

การเสริมไคโตซานต่อการย่อยได้ สมรรถภาพการผลิต  
คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ

SUPPLEMENTATION OF CHITOSAN ON DIGESTIBILITY,  
PRODUCTIVE PERFORMANCE, CARCASS  
AND MEAT QUALITY OF BROILERS

ไพฑูล แก้วหอม  
PAITON KAETHOM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2547

ISBN 974-9700-95-3

การเสริมไคโตซานต่อการย่อยได้ สมรรถภาพการผลิต  
คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ

SUPPLEMENTATION OF CHITOSAN ON DIGESTIBILITY,  
PRODUCTIVE PERFORMANCE, CARCASS  
AND MEAT QUALITY OF BROILERS

ไพฑูล แก้วหอม  
PAITOON KAEWHOM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาสัตวศาสตร์  
บัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2547

ISBN 974-9700-95-3

**SUPPLEMENTATION OF CHITOSAN ON DIGESTIBILITY,  
PRODUCTIVE PERFORMANCE, CARCASS  
AND MEAT QUALITY OF BROILERS**

**PAITON KAEWHOM**

**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 LADGRABANG**

**2004**

**ISBN 974-9700-95-3**

**COPYRIGHT 2004**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADGRABANG**

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเสริมโคโคซานต่อการย่อยได้ สมรรถภาพการผลิต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ
นักศึกษา	นายไพฑูถ แก้วหอม
รหัสประจำตัว	44066402
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สัตวศาสตร์
พ.ศ.	2547
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.รณชัย สิทธิไกรพงษ์
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร.สุชีพ สุขสุแพทย์

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเสริมโคโคซานต่อการย่อยได้ สมรรถภาพการผลิต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ โดยศึกษาอาหาร 6 กลุ่มได้แก่ กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุมกลุ่มที่ 2 อาหารควบคุมเสริมด้วยยาปฏิชีวนะ (คลอเตตราซัยคลิน 50 ppm) กลุ่มที่ 3 4 5 และ 6 เป็นอาหารควบคุมเสริมด้วยโคโคซานที่ระดับ 200 300 400 และ 500 ppm ตามลำดับ การศึกษาแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาการเสริมโคโคซานในอาหารต่อการย่อยได้ของไก่เนื้อ ใช้ไก่เนื้อเพศผู้อายุ 4 สัปดาห์ จำนวน 36 ตัวแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม (ตามอาหารทดลอง) กลุ่มละ 6 ตัว เลี้ยงในกรงหาการย่อยได้ วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) ผลการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นและโปรตีนในมูล การย่อยได้ของโปรตีนและเปอร์เซ็นต์โปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิของไก่ที่ได้รับอาหารแต่ละกลุ่มของอาหารทั้ง 3 ระยะเวลา (0-3 3-6 และ 6-7 สัปดาห์) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่พบว่าเมื่อระดับการเสริมโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้น จะทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันและค่าพลังงานทั้งหมดในมูลสูงขึ้น เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมันและค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏลดลง โดยกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 500 ppm มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) สำหรับการเสริมยาปฏิชีวนะในอาหารไม่มีผลต่อลักษณะที่ศึกษาของการย่อยได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

การทดลองที่ 2 ศึกษาการเสริมโคโคซานต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ ภูมิคุ้มกันและปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่เนื้อ โดยใช้ไก่เนื้ออายุ 1 วัน จำนวน 1,200 ตัว แบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม (ตามอาหารทดลอง) กลุ่มละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) ผลการทดลองพบว่า การเสริมโคโคซานในอาหารมากกว่า 300 ppm ทำให้น้ำหนักเพิ่มและอัตราการเจริญเติบโต

ที่ช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองการเสริมโคโคซานไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิต อัตราการรอดชีวิตและต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักแต่มีแนวโน้มว่าต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักจะสูงขึ้นเมื่อระดับการเสริมโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้น และสำหรับกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะก็ให้ผลที่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริมโคโคซาน การเสริมโคโคซานทำให้การเก็บสะสมไขมันบริเวณช่องท้องและในเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) และมีแนวโน้มว่าค่าแรงตัดผ่านเนื้อเพิ่มขึ้นและระดับคอเลสเตอรอลลดลงเมื่อระดับโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) การเสริมโคโคซานไม่มีผลต่อคุณภาพซากของไก่เนื้อ (ยกเว้นไขมันช่องท้อง) ความชื้นและโปรตีนในเนื้อ เฟอร์เซ็นต์การสูญเสียระหว่างปรุง ภูมิภาคัมกันของโรคนิวคาสเซิลและภูมิภาคัมกันของโรคกัมโบโร สำหรับการเสริมยาปฏิชีวนะในอาหารไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ ภูมิภาคัมกันและระดับคอเลสเตอรอลของไก่เนื้อเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ระดับการเสริมโคโคซานที่เหมาะสมที่เกษตรกรสามารถนำมาใช้ทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะได้คือที่ระดับ 300 ppm

<b>Thesis Title</b>	Supplementation of Chitosan on Digestibility, Productive Performance, Carcass and Meat Quality of Broilers
<b>Student</b>	Mr. Paitoon Kaewhom
<b>Student ID</b>	44066402
<b>Degree</b>	Master of Science
<b>Programme</b>	Animal Science
<b>Year</b>	2004
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc. Prof. Dr. Ronachai Sithigripong
<b>Thesis Co-advisor</b>	Assoc. Prof. Dr. Sucheep Suksupath

### **ABSTRACT**

This experiment was conducted to determine the supplementation of chitosan in diets on digestibility, productive performance, carcass and meat quality of broilers. The experimental diets were divided into 6 groups as diet 1 : basal diet, (control group) ; diet 2 : supplementation with chlortetracycline 50 ppm ; diets 3-6 : Supplementation with chitosan 200, 300, 400, and 500 ppm in basal diet, respectively. This study was divided into 2 experiments.

The first experiment, digestibility trial, 36 male broilers 4 weeks of age, were divided into 6 groups 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 protein, protein digestibility (%) and net protein utilization (%) of broilers were not significantly different ( $P>0.05$ ). When the levels of chitosan in basal diet increased not only the fecal fat excretion (%) and fecal gross energy (Kcal/Kg) increased ( $P<0.05$ ) but the crude fat digestibility (%) and apparent metabolizable energy (Kcal/Kg) in the diet decreased ( $P<0.05$ ) also. Especially, there were significantly different ( $P<0.05$ ) between control and 500 ppm chitosan supplementation groups. Digestibility characteristics were not significantly different ( $P>0.05$ ) between control and chlortetracycline supplementation groups.

The second experiment was conducted to determine the effect of chitosan supplementation in diets on productive performance, carcass quality, meat quality, immunity

and serum cholesterol (mg/dl) of broilers. One thousand and two hundred day old chicks were randomly allotted into 6 groups of 4 replications, each replication containing 50 birds. The result showed that average body weight gain and feed conversion ratio were significantly decreased ( $P < 0.05$ ) when the chitosan supplementation over 300 ppm. The chitosan and chlortetracycline supplementation in diets had no significantly effected on the productive performance, viability (%), and feed cost per gain of bird at 7 weeks of experimental period, but the feed cost per gain tend to increase ( $P > 0.05$ ) with increased the chitosan levels in basal diet. Percentage of abdominal fat and fat in meat were significantly decreased ( $P < 0.05$ ) but the shear force ( $N/cm^3$ ) tend to increase ( $P > 0.05$ ) and serum cholesterol tend to decrease ( $P > 0.05$ ) when the chitosan levels in basal diet increased. The supplementation of chitosan in diets was no significantly effect on moisture (%) and protein (%) in meat, cooking loss (%), New Castle and Gumboro Disease immunity. The productive performance, carcass quality, meat quality, immunity and serum cholesterol were not significantly different ( $P > 0.05$ ) between control and chlortetracycline supplementation groups. For a suggestion, the supplementation of chitosan 300 ppm could be used and replaced an antibiotic in the broiler rations.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยอย่างดีนั้น ต้องขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.รณชัย สิริโกรพงษ์ และ รศ.ดร.สุชีพ สุขสุแพทย์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำวิธีการวิจัย ตลอดจนแก้ไข ปัญหาต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการที่ร่วมพิจารณาวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ซึ่งประกอบไปด้วย ผศ.ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ และ รศ.สมศักดิ์ บัณ ฑุชัย ขอขอบคุณ สำนักงาน คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนเงินงบประมาณการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ โภชนศาสตร์ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการวิเคราะห์ ค่าโภชนะและการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการต่างๆ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการตัดแต่ง เนื้อสัตว์ที่แนะนำการชำแหละซากและอำนวยความสะดวกด้านสถานที่และอุปกรณ์การชำแหละ ซาก ขอขอบพระคุณ ดร.ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สารโคโคซานและขอบคุณ พนักงานประจำฟาร์มเลี้ยงสัตว์ปีกของภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ที่ได้ให้ความช่วยเหลือขณะ ทำการทดลองวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอบคุณน้องๆ ที่ร่วมการทดลองจนสำเร็จลุล่วง ขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจและ ให้ความช่วยเหลือโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดาที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการศึกษา ตลอดจน คุณประโยชน์ที่พึงได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ไพฑูล แก้วหอม

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	X
สารบัญภาพ.....	XVI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์.....	2
1.3 สถานที่ดำเนินการ.....	3
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	3
1.5 ระยะเวลาการศึกษา.....	3
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 คุณสมบัติของสารโคโคซาน.....	4
2.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพของโคโคซาน.....	5
2.1.2 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของโคโคซาน.....	5
2.2 วิธีการสกัดโคโคซาน.....	7
2.3 ความปลอดภัยและพิษวิทยาของโคโคซานและโคโคซาน.....	8
2.4 การใช้ประโยชน์โคโคซานและแนวทางการประยุกต์ใช้ในอนาคต.....	10
2.5 ขีดจำกัดการใช้โคโคซานและโคโคซานในด้านต่างๆ.....	11
2.5.1 ด้านอาหารและยา.....	11
2.5.2 ด้านอาหารสัตว์.....	11
2.5.3 ด้านการบำบัดน้ำ.....	11
2.6 ผลของโคโคซานต่อไขมัน.....	12
2.7 ผลของโคโคซานต่อการย่อยได้.....	14
2.8 ผลของโคโคซานต่อสมรรถภาพการผลิต.....	16
2.9 ผลของโคโคซานต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ.....	18

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.10 ผลของโคโคซานต่อภูมิคุ้มกัน.....	19
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	20
3.1 สัตว์ทดลอง .....	20
3.2 อุปกรณ์.....	20
3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเลี้ยงไก่.....	20
3.2.2 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการศึกษาการย่อยได้.....	20
3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาลักษณะซาก.....	20
3.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาคุณภาพเนื้อ.....	21
3.2.5 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างเลือด เพื่อศึกษาภูมิคุ้มกันและคอเลสเตอรอล.....	21
3.2.6 สารโคโคซาน.....	21
3.3 วิธีการ.....	21
3.3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการย่อยได้ของอาหาร ผสมโคโคซานในไก่เนื้อ.....	21
3.3.1.1 แผนการทดลอง.....	21
3.3.1.2 วิธีการทดลอง.....	22
3.3.1.3 การบันทึกข้อมูล.....	22
3.3.1.4 การคำนวณข้อมูล.....	22
3.3.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	23
3.3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาการเสริมโคโคซานในอาหารต่อสมรรถภาพ การผลิต คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ ภูมิคุ้มกันและคอเลสเตอรอลในซีรัม ของไก่เนื้อ.....	23
3.3.2.1 ศึกษาการเสริมโคโคซานในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ.....	23
3.3.2.1.1 แผนการทดลอง.....	23
3.3.2.1.2 วิธีการทดลอง.....	24
3.3.2.1.3 การบันทึกข้อมูล.....	24

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.2.1.4 การคำนวณข้อมูล.....	24
3.3.2.1.5 เปอร์เซนต์การสูญเสีย น้ำระหว่างปรุง.....	25
3.3.2.1.6 ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ.....	26
3.3.2.1.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	26
3.3.2.2 ศึกษาการเสริมโคโคซานในอาหารต่อระบบภูมิคุ้มกัน โรคนิวคาสเซิลและโรคกัมโบโรของไก่เนื้อ.....	26
3.3.2.3 ศึกษาการเสริมโคโคซานในอาหารต่อระดับ คอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่เนื้อ.....	26
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	30
4.1 การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารสูตรควบคุมทั้ง 3 ระยะเวลา.....	30
4.2 ศึกษาการเสริมโคโคซานในอาหารต่อการย่อยได้ของไก่เนื้อเพศผู้.....	31
4.3 ศึกษาการเสริมโคโคซานในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ.....	34
4.3.1 น้ำหนักเพิ่มและอัตราการเจริญเติบโต.....	34
4.3.2 ปริมาณอาหารที่กินและประสิทธิภาพเปลี่ยนอาหาร.....	35
4.3.3 อัตราการรอดชีวิต.....	36
4.3.4 ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก และดัชนีสมรรถภาพการผลิต.....	37
4.4 ศึกษาการเสริมโคโคซานในอาหารต่อคุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ.....	38
4.4.1 คุณภาพซากของไก่เนื้อ.....	38
4.4.2 ปริมาณความชื้น ไขมันและโปรตีนในเนื้อสันในของไก่เนื้อ.....	39
4.4.3 เปอร์เซนต์การสูญเสีย น้ำระหว่างปรุง และค่าแรงตัดผ่านของเนื้อสันในของไก่เนื้อ.....	40
4.5 ศึกษาถึงภูมิคุ้มกันและระดับคอเลสเตอรอล จากการเสริมโคโคซานในอาหารไก่เนื้อ.....	40

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 วิจัยผลกระทดลอง.....	42
5.1 การย่อยได้ของอาหารผสมโคโตซาน.....	42
5.2 สมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ.....	43
5.2.1 น้ำหนักเพิ่มและอัตราการเจริญเติบโต.....	43
5.2.2 ปริมาณอาหารที่กินและประสิทธิภาพเปลี่ยนอาหาร.....	44
5.2.3 อัตราการรอดชีวิต.....	45
5.2.4 ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักและดัชนีสมรรถภาพการผลิต.....	45
5.3 คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ.....	46
5.3.1 คุณภาพซาก.....	46
5.3.2 ปริมาณความชื้น ไขมันและโปรตีนในเนื้อสันในของไก่เนื้อ.....	47
5.3.3 เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำระหว่างปรุงและค่าแรงตัดผ่านเนื้อของเนื้อสันใน ของไก่เนื้อ.....	47
5.4 ภูมิคุ้มกันและระดับคอเลสเตอรอล ในซีรัมของไก่เนื้อ.....	48
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	49
6.1 สรุป.....	49
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	50
บรรณานุกรม.....	51
ภาคผนวก .....	55
ประวัติผู้เขียน.....	77

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ส่วนประกอบสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่ทดลองระยะอายุ 0-3 สัปดาห์.....	27
3.2 ส่วนประกอบสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่ทดลองระยะอายุ 6-7 สัปดาห์.....	28
3.3 ส่วนประกอบสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่ทดลองระยะอายุ 6-7 สัปดาห์.....	29
4.1 ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารไก่เนื้อที่ใช้ในการทดลอง.....	30
4.2 ผลของการเสริมโคโคซานต่อการย่อยได้ของไก่เนื้อเพศผู้ ของอาหารระยะอายุ 0-3 3-6 และ 6-7 สัปดาห์.....	33
4.3 แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้อาหาร 6 กลุ่ม ที่มีผลต่อน้ำหนักตัวเฉลี่ยเป็นกรัม น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตในไก่เนื้อแต่ละระยะอายุ.....	35
4.4 แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้อาหาร 6 กลุ่ม ที่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารในไก่เนื้อแต่ละระยะอายุ.....	36
4.5 แสดงเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตในไก่เนื้อแต่ละระยะอายุ .....	37
4.6 แสดงต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักในแต่ละช่วงอายุ และดัชนีสมรรถภาพการผลิต.....	37
4.7 แสดงผลของการเสริมโคโคซานต่อลักษณะซากไก่เนื้อ.....	38
4.8 แสดงปริมาณความชื้น ไขมันและโปรตีนในเนื้อสันในของไก่เนื้อทดลอง.....	40
4.9 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างปรุง และค่าแรงตัดผ่านเนื้อของเนื้อสันในของไก่เนื้อ.....	40
4.10 แสดงปริมาณไตเตอร์ (GMT titer) ของโรคนิวคาสเซิล ปริมาณไตเตอร์ (Means titer) ของโรคกัมโบโรและปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่เนื้อ.....	41
ผ.1 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดต่ำสุดและความชื้นสัมพัทธ์แต่ละช่วงของวันตลอดระยะเวลา เวลาการทดลองเลี้ยงไก่เนื้อ.....	56
ผ.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของความชื้นในมูลสดของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 0-3 สัปดาห์.....	56
ผ.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของความชื้นในมูลสดของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 3-6 สัปดาห์.....	56
ผ.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของความชื้นในมูลสดของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 6-7 สัปดาห์.....	56

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ผ.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของโปรตีนในมูลของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 0-3 สัปดาห์.....	57
ผ.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของโปรตีนในมูลของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 3-6 สัปดาห์.....	57
ผ.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของโปรตีนในมูลของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 6-7 สัปดาห์.....	57
ผ.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของไขมันในมูลของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 0-3 สัปดาห์.....	57
ผ.9 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของไขมันในมูลของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 3-6 สัปดาห์.....	58
ผ.10 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของไขมันในมูลของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 6-7 สัปดาห์.....	58
ผ.11 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของพลังงานทั้งหมดในมูลของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 0-3 สัปดาห์.....	58
ผ.12 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของพลังงานทั้งหมดในมูลของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 3-6 สัปดาห์.....	58
ผ.13 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของพลังงานทั้งหมดในมูลของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 6-7 สัปดาห์.....	59
ผ.14 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการย่อยได้ของโปรตีนของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 0-3 สัปดาห์.....	59
ผ.15 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการย่อยได้ของโปรตีนของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 3-6 สัปดาห์.....	59
ผ.16 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการย่อยได้ของโปรตีนของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 6-7 สัปดาห์.....	59
ผ.17 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการย่อยได้ของไขมันของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 0-3 สัปดาห์.....	60
ผ.18 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการย่อยได้ของไขมันของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 3-6 สัปดาห์.....	60

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ผ.19 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการย่อยได้ของไขมันของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 6-7 สัปดาห์.....	60
ผ.20 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของ NPU (%) ของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 0-3 สัปดาห์.....	60
ผ.21 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของ NPU (%) ของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 3-6 สัปดาห์.....	61
ผ.22 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของ NPU (%) ของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 6-7 สัปดาห์.....	61
ผ.23 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 0-3 สัปดาห์.....	61
ผ.24 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 3-6 สัปดาห์.....	61
ผ.25 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏของไก่ ที่ได้รับอาหารระยะ 6-7 สัปดาห์.....	62
ผ.26 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักตัวเริ่มต้นของไก่ทดลอง.....	62
ผ.27 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักตัวที่ 3 สัปดาห์.....	62
ผ.28 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักตัวที่ 6 สัปดาห์.....	62
ผ.29 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักตัวที่ 7 สัปดาห์.....	63
ผ.30 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วง 0-3 สัปดาห์.....	63
ผ.31 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วง 3-6 สัปดาห์.....	63
ผ.32 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วง 0-6 สัปดาห์.....	63
ผ.33 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วง 6-7 สัปดาห์.....	64
ผ.34 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วง 0-7 สัปดาห์.....	64
ผ.35 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตในช่วง 0-3 สัปดาห์.....	64
ผ.36 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตในช่วง 3-6 สัปดาห์.....	64
ผ.37 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตในช่วง 0-6 สัปดาห์.....	65
ผ.38 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตในช่วง 6-7 สัปดาห์.....	65
ผ.39 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตในช่วง 0-7 สัปดาห์.....	65

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ผ.40 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณอาหารที่กินในช่วง 0-3 สัปดาห์.....	65
ผ.41 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณอาหารที่กินในช่วง 3-6 สัปดาห์.....	66
ผ.42 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณอาหารที่กินในช่วง 0-6 สัปดาห์.....	66
ผ.43 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณอาหารที่กินในช่วง 6-7 สัปดาห์.....	66
ผ.44 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณอาหารที่กินในช่วง 0-7 สัปดาห์.....	66
ผ.45 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ในช่วง 0-3 สัปดาห์.....	67
ผ.46 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ในช่วง 3-6 สัปดาห์.....	67
ผ.47 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ในช่วง 0-6 สัปดาห์.....	67
ผ.48 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ในช่วง 6-7 สัปดาห์.....	67
ผ.49 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ในช่วง 0-7 สัปดาห์.....	68
ผ.50 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตที่ 0-3 สัปดาห์.....	68
ผ.51 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตที่ 3-6 สัปดาห์.....	68
ผ.52 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตที่ 0-6 สัปดาห์.....	68
ผ.53 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตที่ 6-7 สัปดาห์.....	69
ผ.54 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตที่ 0-7 สัปดาห์.....	69
ผ.55 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก ในช่วง 0-3 สัปดาห์.....	69
ผ.56 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก ในช่วง 3-6 สัปดาห์.....	69
ผ.57 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก ในช่วง 0-6 สัปดาห์.....	70
ผ.58 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก ในช่วง 6-7 สัปดาห์.....	70

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ผ.59 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก ในช่วง 0-7 สัปดาห์.....	70
ผ.60 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของดัชนีสมรรถภาพการผลิต ของไก่เนื้อที่อายุ 7 สัปดาห์.....	70
ผ.61 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักไก่มีชีวิตก่อนฆ่า.....	71
ผ.62 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ซากไก่ที่ถอนขนแล้ว.....	71
ผ.63 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เลือดและขน.....	71
ผ.64 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ซากไก่ที่ถอนขนไม่รวมเครื่องใน.....	71
ผ.65 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เครื่องในที่กินไม่ได้.....	72
ผ.66 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เครื่องในที่กินได้.....	72
ผ.67 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของหัวและคอ.....	72
ผ.68 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของแข้ง(รวมตีนไก่).....	72
ผ.69 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของไขมันช่องท้อง.....	73
ผ.70 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักซากเข็น.....	73
ผ.71 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ปีก.....	73
ผ.72 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เนื้อทั้งหมด.....	73
ผ.73 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์กระดูกทั้งหมด.....	74
ผ.74 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์หนังทั้งหมด.....	74
ผ.75 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเนื้อสันในไก่.....	74
ผ.76 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อสันในไก่.....	74
ผ.77 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อสันในไก่.....	75
ผ.78 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย ระหว่างปรุง (cooking loss).....	75
ผ.79 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ( $N/cm^3$ ).....	75
ผ.80 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณไตเตอร์ (GMT titer) ของโรคนิวคาสเซิล.....	75

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ผ.81 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณไตเตอร์ (Means titer) ของโรคกัมโบโร.....	76
ผ.82 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณ serum cholesterol (mg/dl).....	76

# สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างทางเคมีของเซตูลอส ไคตินและไคโตซาน.....	5
2.2 กระบวนการผลิตไคโตซาน.....	7
2.3 ไคโตซานที่มีลักษณะเป็นเกล็ด.....	8
2.4 ไคโตซานที่มีลักษณะเป็นผง.....	8
2.5 กลไกของไคโตซานที่มีคุณสมบัติคล้ายแม่เหล็กในการจับไขมัน.....	12
2.6 กลไกของไคโตซานที่มีคุณสมบัติคล้ายร่างแหในการจับไขมัน.....	12
2.7 แสดงการย่อยและการดูดซึมคอเลสเตอรอล.....	15
2.8 แสดงผลของไคโตซานต่อการย่อยและการดูดซึมคอเลสเตอรอล.....	16

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มา

ไก่เนื้อ (broiler) เป็นสัตว์เลี้ยงเศรษฐกิจที่สำคัญมากที่สุดที่ทำรายได้ให้กับประเทศ จากการวิเคราะห์สถานการณ์ไก่เนื้อของสมาคมส่งออกเนื้อไก่ (2545) ประมาณการณ์ว่าในปี 2545 ประเทศไทยจะสามารถผลิตไก่เนื้อได้ไม่ต่ำกว่า 980 ล้านตัว ผลผลิตเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 2.62 ซึ่งราคาไก่เนื้อภายในประเทศและราคาถูกไก่จะได้รับอิทธิพลโดยตรงจากราคาส่งออกไก่สดแช่แข็งและผลิตภัณฑ์เนื้อไก่ของไทยในตลาดต่างประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตลาดญี่ปุ่นและสหภาพยุโรปซึ่งเมื่อพิจารณาถึงแนวโน้มการผลิต การส่งออกและการนำเข้าของประเทศผู้ส่งออกและประเทศผู้นำเข้าที่สำคัญๆ ของโลกแล้วคาดว่า การค้าเนื้อไก่และผลิตภัณฑ์ในตลาดโลกจะขยายตัวโดยมีปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.35 จาก 5.812 ล้านตันในปี 2544 เป็น 6.239 ล้านตันในปี 2545 และการนำเข้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.73 จาก 4.374 ล้านตันในปี 2544 เป็น 4.537 ล้านตันในปี 2545 ส่วนการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.13 จาก 44.04 ล้านตันในปี 2544 เป็น 45.42 ล้านตันในปี 2545 ทำให้คาดได้ว่าในปี 2545 จะสามารถส่งออกไก่สดแช่แข็งได้ปริมาณ 320,000 ตันและเนื้อไก่แปรรูปประมาณ 100,000 ตันในปี 2544 มีการส่งออกไก่สดแช่แข็งมูลค่า 23,935.82 ล้านบาทเทียบกับปี 2543 มูลค่า 15,688.91 ล้านบาทเพิ่มขึ้นร้อยละ 52.57 สำหรับการส่งออกเนื้อไก่ในปี 2544 มูลค่า 11,546.94 ล้านบาทเทียบกับปี 2543 มูลค่า 8,749.67 ล้านบาทเพิ่มขึ้นร้อยละ 31.97 ในปี 2544 มีการผลิตไก่เนื้อเพิ่มขึ้นจากปี 2543 คือ 1,081,127 ตันใช้บริโภคภายในประเทศ 682,426 ตันเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.17 และส่งออก 398,701 ตันเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.52 โดยการส่งออกไก่สดแช่แข็งไปญี่ปุ่นเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 50.45 และ 49.53 ของปริมาณ (ตัน) และมูลค่าส่งออก (ล้านบาท) ทั้งหมด ส่งไปสหภาพยุโรปเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 24.96 และ 37.82 ของปริมาณและมูลค่าการส่งออกทั้งหมด จะเห็นว่าเนื้อไก่ไทยมีการส่งออกประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการผลิตทั้งประเทศ ซึ่งเป็นสัดส่วนที่สูงกว่าประเทศคู่แข่งอื่น ๆ ดังนั้นประเทศไทยน่าจะเป็นประเทศที่ผลิตเนื้อไก่สำหรับผู้บริโภคทั่วโลก

เมื่อประเทศไทยเข้าเป็นสมาชิกองค์การการค้าโลก (WTO) ทำให้ต้องลดภาษีนำเข้าเนื้อไก่จาก 39 เปอร์เซ็นต์ ในปี 2544 เหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ ในปี 2547 นอกจากนั้นการป้องกันการนำเข้าของต่างประเทศเช่น อเมริกา ออสเตรเลีย กำหนดมาตรฐานกีดกันการค้าแบบใหม่เช่น สุขภาพอนามัย, มาตรฐานสินค้า, สิ่งแวดล้อม, สิทธิมนุษยชน, สวัสดิภาพสัตว์ (Animal Welfare) และสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม (GMOs) ทำให้ประเทศไทยไม่สามารถส่งออกเนื้อไก่เข้าประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศออสเตรเลียได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเด็นปัญหาด้านสุขภาพอนามัยภายใต้

มาตรฐาน SPM (Agreement on Application of Sanitary and Phytosanitary Measures) โดยการดูแลขององค์การการค้าโลกที่จะมีมากและรุนแรงขึ้น เพื่อเป็นการป้องกันสุขภาพอนามัยของผู้บริโภคอันได้แก่

- 1) การตรวจเชื้อ *E.Coli* 0157 : H5, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella typhimurium*
- 2) โลหะหนักประเภทต่างๆ เช่น arsenic, cadmium
- 3) ยาปฏิชีวนะกลุ่มซัลฟา ฮอร์โมนและชาฆ่าแมลง
- 4) การบังคับใช้ระบบการประกันความปลอดภัยอาหาร HACCP
- 5) การบังคับใช้ระบบการประกันคุณภาพอาหาร ISO 9002

ดังนั้นการแก้ไขปัญหาด้านสุขอนามัยเพื่อการพัฒนาธุรกิจการค้าเพื่อส่งออกจำเป็นต้องเริ่มจากฟาร์มก่อนโดยการปรับปรุงระบบการผลิตให้มีระบบซึ่งเกษตรกรควรวางมาตรการการจัดการฟาร์มที่ดี มีการวิจัยพัฒนาเพื่อแก้ไขปัญหาแบบครบวงจรและต้องมีการพัฒนาระบบการตรวจสอบในโรงงานและฟาร์มที่เลี้ยงสัตว์ให้เป็นไปตามรูปแบบสากลและทันต่อเหตุการณ์อันที่จะนำไปสู่ฟาร์มปลอดสารปฏิชีวนะ

สารโคโคซานเป็นสารธรรมชาติสกัดจากเปลือกของสัตว์จำพวกที่มีเปลือกเช่น กุ้ง ปู แคน ปลาหมึก เป็นต้น สามารถนำมาใช้ผสมในอาหารสัตว์ ช่วยเสริมสร้างระบบลำไส้และระบบขับถ่าย ป้องกันอาการท้องผูกและช่วยเพิ่มปริมาณอุจจาระ (Matsunaga, 1998) ไม่ตกค้างในเนื้อเยื่อ ไม่ก่อให้เกิดการดื้อยาและยังช่วยปรับปรุงการเจริญเติบโตและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารส่งผลให้สุขภาพร่างกายแข็งแรงยิ่งขึ้น (Asaoka, 1996) อีกทั้งโคโคซานเป็นสารที่ปลอดภัยและสามารถย่อยได้ในธรรมชาติและไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ตามลักษณะสมบัติของโคโคซานแสดงให้เห็นถึงความน่าจะเป็นไปได้ในการใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในไก่เนื้อทดแทนปฏิชีวนะสารที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนี้ได้

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

- 1) ศึกษาการย่อยได้ของอาหารผสมโคโคซานในไก่เนื้อ
- 2) ศึกษาถึงสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อที่มีการเสริมโคโคซานในอาหาร
- 3) ศึกษาถึงระดับที่เหมาะสมของโคโคซานที่เสริมในอาหารไก่เนื้อเพื่อทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะ
- 4) ศึกษาถึงผลตอบแทนที่ได้รับจากการเสริมโคโคซานในอาหารไก่เนื้อ
- 5) ศึกษาถึงคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่จากการเสริมโคโคซานในอาหารไก่เนื้อ
- 6) ศึกษาถึงภูมิคุ้มกันและระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของไก่จากการเสริมโคโคซานในอาหารไก่เนื้อ

### 1.3 สถานที่ดำเนินการ

ฟาร์มทดลองเลี้ยงสัตว์ปีก ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ และห้องปฏิบัติการตัดแต่งเนื้อสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

### 1.4 ขั้นตอนการศึกษา

- 1) การทดลองที่ 1 ศึกษาการย่อยได้ของอาหารผสมโคโคซานในไก่เนื้อ
- 2) การทดลองที่ 2 ศึกษาการเสริมโคโคซานในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ ภูมิคุ้มกันและระดับคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่เนื้อ

### 1.5 ระยะเวลาการศึกษา

1) ระยะเวลาในการเลี้ยงไก่และศึกษาการย่อยได้ที่ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ เริ่มตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2546 ถึงเดือนกันยายน 2546 รวมระยะเวลา 3 เดือน

2) ระยะเวลาในการศึกษาคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อที่ห้องปฏิบัติการตัดแต่งเนื้อสัตว์ และศึกษาคุณภาพเนื้อที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ เริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคม 2546 ถึงเดือนธันวาคม 2546 รวมระยะเวลา 3 เดือน

## บทที่ 2

# งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

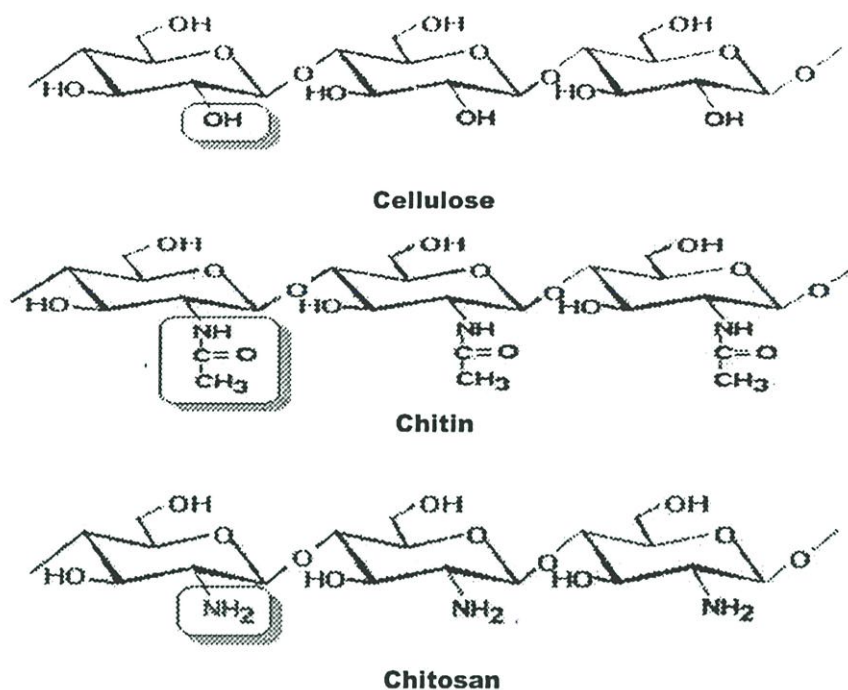
### 2.1 คุณสมบัติของสารไคโตซาน

จิราภรณ์ เชาวลิขุมมาวาลี (2544) รายงานว่า ไคติน (chitin) เป็นสารประกอบเชิงซ้อน (high polymer) ของ  $\beta$ -1,4- N-acetyl D-glucosamine จัดเป็นพอลิเมอร์โมเลกุลใหญ่ยาวที่มีโครงสร้างคล้ายเซลลูโลส สูตรโครงสร้างของไคตินต่างจากเซลลูโลสที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 เป็นหมู่ อะซิทามาไมด์ (NH-CO-CH<sub>3</sub>) แทนที่จะเป็นหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ส่วนไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของ ไคตินที่ได้จากการนำหมู่อะซิทิล (CO-CH<sub>3</sub>) ออกไปจากไคติน โครงสร้างเซลลูโลส ไคติน และ ไคโตซานแสดงในภาพที่ 2.1 ไคตินเป็นสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมีปริมาณมากเป็นที่สองของโลกรองจากเซลลูโลส พบไคตินได้ในผนังเซลล์ของพืชบางชนิด สัตว์และจุลินทรีย์ เช่น ในไคอะตอม ในยีสต์ที่ใช้ทำเบียร์และในสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์ที่มีเปลือกและกระดองเช่น หอย กุ้ง แคนหมีกและปู สามารถพบไคตินได้ทั้งบนบก ทะเลและน้ำจืด ไคตินประกอบด้วย ไนโตรเจนประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ ไคตินเชื่อมกับคาร์โบไฮเดรต ด้วยพันธะโควาเลนต์ในรูปของโปรตีนและอาจพบรวมอยู่กับเกลือแคลเซียมคาร์บอเนตในสัตว์จำพวกกุ้ง ปู ในพืชพบไคตินอยู่ร่วมกับเซลลูโลส ส่วนในสัตว์พบอยู่ร่วมกับคอลลาเจน ไคตินเป็นสารโมเลกุลยาวที่ไร้ประจุซึ่งทำให้ไม่สามารถละลายน้ำหรือสารละลายทั่ว ๆ ไปเช่น สารละลายอินทรีย์ แต่หากแยกเอาหมู่อะซิทิลออกมา จะได้สารชื่อว่า “ไคโตซาน” ที่ละลายน้ำและตัวทำละลายหลายชนิดได้ดีเพราะมีประจุบวกบนหมู่อะมิโน

สารไคตินในธรรมชาติที่พบจะมีโครงสร้างต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับแหล่งที่พบสายของไคตินจะมีการจัดตัวได้หลายแบบซึ่งจะให้ความแข็งแรงต่างกันออกไปด้วย เราสามารถจัดลักษณะโครงสร้างของไคตินในธรรมชาติออกได้ 3 ประเภท คือ

- 1) อัลฟาไคติน ( $\alpha$ -chitin) เป็นแบบที่เส้นใยเรียงตัวกลับไปมา ซ้อนกันเส้นใยเรียงตัวได้แน่นและมีความแข็งแรงสูงสุด
- 2) เบตาไคติน ( $\beta$ -chitin) เป็นแบบที่เส้นใยเรียงตัวในทิศทางเดียวกัน เส้นใยเรียงตัวได้ไม่แน่นมาก
- 3) แกมมาไคติน ( $\gamma$ -chitin) เป็นลักษณะผสมของ  $\alpha$  และ  $\beta$  เป็นแบบที่เส้นใยเรียงตัวไม่เป็นระเบียบไปในทิศทางเดียวกันบ้าง กลับทิศทางกันบ้าง

ประเภทโครงสร้างของไคตินส่วนที่เรานำมาใช้ได้แก่แบบอัลฟาที่พบในเปลือกกุ้งและปู และแบบเบตาที่พบในแกนหมีก



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส ไคตินและไคโตซาน (Dalwoo, 2002)

### 2.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพของไคโตซาน

ขวัญใจ สุชินพงษ์พันธ์ (2541) รายงานว่าไคตินและไคโตซานอยู่ในกลุ่มของ  $\beta$  - (1 $\rightarrow$ 4) โพลีแซคคาไรด์ ที่มีความแข็งแรงของโครงสร้างในสภาวะของแข็งโดยเฉพาะในสภาวะแห้ง ซึ่งมีการสร้างพันธะไฮโดรเจนจำนวนมากในวงผลึกทำให้จุดหลอมเหลวมีค่าสูงเหมือนกับเซลลูโลสคือจะมีค่าอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 170 องศาเซลเซียส และสูงสุดที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ทั้งไคตินและไคโตซานยังมีคุณสมบัติที่ดีในการส่งผ่านแสงที่มองเห็นได้อีกด้วยโดยไคโตซานจะมีความโปร่งแสงมากกว่า 180 นาโนเมตรในรูปของอะมิโนอิสระและมากกว่า 220 นาโนเมตรในรูปของแอมโมเนียม (ammonium) ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบไอออนิกของไคโตซาน

### 2.1.2 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของไคโตซาน

2.1.2.1 ความสามารถในการละลาย ความสามารถในการละลายในน้ำของไคโตซานขึ้นอยู่กับความสมดุลระหว่างการจับออกของ electrostatic ซึ่งมาจากหมู่ protonated amine และพันธะไฮโดรเจนและความสามารถในการละลายในตัวทำละลายโดยทั่วไปละลายในกรดอ่อนที่มี pH อยู่ในช่วง 1-6

2.1.2.2 พฤติกรรมสภาวะของแข็งของไคโตซาน ความเสถียรของเกลือไคโตซานในสภาวะของแข็งขึ้นอยู่กับธรรมชาติของกรดที่เกี่ยวข้อง เช่น กรดฟอร์มิกจะมีความเสถียรภาพเนื่องจากเมื่อมีการระเหยของสารละลาย acylation สามารถนำไปวางระหว่างองค์ประกอบของของแข็งได้

2.1.2.3 ปฏิกริยาร่วม (interaction) ในความสัมพันธ์ของโครงสร้างของโคโตซาน

1) ปฏิกริยาร่วมกับอออน โคโตซานเป็น polyelectrolyte ที่อ่อนซึ่งมีความหนาแน่นแผ่นประจุต่ำ ซึ่งจะทำให้ความสามารถของโคโตซานในการเป็นผู้เปลี่ยนแปลง anion น้อย

2) อิเล็กตรอนคู่โคตเดี่ยวในสภาพอิสระของไนโตรเจนอะตอมสามารถถูกนำไปใช้ในการสร้างพันธะโคออร์ดิเนตโควาเลนต์กับโลหะไอออน ซึ่ง Son *et al.* (1993) รายงานว่าปัจจัยที่ทำให้โคโตซานลดโลหะในน้ำเสียประกอบไปด้วย deacetylation degree, contact time, molecular weight, addition content และ particle size

3) พันธะไฮโดรเจนและปฏิกริยาพลังงานต่ำ โปรตีนสามารถสร้างพันธะกับโคโตซานด้วยพันธะไฮโดรเจนหรือปฏิกริยาแรงวัตเคอร์วาล์ (van der waals interaction) ปฏิกริยาชนิดนี้ไม่ค่อยมีความแข็งแรงในการเหนี่ยวนาของพันธะที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางธรรมชาติของ collagen double helix structure

จากคุณสมบัติในการเป็น cationic polyelectrolyte ของโคโตซานจึงทำให้สามารถสรุปคุณสมบัติเชิงหน้าที่ได้ดังนี้

1) คุณสมบัติ hydrophillic โคโตซานสามารถละลายน้ำได้และส่วนใหญ่จะละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ที่เป็นกรดเจือจาง เช่น กรดฟอร์มิก กรดโพรพิโอนิก กรดอะซิติก กรดไพรูวิก และกรดซิตริก แต่ไม่ละลายในสารละลายอินทรีย์ที่เป็นกลางและค่า

2) คุณสมบัติในการจับสี Knoor (1984) รายงานว่าโคตินและโคโตซานจะมีบทบาทในการจับสีได้แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสีของโคตินและโคโตซาน และคุณสมบัติในการจับสีของโคตินขึ้นอยู่กับ pH โดยทั่วไปจะมีค่าคงที่ที่ pH 5.5 - 7.0

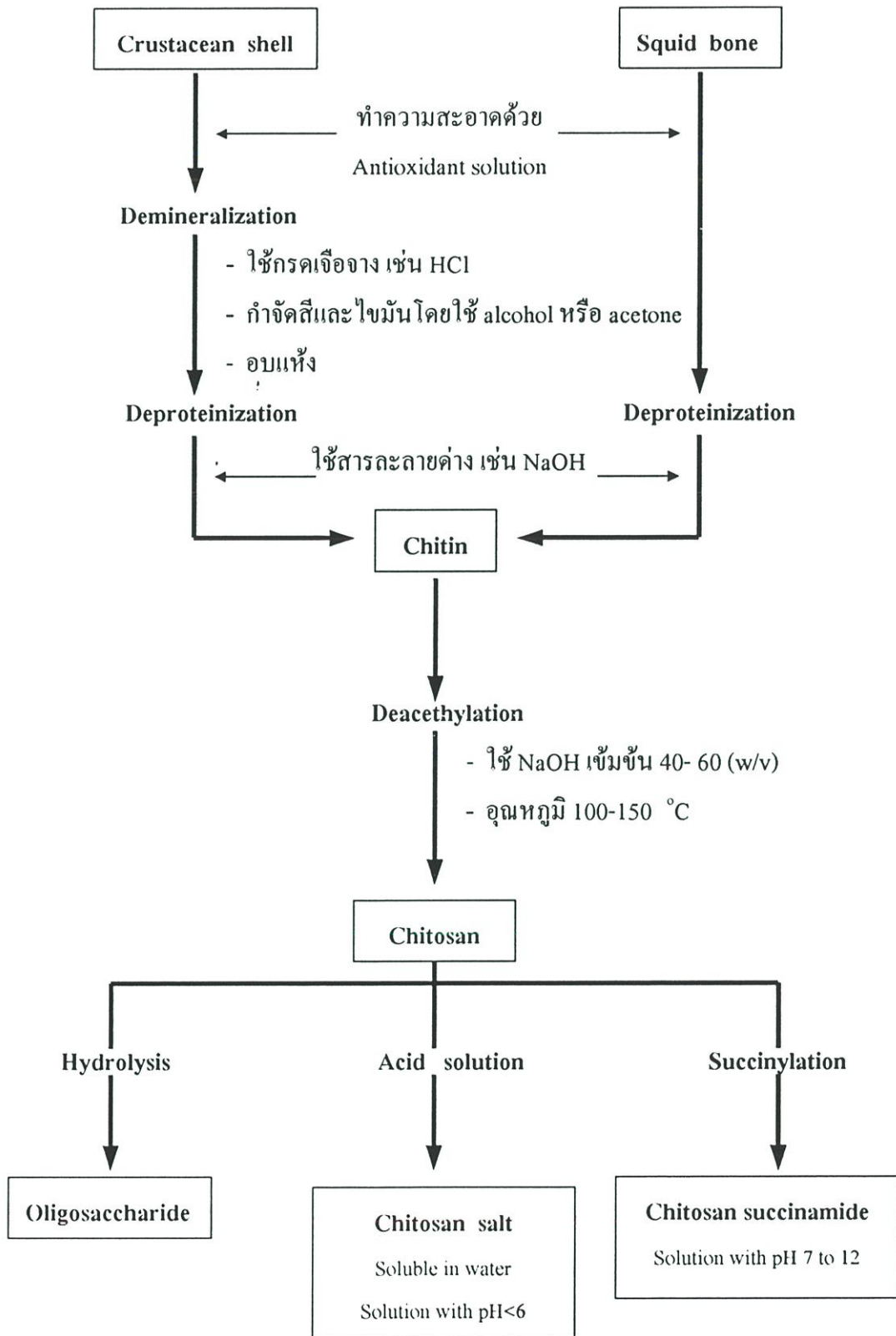
3) คุณสมบัติในการจับน้ำและไขมัน คุณสมบัติในการจับน้ำของโคติน โคโตซานและ microcrystalline chitin จะอยู่ช่วงร้อยละ 230 - 440 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) โคโตซานมีคุณสมบัติในการจับน้ำได้ดีกว่าโคติน และโคโตซานสามารถยึดจับโมเลกุลของไขมันก่อนที่จะถูกดูดซึมได้

4) คุณสมบัติการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม โคโตซานสามารถนำมาขึ้นรูปให้เป็นแผ่นฟิล์มที่มีลักษณะใสเหนียวและยืดหยุ่นสามารถใช้ห่อหุ้มอาหาร

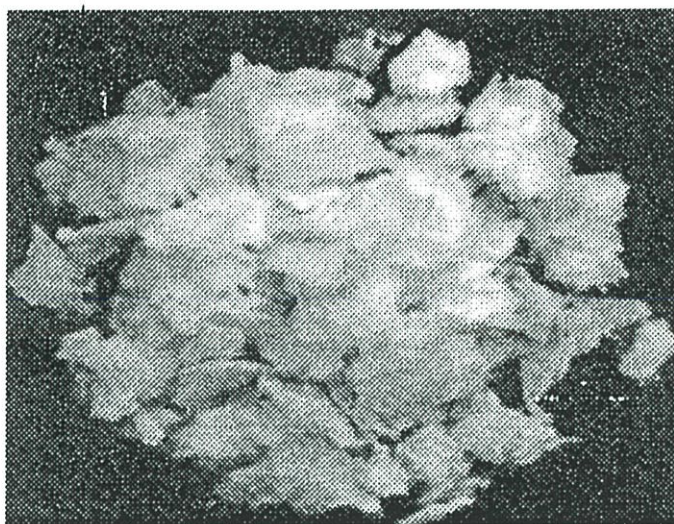
5) มีคุณสมบัติเป็นสารตัวพา โคโตซานมีคุณสมบัติเป็นสารตัวพาเนื่องจากโคโตซานสามารถเกิดเป็นร่างแห (matrix) และมีลักษณะเป็นเจล (ionotropic gel) ซึ่งสามารถหุ้มสารที่จะพาเอาไว้ข้างในได้

6) คุณสมบัติอื่นๆ เช่น สามารถควบคุมการผ่านเข้าออกของออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์และรักษาความชื้นให้อยู่ในสภาพสมดุล มีคุณสมบัติเป็นสารกันราและแบคทีเรีย ซึ่งโคโตซานที่ใช้จะมีลักษณะดังภาพที่ 2.3 และ 2.4 ก่อให้เกิดความคงตัวในความหนืดและย่อยสลายได้ในธรรมชาติจึงทำให้ง่ายต่อการกำจัดและไม่มีสารตกค้าง

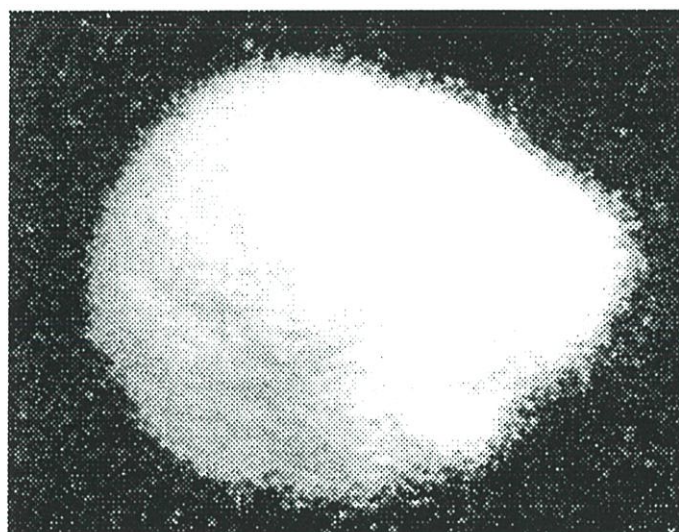
## 2.2 วิธีการสกัดไคโตซาน



ภาพที่ 2.2 กระบวนการผลิตไคโตซาน (ดัดแปลงจาก Rouget. 1859 ; Anonymous. 2004)



ภาพที่ 2.3 โคลโคซานที่มีลักษณะเป็นเกล็ด (จิราภรณ์ เชาวลิขุมมาวาลี. 2544)



ภาพที่ 2.4 โคลโคซานที่มีลักษณะเป็นผง (จิราภรณ์ เชาวลิขุมมาวาลี. 2544)

### 2.3 ความปลอดภัยและพิษวิทยาของไคตินและไคโตซาน

ขวัญใจ สุชินพงศ์พันธ์ (2541) รายงานการศึกษาความเป็นพิษของไคโตซานในคนยังไม่ปรากฏแน่ชัดเนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับเมตาบอลิซึมของไคโตซานในร่างกายคนยังไม่เป็นที่ทราบแน่นอนแต่มีการยอมรับให้มีในอาหารสัตว์ซึ่งการใช้ไคโตซานในอาหารสัตว์ก็ยังคงมีการกำหนดระดับของไคโตซานที่ใช้เนื่องจากได้มีการทดลองความเป็นพิษของไคโตซานในสัตว์หลายการทดลองที่ให้ผลการทดลองคล้ายกันดังนี้

Arai *et al.* (1968) ได้ทำการทดลองพบว่าเมื่อใช้ไคโตซานที่มีความเข้มข้นสูงกว่า 18 กรัมต่อน้ำหนักตัวหนู 1 กิโลกรัม จะเป็นอันตรายต่อหนูเมื่อใช้เพียง 1 วันเท่านั้น Bough and Landes

(1976) รายงานว่าร่างกายหนูได้รับโคโคซานในรูปอิสระที่อยู่ในอาหารได้สูงถึงร้อยละ 5 และพบว่า อัตราการเจริญเติบโตของอวัยวะภายในและส่วนประกอบของชีรัมน์ในเลือดไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่พบว่าการเจริญเติบโตของหนูจะลดลงเมื่อระดับโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้นถึง 10 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์พบว่าตับและไตของหนูจะโต และนอกจากนี้ ได้ทำการทดลองเลี้ยงหนูด้วยสารประกอบโคโคซานและโปรตีนที่มีโคโคซานสูงถึงร้อยละ 5 เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลที่ได้พบว่าไม่มีความแตกต่างในอัตราการเจริญเติบโต ส่วนประกอบของตับ และเลือดจากกลุ่มควบคุม Knorr (1984) รายงานว่าเมื่อทำการทดลองโดยใช้ทั้งโคโคซานและโคโคซานที่ระดับร้อยละ 5 ในอาหารสัตว์พบว่าจะไม่มีความแตกต่างในอัตราการเจริญเติบโตหรือการกินอาหารของสัตว์ที่อายุมากกว่า 3 สัปดาห์ขึ้นไป เมื่อทำการเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งจะใช้เซลลูโลสร้อยละ 5 และเมื่อเพิ่มปริมาณของโคโคซานจนถึงระดับ 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสัตว์จะทำให้การดูดซึมไขมันลดลง

สุกัญญา เพ็ญทะเลและสันทนา พุ่มพวง (2540) กล่าวว่าโคโคซานเป็นสารธรรมชาติที่พบได้ทั่วไปเป็นพอลิเมอร์ประจุบวกเช่นเดียวกับกัวกัม (guar gum) เซลลูโลสและคาร์ราจีแนน อีกทั้งโมเลกุลของโคโคซานมีขนาดใหญ่ ดังนั้นร่างกายคนไม่สามารถย่อยได้สมบูรณ์โดยระบบย่อยอาหารทำให้ร่างกายไม่มีการดูดซึมสารนี้ได้ และส่วนใหญ่ขับถ่ายออกไปโดยไม่เกิดความเป็นพิษต่อการทำงานของร่างกาย ระบบทางเดินอาหารของคนและสัตว์ไม่สามารถย่อยสลายพันธะ  $\beta$ -1,4 glycosidic ที่มีในโมเลกุลของโคโคซานและยังสามารถสรุปได้ว่า glucosamine backbone ของโคโคซานและโคโคซานไม่มีพิษหรืออันตรายต่อคนเนื่องจากอนุโมลย่อยกลูโคซามีนเป็น aminosugar จากที่มีในธรรมชาติและพบได้ในปริมาณมากในอาหารธรรมชาติทั่วไปเช่น ในนม ไข่ ตับและยีสต์ ส่วนในร่างกายคนนั้นจะพบกลูโคซามีนเป็นองค์ประกอบอยู่ในมิวโคโพลิแซคคาไรด์ในมิวโคโปรตีนและมิวโคลิปิด อนุโมลย่อยกลูโคซามีนนี้มีระดับความเป็นพิษต่ำและผ่านการทดสอบพิจารณาต่างๆ มากมายเกี่ยวกับการใช้ในด้านทางการแพทย์แล้ว ดังนั้นโคโคซานและโคโคซานจึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับร่างกายและอาหารเนื่องจากมีความเป็นพิษต่ำด้วยเช่นเดียวกับกลูโคซามีน

Anonymous (1993) รายงานว่าระดับของ cholesterol และ triglyceride ที่สูงผิดปกติเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ การจ่ายยาที่มีคอเลสเตอรอลระดับต่ำบางครั้งมีผลข้างเคียง เช่นเป็นพิษต่อตับและการขาดวิตามิน ความสามารถของโคโคซานตามธรรมชาติจะจับไขมันในแบบที่ไม่เป็นพิษทำให้เป็นที่สนใจ โคโคซานจะส่งเสริมสุขภาพโดยการลดระดับ cholesterol และ triglyceride และ LDL/HDL, Cholesterol/total cholesterol โดยการดูดจับไขมัน เกี่ยวกับผลข้างเคียงของโคโคซานพบว่าโคโคซานเป็นอนุพันธ์ที่ได้จากสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็ง ดังนั้นคนที่แพ้หรือไวต่อสิ่งเหล่านี้ไม่ควรบริโภค ผู้หญิงที่ตั้งท้องและกำลังให้นมลูกไม่ควรใช้โคโคซาน ถ้าเป็นคนที่มีเลือดน้อย ถ้าใส่อีกเสบหรือเป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับลำไส้ควรจะปรึกษาหมอก่อนใช้โคโคซาน

## 2.4 การใช้ประโยชน์ไคโตซานและแนวทางการประยุกต์ใช้ในอนาคต

จิราภรณ์ เชาวลิขิตสุขุมาวาสี (2544) รายงานการใช้ประโยชน์ไคโตซานและแนวทางการประยุกต์ใช้ในอนาคตไว้ดังนี้

- 1) การบำบัดน้ำเสีย โดยนำไคโตซานมาสกัดไอออนโลหะ ตกตะกอนสารประเภทโปรตีน สีข้อมฟ้าและกรดอะมิโน และใช้เป็นตัวแทนกระดาษกรอง (Filter paper)
- 2) เยื่อกระดาษ ใช้ไคโตซานในการปรับผิวหน้ากระดาษ และนำมาทำกระดาษอัดรูปและกระดาษก๊อปปี้แบบใช้ผงคาร์บอน
- 3) การแพทย์และเภสัชกรรม ไคโตซานถูกนำมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์และเภสัชกรรมซึ่งประกอบไปด้วย ใช้รักษาเหงือกและฟัน ทำเป็นพลาสติกปิดแผล ใช้รักษาและเสริมสร้างสุขภาพของกระดูกอ่อนใช้เป็นเส้นเลือดเทียม เป็นสารหล่อลื่นในข้อเข่า ควบคุมคอเลสเตอรอล ช่วยให้เลือดแข็งตัวเร็วขึ้นยับยั้งเนื้องอก เป็นไหมเย็บแผล ยับยั้งการเกิดคราบจุลินทรีย์ที่ฟัน รักษาผิวไฟไหม้น้ำร้อนลวกโดยใช้เป็นหนัง ควบคุมการปลดปล่อยฤทธิ์ยา เชื้อยารักษาโรคทางกระดูก เป็นอาหารเสริมไขมันและลดน้ำหนัก
- 4) เครื่องสำอางค์ เนื่องจากไคโตซานมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำและต่อต้านจุลินทรีย์จึงใช้เป็นสารเติมแต่งให้ความชุ่มชื้นทำให้ความหอมติดทนนาน เนื้อของเครื่องสำอางค์ละเอียดเนียนปราศจากการแยกชั้นดังนั้นจึงใช้เป็นสารพื้นฐานของเครื่องสำอางค์หลายประเภทเช่น แป้งแต่งหน้า น้ำหอม ผงขัดเล็บ ครีมหรือโลชั่นบำรุงผิวสำหรับหน้า มือและผิวกาย ผสมในแชมพูใช้บำรุงเส้นผม โลชั่นกันแดดและเจลล้างหน้า ยาสีฟัน ตัวเพิ่มโฟม และใช้เป็นตาข่ายคลุมผิวหนัง
- 5) ทางเภสัชกรรม ใช้ไคโตซานในการเคลือบเม็ดยาเพื่อการเก็บรักษามะลิคัพันธุ์และกันแมลง เคลือบใบเพื่อต้านทานต่อโรคและแมลง ควบคุมการปล่อยสารเภสัช
- 6) ทางด้านอาหาร เป็นสารกันบูด เนื่องจากมีประจุบวกจึงมีคุณสมบัติในการต้านแบคทีเรียและรา เป็นสารปรุงแต่งอาหารคงรูปและสี และใช้เป็นสารเคลือบอาหารและผักผลไม้
- 7) ทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพ เป็นสารห่อหุ้มเอนไซม์และเซลล์ เป็นตัวแยกโดยวิธีโครมาโตกราฟี ใช้ทำขั้วไฟฟ้าทางชีวภาพเพื่อการวิเคราะห์และตรวจสอบสารต่าง ๆ เป็นแผ่นเชื่อมบางในการแยกโปรตีน ใช้ขึ้นรูปจุลินทรีย์เป็นเม็ด สำหรับกำจัดน้ำเสียรักษาสิ่งแวดล้อม และใช้เป็นสารช่วยทำปฏิกิริยาในการเคลือบผิวแผ่นโพลีเอสเตอร์ด้วยโลหะในการผลิตวัสดุป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

## 2.5 ขีดจำกัดในการใช้โคตินและโคโตซานทางด้านต่างๆ

ศุภันษา พิณทุเทและสันทนา พุ่มพวง (2540) รายงานถึงขีดจำกัดในการใช้โคตินและโคโตซานทางด้านต่างๆ ไว้ดังนี้

### 2.5.1 ด้านอาหารและยา

ในปี 1993 โคโตซานได้รับการยอมรับอย่างเป็นทางการในการใช้เป็นส่วนผสมในอาหารในประเทศญี่ปุ่น โดยมีการระบุในรายการ Japanese Natural Additive และเมื่อไม่นานมานี้โคตินและโคโตซานได้ถูกระบุอยู่ในรายการ “List of Food Additive other than Chemical Synthetics” โดยหน่วยงานของญี่ปุ่นคือ The Japanese Ministry of Health and Welfare Public Health Bureau และ Food Chemistry Division การใช้โคตินและโคโตซานเพื่อเป็นส่วนผสมในอาหารและผลิตภัณฑ์ขายนั้นจะต้องผ่านการตรวจสอบความเป็นพิษ โดยการศึกษาความเป็นพิษในสัตว์ทดลองก่อนและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้กับคน ซึ่งจะต้องได้รับการรับรองและควบคุมความปลอดภัยโดยการศึกษา Standard laboratory animal toxicology ตามข้อกำหนดของ Federal and International Practice Guidelines

### 2.5.2 ด้านอาหารสัตว์

การตกตะกอนน้ำทิ้งในกระบวนการผลิตอาหารโดยใช้สารโคโตซานจะได้ตะกอนโปรตีนแยกออกมา เมื่อนำส่วนตะกอนนี้ไปอบแห้งจะสามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ โดยอัตราการสะสมของโคโตซานในอาหารจะต้องไม่เกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นข้อกำหนดขององค์การ AAFCO (Association of American Feed Control Officials) ส่วนองค์การ FDA (The United State Food and Drug Administration) ไม่ได้สนใจในวัตถุประสงค์เดียวกับ AAFCO ในการใช้โคโตซานเป็นอาหารสัตว์

### 2.5.3 ด้านการบำบัดน้ำ

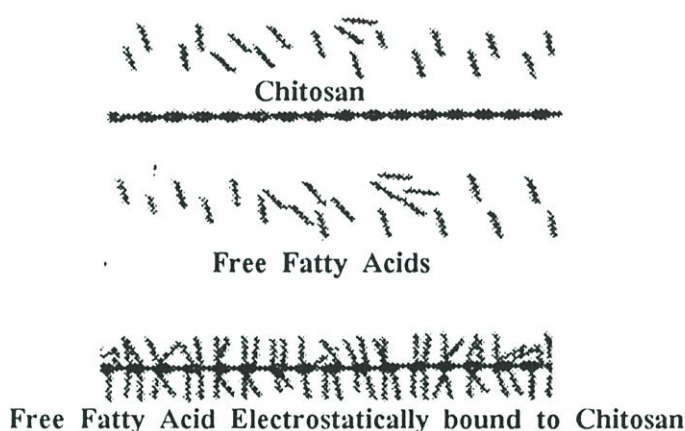
การใช้โคโตซานเป็น polymer ในการบำบัดน้ำมี 3 บริษัท ได้ยื่นขอการพิจารณาอนุมัติภายใต้ระเบียบการของหน่วยงาน EPA Toxic Substance Control Act และ Notice และได้รับการตีพิมพ์อย่างเป็นทางการใน Federal Register และ EPA อนุญาตให้ผลิตสาร Specific agent ที่มีคุณสมบัติตามที่ได้อนุมัติในการขออนุมัติ นอกจากนั้น EPA ที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการควบคุมน้ำดื่ม ได้ชี้ให้เห็นว่าผงโคโตซานสามารถใช้เป็นตัวกรองในระบบกรองน้ำขนาดเล็กภายใต้สภาวะเฉพาะซึ่งได้มาจากการทดลองพื้นฐาน อัตราสูงสุดที่สามารถใช้ได้ระบุไว้ที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

## 2.6 ผลของไคโตซานต่อไขมัน

William (2000) รายงานว่าไคโตซานเป็นเชื้อโพลิเมอร์ชาติซึ่งความสามารถอย่างหนึ่งของมันคือยึดจับ (trap) โมเลกุลของไขมันและนำออกจากระบบก่อนที่ไขมันจะถูกดูดซึมเข้าไปในระบบเลือดซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ 2 แบบคือ

แบบที่ 1 เกิดขึ้นจากแรงดึงดูดของประจุทางเคมีที่แตกต่างกัน (คล้ายแม่เหล็ก) ประจุบวกของไคโตซานจะดึงดูดประจุลบของกรดไขมันและกรดน้ำดีซึ่งเมื่อจับกันแล้ว chitosan fiber จะไม่สามารถถูกย่อยได้ที่ลำไส้เล็ก chitosan fiber ที่ไม่ถูกย่อยจะถูกกำจัดออกจากระบบร่วมกับไขมันที่ยึดจับอยู่ แสดงในภาพที่ 2.5

แบบที่ 2 กลไกที่สองที่ทำให้เกิดการยึดจับกันระหว่างไคโตซานกับไขมันเป็นผลของไคโตซานที่มีลักษณะเป็นร่างแห (net) ซึ่งไคโตซานจะม้วนรอบหดยไขมันเล็กๆ และป้องกันจากการถูกย่อยโดย lipid enzyme ไขมันจะอยู่ในรูป "netted" (ปกคลุมด้วยไคโตซาน) ซึ่งไคโตซานจะไม่สามารถย่อยได้ที่ลำไส้เล็กและไม่ถูกดูดซึมในร่างกาย แสดงในภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.5 กลไกของไคโตซานที่มีคุณสมบัติคล้ายแม่เหล็กในการจับไขมัน (William. 2000)



ภาพที่ 2.6 กลไกของไคโตซานที่มีคุณสมบัติคล้ายร่างแหในการจับไขมัน (William. 2000)

Gallagher *et al.* (2000) ได้ศึกษาการลดคอเลสเตอรอลโดยใช้กลูโคแมนแนนและไคโตซานเป็นตัวจับคอเลสเตอรอล กรดน้ำดีและไขมันที่ออกมาในมูลของหนู การทดลองใช้กลูโคแมนแนนซึ่งเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่หนืดและใช้ไคโตซานที่เป็นอนุพันธ์ของไคตินซึ่งทั้งสองชนิดทำให้มีปริมาณคอเลสเตอรอลต่ำ การทดลองนี้ศึกษาผลของกลูโคแมนแนน (G) ไคโตซาน (CH) หรือผสมทั้งสองตัวในปริมาณที่เท่ากัน (G+CH) และเซลลูโลส (C) เป็นกลุ่มควบคุมต่อการดูดซับคอเลสเตอรอล ไขมันและกรดน้ำดีที่ขับออกมา หนูจะได้รับการอาหารเป็นเวลา 18 วัน โดยเริ่มต้นให้ 10 กรัมต่อ 100 กรัมอาหารและลดลงเหลือ 7.5 กรัมต่อ 100 กรัมอาหาร หลังจากการทดลองผ่านไปแล้ว 1 สัปดาห์เนื่องจากอัตราการเจริญเติบโตของแต่ละทรีทเมนต์ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ผลการทดลองพบว่าคอเลสเตอรอลทั้งหมดในตับ (Total liver cholesterol) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่ม G, CH และ G+CH เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม การดูดซึมคอเลสเตอรอลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่ม G (20.2 เปอร์เซ็นต์) กลุ่ม G+CH (18.2) และกลุ่ม CH (9.4) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม การขับไขมันออกมากับมูลในแต่ละวันไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม C และกลุ่ม G แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่ม CH และกลุ่ม G+CH ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่ากลูโคแมนแนนทำให้ คอเลสเตอรอลในตับต่ำโดยเกี่ยวข้องกับ viscosity-mediated ของการดูดซึมคอเลสเตอรอลในทางตรงกันข้าม ไคโตซานทำให้คอเลสเตอรอลต่ำโดยผ่านทางกลไกที่แตกต่างกัน

Han *et al.* (1999) ได้ศึกษาผลของไคติน-ไคโตซานต่อ activity pancreatic lipase ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการและต่อระดับของการชักนำให้เกิดการสะสมไขมันในหนูโดยให้อาหารที่มีไขมันสูงเป็นเวลา 9 สัปดาห์ หนูจะได้รับการอาหารที่มีไขมันสูง (high fat diet, HF) แล้วเสริมด้วยไคติน-ไคโตซาน ผลของไคติน-ไคโตซานต่อปริมาณไขมัน (triacylglycerol, TG) ที่ขับออกมาในมูลของหนูที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมันสูงสำหรับ 3 วันแรก พบว่าหนูที่ได้รับอาหารที่มีไขมันสูงร่วมกับไคติน-ไคโตซาน 7 หรือ 15 เปอร์เซ็นต์เพิ่มปริมาณไขมันในมูลและยับยั้งการดูดซึมของไขมัน

ผลของไคติน-ไคโตซานต่อ serum triacylglycerol, total cholesterol, free fatty acid (FFA) liver triacylglycerol และ total liver cholesterol ในหนูที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมันสูงเป็นเวลา 9 สัปดาห์ พบว่าหนูที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมันสูงเป็นสาเหตุให้เกิดโรค hyperlipidaemia ซึ่งทำให้ serum triacylglycerol และ total cholesterol สูงขึ้น และเป็นสาเหตุให้เกิด fatty liver ซึ่งเป็นการสะสมของ triacylglycerol และ total cholesterol ในตับ serum triacylglycerol ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมันสูงที่เติมไคติน-ไคโตซาน 3, 7 และ 15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมันสูง serum total cholesterol ลดลงเมื่อให้อาหารที่เติมไคติน-ไคโตซาน 7 และ 15 เปอร์เซ็นต์ หนูที่ได้รับอาหารที่เติมไคติน-ไคโตซาน 15 เปอร์เซ็นต์ระดับ serum free fatty acid จะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมันสูง การให้ไคติน-ไคโตซาน 3, 7 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ป้องกันการสะสมของ liver triacylglycerol และ total liver cholesterol ที่เป็นสาเหตุจากอาหารที่มีไขมันสูง (high fat diet)

Sugano *et al.* (1980) ศึกษาการใช้โคโคซานซึ่งเป็นตัวทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในหนู น้อยกว่าปกติ โดยในการทดลองจะใช้หนูตัวผู้ที่แสดงว่ามีคอเลสเตอรอลน้อยกว่าปกติอย่างชัดเจน ต่อกิจกรรมของอาหารโคโคซาน เลี้ยงด้วยอาหารที่มีคอเลสเตอรอลสูงเป็นเวลา 20 วัน ซึ่งมีการเติม โคโคซาน 2-5 เปอร์เซ็นต์ผลปรากฏว่า plasma cholesterol ลดลงอย่างมีนัยสำคัญคือลดลง 25-30 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีผลกระทบต่อการกินอาหารและการเจริญเติบโต ความเข้มข้นของ cholesterol และ triacylglyceride ในตับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ plasma cholesterol มีผลกระทบต่ำเมื่อเปรียบ เทียบกับ cholestyramine โคโคซานที่ระดับมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ถึงจะลด serum cholesterol ดังนั้นระดับโคโคซานที่มีแนวโน้มจะยับยั้งการเจริญเติบโตคือ 2 เปอร์เซ็นต์ ในหนูที่เลี้ยงด้วย cholesterol free diet ที่เติมโคโคซาน 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 81 วันพบว่าความเข้มข้นของ serum cholesterol เหมือนกันกับกลุ่มควบคุมแต่จะเกี่ยวข้องกับ High-density lipoprotein (HDL) ซึ่ง จะยังคงมีอยู่มากแต่ Low-density lipoprotein (LDL) มีอยู่น้อย โคโคซานในอาหารจะเพิ่มปริมาณ คอเลสเตอรอลที่ขับออกมาในมูลทั้งที่เป็น exogenous และ endogenous และยังรายงานว่าโคโคซาน ไม่ทำให้ท้องผูกและท้องร่วง

## 2.7 ผลของโคโคซานต่อการย่อยได้

Dalwoo (2003) รายงานว่าในขณะที่โคโคซานอยู่ที่กระเพาะอาหารและลำไส้เล็กเท่านั้นจึง จะไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบ แต่เมื่อเข้าสู่ลำไส้ใหญ่มันจะถูกย่อยโดยเอนไซม์และถูกส่งออกนอก ร่างกายซึ่งเป็นการกำจัดของเสียภายในเซลล์ และรายงานว่าก่อนคอเลสเตอรอลจะถูกดูดซึมจะต้อง เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของคอเลสเตอรอลเอสเทอร์เสียก่อนจึงจะดูดซึมได้ ซึ่งการเปลี่ยนให้อยู่ในรูป คอเลสเตอรอลเอสเทอร์ต้องใช้เอนไซม์คอเลสเตอเรส โดยการหลั่งเอนไซม์คอเลสเตอเรสต้องอาศัย ทั้งกรดน้ำดีและคอเลสเตอรอล แต่ถ้าเติมโคโคซานเข้าไปโคโคซานจะรวมตัวกับกรดน้ำดี ก่อนที่ กรดน้ำดีจะถูกนำไปสร้างเอนไซม์คอเลสเตอเรสซึ่งทำให้คอเลสเตอรอลไม่สามารถเปลี่ยนให้อยู่ใน รูปของคอเลสเตอรอลเอสเทอร์ได้ จึงทำให้ไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ลำไส้เล็กแสดงในภาพที่ 2.7 และ 2.8

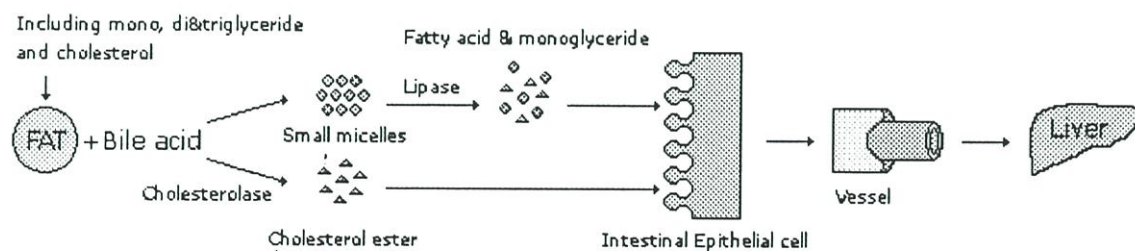
Razdan and Pettersson (1994) ได้ศึกษาผลของโคโคซานและโคโคซานต่อการย่อยได้ของ โภชนะและความเข้มข้นของ plasma lipid ในไก่เนื้อ โดยไก่เนื้อจะได้รับการควบคุมเป็นข้าว โปดหรือแป้งข้าวโปดและได้รับการควบคุมที่เติมโคโคซานหรือโคโคซาน 94 82 และ 76% deacetylation ซึ่งมีความหนืดแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดที่ระดับ 30 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ไก่เนื้อ จะได้รับน้ำและอาหารตลอดเวลาในช่วงการทดลอง พบว่า total plasma cholesterol, HDL และ ความเข้มข้นของคอเลสเตอรอลจะลดลงแต่อัตราส่วนของ HDL : Total cholesterol เพิ่มขึ้นเมื่อ เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมโคโคซาน อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างทางสถิติในการ ลดลงของความเข้มข้นของ plasma triacylglycerol ที่เป็นผลจากการเลี้ยงด้วยอาหารที่เติมโคโคซาน ความเข้มข้นของ Total cholesterol ที่ลดลงและสัดส่วนของ HDL : Total cholesterol ที่เพิ่มขึ้นน่าจะ

เป็นสาเหตุจากการขนส่ง cholesterol ที่ลำไส้เล็กถูกขัดขวางโดยโคโคซาน สำหรับการย่อยได้ของไขมันที่ลำไส้เล็กส่วนท้ายลดลง 26 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมโคโคซาน การย่อยได้ของโกลินที่ลำไส้เล็กส่วนต้นของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เติมโคโคซานพบว่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมโคโคซาน

Kanauchi *et al.* (1994) ได้ศึกษาผลของโคโคซาน โดยผสม ascorbic acid ในอาหารต่อการขับไขมันออกมากับมูล โดยให้หนูได้รับอาหารซึ่งประกอบไปด้วย high-fat diets ที่เติมเซลลูโลสเป็นกลุ่มควบคุมและ high-fat diets ที่เติมโคโคซานแต่ไม่เติมกรดอินทรีย์เป็นกลุ่มที่สอง กลุ่มที่เติมโคโคซานร่วมกับ ascorbic acid เป็นกลุ่มที่สาม กลุ่มที่เติมโคโคซานร่วมกับ lactic acid เป็นกลุ่มที่สี่และกลุ่มที่เติมโคโคซานร่วมกับ citric acid เป็นกลุ่มที่ห้า ผลการทดลองพบว่า ปริมาณมูลแห้ง ไขมันในมูล การย่อยได้ปรากฏของไขมันและความเข้มข้นของ plasma triacylglycerol ของกลุ่มที่เป็น high-fat diets ที่เติมโคโคซานต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

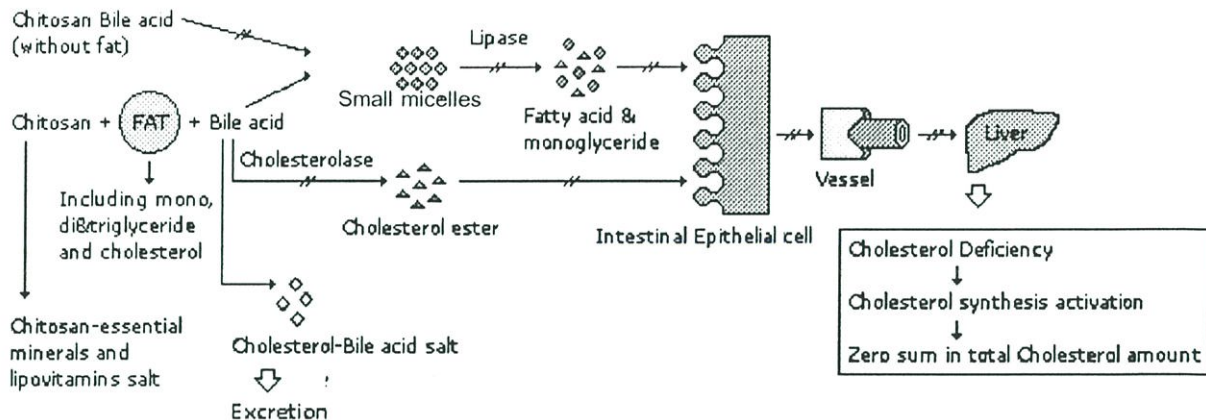
Deuchi *et al.* (1994) ศึกษาผลของอาหารที่เป็นเชื้อใยหรือคล้ายคลึงกับอาหารเชื้อใยต่อการย่อยได้ของไขมันโดยหนูที่เลี้ยงด้วยอาหาร high-fat diets ใช้อาหารเชื้อใยแยกตามการละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ โดยเติม 5 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ใน purified diets ที่มีน้ำมันข้าวโพด 20 เปอร์เซ็นต์ (w/w) หนูจะได้รับอาหารเป็นเวลา 2 สัปดาห์แล้วจะทำการเก็บมูลของหนูแต่ละตัวใน 3 วันสุดท้ายของการทดลอง ผลการทดลองพบว่าในจำนวนของอาหารเชื้อใยทั้งหมดอาหารที่เสริมโคโคซานมี fecal lipid excretion เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนและลดการย่อยได้ปรากฏของไขมันอย่างชัดเจนประมาณครึ่งหนึ่งของกลุ่มควบคุม ค่าการย่อยได้ปรากฏของโปรตีนต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) กับกลุ่มควบคุม ส่วนประกอบกรดไขมัน (fatty acid) ของไขมันในมูลพบว่าปริมาณกรดไขมันที่อิ่มตัวและไม่อิ่มตัวเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่เติมโคโคซานสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) กับกลุ่มที่เติมเซลลูโลส (กลุ่มควบคุม)

### Fat Digestion



ภาพที่ 2.7 แสดงการย่อยและการดูดซึมคอเลสเตอรอล (Dalwo, 2003)

**Fat Digestion(with chitosan)**



ภาพที่ 2.8 แสดงผลของไคโตซานต่อการย่อยและการดูดซึมคอเลสเตอรอล (Dalwoo. 2003)

**2.8 ผลของไคโตซานต่อสมรรถภาพการผลิต**

ธนเดช มหีเมืองและคณะ (2547) ศึกษาการลดไขมันและคอเลสเตอรอลในไก่เนื้อโดยเสริมไคโตซานในอาหาร โดยใช้ไก่เนื้อสายพันธุ์อาร์เบอร์เอเคอร์คละเพศอายุ 8-49 วัน จำนวน 300 ตัว แบ่งไก่ออกโดยสุ่มเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ ซึ่งให้อาหารที่ไม่เสริมและเสริมไคโตซาน (chitin-chitosan 4.3% chitosan oligosaccharide 4% และ carotenoid 57.6 mg/kg) ในระดับ 0.6 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารตลอดระยะเวลาการทดลองพบว่า การเสริมไคโตซานไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิต (น้ำหนักตัวเพิ่ม ปริมาณอาหารที่กินและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร) แต่ทำให้ไขมันช่องท้อง คอเลสเตอรอลในซีรัม ในเนื้ออกและเนื้อน่องลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) การใช้ไคโตซานทำให้ต้นทุนการผลิตไก่เนื้อสูงขึ้น 0.17 บาทต่อกิโลกรัม

Chae *et al.* (2002) ศึกษาผลของการให้อาหาร chitooligosaccharide ต่อสมรรถภาพการผลิต ภูมิคุ้มกันและการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในสุกรรุ่น โดยใช้ลูกสุกรหย่านมทั้งหมด 118 ตัว (L x Y x D, 6.3±0.3 kg) เลี้ยงด้วยอาหาร Biovita<sup>®</sup> (chitooligosaccharide ที่เติมวิตามินซี, COS-C) ลูกสุกรจะถูกสุ่มเข้าในแต่ละทรีทमेंต์ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 13 ตัวต่อคอก สูตรอาหารประกอบด้วยความต้องการโภชนาที่แนะนำโดย NRC (1998) และเสริม COS-C เข้าไป 3 ระดับคือ 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นกลุ่มควบคุม ระดับต่ำ (Low level, LL) คือ 0.2 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ และระดับสูง (High level, HL) คือ 0.4 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์สำหรับลูกสุกรน้ำหนัก 6-13 กิโลกรัมและลูกสุกรน้ำหนัก 13-30 กิโลกรัมตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าในช่วง weaning pigs (6-13 kg) และ growing pigs (13-30 kg) มีแนวโน้มว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (FCR) จะมีการพัฒนาเมื่อระดับของ COS-C ในอาหารเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และการกินอาหารเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน (ADFI) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้ COS-C ในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมหรือกลุ่ม LL COS-C

ในช่วงทั้งหมดของการทดลอง (6-30 kg) พบว่า HL COS-C ลด ADFI และปรับปรุง FCR อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมหรือ LL COS-C

เขาวมาลย์ ค้ำเจริญและสาโรช ค้ำเจริญ (2545ก) ได้ทำการเสริมเพิ่มโคโค (ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติของโคคินโคโคซานและโคโคซานโอติโกแซคคาไรด์จากการหมักด้วยโพรไบโอติก) 2 ระดับ (0.3% และ 0.6%) ในอาหารลูกสุกรขุนและลูกสุกรหย่านม (อายุ 21-56 วัน) จากผลการทดลองครั้งนี้พบว่า ลูกสุกรขุนและลูกสุกรหย่านมที่กินอาหารที่เสริมเพิ่มโคโคในอาหารจะมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น สุขภาพของลูกสุกรดีขึ้นซึ่งวัดจากอาการท้องร่วง และความสม่ำเสมอของน้ำหนักลูกสุกรจะดีขึ้นเมื่อเสริมเพิ่มโคโคในอาหารเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มลูกสุกรที่ไม่ได้เสริม ผลการทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่า การเสริมเพิ่มโคโคในอาหารลูกสุกรขุนและหย่านมจะมีผลทำให้สมรรถนะในการผลิตของลูกสุกรทั้งสองช่วงเพิ่มขึ้น และยังเป็นสารเร่งโภชนาทางชีวภาพ ซึ่งมีผลทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ได้จากอาหารทำให้สุขภาพของลูกสุกรทั้ง 2 ช่วงอายุดีขึ้น โดยลดการเกิดอาการท้องร่วง ( $P < 0.05$ ) ในลูกสุกรลง ซึ่งมีผลทำให้ความสม่ำเสมอของน้ำหนักลูกสุกรดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มลูกสุกรที่ไม่ได้เสริมเพิ่มโคโค

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ (2543) รายงานว่าโคโคซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของสุกรที่ให้อัตราแลกเนื้อเพิ่มขึ้นและสามารถลดปริมาณการใช้ยาปฏิชีวนะลงได้ในปริมาณมาก ผลของโคโคซานในการเลี้ยงสุกรทำให้สามารถปรับปรุงสุขภาพสุกรให้แข็งแรง ลดอาการป่วยของสุกรภายในฟาร์ม ลดการใช้ยาปฏิชีวนะผสมอาหาร ลดอัตราการสูญเสียและลดต้นทุนการผลิต โดยใช้โคโคซาน 300 ppm ผสมในอาหารสุกร ทำให้การใช้ Amoxy ลดลงจาก 300 ppm เหลือเพียง 100 ppm และ การใช้ Chlortetracycline (CTC) 15 เปอร์เซ็นต์ลดลงจาก 2 กิโลกรัมต่อตันเหลือเพียง 1 กิโลกรัมต่อตัน ตามลำดับ และอาจจะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายรวมของการเลี้ยงสุกรทั่วประเทศได้ประมาณ 441 ล้านบาทต่อปี

เขาวมาลย์ ค้ำเจริญและสาโรช ค้ำเจริญ (2545ข) ได้ทำการเสริมเพิ่มโคโคในอาหารไก่ไข่ (AA Brown) 2 ระดับ (0.3% และ 0.6%) จากผลการทดลองครั้งนี้พบว่า การเสริมเพิ่มโคโคในอาหารไก่ไข่จะมีผลต่อการเพิ่มสมรรถนะการผลิตของไก่ไข่และปรับปรุงคุณภาพของไข่ได้สูงสุด การเสริมเพิ่มโคโคในอาหารไก่ไข่จะแสดงผลอย่างชัดเจนต่อผลผลิตไข่ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารให้เป็นไข่ ความหนาแน่นของไข่ ความสูงของไข่ขาว สีของไข่แดงและยังมีผลในการเพิ่มความหนาของเปลือกไข่และน้ำหนักของเปลือกไข่อีกด้วย นอกจากการแสดงผลเด่นชัดในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตไข่แล้วยังเพิ่มอัตราการเลี้ยงรอดของไก่ไข่ที่เลี้ยงภายใต้สภาพการเลี้ยงไก่ไข่ในประเทศให้สูงขึ้นด้วย

Zolia *et al.* (2003) ศึกษาผลของโคโคซานต่อลักษณะผลผลิตและการฟักออกของนกกกระทา โดยใช้นกกกระทาอายุ 5 สัปดาห์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีตัวเมีย 36 ตัวและตัวผู้ 12 ตัว กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่เติมโคโคซาน 5.2 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1.2 กิโลกรัม พบ

ว่าปริมาณอาหารที่กินต่อวัน จำนวนผลผลิตไข่ของกลุ่มที่เติมโคโคซานต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แต่ปริมาณอาหารที่กินต่อจำนวนผลผลิตไข่อีกสูงกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่ามีอัตราการรอดชีวิตและอัตราการฟักออกสูงกว่ากลุ่มควบคุมอีกด้วย

## 2.9 ผลของโคโคซานต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ

Xiaozen *et al.* (2001) ศึกษาผลกระทบของโคโคซานต่อการเจริญเติบโตและเมตาบอลิซึมของไขมันในไก่กระต่ายเพศผู้ โดยใช้ไก่ทดลอง 168 ตัวแบ่งเป็น 4 กลุ่มตามระดับโคโคซานที่เติมคือ 0 1 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์โดยแบ่งกลุ่มละ 2 ซ้ำ การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ช่วง (0-3 , 4-6 และ 7-8 สัปดาห์) ให้ได้รับอาหารและน้ำแบบเต็มที่ ซึ่งจะสุ่มไก่ 3 ตัวต่อซ้ำในวันสุดท้ายของแต่ละช่วงมาตรวจเมตาบอลิซึมของไขมัน ผลการทดลองพบว่าโคโคซานมีผลในการปรับปรุงการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) เปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้อง ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังจากการตัดแต่งซากลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) และปริมาณ triacylglycerol และ total bilirubin ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าโคโคซานมีผลในการลดการเก็บสะสมไขมันและปรับปรุงคุณภาพซาก

Kobayashi and Itoh (1991) ศึกษาถึงผลกระทบของการเติมโคโคซานและโคโคซานต่อการเจริญเติบโตและการเก็บสะสมไขมันที่ช่องท้องในไก่ การทดลองใช้ไก่ leghorn ขาวหอนจักรอายุ 8 วัน เลี้ยงด้วยอาหารพื้นฐานที่มีข้าวโพดและกากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบหลัก (20% CP 2830 kcal/kg ME) อาหารที่มีไขมันสูงคือเติมน้ำมันถั่วเหลือง 7 เปอร์เซ็นต์ที่ไม่เติมโคโคซานหรือโคโคซานและเติมโคโคซานหรือโคโคซาน 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่ปริมาณอาหารที่กินและน้ำหนักตัวเพิ่มของไก่ที่ได้รับอาหารที่มีไขมันสูงต่ำกว่าไก่ที่ได้รับอาหารพื้นฐาน การเติมโคโคซานหรือโคโคซานในอาหารไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวเพิ่มและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีไขมันสูงทำให้สัดส่วนของ plasma triglyceride : abdominal fat weight ลดลงแต่ไม่มีผลต่อ plasma phospholipid, Total cholesterol, HDL-cholesterol และ LDL-cholesterol การเติมโคโคซานในอาหารไม่มีผลต่อสัดส่วน plasma lipid concentration : abdominal fat weight แต่การเติมโคโคซานในอาหารที่มีไขมันสูงจะลดสัดส่วนการดูดซึมไขมันและลดน้ำหนักไขมันช่องท้องของไก่ทดลอง

Shiau and Yu (1999) ศึกษาถึงผลกระทบของการเติมโคโคซานและโคโคซานต่อการเจริญเติบโตของปลานิล (*Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*) โดยเติมในอาหารปลาปริมาณ 0 2.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ในอาหารควบคุมเลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ซึ่งแบ่งเป็น 3 ซ้ำต่อกลุ่ม น้ำหนักตัวเริ่มต้นคือ  $0.99 \pm 0.01$  กรัม พบว่าส่วนประกอบไขมันในตัวปลาที่ให้กินอาหารที่เติมโคโคซานลดลงตามระดับโคโคซานที่เติม ปลาที่ให้กินอาหารที่เติมโคโคซาน 2 และ 5 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณไขมันในตัวปลาสูงกว่าปลาที่ให้กินอาหารที่เติมโคโคซานในระดับเดียวกัน สอดคล้องกับการทดลองของ Shiau and Yu (1998)

ศึกษาผลกระทบของการเติมไคตินและไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง (*Penaeus monodon*) โดยเติมในอาหารกุ้งปริมาณ 0 2 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ในอาหารควบคุมเลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ซึ่งแบ่งเป็น 3 ซ้ำต่อกลุ่ม น้ำหนักตัวเริ่มต้นคือ  $0.45 \pm 0.05$  กรัม พบว่าส่วนประกอบโปรตีนและไขมันของกุ้งที่กินอาหารที่เติมไคโตซานทุกระดับต่ำกว่า ( $P < 0.05$ ) กลุ่มควบคุม ส่วนประกอบของไขมันและความเข้มข้นของคลอเลสเตอรอลในเลือดของกุ้งที่ให้กินอาหารเต็มที่ที่เติมไคติน 10 เปอร์เซ็นต์ลดลง ( $P < 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ไขมันและความเข้มข้นของคลอเลสเตอรอลในเลือดกุ้งในกลุ่มที่ให้กินอาหารเต็มที่ที่เติมไคติน 5 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่ากลุ่มที่ให้กินอาหารที่เติมไคโตซาน 5 เปอร์เซ็นต์

## 2.10 ผลของไคโตซานต่อภูมิคุ้มกัน

Chac *et al.* (2002) ศึกษาผลของการให้อาหาร chitooligosaccharide ต่อสมรรถภาพการผลิต ภูมิคุ้มกันและการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในสุกรรุ่น โดยใช้ลูกสุกรหย่านมทั้งหมด 118 ตัว (L x Y x D,  $6.3 \pm 0.3$  kg) เลี้ยงด้วยอาหาร Biovita® (chitooligosaccharide ที่เติมวิตามินซี, COS-C) พบว่าสัดส่วนของ Major histocompatibility (MHC) class II expressing lymphocyte และ B lymphocyte เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มที่เติม chitooligosaccharide อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของเซลล์ทั้งสองชนิดไม่ได้ขึ้นอยู่กับ chitooligosaccharide ในอาหาร แต่มันดูเหมือนว่า COS-C ทำให้ภูมิคุ้มกันในสุกรแข็งแรงมากขึ้นเช่น มี antibody production และ microphage activity เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Anonymous (2003) ที่รายงานว่าบทบาทในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของ chitosan oligosaccharide (เกิดจากการย่อยไคโตซานที่มีโมเลกุลสูง) เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลคล้ายกันกับเนื้อเยื่อเซลล์ chitosan oligosaccharide มีอิทธิพลที่เป็นประโยชน์ต่อของเหลวในร่างกาย (เลือดและน้ำเหลือง) และเซลล์ภูมิคุ้มกัน มันจะกระตุ้นการผลิต Interferon (โปรตีนที่เกิดขึ้นเมื่อเซลล์ติดเชื้อไวรัส) ซึ่งก็คือ Interleukin-1 chitosan oligosaccharide ก็ยังมีผลในการกระตุ้นต่อ  $\beta$ -lymphocytes ซึ่งก็คือ neutrophils และ macrophage ผลของภูมิคุ้มกันต่อโรคนี้ได้จากการศึกษากับโรคหลายชนิดประกอบกัน และยังสอดคล้องกับรายงานของ Wei (2003) ที่รายงานว่ามีการทดลองไม่มากในการยกระดับภูมิคุ้มกันโดยไคโตซาน ไคโตซานมีบทบาทสำคัญในการยกระดับภูมิคุ้มกันของร่างกาย โดยไคโตซานสามารถกระตุ้น alexin system (ระบบของสารในโลหิตที่ทำลายแบคทีเรีย) และชักนำให้เกิด alexin system ต่อผลกระทบทางชีวภาพ หลังจากมีการดูดซึม  $H^+$  ซึ่งประจุบวกจะยึดติดกับ macrophage และ T- lymphocyte ที่มีประจุลบ ดังนั้นจึงจับซึ่งกันและกันและประจุบวกจะทำให้โครงสร้างที่เป็นฟิล์มโค้งงอ จึงกระตุ้น immunocytes (เซลล์ของระบบน้ำเหลืองที่สามารถมีปฏิกิริยาสร้างภูมิคุ้มกันโรคต่อได้ antigen)

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการเสริมโคโคซานต่อการย่อยได้ สมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ ภูมิคุ้มกันและระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของไก่เนื้อ โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

#### 3.1 สัตว์ทดลอง

ใช้ลูกไก่เนื้อสายพันธุ์ COBB คณะเพศ จำนวน 1236 ตัว

#### 3.2 อุปกรณ์

##### 3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเลี้ยงไก่เนื้อ

- 1) ภาชนะสำหรับไก่เล็กและไก่รุ่น
- 2) เครื่องชั่งน้ำหนักอาหารและเครื่องชั่งน้ำหนักไก่
- 3) เครื่องชั่งดิจิตอล (Digital balancing)
- 4) เครื่องผสมอาหาร
- 5) เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิและเทอร์โมมิเตอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์

##### 3.2.2 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการศึกษาการย่อยได้

- 1) กรงเมตาบอลิกจำนวน 36 กรง
- 2) อุปกรณ์ให้อาหารจำนวน 36 อัน
- 3) ตู้อบแห้ง (Hot air oven)
- 4) ถังสำหรับเก็บมูล
- 5) เครื่องชั่งดิจิตอล (Digital balancing)
- 6) เครื่องวิเคราะห์พลังงาน Ballistic bombs calorimeter
- 7) chromic oxide
- 8) formaldehyde

##### 3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาลักษณะซาก

- 1) มีดชำแหละซากและตะกร้าที่ใช้ใส่ซากไก่ที่ชำแหละแล้ว
- 2) เครื่องหมายติดเบอร์ไก่

- 3) เครื่องชั่งดิจิตอล (Digital balancing)
- 4) เครื่องถอนขนไก่

### 3.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาคุณภาพเนื้อ

- 1) เครื่องบรรจุสุญญากาศ (Vacuum package)
- 2) เครื่องมือสกัดไขมันแบบ Labconco Goldfish
- 3) เครื่องวิเคราะห์โปรตีน Gerhardt
- 4) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)
- 5) เครื่องมือวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Instron Model 1011)

### 3.2.5 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อศึกษาภูมิคุ้มกันและคอเลสเตอรอล

- 1) 10% ethylenediamine tetraacetate disodium (EDTA -2Na)
- 2) microtube ขนาด 1.5 ml.
- 3) ไมโครปิเปต

### 3.2.6 สารโคโคซาน

สารโคโคซานที่นำมาทดลองทำมาจากเปลือกกุ้ง โดยมีค่า deacetylation 80 เปอร์เซ็นต์ ขนาด 100-200 mesh มีความชื้น 9.5 เปอร์เซ็นต์ ถ้าน้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นเกรด industrial grade

## 3.3 วิธีการ

การศึกษากการเสริมโคโคซานต่อการย่อยได้ สมรรถภาพการผลิต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ แบ่งเป็น 2 การทดลองดังนี้

### 3.3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการย่อยได้ของอาหารผสมโคโคซานในไก่เนื้อ

#### 3.3.1.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) ทำการสุ่มไก่เนื้อเพศผู้อายุ 4 สัปดาห์เข้ากรงขังเดี่ยวเพื่อทำการย่อยได้ (metabolic cages) ขนาด 0.4 x 0.5 ตารางเมตร จำนวน 36 กรง โดยไก่จะได้รับอาหารทดลอง 6 กลุ่ม ๆ ละ 6 ตัว ตามอาหารทดลองดังนี้

- กลุ่มที่ 1. อาหารควบคุม (ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง)
- กลุ่มที่ 2. อาหารควบคุมเสริมยาปฏิชีวนะ (Chlortetracycline ; CTC 50 ppm)
- กลุ่มที่ 3. อาหารควบคุมเสริมด้วยสารโคโคซาน 200 ppm
- กลุ่มที่ 4. อาหารควบคุมเสริมด้วยสารโคโคซาน 300 ppm

กลุ่มที่ 5. อาหารควบคุมเสริมด้วยสารโคโคซาน 400 ppm

กลุ่มที่ 6. อาหารควบคุมเสริมด้วยสารโคโคซาน 500 ppm

ส่วนประกอบของอาหารทดลองหาการย่อยได้ แสดงในตารางที่ 3.1, 3.2 และ 3.3 ตามลำดับ โดยอาหารทุกกลุ่มคำนวณตามความต้องการของไก่เนื้อที่แนะนำโดย NRC (1994)

### 3.3.1.2 วิธีการทดลอง

ไก่ทดสอบจะได้รับอาหารแบบเต็มที่จะถูกเปลี่ยนจากอาหารเดิมเป็นอาหารทดสอบโดยค่อยๆ ปรับให้ไก่ยอมรับอาหารทดสอบและเพิ่มอัตราส่วนของอาหารทดสอบมากขึ้นจนไก่กินอาหารทดสอบได้ทั้งหมด ใช้เวลาในการปรับอาหารประมาณ 4-5 วัน จากนั้นจึงเริ่มทดสอบโดยชั่งน้ำหนักและให้อาหารทดสอบในเวลา 8.00 น. เลี้ยงด้วยสูตรอาหารทดสอบติดต่อกัน 3 วัน ทำการชั่งน้ำหนักอาหารที่เหลือในวันรุ่งขึ้นก่อนให้อาหารใหม่ทุกวัน ใส่ chromic oxide ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) 0.1 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเป็นตัวบ่งชี้ (marker) ในอาหารทดสอบแต่ละสูตรของวันแรกและวันสุดท้าย วางถาดเก็บสิ่งขับถ่าย วันแรกเริ่มเก็บมูลเมื่อเห็นสีเขียวของตัวบ่งชี้ และเลิกเก็บมูลเมื่อไม่เห็นสีของตัวบ่งชี้สำหรับวันสุดท้าย ทำการเก็บสิ่งขับถ่ายออกทุกวันในเวลาเดียวกันแยกสิ่งปนเปื้อนออกจากสิ่งขับถ่าย เก็บตัวอย่างมูลทั้งหมดใส่ถุงพลาสติก 2 ชั้นใส่ฟอร์มมาลิน 5 มิลลิลิตร รัศปากถุงให้แน่นแช่ในตู้แช่แข็ง และนำมามูลไก่ในแต่ละวันที่ได้ (แยกเป็นรายตัว) มาผสมรวมกันแล้วนำเข้าอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ไก่ทดสอบหาค่า Endogenous nutrient loss (ENL) ใช้ไก่ 6 ตัวซึ่งไม่ได้รับอาหารทดสอบเลย ทำการอดอาหารนาน 32 ชั่วโมงแต่มีน้ำให้กินตลอดเวลา หลังจากนั้นทำการเก็บสิ่งขับถ่ายอีก 42 ชั่วโมง เพื่อนำสิ่งขับถ่ายที่ได้ไปหาค่า Metabolic fecal nitrogen (MFN) และ Endogenous urinary nitrogen (EUN) เพื่อใช้ในการคำนวณหาโปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิ (Net protein utilization ; NPU)

#### 3.3.1.3 การบันทึกข้อมูล

- 1) ทำการบันทึกน้ำหนักอาหารที่ไก่กินแต่ละวัน
- 2) บันทึกน้ำหนักสิ่งขับถ่ายของไก่แต่ละตัว
- 3) บันทึกน้ำหนักสิ่งขับถ่ายหลังอบแห้ง
- 4) บันทึกโภชนะในอาหารทดสอบ

#### 3.3.1.4 การคำนวณข้อมูล

- 1) การย่อยได้ของไขมันและโปรตีน

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

2) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏ (Apparent Metabolizable Energy, AME)

$$\text{AME/กรัมอาหาร} = \frac{(\text{FI} \times \text{GEf}) - (\text{E} \times \text{GEc})}{\text{FI}}$$

FI = ปริมาณอาหารที่สัตว์กิน (กรัม)

E = ปริมาณมูลที่ขับออกมา (กรัม)

GEf = พลังงานทั้งหมด (gross energy) ในอาหารต่อกรัม

GEc = 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

### 3.3.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำค่าความชื้น โปรตีน ไขมันและพลังงานทั้งหมดในมูล การย่อยได้ของไขมัน การย่อยได้ของโปรตีน โปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิและพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏในกลุ่มอาหารทดสอบแต่ละกลุ่มมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอาหารแต่ละกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test ด้วยโปรแกรม SAS (1985)

3.3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาการเสริมโคโคซานในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ ภูมิคุ้มกันและระดับคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่เนื้อ

3.3.2.1 ศึกษาการเสริมโคโคซานในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ

#### 3.3.2.1.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ โดยทำการสุ่มคอกไก่ทดลองขนาด 1.5x4 ตารางเมตร จำนวน 24 คอกเพื่อรองรับกลุ่มอาหารทดลอง 6 กลุ่ม ๆ ละ 4 คอก จากนั้นทำการสุ่มลูกไก่เนื้อแต่ละเพศอายุ 1 วัน จำนวนคอกละ 50 ตัว โดยไก่จะได้รับอาหารทดลองแบ่งเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1. อาหารควบคุม (ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง)

กลุ่มที่ 2. อาหารควบคุมเสริมยาปฏิชีวนะ (Chlortetracycline 50 ppm)

กลุ่มที่ 3. อาหารควบคุมเสริมด้วยสารโคโคซาน 200 ppm

กลุ่มที่ 4. อาหารควบคุมเสริมด้วยสารโคโคซาน 300 ppm

กลุ่มที่ 5. อาหารควบคุมเสริมด้วยสารโคโคซาน 400 ppm

กลุ่มที่ 6. อาหารควบคุมเสริมด้วยสารโคโคซาน 500 ppm

อาหารทดลองทุกกลุ่มคำนวณตามความต้องการของไก่เนื้อในแต่ละระยะอายุคือ 0-3, 3-6 และ 6-7 สัปดาห์ ซึ่งแนะนำโดย NRC (1994) แสดงในตารางที่ 3.1, 3.2 และ 3.3 ตามลำดับ

### 3.3.2.1.2 วิธีการทดลอง

ใช้ไก่เนื้อสายพันธุ์ COBB อายุ 1 วันคละเพศแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มตามอาหารทดลองโดยที่ในแต่ละกลุ่มจะใช้ลูกไก่จำนวน 200 ตัวและจัดไก่ทดลองแบบสุ่มเข้ากลุ่มทดลองในแต่ละกลุ่มทดลองจะแยกออกเป็น 4 คอกๆ ละ 50 ตัว ทดลองเลี้ยงจนไก่มีอายุ 7 สัปดาห์ โดยให้กินน้ำและอาหารอย่างเต็มที่ตลอดระยะเวลาการทดลอง ให้แสงวันละ 24 ชั่วโมงและทำวัคซีนโรคนิวคาสเซิลที่อายุ 1 สัปดาห์และทำวัคซีนโรคกัมโบโรที่อายุ 2 สัปดาห์เมื่อไก่มีอายุครบ 7 สัปดาห์ทำการสุ่มไก่ทดลองทุกกลุ่มซ้ำละ 4 ตัว (เพศผู้ 2 ตัวเพศเมีย 2 ตัว) ทำการฆ่าชำแหละซากเพื่อศึกษาลักษณะซากของไก่ทดลองจากนั้นนำซากไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (chilling) แล้วจึงทำการตัดแต่งซากเย็นและเก็บเนื้อสันในของไก่แต่ละทรีทเมนต์เพื่อนำไปทดสอบหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียเนื้อระหว่างการปรุง หากค่าแรงตัดผ่านเนื้อ วิเคราะห์หาความชื้นไขมันและโปรตีน (AOAC, 1995) ในเนื้อต่อไป

### 3.3.2.1.3 การบันทึกข้อมูล

- 1) บันทึกน้ำหนักไก่เริ่มต้น
- 2) บันทึกน้ำหนักตัวที่เพิ่มทุกๆสัปดาห์
- 2) บันทึกปริมาณอาหารที่กินของไก่ในแต่ละกลุ่มทุกๆสัปดาห์
- 3) บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทุกวัน

### 3.3.2.1.4 การคำนวณข้อมูล

- 1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (FCR) โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (FCR)} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่กิน}}{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น}}$$

- 2) อัตราการเจริญเติบโต (ADG) โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{อัตราการเจริญเติบโต (ADG)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่ม}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง} \times \text{จำนวนไก่ที่เลี้ยง}}$$

3) อัตราการเลี้ยงรอด (%)

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

4) ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก (บาท/กิโลกรัม)

$$\text{ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน (กก.)} \times \text{ราคาอาหาร (บาท/กก.อาหาร)}}{\text{น้ำหนักเพิ่มต่อตัว}}$$

5) ดัชนีสมรรถภาพการผลิต (European Efficiency Factor

Index ; EEFI)

$$\text{EEFI} = \frac{\text{อัตราการเลี้ยงรอด(\%)} \times \text{น้ำหนักตัว(กก.)} \times 100}{\text{FCR} \times \text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

6) บันทึกน้ำหนักตัวไก่ที่มีชีวิตก่อนฆ่าโดยสุ่มมาฆ่าละ 4 ตัว

7) บันทึกน้ำหนักไก่ที่มีชีวิต น้ำหนักซากไก่ที่ถอนขนแล้ว น้ำหนักเลือดและขน น้ำหนักซากไก่ที่ถอนขนไม่รวมเครื่องใน น้ำหนักเครื่องในที่กินไม่ได้ น้ำหนักเครื่องในที่กินได้ น้ำหนักหัวและคอ น้ำหนักแข้ง (รวมตีนไก่) น้ำหนักไขมันช่องท้อง แล้วเปรียบเทียบลักษณะดังกล่าวเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่า

8) บันทึกน้ำหนักซากเข็น น้ำหนักปีก น้ำหนักเนื้อทั้งหมด น้ำหนักกระดูกทั้งหมดและน้ำหนักหนังทั้งหมด แล้วเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเข็น (ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง)

### 3.3.2.1.5 เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำระหว่างปรุง (cooking loss)

ภายหลังการตัดแต่งซากเข็นแล้วเก็บเนื้อสันในไก่ด้านขวาแต่ละตัวบันทึกน้ำหนักเริ่มต้นเป็น  $W_1$  หาเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำระหว่างปรุง นำเนื้อสันในใส่ลงไป ในถุงสุญญากาศแล้วเข้าเครื่องบรรจุสุญญากาศเพื่อดูดอากาศออก จากนั้นนำไปต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) โดยเริ่มจับเวลาที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสจนกระทั่งอุณหภูมิใจกลางชิ้นเนื้อประมาณ 70 องศาเซลเซียสซึ่งใช้เวลานานประมาณ 50 นาที จากนั้นนำถุงที่บรรจุเนื้อสันใน ที่ผ่านการทำให้สุกแล้วไปทำให้เย็น โดยแช่น้ำให้น้ำไหลผ่านประมาณ 20-40 นาที แล้วนำเนื้อสันในออกจากถุงชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนเนื้อสันใน ที่ผ่านการทำให้สุกแล้วเป็นค่า  $W_2$  แล้วคำนวณหาเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำระหว่างปรุง ตามวิธีของ Berge *et al.* (1993)

$$\text{เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำระหว่างปรุง} = \frac{(W_1 - W_2) \times 100}{W_1}$$

### 3.3.2.1.6 ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force)

นำตัวอย่างชิ้นเนื้อที่ผ่านขั้นตอนการหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียไอน้ำระหว่างปรุง (จากข้อ 4) มาตัดเป็นแท่งยาวรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยใช้มีดตัดตามแนวยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อให้มีขนาดยาวประมาณ 3 เซนติเมตรและพื้นที่หน้าตัดของชิ้นเนื้อประมาณ 1.25 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นนำชิ้นส่วนเนื้อไปวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อด้วยเครื่องมือวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อโดยตัดตามขวางของเส้นใยกล้ามเนื้อตามวิธีของ Van Oeckel *et al.* (1999)

### 3.3.2.1.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลสมรรถภาพการผลิตที่บันทึกได้เฉลี่ยเป็นช่วงอายุ ข้อมูลคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรม SAS (1985)

### 3.3.2.2 ศึกษาการเสริมโคโตซานในอาหารต่อระบบภูมิคุ้มกันโรคนิวคาสเซิล และโรคกัมโบโรของไก่เนื้อ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ โดยทำการสุ่มไก่อายุ 7 วัน จำนวน 40 ตัว ซึ่งได้รับอาหารควบคุมมาเจาะเลือดที่หัวใจเพื่อตรวจภูมิคุ้มกันโรคนิวคาสเซิล (newcastle disease) และโรคกัมโบโร (gumboro disease) เริ่มต้น สุ่มไก่ในแต่ละกลุ่มจากการศึกษาสมรรถภาพการผลิต ที่อายุ 21 วัน และ 28 วันหลังจากทำวัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิลและโรคกัมโบโรแล้ว 14 วันตามลำดับ เนื่องจากไก่ที่ได้รับวัคซีนเชื่อเป็นจะมีภูมิคุ้มกันโรคเกิดขึ้นใน 7-14 วันซึ่งระดับภูมิคุ้มกันจะสูงในช่วง 14 วันหลังไก่ได้รับวัคซีน (จิโรจ ศศิปรีชญินทร์. 2541) โดยสุ่มกลุ่มละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ตัว มาเจาะเลือดบริเวณเส้นเลือดดำใต้ปีก (wing vein) ประมาณ 1 มิลลิลิตรต่อตัว ใส่ microtube ที่มี 10% EDTA-2Na ปริมาณ 30 ไมโครลิตร หลังจากนั้นนำส่วนของซีรัมไปตรวจภูมิคุ้มกันโรคนิวคาสเซิลด้วยวิธี Hemagglutination-inhibition (HI) และตรวจภูมิคุ้มกันโรคกัมโบโรด้วยวิธี Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay (ELISA)

นำข้อมูลไคเตอร์มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรม SAS (1985)

### 3.3.2.3 ศึกษาการเสริมโคโตซานในอาหารต่อระดับคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่เนื้อ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ โดยทำการสุ่มไก่อายุ 49 วันจากขั้นตอนที่ 1 จำนวน กลุ่มละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ตัว มาเจาะเลือดบริเวณเส้นเลือดดำใต้ปีก

(wing vein) ประมาณ 1 มิลลิเมตรต่อตัว ใส่ microtube ที่มี 10% EDTA-2Na ปริมาณ 30 ไมโครลิตร หลังจากนั้นนำส่วนของซีรัมไปตรวจหาระดับ serum cholesterol

นำข้อมูลระดับ serum cholesterol มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรม SAS (1985)

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่ทดลองระยะอายุ 0-3 สัปดาห์

วัตถุดิบ (กิโลกรัม)	กลุ่ม ควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			200	300	400	500
ข้าวโพดบด	52.49	52.49	52.49	52.49	52.49	52.49
กากถั่วเหลือง (47%)	30.22	30.22	30.22	30.22	30.22	30.22
รำข้าว	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
น้ำมันพืช	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
ปลาป่น (58%)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
เกลือ	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
โมโนแคลเซียมฟอสเฟต	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
เมทไทโอนีน	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
หินฝุ่น	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
พรีมิกซ์	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
รวม	100	100	100	100	100	100
โคโคซาน	0	0	0.02	0.03	0.04	0.05
Chlortetracycline (15%)	0	0.033	0	0	0	0
ราคาอาหาร (บาท/กก.)	8.55	8.57	8.63	8.67	8.71	8.75

ค่าโภชนะของสูตรอาหารจากการคำนวณ

Protein (%)	23
ME (Kcal/Kg)	3052.41
Calcium (%)	1.01
A. Phosphorus (%)	0.47
Lysine (%)	1.30
MET + CYS (%)	0.90

ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่ทดลองระยะอายุ 3-6 สัปดาห์

วัตถุดิบ (กิโลกรัม)	กลุ่ม ควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			200	300	400	500
ข้าวโพดบด	61.42	61.42	61.42	61.42	61.42	61.42
กากถั่วเหลือง (47%)	22.49	22.49	22.49	22.49	22.49	22.49
รำข้าว	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
น้ำมันพืช	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ปลาป่น (58%)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
เกลือ	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
โมโนแคลเซียมฟอสเฟต	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
เมทไทโอนีน	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
หินฟูน	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
พรีมิกซ์	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
รวม	100	100	100	100	100	100
โคโคซาน	0	0	0.02	0.03	0.04	0.05
Chlortetracycline (15%)	0	0.033	0	0	0	0
ราคาอาหาร (บาท/กก.)	7.84	7.86	7.92	7.96	8.00	8.04
ค่าโภชนะของสูตรอาหารจากการคำนวณ						
Protein (%)	20					
ME (Kcal/Kg)	3101.43					
Calcium (%)	0.91					
A. Phosphorus (%)	0.36					
Lysine (%)	1.08					
MET + CYS (%)	0.73					

ตารางที่ 3.3 ส่วนประกอบสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่ทดลองระยะอายุ 6-7 สัปดาห์

วัตถุดิบ (กิโลกรัม)	กลุ่ม ควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			200	300	400	500
ข้าวโพดบด	61.44	61.44	61.44	61.44	61.44	61.44
กากถั่วเหลือง (47%)	21.36	21.36	21.36	21.36	21.36	21.36
รำข้าว	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
น้ำมันพืช	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45
ปลาป่น (58%)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
เกลือ	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
หินฟูน	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
พรีมิกซ์	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
รวม	100	100	100	100	100	100
โคโคซาน	0	0	0.02	0.03	0.04	0.05
Chlortetracycline (15%)	0	0.033	0	0	0	0
ราคาอาหาร (บาท/กก.)	7.90	7.92	7.98	8.02	8.06	8.10
ค่าโภชนะของสูตรอาหารจากการคำนวณ						
Protein (%)	18					
ME (Kcal/Kg)	3200.58					
Calcium (%)	0.82					
A. Phosphorus (%)	0.33					
Lysine (%)	1.05					
MET + CYS (%)	0.68					

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารสูตรควบคุมทั้ง 3 ระยะเวลา

ตารางที่ 4.1 ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารไก่เนื้อที่ใช้ในการทดลอง

	ระยะเวลา (สัปดาห์)		
	0-3	3-6	6-7
ความชื้น (%)	10.94	10.07	10.42
วัตถุแห้ง (%)	89.06	89.93	89.58
โปรตีน (%)	22.59	19.85	19.27
ไขมัน (%)	6.35	5.86	7.76
เยื่อใย (%)	3.81	3.59	3.45
ไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรกซ์ (%)	49.59	57.18	54.07
เถ้า (%)	6.72	5.94	5.03
แคลเซียม (%)	1.24	1.17	1.09
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (%)	0.71	0.60	0.56
พลังงานทั้งหมด (Kcal/Kg)	4154	4227	4422

จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทั้ง 3 ระยะเวลาพบว่า เปรอร์เซ็นต์โปรตีนของอาหารระยะเวลา 0-3 และ 3-6 สัปดาห์มีค่าต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนของอาหารจากการคำนวณ แต่ที่ระยะ 6-7 มีค่าสูงกว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนของอาหารจากการคำนวณ สำหรับเปอร์เซ็นต์แคลเซียม และเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสทั้งหมดจากการวิเคราะห์ของอาหารทั้ง 3 ระยะเวลา มีค่าสูงกว่าจากการคำนวณ ซึ่งโภชนะในอาหารจากการคำนวณ แสดงในตารางที่ 3.1, 3.2 และ 3.3 ตามลำดับ

#### 4.2 ศึกษาการเสริมโคโคซานในอาหารต่อการย่อยได้ของไก่เนื้อเพศผู้

ผลการทดลองพบว่า เปรอร์เซ็นต์ความชื้นและโปรตีนในมูล การย่อยได้ของโปรตีนและ เปรอร์เซ็นต์โปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิ (Net protein utilization ; NPU เป็นค่าที่บ่งว่าโปรตีนที่สัตว์ กินเข้าไปสามารถถูกกักเก็บไว้ในร่างกายได้กี่เปอร์เซ็นต์) ของไก่ที่ได้รับอาหารแต่ละกลุ่มของ อาหารทั้ง 3 ระยะอายุไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่พบว่าการย่อยได้ของโปรตีน และ เปรอร์เซ็นต์ NPU ของไก่ที่ได้รับอาหารที่เสริมยาปฏิชีวนะสูงกว่ากลุ่มที่โคโคซานทั้ง 4 ระดับและ กลุ่มควบคุมของอาหารทั้ง 3 ระยะอายุ สำหรับกลุ่มที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับพบว่ากลุ่มที่เสริม โคโคซาน 300 ppm มีค่าการย่อยได้ของโปรตีน และเปรอร์เซ็นต์ NPU สูงที่สุดแต่มีค่าต่ำกว่ากลุ่ม ควบคุมของอาหารทั้ง 3 ระยะอายุ ยกเว้น เปรอร์เซ็นต์ NPU ของอาหารระยะอายุ 0-3 และ 3-6 สัปดาห์ ซึ่งกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 300 ppm สูงกว่ากลุ่มควบคุม

เปรอร์เซ็นต์ไขมันในมูลของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารระยะที่ 1 (ช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์) กลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะและกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 200 ppm ต่ำกว่ากลุ่มที่เสริม โคโคซาน 300 400 และ 500 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) และกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 300 และ 400 ppm ต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมโคโคซาน 500 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) เปรอร์เซ็นต์ไขมันในมูลของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารระยะที่ 2 (ช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์) กลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะและกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 200 300 และ 400 ppm ต่ำกว่ากลุ่มที่เสริม โคโคซาน 500 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) เปรอร์เซ็นต์ไขมันในมูลของไก่เนื้อที่ได้รับ อาหารระยะที่ 3 (ช่วงอายุ 6-7 สัปดาห์) กลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะและกลุ่มที่เสริม โคโคซาน 300 ppm ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) กับกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 500 ppm กลุ่มที่เสริมโคโคซาน 200 400 และ 500 ppm ไม่แตกต่างกัน ทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) กับกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ อาหารที่ เสริมโคโคซานมีแนวโน้มที่จะมีเปรอร์เซ็นต์ไขมันในมูลสูงกว่าอาหารควบคุม

ปริมาณพลังงานทั้งหมดในมูล (Kcal/Kg) ของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารระยะที่ 1 (ช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์) กลุ่มควบคุมต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) กับกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ กลุ่มที่ เสริมโคโคซาน 200 300 400 และ 500 ppm ซึ่งกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 500 ppm มีค่าพลังงานทั้ง หมัดในมูลสูงที่สุด ปริมาณพลังงานทั้งหมดในมูลกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) กับกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 200 300 และ 400 ppm แต่ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) กับกลุ่มที่โคโคซาน 500 ppm ปริมาณพลังงานทั้งหมดในมูลของไก่เนื้อที่ได้รับอาหาร ระยะที่ 2 (ช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์) กลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ กลุ่มที่เสริมโคโคซาน 200 300 400 ppm ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) กับ กลุ่มที่เสริมโคโคซาน 500 ppm ซึ่งค่าพลังงานทั้งหมดในมูลจะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับโคโคซานเพิ่มขึ้น ปริมาณพลังงานทั้งหมดในมูลของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารระยะที่ 3 (ช่วงอายุ 6-7 สัปดาห์)



โคโคซาน 300 ppm ซึ่งพบว่าค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏจะลดลงเมื่อมีการเสริมโคโคซานในระดับเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.2 ผลของการเสริมโคโคซานต่อการย่อยได้ของไก่เนื้อเพศผู้ของอาหารระยะอายุ 0-3 3-6 และ 6-7 สัปดาห์

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			200	300	400	500
ความชื้นในมูลสด (%)						
อาหารระยะ 0-3 สัปดาห์	85.84	84.71	83.65	85.85	84.67	85.82
อาหารระยะ 3-6 สัปดาห์	85.96	87.61	85.04	86.05	84.37	85.64
อาหารระยะ 6-7 สัปดาห์	85.26	84.47	81.40	83.14	84.35	82.13
โปรตีนในมูล (%)						
อาหารระยะ 0-3 สัปดาห์	30.68	28.56	27.03	28.74	27.90	27.23
อาหารระยะ 3-6 สัปดาห์	26.99	29.63	28.42	27.43	27.86	28.30
อาหารระยะ 6-7 สัปดาห์	29.99	29.87	28.88	29.49	31.41	33.91
การย่อยได้ของโปรตีน (%)						
อาหารระยะ 0-3 สัปดาห์	68.75	72.23	68.53	70.54	69.00	69.80
อาหารระยะ 3-6 สัปดาห์	70.05	69.63	66.13	69.14	66.58	62.70
อาหารระยะ 6-7 สัปดาห์	65.79	67.19	64.65	65.31	61.18	54.18
NPU (%)						
อาหารระยะ 0-3 สัปดาห์	73.57	79.70	76.54	78.72	76.62	77.17
อาหารระยะ 3-6 สัปดาห์	76.15	76.74	72.06	76.73	73.52	70.14
อาหารระยะ 6-7 สัปดาห์	72.94	75.15	71.43	72.02	68.87	61.27
ไขมันในมูล (%)						
อาหารระยะ 0-3 สัปดาห์	2.63 <sup>ii</sup>	1.90 <sup>ii</sup>	2.34 <sup>ii</sup>	5.41 <sup>ii</sup>	4.79 <sup>ii</sup>	7.41 <sup>ii</sup>
อาหารระยะ 3-6 สัปดาห์	4.05 <sup>ii</sup>	4.65 <sup>ii</sup>	4.37 <sup>ii</sup>	5.13 <sup>ii</sup>	4.83 <sup>ii</sup>	7.88 <sup>ii</sup>
อาหารระยะ 6-7 สัปดาห์	3.35 <sup>iii</sup>	2.65 <sup>ii</sup>	4.30 <sup>iii</sup>	3.41 <sup>iii</sup>	4.22 <sup>iii</sup>	5.62 <sup>ii</sup>
การย่อยได้ของไขมัน (%)						
อาหารระยะ 0-3 สัปดาห์	89.62 <sup>ii</sup>	93.03 <sup>ii</sup>	89.50 <sup>ii</sup>	78.92 <sup>ii</sup>	80.27 <sup>ii</sup>	67.82 <sup>ii</sup>
อาหารระยะ 3-6 สัปดาห์	81.08 <sup>ii</sup>	83.38 <sup>ii</sup>	81.67 <sup>ii</sup>	80.29 <sup>ii</sup>	76.78 <sup>iii</sup>	66.29 <sup>ii</sup>
อาหารระยะ 6-7 สัปดาห์	89.60 <sup>ii</sup>	92.45 <sup>ii</sup>	87.20 <sup>ii</sup>	89.54 <sup>ii</sup>	87.08 <sup>ii</sup>	80.05 <sup>ii</sup>

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่ม ควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			200	300	400	500
พลังงานทั้งหมดในมูล (Kcal/Kg)						
อาหารระยะ 0-3 สัปดาห์	3161 <sup>n</sup>	3440 <sup>n</sup>	3470 <sup>nn</sup>	3529 <sup>nn</sup>	3474 <sup>nn</sup>	3644 <sup>n</sup>
อาหารระยะ 3-6 สัปดาห์	3538 <sup>n</sup>	3562 <sup>n</sup>	3532 <sup>n</sup>	3553 <sup>n</sup>	3766 <sup>n</sup>	4192 <sup>n</sup>
อาหารระยะ 6-7 สัปดาห์	3194 <sup>n</sup>	3776 <sup>n</sup>	4247 <sup>nn</sup>	4183 <sup>nn</sup>	4074 <sup>n</sup>	4424 <sup>n</sup>
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏ(Kcal/Kg)						
อาหารระยะ 0-3 สัปดาห์	3070 <sup>nn</sup>	3098 <sup>n</sup>	2877 <sup>nn</sup>	2987 <sup>nnn</sup>	2956 <sup>nnn</sup>	2856 <sup>n</sup>
อาหารระยะ 3-6 สัปดาห์	3042	3277	3157	3149	2917	2908
อาหารระยะ 6-7 สัปดาห์	3295 <sup>n</sup>	3281 <sup>n</sup>	3157 <sup>nnn</sup>	3182 <sup>nn</sup>	3076 <sup>nn</sup>	3003 <sup>n</sup>

หมายเหตุ <sup>n, nn, nnn</sup> ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวกันของแต่ละลักษณะแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

### 4.3 ศึกษาการเสริมโคโคซานในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ

#### 4.3.1 น้ำหนักเพิ่มและอัตราการเจริญเติบโต

จากผลการทดลองพบว่า น้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่เนื้อเมื่อสัปดาห์ที่ 6 และ 7 น้ำหนักตัวเพิ่มและอัตราการเจริญเติบโตในช่วงอายุ 3-6 0-6 6-7 และ 0-7 สัปดาห์ ของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่น้ำหนักตัวที่ 3 สัปดาห์ น้ำหนักตัวเพิ่มและอัตราการเจริญเติบโตของไก่เนื้อช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์ พบว่าไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มอาหารที่เสริมโคโคซาน 500 ppm ต่ำกว่าไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ กลุ่มที่เสริมโคโคซาน 200 300 และ 400 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) กับกลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้เสริมโคโคซาน ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้อาหาร 6 กลุ่มที่มีผลต่อน้ำหนักตัวเฉลี่ยเป็นกรัม น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตในไก่เนื้อแต่ละระยะอายุ

ระยะอายุ	กลุ่มควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			200	300	400	500
น้ำหนักตัวเริ่มทำการทดลอง (กรัม/ตัว)						
1 วัน	44.40	44.60	44.60	44.75	44.20	44.65
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กรัม/ตัว)						
3 สัปดาห์	646.00 <sup>ab</sup>	671.85 <sup>n</sup>	659.45 <sup>n</sup>	662.67 <sup>n</sup>	653.03 <sup>n</sup>	625.02 <sup>b</sup>
6 สัปดาห์	1527.36	1581.51	1533.63	1546.30	1540.57	1546.30
7 สัปดาห์	1720.08	1803.56	1705.26	1773.47	1732.74	1736.72
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)						
0-3 สัปดาห์	601.60 <sup>ab</sup>	627.25 <sup>n</sup>	614.85 <sup>n</sup>	617.92 <sup>n</sup>	608.83 <sup>n</sup>	580.37 <sup>b</sup>
3-6 สัปดาห์	881.36	909.66	874.18	908.61	887.54	921.28
0-6 สัปดาห์	1482.96	1536.91	1489.03	1526.53	1496.37	1501.65
6-7 สัปดาห์	192.72	222.04	171.63	202.12	192.17	190.47
0-7 สัปดาห์	1675.68	1758.96	1660.67	1728.66	1688.54	1692.12
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)						
0-3 สัปดาห์	28.65 <sup>ab</sup>	29.87 <sup>n</sup>	29.28 <sup>n</sup>	29.43 <sup>n</sup>	28.99 <sup>n</sup>	27.64 <sup>b</sup>
3-6 สัปดาห์	41.97	43.32	41.63	43.27	42.26	43.87
0-6 สัปดาห์	42.37	43.91	42.54	43.62	42.75	42.90
6-7 สัปดาห์	27.53	31.72	24.52	28.88	27.45	27.21
0-7 สัปดาห์	47.88	50.26	47.45	49.39	48.25	48.35

หมายเหตุ <sup>a,b</sup> ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันของแต่ละลักษณะแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

#### 4.3.2 ปริมาณอาหารที่กินและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณอาหารที่กินและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารในช่วงอายุ 0-3 3-6 0-6 6-7 และ 0-7 สัปดาห์ ไก่เนื้อที่ได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่มมีปริมาณอาหารที่กินและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งไก่ที่รับอาหารกลุ่มที่เสริมคลอเตตราซัยคลิน 50 ppm มีปริมาณการกินอาหารสูงสุด กลุ่มที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับพบว่ากลุ่มที่เสริมโคโคซาน 200 ppm มีปริมาณอาหารที่กินต่ำที่สุดและต่ำกว่ากลุ่มควบคุมสำหรับอัตราการเจริญเติบโต ที่ช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มที่เสริมโคโคซาน 300 ppm มีค่าต่ำ

กว่ากลุ่ม ควบคุมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ อัตราการเจริญเติบโต ที่ช่วงอายุ 0-7 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มที่เสริม ไคโตซาน 200 ppm มีค่าต่ำที่สุด และพบว่ากลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ และกลุ่มที่เสริมไคโตซาน 300 ppm มีค่าอัตราการเจริญเติบโตเท่ากัน ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้อาหาร 6 กลุ่มที่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กินและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารในไก่เนื้อแต่ละระยะอายุ

ระยะอายุ	กลุ่มควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมไคโตซาน (ppm)			
			200	300	400	500
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว)						
0-3 สัปดาห์	1001.56	1095.55	1013.75	1056.30	1031.67	983.98
3-6 สัปดาห์	2033.00	2036.31	2006.68	2028.25	2060.00	2112.96
0-6 สัปดาห์	3034.56	3131.86	3020.43	3084.55	3091.67	3096.94
6-7 สัปดาห์	611.01	692.98	580.47	676.27	656.46	659.75
0-7 สัปดาห์	3645.57	3824.84	3600.90	3760.82	3748.13	3756.69
ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (FCR)						
0-3 สัปดาห์	1.66	1.74	1.65	1.71	1.69	1.70
3-6 สัปดาห์	2.31	2.25	2.31	2.23	2.32	2.30
0-6 สัปดาห์	2.05	2.04	2.03	2.02	2.07	2.06
6-7 สัปดาห์	3.35	3.29	3.56	3.58	3.76	3.80
0-7 สัปดาห์	2.18	2.18	2.17	2.18	2.22	2.22

#### 4.3.3 อัตราการรอดชีวิต

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.5 พบว่าอัตราการรอดชีวิตของไก่เนื้อในช่วงอายุ 0-3, 3-6, 0-6, 6-7 และ 0-7 สัปดาห์ของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่พบว่าไก่ที่ได้รับอาหารเสริมคลอเตตราซัยคลิน 50 ppm มีอัตราการรอดชีวิตต่ำที่สุด ที่ช่วงอายุ 3-6 และ 0-7 สัปดาห์ อัตราการรอดชีวิตของไก่ที่ได้รับอาหารที่เสริมไคโตซาน 200 ppm มีค่าต่ำที่สุดในช่วงอายุ 6-7 สัปดาห์

ตารางที่ 4.5 แสดงเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตในไก่เนื้อแต่ละระยะอายุ

ระยะอายุ	กลุ่ม ควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			200	300	400	500
0-3 สัปดาห์	99.00	100.00	100.00	99.50	99.50	99.50
3-6 สัปดาห์	91.90	90.00	95.00	93.94	90.43	92.99
0-6 สัปดาห์	91.00	90.00	95.00	93.50	90.00	92.50
6-7 สัปดาห์	92.74	90.05	86.84	90.04	93.52	91.43
0-7 สัปดาห์	84.50	81.00	87.00	84.00	84.00	87.00

#### 4.3.4 ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักและดัชนีสมรรถภาพการผลิต

ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก (บาท/กิโลกรัม) และดัชนีสมรรถภาพการผลิต แสดงในตารางที่ 4.6 พบว่าต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักช่วงอายุ 0-3 3-6 0-6 6-7 และ 0-7 สัปดาห์ของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่พบว่ากลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะมีต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัวสูงที่สุดที่ช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์ กลุ่มที่เสริมโคโคซาน 300 ppm มีค่าต่ำที่สุดที่ช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุมมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ และกลุ่มที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับที่ช่วงอายุ 0-7 สัปดาห์ ค่าดัชนีสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อที่อายุ 7 สัปดาห์พบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารแต่ละกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ )

ตารางที่ 4.6 แสดงต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักในแต่ละช่วงอายุและดัชนีสมรรถภาพการผลิต

ระยะอายุ	กลุ่ม ควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			200	300	400	500
ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักในแต่ละช่วงอายุ (บาท/กก.)						
0-3 สัปดาห์	14.23	14.97	14.23	14.83	14.75	14.85
3-6 สัปดาห์	18.10	17.68	18.33	17.77	18.58	18.46
0-6 สัปดาห์	16.52	16.56	16.59	16.57	17.02	17.06
6-7 สัปดาห์	26.49	26.01	28.37	28.74	30.33	30.76
0-7 สัปดาห์	17.52	17.58	17.64	17.79	18.24	18.29
ดัชนีสมรรถภาพการผลิต	135.96	137.24	139.23	140.64	134.27	138.70

## 4.4 ศึกษาการเสริมโคโคซานในอาหารต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ

### 4.4.1 คุณภาพซากของไก่เนื้อ

ผลการทดลองพบว่าไก่ที่ได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่ม มีน้ำหนักไก่มีชีวิต เปรอร์เซ็นต์ซากไก่ที่ถอนขนแล้ว เปรอร์เซ็นต์เลือดและขน เปรอร์เซ็นต์ซากไก่ที่ถอนขนไม่รวมเครื่องใน เปรอร์เซ็นต์เครื่องในที่กินไม่ได้ เปรอร์เซ็นต์เครื่องในที่กินได้ เปรอร์เซ็นต์แข็ง (รวมตีนไก่) เปรอร์เซ็นต์หัวและคอและเปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้อง น้ำหนักซากเย็น เปรอร์เซ็นต์ปีก เปรอร์เซ็นต์เนื้อทั้งหมด เปรอร์เซ็นต์กระดูกทั้งหมดและเปอร์เซ็นต์หนังทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่พบว่าเปอร์เซ็นต์ซากไก่ที่ถอนขนไม่รวมเครื่องในของกลุ่มที่เสริมโคโคซานทุกระดับมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ เปรอร์เซ็นต์เครื่องในที่กินได้ของกลุ่มควบคุมมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะและกลุ่มที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับ เปรอร์เซ็นต์เนื้อทั้งหมดของกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 300 ppm มีค่าสูงที่สุด สำหรับเปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้องของไก่ที่เลี้ยงด้วยกลุ่มควบคุม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) กับกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ แต่มีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) กับกลุ่มที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับ เปรอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้องของไก่ที่เลี้ยงด้วยกลุ่มอาหารที่เสริมยาปฏิชีวนะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) กับสูตรที่เสริมโคโคซาน 200 และ 300 ppm แต่มีค่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) กับกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 400 และ 500 ppm เปรอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้องของไก่ที่เลี้ยงด้วยกลุ่มอาหารที่เสริมโคโคซาน 200 และ 300 ppm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) กับกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 400 ppm แต่มีค่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) กับกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 500 ppm และพบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้องของไก่ที่เลี้ยงด้วยกลุ่มอาหารที่เสริมโคโคซาน 400 ppm และ 500 ppm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) เปรอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้องของไก่มีปริมาณลดลงเมื่อระดับการเสริมโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้น แสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงผลของการเสริมโคโคซานต่อลักษณะซากไก่เนื้อ

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			200	300	400	500
น้ำหนักไก่มีชีวิต (กก.)	1.99	2.08	2.07	2.05	2.09	1.99
ซากไก่ที่ถอนขนแล้ว (%) <sup>1</sup>	94.21	93.69	94.23	94.38	93.45	94.53
เลือดและขน (%) <sup>1</sup>	5.80	6.31	5.77	5.61	6.55	5.47
ซากไก่ที่ถอนขนไม่รวมเครื่องใน (%) <sup>1</sup>	82.89	82.41	83.08	83.56	82.70	83.68
เครื่องในที่กินไม่ได้ (%) <sup>1</sup>	7.10	7.26	7.02	6.79	6.91	6.85
เครื่องในที่กินได้ (%) <sup>1</sup>	4.22	4.03	4.13	4.03	3.84	4.00

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			200	300	400	500
หัวและคอ (%) <sup>1</sup>	6.32	6.00	6.24	6.19	5.90	6.07
แข็ง(รวมตีนไก่) (%) <sup>1</sup>	4.08	3.87	4.09	3.94	3.88	3.99
ไขมันช่องท้อง (%) <sup>1</sup>	1.57 <sup>n</sup>	1.44 <sup>nm</sup>	1.30 <sup>nm</sup>	1.20 <sup>nm</sup>	1.15 <sup>ng</sup>	1.06 <sup>g</sup>
น้ำหนักซากเย็น (กก.)	1.29	1.34	1.36	1.34	1.37	1.28
ปีก (%) <sup>2</sup>	13.07	12.42	13.12	12.59	12.58	12.55
เนื้อทั้งหมด (%) <sup>2</sup>	48.17	49.29	49.48	48.66	49.55	48.25
กระดูกทั้งหมด (%) <sup>2</sup>	29.57	29.13	29.51	29.18	28.59	29.37
หนังทั้งหมด (%) <sup>2</sup>	7.93	8.13	7.39	7.97	8.05	8.56

หมายเหตุ <sup>n, n, g</sup> ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวของแต่ละลักษณะแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

<sup>1</sup> คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมีชีวิต

<sup>2</sup> คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น

#### 4.4.2 ปริมาณความชื้น ไขมันและโปรตีนในเนื้อสันในของไก่เนื้อ

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.8 พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นและเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อสันในไก่ที่ให้กินอาหารควบคุม อาหารที่เสริมยาปฏิชีวนะ อาหารที่เสริมโคโคซาน 200 300 400 และ 500 ppm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อสันในไก่จะมีโปรตีนเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการเสริมโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้น แต่พบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อของไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มอาหารที่เสริมโคโคซาน 300 400 และ 500 ppm แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) กับกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะและกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 200 ppm เปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อของไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มที่โคโคซาน 500 ppm ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ และกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 200 ppm แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) กับกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 300 และ 400 ppm

ตารางที่ 4.8 แสดงปริมาณความชื้น ไขมันและโปรตีนในเนื้อสันในของไก่เนื้อทดลอง

โภชนะ	กลุ่ม ควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			200	300	400	500
ความชื้น (%)	74.51	74.93	74.56	75.75	74.90	74.50
ไขมัน (%)	1.33 <sup>a</sup>	1.24 <sup>a</sup>	1.08 <sup>ab</sup>	0.85 <sup>bc</sup>	0.86 <sup>bc</sup>	0.73 <sup>c</sup>
โปรตีน (%)	24.92	24.83	25.01	25.40	25.22	25.74

หมายเหตุ <sup>a, b, c</sup> ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันของแต่ละลักษณะแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

#### 4.4.3 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียไนโตรเจนระหว่างปรุงและค่าแรงตัดผ่านเนื้อของเนื้อสันในของไก่เนื้อ

จากการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียไนโตรเจนระหว่างปรุง (cooking loss) และค่าแรงตัดผ่านของเนื้อของเนื้อสันในไก่เนื้อที่ได้รับอาหารควบคุม อาหารที่เสริมยาปฏิชีวนะ อาหารที่เสริมโคโคซาน 200 300 400 และ 500 ppm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่มีแนวโน้มว่าเมื่อระดับโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้นค่าแรงตัดผ่านเนื้อจะสูงขึ้นตามไปด้วย แสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียไนโตรเจนระหว่างปรุงและค่าแรงตัดผ่านเนื้อของเนื้อสันในของไก่เนื้อ

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่ม ควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			200	300	400	500
การสูญเสียไนโตรเจนระหว่างปรุง (%)	27.98	28.27	28.05	27.95	28.03	27.97
ค่าแรงตัดผ่าน ( $N/cm^3$ )	24.48	25.85	26.15	26.20	26.23	26.81

#### 4.5 ศึกษาถึงภูมิคุ้มกันและระดับคอเลสเตอรอลจากการเสริมโคโคซานในอาหารไก่เนื้อ

ผลการทดลองพบว่าพบว่าปริมาณไตเตอร์ (GMT titer) ของโรคนิวคาสเซิลในซีรัมของไก่เนื้อเริ่มต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.13 เมื่อไก่เนื้อได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่มพบว่าปริมาณไตเตอร์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่พบว่าปริมาณไตเตอร์ของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมโคโคซาน 300 ppm มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ สำหรับปริมาณไตเตอร์ (Means titer) ของโรคกัมโบโรในซีรัมของไก่เนื้อเริ่มต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2244 เมื่อไก่เนื้อได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่มพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) เช่นกัน แต่พบว่าปริมาณไตเตอร์ของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมโคโคซาน 200 ppm มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ และสำหรับปริมาณคอเลสเตอรอลพบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่เนื้อที่ได้

รับอาหารทั้ง 6 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่มีแนวโน้มว่าเมื่อระดับการเสริมโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่ทดลองลดลง แสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงปริมาณไตเตอร์ (GMT titer) ของโรคนิวคาสเซิล ปริมาณไตเตอร์ (Means titer) ของโรคกัมโบโร และปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่เนื้อ

	กลุ่ม ควบคุม	CTC 50 ppm	เสริมโคโคซาน (ppm)			
			200	300	400	500
ไตเตอร์ของโรคนิวคาสเซิล	3.55	3.05	3.57	3.78	3.12	3.68
ไตเตอร์ของโรคกัมโบโร	1476	1539	1960	1482	1063	1789
คอเลสเตอรอล (mg/dl)	143.58	144.25	140.43	139.90	136.38	133.53

## บทที่ 5

### วิจารณ์ผลการทดลอง

#### 5.1 การย่อยได้ของอาหารผสมไคโตซาน

เปอร์เซ็นต์ความชื้นและโปรตีนในมูลของไก่ที่ได้รับอาหารแต่ละกลุ่มของอาหารทั้ง 3 ระยะเวลา ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่พบว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนในมูลของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ 6-7 สัปดาห์ จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อระดับไคโตซานในอาหารเพิ่มขึ้น เนื่องจากสูตรโครงสร้างของไคโตซานที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 เป็นหมู่  $\text{NH}_2$  ซึ่งไคโตซานสามารถถูกย่อยได้โดยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่และถูกส่งออกนอกร่างกายพร้อมกับมูล (Dalwoo, 2003) จึงทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนในมูลสูงขึ้น เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีนและโปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิ (NPU) ของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารแต่ละกลุ่มของอาหารทั้ง 3 ระยะเวลา พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) สอดคล้องกับการทดลองของ Kanauchi *et al.* (1994) รายงานว่าการย่อยได้ของโปรตีนของหนูที่ได้รับอาหารซึ่งประกอบไปด้วย high-fat diets ที่เติมเซลลูโลส (กลุ่มควบคุม) และ high-fat diets ที่เติมไคโตซาน 5 เปอร์เซ็นต์แต่ไม่เติมกรดอินทรีย์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่พบว่าเปอร์เซ็นต์ NPU ของอาหารระยะ 6-7 สัปดาห์ มีแนวโน้มว่าเมื่อระดับไคโตซานในอาหารเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์ NPU จะลดลงซึ่งสอดคล้องกับผลของปริมาณโปรตีนในมูลซึ่งเกิดจากไคโตซานถูกย่อยโดยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ สำหรับเปอร์เซ็นต์ NPU ของกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะจะมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมไคโตซานของอาหารทั้ง 3 ระยะเวลาเนื่องจากเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีนมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมไคโตซานทุกระดับของอาหารทั้ง 3 ระยะเวลา จึงทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนสูงกว่า

เปอร์เซ็นต์ไขมันในมูลของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารทั้ง 3 ระยะเวลา พบว่าปริมาณไขมันในมูลสูงขึ้นเมื่อระดับไคโตซานในอาหารสูงขึ้น และ Han *et al.* (1999) รายงานว่าหนูที่ได้รับอาหารที่มีไขมันสูงร่วมกับไคติน-ไคโตซาน เพิ่มปริมาณไขมันในมูลและยับยั้งการดูดซึมของไขมัน ซึ่งเป็นผลมาจากไคโตซานเป็นเชื้อโพรทอสเปอราที่ซึ่งสามารถยึดจับ (trap) โมเลกุลของไขมันและนำออกจากระบบการย่อยก่อนที่ไขมันจะถูกดูดซึมเข้าไปในระบบเลือด ซึ่งไคโตซานจะม้วนรอบหุคไขมันเล็กๆ และป้องกันจากการถูกย่อยโดย lipid enzyme ไขมันจะอยู่ในรูป "netted" (ปกคลุมด้วยไคโตซาน) และออกมากับมูลซึ่งไคโตซานจะไม่สามารถย่อยได้ที่ลำไส้เล็กและไม่ถูกดูดซึมในร่างกาย และในกรณีที่ไขมันถูกย่อยโดย lipid enzyme แล้วได้เป็นกรดไขมัน (fatty acid) ประจุบวกของไคโตซานจะดึงคู่ประจุลบของกรดไขมันและกรดน้ำดีซึ่งเมื่อจับกันแล้ว chitosan fiber จะไม่สามารถถูกย่อยได้ที่ลำไส้เล็ก chitosan fiber ที่ไม่ถูกย่อยจะถูกกำจัดออกจากระบบร่วมกับไขมันที่ติดจับอยู่ (William, 2000) จากผลการทดลองยังพบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในมูลของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารทั้ง

3 ระยะเวลา กลุ่มที่เสริมโคโคซานมีปริมาณไขมันในมูลสูงกว่ากลุ่มควบคุมซึ่ง Gallaher *et al.* (2000) รายงานว่าการขับ ไขมันออกมาในมูลในแต่ละวันของหนูที่เลี้ยงด้วยอาหารพื้นฐานที่เติม โคโคซานมีปริมาณสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารพื้นฐานที่เติมเซลลูโลส (อาหารควบคุม) สำหรับปริมาณไขมันในมูลของไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะทั้ง 3 ระยะเวลาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) อาจจะเป็นเพราะ จากยาปฏิชีวนะที่เสริมไม่มีผลต่อไขมัน จากการที่โคโคซานมีผลทำให้ปริมาณไขมันในมูลสูงขึ้น เมื่อระดับโคโคซานที่เสริมในอาหารสูงขึ้น จึงส่งผลให้ค่าพลังงานทั้งหมดในมูล (Kcal/kg) ของไก่ เนื้อสูงขึ้นด้วยเมื่อระดับโคโคซานที่เสริมในอาหารสูงขึ้น เนื่องจากไขมันจะให้พลังงาน (9.45 Kcal/g) สูงกว่าโปรตีน (6.65 Kcal/g) และคาร์โบไฮเดรต (4.14 Kcal/g) ทั้งนี้เพราะไขมันมีออกซิเจนในโมเลกุล น้อยจึงต้องนำเอาออกซิเจนจากภายนอกเข้ามาทำปฏิกิริยาทั้งกับไฮโดรเจนและคาร์บอน ซึ่งในการเผา ผลาญไฮโดรเจน 1 กรัมจะได้พลังงานมากกว่าเผาผลาญคาร์บอนที่น้ำหนักเท่ากันถึง 4 เท่าดังนั้นจึงทำ ให้ไขมันมีพลังงานมากกว่า (บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, 2541) สำหรับค่าพลังงานทั้งหมดในมูลของกลุ่ม ควบคุมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะพบว่ามีความต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมโคโคซาน 500 ppm อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เนื่องจากปริมาณไขมันในมูลมีความต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เนื่อง จากการที่โคโคซานมีผลทำให้ปริมาณไขมันในมูลและพลังงานทั้งหมดในมูลสูงขึ้นจึงส่งผลให้ เเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมันและค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏ (Kcal/Kg) ของไก่เนื้อที่ ได้รับอาหารทั้ง 3 ระยะเวลา มีค่าลดลงเมื่อระดับการเสริมโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้น สำหรับเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมันและค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏของกลุ่มควบคุมและ กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่พบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ ของไขมันของไก่ที่ได้รับอาหารควบคุมสูงกว่ากลุ่มที่เสริมโคโคซาน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลอง ของ Deuchi *et al.* (1994) รายงานว่าหนูที่ได้รับอาหารที่เสริมโคโคซาน 5 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่า การย่อยได้ของไขมันลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

## 5.2 สมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ

### 5.2.1 น้ำหนักเพิ่มและอัตราการเจริญเติบโต

พบว่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่เนื้อเมื่อสัปดาห์ที่ 6 และ 7 น้ำหนักตัวเพิ่มและอัตราการ เจริญเติบโตในช่วงอายุ 3-6 0-6 6-7 และ 0-7 สัปดาห์ ในไก่เนื้อที่ได้รับอาหารกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 200 300 400 และ 500 ppm ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) สอดคล้องกับการทดลองของ ไพฑูร แก้วหอม (2545) ได้ศึกษาอิทธิพลของสารโคโคซานในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ พบว่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารควบคุม อาหารที่เสริมยาปฏิชีวนะ อาหารที่เสริม โคโคซาน 100 200 300 และ 400 ppm เมื่อสัปดาห์ที่ 6 และ 7 น้ำหนักตัวเพิ่มและอัตราการเจริญ

เด็บบโตในช่วงอายุ 3-6 0-6 6-7 และ 0-7 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) สำหรับน้ำหนักเพิ่มของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารควบคุมไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมโคโคซาน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ ธนเดช มหีเมืองและคณะ (2547) ซึ่งรายงานน้ำหนักตัวเพิ่มของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมโคโคซานเป็นระยะเวลา 49 วัน ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) กับกลุ่มควบคุมที่ไม่เสริมโคโคซาน สำหรับน้ำหนักตัวที่ 3 สัปดาห์ น้ำหนักเพิ่มที่ 0-3 สัปดาห์และอัตราการเจริญเติบโตที่ 0-3 สัปดาห์ พบว่าสูตรอาหารที่เสริมโคโคซาน 300 ppm สูงกว่าสูตรอาหารที่เสริมโคโคซาน 200 ppm แต่เมื่อระดับโคโคซานที่เสริมในอาหารสูงกว่า 300 ppm น้ำหนักตัวเพิ่มและอัตราการเจริญเติบโตมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับโคโคซานในอาหารสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลที่สอดคล้องกับการศึกษาการย่อยได้ของอาหารระยะอายุ 0-3 สัปดาห์ พบว่าการย่อยได้ของโปรตีน โปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิและพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏของอาหารที่เสริมโคโคซาน 300 ppm สูงกว่ากลุ่มที่เสริมโคโคซาน 200 ppm แต่เมื่อระดับการเสริมโคโคซานสูงกว่า 300 ppm การย่อยได้ของโปรตีน โปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิและพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏจะมีค่าต่ำลง โดยต่ำกว่าค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏจากการคำนวณสูตรอาหาร ทำให้ไก่ได้รับพลังงานไม่เพียงพอ จึงทำให้การเจริญเติบโตต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ และไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ซึ่ง Lyons and Vandepopuliere (1989) กล่าวว่าเมื่อนำของเสียจากโรงงานแปรรูปไก่วง (secondary poultry nutrients, SPN) ที่เติมโคโคซานเพิ่มระดับจนถึง 15 เปอร์เซ็นต์ มาเป็นอาหารไก่เนื้อพบว่าน้ำหนักตัวที่ช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์ลดลงทุกระดับของอาหารที่เติมโคโคซาน สำหรับน้ำหนักเพิ่มและอัตราการเจริญเติบโตของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมยาปฏิชีวนะ (คลอเตตราซัยคลิน) 50 ppm มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมโคโคซานทั้ง 4 ระดับ ทุกระยะอายุ ซึ่งเป็นผลที่สอดคล้องกับการศึกษาการย่อยได้ของอาหารระยะอายุ 0-3 สัปดาห์ พบว่าการย่อยได้ของโปรตีนและโปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิมีค่าสูงสุดด้วยเช่นกัน และ อปสร กรีกัษร (2542) รายงานว่าคลอเตตราซัยคลินปริมาณ 50 ppm มีผลในการเร่งการเจริญเติบโตในไก่กระทง ไก่ไข่หรือไก่พันธุ์และเป็ดเนื้อ เป็ดไข่หรือเป็ดพันธุ์เท่านั้น

### 5.2.2 ปริมาณอาหารที่กินและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร

พบว่าปริมาณการกินอาหารและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของไก่เนื้อใน ระยะ 0-3 3-6 0-6 6-7 และ 0-7 สัปดาห์ไก่เนื้อที่ได้รับอาหารควบคุมและกลุ่มที่เสริมโคโคซานทุกระดับมีปริมาณอาหารที่กินไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) สอดคล้องกับการทดลองของ ธนเดช มหีเมืองและคณะ (2547) ซึ่งรายงานว่าปริมาณอาหารที่กินและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมและไม่เสริมโคโคซานเป็นระยะเวลา 49 วัน ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ซึ่งไก่ที่รับอาหารกลุ่มที่ เสริมคลอเตตราซัยคลิน 50 ppm มีปริมาณการกินอาหารสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 200 300 400 และ 500 ppm และยังคงพบว่าเมื่อระดับการเสริมโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มว่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเลวลง เนื่องมาจาก

ปริมาณอาหารที่กินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการเสริมโคโคซานในอาหารสูงขึ้น ทั้งนี้เพราะโคโคซานทำให้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ต่ำกว่าค่าพลังงานที่ได้จากการการคำนวณทำให้ไก่กินอาหารเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้พลังงานเพียงพอ จากการทดลองพบว่าน้ำหนักเพิ่มของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 300 ppm สูงกว่ากลุ่มอาหารที่เสริมโคโคซาน 200 ppm แต่ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 200 ppm กลับดีกว่ากลุ่มที่เสริมโคโคซาน 300 ppm เพราะว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมโคโคซาน 200 ppm มีปริมาณอาหารที่กินต่ำกว่าทุกกลุ่มนั่นเอง

### 5.2.3 อัตราการรอดชีวิต

อัตราการรอดชีวิตของไก่เนื้อในช่วงอายุ 0-3, 3-6, 0-6, 6-7 และ 0-7 สัปดาห์ของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารทั้ง 6 กลุ่มมีอัตราการรอดชีวิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ซึ่ง Asaoka (1996) ที่กล่าวว่า การกินโคโคซานส่งผลให้สุขภาพร่างกายแข็งแรงยิ่งขึ้นอีกทั้งโคโคซานเป็นอาหารที่ปลอดภัยและสอดคล้องกับ สุขกันยา เพ็ญทะเลและสันทนา พุ่มพวง (2540) กล่าวว่า glucosamine backbone ของไคตินและโคโคซานไม่มีพิษหรืออันตรายต่อคนเนื่องจากอนุโมลย่อยกลูโคซามีนเป็น aminosugar ที่พบได้ในปริมาณมากในอาหารธรรมชาติทั่วไป และจากการทดลองพบว่าอัตราการรอดชีวิตของไก่เนื้อช่วง 3-6 สัปดาห์มีค่าลดลงอย่างมาก ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากในช่วงการทดลองเป็นช่วงต้นฤดูฝนซึ่งอุณหภูมิของโรงเรือนที่เลี้ยงไก่มีความแปรปรวนมากแสดงในตารางที่ 1 ของภาคผนวก ทำให้ไก่เนื้อปรับตัวไม่ทันจึงทำให้ไก่ตาย อัตราการรอดชีวิตของทั้งการทดลองพบว่าไก่ที่รับอาหารกลุ่มที่เสริมคลอเตตราซัยคลิน 50 ppm มีอัตราการรอดชีวิตต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 200 300 400 และ 500 ppm อัตราการรอดชีวิตของการทดลองนี้เป็นข้อมูลรวมทั้งการตายและการคัดทิ้ง ซึ่งจะได้อีกจากการที่ไก่ทดลองอ่อนแอ แคระแกร็นและพิการ

### 5.2.4 ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักและดัชนีสมรรถภาพการผลิต

ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก (บาท/กิโลกรัม) ช่วงอายุ 0-3 3-6 0-6 6-7 และ 0-7 สัปดาห์ของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารแต่ละสูตรไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ตลอดจนการทดลองมีแนวโน้มว่าไก่เนื้อในกลุ่มควบคุมจะมีต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมโคโคซานและยาปฏิชีวนะ ไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับการเสริมโคโคซานมีแนวโน้มที่จะมีต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อระดับโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้น ดังนั้นการเสริมยาปฏิชีวนะและโคโคซานลงในสูตรอาหารจึงเป็นการเพิ่มต้นทุนค่าอาหารในการผลิต ซึ่ง ธนเดช มหีเมืองและคณะ (2547) ซึ่งรายงานว่าการเสริมโคโคซานทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น 0.17 บาทต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว แต่ต้นทุนค่าอาหารของกลุ่มอาหารที่เสริมโคโคซาน 200 ppm ในช่วง 0-3 สัปดาห์มีค่าเท่ากับกลุ่มควบคุม ในช่วง 3-6 สัปดาห์พบว่าต้นทุนค่าอาหารของไก่

เนื้อที่ให้อินอาหารที่เสริมโคโคซาน 300 ppm มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมโคโคซานทุกกลุ่ม ซึ่งสามารถนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ในการเสริมโคโคซานในการให้อาหารไก่เนื้อเพื่อเป็นการลดต้นทุนและกระตุ้นการเจริญเติบโตได้ ค่าดัชนีสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อที่อายุ 7 สัปดาห์พบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารแต่ละกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) โดยไก่เนื้อที่ให้อินอาหารที่เสริมโคโคซาน 300 ppm มีน้ำหนักตัวที่สูงและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารสูง (มีค่าต่ำ) ทำให้ค่าดัชนีสมรรถภาพการผลิตสูงกว่ากลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะและกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 200 400 และ 500 ppm

### 5.3 คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ

#### 5.3.1 คุณภาพซาก

จากการทดลอง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไก่ที่ถอนขนแล้ว เปอร์เซ็นต์เลือดและขน เปอร์เซ็นต์ซากไก่ที่ถอนขนไม่รวมเครื่องใน เปอร์เซ็นต์เครื่องในที่กินไม่ได้ เปอร์เซ็นต์เครื่องในที่กินได้ เปอร์เซ็นต์แข็ง (รวมตีนไก่) เปอร์เซ็นต์หัวและคอ ของไก่ที่ได้รับอาหารควบคุม อาหารที่เสริมยาปฏิชีวนะ 50 ppm อาหารที่เสริมโคโคซาน 200 300 400 และ 500 ppm พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) สอดคล้องกับการทดลองของ ธนเดช มหีเมืองและคณะ (2547) ซึ่งรายงานว่าน้ำหนักของเครื่องในรวม กิ่ง ตับ ตลอดจนเนื้อน่องและเนื้ออกของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมและไม่เสริมโคโคซานเป็นระยะเวลา 49 วัน ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่พบว่าเปอร์เซ็นต์เนื้อทั้งหมดของไก่ที่ได้รับอาหารที่เสริมโคโคซานมีแนวโน้มสูงกว่าไก่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม สำหรับเปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้องซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้องมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) เมื่อระดับการเสริมโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบว่า เปอร์เซ็นต์ไขมันในมูลสูงขึ้นเมื่อระดับการเสริมโคโคซานในอาหารสูงขึ้นทำให้การย่อยได้ของไขมันในอาหารลดลงและทำให้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏลดลงจึงส่งผลให้พลังงานเหลือเพื่อสะสมที่ไขมันช่องท้องลดลงด้วย Xiaozen *et al.* (2001) ได้ศึกษาผลกระทบของโคโคซานต่อการเจริญเติบโตและเมตาบอลิซึมของไขมันในไก่กระเทยเพศผู้พบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้อง ความหนาของไขมันได้ผิวหนังจากการตัดแต่งซากลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P<0.01$ ) เมื่อระดับการเสริมโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้น ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าโคโคซานมีผลในการลดการเก็บสะสมไขมันและปรับปรุงคุณภาพซากของไก่เนื้อได้ สำหรับเปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้องของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารควบคุมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ซึ่งสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมันของไก่ที่ได้รับอาหารทั้ง 2 กลุ่มนี้ว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) เช่นกัน และสำหรับเปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้องของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารควบคุมสูงกว่ากลุ่มที่เสริมโคโคซานทุกระดับอย่างมีนัย

สำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) สอดคล้องกับการทดลองของ Kobayashi and Itoh (1991) รายงานว่าการเติมโคโคซานในอาหารของไก่ Leghorn ขาวหงอนจักรจะทำให้ไขมันช่องท้องลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เสริมโคโคซาน

### 5.3.2 ปริมาณความชื้น ไขมันและโปรตีนในเนื้อสันในของไก่เนื้อ

เปอร์เซ็นต์ความชื้นและเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อสันในไก่ที่ให้กินอาหารควบคุมอาหารที่เสริมยาปฏิชีวนะ 50 ppm อาหารที่เสริมโคโคซาน 200 300 400 และ 500 ppm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่พบว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อสันในของไก่ มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระดับการเสริมโคโคซานในอาหารสูงขึ้น สำหรับเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อของไก่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อระดับการเสริมโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่ง Shiau and Yu. (1999) พบว่าปลาที่ให้กินอาหารที่เติมโคโคซานมีส่วนประกอบไขมันในตัวปลาตกลงตามระดับโคโคซานที่เติม เปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อของไก่ลดลงเนื่องจากโคโคซานมีผลทำให้ไขมันออกมาในมูลสูงทำให้การย่อยได้ของไขมันต่ำลง ส่งผลให้การเก็บสะสมไขมันและเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อลดลงเมื่อระดับการเสริมโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้น นอกจากนี้อาหารที่มีการเสริมโคโคซานที่ระดับสูงขึ้นไปจะมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏลดลงซึ่งต่ำกว่าค่าจากการคำนวณ ทำให้พลังงานที่นำมาใช้ไม่เพียงพอ จึงมีการเก็บสะสมพลังงานในรูปของไขมันในเนื้อลดลง ซึ่งแตกต่างกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้สูงกว่าที่คำนวณจึงมีพลังงานเหลือและเก็บสะสมในรูปของไขมันที่บริเวณช่องท้องและในเนื้อสูงกว่ากลุ่มที่เสริมโคโคซาน

### 5.3.3 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียไอน้ำระหว่างปรุงและค่าแรงตัดผ่านเนื้อของเนื้อสันในของไก่เนื้อ

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียไอน้ำระหว่างปรุงของเนื้อสันในไก่เนื้อที่ได้รับอาหารควบคุมอาหารที่เสริมยาปฏิชีวนะ 50 ppm อาหารที่เสริมโคโคซาน 200 300 400 และ 500 ppm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) และค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ ( $N/cm^3$ ) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่มีแนวโน้มว่าเมื่อระดับโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้นค่าแรงตัดผ่านเนื้อจะสูงขึ้น ทั้งนี้ เนื่องจากพบว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อสูงขึ้นเมื่อระดับการเสริมโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้น และปริมาณไขมันในเนื้อจากการทดลองคุณภาพเนื้อมีค่าลดลงเมื่อระดับการเสริมโคโคซานในอาหารสูงขึ้น ซึ่งระดับไขมันแทรกสูงส่งผลให้การสูญเสียไอน้ำระหว่างปรุงต่ำและเนื้อนุ่มมากกว่า ทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่า เนื่องมาจากคุณสมบัติของไขมันจะช่วยป้องกันการสูญเสียไอน้ำออกจากโปรตีนระหว่างการปรุงทำให้ชิ้นเนื้อยังคงความนุ่มและความชุ่มน้ำไว้ได้ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539) สำหรับค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมโคโคซานทุกกลุ่มเนื่องจากมีไขมันในเนื้อสูงกว่ากลุ่มที่เสริมโคโคซาน Gregory *et al.* (1994) รายงานว่าระดับไขมันแทรกมีค่าสหสัมพันธ์ในทางลบกับค่าแรงตัดผ่านเนื้อและมีค่าสหสัมพันธ์ในทางบวกกับคะแนนการชิมในด้านความนุ่มของเนื้อ

#### 5.4 ภูมิคุ้มกันและระดับคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่เนื้อ

ปริมาณไตเตอร์ (GMT titer) ของโรคนิวคาสเซิลและปริมาณไตเตอร์ (Means titer) ของโรคกัมโบโรในซีรัมของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารควบคุม อาหารที่เสริมยาปฏิชีวนะ 50 ppm อาหารที่เสริมไคโตซาน 200 300 400 และ 500 ppm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากไคโตซานไม่ได้ไปมีผลต่อการสร้างภูมิคุ้มกันโดยตรงแต่จะเป็นตัวกระตุ้นสารที่เป็นตัวชักนำให้เกิดการสร้างภูมิคุ้มกัน (Anonymous, 2003 และ Wei, 2003) ซึ่งในการทดลองมีการใช้สารไคโตซานในปริมาณต่ำจึงอาจไม่มีผลกระตุ้นตัวชักนำทำให้ปริมาณไตเตอร์ที่ได้มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่พบว่าปริมาณไตเตอร์ของโรคนิวคาสเซิลในซีรัมของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมยาปฏิชีวนะมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมไคโตซานทุกระดับ โดยกลุ่มที่เสริมไคโตซาน 300 ppm มีค่าสูงที่สุด และปริมาณไตเตอร์ของโรคกัมโบโรในซีรัมของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริมไคโตซาน 400 ppm มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะและกลุ่มที่เสริมไคโตซาน 200 300 และ 500 ppm โดยกลุ่มที่เสริมไคโตซาน 200 ppm มีค่าสูงที่สุด ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารควบคุม อาหารที่เสริมยาปฏิชีวนะ 50 ppm อาหารที่เสริมไคโตซาน 200 300 400 และ 500 ppm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่มีแนวโน้มว่าเมื่อระดับไคโตซานในอาหารเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมลดลง เนื่องมาจากการดูดซึมไขมันในอาหารของลำไส้เล็กถูกขัดขวางโดยไคโตซาน (Razdan and Pettersson, 1994) ซึ่ง Dalwoo (2003) รายงานว่าก่อนคอเลสเตอรอลจะถูกดูดซึมจะต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของคอเลสเตอรอลเอสเทอร์เสียก่อนจึงจะดูดซึมได้ ซึ่งถ้าเติมไคโตซานเข้าไปไคโตซานจะรวมตัวกับกรดน้ำดี ก่อนที่กรดน้ำดีจะถูกนำไปสร้างเอนไซม์คอเลสเตอเรส ซึ่งทำให้คอเลสเตอรอลไม่สามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของคอเลสเตอรอลเอสเทอร์ได้ ทำให้ไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ลำไส้เล็ก จึงทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Kim *et al.* (1998) รายงานว่าปริมาณ serum cholesterol ของหนูที่ได้รับอาหารควบคุมเสริม cholesterol และอาหารควบคุมที่เสริม cholesterol ร่วมกับ chitooligosaccharide 1 เปอร์เซ็นต์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) มีค่าเท่ากับ 165.78 และ 127.45 mg/dl ตามลำดับ ซึ่ง cholesterol ในกลุ่มหลังลดลงถึง 23 เปอร์เซ็นต์ และสอดคล้องกับการทดลองของ Gallaher *et al.* (2000) รายงานว่าหนูที่ได้รับไคโตซานมีปริมาณและความเข้มข้นของคอเลสเตอรอลในตับ รวมทั้งอัตราการดูดซึมคอเลสเตอรอลเข้าสู่กระแสเลือดต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมไคโตซานแต่จะมีปริมาณไขมันและน้ำดีที่ขับออกมาในมูลมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เสริมไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) ด้วยเหตุนี้เมื่อร่างกายมีการดูดกลับน้ำดีน้อยลง (มีการขับออกมากขึ้น) ร่างกายจึงต้องนำคอเลสเตอรอลมาสังเคราะห์เป็นน้ำดีขึ้นมาใหม่อยู่เสมอจึงส่งผลให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดและเนื้อลดลง

## บทที่ 6

# สรุปและข้อเสนอแนะ

### 6.1 สรุป

การเสริมโคโคซานในอาหารปริมาณ 200 300 400 และ 500 ppm ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นและโปรตีนในมูล การย่อยได้ของโปรตีนและเปอร์เซ็นต์โปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิ แต่ทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันในมูลสูงขึ้นและการย่อยได้ของไขมันลดลง ส่งผลให้การเก็บสะสมไขมันบริเวณช่องท้องและในเนื้อลดลง การเสริมโคโคซานในอาหารทำให้ค่าพลังงานในมูลสูงขึ้นจึงทำให้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏลดลง โดยกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมโคโคซาน 500 ppm มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ( $P < 0.05$ ) และพบว่าเมื่อระดับการเสริมโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันและค่าพลังงานในมูลสูงขึ้น เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมัน ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏ เปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้อง เปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) และมีแนวโน้มว่าค่าแรงตัดผ่านเนื้อเพิ่มขึ้นและระดับคอเลสเตอรอลในซีรัมลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) การเสริมโคโคซานไม่มีผลต่อความชื้นและโปรตีนในเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียระหว่างปรุงและภูมิคุ้มกันของโรคนิวคาสเซิลและภูมิคุ้มกันของโรคกัมโบโร สำหรับการเสริมยาปฏิชีวนะในอาหารไม่มีผลต่อการย่อยได้ สมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ ภูมิคุ้มกันและระดับคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่เนื้อเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม การเสริมโคโคซานในอาหารมากกว่า 300 ppm ทำให้น้ำหนักเพิ่มและอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองการเสริมโคโคซานไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิต อัตราการรอดชีวิตและต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักแต่มีแนวโน้มว่าต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักจะสูงขึ้นเมื่อระดับการเสริมโคโคซานในอาหารเพิ่มขึ้น และสำหรับกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะก็ให้ผลที่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริมโคโคซาน

ระดับโคโคซานที่เหมาะสมในอาหารซึ่งทำให้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารและต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ แต่มีอัตราการรอดชีวิต ดัชนีสมรรถภาพการผลิตและภูมิคุ้มกันของโรคนิวคาสเซิลสูงกว่ากลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ ที่เกษตรกรสามารถนำมาใช้ทดแทนการให้ยาปฏิชีวนะในอาหารได้คือที่ระดับ 300 ppm

## 6.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) ในการทดลองควรมีการจัดแบ่งเพศไก่เฉลี่ยในแต่ละกลุ่มให้ใกล้เคียงกัน
- 2) สารโคโคซานที่ใช้ในการทดลองมีราคาค่อนข้างสูง ทำให้มีผลต่อต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก ถ้าสามารถผลิตสารโคโคซานได้ในราคาที่ถูกลงนี้จะช่วยลดต้นทุนค่าอาหารได้

## บรรณานุกรม

- ขวัญใจ สุชินพงษ์พันธ์. 2541. “การนำโคโคซานไปใช้ประโยชน์ทางด้านโภชนาการ.” วิทยา  
นิพนธ์ปริญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- จิราภรณ์ เชาวลิตสุขุมวาสี. 2544. โคคิน-โคโคซานสารมหัศจรรย์จากธรรมชาติ. LAB.TODAY  
1(2) :12-20.
- จิโรจน์ ศศิปรียจันทร์. 2541. “โรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส : โรคนิวคาสเซิล.” หน้า 96-105. ใน การ  
ฝึกอบรมระยะสั้นเรื่อง โรคและการป้องกันโรคไก่ ครั้งที่ 12 กรุงเทพฯ ฯ : จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย.
- จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539. เอกสารประกอบการสอนวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ชั้นสูง. ภาควิชา  
เทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า  
คุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร. 203 น.
- ธนเดช มหิเมือง สุขน ตั้งทวีวัฒน์และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2547. “การลดไขมันและ  
คอเลสเตอรอลในไก่เนื้อโดยเสริมโคโคซานในอาหาร.” หน้า 244-252. ใน การประชุม  
ทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42 กรุงเทพฯ ฯ : มหาวิทยาลัย  
เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. โภชนศาสตร์สัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 6. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะ  
เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 170 น.
- ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. 2543. “ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้โคคิน-โคโคซานในการเลี้ยงสุกร.”  
เกษตรยุคใหม่กับโคคิน-โคโคซาน. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติร่วมกับ  
ชมรมโคคิน-โคโคซาน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, บางเขน. กรุงเทพมหานคร.
- ไพฑูถ แก้วหอม. 2545. “อิทธิพลของสารโคโคซานในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ.”  
ปัญหาพิเศษปริญาโท สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์  
คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เขาวมาลย์ คำเจริญและสาโรช คำเจริญ. 2545ก. “ประสิทธิภาพของเพมคิโต (ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ  
ของโคคิน โคโคซานและโคโคซานโอลิโกแซคคาไรด์จากการหมักด้วยโปรไบโอติก) ใน  
อาหารลูกสุกรขุนและลูกสุกรหย่านม.” สัตว์เศรษฐกิจ. 20 (441) : 26-30.
- เขาวมาลย์ คำเจริญและสาโรช คำเจริญ. 2545ข. “ประสิทธิภาพของเพมคิโต (ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ  
ของโคคิน โคโคซานและโคโคซานโอลิโกแซคคาไรด์จากการหมักด้วยโปรไบโอติก) ใน  
อาหารไก่ไข่.” สัตว์เศรษฐกิจ. 20 (442) : 32-34.
- สมาคมส่งออกไก่เนื้อ. 2545. “สถานการณ์ไก่เนื้อ 2545.” สารสนเทศและการเกษตร. 50 (6) : 34-40.

- สุกันยา เฝิญทะเลและสันทนา พุ่มพวง. 2540. ผลของไคโตซานที่มีต่อการเจริญและการผลิตสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus flavus* ในปลายข้าว. ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร. 48 น.
- อัปสร กรีอักษร. 2542. สารเร่งการเจริญเติบโต. *Fez. Vet. News.* 9(98) : 1-3.
- Anonymous. 1993. **Chitosan and cholesterol and are there any side effect with chitosan.** [Online]. Available : <http://www.chitosan-weight-loss.net/>.
- Anonymous. 2003. **Chitosan oligosaccharides in medicine.** [Online]. Available : <http://www.oligopham.ru/english/med.html>.
- Anonymous. 2004. **Chitin and chitosan manufacturing process.** [Online]. Available : <http://www.france-chitin.com/tabfab.e.jpg>.
- AOAC. 1995. Official method of analysis of association of official analysis chemists. 16<sup>th</sup> ed. Washington D.C.
- Arai, K. *et al.* 1968. **On the toxicity of chitosan.** [Online]. Available : <http://www.pharmanutrients.com/research/chitosan/chitosan abstracts.html>.
- Asaoka, K. 1996. Chitin-Chitosan : The Choice Food Supplement for over 10,000 Physicians in Japan. Vantage press, U.S.A.
- Berge, J. *et al.* 1993. "Performance, Muscle composition and Meat texture in veal calves administered a  $\beta$ -Agonist (Clenbuterol)." *Meat Sci.* 33 : 191-206.
- Bough, W.A. and D.R. Landes. 1976. "Recovery and nutritional evaluation of proteinaceous solids separated from whey by coagulation with chitosan." *J. Dairy. Sci.* 59 : 1874.
- Chae, B.J. *et al.* 2002. **Effect of feeding chitooligosaccharide on growth performance, immunity and microbial changes in growing pigs.** [Online]. Available : <http://www.kunpoong.co.kr/PDF/eng/effect of change in growing pig.pdf>.
- 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>.
- Deuchi, K. *et al.* 1994. "Decreasing effect of chitosan on apparent fat digestibility by rats fed on a high-fat diet." *Biosci. Biotech. Biochem.* 58(9) : 1613-1616.

- Gallaher, C.M. *et al.* 2000. "Cholesterol reduction by glucomannan and chitosan is mediated by change in cholesterol absorption and bile acid and fat excretion." **J. Nutr.** 130 : 2753-2759.
- Gregory, K.E. *et al.* 1994. "Breed effects, retained heterosis and estimates of genetic and phenotypic parameters for carcass and meat traits of beef cattle." **J. Anim. Sci.** 72 : 1174-1183.
- Han, L.K. *et al.* 1999. "Reduction in fat storage during chitin-chitosan treatment." **International of obesity.** 23 (2) : 174-179.
- Kanauchi, O. *et al.* 1994. "Increasing effect of a chitosan and ascorbic acid mixture on fecal dietary fat excretion." **Biosci. Biotech. Biochem.** 58 (9) : 1617-1620.
- Kim, S.J. *et al.* 1998. "Effects of chitooligosaccharides on liver function in the mouse." **Korean J. Food Sci. Technol.** 3 (30) : 693-696.
- Knorr, D. 1984. "Use of chitinous polymers in food." **Food Technology.** 38 : 85-97.
- Kobayashi, S. and H. Itoh. 1991. "Effect of dietary chitin and chitosan on growth and abdominal fat deposition in chicks." **Japanese Poultry Science.** 28 (2) : 88-94. (Abstr.)
- Lyons J.J. and J.M. Vandepopuliere. 1989. Dehydrated and Extruded Chitosan-produced secondary poultry nutrients (SPN) as broiler feedstuffs. **Poultry Science.** 68 (1) : 145-156. (Abstr.)
- Matsunaga, A. 1998. *Chitosan: The Ultimate Health Builder.* Vantage Press, U.S.A.
- NRC. 1994. **Nutrient Requirements of Poultry.** 9 ed. National Academy Press. Washington, D.C. 155 p.
- Qurdi, D. and A.M. Gharejeh. 1993. Effect of dietary chitosan on nitrogen metabolism levels in mice. [Online]. Available : <http://www.Pearl.sum.ac.ir/AIM/0142/qujeq0142.html>.
- Razdan, A. and D. Pettersson. 1994. "Effect of chitin and chitosan on nutrient digestibility and plasma lipid concentration in broiler chickens." **Br. J. Nutr.** 72 (2) : 277-288.
- Rouget, C. 1859. **Chitosan.** [Online]. Available : <http://www.bizsrgroup.com/chitosan.asp>
- SAS. 1985. *SAS/STAT Guide for Personal Computers, Version 6 Edition.* North carolina, USA : SAS Institute Inc.

- Shiau, S.Y. and Yu, Y.P. 1998. Chitin but not Chitosan supplementation enhance growth of grass shrimp, *Penaeus monodon*. **J.Nutr.** 128 : 908-912. (Abstr.)
- Shiau, S.Y. and Y.P. Yu. 1999. "Dietary supplementation of Chitin and Chitosan depresses growth in tilapia, *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*." **Aquaculture.** 179 : 439-446. ( Abstr.)
- Son, B.Y. *et al.* 1993. **Factors affect on the heavy metal ion absorption by chitosan.** [Online]. Available : <http://www.chitosan.or.kr/intro1/00-5-4-4.html>.
- Sugano, M. *et al.* 1980. "A novel use of chitosan as a hypocholesterolemic agent in rats." **Am. J. Clin. Nutr.** 33 (4) : 787-793.
- Van, Oeckel, M. J. *et al.* 1999. "Pork tenderness estimation by teste panel, warner-bratzler shear force and on-line methods." **Meat Sci.** 53 : 259-267.
- Wei, T. 2003. **Chitosan and immunochemish, Resisting weary.** [Online]. Available : <http://www.haima-tech.com/doce/hm 2-3.html>.
- William, J.H. 2000. **Chitosan-fat remover plus.** [Online]. Available : <http://www.thinandslimnaturally.com/frp-info.html>.
- Xiaozen, M. *et al.* 2001. "Effect of chitosan on growth performance and lipid metabolism of male broiler chickens." **Fujian Journal of Agricultural Sciences.** 16 (4) : 30-34. (Abstr.)
- Zofia, T. *et al.* 2003. **Effect of chitosan on selected production characteristics and hatching success of the pharaoh quail.** [Online]. Available : <http://www.ejpau.media.pl/series/volume 6/issue 2/art-15.html>.

ภาคผนวก

ตารางที่ ผ.1 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดต่ำสุดและความชื้นสัมพัทธ์แต่ละช่วงของวันตลอดระยะเวลาการทดลองเลี้ยงไก่เนื้อ

สัปดาห์ที่	อุณหภูมิสูงสุด (°C)	อุณหภูมิต่ำสุด (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)		
			เช้า	เย็น	เฉลี่ย
1	31.92	28.31	74.50	64.93	69.71
2	30.79	25.36	78.21	66.79	72.50
3	31.79	26.21	81.43	75.00	78.21
4	32.00	26.79	74.93	68.79	71.86
5	32.50	28.29	71.43	65.00	68.21
6	30.64	24.93	81.57	68.29	74.29
7	31.64	27.50	75.14	62.50	68.82

ตารางที่ ผ.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของความชื้นในมูลสดของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ 0-3 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	24.4530	4.8906	1.3700	0.2620
ERROR	30	106.7997	3.5599		
TOTAL	35	131.2526			
C.V. (%)	2.2174				

ตารางที่ ผ.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของความชื้นในมูลสดของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ 3-6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	35.9577	7.1915	0.4600	0.8049
ERROR	30	472.0897	15.7363		
TOTAL	35	508.0474			
C.V. (%)	4.6245				

ตารางที่ ผ.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของความชื้นในมูลสดของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ 6-7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	67.1106	13.4221	0.6500	0.6633
ERROR	30	619.0005	20.6333		
TOTAL	35	686.1111			
C.V. (%)	5.4426				

ตารางที่ ผ.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของโปรตีนในมูลของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ 0-3 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	47.4487	9.4897	2.0900	0.0950
ERROR	29	131.4982	4.5344		
TOTAL	34	178.9469			
C.V. (%)	7.5273				

ตารางที่ ผ.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของโปรตีนในมูลของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ 3-6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	23.8444	4.7688	0.3700	0.8644
ERROR	28	360.3207	12.8685		
TOTAL	33	384.1651			
C.V. (%)	12.7459				

ตารางที่ ผ.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของโปรตีนในมูลของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ 6-7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	86.2000	17.2399	0.6400	0.6938
ERROR	25	677.1275	27.0850		
TOTAL	30	763.3274			
C.V. (%)	17.0437				

ตารางที่ ผ.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของไขมันในมูลของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ 0-3 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	139.7427	27.9486	11.6100	0.0001
ERROR	30	72.2421	2.4080		
TOTAL	35	211.9848			
C.V. (%)	38.0003				

ตารางที่ ผ.9 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของไขมันในมูลของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ 3-6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	57.6076	11.5215	4.3400	0.0043
ERROR	30	79.5816	2.6527		
TOTAL	35	137.1892			
C.V. (%)	31.6154				

ตารางที่ ผ.10 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของไขมันในมูลของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ 6-7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	31.9195	6.3838	4.2600	0.0048
ERROR	30	45.0024	1.5000		
TOTAL	35	76.9218			
C.V. (%)	31.2117				

ตารางที่ ผ.11 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของพลังงานทั้งหมดในมูลของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ 0-3 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	772156.4058	154431.2821	7.9400	0.0001
ERROR	30	583658.2462	19455.2749		
TOTAL	35	1355814.6520			
C.V. (%)	4.0393				

ตารางที่ ผ.12 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของพลังงานทั้งหมดในมูลของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ 3-6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	2044935.8260	408987.1650	12.5600	0.0001
ERROR	30	976700.4050	32556.9800		
TOTAL	35	3021636.2320			
C.V. (%)	4.8891				

ตารางที่ ผ.12 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของพลังงานทั้งหมดในมูลของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ  
6-7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	5870704.0780	1174140.8160	26.7700	0.0001
ERROR	30	1315698.7100	43856.6240		
TOTAL	35	7186402.7880			
C.V. (%)	5.2577				

ตารางที่ ผ.14 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการย่อยได้ของโปรตีนของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ  
0-3 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	57.5595	11.5118	0.5000	0.7713
ERROR	29	663.4511	22.8776		
TOTAL	34	721.0106			
C.V. (%)	6.8484				

ตารางที่ ผ.15 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการย่อยได้ของโปรตีนของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ  
3-6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	228.5559	45.7111	0.5900	0.7042
ERROR	28	2152.3150	76.8683		
TOTAL	33	2380.8708			
C.V. (%)	13.0245				

ตารางที่ ผ.16 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการย่อยได้ของโปรตีนของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ  
6-7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	592.3820	118.4763	1.4600	0.2382
ERROR	26	2116.1138	81.3889		
TOTAL	31	2708.4957			
C.V. (%)	14.3162				

ตารางที่ ผ.17 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการย่อยได้ของไขมันของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ 0-3 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	2645.9045	529.1808	12.0000	0.0001
ERROR	30	1323.4229	44.1140		
TOTAL	35	3969.3274			
C.V. (%)	7.9836				

ตารางที่ ผ.18 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการย่อยได้ของไขมันของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ 3-6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	1173.2456	234.6491	2.6400	0.0428
ERROR	30	2662.6495	88.7549		
TOTAL	35	3835.8950			
C.V. (%)	12.0398				

ตารางที่ ผ.19 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการย่อยได้ของไขมันของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ 6-7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	532.4199	103.4839	5.2300	0.0014
ERROR	30	611.0719	20.3690		
TOTAL	35	1143.4918			
C.V. (%)	5.1489				

ตารางที่ ผ.20 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของ NPU(%) ของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ 0-3 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	134.1626	26.8322	0.8500	0.5242
ERROR	30	944.6039	31.4867		
TOTAL	35	1078.7651			
C.V. (%)	7.2824				

ตารางที่ ผ.21 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของ NPU (%) ของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ 3-6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	224.6523	44.9302	0.6000	0.6990
ERROR	28	2090.6104	74.6647		
TOTAL	33	2315.233			
C.V. (%)	11.6474				

ตารางที่ ผ.22 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของ NPU (%) ของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ 6-7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	594.5081	118.9016	1.8300	0.1422
ERROR	26	1690.7815	65.0300		
TOTAL	31	2285.2895			
C.V. (%)	11.4755				

ตารางที่ ผ.23 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ 0-3 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	291441.7171	58288.3434	5.9500	0.0006
ERROR	30	294090.0141	9803.0005		
TOTAL	35	585531.7312			
C.V. (%)	3.3292				

ตารางที่ ผ.24 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏของไก่ที่ได้รับอาหารระยะ 3-6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	641638.2549	128327.6510	1.9500	0.0049
ERROR	30	1971402.1132	65713.4038		
TOTAL	35	2613040.3681			
C.V. (%)	8.3363				

ตารางที่ ผ.25 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏของไก่ที่ได้รับ  
อาหารระยะ 6-7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	387675.4858	77535.0972	3.9600	0.0070
ERROR	30	586732.1615	19557.7387		
TOTAL	35	974407.6472			
C.V. (%)	4.4174				

ตารางที่ ผ.26 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักตัวเริ่มต้นของไก่ทดลอง

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	0.7933	0.1586	0.2400	0.9370
ERROR	18	11.6600	0.6477		
TOTAL	23	12.4533			
C.V. (%)	1.8072				

ตารางที่ ผ.27 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักตัวที่ 3 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	5289.0876	1057.8175	4.1600	0.0109
ERROR	18	4576.4164	254.2453		
TOTAL	23	9865.5040			
C.V. (%)	2.4418				

ตารางที่ ผ.28 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักตัวที่ 6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	9315.3604	1863.0720	0.5800	0.7142
ERROR	18	57727.5489	3207.0860		
TOTAL	23	67042.6093			
C.V. (%)	3.6533				

ตารางที่ ผ.29 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักตัวที่ 7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	26614.8504	5322.9700	1.3600	0.2852
ERROR	18	70445.4282	3913.6349		
TOTAL	23	97060.2786			
C.V. (%)	3.5844				

ตารางที่ ผ.30 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วง 0-3 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	5278.3433	1055.6686	4.2900	0.0095
ERROR	18	4425.8394	245.8799		
TOTAL	23	9704.1827			
C.V. (%)	2.5770				

ตารางที่ ผ.31 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วง 3-6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	6957.0266	1391.4053	0.5700	0.7198
ERROR	18	43695.9472	2427.5526		
TOTAL	23	50652.9738			
C.V. (%)	5.4921				

ตารางที่ ผ.32 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วง 0-6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	9225.3577	1845.0715	0.5700	0.7208
ERROR	18	58088.5769	3227.1431		
TOTAL	23	67313.9346			
C.V. (%)	3.7731				

ตารางที่ ผ.33 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วง 6-7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	5443.5697	1088.7139	0.3300	0.8897
ERROR	18	59819.0469	3323.2803		
TOTAL	23	65262.6166			
C.V. (%)	29.5299				

ตารางที่ ผ.34 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วง 0-7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	26501.3549	5300.2709	1.3600	0.2854
ERROR	18	70180.6882	3898.9271		
TOTAL	23	96682.0431			
C.V. (%)	3.6713				

ตารางที่ ผ.35 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตในช่วง 0-3 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	11.9481	2.3896	4.2700	0.0098
ERROR	18	10.0709	0.5594		
TOTAL	23	22.0190			
C.V. (%)	2.5815				

ตารางที่ ผ.36 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตในช่วง 3-6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	15.7769	3.1553	0.5700	0.7198
ERROR	18	99.0886	5.5049		
TOTAL	23	114.8655			
C.V. (%)	5.4922				

ตารางที่ ผ.37 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตในช่วง 0-6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	7.5454	1.5090	0.5700	0.7206
ERROR	18	47.4870	2.6381		
TOTAL	23	55.0324			
C.V. (%)	3.7759				

ตารางที่ ผ.38 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตในช่วง 6-7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	111.1930	22.2385	0.3300	0.8892
ERROR	18	1218.8634	67.7146		
TOTAL	23	1330.0564			
C.V. (%)	29.5114				

ตารางที่ ผ.39 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตในช่วง 0-7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	21.6261	4.3252	1.3600	0.2858
ERROR	18	57.3169	3.1842		
TOTAL	23	78.9429			
C.V. (%)	3.6722				

ตารางที่ ผ.40 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณอาหารที่กินในช่วง 0-3 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	32723.8544	6544.7708	1.8100	0.1626
ERROR	18	65249.9129	3624.9951		
TOTAL	23	97973.7673			
C.V. (%)	5.8427				

ตารางที่ ผ.41 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณอาหารที่กินในช่วง 3-6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	27214.4310	5442.8862	0.6900	0.6391
ERROR	18	142505.0250	7916.8458		
TOTAL	23	169719.4559			
C.V. (%)	4.3484				

ตารางที่ ผ.42 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณอาหารที่กินในช่วง 0-6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	34724.1640	6944.8328	0.6500	0.6673
ERROR	18	193190.7598	10732.8199		
TOTAL	23	227914.9237			
C.V. (%)	3.3672				

ตารางที่ ผ.43 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณอาหารที่กินในช่วง 6-7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	35755.6953	7151.1690	0.9600	0.4692
ERROR	18	134467.4480	7470.4137		
TOTAL	23	170223.1433			
C.V. (%)	13.3762				

ตารางที่ ผ.44 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณอาหารที่กินในช่วง 0-7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	137888.8527	27577.7708	2.1800	0.1014
ERROR	18	227213.5627	12622.9757		
TOTAL	23	365102.4154			
C.V. (%)	3.0179				

ตารางที่ ผ.45 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารในช่วง 0-3 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	0.0242	0.0048	0.5400	0.7421
ERROR	18	0.1605	0.0089		
TOTAL	23	0.1847			
C.V. (%)	5.5782				

ตารางที่ ผ.46 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารในช่วง 3-6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	0.0274	0.0054	0.1700	0.9690
ERROR	18	0.5676	0.3153		
TOTAL	23	0.5950			
C.V. (%)	0.7637				

ตารางที่ ผ.47 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารในช่วง 0-6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	0.0065	0.0013	0.1300	0.9836
ERROR	18	0.1813	0.0100		
TOTAL	23	0.1878			
C.V. (%)	4.9049				

ตารางที่ ผ.48 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารในช่วง 6-7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	0.8667	0.1733	0.1200	0.9854
ERROR	18	25.3799	1.4099		
TOTAL	23	26.2466			
C.V. (%)	33.3900				

ตารางที่ ผ.49 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารในช่วง 0-7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	0.0113	0.0022	0.2700	0.9230
ERROR	18	0.1505	0.0083		
TOTAL	23	0.1618			
C.V. (%)	4.1730				

ตารางที่ ผ.50 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตที่ 0-3 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	2.8333	0.5666	0.7800	0.5740
ERROR	18	13.0000	0.7222		
TOTAL	23	15.8333			
C.V. (%)	0.8533				

ตารางที่ ผ.51 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตที่ 3-6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	77.5083	15.5017	0.8100	0.5602
ERROR	18	346.1607	19.2311		
TOTAL	23	423.6690			
C.V. (%)	4.7473				

ตารางที่ ผ.52 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตที่ 0-6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	82.0000	16.4000	0.7600	0.5922
ERROR	18	390.0000	21.6666		
TOTAL	23	472.0000			
C.V. (%)	5.0595				

ตารางที่ ผ.53 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตที่ 6-7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	113.5570	22.7114	0.6400	0.6740
ERROR	18	641.2309	35.6239		
TOTAL	23	754.7879			
C.V. (%)	6.5755				

ตารางที่ ผ.54 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตที่ 0-7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	100.8333	20.1666	0.4500	0.8110
ERROR	18	815.0000	45.2777		
TOTAL	23	915.8333			
C.V. (%)	7.9553				

ตารางที่ ผ.55 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักในช่วง 0-3 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	2.1482	0.4296	0.6600	0.6595
ERROR	18	11.7508	0.6528		
TOTAL	23	13.8990			
C.V. (%)	5.5183				

ตารางที่ ผ.56 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักในช่วง 3-6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	2.6928	0.5385	0.2700	0.9225
ERROR	18	35.6297	1.9794		
TOTAL	23	38.3225			
C.V. (%)	7.7502				

ตารางที่ ผ.57 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักในช่วง 0-6 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	1.2240	0.2448	0.3800	0.8548
ERROR	18	11.5459	0.6414		
TOTAL	23	12.7700			
C.V. (%)	4.7896				

ตารางที่ ผ.58 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักในช่วง 6-7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	74.9475	14.9895	0.1700	0.9722
ERROR	18	1633.7147	90.7619		
TOTAL	23	1708.6622			
C.V. (%)	33.4860				

ตารางที่ ผ.59 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักในช่วง 0-7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	2.2986	0.4597	0.8300	0.5477
ERROR	18	10.0224	0.5568		
TOTAL	23	12.3210			
C.V. (%)	4.1822				

ตารางที่ ผ.60 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของดัชนีสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อที่อายุ 7 สัปดาห์

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	107.9324	21.5864	0.0900	0.9923
ERROR	18	4177.6952	232.0941		
TOTAL	23	4285.6276			
C.V. (%)	11.0656				

ตารางที่ ผ.61 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักไก่ที่มีชีวิตก่อนฆ่า

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	0.0414	0.0083	1.0300	0.4299
ERROR	18	0.1448	0.0080		
TOTAL	23	0.1862			
C.V. (%)	4.3832				

ตารางที่ ผ.62 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ซากไก่ที่ถอนขนแล้ว

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	3.5192	0.7038	1.0100	0.4385
ERROR	18	12.5011	0.6945		
TOTAL	23	16.0203			
C.V. (%)	0.8858				

ตารางที่ ผ.63 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เลือดและขน

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	3.5288	0.7057	1.0100	0.4387
ERROR	18	12.5406	0.6967		
TOTAL	23	16.0694			
C.V. (%)	14.0994				

ตารางที่ ผ.64 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ซากไก่ที่ถอนขนไม่รวมเครื่องใน

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	4.8333	0.9666	0.5900	0.7058
ERROR	18	29.3553	1.6308		
TOTAL	23	34.1886			
C.V. (%)	1.5376				

ตารางที่ ผ.65 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เครื่องในที่กินไม่ได้

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	0.5869	0.1173	0.1900	0.9642
ERROR	18	11.3651	0.6313		
TOTAL	23	11.9519			
C.V. (%)	11.3731				

ตารางที่ ผ.66 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เครื่องในที่กินได้

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	0.3344	0.0668	1.2700	0.3190
ERROR	18	0.9473	0.0526		
TOTAL	23	1.2817			
C.V. (%)	5.6760				

ตารางที่ ผ.67 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์หัวและคอ

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	0.4999	0.0999	1.1500	0.3717
ERROR	18	1.5674	0.0870		
TOTAL	23	2.0673			
C.V. (%)	4.8220				

ตารางที่ ผ.68 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์แข็ง (รวมคืนไก่)

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	0.1843	0.0368	1.5500	0.2249
ERROR	18	0.4287	0.0238		
TOTAL	23	0.6130			
C.V. (%)	3.8830				

ตารางที่ ผ.69 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้อง

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	0.7262	0.1452	7.2500	0.0007
ERROR	18	0.3606	0.0200		
TOTAL	23	1.0868			
C.V. (%)	11.0036				

ตารางที่ ผ.70 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักซากเย็น

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	23854.2318	4770.8463	0.9100	0.4980
ERROR	18	94659.7656	5258.8758		
TOTAL	23	118513.9974			
C.V. (%)	5.4475				

ตารางที่ ผ.71 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ตับ

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	1.7587	0.3517	0.6400	0.6750
ERROR	18	9.9525	0.5529		
TOTAL	23	11.7111			
C.V. (%)	5.8465				

ตารางที่ ผ.72 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เนื้อทั้งหมด

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	7.6786	1.5357	1.3500	0.2888
ERROR	18	20.4746	1.1374		
TOTAL	23	28.1531			
C.V. (%)	2.1811				

ตารางที่ ผ.73 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์กระดูกทั้งหมด

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	2.5314	0.5062	0.8600	0.5283
ERROR	18	10.6349	0.5908		
TOTAL	23	13.1664			
C.V. (%)	2.6302				

ตารางที่ ผ.74 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์หนังทั้งหมด

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	2.8587	0.5717	1.0700	0.4114
ERROR	18	9.6557	0.5364		
TOTAL	23	12.5144			
C.V. (%)	9.1499				

ตารางที่ ผ.75 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเนื้อสันในไก่

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	4.5353	0.9064	1.1000	0.3959
ERROR	18	14.8711	0.8261		
TOTAL	23	19.4034			
C.V. (%)	1.2142				

ตารางที่ ผ.76 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อสันในไก่

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	1.1187	0.2237	8.6900	0.0002
ERROR	18	0.4663	0.0257		
TOTAL	23	1.5821			
C.V. (%)	15.8030				

ตารางที่ ผ.77 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อสันในไก่

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	2.3362	0.4672	0.2900	0.9108
ERROR	18	28.7397	1.5966		
TOTAL	23	31.0760			
C.V. (%)	5.0169				

ตารางที่ ผ.78 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียไอน้ำระหว่างปรุง (cooking loss)

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	0.2808	0.0561	0.0300	0.9993
ERROR	18	30.5351	1.6939		
TOTAL	23	30.8159			
C.V. (%)	4.6452				

ตารางที่ ผ.79 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ( $N/cm^3$ )

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	12.4081	2.4816	0.2900	0.9116
ERROR	18	153.3356	8.5186		
TOTAL	23	165.7437			
C.V. (%)	11.2471				

ตารางที่ ผ.80 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณไตเตอร์ (GMT titer) ของโรคนิวคาสเซิล

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	1.7883	0.3576	2.6100	0.0608
ERROR	18	2.4700	0.1372		
TOTAL	23	4.2583			
C.V. (%)	10.7113				

ตารางที่ ผ.81 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณไคเตอร์ (Means titer) ของโรคกัมโบโร

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	1892139.3080	378427.8620	0.9900	0.4501
ERROR	18	6867740.2450	381541.1250		
TOTAL	23	8759879.5530			
C.V. (%)	39.8145				

ตารางที่ ผ.82 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณ serum cholesterol (mg/dl)

SOV	df	SS	MS	F-Value	P-Value
FEED	5	341.8650	68.3730	1.8800	0.1487
ERROR	18	655.8600	36.4366		
TOTAL	23	997.7250			
C.V. (%)	4.3216				

## ประวัติผู้เขียน

นายไพฑูล แก้วหอม เกิดเมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2521 อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนวัดแจ่มอารมณ์ จังหวัดร้อยเอ็ด สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนยโสธรพิทยาคม และสำเร็จการศึกษาวิทยาสาตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2543