ผลของการเสริมกระเจี๊ยบแดง (*Hibiscus sabdariffa* Linn.) ในอาหารไก่ไข่ต่อการต้านออกซิเดชั่น คุณภาพ และอายุการเก็บรักษาไข่

นางสาวปิยพร สุขวนิช

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล
คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE EFFECTS OF ROSELLE (*HIBISCUS SABDARIFFA* LINN.) CALYX IN LAYING DIET ON ANTIOXIDATION, EGG QUALITY AND SHELF LIFE OF EGGS

Miss Piyaphon Sukkhavanit

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการเสริมกระเจี๊ยบแดง (*Hibiscus sabdariffa* Linn.) ในอาหารไก่ไข่ต่อการต้านออกซิเดชั่น คุณภาพ และอายุการเก็บรักษาไข่
โดย	นางสาวปิยพร สุขวนิช
สาขาวิชา	อาหารสัตว์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ สุวรรณา กิจภากรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.กฤษ อังคนาพร

คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ สุวรรณา กิจภากรณ์)

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

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.หทัยรัตน์ พลายมาศ)

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

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปิยพร สุขวนิช :ผลของการเสริมกระเจี๊ยบแดง (*Hibiscus sabdariffa* Linn.) ในอาหารไก่ไข่ต่อการต้านออกซิเดชั่น คุณภาพ และอายุการเก็บรักษาไข่. (THE EFFECTS OF ROSELLE (*HIBISCUSSABDARIFFA* LINN.) CALYX IN LAYING DIET ON ANTIOXIDATION, EGG QUALITY AND SHELFLIFE OF EGGS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. สุวรรณา กิจภากรณ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม :รศ.น.สพ.ดร.กฤษ อังคนาพร, 61 หน้า.

การศึกษาหาระดับที่เหมาะสมของการเสริมกระเจี๊ยบแดงทั้งในรูปแบบผง และสารสกัดหยาบ ในอาหารไก่ไข่ ต่อการต้านออกซิเดชั่น สมรรถภาพการผลิตไข่ คุณภาพไข่ และอายุการเก็บรักษาไข่ โดยใช้ไก่ไข่พันธุ์ ซีพีบราวน์ อายุ 33 สัปดาห์ จำนวน 270 ตัว แบ่งไก่ไข่ออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ซ้ำๆ ละ 9 ตัว ได้รับอาหารดังนี้ อาหารควบคุม อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดงในระดับ 1% และ 2% อาหารที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงผงในระดับ 2% และ 4% และอาหารควบคุมเสริมด้วยวิตามินอี (α-tocopheryl acetate) ในระดับ 250 มก./กก. อาหารทุกสูตรถูกคำนวณให้มีสารอาหารตามความต้องการของสายพันธุ์ ไก่ไข่ถูกเลี้ยงบนกรงตับจำนวน 3 ตัวต่อกรง ภายในโรงเรือนปิดและได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ เป็นเวลานาน 8 สัปดาห์ เก็บข้อมูลผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ ปริมาณอาหารที่กิน และคุณภาพไข่ ในวันสุดท้ายของสัปดาห์ที่ 4 และ 8 สุ่มไก่มากลุ่มละ 15 ตัว ซ้ำละ 3 ตัว เก็บตัวอย่างเลือดเพื่อนำไปหา Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) ในพลาสมา และสุ่มเก็บไข่กลุ่มละ 15 ฟอง ซ้ำละ 3 ฟอง จำนวน 2 ชุด เพื่อตรวจวัดคุณภาพไข่และ ค่า TBARS ในไข่แดง ในช่วง 6 วันสุดท้ายก่อนสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 8 สุ่มเก็บไข่กลุ่มละ 15 ฟอง จำนวน 2 ชุด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.8$\pm$ 0.3°ซ) และตู้เย็น (3.5$\pm$0.3 °ซ) เป็นระยะเวลา 20 และ 30 วัน ตามลำดับ เพื่อตรวจวัดค่า TBARS ในไข่แดง และคุณภาพไข่

ผลการศึกษาตลอดการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติของทุกกลุ่มทดลองในเรื่องการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ผลผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ 1 กก. ค่าความถ่วงจำเพาะ ความสูงของไข่ขาว ค่า pH ในไข่แดงและไข่ขาว และค่า TBARS ในพลาสมาและไข่แดง ที่ 4 และ 8 สัปดาห์ ผลการใช้กระเจี๊ยบแดงผงและสารสกัดหยาบต่อค่า TBARS และคุณภาพไข่ในการเก็บรักษาไข่ทั้ง 2 อุณหภูมิ พบความแตกต่าง ($P<0.01$) ที่อายุการเก็บรักษาที่ 20 วัน ทั้ง 2 อุณหภูมิ โดยที่อุณหภูมิห้อง พบว่าสารสกัดหยาบ 1 และ 2 % และกระเจี๊ยบแดงผง 2% ให้ค่าความถ่วงจำเพาะสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.01$) ขณะที่อุณหภูมิตู้เย็น พบว่ากลุ่มที่ใช้สารสกัดหยาบ 2 % และอาหารที่เสริมวิตามินอี ให้ค่า pH ของ ไข่ขาวสูงและแตกต่างกับกลุ่มควบคุม ($P<0.01$) สำหรับระยะเวลาในการเก็บรักษาพบว่า ค่า TBARS ในไข่แดง ค่า pH ของไข่แดง และค่า pH ของไข่ขาวเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่ค่า ฮอร์ยูนิต ลดลงตามระยะเวลาที่เก็บนานขึ้น ($P<0.01$) ผลการทดลองสรุปได้ว่าการใช้กระเจี๊ยบแดงทุกรูปแบบและทุกระดับไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ คุณภาพไข่ และการต้านออกซิเดชั่นในเลือดและในไข่แดงทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและในตู้เย็น ขณะที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้นมีผลต่อค่า TBARS และคุณภาพไข่

ภาควิชา สัตวบาล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา อาหารสัตว์ ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2551 ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

4975567931 : MAJOR ANIMAL NUTRITION

KEYWORDS : ROSELLE / ANTIOXIDANT / PHENOLIC COMPOUND / EGG QUALITY / EGG SHELF LIFE

PIYAPHON SUKKHAVANIT : THE EFFECTS OF ROSELLE (*HIBISCUS SABDARIFFA* LINN.) CALYX IN LAYING DIET ON ANTIOXIDATION, EGG QUALITY AND SHELF LIFE OF EGGS ADVISOR : ASSOC. PROF. SUWANNA KIJPARKORN, M.S., CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. KRIS ANGKANAPORN, D.V.M., Ph.D., 61 pp.

An experiment was conducted to investigate the effect of Roselle calyx on antioxidation in egg, egg production performance, egg quality and shelf life in laying hen. Two hundred and seventy, CP Brown laying hens, age 33 weeks were randomly allocated into 6 treatments with 5 replications of 9 birds each. The dietary treatments were control diet, diet composed of 1% and 2% dried Roselle calyx extracts, diet composed of 2% and 4% dried Roselle calyx powder and control diet supplemented with vitamin E (α-tocopheryl acetate) at the level of 250 mg/kg. Diets were calculated to meet the breed requirement. All hens were reared on a cage with 3 birds each in the evaporative cooling house. Feed and water were provided *ad libitum* throughout 8 weeks of the experimental period. Egg production, egg weight, and feed intake were recorded. At the end of week 4 and 8 of the experiment, 15 birds (3 birds /replicate) from each treatment group were randomly selected and blood samples were collected to determine thiobarbituric acid-reactive substance (TBARS) in plasma. Two sets of 15 eggs per treatment (3 eggs /replicate) were randomly sampling for measurement of egg quality and TBARS value in yolk. During the last six days of the experiment, another two sets of 15 eggs per treatment were randomly collected. One set of egg sample was stored at room temperatures ($28.8\pm0.3^{\circ}C$) and another set was stored in refrigerator ($3.5\pm0.3^{\circ}C$) for the period of 20 and 30 day, respectively, for determination of egg quality and TBARS value in yolk.

The results showed no significant difference on egg production, egg weight, feed intake, feed consumption/kg egg weight, egg specific gravity, albumin height or Haugh unit, pH in egg yolk and egg white in both periods ($P>0.05$). TBARS value in plasma and egg yolk at week 8 showed also no significant difference among treatment groups. The effect of dried Roselle calyx powder and dried Roselle calyx extracts on TBARS and egg quality on 20 and 30 days storage time at both temperature showed significant difference only on day 20. At room temperature, specific gravity of egg from hen received 1 and 2 % dried Roselle calyx extracts and 2% dried Roselle calyx powder gave higher value than control diet ($P<0.01$). While pH in egg white, which was stored in refrigerator, from hen fed dried Roselle calyx extracts 2% and control diet supplemented with vitamin E were significantly different from control ($P<0.01$). The value of TBARS in yolk, pH in egg yolk and egg white increased while Haugh unit decreased when the storage time increased ($P<0.01$). In conclusion, both forms and levels of Roselle showed no improvement effect on egg production, egg quality and antioxidant status in plasma and yolk before and after storage while the increasing in storage time affected TBARS value and egg quality.

Department : Animal Husbandry Student's Signature

Field of Study : Animal Nutrition Advisor's Signature

Academic Year : 2008 Co-Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.สุวรรณา กิจภากรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยหาทุน ให้คำปรึกษาแนะนำแก้ปัญหาด้านวิจัย การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ การเรียบเรียง แก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์และสำเร็จไปด้วยดี รศ.น.สพ.ดร.กฤษ อังคนาพร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาแนะนำช่วยแก้ปัญหาด้านการวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูล การเรียบเรียงและแก้ไขวิทยานิพนธ์ ผศ.น.สพ.ชาตรี คติวรเวช ที่กรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูล คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และคณาจารย์ภาควิชาสัตวบาลทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้ และคำแนะนำ และขอขอบพระคุณหน่วยงานและผู้มีรายนามต่อไปนี้ที่ให้ความอนุเคราะห์ และช่วยให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้

1. บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช
2. บัณฑิตวิทยาลัยคณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ร่วมให้ทุนสนับสนุน
3. ภาควิชาสัตวบาลที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทำการทดลองภาคสนามและห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์ทางเคมี
4. สถาบันวิจัยและพัฒนา องค์การเภสัชกรรม ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ในการสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดงและทำแกรนูล และ ดร.ชฎา พิศาลพงศ์ คุณสุเมธ บุญเกิด และเจ้าหน้าที่องค์การเภสัชกรรมทุกท่านที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือตลอดการทำวิจัย
5. ภาควิชาสรีรวิทยาและหน่วยชีวเคมี ที่ให้ความอนุเคราะห์ สารเคมี สถานที่ในการเก็บรักษาไข่ และวัสดุอุปกรณ์ในการตรวจวิเคราะห์สารสำคัญในกระเจี๊ยบแดง และคุณภาพไข่
6. ศูนย์วิจัยโรคสัตว์น้ำ ภาควิชาอายุรศาสตร์ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือตรวจวัดความเค็มของน้ำเกลือในการวิเคราะห์คุณภาพไข่
7. บริษัท ท็อปฟีด มิลล์ จำกัด ให้ความอนุเคราะห์ในการผสมอาหารสัตว์ทดลอง

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และเครือญาติในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นายบรรจง อุรา และนางสาวกฤติยา เทียมหิรัณย์โสภิต ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการศึกษาให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่

1. บทนำและวัตถุประสงค์ 1

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
    คุณค่าทางอาหารของไข่ 3
    การเกิดอนุมูลอิสระ 4
    การเกิด lipid peroxidation 5
    กระเจี๊ยบแดง 6
    องค์ประกอบและโครงสร้างทางเคมีของสารประกอบฟีนอลลิคในกระเจี๊ยบแดง 7
    คุณค่าทางโภชนะของกลีบเลี้ยงกระเจี๊ยบแดง 9
    การสกัดหยาบของกระเจี๊ยบแดง 9
    การย่อยและการดูดซึมของสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอลลิค 10
    การทดสอบความเป็นพิษ 10
    คุณสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชั่นในตัวสัตว์ 10
    ระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณภาพไข่ไก่ 12
    การต้านออกซิเดชั่นระหว่างการเก็บรักษาไข่ไก่ 14

3. วิธีดำเนินการวิจัย 15

บทที่ หน้า

สัตว์ทดลองและการจัดการ....15
การเตรียมสารสกัดหยาบ....15
อาหารทดลอง....17
การเก็บข้อมูล....19
แผนการเก็บข้อมูล....21
การวิเคราะห์ตัวอย่าง....22
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ....26

4. ผลการทดลอง....27
คุณค่าโภชนะทางเคมีของอาหารทดลอง....27
ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ และคุณภาพไข่....27
ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่า TBARS....28
ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อการเป็นสารต้านออกซิเดชั่นและคุณภาพไข่ในระหว่างการเก็บรักษา....28

5.วิจารณ์....46
คุณค่าทางโภชนะของอาหารทดลอง....46
ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ และคุณภาพไข่....46
ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อการเป็นสารต้านออกซิเดชั่น....47
ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อการเป็นสารต้านออกซิเดชั่น และคุณภาพไข่ในระหว่างการเก็บรักษา....49
สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ....52

รายการอ้างอิง....53
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์....61

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงคุณค่าทางอาหารของไข่ 4

3.1 คุณค่าโภชนะทางเคมีของกระเจี๊ยบแดง 16

3.2 ผลการวิเคราะห์สารสำคัญในกระเจี๊ยบแดง 16

3.4 ส่วนประกอบของอาหารทดลอง 18

4.1 คุณค่าโภชนะของอาหารทางเคมี 30

4.2 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ 31

4.3 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อสมรรถภาพการการผลิตไข่ (ต่อ) 32

4.4 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อคุณภาพไข่ 33

4.5 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อคุณภาพไข่ (ต่อ) 34

4.6 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่า TBARS ในพลาสมาและไข่แดงของไก่ไข่ 35

4.7 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่า TBARS ในการเก็บรักษาไข่
ที่อุณหภูมิห้อง (28.8 °ซ) 36

4.8 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่าความถ่วงจำเพาะในการเก็บรักษาไข่
ที่อุณหภูมิห้อง (28.8 °ซ) 37

4.9 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่าฮอร์ยูนิตในการเก็บรักษาไข่
ที่อุณหภูมิห้อง (28.8 °ซ) 38

4.10 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่า pH ไข่แดง ในการเก็บรักษาไข่
ที่อุณหภูมิห้อง (28.8 °ซ) 39

4.11 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่า pH ไข่ขาวในการเก็บรักษาไข่
ที่อุณหภูมิห้อง (28.8 °ซ) 40

4.12 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่า TBARS ในการเก็บรักษาไข่
ที่อุณหภูมิตู้เย็น (3.5 °ซ) 41

4.13 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่าความถ่วงจำเพาะในการเก็บรักษาไข่
ที่อุณหภูมิตู้เย็น (3.5 °ซ) 42

4.14 แสดงผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่าฮอร์ยูนิตในการเก็บรักษาไข่
ที่อุณหภูมิตู้เย็น (3.5 °ซ) 43

ตารางที่ หน้า

4.15 แสดงผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่า pH ไข่แดง ในการเก็บรักษาไข่
ที่อุณหภูมิตู้เย็น (3.5 °ซ) 44
4.16 แสดงผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่า pH ไข่ขาวในการเก็บรักษาไข่
ที่อุณหภูมิตู้เย็น (3.5 °ซ) 45

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 การเกิด Hydroxyl radical.....5

2.2 แสดงการเกิด lipid peroxidation จากปฏิกิริยาของออกซิเจน.....6

2.3 โครงสร้างทั่วไปของแอนโธไซยานิน 8

2.4 โครงสร้างทางเคมีของแอนโธไซยานินในกระเจี๊ยบแดง 8

3.1 แสดงขั้นตอนการเก็บตัวอย่างไข่ในการเก็บรักษา.....20

3.2 แสดงแผนผังการเก็บตัวอย่างของการทดลอง 21

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ไข่ไก่เป็นแหล่งของโปรตีนคุณภาพสูง อุดมด้วยวิตามินแร่ธาตุที่จำเป็น และกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ซึ่งร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี เหมาะกับผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย เมื่อเปรียบเทียบราคานับว่าเป็นอาหารราคาถูกแต่ให้คุณค่าทางอาหารสูงจนกลายเป็นอาหารประจำถิ่นของประชากรทั่วโลก (FAO, 2003) และด้วยเหตุที่ไข่มีองค์ประกอบของกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acid) อยู่สูง (Naber, 1979; สุวรรณ, 1979) และหากเก็บรักษาในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ที่อุณหภูมิ ความชื้น และแสงที่ไม่เหมาะสมจะเป็นสาเหตุสำคัญที่ชักนำให้เกิดการออกซิเดชั่นของไขมัน (lipid oxidation) ได้ง่าย ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้ ส่งผลโดยตรงต่อการเสื่อมคุณภาพไข่ (Van Elswyk et al., 1995; Kang et al., 1998) แต่กระบวนการนี้จะพบไม่ง่ายนักในไข่ไก่สดที่เก็บรักษาในที่เหมาะสม (Pike and Peng, 1985) อย่างไรก็ตามการรักษาคุณภาพไข่ให้มีความสดใหม่ จากผู้ผลิตจนถึงมือผู้บริโภคนับว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก (FAO, 2003) ดังนั้นจึงได้มีผู้ทำการศึกษาวิจัยการชะลอหรือลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (oxidation) ในระหว่างการเก็บรักษาไข่ เพื่อคงคุณภาพของไข่ไว้ โดยใช้สารที่มีอยู่ในพืชตามธรรมชาติกลุ่มสารประกอบฟีนอลลิค (phenolic compound) เช่น ใบไทม์ (Thyme) เสริมในอาหารของไก่ไข่ พบว่าสารธรรมชาติกลุ่มดังกล่าวให้ผลดีในการต้านออกซิเดชั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Botsoglou et al., 1997) ซึ่งสารกลุ่มนี้มีอยู่ในพืชสมุนไพรหลากหลายชนิด

กระเจี๊ยบแดงเป็นพืชสมุนไพรไทยตัวหนึ่งที่มีสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอลลิค และมีรายงานว่ากระเจี๊ยบแดงมีคุณสมบัติช่วยลดการเกิดเปอร์ออกซิเดชั่น และเพิ่มการต้านออกซิเดชั่นได้ (Tseng et al., 2000; Usoh et al., 2005; Prenesti et al., 2007) สารสำคัญในกระเจี๊ยบแดง คือ แอนโธไซยานิน (anthocyanin) เป็นสารประเภทฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ซึ่งเป็นสารประเภทหนึ่งที่อยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอลลิค ส่วนใหญ่อยู่ในรูปไกลโคไซด์ (glycoside) โดยสารนี้พบอยู่ในกลีบเลี้ยงกระเจี๊ยบแดง (Mishra et al., 1999) จากคุณสมบัติดังกล่าวกลีบเลี้ยงกระเจี๊ยบแดงจึงเป็นสมุนไพรที่น่าสนใจ ที่จะนำมาใช้ในการรักษาคุณภาพ และยืดอายุการเก็บรักษาไข่ นอกจากนี้พืชชนิดนี้สามารถเพาะปลูกได้ในทุกภูมิภาคของประเทศไทย จึงมีศักยภาพที่จะนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตไก่ไข่

การศึกษาครั้งนี้มี วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงระดับที่เหมาะสมของการเสริมกระเจี๊ยบแดงทั้งในรูปผงและสารสกัดหยาบในอาหารไก่ไข่ต่อ

1. ฤทธิ์ของการเป็นการต้านออกซิเดชั่น และลดลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่นในเลือดและในไข่ไก่ก่อนและหลังการเก็บรักษา
2. ผลผลิตและคุณภาพไข่
3. อายุการเก็บรักษาไข่ไก่ที่อุณหภูมิห้องและตู้เย็น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คุณค่าทางอาหารของไข่

ไข่เป็นอาหารโปรตีนที่บริโภคได้ง่าย ราคาไม่แพง ผู้ที่อยู่ในวัยที่กำลังเจริญเติบโตสามารถบริโภคได้วันละ 2 ฟอง แต่สำหรับคนชราและผู้ป่วยอาจมีข้อจำกัดในการบริโภคเนื่องจากไข่แดงมีส่วนประกอบของไขมันอยู่ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักไข่ นอกจากนี้ไข่ยังมีส่วนประกอบอื่นๆ ที่สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ ไข่แดง (yolk) ไข่ขาว (albumen) และเปลือกไข่ (shell) องค์ประกอบทางเคมีในไข่ขาวส่วนใหญ่เป็นน้ำและโปรตีน ส่วนไข่แดงเป็นน้ำ ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ขณะที่แร่ธาตุมีมากในเปลือกไข่ สัดส่วนและคุณค่าทางอาหารในไข่แสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่ง วรรณวิบูลย์ (2003) ได้ให้รายละเอียดไว้ดังนี้

1. โปรตีน เป็นสารอาหารที่มีอยู่มากทั้งไข่ขาวและไข่แดง เป็นโปรตีนที่ย่อยง่ายและมีคุณภาพดี

2. ไขมัน มีอยู่มากในไข่แดงประกอบด้วย ไตรกลีเซอร์ไรด์ 65 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอลิปิด 28.3 เปอร์เซ็นต์ และคอเลสเตอรอล 5.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของฟอสฟอลิปิดที่พบในไข่แดง ได้แก่ ฟอสฟอลิปิดโคลีนหรือเลซิทิน ฟอสฟาติดิลเอทาโนลามีน เป็นต้น ชนิดและปริมาณกรดไขมันในไข่จะเปลี่ยนแปลงได้ตามอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่

3. น้ำ มีอยู่ในทุกส่วนของไข่ในปริมาณที่แตกต่างกันโดยไข่ขาวจะมีน้ำมากกว่าไข่แดง ปริมาณน้ำที่ต่างกันนี้ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำจากไข่ขาวสู่ไข่แดง เมื่อเก็บไข่ไว้นานๆ ไข่แดงจึงแบนและแตกง่าย หน้าที่หลักของน้ำคือเป็นตัวทำละลายและระบายความร้อนให้แก่ไข่ที่มีเชื้อกำลังเจริญเติบโต

4. คาร์โบไฮเดรต มีอยู่เพียงเล็กน้อยในไข่โดยอยู่ในรูปอิสระ ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส และรวมอยู่กับโปรตีนในรูปไกลโคโปรตีน

5. แร่ธาตุที่สำคัญในไข่ได้แก่ ซัลเฟอร์ โพแทสเซียม โซเดียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก ปริมาณของแร่ธาตุต่างๆ จะเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยต่อไปนี้คือ สภาพแวดล้อม ฤดูกาล อาหาร และอายุไก่

6. วิตามิน ไข่มีวิตามินที่ละลายในน้ำทุกชนิดยกเว้นวิตามินซี และวิตามินที่ละลายในไขมันคือ วิตามิน เอ ดี อี และเค โดยเฉพาะวิตามินเอและดีมีมากในไข่แดง

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณค่าทางอาหารของไข่ (กรัม/100กรัมไข่)

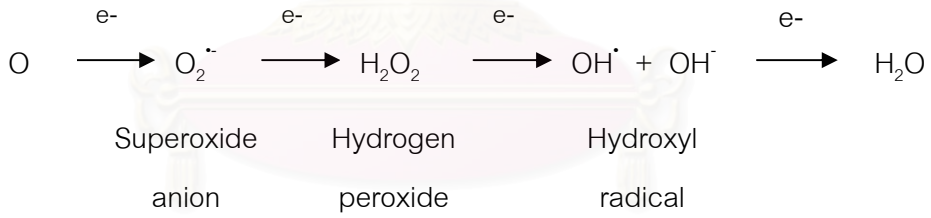
ส่วนประกอบ	สัดส่วน	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	เถ้า	น้ำ
ไข่ขาว	58.0	9.7-10.6	0.3	0.4-0.9	0.5-0.6	88.0
ไข่แดง	31.0	15.7-16.6	31.8-35.5	0.2-1.0	1.1-2.0	48.0
เปลือก	11.0	1.0	-	-	99.0	1.0
ไข่ทั้งฟอง	100.0	12.8-13.4	10.5-11.8	0.3-1.0	11.7	65.5-75.0

ที่มา: ดัดแปลงจาก วรรณวิบูลย์ (2003)

การเกิดอนุมูลอิสระ (free radical)

อนุมูลอิสระ เป็นอะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยวอย่างน้อย 1 ตัว โคจรรอบวงนอกสุด อนุมูลอิสระเกิดขึ้นได้เมื่อพันธะระหว่างอะตอมแตกออก โดยมีอิเล็กตรอนเดี่ยวคงเหลืออยู่ ซึ่งมีความเสถียรต่ำแต่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลที่อยู่รอบๆ โดยดึงหรือให้อิเล็กตรอนโมเลกุลข้างเคียงเพื่อให้ตัวมันเสถียร โมเลกุลข้างเคียงที่สูญเสียหรือรับอิเล็กตรอนจะกลายเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่ที่ไม่เสถียร และเข้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นต่อไปเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ ที่เรียกว่า chain reaction (วัลลภ และประณีต, 2004) และในสภาวะที่เกิด oxidative stress ซึ่งเป็นความเครียดที่เกิดจากการสะสมของสารอนุมูลอิสระออกซิเจน (reactive oxygen species, ROS) ในร่างกาย อนุมูลอิสระเหล่านี้จะทำลายเซลล์ แหล่งที่มาของ ROS สามารถเกิดได้ทั้งปัจจัยภายนอก และภายในร่างกายตัวสัตว์ หรืออาจเกิดขึ้นกับระบบขนส่งอิเล็กตรอนภายในไมโตคอนเดรีย ซึ่งเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชั่น (peroxidation) โดยอนุมูลอิสระจะดึงอิเล็กตรอนจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาว (polyunsaturated fatty acid, PUFA) ที่เป็นองค์ประกอบของ lipid bilayers ในผนังเซลล์ ทำให้เซลล์เมมเบรนเสียสภาพ เรียกปฏิกิริยานี้ว่า ลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่น (lipid peroxidation) โดยที่อนุมูลอิสระออกซิเจนตัวนี้จะจับกับคาร์บอนอะตอม 2 ตัว บริเวณพันธะคู่ ส่งผลให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวเสียอิเล็กตรอนของไฮโดรเจนที่เชื่อมกับคาร์บอนอะตอมไป 1 ตัว และเหลืออิเล็กตรอนเพียงตัวเดียว กลายเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่ เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อเนื่องกันไป (กฤษ, 2004) ชนิดของอนุมูลอิสระที่สำคัญได้แก่ superoxide anion

($O_2^{\bullet-}$) hydroxyl radical ($HO^{\bullet}$) และ hydrogen peroxide (H_2O_2) (Morrissey et al.,1998; กฤษ, 2004) ซึ่ง superoxide anion เกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลออกซิเจนได้รับอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้นอีก 1 ตัว ทำให้โมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยว 1 ตัวภายในไมโตคอนเดรียเกิดเป็น superoxide anion ปริมาณที่เกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นกับปริมาณออกซิเจนที่ผ่านเข้ามาในไมโตคอนเดรีย ส่วน hydroxyl radical เป็นอนุมูลอิสระที่มีฤทธิ์ทำลายมากที่สุด สามารถสร้างได้จาก superoxide anion และ hydrogen peroxide (ภาพที่ 2.1) นอกจากนี้อนุมูลอิสระ hydrogen peroxide สามารถเกิดจากปฏิกิริยาต่างๆ ในร่างกายและสามารถถูกเปลี่ยนกลับไปเป็น hydroxyl radical ที่รุนแรงได้ อย่างไรก็ตามร่างกายของคนและสัตว์มีการสร้างและกำจัดอนุมูลอิสระให้อยู่ในสภาพสมดุล (กฤษ, 2004) โดยระบบต้านออกซิเดชั่น (antioxidant defense system) ที่มีอยู่ในสิ่งมีชีวิต มีทั้งระบบแบบใช้เอนไซม์ (enzymatic antioxidants) โดยจะให้ reducing equivalent ผ่านการทำงานจำเพาะของเอนไซม์ เช่น superoxide dismutase และ glutathione peroxidase เป็นต้น และระบบแบบไม่ใช้เอนไซม์ (nonenzymatic antioxidants) ซึ่งจะทำการขัดขวางปฏิกิริยาโดยตรงกับอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินอี วิตามินซี วิตามินเอ สารประกอบฟีนอลลิค และสารประกอบฟลาโวนอยด์ เป็นต้น (Urso and Clarkson, 2003)

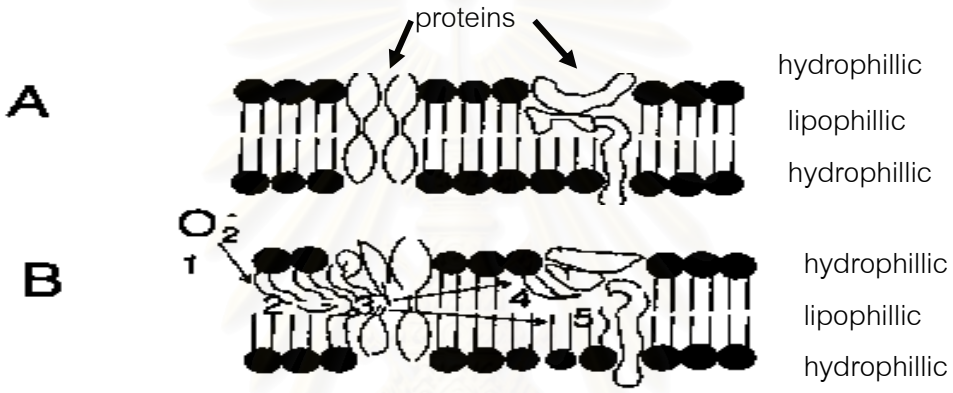


ภาพที่ 2.1 การเกิด Hydroxyl radical (กฤษ, 2004)

การเกิด lipid peroxidation

เยื่อหุ้มเซลล์มีส่วนประกอบของไขมันหลายชนิดที่มีความสำคัญในการรักษาการคงรูปของเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์เหล่านี้มีประจุอยู่ในส่วนโมเลกุลที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ซึ่งอยู่ด้านนอกเซลล์ ส่วนโมเลกุลที่ชอบไขมัน (lipophilic) อยู่ตรงกลางระหว่างโมเลกุลที่ชอบน้ำ ภายในเยื่อหุ้มเซลล์มีโปรตีนที่สำคัญกับการดำรงชีวิตของเซลล์ โปรตีนเหล่านี้ทำหน้าที่ควบคุมการผ่านเข้าออกของไอออน และควบคุมสมดุลออสโมติก หรือทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณของเซลล์ Bottje และคณะ

(1995) ได้อธิบายกระบวนการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่นไว้ดังในภาพที่ 2.2 ซึ่ง A เป็นภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ที่เป็น lipid bilayer ที่อยู่ร่วมกับโปรตีนในสภาวะปกติ เมื่อเกิดอนุมูลอิสระจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกาย (1) อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะเข้าสลายกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวของเยื่อหุ้มเซลล์เกิดเป็นอนุมูลอิสระไขมันเปอร์ออกซี (2) จากนั้นอนุมูลอิสระไขมันเปอร์ออกซีเข้าทำลายโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ที่เป็นโปรตีนและเกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อเนื่องไปส่วนอื่นให้ตามขั้นตอนที่ (3) (4) (5) ดังแสดงใน B



ภาพที่ 2.2 การเกิด lipid peroxidation จากปฏิกิริยาของออกซิเจน (Bottje et al., 1995)

การใช้สารต้านอนุมูลอิสระสามารถลดการเกิดกระบวนการดังกล่าวได้ โดยมีผู้สันนิษฐานถึงกลไกการทำงานว่าสารต้านอนุมูลอิสระเป็นตัวให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียรมากขึ้น และมีความไวในการทำปฏิกิริยาลดลง (Nijveldt et al., 2001)

กระเจี๊ยบแดง (Red Roselle)

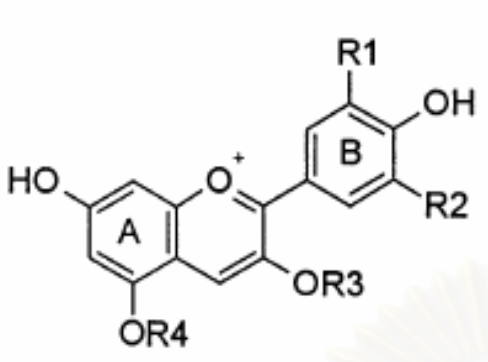
กระเจี๊ยบแดงมีชื่อทางพฤษศาสตร์ว่า *Hibiscus sabdariffa* Linn. อยู่ในวงศ์ Malvaceae และมีชื่อเรียกทั่วไปตามแต่ละท้องถิ่นเช่น Jamaican sorrel Roselle of Rama (อังกฤษ) Karkade (Arabic) หรือ ชาแดง (red tea) (Prenesti et al., 2007) กระเจี๊ยบแดง กระเจี๊ยบเปรี้ยว ผักเกงเขง ส้มเก๋งเคง ส้มตะเลงเครง กระเจี๊ยบแดงเป็นพืชพื้นเมืองของทวีปแอฟริกาซึ่งจัดเป็นพืชเขตร้อนและเขตอบอุ่น ขึ้นตามทุ่งหญ้าที่เป็นดินทรายแถบซูดาน เม็กซิโก จีน อินเดีย มาเลเซีย และไทยทั่วไป (สมพร, 2003) เอกลักษณ์ทางพฤกษศาสตร์ กระเจี๊ยบแดงเป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก ใบเดี่ยว ขอบใบหยัก กิ่งก้าน แผ่นใบ มีสีแดง ดอกเดี่ยว กลีบดอกสีชมพูหรือสีเหลืองอมชมพู ผลเมื่อเป็น

ผลแห้งแตกได้ มีใบประดับและกลีบเลี้ยงสีแดงหุ้มไว้ (พเยาว์, 2002) และสารแอนโธไซยานิน (anthocyanin) อยู่ในกลีบเลี้ยงของกระเจี๊ยบแดง (สมพร, 2003)

องค์ประกอบและโครงสร้างทางเคมีของสารประกอบฟีนอลลิคในกระเจี๊ยบแดง

สารประกอบฟีนอลลิคสามารถจัดแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ กรดอินทรีย์ฟีนอลลิค (phenol carboxylic acids) และ ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) (Bitsch,1996 อ้างโดย Prenesti et al., 2007) ซึ่งสารประกอบฟีนอลลิคในกลีบเลี้ยงกระเจี๊ยบแดง จัดเป็นสารประเภทฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ที่มีสารสำคัญคือ แอนโธไซยานิน (anthocyanin) เป็นสารสีที่ละลายในน้ำได้ดี (Mozetic et al., 2002) และ มีฤทธิ์เป็นสารต้านออกซิเดชั่น (Tseng et al., 1996) โมเลกุลของแอนโธไซยานินประกอบด้วยส่วนที่เป็นน้ำตาล (glycone) ซึ่งในปัจจุบันค้นพบมากกว่า 20 ชนิด แต่มีอยู่ 6 ชนิดที่พบมากในธรรมชาติและนำมาใช้ทางอุตสาหกรรม คือ pelargonidin cyanidin delphindin peonidin petuidin และ malvidin (Mishra et al.,1999; Kahkonen and Heinonen, 2003) ซึ่งโครงสร้างพื้นฐานของแอนโธไซยานินประกอบด้วยวงแหวนเบนโซไพแรน (benzopyran ring) 2 วงต่อกับวงแหวนฟีนิล (phenyl ring) 1 วง และแอนโธไซยานินจะมีประจุบวก (flavylium cation) ในโครงสร้างจึงทำให้มีความว่องไวต่อปฏิกิริยามากดังแสดงในภาพที่ 2.3 (Kahkonen and Heinonen, 2003) และปริมาณแอนโธไซยานินที่พบในกลีบเลี้ยงของกระเจี๊ยบแดงมีประมาณ 150 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง และมีปริมาณ aglycone เรียงจากน้อยไปหามาก คือ cyanidin-3-glucoside delphindin-3-glucoside cyanidin-3-sambubioside delphinidin-3-sambubioside (Wang et al., 2000) และมีรายงานว่าแอนไซยานินที่พบมากในกระเจี๊ยบแดงคือ delphinidin-3-sambubioside เป็นรงควัตถุที่ทำให้เกิดสีม่วงแดงแสดงในภาพที่ 2.4 (De-Xing et al.,2005)

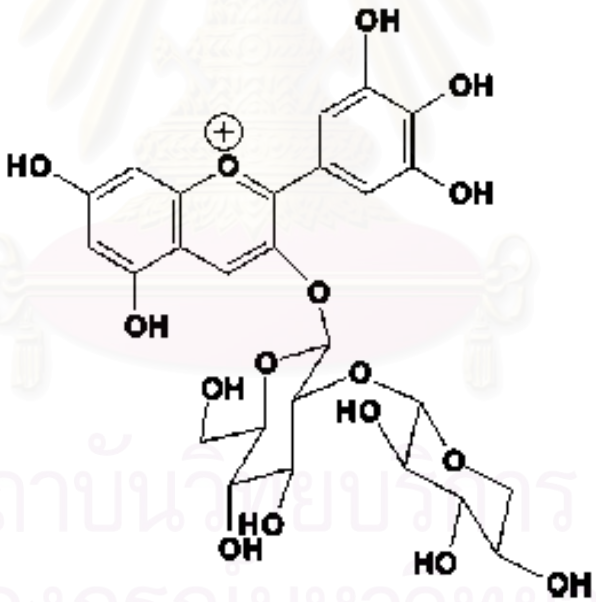
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Anthocyanidin	R_1	R_2
Pelargonidin	H	H
Cyanidin	OH	H
Delphinidin	OH	OH
Peonidin	OCH_3	H
Petunidin	OCH_3	OH
Malvidin	OCH_3	OCH_3

R3 และ R4 = H หรือน้ำตาล

ภาพที่ 2.3 โครงสร้างทั่วไปของแอนโธไซยานิน (Kahkonen and Heinonen, 2003)



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีของแอนโธไซยานิน (delphinidin 3-sambubioside) ในกระเจี๊ยบแดง (De-Xing et al., 2005)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คุณค่าทางโภชนะของกลีบเลี้ยงกระเจี๊ยบแดง

กลีบเลี้ยงกระเจี๊ยบแดง 100 กรัมของน้ำหนักสด ประกอบด้วยพลังงาน 460 แคลอรี คาร์โบไฮเดรต 9.4 กรัม โปรตีน 1.4 กรัม ไขมัน 0.3 กรัม เยื่อใย 1.3 กรัม เถ้า 1 กรัม ฟอสฟอรัส 59.0 มิลลิกรัม แคลเซียม 151 มิลลิกรัม น้ำ 86.6 กรัม เหล็ก 1.0 มิลลิกรัม วิตามิน บี1 0.01 มิลลิกรัม วิตามิน บี2 0.24 มิลลิกรัม วิตามินเอ 10,833-12,583 หน่วยสากล วิตามินซี 18 มิลลิกรัม ไนอาซีน 1.8 มิลลิกรัม และกรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก และกรดมาลิก (สมพร, 2003) ขณะที่ Aphirakchatsakun และคณะ (2008) รายงานค่าโภชนะของกลีบเลี้ยงกระเจี๊ยบแดงผงคิดในรูปวัตถุแห้งประกอบด้วย โปรตีน 10.48 ไขมัน 1.84 เยื่อใย 11.75 แคลเซียม 1.22 และฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.38 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับ Kijparkorn และคณะ (2009) ที่รายงานในรูปวัตถุแห้งว่ากลีบเลี้ยงกระเจี๊ยบแดงผงประกอบด้วย โปรตีน 10.49 ไขมัน 1.98 เยื่อใย 12.05 เถ้า 8.94 แคลเซียม 1.29 และฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.39 เปอร์เซ็นต์

การสกัดหยาบของกระเจี๊ยบแดง

การสกัดหยาบทำได้หลายวิธีแต่วิธีที่เหมาะสมและปลอดภัยสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์คือการสกัดด้วยน้ำเนื่องจากแอนโธไซยานิน มีคุณสมบัติสามารถละลายได้ดีในน้ำ (Mozetic et al., 2002) จากการศึกษาของ Chen และคณะ (2003) ที่ใช้สารสกัดหยาบจากกระเจี๊ยบแดงเพื่อต้านการพัฒนาของโรค Atherosclerosis ในกระต่ายที่กินอาหารที่มีคอเลสเตอรอลสูง โดยสกัดกระเจี๊ยบแดง 150 กรัมต่อน้ำ 6 ลิตร ต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กรองกากออก และนำส่วนน้ำกระเจี๊ยบแดงไประเหยเอาน้ำออกที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส จากนั้นทำเป็นผงด้วยวิธี lyophilize ได้สารสกัดหยาบ 75 กรัม และเก็บไว้ที่อุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อนำสารสกัดหยาบมาวิเคราะห์พบว่ามีแอนโธไซยานิน 250 มิลลิกรัม/กรัมของกระเจี๊ยบแดงผง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลงานของ Hirunpanich และคณะ (2006) ที่สกัดกระเจี๊ยบแห้ง 1 กิโลกรัมด้วยน้ำเช่นกัน ได้สารสกัดหยาบ 45 เปอร์เซ็นต์ และ Duh และ Yen (1997) สกัดกระเจี๊ยบแดงปริมาณ 20 กรัม ด้วยน้ำร้อนได้สารสกัดหยาบปริมาณ 9.8 กรัม ที่มีส่วนของ total phenolic compound อยู่ 14.4 มิลลิกรัมต่อกรัม

การย่อยและการดูดซึมของสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอลลิค

จากงานวิจัยที่ผ่านมาในมนุษย์พบว่าสารประกอบฟีนอลลิคที่จับตัวกันแน่นจะถูกไฮโดรไลซิสโดยกรดในกระเพาะอาหารและถูกดูดซึมที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนต้น (Serafini et al., 1996) หลังจากนั้นจะจับกับอัลบูมิน ส่งไปยังตับทางท่อน้ำเหลืองและเส้นเลือด โดยตับจะเป็นอวัยวะสำคัญในการเมแทบอไลท์ (metabolite) จากนั้นสารเมแทบอไลท์ที่เกิดขึ้นจะเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือด น้ำดี และปัสสาวะ (Terao, 1999) ขณะที่การศึกษาในหนู mice และหนู rat พบว่าแอนโธไซยานินที่เข้าสู่ระบบทางเดินอาหาร จะสามารถแตกตัวได้ดีในสารละลายกรด (gastric juice) ในกระเพาะอาหาร (Passmonti et al ., 2003) และจะถูกดูดซึมบริเวณลำไส้เล็กส่วนกลาง (jejunum) เป็นส่วนใหญ่ (Matuschek et al., 2006) เข้าสู่เส้นเลือด (Ichiyanagi et al., 2004) และตับจะเป็นอวัยวะในการเมแทบอไลท์ (metabolite) และถูกขับออกทางปัสสาวะ (Matsumoto et al., 2001)

การทดสอบความเป็นพิษ

เมื่อป้อนสารสกัดหยาบจากกระเจี๊ยบแดงผ่านสายยางเข้าช่องท้องกระต่ายขนาดที่ทำให้กระต่ายตายครึ่งหนึ่งของจำนวนสัตว์ทดลองทั้งหมด (LD_{50}) พบว่าอยู่ที่ความเข้มข้น 129.1 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว (สมพร, 2003) และค่า LD_{50} ในหนู rat พบว่ามีค่าสูงกว่า 5 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว (Onyenekwe et al., 1999)

คุณสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชั่นในสัตว์

สารประกอบฟีนอลลิค ประเภทฟลาโวนอยด์ ถือเป็นสารต้านออกซิเดชั่นที่ได้จากธรรมชาติ (Shahidi, 1997) โดยมีแอนโธไซยานินเป็นสารสำคัญสามารถพบได้ในกลีบเลี้ยงกระเจี๊ยบแดง (De-Xing et al., 2005) ผลบิลเบอร์รี ผลแบคเบอร์รี และผักผลไม้อื่นๆ (Tsai et al., 2002) สามารถป้องกันการเกิด oxidative stress ในหนู rat ที่ระดับ 0.10 และ 0.20 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร (Tseng et al., 1997) สามารถต้านการเกิดมะเร็ง ต้านความผิดปกติต่อเซลล์ ป้องกันการอักเสบ และที่สำคัญเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชั่น (Pergola et al., 2006) จากการศึกษาของ Valentova และคณะ (2007) รายงานว่าการใช้แอนโธไซยานินที่ได้จากสารสกัดหยาบบิลเบอร์รีเสริมในอาหาร ที่ปริมาณ 100 และ 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชั่น

ของเซลล์ตับในหนู rat ซึ่งถูกทำลายโดยการชักนำของ *tert*-butyl hydroperoxide (*t*-BHP) และ allyl alcohol (AA) พบว่าการใช้สารสกัดหยาบแอนโธไซยานินที่ระดับ 100 และ 500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร สามารถป้องกันการถูกทำลายของเซลล์ตับได้ โดยที่สารสกัดหยาบแอนโธไซยานินปริมาณ 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถป้องกันการถูกทำลายของเซลล์ตับได้สูงสุดที่ 58 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอธิบายว่า แอนโธไซยานินไปขัดขวางการสร้างเอนไซม์ lactate dehydrogenase ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้การทำลายเซลล์ตับ และต้านการเกิด lipid peroxidation นอกจากนี้สารสกัดหยาบบิลเบอร์รียังสามารถขจัด superoxide radical ด้วยความสามารถเท่ากับ 108±7.2 หน่วย ของ superoxide dismutase ต่อกรัมของสารสกัดหยาบ สอดคล้องกับงานของ Chang และคณะ (2006) ที่ใช้สารสกัดหยาบแอนโธไซยานินจากกระเจี๊ยบแดงในระดับ 2.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร พบว่าสามารถป้องกันการเกิด LDL-oxidation ที่เป็นสาเหตุของเส้นเลือดอุดตันในหนู rat ได้

วิตามินอีทั้งในรูป tocopherol และ tocotrienol เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่ามีบทบาทหน้าที่สำคัญในการต่อต้านการเกิดกระบวนการออกซิเดชั่นของไขมันของเซลล์ต่างๆ (Papas, 1999) ซึ่งกระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้นโดยปกติในเซลล์ และเยื่อหุ้มเซลล์ของออร์กาเนลล์ (organelle) ไลโปโปรตีน (lipoproteins) เนื้อเยื่อไขมัน สมอง และเนื้อเยื่อต่างๆ ที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ จากการศึกษาการเสริมวิตามินอีในอาหารของไก่ไข่ที่เลี้ยงในอุณหภูมิต่ำ (6±2.3 ^{o}ซ) ต่อผลผลิตไข่ คุณภาพไข่ และการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่น พบว่าการเสริมวิตามินอีในอาหาร (α-tocopherol acetate) ที่ระดับ 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สามารถเพิ่มน้ำหนักไข่ ผลผลิตไข่ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และปรับปรุงคุณภาพไข่ (ความถ่วงจำเพาะ ความหนาเปลือกไข่ ความแข็งแรงของเปลือกไข่) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้การเสริมวิตามินอีในอาหารยังช่วยลด malondialdehyde (MDA) กลูโคส คอเลสเตอรอล และความเข้มข้นของไตรกลีเซอร์ไรด์ ($P<0.05$) ตามรายงานของ Kucuk และคณะ (2003) และ มีรายงานสนับสนุนการเสริมวิตามินอีในอาหารที่ระดับ 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ในช่วงก่อนเครียด ระหว่างเครียด และหลังเครียด สามารถบรรเทาความเครียด จากอุณหภูมิสูงเป็นเวลานานได้ (Bollengier-Lee et al., 1999) และการเสริม α- tocopherol acetate ในอาหารที่ระดับ 0 50 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ต่อการเกิดลิปิดออกซิเดชั่น ในไข่สดและไข่ที่ผ่านการ spray-dried พบว่าที่ระดับ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีผลทำให้เกิดลิปิดออกซิเดชั่นลดลงในไข่สด ($P>0.05$) แต่ในไข่ที่ผ่านการ spray-dried ให้ผลตรงกันข้าม เนื่องจากความร้อนที่เกิดจากกระบวนการทำ spray-dried มีผลให้เกิดการออกซิเดชั่นเพิ่มขึ้น และเกิดการสร้างอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ไข่ที่ทำการ spray-dried เกิดลิปิดออกซิเดชั่นมากกว่าไข่สด (Galobart et al.,

2001[a]) นอกจากนี้การเสริมวิตามินอีในอาหารที่ระดับ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารในไก่ไข่ ที่ได้รับผลกระทบที่เกิดจากการสัมผัสอุณหภูมิสูงเป็นเวลานานพบว่าผลผลิตไข่มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เสริมวิตามินอีในอาหารที่ระดับ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (Bollengier-Lee et al., 1998)

ระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณภาพไข่ไก่

การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพของไข่สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งภายนอก และภายในฟองไข่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของไข่ไก่ (FAO, 2003) หากเก็บไข่ในสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมจะส่งผลต่อคุณภาพไข่ จึงได้มีผู้ทำการศึกษาลักษณะทั้งภายนอกและภายในฟองไข่ อาทิเช่น น้ำหนักฟองไข่ ค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ค่าฮอร์ยูนิต (Haugh unit; HU) ฯลฯ เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาตัดสินคุณภาพของไข่ (Samli et al., 2005) นอกจากนี้การเสื่อมคุณภาพของไข่มักพบในไข่ที่เก็บรักษาไว้มากกว่าไข่สด (Pike and Peng, 1985) จึงได้มีการศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่ไก่ รวมทั้งปฏิกิริยาร่วมทั้ง 2 ปัจจัยต่อคุณภาพของไข่ไก่ โดยเก็บไข่ไก่เป็นระยะเวลา 2 5 และ 10 วัน ที่อุณหภูมิ 5 21 และ 29 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้น้ำหนักฟองไข่ เปลือกไข่ ค่าความถ่วงจำเพาะ ความสูงของไข่ขาว และ ค่าฮอร์ยูนิต ลดลง ($P<0.01$) แต่การเก็บไข่ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0-10 วัน ไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักไข่ อย่างไรก็ตามเมื่ออุณหภูมิการเก็บเพิ่มขึ้นเป็น 21 องศาเซลเซียส พบว่าน้ำหนักไข่ลดลง 0.65 และ 1.03 กรัม เมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลา 5 และ 10 วัน ตามลำดับ และพบว่าเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 29 องศาเซลเซียส จะเกิดการสูญเสียน้ำหนักฟองไข่อย่างมาก โดยจะมีน้ำหนักลดลง 1.30 และ 1.94 กรัม เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 5 และ 10 วัน ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับน้ำหนักของไข่ขาวและไข่แดง ซึ่งพบว่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ทางด้านความสูงไข่ขาว และ ค่าฮอร์ยูนิต นั้นมีค่าลดลงตามการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษา ($P<0.001$) โดยพบว่าเมื่อเก็บรักษาไข่ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน จะมีผลให้ค่าความสูงไข่ขาวลดลงจาก 8.56 เป็น 6.18 มิลลิเมตร และเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 21 และ 29 องศาเซลเซียส ค่าความสูงไข่ขาวลดลงเป็น 3.76 และ 2.81 มิลลิเมตร ตามลำดับ เช่นเดียวกับค่าความสูงไข่ขาวที่วัดในรูปค่าฮอร์ยูนิต ลดลงจาก 91.4 เป็น 76.3 เมื่อเก็บรักษาไข่ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน และเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 21 และ 29

องศาเซลเซียส ค่าฮอร์ยูนิตจะลดลงเป็น 53.7 และ 40.6 ตามลำดับ ในขณะที่ค่า pH ของไข่แดงและไข่ขาวมีค่าสูงขึ้น ($P<0.01$) (Samli et al., 2005) ซึ่งค่า pH ของไข่ขาวเพิ่มขึ้นเนื่องจากการสูญเสียก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกจากฟองไข่ ซึ่งปกติก๊าซชนิดนี้จะละลายอยู่ในไข่ขาวข้นในระหว่างที่เกิดการสะสมแคลเซียมในการสร้างเปลือกไข่จึงมีผลทำให้ไข่ขาวมีลักษณะขุ่น ซึ่งเป็นลักษณะของไข่ที่เพิ่งจะถูกวางจากตัวแม่ไก่ แต่เมื่อเก็บไข่ไว้นานขึ้นจะเกิดการแยกตัวของคาร์บอนไดออกไซด์จากไข่ขาวจึงส่งผลให้ค่า pH ของไข่ขาวมีความเป็นด่างเพิ่มขึ้น (Hinton, 1968 อ้างโดย Samli et al., 2005) ค่า pH และค่าวัตถุแห้งของไข่ขาวจะเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาไข่ไว้ตั้งแต่ 2-30 วัน ขณะที่การเปลี่ยนแปลงของ pH ในไข่แดงมีอิทธิพลจากการเกิดลิปิดออกซิเดชั่นเนื่องจากไข่แดงมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่สูงซึ่งทำให้เกิดกระบวนการออกซิเดชั่นได้ในระหว่างการเก็บรักษา (Marshall et al., 1994) นอกจากนี้ยังพบว่ามีปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว ได้แก่ อุณหภูมิในการเก็บรักษา ความชื้น และการสูญเสียน้ำ (Lingnert,1992 อ้างโดย Botsoglou et al .,1997) และมีรายงานว่าการใช้ใบไทม์ที่มีสารสำคัญคือ thymol (98.7 มิลลิกรัม/กรัมของใบไทม์) เสริมในอาหารของไก่ไข่ต่อการเกิดออกซิเดชั่นของไข่ที่เก็บรักษาไว้ในที่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน โดยวัดจากปริมาณ malonaldehyde ในไก่ไข่ในแต่ละกลุ่ม พบว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมสารสกัดหยาบจากใบไทม์ มีปริมาณของ malonaldehyde ในไข่แดงต่ำตลอดระยะการเก็บรักษา (0-60 วัน) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.01$) และจากผลการทดลองข้างต้นทำให้ผู้ทำการทดลองสรุปว่า ใบไทม์มีคุณสมบัติในการต้านการเกิดออกซิเดชั่น (Botsoglou et al., 1997) สำหรับค่า pH ของไข่แดงคุณภาพดีมีค่า pH อยู่ในช่วง 6-6.4 (Powrie and Nakai, 1990 อ้างโดย AL-Bachir and Zeinou 2006) การเก็บไข่ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 50 วัน ไข่จะมีค่า pH เพิ่มขึ้นจาก 6 เป็น 6.4 แต่ถ้าเก็บไข่ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 18 วัน ค่า pH จะเพิ่มขึ้นถึง 6.9 (Li-Chan et al., 1995) ขณะที่ไข่ขาวสดที่ไม่มีเชื้อจุลินทรีย์จะมีค่า pH ในช่วง 7.6-8.5 การที่ค่า pH เพิ่มสูงขึ้น เป็นผลจากการสูญเสียก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากฟองไข่ และในขณะเดียวยังส่งผลต่อโอโวมิวซิน (Ovomucin) ซึ่งพบมากในไข่ขาวข้น โดยเมื่อความเป็นด่างเพิ่มขึ้น โอโวมิวซินจะถูกสลายเพิ่มขึ้นจึงมีผลให้ไข่ขาวมีความเหลวใสเป็นน้ำ ส่วนค่า ฮอร์ยูนิต สามารถใช้แบ่งระดับคุณภาพไข่ได้ โดยไข่ที่มีค่าฮอร์ยูนิต 72 ขึ้นไป 55-72 31-35 และ ต่ำกว่า 31 จัดอยู่ในเกรด เอเอ (AA) เอ (A) บี (B) และซี (C) ตามลำดับ (สุวรรณ,1979)

การต้านออกซิเดชั่นระหว่างการเก็บรักษาไข่ไก่

ไข่ไก่มีส่วนประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่สูง (Naber, 1979; สุวรรณ, 1979) หากเก็บรักษาไข่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมสามารถชักนำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการเสื่อมคุณภาพไข่ (Van Elswyk et al., 1995; Kang et al., 1998) การยืดอายุการเก็บรักษาไข่ โดยการลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นนี้ เป็นหนทางหนึ่งที่ช่วยคงความสดใหม่ของไข่จากผู้ผลิตจนถึงมือผู้บริโภคได้ สำหรับงานวิจัยของกระเจี๊ยบแดงในด้านเป็นสารต้านออกซิเดชั่นในไข่ไก่ยังไม่พบการรายงาน แต่มีงานวิจัยของสารสกัดหยาบจากใบไทม์ และสารสกัดหยาบจากพริกซึ่งมีสารสำคัญอยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอลลิค สามารถต้านอนุมูลอิสระได้เช่นเดียวกับแอนโธไซยานินในกระเจี๊ยบแดง จากรายงานที่ผ่านมาพบว่าการใช้ใบไทม์เสริมในอาหารของไก่ช่วยลดการเกิดออกซิเดชั่นของไข่ที่เก็บรักษาไข่ไว้ในที่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน โดยวัดจากค่า malondialdehyde เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.01$) จึงสรุปได้ว่าการเสริมสารสกัดหยาบจากใบไทม์สามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และยืดอายุความสดใหม่ให้กับไข่ไก่ได้ (Botsoglou et al., 1997) นอกจากนี้ ยุวเรศ และคณะ (2005) ได้ศึกษาการเสริมสารสกัดหยาบจากพริกในอาหารของไก่ไข่ เปรียบเทียบกับอาหารกลุ่มควบคุม เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 0 7 14 21 และ 28 วัน พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าเฉลี่ยของค่าความถ่วงจำเพาะลดลง โดยค่าเฉลี่ยของค่าความถ่วงจำเพาะที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในช่วงเวลา 0-14 วัน จะลดลงประมาณ 0.01 หน่วยต่อสัปดาห์ หลังจากนั้นค่าความถ่วงจำเพาะที่วัดได้จะคงที่ จนสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 28 ของอายุการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ไข่จะสูญเสียน้ำออกจากฟองไข่ ส่งผลให้ขนาดช่องอากาศที่บริเวณด้านป้านของฟองไข่ขยายใหญ่ขึ้น ในขณะที่มวลไข่ลดน้อยลง จึงส่งผลให้ค่าความถ่วงจำเพาะลดลง แต่ถึงอย่างไรการเสริมสารสกัดหยาบจากพริกในทุกกลุ่มทดลองไม่ส่งผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะ ($P>0.05$) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการเสริมวิตามินอีที่ระดับต่างๆ (45 65 และ 85 หน่วยสากล/กิโลกรัมอาหาร) ในอาหารไก่ไข่ ต่อการเกิดลิปิดออกซิเดชั่นในไข่ ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 42 วัน ในอุณหภูมิแบบ heat stress (30°ซ) และอุณหภูมิปกติ (20°ซ) พบว่าวิตามินอีระดับที่ดีที่สุดคือ 85 หน่วยสากล/กิโลกรัมอาหารช่วยลดการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่นได้ ($P<0.01$) (Bolukbasi et al., 2007)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

สัตว์ทดลองและการจัดการ

ไก่ไข่พันธุ์ ซีพี บราวน์ จำนวน 270 ตัว อายุ 33 สัปดาห์ ทำการสุ่มไก่ออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 9 ตัว ไก่ถูกเลี้ยงบนกรงตับขนาด 40x41x32 ซม. จำนวน 3 ตัวต่อกรง ในโรงเรือนระบบปิด ได้รับแสงเป็นเวลา 16 ชั่วโมง (12 ชม.เป็นแสงธรรมชาติ และ 4 ชม. เป็นแสงจากหลอดฟูออเรสเซนต์) เป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ ไก่ทุกตัวได้รับการทำวัคซีนตามโปรแกรม ได้รับอาหารและน้ำแบบกินเต็มที่ *(ad libitum)* ตลอดการทดลอง การทดลองครั้งนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจรรยาบรรณการใช้สัตว์ทดลองของคณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเตรียมสารสกัดหยาบ

นำกระเจี๊ยบแดงผงที่ซื้อจากตลาดไทมาจำนวน 1 กิโลกรัม ต้มกับน้ำปริมาณ 15 ลิตร ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นลง กรองน้ำกระเจี๊ยบด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นน้ำกระเจี๊ยบไประเหยน้ำออกให้เหลือ 3 ใน 5 ส่วน เพื่อให้สารสกัดหยาบข้นขึ้นด้วยเครื่อง Rotary Evaporator (Büchi® Rotavapor® evaporator, R-220, Flawil, Switzerland) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความดัน 80 มิลลิบาร์ ตามวิธีการของ Chen และคณะ (2003) ได้ปริมาณสารสกัดหยาบ 47 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีลักษณะเหนียวข้นคล้ายแป้งเปียก นำไปเก็บรักษาในตู้แช่ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอทำสารสกัดหยาบในรูปแกรนูล

การทำสารสกัดหยาบในรูปแกรนูล ทำโดยใช้ข้าวโพดบดที่ผ่านรูตะแกรงขนาด 16 เมส หรือมีขนาดอนุภาค 1190 ไมครอน เป็นสื่อในการจับกับสารสกัดหยาบ ในสัดส่วนของสารสกัดหยาบต่อข้าวโพด เท่ากับ 1:9 (w/w) นำสารสกัดหยาบและข้าวโพดใส่ลงในเครื่องผสม (Hobath mixer, A-200, USA) เป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นลงและเก็บรักษาไว้ที่ในอุณหภูมิห้องเพื่อนำไปใช้ผสมอาหารต่อไป ซึ่งสารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดงในรูปแกรนูลจะมีสารสกัดหยาบอยู่ 10 กรัม/100 กรัม ทำการสุ่มกระเจี๊ยบแดงผง และสารสกัดหยาบในรูปแกรนูล ไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะโดยประมาณ (AOAC, 1990)

เพื่อนำผลที่ได้ไปคำนวณสูตรอาหารต่อไป และนำกระเจี๊ยบแดงผงและ สารสกัดหยาบไปวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลลิค (phenolic compound) ตามวิธีของ Duh และ Yen (1997) ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2

ตารางที่ 3.1 คุณค่าโภชนะทางเคมีของกระเจี๊ยบแดง (กรัม/100 กรัมวัตถุแห้ง)

สารอาหาร	กระเจี๊ยบแดงผง	สารสกัดหยาบในรูปแกรนูล
โปรตีน	10.1	9.4
ไขมัน	1.8	3.0
เยื่อใย	12.6	1.9
เถ้า	8.7	3.0
แคลเซียม	1.4	1.3
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	0.9	0.7
พลังงาน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม) [1/]	2,843.9	3,491.6

[1/] ได้จากการคำนวณตามวิธีของ AAFCO (2000)

ตารางที่ 3.2 ผลการวิเคราะห์สาระสำคัญในกระเจี๊ยบแดง[1/]

รูปแบบของกระเจี๊ยบแดง	สารประกอบฟีนอลลิค (มก./กรัม)
กระเจี๊ยบแดงผง	18.0
สารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดง	52.3
กระเจี๊ยบแดงในรูปแกรนูล[2/]	5.23

[1/] ได้จากการวิเคราะห์ตามวิธีของ Duh และ Yen (1997)

[2/] ได้จากการคำนวณ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาหารทดลอง

อาหารทดลองมีทั้งหมด 6 สูตร ประกอบด้วยอาหารควบคุม อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี α-tocopheryl acetate 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร เพื่อใช้เปรียบเทียบคุณสมบัติในการเป็นสารต้านออกซิเดชั่น อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบในรูปแกรนูล 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ หรือมีสารสกัดหยาบอยู่ 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอาหารประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงผง 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อาหารทดลองทุกสูตรคำนวณให้มีระดับสารอาหารตามความต้องการของพันธุ์ สูตรอาหารทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 3.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 ส่วนประกอบของอาหารทดลอง

ส่วนประกอบอาหาร (เปอร์เซ็นต์)	อาหารทดลอง[1/]					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
ข้าวโพด	57.4	57.4	46.9	36.6	54.9	52.6
กากถั่วเหลือง(48%โปรตีน)	24	24	24.1	24	24.3	24.2
แคลเซียมคาร์บอเนต	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
รำละเอียด	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7
โมโนไดแคลเซียมฟอสเฟต	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
น้ำมันรำข้าว	-	-	0.4	0.8	0.3	0.6
เกลือ	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
ดีแอลเมทไทโอนีน	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
โคลีนคลอไรด์	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
พรีมิกซ์วิตามิน[2/]	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
พรีมิกซ์แร่ธาตุ[3/]	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
วิตามินอี		0.025				
สารสกัดหยาบในรูปแกรนูล 10			10			
สารสกัดหยาบในรูปแกรนูล 20				20		
กระเจี๊ยบแดงผง 2					2	
กระเจี๊ยบแดงผง 4						4
รวม	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

[1/] T1 = อาหารควบคุม; T2 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี 250 มก./กก.; T3 และ T4 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบในรูปแกรนูล 10% และ 20 % หรือมีสารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดงประกอบอยู่ 1% และ 2% ; T5 และ T6 = อาหารที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงผง 2% และ 4 %

[2/] พรีมิกซ์วิตามิน/กก. อาหาร ประกอบด้วย วิตามิน A 12,500 หน่วยสากล วิตามิน D_3 3,000 หน่วยสากล วิตามิน E 10 มก. วิตามิน K 1.5 มก. วิตามิน B_1 2 มก. วิตามิน B_2 5 มก. วิตามิน B_6 3 มก. วิตามิน B_{12} 0.006 มก. กรดนิโคทีนิค 12.5 มก. กรดโฟลิค 0.5 มก.

[3/] แร่ธาตุ/กก. ไบโอติน 0.09 มก. ดีแคลเซียมแพนโธธิเนต 9.4 มก. แมงกานีส 60 มก. สังกะสี 50 มก. เหล็ก 40 มก. ทองแดง 10 มก. ไอโอดีน 2 มก. โคบอลต์ 2 มก. ซีลีเนียม 1 มก.

การเก็บข้อมูล

1.บันทึกข้อมูลสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่

บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว โดยทำการชั่งน้ำหนักเริ่มต้น และสิ้นสุดการทดลองเพื่อนำไปคำนวณเป็นน้ำหนักไก่เฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม บันทึกปริมาณอาหารที่กินเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 4 และ 8 เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณอาหารที่กินได้ต่อวัน บันทึกน้ำหนักไข่ทุกวัน เพื่อคำนวณหาปริมาณอาหารที่กินต่อน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม บันทึกจำนวนไข่ และจำนวนไก่ตายทุกวัน เพื่อนำมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่และการเลี้ยงรอด รวมทั้งบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนทุกวัน เวลา 8:00 น.และ 14:00 น. พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดลองอยู่ที่ 24.6±0.3 และ 26.9±0.2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 84.4±0.2 และ 63.7±3.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2.เก็บตัวอย่างเลือด

เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 4 และ 8 สัปดาห์ ทำการสุ่มไก่ซ้ำละ 3 ตัว (กรงละ 1 ตัว) รวมทั้งหมด 90 ตัว เก็บเลือดจากหลอดเลือดดำที่ปีก (wing vein) ด้วยเข็มฉีดยาเบอร์ 22G ขนาด 1.5 นิ้ว ใส่ในหลอดทดลองชนิดเคลือบสารกันเลือดแข็งตัว (heparin) ขนาด 4 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยง (Nüve, NF 800 R,USA) ด้วยความเร็ว 308.7 g เป็นระยะเวลา 5 นาที เพื่อแยกเอาพลาสมา แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ตรวจสอบคุณสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชั่นของกระเจี๊ยบแดงในตัวสัตว์

3.เก็บตัวอย่างไข่

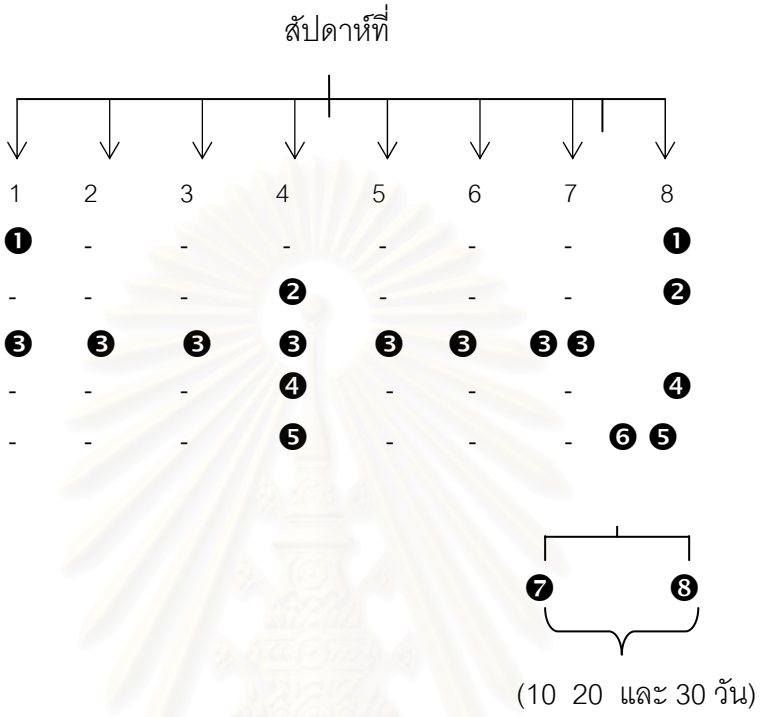
เมื่อสิ้นสุดการทดลองของสัปดาห์ที่ 4 และ 8 ทำการสุ่มไข่จำนวน 3 ฟองต่อซ้ำ (กรงละ 1 ฟอง) รวมทั้งหมด 90 ฟอง จำนวน 2 ชุด เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชั่นของกระเจี๊ยบแดงและคุณภาพไข่ และทำการ สุ่มไข่ 6 วันสุดท้ายของสัปดาห์ที่ 8 เพื่อเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิ 2 ระดับ คือที่อุณหภูมิห้อง และในตู้แช่เย็น เป็นเวลา 10 20 และ 30 วัน เมื่อครบกำหนดเวลา นำไข่มาตรวจสอบคุณสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชั่นและคุณภาพ ดังแสดงใน

ภาพที่ 3.2 ซึ่งค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิห้องอยู่ที่ 28.8±0.3 องศาเซลเซียส และ 63.7±0.3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในตู้เย็นอยู่ที่ 3.5±0.3 องศาเซลเซียส และ 82.4±0.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการเก็บตัวอย่างไข่ ในการเก็บรักษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนการเก็บข้อมูล



ภาพที่ 3.2 แสดงแผนผังการเก็บตัวอย่างของการทดลอง

❶ = น้ำหนักตัวไก่ (ก่อนเริ่มการทดลองและสิ้นสุดการทดลอง)

❷ = ปริมาณอาหารที่กิน

❸ = สมรรถภาพการผลิตไข่ (บันทึกทุกวัน)

- ผลผลิตไข่ และน้ำหนักไข่

❹= เก็บตัวอย่างเลือด เพื่อตรวจวัด MDA

❺= เก็บตัวอย่างไข่ เพื่อตรวจวัด

เพื่อตรวจวัด MDA คุณภาพไข่ ความถ่วงจำเพาะ ฮอร์ยูนิต ค่า pH ไข่แดงและไข่ขาว

❻ = การเก็บรักษาไข่❼ในอุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 20 วัน และ❽ ตู้เย็นเป็นเวลา 30 วัน เพื่อตรวจวัด คุณภาพไข่ และ MDA

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. คุณค่าทางโภชนะของอาหาร

สุ่มตัวอย่างอาหารไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะโดยประมาณ (proximate analysis) ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส ตามวิธีของ AOAC (1990)

2. สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่

ประกอบด้วยการน้ำหนักตัวเริ่มต้นและสิ้นสุดท้ายของการทดลอง น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณการกินอาหาร ปริมาณการกินอาหารต่อน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม ผลผลิตไข่ต่อจำนวนแม่ไก่มีชีวิต น้ำหนักไข่เฉลี่ย และอัตราการเลี้ยงรอด ดังแสดง

2.1 น้ำหนักตัวเริ่มต้น (กิโลกรัม/ตัว)

$$= \frac{\text{น้ำหนักตัวเริ่มต้น}}{\text{จำนวนไก่}}$$

2.2 น้ำหนักตัวสิ้นสุด (กิโลกรัม/ตัว)

$$= \frac{\text{น้ำหนักตัวสิ้นสุด}}{\text{จำนวนไก่}}$$

2.3 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กิโลกรัม/ตัว)

$$= \frac{\text{น้ำหนักตัวสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักตัวเริ่มต้นการทดลอง}}{\text{จำนวนไก่}}$$

2.4 ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินในช่วงการทดลอง}}{\text{จำนวนวัน} \times \text{จำนวนไก่}}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 ปริมาณอาหารที่กินต่อน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินในแต่ละช่วงการทดลอง}}{\text{น้ำหนักไข่ในแต่ละช่วงการทดลอง}}$$

2.6 อัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนแม่ไก่มีชีวิต (Hen-day Egg Production; HD)(%)

$$= \frac{\text{จำนวนไข่ในช่วงการทดลอง x 100}}{\text{จำนวนวัน x จำนวนไก่ในช่วงนั้น}}$$

2.7 น้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง

$$= \frac{\text{น้ำหนักไข่ทั้งหมดแต่ละช่วงการทดลอง}}{\text{จำนวนไข่ทั้งหมด}}$$

2.8 อัตราการเลี้ยงรอด (%)

$$= \frac{\text{จำนวนไก่สิ้นสุดช่วงการทดลอง x100}}{\text{จำนวนไก่เริ่มต้นการทดลอง}}$$

3. คุณภาพไข่

3.1 ความถ่วงจำเพาะ

วัดโดยการลอยไข่ในน้ำเกลือ ที่มีความถ่วงจำเพาะต่างๆ กัน จำนวน 12 ระดับ จากน้อยไปมาก เริ่มจากความเข้มข้น 1.060 จนถึง 1.104 โดยแต่ละระดับห่างกัน 0.004 โดยใช้เครื่องมือไฮไดรมิเตอร์ (Hydro meter, Fuji) วัดความถ่วงจำเพาะให้เป็นไปตามที่กำหนด แล้วนำไข่ที่ต้องการตรวจวัดมาลอยในน้ำเกลือที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ จากน้อยไปมาก และ อ่านความเข้มข้นเมื่อไข่ลอยพ้นผิวน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร แสดงว่าไข่ฟองนั้นมีความ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถ่วงจำเพาะเท่ากับความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือที่ลอยอยู่นั้นบันทึกข้อมูลและนำมาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของความถ่วงจำเพาะ (Thompson and Hamilton, 1982)

3.2 คุณภาพไข่ขาว

การวัดความสูงของไข่ขาวโดย ใช้เครื่องมือ ฮอร์ยูนิต ไมโครมิเตอร์ (Haugh unit Micrometer) (Model S-8400, AMES Co. Ltd., USA) ตัวอุปกรณ์มีขาหยั่ง 3 ขา และวิธีวัดทำได้โดยหมุนเลื่อนขอบหน้าปัดตามน้ำหนักไข่ที่ชั่งได้ ต่อยไข่แล้วค่อยๆ เทไข่ลงบนแผ่นใสเรียบ แล้วยกฮอร์ยูนิตวางลงไปให้ปลายไมโครมิเตอร์อยู่กึ่งกลางระหว่างขอบไข่แดงกับขอบไข่ขาวข้น ค่อยๆ หมุนปุ่มเลื่อนปลายไมโครมิเตอร์ลงไปจนพอดีจรดกับผิวไข่ขาว อ่านค่าฮอร์ ยูนิตจากหน้าปัดได้ทันที แล้วบันทึกค่าและนำมาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ย

3.3 ค่า pH ของไข่ขาวและไข่แดง

นำไข่มาแยกไข่แดงออกจากไข่ขาว แบ่งใส่ภาชนะแยกจากกัน หลังจากนั้นใช้ pH meter (Toledo 320, Mettler Toledo Instrumnts (Shanghai) Co. Ltd., China) ทำการวัดค่า pH ในไข่ขาวและไข่แดง และอ่านค่าที่หน้าจอแสดงผล แล้วบันทึกค่าและนำมาคำนวณค่าเฉลี่ย

4. การวิเคราะห์หาค่า Thiobarbituric acid reactivity substances (TBARS)

วัดออกมาในรูปของปริมาณ malondialdehyde ซึ่งเป็นผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการออกซิเดชั่นของไขมันในพลาสมา ตามวิธีของ Feix และคณะ (1991)และไข่แดง ตามวิธีการของ Cherian และคณะ (1996) ซึ่งปรับปรุงโดย Kang และคณะ (2001)

4.1. พลาสมา

นำพลาสมาจำนวน 600 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลองพร้อมทั้งผสมกับ butylate Hydroxytouluene (BHT, 50 นาโนโมล/ลิตร) จำนวน 120 ไมโครลิตร และ trichloric acetic acid (TCA, 10 %) จำนวน 1,800 ไมโครลิตร และนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบกำหนดเวลานำตัวอย่างมาปั่นเหวี่ยง (Hettich zentrifugal, Universal 16/16R, Germary) ที่ 39.3 g เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นนำเฉพาะส่วนใสที่ลอยอยู่ด้านบน จำนวน 1,500 ไมโครลิตร ผสมกับ thiobarbituric acid (TBA) 5 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 1,500 ไมโครลิตร ในหลอดทดลอง และนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

และทำการวัดค่าด้วยเครื่องด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer (Shimudsu® UV-160 A, double beam) ที่ความยาวคลื่นแสง 532 นาโนเมตร เทียบกับสารละลายมาตรฐาน 1,1,3,3-tetraethoxypropane ที่ระดับความเข้มข้น 0 2 4 6 8 และ 10 นาโนโมล และค่า TBARS ที่ได้มีหน่วยเป็น นาโนโมลของปริมาณ MDA ต่อมิลลิลิตรของพลาสมา

4.2 ไข่แดง

ชั่งไข่แดงหนัก 2 กรัม ผสมรวมกับ perchloric acid ความเข้มข้น 3.86 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 18 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร ผสมกับ BHT 1 มิลลิลิตร เพื่อควบคุมการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันในระหว่างการปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง Polytron (Polytron PT-MR3100, KINEMATICA AG, Littau-Switzerland) ด้วยความเร็วรอบสูงสุด (5,000 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 15 วินาที นำตัวอย่างมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และนำส่วนใสที่ลอยอยู่ด้านบนมา 2 มิลลิลิตร พร้อมทั้งผสมกับ TBA 2 มิลลิลิตร (TBA 2 มิลลิลิตร.ได้มาจาก TBA ที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นเท่ากับ 1,000 มิลลิลิตร เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของสารละลายเท่ากับ 20 มิลลิโมล) หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 30 นาที และทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 45 นาที และทำการวัดค่าด้วยเครื่องด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer (Shimudsu® UV-160 A, double beam) ที่ความยาวคลื่นแสง 531 นาโนเมตร เทียบกับสารละลายมาตรฐาน malondialdehyde tetrabutylammonium salt ที่ระดับความเข้มข้น 0 1 2 3 4 และ 5 นาโนโมล และนำไปคำนวณค่า TBARS ซึ่งมีหน่วยเป็น มิลลิกรัมของ MDA ต่อกิโลกรัมของไข่แดงดังสมการด้านล่างนี้

ค่า TBARS = ความเข้มข้นของ MDA ที่ได้จาก standard curve x K

ค่า K หาได้จากสมการ

$$K = \frac{\text{น้ำหนักโมเลกุลของMDA x100}}{\text{\% recovery x } 10^{-2}}$$

$$= \frac{72 \times 100}{93 \times 10^{-2}}$$

$$= 0.77$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

แผนการทดลองของสมรรถภาพการผลิตไข่ คุณภาพไข่ และค่า TBARS ในพลาสมาและไข่แดง ของ 4 และ 8 สัปดาห์ เป็นแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มทดลอง (General Linear Model) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มทดลองโดยใช้ Duncan's New Multiple Range test ที่ระดับนัยสำคัญ $P< 0.05$

แผนการทดลองในเรื่องระยะเวลาในการเก็บรักษาของค่า TBARS ในไข่แดง และคุณภาพไข่ เป็นแบบ Factorial in Completely Randomized Design ซึ่งแบ่งเก็บไข่ไว้ในอุณหภูมิห้องโดยมีปัจจัยของอาหารทดลอง 6 กลุ่ม และปัจจัยของระยะเวลาในการเก็บรักษา 10 และ 20 วัน และการเก็บไข่ในอุณหภูมิตู้เย็นมีปัจจัยของอาหารทดลอง 6 กลุ่ม และปัจจัยของระยะเวลาในการเก็บรักษา 10 20 และ 30 วัน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มทดลอง (General Linear Model) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มทดลองโดยใช้ Duncan's New Multiple Range test ที่ระดับนัยสำคัญ P< 0.05 ซึ่งในการแสดงผลการทดลองจะเน้นในส่วนปัจจัยหลัก (SAS Institute Inc, 2002)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลอง

คุณค่าโภชนะทางเคมีของอาหารทดลอง

คุณค่าทางโภชนะที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมีที่อยู่บนฐานของวัตถุแห้งแสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีน และฟอสฟอรัสมีค่าใกล้เคียงกัน ปริมาณไขมันสูงตามส่วนปริมาณเยื่อใยที่มีอยู่สูงในอาหารที่มีส่วนประกอบของกระเจี๊ยบแดงผงที่ 4 เปอร์เซ็นต์ ระดับแคลเซียมมีความแตกต่างกันเล็กน้อยอยู่ในช่วง 3.3-3.7 กรัม/100 กรัมอาหาร สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลลิคที่ประกอบอยู่ในอาหารได้จากการนำค่าที่วิเคราะห์ในตารางที่ 3.2 ซึ่งมีค่า 18 และ 52.3 มิลลิกรัม/กรัม สำหรับกระเจี๊ยบแดงผงและสารสกัดหยาบ ตามลำดับ มาคำนวณ พบว่าอาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบในรูปแกรนูล ที่ระดับ 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ หรือเทียบเท่ากับ 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ของสารสกัดหยาบในอาหาร มีค่าฟีนอลลิค 569 และ 1,130 มิลลิกรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้งในอาหาร ขณะที่กระเจี๊ยบแดงผงที่ระดับ 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารมีค่าฟีนอลลิค 392.2 และ 784.3 มิลลิกรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้งในอาหาร

ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ และคุณภาพไข่

ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ในช่วง 1-4 สัปดาห์ 5-8 สัปดาห์ และ 1-8 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 4.2-4.3 พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทุกกลุ่มมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเลี้ยงรอด ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่เฉลี่ย ปริมาณการกินอาหาร และปริมาณอาหารที่กินต่อน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามตลอดการทดลองพบว่าไก่ไข่ที่ได้รับกระเจี๊ยบแดงทุกกลุ่ม และกลุ่มที่ได้รับการเสริมวิตามินอี 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ยกเว้นกลุ่มกระเจี๊ยบแดงผง 4 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตไข่ และน้ำหนักไข่เฉลี่ยสูงกว่า ขณะที่การใช้อาหารเปลี่ยนเป็นน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัมต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ด้านคุณภาพไข่ที่ได้ทำการตรวจวัดในสัปดาห์ที่ 4 และ 8 แสดงในตารางที่ 4.4-4.5 จะเห็นได้ว่าทุกค่าสังเกตที่ตรวจวัดได้แก่ น้ำหนักไข่ ความถ่วงจำเพาะ ฮอร์ยูนิต pH ของไข่แดงและ ไข่ขาวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นกัน

ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่า TBARS

ค่า TBARS ในพลาสมาของไก่ไข่ และไข่แดง แสดงในตารางที่ 4.6 พบว่าค่า TBARS ทั้งในพลาสมาและไข่แดงของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อแยกพิจารณาค่า TBARS ในพลาสมาของแต่ละช่วงการทดลองพบว่าที่ 4 สัปดาห์ กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดงในระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าต่ำสุด ส่วนที่ 8 สัปดาห์ กลุ่มที่ให้ค่า TBARS ต่ำสุดคือ กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงผง 4 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมมีค่า TBARS สูงที่สุดทั้ง 2 ช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด (P>0.05)

สำหรับค่า TBARS ในไข่แดงในสัปดาห์ที่ 4 กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดง 1 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มอาหารควบคุม มีค่า TBARS ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ แต่ในสัปดาห์ที่ 8 ในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงทั้ง 4 กลุ่ม มีค่า TBARS ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ที่เสริมด้วยวิตามินอี 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (P>0.05)

ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อการเป็นสารต้านออกซิเดชั่นและคุณภาพไข่ในระหว่างการเก็บรักษา

1. อุณหภูมิห้อง (เฉลี่ย 28.8±0.3 °ซ)

ค่า TBARS และคุณภาพไข่ที่วางแผนไว้ว่าจะทำการตรวจทุก 10 วัน เป็นระยะเวลา 30 วัน ปรากฏว่าตรวจวัดได้เพียง 20 วัน เนื่องจากไข่เน่าเสียก่อน ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.7-4.11 พบว่าอิทธิพลของอาหารที่มีส่วนประกอบของกระเจี๊ยบแดงทั้งในรูปผง และสารสกัดหยาบให้ค่า TBARS ในไข่แดง ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) กลุ่มที่ได้รับกระเจี๊ยบแดง มีค่า TBARS ในไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มควบคุมแต่ใกล้เคียงกับกลุ่มที่เสริมวิตามินอี ค่าฮอร์ยูนิต ค่า pH ของไข่แดง และค่า pH ของไข่ขาว และค่าความถ่วงจำเพาะยกเว้นที่ 20 วัน ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมวิตามินอี (P>0.05) โดยค่าความถ่วงจำเพาะที่ 20 วัน ของอาหารที่มีส่วนประกอบของกระเจี๊ยบแดงที่ได้รับสารสกัดหยาบ 1 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าสูงสุดและไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบ 2 เปอร์เซ็นต์ และกระเจี๊ยบผง 2 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างจากกลุ่มกระเจี๊ยบผง 4 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมวิตามินอี (P<0.01) เมื่อเปรียบเทียบค่า TBARS ในไข่แดงในแต่ละช่วงเวลาของการเก็บรักษา จะเห็นว่าค่า TBARS ในไข่แดง ค่า pH ของไข่แดง และค่า pH ของไข่ขาวเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่ค่า ฮอร์ยูนิต ลดลงตามระยะเวลาที่เก็บนานขึ้น (P<0.01) นอกจากนี้

ยังพบว่ากลุ่มอาหารทดลอง และระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมกันต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความถ่วงจำเพาะ ($P<0.01$)

2. อุณหภูมิตู้เย็น (เฉลี่ย 3.5±0.3 °ซ)

ผลการเก็บรักษาไข่ในตู้เย็นแสดงดังภาพที่ 4.12-4.16 จะเห็นได้ว่าผลของอาหารที่เสริมกระเจี๊ยบแดงทั้ง 2 รูปแบบ และ 2 ระดับ และอาหารที่เสริมวิตามินอี ให้ค่า TBARS ในไข่แดง น้ำหนักไข่ ค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าฮอร์ยูนิต และค่า pH ของไข่แดง ไม่แตกต่างจากอาหารควบคุม ($P>0.05$) เมื่อเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่างๆ พบความแตกต่างกันทางสถิติเฉพาะความแตกต่างของค่า pH ไข่ขาว ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน ในกลุ่มที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงสารสกัดหยาบ 2 เปอร์เซ็นต์ และอาหารที่เสริมวิตามินอี แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) ขณะที่อิทธิพลของระยะเวลามีผลต่อทุกค่าสังเกต ($P<0.05$) โดยในแต่ละช่วงเวลาของการเก็บรักษาที่ 10-30 วัน พบว่าค่า TBARS ในไข่แดง ค่า pH ของไข่แดง และค่า pH ของไข่ขาวเพิ่มสูงขึ้น แต่ค่าฮอร์ยูนิตลดลงตามระยะเวลาที่เก็บนานขึ้น แต่ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างอาหารกับระยะเวลาในการเก็บรักษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 คุณค่าโภชนะของอาหารทางเคมี (กรัม/100 กรัมวัตถุแห้งในอาหาร)

สารอาหาร	อาหารทดลอง[1/]					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
โปรตีน	18.5	18.7	18.8	18.6	18.6	18.5
ไขมัน	2.7	2.4	3.3	3.6	3.7	3.6
เยื่อใย	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.9
เถ้า	14.7	14.7	13.3	13.6	13.8	14.7
แคลเซียม	3.3	3.5	3.4	3.3	3.6	3.7
ฟอสฟอรัส	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8
พลังงานใช้ประโยชน์ได้[2/]	3,079	3,079	3,069	3,059	3,076	3,073
สารประกอบฟีนอลลิค[3/]	-	-	569.0	1,130.0	392.2	784.3

[1/] T1 = อาหารควบคุม T2 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม; T3 และ 4 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบหยาบกระเจี๊ยบแดง 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์; T5 และ T6 = อาหารที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงผง 2 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์

[2/]ได้จากการคำนวณ

[3/]สารประกอบฟีนอลลิคได้จากการคำนวณมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้งในอาหาร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อสมรรถภาพการผลิตไข่[1/]

หัวข้อ	กลุ่มอาหารทดลอง[2/]						SEM	*P-value*
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม/ตัว)								
น้ำหนักตัวเริ่มต้น	1.83	1.84	1.86	1.86	1.83	1.83	0.008	0.663
น้ำหนักตัวสิ้นสุด	1.95	1.94	1.96	1.98	1.91	1.95	0.012	0.631
น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น (กิโลกรัม/ตัว)	0.11	0.11	0.09	0.12	0.08	0.12	0.008	0.709
4 สัปดาห์	1.096	1.100	1.100	1.097	1.100	1.099	0.001	0.181
8 สัปดาห์	1.093	1.094	1.095	1.094	1.095	1.095	0.000	0.568
ผลผลิตไข่ (เปอร์เซ็นต์ HD)								
1-4 สัปดาห์	92.38	95.24	93.10	95.00	95.16	94.29	0.649	0.759
5-8 สัปดาห์	92.62	90.08	94.13	93.49	94.37	89.84	1.182	0.820
1-8 สัปดาห์	92.50	92.66	93.61	94.25	94.76	92.07	2.646	0.890

[1/]ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ (LSM) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM)

[2/]T1=กลุ่มควบคุม T2 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม T3 และ T4 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดง 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ T5 และ T6 = อาหารที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงผง 2 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อสมรรถภาพการผลิตไข่(ต่อ)[1/]

หัวข้อ	กลุ่มอาหารทดลอง[2/]						SEM	*P-value*
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
น้ำหนักไข่เฉลี่ย (กรัม)								
1-4 สัปดาห์	59.74	61.56	60.97	62.05	60.98	62.02	0.344	0.400
5-8 สัปดาห์	61.27	61.89	62.56	62.42	62.44	62.50	0.313	0.847
1-8 สัปดาห์	60.50	61.73	61.77	62.24	61.68	62.28	0.308	0.557
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)								
1-4 สัปดาห์	113.11	114.26	111.39	114.63	112.78	115.24	0.826	0.816
5-8 สัปดาห์	114.73	114.01	114.87	115.44	113.89	115.03	0.324	0.753
1-8 สัปดาห์	113.92	114.13	113.13	115.03	113.33	115.14	0.485	0.809
ปริมาณอาหารที่กินต่อน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม								
1-4 สัปดาห์	2.05	1.95	1.96	1.94	1.94	1.97	0.017	0.289
5-8 สัปดาห์	2.02	2.01	1.95	1.98	1.94	1.95	0.021	0.835
1-8 สัปดาห์	2.04	1.98	1.96	1.95	1.94	1.96	0.014	0.458

[1/]ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ (LSM) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM)

[2/]T1=กลุ่มควบคุม T2 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม T3 และ T4 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดง 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ T5 และ T6 = อาหารที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงผง 2 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อคุณภาพไข่[1/]

หัวข้อ	กลุ่มอาหารทดลอง[2/]						SEM	*P-value*
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
น้ำหนักไข่ (กรัม)								
4 สัปดาห์	59.38	62.32	61.64	64.15	62.57	61.42	0.500	0.133
8 สัปดาห์	62.34	63.43	64.63	63.90	62.80	64.27	0.649	0.927
ค่าความถ่วงจำเพาะ								
4 สัปดาห์	1.096	1.100	1.100	1.097	1.100	1.099	0.001	0.181
8 สัปดาห์	1.093	1.094	1.095	1.094	1.095	1.095	0.000	0.568
ค่าฮอร์ยูนิต								
4 สัปดาห์	77.87	75.73	78.07	72.47	77.67	71.73	0.204	0.204
8 สัปดาห์	74.87	72.73	75.67	74.20	74.13	72.60	0.827	0.904

[1/]ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ (LSM) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM)

[2/]T1=กลุ่มควบคุม T2 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม T3 และ T4 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดง 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ T5 และ T6 = อาหารที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงผง 2 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อคุณภาพไข่(ต่อ)[1/]

หัวข้อ	กลุ่มอาหารทดลอง[2/]						SEM	*P-value*
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
pH ไข่แดง								
4 สัปดาห์	6.02	5.96	6.02	5.94	5.94	6.00	0.017	0.514
8 สัปดาห์	6.15	6.13	6.10	6.10	6.08	6.10	0.011	0.414
pH ไข่ขาว								
4 สัปดาห์	9.03	9.03	8.95	9.07	8.97	9.00	0.020	0.601
8 สัปดาห์	9.06	9.12	9.09	9.15	9.11	9.11	0.011	0.278

[1/]ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ (LSM) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM)

[2/]T1=กลุ่มควบคุม T2 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม T3 และ T4 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดง 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ T5 และ T6 = อาหารที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงผง 2 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่าTBARS ในพลาสมาและไข่แดงของไก่ไข่[1/]

หัวข้อ	กลุ่มอาหารทดลอง[2/]						SEM	*P-value*
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
พลาสมา (นาโนโมล/มิลลิลิตร)								
4 สัปดาห์	1.87	1.71	1.67	1.72	1.77	1.81	0.072	0.975
8 สัปดาห์	2.15	1.79	1.78	1.58	1.58	1.56	0.098	0.518
ไข่แดง (มิลลิกรัมของ MDA/กิโลกรัมของไข่แดง)								
4 สัปดาห์	0.48	0.52	0.48	0.53	0.53	0.51	0.009	0.612
8 สัปดาห์	0.62	0.61	0.56	0.55	0.57	0.59	0.016	0.793

[1/]ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ (LSM) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM)

[2/]T1=กลุ่มควบคุม T2 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม T3 และ T4 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดง 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ T5 และ T6 = อาหารที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงผง 2 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่า TBARS ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.8 °ซ)[1/]

หัวข้อ	กลุ่มอาหารทดลอง [2/]					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
TBARS (มิลลิกรัมของ MDA/กิโลกรัมของไข่แดง)						
10 วัน	0.83^{Y}	0.76^{Y}	0.75^{Y}	0.82^{Y}	0.83^{Y}	0.71^{Y}
20 วัน	0.96^{X}	0.90^{X}	0.92^{X}	0.91^{X}	0.93^{X}	0.95^{X}
SEM			0.013			
P-value						
อาหารทดลอง (T)			0.430			
จำนวนวัน (D)			<.001			
TxD			0.458			

[1/]ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ (LSM) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM)

[2/]T1=กลุ่มควบคุม T2 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม T3 และ T4 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดง 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ T5 และ T6 = อาหารที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงผง 2 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์

[X-Y]ค่าเฉลี่ยลีสสแควร์ภายในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่าความถ่วงจำเพาะในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.8 °ซ)[1/]

หัวข้อ	กลุ่มอาหารทดลอง [2/]					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
ค่าความถ่วงจำเพาะ						
10 วัน	1.074^{X}	1.075^{X}	1.075^{X}	1.078^{X}	1.075^{X}	1.075^{X}
20 วัน	1.060^{cY}	1.062^{bcY}	1.069^{aY}	1.065^{abY}	1.066^{abY}	1.061^{bcY}
SEM			0.001			
P-value						
อาหารทดลอง(T)			0.001			
จำนวนวัน (D)			<.001			
TxD			0.019			

[1/]ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ (LSM) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM)

[2/]T1=กลุ่มควบคุม T2 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม T3 และ T4 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดง 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ T5 และ T6 = อาหารที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงผง 2 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์

[a-c] ค่าเฉลี่ยลีสแควร์ภายในแถวเดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[X-Y] ค่าเฉลี่ยลีสสแควร์ภายในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่าฮอร์ยูนิตในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.8 °ซ)[1/]

หัวข้อ	กลุ่มอาหารทดลอง [2/]					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
ค่าฮอร์ยูนิต						
10 วัน	46.20^{X}	46.53^{X}	46.93^{X}	47.00^{X}	45.40^{X}	47.73^{X}
20 วัน	32.31^{Y}	34.45^{Y}	38.50^{Y}	32.33^{Y}	39.58^{Y}	31.92^{Y}
SEM			1.028			
P-value						
อาหารทดลอง(T)			0.830			
จำนวนวัน (D)			<.001			
TxD			0.610			

[1/]ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ (LSM) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM)

[2/]T1=กลุ่มควบคุม T2 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม T3 และ T4 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดง 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ T5 และ T6 = อาหารที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงผง 2 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์

[X-Y] ค่าเฉลี่ยลีสสแควร์ภายในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่า pH ไข่แดง ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.8 °ซ)[1/]

หัวข้อ	กลุ่มอาหารทดลอง [2/]					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
ค่า pH ไข่แดง						
10 วัน	6.25^{Y}	6.24^{Y}	6.45^{Y}	6.44^{Y}	6.38^{Y}	6.33^{Y}
20 วัน	6.63^{X}	6.62^{X}	6.64^{X}	6.59^{X}	6.74^{X}	6.69^{X}
SEM			0.019			
P-value						
อาหารทดลอง(T)			0.060			
จำนวนวัน (D)			<.001			
TxD			0.079			

[1/]ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ (LSM) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM)

[2/]T1=กลุ่มควบคุม T2 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม T3 และ T4 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดง 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ T5 และ T6 = อาหารที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงผง 2 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์

$^{X-Y}$ ค่าเฉลี่ยลีสสแควร์ภายในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่า pH ไข่ขาว ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28.8 °ซ)[1/]

หัวข้อ	กลุ่มอาหารทดลอง [2/]					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
ค่า pH ไข่ขาว						
10 วัน	9.28^{Y}	9.31^{Y}	9.29^{Y}	9.24^{Y}	9.30^{Y}	9.31^{Y}
20 วัน	9.42^{X}	9.47^{X}	9.44^{X}	9.47^{X}	9.46^{X}	9.45^{X}
SEM			0.008			
P-value						
อาหารทดลอง(T)			0.127			
จำนวนวัน (D)			<.001			
TxD			0.063			

[1/]ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ (LSM) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM)

[2/]T1=กลุ่มควบคุม T2 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม T3 และ T4 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดง 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ T5 และ T6 = อาหารที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงผง 2 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์

$^{X-Y}$ ค่าเฉลี่ยลีสสแควร์ภายในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่า TBARS ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (3.5 °ซ)[1/]

หัวข้อ	กลุ่มอาหารทดลอง [2/]					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
TBARS (มิลลิกรัมของ MDA/กิโลกรัมของไข่แดง)						
10 วัน	0.56^{Z}	0.57^{Z}	0.56^{Z}	0.65^{Z}	0.62^{Z}	0.63^{Z}
20 วัน	0.91^{Y}	0.84^{Y}	0.90^{Y}	0.89^{Y}	0.89^{Y}	0.88^{Y}
30 วัน	0.92^{X}	0.93^{X}	0.93^{X}	0.95^{X}	1.00^{X}	1.00^{X}
SEM			0.015			
P-value						
อาหารทดลอง (T)			0.668			
จำนวนวัน (D)			<.001			
TxD			0.957			

[1/]ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ (LSM) และความคาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM)

[2/]T1=กลุ่มควบคุม T2 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม T3 และ T4 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดง 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ T5 และ T6 = อาหารที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงผง 2 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์

[X-Z] ค่าเฉลี่ยลีสสแควร์ภายในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่าความถ่วงจำเพาะในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (3.5 °ซ)[1/]

หัวข้อ	กลุ่มอาหารทดลอง [2/]					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
ค่าความถ่วงจำเพาะ						
10 วัน	1.089^{Y}	1.089^{Y}	1.089^{Y}	1.089^{Y}	1.090^{Y}	1.089^{Y}
20 วัน	1.093^{X}	1.095^{X}	1.092^{X}	1.095^{X}	1.094^{X}	1.094^{X}
30 วัน	1.091^{X}	1.094^{X}	1.093^{X}	1.094^{X}	1.094^{X}	1.092^{X}
SEM				0.000		
P-value						
อาหารทดลอง(T)				0.182		
จำนวนวัน (D)				<.001		
TxD				0.734		

[1/]ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ (LSM) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM)

[2/]T1=กลุ่มควบคุม T2 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม T3 และ T4 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดง 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ T5 และ T6 = อาหารที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงผง 2 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์

[X-Y] ค่าเฉลี่ยลีสสแควร์ภายในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.14 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่าฮอร์ยูนิตในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (3.5 °ซ)[1/]

หัวข้อ	กลุ่มอาหารทดลอง [2/]					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
ค่าฮอร์ยูนิต						
10 วัน	76.87^{X}	80.33^{X}	78.40^{X}	75.73^{X}	75.93^{X}	75.47^{X}
20 วัน	73.23^{Y}	73.87^{Y}	77.33^{Y}	74.53^{Y}	73.20^{Y}	76.60^{Y}
30 วัน	72.73^{Y}	74.67^{Y}	73.87^{Y}	74.67^{Y}	75.07^{Y}	74.00^{Y}
SEM			0.426			
P-value						
อาหารทดลอง(T)			0.598			
จำนวนวัน (D)			0.012			
TxD			0.643			

[1/]ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ (LSM) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM)

[2/]T1=กลุ่มควบคุม T2 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม T3 และ T4 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดง 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ T5 และ T6 = อาหารที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงผง 2 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์

[X-Y] ค่าเฉลี่ยลีสสแควร์ภายในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.15 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่า pH ไข่แดง ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (3.5 °ซ)[1/]

หัวข้อ	กลุ่มอาหารทดลอง [2/]					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
ค่า pH ไข่แดง						
10 วัน	6.15^{Z}	6.12^{Z}	6.16^{Z}	6.16^{Z}	6.14^{Z}	6.18^{Z}
20 วัน	6.31^{Y}	6.41^{Y}	6.34^{Y}	6.23^{Y}	6.36^{Y}	6.32^{Y}
30 วัน	6.44^{X}	6.38^{X}	6.43^{X}	6.39^{X}	6.48^{X}	6.31^{X}
SEM			0.013			
P-value						
อาหารทดลอง(T)			0.544			
จำนวนวัน (D)			<.001			
TxD			0.260			

[1/]ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ (LSM) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM)

[2/]T1=กลุ่มควบคุม T2 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม T3 และ T4 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดง 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ T5 และ T6 = อาหารที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงผง 2 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์

[X-Z] ค่าเฉลี่ยลีสสแควร์ภายในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.16 ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อค่า pH ไข่ขาว ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (3.5 °ซ)[1/]

หัวข้อ	กลุ่มอาหารทดลอง [2/]					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
ค่า pH ไข่ขาว						
10 วัน	8.91^{Z}	8.97^{Z}	8.95^{Z}	8.97^{Z}	8.94^{Z}	8.93^{Z}
20 วัน	8.97^{bY}	9.02^{aY}	8.99^{abY}	9.02^{aY}	9.00^{abY}	9.00^{abY}
30 วัน	9.07^{X}	9.10^{X}	9.12^{X}	9.08^{X}	9.08^{X}	9.05^{X}
SEM			0.006			
P- value						
อาหารทดลอง(T)			0.029			
จำนวนวัน (D)			<.001			
TxD			0.750			

[1/]ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ (LSM) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM)

[2/]T1=กลุ่มควบคุม T2 = อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม T3 และ T4 = อาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดง 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ T5 และ T6 = อาหารที่ประกอบด้วยกระเจี๊ยบแดงผง 2 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์

[a-c] ค่าเฉลี่ยลีสสแควร์ภายในแถวเดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[X-Z] ค่าเฉลี่ยลีสสแควร์ภายในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

วิจารณ์

คุณค่าทางโภชนะของอาหารทดลอง

ปริมาณสารอาหารในอาหารทดลองที่ได้จาการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่าค่าโปรตีน และฟอสฟอรัสมีค่าใกล้เคียงกัน ปริมาณไขมันสูงขึ้นตามระดับน้ำมันรำข้าวที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารที่มีกระเจี๊ยบแดงเป็นส่วนประกอบเพื่อปรับพลังงานใช้ประโยชน์ได้ให้มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนปริมาณเยื่อใยที่มีอยู่สูงในอาหารที่มีส่วนประกอบของกระเจี๊ยบแดงผงที่ 4 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากกระเจี๊ยบแดงผงมีเยื่อใยสูงถึง 12.6 กรัม/100 กรัมอาหาร สำหรับระดับแคลเซียมในอาหารมีความแตกต่างกันเล็กน้อยคืออยู่ในช่วง 3.3-3.7 กรัม/100 กรัมอาหาร แต่เมื่อคิดเทียบจากปริมาณอาหารที่ไก่กินได้พบว่าปริมาณแคลเซียมที่ไก่ไข่ทดลองได้รับจะอยู่ในช่วง 3.8-4.3 กรัม/ตัว/วัน ซึ่งเป็นไปตามความต้องการแคลเซียมของไก่สายพันธ์นี้ที่ได้แนะนำไว้ที่ 3.8-4.2 กรัม/ตัว/วัน (เจริญ โภคภัณฑ์อาหาร, 2002)

สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลลิคที่ได้จากการนำค่าที่วิเคราะห์ในตารางที่ 3.2 ซึ่งมีค่า 18 และ 52.3 มิลลิกรัม/กรัม สำหรับกระเจี๊ยบแดงผงและสารสกัดหยาบ ตามลำดับ มาคำนวณ พบว่าอาหารที่ประกอบด้วยสารสกัดหยาบในรูปแกรนูล ที่ระดับ 10 และ 20เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร หรือเทียบเท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์และ 2 เปอร์เซ็นต์ ของสารสกัดหยาบในอาหาร มีค่าของสารประกอบฟีนอลลิคเท่ากับ 569 และ 1,130 มิลลิกรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้งในอาหาร ขณะที่กระเจี๊ยบแดงผงที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร มีค่าสารประกอบฟีนอลลิคเท่ากับ 392.2 และ 784.3 มิลลิกรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้งในอาหาร

ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่

จากผลการทดลองไม่พบความแตกต่างทางสถิติในค่าสมรรถภาพการผลิตไข่ที่ทำการตรวจวัดในทุกช่วงที่ทำการศึกษา และค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์ปกติของสายพันธุ์คือ ไก่ไข่ที่อายุ 33-40 สัปดาห์ มีน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 1.88-1.90 กิโลกรัม ปริมาณการกินอาหาร 111-115 กรัม/ตัว/วัน เปอร์เซ็นต์การเลี้ยงรอด 97.7-98.6 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตไข่ 91-93.8 เปอร์เซ็นต์ และ น้ำหนักไข่

เฉลี่ย 61-62 กรัม (เจริญโภคภัณฑ์อาหาร, 2002) แสดงให้เห็นว่าคุณภาพอาหารทุกสูตรที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีคุณภาพใกล้เคียงกัน ซึ่ง Scott และคณะ (1982) และ Leeson และ Summers (2001) กล่าวว่าถ้าไก่ได้รับโภชนะที่จำเป็นเพียงพอต่อความต้องการในการดำรงชีวิตและการให้ผลผลิตไข่จะส่งผลให้ไก่มีสมรรถภาพการผลิตดำเนินได้อย่างปกติ การใช้กระเจี๊ยบแดงทั้งในรูปผงและสารสกัดหยาบทุกระดับไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพไข่ ซึ่งไม่พบรายงานการทดลองการใช้กระเจี๊ยบแดงในไก่ไข่ อย่างไรก็ตามมีการศึกษาทางการใช้พืชชนิดอื่นที่มีสารประกอบฟีนอลลิคในอาหารไก่ไข่ที่ระดับต่างๆ กัน โดย Florou-Paneri และคณะ (2006) ได้ทำการทดลองใช้ rosemary ผง ที่มีสารประกอบฟีนอลลิค เท่ากับ 29 มิลลิกรัม/กรัมของ rosemary ในระดับ 5 และ 10 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ซึ่งคิดเทียบเป็นระดับของสารประกอบฟีนอลลิคในอาหารเท่ากับ 145 และ 290 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ตามลำดับ ไม่พบความแตกต่างของสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่เช่นกัน และมีรายงานการใช้สารสกัดหยาบของใบชาที่มีสารประกอบฟีนอลลิคเป็นส่วนประกอบอยู่ในอาหารของไก่ไข่เช่นกัน ที่ระดับ 100 200 300 และ 400 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร แต่ไม่มีรายงานการวิเคราะห์ระดับสารประกอบฟีนอลิคในสารสกัดหยาบของใบชา พบว่าไม่มีความแตกต่างของสมรรถภาพการผลิตไข่ ($P>0.05$) แต่สามารถช่วยเพิ่มความสูงไข่ขาว ($P<0.05$) (สุภาภรณ์ และคณะ 2008) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองครั้งนี้ที่กระเจี๊ยบแดงผงและสารสกัดหยาบในรูปแกรนูลที่มีสารประกอบฟีนลลิคสูงถึง 1,130 มิลลิกรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้งในอาหาร และ 784.31 มิลลิกรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้งในอาหาร ตามลำดับ ให้ผลไม่แตกต่างกันจึงสรุปได้ว่าสารประกอบฟีนอลลิคไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ และคุณภาพไข่

ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อการเป็นสารต้านออกซิเดชั่น

ผลการใช้สารสกัดหยาบกระเจี๊ยบแดง และกระเจี๊ยบแดงผงในอาหารไก่ไข่เพื่อช่วยลดการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่นในตัวไก่และไข่ พบว่าค่า TBARS ที่ได้ในพลาสมาจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาผลการตรวจวัดทั้งสัปดาห์ที่ 4 และ 8 พบว่าในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีส่วนประกอบของกระเจี๊ยบแดง และกลุ่มที่เสริมวิตามินอี ให้ค่า TBARS ในพลาสมาต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าสารประกอบฟีนอลลิคและวิตามินอีมีความสามารถในการต้านออกซิเดชั่นแม้ว่าจะเห็นผลไม่เด่นชัด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากไม่ได้มีการกระตุ้นให้เกิดเครียดเหมือนการทดลองที่ผ่านมา อาทิเช่นการทดลองของ Valentova และคณะ (2007) ที่รายงานว่าการใช้แอนโธไซยานินที่ได้จากสารสกัดหยาบบิลเบอร์รีซึ่งมีสารสำคัญชนิดเดียวกันที่พบใน

กระเจี๊ยบแดงในอาหารที่ปริมาณ 100 และ 500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร เป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชั่นของเซลล์ตับหนู rat ที่กระตุ้นให้เกิดความเครียดโดยใช้ *tert*-buty hydroperoxide หรือ allyl alcohol พบว่าสารสกัดหยาบทั้ง 2 ระดับดังกล่าว สามารถป้องกันการถูกทำลายของเซลล์ตับได้ โดยที่สารสกัดหยาบปริมาณ 500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร สามารถป้องกันการถูกทำลายของเซลล์ตับได้สูงสุดที่ 58 เปอร์เซ็นต์ สารแอนโธไซยานินมีฤทธิ์ไปขัดขวางการสร้างเอนไซม์ lactate dehydrogenase ซึ่งเป็นตัวทำลายเซลล์ตับ และต้านการเกิด lipid peroxidation สนับสนุนโดย Tseng และคณะ (1997) ที่รายงานว่าสารสกัดหยาบจากกระเจี๊ยบแดงที่ระดับ 0.10 และ 0.20 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สามารถต้านการเกิด oxidative stress ในหนู rat ทดลองที่กระตุ้นให้เกิดความเครียดจาก *tert*-buty hydroperoxide ได้ สำหรับค่า TBARS ของไข่แดง ทั้งสัปดาห์ที่ 4 และ 8 ไม่พบความแตกต่างกันในทุกกลุ่มทดลองซึ่งตรงข้ามกับการศึกษาของ Bostoglou และคณะ (1997) ที่ใช้ใบไทม์ผงที่มีสารในกลุ่มฟีนอลลิคคือ thymol เท่ากับ 98.7 มิลลิกรัม/กรัมของใบไทม์ใช้ในอาหารที่ระดับ 0 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคิดเป็นปริมาณสารประกอบฟีนอลลิคที่ระดับ 0 และ 2,961 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร พบว่าสามารถช่วยต้านการเกิดออกซิเดชั่นในไข่แดงได้เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.01$) และยังรายงานอีกว่าสารประกอบฟีนอลลิคชนิดนี้สามารถส่งผ่านมายังฟองไข่ได้ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ที่ใช้กระเจี๊ยบแดงผงที่มีค่าฟีนอลลิคสูงสุดที่ระดับ 784.3 มิลลิกรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้งในอาหาร ซึ่งต่ำกว่าใบไทม์ผงจึงเป็นผลให้ไม่เห็นความแตกต่างของการต้านออกซิเดชั่นในไข่แดง ขณะที่ Galobart และคณะ 2001[b] ได้ใช้สารสกัดในกลุ่มสารประกอบฟีนอลลิคจาก rosemary ที่ระดับ 0 500 และ 1,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ซึ่งใกล้เคียงกับระดับการใช้สารสกัดในรูปแกรนูล 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ (569 และ 1,130 มิลลิกรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้งในอาหาร) ในการทดลองครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างของค่า TBARS ในไข่สดเช่นกัน ซึ่งเขาคาดว่าเปลือกไข่ และเยื่อหุ้มไข่แดง มีคุณสมบัติต้านออกซิเดชั่นที่เกิดจาก แสง และออกซิเจนที่มากระตุ้นให้กิดออกซิเดชั่นได้ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าในไข่แดงมี iron chelator (phosvitin) ซึ่งเป็นตัวช่วยสร้างกลไกการต้านออกซิเดชั่นได้ (Pike and Peng, 1985) ส่วนของวิตามินอี Kucuk และคณะ (2003) ทดลองเสริม α- tocopherol acetate ระดับ 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ให้ไก่ไข่ที่เลี้ยงในอุณหภูมิต่ำ (6±2.3 °ซ) พบว่าสามารถลด TBARS ในไข่แดงสดได้ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการทดลองในครั้งนี้ การดูดซึมวิตามินอีอาจไม่ดีพอเนื่องจากไม่มีการใช้ไขมันในอาหารที่เสริมวิตามินี ขณะที่ Kucuk และคณะ (2003) มีไขมันในอาหาร 1.5. เปอร์เซ็นต์ จึงส่งผลให้การการดูดซึมและส่งผ่านวิตามินไปยังไข่ของการทดลองครั้งนี้ต่ำกว่า เพราะวิตามินอีอาศัยไขมันในการดูดซึมเข้ากระแสเลือด (Leeson and Summer, 2001)

ผลของกระเจี๊ยบแดงต่อการเป็นสารต้านออกซิเดชั่นและคุณภาพไข่ในระหว่างการเก็บรักษา

ผลของการต้านการเกิดออกซิเดชั่นในไข่แดงของกลุ่มอาหารทดลองแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งในอุณหภูมิห้องและแช่เย็น แต่ค่า TBARS จะสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นยกเว้นในอุณหภูมิตู้เย็นที่ 3.5±0.3 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับผลงาน Florou-Paneri และคณะ (2006) ที่เก็บรักษาไข่ไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (60 วัน) พบว่าคุณภาพไข่ที่ได้จากแม่ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีส่วนประกอบของ rosemary ผง ในระดับที่ให้สารประกอบฟีนอลลิค 145 และ 290 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ไม่แตกต่างกัน เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาไข่เพิ่มขึ้น แต่แตกต่างจากผลงานของ Botsoglou และคณะ (1997) ที่พบว่าการใช้ใบไทม์ผงซึ่งมีสารสำคัญอยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอลลิคที่ระดับ 2,961 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร สามารถป้องการเกิดลิปิดออกซิเดชั่นในการเก็บรักษาไข่ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 60 วัน ($P<0.01$) ขณะที่ Grobas และคณะ 2002 ไม่พบความแตกต่างของการต้านออกซิเดชั่นในไข่แดงที่เก็บในอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 10 และ 40 วัน เมื่อเสริมวิตามินอีในระดับ 0 40 160 และ 640 หน่วยสากล/กิโลกรัมอาหาร ในการทดลองครั้งนี้พบว่ากลุ่มที่ได้รับกระเจี๊ยบแดงทั้ง 2 รูปแบบ และกลุ่มที่เสริมวิตามินอี แสดงค่า TBARS ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P>0.05$) อาจเนื่องมาจากเกิดออกซิเดชั่นสูงในไข่แดงที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเก็บในอุณหภูมิห้อง ทั้งปริมาณสารฟีนอลลิคและวิตามินอีที่มีอยู่ในไข่แดงไม่เพียงพอที่จะต้านการเกิดออกซิเดชั่นได้

คุณภาพไข่ที่มีผลมาจากอิทธิพลอาหาร ที่เก็บไว้ในอุณหภูมิห้องพบความแตกต่างเฉพาะค่าความถ่วงจำเพาะของไข่ที่เก็บไว้เป็นระยะ 20 วัน ของกลุ่มที่ได้รับกระเจี๊ยบแดงยกเว้นกลุ่มที่ได้รับกระเจี๊ยบแดงผง 4 เปอร์เซ็นต์ กับกลุ่มควบคุม ในการทดลองครั้งนี้ ไม่น่าเกิดจากผลการต้านออกซิเดชั่นของสารประกอบฟีนอลลิค เนื่องจากกลุ่มที่เสริมวิตามินอีให้ผลไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมเช่นกัน และจากการศึกษาของ ยุวเรศ และคณะ (2005) รายงานว่าการเสริมสารสกัดหยาบจากพริกที่มีสารประกอบฟีนอลลิคเช่นกันในทุกกลุ่มทดลองไม่ส่งผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะ การที่ค่าความถ่วงจำเพาะของกลุ่มที่เสริมกระเจี๊ยบแดงในการทดลองครั้งนี้สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่อุณหภูมิห้อง ($P<0.01$) และไข่ที่เก็บในอุณหภูมิตู้เย็น ($P>0.05$) เหตุผลที่น่าจะเป็นไปได้คือกระเจี๊ยบแดงมีกรดอินทรีย์ประกอบอยู่ด้วย เมื่อเข้าสู่ทางเดินอาหารจะช่วยให้การดูดซึมแคลเซียมเพิ่มขึ้น ตามรายงานของ Soltan (2008) ที่ว่าการใช้กรดอินทรีย์เสริมในอาหารไก่ไข่พบว่าช่วยให้การดูดซึมแคลเซียมเข้าสู่กระแสเลือดเพิ่มขึ้นจึงส่งผลต่อการปรับปรุงคุณภาพเปลือกไข่ให้ดีขึ้น ซึ่ง

การเพิ่มการสะสมแคลเซียมในเปลือกไข่ ส่งผลให้ค่าความถ่วงจำเพาะสูงขึ้น อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าเสียดายที่การทดลองครั้งนี้ไม่ได้ทำการชั่งน้ำหนักไข่ และวัดความหนาของเปลือกไข่ ที่จะช่วยยืนยันเหตุผลดังกล่าว นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าค่าความถ่วงจำเพาะของไข่จะลดลง เมื่อช่องอากาศจะเพิ่มขนาดขึ้นตามระยะเวลาและอุณหภูมิที่สูงกว่า 21 องศาเซลเซียส (สุวรรณ, 1979; Samli et al., 2005) ขณะที่พบความแตกต่างเฉพาะค่า pH ของไข่ขาวที่เก็บรักษา 20 วัน ในตู้เย็นของกลุ่มที่มีส่วนประกอบของสารสกัดกระเจี๊ยบแดง 2% และกลุ่มที่เสริมวิตามินอี มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.01$) ขณะที่ค่าฮอร์ยูนิตไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่ากลุ่มที่ได้รับกระเจี๊ยบแดงมีค่าสูงกว่า ซึ่งผลที่ได้แตกต่างจากรายงานของ Silversides และ Budgell (2004) ที่ว่าค่า pH และค่าความสูงของไข่ขาวหรือฮอร์ยูนิตมีความสัมพันธ์กันในเชิงลบกล่าวคือ เมื่อค่า pH เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าฮอร์ยูนิตลดลง ซึ่งสุวรรณ (1979) อธิบายเพิ่มเติมไว้ว่าค่า pH ไข่ขาวที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการแยกตัวของคาร์บอนไดออกไซด์อิสระออกจากไข่ขาว และเกิดจากกรดบางอย่างที่ทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์บอเนตของเปลือกไข่ ซึ่งทั้ง 2 เหตุผลจะส่งผลให้คายคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากฟองไข่ และเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ไข่ข่าว ผลการทดลองครั้งนี้ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ว่ามีสารประกอบในกระเจี๊ยบแดงตัวใดมีบทบาททำให้ค่า pH ของไข่ขาวเพิ่มขึ้นโดยไม่มีผลกระทบต่อค่าฮอร์ยูนิต

ในเรื่องระยะเวลาการเก็บรักษาไข่ที่ 10 และ 20 วันที่อุณหภูมิห้อง และที่ 10 20 และ 30 วันในตู้เย็น พบว่าระยะเวลามีผลต่อทุกค่าที่สังเกต ในส่วนของน้ำหนักไข่เริ่มต้นจะไม่นำมาพิจารณาเพราะเป็นน้ำหนักไข่ก่อนการเก็บรักษา ไม่ใช่น้ำหนักไข่ ณ วันที่ตอกไข่เพื่อตรวจวัดค่า TBARS และคุณภาพไข่ ค่า TBARS ของทุกกลุ่ม เริ่มเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บไข่ไว้นาน 20 วันที่อุณหภูมิตู้เย็น ขณะที่ค่า TBARS เพิ่มขึ้นในวันที่ 10 เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง ด้านคุณภาพไข่ พบว่าค่าความถ่วงจำเพาะและค่าฮอร์ยูนิตลดลง ขณะที่ ค่า pH ของไข่ขาวและไข่แดงเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่ง Samli และคณะ (2005) อธิบายว่าเมื่อระยะเวลาและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นส่งผลต่อความถ่วงจำเพาะที่เกิดจากเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายในฟองไข่โดยค่าความถ่วงจำเพาะของไข่สดมีค่า 1.086 และเมื่อเก็บไข่เป็นระยะเวลา 10 วัน ในอุณหภูมิ 5 21 และ 29 องศาเซลเซียส พบว่าค่าลดลงเป็น 1.080 1.074 และ 1.063 ตามลำดับ ซึ่งสุวรรณ (1979) อธิบายเพิ่มเติมว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นช่องอากาศในฟองไข่จะขยายตัวขึ้นจึงส่งผลต่อการระเหยออกของน้ำในฟองไข่ ขณะที่ปริมาตรของเปลือกยังคงเท่าเดิมจึงส่งผลให้ค่าความถ่วงจำเพาะและค่าฮอร์ยูนิตที่ลดลง ขณะที่ pH ของไข่ขาวเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาไข่ไว้เป็นระยะเวลา 10 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ส่วนค่าฮอร์ยูนิตที่ลดลงนั้น Li-chan และคณะ (1995) ให้

เหตุผลว่าเกิดจากกระบวนการทางเคมีของสารประกอบไกลโคโปรตีนคือ โอโวมิวซิน และไลโซไซม์ในไข่ขาว แยกตัวออกจากกันเมื่อ pH ไข่ขาวมีค่า 9 – 9.5 ต่อจากนั้นความเป็นด่างที่เพิ่มขึ้นจะไปสลายสารประกอบไกลโคโปรตีน ส่งผลให้ไข่ขาวข้นเปลี่ยนเป็นไข่ขาวเหลว (Hawthorme 1950 อ้างโดย Li-chan et al., 1995) ซึ่งโดยปกติไข่ขาวสด มีค่า pH อยู่ในช่วง ที่ 7.6-8.5 การเพิ่มขึ้นของค่า pH ในไข่ขาว เกิดจากการสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกจากฟองไข่ ซึ่งปกติก๊าซนี้จะละลายอยู่ในไข่ขาว (สุวรรณ, 1979; Samli et al., 2005) Li-chan และคณะ (1995) พบว่าการเก็บไข่ ที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 วัน ค่า pH ของไข่ขาวมีค่าเท่ากับ 9.18 แต่ถ้าเก็บเป็นระยะเวลา 21 วัน ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ค่าที่ได้จะเพิ่มขึ้นเป็น 9.4 สำหรับค่า pH ของไข่แดงที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งอธิบายว่าได้ว่าการเก็บรักษาไข่ส่งผลให้ค่า pH ของไข่แดงเพิ่มสูงขึ้นเป็นส้นตรง จึงส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มไข่แดง ทำให้น้ำจากภายนอกเข้าไปในไข่แดง ทำให้ไข่แดงขยายตัวขึ้นและแบนราบ แต่ค่า pH ของไข่ขาวจะตรงกันข้ามโดยในช่วงแรกจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นไปจนถึง 9.7 ต่อจากนี้จะไม่เพิ่มขึ้นอีก เนื่องจากมีการซึมผ่านของกรดฟอสฟอริคจากไข่แดงมาสู่ไข่ขาวจึงช่วยรักษาระดับความด่างของไข่ขาวไว้ ขณะเดียวกันไข่แดงจะมีความเป็นด่างมากขึ้น (สุวรรณ, 1979) สอดคล้องกับผลงานของ Li-chan และคณะ (1995) รายงานว่าไข่แดงสดทั่วไปมีค่า pH ประมาณ 6 เมื่อเก็บไข่ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 50 วัน มีค่า pH จะเพิ่มขึ้นเป็น 6.4 แต่ถ้าเก็บไข่ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 18 วัน ค่า pH จะเป็น 6.9 ซึ่งให้ผลไปในทางเดียวกับงานของ Samli และคณะ (2005) ที่พบว่าค่า pH ของไข่แดงที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 5.75 เป็น 6.08

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผลการทดลอง

การใช้สารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงที่ระดับ 1-2% และกระเจี๊ยบแดงผงที่ระดับ 2-4% ไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่ สารประกอบฟีนอลลิคซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ที่สำคัญในกระเจี๊ยบแดงที่ระดับ 392 - 1,130 มิลลิกรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้งของอาหาร ไม่สามารถแสดงผลในการต้านออกซิเดชั่นให้เห็นเด่นชัดทั้งในตัวไก่และไข่สด รวมทั้งไข่ที่ทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (28.8^{0}ซ)และตู้เย็น (3.5^{0}ซ) อุณหภูมิที่สูงในการเก็บรักษา ส่งผลให้การเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่นในไข่แดงและคุณภาพไข่ลดลงเร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ และคุณภาพไข่แปรผกผันกับระยะเวลาในการเก็บรักษา

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาเพิ่มเติมถึงกลไกของการดูดซึมและการส่งผ่านสารสำคัญของกระเจี๊ยบแดงไปยังไข่ รวมทั้งปริมาณสารสำคัญที่สะสมในไข่แดง

2. ควรมีการชั่งน้ำหนักไข่ที่จะนำมาวัดคุณภาพทุกช่วงเวลาของการเก็บรักษา เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

3. การวัดคุณภาพไข่ควรวัดน้ำหนักไข่แดง ไข่ขาว และเปลือกไข่ เพิ่มเติมเพื่อใช้อธิบายได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของน้ำไข่เกิดจากส่วนประกอบใดของไข่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

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

เจริญโภคภัณฑ์อาหาร. 2002 (2545). คู่มือการเลี้ยงไก่ ซีพี บราวน์. กรุงเทพมหานคร. 20-26.

พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ. 2002 (2545). ประโยชน์ของสมุนไพรในงานสวนพฤกษศาสตร์โรงเรียน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: แสงมงคล ออฟเซ็ท การพิมพ์. 26.

ยุวเรศ เรืองพานิช สุชาติ สงวนพันธุ์ และ ขุนพล พงษ์มณี. 2005 (2548). การพัฒนาการใช้ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรในไก่ไข่. ชุดโครงการการพัฒนาการใช้ส่วนของผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรในไก่ไข่. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 30-34.

วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร. 2003 (2546). วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สำหนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 282-299.

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

สมพร ภูติยานันต์. 2003 (2546). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการแพทย์แผนไทย. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ. 294-305.

สุภาภรณ์ โลณานุรักษ์ นวลจันทร์ พารักษา และ ยุวเรศ เรืองพานิช 2008 (2551). การเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารไก่ไข่. ใน: การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 10 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. วันที่ 11-12 กันยายน 2551: 1-11.

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 1979 (2522). ไข่และเนื้อไก่. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ. 78-179.

ภาษาอังกฤษ

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

AL-Bachir, M. and Zeinou, R. 2006. Effect of gamma irradiation on some characteristics of shell eggs and mayonnaise prepared from irradiated eggs. J. Food Safety. 26: 348-360.

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

Aphirakchatsakun W., Kijparkorn S. and Angkanaporn K. 2008. The Effect of Roselle (Hibicus ssbdariffa Linn.) Calyx as Antioxidant and acidifier on growth performance of postweaning Pigs. Asian. Aust. J. Anim. Sci. 21: 574-581.

Bollengier-Lee, S., Mitchell, M.A., Utomo, D.B., Williams, P.E. and Whitehead, C.C. 1998. Influence of high dietary vitamin E supplementation on eggs production and plasma characteristics in hens subjected to heat stress. Br. Poult. Sci. 39: 106-112.

Bollengier-Lee, S., Williams, P.E.V. and Whitehead, C.C. 1999. Optimal dietary concentration of vitamin E for alleviating the effect of heat stress on egg production in laying hen. Br. Poult. Sci. 40: 102-107.

Bolukbasi, S.C., Erhan M.K., Keles, M.S. and Ridvan, K. 2007. Effect of dietary vitamin E on the performance, plasma and egg yolk vitamin E levels and lipid oxidation of egg in heat stressed layers. J. Apply Bio Sci. 1: 19-23.

Botsoglou N.A., Yannakopoulos, A.L., Fletouris, D.J., Tserveni-Goussi, A.S. and Fortomaris, P.D. 1997. Effect of dietary Thyme on the oxidative stability of egg yolk. J. Agric. Food Chem. 45: 3711-3716.

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

Chang, Y.C., Huang, K.X., Huang, A.C., Ho, Y.C. and Wang, C.J. 2006. *Hibiscus* anthocyanins-rich extract inhibited LDL oxidation and oxLDL-mediated macrophages apoptosis. Food Chem. Toxicol. 44: 1015-1023.

Chen, C.C., Hsu, J.D., Wang, S.F., Chiang, H.C., Yang, M.Y., Kao, E.S., Ho, Y.C. and Wang, C.J. 2003. *Hibiscus sabdariffa* extract inhibits the development of atherosclerosis in cholesterol-fed rabbits. J. Agric. Food Chem. 51: 5472-5477.

Cherian, G., Wolfe, F.W. and Sim, J.S. 1996. Dietary oil with added tocopherols: effects on egg or tissue tocopherols, fatty acids, and oxidative stability. Poult. Sci. 75: 423-431.

De-Xing, H., Tong, X., Terahara, N., Luo, D. and Fujii, M. 2005. Delphinidin 3-sambubioside, a *Hibiscus* anthocyanin, induces apoptosis in human leukemia cells through reactive oxygen species-mediated mitochondrial pathway. Arch Biochem. Biophys. 440: 101–109.

Duh, P.D. and Yen, G.C. 1997. Antioxidative activity of three herbal water extracts. Food Chem. 60: 639-645.

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

Florou-Paneri, P., Dotas. D., Mitsopoulos, I., Dotas, V., Botsoglou, E., Nikolakakis, I. and Botsoglou, N. 2006. Effect of feeding rosemary and α-tocopheryl acetate on hen performance and egg quality. J. Poult Sci. 43: 143-149.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2003. Egg Marketing A Guide for the Production and Sale of Eggs. Rome.

Galobart, J., Barroeta, A.C., Baucells, M.D., Cortinas, L. and Guardiola, F. 2001[a]. α-Tocopherol transfer efficiency and lipid oxidation in fresh and spray-dried eggs enriched with ω 3-polyunsaturated fatty acids. Poult. Sci. 80: 1496-1505.

Galobart, J., Barroeta, A.C., Baucells, M.D., Codony, R. and Temes, W. 2001[b] .Effect of dietary supplementation with rosemary extract and α-tocopheryl acetate on lipid oxidation in eggs enriched with ω3-fatty acids. Poult Sci. 80: 460–467.

Grobas, S., Me´ndez, J., Lopez Bote, C., De Blas, C. and Mateos G. G. 2002. Effect of Vitamin E and A Supplementation on Egg Yolk α-Tocopherol concentration. Poult Sci. 81:376–381.

Hirunpanich, V., Utaipat, A., Morales, N.P., Bunyapraphatsara, N., Sato, H., Herunsale, A. and Suthisisang, C. 2006. Hypocholesterolemic and antioxidant effects of aqueous extracts from the dried calyx of *Hibiscus sabdariffa* L. in hypercholesterolemic rats. J. Ethnopharmacol. 103: 252-260.

Ichiyanagi T., Rahman, M.M., Kashiwada, Y., Tkeshiro, Y., Shida, Y., Hatano, Y., Matsumoto, H., Hirayama, M., Tsuda, T. and Konishi, T. 2004. Absorption and metabolism of delphinidn 3-O-β-D glucopyranoside in rats. Free. Rad. Bio. Med. 36: 930 – 937.

Kahkonen, M.P. and Heinonen, M. 2003. Antioxidation activity of anthocyanins and their Aglycons. J. Agric. Food chem. 51: 628-633.

Kang, K.R., Cherian, G. and Sim, J.S. 1998. Tocopherols, retinol and carotenes in chicken egg and tissues as influenced by dietary palm oil. J. Food Sci. 63: 592-596.

Kang, K.R., Cherian, G. and Sim, J.S. 2001. Dietary palm oil alters the Lipid stability of polyunsaturated fatty acid-modified poultry Products. Poult. Sci. 80: 228-234.

Kijparkorn S., Jamikorn U., Wangsoonean S. and Ittitanawong P. 2009. Antioxidant and acidifier properties of roselle (*Hibicus sabdariffa* Linn.) calyx powder on lipid peroxidation, nutrient digestibility and growth performance in fattening pigs. Thai J. Vet. Med. 39: 41-51.

Kucuk O., Sahin N., Sahin, K., Gursu, M.F., Gulcu, F., Ozcelik, M. and Issi, M. 2003. Egg production egg quality and lipid peroxidation status in laying hen maintained at alow ambient temperature (6^{o}c) and fed a vitamin C and vitamin E-supplemanted diet. Vet. Med. Czech. 48: 33-40.

Leeson, S. and Summer, J.D. 2001. Nutrition, Disease and Stress. Nutrition of the Chicken 4th edition. Canada : Ontario. 24-41.

Li-chan, E.C.Y., Powrie,W.D. and Nakai, S. 1995. The chemistry of egg and egg products. In: Egg Science Technology 4th Stadelman, W.J., and Cotterill, O.J Haworth Press (eds.). Inc. New York, London. 105-175.

Marshall, A.C., Sams, A.R. and Van Elswyk, M.E. 1994. Oxidative stability and sensory quality of stored eggs from hens fed 1.5% menhaden oil. J. Food Sci. 59: 561-563.

Matsumoto, H., Inaba, H., Kishi, M., Tominaga, S., Hirayama, M. and Tsuda, T. 2001.Orally administered delphinidin 3-rutinoside and cyaniding 3-rutinoside are directly absorbed in rats and humans and appear in the blood as the intact forms. J. Agric. Food Chem. 49: 1546-1551.

Matuschek, M.C., Hendriks, W.H., McGhie, T.K. and Reynolds, G.W. 2006. The jejunum is the main site of absorption for anthocyanins in mice. J.Nutr. Biochem. 17: 31-36.

Mishra, M., Shukla, Y.N., Jain, S.P. and Kumar, S. 1999. Chemistry and pharmacology of some *Hibiscus spp*. a review. J. Med. Arom. Plant Sci. 21: 1169-1186.

Morrissey, P.A., Sheehy, P.J.A., Galvin, K., Kerry, J.P. and Buckley, D.J. 1998. Lipid stability in meat and products. Meat Sci. 49: 73-86.

Mozetic, B., Plonca, T. and Jannez, H. 2002. Determination and quantitaion of anthocyanins and hydroxycinnamic acid in different cultivars of sweet cherries (*Prunus avium* L.) from Nova Gorica Region (Slovenia) J. Food Technol. Biotechnol. 40: 207-212.

Naber, EC. 1979. The effect of nutrition on the composition of the eggs. Poult Sci. 58: 518-528.

Nijveldt, R.J., Nood, E., Hoorn, D.E.C., Boelens, P.G., Norren, K. and Leeuwen, P. A.M.L. 2001. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. Am. J. Clin Nutr. 74: 418–425.

Onyenekwe, P.C., Ajani, E.O., Ameh, D.A. and Gamniel, K.S. 1999. Antihypertensive effect of roselle (*Hibiscus sabdariffa*) calyx inclusion in spontaneously

hypertensive rats and a comparison of its toxicity with that in wistar rats. (Abstract). Cell. Biochem. Funct. 17: 199-206.

Papas, A.M. 1999. Vitamin E : Tocopherols and Tocotrienols. Antioxidant Status, Diet, Nutrition, and Health. USA. 189-210.

Passamonti, S., Vrbovsek, U., Vanzo, A. and Mattivi, F. 2003. The stomach as a site for anthocyanins absorption from food. FEBS Lett. 544: 210– 213.

Pergola C., Rossi, A., Dugo, P., Cuzzocrea, S. and Sautebin, L. 2006. Inhibition of nitric oxide biosynthesis by anthocyanin fraction of blackberry extract. Nitric Oxide. 15: 30-39.

Pike, O.A. and Peng, I.C. 1985. Stability of shell egg and liquid yolk to lipid oxidation. Poult. Sci. 64: 1470-1475.

Prenesti, E., Berto, S., Daniele, P.G. and Toso, S. 2007. Antioxidant power quantification of decoction and cold infusions of *Hibiscus sabdariffa* flowers. Food Chem. 100: 433-438.

Samli, H. E., Agma, A. and Senkoylu, N. 2005. Effect of storage time and temperature on egg quality in old laying hens. J. Appl. Res. 14: 548-553.

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

Scott, L.M., Nesheim, M.C. and Young, R.J. 1982. Nutrition of the Chicken. 3rd Humphrey, W.F. (ed) . New York. 562.

Serafini, T., Ghiselli, A. and Luzzi, A., F. 1996. *In vivo* antioxdation effect of green and black tea in man. Eur J. Clin. Nutr. 50: 28-32.

Shahidi, F. 1997. Natural Antioxidationts: An Overview. In: Natural Antioxidation: chemistry, Health Press, Champaign, Illinois. 1-11.

Silversides, F.G. and Budgell. K. 2004. The relationships among measures of egg albumen height, pH and whipping volume. Poult Sci. 83: 1619-1623.

Soltan, M.A. 2008. Effect of dietary organic acid supplementation on egg production, egg quality and some blood serum parameters in laying hens. Int. J. Poult Sci. 7: 613-621.

Terao, J. 1999. Dietary flavonoids as plasma antioxidants on lipid peroxidation: significance of metabolic conversion. In: Antioxidant Food Supplements in Human Health Packer, L. Hiramatsu, M. and Yoshikawa T. (eds.). USA: Academic press. 255-268.

Thompson,B.K. and Hamilton R.M.G. 1982. Camparison of the precision and accuracy of flotation and archimeds methods for measuring the specific gravity of eggs. Poult Sci. 61:1599-1605.

Tsai, P.J., McIntosh, J., Pearce, P., Camden, B. and Jordan, B.R. 2002. Anthocyanin and antioxidant capacity in Roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.) extract. Food Res. Intern. 35: 351-356.

Tseng, T.H., Kao, E.S., Chu, C.Y., Chou, F.P., Lin Wu, H.W. and Wang, C.J. 1997. Protective effects of dried flower extracts of *Hibiscus sabdariffa* L. against oxidative stress in rat primary hepatocytes. Food Chem. Toxicol. 35: 1159-1164.

Tseng, T.H., Kao, T.W., Chu, C.Y., Chou, F.P., Lin, W.L. and Wang, C.J. 2000. Induction of apoptosis by *Hibiscus* protocatechuic acid in human leukemia cell via reduction of retinoblastoma (RB) phosphorylation and Bcl-2 expression. Biochem. Pharmacol. 60: 307-315.

Tseng, T.H., Wang, C.J., Kao, E.S. and Chu, H.Y. 1996. *Hibiscus* protocatechuic acid protects against oxidative damage induced by *tert-butylhydroperoxide* in rat primary hepatocytes. Chem. Biol. Interact. 101: 137-148.

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

Usoh, I.F. Akpan, E.J. Etim, E.O. and Farombi, E.O. 2005. Antioxidant actions of dried flower extracts of *Hibiscus sabdariffa* L. on sodium arsenite induced oxidative stress in rats. J. Nutr. 4: 135-141.

Valentova, K., Ulrichova, J., Cvak, L. and Simanek, V. 2007. Cytoprotective effect of a bilberry extract against oxidative damage of rat hepatocytes. Food Chem. 101: 912-917.

Van Elswyk, M.E. Dawson, P.L. and Sams, A.R. 1995. Dietary menhaden oil influences sensory characteristics and headspace volatiles of shell eggs. (Abstract). J. Food Sci. 60: 85-89.

Wang, C.J., Wang, J.M., Lin, W.L., Chu, C.Y., Chou, F.P. and Tseng T.H. 2000. Protective effect of *Hibiscus* anthocyanins against tert-butyl hydroperoxide-induced hepatic toxicity in rats. Food Chem.Toxicol. 38: 411-416.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวปิยพร สุขวนิช เกิดเมื่อวันที่ 23 ตุลาคม พ.ศ.2526 ที่ตำบลน้ำจืด อำเภอกระบุรี จังหวัดระนอง สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สาขาสัตวศาสตร์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากนั้นได้ศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2549

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย