

ผลการเสริมสารไคโตซานในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต
คุณภาพไข่ และปริมาณคอเลสเตอรอล

EFFECT OF CHITOSAN SUPPLEMENTATION ON PRODUCTION
PERFORMANCE, EGG QUALITY AND CHOLESTEROL
CONCENTRATION IN LAYING HEN

อัจฉริยา รักษ์รอด
UTCHARIYA RUKROD

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษามหาบัณฑิตปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ท.ศ. 2550

ผลการเสริมสารไคโตซานในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต
คุณภาพไข่ และปริมาณคอเลสเตอรอล

EFFECT OF CHITOSAN SUPPLEMENTATION ON PRODUCTION
PERFORMANCE, EGG QUALITY AND CHOLESTEROL
CONCENTRATION IN LAYING HEN

อัจฉริยา รักษ์รอด

UTCHARIYA RUKROD

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาสัตวศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2550

**EFFECT OF CHITOSAN SUPPLEMENTATION ON PRODUCTION
PERFORMANCE, EGG QUALITY AND CHOLESTEROL
CONCENTRATION IN LAYING HEN**

UTCHARIYA RUKROD

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN ANIMAL SCIENCE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2007

COPYRIGHT 2007

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ชื่อหัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการเสริมสาร ไคโตซานในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่และปริมาณคอเลสเตอรอล
นักศึกษา	นางสาวอัจฉริยา รักร์รอด
รหัสประจำตัว	46062407
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สัตวศาสตร์
พ.ศ.	2549 ⁵⁰
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.รณชัย สิริทริไกรพงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.อนุชา แสงโสภณ

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเสริมไคโตซานในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่และปริมาณคอเลสเตอรอล โดยศึกษาอาหาร 6 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม กลุ่มที่ 2 อาหารควบคุมเสริมยาปฏิชีวนะ (คลอเตตราซัยคลิน 50 ppm) กลุ่ม 3 4 5 และ 6 เป็นอาหารควบคุมเสริมไคโตซานที่ระดับ 100 200 300 และ 400 ppm ตามลำดับ การศึกษาแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาการเสริมไคโตซานในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต, คุณภาพไข่, ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมและไข่แดง และระดับภูมิคุ้มกันโรคนิวคาสเซิลของไก่ไข่ ไข่ไก่อายุ 22 สัปดาห์ จำนวน 288 ตัว แบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วยไก่ไข่ 12 ตัว เลี้ยงในกรงคับขังเดี่ยว วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) ผลการทดลองพบว่า เมื่อมีการเสริมไคโตซานในอาหารทำให้ปริมาณอาหารที่กิน ปริมาณอาหารในการผลิตไข่ ปริมาณพลังงานที่ได้รับ และต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนเปอร์เซ็นต์การให้ไข่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.01$) และการเลี้ยงรอดมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักไข่ขาวและสีไข่แดงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) น้ำหนักไข่ทั้งฟอง เปอร์เซ็นต์เปลือกไข่ และความหนาเปลือกไข่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) ส่วนความแข็งเปลือกไข่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะในอาหาร ค่า Haugh Unit ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) เมื่อมีการเพิ่มระดับไคโตซานในอาหารสูงขึ้น ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดง ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมไก่ไข่ และโคเลอโรโรคนิวคาสเซิล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มเมื่อเสริมไคโตซานในอาหารเพิ่มขึ้น ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงและปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมจะลดลง

การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารเสริมด้วยโคโคซานในไก่ไข่ โดยทำการสุ่มไก่ไข่อายุ 38 สัปดาห์เข้ากรงขังเดี่ยวเพื่อหาการย่อยได้ จำนวน 36 ตัว ไก่ได้รับอาหารทดลอง 6 กลุ่ม (ตามอาหารทดลองจากการทดลองที่ 1) กลุ่มละ 6 ซ้ำแต่ละซ้ำประกอบด้วยไก่ไข่ 1 ตัว ผลการทดลองพบว่า ความชื้นในมูลสด วัตถุแห้งในมูล การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีนในมูล การย่อยได้ของโปรตีน เปอร์เซ็นต์โปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิ เยื่อใยในมูล และการย่อยได้ของเยื่อใยในไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะและกลุ่มที่เสริมด้วยโคโคซานทั้ง 4 ระดับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) การย่อยได้ของไขมัน พลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏของอาหารทดลองอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P\leq 0.01$) ไขมันในมูลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P\leq 0.01$) และพลังงานในมูลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) เมื่อเพิ่มระดับโคโคซานในอาหารสูงขึ้น โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

จากการทดลองข้างต้นแนะนำได้ว่าระดับโคโคซานที่เหมาะสมที่เกษตรกรสามารถนำไปใช้เพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพไข่ในลักษณะสารเร่งการเจริญเติบโตเทียบเท่ายาปฏิชีวนะคือที่ระดับ 100 ppm

Thesis Title	Effect of Chitosan Supplementation on Production Performance, Egg Quality and Cholesterol Concentration in Laying Hen
Student	Miss Utchariya Rukrod
Student ID	46062407
Degree	Master of Science
Programme	Animal Science
Year	2006
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Ronachai Sitthigripong
Thesis Co-advisor	Assist. Prof. Anucha Saengsophon

ABSTRACT

This study was conducted to determine the effect of chitosan supplementation on production performance, egg quality, cholesterol concentration and Newcastle disease immunity level in laying hen. The experimental diets were divided into 6 groups as diet 1 : basal diet, (control group) ; diet 2 : supplementation with chlortetracycline 50 ppm in basal diet (CTC group); diets 3-6 : supplementation with chitosan 100, 200, 300 and 400 ppm in basal diet, respectively. This study was consisted of 2 experiments.

Experiment 1, production performance, egg quality, cholesterol concentration and Newcastle disease titer , 288 laying hens at 22 weeks of age were randomly allotted into 6 groups of 4 replications, each replication containing 12 bird. There were not significant different ($P>0.05$) in feed intake, energy intake and feed cost per egg production between the treatments. Percentage of egg production and viability rate (%) of birds fed chitosan supplementation diets were significantly higher ($P\leq 0.05$) than those fed control and CTC groups. Egg weight, egg shell percentage, egg shell thickness and egg shell strength from birds fed chitosan supplementation diets were significantly higher ($P\leq 0.05$) than those fed CTC supplementation diets. No significant differences were observed on percent of yolk weight and albumen weight as well as yolk color of birds fed all of experimental diets. Haugh unit was significantly lower ($P\leq 0.05$) when chitosan supplementation in diet was increase comparing with control diet. Serum choleasterol and yolk cholesterol concentration tend to decrease ($P>0.05$) when the chitosan levels in basal diet increase.

The supplementation of chitosan in diet was not significantly effect on Newcastle disease titer.

Experiment 2, digestibility trial, 36 laying hens at 38 weeks of age were divided into 6 group of 6 replication each. Each replication contained 1 bird which was randomly kept in individually metabolic cage where water was provided ad libitum. Fecal moisture, fecal dry matter, dry matter digestibility, fecal protein, protein digestibility, net protein utilization, fecal fiber and fiber digestibility of laying hens were not significantly different ($P>0.05$). When the levels of chitosan in basal diet increase not only the fecal fat excretion and fecal gross energy tend to increase but the crude fat digestibility and apparent metabolizable energy in the diets tend to decrease ($P>0.05$) also. Especially, there was significantly different ($P\leq 0.05$) between control and 400 ppm chitosan supplementation groups. All digestibility characteristics of the bird were not significantly different ($P>0.05$) between the control and CTC groups.

For a suggestion, the supplementation of chitosan 100 ppm could be used for growth promoter to increase production performance and egg quality in the laying hen ration.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น ต้องขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.รณชัย ลีทธิไกรพงษ์ และผศ.อนุชา แสงโสภณ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำวิธีการวิจัยตลอดจนแก้ไข ปัญหาต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการที่ร่วมพิจารณาวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ซึ่งประกอบไปด้วย รศ.ดร.สุชีพ สุขสุแพทย์ และผศ.ดร.ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์ และอาจารย์ทุกท่านประจำภาควิชา เทคโนโลยีการผลิตสัตว์ที่ให้ความรู้ในขณะศึกษา ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนเงินงบประมาณการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ โภชนศาสตร์สัตว์ ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการ วิเคราะห์ค่าโภชนะและการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการต่างๆ ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สารโคโคซาน และขอบคุณพนักงานประจำฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ปีกของภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือขณะทำการทดลองวิทยานิพนธ์

ขอบคุณน้องๆ นักศึกษาปริญญาตรีที่ร่วมทำการทดลองจนสำเร็จลุล่วง ขอขอบคุณพี่ๆ และ เพื่อนๆ ปริญญาโท รวมทั้งเพื่อนๆ ที่เรียนมาด้วยกันตั้งแต่ระดับปริญญาตรี ซึ่งเป็นกำลังใจและให้ ความช่วยเหลือโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจใน การศึกษาตลอดมา คุณประโยชน์ที่พึงได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณ ทุกท่าน

อังกริยา รักร้อด

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	X
สารบัญภาพ.....	XI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์.....	2
1.3 สถานที่ทำการทดลอง.....	3
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	3
1.5 ระยะเวลาการศึกษา.....	3
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 คุณสมบัติของสาร ไคโตซาน.....	4
2.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพของไคโตซาน.....	7
2.1.2 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของไคโตซาน.....	8
2.2 การประยุกต์ใช้ไคติน-ไคโตซาน.....	9
2.3 การผลิตไคตินและไคโตซาน.....	13
2.3.1 การผลิตไคติน.....	13
2.3.2 การผลิตไคโตซาน.....	14
2.4 ความปลอดภัยและพิษวิทยาของไคโตซาน.....	17
2.5 ผลการเสริมไคโตซานต่อสมรรถภาพการผลิตของสัตว์.....	18
2.6 ผลการเสริมไคโตซานต่อการย่อยได้.....	19
2.7 การเสริมไคโตซานต่อภูมิคุ้มกัน.....	20
2.8 การเสริมไคโตซานต่อระดับคอเลสเตอรอล.....	20
2.9 การเสริมไคโตซานต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ.....	23

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	24
3.1 สัตว์ทดลอง.....	24
3.2 อุปกรณ์.....	24
3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเลี้ยงไก่ไข่.....	24
3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาคุณภาพไข่.....	24
3.2.3 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการศึกษาการย่อยได้.....	25
3.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร.....	25
3.2.5 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อศึกษาภูมิคุ้มกัน และคอเลสเตอรอล.....	25
3.2.6 สารโคโคซาน.....	25
3.3 วิธีการ.....	26
3.3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลการเสริมโคโคซานในสูตรอาหาร ต่อสมรรถภาพการผลิต, คุณภาพไข่, ปริมาณคอเลสเตอรอล และระดับภูมิคุ้มกัน โรคนิวคาสเซิลของไก่ไข่.....	26
3.3.1.1 แผนการทดลอง.....	26
3.3.1.2 วิธีการทดลอง.....	28
3.3.1.3 การบันทึกข้อมูล.....	29
3.3.1.4 การคำนวณข้อมูล.....	30
3.3.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทาง สถิติ.....	31
3.3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารผสมโคโคซาน.....	31
3.3.2.1 แผนการทดลอง.....	31
3.3.2.2 วิธีการทดลอง.....	31
3.3.2.3 การบันทึกข้อมูล.....	32
3.3.2.4 การคำนวณข้อมูล.....	32
3.3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทาง สถิติ.....	33
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	34
4.1 การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของสูตรอาหารควบคุม.....	34

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2	ศึกษาการเสริมโคโคซานในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต, คุณภาพไข่, ปริมาณคอเลสเตอรอล และระดับภูมิคุ้มกัน โรคนิวคาสเซิลของไก่ไข่.....	35
4.2.1	เปอร์เซ็นต์การให้ไข่.....	35
4.2.2	ปริมาณอาหารที่กิน ปริมาณพลังงานที่ได้รับ และปริมาณอาหารในการผลิตไข่.....	36
4.2.3	ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่.....	38
4.2.4	อัตราการเลี้ยงรอด.....	39
4.2.5	น้ำหนักไข่ไก่ทั้งฟอง.....	41
4.2.6	น้ำหนักเปลือกไข่.....	42
4.2.7	น้ำหนักไข่แดง.....	44
4.2.8	น้ำหนักไข่ขาว.....	45
4.3.9	ความแข็งเปลือกไข่.....	46
4.3.10	ความหนาเปลือกไข่.....	47
4.2.11	ค่า Haugh Unit.....	48
4.3.12	สีไข่แดง.....	49
4.3.13	ปริมาณคอเลสเตอรอลและระดับภูมิคุ้มกัน โรคนิวคาสเซิล.....	50
4.4	ศึกษาการเสริมโคโคซานในอาหารต่อการย่อยได้ของไก่ไข่.....	52
บทที่ 5	วิจารณ์ผลการทดลอง.....	55
5.1	ประสิทธิภาพการผลิตของไก่ไข่, คุณภาพไข่, ปริมาณคอเลสเตอรอลและระดับภูมิคุ้มกัน โรคนิวคาสเซิล.....	55
5.1.1	เปอร์เซ็นต์การให้ไข่ ปริมาณอาหารที่กิน และปริมาณอาหารในการผลิตไข่.....	55
5.1.2	ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่.....	56
5.1.3	อัตราการการเลี้ยงรอด.....	57
5.1.4	น้ำหนักไข่ไก่ทั้งฟอง น้ำหนักเปลือกไข่ น้ำหนักไข่แดง และน้ำหนักไข่ขาวความแข็งเปลือกไข่ ความหนาเปลือกไข่.....	58
5.1.5	ค่า Haugh Unit.....	59
5.1.6	สีไข่แดง.....	60

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.1.7 ปริมาณคอเลสเตอรอลและระดับภูมิคุ้มกันโรคนิวคาสเซิล.....	61
5.2 การย่อยได้ของอาหารเสริมโคโคซาน.....	63
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	66
6.1 สรุป.....	66
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	67
บรรณานุกรม.....	68
ภาคผนวก ก.....	75
ประวัติผู้เขียน.....	79

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญของโคคิน.....	4
3.1 ส่วนประกอบสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่ไข่ทดลอง.....	27
4.1 ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารไก่ไข่ที่ใช้ในการทดลอง.....	34
4.2 เปอร์เซ็นต์การให้ไข่ของไก่ไข่ทดลองในแต่ละระยะอายุการทดลอง.....	36
4.3 ปริมาณการกินอาหาร ปริมาณพลังงานที่ได้รับ และปริมาณอาหารที่ใช้ในการผลิตไข่ของไก่ไข่ทดลอง.....	38
4.4 ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไข่ของไก่ไข่ทดลอง.....	39
4.5 อัตรการเลี้ยงรอดของไก่ไข่ในแต่ละระยะอายุการทดลอง.....	41
4.6 น้ำหนักไข่ทั้งฟองของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 กลุ่ม.....	42
4.7 น้ำหนักเปลือกไข่ของไก่ไข่ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 กลุ่ม.....	43
4.8 น้ำหนักไข่แดงของไก่ไข่ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 กลุ่ม.....	45
4.9 น้ำหนักไข่ขาวของไก่ไข่ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 กลุ่ม.....	46
4.10 ความแข็งเปลือกไข่ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 กลุ่ม.....	47
4.11 ความหนาเปลือกไข่ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 กลุ่ม.....	48
4.12 ค่า Haugh Unit ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 กลุ่ม.....	49
4.13 สีไข่แดงของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 กลุ่ม.....	50
4.14 แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้อาหาร 6 กลุ่มที่มีผลต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดง แต่ละอายุการทดลอง ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัม และโคเลอรโรคนิวคาสเซิล.....	52
4.15 ผลการเสริมโคโคซานต่อการย่อยได้ของไก่ไข่ของอาหาร (น.น.แห้ง) ในช่วงระยะ 37 สัปดาห์.....	54
ก.1 แสดงราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง.....	76
ก.2 แสดงอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุดและความชื้นสัมพัทธ์แต่ละช่วงของวันทดลองระยะเวลา การทดลองเลี้ยงไก่ไข่.....	77
ก.3 แสดงส่วนประกอบพรีมิคซ์ไก่เนื้อใน 1 กิโลกรัม.....	78

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างทางเคมีของโคติน และโคโคซาน.....	6
2.2 แสดงปฏิกิริยาอะซิทธิเลชัน.....	7
2.3 โคโคซานที่มีลักษณะเป็นเกล็ด.....	9
2.4 โคโคซานที่มีลักษณะเป็นผง.....	9
2.5 แสดงการจับไขมันโดยโคโคซาน.....	12
2.6 ขั้นตอนทั่วไปของกระบวนการผลิตโคโคซาน.....	16
2.7 แสดงการทำงานของโคโคซานต่อการย่อยและการดูดซึมคอเลสเตอรอล.....	21

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ไก่ไข่ (Laying Hen) เป็นสัตว์เลี้ยงเศรษฐกิจที่สำคัญมาก จากการพยากรณ์ผลผลิตไก่ไข่ของศูนย์สารสนเทศการเกษตร (2549) ประมาณการณ์ว่าในปี 2549 ประเทศไทยจะสามารถผลิตไก่ไข่ได้ประมาณ 29.62 ล้านตัว ผลผลิตลดลงจากปี 2548 และ 2547 ประมาณ 0.19 และ 11.90 ล้านตัว ปริมาณการผลิตไข่ไก่ในปี 2549 คาดว่าจะเพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมา หลังภาวะการระบาดของโรคไข้หวัดนก ที่ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ได้รับความเสียหายจากการระบาดทั้งสองรอบ เพราะการทำลายแม่ไก่และไก่เล็กได้หายไปจากระบบในระหว่างปี 2547 จำเป็นต้องงดการนำเข้าไก่ไข่เข้าเลี้ยงอีกระยะหนึ่งตามนโยบายของรัฐบาล เพื่อควบคุมและเฝ้าระวังโรคระบาดในพื้นที่ที่เกิดโรค ซึ่งคงต้องใช้เวลาในการปรับภาวะต่างๆ แต่จากการคาดการณ์ข้อมูลการนำเข้าพ่อแม่พันธุ์ไก่ไข่ทั้งการผลิตลูกไก่ภายในประเทศในปี 2548 คาดว่าจะเริ่มให้ผลผลิตไข่ไก่ในไตรมาสที่ 2 ของปี 2549 และถ้าหากไม่ได้รับผลกระทบจากเชื้อไข้หวัดนกหรือสาเหตุต่างๆ ปริมาณการผลิตไข่ไก่ก็จะเริ่มเข้าสู่ภาวะปกติในช่วงปลายปี รวมทั้งการปรับเปลี่ยนวิธีการเลี้ยงจากโรงเรือนเปิดเป็นโรงเรือนปิด ซึ่งจะทำให้อัตราการให้ไข่ปริมาณเพิ่มมากขึ้นจากเดิม ประกอบกับการซื้อขายไข่ไก่ยังคงคล่องตัวคืออยู่ ทำให้ผลผลิตไข่ไก่ไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาด ส่งผลให้ราคาที่เกษตรกรขายได้มีราคาดี จึงคาดว่าปริมาณการผลิตไข่ไก่ ปี 2549 เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา ด้านการบริโภค ความต้องการการบริโภคไข่ไก่ภายในประเทศจะเพิ่มขึ้นจากปี 2548 เพราะผลผลิตมีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้ราคาปรับตัวลดลง ประกอบกับผู้บริโภคมีความมั่นใจว่าบริโภคไข่ปรุงสุกแล้วปลอดภัยจากโรคไข้หวัดนก ส่วนทางด้าน การส่งออกได้มีการขยายตลาดใหม่ๆ โดยเฉพาะกลุ่มประเทศในแอฟริกา และกลุ่มประเทศตะวันออกกลาง

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2544) รายงานแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 มีเป้าหมายที่ชัดเจนในการดำเนินงานพัฒนาด้านไก่ไข่ ดังนี้

- 1) วิจัยและผลิตพ่อแม่ไก่พันธุ์ เพื่อลดปริมาณการนำเข้า
- 2) เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และลดต้นทุนการผลิต โดยใช้ระบบ EVAP ที่ใช้วัสดุภายในประเทศที่ประหยัดพลังงาน
- 3) พัฒนาวัตถุดิบอาหารสัตว์ และสูตรอาหารสำเร็จรูป

- 4) พัฒนาระบบการจัดการฟาร์มให้ได้มาตรฐาน
- 5) พัฒนาระบบข้อมูลด้านการผลิต ให้มีข้อมูลที่ต้องการและมีความสะดวกรวดเร็ว ที่สามารถใช้งานได้ตลอดเวลาในขนาดที่ใกล้เคียงมากที่สุด
- 6) พัฒนาระบบการควบคุม การตรวจสอบการใช้ยาสัตว์ตามมาตรฐานให้เหมาะสมและถูกต้องตามกฎหมายเพื่อคุ้มครองผู้บริโภค และสนับสนุนการส่งออก
- 7) การป้องกัน และรักษาโรคในไก่ไข่ด้วยสมุนไพร
- 8) พัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการตรวจสอบ เพื่อควบคุมคุณภาพเนื้อสัตว์ อาหารสัตว์ และยาสัตว์ให้เป็นที่ยอมรับตามมาตรฐานสากล

การเลี้ยงสัตว์เพื่อเพิ่มผลผลิตให้ได้สูงที่สุด อาหารจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในการเลี้ยงสัตว์เพื่อเร่งการเจริญเติบโตในสัตว์ ได้มีการใช้สารปฏิชีวนะเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตและการใช้ฮอร์โมนในอาหารสัตว์ ในขณะที่กลุ่มประเทศยุโรปได้รับการต่อต้านอย่างมากจากผู้บริโภค ซึ่งให้จำกัดการใช้ยาปฏิชีวนะในอาหารสัตว์ให้ลดลงเพื่อความปลอดภัยและให้ใช้อาหารจากธรรมชาติ จึงเพิ่มการใช้อาหารจากธรรมชาติพวกผลิตภัณฑ์จากโคติน-โคโคซาน ที่มีคุณภาพดีมาใช้ในสัตว์แทนการใช้ยาปฏิชีวนะ โคโคซาน เป็นผลิตภัณฑ์จากเปลือกหุ้มอวัยวะของกุ้ง ปู และสัตว์ทะเลที่อยู่ในตระกูลครัสเตเชีย (crustacean) มาแปรรูปโดยการหมักด้วยจุลินทรีย์พวกโปรไบโอติก เพื่อให้ได้วัสดุทางชีวภาพ ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษที่มีส่วนร่วมในกิจกรรมทางชีวภาพ ซึ่งมีความปลอดภัยมากสำหรับใช้ในคนและสัตว์ นอกจากนี้โคโคซานยังย่อยสลายตามธรรมชาติ จึงไม่เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตเมื่อกินเข้าไป และไม่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อเค็มลงไปใต้น้ำหรือในดินเพื่อการเกษตร ได้มีผู้วิจัยหลายท่านได้นำผลิตภัณฑ์นี้มาใช้ในอาหารสัตว์เพื่อเป็นสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรค สารเพิ่มสี เพิ่มกลิ่น รสชาติ สารกระตุ้นน้ำย่อยในการช่วยย่อยอาหาร ที่สำคัญโคโคซานยังช่วยลดคอเลสเตอรอล และไขมันในเส้นเลือดได้อีกด้วย แต่การทดลองเสริมโคโคซานในอาหารไก่ไข่ยังไม่มีผู้ทำการวิจัย ดังนั้นจึงเป็นโอกาสดีที่จะทำการทดลองการเสริมโคโคซานในอาหารไก่ไข่เพื่อผลต่อลักษณะการผลิตไก่ไข่ขึ้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

- 1) ศึกษาผลการเสริมโคโคซานในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่
- 2) ศึกษาผลการเสริมโคโคซานในสูตรอาหารต่อคุณภาพไข่
- 3) ศึกษาผลการเสริมโคโคซานในสูตรอาหารต่อการย่อยได้ของโภชนะในอาหารของไก่ไข่
- 4) ศึกษาผลการเสริมโคโคซานในสูตรอาหารต่อระดับคอเลสเตอรอลในเลือดและในไข่ไก่
- 5) ศึกษาผลการเสริมโคโคซานในสูตรอาหารต่อภูมิคุ้มกันโรคบางชนิดในไก่ไข่

- 6) ศึกษาการใช้โคโคซานที่เหมาะสมในสูตรอาหารไก่ไข่เพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิต

1.3 สถานที่ทำการทดลอง

โรงเรียนเลี้ยงไก่ไข่ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพไข่ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร.

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

- 1) การทดลองที่ 1 ศึกษาการเสริมโคโคซานในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต, คุณภาพไข่, ระดับคอเลสเตอรอล และระดับภูมิคุ้มกัน
- 2) การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารเสริมด้วยโคโคซานในไก่ไข่

1.5 ระยะเวลาการศึกษา

- 1) ระยะเวลาในการเลี้ยงไก่ ศึกษาคุณภาพไข่ และศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารที่โรงเรียนเลี้ยงไก่ไข่ รวมระยะเวลา 6 เดือน
- 2) ระยะเวลาในการศึกษาระดับคอเลสเตอรอลในซีรัม และระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงของไก่ไข่ รวมระยะเวลา 5 เดือน

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณสมบัติของสารไคโตซาน

ไคติน (chitin) เป็นสารโพลีเมอร์ชีวภาพในธรรมชาติ พบมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส แต่ไม่พบเป็นโครงสร้างหลักเดี่ยวๆ ในสิ่งมีชีวิต โดยพบในรูปที่เป็นสารประกอบปะปนอยู่กับสารอื่นๆ เช่น อยู่ร่วมกับหินปูน หรือแคลเซียม และโปรตีน ในรูปสารประกอบเชิงซ้อน แหล่งวัตถุดิบของไคตินพบได้ในผนังเซลล์ของพืชบางชนิด สัตว์และจุลินทรีย์ เช่น ในยีสต์ที่ใช้ทำเบียร์ และในสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์ที่มีเปลือกและกระดอง เช่น หอย กุ้ง แคนหมึกและปู (พูนทรัพย์ วิชัยพงษ์, 2548) ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ในสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังมีความสำคัญมากเนื่องจากเป็นตัวทำให้โครงสร้างยึดตัวกันเป็นรูปและคงสภาพแข็งแรงพอที่จะใช้เป็นเครื่องป้องกันตัวจากการทำร้ายจากสัตว์น้ำชนิดอื่น (ชมพูนุช คลสุชาเลิศและคณะ, 2539)

ตารางที่ 2.1 แสดงแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญของไคติน

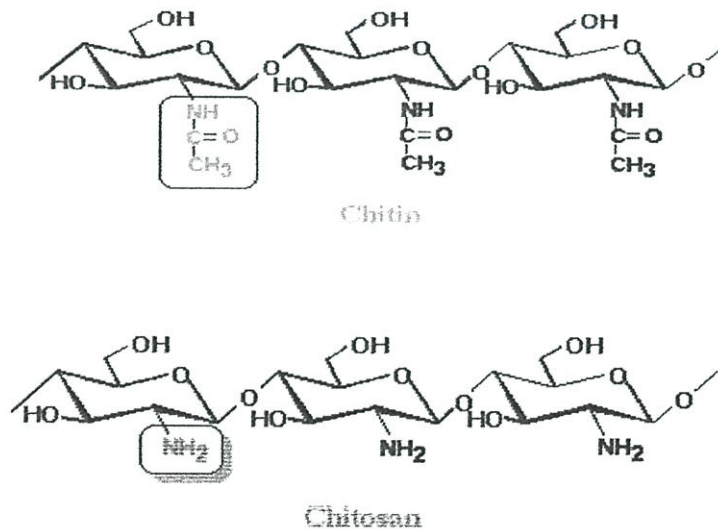
สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ประเภทมีข้อปล้อง (Arthropods)	แมลง (Insect)	จุลินทรีย์ (Microorganisms)
หนอนทะเล (annelida)	แมลงป่อง	สาหร่ายสีเขียว
หอย (mollusk)	Brachiopods	สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำตาล
Coelentera	มด	ยีสต์ (beta-type)
Crustaceans	แมลงสาบ	เชื้อรา (ผนังเซลล์)
กุ้งมังกร (lobster)	แมลงปีกแข็ง	ก้านชูสปอร์ของ penicillium
กุ้ง (shrimp)	แมงมุม	สปอร์ Chytridiaceae
กุ้งนาง (prawn)		สปอร์ Blastocladiaceae
Krill		สปอร์ Ascomydes
ปู (crab)		

ที่มา : พูนทรัพย์ วิชัยพงษ์ (2548)

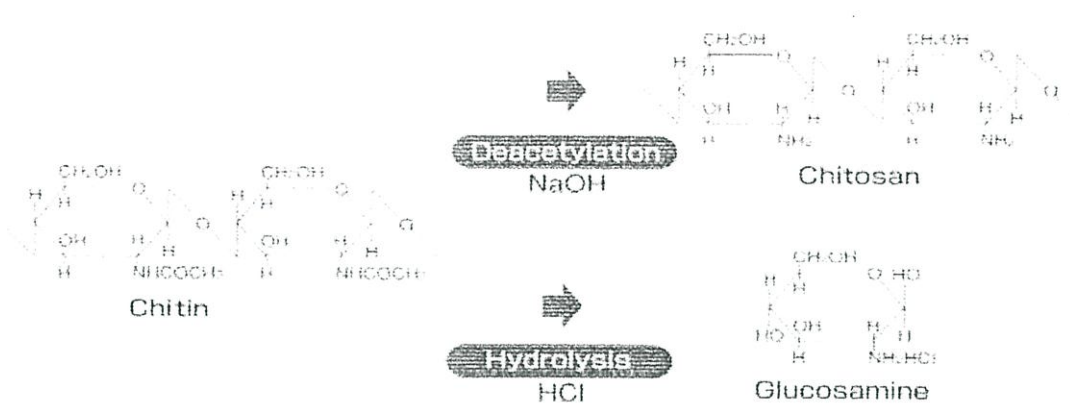
โคตินเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของ β -1,4-N-acetyl D-glucosamine จัดเป็นพอลิเมอร์อินทรีย์ โมเลกุลใหญ่ยาวที่มีโครงสร้างคล้ายเซลลูโลส แต่ต่างกันตรงที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 เป็นหมู่ อะซิทามาไมด์ (NH-CO-CH₃) แทนที่จะเป็นหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ส่วนโคโคซานเป็นอนุพันธ์ของโคตินที่ได้จากการนำหมู่อะซิทิล (CO-CH₃) ออกไปจากโคติน การหายไปของหมู่อะซิทิล ทำให้โคโคซานมีส่วนของโมเลกุลที่แอคทีฟ และพร้อมที่จะทำปฏิกิริยาอย่างว่องไวอยู่หลายหมู่ หมู่ที่เด่นๆ เลยก็คือ หมู่อะมิโน (-NH₂) ตรงคาร์บอนตัวที่ 2 หมู่แอลกอฮอล์ (CH₂OH) ตรงคาร์บอนตัวที่ 6 และหมู่แอลกอฮอล์ที่คาร์บอนตัวที่ 3 (Lee et al. 1999) โครงสร้างโคติน และโคโคซานแสดงดังภาพที่ 2.1 กระบวนการย่อยโคตินโดยเอนไซม์ในธรรมชาตินอกจากจะช่วยหมุนเวียนแหล่งไนโตรเจนและคาร์บอนในสิ่งมีชีวิต ยังสามารถนำมาใช้ในการผลิตสารเคมีที่สำคัญทางเภสัชกรรมได้อีกด้วย เช่น เอ็น อะซิทิลดีกลูโคซามีน (GlcNAc) และกลูโคซามีน (GlcN) เป็นโมโนเมอร์ของโคตินโคโคซาน โคตินเชื่อมกับคาร์โบไฮเดรตด้วยพันธะโควาเลนต์ในรูปของโปรตีนและอาจพบรวมอยู่กับเกลือแคลเซียมคาร์บอเนตในสัตว์จำพวกกุ้ง ปู ในพืชพบโคตินอยู่ร่วมกับเซลลูโลส ส่วนในสัตว์พบรวมอยู่กับคอลลาเจน โคตินเป็นสารโมเลกุลยาวที่ไร้ประจุ ซึ่งทำให้ไม่สามารถละลายน้ำหรือสารละลายต่างๆ ไป (จิราภรณ์ เชาวณิชสุขุมาวาสี. 2544) แต่หากแยกเอาหมู่อะซิทิลออกมา เรียกว่า ปฏิกิริยาอะซิทิลเลชัน (deacetylation) ทำให้จากเดิมโมเลกุลเดี่ยวของโคตินที่เคยเป็นเอ็น-อะซิทิลดีกลูโคซามีน จะได้สารชื่อว่าโคโคซาน แสดงดังภาพที่ 2.2 ที่ละลายน้ำและตัวทำละลายหลายชนิดได้ดีเพราะมีประจุบวกบนหมู่อะมิโน ปกติแล้ว โคโคซานที่ได้จะมีส่วนผสมของ น้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine และ glucosamine อยู่ในสายโพลิเมอร์เดียวกัน ซึ่งระดับการกำจัดหมู่ acetyl นี้ มีผลต่อสมบัติและการทำงานของโคโคซาน น้ำหนักโมเลกุลของโคโคซานบอกถึงความยาวของสายโคโคซาน ซึ่งมีผลต่อความหนืด เช่น โคโคซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง จะมีสายยาวและสารละลายมีความหนืดมากกว่าโคโคซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เป็นต้น ดังนั้น การใช้ประโยชน์โคโคซานจะต้องพิจารณาทั้งเปอร์เซ็นต์การเกิด deacetylation และน้ำหนักโมเลกุล (ประภัสสร สุรวฒนาวรรณ. 2544) เนื่องจาก โคติน-โคโคซานเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ สามารถเข้าได้กับร่างกายมนุษย์ สามารถย่อยสลายได้ภายในสัตว์ เนื่องจากมีเอนไซม์หลายชนิดสามารถย่อยสลายได้ นอกจากนี้ ตัวโคติน-โคโคซานแบ่งแยกโคตินกับโคโคซานจะอาศัยจำนวนหมู่เอมีน ถ้ามีหมู่เอมีนมากกว่า 70% จะเรียกว่าโคโคซาน ในแง่ของวัสดุแล้วโคตินและโคโคซานถือว่ามีสมบัติโคเคน ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกกุ้งและเปลือกปูซึ่งเป็นแหล่งโคตินและโคโคซานนั้นเป็นวัสดุเชิงประกอบที่นอกจากจะเหนียวหนักขาคยาก ยังสามารถรับแรงได้สูง และไม่เปลี่ยนรูปร่างได้ง่ายๆ ถ้าหากพิจารณาในเชิงโครงสร้าง โคตินจะจัดเรียงตัวเป็นโครงสร้างผลึกเหลวแบบ คอลลอยด์ (cholesteric liquid crystal structure) โดยมีโปรตีนและปูนขาวแทรก ทำให้วัสดุนี้ทนแรงได้ทุกทิศทาง โคตินและ

ไคโตซานมีความเป็นวัสดุพิเศษ คือตัววัสดุสามารถทำหน้าที่ทางเคมีหรือทางชีวภาพบางอย่างได้ด้วยตัวเอง เช่น เป็นแผ่นโพลาร์เมมเบรน (polarmembrane) ซึ่งสามารถใช้ในการแยกแอลกอฮอล์โดยกระบวนการเพอร์วaporation) เป็นต้น (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. 2544)

Akira et. al. (2006) ได้กล่าวว่า ไก่สามารถย่อยไคโตซานได้เพราะไคโตซานสามารถจะถูกย่อยโดยเอ็นไซม์ไคโตซานเนส (chitosanase) ซึ่งได้จากแบคทีเรียในลำไส้ Fukamizo (1995) รายงานว่าไคตินและ GlcNAc สามารถเหนี่ยวนำให้ผลิตไคตินเนสเพื่อมาย่อยไคติน ในขณะที่ไคโตซานและไคตินเหนี่ยวนำให้ผลิตไคโตซานเนสเพื่อมาทำการย่อยไคโตซานเช่นกัน เอ็นไซม์ไคโตซานเนสจะย่อยไคโตซานโดยการตัดแยกไคโตซานออกจาก β -1,4-N-acetyl D-glucosamine จนได้เป็นไคโตซานโอลิโกเมอร์ และจะเกิดการดูดซึมเข้าสู่ลำไส้ในรูปของ glucosamine (Yoon et. al. 2000) เอ็นไซม์ไคโตซานเนส เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของไคโตซานเอ็นอะซิทิลกลูโคซามีนไฮโดรเลส (chitosan N-acetylglucosaminohydrolase) สร้างมาจากแบคทีเรียประเภท *Streptomyces* และ *Bacillus* จำพวก *Bacillus subtilis*, *Bacillus ehemensis*, และ *Bacillus circulans* ซึ่งสามารถสกัดเอ็นไซม์ไคโตซานเนสได้ถึง 76 15.3 และ 14.2 % ตามลำดับ สภาวะที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาของไคตินเนสและไคโตซานเนสคือ pH 8.0 และ pH 7.0 ตามลำดับ (Santhana. 2005)



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของไคติน และไคโตซาน (Dalwoo. 2002)



ภาพที่ 2.2 แสดงปฏิกิริยาดีอะซิไทเลชัน (จิราภรณ์ เชาวลิขุมมาวาลี, 2544)

พูนทรัพย์ วิชัยพงษ์ (2548) รายงานว่าคุณสมบัติที่สำคัญในการกำหนดคุณภาพของไคติน-ไคโตซาน ได้แก่ลักษณะวัตถุคิพ ความชื้น เถ้า โปรตีน ระดับการกำจัดหมู่อะซิไทล ความหนืด กากที่เหลือหลังการละลาย สารหนู ตะกั่ว ความเป็นกรด-ด่าง และกลิ่น เนื่องจากไคโตซานผลิตมาจากไคตินซึ่งมีต้นกำเนิดจากเปลือกกุ้ง กระดองปู กระดองปลาหมึก และจากสัตว์อื่นๆ จึงเป็นไปได้ว่าผลิตภัณฑ์ไคโตซานที่สกัดออกมาได้ อาจจะมีการปนเปื้อนของสิ่งไม่พึงประสงค์ที่มาจากสิ่งแวดล้อม เช่นมีการปนเปื้อนของโลหะหนัก สารเคมี หรือยาปฏิชีวนะ ตลอดจนจุลชีพก่อโรคที่สำคัญได้แก่ *E.coli*, *Salmonella* และ *Vibrio spp.* ซึ่งปะปนอยู่ในน้ำทะเลบางแห่งที่ขาดการตรวจสอบ กมลศิริ พันธนิยะ (2544) รายงานการตรวจสอบความบริสุทธิ์ของไคโตซาน มี 2 วิธีได้แก่ โดยการดูที่ลักษณะของสารไคโตซานที่แท้หรือบริสุทธิ์นั้นจะต้องใสไม่เหนียวหนืดเกินไป และเมื่อเวลาเปิดภาชนะที่บรรจุไคโตซานต้องไม่มีลมออกมา เพราะหากมีลมออกมาแสดงว่ามีการบูดเน่าของสารบางชนิด หรือมาจากกระบวนการสกัดไคโตซานไม่บริสุทธิ์ อีกวิธีโดยการหยดน้ำยาล้างจานลงในไคโตซานในปริมาณที่เท่ากัน หากเป็นไคโตซานที่บริสุทธิ์ ตัวไคโตซานจะจับกันเหมือนไขขาว แต่ถ้าเป็นไคโตซานไม่บริสุทธิ์ก็ไม่มีเปลี่ยนแปลง

2.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพของไคโตซาน

ประภัสสร สุรวฒนาวรรณ (2544) รายงานว่า สารไคตินในธรรมชาติที่พบจะมีโครงสร้างต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่พบสายของไคติน โดยแบ่งตามลักษณะการเรียงตัวของเส้นใยได้ 3 กลุ่ม คือ

1. แบบอัลฟา (α -chain) มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในลักษณะสวนทางกัน เส้นใยเรียงตัวแน่นมีความแข็งแรงสูง ได้แก่ ไคตินจากเปลือกกุ้ง และกระดองปู

2. แบบเบตา (β -chain) มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในทิศทางเดียวกัน จึงจับกันได้ไม่ค่อยแข็งแรง มีความไวต่อปฏิกิริยาเคมีมากกว่าแบบอัลฟา ได้แก่ ไคตินจากแกนปลาหมึก

3. แบบแกมมา (γ -chain) มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในลักษณะที่ไม่แน่นอน (สวนทางกันสลับทิศทางเดียวกัน) มีความแข็งแรงรองจากแบบอัลฟา ได้แก่ ไคตินจากเห็ด รา และพืชชั้นต่ำ

2.1.2 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของไคโตซาน

ขวัญใจ สุชินพงศ์พันธ์ (2541) รายงานคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของไคโตซานไว้ ดังนี้

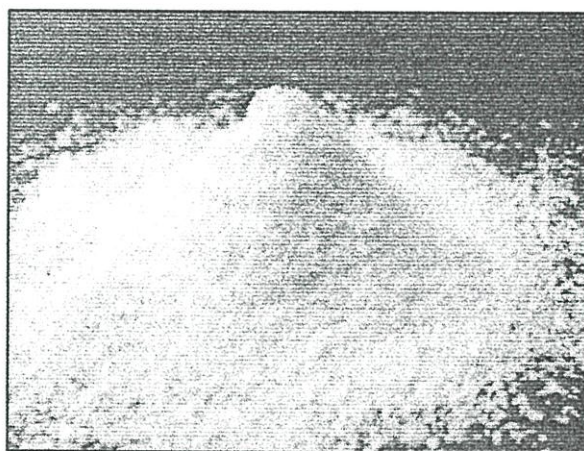
1) ความสามารถในการละลาย ความสามารถในการละลายในน้ำของไคโตซานขึ้นอยู่กับความสมดุลระหว่างการขับออกของ electrostatic ซึ่งมาจากหมู่ protonated amine และพันธะไฮโดรเจนและความสามารถในการละลายในตัวทำละลาย โดยทั่วไปละลายในกรดอ่อนที่มี pH อยู่ในช่วง 1 - 6

2) พฤติกรรมสถานะของแข็งของไคโตซาน ความเสถียรของเกลือไคโตซานในสถานะของแข็ง ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของกรดที่เกี่ยวข้อง เช่น กรดฟอร์มิกจะมีความเสถียรภาพ เนื่องจากเมื่อมีการระเหยของสารละลาย acylation สามารถนำไปวางระหว่างองค์ประกอบของของแข็งได้

3) ปฏิกริยาร่วมในความสัมพันธ์ของไคโตซาน คือ ปฏิกริยาร่วมกับไอออน ไคโตซานเป็น polyelectrolyte ที่อ่อน ซึ่งมีความหนาแน่นประจุ ทำให้ความสามารถของไคโตซานในการเป็นผู้เปลี่ยนแปลง anion น้อย อิเล็กตรอนคู่โคคเคียวในสภาพอิสระของไนโตรเจนอะตอมสามารถถูกนำไปใช้ในการสร้างพันธะโคออร์ดิเนต โควาเลนท์กับโลหะ ไอออน พันธะไฮโดรเจนและปฏิกิริยาพลังงานต่ำ โปรตีนสามารถสร้างพันธะกับไคโตซานด้วยพันธะไฮโดรเจนหรือปฏิกิริยาแรงวัลเดอร์วาล์ ปฏิกริยานี้ไม่ค่อยมีความแข็งแรงในการเหนี่ยวนำของพันธะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางธรรมชาติของ collagen double helix structure ซึ่งไคโตซานที่ใช้จะมีลักษณะแสดงดังภาพที่ 2.3 และ 2.4



ภาพที่ 2.3 ไคโตซานที่มีลักษณะเป็นเกล็ด (Shanghainicehem. 2005)



ภาพที่ 2.4 ไคโตซานที่มีลักษณะเป็นผง (Shanghainicehem. 2005)

2.2 การประยุกต์ใช้ไคติน-ไคโตซาน

ประภัสสร สุวัฒน์วารรณ (2544) รายงานการประยุกต์ใช้ไคโตซานไว้ดังนี้

1. ด้านการเกษตร เนื่องจากการใช้ไคตินและไคโตซานให้ผลดีในแง่ของการเป็นสารธรรมชาติที่ช่วยลดความเสี่ยงของเกษตรกรและผู้บริโภค ต่อการได้รับสารพิษจากปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืช รวมถึงสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้และปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อม ประไพภรณ์ พนาพงศ์ไพศาล (2546) รายงานการศึกษาพบว่าเมื่อนำไคโตซานมาใส่ในบริเวณที่ทำการเพาะปลูก จะทำให้พืชมีการเจริญได้เป็นอย่างดี มีความแข็งแรง ลดการเกิดโรคลงได้ ที่เป็นเช่นนี้ก็เนื่องมาจากสารไคโตซาน

สามารถกระตุ้นให้พืชมีการสะสมสารจำพวกลิกนิน (lignin) ในโครงสร้าง ทำให้พืชมีความแข็งแรง และป้องกันการบุกรุกจากเชื้อราก่อโรคได้ นอกจากนี้ยังพบว่าไคโตซานสามารถกระตุ้นให้พืชสร้างสารสำหรับป้องกันตัวเองได้ เช่น ไฟโตอเล็กซิน (phytoalexins) ซึ่งมีคุณสมบัติยับยั้งการเกิดโรคในพืชได้ นอกจากไฟโตอเล็กซินแล้ว ไคโตซานยังกระตุ้นให้พืชสร้างสารกลุ่มหนึ่งซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเอนไซม์ที่มีชื่อว่า ไคตินเนส (chitinases) เอนไซม์ดังกล่าวนี้ทำหน้าที่ย่อยสลายสารประกอบไคติน ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์รา ดังนั้นเชื้อราก่อโรคพืชสามารถถูกทำลายได้ ข้อดีของไคโตซานคือ สามารถถูกย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ เมื่อนำสารไคโตซานไปใส่ลงในดินที่ทำการเพาะปลูก จะถูกย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน เกิดเป็นสารที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก (chitosan oligomers) และสามารถซึมเข้าไปภายในเซลล์ของเชื้อรา จากนั้นจะเข้าสู่นิวเคลียสและจับตัวกับดีเอ็นเอ ทำให้กิจกรรมต่างๆ ถูกยับยั้ง เช่น การจำลองดีเอ็นเอ และการสังเคราะห์อาร์เอ็นเอ นวัตกรรมที่มีความสำคัญต่อการสร้างโปรตีนของเซลล์ทำให้เซลล์ดังกล่าวตายในที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าไคโตซานและสารอนุพันธ์ของมันสามารถเหนี่ยวนำให้จุลินทรีย์บางชนิดที่อาศัยอยู่ในดินบริเวณดังกล่าวสร้างเอนไซม์ไคตินเนสออกมา ซึ่งสามารถเข้าทำลายเชื้อราก่อโรคพืชบางชนิดที่อยู่ในดิน การประยุกต์ใช้งานทางด้านการเกษตรที่สำคัญต่อไปนี้

1.1 ใช้เป็นสารปรับสภาพดินสำหรับเพาะปลูก ไคตินหรือไคโตซานที่เป็นผงหรือสารละลายสามารถนำมาใช้ผสมกับดินสำหรับเพาะปลูก ผสมในน้ำปุ๋ย มีข้อดีคือสามารถยึดเกาะกับพื้นผิวดินได้ดี ทนต่อการถูกชะล้าง ลดการระเหยของน้ำ เป็นตัวควบคุมการปลดปล่อยแร่ธาตุและสารอาหารให้แก่พืช

1.2 ใช้ในการเคลือบเมล็ดพืช เพื่อป้องกันการดูดซึบและเสียหายของเมล็ดพืช โดยฟิล์มไคโตซานมีลักษณะยืดหยุ่น แข็งแรง ยึดเกาะกับผิวเมล็ดพันธุ์ได้ดี ที่สำคัญช่วยเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ด

1.3 ใช้เป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโต ไคโตซานสามารถใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของสุกรได้ โดยให้อัตราแลกเนื้อเพิ่มขึ้น และสามารถลดปริมาณการใช้ยาปฏิชีวนะได้ปริมาณมาก ทำให้สุกรมีสุขภาพแข็งแรงขึ้น ลดอาการป่วยของสุกรภายในฟาร์ม และลดต้นทุนการผลิตลงได้ ในไก่เนื้อและเป็ดเนื้อมีผลให้อัตราการเจริญเติบโตดีขึ้น สุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์กว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมไคโตซาน

1.4 ใช้เป็นสารต้านทานโรคพืช

1.5 ใช้เป็นสารยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว

1.6 ใช้ผลิตอุปกรณ์ทางการเกษตร ไคโตซานหรืออนุพันธ์สามารถนำมาใช้เป็น

ส่วนประกอบในการผลิตแผ่นคลุมดิน เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของพืช เพิ่มอุณหภูมิของดิน และช่วยเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน สามารถผลิตกระดาษหรือถุงเพาะต้นกล้าได้

2. ด้านเส้นใยและสิ่งทอ สามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้ดังนี้

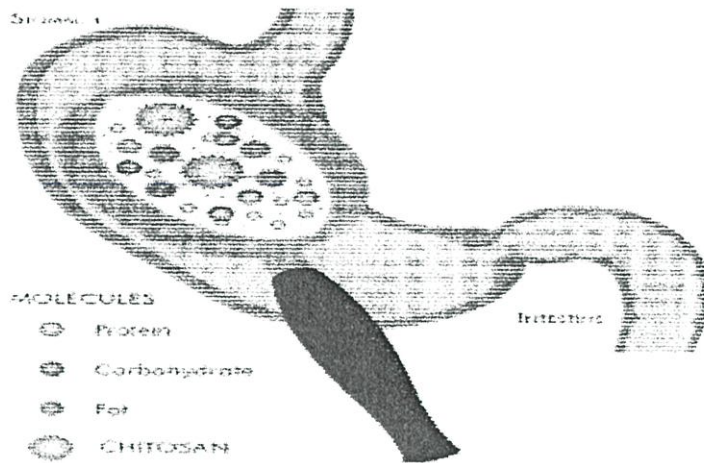
2.1 ใช้ผลิตเป็นเส้นใยและเส้นด้าย เส้นใยโคตินและโคโตซานสามารถนำไปใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ฝ้ายนอนวูฟเวน (nonwoven) ผ้าปิดแผล ไหมละลาย นอกจากนี้ยังสามารถนำไปเคลือบลงบนเส้นใยหรือเส้นด้ายชนิดอื่น เช่นเส้นด้ายฝ้าย นำมาขึ้นรูปเป็นเส้นใย นำมาเคลือบเส้นใยผ้าเพื่อลดกลิ่นเหม็นและกลิ่นอับชื้น และด้านเชื้อราแบคทีเรีย ใช้ผลิตผ้าที่ย้อมสีติดทนนาน

2.2 ใช้เป็นสารตกแต่งสำเร็จสิ่งทอ เพื่อปรับปรุงสมบัติการด้านทานจุดชีพ และสามารถสร้างพันธะที่แข็งแรงกับเส้นใย

2.3 ใช้เป็นสารช่วยในกระบวนการสิ่งทอ เป็นทั้งตัวประสาน และสารให้ความหนืดขึ้นในแป้งพิมพ์ในการพิมพ์ผ้าโพลีเอสเตอร์ คุณภาพงานพิมพ์บนผืนผ้ามีความคมชัด และมีความสม่ำเสมอ คงทนต่อการซักได้ดี และสามารถทำความสะอาดสกรีนได้ง่าย

2.4 ใช้เป็นสารเติมแต่งในกระบวนการผลิตกระดาษ โคโตซานสามารถใช้เป็น dry strength agent สำหรับกระบวนการผลิตกระดาษจากเยื่อคุณภาพต่ำได้ โดยกระดาษที่ผ่านการเคลือบด้วยโคโตซานจะมีความแข็งแรง และเมื่อผ่านการพิมพ์ด้วยระบบ anionic printing จะมีผลทำให้ได้งานพิมพ์ที่มีความคมชัด ใช้ในกระบวนการผลิตกระดาษที่มีคุณสมบัติทางกายภาพสูง หรือผลิตกระดาษที่ซับบ่มได้ดีเพื่อการพิมพ์ที่ต้องการคุณภาพสูง ทำให้กระดาษมีคุณสมบัติเหนียว แข็งแรง ทนทานต่อการฉีกขาด Prancee (2002) รายงานว่าการใช้โคโตซานในปริมาณ 0.25 - 1 % สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกระดาษได้ดี โดยเฉพาะสภาวะการผลิตที่เป็นกรดและกลาง ใช้ในการปรับผิวหน้ากระดาษ และนำมาทำกระดาษอัดรูปและกระดาษก๊อปปี้แบบใช้ผงคาร์บอน

3. ด้านอาหาร โคโตซานมีสมบัติในการต่อต้านจุลินทรีย์และเชื้อราบางชนิด นำไปใช้เป็นสารกันบูด สารช่วยรักษากลิ่น รส และสารให้ความข้น ใช้เป็นสารเคลือบอาหาร ผัก และผลไม้ เพื่อรักษาความสดหรือผลิตในรูปแบบฟิล์มที่รับประทานได้สำหรับบรรจุอาหาร ใช้เป็นสารเติมแต่งในกระบวนการผลิตอาหารและเครื่องคั้นหลายชนิด อีกทั้งใช้เป็นตัวควบคุมความเป็นกรดค้างในน้ำผลไม้อีกด้วย ด้านอาหารเสริม โคโตซานช่วยลดคอเลสเตอรอลและไขมันในเส้นเลือด โดยโคโตซานไปจับกับไขมัน แสดงคังภาพที่ 3 ซึ่งส่งผลให้คอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในกระแสเลือดและตับมีปริมาณลดลง รวมทั้งสามารถเพิ่มอัตราส่วนของ HDL และ LDL โดยที่ LDL เป็นคอเลสเตอรอลที่เลว ใช้ในการสร้างกรดน้ำดี เมื่อร่างกายได้รับโคโตซานจะรวมตัวกับกรดน้ำดี ส่งผลให้ LDL ลดลง ทำให้ร่างกายไม่สามารถดูดซึมไปใช้หรือดูดซึมได้น้อยลง (Kobayachi and Itoh. 1991)



ภาพที่ 2.5 แสดงการจับไขมันโดยโคโคซาน (Anonymous. 2005)

4. ด้านการบำบัดน้ำ โคโคซานมีประสิทธิภาพในการใช้เป็นสารตกตะกอนชีวภาพในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหาร Okuyama et.al. (1997) รายงานว่าโคโคซานจะทำงานเป็นตัวสร้างตะกอนและตัวตกตะกอน ตัวสร้างตะกอนจะกระตุ้นให้เศษของเสียที่แขวนลอยๆ ในน้ำเกิดการรวมกันเป็นกลุ่มก้อนใหญ่ขึ้นๆ และพอใหญ่มากเกินก็ตกเป็นตะกอนลงมา ส่วนตัวตกตะกอน ก็จะทำงานคล้ายๆ กันคือจะไปจับกับสารแขวนลอยในน้ำแล้วตกตะกอนลงมา โดยโคโคซานจะทำหน้าที่ทั้งสองแบบ ซึ่งทำได้ดีเนื่องจากมีหมู่อะมิโนที่สามารถแตกตัวให้ประจุบวกมาก จึงทำให้พวกประจุลบอย่างโปรตีน ลีซอัม กรดไขมันอิสระ คอลเลสเตอรอล (ในร่างกาย) ต้องเข้ามาเกาะกับประจุบวกของโคโคซาน ส่วนโลหะหนักซึ่งเป็นประจุบวกอยู่แล้ว จะจับกับอิเล็กตรอนจากไนโตรเจนในหมู่อะมิโนของโคโคซานทำให้เกิดพันธะเคมีที่เรียกว่า พันธะเชิงซ้อนขึ้นมา และจากการทดลองพบว่าหมู่อะมิโนในโคโคซานจะสามารถจับกับโลหะหนักในน้ำ ได้ดีกว่าหมู่อะซิติลของโคโคซาน ซึ่งมีประโยชน์ในการช่วยเครื่องเอนไซม์ในการทำผลิตภัณฑ์ให้บริสุทธิ์ รวมทั้งสามารถจับของแข็งแขวนลอยได้ดี และจับกับอะตอมของโลหะหนัก สามารถจับดี ช่วยในการบำบัดน้ำเสีย ทำให้น้ำเสียสามารถนำไปบำบัดต่อได้ง่ายขึ้น ลดปริมาณการใช้สารเคมีเพื่อปรับ pH

5. ด้านเครื่องสำอาง โคโคซานแสดงคุณสมบัติในการสร้างแผ่นฟิล์ม ให้ความหนืดขึ้น ให้ความชุ่มชื้นและช่วยรักษาเสถียรภาพของอิมัลชัน ทำให้ส่วนผสมของเครื่องสำอางสามารถผสมเข้ากันได้ดี พร้อมกับดูดซับความชื้นและไขมันเอาไว้ จึงช่วยรักษาความชุ่มชื้นและความยืดหยุ่นแก่ผิวหนังและเส้นผม นำมาทำผลิตภัณฑ์บำรุงผิวและดูแลเส้นผม ยาสีฟัน เครื่องสำอาง โดยเฉพาะนำไปใส่ใน

เครื่องสำอางที่มีส่วนผสมของกรดผลไม้อัลฟาไฮดรอกซี หรือ AHA ช่วยกระตุ้นให้ผิวหนังเก่าหลุดลอก เพื่อสร้างผิวใหม่ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการช่วยยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและลดอาการระคายเคือง

6. ด้านการแพทย์และเภสัชกรรม ไคติน-ไคโตซานเป็นสารธรรมชาติที่มีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อและเซลล์ของร่างกาย สามารถรับประทานได้ และย่อยสลายได้ตามธรรมชาติโดยไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ใช้ส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียในลำไส้ที่ช่วยส่งเสริมสุขภาพ ต่อต้านมะเร็ง ช่วยลดสารพิษและยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นอันตรายอย่างเช่น *Salmonella* ใช้ในการรักษาเหงือกและฟัน Shibasaki et.al. (1994) รายงานว่าการเสริมไคโตซานจะมีผลต่อการลดคราบแบคทีเรียบนเหงือกที่ระดับ pH 5.5 สามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างกระดูกใหม่ มีคุณสมบัติที่จะเป็นคอนแทกต์เลนส์และวัสดุแทนกระจกตาเพื่อรักษาโรคคือ ทำเป็นพลาสติกปิดแผล ช่วยทำให้ไม่เป็นแผลเป็น กระตุ้นให้เกิดการซ่อมแซมบาดแผลให้หายเร็ว เป็นสารหล่อลื่นในเยื่อปาก ควบคุมการปล่อยตัวยา ใช้ในวัสดุทดแทนกระดูก ใช้ทางด้านระบบนำส่งยา ใช้เป็นสารป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของเลือด

2.3 การผลิตไคตินและไคโตซาน

2.3.1 การผลิตไคติน

กระบวนการผลิตไคตินจากเปลือกของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง มีขั้นตอนพื้นฐาน ดังนี้

1. กระบวนการแยกโปรตีน (deproteination) โดยทั่วไป เปลือก หัวกุ้ง กระจง และแกนปลาหมึกมักจะถูกนำมาบดก่อนนำมาแยกเอาโปรตีนออก ซึ่งขั้นตอนการแยกโปรตีนนี้มักใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 1-10 % และอุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 65-100 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาก็ขึ้นอยู่กับวิธีและสภาวะที่ใช้ในการสกัดโปรตีน อย่างไรก็ตามหากปล่อยให้กากเหล่านี้ทำปฏิกิริยานานเกินไปในสภาวะรุนแรงจะทำให้สายโซ่ของไคตินถูกตัด (depolymerization) และยังเกิดปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิไทลด้วย นอกจากนี้อัตราส่วนของกากเหล่านี้ต่อสารละลายต่าง ตั้งแต่ 1 ต่อ 10 ขึ้นไป สามารถเกิดปฏิกิริยาได้อย่างทั่วถึง แต่ต้องอาศัยการกวนอย่างสม่ำเสมอ (No and Meyer, 1997) ปัจจัยอีกประการที่มีผลต่อการแยกโปรตีน คือ ปริมาณไขมันในวัตถุดิบ ซึ่งไขมันเหล่านี้จะช่วยป้องกันโปรตีนจากการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) โดยอาจทำให้พลังงานในการเกิดปฏิกิริยาลดลง (Domard and Chaussard, 2002) โปรตีนสามารถสกัดได้ด้วยวิธีทางชีวภาพ เช่น การหมักด้วยจุลินทรีย์ หรือการย่อยด้วยเอนไซม์ Gagne and Simpson (1999) รายงานว่าการสร้างสภาวะที่ทำให้การสกัดโปรตีนจากเปลือกกุ้งมีความสมบูรณ์ขึ้นโดยใช้เอนไซม์ 2 ตัว คือ ไคโมทริปซิน (chymotrypsin) และพาเพอิน (papain)

2. กระบวนการแยกแร่ธาตุ (demineralization) การแยกแร่ธาตุออกจากวัตถุดิบมักใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเจือจางที่อุณหภูมิห้อง ใช้เวลาเพียง 2-3 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาจะมีผลเพียงเล็กน้อยต่อการดึงแร่ธาตุออกจากไคติน (No and Meyer. 1997) การแยกแร่ธาตุออกจากเปลือกปูจะทำให้ยากกว่าเปลือกกุ้ง และความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่ใช้ในการแยกแร่ธาตุไม่ควรน้อยกว่า 0.7 โมลาร์ การใช้กรดมากเกินไปจะทำให้หน้าหนักโมเลกุลของไคโตซานลดลง (Myint et. al. 2002)

3. การแยกสี (decoloration) จากขั้นตอนข้างต้น พบว่าไคตินที่ได้มักยังคงมีสี หากต้องการไคตินฟอกขาว จะต้องนำไคตินมาผ่านกระบวนการแยกสีโดยใช้สารฟอกขาว ได้แก่ เอทานอล โซเดียมไฮโปคลอไรด์ อะซิโตน และ 3 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ในกระบวนการผลิตไคตินด้วยวิธีทางเคมี สามารถลดปริมาณการใช้สารเคมีในช่วงการแยกโปรตีน แยกแร่ธาตุ และลดระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา โดยใช้เทคนิคต่างๆ อาทิ การบด การกด การอบแห้ง การล้างด้วยน้ำที่มี pH เป็นกรด การต้มและการหมัก (No and Meyer. 1997)

2.3.2 การผลิตไคโตซาน

Muzzarelli. (1977) รายงานว่า การผลิตไคโตซานจากไคตินสามารถทำได้ทั้งวิธีทางเคมีและวิธีทางชีวภาพ แต่วิธีทางชีวภาพโดยการใช้เอนไซม์ในการดึงหมู่อะซิทิลออกจากไคตินยังอยู่ในระดับห้องปฏิบัติการ ส่วนวิธีทางเคมีเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน แต่ข้อเสียของวิธีทางเคมี ได้แก่ คุณภาพในการผลิตจะควบคุมยาก การสกัดไคโตซานจากไคตินสามารถทำได้โดยการแช่ไคตินในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40-50 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า ทำให้หมู่อะซิทิลบางส่วนหรือทั้งหมดจะถูกดึงออกจากโพลีเมอร์ ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไคโตซาน ได้แก่

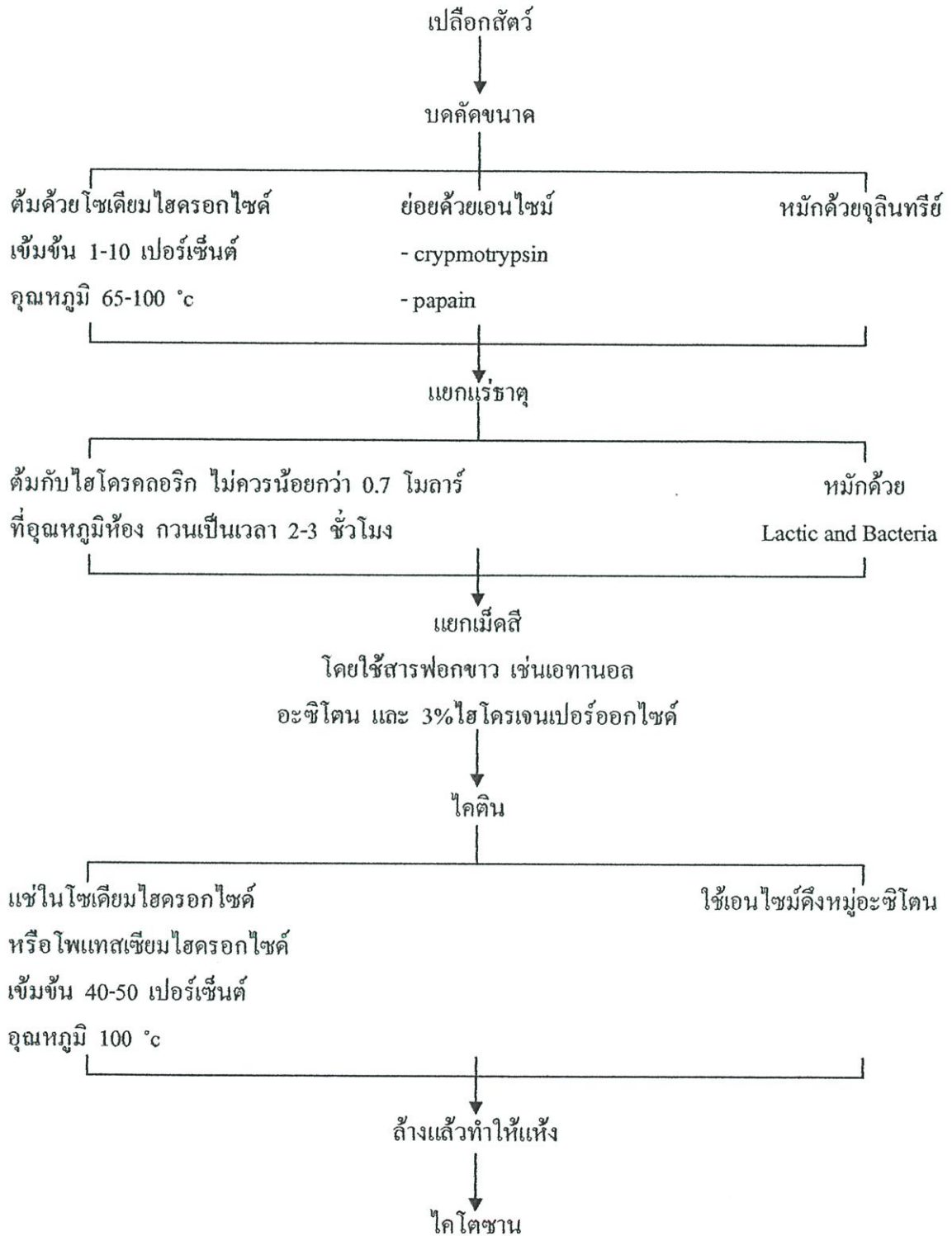
1. ผลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาดึงหมู่อะซิทิล No and Meyer (1997) รายงานว่าอุณหภูมิสูงทำให้เปอร์เซ็นต์การดึงหมู่อะซิทิลเพิ่มขึ้น แต่ขนาดโมเลกุลจะลดลง

2. ผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาดึงหมู่อะซิทิลและความเข้มข้นของด่าง Tsai (2002) รายงานว่า การเกิดปฏิกิริยาดึงหมู่อะซิทิลจะใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ซึ่งหากแช่ในด่างเข้มข้นนานกว่านั้นไม่ทำให้ % deacetylation เพิ่มขึ้น แต่จะทำให้สายโซ่ของไคโตซานสั้นลง Lertsutthiwong et. al. (2002) พบว่าปฏิกิริยาดึงหมู่อะซิทิลสามารถทำได้ที่อุณหภูมิต่ำ อย่างไรก็ตามปฏิกิริยาดึงหมู่อะซิทิลโดยใช้ความเข้มข้นของ NaOH ที่ต่ำเกินไปจะมีผลต่อการละลายของไคโตซานในสารละลายกรดเกลือ

3. ผลของสภาวะในช่วงการผลิตไคติน กระบวนการแยกแร่ธาตุในขั้นตอนการผลิตไคตินนั้นมีผลต่อขนาดโมเลกุลของไคโตซาน การแยกแร่ธาตุด้วยกรดเกลือเจือจางที่มี pH ไม่ต่ำกว่า 3 จะได้ผลิตภัณฑ์ไคโตซานที่มีความหนืดสูง นอกจากนี้ความหนืดของไคโตซานจะลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการแยกแร่ธาตุ Lertsutthiwong et. al. (2002) พบว่ากระบวนการผลิตไคโตซานที่เริ่มจากกระบวนการแยกแร่ธาตุก่อนกระบวนการแยกโปรตีน จะให้ไคโตซานที่มีความหนืดสูงกว่าไคโตซานที่ผลิตจากกระบวนการที่เริ่มต้นด้วยการแยกโปรตีน และตามด้วยการแยกแร่ธาตุ

4. อัตราส่วนของไคตินต่อสารละลายต่าง ในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิติก การกวนอย่างทั่วถึงมีความจำเป็นอย่างมากเพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ อัตราส่วนของไคตินและสารละลายต่างที่สูงกว่า 1:10 ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดหมู่อะซิติกของไคติน

5. ผลของขนาดวัตถุดิบ วัตถุดิบที่มีขนาดเล็กประมาณ 1 มิลลิเมตร จะให้ผลิตภัณฑ์ไคโตซานที่มีความหนืดและน้ำหนักโมเลกุลที่สูงกว่า วัตถุดิบที่มีขนาด 2 และ 6.4 มิลลิเมตร แม้ว่าองค์ประกอบของไนโตรเจนและเถ้าจะเหมือนกัน นอกจากนี้ยังพบว่าไคตินที่มีขนาดใหญ่กว่าต้องการระยะเวลาในการขยายตัวที่นานกว่า ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาการดึงหมู่อะซิติกช้ากว่า



ภาพที่ 2.6 ขั้นตอนทั่วไปของกระบวนการผลิตโคโคซาน (ดัดแปลงจาก Muzzarelli. 1977 ; No and Meyer. 1997 ; Domard and Chaussard. 2002)

2.4 ความปลอดภัยและพิษวิทยาของไคโตซาน

สุกันยา เเพ็ญทะเลและสันทนา พุ่มพวง (2540) กล่าวว่าโมเลกุลของไคโตซานมีขนาดใหญ่ ร่างกายคนไม่สามารถย่อยได้สมบูรณ์ ทำให้ร่างกายไม่มีการดูดซึมสารนี้ได้ และส่วนใหญ่ขับออกไปโดยไม่เกิดความเป็นพิษต่อการทำงานของร่างกาย กลูโคซามีนแบคโบน (glucosamine backbone) ของไคโตซานไม่มีพิษหรืออันตรายต่อคน เนื่องจากอนุโมลย่อยกลูโคซามีน เป็นอะมิโนซูการ์ (aminosugar) มีในธรรมชาติและพบได้ในปริมาณมากในอาหารธรรมชาติทั่วไป ในร่างกายคนนั้นจะพบกลูโคซามีน (glucosamine) เป็นองค์ประกอบอยู่ในมิวโคโพลีแซคคาไรด์ (mucopolysaccharide) มิวโคโปรตีน (mucoprotein) และมิวโคลิปิด (mucolipid) อนุโมลย่อยกลูโคซามีนมีระดับความเป็นพิษต่ำ

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ (2544) กล่าวถึงการไคโตซานหากใช้ในปริมาณมากเกินไปเกินความต้องการอาจมีผลเสีย โดยเห็นชัดเจนกับรูปร่างของพืชลักษณะอาจผิดปกติไปจากธรรมชาติ ส่วนผลกระทบต่อสัตว์จะเห็นได้ชัดในกึ่งจะไปกระตุ้นการลอกคราบซึ่งเกินสมดุลธรรมชาติ ร่างกายอ่อนแอ ส่งผลให้ทำร้ายตนเอง ปิว อุ๋นใจ (2547) รายงานการศึกษาความเป็นพิษของไคโตซานในคน อาจเกิดอาการอาหารไม่ย่อยและไม่เหมาะสำหรับผู้ที่แพ้พวกอาหารทะเล หูมีครรภ์ หรือหญิงให้นมบุตร Anonymous (1993) รายงานว่าระดับของ cholesterol และ triglyceride ที่สูงผิดปกติ เสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ การจ่ายยาที่มีคอเลสเตอรอลต่ำบางครั้งมีผลข้างเคียง เช่น เป็นพิษต่อตับและการขาดวิตามิน ความสามารถของไคโตซานตามธรรมชาติจะจับไขมันในแบบที่ไม่เป็นพิษ ไคโตซานจะส่งเสริมสุขภาพโดยการลดระดับ cholesterol และ triglyceride และ LDL/HDL, cholesterol/total cholesterol โดยการดูดจับไขมัน ผลข้างเคียงของไคโตซาน พบว่าไคโตซานเป็นอนุพันธ์ที่ได้จากสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็ง คนที่มีเลือดน้อย ถ้าใส่ยักเสบหรือเป็นโรคที่เกี่ยวกับถ้าใส่ ควรปรึกษาหมอก่อนใช้ไคโตซาน

Thacker (1988) รายงานว่าการศึกษาทดลองให้หนูกินอาหารที่มีไคโตซานผสมอยู่ 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไคโตซานไม่เกิดผลข้างเคียงขึ้นในหนูทดลอง

Fang et.al.(1994) รายงานการศึกษาถึงการยับยั้งการเจริญและการสร้างสปอร์พิษอะฟลาทอกซินของเชื้อ *Aspergillus parasiticus* โดยไคโตซาน พบว่าปริมาณของไคโตซานที่มากกว่า 3 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งสามารถยับยั้งการสร้างสปอร์พิษอะฟลาทอกซิน และการเจริญเติบโตของ *Aspergillus parasiticus* ได้มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมนั้น ไคโตซานจะไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา และการสร้างสปอร์พิษอะฟลาทอกซินโดย *Aspergillus parasiticus*

ฤทธิ์ในการจับไขมันออกจากร่างกายของไคโตซาน จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้ร่วมกับ

วิตามินซี แต่การกินในปริมาณมากเกินไปขนาดจะเป็นการลดการดูดกลับของเกลือแร่ และลดระดับวิตามินอีในน้ำเลือด (Shahidi et.al. 1999)

2.5 ผลการเสริมโคโคซานต่อสมรรถภาพการผลิตของสัตว์

เยาวมาลย์ คำเจริญและสาโรช คำเจริญ (2545ก) ได้ทำการเสริมเพิ่มโคโค(ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติของโคโคตินโคโคซานและโคโคซาน โอลิโกแซคคาไรด์จากการหมักด้วยโปรไบโอติก) 2 ระดับ (0.3% และ 0.6%) ในอาหารลูกสุกรขุนและลูกสุกรหย่านม (อายุ 21-56 วัน) จากผลการทดลองพบว่า ลูกสุกรขุนและลูกสุกรหลังหย่านมที่กินอาหารที่เสริมเพิ่มโคโคในอาหาร จะมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น สุขภาพของลูกสุกรดีขึ้นซึ่งวัดจากอาการท้องร่วงและความสม่ำเสมอของน้ำหนักลูกสุกรจะเพิ่มขึ้นเมื่อเสริมเพิ่มโคโคในอาหารมีการเปรียบเทียบกับกลุ่มลูกสุกรที่ไม่ได้เสริม ผลการทดลองสรุปได้ว่า การเสริมเพิ่มโคโคในอาหารลูกสุกรขุนและหย่านมจะมีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรทั้งสองช่วงเพิ่มขึ้น และยังเป็นสารเร่งโภชนะทางชีวภาพ ซึ่งมีผลทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร ประโยชน์ได้จากอาหารทำให้สุขภาพของลูกสุกรทั้งสองช่วงอายุดีขึ้น โดยลดการเกิดอาการท้องร่วงในลูกสุกรลง ซึ่งมีผลทำให้ความสม่ำเสมอของน้ำหนักลูกสุกรดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มลูกสุกรที่ไม่ได้เสริมเพิ่มโคโค

เยาวมาลย์ คำเจริญและสาโรช คำเจริญ (2545ข) ได้ทำการเสริมเพิ่มโคโคในอาหารไก่ไข่ (AA Brown) เสริม 2 ระดับ คือ 0.3 % และ 0.6 % จากผลการทดลองพบว่า การเสริมเพิ่มโคโคในอาหารไก่ไข่จะมีผลต่อการเพิ่มสมรรถนะการผลิตของไข่และปรับปรุงคุณภาพของไข่ได้สูงสุด การเสริมเพิ่มโคโคในอาหารไก่ไข่จะแสดงผลอย่างชัดเจนต่อผลผลิตไข่ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารให้เป็นไข่ ความหนาแน่นของไข่ ความสูงของไข่ขาว สีของไข่แดงและยังมีผลในการเพิ่มความหนาของเปลือกไข่และน้ำหนักของเปลือกไข่ นอกจากนี้เพิ่มโคโคส่งผลให้อัตราการเลี้ยงรอดของไก่ไข่ที่เลี้ยงภายใต้สภาพการเลี้ยงไก่ไข่ในประเทศให้สูงขึ้นด้วย

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ (2543) รายงานว่าโคโคซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของสุกรที่ให้อัตราแลกเนื้อเพิ่มขึ้น และสามารถลดปริมาณการใช้อาหารได้ปริมาณมาก ผลของโคโคซานในการเลี้ยงสุกรทำให้สามารถปรับปรุงสุขภาพสุกรให้แข็งแรง ลดอาการป่วยของสุกรภายในฟาร์ม ลดการใช้อาหารที่เสริมลงในอาหาร ช่วยลดอัตราการสูญเสียและลดต้นทุนการผลิต โดยใช้โคโคซาน 300 ppm ผสมในอาหารสุกร ทำให้การใช้อาหาร (amoxy) ลดลงจาก 300 ppm เหลือเพียง 100 ppm และการใช้คลอเตตราไซคลิน (chlortetracycline) 15 เปอร์เซ็นต์ ลดลงจาก 2 กิโลกรัมต่อตัน เหลือเพียง 1 กิโลกรัมต่อตัน ตามลำดับ

2.6 ผลการเสริมโคโคซานต่อการย่อยได้

ไพทูล แก้วหอม (2547) ศึกษาการย่อยได้ของอาหารที่เสริมโคโคซานในไก่เนื้อ ใช้ไก่เนื้อเพศผู้ อายุ 4 สัปดาห์จำนวน 36 ตัว แบ่งออกเป็น 6 กลุ่มๆ ละ 6 ตัว ตามอาหารทดลองคือกลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม(ข้าวโพค-กากถั่วเหลือง) กลุ่มที่ 2 อาหารควบคุมเสริมยาปฏิชีวนะคลอเตตราซัยคลิน (chlortetracycline) 50 ppm กลุ่มที่ 3 4 5 และ 6 เป็นอาหารควบคุมเสริมด้วยโคโคซานที่ระดับ 200 300 400 และ 500 ppm ตามลำดับ บันทึกน้ำหนักอาหารที่กินแต่ละวัน น้ำหนักถึงขยับถ่ายของไก่ทุกตัวในแต่ละวันและน้ำหนักถึงขยับถ่ายหลังอบแห้ง ผลการศึกษาพบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น โปรตีนในมูล การย่อยได้ของ โปรตีนและเปอร์เซ็นต์โปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิ (NPU) ของไก่ที่ได้รับอาหารแต่ละกลุ่มของอาหารทั้ง 3 ระยะ (0-3 3-6 และ 6-7 สัปดาห์) ไม่แตกต่างกัน เปอร์เซ็นต์ไขมันและค่าพลังงานทั้งหมดในมูล (Kcal/Kg) เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมัน และค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏ (Kcal/Kg) ของอาหารพบว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่มีการเสริมโคโคซาน 500 ppm มีความแตกต่างกัน และยังพบว่าเมื่อมีการเสริมโคโคซานในระดับที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันและค่าพลังงานทั้งหมดในมูลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมันและค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏ (Kcal/Kg) ลดลง

Razdan and Pettersson (1994) ศึกษาผลของโคโคซานและโคโคซานต่อการย่อยได้ของโกชนะ โดยไก่ได้รับอาหารควบคุมเป็นข้าวโพคและแป้งข้าวโพค มีการเสริมโคโคซานที่มีระดับค่า deacetylation 94 82 และ 76% และเสริมโคโคซาน ซึ่งมีความหนืดแตกต่างกันชัดเจนที่ระดับ 30 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร โดยที่ไก่ได้รับอาหารและน้ำตลอดเวลาการทดลอง ทำการเก็บตรวจสอบคอเลสเตอรอลในวันที่ 11 และวันที่ 19 ของการทดลอง จากการทดลองพบว่าการย่อยได้ของไขมันที่ลำไส้เล็กส่วนท้ายลดลง 26 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมโคโคซาน การย่อยได้ของโกชนะที่ลำไส้เล็กส่วนต้นของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เติมโคโคซาน พบว่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมโคโคซาน เนื่องจากเวลาในการลำเลียงในลำไส้เล็กลดลง

Kanauchi et.al. (1994) ได้ศึกษาผลของโคโคซานโดยผสม ascorbic acid ในอาหารต่อการขับไขมันออกมากับมูล โดยให้หนูได้รับอาหารซึ่งประกอบไปด้วย high - fat diets ที่เติมเชลลูโลสเป็นกลุ่มควบคุม และ high - fat diets ที่เติมโคโคซานแต่ไม่เติมกรดอินทรีย์เป็นกลุ่มที่สอง กลุ่มที่เติมโคโคซานร่วมกับ ascorbic acid เป็นกลุ่มที่สาม กลุ่มที่เติมโคโคซานร่วมกับ lactic acid เป็นกลุ่มที่สี่ และกลุ่มที่เติมโคโคซานร่วมกับ citric acid เป็นกลุ่มที่ห้า ผลการทดลองพบว่าปริมาณมูลแห้ง ไขมันในมูล การย่อยได้ปรากฏของไขมันและความเข้มข้นของ plasma triacylglycerol ของกลุ่มที่เป็น high - fat diets ที่เติมโคโคซานต่ำกว่ากลุ่มควบคุม

2.7 การเสริมโคโตซานต่อภูมิคุ้มกัน

ไพทูล แก้วหอม (2547) ศึกษาผลของโคโตซานต่อภูมิคุ้มกันในไก่เนื้อ ตามอาหารทดลองคือกลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม (ข้าวโพด – กากถั่วเหลือง) กลุ่มที่ 2 อาหารควบคุมเสริมยาปฏิชีวนะ คลอเตตราซัยคลิน (chlortetracycline) 50 ppm กลุ่มที่ 3 4 5 และ 6 เป็นอาหารควบคุมเสริมด้วยโคโตซานที่ระดับ 200 300 400 และ 500 ppm ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าปริมาณไตเตอร์ (GMT titer) ของโรคนิวคาสเซิลในซีรัมของไก่เนื้อเริ่มต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.13 เมื่อไก่เนื้อได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่ม พบว่าปริมาณไตเตอร์ไม่มีความแตกต่างกัน แต่พบว่าปริมาณไตเตอร์ของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมโคโตซานที่ระดับ 300 ppm มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ สำหรับปริมาณไตเตอร์ของโรคกัมโบโรในซีรัมของไก่เนื้อเริ่มต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2244 mg/dl เมื่อไก่เนื้อได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันเช่นกัน แต่พบว่าปริมาณไตเตอร์ของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมโคโตซาน 200 ppm มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ

Wei (2003) รายงานว่ามีการทดลองไม่มากในการยกระดับภูมิคุ้มกันโดยโคโตซาน โคโตซานไม่ได้มีผลต่อการสร้างภูมิคุ้มกันโดยตรง แต่จะเป็นตัวกระตุ้นสารที่เป็นตัวชักนำให้เกิดการสร้างภูมิคุ้มกัน สิ่งแปลกปลอมต่างๆรวมทั้งจุลชีพก่อโรคมักจะผ่านเข้าสู่ต่อมน้ำเหลืองจากตำแหน่งที่เข้าสู่ร่างกาย เข้าสู่ต่อมน้ำเหลืองเฉพาะที่ และผ่านทางเส้นเลือดและท่อน้ำเหลืองกระจายไปทั่วร่างกาย โคโตซานสามารถกระตุ้นเซลล์ macrophage ให้อยู่ในสถานะตื่นตัวเพื่อทำหน้าที่กระตุ้นภูมิคุ้มกัน ปกติแล้ว macrophage ส่วนใหญ่มีอยู่ในสถานะสงบซึ่งหมายความว่าระบบภูมิคุ้มกันต่างๆของร่างกายจะไม่ทำงานจนกว่าจะตรวจพบสิ่งแปลกปลอมจากภายนอกที่เข้าสู่ร่างกาย เช่น แบคทีเรีย ไวรัส เชื้อรา ซึ่งกระบวนการกระตุ้นเซลล์ macrophage คือเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลายและตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายของเซลล์ macrophage ควบคุมการหลั่ง cytokines เช่น interleukins เพื่อกระตุ้นการสื่อสารระหว่างเซลล์ต่างๆในระบบภูมิคุ้มกัน จึงกระตุ้นเซลล์ของระบบน้ำเหลืองที่สามารถมีปฏิกิริยาสร้างภูมิคุ้มกันโรคคอบได้

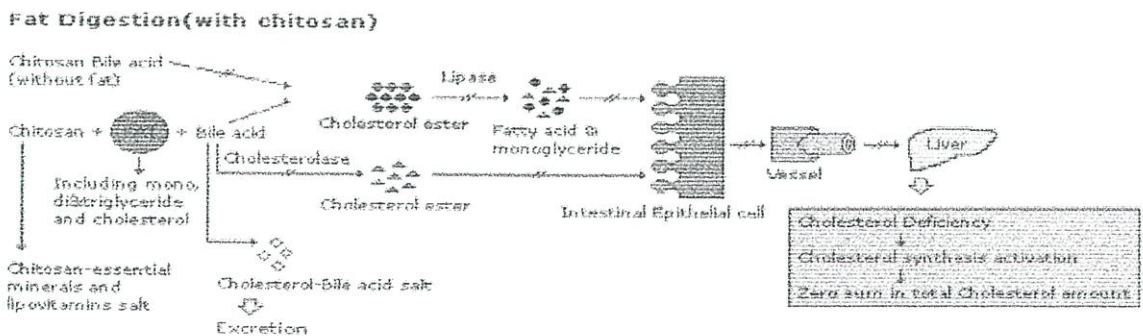
2.8 การเสริมโคโตซานต่อระดับคอเลสเตอรอล

ธนเดช มหิเมืองและคณะ (2547) ศึกษาการลดคอเลสเตอรอลในไก่เนื้อโดยเสริมโคโตซานในอาหาร ใช้ไก่เนื้อสายพันธุ์อาร์เบอร์เอเคอร์คละเพศอายุ 8-49 วัน จำนวน 300 ตัว แบ่งไก่ออกโดยสุ่มเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 3 ซ้ำ อาหารทดลองไม่เสริมและเสริมโคโตซาน ซึ่งมีโคติน-โคโตซาน 4.3% และโคโตซานโพลิโกแซคคาไรด์ 4.1 % ในระดับ 0.6% อาหารทดลองแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ช่วงอายุไก่ 2-3, 4-6 และ 7 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าคอเลสเตอรอลทั้งในซีรัมและเนื้อไก่ที่อายุ 4

สัตว์ทุกกลุ่มให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่ไก่เพศผู้มีคอเลสเตอรอลสูงกว่าไก่เพศเมีย (115.9 และ 85.8 mg/dl) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อไก่มีอายุ 7 สัปดาห์พบว่า การเสริมด้วยโคโคซานมีผลทำให้คอเลสเตอรอลในซีรัม รวมทั้งในกล้ามเนื้อหน้าอกและน่องลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่เสริมโคโคซาน โดยลดลงเท่ากับ 21.1, 18.3 และ 13.5% ตามลำดับ

ไพทูล แก้วหอมและคณะ (2547) ศึกษาผลของโคโคซานต่อคอเลสเตอรอลในไก่เนื้อ ตามอาหารทดลองคือกลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม (ข้าวโพด - กากถั่วเหลือง) กลุ่มที่ 2 อาหารควบคุมเสริมยาปฏิชีวนะคลอเตตราซัยคลิน (chlortetracycline) 50 ppm กลุ่มที่ 3 4 5 และ 6 เป็นอาหารควบคุมเสริมด้วยโคโคซานที่ระดับ 200 300 400 และ 500 ppm ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าเมื่อระดับการเสริมโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่ที่ทดลองลดลง กล่าวคือมีค่าปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมไก่เนื้อเท่ากับ โดยคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารกลุ่มที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีค่าเท่ากับ 143.58 144.25 140.43 139.90 136.58 และ 133.53 mg/dl ตามลำดับ

Dalwoo (2003) รายงานว่าในบริเวณกระเพาะอาหารและลำไส้ โคโคซานจะไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ แต่เมื่อเข้าสู่ลำไส้ใหญ่มันจะถูกย่อยโดยเอนไซม์และถูกส่งออกนอกร่างกาย ซึ่งเป็นการกำจัดของเสียภายในเซลล์ และรายงานว่าการลดคอเลสเตอรอลจะถูกดูดซึม จะต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของคอเลสเตอรอลเอสเทอร์เสียก่อนจึงจะดูดซึมได้ ซึ่งการเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของคอเลสเตอรอลเอสเทอร์ต้องใช้เอนไซม์คอเลสเตอเรส โดยการหลั่งเอนไซม์คอเลสเตอเรสต้องอาศัยทั้งกรดน้ำดีและคอเลสเตอรอล แต่ถ้าเสริมโคโคซานเข้าไปโคโคซานจะรวมตัวกับกรดน้ำดี ก่อนที่กรดน้ำดีจะถูกนำไปสร้างเอนไซม์คอเลสเตอเรส ซึ่งทำให้คอเลสเตอรอลไม่สามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของคอเลสเตอรอลเอสเทอร์ได้ จึงทำให้ไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ลำไส้เล็ก แสดงดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 แสดงการทำงานของโคโคซานต่อการย่อยและการดูดซึมคอเลสเตอรอล (Dalwoo, 2003)

Gallagher et.al. (2000) รายงานศึกษาการลดคอเลสเตอรอลโดยใช้กลูโคแมนแนน (glucomannan) ซึ่งเป็นสารโพลีแซคคาไรด์ที่หนืด และไคโตซานซึ่งเป็นอนุพันธ์ของไคตินเป็นสารที่ใช้จับคอเลสเตอรอล ส่งผลให้ระดับของคอเลสเตอรอลในหนูลดลง การทดลองใช้หนูเพศผู้น้ำหนัก 50-75 กรัม ให้กินอาหารสูตร AIN-93G ซึ่งมีปริมาณคอเลสเตอรอล 0.125 กรัมต่ออาหาร 100 กรัม โดยแบ่งอาหารเป็น 4 กลุ่ม กลูโคแมนแนน (G) ไคโตซาน (CH) ผสมทั้งกลูโคแมนแนน และไคโตซาน ปริมาณที่เท่ากัน (G+CH) และเซลลูโลส (cellulose) (C) เป็นกลุ่มควบคุม หนูได้รับอาหารเป็นเวลา 18 วัน โดยให้ 10 กรัม หลังจากนั้นจะลดลงเหลือ 7.5 กรัม เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าคอเลสเตอรอลทั้งหมดในตับ (total liver cholesterol) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่ม G, CH และ G+CH เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม การดูดซึมคอเลสเตอรอลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่ม G (20.2%) กลุ่ม G+CH (18.2%) และกลุ่ม CH (9.4%) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม จากผลการทดลองกลูโคแมนแนน และไคโตซานทำให้คอเลสเตอรอลในตับลดลง หนูที่ได้รับไคโตซานมีปริมาณและความเข้มข้นของคอเลสเตอรอลในตับ รวมทั้งอัตราการดูดซึมคอเลสเตอรอลเข้าสู่กระแสเลือดต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมไคโตซาน แต่จะมีปริมาณไขมันและน้ำคาวปลาที่ขับออกมาในมูลมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เสริมไคโตซาน ด้วยเหตุนี้เมื่อร่างกายมีการดูดกลับน้ำคาวปลาลดลง (มีการขับออกมากขึ้น) ร่างกายจึงต้องนำคอเลสเตอรอลมาสังเคราะห์เป็นน้ำคาวปลาใหม่อยู่เสมอจึงส่งผลให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดและเนื้อลดลง

Han et.al. (1999) ได้ศึกษาผลของไคติน-ไคโตซานต่อคอเลสเตอรอลในหนู โดยหนูได้รับอาหารที่มีไขมันสูงเป็นเวลา 9 สัปดาห์แล้วเสริมด้วย ไคติน-ไคโตซาน ผลการทดลองพบว่าหนูที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมันสูงเป็นสาเหตุให้เกิดโรคไฮเปอร์ไลโปอิดเมีย (hyperlipidaemia) ซึ่งทำให้ซีรัมไตรเอซิลกลีเซอรอล (serum triacylglycerol) และคอเลสเตอรอลทั้งหมดในตับ (total liver cholesterol) ซีรัมไตรเอซิลกลีเซอรอล (serum triacylglycerol) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีการเสริมด้วยไคติน-ไคโตซาน 3, 7 และ 15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมันสูง คอเลสเตอรอลทั้งหมดในซีรัม (serum total cholesterol) ลดลงเมื่อให้อาหารที่เสริมไคติน-ไคโตซาน 7 และ 15 เปอร์เซ็นต์ หนูที่ได้รับอาหารที่เสริมไคติน-ไคโตซาน 15 เปอร์เซ็นต์ การเสริมไคติน-ไคโตซาน 3, 7 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ป้องกันการสะสมของไตรเอซิลกลีเซอรอล (liver triacylglycerol) และคอเลสเตอรอลทั้งหมดในตับ (total liver cholesterol) ที่เป็นสาเหตุจากอาหารที่มีไขมันสูง

Razdan and Pettersson (1994) ศึกษาผลของไคตินและไคโตซานต่อคอเลสเตอรอลในไก่เนื้อ โดยไก่ได้รับอาหารควบคุมเป็นข้าวโพคและแป้งข้าวโพค มีการเสริมไคโตซานที่ระดับ 94 82 และ 76% และเสริมไคติน ซึ่งมีความหนืดแตกต่างกันชัดเจนที่ระดับ 30 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร โดยที่ไก่

ได้รับอาหารและน้ำตลอดเวลาการทดลอง ทำการเก็บเลือดเพื่อตรวจสอบคอเลสเตอรอลในวันที่ 11 และวันที่ 19 ของการทดลอง จากการทดลองพบว่า total plasma cholesterol, HDL และความเข้มข้นของคอเลสเตอรอลลดลง แต่อัตราส่วนของ HDL : total cholesterol เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่มีการเสริมโคตินหรือโคโคซาน ความเข้มข้นของ Total cholesterol ที่ลดลงและสัดส่วนของ HDL : total cholesterol ที่เพิ่มขึ้นน่าจะมีสาเหตุมาจากการขนส่งคอเลสเตอรอลที่ต่ำได้แก่ถูกขัดขวางโดยโคโคซาน

2.9 การเสริมโคโคซานต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ

ธนเดช มหิเมืองและคณะ (2547) ศึกษาคุณภาพซากในไก่เนื้อโดยเสริมโคโคซานในอาหารไก่เนื้อสายพันธุ์อาร์เบอร์เอเคอร์ลละเพศอายุ 8-49 วัน จำนวน 300 ตัว แบ่งไก่ออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 3 ซ้ำ อาหารทดลองไม่เสริมและเสริมโคโคซาน ซึ่งมีโคติน-โคโคซาน 4.3% และโคโคซานโพลิไกลิแซคคาไรด์ 4.1% ในระดับ 0.6% อาหารทดลองแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ช่วงอายุไก่ 2-3, 4-6 และ 7 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์ซาก น้ำหนักของเครื่องในรวมกันดับตลอดจนเนื้อน่องและหน้าอกทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นไขมันในช่องท้องที่ลดลง

ไพฑูล แก้วหอมและคณะ (2547) ศึกษาผลของโคโคซานต่อคอเลสเตอรอลในไก่เนื้อ ตามอาหารทดลองคือกลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม (ข้าวโพด - กากถั่วเหลือง) กลุ่มที่ 2 อาหารควบคุมเสริมยาปฏิชีวนะคลอเตตราซัยคลิน (chlortetracycline) 50 ppm กลุ่มที่ 3 4 5 และ 6 เป็นอาหารควบคุมเสริมด้วยโคโคซานที่ระดับ 200 300 400 และ 500 ppm ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า การเสริมโคโคซานทำให้ไขมันบริเวณช่องท้องและในเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และมีแนวโน้มว่าค่าแรงตัดผ่านเนื้อเพิ่มขึ้นและระดับคอเลสเตอรอลลดลงเมื่อระดับโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) การเสริมโคโคซานไม่มีผลต่อคุณภาพซากของไก่เนื้อ (ยกเว้นไขมันช่องท้อง) ความชื้นและโปรตีนในเนื้อตลอดจนเปอร์เซ็นต์การสูญเสียระหว่างปรุง

Xiaozen (2001) ศึกษาผลกระทบของโคโคซานต่อการเจริญเติบโตและเมตาบอลิซึมของไขมันในไก่กระทรงเพศผู้ โดยใช้ไก่ทดลอง 168 ตัวแบ่งเป็น 4 กลุ่มตามระดับโคโคซานที่เติมคือ 0 1 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งกลุ่มละ 2 ซ้ำ การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ช่วง (0-3, 4-6 และ 7-8 สัปดาห์) ซึ่งจะสุ่มไก่ 3 ตัวต่อซ้ำในวันสุดท้ายของแต่ละช่วงมาตรวจเมตาบอลิซึมของไขมัน ผลการทดลองพบว่าโคโคซานมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้อง ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังจากการตัดแต่งซากลดลง ปริมาณไตรเอซิลกลีเซอรอล (triacylglycerol) และโทเทิลบิลิรูบิน (total bilirubin) ลดลง ผลการทดลองนี้พบว่า โคโคซานมีผลในการลดการเก็บสะสมไขมันและปรับปรุงคุณภาพซากไก่เนื้อ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษากาเรเสริมโคโคซานต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่ การย่อยได้ของโภชนะ ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมและไข่แดง และระดับภูมิคุ้มกันโรคนิวคาสเซิลในไก่ไข่ มีรายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.1 สัตว์ทดลอง

ไก่ไข่พันธุ์โรมัน (Roman) อายุ 22 สัปดาห์ จำนวน 288 ตัว และไก่ไข่อายุ 38 สัปดาห์ จำนวน 36 ตัว

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเลี้ยงไก่ไข่

- 1) กรงเลี้ยงไก่ไข่ขังเดี่ยว
- 2) เครื่องชั่งน้ำหนักอาหาร
- 3) ถังอาหาร
- 4) เครื่องผสมอาหาร
- 5) เครื่องบดอาหาร
- 6) เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิและเทอร์โมมิเตอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาคุณภาพไข่

- 1) เครื่องชั่งน้ำหนักไข่และเปลือกไข่
- 2) เครื่องวัดค่าความสูงของไข่ขาว (QCD Instrument Range Manual)
- 3) เวอร์เนียร์แคลิเปอร์
- 4) เครื่องวัดความแข็งของเปลือกไข่แบบอิเล็กทรอนิกส์ (Digital Force Gauge)
- 5) พักซีวัดสีไข่แดง
- 6) ซ็อนแยกไข่แดงจากไข่ขาว
- 7) ถุงสำหรับเก็บไข่แดง

3.2.3 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการศึกษาการย่อยได้

- 1) กรงขังเคี้ยวเพื่อหาการย่อยได้ (Metabolic cages)
- 2) ถังใส่อาหาร
- 3) รางน้ำ
- 4) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด
- 5) เครื่องชั่งน้ำหนักไก่อ
- 6) ดุงพลาสติกสำหรับเก็บมูล
- 7) ฟอรั่มลดีไฮด์
- 8) chromic oxide (Cr_2O_3)
- 9) กรดซัลฟูริก 25%

3.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

- 1) ตู้อบแห้ง
- 2) เตาเผาอุณหภูมิสูง
- 3) เครื่องมือสกัดไขมัน (Labconco Goldfish)
- 4) เครื่องวิเคราะห์โปรตีน (Gerhardt)
- 5) เครื่องวิเคราะห์พลังงาน Ballistic bombs calorimeter

3.2.5 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อศึกษาภูมิคุ้มกันและคอเลสเตอรอล

- 1) เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer)
- 2) EDTA
- 3) ไมโครทิวส์ (microtube) ขนาด 1.5 ml.
- 4) ไมโครปิเปต (micropipette)

3.2.6 สารโคโคซาน

สารโคโคซานที่นำมาทดลองได้รับความอนุเคราะห์จาก ผศ. ดร.ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้จากการสกัดจากเปลือกกุ้ง โดยมีค่าปฏิกิริยาคีอะซิทีเลชัน (deacetylation) 80 เปอร์เซ็นต์ ขนาด 100-200 mesh มีความชื้น 9.5 เปอร์เซ็นต์ ให้น้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นเกรดทางอุตสาหกรรม (industrial grade)

3.3 วิธีการ

ศึกษาการเสริมโคโคซานต่อการย่อยได้โภชนะ สมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่ ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมและในไข่แดง และระดับภูมิคุ้มกันโรคนิวคาสเซิลในไก่ไข่ แบ่งออกเป็น 2 การทดลองดังนี้

3.3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลการเสริมโคโคซานในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่, คุณภาพไข่, ปริมาณคอเลสเตอรอลและระดับภูมิคุ้มกันโรค

3.3.1.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design : CRD) โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 6 กลุ่มตามระดับของสารโคโคซานที่ใช้ในสูตรอาหาร แต่ละกลุ่มทดลองมีจำนวน 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ไก่ไข่อายุ 22 สัปดาห์ จำนวน 12 ตัว/ซ้ำ รวมทั้งสิ้น 288 ตัว ในการทดลองจะใช้สูตรอาหารทดลองที่ประกอบไปด้วย

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุมข้าวโพค-กากถั่วเหลือง

กลุ่มที่ 2 เสริมสารปฏิชีวนะ Chlortetracycline 50 ppm ในสูตรอาหารควบคุม

กลุ่มที่ 3 ใช้สารโคโคซานในระดับ 100 ppm ในสูตรอาหารควบคุม

กลุ่มที่ 4 ใช้สารโคโคซานในระดับ 200 ppm ในสูตรอาหารควบคุม

กลุ่มที่ 5 ใช้สารโคโคซานในระดับ 300 ppm ในสูตรอาหารควบคุม

กลุ่มที่ 6 ใช้สารโคโคซานในระดับ 400 ppm ในสูตรอาหารควบคุม

อาหารทดลองทุกกลุ่มมีระดับของโปรตีนและค่าพลังงานคำนวณตามความต้องการของไก่ไข่ ที่คำแนะนำโดย NRC (1994) ส่วนประกอบของสูตรอาหารแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่ไข่ทดลอง

วัตถุดิบ (กก.)	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6
ข้าวโพดบด	54.11	54.11	54.11	54.11	54.11	54.11
รำสกัด	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
กากถั่วเหลือง	22.52	22.52	22.52	22.52	22.52	22.52
ปลาป่น	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
น้ำมันพืช	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
เกลือ	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
หินปูน	9.10	9.10	9.10	9.10	9.10	9.10
ฟอสฟอรัส	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
รวม	100	100	100	100	100	100
Chlortetracycline	0.00	0.033	0.00	0.00	0.00	0.00
ไคโตซาน	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04
ราคาอาหาร (บาท/กก.)	7.96	8.36	8.02	8.08	8.14	8.20
ค่าโภชนะของสูตรอาหารจากการคำนวณ						
โปรตีน (%)			18.00			
ME(Kcal/Kg)			2750.77			
แคลเซียม (%)			3.93			
ฟอสฟอรัส (%)			0.37			
ไลซีน (%)			0.93			
เมทไธโอนีน+ ซีสตีน(%)			0.62			
ทริปโตเฟน (%)			0.22			
ทรีโอนีน (%)			0.70			

3.3.1.2 วิธีการทดลอง

ทำการสุ่มไก่สาวอายุ 22 สัปดาห์เข้ากลุ่มทดลองที่มีความสม่ำเสมอของไก่แต่ละกลุ่มทดลอง แบ่งออกเป็น 6 กลุ่มๆ ละ 4 ซ้ำ โดยในแต่ละกลุ่มจะใช้ไก่สาวจำนวน 12 ตัว รวมทั้งหมด 288 ตัว โดยเลี้ยงภายในกรงคับข้างเดียวเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ ให้กินน้ำและอาหารอย่างเต็มที่ตลอดระยะเวลาการทดลอง

ทำการวิเคราะห์คุณภาพไข่โดยนำไข่ไก่ที่ผลิตได้ใน 3 วันสุดท้ายจากการทดลองแต่ละสัปดาห์ (ไข่ไก่ที่ผลิตได้ในวันพุธ พฤหัสบดี และศุกร์) จำนวนซ้ำละ 4 ฟอง ทำการตรวจสอบคุณภาพดังนี้ น้ำหนักไข่ทั้งฟอง น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักไข่ขาว น้ำหนักเปลือกไข่ ความสูงของไข่ขาวคำนวณค่า Haugh unit ความแข็งของเปลือกไข่ ความหนาของเปลือกไข่ และสีไข่แดง และนำไข่แดงมาซ้ำละ 2 ฟองแช่เย็นที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาค่าปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดง

ทำการให้วัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิล (Newcastle disease) สเตรนลาโซด้าในไก่ไข่ทุกกลุ่มเมื่ออายุ 35 สัปดาห์ หลังจากนั้น 21 วัน (ไก่อายุ 38 สัปดาห์) ทำการสุ่มไก่ทุกซ้ำๆ ละ 8 ตัว รวมทั้งหมดจำนวน 192 ตัว มาเจาะเลือดบริเวณเส้นเลือดดำใต้ปีกเพื่อตรวจหาปริมาณ serum cholesterol และระดับภูมิคุ้มกันโรคนิวคาสเซิล มาประมาณ 2 มิลลิลิตรต่อตัว ใส่ใน microtube ที่มี 10% EDTA-2Na ปริมาณ 30 ไมโครลิตร หลอดละ 1 มิลลิลิตร (ดัดแปลงโดย ไพฑูล แก้วหอม. 2547) หลังจากนั้นนำส่วนของซีรัมไปตรวจหาปริมาณ serum cholesterol โดยวิธีวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer และส่งตรวจระดับภูมิคุ้มกันโรคนิวคาสเซิลด้วยวิธี Hemagglutination-Inhibition (HI) ที่คณะสัตวแพทย์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการวิเคราะห์หาคอเลสเตอรอลในซีรัมที่แนะนำโดย บริษัท โนวเวลเมด (2004) มีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียม blank โดยใช้ working reagent 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดเตรียมไว้
2. เตรียมสารละลายมาตรฐาน โดยใช้ working reagent 1 มิลลิลิตร และสารละลาย cholesterol standard ที่มีความเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ทำการผสม working reagent และ cholesterol standard นำมาบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปอ่านค่า OD (optical density) โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร
3. เตรียมตัวอย่างทดลองจากซีรัม 10 ไมโครลิตร นำมาผสมกับ working reagent 1 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปอ่านค่า OD

(optical density) โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร

4. เมื่อได้ค่า OD นำมาคำนวณหาปริมาณคอเลสเตอรอล

วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงที่แนะนำโดย Folch *et.al* (1957)

มีขั้นตอนดังนี้

1. ชั่งไข่แดงประมาณ 0.8 กรัม ลงในหลอดทดลอง 50 มิลลิลิตร เติมน้ำมัน petroleum ether : ethanol (2:1) 18 มิลลิลิตร ปิดฝาเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง homogenizer เป็นเวลา 1 นาที เติมน้ำกลั่น 6 มิลลิลิตร ปิดฝา เขย่าด้วยมือ
2. เหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ความเร็ว 1000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที
3. ดูคอลลอยด์ละลาย petroleum ether ซึ่งแยกชั้นส่วนบนสุด ออกมา 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง แล้วนำไปประเหยออกจากตัวอย่าง
4. เติมน้ำมัน 10 mol/L KOH ใน ethanol จำนวน 3 มิลลิลิตร นำไปอุ่นใน water bath 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น เติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร เขย่ารวมกัน
5. ใส่ petroleum ether 5 มิลลิลิตร เขย่ารวมกัน ทิ้งให้แยกชั้นแล้วดูคอลลอยด์ส่วนบน ใส่หลอดที่ 2 ส่วนหลอดเดิมใส่ petroleum ether 3 มิลลิลิตร อีกครั้ง เขย่ารวมกัน ทิ้งให้แยกชั้น แล้วดูคอลลอยด์ส่วนบนใส่หลอดที่ 2 อีกครั้ง และทำการเติมน้ำมัน petroleum ether 3 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดแรก เขย่ารวมกัน ทิ้งให้แยกชั้นแล้วดูคอลลอยด์ส่วนบนใส่หลอดที่ 2 เป็นครั้งสุดท้าย
6. ทำให้ petroleum ether ในหลอดที่ 2 ที่ได้จากขั้นตอนในข้อที่ 5 นำไปทำให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจนใน water bath ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
7. คอลลอยด์ที่ได้นำมาละลายด้วย petroleum ether 1 มิลลิลิตร ดูคอลลอยด์มา 200 ไมโครลิตร ทำให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน
8. นำไปทำปฏิกิริยาให้เกิดสี ด้วยการเติมน้ำมัน glacial acetic acid ละลายใน FeSO_4 3 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 96 เปอร์เซ็นต์ 1 มิลลิลิตร
9. วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร

3.3.1.3 การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกจำนวนผลผลิตไข่ตลอดช่วงเวลาทดลอง ปริมาณอาหารที่กินของไก่ในแต่ละกลุ่มทุกๆสัปดาห์ ปริมาณอาหารในการผลิตไข่ 1 ฟอง เปอร์เซ็นต์การให้ไข่ อัตราการเลี้ยงรอด ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไข่ 1 ฟอง คุณภาพไข่ ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมและไข่แดง และปริมาณระดับภูมิคุ้มกัน โรคนิวคาสเซิลในไก่ทดลอง

3.3.1.4 การคำนวณข้อมูล

1) ปริมาณอาหารในการผลิตไข่ 1 ฟอง (กรัม)

$$\text{ปริมาณอาหารในการผลิตไข่ 1 ฟอง} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม)}}{\text{จำนวนไข่ (ฟอง)}}$$

2) ปริมาณพลังงานที่ได้รับแต่ละวัน (KcalME/วัน)

$$\text{ปริมาณพลังงานที่ได้รับแต่ละวัน} = \text{ME (Kcal/Kg)} \times \text{ปริมาณอาหารที่กิน(กรัม/วัน)}$$

$$\text{ME} = \text{พลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏ (Kcal/Kg)}$$

3) อัตราการเลี้ยงรอด

$$\text{อัตราการเลี้ยงรอด (\%)} = \frac{\text{จำนวนไก่ที่รอดชีวิต} \times 100}{\text{จำนวนไก่ที่เลี้ยงทั้งหมด}}$$

4) ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไข่ 1 ฟอง (บาท/ฟอง)

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

5) การคำนวณค่า Haugh Unit

$$\text{ค่า Haugh Unit} = 100 \log \left[\frac{H - \sqrt{G (30W^{0.37} - 100)}}{100} \right] + 1.9$$

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

H = ความสูงไข่ขาว (มิลลิเมตร)

G = Gravitational constant = 32.2

W = น้ำหนักไข่ (กรัม)

6) ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัม

$$\text{ปริมาณคอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)} = \frac{\text{AU} \times \text{CS}}{\text{AS}}$$

AU = ค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่างทดลอง

AS = ค่าดูดกลืนแสงของ cholesterol standard

CS = ค่าความเข้มข้นของ cholesterol standard

3.3.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้อันไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1985)

3.3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของ โภชนะในอาหารเสริมด้วยโคโคซานในไก่ไข่

3.3.3.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) โดยจะทำการสุ่มไก่ไข่อายุ 38 สัปดาห์เข้ากรงขังเดี่ยวเพื่อหาการย่อยได้ (metabolic cages) ขนาด 0.4 x 0.6 เมตร จำนวน 36 กรง โดยไก่ได้รับอาหารทดลอง 6 กลุ่มๆ ละ 6 ตัว ตามอาหารทดลองจากการทดลองที่ 1

3.3.3.2 วิธีการทดลอง

ไก่ทดสอบจะได้รับอาหารแบบเดิมที่ซึ่งจะถูกเปลี่ยนจากอาหารเดิมเป็นอาหารทดสอบ โดยค่อยๆ ปรับให้ไก่ยอมรับอาหารทดสอบและเพิ่มอัตราส่วนของอาหารทดสอบมากขึ้นจนไก่กินอาหารทดสอบได้ทั้งหมด ใช้เวลาในการปรับอาหารทดสอบ 5 วัน จากนั้นจึงเริ่มทดสอบโดยชั่งน้ำหนักและให้อาหารทดสอบในเวลา 8.00 น. เลี้ยงด้วยสูตรอาหารทดสอบติดต่อกัน 3 วัน ทำการชั่งน้ำหนักอาหารที่เหลือในวันรุ่งขึ้นก่อนให้อาหารใหม่ทุกวัน ใส่ chromic oxide (Cr_2O_3) 0.1 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเป็นเครื่องหมาย (marker) ในอาหารทดสอบแต่ละสูตรของอาหารมื้อแรกและมื้อสุดท้าย วางถาดเก็บสิ่งขับถ่าย วันแรกเริ่มเก็บมูลเมื่อเห็นสีเขียวของ chromic oxide และเลิกเก็บมูลเมื่อไม่เห็นสีเขียวของ chromic oxide สำหรับวันสุดท้าย ทำการเก็บสิ่งขับถ่ายออกทุกวันในเวลาเดียวกันแยกสิ่งป้อนป้อนออกจากสิ่งขับถ่าย เก็บตัวอย่างมูลใส่ถุงพลาสติกใส่ฟอร์ม่าลิน 5 มิลลิลิตร รัศปากถุงให้แน่น

แซ่ในตู้แช่แข็ง และนำมูลไก่แต่ละวันที่ได้มาผสมรวมกัน แล้วนำเข้าอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เป็นตัวอย่งในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ในการทดสอบหาค่า Endogenous nutrient loss (ENL) ใช้ไก่ 6 ตัวซึ่งไม่ได้รับอาหารทดสอบเลย ทำการอดอาหาร 32 ชั่วโมงแต่ให้น้ำตลอดเวลา หลังจากนั้นทำการเก็บสิ่งขับถ่ายอีก 42 ชั่วโมง เพื่อนำสิ่งขับถ่ายที่ได้ไปหาค่า Metabolic fecal nitrogen (MFN) เพื่อใช้คำนวณหาโปรตีนใช้ประโยชน์สุทธิ (Net protein utilization ; NPU)

3.3.3.3 การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกน้ำหนักอาหารที่กินแต่ละวัน น้ำหนักสิ่งขับถ่ายของไก่แต่ละตัวและน้ำหนักสิ่งขับถ่ายหลังอบแห้ง รวมทั้งโภชนะในอาหารทดสอบและในมูลไก่แต่ละตัวมาคำนวณหาการย่อยได้ปรากฏของไขมัน เยื่อใย โปรตีน พลังงานใช้ประโยชน์ได้และ โปรตีนใช้ประโยชน์สุทธิ

3.3.3.4 การคำนวณข้อมูล

- 1) การย่อยได้ของไขมัน เยื่อใยและโปรตีน

$$\% \text{ การย่อยได้} = \frac{(\text{นน.อาหารที่กิน} \times \% \text{ โภชนะในอาหาร}) - (\text{นน.มูล} \times \% \text{ โภชนะในมูล}) \times 100}{(\text{นน.อาหารที่กิน} \times \% \text{ โภชนะในอาหาร})}$$

- 2) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏ (Apparent Metabolizable Energy, AME)

$$\text{AME}/(\text{Cal/g}) = \frac{(\text{FI} \times \text{GEf}) - (\text{E} \times \text{GEe})}{\text{FI}}$$

FI = ปริมาณอาหารที่สัตว์กิน (กรัม)

E = ปริมาณมูลที่ขับออกมา (กรัม)

GEf = พลังงานทั้งหมด (gross energy) ในอาหารต่อกรัม

GEe = พลังงานทั้งหมดในมูลสัตว์ต่อกรัม

- 3) คำนวณ Net Protein Utilization ; NPU

$$\% \text{ NPU} = \frac{\text{N intake} - (\text{fecal N} - \text{MFN}) - (\text{urinary N} - \text{EUN}) \times 100}{\text{N intake}}$$

MFN = Metabolic fecal nitrogen

EUN = Endogenous urinary nitrogen

3.3.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรม SAS (1985)

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของสูตรอาหารควบคุม

ส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารที่ใช้ในการทดลองเลี้ยงไก่ไข่ที่วิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการซึ่งประกอบด้วยเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถา แคลเซียม ฟอสฟอรัส และไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรกซ์ มีค่าเท่ากับ 89.29 18.09 7.65 3.65 9.69 2.30 0.50 และ 50.21 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีค่าพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 3,658.43 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 4.1 จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลองพบว่า เปอร์เซ็นต์โปรตีนของอาหารมีค่าใกล้เคียงกับเปอร์เซ็นต์โปรตีนของอาหารจากการคำนวณ สำหรับเปอร์เซ็นต์แคลเซียมของอาหารมีค่าต่ำกว่าจากการคำนวณ แต่เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสทั้งหมดจากการคำนวณของอาหารมีค่าสูงกว่าจากการคำนวณ ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันของอาหารมีค่าต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันจากการรายงานของกรมปศุสัตว์ แต่เปอร์เซ็นต์เยื่อใยของอาหารมีค่าใกล้เคียงกับเปอร์เซ็นต์เยื่อใยจากการรายงานของกรมปศุสัตว์ (2548)

ตารางที่ 4.1 ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารไก่ไข่ที่ใช้ในการทดลอง

โภชนะ	เปอร์เซ็นต์
วัตถุดิบ	89.29
ความชื้น	10.71
โปรตีน	18.09
ไขมัน	7.65
เยื่อใย	3.65
เถา	9.69
แคลเซียม	2.30
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	0.50
ไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรกซ์	50.21
พลังงานทั้งหมด (Kcal/Kg)	3,658.43

4.2 ศึกษาการเสริมโคโคซานในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต, คุณภาพไข่, ปริมาณคอเลสเตอรอลและระดับภูมิคุ้มกันของไก่ไข่

4.2.1 เปรอร์เซ็นต์การให้ไข่

เปอร์เซ็นต์การให้ไข่ในช่วงอายุการทดลองที่ 9-12 และ 13-16 สัปดาห์ ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยเปอร์เซ็นต์การให้ไข่ในช่วงอายุการทดลองที่ 9-12 สัปดาห์ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีเปอร์เซ็นต์การให้ไข่เฉลี่ยเท่ากับ 86.51 86.10 89.82 90.74 89.24 และ 89.78 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์การให้ไข่ในช่วงอายุการทดลองที่ 13-16 สัปดาห์ มีเปอร์เซ็นต์การให้ไข่เฉลี่ยเท่ากับ 82.48 81.56 85.31 85.32 85.10 และ 85.25 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่เปอร์เซ็นต์การให้ไข่ในช่วงอายุการทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 100 ppm มีเปอร์เซ็นต์การให้ไข่สูงกว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P\leq 0.01$) โดยมีเปอร์เซ็นต์การให้ไข่เฉลี่ยเท่ากับ 95.76 82.81 และ 90.03 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 200 300 และ 400 ppm โดยมีเปอร์เซ็นต์การให้ไข่เฉลี่ยเท่ากับ 93.08 93.16 และ 93.60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การให้ไข่ในช่วงอายุการทดลองที่ 5-8 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 100 ppm มีเปอร์เซ็นต์การให้ไข่สูงกว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะ โดยมีเปอร์เซ็นต์การให้ไข่เฉลี่ยเท่ากับ 96.16 91.71 และ 89.44 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 200 300 และ 400 ppm โดยมีเปอร์เซ็นต์การให้ไข่เฉลี่ยเท่ากับ 94.07 93.58 และ 93.86 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การให้ไข่ตลอดการทดลองที่ 0-16 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 100 ppm มีเปอร์เซ็นต์การให้ไข่สูงกว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P\leq 0.01$) โดยมีเปอร์เซ็นต์การให้ไข่เฉลี่ยเท่ากับ 91.76 85.88 และ 86.78 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 200 300 และ 400 ppm ที่มีเปอร์เซ็นต์การให้ไข่เฉลี่ยเท่ากับ 90.80 90.27 และ 90.62 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์การให้ไข่ของไก่ไข่ที่ทดลองในแต่ละระยะอายุการทดลอง (Hen-day production)

ระยะอายุ	กลุ่ม ควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			100	200	300	400
0-4 สัปดาห์	82.81 ⁿ	90.03 ⁿ	95.76 ⁿ	93.08 ^{nm}	93.16 ^{nm}	93.60 ^{nm}
5-8 สัปดาห์	91.71 ^{nm}	89.44 ⁿ	96.16 ⁿ	94.07 ^{nm}	93.58 ^{nm}	93.86 ^{nm}
9-12 สัปดาห์	86.51	86.10	89.82	90.74	89.24	89.78
13-16 สัปดาห์	82.48	81.56	85.31	85.32	85.10	85.25
0-16 สัปดาห์	85.88 ⁿ	86.78 ⁿ	91.76 ⁿ	90.80 ⁿ	90.27 ⁿ	90.62 ⁿ

หมายเหตุ ^{n, nm} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันของแต่ละระยะอายุแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

4.2.2 ปริมาณอาหารที่กิน ปริมาณพลังงานที่ได้รับและปริมาณอาหารในการผลิตไข่

ปริมาณอาหารที่กิน ในทุกช่วงอายุทดลอง ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยในช่วงอายุการทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 79.16 85.05 87.03 86.67 88.75 และ 88.29 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ในช่วงอายุการทดลองที่ 5-8 สัปดาห์ มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 83.57 81.79 85.47 85.86 85.31 และ 85.95 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ในช่วงอายุการทดลองที่ 9-12 สัปดาห์ มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 72.46 70.96 72.31 74.17 74.72 และ 73.89 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ในช่วงอายุการทดลองที่ 13-16 สัปดาห์ มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 76.95 72.89 83.01 79.31 77.24 และ 77.24 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ในตลอดช่วงอายุการทดลองที่ 0-16 สัปดาห์ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 78.03 77.67 81.95 81.50 81.50 และ 81.34 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ปริมาณพลังงานที่ได้รับแต่ละวัน (Energy Intake) ในทุกช่วงอายุทดลอง ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยในช่วงอายุการทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีปริมาณพลังงานที่ได้รับแต่ละวันเฉลี่ยเท่ากับ 207.79 225.92 228.61 215.92 214.31 และ 210.69 KcalME/วัน ตามลำดับ ในช่วงอายุการทดลองที่ 5-8 สัปดาห์ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีปริมาณพลังงานที่ได้รับแต่ละวันเฉลี่ยเท่ากับ 219.36 217.25 224.51 213.91 205.96 และ 205.12 KcalME/วัน ตามลำดับ ในช่วงอายุการทดลองที่ 9-12 สัปดาห์ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มี

ปริมาณพลังงานที่ได้รับแต่ละวันเฉลี่ยเท่ากับ 190.15 191.10 187.89 187.47 183.63 และ 176.87 KcalME/วัน ตามลำดับ ในช่วงอายุการทดลองที่ 13-16 สัปดาห์ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีปริมาณพลังงานที่ได้รับแต่ละวันเฉลี่ยเท่ากับ 199.87 193.62 218.05 197.59 184.67 และ 185.62 KcalME/วัน ตามลำดับ และในตลอดช่วงอายุการทดลองที่ 0-16 สัปดาห์ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีปริมาณพลังงานที่ได้รับแต่ละวันเฉลี่ยเท่ากับ 204.29 206.97 214.76 203.72 197.14 และ 194.62 KcalME/วัน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ปริมาณอาหารในการผลิตไข่ ในทุกช่วงอายุทดลอง ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยในช่วงอายุการทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีปริมาณอาหารในการผลิตไข่เฉลี่ยเท่ากับ 96.97 94.59 90.98 93.11 95.63 และ 94.32 กรัม/ฟอง ตามลำดับ ในช่วงอายุการทดลองที่ 5-8 สัปดาห์ มีปริมาณอาหารในการผลิตไข่เฉลี่ยเท่ากับ 91.53 91.73 89.00 91.26 91.39 และ 91.77 กรัม/ฟอง ตามลำดับ ในช่วงอายุการทดลองที่ 9-12 สัปดาห์ มีปริมาณอาหารในการผลิตไข่เฉลี่ยเท่ากับ 84.08 84.03 79.81 82.59 85.83 และ 82.47 กรัม/ฟอง ตามลำดับ ในช่วงอายุการทดลองที่ 13-16 สัปดาห์ มีปริมาณอาหารในการผลิตไข่เฉลี่ยเท่ากับ 92.90 87.19 97.40 92.95 90.07 และ 91.41 กรัม/ฟอง ตามลำดับ ในตลอดช่วงอายุการทดลองที่ 0-16 สัปดาห์ มีปริมาณอาหารในการผลิตไข่เฉลี่ยเท่ากับ 91.37 89.38 89.30 89.98 90.66 และ 90.99 กรัม/ฟอง ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณการกินอาหาร ปริมาณพลังงานที่ได้รับแต่ละวันและปริมาณอาหารที่ใช้ในการผลิตไข่ของไก่ไข่ทดลอง

ระยะเวลา	กลุ่มควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			100	200	300	400
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)						
0-4 สัปดาห์	79.16	85.05	87.03	86.67	88.75	88.29
5-8 สัปดาห์	83.57	81.79	85.47	85.86	85.31	85.95
9-12 สัปดาห์	72.46	70.96	72.31	74.17	74.72	73.89
13-16 สัปดาห์	76.95	72.89	83.01	79.31	77.24	77.24
0-16 สัปดาห์	78.03	77.67	81.95	81.50	81.50	81.34
ปริมาณพลังงานที่ได้รับแต่ละวัน (KcalME/วัน)						
0-4 สัปดาห์	207.79	225.92	228.61	215.92	214.31	210.67
5-8 สัปดาห์	219.36	217.25	224.51	213.91	205.96	205.12
9-12 สัปดาห์	190.15	191.1	187.89	187.47	183.63	176.87
13-16 สัปดาห์	199.87	193.62	218.05	197.59	184.67	185.82
0-16 สัปดาห์	204.29	206.97	214.76	203.72	197.14	194.62
ปริมาณอาหารในการผลิตไข่ (กรัม/ฟอง)						
0-4 สัปดาห์	96.97	94.59	90.98	93.11	95.63	94.32
5-8 สัปดาห์	91.53	91.73	89.00	91.26	91.39	91.77
9-12 สัปดาห์	84.08	84.03	79.81	82.59	85.83	82.47
13-16 สัปดาห์	92.90	87.19	97.40	92.95	90.07	91.41
0-16 สัปดาห์	91.37	89.38	89.30	89.98	90.66	90.99

หมายเหตุ ทุกระยะการทดลองแสดงผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

4.2.3 ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่

ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ ในทุกช่วงอายุทดลองของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในช่วงอายุการทดลองที่ 0-4 5-8 9-12 และตลอดการทดลองที่ 0-16

สัปดาห์ ไก่ไข่ทุกกลุ่มมีต้นทุนในการผลิตไข่ใกล้เคียงกันแต่ไก่ไข่กลุ่มที่มีการเสริมโคโคซาน 100 ppm จะมีต้นทุนในการผลิตไข่ต่ำกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มอื่นๆเล็กน้อย ส่วนช่วงอายุการทดลองที่ 13-16 สัปดาห์ ไก่ไข่กลุ่มที่มีการเสริมโคโคซาน 300 ppm มีต้นทุนในการผลิตไข่ต่ำกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มอื่นๆเล็กน้อย ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ สูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่เฉลี่ยเท่ากับ 0.77 0.79 0.73 0.75 0.78 และ 0.77 บาท/ฟองตามลำดับ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 5-8 สัปดาห์ มีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่เฉลี่ยเท่ากับ 0.73 0.77 0.71 0.74 0.74 และ 0.75 บาท/ฟองตามลำดับ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 9-12 สัปดาห์ มีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่เฉลี่ยเท่ากับ 0.67 0.70 0.64 0.67 0.70 และ 0.68 บาท/ฟองตามลำดับ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 13-16 สัปดาห์ มีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่เฉลี่ยเท่ากับ 0.74 0.75 0.78 0.75 0.73 และ 0.75 บาท/ฟองตามลำดับ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองตลอดการทดลองที่ 0-16 สัปดาห์ มีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่เฉลี่ยเท่ากับ 0.73 0.75 0.72 0.73 0.74 และ 0.74 บาท/ฟองตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไข่ของไก่ไข่ทดลอง (บาท/ฟอง)

ระยะเวลา	กลุ่มควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			100	200	300	400
0-4 สัปดาห์	0.77	0.79	0.73	0.75	0.78	0.77
5-8 สัปดาห์	0.73	0.77	0.71	0.74	0.74	0.75
9-12 สัปดาห์	0.67	0.70	0.64	0.67	0.70	0.68
13-16 สัปดาห์	0.74	0.75	0.78	0.75	0.73	0.75
0-16 สัปดาห์	0.73	0.75	0.72	0.73	0.74	0.74

หมายเหตุ ทุกระยะการทดลองแสดงผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

4.2.4 อัตราการเลี้ยงรอด

อัตราการเลี้ยงรอดในช่วงอายุการทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม มีอัตราการเลี้ยงรอดต่ำกว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะ กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) โดยไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลอง กลุ่มที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีอัตราการเลี้ยงรอดเฉลี่ยเท่ากับ 98.96 100.00 100.00 100.00 100.00 และ 100.00

เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อัตราการเลี้ยงรอดในช่วงอายุการทดลองที่ 5-8 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 100 ppm มีอัตราการเลี้ยงรอดสูงกว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะ กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 300 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งมีอัตราการเลี้ยงรอดเฉลี่ยเท่ากับ 98.44 96.37 และ 96.88 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 200 และ 400 ppm โดยมีอัตราการเลี้ยงรอดเฉลี่ยเท่ากับ 97.40 97.92 และ 97.92 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อัตราการเลี้ยงรอดในช่วงอายุการทดลองที่ 9-12 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะ มีอัตราการเลี้ยงรอดต่ำกว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 100 200 และ 400 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยมีอัตราการเลี้ยงรอดเฉลี่ยเท่ากับ 92.71 97.92 97.92 และ 97.92 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 300 ppm ที่มีอัตราการเลี้ยงรอดเฉลี่ยเท่ากับ 93.75 และ 95.83 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อัตราการเลี้ยงรอดในช่วงอายุการทดลองที่ 13-16 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะ มีอัตราการเลี้ยงรอดต่ำกว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม โดยไก่ไข่ที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีอัตราการเลี้ยงรอดเฉลี่ยเท่ากับ 84.38 79.69 93.23 93.23 91.67 และ 91.67 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อัตราการเลี้ยงรอดตลอดการทดลองที่ 0-16 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะ มีอัตราการเลี้ยงรอดต่ำกว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม โดยไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีอัตราการเลี้ยงรอดเฉลี่ยเท่ากับ 93.62 92.19 97.40 97.27 96.09 และ 96.88 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 อัตราการเลี้ยงรอดของไก่ไข่ในแต่ละระยะอายุการทดลอง (เปอร์เซ็นต์)

ระยะอายุ	กลุ่ม ควบคุม	CTC 50 ppm	เสริม ไคโตซาน (ppm)			
			100	200	300	400
0-4 สัปดาห์	98.96 ^a	100.00 ⁿ	100.00 ⁿ	100.00 ⁿ	100.00 ⁿ	100.00 ⁿ
5-8 สัปดาห์	97.40 ^{abn}	96.37 ⁿ	98.44 ⁿ	97.92 ^{nm}	96.88 ^{nm}	97.92 ^{nm}
9-12 สัปดาห์	93.75 ^{ab}	92.71 ^b	97.92 ^a	97.92 ^a	95.83 ^{ab}	97.92 ^a
13-16 สัปดาห์	84.38 ^b	79.69 ^b	93.23 ^a	93.23 ^a	91.67 ^a	91.67 ^a
0-16 สัปดาห์	93.62 ^{nm}	92.19 ^b	97.40 ⁿ	97.27 ⁿ	96.09 ⁿ	96.88 ⁿ

หมายเหตุ ^{a, b, n} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันของแต่ละระยะอายุแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{a, b} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันของแต่ละระยะอายุแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

4.2.5 น้ำหนักไข่ไก่ทั้งฟอง

น้ำหนักไข่ไก่ทั้งฟองของไก่ไข่ในช่วงอายุการทดลองที่ 13-16 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีน้ำหนักไข่ทั้งฟองเฉลี่ยเท่ากับ 51.38 50.63 53.59 53.35 53.54 และ 53.33 กรัม/ฟองตามลำดับ แต่น้ำหนักไข่ทั้งฟองของไก่ไข่ในช่วงอายุการทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม มีน้ำหนักไข่ทั้งฟองเฉลี่ยต่ำกว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมไคโตซาน 100 และ 300 ppm อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยมีน้ำหนักไข่ทั้งฟองเฉลี่ยเท่ากับ 47.34 50.32 และ 49.09 กรัม/ฟองตามลำดับแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะ กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมไคโตซาน 200 และ 400 ppm โดยมีน้ำหนักไข่ทั้งฟองเฉลี่ยเท่ากับ 48.28 48.84 และ 48.22 กรัม/ฟองตามลำดับ น้ำหนักไข่ทั้งฟองของไก่ไข่ในช่วงอายุการทดลองที่ 5-8 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะ มีน้ำหนักไข่ทั้งฟองเฉลี่ยต่ำกว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมไคโตซาน 100 200 และ 300 ppm อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยมีน้ำหนักไข่ทั้งฟองเฉลี่ยเท่ากับ 49.57 51.39 50.59 และ 50.62 กรัม/ฟองตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมไคโตซาน 400 ppm โดยมีน้ำหนักไข่ไก่ทั้งฟองเฉลี่ยเท่ากับ 49.84 และ 50.07 กรัม/ฟองตามลำดับ น้ำหนักไข่ทั้งฟองของ

โก๋ไข่ในช่วงอายุการทดลองที่ 9-12 สัปดาห์ พบว่าโก๋ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะ มีน้ำหนักไข่ทั้งฟองเฉลี่ยต่ำกว่าโก๋ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน ทั้ง 4 ระดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยโก๋ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีน้ำหนักไข่ทั้งฟองเฉลี่ยเท่ากับ 51.32 49.69 52.10 51.86 51.53 และ 50.91 กรัม/ฟอง ตามลำดับ น้ำหนักไข่ทั้งฟองของโก๋ไข่ในช่วงอายุการทดลองที่ 0-16 สัปดาห์ พบว่าโก๋ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะ มีน้ำหนักไข่ทั้งฟองเฉลี่ยต่ำกว่าโก๋ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 100 200 และ 300 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีน้ำหนักไข่ทั้งฟองเฉลี่ยเท่ากับ 49.54 51.85 51.16 และ 51.19 กรัม/ฟองตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับโก๋ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 400 ppm โดยมีน้ำหนักไข่ทั้งฟองเฉลี่ยเท่ากับ 49.97 และ 50.63 กรัม/ฟองตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 น้ำหนักไข่ทั้งฟองของโก๋ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 กลุ่ม(กรัม/ฟอง)

ระยะเวลา	กลุ่ม ควบคุม	CTC 50 ppm	เสริม โคโคซาน (ppm)			
			100	200	300	400
0-4 สัปดาห์	47.34 ^ก	48.28 ^ข	50.32 ^ค	48.84 ^ง	49.09 ^จ	48.22 ^ฉ
5-8 สัปดาห์	49.84 ^ข	49.57 ^ค	51.39 ^ค	50.59 ^ง	50.62 ^ง	50.07 ^ข
9-12 สัปดาห์	51.32 ^ค	49.69 ^ง	52.10 ^ค	51.86 ^ค	51.53 ^ค	50.91 ^ค
13-16 สัปดาห์	51.38	50.63	53.59	53.35	53.54	53.33
0-16 สัปดาห์	49.97 ^ข	49.54 ^ค	51.85 ^ค	51.16 ^ง	51.19 ^ข	50.63 ^ข

หมายเหตุ ^{ก,ข} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันของแต่ละระยะอายุแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{ค,ง} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันของแต่ละระยะอายุแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

4.2.6 น้ำหนักเปลือกไข่

น้ำหนักเปลือกไข่เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักไข่ทั้งฟองของโก๋ไข่ในช่วงอายุการทดลองที่ 5-8 9-12 และ 13-16 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยโก๋ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 5-8 สัปดาห์ สูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีน้ำหนักเปลือกไข่เฉลี่ยเท่ากับ 12.60 12.39 12.73 12.55 12.29 และ 12.78 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โก๋ไข่ที่ได้รับอาหารทดลอง

ในช่วงอายุการทดลองที่ 9-12 สัปดาห์ สูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีน้ำหนักเปลือกไข่เฉลี่ยเท่ากับ 12.73 12.60 13.03 12.89 12.86 และ 12.81 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 13-16 สัปดาห์ มีน้ำหนักเปลือกไข่เฉลี่ยเท่ากับ 13.19 12.87 13.39 13.27 13.23 และ 13.27 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่น้ำหนักเปลือกไข่ของไก่ไข่ในช่วงอายุการทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซานที่ระดับ 400 ppm มีน้ำหนักเปลือกไข่สูงกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะ ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซานที่ระดับ 100 และ 200 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซานที่ระดับ 300 ppm โดยมีน้ำหนักเปลือกไข่เฉลี่ยเท่ากับ 12.79 11.87 11.94 12.41 12.24 และ 12.59 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ น้ำหนักเปลือกไข่ของไก่ไข่ตลอดการทดลองที่ 0-16 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซานที่ระดับ 400 ppm มีน้ำหนักเปลือกไข่สูงกว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีน้ำหนักเปลือกไข่เฉลี่ยเท่ากับ 12.91 และ 12.45 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซานที่ระดับ 100 200 และ 300 ppm โดยมีน้ำหนักเปลือกไข่เฉลี่ยเท่ากับ 12.59 12.89 12.75 และ 12.76 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 น้ำหนักเปลือกไข่ของไก่ไข่ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 กลุ่ม (เปอร์เซ็นต์)

ระยะอายุ	กลุ่ม ควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			100	200	300	400
0-4 สัปดาห์	11.87 ⁿ	11.94 ⁿ	12.41 ^{ng}	12.24 ⁿ	12.59 ^{ng}	12.79 ⁿ
5-8 สัปดาห์	12.60	12.39	12.73	12.55	12.29	12.78
9-12 สัปดาห์	12.73	12.60	13.03	12.89	12.86	12.81
13-16 สัปดาห์	13.19	12.87	13.39	13.27	13.23	13.27
0-16 สัปดาห์	12.59 ^{ng}	12.45 ⁿ	12.89 ⁿ	12.75 ^{ng}	12.76 ^{ng}	12.91 ⁿ

หมายเหตุ ^{n,ng} ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันของแต่ละระยะอายุแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{n,ng,ng} ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันของแต่ละระยะอายุแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

4.2.7 น้ำหนักไข่แดง

น้ำหนักไข่แดงเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์คือน้ำหนักไข่ทั้งหมดของไก่ไข่ในช่วงอายุการทดลองที่ 5-8 9-12 สัปดาห์ และตลอดการทดลองที่ 0-16 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) โดยไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 5-8 สัปดาห์ สูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีน้ำหนักไข่แดงเฉลี่ยเท่ากับ 24.15 24.33 24.37 24.33 24.80 และ 24.35 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 9-12 สัปดาห์ มีน้ำหนักไข่แดงเฉลี่ยเท่ากับ 25.59 25.76 25.76 26.32 25.57 และ 25.76 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่น้ำหนักไข่แดงของไก่ไข่ในช่วงอายุการทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซานที่ระดับ 300 ppm มีน้ำหนักไข่แดงสูงกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะ กลุ่มที่เสริมโคโคซานที่ระดับ 100 และ 400 ppm อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P\leq 0.01$) โดยมีน้ำหนักไข่แดงเฉลี่ยเท่ากับ 23.42 23.03 22.71 และ 23.02 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม และไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซานที่ระดับ 200 ppm โดยมีน้ำหนักไข่แดงเฉลี่ยเท่ากับ 23.41 และ 23.36 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ น้ำหนักไข่แดงของไก่ไข่ในช่วงอายุการทดลองที่ 13-16 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซานที่ระดับ 400 ppm มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักไข่แดงสูงกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม และไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P\leq 0.01$) โดยมีน้ำหนักไข่แดงเฉลี่ยเท่ากับ 27.25 26.00 และ 25.68 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซานที่ระดับ 100 200 และ 300 ppm โดยมีน้ำหนักไข่แดงเฉลี่ยเท่ากับ 26.92 27.08 และ 26.41 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 น้ำหนักไข่แดงของไก่ไข่ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 กลุ่ม (เปอร์เซ็นต์)

ระยะเวลา	กลุ่มควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			100	200	300	400
0-4 สัปดาห์	23.41 ⁿ	23.03 ^{nh}	22.71 ⁿ	23.36 ^{nh}	23.42 ⁿ	23.02 ^{nh}
5-8 สัปดาห์	24.15	24.33	24.37	24.33	24.80	24.35
9-12 สัปดาห์	25.59	25.76	25.76	26.32	25.57	25.76
13-16 สัปดาห์	26.00 ^{nh}	25.68 ⁿ	26.92 ^{nh}	27.08 ⁿ	26.41 ^{nhh}	27.25 ⁿ
0-16 สัปดาห์	24.79	24.70	24.98	25.25	25.05	25.09

หมายเหตุ ^{n,h} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันของแต่ละระยะอายุแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

4.2.8 น้ำหนักไข่ขาว

น้ำหนักไข่ขาวเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์คือน้ำหนักไข่ทั้งฟองของไก่ไข่ในช่วงอายุการทดลองที่ 0-4, 5-8, 9-12, 13-16 และตลอดการทดลองที่ 0-16 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ สูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีน้ำหนักไข่ขาวเฉลี่ยเท่ากับ 63.47 63.77 62.69 63.21 63.29 และ 63.42 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 5-8 สัปดาห์ สูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีน้ำหนักไข่ขาวเฉลี่ยเท่ากับ 63.35 63.95 63.76 63.28 63.41 และ 63.26 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 9-12 สัปดาห์ มีน้ำหนักไข่ขาวเฉลี่ยเท่ากับ 64.60 65.41 65.49 66.28 64.32 และ 65.10 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 13-16 สัปดาห์ มีน้ำหนักไข่ขาวเฉลี่ยเท่ากับ 65.60 64.55 66.50 65.73 65.26 และ 66.63 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงตลอดอายุการทดลองที่ 0-16 สัปดาห์ มีน้ำหนักไข่ขาวเฉลี่ยเท่ากับ 64.25 64.40 64.73 64.62 64.07 และ 64.60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 น้ำหนักไข่ขาวของไก่ไข่ที่ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 กลุ่ม (เปอร์เซ็นต์)

ระยะเวลา	กลุ่มควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			100	200	300	400
0-4 สัปดาห์	63.47	63.77	62.69	63.21	63.29	63.42
5-8 สัปดาห์	63.35	63.95	63.76	63.28	63.41	63.26
9-12 สัปดาห์	64.60	65.41	65.49	66.28	64.32	65.10
13-16 สัปดาห์	65.60	64.55	66.50	65.73	65.26	66.63
0-16 สัปดาห์	64.25	64.40	64.73	64.62	64.07	64.60

หมายเหตุ ทุกระยะเวลาการทดลองแสดงผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

4.2.9 ความแข็งเปลือกไข่

ความแข็งเปลือกไข่ของไก่ไข่ในช่วงอายุทดลองที่ 13-16 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีความแข็งเปลือกไข่เฉลี่ยเท่ากับ 2955.40 2626.22 2777.40 3085.78 2907.75 และ 2995.91 กรัม/ตารางเซนติเมตรตามลำดับ ความแข็งเปลือกไข่ของไก่ไข่ในช่วงอายุทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม มีความแข็งเปลือกไข่ต่ำกว่าไก่ที่ได้อาหารกลุ่มที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P\leq 0.01$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีความแข็งเปลือกไข่เฉลี่ยเท่ากับ 2407.41 2659.32 3203.90 3470.80 3425.69 และ 3607.71 กรัม/ตารางเซนติเมตรตามลำดับ ความแข็งเปลือกไข่ของไก่ไข่ในช่วงอายุทดลองที่ 5-8 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะ มีความแข็งเปลือกไข่ต่ำกว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) โดยมีความแข็งเปลือกไข่เฉลี่ยเท่ากับ 2347.73 2754.90 2873.32 2949.27 2751.64 และ 3058.73 กรัม/ตารางเซนติเมตรตามลำดับ ความแข็งเปลือกไข่ของไก่ไข่ในช่วงอายุทดลองที่ 9-12 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ มีความแข็งเปลือกไข่ต่ำกว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมโคโคซาน 100 200 และ 400 ppm อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P\leq 0.01$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 300 ppm ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีความแข็งเปลือกไข่เฉลี่ยเท่ากับ 2638.26 2345.22 2665.80 2961.41 2533.13 และ 2765.37 กรัม/ตารางเซนติเมตรตามลำดับ ความ

แข็งเปลือกไข่ของไข่ที่ตลอดการทดลองที่ 0-16 สัปดาห์ พบว่าไข่ในกลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ มีความแข็งเปลือกไข่ต่ำกว่าไข่ที่ได้รับอาหารที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับไข่ในกลุ่มควบคุม โดยไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีความแข็งเปลือกไข่เฉลี่ยเท่ากับ 2689.10 2494.64 2880.11 3116.80 2904.64 และ 3106.93 กรัม/ตารางเซนติเมตรตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ความแข็งเปลือกไข่ของไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 กลุ่ม (กรัม/ตารางเซนติเมตร)

ระยะเวลา	กลุ่มควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			100	200	300	400
0-4 สัปดาห์	2407.41 ^a	2659.32 ^{ab}	3203.90 ^{abc}	3470.80 ^c	3425.69 ^c	3607.71 ^c
5-8 สัปดาห์	2754.90 ^b	2347.73 ^a	2873.32 ^b	2949.27 ^b	2751.64 ^b	3058.73 ^b
9-12 สัปดาห์	2638.26 ^a	2345.22 ^a	2665.80 ^a	2961.41 ^b	2533.13 ^{ab}	2765.37 ^{ab}
13-16 สัปดาห์	2955.40	2626.22	2777.40	3085.78	2907.75	2995.91
0-16 สัปดาห์	2689.10 ^{ab}	2494.64 ^a	2880.11 ^{abc}	3116.80 ^c	2904.64 ^{bc}	3106.93 ^c

หมายเหตุ ^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันของแต่ละระยะอายุแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันของแต่ละระยะอายุแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

4.2.10 ความหนาเปลือกไข่

ความหนาเปลือกไข่ของไข่ในช่วงอายุทดลองที่ 0-4 9-12 และ 13-16 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ สูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีความหนาเปลือกไข่เฉลี่ยเท่ากับ 0.3043 0.3171 0.3340 0.3304 0.3276 และ 0.3442 มิลลิเมตรตามลำดับ ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 9-12 สัปดาห์ มีความหนาเปลือกไข่เฉลี่ยเท่ากับ 0.3310 0.3272 0.3366 0.3404 0.3313 และ 0.3340 มิลลิเมตรตามลำดับ ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 13-16 สัปดาห์ มีความหนาเปลือกไข่เฉลี่ยเท่ากับ 0.3130 0.3111 0.3190 0.3258 0.3172 และ 0.3223 มิลลิเมตรตามลำดับ แต่ความหนา

เปลือกไข่ของไก่ไข่ในช่วงอายุ 5-8 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 300 ppm มีความหนาเปลือกไข่ต่ำกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม อาหารที่เสริมโคโคซาน 100 200 และ 400 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีความหนาเปลือกไข่เฉลี่ยเท่ากับ 0.3373 0.3257 0.3381 0.3340 0.3213 และ 0.3414 มิลลิเมตรตามลำดับ ความหนาเปลือกไข่ของไก่ไข่ในช่วงอายุทดลองที่ 0-16 พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 400 ppm มีความหนาเปลือกไข่สูงกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีความหนาเปลือกไข่เฉลี่ยเท่ากับ 0.3360 0.3211 และ 0.3203 มิลลิเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 100 200 และ 300 ppm โดยมีความหนาเปลือกไข่เฉลี่ยเท่ากับ 0.3223 0.3333 และ 0.3242 มิลลิเมตรตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ความหนาเปลือกไข่ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 กลุ่ม (มิลลิเมตร)

ระยะเวลา	กลุ่มควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			100	200	300	400
0-4 สัปดาห์	0.3043	0.3171	0.3340	0.3304	0.3276	0.3442
5-8 สัปดาห์	0.3373 ^{กข}	0.3257 ^{ขค}	0.3381 ^ก	0.3340 ^{กข}	0.3213 ^ก	0.3414 ^ก
9-12 สัปดาห์	0.3310	0.3272	0.3366	0.3404	0.3313	0.3340
13-16 สัปดาห์	0.3130	0.3111	0.3190	0.3258	0.3172	0.3223
0-16 สัปดาห์	0.3211 ^{ขค}	0.3203 ^ก	0.3223 ^{กขค}	0.3333 ^{กข}	0.3242 ^{กขค}	0.3360 ^ก

หมายเหตุ ^{ก,ข,ค} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันของแต่ละระยะอายุแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.2.11 Haugh Unit

ค่า Haugh Unit ของไก่ไข่ในช่วงอายุทดลองที่ 5-8 และ 9-12 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 5-8 สัปดาห์ สูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีค่า Haugh Unit เฉลี่ยเท่ากับ 102.50 101.75 102.50 101.00 100.75 และ 100.00 ตามลำดับ ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 9-12 สัปดาห์ มีค่า Haugh Unit เฉลี่ยเท่ากับ 100.50 100.00 99.50 97.75 98.00 และ 98.25 ตามลำดับ แต่ค่า Haugh Unit ของไก่ไข่

ในช่วงอายุทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารควบคุมมีค่า Haugh Unit สูงกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะ และกลุ่มที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 กลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยมีค่า Haugh Unit เฉลี่ยเท่ากับ 105.25 103.00 103.25 102.50 101.75 และ 101.25 ตามลำดับ ค่า Haugh Unit ของไก่ไข่ในช่วงอายุทดลองที่ 13-16 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 400 ppm มีค่า Haugh Unit ต่ำกว่าไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ และกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 100 200 300 ppm อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) มีค่า Haugh Unit เฉลี่ยเท่ากับ 97.75 100.00 100.25 100.50 99.00 และ 99.50 ตามลำดับ ค่า Haugh Unit ของไก่ไข่ตลอดการทดลองที่ 0-16 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 400 ppm มีค่า Haugh Unit ต่ำกว่าไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ กลุ่มที่เสริมโคโคซาน 100 ppm อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยค่า Haugh Unit เฉลี่ยเท่ากับ 99.31 102.06 101.25 101.44 ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 200 และ 300 ppm ค่า Haugh Unit เฉลี่ยเท่ากับ 100.06 และ 100.00 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ค่า Haugh Unit ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 กลุ่ม

ระยะเวลา	กลุ่มควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			100	200	300	400
0-4 สัปดาห์	105.25 ⁿ	103.00 ^{ขก}	103.25 ^ข	102.50 ^{ขก}	101.75 ^{ขก}	101.25 ⁿ
5-8 สัปดาห์	102.50	101.75	102.50	101.00	100.75	100.00
9-12 สัปดาห์	100.50	100.00	99.50	97.75	98.00	98.25
13-16 สัปดาห์	100.00 ^{นข}	100.25 ^{นข}	100.50 ⁿ	99.00 ^ข	99.50 ^{นข}	97.75 ⁿ
0-16 สัปดาห์	102.06 ⁿ	101.25 ^{นข}	101.44 ^{นข}	100.06 ^{ขก}	100.00 ^{ขก}	99.31 ⁿ

หมายเหตุ ^{n,ข,ก} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันของแต่ละระยะเวลาแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

4.2.12 สีไข่แดง

สีไข่แดงของไก่ไข่ในช่วงอายุทดลองที่ 0-4, 5-8, 9-12, 13-16 และตลอดการทดลองที่ 0-16 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 0-4 สัปดาห์ สูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีสีไข่แดงเฉลี่ยเท่ากับ 8.44 8.58 8.52 8.78

8.67 และ 8.79 ตามลำดับ โดยโกโก้ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 5-8 สัปดาห์ มีสีไข่แดงเฉลี่ยเท่ากับ 7.43 7.56 7.74 7.58 7.78 และ 7.51 ตามลำดับ โกโก้ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 9-12 สัปดาห์ มีสีไข่แดงเฉลี่ยเท่ากับ 7.88 8.11 7.93 7.89 8.12 และ 8.22 ตามลำดับ โกโก้ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 13-16 สัปดาห์ มีสีไข่แดงเฉลี่ยเท่ากับ 8.96 9.27 8.73 8.72 8.95 และ 8.91 ตามลำดับ โกโก้ที่ได้รับอาหารทดลองตลอดการทดลองที่ 0-16 สัปดาห์ มีสีไข่แดงเฉลี่ยเท่ากับ 8.18 8.74 8.23 8.24 8.79 และ 8.36 ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 สีไข่แดงของโกโก้ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 กลุ่ม

ระยะเวลา	กลุ่ม ควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			100	200	300	400
0-4 สัปดาห์	8.44	8.58	8.52	8.78	8.67	8.79
5-8 สัปดาห์	7.43	7.56	7.74	7.58	7.78	7.51
9-12 สัปดาห์	7.88	8.11	7.93	7.89	8.12	8.22
13-16 สัปดาห์	8.96	9.27	8.73	8.72	8.95	8.91
0-16 สัปดาห์	8.18	8.74	8.23	8.24	8.79	8.36

หมายเหตุ ทุกระยะเวลาอายุการทดลองแสดงผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

4.2.13 ปริมาณคอเลสเตอรอล และระดับภูมิคุ้มกันโรคนิวคาสเซิลของโกโก้

ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงค่อน้ำหนักไข่แดงทั้งฟอง ในช่วงอายุการทดลองที่ 4 8 16 และ 4-16 สัปดาห์ ของโกโก้ที่ได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยโกโก้ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 4 สัปดาห์ สูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงค่อน้ำหนักไข่แดงทั้งฟองเฉลี่ยเท่ากับ 182.41 172.96 172.65 188.04 182.83 และ 178.05 มิลลิกรัม/ฟอง ตามลำดับ โกโก้ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 8 สัปดาห์ มีปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงค่อน้ำหนักไข่แดงทั้งฟองเฉลี่ยเท่ากับ 182.73 184.55 187.26 197.46 193.38 และ 186.69 มิลลิกรัม/ฟองตามลำดับ โกโก้ที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 16 สัปดาห์ มีปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงค่อน้ำหนักไข่แดงทั้งฟองเฉลี่ยเท่ากับ 209.96 206.13 178.53 178.06 194.21 และ 188.79 มิลลิกรัม/ฟองตามลำดับ โกโก้ที่ได้รับอาหาร

ทดลองในช่วงอายุการทดลองที่ 4-16 สัปดาห์ สูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงต่อน้ำหนักไข่แดงทั้งฟองเฉลี่ยเท่ากับ 198.91 188.82 181.45 188.28 187.97 และ 180.02 มิลลิกรัม/ฟองตามลำดับ ในช่วงอายุการทดลองที่ 12 สัปดาห์ ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม มีปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงต่อน้ำหนักไข่แดงทั้งฟองเฉลี่ยสูงกว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะ และกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยมีปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงต่อน้ำหนักไข่แดงทั้งฟองเฉลี่ยเท่ากับ 200.53 191.62 187.35 189.46 181.46 และ 176.55 มิลลิกรัม/ฟองตามลำดับ แสดงในตารางที่ 4.14

ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่ม เมื่อไก่อายุ 37 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม จะมีปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมสูงกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มอื่นๆ กล่าวคือไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมเฉลี่ยเท่ากับ 152.91 148.83 139.82 128.00 125.70 และ 124.36 มิลลิกรัม/มิลลิลิตรตามลำดับ แสดงในตารางที่ 4.14

ปริมาณโคเลสเตอร์ของโรคนิวคาสเซิลของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่มเมื่อไก่มีอายุการทดลองที่ 37 สัปดาห์มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) กล่าวคือไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีปริมาณโคเลสเตอร์ของโรคนิวคาสเซิลเฉลี่ยเท่ากับ 8.44 8.67 7.82 7.44 7.13 และ 7.69 ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้อาหาร 6 กลุ่มที่มีผลต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดง แต่ละอายุการทดลอง ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัม และ ไคเตอร์โรคนิวคาสเซิล

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่ม ควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			100	200	300	400
ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดง (มิลลิกรัม/ฟอง)						
4 สัปดาห์	182.41	172.96	172.65	188.04	182.83	178.05
8 สัปดาห์	182.73	184.55	187.26	197.46	193.38	186.69
12 สัปดาห์	200.53 ⁿ	191.62 ⁿ	187.35 ⁿ	189.46 ⁿ	181.46 ⁿ	176.55 ⁿ
16 สัปดาห์	209.96	206.13	178.53	178.06	194.21	188.79
4-16 สัปดาห์	198.91	188.82	181.45	188.28	187.97	180.02
ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัม (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)						
37 สัปดาห์	152.91	148.83	139.82	128.00	125.70	124.36
ไคเตอร์ของโรคนิวคาสเซิล						
37 สัปดาห์	8.44	8.67	7.82	7.44	7.13	7.69

หมายเหตุ ⁿ ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวเดียวกันของแต่ละระยะอายุแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

4.3 ศึกษาการเสริมโคโคซานในอาหารต่อการย่อยได้ของโภชนะในไก่ไข่

การเสริมโคโคซานในอาหารมีผลทำให้ความชื้นในมูลสด วัตถุแห้งในมูล การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีนในมูล การย่อยได้ของโปรตีน เปอร์เซ็นต์โปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิในมูล เยื่อใย และการย่อยได้ของเยื่อใยของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยความชื้นในมูลสดของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่มีความแตกต่างทั้ง 6 สูตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 85.16 84.81 84.10 85.24 84.69 และ 85.14 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ วัตถุแห้งในมูลของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.15 15.44 15.21 15.05 15.22 และ 14.85 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ การย่อยได้ของวัตถุแห้งในอาหารทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 91.70 91.24 93.38 94.59 93.49 และ 92.83 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โปรตีนในมูลของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.28 29.33 26.66 29.41 32.91 และ 28.34 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ การย่อยได้ของโปรตีนในอาหารไก่ไข่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.88 65.92 68.50 66.85 65.25 และ 67.29

เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิของอาหารทดลองในไก่ไข่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 74.40 72.23 75.19 76.13 78.77 และ 74.16 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เยื่อใยในมูลมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.08 9.90 9.89 10.80 9.41 และ 9.87 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49.16 47.14 48.03 46.42 48.82 และ 47.93 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.15

ปริมาณไขมันในมูลของไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 400 ppm สูงกว่าไก่ที่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ กลุ่มที่เสริมโคโคซาน 100 200 และ 300 ppm อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีปริมาณไขมันในมูลเฉลี่ยเท่ากับ 3.43 3.78 3.57 3.69 4.31 และ 5.36 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ การย่อยได้ของไขมันในไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 400 ppm ต่ำกว่าไก่ที่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ กลุ่มที่เสริมโคโคซาน 100 200 และ 300 ppm อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองในสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีการย่อยได้ของไขมันเฉลี่ยเท่ากับ 89.66 89.96 88.17 88.39 85.59 และ 79.62 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ปริมาณพลังงานในมูลของไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 400 ppm สูงกว่าไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ และกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 100 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 200 และ 300 ppm โดยพบว่าไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 400 ppm มีปริมาณพลังงานในมูลเฉลี่ยเท่ากับ 3174.8 Kcal/Kg และไก่ไข่ที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 2 3 4 และ 5 มีปริมาณพลังงานในมูลเฉลี่ยเท่ากับ 2922.2 2971.7 2963.9 3093.3 และ 3102.8 Kcal/Kg ตามลำดับ ปริมาณพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏในอาหารของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 400 ppm ต่ำกว่าไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะและกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 100 ppm อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 200 และ 300 ppm โดยพบว่าอาหารกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 400 ppm มีปริมาณพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏเฉลี่ยเท่ากับ 2386.6 Kcal/Kg อาหารสูตรที่ 1 2 3 4 และ 5 มีปริมาณพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏเฉลี่ยเท่ากับ 2625.0 2656.2 2626.9 2491.4 2414.4 Kcal/Kg ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ผลของการเสริมโคโคซานต่อการย่อยได้ของโภชนะในไก่ไข่อายุ 38 สัปดาห์

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มควบคุม	CTC 50ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			100	200	300	400
ความชื้นในมูลสด (%)	85.16	84.81	84.10	85.24	84.69	85.14
วัตถุแห้ง (%)	15.15	15.44	15.21	15.05	15.22	14.85
การย่อยได้วัตถุแห้ง(%)	91.70	91.24	93.38	94.59	93.49	92.83
โปรตีนในมูล (%)	32.28	29.33	26.66	29.41	32.91	28.34
การย่อยได้ของโปรตีน(%)	63.88	65.92	68.50	66.85	65.25	67.29
NPU (%)	74.40	72.23	75.19	76.13	78.77	74.16
ไขมันในมูล (%)	3.43 ^๒	3.78 ^๒	3.57 ^๒	3.69 ^๒	4.31 ^๒	5.36 ^๓
การย่อยได้ของไขมัน (%)	89.66 ^๑	89.96 ^๑	88.17 ^๑	88.39 ^๑	85.59 ^๑	79.62 ^๒
เชื้อใยในมูล (%)	9.08	9.90	9.89	10.80	9.41	9.87
การย่อยได้ของเชื้อใย (%)	49.16	47.14	48.03	46.42	48.82	47.93
พลังงานในมูล (Kcal/Kg)	2922.2 ^๒	2971.7 ^{๒๓}	2963.9 ^{๒๓}	3093.3 ^{๒๓}	3102.8 ^{๒๓}	3174.8 ^๒
พลังงานใช้ประโยชน์ ได้ปรากฏ (Kcal/Kg)	2625.0 ^๑	2656.2 ^๑	2626.9 ^๑	2491.4 ^{๒๓}	2414.4 ^๒	2386.6 ^๒

หมายเหตุ ^{๒,๓,๓} ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันของแต่ละลักษณะแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)
^{๑,๒} ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันของแต่ละลักษณะแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ประสิทธิภาพการผลิต, คุณภาพไข่, ปริมาณคอเลสเตอรอลและระดับภูมิคุ้มกันโรค นิวคาสเซิลของไก่ไข่

5.1.1 เปอร์เซ็นต์การให้ไข่ ปริมาณอาหารที่กินและปริมาณอาหารในการผลิตไข่

ตลอดระยะเวลาการทดลอง (0-16 สัปดาห์) พบว่าเปอร์เซ็นต์การให้ไข่ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่เสริมโคโคซานที่ระดับ 100 ppm มีเปอร์เซ็นต์การให้ไข่สูงกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่เสริมโคโคซานที่ระดับ 200 300 และ 400 ppm ปริมาณอาหารที่กิน ปริมาณอาหารในการผลิตไข่และพลังงานที่ได้รับในแต่ละวันของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) จากการทดลองพบว่าโคโคซานมีแนวโน้มทำให้ปริมาณอาหารที่กินของไก่ไข่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับไก่ไข่ที่ได้รับอาหารควบคุม เนื่องจากการเสริมโคโคซานในอาหารมีผลทำให้พลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารลดลงจากผลการทดลองที่ 2 (แสดงในตารางที่ 4.15) สอดคล้องกับบุญล้อม ชีวะอิสระกุล (2532) ที่รายงานว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยวโดยเฉพาะอย่างยิ่งสัตว์ปีก ได้ชื่อว่า eat for calories คือมันจะพยายามปรับปริมาณอาหารที่กินเพื่อให้พลังงานที่ได้รับคงที่ เมื่อมีการเสริมโคโคซานซึ่งสามารถจับไขมันในอาหารและกระแสเลือด ส่งผลให้มีปริมาณไขมันในอาหารและกระแสเลือดลดลง โดยที่พลังงานจากอาหารส่วนใหญ่มาจากไขมัน เมื่อปริมาณไขมันลดลง ไก่ก็มีความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นตามที่ขาด จึงส่งผลให้เพิ่มปริมาณการกินอาหารขึ้นและยังมีผลทำให้ระดับเปอร์เซ็นต์การไข่เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากเมื่อไก่มีการกินอาหารเพิ่มขึ้น ทำให้ไก่ได้รับโภชนาตัวอื่นๆ เช่น โปรตีน วิตามิน แร่ธาตุสูงขึ้นด้วย ส่งผลทำให้มีเปอร์เซ็นต์การไข่สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ สอดคล้องกับ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล (2532) ที่กล่าวว่าไก่ไข่แต่ละปีสามารถผลิตไข่เป็นวัตถุแห้งได้ถึง 4 เท่าที่มีในตัวมัน ฉะนั้นจึงมีความต้องการโภชนาสูง จากองค์ประกอบของไข่จะเห็นได้ว่าไก่ไข่ต้องการ โปรตีน แร่ธาตุสูงรวมทั้งวิตามินหลายชนิด และมีความต้องการพลังงานสูง เพื่อการผลิตไข่ เขาวมาลย์ คำเจริญและสาโรช คำเจริญ (2545ข) รายงานการเสริมเพิ่มโคโคซาน(ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติของโคโคซานและโคโคซาน โอลิโกแซคคาไรด์จากการหมักด้วยโปรไบโอติก) มีผลทำให้ผลผลิตไข่เพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ให้ผลประโยชน์ในการเป็นสารกระตุ้นน้ำย่อยในการช่วยย่อยอาหาร ซึ่งมีผลทำให้มีความต้องการกินอาหารเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีผลต่อการเพิ่มสมรรถนะการผลิตของไก่ไข่และปรับปรุงคุณภาพของไข่สูงสุด และยังเป็นสารเร่งโภชนะทางชีวภาพ มีผลทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากอาหาร ธนเดชมหิเมืองและคณะ (2547) รายงานว่าปริมาณอาหารที่กินของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมและไม่เสริมโคโคซานเป็นระยะเวลา 49 วัน ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งจากการทดลองพบว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ มีปริมาณอาหารที่กินต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับ สอดคล้องกับการทดลองของไพฑูถ แก้วหอม (2547) พบว่าปริมาณอาหารที่กิน (กรัมต่อตัว) ของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่มีการเสริมโคโคซานที่อายุ 0-7 สัปดาห์มีแนวโน้มสูงกว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณอาหารที่ใช้ในการผลิตไข่ของไก่ที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซานมีแนวโน้มต่ำกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมด้วย ซึ่งแตกต่างกับการทดลองของ Zofia et. al.(2003) รายงานว่าการเสริมโคโคซาน 2% ในอาหารนกกะทาไข่ ทำให้ปริมาณอาหารในการผลิตไข่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

5.1.2 ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่

ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ของไก่ไข่ ตลอดระยะเวลาอายุการทดลอง (0-16 สัปดาห์) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ มีแนวโน้มที่จะมีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับเล็กน้อย เนื่องมาจากราคาของยาปฏิชีวนะมีราคาค่อนข้างสูง ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ (2543) รายงานว่าโคโคซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของสุกรที่ให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักเพิ่มขึ้น และสามารถลดปริมาณการใช้ยาปฏิชีวนะลงได้ปริมาณมาก ซึ่งผลของโคโคซานในการเลี้ยงสุกรทำให้สามารถปรับปรุงสุขภาพสุกรให้แข็งแรง ลดอาการป่วยของสุกรภายในฟาร์ม ลดการใช้ยาปฏิชีวนะที่เสริมลงในอาหาร ช่วยลดอัตราการสูญเสียและลดต้นทุนการผลิต การลดการใช้ยาปฏิชีวนะเสริมลงในอาหาร เป็นประโยชน์ทั้งการลดต้นทุนค่าอาหารเนื่องมาจากยาปฏิชีวนะมีราคาค่อนข้างแพง และสามารถลดการตกค้างของยาปฏิชีวนะในสัตว์ได้ อีกทั้งเป็นการลดปริมาณวัตถุพิษเหลือใช้ที่มาจากกากของเหลือในอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็ง ตลอดจนการทดลองมีแนวโน้มว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 100 ppm มีแนวโน้มที่จะมีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ และกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 200 300 และ 400 ppm ซึ่งสามารถนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ในการเสริมโคโคซานในการให้อาหารไก่ไข่เพื่อเป็นการลดต้นทุน สอดคล้องกับการทดลองของไพฑูถ แก้วหอม (2547) กล่าวว่าไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับการเสริมโคโคซานมีแนวโน้มที่จะมีต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อระดับโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้น

5.1.3 อัตราการเลี้ยงรอด

อัตราการเลี้ยงรอดของไก่ไข่ ตลอดระยะเวลาอายุการทดลอง (0-16 สัปดาห์) พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะมีอัตราการเลี้ยงรอดต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม สอดคล้องกับการทดลองของไพฑูล แก้วหอม (2547) กล่าวว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เติมโคโคซานมีอัตราการตายน้อยกว่าอาหารควบคุม ที่ช่วงอายุ 3-6 0-6 6-7 และ 0-7 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารเสริมคลอเตตราซัยคลิน 50 ppm มีอัตราการรอดชีวิตต่ำที่สุด คลอเตตราซัยคลิน เป็นยาปฏิชีวนะตัวแรกในกลุ่ม เตตราซัยคลิน (Tetracycline) ถูกค้นพบในปี 2491 ผลิตจากเชื้อ *Streptomyces aureofaciens* ออกฤทธิ์ต่อเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก เชื้อแบคทีเรียแกรมลบ ริกเกตเซียและไวรัสบางชนิด (มาลินี ลี้ม โภคา. 2541) ในปัจจุบัน EU ได้ประกาศห้ามใช้ยาปฏิชีวนะเกือบทุกชนิด รวมทั้งคลอเตตราซัยคลิน ห้ามผสมอาหารสัตว์เพื่อใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโต สำหรับประเทศไทยประกาศห้ามใช้คลอเตตราซัยคลินผสมลงในอาหารโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเร่งการเจริญเติบโต (ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2546) จึงเพิ่มการหาแหล่งอาหารจากธรรมชาติจากโคโคซาน-โคโคซานที่มีคุณภาพดีมาใช้ในสัตว์ทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะ เพื่อยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นอันตรายต่อสัตว์และช่วยส่งเสริมจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์อีกทั้งเป็นการลดการใช้ยาปฏิชีวนะ ที่หากมีการใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานมีผลทำให้เกิดการดื้อยาของเชื้อรวมทั้งเกิดการตกค้างในสัตว์ Asaoka (1996) กล่าวว่า การกินโคโคซานส่งผลให้สุขภาพร่างกายแข็งแรงดียิ่งขึ้นอีกทั้งโคโคซานเป็นอาหารที่ปลอดภัย glucosamine backbone ของโคโคซานไม่มีพิษหรืออันตรายต่อคน เนื่องจากอนุมูลย่อย glucosamine เป็น aminosugar มีในธรรมชาติและพบได้ในปริมาณมากในอาหารธรรมชาติทั่วไป ในร่างกายคนนั้นจะพบ glucosamine เป็นองค์ประกอบอยู่ในมิวโคโพลีแซคคาไรด์ในมิวโคโปรตีนและมิวโคลิปิด อนุมูลย่อย glucosamine มีระดับความเป็นพิษต่ำ สิริรัตน์ จงฤทธิ์พร และคณะ (2546) รายงานว่าศึกษาการใช้โคโคซานในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย โดยทดลองกับเชื้อแบคทีเรีย 4 ชนิด คือ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio cholerae* และ *Salmonella weltereden* การทดลองได้ศึกษาในหลอดอาหารทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมสารละลายโคโคซาน 0, 0.001, 0.01, 0.1 และ 1% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าที่สารละลายโคโคซานเข้มข้น 0.1% สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิดได้ ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ (2543) รายงานว่าโคโคซานเพิ่มการเจริญของแบคทีเรียในลำไส้ที่ช่วยส่งเสริมสุขภาพ ช่วยลดสารพิษและยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นอันตราย และใช้เพื่อกระตุ้นภูมิคุ้มกันซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ลดการติดเชื้อ อีกทั้งเพิ่มการดูดซึมสารอาหาร เช่น กรดอะมิโน ช่วยส่งเสริมการทำงานของตับดีขึ้น

5.1.4 น้ำหนักไข่ไก่ทั้งฟอง น้ำหนักเปลือกไข่ น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักไข่ขาว ความแข็งเปลือกไข่ และความหนาเปลือกไข่

ตลอดระยะเวลาอายุการทดลอง (0-16 สัปดาห์) พบว่าน้ำหนักไข่ไก่ทั้งฟองของไข่ไก่ที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซานที่ระดับ 100 ppm มีน้ำหนักไข่ทั้งฟองสูงกว่าไข่ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับโคโคซานที่ระดับ 200 300 และ 400 ppm น้ำหนักเปลือกไข่เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไข่ทั้งฟองของไข่ไก่ที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซานที่ระดับ 400 ppm มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกไข่สูงกว่ากลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับไข่ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุม และไข่ไก่กลุ่มที่เสริมโคโคซาน 100 200 และ 300 ppm น้ำหนักไข่แดงและน้ำหนักไข่ขาวเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไข่ทั้งฟองของไข่ไก่ที่ได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่มไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ความแข็งเปลือกไข่ของไข่ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่เสริมโคโคซานที่ระดับ 200 ppm มีค่าความแข็งเปลือกไข่สูงกว่าไข่ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่เสริมโคโคซานที่ระดับ 100 300 และ 400 ppm ความหนาเปลือกไข่ของไข่ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่เสริมโคโคซานที่ระดับ 400 ppm มีค่าความหนาเปลือกไข่สูงกว่าไข่ไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกลุ่มที่เสริมโคโคซานที่ระดับ 100 200 และ 300 ppm จากการทดลองน้ำหนักไข่ทั้งฟอง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกไข่ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไข่ขาว และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักไข่แดงมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของเขาวมาลย์ คำเจริญและสาโรช คำเจริญ (2545ข) รายงานว่าการเสริมเพมิตโต (0.3 และ 0.6%) ในอาหารไข่ไก่ที่อายุ 18-37 สัปดาห์ จะมีผลต่อการเพิ่มเปอร์เซ็นต์น้ำหนักไข่ทั้งฟอง และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกไข่มากกว่าอาหารกลุ่มควบคุม อาจเนื่องจากไข่ไก่มีความหนาเปลือกไข่ที่หนาขึ้นส่งผลทำให้น้ำหนักไข่ทั้งฟอง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกไข่เพิ่มขึ้นก็เป็นได้ Wada et. al. (1997) รายงานว่าโคโคซานดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดในรูป glucosamine แล้วไปเพิ่มความสามารถการนำแคลเซียมในกระดูกของสัตว์ออกมา เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ นอกจากนั้นโคโคซานยังเป็นสารที่ช่วยเพิ่มความหนาเปลือกไข่และความแข็งเปลือกไข่เนื่องมาจากโคโคซานสามารถจับกับไขมันในอาหารส่งผลทำให้สัตว์ได้รับวิตามินที่ละลายได้ในไขมันลดลงโดยวิตามินที่ละลายในไขมัน คือวิตามิน เอ ดี อี และ เค ซึ่งวิตามินที่สำคัญในการควบคุมสภาวะสมดุลย์ของระดับแคลเซียมในเลือดและในกระดูกคือวิตามินดี เมื่อโคโคซานจับกับไขมันทำให้การใช้ประโยชน์

จากไวตามินดีลดลง จึงส่งผลให้เกิดการควบคุมแคลเซียมให้อยู่ในสภาวะสมดุลในกระแสเลือดลดลง จึงทำให้แคลเซียมในกระแสเลือดถูกดูดซึมเข้าไปสะสมอยู่ในส่วน medullary bone ซึ่งเป็นแหล่งสำรองแคลเซียมในการสร้างเปลือกไข่ เมื่อแม่ไก่สร้างเปลือกไข่ จะมีการดึงแคลเซียมจากกระดูกส่วน medullary bone มาใช้ในการสร้างเปลือกไข่ เพราะส่วนประกอบของเปลือกไข่มีหินปูน (แคลเซียมคาร์บอเนต) เป็นส่วนใหญ่ ทำให้แคลเซียมมีการสะสมในเปลือกไข่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความหนาเปลือกไข่เพิ่มขึ้นและมีความแข็งเปลือกไข่เพิ่มขึ้น เมื่อความหนาเปลือกไข่เพิ่มขึ้น ทำให้น้ำหนักเปลือกไข่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้น้ำหนักไข่ไก่ทั้งฟองเพิ่มขึ้นเช่นกัน Anonymouse (2007) รายงานว่าจากการทดสอบพบว่าโคโคซานสามารถเพิ่มการใช้ประโยชน์ของแคลเซียมได้ โดยทำให้แคลเซียมดูดซึมได้ดีขึ้น ทำให้แคลเซียมมีการสะสมในเปลือกไข่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความหนาเปลือกไข่เพิ่มขึ้นและมีความแข็งเปลือกไข่เพิ่มขึ้นเช่นกัน จากการทดลองน้ำหนักไข่ทั้งฟอง น้ำหนักเปลือกไข่ น้ำหนักไข่แดงและน้ำหนักไข่ขาว มีค่าใกล้เคียงกับประไพศรี ศิริจักรวาล (2548) รายงานว่าไข่ไก่ 1 ฟอง มีน้ำหนักประมาณ 40-60 กรัม ส่วนประกอบสำคัญ คือ เปลือกไข่ ไข่ขาว และไข่แดง ในอัตราส่วนร้อยละ 11:62:27 โดยเปลือกไข่มีน้ำหนักประมาณ 6 กรัม มีส่วนประกอบหลักคือ สารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นรูพรุน ส่วนไข่ขาว 1 ฟอง จะมีน้ำหนักประมาณ 30-35 กรัม ขึ้นอยู่กับขนาดของไข่ ไข่ขาวมีน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก (ร้อยละ 88) มีโปรตีนประมาณร้อยละ 10 และไข่แดงมีน้ำหนักประมาณร้อยละ 52 โดยมีโปรตีนร้อยละ 14.3 ไขมันร้อยละ 30 ไข่ 1 ฟองมีไข่แดงประมาณ 13-20 กรัม

5.1.5 Haugh Unit

ค่า Haugh Unit ตลอดจนระยะเวลาอายุการทดลอง (0-16 สัปดาห์) พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมมีค่า Haugh Unit สูงกว่ากลุ่มที่เสริมโคโคซาน 200 300 และ 400 ppm อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะและกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 100 ppm โดยจะมีค่าลดลงเมื่อระดับโคโคซานเพิ่มขึ้น ปิยะรัตน์ โสสุโขวงศ์ (2547) รายงานว่าในไข่ขาวจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบประมาณ 86-88 เปอร์เซ็นต์ และมีโปรตีนประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ ชนิดของโปรตีนที่พบในไข่ขาว คือ โคนัลบูมิน (conalbumin) โอวัลบูมิน (ovalbumin) อะวิดิน (avidin) และไลโซไซม์ (lysozyme) โปรตีนในไข่ขาวมีโครงสร้างที่ไม่ได้อัดตัวกันแน่น จะมีช่องว่างภายในโครงสร้างของโมเลกุล ทำให้โมเลกุลของน้ำสามารถแทรกตัวเข้าไปอยู่ภายในโมเลกุลของโปรตีนได้ และยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน จึงทำให้โปรตีนมีความสามารถในการอุ้มน้ำและการกระจายตัวได้ดีในน้ำ หรือสารละลายเกลือเจือจางได้เป็นคอลลอยด์ข้วัญใจ สุจินพงศ์พันธ์ (2541) รายงานว่าเมื่อโคโคซานเข้าสู่ร่างกายสัตว์และมีการดูดซึมในส่วนลำไส้

เข้าสู่กระแสเลือดไปยังกระบวนการสร้างไข่ขาว ไคโตซานสามารถทำปฏิกิริยากับไอออน รวมทั้งเป็น polyelectrolyte ที่อ่อน ซึ่งมีความหนาแน่นแผ่นประจุ ทำให้ความสามารถของไคโตซานในการเป็นผู้เปลี่ยนแปลง anion น้อย อิเล็กตรอนคู่โคเวเลนต์ในสภาพอิสระของไนโตรเจนอะตอมสามารถนำไปใช้ในการสร้างพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์กับโลหะไอออน พันธะไฮโดรเจนและปฏิกิริยาพลังงานต่ำ และอิเล็กตรอนทำให้มีแรงคิงกับไฮโดรเจนของออกซิเจนอะตอมในโมเลกุลน้ำ ทำให้เกิดการละลายกับน้ำมากขึ้น นอกจากนี้โมเลกุลของน้ำที่เกาะอยู่กับโปรตีนยังสามารถเกาะกับโมเลกุลของน้ำได้อีก เนื่องจากออกซิเจนอะตอมในโมเลกุลของน้ำมี unshared pair electron ทำให้มีการรวมกลุ่มของน้ำรอบๆ หมู่โพลาบนโมเลกุลของโปรตีน ทำให้เมื่อโปรตีนกระจายตัวอยู่ในน้ำจะอยู่ในสภาพละลายในน้ำ จึงส่งผลให้โปรตีนในไข่ขาวมีสภาพละลายในน้ำเมื่อมีการเสริมไคโตซานมากกว่าปกติ ลักษณะของไข่ขาวจึงมีลักษณะเหลวกว่าไข่ที่ได้จากไก่ไข่กลุ่มควบคุม จึงทำให้มีความสูงของไข่ขาวเมื่อทำการวัดมีค่าลดลงและทำให้ค่า Haugh Unit ลดลงเช่นกัน

5.1.6 สีไข่แดง

สีของไข่แดงตลอดระยะเวลาการทดลอง (0-16 สัปดาห์) พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม มีค่าสีของไข่แดงมีแนวโน้มต่ำกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมไคโตซานทั้ง 4 ระดับและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ Vrzhesinskaia et. al.(2005) รายงานว่าไคโตซานสามารถลด lutein (รงควัตถุสีเหลือง) ในไข่แดงลง 17 เปอร์เซ็นต์ อารูธ ดันโซ (2538) กล่าวว่า การเกิดสีในไข่แดง เนื่องจากการสะสมสารแซนโทฟิลล์ (xanthophyll) ซึ่งเป็นแคโรทีนอยด์ในอาหาร สารให้สี (แคโรทีนอยด์) มีคุณสมบัติที่ละลายได้ในไขมัน ดังนั้นสารให้สีจะต้องคู่ผสมร่วมกับไขมันในอาหารจึงจะสามารถเข้าสู่กระแสเลือดได้ ซึ่งขัดแย้งกับการทดลองของเขาวมาลย์ ค้าเจริญและสาโรช ค้าเจริญ (2545) รายงานว่าการเสริมเพิ่มวิตามินอีในอาหารไก่ไข่ (0.3 และ 0.6%) จะมีผลต่อการเพิ่มสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่และปรับปรุงคุณภาพของไข่ได้สูงสุด การเสริมเพิ่มวิตามินอีจะแสดงผลชัดเจนต่อการเพิ่มความสูงของไข่ขาว สีของไข่แดง เพราะการเสริมเพิ่มวิตามินอีในอาหารไก่ไข่เป็นการช่วยเสริมสารสีจากธรรมชาติ เนื่องมาจากวิตามินอีเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติของโคติน-ไคโตซานและไคโตซาน โอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharide) จากการหมักด้วยโปรไบโอติกได้แก่ *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae subtilis*, *Saccharomyces cerevisiae* และ *Lactobacillus acidophilus* และมีการเสริมสารแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ซึ่งเป็นสารให้สีเหลืองส้ม โดยแตกต่างกับการทดลองครั้งนี้ เนื่องมาจากวิตามินอีเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดไคโตซานจากพวกเชื้อจุลินทรีย์ รา อีกทั้งมีการเสริมสารให้สีเหลือง ซึ่งแตกต่างกับไคโตซานที่ใช้ทำการทดลอง ที่เป็นผลพลอยได้จากการสกัดจากเปลือกกุ้ง

5.1.7 ปริมาณคอเลสเตอรอลและระดับภูมิคุ้มกันโรคนิวคาสเซิล

ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 กลุ่มตลอดระยะเวลาการทดลอง (4-16 สัปดาห์) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) จากการทดลองมีแนวโน้มว่าเมื่อระดับโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Chiu et.al. (2004) ศึกษาการเสริมโคโคซานต่อความเข้มข้นของคอเลสเตอรอลที่เปลือกคางในไข่แดงของไก่ไข่พันธุ์ White Leghorn ซึ่งขึ้นอยู่กับเวลาในการดูดซึมของโคโคซาน โดยทำการทดลองเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า โคโคซานที่ใส่ในไข่แดงเจือจางในน้ำที่ระดับ 10 กรัม สามารถทำให้คอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน 20 นาทีแรกลดลง 20% หลังจากนั้นมีการลดลงเพียงเล็กน้อย โคโคซานที่ใส่ในไข่แดงเจือจางในน้ำที่ระดับ 20 กรัม ทำให้คอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ใน 20 นาทีแรกลดลง 10% ในนาทีที่ 30 คอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลง 40% ในนาทีที่ 60 สามารถลดลงอีก 10% หลังจากนั้นมีการลดลงเพียงเล็กน้อย โคโคซานที่ใส่ในไข่แดงเจือจางในน้ำที่ระดับ 30 กรัม สามารถทำให้คอเลสเตอรอลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ใน 20 นาทีแรกลดลง 10% 20 นาทีต่อมาลดลง 40% เมื่อครบ 2 ชั่วโมงสามารถลดลง 90% Sturkie (1986) รายงานว่าส่วนประกอบของไข่แดงส่วนมากถูกสร้างขึ้นโดยตับ ภายใต้การควบคุมของฮอร์โมนโกนาโดโทรปิน (FSH และ LH) และสเตอรอยด์ฮอร์โมน ได้แก่ เอสโตรเจน (Elkin, 1997) ส่วนประกอบที่ถูกสร้างขึ้นจะถูกขนย้ายมาตามกระแสเลือด โดยไขมันและคอเลสเตอรอลในตับ รวมทั้งวิตามินที่ละลายในไขมันจะถูกขนย้ายในรูปของไลโปโปรตีน ส่วนวิตามินที่ละลายในน้ำถูกขนส่งโดยตรงจากลำไส้เล็กมายังกระเพาะไข่ (Hermier, 1997) แร่ธาตุที่อยู่ในไข่แดงอาจอยู่ร่วมกับโปรตีน (mineral bound protein) ที่เรียกว่า villogenin มีอยู่สองรูปได้แก่ lipovitellin และ phosvitin ซึ่งจะถูกขนส่งมาในรูปของ ไลโปโปรตีนด้วยเหมือนกัน โดยทั่วไปมีการขนย้ายคอเลสเตอรอลประมาณ 200 มิลลิกรัม แต่ถ้าร่างกายได้รับอาหารที่มีคอเลสเตอรอลต่ำหรือไขมันต่ำ หรือมีปริมาณคอเลสเตอรอลหรือไขมันในกระแสเลือดต่ำ อาจทำให้ร่างกายของไก่ที่สร้างไข่ที่มีไขมันหรือคอเลสเตอรอลต่ำได้ นีรนาม (2548) รายงานว่าไก่ที่มีอายุน้อยจะสร้างคอเลสเตอรอลได้น้อย เพราะระบบฮอร์โมนยังไม่เจริญเต็มที่ ไก่สาวจึงให้ไข่ที่มีคอเลสเตอรอลต่ำ ซึ่งมีคอเลสเตอรอลไม่ถึง 200 มิลลิกรัม ไก่ที่มีอายุ 20-30 สัปดาห์ จะให้ไข่ที่มีคอเลสเตอรอลน้อยกว่าไก่อายุ 50 สัปดาห์ขึ้นไป ซึ่งไก่แต่ละตัวก็สามารถสร้างคอเลสเตอรอลได้ไม่เท่ากัน

ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมในไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ และกลุ่มที่เสริมด้วยโคโคซานทั้ง 4 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าเมื่อ

ระดับโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมลดลง สอดคล้องกับการทดลองของไพทูล แก้วหอม (2547) รายงานว่าเมื่อมีการเสริมโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่เนื้อลดลง เนื่องมาจากการดูดซึมไขมันในอาหารของลำไส้เล็กถูกขัดขวางโดยโคโคซาน (Razdan and Priterson. 1994) Dalwoo (2003) รายงานว่าโคโคซานจะรวมตัวกับกรดน้ำดี ก่อนที่กรดน้ำดีจะถูกนำไปสร้างเอนไซม์ให้อยู่ในรูปคอเลสเตอรอลเอสเทอร์ได้ ทำให้ไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ลำไส้เล็ก จึงทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Trautwein et. al. (1997) ศึกษาผลการลดคอเลสเตอรอลในหนูแฮมสเตอร์ โดยหนูที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมโคโคซานที่มีค่าปฏิกิริยาดีอะซิทีเลชัน 92% และ 79% เสริมลงไปในอาหาร 8% พบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมของหนูทดลองลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเลี้ยงไปได้ 3 และ 5 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและอาหารที่เสริมโคโคซาน 8% และสอดคล้องกับการทดลองของธนเดช มหิเมืองและคณะ (2547) รายงานว่าการเสริมด้วยโคโคซานในอาหารเลี้ยงไก่เนื้อมีผลทำให้คอเลสเตอรอลในซีรัมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเสริมโคโคซาน โดยระดับคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่มีค่าเท่ากับ 102.92 และ 130.52 mg/dl ตามลำดับ

ปริมาณโคโคซาน (GMT titer) ของโรคนิวคาสเซิลในซีรัมของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารควบคุม อาหารที่เสริมยาปฏิชีวนะ อาหารที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โรคนิวคาสเซิลเป็นโรคที่ทำความเสียหายให้ไก่มากที่สุด เพราะอาจทำให้ไก่ตายถึง 100 เปอร์เซ็นต์ในฝูงสาเหตุเกิดจากเชื้อไวรัสพอก Paramyxovirus จัดเป็น RNA-virus เชื้อชนิดนี้มีความทนทานมาก สามารถมีชีวิตในพื้นที่ดินได้นานถึง 2 เดือน และอยู่ในซากไก่ได้นาน 1 ปี (Geering et.al. 1995) อาจเนื่องมาจากโคโคซานไม่ได้มีผลต่อการสร้างภูมิคุ้มกันโดยตรง แต่จะเป็นตัวกระตุ้นสารที่เป็นตัวชักนำให้เกิดการสร้างภูมิคุ้มกัน สิ่งแปลกปลอมต่างๆรวมทั้งจุลชีพก่อโรคจะผ่านเข้าสู่ต่อมน้ำเหลืองจากตำแหน่งที่เข้าสู่ร่างกาย เข้าสู่ต่อมน้ำเหลืองเฉพาะที่ และผ่านทางเส้นเลือดและท่อน้ำเหลืองกระจายไปทั่วร่างกาย โคโคซานสามารถกระตุ้นเซลล์ macrophage ให้อยู่ในสภาวะตื่นตัวเพื่อทำหน้าที่กระตุ้นภูมิคุ้มกัน ปกติแล้ว macrophage ส่วนใหญ่มีอยู่ในสภาวะสงบซึ่งหมายความว่าระบบภูมิคุ้มกันต่างๆของร่างกายจะไม่ทำงานจนกว่าจะตรวจพบสิ่งแปลกปลอมจากภายนอกที่เข้าสู่ร่างกาย เช่น แบคทีเรีย ไวรัส เชื้อรา ซึ่งกระบวนการกระตุ้นเซลล์ macrophage คือเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลายและตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายของเซลล์ macrophage ควบคุมการหลั่ง cytokines เช่น interleukins เพื่อกระตุ้นการสื่อสารระหว่างเซลล์ต่างๆในระบบภูมิคุ้มกัน จึงกระตุ้นเซลล์ของระบบน้ำเหลืองที่สามารถมีปฏิกิริยาสร้างภูมิคุ้มกันโรคต่อได้ antigen (Wei. 2003) ในการทดลองมีการใช้สารโคโคซานในปริมาณต่ำจึงอาจไม่มีผลกระตุ้นชักนำ ทำให้ปริมาณโคโคซานที่ได้มีค่าไม่แตกต่างกัน

ทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าปริมาณไนโตรเจนของโรคเนื้องอกเซลล์ในซีรัมไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 300 ppm มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ และกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 100 200 และ 400 ppm โดยกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะมีค่าสูงที่สุด

5.2 การย่อยได้ของโภชนะในอาหารเสริมโคโคซาน

ปริมาณวัตถุแห้งในมูล การย่อยได้ของวัตถุแห้งในมูล ระดับโปรตีนในมูล การย่อยได้ของโปรตีน และโปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิ (Net protein utilization ; NPU เป็นค่าที่บ่งว่าโปรตีนที่สัตว์กินเข้าไปสามารถถูกกักเก็บไว้ในร่างกายได้กี่เปอร์เซ็นต์) ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ และกลุ่มที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของไพทูล แก้วหอม (2547) ศึกษาการย่อยได้ของอาหารที่เสริมโคโคซานในไก่เนื้อ ใช้ไก่เนื้อเพศผู้ อายุ 4 สัปดาห์จำนวน 36 ตัว แบ่งออกเป็น 6 กลุ่มๆ ละ 6 ตัว ตามอาหารทดลองคือกลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม(ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง) กลุ่มที่ 2 อาหารควบคุมเสริมยาปฏิชีวนะคลอเตตราซัยคลิน (chlortetracycline) 50 ppm กลุ่มที่ 3 4 5 และ 6 เป็นอาหารควบคุมเสริมด้วยโคโคซานที่ระดับ 200 300 400 และ 500 ppm ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นโปรตีนในมูล การย่อยได้ของโปรตีนและเปอร์เซ็นต์โปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิ (NPU) ของไก่ที่ได้รับอาหารแต่ละกลุ่มของอาหารทั้ง 3 ระยะ (0-3 3-6 และ 6-7 สัปดาห์) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และแตกต่างจากการทดลองของ Kanauchi et. al. (1994) รายงานว่าการย่อยได้ของโปรตีนของหนูที่ได้รับอาหารที่ประกอบไปด้วย high fat diet ที่เติม cellulose (กลุ่มควบคุม) และ high fat diet ที่เติมโคโคซาน 5 เปอร์เซ็นต์แต่ไม่เติมกรดอินทรีย์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อระดับโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ NPU จะลดลง

ปริมาณไขมันในมูลของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะและกลุ่มที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับ พบว่าปริมาณไขมันในมูลและการย่อยได้ของไขมันในไก่ที่ได้รับโคโคซานที่ระดับ 100 200 และ 300 ppm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกลุ่มควบคุม แต่มีแนวโน้มจะมีปริมาณไขมันในมูลสูงกว่าและการย่อยได้ของไขมันต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ สอดคล้องกับการทดลองของ Gallaher et. al. (2000) รายงานว่าการขับไขมันออกมาในมูลของหนูที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมโคโคซานมีปริมาณสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารกลุ่มควบคุม สำหรับปริมาณไขมันในมูลของไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากยาปฏิชีวนะที่เสริมไม่มีผลต่อการดูดซึมไขมัน William (2000) รายงานว่าโคโคซานเพิ่มปริมาณไขมันในมูลและยับยั้งการดูดซึมของไขมัน

เป็นผลมาจากโคโคซานเป็นเชื้อยีสธรรมชาติซึ่งสามารถยึดจับ โมเลกุลของไขมันและนำออกจากระบบการย่อยก่อนที่ไขมันจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด โดยที่โคโคซานจะไปหุ้มห่อไขมันและป้องกันการย่อยโดยเอนไซม์ไลเปส (lipase enzyme) ไขมันจะถูกนำออกมาที่มดในรูปที่ถูกหุ้มด้วย โคโคซาน ไม่สามารถย่อยได้ที่ลำไส้เล็กและไม่ถูกดูดซึมในร่างกาย ในกรณีที่ไขมันถูกย่อยโดยเอนไซม์ไลเปสแล้วได้เป็นกรดไขมัน ประจุบวกของโคโคซานจะดึงคู่ประจุลบของกรดไขมันและกรดน้ำดี เมื่อจับกันแล้วโคโคซานจะไม่สามารถถูกย่อยได้ที่ลำไส้เล็ก และถูกกำจัดออกพร้อมกับไขมันที่ยึดจับอยู่

ปริมาณเชื้อยีสในมูลของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะและกลุ่มที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าเปอร์เซ็นต์เชื้อยีสในมูลของไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม มีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับ สอดคล้องกับการทดลองของ William (2000) รายงานว่า chitosan fiber จะไม่สามารถถูกย่อยได้ที่ลำไส้เล็กจะถูกดูดซับออกมา ส่งผลให้เชื้อยีสในมูลเป็นผลมาจากเชื้อยีสจากอาหารและเชื้อยีสจากโคโคซาน เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเชื้อยีส ในมูลของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ และกลุ่มที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเชื้อยีสในมูลของไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากระดับเชื้อยีสในมูลของไก่ที่ได้รับสูตรควบคุมมีค่าต่ำกว่าอาหารสูตรที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับ

พลังงานในมูลของไก่ที่ได้รับอาหารควบคุมจะมีค่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) เมื่อเทียบกับไก่ที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซานระดับ 200 300 และ 400 ppm แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะและไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซานระดับ 100 ppm ส่งผลทำให้อาหารควบคุมมีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กับอาหารเสริมโคโคซานระดับ 300 และ 400 ppm เนื่องจากการที่โคโคซานมีผลทำให้ปริมาณไขมันในมูลและพลังงานในมูลสูงขึ้น จึงส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมันและค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏ (Kcal/kg) ของไก่ไข่มีค่าลดลงเมื่อมีการเพิ่มระดับการเสริมโคโคซาน เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารกลุ่มควบคุมและสูตรเสริมยาปฏิชีวนะ ทั้งนี้เนื่องจากระดับไขมันในมูลมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เมื่อมีการเสริมโคโคซานในอาหารสูงขึ้นนั่นเอง สอดคล้องกับรายงานของ William (2000) ที่กล่าวว่า การเสริมโคโคซานทำให้มีไขมันในมูลไก่สูงขึ้น สำหรับเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมันและค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏของไก่กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมันในมูลของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารควบคุมสูงกว่ากลุ่มที่เสริมโคโคซานระดับ 400 ppm เท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ

Razdan and Pettersson (1994) ศึกษาผลของโคตินและโคโตซานต่อการย่อยได้ของโภชนะ โดยไก่ได้รับอาหารควบคุมที่มีทั้งข้าวโพคและแป้งข้าวโพค มีการเสริมโคโตซานที่มีค่าปฏิกิริยาอะซิทธิเลขัน 94 82 และ 76% และเสริมโคติน จากการทดลองพบว่า การย่อยได้ของไขมันที่ลำไส้เล็กส่วนท้ายลดลง 26 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมโคติน การย่อยได้ของโภชนะที่ลำไส้เล็กส่วนต้นของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เติมโคติน พบว่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมโคโตซานเนื่องจากเวลาในการลำเลียงในลำไส้เล็กลดลง

บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุป

การศึกษาการเสริมโคโคซานปริมาณ 100 200 300 และ 400 ppm ในอาหารไก่ไข่สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ผลต่อสมรรถภาพการผลิต พบว่าการเสริมโคโคซานไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน ปริมาณอาหารในการผลิตไข่ ปริมาณพลังงานที่ได้รับและต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ แต่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การให้ไข่และอัตราการเลี้ยงรอดเพิ่มขึ้น

2. ผลต่อคุณภาพไข่ พบว่าการเสริมโคโคซานไม่มีผลต่อน้ำหนักไข่แดง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไข่ขาว และสีไข่แดง แต่มีผลทำให้ค่าน้ำหนักไข่ไก่ทั้งฟอง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกไข่ ความแข็งแรงเปลือกไข่ และความหนาเปลือกไข่เพิ่มขึ้น และค่า Haugh Unit ลดลง

3. ผลต่อระดับคอเลสเตอรอลและภูมิคุ้มกัน พบว่าการเสริมโคโคซานไม่มีผลต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดง ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมไข่ และโคเลอโรโรคนิวคาสเซิล แต่มีแนวโน้มเมื่อเสริมโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้น ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงและปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมจะลดลง

4. ผลต่อการย่อยได้ของอาหาร พบว่าโคโคซานไม่มีผลต่อความชื้นในมูลสด วัตถุแห้งในมูล การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีนในมูล การย่อยได้ของโปรตีน เปอร์เซ็นต์โปรตีนใช้ประโยชน์ได้ สุทธิ เยื่อใยในมูล และการย่อยได้ของเยื่อใย แต่มีผลทำให้การย่อยได้ของไขมันและพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏในอาหารลดลง และมีผลต่อไขมันในมูลและพลังงานในมูลเพิ่มขึ้น

ระดับโคโคซานที่เหมาะสมในการเสริมในอาหารไก่ไข่ที่เกษตรกรสามารถนำมาใช้ในการเพิ่มสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพไข่ในลักษณะสารเร่งการเจริญเติบโตเทียบเท่ากับการใช้ยาปฏิชีวนะในอาหาร ได้คือที่ระดับการเสริมโคโคซานในอาหาร 100 ppm

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. ขณะทำการทดลอง เนื่องจากเป็นโรงเรือนเปิด สภาพอากาศมีความแปรปรวนอาจมีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่
2. ควรมีการวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียมในเปลือกไข่ เพื่อศึกษาผลของโคโคซานต่อการดูดซึมแคลเซียมที่มีผลต่อการสร้างเปลือกไข่
3. ราคาโคโคซาน(กิโลกรัมละ 600 บาท) และ chlortetracycline (กิโลกรัมละ 1200 บาท) ก่อนข้างสูงทำให้ต้นทุนค่าอาหารผสมสูงขึ้นด้วย

บรรณานุกรม

- กมลศิริ พันธนียะ. 2544. เทคโนโลยีสิ่งแวดลอม : จะทราบได้อย่างไรว่าโคโคซานที่ใช้บริสุทธิ์. วารสารสัตว์น้ำ. 12 (140). หน้า 46.
- กรมปศุสัตว์. 2548. การเลี้ยงไก่ฟอพันธุ์และการฟักไข่. [Online]. Available : <http://www.doae.go.th/library/html/detail/chicken1/chicken1.htm#4>.
- ขวัญใจ สุชินพงศ์พันธ์. 2541. การนำโคโคซานไปใช้ประโยชน์ทางด้านภษณะบรรจุ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- จิราภรณ์ เขาวลิตสุขุมาวาสี. 2544. ไคติน-โคโคซานสารมหัศจรรย์จากธรรมชาติ. LAB.TODAY. 1(2) : 12-20.
- ชมพูนุช คลตุชาเลิศ, วรวิมล ศรีสุวิชา และวันชัย สัทธานัตถมมงคล. 2539. การสกัดไคตินและโคโคซานและความจุของการแลกเปลี่ยนไอออนบวก. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.
- ธนเดช มหิเมือง สุชน ตั้งทวีวิวัฒน์และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2547. การสกัดไขมันและคอเลสเตอรอลในไก่เนื้อโดยเสริมโคโคซานในอาหาร. หน้า 244-252. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42 กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.
- บริษัทโนเวลเมค จำกัด. 2004. คอเลสเตอรอล. [เอกสารประกอบใบเสนอราคา]. กรุงเทพฯ : บริษัทโนเวลเมค จำกัด.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2532. โภชนศาสตร์สัตว์. ภาควิชาสัตวบาล. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- ประไพภรณ์ พนาพงศ์ไพศาล. 2546. การยับยั้งการเจริญของราก่อโรคพืชโดยโคโคแซน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี
- ประไพศรี ศิริจักรวาล. 2548. ไข่กินได้ทุกวันหรือไม่. นิตยสารหมอชาวบ้าน. ฉบับที่ 314
- ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2546. เรื่องกำหนดชื่อประเภทชนิดหรือลักษณะของอาหารสัตว์ที่ไม่อนุญาตให้นำเข้าเพื่อขาย และกำหนดชื่อประเภทชนิดลักษณะคุณสมบัติ และส่วนประกอบของวัตถุดิบในอาหารสัตว์ที่ห้ามใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารสัตว์ ฉบับที่ 8. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

- ประภัสสร สุวัฒน์วารณ. 2544. เรื่องน่ารู้ไคติน-ไคโตซาน. กลุ่มวิจัยอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ. (เอกสารเผยแพร่).
- ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. 2543. ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้ไคติน-ไคโตซานในการเลี้ยงสุกร. เกษตรยุคใหม่กับไคติน-ไคโตซาน. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติร่วมกับชมรมไคติน-ไคโตซาน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. 2544. สารไคตินและไคโตซาน. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพมหานคร.
- ปิยะรัตน์ ไคสุโขวงศ์. 2547. เคมีอาหาร. ภาควิชาเคมี คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 447 หน้า
- ป้วย อุ๋นใจ. 2547. ไคติน – ไคโตซานสารมหัศจรรย์จากธรรมชาติ. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร.
- ไพฑูล แก้วหอม. 2547. อิทธิพลของสารไคโตซานในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.
- พูนทรัพย์ วิชัยพงษ์. 2548. สารน่ารู้ไคติน-ไคโตซาน. [Online]. Available : http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/bsp_12_2548_chitin-chitosan.pdf
- ภาวดี เมระดำนนท์. 2544. ความรู้เกี่ยวกับไคติน – ไคโตซาน. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะวัสดุแห่งชาติ. 10 หน้า.
- มาลินี ลิ้มโกคา. 2541. ยาค้านจุลชีพในสัตว์บกสัตว์น้ำ. ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 680 หน้า
- เขาวมาลย์ คำเจริญและสาโรช คำเจริญ. 2545ก. ประสิทธิภาพของเพิมิดิโด (ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติของไคติน ไคโตซาน โอลิโกแซคคาไรด์จากการหมักด้วยโปรไบโอติก) ในอาหารลูกสุกรคุณนมและลูกสุกรหย่านม. วารสารสัตว์เศรษฐกิจ. 20 (441): 26 -30.
- เขาวมาลย์ คำเจริญและสาโรช คำเจริญ. 2545ข. ประสิทธิภาพของเพิมิดิโด (ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติของไคติน ไคโตซาน โอลิโกแซคคาไรด์จากการหมักด้วยโปรไบโอติก) ในอาหารไก่ไข่. วารสารสัตว์เศรษฐกิจ. 20 (442): 32 -34.
- รัฐ พิษณุางกูร. 2543. คุณสมบัติและกลไกการทำงานของสารไคติน – ไคโตซานที่สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร. ภาควิชาชีวเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 4 หน้า.

- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2544. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9 พ.ศ. 2545-2549. กรุงเทพฯ.
- ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2548. ผลการพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร. สำนักงานเศรษฐกิจและการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สิริรัตน์ จงฤทธิพร อธิยา กังสุวรรณ และสุติป कुमार รักชิต. 2546. การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคโคโยโคโตซาน. วารสารการประมง. 56(2). 139-143.
- สุกัญญา เพ็ญทะเลและต้นทนา พุ่มพวง. 2540. ผลของไคโตซานที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการผลิตสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus flavus* ในปลายข้าว. ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร
- สุวดี จันทร์กระจ่าง. 2543. การใช้ไคติน – ไคโตซานในประเทศไทย. สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย. ปทุมธานี. 5 หน้า.
- อาวุธ ต้นไซ. 2538. การผลิตสัตว์ปีก. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเคียนสโตร์.
- Akira, M., Kazuhiro, K., Masashi, O., and Shiro K. 2006. Chitinase-Catalyzed Synthesis of alternatingly *N*-deacetylated chitin: a chitin-chitosan hybrid polysaccharide. **Biomacromolecule.**, 7 (3) : 950 -957.
- Anonymous. 1993. **Cholesterol and coronary heart disease : screening and treatment.** [Online]. Available :<http://www.york.ac.uk/inst/crd/ehc41.pdf#search=%22Anonymous%20cholesterol>.
- Anonymous. 2005. **Chitosan.** [Online]. Available : <http://www.laughteraid.net/chito5.jpg>
- Anonymous. 2007. **Fermkito.** [Online]. Available : <http://easybio.co.kt/English/prod.asp>.
- AOAC. 1995. **Official method of analysis of association of official analysis chemists.** 16th ed. Washington D.C.
- Asoka,K. 1996. Chitin-Chitosan. **The choice food supplement for over 10,000 physicians in Japan.** Vantage press, U.S.A.
- Bujo, H., Hermann, M., Lindstedt, K. A., Nimpf, J., and Schneider, W. J. 1997. Low density lipoprotein receptor gene family members mediate yolk deposition. **Journal of Nutrition.** 127 : 801-804.
- Chiu, S.H., Chung, T.W., Giridhar, R., and Wu., W.T. 2004. Immobilization of in chitosan beads for separation of cholesterol from egg yolk. **Food Research International.** 37 : 217-22.

- Dalwoo, B.L.S. 2002. **Structure of chitin/chitosan and cellulose.** [Online]. Available : <http://www.dalwoo.com/chitosan/structure.htm>.
- Dalwoo, B.L.S. 2003. **Remarkable feature of chitosan oligosaccharide.** [Online]. Available : <http://www.dalwoo.com>.
- Domard, A. and Chaussard, G. 2002. New approach in the study of the production of chitosan from squid pens : kinetics, thermodynamic and structural aspects. **Advances in Chitin Science.** 5 : 1-5.
- Elkin, R.G. 1997. An Overview of Recent Developments in Avian Lipoprotein Metabolism. **Journal of Nutrition.** 127 (5) : 793-794.
- Fang, S.W., Li, C.F. and Shih, D.Y.C. 1994. Antifungal activity of Chitosan and its preservative effect on low-sugar candied kumquat. **Journal of Food Protection.** 57(2) : 136-140.
- Folch, J., Lees, M. and Stoanestanley, G.H. 1957. A simple methode for isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry.** 226 : 497-509.
- Fukamizo, T. 1995. Reaction mechanism of chitosanase from Streptomyces. **Biochem Journal.** 311 :377-383.
- Gagné, N. and Simpson, B.K. 1999. Use of proteolytic enzymes to facilitate the recovery of chitin from shrimp wastes. **Food Biotechnology.** 7(3) : 253-263.
- Geering, W.A., Forman, A.J. and Nunn, M.J. 1995. **Exotic diseases of Animals.** Aust Gov Publishing Service. Canberra.
- Gallaher, C.M., Manion, J., Hesslink, R. and Wise, J.2000. Cholesterol reduction by glucomannan and chitosan is mediated by change in cholesterol absorption and bile acid and fat excretion. **Journal of Nutrition.** 130 :2753-2759.
- Han, L.K., Kimura, Y. and Okuda, H. 1999. Reduction in fat storage during chitin-chitosan treatment. **International of obesity.** 23 (2) : 174-179.
- Hermier, D. 1997. Lipoprotein metabolism and fattening in poultry. **Journal of Nutrition.** 127 : 805-808.

- Kanauchi, O. Deuchi, K., Imasato, Y. and Kobayashi, E. 1994. Increasing effect of a chitosan and ascorbic acid mixture on fecal dietary fat excretion. **Biosci Biotechnol Biochem.** 58(9): 1617-1620.
- Kobayachi, S. and Itoh, H. 1991. Effect of dietary chitin and chitosan on growth and abdominal fat deposition in chicks. **Japanese Poultry Science.** 28 (2) : 88-94. (Abstr.)
- Kodentsova, V.M., Vrzhesinskaia, O.A., Bekenova, N.A. and Kodentsova, O.V. 2005. Increase of nutritive value of poultry egg by of vitamin fortification of laid-hens diets. **Voprosy pitaniia.** 74(5) : 17-22.
- Lee, J.K., Kim, S. and Kim, J.H. 1999. Modification of chitosan to improve its hypocholesterolemic capacity. **Biosci Biotechnol Biochem.** 63(5): 833-839.
- Lertsutthiwong, P., NG, C.H., Chandkrachang, S. and Stevents, W.F. 2002. Effect of Chemical Treatment on the Characteristics of Shrimp Chitos. **Journal of Metals, Materials and Minerals.** 12 (1) : 11-18.
- Myint, K.T., Nig, C.H., Chandkrachang, S. and Stevents, W.F. 2002. Optimal demineralization of crab shell waste for chitin production. **Advances in Chitin Science.** 5 : 15-18.
- Muzzarelli, R.A.A. 1977. **Chitin.** Pergamon Press. Oxford.
- No, H.K. and Meyer, S.P. 1997. Preparation of chitin and chitosan. **Chitin Handbook.** pp. 475-489.
- NRC. 1994. **Nutrient Requirements of Poultry.** 9th ed. Washington, D.C. : National Academy Press.
- Okuyama, K., Noguchi, K. and Miyazawa, T. 1997. Molecular and Crystal Structure of Hydrated Chitosan. **Macromolecules.** 30 : 5849-5855.
- Pranee, L. 2002. Effects of chemical treatment on the characteristics of shrimp chitosan. **Journal of Chemical and Minerals.** 12 (1) : 11-18.
- Razdan, A. and Pettersson, D. 1994. Effect of chitin and chitosan on nutrient digestibility and plasma lipid concentration in broiler chickens. **British Journal of Nutrition.** 72(2) : 277-288.
- Santhana, N. 2004. **Nucleotide sequencine and expression of chitinase gene from Bacillus sp.** M.Sc. Thesis of Chulalongkorn University.

- Shibasaki, K., Sano, H., Matsukubo, T., Takaesu, Y. 1994. pH response of human dental plaque to chewing gum supplemented with low molecular chitosan. **Bull Tokyo Dent Coll.** 35(2) : 61-66.
- Shahidi, F., Kamil, J., Arahchi, V. and Jeon, Y. 1999. Food applications of chitin and chitosans. **Trends in Food Science and Technology.** 10 : 37-51.
- Shanghai nicechem. 2005. **Application of chitosan.** [Online]. Available : http://www.nicechem.net/Potassium_Sorbate.htm.
- Sturkie, P.D. 1986. Body fluids : Blood. **Avian Physiology.** 4th ed. Springer-Verlag. pp. 102-120.
- Trautwein, E. A., Kunath-Rau, A., Dietrich, J., Drusch, S. and Erbersdobler, H. F. 1997. Effect of dietary fats rich in lauric, myristic, palmitic, oleic or linoleic acid on plasma, hepatic and biliary lipids in cholesterol-fed hamsters. **British Journal of Nutrition.** 77 : 605-620.
- Tsai, G.J., Su, W.H., Chen, H.C. and Pan, C.L. 2002. Antimicrobial activity of shrimp chitin and chitosan from different treatment and applications of fish preservation. **Fisheries Science.** 68(1) : 170-177.
- Thacker, P.A. 1988. Novel approaches to growth Promotion in the pig. **Recent Advance in Animal Nutrition.** 10 : 140-147.
- Vrzhesinskaia, O.A., Filimonova, I.V., Kodentsova, O.V., Beketova, N.A. and Kodentsova, V.M. 2005. Influence of chitosan feeding of laying hens on egg vitamin and cholesterol content. **74(3) : 28-31.**
- Wada, M., Nishimura, Y., Watanabe, Y., Takita, T. and Innami, S. 1997. Accelerating effect of chitosan intake on urinary calcium excretion by rats. **Biosci Biotechnol Biochem.** 61(7) : 1206-1208.
- Wei, T. 2003. **Chitosan and immunochemistry, Resisting weary.** [Online]. Available : <http://www.haima-tech.com/doce/hm2-3.html>.
- Xiaozen, M. 2001. Effect of chitosan on growth performance and lipid metabolism of male broiler chickens. **Fujian Journal of Agricultural Sciences.** 16 (4) : 30-34 (Abstr.)
- Yoon, H.G., Kim, H.Y., Lim, Y.H., Kim, H.K., Shin, D.H., Hong, B.S. and Cho, H.Y. 2000. Thermostable Chitosanase from *Bacillus* sp. Strain CK4: Cloning and Expression of the Gene and Characterization of the Enzyme. **Appl Environ Microbiol.** 66(9) : 3727-3734.

Zofia, T., Aleksandra, B.R., Danuta S., Alicja, D., Alojzy, R. and Bogumia, P. 2003. Effects of chitosan on selected production characteristics and hatching success of the pharaoh quail. **Animal husbandry**. 6(2) : 214-223.

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก.1 แสดงราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบ	ราคา (บาท/กิโลกรัม)
ข้าวโพด	5.80
รำละเอียด	5.34
กากถั่วเหลือง	12.50
โดโซซาน	600.00
คลอเตรซซัคลิน	1200.00
ปลาป่น	22.00
น้ำมันพืช	21.00
หินฟูน	1.50
เกลือ	2.50
คีแอล-เมทไรโอนีน	110.00
พรีมิกซ์	55.00

ตารางที่ ก.2 แสดงอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุดและความชื้นสัมพัทธ์แต่ละช่วงของวัน ตลอดระยะเวลาการทดลองเลี้ยงไก่ไข่

สัปดาห์ที่	อุณหภูมิสูงสุด (°C)	อุณหภูมิต่ำสุด (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์			เฉลี่ย
			เช้า	กลางวัน	เย็น	
1	34.71	30.00	69.43	56.00	56.00	60.48
2	35.43	30.14	67.43	56.00	56.57	60.00
3	36.14	31.43	65.14	56.29	56.29	59.24
4	34.62	30.48	63.29	57.00	56.71	59.00
5	34.33	29.57	70.29	63.14	63.43	65.62
6	34.48	28.95	71.86	60.86	59.86	64.19
7	35.05	29.14	69.00	59.86	59.29	62.72
8	33.86	30.43	72.29	60.67	64.50	65.82
9	33.87	29.51	79.00	68.57	69.43	72.33
10	34.01	29.69	82.00	70.80	66.86	73.22
11	33.76	29.59	80.29	64.80	66.86	70.65
12	34.10	29.90	79.14	58.57	62.29	66.67
13	33.24	29.67	83.00	66.00	63.83	70.94
14	35.00	29.94	73.43	59.00	59.86	64.10
15	31.81	28.81	80.86	81.50	65.00	75.79
16	31.86	28.58	82.50	72.00	72.00	75.50
เฉลี่ย	34.14	29.74	74.31	63.19	62.42	66.64

ตารางที่ ก.3 แสดงส่วนประกอบพรีมิกซ์ไก่ไข่ใน 1 กิโลกรัม

ส่วนประกอบ	ปริมาณ	หน่วย
วิตามิน เอ	4,000,000	สากล
วิตามิน ดี3	800,000	สากล
วิตามิน อี	2.00	กรัม
วิตามิน เค3	0.40	กรัม
วิตามิน บี1	0.08	กรัม
วิตามิน บี2	1.20	กรัม
วิตามิน บี6	0.20	กรัม
วิตามิน บี12	0.00	กรัม
กรดนิโคทีนิก	4.00	กรัม
กรดแพนโททีนิก	1.60	กรัม
กรดฟอสฟอริก	0.20	กรัม
ไบโอติน	2.00	กรัม
โคลีน คลอไรด์	40.00	กรัม
เหล็ก	24.00	กรัม
ทองแดง	1.80	กรัม
แมงกานีส	32.00	กรัม
สังกะสี	24.00	กรัม
ไอโอดีน	0.40	กรัม
โคบอลต์	0.10	กรัม
ซีลีเนียม	0.04	กรัม
สื่อเติมจนครบ	1.00	กิโลกรัม

ประวัติผู้เขียน

นางสาวอังฉริยา รักร์รอด เกิดเมื่อวันที่ 13 เมษายน พ.ศ. 2523 อำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนสหศึกษา จังหวัดชุมพร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนสอาดเผดิมวิทยา จังหวัดชุมพร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนศรีวิทยา จังหวัดชุมพร และสำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ปีการศึกษา 2545