวอย่าง ต่อกลุ่ม เก็บใส่กล่องพลาสติกแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโภชนะตามวิธีการของ AOAC (1990) และวิเคราะห์ AIA ทั้งในอาหารและอาหารในลำไส้เล็กส่วนปลาย ตามวิธีการของ Angkanaporn และคณะ (1996)

5. คุณภาพซาก

5.1 น้ำหนักซากและไขมันช่องท้อง (carcass and abdominal fat)

ในวันที่ 43 ของอายุไก่ นำไก่ที่เจาะเลือดซ้ำละ 2 ตัว ทำการบันทึกน้ำหนักมีชีวิต (live weight) จากนั้นทำการการุณยฆาตโดยวิธีการดึงคอ (cervical dislocation) เปิดหลอดเลือดดำบริเวณคอ (jugular vein) เพื่อให้เลือดไหลออก นำไก่ไปลวกน้ำร้อน เพื่อให้ง่ายต่อการถอนขน จากนั้นนำไปแช่ในถังน้ำแข็งประมาณ 30 นาที เพื่อให้ง่ายต่อการเลาะไขมันช่องท้อง นำไก่ที่ได้มาชำแหละเอาเครื่องในออก เลาะเอาไขมันช่องท้อง (abdominal fat pad) ออก และชั่งน้ำหนักซากและไขมันช่องท้อง เพื่อคำนวณหาน้ำหนักซาก และไขมันช่องท้อง คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวมีชีวิต ตามวิธีการของ Dong และคณะ (2007) เก็บกล้ามเนื้อหน้าอกทั้ง 2 ข้าง ข้างซ้ายนำไปหาการสูญเสียน้ำในเนื้อ โดยบันทึกน้ำหนักเริ่มต้น ส่วนข้างขวานำไปเก็บที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียสสำหรับวิเคราะห์ลิปิดเปอร์ออกซิเดชันในเนื้อต่อไป

5.2 การสูญเสียน้ำในเนื้อ (drip loss)

นำชิ้นเนื้อหน้าอกไก่ ที่ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นไว้แล้วมาเกี่ยวด้วยตะขอ บรรจุในถุงพลาสติก ปิดปากถุงให้แน่น นำไปแขวนไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำเนื้อหน้าอกออกจากถุง มาซับน้ำส่วนเกิน ด้วยกระดาษซับน้ำ แล้วชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาการสูญเสียน้ำในเนื้อ ตามวิธีการของ Honikel (1998)

การสูญเสียน้ำในเนื้อ (ร้อยละ) = 100 – {(น้ำหนักคงเหลือ/น้ำหนักเริ่มต้น) X 100}

การวิเคราะห์ทางเคมี

1. การวิเคราะห์สารฟลาโวนอยด์ในจักรนารายณ์

ทำการวิเคราะห์สารฟลาโวนอยด์เทียบกับสารมาตรฐานแคมเฟอรอล ตามวิธีการของ Wan และคณะ (2011a) ดังนี้ ปิเปตสารสกัดหยาบจากจักรนารายณ์จำนวน 0.3 มิลลิลิตร โดยใช้ไมโครปิเปต ใส่ในหลอดทดลองเติมสารละลายอลูมิเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ลงไป 8 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมอะซิเตทความเข้มข้น 0.2 โมล จำนวน 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้ Vortex mixture และเติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตรเพื่อทำการเจือจาง บ่มที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 350 นาโนเมตรด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer นำผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานของแคมเฟอรอล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนะของอาหาร

นำอาหารทดลองทุกสูตรที่สุ่มเก็บไว้ ไปวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนะโดยประมาณ (proximate analysis) ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส ตามวิธีการของ AOAC (1990)

3. การวิเคราะห์ malondiadehyde (MDA) ในพลาสม่า

ทำการวิเคราะห์ตามวิธีการของ Feix และคณะ (1991) โดยนำพลาสมา 600 ไมโครลิตร ผสมกับ Butylate Hydroxytuluene (BHT) 120 ไมโครลิตร และ thichloric acetic acid (TCA) 1,800 ไมโครลิตร นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 300 x g เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนใสที่ลอยอยู่ชั้นบนมา 1,500 ไมโครลิตร

ผสมกับ thiobarbituric acid 1,500 ไมโครลิตร นำไปต้มในน้ำเดือด และปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ทำการวัดค่าด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตรฐาน 1,1,3,3-tetraethoxypropane ค่า TBAR ที่ได้มีหน่วยเป็น นาโนโมลของ MDA ต่อมิลลิลิตร

4. การวิเคราะห์หาความเข้มข้นกรดน้ำดี

การวิเคราะห์หาความเข้มข้นกรดน้ำดีของตัวอย่าง ทำตามวิธีการของ Chong (2006) โดยนำตัวอย่าง Jejunal content ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสมาแช่แข็งที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส จนกลายเป็นของแข็ง จากนั้นทำให้แห้งโดยกระบวนการ freeze-dried ด้วยเครื่อง Lyophilizer (Labconco®, Kansas, USA) ที่อุณหภูมิ -60 องศาเซลเซียสจนแห้ง แล้วใช้โกร่งบดยาบดให้ละเอียด ชั่งตัวอย่างจำนวน 10 มิลลิกรัม เติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันดี แล้วนำตัวอย่างมาปั่นเหวี่ยงแรงสูงที่ความเร็วรอบ 2,000 x g ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที จะได้ตัวอย่างที่แยกส่วนออกเป็นสองชั้น ใช้หลอดดูดตัวอย่างส่วนใสด้านบนใส่หลอดทดลองขนาด 2 มิลลิลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปวิเคราะห์หา Total bile acid โดยใช้ชุดทดสอบสำเร็จรูป (Total Bile Acid Assay kit, DZ042A, Diazyme Laboratories, Poway, CA) โดยการนำ Thio-NAD 0.1 มิลลิโมล จำนวน 270 ไมโครลิตร ใส่ใน cuvette จากนั้นเติมสารสกัดตัวอย่างจำนวน 4 ไมโครลิตร ในส่วนของ blank ทำเช่นเดียวกันแต่ใช้น้ำกลั่นแทนสารสกัดจากตัวอย่าง แล้วนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที นำตัวอย่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 405 นาโนเมตร (บันทึกเป็นค่า O.D. ที่ 60 วินาที) จากนั้นเติม 3-α-HSD, NADH 0.1 มิลลิโมล จำนวน 90 ไมโครลิตร ผสมแล้วตั้งไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงทันทีที่ 405 นาโนเมตร (บันทึกเป็นค่า O.D. ที่ 120 วินาที) คำนวณ ΔA405 ของตัวอย่าง blank และ standard ตามสมการ โดยใช้ค่า O.D. ที่ 60 วินาทีและ 120 วินาที

ΔA405 (นาโนเมตร/นาที) = (O.D. ที่ 120 วินาที - O.D. ที่ 60 วินาที)

จากนั้นนำค่า ΔA405/นาที ของตัวอย่าง blank และ standard ที่ได้ไปคำนวณหาค่า total bile acid ตามสมการ

$$\text{ความเข้มข้นกรดน้ำดี (มิลลิโมล/ลิตร)} = \left(\frac{\Delta A405\text{sample} - \Delta A405\text{Blank}}{\Delta A405\text{standard} - \Delta A405\text{Blank}}\right) \times \text{standard}$$

5. การวิเคราะห์หาเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash)

ชั่ง ileal content ที่ผ่านการอบจนแห้งจำนวน 1 กรัม และอาหารทดลองจำนวน 2 กรัม ใส่ในถ้วยเผา (crucible) (Pyrex®, England) แยกกันตัวอย่างละถ้วย จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นลงในโถดูดความชื้น (dessicator) จดบันทึกน้ำหนักหลังอบเพื่อคำนวณหาร้อยละของความชื้นในตัวอย่าง แล้วนำไปเผาต่อที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นลงในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาร้อยละของเถ้า จากนั้น นำถ้วยเผาที่มีเถ้าของอาหารทดลอง และileal content ไปต้มในกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 4 N เป็นเวลา 30 นาที บนเตาให้ความร้อน (hot plate) โดยทำภายในตู้ดูดควันเมื่อครบเวลาแล้ว นำถ้วยเผาที่มีเถ้ามาล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นโดย suction pump แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำไปเผาและต้มอีกครั้งเพื่อให้แน่ใจว่าสิ่งที่เหลืออยู่คือ เถ้าที่ไม่ละลายในกรด สุดท้ายนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นลงในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนักถ้วยเผาจนได้น้ำหนักคงที่ คำนวณหาร้อยละของเถ้าที่ไม่ละลายในกรด acid insoluble ash AIA (%) ตามสมการ

$$AIA\ (\%) = \frac{Wf - We}{Ws} \times 100$$

Wf = น้ำหนักถ้วยเผาและเถ้าที่ไม่ละลายในกรด

We = น้ำหนักถ้วยเผา

Ws = น้ำหนักตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะไขมันและโปรตีนปรากฏที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย (apparent nutrient ileal digestibility; ID) ดังสมการ

$$ID = 1 - \frac{(\text{อัตราส่วนโภชนะ/AIA})_{\text{ileal content}}}{(\text{อัตราส่วนโภชนะ/AIA})_{\text{diet}}}$$

6. การวิเคราะห์ malondiadehyde (MDA) ในเนื้อ

วิเคราะห์ตามวิธีการของ Cherian และคณะ (1996) ดังนี้ นำเนื้อหน้าอกไก่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส มาวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 4 ชั่วโมง จากนั้นชั่งเนื้อหน้าอกจำนวน 2 กรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร เติมกรด perchloric ความเข้มข้น 3.86 เปอร์เซ็นต์ ลงไป 18 มิลลิลิตร จากนั้นนำเข้าเครื่องปั่นเพื่อทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (KINEMATICA AG, Littau-

Switzerland) เป็นเวลา 30 วินาที (5000 rpm) จากนั้นเติมสารละลาย Butylate Hydroxytuluene (BHT) 1 มิลลิลิตร ในตัวอย่างของแต่ละซ้ำ จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารละลายที่กรองได้ 2 มิลลิลิตร ผสมกับ 2 มิลลิลิตร ของ Thiobarbituric Acid Reagent (TBA) ความเข้มข้น 20 มิลลิโมล นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 30 นาที เมื่อต้มเสร็จวางทิ้งไว้ให้เย็น 45 นาที นำไปหาค่าการดูดกลืนแสง optical density (O.D.) ที่ความยาวคลื่น 531 นาโนเมตรด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer ค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟสารละลายมาตรฐาน malondiadehyde tetrabutylammonium salt โดยแสดงเป็นค่ามิลลิกรัมของ MDA ต่อ กิโลกรัมของตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design สำหรับข้อมูล ระดับน้ำตาลในเลือด อัตราส่วน H/L MDA ในพลาสม่าและเนื้อหน้าอกไก่ การย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย ความเข้มข้นของกรดน้ำดี และการสูญเสียน้ำของเนื้อ รวมถึงคุณภาพซาก นำข้อมูลจากไก่ 2 ตัว/ซ้ำ มาหาค่าเฉลี่ย คิดเป็น 1 ข้อมูล/ซ้ำ สำหรับข้อมูลเรื่องสมรรถภาพการเจริญเติบโตข้อมูลมาจาก 1 คอก/ซ้ำ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างกลุ่มทดลองด้วย one-way ANOVA และนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลอง โดยวิธีการ Duncan’s new multiple range test กำหนดระดับนัยสำคัญที่ $P<0.05$ (SAS Institute Inc, 2002)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4

ผลการทดลอง

คุณค่าโภชนะทางเคมีของจักรนารายณ์ในรูปสารสกัดหยาบในรูปแกรนูลและผง และอาหารทดลองในช่วง 4-6 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า คุณค่าทางโภชนะของจักรนารายณ์รูปผงเกือบทุกตัวมีค่าสูงกว่าสารสกัดหยาบที่อยู่ในรูปแกรนูล ยกเว้นไขมัน พลังงานใช้ประโยชน์ได้ และปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่มีน้อยกว่า ปริมาณสารฟลาโวนอยด์เทียบกับแคมเฟอรอลในรูปแบบสารสกัดหยาบมีปริมาณสูงกว่าเกือบ 4 เท่าของรูปผง ในส่วนของอาหารทั้ง 5 สูตร มีคุณค่าทางโภชนะที่ใกล้เคียงกัน ทั้งระดับโปรตีน และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้

1. ระดับน้ำตาล องค์ประกอบของเลือด และ MDA ในพลาสม่า (ตารางที่ 4)

1.1 ระดับน้ำตาลในเลือด

กลุ่มที่ให้ผงจักรนารายณ์ทั้ง 2 ระดับ (กลุ่มที่ 4 และ 5) หลังได้รับอาหารทดลองเป็นเวลา 21 วัน พบว่าระดับน้ำตาลในเลือดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ขณะที่สารสกัดหยาบในรูปแกรนูล (กลุ่ม 3) ให้ผลไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (กลุ่ม 1) และกลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะ (กลุ่มที่ 2) ($P>0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 องค์ประกอบของเลือด

ค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นและปริมาณเม็ดเลือดขาวทั้งหมดของทุกกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ในขณะที่ค่าร้อยละของเม็ดเลือดขาวชนิด heterophil ในกลุ่ม 4 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่ม 1-3 ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ 5 ส่วนเม็ดเลือดขาวชนิด lymphocyte เพิ่มสูงขึ้นในกลุ่มที่ 4 และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่ม 1 และ 3 ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่ม 2 และ 5 เมื่อพิจารณาในภาพรวมของดัชนีความเครียด โดยดูจากค่า H/L ratio พบว่า กลุ่มที่ 4 และ 5 มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่ม 1-3 ($P<0.05$)

1.3 ระดับ MDA ในพลาสม่า

ค่า MDA ในพลาสม่าที่อายุ 43 วัน มีค่าใกล้เคียงกันและไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 5 กลุ่ม

2. ความเข้มข้นของกรดน้ำดีและการย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย (ตารางที่ 5)

2.1 ความเข้มข้นของกรดน้ำดี

ค่ากรดน้ำดีทั้งหมดที่วัดออกมาในรูปของความเข้มข้นของกรดน้ำดีจากของเหลวในลำไส้เล็กส่วนกลาง jejunal content ของกลุ่ม 3-5 เพิ่มสูงขึ้นและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่ม 1 และ 2 ในไก่เนื้ออายุ 41 วัน ($P<0.05$)

2.2 การย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และเถ้า บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่ม

3. คุณลักษณะการเจริญเติบโต

ผลของการเสริมจักรนารายณ์ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตช่วง 22-41 วัน แสดงในตารางที่ 6 พบว่าน้ำหนักตัวเริ่มต้น อัตราการแลกเนื้อ และอัตราตายของไก่เนื้อทุกกลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรตามพบว่า น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันมีแนวโน้มที่สูงขึ้นในกลุ่มที่เสริมด้วยจักรนารายณ์ทั้ง 2 รูปแบบ ($P=0.066$) ขณะกลุ่มที่ 3 และ 4 ที่ได้รับอาหารที่ประกอบด้วยฟลาโวนอยด์ ที่ระดับ 1.3 ก./กก. อาหาร มีค่าน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่ม 1 และกลุ่ม 2 แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่ม 5 ที่เสริมด้วยฟลาโวนอยด์ที่ระดับ 2.6 ก./กก.อาหาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. คุณภาพซาก (ตารางที่ 7)

4.1 น้ำหนักซาก

น้ำหนักตัวมีชีวิตในไก่เนื้ออายุ 43 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในส่วนของน้ำหนักซากพบว่า กลุ่ม 5 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่ม 1-3 ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่ม 4

4.2 ไขมันช่องท้อง

กลุ่มที่ให้ผงจักรนารายณ์ทั้ง 2 ระดับ (กลุ่ม 4 และ 5) หลังได้รับอาหารทดลองเป็นเวลา 21 วัน พบว่าไขมันช่องท้องลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ขณะที่สารสกัดหยาบในรูปแกรนูลให้ผลไม่แตกต่าง($P>0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

4.3 การสูญเสียน้ำของเนื้อ

การสูญเสียน้ำของเนื้อหน้าอกในไก่เนื้อที่อายุ 43 วัน ทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกันและไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.4 ระดับ MDA ในเนื้อ

ค่า MDA ในเนื้อหน้าอกไก่ที่อายุ 43 วัน ทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกันและไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3 คุณค่าโภชนะทางเคมีของจักรนารายณ์ และอาหารทดลองช่วง 4-6 สัปดาห์ (ก./กก. วัตถุแห้ง)

สารอาหาร	จักรนารายณ์		อาหารทดลอง[1/]				
	สารสกัดในรูปแกรนูล	ผง	1	2	3	4	5
โปรตีน	87.0	184	200	200	198	198	199
ไขมัน	43.0	34.1	95.1	94.3	94.3	95.3	95.5
เยื่อใย	17.2	144	45.3	44.1	45.5	45.2	44.1
เถ้า	32.2	162	56.4	57.2	57.0	59.6	57.1
แคลเซียม	1.15	15.1	8.79	8.89	8.67	8.80	8.67
ฟอสฟอรัส	2.00	5.80	5.76	5.80	5.67	5.68	5.69
สารประกอบฟลาโวนอยด์ (มก.ฟลาโวนอยด์/ก.)	117	31.6	-	-	-	-	-
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (เมกะจูล/กก.)[2/]	14.8	10.9	15.2	15.1	15.1	15.1	15.2

[1/] อาหารทดลอง T1 = อาหารควบคุม, T2 = อาหารควบคุมเสริมอะวิลามัยซิน 2.5 มก./กก.อาหาร, T3 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากจักรนารายณ์ในรูปแกรนูลที่มีระดับของสารฟลาโวนอยด์ 1.3 ก./กก.อาหาร, T4 และ T5= อาหารที่ประกอบด้วยผงจักรนารายณ์ที่มีระดับของสารฟลาโวนอยด์ 1.3 และ 2.6ก./กก. อาหาร ตามลำดับ

[2/] ค่าที่ได้จากการคำนวณ (AFFCO, 2000)

ตารางที่ 4 ผลของจักรนารายณ์ต่อ ระดับน้ำตาล องค์ประกอบของเลือด และ MDA ในพลาสม่าในไก่เนื้ออายุ 43 วัน

	อาหารทดลอง[1/]					Pooled SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
ระดับน้ำตาลกลูโคส (มก./ดล.)[2/]	212[a]	201[ac]	198[ac]	183[bc]	162[b]	4.892	0.005
PCV (%)	31.5	30.9	31.1	28.1	31.3	0.514	0.181
WBC (cell/μL)	17500	21110	23221	30200	25175	1548	0.094
Heterophil (%)[2/]	52.3[a]	50.8[a]	54.6[a]	24.5[b]	38.9[ab]	3.204	0.005
Lymphocyte (%)[2/]	35.7[a]	45.1[abc]	39.2[ac]	56.7[b]	52.6[bc]	2.547	0.028
H/L ratio[2/]	0.94[a]	1.14[a]	1.20[a]	0.47[b]	0.59[b]	0.076	0.0002
MDA (นาโนโมล/มล.)	3.03	3.00	2.97	2.94	2.94	0.014	0.233

[1/] อาหารทดลอง T1 = อาหารควบคุม, T2 = อาหารควบคุมเสริมอะวิลามัยซิน 2.5 มก./กก.อาหาร, T3 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากจักรนารายณ์ในรูปแกรนูลที่มีระดับของสารฟลาโวนอยด์ 1.3 ก./กก.อาหาร, T4 และ T5= อาหารที่ประกอบด้วยผงจักรนารายณ์ที่มีระดับของสารฟลาโวนอยด์ 1.3 และ 2.6ก./กก. อาหาร ตามลำดับ

[2/] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05

ตารางที่ 5 ผลของจักรนารายณ์ต่อความเข้มข้นของกรดน้ำดีและสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของโภชนะในไก่เนื้ออายุ 41 วัน

	อาหารทดลอง[1/]					Pooled SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
ความเข้มข้นของกรดน้ำดี (มิลลิโมล/ลิตร)[2/]	29.1[a]	26.6[a]	40.6[b]	43.3[b]	43.8[b]	1.583	<.0001
สัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏ							
โปรตีน	0.75	0.78	0.74	0.79	0.75	0.007	0.193
ไขมัน	0.78	0.79	0.79	0.79	0.79	0.008	0.987
เถ้า	0.65	0.67	0.65	0.67	0.61	0.011	0.411

[1/] อาหารทดลอง T1 = อาหารควบคุม, T2 = อาหารควบคุมเสริมอะวิลามัยซิน 2.5 มก./กก.อาหาร, T3 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากจักรนารายณ์ในรูปแกรนูลที่มีระดับของสารฟลาโวนอยด์ 1.3 ก./กก.อาหาร, T4 และ T5= อาหารที่ประกอบด้วยผงจักรนารายณ์ที่มีระดับของสารฟลาโวนอยด์ 1.3 และ 2.6ก./กก. อาหาร ตามลำดับ

[2/] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05

ตารางที่ 6 ผลของการเสริมจักรนารายณ์ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตช่วง 22-41 วัน

	อาหารทดลอง[1/]					Pooled SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
น้ำหนักเริ่มต้น (กก./ตัว)	0.82	0.81	0.82	0.84	0.82	0.008	0.866
น้ำหนักสิ้นสุด (กก./ตัว)[2/]	2.45[a]	2.46[a]	2.61[b]	2.59[b]	2.53[ab]	0.022	0.038
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (ก./ตัว/วัน)	83.6	84.5	91.7	89.9	87.5	1.070	0.066
ปริมาณอาหารที่กิน (ก./ตัว/วัน)[2/]	154[a]	155[a]	167[b]	165[b]	161[ab]	1.493	0.016
อัตราการแลกเนื้อ	1.85	1.84	1.82	1.84	1.84	0.014	0.968
อัตราการตาย (%)	2.08	0.00	0.00	0.00	2.08	0.579	0.567

[1/] อาหารทดลอง T1 = อาหารควบคุม, T2 = อาหารควบคุมเสริมอะวิลามัยซิน 2.5 มก./กก.อาหาร, T3 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากจักรนารายณ์ในรูปแกรนูลที่มีระดับของสารฟลาโวนอยด์ 1.3 ก./กก.อาหาร, T4 และ T5= อาหารที่ประกอบด้วยผงจักรนารายณ์ที่มีระดับของสารฟลาโวนอยด์ 1.3 และ 2.6ก./กก. อาหาร ตามลำดับ

[2/] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$

ตารางที่ 7 ผลของจักรนารายณ์ต่อน้ำหนักซาก การสะสมไขมันในซาก และการสูญเสียน้ำในเนื้อหน้าอกในไก่เนื้ออายุ 43 วัน

	อาหารทดลอง[1/]					Pooled SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
น้ำหนักตัวมีชีวิต (กก./ตัว)	2.63	2.47	2.61	2.42	2.39	0.040	0.195
น้ำหนักซาก (ร้อยละ)[2/]	84.2[a]	83.5[a]	84.5[a]	82.3[ab]	80.4[b]	0.440	0.007
น้ำหนักไขมันช่องท้อง (ร้อยละ) [2/]	1.93[a]	1.63[ab]	1.76[ab]	1.40[b]	1.41[b]	0.064	0.025
การสูญเสียน้ำในเนื้อ (ร้อยละ)	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.002	0.539
MDA ในเนื้ออก (มก. MDA/กก. เนื้ออก)	0.43	0.42	0.43	0.44	0.44	0.008	0.933

[1/] อาหารทดลอง T1 = อาหารควบคุม, T2 = อาหารควบคุมเสริมอะวิลามัยซิน 2.5 มก./กก.อาหาร, T3 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบจากจักรนารายณ์ในรูปแกรนูล ที่มีระดับของสารฟลาโวนอยด์ 1.3 ก./กก.อาหาร, T4 และ T5= อาหารที่ประกอบด้วยผงจักรนารายณ์ที่มีระดับของสารฟลาโวนอยด์ 1.3 และ 2.6ก./กก. อาหาร ตามลำดับ

[2/] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$

บทที่ 5

วิจารณ์และสรุป

คุณค่าโภชนะทางเคมีของจักรนารายณ์ส่วนก้านและใบที่ตัดจากยอด 30 เซนติเมตร ในการศึกษาครั้งนี้มีค่า โปรตีน และ เยื่อใย สูงกว่า Keeratikajorn และคณะ (2012) ที่ตัดจากความยาวยอด 20 เซนติเมตร (โปรตีน 184 vs 155 และเยื่อใย 144 vs 127 ก./กก. ของวัตถุแห้งตามลำดับ) จะเห็นได้ว่าจักรนารายณ์ที่ใช้ทดลองครั้งนี้มีระดับของโปรตีนที่สูงกว่า เนื่องจากสัดส่วนใบ : ก้านหลังอบแห้งของความยาว 30 ซม.เทียบกับความยาว 20 ซม. มีสัดส่วนของใบต่อก้านที่สูงกว่า (74.3 : 25.7 vs 70.2 : 29.8 ตามลำดับ) ซึ่ง Yuchan และคณะ (2011) รายงานว่าใบจักรนารายณ์มีระดับโปรตีนสูงกว่าในส่วนของก้าน ส่วนปริมาณเยื่อใยที่สูงกว่า เนื่องจากพืชที่มีอายุมากขึ้น ปริมาณเยื่อใยก็จะมากขึ้นด้วย (นันทวัน, 2004)

การสกัดสารฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารสำคัญในจักรนารายณ์ โดยใช้เอทานอลเนื่องจาก Rice-Evans และคณะ (1996) รายงานว่า สารฟลาโวนอยด์เป็นสารที่มีหมู่ hydroxyl Group มาก ซึ่งเอทานอลจะดึงสารละลายที่มีขั้วออกมาได้ดี Wan และ คณะ (2011a) รายงานระดับสารฟลาโวนอยด์ในผงใบจักรนารายณ์มีค่าเท่ากับ 44.14 มก./ก. วัตถุแห้ง ซึ่งสูงกว่าการศึกษาครั้งนี้ที่ใช้ทั้งใบและก้าน และ Wu และคณะ (2009) รายงานว่าในใบของจักรนารายณ์มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่สูงกว่าในส่วนก้าน อีกทั้งสารสำคัญในพืชอาจแตกต่างกันไปเนื่องมาจาก พันธุ์ แหล่งที่ปลูก และอายุพืชเป็นต้น (นันทวัน, 2004)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระดับน้ำตาลในเลือด

สารฟลาโวนอยด์ในจักรนารายณ์ มีบทบาทสำคัญในการยับยั้งเอนไซม์ α-amylase และ α-glycosidase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่อยู่บริเวณผนังเซลล์ของลำไส้เล็ก ทำหน้าที่ย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว จึงสามารถชะลอการดูดซึมกลูโคสเข้าสู่เลือด และชะลอการเพิ่มของระดับน้ำตาลในเลือด ส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ (Wu et al., 2011) นอกจากนี้ Deng และคณะ (2011) รายงานว่า สารโพลีแซคคาไรด์ในจักรนารายณ์มีกลไกการลดระดับน้ำตาลในเลือด โดยการยับยั้งเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยแป้ง เช่นเดียวกันกับสารฟลาโวนอยด์ การทดลองครั้งนี้พบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับผงจักรนารายณ์ทั้ง 2 ระดับ มีค่าน้ำตาลในเลือดที่ลดลง เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และเห็นผลที่

ชัดเจนกว่ากลุ่มที่เสริมในรูปสารสกัดหยาบในรูปแกรนูล Chen และคณะ (2003) อธิบายว่าจักรนารายณ์ในรูปแบบผงมีทั้งสารฟลาโวนอยด์และสารโพลีแซคคาไรด์ ในขณะที่สารสกัดหยาบในรูปแกรนูลไม่มีสารโพลีแซคคาไรด์เป็นองค์ประกอบ (Wan et al., 2011a) ซึ่ง Jiang และคณะ (2009) อธิบายว่าทั้งสารฟลาโวนอยด์และสารโพลีแซคคาไรด์เป็นสารสำคัญที่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสัตว์ต่ำ Hernawan และคณะ (2012) รายงานว่าระดับน้ำตาลในเลือดของไก่เนื้อภาวะปกติมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 180-250 มก./ดล. ซึ่งมีระดับที่สูงกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทั่วไป เนื่องจากไก่เนื้อเป็นสัตว์ที่มีเมแทบอลิซึมที่สูงกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองครั้งนี้พบว่า เกือบทุกกลุ่มมีค่าระดับน้ำตาลในเลือดอยู่ในช่วงดังกล่าว ยกเว้นกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ประกอบด้วยจักรนารายณ์ในรูปผงที่มีระดับฟลาโวนอยด์ 2.6 ก./กก. อาหาร หรือเทียบเท่ากับ 0.21 ก./กก. ของน้ำหนักตัว มีระดับน้ำตาลในเลือดลดลงมีค่าเท่ากับ 161.67 มก./ดล. ซึ่งต่ำกว่าช่วงภาวะปกติดังกล่าว และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.005) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะ และกลุ่มที่ใช้สารสกัดหยาบในรูปแกรนูล สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Li และคณะ (2009) ที่ใช้สารสกัดหยาบจากลำต้นและใบของจักรนารายณ์ที่สกัดด้วยน้ำ และเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ในหนูไมซ์ปกติที่มีน้ำหนักตัว 18-22 ก. เป็นเวลา 7 วัน พบว่าสารสกัดหยาบด้วยน้ำ และเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับ 0.4 ก./กก. ของน้ำหนักตัว มีผลทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดหนูไมซ์ลดลง นอกจากนี้สารสกัดหยาบด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ยังให้ผลที่ดีกว่ากลุ่มที่ใช้ยาลดระดับน้ำตาลในเลือด (glyburide) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และสอดคล้องกับการศึกษาของ Deng และคณะ (2011) ศึกษาผลของสารสกัดโพลีแซคคาไรด์ จากลำต้นและใบจักรนารายณ์ ในหนูแรทน้ำหนักตัว 160-180 ก. ที่เหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานด้วยสเตรปโตโซซินเป็นเวลา 7 วัน พบว่ากลุ่มที่ได้รับสารสกัดโพลีแซคคาไรด์ที่ระดับ 0.4 ก./กก. ของน้ำหนักตัว มีระดับน้ำตาลทั้งในเลือดและในปัสสาวะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นอกจากนี้ Keeratikajorn และคณะ (2012) ศึกษาผลของลำต้นและใบสดของจักรนารายณ์ ตัดที่ความยาว 20 ซม. วัดจากยอด ในกระต่ายน้ำหนักตัว 1.10 กก. โดยให้กินเต็มที่เป็นเวลา 28 วัน คิดเป็นปริมาณการกินได้เฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 3.6 ก. วัตถุแห้ง/กก. ของน้ำหนักตัว พบว่าระดับน้ำตาลในเลือดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อย่างไรก็ตาม Aritajat และคณะ (2008) ศึกษาผลของสารสกัดหยาบจากใบจักรนารายณ์ด้วยน้ำ ทำการทดลองในหนูแรทปกติที่มีน้ำหนักตัว 240-250 ก. โดยการให้ทางปากวันละ 1 มล. เป็นเวลา 30 วัน พบว่า สารสกัดหยาบที่ระดับ 15 และ 30 มก./มล. ไม่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือด (P>0.05) ซึ่งผู้วิจัยได้รายงานว่าระดับที่ใช้ในการศึกษาเป็นระดับที่ต่ำเกินไป จะเห็นได้ว่างานทดลองที่ผ่านมาให้ผลที่ชัดเจนเกี่ยวกับฤทธิ์ของจักรนารายณ์ต่อการลดระดับน้ำตาลในเลือดหากมีการใช้ในระดับที่เหมาะสม

ดัชนีความเครียด และการต้านออกซิเดชัน

Goodwin และคณะ (1991) อธิบายว่าหากค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นมีค่าต่ำกว่าปกติ สามารถบ่งบอกถึงภาวะโลหิตจาง (anemia) ขณะที่ Al-Saffar และ Al-Mawla (2008) อธิบายว่าค่าเม็ดเลือดขาวทั้งหมดสามารถบ่งชี้สุขภาพของสัตว์ปีกได้ หากสัตว์ปีกมีการติดเชื้อ หรือมีความเครียดสูงจะทำให้จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวทั้งหมดสูงขึ้นด้วย Bonouns และ Stedman (2000) ชี้ให้เห็นว่าค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น และจำนวนเม็ดเลือดขาวทั้งหมดของไก่เนื้อภาวะปกติควรอยู่ในช่วงร้อยละ 22-35 และ 12,000-30,000 เซลล์/ไมโครลิตร ตามลำดับ ซึ่งการศึกษาครั้งนี้มีค่าส่วนใหญ่อยู่ในช่วงดังกล่าว ยกเว้นกลุ่มที่ได้รับจักรนารายณ์ในรูปผงที่มีระดับฟลาโวนอยด์ 1.3 ก./กก. อาหาร ให้ค่าเม็ดเลือดขาวทั้งหมดที่เกินช่วงดังกล่าวเพียงเล็กน้อย แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับกลุ่มอื่น Post และคณะ (2003) อธิบายว่า การเลี้ยงไก่เนื้อที่ความหนาแน่นสูงทำให้สัตว์เกิดความเครียดที่สูงกว่าปกติ โดยวัดจากค่า H/L Ratio ที่มีความสัมพันธ์กันในทางบวกกับระดับ coticosterone ในพลาสม่า ซึ่ง Gross และคณะ (1980) อธิบายถึงกลไกที่เกี่ยวข้องในกรณีที่สัตว์เกิดความเครียด กล่าวคือ เมื่อสัตว์เกิดความเครียดร่างกายจะหลั่งฮอร์โมนอะดรีโนคอร์ติโคโทรปิกมีผลควบคุมการสร้างฮอร์โมน Corticosteroid ของต่อมหมวกไตส่วนนอก ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรท โดยการสลายไกลโคเจนที่ตับและกระตุ้นกระบวนการ Gluconeogenesis เพิ่มปริมาณกลูโคสในพลาสม่า เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งการหลั่ง corticosteroid ออกมามากจะมีผลกดการทำงานของเม็ดเลือดขาวทั้งชนิด B-cell ที่สร้างมาจากต่อมเบอร์ซ่า และเม็ดเลือดขาวชนิด T-cell ที่สร้างมาจากต่อมไทมัส ทำให้เกิดการฝ่อตัวของต่อมเบอร์ซ่าและต่อมไทมัส ซึ่งทั้ง 2 ต่อมเป็นอวัยวะที่สำคัญของระบบภูมิคุ้มกันแบบปฐมภูมิของสัตว์ปีก ส่งผลให้สัตว์มีโอกาสเกิดโรคต่างๆ ได้ง่าย นอกจากนี้ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของชนิดเม็ดเลือดขาว โดยเม็ดเลือดขาวชนิด lymphocyte ที่สร้างจาก 2 แหล่งดังกล่าว จะเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดในปริมาณที่ลดลง ในขณะที่จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิด heterophil ที่สร้างมาจากไขกระดูกจะย้ายเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดในปริมาณที่มากขึ้น เพื่อตอบสนองต่อความเครียด Uzum and Oraltoplu (2013) รายงานว่าค่า H/L ratio สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ดัชนีความเครียดได้ เนื่องจากมีความผันแปรที่น้อยกว่าจำนวนเม็ดเลือดขาวที่แยกชนิด และยังมีความน่าเชื่อถือกว่าระดับ Cortiosterone ในพลาสม่าอีกด้วย Cattanach และคณะ (1988) รายงานว่าสัตว์ที่เกิดความเครียดจะมีผลให้เกิดการหลั่งของกรดในกระเพาะที่มากขึ้น ทำให้เกิดแผลในกระเพาะอาหารและสัตว์เบื่ออาหาร ส่งผลให้สัตว์มีการเจริญเติบโตที่ช้าลง การศึกษาครั้งนี้พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่ประกอบด้วยผงจักรนารายณ์ทั้งสองระดับ มีค่า H/L Ratio ที่ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นๆ Yuchan และคณะ

(2011) รายงานว่าในผงจักรนารายณ์มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกเท่ากับ 2.52 ก./กก. วัตถุแห้ง ซึ่ง Peña และคณะ (2008) อธิบายว่าสารฟลาโวนอยด์หากใช้ร่วมกับกรดแอสคอร์บิก จะทำให้เกิดการเสริมฤทธิ์กันและช่วยลดความเครียดในการเลี้ยงไก่เนื้อได้ การทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ El-Damrawy (2014) ที่เสริมสารสกัดเมล็ดองุ่น ซึ่งเป็นพืชในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่ระดับ 0, 0.1 และ 0.2 ก./กก. อาหารไก่เนื้อช่วงอายุ 22-40 วัน ที่เลี้ยงภายใต้อุณหภูมิสูง 36 องศาเซลเซียส วันละ 8 ชั่วโมง พบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดเมล็ดองุ่นที่ระดับ 0.2 ก./กก. อาหาร มีค่า H/L ratio ที่อายุ 40 วัน ลดลงเมื่อเทียบกับทุกกลุ่ม ($P<0.05$) และยังสอดคล้องกับการทดลองของ ชัยวัฒน์ และคณะ (2003) ศึกษาการเสริมผงขมิ้นชัน ที่ระดับ 0, 0.09, 0.14 และ 0.18 ก. เคอร์คูมินอยด์/กก. อาหารไก่เนื้อ ที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นสูง 17 ตัว/ตรม. พบว่า กลุ่มที่ได้รับผงขมิ้นชันที่ระดับ 0.18 ก. เคอร์คูมินอยด์/กก. อาหาร ช่วยลดค่า H/L ratio ที่อายุ 42 วันเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) โดยสารเคอร์คูมินอยด์จัดเป็นสารในกลุ่มฟีโนลิกเช่นเดียวกับสารฟลาโวนอยด์ จึงมีฤทธิ์ในการลดความเครียด

ค่า malondialdehyde (MDA) ในพลาสม่าสามารถใช้เป็นสิ่งบ่งชี้ถึงการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน (Halliwell and Chirico, 1993) แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่า MDA ($P>0.05$) ในไก่เนื้อที่อายุ 43 วัน สอดคล้องกับการศึกษาของ ชัยวัฒน์ และคณะ (2003) แต่ต่างจากการศึกษาของ Damsawang และคณะ (2010) ที่รายงานว่าสารประกอบในกลุ่มฟีนอล (phenolic compound) มีคุณสมบัติในการลดระดับ MDA ซึ่งเป็นผลิตผลที่ได้จากกระบวนการออกซิเดชันของไขมันลงได้และ Intajak และคณะ (2012) ศึกษาคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากใบสดจักรนารายณ์ (*Gynura divaricata* extracts, GDE) ด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ในหลอดทดลอง (In vitro) พบว่ามีคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชันได้ โดยมีประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นของอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (50% Effective Concentration, EC_{50}) ของอนุมูลอิสระ 2, 2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid ($ABTS^{+}$*) อนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (O_2^{-}*) อนุมูลไฮดรอกซิล (OH*) และ มีฤทธิ์ในการป้องกันการเกิดภาวะลิปิดเปอร์ออกซิเดชันได้เท่ากับ 0.48 0.54 0.01 และ 16.1 มก./มล. ตามลำดับ การที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากความเครียดที่เกิดขึ้นไม่มากพอที่จะส่งผลให้เกิดอนุมูลอิสระในระดับสูง ดังนั้นค่า MDA ที่ได้จึงไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ความเข้มข้นของกรดน้ำดีและการย่อยได้บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย

Wan และคณะ (2011a) รายงานว่าสารแคมเฟอรอลเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่พบมากที่สุดในสารสกัดจักรนารายณ์ Powell และคณะ (2001) และ Crespy และคณะ (2003) รายงานว่าสารแคมเฟอรอลมีฤทธิ์ทำให้หนูแรทหลั่งน้ำดีเพิ่ม ซึ่งการมีน้ำดีเพิ่มขึ้นจะช่วยให้กระบวนการอิมัลซิฟิเคชัน (emulsification) มีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้เอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อนย่อยไขมันได้เป็นกรดไขมันและเบต้าโมโนกลีเซอไรด์ได้ดีขึ้น Laplace และ Quaissi (1977) อธิบายว่าอัตราการหลั่งน้ำดีในสัตว์ปีกอยู่ที่ 1 มล./ชั่วโมง มีค่า pH ประมาณ 5.9-6.8 น้ำดีจะถูกขับหลั่งออกสู่ลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenum) และประมาณร้อยละ 94 จะถูกดูดกลับที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย (Ilium) ผ่านเข้าสู่ portal blood กลับเข้าสู่ตับ และนำกลับมาใช้ใหม่ (enterohepatic circulation) อย่างไรก็ตามพบว่า กรดน้ำดีที่วัดจากของเหลวที่อยู่ในลำไส้เล็กส่วนกลาง (jejunum) ในรูปความเข้มข้นของกลุ่มที่ได้รับจักรนารายณ์ทั้งสารสกัดในรูปแกรนูลและผง มีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่ม 1 และ 2 ในไก่เนื้ออายุ 41 วัน ($P<0.05$) AL-Sultan และ Gameel (2004) ทำการศึกษาโดยใช้ขมิ้นชัน 0, 25, 50 และ 100 ก./กก. อาหารไก่เนื้อ พบว่า การใช้ขมิ้นชั้นที่ระดับ 25 ก./กก. อาหาร มีผลต่อการขยายตัวของหลอดเลือด และท่อน้ำดี ส่งผลต่อการขับหลั่งน้ำดีเพิ่มขึ้นในไก่เนื้อ ส่วนการย่อยได้ของสารอาหารบริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย ที่วัดออกมาในรูปสัมประสิทธิ์การย่อยได้ (coefficients) โดยใช้สารบ่งชี้ acid insoluble ash ที่อายุ 41 วัน ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าปริมาณการย่อยได้ของไขมันไม่ได้เพิ่มขึ้น ($P>0.05$) แม้ว่าความเข้มข้นของกรดน้ำดีจะเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากระดับไขมันในอาหารทุกสูตรมีปริมาณใกล้เคียงกัน Ghazalah และคณะ (2008) ทำการศึกษาการเพิ่มระดับของไขมันในสูตรอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 0, 25 และ 50 ก./กก. อาหาร พบว่า การย่อยได้โภชนะไขมันเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของระดับไขมันในสูตรอาหาร ($P<0.05$) เช่นเดียวกับ กนกภรณ์ (2010) เสริมน้ำดีจากสุกรในอาหารไก่เนื้อที่มีไขมันสูงพบว่า การเสริมผงน้ำดีที่ระดับ 12 และ 25 ก./กก. อาหาร มีค่าการย่อยได้ไขมัน สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) ในส่วนของโปรตีน Widyaratne และ Drew (2011) รายงานว่า อาหารที่มีระดับโปรตีนที่สูงขึ้นจะทำให้ค่าการย่อยได้โปรตีนสูงขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามในการทดลองครั้งนี้อาหารทุกสูตรมีระดับโปรตีนใกล้เคียงกันจึงไม่เห็นผลของการย่อยได้ของโปรตีน ($P>0.05$) ขณะที่ Johnson และคณะ (2014) รายงานว่าปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยได้ของเถ้า ได้แก่ ระดับแคลเซียม ฟอสฟอรัส เถ้า และชนิดของวัตถุดิบในสูตร

อาหาร เป็นต้น ซึ่งการทดลองครั้งนี้มีระดับของแคลเซียม ฟอสฟอรัส และเถ้าที่ใกล้เคียงกันในทุกสูตรอาหาร ทำให้การย่อยได้ของเถ้าพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) นอกจากนี้ Wahyuni และ Roxas (2008) รายงานว่าระบบเอนไซม์ในไก่เนื้อพัฒนาเต็มที่เมื่ออายุครบ 21 วัน ดังนั้นจึงไม่เห็นผลที่ชัดเจนในเรื่องการย่อยได้ของไก่เนื้อที่อายุ 41 วัน

คุณลักษณะการเจริญเติบโต

น้ำหนักตัวเมื่อเริ่มต้นการทดลองที่อายุ 21 วัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) การให้อาหารที่ประกอบด้วยจักรนารายณ์ที่มีระดับฟลาโวนอยด์ 1.3 ก./กก. อาหาร ทั้งสารสกัดในรูปแกรนูลและผงทำให้ปริมาณการกินอาหารเพิ่มขึ้นในช่วง 22-41 วัน เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (P<0.05) ขณะที่กลุ่มเสริมสารปฏิชีวนะ อะวิลามัยซิน ไม่พบความแตกต่างเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากระดับที่ใช้ในการศึกษาเพียง 2.5 มก. อะวิลามัยซิน/กก. อาหาร (พระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์, 1982) ซึ่งเป็นระดับที่ต่ำ และจากผลงานของ Bozkurt และคณะ (2008) ทำการเสริมที่ระดับสูงกว่าคือ 10 มก. อะวิลาไมซิน/กก.อาหาร ก็ไม่พบความแตกต่างของปริมาณอาหารที่กิน เช่นกัน (P>0.05) Hernawan และคณะ (2012) รายงานว่าไก่เนื้อจะกินอาหารตามความต้องการของพลังงานที่ร่างกายต้องการ แต่จากการคำนวณระดับพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ในอาหารทดลองทั้ง 5 สูตร พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน จึงเป็นไปได้ว่า สารฟลาโวนอยด์และโพลีแซคคาไรด์มีฤทธิ์ในการลดระดับน้ำตาลในเลือดจึงทำให้สัตว์เกิดความอยากอาหารมากขึ้น Jiang และคณะ (2014) รายงานว่าสัตว์จะกินอาหารในปริมาณที่เพิ่มขึ้นเพื่อรักษาระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในภาวะปกติ (glucose homeostasis) โดยมีกลไกที่สำคัญเกี่ยวข้องกับสมองส่วนไฮโพทาลามัสที่ใช้ในการควบคุมพฤติกรรมการกินอาหารซึ่งมีศูนย์ควบคุมความอิ่มอยู่ที่บริเวณ ventromedial hypothalamus (VMH) และมีปัจจัยของฮอร์โมนอินซูลินมาเกี่ยวข้อง ในขณะที่ศูนย์ควบคุมความอยากอาหารอยู่บริเวณ lateral hypothalamus (LH) มีปัจจัยของฮอร์โมนกลูคากอนมาเกี่ยวข้อง เมื่อระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ อย่างไรก็ตาม อัตราการแลกเนื้อไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังนั้นกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ประกอบด้วยจักรนารายณ์มีผลทำให้น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลองเพิ่มขึ้นในช่วง 22-41 วัน (P<0.05) จึงเป็นผลมาจากปริมาณอาหารที่สัตว์กินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นในกลุ่มที่เสริมจักรนารายณ์ ส่วน

อัตราการตาย Oluremi และคณะ (2008) รายงานว่า ในการเลี้ยงไก่เนื้อโดยปกติอัตราการตายควรมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 4 ซึ่งการทดลองครั้งนี้มีร้อยละของอัตราการตายที่ต่ำกว่าคำแนะนำดังกล่าว แสดงว่าระดับที่ใช้ในการทดลองไม่ก่อให้เกิดผลเสียใดๆ ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต

คุณภาพซาก

การศึกษาครั้งนี้พบว่า ร้อยละของน้ำหนักซากลดลงตามน้ำหนักมีชีวิต ถึงแม้ว่าน้ำหนักมีชีวิตเริ่มต้นจะไม่แตกต่างกัน ซึ่งกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ประกอบด้วยผงจักรนารายณ์ที่มีระดับฟลาโวนอยด์ 2.6 ก./กก. อาหาร มีร้อยละของน้ำหนักซากที่ลดลงต่ำสุดและแตกต่างจากกลุ่มควบคุม (P=0.007) Panja (2013) ทำการเสริมผงดอกหางนกยูงฝรั่งที่ระดับ 0, 1, 2, 3 และ 4 % หรือเท่ากับ 0, 0.3, 0.6, 0.9 และ 1.2 ก. ฟลาโวนอยด์/กก. อาหาร (ดอกหางนกยูงฝรั่งมีฟลาโวนอยด์ 30.45 มก./ก.) พบว่า ร้อยละของน้ำหนักซากลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของระดับฟลาโวนอยด์ ในส่วนของร้อยละของน้ำหนักไขมันช่องท้องลดลงในกลุ่มที่มีการเสริมผงจักรนารายณ์เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (P=0.025) อาจเป็นผลมาจากสารฟลาโวนอยด์ และโพลีแซคคาไรด์ในจักรนารายณ์ที่มีฤทธิ์ในการลดระดับน้ำตาลในเลือด ร่างกายจึงดึงกรดไขมันที่เก็บสะสมในส่วนช่องท้องมาใช้เป็นหลักในกรณีที่ไกลโคเจนหมดลง ซึ่งจะส่งผลต่อการสะสมไขมันช่องท้องลดลง (Hernawan et al., 2012) อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า ร้อยละของน้ำหนักซาก และไขมันช่องท้อง ลดลงตามน้ำหนักมีชีวิต ซึ่ง Olawumi (2013) รายงานว่า ร้อยละของน้ำหนักซากมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับน้ำหนักตัวมีชีวิต ดังนั้นการลดลงของน้ำหนักซาก และไขมันช่องท้อง อาจเป็นผลจากน้ำหนักตัวมีชีวิตที่ต่างกัน แม้ว่าผลวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำหนักตัวมีชีวิตจะไม่แตกต่างกันในการทดลองครั้งนี้ ดังนั้นจึงนำน้ำหนักตัวมีชีวิตมาใช้เป็นตัวแปรปรวนร่วม พบว่าร้อยละของน้ำหนักซากยังคงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มทดลองยังคงเหมือนเดิม (P<0.05) แต่ไขมันช่องท้องไม่แตกต่างกัน (P=0.137) เหตุที่น้ำหนักมีชีวิตที่สุ่มมาตรวจวัดคุณภาพซากต่างกัน อาจเป็นความผิดพลาดของการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากในการสุ่มเจาะเลือด ไม่ได้นำน้ำหนักตัวเข้าไปร่วมพิจารณาด้วย และใช้สัตว์ทดลองที่เจาะเลือดมาวัดคุณภาพซาก จึงไม่อาจสรุปแน่ชัดลง

ไปว่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นของไขมันช่องท้องว่าเกิดจากสารสำคัญในจักรนารายณ์ หรือเกิดจากน้ำหนักมีชีวิตที่นำมาตรวจวัดคุณภาพซากมีขนาดต่างกัน

การสูญเสียน้ำของเนื้อเกิดจากเยื่อหุ้มเซลล์ที่ประกอบด้วยไขมัน โดยมีโมเลกุลส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) อยู่ด้านนอกเซลล์ และโมเลกุลที่ชอบไขมัน (lipophilic) อยู่ด้านในเซลล์ และภายในเยื่อหุ้มเซลล์ยังประกอบด้วยโปรตีนที่มีความสำคัญกับการทำงานของเซลล์ คอยควบคุมการผ่านเข้าออกของไอออน ควบคุมสมดุลออสโมติก หรือทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณของเซลล์ เมื่อมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นจากกระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกาย อนุมูลอิสระนั้นจะเข้าทำลายกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวที่เยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้โครงสร้างเซลล์เปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งโปรตีนที่อยู่ภายในเปลี่ยนแปลงไปด้วย และนำไปสู่การตายของเซลล์ (apoptosis) (Halliwell and Chirico, 1993) การสูญเสียสภาพของโปรตีนที่เยื่อหุ้มเซลล์เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำในกล้ามเนื้อต่ำลง ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระในช่องว่างของมัยโอไฟบริลาร์ (myofibrilar) เพิ่มขึ้นจึงทำให้น้ำไหลออกจากกล้ามเนื้อ (drip loss) (สัญชัย, 2008) การศึกษาครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของการสูญเสียน้ำในเนื้อ ($P>0.05$) อาจเป็นไปได้ว่าอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นไม่สูงพอที่จะส่งผลให้เกิดความแตกต่างของ MDA ทั้งในพลาสม่าและในเนื้อ ($P>0.05$) หรือกล่าวได้ว่า สารฟลาโวนอยด์ไม่ได้แสดงบทบาทในส่วนนี้ Xiao และคณะ (2013) รายงานว่าระดับ MDA ในเนื้อหน้าอกไก่มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับการสูญเสียน้ำของเนื้อ ดังนั้นผลของการสูญเสียน้ำในเนื้อจึงสอดคล้องกับ ค่า MDA ที่วัดได้ในเนื้อหน้าอกไก่และพลาสม่า ที่ไม่พบความแตกต่างเช่นกัน ($P>0.05$) แต่ขัดแย้งกับการศึกษาของ Nirmala และ Ramanathan (2011) ที่เสริมสารแคมเฟอรอลในอาหารหนูแรทที่ระดับ 0.05, 0.1 และ 0.2 ก./กก. น้ำหนักตัว พบว่า กลุ่มที่ได้รับแคมเฟอรอลที่ระดับ 0.2 ก./กก. น้ำหนักตัว สามารถลดค่าการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชันในเซลล์ตับได้ดีที่สุด ($P<0.05$) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการเหนี่ยวนำด้วยสารก่อมะเร็ง 1,2-dimethyl hydrazine ที่ระดับ 0.02 ก./กก. น้ำหนักตัว เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เพื่อให้เกิดอนุมูลอิสระที่มากพอ ต่อการทดสอบคุณสมบัติของสารแคมเฟอรอลในการลดค่า MDA

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้ พบว่าการเสริมผงจักรนารายณ์ที่มีระดับฟลาโวนอยด์ 1.3 ก./กก. อาหารไก่เนื้อสามารถ ลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดความเครียดจากการเลี้ยงหนาแน่น และการเสริมจักรนารายณ์ที่ระดับเดียวกันนี้ทั้งสารสกัดหยาบในรูปแกรนูลและผง สามารถเพิ่มความเข้มข้นของกรดน้ำดี รวมถึงการเพิ่มปริมาณอาหารที่กินและน้ำหนักตัวในช่วง 22-43 วันได้ แต่ไม่มีผลต่อ การเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชันในพลาสม่าและเนื้อหน้าอก สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของสารอาหารบริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย และการสูญเสียน้ำในเนื้อ ในส่วนของการลดลงของไขมันช่องท้อง ไม่สามารถสรุปแน่ชัดว่าเกิดจากสารสำคัญในจักรนารายณ์ หรือเกิดจากน้ำหนักไก่เนื้อมีชีวิตที่ใช้ศึกษา จึงควรมีการศึกษาในส่วนนี้เพิ่มเติม โดยใช้ไก่เนื้อที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกัน เพื่อสรุปข้อสันนิษฐานดังกล่าว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

กนกภรณ์ ลำมะศักดิ์. 2010 (2553). ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรในอาหารที่มีไขมันสูงต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและสรีรวิทยาของการย่อยไขมันในไก่เนื้อระยะเล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 55 หน้า.

พระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์. 1982 (2525). กฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับต่างๆ เกี่ยวกับ พระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. 166-168.

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

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

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

สนามชัย แพนดี. 2013 (2556). อิทธิพลของการเสริมใบมะรุมผงในอาหาร ต่อสมรรถภาพการผลิต ไขมันในเลือด และผลทางโลหิตวิทยาในไก่กระทง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 110 หน้า.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2008 (2551). การประเมินคุณภาพเนื้อ. ใน: เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. เชียงใหม่: โรงพิมพ์มิ่งเมือง. 99-112.

Association of American Feed Control Official (AAFCO) 2000. Official Publication, Atlanta, USA.

Aksu T, Aksu MI, Yoruk MA and Karaoglu M 2011. Effects of organically-complexed minerals on meat quality in chickens. Br Poult Sci. 52(5):. 558-563.

Al-Saffar TM and Al-Mawla ED 2008. Some hematological change in chickens infected with ectoparasites in Mosul. Iraqi J Vet Sci. 22: 95-100.

AL-Sultan SI and Gameel AA 2004. Histopathological changes in the livers of broiler chicken supplemented with turmeric (*Curcuma longa*). Inter J Poult Sci. 3(5): 333-336.

Ames BN, Shigenaga MK and Hagen TM 1993. Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. Proc Natl Acad Sci. 90(17): 7915-7922.

Angkanaporn K, Ravindran V and Bryden WL 1996. Additivity of apparent and true ileal amino acid digestibilities in soybean meal, sunflower meal, and meat and bone meal for broilers. Poult Sci. 75(9): 1098-1103.

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

Aritajat S, Saenphet K, Thaworn V and Wutteeraphol S 2008. Effects of selected herbal extracts on blood chemistry profiles in rats. Southeast Asian J Trop Med Public Health. 39(1): 79-81.

Ashwell CM and McMurtry JP 2003. Hypoglycemia and reduced feed intake in broiler chickens treated with metformin. Poult Sci. 82(1): 106-110.

Bagudo AI, Argungu AU, Aliero AA, Suleman N and Kalpana S 2014. *Bacillus subtilis* as an alternative source of beta-glucosidase. Int J Modern Cell Mol Biol. 3(1): 1-9.

Bell DD and Weaver WD 2001. Chicken meat and egg production. Kluwer academic publishers. 243-267.

Bounouns DI and Stedman NL 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.

Bozkurt M, Küçükyilmaz K, Çatli AU and Çinar M 2008. Growth Performance and slaughter characteristics of broiler chickens fed with antibiotic, mannan oligosaccharideand dextran oligosaccharide supplemented diets. Int J Poult Sci. 7(10): 969-977.

Butkhup L 2011. Dietary polyphenols and their biological effects. J Sci Technol MSU. 33(4): 443-455.

Cattanach L, Malley R and Rodin J 1988. Psychologic and physiologic reactivity to stressors in eating disordered individuals. Psychosom Med. 50(6): 591-599.

Chen L, Li HQ, Song HT and Zhang GG 2009. A new cerebroside from *Gynura divaricata*. Fitoterapia. 80(8): 517-520.

Chen SC, Hong LL, Chang CY, Chen CJ, Hsu MH and Huang YC 2003. Antiproliferative constituents from *Gynura divaricata* subsp. formosana. Chin Pharm J. 55: 109-119.

Cherian G, Wolfe FW and Sim JS 1996. Dietary oils with added tocopherols: effects on egg or tissue tocopherols, fatty acids, and oxidative stability. Poult Sci. 75(3): 423-431.

Chong SY 2006. Enzyme cycling methods and their application in clinical diagnostics. Diazyme Laboratories, San Diego, CA.

Chou SC and Lee SS 2012. Quantitative analysis of fructo-oligosaccharides in *Gynura divaricata* subsp. formosana by high performance anion exchange chromatography-pulsed amperometric detection. Nat Prod Commun. 7(8): 1063-1064.

Cobb. 2010. Cobb broiler performance and nutrition supplement. Cobb Vantress Inc. Siloam Springs AR: 32-33.

Cogliani C, Goossens H and Greko C 2011. Restricting antimicrobial use in food animals: lessons from Europe. Microbe. 6(6): 274-479.

Corpet DE 1987. Antibiotic residues and drug resistance in human intestinal flora. Antimicrob Agents Chemother. 31(4): 587-593.

Crespy V, Morand C, Besson C, Cotelle N, Vezin H, Demigne C and Remesy C 2003. The splanchnic metabolism of flavonoids highly differed according to the nature of the compound. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol. 284(6): 980-988.

Damsawang K, Wattanachant C, Wattanasit S and Itharat A 2010. Effect of crude turmeric extract (*Curcuma longa* Linn.) supplementation on meat quality of broilers. J Sci Technol MSU. 29(3): 308-315.

Deng YX, Chen YS, Zhang WR, Chen B, Qiu XM, He LH, Mu LL, Yang CH and Chen R 2011. Polysaccharide from *Gynura divaricata* modulates the activities of intestinal disaccharidases in streptozotocin-induced diabetic rats. Br J Nutr. 106(9): 1323-1329.

Dong XF, Gao WW, Tong JM, Jia HQ, Sa RN and Zhang Q 2007. Effect of polysavone (*alfalfa extract*) on abdominal fat deposition and immunity in broiler chickens. Poult Sci. 86(9): 1955-1959.

Donoghue DJ 2003. Antibiotic residues in poultry tissues and eggs: human health concerns?. Poult Sci. 82(4): 618-621.

Droge W 2002. Free radical in physiological control of cellular function. Physiol Rev. 82: 47-95.

El-Damrawy SZ 2014. Effect of grape seed extract on some physiological changes in broilers under heat stress. Egypt Poult Sci 34(1): 333-343.

Emami NK, Samie A, Rahmani HR and Ruiz-Feria CA 2012. The effect of peppermint essential oil and fructooligosaccharides, as alternatives to virginiamycin, on growth performance, digestibility, gut morphology and immune response of male broilers. Anim Feed Sci Tech. 175(2): 57-64.

Fang YZ, Yang S and Wu G 2002. Free radicals, antioxidants and nutrition. Nutr. 18: 872-879.

Feix JB, Bachowski GJ and Girotti AW 1991. Photodynamic action of merocyanine 540 on erythrocytemembranes: structural perturbation of lidid and protein constituents. Biochem Biophys Acta. 1075: 28-35.

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

Ghazalah AA, Abd-Elsamee MO and Ali AM 2008. Influence of dietary energy and poultry fat on the response of broiler chicks to heat therm. Inter J Poult Sci. 7(4): 355-359.

Goodwin MA, Brown J, Latimer KS and Miller SL 1991. Packed cell volume reference intervals to aid in the diagnosis of anemia and polycythemia in young leghorn chickens. Avian Dis. 35(4): 820-823.

Griffin HD, Guo K, Windsor D and Butterwith SC 1992. Adipose tissue lipogenesis and fat deposition in leaner broiler chickens. J Nutr. 122(2): 363-368.

Griffiths L, Leeson S and Summer JD 1976. Fat deposition in broilers: effect of dietary energy to protein balance, and early life caloric restriction on productive performance and abdominal fat pad size. Poult Sci. 56(2): 638-646.

Griffiths LA and Barrow A 1972. Metabolism of flavonoid compounds in germ-free rats. Biochem J. 130(4): 1161-1162.

Gross WB, Siegel PB and Dubose RT 1980. Some effects of feeding corticosterone to chickens. Poult sci. 59: 516-522.

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

Hernawan W, Wahyuni E and Suprapti H 2012. The levels of blood glucose, triglyceride, final body weight and abdominal fat percentage of broiler under sex-separated and straight run rearing system. Lucrări Ştiinţifice - Seria Zooteh 57: 28-33.

Hollman PCH 2004. Absorption bioavailability and metabolism of flavonoids. Pharmaceutic Biol. 42: 74-83.

Honikel KO 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. Meat Sci. 49(4): 447-457.

Intajak T, Srichairatanakool S and Kanjanapothi D 2012. Antioxidant properties of the ethanolic extract from *Gynura divaricata* (L.) DC. The 2nd STOU grad research. 1-10.

Jaiboon V, Boonyanuphap J, Suwansri S, Ratanatraiwong P and Hansawasdi C 2011. Alpha amylase inhibition and roasting time of local vegetables and herbs prepared for diabetes risk reducing chili paste. As J Food Ag-Ind. 4(2): 103-113.

Jiang HL, Niu JJ, Zhang WF, Huang WJ, Zhou MY, Sha WJ, Li JY, Li FF, Zhu T, Xia X, Zhang J, Shen YD and Zhou LG 2014. The role of central nervous system on hypoglycemia and the feasibility of the brain theory in traditional Chinese medicine on treatment of diabetes mellitus. J Integr Med. 12(1): 1-6.

Jiang MH, Hu JZ, Qiu WG, Tan M, Wu K and Qiu XM 2009. Hypoglycemic and anti-anoxia effect of polysaccharide and flavonoids in *Gynura divaricata* (L.) DC. China J Hosp Pharm. 29: 1074-1076.

Johnson LA, Deep A and Classen H 2014. Digestibility and performance responses of broiler chickens fed a pea-based diet with different levels of dietary microbial phytase. Uni Saskatchewan Undergrad Res J. 1(1): 39-44.

Ju-Xian G and Xian Y 2003. Toxicology Studies on *Gynura divaricata* in the south china wild Vegetable. Food Sci J. 24(12): 112-115. (Abstract).

Keeratikajorn K, Pipatpaitoon N, Thunyodom S, Khanda S, Ittitanawong P and Kijparkorn S 2012. Use of Jakr-Na-Rai (*Gynura divaricata*) as a roughage source on growth performance, blood constituent, blood glucose and cholesterol level in growing rabbits. Thai J Vet Med. 42(4): 423-430.

Klasing KC 1998. Nutritional modulation of resistance to infectious diseases. Poult Sci. 77(8): 1119-1125.

Laplace JP and Quaissi MA 1997. L'excrétion biliaire chez le porc. Influence des repas et rôle éventuel de récepteurs oddiens dans le contrôle du débit cholédocien. Ann Zootech. 26: 595-613. (Absract).

Le Bihan-Duval E, Mignon-Grasteau S and Beaumont C 1988. Genetic analysis of a selection experiment on increased body weight and breast muscle weight as well as on limited abdominal fat weight. Br Poult Sci. 39: 346-353.

Leeson S and Summer J 2001. Nutrition disease and stress. Nutr the Chic 4th ed. Can: Onta. 90-115.

Li WL, Ren BR, Min-Zhuo M, Hu Y, Lu CG, Wu JL, Chen J and Sun S 2009. The antihyperglycemic effect of plants in genus Gynura Cass. Am J Clin Med. 37(5): 961-966.

North MO 1984. Commercial chicken production manual third edition. Van Nostr and Reinhold. New York. 17-20.

Matsuoka K, Nakazawa T, Nakamura A, Honda C, Endo K and Tsukada M 2008. Study of thermodynamic parameters for solubilization of plant sterol and stanol in bile salt micelles. Chem Phys Lipids. 154(2): 87-93.

Meex C, Poncin J, Chapelle JP and Cavalier E 2006. Analytical validation of the new plasma calibrated Accu-Chek Test Strips (Roche Diagnostics). Clin Chem Lab Med. 44(11): 1376-1378.

Nawar WW 1996. Lipids. In: Fennema OR, editor. Food chemistry, 3rd ed. New York: Marcel Dekker. 225-319.

Nirmala P and Ramanathan M 2011. Effect of kaempferol on lipid peroxidation and antioxidant status in 1,2-dimethyl hydrazine induced colorectal carcinoma in rats. Eur J Pharmacol. 654(1): 75-79.

Olawumi SO 2013. Phenotypic correlations between live body weight and carcass traits in arbor acre breed of broiler chicken. Int J Sec Net. 4(1): 145-149.

Oluremi OIA, Mou PM and Adenkola AY 2008. Effect of fermentation sweet orange (*Citrus sinensis*) fruit peel on its maize replacement value in broiler diet. Live res rural develop. 20(2): 1-9.

Peña JEM, Vieira SL, López J, Reis RN, Barros R, Furtado FVF and Silva PX 2008. Ascorbic acid and citric flavonoids for broilers under heat stress: effects on performance and meat quality. Braz J Poult Sci. 10(2): 125-130.

Poeaim S, Pattamake A and Petcharawan O 2008. Cytotoxicity of crude extracts from *Gynura divaricata* on L929 cell lines. Kasetsart University Annual Conference. Bangkok 46: 587-593.

Pond WG, Church DC, Pond KR and Schoknecht PA 2005. Basic animal nutrition and feeding. 5th Edn., John Wiley and Sons, New York. 73-90.

Post J, Rebel JM and ter Huurne AA 2003. Automated blood cell count: a sensitive and reliable method to study corticosterone-related stress in broilers. Poult Sci. 82(4): 591-595.

Powell AA, Larue JM, Batta AK and Martinez JD 2001. Bile acid hydrophobicity is correlated with induction of apoptosis and/or growth arrest in HCT116 cell. Biochem J. 365: 481-486.

Panja P 2013. Effects of Delonix regia flower supplementation in the diets on performance and carcass quality of broilers during 4-6 weeks of age. J sci tech. 6: 520-525.

Rice-Evans CA, Miller NJ and Paganga G 1996. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. Free Radic Biol Med. 20(7): 933-956.

Ritchie BW, Harrison JG and Harrison LR 1994. Avian medicine principle and application. Florida winger's publishing Inc. 865-874.

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

Sesink AL, Arts IC, Faassen-Peters M and Hollman PC 2003. Intestinal uptake of quercetin-3-glucoside in rats involves hydrolysis by lactase phlorizin hydrolase. J Nutr. 133(3): 773-776.

Uzum MH and Oraltoplu HD 2013. Effects of stocking density and feed restriction on performance, carcass, meat quality characteristics and some stress parameters in broilers under heat stress. Revue Med Vet. 164(12): 546-554.

Wahyuni HI and Roxas NP 2008. Comparative study of pancreatic enzyme activity and it's histology in native and broiler chicks. Nation tech peternakan vet. 678-683.

Walle T 2004. Flavonoids and Isoflavones (Phytoestrogens): absorption, metabolism, and bioactivity. Free Radical Biol Med. (36)7: 829-837.

Wan CP, Yu YY, Zhou SR, Liu W, Tian SG and Cao SW 2011a. Antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of *Gynura divaricata* leaf extracts at different temperatures. Pharmaco Mag. 7(25): 40-45.

Wan CP, Yu YY, Zhou SR, Tian SG and Cao SW 2011b. Isolation and identification of phenolic compounds from *Gynura divaricata* leaves. Pharmaco Mag. 7(26): 101-108.

Widyaratne GP and Drew MD 2011. Effects of protein level and digestibility on the growth and carcass characteristics of broiler chickens. Poult Sci. 90(3): 595-603.

Wu JL, Li WL, Wang HJ, Liang CY and Ren BR 2009. Dynamic change of total flavonoids content in *Gynura bicolor* and *Gynura divaricata*. J Plant Res Envi. (4): 79-81.

Wu TT, Zhou XT, Deng YF, Jing Q, Li M and Yuan LJ 2011. In vitro studies of *Gynura divaricata* (L.) DC extracts as inhibitors of key enzymes relevant for type 2 diabetes and hypertension. J Ethnopharmacol. 136(2): 305-308.

Xiao HB, Fang J and Sun ZL 2013. Kaempferitrin improves meat quality of broiler chickens. Czech J Anim Sci. 5(3): 227–231.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Yuchan W, Lili H, Meng S, Hang XU, Shan C and Caiyun W 2011. Determination and analysis on nutrient and medicinal components in different organs of *Gynura divaricata* (L.) DC. J Chang Veget. 24: 1-9

Zhang XF and Tan BK 2000. Effects of an ethanolic extract of *Gynura procumbens* on serum glucose, cholesterol and triglyceride levels in normal and streptozotocin-induced diabetic rats. Singapore Med J. 41(1): 9-13.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายชัยรัตน์ แจ่มแจ้ง เกิดเมื่อวันที่ 21 มีนาคม 2531 ที่อำเภอเมืองฯ จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาเทคโนโลยีการเกษตร จากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2553 เมื่อสำเร็จการศึกษาได้เข้าทำงานในตำแหน่งนักสัตวบาล บริษัทสหฟาร์ม จำกัด ในปี 2554 และได้ศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University