ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพฟองไข่

EFFECTS OF GREEN TEA POWDER SUPPLEMENTATION IN LAYING HEN RATIONS ON PRODUCTION PERFORMANCES AND EGG QUALITY

ญานิพีร์ เพ็งศิลา

YANIPEE PENGSILA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

KMITL-2015-AG-M-031-176

ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ และคุณภาพฟองไข่

EFFECTS OF GREEN TEA POWDER SUPPLEMENTATION IN LAYING HEN RATIONS ON PRODUCTION PERFORMANCES AND EGG QUALITY

ญาณินีส์ เพ็งศิลา

YANINEE PENGSILA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

KMITL-2015-AG-M-031-176

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECTS OF GREEN TEA POWDER SUPPLEMENTATION IN LAYING HEN RATIONS ON PRODUCTION PERFORMANCES AND EGG QUALITY

YANINEE PENGSILA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN ANIMAL SCIENCE

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2015

KMITL-2015-AG-M-031-176

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2015

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพฟองไข่

Effects of Green Tea Powder Supplementation in Laying Hen Rations on Production Performances and Egg Quality

นักศึกษา นางสาวญาณินีส์ เพ็งศิลา

รหัสประจำตัว 53640451

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.กานต์ สุขสุเพทย์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.รณชัย	สิทธิไกรพงษ์	
รศ.ดร.ชัยภูมิ	บัญชาศักดิ์	
รศ.ดร.กานต์	สุขสุเพทย์	
รศ.เศรษฐสิทธิ์	แสงโสภณจิตร	
ผศ.ดร.กนกรัตน์	ศรีกิจเกษมวัฒน์	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 16 ธันวาคม 2557

สถานที่สอบ ห้องประชุมสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง (ชั้น 3 ตึกบุนนาค L)

คณบดีรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ศักดิ์ชัย ชูโชติ)

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

วันที่ 4 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพฟองไข่
นักศึกษา	นางสาวญาณินีส์ เพ็งศิลา
รหัสประจำตัว	53640451
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สัตวศาสตร์
พ.ศ.	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.กานต์ สุขสุแพทย์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่ ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดและไข่แดง และการย่อยได้ของโภชนะ โดยศึกษาอาหาร 5 กลุ่ม คือกลุ่มเสริมผงชาเขียว 0, 1, 2, 4 และ 6 % ตามลำดับ แบ่งเป็น 2 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดและไข่แดง ใช้ไก่ไข่พันธุ์ลูกผสมทางการค้าโรมันส์ อายุ 30 สัปดาห์ จำนวน 160 ตัว แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำมีไก่ไข่ 8 ตัว เลี้ยงในกรงขังเดี่ยว ในโรงเรือนแบบเปิด วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) โดยศึกษาอาหาร 5 กลุ่ม คือกลุ่มเสริมผงชาเขียว 0, 1, 2, 4 และ 6 % ตามลำดับ เลี้ยงเป็นเวลา 12 สัปดาห์ บันทึกผลผลิตไข่ทุกวัน ปริมาณอาหารที่กินและตรวจสอบคุณภาพไข่สัปดาห์ละครั้ง ผลการศึกษาตลอดช่วงการทดลองพบว่าการเสริมผงชาเขียวทั้ง 5 ระดับทำให้ปริมาณอาหารที่กินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่ประสิทธิภาพการใช้อาหารในการผลิตไข่ 1 ฟอง และประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อมวลไข่ต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไข่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ มวลไข่รวม ค่าความถ่วงจำเพาะ และคุณภาพเปลือกไข่ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) อย่างไรก็ตามการเสริมผงชาเขียวก็ทำให้สีไข่แดงมีความเข้มสีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ส่วนปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มของไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % มีปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มต่ำที่สุด ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) กับไก่ไข่กลุ่มอื่นๆ แต่ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในทุกกลุ่มการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลอง ส่วนค่า TBARs ในไข่แดงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างการเสริมผงชาเขียวในระดับต่างๆ

การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารเสริมผงชาเขียวในไก่ไข่ โดยทำการสุ่มไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์ ขึ้นกรงเก็บมูล (metabolic cage) จำนวน 20 ตัว โดยไก่ได้รับอาหารทดลอง 5 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ตัว ตามอาหารทดลองจากการทดลองที่ 1 การประเมินการย่อยได้ใช้วิธี Total collection โดยบันทึกปริมาณอาหารที่กินและมูลทั้งหมดในเวลา 3 วัน ผลการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน วัตถุแห้ง เยื่อใยและค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่การย่อยได้ของไขมัน มีแนวโน้มลดลง (P=0.056) เมื่อเสริมผงชาเขียวในอาหารที่ระดับ 6 %

จากผลการศึกษาสรุปว่าระดับการเสริมผงชาเขียวที่เหมาะสมในการเสริมในอาหารไก่ไข่ที่สามารถนำมาใช้ในการเพิ่มคุณภาพไข่ได้คือไม่ควรเกิน 2 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Effects of Green Tea Powder Supplementation in Laying Hen Rations on Production Performances and Egg Quality
Student	Miss Yaninee Pengsila
Student ID.	53640451
Degree	Master of Science
Program	Animal Science
Year	2015
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Kan Suksupath

ABSTRACT

This study was conducted to determine the effect of green tea powder supplementation on production performance, egg qualities, cholesterol concentration in blood and egg yolk and digestibility of laying hen diets. The experimental diets were divided into 5 groups as diet supplementation with green tea powder including 0, 1, 2, 4 and 6 %. This study was consisted of 2 experiments.

Experiment 1 : The objective of this experiment was designed to determine the effect of green tea powder supplementation in laying hens on production performance, egg quality and cholesterol concentration in blood and egg yolks. One hundred and sixty Roman hens at 30 weeks of age were randomly allocated into each group by completely randomized designed (CRD). The experiment contained 5 groups with 4 replications and each replication was contained 8 birds which kept in an individual cage under open house condition. The experimental diets were divided into 5 groups as diet supplementation with green tea powder including 0, 1, 2, 4 and 6 % for 12 weeks. Egg production was record daily while feed intake and egg qualities were examined at the end of each week for 12 weeks. The results of this study show that after supplemented with 5 levels of green tea powder in laying diets for 12 weeks it did not significant difference ($P>0.05$) in feed intake but feed intake for one egg (FCR, g.feed/ 1 egg), feed intake for egg mass (FCR, g/g.) were significantly lower ($P<0.05$) and feed cost per egg production was significantly higher ($P<0.05$). Egg production rate, egg mass, specific

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

gravity and egg shell quality was highly significant decreased ($P<0.01$). However, yolk color was highly significant higher ($P<0.01$). Moreover, after supplementation green tea powder at 6% in diet it decreased cholesterol concentration in serum ($P<0.01$) but did not effect on cholesterol level in egg yolk ($P>0.05$) and TBARs values in egg yolk ($P>0.05$).

Experiment 2 : This experiment was conducted to determine the effect of green tea powder supplementation on nutrients digestibility of laying hen. A total of twenty laying hens at 42 weeks of age from the first experiment, four birds from each replication, were moved to the individual metabolic cages and fed as same as the previous diet. The digestibility of diet was used a conventional technique which a total amount of feed intake and excreta output were totally collected for 3 days. This study show that after supplemented with green tea powder in laying diets it did not significant effect in digestibility of protein, dry matter, fat, fiber and AME. However, digestibility of crude fat tend to be decreased ($P=0.056$) after birds were fed diet contained green tea powder at 6 % in diet.

In conclusion, the advantage of using green tea powder are able to improve egg quality and the optimum level of the supplementation of green tea powder in laying hens diet should not be over 2 %.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ต้องขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.กานต์ สุขสุแพทย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำวิธีการวิจัยตลอดจนแก้ไขปัญหาต่างๆตั้งแต่ต้นจนจบ จึงทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการที่ร่วมพิจารณาวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ซึ่งประกอบไปด้วย รศ.ดร.กานต์ สุขสุแพทย์, รศ.ดร.รณชัย สิทธิไกรพงษ์, ผศ.ดร.กนกรัตน์ ศรีกิจเกษมวัฒน์ รศ.เศรษฐ สิทธิ์ แสงโสภณจิตร และ รศ.ดร.ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์ ที่ให้คำแนะนำที่ดีตลอดมา รวมถึงอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ในรายวิชาต่างๆทำให้ได้รับความรู้และเข้าใจมากขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. คมแข พิลาสมบัติ และ ดร.สุภลักษณ์ สรภักดี ที่ให้คำปรึกษาแนะนำในการทดลองด้านการวิเคราะห์การเกิดปฏิกิริยาลิปิดเพอร์ออกซิเดชั่นในไข่แดง อาจารย์ ณหทัย วิจิตรโรทัยและอาจารย์จรรยา คงฤทธิ์ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการโภชนศาสตร์สัตว์ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำด้านการวิเคราะห์ค่าโภชนะและการใช้เครื่องมือต่างๆในห้องปฏิบัติการ ขอขอบคุณนายอำพล กล่อมปัญญา และเจ้าหน้าที่ประจำฟาร์มเลี้ยงสัตว์ของภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมงทุกคนที่คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในขณะทำการทดลองด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณน้องๆปริญญาตรีที่ร่วมทำการทดลองทุกคน ที่ช่วยกันคิดวางแผนงานและแก้ไขปัญหาต่างๆมาด้วยกันตั้งแต่ต้นจนจบ แม้จะเป็นงานที่เหนื่อยมากแต่ก็ร่วมกันทำงานจนการทดลองนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ขอบคุณพี่ๆน้องๆปริญญาโทที่ให้คำแนะนำในเรื่องต่างๆ รวมถึงเพื่อนๆปริญญาตรีที่ช่วยรับฟังปัญหาและให้กำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจ และเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้การศึกษาในระดับปริญญาโทสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คุณประโยชน์ที่พึงได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านและขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ญาณินีส์ เพ็งศิลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... III

กิตติกรรมประกาศ..... V

สารบัญ.....VI

สารบัญตาราง.....XI

สารบัญภาพ XIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์.....2

1.3 สถานที่ทำการทดลอง 2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....2

1.5 ระยะเวลาการศึกษา.....3

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4

2.1 สายพันธุ์ชา.....4

2.2 ชนิดของชาแบ่งตามวิธีการผลิต.....6

2.3 การปลูกชาและผลผลิตในประเทศไทย.....7

2.4 การใช้ประโยชน์จากชา.....8

2.5 องค์ประกอบทางเคมีของใบชา.....9

2.5.1 สารอนินทรีย์ในใบชา.....9

2.5.2 สารอินทรีย์ในใบชา.....9

2.5.2.1 โปรตีน (Protein).....10

2.5.2.2 สารกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenol).....10

2.5.2.3 คาเฟอีน (caffeine).....20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.2.4 สารสี (pigment).....20
2.6 ระดับคอเลสเตอรอลในซีรั่มเลือดและไข่แดง..... 21
2.7 อนุมูลอิสระและระดับการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่น (lipid peroxidation)..... 22
2.7.1 สารอนุมูลอิสระ (free radical).....22
2.7.2 สารต้านอนุมูลอิสระ(antioxidant).....22
2.7.3 lipid peroxidation หรือการเกิดออกซิเดชั่นของไขมัน..... 23
2.7.4 ความสามารถในการเป็น antioxidant ของ flavonoids..... 24
2.7.5 สารคาเทชินกับการลดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน..... 25
2.8 ผลของการเสริมผงชาเขียวต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่.....25
2.9 ผลของการเสริมผงชาเขียวต่อระดับคอเลสเตอรอลและ lipid peroxidation..... 27
2.10 ผลของการเสริมผงชาเขียวต่อการย่อยได้ของไก่ไข่.....28
2.10.1 ระบบย่อยอาหารของสัตว์ปีก..... 29
2.10.2 การดูดซึมสารอาหารต่างๆ ของสัตว์ปีก..... 30
2.10.3 การเมทาบอลิซึมของโพลีฟีนอลในทางเดินอาหาร
(Metabolic fate of dietary polyphenols)..... 34

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 37
3.1 สัตว์ทดลอง..... 37
3.2 ผงชาเขียว..... 37
3.3 อุปกรณ์..... 38
3.3.1 อุปกรณ์ในการเลี้ยงไก่ไข่..... 38
3.3.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพไข่..... 38
3.3.3 อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างเพื่อหาระดับคอเลสเตอรอลในซีรั่ม..... 38
3.3.4 อุปกรณ์ในการตรวจวัดระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดง..... 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.5 อุปกรณ์ในการวัดระดับ TBARs ในไข่แดง....39

3.3.6 อุปกรณ์ในการทดสอบการย่อยได้....40

3.3.7 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร โดยวิธี Proximate Analysis....40

3.4 วิธีการ....41

3.4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่ ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มและไข่แดง และระยะเวลาการเก็บรักษาไข่....41

3.4.1.1 แผนการทดลอง....41

3.4.1.2 วิธีการทดลอง....41

3.4.1.3 การบันทึกข้อมูล....46

3.4.1.4 การคำนวณข้อมูล....46

3.4.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ....48

3.4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารเสริมผงชาเขียวในไก่ไข่....48

3.4.2.1 แผนการทดลอง....48

3.4.2.2 วิธีการทดลอง....48

3.4.2.3 การบันทึกข้อมูล....49

3.4.2.4 การคำนวณข้อมูล....49

3.4.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ....50

บทที่ 4 ผลการทดลอง....51

4.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในผงชาเขียว....51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 ศึกษาผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่ ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มและไข่แดง และการยืดอายุการเก็บรักษาไข่.....51
4.2.1 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่.....51
4.2.2 ปริมาณอาหารที่กินและประสิทธิภาพการใช้อาหารในการผลิตไข่.....52
4.2.3 ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่.....53
4.2.4 มวลไข่ (Egg mass).....54
4.2.5 ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อมวลไข่.....55
4.2.6 อัตราการเลี้ยงรอด (%).....56
4.2.7 น้ำหนักไข่ไก่ทั้งฟอง.....56
4.2.8 น้ำหนักเปลือกไข่.....57
4.2.9 น้ำหนักไข่แดง.....58
4.2.10 น้ำหนักไข่ขาว.....59
4.2.11 ความแข็งเปลือกไข่.....59
4.2.12 ความหนาเปลือกไข่.....60
4.2.13 ความถ่วงจำเพาะของไข่.....61
4.2.14 ค่าฮอกยูนิต (Hauge unit).....62
4.2.15 สีไข่แดง.....62
4.2.16 ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มและไข่แดง.....65
4.2.17 ค่า TBARs ในไข่แดง.....65
4.3 ศึกษาการเสริมผงชาเขียวในอาหารต่อการย่อยได้ของโภชนะในไก่ไข่.....67

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง.....69
5.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสารคาเทชินในผงชาเขียว.....69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2 ประสิทธิภาพการผลิต คุณภาพไข่ ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มและในไข่แดง และค่า TBARs ในไข่แดง 69

5.2.1 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่กินและประสิทธิภาพการใช้อาหารในการผลิตไข่ 69

5.2.2 ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 72

5.2.3 มวลไข่และประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อมวลไข่ 73

5.2.4 อัตราการเลี้ยงรอด 73

5.2.5 น้ำหนักไข่ทั้งฟอง น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักไข่ขาว และค่า haugh unit 73

5.2.6 น้ำหนักเปลือกไข่ ค่าความถ่วงจำเพาะ ความแข็งของเปลือกไข่และความหนาของเปลือกไข่ 74

5.2.7 สีไข่แดง 76

5.2 ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มและไข่แดง 78

5.3 ค่า TBARs ในไข่แดง 82

5.4 ประสิทธิภาพการย่อยอาหารได้ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 84

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ 87

6.1 สรุปผลการทดลอง 87

6.2 ข้อเสนอแนะ 88

บรรณานุกรม 89

ภาคผนวก ก 95

ประวัติผู้เขียน 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงราคาใบชาสดและใบชาแห้ง ปี 2550 8

2.2 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของใบชาสดและใบชาแห้ง 10

2.3 แสดงปริมาณสารคาเทชินแต่ละชนิดในใบชาอ่อน (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง) 12

3.1 สูตรอาหารไก่ไข่ที่ใช้ทดลองและปริมาณโภชนะในอาหาร 42

4.1 ส่วนประกอบทางเคมีในผงชาเขียวที่ใช้ทดลอง (% air dry basis) 51

4.2 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ของไก่ไข่ทดลองในแต่ละช่วงอายุทดลอง (Hen-day production) 52

4.3 ปริมาณอาหารที่กินและประสิทธิภาพการใช้อาหารในการผลิตไข่ของไก่ไข่ทดลอง 53

4.4 ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไข่ของไก่ไข่ทดลอง (บาท/ฟอง) 54

4.5 ค่า Egg mass ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 กลุ่ม (กรัม) 55

4.6 ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อมวลไข่ของไก่ไข่ทดลอง 55

4.7 อัตราการเลี้ยงรอดของไก่ไข่ในแต่ละช่วงอายุทดลอง (เปอร์เซ็นต์) 56

4.8 น้ำหนักไข่ทั้งฟองของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลอง (กรัม/ฟอง) 57

4.9 น้ำหนักเปลือกไข่เทียบกับน้ำหนักไข่ทั้งฟองของไก่ไข่ทดลอง (เปอร์เซ็นต์) 58

4.10 น้ำหนักไข่แดงเทียบกับน้ำหนักไข่ทั้งฟองของไก่ไข่ทดลอง (เปอร์เซ็นต์) 58

4.11 น้ำหนักไข่ขาวเทียบกับน้ำหนักไข่ทั้งฟองของไก่ไข่ทดลอง (เปอร์เซ็นต์) 59

4.12 ความแข็งเปลือกไข่ของไก่ไข่ทดลอง (กรัม/ตารางเซนติเมตร) 60

4.13 ความหนาเปลือกไข่ของไก่ไข่ทดลอง (มิลลิเมตร) 61

4.14 ค่าความถ่วงจำเพาะของไข่ของไก่ไข่ทดลองที่ได้รับอาหารทั้ง 5 กลุ่ม 62

4.15 ค่า Hauge unit ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 กลุ่ม 63

4.16 สีไข่แดงของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 กลุ่ม 64

4.17 แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้อาหารทั้ง 5 กลุ่มที่มีผลต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มและในไข่แดงของไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์ 65

4.18 แสดงผลของอิทธิพลของระดับการเสริมผงชาเขียวต่อค่า TBARs ในไข่แดง 66

4.19 แสดงผลของอิทธิพลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า TBARs ในไข่แดง 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.20 แสดงผลของอิทธิพลร่วมของระดับการเสริมผงชาเขียวกับระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า TBARs ในไข่แดง 67

4.21 ผลการวิเคราะห์อาหารทดลองทั้ง 5 กลุ่ม..... 67

4.22 ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารต่อการย่อยได้ของโภชนะในไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์..... 68

5.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณสารคาเทชินในผงชาเขียวที่ใช้ทดลองและงานวิจัยอื่นๆ (%) 70

ตารางภาคผนวก ก.

ก.1 แสดงปริมาณสารออกฤทธิ์ต่างๆในสูตรอาหารทดลองทั้ง 5 สูตร..... 96

ก.2 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดง..... 96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ลักษณะต้นชาอัสสัมและยอดชาอัสสัม 5

2.2 ลักษณะสวนชาและลักษณะยอดชาชาจีน..... 5

2.3 แสดงโครงสร้างทางเคมีของคาเทชินชนิดต่างๆ 12

2.4 แสดงโครงสร้างทางเคมีของแทนนินทั้งสองชนิด 17

2.5 แสดงโครงสร้างที่สำคัญของ flavonoids ในการออกฤทธิ์เป็น antioxidant 24

2.6 การรวมตัวของไขมันกับน้ำดีและการดูดซึมผ่านผนังลำไส้ 32

2.7 แสดงการดูดซึมแคลเซียมบริเวณทางเดินอาหารของสัตว์ 33

2.8 แสดงการเมทาบอลิซึมของโพลีฟีนอลในทางเดินอาหาร..... 35

3.1 ลักษณะใบชาที่ใช้ทดลอง 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไข่ (egg) เป็นแหล่งอาหารที่มีความสำคัญมากสำหรับมนุษย์ สามารถบริโภคได้ทุกเพศทุกวัยไข่ไก่หนึ่งฟองมีสารอาหารครบถ้วนทั้งโปรตีน ไขมัน วิตามิน แร่ธาตุ ความต้องการในการบริโภคไข่ไม่ได้ลดลงเลยแม้ราคาไข่ไก่จะสูงขึ้นเนื่องจากราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ปรับตัวสูงขึ้น อุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ไข่มีการแข่งขันกันมากขึ้นผู้ผลิตจึงต้องค้นหาวัตถุดิบหรือสารเสริมต่างๆที่ช่วยเร่งผลผลิตให้มีผลผลิตส่งขายได้มากขึ้น สำหรับการผลิตในปัจจุบันต้องคำนึงถึงความต้องการด้านสุขภาพของผู้บริโภคมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสำคัญกับสุขภาพร่างกายกันมาก ตื่นตัวกับกระแสอาหารปลอดภัย (food safety) และสวัสดิภาพของสัตว์ (animal welfare) ผู้ผลิตจึงต้องทำมาตรฐานของสินค้าให้ปลอดจากการใช้ฮอร์โมน ยาปฏิชีวนะและสารเร่งอื่นๆ เพื่อสร้างความมั่นใจกับผู้บริโภค (Cherian *et al*. 2002) นอกจากนี้ยังต้องสร้างจุดเด่นให้กับสินค้าของตัวเองโดยการนำสมุนไพรหรือสารสกัดจากพืชธรรมชาติ รวมทั้งแร่ธาตุเสริมต่างๆมาใช้ในการเลี้ยงไก่ไข่ ซึ่งมีข้อดีแตกต่างกันไปบางชนิดช่วยป้องกันโรค บางชนิดช่วยปรับปรุงคุณภาพไข่ ช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรค ช่วยย่อยอาหาร กระตุ้นการกิน เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ต่อต้านสารพิษบางชนิด เป็นต้น (จินตนา อินทรมงคล. 2549)

ชา (*Camellia sinnensis*) เป็นพืชธรรมชาติที่นิยมนำไปบริโภคเป็นเครื่องดื่มที่ให้ความสดชื่นและดีต่อสุขภาพ สำหรับในประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกชาทั้งสิ้น 118,101 ไร่ สามารถผลิตใบชาสดทั้งสิ้น 81,074 ตันต่อปี การบริโภคส่วนมากนิยมบริโภคน้ำชาพร้อมดื่มบรรจุขวดและผลิตชาแห้ง ซึ่งมีแนวโน้มการบริโภคเพิ่มขึ้นทุกปี (สายลม สัมพันธ์เวชโสภา และคณะ. 2551) ในชาเขียวมีสารสำคัญที่มีประโยชน์ต่อทั้งมนุษย์และสัตว์คือ สารกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenol) ได้แก่ คาเทชิน (catechin) เป็นสารประกอบหลักในใบชามีฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ซึ่งน่าสนใจเนื่องจากผู้บริโภคบางกลุ่มยังกังวลเรื่องการกินไข่ว่าทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในร่างกายเพิ่มขึ้น เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคหัวใจหรือโรคเส้นเลือดหัวใจตีบและโรคหลอดเลือดสมอง ซึ่งหากชาเขียวสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดและไข่แดงได้ก็น่าจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่พอใจแก่ผู้บริโภค มีงานวิจัยมากมายที่ศึกษาถึงเรื่องนี้ยกตัวอย่างเช่น Biswas *et al*. (2000) รายงานว่าการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ทำให้ยืดอายุการเก็บไข่และลดคอเลสเตอรอลในไข่แดง เช่นเดียวกับ Uuganbayar *et al*. (2005) พบว่าผงชาเขียวจากเกาหลีซึ่งเสริมในอาหารไก่ไข่ทำให้คอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลง นอกจากนี้การใช้กากชาเขียว (green tea by-product) ก็ยังให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน (Yang *et al*. 2003) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงทำการทดลองเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ เพื่อศึกษาผลต่อสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่ รวมทั้งผลต่อระดับคอเลสเตอรอลในซีรั่มและไข่แดงและการยืดอายุการเก็บรักษาไข่

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียวระดับต่างๆ
2) เพื่อศึกษาคุณภาพของฟองไข่
3) เพื่อศึกษาระดับคอเลสเตอรอลและการยืดอายุการเก็บรักษาไข่
4) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการย่อยอาหารได้ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว
5) เพื่อศึกษาระดับผงชาเขียวที่เหมาะสมในการเสริมลงในสูตรอาหารไก่ไข่

1.3 สถานที่ทำการทดลอง

โรงเรือนเลี้ยงไก่ไข่ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ โรงผสมอาหารสัตว์ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีอาหารสัตว์ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ หลักสูตรสัตวศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1) การทดลองที่ 1 ศึกษาการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่ ระดับคอเลสเตอรอลในซีรั่มและไข่แดงและการยืดอายุการเก็บรักษาไข่

2) การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารไก่ไข่ที่เสริมผงชาเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ระยะเวลาการศึกษา

ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 12 เดือน โดยแบ่งออกเป็น

1) ระยะเวลาในการเลี้ยงไก่ไข่ ศึกษาคุณภาพไข่และศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหาร รวมระยะเวลา 6 เดือน

2) ระยะเวลาในการศึกษาระดับคอเลสเตอรอลในซีรั่มและไข่แดง และศึกษาผลการยืดอายุการเก็บรักษาไข่โดยหาค่าการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่น (lipid peroxidation) ในไข่แดง รวมระยะเวลา 6 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สายพันธุ์ชา

ณรงค์ชัย ปัญญานนทชัย (2548) อธิบายว่า ชาเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีชื่อสามัญว่า “TEA” อยู่ในวงศ์ Theaceae สกุล Camellia มีสายพันธุ์มากกว่า 3,000 สายพันธุ์ แต่ละสายพันธุ์มีการนำไปใช้ประโยชน์แตกต่างกันออกไปบางชนิดปลูกเป็นชาประดับมีดอกสีสวย บางชนิดปลูกเป็นชาน้ำมันโดยสกัดน้ำมันจากเมล็ดชา บางชนิดปลูกเป็นชาใบเพื่อผลิตเป็นเครื่องดื่ม ซึ่งการปลูกเป็นชาใบนั้นนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายทั่วโลกเนื่องจากความนิยมในการบริโภคผลิตภัณฑ์จากใบชาสูงขึ้นเรื่อยๆ ชาที่นิยมปลูกเป็นชาใบคือชาสายพันธุ์ *Camellia sinensis* (L.) Kuntze ชาสายพันธุ์นี้นอกจากจะใช้ประโยชน์จากใบแล้วเมล็ดชาก็มีประโยชน์เช่นกัน ในเมล็ดชามีน้ำมันที่เรียกว่า Tea tree oil ซึ่งเป็นส่วนประกอบในการผลิตยาและเครื่องสำอางหลายชนิดที่ใช้กันในปัจจุบันลักษณะทางกายภาพของชา *Camellia sinensis* เป็นพืชที่มีความเขียวสดตลอดปี สามารถขึ้นได้ดีในเขตอบอุ่นและมีฝน ปลูกได้ในพื้นที่ที่มีความสูงกว่าระดับน้ำทะเล 1,000-2,000 เมตร ซึ่งส่วนใหญ่ปลูกในทวีปเอเชีย เมื่อโตเต็มที่สามารถสูงได้ถึง 18 เมตร แต่เมื่อปลูกเพื่อการค้าจะถูกจำกัดให้มีความสูงเพียง 90 เซนติเมตร เพื่อง่ายต่อการเก็บเกี่ยว ซึ่ง *Camellia sinensis* มีสายพันธุ์ย่อยอีกมากมาย แต่ที่ปลูกกันทั่วไปมี 3 สายพันธุ์หลักคือ

2.1.1. ชาอัสสัม ชื่อวิทยาศาสตร์ *Camellia sinensis var. assamica* (Mast.) เป็นไม้พุ่มขนาดกลางถึงใหญ่ มีขนาดใหญ่กว่ากลุ่มชาจีนอย่างเด่นชัด มีความสูง 6-18 เมตร ใบเป็นใบเดี่ยว ปลายใบแหลม การเรียงตัวของใบบนกิ่งเป็นแบบสลับและเวียน (spiral) ใบมีความกว้างประมาณ 3.0 – 6.0 เซนติเมตร ยาวประมาณ 7.0 – 16.0 เซนติเมตรขนาดใบใหญ่กว่ากลุ่มชาจีน (ดังภาพที่ 2.1) มักนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชาเขียวและชาดำโดยใช้ยอดอ่อน 1 ยอด (มีใบ 2 ใบ) และหน่ออ่อน แต่นิยมนำมาผลิตเป็นชาดำมากกว่า โดยเฉพาะในแถบทวีปยุโรปเนื่องจากให้รสชาติที่เข้มข้นคนทั่วไปรู้จักกันในนาม “ชาฝรั่ง” (สัณห์ ละอองศรี. 2535) ชาอัสสัมเติบโตเร็ว ทนแล้งได้ดี ให้ผลผลิตสูง ชาอัสสัมถือเป็นชาป่า มักพบเจริญเติบโตได้เองตามธรรมชาติ การปลูกจึงดูแลง่ายและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ผลผลิตดี ชาวบ้านทางภาคเหนือมักนำใบชานี้มาทำเป็นเมี่ยงหรือชาหมักดอง (สถาบันชาแม่ฟ้าหลวง. 2552)

2.1.2. ชาจีน ชื่อวิทยาศาสตร์ *Camellia sinensis var. sinensis* เป็นไม้พุ่มเล็ก ความสูงประมาณ 1-6 เมตร มีก้านใบสั้นแผ่นใบมีปลายใบโค้งมน บางครั้งอาจพบว่าแผ่นใบค่อนข้างกลม ใบมีความกว้างประมาณ 2.0-3.0 เซนติเมตร ยาวประมาณ 5.0-10.0 เซนติเมตร (ภาพที่ 2.2) มักนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชาเขียวเนื่องจากให้กลิ่นและรสชาติที่นุ่มนวลกว่าชาอัสสัมโดยใช้ยอดอ่อนที่มี 1 ยอดตูมและ 3-4 ใบบาน ชาจีนทนทานต่ออุณหภูมิต่ำและสภาพแวดล้อมที่ผันแปรได้ดี ลักษณะการปลูก เป็นระบบของเกษตรที่ทันสมัย มีระบบดูแลจัดการแปลงปลูกอย่างดี ลักษณะการเพาะปลูกมักเป็นแบบขั้นบันได (ภาพที่ 2.2) ส่วนพื้นที่ราบมักปลูกเป็นแถวที่มีระยะห่างสม่ำเสมอ มีการตัดแต่งกิ่งเป็นประจำ เพื่อให้เกิดการแตกยอดชา ชาจีนให้ผลผลิตต่ำเมื่อเทียบกับกลุ่มพันธุ์ชาอัสสัม (ณรงค์ชัย ปัญญานนทชัย. 2548)

2.1.3. ชาเขมร ชื่อวิทยาศาสตร์ *Camellia sinensis var. indo-China* เป็นไม้พุ่มลำต้นเดี่ยว ขนาดใหญ่ มีความสูงของพุ่มประมาณ 5 เมตร เป็นใบเดี่ยว ปลายใบแหลม ผิวใบแข็ง ขนาดใบใกล้เคียงกับพันธุ์ชาจีน (ณรงค์ชัย ปัญญานนทชัย. 2548)

ภาพที่ 2.1 ลักษณะต้นชาอัสสัมและยอดชาอัสสัม (สถาบันชาแม่ฟ้าหลวง. 2552)

ภาพที่ 2.2 ลักษณะสวนชาและลักษณะยอดชาชาจีน (สถาบันชาแม่ฟ้าหลวง. 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ชนิดของชาแบ่งตามวิธีการผลิต

ณรงค์ชัย ปัญญานนทชัย (2548) อธิบายไว้ว่า ชาทุกชนิดมาจากพืชสกุลเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่สายพันธุ์ชาที่ใช้และกระบวนการผลิต ใบชาจะถูกเก็บเกี่ยวขณะที่แตกหน่อสะพรั่ง ส่วนของใบชาที่นำมาใช้มีทั้งยอดอ่อนและใบแก่ ชาบางชนิดใช้ส่วนกิ่งก้านผสมในชาด้วย ชาแบ่งตามกระบวนการผลิตออกเป็น 4 ชนิดหลักๆดังนี้

2.2.1. ชาเขียว การผลิตชาเขียวจะนำใบชาสดมาอบไอน้ำเพื่อทำให้ใบชาหยุดหายใจหรือหยุดการออกซิไดซ์ จากนั้นใบชาจะถูกกดและม้วน สุดท้ายจะถูกอบหรือคั่วไฟให้แห้ง ชาชนิดนี้มีรสชาติกลมกล่อมและมีสีเขียวจางๆปนสีทอง แต่มีความเข้มข้นน้อยกว่าชาดำ ซึ่งก็มีปริมาณคาเฟอีนต่ำแต่ก็มีคุณสมบัติเป็นแอนติออกซิเดนซ์สูงกว่า

2.2.2. ชาขาว เป็นชาที่ผ่านกระบวนการผลิตน้อยที่สุด หายากและราคาแพง การผลิตชาขาวจะใช้ส่วนของยอดตูมที่ยังมีขนขาวๆปกคลุม ชา 1 ยอดมีเพียง 1 ยอดตูมเท่านั้น นำยอดตูมมาอบไอน้ำหรือคั่วด้วยไฟทันทีโดยไม่ปล่อยให้เกิดการออกซิไดซ์ในการตากหรือหมัก จึงทำให้ชาชนิดนี้มีกลิ่นหอมอ่อนๆ รสชาติกลมกล่อมและซ่อนความหวานไว้ ชาขาวมีปริมาณคาเฟอีนน้อยที่สุดแต่มีคุณสมบัติเป็นแอนติออกซิเดนซ์สูงที่สุด

2.2.3. ชาอู่หลง เป็นชาที่หมักไม่สมบูรณ์การผลิตจะกึ่งระหว่างชาเขียวกับชาดำ โดยการนำใบชาสดมาตากให้แห้งพอประมาณใบชาจะถูกออกซิไดซ์เพียงบางส่วนไม่เต็มที่เหมือนชาดำ จากนั้นจึงนำมาอบแห้ง รสชาติของชาค่อนข้างขมแต่เมื่อกลืนลงไปแล้วจะรู้สึกหวาน เป็นชาที่นิยมมากในประเทศจีนมักใช้ดื่มพร้อมอาหาร เช่น เสิร์ฟพร้อมติ่มซำ บักกูตเต๋ เป็นต้น

2.2.4. ชาดำหรือชาแดง เป็นชาที่ผ่านการหมักอย่างสมบูรณ์ โดยการนำใบชาสดมาตากแห้งที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 10-16 ชั่วโมง จนความชื้นในชาระเหยไปหมด จากนั้นบดใบชาด้วยลูกกลิ้งม้วนบดหรือใช้เครื่องตัดเพื่อบดใบชาให้แตกทำให้สารที่อยู่ในชาถูกปล่อยออกมาและถูกออกซิไดซ์ นำใบชาที่บดแล้วมาตากบนถาดเก็บในห้องที่เย็นและชื้นนาน 3-4 ชั่วโมง เพื่อหมักหรือถูกออกซิไดซ์อีกครั้ง ทำให้สีของใบชาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลปนแดงหรือน้ำตาลเข้ม ขั้นตอนสุดท้ายทำการอบแห้งและบรรจุหีบห่อ รสชาติและกลิ่นของชาชนิดนี้จะเข้มข้นกว่าชาชนิดอื่น และมีปริมาณคาเฟอีนสูงสุด แต่มีสารที่มีคุณสมบัติการเป็นแอนติออกซิแดนต์ต่ำกว่าชาชนิดอื่น

นอกจากนี้ชนิดของชาสามารถแบ่งออกเป็นชนิดย่อยๆได้อีกกว่าร้อยชนิด โดยแบ่งตามถิ่นที่ผลิต เช่น ชาคีนัม ชายูนนาน ชา Earl Gray ของประเทศจีน ชาอัสสัม ชาดาร์จีลิง ของประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเดีย ชาซีลอน ชาดิมบูลา ของประเทศศรีลังกา ชาจากประเทศเคนยา แทนซาเนีย ชาเซนชะ ชามัทชะ ของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งชาสายพันธุ์เดียวกันแต่เมื่อปลูกในสภาพแวดล้อม ภูมิอากาศและดินที่แตกต่างกัน จะให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน รวมถึงวิธีการเก็บชา ช่วงเวลาการเก็บ ส่วนของใบชาที่ใช้ก็ทำให้คุณลักษณะของกลิ่นและรสชาติของชารวมถึงองค์ประกอบทางเคมีในชาแตกต่างกันด้วย

2.3 การปลูกชาและผลผลิตในประเทศไทย

สายลม สัมพันธ์เวชโสภา และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษาสถานภาพของชาในประเทศไทยเมื่อปี 2550 พบว่า สายพันธุ์ชาที่ปลูกแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆคือ พันธุ์ชาอัสสัมและพันธุ์ชาจีน กลุ่มพันธุ์ชาอัสสัมบางครั้งเรียกว่าชาป่าหรือชาเมี่ยง เป็นชาที่มีใบขนาดใหญ่เจริญได้ดีตามป่าที่มีร่ม กลุ่มพันธุ์ชาจีนมีขนาดใบเล็กกว่าชาอัสสัม พบได้หลายสายพันธุ์เช่น ชาพันธุ์อู่หลง 17 ชาถิกวนอิม และสี่ฤดู เป็นต้น ประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกชาทั้งสิ้น 118,101 ไร่ คิดเป็นพื้นที่ปลูกชาอัสสัม 84.4 % และชาจีน 16.6 % ราคาขายใบชาอัสสัมสดและใบชาจีนสดเฉลี่ย 12 และ 50 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ พ.ศ. 2550 ประเทศไทยผลิตใบชาสดทั้งสิ้น 81,074 ตัน ผลิตเป็นชาแห้ง 77 % และเมี่ยง 23 % ในการผลิตชาแห้งใช้ชาอัสสัมคิดเป็น 96 % และชาจีน 4 % ส่วนการผลิตเมี่ยงใช้เฉพาะชาอัสสัม การผลิตชาแห้งของไทยแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆคือ ชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำ การผลิตชาเขียวใช้ทั้งชาอัสสัมและชาจีนแต่ส่วนใหญ่ใช้ชาพันธุ์อัสสัม ส่วนการผลิตชาอู่หลงจะใช้เฉพาะชาจีน และการผลิตชาดำใช้เฉพาะชาอัสสัม แม้ว่าไทยจะผลิตชาแห้งและผลิตภัณฑ์จากชาได้มากพอที่จะบริโภคในประเทศและส่งออก แต่ก็ยังมีการนำเข้าชาจากต่างประเทศถึง 2,464 ตัน รวมมูลค่า 265 ล้านบาท ในปี 2549 ส่วนมากนำเข้าชาเขียวจากจีนและญี่ปุ่น เนื่องจากชาเขียวที่นำเข้าเป็นชาเขียวที่ผลิตจากพันธุ์ชาจีนซึ่งเป็นที่นิยมของผู้บริโภคมากกว่าชาเขียวที่ผลิตจากชาพันธุ์อัสสัม เนื่องจากมีรสชาติและกลิ่นที่หอมนุ่มนวลกว่า แต่ในประเทศไทยมีผู้ผลิตน้อยจึงต้องมีการนำเข้า ชา 1 ต้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งยอดตูม ยอดอ่อน ใบอ่อน ใบแก่ ก้านเล็ก เมล็ดชา ซึ่งแต่ละส่วนมีมูลค่าต่างกัน ดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงราคาใบชาสดและใบชาแห้ง ปี 2550

	ราคา (บาท/กิโลกรัม)	
	พันธุ์ชาจีน	พันธุ์ชาอัสสัม
ใบชาสด (1 ยอด 2-3 ใบอ่อน)	35-100	12-14
ใบชาแก่สด	9	6-8
ใบชาแห้ง (1 ยอด 2-3 ใบอ่อน)	800-1,000	100-150
ใบชาแก่แห้ง	-	35-60

ที่มา: สายลม สัมพันธ์เวชโสภา และคณะ (2551)

2.4 การใช้ประโยชน์จากชา

สายลม สัมพันธ์เวชโสภา และคณะ (2551) ได้รวบรวมข้อมูลการใช้ประโยชน์จากชาไว้ดังนี้

2.4.1 อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากชามีหลายรูปแบบได้แก่ ผลิตภัณฑ์ชาพร้อมดื่มบรรจุขวด ชาสำเร็จรูปทั้งแบบผงชงดื่มและแบบ 3 in 1 น้ำชาอัดลมบรรจุกระป๋อง น้ำชาเข้มข้น เมี่ยง โดยผลิตภัณฑ์ชาพร้อมดื่มได้รับความนิยมมากที่สุดและยังคงมีแนวโน้มการบริโภคเพิ่มขึ้นทุกปี มูลค่าการตลาดชาพร้อมดื่มของไทยปี 2549 มีมูลค่า 285.6 ล้าน USD และในปี 2553 เพิ่มเป็น 359.2 ล้าน USD และยังมีอัตราการขยายตัวค่อนข้างสูง ผู้ประกอบการรายใหญ่ที่สุดในประเทศคือ บริษัท ยูนิ-เพรสซิเดนท์ (ประเทศไทย) จำกัด สร้างผลิตภัณฑ์ภายใต้ชื่อการค้า ยูนิฟ รองลงมาคือ บริษัท โออิชิ เทรดดิ้ง จำกัด บริษัท อิชิตัน จำกัด บริษัท ยูนิลิเวอร์ ไทย เทรดดิ้ง จำกัด ผลิตชาลิปตันไอซ์ที บริษัท อายิโนะโมะโต๊ะ จำกัด ผลิตชาเขียวเซนชะ (ณรงค์ชัย ปัญญานนทชัย. 2548)

2.4.2 สารสกัดชา เป็นสารสกัดอยู่ในอันดับที่ 11 ของสารสกัดสมุนไพรที่จำหน่ายมากที่สุดในโลก โดยเอเชียเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ที่สุดคิดเป็น 37 % ของการจำหน่ายในตลาดโลก รองลงมาคืออเมริกาเหนือ 31 % ยุโรป 27 % และ อื่นๆ 5 % สารสกัดดังกล่าวถูกนำมาผสมในผลิตภัณฑ์ต่างๆเช่น ยาสีฟัน สบู่ ผ้าอนามัย อาหาร ยาสระผม สารกันบูด อาหารเสริมอัดเม็ด น้ำยาบ้วนปาก เครื่องสำอางค์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การใช้ประโยชน์จากกากชาและเมล็ดชา ใช้ทำปุ๋ย แก้ดินเป็นกรด ทำดินเพาะเห็ด กากเมล็ดชามีสารซาโปนิน (saponin) ผสมอยู่ 13 % ซึ่งเป็นพิษกับสัตว์น้ำขนาดเล็กพวกปลา ปู กุ้ง หอยบางชนิด เช่น หอยเชอร์รี่ สามารถใช้กากเมล็ดชากำจัดสัตว์เหล่านี้ในนาข้าวได้

2.4.4 การใช้ประโยชน์จากใบชาแก่ แม้ใบชาแก่จะมีคุณค่าทางอาหารน้อยกว่ายอดชาหรือใบชาอ่อน แต่ยังคงมีกลิ่นหอมมีคุณสมบัติในการดูดกลิ่น ดับกลิ่น และคลายเครียดได้ จึงมีการนำใบชาแก่มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หมอนใบชา ไม้แขวนเสื้อใบชา และใช้รองพื้นโลงศพตามพิธีกรรมของคนจีนเพื่อดูดซับน้ำเหลือง เนื่องจากไม่ได้ฉีดสารฟอร์มาลีน

2.5 องค์ประกอบทางเคมีของใบชา

สัณห์ ละอองศรี (2535) อธิบายไว้ว่า การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของใบชาเริ่มมาตั้งแต่ ค.ศ. 1827 และมีการศึกษาต่อมาเรื่อยๆจนถึงปัจจุบัน ในด้านการหาส่วนประกอบทางเคมีในใบชา การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นในขบวนการผลิต ตลอดจนองค์ประกอบทางเคมีของสารละลายชาที่ได้จากการชงชาที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตต่างๆ พบว่าสารสำคัญในใบชามีหลายชนิดและสารต่างๆที่พบในใบชาสดกับใบชาแห้ง (ผ่านขบวนการผลิตแล้ว) มีปริมาณที่แตกต่างกันออกไป ดังตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของใบชา แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ สารอนินทรีย์และสารอินทรีย์

2.5.1 สารอนินทรีย์ในใบชา พบในปริมาณ 4-7 % ของน้ำหนักแห้งทั้งหมด ส่วนใหญ่อยู่ในรูปเกลือ ได้แก่ โปแตสเซียม พบในปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม ส่วนธาตุที่พบน้อยที่สุดคือ เหล็ก แมงกานีส ซัลเฟอร์ อะลูมีเนียม โซเดียม ซิลิคอน สังกะสี และทองแดง

2.5.2 สารอินทรีย์ในใบชา เป็นส่วนประกอบประมาณ 93-96 % ของน้ำหนักแห้งทั้งหมด ประกอบด้วยสารประกอบที่มีคุณค่าทางโภชนะและมีผลต่อคุณภาพของใบชา ซึ่งได้แก่ คาร์โบไฮเดรท ไขมัน โปรตีน กรดอะมิโน วิตามิน สารกลุ่มโพลีฟีนอล คาเฟอีน สารให้กลิ่น สารสี (pigment) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของใบชาสดและใบชาแห้ง

สาร	ใบชาสด (%)[A]	ใบชาแห้ง (%)[B]
เซลลูโลสและกาก	34	34
โปรตีน	17	16
คลอโรฟิลล์และสารสีต่างๆ	1.5	1
แป้ง	1.5	0.25
สารแทนนิน	25	13
สารแทนนินที่ผ่านการออกซิไดซ์	-	4
คาเฟอีน	4	4
กรดอะมิโน	8	9
ยางและน้ำตาล	3	4
แร่ธาตุ	3-4	3-4
เถ้า	5.5	5.5
น้ำมันหอมระเหย (สารให้กลิ่น)	-	น้อยมาก

A : ใบชาสดมีความชื้นประมาณ 70-80 % , B : ใบชาแห้งมีความชื้นประมาณ 3-5 %

ที่มา : สัณห์ ละอองศรี (2535)

2.5.2.1 โปรตีน (Protein) พบประมาณ 15-17 % ของน้ำหนักแห้งทั้งหมด บทบาทของโปรตีนที่พบในใบชา ในรูปของเอนไซม์ส่วนใหญ่จะเน้นที่กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenoloxidase ซึ่งทำหน้าที่ออกซิไดซ์สารโพลีฟีนอล (polyphenol) ไปเป็น theaflavin และ thearubigins เอนไซม์ที่สำคัญคือ catechol oxidase ทำหน้าที่ออกซิไดซ์คาเทชิน ใบชาที่มีเอนไซม์นี้สูงจะเกิดการหมักได้ดี (สัณห์ ละอองศรี. 2535) ส่วนในรูปของกรดอะมิโน (amino acids) ได้แก่ teanine, glutamic acid, tryptophan, glycine, serine, aspartic acid, tyrosine, valine, leucine, threonine, arginine, lysine (Cabrera *et al*. 2006)

2.5.2.2 สารกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenol) เป็นสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิค (phenolic compound) มีประมาณ 20-30 % ของน้ำหนักแห้ง มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) ที่มีจำนวนหมู่ ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) รวมอยู่ในโมเลกุลตั้งแต่ 2 วงขึ้นไป (Wan *et al*. 2009) โครงสร้างของโพลีฟีนอลจะมีโมเลกุลรวมกันกว่า 1,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

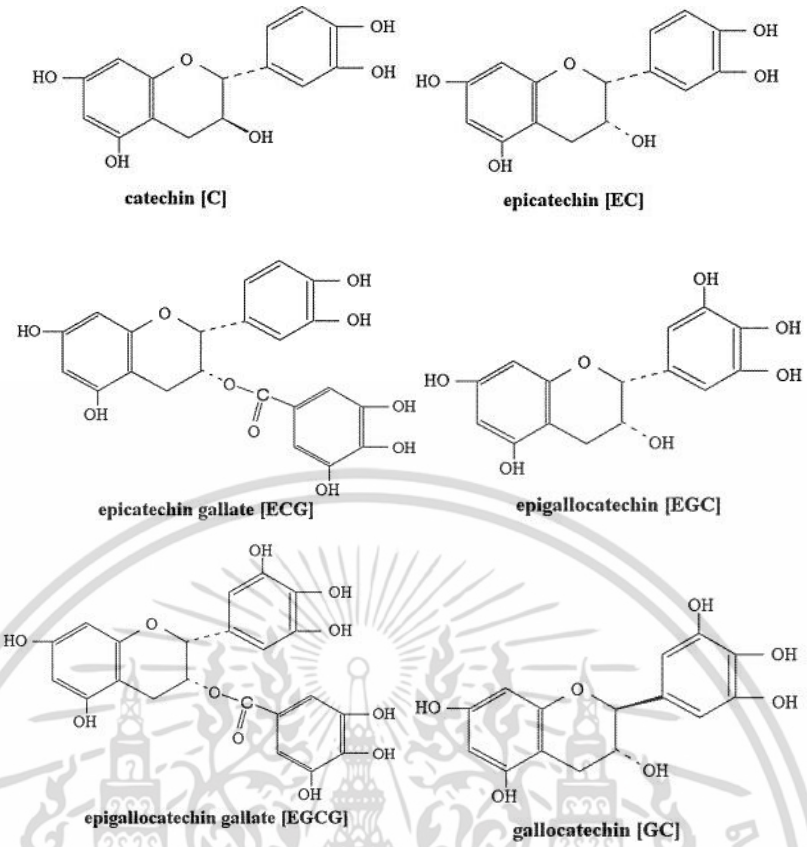
โมเลกุล ซึ่งแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับจำนวนวงแหวนฟีนอล (phenol) และการทำงานของวงแหวนในการรวมตัวกับโมเลกุลอื่น สารโพลีฟีนอลแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) Phenolic acid และ stilbenes พบอยู่ทั่วไปในพืชอาหารอาจแบ่งได้ 2 ชนิดคือ hydroxybenzoic acid (HBA) ได้แก่ gallic acid ซึ่งจะเปลี่ยนรูปไปเป็น quinic acid, catechin (คาเทชิน) และ soluble tannin อีกชนิดคือ hydroxycinnamic acid ได้แก่ caffeic acid พบในอาหารในรูป chlorogenic acid และ caftaric acid

2) Flavonoid เป็นโครงสร้างของวงแหวนอะโรมาติก 2 โมเลกุล จับกันด้วยคาร์บอนอะตอมและรวมตัวกับอีก 1 วงแหวนที่ตำแหน่ง - O - ซึ่งมีหลายชนิดแตกต่างกันที่ลักษณะการจับกับ - O - แบ่งเป็น 7 ชนิด ได้แก่ flavonol, flavones, flavanones, flavanonols, flavanols, anthocyanidin และ isoflavones โดย flavonols และ flavones ประกอบด้วยอนุพันธ์ของ catechin คือ (-)- epicatechin และ (+)- catechin ซึ่งสองชนิดนี้พบในพืชธรรมชาติหลายชนิด เมื่อ flavonols ได้รับความร้อนในสภาวะกรดจะหลั่ง anthocyanidin และได้ผลผลิตเป็น condensed tannin (แทนนิน) และ proanthocyanidin (Vauzour *et al*. 2012 ; กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2552) การสังเคราะห์โพลีฟีนอลในพืชการสังเคราะห์ flavonoid เป็นการสังเคราะห์ขั้นทุติยภูมิโดย flavonoid ทุกชนิดได้มาจากการทำงานของ chalcone precursor กับเอนไซม์ chalcone synthase (CHS) โดย flavonoid แต่ละชนิดจะมีเอนไซม์เฉพาะตัว เช่น เอนไซม์ leucoanthocyanidin reductase จะเปลี่ยนหมู่ hydroxyl ของ leucocyanidin ได้เป็น catechin ส่วนเอนไซม์ anthocyanidin reductase จะเปลี่ยน anthocyanidin เป็น epicatechin ฯลฯ ในใบชาจะพบ flavonols และ flavanols ประกอบด้วย catechin และ proanthocyanidin (tannin) ซึ่งสามารถเกิด aglycone หรือ gallate ester ของวงแหวน flavonoid ได้ ทำให้ catechin มีอนุพันธ์เพิ่มขึ้นคือ gallocatechin, epicatechin และ epigallocatechin gallate สารเหล่านี้มีผลต่อคุณสมบัติของชา ได้แก่ สี รสชาติ และกลิ่น สารสองชนิดที่พบในปริมาณมากคือ คาเทชิน และแทนนิน (Vauzour *et al*. 2012)

คาเทชิน (catechin) เป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoid) หรือ flavon-3-ols คาเทชินมีสารอนุพันธุ์ของคาเทชินทั้งหมด 6 ชนิดได้แก่ (-)-Epicatechin (EC), (-)-Epigallocatechin (EGC), (-)-Epicaechin gallate (ECG), (-)-Epigallocatechin gallate (EGCG), (+)-Catechin (C) และ(+)-Gallocatechin (GC) มีโครงสร้างทางเคมีดังภาพที่ 2.3 โดยสาร EGCG เป็นชนิดที่พบมากที่สุดในใบชา รองลงมาคือ EGC ECG และ EC แสดงดังตารางที่ 2.3 (Wan *et al*. 2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 แสดงโครงสร้างทางเคมีของคาเทชินชนิดต่างๆ (สุภาภรณ์ โลณานุรักษ์. 2552)

ตารางที่ 2.3 แสดงปริมาณสารคาเทชินแต่ละชนิดในใบชาอ่อน (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)

ชนิดของคาเทชิน	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง
(-)-Epigallocatechin gallate (EGCG)	8-12
(-)-Epigallocatechin (EGC)	3-6
(-)-Epicaechin gallate (ECG)	3-6
(+)-Gallocatechin (GC)	3-4
(-)-Epicatechin (EC)	1-3
(+)-Catechin (C)	1-2

ที่มา : Wan *et al*. (2009)

สารคาเทชินมีรสขมฝาด สี กลิ่น และรสของชาขึ้นอยู่กับปริมาณคาเทชิน ในชาฤดูการเพาะปลูก การดูแล สภาพของดินและน้ำ อายุของชาและการเก็บเกี่ยวมีผลต่อระดับของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาเทชินในใบชา ชาในฤดูใบไม้ผลิจะมีปริมาณคาเทชินต่ำกว่าชาในฤดูร้อน ใบชาอ่อนมีคาเทชินมากกว่าใบชาแก่และพบปริมาณมากตรงส่วนยอดของใบชา คุณสมบัติเด่นของคาเทชินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง โดยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าวิตามินซีและอี 100 เท่า รายงานบางฉบับพบว่าคาเทชินมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าวิตามินอี 20 เท่า และมากกว่าวิตามินซีถึง 500 เท่า (ปรีดา จันทร์เอียด. 2552) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง EGCG ซึ่งพบในปริมาณสูงและพบเฉพาะในใบชาเท่านั้น จึงเป็นสารสำคัญในใบชาที่นิยมใช้ประโยชน์ทางด้านการแพทย์และเภสัชกรรม (สุภาภรณ์ โลณานุรักษ์. 2552)

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (Biological activity)

1) ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (Antioxidation) จากโครงสร้างของสาร catechin จะพบว่ามี aromatic rings และ hydroxyl groups เป็นส่วนประกอบ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับการมีฤทธิ์ antioxidant ที่แรง (ภาคภูมิ พาณิชยูปการนันท์ และ ธวัช ปัญโญแก้ว. ม.ป.ป.) และมี free-radical scavenging activity สูงทั้งการวิจัยในลักษณะ in vitro และ in vivo โดย EGCG เป็นสาร catechin ที่มีปริมาณมากกว่าสาร catechin อื่นในชาเขียว รายงานการวิจัยจำนวนมากเชื่อว่าฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสารสำคัญในชาเขียวในกลุ่ม polyphenols ส่วนใหญ่มาจาก EGCG (รุ้งตะวัน สุภาพผลและวันดี กฤษณพันธุ์. 2548) มีรายงานการศึกษามากมายระบุว่าสารโพลีฟีนอลและคาเทชินในชามีความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระทั้งชนิดออกซิเจนและไนโตรเจน (reactive oxygen and nitrogen species ประกอบด้วย superoxide, peroxyl radicals, singlet oxygen, peroxynitrite and hypochlorous acid (Cabrera *et al*. 2006 ; Frei and Higdon. 2003) มีการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่าการกินสารสกัดจากชาเขียวจะเพิ่มการทำงานของ superoxide dismutase (SOD) และช่วยขับเอนไซม์ catalase ออกมาในกระแสเลือดซึ่งเป็นการปกป้องการเข้าทำลายของอนุมูลอิสระชนิด reactive oxygen species ต่อเซลล์ได้และยังลดความเข้มข้นของไนตริกออกไซด์ (nitric oxide) ในพลาสมาได้ ดังนั้นคาเทชินจึงออกฤทธิ์ทั้งทางตรงในการเป็นสาร antioxidant และทางอ้อมในการกระตุ้นหรือเร่งการทำงานของเอนไซม์บางชนิดได้ (Crespy and Williamson. 2004)

2) ฤทธิ์ต้านการก่อมะเร็ง (Anticarcinogenic) สาร EGCG และ EGC มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดมะเร็ง และการรุกรานของเซลล์มะเร็ง โดยการยับยั้ง enzyme ที่จำเป็นในการเจริญเติบโตหรือการลุกลามของเซลล์มะเร็ง และยังมีความสามารถที่จะทำลายหรือฆ่าเซลล์มะเร็งได้ด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าสาร EGCG สามารถยับยั้งการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของเซลล์ (proliferation) โดยชักนำให้เกิดการตายของเซลล์ (apoptosis) ได้ (ภาคภูมิ พาณิชยูปการนันท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ ธวัช ปัญโญแก้ว. ม.ป.ป.) มีรายงานการศึกษามากมายถึงฤทธิ์ของสารในกลุ่มคาเทชินที่สามารถต้านเซลล์มะเร็งได้หลายชนิด เช่น การศึกษาในโมเดลหนูถีบจักรที่ชักนำให้เป็นมะเร็งต่อมลูกหมาก (transgenic adenocarcinoma of the mouse prostate model ; TRAMP) เมื่อได้รับสาร polyphenols จากชาเขียวที่ขนาดเทียบเท่ากับคนที่ดื่มชาเขียว 6 ถ้วยต่อวัน สามารถยับยั้งการ development ของเซลล์มะเร็งและเพิ่มระยะเวลาในการอยู่รอดของหนูถีบจักร โดยคาเทชินจะยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งและลด apoptosis ของเซลล์ และจะทำลายเซลล์มะเร็งแต่ปกป้องเซลล์อื่นๆไว้ ผลการศึกษาในเซลล์เพาะเลี้ยงของมะเร็งลำไส้ใหญ่ (colon cancer) พบว่าเมื่อให้สาร EGCG หรือ catechin ที่ขนาด 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นเวลา 96 ชั่วโมง สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งได้ (พรนรินทร์ เทพาวราพฤกษ์และคณะ. 2552) มีการศึกษาผลของสารสกัดคาเทชินจากชาเขียวต่อการเกิดเซลล์มะเร็งในทางเดินอาหารหนูพบว่า การกินสารสกัดจากชาเขียว 0.1-2 % สามารถลดการเกิดเนื้องอกที่ลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัมและทวารหนักได้ ลดการเกิดมะเร็งกระเพาะอาหารโดยไปลดระดับ methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine (Crespy and Williamson. 2004) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาทั้งในเซลล์เนื้อเยื่อและในสัตว์ทดลองพบว่าสารคาเทชินในชาเขียวช่วยยับยั้งการเกิดเซลล์มะเร็งตับ ปอด ช่องปาก หลอดอาหารและอวัยวะอื่นๆได้ (Cabrera *et al*. 2006)

3) ฤทธิ์ต้านเชื้อ (Antimicrobial) สารสกัดจากชาเขียวสามารถยับยั้งและต้านเชื้อ *Staphylococcus epidermis, Samonella typhimurium, Samonella enteritidis, Shigella flexneri, Shigella dysenteriae*, VIbrio spp. (รวมทั้ง *Vibrio cholerrae*) และ Clostridium spp.รวมทั้งยับยั้งเชื้อรา *Trichophyton mentagrophyles* และ *Trichophyton rubrum* (ภาคภูมิ พาณิชยูปการนันท์ และ ธวัช ปัญโญแก้ว. ม.ป.ป.) จากรายงานของ Cabrera *et al*. (2006) ระบุว่าสารคาเทชินในชาเขียวสามารถยับยั้งการก่อโรคของเชื้อแบคทีเรีย Bacillus และ *Helicobacter pylori* แต่ไม่มีผลต่อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (normal flora) ในลำไส้เล็ก และยับยั้งการก่อโรคของเชื้อรา *Candida albicans* ด้วย สารสกัดจากกากชามีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียที่เป็นโทษ เนื่องจากสารแทนนินและคาเทชิน สามารถทำปฏิกิริยากับไขมันบริเวณผนังเซลล์ (lipid bilayers) ทำให้เกิดเซลล์เสียสภาพโดยเฉพาะเซลล์ของแบคทีเรียแกรมลบที่ผนังเซลล์มีส่วนประกอบที่เรียกว่า ไลโปโพลีแซคคาไรด์ (lipopolysaccharides) ซึ่งมีคุณสมบัติสร้างสารพิษแอนโดท็อกซิน แต่ไม่ส่งผลต่อแบคทีเรียแกรมบวก เนื่องจากผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมบวกเป็นสารจำพวกโปรตีนซึ่งสารแทนนินไม่สามารถทำลายได้ (ปรีดา จันทร์เอียด. 2552) นอกจากนี้สารคาเทชินชนิด epigallocatechin gallate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ gallocatechin gallate จากชาเขียวสามารถยับยั้งการปลดปล่อยสารพิษออกมานอกเซลล์ของ *Escherichia coli* ได้ สารโพลีฟีนอลยังสามารถช่วยเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ชนิดที่เป็นประโยชน์ เช่น จุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างกรดแลคติค (Lactic acid bacteria) อาทิ Bifidobacterium spp. และ Lactobacillus spp. ซึ่งจะช่วย ควบคุมการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคอีกทางหนึ่ง และผลพลอยได้คือสามารถลดสารประกอบกลุ่มแอมโมเนีย (ammonia), ฟีนอล (phenol) และซัลไฟด์ (sulfide) ในมูลลงและเพิ่มปริมาณกรดไขมันสายโซ่สั้นในระบบทางเดินอาหารส่วนปลายให้มากขึ้น (นวลจันทร์ พารักษาและคณะ. 2552)

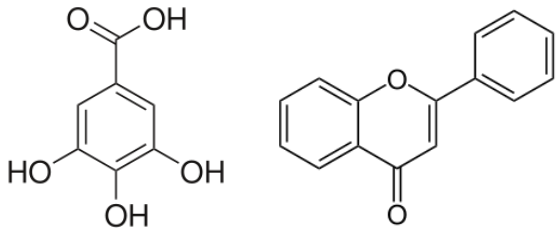
4) ลดคอเลสเตอรอล สารคาเทชินในชาโดยเฉพาะ epigallocatechin gallate มีฤทธิ์ในการสลายลิ่มเลือด ช่วยลดการสะสมของไขมันในเลือด และยับยั้งการแข็งตัวของเลือด (นวลจันทร์ พารักษาและคณะ. 2552) มีการศึกษาพบว่าสารสกัดภายในชาเขียวสามารถยับยั้งการก่อตัวแบบผิดปกติของก้อนเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุของอาการหัวใจวาย และลิ่มเลือดอุดตันภายในสมองได้ นอกจากนี้มีรายงานว่าสาร catechin ในชาเขียวช่วยลดระดับ LDL cholesterol ในเลือดของหนูได้ โดยทำให้หนูถ่ายไขมันและ cholesterol ออกทางอุจจาระเพิ่มขึ้น แต่กลไกไม่ทราบแน่ชัด มีรายงานที่แนะนำว่า catechin อาจมีฤทธิ์ hypolipidemic effect ซึ่งเกี่ยวพันธ์กับการลดระดับของ triacylglycerols และ cholesterol อาจมีกลไกออกฤทธิ์ในการลดการทำงานของการสังเคราะห์กรดไขมันที่ตับ (FAS), HMG-CoA-reductase และ acyl CO-A ที่ลำไส้เล็ก (intestinal acyl Co-A: cholesterol acyltransferase) (ภาคภูมิ พาณิชยูปการนันท์ และ ธวัช ปัญโญแก้ว. ม.ป.ป.) จากรายงานของ ปรีดา จันทร์เอียด (2552) อธิบายว่าเนื่องจากสารโพลีฟีนอลที่เป็นส่วนประกอบหลักของชาสามารถกระตุ้นให้เกิดการจับกันระหว่าง low density lipoprotein และ low density lipoprotein receptor จึงส่งผลให้ระดับ LDL ในเลือดลดลง โดยจากการวิจัยพบว่าเป็นผลของสารคาเทชินชนิด EC และ EGCG ที่มีความเป็น antioxidant ที่แรงกว่าอนุพันธุ์ของคาเทชินตัวอื่น (Cabrera *et al.* 2006) และจากรายงานของ รุ้งตะวัน สุภาพผล และวันดี กฤษณพันธุ์ (2548) อธิบายว่าชาเขียวมีบทบาทสำคัญในการลดปริมาณ low density lipoprotein (LDL)-cholesterol และยับยั้งปฏิกิริยา Cu^{2+} - mediated oxidation ของ LDL ความเสียหายที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ LDL-cholesterol ก็น้อยตามไปด้วย จึงสามารถยับยั้ง LDL-cholesterol ไม่ให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ทำให้ลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคต่างๆ ทางระบบไหลเวียนโลหิต เช่น มีการศึกษาผลของชาเขียวในคนที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ พบว่าการดื่มชาเขียวเป็นประจำทุกวันสามารถลดอัตราการเกิดโรคเส้นเลือดเลี้ยงหัวใจแข็งและหนาตัว (coronary atherosclerosis) และในผู้สูงอายุที่มีอายุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไปเมื่อดื่มชาเขียวตั้งแต่ 5 ถ้วยหรือมากกว่า 800 ml. ต่อวันเป็นเวลา 4 เดือน ความยืดหยุ่นของหลอดเลือดแดงจะปรับตัวดีขึ้นและช่วยเสริมการทำงานของ endothelium ในหลอดเลือด (พรนรินทร์ เทพาวราพฤกษ์ และคณะ. 2552) ส่วนการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่าการเสริมผงชาเขียว 0, 1, 2 และ 4 % ลงในอาหารหนู mice ทำให้ความเข้มข้นของคอเลสเตอรอลในตับ ไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) ในตับและซีรั่ม และ nonestrified fatty acids ในซีรั่ม รวมถึงระดับ Leptin ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แสดงว่า lipid metabolism และการสะสมไขมันถูกระงับด้วยสารในชาเขียว (Sayama *et al*. 2000) เช่นเดียวกับรายงานของ Crespy and Williamson (2004) ที่อธิบายว่าสารคาเทชินในชาเขียวช่วยปกป้องการเกิด atherosclerotic plaque การได้รับสารสกัดจากชาเขียวทำให้ลดการดูดซึมของ triglycerides และ คอเลสเตอรอลในซีรั่ม โดยมีการขับไขมันออกมามากขึ้น ซึ่งการได้รับในระดับที่มากกว่า 0.5 % ให้ผลชัดเจนกว่าการเสริมในระดับต่ำ แสดงว่าสารคาเทชินในชาเขียวมีประโยชน์ในการระงับผลของอาหารไขมันสูงและมีผลต่อการควบคุมน้ำหนัก โดยจะช่วยปรับการเมทาบอลิซึมของไขมันให้เหมาะสมและลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวานและหลอดเลือดหัวใจตีบ

แทนนินหรือฝาดชา เป็นสารประกอบฟีนอลที่ละลายน้ำได้ (water-soluble phenolic compounds) ในโครงสร้างมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นจำนวนมาก น้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 500–3,000 จึงเป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่และโครงสร้างซับซ้อน มีสถานะเป็นกรดอ่อนๆเป็นสารให้ความฝาดในพืช แทนนินแบ่งตามลักษณะโครงสร้างได้ 2 พวกคือ พวกไฮโดรไลซ์แทนนิน (hydrolyzable tannin) สามารถสลายตัวได้ง่ายโดยน้ำย่อยหรือกรด พบในใบและฝักพืช อีกกลุ่มคือพวกคอนเดนส์แทนนิน (condensed tannin) หรือเรียกอีกอย่างว่า โปรแอนโทรไซยานิน (proanthrocyanin) เป็นสารโมเลกุลใหญ่และมีโครงสร้างสลับซับซ้อน (ดังภาพที่ 2.4) แยกให้บริสุทธิ์ได้ยากเพราะไม่ตกผลึก ส่วนใหญ่พบในรูปของไกลโคไซด์ (glycoside) และไม่ถูกย่อยได้ง่าย แต่เมื่อถูกกรดหรือเอนไซม์จะให้สารสีแดง พบได้ในส่วนเปลือกต้นและแก่นไม้ ปริมาณของสารแทนนินในใบชาขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่นเดียวกับคาเทชิน ใบชาอ่อนมีปริมาณแทนนินสูงกว่าใบชา แก่ และชาที่ปลูกในที่ร่มจะมีแทนนินน้อยกว่าปลูกกลางแจ้ง (กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



hydrolyzable tannin condensed tannin

ภาพที่ 2.4 แสดงโครงสร้างทางเคมีของแทนนินทั้งสองชนิด (สุภาภรณ์ โลณานุรักษ์. 2552)

กฤษฎา สัมพันธารักษ์ (2552) อธิบายความเป็นพิษของแทนนินได้ 5 แบบคือ

1) ลดปริมาณการกินอาหารของสัตว์ มีการทดลองใช้กรดแทนนินผสมในอาหารไก่ พบว่าทำให้อัตราการเพิ่มน้ำหนักลดลง แต่ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้อาหาร ดังนั้นสาเหตุที่น้ำหนักลดลงเนื่องจากสัตว์กินอาหารน้อยลง แต่เมื่อให้อาหารที่มีพวก condensed tannin ในพืชธรรมชาติ เช่น เมล็ดข้าวฟ่าง กลับพบว่าไก่ที่ได้รับอาหารแทนนินสูงโตช้ากว่าตัวเปรียบเทียบแต่ปริมาณอาหารที่กินกินมากกว่าตัวเปรียบเทียบ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเปรียบเทียบผลของแทนนินทั้งสองชนิดโดยทดลองใช้ ฝัก carob pods ซึ่งมีแทนนินสูง แบ่งเป็น 2 แบบคือ ฝักดิบ (มีทั้ง hydrolyzable tannin และ condensed tannin) และฝักสุก (มีเฉพาะ condensed tannin) พบว่าไก่ที่กินอาหารผสม carob pods ฝักดิบจะกินอาหารน้อยลงและโตช้ากว่าไก่ที่กิน carob pod ฝักสุก

2) สามารถเข้ารวมกับโปรตีนหรือแร่ธาตุอื่นๆและเกิดการตกตะกอน ปัญหาทางคุณค่าของอาหารที่เกิดเนื่องจากแทนนินอาจกล่าวได้ว่าเป็นผลเนื่องจากการลด N-retention ทำให้มีการขับถ่ายไนโตรเจนมากขึ้นและ/หรือทำให้การย่อยโปรตีนลดลง การทดลองหาการย่อยโปรตีนในห้องทดลอง (in vitro) ของข้าวฟ่างแทนนินสูงก็ทำให้การย่อยได้ของโปรตีนลดลงเช่นเดียวกับการทดลองในสัตว์ มีการทดลองใช้กรดอะมิโนเสริมในปริมาณที่เทียบเท่ากับในกากถั่วเหลืองเพื่อแก้ปัญหา แต่ผลที่ได้พบว่าไม่ทำให้การย่อยโปรตีนดีขึ้นหรือไม่สามารถลดพิษจากแทนนินได้รวมถึงพบว่า fat retention ในไก่ลดลง 27 % เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารผสมแทนนิน 3.9 % ที่สกัดจาก *Vicia faba* มีนักวิจัยบางคนรายงานว่า แทนนินธรรมชาติในพวกธัญพืชหรือพืชซึ่งอยู่ในรูปของโปรตีน-แทนนิน อาจเป็นตัวช่วยจำกัดโทษของแทนนินที่มีต่อคุณค่าทางอาหารหรืออาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีส่วนช่วยลดความเป็นพิษของแทนนินลง นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการเลี้ยงหนูทดลองด้วยอาหารที่มีกรดแทนนิน 5 % ทำให้ hemoglobin ในเลือดหนูลดลง อาจเนื่องมาจากการรวมตัวของเหล็ก-แทนนิน ทำให้ปริมาณของเหล็กที่เป็นประโยชน์ลดลง แต่ก็มีรายงานบางฉบับที่ขัดแย้งกับผลดังกล่าว มีรายงานการวิเคราะห์แร่ธาตุจากเถ้าของกากอาหารทดลองที่ผสมกรดแทนนิน 1 % ในหนู แสดงให้เห็นถึงผลกระทบอย่างรุนแรงต่อการดูดซึมของธาตุอาหาร กรดแทนนินเป็นสาเหตุที่ทำให้มีการขับถ่ายแคลเซียมและโซเดียมมากขึ้น แต่จะทำให้การขับถ่ายทองแดง แมกนีเซียม แมงกานีส และเหล็กลดลง จากรายงานของ ปรีดา จันทร์เอียด (2552) ระบุว่าในใบชาที่คุณภาพต่ำโดยเฉพาะใบชาที่แก่หรือใบชาที่ถัดจากใบที่ 2 จากยอดลงมาจะมีกรดแทนนิก (tannic acid) ประกอบอยู่สูง ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินอาหาร และส่งผลต่อการดูดซึมแร่ธาตุรองของกระเพาะอาหารหรือลำไส้ เช่น ธาตุเหล็ก แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสีซึ่งอาจก่อให้เกิดภาวะแร่ธาตุเหล่านี้ในเลือดต่ำหรือเมื่อกรดแทนนิกรวมตัวกับโปรตีนจะทำให้ย่อยโปรตีนยากขึ้น

3) สามารถรวมตัวกับน้ำย่อยและลดปฏิกิริยาของน้ำย่อย เนื่องจากคุณสมบัติของแทนนินที่สามารถรวมตัวกับโปรตีนได้ จึงสามารถยับยั้งการทำงานของน้ำย่อยต่างๆ ได้เช่นกันโดยจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ปริมาณโปรตีนในอาหาร (จะช่วยเข้ายึดแทนนินไว้แทนน้ำย่อย) สภาพการณ์ที่จะทำให้เกิดโปรตีน-แทนนินก่อนที่จะกินเข้าไป ปริมาณของน้ำย่อยชนิดต่างๆ ความสามารถที่จะเข้ารวมตัวกับแทนนิน ระดับ pH ซึ่งปัจจัยดังกล่าวอาจผันแปรตามชนิดของสัตว์ อายุ และพันธุกรรม มีการศึกษาปฏิกิริยาของ trypsin และ amylase ใน cecal contents ของหนูที่เลี้ยงด้วย carob ฝักดิบหรืออาหารผสมแทนนินสกัด พบว่าปฏิกิริยาของ trypsin และ amylase จะเพิ่มขึ้นพอประมาณ นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำย่อยต่างๆเช่น trypsin, 2-amylase และ lipase จะถูกยับยั้งได้อย่างเฉียบขาดโดย condensed tannin และพบว่าสารพวก condensed tannin จะยับยั้งปฏิกิริยาของน้ำย่อย trypsin ได้ดีกว่าพวก hydrolysable tannin ในขณะที่น้ำย่อย lipase ถูกยับยั้งด้วย hydrolysable tannin ได้ดีกว่า ส่วน 2-amylase ถูกยับยั้งได้ด้วยสารทั้งสองชนิด

4) ส่งผลกระทบต่อทางเดินอาหาร แทนนินสามารถยึดเกาะและทำลายผนังลำไส้บางส่วนทำให้ระบบย่อยอาหารทำงานไม่ปกติ มีการศึกษาการใช้อาหารผสมกรดแทนนิน 1 % ในหนู พบว่ามีการขับถ่ายไนโตรเจนออกมามากขึ้นซึ่งสัมพันธ์กับการขับถ่ายพวก glycoprotein ในน้ำเมือก (mucus) และการศึกษาเลี้ยงไก่ด้วยอาหารผสมแทนนิน 5 % พบว่าทำให้ไก่ตายในระหว่าง 7-11 วันของการทดลอง หลังจากผ่าซากก็พบสภาพเนื้อเยื่อ mucosa ในหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารถูกทำลาย เกิดลักษณะ subcutaneous edema และทำให้กระเพาะพัก (crop) หนาขึ้น ต่อม bursa of fabricius เล็กลง นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของแทนนินที่สูงขึ้นจะทำให้เกิด gastroenteritis และ congestion ในผนังลำไส้หนู และ hemorrhagic gastroenteritis ในกระต่าย การแพทย์สมัยก่อนเคยนำกรดแทนนินมาใช้ในการสวนทวารร่วมกับแบเรียม เพื่อกำจัดน้ำและเมือกออกก่อนจะทำการเอ็กซ์เรย์ช่องท้อง (radiography) แต่ถูกห้ามใช้เพราะมีความเสี่ยงแก่ชีวิต การฉีดกรดแทนนินเข้าร่างกายมีความเป็นพิษมากกว่าการกินถึง 2 เท่า

5) แทนนินเมื่อเข้าสู่ร่างกายสามารถซึมผ่านเข้าไปยังเนื้อเยื่อต่างๆทั่วร่างกายและเกิดความเป็นพิษ จากการรวบรวมข้อมูลของนักวิจัยหลายท่านระบุว่า โดยปกติสัตว์ไม่น่าจะดูดซึมสารพวกที่มี hydrogen-bonding ได้ ไม่สามารถทำให้สลายตัวได้ มีโมเลกุลใหญ่และทำให้โปรตีนตกตะกอนดังเช่นสารแทนนินได้ และสารพวก gallotannic acid ก็ไม่สามารถดูดซึมผ่านผนังลำไส้หนูได้ แต่หากได้รับแทนนินอย่างต่อเนื่องร่างกายจะแสดงอาการท้องอืด ระคายเคืองท้องและอาการบวมของเซลล์ลำไส้ แต่มีงานวิจัยบางฉบับรายงานว่าสารพวก hydrolysable tannin จะละลายได้และดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ เนื่องจากพบสารที่เกิดจากการสลายตัวของแทนนินในปัสสาวะของสัตว์ที่กินสารแทนนินเข้าไป นอกจากนี้ยังพบว่าการได้รับแทนนินโดยตรงจากการฉีดสารละลายแทนนินเข้าสู่ร่างกายจะเป็นอันตรายมากกว่าการกินหลายเท่า เนื่องจากทำให้เนื้อเยื่อไหม้ตับและไตถูกทำลาย และการได้รับแทนนินอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานก็เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคมะเร็งได้ ซึ่งสารแทนนินและกรดแทนนินจัดเป็นสารเคมี 1 ใน 169 ตัว ที่จัดไว้ในประเภทที่ 1 ของ Occupational safety and health administration เป็นสารที่มีโอกาสจะทำให้เกิดโรคมะเร็งและอาจจะจัดเข้าควบคุมตามนโยบายการควบคุมสารก่อให้เกิดมะเร็งของกระทรวงสาธารณสุข ปริมาณแทนนินที่มีในอาหารสัตว์ปีกในระดับ 0.5-2 % มีผลทำให้การเจริญเติบโตช้าลงและที่ระดับ 5 % จะทำให้สัตว์ปีกมีอัตราการตายถึง 70 % ผลของแทนนินต่อผลผลิตไข่ พบว่าถ้ามีปริมาณแทนนินในอาหาร 1 % จะทำให้ผลผลิตไข่ลดลงและลดลงไปอีกหากมีมากขึ้น และพบว่าไข่แดงจะมีสีผิดไปโดยมีจุดสีเขียวมากขึ้น แต่มีผลกระทบน้อยต่อน้ำหนักไข่ คล้ายกับจรัส สว่างทัพ (2548) ซึ่งอธิบายถึงระดับความเป็นพิษของแทนนินไว้ว่า แทนนินที่ระดับ 0.5 % ทำให้ไข่แดงมีสีเขียว, ที่ระดับ 0.64-0.83 % จะลดอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารในไก่, กรดแทนนิก ระดับ 0.5-2 % จะลดอัตราการเจริญเติบโตและเพิ่มไขมันในตับ, ที่ระดับ 2-4 % ในไก่ไข่ ไข่แดงเปลี่ยนเป็นสีเขียวและที่ระดับมากกว่า 5 % จะมีอัตราการตายสูงถึง 70 % แม้จะมีความเป็นพิษแต่ถ้าใช้ถูกวิธีก็เกิดผลดี เช่น มีฤทธิ์สมาน ใช้บรรเทาอาการท้องเสียหรือท้องเดิน (antidiarrheals) ซึ่งเกิดจากเนื้อเยื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ผนังลำไส้ใหญ่มีการระคายเคืองจากเชื้อโรค สารเคมี หรืออาหารบางชนิด ทำให้ลำไส้ใหญ่บีบตัวมากกว่าปกติ สารแทนนินที่มีอยู่ในชาเมื่อสัมผัสกับผนังลำไส้ จะรวมกับโปรตีนที่ผิวเนื้อเยื่อแล้วตกตะกอนเคลือบเนื้อเยื่อไว้ ทำให้ลดการระคายเคืองและการบีบตัวของลำไส้ นอกจากนี้แทนนินยังสามารถจับกับโปรตีนที่ผนังเซลล์ของเชื้อรา แบคทีเรีย ไวรัส หรือทำให้เชื้อโรคเหล่านี้ไม่สามารถทำอันตรายกับร่างกายได้ (สุภาภรณ์ โลณานุรักษ์. 2552) ช่วยลดน้ำหนักเนื่องจากสารคาเทชินในใบชาเป็นสารตั้งต้นของ condensed tannin ชนิดหนึ่ง (กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2552; Cirillo and Iemma. 2013) จึงมีคุณสมบัติคล้ายแทนนินในการยับยั้งการสร้างเอนไซม์ไลเปส (lipase) ทั้งจากกระเพาะและตับอ่อน ทำให้การย่อยลิปิดและดูดซึมไขมันไปใช้น้อยลงและยังทำงานร่วมกับคาเฟอีน (caffeine) ในการยับยั้งเอนไซม์ที่สลาย noradrenaline โดยจะยับยั้ง catechol-O-methyl transferase ทำให้สารทั้งสองอยู่ในร่างกายและออกฤทธิ์นานขึ้นช่วยกระตุ้นการสร้างความร้อนของร่างกาย เผาผลาญไขมันและขับไขมันออกมามากขึ้น และยังชะลอการสร้าง อินซูลินซึ่งเป็นฮอร์โมนที่ส่งเสริมให้ร่างกายสะสมไขมัน ดังนั้น ร่างกายจึงเผาผลาญไขมันแทนที่จะสะสมไขมัน (Cabrera *et al*. 2006) สารคาเทชินในชาเขียวมีประโยชน์ในการระงับผลของอาหารไขมันสูงและมีผลต่อการควบคุมน้ำหนัก โดยจะช่วยปรับการเมทาบอลิซึมของไขมันให้เหมาะสมและลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวานและหลอดเลือดหัวใจตีบ (Crespy and Williamson. 2004)

2.5.2.3 คาเฟอีน (caffeine) หรือเมททิลทีโอโบรมีน (methyltheobromine) มีสูตรโมเลกุล $C_8H_{10}N_4O_2$ คาเฟอีนเป็นผงผลึกสะท้อนแสง สีขาว ละลายน้ำ ไม่มีกลิ่น รสขมเล็กน้อย พบคาเฟอีนในใบชาประมาณ 3-5 % ของน้ำหนักแห้ง พบมากในยอดอ่อน ชาที่ถูกคั่วด้วยความร้อนสูงจะมีคาเฟอีนลดลง เนื่องจากคาเฟอีนจะกลายเป็นแก๊ส คาเฟอีนช่วยกระตุ้นสมองให้ตื่นตัว เนื่องจากมีฤทธิ์กระตุ้นประสาท นอกจากนี้ยังเพิ่มการเผาผลาญอาหารโดยเพิ่มการใช้คาร์โบไฮเดรตในร่างกาย ลดน้ำตาลและกรดไขมันในเลือด รวมทั้งลดปริมาณไกลโคเจน (glycogen) ในตับ เพิ่มการทำงานของหัวใจและไต (สุภาภรณ์ โลณานุรักษ์. 2552) แก้อาการเมาค้างได้ดีเนื่องจากคาเฟอีนไปยับยั้งการดูดซึมแอลกอฮอล์และเพิ่มการเผาผลาญอาหาร ช่วยขับสารพิษและของเสียออกมาทางปัสสาวะ (ณรงค์ชัย ปัญญานนทชัย. 2548 ; Cabrera *et al*. 2006)

2.5.2.4 สารสี (pigment) ในใบชาสดมีสารที่ทำให้เกิดสีโดยตรง 2 ชนิดคือ คลอโรฟิลด์ (chlorophyll) และแอนโธไซยานิน (anthocyanin) คลอโรฟิลด์ให้สีเขียวแต่ระดับความเข้มของสีอาจเปลี่ยนไปตามกระบวนการผลิตชาเนื่องจากความร้อนทำให้เปลี่ยนแปลงโครงสร้าง โดยมี 2 ชนิดคือ Chlorophyll a มี pigment สีน้ำเงิน-เขียว และ Chlorophyll b มี pigment สีเหลือง-เขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนแอนโธไซยานินให้สีแดงและม่วง ระดับความเข้มของสีแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ สารสีแดงที่ปรากฏที่ยอดอ่อนนั้นเกิดจากแอนโธไซยานินปกคลุมสีเขียวของคลอโรฟิลด์ไว้ ใบอ่อนมีสีออกเหลืองถึงเขียวอ่อน เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของแอนโธไซยานิน เมื่อใบแก่จะปรากฏสีเขียว (Eden. 1965) นอกจากนี้ยังพบสาร Flavonol glycosides ที่ทำให้เกิดสีเหลืองอ่อน สารกลุ่ม Carotenoids คือ Carotene เป็นสารสีเหลือง ปริมาณของสารสีจะลดลงไปเมื่อใบชาผ่านกระบวนการผลิต (สถาบันชาแม่ฟ้าหลวง. 2552; Anonymous. 2001)

2.6 ระดับคอเลสเตอรอลในซีรั่มเลือดและไข่แดง

Hargis (1988) อธิบายว่าระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงมีความสัมพันธ์กับระดับคอเลสเตอรอลในเลือด เนื่องจากส่วนประกอบของไข่แดงส่วนมากถูกสร้างขึ้นโดยตับและถูกขนส่งมาตามกระแสเลือด โดยไขมัน คอเลสเตอรอลและวิตามินที่ละลายในไขมันจะถูกขนส่งในรูปของ ไลโปโปรตีน (lipoprotein) ส่วนวิตามินที่ละลายในน้ำถูกขนส่งโดยตรงจากลำไส้มายังกระเปาะไข่ ดังนั้นถ้าร่างกายได้รับอาหารที่มีคอเลสเตอรอลต่ำหรือไขมันต่ำ อาจทำให้มีปริมาณคอเลสเตอรอลหรือไขมันในกระแสเลือดต่ำ จึงทำให้ร่างกายของไก่สร้างไข่ที่มีไขมันหรือคอเลสเตอรอลต่ำด้วย

ปริมาณคอเลสเตอรอลและไขมันอิ่มตัว (saturated fat) ในอาหารที่ได้รับมีผลต่อการเพิ่มระดับคอเลสเตอรอลในเลือด มีการศึกษามากมายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงคอเลสเตอรอลในเลือดกับปริมาณคอเลสเตอรอลในอาหารที่ได้รับ โดยเน้นศึกษา lipoprotein และ apoprotein พบว่าไขมันและคอเลสเตอรอลในอาหารมีผลต่อการเพิ่ม LDL-cholesterol ซึ่งเป็นคอเลสเตอรอลตัวร้าย ทำหน้าที่ขนส่ง cholesterol ไปเก็บไว้ตามเซลล์ต่างๆ ส่วนที่เกินความต้องการ LDLs จะนำไปเกาะไว้ตามผนังเส้นเลือดแดง และเมื่อมีการสะสมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จะทำให้เส้นเลือดแดงตีบลง แต่มีผลน้อยมากต่อ HDL-cholesterol ซึ่งเป็นคอเลสเตอรอลตัวดี ทำหน้าที่ขนส่ง cholesterol ไปยังตับ และขับคอเลสเตอรอลส่วนเกินออกจากร่างกายผ่านทางน้ำดีและขับไปไว้ในไข่แดง จากเหตุผลข้างต้นจึงส่งผลต่อการสร้างคอเลสเตอรอลในไข่ด้วยเช่นกัน และการบริโภคไข่ก็มีผลต่อการเพิ่ม LDL-cholesterol ในร่างกายอีกด้วย (Marshall and Kokoete. 2009)

สารคาเทชินในชาโดยเฉพาะ epigallocatechin gallate (EGCG) ช่วยลดการเกิดออกซิเดชั่นของ LDL และช่วยลดการดูดซึมคอเลสเตอรอลเข้าสู่ระบบน้ำเหลือง ทำให้ปริมาณ LDL, very low-density lipoprotein (VLDL) และไตรกลีเซอไรด์ลดลง รวมทั้งสามารถเพิ่มปริมาณ HDL ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสเลือด โดยจะลดความเข้มข้นของคอเลสเตอรอลในตับ โดยการเพิ่มตัวรับแอลดีแอลคอเลสเตอรอล (LDL – C receptor) ในเซลล์ตับ ส่งผลให้แอลดีแอลคอเลสเตอรอลในกระแสเลือดลดลง มีฤทธิ์ในการสลายลิ่มเลือด ช่วยลดการสะสมของไขมันในเลือด และยับยั้งการแข็งตัวของเลือด (สุภาภรณ์ โลณานุรักษ์. 2552) รวมทั้งยับยั้งปฏิกิริยา Cu^{2+} - mediated oxidation ของ LDL ความเสียหายที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ LDL-cholesterol ก็น้อยตามไปด้วยจึงสามารถยับยั้ง LDL-cholesterol ไม่ให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (รุ้งตะวัน สุภาพผล และวันดี กฤษณพันธุ์. 2548; Cabrera *et al*. 2006)

2.7 อนุมูลอิสระและระดับการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่น (lipid peroxidation)

2.7.1 สารอนุมูลอิสระ (free radical) เป็นสารธรรมชาติที่พบในร่างกายสิ่งมีชีวิต ถูกผลิตขึ้นโดยกลไกของเซลล์ปกติ ที่เกิดจากโมเลกุลของออกซิเจนซึ่งมีอิเล็กตรอนไม่เป็นคู่หรืออิเล็กตรอนวงนอกสุดที่มีอยู่เพียงตัวเดียว (unpaired electron) ซึ่งจะมีความไม่เสถียรและมีคุณสมบัติทางประจุไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไป โมเลกุลออกซิเจนดังกล่าวพยายามทำให้ตัวเองเสถียรโดยทำปฏิกิริยากับโมเลกุลขององค์ประกอบเซลล์ข้างเคียง เช่น ไขมัน โปรตีน เป็นต้น เมื่อสารอนุมูลอิสระไปดึงอิเล็กตรอนอีกตัวหนึ่งจากโมเลกุลข้างเคียง ก็จะทำให้โมเลกุลข้างเคียงขาดอิเล็กตรอน ซึ่งทำให้เกิดสารอนุมูลอิสระโมเลกุลใหม่ขึ้นมา เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อเนื่องไปเรื่อยๆ จนทำให้โครงสร้างเซลล์เสียหาย อาจเกิดจากทั้งปัจจัยภายนอกและภายในของตัวสัตว์ ความเครียดจากออกซิเดชั่น (oxidative stress) เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา peroxidation ซึ่ง free radical จะดึงเอาอิเล็กตรอนจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาว (polyunsaturated fatty acids, PUFAs) ที่เป็นองค์ประกอบของ lipid bilayers ในผนังเซลล์ ซึ่งจะเรียกกระบวนการนี้ว่า “lipid peroxidation” จะชอบจับที่บริเวณพันธะคู่ของคาร์บอนอะตอม 2 ตัว ในกรดไขมันไม่อิ่มตัว การที่ไฮโดรเจนอะตอมที่เชื่อมกับคาร์บอนที่พันธะคู่ถูกดึงอิเล็กตรอนไป 1 ตัว จึงมีอิเล็กตรอนเหลืออีก 1 ตัว ซึ่งจะกลายเป็น free radical ใหม่ และเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจน จะได้เป็น peroxy radical ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ไปเรื่อยๆ ส่วนสารต้านอนุมูลอิสระมีประสิทธิภาพในการให้อิเล็กตรอนของโมเลกุลตัวมันเองแก่อนุมูลอิสระของสารอื่น ทำให้อนุมูลอิสระดังกล่าวมีความเสถียรมากขึ้น ไม่ต้องไปดึงอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่นๆ ของเซลล์ สารต้านอนุมูลอิสระที่เสียอิเล็กตรอนไปแล้วก็จะกลายเป็นอนุมูลอิสระรูปแบบหนึ่งที่ไม่เป็นอันตรายกับเซลล์ เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระมีความสามารถในการปรับตัวจากการเสียอิเล็กตรอนได้ (ขุนพล พงษ์มณี และคณะ. 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) พบได้ในพืชสมุนไพรหลากหลายชนิด รวมถึงผักและผลไม้ ระบบต้านอนุมูลอิสระ แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

2.7.2.1 ป้องกันการเกิดสารอนุมูลอิสระ ได้แก่ เอนไซม์ superoxide dismutase, glutathione peroxidase, catalase, peroxidase, cytochrome C peroxidase ทองแดง สังกะสี ซีเลเนียม

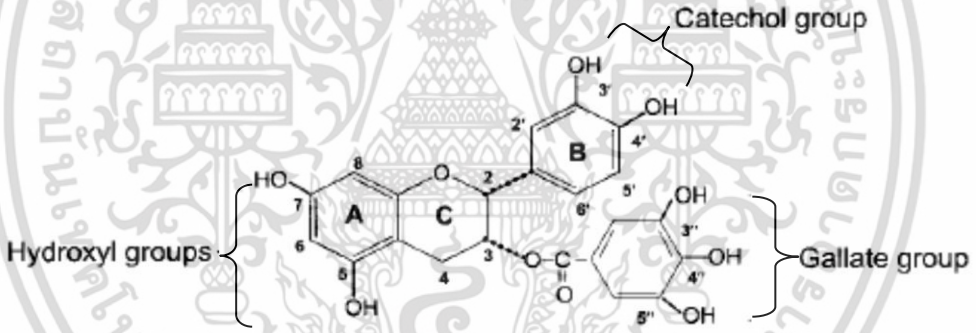
2.7.2.2 สารต้านออกซิเดชัน ในกลุ่มที่ทำลายปฏิกิริยาลูกโซ่นี้ได้แก่ วิตามินอี เบต้า-แคโรทีน วิตามินซี ubiquinone, uric acid, bilirubin, albumin, สารประกอบฟีโนลิก และสารกลุ่ม flavanoids (นิรนาม. 2551) สารคาเทชินในชาเขียวเป็นสารในกลุ่มฟีนอลิกชนิดหนึ่ง มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี เนื่องจากมีความสามารถในการดักจับอิออนของออกซิเจน ไนโตรเจน และเหล็กได้ดี สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ ยับยั้งการเกิด nitric oxide synthase, lipoxygenases, cyclooxygenases and xanthine oxidase และเป็นตัวเหนี่ยวนำให้เกิดการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ เช่น เอนไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) เอนไซม์ซุปเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเตส (superoxide dismutase)

2.7.3 lipid peroxidation หรือการเกิดออกซิเดชั่นของไขมัน ทำให้เกิดการเหม็นหืนในอาหารและเกี่ยวข้องกับอายุการเก็บรักษาอาหารด้วย การตรวจสอบการเหม็นหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยาออกซิเดชันส่วนใหญ่เกิดจากกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในขั้นต้นคือเพอร์ออกไซด์ (peroxide) Bottje *et al*. (1995) อธิบายว่ากระบวนการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่นเกิดที่เยื่อหุ้มเซลล์ที่เป็น lipid bilayer ซึ่งอยู่ร่วมกับโปรตีนในสภาวะปกติ เมื่อเกิดอนุมูลอิสระจากการเมทาบอลิซึมต่างๆของร่างกายจะทำให้อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นเข้าสลายกรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวของเยื่อหุ้มเซลล์เกิดเป็นอนุมูลอิสระไขมันเปอร์ออกซี จากนั้นอนุมูลอิสระไขมันเปอร์ออกซีจะเข้าทำลายโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ที่เป็นโปรตีนและเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อเนื่องไป การตรวจหาค่าเพอร์ออกไซด์พัฒนามาเรื่อยๆ ในปัจจุบันเป็นการตรวจหาปริมาณเพอร์ออกไซด์และสารที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจากเพอร์ออกไซด์ซึ่งส่วนใหญ่คือแอลดีไฮด์ การประเมินหาปริมาณแอลดีไฮด์อาจหาโดยวิธีหาค่าแอนนิซิดีน (anisidine value) หรือหาค่า thiobabituric acid reactive substances (TBARS) การหาค่า TBARS เป็นวิธีสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ในการตรวจวัดสารที่เกิดขึ้น จากการแตกตัวของเพอร์ออกไซด์โดยเน้นแอลดีไฮด์ที่ได้จากกรดไขมันที่มีคาร์บอนไม่อิ่มตัวมากกว่า 2 ตำแหน่งคือ มาลอนแอลดีไฮด์ (MA) เป็นหลัก การตรวจวัดเป็นการตรวจวัดสารมีสีชมพูถึงสีแดงที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่าง 2 โมลของ 2-thiobarbituric acid กับ 1 โมลของ Malondialdehyde (MDA) โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารที่เกิดขึ้นที่ความยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นแสง 532 นาโนเมตร ข้อดีของวิธีนี้คือ ทำการศึกษาง่าย สะดวกและไม่ต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาสูง (นิรนาม. 2551)

2.7.4 ความสามารถในการเป็น antioxidant ของ flavonoids สารคาเทชินเป็นสารในกลุ่ม flavonoid ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นผู้ให้ H^+ จากหมู่ hydroxyl ของ phenolic acid แก่อะตอมอื่น โดยการเข้าจับกับวงแหวนอะโรมาติก ซึ่งโครงสร้างที่สำคัญของคาเทชินในการออกฤทธิ์เป็น antioxidant ประกอบด้วย เอนไซม์ catechol หรือ 3'4'-dihydroxyl (B ring) เป็นจุดสำคัญในการดักจับอนุมูลอิสระของสารกลุ่มนี้และเป็นกลุ่มที่บ่งบอกถึงความแรงของการเป็น antioxidant รวมทั้งทำให้เกิดการหมักที่ดีในกระบวนการผลิตชาเมื่อคาเทชินถูกออกซิไดซ์ด้วยเอนไซม์ catechol , หมู่ gallate (galloyl) จะเชื่อมอยู่กับ C ring ของคาเทชินทำให้เกิดอนุพันธุ์ของคาเทชิน และหมู่ hydroxyl (A ring) เป็นจุดให้อิเล็กตรอนแก่อะตอมอื่นๆ และเป็นบริเวณที่เกิด antioxidant ของคาเทชินด้วย (Frei and Higdon. 2003; Wan *et al*. 2009) ดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 แสดงโครงสร้างที่สำคัญของ flavonoids ในการออกฤทธิ์เป็น antioxidant ; ตัวอย่างคือ epicatechin gallate (Frei and Higdon. 2003)

สาร flavonoids จะเข้าดักจับอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น hydroxyl radical, superoxide , peroxyl radical และดักจับอนุมูลอิสระชนิด reactive nitrogen species ที่เกิดจากการออกซิเดชันของ peroxynitrite ด้วย นอกจากนี้งานวิจัยในห้องทดลองพบว่า flavonoids เป็นสารที่ป้องกันการทำลายจากการออกซิเดชันของเซลล์ได้ เช่น ยับยั้งการออกซิเดชันของ LDL การออกซิเดชันของโปรตีนและ DNA โดยการออกซิเดชันของ LDL เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรค atherosclerosis และสามารถยับยั้งการเกิด LDL peroxidation ได้ (Vauzour *et al*. 2012) จากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าสาร epigallocatechin gallate (EGCG) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของคาเทชินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่แรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุดเมื่อเทียบกับอนุพันธ์ของคาเทชินตัวอื่น และมีประสิทธิภาพดีกว่าวิตามินซีและอี 100 เท่า ซึ่งสารนี้พบเฉพาะในใบชาเท่านั้น สามารถดักจับ peroxyl radicals และ lipid peroxidation ได้ดี (Cabrera *et al*. 2006) รายงานบางฉบับพบว่าคาเทชินมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าวิตามินอี 20 เท่า และมากกว่าวิตามินซีถึง 500 เท่า (ปรีดา จันทร์เอียด. 2552) นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเป็น chelate metal ions ของเหล็ก ทองแดง โดยจะป้องกันการเกิด redox-active transition metals จากการ catalyze ของอนุมูลอิสระ ซึ่งการ chelate ของทองแดง (Cu) เกี่ยวข้องกับการยับยั้งการเกิด Cu^{2+} - mediated LDL oxidation ด้วย (Frei and Higdon. 2003) และยังมีผลเกี่ยวเนื่องกับการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิด โดยพบว่าการได้รับสารคาเทชินจากชาเขียวเข้าสู่ร่างกายไม่มีผลต่อการดูดซึมทองแดง แต่ลดการดูดซึมสังกะสีและเพิ่มการดูดซึมแมงกานีส (Crespy and Williamson. 2004)

2.7.5 สารคาเทชินกับการลดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน

รุ้งตะวัน สุภาพผล และวันดี กฤษณพันธุ์ (2548) รายงานว่าสาร EGCG สามารถต้านกระบวนการเกิด lipid peroxidation ในเซลล์ตับหนูทดลองได้สูงใกล้เคียงกับสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นมาตรฐานอื่น ๆ เช่น glutathione, BHT, butylated hydroxyanisole, วิตามินซี และวิตามินอี หนูทดลองที่ได้รับชาเขียวจึงมักจะมี marker ของปฏิกิริยาออกซิเดชั่นลดลง เช่น ter-butylhydroperoxide-inducer lipid peroxidation ในไตลดลง การทำลายสาย DNA จากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นลดลง

Frei and Higdon (2003) รายงานว่ามีการทดลองใช้ค่า TBARs ในการประเมินหาความเข้มข้นของ malondialdehyde (MDA) ในพลาสมาและเนื้อเยื่อต่างๆ กันอย่างแพร่หลาย และมีการศึกษาในสัตว์มากมายที่พบว่า การได้รับชาเขียวหรือสารสกัดคาเทชินจากชาเข้าสู่ร่างกายสามารถลดค่า TBARs ที่วัดในพลาสมาและเนื้อเยื่อลงได้เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

2.8 ผลของการเสริมผงชาเขียวต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่

Biswas *et al*. (2000) ได้ทำการศึกษาการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0.6 % เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริม (ควบคุม) พบว่าน้ำหนักตัวสุดท้าย น้ำหนักไข่และปริมาณอาหารที่กินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการเสริมผงชาเขียวในอาหาร ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

Uuganbayar *et al*. (2005) ทำการศึกษาผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2 % เปรียบเทียบกับกลุ่มเสริม antibiotic พบว่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ไม่มีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) น้ำหนักไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในกลุ่มเสริมผงชาเขียว 0.5 % ในขณะที่ปริมาณอาหารที่กินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1.5 % และประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อน้ำหนักไข่ 1 กก. สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในกลุ่มเสริมผงชาเขียว 0.5 % ส่วนมวลไข่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 และ 1.5 %

Uuganbayar *et al*. (2006) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการใช้ชาเขียวจากเกาหลี ญี่ปุ่น และจีน ซึ่งมีปริมาณ total catechin ต่างกัน (15.73, 15.60 และ 14.05 % ตามลำดับ) ผสมในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0, 1 และ 2 % (ทั้ง 3 แหล่ง) พบว่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ในการเสริมที่ระดับ 1 และ 2 % ของผงชาเขียวทั้ง 3 แหล่ง น้ำหนักไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในกลุ่มเสริมผงชาเขียวจีน 1 % ส่วนปริมาณอาหารที่กินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในการเสริมผงชาเขียว 2 % จากชาเขียวเกาหลีและชาเขียวจีน แต่ประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนมวลไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในกลุ่มควบคุม จากผลการทดลองคาดว่าคาเทชินในชาเขียวอาจถูกดูดซึมผ่านผนังลำไส้และส่งผลทั้งต่อระบบการย่อยและกระบวนการสร้างไข่

Kojima and Yoshida (2008) ทำการทดลองเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0, 1, 5 และ 10 % เป็นการเสริมในระดับ ต่ำ กลาง และสูง พบว่าน้ำหนักไข่ มวลไข่และปริมาณอาหารที่กินสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในกลุ่มเสริมผงชาเขียว 0 และ 1 % ส่วนเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อมีการเสริมผงชาเขียวเพิ่มขึ้น น้ำหนักตัวสุดท้ายลดลงเมื่อมีการเสริมผงชาเขียวในอาหาร 5 % ขึ้นไป จากผลการทดลองคาดว่าปริมาณอาหารที่กินถูกจำกัดด้วยอิทธิพลของคาเฟอีนและคาเทชิน

Pichok Panja (n.d.) ทำการศึกษาการเสริมผงชาจีนในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2 % พบว่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักไข่และมวลไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ที่ระดับการเสริม 2 %

ไพโชค ปัญจะและดรุณี ศรีชนะ (2555) ได้ทำการศึกษาการเสริมสารสกัดใบชาจีนและใบชาหม่อนที่ระดับ 0, 0.5 และ 1 % และสารสกัดใบชาจีน 0.5 % ผสมสารสกัดใบชาหม่อน 0.5 % พบว่าปริมาณอาหารที่กิน เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ มวลไข่ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในทุกกลุ่มทดลอง แสดงให้เห็นว่าสารสกัดทั้งสองไม่มีผลต่อไก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ผลของการเสริมผงชาเขียวต่อระดับคอเลสเตอรอลและ lipid peroxidation

ไพโชค ปัญจะและดรุณี ศรีชนะ (2555) ได้ทำการศึกษาการเสริมสารสกัดใบชาจีนและใบชาหม่อนที่ระดับ 0, 0.5 และ 1 % และสารสกัดใบชาจีน 0.5 % ผสมสารสกัดใบชาหม่อน 0.5 % ในอาหารไก่ไข่ พบว่าการเสริมสารสกัดใบชาจีนทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดมีแนวโน้มลดลงเมื่อเสริมสารสกัดมากขึ้นและทำให้ปริมาณ HDL และ LDL ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงไม่แตกต่างกันทางสถิติ

Yang *et al.* (2003) ทำการศึกษาผลการเสริมกากชาเขียวที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 % ในอาหารไก่ไข่ พบว่าระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงมีแนวโน้มลดลงในกลุ่มที่เสริมกากชาและกลุ่มเสริมกากชาเขียวมีปริมาณกรดไขมัน Linolenic acid และ Docosahexaenoic (DHA) ในไข่แดงเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

Uuganbayar *et al.* (2005) ทำการศึกษาผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2 % เปรียบเทียบกับกลุ่มเสริม antibiotic โดยผงชาเขียวที่ใช้มีปริมาณ total catechin 15.72 % ผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่เสริมผงชาเขียวมีแนวโน้มทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลง โดยกลุ่มเสริมผงชาเขียว 2 % มีระดับต่ำที่สุดและแตกต่างกับกลุ่มเสริม antibiotic อย่างชัดเจน ผลต่อระดับการเกิด lipid peroxidation ในรูปของค่า TBARs ในไข่แดง พบว่ากลุ่มที่มีการเสริมผงชาเขียวมีค่า TBARs ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริม antibiotic และกลุ่มเสริมผงชาเขียวทุกระดับ

Uuganbayar *et al.* (2006) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการใช้ชาเขียวจากเกาหลี ญี่ปุ่น และจีน ซึ่งมีปริมาณ total catechin ต่างกัน (15.73, 15.60 และ 14.05 % ตามลำดับ) ผสมในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0, 1 และ2 % (ทั้ง 3 แหล่ง) พบว่าการเสริมชาเขียวจากทั้ง 3 แหล่ง ทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงมีแนวโน้มลดลง โดยกลุ่มเสริมชาจีนลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และพบว่าค่า TBARs ในไข่แดงมีแนวโน้มลดลง โดยกลุ่มเสริมชาจีน 1 % ลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

Abdo *et al.* (2010) ได้ทำการศึกษาการเสริมผงชาเขียว 1, 3 และ 5 % (มีปริมาณ Catechin 0.5 %, Epicatechin gallate 1.85 % และ caffeine 1.05 %) เปรียบเทียบกับสารสกัดน้ำจากชาเขียวที่ระดับ 0.5, 1.5 และ 2.5 L/100 kg. ในอาหารไก่ไข่พบว่ากลุ่มที่เสริมผงชาเขียวและสารสกัดน้ำจากชาเขียวทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในซีรั่มและไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยพบว่าระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงของกลุ่มที่เสริมสารสกัดน้ำจากชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขียวลดลงมากกว่าการเสริมผงชาเขียว โดยการเสริมผงชาเขียวที่ระดับ 5 % และการเสริมสารสกัดน้ำจากชาเขียว 2.5 L/100 kg. ลดลงอย่างชัดเจน เช่นเดียวกับค่า TBARs ในไข่แดง กลุ่มที่เสริมผงชาเขียวและสารสกัดน้ำจากชาเขียวให้ไข่ที่มีค่า TBARs ในไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

Zhou *et al*. (2012) ทำการทดลองเสริมผงชาเขียว 0, 2, 4, 6 และ 8 g/kg. และสารสกัดคาเทชินจากชาเขียว 0.5, 1, 1.5, 2 g/kg. ในอาหารไก่ไข่เป็นเวลา 60 วัน พบว่าการเสริมผงชาเขียว 6 g/kg. และ สารสกัดคาเทชิน 1 g/kg. ทำให้ระดับ total cholesterol, ไตรกลีเซอร์ไรด์และ LDL cholesterol ทั้งในพลาสมาและเนื้อ (เนื้ออกและขา) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระดับ HDL cholesterol ในพลาสมาเพิ่มขึ้น รวมทั้งลดระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในไข่แดงลงอย่างมีนัยสัญทางสถิติ แต่ระดับ total cholesterol ในไข่แดงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และพบว่าการเสริมผงชาเขียวและสารสกัดคาเทชินไม่มีผลต่อปริมาณ myristic acid (C14:0), stearic acid (C18:0), oleic acid (C18:1), linoleic acid (C18: 2n-6), arachidonic acid (C20: 4n-6) และกรดไขมันรวมแต่มีผลทำให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น โดยจะเพิ่มการขับกรดไขมันออกมาทางมูลมากกว่ากลุ่มควบคุม ดังนั้นการเสริมผงชาเขียวและ/หรือสารสกัดคาเทชินจากชาเขียวในอาหารไก่ไข่ช่วยปรับการเมทาบอลิซึมของไขมันและปริมาณกรดไขมันชนิดต่างๆ ในไข่แดงได้

นวลจันทร์ พารักษาและคณะ (2552) ได้ทำการศึกษาการเสริมสารสกัดหยาบจากกากชาเขียวในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 100, 200, 300 และ 400 มก./กก.อาหาร เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในสภาพปกติและกลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในสภาพแออัด พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากกากชาเขียวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ของค่า TBARs ทั้งในซีรั่มและไข่แดง แต่มีแนวโน้มลดลงในกลุ่มเสริมสารสกัดหยาบจากกากชาเขียว และการเสริมที่ระดับ 100 มก./กก.อาหาร ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2.10 ผลของการเสริมผงชาเขียวต่อการย่อยได้ของไก่ไข่

สัตว์ปีกจัดได้ว่าเป็นสัตว์เลี้ยงที่มีอัตราการเจริญเติบโตเร็ว (high metabolic rate) กว่าสัตว์เลี้ยงประเภทอื่นๆ โดยเฉพาะสัตว์ปีกประเภทให้เนื้อ เช่น ไก่กระทง ไก่งวง เป็ดเนื้อ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องได้รับสารอาหารต่างๆ ครบถ้วนตามความต้องการ กระบวนการที่สัตว์ปีกนำอาหารที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ได้นั้น จำเป็นต้องผ่านขั้นตอนการเปลี่ยนสภาพของวัตถุดิบให้มีขนาดที่เหมาะสม เพื่อที่จะสามารถดูดซึม (absorb) และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (availability) ทั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกระบวนการดังกล่าวนี้จำเป็นจะต้องอาศัยระบบย่อยอาหาร (digestive system) เข้าช่วย (เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ. 2546) ระยะเวลาในการย่อยอาหารค่อนข้างเร็วกว่าสัตว์อื่น ในไก่ระยะไข่และไก่รุ่นจะใช้เวลาย่อยหลังอาหารเข้าสู่ปากจนถ่ายออกมาเป็นมูลเพียง 4 ชั่วโมง ส่วนแม่ไก่ที่ไม่ไข่จะใช้เวลา 8 ชั่วโมงและ 12 ชั่วโมง ในแม่ไก่ฟักไข่ (ปฐม เลาหะเกษตร. 2540)

2.10.1 ระบบย่อยอาหารของสัตว์ปีก เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ (2546) อธิบายระบบย่อยอาหารและดูดซึมสารอาหารของสัตว์ปีกไว้ดังนี้

เริ่มจากปาก (mouth) ในสัตว์ปีกไม่มีริมฝีปาก ฟันและแก้ม แต่จะใช้จงอยปาก (beak) ในการจิกและนำอาหารเข้าปากภายในปากมีต่อมน้ำลาย (saliva gland) ทำหน้าที่ผลิตน้ำลายซึ่งมีลักษณะเป็นด่างเล็กน้อย ทำหน้าที่คลุกเคล้าอาหาร ในน้ำลายของสัตว์ปีกมีน้ำย่อย amylase ซึ่งมีชื่อเรียกเฉพาะว่า “ptyalin” ทำหน้าที่ย่อยแป้งเป็นน้ำตาล maltose และ dextrin แต่เอนไซม์นี้มักมีบทบาทน้อยเนื่องจากอาหารอยู่ในปากเพียงระยะเวลาสั้นๆ ก็จะกลืนลงไปผ่านคอหอย (pharynx) เป็นทางผ่านร่วมของระบบทางเดินอาหารและระบบทางเดินหายใจ จากนั้นจะส่งลงไปที่หลอดอาหาร (esophagus) ซึ่งจะสร้างน้ำเมือก (mucous) ในการหล่อลื่นอาหารเพื่อลำเลียงไปยัง กระเพาะพัก (crop) เป็นที่พักอาหารเพื่อให้อาหารอ่อนตัวลงจากน้ำลายและคลุกเคล้าก่อนจะเคลื่อนไปยังกระเพาะแท้ (proventriculus) บริเวณผนังด้านในจะมีต่อมต่างๆ เพื่อใช้ในการผลิตน้ำย่อย (gastric juice), กรดเกลือ (Hydrochloric acid ; HCl) และน้ำเมือก ผลิตเอนไซม์เปปซิน (pepsin) ทำหน้าที่ย่อยอาหารประเภทโปรตีนที่มีโมเลกุลใหญ่ให้เล็กลงได้ proteose, polypeptide และ peptides มีเพียงส่วนน้อยที่จะย่อยได้ถึงกรดอะมิโน (amino acid) เนื่องจากกระเพาะมีขนาดเล็กอาหารเคลื่อนผ่านไปค่อนข้างเร็ว อาหารที่ถูกย่อยจะถูกส่งผ่านไปยังกระเพาะบด (gizzard) บางครั้งอาจเสริมก้อนกรวด (grits) ลงในอาหารเพื่อช่วยให้การบดอาหารมีประสิทธิภาพมากขึ้น กระเพาะส่วนนี้ทำหน้าที่บดอาหารให้มีขนาดเล็กลงก่อนจะเคลื่อนตัวสู่ลำไส้เล็ก ในลำไส้เล็ก (small intestine) แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenum), ลำไส้เล็กส่วนกลาง (jejunum) และลำไส้เล็กส่วนปลาย (ilium) ลำไส้เล็กมีความยาวประมาณ 2.5 ฟุต โดยลำไส้เล็กส่วนต้นจะเชื่อมต่อกับตับอ่อน (pancrease) ซึ่งตับอ่อนทำหน้าที่ในการผลิตน้ำย่อย (pancreatic juice) เข้าสู่ลำไส้เล็ก เช่น amylase, lipase, trypsin, chymotrypsin และ carboxypeptidase เป็นต้น ส่วนในลำไส้เล็กส่วนต้นสามารถผลิตน้ำย่อยได้เอง เช่น maltase, sucrose, amino peptidase และ dipeptidase และยังมีท่อส่งน้ำดี (bile) จากถุงน้ำดี ซึ่งผลิตจากตับ เพื่อปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง ของอาหารให้เป็นกลาง ช่วยให้ไขมันแตกตัวเป็นอนุภาคเล็กได้ดี สารอาหารที่ถูกย่อยแล้วจะเคลื่อนผ่านไปยังลำไส้เล็กส่วนกลางและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนปลายเพื่อดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดและระบบน้ำเหลืองต่อไป ไส้ติ่ง (caecum) ในสัตว์ปีกจะมีการย่อยและดูดซึมในส่วนนี้น้อยมาก บุญล้อม ชีวะอิสระกุล (2541) อธิบายไว้ว่าเนื่องจากไก่ไม่สามารถย่อยเซลลูโลสได้ แต่อาจย่อยเฮมิเซลลูโลสได้บ้าง ต้องอาศัยจุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์ในการย่อย cellulose, polysaccharide, แป้งและน้ำตาล ไปเป็นกรดไขมันที่ระเหยง่าย (volatile fatty acid) และ microbial protein และสามารถสังเคราะห์วิตามินที่ละลายในน้ำได้ เช่น วิตามิน บี และ เค ส่วนใหญ่จะมีการดูดซึมในสัตว์ปีกที่สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารประเภทเยื่อใยได้ค่อนข้างดี เช่น เป็ด ห่าน ส่วนของอาหารที่ไม่ถูกย่อยและดูดซึมไปใช้ประโยชน์ไม่ได้จะถูกส่งมายังลำไส้ใหญ่ (large intestine) เพื่อดูดน้ำออกทำให้กากอาหารมีลักษณะแห้งและแข็งพร้อมที่จะขับออกสู่ทวารร่วม (cloaca) ซึ่งเป็นส่วนสุดท้ายของทางเดินอาหาร ในสัตว์ปีกส่วนนี้จะแตกต่างจากสัตว์ชนิดอื่นคือเป็นทางออกร่วมของของเสียจากระบบขับถ่ายปัสสาวะ (urinary system), ระบบย่อยอาหาร (digestive system) และระบบสืบพันธุ์ (reproductive system)

2.10.2 การดูดซึมสารอาหารต่างๆ ของสัตว์ปีก

เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ (2546) อธิบายไว้ว่าหลังจากอาหารผ่านกระบวนการย่อยแล้วจะถูกดูดซึมโดยส่วนใหญ่ประมาณ 90 % จะถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็ก เนื่องจากผนังภายในของลำไส้เล็กถูกพัฒนาให้เหมาะสมแก่การดูดซึม โดยมีส่วนเซลล์เล็กๆ ที่เรียกว่า “villi” จำนวนมาก ซึ่งบริเวณส่วนของ villi จะมีเส้นเลือดแดง (arteriole) เส้นเลือดดำ (venule) และท่อน้ำเหลือง (lacteal) มาหล่อเลี้ยงและรับโภชนะที่ดูดซึมเข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิต (circulatory system) ซึ่งการดูดซึมสารอาหารประเภทต่างๆ มีดังนี้

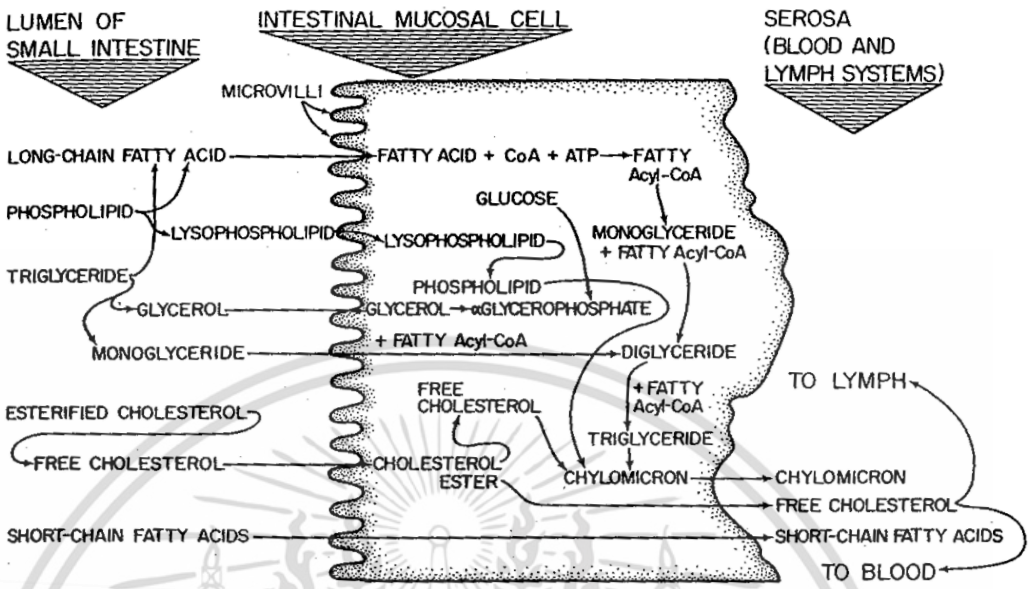
2.10.2.1 การดูดซึมสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ในสัตว์ปีกเกิดขึ้นในอัตราที่รวดเร็วเมื่อเปรียบกับสัตว์ชนิดอื่น เนื่องจากสัตว์ปีกมีอัตราเมตาบอลิซึมที่ค่อนข้างสูง อุณหภูมิของร่างกายและระบบหมุนเวียนโลหิตเกิดขึ้นในอัตราที่ค่อนข้างสูง การดูดซึมส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ลำไส้เล็กส่วนต้น โดยการดูดซึมน้ำตาลกลูโคสจะมีอัตราการดูดซึมสูงสุด รองลงมาคือ น้ำตาลฟรุกโตส, แมนโนส, ไซโลสและอราบิโนส ตามลำดับ การดูดซึมน้ำตาลกลูโคสมีได้หลายรูปแบบทั้ง active transport ซึ่งต้องอาศัย Na^+ และแบบไม่ต้องอาศัย Na^+ โดยการดูดซึมแบบ active transport ต้องใช้โปรตีนเป็นตัวพา (protein carrier) และต้องอาศัย Na^+ โดยตัวพาจะจับกับโมเลกุล Na^+ และน้ำตาลแล้วเข้าสู่เซลล์ ทั้งนี้ Na^+ จะเข้าสู่เซลล์ตามความเข้มข้น แต่น้ำตาลกลูโคสจะเข้าสู่เซลล์แบบต้านกระแสความเข้มข้นโดยอาศัยพลังงานจากระบบ Na^+- K^+ ATPase pump

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2.2 การดูดซึมสารอาหารประเภทไขมัน การย่อยไขมันโดยเอนไซม์ไลเปส (lipase) ที่ผลิตจากตับอ่อนไม่ได้เกิดเป็น glycerol และ fatty acid โดยสมบูรณ์แต่จะเกิดเป็นส่วนผสมของ monoacylglycerol และ fatty acid โดยมีน้ำดีจากตับอ่อนเข้าร่วมด้วย ผลผลิตที่ได้จะอยู่ในรูปไมโครอิมัลชัน (microemulsion) ที่เรียกว่า “ไมเซล (micelle)” และจะถูกดูดซึมผ่านเยื่อบุผนังลำไส้เล็กโดยกระบวนการแพร่ (passive diffusion) เมื่อไขมันถูกดูดซึมแล้วจะมีการรวมตัวกันใหม่อีกครั้ง (reesterification) โดยไขมันส่วนหนึ่งมาจากส่วนที่มีอยู่แล้วในกระแสเลือด จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ไขมันที่มีการสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อของสัตว์ปีกทั้งส่วนของเนื้อและผลผลิตไข่ มีบางส่วนที่แตกต่างไปจากชนิดที่เป็นองค์ประกอบไขมันในอาหารที่สัตว์ได้รับ แต่ไขมันส่วนใหญ่ที่ไก่กิน เข้าไปก็จะใช้ผลิตกรดไขมันในร่างกายและในไข่ชนิดเดียวกับที่มีในอาหาร (ปฐม เลาหะเกษตร. 2540) ไขมันที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกับโปรตีนเป็นสารประกอบ lipoprotein ซึ่งเป็นอนุภาคเล็กๆ เรียกว่า “ไคโลไมครอน (chylomicron)” ซึ่งจะส่งผ่าน villi เข้าสู่ส่วนของ thoracic duct จากนั้นจะรวมกับกระแสเลือดเข้าสู่หัวใจและหมุนเวียนไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยกรดไขมันที่มีสายโซ่ของคาร์บอนสั้น (short-chain fatty acid) จะถูกส่งผ่านระบบเลือดในรูปของกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ส่วนกรดไขมันที่มีสายโซ่ยาว (C-C > 10 อะตอม) จะถูก esterified และขนส่งผ่านระบบน้ำเลือดโดยอาศัยขบวนการ diffusion ดังแสดงในภาพที่ 2.6 ผลผลิตสุดท้ายของการย่อยไขมันคือ กรดไขมันและกลีเซอรอล ที่ถูกส่งเข้ากระแสเลือดจะนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนและเป็นส่วนประกอบของไข่ในการผลิตไข่ของไก่ด้วย (ปฐม เลาหะเกษตร. 2540)

2.10.2.3 การดูดซึมสารอาหารประเภทโปรตีนและกรดอะมิโน การใช้ประโยชน์ได้ของสารอาหารประเภทโปรตีนในสัตว์ปีกจะอยู่ในรูปของกรดอะมิโนเป็นส่วนใหญ่มีบางส่วนที่จะถูกดูดซึมในรูปของ dipeptide จากนั้นจะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบเลือดไปยังตับ โดยปกติแล้วกรดอะมิโนในธรรมชาติจะอยู่ในรูปของ L-isomer สำหรับกรดอะมิโนสังเคราะห์จะมีทั้งในรูป D-isomer และ L-isomer ซึ่งกรดอะมิโนที่อยู่ในรูป L-isomer จะถูกดูดซึมได้ดีกว่า D-isomer โดยกรดอะมิโนในรูป L-amino acid จะเป็นแบบ active transport ต้องอาศัยตัวพารวมทั้ง Na^+ และวิตามิน บี 6 นอกจากการดูดซึมจะขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างทางเคมีแล้ว ยังขึ้นอยู่กับชนิดของกรดอะมิโนด้วยคือกรดอะ มิโนพวก non-polar side chain เช่น กรดอะมิโนเมทไธโอนีน, วาลีนและลูซีน จะถูกดูดซึมได้เร็วกว่าพวก polar side chain เช่น ไลซีน, อาร์จินีนและอีสติดีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



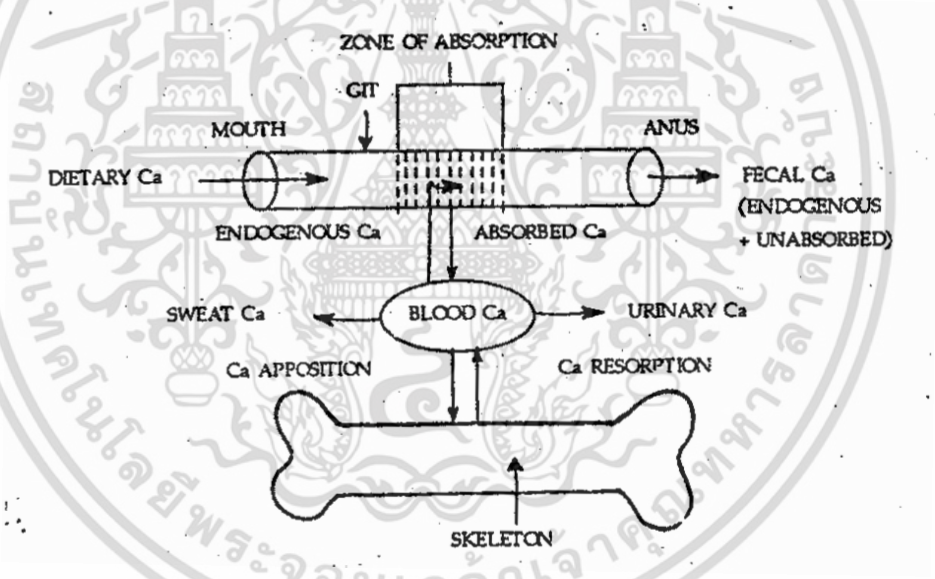
ภาพที่ 2.6 การรวมตัวของไขมันกับน้ำดีและการดูดซึมผ่านผนังลำไส้ (บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541)

2.10.2.4 การดูดซึมสารอาหารประเภทแร่ธาตุ การดูดซึมแร่ธาตุในสัตว์ปีกจะถูกควบคุมด้วยปัจจัยหลายอย่าง แต่ส่วนใหญ่แร่ธาตุที่จะดูดซึมผ่านทางเดินอาหารได้ต้องอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ (water soluble form) คืออยู่ในรูปอิออน (ions) ปัจจัยสำคัญที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการละลายได้ของแร่ธาตุคือ ระดับความเป็นกรด-ด่าง ในระบบทางเดินอาหารรวมทั้งการเกิดปฏิกิริยาร่วมกัน (interaction) ระหว่างแร่ธาตุชนิดต่างๆ หรือการที่แร่ธาตุบางชนิดมีการจับตัวอยู่กับสารอื่นๆ นอกจากนี้อายุก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่ง โดยสัตว์ที่มีอายุน้อยจะมีประสิทธิภาพในการย่อยและดูดซึมแร่ธาตุได้ดีกว่าสัตว์อายุมาก รวมถึงความต้องการสารอาหารในสัตว์แต่ละช่วงอายุดังเช่น แม่ไก่ไข่ในช่วงให้ผลผลิตสูงก็จะมีการใช้ประโยชน์ได้ของแร่ธาตุสูงตามไปด้วย ซึ่งการดูดซึมแร่ธาตุที่สำคัญมีดังนี้

การดูดซึมธาตุแคลเซียม (calcium absorption) แคลเซียมที่สัตว์ได้รับจากการดูดซึมผ่านเข้าสู่กระแสเลือดจากนั้นจะนำไปสะสม (apposition) บริเวณกระดูก ในกรณีที่สัตว์ขาดแคลนหรือกรณีสัตว์ปีก เช่น แม่ไก่ไข่ระยะให้ผลผลิตจะมีความต้องการแคลเซียมค่อนข้างสูงกว่าระยะปกติ จึงมีการดึงแคลเซียมที่สะสมไว้ที่กระดูกกลับมาสู่กระแสเลือด (resorption) เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ฮอร์โมนที่มีบทบาทในการนำแคลเซียมไปสะสมที่กระดูกคือ ฮอร์โมน calcitonin จากต่อมไธรอยด์ ส่วนการนำแคลเซียมที่มีการสะสมในกระดูกมาสู่กระแสเลือดคือ ฮอร์โมน parathomone จากต่อมพาราไธรอยด์ ดังแสดงในภาพที่ 2.7 นอกจากนี้กรดอะมิโนไลซีนและกรดอะมิโนบางชนิดมีส่วนช่วยในการดูดซึมแคลเซียม ในขณะที่กรดไฟติก (phytic acid) กรดออกซาลิก (oxalic acid) และธาตุฟลูออไรด์ (F) จะขัดขวางการดูดซึมได้ของธาตุแคลเซียม เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาต่อกันได้เป็นสารประกอบแคลเซียมไฟเตท (calcium phytate) แคลเซียมออกซาเลต (calcium oxalate) และแคลเซียมฟลูออไรด์ (calcium fluoride) ตามลำดับ ซึ่งสารประกอบดังกล่าวไม่สามารถละลายน้ำได้ (insoluble complex)ในกรณีบริเวณผนังลำไส้มีความเป็นด่างสูง (pH สูง) หรือมีปริมาณไขมันมากก็จะเกิดการจับตัวเป็นสบู่ของกรดไขมันซึ่งไม่ละลายน้ำทำให้การดูดซึมแคลเซียมเป็นไปได้ยาก แต่ถ้าบริเวณผนังลำไส้มีความเป็นกรด (pH ต่ำ) จะทำให้การดูดซึมแคลเซียมมีประสิทธิภาพดี



ภาพที่ 2.7 แสดงการดูดซึมแคลเซียมบริเวณทางเดินอาหารของสัตว์ (เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ. 2546)

ในไก่ไข่แคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นมาก เนื่องจากเปลือกไข่ประกอบด้วยแคลเซียมเกือบทั้งหมด โดยอยู่ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate) เมื่อไก่สาวเริ่มเข้าระยะไข่ด้วยอิทธิพลของฮอร์โมน estrogen จากรังไข่ทำให้ปริมาณแคลเซียมในเลือดเพิ่มสูงขึ้นและนำไปเก็บสะสมไว้ในกระดูกบางส่วน เพื่อนำออกมาใช้เมื่อต้องการ หากไก่ได้รับแคลเซียมและฟอสฟอรัสไม่พอจะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระดูกอ่อน เปราะและโตช้า แม่ไก่ก็ให้ไข่เปลือกบาง บุบแตกง่ายและหยุดให้ไข่ในที่สุด (ปฐม เลาหะเกษตร. 2540)

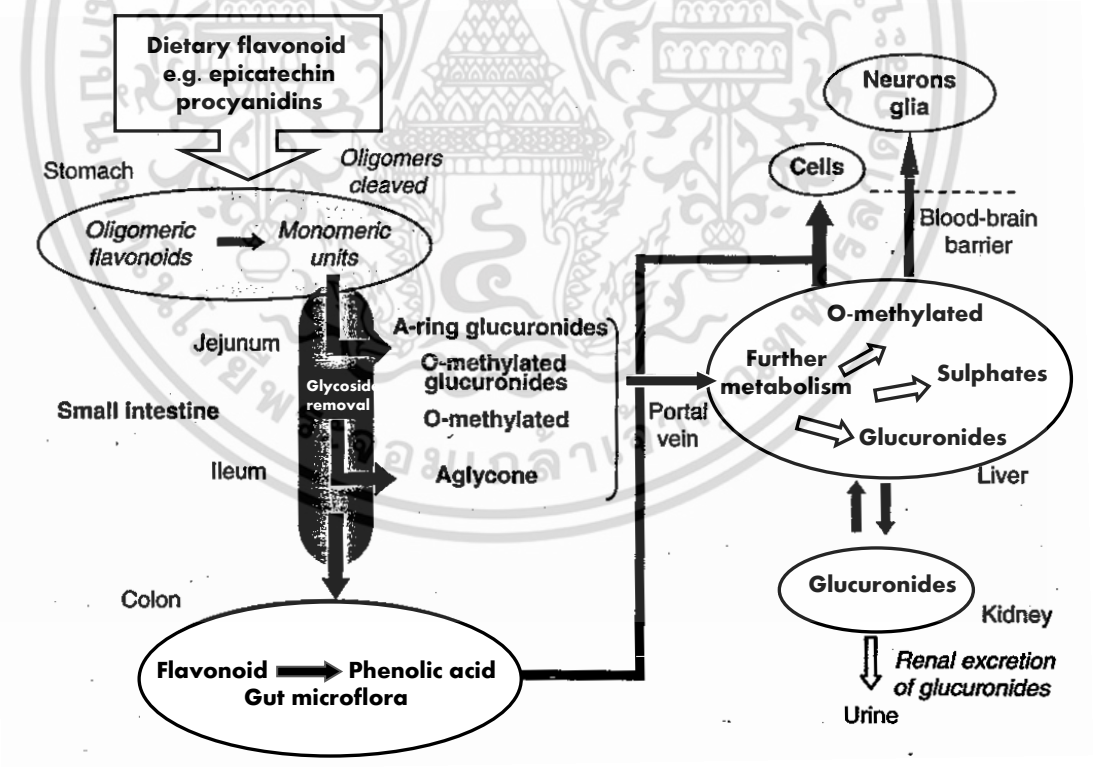
การดูดซึมธาตุฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัสที่เป็นองค์ประกอบในวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีแหล่งจากพืชประมาณ 40-80 % จะอยู่ในรูปของสารประกอบไฟเตท ไม่มีเอนไซม์ไฟเตส (phytase) เพื่อทำการย่อยกรดไฟติก จึงทำให้สัตว์กระเพาะเดี่ยวรวมทั้งสัตว์ปีกสามารถใช้ประโยชน์จากฟอสฟอรัสจากวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นผลผลิตจากพืชได้ค่อนข้างต่ำประมาณ 1 ใน 3 ของฟอสฟอรัสทั้งหมดที่มี นอกจากนี้ไฟเตทยังจับตัวกับธาตุที่มีประจุบวกสองอื่นๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี รวมทั้งโปรตีนบางชนิด ไฟเตทยังมีผลไปขัดขวางการทำงานของเอนไซม์บางชนิดเช่น protease amylase และ lipase ด้วย จากเหตุผลดังกล่าวจึงส่งผลทำให้การใช้ผลประโยชน์ได้ของฟอสฟอรัสลดลง

การดูดซึมแร่ธาตุแมกนีเซียม เหล็ก สังกะสีและไอโอดีน สำหรับการดูดซึมธาตุเหล็กพบว่าอัตราการดูดซึมธาตุเหล็กไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณที่สัตว์ได้รับจากอาหาร เหตุผลเนื่องจากสัตว์ขับธาตุเหล็กออกจากร่างกายได้ค่อนข้างยาก ดังนั้นร่างกายสัตว์จึงมีวิธีการที่จะควบคุมการดูดซึมธาตุเหล็กเพื่อไม่ให้ได้รับในปริมาณมากเกินไป มิฉะนั้นจะไปขัดขวางการดูดซึมธาตุฟอสฟอรัส ซึ่งจะส่งผลให้การเจริญเติบโตลดลง นอกจากนี้พบว่าตัวรีดิวซ์ในธรรมชาติ เช่น วิตามิน ซี (ascorbic acids) ช่วยดูดซึมธาตุเหล็กได้ดี เนื่องจากสัตว์ดูดซึมธาตุเหล็กในรูปเฟอริคอิออน (Fe^{3+}) ได้ดีกว่าเฟอริสอิออน (Fe^{2+}) (บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541)

2.10.3 การเมทาบอลิซึมของโพลีฟีนอลในทางเดินอาหาร (Metabolic fate of dietary polyphenols) ในใบชามีสารในกลุ่มโพลีฟีนอลเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นตัวขัดขวางการใช้ประโยชน์ได้ของสารอาหารชนิดหนึ่ง ซึ่งสารคาเทชินและแทนนินในชาที่เสริมในอาหารก็มีผลต่อการย่อยเช่นกัน Vauzour *et al*. (2012) อธิบายว่า โพลีฟีนอลในอาหารจะทำงานโดยมี substrates ที่เหมาะสมกับเอนไซม์ที่มีหลายชนิด โดยเอนไซม์ glucosidase มี 2 ชนิดคือ phase I ทำหน้าที่ hydrolyzing และ oxidizing กับ phase II ทำหน้าที่ conjugating และ detoxifying ซึ่งทั้งสอง phase เกิดขึ้นที่ลำไส้เล็กและตับจากนั้นจะมีการสร้าง (transformation) ที่ลำไส้ใหญ่โดยใช้เอนไซม์จากจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้ทำหน้าที่สลาย flavonoid ไปเป็นรูป phenolic acid ซึ่งบางส่วนจะถูกดูดซึมแต่ส่วนที่เหลือจะถูกส่งไปเมทาบอลิซึมต่อที่ตับ การย่อยโพลีฟีนอลเริ่มจากปาก โดยน้ำลายจะทำให้เกิด degalloylation ของ flavanol gallate ester เช่น epigallocatechin gallate แต่จะมีผลเล็กน้อยต่อความคงตัวของ catechin เนื่องจากเมื่อกินชาเข้าไปสารคาเทชินจะถูกดูดซึมได้ดีและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EGCG ค่อนข้างมีความคงตัวอยู่ในกระเพาะและลำไส้ได้นาน (Koo and Cho. 2004) ปฏิสัมพันธ์ของ flavonol และ procyanidin กับโปรตีนในน้ำลาย จะมีความจำเพาะของ (+)- catechin กับ proline-rich protein มากกว่า (-)- epicatechin และ procyanidin ซึ่ง polyphenol-protein binding จะเป็นการดูดซึมที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงของโปรตีนในน้ำลาย เซลล์แบคทีเรียและสารประกอบในน้ำเมือก ซึ่งมีข้อดีคือสามารถลดเนื้องอกในช่องปากได้หลังจากบ่มในน้ำลาย จากนั้นจะส่งไปย่อยที่ลำไส้เล็กแต่พบว่าที่ลำไส้เล็กย่อยได้น้อยมากเพียง 10-20 % ซึ่งจะเป็นเพียงการดูดซึมและ conjugated และบางส่วนอาจดูดซึมกลับไปที่กระเพาะ ส่วนในตับก็เกิดการ conjugated เช่นกัน โดย Koo and Cho (2004) รายงานว่าในตับคาเทชินจะถูก conjugated ไปเป็น glucuronidate, methylate และอนุพันธุ์ของ sulfate ในขณะที่ EGC และ EC จะถูก conjugated ไปเป็น EGCG หลังจากนั้นจะส่งไปที่ลำไส้ใหญ่และจะเป็นหน้าที่ของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้ใหญ่ ในการเมทาบอลิซึมของ flavan-3-ol oligomers หลังจากถูกดูดซึมคาเทชินจะกระจายไปในเนื้อเยื่อทั่วร่างกาย โดยมีความเข้มข้นสูงที่หลอดอาหาร ลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ แสดงดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 แสดงการเมทาบอลิซึมของโพลีฟีนอลในทางเดินอาหาร (Vauzour *et al*. 2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไพโชค ปัญจะและดรุณี ศรีชนะ (2555) ได้ทำการศึกษาการเสริมสารสกัดจากใบชาจีนที่ระดับ 0, 0.5 และ 1 % ในอาหารไก่ไข่เพื่อทดสอบความสามารถในการย่อยอาหารได้ของไก่ไข่และพบว่าการเสริมสารสกัดจากใบชาจีนที่ระดับ 0.5 และ 1 % ในอาหารไก่ไข่ทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งและการย่อยได้ของโปรตีนลดลง ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริม

Abdo *et al.* (2010) ได้ทำการศึกษาการเสริมผงชาเขียว 1, 3 และ 5 % เปรียบเทียบกับสารสกัดน้ำจากชาเขียวที่ระดับ 0.5, 1.5 และ 2.5 L/100 kg. ในอาหารไก่ไข่พบว่าชาเขียวไม่มีผลต่อความสามารถในการย่อยได้ของสารอาหารในทุกกลุ่มการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่ ระดับคอเลสเตอรอลในซีรั่มและไข่แดง ระยะเวลาการเก็บรักษาไข่และการย่อยได้ของโภชนะในอาหาร มีรายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.1 สัตว์ทดลอง

ไก่ไข่พันธุ์ผสมทางการค้าโรมันส์ อายุ 30 สัปดาห์ จำนวน 160 ตัว

3.2 ผงชาเขียว

ผงชาเขียวที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้มาจากโรงงานผลิตใบชาแห้งจากไร่ชาในจังหวัดเชียงใหม่เป็นชาพันธุ์อัสสัมที่เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 ใช้ส่วนใบแก่อยู่ในรูปของใบชาแห้ง ราคา 35 บาทต่อกิโลกรัม (ราคารวมค่าขนส่ง 42 บาทต่อกิโลกรัม) มีลักษณะดังภาพที่ 3.1 โดยนำใบชามาบดด้วยเครื่องบดที่มีรูตะแกรงบดขนาด 1 mm. ผงชาเขียว 100 กรัม มีสารออกฤทธิ์ในกลุ่มโพลีฟีนอลดังนี้ โพลิฟีนอลทั้งหมด 2.32 กรัม, (-)-Epicatechin (EC) 0.19 กรัม, (-)-Epigallocatechin (EGC) 0.36 กรัม, (-)-Epigallocatechin gallate (EGCG) 0.53 กรัม, (+)-Catechin (C) 0.29 กรัม และ(+)-Gallocatechin (GC) 0.42 กรัม คาเฟอีน 2.34 กรัม มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ (DPPH-Radical scavenging activity) 89,408 μmol Trolox/100 g. (ทดสอบโดยห้องปฏิบัติการของสถาบันชาแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย) และหาองค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีประมาณ (proximate analysis)

ภาพที่ 3.1 ลักษณะใบชาที่ใช้ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 อุปกรณ์

3.3.1 อุปกรณ์ในการเลี้ยงไก่ไข่

1) เครื่องผสมอาหาร

2) ถังอาหาร

3) ภาชนะสำหรับใส่อาหาร

4) ภาชนะสำหรับใส่น้ำ

5) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล

3.3.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพไข่

1) เครื่องมือวัดความแข็งของเปลือกไข่ (Digital Force gauge FG-100K, PCE Instruments Ltd.,UK)

2) เครื่องมือวัดความหนาเปลือกไข่ (Micrometer, Digital 0-25 mm., Mitutoyo, Japan)

3) เครื่องมือวัดความสูงของไข่ขาว โดยใช้ชุดตรวจสอบคุณภาพไข่ขาวที่ประกอบด้วย Quantum Chromatodynamics (QCD) ชุดแสดงผลระบบดิจิตอลและ albumin height gauge

4) พัดวัดสีไข่แดงของบริษัท Roche (คะแนนสีตั้งแต่ 1-15)

5) เครื่องวัดสีระบบ Hunter Lab scale (MiniScan EZ Portable Spectrophotometer, Hunter Lab, USA)

6) เครื่องมือในการวัดความถ่วงจำเพาะ ไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer)

3.3.3 อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างเพื่อหาระดับคอเลสเตอรอลในซีรั่ม

1) ไซริง (syring) ขนาด 5 มิลลิลิตร

2) เข็ม (needle) เบอร์ 22

3) หลอดเก็บตัวอย่างเลือดชนิดไม่มีสารกันการแข็งตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 อุปกรณ์ในการตรวจวัดระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดง

1) ถุงซิปสำหรับเก็บตัวอย่างไข่แดง

2) สารเคมีในการทดลองวัดระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดง

- Petroleum ether, AR Grade (QREC Chemical Co LTD.)
- Ethanol absolute, Reagent Grade (Scharlau ; Scharlab S.L.)
- Potassiumhydroxide, AR Grade(LAB-SCAN analytical Sciences,Poland)
- Cholesterol, Grade minimum 99 % (SIGMA-ALDRICH, Germany)
- 5α-Cholestane (SIGMA-ALDRICH, Germany)
- hexane, HPLC Grade (LAB-SCAN analytical Sciences, Poland)

3) ก๊าซ (Gas)

- ไนโตรเจน (Industrial Nitrogen; N_2)
- ฮีเลียมบริสุทธิ์สูง (Ultra High Purity Helium)
- ไฮโดรเจนบริสุทธิ์สูง (Ultra High Purity Hydrogen)
- แอร์ซีโร่ (Air Zero Grade)

4) เครื่อง centrifuge (ROTOFIX 32, Hettich Zentrifugen, England)

5) เครื่อง vortex mixer (VELP Scientifica, Italy)

6) เครื่อง Gas chromatography (PR2100 gas chromatograph, Perichrom, France)

3.3.5 อุปกรณ์ในการวัดระดับ TBARs ในไข่แดง

1) ถุงซิปสำหรับเก็บตัวอย่างไข่แดง

2) สารเคมีในการทดลองวัดระดับ TBARs ในไข่แดง

- Perchloric acid 70 % (Panreac, Spain)
- 2-Thiobarbituric acid ≥ 98 % (SIGMA-ALDRICH, Germany)
- Trichloroacetic acid (Merck, Germany)
- Hydrochloric acid 37 % (J.T.Baker, U.S.A.)
- 1,1,3,3-Tetraethoxypropane (TEP) ≥ 96 % (SIGMA-ALDRICH, Germany)

3) เครื่อง homogenizer (T 25 basic ULTRA-TURRAX, IKA, Malaysia)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) เครื่อง centrifuge (Centrifuge 5424 R , eppendorf, Germany)

5) เครื่อง vortex mixer (VELP Scientifica, Italy)

6) เครื่อง Spectophotometer (UV-1601 UV-Vis Visible Spectrometer, Shimadzu)

3.3.6 อุปกรณ์ในการทดสอบการย่อยได้

1) กรงเมทาบอลิก (Metabolic cage)

2) ถาดอะลูมิเนียมสำหรับเก็บมูล

3) ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ

4) รางน้ำและถาดอาหาร

5) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด

6) เครื่องชั่งน้ำหนักไก่

7) ถุงพลาสติกสำหรับใส่มูลแห้ง

3.3.7 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร โดยวิธี Proximate Analysis

1) ตู้อบแห้ง (Hot air oven)

2) เตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle furnace)

3) เครื่องวิเคราะห์โปรตีนแบบวิธี Kjeldahl

4) เครื่องวิเคราะห์ไขมันแบบ Soxhlet apparatus

5) เครื่องมือวิเคราะห์เยื่อใย Fibertec System M6

6) เครื่องมือวิเคราะห์ค่าพลังงานในอาหารด้วยเครื่อง Bomb calorimeter (AC-350, Leco, USA.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการ

ศึกษาการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่ ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มและไข่แดง ระยะเวลาการเก็บรักษาไข่และการย่อยได้ของโภชนะ แบ่งออกเป็น 2 การทดลองดังนี้

3.4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่ ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มและไข่แดง และระยะเวลาการเก็บรักษาไข่

3.4.1.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomize Design : CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 5 กลุ่มตามระดับของผงชาเขียวที่ใช้ในสูตรอาหาร แต่ละกลุ่มการทดลองมีจำนวน 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ไก่ไข่พันธุ์ผสมทางการค้าโรมันส์ อายุ 30 สัปดาห์ จำนวน 8 ตัว รวมทั้งสิ้น 160 ตัว ในการทดลองจะใช้สูตรอาหารทดลองดังนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 ได้รับอาหารผสมสูตรสำหรับไก่ไข่ระยะไข่ (ควบคุม) (T1)

กลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับอาหารผสมผงชาเขียว 1 % (T2)

กลุ่มการทดลองที่ 3 ได้รับอาหารผสมผงชาเขียว 2 % (T3)

กลุ่มการทดลองที่ 4 ได้รับอาหารผสมผงชาเขียว 4 % (T4)

กลุ่มการทดลองที่ 5 ได้รับอาหารผสมผงชาเขียว 6 % (T5)

อาหารแต่ละกลุ่มการทดลองมีระดับของโปรตีนและค่าพลังงานคำนวณตามความต้องการของไก่ไข่ที่แนะนำโดย NRC (1994) ส่วนประกอบของสูตรอาหารแสดงดังตารางที่ 3.1

3.4.1.2 วิธีการทดลอง

ทำการสุ่มไก่อายุ 30 สัปดาห์เข้ากลุ่มทดลองที่มีความสม่ำเสมอของไก่แต่ละกลุ่มทดลอง แบ่งเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มการทดลองละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 8 ตัว รวมทั้งสิ้น 160 ตัว โดยเลี้ยงบนกรงขังเดี่ยว 1 ตัวต่อกรง ในโรงเรือนแบบเปิด มีพัดลมระบายอากาศเปิดวันละ 6 ชั่วโมง มีน้ำดื่มและอาหารกินอย่างเต็มที่ (*Ad libitum*) และให้แสงตามโปรแกรมการให้แสงประมาณ 16 ชั่วโมงต่อวัน ทำการเลี้ยงเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ทำการชั่งปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือทุกสัปดาห์ เพื่อคำนวณหาปริมาณอาหารที่กินได้ในแต่ละสัปดาห์ นับจำนวนไข่และจำนวนไก่ตายทุกวันเพื่อนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ (hen-day egg production) เป็นรายสัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 สูตรอาหารไก่ไข่ที่ใช้ทดลองและปริมาณโภชนะในอาหาร

	T1	T2	T3	T4	T5
วัตถุดิบ (กิโลกรัม)					
ปลายข้าว	54.59	53.47	51.53	47.65	43.74
รำละเอียด	6.00	6.00	7.00	9.00	11.00
กากถั่วเหลืองสกัด	24.22	24.05	23.70	23.00	22.3
ปลาป่น	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
เกลือแกง	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
น้ำมันถั่วเหลือง	3.09	3.38	3.67	4.25	4.85
DCP	0.50	0.50	0.50	0.35	0.35
เปลือกหอย	6.35	6.35	6.35	6.50	6.50
DL-Methionine	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
พรีมิกซ์ไก่ไข่	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
ผงชาเขียว	0	1	2	4	6
รวม	100	100	100	100	100
ราคา (บาท/กก.)	16.77	17.10	17.41	18.02	18.65
ปริมาณโภชนะ (%) (จากการคำนวณ)					
โปรตีน	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
พลังงาน (Kcal/Kg.)	2752.44	2750.91	2750.65	2750.14	2750.50
ไขมัน	5.36	5.71	6.15	7.04	7.94
เยื่อใย	2.75	2.98	3.25	3.80	4.35
ความชื้น	10.52	10.44	10.34	10.14	9.93
แคลเซียม	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70
ฟอสฟอรัสใช้ได้	0.34	0.34	0.34	0.33	0.34
เมทไธโอนีน+ซีสทีน	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64
ไลซีน	1.12	1.12	1.10	1.08	1.06
ทริปโตเฟน	0.26	0.26	0.26	0.25	0.24
ทรีโอนีน	0.75	0.75	0.74	0.72	0.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการวิเคราะห์คุณภาพไข่โดยทุกๆสัปดาห์ทำการสุ่มเก็บไข่กลุ่มการทดลองละ 20 ฟอง (ไข่ที่ผลิตได้ในวันศุกร์) เพื่อศึกษาคุณภาพของฟองไข่ดังนี้ น้ำหนักไข่ทั้งฟอง น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักไข่ขาว น้ำหนักเปลือกไข่ ค่าความถ่วงจำเพาะตามวิธีของ Thompson and Hamilton (1982) ความหนาของเปลือกไข่ (egg shell thickness) ความแข็งของเปลือกไข่ (egg shell strength) ความสูงของไข่ขาวข้น ค่าฮอกยูนิต (Haugh unit) และสีของไข่แดง

ทำการวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มและไข่แดง โดยในสัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง สุ่มเจาะเลือดไก่กลุ่มการทดลองละ 8 ตัว เจาะเลือดจากเส้นเลือดดำใต้ปีกใส่หลอดเก็บเลือดที่ไม่มีสารกันเลือดแข็งตัว หลอดละประมาณ 2 มิลลิลิตร วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที เพื่อให้ซีรั่มแยกตัวออกมาจากนั้นแช่ในถังน้ำแข็ง เพื่อส่งตรวจปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มที่ห้างหุ้นส่วนจำกัด เซ็นทรัล แลบ ศูนย์ห้องปฏิบัติการทางสัตวแพทย์ (Vet Central Lab. Limited) จังหวัดนนทบุรี และทำการสุ่มเก็บตัวอย่างไข่ซ้ำละ 3 ฟอง (กลุ่มการทดลองละ 12 ฟอง) และแยกไข่แดงออกจากไข่ขาวและเปลือกไข่ เก็บไข่แดงใส่ถุงซิปและแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และทำให้แห้งโดยเครื่อง Freez-dryer (Snijders Scientific type 2040) เพื่อนำไปตรวจวัดปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงตามวิธีที่แนะนำโดย Bitman and Wood (1980) และ Jiang *et al*. (1991) มีขั้นตอน ดังนี้

การสกัดไขมันออกจากไข่แดง

1) ชั่งตัวอย่างไข่แดง (ผงแห้ง) ประมาณ 0.4 กรัมใส่หลอดทดลองที่มีฝาปิด
2) เติม Petroleum ether : ethanol (2 : 1) 10 ml. ปิดฝาเขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer 3 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
3) เติมน้ำกลั่น 3 ml. ปิดฝาเขย่าด้วยเครื่อง vortex mixer 1 นาที
4) ปั่นด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็ว 2,500 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที
5) ดูดเอาสารละลาย Petroleum ชั้นบนทั้งหมดใส่ในหลอดทดลองที่มีฝาปิดอีกชุดหนึ่ง
6) นำไประเหยให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน
7) ได้ส่วนของไขมันออกมา

การทำคอเลสเตอรอลเอสเทอร์ให้อยู่ในรูปอิสระ (saponification)

1) นำไขมันที่สกัดได้มาเติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ใช้งาน 5 ml.
2) ปิดจุกเขย่าให้เข้ากัน นำไปอุ่นใน water bath อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาน 1 ชั่วโมง ระหว่างอุ่นทำการเขย่าบ่อยๆ เมื่อครบเวลานำออกมาวางทิ้งไว้ให้เย็น

3) ดูด Petroleum ether 6 ml. และน้ำกลั่น 3 ml. ใส่ลงในทุกหลอด

4) เขย่าด้วยเครื่อง vortex mixer 1 นาที ตั้งทิ้งไว้จนแยกชั้น

5) ดูดเอาส่วนบนชั้น Petroleum ether ใส่ในหลอดทดลองที่มีฝาปิดอีกชุด

6) นำไประเหยให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน จะได้ส่วนที่นำไปวิเคราะห์คอเลสเตอรอล

การวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลอิสระ ด้วยการใช้แก๊สโครมาโตกราฟี

สารเคมี

1) Standard cholesterol ความเข้มข้น 1 mg/ml

2) 5 α-cholestane (IS) ความเข้มข้น 1 mg/ml

การสร้างกราฟมาตรฐาน

ดูดสารละลาย Standard cholesterol ความเข้มข้น 1 mg/ml มา 10, 20, 30, 40 และ 50 µl. ใส่ในหลอดทดลองที่มีฝาปิด ผสมกับ 5 α-cholestane (IS) ความเข้มข้น 1 mg/ml. 40 µl. ทุกหลอดและเติม hexane จนได้สารครบ 500 µl. จะได้ Standard cholesterol ที่มีความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 µg/ml. ฉีดเข้าเครื่อง GC 1 µl. นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐานแล้วคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใต้กราฟของคอเลสเตอรอลมาตรฐานกับ IS

การคำนวณปริมาณคอเลสเตอรอล

นำตัวอย่างที่อยู่ในรูปคอเลสเตอรอลอิสระผสม hexane 2 ml. แล้วปิเปตมา 50 µl. ใส่หลอดที่มีฝาปิดอีกชุด เติมสารละลาย IS ความเข้มข้น 1 mg/ml. ลงไป 80 µl. ทุกหลอดผสมกับ hexane HPLC 870 µl. จะได้ปริมาตรทั้งหมด 1,000 µl. ฉีดเข้าเครื่อง GC (Perichrom รุ่น PR2100 gas chromatograph) 1 µl.

GC condition

- Column : Zebron ZB-5 , GC Cap. Column 30 m. x 0.25 mm. x 0.1 µm.
- Stationary phase : 5 % -diphenyl-95 % - dimethyl polysiloxane copolymer
- Detector : FID 300 ºC
- Injector : Temperature 300 ºC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Carrier gas pressure 100 kPa

Split flow 10 ml./min.

Injection volume 1 µl.

- Oven : Temperature program

Ram 1 200-260 (10 ºC /min.) hold 15 min.

Ram 2 260-285 (10 ºC /min.) hold 20 min.

- Carrier gas : He

ทำการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาไข่ โดยการวิเคราะห์ระดับการเกิด lipid peroxidation ในรูปของค่า TBARs ในไข่แดง ในสัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างไข่ซ้ำละ 3 ฟอง (กลุ่มการทดลองละ 12 ฟอง) และแยกไข่แดงออกจากไข่ขาวและเปลือกไข่ เก็บไข่แดงใส่ถุงซิป โดยไข่มีอายุการเก็บรักษาที่ 0, 7 และ 14 วัน การเก็บรักษาเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำออกมาทดลอง (เก็บในรูปไข่สดทั้งฟองและเลือกฟองที่ไม่มีรอยบุบ แตก)

วิธีวิเคราะห์ระดับการเกิด lipid peroxidation ในรูปของค่า TBARs ของไข่แดง ตามวิธีของ Kang *et al.* (2001)

1) ชั่งไข่แดง (ไข่สด) 2 กรัม ใส่หลอด centrifuge ขนาด 50 มิลลิลิตร
2) เติม 3.86 % Perchloric acid 18 มิลลิลิตร และผสมให้เข้ากันโดยเครื่อง homogenizer เป็นเวลา 45 วินาที
3) กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 จากนั้นปิเปตส่วนที่กรองแล้วมา 2 มิลลิลิตร ใส่หลอด test tube ขนาด 20 มิลลิลิตร ผสมกับสารผสม TBA-TCA-HCl 2 มิลลิลิตร ปิดฝาผสมให้เข้ากันโดยเครื่อง vortex
4) นำไปให้ความร้อนใน water bath ที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำออกมาทำให้เย็นประมาณ 10 นาที
5) เทสารจากหลอด test tube ใส่ eppendroff 3 eppendroff eppendroff ละ 1 มิลลิลิตร นำไปเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็ว 5,500 rpm. นาน 10 นาที
6) นำส่วนใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 532 nm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) เตรียมสารละลายมาตรฐาน (Standard MDA) โดยใช้สาร 1,1,3,3-Tetraethoxypropane เตรียมสารละลาย stock MDA ความเข้มข้น 10 µg/ml เพื่อนำไปเตรียม standard MDA ที่ความเข้มข้นต่างๆ และนำไปสร้าง standard curve ต่อไป

3.4.1.3 การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกน้ำหนักไก่เริ่มทดลองและสิ้นสุดการทดลอง จำนวนผลผลิตไข่ตลอดช่วงการทดลอง ปริมาณอาหารที่กินได้ของไก่ในแต่ละสัปดาห์ เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ต่อจำนวนไก่มีชีวิต (hen-day egg production) อัตราการเลี้ยงรอด คุณภาพไข่ ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มและไข่แดง และระดับการเกิด lipid peroxidation ในรูปของค่า TBARs ของไข่แดง

3.4.1.4 การคำนวณข้อมูล

1) ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน (กรัม)

$$\text{ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด (กรัม)}}{\text{จำนวนไก่ทั้งหมด (ตัว)} \times \text{จำนวนวัน}}$$

2) น้ำหนักไข่เฉลี่ย (กรัม)

$$\text{น้ำหนักไข่เฉลี่ย} = \frac{\text{น้ำหนักไข่ทั้งหมดที่ชั่ง (กรัม)}}{\text{จำนวนไข่ที่ชั่ง (ฟอง)}}$$

3) มวลไข่รวม (กรัม)

$$\text{มวลไข่รวม} = \frac{\text{น้ำหนักไข่เฉลี่ย (กรัม)} \times \text{เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่}}{100}$$

4) เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ต่อแม่ไก่มีชีวิต (hen-day egg production) (%)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ต่อแม่ไก่มีชีวิต} = \frac{\text{จำนวนไข่ที่เก็บทั้งหมด} \times 100}{\text{จำนวนไก่คงเหลือ} \times \text{จำนวนวัน}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ประสิทธิภาพการใช้อาหาร

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อมวลไข่รวม} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม)}}{\text{มวลไข่รวม (กรัม)}}$$

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อผลผลิตไข่ 1 ฟอง} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม)}}{\text{จำนวนไข่ที่ผลิตได้ (ฟอง)}}$$

6) ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไข่ 1 ฟอง (บาท/ฟอง)

$$\text{ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไข่ 1 ฟอง} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน (กก.) X ราคาอาหาร (บาท/กก.)}}{\text{จำนวนไข่ที่ผลิตได้ (ฟอง)}}$$

7) อัตราการเลี้ยงรอด (%)

$$\text{อัตราการเลี้ยงรอด} = \frac{\text{จำนวนไก่มีชีวิต X 100}}{\text{จำนวนไก่เริ่มต้น}}$$

8) การคำนวณค่า Haugh Unit ตามสูตรคำนวณของ Bell (1994)

ค่า Haugh Unit = $100 \log (H + 7.57 - 1.7W^{0.37})$

H = ความสูงไข่ขาว (มิลลิเมตร)

W = น้ำหนักไข่ (กรัม)

9) การคำนวณคอเลสเตอรอลในไข่แดง (mg./g. egg yolk)

$$\text{ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดง} = \frac{B}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง x 0.025}}$$

B = อัตราส่วนของพ.ท.ใต้พีคของ Cholesterol ในตัวอย่างต่อ พ.ท.ใต้พีคของ IS Standard เทียบกับ standard curve

0.025 = Dilution

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) ค่า TBARs ในไข่แดง (mg. MDA/ Kg. egg yolk)

$$\text{ค่า TBARs} = \frac{A \times 14 \times 1000}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง} \times 1000}$$

A = ค่าปฏิกิริยาของตัวอย่างกับสารมาลอนไดอัลดีไฮด์ (MDA) เทียบจาก standard curve

สมการจากกราฟเชิงเส้น $y = mx \pm b$; $x = A$

$x = \frac{y \pm b}{m}$; y = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

14 = Dilution

3.4.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มของสมรรถภาพการผลิตไข่ คุณภาพของฟองไข่ ระดับคอเลสเตอรอลในซีรั่มและในไข่แดง ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test และทำการวิเคราะห์ข้อมูลของค่า TBARs โดยใช้ GLM (General Linear Model) ตามแบบหุ้นวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1988)

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + A_i B_j + \epsilon_{ijk} \ldots$$

3.4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารเสริมผงชาเขียวในไก่ไข่

3.4.2.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomize Design : CRD) โดยทำการสุ่มไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์ ขึ้นกรงเก็บมูล (metabolic cage) จำนวน 20 กรง โดยไก่ได้รับอาหารทดลอง 5 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ตัว ตามอาหารทดลองจากการทดลองที่ 1

3.4.2.2 วิธีการทดลอง

ใช้วิธีการเก็บมูลทั้งหมด (conventional total collection method) แต่ละกรงจะมีถาดวางไว้ใต้กรงสำหรับเก็บมูล แบ่งชั่งอาหารให้ไก่แต่ละกรงกิน ให้ไก่ปรับตัวบนกรง 3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงเริ่มเก็บมูล ทำการชั่งน้ำหนักอาหารที่เหลือในวันรุ่งขึ้นก่อนให้อาหารใหม่ทุกวันพร้อมกับเก็บมูลที่ขับถ่ายออกมาโดยแยกสิ่งปนเปื้อนเช่น ขน อาหารออก บันทึกปริมาณอาหารเริ่มต้นและปริมาณอาหารที่ไก่กินทั้งหมดและเก็บมูลทั้งหมด (บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541 ; ประภากร ธาราฉาย. 2547) เก็บมูลเป็นระยะเวลา 4 วัน มูลที่เก็บได้ในแต่ละวันนำเข้าตู้อบควบคุมอุณหภูมิที่ 65 องศาเซลเซียส และนำมูลที่เก็บได้ทั้งหมดผสมรวมกัน สุ่มเก็บตัวอย่างมูลแห้งและอาหารทดลองทั้ง 5 สูตร เพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อหาค่าการย่อยอาหารได้ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว

3.4.2.3 การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกน้ำหนักอาหารที่ไก่กินแต่ละวัน น้ำหนักมูลแห้งของไก่แต่ละตัวรวมทั้งโภชนะในอาหารทดสอบและในมูลไก่แต่ละตัวมาคำนวณหาค่าการย่อยได้ปรากฏของไขมัน วัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใยและพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏ

3.4.2.4 การคำนวณข้อมูล (บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541 ; ประภากร ธาราฉาย. 2547)

1) การย่อยได้ของไขมัน โปรตีนและเยื่อใย (% วัตถุแห้ง ; dry matter)

$$\% \text{ การย่อยได้} = \left[\frac{(\text{นน.อาหารที่กิน} \times \% \text{ โภชนะในอาหาร}) - (\text{นน.มูลแห้งรวม} \times \% \text{ โภชนะในมูล})}{(\text{นน.อาหารที่กิน} \times \% \text{ โภชนะในอาหาร})} \right] \times 100$$

2) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏ (Apparence Metabolizable Energy, AME)

$$\text{AME (KCal/Kg.)} = \frac{(FI \times GEf) - (E \times GEe)}{FI}$$

FI = ปริมาณอาหารที่สัตว์กิน (กรัม) ในรูปวัตถุแห้ง

E = ปริมาณมูลและปัสสาวะที่ขับถ่าย (กรัม) ในรูปวัตถุแห้ง

GEf = พลังงานทั้งหมด (gross energy) ในอาหารต่อกรัม (Cal/g.) ในรูปวัตถุแห้ง

GEe = พลังงานทั้งหมดในมูลสัตว์ต่อกรัม (Cal/g.) ในรูปวัตถุแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1988)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในผงชาเขียว

ส่วนประกอบทางเคมีในผงชาเขียว ซึ่งประกอบด้วย ความชื้น (moist) เถ้า (ash) โปรตีน (crude protein) ไขมัน (ether extract) เยื่อใย (crude fiber) แคลเซียม (calcium) และฟอสฟอรัส (phosphorus) ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ส่วนประกอบทางเคมีในผงชาเขียวที่ใช้ทดลอง (% air dry basis)

Content	green tea powder (%)
Moisture	7.28
Ash	7.47
Crude protein	13.95
Ether extract	7.74
Crude fiber	25.39
Calcium	0.87
Phosphorus	0.15

4.2 ศึกษาผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่ ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มและไข่แดง และการยืดอายุการเก็บรักษาไข่

4.2.1 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่

ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่แสดงดังตารางที่ 4.2 ซึ่งพบว่า ช่วงตลอดระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 2 และ 4 % โดยมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่เฉลี่ยดังนี้ 74.55 88.20 86.78 88.40 และ 84.48 % ตามลำดับ เช่นเดียวกับในระยะทดลองที่ 4-8 สัปดาห์ ส่วนในระยะทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถิติ (P<0.01) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 และ 2 % แต่ไก่ไข่กลุ่มเสริมผงชาเขียว 6 % ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) กับไก่ไข่กลุ่มเสริมผงชาเขียว 4 % ส่วนในระยะทดลองที่ 8-12 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ ในทุกกลุ่มการทดลอง

ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ของไก่ไข่ทดลองในแต่ละช่วงอายุทดลอง (Hen-day production) (%) (Mean ± SD.)

สัปดาห์ที่	Green tea powder (%)					P-value
	0	1	2	4	6	
0-4	88.76^{A} ±4.07	89.79^{A} ±3.57	91.01^{A} ±5.27	82.92^{AB} ±8.74	74.90^{B} ±6.89	0.0098^{**}
4-8	86.96^{A} ±1.39	84.57^{A} ±3.52	89.35^{A} ±5.56	83.50^{A} ± 6.89	68.93^{B} ±4.92	0.0002^{**}
8-12	88.88±2.56	86.00±3.59	84.84±5.36	87.02±2.72	79.82±8.28	0.1683^{NS}
0-12	88.20^{A} ±1.40	86.78^{A} ±3.50	88.40^{A} ±5.31	84.48^{A} ± 5.83	74.55^{B} ±3.07	0.0014^{**}

^{NS} = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

^{A,B,C,D} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.2 ปริมาณอาหารที่กินและประสิทธิภาพการใช้อาหารในการผลิตไข่

ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อปริมาณอาหารที่กินและประสิทธิภาพการใช้อาหารในการผลิตไข่ 1 ฟอง แสดงดังตารางที่ 4.3 ซึ่งพบว่าในระยะทดลองที่ 4-8 8-12 และ 0-12 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของปริมาณอาหารที่กินในทุกกลุ่มทดลอง แต่ในระยะทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ พบว่าปริมาณอาหารที่กินของไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 2 และ 4 % ส่วนกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 4 % ก็มีปริมาณอาหารที่กิน ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 และ 2 % สำหรับประสิทธิภาพการใช้อาหารในการผลิตไข่ 1 ฟอง มีความสัมพันธ์กับปริมาณอาหารที่กินและผลผลิตไข่ ซึ่งพบว่าช่วงตลอดระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % มีประสิทธิภาพการใช้อาหารในการผลิตไข่ 1 ฟอง ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 2 และ 4 % ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีประสิทธิภาพการใช้อาหารใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตไข่ 1 ฟองเฉลี่ยดังนี้ 122.65 109.64 107.40 109.19 และ 112.22 กรัม/ฟอง ตามลำดับ เช่นเดียวกับในระยะทดลองที่ 4-8 สัปดาห์ ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % มีประสิทธิภาพการใช้อาหารในการผลิตไข่ 1 ฟอง ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ส่วนในระยะทดลองที่ 0-4 และ 8-12 สัปดาห์ ประสิทธิภาพการใช้อาหารในการผลิตไข่ 1 ฟองของไก่ไข่ทุกกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.3 ปริมาณอาหารที่กินและประสิทธิภาพการใช้อาหารในการผลิตไข่ของไก่ไข่ทดลอง

(Mean ± SD.)

สัปดาห์ที่	Green tea powder (%)					P-value
	0	1	2	4	6	
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)						
0-4	$101.16^{A} \pm 3.78$	$96.36^{AB} \pm 1.90$	$100.31^{A} \pm 1.87$	$93.77^{B} \pm 4.41$	$87.68^{C} \pm 2.54$	0.0001^{**}
4-8	92.18± 5.33	90.06±1.77	94.27± 1.95	92.24±1.77	89.46± 4.35	0.3188^{NS}
8-12	96.39±5.81	93.44±2.90	94.11±2.78	97.36±2.70	97.12±0.63	0.3855^{NS}
0-12	96.579± 4.60	93.29± 2.08	96.23±1.36	94.46± 2.41	91.42± 2.05	0.0928^{NS}
ประสิทธิภาพการใช้อาหารในการผลิตไข่ 1 ฟอง (กรัม/ฟอง)						
0-4	114.22±7.33	107.52±4.74	110.06±6.57	113.70±8.09	116.69±11.76	0.5358^{NS}
4-8	$106.01^{B} \pm 5.56$	$106.42^{B} \pm 3.55$	$105.92^{B} \pm 8.31$	$111.03^{B} \pm 8.94$	$129.93^{A} \pm 5.40$	0.0005^{**}
8-12	108.70±5.16	108.37±2.58	111.79±10.29	112.30±3.27	123.28±12.30	0.0915^{NS}
0-12	$109.64^{B} \pm 5.62$	$107.40^{B} \pm 3.61$	$109.19^{B} \pm 8.18$	$112.22^{B} \pm 6.18$	$122.65^{A} \pm 7.16$	0.0281^{*}

^{NS} = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

^{A,B,C,D} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.3 ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่

ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไข่ 1 ฟอง แสดงดังตารางที่ 4.4 ซึ่งพบว่าช่วงตลอดระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % มีต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไข่สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 4 % ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยมีต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไข่เฉลี่ยดังนี้ 2.28 1.83 1.83 1.90 และ 2.02 บาท/ฟอง ตามลำดับ เช่นเดียวกับในระยะทดลองที่ 4-8 และ 8-12 สัปดาห์ ส่วนในระยะทดลองที่ 0-4 สัปดาห์พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % มีต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไข่สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 และ 2 % ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) จะเห็นว่าการเสริมผงชาเขียวในอาหาร 4 และ6 % ทำให้ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไข่ 1 ฟองสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 และ 2 %

ตารางที่ 4.4 ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไข่ของไก่ไข่ทดลอง (บาท/ฟอง) (Mean ± SD.)

สัปดาห์ที่	Green tea powder (%)					P-value
	0	1	2	4	6	
0-4	1.91^{B} ±0.12	1.83^{B} ±0.08	1.91^{B} ±0.11	2.04^{AB} ±0.14	2.17^{A} ±0.21	0.0352*
4-8	1.77^{C} ±0.09	1.81^{BC} ±0.06	1.84^{BC} ±0.14	2.00^{B} ±0.16	2.42^{A} ±0.10	0.0001**
8-12	1.82^{B} ±0.08	1.85^{B} ±0.04	1.94^{B} ±0.17	2.02^{B} ±0.05	2.29^{A} ±0.22	0.0017**
0-12	1.83^{C} ±0.09	1.83^{C} ±0.06	1.90^{BC} ±0.14	2.02^{B} ±0.11	2.28^{A} ±0.13	0.0002**

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

^{A,B,C,D} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.4 มวลไข่ (Egg mass)

ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อมวลไข่แสดงดังตารางที่ 4.5 พบว่าในระยะทดลองที่ 4-8 และ 0-12 สัปดาห์ ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % มีค่ามวลไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 2 และ 4 % โดยในระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ มีค่ามวลไข่เฉลี่ยดังนี้ 39.03 46.06 44.78 45.69 และ 43.99 กรัม ตามลำดับ เช่นเดียวกับในระยะทดลองที่ 8-12 สัปดาห์ ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % มีค่ามวลไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นๆ ส่วนในระยะทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 4 และ 6 % มีค่ามวลไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเทียบกับกลุ่มเสริมผงชาเขียว 2 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ค่ามวลไข่ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 กลุ่ม (กรัม) (Mean ± SD.)

สัปดาห์ที่	Green tea powder (%)					P-value
	0	1	2	4	6	
0-4	46.51^{AB}±1.61	46.50^{AB}±0.54	48.53^{A}±1.52	42.24^{B}±5.10	37.40^{BC}±3.67	0.0007**
4-8	44.89^{AB} ± 1.23	42.92^{B}± 0.18	46.30^{A}± 1.53	42.70^{B} ± 4.04	35.14^{C} ± 1.57	0.0001**
8-12	47.16^{A}±2.01	45.90^{A}±1.78	45.13^{A}±1.56	46.26^{A}±1.99	41.52^{B}±3.86	0.0391*
0-12	46.06^{A} ± 1.85	44.78^{A} ±1.57	45.69^{A}± 2.80	43.99^{A} ±2.97	39.03^{B} ± 1.82	0.0037**

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

^{A,B,C,D} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.5 ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อมวลไข่

ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อมวลไข่แสดงดังตารางที่ 4.6 พบว่าช่วงตลอดระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % มีประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อมวลไข่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 2 และ 4 % โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อมวลไข่เฉลี่ยดังนี้ 2.34 2.09 2.08 2.11 และ 2.15 ตามลำดับ เช่นเดียวกับในระยะทดลองที่ 4-8 และ 8-12 สัปดาห์ แต่ในระยะทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อมวลไข่ของไก่ไข่ทุกกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อมวลไข่ของไก่ไข่ทดลอง (Mean ± SD.)

สัปดาห์ที่	Green tea powder (%)					P-value
	0	1	2	4	6	
0-4	2.17±0.09	2.07±0.03	2.06±0.05	2.23±0.19	2.36±0.23	0.0650^{NS}
4-8	2.05^{B} ±0.06	2.09^{B} ±0.04	2.03^{B} ±0.10	2.17^{B} ±0.20	2.54^{A} ±0.04	0.0001**
8-12	2.04^{B}±0.06	2.03^{B}±0.02	2.08^{B}±0.11	2.10^{B}±0.08	2.35^{A}±0.22	0.0122**
0-12	2.09^{B} ±0.10	2.08^{B} ±0.06	2.11^{B} ±0.15	2.15^{B}±0.11	2.34^{A}±0.08	0.0269**

^{NS} = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

^{A,B,C,D} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 อัตราการเลี้ยงรอด (%)

ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่ออัตราการเลี้ยงรอด แสดงในตารางที่ 4.7 พบว่าในทุกช่วงระยะทดลองคือ 0-4 4-8 8-12 และ 0-12 สัปดาห์ อัตราการเลี้ยงรอดของไก่ไข่ในทุกกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยในระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์มีอัตราการเลี้ยงรอดของไก่ไข่กลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 2 4 และ 6 % ดังนี้ 96.87 93.75 96.87 96.87 และ 84.37 % ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 อัตราการเลี้ยงรอดของไก่ไข่ในแต่ละช่วงอายุทดลอง (%) (Mean ± SD.)

สัปดาห์ที่	Green tea powder (%)					P-value
	0	1	2	4	6	
0-4	100.00	100.00	96.87±6.25	100.00	90.62±18.75	0.5155^{NS}
4-8	100.00	100.00	100.00	96.87±6.25	93.75±7.22	0.1991^{NS}
8-12	96.87±6.25	93.75±7.22	100.00	100.00	100.00	0.1991^{NS}
0-12	96.87±6.25	93.75±7.22	96.87±6.25	96.87±6.25	84.37±15.73	0.2795^{NS}

^{NS} = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

4.2.7 น้ำหนักไข่ไก่ทั้งฟอง

ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อน้ำหนักไข่ไก่ทั้งฟอง แสดงในตารางที่ 4.8 พบว่าในระยะทดลองที่ 4-8 8-12 และ 0-12 สัปดาห์ ไก่ไข่ทุกกลุ่มทดลองให้ไข่ที่มีน้ำหนักไข่ทั้งฟองไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยในระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ ไก่ไข่กลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 2 4 และ 6 % มีน้ำหนักไข่ทั้งฟองเฉลี่ยดังนี้ 52.20 51.61 51.68 52.08 และ 52.39 กรัม/ฟอง ตามลำดับ แต่ในระยะทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 4 และ 6 % ให้ไข่ที่มีน้ำหนักไข่ทั้งฟองลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเทียบกับกลุ่มเสริมผงชาเขียว 2 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 น้ำหนักไข่ทั้งฟองของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลอง (กรัม/ฟอง) (Mean ± SD.)

สัปดาห์ที่	Green tea powder (%)					P-value
	0	1	2	4	6	
0-4	52.42^{AB}±1.17	51.83^{ABC}±1.58	53.39^{A}±1.55	50.88^{BC}±0.88	49.92^{C}±1.08	0.0153^{**}
4-8	51.62± 1.03	50.82± 2.23	51.89± 1.77	51.10±0.96	51.06± 1.62	0.8705^{NS}
8-12	53.05±1.10	53.39±1.28	53.29±2.27	53.15±1.00	52.06±0.70	0.6697^{NS}
0-12	52.20±1.52	51.61± 1.09	51.68± 0.76	52.08±1.10	52.39±2.29	0.9275^{NS}

^{NS} = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

^{A,B,C,D} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.8 น้ำหนักเปลือกไข่

ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อน้ำหนักเปลือกไข่เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนักไข่ทั้งฟองแสดงดังตารางที่ 4.9 พบว่าในระยะทดลองที่ 0-4 4-8 และ 0-12 สัปดาห์ ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % ให้ไข่ที่มีน้ำหนักเปลือกไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 2 และ 4 % โดยในระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ มีน้ำหนักเปลือกไข่เฉลี่ยดังนี้ 7.98 9.27 8.81 8.71 และ 8.43 % ตามลำดับ แต่ในระยะทดลองที่ 8-12 สัปดาห์พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 4 และ 6 % ให้ไข่ที่มีน้ำหนักเปลือกไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 และ 2 % จะเห็นได้ว่าการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ทำให้น้ำหนักเปลือกไข่ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมผงชาเขียว 4 และ 6 % ทำให้น้ำหนักเปลือกไข่ลดลงมากกว่าการเสริมผงชาเขียว 1 และ 2 % ในอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 น้ำหนักเปลือกไข่เทียบกับน้ำหนักไข่ทั้งฟองของไก่ไข่ทดลอง (%) (Mean ± SD.)

สัปดาห์ที่	Green tea powder (%)					P-value
	0	1	2	4	6	
0-4	9.46 ^{A}±0.34	8.69 ^{B}±0.12	8.68 ^{B} ±0.08	8.42 ^{B} ±0.19	7.66 ^{C}±0.35	0.0001 **
4-8	9.00 ^{A}±0.15	8.61 ^{B}± 0.35	8.61 ^{B}±0.15	8.31 ^{B} ±0.12	7.84 ^{C}±0.34	0.0001 **
8-12	9.35 ^{A}±0.13	9.15 ^{A} ±0.24	8.85 ^{B}±0.20	8.55 ^{C}± 0.09	8.45 ^{C}±0.13	0.0001 **
0-12	9.27 ^{A}±0.12	8.81 ^{B} ±0.18	8.71 ^{B} ±0.07	8.43 ^{C}±0.07	7.98 ^{D} ±0.18	0.0001 **

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

^{A,B,C,D} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.9 น้ำหนักไข่แดง

ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อน้ำหนักไข่แดงเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนักไข่ทั้งฟองแสดงดังตารางที่ 4.10 พบว่าในระยะทดลองที่ 4-8 8-12 และ 0-12 สัปดาห์ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของน้ำหนักไข่แดง โดยในระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 2 4 และ 6 % ให้ไข่ที่มีน้ำหนักไข่แดงเฉลี่ยดังนี้ 25.42 24.87 25.13 24.92 และ 25.80 % ตามลำดับ แต่ในระยะทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % ให้ไข่ที่มีน้ำหนักไข่แดงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเทียบกับไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 1 2 และ 4 % แต่การเสริมผงชาเขียว 6 % ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) กับกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4.10 น้ำหนักไข่แดงเทียบกับน้ำหนักไข่ทั้งฟองของไก่ไข่ทดลอง (%) (Mean ± SD.)

สัปดาห์ที่	Green tea powder (%)					P-value
	0	1	2	4	6	
0-4	24.93 ^{AB}±0.76	24.08 ^{B}±0.37	24.50 ^{B} ±0.61	24.58 ^{B}±0.94	25.76 ^{A}±0.52	0.0330 *
4-8	25.59±0.63	25.28±0.54	25.48±0.83	24.90±0.55	25.67±0.95	0.5871 ^{NS}
8-12	25.75±0.298	25.24±0.698	25.42±0.446	25.26±1.219	25.96±0.285	0.5124 ^{NS}
0-12	25.42±0.496	24.87 ±0.239	25.13±0.566	24.92±0.856	25.80± 0.343	0.1418 ^{NS}

^{NS} = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

^{A,B,C,D} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.10 น้ำหนักไข่ขาว

ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อน้ำหนักไข่ขาวเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนักไข่ทั้งฟองแสดงดังตารางที่ 4.11 พบว่าในทุกระยะทดลองคือ 0-4 4-8 8-12 และ 0-12 สัปดาห์ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 กลุ่ม ให้ไข่ที่มีน้ำหนักไข่ขาวไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยในระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ มีน้ำหนักไข่ขาวเฉลี่ยดังนี้ 65.71 66.57 66.52 66.85 และ 66.66 % ตามลำดับ

ตารางที่ 4.11 น้ำหนักไข่ขาวเทียบกับน้ำหนักไข่ทั้งฟองของไก่ไข่ทดลอง (%) (Mean ± SD.)

สัปดาห์ที่	Green tea powder (%)					P-value
	0	1	2	4	6	
0-4	66.43±0.84	67.73±0.31	67.45±0.36	67.57± 0.91	67.35± 0.78	0.1209^{NS}
4-8	65.64± 0.68	66.04±0.54	66.07±0.74	66.44±1.20	66.80±0.78	0.3806^{NS}
8-12	65.05±0.262	65.94±0.972	66.03±0.553	66.54±0.957	65.83± 0.743	0.1341^{NS}
0-12	65.71± 0.460	66.57±0.418	66.52±0.416	66.85±0.973	66.66± 0.642	0.1432^{NS}

^{NS} = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

4.2.11 ความแข็งเปลือกไข่

ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อความแข็งเปลือกไข่แสดงดังตารางที่ 4.12 พบว่าในระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % ให้ไข่ที่มีค่าความแข็งเปลือกไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 2 และ 4 % โดยมีค่าความแข็งเปลือกไข่เฉลี่ยดังนี้ 2073.2 2902.4 2710.4 2549.3 และ 2415.6 กรัม/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ เช่นเดียวกับในระยะทดลองที่ 4-8 และ 8-12 สัปดาห์ ส่วนในระยะทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 4 และ 6 % ให้ไข่ที่มีค่าความแข็งเปลือกไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 และ 2 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ความแข็งเปลือกไข่ของไก่ไข่ทดลอง (กรัม/ตารางเซนติเมตร) (Mean ± SD.)

สัปดาห์ที่	Green tea powder (%)					P-value
	0	1	2	4	6	
0-4	3154.7 ^{A}	2808.5^{AB}	2632.2^{AB}	2345.9^{CD}	2020.7^{D}	0.0004**
	± 144.6	±231.0	±384.3	±352.8	±187.4	
4-8	2625.3^{A}	2487.2^{AB}	2319.1^{AB}	2228.6^{BC}	1969.7^{C}	0.0035**
	±200.2	±126.4	±175.3	±128.1	±310.9	
8-12	2927.3^{A}	2835.4 ^{A}	2696.6^{A}	2672.2 ^{A}	2229.3^{B}	0.0329*
	±96.4	±340.4	± 229.7	±439.3	±202.9	
0-12	2902.4^{A}	2710.4^{AB}	2549.3^{BC}	2415.6^{C}	2073.2^{D}	0.0001**
	±122.7	±179.5	±148.4	± 192.7	±123.2	

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

^{A,B,C,D} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.12 ความหนาเปลือกไข่

ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อความหนาเปลือกไข่แสดงดังตารางที่ 4.13 พบว่าในระยะทดลองที่ 0-4 8-12 และ 0-12 สัปดาห์ ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % ให้ไข่ที่มีความหนาเปลือกไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 และ 2 % แต่การเสริมผงชาเขียว 6 % ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) กับไก่ไข่กลุ่มเสริมผงชาเขียว 4 % โดยในระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ มีค่าความหนาเปลือกไข่ของไก่ไข่กลุ่มเสริมผงชาเขียว 6 % กลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 2 และ 4 % ดังนี้ 0.263 0.300 0.285 0.283 และ 0.274 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนในระยะทดลองที่ 4-8 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 4 และ 6 % ให้ไข่ที่มีความหนาเปลือกไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 % จะเห็นว่าการเสริมผงชาเขียวที่ระดับ 4 และ 6 % ในอาหารไก่ไข่ทำให้ความหนาของเปลือกไข่ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 และ 2 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ความหนาเปลือกไข่ของไก่ไข่ทดลอง (มิลลิเมตร) (Mean ± SD.)

สัปดาห์ที่	Green tea powder (%)					P-value
	0	1	2	4	6	
0-4	0.305^{A}	0.280^{B}	0.279^{B}	0.273^{BC}	0.260^{C}	0.0016^{**}
	±0.019	±0.006	± 0.003	± 0.004	±0.015	
4-8	0.300^{A}	0.289^{AB}	0.280^{BC}	0.264^{C}	0.265^{C}	0.0012^{**}
	±0.009	±0.011	±0.011	± 0.007	±0.014	
8-12	0.294^{A}	0.285^{A}	0.289^{A}	0.285^{A}	0.264^{B}	0.0067^{**}
	±0.008	±0.009	±0.008	±0.008	±0.014	
0-12	0.300^{A}	0.285^{A}	0.283^{B}	0.274^{BC}	0.263^{C}	0.0006^{**}
	±0.011	±0.006	±0.005	±0.004	±0.013	

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

^{A,B,C,D} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.13 ความถ่วงจำเพาะของไข่

ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อค่าความถ่วงจำเพาะของไข่แสดงดังตารางที่ 4.14 พบว่าในระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % ให้ไข่ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 2 และ 4 % โดยมีค่าความถ่วงจำเพาะของไข่เฉลี่ยดังนี้ 1.082 1.087 1.087 1.086 และ 1.085 ตามลำดับ เช่นเดียวกับในระยะทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ ส่วนในระยะทดลองที่ 4-8 สัปดาห์ ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % ให้ไข่ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 และ 2 % แต่การเสริมผงชาเขียว 6 % ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับกลุ่มเสริมผงชาเขียว 4 % ส่วนระยะทดลองที่ 8-12 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % ให้ไข่ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 % แต่การเสริมผงชาเขียว 6 % ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 2 และ 4 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ค่าความถ่วงจำเพาะของไข่ของไก่ไข่ทดลองที่ได้รับอาหารทั้ง 5 กลุ่ม (Mean ± SD.)

สัปดาห์ที่	Green tea powder (%)					P-value
	0	1	2	4	6	
0-4	1.088^{A} ± 0.001	1.084^{B} ± 0.001	1.084^{B} ±0.001	1.082^{B} ±0.001	1.079^{C} ± 0.002	0.0001^{**}
4-8	1.087^{A} ±0.001	1.088^{A} ± 0.0003	1.087^{A} ±0.002	1.085^{AB} ± 0.001	1.083^{B} ±0.002	0.0090^{**}
8-12	1.088^{AB} ±0.002	1.089^{A} ± 0.0002	1.088^{AB} ±0.001	1.087^{AB} ±0.001	1.085^{B} ±0.001	0.0595^{*}
0-12	1.087^{A} ±0.001	1.087^{A} ± 0.0007	1.086^{AB} ±0.001	1.085^{B} ±0.0008	1.082^{C} ±0.001	0.0002^{**}

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

^{A,B,C,D} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.14 ค่าฮอกยูนิต (Hauge unit)

ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อค่า Hauge unit แสดงดังตารางที่ 4.15 พบว่าในระยะทดลองที่ 0-4 8-12 และ 0-12 สัปดาห์ ไก่ไข่ทุกกลุ่มทดลองให้ไข่ที่มีค่า Hauge unit ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยในระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ มีค่า Hauge unit ของไข่จากไก่ไข่ทั้ง 5 กลุ่มทดลองดังนี้ 82.11 85.08 85.86 85.35 และ 85.84 ตามลำดับ แต่ในระยะทดลองที่ 4-8 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มควบคุมให้ไข่ที่มีค่า Hauge unit สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.2.15 สีไข่แดง

ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อความเข้มสีไข่แดงแสดงดังตารางที่ 4.16

สีไข่แดงที่วัดโดยใช้พัดวัดสีของบริษัท Roche (คะแนนสีตั้งแต่ 1-15) พบว่าในระยะทดลองที่ 4-8 และ 0-12 สัปดาห์ ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 4 และ 6 % ให้ไข่ที่มีความเข้มสีไข่แดงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 และ 2 % โดยในระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ มีค่าความเข้มสีไข่แดงเฉลี่ยดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ค่า Hauge unit ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 กลุ่ม (Mean ± SD.)

สัปดาห์ที่	Green tea powder (%)					P-value
	0	1	2	4	6	
0-4	81.64±3.51	83.89±1.45	84.27± 2.86	84.13±2.33	84.34±0.97	0.4945^{NS}
4-8	81.82^{B}± 3.83	86.15^{A} ±2.06	87.37^{A} ±1.74	86.87^{A} ±2.49	86.88^{A}±0.87	0.0307^{*}
8-12	82.87±4.07	85.19±1.59	85.93±2.18	85.04±2.01	86.30±3.93	0.5347^{NS}
0-12	82.11±3.787	85.08±1.15	85.86± 1.663	85.35±2.083	85.84±1.303	0.1468^{NS}

^{NS} = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

^{A,B,C,D} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.10 1.11 1.02 1.00 และ 1.02 ตามลำดับ ส่วนในระยะทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % ให้ไข่ที่มีความเข้มสีไข่แดงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 และ 2 % และในระยะทดลองที่ 8-12 สัปดาห์ ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 4 % ให้ไข่ที่มีความเข้มสีไข่แดงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 และ 2 %

สีไข่แดงวัดโดยใช้เครื่องวัดสีระบบ Hunter Lab scale (Miniscan by Hunter Lab) แสดงค่า L* lightness (ค่าความสว่าง) a* redness (ค่าสีแดง(ค่าบวก) และสีเขียว (ค่าลบ)) b* yellowness (ค่าสีเหลือง(ค่าบวก) และสีน้ำเงิน(ค่าลบ)) พบว่าในค่า a* สีไข่แดงของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 4 และ 6 % ในระยะทดลองที่ 8-12 สัปดาห์ ให้ค่าสีโทนสีแดงและไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่า a* เฉลี่ยเท่ากับ 0.074 และ 0.159 ตามลำดับ ส่วนไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 และ 2 % ให้ค่าสีโทนสีเขียว โดยไก่ไข่กลุ่มเสริมผงชาเขียว 2 % มีค่า a* สูงกว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุม ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยมีค่า a* เฉลี่ยเท่ากับ -0.043 และ -0.491 ตามลำดับ แต่กลุ่มเสริมผงชาเขียว 2 % มีค่าสี a* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) กับกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 % ซึ่งมีค่า a* เฉลี่ยเท่ากับ -0.208 ในค่า b^{*} สีไข่แดงของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 กลุ่ม ให้ค่าสีโทนสีเหลือง โดยไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % มีค่าความเข้มสีเหลืองสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 2 และ 4 % ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยมีค่า b^{*} เฉลี่ยเท่ากับ 31.625 26.071 27.621 28.474 และ 29.542 ตามลำดับ และในค่า L^{*} ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสว่างของไข่แดงของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่มที่ 1 2 3 4 และ 5 มีค่า L^* เฉลี่ยเท่ากับ 65.545 66.605 66.618 65.978 และ 66.189 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.16 สีไข่แดงของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 กลุ่ม (Mean ± SD.)

สัปดาห์ที่	Green tea powder (%)					P-value
	0	1	2	4	6	
พัดวัดสีของบริษัท Roche (คะแนนสีตั้งแต่ 1-15)						
0-4	1.050^{B} ±0.040	1.012^{B} ± 0.025	1.062^{B} ±0.025	1.087^{AB} ±0.085	1.162^{A} ±0.062	0.0148^{**}
4-8	1.000^{B}	1.000^{B}	1.00^{B}	1.115^{A} ±0.06	1.093^{A} ±0.02	0.0001^{**}
8-12	1.012^{B} ± 0.025	1.012^{B} ±0.025	1.012^{B} ±0.025	1.100^{A} ±0.070	1.074^{AB} ± 0.068	0.0511^{*}
0-12	1.020^{B} ±0.008	1.008^{B} ±0.009	1.025^{B} ±0.016	1.101^{A} ±0.069	1.110^{A} ±0.020	0.0010^{**}
เครื่องวัดสีระบบ Hunter Lab scale						
a^*	-0.491^{C} ±0.22	-0.208^{B} ±0.11	-0.043^{AB} ±0.11	0.074^{A} ±0.11	0.159^{A} ± 0.14	0.0001^{**}
b^*	26.071^{D} ±1.94	27.621^{CD} ±0.80	28.474^{BC} ±0.71	29.542^{B} ±0.79	31.625^{A} ±0.28	0.0001^{**}
L^*	65.545±2.89	66.605±0.59	66.618±1.52	65.978±0.72	66.189±0.34	0.8406^{NS}

^{NS} = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05), * = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

^{A,B,C,D} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.16 ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มและไข่แดง

ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มและไข่แดง แสดงดังตารางที่ 4.17 พบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มของไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 2 % ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) แต่กลุ่มเสริมผงชาเขียว 6 % มีปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับไก่ไข่กลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 และ 4 %

ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 กลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในทุกกลุ่มการทดลอง

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้อาหารทั้ง 5 กลุ่มที่มีผลต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มและในไข่แดงของไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์ (Mean ± SD.)

	Green tea powder (%)					P-value
	0	1	2	4	6	
ในซีรั่ม (mg/dl ; มิลลิกรัม/เดซิลิตร)	118.25^{A} ±21.18	93.75^{BC} ±13.93	110.50^{AB} ±3.60	89.87^{BC} ±10.21	81.00^{C} ± 14.43	0.0170^{**}
ในไข่แดง (mg/g. egg yolk)	20.89 ±1.22	20.73 ±2.07	20.31 ±1.25	20.70 ±0.92	19.92 ±1.12	0.9391^{NS}

^{NS} = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

^{A,B,C,D} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.17 ค่า TBARs ในไข่แดง

ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อค่า TBARs ในไข่แดงของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียวทั้ง 5 กลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในทุกกลุ่มการทดลอง โดยกลุ่มการทดลองที่ 1 2 3 4 และ 5 มีค่าเฉลี่ยของค่า TBARs ในไข่แดง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 วัน ดังนี้ 0.96 0.80 0.77 0.79 และ 0.88 มิลลิกรัมของ MDA/กิโลกรัมของไข่แดง ตามลำดับ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 7 วัน มีค่าเฉลี่ยของค่า TBARs ในไข่แดงเท่ากับ 1.63 1.55 1.57 1.60 และ 1.50 มิลลิกรัมของ MDA/กิโลกรัมของไข่แดง ตามลำดับ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14 วัน มีค่าเฉลี่ยของค่า TBARs ในไข่แดงเท่ากับ 1.66 1.48 1.52 1.53 และ 1.51 มิลลิกรัมของ MDA/กิโลกรัมของไข่แดง ตามลำดับ

เมื่อวิเคราะห์ปัจจัยเดียวคืออิทธิพลของระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่า ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 7 และ 14 วัน มีค่าเฉลี่ยของค่า TBARs สูงกว่าระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0 วัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) แต่เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้อิทธิพลร่วมระหว่างระดับการเสริมผงชาเขียวในอาหารกับระยะเวลาการเก็บรักษาไข่ต่อค่า TBARs พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.18 แสดงผลของอิทธิพลของระดับการเสริมผงชาเขียวต่อค่า TBARs ในไข่แดง

Green tea powder (%)	ค่า TBARs (mg. MDA/kg. egg yolk)
0	1.400
1	1.234
2	1.271
4	1.288
6	1.283
P-value	0.5370^{NS}

^{NS} = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.19 แสดงผลของอิทธิพลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า TBARs ในไข่แดง

ระยะเวลา (วัน)	ค่า TBARs (mg. MDA/kg. egg yolk)
0	0.8449^{B}
7	1.5770^{A}
14	1.5482^{A}
P-value	0.0001^{**}

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

^{A,B,C,D} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 แสดงผลของอิทธิพลร่วมของระดับการเสริมผงชาเขียวกับระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า TBARs ในไข่แดง

	Green tea powder (%)				
	0	1	2	4	6
TBARs (มิลลิกรัมของ MDA/กิโลกรัมของไข่แดง)					
0 วัน	0.961^{Z}	0.806^{Z}	0.776^{Z}	0.791^{Z}	0.889^{Z}
7 วัน	1.632^{X}	1.557^{X}	1.578^{X}	1.602^{X}	1.503^{X}
14 วัน	1.666^{Y}	1.483^{Y}	1.520^{Y}	1.531^{Y}	1.511^{Y}
SEM		0.0528			
P-value					
อาหารทดลอง (T)		0.5370			
ระยะเวลา (D)		0.0001			
T x D		0.9966			

$^{X, Y, Z}$ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

4.3 ศึกษาการเสริมผงชาเขียวในอาหารต่อการย่อยได้ของโภชนะในไก่ไข่

ผลการวิเคราะห์อาหารทดลองทั้ง 5 กลุ่มประกอบด้วย ความชื้น วัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใย ไขมันและพลังงานรวม (gross energy) ดังแสดงในตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์อาหารทดลองทั้ง 5 กลุ่ม

	Green tea powder (%)				
	0	1	2	4	6
ความชื้น (%)	10.36	10.01	9.85	9.40	9.46
วัตถุแห้ง (%)	89.63	89.98	90.14	90.59	90.53
โปรตีน (%)	16.52	15.87	16.69	16.35	16.34
เยื่อใย (%)	2.37	2.61	3.15	3.63	4.57
ไขมัน (%)	5.64	6.04	6.87	7.44	8.04
พลังงานรวม (Cal/g.)	3669.8	3693.2	3727.1	3813.1	3837.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อการย่อยได้ของโภชนะในอาหารแสดงดังตารางที่ 4.22 พบว่าค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง การย่อยได้ของโปรตีน การย่อยได้ของไขมัน การย่อยได้ของเยื่อใยและปริมาณพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทั้ง 5 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยการย่อยได้ของโปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.53 55.28 53.16 55.49 และ 52.18 % ตามลำดับ การย่อยได้ของเยื่อใยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.72 18.05 21.22 15.64 และ 19.06 % ตามลำดับ ปริมาณพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2748.25 2763.18 2673.00 2705.53 และ 2622.35 KCal/Kg. ตามลำดับ ส่วนการย่อยได้ของวัตถุแห้งของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่มที่ 1 2 3 4 และ 5 มีแนวโน้มลดลงเมื่อเสริมผงชาเขียวมากขึ้น โดยมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 75.80 76.12 72.50 69.24 และ 66.91 % ตามลำดับ เช่นเดียวกับการย่อยได้ของไขมันที่มีแนวโน้มลดลงเมื่อเสริมผงชาเขียวมากขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 92.77 92.54 92.43 89.98 และ 88.72 % ตามลำดับ

ตารางที่ 4.22 ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารต่อการย่อยได้ของโภชนะในไก่ไข่อายุ 42 สัปดาห์ (% dry matter) (Mean ± SD.)

	Green tea powder (%)					P-value
	0	1	2	4	6	
การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (%)	75.80 ±2.07	76.12 ±2.38	72.50 ±1.88	69.24 ±6.20	66.91 ±8.37	0.0734^{NS}
การย่อยได้ของโปรตีน (%)	53.53 ±3.55	55.28 ±2.68	53.16 ±1.07	55.49 ±10.96	52.18 ±3.24	0.9529^{NS}
การย่อยได้ของไขมัน (%)	92.77 ±2.23	92.54 ±1.85	92.43 ±2.11	89.98 ±1.83	88.72 ±2.64	0.0599^{NS}
การย่อยได้ของเยื่อใย (%)	12.72 ±6.84	18.05 ±1.30	21.22 ±6.65	15.64 ±3.58	19.06 ±0.13	0.3302^{NS}
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏ (KCal/Kg.)	2748.25 ±58.78	2763.18 ±49.88	2673.00 ±54.00	2705.53 ±107.64	2622.35 ±74.94	0.1495^{NS}

^{NS} = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสารคาเทชินในผงชาเขียว

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณสารคาเทชินในผงชาเขียวที่ใช้ทดลองและในงานวิจัยอื่นๆ แสดงดังตารางที่ 5.1 พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของผงชาเขียวที่ใช้ทดลองมีปริมาณวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมันและเถ้าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Abdo *et al.* (2010) ซึ่งใช้ผงชาเขียวสำเร็จรูปที่จำหน่ายในตลาดชา แต่มีค่าค่อนข้างต่ำกว่าในงานวิจัยของ Uuganbayar *et al.* (2005) ซึ่งใช้ผงขาเขียวจากใบชาที่ปลูกและผลิตโดยศูนย์ทดลองชาที่เมือง Bosung ประเทศเกาหลีใต้ สำหรับปริมาณสารในกลุ่มคาเทชินในผงชาเขียวที่ใช้ทดลองที่วิเคราะห์ได้พบว่ามีปริมาณน้อยกว่าผงชาเขียวจากงานวิจัยอื่นๆมาก อาจเนื่องจากความแตกต่างของสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศที่ปลูก วิธีการผลิต และส่วนของใบที่เลือกใช้ ส่วนปริมาณคาเฟอีนคือ 2.34 % ก็ใกล้เคียงกับปริมาณคาเฟอีนในใบชาทั่วไปคือประมาณ 3-5 % ของน้ำหนักแห้ง (ณรงค์ชัย ปัญญานนทชัย. 2548 ; Cabrera *et al*. 2006)

5.2 ประสิทธิภาพการผลิต คุณภาพไข่ ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มและในไข่แดง และค่า TBARs ในไข่แดง

5.2.1 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่กินและประสิทธิภาพการใช้อาหารในการผลิตไข่

ตลอดระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ พบว่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 2 และ 4 % ปริมาณอาหารที่กินของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทั้ง 5 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่าการเสริมผงชาเขียวในอาหารเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณอาหารที่กินลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับ Kojima and Yoshida (2008) ที่พบว่าการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 5 และ 10 % ทำให้ปริมาณอาหารที่กินได้และสมรรถภาพในการผลิตไข่ลดลง เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริม 1 % ซึ่งคาดว่าปริมาณอาหารที่กินถูกจำกัดด้วยอิทธิพลของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณสารคาเทชินในผงชาเขียวที่ใช้ทดลองและงานวิจัยอื่นๆ (%)

	DM	CP	EE	CF	ash	total catechin	Catechin	Epicatechin	Epigallocatechin	Epicatechin gallate	Epigallocatechin gallate	caffeine
ผงชาเขียวทดลอง	92.72	13.95	7.74	25.39	7.47	2.32	0.29	0.19	0.36	0	0.53	2.34
Uuganbayar *et al.* (2005)	94.01	21.37	0.67	17.35	5.39	15.72	0.94	1.42	1.59	2.41	9.36	
Abdo *et al.* (2010)	92.2	18.15	8.72	19.32	9.8		0.5	0.35		1.85		1.05
Uuganbayar *et al.* (2006)												
- Korean						15.73	0.88	1.41	1.46	1.37	10.61	
- Japanese						15.6	0.68	1.87	1.39	1.06	10.6	
- Chinese						14.05	0.62	1.46	1.71	1.3	8.96	
Kojima and Yoshida (2008)								12.4				2.2

DM = dry matter, CP = crude protein, EE = ether extract และ CF = crude fiber

คาเฟอีนและคาเทชินซึ่งเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการย่อยได้และการเผาผลาญพลังงาน โดยสารคาเฟอีนมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง สารคาเฟอีนในชามีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ฟอสโฟไดเอสเทอเรส (phosphodiesterase) สารนี้จะทำงานร่วมกับคาเทชินในการออกฤทธิ์ยับยั้งการหลั่งฮอร์โมน norepinephrine ซึ่งสารคาเทชินในชาเขียวมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ catechol-o-methyltransferase (COMT) ซึ่งเป็นเอนไซม์สลาย norepinephrine ให้สลายช้าลง เร่งการสลายไขมันและเร่งการผลิตพลังงานความร้อน เมื่อร่างกายไก่มีพลังงานเพียงพอก็อาจกินอาหารน้อยลง Yamane *et al*. (1999) รายงานว่าการเสริมสารสกัดจากชาเขียวด้วยวิธีสกัดร้อนในอาหารไก่ไข่ทำให้ปริมาณอาหารที่กินลดลงแต่ผลที่ได้ไม่ชัดเจน อาจเป็นผลจากความขมของคาเทชินหรือสารอื่นๆในชาเขียวและคาดว่าปริมาณอาหารที่กินได้ลดลงมาจากผลของสารคาเฟอีนมากกว่าคาเทชิน เช่นเดียวกับ Pichok Panja (n.d.) ทำการศึกษาการเสริมผงชาจีนในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2 % พบว่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่กินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระดับการเสริม 2 % ส่วน Uuganbayar *et al*. (2005) ที่ทำการเสริมผงชาเขียวในอาหารที่ระดับ 0, 0.5, 1.5, 2 % และ 0.05 % antibiotic ปรากฏว่าปริมาณอาหารที่กินได้และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) Biswas *et al*. (2000) ได้ทำการศึกษาการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0.6 % เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริม (ควบคุม) พบว่าน้ำหนักตัวสุดท้าย ปริมาณอาหารที่กินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการเสริมผงชาเขียวในอาหาร ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ไพโชค ปัญจะและดรุณี ศรีชนะ (2555) ได้ทำการศึกษาการเสริมสารสกัดใบชาจีนและใบชาหม่อนที่ระดับ 0, 0.5 และ 1 % และสารสกัดใบชาจีน 0.5 % ผสมสารสกัดใบชาหม่อน 0.5 % พบว่าปริมาณอาหารที่กิน เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในทุกกลุ่มทดลอง แสดงว่าสารสกัดไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน แต่สังเกตว่าผลผลิตไข่มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อเสริมสารสกัดใบชาจีนผสมชาหม่อน จะเห็นได้ว่าการเสริมในระดับต่ำจะไม่ส่งผลในทางลบ จากการทดลองครั้งนี้ในช่วง 4 สัปดาห์แรกของการทดลองไก่กลุ่มที่เสริมผงชาเขียว 4 และ 6 % กินอาหารได้น้อยกว่ากลุ่มอื่นแต่ไก่สามารถปรับตัวได้ในระยะต่อๆ มาโดยภาพรวมตลอดระยะการทดลองจึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในปริมาณอาหารที่กินเพราะในอาหารทดลองทุกสูตรมีปริมาณโปรตีนเพียงพอและปริมาณเท่ากันทุกสูตร บุญล้อม ชีวะอิสระกุล (2541) อธิบายว่าไก่ไข่ต้องการโภชนะประเภทโปรตีน แร่ธาตุรวมทั้งวิตามินและพลังงานสูงเพื่อการผลิตไข่ สอดคล้องกับ สุจินต์ สิมารักษ์ (2532) ที่กล่าวว่าการสร้างไข่ โดยส่วนมากการที่ไก่ไข่ได้รับโปรตีนและไขมันไม่เพียงพอจะส่งผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อผลผลิตไข่ แต่มีผลน้อยต่อคุณภาพของไข่ ซึ่งสัมพันธ์กับผลของประสิทธิภาพการย่อยได้ของโภชนะด้วยหากอาหารที่กินเข้าไปถูกย่อยและดูดซึมได้ดี ก็จะทำให้ได้ผลผลิตที่ดีตามมาสำหรับการทดลองครั้งนี้พบว่าประสิทธิภาพการย่อยได้ของไขมันที่มีแนวโน้มลดลงในกลุ่มเสริมผงชาเขียว 4 และ 6 % ที่เป็นผลจากสารออกฤทธิ์แทนนินและ/หรือคาเทชินในใบชาเป็นตัวขัดขวางการย่อยและดูดซึมสารอาหารสำคัญบางอย่าง มีรายงานว่าสารคาเทชินในใบชามีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ในระบบย่อยอาหาร โดยสารคาเทชินเมื่อดูดซึมเข้าสู่ร่างกายจะไปรบกวนในระบบย่อยอาหารเนื่องจากพบปริมาณมากในหลอดอาหาร ลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ (Koo and Cho. 2004 ; Velayutham *et al*. 2008) โดยยับยั้งเอนไซม์ไลเปส (lipase) ที่สร้างจากตับอ่อน เอนไซม์ lipoprotein lipase และ glycerophosphate dehydrogenase รวมถึงลดการขับของเกลือน้ำดี (bile salt) เมื่อเกลือน้ำดีถูกยับยั้งโมเลกุลไขมันไม่แตกตัว ก็ทำให้พื้นที่ผิวในการเข้าทำงานของเอนไซม์น้อยลง (Garza *et al*. 2011) ไขมันหรือ triacylglycerol จึงไม่ถูกย่อยเป็นกรดไขมัน (fatty acid), acylglycerol, คอเลสเตอรอลอิสระ, phospholipid และวิตามินที่ละลายในไขมัน แต่มีการขับไขมันออกมามากขึ้นและลดการดูดซึมไขมันเข้าสู่กระแสเลือด (Velayutham *et al*. 2008) ทำให้มีสารอาหารประเภทไขมันในร่างกายน้อยลงมีส่วนทำให้สารอาหารในการสร้างไข่ไม่เพียงพอส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % ซึ่งมีค่าการย่อยได้ของไขมันต่ำกว่ากลุ่มอื่น มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นๆ

ส่วนประสิทธิภาพการใช้อาหารในการผลิตไข่ 1 ฟอง ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มเสริมผงชาเขียว 6 % ใช้ปริมาณอาหารในการผลิตไข่สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 2 และ 4 % ซึ่งมีความสัมพันธ์กับผลผลิตไข่ แม้ว่าปริมาณอาหารที่กินได้จะไม่แตกต่างกัน แต่ผลผลิตไข่มีความแตกต่างกัน ส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารในการผลิตไข่ 1 ฟอง ในกลุ่มเสริมผงชาเขียว 6 % ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ

5.2.2 ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่

ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไข่ 1 ฟอง ของไก่ไข่ตลอดระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % มีต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไข่สูงกว่าไก่ไข่กลุ่มควบคุม กลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 2 และ 4 % เป็นผลมาจากประสิทธิภาพการใช้อาหารในการผลิตไข่ ใช้อาหารมากขึ้นก็ทำให้ต้นทุนค่าอาหารสูงขึ้น รวมทั้งราคาอาหารก็สูงขึ้นเมื่อมีการเสริมผงชาเขียวมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 มวลไข่และประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อมวลไข่

มวลไข่ของไก่ไข่ตลอดระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % มีมวลไข่น้อยกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 2 และ 4 % มวลไข่ได้จากการคำนวณของเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่กับน้ำหนักฟองไข่ เมื่อน้ำหนักฟองไข่ไม่มีความแตกต่างกัน แต่เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ลดลงจึงทำให้มวลไข่ลดลงตามไปด้วย มีผลทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อมวลไข่ของไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 2 และ 4 %

5.2.4 อัตราการเลี้ยงรอด

อัตราการเลี้ยงรอดของไก่ไข่ตลอดระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ พบว่าอัตราการเลี้ยงรอดของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกัน แต่จากผลการทดลองพบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % มีอัตราการเลี้ยงรอดต่ำที่สุด จากผลการทดลองจะเห็นว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % มีการตายมากในช่วง 0-4 สัปดาห์แรกและตายอีกในช่วง 4-8 สัปดาห์ ในขณะที่กลุ่มเสริมผงชาเขียวกลุ่มอื่นมีการตายเพียงเล็กน้อย คาดว่าเป็นผลของแทนนินในอาหารที่ส่งผลต่อระบบทางเดินอาหาร เนื่องจากแทนนินสามารถยึดเกาะและทำลายผนังลำไส้บางส่วนทำให้ระบบย่อยอาหารทำงานไม่ปกติ มีการศึกษาเลี้ยงไก่ด้วยอาหารผสมแทนนิน 5 % พบว่าทำให้ไก่ตายในระหว่าง 7-11 วันของการทดลอง หลังจากผ่าซากก็พบสภาพเนื้อเยื่อ mucosa ในหลอดอาหารถูกทำลาย เกิดลักษณะ subcutaneous edema และทำให้กระเพาะพัก (crop) หนาขึ้น ต่อม bursa of fabricius เล็กลง นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของแทนนินที่สูงขึ้นจะทำให้เกิด gastroenteritis และ congestion ในผนังลำไส้หนู และ hemorrhagic gastroenteritis ในกระต่าย นอกจากนี้ความเป็นพิษของสารพวก gallotannic acid หากได้รับอย่างต่อเนื่องร่างกายจะแสดงอาการท้องอืด ระคายเคืองท้องและอาการบวมของเซลล์ลำไส้ หากได้รับเป็นเวลานานอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคมะเร็งได้ (กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2552)

5.2.5 น้ำหนักไข่ทั้งฟอง น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักไข่ขาว และค่า Haugh unit

ในไข่แต่ละฟองประกอบด้วยไข่ขาวประมาณ 58-61 % ไข่แดง 28-31 % และเปลือก 10-11 % ของน้ำหนักไข่ทั้งฟอง (ปฐม เลาหะเกษตร. 2540) สำหรับในส่วนของไข่ขาวแบ่งออกเป็นไข่ขาวเหลว (thin white or thin albumin) และไข่ขาวข้น (thick white or thick albumin) ซึ่งการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพของไข่ขาวจะใช้ค่าความสูงของไข่ขาวข้นเป็นส่วนหนึ่งในการพิจารณาคุณภาพไข่ขาวและใช้ในการบ่งชี้ความสดใหม่ของไข่ได้ โดยคำนวณออกมาในรูปของค่า Haugh unit คำนวณโดยใช้น้ำหนักไข่และความสูงของไข่ขาวข้น ไข่สดโดยเฉลี่ยแล้วมีค่าระหว่าง 50-100 % ขึ้นอยู่กับปัจจัยทั้งภายนอกและภายใน (Zeidler. 2002) ในการทดลองครั้งนี้ใช้เครื่องมือวัดความสูงของไข่ขาว โดยใช้ชุดตรวจสอบคุณภาพไข่ขาวที่ประกอบด้วย Quantum Chromatodynamics (QCD) ชุดแสดงผลระบบดิจิตอลและ albumin height gauge

ตลอดระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักไข่ทั้งฟองของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน น้ำหนักไข่แดงและน้ำหนักไข่ขาวเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนักไข่ทั้งฟองของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทั้ง 5 กลุ่ม ก็ไม่มีความแตกต่างกัน แต่จะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักไข่ขาวของไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียวสูงกว่าไก่ไข่กลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับค่า Haugh unit ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทั้ง 5 กลุ่ม ในช่วง 0-12 สัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ในช่วง 4-8 และ 8-12 สัปดาห์ จะเห็นว่าไข่ของไก่กลุ่มที่ได้รับการเสริมผงชาเขียวในอาหารมีค่า Haugh unit สูงกว่ากลุ่มควบคุม อาจเป็นเพราะอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเมทาบอลิซึมตามปกติของร่างกายหรือจากความเครียดต่างๆ เมื่อมีมากขึ้นจะมีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาลิปิดเปอร์ออกซิเดชั่นของไขมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณผนังเซลล์เมมเบรน อนุมูลอิสระจะทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ที่เป็นโปรตีนและเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อเนื่องไป ส่งผลให้เซลล์เกิดความสูญเสียและเสียสภาพมากขึ้น (Bottje *et al*. 1995) สารคาเทชินที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสามารถช่วยลดผลกระทบจากอนุมูลอิสระได้ จึงอาจเป็นเหตุผลที่ทำให้ไข่ในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียวมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักไข่ขาวและค่า Haugh unit มากกว่ากลุ่มควบคุมและมีความสดมากกว่า

5.2.6 น้ำหนักเปลือกไข่ ค่าความถ่วงจำเพาะ ความแข็งของเปลือกไข่และความหนาของเปลือกไข่

การตรวจคุณภาพของเปลือกไข่ประกอบด้วย ความแข็ง พื้นผิวเปลือก รูปร่างของไข่ ความสะอาด รอยแตกร้าวและสีเปลือก สำหรับความแข็งของเปลือกไข่ในไข่แต่ละฟองจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความหนาเปลือกไข่และโครงสร้างการเกาะตัวของผลึกแคลเซียม ซึ่งมีปัจจัยมากมายที่มีผลกระทบต่อความแข็งของเปลือก เช่น สายพันธุ์ คุณภาพอาหาร สภาพอากาศ เป็นต้น ไข่ที่ดีควรมีค่าความแข็งเปลือกไข่ประมาณ 2.7-3.6 Kg. ถ้าน้อยกว่า 2.3 Kg. จัดว่าเปลือกค่อนข้างบาง ส่วนความหนาเปลือกไข่ควรมีค่าประมาณ 0.30-0.33 mm. นอกจากนี้ค่าความถ่วงจำเพาะก็มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์กับความหนาเปลือกไข่เช่นกัน การวัดค่าความถ่วงจำเพาะวัดโดยการลอยไข่ในน้ำเกลือ ที่มีความถ่วงจำเพาะต่างๆกัน โดยใช้เครื่องมือไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer) วัดความถ่วงจำเพาะให้เป็นไปตามที่กำหนด โดยนำไข่มาวัดการลอยในน้ำเกลือจากความเข้มข้นน้อยไปมาก และอ่านความเข้มข้นเมื่อไข่ลอยพ้นผิวน้ำ แสดงว่าไข่ฟองนั้นมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือนั้น โดยหากอยู่ในช่วง 1.068-1.076 เรียกว่าไข่เปลือกบาง ช่วง 1.092-1.100 เรียกว่าไข่เปลือกหนา ส่วนไข่ทั่วไปหลังออกจากแม่ไก่จะมีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วง 1.08-1.088 (Zeidler. 2002) ในการทดลองครั้งนี้ใช้เครื่องมือวัดความแข็งของเปลือกไข่ Digital Force gauge FG-100K (PCE Instruments Ltd.,UK) เครื่องมือวัดความหนาเปลือกไข่ Micrometer Digital 0-25 mm. (Mitutoyo, Japan) และเครื่องมือในการวัดความถ่วงจำเพาะคือ ไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer)

ตลอดระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักเปลือกไข่เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนักไข่ทั้งฟองของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารควบคุมมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกไข่สูงกว่ากลุ่มที่เสริมผงชาเขียว และพบว่าเมื่อเสริมผงชาเขียวในระดับสูงขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกไข่ลดลง เช่นเดียวกับค่าความถ่วงจำเพาะ ความแข็งของเปลือกไข่และความหนาของเปลือกไข่ ซึ่งให้ผลไปในทางเดียวกันในทุกระยะของการทดลอง สอดคล้องกับ Uuganbayar *et al.* (2005) ที่ทำการเสริมผงชาเขียวในอาหารที่ระดับ 0, 0.5, 1, 1.5, 2 % และ 0.05 % antibiotic พบว่าการเสริมผงชาเขียวทำให้ความหนาของเปลือกไข่และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกไข่ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) Kojima and Yoshida (2008) ทำการศึกษาการเสริมผงชาเขียวที่ระดับ 0, 1, 5 และ 10 % พบว่าความแข็งของเปลือกไข่มีแนวโน้มลดลงเมื่อเสริมผงชาเขียวเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลจากสารแทนนินในใบชา โดยกฤษฎา สัมพันธารักษ์ (2554) รายงานถึงความเป็นพิษของแทนนินในใบชาไว้ว่า แทนนินสามารถเข้ารวมกับโปรตีนหรือแร่ธาตุอื่นๆ เช่น เหล็ก แคลเซียม ทำให้สารเหล่านั้นตกตะกอนและลำไส้ไม่สามารถดูดซึมไปใช้ได้ โดยสารแทนนินเป็นสาเหตุทำให้มีการขับถ่ายแคลเซียมและโซเดียมออกมามากขึ้น ซึ่งในการสร้างเปลือกไข่ต้องมีแคลเซียม คาร์บอเนทและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบหลัก (ปฐม เลาหะเกษตร. 2540) โดยการสร้างที่เกิดขึ้นที่ต่อมเปลือกไข่ (shell gland) การดึงแคลเซียมมาใช้เป็นแบบ active transport ต้องอาศัยพลังงานและตัวนำพาคือโปรตีน จึงมักอยู่ในรูป calcium binding protein และบางส่วนเป็น calcium ions จากโลหิต ไก่ในระยะไข่ต้องใช้แคลเซียมปริมาณมาก แคลเซียมจากกระแสโลหิตอย่างเดียวไม่เพียงพอ ต้องนำแคลเซียมจากการดูดซึมในลำไส้และ/หรือจากที่สะสมไว้ในกระดูกมาใช้ (สุจินต์ สิมารักษ์. 2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกเหตุผลหนึ่งที่อาจเกี่ยวข้องกันคือสารคาเทชินขัดขวางการย่อยและดูดซึมไขมัน โดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยไขมันและลดการขับของเกลือน้ำดี (bile salt) ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อการย่อยและดูดซึมไขมัน (Velayutham *et al*. 2008) ซึ่งในภาวะที่ท่อน้ำดีอุดตันหรือทำงานไม่ปกติ จะดูดซึมลิปิดจากอาหารได้เพียงเล็กน้อย โดยลิปิดส่วนใหญ่จะถูกขับออกในมูลในรูปที่ถูกย่อยแล้ว ถูก hydrolyze ด้วยน้ำแล้วแต่ดูดซึมไม่ได้ เรียกภาวะที่มีไขมันในมูลว่า “steatorrhea” สภาวะนี้มีกรดไขมันอิสระที่อยู่ในรูปโมเลกุลของสบู่ซึ่งเป็นเกลือ Ca^{2+} หรือ Na^{+} ของกรดไขมัน ทำให้สูญเสียแคลเซียมหรือโซเดียมไปในมูลด้วย เพราะแคลเซียมต้องถูกขับออกไปในรูปของเกลือแคลเซียมของกรดไขมันที่ดูดซึมไม่ได้ (จงกลณี เยาวภาคย์โสภณ. 2549) ดังนั้นหากร่างกายดูดซึมแคลเซียมไปใช้ได้น้อยลงก็จะมีผลต่อโครงสร้างและคุณภาพของเปลือกไข่ได้ ปัจจัยเรื่องอากาศร้อนก็มีส่วนเช่นกัน สำหรับค่าความถ่วงจำเพาะของไข่เมื่อโครงสร้างของเปลือกไข่ไม่แข็งแรงก็ส่งผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะของไข่ เนื่องจากไข่ที่มีความหนาของเปลือกมากมีส่วนเพิ่มความถ่วงจำเพาะให้สูงขึ้น (สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2529) รวมทั้งมวลไข่ที่ลดลงก็มีผลต่อความถ่วงจำเพาะของไข่ด้วย

5.2.7 สีไข่แดง

การตรวจคุณภาพไข่แดงจะพิจารณาจากสองลักษณะคือ รูปร่างและสี โดยไข่แดงที่ดีหลังจากตอกไข่ลงบนพื้นราบไข่แดงควรมีลักษณะนูนกลม ไม่แบนและอยู่ตรงกลางของไข่ขาวข้น สำหรับสีไข่แดงจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้เป็นอาหาร โดยส่วนใหญ่สีเหลืองของไข่แดงมาจากสารสีในกลุ่ม carotenoid ชนิดที่พบมากที่สุดคือ Xanthophylls พบในข้าวโพดเหลืองหรืออาจมาจากหญ้าและใบพืชอื่นๆ สีไข่แดงที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่พึงพอใจคือ สีเหลืองอ่อน-กลาง แต่ผู้บริโภคบางกลุ่มก็นิยมสีเหลืองเข้ม-เหลืองส้ม เช่น กลุ่มที่นำไข่ไปเป็นส่วนประกอบในการทำมายองเนส พาสต้า และขนมต่างๆ ซึ่งต้องการสีที่สวยงาม ความเข้มสีที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคคือ สีเบอร์ 8-12 (ตามเบอร์สีของบริษัท Roche) (Zeidler. 2002) การวัดความเข้มของสีไข่แดงมีอุปกรณ์การวัดอย่างง่ายโดยพัดวัดสี (yolk colour fan) และอุปกรณ์วัดสีแบบ spectrophotometer สำหรับการวัดโดยใช้พัดวัดสีเป็นการเปรียบเทียบสีกับไข่แดงโดยตรงและใช้สายตาของผู้วัดเป็นตัวพิจารณาสี พัดสีจะมีเฉดความเข้มสีตั้งแต่เบอร์ 1-15 คือสีเหลืองอ่อน-สีส้มแดง ส่วนการวัดแบบ spectrophotometer หรือการวัดสีระบบ Hunter Lab scale ซึ่งมีหลักการคล้ายกับระบบ CIE Lab scale ขององค์กร International Commission on Illumination (CIE) ประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝรั่งเศส แต่แตกต่างกันที่วิธีการคำนวณค่าสี ในระยะเริ่มแรกองค์กร CIE ได้กำหนดระบบสเกลสี X-Y-Z ซึ่งบรรยายเฉพาะสีเขียว แดงและน้ำเงินเท่านั้น ต่อมาได้มีการพัฒนาขึ้นมาเรื่อยๆจนปัจจุบันมีระบบการวัดสีที่ได้รับความนิยมและใช้กันอย่างแพร่หลายคือ L*-a*-b* เป็นระบบการบรรยายสีแบบ 3 มิติ โดยค่าสี L* คือ ค่าแสดงความสว่างของสี มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 ถ้า L* มีค่าเป็น 0 หมายถึงมืด (darkness) แต่ถ้ามีค่าเป็น 100 หมายถึง สว่าง (lightness), ค่าสี a* คือ แสดงความเป็นสีแดงและเขียว (redness/greenness) ถ้า +a* หมายถึง สีแดง และถ้า -a* หมายถึง สีเขียว, ค่าสี b* คือ แสดงความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน (yellowness/blueness) ถ้า +b* หมายถึง สีเหลือง และถ้า -b* หมายถึง สีน้ำเงิน อุปกรณ์วัดสีแบบ spectrophotometer ที่นิยมใช้ได้แก่ ของบริษัท Hunter lab, Nikon และ Minolta การใช้งานคล้ายกับการถ่ายภาพโดยวางเลนส์ของเครื่องแนบกับผิวของไข่แดงและกดปุ่มเริ่มทำงาน เครื่องจะคำนวณค่าต่างๆออกมาอย่างอัตโนมัติ วิธีนี้ค่อนข้างแม่นยำและรวดเร็วกว่าการใช้พัดวัดสี (Gregosits. 2011) สำหรับการทดลองครั้งนี้ใช้พัดวัดสีไข่แดงของบริษัท Roche และเครื่องวัดสีระบบ Hunter Lab scale (MiniScan EZ Portable Spectrophotometer, Hunter Lab, USA)

ตลอดระยะทดลองที่ 0-12 สัปดาห์ สีไข่แดงของไก่ไข่ทดลองที่วัดโดยพัดสีของ Roche พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 4 และ 6 % มีความเข้มสีไข่แดงสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 และ 2 % เช่นเดียวกับการวัดโดยเครื่องวัดสีระบบ Hunter Lab scale ซึ่งทำการวัดความเข้มสีไข่แดงจากไก่ไข่ในระยะทดลองที่ 8-12 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % มีค่าสีเหลือง (b* yellow) สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 2 และ 4 % คาดว่าเป็นเพราะไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % ได้รับสารสีจากใบชามากกว่ากลุ่มอื่นๆ ซึ่งในใบชามีสาร Chlorophyll b เป็นสารสีเหลือง-เขียว, Chlorophyll a , Flavonol glycosides ที่ทำให้เกิดสีเหลืองอ่อน และสารตัวสำคัญคือแคโรทีน (Carotene) เป็นสารสีเหลือง เป็นตัวทำให้เกิดสีในไข่แดง โดยสารสีที่ทำให้เกิดสีในไข่แดงนั้นเป็นสารพวกแคโรทีนอยด์ (carotenoids) สารสีนี้อยู่ในกลุ่ม lipochrome pigment คือมีโครงสร้างเป็นไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว ละลายได้ในไขมันจึงพบเฉพาะในไข่แดง ไข่ขาวไม่พบ สารกลุ่มนี้แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ Carotene มี แอลฟ่า- , เบต้า- และแกมม่าแคโรทีน ส่วน Xanthophylls มี Zeaxanthin, Lutein และ Cryptoxanthin (สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2529) โดยสีเหลืองของไข่แดงที่ปรากฏออกมาส่วนมากมาจากสารสี Xanthophylls, Zeaxanthin และ Lutein พบ Cryptoxanthin และ Carotene เพียงเล็กน้อย โดยพบว่าปริมาณเม็ดสีในรูป Xanthophylls ในไข่แดงเป็นสัดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10 : 1 เท่าของ Carotene ซึ่งสาร Xanthophylls จะพบมากในข้าวโพดเหลืองและใบพืชสีเขียวเช่น ใบกระถิน เป็นต้น (สุจินต์ สิมารักษ์. 2532; ปฐม เลาหะเกษตร. 2540) สำหรับในการทดลองครั้งนี้ ไม่ใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งสารสีแต่ใช้ปลายข้าวแทน เพื่อลดแหล่งสารสีและให้เห็นผลการทดลองที่ชัดเจนขึ้น ผลที่ได้คือไข่แดงสีซีดเป็นสีเหลืองอ่อนมาก แต่ในกลุ่มที่เสริมผงชาเขียว 4 และ 6 % กลับให้สีเหลืองที่เข้มขึ้นมาเล็กน้อย โดยปริมาณของกากถั่วเหลืองและวัตถุดิบอื่นๆ ที่คำนวณได้ในอาหารแต่ละสูตรใกล้เคียงกัน จึงสรุปว่าสีที่เข้มขึ้นนั้นมาจากผลของสารสีในใบชา แต่สีไม่ชัดเจนเนื่องจากใบชาไม่มีสาร Xanthophylls มีเพียง Carotene เท่านั้น

5.3 ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มและไข่แดง

ระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงมีความสัมพันธ์กับระดับคอเลสเตอรอลในเลือด เนื่องจากส่วนประกอบของไข่แดงส่วนมากถูกสร้างขึ้นโดยตับและถูกขนส่งมาตามกระแสเลือด โดยไขมันคอเลสเตอรอลและวิตามินที่ละลายในไขมันจะถูกขนส่งในรูปของ ไลโปโปรตีน (lipoprotein) ส่วนวิตามินที่ละลายในน้ำถูกขนส่งโดยตรงจากลำไส้มายังกระเปาะไข่ ดังนั้นถ้าร่างกายได้รับอาหารที่มีคอเลสเตอรอลต่ำหรือไขมันต่ำ อาจทำให้มีปริมาณคอเลสเตอรอลหรือไขมันในกระแสเลือดต่ำ จึงทำให้ร่างกายของไก่สร้างไข่ที่มีไขมันหรือคอเลสเตอรอลต่ำด้วย (Hargis. 1988) ปริมาณคอเลสเตอรอลและไขมันอิ่มตัว (saturated fat) ในอาหารที่ได้รับมีผลต่อการเพิ่มระดับคอเลสเตอรอลในเลือด มีการศึกษามากมายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงคอเลสเตอรอลในเลือดกับปริมาณคอเลสเตอรอลในอาหารที่ได้รับ โดยเน้นศึกษา lipoprotein และ apoprotein พบว่าไขมันและคอเลสเตอรอลในอาหารมีผลต่อการเพิ่ม LDL-cholesterol ซึ่งเป็นคอเลสเตอรอลตัวร้าย ทำหน้าที่ขนส่ง cholesterol ไปเก็บไว้ตามเซลล์ต่างๆ ส่วนที่เกินความต้องการ LDLs จะนำไปเกาะไว้ตามผนังเส้นเลือดแดง และเมื่อมีการสะสมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จะทำให้เส้นเลือดแดงตีบลง แต่มีผลน้อยมากต่อ HDL-cholesterol ซึ่งเป็นคอเลสเตอรอลตัวดี ทำหน้าที่ขนส่ง cholesterol ไปยังตับ และขับคอเลสเตอรอลส่วนเกินออกจากร่างกายผ่านทางน้ำดีและขับไปไว้ในไข่แดง จากเหตุผลข้างต้นจึงส่งผลต่อการสร้างคอเลสเตอรอลในไข่ด้วยเช่นกัน และการบริโภคไข่ก็มีผลต่อการเพิ่ม LDL-cholesterol ในร่างกายอีกด้วย (Marshall and Kokoete. 2009)

ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 กลุ่ม พบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มของไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว 6 % ค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียว 2 % แต่กลุ่มเสริมผงชาเขียว 6 % มีปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มไม่แตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันกับไก่ไข่กลุ่มเสริมผงชาเขียว 1 และ 4 % และพบว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียวมีปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มลดลง สำหรับปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงไม่มีความแตกต่างกันในทุกกลุ่มการทดลอง แต่จะเห็นได้ว่าปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงมีค่าลดลงเมื่อเสริมผงชาเขียวเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Abdo *et al.* (2010) ได้ทำการศึกษาการเสริมผงชาเขียว 1, 3 และ 5 % (มีปริมาณ Catechin 0.5 %, Epicatechin gallate 1.85 % และ caffeine 1.05 %) เปรียบเทียบกับสารสกัดน้ำจากชาเขียวที่ระดับ 0.5, 1.5 และ 2.5 L/100 kg. ในอาหารไก่ไข่พบว่ากลุ่มที่เสริมผงชาเขียวและสารสกัดน้ำจากชาเขียวทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในซีรั่มและไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยพบว่าระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงของกลุ่มที่เสริมสารสกัดน้ำจากชาเขียวลดลงมากกว่าการเสริมผงชาเขียว โดยการเสริมผงชาเขียวที่ระดับ 5 % และการเสริมสารสกัดน้ำจากชาเขียว 2.5 L/100 kg. ลดลงอย่างชัดเจน เช่นเดียวกับ Zhou *et al.* (2012) ทำการทดลองเสริมผงชาเขียว 0, 2, 4, 6 และ 8 g/kg. และสารสกัดคาเทชินจากชาเขียว 0.5, 1, 1.5, 2 g/kg. ในอาหารไก่ไข่เป็นเวลา 60 วัน พบว่าการเสริมผงชาเขียว 6 g/kg. และ สารสกัดคาเทชิน 1 g/kg. ทำให้ระดับ total cholesterol, ไตรกลีเซอร์ไรด์และ LDL cholesterol ทั้งในพลาสมาและเนื้อ (เนื้ออกและขา) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และระดับ HDL cholesterol ในพลาสมาเพิ่มขึ้น รวมทั้งลดระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในไข่แดงลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ระดับ total cholesterol ในไข่แดงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) และพบว่าการเสริมผงชาเขียวและสารสกัดคาเทชินไม่มีผลต่อปริมาณ myristic acid (C14:0), stearic acid (C18:0), oleic acid (C18:1), linoleic acid (C18: 2n-6), arachidonic acid (C20: 4n-6) และกรดไขมันรวมแต่มีผลทำให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น โดยจะเพิ่มการขับกรดไขมันออกมาทางมูลมากกว่ากลุ่มควบคุม ดังนั้นการเสริมผงชาเขียวและ/หรือสารสกัดคาเทชินจากชาเขียวในอาหารไก่ไข่ช่วยปรับการเมทาบอลิซึมของไขมันและปริมาณกรดไขมันชนิดต่างๆ ในไข่แดงได้ นอกจากนี้ Uuganbayar *et al.* (2005) ทำการศึกษาผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2 % เปรียบเทียบกับกลุ่มเสริม antibiotic โดยผงชาเขียวที่ใช้มีปริมาณ total catechin 15.72 % ผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่เสริมผงชาเขียวมีแนวโน้มทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลง โดยกลุ่มเสริมผงชาเขียว 2 % มีระดับต่ำที่สุดและแตกต่างกับกลุ่มเสริม antibiotic อย่างชัดเจน ส่วน Uuganbayar *et al.* (2006) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการใช้ชาเขียวจากเกาหลี ญี่ปุ่นและจีน ซึ่งมีปริมาณ total catechin ต่างกัน (15.73, 15.60 และ 14.05 % ตามลำดับ) ผสมในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0, 1 และ2 % (ทั้ง 3 แหล่ง) พบว่าการเสริมชาเขียวจากทั้ง 3 แหล่ง ทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงมีแนวโน้มลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยกลุ่มเสริมชาจีนลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับ Yang *et al*. (2003) ทำการศึกษาผลการเสริมกากชาเขียวที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 % ในอาหารไก่ไข่ พบว่าระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงมีแนวโน้มลดลงในกลุ่มที่เสริมกากชาและกลุ่มเสริมกากชาเขียวมีปริมาณกรดไขมัน Linolenic acid และ Docosahexaenoic (DHA) ในไข่แดงเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม สำหรับงานวิจัยในไทย นวลจันทร์ พารักษาและคณะ (2552) ได้ทำการศึกษาการเสริมสารสกัดหยาบจากกากชาเขียวในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 100, 200, 300 และ 400 มก./กก.อาหาร เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในสภาพปกติและกลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในสภาพแออัด พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากกากชาเขียวที่ระดับ 100 มก./กก.อาหาร ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนไพโชค ปัญจะและดรุณี ศรีชนะ (2555) ได้ทำการศึกษาการเสริมสารสกัดใบชาจีนและใบชาหม่อนที่ระดับ 0, 0.5 และ 1 % และสารสกัดใบชาจีน 0.5 % ผสมสารสกัดใบชาหม่อน 0.5 % ในอาหารไก่ไข่ พบว่าการเสริมสารสกัดใบชาจีนทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดมีแนวโน้มลดลงเมื่อเสริมสารสกัดมากขึ้นและทำให้ปริมาณ HDL และ LDL ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากงานวิจัยข้างต้นสังเกตได้ว่าการเสริมผงชาเขียวรวมทั้งสารสกัดจากชาเขียวในปริมาณต่ำไม่ทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลงเพียงแต่มีแนวโน้มลดลง แม้จะมีปริมาณสารออกฤทธิ์ในกลุ่มคาเทชินสูงก็ตาม สำหรับผลการทดลองในครั้งนี้แม้จะเสริมผงชาเขียวในอาหาร 6 % ก็ไม่ทำให้เกิดความแตกต่างที่ชัดเจนกับกลุ่มอื่นๆ อาจเพราะมีปริมาณสารออกฤทธิ์ไม่มากพอที่จะส่งผลในการลดปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดง

สำหรับในชาเขียวสารคาเทชินเป็นสารที่ออกฤทธิ์ต่อการลดลงของระดับคอเลสเตอรอลในซีรั่ม โดยสารคาเทชินมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการย่อยไขมัน โดยเฉพาะ EGCG มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์คอเลสเตอรอลเอสเทอร์ไฮโดรเลส (cholesterol ester hydrolase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ย่อยเอสเทอร์ของคอเลสเตอรอล ทำให้คอเลสเตอรอลที่มีในอาหารถูกย่อยน้อยลงและลดการทำงานของเกลือน้ำดี ที่ช่วยในการขนส่งไขมันและคอเลสเตอรอลที่ถูกย่อยเข้าสู่เซลล์ mucosal ในผนังลำไส้เล็ก การดูดซึมของกรดไขมันและคอเลสเตอรอลเอสเทอร์จึงลดลง (Garza *et al*. 2011) รวมทั้งคาเฟอีนในชาก็มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ phosphodiesterase ทำให้การสลายไซคลิกเอเอ็มพี (cAMP) ช้าลงมีผลต่อกรดไขมันและคอเลสเตอรอลเอสเทอร์ที่ถูกย่อยรวมกันอยู่ในรูปของไคโลไมครอน (chylomicron) เป็นอนุภาคของ lipoprotein ที่มีความหนาแน่นต่ำที่สุดมีลักษณะคล้ายหยดน้ำมันเล็กๆ ซึ่งบรรจุ lipid ต่างๆในอาหารที่ถูกย่อยแล้วเอาไว้ โดยโครงสร้างของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มันจะถูกหุ้มไว้ด้วย phospholipid และมีโปรตีนที่เรียกว่าอะโปโปรตีน (apoprotein) เกาะอยู่รอบนอก ทำให้ chylomicron ละลายน้ำได้และเป็นตัวส่งสัญญาณที่จำเพาะกับเซลล์เป้าหมายด้วย (Wang *et al*. 2006) หลังจาก lipid ต่างๆและคอเลสเตอรอลเอสเทอร์ถูกดูดซึมแล้วจะเข้าสู่กระบวนการชีวสังเคราะห์ขึ้นใหม่ (reesterification) ภายในเซลล์ mucosal ของลำไส้ จากนั้นจะถูกขนส่งเข้าสู่ระบบเลือดในรูปของ lipoprotein ซึ่งมีหลายชนิดคือ chylomicron ทำหน้าที่ขนส่ง triacylglycerol ที่ได้จากอาหารที่ดูดซึมในลำไส้ไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ, VLDL ทำหน้าที่ขนส่ง triacylglycerol ที่ร่างกายสร้างขึ้นเองจากเนื้อเยื่อต่างๆที่ตับสังเคราะห์ขึ้นไปยังเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) เพื่อสะสม, LDL ทำหน้าที่ขนส่งคอเลสเตอรอลที่ร่างกายสร้างขึ้นเองจากตับส่งไปยังเนื้อเยื่ออื่นๆ และ HDL ทำหน้าที่ขนส่งคอเลสเตอรอลที่สร้างขึ้นเองภายในเนื้อเยื่อต่างๆไปยังตับเพื่อกำจัดออกเป็นน้ำดีหรือสะสมในไข่แดง (จงกลณี เยาวภาคย์โสภณ. 2549) สำหรับในไข่ระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงมีความสัมพันธ์กับระดับคอเลสเตอรอลในเลือด เนื่องจากส่วนประกอบของไข่แดงส่วนมากถูกสร้างขึ้นโดยตับและถูกขนส่งมาตามกระแสเลือด โดยไขมัน คอเลสเตอรอล และวิตามินที่ละลายในไขมันจะถูกขนส่งในรูปของไลโปโปรตีน (lipoprotein) ส่วนวิตามินที่ละลายในน้ำถูกขนส่งโดยตรงจากลำไส้มายังกระเปาะไข่ (Hargis. 1988) โดยฮอร์โมน FSH จะกระตุ้นกระเปาะไข่ให้ขยายขนาดขึ้น ทำให้รังไข่สร้างฮอร์โมน estrogen progesterone และ testosterone ออกมาเกิดการสะสมของโปรตีน ไขมันและวิตามินในฟองไข่ที่ส่งมาจากตับตามกระแสเลือด (อาวุธ ตันโช. 2538) สำหรับคอเลสเตอรอลในไข่ส่วนหนึ่งมาจากอาหารที่กิน อีกส่วนมาจากร่างกายสร้างขึ้นอาจเป็นชนิดเดียวกับคอเลสเตอรอลในน้ำดีและฮอร์โมนเพศ ตามปกติองค์ประกอบของลิปิด (lipid) ในไข่แดงไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงแม้จะให้กินอาหารธรรมดาหรืออาหารทดลองหรือให้อาหารที่ไม่มี lipid ก็ตาม เนื่องจากไก่สามารถสร้าง lipid ขึ้นได้จากอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต แต่ถ้าให้ไก่กินอาหารที่มีคอเลสเตอรอลสูงก็อาจมีคอเลสเตอรอลในไข่แดงเพิ่มขึ้น ไข่หนึ่งฟองหนัก 50 กรัม มีปริมาณคอเลสเตอรอล 230 มิลลิกรัม และในไข่แดงมี lipid ประมาณ 33 % ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันและฟอสโฟลิปิด มีคอเลสเตอรอลเพียง 4.9 % เท่านั้น (สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2529) คอเลสเตอรอลในไข่แดงถูกสังเคราะห์ขึ้นที่ตับและขนส่งผ่านทางเลือดในรูปของ lipoprotein และสะสมเพื่อพัฒนาไปเป็นไข่อ่อน การสังเคราะห์คอเลสเตอรอลถูกควบคุมโดยเอนไซม์ 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase (HMG-CoA reductase) (Hargis. 1988) มีรายงานว่าสารคาเทชินในชาลดการทำงานของการสังเคราะห์กรดไขมันที่ตับและยับยั้ง HMG-CoA-reductase ด้วย (ภาคภูมิ พาณิชยูปการนันท์ และธวัช ปัญโญแก้ว. ม.ป.ป.) Koo and Cho

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2004) รายงานว่าในตับคาเทชินจะถูก conjugated ไปเป็น glucuronidate, methylate และอนุพันธุ์ของ sulfate ในขณะที่ EGC และ EC จะถูก conjugated ไปเป็น EGCG จากเหตุผลดังกล่าวอาจเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ลดการผลิตคอเลสเตอรอลจากตับและลดคอเลสเตอรอลในไข่แดงด้วย

5.4 ค่า TBARs ในไข่แดง

ปฏิกิริยาออกซิเดชันส่วนใหญ่เกิดจากกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในขั้นต้นคือเพอร์ออกไซด์ (peroxide) การตรวจหาค่าเพอร์ออกไซด์และสารที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจากเพอร์ออกไซด์ซึ่งส่วนใหญ่คือแอลดีไฮด์ การประเมินหาปริมาณแอลดีไฮด์โดยวิธีหาค่า thiobabituric acid reactive substances (TBARS) เป็นวิธีสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ในการตรวจวัดสารที่เกิดขึ้นจากการแตกตัวของเพอร์ออกไซด์โดยเน้นแอลดีไฮด์ที่ได้จากกรดไขมันที่มีคาร์บอนไม่อิ่มตัวมากกว่า 2 ตำแหน่งคือ มาลอนแอลดีไฮด์ (MA) เป็นหลัก ซึ่งในไข่แดงมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ประมาณ 66 % ได้แก่ oleic linoleic เป็นต้น (สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2529) การตรวจวัดเป็นการตรวจวัดสารที่มีสีชมพูถึงสีแดงที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่าง 2 โมลของ 2-thiobarbituric acid กับ 1 โมลของ Malondialdehyde (MDA) โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารที่เกิดขึ้นที่ความยาวคลื่นแสง 532 นาโนเมตร ไข่ไก่หากเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมสามารถชักนำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ จะส่งผลโดยตรงต่อการเสื่อมของคุณภาพไข่ การยืดอายุการเก็บรักษาไข่โดยการลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นนี้ เป็นหนทางหนึ่งที่ช่วยคงความสดใหม่ของไข่ (Kang *et al*. 1998)

ผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ต่อค่า TBARs ในไข่แดงพบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการเสริมผงชาเขียวในระดับต่างๆ แต่จากผลการทดลองสังเกตได้ว่าไข่แดงของไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียวมีค่า TBARs ค่อนข้างต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งความเครียดจากปัจจัยต่างๆ ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ สารอนุมูลอิสระไปดึงอิเล็กตรอนอีกตัวหนึ่งจากโมเลกุลข้างเคียงก็จะทำให้โมเลกุลข้างเคียงขาดอิเล็กตรอน ซึ่งทำให้เกิดสารอนุมูลอิสระโมเลกุลใหม่ขึ้นมา เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อเนื่องไปเรื่อยๆ เกิดการออกซิไดซ์ของโมเลกุล เช่น ไขมัน โปรตีน เป็นต้น ทำให้เกิดการเสียสภาพ (ขุนพล พงษ์มณี และคณะ. 2552) สารคาเทชินเป็นสารในกลุ่ม flavonoid ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นผู้ให้ H^+ มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่แรง สาร flavonoids จะเข้าดักจับอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น hydroxyl radical, superoxide , peroxyl radical และดักจับอนุมูลอิสระชนิด reactive nitrogen species (Frei and Higdon. 2003 ; Wan *et al*. 2009) โดยพบว่าหลังจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้รับคาเทชินเข้าไปจะถูกดูดซึมและกระจายไปในเนื้อเยื่อทั่วร่างกาย โดยมีความเข้มข้นสูงที่หลอดอาหาร ลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ มีงานวิจัยในห้องทดลองที่พบว่า flavonoids เป็นสารที่ป้องกันการทำลายจากการออกซิเดชันของเซลล์ได้ เช่น ยับยั้งการออกซิเดชันของ LDL การออกซิเดชันของโปรตีนและ DNA โดยการออกซิเดชันของ LDL เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรค atherosclerosis และสามารถยับยั้งการเกิด LDL peroxidation ได้ (Vauzour *et al*. 2012) จากรายงานของ รุ้งตะวัน สุภาพผล และวันดี กฤษณพันธุ์ (2548) อธิบายว่าชาเขียวมีบทบาทสำคัญในการลดปริมาณ low density lipoprotein (LDL)-cholesterol และยับยั้งปฏิกิริยา Cu^{2+} - mediated oxidation ของ LDL ความเสียหายที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ LDL-cholesterol ก็น้อยตามไปด้วยจึงสามารถยับยั้ง LDL-cholesterol ไม่ให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น จากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าสาร epigallocatechin gallate (EGCG) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของคาเทชินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่แรงที่สุดเมื่อเทียบกับอนุพันธ์ของคาเทชินตัวอื่น และมีประสิทธิภาพดีกว่าวิตามินซีและอี 100 เท่า ซึ่งสารนี้พบเฉพาะในใบชาเท่านั้น สามารถดักจับ peroxyl radicals และ lipid peroxidation ได้ดี (Cabrera *et al.* 2006) นอกจากนี้ รุ้งตะวัน สุภาพผล และวันดี กฤษณพันธุ์ (2548) รายงานว่าสาร EGCG สามารถต้านกระบวนการเกิด lipid peroxidation ในเซลล์ตับหนูทดลองได้สูงใกล้เคียงกับสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นมาตรฐานอื่นๆ เช่น glutathione, BHT, butylated hydroxyanisole, วิตามินซี และวิตามินอี หนูทดลองที่ได้รับชาเขียวจึงมักจะมี marker ของปฏิกิริยาออกซิเดชั่นลดลง เช่น ter-butylhydroperoxide-inducer lipid peroxidation ในไตลดลง การทำลายสาย DNA จากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นลดลง จากผลการทดลองข้างต้นสอดคล้องกับ นวลจันทร์ พารักษาและคณะ (2552) ที่ได้ทำการศึกษาการเสริมสารสกัดหยาบจากกากชาเขียวในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 100, 200, 300 และ 400 มก./กก.อาหาร เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในสภาพปกติและกลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในสภาพแออัด พบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากกากชาเขียวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ของค่า TBARs ทั้งในซีรั่มและไข่แดง แต่มีแนวโน้มลดลงในกลุ่มเสริมสารสกัดหยาบจากกากชาเขียว แต่แตกต่างจาก Uuganbayar *et al*. (2005) ทำการศึกษาผลการเสริมผงชาเขียวในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2 % เปรียบเทียบกับกลุ่มเสริม antibiotic โดยผงชาเขียวที่ใช้มีปริมาณ total catechin 15.72 % พบว่ากลุ่มที่เสริมผงชาเขียวมีระดับการเกิด lipid peroxidation ในรูปของค่า TBARs ในไข่แดงลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริม antibiotic และกลุ่มเสริมผงชาเขียวทุกระดับ เช่นเดียวกับ Abdo *et al*. (2010) ได้ทำการศึกษาการเสริมผงชาเขียว 1, 3 และ 5 % (มีปริมาณ Catechin 0.5 %, Epicatechin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

gallate 1.85 % และ caffeine 1.05 %) เปรียบเทียบกับสารสกัดน้ำจากชาเขียวที่ระดับ 0.5, 1.5 และ 2.5 L/100 kg. ในอาหารไก่ไข่พบว่ากลุ่มที่เสริมผงชาเขียวและสารสกัดน้ำจากชาเขียวทำให้ค่า TBARs ในไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยพบว่ากลุ่มที่เสริมสารสกัดน้ำจากชาเขียวลดลงมากกว่าการเสริมผงชาเขียว แต่จากผลการทดลองในครั้งนี้ไม่มีความแตกต่างกันของค่า TBARs ในไข่แดงในทุกกลุ่มทดลอง อาจเป็นเพราะสารออกฤทธิ์ในใบชาที่ใช้มีปริมาณไม่มากพอคือมี total polyphenol 2.32 %, Catechin 0.29 % และ EGCG 0.53 % ซึ่งน้อยกว่างานวิจัยอื่นๆ เช่น Uuganbayar *et al*. (2005) รายงานสารออกฤทธิ์ไว้ว่าพบ total catechin 15.72 %, Catechin 0.94 % และ EGCG 9.36 % ส่วน Abdo *et al*. (2010) รายงานไว้ว่าพบ Catechin 0.5 % และ ECG 1.85 % จึงทำให้ไม่เกิดความแตกต่างกันทางสถิติกับกลุ่มควบคุม

5.5 ประสิทธิภาพการย่อยอาหารได้ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมผงชาเขียว

ประสิทธิภาพในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง การย่อยได้ของโปรตีน การย่อยได้ของเยื่อใยและพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏ ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมผงชาเขียวทุกระดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่การย่อยได้ของไขมันและวัตถุแห้งมีแนวโน้มว่าไก่ไข่กลุ่มเสริมผงชาเขียว 6 % มีค่าการย่อยได้ของไขมันและวัตถุแห้งต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆซึ่งขัดแย้งกับ ไพโชค ปัญจะและดรุณี ศรีชนะ (2555) ที่พบว่าการเสริมสารสกัดจากใบชาจีน 0.5 และ 1 % ในอาหารทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งและโปรตีนลดลง ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ให้ผลคล้ายกับการทดลองของ Abdo *et al.* (2010) ที่ทำการเสริมผงชาเขียว 1, 3 และ 5 % เปรียบเทียบกับสารสกัดน้ำจากชาเขียวที่ระดับ 0.5, 1.5 และ 2.5 L/100 kg. ในอาหารไก่ไข่พบว่าชาเขียวไม่มีผลต่อความสามารถในการย่อยได้ของสารอาหารในทุกกลุ่มการทดลอง และจากการทดลองของ Zhou *et al*. (2012) พบว่าการเสริมผงชาเขียวและ/หรือสารสกัดคาเทชินจากชาเขียวในอาหารไก่ไข่ช่วยปรับการเมทาบอลิซึมของไขมัน โดยจะเพิ่มการขับกรดไขมันออกมาทางมูลมากขึ้น

จากผลการทดลองเรื่องการย่อยได้ของอาหารที่ปรากฏ มีผลสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่และมวลไข่ ซึ่งมีค่าลดลงในกลุ่มเสริมผงชาเขียว 6 % การย่อยอาหารและการให้ผลผลิตที่มีความแตกต่างกันนั้นคาดว่ามาจากผลของสารออกฤทธิ์ในผงชาเขียว ผลที่เกิดขึ้นอาจเป็นผลของสารคาเทชินและแทนนินในใบชา Cabrera *et al*. (2006) รายงานว่าสารคาเทชินในใบชาเป็นสารตั้งต้นของ condensed tannin ชนิดหนึ่ง (กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2552; ปรีดา จันทร์เอียด. 2552) จึงมีคุณสมบัติคล้ายแทนนินในการยับยั้งการสร้างเอนไซม์ไลเปส (lipase) ที่ผลิตจากตับอ่อน ทำให้การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่อยลิปิดต่างๆลดลง สารคาเทชินดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้จะไปรบกวนในระบบย่อยอาหารเนื่องจากพบปริมาณมากในหลอดอาหาร ลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ (Koo and Cho. 2004 ; Velayutham *et al*. 2008) โดยสารคาเทชินมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไลเปส (lipase), เอนไซม์ lipoprotein lipase และ glycerophosphate dehydrogenase รวมถึงลดการขับของเกลือน้ำดี (bile salt) ที่เป็นตัวอิมัลซิไฟด์ไขมันซึ่งเป็นโมเลกุลที่ไม่ละลายน้ำให้อยู่ในรูป micelle ที่มีอนุภาคเล็กลงสะดวกในการทำงานของเอนไซม์ (Garza *et al*. 2011) แต่เมื่อเกลือน้ำดีถูกยับยั้งโมเลกุลไขมันไม่แตกตัว ก็ทำให้พื้นที่ผิวในการเข้าทำงานของเอนไซม์น้อยลง รวมทั้งคาเทชินโดยเฉพาะ EGCG ยังมีฤทธิ์ยับยั้งการหลั่งเอนไซม์ phospholipase A_2 ที่ผลิตจากตับอ่อนซึ่งช่วยในการไฮโดรไลซ์ phosphatidyl choline ทำให้ลดอัตราการไฮโดรไลซ์ (hydrolysis) ของไขมัน ไขมันหรือ triacylglycerol จึงไม่ถูกย่อยเป็นกรดไขมัน (fatty acid), acylglycerol, คอเลสเตอรอลอิสระ, phospholipid และวิตามินที่ละลายในไขมัน แต่มีการขับไขมันออกมามากขึ้นและลดการดูดซึมไขมันเข้าสู่กระแสเลือด สารคาเทชินมีผลต่อการขนส่งไขมันชนิดต่างๆที่ถูกย่อยซึ่งรวมกันอยู่ในรูป micelle โดยลดเกลือน้ำดีทำให้โมเลกุลของ micelle ไม่สามารถผ่านเข้าไปในเซลล์มิวโคซา (mucosal cell) ได้ ทำให้มีการขับกรดไขมันที่ถูกย่อยแล้วออกมาทางมูลมากขึ้นเช่นกัน (Velayutham *et al*. 2008) จงกลณี เยาวภาคย์โสภณ (2549) อธิบายว่าในภาวะที่ท่อน้ำดีอุดตันหรือทำงานไม่ปกติ จะดูดซึมลิปิดจากอาหารได้เพียงเล็กน้อย โดยลิปิดส่วนใหญ่จะถูกขับออกในมูลในรูปที่ถูกย่อยแล้ว ถูก hydrolyze ด้วยน้ำแล้วแต่ดูดซึมไม่ได้ เรียกภาวะที่มีไขมันในมูลว่า “steatorrhea” สภาวะนี้มีกรดไขมันอิสระที่อยู่ในรูปโมเลกุลของสบู่ซึ่งเป็นเกลือ Ca^{2+} หรือ Na^{+} ของกรดไขมัน จึงทำให้สูญเสียแคลเซียมหรือโซเดียมไปในมูลด้วย เพราะแคลเซียมต้องถูกขับออกไปในรูปของเกลือแคลเซียมของกรดไขมันที่ดูดซึมไม่ได้ นอกจากนี้สารคาเทชินยังมีผลต่อการใช้ประโยชน์ได้ของพลังงาน โดยเร่งการเผาผลาญพลังงานจากไขมันที่เก็บสะสมไว้มาใช้ ไขมันที่ถูกย่อยและดูดซึมจะถูกสังเคราะห์ขึ้นใหม่ในชั้น mucosal cell ของลำไส้เล็ก แล้วขนส่งไปยังเนื้อเยื่อต่างๆและบางส่วนจะเก็บอยู่ในเซลล์อะดิโพไซด์ (adipocyte) ซึ่งภายในจะบรรจุ triacylglycerol ในรูปของหยดน้ำมันเล็กๆไว้เกือบเต็มเซลล์ถูกนำไปเป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่ออะดิโพชหรือเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue or fatty tissue) บริเวณที่พบมากคือ เนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง บริเวณช่องท้องและหุ้มอยู่รอบกึ๋น (gizzard) การดึง triacylglycerol จากเนื้อเยื่อไขมันมาใช้ถูกควบคุมโดยฮอร์โมนนอร์อิพิเนฟฟริน (norepinephrine) ภายใต้สภาวะเครียด กลูคากอน (glucagon) ภายใต้สภาวะขาดอาหารและระดับกลูโคสในเลือดลดลง การสลายไขมันด้วยน้ำนี้จะถูกกระตุ้นต่อๆกันไปเรื่อยๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของไซคลิกเอเอ็มพี (cAMP) (จงกลณี เยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคย์โสภณ. 2549) สารคาเฟอีนหรือ 7-methyl theophylline ในชามีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ฟอสโฟไดเอสเทอเรส (phosphodiesterase) ทำให้สลายไซคลิกเอเอ็มพีช้าลงและยังคงมีระดับสูง สารนี้จะทำงานร่วมกับคาเทชินในการออกฤทธิ์ยับยั้งการหลั่งฮอร์โมน norepinephrine โดยสารคาเทชินในชาเขียวมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ catechol-o-methyltransferase (COMT) ซึ่งเป็นเอนไซม์สลาย norepinephrine ให้สลายช้าลง เพิ่มระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยาการสลายไขมันให้นานขึ้น เร่งการสลายไขมันได้ออกมาเป็นกรดไขมันและกลีเซอรอลและเร่งการผลิตพลังงานความร้อน (thermogenesis) จากเนื้อเยื่อไขมันสีน้ำตาลและขับไขมันส่วนเกินออกมามากขึ้น และยังมีผลต่อการควบคุมน้ำหนักตัวด้วย แต่ปฏิกิริยานี้จะเริ่มแผ่วลงโดยฮอร์โมนอินซูลิน (Dulloo *et al.* 1999) กฤษฎา สัมพันธารักษ์ (2554) อธิบายไว้ว่าแทนนินมีผลทำให้เมือกหล่อลื่นลำไส้ลดลง มีการขับถ่ายโปรตีนและกรดอะมิโนออกมามาก อาหารที่มีปริมาณแทนนินอยู่ 1-2 % ทำให้ผลผลิตไข่ลดลงหรืออาจทำให้สีไข่แดงผิดปกติมีจุดสีเขียวมากขึ้น ดังนั้นการเสริมผงชาเขียวในอาหารทำให้ร่างกายดูดซึมไขมันและนำพลังงานไปใช้ได้น้อยลงเมื่อเสริมผงชาเขียวในระดับสูง จึงส่งผลต่อสมรรถภาพการผลิตไข่และให้ผลสอดคล้องกับระดับคอเลสเตอรอลในซีรั่มที่ลดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการเสริมผงชาเขียวที่ระดับ 0, 1, 2, 4 และ 6 % ในอาหารไก่ไข่สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) ผลต่อสมรรถภาพการผลิต พบว่าการเสริมผงชาเขียวทำให้ไม่มีความแตกต่างกันในปริมาณอาหารที่กิน แต่มีผลทำให้มวลไข่ลดลง ประสิทธิภาพการใช้อาหารในการผลิตไข่ 1 ฟอง และประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อมวลไข่ต่ำลง จึงทำให้ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไข่เพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ลดลงและอัตราการเลี้ยงรอดมีแนวโน้มลดลงเมื่อเสริมผงชาเขียวในระดับสูงขึ้น

2) ผลต่อคุณภาพไข่ พบว่าการเสริมผงชาเขียวทำให้ไม่มีความแตกต่างกันในผลของน้ำหนักไข่ทั้งฟอง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไข่ขาว น้ำหนักไข่แดง และค่าฮอกยูนิต แต่มีแนวโน้มว่าการเสริมผงชาเขียวทำให้ค่าฮอกยูนิตสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แสดงว่าการเสริมผงชาเขียวอาจทำให้ความสดใหม่ของไข่เพิ่มขึ้น แต่มีผลทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะ ความแข็งเปลือกไข่ ความหนาเปลือกไข่และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกไข่ลดลง และช่วยทำให้สีไข่แดงเข้มขึ้น เมื่อเสริมผงชาเขียวในอาหารเพิ่มขึ้นเทียบกับกลุ่มควบคุม

3) ผลต่อปริมาณคอเลสเตอรอล พบว่าการเสริมผงชาเขียวมีผลทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มลดลง ซึ่งชัดเจนในกลุ่มเสริมผงชาเขียว 6 % แต่ไม่มีความแตกต่างกันในผลของปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดง

4) ผลต่อการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation ในรูปของค่า TBARs ในไข่แดง พบว่าการเสริมผงชาเขียวไม่มีความแตกต่างกันของค่า TBARs ในไข่แดง แสดงว่าสารออกฤทธิ์ในผงชาเขียวมีปริมาณไม่มากพอที่จะลดการเกิดอนุมูลอิสระซึ่งจะทำลายองค์ประกอบของโปรตีนและไขมันในไข่แดง จึงทำให้ไม่เกิดความแตกต่างกับกลุ่มควบคุม ดังนั้นจึงไม่ลดการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation ของไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ผลต่อการย่อยได้ของอาหาร พบว่าการเสริมผงชาเขียวทำให้ไม่มีความแตกต่างกันในผลของการย่อยได้ของโปรตีน การย่อยได้ของเยื่อใยและพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏ ส่วนการย่อยได้ของไขมันและวัตถุแห้งมีแนวโน้มลดลงเมื่อเสริมผงชาเขียวเพิ่มขึ้น

ระดับการเสริมผงชาเขียวที่เหมาะสมในการเสริมในอาหารไก่ไข่ที่สามารถนำมาใช้ในการเพิ่มคุณภาพไข่ได้คือไม่ควรเกิน 2 % เพราะให้ผลในทางบวกมากกว่าการเสริม 4 และ 6 % ถึงแม้ว่าการเสริมที่ระดับ 1 และ 2 % จะให้ผลด้านสมรรถภาพการผลิตไข่ที่ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม แต่ในด้านคุณภาพไข่ค่อนข้างเห็นความแตกต่างคือ ทำให้ค่า Hauge unit เพิ่มขึ้นในบางช่วงของการทดลอง สามารถทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรั่มลดลงและมีแนวโน้มทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงและค่า TBARs ในไข่แดงลดลง แต่ผลที่ได้ไม่ชัดเจนอาจเพราะใบชาที่ใช้เป็นส่วนใบแก่จึงมีปริมาณสารสำคัญและสารสีต่างๆอยู่น้อย ส่วนคุณภาพเปลือกไข่ถึงแม้จะต่ำกว่ากลุ่มควบคุมแต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ตลาดยอมรับได้ สำหรับการเสริมผงชาเขียวที่ระดับ 4 และ 6 % แม้จะช่วยปรับระดับความเข้มของสีไข่แดงและลดระดับคอเลสเตอรอลในซีรั่มและไข่แดงได้ชัดเจนกว่า แต่ก็ส่งผลกระทบในทางลบทั้งในด้านสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพเปลือกไข่ เนื่องจากเมื่อเสริมผงชาเขียวในระดับสูงขึ้นก็จะได้รับผลกระทบจากสารแทนนินมากตามไปด้วย

6.2 ข้อเสนอแนะ

1) ควรตรวจหาปริมาณสารแทนนินที่มีในใบชาที่ใช้ทดลอง และคำนวณว่าหลังจากผสมในอาหารแล้วมีปริมาณแทนนินในอาหารเท่าไร เพื่อจะได้ทราบว่าผลต่างๆที่เกิดขึ้นมีอิทธิพลจากแทนนินจริงหรือไม่

2) ควรตรวจหาปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสในอาหารและมูล เพื่อคำนวณการย่อยได้ของแคลเซียมและฟอสฟอรัส ซึ่งอาจใช้อธิบายผลของคุณภาพเปลือกไข่ที่มีค่าลดลงเมื่อเสริมผงชาเขียวเพิ่มขึ้นได้

3) ควรเก็บตัวอย่างและตรวจวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลในเซลล์ตับ เพื่อจะได้ทราบกลไกว่าสอดคล้องกับปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงหรือไม่

4) อาจต้องนำใบชาอ่อนมาทดลอง เพราะอาจมีปริมาณสารออกฤทธิ์ต่างๆและสารสีที่มากกว่าใบชาแก่หรือใช้ผลิตภัณฑ์ในรูปสารสกัดจากชาเขียว ซึ่งทราบปริมาณสารออกฤทธิ์ที่แน่นอนกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2554. “**แทนนินกับคุณค่าทางอาหาร**.” [Online]. Available : http://ag-ebook.lib. ku.ac.th/ebooks/2011/2011-002-0067/index.html 02/02/2556.

เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ. 2546. **“โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์ปีก.”** พิมพ์ครั้งที่ 2. นครศรีธรรมราช : คณะวิชาสัตวศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช. เอกสารคำสอน.

ขุนพล พงษ์มณี, อรประพันธ์ ส่งเสริม และวรรณี ชิวปรีชา. 2552. **“การใช้สารสกัดหยาบจากกากชาในสุกรขุน**.” [Online]. Available : http://elibrary.trf.or.th/project_content.asp?PJID=RDG5020067. 02/02/2556.

จงกลณี เยาวภาคย์โสภณ. 2549. “**บทที่ 4 เมทาบอลอซึมของกรดไขมัน.”** กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. เอกสารคำสอน.

จรัส สว่างทัพ. 2548. **“อาหารและการให้อาหารสัตว์.”** บุรีรัมย์ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์. เอกสารคำสอน.

จินตนา อินทรมงคล. 2549. **“กระบวนการสารธรรมชาติทดแทนการใช้เคมีภัณฑ์สังเคราะห์ในการเลี้ยงสัตว์**.” [Online]. Available : http://www.dld.go.th/organic/knowlage/natural.html. 20/06/2556.

ณรงค์ชัย ปัญญานนทชัย. 2548. **ชา ใบไม้มหัศจรรย์**. กรุงเทพฯ : ดอกหญ้ากรุ๊ป.

นวลจันทร์ พารักษา, สุชาติ สงวนพันธุ์ และ สุภาภรณ์ โลณานุรักษ์. 2552. **การใช้ผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาเขียวในอาหารไก่ไข่.** รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ.

นิรนาม. 2551. **“ความหมายของอนุมูลอิสระ (Free radical)**.” [Online]. Available : http://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2551/biol0451tp_ch2.pdf. 06/06/2556.

ธำรงศักดิ์ พลบำรุง. 2531. **เทคนิคการให้อาหารไก่ให้มีประสิทธิภาพ**. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. **โภชนศาสตร์สัตว์.** เล่มที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 6. เชียงใหม่ : ธนบรรณการพิมพ์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฐม เลาหะเกษตร. 2540. **การเลี้ยงสัตว์ปีก.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : รั้วเขียว.

ประภากร ธาราฉาย. 2547. **การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบ.** เชียงใหม่ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ปรีดา จันทร์เอียด. 2552. " การเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารสุกรระยะรุ่น – ขุน." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์) สาขาโภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรนรินทร์ เทพาวราพฤกษ์, นิวัติ เทพาวราพฤกษ์ และ สุธิรา เลิศตระกูล. 2552. "การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดจากกากชาเขียวต่อการเรียนรู้และความจำ." [Online]. Available : http://elibrary.trf.or.th/project_content.asp?PJID=RDG5120015. 02/02/2556.

ไพโชค ปัญจะและดรุณี ศรีชนะ. 2555. "อิทธิพลของสารสกัดจากใบชาจีนและใบหม่อนต่อการผลิตของไก่ไข่คุณภาพไข่และโคเลสเตอรอลในไข่แดง." **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 20(2) : 127-138.

ภาคภูมิ พาณิชยูปการนันท์ และ ธวัช ปัญโญแก้ว. ม.ป.ป. "ชาเขียว (Green tea)." [Online]. Available : http://pcog2.pharmacy.psu.ac.th/thi/Article/2548/05-48/greentea.pdf. 03/02/2556.

รุ้งตะวัน สุภาพผล และ วันดี กฤษณพันธุ์. 2548. " ฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระของชาเขียวไทยและญี่ปุ่น." [Online]. Available : http://elibrary.trf.or.th/project_content.asp? PJID= TRG4580092. 02/02/2556

สถาบันชาแม่ฟ้าหลวง. 2552. **"ความรู้เกี่ยวกับชา**." [Online]. Available : http://www.teainstitutemfu.com/article/variety.html. 03/02/2556.

สัณห์ ละอองศรี. 2535. **ชา**. กรุงเทพฯ : รั้วเขียว.

สายลม สัมพันธ์เวชโสภา, ธีรพงษ์ เทพกรณ์, พนม วิญญายอง และประภัสสร อึ้งวณิชยพันธ์. 2551. **"การศึกษาสถานภาพปัจจุบันของชาในประเทศไทย**." [Online]. Available : http://elibrary.trf.or.th/project_content.asp?PJID=PDG5020004. 02/02/2556.

สุจินต์ สิมารักษ์. 2532. **สรีรวิทยาการสืบพันธุ์ของสัตว์ปีก**. ขอนแก่น : คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุภาภรณ์ โลณานุรักษ์. 2552. “การเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารไก่ไข่.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์) สาขาโภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2529. **ไข่และเนื้อไก่**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : อมรการพิมพ์.

อาวุธ ตันโช. 2538. **การผลิตสัตว์ปีก**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

Abdo, Z.M.A., Hassan, R.A., El-Salam, A.A. and Helmy, S.A. 2010. “Effect of Adding Green Tea and its Aqueous Extract as Natural Antioxidants to Laying Hen Diet on Productive, Reproductive Performance and Egg Quality During Storage and its Content of Cholesterol.” **Egypt. Poult. Sci.** 30(4) : 1121-1149.

Anonymous. 2001. **“Tea chemistry.”** [Online]. Available : http://www.fmltea.com/Teainfo/tea-chemistry%20.htm. 02/02/2556.

AOAC. 1995. **Official Methods of Official Association of Official Analysis Chemists**. 16th ed. Washington D.C. : Association of Analysis Chemists.

Bell, D.D. 1994. **Exceptional layer flocks worldwide : Poultry International**. Morris : Watt.

Bitman, J. and Wood, D.L. 1980. “Cholesterol and Cholesteryl Esters of Eggs from Various Avian Species.” **Poultry. Sci**. 59(9) : 2014-2023.

Biswas, A.H., Miyazaki, Y., Nomua, K. and Wakita, M. 2000. “Influences of Long-Term Feeding of Japanese Green Tea Powder on Laying Performance and Egg Quality in Hens.” **Asian-Aus. J. Anim. Sci.** 13(7) : 980-985.

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.

Cabrera, C., Artacho, R. and Giménez, R. 2006. “Beneficial Effects of Green Tea - A Review.” **J. Am Coll. Nutr.** 25(2) : 79-99.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cherian, G., Holsonbake, T.B., Goeger, M.P. and Bildfell, R. 2002. "Dietary conjugated linoleic acid alters yolk and tissue fatty acid composition and hepatic histopathology of laying hens." **Lipids.** 37(8) : 751–757.

Cirillo, G. and Iemma, F. 2013. **Antioxidant polymers.** Beverly : Scrivener.

Crespy, V. and Williamson, G. 2004. "A Review of the Health Effects of Green Tea Catechins in In Vivo Animal Models." **J. Nutr.** 134 : 3431S–3440S.

Dulloo,A.G., Duret, C., Rohrer, D., Girardier, L., Mensi, N., Fathi, M., Chantre, P. and Vandermander, J. 1999. "Efficacy of a Green Tea Extract Rich in Catechin Polyphenols and Caffeine in Increasing 24-h Energy Expenditure and Fat Oxidation in Humans." **Am. J. Clin. Nutr**. 70 : 1040-1045.

Eden, T. 1965. **Tea**. 2nd ed. London : Longmans.

Frei, B. and Higdon, J.V. 2003. "Antioxidant Activity of Tea Polyphenols In Vivo: Evidence from Animal Studies." **J. Nutr**. 133 : 3275s-3284s.

Garza, A.L., Milagro, F.I., Boque, N., Campion, J. and Martinez, J.A. 2011. "Natural Inhibitors of Pancreatic Lipase as New Players in Obesity Treatment." **Planta. Med**. 77(8) : 773-785.

Gregosits, B. 2011. "Absorption of Natural Carotenoids and Their Tissue Distribution in Chicken." Ph.D. dissertation, Szent István University.

Hargis, P.S. 1988. "Modifying Egg Yolk Cholesterol in The Domestic Fowl - A Review." **World Poul. Sci. J.** 44(1) : 17-29.

Jiang, Z., Fenton,M. and Sim, J.S. 1991. "Comparision of Four Different Methods for Egg Cholesterol Determination." **Poultry. Sci.** 70(4) : 1015-1019.

Kang, K.R., Cherien, G. and Sim, J.S. 1998. "Tochopherols, Retinol and Carotenes in Chicken Egg and Tissues as Influenced by Dietary Palm Oil." **J. Food. Sci**. 63 : 592-596.

Kang, K.R., Cherien, G. and Sim, J.S. 2001. "Dietary Palm Oil Alters the Lipid Stability of Polyunsaturated Fatty Acid-Modified Poultry Products." **Poultry. Sci.** 80 : 228-234.

Koo, M.W.L. and Cho, C.H. 2004. "Pharmacological Effects of Green Tea on the Gastrointestinal System." **Eur. J. Pharmacol.** 500 (2004) : 177-185.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Marshall, A.A. and Kokoete, E.E. 2009. "Egg Yolk Cholesterol Lowering Effects of Garlic and Tea." **J. Med. Plant. Res**. 3(12) : 1113-1117.

NRC. 1994. **Nutrient Requirements of Poultry**. 9th ed. Washington, D.C. : National Academy Press.

Paichok Panja. n.d. **"The Effects of China Tea (*Camellia Sinensis*) Supplementation in Laying Hen Diets on Production, Quality and Cholesterol Content of Egg."** [Online]. Available : http://www.researchgate.net/publication/238078711_The_Effects_of_China_Tea_(Camellia_Sinensis)_Supplementation_in_Laying_Hen_Diets_on_Production_Quality_and Cholesterol_Content_of_Egg. 20/06/2556.

Sayama, K., Lin, S., Zheng, G. and Oguni, I. 2000. "Effects of Green Tea on Growth Food Utilization and Lipid Metabolism in Mice." **In. Vivo**. 14 (4) : 481-484.

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". **Poultry. Sci.** 61 (8) : 1599-1605.

Uuganbayar, D., Bae, I.H., Choi, K.S., Firman, J.D. and Yang, C.J. 2005. "Effect of Green Tea Powder on Laying Performance and Egg Quality in Laying Hens." **Asian-Aust. J. Anim. Sci**. 18 (12) : 1769-1774.

Uuganbayar, D., Shin, I.S. and Yang, C.J. 2006. "Comparative Perfermane of Hens Fed Diets Containing Korean, Japanese and Chinese Green Tea." **Asian-Aust. J. Anim. Sci**. 19(8) : 1190-1196.

Vauzour, D., Vafeiadou, K. and Spencer, J.P.E. 2012. "Polyphenols." 110-138. in Salter, A., Wiseman,H. and Tucker, G. (editor). **Phytonutrients**. West Sussex : Blackwell.

Velayutham, P., Babu, A. and Liu, D.. 2008. "Green Tea Catechins and Cardiovascular Health: An Update." **Curr. Med. Chem**. 15(18) : 1840–1850.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wan, X., Li, D. and Zhang, Z. 2009. "Antioxidant Properties and Mechanisms of Tea Polyphenols." p131-159. in Ho, Chi-Tang., Lin, Jen-Kun and Shahidi, F. (editor). Tea and Tea Products Chemistry and Health-Promoting Properties. New York : Taylor & Francis Group.

Wang, S., Noh, S.K. and Koo, S.I. 2006. "Epigallocatechin Gallate and Caffeine Differentially Inhibit the Intestinal Absorption of Cholesterol and Fat in Ovariectomized Rats." **J. Nutr**. 136 : 2791–2796.

Yamane, T., Goto, H., Takahashi, D., Takeda, H., Otowaki, K. and Tsuchida, T. 1999. "Effects of hot water extracts of tea on performance of laying hens." **Jpn. Polut. Sci.** 36 : 31-37.

Yang, C.J., Jung, Y.C. and Uuganbayar, D. 2003. "Effect of Feeding Diets Containing Green Tea By – Products on Laying Performance and Egg Quality in Hens." **Kor. J. Poult. Sci.** 30(3) : 183-189.

Zeidler, G. 2002. "Shell Egg Quality and Preservation." 1199-1217. in Bell, D.D. and Weaver, W.D. **Commercial Chicken Meat and Egg Production**. 4th ed. Messachusetts : Kluwer Academic.

Zhou, Y. B., Wan, X.C., Hu, J. W., Shao, L. and Shang, Y. Y. 2012. "Effect of Green Tea and Tea Catechins on the Lipid Metabolism of Caged Laying Hens." **Indian. J. Anin. Sci.** 82 (11).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงปริมาณสารออกฤทธิ์ต่างๆในสูตรอาหารทดลองทั้ง 5 สูตร (ผลจากการคำนวณ)

ปริมาณสารออกฤทธิ์ (g./ 1 kg. อาหาร)	Green tea powder (%)			
	1	2	4	6
โพลิฟีนอลทั้งหมด	0.232	0.464	0.928	1.392
(-)-Epigallocatechin gallate (EGCG)	0.053	0.106	0.212	0.318
(-)-Epigallocatechin (EGC)	0.036	0.072	0.144	0.216
(-)-Epicatechin (EC)	0.019	0.038	0.076	0.114
(+)-Gallocatechin (GC)	0.042	0.084	0.168	0.252
(+)-Catechin (C)	0.029	0.058	0.116	0.174
คาเฟอีน	0.234	0.468	0.936	1.404
ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ (DPPH-Radical scavenging activity) (µmol Trolox/1 Kg.อาหาร)	8940.80	17881.60	35763.20	53644.80

สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดง

การเตรียมสารเคมีในการทำคอเลสเตอรอลเอสเทอร์ให้อยู่ในรูปอิสระ (saponification)

1) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 33 % เตรียมจากโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 20 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 40 ml.

2) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ใช้งาน (เตรียมแล้วใช้ทันที) โดยผสมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 33 % 6 ml. กับ ethanol 94 ml.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวญาณินีส์ เพ็งศิลา เกิดเมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม พ.ศ. 2529 ที่จังหวัดกรุงเทพฯ ได้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ จากภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อ พ.ศ. 2551 หลังจากเรียนจบได้เข้าทำงานที่โรงพยาบาลสัตว์สุวรรณชาด กรุงเทพฯ ในตำแหน่งผู้ช่วยสัตวแพทย์ เป็นเวลา 1 ปีจึงลาออกมาเรียนต่อปริญญาโทและได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้