



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์)

ปริญญา

โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์

สัตวบาล

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารไก่ไข่

Supplementation of Crude Extract Product from *Camellia sinensis* L. Marc in Laying
Hen Diet

นามผู้วิจัย นางสาวสุภาภรณ์ โธณานุรักษ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์นวลจันทร์ พารักษา, Dr.Agr.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยวเรศ เรืองพานิช, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสกสม อุดมามงกุล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารไก่ไข่

Supplementation of Crude Extract Product from *Camellia sinensis* L. Marc in Laying Hen Diet

โดย

นางสาวสุภาภรณ์ โฉนวนุรักษ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์)

พ.ศ. 2552

สุภาภรณ์ โธณานุรักษ์ 2552: การเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารไก่ไข่ ปรินญา
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์) สาขาโภชนศาสตร์และเทคโนโลยี
อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์นวลจันทร์ พารักษา,
Dr.Agr. 69 หน้า

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการให้ผลผลิต คุณภาพไข่ ระดับสารอนุมูลอิสระและคอเลสเตอรอลในซีรัมและไข่แดงของแม่ไก่ที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่น โดยใช้ไก่ไข่พันธุ์ไฮเชกบราวน์ อายุ 35 สัปดาห์ จำนวน 272 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก ทำการแบ่งไก่ไข่ออกเป็น 6 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ในกลุ่มการทดลองที่ 1 ประกอบด้วยไก่จำนวน 32 ตัว (ทรงละ 2 ตัว) และในกลุ่มทดลองที่ 2-6 ใช้ไก่จำนวน 240 ตัว (ทรงละ 3 ตัว) กลุ่มที่ 1 และ 2 ได้รับอาหารควบคุม (ไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา) กลุ่มที่ 3-6 ได้รับอาหารควบคุมเสริมด้วยผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาที่ระดับ 100, 200, 300 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร โดยมีระดับแคลิซินเท่ากับ 21.36, 42.72, 64.08 และ 85.44 มิลลิกรัมในอาหาร ตามลำดับทำการเก็บข้อมูลสมรรถภาพการให้ผลผลิตไข่ 4 ช่วงการทดลอง ๆ ละ 28 วัน และทำการสุ่มเก็บไข่ใน 3 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลองเพื่อตรวจวัดคุณภาพไข่

จากผลการทดลองทั้ง 4 ช่วง พบว่า ปริมาณการกินอาหารต่อตัวต่อวัน น้ำหนักไข่เฉลี่ย มวลไข่เฉลี่ย อัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนแม่ไก่มีชีวิต อัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนแม่ไก่เริ่มการทดลอง ปริมาณอาหารที่กินต่อน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม และปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในทุกกลุ่มทดลอง อย่างไรก็ตามพบว่าคุณภาพไข่ของกลุ่มที่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารมีค่าความสูงไข่ขาว และค่าออกซิเดชันต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่นและไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) นอกจากนี้พบว่าการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในระดับ 100-200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 เดือน สามารถช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในซีรัมและในไข่แดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อ เสริมที่ระดับ 200-400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ส่งผลในการลดค่า TBARs ในซีรัมและในไข่แดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ในช่วงสิ้นสุดการทดลอง นอกจากนี้ไข่ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาจนถึง 28 วัน จากแม่ไก่ที่ได้รับการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารที่ระดับ 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีค่าความสูงของไข่ขาวและค่าออกซิเดชันสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จากการทดลองนี้พบว่าการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในระดับ 100-200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร หรือมีระดับแคลิซิน 21.36 และ 42.72 มิลลิกรัมในอาหาร ตามลำดับสามารถช่วยให้แม่ไก่ที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่นมีสมรรถภาพการให้ผลผลิตและคุณภาพไข่ที่เพิ่มขึ้นกับกรณีการเลี้ยงในสภาพปกติ

Suppaporn Lonanurak 2009: Supplementation of Crude Extract Product from *Camellia sinensis* L. Marc in Laying Hen Diet. Master of Science (Animal Nutrition and Feed Technology), Major Field: Animal Nutrition and Feed Technology, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Associate Professor Nuanchan Paraksa, Dr.Agr. 69 pages.

The objective of this study was to determine the effects of crude extract product from *Camellia sinensis* L. marc supplementation on egg performance, egg quality, the free radical and cholesterol in serum and egg yolk. Two hundreds and seventy two Hisex Brown layers aged 35 weeks were randomly divided into 6 groups. Each group consisted of 4 replications with 32 layers in group 1 (2 layers/cage) and 240 layers in group 2 to 6 (3 layers/cage). Group 1 and 2 fed a control diet (commercial layer diet without crude extract from *Camellia sinensis* L. marc). Diet 3 to 6 received control diet supplemented with 100, 200, 300 and 400 ppm of crude extract product from *Camellia sinensis* L. marc that provided 21.36, 42.72, 64.08 and 85.44 ppm catechin. The egg production performance was collected in four periods with twenty eight days per each and the eggs from the last three days of each period were measured the egg quality.

The results of the experiment throughout four periods demonstrated that average daily feed intake, egg weight, egg mass, hen day egg production, hen house egg production, feed consumption per dozen egg produced and feed consumption per kilogram egg produced were not significantly different ($P>0.05$) among group. However, it was found that the egg quality in term of albumen height and haugh unit of eggs were significantly higher in group fed the diets supplemented with crude extract product from *Camellia sinensis* L. marc comparing with the control group ($P<0.01$). Furthermore, supplemented with 100-200 ppm of crude extract product from *Camellia sinensis* L. marc significantly decreased cholesterol in serum and yolk ($P<0.05$). Moreover, the supplementation of crude extract product from *Camellia sinensis* L. marc from 200 to 400 ppm in the diet significantly decreased TBARs in serum and also in egg yolk ($P<0.01$). Furthermore, the supplementation of crude extract product from *Camellia sinensis* L. marc from 200 and 400 ppm in the diet significantly improved the albumen height ($P<0.05$) as well as the haugh unit ($P<0.05$) of the stored eggs under room temperature until 28 days. In conclusion, supplementation with 100 - 200 ppm of crude extract product from *Camellia sinensis* L. marc (21.36 and 42.72 ppm catechin) in diet can provide the same egg production performance and egg quality of layer raised in high density condition as the normal density raising.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.นวลจันทร์ พารักษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวเรศ เรืองพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เป็นอย่างยิ่งที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านการศึกษา และคำแนะนำในด้านการทดลอง ตลอดจนการเขียนรายงานวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตสัตว์ปีก สถาบันสุวรรณวาทกกลกิจ เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ ที่เอื้อเพื่อสถานที่ในการเลี้ยงสัตว์ทดลอง และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตสัตว์ปีก ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการเลี้ยงสัตว์ทดลอง เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ และเอื้อเพื่อสถานที่ในการวิเคราะห์อาหารและการวิเคราะห์ทางเคมี

ขอกราบขอบพระคุณแม่สุพันธ์และคุณพ่อรณฤทธิ์ โฉมานุรักษ์ ที่เป็นกำลังใจ คอยสนับสนุนและให้โอกาสในการศึกษามาโดยตลอด รวมถึงพี่จันทิมาและพี่เอกรัตน์ สังขศิษฐ์ ที่คอยเป็นกำลังใจ และเป็นพี่ปรึกษาที่ดีเสมอมา ขอบคุณรุ่นพี่ รุ่นน้อง และเพื่อนๆ ทุกคนที่มีส่วนช่วยเหลือ และสนับสนุนข้าพเจ้ามาโดยตลอด คุณค่าและประโยชน์จากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่บิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุภาภรณ์ โฉมานุรักษ์

พฤษภาคม 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	21
อุปกรณ์	21
วิธีการ	25
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	30
สรุปและข้อเสนอแนะ	50
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	51
ภาคผนวก	63
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	69

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ชนิดของแคทีชินที่พบในใบชา	12
2	ส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์และองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารทดลอง	23
3	ส่วนประกอบวิตามินใน 1 กิโลกรัมของพรีมิกซ์	24
4	ส่วนประกอบแร่ธาตุใน 1 กิโลกรัมของพรีมิกซ์	24
5	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของโภชนะในอาหารทดลอง	30
6	ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อสมรรถภาพการให้ผลผลิตของไก่ไข่เฉลี่ยตลอด 4 ช่วงการทดลอง	32
7	ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อคุณภาพไข่เฉลี่ยตลอด 4 ช่วงการทดลอง	35
8	ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อระดับคอเลสเตอรอลในซีรัมในแต่ละช่วงการทดลอง (mg/dl)	37
9	ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงในแต่ละช่วงการทดลอง (mg/g yolk)	39
10	ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อระดับค่า TBARs ในซีรัมของไก่ไข่ในแต่ละช่วงการทดลอง (nmol/ml)	41
11	ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อระดับค่า TBARs ในไข่แดงของไก่ไข่ในแต่ละช่วงการทดลอง (mg/kg yolk)	43
12	ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารไก่ไข่ต่อการสูญเสียน้ำหนักไข่ (เปอร์เซ็นต์) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน	44
13	ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อค่าความถ่วงจำเพาะของไข่ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน	45
14	ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อสีไข่แดง (คะแนน) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน	46
15	ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อความสูงไข่ขาว (มิลลิเมตร) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน	48

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่

หน้า

- | | |
|----|--|
| 16 | ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อค่าออกยูนิตที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน |
|----|--|

49

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตชาดำ	7
2	แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตชาอู่หลง	8
3	แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตชาเขียว	8
4	องค์ประกอบทางเคมีของใบชา	9
5	โครงสร้างของแคทีชินชนิดต่างๆ	11
6	โครงสร้างของแทนนินชนิดต่างๆ	13
7	โครงสร้างของคาเฟอีน	14
8	โครงสร้างสารกลุ่ม galloyl และการเชื่อมต่อของกลุ่ม galloyl ในสารประกอบโพลีฟีนอล	16

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

BHT	=	butylated hydroxytoluene
CTC	=	corticosterone
EC	=	epicatechin
ECG	=	epicatechin gallate
EGC	=	epigallocatechin
EGCG	=	epigallocatechin gallate
HDL	=	high density lipoprotein
HU	=	Haugh unit
IL-8	=	Interleukin-8
LLC-PK-1	=	cultured kidney epithelial cell line
LDL	=	low density lipoprotein
QCD	=	quantum chromodynamics
ROS	=	reactive oxygen species
SOD	=	superoxide dismutase
TBARs	=	thiobarbituric acid reactive substances
TNF- α	=	tumor necrosis factor- α
VEGF	=	vascular endothelial growth factor

การเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารไก่ไข่

Supplementation of Crude Extract Product from *Camellia sinensis* L. Marc in Laying Hen Diet

คำนำ

ปัจจุบันมีการห้ามใช้ยาปฏิชีวนะในระดับเพื่อเร่งการเจริญเติบโตในสัตว์ แต่ขณะเดียวกันอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ยังคงมีความเสี่ยงจากโรคต่างๆที่เกิดกับตัวสัตว์ รวมถึงปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลเสียต่อสุขภาพสัตว์ อาทิ การจัดการที่ไม่เหมาะสมของเกษตรกรผู้เลี้ยง จากการเลี้ยงสัตว์ในสภาพหนาแน่นซึ่งส่งผลให้สัตว์เสี่ยงต่อการเกิดโรค เป็นต้น จึงทำให้มีการวิจัยต่างๆ เพื่อเพิ่มทางเลือกในการส่งเสริมสุขภาพให้แก่สัตว์ ช่วยลดภาวะเสี่ยงต่อการเกิดโรคและช่วยเพิ่มผลผลิตของสัตว์ สมุนไพรและสารสกัดจากสมุนไพรจึงเป็นอีกทางเลือกที่ได้รับความนิยม ทั้งนี้เนื่องจากเป็นสารจากธรรมชาติ และบางชนิดเป็นพืชอาหารที่ช่วยส่งเสริมสุขภาพ อีกทั้งประเทศไทยเป็นแหล่งของทรัพยากรธรรมชาติที่ค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ มีพรรณไม้หลากหลายชนิดที่มีศักยภาพสูงในการป้องกันโรค เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ขับยั้งหรือฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ เร่งการเจริญเติบโต และกระตุ้นภูมิคุ้มกัน จึงมีการนำพืชสมุนไพรหลายชนิดมาทำการศึกษาอย่างกว้างขวาง ชา (*Camellia sinensis* L.) จัดเป็นพืชสมุนไพรอีกชนิดที่ได้รับความสนใจ เนื่องจากมีสารสำคัญหลายชนิด อาทิ คาเฟอีน (caffeine) แทนนิน (tannin) และสารกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenol) เช่น แคทีชิน (catechin) สารเหล่านี้มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ เช่น มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกายซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็ง (Miyazawa, 2000) มีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ (Trompezinski *et al.*, 2003) และมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย โดยเฉพาะแบคทีเรียในช่องปาก (Li and Liu., 1999)

นอกจากนี้ในภาคอุตสาหกรรมที่มีการเลี้ยงสัตว์แบบหนาแน่นเพื่อเพิ่มผลผลิต เช่น ไก่ไข่ โดยมีการเลี้ยงเป็นจำนวนมากในสภาพพื้นที่จำกัด ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสมรรถภาพการให้ผลผลิตของแม่ไก่ เนื่องจากเกิดความเครียดสะสมเป็นระยะเวลานาน เกิดสารอนุมูลอิสระในร่างกายส่งผลเสียต่อสุขภาพของแม่ไก่ รวมไปถึงคุณภาพไข่ การนำชามาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์จึงถือเป็นอีกทางเลือกสำคัญ มีรายงานผลการวิจัยอย่างแพร่หลายระบุว่าชาช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของไข่ให้สูงขึ้น (Uganbayar *et al.*, 2006) เนื่องจากเป็นสารในกลุ่มด้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาออกซิเดชัน อันเกิดจากอนุมูลอิสระในเลือด (เขาวมาลย์, 2551) จึงน่าที่จะนำชามาเสริมในอาหารไก่ไข่เพื่อลดผลกระทบจากการเลี้ยงในสภาพหนาแน่น

นอกจากนี้สารอนุมูลอิสระในไข่สดและไข่เก็บรักษาสามารถเกิดจากหลายปัจจัย อาทิ อุณหภูมิ ความชื้น และแสงแดดในช่วงการเก็บรักษา ปัจจัยเหล่านี้สามารถชักนำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Botsoglou *et al.*, 1997) ซึ่งส่งผลให้คุณภาพไข่ลดลง ดังนั้นการรักษาคุณภาพไข่ไก่ให้มีความสดจากผู้ผลิตจนถึงมือผู้บริโภคจึงถือเป็นสิ่งสำคัญ หากสามารถป้องกันหรือลดการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวลงได้จะส่งผลให้ไข่คงคุณภาพได้นานขึ้น และจากการวิจัยพบว่าสารธรรมชาติ เช่น สารกลุ่มโพลีฟีนอล สามารถต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าสารกันหืนสังเคราะห์ (BHT) ด้วยเหตุนี้การนำผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการทำเครื่องดื่มชาเขียวที่ยังคงมีสารสำคัญในกลุ่มโพลีฟีนอลเหลืออยู่มากมาใช้เป็นสารเสริมในอาหารสัตว์ จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการช่วยลดอนุมูลอิสระ และช่วยลดผลกระทบจากความเครียดของแม่ไก่ไข่ที่ถูกเลี้ยงในสภาพหนาแน่น ซึ่งจะส่งผลดีต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพของไข่ รวมทั้งการคงคุณภาพของไข่ไก่ที่เก็บรักษานานขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการให้ผลผลิตของแม่ไก่ไข่ที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่น
2. เพื่อศึกษาผลของการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่สดและไข่เก็บรักษาในระยะเวลาที่แตกต่างกัน
3. เพื่อศึกษาผลของการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อการต้านอนุมูลอิสระโดยวัดการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) ในรูปของค่า TBARs (thiobarbituric acid reactive substance) ทั้งในชีร์มและไข่แดง
4. เพื่อศึกษาผลของการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อระดับคอเลสเตอรอลในชีร์มและไข่แดง
5. เพื่อศึกษาระดับการใช้ผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาที่เหมาะสมสำหรับไก่ไข่ที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่น

การตรวจเอกสาร

ชา

ชามีแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติทางตะวันออกเฉียงใต้ของจีน เกิดขึ้นไม่น้อยกว่า 2,167 ปีก่อนคริสตกาล ชาเริ่มเป็นที่รู้จักในสมัยจักรพรรดิเสินหนงของจีน (Shen Nung) และเริ่มนิยมนำชามาชงเป็นเครื่องดื่มอย่างแพร่หลายในสมัยราชวงศ์ถังและราชวงศ์ซ้องในช่วง ค.ศ. 618-1260 จากนั้นชาได้ถูกเผยแพร่ และนำไปปลูกในประเทศต่างๆ ในเอเชีย เช่น ประเทศญี่ปุ่น มาเลเซีย สิงคโปร์ อินโดนีเซีย และประเทศไทย ส่วนในทวีปยุโรป อังกฤษเป็นประเทศแรกที่น่าใบชามาใช้ประโยชน์โดยเซอร์โทมัส การ์ราเวย์ เป็นผู้บุกเบิกอุตสาหกรรมชาในประเทศอังกฤษ (สุริย์, 2537)

ประเทศไทยนำเข้าชาเป็นครั้งแรกในสมัยสุโขทัย ในช่วงที่มีการแลกเปลี่ยนวัฒนธรรมกับจีน แต่ไม่ปรากฏหลักฐานแน่ชัดว่านำเข้ามาอย่างไร สำหรับการปลูกชาในประเทศไทยมีแหล่งกำเนิดเดิมอยู่บนภูเขาทางภาคเหนือของประเทศ กระจายอยู่หลายจังหวัดในแถบภาคเหนือ อาทิ เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน แพร่ น่าน ลำปาง และตาก (สุริย์, 2537)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ชามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Camellia sinensis* L. อยู่ในวงศ์ Theaceae ชื่อสามัญคือ ชาจีน (Chinese tea) ชาเขียว (green tea) ชาดำ (black tea) เป็นไม้พุ่มยืนต้นขนาดเล็ก (สันต์, 2535) สูงประมาณ 2-3 เมตร ใบเดี่ยว ขอบใบมีลักษณะหยักคล้ายฟันเลื่อย ใบมีลักษณะหนา เหนียว ด้านบนของใบ ผิวเป็นมันเงา ใต้ใบมีขนอ่อนปกคลุม ใบเป็นรูปไข่หรือรูปหอก เส้นใบชัดเจน ปลายใบแหลม ยาวประมาณ 7-30 เซนติเมตร กว้าง 6-12 เซนติเมตร (ไพโรจน์, 2532)

ดอกของต้นชาออกตามซอกใบ ตรงระหว่างลำต้นกับก้านใบ มีทั้งดอกเดี่ยวและดอกช่อ เป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีทั้งเกสรตัวผู้และตัวเมีย เกสรตัวผู้มีสีเหลือง ก้านเกสรตัวผู้ยาวประมาณ 8-10 มิลลิเมตร ก้านชูเกสรตัวเมียสั้น ดอกขามีสีขาว ลักษณะโค้งเว้าแบบรูปไข่คว่ำ (obovate) กลีบเลี้ยงมีประมาณ 5-6 กลีบ มีกลิ่นหอมเล็กน้อย ดอกตูมมีลักษณะกลม กลีบดอกมี 5 กลีบ เส้นผ่าศูนย์กลางของดอกประมาณ 6-7 เซนติเมตร (ไพโรจน์, 2532)

ผลชาเป็นแคปซูล (capsule) ภายในมี 1-3 เมล็ด เปลือกหนาสีน้ำตาลอมเขียว เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5-2.0 เซนติเมตร มีใบเลี้ยง 2 ใบ ลักษณะอวบ หนา และมีน้ำมันมาก ระยะเวลาจากเริ่มติดผลจนถึงผลแก่ใช้เวลาประมาณ 9-12 เดือน เมื่อผลแก่เต็มที่จะแตกทำให้เมล็ด หล่นลงดิน เมล็ดมีรูปร่างกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.8-1.6 เซนติเมตร พนักเมล็ดแข็ง หนา เชื่อมติดกับเปลือกหุ้มเมล็ดซึ่งมีลักษณะบางเหนียว เมล็ดสามารถงอกได้ใน 2-3 อาทิตย์ ต้น อ่อนตั้งตรง ในผล 1 กิโลกรัม มีเมล็ดชาประมาณ 400-600 เมล็ด (ไพโรจน์, 2532) รากเป็นรากแก้ว หยั่งลึก 1.5-3 เมตร ส่วนต้นที่ปลูกจากกิ่งปักชำมีรากเป็นรากฝอย (สันต์, 2535)

ชาเป็นพืชที่นิยมปลูกในดินร่วนมีการระบายน้ำได้ดี หน้าที่ดินมีอินทรีย์วัตถุสูง มีธาตุ ในโตรเจนมาก ส่วนใหญ่ปลูกในพื้นที่สูงตั้งแต่ 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล (Willson, 1999) ใน สภาพอากาศเย็นผลผลิตใบชาที่ได้จะมีคุณภาพสูงและรสชาติดี แต่ปริมาณผลผลิตที่ได้จะต่ำ ส่วน การปลูกชาในพื้นที่ต่ำและอากาศค่อนข้างร้อนจะให้ผลผลิตสูงแต่คุณภาพต่ำ ปกตินิยมปลูกชา ในดินที่เป็นกรดเล็กน้อย มี pH 4.5-6.0 (ไพโรจน์, 2532) และควรปลูกชาในพื้นที่ที่มีฝนตก สม่าเสมอตลอดปี ปริมาณน้ำฝนอย่างต่ำควรอยู่ในช่วง 40-50 นิ้วต่อปี หรือ 1,140-1,270 มิลลิเมตรต่อปี เพราะถ้าขาดน้ำจะทำให้ต้นชาชะงักการเจริญเติบโต ไม่แตกยอด ทำให้ผลผลิตลดลง ชาเป็นพืชที่เจริญเติบโตดีในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส (กานดา และคณะ, 2523)

สายพันธุ์ชาที่นิยมปลูกในทวีปเอเชียมีอยู่ 3 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มพันธุ์ชาจีน (*Camellia sinensis* var. *sinensis*) ชาพันธุ์นี้ปลูกมากในประเทศจีน เช่น สายพันธุ์ชิงชิงอุหลง ชิงจิงต้าฟง เตไกวอิน ฯลฯ โดยแต่ละสายพันธุ์นิยมปลูกแตกต่างกันไปในแต่ละท้องที่ ลักษณะลำต้นเป็นพุ่มเตี้ย ผิวลำต้นเรียบ สูงประมาณ 2-3 เมตร ใบมีสีเขียวเข้ม ขนาดเล็ก ใบยาวและแคบ ขนาดใบยาวประมาณ 3.8-6.4 เซนติเมตร ตั้งตรง ขอบใบหยักคล้ายฟันเลื่อย เส้นใบ มองเห็นไม่ชัดเจน มีดอกประมาณ 2-7 ดอก เมล็ดมีลักษณะกลม มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10-14 มิลลิเมตร ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำและสภาพแวดล้อมที่ผันแปรได้ดี แต่ให้ผลผลิตต่ำเมื่อเทียบกับ กลุ่มพันธุ์ชาอัสสัม (พิทักษ์, 2538)

2. กลุ่มพันธุ์ชาอัสสัม (*Camellia sinensis* var. *assamica*) เป็นสายพันธุ์ชาพื้นเมืองที่พบใน ประเทศไทยมีชื่อไทยว่า เมี่ยง หรืออาจเรียกว่า ชาอัสสัม (Assam tea) ชาในกลุ่มนี้มีลักษณะเป็นไม้ ขนาดใหญ่ ใบเป็นใบเดี่ยว ปลายใบแหลม การเรียงตัวของใบบนกิ่งเป็นแบบสลับและเวียน (spiral) ใบมีความกว้างประมาณ 3.5-6 เซนติเมตร ยาวประมาณ 8-14 เซนติเมตร ขอบใบหยักมีลักษณะเป็น

พันธุ์ฝ้ายเด่นชัด และมีขนาดใบใหญ่กว่าชาในกลุ่มชาจีนอย่างเด่นชัด มีลำต้นเดี่ยว สูงประมาณ 6-18 เมตร เจริญเติบโตเร็ว ทนแล้ง ดอกออกเป็นช่อ ช่อละ 2-4 ดอก เมื่อดอกบานเต็มที่จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3.65 เซนติเมตร ผลมีลักษณะเป็นแคปซูล ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-4 เซนติเมตร เมล็ดมีลักษณะกลม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 11-12 มิลลิเมตร (พิทักษ์, 2538)

ชาอัสสัมสามารถแบ่งออกเป็นพันธุ์ย่อยได้ 5 สายพันธุ์ (จิตรรา, 2536) ดังนี้

พันธุ์อัสสัมใบจาง (light leaved Assam jat) ต้นมีขนาดเล็ก ยอดและใบมีสีเขียวอ่อน ลักษณะใบเป็นมันวาว ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย เป็นพันธุ์ที่อ่อนแอ ให้ผลผลิตต่ำและคุณภาพไม่ดี เมื่อนำมาทำชาจีนจะมีสีน้ำตาล

พันธุ์อัสสัมใบเข้ม (dark leaved Assam jat) ยอดและใบมีสีเขียวเข้ม ใบนุ่มเป็นมัน มีขนปกคลุม ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี เมื่อนำมาทำชาจีน จะมีสีดำ

พันธุ์มานิปูรี (Manipuri jat) เป็นพันธุ์ที่แข็งแรง ให้ผลผลิตสูง ใบมีสีเขียวเข้มเป็นประกาย ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย ทนแล้งได้ดี

พันธุ์พม่า (Burma jat) ใบมีสีเขียวเข้ม ใบแก่มีสีเขียวแกมน้ำเงิน ใบกว้าง แผ่นใบเป็นรูปไข่ ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย ทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี

พันธุ์ลูไช (Lushai jat) ขอบใบหยักลึก ปลายใบเห็นได้ชัด

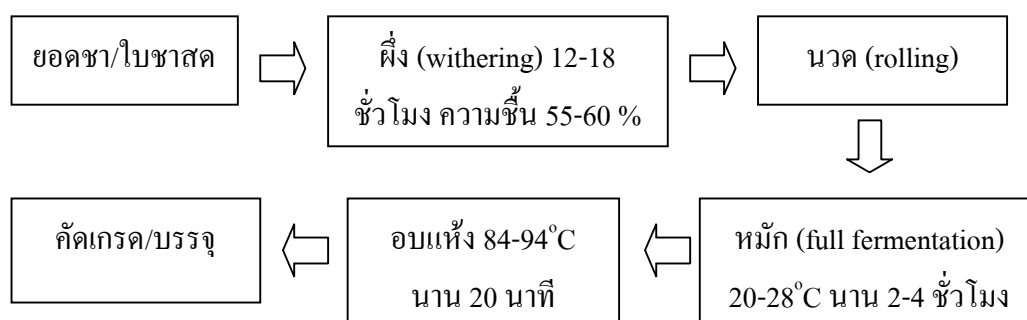
3. กลุ่มพันธุ์ชาเขมร (*Camellia sinensis* var. *indo-china*) ชาในกลุ่มนี้มีลักษณะเป็นไม้พุ่ม ลำต้นเดี่ยว ขนาดใหญ่ สูงประมาณ 5 เมตร กิ่งที่มีอายุน้อยจะมีสีเขียวอมแดง มีขนปกคลุมมาก เมื่อมีอายุมากจะเปลี่ยนเป็นสีเทา ใบมีลักษณะเป็นใบเดี่ยว ปลายใบแหลม ขนาดใบใกล้เคียงกับชาในกลุ่มชาจีน ผิวใบแข็งเป็นมัน ใบค่อนข้างยาว ในฤดูแล้งใบจะมีสีแดงเรื่อๆ แผ่นใบมีตั้งแต่สีเขียวอมแดงถึงสีเขียวเข้มแต่ยังคงมีสีอมแดง แผ่นใบจะมีลักษณะห่อเป็นรูปตัววี (V shape) ยอดอ่อนมีรสฝาดจัด เนื่องจากมีแทนนินสูง ทนแล้งได้ดี ขอบใบมีลักษณะหยักเป็นฟันเลื่อยเด่นชัดกว่าชาในกลุ่มพันธุ์ชาอัสสัม ใบมีความกว้างประมาณ 3-5.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 7.5 เซนติเมตร ก้านใบมีสีแดงอมเขียว ความยาวของก้านใบใกล้เคียงกับชาจีน ก้านใบและท้องใบมีขนปกคลุม โดยเฉพาะ

ในช่วงฤดูร้อนก้านจะมีสีแดงเด่นชัดขึ้น ดอกเมื่อบานเต็มที่จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3.5-4 เซนติเมตร เมล็ดมีลักษณะกลม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 11-12 มิลลิเมตร ผิวของเมล็ดเรียบ แข็ง มีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลอมแดง (พิทักษ์, 2538)

ชนิดของชาตามกรรมวิธีการผลิต

ผงชาที่นิยมนำมาบริโภคชนิดต่างๆ ได้มาจากใบของพืชชนิดเดียวกัน แต่นิยมเรียกแตกต่างกันไปตามกรรมวิธีการผลิต หรือการหมักใบชา โดยแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ คือ ชาดำ ชาอู่หลง และชาเขียว (พนม, 2550)

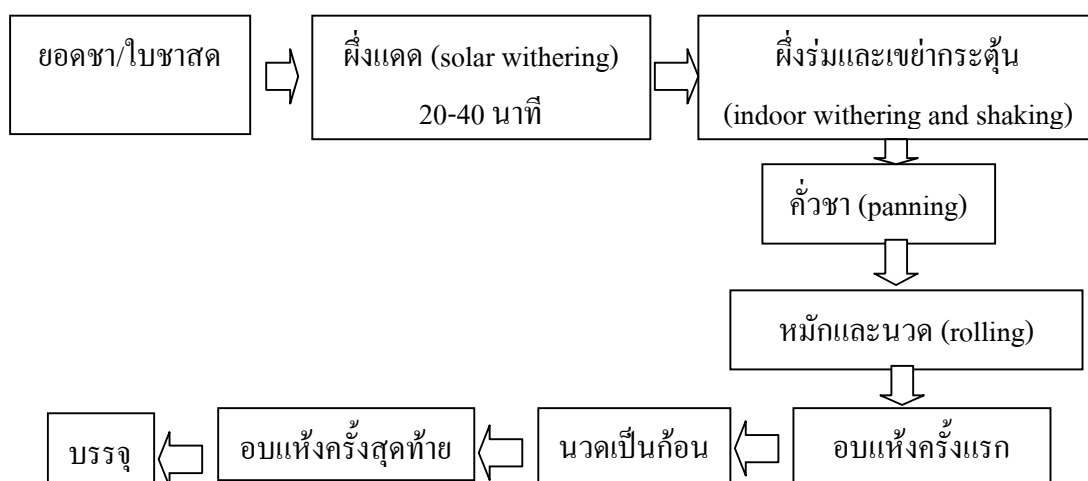
1. ชาดำ (black tea) เป็นชาที่มีการหมักอย่างสมบูรณ์เป็นเวลานาน โดยการนำใบชามาทำให้แห้งด้วยการผึ่งเพื่อรีดน้ำที่หล่อเลี้ยงใบชาออก ทำให้ใบชาเหี่ยวและอ่อนลีบ จากนั้นผ่านกระบวนการผลิตดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตชาดำ

ที่มา: พนม (2550)

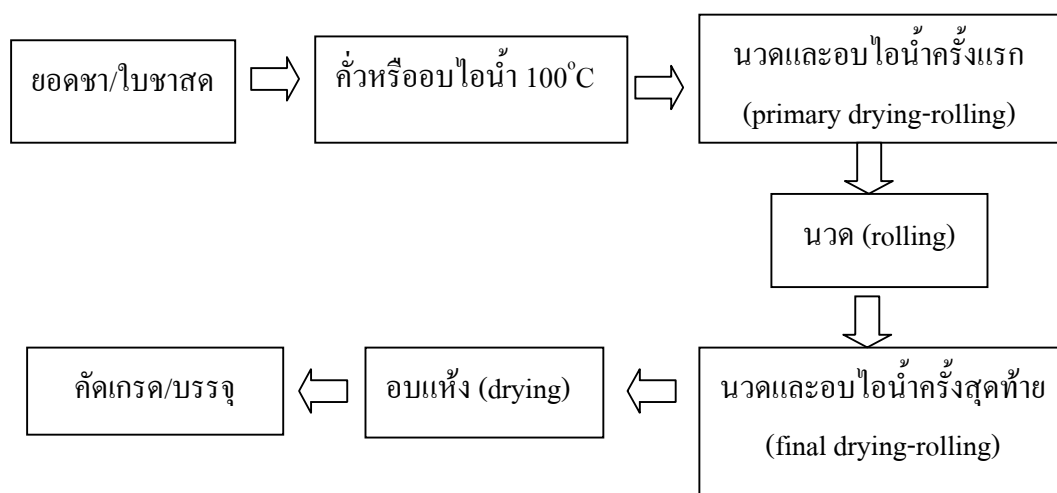
2. ชาอู่หลง (oolong) เริ่มผลิตครั้งแรกในภาคตะวันออกของประเทศไทย และทางภาคเหนือของไต้หวัน เป็นชากึ่งหมัก ผ่านกรรมวิธีการผลิตด้วยการหมักกระยะสั้น จึงทำให้มีรสชาติและคุณภาพดีปานกลาง อยู่ระหว่างชาดำและชาเขียว กระบวนการผลิตชาอู่หลงเริ่มจากนำใบชามาผึ่งแดดเพื่อทำให้แห้งลีบ หลังจากนั้นจึงนำไปปิ้ง หมักและนวดด้วยระยะเวลาสั้นๆ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตชาอู่หลง

ที่มา: พนม (2550)

3. ชาเขียว (green tea) เป็นชาที่ไม่ผ่านกระบวนการหมักเลย โดยนำใบชามาทำให้แห้งอย่างรวดเร็ว ด้วยวิธีการดังแสดงในภาพที่ 3 ทำให้ใบชายังคงมีสีเขียว จากกระบวนการผลิตที่ง่ายและน้อยขั้นตอน ทำให้ชาเขียวยังคงมีสารซึ่งเรียกว่า สารเคมีจากพืช (phytochemicals) ที่มีประโยชน์หลงเหลืออยู่มากกว่าชาชนิดอื่นๆ

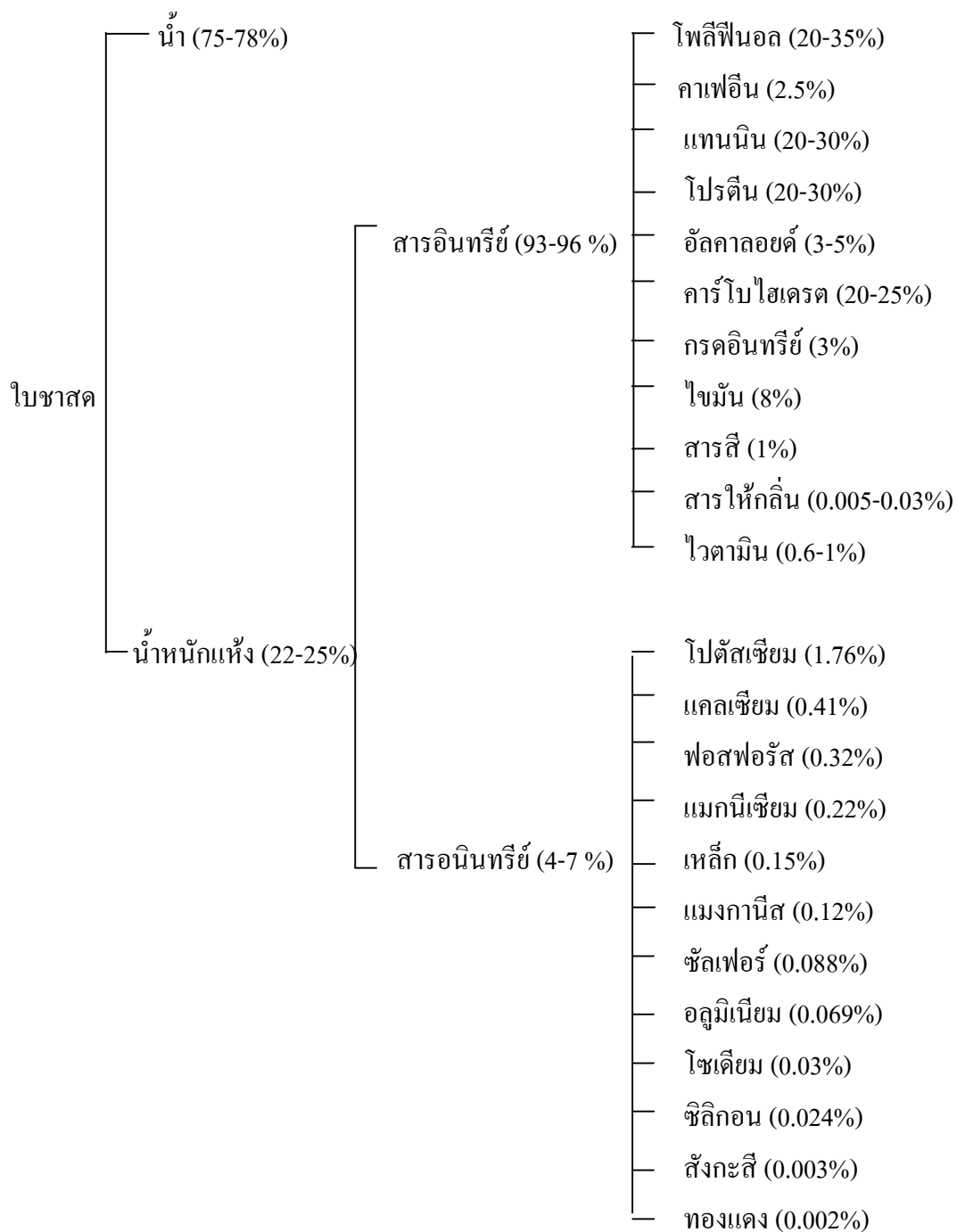


ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตชาเขียว

ที่มา: พนม (2550)

องค์ประกอบทางเคมีของใบชา

ใบชามีองค์ประกอบทางเคมีหลายชนิด เช่น ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน รวมทั้งสารสำคัญต่างๆ ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น โพลีฟีนอล แทนนิน เป็นต้น ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของใบชา

ที่มา: Willson and Clifford (1992)

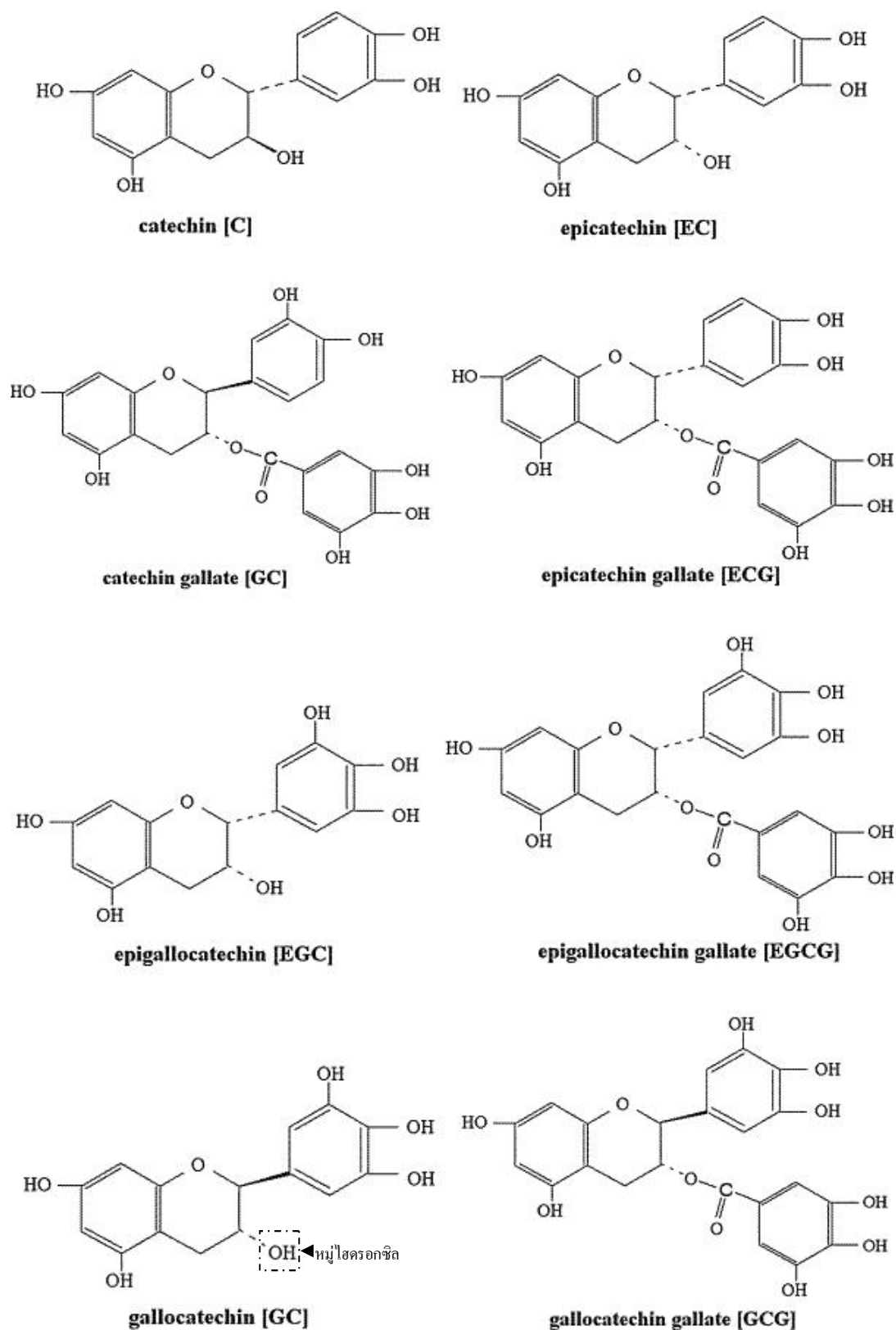
ชาที่มีสารสำคัญหลักอยู่ 3 กลุ่ม ดังนี้

โพลีฟีนอล (polyphenol)

เป็นสารสำคัญกลุ่มใหญ่ที่พบในใบชา ให้รสขมฝาด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Harbowy and Balentine, 1997) ป้องกันโรคหัวใจและโรคมะเร็ง ป้องกันการติดเชื้อจากแบคทีเรียและลดการอักเสบ (Miura *et al.*, 2001) โดยพบประมาณ 10-30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักใบชาแห้ง (Pan *et al.*, 2003) แตกต่างกันตามชนิดของสายพันธุ์ พื้นที่เพาะปลูก และฤดูกาลปลูก (ศักดิ์, 2543) สารโพลีฟีนอลที่พบมากในใบชาเป็นสารกลุ่มฟลาโวนอล (flavonols) ซึ่งพบประมาณ 60-80 เปอร์เซ็นต์จากสารโพลีฟีนอลทั้งหมดในใบชา หรือคิดเป็น 18-32 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักใบชาสด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Chopra and David, 2000) เรียกสารกลุ่มฟลาโวนอลที่พบในชานี้ว่า สารแคทีชิน (Chen and Ho, 1995)

สารแคทีชิน (catechins) ในชาเขียวมีแคทีชิน ประมาณ 8-15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักใบชาแห้ง (Goto *et al.*, 1996) ขณะที่ชาดำมีแคทีชิน ประมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักใบชาแห้ง (Sanderson, 1972) ละลายน้ำได้ มีรสขมฝาด สี กลิ่น และรสของชาขึ้นอยู่กับปริมาณแคทีชินในชา (Balentine *et al.*, 1997) ฤดูกาลเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวมีผลต่อระดับของแคทีชินในใบชา ชาในฤดูใบไม้ผลิจะมีแคทีชินประมาณ 12-13 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ชาในฤดูร้อนมีแคทีชินประมาณ 13-14 เปอร์เซ็นต์ ใบชาอ่อนมีแคทีชินมากกว่าใบชาแก่ (Wang *et al.*, 2000) และพบปริมาณมากตรงส่วนยอดของใบชา (Chen *et al.*, 2003) คุณสมบัติเด่นของแคทีชินคือ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง โดยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าวิตามินซีและอี 100 เท่า (Varilek *et al.*, 2001) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง epigallocatechin gallate (EGCG) ซึ่งพบได้ในปริมาณสูง และพบเฉพาะในใบชาเท่านั้น (Ninomiya *et al.*, 1997) จึงเป็นสารสำคัญหลักในใบชาที่นิยมใช้ประโยชน์ทางด้านการแพทย์และเภสัชกรรม (พนม, 2550)

แคทีชินแต่ละชนิดในใบชาอาจมีจำนวนของวงแหวนเบนซีน และหมู่ไฮดรอกซิลที่แตกต่างกัน (Wang *et al.*, 2000) หรือมีการจัดเรียงของโครงสร้างทางเคมีที่ต่างกัน (Gramza and Korczak, 2005) ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือกลุ่มที่พบปริมาณมาก (major catechins) และกลุ่มที่พบในปริมาณน้อย (minor catechins) (พนม, 2550) ดังแสดงในตารางที่ 1



ภาพที่ 5 โครงสร้างของแคทีชินชนิดต่างๆ

ที่มา: Gramza and Korczak (2005)

ตารางที่ 1 ชนิดของแคทีชินที่พบในใบชา

Major catechins	Specific name
EGCG	Epigallocatechin 3-gallate
EGC	Epigallocatechin
ECG	Epicatechin 3-gallate
EC	Epicatechin
GC	Gallocatechin
C	Catechin
Miner catechins	
CG	Catechin gallate
GCG	Gallocatechin gallate

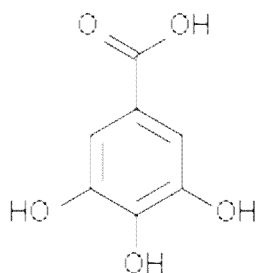
ที่มา: พนม (2550)

แทนนิน (tea tannin)

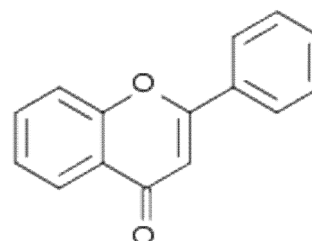
เป็นสารประกอบจำพวกฟีนอลที่ละลายน้ำ (water-soluble phenolic compounds) ในโครงสร้างมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นจำนวนมาก น้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 500–3,000 จึงเป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่และโครงสร้างซับซ้อน มีสถานะเป็นกรดอ่อนๆ เป็นสารให้ความฝาดในพืช พบได้ในพืชหลายชนิด อาทิ ชา (Brune *et al.*, 1989) แทนนิน มี 2 ชนิด คือ คอนเดนส์แทนนิน (condensed tannins) หรือเรียกอีกอย่างว่า โปรแอนโทโรไซยานิน (proanthocyanin) พบได้ในส่วนเปลือกต้นและแก่นไม้เป็นส่วนใหญ่ และสารไฮโดรไลซ์แทนนิน (hydrolysable tannins) พบมากในส่วนใบและฝักของพืช (Smith and Swain, 1962) ดังแสดงในภาพที่ 6

นอกจากนี้สารกลุ่มนี้ยังสามารถแสดงคุณสมบัติของการเกิดปฏิกิริยาที่เฉพาะเจาะจงของฟีนอลได้ เช่น สามารถตกตะกอนกับโปรตีนต่างๆ อัลคาลอยด์ รวมทั้งสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น เซลลูโลสและเพคตินได้ พบแทนนินในใบชาประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (Scalbert, 1991) เป็นสารที่มีรสขมและฝาด มีฤทธิ์สมาน ใช้บรรเทาอาการท้องเสียหรือท้องเดิน (antidiarrheals) ซึ่งเกิดจากเนื้อเยื่อที่ผนังลำไส้ใหญ่มีการระคายเคืองจากเชื้อโรค สารเคมี หรืออาหารบางชนิด ทำให้ลำไส้ใหญ่บีบตัวมากกว่าปกติ สารแทนนินที่มีอยู่ในชาเมื่อสัมผัสกับผนัง

ลำไ้ จะรวมกับโปรตีนที่ผิวเนื้อเยื่อแล้วตกตะกอนเคลือบเนื้อเยื่อไว้ ทำให้ลดการระคายเคืองและการบีบตัวของลำไ้ นอกจากนี้แทนนินยังสามารถจับกับโปรตีนที่ผนังเซลล์ของเชื้อรา แบคทีเรียไวรัส หรือทำให้เชื้อโรคเหล่านี้ไม่สามารถทำอันตรายกับร่างกายได้ (Jean, 1995)



hydrolyzable tannins



condensed tannins

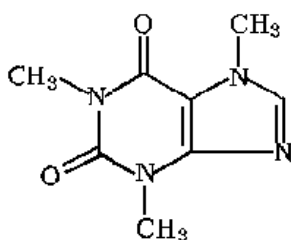
ภาพที่ 6 โครงสร้างของแทนนินชนิดต่างๆ

ที่มา: Smith and Swain (1962)

คาเฟอีน (caffeine)

ใบชาามีสารสำคัญอีกชนิดหนึ่งคือ คาเฟอีน (caffeine) หรืออาจเรียกชื่ออื่นว่า โคเฟอีน (coffeine) หรือเมทิลทีโอโบรมีน (methyltheobromine) มีสูตรโมเลกุล $C_8H_{10}N_4O_2$ และมีโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 7 น้ำหนักโมเลกุล 194.19 มีจุดเดือด 178 องศาเซลเซียส คาเฟอีนเป็นผงผลึกสะท้อนแสง สีขาว ละลายน้ำ ไม่มีกลิ่น รสขมเล็กน้อย พบคาเฟอีนในใบชาประมาณ 1.4-3.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (Das, 1962)

คาเฟอีนช่วยกระตุ้นสมองให้ตื่นตัว เนื่องจากมีฤทธิ์กระตุ้นประสาท นอกจากนี้ยังเพิ่มการเผาผลาญอาหารโดยเพิ่มการใช้คาร์โบไฮเดรตในร่างกาย ลดน้ำตาลและกรดไขมันในเลือด รวมทั้งลดปริมาณไกลโคเจน (glycogen) ในตับ เพิ่มการทำงานของหัวใจและไต อย่างไรก็ตามหากได้รับคาเฟอีนมากเกินไป อาจทำให้อ่อนไม่หลับ ใจสั่น (Das, 1962)



ภาพที่ 7 โครงสร้างของคาเฟอีน

ที่มา: Wikipedia (2007)

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของชา

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (free radical) สามารถเกิดขึ้นได้จากการที่สารต่างๆ อาทิ กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว เกิดการสูญเสียอิเล็กตรอนให้กับสารตัวกลางออกซิเจนที่มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาสูงได้ อนุมูลเปอร์ออกไซด์ ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของกรดไขมันอื่นได้อีก ได้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogenperoxide) และจะเกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไป โดยอิเล็กตรอนเดี่ยวที่อยู่ในโครงสร้างของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เกิดการจัดเรียงตัวใหม่ ทำให้เกิดการแตกสลายของโมเลกุลได้เป็นสารประกอบมาโลนไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde) และสารประกอบลิพิดเปอร์ออกไซด์ (lipid peroxide) ที่เล็ดลง เมื่อมีอนุมูลอิสระมากขึ้นจะทำปฏิกิริยากันเองและส่งผลในที่สุด (บุญล้อม, 2546) สารอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายโดยจะไปทำลายผนังเซลล์ ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นฟอสโฟลิปิด เกิดปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) ขึ้น ทำให้เซลล์เสื่อม สูญเสียการทำงานที่ตามปกติไป (พนม, 2550)

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) เป็นสารที่มีคุณสมบัติต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดจากอนุมูลอิสระ ทำหน้าที่ดูดซับอิเล็กตรอนเดี่ยวจากสารอนุมูลอิสระไว้ ทำให้อนุมูลอิสระไม่เกิดการออกซิไดซ์ต่อไป และหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการทำลายสารชีวโมเลกุลต่าง ๆ ในร่างกาย อาทิ โปรตีน ไขมัน และ ดีเอ็นเอ อนุมูลอิสระมีผลทำให้การทำงานของเซลล์ผิดปกติ เซลล์ตาย และอาจนำไปสู่การสร้างยีนที่ผิดปกติจนเกิดเป็นเซลล์มะเร็ง (Pietta, 2000) สารต้านอนุมูลอิสระที่พบตามธรรมชาติมีหลายชนิด เช่น คาโรทีนอยด์ (carotenoids) วิตามินอี วิตามินซี เควอร์ซีทิน (quercetin) และ โพลีฟีนอลซึ่งพบมากในใบชา (Wayne *et al.*, 1998)

ชาวมีสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง จากการศึกษาของ Yokozawa *et al.* (2000) พบว่าสารกลุ่มโพลีฟีนอลจากใบชาที่ความเข้มข้น 25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ออกฤทธิ์จับกับอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบในเซลล์เพาะเลี้ยง LLC-PK-1 (เซลล์ไตของสุกร) สอดคล้อง Kuwabara *et al.* (2001) ที่พบว่าสารแคทีชินในใบชาซึ่งเป็นสารในกลุ่มโพลีฟีนอลออกฤทธิ์จับกับอนุมูลอิสระที่ pH เท่ากับ 6 และฤทธิ์ยังคงอยู่แม้ว่าจะให้ความร้อนแก่สารสกัดที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ Sabu *et al.* (2002) พบว่าการให้โพลีฟีนอลขนาด 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวทุกวัน แก่หนูที่เป็นเบาหวาน เป็นเวลา 18 วัน มีผลเพิ่มระดับเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (superoxide dismutase) และกลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ร่างกายสร้างขึ้นเพื่อกำจัดอนุมูลอิสระ และมีผลลดปฏิกิริยาอะลดีไฮด์เปอร์ออกซิเดชันในตับหนู โดย EGCG และ EC ในชามีผลยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาอะลดีไฮด์เปอร์ออกซิเดชัน (Salah *et al.*, 1995)

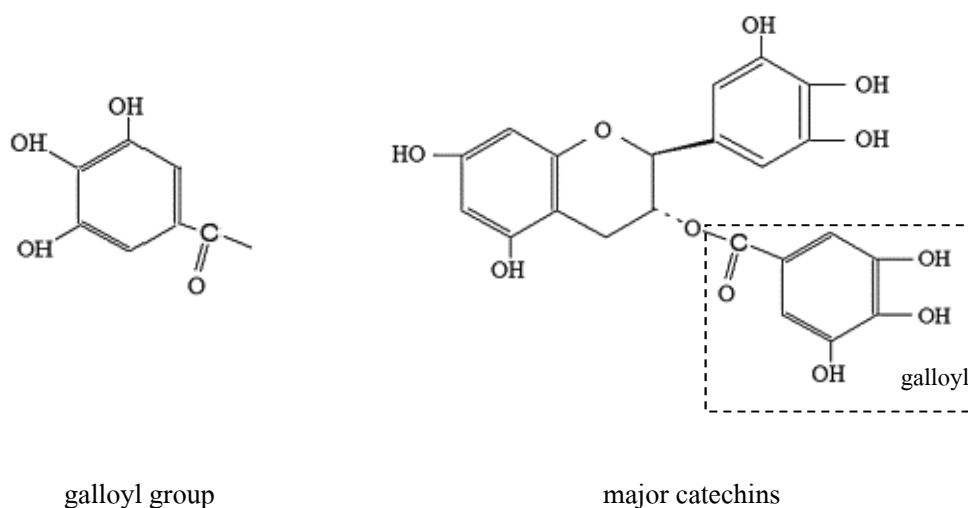
ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย

ชามีฤทธิ์ยับยั้งและทำลายเชื้อ *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* (Toda *et al.*, 1989) *Salmonella typhi*, *Salmonella typhimurium* (Ryu *et al.*, 1982) *Salmonella enteritidis* และ *Streptococcus mutans* (Kawamura and Takeo, 1989) รวมทั้งแบคทีเรียทั้งกลุ่ม *Salmonella* spp., *Shigella* spp. และ *Vibrio cholerae* (Hamilton and Miller, 1995) โดยสารโพลีฟีนอลในชาทำให้โปรตีนของเชื้อแบคทีเรียนั้นแข็งตัว (solidifying) เสียสภาพไม่สามารถทำงานได้ และถูกเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายทำลายในที่สุด (Ryu *et al.*, 1982) สอดคล้องกับการทดลองของ Toda *et al.* (1991) ที่พบว่าเมื่อนิยดสารสกัดชาขนาด 0.5 มิลลิลิตร ให้กับกระต่าย มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *Vibrio cholerae* ได้ เนื่องจากช่วยลดอันตรายของเซลล์สัตว์จากสารพิษที่สร้างโดยเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค (Sugita *et al.*, 1999) สอดคล้องกับ Rasheed and Haider (1998) ที่พบว่าสารสกัดจากชาเขียวมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* โดยแคทีชินชนิด EGCG และ GCG ในชาเขียวจะยับยั้งการปล่อยสารพิษออกมานอกเซลล์ (nuclease urocytotoxin) ของ *Escherichia coli* ได้ จึงไม่เป็นอันตรายต่อเซลล์ของสัตว์

นอกจากนี้สารโพลีฟีนอลที่สกัดจากชาสามารถช่วยเพิ่มปริมาณแบคทีเรียกลุ่มที่มีประโยชน์ เช่น *Bifidobacterium* spp. และ *Lactobacillus* spp. ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่อาศัยอยู่บริเวณลำไส้ใหญ่ของสัตว์ (Ishihara and Chu, 2001) สอดคล้องกับ Hara *et al.* (1995) ที่พบว่าเมื่อเลี้ยงสุกรด้วยอาหารซึ่งเสริมด้วยโพลีฟีนอลจากชา 0.2 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร ทำให้ปริมาณ *Lactobacillus* spp. ในลำไส้ใหญ่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในวันที่ 7 และ 14 อีกทั้งสามารถช่วยลด

สารประกอบกลุ่มแอมโมเนีย ฟีนอล และซัลไฟด์ในมูล ทำให้กลิ่นเหม็นลดลง ขณะที่สามารถช่วยให้กรดไขมันสายสั้นที่มีประโยชน์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การทดสอบการยับยั้งเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคในปศุสัตว์ของชา พบว่ามีฤทธิ์ยับยั้งปานกลาง และในวงกว้างต่อ *Staphylococcus* spp. 7 สายพันธุ์ *Streptococcus* spp. 7 สายพันธุ์ *Escherichia coli* 19 สายพันธุ์ และ *Salmonella* spp. 26 สายพันธุ์ คาดว่าสารกลุ่ม galloyl (ภาพที่ 8) ซึ่งเชื่อมต่อเป็นเอสเทอร์กับสารประกอบโพลีฟีนอลในชา เป็นส่วนสำคัญหลักที่มีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (Gramza and Korczak, 2005) และทำให้สมดุลของเชื้อจุลินทรีย์ประจำถิ่นดีขึ้น ส่งผลให้ลดการถ่ายเหลวในลูกสัตว์ ทำให้อัตราการตายลดลง (Ishihara and Chu, 2001)



ภาพที่ 8 โครงสร้างสารกลุ่ม galloyl และการเชื่อมต่อของกลุ่ม galloyl ในสารประกอบโพลีฟีนอล
ที่มา: Gramza and Korczak (2005)

ฤทธิ์ด้านการอักเสบ

การอักเสบเป็นกลไกของร่างกายที่เกิดขึ้นในบริเวณเนื้อเยื่อที่เกิดบาดแผลและเนื้อเยื่อที่มีสิ่งแปลกปลอมเข้ามารุกราน เป็นจุดเริ่มต้นในการตอบสนองของภูมิคุ้มกัน ร่างกายจะมีกลไกการเคลื่อนที่ของเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันไปยังบริเวณนั้นๆ เช่น เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดต่างๆ แอนติบอดี (antibody) และคอมพลีเมนต์ (complement) เป็นต้น ในขณะเดียวกันจะมีการหลั่งสารไซโตไคน์ (cytokine) หลายชนิด เช่น tumor necrosis factor- α (TNF- α) และ interleukin-1 (IL-1) เป็นต้น เพื่อเรียกเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันให้มากำจัดสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามารุกราน นอกจากนี้ยังมี

การหลั่งสารอื่นๆ อาทิ ฮิสตามีน (histamine) พรอสตาแกลนดิน (prostaglandin) ซึ่งจะไปทำให้หลอดเลือดที่อยู่ข้างเคียงมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นและผนังบางลง เพื่อทำให้เลือดไหลมาบริเวณนั้นมากขึ้น เม็ดเลือดขาว และสารที่ทำให้เลือดแข็งตัวจะเคลื่อนที่มายังบริเวณบาดแผลได้มากและเร็วขึ้น ทำให้เกิดอาการอักเสบคือ แดง (redness) ร้อน (heat) บวม (swelling) และเจ็บปวด (pain) (Tizard, 2004)

Ueda and Yamazaki (1997) พบว่า การให้หนูขาวเพศผู้ที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดการอักเสบ กินสารโพลีฟีนอลที่สกัดจากน้ำชา ส่งผลลดการอักเสบแบบเฉียบพลันที่ใบหูหนูถีบจักร โดยจะออกฤทธิ์ยับยั้ง TNF- α ซึ่งเป็นไซโตไคน์ที่มีผลกระตุ้นกลไกการอักเสบ สอดคล้องกับ Katiyar *et al.* (1992) พบว่า เมื่อทาสารสกัดสารโพลีฟีนอลจากน้ำชาขนาด 6 มิลลิกรัมต่อตัว บนผิวหนังหนูถีบจักรที่ถูกทำให้อักเสบ สามารถออกฤทธิ์ช่วยลดอาการบวมและการอักเสบบริเวณผิวหนังของหนูถีบจักรได้

นอกจากนี้สารโพลีฟีนอลจากชายังช่วยลดการผลิตไซโตไคน์ชนิด interleukin-8 ที่ถูกกระตุ้นด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ในเซลล์ของปอด และยับยั้งเอนไซม์โปรตีนไคเนส (protein kinase) ที่มีผลต่อการสร้าง interleukin-8 (Matsuoka *et al.*, 2002) นอกจากนี้สาร EGCG ในชาสามารถลดการแสดงลักษณะยีนที่กระตุ้นการสร้าง interleukin-8 ซึ่งเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการเกิดการอักเสบ และยับยั้ง TNF- α ได้ (Chen *et al.*, 2003) Trompezinski *et al.* (2003) พบว่า EGCG ในสารสกัดจากชาเขียว ช่วยลดการอักเสบของผิวหนัง โดยยับยั้งการแบ่งตัวของ keratinocyte ปกติของคนที่ถูกกระตุ้นด้วย tumor necrosis factor- α (TNF- α) โดยไม่ทำให้เกิดการเสื่อมของเซลล์ ลดการหลั่ง vascular endothelial growth factor (VEGF) และยับยั้งการหลั่ง IL-8 ด้วย

ฤทธิ์ลดคอเลสเตอรอลและไขมันในเลือด

คอเลสเตอรอลเป็นสารที่พบเฉพาะในสัตว์ แต่ไม่พบในพืช มีสูตรโมเลกุลคือ $C_{27}H_{46}OH$ เป็นสารตั้งต้นที่สำคัญในการผลิตสารประกอบต่างๆ ในร่างกาย อาทิเช่น วิตามินดี ฮอร์โมนเพศ ฮอร์โมนจากต่อมหมวกไต และกรดน้ำดี เป็นต้น ซึ่งมีความสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมันในร่างกาย นอกจากนั้นยังเป็นองค์ประกอบของไลโปโปรตีนชนิดต่าง ๆ ดังนั้นคอเลสเตอรอลจึงเป็นสารที่จำเป็นและมีประโยชน์ต่อร่างกาย คอเลสเตอรอลที่อยู่ในเนื้อเยื่อทั่วไปหรือในเลือดอาจอยู่ในรูปอิสระ (free cholesterol) หรืออยู่ในรูปเอสเทอร์ (cholesteryl ester) โดยอาจจับกับกรดไขมันสายยาว (บุญล้อม, 2546) คอเลสเตอรอลสามารถแยกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ คอเลสเตอรอลที่มีความหนาแน่นต่ำ (low density lipoprotein; LDL) ถ้ามีคอเลสเตอรอลกลุ่ม LDL ไหลเวียนในกระแสเลือดมากเกินไปจะทำให้เกิดการตกตะกอนที่ผนังหลอดเลือด และทำให้เสี่ยง

ต่อการเกิดโรคหัวใจขาดเลือดเพิ่มขึ้น กลุ่มที่ 2 คือ คอเลสเตอรอลที่มีความหนาแน่นสูง (high density lipoprotein; HDL) ทำหน้าที่พาไขมันในกระแสเลือดออกไปยังตับเพื่อขับออกจากร่างกาย ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดอุดตัน (Steninberg *et al.*, 1989)

สารแคทีชินซึ่งพบในชาจะช่วยยับยั้งการออกซิไดซ์ของแอลดีแอลคอเลสเตอรอล (LDL-cholesterol) ได้ โดยช่วยจับกับอนุมูลอิสระที่กระตุ้นการออกซิไดซ์หลายชนิด เช่น superoxide anions, single oxygen และ lipid peroxy radicals ทั้งนี้เนื่องจากออกซิไดซ์แอลดีแอลคอเลสเตอรอล (oxidised LDL-cholesterol) เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง (atherosclerosis) ทำให้ผนังหลอดเลือดเปราะแตก และทำให้เกิดลิ่มเลือดอุดตันในหลอดเลือดหัวใจ ดังนั้นการยับยั้งการเกิดออกซิไดซ์แอลดีแอลคอเลสเตอรอลย่อมเป็นผลดีในการชะลอการเกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็งตัว และลดการเกิดภาวะหลอดเลือดอุดตันเฉียบพลันจากลิ่มเลือด นอกจากนี้ EGCG ในกลุ่มแคทีชินยังมีผลการละลายของคอเลสเตอรอลในไมเซลล์ (micells) ทำให้ลดการดูดซึมคอเลสเตอรอลในลำไส้เข้าสู่กระแสเลือด (Wang *et al.*, 2000) และดับได้ ทำให้ความเข้มข้นของคอเลสเตอรอลในตับลดลง (Muramatsu *et al.*, 1986)

แม้ไก่ที่กำลังให้ผลผลิตจะมีการขนส่งคอเลสเตอรอลผ่านทางเลือดเพื่อการเจริญเติบโตและพัฒนาของไข่แดง (Murata *et al.*, 2003) ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดนอกจากจะขึ้นอยู่กับ การสังเคราะห์และการขับคอเลสเตอรอลที่ตับแล้ว ยังขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันในอาหารที่แม่ไก่ ได้รับ (Beyer and Jensen, 1991) ดังนั้นอาหารจึงมีบทบาทสำคัญต่อระดับคอเลสเตอรอลในเลือด นอกจากนี้โดยปกติการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลจากอะซีเตต (acetate) ของแม่ไก่เกิดขึ้นที่ตับ ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ลำไส้ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ และที่เหลือส่วนใหญ่สังเคราะห์ที่ผิวหนัง (Mayer, 1993) ส่วนคอเลสเตอรอลที่พบในไข่แดงส่วนใหญ่สังเคราะห์ที่ตับของไก่ มีส่วนน้อยสังเคราะห์ที่รังไข่ เอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญต่อการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล คือ 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase (HMG-CoA reductase) (Hargis, 1988) คอเลสเตอรอลที่สังเคราะห์ได้นี้จะถูกขนย้ายไปในกระแสเลือดในรูปไลโปโปรตีนและไปสะสมในฟองไข่ (Bartov *et al.*, 1971)

Qi *et al.* (2002) รายงานว่าการเสริมโพลีฟีนอลจากชาขนาด 5, 10, 20 และ 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ให้แม่ไก่ที่กำลังออกไข่มีผลทำให้ระดับของคอเลสเตอรอลในไข่แดง ต่ำ และ กล้ามเนื้ออก และ ไตรกลีเซอไรด์ลดลงตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพลีฟีนอล สอดคล้องกับ Eid *et al.* (2003) ที่พบว่าทำให้สารโพลีฟีนอลจากใบชาแก่ถูกไก่ที่ถูกกระตุ้นด้วยคอร์ติโคสเตอโรน

(corticosterone) เพื่อให้ลูกไก่เกิดความเครียด คล้ายกับกรณีที่ถูกเลี้ยงดูอยู่ภายใต้ภาวะเครียด เช่นในสภาพเลี้ยงหนาแน่น โดยมียผลให้เกิดภาวะอนุมูลอิสระเกิน (oxidative stress) (Taniguchi *et al.*, 1999) ซึ่งมีผลให้เกิดการฝ่อตัวของ Bursa of fabricius ต่อมา ไทมัส และม้าม ทำให้ลูกไก่มีความต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรียลดลง เนื่องจากการสร้างแอนติบอดีต่ำลง ทำให้น้ำหนักตัวของลูกไก่ลดลง โพลีฟีนอลจากใบชามีผลลดการเกิดภาวะอนุมูลอิสระในระดับและในกล้ามเนื้อ ส่งผลให้น้ำหนักของลูกไก่เพิ่มขึ้น

การใช้สารสกัดจากใบชาในไก่เนื้อและไก่ไข่

Affiliation and Arid (2004) ศึกษาผลของการเสริมชาเขียวที่ระดับ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่ไข่อายุ 40 สัปดาห์ ต่อการให้ผลผลิต คุณภาพไข่ สารประกอบในไข่และเลือด พบว่าน้ำหนักไข่ของกลุ่มที่เสริมชาเขียวที่ 0.2 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ไก่ไข่กลุ่มที่เสริมชาเขียวทุกกลุ่มให้ผลผลิตไข่และมวลไข่สูงกว่ากลุ่มควบคุม รวมทั้งมีผลเพิ่มความสูงไข่ขาวในไข่เก็บรักษาซึ่งเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และกลุ่มที่เสริมชาเขียวที่ระดับ 0.3 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ มีระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลง สอดคล้องกับ Biswas and Wakita (2001) ที่ทำการเสริมใบชาเขียวบดผง 0.3 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่ไข่อายุ 30 ถึง 42 สัปดาห์ พบว่าส่งผลให้ค่าฮอกยูนิตและค่าความสูงไข่ขาวของทั้งไข่สดและไข่เก็บรักษาเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

Uganbayar *et al.* (2005) ได้ศึกษาผลการเสริมใบชาเขียวบดผงที่ระดับที่ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารไก่ไข่สายพันธุ์ Tetra Brown อายุ 40 สัปดาห์ พบว่าไม่ส่งผลในการเพิ่มผลผลิตไข่ ($P>0.05$) ขณะที่มียผลในการลดความหนาเปลือกไข่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อเสริมที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร ทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ขณะที่ผลต่อระดับกรดไขมันชนิดกรดโอเลอิก (oleic acid) และกรดโคโคซาเฮกซาอีโนอิก (docosahexaenoic acid) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกลุ่มทดลอง ($P>0.05$)

นอกจากนี้การเสริมชาเกาหลี ชาจีน และชาญี่ปุ่นในระดับ 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหารในรูปใบชาบดผง พบว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมใบชาบดผงทั้ง 3 ชนิดที่ระดับต่างๆ มีอัตราการให้ผลผลิตไข่สูงกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งไม่เสริมใบชาบดผงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่าน้ำหนักไข่ขาวและน้ำหนักเปลือกไข่ ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) อัตราการกินได้และน้ำหนักตัวของแม่ไก่ที่เสริมใบชาเกาหลีและใบชาญี่ปุ่นบดผง

ที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ขณะที่ความหนาเปลือกไข่ในกลุ่มที่เสริมไบซาญี่ปุ่นบดผงลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากแทนนินในชาจับกับโปรตีนที่ใช้ประโยชน์ได้ในอาหารส่งผลให้น้ำหนักตัวลดลง รวมถึงมีผลขัดขวางการดูดซึมแคลเซียม ทำให้ความหนาเปลือกลดลง และพบว่ากลุ่มที่เสริมไบซาจีนบดผงที่ 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์มีผลลดระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Uganbayar *et al.*, 2006)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. สัตว์ทดลอง

การทดลองใช้ไก่ไข่พันธุ์ไฮเซกบรอนอายุ 35 สัปดาห์ จำนวน 272 ตัว เลี้ยงในกรงตับ โดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วยจำนวนไก่ทดลองดังนี้ ในกลุ่มทดลองที่ 1 จะประกอบด้วยไก่จำนวน 8 ตัว (กรงละ 2 ตัว) และในกลุ่มทดลองที่ 2-6 มีจำนวน 12 ตัว (กรงละ 3 ตัว)

2. โรงเรือนทดลองและการจัดการเลี้ยงดู

โรงเรือนเลี้ยงไก่ไข่แบบระบบปิด ควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนด้วยระบบระเหยไอน้ำ (evaporative cooling system) ใช้พัดลมระบายอากาศติดอยู่ท้ายโรงเรือน ซึ่งควบคุมด้วย thermostat ควบคุมการปิด-เปิดพัดลมและปั้มน้ำ โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.00 ± 1.95 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 82 ± 1 เปอร์เซ็นต์

อุปกรณ์ในการเลี้ยง ได้แก่

กรงตับพื้นลวดขนาด $20 \times 40 \times 36$ เซนติเมตร รางอาหารติดด้านหน้ากรงตับ ขนาดความกว้าง 15 เซนติเมตร และลึก 10 เซนติเมตร ถึงบรรจุอาหารจำนวน 28 ถึง และระบบการให้น้ำอัตโนมัติแบบหัวหยด (nipple)

อุปกรณ์ในการผสมอาหาร ได้แก่

เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล 2 ตำแหน่ง ขนาดชั่งได้สูงสุด 5,000 กรัม สำหรับชั่งผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา เครื่องชั่งน้ำหนักไข่ 2 ตำแหน่ง ขนาดชั่งได้สูงสุด 150 กรัม เครื่องชั่งน้ำหนักแบบจาน ขนาดชั่งได้สูงสุด 30 กิโลกรัม สำหรับชั่งอาหารทดลองและน้ำหนักไก่ และเครื่องผสมอาหาร ความจุขนาด 100 และ 200 กิโลกรัม

อาหารทดลอง

ไก่ไข่แต่ละกลุ่มการทดลองได้รับอาหารสำเร็จรูปที่มีส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์ และองค์ประกอบทางเคมีจากการคำนวณดังแสดงในตารางที่ 2 และพรีมิกซ์ประกอบด้วยวิตามิน และแร่ธาตุดังแสดงในตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ตามลำดับ โดยอาหารควบคุมมีระดับโปรตีน พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ และโภชนาอื่น ๆ ตามความต้องการของไก่ระยะไข่ที่แนะนำโดย NRC (1994) ทำการสุมไก่ไข่แต่ละซ้ำให้ได้รับอาหารทดลองสูตรต่าง ๆ เพียงสูตรใดสูตรหนึ่ง ดังนี้

กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม 1 (อาหารสำเร็จรูปไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา โดยเลี้ยงในสภาพไม่หนาแน่น กรงละ 2 ตัว)

กลุ่มที่ 2 อาหารควบคุม 2 (อาหารสำเร็จรูปไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา โดยเลี้ยงในสภาพหนาแน่น กรงละ 3 ตัว)

กลุ่มที่ 3 อาหารควบคุมเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (มีระดับสารแคทีชิน 21.36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร)

กลุ่มที่ 4 อาหารควบคุมเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาที่ระดับ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (มีระดับสารแคทีชิน 42.72 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร)

กลุ่มที่ 5 อาหารควบคุมเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาที่ระดับ 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (มีระดับสารแคทีชิน 64.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร)

กลุ่มที่ 6 อาหารควบคุมเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาที่ระดับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (มีระดับสารแคทีชิน 85.44 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร)

ผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาที่ใช้ในการทดลองเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการพัฒนาจาก นันทวัน และประพิณศรา (2550) โดยมีความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาและปริมาณ แคทีชินรวมทั้งหมดเท่ากับ 30 และ 21.36 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และมีค่าความสามารถในการ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในรูปของค่าความเข้มข้นในการยับยั้งได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (IC_{50}) เท่ากับ 22 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยค่า IC_{50} ของวิตามินอีมีค่าเท่ากับ 4.03 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์และองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารทดลอง

ส่วนประกอบของวัตถุดิบ	ปริมาณ (กิโลกรัม)
ข้าวโพด	586.30
ปลายข้าว	37.50
รำข้าวสาลี	10.00
ใบกระถินป่น	35.00
กากถั่วเหลือง (47% โปรตีน)	219.17
เปลือกหอย	86.67
โมโนไดแคลเซียมฟอสเฟต (21% ฟอสฟอรัส)	19.17
เกลือ	2.90
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.79
ฟริมิกซ์	2.50
รวม	1,000.00
องค์ประกอบทางเคมีจากการคำนวณ (เปอร์เซ็นต์)	
ความชื้น	10.64
โปรตีน	16.00
ไขมัน	3.00
เยื่อใย	3.83
เถ้า	12.75
แคลเซียม	3.80
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	0.81
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้	0.45
เกลือ	0.29
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Kcal/kg)	2,700
ไลซีน	0.82
เมทไธโอนีน+ซิสตีน	0.63
ทรีโอนีน	0.61
ทริปโตเฟน	0.18

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบวิตามินใน 1 กิโลกรัมของพรีมิกซ์

วิตามิน	ปริมาณ
วิตามินเอ	4.00 IU (ล้านหน่วย)
วิตามินดี 3	1.20 IU (ล้านหน่วย)
วิตามินอี	4,000 มิลลิกรัม
วิตามินเค 3	600 มิลลิกรัม
วิตามินบี 1	800 มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	2,000 มิลลิกรัม
วิตามินบี 6	1,200 มิลลิกรัม
วิตามินบี 12	2.5 มิลลิกรัม
กรดนิโคตินิก	5,000 มิลลิกรัม
กรดแพนโททินิก	3,000 มิลลิกรัม
กรดโฟลิก	200 มิลลิกรัม
ไบโอติน	4 มิลลิกรัม
โคลีนคลอไรด์	100,000 มิลลิกรัม

ตารางที่ 4 ส่วนประกอบแร่ธาตุใน 1 กิโลกรัมของพรีมิกซ์

แร่ธาตุ	ปริมาณ (กรัม)
แมงกานีส	24.00
สังกะสี	20.00
เหล็ก	16.00
ทองแดง	4.00
ไอโอดีน	0.80
โคบอลต์	0.08
ซีลีเนียม	0.04

วิธีการ

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design) แบ่งไก่ไข่ออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ตัว โดยในกลุ่มทดลองที่ 1 ไก่ไข่ถูกเลี้ยงในกรงดับกรงละ 2 ตัว และกรงละ 3 ตัวในกลุ่มการทดลองที่ 2-6 โดยทำการทดลองทั้งสิ้น 4 ช่วงการทดลอง (period) ช่วงละ 28 วัน (ช่วงการทดลองเป็นบล็อก)

การจัดการเลี้ยงดู

ทำการเลี้ยงไก่ในสภาพหนาแน่นโดยเลี้ยงในกรงดับขนาด $20 \times 40 \times 36$ เซนติเมตร กรงละ 3 ตัว โดยอัตราแม่ไก่ 1 ตัว ต่อพื้นที่ 267 ตารางเซนติเมตร เพื่อศึกษาผลของผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาดจากกาชาต่อผลกระทบจากสภาวะเครียดที่เกิดจากการเลี้ยงแบบหนาแน่น ภายในโรงเรือนเลี้ยงไก่ไข่แบบระบบปิด ซึ่งควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนด้วยระบบระเหยไอน้ำ (evaporative cooling system) ไก่ไข่ทุกกลุ่มได้รับอาหารทดลองอย่างเต็มที่ มีน้ำสะอาดผ่านระบบน้ำหยดให้ไก่ตลอดเวลา และได้รับแสงตามโปรแกรมการให้แสงวันละ 16 ชั่วโมง ตลอดการทดลอง

การบันทึกผลการทดลอง

บันทึกน้ำหนักตัว โดยชั่งไก่แต่ละตัวเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง แล้วนำมาคำนวณเป็นน้ำหนักไก่ที่เปลี่ยนแปลงแต่ละกลุ่มทดลอง

บันทึกปริมาณอาหารที่กิน เพื่อคำนวณปริมาณที่กินต่อตัวต่อวัน ปริมาณอาหารที่กินต่อน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม และปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล

บันทึกสถิติการให้ผลผลิตไข่ โดยบันทึกจำนวนไข่ในแต่ละเช้าทุกวัน แล้วนำมาคำนวณเป็นอัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนแม่ไก่มีชีวิต และอัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนแม่ไก่เริ่มต้นการทดลอง

บันทึกน้ำหนักฟองไข่ โดยเก็บไข่มาชั่งรวมทีละเช้าทุกวัน แล้วนำมาคำนวณเป็นน้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง

บันทึกจำนวนไข่ตายของแต่ละเช้า แล้วนำมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การเลี้ยงรอด

นำค่าต่าง ๆ ที่บันทึกมาคำนวณหาค่าสมรรถภาพการให้ผลผลิตของไก่ไข่ ดังนี้ (North and Bell, 1990)

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว = น้ำหนักตัวสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักตัวเริ่มต้นการทดลอง

$$\text{ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่กินในช่วงการทดลอง}}{\text{จำนวนวัน (28) } \times \text{จำนวนไก่ที่ชั่ง}}$$

$$\text{ปริมาณอาหารที่กินต่อน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินในช่วงการทดลอง}}{\text{น้ำหนักไข่ในแต่ละช่วงการทดลอง}}$$

$$\text{ปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินในช่วงการทดลอง} \times 12}{\text{จำนวนไข่ในแต่ละช่วงการทดลอง}}$$

$$\begin{aligned} \text{อัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนแม่ไก่มีชีวิต} &= \frac{\text{จำนวนไข่ในช่วงการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนวัน (28) } \times \text{จำนวนไก่สิ้นสุดการทดลอง}} \\ (\text{Hen-day egg production; HD}) (\%) & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{อัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนแม่ไก่เริ่มการ} &= \frac{\text{จำนวนไข่ในช่วงการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนวัน (28) } \times \text{จำนวนไก่เริ่มต้นการทดลอง}} \\ \text{ทดลอง (Hen-house egg production; HH) (\%)} & \end{aligned}$$

มวลไข่ต่อแม่ไก่ต่อวัน = อัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนแม่ไก่มีชีวิต (%) $\times$ น้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง (กรัม)

$$\begin{aligned} \text{เปอร์เซ็นต์การเลี้ยงรอด} &= \frac{\text{จำนวนไก่สิ้นสุดช่วงการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนไก่เริ่มต้นการทดลอง}} \end{aligned}$$

การตรวจวัดคุณภาพและส่วนประกอบของฟองไข่ โดยการสุ่มไข่ไก่ในทุกกลุ่มทดลอง ซ้ำละ 3 ฟอง จากทุก 3 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงทดลอง และเก็บไข่แดงไว้เพื่อทำการวิเคราะห์คอเลสเตอรอลและการเกิดปฏิกิริยาไลโปโปรตีนออกซิเดชันต่อไป ทำการตรวจวัดคุณภาพและส่วนประกอบของฟองไข่ ดังนี้

น้ำหนักฟองไข่ และส่วนประกอบของฟองไข่ แล้วนำมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ไข่แดง ไข่ขาว และเปลือกไข่

วัดค่าคะแนนสีของไข่แดงใช้พัดวัดสีไข่แดง (Roche color fan) ที่มีสีเหลืองอ่อนถึงสีส้มแดง ตั้งแต่ 1-15 (คะแนน)

วัดความหนาเปลือกไข่ โดยใช้ไมโครมิเตอร์สำหรับวัดความหนาผิวโค้ง โดยหักเปลือกไข่ไม่ติดเยื่อหุ้มไข่ จากแนวกึ่งกลางฟองไข่ขนาด 0.5×0.5 เซนติเมตร จำนวน 3 ชิ้น วัดค่าเป็นมิลลิเมตร

วัดความถ่วงจำเพาะของไข่ โดยการลอยในน้ำเกลือที่มีความถ่วงจำเพาะต่าง ๆ ตั้งแต่ 1.060, 1.064, 1.068, 1.072, 1.076, 1.080, 1.084, 1.088, 1.092, 1.096, 1.100 และ 1.104 โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer) วัดความถ่วงจำเพาะให้ได้ตามกำหนด แล้วนำไข่ที่ต้องการทดสอบมาลอยในน้ำเกลือที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ จากน้อยไปหามาก หากไข่ฟองใดมีส่วนของเปลือกลอยเหนือผิวน้ำ โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร (ขนาดเท่าเหรียญบาท) แสดงว่าไข่ฟองนั้นมีความถ่วงจำเพาะเท่ากับค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือนั้น ๆ (Pesti *et al.*, 2005)

วัดความสูงของไข่ขาวชั้น โดยใช้ชุดตรวจสอบคุณภาพไข่ขาวที่ประกอบด้วย Quantum Chromodynamics (QCD) ชุดแสดงผลระบบดิจิทัล และ Albumen Height Gauge ได้ค่าความสูงไข่ขาวเป็นมิลลิเมตร

- คำนวณค่าฮอกยูนิต (Haugh unit) ด้วยสมการ (Roush, 1981)

$$HU = 100 \times \log (H+7.57-1.7W^{0.37})$$

เมื่อ HU = ค่าฮอกยูนิต

H = ความสูงของไข่ขาว (มิลลิเมตร)

W = น้ำหนักฟองไข่ (กรัม)

การเก็บตัวอย่าง

1. การสุ่มเก็บตัวอย่างไข่แดง โดยสุ่มเก็บตัวอย่างไข่แดงของแต่ละเช้า 3 ฟอง จากทุก 3 วันสุดท้ายของแต่ละช่วง เก็บตัวอย่างไว้ในตู้แช่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อทำการวิเคราะห์หาคอเลสเตอรอล และการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชันในรูปของค่า TBARs

2. การสุ่มเก็บตัวอย่างเลือดไก่โดยการเจาะเลือดบริเวณปีก (wing vein) ในช่วงเริ่มต้นการทดลอง หลังระยะการทดลองที่ 2 และสิ้นสุดการทดลอง นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 2,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 4 นาที แยกซีรัมเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เพื่อหาคอเลสเตอรอล และการเกิดลิปิดเปอร์ออกซิเดชันในรูปของค่า TBARs

การวิเคราะห์ทางเคมี

1. วิเคราะห์หาค่าประกอบทางเคมีของอาหารทดลองโดยสุ่มตัวอย่างอาหารเพื่อหาค่าความชื้น โปรตีน ไขมัน เกลือ เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยวิธี Proximate analysis และวิเคราะห์พลังงานรวมในอาหารโดยใช้ Bomb calorimeter (รุ่น PARR 1261) ตามวิธี A.O.A.C. (1990)

2. วิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดง ตามวิธีของฝ่ายเคมีอาหาร สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล โดยใช้เครื่อง Gas chromatography อ้างอิงตามวิธีของ Will and Greenfield (1984) (ภาคผนวก ก)

3. วิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัม ด้วยชุดตรวจสำเร็จรูป Cholesterol liquicolor (Human, Germany) (ภาคผนวก ก)

4. วิเคราะห์การเกิดปฏิกิริยาลิปิดเปอร์ออกซิเดชันในรูปของค่า TBARs ในไข่แดง อ้างอิงตามวิธีของ Cherian *et al.* (1996) และ Botsoglou *et al.* (1994) (ภาคผนวก ก) และในซีรัมโดยดัดแปลงจากวิธีของ Asakawa and Matsushita (1980) และ Uchiyama and Mihara (1978) (ภาคผนวก ก)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลจากการทดลองไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธีการ Analysis of Variance และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มการทดลองโดยวิธี Orthogonal Contrast ตามหลักการวางแผนการทดลอง (อนันต์ชัย, 2539) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 2003) โดยมีแบบหุนทางสถิติคือ

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อ	Y_{ij}	=	ค่าสังเกตที่ได้จากหน่วยทดลองที่ j ทรีทเมนต์ที่ i
	μ	=	ค่าเฉลี่ยของประชากรทั้งหมด
	τ_i	=	อิทธิพลเนื่องจากทรีทเมนต์ที่ i (i = 1, 2, 3, 4, 5, 6)
	β_j	=	แทนอิทธิพลของระยะเวลาการทดลองที่ j (j = 1, 2, 3, 4)
	ε_{ij}	=	ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

สถานที่ทำการทดลอง

โรงเรียนเลี้ยงสัตว์ทดลอง ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตสัตว์ปีก สถาบันสุวรรณวาทกสิกิจ เพื่อกันคว่ำและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของโภชนะในอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของโภชนะในอาหารทดลองแต่ละสูตรด้วยวิธี Proximate analysis และการใช้ Bomb calorimeter แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของโภชนะในอาหารทดลอง

องค์ประกอบทาง โภชนะ (เปอร์เซ็นต์)	อาหารทดลอง					
			ระดับผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา			
	อาหาร	อาหาร	(มก./ กก. อาหาร)			
	ควบคุม 1	ควบคุม 2	100	200	300	400
ความชื้น	9.30	9.36	9.27	9.56	9.38	9.45
โปรตีน	16.02	16.00	15.86	15.82	15.80	15.79
ไขมัน	2.81	2.81	2.81	2.82	2.81	2.83
เยื่อใย	4.26	4.20	4.44	4.45	4.47	4.42
เถ้า	12.41	12.43	12.38	12.17	12.25	12.29
แคลเซียม	4.21	4.27	4.33	4.20	4.37	4.29
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	0.72	0.70	0.68	0.65	0.67	0.65
พลังงานรวมทั้งหมด (แคลอรี/กรัม)	3,967.68	3,974.86	3,976.66	3,958.80	3,959.71	3,973.22

จากผลการวิเคราะห์อาหารทดลองพบว่าไก่ไข่ในทุกกลุ่มการทดลองได้รับ โภชนะเพียงพอต่อการดำรงชีวิตและการให้ผลผลิตไข่สอดคล้องตาม NRC (1994) โดยจากการวิเคราะห์อาหารพบว่าระดับพลังงานและโปรตีนทุกกลุ่มการทดลองมีความใกล้เคียงกันเฉลี่ยที่ 3,968.49 แคลอรีต่อกรัม และ 15.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องตามค่าโภชนะจากการคำนวณ การเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในระดับ 100–400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางโภชนะของอาหาร เนื่องจากผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบมีความเข้มข้นของสารสำคัญสูงกว่าการใช้สมุนไพรในรูปแบบผง จึงทำให้สามารถใช้ในสูตรอาหารได้ในระดับที่ต่ำ อีกทั้งสามารถควบคุมปริมาณสารสำคัญได้ดีกว่าอีกด้วย

ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการให้ผลผลิตไข่

จากผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่นส่งผลต่ออัตราการเลี้ยงรอด น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง ปริมาณอาหารที่กินต่อน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม ปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล อัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนแม่ไก่มีชีวิต (Hen-day production) อัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนแม่ไก่เริ่มการทดลอง (Hen-house production) และปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อตัวต่อวันของแม่ไก่ไม่แตกต่างอย่างชัดเจนกับกลุ่มที่เลี้ยงในสภาพไม่หนาแน่น แต่อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่นปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อตัวต่อวันของแม่ไ้น้อยกว่ากลุ่มที่เลี้ยงในสภาพไม่หนาแน่นดังแสดงในตารางที่ 6 เนื่องจากได้รับผลกระทบจากความเครียดอันส่งผลต่อพฤติกรรมทางสังคมของสัตว์ (social stress) โดยเมื่อเพิ่มความหนาแน่นของประชากรมีผลให้สัตว์แสดงพฤติกรรมผิดปกติต่างๆ อาทิ การจิกชน และพฤติกรรมก้าวร้าวจากอันดับทางสังคม เช่น เหยียบหรือขับไล่ตัวอื่นจากรางอาหาร เป็นต้น (Ernest *et al.*, 1993) นอกจากนี้ความเครียดจากตัวสัตว์มีผลกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนคอร์ติซอลซึ่งถูกผลิตขึ้นจากต่อมหมวกไตส่งผลต่อสมองโดยเฉพาะสมองส่วนฮิปโปแคมปัส (hippocampus) ที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรม การเรียนรู้ ความจำ หากมีการหลั่งของฮอร์โมนคอร์ติซอลออกมาจะส่งผลทำให้เกิดโรคความดันสูง โรคหัวใจ แผลในกระเพาะอาหาร เมื่ออาหาร เป็นต้น (Cattanach *et al.*, 1988)

ขณะที่จากการทดลองพบว่าผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาที่ระดับต่างๆ คือ 100, 200, 300 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ซึ่งมีองค์ประกอบของสารในกลุ่มแคทีชินอยู่ (21.36, 42.72, 64.08 และ 85.44 มิลลิกรัมในอาหาร ตามลำดับ) ไม่ส่งผลต่ออัตราการเลี้ยงรอด น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง ปริมาณอาหารที่กินต่อน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม ปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล อัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนแม่ไก่มีชีวิต (Hen-day production) อัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนแม่ไก่เริ่มการทดลอง (Hen-house production) และปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อตัวต่อวันของแม่ไก่ โดยพบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา ขณะที่ Sadao and Yuko (2008) พบว่าเมื่อเสริมกากชาเขียวคผงที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่ระยะให้ไข่ส่งผลให้ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อตัวต่อวันและน้ำหนักตัวของแม่ไก่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เสริมกากชาเขียวคผงที่ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ในอาหารและกลุ่มที่ไม่ได้เสริมกากชาเขียวคผงในอาหาร เนื่องจากปริมาณสารแทนนินที่เพิ่มขึ้นส่งผลขัดขวางการย่อยและการดูดซึมสารอาหารทำให้น้ำหนักตัวและปริมาณอาหารที่กินได้มีแนวโน้มลดลง (Elkin *et al.*, 1995) แต่เนื่องจากระดับการใช้ผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในการทดลองนี้ไม่สูงมากนักส่งผลให้สัตว์ได้รับสารแทนนินในระดับต่ำกว่าจึงยังไม่ส่งผลชัดเจน ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อสมรรถภาพการให้ผลผลิตของไก่ไข่เฉลี่ยตลอด 4 ช่วงการทดลอง

ลักษณะ	ควบคุม ¹	ควบคุม ²	ระดับการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบ				P- value	Pool-SE ±	Contrast	
			จากกากชา (มก./ กก. อาหาร)						A	B
			100	200	300	400				
อัตราการเลี้ยงรอด (เปอร์เซ็นต์)	100.00	100.00	95.83	97.92	97.92	100.00	0.810	0.819	0.810	0.810
น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง (กรัม/ตัว)	9.57	-1.77	6.19	-0.42	-0.31	1.32	0.316	2.070	0.316	0.316
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)	118.45	114.34	116.98	116.08	115.07	114.34	0.163	0.566	0.016	0.558
ปริมาณอาหารที่กินต่อน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม	2.24	2.26	2.31	2.25	2.29	2.30	0.794	0.017	0.710	0.320
ปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล	1.75	1.73	1.78	1.73	1.77	1.73	0.795	0.013	0.733	0.635
อัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนแม่ไก่มีชีวิต (เปอร์เซ็นต์)	81.68	79.29	80.67	81.91	78.33	80.25	0.465	0.587	0.242	0.876
อัตราการให้ผลผลิตไข่ต่อจำนวนแม่ไก่เริ่มการทดลอง (เปอร์เซ็นต์)	81.68	79.29	77.36	80.04	76.64	80.25	0.173	0.627	0.267	0.145

หมายเหตุ ¹ กลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในสภาพไม่หนาแน่นกรงละ 2 ตัว และไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา

² กลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่นกรงละ 3 ตัว และไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา

A เปรียบเทียบการเลี้ยงแบบหนาแน่นและไม่หนาแน่น

B เปรียบเทียบการเสริมและไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา

ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากขาในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่ไก่

องค์ประกอบของฟองไข่ น้ำหนักไข่เฉลี่ย และมวลไข่เฉลี่ย

องค์ประกอบของไข่ทั้งน้ำหนักไข่ขาว น้ำหนักไข่แดง และน้ำหนักเปลือกไข่ รวมทั้งน้ำหนักไข่เฉลี่ย และมวลไข่เฉลี่ยทุกกลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 7 เนื่องจากไก่ไข่ได้รับอาหารที่มีองค์ประกอบทางโภชนาที่ใกล้เคียงกัน โดยได้รับพลังงาน โปรตีน รวมทั้งสารอาหารอื่น ๆ ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการพื้นฐานในการดำรงชีวิต และการให้ผลผลิต (Scott *et al.*, 1982) ซึ่ง Lennard and Roland (1981) ได้สรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักของฟองไข่ว่า หากแม่ไก่ได้รับอาหารที่มีการปรับสมดุลโภชนาต่าง ๆ ให้เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย เช่น ได้รับอาหารที่ระดับโปรตีน ไขมัน และพลังงานที่เท่ากัน หรือใกล้เคียงกันจะไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักของฟองไข่ และ Tan *et al.*, (1988) รายงานว่าน้ำหนักของฟองไข่มีความสัมพันธ์กับระดับของโปรตีน ไขมัน และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในอาหาร นอกจากนี้ขนาดและน้ำหนักของฟองไข่ ยังขึ้นอยู่กับอายุและน้ำหนักตัวของไก่ (Etches, 1996) โดยปกติหากแม่ไก่ที่อายุ 30 สัปดาห์ขึ้นไปได้รับอาหารเพียงพอตามความต้องการของการให้ผลผลิตแล้ว ระบบสืบพันธุ์ของแม่ไก่จะมีการพัฒนาเต็มที่ (Bell and Freeman, 1971) ส่งผลให้ปริมาณการให้ผลผลิตไข่ ขนาดและองค์ประกอบของฟองไข่ รวมทั้งขนาดของไข่แดงค่อนข้างคงที่ (Solomon, 1991) สอดคล้องกับการทดลองนี้ซึ่งไก่ไข่ในทุกกลุ่มทดลองได้รับอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาที่ใกล้เคียงกัน และอายุไก่ทดลองคือ 35 สัปดาห์ ซึ่งเป็นช่วงที่ระบบสืบพันธุ์ของแม่ไก่มีการพัฒนาอย่างสมบูรณ์ ขนาดของฟองไข่และองค์ประกอบของฟองไข่ทั้งไข่แดงและไข่ขาวมีความคงที่ จึงทำให้องค์ประกอบฟองไข่ของทุกกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้ Rose (1997) รายงานว่าน้ำหนักเปลือกไข่ (เปอร์เซ็นต์) มักไม่เปลี่ยนแปลงแม้ว่าน้ำหนักไข่ขาวและไข่แดงจะมีสัดส่วนเปลี่ยนไป จึงทำให้น้ำหนักเปลือกไข่ของแม่ไก่ที่โตเต็มที่มีความคงที่

ความถ่วงจำเพาะ คะแนนสีไข่แดง และความหนาเปลือกไข่

ค่าความถ่วงจำเพาะและคะแนนสีไข่แดงในทุกกลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับ Kojima and Yoshida (2006) ที่พบว่า การเสริมไบซาบดผงที่ระดับ 1, 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่ไข่ ไม่มีผลต่อสีของไข่แดง ($P>0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoids) ซึ่งเป็นสารให้สีในไข่แดงที่พบในไบซาบดเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักแห้ง) เท่านั้น (Willson and Clifford, 1992) การเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากขา

ในระดับ 100-400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร จึงส่งผลให้คะแนนสีไข่แดงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกลุ่มการทดลอง ($P>0.05$) นอกจากนี้พบว่าความหนาของเปลือกไข่ในทุกกลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางที่ 7) อย่างไรก็ตาม Sadao and Yuko (2008) พบว่าการเสริมไบซาเซียวคผงที่ระดับ 1, 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่ระยะไข่ ส่งผลให้ความหนาเปลือกของไข่ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากสารแทนนินมีฤทธิ์สร้างความระคายเคืองต่อระบบทางเดินอาหารมีต่อการทำงานของลำไส้ส่งผลขัดขวางการดูดซึมและขับถ่ายแคลเซียมและโซเดียมออกนอกร่างกาย (Vohar *et al.*, 1996) ส่งผลให้เปลือกไข่บางลง จากผลการทดลองนี้ค่าความหนาเปลือกไข่ในทุกกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อาจเนื่องจากระดับการใช้ผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาไม่สูงมากนักส่งผลให้สัตว์ได้รับสารแทนนินในระดับต่ำกว่าจึงยังไม่ส่งผลในการยับยั้งการดูดซึมแคลเซียม

ความสูงไข่ขาวและค่าฮอกยูนิต

จากผลการทดลองพบว่าการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในระดับ 100-400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สามารถช่วยให้ค่าความสูงไข่ขาวของไข่ไก่จากแม่ไก่ซึ่งถูกเลี้ยงในสภาพหนาแน่นมีค่าสูงกว่าการไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ทั้งนี้เนื่องจากการเลี้ยงไก่ในสภาพหนาแน่นส่งผลให้ไก่เกิดความเครียดสูง ทำให้เกิดอนุมูลอิสระมากขึ้น (Eid *et al.*, 2003) เป็นสาเหตุให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย รวมทั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของโปรตีนซึ่งจะเป็นการเพิ่มการเผาผลาญโปรตีนที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ได้เป็นสารที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลง การเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาออกซิเดชันนี้จะส่งผลให้โปรตีนเสียสภาพ โดยปกติไข่ขาวในไข่ 1 ฟอง มีน้ำเป็นส่วนประกอบหลักถึง 88 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ (Pietta, 2000) เมื่อมีการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา สารแคทีชินซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกาย (Yoneda *et al.*, 1995) ส่งผลช่วยลดการทำลายโปรตีนในไข่ขาวทำให้คุณภาพของไข่ขาวดีขึ้น เก็บไว้ได้นานขึ้น นอกจากนี้ค่าความสูงของไข่ขาวเป็นค่าที่บ่งบอกถึงคุณภาพไข่และความสดของไข่ ซึ่งจะส่งผลต่อค่าฮอกยูนิตโดยตรง (Eisen *et al.*, 1962) จากการทดลองพบว่าค่าฮอกยูนิตในกลุ่มที่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาทั้ง 4 ระดับ มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่นแต่ไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาดังแสดงในตารางที่ 7 สอดคล้องกับ Biswas and Wakita (2001) ที่ทดลองเลี้ยงไก่ไข่อายุ 30 ถึง 42 สัปดาห์ โดยเสริมไบซาเซียวคผงที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร พบว่าค่าฮอกยูนิต และค่าความสูงไข่ขาวทั้งไข่สดและไข่เก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) เช่นกัน

ตารางที่ 7 ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อคุณภาพไข่เฉลี่ยตลอด 4 ช่วงการทดลอง

ลักษณะ	ควบคุม ¹	ควบคุม ²	ระดับการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา				P-value	Pool-SE	Contrast		
			(มก./ กก. อาหาร)						±		
			100	200	300	400				A	B
ค่าความถ่วงจำเพาะ	1.087	1.089	1.089	1.087	1.087	1.087	0.095	<0.001	0.100	0.121	
สีไข่แดง (คะแนน)	12.66	12.74	12.68	12.72	12.77	12.78	0.604	0.025	0.336	0.431	
ความหนาเปลือกไข่ (มิลลิเมตร)	0.41	0.41	0.42	0.41	0.41	0.41	0.080	0.001	0.316	0.179	
น้ำหนักไข่เฉลี่ย (กรัม/ฟอง)	63.11	62.81	62.58	62.72	62.22	62.88	0.889	0.208	0.678	0.428	
มวลไข่เฉลี่ย (กรัม)	53.07	50.64	51.67	52.44	50.85	50.16	0.165	0.375	0.055	0.458	
น้ำหนักไข่ขาว (เปอร์เซ็นต์)	25.42	25.22	25.46	25.02	25.35	25.12	0.576	0.080	0.489	0.620	
น้ำหนักไข่แดง (เปอร์เซ็นต์)	60.87	60.92	60.66	61.82	61.34	61.42	0.115	0.133	0.307	0.138	
น้ำหนักเปลือกไข่ (เปอร์เซ็นต์)	9.64	9.66	9.77	9.54	9.64	9.68	0.374	0.030	0.785	0.877	
ความสูงไข่ขาว (มิลลิเมตร)	7.00 ^u	6.54 ^u	7.20 ⁿ	7.04 ⁿ	7.10 ⁿ	7.19 ⁿ	0.009	0.060	0.929	0.002	
ค่าชอกยูนิต	81.80 ^u	78.06 ^u	83.30 ⁿ	82.11 ⁿ	82.41 ⁿ	82.87 ⁿ	0.003	0.429	0.958	0.001	

หมายเหตุ ¹ กลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในสภาพไม่หนาแน่นกรงละ 2 ตัว และไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา

² กลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่นกรงละ 3 ตัว และไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา

A เปรียบเทียบการเลี้ยงแบบหนาแน่นและไม่หนาแน่น, B เปรียบเทียบการเสริมและไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา

ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อระดับคอเลสเตอรอลในซีรัม และไข่แดง

ผลต่อระดับคอเลสเตอรอลในซีรัม

โดยปกติระดับคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่ไข่ มีค่าประมาณ 155.8 ± 52.4 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Lewis, 1996) สอดคล้องกับผลการทดลองในครั้งนี้ที่พบว่าระดับคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่ไข่อยู่ในช่วง 107-117.75 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ดังที่แสดงผลในตารางที่ 8 และจากการทดลองพบว่า การเลี้ยงในสภาพหนาแน่นและไม่หนาแน่นส่งผลต่อคอเลสเตอรอลในซีรัมไม่ต่างกัน แต่เมื่อเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารที่ระดับ 100-400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ส่งผลให้ระดับคอเลสเตอรอลในซีรัมของแม่ไก่ในช่วงการทดลองที่ 2 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และช่วงสิ้นสุดการทดลอง (แม่ไก่อายุ 43 และ 51 สัปดาห์) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่นแต่ไม่ได้รับการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากสารแคทีชินในผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งการเกิดออกซิไดซ์แอลดีแอลคอเลสเตอรอล (oxidised LDL-cholesterol) ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการสะสมของไขมันที่ผนังหลอดเลือด ทำให้หลอดเลือดเปราะแตกง่าย และ EGCG ในกลุ่มแคทีชินช่วยลดคอเลสเตอรอลในไมเซลล์จึงมีผลลดการดูดซึมคอเลสเตอรอลจากลำไส้เข้าสู่กระแสเลือด (Wang *et al.*, 2000) และดัม (Muramatsu *et al.*, 1986) สอดคล้องกับ Affiliation and Arid (2004) พบว่าการเสริมชาเขียวที่ระดับ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่ไข่อายุ 40 สัปดาห์มีผลลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดและในไข่แดงลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เช่นเดียวกัน

ตารางที่ 8 ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อระดับคอเลสเตอรอลในซีรัมในแต่ละช่วงการทดลอง (mg/dl)

อายุไก่ไข่	ระดับการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา						P-value	Pool-SE ±	Contrast	
	ควบคุม ¹	ควบคุม ²	(มก./ กก. อาหาร)						A	B
			100	200	300	400				
35 สัปดาห์ ³	113.00	115.25	110.75	109.75	110.25	110.00	0.454	0.894	0.464	0.053
43 สัปดาห์ ⁴	113.25 ^{ก,ข}	117.75 ^ก	107.25 ^ข	107.00 ^ข	108.75 ^ข	109.00 ^ข	0.028	1.159	0.211	0.002
51 สัปดาห์ ⁵	113.25 ¹	117.75 ^ก	109.25 ¹	110.25 ¹	109.25 ¹	110.75 ¹	0.003	0.804	0.255	<0.01

หมายเหตุ ^{ก,ข} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

^{ก,1} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

¹ กลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในสภาพไม่หนาแน่นกรงละ 2 ตัว และไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา

² กลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่นกรงละ 3 ตัว และไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา

³ เริ่มต้นการทดลอง (ก่อนทำการทดลอง)

⁴ ช่วงกลางการทดลอง (สิ้นสุดการทดลองครั้งที่ 2)

⁵ สิ้นสุดการทดลองทั้งหมด (สิ้นสุดการทดลองครั้งที่ 4)

A เปรียบเทียบการเลี้ยงแบบหนาแน่นและไม่หนาแน่น

B เปรียบเทียบการเสริมและไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา

ผลต่อระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดง

จากการตรวจวัดระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงของแม่ไก่พบว่า การเลี้ยงในสภาพหนาแน่นและไม่หนาแน่นส่งผลต่อค่าคอเลสเตอรอลในไข่แดงไม่ต่างกัน แต่พบว่ากลุ่มที่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากขามมีค่าคอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลง (ตารางที่ 9) โดยพบว่า การเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากขามในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 100-200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีผลทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงของแม่ไก่ในช่วงการทดลองที่ 3 (อายุ 44-47 สัปดาห์) และช่วงการทดลองที่ 4 (อายุ 48-51 สัปดาห์) มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เลี้ยงในสภาพเดียวกันแต่ไม่เสริม (กลุ่มควบคุมที่ 2) ทั้งนี้เนื่องจากสารโพลีฟีนอลในขามสามารถออกฤทธิ์ยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในระดับ (Ishikawa *et al.*, 1997) โดยปกติคอเลสเตอรอลที่พบในไข่แดงส่วนใหญ่สังเคราะห์ที่ตับของแม่ไก่ มีส่วนน้อยที่สังเคราะห์ที่รังไข่ (Hargis, 1988) คอเลสเตอรอลที่สังเคราะห์ได้นี้จะถูกขนย้ายไปในกระแสเลือดในรูปไลโปโปรตีน ไปสะสมในฟองไข่โดยอาศัยตัวกลางด้วยกระบวนการ endocytosis (Bartov *et al.*, 1971) โดย EGCG ซึ่งเป็นสารสำคัญในกลุ่มแคทีชินจากขามสามารถช่วยป้องกันมิให้ตับสร้างคอเลสเตอรอลที่อยู่ในไลโปโปรตีนชนิด LDL (low density lipoprotein) สูงเกินไป ในขณะที่เดียวกันก็ส่งเสริมให้มีการสร้าง HDL (high density lipoprotein) มากขึ้น ซึ่ง HDL เป็นตัวกระตุ้นการทำงานของไลโปโปรตีนไลเปส (lipoprotein lipase) ซึ่งทำให้ 80 เปอร์เซ็นต์ของไตรกลีเซอไรด์ที่ขนส่งมาโดยโคไลไมครอนถูกย่อยสลายที่เนื้อเยื่อเพื่อเผาผลาญเป็นพลังงานและทำให้คอเลสเตอรอลอิสระเปลี่ยนไปอยู่ในรูปเอสเทอร์ ทำให้การสะสมของคอเลสเตอรอลลดลง ดังนั้นไข่ของแม่ไก่ที่ได้รับการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากขามจึงมีระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลง (Yamane *et al.*, 1999) สอดคล้อง Panja (2007) ซึ่งทดลองเสริมใบชาเขียวคผงในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 1-2 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เช่นกัน จะเห็นได้ว่าสารในกลุ่มแคทีชินมีผลช่วยให้ระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลง แต่อย่างไรก็ตามกลไกการทำงานของแคทีชินในขามต่อการลดระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงยังต้องมีการศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมต่อไป (Marshall and Kokoete, 2008)

ตารางที่ 9 ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงในแต่ละช่วงการทดลอง (mg/g yolk)

อายุไก่ไข่	ควบคุม ¹	ควบคุม ²	ระดับการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา (มก./ กก. อาหาร)				P-value	Pool-SE ±	Contrast	
			100	200	300	400			A	B
อายุ 36-39 สัปดาห์	11.72	11.99	10.30	10.93	9.92	10.85	0.529	0.347	0.340	0.086
อายุ 40-43 สัปดาห์	10.58	12.26	11.18	11.03	12.23	10.97	0.244	0.246	0.148	0.891
อายุ 44-47 สัปดาห์	10.77 ^{ก,ข}	11.44 ^ก	9.76 ^ก	10.47 ^{ข,ก}	10.40 ^{ข,ก}	10.62 ^{ก,ข,ก}	0.017	0.145	0.466	0.005
อายุ 48-51 สัปดาห์	10.86 ^{ก,ข}	11.74 ^ก	9.97 ^ข	10.63 ^ข	10.83 ^{ก,ข}	10.58 ^ข	0.041	0.163	0.764	0.013

หมายเหตุ ^{ก,ข,ก} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

¹ กลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในสภาพไม่หนาแน่นทรงละ 2 ตัว และไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา

² กลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่นทรงละ 3 ตัว และไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา

A เปรียบเทียบการเลี้ยงแบบหนาแน่นและไม่หนาแน่น

B เปรียบเทียบการเสริมและไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา

ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อระดับอนุมูลอิสระโดยการวัดค่า TBARs ในซีรัมและไข่แดง

ค่า TBARs ในซีรัม

จากผลการทดลองในตารางที่ 10 จินเห็นได้ว่าหลังจากช่วงการทดลองที่ 2 พบว่าการเลี้ยงในสภาพหนาแน่นมีผลต่อค่าอนุมูลอิสระโดยการวัดค่า TBARs ในซีรัมโดยมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงแบบปกติ และระดับ TBARs ในซีรัมของแม่ไก่เมื่อเริ่มต้นการทดลอง (อายุ 35 สัปดาห์) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในกลุ่มการทดลอง แต่เมื่อสิ้นสุดช่วงการทดลองที่ 2 (อายุ 43 สัปดาห์) และสิ้นสุดการทดลอง (แม่ไก่อายุ 51 สัปดาห์) พบว่าค่า TBARs ในซีรัมของแม่ไก่ที่ได้รับการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารที่ระดับ 200-400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เสริมในระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และกลุ่มที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่นแต่ไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา เนื่องจากผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชามีสารกลุ่มแคทีชินที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ดี (Yoneda *et al.*, 1995) การเลี้ยงไก่แบบย่นกรอย่างหนาแน่นเป็นระยะเวลานานจะทำให้ไก่เกิดความเครียดซึ่งมีผลกระทบทำให้มีการหลั่งฮอร์โมนคอร์ติซอล (cortisol) ที่มีผลเพิ่มการเผาผลาญสารอาหารของร่างกายให้สูงขึ้น ส่งผลให้เกิดสารอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น (รัชฎา, 2540) สารแคทีชินในผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาที่เสริมในอาหารให้ไก่จะช่วยลดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น โดยมีกลไกการออกฤทธิ์คล้ายกับเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (Valentao *et al.*, 2003) โดย EGCG และ EC ในชามีผลยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Salah *et al.*, 1995) โดย Chen and Yeh (2001) พบว่าการให้หนูถีบจักรกินแคทีชินที่สกัดได้จากใบชาในระดับ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร นาน 3 สัปดาห์ จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในเลือดและตับ ทำให้การเกิดออกซิเดชันในรูปแบบของค่า TBARs ในเลือดลดลง อย่างไรก็ตามจากการทดลองพบว่าการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีผลต่อค่า TBARs ในซีรัมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากระดับสารกลุ่มแคทีชินที่สัตว์ได้รับค่อนข้างต่ำเพียง 21.36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร จึงทำให้เห็นผลไม่ชัดเจน

ตารางที่ 10 ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อระดับค่า TBARs ในซีรัมของไก่ไข่ในแต่ละช่วงการทดลอง (nmol/ml)

อายุไก่ไข่	ควบคุม ¹	ควบคุม ²	ระดับการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา				P-value	Pool-SE ±	Contrast	
			(มก./ กก. อาหาร)						A	B
			100	200	300	400				
35 สัปดาห์ ³	2.44	2.09	2.16	1.88	1.94	2.14	0.706	0.095	0.353	0.288
43 สัปดาห์ ⁴	3.46 ^{ก,ข}	4.23 ^ก	4.19 ^ก	2.62 ^ข	3.09 ^ข	2.92 ^ข	0.006	0.170	0.036	0.013
51 สัปดาห์ ⁵	2.33 ^ข	4.04 ^ก	3.39 ^ก	2.35 ^ข	2.24 ^ข	2.32 ^ข	0.002	0.178	<0.01	0.017

หมายเหตุ ^{ก,ข} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

¹ กลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในสภาพไม่หนาแน่นกรงละ 2 ตัว และไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา

² กลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่นกรงละ 3 ตัว และไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา

³ เริ่มต้นการทดลอง (ก่อนทำการทดลอง)

⁴ ช่วงกลางการทดลอง (สิ้นสุดการทดลองช่วงที่ 2)

⁵ สิ้นสุดการทดลองทั้งหมด (สิ้นสุดการทดลองช่วงที่ 4)

A เปรียบเทียบการเลี้ยงแบบหนาแน่นและไม่หนาแน่น

B เปรียบเทียบการเสริมและไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา

ค่า TBARs ในไข่แดง

จากผลการทดลองพบว่าการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารที่ 200-400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ในช่วงการทดลองที่ 2-3 (แม่ไก่อายุ 40-47 สัปดาห์) มีผลทำให้ค่า TBARs ในไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่นแต่ไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ในช่วงสิ้นสุดการทดลอง (แม่ไก่อายุ 48-51 สัปดาห์) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และกลุ่มที่ไม่มีการเสริมและเลี้ยงในสภาพหนาแน่น ดังแสดงในตารางที่ 11 เนื่องจากสาร EGCG ซึ่งเป็นสารสำคัญในกลุ่มแคทีชินที่พบในชา (Yoneda *et al.*, 1995) สามารถช่วยต้านอนุมูลอิสระโดยทำหน้าที่ป้องกันการเกิดกระบวนการออกซิเดชันซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ โดยทำหน้าที่เป็นแหล่งให้อิโธโรเจนเพื่อรวมตัวกับอนุมูลอิสระส่งผลให้สารอนุมูลอิสระมีความเสถียรมากขึ้นและไม่เกิดปฏิกิริยาแบบลูกโซ่ต่อไป (Heim *et al.*, 2002) สารกลุ่มแคทีชินมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าวิตามินซีและอี (α -tocopheryl Acetate) 100 เท่า (Varilek *et al.*, 2001) และจากผลการทดลองจะพบว่าการเลี้ยงไก่ไข่ในสภาพหนาแน่นมีผลให้ค่าอนุมูลอิสระในร่างกายและผลผลิตไข่ แต่กลุ่มทดลองที่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา มีผลช่วยลดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติได้ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อระดับค่า TBARs ในไข่แดงของไก่ไข่ในแต่ละช่วงการทดลอง (mg/kg yolk)

อายุไก่ไข่	ควบคุม ¹	ควบคุม ²	ระดับการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา				P-value	Pool-SE ±	Contrast	
			(มก./ กก. อาหาร)						A	B
			100	200	300	400				
อายุ 36-39 สัปดาห์	0.26	0.27	0.25	0.25	0.25	0.24	0.489	0.005	0.319	0.127
อายุ 40-43 สัปดาห์	0.24 ^{ก,ข,ค}	0.28 ^ก	0.26 ^{ก,ข}	0.23 ^{ก,ข,ค}	0.21 ^{ข,ค}	0.21 ^ก	0.037	0.008	0.074	0.029
อายุ 44-47 สัปดาห์	0.21 ^{ก,ข}	0.26 ^ก	0.22 ^{ก,ข}	0.19 ^ก	0.17 ^ก	0.17 ^ก	0.011	0.009	0.033	0.007
อายุ 48-51 สัปดาห์	0.19 ^{จ,ฉ}	0.26 ^จ	0.23 ^{จ,ฉ}	0.18 ^ฉ	0.16 ^ฉ	0.16 ^ฉ	0.001	0.009	0.006	0.007

หมายเหตุ ^{ก,ข,ค} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

^{จ, ฉ, ญ} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

¹ กลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในสภาพไม่หนาแน่นกรงละ 2 ตัว และไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา

² กลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่นกรงละ 3 ตัว และไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา

A เปรียบเทียบการเลี้ยงแบบหนาแน่นและไม่หนาแน่น

B เปรียบเทียบการเสริมและไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชา

ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่เก็บรักษา

การสูญเสียน้ำหนักไข่

จากผลการทดลองพบว่าการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารไก่ไข่ไม่ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักไข่ของไข่เก็บรักษาแต่อย่างใด (ตารางที่ 12) โดยพบว่าน้ำหนักไข่สูญเสียในทุกกลุ่มการทดลองลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาโดยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยปกติการสูญเสียน้ำหนักไข่ได้รับอิทธิพลจากระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ที่เพิ่มขึ้น โดยมีผลต่อการเสื่อมสลายของโปรตีนโอโวมิวซิน (ovomucin) ซึ่งเป็นไกลโคโปรตีนที่ทำให้ไข่ขาวมีลักษณะคล้ายวุ้น ชั่น และนูน (Austic, 1977) รวมไปถึงการสูญเสียในไข่ขาว โดย Rose (1997) ได้อธิบายไว้ว่าปกติแล้วในไข่ขาวมีน้ำเป็นองค์ประกอบถึง 74 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บไข่ไว้เป็นเวลานานมีผลทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมากขึ้น และการสูญเสียน้ำในไข่ขาวเกิดขึ้นได้ใน 2 ลักษณะ คือการสูญเสียน้ำโดยผ่านออกทางรูที่เปลือกไข่ และการซึมของน้ำผ่านเข้าไปในไข่แดง เป็นผลให้น้ำหนักของไข่เก็บรักษาลดลง สอดคล้องกับผลการทดลองในครั้งนี้ที่พบว่าเมื่อเก็บรักษาไข่นานขึ้นน้ำหนักไข่สูญเสียก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ตารางที่ 12 ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารไก่ไข่ต่อการสูญเสียน้ำหนักไข่ (เปอร์เซ็นต์) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน

กลุ่มทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
อาหารควบคุม 1	1.65	3.67	5.12	6.62
อาหารควบคุม 2	1.67	3.69	5.34	6.92
เสริมสารสกัดหยาบจากกากชา 100 มม./กก.อาหาร	1.64	3.38	5.05	6.39
เสริมสารสกัดหยาบจากกากชา 200 มม./กก.อาหาร	1.65	3.64	5.14	6.72
เสริมสารสกัดหยาบจากกากชา 300 มม./กก.อาหาร	1.83	3.66	5.62	6.88
เสริมสารสกัดหยาบจากกากชา 400 มม./กก.อาหาร	1.76	3.69	5.46	6.94
P-value	0.3303	0.4055	0.0860	0.6548
Pooled SE $\pm$	0.0279	0.0541	0.0646	0.1021

ค่าความถ่วงจำเพาะ

จากตารางที่ 13 จะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาไข่ไว้นานขึ้นมีผลทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของไข่ไก่อลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้น ทั้งนี้ Austic (1977) พบว่า อุณหภูมิ ความชื้น และระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่มีผลให้เกิดการสูญเสีย น้ำในฟองไข่ การเก็บไข่ไว้นานจึงมีผลทำให้เกิดการสูญเสีย น้ำผ่านออกทางรูที่เปลือกไข่มากขึ้น ทำให้ช่องอากาศในฟองไข่ขยายใหญ่มากขึ้น ความถ่วงจำเพาะของไข่เก็บรักษาจึงมีค่าลดลง การเลี้ยงไก่ไข่ในสภาพหนาแน่นและการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในระดับ 100–400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ไม่มีผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะของฟองไข่ที่การเก็บรักษาในช่วงระยะเวลาต่างๆ ($P>0.05$)

ตารางที่ 13 ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อค่าความถ่วงจำเพาะของไข่ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน

กลุ่มทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
อาหารควบคุม 1	1.069	1.062	1.057	1.053
อาหารควบคุม 2	1.068	1.061	1.055	1.045
เสริมสารสกัดหยาบจากกากชา 100 มม./กก.อาหาร	1.070	1.062	1.059	1.056
เสริมสารสกัดหยาบจากกากชา 200 มม./กก.อาหาร	1.067	1.061	1.058	1.054
เสริมสารสกัดหยาบจากกากชา 300 มม./กก.อาหาร	1.067	1.060	1.059	1.046
เสริมสารสกัดหยาบจากกากชา 400 มม./กก.อาหาร	1.068	1.061	1.060	1.049
P-value	0.5206	0.7661	0.0904	0.1360
Pooled SE ±	0.0005	0.0003	0.0005	0.0019

คะแนนสีไข่แดง

ผลจากการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารไก่ไข่ พบว่า คะแนนของสีไข่แดง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 7, 14, 21 และ 28 วัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ 1 และ 2 (ตารางที่ 14) โดยสีของไข่แดงในแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น สอดคล้องกับ Biswas and Wakita (2001) ซึ่งได้ศึกษาผลการเสริมใบชาเขียวบดผง 0.3 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่ไข่อายุ 32–42 สัปดาห์ พบว่าไม่ส่งผลต่อสีของแดงในไข่เก็บรักษาที่ 2–4 สัปดาห์

ตารางที่ 14 ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อสีไข่แดง (คะแนน) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน

กลุ่มทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
อาหารควบคุม 1	12.26	12.31	12.36	12.01
อาหารควบคุม 2	12.24	12.29	12.27	12.27
เสริมสารสกัดหยาบจากกากชา 100 มม./กก.อาหาร	12.03	12.39	12.12	12.31
เสริมสารสกัดหยาบจากกากชา 200 มม./กก.อาหาร	12.28	12.41	12.27	12.19
เสริมสารสกัดหยาบจากกากชา 300 มม./กก.อาหาร	12.21	12.42	12.27	12.41
เสริมสารสกัดหยาบจากกากชา 400 มม./กก.อาหาร	12.25	12.36	12.14	12.23
P-value	0.5443	0.8186	0.5834	0.0620
Pooled SE $\pm$	0.0426	0.0335	0.0424	0.0383

ความสูงใบข้าวและค่าฮอกยูนิต (Haugh unit)

โดยปกติการเก็บไข่ไว้เป็นระยะเวลานานมีผลทำให้ค่าฮอกยูนิตมีค่าลดลง เนื่องจากความสูงใบข้าวลดลง ซึ่งจากการทดลองนี้ค่าความสูงใบข้าวของแต่ละกลุ่มทดลองในช่วง 14 วันแรกของการเก็บรักษาไข่ไก่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ที่อายุไข่เก็บรักษา 21 วัน พบว่าการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาที่ระดับ 200-400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีผลทำให้ค่าความสูงใบข้าวสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่งผลให้ค่าฮอกยูนิตสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่นและไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหาร และค่าความสูงใบข้าวของไข่ที่อายุการเก็บรักษา 28 วัน จากกลุ่มที่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาที่ระดับ 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารมีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 15) ส่งผลให้ค่าฮอกยูนิตสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่นและไม่เสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหาร (ตารางที่ 16) โดย Scott and Silverside (2000) อธิบายว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสูงใบข้าว คือคุณค่าทางโภชนาการในอาหาร พันธุกรรม สภาพแวดล้อมในการเก็บรักษาไข่ และระยะเวลาในการเก็บไข่ การเก็บไข่ไว้นานขึ้นจะทำให้อุณหภูมิ ตลอดจนเอนไซม์ต่าง ๆ ที่อยู่ในไข่มีผลทำให้ความสูงใบข้าวลดลง เกิดการสูญเสียน้ำในไข่ขาว และเกิดการเสื่อมสลายของโปรตีนโอโวมิวซินซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในไข่ขาว (Pietta, 2000) ทำให้เสียสภาพโดยเมื่อถูกออกซิไดซ์โครงสร้างของโปรตีนที่บริเวณ active site จะเปลี่ยนสภาพไป เช่น เกิดหมู่คาร์บอนิลใหม่ที่กรดอะมิโนของโปรตีน อาทิ ฮิสทีดีน เปลี่ยนเป็นออกซิฮิสทีดีน หรือเมไทโอนีนเปลี่ยนเป็นเมไทโอนีนซัลฟอกไซด์ และเกิดการเชื่อมต่อระหว่างหมู่ -SH เกิดเป็นไดซัลไฟด์ (S-S) เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงอันเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้สารต่างๆ ในโปรตีนไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ และส่งผลเพิ่มการสลายโปรตีนซึ่งเป็นสารเชิงซ้อนที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ได้เป็นสารที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลง การเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาซึ่งมีสารสำคัญกลุ่มโพลีฟีนอล คือ แคลทิกิน สารนี้มีคุณสมบัติที่ดีมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Yoneda *et al*, 1995) โดยทำหน้าที่เป็นตัวให้ไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระเหล่านี้ ทำให้ได้สารฟลาโวนอยด์ฟีนอกซิลเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งไม่เป็นพิษต่อโปรตีนส่งผลให้ลดการทำลายโปรตีน (โอภา และคณะ, 2550) ทำให้คุณภาพของไข่ขาวและค่าฮอกยูนิตของไข่เก็บรักษาสภาพได้นานขึ้นสอดคล้องกับ Affiliation and Arid (2004) ที่พบว่าการเสริมชาเขียวที่ระดับ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่ไข่อายุ 40 สัปดาห์ ทำให้ความสูงใบข้าวของไข่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 3 สัปดาห์ มีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งไม่มีการเสริมแต่อย่างใด

ตารางที่ 15 ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อความสูงไข่ขาว (มิลลิเมตร) ที่
ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน

กลุ่มทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
อาหารควบคุม 1	2.37	2.01	1.74 ^ก	1.62 ^{ก,ข}
อาหารควบคุม 2	2.46	1.81	1.49 ^ข	1.47 ^ข
เสริมสารสกัดหยาบจากกากชา 100 มม./กก.อาหาร	2.44	1.92	1.62 ^{ก,ข}	1.63 ^{ก,ข}
เสริมสารสกัดหยาบจากกากชา 200 มม./กก.อาหาร	2.42	1.94	1.72 ^ก	1.65 ^ก
เสริมสารสกัดหยาบจากกากชา 300 มม./กก.อาหาร	2.36	1.94	1.72 ^ก	1.59 ^{ก,ข}
เสริมสารสกัดหยาบจากกากชา 400 มม./กก.อาหาร	2.33	1.98	1.74 ^ก	1.71 ^ก
P-value	0.9630	0.3539	0.0111	0.0474
Pooled SE ±	0.0430	0.0251	0.0251	0.0221

หมายเหตุ ^{ก,ข} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 16 ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อค่าออกฤทธิ์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน

กลุ่มทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
อาหารควบคุม 1	30.79	25.61	19.38 ⁿ	17.93 ⁿ
อาหารควบคุม 2	31.92	21.09	14.47 ^u	12.61 ^u
เสริมสารสกัดหยาบจากกากชา 100 มม./กก.อาหาร	33.14	23.55	19.07 ⁿ	17.19 ^{n,u}
เสริมสารสกัดหยาบจากกากชา 200 มม./กก.อาหาร	31.61	23.59	20.03 ⁿ	18.95 ⁿ
เสริมสารสกัดหยาบจากกากชา 300 มม./กก.อาหาร	31.34	23.93	21.09 ⁿ	17.95 ⁿ
เสริมสารสกัดหยาบจากกากชา 400 มม./กก.อาหาร	31.42	25.48	21.35 ⁿ	21.34 ⁿ
P-value	0.9811	0.0922	0.0178	0.0148
Pooled SE ±	0.8373	0.6106	0.6352	0.7095

หมายเหตุ ^{n,u} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การเลี้ยงไก่ในสภาพหนาแน่นส่งผลทำให้ปริมาณการกินอาหารของแม่ไก่ทดลองลดลง ในขณะที่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตของแม่ไก่เลี้ยงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในระดับ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร สามารถช่วยให้ปริมาณการกินอาหารดีขึ้น อีกทั้งสมรรถภาพการให้ผลผลิตไข่ของแม่ไก่ที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่นดีขึ้นและมีค่าใกล้เคียงกับการเลี้ยงในสภาพหนาแน่นปกติ นอกจากนี้การเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหาร ส่งผลดีต่อคุณภาพไข่ ทั้งในส่วนของความสูงไข่ขาว และค่าฮอกยูนิตทั้งในไข่สดและไข่ที่เก็บรักษา และการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 100-200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ติดต่อกันเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่าหนึ่งเดือนมีผลลดระดับคอเลสเตอรอลในซีรัมและในไข่แดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และช่วยลดระดับอนุมูลอิสระที่วัดในรูปของค่า TBARS ในซีรัมและในไข่แดง ($P < 0.01$) ดังนั้นการเสริมผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในระดับ 100–200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร จะสามารถช่วยให้สมรรถภาพการให้ผลผลิตและคุณภาพไข่ของแม่ไก่ที่เลี้ยงในสภาพหนาแน่นทัดเทียมกับการเลี้ยงแม่ไก่ไข่ในสภาพปกติ

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาผลการใช้ผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาในอาหารไก่ไข่ในครั้งนี้ เป็นการศึกษาเพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับระดับของการใช้ผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาที่เหมาะสมในอาหารไก่ไข่ และผลของผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบจากกากชาต่อคุณภาพไข่ เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรและนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ต่อไป อย่างไรก็ตามควรมีการทดลองเพิ่มเติมในสภาพการเลี้ยงไก่ไข่แบบอุตสาหกรรมเพื่อยืนยันผลการทดลอง

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กานดา คติการ สมบูรณ์ ยุววรรณ และ ดุสิต อุสาหะ. 2523. การปลูกชา. กองพืชสวน กรมวิชาการ เกษตร, กรุงเทพฯ.
- จิตรา ก่อแน่นทเกียรติ. 2536. ความรู้เรื่องชาจีนจากผู้เฒ่า. สำนักพิมพ์ดอกหญ้า, กรุงเทพฯ.
- นันทวัน บุญยะประภัศร และ ประพินศรา สอนเล็ก. 2550. การเตรียมสารสกัดน้ำจากกากชา และ ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารสัตว์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2546. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. ธนบรรณการพิมพ์, เชียงใหม่.
- พนม วิญญาของ. 2550. ชาเชียงราย: รูปแบบการผลิตสู่ประโยชน์ทางด้านสุขภาพ และการป้องกันโรค. สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, เชียงใหม่.
- พิทักษ์ อาภาศิริผล. 2538. การปลูกชา. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- ไพโรจน์ พงศ์ศุภสมิทธิ์. 2532. เทคโนโลยีการผลิตชา. ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, เชียงใหม่.
- เขาวมาลย์ คำเจริญ. 2551. การใช้พืชสมุนไพรเสริมอาหารสำหรับการกระตุ้นการเจริญเติบโตในสัตว์, น. 30-45. ใน รายงานการประชุมวิชาการสัตวแพทยศาสตร์ ครั้งที่ 9. ห้องประชุม คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- รัชฎา แก่นสาร. 2540. สรีรวิทยา. โครงการสวัสดิการวิชาการ สถาบันพระบรมราชชนก กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ.
- ศักดิ์ บวร. 2543. ชาเขียว. บริษัทโอเอ็นจีการพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.
- สุริย์ ภูมิภมร. 2537. ชา: เครื่องดื่มที่มีชื่อเสียงมากที่สุดในโลก. วารสารศิลปวัฒนธรรม 15 (11): 58 -62.

สันต์ ละอองศรี. 2535. **ชา**. สำนักพิมพ์รวีเจิว, กรุงเทพฯ.

อนันต์ชัย เขื่อนธรรม. 2539. **หลักการวางแผนการตลาด**. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โอภา วัชรกุลต์ ปรีชา บุญจง จันทนา บุชรัตน์ และ มาลีรักษ์ อัดดีสินทอง. 2550. **สารต้านอนุมูลอิสระ**. พี.เอส.พรินท์, กรุงเทพฯ.

Affiliation, E. and L. A. Arid. 2004. Responses of laying hens to different levels of amoxicillin, hot pepper or green tea and their effects on productive performance, egg quality and chemical composition of yolk and blood plasma constituents. **J. Egypt. Poult. Sci.** 24 (4): 845-868.

A.O.A.C. 1990. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist**. 15th A.O.A.C., Washington, D.C.

Asakawa, T. and S. Matsushita. 1980. Coloring condition of thiobarbituric acid test for detecting lipid hydroxide. **Lipid** 15: 137-140.

Austic, R. E. 1977. Role of the shell gland in determination of albumen quality. **Poult. Sci.** 59: 202-210.

Balentine, D. A., S. A. Wiseman and L. C. Bouwens. 1997. The chemistry of tea flavonoids. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** 37: 693-704.

Bartov, I., S. Bornstein and P. Budowski. 1971. Variability of cholesterol concentration in plasma and egg yolk of hen and evaluation of the effects of some dietary oil. **Poult. Sci.** 50: 1357-1364.

Bell, D. J. and B. M. Freeman. 1971. **Physiology and Biochemistry of the Domestic Fowl**. Academic Press, New York.

- Beyer, R. S and L. O. Jensen. 1991. Cholesterol concentration of egg yolk and blood plasma and performance of laying hens as influenced by dietary α -ketoisocaproic acid. **Poult. Sci.** 71: 120-127.
- Biswas, A. H. and M. Wakita. 2001. Comparison of two dietary factors; green tea powder feeding and feed restriction, influencing laying performance and egg quality in hens. **Jpn. Sci. Technol.** 26: 55-61.
- Botsoglou, N. A., D. J. Fletouris, G. E. Papageorgiou, V. N. Vassilopoulos, A. J. Mantis and A. G. Trakatellis. 1994. Rapid, sensitive and specific thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food and feedstuff samples. **J. Agric. Food Chem.** 42: 1931-1937.
- _____, A. L. Yannakopoulos, D. J. Fletouris, A. S. Goussi and P. D Fortomaris. 1997. Effect of dietary thyme on the oxidative stability of egg yolk. **J. Agric. Food Chem.** 45: 3711-3716.
- Brune, M., L. Rossander and L. Hallberg. 1989. Iron absorption and phenolic compounds: importance of different phenolic structures. **Eur. J. Clin. Nutr.** 43 (8): 547-557
- Cattanach, L., R. Malley and J. Rodin. 1988. Psychologic and physiologic reactivity to stressors in eating disordered individuals. **Psychosom Med.** 50: 591-599.
- Chen, C. N., C. M. Liang, J. R. Lai, Y. J. Tsai, J. S. Tsay and J. K. Lin. 2003. Capillary electrophoretic determination of theanine, caffeine and catechins in fresh tea leaves and oolong tea and their effects on rat neurosphere adhesion and migration. **J. Agr. Food Chem.** 51: 7495-7503.
- Chen, C. W. and C. T. Ho. 1995. Antioxidant properties of polyphenols extracted from green and black teas. **J. Food Lipids.** 2: 35-46.

- Chen, S. Y. and D. B. Yeh. 2001. Effects of enteral feeding of catechins at various doses using different preparation methods on antioxidants activity and liver function in mice. **J. Agric. Food Chem.** 26 (4): 258-267.
- Cherian, G., F. W. Wolfe and J. S. Sim. 1996. Dietary oils with added tocopherols: effects on egg or tissue tocopherols, fatty acids and oxidative stability. **Poult Sci.** 75: 423-431.
- Chopra, D. and S. David. 2000. **The Chopra Centre Herbal Handbook**. Three Rivers Press, New York
- Das, D. N. 1962. Studies on the antibiotic activity of tea. **J. Ind. Chem. Soc.** 39: 849-854.
- Eid, Y. Z., A. Ohtsuka and K. Hayashi. 2003. Tea polyphenols reduce glucocorticoid-induced growth inhibition and oxidative stress in broiler chickens. **Poult Sci.** 44 (1): 127-132.
- Eisen, E. J., B. B. Rohrenand and H. E. McKean. 1962. The haugh unit as a measure of egg albumen quality. **Poult. Sci.** 41: 1461-1468.
- Etches, R. J. 1996. **Reproduction in Poultry**. University Press, Cambridge.
- Elkin, R. G., W. R. Featherston and J. C. Rogler. 1995. Condensed tannins are only partially responsible for variations in nutrient digestibilities of sorghum grain cultivars. **Poult. Sci.** 74: 125.
- Goto, T., Y. Yoshida, I. Amano and H. Horie. 1996. Chemical composition of commercially available Japanese green tea. **Food Ingred. J. Jpn.** 170: 46-51.
- Gramza, A. and J. Korczak. 2005. Tea constituents (*Camellia sinensis* L.) as antioxidants in lipid systems. **Trends Food Sci. Tech.** 16: 351-358.

- Hamilton, J. M. and J. M. Miller. 1995. Antimicrobial properties of tea (*Camellia sinensis* L.)
Antimicrob. Agents. Chemotherapy 39 (11): 2375-2377.
- Hara, H., N. Orita and S. Hatano. 1995. Effect of tea polyphenols on fecal flora and fecal
metabolic products of pigs. **J. Vet. Med. Sci.** 57 (1): 45-49.
- Harbowy, M. E. and D. A. Balentine. 1997. Tea Chemistry. **Crit. Rev. Plant Sci.** 16: 415 - 480.
- Hargis, P. S. 1988. Modifying egg yolk cholesterol in the domestic fowl- a review. **World's
Poult. Sci.** 44: 17-29.
- Heim, K. E., A. R. Tagliaferro and D. J. Bobilya. 2002. Flavonoid antioxidants: chemistry,
metabolism and structure-activity relationships. **J. Nutr. Biochem.** 13: 572-584.
- Ishihara, N. and C. Chu. 2001. Improvement of intestinal microflora balance and prevention of
digestive and respiratory organ diseases in calves by green tea extracts. **Livest. Prod.
Sci.** 68 (3): 217-229.
- Ishikawa, T, M. Suzukawa, T. Ito, H. Yoshida, M. Ayaori and M. Nishwaki. 1997. Effect of
tea flavonoid supplementation on the susceptibility of low-density lipoprotein to
oxidative modification. **Am. J. Clin. Nutr.** 66: 261-266.
- Jean, B. 1995. **Pharmacognosy, Phytochemistry, Medicinal Plants.** Intercept Ltd.,
Hampshire.
- Katiyar, S. K., R. Agarwal, G. S. Wood and H. Mukhtar. 1992. Inhibition of 12-O-
tetradecanoyl-phorbol-13 acetate-caused tumor promotion in 7, 12 dimethylbenz [a]
anthracene-initiated Sencar mouse skin by a polyphenolic fraction isolated from green
tea. **Cancer Res.** 52 (24): 6890-6897.

- Kawamura, J. and T. Takeo. 1989. Antibacterial activity of tea catechin to *Streptococcus mutans*. **J. Jpn. Soc. Food Sci. Tech.** 36: 463-467.
- Kojima, S. D. and Y. K. Yoshida. 2006. **Effects of green tea powder supplementation feeding on performance of laying hens at later stage**. Bulletin of Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center, Japan.
- Kuwabara, H., K. Ohsawa, T. Kuribayashi and S. Takanami. 2001. Studies on utilization of by products of food processing (part II), Utilization of antioxidative activity in residues from tea-drink processing. **Nagano-ken Shokuhin Kogyo Shikenjo Kenkyu Hokoku.** 29: 25-30.
- Lennard, R. M. and D. A. Roland. 1981. The influence of time of dietary calcium intake on shell quality. **Poult. Sci.** 60: 2106-2113.
- Lewis, S. 1996. **Avian Biochemistry and Molecular Biology**. University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Li, M. and Z. Liu. 1999. Effects of tea polyphenol on pathogenic bacteria in oral and pharynx *in vitro*. **J. Agric. Food Chem.** 19 (1): 41-55.
- Marshall, A. A. and E. E. Kokoete. 2008. Egg yolk cholesterol lowering effects of garlic and tea. **J. Bio. Sci.** 8 (2): 456-460.
- Matsuoka, K., N. Isowa, T. Yoshimura, M. Liu and H. Wada. 2002. Green tea polyphenol blocks H₂O₂-induced interleukin-8 production from human alveolar epithelial cells. **Cytokine** 18 (5): 266-273.
- Mayer, P. A. 1993. Cholesterol synthesis, transport and excretion, pp. 266-278. *In* R. K. Murray, D. K. Granner, P. A. Mayers and V. W. Rodwell, eds. **Harper's Biochemistry**. 23rd ed. Prentice-Hall Inc., New York.

- Miura, Y., T. Chiba, I. Tomita, H. Koizumi, S. Miura, K. Umegaki, Y. Hara, M. Ikeda and T. Tomita. 2001. Tea catechins prevent the development of atherosclerosis in apoprotein-E deficient mice. **J. Nutr.** 131: 27-32.
- Miyazawa, T. 2000. Absorption metabolism and antioxidant effects of tea catechin in human. **J. BioFactors** 13 (4): 55-59.
- Muramatsu, K., M. Fukuyo and Y. Hara. 1986. Effects of green tea catechins on plasma cholesterol level in fed rats. **J. Nutr. Sci. Vitaminol.** 32 (6): 613-622.
- Murata L. S., J. Ariki, C. R. Machado, L. G. Silva and M. J. Rezende. 2003. Effects of oils sources on blood lipid parameters of commercial laying hens. **Brit. J. Poult. Sci.** 5 (3): 203-206.
- National Research Council. 1994. **Nutrient Requirements of Poultry.** 9th ed. National Academy Press, Washington DC.
- Ninomiya, M., L. Unten and M. Kim. 1997. Chemical and physiochemical properties of green tea polyphenols, pp. 23-35. *In* T. Yamamoto, L. R. Juneja, D. C. Chu and K. Mujo, eds. **Chemistry and Applications of Green Tea.** CRC Press, New York.
- North, M. O. and D. D. Bell. 1990. **Commercial Chicken Production Manual.** 4th ed. Van Nostrand Reinhold Inc., New York.
- Pan, X., G. Niuand and H. Liu. 2003. Microwave-assisted extraction of tea polyphenols and tea caffeine from green tea leaves. **Chem. Engng. Process.** 42: 129-133.
- Panja, P. 2007. Effects of chinese tea (*Camellia sinensis* L.) supplementation in laying hens diets on production, quality and cholesterol content of egg. **Songklanakarin J. Sci. Technol.** 6 (29): 1511-1517.

- Pesti, G. M., R. I. Bakalli, J. P. Driver, A. Atencio and E. H. Foster. 2005. **Poultry Nutrition and Feeding**. Althens Inc., Georgia.
- Pietta, P.G. 2000. Flavonoids as antioxidants. **J. Natural Products** 63: 1035-1042.
- Qi, G., J. Zheng, J. Yin, S. Wu, Q. Diao and P. Zhang. 2002. Effects of flavonoid on antioxidative status and lipid metabolism of laying hen. **Yingyang Xuebao** 24 (2): 153-157.
- Rasheed, A. and M. Haider. 1998. Antibacterial activity of *Camellia sinensis* L. extracts against dental caries. **Arch. Pharm. Res.** 21 (3): 348-352.
- Rose, S. P. 1997. **Principle of Poultry Science**. CAB International, Wallingford.
- Roush, W.B. 1981. TI59 calculator program for Haugh unit calculator. **Poult. Sci.** 60: 1086-1088
- Ryu, E., D. C. Blenden and D. Wendall. 1982. The inhibition of growth of selected bacteria by incorporating powdered tea in the medium. **Int. J. Zoonos.** 9: 73-76.
- Sabu, M. C., K. Smitha and K. Ramadasan. 2002. Anti-diabetic activity of green tea polyphenol and their role in reducing oxidative stress in experimental diabetes. **J. Eth. Pharm.** 83: 109-116.
- Sadao K. and Y. Yuko. 2008. Effects of green tea powder feed supplement on performance of hens in the late stage of laying. **J. Poult. Sci.** 7 (5): 491-496
- Salah, N., N. J. Miller, G. Parganga, L. Tifburg, G. P. Bolwell and C. Evan. 1995. Polyphenolic flavonols as scavengers of aqueous phase radicals and as chain-breaking antioxidants. **Arch. Biochem. Biophys.** 322: 339-346.

- Sanderson, G.W. 1972. The chemistry of tea and tea manufacturing, pp. 247-316. *In* V. C. Runeckles, ed. **Structural and Functional Aspects of Phytochemistry**. Academic Press, New York.
- SAS. 2003. **SAS/STAT User's Guide**. Version 9.1. SAS Institute, Cary, North Carolina.
- Scalbert, A. 1991. Antimicrobial properties of tannins. **Phytochemistry** 30: 3875-3883.
- Scott, M. L., M. C. Wesheim and R. J. Young. 1982. **Nutrition of the Chicken**. Humphrey Press Inc, New York.
- Scott, T. A. and F.G. Silverside. 2000. The effect of storage and strain of hen on egg quality. **Poult. Sci.** 79: 1725-1729.
- Smith, B. and B Swain. 1962. Flavonoid compounds, pp 75-809. *In* M. Florkin and H. S. Mason, eds. **Comparative Biochemistry**. Academic Press, New York.
- Solomon, S.E. 1991. **Egg and Eggshell Quality**. Wolfe Publishing limited, England.
- Steninberg, D., S. Parthasarathy, T. E. Carew and J. C. Witztum. 1989. Modifications of low density lipoprotein that increase its atherogenicity. **New Engl. J. Med.** 320: 915-924.
- Sugita, K., K. Hara, F. Amano, T. Okubo, N. Aoi, M. Iwaki and S. Kumagai. 1999. Epigallocatechin gallate and gallic acid in green tea catechins inhibit extracellular release of verotoxin from enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7. **Biochem. Biophys. Acta.** 14 (2): 42-50.
- Tan, J. Z., H. I. Chen and A. Q. Zeng. 1988. Energy and protein requirement of putian laying duck. **Chinese J. Anim. Sci.** 6: 3-8.

- Taniguchi, N., A. Ohtsuka and K. Hayashi. 1999. Effects of dietary corticosterone and vitamin E on growth and oxidative stress in broiler chickens. **J. Anim. Sci.** 70 (4): 195-200.
- Tizard, I. 2004. **Veterinary Immunology: An Introduction**. 7th ed. W. B. Saunders Company, Philadelphia.
- Toda, M., S. Okubo, R. Hiyoshi and T. Shimamura. 1989. The bactericidal activity of tea and coffee. **Lett. Appl. Microbiol.** 8: 123-125.
- _____, _____, H. Ikigai, Y. Suzuki and T. Shimamura. 1991. The protective activity of tea against infection by *Vibrio cholerae* O1. **J. Appl. Bacteriol.** 70 (2): 109-112.
- Trompezinski, S., A. Denis, D. Schmitt and J. Viac. 2003. Comparative effects of polyphenols from green tea (EGCG) and soybean (genistein) on VEGF and IL-8 release from normal human keratinocytes stimulated with the proinflammatory cytokine TNF- α . **Arch. Dermatol. Res.** 295 (3): 112-116.
- Uchiyama, M. and M. Mihara. 1978. Determination of malonaldehyde precursor in tissue by thiobarbituric acid test. **Anal. Biochem.** 86: 271-278.
- Ueda, H. and M. Yamazaki. 1997. Anti-inflammatory effect of caffeine derived from green tea. **Aromatopia.** 24: 26-30.
- Uganbayar, D., I. H. Bae, K. S. Choi, I. S. Shin, J. D. Firman and C. J. Yang. 2005. Effects of green tea powder on laying performance and egg quality in laying hens. **Asian-Australian J. Anim. Sci.** 18 (12): 1769-1774.
- _____, I. S. Shin and C. J. Yang. 2006. Comparative performance of hens fed diets containing Korean, Japanese and Chinese green tea. **Asian-Australian J. Anim. Sci.** 19 (8): 1190-1196.

- Valentao, P., E. Fernandes, F. Carvalho, P. B. Andrade, R. M. Seabra and M. L. Bastos. 2003. Hydroxyl radical and hypochlorous acid scavenging activity of small centaury (*Centaureum erythraea*) infusion. A comparative study of green tea (*Camellia sinensis* L.). **Phytomed.** 10 (7): 517-522.
- Varilek, G. W., F. Yang, E. Y. Lee, W. J. S. Villiers, J. Zhong, H. S. Oz, K. F. Westberry and C. J. McClain. 2001. Green tea polyphenol extract attenuates inflammation in interleukin-2-deficient mice a model of autoimmunity. **J. Nutr.** 131: 2034-2039.
- Vohar, P., F. H. Kratzer and M. A. Joslyn. 1996. The growth depressing and toxic effects to chick. **Poult. Sci.** 135-142.
- Wang, H., G. J. Provan and K. Helliwell. 2000. Tea flavonoids, their functions, utilization and analysis. **Trends Food Sci. Tech.** 11: 152-160.
- Wayne R., S. Bidlack, T. Omaye and S. M. Mark. 1998. **Phytochemicals-A New Paradigm** . Technomic Publishing Co., Basel.
- Wikipedia, 2007. **Caffeine. The Free Encyclopedia**. Available Source: <http://en.wikipedia.org/wiki/caffeine>,
- Will, R. B. and H. Greenfield. 1984. **Laboratory Instruction Manual for Composition Studies**. Department of Food Science and Technology, The University of New South Wales. Kensington Inc., Australia.
- Willson, K. C. 1999. **Coffee, Cocoa and Tea**. University Press, Cambridge, United Kingdom.
- _____, and M. N. Clifford. 1992. **Tea: Cultivation to Consumption**. Chapman and Hill Press, London.

- Yamane, T., H. Goto, D. Takahashi, H. Takeda, K. Otowaki and T. Tsuchida. 1999. Effects of hot water extracts of tea on performance of laying hens. **Jpn. Poult. Sci.** 36: 31-37.
- Yokozawa, T., E. J. Cho, T. Nakagawa and K. Terasawa. 2000. Inhibitory effect of green tea tannin on free radical-induced injury to renal epithelial cell line, LLC-PK-1. **Pharm. Pharmacol. Commun.** 6 (12): 521-526.
- Yoneda, T., M. Hiramatsu, M. Sakamoto, K. Togasaki, M. Komatsu and K. Yamakuchi. 1995. Antioxidant effects of “beta-catechin” **Biochem. Mol. Biol. Int.** 35 (5): 995-1008.

ภาคผนวก

การตรวจหาคอเลสเตอรอลในไข่แดง และซีรัม

วิเคราะห์หาระดับคอเลสเตอรอลในตัวอย่างไข่แดงตามวิธีของฝ่ายเคมีอาหาร สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดลสาธาฯ จังหวัดนครปฐม โดยใช้เครื่อง Gas Chromatography อ้างอิงตามวิธีของ Will and Greenfield (1984) ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด ดัดแปลงจากวิธีของ Abell *et al.* (1952)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
2. water bath
3. Pasteur pipettes
4. ขวดกั่นกลมขนาด 250 มิลลิเมตร
5. หลอดทดลองขนาด 16×150 มิลลิเมตร พร้อมฝา
6. rotary evaporator
7. micropipette และ pipette
8. hot air oven
9. เครื่อง Gas Chromatography

สารเคมี

1. สารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์
2. dimethylformamide (DMF)
3. dimethyldichlorosilane (DMCS)
4. hexamethyldisilazane (HMDS)
5. trimethylchlorosilane (TMCS)
6. n-heptane
7. ethanol ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์
8. petroleum ether
9. standard cholesterol solution
10. standard 5 α -cholestane solution

วิธีการ

1. การเตรียม silanized test tubes

เตรียม silanized test tubes ล้างหลอดทดลองด้วย methanol และอบแห้งใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และเคลือบหลอดทดลองด้วย 10 เปอร์เซ็นต์ของ DMCS ในสารละลาย toluene ปิดฝาหลอด จากนั้นทิ้งหลอดให้แห้ง 1 ชั่วโมง ล้างด้วย methanol และอบให้แห้งใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส หลังการใช้ทุกครั้งล้างหลอดด้วยน้ำกลั่น และ methanol สุดท้ายนำไปอบให้แห้งก่อนนำกลับมาใช้ใหม่

2. Saponification

ในไข่แดง

ชั่งตัวอย่างไข่แดงประมาณ 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลองที่มีฝาปิด

เติมสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ 1 มิลลิลิตร และ ethanol ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ 4 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง และปิดฝาหลอดทดลองให้แน่น

อุ่นหลอดทดลองใน water bath ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส reflux ต่อ 1 ชั่วโมง และเขย่าหลอดทดลองทุก 15 นาที

ในซีรัม

ใช้ autopipette ดูดซีรัม 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีฝาปิด

เติมสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง และปิดฝาหลอดทดลองให้แน่น

อุ่นหลอดทดลองใน water bath ที่อุณหภูมิ 37-40 องศาเซลเซียส reflux ต่อ 1 ชั่วโมง และเขย่าหลอดทดลองทุก 15 นาที

3. Extract unsaponification matter

ในไข่แดง

นำหลอดทดลองออกจาก water bath ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และเติมน้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตร

เติม petroleum ether 5 มิลลิลิตร เขย่าอย่างแรงประมาณ 15 วินาที ทิ้งให้แยกชั้น

แยกส่วนบนใส่ขวดกั่นกลม และสกัดซ้ำด้วย petroleum ether 5 มิลลิลิตร 4 ครั้ง แยกส่วนใสใส่ขวดกั่นกลมใบเดิม

ระเหยส่วนที่สกัดได้ด้วย rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนแห้ง

ในซีรัม

นำหลอดทดลองออกจาก water bath ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และเติม petroleum ether 10 มิลลิลิตร

เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร เขย่าอย่างแรงประมาณ 1 นาที

นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ประมาณ 5 นาที จนแยกชั้น

แยกส่วนบนใส่ขวดกั่นกลม และสกัดซ้ำด้วย petroleum ether 5 มิลลิลิตร 4 ครั้ง แยกส่วนใสใส่ขวดกั่นกลมใบเดิม

ระเหยส่วนที่สกัดได้ด้วย rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนแห้ง

4. การเตรียม standard cholesterol

เตรียม standard cholesterol solution 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยดูด standard 0.2, 0.4 และ 0.6 มิลลิลิตร ใส่ในขวดก้นกลม

ระเหยด้วย rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนแห้ง

นำไปตรวจวัดปริมาณคอเลสเตอรอลเหมือนตัวอย่างไข่แดง และซีรัม

5. การตรวจวัดปริมาณคอเลสเตอรอล

เติม DMF 3 มิลลิลิตร ในขวดก้นกลมเพื่อละลายส่วนเหลือจากการระเหยออกของทั้งไข่แดง และซีรัม

ดูด DMF ออก 1 มิลลิลิตร ใส่ใน silanized test tubes

เติม HMDS 0.4 มิลลิลิตร และ TMCS 0.2 มิลลิลิตร ในทุกหลอด และปิดฝาหลอด ทดลองให้แน่น เขย่าอย่างแรงประมาณ 30 วินาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 15 นาที

เติม 5 α -cholestane intestinal standard 1 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ในหลอด ทดลองทุกหลอด เขย่าอย่างแรงประมาณ 1 นาที

ฉีดตัวอย่างไข่แดง และซีรัม 3 ไมโครลิตร เข้าเครื่อง Gas Chromatography

Gas Chromatography condition

Detector type	Asymmetric double cantilever beam (ADCB)
Column	Pack column
Injector Temperature	275 องศาเซลเซียส
Detector Temperature	300 องศาเซลเซียส
Column Temperature	250 องศาเซลเซียส
Flow rate of carrier gas	30 มิลลิลิตรต่อนาที

6. การคำนวณ

$$\text{RF (standard)} = \frac{\text{พื้นที่ของคอเลสเตอรอล}}{\text{พื้นที่ของ } 5\alpha\text{-cholestane}} \times \frac{1}{\text{ความเข้มข้นของคอเลสเตอรอล}} \\ \text{(มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)}$$

$$\text{ปริมาณคอเลสเตอรอล*} = \frac{\text{พื้นที่ของคอเลสเตอรอลในตัวอย่าง}}{\text{พื้นที่ของ } 5\alpha\text{-cholestane}} \times \frac{100}{\text{RF} \times \text{น้ำหนักตัวอย่าง**}}$$

* มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง

** กรัม

$$\text{ปริมาณคอเลสเตอรอล*} = \frac{\text{พื้นที่ของคอเลสเตอรอลในตัวอย่าง}}{\text{พื้นที่ของ } 5\alpha\text{-cholestane}} \times \frac{100}{\text{RF} \times \text{ปริมาตรซีรัม**}}$$

* มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง

** มิลลิลิตร

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวสุภาภรณ์ โฉมานุรักษ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 27 มกราคม 2525
สถานที่เกิด	นครสวรรค์
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคนิคการสัตวแพทย์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ.2548