สำนักงานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ระดับการประเมินคุณภาพ

☐ ดีเยี่ยม ☑ ดีมาก

☐ ดี ☐ ปานกลาง

ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารไก่เนื้อ ต่อสมรรถภาพการผลิต การย่อยได้ของโภชนะ และจุลินทรีย์ในมูล

นงลักษณ์ นพสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

ชื่อเรื่อง

ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารไก่เนื้อ ต่อสมรรถภาพการผลิต การย่อยได้ของโภชนะ และจุลินทรีย์ในมูล

โดย

นงลักษณ์ นพสุวรรณ

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ ทองวิทยา)

วันที่ 11 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2554

กรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทฤทธิ์ โชคถาวร)

วันที่ 11 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2554

กรรมการที่ปรึกษา .....

(อาจารย์ ดร.สมคิด คีจริง)

วันที่ 11 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2554

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ ทองวิทยา)

วันที่ 11 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2554

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร ยศราช)

ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

วันที่ 14 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2554

ชื่อเรื่อง ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารไก่เนื้อ ต่อสมรรถภาพการผลิต การย่อยได้ของโภชนะ และจุลินทรีย์ในมูล

ชื่อผู้เขียน นางสาวนงลักษณ์ นพสุวรรณ

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ ทองวิทยา

บทคัดย่อ

ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารไก่เนื้อ ประกอบด้วย 3 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหาร ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของไก่เนื้อ ทำการทดลองโดยใช้ไก่เนื้อพันธุ์ทางการค้าที่อายุ 8 วัน จำนวน 220 ตัว แบ่งไก่ออกเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 11 ตัว ประกอบด้วยกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม, กลุ่มที่ 2, 3 และ 4 เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหาร 0.5, 1.0 และ 1.5% ตามลำดับ และกลุ่มที่ 5 เสริมกรดอินทรีย์ในอาหาร 1.0% ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ ระหว่างการทดลองมีอาหารและน้ำให้กินอย่างเต็มที่ พบว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก.ดีกว่ากลุ่มควบคุม แต่ปริมาณน้ำที่กินและปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนลักษณะคุณภาพซากที่อายุ 21 วัน พบว่า กลุ่มที่ได้รับน้ำส้มควันไม้ที่ระดับ 1.5% มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลังเชือด เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลังถอนขน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักขน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแข้ง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักคอรวมหัว เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้ออกสันใน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะโพก เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวใจ และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกระเพาะแท้รวมกระเพาะบดสูงกว่ากลุ่มควบคุม และคุณภาพซากที่อายุ 42 วัน มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลังถอนขน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโครง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะโพก และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักน่อง สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$)

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่อการย่อยได้ของโภชนะของไก่เนื้อที่ทำทวารเทียม โดยใช้ไก่เนื้อเพศผู้พันธุ์ทางการค้า ที่อายุ 70 วัน จำนวน 20 ตัว แบ่งไก่ออกเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 1 ตัว ซึ่งกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม, กลุ่มที่ 2, 3 และ 4 เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหาร 0.5, 1.0 และ 1.5% ตามลำดับ และกลุ่มที่ 5 เสริมกรดอินทรีย์ในอาหาร 1.0% พบว่ากลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใย ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก แคลเซียม เถ้า และ พลังงานสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$)

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่อ *E. coli* และ *Salmonella* spp. ในไส้ติ่งของไก่เนื้อ โดยใช้ไก่เนื้อที่อายุ 21 และ 42 วัน จำนวน 40 ตัว แบ่งไก่ออกเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 1 ตัว ซึ่งกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม, กลุ่มที่ 2, 3 และ 4 เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหาร 0.5, 1.0 และ 1.5% ตามลำดับ และกลุ่มที่ 5 เสริมกรดอินทรีย์ในอาหาร 1.0% ผลการทดลองพบว่า การเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% ในอาหาร จำนวนเชื้อ *E. coli* และ *Salmonella* spp. ในมูล น้อยกว่ากลุ่มควบคุม ทั้ง 2 ระยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

Title	Effects of Wood Vinegar and Organic Acid in Broiler Feeds on Productive Performance, Nutrient Digestibility and Fecal Microorganisms
Author	Miss Nongluk Nopsuwan
Degree of	Master of Science in Animal Science
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Dr. Narin Thongwittaya

ABSTRACT

Results of the study on the effects of wood vinegar and organic acid in broiler feeds as conducted in 3 experiments, are as follow:

Experiment 1: The study was conducted to evaluate the effects of wood vinegar and organic acid in broiler feeds on productive performance and carcass quality by using 200 8-day old broilers divided into 5 treatments, with 11 chicken each in 4 replications: T1 (control); T2-T4 (supplemented with wood vinegar at 0.5, 1.0 and 1.5% respectively); and T5 (supplemented with organic acid at 1.0%). Feed and water were supplied *ad libitum* during a 5-week experimental period. Results indicated that chicken fed T4 had significantly higher weight gain, better feed conversion ratio and feed cost per a kg of body weight gain ($P<0.05$) but water and feed intake were significantly lower than the control group. In addition, carcass percentage of 21-day old chicken in T4 group obtained for live weight, pereent after slaughter weight, percent after feather plucking, percent feather, percent shanks, percent head with neck, percent pectoralis minor, percent thigh, percent heart and percent proventriculus with gizzard, were significantly higher than the control group ($P<0.05$). Results of the percent carcass weight at 42-day old showed that T4 values obtained for live weight, percent after feather pluеking, percent skeleton, percent thigh and percent drumstick, were significantly higher than the control group ($P<0.05$).

Experiment 2: The study on the effects of wood vinegar and organie acid in feeds on nutrient digestibility of colostomy broilers was eonducted using 20 birds (70 - day old commercial male broilers), which were divided into 5 treatments with 4 replications (1 broiler

each). Feeding treatments were as follow: T1 (control); T2-T4 (supplemented with wood vinegar at 0.5, 1.0 and 1.5% respectively); and T5 (supplemented with organic acid at 1.0%). Results showed that T4 values obtained for digestibility of dry matter, crude protein, crude fiber, nitrogen free extract, ash, calcium and energy as compared with control group, were significantly higher ($P<0.05$).

Experiment 3: The study on the effects of wood vinegar and organic acid in feeds on fecal microorganism of broilers was performed using 40 birds (21 - and 42 - day old commercial broilers) which were divided into 5 treatments in 4 replications with 1 chicken each. Feeding treatments were as follow: T1 (control); T2-T4 (supplemented with wood vinegar at 0.5, 1.0 and 1.5% respectively); and T5 (supplemented with organic acid at 1.0%). Results showed that bird fed T4 at 21 and 42 days were tested of *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. significantly lower than the control group ($P<0.05$).

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ ทองวิทยา ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำในการวางแผนการทดลอง ตลอดจนช่วยสนับสนุนวัสดุอุปกรณ์สำหรับใช้ในการดำเนินงานทดลองและได้ตรวจทานแก้ไขจนได้วิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทฤทธิ์ โชคถาวร กรรมการที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำดลอดจนช่วยตรวจทานแก้ไขจนกระทั่งสำเร็จเป็นวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. สมคิด ดีจริง ที่ให้คำปรึกษาทางด้านจุลชีววิทยา ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขจนกระทั่งสำเร็จเป็นวิทยานิพนธ์อย่างสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่สาขาวิชาสัตว์ปีก และสาขาวิชาอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี เจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมี และภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่อุปกรณ์และคำปรึกษาต่าง ๆ ในการทดลองครั้งนี้

นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อรพ คุณแม่แป้ว พี่สาว และพี่ชาย ที่ให้คำปรึกษา อบรม สั่งสอน มอบกำลังใจ รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการศึกษา ขอขอบคุณ คุณโชติชีวินทร์ วงษ์เทพ และทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้

นงลักษณ์ นพสุวรรณ

กรกฎาคม 2554

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(11)
สารบัญภาพ	(12)
สารบัญภาพผนวก	(13)
อักษรย่อและสัญญลักษณ์	(14)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
น้ำส้มควันไม้	5
การผลิตน้ำส้มควันไม้จากการเผาถ่าน	6
การเผาถ่านเพื่อเก็บผลผลิตน้ำส้มควันไม้	9
ระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำส้มควันไม้ก่อนนำมาใช้ประโยชน์	11
สารประกอบที่สำคัญของน้ำส้มควันไม้	12
สารประกอบที่มีประโยชน์ในน้ำส้มควันไม้	12
กรดอินทรีย์	16
ชนิดของกรดอินทรีย์	17
กลไกการทำงานของกรดอินทรีย์ที่เสริมในอาหาร	17
ทฤษฎีการทำลายโดยการแตกตัว	19
ทฤษฎีการสะสมประจุลบภายในเซลล์แบคทีเรีย	19
จุลินทรีย์ที่ก่อโรคในระบบทางเดินอาหารของสัตว์	21
แบคทีเรียกลุ่มก่อโรคที่สำคัญและทำให้เกิดโรคติดเชื้อในปศุสัตว์	22

หน้า

Escherichia coli 23
ลักษณะของ *Escherichia coli* 23
Salmonella spp. 24
ลักษณะของ *Salmonella* spp. 25
กลไกการก่อให้เกิดโรคของ *Salmonella* spp. 25
การเสริมน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิต 27
วิธีการเลือกใช้น้ำส้มควันไม้เสริมในอาหารสัตว์ 30
ข้อจำกัดของการใช้น้ำส้มควันไม้ และกรดอินทรีย์ 30
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 32
สถานที่ทำการทดลอง 32
การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ ในอาหารไก่เนื้อ ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และต้นทุนค่าอาหาร 33
การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ ในอาหารไก่เนื้อ ต่อการย่อยได้ของโภชนะในอาหาร 39
การทดลองที่ 3 ศึกษาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. และ *Escherichia coli* ในมูลของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารผสมน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ 41
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล 45
การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ ในอาหารไก่เนื้อ ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และต้นทุนค่าอาหาร 45
การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ ในอาหารไก่เนื้อ ต่อการย่อยได้ของโภชนะในอาหาร 79
การทดลองที่ 3 ศึกษาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonellas* spp. และ *Escherichia coli* ในมูลของไก่เนื้อที่ได้รับส่วนผสมน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ 83
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 87
สรุปผลการศึกษา 87
ข้อเสนอแนะ 87
บรรณานุกรม 88
ภาคผนวก 97
ภาคผนวก ก อาหารและสารเคมีสำหรับเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ 98

หน้า

ภาคผนวก ข ประวัติผู้วิจัย 103

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	สารประกอบต่าง ๆ ในน้ำส้มควันไม้	13
2	สารสกัดที่ได้จากน้ำส้มควันไม้	34
3	ส่วนประกอบของวัตถุดิบในอาหารทดลอง	37
4	โปรแกรมการทำวัคซีนไก่เนื้อ	38
5	ผลของน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่อปริมาณอาหารที่กินของไก่เนื้อ	48
6	ผลของน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่อน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่เนื้อ	50
7	ผลของน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่เนื้อ	53
8	ผลของน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่อปริมาณน้ำที่กินของไก่เนื้อ	56
9	ผลของน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่เนื้อ	61
10	ผลของน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่อต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่ม ขึ้น 1 กก.ของไก่เนื้อ	64
11	ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่อเปอร์เซ็นต์ซากของไก่เนื้อที่อายุ 21 วัน	71
12	ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่อเปอร์เซ็นต์ซากของไก่เนื้อที่อายุ 42 วัน	78
13	ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่อการย่อยได้ของไก่เนื้อ	83
14	ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารไก่เนื้อต่อจำนวนจุลินทรีย์ในมูลไก่เนื้อที่อายุ 21 และ 42 วัน	86

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	กระบวนการไพโรไลซิสและกระบวนการแกสิฟิเคชัน	8
2	การแตกตัวและปฏิกิริยาย้อนกลับของกรดอินทรีย์	18
3	การผ่านเข้าสู่เซลล์ของกรดอินทรีย์	18
4	การทำลายเชื้อแบคทีเรียโดยกรดอินทรีย์	19
5	การออกฤทธิ์ของยาปฏิชีวนะเมื่อจับกับรีเซ็ปเตอร์	20
6	รีเซ็ปเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้ยาปฏิชีวนะไม่สามารถเข้าทำปฏิกิริยาได้	21

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวก		หน้า
1	ลักษณะโคโลนีของเชื้อซาลโมเนลลา ที่เจริญบนอาหาร *Salmonella Shigella* Agar	101
2	ลักษณะโคโลนีของเชื้อ *E. coli* ที่เจริญบนอาหาร Eosin Methylene Blue Agar	101

อักษรย่อและสัญลักษณ์

อักษรย่อ	ย่อมาจาก	ความหมาย
กก.	กิโลกรัม	ชื่อมาตราชั่งน้ำหนัก เท่ากับ 1,000 กรัม
มล.	มิลลิลิตร	ชื่อมาตราตวงตามวิธีเมตริก มีอัตราเท่ากับ 1 ใน 1,000 ของ 1 ลิตร
°ซ	องศาเซลเซียส	ชื่อหน่วยในการวัดอุณหภูมิ
ซม.	เซนติเมตร	ชื่อมาตราวัดตามวิธีเมตริก มีอัตราเท่ากับ 1 ใน 100 ของ 1 เมตร
Kcal	Kigocalories	ชื่อมาตราวัดค่าพลังงาน
Kg.	Kilogram	ชื่อมาตราชั่งน้ำหนัก เท่ากับ 1,000 กรัม
g.	Gram	ชื่อมาตราชั่งตามวิธีเมตริก มีอัตราเท่ากับ 1 ใน 1,000 ของ 1 กรัม
ml.	Milliliter	ชื่อมาตราตวงดามวิธีเมตริก มีอัตราเท่ากับ 1 ใน 1,000 ของ 1 ลิตร
ME	Metabolizable energy	พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้
CFU.	Colony forming Unit	หน่วยวัดจำนวนจุลินทรีย์
ppm.	Part per million	อัตราส่วนความเข้มข้น 1 ส่วนใน 1,000,000 ส่วน
pH	ค่าความเป็นกรด-เบส	สัญลักษณ์แสดงปริมาณความเป็นกรดหรือด่าง
Spp.	Species	ชนิดของสกุลสิ่งมีชีวิต

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

การนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาใช้ในการเลี้ยงสัตว์ เพื่อให้ได้อาหารสัตว์ที่มีคุณภาพดี ต้นทุนต่ำ สัตว์ให้ผลผลิตสูง เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ สำหรับการคิดค้นสูตรอาหารสัตว์ ต้องใช้ความพิถีพิถันในการคัดเลือกวัตถุดิบอาหารสัตว์ ซึ่งอาจเป็น สารเคมี สารธรรมชาติ สารสังเคราะห์ หรือจุลินทรีย์ เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ เช่น

1. เพิ่มคุณภาพอาหาร เช่น วิตามิน แร่ธาตุต่าง ๆ
2. เร่งการเจริญเติบโต เช่น ยาปฏิชีวนะบางชนิด
3. ถนอมคุณภาพอาหารสัตว์ เช่น กรดโพรพิโอนิก กรดฟอร์มิก เป็นต้น
4. ปรุงแต่งอาหารสัตว์ เช่น วานิลลา
5. ปรับปรุงคุณภาพซากและผลิตภัณฑ์สัตว์ เช่น อะไวลามัยซิน (Avilamycin) และ ฟลาโวฟอสโฟไลฟอล (Flavophospholipol)
6. ช่วยเสริมการย่อย เช่น ไฟเตส กรดอะซิติก กรดแลกติก เป็นต้น
7. สารเสริมชีวภาพ เช่น ยีสต์ แลคโตบาซิลลัส เป็นต้น

ดังนั้นการใช้วัตถุที่เติมในอาหารสัตว์ จะต้องมีความระมัดระวังสารตกค้างในผลผลิตจากสัตว์ ความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค รวมทั้งต้องคำนึงถึงการรักษาตลาดเนื้อสัตว์ส่งออก ซึ่งทำรายได้เข้าประเทศปีละนับพันล้านบาท จากการเลี้ยงสัตว์แบบอุตสาหกรรมจะมีการกำหนดจำนวนสัตว์ต่อพื้นที่ ระยะเวลาในการเลี้ยงก็จำกัด ซึ่งทำให้มีความเป็นอยู่อย่างแออัด สัตว์เครียดทำให้เกิดโรค หรือติดโรคได้ง่าย ทำให้มีการใช้ยาปฏิชีวนะผสมอาหารสัตว์ เพื่อป้องกันและรักษาโรค สำหรับวิธีการให้ยาสัตว์แบบอุตสาหกรรมแตกต่างจากการให้ยาสัตว์เลี้ยง ซึ่งสามารถให้ยาป้องกันหรือรักษาสัตว์ทีละตัวได้ แต่การเลี้ยงสัตว์แบบอุตสาหกรรมจะให้ยาโดยการผสมอาหารสัตว์หรือผสมน้ำเพื่อให้สัตว์ทุกตัวได้กินเหมือนกัน เป็นการให้แบบปูพรมให้ครอบคลุมทุกตัวในช่วงระยะเวลาหนึ่ง แต่เนื่องจากการใช้ยาดังกล่าวอาจมีผลข้างเคียงหรือก่อให้เกิดการตกค้างของยา ซึ่งเป็นผลทำให้สัตว์ดื้อยา และมีผลกระทบต่อผู้บริโภคผลิตภัณฑ์จากสัตว์ที่มีสารตกค้าง ดังนั้นจึงได้มีการคิดค้นหาสิ่งที่จะนำมาใช้ทดแทนยาปฏิชีวนะ เพื่อช่วยให้สัตว์สุขภาพแข็งแรง และลดการเสี่ยงที่จะต้องใช้ยาปฏิชีวนะในอาหารสัตว์

การศึกษาหาทางเลือกใหม่เพื่อทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะ โดยการใช้น้ำส้มควันไม้ (Wood vinegar) เพื่อให้มีผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์ ช่วยส่งเสริมการย่อยอาหารให้ดีขึ้น และลดระดับ pH ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ (Watarai and Tana, 2005) เพราะระบบทางเดินอาหารของไก่เนื้อจะอยู่ในช่วงสภาพความเป็นกรด (อรวรรณ, 2547) นอกจากนี้น้ำส้มควันไม้ยังไม่ก่อให้เกิดสารตกค้าง ไม่ต้องมีระยะเวลาปลอดยา และไม่ทำให้เกิดการดื้อยา การทดลองครั้งนี้จึงสนใจศึกษาถึงผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารไก่เนื้อ ต่อสมรรถภาพการผลิต การย่อยได้ของโภชนะ และจุลินทรีย์ในมูล

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

การวิจัยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ศึกษาสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และต้นทุนค่าอาหารในการใช้น้ำส้มควันไม้ ที่ประกอบในสูตรอาหารไก่เนื้อ
2. ศึกษาผลของการใช้น้ำส้มควันไม้ ต่อจุลินทรีย์ในไส้ติ่งของไก่เนื้อ
3. ศึกษาผลของการใช้น้ำส้มควันไม้ ต่อการย่อยได้ของโภชนะในอาหารไก่เนื้อ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากผลการวิจัยคาดว่าจะเกิดประโยชน์ดังนี้ คือ

1. ทราบถึงผลของการใช้น้ำส้มควันไม้ต่อสมรรถภาพการผลิตในไก่เนื้อ เช่น ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR : feed conversion ratio) การย่อยได้ของโภชนะ และปริมาณจุลินทรีย์ในไส้ติ่งของไก่เนื้อ
2. เพื่อจะได้ทราบราคาต้นทุนการใช้วัตถุติบน้ำส้มควันไม้ ที่เสริมลงในอาหารไก่เนื้อ
3. เกิดความรู้ใหม่ ๆ ที่สามารถนำไปใช้เพื่อการวิจัยและพัฒนา สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำส้มควันไม้ในไก่ และสัตว์ชนิดอื่น ๆ ต่อไปในอนาคต
4. เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคที่จะได้บริโภคผลผลิตจากไก่ที่ปราศจากสารตกค้าง

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

การที่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างปกติ จำเป็นต้องอาศัยสารอาหารและปัจจัยต่าง ๆ เข้าไปช่วย เพื่อเสริมสร้างซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอหรือทดแทนส่วนที่เสียสภาพไป รวมทั้งยังต้องการพลังงานจากสารอาหารหลาย ๆ ชนิด ทั้งหมดนี้จะต้องอาศัยกระบวนการ และปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ซึ่งต้องการสภาวะที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง จึงจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเสียสมดุลของสภาพภายในร่างกายนั้นก็มีความสำคัญอย่างมากไม่แพ้สภาวะภายนอก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบที่มีความสำคัญ ได้แก่ ระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นระบบที่ทำหน้าที่ในการย่อยและดูดซึมสารอาหารต่าง ๆ ที่สัตว์กินเข้าไป รวมทั้งเป็นระบบแรก ๆ ที่เผชิญกับสิ่งแปลกปลอม หรือเชื้อโรคต่าง ๆ ที่เข้าสู่ร่างกาย โดยสภาวะที่สำคัญต่อการทำงานของระบบทางเดินอาหารที่จะกล่าวต่อไปนี้ คือ ภาวะความเป็นกรดเป็นด่างภายในระบบทางเดินอาหารของไก่เนื้อ ตั้งแต่หลอดอาหารจนถึงลำไส้เล็กส่วนต้นมีค่า pH อยู่ในสภาพเป็นกรด (3.17 - 5.40) ลำไส้เล็กส่วนปลายเป็นกรดอ่อน (6.30 - 6.40) ช่วงของลำไส้ใหญ่ ไส้ติ่ง และส้วงทวารหนัก มีค่า pH เป็นกรดจนถึงด่าง (5.40 - 8.40) (คะนึงนิจ, 2540) ซึ่งค่าความเป็นกรดนี้จะทำให้เอนไซม์รวมถึงจุลินทรีย์ประจำถิ่นต่าง ๆ ภายในระบบทางเดินอาหารทำงานได้อย่างดี การย่อยและการดูดซึมสารอาหารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เชื้อที่ก่อโรคต่าง ๆ ซึ่งไม่ใช่ จุลินทรีย์ประจำถิ่นในลำไส้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้เต็มที่ เพราะไม่สามารถทนต่อภาวะความเป็นกรดภายในลำไส้ได้ ซึ่งสภาวะความเป็นกรดในลำไส้นั้นจะค่อนข้างคงที่ แต่จะลดความเป็นกรดลงไปก็ต่อเมื่อไก่กินอาหารเข้าไป โดยอาหารไก่จะค่อนข้างเป็นด่าง (บุญล้อม, 2541) เมื่ออาหารเข้าไปในลำไส้จะทำให้ลำไส้ไก่ลดความเป็นกรดลง ในสภาวะแวดล้อมปกติที่ไม่มีความเสี่ยงต่อเชื้อก่อโรค แต่ถ้าเลี้ยงในสภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมหรือการจัดการไม่เป็นระบบ ทำให้ปริมาณเชื้อก่อโรคในธรรมชาติมากขึ้น ไก่อ่อนแอลง ช่วงการกินอาหารจะเป็นช่วงเวลาที่เชื้อก่อโรคต่าง ๆ จะฉวยโอกาสเข้าไปในระบบทางเดินอาหารของไก่ และปรับตัวอยู่ในระบบทางเดินอาหารไก่ที่มีสภาพความเป็นด่าง (Hyden, 2000)

แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์มีระบบนิเวศวิทยาที่ซับซ้อนมากมาย มีทั้งจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนและใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต ทั้งนี้เชื้อจุลินทรีย์ที่มีในกระเพาะอาหารส่วนใหญ่จะเป็นแบคทีเรียแกรมบวกที่ใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต และมีปริมาณน้อยกว่า 10^3 โคโลนี/กรัม ปริมาณสูงสุดของเชื้อจุลินทรีย์จะพบในลำไส้ใหญ่ โดยแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้จะมีประมาณ 10^{14} โคโลนี/กรัม ซึ่งมากกว่าจำนวนจุลินทรีย์

ทั้งหมดในร่างกายถึง 10 เท่า (Naidu et al., 1999) เนื่องด้วยอาหารจะเคลื่อนที่ผ่านกระเพาะและลำไส้เล็กอย่างรวดเร็ว (4 - 6 ชั่วโมง) เมื่อเปรียบเทียบกับการเคลื่อนที่ผ่านลำไส้ใหญ่ของสัตว์ที่จะใช้เวลาประมาณ 48 - 70 ชั่วโมง ทำให้ในลำไส้ใหญ่มีปริมาณและความซับซ้อนของจุลินทรีย์มาก ประกอบกับสภาวะที่ค่อนข้างเป็นกลางและลำไส้ใหญ่มีสภาวะการดูดซึมต่ำ จึงเป็นการช่วยส่งเสริมให้จุลินทรีย์ในลำไส้เจริญเติบโตและเพิ่มขึ้นในปริมาณมาก (Macfarlane and McBain, 1999) โดยปกติร่างกายของคน และสัตว์ที่มีสุขภาพปกติจะมีจุลินทรีย์หลายชนิดอาศัยอยู่เป็นจำนวนมากในระบบทางเดินอาหาร จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหารสามารถแบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

1. จุลินทรีย์ก่อโรค (Pathogen) ตัวอย่างเช่น *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Clostridium* spp. และ *E. coli* ซึ่งจะทำให้เกิดโรคท้องเสีย

2. จุลินทรีย์ไม่ก่อโรค (Non-Pathogen) ตัวอย่างเช่น *Lactobacillus* spp., *Strepto - coccus* spp., *Bifidobacterium* spp. และ *Bacillus subtilis* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายของคนและสัตว์ แบคทีเรียพวกนี้สามารถสร้างกรดอินทรีย์และสารอื่น ๆ ซึ่งได้แก่ กรดแลคติก กรดอะซิติก ไฮโดรเจนเปอร์อ็อกไซด์ แบคเทอริโอซิน เป็นต้น เพื่อใช้กำจัดจุลินทรีย์ก่อโรค นอกจากนี้ยังสามารถแก่งแย่ง และยึดติดกับผนังลำไส้ได้ดีกว่าแบคทีเรียก่อโรค จึงทำให้แบคทีเรียก่อโรคไม่สามารถยึดเกาะผนังลำไส้ได้ จึงถูกขับออกจากร่างกายในที่สุด การอยู่ร่วมกันระหว่างจุลินทรีย์ก่อโรค และจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในร่างกาย ควรมีอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่ม ในอัตราส่วน 15 ต่อ 85 จึงทำให้ร่างกายอยู่ในสมดุลและมีสุขภาพดี

แนวทางป้องกันและแก้ไขการติดเชื้อโรคในระบบทางเดินอาหาร

ในการที่จะลดปัญหาเรื่องการติดเชื้อโรคในระบบทางเดินอาหารนั้น แบ่งออกเป็น 2 แนวทางหลักด้วยกัน (มงคล, 2549) คือ

1. การเพิ่มความเป็นกรดในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ให้มีความเหมาะสม

2. การกำจัดเชื้อก่อโรคที่จะเข้าไปทำอันตรายภายในระบบทางเดินอาหารของไก่เนื้อ

แต่เดิมการเพิ่มความเป็นกรดภายในระบบทางเดินอาหารของสัตว์จะใช้กรดอินทรีย์ หรือกรดสังเคราะห์ที่มีความรุนแรงในการเพิ่มความเป็นกรด ส่วนการกำจัดเชื้อก่อโรคจะใช้ยาปฏิชีวนะ แต่ในปัจจุบันผู้บริโภคมีการตื่นตัวในเรื่องการใช้ยาและสารเคมีต่าง ๆ ในการเลี้ยงสัตว์มากขึ้น ดังนั้นจึงหันมาใช้แนวทางหรือวิถีทางชีวภาพที่เป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติไม่มีสารตกค้าง และไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค น้ำส้มควันไม้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการควบแน่นควันไฟ

ที่เกิดขึ้น ในขณะที่ไม้กำลังเปลี่ยนเป็นถ่านในเตาเผาที่อุณหภูมิระหว่าง 300-400 องศาเซลเซียส ทำให้ได้สารประกอบใหม่ เช่น กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก กรดโพรพิโอนิก และน้ำมันทาร์ เป็นต้น

น้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้เป็นสารอินทรีย์จากธรรมชาติ หลายคนอาจจะยังไม่คุ้นเคยสารอินทรีย์ชนิดนี้มีชื่อเรียกหลายชื่อ เช่น น้ำยาควันไม้ น้ำส้มควันไม้ และน้ำส้มไม้ ทั้งนี้เป็นการเรียกตามแหล่งที่มาของสารดังกล่าว ที่เกิดจากกระบวนการการควบแน่นกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ จากควันไฟที่ไหลออกมาจากเตาเผาถ่านไม้ เมื่อผ่านท่อและอุปกรณ์ที่วางดักไว้กระทบกับอากาศเย็นภายนอกกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ เมื่อรวบรวมได้มากขึ้นก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกกรดอินทรีย์นี้ตามแหล่งที่เกิดตามท้องถิ่นต่าง ๆ กันไป แต่มีความหมายและคุณประโยชน์อย่างเดียวกัน ที่มีชื่อเรียกว่า น้ำส้มควันไม้ (wood vinegar) หรือ กรดไพโรลิกเนียส (pyroligneous acid) ซึ่งเป็นกรดอินทรีย์จากเตาเผาถ่านที่สร้างง่าย ๆ ราคาไม่สูง วัสดุหาได้ในท้องถิ่น เช่น เตาที่สร้างจากถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร ไปจนถึงเตาจากต่างประเทศโดยเฉพาะของประเทศญี่ปุ่นที่เรียกกันว่าเตาอิวาเตะ มีราคาค่าก่อสร้างสูงและมีความจุไม้ฟืนในการผลิตถ่านมาก น้ำส้มควันไม้ที่ได้แต่ละครั้งมากน้อยตามขนาดของเตาเป็นสำคัญ ส่วนเตาถ่านที่เป็นเตาอิฐของไทยก็สามารถดัดแปลงปล่องควันเพื่อเก็บน้ำส้มควันไม้ได้เช่นกัน ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าการผลิตน้ำส้มควันไม้เป็นวิธีการที่ง่าย และเมื่อนำไปใช้ประโยชน์ก็จะทำให้สิ่งแวดล้อมตลอดจนสุขภาพร่างกายของผู้ที่นำสารนี้ไปใช้ไม่ก่อให้เกิดอันตรายใด ๆ นับว่าเป็นประโยชน์ของระบบธรรมชาติ

น้ำส้มควันไม้ คือ ของเหลวซึ่งได้จากธรรมชาติด้วยการสลายตัวของอินทรีย์สารในเนื้อไม้ด้วยความร้อน (wood pyrolysis)

ส่วนประกอบ และโครงสร้างของไม้ (ดรุณี, 2549)

ไม้ทุกชนิดมีส่วนประกอบเหมือนกันมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่

1. เซลลูโลสประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์
2. เฮมิเซลลูโลสหลายชนิดประมาณ 10 – 30 เปอร์เซ็นต์
3. ลิกนินประมาณ 10 - 30 เปอร์เซ็นต์
4. สารประกอบชนิดอื่น ๆ 10 เปอร์เซ็นต์

การแยกของเหลวที่ได้จากขั้นตอนการเผาถ่านด้วยถังเหล็กขนาด 200 ลิตร (เตาเผาถ่านมีหลายชนิดที่ออกแบบมาสำหรับเก็บน้ำส้มควันไม้) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ไม่ซับซ้อน น้ำส้มควัน

ไม้เป็นผลพลอยได้ จากการเผาถ่านแบบอับอากาศ (airless condition) ของเหลวที่ได้จะมีลักษณะสีเหลืองใสหรือน้ำตาลปนแดงขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) 3 ความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.007 – 1.013 มีกลิ่นไหม้ ในขณะทำการเก็บน้ำส้มควันไม้ อุณหภูมิของควันที่ปากปล่องจะอยู่ระหว่าง 80 – 150 °ซ และ อุณหภูมิภายในเตาประมาณ 300 - 450 °ซ หรือเก็บช่วง 4 – 5 ชั่วโมงหลังเริ่มเผาไม้ นับจากเริ่มเก็บจนกระทั่งเลิกเก็บน้ำส้มควันไม้ ถ้าเก็บอุณหภูมิสูงกว่านี้หรือใช้เวลานานจะทำให้มีน้ำมันดิน (Tar เป็นสารก่อมะเร็ง) ปนออกมาด้วย ทำให้คุณภาพของน้ำส้มควันไม้ไม่ดี

การผลิตน้ำส้มควันไม้จากการเผาถ่าน

การเผาไหม้ คือ การที่สารชนิดหนึ่งทำปฏิกิริยากับออกซิเจนแล้วคายพลังงานออกมา หรือเรียกว่า ชีวมวล (Biomass) ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ โดยที่ชีวมวลนั้นประกอบด้วยธาตุหลักๆ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน รวมทั้งมีปริมาณของไนโตรเจนและธาตุอื่น ๆ อีกเล็กน้อย ชีวมวลนั้นมีอยู่มากมายทั้งที่ได้จากสิ่งมีชีวิต (ยกเว้นที่ได้กลายเป็นเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมัน และแก๊สธรรมชาติไปแล้ว) และยังรวมไปถึงสิ่งต่างๆ ที่มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นองค์ประกอบหลัก ทั้งนี้สามารถจำแนกแหล่งที่มาของชีวมวลได้ 2 แหล่งดังนี้

1. ของเสียจากการประกอบการทั้งภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรม เช่น ของเสียจากโรงงานแปรรูปทางการเกษตร ได้แก่ ฟางข้าว ชานอ้อย เป็นต้น รวมไปถึงของเสียประเภทพลาสติกและกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม

2. ของเสียจากแหล่งชุมชน เช่น เศษไม้ที่ได้จากการตกแต่งต้นไม้ ขยะชุมชน กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ของเสียจากสัตว์ เช่น มูลสัตว์ เป็นต้น

เทคโนโลยีที่ใช้ในการแปรรูปชีวมวลที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน เพื่อปรับปรุงคุณภาพให้มีคุณค่ามากขึ้นกว่าเดิมนั้นสามารถจำแนกได้ 2 เทคโนโลยีหลัก ๆ คือ กระบวนการเปลี่ยนองค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีชีวเคมี (Biochemical Conversion Process) และ กระบวนการเปลี่ยนองค์ประกอบทางเคมีโดยใช้พลังงานความร้อน (Thermochemical Conversion Process) โดยกระบวนการเปลี่ยนองค์ประกอบทางเคมี ที่ใช้พลังงานความร้อนนี้ยังสามารถจำแนกออกเป็นกระบวนการย่อย ๆ ได้อีก 3 กระบวนการ คือ กระบวนการเผาไหม้ กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) และกระบวนการแกสิฟิเคชัน (Gasification) (ปิยรัตน์ และคณะ, 2549)

กระบวนการไพโรไลซิส และกระบวนการแกสิฟิเคชันมีความคล้ายคลึงกันมาก เมื่อพิจารณาแล้วกระบวนการไพโรไลซิสนับว่าเป็นกระบวนการเริ่มต้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว กระบวนการไพโรไลซิสจะเกิดได้เร็วกว่ากระบวนการแกสิฟิเคชัน ขั้นตอนโดยรวมเริ่มจากการทำให้ชีวมวลซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ประกอบไปด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 20 – 30 โดยน้ำหนักของวัตถุแห้ง โดยอาศัยกระบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิประมาณ 120 – 150 °ซ หลังจากนั้นชีวมวลจะถูกให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 500 – 600 °ซ เพื่อทำลายพันธะทางเคมีของโมเลกุล ซึ่งเป็นขั้นตอนของกระบวนการไพโรไลซิสได้เป็นผลิตภัณฑ์จำพวกแก๊สต่างๆ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทน และแก๊สไฮโดรเจน ผลิตภัณฑ์ของเหลวที่สามารถกลั่นตัวได้ เช่น น้ำ กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก อะซิโตน เมทานอล เมทิลอะซิเดต ฟีนอล เป็นต้น รวมทั้งพวกทาร์และถ่าน หลังจากนั้นเมื่อมีการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นไปอีกจนมีอุณหภูมิประมาณ 900 – 1,100 °ซ ประกอบกับมีการเติมตัวออกซิไดส์ให้แก่ระบบ จะทำให้ทาร์และถ่านเกิดการแตกตัวได้เป็นผลิตภัณฑ์แก๊สต่อไป (ภาพ 1) ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนของกระบวนการแกสิฟิเคชันนั่นเอง

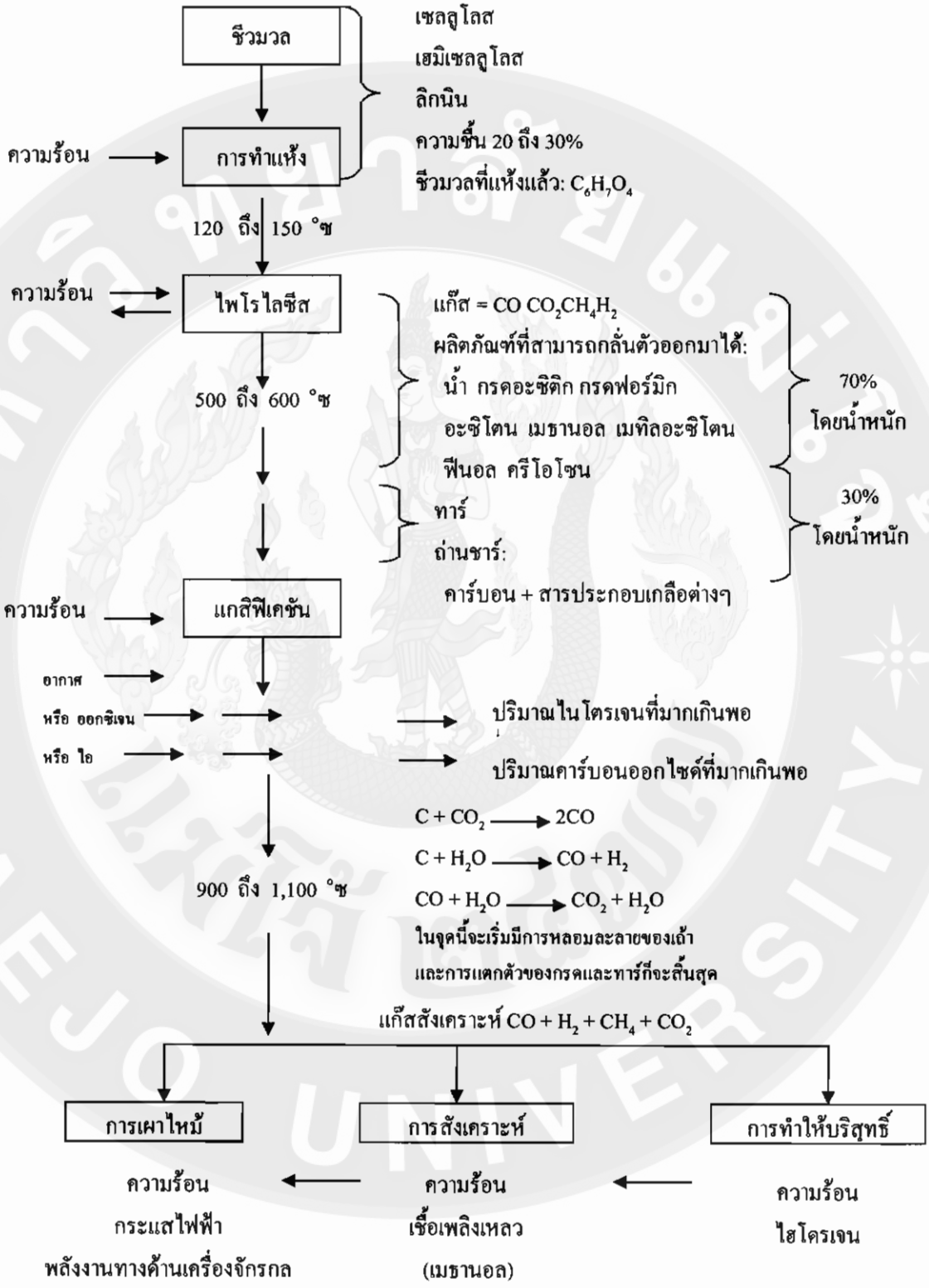
ศิริรัตน์ และ รัตนวรรณ (2548) อธิบายว่า กระบวนการเผาไหม้สามารถทำได้ 3 กระบวนการด้วยกัน คือ

1. ไพโรไลซิส (Pyrolysis) คือ การย่อยสลายโมเลกุลด้วยความร้อนในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อผลิตก๊าซออกซิเจนสำหรับผลิตก๊าซ และน้ำมัน

2. แกสิฟิเคชัน (Gasification) คือ การย่อยสลายโมเลกุลด้วยความร้อน เพื่อผลิตก๊าซสังเคราะห์ คือ ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

3. ลิควิแฟคชั่น (Liquefaction) คือ การย่อยสลายโมเลกุลด้วยความร้อนร่วมกับการใช้ตัวทำละลายหรือของเหลวที่ไม่ใช่น้ำ เพื่อผลิตน้ำมันเป็นผลิตภัณฑ์หลัก ซึ่งเรียกทั้ง 3 กระบวนการนี้รวมกันว่า กระบวนการพีจีแอล (Pyrolysis Gasification Liquefaction: PGL process)

ปิยรัตน์ และคณะ (2549) ได้กล่าวถึง กระบวนการไพโรไลซิส คือ กระบวนการสลายตัวของสารด้วยความร้อนในที่อับอากาศในช่วงอุณหภูมิ 500 – 800 °ซ โดยได้ผลิตภัณฑ์หลัก 3 ชนิด ได้แก่ ก๊าซ (คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรคาร์บอน) ของเหลว [สารละลายอินทรีย์หรือน้ำส้มควันไม้ และน้ำมันดิน (Tar)] และของแข็ง (ถ่านไม้) ซึ่งสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของมวลชีวภาพ และวิธีการให้ความร้อน ส่วนวิธีการให้ความร้อนแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่



ภาพ 1 กระบวนการไพโรไลซิสและกระบวนการแกสิฟิเคชัน

ที่มา: ศิริรัตน์ และรัตนวรรณ (2548)

1. Conventional pyrolysis หรือ Slow pyrolysis ซึ่งจะทำการไพโรไลซิสโดยอัตราการให้ความร้อนน้อยกว่า 10 °ซ/วินาที และอุณหภูมิที่ใช้น้อยกว่า 500 °ซ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำมันดิน และถ่านไม้

2. Flash หรือ Fast pyrolysis ซึ่งจะให้อัตราความร้อนอยู่ในช่วง 10 – 10,000 °ซ/วินาที และอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 400 – 10,000 °ซ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ ก๊าซ และของเหลวเป็นส่วนใหญ่ (อมรรัตน, 2547)

การเผาถ่านเพื่อเก็บผลผลิตน้ำส้มควันไม้

1. เมื่อเริ่มจุดไฟหน้าเตาเป็นช่วงไล่ความชื้น อุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ เมื่ออุณหภูมิปากปล่องประมาณ 55 – 60 °ซ และในเตาประมาณ 150 °ซ ควันจะเริ่มมีกลิ่นเหม็น และเมื่อใส่ฟืนหน้าเตาไปเรื่อย ๆ อุณหภูมิที่ปากปล่องจะสูงขึ้นไปอีกประมาณ 70 – 75 °ซและอุณหภูมิภายในเตาประมาณ 200 – 250 °ซ ควันจะมีกลิ่นเหม็นฉุน ซึ่งในช่วงที่ 1 นี้ ถือเป็นช่วงของการไล่ความชื้นหรือคายความชื้นใช้เวลาประมาณ 2 – 3 ชั่วโมงนับจากเมื่อไฟหน้าเตาติดแล้ว

2. เมื่อปล่อยให้ไฟหน้าเตาติดต่อไปเรื่อย ๆ อุณหภูมิปากปล่องก็จะสูงเพิ่มไปประมาณ 80 – 85 °ซ อุณหภูมิภายในเตาประมาณ 300 – 400 °ซ ควันจะรวมตัวกันหนาแน่นพุ่งขึ้นเป็นสีขาวขุ่น และมีกลิ่นเหม็นฉุนอย่างรุนแรง เรียกว่า ควันบ้า ซึ่งช่วงนี้ไม้เริ่มกลายเป็นถ่าน หรือเกิดปฏิกิริยาคายความร้อน อุณหภูมิในเตาจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ สามารถลดเชื้อเพลิงหน้าเตา หรือไม่ต้องเติมฟืนหน้าเตาได้ หากใช้กระเบื้องแผ่นเรียบสีขาวอังบนปากปล่องควัน แล้วสังเกตดูหยดน้ำที่เกาะจะมีสีเหลืองปนน้ำตาล ถือว่าเป็นช่วงเริ่มเก็บน้ำส้มควันไม้ได้ โดยนำท่อไม้ผ่า (ท่อทะลุปล้องยาวประมาณ 3 – 5 เมตร) หรือวัสดุทนกรด นำไปวางเหนือปากปล่องเพื่อดักเก็บควันเมื่อควันถูกความเย็นก็จะเกิดการควบแน่นรวมกันเป็นหยดน้ำ ทั้งนี้การเก็บน้ำส้มควันไม้จะนับระยะเวลาการเก็บจากที่เริ่มต้นเก็บไปประมาณ 4 ชั่วโมง หรืออุณหภูมิปากปล่องประมาณ 80 – 150 °ซ อุณหภูมิในเตาประมาณ 300 – 450 °ซ หรือสังเกตสีควันที่ปากปล่องเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินก็ให้หยุดเก็บน้ำส้มควันไม้ได้

3. เป็นช่วงที่ทำให้ถ่านบริสุทธิ์ โดยเปิดหน้าเตาให้อากาศไหลเข้าได้เพิ่มขึ้น เพื่อเพิ่มความร้อนให้สูงขึ้นสำหรับเผาไล่น้ำมันดินให้ออกไปจากถ่าน ซึ่งน้ำมันดินที่อยู่ในถ่านนี้หากไม่ถูกกำจัดออกไปแล้ว นำถ่านไปใช้ก็จะได้ถ่านที่มีคุณภาพต่ำ และเมื่อนำไปประกอบอาหารปิ้งย่างน้ำมันดินที่ค้างอยู่ในถ่านเมื่อถูกเผาไหม้ด้วยอุณหภูมิสูงกว่า 425 °ซ จะเกิดเป็นสารประกอบใหม่ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค อุณหภูมิที่ปากปล่องในช่วงนี้จะสูงขึ้นมากกว่า 150 °ซ

ซึ่งไม่ควรเก็บน้ำส้มควันไม้ในช่วงนี้ด้วย เนื่องจากมีสาร ประกอบที่เป็นโทษต่อการนำไปใช้ ในช่วงนี้เมื่อสังเกตควันจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นควันใส ๆ ให้ทำการปิดหน้าเตารวมทั้งปากปล่องควัน

4. เป็นช่วงที่ปล่อยให้เตาเย็นลง ก่อนที่จะนำถ่านไม้ออกจากเตามาใช้งาน ซึ่งก่อนเปิดเตาต้องให้อุณหภูมิในเตาต่ำกว่า 50 °ซ เพราะหากสูงกว่านั้นจะทำให้ถ่านสุกติดได้ ในที่นี้อาจจะทดลองเอามือแตะที่ปล่องควัน เมื่อปล่องควันเย็นตัวจนมือสัมผัสได้แสดงว่าสามารถทำการเปิดเตาได้ และการเปิดเตาต้องเปิดที่ปล่องก่อนเพื่อระบายความร้อน และแก๊สที่ยังคงค้างอยู่ในเตาให้หมด หลังจากนั้นจึงเปิดหน้าเตา

ณัฐวุฒิ (2544) รายงานไว้ว่า กระบวนการผลิตก๊าซโดยใช้ไม้ไผ่ ในควันไฟได้ผลิตภัณฑ์ทั้งที่เป็นก๊าซและของเหลว ของเหลวทาร์ที่ผลิตได้นั้นจะประกอบด้วยสารอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งสารอินทรีย์บางชนิดสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ สารประกอบกรดอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ได้จากของเหลวทาร์ที่ผลิตได้ จากกระบวนการแบ่งเป็น 2 ชั้น ชั้นบนมีสีน้ำตาลมีค่า pH ประมาณ 2.5 มีค่าความหนาแน่นประมาณ 1.05 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนชั้นล่างสีดำสนิท มีค่าความหนาแน่นประมาณ 1.16 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร จากการนำของเหลวทาร์ไปทำการกลั่นลำดับส่วน โดยแบ่งช่วงอุณหภูมิการกลั่นออกเป็น 3 ช่วงคือ 25 - 80, 80 - 100 และที่มากกว่า 100 °ซ พบว่า ของเหลวทาร์ส่วนบนที่กลั่นช่วงอุณหภูมิ 25 - 80 °ซ มีสีเหลืองใส มีค่า pH ประมาณ 3.5 มีค่าความร้อนประมาณ 9.6 เมกกะจูล/กรัม สำหรับของเหลวที่กลั่นได้ที่ช่วงอุณหภูมิ 80 - 100 °ซ มีสีเหลืองอ่อน มีค่า pH ประมาณ 2.5 ส่วนของเหลวที่กลั่นได้ที่ช่วงอุณหภูมิมากกว่า 100 °ซ ได้เป็นของเหลวสีเหลืองเข้ม มีค่า pH ประมาณ 2.0 สำหรับของเหลวทาร์ส่วนล่างเมื่อนำไปกลั่นจะได้ของเหลวสีเหลืองเข้มในปริมาณที่น้อยมากคือประมาณ 0.3 มิลลิลิตร คิดเป็น 0.3 % ของปริมาณของเหลวทาร์ส่วนล่างที่นำมาใช้กลั่นที่อุณหภูมิมากกว่า 100 °ซ และเกิดการเดือดอย่างรุนแรงภายในขวดกลั่น และของเหลวจะเกิดการข้นหนืดขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อหยุดให้ความร้อนของเหลวจะเกิดการแข็งตัวและติดกับก้นขวดที่ใช้กลั่น ของเหลวจากแต่ละช่วงอุณหภูมิที่ใช้กลั่น เมื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบที่เป็นสารอินทรีย์โดยใช้เครื่อง GC/MS พบว่าของเหลวที่กลั่นได้ที่ช่วงอุณหภูมิ 25 - 80 °ซ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่เป็นแอลกอฮอล์ คีโตน กรดอินทรีย์ และเอสเทอร์ เช่น เมทานอล (20.13%) อะซีโดน (6.76%) เมธิลอะซีเตต (17.24%) 2-บิวทาโนน (15.47%) ไซโคลเพนทาโนน (2.76%) และเมธิลโพรพิโนเอท (4.91%) สำหรับของเหลวที่กลั่นได้ที่ช่วงอุณหภูมิ 80 - 100 °ซ พบว่าส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วย กรดอินทรีย์ และคีโตน ซึ่งได้แก่ กรดอะซิติก (91.05%) ไฮดรอกซีอะซีโตน (7.35%) โดยมีสารประกอบอื่น ๆ อีกเล็กน้อย เช่น ดีโอซอล, 2-เมธอกซีฟีนอล ส่วนของเหลวที่กลั่นได้ที่ช่วงอุณหภูมิมากกว่า 100 °ซ ส่วนใหญ่จะประกอบด้วย กรดอินทรีย์ และ

ดีโตนเช่นเดียวกัน คือ กรดฟอร์มิก (3.56%) กรดอะซิติก (89.12%) ไฮดรอกซีอะซีโตน (5.33%) สารอินทรีย์บางชนิดที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในของเหลวทาร์ที่กลั่นได้ จากแต่ละช่วงอุณหภูมินั้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้ เช่น อะซีโตน แนพทาลีน ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก เมทานอล อะซีโตน โทลูอีนใช้เป็นตัวทำละลาย กรดฟอร์มิก กรดอะซิดิกใช้ในอาหารสัตว์ เมธิลอะซีเตตใช้ในอุตสาหกรรมผลิตหนังเทียม และอะซีทอลใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยา เป็นต้น

ระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำส้มควันไม้ก่อนนำมาใช้ประโยชน์

น้ำส้มควันไม้ที่เก็บจากการกลั่นตัวที่ปล่องควันยังไม่สามารถนำมาใช้งานได้ทันที เนื่องจากยังมีส่วนประกอบบางอย่างที่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้ เช่น น้ำมันดิน (ทาร์) ทำให้การเจริญเติบโตช้าหรือตายได้ ดังนั้นการนำน้ำส้มควันไม้มาใช้ให้เกิดประโยชน์จริงจะต้องผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์เสียก่อน ซึ่งมีวิธีการ 3 วิธี คือ

1. ปล่อยให้ตกตะกอน
2. อาศัยการกรอง และ กลั่น
3. ทำให้เกิดการตกตะกอน โดยนำเศษถ่านล้างน้ำให้สะอาดตากให้แห้งแล้วนำมาป่นให้เป็นผง จากนั้นใส่น้ำส้มควันไม้ 100 ลิตร โรยผงถ่านบด 5 กิโลกรัม ห้ามกวนน้ำทิ้งไว้ 45 วัน จะเกิดการตกตะกอน (นำชัย, 2546ก; 2546ข)

การทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ก่อนนำไปใช้ประโยชน์อย่างน้อย 3 เดือน โดยต้องเก็บในที่เย็นหรือร่ม หรือ เก็บไว้ในภาชนะทึบแสง และ ไม่มีสิ่งรบกวน หากเก็บไว้ที่โล่งแจ้งน้ำส้มควันไม้จะทำปฏิกิริยากับอากาศ และรังสีอุลตราไวโอเลตในแสงอาทิตย์กลายเป็นน้ำมันดิน ซึ่งในน้ำมันดินมีสารก่อมะเร็ง ส่วนประกอบของน้ำส้มควันไม้ (wood vinegar) ที่ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน (พุฒินันท์, 2545) คือ

1. น้ำมันไม่เข้มข้น (ลอยอยู่ข้างบน)
2. น้ำส้มควันไม้ (อยู่ตรงกลาง)
3. น้ำมันดิน (ตกตะกอนบริเวณก้นภาชนะ)

สารประกอบที่สำคัญของน้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้มีส่วนประกอบของกรดอะซิติก 3% (กรดอินทรีย์) สารอินทรีย์อื่น ๆ อีกประมาณ 12% และน้ำ 85%

กรดอินทรีย์ประกอบด้วยกรดหลายชนิด เช่น อะซิติก และแอลกอฮอล์ เป็นส่วนประกอบไพโรลิกนัส (pyroligneous compound) ของเซลลูโลส (cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose)

ฟีนอล (Phenol) เป็นส่วนประกอบของลิกนิน (lignin) ซึ่งส่วนประกอบไพโรลิกนัสของลิกนินมีส่วนประกอบต่าง ๆ ที่มีสรรพคุณในการปรุงยา เช่น pyrogallol, 5-methylpyrogallol, 5-ethyl pyrogallol- and 5-propyol pyrogallol–1.3–dunethyl ether เป็นต้น

สารประกอบต่าง ๆ ในน้ำส้มควันไม้ที่มีมากกว่า 200 ชนิดล้วนมีประโยชน์ต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก หากเข้าใจวิธีการนำมาใช้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง สามารถใช้ทดแทนสารเคมี หรือยาปฏิชีวนะ และยังไม่ก่อให้เกิดพิษภัยต่อผู้ใช้และสภาพสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

สารประกอบที่มีประโยชน์ในน้ำส้มควันไม้

จากที่ได้กล่าวมาแล้วมีสารประกอบต่าง ๆ กว่า 200 ชนิด ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในด้านปศุสัตว์ การเกษตร สิ่งแวดล้อม ได้ดีเท่ากับสารเคมีสังเคราะห์ และยังไม่มีสารพิษตกค้างทำให้ไม่เป็นอันตรายแก่ผู้บริโภค สัตว์ และสิ่งแวดล้อม เป็นข้อดีของน้ำส้มควันไม้โดยเฉพาะการทำเกษตรอินทรีย์ ซึ่งเป็นระบบการผลิตที่ประณีตและต้องการความปลอดภัยสูงทั้งต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค สารประกอบหลัก ๆ ที่ช่วยในด้านการทำปศุสัตว์ สรุปได้ดังนี้คือ

1. กรดอะซิติก (Acetic acid) เป็นสารในกลุ่มที่ออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค เชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย และเชื้อไวรัส มีสูตรโครงสร้าง CH_3COOH น้ำหนักโมเลกุล 46.03 และค่า pKa 4.74 (Dibner, 2004)

2. สารประกอบฟีนอล (phenol) ที่ละลายได้จะสามารถถูกเมตาบอไลซ์ได้ในระบบทางเดินอาหาร โดยสารประกอบฟีนอลอย่างง่ายที่อยู่ในรูปอิสระ เช่น cinnamic acid, p-coumaric acid, ferulic acid, caffeic acid และอื่น ๆ จะสามารถถูกดูดซึมได้โดยตรงที่บริเวณผนังลำไส้เล็ก (Bravo, 1998)

ตาราง 1 สารประกอบต่าง ๆ ในน้ำส้มควันไม้

ชนิด	สารประกอบ
Organic acid	formic acid, acetic acid, propionic acid, butyric acid, isobutyric acid, valeric acid, isovaleric acid, crotonic acid, isocapronic acid, tiglic acid, enanthic acid, levulinic acid, etc.
Phenol	phenol, o.m.p.-cresol, 2.4- and 3.5-xylenol, 4-ethyl- and 4-propylphenol, guaiaclo, cresol, 4–ethyl– and 4-proyl-guaiacol, pyrogallol, 5-methylpyrogallol, 5-ethyl pyrogallol- and 5-propyol pyrogallol–1.3–dunethyl ether, catechol, 4–methyl, 4-ethyl, and 4 – propyl catechol, etc.
Carbonyl compound	formaldehyde, acetaldehyde, propuonaldehyde, isobutylaldehyde, butylaldehyde, valeraldehyde, isovaleraldehyde, glyoxal, acrolein, crotonaldehyde, furfural, 5-hydroxymethyfural, acetone, methyl ethyl ketone, methyl propyl detone, methyl isopropyl ketone, methylcyclo pentenone, methycylo pentenorone, etc.
Alcohol	methanol, ethanol, propanol, isopropanol, allylacohol, isobutylalcohol, isoamyl alcohol, etc.
Neutral ingredients	levoglucosan, acetol, maltor, organic acid methyl ester, veratrole, 4-methyl, and 4-propyl veratrole, 3.4-benzopyrene, 1.2-5.6-dibenzanthracene, 20-methylcholinserne, hydroxyvalerolactone, etc.
Basic ingredients	ammonia, methylamine, dimethylamine, pyridine, methylpyridine, dimethylpyridine, trimethylpyridine, etc.

ที่มา: สุพรชัย (2550)

3. กรดฟอร์มิก (formic acid) มีลักษณะเป็นของเหลว ไม่มีสี พบในมด ผึ้ง และแมลงบางชนิด นิยมใช้ผสมอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เพิ่มการย่อยได้ของอาหารโปรตีนให้สูงขึ้นและยังยับยั้งการเจริญเติบโตของ *E. coli* โดยฝ่ายทะเบียนและมาตรฐานอาหารสัตว์กองควบคุมอาหารสัตว์ได้กำหนดให้ใช้เป็นวัตถุประเภทสารเสริมในอาหารสำเร็จรูปขายได้ ในอัตราส่วนไม่เกิน 2% ในอาหาร ข้อควรระวังในการใช้ คือ กรดฟอร์มิกเป็นกรดที่มีฤทธิ์การกัดกร่อนรุนแรงและมีกลิ่นฉุนมาก อีกทั้งไม่มีคุณค่าทางอาหารเลย การนำมาใช้ต้องพิจารณาให้ดีและการใช้ในปริมาณสูงเกินไปจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูง (กรรณิการ์, 2545) สูตรโครงสร้าง HCO_2H น้ำหนักโมเลกุล 46.03 และค่า pKa 3.74 ของกรดฟอร์มิก (Dibner, 2004)

4. กรดโพรพิโอนิก (propionic acid) เป็นกรดอินทรีย์อีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่เนื้อ และนิยมใช้เสริมในอาหารและน้ำให้ไก่กิน เพื่อลดจำนวนของเชื้อซาลโมเนลลาในช่วงหยุดยาก่อนนำส่งโรงฆ่า ซึ่งสามารถลดเชื้อดังกล่าวได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Phillip et al., 1982) โดยนำมาใช้เป็นสารยับยั้งเชื้อราในอาหารได้ไม่เกิน 0.32% (นวพร, 2549) สูตรโครงสร้างของกรดโพรพิโอนิก CH_3CH_2COOH น้ำหนักโมเลกุล 74.08 และค่า pKa 3.03 (pKa1) – 4.47 (pKa2) (พรพรรณ, 2540) กรดโพรพิโอนิกเป็นกรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acid) ซึ่งมีผลต่อความสามารถในการซึมผ่านของสารเข้า – ออกผนังเซลล์ และยังใช้ในวงการอาหารมาช้านาน โดยเฉพาะในการผลิตเนยแข็งประเภท Swiss cheese (Dibner, 2004; วราวุฒิ, 2538) โดยทั่วไปจะใช้กรดโพรพิโอนิกนิยมนำไปผสมในวัตถุดิบอาหาร เพื่อป้องกันเชื้อราหรือลดการเกิดเชื้อราในช่วงการเก็บรักษา (Phillip et al., 1982)

5. แอลกอฮอล์ (alcohol) เอทานอล (ethanol) หรือเอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) เป็นสารที่ก่อให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีน ซึ่งก่อให้เกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน เอทานอลที่มีความเข้มข้นระหว่าง 70 – 95% มีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตาม เอทานอลยังก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำของเซลล์ (dehydration effect) ซึ่งส่งผลต่อการอยู่รอดของจุลินทรีย์อีกด้วย ส่วนกรณีของโพรไพลีนไกลคอล (propylene glycol) ถูกใช้เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา อีกทั้งใช้พ่นเพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่อยู่ในอากาศ เช่น อากาศที่อยู่ในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์เป็นต้น (วราวุฒิ, 2538)

6. ฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde) ไม่อนุญาตให้ใช้เติมลงไปในอาหาร เนื่องจากความเป็นพิษของฟอร์มัลดีไฮด์ และอาจก่อให้เกิดอาการแพ้แก่ผู้บริโภค นอกจากเป็นส่วนประกอบเพียงเล็กน้อยในควันไม้ (woodsmoke) ที่ใช้ในการรมควัน แต่สารประกอบนี้จะมีผลกระทบต่อการยับยั้งเชื้อราและสปอร์ของเชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส เป็นต้น สำหรับประสิทธิภาพของฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีผลกระทบต่อจุลินทรีย์ เนื่องจากความสามารถในการจับตัวกับกลุ่มกรดอะมิโนอิสระใน

ไซโทพลาซึมของเซลล์และทำให้โปรตีนตกตะกอน อีกทั้งยังอาจก่อให้เกิดผลกระทบที่นิวเคลียสของเซลล์จุลินทรีย์ที่ก่อโรคอีกด้วย (วราวุฒิ, 2538)

7. กรดคาร์บอนิก (carbonic acid) เป็นกรดชนิดหนึ่งที่มีอะตอมของคาร์บอนเป็นส่วนประกอบ มีสูตรโมเลกุล H_2CO_3 กรดคาร์บอนิกยังใช้เป็นคำเรียกสารละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ ซึ่งมี H_2CO_3 อยู่เล็กน้อย เราเรียกเกลือของกรดคาร์บอนิกว่าไบคาร์บอเนต และคาร์บอเนต คาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำเกิดสมดุลเคมีกับกรดคาร์บอนิก ดังสมการข้างล่างนี้

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

ค่าคงที่สมดุลที่อุณหภูมิที่ 25 °ซ เท่ากับ 1.70×10^{-3} ดังนั้นคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนใหญ่จะไม่เปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอนิกและยังคงอยู่เป็นโมเลกุล CO_2 ถ้าหากไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาสมดุลข้างต้นจะเกิดขึ้นช้า โดยมีอัตราการเกิดปฏิกิริยา (rate constant) เท่ากับ $0.039\ s^{-1}$ สำหรับขาไป

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

และ $23\ s^{-1}$ สำหรับปฏิกิริยาย้อนกลับ

$$H_2CO_3 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

สมดุลระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์และกรดคาร์บอนิก มีความสำคัญมากสำหรับการควบคุมความเป็นกรดของของเหลวภายในร่างกาย สิ่งมีชีวิตเกือบทุกชนิดมีเอนไซม์ชื่อคาร์บอนิกแอนไฮเดรส เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบสองชนิดนี้ โดยสามารถเร่งปฏิกิริยาให้เร็วขึ้นถึง 10^9 เท่า (วราวุฒิ, 2538)

8. ควันไม้ (woodsmoke) วัตถุประสงค์หลักในการรมควันอาหารเพื่อเพิ่มรสชาติที่ต้องการแก่อาหาร อีกทั้งเพื่อถนอมอาหารชนิดนั้นด้วย ส่วนผลกระทบอื่น ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในอาหาร ได้แก่ การปรับปรุงสีของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เป็นต้น กระบวนการรมควันสามารถช่วยถนอมอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณผิวหน้าอาหาร ด้วยเหตุผลหลายประการ คือ เนื่องจากสารเคมีที่อยู่ในควันที่ใช้รมมีประสิทธิภาพในการต่อต้านจุลินทรีย์ หรือเนื่องจากผลของความร้อนร่วมกับสารที่มีอยู่ในระหว่างรมควัน หรือเนื่องจากผลของการดึงน้ำออกจากผิวของอาหาร

ในการรมควันไม้เป็นวิธีการที่ใช้ความร้อนควบคู่กับการใช้ควันไฟ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์แห้งและมีกลิ่นรสของควันไฟ ซึ่งช่วยทำให้รสชาติของเนื้อสัตว์ดีขึ้น การรมควันมีวัตถุประสงค์เพื่อการถนอมรักษาเนื้อสัตว์ โดยช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีสีและกลิ่นรสดีขึ้น และป้องกันผลิตภัณฑ์ไม่ให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนจากการออกซิไดซ์ ผลิตภัณฑ์จะถูกทำให้สุกและรมควันไปด้วย โดยความร้อนจะทำ

ให้เนื้อสุก และควันจะทำให้เกิดสีน้ำตาลที่คงตัวขึ้นบนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ สีน้ำตาลที่เกิดขึ้นนี้เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด โดยกรดอะมิโนอิสระจากโปรตีนหรือสารประกอบในควันไฟจะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีและกลิ่นรสเฉพาะตัวเกิดขึ้น ควันไฟที่ดีได้มาจากไม้เนื้อแข็ง (วราวุฒิ, 2538)

ควันไฟประกอบด้วยสารเคมีต่าง ๆ มากกว่า 200 ชนิด ที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่ซับซ้อน ซึ่งมีความสำคัญต่อการเกิดกลิ่นรสและการถนอมรักษาผลิตภัณฑ์ดังนี้

ฟอร์มัลดีไฮด์	25 – 40	ppm.
กรดฟอร์มิก	90 – 125	ppm.
กรดอะซิติก	460 – 500	ppm.
ฟีนอล	20 – 30	ppm.
คีโตน	190 – 200	ppm.
เรซินและแวกซ์	> 1,000	ppm.

องค์ประกอบที่สำคัญในควันไฟที่มีผลต่อการถนอมและช่วยให้เกิดกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ คือ ฟีนอล (phenols) และฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde) สารประกอบพวกฟีนอลจะทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันการเกิดการเหม็นหืน (antioxidant) และช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ส่วนฟอร์มัลดีไฮด์จะช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนชิ้นเนื้อและผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังมีผลต่อแมลงต่าง ๆ ที่อาจปนเปื้อนมาด้วย มีผู้วิจัยค้นคว้าพบว่าแบคทีเรียชนิดที่ไม่มีสปอร์ (non-spore forming bacteria) จะถูกทำลายลงไปเป็นส่วนใหญ่เมื่อใช้เวลารมควันได้นาน 0.5 – 2 ชั่วโมง และจะถูกทำลายหมดไปเมื่อใช้เวลารมควันนาน 3 ชั่วโมง วิธีการรมควันที่นิยมใช้กับเนื้อและผลิตภัณฑ์มี 2 วิธี ได้แก่ การรมควันเย็น และการรมควันร้อน (อิ่มเอิบ, 2548)

กรดอินทรีย์

กรดอินทรีย์ (Organic acid) หรือ กรดคาร์บอกซิลิก (Carboxylic acid) เป็นสารอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่สามารถพบได้จากสิ่งมีชีวิต เช่น พืช สัตว์ รวมทั้งพบได้ในสิ่งมีชีวิดขนาดเล็ก เช่น แบคทีเรีย นอกจากนี้ยังสามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้จากสารอนินทรีย์ โครงสร้างของกรดอินทรีย์ประกอบด้วยหมู่คาร์บอนิล (- C = O, Carbonyl) ที่ก่อพันธะกับหมู่ไฮดรอกซิล (- OH, Hydroxyl) ซึ่งรวมกันเรียกว่า หมู่คาร์บอกซิล กรดอินทรีย์เป็นสารประกอบมีขั้วสามารถต่อพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ ทำให้กรดอินทรีย์สามารถละลายน้ำได้ (กรรณิการ์, 2545)

ชนิดของกรดอินทรีย์

กรดอินทรีย์สามารถแบ่งได้เป็นหลายชนิด หากแบ่งตามจำนวนคาร์บอนมี 3 ชนิด (กองบรรณาธิการ, 2545ก; 2545ข) คือ

1. กรดอินทรีย์สายสั้นมีคาร์บอนน้อยกว่า 6 ตัว เช่น กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และกรดโพรพิโอนิก
2. กรดอินทรีย์ชนิดสายกลางมีคาร์บอน 7 – 16 ตัว
3. กรดอินทรีย์ชนิดสายยาวมีคาร์บอนมากกว่า 16 ตัว

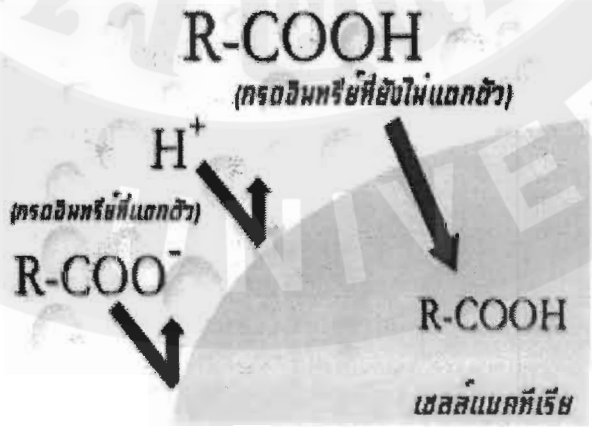
กลไกการทำงานของกรดอินทรีย์ที่เสริมในอาหาร

1. การเพิ่มกรดอินทรีย์เข้าไปภายในลำไส้จะสามารถเพิ่มความเป็นกรดภายในลำไส้ของสัตว์ปีกได้ เมื่อมีการผสมกรดอินทรีย์ในสัดส่วนที่เหมาะสมลงไปในอาหารสัตว์ปีก ลำไส้มีสภาพเป็นกรดอ่อน ๆ แม้ในขณะกินอาหารจะทำให้เชื้อก่อโรคที่ฉวยโอกาสเข้ามากับอาหารไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เนื่องจากในธรรมชาติเชื้อก่อโรคเหล่านี้จะไม่สามารถทนต่อสภาวะความเป็นกรดภายในลำไส้ได้ ทำให้เชื้อตายลงหรือเจริญเติบโตไม่ต่อเนื่อง ในกรณีนี้นับว่าเป็นการฆ่าเชื้อในทางอ้อมไปในตัว และนอกจากนี้สภาวะที่เป็นกรดภายในลำไส้ยังจะทำให้เอนไซม์ น้ำย่อยต่าง ๆ ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นผลดีต่อจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อประจำถิ่นภายในลำไส้อยู่แล้ว ส่งผลต่ออัตราการย่อยและดูดซึมที่จะเพิ่มขึ้น ทำให้สัตว์ปีกเจริญเติบโตได้ดีขึ้น (กรรณิการ์, 2545)

2. การกำจัดเชื้อก่อโรคภายในลำไส้ นอกจากเพิ่มความเป็นกรดในลำไส้แล้วยังสามารถไปรบกวนการสังเคราะห์โปรตีนที่ผนังเซลล์ของเชื้อแบคทีเรีย รวมทั้งยังเข้าไปทำลายเชื้อจากภายในเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นโทษด้วย เนื่องจากกรดอินทรีย์ที่เป็นกรดไขมันที่ระเหยง่าย (Volatile fatty acid) มักจะมีโมเลกุลเล็กโดยมีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า 700 จึงสามารถซึมผ่านผนังเซลล์แบคทีเรียแกรมลบที่ก่อโรคได้ดี การผ่านเข้าสู่เซลล์ของแบคทีเรียนั้น การแตกตัวของกรดเป็นเรื่องที่จะต้องพิจารณาอย่างยิ่ง เพราะกรดที่แตกตัวแล้วจะไม่สามารถผ่านเข้าไปในเซลล์ได้ เนื่องจากเมื่อกรดแตกตัวแล้วจะกลายเป็นโมเลกุลที่มีขั้วหรือประจุ (+, -) และบริเวณผนังเซลล์แบคทีเรียจะเป็นชั้นไขมันซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว จะทำการดึงดูดประจุของกรดที่แตกตัวไว้ ในขณะที่กรดที่ไม่แตกตัวจะผ่านเข้าสู่เซลล์ได้ดีกว่าเพราะเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว ดังนั้นในการใช้กรดเพื่อทำลายเชื้อแบคทีเรีย จึงจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติการแตกตัวเป็นสำคัญ หากต้องการประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อแบคทีเรียที่ได้ผล กรดที่ใช้จะต้องมีปริมาณของกรดที่ยังไม่แตกตัวที่พอเพียง และมี

ระยะเวลายาวนานพอที่จะทำลายเซลล์แบคทีเรียได้ หรืออาจใช้สารบัฟเฟอร์ (Buffer) เช่น เกลือของกรดที่เหมาะสมจะทำให้ได้กรดที่ไม่แตกตัวออกมาทำลายเชื้อแบคทีเรียได้ดี เมื่อกรดอินทรีย์เข้าสู่เซลล์ของแบคทีเรียแล้วจะทำให้ความเป็นกรดภายในเซลล์สูงขึ้นทำให้เซลล์ตายลง และยังมีส่วนในการยับยั้งการสังเคราะห์สารต่าง ๆ ภายในเซลล์ เช่น อาร์เอ็นเอ ดีเอ็นเอ โปรตีน รวมทั้งขัดขวางการขนส่งสารต่าง ๆ ในเซลล์ ทำให้เซลล์ตายลง การทำลายเซลล์แบคทีเรียก่อโรคโดยกรดอินทรีย์สามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีสองทฤษฎี คือ ทฤษฎีการทำลายโดยการแตกตัว (Uncoupling theory) และทฤษฎีการสะสมประจุลบภายในเซลล์แบคทีเรีย (Anion accumulation theory)

ภาพ 2 การแตกตัวและปฏิกิริยาย้อนกลับของกรดอินทรีย์
ที่มา: กรดอินทรีย์ป้องกันการติดเชื้อในลำไส้กุ้ง. (ม.ป.ป.)



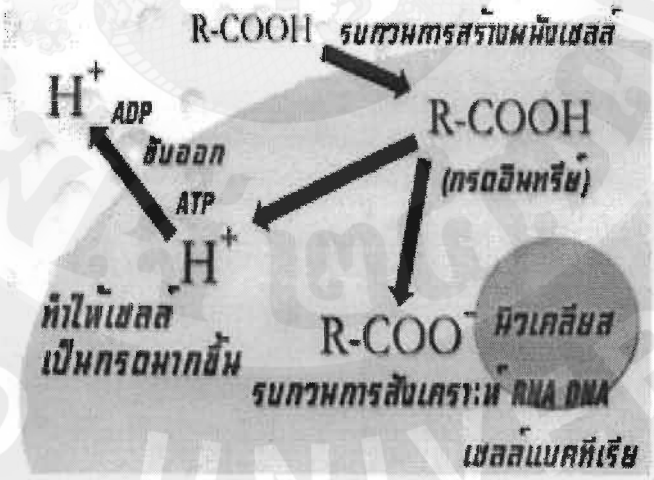
ภาพ 3 การผ่านเข้าสู่เซลล์ของกรดอินทรีย์
ที่มา: กรดอินทรีย์ป้องกันการติดเชื้อในลำไส้กุ้ง. (ม.ป.ป.)

ทฤษฎีการทำลายโดยการแตกตัว

เมื่อกรดอินทรีย์ผ่านเข้าสู่เซลล์ของแบคทีเรียจะเกิดการแตกตัวให้ประจุบวก (H^+) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรด จึงทำให้ความเป็นกรดภายในเซลล์เพิ่มสูงขึ้น เซลล์แบคทีเรียก่อโรคซึ่งไม่ใช่เชื้อประจำถิ่นในลำไส้จึงไม่มีความสามารถในการต้านทานความเป็นกรดได้ จะหยุดการเจริญเติบโตหรือตายลง

ทฤษฎีการสะสมประจุลบภายในเซลล์แบคทีเรีย

หลังจากที่กรดอินทรีย์แตกตัวให้ประจุบวก (H^+) และประจุลบ ($R\text{-}COO^-$) ภายในเซลล์แบคทีเรีย แบคทีเรียจะพยายามขับกรดที่แตกตัวนี้ออก แต่การขับออกจะขับออกได้แต่ประจุบวก (H^+) ในขณะที่ประจุลบ ($R\text{-}COO^-$) จะมีการขับออกได้น้อยมาก ทำให้มีการสะสมอยู่ภายในเซลล์สูง และประจุลบเหล่านี้ก็เป็นพิษต่อระบบการสังเคราะห์โปรตีน อาร์เอ็นเอ และดีเอ็นเอภายในเซลล์ (ภาพ 4)



ภาพ 4 การทำลายเชื้อแบคทีเรียโดยกรดอินทรีย์
ที่มา: กรดอินทรีย์ป้องกันการติดเชื้อในลำไส้กุ้ง. (ม.ป.ป.)

นอกจากนี้การที่เซลล์แบคทีเรียขับประจุบวก (H^+) ออกจากเซลล์นั้น ต้องอาศัยพลังงานภายในเซลล์ (ATP) เข้าช่วย ทำให้เซลล์สูญเสียพลังงานมากไม่เพียงพอที่จะนำไปใช้ใน

กระบวนการอื่น ๆ ไม่ว่าการเจริญเติบโตหรือการสืบพันธุ์ และหากต้องขับกรดออกมาก ๆ เซลล์จะสูญเสียพลังงานจนหมดและตายได้ เปรียบเทียบการกำจัดเชื้อแบคทีเรียก่อโรคระหว่างยาปฏิชีวนะและกรดอินทรีย์ จากคุณสมบัติที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการทำงานของกรดอินทรีย์ในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียก่อโรคคล้ายกับการทำงานของยาปฏิชีวนะ เช่น การเข้าขัดขวางการสังเคราะห์โปรตีนที่ผนังเซลล์ หรือขัดขวางการสังเคราะห์อาร์เอ็นเอ และดีเอ็นเอในนิวเคลียสของเซลล์ ตลอดจนขัดขวางการส่งผ่านสารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตภายในเซลล์แบคทีเรียก่อโรค แต่แท้จริงแล้วการทำงานนี้มีความแตกต่างกันอย่างมาก เนื่องจากการทำงานของยาปฏิชีวนะนั้นการที่จะให้ยาออกฤทธิ์ดังที่กล่าวมานี้จะต้องอาศัยยาที่มีความจำเพาะต่อ รีเซ็ปเตอร์ (Receptor) (จุดหรือตำแหน่งที่ยาจะเข้าไปเกาะกับผนังเซลล์ หรือภายในเซลล์) เพื่อที่ยาปฏิชีวนะจะสามารถออกฤทธิ์ได้ ซึ่งจุดรีเซ็ปเตอร์นี้เอง ที่เป็นวิธีที่เซลล์แบคทีเรียจะปรับตัวต่อสู้กับยาปฏิชีวนะได้ โดยแบคทีเรียจะมีพัฒนาการปรับตัวให้จุดรีเซ็ปเตอร์นี้เปลี่ยนแปลงไป ทำให้ยาปฏิชีวนะซึ่งออกแบบมาจำเพาะต่อรีเซ็ปเตอร์เดิมไม่สามารถจับกับรีเซ็ปเตอร์ใหม่ที่เปลี่ยนแปลงไปได้ ซึ่งเป็นสาเหตุของ "การดื้อยา" ของเชื้อโรคต่าง ๆ ที่จะเกิดหลังจากมีการใช้ยาไปได้ระยะหนึ่ง โดยเฉพาะการใช้ยาพร่ำเพื่อเกินความจำเป็นจะไปกระตุ้นให้เกิดการดื้อยาได้ง่ายขึ้น ดังนั้นทางการแพทย์จึงต้องพัฒนายาใหม่ ๆ ออกมาตลอดเวลาเพื่อรับมือกับการปรับตัวของเซลล์เชื้อโรคเหล่านี้ (ภาพ 5 และ 6)

ภาพ 5 การออกฤทธิ์ของยาปฏิชีวนะเมื่อจับกับรีเซ็ปเตอร์
ที่มา: กรดอินทรีย์ป้องกันการติดเชื้อในลำไส้กุ้ง. (ม.ป.ป.)

ภาพ 6 รีเซ็ปเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้ยาปฏิชีวนะไม่สามารถเข้าทำปฏิกิริยาได้
ที่มา: กรดอินทรีย์ป้องกันการติดเชื้อในลำไส้กุ้ง. (ม.ป.ป.)

การออกฤทธิ์ของกรดอินทรีย์แตกต่างกับยาปฏิชีวนะ โดยกรดอินทรีย์ไม่จำเป็นต้องอาศัยจุดรีเซ็ปเตอร์ เนื่องจากคุณสมบัติของกรดอินทรีย์ที่มีขนาดเล็ก กรดอินทรีย์ที่ยังไม่แตกตัวจะซึมผ่านเข้าไปในเซลล์ของแบคทีเรียได้ทันที และทำการแตกตัวออกฤทธิ์ต่อแบคทีเรียดังที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่ากรดอินทรีย์มีคุณสมบัติเหนือกว่ายาปฏิชีวนะในจุดนี้มาก แต่การใช้กรดอินทรีย์ให้ได้ผลนั้นก็ต้องขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดอินทรีย์ภายในเซลล์ที่มากพอที่จะทำให้เซลล์ตายได้ เนื่องจากการออกฤทธิ์ของกรดจะไม่รุนแรงและรวดเร็วเหมือนการใช้ยาในขณะที่แบคทีเรียยังไม่ดื้อยา ดังนั้นการใช้กรดอินทรีย์จึงควรใช้เพื่อการควบคุมและป้องกันการติดเชื้อแบคทีเรีย ตั้งแต่ไก่ยังไม่แสดงอาการของโรค หรือสามารถใช้รักษาได้ในกรณีที่เพิ่งเริ่มแสดงอาการ ในการใช้กรดอินทรีย์นั้น หากมีการปรับใช้ที่ถูกต้องและต่อเนื่อง จะเป็นการควบคุมการเกิดโรคติดเชื้อในระบบทางเดินอาหารได้อย่างดีเยี่ยม ลดปัญหาและต้นทุนการใช้ยาปฏิชีวนะในการเลี้ยงได้อย่างมาก (บริษัท ออลเวท จำกัด ฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์, 2544ก; 2544ข)

จุลินทรีย์ที่ก่อโรคในระบบทางเดินอาหารของสัตว์

ในระบบทางเดินอาหารของไก่ประกอบด้วยจุลินทรีย์หลายชนิดอาศัยอยู่ในกระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก และลำไส้ใหญ่ โดยเฉพาะในลำไส้ใหญ่จุลินทรีย์จะเกาะจับอยู่บริเวณเยื่อบุผิว (epithelium) เยื่อเมือก (mucous) ในลำไส้ หรืออาศัยอยู่ในร่องระหว่างวิลไล (crypts) โดยที่เชื้อ

จุลินทรีย์ต่าง ๆ จะมาจากการแพร่เชื้อจากไก่แม่พันธุ์ จากสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นจากน้ำและอาหารที่ได้รับในแต่ละวัน

จำนวนประชากรและการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ ในระบบทางเดินอาหารไก่ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความเหมาะสมของระดับความเป็นกรด - ด่างของลำไส้ ระบบสรีรวิทยาของตัวสัตว์ การใช้ยาปฏิชีวนะต่าง ๆ และระบบภูมิคุ้มกันภายในตัวสัตว์ โดยปกติพบว่าจะมีปริมาณของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่มากกว่าในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก ทั้งนี้เพราะลำไส้ใหญ่มีความเหมาะสมทางสรีรวิทยาและปฏิกิริยาทางชีวเคมีมากกว่า จึงทำให้มีการเกาะยึดของจุลินทรีย์ได้ดีกว่า

การศึกษาน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ได้เน้นไปทางเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรค ซึ่งมีอิทธิพลเกี่ยวข้องกับไก่เนื้อ การตรวจสอบจุลินทรีย์ในกลุ่มของแบคทีเรียที่ก่อโรค (Bacteria) ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์เท่านั้นจึงสามารถมองเห็นได้ แบคทีเรียในร่างกายหรือสิ่งแวดล้อมแบ่งออกเป็นเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มแบคทีเรียก่อโรค (Pathogenic bacteria)
2. กลุ่มแบคทีเรียไม่ก่อโรค (Non-pathogenic bacteria)
3. กลุ่มแบคทีเรียฉวยโอกาส (Opportunitic bacteria) ปกติจะไม่ทำให้เกิดโรคแต่ถ้าร่างกายมีภูมิคุ้มกันบกพร่องจะก่อให้เกิดโรคได้ (วิลาวัณย์, 2539)

แบคทีเรียกลุ่มก่อโรคที่สำคัญและทำให้เกิดโรคติดเชื้อในปศุสัตว์

แบคทีเรียชนิดแกรมบวก	**แบคทีเรียชนิดแกรมลบ**
Actinomyces pyogenes	*Actinobacillus pleuropneumoniae*
Bacillus anthracis	*Burkholderia pseudomallei*
Bacillus cereus	*Bordetella bronchiseptica*
Clostridium tetani	*Escherichia coli*
Clostridium shouvei	*Haemophillus parasuis*
Clostridium perfringen	*Klebsiella pneumoniae*
Staphylococcus aureus	*Pasteurella multocida*
Streptococcus agalactiae	*Pasteurella hemolytica*
Streptococcus uberis	*Pseudomonas aeruginosa*
Streptococcus suis	*Salmonella typhimurium*

Escherichia coli

Escherichia coli (E. coli) เป็นเชื้อแบคทีเรียที่รู้จักกันในนาม โคลิฟอร์มบาซิลลัส มีประมาณ 100 สายพันธุ์ เป็นจุลชีพที่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหาร ตรงส่วนของลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่นทุกชนิดรวมทั้งมนุษย์ด้วย

ลักษณะของ *Escherichia coli*

วิลาวัณย์ (2539) กล่าวว่า เชื้อ *E. coli* ที่ก่อโรคมีลักษณะเป็นเซลล์รูปท่อตรง ขนาด 1.1 – 1.5 x 2.0 – 6.0 ไมโครเมตร เรียงตัวเดี่ยว ๆ หรือเป็นเซลล์คู่ ไม่เคลื่อนที่ มีรยางค์ที่มีลักษณะเป็นขนเล็ก ๆ เรียกว่า พิลไล (Pilli) ช่วยในการยึดเกาะกับเนื้อเยื่อของผนังลำไส้ เชื้อ *E. coli* มีอยู่ทั่วไปในโลก และเป็นสาเหตุของโรคในสัตว์แทบทุกชนิด เพียงแต่ว่าจะแตกต่างกันในอวัยวะและความรุนแรง ทั้งนี้อาการก็อาจแตกต่างกันด้วย สมาน (2544) รายงานไว้ว่าสารพิษที่เชื้อ *E. coli* สร้างขึ้นแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดด้วยกัน คือ

1. เอนโดท๊อกซิน (Endotoxin) ทำให้เกิดอาการโลหิตเป็นพิษ และช๊อค (Septicaemia & Shock)

2. เอนเทอโรท๊อกซิน (Enterotoxin) ทำให้เกิดท้องเสียหรือขี้ไหล

3. นิวโรท๊อกซินหรือวาโซท๊อกซิน (Neurotoxin or Vasotoxin) ทำให้เกิดโรคบวมน้ำ (Oedematous Disease)

Harry and Hemsley (1969) ได้ตรวจพบ pathogenic serotype ของเชื้อ *E. coli* ประมาณ 10 – 15% ของแบคทีเรียที่พบในลำไส้ของไก่ปกติ และไม่จำเป็นต้องเป็นซีโรไทป์ชนิดเดียวกับที่พบใน pericardial sac เชื้อโรคนี้สามารถพบได้ตลอดช่วงอายุของการเลี้ยงไก่ แต่มักเกิดความเสียหายอย่างรุนแรงในช่วงอายุ 0 - 3 สัปดาห์ จึงส่งผลให้เป็นจุลินทรีย์ที่ก่อโรคติดเชื้อที่มีความสำคัญ และก่อให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างมากในทางอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ โดยเฉพาะในไก่เนื้อ ซึ่งสาเหตุเกิดจากเชื้อ *E. coli* ชนิดแบคทีเรียแกรมลบ แบคทีเรียชนิดนี้ทำให้เกิดอาการท้องเสียทั้งในสัตว์ เด็ก และผู้ใหญ่ ทำให้ถ่ายอุจจาระเหลวหรือเป็นน้ำ ในขณะที่ Barbour et al. (1985) กล่าวถึงการพบเชื้อโรคนี้ในไก่ช่วงอายุ 6 – 10 สัปดาห์ และยังสามารถเกิดโรคในไก่เล็กและตัวอ่อนในไข่ไก่ที่ฟักได้ โดยพบอัตราการตายระหว่าง 5 – 10% เชื้อ *E. coli* พบได้หลายซีโรไทป์ ซีโรไทป์ที่เป็นตัวก่อโรคในไก่ ได้แก่ 01, 02, 035 และ 078 แต่จากการแยกเชื้อไก่ที่ป่วยเป็นโรคในประเทศไทยพบซีโรไทป์ 078 มากที่สุด (12.5%) การดิดเชื้อ *E. coli* ในไก่มีความสำคัญ

ในการเป็นตัวแทรกซ้อนของโรคระบบทางเดินอาหาร ทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง นอกจากนี้ยังทำให้สุขภาพทรุดโทรมอาจมีแนวโน้มทำให้เกิดโรคอื่น ๆ แทรกซ้อนขึ้นได้ *E. coli* ที่ทำให้เกิดลำไส้อักเสบจะอาศัยอยู่ในลำไส้เล็กส่วนปลาย (ileum) เนื่องจากลำไส้เล็กส่วนปลายมีสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้เป็นอย่างดี จึงสามารถทำอันตรายให้แก่ลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenum) ได้ ในกรณีที่เกิดโรคอย่างรุนแรงทำให้ลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenum) เกิดการอักเสบแดง และมีเลือดคั่งทำให้มองดูคล้ายกับรอยแปรงทาสี ในรายที่ลำไส้อักเสบกลับกลายเป็นชนิดเรื้อรัง ซึ่งพิษที่เกิดจาก *E. coli* จะทำลายเยื่อบุผนังลำไส้ และเกิดการตายของเยื่อบุภายในทำให้มีลักษณะเป็นสีน้ำตาล และยังมีการเพิ่มของน้ำเมือกพร้อมกับผนังลำไส้ที่หนาขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน การทำลายของ *E. coli* อาจรุกล้ำเข้าไปถึงกล้ามเนื้อ ทำให้ลำไส้ไม่สามารถหดตัวได้ ส่วนไส้ตัน (caecum) อาจจะเห็นเม็ดตุ่มเป็นจำนวนมาก เม็ดตุ่มเหล่านี้มีขนาดเล็กเรียงกันเป็นแถวไปตามความยาวของไส้ตัน (caecum) และมีลักษณะผิวเรียบค่อนข้างกลมและตรงกลางของเม็ดตุ่มมีรอยปุ๋มคล้ายปล่องภูเขาไฟหรือมีเลือดออกบริเวณตรงกลางของตุ่ม เม็ดตุ่มเหล่านี้เป็นต่อมน้ำเหลืองที่ขยายใหญ่ขึ้น (วิโรจน์, 2531)

โรคติดเชื้อ *E. coli* สามารถป้องกันและรักษาด้วยยาปฏิชีวนะที่มีผลต่อแบคทีเรียแกรมลบหรือยาที่ออกฤทธิ์วงกว้าง แต่การใช้ยาปฏิชีวนะในการรักษาซ้ำหลายครั้งจะเป็นผลให้เชื้อ *E. coli* ดื้อยาชนิดนั้น ซึ่งพบว่าการดื้อยาเกิดขึ้นทุก ๆ การแบ่งตัวของเชื้อที่ 10^6 และ 10^8 ครั้ง จากการรวบรวมผลการทดสอบความไวของเชื้อ *E. coli* ที่แยกได้จากไก่ โดย นิวัตร และคณะ (2538) พบว่า 80% ของการต้านทานยา nalidixic acid, oxolinic acid, sulfamethoxasole + trimethoprim, sulfadiazine, tetracycline, chlortetracycline, oxycycline, kanamycin, novobiocin และ erythromycin

***Salmonella* spp.**

เป็นเชื้อโรคที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่อุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ทั่วโลก เชื้อ *Salmonella* spp. สายพันธุ์ที่สำคัญและพบมากที่สุด คือ *Salmonella enteritidis* ไก่สามารถเป็นโรคนี้ได้ทั้งแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง ความเสียหายในลูกไก่มักพบเป็นแบบเฉียบพลัน มีอัตราการตายสูง ไก่ที่รอดตายจะแคระแกรน การเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอ และเป็นพาหะของโรค ในไก่ใหญ่ที่เป็นโรคหรือเป็นพาหะของโรคพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ไข่ การฟักออกของไข่ลดลง และมีการแพร่เชื้อผ่านทางไข่ ทั้งยังสามารถทำให้เกิดการติดเชื้อและเป็นโรคได้ทั้งในคนและสัตว์ แม้ว่าจะได้รับเชื้อในปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น โรคซาลโมเนลโลซิส (Salmonellosis) จัดอยู่ในกลุ่มของโรคสัตว์ติดคน

(zoonosis) ชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะไก่เป็นแหล่งแพร่เชื้อที่สำคัญ (นนทชัย และคณะ, 2541) ในประเทศไทยคนที่ป่วยด้วยโรคอุจจาระร่วงที่มีสาเหตุมาจากเชื้อ *Salmonella* spp. มีมากขึ้น สาเหตุส่วนหนึ่งมาจากอาหารที่รับประทาน ได้แก่ เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ การปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. เป็นปัญหาสำคัญทางสาธารณสุข และเป็นปัญหาที่ส่งผลต่อการส่งออกเนื้อไก่ไปยังต่างประเทศอีกด้วย

ลักษณะของ *Salmonella* spp.

Salmonella spp. เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปท่อน ไม่สร้างสปอร์ มีขนาด 0.7 - 1.5 ไมโครเมตร ยาว 2.0 - 5.0 ไมโครเมตร เจริญได้ดีทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนน้อยหรือไม่มีออกซิเจน (facultative anaerobe) เคลื่อนที่ด้วยแฟลกเจลลาที่ยาวและมีอยู่รอบเซลล์ (peritrichous flagella) ยกเว้น *S. pullorum* และ *S. gallinarum* (Chapman, 1988) และบางสายพันธุ์ไม่มีแฟลกเจลลาสร้างไฮโดรเจนซัลไฟด์ ยกเว้น *S. paratyphi*, *S. choleraesuis* สร้างกรดและก๊าซ จากการหมักย่อยน้ำตาลกลูโคส และจากการหมักคาร์โบไฮเดรตให้ไฮโดรเจนซัลไฟต์ หรือเจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อธรรมดา เชื้อส่วนใหญ่ไม่ต้องการวิตามินหรือกรดอะมิโน ยกเว้นเชื้อไทฟอยด์บางชนิดต้องการทริปโตเฟน นอกจากนี้ยังทนต่อสารเคมีบางชนิด เช่น บริลเลียนต์กรีน (brilliant green) โซเดียมเตตราไทโอเนต (sodium tetrathionate) ซึ่งยับยั้งการเจริญของเชื้อโคลิฟอร์มจึงใช้เป็นหลักในการแยกเชื้อจากอุจจาระ (นงลักษณ์ และปรีชา, 2547) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *Salmonella* spp. คือ 37 - 45 °ซ สำหรับอุณหภูมิที่เจริญได้ดีที่สุดคือ 42 °ซ เจริญได้ดีในช่วง pH 4.5 - 9.0

กลไกการก่อให้เกิดโรคของ *Salmonella* spp.

เชื้อ *Salmonella* spp. สายพันธุ์ทำให้เกิดโรคในสัตว์เลือดอุ่นรวมทั้งในคน คือ *S. enteritidis* และ *S. typhimurium* ระยะฟักตัวของโรคกินเวลา 12 – 24 ชั่วโมง หรือมีอาการหลังจากกินอาหารที่มีเชื้อปะปน 8 – 48 ชั่วโมง อาการของโรค คือ ปวดศีรษะรุนแรง คลื่นไส้อาเจียน อุจจาระร่วงรุนแรง ปวดท้อง มีไข้ต่ำ มักเป็นอยู่ 2 - 5 วัน เชื้อจะเจริญเติบโตอยู่ที่ลำไส้เท่านั้น เมื่อเชื้อบุกรุกเข้าผนังลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่จะปล่อยเอนเทอโรท็อกซิน (Enterotoxin) ซึ่งเป็นสารพิษที่ทำลายส่วนของระบบทางเดินอาหาร ทำให้ถ่ายอุจจาระเหลว มีมูกเลือดและมีเม็ดเลือดขาวปนออกมา ไม่พบเชื้อในเลือดแต่พบในอุจจาระ กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นโดยเซลล์

แบคทีเรียที่มีชีวิตอยู่ในอวัยวะสืบพันธุ์ของแม่ไก่มากกว่า ซีโรไทป์อื่น ๆ โดยแม่ไก่จะให้ไข่ได้ปกติ และไม่แสดงอาการผิดปกติใด ๆ (Miyamoto et al., 1997) การปนเปื้อนเชื้อที่ไข่เกิดขึ้นได้ 2 ทาง คือ 1) เชื้อในระบบสืบพันธุ์ของแม่ไก่ผ่านเข้าไปในไข่ (Vertical transmission) ทำให้ติดเชื้อในลูกไก่ หรือดัพภะ ซึ่งการแพร่เชื้อผ่านไข่เป็นผลให้เกิดการติดเชื้อผ่านตู้ฟัก ลูกไก่ที่ ฟักออกมาจะแพร่กระจายเชื้อไปยังลูกไก่ตัวอื่น ๆ ในโรงฟัก (Bailey et al., 1994; Carson et al., 1994) และ 2) เชื้อจากสิ่งแวดล้อมภายนอกตัวแม่ไก่เกาะอยู่ที่เปลือกไข่ (Horizontal contamination) (Cox et al., 1990) และอาจเกิดจากการที่ลูกไก่ติดเชื้อจากการกินอาหารและน้ำที่มีเชื้อ *Salmonella* spp. ปนเปื้อนหรือรับเชื้อจากสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบ ๆ ตัวไก่ทั้งทางตรงและทางอ้อม หรืออาจมีการติดเชื้อในขั้นตอนของการส่งไก่ไปยังโรงฆ่าได้ ปกติก่อนฟักทางเดินอาหารของตัวอ่อนไก่จะปลอดจากจุลินทรีย์ต่าง ๆ หลังจากฟักแล้วลูกไก่จะได้รับจุลชีพจากแม่ และมีพัฒนาการของจุลชีพจนถึงที่อายุ 2 สัปดาห์ หลังฟักไก่จะมีจุลชีพอย่างสมบูรณ์ (Barnes et al., 1972) ซึ่งจุลชีพเหล่านี้จะเจริญได้ดี โดยอาศัยการเกาะยึดกับผนังลำไส้ เพื่อเป็นการต้านทานเชื้อโรคที่เข้ามาบริเวณทางเดินอาหาร ดังนั้นถ้าหากไก่ได้รับเชื้อ *Salmonella* spp. เชื้อจะไปแย่งที่จุลินทรีย์ในทางเดินอาหารเพื่อเกาะยึดกับผนังลำไส้ และก่อตัวเพิ่มจำนวนในระบบทางเดินอาหาร ก่อให้เกิดการผ่านของเชื้อเข้าสู่ระบบต่าง ๆ ของร่างกาย เชื้อที่บุกรุกจะเพิ่มจำนวนเซลล์ และทำลายเนื้อเยื่อชั้นมิวโคซา (mucosa) ทำให้เกิดการอักเสบเพียงเล็กน้อย จากนั้นเชื้อจะแทรกผ่านชั้นเยื่อบุผิวอย่างรวดเร็ว ไปเพิ่มจำนวนในเนื้อเยื่อชั้น lamina propria ทำให้เกิดการอักเสบ (superficial inflamrmatory response) ต่อมาจะมีการสะสมของนิวเคลียสของเม็ดเลือดขาว ทำให้เกิดเป็นจุดหนองขึ้น ถึงแม้ *Salmonella* spp. บางสายพันธุ์จะสร้างเอนเทอโรท๊อกซิน [heat-labile (lymphotoxin) enterotoxin] ซึ่งคล้ายกับท๊อกซินของอหิวาต์ (adenylate cyclase) โดยเพิ่มการหลั่งของเหลวอิเลคโตรไลท์เข้าสู่ช่องว่างลำไส้ทำให้เกิดท้องร่วง นอกจากนี้ *Salmonella* spp. ยังสร้างสารพิษ (cytotoxin) ที่ร้ายแรง ซึ่งอาจทำให้เซลล์บริเวณนั้นตาย และเกิดการตายของเนื้อเยื่อบริเวณดังกล่าว (นงลักษณ์, 2547) ในปัจจุบันมีความพยายามในการใช้มาตรการต่าง ๆ ต่อการควบคุมการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ในเนื้อไก่ เพื่อความปลอดภัยในอาหาร (food safety) จึงมีการใช้สารเสริมหลายชนิดในการควบคุมเชื้อ *Salmonella* spp. 2 ประเภท คือ *S. enteritidis* และ *S. typhimurium* เพื่อทำให้ไม่ก่อเกิดโรค (non - pathogenic microflora) เป็นจุลินทรีย์ในกลุ่มที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของไก่มีหน้าที่ในการควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นโทษไม่ให้มีจำนวนมากเกินไป จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ที่พบมาก ได้แก่ แลคโตแบซิลลัส และไบฟีโดแบคทีเรีย (*bifidobacteria*) และกรดอินทรีย์สายสั้นมีคาร์บอนน้อยกว่า 6 ตัว เช่น กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และกรดโพรพิโอนิก เป็นต้น

การเสริมน้ำส้มควันไม้ และกรดอินทรีย์ในอาหารสัตว์ เพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิต

Watarai and Tana (2005) ได้ศึกษาหาประสิทธิภาพในการต่อต้านการติดเชื้อซาลโมเนลลา เอนเตอริคา (*Salmonella enterica*) ที่ลำไส้เล็กของไก่เนื้อพันธุ์เล็กฮอนขาว (White Leghorn) โดยเสริมผงถ่านไม้ที่ผสมกับน้ำส้มควันไม้ (Nekka - Rich) พบว่า *S. enterica* ลดจำนวนลง และยังส่งผลให้ *E. faecium* ลดลงด้วย เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้ใส่ผงถ่านไม้ผสมกับน้ำส้มควันไม้ในอาหาร ส่วนผลของน้ำส้มควันไม้ และกรดอะซิติก (pH 7.0) ต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (*E. faecium* และ *B. thermophilum*) พบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ระดับ 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อการลดจำนวนของเชื้อ *E. faecium* และ *B. thermophilum* ตามลำดับ

Mekbungwan et al. (2004) ได้ทดลองผสมผงถ่านไม้ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ในอาหารสุกรเล็ก เพื่อศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาคของวิลไลของลำไส้สุกรเล็ก โดยผสมผงถ่านไม้ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ในระดับ 0, 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่าที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์มีผลต่อประสิทธิภาพการกินอาหารดีที่สุด ส่วนกลุ่มที่ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อปัจจัยในการวิเคราะห์หาค่าของ Light microscopy (LM) ในส่วนของลำไส้สูงที่สุด แต่ในกลุ่มที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ มีผลดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ในการเพิ่มขึ้นของพื้นที่วิลไลของลำไส้เล็กส่วนต้น ส่วนที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อ clear cell outline, larger cell และ cell protuberated จนไปถึง lumen เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ สรุปได้ว่าการศึกษาผลของผงถ่านไม้ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ในอาหารสุกรเล็กที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์จะมีผลต่อปฏิกิริยาการดูดซึมโภชนะของลำไส้ คือ วิลไล (villi) และเซลลูลาร์ (cellular) ดีกว่ากลุ่มทดลองอื่น ๆ

สุวิทย์ และคณะ (2548) รายงาน การศึกษาการเสริมกรดอินทรีย์และเอนไซม์ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ โดยใช้ไก่เนื้อพันธุ์ทางการค้าคละเพศ อายุ 1 วัน จำนวน 56 ตัว แบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม ๆ ละ 2 ซ้ำ ๆ ละ 4 ตัว กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ไม่เสริมกรดอินทรีย์และเอนไซม์ กลุ่มที่ 2 กลุ่มเสริมกรดอินทรีย์ ชนิด A จำนวน 2 กิโลกรัม/ตัน ที่ช่วงอายุ 0 - 7 วัน กลุ่มที่ 3 กลุ่มเสริมกรดอินทรีย์ ชนิด B จำนวน 2 กิโลกรัม/ตัน ที่ช่วงอายุ 0 - 42 วัน กลุ่มที่ 4 กลุ่มเสริมกรดอินทรีย์ชนิด C จำนวน 2 กิโลกรัม/ตัน ที่ช่วงอายุ 0 - 7 วัน และ 22 - 42 วัน กลุ่มที่ 5 กลุ่มเสริมเอนไซม์ ชนิด A จำนวน 1 กรัม/ตัน ที่ช่วงอายุ 0 - 42 วัน กลุ่มที่ 6 กลุ่มเสริมเอนไซม์ ชนิด B จำนวน 300 กรัม/ตัน ที่ช่วงอายุ 0 - 42 วัน กลุ่มที่ 7 กลุ่มเสริมเอนไซม์ ชนิด C จำนวน 500 กรัม/ตัน ที่ช่วงอายุ 0 - 42 วัน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ไก่เนื้อจะได้กินน้ำและอาหารอย่างเต็มที่ ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 42 วัน พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ

กลุ่มที่ 2 มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มที่ 1, 3 ถึง 7 มีค่าเท่ากับ 39.88, 35.97, 35.77, 35.53, 33.27, 34.20 และ 33.90 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยของไก่เนื้อกลุ่มที่ 5 มีปริมาณอาหารที่กินมากกว่ากลุ่มที่ 1 ถึง 4, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 79.15, 77.56, 79.91, 74.50, 76.14, 73.48 และ 75.74 กรัม/ตัว/วัน ประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่เนื้อกลุ่มที่ 2 มีค่าประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่ากลุ่มที่ 1, 3 ถึง 7 มีค่าเท่ากับ 1.95, 2.15, 2.09, 2.15, 2.39, 2.22 และ 2.27 ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่อย่างไรก็ตามการใช้กรดอินทรีย์เสริมในอาหารมีแนวโน้มทำให้สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อดีกว่าการใช้เอนไซม์ เนื่องจากกรดอินทรีย์จะทำให้ค่าของอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่ากลุ่มที่มีการใช้เอนไซม์

Eckel et al. (1992) ได้ทำการเสริมกรดฟอร์มิกในอาหารสุกรหย่านมที่ประกอบด้วย ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวโอ๊ต มันสำปะหลัง กากถั่วเหลือง ปลาป่น หางนมผง และไขมัน โดยเพิ่มกรดฟอร์มิก ในระดับ 6, 12 และ 18 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร พบว่ามีผลทำให้สุกรมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น 23, 31 และ 29% ตามลำดับ แต่ถ้าเพิ่มกรดฟอร์มิกในระดับที่ 18 กรัมต่อกิโลกรัมจะทำให้การเจริญเติบโต และการกินอาหารลดลง

Giesting and Easter (1985) ได้ศึกษาการเสริมกรดโพรพิโอนิกที่ระดับ 1, 2 และ 3% ในอาหารสุกรระยะแรก พบว่าทำให้สมรรถภาพต่อการผลิตดีขึ้น โดยให้ผลตอบสนองสูงสุดต่ออัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรที่ระดับการเสริม 3% ในอาหาร และเมื่อศึกษาการใช้กรดโพรพิโอนิก, กรดฟูมาริก และกรดซิตริก ในอาหารสุกรที่ประกอบด้วยข้าวโพด, กากถั่วเหลือง, วิตามิน และแร่ธาตุ พบว่ากรดฟูมาริกและกรดซิดริกสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของสุกรได้ดีขึ้น แต่กรดโพรพิโอนิกทำให้การกินอาหารและการเจริญเติบโตลดลง ซึ่งอาจเนื่องมาจากเป็นกรดที่มีกลิ่นแรง แต่รายงานของ Bolduan et al. (1988) พบว่าสุกรมีการพัฒนาการเจริญเติบโตดีขึ้นเมื่อเสริมกรดโพรพิโอนิกในระดับ 10 กรัมต่อกก.ของอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Kemal et al. (2003) ที่ศึกษาการใช้กรดอินทรีย์ในอาหารไก่งวง พบว่าการเสริมกรดอินทรีย์ในรูปการค้า (Biotronic SE; formic acid, ammonium format, propionic acid, ammonium propionic และ filled material) ที่ระดับ 2.0% ระยะเวลา 0 - 6 สัปดาห์ พบว่าปริมาณอาหารที่กิน และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

ในปี 1970 มีการทดลองของบริษัท บีเอเอสเอฟ ได้ทดลองเสริมกรดโพรพิโอนิก 3% ในอาหาร เพื่อทำลายเชื้อ *Salmonella* spp. ในอาหารและวัตถุดิบอาหารสัตว์ และผสมกรดโพรพิโอนิก 1.5% ในอาหาร เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ในวัตถุดิบ

อาหารที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. โดยพบว่าการเสริมกรดโพรพิโอนิกจะช่วยป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ในอาหารได้ โดยปริมาณความเข้มข้นของกรดโพรพิโอนิกที่ใช้จะขึ้นอยู่กับ ระดับของการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. (จัตุพร และอธิศักดิ์, 2539)

Byrd et al. (2001) ได้ศึกษาถึงการใช้ส่วนผสมของกรดอินทรีย์ (กรดอะซิติก 0.5% และกรดแลคติก 2.0%) ผสมในน้ำให้ไก่กิน พบว่าจำนวนเชื้อซาลโมเนลลา ไทฟิมูเรียม (*Salmonella typhimurium*) ในกระเพาะพักของไก่เนื้อที่ได้รับกรดอะซิดริก และกรดแลคดิก มีจำนวนลดลงที่ระดับ 52.40% และเมื่อใช้กรดแลคดิกจะให้ผลดีที่สุด การให้กรดแลคติกผสมน้ำกินในช่วงสุดท้ายของการเลี้ยง (Feed withdrawal period) และก่อนการขนส่งนั้นเป็นการช่วยลดความเป็นกรด - ด่างของทางเดินอาหารส่วนต้น ลดปริมาณเชื้อที่อยู่ภายในลำไส้ที่อาจปนเปื้อนออกมาหลังจากการชำแหละซาก และเพิ่มจำนวนแบคทีเรียชนิดที่สามารถผลิตกรดแลคดิกให้มีจำนวนมากขึ้นอีกด้วย เพื่อลดจำนวนเชื้อซาลโมเนลลาที่ อาจถูกขับออกมาขณะขนส่งก่อนถึงโรงฆ่า (Russell, 2002)

Trompson and Hinton (1997) ได้ศึกษาการเสริมกรดฟอร์มิก และกรดโพรพิโอนิกในอาหารไก่ไข่ พบว่าไม่มีความแตกต่างของค่าความเป็นกรด – ด่างในระบบทางเดินอาหาร แต่ในการทดลองส่งผลต่อความเข้มข้นของกรดในกระเพาะพักและกระเพาะบด ซึ่งกรดอินทรีย์ที่กระเพาะพักสามารถช่วยควบคุมแบคทีเรีย *S. enteritidis* และกรดอินทรีย์ยังเป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาพแวดล้อมภายในระบบทางเดินอาหารของไก่ไข่ด้วย นอกจากนี้กรดอินทรีย์ที่ไก่ได้รับยังเป็นสารที่ช่วยลดระดับความเป็นกรด - ด่างของระบบทางเดินอาหารอีกด้วย และมีการศึกษาในหลอดทดลองพบว่าสภาวะที่ pH ในกระเพาะพักและกระเพาะแท้ลดลงสามารถฆ่า *Salmonella* spp. ได้ (Cox et al., 1990) มีการเสริมกรดฟอร์มิกและกรดโพรพิโอนิกที่ระดับ 1% ในอาหารไก่ไข่ พบว่า สามารถลด pH ในไส้ติ่งได้ (Waldroup et al., 1995) เนื่องจากสภาวะ pH ที่ลดลงในไส้ติ่งและมีการผลิตกรดไขมันระเหยง่ายโดยแบคทีเรียที่ไม่อาศัยออกซิเจนเพิ่มขึ้น สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Salmonella* spp. ได้ สอดคล้องกับการทดลองที่เสริมกรดฟอร์มิก และกรดโพรพิโอนิกลงในอาหารที่ระดับ 2% ลดการเพิ่มจำนวนของเชื้อ *Salmonella pollorum* ในกระเพาะพักและไส้ติ่งได้ (Tarazi and Alshawabkeh, 2003)

การเสริมกรดอินทรีย์สามารถปรับสภาพความเป็นกรดของวัตถุดิบอาหาร และระบบทางเดินอาหารของสัตว์ได้ การใช้กรดอินทรีย์เพื่อปรับสภาพความเป็นกรดในกระเพาะอาหารให้มีความสมดุลนั้น ส่งผลทำให้สุขภาพของสัตว์มีปัญหาลดน้อยลง ในลูกสุกรพบว่า เมื่อมีการเสริมกรดอินทรีย์ในสูตรอาหารจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ เช่น *E. coli* และ *Salmonella* ทำให้เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้ลดจำนวนลง มีผลทำให้ลูกสุกรลดอาการท้องเสีย

และยังมีผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของน้ำย่อยพวก Proteolytic enzyme เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลทำให้การย่อยได้ของโปรตีนดีขึ้น และในขณะเดียวกันสามารถกระตุ้นการหลั่งน้ำย่อยจากตับอ่อน เพื่อมาเสริมประสิทธิภาพในการย่อยอาหาร, การดูดซึมโภชนะ และปริมาณของโภชนะหรือสารอาหารต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น (Khajarern and Khajarern, 2004)

วิธีการเลือกใช้น้ำส้มควันไม้เสริมในอาหารสัตว์

การตัดสินใจเลือกใช้น้ำส้มควันไม้ควรพิจารณาว่า สารนี้เก็บในช่วงอุณหภูมิ 150 - 450 °ซ ที่ได้กำหนดข้างต้น เพื่อให้ได้กรดอินทรีย์ตามที่ต้องการ ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้ได้น้ำมันดินมากกว่ากรดอินทรีย์ ก่อนนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ต้องทิ้งไว้หลังจากเก็บมาแล้วอย่างน้อย 3 เดือน เพื่อให้น้ำมันดินตกตะกอนเสียก่อน และเกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำมันดิน ซึ่งน้ำมันดินหนักกว่าก็จะอยู่ด้านล่าง ส่วนน้ำส้มควันไม้จะอยู่ด้านบน ในการใช้ต้องคำนวณระดับที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและคุ้มค่าการลงทุน นอกจากนี้สารที่ให้ความเป็นกรดนั้นต้องมีฤทธิ์การทำงานที่กว้าง คือ นอกจากควบคุมจุลินทรีย์ที่เป็นโทษต่อร่างกายแล้ว ยังช่วยกระตุ้นการย่อยได้ของสัตว์ มีความคงตัวไม่ย่อยสลายได้ง่าย ปลอดภัย และสะดวกในการใช้ของเกษตรกร จากผลการศึกษาและวิจัยเป็นที่ยอมรับว่า ส่วนประกอบของน้ำส้มควันไม้มีกรดอินทรีย์หลายชนิด สำหรับการใช้เสริมในอาหารสัตว์ ได้แก่ กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดบิวทิริก กรดทูมาริก และกรดซิตริก ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ พบว่าการเสริมกรดอินทรีย์หลายชนิดรวมกันเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย เพื่อเป็นการเสริมฤทธิ์กัน (Synergistic effect) (Khajarern and Khajarern, 2004) การเติมกรดอินทรีย์จะขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ และพบว่าอาหารที่มีส่วนประกอบของโปรตีนจากพืชสูง ถ้ามีการเติมกรดอินทรีย์ลงไปทำให้การใช้ประโยชน์ของอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงขึ้น (วิบูลย์, 2540)

ข้อจำกัดของการใช้น้ำส้มควันไม้ และกรดอินทรีย์

น้ำส้มควันไม้

1. ก่อนนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ต้องทิ้งไว้หลังจากดักเก็บอย่างน้อย 3 เดือน เพื่อให้เกิดการตกตะกอนแยกเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำส้มควันไม้สำหรับนำไปใช้

2. เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีความเป็นกรดสูง ควรระวังอย่าให้เข้าตา

3. การเสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหารสัตว์ไม่ควรเกิน 3% ในสูตรอาหาร เนื่องจากมีผลต่อความน่ากินของอาหาร (Watarai and Tana, 2005)

กรดอินทรีย์

1. การผสมในน้ำทำให้ไก่เนื้อกินน้ำลดลง เนื่องจากน้ำมี H^+ ซึ่งจะมีรสเปรี้ยว ตามปกติจะใช้ที่ระดับ 1 : 1,000 (นนทชัย และคณะ, 2541) การเสริมกรดอินทรีย์ในน้ำเกินระดับที่กำหนด เช่น 3 – 4 ซีซีต่อลิตร จะทำให้ไก่เนื้อกินน้ำลดลงมาก เนื่องจากน้ำมีความเป็นกรดสูงเกินไป (บริษัท ออคต้า เมมโมเรียล จำกัด, 2549)

2. การเสริมกรดอินทรีย์ในอาหารสัตว์ไม่ควรเกิน 1% ในสูตรอาหาร เนื่องจากมีผลต่อความน่ากินของอาหาร (แอนนา, 2542)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาผสมน้ำส้มควันไม้ในอาหารไก่เนื้อ เพื่อศึกษาผลต่อการเจริญเติบโต โดยการไม่ใช้สารต้านจุลชีพหรือยาปฏิชีวนะ (Antibiotic) เพื่อเร่งการเจริญเติบโต การปฏิบัติต่อสัตว์อย่างมีเมตตาธรรมและคำนึงถึงสวัสดิภาพของสัตว์ (Animal welfare) การปนเปื้อนของสารเคมี สารต้านจุลชีพและจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ ฯลฯ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการมีสารเคมีและยาปฏิชีวนะตกค้างในเนื้อสัตว์ เป็นหนึ่งปัญหาสำคัญที่ถูกหยิบมาใช้เป็นมาตรการในการกีดกันการนำผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อเข้าสหภาพยุโรป ทำให้การส่งออกเนื้อสัตว์ของไทยลดน้อยลง จึงต้องมีการวิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิต และพัฒนาคุณภาพของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่มโอกาสในการขยายตลาดส่งออกทั้งในรูปเนื้อสดและผลิตภัณฑ์แปรรูปให้ได้มากขึ้น (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2544) จึงทำให้มีการศึกษาการใช้ประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารไก่เนื้อ ต่อสมรรถภาพการผลิต การย่อยได้ของโภชนะ และจุลินทรีย์ในมูล

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ทำการทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ ในอาหารไก่เนื้อ ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และต้นทุนค่าอาหาร

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารไก่เนื้อ ต่อการย่อยได้ของโภชนะในอาหาร

การทดลองที่ 3 ศึกษาจำนวนแบคทีเรีย *Salmonella* spp. และ *Escherichia coli* ในมูลของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารผสมน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์

สถานที่ทำการทดลอง

1. ฟาร์มสัตว์ปีก คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
2. ห้องวิเคราะห์ทางเคมี สาขาอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
3. ห้องวิเคราะห์ทางเคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ ในอาหารไก่เนื้อ ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และต้นทุนค่าอาหาร

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์วิเคราะห์น้ำส้มควันไม้

1. น้ำส้มควันไม้
2. เครื่องวิเคราะห์ GC/MS รุ่น 6890 ยี่ห้อ Agileth U.S.A.
3. เครื่องวิเคราะห์ HPLC รุ่น 1100 ยี่ห้อ Agileth U.S.A.

การศึกษาน้ำส้มควันไม้มีขั้นตอนดังนี้ การสกัด การแยก และการวิเคราะห์ ซึ่งการสกัดเป็นการแยกสารอย่างหยาบ เกิดขึ้นเมื่อสมดุลคงที่ระหว่างตัวทำละลาย 2 ชนิดไม่เข้ากัน ตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) ได้แก่ dichloromethane, chloroform, ethylene acetate และ toluene

เทคนิคการวิเคราะห์สาร

1. Gas Chromatography/Mass Spectrophotometer (GC/MS) เป็นเครื่องมือที่ต่อควบระหว่างแก๊สโครมาโตกราฟี (GC) กับแมสสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (MS) จะทำหน้าที่เป็นเครื่องตรวจสอบ GC/MS เป็นเครื่องมือที่มีความจำเพาะสูง สามารถใช้ในการตรวจสอบโครงสร้างและมวลโมเลกุลของสารประกอบ รวมถึงการพิสูจน์เอกลักษณ์ของสาร โดยการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานในฐานข้อมูล (library) และสามารถใช้ในการหาปริมาณสารต่างๆ ที่ทำให้เกิดกลิ่นอย่างถูกต้องและประหยัดสาร โดยใช้เครื่อง GC/MS Spectrophotometer (แม้น และอมร, 2535)

2. High Performance Liquid Chromatography (HPLC) เป็นเทคนิคหนึ่งที่สามารถแยกสารได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ กลไกการแยกเหมือนลิควิดโครมาโตกราฟี (Liquid Chromatography) แต่มีการลดขนาดของคอลัมน์ และอาศัยแรงดันสูงมาช่วยในการเคลื่อนที่ของเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) HPLC สามารถวิเคราะห์สารได้มากชนิดกว่า GC เพราะไม่มีข้อจำกัดว่าต้องเป็นสารที่ระเหยได้ (ประดิษฐ์, 2545) โดยใช้เครื่อง HPLC ในการแยกสาร HPLC แยกสารได้ดีที่สุดในสภาวะของเหลว ซึ่งในกรณีนี้สารตัวอย่างสามารถฉีดเข้าใน HPLC โดยตรง ในทาง

กลับกันถ้านำสารมาวิเคราะห์ด้วย GC สารแยกได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ นอกจากนี้อาจเกิดการระเหยของตัวทำละลายขึ้นได้ (อุไรวรรณ และคณะ, 2547) เมื่อทำการแยกสารโดยใช้เทคนิคดังกล่าวจะได้สารที่บริสุทธิ์ จากนั้นจึงนำสารบริสุทธิ์ที่ได้มาทำการวิเคราะห์ เพื่อหาสูตรโครงสร้างและคุณสมบัติของสาร โดยใช้วิธีทางสเปกโตรสโคปี (Spectroscopy)

การศึกษาการแยกและการวิเคราะห์สารสกัดจากน้ำส้มควันไม้ พบว่าการใช้หลายเทคนิคร่วมกันทำให้สามารถแยกและวิเคราะห์สารได้ดีขึ้น รวมทั้งในการศึกษายังพบสารชนิดใหม่ ๆ ซึ่งนักเคมีสามารถทำการแยกและวิเคราะห์ เพื่อเป็นข้อมูลให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำสารดังกล่าวไปใช้ในการวิจัยต่อไป ยกตัวอย่างเช่น อาหารสัตว์สามารถนำสารที่ได้จากน้ำส้มควันไม้ไปทดสอบเป็นอาหารสัตว์ เพื่อทราบคุณสมบัติของสาร ตลอดจนสังเคราะห์สารที่มีฤทธิ์ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน เพราะสารที่เป็นองค์ประกอบในน้ำส้มควันไม้มีปริมาณน้อย ถ้าสามารถทำการสังเคราะห์สารที่มีประโยชน์ได้ จะสะดวกในการใช้งานต่อไป

ตาราง 2 สารสกัดที่ได้จากน้ำส้มควันไม้

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์
กรดอะซิติก	2.72
กรดโพรพิโอนิก	3.25
กรดฟอร์มิก	2.80
pH	3.00

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเลี้ยงไก่เนื้อ

1. ไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้าคละเพศอายุ 8 วัน จำนวน 220 ตัว
2. คอกไก่ขนาด 1.5 x 1.5 ตารางเมตร จำนวน 20 คอก
3. น้ำส้มควันไม้
4. กรดอินทรีย์ทางการค้า
5. อุปกรณ์ช่วยในการเลี้ยงไก่เนื้อ เช่น ที่ตักอาหาร ถังอาหาร ถังน้ำ ฯลฯ
6. เครื่องผสมอาหารไก่เนื้อชนิดถังนอนขนาดความจุ 500 กิโลกรัม
7. เครื่องชั่ง สำหรับชั่งอาหารและน้ำหนักไก่เนื้อ

คอกทดลอง

ลักษณะของคอกทดลองทำโดยการแบ่งพื้นที่ในโรงเรือนใหญ่ออกเป็นคอกย่อย ๆ โดยใช้แผงตาข่ายกั้นแบ่งออกเป็นคอก ๆ ละ 1.5 x 1.5 ตารางเมตร จัดให้อยู่ภายในบริเวณเดียวกัน เพื่อง่ายต่อการจัดการเรื่องแสง การระบายอากาศ และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ พื้นคอกมีวัสดุรองพื้น โดยใช้แกลบรองพื้นหนาไม่น้อยกว่า 2 นิ้ว และจะเปลี่ยนเมื่อวัสดุรองพื้นเปียกมีความชื้นสูงหรือมีการสะสมของมูลไก่ในปริมาณมาก และทำการกลับวัสดุรองพื้นบ้างเป็นครั้งคราว

วิธีการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD); (สุทัศน์, 2540) การศึกษาผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารไก่เนื้อ ใช้ไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้าคละเพศ ทดลองตั้งแต่อายุ 8 - 42 วัน ช่วงอายุ 1 - 7 วัน ทำการกกลูกไก่ในคอกรวม เมื่อไก่อายุครบ 7 วัน ทำการชั่งน้ำหนักไก่ทุกตัว นำลูกไก่ทั้งหมด 220 ตัว มาสุ่มคัดเลือกเพื่อจัดเข้าคอกทดลอง โดยแบ่งไก่ทดลองออกเป็น 5 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมี 4 ซ้ำ ๆ ละ 11 ตัว ตั้งแต่อายุ 8 วัน วันที่ 21 และ 42 วัน นำไก่ 1 ตัว ของแต่ละซ้ำที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของซ้ำ เพื่อนำไปหาคุณภาพซาก ศึกษาผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ ที่ประกอบในสูตรอาหารไก่เนื้อ ช่วงอายุ 8 - 42 วัน ต่อปริมาณน้ำที่กิน ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ต้นทุนค่าอาหาร และคุณภาพซากไก่เนื้อ ซึ่งมีดังนี้

กลุ่มที่ 1 ควบคุม
กลุ่มที่ 2 เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหารระดับ 0.5%
กลุ่มที่ 3 เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหารระดับ 1.0%
กลุ่มที่ 4 เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหารระดับ 1.5%
กลุ่มที่ 5 เสริมกรดอินทรีย์ทางการค้าในอาหารระดับ 1.0%

อาหารและการให้อาหาร

ไก่ทดลองทุกตัวได้รับอาหารแบบเต็มที่ (*ad libitum*) และได้รับน้ำตลอดเวลา ซึ่งอาหารทดลองที่ให้มีส่วนประกอบทางโภชนะตรงตามความต้องการของไก่ที่แนะนำโดย Leeson (2008)

อาหารทดลองแสดงรายละเอียดไว้ในตาราง 3 โดยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ

อาหารไก่เล็ก (starter) ใช้เลี้ยงไก่ช่วงอายุ 0 - 16 วัน เปอร์เซ็นต์โปรตีน 22% พลังงาน 3,050 kcal ME/kg

อาหารไก่รุ่น (Grower) ในช่วงอายุ 17 - 28 วัน เปอร์เซ็นต์โปรตีน 20% พลังงาน 3,100 kcal ME/kg

อาหารไก่ใหญ่ (Finisher) ในช่วงอายุ 29 - 42 วัน เปอร์เซ็นต์โปรตีน 18% พลังงาน 3,150 kcal ME/kg

การจัดการด้านสุขาภิบาล

ทำการกกลูกไก่ด้วยเครื่องกกแบบเอสบีเอ็ม (SBM) เป็นเครื่องกกแก๊ส โดยใช้หลักการแผ่ความร้อนด้วยวิธีการแผ่รังสี การติดตั้งโดยแขวนให้สูงจากพื้นประมาณ 1.20 - 1.50 เมตร และติดตั้งเอียงทำมุมกับพื้น 20 องศา เพื่อให้อากาศระบายออกได้สะดวก (อรวรรณ, 2547) ทำการกกเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ทำวัคซีนตามโปรแกรมการให้วัคซีนดังแสดงในตาราง 4 ทำความสะอาดคอกและอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น รางอาหาร ถังน้ำ เป็นต้น

การบันทึกข้อมูล

เริ่มทำการทดลองตั้งแต่ไก่เนื้ออายุ 8 วันจนถึงอายุ 42 โดยเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

1. บันทึกข้อมูลน้ำหนักตัวของไก่เนื้อก่อนเริ่มทำการทดลอง และทุกสัปดาห์ เพื่อนำมาหาค่าน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเมื่ออายุ 14, 21, 28, 35 และ 42 วัน

2. บันทึกปริมาณอาหารที่กิน และปริมาณน้ำที่กินในแต่ละวัน ตั้งแต่เริ่มทำการทดลองจนถึงสิ้นสุดการทดลอง (35 วัน)

3. บันทึกน้ำหนักชิ้นส่วนของซากและอวัยวะภายในที่อายุ 21 และ 42 วัน โดยสุ่มไก่ที่มีน้ำหนักใกล้เคียงค่าเฉลี่ยของกลุ่ม ทำการอดอาหารก่อนฆ่าอย่างน้อย 5 ชั่วโมง

การฆ่าไก่เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่อายุ 21 วัน และอายุ 42 วัน ครั้งละ 20 ตัว รวม 40 ตัว โดยวิธีการสุ่มไก่ที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกับน้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละซ้ำ ๆ ละ 1 ตัว วิธีการฆ่าและชำแหละซากไก่มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ตาราง 3 ส่วนประกอบของวัตถุดิบในอาหารทดลอง

วัตถุดิบ	อายุ (วัน)		
	0 - 16	**17 - 28**	**29 - 42**
ข้าวโพด	55.70	62.40	68.53
กากถั่วเหลือง (44% โปรตีน)	34.53	28.00	22.59
น้ำมันพืช	2.97	2.51	2.00
ปลาป่น (61% โปรตีน)	3.45	4.00	4.00
หินฝุ่น	0.42	0.62	0.74
ไดแคลเซียมฟอสเฟต (12% ฟอสฟอรัส)	1.88	1.47	1.25
เกลือ	0.50	0.50	0.50
ดีแอล - เมทไธโอนีน	0.22	0.19	0.10
แอล - ไลซีน	0.08	0.06	0.04
พรีมิกซ์[1/]	0.25	0.25	0.25
รวม	**100**	**100**	**100**
คุณค่าทางโภชนะจากการคำนวณ (%)			
โปรตีน	22.00	20.00	18.00
พลังงาน (kcal ME/kg)	3,050	3,100	3,150
แคลเซียม	0.95	0.92	0.89
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้	0.45	0.41	0.38
ไลซีน	1.30	1.15	1.00
เมทไธโอนีน + ซีสตีน	0.95	0.88	0.75
ราคา, บาท/กก.	**13.75**	**13.10**	**12.35**
อาหารน้ำส้มควันไม้ 5 มล.,บาท/กก.	**13.78**	**13.13**	**12.39**
อาหารน้ำส้มควันไม้ 10 มล.,บาท/กก.	**13.81**	**13.17**	**12.43**
อาหารน้ำส้มควันไม้ 15 มล.,บาท/กก.	**13.84**	**13.20**	**12.46**
อาหารกรดอินทรีย์ 10 มล.,บาท/กก.	**16.58**	**15.94**	**15.20**

หมายเหตุ [1/]บริษัท บี เอ เอส เอฟ (ประเทศไทย) จำกัด

ตาราง 4 โปรแกรมการทำวัคซีนไก่เนื้อ

อายุ (วัน)	วัคซีน	วิธี
7	นิวคลาสเซิล + หลอดลมอักเสบ	หยอดตา/จมูก
14	กัมโบโร	ละลายน้ำ
21	นิวคลาสเซิล สเตรนลาโซต้า	หยอดตา/จมูก

ที่มา: อรวรรณ (2547)

1. อดอาหารไก่ (โดยยังคงให้กินน้ำ) เป็นเวลา 5 ชั่วโมงก่อนฆ่า ชั่งและบันทึกน้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่า (live body weight); (Lyon et al., 1991)

2. ฆ่าโดยวิธีการตัดเส้นเลือด jugular vein ที่คอ และปล่อยให้เลือดไหลออกมาจากตัวเป็นระยะเวลา 5 นาที ชั่งและบันทึกน้ำหนักตัวหลังฆ่า (Brake et al., 1993)

3. จุ่มซากไก่ลงในน้ำร้อน อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 30 วินาที

4. ถอนขน โดยนำตัวไก่ใส่ลงในเครื่องถอนขนอัตโนมัติ เป็นเวลาประมาณ 30 วินาที แล้วนำไก่ออกมาถอนขนอ่อนด้วยมืออีกครั้ง เพื่อให้ซากสะอาดยิ่งขึ้น ชั่งและบันทึกน้ำหนักหลังถอนขน (รวมเครื่องใน)

5. แยกส่วนอวัยวะของหัวใจ ตับ ถุงน้ำดี ม้าม และกึ๋น ชั่งและบันทึกน้ำหนักอวัยวะภายใน

6. หลังจากนั้นจึงนำซากมาแยกออกเป็นส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ปีกบน ปีกล่าง สะโพก น่อง เนื้ออกสันนอก เนื้ออกสันใน หัวรวมคอ แข้ง และส่วนของโครงกระดูกที่เหลือ ซึ่งรวมทั้งปอดและไตที่ยังคงค้างอยู่ภายในด้วย ชั่งและบันทึกน้ำหนักซากแต่ละส่วนดังกล่าวด้วยเครื่องชั่งอย่างละเอียดที่สามารถอ่านค่าทศนิยมได้ 2 ตำแหน่ง คำนวณน้ำหนักของซากแต่ละส่วนเป็นผลผลิตซาก (carcass yield) โดยเทียบเป็นค่าร้อยละของน้ำหนักมีชีวิต (Renden et al., 1991)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of variance) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองตามวิธีของ Duncan's Multiple Range Test (Duncan, 1955) ในระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ ในอาหารไก่เนื้อ ต่อการย่อยได้ของโภชนะในอาหาร

โดยการนำโภชนะในมูลมาหักออกจากโภชนะในอาหารและคิดเป็นร้อยละของโภชนะในอาหาร จะได้เป็นค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ (digestibility coefficient) หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า การย่อยได้ (digestibility)

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผ่าตัดไก่ทำทวารเทียม

1.1 เครื่องมือผ่าตัด: มีดผ่าตัด คีม เป็นต้น

1.2 ยาที่ใช้ในการผ่าตัด: ยาชา, ยาแก้อักเสบ, ยาแก้ปวด เป็นต้น

1.3 ไก่เนื้อเพศผู้อายุ 42 วัน

2. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเลี้ยงไก่

2.1 รางอาหารและขวดใส่น้ำ

2.2 อาหาร

2.3 กรงตับ

2.4 เครื่องชั่ง

3. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างมูลไก่

3.1 ถุงพลาสติกขนาด 6 x 14 นิ้ว

3.2 กระติกใส่น้ำแข็ง

3.3 เครื่องชั่ง

การให้อาหาร

นำไก่ที่ผ่าตัดทำทวารเทียมแล้ว (ที่อายุ 70 วัน) ขึ้นกรงแล้วให้อาหารทดลองตามกลุ่มที่กำหนดเป็นเวลา 7 วัน ก่อนที่จะทำการเก็บมูลเพื่อช่วยให้ไก่ทดลองจะได้ชินกับอาหาร และในทางเดินอาหารจะได้ไม่มีอาหารเก่าตกค้างอยู่ ระยะนี้เรียกว่า ระยะก่อนการทดลอง (preliminary period) หลังจากนั้นทำการหยุดอาหารเป็นเวลา 18 ชั่วโมง เพื่อทำให้ท่อทางเดินอาหารว่าง และให้อาหารทดลองวันละ 120 กรัมต่อตัว และให้อาหารในเวลาเดียว คือ 07.00 น. ส่วนน้ำให้กิน

ตลอดเวลา เรียกว่า ระยะทดลองจริง (experimental period) เป็นเวลา 4 วัน เพื่อนำมูลไปวิเคราะห์แล้วคำนวณหาการย่อยได้

วิธีการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ศึกษาผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหาร ต่อการย่อยได้ของโภชนะในไก่เนื้อ โดยใช้ไก่เพศผู้พันธุ์ทางการค้าที่ทำทวารเทียมจำนวนทั้งหมด 20 ตัว โดยแบ่งไก่เนื้อออกเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 1 ตัว เริ่มทำการให้อาหารทดลองเมื่อไก่อายุ 70 วัน จนกระทั่งมีอายุ 77 วัน และทำการเก็บข้อมูล มูลที่ถ่ายออกมา และอาหารที่กินซึ่งมีดังนี้

กลุ่มที่ 1 ควบคุม
กลุ่มที่ 2 เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหารระดับ 0.5%
กลุ่มที่ 3 เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหารระดับ 1.0%
กลุ่มที่ 4 เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหารระดับ 1.5%
กลุ่มที่ 5 เสริมกรดอินทรีย์ทางการค้าในอาหารระดับ 1.0%

การบันทึกข้อมูล

การศึกษาการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในอาหารทดลอง เมื่อไก่เนื้อมีอายุ 70 วัน (10 สัปดาห์) ทำการให้อาหารทดลอง และให้อาหารต่ออีก 4 วัน ทำการเก็บมูลมาอบแห้งที่ 60 °ซ เป็นเวลา 2 วัน เพื่อเก็บไว้วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางโภชนะต่อไป

1. บันทึกอาหารที่ให้กิน และอาหารที่เหลือของไก่เนื้อ แต่ละวันตลอดการทดลอง
2. บันทึกปริมาณมูลไก่เนื้อทุกวัน

2.1 ในการเก็บมูล คือ เก็บมูลเวลาประมาณ 17.00 น. ชั่งน้ำหนักมูลสดที่เก็บได้ทั้งหมดในแต่ละวัน บันทึกน้ำหนักมูล เก็บมูลไว้ในถุงพลาสติกปิดปากถุงให้แน่น นำไปเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 0 ถึง 5 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บมูลครบทั้งหมดแล้วนำมูลมาคลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นนำมูลไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 °ซ เป็นเวลา 2 วัน และนำมูลแห้งไปบดให้ละเอียดบรรจุใส่ขวดแล้วปิดฝาให้แน่น เพื่อนำไปวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมี คือ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย ความชื้น เถ้า ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก แคลเซียม และฟอสฟอรัส ด้วยวิธี Association of Official

Analysis Chemists [AOAC] (1998) และวิเคราะห์หาพลังงาน (เครื่อง IKA Calorimeter System, Germany)

2.2 นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ มาคำนวณหาการย่อยได้ของอาหารทดลอง (บุญล้อม, 2541)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองตามวิธีของ Duncan's Multiple Range Test (Duncan, 1955) ในระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

การทดลองที่ 3 ศึกษาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. และ *Escherichia coli* ในมูลของไก่เนื้อที่ได้รับ อาหารผสมน้ำส้มควันไม้ และกรดอินทรีย์

การนำเอาน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์มาเสริมในอาหารไก่เนื้อ เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร และไม่ก่อให้เกิดสารตกค้าง ไม่มีระยะเวลาปลอดยา และไม่ทำให้เกิดการดื้อยาอีกด้วย

การวิเคราะห์หาเชื้อ *Salmonella* spp. และ *Escherichia coli*

1. วัสดุและอุปกรณ์

1.1 จานเพาะเลี้ยงเชื้อ (Petri dish) แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 5 ซ้ำ ๆ ละ 3 dilution ๆ ละ 3 จาน รวม 225 จาน

1.2 หลอดทดลอง 5 กลุ่ม x 5 ซ้ำ x 3 dilution รวม 75 หลอด

1.3 Autopipet 1 มล.

1.4 ทิปสีฟ้าขนาด 1 มล. 1 กล่อง (ฆ่าเชื้อโดยนำไปนึ่งใน Autoclave)

1.5 Dispensor ขนาด 10 มล.

1.6 บีกเกอร์ขนาด 2,000 มล. จำนวน 2 ใบ

1.7 ขวดสำหรับใส่อาหารเลี้ยงเชื้อหรือขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)

1.8 เครื่องผสมสารละลาย (Vortex mixer)

1.9 Volumetric flask ขนาด 2 ลิตร จำนวน 1 ขวด

1.10 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

1.11 ตู้บ่มเชื้อ 37 องศาเซลเซียส

1.12 ตู้อบ

1.13 กระดาษหนังสือพิมพ์สำหรับห่อจาน

1.14 สำลีสำหรับพันเป็นจุกปิดหลอดทดลองและขวดรูปชมพู่

1.15 สีเมจิกเขียนจานไว้สำหรับทำเครื่องหมายในการนับเชื้อ

1.16 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดัน (Autoclave) รุ่น 745055 ยี่ห้อ Tennolabo บริษัท ชัชรีย์โฮลติ้ง จำกัด

1.17 ไฟแช็คหรือไม้ขีด

วิธีการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ศึกษาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. และ *E. coli* ในมูลของไก่เนื้อ โดยใช้ไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้าที่อายุ 21 และ 42 วัน จำนวนทั้งหมด 40 ตัว ซ้ำละ 1 ตัว ทำการฆ่าเพื่อเก็บตัวอย่างไส้ติ่งมาวิเคราะห์หาเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. และ *E. coli* โดยแบ่งกลุ่มทดลองดังนี้

กลุ่มที่ 1 ควบคุม

กลุ่มที่ 2 เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหารระดับ 0.5%

กลุ่มที่ 3 เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหารระดับ 1.0%

กลุ่มที่ 4 เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหารระดับ 1.5%

กลุ่มที่ 5 เสริมกรดอินทรีย์ทางการค้าในอาหารระดับ 1.0%

การเก็บตัวอย่างไส้ติ่งในไก่เนื้อ

ทำการสุ่มไก่ที่มีน้ำหนักตัวใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแต่ละซ้ำ ๆ ละ 1 ตัว เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร โดยเก็บไส้ติ่งของไก่ทุกกลุ่มทดลองที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ที่อายุ 21 วัน (ระยะการเลี้ยงทดลอง

ตั้งแต่ 8 – 21 วัน) และที่อายุ 42 วัน (ระยะการเลี้ยงทดลองตั้งแต่ 8 – 42 วัน) รวมเก็บตัวอย่างไส้ติ่งในไก่ทุกกลุ่มที่ใช้เป็นจำนวน 40 ตัวอย่าง

วิธีการเก็บไส้ติ่งในไก่ ทำการฆ่าไก่แล้วผ่าบริเวณท้องดึงเอาลำไส้ออกมา แล้วทำการมัดบริเวณปลายลำไส้เล็กส่วนปลาย และบริเวณต้นลำไส้ใหญ่ด้วยเชือก หลังจากนั้นก็ตัดลำไส้เหนือและใต้บริเวณที่มัดเชือก แล้วเก็บตัวอย่างที่ได้ในถุงพลาสติก (Zip lock) ปิดปากถุงให้แน่น นำเก็บลงกระติกน้ำแข็งทันที แล้วจึงนำไปเพาะเชื้อในห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยาต่อไป

การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์หาจำนวนเชื้อ *Salmonella* spp. และ *Escherichia coli* ในไส้ติ่งไก่เนื้อ

ใช้วิธีการทำ Dilution plate count เป็นเทคนิคการทำให้เชื้อหรือตัวอย่างเจือจางลง (dilution) โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 0.85 กรัมละลายในน้ำจนได้ 100 มิลลิลิตร จะได้เป็น Sodium saline solution 0.85% (w/v) แล้วใช้ปิเปต (Pipett) ดูด saline solution ใส่ในหลอดทดลองหลอดละ 9 มิลลิลิตร แล้วนำไปฆ่าเชื้อภายใต้หม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

1. การเจือจางตัวอย่าง

นำมูลจากส่วนของไส้ติ่งทั้งสองข้างที่ผสมกันดีแล้วปริมาณ 1 กรัมมาผสมกับ Saline solution จำนวน 9 มิลลิลิตร ให้เป็นเนื้อเดียวกันภายในตู้ปลอดเชื้อ นำตัวอย่างมูลที่เจือจางในอัตราส่วน 1 : 10 หรือ 10^{-1} จากนั้นใช้ ปิเปตอัตโนมัติ (Auto Pipett) ดูดตัวอย่างที่มีความเจือจาง 10^{-1} จำนวน 1 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลองที่มี Saline solution 9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน จะได้ตัวอย่างที่เจือจาง 1 : 100 หรือ 10^{-2} ทำการเจือจางเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนถึงอัตราส่วน 1 : 1,000,000 หรือ 10^{-6}

2. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มี 2 ชนิดด้วยกันคือ

1. Eosin Methylene Blue Agar (EMB-agar) สำหรับเลี้ยงเชื้อ *E. coli*
2. *Salmonella Shigella* Agar (SS-agar) สำหรับเลี้ยงเชื้อ *Salmonella* spp.

ทำการชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ EMB-agar 37.50 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อจำนวน 1 ลิตร และ SS-agar 63 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อจำนวน 1 ลิตร ต้มให้วุ้นละลาย แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/

ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำมาเทลงจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วประมาณ 15 มิลลิลิตร รอให้อาหารเลี้ยงเชื้อเย็นจากนั้นนำไปบรรจุลงในถุง มัดปากถุงให้แน่นเพื่อรอใช้ในการทดลองต่อไป

3. การนับจำนวนเชื้อโดยเทคนิค Spread plate

การนับจำนวนเชื้อโดยวิธีนี้จะใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่ผ่านการเจือจาง (dilution) 0.1 มิลลิลิตรหยดลงบนจานอาหารที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งแข็งตัวแล้ว (solidified agar medium) เชื้อจุลินทรีย์จะถูกแผ่กระจายทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยแท่งแก้วงอที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว (spreader)

4. การบ่มเชื้อ

ทำการบ่มเชื้อ *Salmonella* spp. และ *E. coli* ไว้ในสภาพมีอากาศที่อุณหภูมิ 37 ± 1 °ซ ในตู้บ่มเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (นลิน และศรีกาญจนา, 2546)

5. การนับโคโลนี

หลังบ่มเชื้อครบกำหนดแล้ว ตรวจนับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้นบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยทำการตรวจนับเฉพาะจานเลี้ยงเชื้อที่มีจำนวนโคโลนี 30 - 300 โคโลนี ถ้ามีมากหรือน้อยกว่า 30 - 300 โคโลนี จะไม่ทำการตรวจนับ แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณเชื้อ โดยรายงานผลจำนวนเชื้อเป็นโคโลนีต่อกรัม ซึ่งการคำนวณใช้สมการดังนี้

ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในมูลไก่เนื้อ 1 กรัม = $\frac{\sum c}{(n_1)} d$

โดยที่ $\sum c$ คือ ผลรวมของโคโลนีที่นับได้บนจานเลี้ยงเชื้อที่มีจำนวน 30 - 300 โคโลนี

n_1 คือ จำนวนจานเลี้ยงเชื้อในความเจือจางสุดท้ายที่นับได้

d คือ ความเจือจางสุดท้ายที่นับได้

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองตามวิธีของ Duncan's Multiple Range Test (Duncan, 1955) ในระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ ในอาหารไก่เนื้อ ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และต้นทุนค่าอาหาร

จากการศึกษาผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารไก่เนื้อ โดยแบ่งเป็น 5 กลุ่ม คือ 1) ควบคุม, 2) เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหาร 0.5%, 3) เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหาร 1.0%, 4) เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหาร 1.5%, และ 5) เสริมกรดอินทรีย์ทางการค้าในอาหาร 1.0% ตั้งแต่อายุ 8 วันจนถึง 42 วัน โดยใช้ไก่เนื้อทั้งหมด 220 ตัว

ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรียในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการผลิต

1. ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยของไก่เนื้อ

การทดลองเพื่อศึกษาการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ ต่อปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยของไก่เนื้อ รายละเอียดของผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 5

1.1 ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 8 - 14 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มควบคุม มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสูงสุด คือ 84.79 กรัม/ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 1.5% มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 79.14, 77.74, 76.62 และ 72.20 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

1.2 ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 15 - 21 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มควบคุม มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสูงสุด คือ 111.36 กรัม/ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 0.5%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% และ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 106.09, 105.52, 102.08 และ 99.81 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

1.3 ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 22 - 28 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสูงสุด คือ 145.64 กรัม/ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5, 1.0 และ1.5% มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 145.47, 140.46, 135.39 และ 132.21 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

1.4 ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 29 - 35 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสูงสุด คือ 150.43 กรัม/ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5% มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 148.93, 147.86, 147.18 และ 144.82 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

1.5 ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 36 - 42 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มควบคุม มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสูงสุด คือ 166.39 กรัม/ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 163.90, 162.46, 161.89 และ 160.14 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

1.6 ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 15 - 28 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มควบคุม มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสูงสุด คือ 128.41 กรัม/ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% และ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0 และ 1.5% มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย 123.86, 122.99, 120.74 และ 116.01 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

1.7 ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 29 - 42 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มควบคุม มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสูงสุด คือ 157.66 กรัม/ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% และ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0 และ 1.5% มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย 156.16, 155.87, 154.82 และ 152.49 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

1.8 ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 8 - 42 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มควบคุม มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสูงสุด คือ 131.39 กรัม/ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0 และ 1.5% มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย 127.56, 127.38, 125.55 และ 121.84 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ที่ระดับ 0, 0.5% และ กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ที่ระดับ 1.0%, แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% ซึ่งกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, และกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

จากการทดลองพบว่า ผลของการใช้กรดอินทรีย์ และน้ำส้มควันไม้ในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้ไก่เนื้อกินอาหารน้อยกว่ากลุ่มควบคุม สอดคล้องกับการทดลองของ Marcos et al. (2004) ที่รายงานไว้ว่าไก่เนื้อที่ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 42 วัน ของกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 0, 0.25 และ 0.5%ในอาหาร มีปริมาณอาหารที่กินได้เท่ากับ 4,388, 4,372 และ 4,128 กรัม/ตัว ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับ Leeson et al. (2005) ที่รายงานว่าการเสริมกรดอินทรีย์ 0.2% ส่งผลให้ไก่เนื้อที่ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 42 วัน มีแนวโน้มว่าปริมาณอาหารที่กินลดลง (4,471 กรัม/ตัว) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริมกรดอินทรีย์ (4,549 กรัม/ตัว) และ Denli et al. (2003; Cave, 1984) นอกจากนี้ Patten and Waldroup (1988) ได้ทำการศึกษาด้วยการใช้กรดอินทรีย์ในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 1.5 และ 2.0% พบว่าปริมาณอาหารที่กินลดลง ดังนั้นการเสริมกรดอินทรีย์ในอาหารต้องใช้ในระดับที่มีความเหมาะสมกับไก่เนื้อ ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณอาหารที่กิน แต่ถ้าการเสริมกรดอินทรีย์มากเกินไปก็จะส่งผลกระทบต่อปริมาณอาหารที่กินของไก่เนื้อได้ (Marcos et al., 2004) เพราะไก่เนื้อมีปุ่มรับรสที่สามารถรับรสเปรี้ยวได้ และมีประสาทสัมผัสรับกลิ่นที่ดี ในน้ำส้มควันไม้มีส่วนประกอบกรดอินทรีย์ประมาณ 3% ซึ่งถ้าเสริมน้ำส้มควันไม้ในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้อาหารมีรสเปรี้ยวและมีกลิ่นฉุน ทำให้ไก่กินอาหารลดลง (Leeson et al., 2005) นอกจากนี้การที่ไก่เนื้อมีประสาทสัมผัสรับกลิ่นที่ดี การเสริมกรดอินทรีย์ในปริมาณที่มาก ทำให้ Serotonin ในสมองลดลง ซึ่ง Serotonin เป็นสารสื่อประสาทที่ส่งสัญญาณให้สัตว์ลดความอยากกินอาหารลง (Yokogoshi et al., 1987)

ตาราง 5 ผลของน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่อปริมาณอาหารที่กินของไก่เนื้อ

ช่วงอายุ	น้ำส้มควันไม้ (%)				กรดอินทรีย์	SEM	P-value
(กรัม/ตัว/วัน)	0	0.5	1.0	1.5	1.0%		
8 - 14	84.79	79.14	76.62	72.20	77.74	2.32	0.587
15 - 21	111.36	105.52	106.09	99.81	102.08	2.03	0.475
22 - 28	145.47	140.46	135.39	132.21	145.64	2.21	0.207
29 - 35	148.93	147.86	147.18	144.82	150.43	1.64	0.890
36 - 42	166.39	163.90	162.46	160.14	161.89	1.34	0.698
15 - 28	128.41	122.99	120.74	116.01	123.86	1.72	0.237
29 - 42	157.66	155.87	154.82	152.49	156.16	0.87	0.459
8 - 42	131.39^{c}	127.38^{bc}	125.55^{ab}	121.84^{a}	127.56^{bc}	0.97	0.016

หมายเหตุ $^{a, b, c}$ ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่แตกต่างแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2. น้ำหนักตัวเฉลี่ย

การทดลองเพื่อศึกษาการใช้น้ำส้มควันไม้ และกรดอินทรีย์ในอาหาร ต่อน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่เนื้อ โดยไก่เริ่มต้นทดลองมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากัน คือ 109.09 กรัม รายละเอียดของผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 6

2.1 น้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 14 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยสูงสุด คือ 365.91 กรัม/ตัว รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 0.5%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% และกลุ่มควบคุม มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากับ 352.27, 338.64, 338.63 และ 331.82 กรัม/ตัว ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5%, และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% ซึ่งกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, และกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยกลุ่ม

ควบคุมมีน้ำหนักตัวน้อยที่สุดและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 1.5%

2.2 น้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 21 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยสูงสุด คือ 771.59 กรัม/ตัว รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากับ 737.50, 704.55, 701.14 และ 688.64 กรัม/ตัว ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% ส่วนกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

2.3 น้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 28 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยสูงสุด คือ 1,220.00 กรัม/ตัว รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 0.5 และ 0% มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากับ 1,165.00; 1,165.00; 1,135.00 และ 1,120.00 กรัม/ตัว ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ที่ระดับ 0 และ 0.5% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ซึ่งกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ที่ระดับ 0, 0.5, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

2.4 น้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 35 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยสูงสุด คือ 1,795.00 กรัม/ตัว รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 0.5 และ 0% มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากับ 1,687.50; 1,677.50; 1,650.00 และ 1,607.50 กรัม/ตัว ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กลุ่มอื่น ๆ ส่วนกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

2.5 น้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 42 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยสูงสุด คือ 2,377.50 กรัม/ตัว รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากับ 2,300.00; 2,270.00; 2,225.00 และ 2,127.50 กรัม/ตัว ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0 และ 0.5% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ส่วนกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, และกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0 และ 0.5% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนกลุ่มควบคุมมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยน้อยที่สุด และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ($P<0.05$)

ตาราง 6 ผลของน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่อน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่เนื้อ

อายุ	น้ำส้มควันไม้ (%)				กรดอินทรีย์	SEM	P-value
(กรัม/ตัว)	0	0.5	1.0	1.5	1.0%		
น้ำหนักเริ่มต้น	109.09	109.09	109.09	109.09	109.09	0.00	1.000
14	331.82^{a}	338.64^{ab}	352.27^{bc}	365.91^{c}	338.63^{ab}	3.67	0.008
21	688.64^{a}	701.14^{a}	737.50^{ab}	771.59^{b}	704.55^{a}	9.33	0.013
28	1,120.00^{a}	1,135.00^{a}	1,165.00^{ab}	1,220.00^{b}	1,165.00^{ab}	10.49	0.011
35	1,607.50^{a}	1,650.00^{a}	1,677.50^{a}	1,795.00^{b}	1,687.50^{a}	17.42	0.001
42	2,127.50^{a}	2,225.00^{ab}	2,300.00^{bc}	2,377.50^{c}	2,270.00^{bc}	23.70	0.003

หมายเหตุ $^{a, b, c}$ ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่แตกต่างแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

3. น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย

การทดลองเพื่อศึกษาการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ ต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่เนื้อ รายละเอียดของผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 7

3.1 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 8-14 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุด คือ 36.69 กรัม/ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 34.74, 32.80, 32.79 และ 31.82 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% ซึ่งกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มควบคุม แต่กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยน้อยที่สุด และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ($P>0.05$)

3.2 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 15 - 21 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุด คือ 57.96 กรัม/ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 55.04, 52.28, 51.79 และ 50.97 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

3.3 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 22 - 28 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุด คือ 65.78 กรัม/ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5, 0.5, 0 และ 1.0% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 64.06, 61.98, 61.63 และ 61.07 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

3.4 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 29 - 35 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุด คือ 82.14 กรัม/ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริม

น้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0 และ 0% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 74.64, 73.57, 73.22 และ 69.64 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

3.5 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 36 - 42 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุด คือ 88.93 กรัม/ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 83.22, 83.21, 82.14 และ 74.29 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

3.6 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 15 - 28 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุด คือ 61.01 กรัม/ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 0.5 และ 0% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 59.03, 58.05, 56.88 และ 56.30 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

3.7 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 29 - 42 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุด คือ 82.68 กรัม/ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 81.07, 78.93, 77.86 และ 71.96 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มควบคุม แต่กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0 และ 0.5%, และกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0, 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

3.8 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 8 - 42 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุด คือ 64.81 กรัม/ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 62.60,

61.74, 60.46 และ 57.67 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0 และ 0.5% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ซึ่งกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยแตกต่างกันนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มควบคุม แต่กลุ่มควบคุมกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตาราง 7 ผลของน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่เนื้อ

ช่วงอายุ	น้ำส้มควันไม้ (%)				กรดอินทรีย์	SEM	P-value
(กรัม/ตัว/วัน)	0	0.5	1.0	1.5	1.0%		
8 - 14	31.82^{a}	32.79^{ab}	34.74^{bc}	36.69^{c}	32.80^{ab}	0.52	0.008
15 - 21	50.97	51.79	55.04	57.96	52.28	1.21	0.362
22 - 28	61.63	61.98	61.07	64.06	65.78	1.50	0.878
29 - 35	69.64	73.57	73.22	82.14	74.64	1.63	0.163
36 - 42	74.29	82.14	88.93	83.22	83.21	1.76	0.116
15 - 28	56.30	56.88	58.05	61.01	59.03	0.59	0.065
29 - 42	71.96^{a}	77.86^{ab}	81.07^{b}	82.68^{b}	78.93^{b}	1.21	0.034
8 - 42	57.67^{a}	60.46^{ab}	62.60^{bc}	64.81^{c}	61.74^{bc}	0.68	0.003

หมายเหตุ $^{a, b, c}$ ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่แตกต่างแสดงความแตกต่างอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่เนื้อ ที่ได้รับอาหารเสริมน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์มีความแตกต่างกับไก่เนื้อกลุ่มควบคุม พบว่ากลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Samanya and Yamauchi (2001) ที่รายงานไว้ว่าการใช้น้ำส้มควันไม้ผสมกับผงถ่านที่ระดับ 1 และ 3% ในอาหารไก่เนื้อ มีผลให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นดีกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำส้มควันไม้ผสมผงถ่านระดับ 5% และกลุ่มควบคุม ซึ่งอาจส่งผลมาจากส่วน

ของวิลไล (villi) มีความยาว และพื้นผิวสัมผัสเพิ่มขึ้น และการแบ่งตัวของเซลล์ที่ duodenum, jejunum และ ileum ดีกว่า นอกจากนี้ Denli et al. (2003) รายงานไว้ว่า การเสริมกรดอินทรีย์ในอาหารไก่เนื้อมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมโปรไบโอติก (2,583; 2,487 และ 2,464 กรัม ตามลำดับ) เช่นเดียวกับ Ruttanavut et al. (2009) ที่ได้ศึกษาการใช้ผงถ่านร่วมกับน้ำส้มควันไม้ผสมในอาหารเป็ดพันธุ์ Aigamo ที่ระดับ 0, 0.1 และ 1.0% (น้ำส้มควันไม้ไผ่ 3 ลิตรต่อผงถ่านไม้ไผ่ 8 กก.) รายงานไว้ว่า กลุ่มที่ใช้ผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ที่ 1.0% ทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นดีกว่ากลุ่มอื่น ๆ ความยาวและพื้นที่ผิว villi ของลำไส้เล็กเพิ่มขึ้น และการแบ่งตัวของเซลล์ที่ duodenum, jejunum และ ileum ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ ซึ่งการที่วิลไล บริเวณลำไส้เล็กมีความยาวและกว้างขึ้นนี้มีผลต่อการย่อยได้และการดูดซึมสารอาหาร พิณซอ และเสรี (2551) ศึกษาอิทธิพลของน้ำส้มควันไม้ 4 ระดับที่ผสมในน้ำดื่มต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่สามสาย พบว่า น้ำส้มควันไม้ที่ 1.5% มีแนวโน้มที่ดีกว่า ที่ระดับความเข้มข้น 1.0, 2.0, 0.5 และ 0% ตามลำดับ และจิระพงษ์ (2548) รายงานว่า การใช้น้ำส้มควันไม้ผสมอาหารเพื่อใช้เลี้ยงเป็ดและไก่เนื้อ ตั้งแต่เริ่มเลี้ยงจนส่งขายในอัตราส่วน 0.7 - 0.8% ทำให้เป็ดและไก่เนื้อมีแนวโน้มด้านอัตราการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มควบคุม

4. ปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ย

การทดลองเพื่อศึกษาการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ ต่อปริมาณน้ำที่กินของไก่เนื้อ รายละเอียดของผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 8

4.1 ปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 8 - 14 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มควบคุม มีปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยสูงสุด คือ 124.38 มล./ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 1.5% มีปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 116.53, 116.24, 115.88 และ 112.60 มล./ตัว/วัน ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

4.2 ปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 15 - 21 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มควบคุม มีปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยสูงสุด คือ 189.00 มล./ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 1.5% มีปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 188.96, 186.85, 182.14 และ 180.98 มล./ตัว/วัน ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

4.3 ปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 22 - 28 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มควบคุม มีปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยสูงสุด คือ 295.11 มล./ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 1.5% มีปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 288.75, 275.97, 275.04 และ 268.25 มล./ตัว/วัน ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.4 ปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 29 - 35 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มควบคุม มีปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยสูงสุด คือ 407.72 มล./ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 1.5% มีปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 395.79, 376.04, 365.25 และ 359.93 มล./ตัว/วัน ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.5 ปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 36 - 42 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มควบคุม มีปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยสูงสุด คือ 498.00 มล./ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0, 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 469.82, 460.04, 449.57 และ 449.50 มล./ตัว/วัน ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.6 ปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 15 - 28 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มควบคุม มีปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยสูงสุด คือ 242.05 มล./ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 1.5% มีปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 238.86, 231.41, 228.59 และ 224.61 มล./ตัว/วัน ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.7 ปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 29 - 42 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มควบคุม มีปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยสูงสุด คือ 452.86 มล./ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 1.5% มีปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ย 432.80, 412.77, 412.64 และ 404.75 มล./ตัว/วัน ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.8 ปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 8 - 42 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มควบคุม มีปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยสูงสุด คือ 302.84 มล./ตัว/วัน รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 1.5% มีปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยเท่ากับ 291.84, 280.92, 279.80 และ 247.26 มล./ตัว/วัน ตามลำดับ โดยไก่เนื้อกลุ่มควบคุมมีปริมาณน้ำที่กินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% ส่วนกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0, 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตาราง 8 ผลของน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่อปริมาณน้ำที่กินเฉลี่ยของไก่เนื้อ

ช่วงอายุ	น้ำส้มควันไม้ (%)				กรดอินทรีย์	SEM	P-value
(มล./ตัว/วัน)	0	0.5	1.0	1.5	1.0%		
8 - 14	124.38	115.88	116.53	112.60	116.24	1.43	0.095
15 - 21	189.00	188.96	182.14	180.98	186.85	2.44	0.726
22 - 28	295.11	288.75	275.04	268.25	275.97	4.44	0.314
29 - 35	407.72	395.79	365.25	359.93	376.04	6.52	0.079
36 - 42	498.00	469.82	460.04	449.57	449.50	7.43	0.210
15 - 28	242.05	238.86	228.59	224.61	231.41	2.66	0.205
29 - 42	452.86	432.80	412.64	404.75	412.77	6.29	0.079
8 - 42	302.84^{b}	291.84^{ab}	279.80^{a}	247.26^{a}	280.92^{a}	3.32	0.027

หมายเหตุ ^{a,b,c} ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่แตกต่างแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการทดลองที่ปรากฏว่า ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารทำให้ไก่เนื้อมีปริมาณน้ำที่กินต่ำกว่ากลุ่มควบคุม สอดคล้องกับรายงานของ Muzaffer et al. (2003) ที่ระบุว่าการเสริมกรดอินทรีย์ที่ระดับ 0.2% มีผลทำให้ไก่เนื้อที่ทดลองเป็นระยะเวลา 42 วัน มีปริมาณน้ำที่กินลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริมกรดอินทรีย์ เช่นเดียวกับ Chapman (1988) ที่รายงานว่าการเติมกรดอินทรีย์ในน้ำดื่มในปริมาณที่มากกว่า 0.2%

ขึ้นไป จะส่งผลให้อัตราการกินน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และ Wyatt and Miller (1985) ที่รายงานว่า การเสริมกรดโพรพิโอนิกผสมกับกรดฟอร์มิก (อัตราส่วน 1 : 1) ที่ระดับ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาณน้ำที่กินของไก่เนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริมกรดอินทรีย์ ซึ่ง Cave (1984) รายงานไว้ว่าน้ำดื่มที่เสริมกรดโพรพิโอนิกมีความเป็นกรดมากขึ้น ทำให้เกิดรสเปรี้ยวมีความน่ากินลดลง ส่งผลให้ปริมาณน้ำที่กินลดลง น้ำจัดเป็นสิ่งสำคัญของสัตว์ปีก ถ้าได้รับน้ำไม่เพียงพอและไม่เหมาะสม จะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ เนื่องจากค่า pH ในน้ำก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำที่กินของไก่เนื้อ โดยค่า pH ของน้ำที่ไก่เนื้อสามารถรับได้อยู่ที่ประมาณ 6 - 8 และเนื่องจากสัตว์ปีกมีปุ่มรับรสอยู่ที่ upper beak epithelium, anterior mandible และ mandibular epithelium posterior จนถึงลิ้น โดยไก่เนื้อมีตุ่มรับรสประมาณ 300 ตุ่ม (Ganchrow and Ganchrow, 1985) และมีความสามารถทนต่อความเป็นกรดและด่างในน้ำดื่มและอาหาร อยู่ในช่วงค่า pH ของน้ำระหว่าง 4 – 8 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Furest and Kare (1962) ที่รายงานไว้ว่าลูกไก่สามารถทนกินน้ำดื่มที่มีแร่ธาตุ และความเป็นกรด (pH ไม่ต่ำกว่า 4) อยู่ได้เป็นระยะเวลานาน อย่างไรก็ตาม Avila *et al.* (2003) รายงานไว้ว่า การเสริมกรดอินทรีย์ในน้ำดื่มเป็นเวลา 8 ชั่วโมงก่อนส่งโรงฆ่า มีผลทำให้ปริมาณน้ำที่กินของไก่เนื้อลดลง แต่ไม่มีผลต่อค่า pH ในกระเพาะพักไก่เนื้อ

5. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น

การทดลองเพื่อศึกษาการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ ต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อ รายละเอียดของผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 9

5.1 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อที่อายุ 8 - 14 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยดีที่สุด คือ 1.96 รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.21, 2.37, 2.41 และ 2.67 ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% แต่กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ1.5% กับกลุ่มควบคุม มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

5.2 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อที่อายุ 15 - 21 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยดีที่สุด คือ 1.73 รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.94, 1.97, 2.06 และ 2.24 ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

5.3 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อที่อายุ 22 - 28 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยดีที่สุด คือ 2.08 รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.24, 2.25, 2.29 และ 2.39 ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

5.4 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อที่อายุ 29 - 35 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยดีที่สุด คือ 1.77 รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0 และ 0% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.02, 2.03, 2.03 และ 2.16 ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

5.5 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อที่อายุ 36 - 42 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยดีที่สุด คือ 1.83 รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.93, 1.95, 2.02 และ 2.25 ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0 และ 0.5% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ซึ่งกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% มี

ความแตกต่างกับกลุ่มควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ส่วนกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มอื่นๆ

5.6 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อที่อายุ 15 - 28 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยดีที่สุด คือ 1.91 รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.08, 2.10, 2.16 และ 2.28 ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0 และ 0.5% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ($P>0.05$) และกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

5.7 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อที่อายุ 29 - 42 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยดีที่สุด คือ 1.85 รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.92, 1.98, 2.01 และ 2.21 ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 1.5% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ($P>0.05$) และกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

5.8 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อที่อายุ 8 - 42 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยดีที่สุด คือ 1.88 รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.01, 2.07, 2.11 และ 2.28 ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% ส่วนกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ทั้ง 3 กลุ่มมีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อมีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุม เนื่องจากไก่กลุ่มควบคุมกินอาหารมากกว่าแต่มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่า ประกอบกับน้ำส้มควันไม้มีส่วนประกอบของกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดฟอร์มิก การเสริมกรดอินทรีย์ในอาหารนั้นพบว่าสามารถลด pH ในกระเพาะอาหาร ซึ่งจะมีผลทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของน้ำย่อยพวกที่ย่อยโปรตีน (proteolytic enzyme) ทำให้การย่อยได้ของโปรตีนเพิ่มขึ้น และในขณะเดียวกันสามารถกระตุ้นการหลั่งน้ำย่อยจากตับอ่อนมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยได้ และการดูดซึมสารอาหารต่าง ๆ ได้เพิ่มขึ้น (Sakaguchi et al., 2007) สอดคล้องกับรายงานของ Trompson and Hinton (1997) ที่ใช้กรดโพรพิโอนิก และกรดฟอร์มิกในอาหารไก่ไข่ พบว่า ค่า pH ในระบบทางเดินอาหารไม่มีความแตกต่างกัน แต่ที่กระเพาะพักและกระเพาะบดค่า pH มีความเป็นกรดเข้มข้นขึ้น และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นดีกว่ากลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับ สุวิทย์ และคณะ (2548) รายงานไว้ว่าการใช้กรดอินทรีย์เสริมในอาหารทำให้สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อดีกว่าการใช้เอนไซม์ เนื่องจากกรดอินทรีย์ทำให้ค่าของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นดีกว่ากลุ่มที่มีการใช้เอนไซม์เสริมในอาหาร สอดคล้องกับ Li et al. (2008) และ Sakaida et al. (1987) ที่ศึกษาผลของน้ำส้มควันไม้ต่อผลผลิต และคุณภาพไข่ของไก่ไข่พันธุ์ White leghorn และรายงานไว้ว่ากลุ่มน้ำส้มควันไม้มีผลผลิตไข่ และประสิทธิภาพการใช้อาหารมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับ Samanya and Yamauchi (2002) ที่ได้ศึกษาใช้ผงถ่านไม้ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ (ผงถ่านไม้ 4 กิโลกรัมต่อน้ำส้มควันไม้ 1 ลิตร) ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและจุลกายวิภาคของวิลลัสไก่เนื้อ เป็นระยะเวลา 28 วัน พบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ร่วมกับผงถ่านไม้ในอาหาร 1% ดีกว่ากลุ่มควบคุม แต่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และวิลลัสที่ duodenum, jejunum และ ileum สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และ Mekbungwan et al. (2004) ได้ศึกษาการใช้ผงถ่านร่วมกับน้ำส้มควันไม้ผสมในอาหารของสุกรเพื่อศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของทางเดินอาหารสุกร ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 30 วัน ผลปรากฏว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและประสิทธิภาพการใช้อาหาร ให้ผล

ดีกว่ากลุ่มควบคุม และยังรายงานอีกว่าบริเวณลำไส้เล็กมีวิลไลที่มีขนาดยาว และพื้นที่ผิวสัมผัสที่กว้างกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งการที่วิลไลบริเวณลำไส้เล็กยาวกว่า และกว้างขึ้นมีผลทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้นนั่นเอง

ตาราง 9 ผลของน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของไก่เนื้อ

ช่วงอายุ	น้ำส้มควันไม้ (%)				กรดอินทรีย์	SEM	P-value
(วัน)	0	0.5	1.0	1.5	1.0%		
8 - 14	2.67^{b}	2.41^{ab}	2.21^{a}	1.96^{a}	2.37^{ab}	0.08	0.037
15 - 21	2.24	2.06	1.94	1.73	1.97	0.07	0.272
22 - 28	2.39	2.29	2.24	2.08	2.25	0.06	0.677
29 - 35	2.16	2.03	2.03	1.77	2.02	0.05	0.223
36 - 42	2.25^{c}	2.02^{b}	1.83^{a}	1.93^{ab}	1.95^{ab}	0.04	0.007
15 - 28	2.28^{b}	2.16^{b}	2.08^{ab}	1.91^{a}	2.10^{ab}	0.04	0.018
29 - 42	2.21^{b}	2.01^{ab}	1.92^{a}	1.85^{a}	1.98^{ab}	0.04	0.028
8 - 42	2.28^{c}	2.11^{b}	2.01^{ab}	1.88^{a}	2.07^{b}	0.03	0.000

หมายเหตุ $^{a, b, c}$ ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่แตกต่างแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

6. ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. เฉลี่ย

การทดลองเพื่อศึกษาการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ ต่อต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก.ของไก่เนื้อ รายละเอียดของผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 10

6.1 ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. เฉลี่ยของไก่เนื้อที่อายุ 8 - 14 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. เฉลี่ยดีที่สุด คือ 27.17 บาท รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 0.5, 0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. เฉลี่ยเท่ากับ 30.48, 33.23, 36.72 และ 39.25 บาท ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้

1.5% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 1.0% ซึ่งกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5 และ 1.0% มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 1.5% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ที่ระดับ 0 และ 0.5% (P>0.05)

6.2 ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. ของไก่เนื้อที่อายุ 15 - 21 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. เฉลี่ยดีที่สุด คือ 18.67 บาท รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 0.5, 0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. เฉลี่ยเท่ากับ 20.75, 21.82, 24.51 และ 25.21 บาท ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

6.3 ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. ของไก่เนื้อที่อายุ 22 - 28 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. เฉลี่ยดีที่สุด คือ 27.36 บาท รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 0.5, 0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. เฉลี่ยเท่ากับ 29.46, 30.01, 31.27 และ 35.80 บาท ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

6.4 ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. ของไก่เนื้อที่อายุ 29 - 35 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. เฉลี่ยดีที่สุด คือ 22.00 บาท รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ที่ระดับ 0.5, 1.0, 0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. เฉลี่ยเท่ากับ 25.10, 25.27, 26.71 และ 30.68 บาท ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก.แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มที่เสริมน้ำควันไม้ 0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 1.0% ซึ่งกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5 และ 1.0%, และกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ทางสถิติ และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0 และ 1.5%

6.5 ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. ของไก่เนื้อที่อายุ 36 - 42 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. เฉลี่ยดีที่สุด คือ 22.72 บาท รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5, 0.5, 0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. เฉลี่ยเท่ากับ 24.04, 25.00, 27.75 และ 29.62 บาท ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0 และ 1.5% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่ทั้ง 3 กลุ่มมีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ส่วนกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ก็ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุม (P>0.05)

6.6 ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. ของไก่เนื้อที่อายุ 15 - 28 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. เฉลี่ยดีที่สุด คือ 23.02 บาท รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 0.5, 0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. เฉลี่ยเท่ากับ 25.10, 25.92, 27.89 และ 30.50 บาท ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% และกลุ่มควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 1.0% ส่วนกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5 และ 1.0%, และกลุ่มควบคุมกับกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0 และ 1.5% กับกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

6.7 ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. ของไก่เนื้อที่อายุ 29 - 42 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. เฉลี่ยดีที่สุด คือ 23.02 บาท รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 0.5 และ 0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. เฉลี่ยเท่ากับ 24.00, 25.04, 27.23 และ 30.15 บาท ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้

0.5, 1.0 และ 1.5%, และกลุ่มควบคุมกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 1.5% กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% กับกลุ่มอื่น ๆ มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตาราง 10 ผลของน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่อต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก.ของไก่เนื้อ

ช่วงอายุ	น้ำส้มควันไม้ (%)				กรดอินทรีย์	SEM	P-value
(บาท)	0	0.5	1.0	1.5	1.0%		
8 - 14	36.72^{bc}	33.23^{abc}	30.48^{ab}	27.17^{a}	39.25^{c}	1.29	0.008
15 - 21	24.51	21.82	20.75	18.67	25.21	0.96	0.168
22 - 28	31.27	30.01	29.46	27.36	35.80	1.04	0.105
29 - 35	26.71^{bc}	25.10^{ab}	25.27^{ab}	22.00^{a}	30.68^{c}	0.86	0.010
36 - 42	27.75^{b}	25.00^{a}	22.72^{a}	24.04^{a}	29.62^{b}	0.67	0.000
15 - 28	27.89^{bc}	25.92^{ab}	25.10^{ab}	23.02^{a}	30.50^{c}	0.77	0.008
29 - 42	27.23^{b}	25.04^{ab}	24.00^{a}	23.02^{a}	30.15^{c}	0.68	0.000
8 - 42	29.39^{c}	27.03^{b}	25.74^{ab}	23.85^{a}	32.11^{d}	0.71	0.000

หมายเหตุ $^{a, b, c}$ ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่แตกต่างแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

6.8 ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. ของไก่เนื้อที่อายุ 8 - 42 วัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. เฉลี่ยดีที่สุด คือ 23.85 บาท รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 0.5, 0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. เฉลี่ยเท่ากับ 25.74, 27.03, 29.39 และ 32.11 บาท ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% แต่ไม่มีความ

แตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% ซึ่งกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 1.0% ไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ส่วนกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มอื่น ๆ และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มอื่น ๆ

ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กก. ในไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5 % มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% เนื่องจากไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควัน 1.5% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยดีกว่า และต้นทุนราคาน้ำส้มควันไม้ 20 บาท/ลิตร เมื่อเทียบกับราคากรดอินทรีย์ทางการค้า 300 บาท/ลิตร ซึ่งมีราคาที่สูงกว่าน้ำส้มควันไม้ ดังนั้นจึงทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์สูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ

ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหาร ต่อคุณภาพซากไก่เนื้อที่อายุ 21 และ 42 วัน

1. เปอร์เซ็นต์ซากของไก่เนื้อที่อายุ 21 วัน

การทดลองเพื่อศึกษาการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ ต่อเปอร์เซ็นต์ซากของไก่เนื้อที่อายุ 21 วัน โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมีชีวิต รายละเอียดของผลการทดลองแสดงในตาราง 11

1.1 น้ำหนักมีชีวิต

จากการนำไก่ทดลองมาชำแหละเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ซากพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักมีชีวิตเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 777.50 กรัม รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% และกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0 และ 0.5% มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 672.50, 667.50, 662.50 และ 662.50 กรัม ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ที่ระดับ 1.5% มีน้ำหนักมีชีวิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% แต่ทั้ง 4 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

1.2 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังเชือด

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลังเชือดเฉลี่ยดีที่สุด คือ 95.70 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0 และ 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% และกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลังเชือดเฉลี่ยเท่ากับ 95.31, 94.27, 91.80 และ 91.18 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ที่ระดับ 0, 1.0 และ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลังเชือดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% แต่กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 1.0 และ 1.5%, และกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% และ กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลังเชือดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

1.3 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังถอนขน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลังถอนขนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 87.01 %น้ำหนักมีชีวิด รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 0.5, 0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลังถอนขนเฉลี่ยเท่ากับ 84.44, 83.63, 83.54 และ 83.21 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ที่ระดับ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลังถอนขนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% แต่ทั้ง 4 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

1.4 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักขน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มควบคุม มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักขนเฉลี่ยมากที่สุด คือ 11.77 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 1.5%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักขนเฉลี่ยเท่ากับ 9.83, 8.69, 8.59 และ 7.54 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยกลุ่มควบคุมมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักขนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% ส่วนกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ไม่มีความ

แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักขนต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0 และ 1.0% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

1.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโครง

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักโครงเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 18.41 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักขนเฉลี่ยเท่ากับ 17.69, 17.19, 16.71 และ 15.98 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

1.6 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวรวมกับคอ

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวรวมคอเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 6.29 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวรวมคอเฉลี่ยเท่ากับ 6.21, 5.91, 5.82 และ 5.33 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวรวมคอแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มควบคุม แต่กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

1.7 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแข้ง

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแข้งเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 3.97 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแข้งเฉลี่ยเท่ากับ 3.91, 3.90, 3.69 และ 3.32 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ไม่ได้เสริมน้ำส้มควันไม้มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแข้งน้อยที่สุด และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอีก 4 กลุ่ม (P<0.05) แต่อีก 4 กลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

1.8 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกบน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกบนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 4.01 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกบนเฉลี่ยเท่ากับ 3.72, 3.58, 3.51 และ 3.46 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

1.9 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกล่าง

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกล่างเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 3.57 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกล่างเฉลี่ยเท่ากับ 3.52, 3.51, 3.24 และ 3.16 %น้ำหนักมีชีวิต โดยกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกล่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% ส่วนกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0, 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

1.10 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้ออกสันนอก

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้ออกสันนอกเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 14.31 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้ออกสันนอกเฉลี่ยเท่ากับ 12.56, 12.36, 11.92 และ 11.56 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

1.11 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้ออกสันใน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้ออกสันในเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 3.06 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้ออกสันในเฉลี่ยเท่ากับ 2.61, 2.56, 2.35 และ 2.18 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้ออกสันในแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ (P<0.05) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%ส่วนกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกลุ่มควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5%(P>0.05) และกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0 และ 0.5% มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

1.12 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะโพก

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะโพกเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 12.19 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะโพกเฉลี่ยเท่ากับ 10.99, 10.70, 10.51 และ 9.91 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะโพกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% ส่วนกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะโพกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

1.13 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักน่อง

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักน่องเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 8.47 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักน่องเฉลี่ยเท่ากับ 7.76, 7.49, 7.40 และ 7.16 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

1.14 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักม้าม

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักม้ามเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.13 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักม้ามเฉลี่ยเท่ากับ 0.12, 0.11 และ 0.09 %น้ำหนักมีชีวิต โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

1.15 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวใจ

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวใจเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.82 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวใจเฉลี่ยเท่ากับ 0.81, 0.73, 0.71 และ 0.65 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5 และ 1.0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวใจแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% ($P>0.05$) และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% และกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

1.16 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกระเพาะแท้รวมกับกึ๋น

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกระเพาะแท้รวมกับกึ๋นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 5.04 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกระเพาะแท้รวมกับกึ๋นเฉลี่ยเท่ากับ 4.74, 4.43, 4.01 และ 3.71 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์กระเพาะแท้รวมกับกึ๋นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% ส่วนกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0 และ 0.5% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ส่วนกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% ($P>0.05$)

1.17 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตับ

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตับเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 3.10 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5, 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตับเฉลี่ยเท่ากับ 3.08, 3.07, 3.05 และ 2.49 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับอีก 4 กลุ่ม แต่อีก 4 กลุ่ม มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตับแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

1.18 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงน้ำดี

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงน้ำดีเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.14 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงน้ำดีเฉลี่ยเท่ากับ 0.13, 0.12, 0.10 และ 0.10 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตาราง 11 ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่อเปอร์เซ็นต์ซากของไก่เนื้อที่อายุ 21 วัน

ลักษณะซาก (%น้ำหนักมีชีวิต)	ระดับน้ำส้มควันไม้ในอาหาร (%)				กรดอินทรีย์	SEM	P-value
	0	0.5	1.0	1.5	1.0%		
น้ำหนักมีชีวิต (กรัม)	662.50^{a}	662.50^{a}	672.50^{a}	777.50^{b}	667.50^{a}	11.88	0.000
น้ำหนักหลังเชือด	95.31^{b}	91.18^{a}	94.27^{b}	95.70^{b}	91.80^{a}	0.47	0.000
น้ำหนักหลังถอนขน	83.54^{a}	83.63^{a}	84.44^{a}	87.01^{b}	83.21^{a}	0.45	0.029
น้ำหนักขน	11.77^{c}	7.54^{a}	9.83^{bc}	8.69^{ab}	8.59^{ab}	0.43	0.007
น้ำหนักโครง	15.98	16.71	17.69	18.41	17.19	0.31	0.110
น้ำหนักแข้ง	3.32^{a}	3.69^{b}	3.91^{b}	3.97^{b}	3.90^{b}	0.07	0.002
น้ำหนักหัว+คอ	5.33^{a}	5.82^{ab}	6.21^{b}	6.29^{b}	5.91^{ab}	0.11	0.017
น้ำหนักปีกบน	3.46	3.51	3.72	4.01	3.58	0.07	0.114
น้ำหนักปีกล่าง	3.16^{a}	3.24^{ab}	3.57^{b}	3.52^{b}	3.51^{b}	0.06	0.042
น้ำหนักเนื้ออกสันนอก	11.56	11.92	12.56	14.31	12.36	0.37	0.147
น้ำหนักเนื้ออกสันใน	2.18^{a}	2.35^{ab}	2.61^{b}	3.06^{c}	2.56^{b}	0.08	0.000
น้ำหนักสะโพก	9.91^{a}	10.51^{a}	10.99^{ab}	12.19^{b}	10.70^{a}	0.24	0.020
น้ำหนักน่อง	7.16	7.40	7.76	8.47	7.49	0.17	0.105
น้ำหนักม้าม	0.09	0.11	0.13	0.13	0.12	0.01	0.213
น้ำหนักหัวใจ	0.65^{a}	0.71^{ab}	0.81^{b}	0.82^{b}	0.73^{ab}	0.02	0.015
น้ำหนักกระเพาะแท้+กึ๋น	3.71^{a}	4.01^{ab}	4.74^{cd}	5.04^{d}	4.43^{bc}	0.13	0.001
น้ำหนักตับ	2.49^{a}	3.05^{b}	3.10^{b}	3.07^{b}	3.08^{b}	0.07	0.006
น้ำหนักถุงน้ำดี	0.10	0.10	0.13	0.14	0.12	0.01	0.336

หมายเหตุ ^{a,b,c} ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยที่แตกต่างในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05)

2. เปอร์เซ็นต์ซากของไก่เนื้อที่อายุ 42 วัน

การทดลองเพื่อศึกษาการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ ต่อเปอร์เซ็นต์ซากของไก่เนื้อที่อายุ 42 วัน โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมีชีวิต รายละเอียดของผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 12

2.1 น้ำหนักมีชีวิต

จากการนำไก่ทดลองมาเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ซากพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีน้ำหนักมีชีวิตเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 2,325.00 กรัม รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% และกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีน้ำหนักมีชีวิตเฉลี่ยเท่ากับ 2,162.50; 2,150.00; 2,100.00 และ 2,037.50 กรัม ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0 และ 0.5% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ส่วนกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

2.2 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังเชือด

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลังเชือดเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 97.45 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5, 1.0, 0.5 และ 0.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลังเชือดเฉลี่ยเท่ากับ 97.11, 96.99, 96.42 และ 95.83 %น้ำหนักมีชีวิต โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังเชือดแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0 และ 0.5% ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 1.5% ($P>0.05$) ส่วนกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ1.5% มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% ($P>0.05$)

2.3 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังถอนขน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลังถอนขนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 94.11 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนัก

หลังถอนขนเฉลี่ยเท่ากับ 92.44, 89.57, 88.09 และ 82.21 %น้ำหนักมีชีวิต โดยทุกกลุ่มมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลังถอนขนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

2.4 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักขน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มควบคุม มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักขนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 13.62 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักขนเฉลี่ยเท่ากับ 8.33, 7.88, 4.55 และ 3.00 %น้ำหนักมีชีวิต โดยกลุ่มควบคุมมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักขนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มอื่น ๆ (P<0.05) กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำควันไม้ 1.0, 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% (P<0.05) และกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% (P<0.05) แต่กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

2.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโครง

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักโครงเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 22.41 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักโครงเฉลี่ยเท่ากับ 20.99, 20.08, 19.66 และ 16.65 %น้ำหนักมีชีวิต โดยกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มอื่น ๆ (P<0.05) แต่ทั้ง 4 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

2.6 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวรวมกับคอ

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวรวมกับคอเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 6.45 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวรวมกับคอเฉลี่ยเท่ากับ 6.16, 6.10, 5.92 และ 5.34 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2.7 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแข้ง

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแข้งเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 3.99 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมา กลุ่มที่เสริมน้ำส้ม ควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวรวมกับคอเฉลี่ยเท่ากับ 3.98, 3.94, 3.89 และ 3.79 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2.8 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกบน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกบนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 4.35 %น้ำหนักมีชีวิด รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 0.5%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% และกลุ่มควบคุม มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกบนเฉลี่ยเท่ากับ 4.21, 3.97, 3.95 และ 3.63 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2.9 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกล่าง

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกล่างเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 3.99 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5, 1.0, 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักปีกล่างเฉลี่ยเท่ากับ 3.98, 3.98, 3.81 และ 3.43 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2.10 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้ออกสันนอก

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้ออกสันนอกเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 16.08 %น้ำหนักมีชีวิด รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้ออกสันนอกเฉลี่ยเท่ากับ 15.94, 15.49, 14.79 และ 12.93 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2.11 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้ออกสันใน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้ออกสันในเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 3.98 %น้ำหนักมีชีวิด รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้

1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้ออกสันในเฉลี่ยเท่ากับ 3.77, 3.68, 3.59 และ 3.55 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2.12 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะโพก

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะโพกเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 13.13 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะโพกเฉลี่ยเท่ากับ 12.62, 12.03, 10.75 และ 10.00 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะโพกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มควบคุม (P<0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ซึ่งกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2.13 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักน่อง

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักน่องเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 11.44 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักน่องเฉลี่ยเท่ากับ 11.14, 10.67, 9.25 และ 8.51 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักน่องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0 และ 0.5% แต่กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0 และ 0.5%, และกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2.14 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักม้าม

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักม้ามเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.15 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักม้ามเฉลี่ยเท่ากับ 0.14, 0.14, 0.13 และ 0.12 %น้ำหนักมีชีวิต โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2.15 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวใจ

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวใจเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.60 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวใจเฉลี่ยเท่ากับ 0.59, 0.58 และ 0.56 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2.16 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกระเพาะแท้รวมกับกึ๋น

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกระเพาะแท้รวมกับกึ๋นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 1.97 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกระเพาะแท้รวมกับกึ๋นเฉลี่ยเท่ากับ 1.86, 1.85, 1.84 และ 1.83 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2.17 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตับ

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตับเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 2.44 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ที่ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตับเฉลี่ยเท่ากับ 2.43, 2.41, 2.41 และ 2.36 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2.18 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงน้ำดี

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงน้ำดีเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.15 %น้ำหนักมีชีวิต รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงน้ำดีเฉลี่ยเท่ากับ 0.14, 0.14, 0.13 และ 0.10 %น้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2.19 ค่า pH ในส่วน Duodenum

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีค่า pH ในส่วน Duodenum เฉลี่ยสูงสุด คือ 6.79 รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีค่า pH ในส่วน Duodenum เฉลี่ยเท่ากับ 6.73, 6.58, 6.54 และ 6.48 ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

2.20 ค่า pH ในส่วน Jejunum

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีค่า pH ในส่วน Jejunum เฉลี่ยที่สูงสุด คือ 6.44 รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 0.5, 0% และ กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีค่า pH ในส่วน Jejunum เฉลี่ยเท่ากับ 6.38, 6.20, 6.08 และ 6.06 ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

2.21 ค่า pH ในส่วน Ileum

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีค่า pH ในส่วน Ileum เฉลี่ยที่สูงสุด คือ 5.87 รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีค่า pH ในส่วน Ileum เฉลี่ยเท่ากับ 5.54, 5.44, 5.29 และ 5.26 ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อที่อายุ 42 วัน ที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% ในอาหาร มีคุณภาพซากในส่วนของน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักหลังเชือด น้ำหนักหลังถอนขน น้ำหนักโครง น้ำหนักสะโพก และน้ำหนักน่องดีกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยความสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งกรดอินทรีย์เป็นสารตัวกลางในกระบวนการเมทาบอลิซึมต่าง ๆ ทำให้เกิดการกระตุ้นการสังเคราะห์ต่าง ๆ ภายในร่างกาย เช่น มวลรวมร่างกาย และผลผลิตไข่ Patten and Waldroup (1988) รายงานไว้ว่า การเสริมกรดอินทรีย์ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ glutamate - dehydrogenase, glutamate – oxaloacetate transaminase และ glutamate – pyruvate transaminase ในตับ ซึ่งการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ transaminase อาจเป็นการนำโครงคาร์บอนของกรดอินทรีย์ไปสังเคราะห์เป็นกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (nonessential amino acid) และสามารถสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อได้มากขึ้น

ตาราง 12 ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่อเปอร์เซ็นต์ซากของไก่เนื้อที่อายุ 42 วัน

ลักษณะซาก	ระดับน้ำส้มควันไม้ในอาหาร (%)				กรดอินทรีย์	SEM	P-value
(%น้ำหนักชีวิต)	0	0.5	1.0	1.5	1.0%		
น้ำหนักมีชีวิต (กรัม)	2,037.50^{a}	2,100.00^{a}	2,162.50^{ab}	2,325.00^{b}	2,150.00^{ab}	31.39	0.030
น้ำหนักหลังเชือด	95.83^{a}	96.42^{ab}	96.99^{bc}	97.11^{bc}	97.45^{c}	0.18	0.020
น้ำหนักหลังถอนขน	82.21^{a}	88.09^{b}	92.44^{d}	94.11^{e}	89.57^{c}	0.96	0.000
น้ำหนักขน	13.62^{d}	8.33^{c}	4.55^{b}	3.00^{a}	7.88^{a}	0.85	0.000
น้ำหนักโครง	16.65^{a}	19.66^{b}	20.99^{b}	22.41^{b}	20.08^{b}	0.57	0.008
น้ำหนักแข้ง	3.79	3.89	3.98	3.99	3.94	0.05	0.807
น้ำหนักหัว+คอ	5.34	5.92	6.16	6.45	6.10	0.13	0.076
น้ำหนักปีกบน	3.63	3.97	4.21	4.35	3.95	0.10	0.154
น้ำหนักปีกล่าง	3.43	3.81	3.98	3.98	3.99	0.08	0.066
น้ำหนักเนื้ออกสันนอก	12.93	14.79	15.94	16.08	15.49	0.40	0.068
น้ำหนักเนื้ออกสันใน	3.55	3.59	3.77	3.98	3.68	0.08	0.420
น้ำหนักสะโพก	10.00^{a}	10.75^{ab}	12.62^{b}	13.13^{b}	12.03^{ab}	0.40	0.046
น้ำหนักน่อง	8.51^{a}	9.25^{a}	11.14^{b}	11.44^{b}	10.67^{b}	0.31	0.000
น้ำหนักม้าม	0.12	0.13	0.14	0.15	0.14	0.01	0.803
น้ำหนักหัวใจ	0.56	0.58	0.60	0.60	0.59	0.01	0.797
น้ำหนักกระเพาะแท้+กึ๋น	1.83	1.84	1.86	1.97	1.85	0.03	0.681
น้ำหนักตับ	2.36	2.41	2.43	2.44	2.41	0.02	0.865
น้ำหนักถุงน้ำดี	0.10	0.13	0.14	0.15	0.14	0.01	0.244
ค่า pH (duodenum)	6.48	6.54	6.73	6.79	6.58	0.05	0.290
ค่า pH (jejunum)	6.08	6.20	6.38	6.44	6.06	0.11	0.791
ค่า pH (ileum)	5.26	5.29	5.54	5.87	5.44	0.11	0.426

หมายเหตุ $^{a, b, c}$ ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยที่แตกต่างในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ส่งผลต่อคุณภาพซาก สอดคล้องกับรายงานของ Denli et al. (2003) ที่ได้ทำการศึกษาผลของ โปรไบโอติก กรดอินทรีย์ และยาปฏิชีวนะเสริมในอาหารของไก่เนื้อ ต่อประสิทธิภาพและ

คุณภาพซาก พบว่า กลุ่มกรดอินทรีย์ 0.2% และยาปฏิชีวนะ 1.5% มีประสิทธิภาพ และคุณภาพซากดีกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) แต่น้ำหนักตับ, ค่า pH ที่ระบบทางเดินอาหาร และน้ำหนักไขมันในช่องท้อง ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มโปรไบโอติก ยาปฏิชีวนะ และกรดอินทรีย์ ทำนองเดียวกับ Izat et al. (1990) พบว่าคุณภาพซากของไก่เนื้อดีขึ้นเมื่อได้ใช้กรดอินทรีย์ในอาหาร

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ ในอาหารไก่เนื้อ ต่อการย่อยได้ของโภชนะในอาหาร

จากการศึกษาผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารไก่เนื้อ โดยแบ่งเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม, กลุ่มที่ 2 เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหาร 0.5%, กลุ่มที่ 3 เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหาร 1.0%, กลุ่มที่ 4 เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหาร 1.5%, และกลุ่มที่ 5 เสริมกรดอินทรีย์ทางการค้าในอาหาร 1.0% ตั้งแต่อายุที่ 70 วัน โดยใช้ไก่เนื้อเพศผู้ที่ทำทวารเทียมทั้งหมด 20 ตัว

การย่อยได้ของวัตถุแห้ง

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% มีการย่อยได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยสูงสุด คือ 88.78% รองลงมาคือ กลุ่มควบคุม, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0 และ 1.5% มีการย่อยได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 88.48, 88.15, 88.14 และ 87.81% ตามลำดับ โดยไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 1.0, 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ส่วนกลุ่มควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้งมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% แต่กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ทั้งสองกลุ่มมีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้งแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การย่อยได้ของโปรตีน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีการย่อยได้ของโปรตีนเฉลี่ยสูงสุด คือ 79.24% รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% , กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีการย่อยได้ของโปรตีนเฉลี่ยเท่ากับ 78.62, 77.87, 77.59 และ 73.49% ตามลำดับ โดยไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0, 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ทั้ง 4 กลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$)

การย่อยได้ของไขมัน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีการย่อยได้ของไขมันเฉลี่ยสูงสุด คือ 75.61% รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมันเฉลี่ยเท่ากับ 74.35, 73.93, 73.56 และ 72.35% ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

การย่อยได้ของเยื่อใย

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีการย่อยได้ของเยื่อใยเฉลี่ยสูงสุด คือ 76.83% รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 0.5 และ 0% มีการย่อยได้ของเยื่อใยเฉลี่ยเท่ากับ 74.51, 73.06, 72.28 และ 69.49% ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5 และ 1.0% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ส่วนกลุ่มควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ($P<0.05$) แต่ทั้ง 3 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีการย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรกเฉลี่ยสูงสุด คือ 82.93% รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% และกลุ่มควบคุม มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไนโครเจนฟรีเอกซ์แทรกเฉลี่ยเท่ากับ 82.58, 82.28, 79.61 และ 69.88% ตามลำดับ โดยกลุ่มควบคุม มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรกต่ำกว่าอีก 4 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ทั้ง 4 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

การย่อยได้ของแคลเซียม

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีการย่อยได้ของแคลเซียมเฉลี่ยสูงสุด คือ 88.53% รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0, 0 และ 0.5% มีการย่อยได้ของแคลเซียมเฉลี่ยเท่ากับ 87.81, 87.06, 85.05 และ84.13% ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของแคลเซียมสูงกว่ากลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0 และ 0.5% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ($P>0.05$) ส่วนกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของแคลเซียมแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) และกลุ่มควบคุมกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% ก็ไม่แดกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

การย่อยได้ของฟอสฟอรัส

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีการย่อยได้ของฟอสฟอรัสเฉลี่ยสูงสุด คือ 89.41% รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของฟอสฟอรัสเฉลี่ยเท่ากับ 87.50, 87.07, 85.87 และ 79.15% ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

การย่อยได้ของเถ้า

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีการย่อยได้ของเถ้าเฉลี่ยสูงสุด คือ 79.03% รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ที่ระดับ 0.5 และ 0% มีการย่อยได้ของเถ้าเฉลี่ยเท่ากับ 78.54, 77.69, 77.67 และ 73.94% ตามลำดับ โดยไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของฟอสฟอรัสสูงกว่ากลุ่มควบคุมและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%

การย่อยได้ของพลังงาน

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีการย่อยได้ของพลังงานเฉลี่ยสูงสุด คือ 84.44% รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีการย่อยได้ของพลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 83.59, 82.74, 82.35 และ 79.60% ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของพลังงานสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ส่วนกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$)

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อที่ได้รับน้ำส้มควันไม้ 1.5% ในอาหาร มีการย่อยได้ของโภชนะดีกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5, 1.0% และกลุ่มที่ได้รับกรดอินทรีย์ 1.0% ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Choi et al. (2009) ที่ศึกษาผลของน้ำส้มควันไม้ในอาหารสุกรหย่านม พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และพลังงาน เพิ่มขึ้นตามระดับการใช้น้ำส้มควันไม้ (0.1, 0.2 และ 0.3%) เนื่องจากน้ำส้มควันไม้ประกอบด้วยกรดอินทรีย์ ที่ส่งผลให้ความเป็นกรดในกระเพาะแท้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของเอนไซม์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเอนไซม์ เปปซิน ช่วยให้การสลายโครงสร้างของโปรตีนเป็นไปอย่างสมบูรณ์ (Chaveerach et al., 2004)

ตาราง 13 ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่อการย่อยได้ของไก่เนื้อ (%DM)

การย่อยได้ของโภชนะ	ระดับน้ำส้มควันไม้ในอาหาร (%)				กรดอินทรีย์	SEM	P-value
	0	0.5	1.0	1.5	1.0%		
วัตถุแห้ง	88.48^{c}	88.78^{d}	88.14^{b}	87.81^{a}	88.15^{b}	0.08	0.000
โปรตีน	73.49^{a}	77.59^{b}	78.62^{b}	79.24^{b}	77.87^{b}	0.61	0.009
ไขมัน	72.35	73.56	74.35	75.61	73.93	0.52	0.405
เยื่อใย	69.49^{a}	72.28^{b}	73.06^{b}	76.83^{c}	74.51^{bc}	0.65	0.000
ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก	69.88^{a}	82.58^{b}	82.28^{b}	82.93^{b}	79.61^{b}	1.22	0.000
แคลเซียม	85.05^{ab}	84.13^{a}	87.06^{bc}	88.53^{c}	87.81^{c}	0.50	0.009
ฟอสฟอรัส	79.15	85.87	87.50	89.41	87.07	1.23	0.061
เถ้า	73.94^{a}	77.67^{b}	78.54^{b}	79.03^{b}	77.69^{b}	0.59	0.033
พลังงาน	79.60^{a}	82.35^{b}	83.59^{c}	84.44^{d}	82.74^{b}	0.39	0.000

หมายเหตุ ^{a,b,c} ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยที่แตกต่างในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การทดลองที่ 3 ศึกษาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. และ *Escherichia coli* ในมูลของไก่เนื้อที่ได้รับ อาหารผสมน้ำส้มควันไม้ และกรดอินทรีย์

จากการศึกษาผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารไก่เนื้อ โดยแบ่งเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม, กลุ่มที่ 2 เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหาร 0.5%, กลุ่มที่ 3 เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหาร 1.0%, กลุ่มที่ 4 เสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหาร 1.5%, และกลุ่มที่ 5 เสริมกรดอินทรีย์ทางการค้าในอาหาร 1.0% ที่อายุ 21 และ 42 วัน โดยใช้ไก่เนื้อทั้งหมด 40 ตัว

จำนวนเชื้อแบคทีเรียในมูลในไส้ติ่งของไก่เนื้อที่อายุ 21 วัน

1. จำนวนเชื้อ *E. coli*

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีจำนวนเชื้อ *E. coli* ในมูลน้อยที่สุด คือ 4.72 $\log_{10}$CFU/g รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีจำนวนเชื้อ *E. coli* ในมูลเฉลี่ยเท่ากับ 4.79, 4.88, 4.90 และ 6.96 $\log_{10}$CFU/g ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% ซึ่งกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% กับกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5% ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่กลุ่มควบคุมมีเชื้อ *E. coli* สูงสุด และแตกต่างกับกลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2. จำนวนเชื้อ*Salmonella* spp.ในมูล

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีจำนวนเชื้อ *Salmonella* spp.ในมูลน้อยที่สุด คือ 4.69 $\log_{10}$CFU/g รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีจำนวนเชื้อ *Salmonella* spp. ในมูลเฉลี่ยเท่ากับ 4.77, 4.81, 4.82 และ 5.87 $\log_{10}$CFU/g ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% และทั้ง 3 กลุ่มมีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จำนวนเชื้อแบคทีเรียในมูลในไส้ติ่งของไก่เนื้อที่อายุ 42 วัน

1. จำนวนเชื้อ *E. coli* ในมูล

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีจำนวนเชื้อ *E. coli* ในมูลน้อยที่สุด คือ 4.77 $\log_{10}$CFU/g รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีจำนวนเชื้อ *E. coli* ในมูลเฉลี่ยเท่ากับ 4.80, 4.82, 4.84 และ 5.97 $\log_{10}$CFU/g ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้

0.5, 1.0, 1.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่ทั้ง 4 กลุ่มมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มควบคุม

2. จำนวนเชื้อ *Salmonella* spp. ในมูล

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีจำนวนเชื้อ *Salmonella* spp. ในมูลน้อยที่สุด คือ 4.52 $\log_{10}$CFU/g รองลงมาคือ กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0%, กลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0%, กลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 0% มีจำนวนเชื้อ *Salmonella* spp. ในมูลเฉลี่ยเท่ากับ 4.57, 4.61, 4.61 และ 5.61 $\log_{10}$CFU/g ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% มีจำนวนเชื้อ *Salmonella* spp. แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 1.0% ซึ่งกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม้ 0.5, 1.0% และกลุ่มที่เสริมกรดอินทรีย์ 1.0% ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) แต่ทั้ง 3 กลุ่มมีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุม (P<0.05)

จากการทดลองพบว่า ไก่เนื้อที่ได้รับน้ำส้มควันไม้ 1.5% ในอาหาร มีจำนวนเชื้อ *E. coli* และ *Salmonella* spp. น้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5, 1.0% และกลุ่มที่ได้รับกรดอินทรีย์ 1.0% เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีสารประกอบกรดอินทรีย์ ซึ่งกรดอินทรีย์สามารถผ่านเข้าไปยังเซลล์แบคทีเรีย ทำให้เซลล์เกิดการสูญเสียสภาพและไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ (Izat et al., 1990; Yoshimura and Hayakawa, 1993; Yoshimura et al., 1995) ซึ่ง Roth et al. (1992) อธิบายกลไกการทำงานของกรดอินทรีย์ต่อเชื้อจุลินทรีย์ว่า การแทรกซึมผ่านผนังเซลล์ของแบคทีเรียในสภาพที่กรดอินทรีย์ยังไม่มีการแตกตัวจะไปทำลายหรือก่อกวนการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์แบคทีเรีย ภายในเซลล์ที่มีค่าความเป็นกรด – ด่างประมาณ 7 ทำให้กรดอินทรีย์แตกตัวปล่อยไฮโดรเจนไอออน และแอนไอออน ภายในเซลล์แบคทีเรียจึงมีค่าความเป็นกรด ส่งผลต่อการทำงานของกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ จนเซลล์ไม่สามารถทนอยู่ได้ในสภาวะที่เป็นกรด โดยในสภาวะ pH ต่ำ จะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ decarboxylases และกระบวนการไกลโคไลซีส สอดคล้องกับรายงานของ สรรเพชร และนริศร (2551) ที่ศึกษาผลของน้ำส้มควันไม้ต่อเชื้อ *S. enteritidis*, *S. typhimurium* และ *E. coli* ในหลอดทดลอง พบว่า น้ำส้มควันไม้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. enteritidis*, *S. typhimurium* และ *E. coli* ในหลอดทดลองได้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 7 ในชั่วโมงที่ 24 ของการทดลอง เช่นเดียวกับงานทดลองของ Watarai and Tana (2005) ที่รายงานไว้ว่าเชื้อ *Salmonella* spp. ลดลงใน 10 วันด้วย ความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้ที่มีส่วนประกอบของกรดอินทรีย์ ที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์ ซึ่งกรดอินทรีย์จะผ่านเข้าสู่เซลล์

ของแบคทีเรียแล้วเกิดการแตกตัวให้ประจุบวก (H^+) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรดจึงทำให้ความเป็นกรดภายในเซลล์เพิ่มสูงขึ้น เซลล์แบคทีเรียก่อโรคที่ไม่ใช่เชื้อประจำถิ่นในลำไส้ จึงไม่มีความสามารถในการต้านทานความเป็นกรดได้ จะหยุดการเจริญเติบโตหรือตายลง (Anderson, 1992; Hsiao and Siebert, 1999; Nakai and Siebert, 2003) สอดคล้องกับ Barnhart et al. (1999) ที่รายงานไว้ว่า การนำกรดอินทรีย์ที่มีส่วนประกอบของกรดโพรพิโอนิกไปผสมน้ำให้ไก่กิน ทำให้จำนวนเชื้อ *S. typhimurium* ในกระเพาะพักของไก่ที่ได้รับกรดมีจำนวนลดลง 52.40% เช่นเดียวกับ Moharrery and Mahzonieh (2005) รายงานว่า ลูกไก่เนื้อที่ได้กินน้ำที่มีความเป็นกรดสูงมีปริมาณเชื้อ *E. coli* ในระบบทางเดินอาหารน้อยกว่ากลุ่มที่ได้กินน้ำที่มีความเป็นกรดต่ำ ($P<0.05$) เนื่องจากการเสริมกรดอินทรีย์ในน้ำดื่มทำให้ค่าความเป็นกรด - ด่างในกระเพาะพักลดลง ส่วน Overlend et al. (2000) ได้เสริมกรดฟอร์มิกในอาหารสุกรที่ระดับ 1.2% ทำให้จำนวนโคลิฟอร์ม (coliform) แบคทีเรียที่บริเวณลำไส้เล็ก ไส้ติ่ง colon และ rectum มีจำนวนลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และบริษัทบีเอเอสเอฟ ได้ทดลองเสริมกรดโพรพิโอนิก 3% ในอาหาร เพื่อทำลายเชื้อ *Salmonella* spp. ในอาหารและวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยมีการเสริมกรดโพรพิโอนิก 1.5% ในอาหาร เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ในวัตถุดิบอาหารที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. โดยพบว่าการเสริมกรดโพรพิโอนิกจะช่วยป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ในอาหารได้ (จัตุพร และอธิศักดิ์, 2539)

ตาราง 14 ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารไก่เนื้อต่อจำนวนจุลินทรีย์ในมูลไก่เนื้อที่อายุ 21 และ 42 วัน

ชนิดจุลินทรีย์	น้ำส้มควันไม้ (%)				กรดอินทรีย์	SEM	P-value
	0	0.5	1.0	1.5	1.0%		
อายุ 21วัน							
Escherichia coli	6.96^{d}	4.90^{c}	4.79^{ab}	4.72^{a}	4.88^{bc}	0.20	0.000
Salmonella spp.	5.87^{c}	4.82^{b}	4.77^{ab}	4.69^{a}	4.81^{b}	0.10	0.000
อายุ 42 วัน							
Escherichia coli	5.97^{b}	4.84^{a}	4.80^{a}	4.77^{a}	4.82^{a}	0.11	0.000
Salmonella spp.	5.61^{c}	4.61^{b}	4.57^{ab}	4.52^{a}	4.61^{b}	0.09	0.000

หมายเหตุ ^{a,b,c} ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยที่แตกต่างในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

1. การเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% ในอาหาร ทำให้สมรรถภาพการผลิตไก่เนื้อดีกว่าการเสริมกรดอินทรีย์ 1.0% และกลุ่มควบคุม แต่การเสริมน้ำส้มควันไม้ทำให้ไก่กินน้ำลดลง

2. การเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% ในอาหาร มีผลทำให้คุณภาพซาก และการย่อยได้ของโภชนะดีกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5, 1.0% และกลุ่มที่ได้รับกรดอินทรีย์ 1.0%

3. การเสริมน้ำส้มควันไม้ 1.5% ในอาหาร ทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว และจำนวนเชื้อ *E. coli* และ *salmonella* spp. ในมูล น้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำส้มควันไม้ 0, 0.5, 1.0% และกลุ่มที่ได้รับกรดอินทรีย์ 1.0%

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีความเป็นกรดสูงเวลาใช้ ควรระวังอย่าให้เข้าตา และถูกผิวหนัง

2. การเสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหารไก่ไม่ควรเกิน 1.5% ในสูตรอาหาร เนื่องจากจะมีผลต่อความน่ากินของอาหาร และไก่จะกินน้ำลดลง ซึ่งอาจจะมีผลต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อได้

บรรณานุกรม

กรรณิการ์ พนาบุญเจริญ. 2545. **ผลการเสริมฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ และกรดอินทรีย์รวมในอาหารสุกรหย่านม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 87 น.

กองบรรณาธิการ. 2545ก. กรด และการเลือกใช้กรดอินทรีย์ในอาหารสุกร. **สัตว์เศรษฐกิจ** 20(445): 30 – 32.

_____ 2545ข. กรดอินทรีย์ทดแทนยาปฏิชีวนะ. **สัตว์เศรษฐกิจ** 20(446): 65 – 67.

กรดอินทรีย์ป้องกันการติดเชื้อในลำไส้กุ้ง. ม.ป.ป. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.kungthai.com/acid%20in%20shrimp.html (23 สิงหาคม 2551).

คะนึงนิจ ก่อธรรมฤทธิ์. 2540. **การศึกษาและวิเคราะห์สถานภาพและศักยภาพการผลิต การใช้และความต้องการโพรไบโอติกของอุตสาหกรรมอาหารสัตว์.** กรุงเทพฯ: กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. น. 5 - 27.

จัตุพร อยู่นิยม และ อธิศักดิ์ เกลี้ยงประดิษฐ์. 2539. การใช้กรดโพรพิโอนิก และกรดฟอร์มิกสำหรับควบคุมเชื้อซาลโมเนลลาในอาหารสัตว์ และในผลิตภัณฑ์สัตว์. **สัตว์เศรษฐกิจ** 13(297): 47 – 50.

จิระพงษ์ ดูหากาญจน์. 2548. การใช้น้ำส้มควันไม้กับปศุสัตว์. **เกษตรกรรมธรรมชาติ** 8(6): 19 - 20.

ฉัฐวุฒิ เลาหะกาญจนศิริ. 2544. **การกลั่นลำดับส่วนของเหลวทาร์ที่ได้จากกระบวนการไพโรซิสไม้ไผ่.** กรุงเทพฯ: คณะพลังงานและวัสดุ สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 1 – 7.

ดรุณี โชติษฐยางกูร. 2549. **น้ำส้มควันไม้คืออะไร.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.Smethai.com (23 สิงหาคม 2549).

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ. 2547. **แบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับโรค.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 375 น.

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และ ปรีชา สุวรรณพินิจ. 2547. **จุลชีววิทยา.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 735 น.

นนทชัย ตั้งจิตวทัญญู, มารุต เชียงเถียร, สมชาย ศิริเทพทรงกรด, จิโรจน์ ศศิปรียจันทร์, นิวัตร จันทร์ศิริพรชัย และ ธวัช เล็กดำรงศักดิ์. 2541. **การควบคุมเชื้อซัลโมเนลลาในไก่เนื้อโดยการใช้กรดอินทรีย์ในน้ำ.** โครงการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์. กรุงเทพฯ: คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 27 น.

นวพร ล้ำเลิศกุล. 2549. **จุลชีววิทยาทางอาหาร.** เชียงใหม่: พิทักษ์การพิมพ์. 509 น.

นลิน วงศ์ขัตติยะ และ ศรีกาญจนา คล้ายเรือง. 2546. **คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยา.** เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 76 น.

นิวัตร จันทร์ศิริพรชัย, จิโรจน์ ศศิปรียจันทร์ และ สมศักดิ์ ภัคภิญโญ. 2538. การทดสอบความไวของเชื้อ อี. โคไล ที่แยกได้จากไก่ต่อยาปฏิชีวนะชนิดต่างๆ. **เวชชสารสัตวแพทย์.** 25: 275 - 283.

นำชัย ทนุผล. 2546ก. น้ำส้มไม้อีกหนึ่งทางเลือกการเกษตรยั่งยืน (Wood vinegar alternative for sustainable agriculture). **แม่โจ้ปริทัศน์** 4(5): 9 – 11.

_____. 2546ข. วิธีการผลิตน้ำส้มไม้แบบง่าย. **แม่โจ้ปริทัศน์** 4(6): 28 – 31.

บริษัท ออคต้า เมมโมเรียล จำกัด. 2549. **แอซิด แลค ลิควิด มิติใหม่ของอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่เพื่อส่งออกที่ปลอดสารปฏิชีวนะตกค้าง.** กรุงเทพฯ: บริษัท ออคต้า เมมโมเรียล จำกัด. 18 น. (เอกสารฝึกอบรม).

บริษัท ออลเวท จำกัด ฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์. 2544ก. ทางเลือกในการใช้ยาปฏิชีวนะในการเร่งการเจริญเติบโต. **สัตว์บก** 8(96): 65 – 70.

_____. 2544ข. ทางเลือกในการใช้ยาปฏิชีวนะในการเร่งการเจริญเติบโต ตอนที่ 2. **สัตว์บก** 9(97): 75 – 76.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. **โภชนศาสตร์สัตว์.** เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 292 น.

ประดิษฐ์ มีสุข. 2545. **เคมีอินทรีย์เบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 7. สงขลา: การผลิตเอกสารและตำรา มหาวิทยาลัยทักษิณ. 458 น.

ปิยรัตน์ วีระชาญชัย, ชัยยศ ตั้งสถิตย์กุลชัย และ มาลี ตั้งสถิตย์กุลชัย. 2549. **คุณลักษณะน้ำมันชีวภาพจากการสลายมวลชีวภาพด้วยกระบวนการไพโรซีส.** นครราชสีมา: สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 6 น.

พรพรรณ รัตนาคินทร์. 2540. **อินทรีย์เคมี.** เชียงใหม่: ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยแม่โจ้. น. 26.

พิณซอ กรมรัตนาพร และ เสรี แข็งแอ. 2551. ผลของน้ำส้มควันไม้ต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตของไก่สามสาย. น. 297 – 302. ใน **ประชุมวิชาการสัตวแพทย์ศาสตร์ มข.** ครั้งที่ 9 "สัตวแพทย์ทางเลือกวันนี้". ขอนแก่น: คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พุฒินันท์ พึ่งวงศ์. 2545. น้ำส้มควันไม้ (Wood Vinegar). **เทคโนโลยีชาวบ้าน** 15(301): 25 - 27.

มงคล ตีะอุ่น. 2549. การประยุกต์ใช้น้ำส้มควันไม้ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ (Wood vinegar application of organic crops). **เกษตรกรรมธรรมชาติ** 8(8): 64 – 67.

แม้น อมรสิทธิ์ และ อมร เพชรสม. 2535. **หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ ชวนพิมพ์. 886 น.

วราวุฒิ ครูส่ง. 2538. **จุลชีววิทยาในกระบวนการแปรรูปอาหาร.** กรุงเทพ ฯ: โอ.เอส. พริ้งติ้งเฮ้าส์. 210 น.

วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล. 2539. **จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญด้านอาหาร.** กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์. 258 น.

วิบูลย์ ลาภจตุพร. 2540. การใช้สารเพิ่มกรดในอาหารลูกสุกร. **สัตว์เศรษฐกิจ** 14(313): 39 - 42.

วิโรจน์ จันทรัตน์. 2531. **กายวิภาคและสรีรวิทยาของสัตว์เลี้ยง.** เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 988 น.

ศิริรัตน์ จิตการค้า และ รัตนวรรณ มกรพันธ์. 2548. **ไพโรซิสยางรถยนต์หมดสภาพ: กลไกการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงคุณภาพสูง.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา www.rubbergreen.co.th./images/column_1228194205/pyrolysis.pdf (10 สิงหาคม 2549).

สรรเพชญ อังกิติตระกูล และ นริศร นางาม. 2551. ผลของน้ำส้มควันไม้ต่อเชื้อซัลโมเนลลา และอี. โคไล ในหลอดทดลอง. น. 303 - 306. ใน **ประชุมวิชาการสัตวแพทยศาสตร์ มข. ครั้งที่ 9 "สัตวแพทย์ทางเลือกวันนี้".** ขอนแก่น: คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สมาน พิพิธกุล. 2544. เชื้อ อี. โคไล ผู้ร้ายตลอดกาล. **สัตว์บก** 8(96): 64 - 67.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2544. **นโยบายและแนวทางการวิจัยของชาติ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2545 - 2549).** กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 122 น.

สุทัศน์ ศิริ. 2540. **เทคนิคการวางแผนการทดลอง และการวิเคราะห์งานวิจัยทางสัตว์.** เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 194 น.

สุพรชัย มั่งมีสิทธิ. 2550. **น้ำส้มควันไม้ผลพลอยได้จากธรรมชาติ.** นครปฐม: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร. 57 น.

สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์, ดาราพร ปรึ่มพรชัย, พงศกร นิสนธ์ และ ปวีณา เกนขุนทด. 2548. การเสริมกรดอินทรีย์และเอนไซม์ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ. น. 22 – 30. ใน **การสัมมนาวิชาการเกษตร ประจำปี 2548**. ขอนแก่น: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อรวรรณ ชินราศี. 2547. **เทคโนโลยีการผลิตสัตว์ปีก (Poultry Production Technology)**. มหาสารคาม: อภิชาตการพิมพ์. 206 น.

อมรรัตน เถียรอ่ำ. 2547. **เพื่อการเรียนการสอนรายวิชาเคมีเบื้องต้น (บทที่ 5 สารประกอบไฮโตรคาร์บอน)**. พิษณุโลก: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 205 น.

อิ่มเอิบ พันสด. 2548. **อาหารและการควบคุมคุณภาพ**. นครสวรรค์: คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ราชภัฏนครสวรรค์. 320 น.

อุไรวรรณ ดิลกคุณานันท์, อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ, ณิชากร เจริญกุล, สุภนิดา บัวบาน, ประภัสสร รักถาวร, สิริพร ศิริวรรณ และ พจมาน พิศเพียงจันทร์. 2547. **เอกสารประกอบการอบรมทางวิชาการ เรื่อง การสกัดแยกสารและน้ำมันหอมระเหยจากพืชขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 126 น.

แอนนา บรรพต. 2542. **ผลการเสริมแอซิดแลคในอาหารสุกรหย่านม**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่. 23 น.

Anderson, M.E. 1992. Efficacies of acetic, lactic and two mixed acids in reducing numbers of bacteria on surfaces of lean meat. **J. Food Safety**. 12: 139 - 147.

Association of Official Analysis Chemists. 1998. **Official Methods of Analytical.** 15th ed., Arlington, Virginia: USA. 1298 p.

Avila, de L.A.F., V.P. Nascimento, C.W. Canal, C.T.P. Salle and H.L.S Morases. 2003. Effect of acidified drinking water on the recovery of *Salmonella enteritidis* from broiler crops. **Braz. J. Poult. Sci.** 5: 183 -188.

Bailey, J.S., N.A. Cox and E. Berrang. 1994. Hatchery-acquired *Salmonella* in broiler chicks. **Poult. Sci.** 73: 1153-1157.

Barbour, E.K., N.H. Nabbut, S.W. Hinner and H.M. Al-Nakhli. 1985. Colisepticemia on Saudi Arabian poultry farms: Strain, biochemical reactions and drugs resistance. **Arub Gulf J. Sci. Res.** 3: 395 - 406.

Barnes, E.M., G.C. Mead and D.A. Barnum. 1972. The intestinal flora of the chicken in the period 2 to 6 weeks of age, with particular reference to the anaerobic bacteria. **Br. Poult. Sci.** 13: 311 - 326.

Barnhart, E.T., D.J. Caldwell, M.C. Crouch, J.A. Byrd, D.E. Corrier and B.M. Hargis. 1999. Effect of lactose administration in drinking water prior to and during feed withdrawal on Salmonella recovery from broiler crop and ceca. **Poult. Sci.** 78: 211 - 214.

Brake, J., G.B. Havenstein, S.E. Scheideler, P.R. Ferker and D.V. River. 1993. Relationship of sex, age and body weight to broiler carcass yield and offal production. **Poult. Sci.** 72: 1137 – 1145.

Bravo, L. 1998. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. **Nutr. Rev.** 56(11): 317 – 333.

Bolduan, G., H. Jung, E. Schnabel and R. Schneiber. 1988. Effect of propionic and formic acid in piglets. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.** 59: 143 – 149.

Byrd, J.A., B.M. Hargis, D.J. Caldwell, R.H. Bailey, K.L. Herron, H.L. Mcraynolds, R.L. Brewer, R.C. Anderson, K.M. Bischoff, T.R. Callaway and L.F. Kubena. 2001. Effect of lactic acid administration in drinking water during preslaughter feed withdrawal on Salmonella and Campylobacter contamination of broilers. **Poult. Sci.** 80: 278 - 283.

Carson, J.A., J.S. Bailey and N.A. Cox. 1994. Transmission of *Salmonella typhimurium* during hatching of broiler chicks. **Avian Dis.** 38: 583 - 588.

Cave, N.A. 1984. Effect of dietary propionic acid and lactic acid on feed intake by chicks. **Poult. Sci.** 63: 131 - 134.

Chapman, J.D. 1988. Probiotics, acidifier and yeast culture : a place for natural additives in pig and poultry production, pp. 219-233. In T.P. Lyon (ed.). **Biotechnology in the Feed Industry**. New York: McGraw Hill Book Comp, Inc.

Chaveerach, P., D.A. Keuzenkamp, L.J.A. Lipman and F. Van Knapent. 2004. Effect of organic acids in drinking water for young broilers on Campylobacter infection, volatile fatty acid production, gut microflora and histological cell changes. **Poult. Sci.** 83: 330 - 334.

Choi, J.Y., P.L. Shinde, I.K. Kwon, Y.H. Song and B.J. Chae. 2009. Effect of wood vinegar on the performance, nutrient digestibility and intestinal microflora in weanling pigs. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.** 22(2): 267 - 274.

Cox, N.A., J.R. Bailey, J.M. Mauldin and L.C. Blankenship. 1990. Research note: Presenceand impact of *Salmonella* contamination in commercial broiler hatcheries. **Poult. Sci.** 69: 1606 - 1609.

Denli, M., F. Okan and K. Celik. 2003. Effect of dietary probiotic, organic acid and antibiotic supplementation to diets on broiler performance and carcass yield. **Pak. J. Nutr.** 2(2): 89 - 91.

Dibner, J. 2004. Organic acids: Can they replace antibiotic growth promoters. **Feed Int.** 25(12): 14 - 16.

Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple-F tests. **Biometrics** 11: 1 - 42.

Eckel, B., M. Kirchgessnev and F.X. Roth. 1992. Influence of formic acid on daily weight gain, feed intake, feed conversion rate and digestibility. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.** 67(2): 93 – 100.

Furest, W.F. and M.R. Kare. 1962. The influence of pH on fluid tolerance and perfornec. **Poult. Sci.** 41: 71 – 77.

Ganchrow, D. and J.R. Ganchrow. 1985. Number and distribution of taste buds in the oral cavity of hatchling chicks. **Physiol. Behav.** 34: 889 - 894.

Giesting, D.W. and R.A. Easter. 1985. The effect of propionic acid, fumaric acid and citric acid addition on performance of starter pigs fed diets of different type. **J. Anim. Sci.** 69: 27 – 89.

Harry, E.G. and L.A. Hemsley. 1969. The association between the presence of septicemia strains of *Escherichia coli* in the respiratory and intestinal tracts of chickens and the occurrence of colisepticemia. **Vet. Res.** 77: 35 - 40.

Hsiao, C.P. and K.J. Siebert. 1999. Modeling the inhibitory effects of organic acids on bacteria. **Int. J. Food Microbiol.** 47: 189 - 201.

Hyden, M. 2000. Poultry growth promotion protected acid additives. **Feed Int.** 21(7): 14 - 17.

Isshiki, Y. and Y. Nakahiro. 1988. A technique for attaching an artificial anus using the reversed rectum method in domestic fowl. **Jpn. Poult. Sci.** 25(6): 394 - 398.

Izat, A.L., N.M. Tidwell, R.A. Thomas, M.A. Reiber, M.H. Adams, M. Colberg and P.W. Waldroup. 1990. Effect of buffered propionic acid in diets on the performance of broiler chickens and on microflora of the intestine and carcass. **Poult. Sci.** 69: 818 - 826.

Kemal, C., l.E. Ersoy, A. Uzatici and M. Erturk. 2003. The using organic acids in California turkey chicks and its effects on performance before pasturing. **Int. J. Poult. Sci.** 2(6): 446 – 448.

Khajarern, J. and S. Khajarern. 2004. Efficacy of organic acids (Bolifor FA 2000S) in piglet feed. **Feed and Livestock** 1(4): 38 - 42.

Leeson, S. 2008. Nutrition and Heath: Poultry. **Feedstuffs** 10: 50 - 61.

Leeson, S., H. Namkung, M. Antongiovanni and H. Lee. 2005. Effect of butyric acid on the performanee and eareass yield of broiler chickens. **Poult. Sci.** 84(9): 1418 -1422.

Li, Z., G. Yi, P. Sun, D. Li and C. Knight. 2008. Effects of feeding various vinegar on performance and egg quality of laying hens. **Kor. J. Anim. Sci. Technol.** 43: 655 - 662.

Lyon, C.E., C.M. Papa and R.L. Wilson. 1991. Effect of feed withdrawal on yields, muscle pH and texture of broiler breast meat. **Poult. Sci.** 7: 1020 – 1025.

Macfarlane, G.T. and A.J. McBain. 1999. The human colonic microbiota. pp. 1-26. In **Colonic Microbiota Nutrition and Health**. London: Kluwer Academic Publishers.

Marcos, M., J.F.M. Menten and A. Brainer. 2004. Evaluation of microencapsulated essential oils and organie aeid in diets for broiler chickens. **Sci. Agri.** 6I(4): 371 – 375.

Mekbungwan, A., K. Yamauchi and T. Sakaida. 2004. Intestinal villus histological alterations in piglets feed dietary eharcoal powder including wood vinegar compound liquid. **Anat. Histol. Embryol.** 33: 11 - 16.

Miyamoto, T., E. Baba, M. Tanaka and K. Sasai. 1997. *Salmonella enteritidis* eontamination of eggs from hens inoculated by vaginal, cloacal, and intravenous routes. **Avian Dis.** 41: 296 - 303.

Moharrery, A. and M. Mahzonieh. 2005. Effect of malic acid on visceral eharaeteristics and eoliform counts in small intestine in the broiler and layer ehiekens. **Int. J. Poult. Sci.** 4(10): 761 - 764.

Muzaffer, D., F. Okan and K. Celik. 2003. Effect of dieraty probiotic, organie acid and antibiotic supplementation to diets on broiler performance and carcass yield. **Pak. J. Nutri.** 2(2): 89 - 91.

Naidu, A.S., W.R. Bidlack and R.A. Clemens. 1999. Probiotic spectra of lactic acid bacteria (LAB). **Critical Rev. Food Sci. Nutr.** 38(1): 113 - 126.

Nakai, S.A. and K.J. Siebert. 2003. Validation of bacteria growth inhibition models based on molecular properties of organic acids. **Int. J. Food Microbiol.** 86: 248 - 255.

Overland, M., T. Granli, N.P. Kjos, O. Fjetland, S.H. Steien and M. Stokstad. 2000. Effect of dietary formates on growth performance, carcass traits, sensory quality, intestinal microflora and stomach alterations in growth-finishing pigs. **J. Anim. Sci.** 78: 1875 - 1884.

Patten, J.D. and P.W. Waldroup. 1988. Use of organic acid in broiler diets. **Poult. Sci.** 67(8): 1178 – 1182.

Phillip, A.S., S.N. Talmadge, K.K. Linda, B.L. Zelpha and N.B. Joseph. 1982. Influence of temperature moisture and propionic acid on mold growth and toxin production on corn. **Poult. Sci.** 62: 419 - 423.

Renden, J.A., S.F. Bilgili, R.J. Lien and S.A. Kincaid. 1991. Live performance and yields of broilers provided various lighting schedules. **Poult. Sci.** 70: 2055 – 2062.

Roth, F.X., B. Eckel, M. Kirchgessner and U. Eidelsburger. 1992. Influence of formic acid on pH-value, dry matter content, concentration of volatile fatty acids and lactic acid in the gastrointestinal. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.** 67: 148 - 156.

Russell, S.M. 2002. Intervention strategied for reducing *Salmonella prevalence*; Reducing *Salmonella prevalence* on ready-to-cook chicken requires a multi-hurdle approach at all stages of live production and processing. **WATT Poultry; USA.** 28 - 45.

Ruttanavut, J., K. Yamauchi, H. Goto and T. Erikawa. 2009. Effect of dietary bamboo charcoal powder including vinegar liquid on growth performance and histological intestinal change in Aigamo ducks. **Int. J. Poult. Sci.** 8(3): 229 – 236.

Sakaguchi, H., N. Uyama and H. Uyama. 2007. Preserving boiled egg with a sterilization system employing microbial laccase and wood vinegar. **J. Anim. Sci.** 78(6): 668 - 671.

Sakaida, T., K. Enya and T. Tanaka. 1987. Effect of wood vinegar compound on egg production and egg quality of white leghorn hens. **Jpn. Poult. Sci.** 24(1): 44 - 49.

Samanya, M. and K. Yamauchi. 2001. Morphologieal changes of the intestinal villi in ehickens fed the dietary charcoal powder including wood vinegar compounds. **J. Poult. Sci.** 38(4): 289 - 301.

_____. 2002. Morphological demonstration of the stimulative effects of charcoal powder including wood vinegar compounds solution or growth performance and intestinal villus histology in chickens. **J. Poult. Sci.** 39(1): 42 - 55.

Tarazi, Y.H. and K. Alshawabkeh. 2003. Effect of dietary formic and propionie acids mixture on limiting *Salmonella pullorum* in layer chieks. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.** 16(1): 77 - 82.

Trompson, J.L. and M. Hinton. 1997. Antibacterial activity of formic and propionic acids in the diet of hens on *Salmonellas* in the crop. **Br. Poult. Sci.** 38(1): 59 – 65.

Waldroup, A., S. Kaniawato and A. Mauromoustakos. 1995. Performance characteristics and microbiological aspects of broiler fed diets supplemented with organic acids. **J. Food Protection.** 58: 482 - 489.

Watarai, S. and Tana. 2005. Eliminating the carriage of *salmonella enterica* serovar enteritidis in domestic fowls by feeding activated charcoal from bark containing wood vinegar liquid (Nekka-Rich). **Poult. Sci.** 84(4): 515 - 521.

Wyatt, R.D. and B.L. Miller. 1985. Effect of mixed organic acid administration on blood levels of chlortracycline in broiler chicks. **Poult. Sci.** 64(1): 59 – 64.

Yokogoshi, H., T. Iwatas, K. Ishida and A. Yoshida. 1987. Effect of amino acid supplymention to low protein diet on brain and plasma levels of tryptophan and braim 5-hydroxyindoles in rats. **J. Nutr.** 117(1): 42 – 47.

Yoshimura, H. and T. Hayakawa. 1993. Promoting effect of wood vinegar compounds on the mycelial growth of two basidiomycete. **Trans. Mycol. Soc. Jpn.** 34(2): 141 - 151.

Yoshimura, H., H. Washio, S. Yoshida, T. Seino, M. Otaka, K. Matsubara and M. Matsubara. 1995. Promoting effect of wood vinegar compounds of fruit body formation of *Pleuotus ostreatus*. **Mycoscience**. 36(2): 173 - 177.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

อาหาร และสารเคมีสำหรับเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

อาหารและสารเคมีสำหรับเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

อาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์และสารละลาย

1. Eosin Methylene Blue agar (EMB agar)

Peptone	10.0	g
Lactose	10.0	g
K_2HPO_4	2.0	g
Eosin	0.4	g
Methylene blue	0.065	g
Agar	15.0	g

2. Salmonella Shigella agar (SS agar)

Beef extract	5.0	g
Lactose	10.0	g
Bile salt mixture	8.5	g
Sodium citrate	10.0	g
Sodium thiosulphate	8.5	g
Ferric citrate	10.0	g
Brilliant green	0.00033	g
Neutral red	0.025	g
Agar	15.0	g

3. Maximum recovery diluent (MRD-broth) สารละลายสำหรับการเจือจาง (Dilution) เชื้อ *E. coli* และเชื้อ *Salmonella* spp. (นลิน และศรีกาญจนา, 2546)

Sodium chloride	8.5	g
Distilled water	1,000	ml.

การนับเชื้อจุลินทรีย์

โดยใช้วิธีการทำแบบ dilution plate count เป็นเทคนิคการทำให้เชื้อหรือตัวอย่างเจือจางลง (Dilution) ด้วย MRD-broth (peptone 0.1% water) โดยทำการเจือจางเพิ่มครั้งละ 10 เท่าตามลำดับ (Ten fold dilution)

วิธีการ

1. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับจุลินทรีย์แต่ละชนิด โดยชั่งส่วนผสมของอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชนิด นำไปต้มจนละลายและนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 °ซ เป็นเวลา 15 นาที และนำเทลงในจานเลี้ยงเชื้อ (Petri dish) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

2. ทำการเจือจางตัวอย่าง

2.1 ชั่งตัวอย่างหนัก 1 กรัม ใส่ในสารละลาย MRD-broth ที่ปริมาตร 9 มิลลิลิตร จะได้สารละลายเจือจางเท่ากับ 1 : 10 เขย่าให้เข้ากันโดยเครื่อง Vortex mixer

2.2 ทำการดูดเชื้อที่ได้รับการเจือจาง 1 : 10 จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ใน MRD-broth ที่ปริมาตร 9 มิลลิลิตร จะได้สารละลายเจือจางเท่ากับ 1 : 10^2 ทำการเจือจางต่อไปเรื่อยๆ จนได้สารละลายเจือจางเท่ากับ 1 : 10^6

3. การ spread plate โดยใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเจือจาง 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชนิด ในขั้นตอน spread plate คือเกลี่ยเชื้อให้ทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยใช้เชื้อจากไส้ติ่งของไก่เนื้อใส่สารละลายเจือจางที่ 10^1-10^6

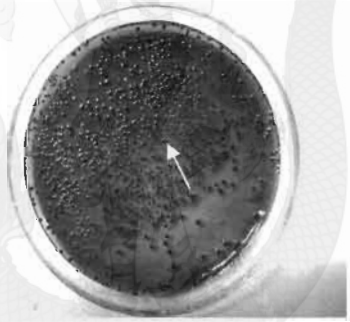
4. การบ่มเชื้อ

4.1 การบ่มเชื้อ *E. coli* บ่มที่ 37 °ซ ในสภาพที่มีออกซิเจน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4.2 การบ่มเชื้อ *Salmonella* spp. บ่มที่ 37 °ซ ในสภาพที่มีออกซิเจน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5. การนับโคโลนีจะเลือกนับจานเลี้ยงเชื้อที่มีโคโลนีอยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณเชื้อ และรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีของเชื้อต่อตัวอย่าง 1 กรัม (Colony forming units/g, CFU/g)

ภาพผนวก 1 ลักษณะโคโลนีของเชื้อซาลโมเนลลา ที่เจริญบนอาหาร *Salmonella Shigella* Agar



ภาพผนวก 2 ลักษณะโคโลนีของเชื้อ *E. coli* ที่เจริญบนอาหาร Eosin Methylene Blue Agar

การผ่าตัดทำทวารเทียมในไก่เนื้อ

เนื่องจากสัตว์ปีกมีการขับมูลและปัสสาวะออกมาทางเดียวกัน ทำให้ไม่สามารถศึกษาการย่อยได้ดังนั้นจึงต้องหาวิธีการแยกมูลกับปัสสาวะออกจากกัน โดยวิธีการผ่าตัดทำทวารเทียมในไก่ โดยทำการคัดเลือกไก่เนื้อเพศผู้ที่อายุ 42 วัน น้ำหนักตัวใกล้เคียงกันกับค่าเฉลี่ยของกลุ่ม

วิธีการผ่าตัด คือ ใช้ไก่เพศผู้ที่อายุ 48 วัน ถอนขนและทำความสะอาดบริเวณหน้าท้อง ทำการฉีดยาชาเป็นเวลา 5 – 10 นาที จึงนำมีดกรีดผิวหนังบริเวณช่องท้องห่างจากช่องขับถ่ายเดิม (Cloaca) 2 - 3 ซม. กรีดให้หนังและเนื้อแยกออกจากกัน ใช้กรรไกรตัดเยื่อบุช่องท้องแล้วใช้ปากคีบ (forceps) คีบลำไส้ใหญ่ส่วนปลายขึ้นมา และใช้คีมปากอ่อนหนีบลำไส้ไว้ แล้วใช้ด้ายมัดลำไส้อีกจุดหนึ่งที่อยู่ระหว่างคีมกับทวารหนักโดยมัดห่างจากทวารหนักประมาณ 1 - 2 ซม. ใช้

กรรไกรตัดลำไส้ระหว่างคีมกับส่วนที่มัด นำด้ายที่มัดเย็บติดกับผนังช่องท้องด้านในใกล้กับทวารหนักเดิม สำหรับปลายลำไส้ส่วนที่ตัดอีกด้านหนึ่งให้เย็บผนังลำไส้ทั้ง 4 ด้านห่างจากปลายที่ตัดลงมาประมาณ 3 - 4 ซม. โดยเย็บติดกับเยื่อบุช่องท้องและกล้ามเนื้อ แล้วปลิ้นกลับส่วนปลายของลำไส้ (reverse colostomy) มาเย็บติดกับผิวหนังเพื่อให้เป็นช่องเปิดใหม่สำหรับขับถ่ายมูล ส่วนปัสสาวะยังถูกขับถ่ายออกทางช่องเดิม (Isshiki and Nakahiro, 1988)

สารประกอบน้ำส้มควันไม้ไม้ไผ่

ความเป็นกรด	2.90
ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด	2.38
กรดอะซิติก	2.72
ฟอสเฟต	0.10
เมทานอล	0.07
ฟอลมัลดิไฮด์	0.003
ฟีนอล	0.134
ครีซอล	0.051
ทาร์	1.10
pH	2.70

ที่มา: Ruttanavut et al. (2009)

ภาคผนวก ข

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวนงลักษณ์ นพสุวรรณ
เกิดเมื่อ	23 กุมภาพันธ์ 2524
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2546 ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ ราชภัฏเพชรบูรณ์
ผลงานทางวิชาการ	นงลักษณ์ นพสุวรรณ, นรินทร์ ทองวิทยา, นันทฤทธิ์ โชคถาวร และ สมคิด ดีจริง. 2552. ผลของน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต และการย่อยได้ของไก่เนื้อ. น 23. ใน **งานประชุมเชิงวิชาการเสนอผลงานวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 5.** ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.