



สัญญาเลขที่ RDG4820021

รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทดแทนวัตถุเติมอาหารสังเคราะห์
ในอาหารไก่เนื้อและสุกรหลังหย่านม

**The substitution of andrographis (*Andrographis paniculata* (Burm f.)
Nees) for synthetic feed additives in broiler and post-weaning pig rations**



โดย รองศาสตราจารย์สาโรช คำเจริญ และคณะ

เมษายน 2551

รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทดแทนวัตถุเติมอาหารสังเคราะห์
ในอาหารไก่เนื้อและสุกรหลังหย่านม”

**The substitution of andrographis (*Andrographis paniculata* (Burm f.) Nees)
for synthetic feed additives in broiler and post-weaning pig rations**

คณะผู้วิจัย

รศ.ดร. สาโรช คำเจริญ	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร. เขาวมาลย์ คำเจริญ	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร. สาธร พรตระกูลพิพัฒน์	คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร. วัชร คุณกิตติ	คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร. วีระพงษ์ ลูลิตานนท์	คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
น.สพ. วิมนต์ ศรีบุญญะวิชัย	บริษัทเบ็ทเทอร์ฟาร์มา จำกัด เครือเบทาโกร

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

สารบัญ

	หน้า
Executive Summary.....	๑
บทคัดย่อ.....	
Abstract.....	
บทนำ.....	1
บททวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	4
โครงการย่อยที่ 1.....	40
การเตรียมผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ปลดปล่อยสารออกฤทธิ์เต็มที่	
โดยการทำในรูปแบบแกรนูล	
โครงการย่อยที่ 2.....	47
การใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทดแทนวัตถุเติมอาหารสังเคราะห์ในอาหารไก่เนื้อ	
(Screening test I)	
โครงการย่อยที่ 3.....	90
การใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทดแทนวัตถุเติมอาหารสังเคราะห์ในอาหารไก่เนื้อ	
(Screening test II)	
โครงการย่อยที่ 4.....	127
การศึกษาถึงผลของการเสริมแกรนูลสารสกัดสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อ	
สมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพเนื้อ และภูมิคุ้มกันในไก่เนื้อ	
โครงการย่อยที่ 5.....	173
ผลของการเสริมผงใบฟ้าทะลายโจรที่มีสารสกัดฟ้าทะลายโจรที่ควบคุมระดับสารออก	
ฤทธิ์สำคัญทดแทนสารปฏิชีวนะในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต, การย่อยได้	
และการผลิตน้ำย่อย, สันฐานวิทยาของระบบลำไส้และคุณภาพซากในไก่เนื้อ	
โครงการย่อยที่ 6.....	213
ผลของการใช้แกรนูลสารสกัดฟ้าทะลายโจรทดแทนสารปฏิชีวนะในอาหารต่อสมรรถนะ	
การผลิต การย่อยได้ ภูมิคุ้มกัน และสุขภาพในลูกสุกรหย่านม	
ภาคผนวก.....	 260

Executive Summary

ชื่อโครงการ การใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทดแทนวัตถุดิบเติมอาหารสังเคราะห์
ในอาหารไก่เนื้อและสุกรหลังหย่านม
(The substitution of andrographis (*Andrographis paniculata* (Burm f.)
Nees) for synthetic feed additives in broiler and post-weaning pig
rations)

หัวหน้าโครงการวิจัย รศ.ดร. สาโรช คำเจริญ
ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระดับการใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหาร (บนฐานของระดับสารออกฤทธิ์สำคัญ) ที่เหมาะสมในการป้องกันโรคในระบบหายใจและทางเดินอาหารของไก่เนื้อและอาการท้องเสียของลูกสุกรหลังหย่านม(อนุบาล)เทียบกับ AGP ที่ใช้ตามปกติในฟาร์ม
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อการย่อยและการใช้ประโยชน์ของโภชนะในไก่เนื้อและลูกสุกรอนุบาล
3. เพื่อศึกษาผลของการใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อระบบภูมิคุ้มกันของไก่เนื้อและลูกสุกรอนุบาล
4. เพื่อศึกษาผลของการใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพซากของไก่เนื้อและสมรรถนะการเติบโตของลูกสุกรอนุบาล
5. เพื่อสร้างเครือข่ายงานวิจัยการใช้สมุนไพรไทยทดแทน FA สังเคราะห์ในอุตสาหกรรมเลี้ยงไก่เนื้อและสุกร

โครงการย่อยที่ 1 การเตรียมผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ปลดปล่อยสารออกฤทธิ์เต็มที่ โดยการทำในรูปแบบแกรนูล

ทำการศึกษาการแตกตัวของแกรนูลฟ้าทะลายโจรที่เตรียมจากสารสกัดผงขององค์การเภสัชเปรียบเทียบกับขาวละออสกัดได้เร็ว พบว่าองค์การเภสัชกรรมใช้เวลาในการแตกตัวช้า (1215 ± 15 วินาที) ขาวละออสกัดแตกตัวได้เร็ว (206 ± 16 วินาที) การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ พบว่า องค์การเภสัชกรรมมีอนุภาคน้ำหนักค่อนข้างหนัก แตกตัวช้าใช้เวลาประมาณ 20 นาที ไม่ละลาย สารสกัดยัดจับกับ ingredient ได้เมื่อเปรียบเทียบกับขาวละออสกัดจะค่อนข้างเบา แตกตัวเร็วใช้เวลาประมาณ 3 นาที สารสกัดยัดจับกับ ingredient ได้ดี

การวิเคราะห์หาปริมาณ Andrographolide และ Total lactones พบว่า peak ของสาร andrographolide ที่ retention time 5.812 นาที เมื่อวิเคราะห์ผงใบฟ้าทะลายโจรบดสกัดโดยการ maceration พบว่า andrographolide 2.41% w/w และ total lactones 5.98% w/w สารสกัดเข้มข้นจาก ขาวละออสกัดพบ andrographolide 4.53% w/w และ total lactones 7.78% w/w ส่วนฟ้าทะลายโจรแกรนูลพบ andrographolide 2.78% w/w และ total lactones 6.11% w/w

เมื่อนำแกรนูลฟ้าทะลายโจรทั้ง 2 lot (ใหม่และเก่า) มาประเมินคุณภาพของแกรนูล พบว่ามีค่า repose angle 34.33 ซึ่งมากกว่า 30 องศาแสดงว่าแกรนูลที่เตรียมมีการไหลค่อนข้างดีและมีความสัมพันธ์กับ %compressibility (17.10) ซึ่งชี้บ่งการไหลเวียนแกรนูลในระดับดีและมีขนาดของแกรนูลเฉลี่ย 581.77 ± 4.41 ไมครอน

เมื่อนำฟ้าทะลายโจรแกรนูลไปศึกษาจุดความชื้นวิกฤตหรือความชื้นสัมพัทธ์ พบว่ามีค่าเป็น 49.5 % RH ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 90% RH พบว่ามีเชื้อราเกิดขึ้น ดังนั้นจะต้องเก็บไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 49.5% RH

สำหรับต้นทุนการผลิตโดยไม่คำนึงปริมาณ andrographolide การสูญเสียระหว่างการผลิต ค่าเสื่อมราคาและค่าไฟฟ้าจะอยู่ที่ 1753.52 บาท/กิโลกรัม ซึ่งมี andrographolide 2.78% และ total lactones 6.11% ส่วนต้นทุนของแกรนูลที่เตรียมจากวัตถุดิบขององค์การเภสัชจะมีราคา 953.29 บาท

โครงการย่อยที่ 2 การใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทดแทนวัตถุเติมอาหารสังเคราะห์ในอาหารไก่เนื้อ (Screening test I)

ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์สารสกัดฟ้าทะลายโจรในรูปแกรนูล (granule) โดย รศ.ดร.พัชริ คุณกิตติ ซึ่งมีระดับแอลโคโตนรวม 1.74% และมี andrographolide 1.478% โดยนำหนักและผงฟ้าทะลายโจรจากห้างหุ้นส่วนจำกัด โอสอทิพย์ จังหวัดอุบลราชธานีที่มี andrographolide 1.99% ทดสอบในอาหารไก่เนื้อพันธุ์ Cobb 500 จำนวน 740 ตัว โดยแบ่งออกเป็น 17 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมี 4 ซ้ำๆละ 11 ตัว กลุ่มการทดลอง 17 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มควบคุมลบ (NC) กลุ่มที่ 2 กลุ่มยาปฏิชีวนะคลอเตตราซัยคลิน 60 ppm (CTC 60) กลุ่มที่ 3 กลุ่มเสริมยากันบิดควบคุมบวก กลุ่มที่ 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 เสริมสารสกัดแกรนูล ที่มี andrographolide 12.5 ($E_{12.5}$), 25.0 ($E_{25.0}$), 50.0 (E_{50}), 75 (E_{75}), 100 (E_{100}), 125 (E_{125}) และ 150 (E_{150}) ppm กลุ่ม 11, 12, 13, 14, 15, 16 และ 17 เสริมฟ้าทะลายโจรผงบดที่มี andrographolide 12.5 ($P_{12.5}$), 25 (P_{25}), 50 (P_{50}), 75 (P_{75}), 100 (P_{100}) และ 150 (P_{150}) ppm ตลอดการทดสอบ 0-6 สัปดาห์ พบว่าอัตราการเลี้ยงรอดตั้งแต่ 93.18-100% ไม่มีผลแตกต่าง ($P>0.05$) ต่อทุกกลุ่มที่ทดสอบ น้ำหนักไก่เมื่ออายุ 6 สัปดาห์ การเพิ่มน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการแลกเนื้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ไก่เนื้อกินอาหารเสริมฟ้าทะลายโจรแกรนูลที่มี andrographolide 125 ppm (E_{125}) จะมีน้ำหนักตัวสูงสุด ตามมาด้วยกลุ่ม CTC กลุ่ม E_{50} และกลุ่ม E_{25} โดยกลุ่ม E_{15} จะมีน้ำหนักตัวต่ำสุด ส่วนกลุ่มกินอาหารเสริมผงบดมีสมรรถนะการเติบโตด้อยลงมา สำหรับการเสริมผงฟ้าทะลายโจรนั้น พบว่าการเสริมที่ 50 (P_{50}) หรือ 100 ppm (P_{100}) จะมีน้ำหนักตัวทัดเทียมหรือใกล้เคียงกว่าไก่อกลุ่ม 3 เสริมยากันบิดแต่ดีกว่ากลุ่มควบคุมลบ (NC) ส่วนอัตราการแลกเนื้อ พบว่าไก่อกลุ่มกินอาหารเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรทั้งสองชนิดมีอัตราการแลกเนื้อดีกว่ากลุ่ม CTC เล็กน้อยและมีแนวโน้มที่จะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อระดับของการเสริมในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น สำหรับคุณภาพของซากไก่เนื้อเมื่อสิ้นสุดการทดลองค่อนข้างสม่ำเสมอ มีน้ำหนักเฉลี่ย 1.89 กก. (1.83 ถึง 1.96 กก.) กลุ่มกินสารสกัดฟ้าทะลายโจรมีน้ำหนักซากเฉลี่ย 1.87 กก. (1.83 ถึง 1.93 กก.) ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับเปอร์เซ็นต์ซากแช่แข็งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับกลุ่ม CTC พบว่าเปอร์เซ็นต์ซากแช่แข็งของไก่อกลุ่มเสริมสารสกัดสมุนไพรเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่ม CTC แบบโค้งกำลังสอง ($P_{quad}<0.05$) คือเปอร์เซ็นต์ซากแช่แข็งจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุด 100 ppm แล้วลดลงเมื่อระดับ andrographolide ในอาหารสูงกว่า 100 ppm ส่วนไก่อกินอาหารเสริมฟ้าทะลายโจรผงบดจะให้เปอร์เซ็นต์ซากแช่แข็งแบบโค้งกำลังสี่ ($P_{quart}<0.05$) คือเปอร์เซ็นต์ซากจะลดลงที่ระดับ 25 ppm แล้วเพิ่มสูงสุดที่ระดับ 75 ppm แล้วลดลงอีก เมื่อระดับสูงกว่า 75 ppm ผลการเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรต่อน้ำหนักเนื้อออก พบว่าน้ำหนักเนื้อออกที่เสริมด้วยสารสกัดหรือผงบดมีน้ำหนักเนื้อออกสูงกว่ากลุ่ม NC, AVA (เสริมยากันบิด) และกลุ่ม CTC

ในลักษณะเส้นโค้งแต่ไม่มีผลแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) ในทำนองเดียวกันน้ำหนักของเนื้อสะโพกและเนื้อน่องให้ผลตอบสนองเช่นเดียวกันกับน้ำหนักเนื้ออก (ยกเว้นน้ำหนักเนื้อปีก) โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมทั้งสามกลุ่ม (NC, AVA, CTC) พบว่ากลุ่มที่เสริมฟาทะลายโจรทั้งสารสกัดและผงบดจะให้น้ำหนักของเนื้อสะโพกและน่องสูงกว่ากลุ่มควบคุมเล็กน้อย ($P>0.05$) สำหรับน้ำหนักไขมันในช่องท้อง พบว่าไก่กลุ่มเสริมสารสกัดฟาทะลายโจรไขมันลดต่ำกว่ากลุ่มควบคุม NC และ AVA แต่กลุ่มเสริมผงบดจะมีปริมาณไขมันในช่องท้องเทียบได้กับกลุ่ม CTC

ผลการเสริมผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟาทะลายโจรต่ออวัยวะภายใน พบว่าน้ำหนักตับเพิ่มขึ้นกับระดับของ andrographolide แบบโค้งกำลังสองคือน้ำหนักตับของไก่กลุ่มเสริมระดับ 12.50 ppm เพิ่มขึ้นสูงสุดแล้วค่อย ๆ ลดลงในขณะที่น้ำหนักของต่อมเบอร์ด้า (bursa) ม้าม กระเพาะและกึ้นไม่เปลี่ยนแปลงชัดเจน ในขณะที่เดียวกันผงบดฟาทะลายโจรในอาหารในระดับที่สูงขึ้นไม่ทำให้น้ำหนักตับและกึ้นเปลี่ยนแปลงแต่มีผลทำให้น้ำหนักต่อมเบอร์ด้า เพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง และม้ามเพิ่มน้ำหนักแบบโค้งกำลังสี่ คือเพิ่มน้ำหนักไปสู่จุดสูงสุดที่ 25 ppm แล้วลดลงอย่างรวดเร็วสู่ระดับต่ำสุดที่ 75 ppm และกลับเพิ่มขึ้นระดับสูงอีกครั้งที่ 125 ppm แล้วจึงลดลง น้ำหนักกระเพาะก็เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับม้ามแต่อัตราการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของน้ำหนักกระเพาะกับการเพิ่มระดับ andrographolide ไม่กว้างมากเหมือนการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักม้าม ผลของการใช้สมุนไพรฟาทะลายโจรต่อระบบภูมิคุ้มกัน โรคนิวคาสเซิล (ND) และโรคหลอดลมอักเสบ (IB) พบว่าระดับของ andrographolide ที่เสริมอาหารโดยใช้ผลิตภัณฑ์ฟาทะลายโจรไม่ว่าอยู่ในรูปสารสกัดหรือรูปผงบดไม่มีผลทำให้ HI-titer ที่สนองตอบต่อวัคซีน ND เปลี่ยนแปลงไปจากกลุ่มควบคุมลบไม่ว่าตรวจสอบหลังให้วัคซีน 14 หรือ 21 วัน อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่า HI-titer ต่อ ND ในไก่กลุ่มเสริมผงบดที่ระดับ 150 ppm มีค่าสูงกว่ากลุ่ม CTC หลังให้วัคซีน 14 วัน และค่า HI-titer ของไก่กลุ่มกินผงบดที่ 21 วันหลังให้วัคซีน แสดงแนวโน้มเพิ่มขึ้นกับการเพิ่มระดับ andrographolide ในขณะที่กลุ่มเสริมสารสกัดไม่มีแนวโน้มดังกล่าว สำหรับ HI-titer ต่อวัคซีน IB ระดับของ andrographolide ไม่มีผลทำให้ค่า titer เปลี่ยนแปลงแตกต่างจากกลุ่มควบคุมลบหรือกลุ่ม CTC แต่มีข้อสังเกตว่าไก่กลุ่มเสริมสารสกัดเพิ่ม IB- titer ที่เป็นแบบโค้งกำลังสองโดยผลตอบสนองสูงสุดอยู่ที่ 75 ppm ในขณะที่กลุ่มเสริมผงบดมีการตอบสนองสูงสุดที่ 12.50 ppm แล้วลดลงเป็นลำดับกับการเพิ่มระดับ andrographolide อีกประการหนึ่ง IB- titer ของไก่หลังให้วัคซีนลดลงจากระดับที่ 14 วัน และไม่ปรากฏแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน ประการสุดท้ายภูมิคุ้มกันต่อโรค IB ไม่ตอบสนองต่อฟาทะลายโจรที่เสริมในอาหาร

โครงการย่อยที่ 3 การใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทดแทนวัตถุดิบอาหารสังเคราะห์ในอาหารไก่เนื้อ (Screening test II)

เป็นการศึกษาทดสอบเบื้องต้นอีกครั้ง (Screening test II) โดยใช้ผลิตภัณฑ์แกรนูโลสารสกัดฟ้าทะลายโจรที่เตรียมใหม่ให้มีอัตราการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ที่เร็วขึ้นและใช้ผงฟ้าทะลายโจรชุดเดียวกับที่ใช้ผลิตสารสกัดมาทดสอบในอาหารไก่เนื้อพันธุ์ Arber Acer คละเพศอายุ 1 วัน จำนวน 1,120 ตัว แบ่งการทดลองเป็น 14 กลุ่มๆละ 4 ซ้ำๆละ 20 ตัว เลี้ยงตั้งแต่อายุ 1-42 วัน การจัดการ การเก็บตัวอย่าง การให้วัคซีน การเก็บเลือด การชำแหละเก็บชิ้นส่วนซากทำเหมือนกับโครงการย่อยที่ 2 ผลการทดลอง พบว่าอัตราการเลี้ยงรอดของไก่เสริมแกรนูโลสารสกัดฟ้าทะลายโจร 97.09% กลุ่มไก่เสริมผงบดฟ้าทะลายโจรมีอัตราการเลี้ยงรอด 95.42% เทียบกับกลุ่มควบคุมลบ (NC) และกลุ่ม CTC ซึ่งให้อัตราการเลี้ยงรอดเท่ากัน คือ 97.50% สมรรถนะการผลิตตลอด 0-6 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักตัวทั้งก่อนและหลังสมดุลเพศ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กินและอัตราการแลกเนื้อของไก่กินอาหารเสริมฟ้าทะลายโจรทั้งสองรูปแบบไม่แตกต่างจากกลุ่ม CTC แต่จะมีสมรรถนะการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่ม NC อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดัชนีการผลิต (Productive Index, PI) เฉลี่ยของไก่ทดลองทุกกลุ่มสูงกว่าค่า PI มาตรฐานของไก่พันธุ์อาร์เบอร์เอเคอร์สที่อายุ 42 วัน (311.00) เมื่อพิจารณาเป็นรายกลุ่ม พบว่า PI ของไก่กลุ่มกินอาหารเสริมแกรนูโลสารสกัดมีค่าเทียบเท่ากับกลุ่ม CTC (332.44 vs 335.60) ในขณะที่กลุ่มกินอาหารเสริมผงบดเทียบได้กับกลุ่มควบคุมลบ (325.06 vs 323.20) ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มแรกอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาผลการตอบสนองรายกลุ่มทดลอง ไก่กลุ่มกินอาหารเสริมแกรนูโลสารสกัดที่ระดับ andrographolide ตั้งแต่ 12.5 ppm ขึ้นไป และกลุ่มเสริมผงบดที่ระดับ andrographolide 25.0 ppm ขึ้นไป มีสมรรถนะการผลิตสูงกว่ากลุ่มควบคุมทั้งสองและถือได้ว่าเป็นระดับที่เหมาะสมในการใช้ผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรทดแทนสารปฏิชีวนะ CTC ในอาหารไก่เนื้อ อย่างไรก็ตาม ระดับ andrographolide ในอาหารที่สูงเกิน 75.0 ppm จะมีผลทำให้สมรรถนะการผลิตไก่เนื้อตลอดช่วงอายุ 0-6 สัปดาห์ลดลง เมื่อพิจารณาผลการตอบสนองเชิงสมรรถนะการผลิตของไก่เนื้อต่อการเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรทดแทนยาปฏิชีวนะเสริมอาหารแล้วพบว่า การเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรในอาหารไก่เล็กอายุ 0-3 สัปดาห์ที่ระดับ andrographolide จากแกรนูโลสารสกัด 12.50 ppm หรือ 25.0 ppm จากผงบดให้ผลดีที่สุด ช่วงไกรุ่น-ขุน อายุ 3-6 สัปดาห์ ระดับการเสริมที่ให้ผลดีคือระดับที่ให้ andrographolide ในอาหาร 12.50 ppm ขึ้นไป โดยจะเสริมในรูปแบบแกรนูโลสารสกัดหรือในรูปของผงบดก็ได้ ผลการตอบสนองของไกรุ่น-ขุน ไม่แตกต่างกัน แต่โดยแนวโน้ม ไกรุ่น-ขุน ตอบสนองต่อการเสริมอาหารด้วยแกรนูโลสารสกัดชัดเจนกว่าการเสริมด้วยผงบด ผลของการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อคุณภาพซากของไก่เนื้อพบว่าน้ำหนักซากของไก่เนื้อทดลองค่อนข้างสม่ำเสมอ คือมีน้ำหนักซากเฉลี่ย 1.80

กก. (1.75 ถึง 1.87 กก) กลุ่มที่กินอาหารเสริมแกรนูลสารสกัดมีน้ำหนักรวมน้ำหนักเฉลี่ย 1.81 กก. (1.76 ถึง 1.87 กก) ในขณะที่กลุ่มที่กินอาหารเสริมผงบดเฉลี่ย 1.79 กก. (1.75 ถึง 1.86 กก) เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ซากแห้ง พบว่าเปอร์เซ็นต์ซากแห้งของไก่ทดลองไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) โดยไก่กลุ่มกินอาหารเสริมแกรนูลสารสกัดมีเปอร์เซ็นต์ซากแห้ง 69.99% กลุ่มเสริมผงบด 69.68% ในขณะที่กลุ่ม NC มีค่า 71.56% และกลุ่ม CTC 68.82% การเสริมฟัทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักเนื้ออกของไก่เนื้อทั้งสองรูปแบบมีน้ำหนักชิ้นส่วนเนื้ออกเฉลี่ย (กลุ่มแกรนูล 19.64% LW และกลุ่มผงบด 19.63% LW) ไม่แตกต่างจากกลุ่ม NC (19.16%) และกลุ่ม CTC (18.76%) แต่เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ตามวิธี DMRT ไก่กลุ่มที่กินอาหารเสริมฟัทะลายโจรทั้งสองรูปแบบที่ระดับ andrographolide 25.0 ppm มีน้ำหนักเนื้ออก (20.39 และ 20.88% LW) มากกว่า ($P<0.05$) กลุ่ม CTC (18.76%) และกลุ่มเสริมผงบด 75 ppm (18.85% LW) แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญจากกลุ่มอื่น ๆ ($P>0.05$) การเสริมผลิตภัณฑ์ฟัทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักเนื้อสะโพก และเนื้อน่องของไก่เนื้อและเนื้อปีก เทียบกับกลุ่ม NC และกลุ่ม CTC ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) การเสริมสมุนไพรฟัทะลายโจรต่อน้ำหนักไขมันในช่องท้องไก่เนื้อกลุ่มกินอาหารเสริมแกรนูลสารสกัดมีค่าเฉลี่ย 1.967% LW ในขณะที่กลุ่มกินอาหารเสริมผงบดเฉลี่ย 1.918% ไม่แตกต่างจากกลุ่ม NC (2.068%) และกลุ่ม CTC (1.692%) อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) เป็นที่น่าสังเกตว่าไก่มีน้ำหนักเนื้ออกสูงสุดมีแนวโน้มจะมีปริมาณไขมันในช่องท้องต่ำสุด ผลของการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟัทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักอวัยวะภายในหลักของไก่เนื้อ พบว่าน้ำหนักตับของไก่กลุ่มกินอาหารเสริม CTC (2.180% LW) มีน้ำหนักสูงที่สุดตามมาด้วยกลุ่มที่กินอาหารเสริมแกรนูลสารสกัด (1.930%) กลุ่มกินอาหารเสริมผงบด (1.911%) และกลุ่ม NC เฉลี่ยต่ำสุด (1.799) ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตับไปกับระดับของ andrographolide เทียบกับกลุ่ม NC ปรากฏว่าไม่พบแนวโน้มที่มีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับกลุ่ม CTC พบว่าเมื่อระดับของ andrographolide ในอาหารเพิ่มขึ้น น้ำหนักตับของไก่ทดลองจะลดลงจากของกลุ่ม CTC ในรูปของสมการเส้นตรง ($P_{\text{line}}<0.05$) และโค้งยกกำลังสาม ($P_{\text{cub}}<0.05$) ไม่ว่า andrographolide จะมาจากแกรนูลสารสกัดหรือผงบด สำหรับน้ำหนักของต่อมเบียร์ซ่า ไก่ที่กินอาหารเสริมผงบดมีน้ำหนักเบียร์ซ่าใกล้เคียงกับกลุ่ม NC แต่สูงกว่ากลุ่มเสริมแกรนูลสารสกัด และกลุ่ม CTC อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ผลของระดับ andrographolide ในอาหารต่อน้ำหนักของม้าม พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของม้ามไก่เนื้อที่กินอาหารเสริม CTC สูงกว่าม้ามของไก่กลุ่ม NC กลุ่มกินอาหารเสริมแกรนูลสารสกัด และกลุ่มเสริมผงบด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในทำนองเดียวกับ แสดงผลของการเสริม andrographolide ในอาหารที่มีต่อน้ำหนักของกระเพาะแท้ (Proventriculus) และกึ้นของไก่เนื้ออายุ 42 วัน จากตาราง พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของกระเพาะแท้ กึ้นของไก่เนื้อและน้ำหนักหัวใจอายุ 42 วัน พบว่า

น้ำหนักเฉลี่ยของกระเพาะแพะแต่ละก๊อของไก่อกลุ่ม NC กลุ่ม CTC กลุ่มเสริมแกรนูโลสารสกัด และกลุ่มเสริมผงบด ไก่เลี้ยงกันมากไม่มีผลแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$)

โครงการย่อยที่ 4 ผลของการเสริมแกรนูโลสารสกัดสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหาร ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพเนื้อ และภูมิคุ้มกันในไก่เนื้อ

การศึกษานี้มุ่งประเมินผลของการเสริมแกรนูโลสารสกัดสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหาร ต่อสมรรถนะการผลิต คุณภาพเนื้อ และภูมิคุ้มกันในไก่เนื้อ ใช้ไก่เนื้อพันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ อายุ 1 วัน จำนวน 875 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยสุ่มไก่ออกเป็น 7 กลุ่มๆ ละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 25 ตัว แล้วสุ่มให้ได้รับอาหารสูตรใดสูตรหนึ่ง คือ สูตรอาหารพื้นฐานที่ได้รับการเสริมแกรนูโลสารสกัดสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ให้ระดับ andrographolide 0(NC), 5(A_5), 10(A_{10}), 15(A_{15}), 20(A_{20}) หรือ 25(A_{25}) ppm เปรียบเทียบกับการเสริมยาปฏิชีวนะคลอเตตราซัยคลิน (AGP-CTC, 20%) ที่ระดับ 60 ppm เมื่ออายุไก่ครบ 6 สัปดาห์ ไก่ทดลองทุกกลุ่มมีอัตราการเลี้ยงรอดไม่แตกต่างกันและมีอัตราการเลี้ยงรอดเฉลี่ย 98.97% สูงกว่ามาตรฐานการเลี้ยงเป็นการค้า ($\geq 95\%$) แสดงว่าเลี้ยงภายใต้สภาพสุขอนามัยดีและมีภาวะการถูกคุกคามจากโรคต่ำจึงมีผลทำให้ ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว และอัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้อทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม เมื่อเทียบกับกลุ่มที่เสริม CTC ไก่กลุ่ม A_{10} มีแนวโน้ม ($P>0.05$) ที่จะกินอาหารได้สูงกว่า(104.58%) เพิ่มน้ำหนักตัวได้สูงกว่า (104.17%) และมีอัตราการแลกเนื้อดีกว่ากลุ่ม CTC เล็กน้อย (1.84 vs 1.85) ค่า PI ที่อายุ 42 วัน ของไก่กลุ่ม A_{10} มีค่าสูงที่สุด (262.43) แต่แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างไม่มีนัยสำคัญ และมีค่าได้ตามมาตรฐานการเลี้ยงในเชิงธุรกิจ (>260.0)

ผลของสารสกัดฟ้าทะลายโจรต่อคุณภาพเนื้อ พบว่า เปอร์เซ็นต์ซากของไก่ทุกกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) การสูญเสียในเนื้อที่เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ของทุกกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าเนื้ออกของไก่กลุ่มที่เสริมสารสกัดฟ้าทะลายโจรทุกกลุ่มมีการสูญเสียหลังจากเก็บไว้นาน 48 ชั่วโมงน้อยกว่ากลุ่มควบคุม และด้านความหืนของเนื้อที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4°C นาน 0, 5, 10, 15 และ 20 วันของทุกกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นเนื้อที่ทำการเก็บรักษานาน 5 วัน พบว่า กลุ่ม A_{15} มีความหืน (0.064 มิลลิกรัม malonaldehyde/กิโลกรัมเนื้อสด) ต่ำที่สุดและต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 10- 20 วัน ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

ค่าโลหิตวิทยาและการตอบสนองต่อความเครียด พบว่า ค่าฮีมาโตคริตของไก่ทุกกลุ่มทดลองและทุกช่วงการเจาะเลือดก่อนและหลังให้วัคซีนนิวคาสเซิลและหลอดลมอักเสบติดต่อกัน 14 และ 35 วัน (อายุ 7, 21 และ 42 วัน) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และที่อายุ 42

วัน มีค่าพิสัยตั้งแต่ 28.08- 29.48% ค่าสัดส่วนเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลต่อเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในด้านภูมิคุ้มกัน พบว่าระดับ HI-titer สำหรับโรคนิวคาสเซิลและโรคหลอดลมอักเสบติดต่อกันของไก่ทดลองแต่ละกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ส่วนระดับอิมมูโนโกลบูลิน ชนิดจี (IgG) ในซีรัม พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยกลุ่ม A_{15} มีค่า IgG เมื่ออายุ 42 วัน สูงที่สุด (3.860 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) สำหรับลักษณะทางกายวิภาคของส่วนคุชซิมของลำไส้เล็กส่วนเจจูนัม พบว่า ความสูงของวิลไล มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และความลึกของครีปีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) มีแนวโน้มว่า กลุ่ม A_{10} มีความสูงของวิลไลมากที่สุด (1,163.31 ไมโครเมตร) สรุปผลจากการทดลองว่าระดับของแกรนูโลซาร์กัตฟาทะลายโจรที่เหมาะสมในการทดแทน AGP-CTC เสริมอาหารไก่เนื้อคือ ระดับที่ให้ andrographolide 10 ppm

โครงการย่อยที่ 5 ผลของการเสริมฟาทะลายโจรผงบดที่มีสารสกัดฟาทะลายโจรที่ควบคุมระดับสารออกฤทธิ์สำคัญทดแทนสารปฏิชีวนะในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต, การย่อยได้และการผลิตน้ำย่อย, สันฐานวิทยาของระบบลำไส้และคุณภาพซากในไก่เนื้อ

จากผลการทดลองโครงการย่อยที่ 4 การศึกษาถึงผลการเสริมแกรนูโลซาร์กัตสมุนไพรฟาทะลายโจรในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพเนื้อและภูมิคุ้มกันในไก่เนื้อ พบว่าระดับของแกรนูโลซาร์กัตฟาทะลายโจรที่เหมาะสมในการทดแทนยาปฏิชีวนะเพื่อเร่งการเจริญเติบโต (AGP-CTC) เสริมอาหารไก่เนื้อ คือระดับที่ให้ andrographolide 10 ppm ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงได้ทำการทดลองขึ้นเพื่อศึกษาการเสริมฟาทะลายโจรผงบดที่มีสารสกัดฟาทะลายโจรที่ควบคุมระดับสารออกฤทธิ์ andrographolide 5 ระดับ มาทดสอบอีกครั้งเพื่อทดแทนสารปฏิชีวนะในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต, การย่อยได้และการผลิตน้ำย่อย, สันฐานวิทยาของระบบลำไส้และคุณภาพซากในไก่เนื้อ ใช้ไก่เนื้อพันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ อายุ 1 วัน จำนวน 1,050 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยสุ่มไก่ออกเป็น 7 กลุ่มๆละ 6 ซ้ำๆละ 25 ตัว กลุ่มที่ 1 คือกลุ่ม NC กลุ่มที่ 2 ถึง 6 ได้รับอาหารเสริมสมุนไพรฟาทะลายโจรผงบดที่ให้ระดับ andrographolide 5(LA_5), 10(LA_{10}), 15(LA_{15}), 20(LA_{20}) หรือ 25(LA_{25}) ppm เปรียบเทียบกับการเสริมยาปฏิชีวนะคลอเตตราซัยคลิน (AGP-CTC, 20%) ที่ระดับ 60 ppm เมื่ออายุไก่ครบ 6 สัปดาห์ ไก่ทดลองทุกกลุ่มมีอัตราการเลี้ยงรอดเฉลี่ย 97.71% ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานการเลี้ยงไก่เป็นการค้า (295%) ปริมาณอาหารที่กินของไก่เนื้อทุกกลุ่มไม่มีผลแตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าการเสริมฟาทะลายโจรที่ให้ andrographolide เพิ่มขึ้นจาก 10 ppm จนถึง 25 ppm จะกระตุ้นการกินอาหารเพิ่มขึ้นจากกลุ่ม NC

และกลุ่ม CTC การเพิ่มน้ำหนักตัวของไก่เนื้อมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$) ไก่เนื้อทุกกลุ่มมีน้ำหนักตัวเพิ่มใกล้เคียงกันยกเว้นกลุ่ม NC และกลุ่มเสริมฟัทะลายโจรระดับต่ำสุด (LA_5) กลุ่มเสริมฟัทะลายโจร LA_{20} จะเพิ่มน้ำหนักตัวสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่าง ($P>0.05$) จากกลุ่ม CTC อัตราการแลกเนื้อให้ผลในทำนองเดียวกันกับการเพิ่มน้ำหนักตัว คือ อัตราการแลกเนื้อมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$) ไก่เนื้อทุกกลุ่มมีอัตราการแลกเนื้อใกล้เคียงกันยกเว้นกลุ่ม NC และกลุ่มเสริมสมุนไพรในระดับต่ำ (LA_5) PI ที่อายุ 42 วัน พบว่ามีผลแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$) ไก่กลุ่ม LA_{20} จะให้ค่า PI สูงที่สุด (218.08) รองลงมาคือกลุ่ม LA_{25} และกลุ่ม NC จะมีค่า PI ต่ำที่สุด ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวเพิ่มของไก่เนื้อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยไก่กลุ่ม LA_5 จะมีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่ม 1 กก. ต่ำที่สุด (23.10 บาท/กก.) ไก่เนื้อกลุ่ม NC จะสูงที่สุด (25.20 บาท/กก.) และกลุ่ม CTC มีต้นทุนสูงกว่ากลุ่มเสริมสมุนไพรทุกระดับยกเว้นที่ระดับ 25 ppm (LA_{25}) ในทำนองเดียวกันต้นทุนค่าอาหารจริงจะมีค่าต่ำสุด (24.19 บาท/กก.) กับไก่เนื้อที่เลี้ยงด้วยกลุ่ม LA_5 และกลุ่ม NC จะมีต้นทุนค่าอาหารจริงสูงที่สุด คือ 25.20 บาท

ผลการเสริมฟัทะลายโจรพบต่อคุณภาพซาก พบว่าเปอร์เซ็นต์ซากเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์ซากมีผลแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$) ไก่เนื้อกลุ่ม LA_{15} จะให้เปอร์เซ็นต์ซากแต่งสูงที่สุด (72.72%) กลุ่มไม่เสริมจะให้เนื้อที่น้อยที่สุด (69.14%) สำหรับเปอร์เซ็นต์เนื้ออก, สะโพก, น่อง, ปีก, หัวใจและตับไม่มีผลแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$)

ค่าของความหีนของซีรัมเมื่ออายุไก่ 21 และ 42 วัน พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่ม LA_{10} จะมีค่าความหีนของซีรัมสูงที่สุดเมื่อไก่อายุ 21 วัน และกลุ่ม CTC จะมีค่าความหีนของซีรัมสูงที่สุดเมื่อไก่อายุ 42 วัน และไก่กลุ่มเสริมฟัทะลายโจร LA_{20} จะมีค่าความหีนต่ำที่สุด (2.44) เมื่ออายุ 21 วัน และกลุ่มฟัทะลายโจร LA_{10} จะมีค่าความหีนของซีรัมต่ำที่สุดเมื่อไก่อายุ 42 วัน สำหรับลักษณะกายวิภาคของส่วนกระดูกซี่โครงถ้าใส่เล็กลงจะนุ่ม พบว่าความสูงของวิลโลมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่ม LA_{20} มีความยาวสูงสุด และกลุ่ม NC จะมีความยาวของวิลโลสั้นที่สุด สำหรับความลึกของคลิปปี้พบในทำนองเดียวกันแต่ไม่มีผลแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่ากลุ่ม LA_{20} จะมีความลึกของคลิปปี้สูงสุดและกลุ่ม NC จะมีความลึกน้อยที่สุด

ผลของการเสริมฟัทะลายโจรต่อการหลั่งของเอนไซม์อะไมเลส (amylase) และไลเปส (lipase) ตรงส่วนคูโอดินั้น พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มเสริมสมุนไพรฟัทะลายโจรที่ LA_{25} จะให้ค่าเอนไซม์ทั้งสองชนิด คืออะไมเลสและไลเปสสูงที่สุด การเสริมฟัทะลายโจรที่ระดับ 5 ถึง 25 ppm มีแนวโน้มจะกระตุ้นให้มีการหลั่งเอนไซม์ทั้งสองชนิดนี้เพิ่มขึ้นต่อระดับของ andrographolide ในอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไก่กลุ่ม NC

ผลการเสริมฟัทะลายโจรต่อการย่อยได้โภชนะต่างๆในไก่เนื้ออายุ 19-21 วันและ 30-32 วัน พบว่าไก่ให้ผลตอบสนองในทำนองเดียวกันทั้งสองช่วงอายุที่ทดสอบ การเสริมฟัทะลายโจรในอาหารจะมีผลต่อการย่อยได้ของสิ่งแห้งต่อสมุนไพรมากขึ้นในสูตรอาหาร ซึ่งมีผลแตกต่างกันในทางสถิติ ($P < 0.05$) ไก่เนื้อกลุ่ม NC ที่ทดสอบทั้งสองช่วงอายุจะมีการย่อยได้ของสิ่งแห้งต่ำที่สุดสำหรับกลุ่ม CTC พบว่าการย่อยได้ของสิ่งแห้งสูงกว่ากลุ่ม NC แต่จะมีค่าต่ำกว่าไก่เนื้อที่กินสมุนไพรรฟัทะลายโจรที่มี andrographolide สูงกว่า 20 ppm ในทำนองเดียวกันผลการย่อยได้ของโปรตีนและพลังงาน พบว่าให้ผลในทำนองเดียวกันกับการย่อยได้ของสิ่งแห้งทั้ง 2 ช่วงอายุ สำหรับการย่อยได้ของแคลเซียมและฟอสฟอรัส พบว่าไก่เนื้อทุกกลุ่มให้ผลการย่อยได้ทั้งของแคลเซียมและฟอสฟอรัสไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)

โครงการย่อยที่ 6 ผลของการใช้แกรนูลสารสกัดฟัทะลายโจรทดแทนสารปฏิชีวนะในอาหารต่อสมรรถนะการผลิต การย่อยได้ ภูมิคุ้มกัน และสุขภาพในลูกสุกรหย่านม

การศึกษาการใช้แกรนูลสารสกัดฟัทะลายโจรทดแทนสารปฏิชีวนะต่อสมรรถนะการผลิต การย่อยได้ ภูมิคุ้มกัน และสุขภาพในลูกสุกรหย่านม วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) ใช้ลูกสุกรทั้งหมด 96 ตัว ที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 7.4 กิโลกรัม โดยแบ่งเป็น เพศผู้ 48 ตัว และเพศเมีย 48 ตัว แบ่งการทดลองออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ตัว สุกรแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารอย่างสม่ำเสมอเพียง 1 สูตร ซึ่งจะมีกลุ่มที่ได้รับแกรนูลสารสกัดฟัทะลายโจรในอาหารที่ระดับ 0 (NC), 6 (A_6), 9 (A_9), 12 (A_{12}), 15 (A_{15}) ppm และกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารปฏิชีวนะประกอบด้วย colistin sulfate 120 ppm + chlortetracycline 200 ppm + tylosin phosphate and sulfamethazine 120 ppm (AGPs) พบว่าเมื่อลูกสุกรอายุ 9 สัปดาห์ กลุ่มที่ใช้ AGPs ในอาหารมีสมรรถนะการผลิตดีกว่า ($P < 0.05$) กลุ่ม NC และกลุ่ม A_6 , A_9 , A_{12} และ A_{15} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือลูกสุกรกลุ่ม AGPs มีน้ำหนักตัวเท่ากับ 28.37 กก. มากกว่า ($P < 0.05$) กลุ่ม NC, และกลุ่ม A_6 , A_9 , A_{12} และ A_{15} ที่มีค่าเท่ากับ 25.55, 24.34, 24.93, 25.11 และ 25.34 กก. ตามลำดับ มีน้ำหนักตัวที่เพิ่ม 20.80 กก. มากกว่า ($P < 0.05$) กลุ่ม NC และกลุ่ม A_6 , A_9 , A_{12} และ A_{15} ที่มีค่าเท่ากับ 17.89, 16.80, 17.37, 17.58 และ 17.77 กก. ตามลำดับ มีปริมาณการกินอาหาร 0.730 กก. มากกว่า ($P < 0.05$) กลุ่ม NC และกลุ่ม A_6 , A_9 , A_{12} และ A_{15} ที่มีค่าเท่ากับ 0.649, 0.624, 0.669, 0.667 และ 0.699 กก. ตามลำดับ มีอัตราการเจริญเติบโต 0.495 กก./ตัว/วัน มากกว่า ($P < 0.05$) กลุ่ม NC และกลุ่ม A_6 , A_9 , A_{12} และ A_{15} ที่มีค่าเท่ากับ 0.426, 0.400, 0.414, 0.419 และ 0.423 กก./ตัว/วัน ตามลำดับ มีอัตราการแลกเนื้อเท่ากับ 1.474 ซึ่งดีกว่า ($P < 0.05$) กลุ่ม A_9 , A_{12} และ A_{15} ที่มีค่าเท่ากับ 1.618, 1.596 และ 1.653 ตามลำดับ และดีกว่า ($P > 0.05$) กลุ่ม NC และกลุ่ม A_6 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.529 และ 1.563 เล็กน้อย และมีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่มี

แนวโน้มว่ากลุ่ม AGPs มีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงกว่า (3.012) กลุ่ม NC และกลุ่ม A₆, A₉, A₁₂ และ A₁₅ ที่มีค่าเท่ากับ 3.010, 2.895, 2.885, 2.878 และ 2.834 ตามลำดับ

สำหรับเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะ ลูกสุกรกลุ่ม A₆ และ A₉ มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของสิ่งแห้งเท่ากับ 89.14 และ 89.12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งดีกว่า (P<0.05) กลุ่ม AGPs และกลุ่ม A₁₂ ที่มีค่าเท่ากับ 87.22 และ 85.76 เปอร์เซ็นต์ และดีกว่า (P>0.05) กลุ่ม NC และกลุ่ม A₁₅ ที่มีค่าเท่ากับ 87.60 และ 88.34 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ลูกสุกรกลุ่ม A₆ มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีนเท่ากับ 84.99 ดีกว่า (P<0.05) กลุ่ม NC กลุ่ม A₁₂ และกลุ่ม AGPs ที่มีค่าเท่ากับ 81.45, 80.82 และ 82.42 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และดีกว่า (P>0.05) กลุ่ม A₉ และ A₁₅ ที่มีค่าเท่ากับ 83.58 และ 82.95 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของพลังงานในกลุ่ม A₆ เท่ากับ 90.47 ดีกว่า (P<0.05) กลุ่ม NC กลุ่ม A₁₂ และกลุ่ม AGPs ที่มีค่าเท่ากับ 88.54, 87.85 และ 88.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และดีกว่า (P>0.05) กลุ่ม A₉ และ A₁₅ ที่มีค่าเท่ากับ 90.09 และ 89.38 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่มีแนวโน้มว่ากลุ่ม A₉ มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมัน (78.17) ดีกว่ากลุ่ม NC กลุ่ม A₆, A₁₂, A₁₅ และกลุ่ม AGPs มีค่าเท่ากับ 75.65, 76.40, 73.98, 77.40 และ 76.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อาการท้องเสียของลูกสุกร กลุ่ม AGPs มีค่าคะแนนของอาการท้องเสียที่น้อยที่สุด 2.07 รองลงมาเป็นกลุ่ม A₆, A₁₅, A₁₂, A₉ และกลุ่ม NC ที่มีค่าคะแนนเท่ากับ 2.16, 2.42, 2.44, 2.45 และ 2.48 ตามลำดับ

ระดับภูมิคุ้มกันก่อนและหลังการให้วัคซีนอหิวาต์สุกร ไม่พบความแตกต่างของระดับ IgG และ HI titer จากการทดลองนี้การเสริมสารสกัดฟ้าทะลายโจรในอาหารในระดับที่ทำอาจ ไม่เพียงพอต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน โดยปริมาณ IgG หลังจากให้วัคซีนอหิวาต์สุกร 28 วัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่มีแนวโน้มว่า กลุ่ม AGPs มีปริมาณ IgG (32.671) มากกว่ากลุ่ม NC และกลุ่ม A₆, A₉, A₁₂ และ A₁₅ ที่มีค่าเท่ากับ 10.939, 14.909, 12.649, 15.582 และ 25.751 มก./มล. ระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคอหิวาต์สุกร (HI titer) หลังจากให้วัคซีนอหิวาต์สุกร 28 วัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 5.323, 5.108, 5.317, 5.577, 5.367 และ 5.622 log₂ TCID₅₀/ml ตามลำดับ

จากการทดลองนี้ สรุปได้ว่าระดับของการใช้แกรนูโลสารสกัดฟ้าทะลายโจรในอาหารที่มีแอนโดรกราโฟไลด์ 15 ppm ของอาหารไม่สามารถทดแทนสารปฏิชีวนะที่เสริมในอาหารลูกสุกรหย่านมในระดับรักษาโรค (therapeutic level) ได้ แต่ผลการทดลองแสดงแนวโน้มให้เห็นว่าระดับ andrographolide ที่ 15 ppm ของอาหารมีศักยภาพสูงที่จะใช้ทดแทนสารปฏิชีวนะที่เสริมในอาหารลูกสุกรหย่านมในระดับเร่งการเจริญเติบโต (growth promoting level) อย่างได้ผล

การใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทดแทนวัตถุเติมอาหารสังเคราะห์ ในอาหารไก่เนื้อและสุกรหย่านม

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาระดับการใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทดแทนวัตถุเติมอาหารสังเคราะห์ในอาหารไก่เนื้อและสุกรหย่านมเพื่อทดแทนยาปฏิชีวนะสำหรับเร่งการเจริญเติบโต (Antibiotic growth promoter, AGP) ควบคุมโรคบิด ป้องกันโรกระบบทางเดินหายใจ ท้องเสียและระบบภูมิคุ้มกันในสุกรหย่านมและไก่เนื้อ ตลอดจนการย่อยได้ การใช้ประโยชน์ของโภชนะ สมรรถนะการผลิตและคุณภาพซากของไก่เนื้อและสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกรหย่านม โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 6 การทดลองย่อย โดยการทดลองย่อยที่ 1 เป็นการเตรียมแกรนูลฟ้าทะลายโจรแล้วนำมาประเมินคุณภาพแกรนูล พบว่ามีค่า rephase angle 34.33 ซึ่งมากกว่า 30 องศา แสดงว่าแกรนูลที่เตรียมมีการไหลค่อนข้างดีและมีความสัมพันธ์กับ %compressibility (17.0) ซึ่งชี้ว่าการไหลเวียนแกรนูลในระดับดีและมีขนาดของแกรนูลเฉลี่ย 581.77 ไมครอน การทดลองที่ 2 และ 3 เป็นการทดสอบเบื้องต้น (Screening test) เพื่อหาระดับสารออกฤทธิ์สำคัญ andrographolide ที่เหมาะสมจากสารสกัดในรูปแกรนูลและผงบดของฟ้าทะลายโจรทดแทน AGP และยาควบคุมบิดในอาหารไก่เนื้อ ผลการทดลองโครงการย่อยที่ 2 (Screening test I) ให้ผลสมรรถนะการผลิตผันแปรสูงต่อระดับ andrographolide ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณของ andrographolide ในผลิตภัณฑ์สารสกัดไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้การตอบสนองในแง่ น้ำหนักตัว การกินอาหารและอัตราการแลกเนื้อผันแปรไม่สอดคล้องกับ dose response ที่ให้ ผลการทดลองในโครงการย่อยที่ 2 นี้ พบว่าอัตราการเลี้ยงรอด คือ ตั้งแต่ 93.18-100% มีค่าเฉลี่ย 96.39% ซึ่งไม่มีผลแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) ต่อทุกกลุ่มที่ทดสอบตลอดการทดสอบ 0-6 สัปดาห์ การเพิ่มน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กินและอัตราการแลกเนื้อ ไม่มีผลแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) ไก่เนื้อกินอาหารเสริมฟ้าทะลายโจรแกรนูลที่มี andrographolide 125 ppm (E_{125}) จะให้น้ำหนักสูงสุด ตามด้วยกลุ่ม CTC สำหรับการเสริมผงฟ้าทะลายโจรนั้น พบว่าการเสริมที่ระดับ 50 หรือ 100 ppm (P_{50} หรือ P_{100}) จะมีน้ำหนักทัดเทียมกับกลุ่มเสริมยาต้านบิดแต่ดีกว่ากลุ่มควบคุมลบ (NC) อัตราการแลกเนื้อ พบว่า การเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรทั้งสองชนิดมีอัตราการแลกเนื้อดีกว่ากลุ่ม CTC เล็กน้อยและมีแนวโน้มที่จะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อระดับการเสริมเพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร สำหรับคุณภาพซาก (น้ำหนักซาก เปอร์เซนต์ซากแตง น้ำหนักเนื้ออก เนื้อสะโพกและเนื้อน่อง) เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับกลุ่ม CTC พบว่า คุณภาพซากของไก่เสริมฟ้าทะลายโจรทั้งสองชนิดเพิ่มสูงขึ้นกว่ากลุ่ม CTC แบบโค้งกำลังสอง ($P_{quad}<0.05$) หรือ โค้งกำลังสี่ ($P_{quart}<0.05$) สูงกว่ากลุ่ม NC, AVA (เสริมยาต้านบิด) และกลุ่ม CTC การเสริมสมุนไพรสารสกัดฟ้าทะลายโจรมีผลทำให้น้ำหนักไขมันช่องท้องทัดเทียมกับกลุ่ม CTC ผลการเสริมผลิตภัณฑ์

สมุนไพรฟ้าทะลายโจรต่ออวัยวะภายใน พบว่าน้ำหนักตับเพิ่มขึ้นกับระดับของ andrographolide แบบโค้งกำลังสอง คือ เพิ่มสูงสุดที่ระดับ 125 ppm แล้วลดลง ในขณะที่ต่อมเบอร์ด์ชา (bursa) ม้าม กระเพาะและก้นไม่เปลี่ยนแปลงชัดเจน ผลของการใช้สมุนไพรต่อระบบภูมิคุ้มกัน โรคนิวคาสเซิล (ND) และโรคหลอดลมอักเสบ (IBD) ไม่ว่าจะอยู่ในรูปสารสกัดหรือผงบดไม่มีผลต่อ HI-titer ที่ตอบสนองต่อวัคซีน ND จากกลุ่ม NC ไม่ว่าจะตรวจหลังให้วัคซีน 14 หรือ 21 วัน ในทำนองเดียวกันก็ไม่มีผลตอบสนองต่อโรค IBD ต่อฟ้าทะลายโจรในอาหารเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาอีกครั้งในโครงการย่อยที่ 3 โดยใช้ผลิตภัณฑ์แกรนูลสารสกัดใหม่ที่ปลดปล่อยสารออกฤทธิ์เร็วในอาหารไก่เนื้ออีกครั้ง (Screening test II) พบว่าน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กินและอัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้อที่กินอาหารเสริมฟ้าทะลายโจรทั้ง 2 รูปแบบไม่แตกต่างจากกลุ่ม CTC แต่จะมีสมรรถนะการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่ม NC ดัชนีการผลิต (Productive Index, PI) ของไก่กลุ่มกินอาหารเสริมแกรนูลสารสกัดมีค่าเทียบเท่ากับกลุ่ม CTC (332.44 vs 335.60) ในขณะที่กลุ่มกินอาหารเสริมผงบดเทียบได้กับกลุ่ม NC (325.06 vs 323.20) เมื่อพิจารณาผลการตอบสนองรายกลุ่มทดลอง ไก่กลุ่มกินอาหารเสริมแกรนูลสารสกัดที่ระดับ andrographolide ตั้งแต่ 12.5 ppm ขึ้นไป และกลุ่มเสริมผงบดที่ระดับ andrographolide 25.0 ppm ขึ้นไป มีสมรรถนะการผลิตสูงกว่ากลุ่มควบคุมทั้งสอง และถือได้ว่าเป็นระดับที่เหมาะสมในการใช้ผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรทดแทนสารปฏิชีวนะ CTC ในอาหารไก่เนื้อ เมื่อพิจารณาผลการตอบสนองเชิงสมรรถนะการผลิตของไก่เนื้อต่อการเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรทดแทนยาปฏิชีวนะเสริมอาหารแล้วพบว่า การเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรในอาหารไก่เล็กอายุ 0-3 สัปดาห์ที่ระดับ andrographolide จากแกรนูลสารสกัด 12.50 ppm หรือ 25.0 ppm จากผงบดให้ผลดีที่สุด ช่วงไกรุ่น-ขุน อายุ 3-6 สัปดาห์ ระดับการเสริมที่ให้ผลดีคือระดับที่ให้ andrographolide ในอาหาร 12.50 ppm ขึ้นไป โดยจะเสริมในรูปแบบแกรนูลสารสกัดหรือในรูปของผงบดก็ได้ ผลของการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อคุณภาพซากของไก่เนื้อพบว่า น้ำหนักซากของไก่เนื้อทดลองค่อนข้างสม่ำเสมอ เปอร์เซ็นต์ซากแต่งของไก่ทดลองไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) การเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักเนื้ออกของไก่เนื้อทั้งสองรูปแบบมีน้ำหนักชิ้นส่วนเนื้ออกเฉลี่ย ไม่แตกต่าง ($P>0.05$) จากกลุ่ม NC และกลุ่ม CTC ไก่กลุ่มที่กินอาหารเสริมฟ้าทะลายโจรทั้งสองรูปแบบที่ระดับ andrographolide 25.0 ppm มีน้ำหนักเนื้ออก มากกว่า ($P<0.05$) กลุ่ม CTC และกลุ่มเสริมผงบด 75 ppm แต่ไม่แตกต่าง ($P>0.05$) จากกลุ่มอื่น ๆ การเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักเนื้อสะโพก เนื้อน่องและเนื้อปีก เทียบกับกลุ่ม NC และกลุ่ม CTC แต่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) การเสริมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรต่อน้ำหนักไขมันในช่องท้อง พบว่าไก่เนื้อกลุ่มกินอาหารเสริมแกรนูลสารสกัด กลุ่มกินอาหารเสริมผงบด ไม่แตกต่าง ($P>0.05$) จากกลุ่ม NC และกลุ่ม CTC ผลของการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักอวัยวะภายในหลักของไก่เนื้อ พบว่าน้ำหนักตับของไก่กลุ่มกินอาหารเสริม CTC มีน้ำหนักสูงที่สุด ตามมา

ด้วยกลุ่มที่กินอาหารเสริมแกรนูลสารสกัด กลุ่มกินอาหารเสริมผงบด และกลุ่ม NC เหลือต่ำสุด ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับกลุ่ม CTC พบว่าเมื่อระดับของ andrographolide ในอาหารเพิ่มขึ้น น้ำหนักตัวของไก่ทดลองจะลดลงจากของกลุ่ม CTC ในรูปของสมการเส้นตรง ($P_{\text{line}} < 0.05$) และโค้งยกกำลังสาม ($P_{\text{cub}} < 0.05$) ไม่ว่า andrographolide จะมาจากแกรนูลสารสกัดหรือผงบด สำหรับน้ำหนักของต่อมเบอรัชา ไก่ที่กินอาหารเสริมผงบดมีน้ำหนักเบอรัชา ใกล้เคียงกับกลุ่ม NC แต่สูงกว่า ($P > 0.05$) กลุ่มเสริมแกรนูลสารสกัด และกลุ่ม CTC ผลของระดับ andrographolide ในอาหารต่อน้ำหนักของม้าม พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของม้าม ไก่เนื้อที่กินอาหารเสริม CTC สูงกว่าม้ามของไก่กลุ่ม NC กลุ่มกินอาหารเสริมแกรนูลสารสกัด และกลุ่มเสริมผงบด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในทำนองเดียวกับ น้ำหนักของกระเพาะแท้ (Proventriculus) และกึ้นของไก่เนื้ออายุ 42 วัน พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของกระเพาะแท้และกึ้นของไก่กลุ่ม NC กลุ่ม CTC กลุ่มเสริมแกรนูลสารสกัด และกลุ่มเสริมผงบด ใกล้เคียงกันมากไม่มีผลแตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$)

โครงการย่อยที่ 4 ประเมินผลของการเสริมแกรนูลสารสกัดสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหาร ต่อสมรรถนะการผลิต คุณภาพเนื้อ และภูมิคุ้มกันในไก่เนื้อ 7 กลุ่มคือกลุ่ม NC กลุ่มแกรนูลสารสกัดฟ้าทะลายโจรที่มี andrographolide 5 (A_5), 10 (A_{10}), 15 (A_{15}), 20 (A_{20}) หรือ 25 (A_{25}) ppm และกลุ่ม CTC ที่ระดับ 60 ppm พบว่าเมื่ออายุไก่ครบ 6 สัปดาห์ อัตราการเลี้ยงรอดเฉลี่ย 98.97% ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว และอัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้อทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน ค่า PI ที่อายุ 42 วัน ของไก่กลุ่ม A_{10} มีค่าสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ ($P > 0.05$) สำหรับคุณภาพเนื้อ พบว่า เปอร์เซ็นต์ซากของไก่ทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) การสูญเสียน้ำในเนื้อที่เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ของทุกกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าเนื้ออกของไก่กลุ่มที่เสริมสารสกัดฟ้าทะลายโจรทุกกลุ่มมีการสูญเสียน้ำหลังจากเก็บไว้นาน 48 ชั่วโมงน้อยกว่ากลุ่ม NC และด้านความหืนของเนื้อที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4°C นาน 0, 5, 10, 15 และ 20 วันของทุกกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ยกเว้นเนื้อที่ทำการเก็บรักษานาน 5 วัน พบว่า กลุ่ม A_{15} มีความหืน ต่ำที่สุดและต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P < 0.05$) แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 10-20 วัน ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ค่าโลหิตวิทยาและการตอบสนองต่อความเครียด พบว่า ค่าฮีมาโตคริตของไก่ทุกกลุ่มทดลองและทุกช่วงการเจาะเลือดก่อนและหลังให้วัคซีน ND และ IBD ติดต่อ 14 และ 35 วัน (อายุ 7, 21 และ 42 วัน) ให้ผลไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) และที่อายุ 42 วัน มีค่าพิสัยตั้งแต่ 28.08- 29.48% ค่าสัดส่วนเม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลต่อเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ในด้านภูมิคุ้มกัน พบว่าระดับ HI-titer สำหรับ ND และ IBD ของไก่ทดลองแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ส่วนระดับอิมมูโนโกลบูลิน ชนิดจี (IgG) ในซีรัม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยกลุ่ม A_{15} มีค่า IgG เมื่ออายุ 42 วัน สูงที่สุด สำหรับลักษณะทางกายวิภาคของส่วนดูดซึมของลำไส้เล็กส่วนเจจูนัม พบว่า ความสูงของวิลไล ไม่มีความแตกต่างกัน

($P>0.05$) แต่ความลึกของครีปีมีความแตกต่างกัน ($P<0.01$) มีแนวโน้มว่า กลุ่ม A_{10} มีความสูงของวิลไลมากที่สุด สรุปผลจากการทดลอง พบว่าระดับของแกรนูโลซาร์สกัดฟัทะเลลายโจรที่เหมาะสมในการทดแทน AGP-CTC เสริมอาหารไก่เนื้อคือ ระดับที่ให้ andrographolide 10 ppm สำหรับโครงการย่อยที่ 5 ได้ทำการทดลองขึ้นเพื่อศึกษาการเสริมฟัทะเลลายโจรผงบดที่มีสารสกัดฟัทะเลลายโจรที่ควบคุมระดับสารออกฤทธิ์ andrographolide 5 ระดับ 5 (LA_5), 10 (LA_{10}), 15 (LA_{15}), 20 (LA_{20}) หรือ 25 (LA_{25}) ppm ทดสอบอีกครั้งเพื่อทดแทนสารปฏิชีวนะในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต, การย่อยได้และการผลิตน้ำย่อย, สันฐานวิทยาของระบบลำไส้และคุณภาพซากในไก่เนื้อ เปรียบเทียบกับการเสริมยาปฏิชีวนะคลอเตตราซัยคลีน (AGP-CTC, 20%) ที่ระดับ 60 ppm เพื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารสกัดแกรนูโลฟัทะเลลายโจรในโครงการย่อยที่ 4 เมื่ออายุไก่ครบ 6 สัปดาห์ ไก่ทดลองทุกกลุ่มมีอัตราการเลี้ยงรอดเฉลี่ย 97.71% ปริมาณอาหารที่กินของไก่เนื้อทุกกลุ่มไม่มีผลแตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าการเสริมฟัทะเลลายโจรที่ให้ andrographolide เพิ่มขึ้นจาก 10 ppm จนถึง 25 ppm จะกระตุ้นการกินอาหารเพิ่มขึ้นจากกลุ่ม NC และกลุ่ม CTC การเพิ่มน้ำหนักตัวของไก่เนื้อไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ไก่เนื้อทุกกลุ่มมีน้ำหนักตัวเพิ่มใกล้เคียงกันยกเว้นกลุ่ม NC และกลุ่มเสริมฟัทะเลลายโจรระดับต่ำสุด (LA_5) กลุ่มเสริมฟัทะเลลายโจร LA_{20} จะมีน้ำหนักตัวสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่าง ($P>0.05$) จากกลุ่ม CTC อัตราการแลกเนื้อให้ผลในทำนองเดียวกันกับการเพิ่มน้ำหนักตัว ไก่เนื้อทุกกลุ่มมีอัตราการแลกเนื้อใกล้เคียงกันยกเว้นกลุ่ม NC และกลุ่มเสริมสมุนไพรในระดับต่ำ (LA_5) ค่า PI ที่อายุ 42 วัน พบว่ามีผลแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$) ไก่กลุ่ม LA_{20} จะให้ค่า PI สูงที่สุด รองลงมาคือกลุ่ม LA_{25} และกลุ่ม NC จะมีค่า PI ต่ำที่สุด ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวเพิ่มของไก่เนื้อมีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) โดยไก่กลุ่ม LA_5 จะมีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่ม 1 กก. ต่ำที่สุด ไก่เนื้อกลุ่ม NC จะสูงสุด และกลุ่ม CTC มีต้นทุนสูงกว่ากลุ่มเสริมสมุนไพรทุกระดับยกเว้นที่ระดับ 25 ppm (LA_{25}) ในทำนองเดียวกันต้นทุนค่าอาหารจริงจะมีค่าต่ำสุด กับไก่เนื้อที่เลี้ยงด้วยกลุ่ม LA_5 และกลุ่ม NC จะมีต้นทุนค่าอาหารจริงสูงที่สุด คือ 25.20 บาท เพอร์เซนต์ซากเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่ามีผลแตกต่างกัน ($P<0.05$) ไก่เนื้อกลุ่ม LA_{15} จะให้เปอร์เซนต์ซากแต่งสูงที่สุด กลุ่มไม่เสริม (NC) จะให้น้อยที่สุด สำหรับเปอร์เซนต์เนื้ออก, สะโพก, น่อง, ปีก, หัวใจและตับไม่มีผลแตกต่างกัน ($P>0.05$) ค่าของความหืนของชีร์มเมื่ออายุไก่ 21 และ 42 วัน พบว่ามีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) โดยกลุ่ม LA_{10} จะมีค่าความหืนของชีร์มสูงที่สุดเมื่อไก่อายุ 21 วัน และกลุ่ม CTC จะมีค่าความหืนของชีร์มสูงที่สุดเมื่อไก่อายุ 42 วัน และไก่กลุ่มเสริมฟัทะเลลายโจร LA_{20} จะมีค่าความหืนต่ำที่สุด เมื่ออายุ 21 วัน และกลุ่มฟัทะเลลายโจร LA_{10} จะมีค่าความหืนของชีร์มต่ำที่สุดเมื่อไก่อายุ 42 วัน สำหรับลักษณะกายวิภาคของส่วนคูดซึมของลำไส้เล็กส่วนเจจูนัม พบว่าความสูงของวิลไลไม่มีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) โดยกลุ่ม LA_{20} มีความยาวสูงสุด และกลุ่ม NC จะมีความยาวของวิลไลสั้นที่สุด สำหรับความลึกของคลิปีพบในทำนองเดียวกันแต่ไม่มีผลแตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่ากลุ่ม LA_{20} จะมีความลึกของคลิปี

สูงสุดและกลุ่ม NC จะมีความลึกน้อยที่สุด ผลของการเสริมฟัทะลายโจรต่อการหลังของเอนไซม์อะไมเลสและไลเปสตรงส่วนดูโอดีนัม พบว่ามีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) โดยกลุ่มเสริมสมุนไพรฟัทะลายโจรที่ LA_{25} จะให้ค่าเอนไซม์ทั้งสองชนิด คืออะไมเลสและไลเปสสูงที่สุด การเสริมฟัทะลายโจรที่ระดับ 5 ถึง 25 ppm มีแนวโน้มจะกระตุ้นให้มีการหลังเอนไซม์ทั้งสองชนิดนี้เพิ่มขึ้นต่อระดับของ andrographolide ในอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไก่กลุ่ม NC ผลการเสริมฟัทะลายโจรต่อการย่อยได้โภชนะต่างๆในไก่เนื้ออายุ 19-21 วันและ 30-32 วัน พบว่าไก่ให้ผลตอบสนองในทำนองเดียวกันทั้งสองช่วงอายุที่ทดสอบ การเสริมฟัทะลายโจรในอาหารจะมีผลต่อการย่อยได้ของสิ่งแห้งต่อสมุนไพรที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ซึ่งมีผลแตกต่างกัน ($P<0.05$) ไก่เนื้อกลุ่ม NC ที่ทดสอบทั้งสองช่วงอายุจะมีการย่อยได้ของสิ่งแห้งต่ำที่สุด สำหรับกลุ่ม CTC พบว่าการย่อยได้ของสิ่งแห้งสูงกว่ากลุ่ม NC แต่จะมีค่าต่ำกว่าไก่เนื้อที่กินสมุนไพรฟัทะลายโจรที่มี andrographolide สูงกว่า 20 ppm ในทำนองเดียวกันผลการย่อยได้ของโปรตีนและพลังงาน พบว่าให้ผลในทำนองเดียวกันกับการย่อยได้ของสิ่งแห้งทั้ง 2 ช่วงอายุ สำหรับการย่อยได้ของแคลเซียมและฟอสฟอรัส พบว่าไก่เนื้อทุกกลุ่มให้ผลการย่อยได้ทั้งของแคลเซียมและฟอสฟอรัสไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

โครงการย่อยที่ 6 เน้นการศึกษาการใช้แกรนูโลสารสกัดฟัทะลายโจรทดแทนสารปฏิชีวนะต่อสมรรถนะการผลิต การย่อยได้ภูมิคุ้มกัน และสุขภาพในลูกสุกรหย่านม แบ่งการทดลองออกเป็น 6 กลุ่ม สุกรแต่ละกลุ่มจะได้รับแกรนูโลสารสกัดฟัทะลายโจรในอาหารที่ระดับ 0 (NC), 6 (A_6), 9 (A_9), 12 (A_{12}), 15 (A_{15}) ppm และกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารปฏิชีวนะประกอบด้วย colistin sulfate 120 ppm + chlortetracycline 200 ppm + tylosin phosphate and sulfamethazine 120 ppm (AGPs) พบว่า เมื่อลูกสุกรอายุ 9 สัปดาห์ กลุ่มที่ใช้ AGPs ในอาหารมีสมรรถนะการผลิต (น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น, ปริมาณการกินอาหาร, อัตราการเจริญเติบโต) ดีกว่า ($P<0.05$) กลุ่ม NC และกลุ่ม A_6 , A_9 , A_{12} และ A_{15} ตามลำดับ มีอัตราการแลกเนื้อดีกว่า ($P<0.05$) กลุ่ม A_9 , A_{12} และ A_{15} ตามลำดับ และดีกว่า ($P>0.05$) กลุ่ม NC และกลุ่ม A_6 เล็กน้อยและมีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่ากลุ่ม AGPs มีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงกว่ากลุ่ม NC และกลุ่ม A_6 , A_9 , A_{12} และ A_{15} ตามลำดับ สำหรับเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะ ลูกสุกรกลุ่ม A_6 และ A_9 มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของสิ่งแห้งดีกว่า ($P<0.05$) กลุ่ม AGPs และกลุ่ม A_{12} และดีกว่า ($P>0.05$) กลุ่ม NC และกลุ่ม A_{15} ตามลำดับ ลูกสุกรกลุ่ม A_6 มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน ดีกว่า ($P<0.05$) กลุ่ม NC กลุ่ม A_{12} และกลุ่ม AGPs ตามลำดับ และดีกว่า ($P>0.05$) กลุ่ม A_9 และ A_{15} เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของพลังงานในกลุ่ม A_6 ดีกว่า ($P<0.05$) กลุ่ม NC กลุ่ม A_{12} และกลุ่ม AGPs ตามลำดับและดีกว่า ($P>0.05$) กลุ่ม A_9 และ A_{15} เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมันไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่ากลุ่ม A_9 มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมันดีกว่ากลุ่ม NC กลุ่ม A_6 , A_{12} , A_{15} และกลุ่ม AGPs ตามลำดับ อาการท้องเสียของลูกสุกร กลุ่ม AGPs มีค่าคะแนนของอาการท้องเสียที่น้อยที่สุด รองลงมาเป็นกลุ่ม A_6 , A_{15} , A_{12} , A_9 และ

กลุ่ม NC ตามลำดับ สำหรับระดับภูมิคุ้มกันก่อนและหลังการให้วัคซีนอหิวาต์สุกร ไม่พบความแตกต่างของระดับ IgG และ HI titer จากการทดลองนี้การเสริมสารสกัดฟ้าทะลายโจรในอาหารในระดับที่ทดสอบอาจไม่เพียงพอต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน โดยปริมาณ IgG หลังจากให้วัคซีนอหิวาต์สุกร 28 วัน ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่า กลุ่ม AGPs มีปริมาณ IgG มากกว่า กลุ่ม NC และกลุ่ม A₆, A₉, A₁₂ และ A₁₅ ระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคอหิวาต์สุกร (HI titer) หลังจากให้วัคซีนอหิวาต์สุกร 28 วันไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) จากการทดลองนี้ สรุปได้ว่าระดับของการใช้เกรนูลสารสกัดฟ้าทะลายโจรในอาหารที่มี andrographolide 15 ppm ของอาหารไม่สามารถทดแทนสารปฏิชีวนะที่เสริมในอาหารลูกสุกรหย่านมในระดับรักษาโรค (therapeutic level) ได้ แต่ผลการทดลองแสดงแนวโน้มให้เห็นว่าระดับ andrographolide ที่ 15 ppm ของอาหารมีศักยภาพสูงที่จะใช้ทดแทนสารปฏิชีวนะที่เสริมในอาหารลูกสุกรหย่านมในระดับเร่งการเจริญเติบโต (growth promoting level) อย่างได้ผล

The substitution of andrographis (*Andrographis paniculata* (Burm f.) Nees) for synthetic feed additives in broiler and post-weaning pig rations

Abstract

This study were aimed to evaluate the effects of substituting levels of both granulated (*Andrographis paniculata*) crest extract and power of crest for antibiotic on growth performance, anticoccidial, prevention respiratory, enteritic diseases and immune enhancer in weaning pigs and broilers and also nutrient digestibility and utilization, growth performance in weaning pigs and carcass quality in broilers. Six experiments were conducted. The first experiment, preparation granulated crest extract in a form of synthetic feed additive. The result of evaluation granulated extract (Experiment 1) showed the angle of repose 34.33 degree which over more than 30 degree with good quality of granulated product and relation with percentage compressibility (17.0) showing good flowing ability with 581.77 μm in particle size. Experiment 2 and 3 were conducted on screening test on levels of active ingredient of andrographolide in both granulated extract and powder of crest for replacement of antibiotic growth promoter (AGP) and anticoccidial control in broiler diets. The results from Screening Test I (Experiment 2) showed variable effects of broiler performance on the levels of andrographolide inclusion in the diets which may be causing by the certain level of andrographolide distribution in the finish of granulated product were not response on dose usage in the test diets on body weight, feed consumption and feed conversion ratio. The result of the Experiment 2 revealed that the survival rate were 93.18-100% with the average 96.36% and were not significant different ($P>0.05$) among treatments for the whole period 0-6 week of testing. Body weight gain, feed consumption and feed conversion ratio of all treatments were not significantly different ($P>0.05$). The broilers on granulated andrographolide 125 ppm (E_{125}) had the highest body weight and follow by the CTC test group. For the broilers with the powder crest groups showed that the broilers on 50 or 100 ppm (P_{50} or P_{100}) had body weight comparable to the broilers on anticoccidial diet (AVA) but better than the negative control (NC) group. Broilers on the both andrographolide test products showed better feed conversion ratio more than the CTC group and tended high efficiency with the higher levels of inclusion rate in the diets. For the carcass quality (carcass weight, percentage of eviscerated, breast meat, leg meat, thigh and drumstick) when compared with CTC group showed

remarkable improvement of carcass quality with broilers in quadratic response ($P_{\text{quad}} < 0.05$) or quarteric response ($P_{\text{quart}} < 0.05$) higher than NC, AVA and CTC groups. Supplementation crest extract in the broiler diets showed the abdominal fat weight comparable with the CTC group. Supplementation of crest products in broiler diets on internal organs showed remarkable increased in liver weight with the increasing of andrographolide on quadratic response with the highest at 125 ppm and then decreased but bursa gland, spleen and gizzard revealed no difference. Addition of crest products for immune response on ND and IBD with crest extract or powder showed no response on HI-Titer with ND vaccination for NC group at 14 or 21 days of age and IBD showed the same responses on the levels of crest addition. Therefore the Experiment 3 was conducted again by using new granulated crest extract (Experiment I) which fast release active ingredients in broiler diets (Screening Test II). The results revealed that body weight gain, feed consumption and feed conversion ratio of broilers fed with both crest products were not different from CTC group but growth performance showed better than the NC group. Productive index (PI) of broilers fed with granulated crest extract showed comparable to the NC group (332.44 vs 335.60). Broilers fed with crest powder groups were comparable with the NC group (325.06 vs 323.20). When compared on each group, broilers fed with granulated crest extract with andrographolide from above 12.5 ppm and broilers fed with crest powder above 25 ppm showed better performance more than both the control groups which indicated that this levels were proper and possible to replace CTC in broiler diets. For the net profits return on the best productive performance of broilers during 0-3 wks of age by using granulated crest extract or crest powder at the level of andrographolide 12.5 ppm or 25 ppm and during 3-6 wks of age at the level of andrographolide 12.5 ppm with both granulated crest extract or powder for replacement AGPs. Supplementation of both crest products in broiler diets showed benefits performance in carcass uniformity quality on percentage of eviscerated but no difference among treatment groups ($P > 0.05$) on percentage of breast meat when compared with NC and CTC groups. When compared with CTC group, supplementation with andrographolide 25 ppm in the form of granulated crest extract or powder showed higher ($P < 0.05$) percentage of breast meat than the CTC group and 75 ppm powder fed group but no difference ($P > 0.05$) from the other groups. Supplementation of crest products showed no difference ($P > 0.05$) on percentage of thigh, drumstick and wing when compared with NC and CTC groups. Supplementation with both granulated crest extract and powder in broiler diets showed the abdominal fat weight comparable ($P > 0.05$) with NC and CTC

groups. Supplementation of crest products in the broiler diets on internal organs showed the highest liver weight for the CTC groups followed by broilers fed with granulated crest extract, crest powder and NC groups showed the lowest with difference effects ($P < 0.05$) on each treatment group. When compared with CTC group, increasing levels of andrographolide in the diets showed decreasing linear ($P_{lin} < 0.05$) and cubic ($P_{cub} < 0.05$) response on granulated crest extract or powder. For the weight of bursa gland, broilers fed with crest powder had the weight of bursa gland comparable with the NC group but higher ($P < 0.05$) than the broilers fed with granulated crest extract and the CTC group. Levels of andrographolide addition in broiler diets showed effects ($P < 0.05$) on the weight of spleen. Broilers fed with the CTC group revealed higher ($P < 0.05$) weight of spleen when compared with the NC group and both with the granulated crest extract and powder. In the same trend, the weight of proventriculus and gizzard at 42-d of age showed no difference ($P > 0.05$) effect on weight gain among treatment groups, Experiment 4 was aimed to evaluate the effect of dietary supplementation of granulated crest extract on growth performance, meat quality and immune status of broilers in a 7 treatments with supplemented crest extract providing andrographolide at 0(NC), 5(A_5), 10(A_{10}), 15(A_{15}), 20(A_{20}) or 25(A_{25}) ppm or with AGP-CTC (15%) at 60 ppm. It was found that the survival rate of experimental chicks was 98.97%. Consequently, feed intake, body weight gain and feed conversion ratio of all treatment groups were not different. Furthermore, the A_{10} had the highest productive index (PI), nonsignificantly higher than the rests ($P > 0.05$). Dietary andrographolide had nonsignificant effects on breast meat quality as compared to that the CTC group. Drip loss of the breast meat of the 42-day-old andrographis broilers, after being chilled at 4°C for 48 hr, tended to be less ($P > 0.05$) than that of the NC group. Thiobarbituric acid reactive substance (TBARs) values of the meat after chilling for 0, 5, 10, 15 or 20 days were not significantly different ($P > 0.05$) among treatments, except only those that chilled for 5 days, of which the A_{15} - TBARs value was the lowest and significantly lower ($P < 0.05$) than those of the NC, A_{25} or CTC groups. At the longer chilling periods, no significant difference in TBARs value was observed. Hematocrit or heterophil/lymphocyte ratios were not significantly different among treatments at all bleeding periods (prior to or 14 and 35 days after ND, IB vaccination). In term of immunostimulating effect, the results showed that the serum ND, IB HI titer and immunoglobulin G (IgG) were not significantly changed ($P > 0.05$) and were not significantly different among treatments. Height of jejunal villi of the A_{10} broilers was the highest ($P > 0.05$) as compared to the rests. In conclusion,

the results of the study suggested that andrographolide from granulated crest extract at 10 ppm could successfully replace chlortetracycline at 60 ppm of broiler rations. For Experiments 5 was aimed to evaluated the effect of dietary supplement of crest powder containing andrographolide 5 levels: 5 (LA₅), 10 (LA₁₀), 15 (LA₁₅), 20 (LA₂₀) or 25 (LA₂₅) ppm on growth performance, nutrients digestibility and enzyme secretion, small intestinal development and meat quality compared with CTC with 60 ppm group for confirmation the use of granulated crest extract in Experiments 4. It was revealed at 6 weeks of age that the survival rate of experiment chicks was average 97.71%. Feed intake of all treatment groups were not significantly different ($P>0.05$) but trended to stimulated feed intake increased with increasing the levels of andrographolide from 10 ppm to 25 ppm compared with NC and CTC groups. Body weight gain were not significant different ($P>0.05$). Broilers from each group had body weight gain equally except for NC and low inclusion rate of crest (LA₅). Group fed with LA₂₀ showed the highest body weight but no difference ($P>0.05$) when compared with CTC groups. Feed conversion ratio showed the same trend as body weight gain with equal feed conversion ratio exception for NC and the lowest level of crest inclusion (LA₅), FI at 42 days of age were significantly different ($P<0.05$) among treatments. Broilers group LA₂₀ had the highest FI follow by group LA₂₅ and NC group had the lowest. Feed cost per body weight gain were significantly different ($P<0.05$). The LA₅ group had the lowest, the NC group had the highest and the CTC group was higher feed cost per body weight gain than all the levels of crest fed groups except at the level 25 ppm (LA₂₅). In the same trend the real feed cost of the lowest group was the LA₅ and the NC group had the highest. Dressing percentage at termination showed differently effect ($P<0.05$) among treatments. The LA₁₅ group had the highest, the NC group had the lowest. Percentage of breast meat, thigh, drumstick, wing, heart and liver were not significant difference ($P>0.05$). TBARs value of the serum at 21 and 42 days of age were significantly different ($P<0.05$). Group LA₁₀ was the highest at 21 days of age and group CTC was the highest at 42 days of age. Group LA₂₀ was the lowest at 21 days of age and group LA₁₀ was the lowest at 42 days of age. For the morphology of small intestine for absorption for jejunum showed that the hight of villi were significantly different ($P<0.05$) among treatments. Group LA₂₀ was the longest and group NC was the shortest. In the same trend, the depth of the crypt were not significantly different ($P>0.05$) among treatments but the depth of the crypt of the LA₂₀ group was the longest and the NC group was the shortest. Supplementation of crest in the broiler diets stimulated secretion of enzyme amylase and lipase

secretion of duodenum. The both enzyme amylase and lipase of the LA₂₅ were the highest. The broilers fed with 5 to 25 ppm andrographolide showed trended to stimulate secretion of enzyme with the increasing levels of andrographolide in the diets when compared with the NC group. Addition of crest in the diets showed effects on nutrients digestibility in broilers during 19-21 and 30-32 days of age. The responses of during these two periods were in the same trended, addition of crest in the broiler diets showed increase in dry matter digestibility ($P<0.05$). The NC group showed both two periods the lowest in dry matter digestibility. For the CTC group found that dry matter digestibility was higher than the NC group but lower than the andrographolide groups added higher than 20 ppm. Crude protein and energy digestibility were also followed the same trend as dry matter digestibility for both two periods of testing. No difference effects ($P>0.05$) on calcium and phosphorus were observed among the treatments. Experiment 6 was aimed to evaluate the effect of substituting granulated crest extract for antibiotic on growth performance, nutrient digestibility, immunity and health of weaning pigs with 6 experimental diets containing andrographis extract at 0, 6, 9, 12 or 15 ppm and a positive control containing a mixed antibiotic growth promoter (AGPs-120 ppm colistin sulfate + 200 ppm chlortetracycline + 120 ppm tylosin phosphate and sulfamethazine). It was found that the AGP piglets had significantly ($P<0.05$) better growth performance than the NC and A₆, A₉, A₁₂ and A₁₅ piglets. Concomitantly, body weight gain (BWG) and average daily gain (ADG) of the AGP piglets were significantly higher ($P<0.05$) than those of the rests. Feed intake (FI) was similarly different. Feed conversion ratios (FCR) of the AGP piglets was significantly more efficient than those fed the A₉, A₁₂ and A₁₅ dietary andrographis extract. Protein efficiency ratio of the AGP piglets was slightly more efficient than those of the control and the andrographis extract groups. Digestibilities of dry matter of the piglets fed 6 and 9 ppm dietary andrographis extract groups were higher ($P<0.05$) than those of the AGPs group and those of the A₁₂ piglets but not significantly higher ($P>0.05$) than those of the NC and of the A₁₅ piglets. Crude protein digestibility of the A₆ piglets was higher ($P<0.05$) than those of the control, the A₁₂ and the AGPs, but nonsignificantly higher ($P>0.05$) than those of the A₉ and A₁₅ groups. Energy digestibility of the A₆ piglets was higher ($P<0.05$) than those of the NC, the A₁₂ and the AGPs, but nonsignificantly higher ($P>0.05$) than those of the A₉ and A₁₅ groups. Fat digestibility of the A₉ piglets was slightly higher ($P>0.05$) than those of the NC, the A₆, A₁₂, A₁₅ and the AGPs groups. Diarrhoea score, estimated by feces characteristics, of the AGP piglets was slightly better ($P>0.05$) than those of the piglets fed 6, 15,

12, 9 ppm dietary andrographis extract and of the NC groups. No significant treatment differences were found in serum IgG level at 28 days post swine fever vaccination. The serum HI titer at 28 days post swine fever vaccination was not significantly different ($P>0.05$) among treatments. The results of the present study demonstrated that andrographolide, as high as 15 ppm of the diet, could not replace antibiotics, at the therapeutic dose, in the weaning pig rations. However, the results indicated that andrographolide, at 15 ppm of the diet, was potentially possible to successfully replace antibiotic, at the subtherapeutic or growth promoting level, in the weaning pig rations. In conclusion, the results of the study suggest that the substituting granulated crest extract on 15 ppm.

การใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทดแทนวัตถุเติมอาหารสังเคราะห์ในอาหาร ไก่เนื้อและสุกรหลังหย่านม

The substitution of andrographis (*Andrographis paniculata* (Burm f.) Nees) for synthetic feed additives in broiler and post-weaning pig rations

บทนำ

ความเป็นมา และความสำคัญ

ในอุตสาหกรรมการผลิตไก่เนื้อและสุกรของประเทศไทย การสูญเสียไก่เล็กและลูกสุกรหลังหย่านมจากอาการท้องเสียและโรคในระบบหายใจเป็นปัญหาที่ก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจการผลิตในอันดับต้นๆ เสมอมา ไก่เนื้อระยะเล็กประสบปัญหาการติดเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคในระบบหายใจ, เป็นบิด และมีอาการท้องเสีย ในทำนองเดียวกัน ลูกสุกรหลังหย่านมมีอาการท้องเสียเนื่องจากความเครียดจากการพรากนมและการเปลี่ยนอาหารในขณะที่ระบบเอนไซม์ย่อยอาหารยังพัฒนาไม่เต็มที่ และภูมิคุ้มกันต่ำ ติดเชื้อได้ง่าย ผู้ผลิตจึงจำเป็นต้องเสริมอาหารด้วยวัตถุที่เติมในอาหาร (feed additives, FA) โดยเฉพาะปฏิชีวนสารในระดับเร่งการเจริญเติบโต (antibiotic growth promoter, AGP) เพื่อช่วยป้องกันควบคุมโรคสามัญเหล่านี้ ช่วยลดการสูญเสีย และกระตุ้นสมรรถนะการเติบโตช่วยลดต้นทุนการผลิตอยู่ตลอดมา แต่ในยุคปัจจุบันที่ผู้บริโภคทั้งภายในประเทศและในตลาดส่งออกกดดันให้ผู้ผลิตผลิตอาหารที่ปลอดภัย ปลอดภัยจากสารตกค้างที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพหรือทำให้เกิดเชื้อดื้อยา การเสริมอาหารไก่และสุกรด้วย FA จึงถูกควบคุมอย่างจริงจัง และปฏิชีวนสารที่เคยใช้เป็น AGPs ส่วนใหญ่ถูกห้ามใช้ ตลอดจนมีการตรวจสอบสารตกค้างอันตรายในผลิตภัณฑ์สัตว์เพื่อการส่งออกอย่างเข้มงวด ด้วยเหตุนี้ ภาคอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ไทยจึงจำเป็นต้องแสวงหาวัสดุทางเลือกที่สามารถควบคุมโรคสามัญ (subclinical diseases) และเพิ่มสมรรถนะการเติบโตแทน FA และ AGPs หนึ่งในทางเลือกที่มีศักยภาพสูงคือการใช้สมุนไพรเสริมอาหารแทน FA สังเคราะห์ข้างต้น แนวคิดในการใช้สมุนไพรแทน FA โดยเฉพาะแทน AGPs ในอาหารสัตว์ ควรต้องพิจารณาถึงความแตกต่างในแนวทางการออกฤทธิ์ของวัสดุอาหารสัตว์สองกลุ่มนี้ กล่าวคือสารปฏิชีวนะไม่ว่าจะใช้ในรูปแบบของยารักษาโรค (therapeutic level) หรือในรูปแบบของ AGP (sub-therapeutic level) ออกฤทธิ์จำเพาะเจาะจงเพื่อทำลายหรือยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อโรคโดยไม่รบกวนจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ แต่ไม่อาจยับยั้งหรือทำลายเชื้อไวรัสหรือเชื้อราได้ การใช้ AGP ในอาหารจึงมุ่งจำเพาะที่จะช่วยยับยั้งเฉพาะแบคทีเรียก่อโรคในทางเดินอาหารและหวังผลสืบเนื่องทางอ้อมว่าระบบทางเดินอาหารที่สุขภาพดีจะช่วยให้อาหารด้วยประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ช่วยสร้างเสริมภูมิคุ้มกันและช่วยให้เจริญเติบโตดีขึ้นด้วย ส่วนสมุนไพร ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ ออกฤทธิ์โดยสารทุติยภูมิจำนวนมากนับร้อยสารใน

สมุนไพรแต่ละชนิด จึงมีสรรพคุณทางยาแตกต่างกันไปตามชนิดของสารออกฤทธิ์ สรรพคุณในการฆ่าหรือยับยั้ง จุลินทรีย์อาจไม่เฉียบขาดและรุนแรงเท่ายาปฏิชีวนะ เนื่องจากมักมีความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ต่ำ แต่ขณะเดียวกันสมุนไพรหลายชนิดออกฤทธิ์ในทางเสริมสร้างสุขภาพ อาทิ การช่วยย่อยอาหารโดยการกระตุ้นการหลั่งน้ำย่อยและ/หรือน้ำดี ปกป้องการเป็นพิษต่อตับ ด้านอนุมูลอิสระโดยปฏิกิริยา antioxidation ลดการเกร็งตัวของหัวใจหรือช่วยผ่อนคลายกล้ามเนื้อเรียบของทางเดินอาหารลดความรุนแรงของอาการท้องเสีย ลดการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลช่วยป้องกันโรคหลอดเลือดอุดตัน และกระตุ้นภูมิคุ้มกัน เป็นต้น ด้วยเหตุนี้การใช้สมุนไพรเสริมอาหารสัตว์จึงไม่ควรมุ่งเน้นถึงผลในการทำลายหรือยับยั้งจุลินทรีย์เพียงอย่างเดียว ควรจะพิจารณาสรรพคุณของสมุนไพรในแง่ของการเสริมสร้างสุขภาพโดยเฉพาะการกระตุ้นภูมิคุ้มกันด้วย หากร่างกายของสัตว์มีภูมิคุ้มกันสูง โอกาสที่จะติดเชื้อ และเจ็บป่วยจากโรคอันเกิดจากทั้งแบคทีเรีย โปรโตซัว เชื้อรา หรือไวรัสก็จะน้อยลง สมุนไพรไทยที่มีคุณสมบัติเข้าข่ายดังกล่าวมีหลายชนิดเช่น ฟ้าทะลายโจร

“ฟ้าทะลายโจร” (*Andrographis paniculata* (Burm f., Nees) เป็นพืชล้มลุกใน Family Acanthaceae สูง 30-100 ซม. ลำต้นตั้งตรง กิ่งก้านเป็นเหลี่ยมใบเดี่ยวเรียงตรงกันข้าม ใบเรียวยาวเป็นรูปหอก ปลายใบและโคนใบแหลม ดอกเป็นช่อที่ปลายยอดและที่ซอกโคนก้านใบ ผลเป็นฝักแบนยาวคล้ายตั๊กแตน ฝักแก่จะแตกเป็น 2 ซีก และมีเมล็ดรูปไข่สีน้ำตาล (Thai Herbal Pharmacopoeia, 1995)

การศึกษาทางเคมีพบว่าฟ้าทะลายโจรมีสารออกฤทธิ์สำคัญ 2 กลุ่ม คือสารกลุ่ม diterpene lactones ที่สำคัญได้แก่ andrographolide, deoxyandrographolide และ neoandrographolide เป็นต้น และสารกลุ่ม flavone ตามมาตรฐานของ Thai Herbal Pharmacopoeia ฟ้าทะลายโจรต้องมี total lactone ไม่น้อยกว่า 6% w/w ในทางเภสัชวิทยาสารสกัดจากฟ้าทะลายโจรออกฤทธิ์หลายด้าน อาทิ

- 1) ด้านเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคอุจจาระร่วงและบิด (ธิดารัตน์, 2535)
- 2) ด้านการอักเสบและยับยั้งการเกิด granuloma ในหนูขาว (เสาวภา, 2538)
- 3) ด้านการหดตัวของลำไส้เล็กในกระต่ายและหนูถีบจักร (เพชรรัตน์และคณะ 2530) และยับยั้งการหดเกร็งของกล้ามเนื้อกระเพาะอาหารในหนูขาว (วนิดาและคณะ, 2533)
- 4) ปกป้องตับจากการถูกทำลายโดยสารพิษ (Kijsanayotin and chaichantipyuth, 1992)
- 5) กระตุ้นการหลั่งน้ำดี (Chaudhuri, 1978) ช่วยย่อยและดูดซึมคาร์โบไฮเดรต (Chondhury and Poddar, 1985)
- 6) กระตุ้นภูมิคุ้มกัน (Puri *et al.*, 1993) และเป็น antioxidant (Koul and Kapil, 1994)

ในเชิงการเป็นยา ฟ้าทะลายโจรสามารถใช้รักษาโรคหวัด (Caceres *et al.*, 1997) ลดไข้ (Madav *et al.*, 1995) แก้เจ็บคอ (Thamlikitkul *et al.*, 1991) ลดเชื้อ shigella ในผู้ป่วยอุจจาระร่วง (ปัญจางค์ และชัยโย, 2528) รักษาโรคตับ และเป็นยาขมเจริญอาหาร (คู่มือสมุนไพรเพื่อการสาธารณสุขมูลฐาน, 2531)

สำหรับการทดลองใช้ฟ้าทะลายโจรเสริมอาหารไก่ กุสและวรรณพร (2536, 2537 และ 2538) ทดลองใช้ฟ้าทะลายโจรผสมในอาหารสำเร็จรูปที่ระดับ 0.5 และ 1.0% ของอาหารไก่เนื้อและพบว่าน้ำหนัก

ไก่ที่ 42 วัน ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (feed/gain) อัตราการตายไม่แตกต่างจาก กลุ่มควบคุมที่ผสมคลอสเทรียแซคลิน 50 มก./กก.อาหาร สารโชน และคณะ (2547) ทดสอบการทดแทน AGP- โคลิสติน (105 มก./กก. อาหาร) ด้วยผงฟัทะลายโจรในอาหารไก่เนื้อ พบว่าเมื่ออายุ 42 วัน ไก่เนื้อที่ เสริมผงฟัทะลายโจรระดับ 0.10% (1,000 มก./กก. อาหาร) มีน้ำหนักตัวสูงกว่ากลุ่ม AGP 2.86% และใช้ อาหารประหยัดกว่าอีก 4.75% ในไก่ไข่ (อายุ 21-36 สัปดาห์) ไก่ที่กินอาหารเสริมผงฟัทะลายโจรระดับ 0.05% (500 มก./กก.อาหาร) มีแนวโน้มที่จะให้ไข่ดกกว่า ขนาดฟองโตกว่า สีไข่แดงเข้มกว่าและไข่ขาวมี คุณภาพดีกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เสริม FA ใดๆ ในสุกร สารโชนและคณะ (2547) พบว่าลูกสุกรอนุบาล (อายุ 25-60วัน) ที่กินอาหารเสริมผงฟัทะลายโจรระดับ 0.05% ของอาหารเพิ่มน้ำหนักตัวเร็วกว่า (519 vs 473 ก/วัน, $P < 0.05$) กลุ่มควบคุมที่เสริม AGP ผสม (colistin 120 มก./กก. + chlortetracycline 200 มก./กก.+ tylan-sulfa 120 มก./กก. อาหาร) และมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารที่ดีกว่าประมาณ 10.5% (1.47 vs 1.63 กก.อาหาร/กก. น้ำหนักเพิ่ม) ในระยะสุกรเล็ก-รุ่น (นน. 30-78 กก.) สุกรทดลองที่กินอาหารเสริมฟั ทะลายโจรระดับ 0.05%ของอาหารมีอัตราการเจริญเติบโต (0.871 ก/วัน) และประสิทธิภาพการเปลี่ยน อาหาร (2.29 กก./กก.) เทียบเท่ากับกลุ่มควบคุมที่เสริม AGP (0.863 ก/วัน และ 2.30 กก./กก.) ทุกประการ ในแง่ของการใช้รักษาโรคท้องร่วงในลูกสุกรคุณนม ยุทธนาและคณะ (2545) พบว่าลูกสุกรคุณนมท้องร่วง ที่ป้อนฟัทะลายโจรระดับ 250 และ 750 มก./ตัว/วัน หยุดอาการท้องร่วง ภายใน 3.08 และ 3.10 วัน ใกล้เคียงกับกลุ่มที่ป้อนโคลิสติน ซัลเฟต 1 มล./ตัว/วัน (150,000 IU/วัน) ซึ่งรักษาหายภายใน 3.63 วัน อย่างไรก็ตาม อัตราการเจริญเติบโตของลูกสุกรทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันและไม่แตกต่างจากลูกสุกรกลุ่มไม่ ป่วย

ในการศึกษาด้านความเป็นพิษ นาถฤดี (2532) รายงานว่าหนูถีบจักรที่ได้รับสารสกัดฟัทะลายโจร ในเอทานอล 50% ระดับ 15 ก/กก ทางปากหรือได้ผิวหนังไม่แสดงอาการเป็นพิษและหนูขาวที่ได้รับผงฟั ทะลายโจรระดับ 2.4 ก/กก./วัน ทางปากนาน 6 เดือนไม่พบความผิดปกติทางการเจริญเติบโตหรือมีพยาธิ สภาพของเลือดหรืออวัยวะภายในแต่อย่างใด

จากข้อมูลขั้นต้นดังกล่าวนี้ ประกอบกับฟัทะลายโจรเป็นพืชล้มลุก มีวงจรการผลิตสั้นสามารถ ปลูกและเก็บเกี่ยวมาใช้ในเชิงอุตสาหกรรมได้ง่าย โครงการวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาเพื่อพัฒนาสมุนไพรฟัทะลาย โจรมาใช้ทดแทน FA สังเคราะห์ในอาหารไก่เนื้อและลูกสุกรหลังหย่านมเพื่อช่วยป้องกันโรคสามัญและ กระตุ้นสมรรถนะการเจริญเติบโตอันเป็นแนวทางช่วยแก้ปัญหาสารตกค้างที่อาจก่อให้เกิดเชื้อดื้อยา ทำให้ เชื่อมั่นได้ว่าผลิตภัณฑ์สัตว์ไทยเป็นอาหารที่ปลอดภัย อีกประการหนึ่งโครงการวิจัยนี้มุ่งที่จะสร้างเครือข่าย งานวิจัยการใช้สมุนไพรในอาหารไก่และสุกร โดยมีสถาบันการศึกษาในท้องถิ่น และธุรกิจเอกชนที่ เกี่ยวข้องเข้าร่วมเครือข่ายทำการวิจัย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระดับการใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหาร (พื้นฐานของระดับสารออกฤทธิ์สำคัญ) ที่เหมาะสมในการป้องกันโรคในระบบหายใจและทางเดินอาหารของไก่เนื้อและอาการท้องเสียของลูกสุกรหลังหย่านม(อนุบาล)เทียบกับ AGP ที่ใช้ตามปกติในฟาร์ม
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อการย่อยและการใช้ประโยชน์ของโภชนาในไก่เนื้อและลูกสุกรอนุบาล
3. เพื่อศึกษาผลของการใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อระบบภูมิคุ้มกันของไก่เนื้อและลูกสุกรอนุบาล
4. เพื่อศึกษาผลของการใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพซากของไก่เนื้อและสมรรถนะการเติบโตของลูกสุกรอนุบาล
5. เพื่อสร้างเครือข่ายงานวิจัยการใช้สมุนไพรไทยทดแทน FA สังกะหรณ์ในอุตสาหกรรมเลี้ยงไก่เนื้อและสุกร

การตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1.1 ข้อมูลทั่วไปและลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของฟ้าทะลายโจร

1.1.1 ข้อมูลทั่วไปของฟ้าทะลายโจร

สมุนไพรฟ้าทะลายโจร ขึ้นชื่อว่าเป็นราชาแห่งความขม หรือ King of the bitterness (คณิต และชัยโย, 2534) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Andrographis paniculata* (Burm.F.) Nees เป็นพืชอยู่ในวงศ์ *Acanthaceae* ชื่อท้องถิ่นหรือชื่อพื้นเมืองอื่นๆ ได้แก่ น้ำลายพังพอน, ฟ้าทะลาย (กรุงเทพฯ), หญ้าก้านงู (สงขลา), ฟ้าสา (พม่า), เขตตายยายคลุม (โพธาราม), สามสิบดี (ร้อยเอ็ด), เมฆทะลาย (ยะลา), ฟ้าสะท้าน (พัทลุง), kalmegh (อินเดีย), chaum xin lian (จีน), และ hempudubum (มาเลเซีย) เป็นพืชล้มลุกที่ใช้เป็นยาสมุนไพรแล้วในประเทศจีน อินเดีย และชวา โดยเฉพาะประเทศจีนได้มีการค้นคว้าสรรพคุณต่าง ๆ การแพทย์จีนจัดยา ฟ้าทะลายโจรไว้ในตำรายาตำราหลวง ใช้รักษาได้หลายโรค สามารถใช้เป็นยาเดี่ยวๆ ได้เพราะมีฤทธิ์ที่เด่นชัดมาก (วันดี, 2541)

ในประเทศอินเดีย ฟ้าทะลายโจรนำมาใช้เป็นยาบำรุงประเภทที่มีรสขม ใช้แก้โรคบิด, ท้องร่วง (บุศบรรณ, 2525) แก้ไข้และอาการปวดท้อง ในพม่าใช้แก้บิด และไข้ (ชาตรี และดรณ, 2531) และในประเทศจีนได้มีการสกัดแอนโดรกราโฟไลด์ (andrographolide) และอนุพันธ์ออกมาทำเป็นยารักษาโรคทางเดินอาหาร โรคทางเดินหายใจส่วนบน และโรคทางเดินปัสสาวะ (หน่วยวิจัยกลาง คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2536)

1.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของฟ้าทะลายโจร

เป็นพืชล้มลุก สูง 30-100 เซนติเมตร ลำต้นมักเป็นสี่เหลี่ยม ใบเดี่ยวออกตรงข้ามและมักสลับตั้งฉากกับก้านใบ ก้านใบยาว 3-10 มิลลิเมตร แผ่นใบรูปไข่หรือรี กว้าง 1-4 เซนติเมตร ยาว 2-12 เซนติเมตร โคนใบแหลม ปลายใบแหลมมาก ขอบใบหยักตื้นหรือเรียบ ใบใกล้ปลายยอดมักจะมีขนาดเล็กลง ผิวด้านบนสีเข้มกว่าที่ด้านล่าง เส้นใบมีข้างละ 5-7 เส้น ช่อดอกออกที่ยอดหรือที่ง่ามใบใกล้ยอด ช่อโปร่งยาว 5-30 เซนติเมตร ดอกสีขาวแกมม่วง มีขน กลีบเลี้ยงโคนติดกัน ปลายแยกเป็น 5 กลีบ ยาว 3-4 มิลลิเมตร ปลายเรียวแหลม มีขน กลีบดอกส่วนล่างติดกันเป็นหลอดยาว 5-7 มิลลิเมตร ส่วนกลีบบนแยกเป็นรูปปากเปิด ด้านนอกมีขน ด้านในเกลี้ยง กลีบปากบนยาว 5-7 มิลลิเมตร ปลายหยักเว้าแหลม 3 แฉก สีขาว มีแต้ม สีม่วงเข้ม กลีบปากล่างยาวไล่เลี่ยกัน ปลายหยักแหลม 2 แฉก สีขาว เกสรตัวผู้ 2 อัน ติดที่บริเวณปากหลอดกลีบดอก ก้านชูอับเรณูยาว 6-8 มิลลิเมตร มีขน อับเรณูสีม่วงเข้ม มี 2 ห้อง รังไข่อยู่เหนือวงกลีบดอก ก้านชูยอดเกสรตัวเมียยาวโค้งแนบชิดกับก้านชูอับเรณู ยอดเกสรตัวเมียเรียวแหลม ผลหรือฝัก รูปขอบขนาน ค่อนข้างแบน กว้าง 2-4 มิลลิเมตร ยาว 1-2 เซนติเมตร ปลายและโคนแหลม เมื่อแก่ผลแตกสองซีก มีเมล็ด 8-14 เมล็ด ขนาดเล็ก สีน้ำตาลแดง รูปคล้ายสี่เหลี่ยม ผิวขรุขระ (สถาบันวิจัยสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2544)

Kingdom : Plantae

Division : Angiospermae

Class : Dicotyledoneae

Order : Tubiflorae

Family : Acanthaceae

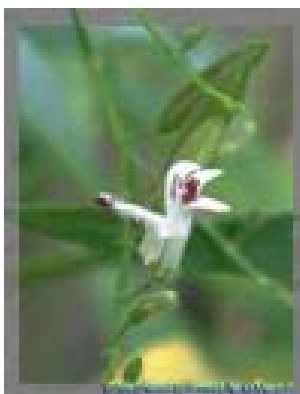
Genus : *Andrographis*

Species : *paniculata* Nees

ที่มา : Indian Medicinal Plants, 1993



(ก) ใบและลำต้น



(ข) ดอก



(ค) ผล

ภาพที่ 1 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของฟ้าทะลายโจร

ที่มา : ศูนย์เกษตรกรรมบางไทร (2548) และ เครือข่ายกาญจนาภิเษก (2547)

1.1.3 สภาพแวดล้อมในการปลูก

ฟ้าทะลายโจรเป็นพืชล้มลุกที่ปลูกง่ายในทุกสภาพพื้นที่และสภาพภูมิอากาศ แต่จะให้ดีที่สุดต้องมีสภาพอากาศร้อนชื้น พบอยู่ตามป่าดงดิบ ป่าสน ป่าเต็งรัง ริมถนน และปลูกตามบ้านสามารถเจริญเติบโตได้ดีทุกฤดูกาล ขึ้นได้ทั่วไปในดินทุกชนิด โดยเฉพาะดินที่มีความร่วนซุยระบายน้ำได้ดี มีความอุดมสมบูรณ์พอสมควร ฟ้าทะลายโจรจะให้ผลผลิตสูงสุด ถ้าอยู่ในสภาพพื้นที่โล่งแจ้ง มีแดดจัด ลำต้นจะค่อนข้างเตี้ย ใบสั้นและหนา ถ้าอยู่ในสภาพที่ร่มรำไร ลำต้นจะสูงใหญ่ มีกิ่งก้านสาขามาก ใบจะบางกว่าที่อยู่กลางแจ้ง เนื่องจากฟ้าทะลายโจรต้องการแสงเพียง 50% ในการเจริญเติบโต การเลือกพื้นที่ปลูก ควรเลือกที่ไม่มีแสงแดดจัดเกินไป (ชนสิทธิ์, 2541)

1.1.4 การขยายพันธุ์และการเก็บเกี่ยวฟ้าทะลายโจร

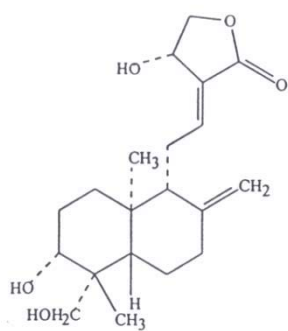
ฟ้าทะลายโจรนิยมขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด โดยต้องเป็นเมล็ดที่แก่เต็มที่ จากฝักที่แก่สมบูรณ์ซึ่งมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลแดง กลม เมล็ดมีขนาดเล็ก ใน 1 ช้อนโต๊ะ หรือน้ำหนัก 6.5-7.0 กรัมจะมีจำนวนเมล็ด 7,000-8,000 เมล็ด (ชนสิทธิ์, 2541) เมล็ดจะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงถ้าเก็บไว้ไม่เกิน 1 ปี หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์ความงอกจะต่ำลงเรื่อยๆ เมล็ดฟ้าทะลายโจรจะมีเปลือกหุ้มเมล็ดที่แข็งมาก การเตรียมเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกจึงต้องนำไปแช่น้ำ เมล็ดที่อ่อนจะลอยคั่งทิ้ง จากนั้นแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส นาน 5-10 นาที การปลูกใช้วิธีหว่านพื้นที่ 1 ตารางเมตร ใช้เมล็ดพันธุ์ประมาณ 0.5 กรัม หรือประมาณ 300 เมล็ดการเก็บเกี่ยวฟ้าทะลายโจรนั้น ตั้งแต่เพาะเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวครั้งแรก ใช้เวลา 3 เดือนครึ่งถึง 4 เดือนครึ่ง ระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้เพื่อเป็นยา คือ ระยะที่ดอกเริ่มบาน หรือ อายุประมาณ 110-120 วัน จะมีสารสำคัญในปริมาณสูงสุด ช่วงเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน จะมีผลผลิตและปริมาณสารออกฤทธิ์ (andrographolide) มากที่สุด (คณิต และชัยโย, 2534; Bhanet al., 2006) หากได้รับน้ำเต็มที่ต้นจะเจริญเติบโตสมบูรณ์ ใบเขียวเข้ม สามารถเก็บเกี่ยวฟ้าทะลายโจรได้ 5-6 ครั้งต่อปี การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีมีผลต่อ

คุณภาพของฟ้าทะลายโจรโดยควรเก็บเฉพาะใบ มาล้างให้สะอาด ผึ่งในที่ร่มจนแห้งกรอบ เก็บใส่ถุงพลาสติกที่แห้งสะอาดนอกจากนี้อาจทำให้แห้งด้วยเครื่องอบ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เมื่อแห้งสนิทแล้วนำเก็บไว้ในภาชนะบรรจุที่กันความชื้น ไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 1 ปี (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2540)

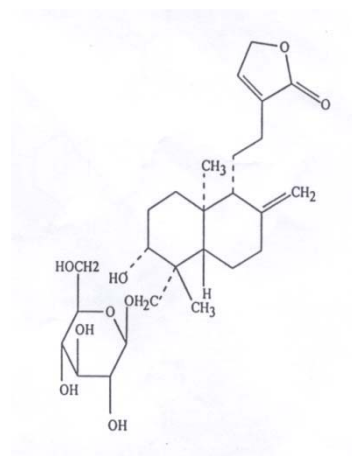
1.1.5 สารออกฤทธิ์สำคัญของฟ้าทะลายโจร

ฟ้าทะลายโจร ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์สำคัญประเภทแลคโตน (lactones) ได้แก่ แอนโดรกราโฟไลด์ (andrographolide) นีโอแอนโดรกราโฟไลด์ (neoandrographolide) ไดออกซีแอนโดรกราโฟไลด์ (deoxyandrographolide) และไดออกซีไดไฮโดรแอนโดรกราโฟไลด์ (deoxy-didehydroandrographolide) ซึ่งมีฤทธิ์ด้านเชื้อแบคทีเรีย ฤทธิ์ด้านการอักเสบ ฤทธิ์ในการปกป้องพืชต่อตัว ฤทธิ์ต่อระบบทางเดินอาหาร และป้องกันอาการท้องร่วง และกระตุ้นภูมิคุ้มกัน (World Health Organization, 2002) มีฤทธิ์ในการลดไข้ แก้เจ็บคอ แก้ท้องเสีย แก้บิด บรรเทาอาการหวัด เป็นยารักษาฝีหนอง (วันดี, 2541) และสารออกฤทธิ์ประเภทฟลาโวน (flavone) เช่น โอโรออกซิลิน (oroxylin) วोगอนิน (wogonin) และแอนโดรกราฟีดิน เอ (andrographidine A)

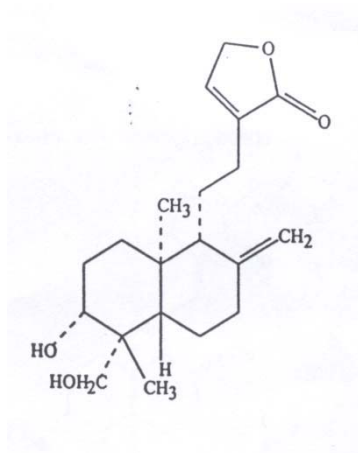
แอนโดรกราโฟไลด์เป็น unsaturated trihydroxy lactone มีสูตรโมเลกุล $C_{20}H_{30}O_5$ มีลักษณะเป็นผลึกรูปเหลี่ยมยาว ไม่มีสี มีรสขมเล็กน้อย น้ำหนักโมเลกุล 350.44 มีจุดหลอมเหลว 228-230 องศาเซลเซียส สามารถละลายได้ดีในเมทานอล (methanol) เอทานอล (ethanol) และอะซิโตน (acetone) ละลายได้เล็กน้อยในน้ำและคลอโรฟอร์ม (chloroform) แต่ไม่ละลายในอีเทอร์ (ether) (Fujita *et al.*, 1984) อัตราการดูดซึมของสารแอนโดรกราโฟไลด์ เมื่อทดลองในหนู ที่ขนาด 16 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว มีค่าเท่ากับ 0.0078 นาที่ มีความเข้มข้นในเลือดสูงสุด 1.76 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ที่เวลา 2.04 ชั่วโมง มีค่าครึ่งชีวิตที่ 1.34 ชั่วโมง (ธีรวัชร และคณะ, 2534)



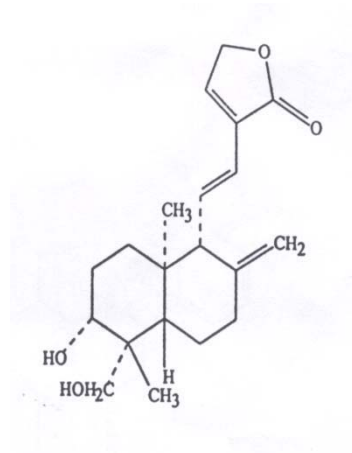
Andrographolide



Neoandrographolide



Deoxyandrographolide



Deoxy-didehydroandrographolide

ภาพที่ 2 แสดงสูตรโครงสร้างทางเคมีของสารออกฤทธิ์สำคัญประเภทแลคโตน (lactone) ของฟ้าทะลายโจร

ที่มา : สถาบันวิจัยสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2544)

1.2 สรรพคุณและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของฟ้าทะลายโจร

1.2.1 ฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย (antibacterial activity)

อารีรัตน์ และคณะ (2531) ทำการศึกษาสมุนไพรที่มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการติดเชื้อของระบบทางเดินหายใจ พบว่า สารสกัดฟ้าทะลายโจรด้วยแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งใช้สารสกัด 10 มิลลิกรัม/จานเลี้ยงเชื้อ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *β-Streptococcus group A* ได้

ทิพวัลย์ และสุมาลี (2531) ได้ศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียของสารสกัดจากส่วนต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจรที่ได้จากการสกัดแบบต่อเนื่อง (serial extraction) ด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด คือ เฮกเซน คลอโรฟอร์ม เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ และน้ำตามลำดับ โดยทำการสกัด 2 แบบ คือ ตั้ง

ต้นด้วยเฮกเซน หรือตั้งต้นด้วยน้ำ พบว่า สารสกัดจากใบ และทั้งต้นในน้ำที่ได้จากสารสกัดทั้ง 2 แบบให้ผลดีในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงใกล้เคียงกัน และดีกว่าสารสกัดจากลำต้นด้วยน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับ สุรชนี และคณะ (2533) ที่พบว่าสารสกัดฟ้าทะลายโจร, แลคโตน และดีออกซีแอนโดรกราโฟไลด์ มีประสิทธิภาพยับยั้งเชื้ออันเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงและเชื้อหนอง

ธิดารัตน์ (2535) ทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคอุจจาระร่วง และโรคบิด โดยใช้วิธี agar dilution โดยใช้สารสกัดด้วยแอลกอฮอล์ร้อยละ 70 และร้อยละ 85 จากใบฟ้าทะลายโจร พบว่าสารสกัดทั้งสองชนิดให้ผลในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคอุจจาระร่วงและบิด โดยพบว่าสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์ร้อยละ 85 ที่มีความเข้มข้น 25 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งมีปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ 8.30 มิลลิกรัม มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli*, *Salmonella krefeld*, *Salmonella typhi*, *Vibrio cholerae* 01 และ *Shigella dysenteriae* ได้ดีกว่าสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์ร้อยละ 70 ที่มีความเข้มข้นเท่ากัน และนอกจากนี้ World Health Organization (2002) ยังรายงานว่ใบฟ้าทะลายโจรที่สกัดด้วยเอทานอล มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* (in vitro)

Singha *et al.* (2003) ทำการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัด ฟ้าทะลายโจรด้วยน้ำ (aqueous extract; AE), สารแอนโดรกราโฟไลด์ (AND) ซึ่งสกัดด้วย เมทานอลร้อยละ 80 (methanol; MeOH) และคลอโรฟอร์ม และสาร arabinogalactan proteins (AGPs) ซึ่งสกัดด้วยเมทานอลร้อยละ 80 และน้ำ พบว่าสารสกัดฟ้าทะลายโจรด้วยน้ำสามารถต้านเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* และ *E. coli* ได้ดี เช่นเดียวกับ Kanbutra *et al.* (2003) ที่พบว่าสารสกัดจากใบฟ้าทะลายโจรด้วยน้ำที่มีความเข้มข้น 499.2 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* (F18+) ได้ โดยมีค่า MIC (minimum inhibitory concentration) ≥ 31.2 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงได้ และนอกจากนี้ Limsong *et al.*, (2004) ยังรายงานว่สารสกัดฟ้าทะลายโจรด้วยเอทานอลร้อยละ 95 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus mutans* ได้อีกด้วย

อย่างไรก็ตาม วิษณุ และสุรณี (2533) รายงานว่แอนโดรกราโฟไลด์ และ ดีไฮโดรแอนโดรกราโฟไลด์ ในขนาด 20-40 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Bacillus subtilis* ได้น้อยมาก ในขณะที่โอแอนโดรกราโฟไลด์ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อดังกล่าวเลย เช่นเดียวกับ จริยา (2536) ที่ศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อของสารสกัดบริสุทธิ์แอนโดรกราโฟไลด์ นิโอแอนโดรกราโฟไลด์ และดีออกซีแอนโดรกราโฟไลด์จากใบฟ้าทะลายโจร ขนาดความเข้มข้น 1-4 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ต่อเชื้อโรคท้องร่วงโดยวิธี agar dilution susceptibility test พบว่า ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Salmonella* group A, B, C, D และ *E. coli*, *Shigella spp.*, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 และ *E. coli* ATCC 25922 ได้

Leelarasamee *et al.* (1990) ได้ศึกษาฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรียของสมุนไพรฟ้าทะลายโจร โดยทำการศึกษา 3 วิธี วิธีแรกใช้น้ำกลั่นละลายผงฟ้าทะลายโจรในความเข้มข้นตั้งแต่ 1-25,000 มิลลิกรัม/ลิตร แบ่งสารละลายเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ 1 ต้มนาน 30 นาที ส่วนที่ 2 นำมาอบความร้อนไอน้ำที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ส่วนที่ 3 เก็บไว้ในตู้เย็นจนกระทั่งทดสอบ การทดสอบวิธีที่ 1 ใช้

broth dilution method ผลการทดสอบพบว่าสารละลายทั้งสามส่วนไม่สามารถออกฤทธิ์ด้านการเจริญเติบโตของ *Salmonella typhi*, *Shigella*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* และ group A *Streptococcus* วิธีที่ 2 ให้อาสาสมัครกินสมุนไพรในขนาด 1, 2, 3 และ 6 กรัม และทำการเจาะเลือดก่อนกินสมุนไพร 1, 2, 4, 8 และ 24 ชั่วโมง หลังกินสมุนไพรเพื่อแยกซีรัมทดสอบด้านแบคทีเรีย พบว่าซีรัมทุกตัวไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Bacillus subtilis*, *Salmonella typhi*, *Staphylococcus aureus* และ group A *Streptococcus* วิธีที่ 3 ป้อนให้หนู 3 กลุ่ม กลุ่มละ 24 ตัว กินฟ้าทะลายโจรขนาด 0.12, 1.2 และ 2.4 กรัม/กิโลกรัม เป็นเวลา 6 เดือน โดยมีหนูอีก 24 ตัว ได้รับอาหารปกติ เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ ฆ่าหนูเพื่อตัดแยกเนื้อปอดและตับมาทำการทดสอบ ไม่พบว่าฟ้าทะลายโจรออกฤทธิ์ด้านแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคอุจจาระร่วงและเจ็บคอ

1.2.2 ฤทธิ์ต่อระบบทางเดินอาหาร (gastrointestinal activity)

ปัญจางค์ และชัยโย (2528) ศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรทั้งต้นและใบอบแห้งแล้วบดใส่แคปซูลขนาด 250 มิลลิกรัม ในการรักษาโรคอุจจาระร่วงและบิดแบคทีเรีย เปรียบเทียบกับเตตราซัยคลิน ซึ่งมียา 2 ขนาด คือ 500 มิลลิกรัม ทุก 6 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วัน และ 1 กรัม ทุก 12 ชั่วโมง เป็นเวลา 2 วัน พบว่า สมุนไพรฟ้าทะลายโจรลดจำนวนอุจจาระร่วง และจำนวนน้ำเกลือที่ให้ แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และการลดเชื้ออหิวาตกโรคในอุจจาระ ฟ้าทะลายโจรให้ผลไม่ดีเท่าเตตราซัยคลิน การลดเชื้อซิกเทลล่าหรือแบคทีเรีย ฟ้าทะลายโจรให้ผลดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เพชรรัตน์ (2530) ได้ศึกษาฤทธิ์ของแอนโดรกราโฟไลด์ต่อกล้ามเนื้อเรียบของลำไส้เล็ก กระต่ายและหนูตะเภาที่แยกได้จากสัตว์ทดลองพบว่าสามารถลดการหดเกร็งของลำไส้เล็กจากการถูกกระตุ้นด้วย อะซิติลโคลีน (acetylcholine) ฮิสตามีน (histamine) แบเรียมคลอไรด์ (barium chloride) และแคลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride) ใน Potassium-depolarizing tyrode's solution นอกจากนี้แอนโดรกราโฟไลด์ ยังสามารถลดการเคลื่อนไหวของลำไส้ รวมทั้งสามารถยับยั้งการหดเกร็งของลำไส้ (spasmogenic action) จากการกระตุ้นด้วยคาร์บาโคล (carbachol) ได้

ในทำนองเดียวกัน วนิดา และคณะ (2533) ศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาเบื้องต้นของสารสกัดฟ้าทะลายโจรต่อการหดเกร็งตัวของกระเพาะอาหารของหนูขาวและหนูถีบจักรนอกร่างกาย โดยใช้สารกระตุ้นการหดเกร็ง ได้แก่ อะซิติลโคลีน และแคลเซียมคลอไรด์ พบว่าสารสกัด ฟ้าทะลายโจร ในกลุ่ม diterpene lactone 3 ชนิด คือ แอนโดรกราโฟไลด์, นิโอแอนโดรกราโฟไลด์ และไดออกซีไดไฮโดรแอนโดรกราโฟไลด์ ความเข้มข้น 1.5×10^{-5} และ 1.5×10^{-6} M มีฤทธิ์ยับยั้งการหดเกร็งของกล้ามเนื้อกระเพาะหนูขาวและหนูถีบจักรได้ แบบไม่จำเพาะเจาะจงต่อสารกระตุ้น (non-specific antagonist) ซึ่งให้ผลสนับสนุนสำหรับการรักษาโรคอุจจาระร่วง และโรคระบบทางเดินอาหาร

นอกจากนี้กัลยา และอุไรวรรณ (2540) ได้ทำการศึกษาส่วนสกัดของฟ้าทะลายโจรต่อการบีบตัวของกล้ามเนื้อลำไส้ส่วนปลาย (ileum) ของหนูตะเภา พบว่าส่วนสกัดฟ้าทะลายโจรด้วยน้ำ, แอลกอฮอล์ร้อยละ 50 และ 85 ที่ขนาด 500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร มีฤทธิ์ยับยั้ง การบีบตัวของกล้ามเนื้อ

ลำไส้ส่วนปลายของหนูตะเภาที่เกิดจากการให้สารกระตุ้นอะซีติลโคลีน, ฮิสตามีน, ซีโรโทนิน (serotonin) และแบเรียมคลอไรด์ และจากการทดลองในหนูถีบจักรพบว่า สารสกัดด้วยแอลกอฮอล์ร้อยละ 85 ในขนาดที่ให้ 500, 1,000 และ 2,000 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม จะออกฤทธิ์ป้องกันการเกิดอาการท้องเสียที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำมันละหุ่ง (castor oil) และแมกนีเซียมซัลเฟต (magnesium sulfate) นอกจากนี้ สารสกัดฟ้าทะลายโจร, แอนโดรกราโฟไลด์ และนีโอแอนโดรกราโฟไลด์ยังสามารถต้านอาการท้องเสียโดยยับยั้งการหลั่งสารพิษจากเชื้อ *E. coli* และมีคุณสมบัติลดการบีบตัวของลำไส้ ได้เช่นเดียวกับ loperamide ในลำไส้เล็กส่วนปลายของกระต่าย และหนูตะเภาได้ (Gupta *et al.*, 1990, 1993)

การให้ผงใบฟ้าทะลายโจรขนาด 450 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม สามารถยับยั้งการเกิดแผลในกระเพาะอาหารที่เกิดจากการทำให้เกิดความเครียด การให้ผงใบฟ้าทะลายโจรขนาด 150 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม มีผลยับยั้งการเกิดแผลจากการให้ยาแอสไพริน และลดขนาดแผลในกระเพาะอาหารที่เกิดจากการฉีดกรดอะซิติก (acetic acid) ใน หนูขาวได้ (ศิริมา และคณะ, 2532)

Choudhury and Poddar (1985) ทำการทดลองโดยให้สารสกัดจากใบฟ้าทะลายโจรขนาด 0.5 และ 1.0 กรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว หรือแอนโดรกราโฟไลด์ ขนาด 5 และ 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว ในหนูถีบจักรเพศผู้โตเต็มวัย โดยวัดจากการทำงานของเอนไซม์ไดแซคคาไรเดส (disaccharidase) บริเวณเยื่อผนังลำไส้เล็กได้แก่ แแลคเตส (lactase) มอลเตส (maltase) และซูเครส (sucrase) จากลำไส้เล็กทั้งสามส่วน คือ ดูโอดินัม (duodenum) เจจูนัม (jejunum) และไอเลียม (ileum) พบว่า มีการกระตุ้นของเอนไซม์ไดแซคคาไรเดสมากที่สุด 6 ชั่วโมงหลังจากให้สารสกัดจากใบฟ้าทะลายโจร หรือแอนโดรกราโฟไลด์ การให้สารสกัดจากใบฟ้าทะลายโจร หรือแอนโดรกราโฟไลด์ในทั้ง 2 ระดับมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ ไดแซคคาไรเดส กล่าวคือ 1) ในดูโอดินัม มอลเตสมีการทำงานดีที่สุด รองลงมาคือ ซูเครส และแลคเตส ตามลำดับ 2) ในเจจูนัม และไอเลียม มอลเตสมีการทำงานดีที่สุด รองลงมา คือ แแลคเตส และซูเครส ตามลำดับ การให้แบบต่อเนื่องระยะยาว 7, 15 และ 30 วันติดต่อกัน สารสกัดจากใบฟ้าทะลายโจร 0.5 กรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว หรือแอนโดรกราโฟไลด์ 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว จะกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์แลคเตส มอลเตส และ ซูเครส ในทุกส่วนของลำไส้เล็ก โดยเอนไซม์แลคเตส และมอลเตสจะถูกกระตุ้นมากที่สุดหลังจากให้ต่อเนื่อง 30 วัน ในขณะที่เอนไซม์ซูเครสจะถูกกระตุ้นมากที่สุดหลังจากให้สารสกัดฟ้าทะลายโจร หรือแอนโดร กราโฟไลด์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 15 วัน ดังนั้นทั้งสารสกัดฟ้าทะลายโจร และแอนโดรกราโฟไลด์ มีฤทธิ์ในการกระตุ้นให้เกิดการย่อยและการดูดซึมของคาร์โบไฮเดรตที่บริเวณลำไส้เล็กได้เพิ่มขึ้น โดยการทำงานของเอนไซม์ไดแซคคาไรเดสในลำไส้เล็ก

1.2.3 ฤทธิ์ในการปกป้องพิษต่อตับ (hepatoprotective activity)

พรพิมล และชัยโย (2535) ศึกษาผลของฟ้าทะลายโจร และแอนโดรกราโฟไลด์ ในการปกป้องตับจากพิษของคาร์บอนเตตราคลอไรด์ (carbontetrachloride; CCl_4) ซึ่งเปรียบเทียบกับไกลไซร์ริซิน (glycyrrhizin) ในหนูขาว พบว่าการให้ผงใบฟ้าทะลายโจร 1,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว

แอนโดรกราโฟไลด์ 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว และไกลไซร์รีซิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว ทางปากก่อนได้รับคาร์บอนเตตราคลอไรด์ สามารถยับยั้งการเพิ่มระดับ AST (aspartate aminotransferase) และ ALT (alanine aminotransferase) ได้ แต่เมื่อให้สารเหล่านี้ติดต่อกัน 7 วัน ก่อนได้รับคาร์บอนเตตราคลอไรด์ พบว่ามีเพียงแอนโดร กราโฟไลด์ที่มีฤทธิ์ยับยั้ง ดังนั้น ผลของการปกป้องการถูกทำลายของตับของใบฟ้า ทะลายโจรแห้ง และแอนโดรกราโฟไลด์ ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการได้รับสาร

Choudhury and Poddar (1984) ทำการศึกษาผลของการให้สารสกัดจากใบ ฟ้าทะลายโจรที่ขนาด 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว และแอนโดรกราโฟไลด์ขนาด 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนัก ตัว ต่อการปกป้องการเป็นพิษของตับจากคาร์บอนเตตราคลอไรด์ (CCl₄) ขนาด 5 มิลลิลิตร/กิโลกรัมน้ำหนัก ตัวในหนูเพศผู้โตเต็มวัย พบว่าสารสกัดจากใบ ฟ้าทะลายโจรมีฤทธิ์ในการปกป้องพิษต่อตับที่เกิด จากคาร์บอนเตตราคลอไรด์ได้ดีกว่าสารออกฤทธิ์สำคัญแอนโดรกราโฟไลด์

Shukla *et al.* (1992) ศึกษาฤทธิ์ในการกระตุ้นการหลั่งน้ำดีของแอนโดร กราโฟไลด์ ในหนูขาวและหนูตะเภา พบว่า แอนโดรกราโฟไลด์ในขนาด 1.5-12 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว มีผลต่อ การเพิ่มการหลั่งน้ำดี กลีออนน้ำดี (bile salt) และกรดน้ำดี (bile acid) 4.8-73 เปอร์เซ็นต์ การให้แอนโดรกราโฟ ไลด์ ก่อนการได้รับพาราเซตามอลจะป้องกันการลดลงของปริมาณน้ำดี และยังพบอีกว่าฤทธิ์ของแอนโดรกร กราโฟไลด์มีมากกว่า silymarin ซึ่งเป็นสารที่ใช้ในการปกป้องพิษต่อตับ ซึ่งสอดคล้องกับ Binduja *et al.* (1992) ที่พบว่าแอนโดรกราโฟไลด์ มีฤทธิ์ในการเพิ่มการหลั่งน้ำดี ทั้งในรูปของกลีออนน้ำดี และกรดน้ำดีใน หนูตะเภา และการให้ แอนโดรกราโฟไลด์ก่อนการได้รับพาราเซตามอลจะป้องกันการลดลงของปริมาณ น้ำดี ซึ่งฤทธิ์ของแอนโดรกราโฟไลด์มีมากกว่า silymarin ซึ่งเป็นที่สารใช้ในการปกป้องพิษต่อตับ

Visen *et al.* (1993) พบว่าแอนโดรกราโฟไลด์ในขนาด 0.75-12 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว มีฤทธิ์ในการป้องกันการกระตุ้นการสร้างพิษโดยพาราเซตามอลต่อเซลล์ตับของหนูขาวใน ห้องปฏิบัติการ โดยสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์การเจริญของเซลล์ตับ และแอนโดร กราโฟไลด์สามารถต้านพิษ จากผลของพาราเซตามอลต่อเอนไซม์ AST, ALT และ ALP (alkaline phosphatase) ในซีรัมได้ดีในเซลล์ตับ ซึ่งดีกว่า silymarin ซึ่งเป็นสารมาตรฐานที่ใช้ในการปกป้องพิษต่อตับ

วันดี (2536) รายงานว่าการให้แอนโดรกราโฟไลด์ขนาด 100 และ 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว 1 ครั้งทางช่องท้องของหนูขาว 48 ชั่วโมงก่อนถูกทำให้ตับอักเสบเฉียบพลัน โดยให้กินเอทานอล ขนาด 4 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว 1 ครั้งสามารถลดระดับของ serum transaminase (AST และ ALT) ลงได้ ดังนั้นแอนโดรกราโฟไลด์น่าจะมีฤทธิ์ในการป้องกันพิษต่อตับที่เกิดจากเอทานอล และสารก่อพิษอื่น ๆ ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Choudhury and Poddar (1983) ที่พบว่าการให้สารสกัดฟ้าทะลายโจรในขนาด 0.5 กรัม/ กิโลกรัม/วัน ทั้งก่อนและหลังให้แอลกอฮอล์ในขนาดที่ทำให้มีการเพิ่มการทำงานของ serum transaminases ทำให้ระดับการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าวกลับมาเป็นปกติ ดังนั้นสารสกัดฟ้าทะลายโจรมีฤทธิ์ในการ ปกป้องพิษต่อตับที่เกิดจากแอลกอฮอล์ในหนู

นอกจากนี้ พรเพ็ญ และคณะ (2538) ที่ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ป้องกันพิษต่อตับของแอนโดรกราโฟไลด์ขนาด 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัวของหนูขาว ที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดพิษโดยเอธานอลและคาร์บอนเตตราคลอไรด์ โดยศึกษาความเป็นพิษต่อเซลล์ (การหลั่งของ AST, ALT และการลดลงของ K^+ ในเซลล์) lipid peroxidation (การเกิดของ malondialdehyde) ระดับของ GSH (reduced glutathione) และการทำงานของเอนไซม์ (aminopyrine N-demethylase activity) พบว่าแอนโดรกราโฟไลด์เพิ่มระดับของ GSH ลดการเกิด malondialdehyde และเพิ่ม aminopyrine N-demethylase activity เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์ตับที่แยกจากหนูขาวกลุ่มควบคุม และแอนโดรกราโฟไลด์ลดพิษที่เกิดจากเอธานอล แต่ไม่ลดพิษที่เกิดจากคาร์บอนเตตราคลอไรด์ในขนาดสูง ซึ่งยังคงพบการเพิ่มขึ้นของการหลั่ง AST, ALT และ lipid peroxidation ควบคู่ไปกับการลดลงของ K^+ และ GSH ในเซลล์ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าฤทธิ์ในการป้องกันพิษต่อตับของแอนโดรกราโฟไลด์ น่าจะเกี่ยวข้องกับการไปเพิ่มระดับของ GSH

Trivedi and Rawal (2000) ทำการศึกษาผลในการปกป้องพิษต่อตับของสารสกัดฟ้าทะลายโจรด้วยน้ำต่อ benzene hexachloride (BHC) ที่ทำให้เกิดอันตรายต่อตับของหนูถีบจักร โดยให้สารสกัดฟ้าทะลายโจรขนาด 12 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัวทางปากแก่สัตว์ที่ตับถูกทำลายด้วย BHC การทำงานในการปกป้องพิษต่อตับจากการการประเมินค่า ALT และ AST และค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ได้แก่ ALP, γ -Glutamyl transpeptidase, glutathione และ lipid peroxidase พบว่า สารสกัดฟ้าทะลายโจรด้วยน้ำมีผลยับยั้งการเกิดพิษที่ตับจากการเหนี่ยวนำของสาร BHC ในหนูถีบจักรเพศผู้ โดยดูจากการประเมินค่าทางชีวเคมี และนอกจากนี้ Trivedi and Rawal (2001) ยังทำการศึกษากการปกป้องพิษต่อตับ และคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของฟ้าทะลายโจรต่อ BHC ที่ทำให้เกิดอันตรายต่อตับของหนูถีบจักร พบว่าการให้ฟ้าทะลายโจร มีผลทำให้เกิดการต้านอนุมูลอิสระและการปกป้องพิษต่อตับ

1.2.4 ฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ (anti-inflammatory activity)

เสาวภา (2533) ทำการทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบของสมุนไพรฟ้าทะลายโจร โดยใช้ผงใบฟ้าทะลายโจรขนาด 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว สารสกัดอย่างหยาบด้วยแอลกอฮอล์ขนาด 200 และ 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว และสารสกัดอย่างหยาบด้วยน้ำขนาด 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว พบว่าสามารถยับยั้งอาการบวมของอุ้งเท้าหนูขาวได้ใกล้เคียงกับยาต้านการอักเสบ Prednisolone, Indomethacin และ Ibuprofen และสามารถยับยั้งการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดขาว ที่เกิดจากการฝังสำลีเข้าที่หน้าท้องของหนูขาวได้ใกล้เคียงกับยาต้านการอักเสบ Prednisolone และ Ibuprofen นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการเกิดเนื้องอก (granuloma) ที่เกิดจากการฝังสำลีเข้าที่หน้าท้องของหนูขาวได้ใกล้เคียงกับยาต้านการอักเสบ Ibuprofen ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่อยู่ในรูปสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์มีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบมากที่สุด

Madev *et al.* (1996) ทดลองการใช้สารสกัดแอนโดรกราโฟไลด์ในการลดการอักเสบของข้อต่อในหนูขาว ด้วยการให้กินในขนาด 30, 100 และ 300 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว พบว่าขนาดของเนื้องอก (granuloma) ที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นมีขนาดเล็กลงได้ นอกจากนี้ยังพบว่าแอนโดรกราโฟไลด์สามารถลดขนาด (degranulation) ของ mast cells ของหนูขาว จึงมีผลทำให้ลดปริมาณการหลั่งสาร histamine ทำให้อาการแพ้ลดลง (Madev *et al.*, 1998)

Shen *et al.* (2000, 2002) รายงานว่าแอนโดรกราโฟไลด์ขนาด 0.1-10 μM สามารถป้องกันการยึดติดและการเคลื่อนย้าย (adhesion and transmigration) ของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิล (neutrophil) ซึ่งเป็นสาเหตุของการอักเสบที่เกิดจาก formyl-methionyl-leucyl-phenylalanine (fMLP) และการผลิต reactive oxygen species (ROS) ในหนูขาวได้

Chiou *et al.* (2000) รายงานว่าแอนโดรกราโฟไลด์ ในขนาด 1-100 μM มีค่า inhibitory concentration 50 เปอร์เซนต์ (IC_{50}) เท่ากับ $17.4 \pm 1.1 \mu\text{M}$ สามารถยับยั้งการสังเคราะห์ไนตริกออกไซด์ (NO) ในเซลล์ RAW 264.7 (เป็นเซลล์ที่ถูกกระตุ้นด้วย lipopolysaccharide/Interferon- γ , LPS/IFN- γ ทำให้เกิดการผลิต NO) โดยลดการแสดงออกของโปรตีน inducible NO synthase (iNOS) ซึ่งส่งผลให้เกิดการต้านการอักเสบของแอนโดร กราโฟไลด์

ซึ่งสอดคล้องกับ Batkhuu *et al.* (2002) ที่รายงานว่าสารสกัดฟ้าทะลายโจรด้วยเมทานอลสามารถยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์ (nitric oxide) โดยแมคโครฟาจ (macrophages) ในเยื่อช่องท้องของหนูถีบจักรที่เกิดจาก bacillus Calmette-Guein (BCG) และถูกกระตุ้นด้วย LPS โดยแอนโดรกราโฟไลด์ และนีโอแอนโดรกราโฟไลด์สามารถยับยั้งการสร้าง ไนตริกออกไซด์ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.1-100 μM และค่า IC_{50} เท่ากับ 7.9-35.5 μM และสามารถยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์หลังจากได้รับนีโอแอนโดรกราโฟไลด์ทางปากขนาด 5 และ 25 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน อย่างไรก็ตามแอนโดรกราโฟไลด์ที่ให้ขนาดเดียวกันไม่สามารถยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์

Xia *et al.* (2004) รายงานว่าแอนโดรกราโฟไลด์สามารถต้านการอักเสบได้โดยไปลด cysteine (62) ของ p50 กีดขวางการจับของ NF-kappaB oligonucleotide ไปยัง nuclear protein สามารถยับยั้งการทำงานของ NF-kappaB ที่กระตุ้น endothelial cells

นอกจากนี้แอนโดรกราโฟไลด์ในขนาด 5 และ 50 μM มีผลต่อการต้านการอักเสบที่ถูกเหนี่ยวนำโดย platelet activating factor (PAF) และ formyl-methionyl-leucyl-phenylalanine (fMLP) โดยสามารถไปยับยั้งการจับ NF-kappaB กับ DNA นอกจากนี้ยังสามารถลด cyclooxygenase-2 (COX-2) ที่ถูกเหนี่ยวนำโดย PAF และ fMLP ใน HL-60 neutrophils (Hidalgo *et al.*, 2005)

1.2.5 ฤทธิ์ในการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน (immunostimulant activity)

Puri *et al.* (1993) ใช้สารสกัดเอธานอลและสารบริสุทธิ์แอนโดรกราโฟไลด์ จากฟ้าทะลายโจร เหนี่ยวนำให้เกิดการกระตุ้นการสร้างแอนติบอดี และภาวะภูมิไวเกินแบบช้า (delayed type hypersensitivity, DTH) โดยการตอบสนองต่อเซลล์เม็ดเลือดแดงแกะ (sheep red blood cell, SRBC) ในหนูถีบจักร พบว่าสารสกัดทั้งสองสามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันเป็นแบบ nonspecific immune response ซึ่งวัดได้จากดัชนีการเคลื่อนย้ายของแมคโครฟาจ การจับแบบ phagocytosis ของ ¹⁴C-leucine กับเชื้อ *E. coli* และการเพิ่มจำนวนของลิมโฟไซต์ (lymphocyte) ในม้ามอย่างรวดเร็ว

Chang *et al.* (1991) ทำการทดลองโดยใช้สาร dehydroandrographolide succinic acid monoester (DASM) เพื่อใช้ต่อต้านไวรัสที่ทำให้ภูมิคุ้มกันบกพร่อง (โรคเอดส์) ของมนุษย์ในห้องปฏิบัติการ พบว่า ที่ความเข้มข้น 50-200 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (เฉลี่ย 108 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ไม่เป็นพิษต่อ H9 cell และยับยั้ง HIV-1 (IIB) ที่ความเข้มข้นต่ำที่สุดที่ 1.6-3.1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (เฉลี่ย 2.0 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) DASM สามารถยับยั้งได้ทั้ง 2 สายพันธุ์ คือ HIV-1 และ HIV-2 ผลการยับยั้งแสดงให้เห็นถึงการตอบสนองของเซลล์เม็ดเลือด โดยมีปริมาณที่เป็นพิษ 50 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณที่ยับยั้ง HIV ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 200-400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และ 0.8-2 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

ซึ่งสอดคล้องกับ Calabrese *et al.* (2000) ที่ทำการทดลองทางคลินิกของ แอนโดรกราโฟไลด์จากฟ้าทะลายโจร กับผู้ป่วยติดเชื้อ HIV และอาสาสมัครปกติ โดยให้กิน 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว เป็นเวลา 3 สัปดาห์ เพิ่มเป็น 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว เป็นเวลา 3 สัปดาห์ และที่ 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว เป็นเวลา 3 สัปดาห์ หลังจากได้รับ แอนโดรกราโฟไลด์ 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว ระดับของ CD4⁺ lymphocyte (แอนติเจนจำเพาะบนผิว T lymphocyte ที่รับจำเพาะของเชื้อ HIV) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (จาก 405 เซลล์/ลูกบาศก์เมตร เป็น 501 เซลล์/ลูกบาศก์เมตร) ค่าเฉลี่ยระดับ plasma HIV-1 RNA เปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้น แอนโดรกราโฟไลด์น่าจะยับยั้ง HIV ทำให้เพิ่ม CD4⁺ lymphocyte ในผู้ป่วยติดเชื้อ HIV-1

นอกจากนี้ Basak *et al.* (2003) ยังพบว่า ผู้ป่วย HIV เมื่อได้รับผลิตภัณฑ์ Restomune จาก Bioscan Continental Inc. ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแอนโดรกราโฟไลด์ธรรมชาติ โดยการรับประทาน Restomune วันละ 3 แคปซูล ทุกๆ 6 ชั่วโมงก่อนกินอาหาร และได้รับวิตามินต้านอนุมูลอิสระ และวิตามินบี 12 ส่งผลให้จำนวนไวรัสลดต่ำลง CD4⁺ T lymphocyte และ CD8⁺ T lymphocyte เพิ่มขึ้น สภาวะภูมิคุ้มกันดีขึ้น และลดการเพิ่มจำนวนของไวรัส

Rajagopal *et al.* (2003) ศึกษาโดยใช้แอนโดรกราโฟไลด์รักษามะเร็ง และกระตุ้นเซลล์ภูมิคุ้มกันในคน พบว่าการใช้แอนโดรกราโฟไลด์ สามารถยับยั้งการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของเซลล์เนื้องอกที่แตกต่างกันในห้องปฏิบัติการ การต้านเซลล์มะเร็ง กระทำโดยทำให้เกิดการชะลอตัวของวัฏจักรเซลล์ ที่ระยะ G0/G1 ตลอดจนการยับยั้งโปรตีน P27 และลดการแสดงออกของ cyclin-dependent kinase 4 (CDK4) การกระตุ้นภูมิคุ้มกันของแอนโดรกราโฟไลด์ จะกระทำโดยการเพิ่มจำนวน lymphocyte อย่าง

รวดเร็ว และผลิต interleukin-2 นอกจากนี้ แอนโดรกราโฟไลด์ยังสามารถทำให้เกิดการตายของกลุ่มเซลล์เนื้องอก และการแสดงออกของ CD marker เพิ่มขึ้นอีกด้วย เป็นผลให้เพิ่มการทำงานของ cytotoxic ของลิมโฟไซต์ในการต้านเซลล์มะเร็ง

สอดคล้องกับ Kumar *et al.* (2004) ที่ศึกษาการต้านมะเร็งและการกระตุ้นภูมิคุ้มกันจากสารสกัดฟ้าทะลายโจรด้วย dichloromethane, petroleum ether และน้ำในขนาด 10 ไมโครกรัม/มิลลิกรัม พบว่าส่วนที่สกัดด้วย dichloromethane มีผลช่วยบรรเทาเซลล์มะเร็งและกระตุ้นภูมิคุ้มกัน โดยยับยั้งการเพิ่มของ HT-29 (เซลล์มะเร็งลำไส้) และเพิ่ม human peripheral blood lymphocytes (HPBL_s) ที่ขนาดความเข้มข้นต่ำ นอกจากนี้ส่วนสกัดฟ้าทะลายโจรด้วย dichloromethane สามารถแยกองค์ประกอบ diterpenes ได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ แอนโดรกราโฟไลด์ คีออกซีแอนโดรกราโฟไลด์ และ 14-คีออกซี-11, 12-ไดไฮโดรแอนโดรกราโฟไลด์ พบว่า แอนโดรกราโฟไลด์แสดงการต่อต้านมะเร็ง โดยมีผลต่อเซลล์มะเร็งแต่ละชนิดแตกต่างกันไป นอกจากนี้สารทั้ง 3 ตัว สามารถเพิ่มจำนวน และสร้าง interleukin-2 ได้อย่างรวดเร็ว

อย่างไรก็ตาม Iruretagoyena *et al.* (2005) รายงานว่า แอนโดรกราโฟไลด์ สามารถทำให้การตอบสนองของภูมิคุ้มกันทั้งชนิดพึ่งพาสารน้ำและชนิดพึ่งพาเซลล์ลดลง ในการทดลองนอกตัวสัตว์ แอนโดรกราโฟไลด์สามารถรบกวนการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของ T cell และการหลั่งไซโตไคน์ (cytokine) ที่ตอบสนองต่อการถูกกระตุ้นของ allogenic

1.3 การศึกษาพิษของฟ้าทะลายโจร

นาถฤดี และคณะ (2532) ทำการทดสอบพิษเฉียบพลันของสารสกัดด้วย 50 เปอร์เซ็นต์ แอลกอฮอล์ของฟ้าทะลายโจรในหนูถีบจักรโดยการให้ทางปากในขนาดสูงสุด 15 กรัม/น้ำหนักหนู 1 กิโลกรัม พบว่าไม่ปรากฏอาการพิษใดๆ ขนาดที่ทำให้หนูถีบจักรตายร้อยละ 50 (LD₅₀) คือขนาดที่ให้ทางปากและได้ผิวหนัง > 15 กรัม/กิโลกรัม และทางช่องท้อง เท่ากับ 14.98 กรัม/กิโลกรัม ส่วนการทดสอบพิษกึ่งเรื้อรังของผงฟ้าทะลายโจรในหนูขาวสองเพศ ระยะเวลา 6 เดือน ประกอบด้วยกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับขนาด 0.12, 1.2 และ 2.4 กรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว/วัน ผลปรากฏว่าหนูขาวทั้งเพศผู้และเพศเมียทุกกลุ่ม มีการเจริญเติบโตปกติ การตรวจพิษทางโลหิตวิทยาและชีวเคมี ไม่ปรากฏความผิดปกติ การตรวจอวัยวะภายใน จากลักษณะภายนอก และน้ำหนักไม่พบความผิดปกติ และอวัยวะระบบสืบพันธุ์มีการเจริญปกติ

เช่นเดียวกันกับ เพชรรัตน์ (2530) ที่ทดสอบความเป็นพิษของแอนโดรกราโฟไลด์ในหนูถีบจักร โดยการให้กินขนาด 3 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ปรากฏว่าไม่มีหนูตาย

และนอกจากนี้ Burgos *et. al.*(1997) ยังได้ทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดฟ้าทะลายโจรมาตรฐาน พบว่าปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ 1,000 ไมโครกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว ไม่มีผลกระทบต่อระบบสืบพันธุ์ของหนูทดลอง

1.4 ระบบภูมิคุ้มกัน (immune system)

ระบบภูมิคุ้มกัน เป็นระบบทางสรีรวิทยาที่ทำให้สัตว์มีความจดจำต่อสิ่งแปลกปลอม ให้มีการป้องกันของร่างกายเพื่อต้านจุลชีพ ที่เรียกว่า แอนติเจน (antigen) ได้แก่ แบคทีเรีย ไวรัส และปรสิต และสามารถทำให้สิ่งแปลกปลอมนั้นถูกทำให้หมดสภาพลง (neutralization) ขับสิ่งแปลกปลอม หรือทำลายสารที่สิ่งแปลกปลอมนั้นขับออกมา (โสมทัต, 2538; Gorman and Halliwell, 1989) ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายแบ่งได้เป็น 2 ระบบ ได้แก่

1.4.1 ภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ (non-specific หรือ innate Immunity)

เป็นกลไกไม่จำเพาะของระบบป้องกันร่างกายที่สำคัญ เป็นสิ่งแรกที่เริ่มทำงานเมื่อมีสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกาย โดยจะป้องกันหรือทำลายตัวก่อโรคนั้น มีปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง ได้แก่ ความแตกต่างทางเผ่าพันธุ์ ความแตกต่างทางกรรมพันธุ์ ส่วนที่ปกคลุมร่างกาย เช่น ผิวหนัง เยื่อเมือก ปฏิกิริยาทางสรีรวิทยา เช่น อุณหภูมิของร่างกาย สภาวะทางเมตาบอลิซึม ปฏิกิริยาทางสารน้ำและเซลล์ จุลชีพประจำถิ่น เป็นต้น (โสมทัต, 2538)

1.4.2 ภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ (specific หรือ adaptive หรือ acquired Immunity)

เป็นระบบภูมิคุ้มกันที่ตอบสนองต่อสารแปลกปลอมแบบจำเพาะเจาะจง เกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อร่างกายมีการกระตุ้นจากสารแปลกปลอมนั้นก่อน หลังจากนั้นเกิดความจำเพาะแปลกปลอมที่เคยกระตุ้นได้ มีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ ความจำเพาะ (specificity) ความหลากหลาย (diversity) ความสามารถในการจดจำ (memory) ความสามารถควบคุมการทำงานของตัวเอง (self-regulation) และความสามารถในการจำแนกเซลล์ (self/non-self discrimination) ภูมิคุ้มกันนี้สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1.4.2.1 ภูมิคุ้มกันแบบพึ่งพาเซลล์ (cell-mediated immunity) เป็นภูมิคุ้มกันจำเพาะที่ใช้เซลล์ที่จำเพาะต่อแอนติเจน ในการทำลายเซลล์สิ่งแปลกปลอม รวมถึงเซลล์เนื้องอก และเซลล์มะเร็ง (วราภรณ์, 2548) เซลล์ที่สามารถทำลายสิ่งแปลกปลอมนี้อีกคือ T cell ซึ่งจะเข้าทำลายจุลชีพที่อาศัยอยู่ในเซลล์ มีบทบาทที่สำคัญ คือ สร้างและหลั่ง lymphokines และเป็น cytotoxic T cell สามารถแบ่ง T cell ตามหน้าที่การทำงานออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

ก. Helper T lymphocyte (Th cell) หมายถึง T lymphocyte ที่ได้รับการกระตุ้นจากแอนติเจนจำเพาะ แล้วสร้างและหลั่ง lymphokines ออกมากระตุ้นให้ B cell มีการสร้างแอนติบอดี พบแอนติเจนจำเพาะบนผิวเซลล์เป็นชนิด $CD4^+$ $CD8^-$ การทำงานของเซลล์ชนิดนี้จะต้องทำปฏิกิริยากับ major histocompatibility complex (MHC) class II รวมทั้งแอนติเจนจำเพาะบนผิวของ antigen presenting cell (APC) (โสมทัต, 2538) ผลจากการสั่งงานของ Th cell ได้แก่ B cell activation, natural killer cells/macrophage activation, cytotoxic T lymphocyte activation และการอักเสบ (inflammation) โดย Th cell สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ Th1 ทำหน้าที่สร้าง cytokines ที่สำคัญ คือ interferon- γ (IFN- γ) และ Th2 ทำหน้าที่สร้างไซโตไคน์ที่สำคัญ คือ interleukin-4 (IL-4) (สันนิบา, 2545)

ข. Cytotoxic T lymphocyte (CTL) หมายถึง T lymphocyte ที่ไม่มีหน้าที่ในการสร้างแอนติบอดี แต่จะเข้าทำลายเซลล์แปลกปลอมหรือเซลล์เป้าหมายได้โดยตรงหลังจากถูกกระตุ้นด้วยแอนติเจนที่อยู่บนผิวเซลล์เป้าหมาย บนผิวของ cytotoxic T cell พบแอนติเจนจำเพาะบนผิวเซลล์เป็นชนิด $CD4^- CD8^+$ การทำงานของเซลล์ชนิดนี้จะต้องทำปฏิกิริยากับ MHC class I รวมทั้งจับยึดกับแอนติเจนจำเพาะที่อยู่บนผิวของเซลล์แปลกปลอม หรือเซลล์เป้าหมาย (โสมทัต, 2538) CTL จะปล่อย cytotoxic granule ออกมาเจาะผนังเซลล์ให้เป็นรูพรุน เซลล์จะแตกและตาย ถ้าร่างกายมีการซ่อมแซมรูที่ถูกเจาะ CTL จะส่งสารที่เป็นโปรตีนกลุ่ม granzymes ที่กระตุ้นกระบวนการ apoptosis ทำให้เกิดการกระตุ้นขบวนการ programmed cell death ซึ่งจะทำให้เซลล์ค่อย ๆ เสียหายไปเอง และแมคโครฟาจเข้ามาเก็บกิน (สันนิษา, 2545)

1.4.2.2 ภูมิคุ้มกันแบบพึ่งพาสารน้ำ (humoral immunity) เป็นภูมิคุ้มกันที่ถูกสร้างขึ้นมาภายหลังโดย B cell ซึ่งมีโครงสร้างอยู่ในรูปของโปรตีนที่เรียกว่า แอนติบอดี (antibody) ซึ่งมีความจำเพาะเจาะจงกับชนิดของเชื้อโรค แอนติบอดีมีองค์ประกอบหลักเป็นไกลโคโปรตีน (glycoprotein) หรือเรียกว่า อิมมูโนโกลบูลิน (immunoglobulin; Ig) ซึ่งมี 5 ชนิด คือ (โสมทัต, 2538; วราภรณ์ 2548; Tizard, 2000)

ก. Immunoglobulin G (IgG) ถูกสร้าง และหลังจากเซลล์พลาสมาในม้าม ต่อมน้ำเหลือง และไขกระดูก เป็นอิมมูโนโกลบูลินที่มีปริมาณมากที่สุดในซีรัม จึงเป็นแอนติบอดีที่มีบทบาทสำคัญในการป้องกันการติดเชื้อ มีน้ำหนักโมเลกุล 180 กิโลดาลตัน และมีขนาดโมเลกุลเล็กที่สุด จึงสามารถเคลื่อนออกมาออกหลอดเลือดได้ง่ายกว่าอิมมูโนโกลบูลินชนิดอื่น IgG ยังสามารถทำให้เกิดออปโซไนเซชัน (opsonization) การจับกลุ่ม (agglutination) และการตกตะกอน (precipitation) ของแอนติเจน แต่จะกระตุ้นให้เกิดการจับยึดของคอมพลีเมนต์ ได้ก็ต่อเมื่อมีปริมาณของแอนติบอดีโมเลกุลจำนวนมากพอ และเรียงตัวพอเหมาะบนผิวของแอนติเจนเท่านั้น

ข. Immunoglobulin A (IgA) ผลิตโดยเซลล์พลาสมาที่ส่วนใหญ่อยู่ใต้พื้นผิวของอวัยวะต่าง ๆ ได้แก่ เซลล์พลาสมาในผนังของลำไส้ ทางเดินหายใจ ทางเดินปัสสาวะ ผิวหนัง และต่อมน้ำนม ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมส่วนใหญ่มีปริมาณ IgA ในซีรัมน้อยกว่า IgM IgA โมเลกุลเดี่ยว (monomeric IgA) มีน้ำหนักโมเลกุล 150 กิโลดาลตัน โดยทั่วไปจะพบอยู่ในรูป 2 โมเลกุลที่เชื่อมต่อกันด้วย J chain เรียกว่า dimeric IgA อาจเคลื่อนผ่านเซลล์เยื่อ บุผิวเข้าไปอยู่ในโพรง หรือเข้าไปในกระแสเลือด ส่วนใหญ่ของ dimeric IgA ที่สร้างในผนังลำไส้เคลื่อนที่ผ่านเซลล์เยื่อบุผิว และเชื่อมกับ secretory component (Sc) ซึ่งเป็นไกลโคโปรตีน ได้โมเลกุลเชิงซ้อนเรียกว่า secretory IgA (SIgA) หน้าที่ของ SC คือช่วยป้องกัน IgA จากการถูกทำลายโดยเอนไซม์ย่อยโปรตีนในลำไส้ SIgA เป็นอิมมูโนโกลบูลินที่พบมากกว่าอิมมูโนโกลบูลินชนิดอื่น ๆ ในสารคัดหลั่งนอกเซลล์ของสัตว์ไม่เลี้ยงเอื้อง และมีความสำคัญ คือ ป้องกันการรุกรานของจุลินทรีย์ในลำไส้ที่ระบบทางเดินหายใจ ทางเดินปัสสาวะ ต่อมน้ำนม และดวงตา โดยป้องกันไม่ให้แอนติเจนยึดติดกับเซลล์เยื่อเมือกที่บุตามอวัยวะต่าง ๆ IgA ไม่สามารถกระตุ้นระบบคอมพลีเมนต์ ไม่เป็นออปโซนิ

(opsonin) อย่างไรก็ตาม IgA สามารถทำให้เกิดการจับกลุ่มของแอนติเจนและทำให้ไวรัสหมดสภาพ (neutralize)

ค. Immunoglobulin M (IgM) ถูกสร้าง และหลังจากเซลล์พลาสมาในม้าม ต่อม น้ำเหลือง และไขกระดูก เป็นอิมมูโนโกลบูลินที่พบมากในซีรัมของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเป็นอันดับสองรองจาก IgG IgM ซึ่งอยู่บนผิว B lymphocyte เป็นโมเลกุลเดี่ยว มีน้ำหนักโมเลกุล 180 กิโลดาลตัน ส่วน IgM ที่เซลล์พลาสมาหลั่งออกมาแล้ว ประกอบด้วย IgM ชนิดโมเลกุลเดี่ยว 5 โมเลกุล เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์ และ J chain ทำให้มีรูปร่างเป็นวงกลม มีน้ำหนักโมเลกุล 900 กิโลดาลตัน IgM เป็นอิมมูโนโกลบูลินชนิดแรกที่ร่างกายสร้างขึ้นเมื่อได้รับแอนติเจนครั้งแรก แม้ว่าจะมีปริมาณน้อย แต่ก็ยังเป็นอิมมูโนโกลบูลินที่มีประสิทธิภาพดีกว่า IgG ในด้านการกระตุ้นระบบคอมพลีเมนต์ ออปโซไนเซชัน การทำให้ไวรัสหมดสภาพ และการจับกลุ่มแอนติเจน นอกจากนี้ IgM (monomeric form) ยังพบเป็นแอนติเจน receptor ที่สำคัญบนผิวของ B cell อีกด้วย

ง. Immunoglobulin D (IgD) มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 170-200 กิโลดาลตัน ประกอบด้วย 2 heavy chain (H chain) และ 2 light chain (Gorman and Halliwell, 1989) ในส่วน heavy chain ไม่มี C_H2 มี hinge region ที่ยาวอยู่ระหว่าง C_H1 และ C_H3 และไม่มีพันธะไดซัลไฟด์เชื่อมระหว่าง H chain ทั้ง 2 สาย จึงทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ย่อยโปรตีน แต่ถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน พบปริมาณน้อยมากในซีรัมของสัตว์บางชนิดเท่านั้น และเป็นตัวรับแอนติเจนร่วมกับ IgM ที่พบบนผิวของ B lymphocyte ที่เจริญเต็มวัย

จ. Immunoglobulin E (IgE) คล้ายกับ IgA คือผลิตโดยเซลล์พลาสมาที่ส่วนใหญ่อยู่ใต้พื้นผิวของอวัยวะต่าง ๆ น้ำหนักโมเลกุล 190 กิโลดาลตัน พบปริมาณน้อยมากในซีรัมของสัตว์ปกติ ด้วยเหตุนี้จึงไม่สามารถจับและปกคลุมแอนติเจนเหมือน Ig อื่น ๆ มีอายุครึ่งชีวิต 2-3 วัน และถูกทำลายได้ในทันทีถ้าถูกความร้อนเพียงเล็กน้อย ส่วน crytallizable fragment (Fc) ของ IgE จับยึดแน่นกับตัวรับบนผิวเซลล์มาสต์และเบโซฟิล ซึ่งเมื่อ antigen binding fragment (Fab) ของ IgE จับกับแอนติเจนที่จำเพาะ จะทำให้เกิดการหลั่งสารที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบชนิดต่าง ๆ ออกจากเซลล์เหล่านี้อย่างรวดเร็ว ร่างกายเกิดการอักเสบแบบเฉียบพลัน ซึ่งส่งเสริมการป้องกันและช่วยกำจัดจุลชีพก่อโรค ดังนั้น IgE จึงมีบทบาทในการเกิดภาวะภูมิไวเกินแบบที่ 1 และตอบโต้การรุกรานของหนอนพยาธิ

ตารางที่ 1 แสดงความเข้มข้นของอิมมูโนโกลบูลินชนิดต่างๆ ในซีรัมของสัตว์ปกติ

ชนิดสัตว์	ระดับอิมมูโนโกลบูลิน (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)			
	IgG	IgM	IgA	IgE
โค	1700-2700	250-400	10-50	-
แกะ	1700-2000	150-250	10-50	-
สุกร	1700-2900	100-500	50-500	-
ไก่	300-700	120-250	30-60	-

ที่มา : ดัดแปลงจาก Tizard (2000)

1.5 ระบบภูมิคุ้มกันในสัตว์ปีก

สัตว์ทุกชนิดมีขบวนการในร่างกายที่เรียกว่าระบบภูมิคุ้มกัน ทำหน้าที่คอยป้องกันไม่ให้เชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมที่เป็นอันตรายเข้ามาทำอันตรายต่อร่างกายหรือเมื่อหลุดเข้ามาแล้ว ระบบภูมิคุ้มกันก็จะพยายามทำลายกำจัดสิ่งแปลกปลอมให้หมดไปจากร่างกายโดยเร็วและอย่างมีประสิทธิภาพ กระบวนการสร้างภูมิคุ้มกันโรคในสัตว์ปีกจะเกี่ยวพันโดยตรงกับระบบโลหิต (hemic system) ซึ่งประกอบด้วยโครงสร้างและหน้าที่แตกต่างจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทั้งเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวดังนี้ คือ

(1) เม็ดเลือดแดง (erythrocytes) เม็ดเลือดแดงทำหน้าที่ในการนำพาออกซิเจน ในสัตว์ปีกนั้นมีรูปร่างกลมรีขนาดใหญ่และมีนิวเคลียส (nucleus) ส่วนเม็ดเลือดแดงในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจะมีรูปร่างกลมขนาดเล็ก และไม่มีนิวเคลียส

(2) เม็ดเลือดขาว (leukocytes) ประกอบด้วยเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดต่างๆ มีหน้าที่แตกต่างกันดังนี้ คือ

เฮเทอโรฟิล (heterophil) หรือ นิวโทรฟิล (neutrophil) ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมสร้างขึ้นในไขกระดูกเมื่อเปลี่ยนร่างมาถึงระยะ band shape mature neutrophil จึงจะหลุดมาอยู่ในกระแสเลือด ในกระแสโลหิตจะพบได้ประมาณ 60-65% ลักษณะของนิวเคลียสเป็น lope (ประมาณ 2-5 lope) cytoplasm ประกอบด้วย specific granule และ azurophilic granule จัดเป็นพวก phagocyte ใช้กำจัดสิ่งแปลกปลอมทั้งที่อยู่ในเนื้อเยื่อและในกระแสโลหิตปกติ จะไหลไปมาในกระแสโลหิต จะเคลื่อนตัวไปยังแหล่งสิ่งแปลกปลอมจากสารดึงดูด chemotactic substance จากระบบคอมพลีเมนต์ และจาก lymphocyte

อีโอซิโนฟิล (eosinophil) เป็นเซลล์ที่อยู่ใน cytoplasm มี granule ย้อมติดสีส้มแดง ในกระแสโลหิตจะพบได้ประมาณ 2-5% จัดเป็นเซลล์ phagocyte แต่จะเลือกกินเฉพาะ antigen-antibody complex เท่านั้น ในรายที่มี anaphylactic hypersensitivity หรือ มีพยาธิ (parasitic infection) จะพบว่ามีความเข้มข้นของ eosinophil เพิ่มขึ้นได้

โมโนไซต์ (monocyte) หรือแมคโครฟาจ (macrophages) เป็นเซลล์ประเภท phagocyte ใน cytoplasm ติดสีฟ้าอมเทาและมี azurophilic granule อยู่เป็นจำนวนมาก ลักษณะของ nucleus อาจเป็น รูปไข่ หรือรูป

เกือกม้า หรือรูปไต ในกระแสโลหิตจะพบได้ประมาณ 3-5% จะมีชีวิตเฉลี่ยประมาณ 5-7 วัน ส่วนหนึ่งจะผ่านผนังหลอดเลือดเข้าไปอยู่ในเนื้อเยื่อกลายเป็น macrophage เมื่อมีสิ่งแปลกปลอม lymphocyte จะให้สารที่เป็นตัวเรียกให้ monocyte มาเพื่อกำจัดสิ่งแปลกปลอมนั้นด้วยวิธีการ phagocytosis

เบโซฟิล (basophil) เป็นเซลล์ที่อยู่ใน cytoplasm มี granule ขนาดใหญ่กว่าเม็ดเลือดขาวอื่นในกลุ่มเดียวกัน (neutrophil, eosinophil) granule ย้อมติดสีม่วงเข้ม ใน granule ประกอบด้วยสารสำคัญ เช่น histamine และ SRS-A (slow reaction substance of anaphylaxis) ที่ผิวมี receptor สำหรับจับ IgE มีบทบาทสำคัญในเรื่องภาวะภูมิคุ้มกันไวเกิน (anaphylaxis) ในกระแสโลหิตจะพบได้ประมาณ 1-2%

(3) เม็ดน้ำเหลือง (lymphocytes) เม็ดน้ำเหลืองในสัตว์ปีกมีความสำคัญมากในการสร้างภูมิคุ้มกันของสัตว์ (immunity)

ลิมโฟไซต์ (lymphocytes) เป็นเซลล์รูปร่างกลม มี 3 ขนาดคือ เล็ก กลาง ใหญ่ แต่ในกระแสโลหิตจะพบขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ nucleus ติดสีเข้ม มี cytoplasm น้อย ย้อมติดสีฟ้าอ่อน lymphocyte เคลื่อนที่ได้ ในจำนวนเม็ดเลือดขาวในกระแสโลหิตทั้งหมดจะพบได้ประมาณ 20-25% lymphocyte แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ T - lymphocyte มีหน้าที่สำคัญในระบบ cellular immunity และ B - lymphocyte มีหน้าที่สำคัญในระบบ humoral immunity

(ไชยณรงค์, 2541; Campbell, 1995)

เมื่อร่างกายของสัตว์จะได้รับเชื้อโรคหรือจุลินทรีย์ต่างๆ ทั้งจากการสัมผัส การกินอาหาร และการหายใจ เป็นต้น ร่างกายจะมีกระบวนการต่อสู้และป้องกันการติดเชื้อโรค โดยระบบภูมิคุ้มกันของสัตว์ปีกแบ่งออกเป็น 2 กลไก คือ

1.5.1 ระบบภูมิคุ้มกันไม่จำเพาะ (non-specific immune)

เป็นระบบการกำจัดสิ่งแปลกปลอมออกจากร่างกายโดยวิธีการง่ายๆ เกิดขึ้นเมื่อร่างกายได้รับสิ่งแปลกปลอมนั้นเป็นครั้งแรก หรือแม้ได้รับอีกในคราวต่อมา ร่างกายก็อาจใช้วิธีการนี้กำจัดสิ่งแปลกปลอมร่วมกับระบบภูมิคุ้มกันจำเพาะ (specific immune response) โดยกลไกภายในร่างกายก็จะมี การต่อสู้ป้องกันไม่ให้สิ่งแปลกปลอมทุกอย่างเข้าสู่ร่างกายได้ โดยไม่จำเพาะว่าจะเป็นเชื้อโรคตัวใดเท่านั้น สำหรับภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ มีวิธีการ ดังนี้

1.5.1.1 อุณหภูมิของร่างกาย ไก่มีอุณหภูมิในตัวตามปกติที่สูงกว่าสัตว์อื่นๆ จึงทำให้โรคหลายๆ โรคไม่สามารถเกิดกับไก่ได้

1.5.1.2 ใช้เครื่องกีดขวางตามธรรมชาติ (natural barrier) ซึ่งได้แก่ ผิวหนัง เยื่อเมือก ซึ่งบุตามอวัยวะต่างๆ ทำหน้าที่ปกป้องสิ่งแปลกปลอมไม่ให้เข้าสู่ระบบของร่างกายได้ หากสิ่งแปลกปลอมนั้นสามารถผ่าน barrier นี้เข้าไปได้จะถูกร่างกายกำจัดโดยใช้ inflammatory response และ phagocytosis ขนอ่อน ขนที่งอกในทางเดินหายใจจะเป็นสิ่งกีดขวางกักกันที่สามารถจับเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมออกมาจากร่างกายไก่ได้ เช่น การไอ การจาม อย่างไรก็ตาม ถ้าในโรงเรือนมีสภาพอากาศไม่ดี มีฝุ่นมากและแก๊สแอมโมเนียสูง จะทำให้ขนหลุดกลับให้ไม่สามารถทำงานได้ กลไกการกีดขวางเชื้อโรคจึงไม่สามารถทำได้

1.5.1.3 จุลินทรีย์ประจำถิ่น จุลินทรีย์ประจำถิ่น (normal flora) ที่อาศัยอยู่ในตัวไก่โดยไม่ทำให้เกิดโรค เช่น บริเวณผิวหนัง และในลำไส้ ทำหน้าที่ป้องกันการบุกรุกและช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (pathogenic microorganism) ได้ด้วย เมื่อใดก็ตามที่จุลินทรีย์ชนิดแรกถูกทำลาย จุลินทรีย์ทำให้เกิดโรคจะทวีจำนวนขึ้นเป็นผลร้ายแก่ตัวสัตว์นั้นได้

1.5.1.4 การอักเสบ (inflammatory response) เป็นการเคลื่อนย้ายของ phagocytic cell (neutrophilic granulocyte และ macrophage) มายังบริเวณที่มีสิ่งแปลกปลอม บริเวณนั้นจะเกิดการอักเสบมีลักษณะจำเพาะ คือ ปวด บวม แดง ร้อน และจะพบว่าประมาณ 30-60 นาที หลังจากสิ่งแปลกปลอมเข้าไป เม็ดเลือดขาวจำพวก neutrophilic granulocyte จะเป็นพวกแรกที่มาถึงบริเวณนี้ โดยการลอดตัวผ่านออกทางรอยต่อของ endothelial cell ของเส้นเลือดออกมาในเนื้อเยื่อ เพื่อจะมากินและทำลายสิ่งแปลกปลอม นั้น ประมาณ 4-5 ชม. หลังจากนั้นเซลล์อีกพวกหนึ่งคือ mononuclear cells ซึ่งได้แก่ lymphocyte จึงจะผ่าน endothelial cell ออกมาแล้ว monocyte จะเปลี่ยนเป็น macrophage ส่วน lymphocyte จะมาทำหน้าที่ specific immune response

1.5.1.5 การกินสิ่งแปลกปลอม (phagocytosis หรือ cell-eating) เมื่อพวก neutrophilic granulocytes และ macrophage มาถึง จะเคลื่อนตัวไปหาสิ่งแปลกปลอม (chemotaxis) แล้วประกบติด (attachment) ต่อมาจะกลืน (ingestion) แล้วจึงมีการย่อย (intracellular digestion) ด้วยกลไกหลายอย่างในเซลล์ แล้วจึงปล่อย สิ่งแปลกปลอมที่ถูกทำลายแล้วออกไปจากเซลล์ (elimination) (ประสิทธิ์, 2547; วราภรณ์, 2549)

1.5.2 ระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ (specific immune response)

เป็นระบบการกำจัดสิ่งแปลกปลอมที่ต้องอาศัยกลไกที่ยุ่งยากกว่าวิธีแรก เกิดขึ้นเมื่อร่างกายไม่สามารถใช้วิธี non-specific immune response กำจัดสิ่งแปลกปลอมนั้นออกไปได้ เซลล์ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในด้านนี้คือ lymphocytes ซึ่งประกอบด้วย T-cell, B-cell และ natural killer cells หรือ NK-cell (สันนิบา, 2545) ทั้ง T-cell และ B-cell ถูกสร้างจากเซลล์ต้นกำเนิด (stem cell) ที่ไขสันหลัง ในสัตว์ปีก T-cell จะพัฒนาที่ต่อมไทมัส (thymus) โดยทำหน้าที่เป็นตัวประสานงานในการตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน และการกำจัดเซลล์ที่ติดเชื้อไวรัสออกจากร่างกาย (Tizard, 2004) ส่วน B-cell จะพัฒนาที่ bursa of fabricius ของสัตว์ปีก สิ่งแปลกปลอมในที่นี้อาจเรียกว่า แอนติเจน (antigen) หรืออิมูโนเจน (immunogen) การตอบสนองดังกล่าว แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

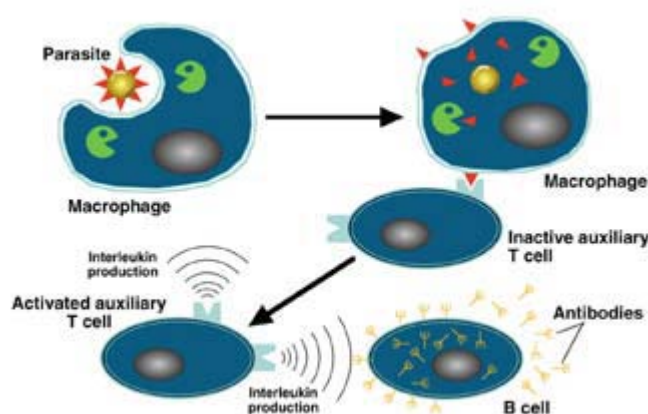
1.5.2.1 การตอบสนองต่อภูมิคุ้มกันโดยพืงพาสารน้ำ (humoral immune response) คือ การตอบสนองทางภูมิคุ้มกันโดยใช้สารน้ำ ซึ่งหมายถึง แอนติบอดี (antibody) แอนติบอดี คือ สารโปรตีนที่อยู่ในเลือดส่วนซีรัม เกิดจากการตอบสนองของร่างกายต่อแอนติเจน และจะทำปฏิกิริยาที่มีความจำเพาะกับแอนติเจนหนึ่งๆเท่านั้น แอนติบอดีอยู่ในซีรัมเป็นส่วนหนึ่งของโปรตีนที่เรียกว่า แกมมาโกลบูลิน (gamma globulin) และเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับภูมิคุ้มกันของร่างกายจึงเรียกว่า อิมูโนโกลบูลิน Immunoglobulin หรือย่อว่า Ig ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 5 ชนิดคือ IgG, IgA, IgM, IgD และ IgE เซลล์ที่รับผิดชอบใน

เรื่องนี้ คือ B-lymphocyte และ plasma cell นอกจากนี้ยังมีสารน้ำอื่นๆ ช่วยส่งเสริมการทำงานของ specific immunity คือ complement

แอนติบอดีที่สร้างขึ้นมาระบาดในร่างกายหลังจากที่เคยสัมผัสกับไวรัสของโรคมานั้นแล้วมี 3 แบบ ได้แก่ IgM, IgG และ IgA กระบวนการสร้างแอนติบอดีครั้งแรก (primary immune response) จะเริ่มขึ้นเมื่อ แมคโคฟารจ์ หรือ T-cell กลืนกินหรือทำลายเชื้อโรคแล้วจะนำส่วนที่เป็นแอนติเจนส่งต่อไปให้ B-cell และเกิดการแบ่งตัวอย่างรวดเร็วได้เซลล์ 2 กลุ่มคือ พลาสมาเซลล์ และ memory B-cells ภายหลังจากที่ไก่ได้รับแอนติเจนหรือทำวัคซีนแล้ว B-cell จะกระตุ้นให้พลาสมาเซลล์ สร้าง IgM ภายใน 1-2 วัน และจะมีปริมาณมากที่สุดที่ 5 วัน และจะหมดไปที่ 10 วัน หลังจากสัมผัสโรคไปแล้ว 5 วัน จะมีการสร้าง IgA เพื่อการทำงานเฉพาะที่ เพื่อป้องกันเนื้อเยื่อบริเวณนั้น เมื่อสัตว์ได้รับวัคซีนหรือแอนติเจนครั้งที่ 2 (secondary immune response) จะมีการตอบสนองการสร้างภูมิคุ้มกันอย่างรวดเร็วโดย memory B-cell จะเพิ่มจำนวนและผลิต IgG ซึ่งจะคงอยู่ในร่างกายของไก่ได้นานถึง 52 วัน และเป็นแอนติบอดีที่มีปริมาณมากจึงนับว่ามีความสำคัญมากต่อไก่ (ประสิทธิ์, 2547; เกรียงศักดิ์, 2536)

1.5.2.2 การตอบสนองต่อภูมิคุ้มกันโดยพึ่งพาเซลล์ (cell-mediated immune response หรือ Cell-mediated immunity (CMI)) หมายถึงภูมิคุ้มกันจำเพาะที่ใช้เซลล์ที่จำเพาะต่อแอนติเจน เซลล์ที่รับผิดชอบคือ Specifically Sensitized Lymphocyte (SSL) หรือ T lymphocyte ซึ่งมีหน้าที่ผลิตสาร lymphokines (สุทธิพันธ์, 2529)

การทำงานของภูมิคุ้มกันของร่างกายเป็น การทำงานร่วมกันของ ของระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ (non-specific immune) และ ไม่จำเพาะ (specific immune response) ดังแสดงใน ภาพที่ 2-3



ภาพที่ 3 แสดงการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันภายในร่างกาย

ที่มา : Behr (2001)

1.6 ความสำคัญของแอนติบอดีของลูกไก่ต่อการป้องกันโรค

แอนติบอดีที่ไก่สร้างขึ้น อาจมีผลมาจาก ไก่ได้รับการกระตุ้นจากเชื้อโรคหรือจากการที่ไก่ได้รับวัคซีน แอนติบอดีในกระแสเลือดของแม่ไก่ ถ่ายทอดให้ลูกไก่ผ่านทางไข่แดง ซึ่งแอนติบอดีนี้จะช่วยป้องกันโรคบางโรคให้กับลูกไก่ได้นานถึง 2 สัปดาห์ แอนติบอดีในกระแสเลือดของลูกไก่เพิ่มสูงขึ้น จากอายุ 1 วัน ถึง 3 วัน เนื่องจากลูกไก่มีการดูดซึมแอนติบอดีจากไข่แดง แล้วค่อยๆ ลดลง และหมดไปเมื่อไก่ อายุ 1-3 สัปดาห์

แอนติบอดีสูงในแม่ไก่ ส่งผลให้แอนติบอดีในลูกไก่มีความสม่ำเสมอและมีระดับสูงเป็นสัดส่วนกับแอนติบอดีในแม่ไก่ ถ้าแอนติบอดีในแม่ไก่ต่ำและไม่แน่นอน เป็นผลให้ลูกไก่ไวต่อการเป็นโรค แอนติบอดีระดับสูงในลูกไก่ มักขัดขวางผลการให้วัคซีนในลูกไก่ (จิโรจ, 2544)

1.7 ผลของสิ่งแวดล้อมต่อความเครียดของสัตว์

ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเครียดในไก่มีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย ได้แก่ การเลี้ยงไก่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง มีผลให้ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในตัวไก่ ไม่สามารถถ่ายเทให้กับบรรยากาศโดยรอบได้ ไก่ที่โตเต็มวัยแล้ว และอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงเกิน 30 °C จะแสดงอาการอ้าปากหายใจ อัตราการหายใจ 22 ครั้ง/นาที เพิ่มขึ้นเป็น 200 ครั้ง/นาที ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมจาก 27 °C เป็น 45 °C ภายในเวลา 20 นาที การอ้าปากหายใจที่เร็วและอัตราการหายใจที่เร็วขึ้น เป็นการลดความร้อนของร่างกาย ซึ่งการที่ไก่หายใจเร็วขึ้น ทำให้มีการขับคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกายมากขึ้น ทำให้เกิด respiratory alkalosis การเลี้ยงไก่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง มีผลเสียอย่างมากต่อผลผลิต ได้แก่ ทำให้ไก่ตาย โตช้า การกินอาหารลดลง น้ำหนักตัวลดลง ไข่ลด คุณภาพเปลือกไข่ไม่ดี และอัตราการแลกเนื้อสูง (Cooper and Washburn, 1998; Mashaly et al., 2004) ถ้าไก่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานาน มีผลให้ไก่สร้างแอนติบอดีในกระแสเลือดได้ต่ำลง เนื่องจากไก่ที่เครียดจากความร้อน จะมีการหลั่งสารคอร์ติโคสเตียรอยด์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของไออนในซีรัม ถ้าไก่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงเกิน 36 °C เป็นเวลานาน มีผลให้ภูมิคุ้มกันชนิดฟั้งเซลล์ต่ำลงด้วย (จิโรจ, 2544) การเลี้ยงสัตว์ด้วยความหนาแน่นเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความเครียด เนื่องจากขาดพื้นที่ในการเคลื่อนที่ เกิดความร้อนสะสม รวมทั้งมีแอมโมเนียสูง ส่งผลกระทบต่อการลดการเจริญเติบโต เพิ่มอัตราการตายสูงขึ้น (Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare, 2000) เช่นเดียวกับ Cravener et al. (1992) พบว่าการเลี้ยงไก่ที่หนาแน่น (49 ตัว/คอก หรือ 0.05 ม³/ตัว) ทำให้น้ำหนักตัวและน้ำหนักซากลดลงกว่ากลุ่มที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า นอกจากนี้ยังมีความเครียดที่เกิดจากการติดเชื้อโรคอีกด้วย (McFarlane and Curtis, 1989) ทำให้เกิดการสร้างไซโตไคน์ (cytokines) ส่งผลให้ร่างกายหลั่งฮอร์โมนอะดรีโนคอร์ติโคโทรฟิน (adrenocorticotrophin hormone, ACTH) ฮอร์โมนนี้จะออกฤทธิ์กระตุ้นต่อมหมวกไตให้หลั่งฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ (glucocorticoid) ซึ่งมีผลย้อนกลับไปกระตุ้นการสร้างเซลล์ของระบบภูมิคุ้มกัน คือ นิวโทรฟิล (neutrophils) ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม หรือเฮเทอโรฟิล (heterophil) ในสัตว์ปีก ในไขกระดูก และย้อนกลับ

ไปยับยั้งการสร้างเซลล์แมโครเฟจ, โมโนไซต์ (monocytes) และลิมโฟไซต์ (lymphocytes) ทำให้ลดไซโตไคน์ลง (นทีทิพย์, 2538) การที่ร่างกายมีฮอร์โมน ACTH มีผลทำให้มีการเพิ่มของ ฮอร์โมนคอร์ติโคสเตอรॉน (corticosterone, CS) ในพลาสมา, กลูโคส และสัดส่วนเม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ (H/L ratio) (Puvadolpirod and Thaxton, 2000a,b,c) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ทราบปารามิเตอร์ในการวัดความเครียดของสัตว์ปีกจาก corticosterone และ สัดส่วนเม็ดเลือดขาวเป็นตัวบ่งชี้สภาวะความเครียดของสัตว์ปีกได้ โดยพบว่าการเพิ่มของ corticosterone เมื่อสัตว์มีความเครียดส่งผลให้เม็ดเลือดขาวชนิด heterophil เพิ่มขึ้นด้วย (Post et al., 2003)

1.8 ผลของการเกิด oxidative stress ในไก่เนื้อ

เมื่อสัตว์อยู่ในสภาวะเครียดจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเมตาบอลิซึมของพลังงาน ส่งผลให้ร่างกายหลั่งฮอร์โมน corticosterone ตอบสนองต่อความเครียด (Hai et al., 2006) ซึ่งฮอร์โมนนี้มีผลต่อการกระตุ้นการนำกลูโคสมาผลิตเป็นพลังงานโดยวิถี gluconeogenesis โดยกระบวนการ electron transport chain ซึ่งผลผลิตที่ได้คือ ATP และอนุมูลอิสระ (free radicals) โดยอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิด oxidative stress ซึ่งเป็นภาวะที่เกิดความไม่สมดุลของอนุมูลอิสระกับสารต้านอนุมูลอิสระ

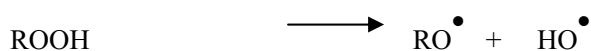
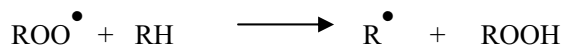
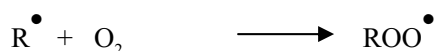
1.8.1 กลไกการเกิดออกซิเดชัน (mechanism of oxidation)

กลไกการเกิดได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. Initiation เป็นขั้นตอนการเกิดอนุมูลอิสระ โดยออกซิเจนจะเข้าทำปฏิกิริยากับกรดไขมัน โดย

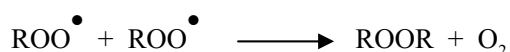
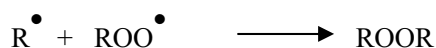


2. Propagation เป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ



3. Termination เป็นปฏิกิริยาขั้นสุดท้ายที่ทำให้ผลผลิต (product) ที่เกิดขึ้นไม่ได้เป็น

อนุมูลอิสระ (non – radical products)



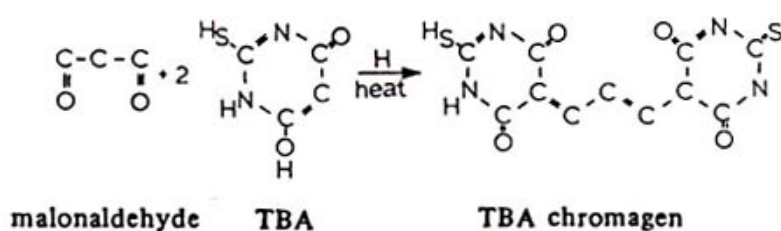
ผลของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดอนุมูลอิสระซึ่งเป็นโมเลกุลหรืออนุภาคที่มีอิเล็กตรอนที่ไม่มีคู่อยู่เป็นองค์ประกอบ ซึ่งจะไม่มีความเสถียรและมีความว่องไวมาก จะเข้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลปกติโดยการดึงอิเล็กตรอนมาหนึ่งตัว ทำให้โมเลกุลปกตินั้นขาด

อิเล็กตรอนและกลายเป็นอนุมูลอิสระ ทำให้ต้องไปแย่งอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่น อนุพันธ์ของออกซิเจนที่ว่องไวมากที่สุดพบส่วนใหญ่ในร่างกาย เรียกว่า Reactive Oxygen Species หรือ ROS ซึ่ง ได้แก่ hydroxyl radical ($\bullet\text{OH}$), peroxy radical ($\text{ROO}\bullet$), superoxide ($\text{O}_2\bullet^-$) รวมทั้ง singlet oxygen ($^1\text{O}_2$) และที่เป็นอนุพันธ์ของไนโตรเจน ที่เรียกว่า Reactive Nitrogen Species หรือ RNS เช่น nitric oxide ($\bullet\text{NO}$) และ peroxynitrite anion (ONOO^-) (วัชร, 2549)

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวนอกจากจะเกิดอนุมูลอิสระ ถ้าเกิดขึ้นในร่างกายสามารถสร้างความเสียหายให้แก่เซลล์ต่างๆในร่างกาย เช่น เกิดการทำลายผนังเซลล์ ทำลายดีเอ็นเอ ยังเป็นการกระตุ้นให้เกิดการสร้างเซลล์ที่ผิดปกติเป็นสาเหตุให้เกิดมะเร็งได้ นอกจากนี้แล้วในเนื้อสัตว์หรืออาหารที่ประกอบด้วยไขมันเมื่อมีการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิ การเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศและแสง จะทำให้เกิดการเสื่อมเสีย มีกลิ่นเหม็น มีความหืนเกิดขึ้น (Huffman et al., 1995) เนื่องจากผลผลิตที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น ketones, aldehydes, alcohols, hydrocarbons, acid และ epoxides ทำให้เนื้อเสื่อมคุณภาพได้

1.8.2 การวัดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

การวัดการเกิดปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชัน โดยวัดจากผลผลิตที่เกิดขึ้น ได้แก่ malonaldehyde ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นที่ 2 ที่เกิดจากการออกซิเดชันในอาหารประเภทมีไขมันชนิด polyunsaturated fatty acid ที่มีพันธะคู่ตั้งแต่ 3 ตำแหน่งขึ้นไป สามารถวัดได้โดยอ้อม โดยวัดจากค่า thiobarbituric acid มีหลักการว่า thiobarbituric acid (TBA) 2 โมเลกุล จะเกิดปฏิกิริยากับ malonaldehyde 1 โมเลกุล ได้เป็น malonaldehyde-TBA complex เกิดสารสีแดง ความเข้มข้นของสารสีแดงที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ oxidative rancidity ซึ่งวัดโดย spectrophotometer (AOCS, 1990) (ภาพที่ 4)



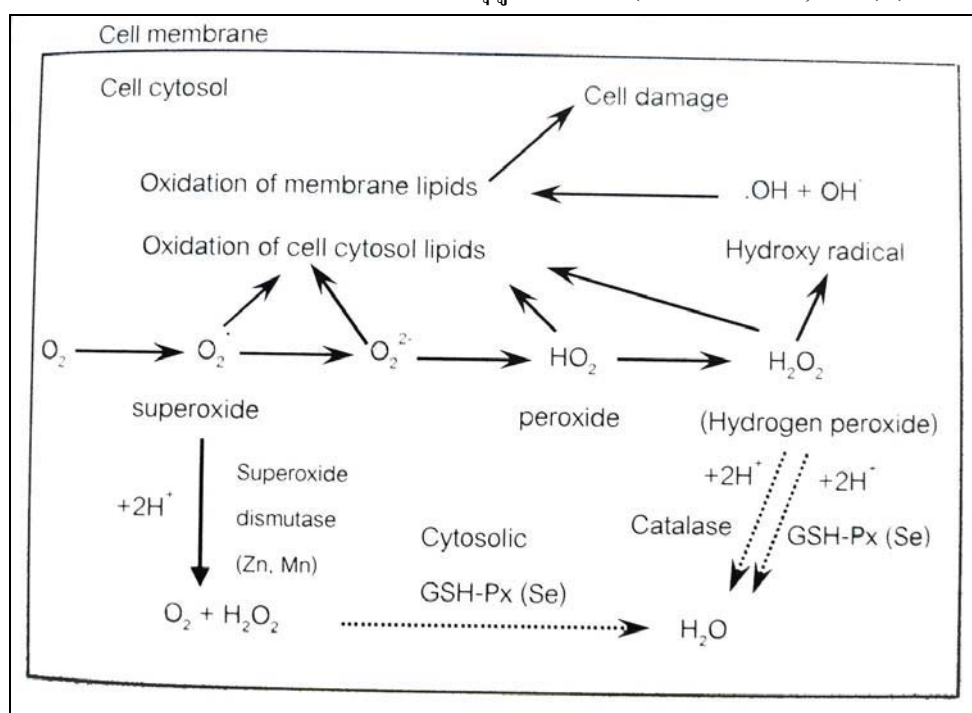
ภาพที่ 4 แสดงปฏิกิริยาการเกิด TBA reaction

ที่มา : Sinnhuber et al. (1958)

1.8.3 บทบาทของฟอสโฟไลปส์ในการต้านอนุมูลอิสระ

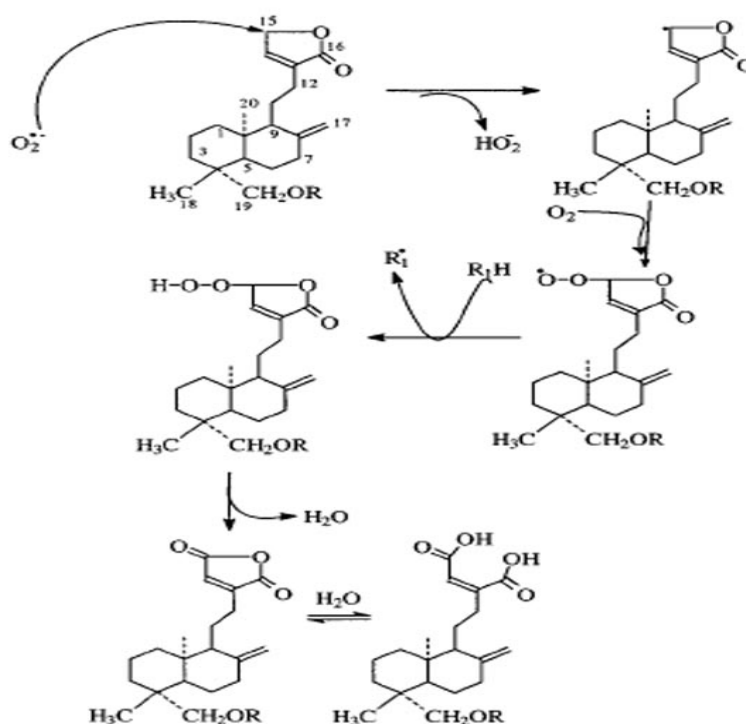
ภายใต้สภาวะปกติของร่างกายนั้นจะมีกลไกการปรับสมดุลของการผลิตอนุมูลอิสระโดยใช้สารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระจะไปจับกับอนุมูลอิสระที่เป็นปัญหา แล้วเกิดอนุมูลอิสระตัวใหม่ที่เสถียรมากกว่า ส่งผลให้หยุดวงจรการเกิดอนุมูลอิสระตัวใหม่อีกขึ้นมามาก จึงเป็นวิธีการป้องกันความ

เสียหายของเซลล์ที่มีประสิทธิภาพ สารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายที่สำคัญ ได้แก่ superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPx) และ catalase ซึ่งเอนไซม์ SOD นั้นจะมีอยู่ใน cytosol และไมโทคอนเดรีย โดยทำหน้าที่รีดิวซ์ superoxide ion ให้กลายเป็นโมเลกุลออกซิเจนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่มีความไว้น้อยกว่า ส่วน glutathione peroxidase นั้นพบอยู่ใน cytosol และไมโทคอนเดรีย จะทำหน้าที่กำจัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ส่วนใหญ่ออกไป ในขณะที่เอนไซม์ catalase ที่มีอยู่ใน peroxisomes จะทำการกำจัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีในระดับสูงมาก โดยเอนไซม์ catalase มีประสิทธิภาพสูงมากในการเปลี่ยนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไปเป็นน้ำและโมเลกุลของออกซิเจน (วัชร, 2549) (ภาพที่ 5) ฟลาโวนอยด์มีส่วนในการต้านอนุมูลอิสระในร่างกายได้เนื่องจากมีส่วนช่วยให้มีการเพิ่มของ superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPx) และ catalase จึงเป็นการเพิ่มเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการต้านอนุมูลอิสระ (Zhang and Tan, 2000) นอกจากนี้แล้ว สารประกอบในฟลาโวนอยด์จำพวกฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และฟีนอลิก (phenolic, PhOH) มีส่วนช่วยในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งจะทำหน้าที่ในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่น โดยการให้อะตอมไฮโดรเจนอย่างรวดเร็วแก่อนุมูลอิสระ โดยเฉพาะ alkyl peroxy radicals ($ROO^\bullet + PhOH \rightarrow ROOH + PhO^\bullet$) เนื่องจาก phenoxy radical ($PhO^\bullet$) ที่เกิดขึ้นมีความเสถียรจึงไม่เหนี่ยวนำให้เกิดอนุมูลอิสระชนิดอื่นต่อไปอีก (วัชร, 2549; Tripathi et al., 2007) เช่นเดียวกับ neoandrographolide ที่เป็นสารออกฤทธิ์สำคัญอีกชนิดหนึ่งของฟลาโวนอยด์ที่สามารถจับกับ superoxide radical ($O_2^\bullet$) ทำให้อยู่ในรูป neoandrographic diacid ซึ่งมีความเสถียรจึงเป็นอีกวิธีที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ (Kamdem et al., 2002) (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 5 การทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระในเซลล์ของสัตว์

ที่มา : นวลจันทร์ (2548)



ภาพที่ 6 การรวมตัวของ neoandrographolide กับ superoxide radical

ที่มา : Kamdem et al. (2002)

1.9 ผลของการใช้ฟ้าทะลายโจรในสัตว์

1.9.1 ผลของการใช้ฟ้าทะลายโจรในสุกร

วิศิษฐ์ และคณะ (2544) ศึกษาผลการเสริมใบฟ้าทะลายโจรและใบฝรั่งต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของลูกสุกรท้องร่วง พบว่าในระยะควบคุมลูกสุกรที่ได้รับฟ้าทะลายโจรระดับ 500 มิลลิกรัม/ครั้ง ทำให้สุกรหายท้องร่วงได้เร็วขึ้น (2.47 วัน) ($P < 0.01$) เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับการรักษาด้วยใบฟ้าทะลายโจร (3.33 วัน) มีน้ำหนักตัวเมื่อหายป่วย (4.06 กิโลกรัม) ($P < 0.01$) และมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (179.69 กรัม) ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการรักษาด้วยใบฟ้าทะลายโจรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สำหรับลูกสุกรหลังหย่านม พบว่าการเสริมใบฟ้าทะลายโจรในอาหารที่ระดับ 1 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว ทำให้อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (512.05 กรัม) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (1.39) ดีขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มไม่เสริม ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 461.71 กรัม และประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับ 1.46 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$)

ซึ่งสอดคล้องกับยุทธนา และคณะ (2545) ที่ศึกษาผลของฟ้าทะลายโจรต่อการรักษาโรคท้องร่วงในลูกสุกรหย่านม พบว่า การรักษาด้วยฟ้าทะลายโจร 250 หรือ 750 มิลลิกรัม/ได้ส/วัน ทำให้ลูกสุกรหายท้องร่วงเร็วที่สุด แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้ยาปฏิชีวนะ colistin sulfate 1

มิลลิกรัม/โด้ส/วัน (3.08, 3.10 และ 3.63 วันตามลำดับ) ($P>0.05$) อัตราการเจริญเติบโตของลูกสุกรที่ป่วยด้วยโรคท้องร่วง อันเกิดจากเชื้อ *E. coli* อายุระหว่าง 14 ถึง 28 วัน เปรียบเทียบกับการใช้ยาปฏิชีวนะ colistin sulfate พบว่ามีแนวโน้มสูงกว่าลูกสุกรที่รักษาด้วย colistin sulfate โดยเฉพาะการใช้ฟาทะลายโจรที่ระดับ 250 มิลลิกรัม/โด้ส/วัน มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันใกล้เคียงกับลูกสุกรที่ไม่ป่วย และมากกว่าที่ใช้ยาปฏิชีวนะ แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) คือ 0.185, 0.189 และ 0.153 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ

สาโรช และคณะ (2547) ศึกษาผลของการเสริมฟาทะลายโจรทดแทนยาปฏิชีวนะต่อสมรรถนะการผลิตในสุกร พบว่า สุกรอนุบาลอายุ 25-60 วัน ที่ได้รับฟาทะลายโจร 0.05 เปอร์เซ็นต์ของอาหาร มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ (colistin sulfate 120 ppm + chlortetracycline 200 ppm + tylosin phosphate and sulfamethazine 120 ppm) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (519, 465 และ 473 กรัม/วัน ตามลำดับ) ปริมาณอาหารที่กินของลูกสุกรที่ได้รับอาหารเสริมยาปฏิชีวนะกินอาหารได้มากที่สุด 0.773 กิโลกรัม/ตัว/วัน รองลงมาคืออาหารเสริมฟาทะลายโจรที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์, 0.10 เปอร์เซ็นต์ ของอาหาร, กลุ่มควบคุม และอาหารเสริมฟาทะลายโจร 0.15 เปอร์เซ็นต์ของอาหาร คือ 0.763, 0.722, 0.701 และ 0.695 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับแต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในแง่ของประสิทธิภาพการใช้อาหารลูกสุกรที่ได้รับฟาทะลายโจร 0.05 เปอร์เซ็นต์ของอาหาร มีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ (1.47, 1.51 และ 1.63 ตามลำดับ) แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ในสุกรเล็ก-รุ่น (อายุ 11-19 สัปดาห์ น้ำหนัก 30-78 กิโลกรัม) พบว่าสุกรที่ได้รับฟาทะลายโจร 0.05 เปอร์เซ็นต์ของอาหาร มีสมรรถนะการผลิตดีเทียบเท่ากับสุกรที่เสริมยาปฏิชีวนะ (colistin sulfate 120 ppm + chlortetracycline 200 ppm + tylosin phosphate and sulfamethazine 120 ppm) ในอาหาร คือ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (48.75 และ 48.34 กิโลกรัม/ตัว) อัตราการเจริญเติบโต (0.871 และ 0.863 กิโลกรัม/ตัว/วัน) ปริมาณอาหารที่กิน (1.991 และ 1.987 กิโลกรัม/ตัว/วัน) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (2.29 และ 2.30) ตามลำดับ แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

1.9.2 ผลของการใช้ฟาทะลายโจรในไก่เนื้อ

กุศล และวรรณพร (2536) ทำการศึกษาการใช้ฟาทะลายโจรผสมในอาหารไก่เนื้อสำเร็จรูปที่ระดับ 1.0 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหาร พบว่าน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร อัตราการตาย และรสชาติของเนื้อไก่ ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เสริมฟาทะลายโจร และไก่ทดลองกลุ่มที่ไม่ได้รับวัคซีนป้องกันโรคหลอดลมอักเสบมีการแสดงออกของสมรรถภาพการผลิต ไม่แตกต่างจากกลุ่มไก่ที่ได้รับวัคซีนป้องกันโรคหลอดลมอักเสบ และกุศล และวรรณพร (2537, 2538) ได้นำฟาทะลายโจรมาใช้ทดแทนสารปฏิชีวนะคลอเตตราซัยคลิน เพื่อเร่งอัตราการเจริญเติบโต โดยผสมฟาทะลายโจรในอาหารสำเร็จรูปทางการค้าของไก่เนื้อที่ระดับ 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร พบว่าน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการตายแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมสารปฏิชีวนะคลอเตตราซัยคลิน 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

รัชดาวรรณ (2543) ได้ทำการศึกษาโดยใช้ฟ้าทะลายโจรที่ระดับ 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ สารแอนโดรกราโฟไลด์ที่ระดับ 1.8 และ 3.6 ppm สารปฏิชีวนะ 0.5 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับอาหารที่ไม่เสริมในอาหารไก่กระทง พบว่า ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร เปอร์เซ็นต์การเลี้ยงรอด และเปอร์เซ็นต์ซาก นอกจากนี้ การเสริมฟ้าทะลายโจรมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคด้านรสชาติ และความนุ่มแตกต่างกัน ($P < 0.01$) ในด้านของคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในเรื่องกลิ่น และความพึงพอใจโดยสรุปต่อเนื้อไก่กระทงนั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าเมื่อเสริมฟ้าทะลายโจรที่ระดับ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผู้บริโภคยอมรับกลิ่นและความนุ่มของเนื้อไก่มากที่สุด นอกจากนี้เมื่อเสริมที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ผู้บริโภคพึงพอใจในรสชาติมากที่สุด

อนุชา และคณะ (2543) ศึกษาผลของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรต่อสมรรถภาพของไก่เนื้อ และไก่พื้นเมืองลูกผสมทางการค้า พบว่าการใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจร 180 กรัม/อาหาร 100 กิโลกรัม มีน้ำหนักตัว และอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ผสมสารปฏิชีวนะ (salinomycin 50 กรัม/อาหาร 100 กิโลกรัม) ในไก่เนื้ออายุ 6 สัปดาห์ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณการกินอาหารและประสิทธิภาพการใช้อาหาร กลุ่มที่ผสมฟ้าทะลายโจรมีต้นทุนของอาหารผสมต่อน้ำหนักไก่ 1 กิโลกรัม และอัตราการตายสูงกว่าทุกกลุ่ม กลุ่มที่ผสมสารปฏิชีวนะ และกลุ่มที่ผสมฟ้าทะลายโจรมีเปอร์เซ็นต์ซากต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ กลุ่มที่ใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจร และกลุ่มที่ผสมสารปฏิชีวนะ มีน้ำหนักตัว และอัตราการเจริญเติบโตสะสมในไก่พื้นเมืองอายุ 8 สัปดาห์แรกต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และมีประสิทธิภาพการใช้อาหารสะสมต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) แต่เมื่ออายุครบ 11 สัปดาห์สมรรถภาพของไก่ทั้ง 3 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ต้นทุนของอาหารผสมต่อน้ำหนักไก่ 1 กิโลกรัม ของกลุ่มควบคุมดีกว่ากลุ่มที่ผสมฟ้าทะลายโจรและผสมสารปฏิชีวนะตามลำดับ แต่อัตราการตายของกลุ่มควบคุมก็สูงกว่ากลุ่มที่ผสมฟ้าทะลายโจรและผสมสารปฏิชีวนะตามลำดับ ($P > 0.05$)

อริชญา (2548) ได้ศึกษาผลของฟ้าทะลายโจรระดับ 1,000 ppm ของอาหารต่อระบบภูมิคุ้มกันโรค และสมรรถนะการเจริญเติบโต เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะ avilamycin 2.5 ppm พบว่าไม่พบความแตกต่างของการเจริญพัฒนาของเซลล์ลิมโฟซัยท์และระดับแอนติบอดี IgG และ IgM ที่ตอบสนองต่อเม็ดเลือดแดงแคะระหว่างกลุ่มทดลอง แต่พบว่ากลุ่มที่เสริมฟ้าทะลายโจรมีการทำงานของแมคโครฟาจในการจับกิน opsonized sheep red blood cell และ unopsonized sheep red blood cell มากกว่าอีกสองกลุ่ม ($P < 0.05$ ในกลุ่มควบคุม และ $P < 0.01$ ในกลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะ) นอกจากนี้ไม่พบความแตกต่างของปริมาณอาหารที่กิน ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวที่เพิ่ม เปอร์เซ็นต์การเลี้ยงรอดจนถึงอายุ 6 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ซาก การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อไก่กระทง ในด้านของความนุ่ม รสชาติ ความชุ่มฉ่ำ และความพึงพอใจโดยสรุป ($P > 0.05$) แต่ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์ของกลุ่มที่เสริมฟ้าทะลายโจรดีเทียบเท่ากับกลุ่มควบคุม และดีกว่ากลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะ ($P < 0.05$) ความยาวของลำไส้ในส่วนดูโอเดนิม เจจูนัม และไอเลียม ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)

ความยาวลำไส้ส่วนโคลอนของกลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะสั้นกว่าอีกสองกลุ่ม ($P<0.05$) สัดส่วนความสูงของ villus ต่อความลึกของ crypt of lieberkühn และความยาวของ villus ของลำไส้ในส่วนดูโอดินัม และเจจูนัมของกลุ่มที่เสริมฟ้าทะลายโจรดีกว่าอีกสองกลุ่ม ($P<0.05$, $P<0.01$ ตามลำดับ)

ธรรมศาสตร์ (2548) ศึกษาการใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรในไก่เนื้อ พบว่า การเสริมฟ้าทะลายโจรในรูปผงที่ระดับ 0.5, 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ หรือที่ระดับ total lactone 400, 600 และ 800 ppm ในอาหาร ไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซาก ($P>0.05$) ไม่มีผลในการช่วยลดการเกิด lipid peroxidation ในซีรัมของไก่เนื้อที่อายุ 21 และ 49 วัน โดยค่า TBARs มีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) มีแนวโน้มลดความเครียดของไก่เนื้อโดยการลดค่าสัดส่วนของเฮปาทอโรฟิลต่อลิพิดที่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมสารปฏิชีวนะ ($P>0.05$) มีแนวโน้มช่วยให้ความยาวของวิลไลจากลำไส้เล็กส่วนเจจูนัมเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ไม่พบคุณสมบัติในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันต่อโรคนิวคาสเซิลของสมุนไพรฟ้าทะลายโจร เมื่อใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหารไก่เนื้อติดต่อกันเป็นเวลานาน 49 วัน พบว่า ไม่มีผลเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อตับและไต โดยค่าแอกติวิตีของเอนไซม์แอสพาเตสอะมิโนทรานสเฟอเรส (AST) และเอนไซม์แกมมา-กลูตามิลทรานสเฟอเรส (GGT) ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมสารปฏิชีวนะ ($P>0.05$) รวมถึงไม่พบลักษณะอาการของเนื้อเยื่อตับและไต นอกจากนี้ จากผลการทดลองพบว่าระดับการใช้ของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในรูปผงที่เหมาะสมในไก่เนื้อ คือ ไม่มากกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ หรือที่ระดับ total lactone 400 ppm.

เอกสารอ้างอิง

- กุศล คำเพราะ และวรรณพร คำเพราะ. 2536. สมุนไพรฟ้าทะลายโจรเพื่อการเลี้ยงไก่เนื้อ (ป้องกันโรคหลอดลมอักเสบ). สัตว์เศรษฐกิจ 11:38-44.
- กุศล คำเพราะ และวรรณพร คำเพราะ. 2537. การใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรเพื่อทดแทนปฏิชีวนสารคลอเตตราซัยคลินในอาหารไก่เนื้อ. สัตว์เศรษฐกิจ 12:14-20.
- กุศล คำเพราะ และวรรณพร คำเพราะ. 2538. การศึกษาเบื้องต้นในการใช้สมุนไพรใบป๊อป และฟ้าทะลายโจรเพื่อการเลี้ยงไก่เนื้อ. สัตว์เศรษฐกิจ 13:37-42.
- กัลยา อนุลักขณาปกรณ และอุไรวรรณ เพิ่มพิพัฒน์. 2540.ฤทธิ์ของฟ้าทะลายโจรในการลดการบีบตัวของลำไส้เล็กและป้องกันการเกิดท้องเสียในสัตว์ทดลอง. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 39(1): 23-33.
- เกรียงศักดิ์ พุนสุข. 2536. โรคติดเชื้อในไก่. คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- คณิต สุวรรณบริรักษ์ และชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ. 2534. เปิดเพิ่มวิชาการ น้ำลายพังพอน ฟ้าทะลายโจร. วารสารสมุนไพรแห่งประเทศไทย. 1: 3-9.
- เครือข่ายกาญจนาภิเษก. 2547. ฟ้าทะลายโจร. ค้นเมื่อ 28 กุมภาพันธ์ 2549, จาก <http://www.kanchanapisek.or.th/kp8/srt/srt701.html>.

- ศูนย์เกษตรกรรมบางไทร. 2548. ฟัทะลายโจร-ปัญญาชน สดุดยอดสมุนไพรแห่งปี 48. ค้นเมื่อ 28 กุมภาพันธ์ 2549, จาก http://www.bangsaiagro.com/knowledge_detail.asp?news.
- คู่มือสมุนไพรเพื่อการสาธารณสุขมูลฐาน 2531. กองวิจัยและพัฒนาสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข 9.
- จริยา สันติสุข. 2536. ฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรียของสารสกัดบริสุทธิ์จากสมุนไพรฟัทะลายโจร. วารสารกรมการแพทย์. 18(8): 394-400.
- จิโรจ ศศิปรียจันทร์. 2544. Handbook on Poultry Diseases. ธนาเพรส แอนด์ กราฟฟิค จำกัด. กรุงเทพฯ.
- ทิพวัลย์ เลี้ยงบุญเลิศชัย และสุมาลี เหลืองสกุล. 2531. ฤทธิ์ของสารสกัดฟัทะลายโจรในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 4(2): 128-135.
- ธิดารัตน์ ปลื้มใจ. 2535. ฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ของฟัทะลายโจร. ว. กรมวิทยาศาสตร์ การแพทย์ 34 (1): 9-15.
- ธนสิทธิ์. 2541. ฟัทะลายโจรได้ต้นยุคาลิปตัส การใช้พื้นที่ที่คุ้มค่า. มติชนบทเทคโนโลยีชาวบ้าน. 10(192) : 30-31.
- นาถฤดี สิทธิสมวงศ์. 2532. การพัฒนายาจากฟัทะลายโจร. การสัมมนาการวิจัยและพัฒนายาจากสมุนไพร กองวิจัยทางการแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 23-25 สิงหาคม 2532 หน้า 34-38.
- นทีทิพย์ กฤษณามระ. 2538. สอร์โมน กลไกและการออกฤทธิ์ร่วม. ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด. กรุงเทพฯ.
- บุศบรรณ ณ สงขลา. 2525. สมุนไพรไทย ตอนที่ 1. หอพรรณไม้ กรมป่าไม้ บางเขน. กรุงเทพฯ.
- ประสิทธิ์ ธรรมแสง. 2547. ระบบภูมิคุ้มกันของสัตว์ปีก. สารานุกรมและการเกษตร. 52(1) : 124-127.
- ปัญญาจักษ์ ธนังกุล และชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ. 2528. การศึกษาทางคลินิกของสมุนไพรฟัทะลายโจรในโรคอุจจาระร่วงและบิดแบคทีเรีย. ราชบัณฑิตยสาร 8(2):57-61.
- พรพิมล กิจสนาโยธิน และชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ. 2535. ผลของฟัทะลายโจร และ andrographolide ในการป้องกันตับจากพิษของ carbontetrachloride. ไทยเภสัชสาร. 16(4): 301-307.
- พรเพ็ญ เปรมโยธิน, พรพิมล กิจสนาโยธิน และชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ. 2538. ฤทธิ์ป้องกันพิษต่อตับของแอนโดรกราโฟไลด์ในเซลล์ตับอิสระของหนูขาว. รายงานผลการวิจัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ศูนย์วิจัยรัชดาภิเษกสมโภช.
- เพชรรัตน์ พงษ์จรรยากุล. 2530. ฤทธิ์ของแอนโดรกราโฟไลด์ต่อกล้ามเนื้อเรียบของกระเพาะและลำไส้. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เพชรรัตน์ พงษ์จรรยากุล, ประสาน ธรรมอุปกรณ, ชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ และลำลี ใจดี. 2530. ผลของแอนโดรกราโฟไลด์ นิโอแอนโดรกราโฟไลด์ต่อการหดเกร็งของกล้ามเนื้อกระเพาะอาหารและลำไส้ที่แยกออกจากตัวสัตว์ทดลอง. การประชุมเสนอผลงานวิจัยคณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ครั้งที่ 8. หน้า 3.

- ยุทธนา ศิริวิธนนกุล, สุรพล ชลดำรงกุล และสมเกียรติ ทองรักษ์. 2545. ผลของฟ้าทะลายโจร ใบฝรั่ง ขมิ้นชัน ไพล และเปลือกมังคุดต่อการรักษาโรคท้องร่วงในสุกร. ในการประชุมวิชาการเรื่อง สมุนไพรไทย โอกาสและทางเลือกใหม่ของอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์. สนง.ข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฯลฯ. 24-25 ตุลาคม 2545. หน้า 115-127.
- รัชดาวรรณ พูนพิพัฒน์. 2543. ผลการเสริมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหารไก่กระตังและไก่ไข่. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วนิดา แสงอลังการ, ประสาน ธรรมอุปกรณ์, อูมา กิตยานี และชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ. 2533. ผลของ andrographolide, neoandrographolide และ 14-deoxy-11, 12-didehydroandrographolide ต่อการหดเกร็งของกล้ามเนื้อกระเพาะอาหารของหนูขาวนอกร่างกาย. ไทยเภสัชสาร. 15(1):5-16.
- วัชร หาดยั้ง. 2549. อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระในกลไกของการเกิดมะเร็ง. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 34(3) : 199 – 208.
- วันดี อุดมอักษร. 2536.ฤทธิ์ของสารแอนโดรกราโฟไลด์ และสารสกัดด้วยน้ำของสมุนไพรฟ้าทะลายโจร ต่อพิษของเอธานอลในตับของหนูขาว. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วันดี กฤษณพันธ์. 2539. สมุนไพรสารพัดประโยชน์. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ.
- วราภรณ์ ศกุลพงศ์. 2548. วิทยานิพนธ์กุ่มกันพื้นฐานทางสัตวแพทย์. ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วิศิษฐ์ เกตุปัญญาพงศ์, ยุทธนา ศิริวิธนนกุล, อรุณพร อิฐรัตน์ และวันวิสาข์ งามผ่องใส. 2544. ผลของใบฟ้าทะลายโจรและใบฝรั่งต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพของการใช้อาหารของลูกสุกรท้องร่วง. วารสารการแพทย์แผนไทย. 5(5): 33-42.
- วิษณุ ธรรมลิขิตกุล และสุรภี พฤกษชาติวุฒิ. 2533. การศึกษาฤทธิ์ด้านแบคทีเรียของสมุนไพรฟ้าทะลายโจร. สารศิริราช. 42(8): 431-434.
- ศิริมา พรสุวัฒนา ประสาน ธรรมอุปกรณ์ และอูมา กิตยานี. 2532. ทดสอบฤทธิ์การป้องกันและรักษาแผลกระเพาะอาหารของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรและเปล้าน้อย. ไทยเภสัชสาร. 14(1): 35-45.
- สาโรช คำเจริญ, บังอร ศรีพานิชกุลชัย, เขวามาลย์ คำเจริญ, คมกริช พิมพ์ภักดี และพิชญ์รัตน์ แสนไชยสุริยา. 2547. การศึกษาและพัฒนาการผลิตและการใช้สมุนไพรกระเทียม ฟ้าทะลายโจรและขมิ้นชันทดแทนสารต้านจุลชีพและสารสังเคราะห์เดิมอาหารไก่และสุกร. ในจันทร์จรัส เรียวเดชะ, กฤษ อังคณาพร และเปล่งศรี อิงคินันท์ (บรรณาธิการ) รายงานการประชุมวิชาการเรื่องสมุนไพรไทย โอกาสและทางเลือกใหม่ของอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ ครั้งที่ 2 คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, ฯลฯ. 15-16 มกราคม 2547. หน้า 145-162.

- สถาบันวิจัยสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2544. มาตรฐานสมุนไพรไทย ฟ้าทะลายโจร. กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพฯ.
- สุรธานี เสวตศิลา, อาดาพรรณ ทองบุญรอด และวิภารัตน์ คำเมือง. 2533. การทดสอบประสิทธิภาพในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของฟ้าทะลายโจรในห้องปฏิบัติการ. บทคัดย่อการประชุมสรุปสถานภาพของฟ้าทะลายโจร 22 ตุลาคม 2533. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และองค์การเภสัชกรรม. กรุงเทพฯ.
- สุทธิพันธุ์ สารสมบัติ. อิมมูโนวิทยา. 2537. เค.พี. พรินต์ติ้ง จำกัด. กรุงเทพฯ.
- เสาวภา ลิมปป์พานิชกุล. 2533. การศึกษาฤทธิ์ด้านการอักเสบของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในหนูขาว. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เสาวภา ลิมปป์พานิชกุล. 2538. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต เรื่อง การศึกษาฤทธิ์ด้านการอักเสบของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในหนูขาว. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สันนิษา สุรทัตต์. 2545. Veterinary Immunology An Update. บริษัทโนวาร์ติส (ประเทศไทย) จำกัด. กรุงเทพฯ.
- หน่วยวิจัยกลาง คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2536. สมุนไพรกับการพัฒนา. ห้องพิมพ์ออฟเซต คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อารีรัตน์ ลออปิกษา, สุรัตนา อำนวยผล และวิเชียร จงบุญประเสริฐ. 2531. การศึกษาสมุนไพรที่มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการติดเชื้อของระบบทางเดินหายใจ (ตอนที่ 1). ไทยเภสัชสาร. 31(1): 23-26.
- อนุชา แสงโสภณ, รณชัย สิทธิไกรพงษ์, พงษ์ศักดิ์ ศรีชนะชัย และกนกรัตน์ ศรีเกษมวัฒน์. 2543. ผลกระทบของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรต่อสมรรถภาพของไก่เนื้อและไก่พื้นเมืองลูกผสมทางการค้า. วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง. 8(2): 15-21.
- อริชญา นาคชำนาญ. 2548. ผลของสมุนไพรผสมของฟ้าทะลายโจร ขมิ้นชัน มะระขี้นก และไพล ต่อระบบภูมิคุ้มกันโรค และคุณลักษณะทางการเจริญเติบโตในไก่กระตัง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- AOCS. 1990. Official Methods and Recommended Practice of the American Oil Chemists Society, 4th ed. American Oil Chemists Society, Champaign, Illinois.
- Batkhuu, J., K. Hattori, F. Takano, S. Fushiya, K. Oshiman and Y. Fujimiya. 2002. Suppression of NO Production in Activated Macrophages in vitro and ex vitro by Neoandrographolide Isolated from *Andrographis paniculata*. Biological & Pharmaceutical Bulletin. 25(9): 1169-1174.
- Behr, S. 2001. General preventive maintenance of the immune system : A brief overview from a behavioral and nutritional perspective. [serial online] Nov/Dec 2001 [cited 2004 August 8]. Available from: URL: <http://www.nutria/news/general/preventive/article.htm>.
- Binduja, S., P. K. S. Visen, G. K. Patnik and B. N. Dhawan. 1992. Choleric effect of andrographolide in rats and guinea pigs. Plata Medica. 58: 146-149.

- Burgos, R. A., E. E. Caballero, N. S. Sanchez, R. A. Schroeder, G. K. Wikman, and J. L. Hancke. 1997. Testicular toxicity assessment of *Andrographis paniculata* dried extract in rats. *Journal of Ethnopharmacology*. 58(3):219-240.
- Calabrese, C., H. B. Sheryl, G. B. Jonh, M. Xinfang, S. Lynne, D. Melissa, W. Kameron, A. W. Cynthia, and J. S. Leanna. 2000. A phase I trial of andrographolide in HIV positive patienta and normal volunteers. *Phytotherapy Research*. 14(5) : 333-338.
- Campbell, T.W. 1995. *Avian hematology and cytology*. 2nd ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Chang, R. S., L. Ding, G. Q. Chen, Q. C. Pan, Z. L. Zhao, and K. M. Smith. 1991. Dehydroandrographolide succinic acid monoester as an inhibitor against the human immunodeficiency virus. *Proceeding of the Society for Experimental Biology and Medicine*. 197(1): 59-66.
- Choudhury, B. R. and M. K. Poddar. 1983. Effect of Kalmegh extract on rat liver and serum enzymes. *Clinical of Pharmacology*. 5(10): 727-730.
- _____. 1984. Andrographolide and kalmegh (*Andrographis paniculata*) extract : in vivo and in vitro effect on hepatic lipid peroxidation. *Clinical of Pharmacology*. 6(9): 481-485.
- _____. 1985. Andrographolide and Kalmegh (*Andrographispaniculata*) Extract : effect on intestinal brush-border membrane-bound hydrolase. *Clinical of Pharmacology*. 7(12): 617-621.
- Caceres, D.D., J.L.Hancke, R.A.Burgo and G.K. Wickman. 1997. Prevention of common colds with *Andrographis paniculata* dried extract: A pilot donble-blind trial. *Phytomedicine* 4(2): 101-104.
- Chaudhuri, S.K. 1978. Influence of *Andrographis paniculata* (Kalmegh) on bile flow and hexobarbitone sleeping in experimental animal. *Ind. J. Exp. Biol*. 16(7):830-832.
- Chiou, W. F., C. F. Chen and J. J. Lin. 2000. Mechanisms of suppression of inducible nitric oxide synthase (iNOS) expression in RAW 264.7 cells by andrographolide. *British Journal of Pharmacology*. 129:1553-1560.
- Choudhury , B.R. and M.K. Poddar. 1985. Andrographolide and Kalmegh (*Andrographis paniculata*) extract effect on intestinal brush-border membrane bound hydrolases. *Methods Find. Exp. Clin. Pharmacol*. 7:617-622.
- Cooper, M.A. and K.W. Washburn. 1998. The Relationships of body temperature to weight gain, feed consumption, feed utilization in broiler under heat stress. *Poultry Science*. 77 : 237 – 242.
- Cravener, T.L., W.B. Roush and M.M. Mashaly. 1992. Broiler production under varying population densities. *Poultry Science*. 71 : 427- 433.

- Fujita, T., R. Fujitani, and Y. Takeda. 1984. On the diterpenoids of *Andrographis paniculata*. X-Ray Crystallographic analysis of andrographolide and structure determination of new minor diterpenoids. Chemical & Pharmaceutical Bulletin. 32(6): 2117-2125.
- Gorman, N. T. and R. E. W. Halliwell. 1989. Veterinary Clinical Immunology. W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto.
- Gupta, S., M. A. Choudhry, J. N. S. Yadava, V. Srivastava and J. S. Tandon. 1990. Antidiarrhoeal activity of diterpenes of *Andrographis paniculata* (Kal-Megh) against *Escherichia coli* enterotoxin in *in vivo* models. International Journal of Crude Drug Reserch. 28(4): 273-283.
- Gupta, S., J. N. S. Yadava and J. S. Tandon. 1993. Antisecretory (antidiarrhoeal) activity of Indian medicinal plants against *Escherichia coli* enterotoxin-induced secretion in rabbit and guinea pig ileal loop models. International Journal of Pharmacognosy. 31(3): 198-204.
- Haffman, D.L., D. Bradford, D. Egbert, W.B. Mikel and W.R. Jone. 1995. Storage stability of vacuum packaged frozen pork sausage containing soy concentrated, carrageenan or antioxidants. Journal of Physiology. 60 : 250 – 257.
- Hai, L., D. Eddy and B. Johan. 2006. Acute heat induces oxidative stress in broiler chickens. Comparative Biochemistry and Physiology. 144 : 11-17.
- Iruretagoyena, M. I., J. A. Tobar, P. A. Gonzalez, S. E. Sepulveda, C. A. Figueroa, R. A. Burgos, J. L. Hancke and A. M. Kalergis. 2005. Andrographolide interferes with T cell activation and reduces experimental autoimmune encephalomyelitis in the mouse. Journal of Pharmacological. 312(1): 366-372.
- Kamdem, R.E., S. Sang and C.T. Ho. 2002. Mechanism of the superoxide scavenging activity of neoandrographolide – a natural product from *Andrographis paniculata* Nees. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50 : 4662 – 4665.
- Kijisanayotin, P. and C. Chaichantipyuth. 1992. Hepatoprotective effect of *Andrographis paniculata* and andrographolide against carbontetrachloride. Thai J. Pharm. Sci. 16:301-306.
- Koul, I. B. and A. Kapil. 1994. Effect of diterpenes from *Andrographis paniculata* on antioxidant defense system and lipid peroxidation. Ind. J. Pharmacol. 26.(4): 296-300.
- Kumar, R. A., K. Sridevi., N. V. Kumar., S. Nanduri., and S. Rajagopal. 2004. Anticancer and immunostimulatory compounds from *Andrographis paniculata*. Journal of Ethnopharmacology 92: 291-295.

- Kanbutra, P., S. Porntrakulpipat, P. Borisutpeth, K. Sarachoo, J. Jivaganon, C. Aromdee and S. Wongkham. 2003. Anti-bacterial activity of Thai medicinal plants on *Escherichia coli* (F18+). The 2nd International conference on medicinal mushroom and the international conference on biodiversity and bioactive compounds 17-19 July, Pattaya, Thailand.
- Leelarasamee, A., S., Trakulsomboon, N. Sittisomwong. 1990. Undetectable anti-bacterial activity of *Andrographis paniculata* (Burm. F.) Wall. Ex Nees. Journal of the Medical Association of Thailand. 73(6): 229-304.
- Limsong, J., E. Benjavongkulchai and J. Kuvatanasuchati. 2004. Inhibitory effect of some herbal extracts on adherence of *Streptococcus mutans*. Journal of Ethnopharmacology 92: 281-289.
- Madav, S., H.C. Tripathi, S.K. Tandan and S.K. Mishra. 1995. Analgesic, antipyretic and antiulcerogenic effects of andrographolide. Ind.J. Pharm. Sci. 57(3): 121-125.
- Madav, S., J. Lal and H. C. Tripathi. 1996. Antiinflammatory activity of andrographolide. Fitoterapia. 66: 452-458.
- Madav, S., H. C. Tripathi, S. K. Tandan and D. K. Lal. 1998. Antiallergic activity of andrographolide. Indian Journal of Pharmacological Science. 60: 176-178.
- Mashaly, M.M., G.L. Hendricks, M.A. Kalama, A.E. Gehad, A.O. Abbas and P.H. Patterson. 2004. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. Poultry Science. 83 : 889 – 894.
- McFarlane, J.M. and S.E. Curtis. 1989. Multiple concurrent stressors in chicks. 3. Effects on plasma corticosterone and the heterophil : lymphocyte ratio. Poultry Science. 68 : 522-527.
- Post, J., J.M.J. Rebel and A.A.H.M. ter Huurne. 2003. Physiological effects of elevated plasma corticosterone concentrations in broiler chickens. An alternative means by which to assess the physiological effects of stress. Poultry Science. 82 : 1313-1318.
- Puri, A., R. Saxena, R. P. Saxena, K. C. Saxena, V. Srivastava, and J. S Tandon. 1993. Immunostimulant agents from *Andrographis Paniculata*. Journal of Natural Product. 56(7): 995-999.
- Puvadolpirod, S. and J.P. Thaxton. 2000a. Model of physiological stress in chickens 1. response parameters. Poultry Science. 79 : 363 – 369.
- Puvadolpirod, S. and J.P. Thaxton. 2000b. Model of physiological stress in chickens 2. dosimetry of adrenocorticotropin. Poultry Science. 79 : 370 – 376.
- Puvadolpirod, S. and J.P. Thaxton. 2000c. Model of physiological stress in chickens 3. temporal patterns of response. Poultry Science. 79 : 377 – 382.

- Puvadolpirod, S. and J.P. Thaxton. 2000d. Model of physiological stress in chickens 4. digestion and metabolism. Poultry Science. 79 : 383-390.
- Rajagopal, S., R. A. Kumar, D. S. Deevi, C. Satyanarayana and R. Rajagopalan. 2003. Andrographolide a potential cancer therapeutic agent isolated from *Andrographis paniculata*. Journal of Experimental Therapeutics and Oncology. 3(3): 147-158.
- SAS. 1985. SAS's user's guide basics. 5th ed. SAS Institute Inc., Cary, N.C., U.S.A.
- Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare. 2000. Environmental factors linked to welfare problems. The welfare of chickens kept for meat production(broiler). European commission. p 62-65.
- Shen, Y. C., C. F. Chen, and W. F. Chiou. 2000. Supression of rat neutrophil reactive oxygen species production and adhesion by the diterpenoid lactone andrographolide. Planta Medica. 66(4): 314-317.
- _____. 2002. Andrographolide prevents oxygen radical production by human neutrophils: possible mechanism(s) involved in its anti-inflammatory effect. British Journal of Pharmacology. 135(2): 399-406.
- Shukla, B., P. K. S. Visen, G. K. Patnaik, B. N. Dhawan. 1992. Choleretic effects of andrographolide on rats and guinea pigs. Planta Medica. 58: 146-149.
- Singha, P. K., S. Roy and S. Dey. 2003. Antimicrobial activity of *Andrograhis paniculata*. Fitoterapia 74 :692-694.
- Sinnhuber, R.O., T.C. Yu and T.C. Yu. 1958. Characterization of the red pigment formed in the 2-thiobarbituric acid determination of oxidative rancidity. Food Research. 23 : 626 - 634.
- Thai Herbal Pharmacopocia. 1995. Department of Medical Soiences, Ministry of Public Health 1:31-38.
- Thamlikitkul, V., T. Dechatiwongese, S. Teerakpong, C. Chantakul, *et al.* 1991. Efficacy of *Andrographis paniculata* Nees for pharyngotonsillitis in adults. J. Med. Assoc. Thai. 74(10):437-442.
- Tizard, I. R. 2000. Veterinary Immunology: An Introduction. 6th ed., Saunders, An Imprint of Elseveir, Philadelphia, USA.
- Tripathi, R., H. Mohan and J.P. Kamat. 2007. Modulation of oxidation damage by natural products. Food Chemistry. 100 : 81 – 90.
- Trivedi, N. and U. M. Rawal. 2000. Hepatoprotective and toxicological evaluation of *Andrographis paniculata* on severe liver damage. Indian Journal of pharmacology. 32: 288-293.

- _____. 2001. Hepatoprotective and antioxidant property of *Andrographis paniculata* (Nees.) in BHC induced liver damage in mice. Indian Journal of Experimental and Biology. 39(1): 41-46.
- Visen, P. K. S., B. Shukla, G. K. Patnaik and B. N. Dhawan. 1993. Andrographolide protects rat hepatocytes against paracetamol-induced damage. Journal of Ethnopharmacology. 40: 131-136
- World Health Organization. 2002. Herba Andrographidis. In: WHO monograph of selected medicinal plants. Vol.2: pp.12-24.
- Xia, Y., B. Ye, Y. Li, J. Wang, X. He, X. Lin, X. Yao, D. Ma, A. Slungaard, R. O. Hebbel, N. S. Key and J. Geng. 2004. Andrographolide Attenuates Inflammation by Inhibition of NF-kappaB Activation through Covalent Modification of Reduced Cysteine 62 of p50. Journal of Immunology

โครงการย่อยที่ 1

การเตรียมผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ปลดปล่อยสารออกฤทธิ์เต็มที่

โดยการทำในรูปแบบแกรนูล

ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

ตามที่มีการประชุมติดตามและประเมินโครงการวิจัยเรื่องการใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทดแทนวัตถุเติมอาหารสังเคราะห์ในอาหารไก่เนื้อและสุกรหลังหย่านมร่วมกับ ศ. ดร. นันทวัน บุญยะประกฤษระ เมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2548 และได้มีการตั้งข้อสังเกตว่า ผลตอบสนองของสัตว์ค่อนข้างกว้าง ปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลให้การตอบสนองกว้างอาจมีสาเหตุจากหลายประการ ประการแรกอาจเป็นไปได้ว่าสารสกัดในฟ้าทะลายโจรแกรนูลมีการปลดปล่อยออกมาช้า เนื่องจากสารสกัดที่นำมาศึกษาเป็นรูปแบบผงที่ต้องเติมสารดูดซับทำให้การปลดปล่อยสารสำคัญออกมาน้อย หรืออาจเป็นไปได้ว่าปริมาณแกรนูลที่เติมลงในอาหารอาจมีมากเกินไป นอกจากนี้การวิเคราะห์หาปริมาณ andrographolide จากแกรนูล และผงใบ ได้ทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่ต่างกัน ที่ประชุมจึงได้เสนอแนะว่า คณะผู้วิจัยควรทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยให้เตรียมจากสารสกัดอัลกอฮอล์เข้มข้นโดยตรง ส่วนผงฟ้าทะลายโจรบดให้เป็น Lot เดียวกันกับผงที่นำมาสกัด และให้ใช้วิธีวิเคราะห์ andrographolide และ total lactones ของอรัญญา ศรีบุศราคม และคณะ (2548)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการแตกตัวของแกรนูลฟ้าทะลายโจรที่เตรียมจากสารสกัดชนิดผง ขององค์การเภสัชกรรม เปรียบเทียบกับแกรนูลที่เตรียมใหม่จากสารสกัดเข้มข้น
2. เพื่อเตรียมฟ้าทะลายโจรแกรนูลที่แตกตัวได้ง่ายเพื่อนำไปทดสอบในฟาร์มต่อไปโดยใช้ฟ้าทะลายโจรผงและสารสกัดจากแหล่งผลิตเดียวกัน

ผลการวิจัยและอภิปราย

ตารางที่ 1 การแตกตัวของแกรนูลที่เตรียมจากแหล่งวัตถุดิบที่ต่างกัน

แหล่งของสารสกัด ที่ใช้เตรียมแกรนูล	เวลาในการแตกตัวของ แกรนูล (วินาที)	ลักษณะทางกายภาพ
องค์การเภสัชกรรม	1215 ± 15	อนุภาคน้ำหนักค่อนข้างหนัก แยกตัวช้า ใช้ เวลาประมาณ 20 นาที ไม่ละลาย สารสกัดยึด จับกับ ingredient ได้
ชาวละออเภสัช	206 ± 16	อนุภาคน้ำหนักค่อนข้างเบา แยกตัวเร็ว ใช้ เวลาประมาณ 3 นาที สารสกัดยึดจับกับ ingredient ได้ดี ค่อนข้างกร่อนง่าย

จากข้อสังเกตว่า ปัจจัยที่คาดว่าจะเป็นสาเหตุให้การตอบสนองแกว่งอาจมีสาเหตุจากสารสกัดในฟ้าทะลายโจร แกรนูลมีการแตกตัวช้า เนื่องจากสารสกัดที่นำมาศึกษาเป็นรูปแบบผงซึ่งจากองค์การเภสัชกรรม (GPO) มีการเติมสารดูดซับทำให้การปลดปล่อยสารสำคัญออกมาน้อย จากการศึกษ พบว่าแกรนูลตำรับที่เตรียมจากสารสกัดที่อยู่ในรูปผงดูดซับบนตัวพาจะแตกตัวได้ช้าเมื่อเปรียบเทียบกับแกรนูลตำรับที่เตรียมจากสารสกัดเข้มข้นด้วย 95% อัลกอฮอล์ ที่เป็นของเหลวไม่ได้เติมสารอื่นๆ ซึ่งจากบริษัทชาวละออเภสัช (ตารางที่ 1) แสดงว่าสื่อที่ใช้ในการดูดซับสารสกัดฟ้าทะลายโจรและส่วนประกอบในตำรับซึ่งอาจเกิดจากสารยึดเกาะมีผลทำให้การแตกตัวของแกรนูลช้าลง อย่างไรก็ตามการศึกษานี้เป็นการศึกษาการแตกตัวอย่างง่ายๆ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือการละลายของ andrographolides ซึ่งมีค่าการละลายที่ต่ำ

การวิเคราะห์หาปริมาณ Andrographolides และ Total lactones

รูปที่ 1 แสดง Chromatogram ของผงใบฟ้าทะลายโจรสกัดโดยการ maceration และ chromatogram ของสารละลายมาตรฐาน Andrographolides พบ peak ของสาร Andrographolides ที่ retention time 5.812 นาที และสารอื่นที่ retention time 1.634 และ 14.902 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณสาร พบ Andrographolides 2.41%w/w และ Total lactones 5.98%w/w ตามลำดับ (ตารางที่ 2) แสดง Chromatogram ของสารสกัดฟ้าทะลายโจรเข้มข้น และ Chromatogram ของสารละลายมาตรฐาน Andrographolides พบ peak ของสาร ที่ retention time 5.509 นาที และสารอื่นที่ retention time 1.577 และ 13.643 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณสาร พบ Andrographolides 4.53 %w/v และ Total lactones 7.78 %w/v ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณ Andrographolides และ Total lactones ของใบฟ้าทะลายโจรสด สารสกัด และ แกรนูล

ตัวอย่าง	%Andrographolides	%Total lactones
ใบฟ้าทะลายโจรสด (%w/w)	2.41	5.98
สารสกัดเข้มข้นจากขาวละออเภสัช (%w/v)	4.53	7.78
ฟ้าทะลายโจรแกรนูล (%w/w)	2.78±0.04	6.11± 0.14

การควบคุมคุณภาพทางกายภาพของฟ้าทะลายโจรแกรนูล

ตารางที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพของฟ้าทะลายโจรแกรนูลที่เตรียมในปริมาณ 28 กิโลกรัม

การประเมิน	แกรนูล lot ใหม่ (n=3)	แกรนูล lot เก่า
Critical Relative Humidity (%)	49.5	67.374
Angle of repose (degree)	34.23 ± 0.06	32.43 ± 0.15
Flow ability (gm/sec)	4.72 ± 0.07	7.44 ± 0.03
% Compressibility	17.10 ± 0.00	14.84 ± 0.01
% LOD	3.97 ± 0.02	3.96 ± 0.03
Mean Particle size (µm)	581.77 ± 4.41	603.99 ± 0.50

*แกรนูลที่เตรียมจากสารสกัดฟ้าทะลายโจรชนิดผง

จากตารางที่ 3 เมื่อนำมาหาขนาดโดยเฉลี่ยของแกรนูลโดยคิดจากการหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่าง Cumulative % frequency ต่อ Log particle size ฟ้าทะลายโจรแกรนูลมีขนาด $581.77 \pm 4.41 \mu\text{m}$ จากการศึกษาคุณสมบัติของแกรนูล (ตารางที่ 1) พบว่าปริมาณแกรนูลที่เตรียมได้เป็น 28 กิโลกรัม แกรนูลที่เตรียมได้มีค่า repose angle 34.23 ± 0.06 องศา ซึ่งมากกว่า 30 องศา แสดงว่าแกรนูลที่เตรียมได้มีการไหลค่อนข้างดี (Lachman et al., 1986) ค่า flowability (4.72 ± 0.07) ซึ่งสัมพันธ์กับค่า % Compressibility (17.10 ± 0.00) บ่งชี้ถึงการไหลของแกรนูลว่าอยู่ในระดับดี โดยมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นของแกรนูลที่เตรียมได้เท่ากับ 3.97 ± 0.02 ขนาดของแกรนูลเฉลี่ยเท่ากับ 581.77 ± 4.41 ไมครอน

เมื่อนำมาศึกษาเพื่อหาจุดความชื้นวิกฤต (critical relative humidity) หรือความชื้นสัมพัทธ์ที่ทำให้ตัวอย่างมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Kuu et al., 1998) พบว่าฟ้าทะลายโจรมีค่าเป็น 49.5 %RH (รูปที่ 3) ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 90%RH พบว่าทั้งมีเชื้อราขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ณ วันที่ 30 และที่ความชื้นสัมพัทธ์ 67 และ 84%RH พบว่า ตัวอย่างเข้าสู่ความชื้นสมดุล ณ วันที่ 14 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างฟ้าทะลายโจรที่เตรียมจากสารสกัดเข้มข้นของบริษัทยาละออ แสดงว่าหากต้องการเก็บฟ้าทะลายโจรผงให้มีความชื้นน้อยที่สุด ต้องเก็บไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำกว่า 49.5%RH ทั้งนี้อาจเกิดจากแกรนูลที่เตรียมจากสารสกัดเข้มข้นมี

ขนาดอนุภาคเล็กกว่า (581.77 μm) ที่เตรียมจากสารสกัดชนิดผง GPO (603.99 μm) ทำให้มีพื้นที่ผิวมากกว่าในการสัมผัสกับความชื้นในบรรยากาศ ประกอบกับสารสกัดเข้มข้นมีลักษณะ hygroscopic มากกว่าทำให้ค่าจุดความชื้นวิกฤตต่ำกว่าซึ่งสอดคล้องกับการเกิดเชื้อราขึ้นเมื่อเก็บที่ 90%RH

การคำนวณต้นทุนในการผลิต

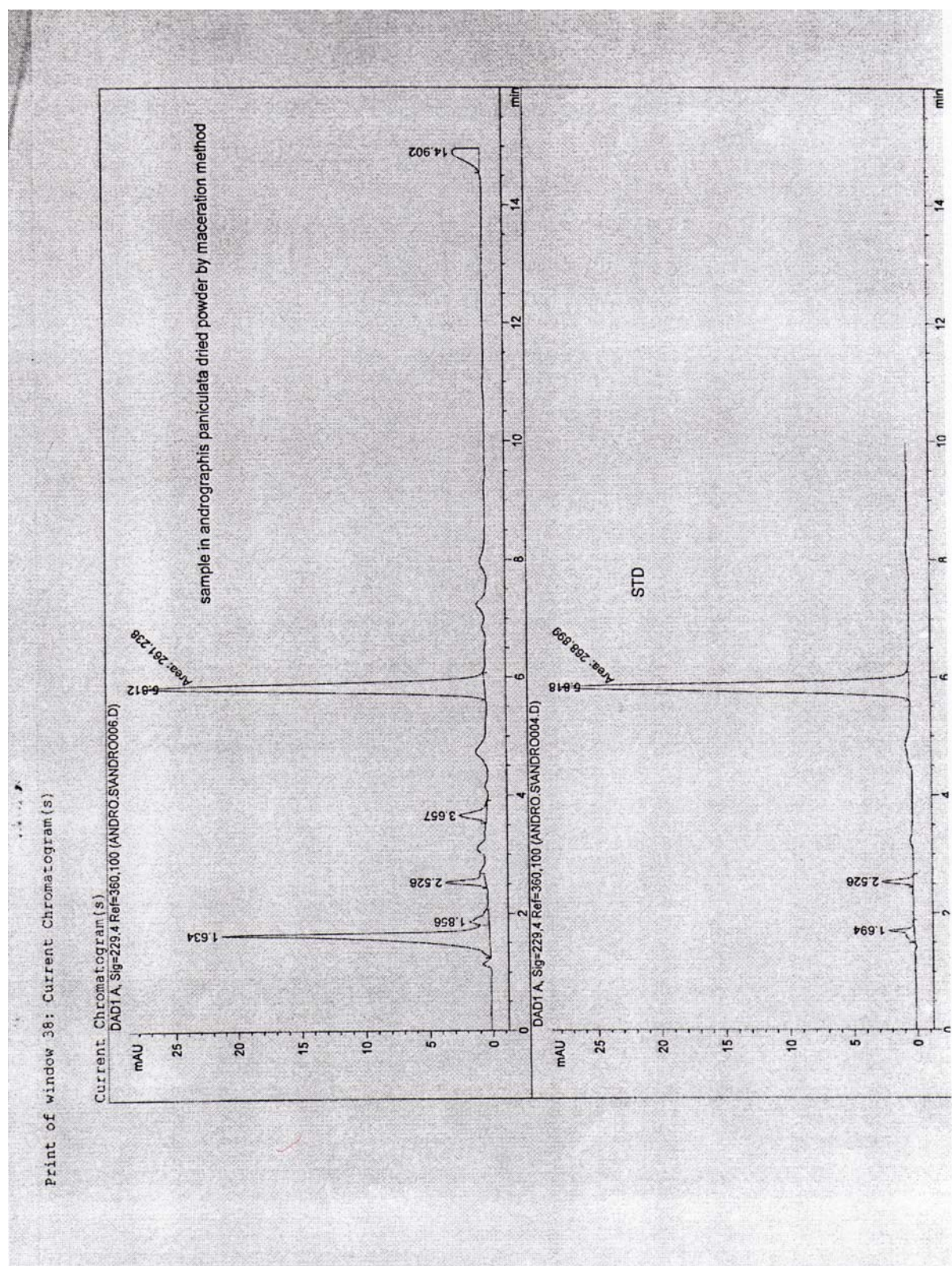
ตารางที่ 4 การคำนวณต้นทุนในการผลิต ต่อกิโลกรัม

รายการ	ต้นทุน	ปริมาณ (กรัม /7กิโลกรัม	ราคารวม (บาท) /7 กิโลกรัม
สารสกัดฟ้าทะลายโจร**	2675.00 บาทต่อกิโลกรัม	4477.62	11977.63
แป้งข้าวเจ้า ตราสิงห์ดาว	16.50 บาทต่อกิโลกรัม	5880	97.02
ค่าจ้างเหมา	200.00 บาทต่อ lot	-	200
ฟ้าทะลายโจรแกรนูล	1753.52 บาทต่อกิโลกรัม***	-	12274.65

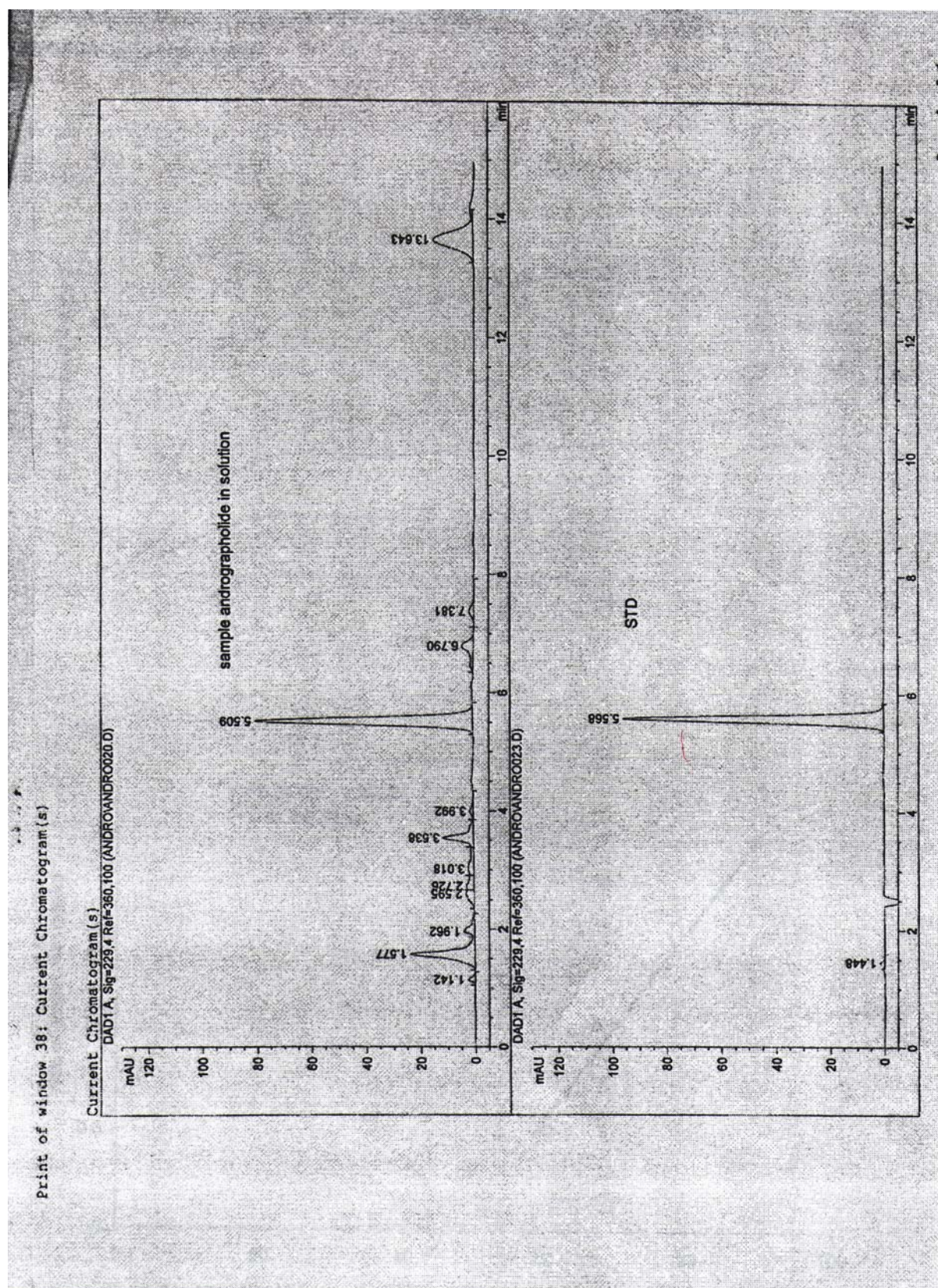
* ไม่รวมค่าไฟฟ้าและค่าเสื่อมราคา

*** ไม่คือน้ำหนักสารที่สามารถละลายได้

ต้นทุนในการผลิตโดยไม่คำนึงถึงปริมาณ Andrographolide การสูญเสียระหว่างผลิต ค่าเสื่อมราคาและค่าไฟฟ้าจะอยู่ที่ 1753.52 บาทต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 4) โดยฟ้าทะลายโจรแกรนูล Lot นี้มีปริมาณ Andrographolide 2.78% total lactones 6.11% (ตารางที่ 2) ส่วนต้นทุนของแกรนูลที่เตรียมจากวัตถุดิบของ GPO 953.29 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งถูกกว่า ทั้งนี้เนื่องจากสารสกัดเข้มข้นมีราคาแพงกว่า

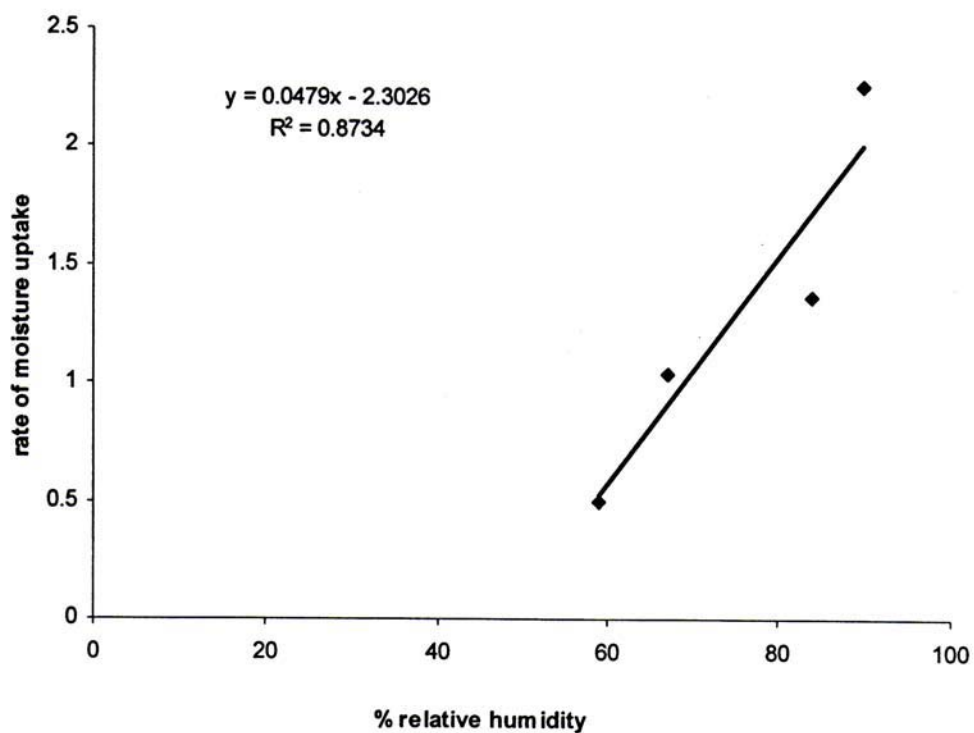
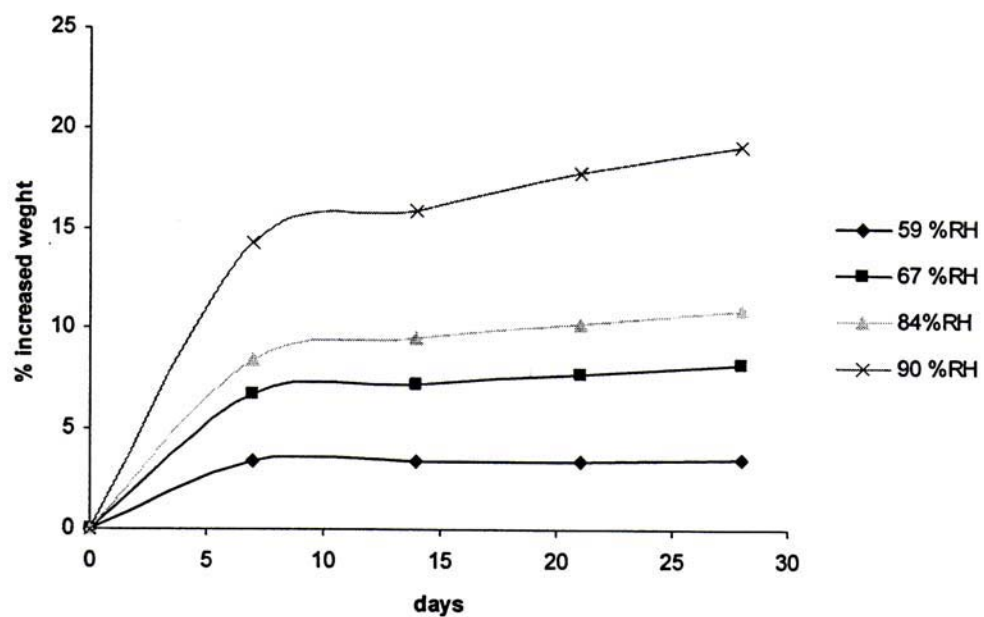


รูปที่ 1 HPLC chromatogram ของฟ้าทะลายโจรสกัดจากผงใบฟ้าทะลายโจร และสารมาตรฐาน Andrographolide



รูปที่ 2 HPLC chromatogram ของสารสกัดฟ้าทะลายโจรเข้มข้น และสารมาตรฐาน Andrographolide

Moisture sorption profile



รูปที่ 3 Moisture sorption profile ของฟ้าทะลายโจรแกรนูล

โครงการย่อยที่ 2

การใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทดแทนวัตถุเติมอาหารสังเคราะห์ในอาหาร ไก่เนื้อการทดสอบเบื้องต้น (Screening test I)

1. เหตุผลและความสำคัญของปัญหาวิจัย

ข้อมูลจากรายงานการวิจัยการทดลองใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทดแทนสารปฏิชีวนะเร่งการเติบโต (antibiotic growth promoters, AGP's) ในอาหารไก่เนื้อพบว่ามีความผันแปรกว้างมาก คือมีรายงานระดับที่ใช้ได้ผลดีตั้งแต่ระดับผงฟ้าทะลายโจร 0.10% ของอาหาร (สาโรชและคณะ, 2547) 0.50% (ธรรมศาสตร์และคณะ, 2548 จนถึง 0.50-1.0% (กุศลและวรรณพร, 2536 และ 2537) ทำให้ยากที่จะสรุประดับที่เหมาะสมเพื่อแนะนำให้นำมาใช้ในเชิงปฏิบัติได้ สาเหตุสำคัญของความผันแปรข้างต้นเกิดจากความแตกต่างของสัตว์ทดลอง อาหารที่ใช้ และที่สำคัญที่สุดคือ คุณภาพของฟ้าทะลายโจรที่ใช้ ซึ่งย่อมผันแปรไปตามสภาพการปลูก เก็บเกี่ยว แปรรูป และระยะเวลาที่เก็บรักษาไว้ก่อนทำการทดสอบ ซึ่งมีผลต่อระดับสารออกฤทธิ์สำคัญ andrographolide ที่ไก่ทดลองได้รับ ผู้วิจัยกลุ่มที่กล่าวถึงข้างต้นต่างมิได้รายงานระดับของสารออกฤทธิ์สำคัญให้ชัดเจนจึงมีผลทำให้ระดับผงฟ้าทะลายโจรที่พบว่าให้ผลดีผันแปรและไม่สอดคล้องกัน โครงการวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะทำการทดสอบเบื้องต้น เพื่อหาระดับของผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรที่ทราบระดับสารออกฤทธิ์สำคัญ andrographolide ที่เหมาะสมสำหรับการใช้ทดแทน AGP's ในอาหารไก่เนื้อ โดยการขยายระดับการเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรให้ครอบคลุมระดับที่สำรวจพบในรายงานการวิจัยที่ระบุข้างต้น และเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์สารสกัด (ในเมทานอล) และผงฟ้าทะลายโจรในระดับที่ให้ไก่ได้รับสารออกฤทธิ์สำคัญเท่ากัน โดยหวังว่าเมื่อได้ระดับของสารออกฤทธิ์สำคัญที่เหมาะสมที่จะใช้ทดแทน AGP's ในอาหารไก่เนื้อแล้ว จะใช้ผลการทดสอบนี้มาศึกษาผลตอบแทนต่อการเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรในอาหารไก่เนื้อและลูกสุกรอนุบาลในรายละเอียด เพื่อปรับใช้ในทางปฏิบัติ พร้อม ๆ กับใช้ในการพัฒนาแนวทางการวิจัยมาตรฐาน (standard protocol) และพัฒนาเครือข่ายการวิจัยสมุนไพรในอาหารสัตว์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่อไป

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระดับของผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจร (สารสกัดและผงบด) ที่เหมาะสมในการทดแทน AGP-chlortetracycline (CTC) หรือยาถ่ายพยาธิ Lasalocid (Avilamycin, AVA) ในอาหารไก่เนื้อ
2. เพื่อศึกษาผลของการเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อสมรรถนะการเติบโต น้ำหนักชิ้นส่วนซาก น้ำหนักอวัยวะภายในและระดับภูมิคุ้มกันโรคสามัญของไก่เนื้อ

3. ระเบียบวิธีการวิจัย

3.1 ผลิตรภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจร ผลิตรภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรที่ใช้มี 2 ผลิตรภัณฑ์คือ

ก. ผลิตรภัณฑ์สารสกัดฟ้าทะลายโจรที่พัฒนารูปแบบผลิตรภัณฑ์โดย รศ.ดร. พัชร คุ้มกิตติ ภาควิชาเภสัชอุตสาหกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยการสนับสนุนของ สกว. ในรูปของแกรนูล ซึ่งมีระดับของแอลกอฮอล์รวม 1.74% และมี andrographolide 1.478% โดยน้ำหนัก

ข. ผงบดฟ้าทะลายโจร ที่ซื้อจาก ห้างหุ้นส่วนจำกัดโอสธทิพย์ จังหวัดอุบลราชธานี และได้รับความอนุเคราะห์จากสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์วิเคราะห์สารออกฤทธิ์พบว่ามี andrographolide 1.99%, 14-deoxy-11, 12-didehydroandrographolide 1.20% และ neoandrographolide 0.369%

3.2 ไก่ทดลอง ใช้ลูกไก่เนื้อลูกผสมพันธุ์ Cobb-500 คละเพศอายุ 1 วัน จำนวน 748 ตัว สุ่มแบ่งโดยน้ำหนักและเพศให้สมดุลเป็น 68 กลุ่ม ๆ ละ 11 ตัว ขังในคอกคอกข่ายลวดโรงเรือนเปิดพื้นที่ซีเมนต์รองด้วยเกลบขนาดกว้าง 1.20 ม. ยาว 3.50 ม. มีกกให้ความอบอุ่นในช่วง 3 สัปดาห์แรก ให้ไก่ได้รับน้ำและอาหารทดลองอย่างเต็มที่ตลอดเวลา ทำการให้วัคซีนนิวคาสเซิลและหลอดลมอักเสบเมื่ออายุ 3 วัน ทำการเก็บตัวอย่างเลือดหลังจากให้วัคซีน 14 และ 21 วัน เพื่อศึกษาระดับภูมิคุ้มกัน และค่าเคมีของเลือด ทำการชั่งไก่ทดลองและอาหารที่กินเมื่ออายุครบ 3, 5 และ 6 สัปดาห์ เปลี่ยนอาหารจากระยะไก่เล็ก (โปรตีน 23.6% และพลังงาน 3.11 Mcal ME/กก.) เป็นอาหารไก่ขุน (โปรตีน 20.7% และพลังงาน 3.21 Mcal ME/กก.) เมื่ออายุ 3 สัปดาห์ การทดลองสิ้นสุดเมื่อไก่อายุ 6 สัปดาห์ ซึ่งหลังจากชั่งน้ำหนักตัว (แยกเพศ) และน้ำหนักอาหารที่กินแล้ว ทำการสุ่มไก่ทดลองจากแต่ละคอกเพศละ 1 ตัว ไปฆ่าชำแหละเพื่อศึกษาคุณภาพซาก วัดน้ำหนักชิ้นส่วนซากและอวัยวะภายในหลัก ๆ เพื่อประเมินอิทธิพลของฟ้าทะลายโจรในอาหาร ในการทดลองครั้งนี้ ผงบดฟ้าทะลายโจรชุดแรกหมดเมื่อไก่อายุ 5 สัปดาห์ ดังนั้นในช่วงอายุ 5-6 สัปดาห์จึงต้องใช้ผงฟ้าทะลายโจรชุดใหม่ซึ่งมีระดับ andrographolide 1.04% ในระดับที่เทียบโดย andrographolide เท่ากับกลุ่มทดลองเดิม

3.3 แผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ที่มี 17 กลุ่มทดลอง (treatments) และแต่ละกลุ่มกระทำซ้ำ 4 ซ้ำ (replication) กลุ่มทดลอง 17 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมลบ (negative control, NC) ใช้อาหารพื้นฐานไม่มีการเสริมสารเร่ง การเจริญเติบโต (สูตรอาหารแสดงอยู่ในตารางที่ 1)

กลุ่มที่ 2 กลุ่มยาปฏิชีวนะ (CTC) อาหารพื้นฐานเสริม chlortetracycline 60 ppm

กลุ่มที่ 3 กลุ่มยาถ่ายพยาธิ (AVA) อาหารพื้นฐานเสริม avilamycin (lasalocid) 110 ppm

กลุ่มที่ 4-17 กลุ่มเสริมผลิตรภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรดังนี้

ระดับ andro, ppm ของอาหาร	กลุ่มเสริมด้วยผลิตภัณฑ์สารสกัด granule			กลุ่มเสริมด้วยผงบด		
	กลุ่มทดลองที่	สัญลักษณ์	% ในอาหาร	กลุ่มทดลองที่	สัญลักษณ์	% ในอาหาร
12.50	4	E _{12.50}	0.085	11	P _{12.50}	0.063
25.00	5	E ₂₅	0.170	12	P ₂₅	0.126
50.00	6	E ₅₀	0.340	13	P ₅₀	0.252
75.00	7	E ₇₅	0.510	14	P ₇₅	0.378
100.00	8	E ₁₀₀	0.680	15	P ₁₀₀	0.504
125.00	9	E ₁₂₅	0.850	16	P ₁₂₅	0.630
150.00	10	E ₁₅₀	1.020	17	P ₁₅₀	0.756

ข้อมูลที่ศึกษาอันมี

- สมรรถนะการเติบโต : น้ำหนักตัว น้ำหนักเพิ่ม อาหารที่กินและอัตราการแลกเนื้อ
 - ลักษณะซาก : น้ำหนักซาก, เปอร์เซ็นต์ซากแต่ง, น้ำหนักชิ้นส่วนซากรวมถึงไขมันในช่องท้องและน้ำหนักอวัยวะภายในหลักคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่าชำแหละ
 - ระดับภูมิคุ้มกัน : HI – titer ต่อโรคนิวคาสเซิล, หลอดลมอักเสบและมาเร็กซ์
 - ค่าเคมีของเลือด : ค่า hematocrit, hemoglobin, ระดับเอนไซม์ ALP, AST, ALT, Uric acid, triglyceride และ cholesterol ในซีรัมของไก่หลังให้วัคซีน 14 และ 21 วัน
- ถูกนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) วิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) และวิเคราะห์ตรวจสอบแนวโน้มการตอบสนองต่อระดับ andrographolide โดยวิธี orthogonal polynomial ด้วยโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูปของ SAS (SAS Institute, 1985)

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบและองค์ประกอบทางโภชนาการในสูตรอาหารไก่เนื้อในช่วงอายุ 1-42 วัน

วัตถุดิบอาหาร (กิโลกรัม)	ช่วงที่ 1 (1-21 วัน)	ช่วงที่ 2 (22-42 วัน)	ราคาวัตถุดิบอาหาร ^{1/} (บาท/กิโลกรัม)
ข้าวโพด	51.06	58.40	5.80
กากถั่วเหลือง (44% CP)	34.40	26.60	10.65
ปลาป่น (55% CP)	7.00	7.00	23.00
น้ำมันรำ	4.00	4.50	21.50
ไคแคลเซียมฟอสเฟต (กระดุก) (21% P)	1.80	1.80	18.00
หินฟูน	0.70	0.70	0.90
ดีแอล-เมทไธโอนีน (98 %)	0.24	0.22	90.0
แอล-ไลซีน	0.10	0.08	65.00
เกลือ	0.20	0.20	3.20
พรีมิกซ์ ²	0.50	0.50	31.81
รวม	100	100	
ราคาอาหาร (บาท/กิโลกรัม)	9.87	9.54	
องค์ประกอบของโภชนาการโดยการคำนวณ			
วัตถุแห้ง (%)	90.18	90.02	
โปรตีน (%)	23.63	20.70	
พลังงาน (kcal ME/kg)	3,113.72	3,210.00	
ไขมัน (%)	8.04	8.54	
เยื่อใย (%)	3.51	3.09	
แคลเซียม (%)	1.37	1.44	
ฟอสฟอรัส ^{3/} (%)	0.61	0.56	
เมทไธโอนีน (%)	0.65	0.59	
ไลซีน ^{3/} (%)	1.12	0.96	
เมทไธโอนีน + ซีสตีน ^{3/} (%)	0.92	0.85	
ทริปโตเฟน ^{3/} (%)	0.22	0.19	

^{1/} ราคาวัตถุดิบ ณ วันที่ 10 กรกฎาคม 2548

^{2/} ให้โภชนาการต่อกก.อาหาร : Vit A 25,000 I.U.; D₃ 5,000 I.U.; E₅₀ 50 I.U.; K₃ 4.0 มก.; B₁ 3.9 มก.; B₂ 8.0 มก.; B₆ 4.95 มก.; Nia 74.6 มก.; Panto 20.6 มก.; Folic 2.1 มก.; Biotin 0.2 มก.; Choline 1,800 มก.; B₁₂ 30.0 มก.; Mn 102.5 มก.; I 0.46 มก.; Zn 80.3 มก.; Cu 8.1 มก.; Fe 100 มก. และ Se 0.31 มก.

^{3/} ใช้ประโยชน์ได้ (available)

3.4 วัน เวลาและสถานที่วิจัย

ระยะเวลา : เลี้ยงสัตว์ทดลองตั้งแต่ 16 กรกฎาคม – 27 สิงหาคม 2548

วิเคราะห์ข้อมูลทางเคมีและสถิติ สิงหาคม-พฤศจิกายน 2548

สถานที่ทำการวิจัย :

หน่วยสัตว์ปีก คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

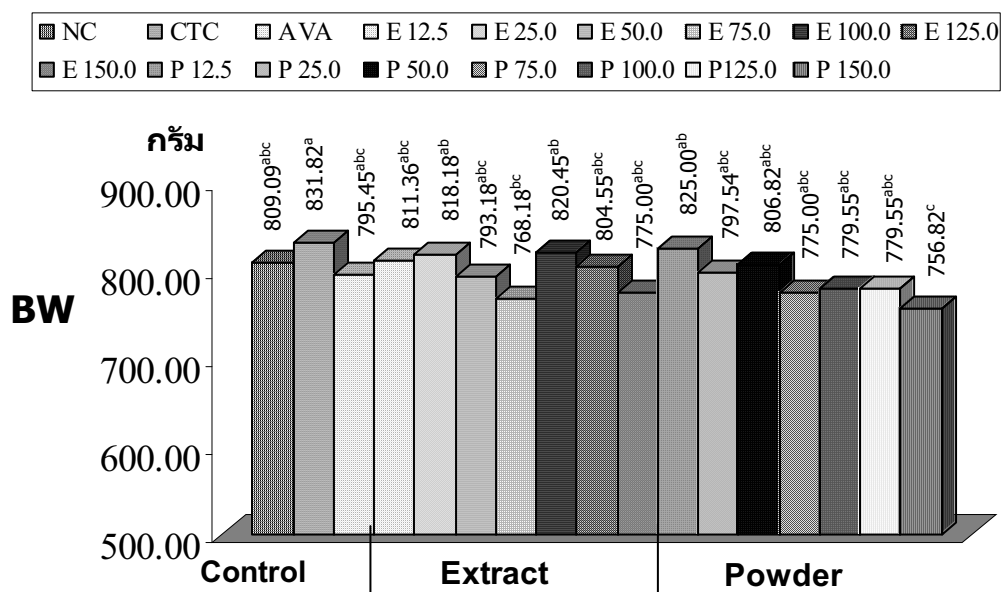
ห้องปฏิบัติการวิจัย บ.เบทาโกรฟาร์ม เครือเบทาโกร กทม.

4. ผลการทดลอง

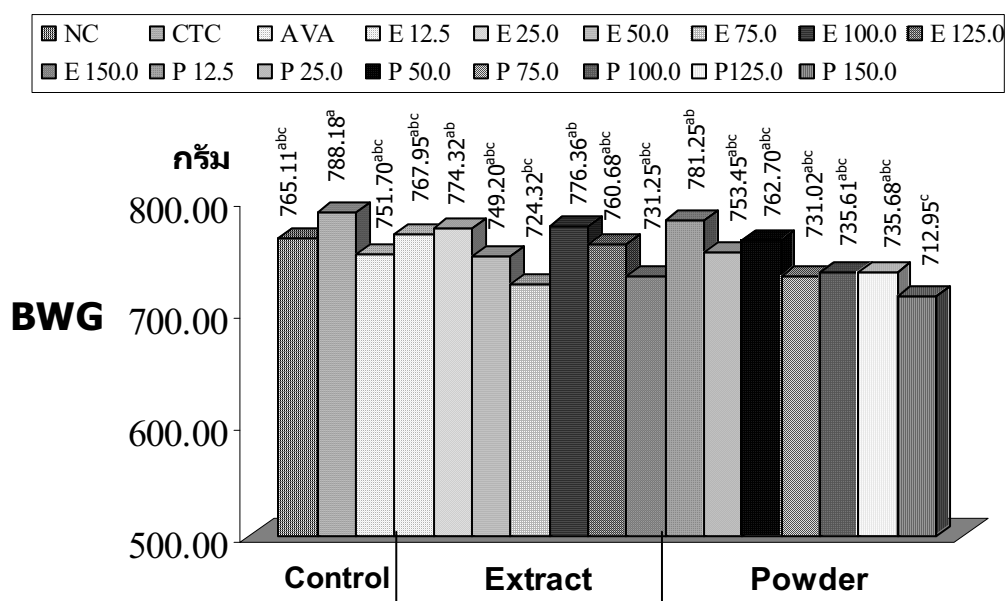
ตารางที่ 2. สรุปผลของการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทดแทนสารปฏิชีวนะเร่งการเติบโตในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตของไก่เนื้อ จากตารางพบว่า

4.1 อัตราการเลี้ยงรอดจนถึงอายุ 6 สัปดาห์มีอัตราการเลี้ยงรอดตั้งแต่ 93.18 ถึง 100% เฉลี่ย 96.4% ซึ่งสูงได้ตามมาตรฐานการเลี้ยงเป็นการค้าในโรงเรือนเปิด และอัตราการเลี้ยงรอดของไก่ทดลองแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ กลุ่มเสริมสารสกัดฟ้าทะลายโจรมีอัตราการเลี้ยงรอด 96.43% เท่ากับกลุ่มเสริมผงบด ในขณะที่กลุ่มควบคุมลบ, กลุ่ม CTC และกลุ่ม AVA เลี้ยงรอด 97.73, 93.18 และ 97.73% ตามลำดับ

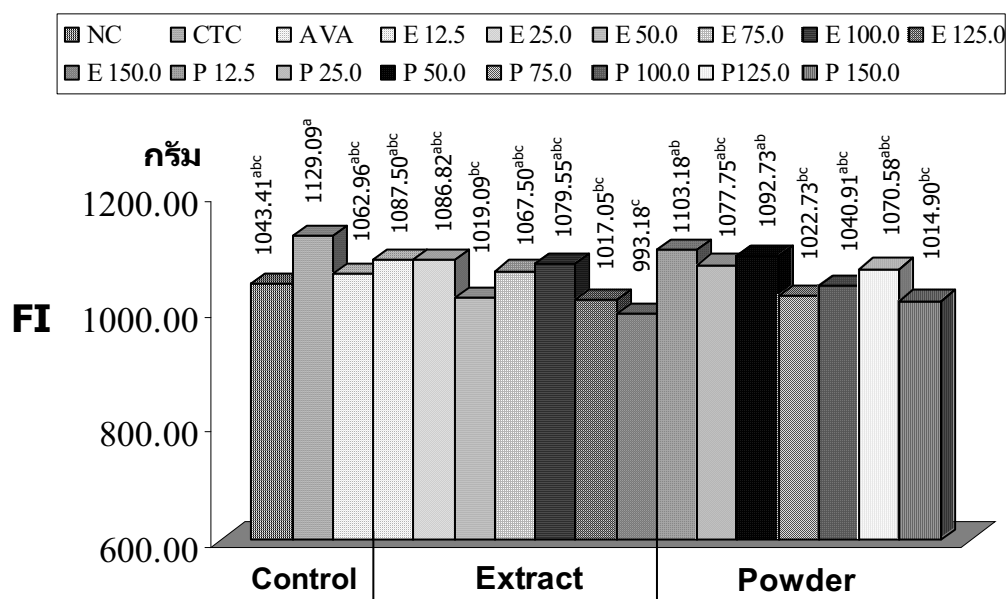
4.2 สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เล็กอายุ 0-3 สัปดาห์ ข้อมูลในตารางที่ 2 และภาพที่ 1-1 ถึง 1-4 แสดงให้เห็นว่า ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในภาพรวม (ANOVA) ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของการตอบสนองของไก่ทดลองต่อระดับ andrographolide ที่ได้รับในอาหาร ไม่ว่าในแง่ของปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัว น้ำหนักเพิ่มในช่วง 0-3 สัปดาห์ หรืออัตราการแลกเนื้อ (feed/gain หรือ feed conversion ratio, FCR) ไก่ทดลองในกลุ่มเสริมสารสกัดมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 0.798 กก. หรือเพิ่มน้ำหนักได้ 0.754 กก. กินอาหาร 1.050 กก. (50 ก./ตัว/วัน) และมีค่า FCR 1.391 ในขณะที่ไก่กินอาหารเสริมผงบดมีน้ำหนักตัว 0.788 เพิ่มน้ำหนัก 0.744 กินอาหาร 1.060 กก. (50.5 ก./ตัว/วัน) มี FCR 1.424 เทียบกับกลุ่ม NC และ CTC ซึ่งมีค่าการตอบสนอง 0.809, 0.832; 0.765, 0.788; 1.043, 1.129 กก. และ FCR 1.364 และ 1.433 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ตามวิธี DMRT พบว่าไก่กลุ่ม CTC มีน้ำหนักตัวที่ 3 สัปดาห์ สูงที่สุด (0.832 กก.) สูงกว่ากลุ่ม E₇₅ และ P₁₅₀ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ และใกล้เคียงกันมากกับกลุ่ม E₁₀₀ (0.820 กก.) E₂₅ (0.818 กก.) และ P_{12.50} (0.825 กก.) ไก่กลุ่ม CTC กินอาหารมากที่สุด (1.129 กก) จึงมีค่า FCR ค่อนข้างสูง (1.433) เมื่อเทียบกับกลุ่ม NC (1.043 กก และ FCR 1.364) กลุ่ม E₁₀₀ (1.080 กก, 1.391) E₂₅ (1.087 กก, 1.403) และ P_{12.50} (1.103 กก, 1.412)



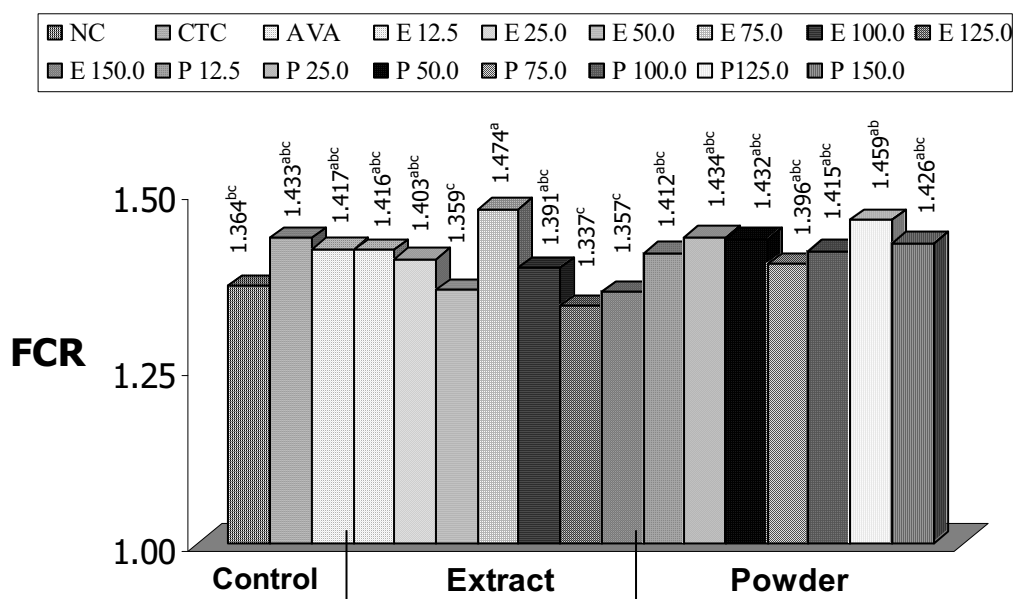
ภาพที่ 1-1 ผลของการเสริมฟื้ทะเลลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวของไก่เนื้อ ในช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์



ภาพที่ 1-2 ผลของการเสริมฟื้ทะเลลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มของไก่เนื้อ ในช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์



ภาพที่ 1-3 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อปริมาณการกินอาหารของไก่เนื้อ ในช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์



ภาพที่ 1-4 แสดงผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่ออัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้อ ในช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์

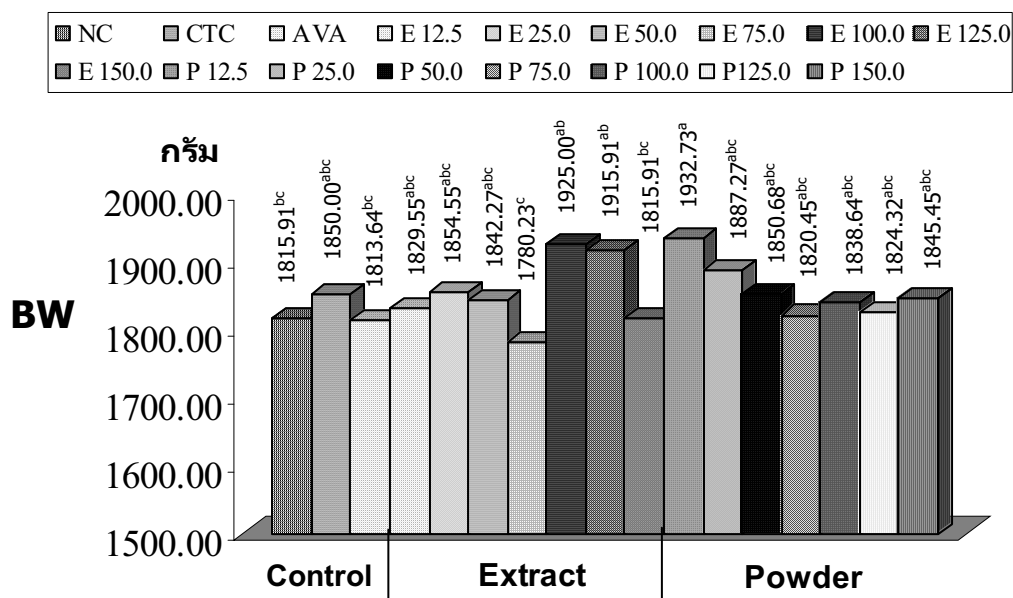
เมื่อนำข้อมูลการตอบสนองของไก่แต่ละกลุ่ม (เสริมสารสกัดหรือเสริมผงบด) มาทดสอบหาแนวโน้มเทียบกับกลุ่ม NC พบว่าน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กินและการเพิ่มน้ำหนักของไก่ที่กินอาหารเสริมสารสกัดตอบสนองต่อการเพิ่มของระดับ andrographolide แบบโค้งกำลังสี่ ($P_{\text{quart}} < 0.05$) คือเมื่อ

ระดับของ andrographolide ในอาหารสูงขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวและน้ำหนักเพิ่มของไก่ เพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดที่ 2 ช่วง คือที่ระดับ 25 และ 100 ppm แต่ค่อย ๆ ลดลงเมื่อระดับ andrographolide เพิ่มขึ้นเป็น 50 และ 75 ppm และลดช่วงที่สองในระดับ 125 และ 150 ppm ในขณะที่ไก่กลุ่มกินอาหารเสริมผงบดมีแวนอ์โน้ม กินอาหาร มีน้ำหนักตัวและเพิ่มน้ำหนักลดลง ($P > 0.05$) เมื่อระดับของ andrographolide เพิ่มขึ้นจาก 12.50 ไปเป็น 150 ppm โดยที่กลุ่ม 12.50 ppm มีน้ำหนักสูงสุดและสูงกว่า กลุ่ม NC ส่วนอัตราการแลกเนื้อของไก่กลุ่มเสริมสารสกัดดีขึ้นแบบโค้งกำลังสอง ($P_{\text{quad}} < 0.05$) ในขณะที่ระดับ andrographolide สูงขึ้น แต่ค่า FCR ของไก่กลุ่มเสริมผงบดไม่เปลี่ยนแปลงไปกับระดับ andrographolide ในอาหาร

เมื่อเปรียบเทียบกับไก่กลุ่มเสริม CTC ไก่เนื้ออายุ 3 สัปดาห์ กลุ่มเสริมสารสกัดมีน้ำหนักตัวและเพิ่มน้ำหนักลดลงแบบโค้งกำลังสอง (P_{lin} และ $P_{\text{quad}} < 0.05$) กับระดับ andrographolide ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่กินอาหารได้น้อยลง แต่มีอัตราการแลกเนื้อดีขึ้น ($P_{\text{lin}} < 0.05$) ส่วนไก่กลุ่มเสริมผงบดมีน้ำหนักตัว เพิ่มน้ำหนักและกินอาหารต่ำกว่ากลุ่มเสริม CTC และจะยิ่งต่ำลงมากขึ้นเมื่อระดับที่ andrographolide เพิ่มขึ้น ($P_{\text{lin}} < 0.05$) แต่อัตราการแลกเนื้อไม่เปลี่ยนแปลง

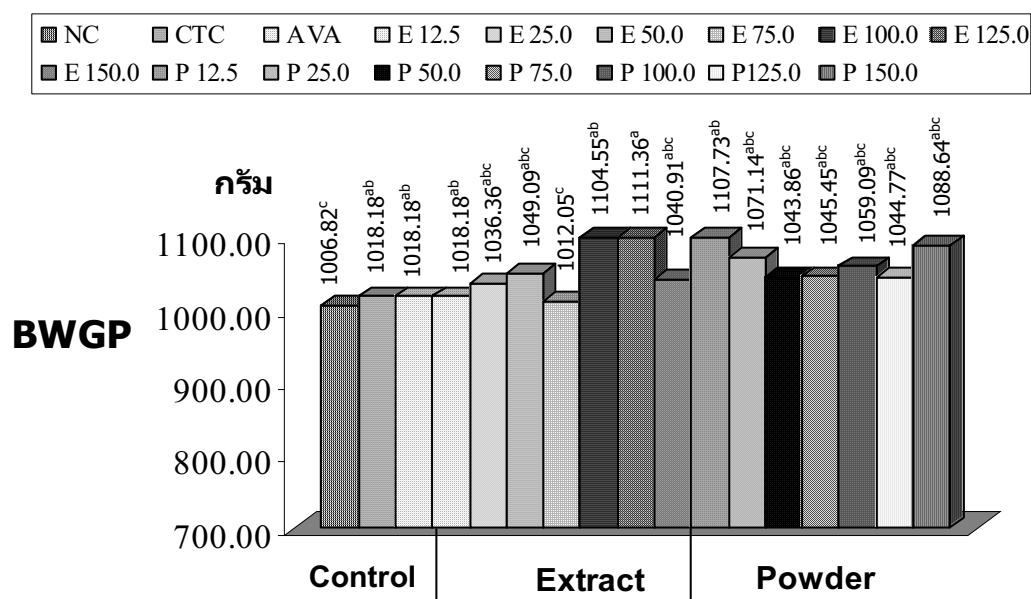
โดยสรุป ไก่เล็กอายุ 0-3 สัปดาห์ ที่กินอาหารเสริมด้วยสารสกัดฟ้าทะลายโจร มีน้ำหนักตัว เพิ่มน้ำหนักและกินอาหารสูงกว่ากลุ่มควบคุมเป็นช่วง ๆ คือเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อเสริม andrographolide ในอาหารในระดับ 25 และ 100 ppm แต่จะต่ำกว่ากลุ่มควบคุมเมื่อเสริมที่ระดับอื่น และอัตราการแลกเนื้อมีแนวโน้มดีขึ้นตามการเพิ่มน้ำหนักตัว ส่วนกลุ่มที่เสริมผงบด น้ำหนักตัว การเพิ่มน้ำหนักและอัตราการกินอาหารมีแนวโน้มลดลง และอัตราการแลกเนื้อมีแนวโน้มด้อยกว่ากลุ่มควบคุมเมื่อระดับ andrographolide ในอาหารสูงขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเสริมยาปฏิชีวนะ CTC น้ำหนักตัว การเพิ่มน้ำหนัก และปริมาณอาหารที่กินของไก่กลุ่มเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรทั้งสองชนิดมีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่ม CTC แต่อัตราการแลกเนื้อของไก่กลุ่มเสริมสารสกัดดีกว่ากลุ่ม CTC ในขณะที่กลุ่มเสริมผงบดมีอัตราการแลกเนื้อไม่แตกต่างจากกลุ่มเสริม CTC

4.3 สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่รุ่น-ขุน อายุ 3-5 สัปดาห์ ข้อมูลในตารางที่ 2 และภาพที่ 2-1 ถึง 2-4 แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักเพิ่ม ปริมาณอาหารที่กินและอัตราการแลกเนื้อของไก่ทดลองแตกต่างกันน้อยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยไก่กลุ่มเสริมสารสกัดฟ้าทะลายโจรเพิ่มน้ำหนักเฉลี่ย 1.053 กก. กินอาหาร 1.842 กก. (131.6 ก/ตัว/วัน) และมี FCR 1.753 ในขณะที่กลุ่มเสริมผงบดเพิ่มน้ำหนักเฉลี่ย 1.065 กก. กินอาหาร 1.844 กก. (131.7 ก/ตัว/วัน) และมี FCR 1.732 เทียบกับกลุ่ม NC, CTC และ AVA มีค่า 1.007, 1.018, 1.018 กก; 1.791, 1.832, 1.784 กก. และ FCR 1.781, 1.802 และ 1.752 ตามลำดับ เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่พบว่าไก่ทดลองกลุ่ม E_{125} เพิ่มน้ำหนักตัวสูงสุด (1.111 กก/ตัว) สูงใกล้เคียงกับกลุ่ม $P_{12.50}$ (1.108 กก/ตัว) E_{100} (1.105 กก/ตัว) แต่สูงกว่ากลุ่มควบคุมทั้ง 3 กลุ่ม และกลุ่ม E_{75} ไก่ทดลองกลุ่มที่เพิ่มน้ำหนักตัวสูงสุดทั้ง 3 กลุ่มข้างต้น มีแนวโน้มกินอาหารได้สูงกว่าและมีอัตราการแลกเนื้อที่ดีกว่ากลุ่มอื่น ๆ แต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

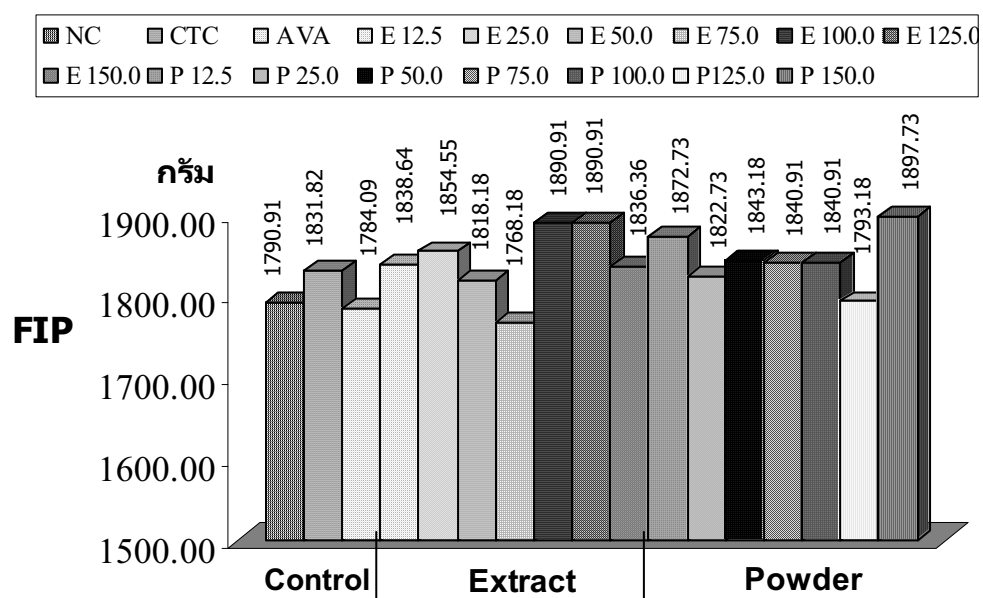


ภาพที่ 2-1 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวของไก่เนื้อ ในช่วงอายุ 0-5 สัปดาห์

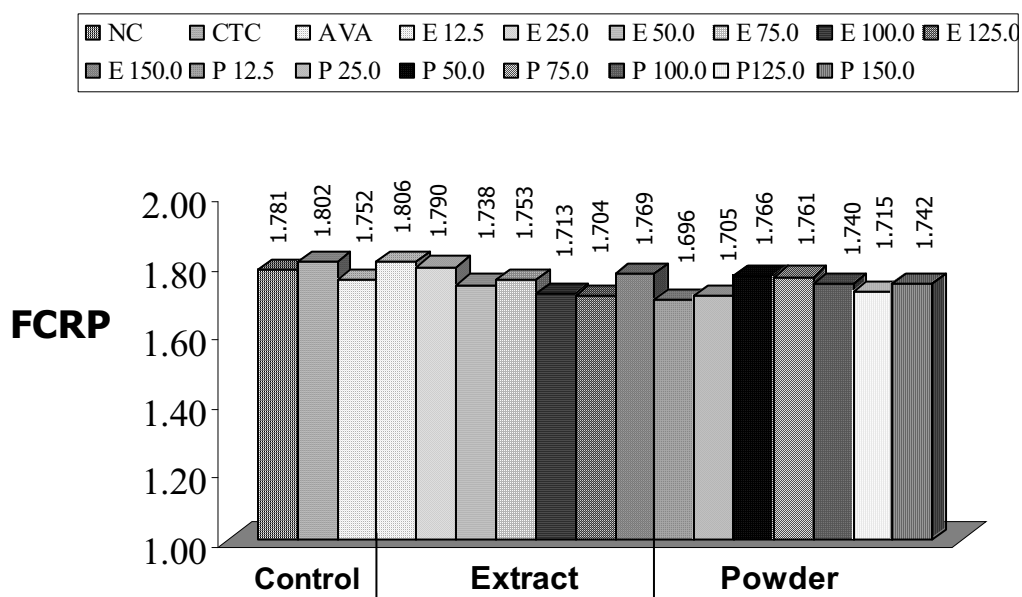
เมื่อทำการตรวจสอบแนวโน้มการตอบสนองต่อระดับ andrographolide ในอาหารของไก่อายุ 3-5 สัปดาห์ โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่าการเพิ่มน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กินและอัตราการแลกเนื้อของไก่ที่กินอาหารเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรทั้งสองชนิดไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ในทำนองเดียวกันข้อมูลสมรรถนะการเติบโตข้างต้นไม่แตกต่างจากกลุ่มที่กินอาหารเสริมยาปฏิชีวนะ CTC ($P>0.05$)



ภาพที่ 2-2 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวไก่เนื้อที่เพิ่มในช่วงอายุ 3-5 สัปดาห์



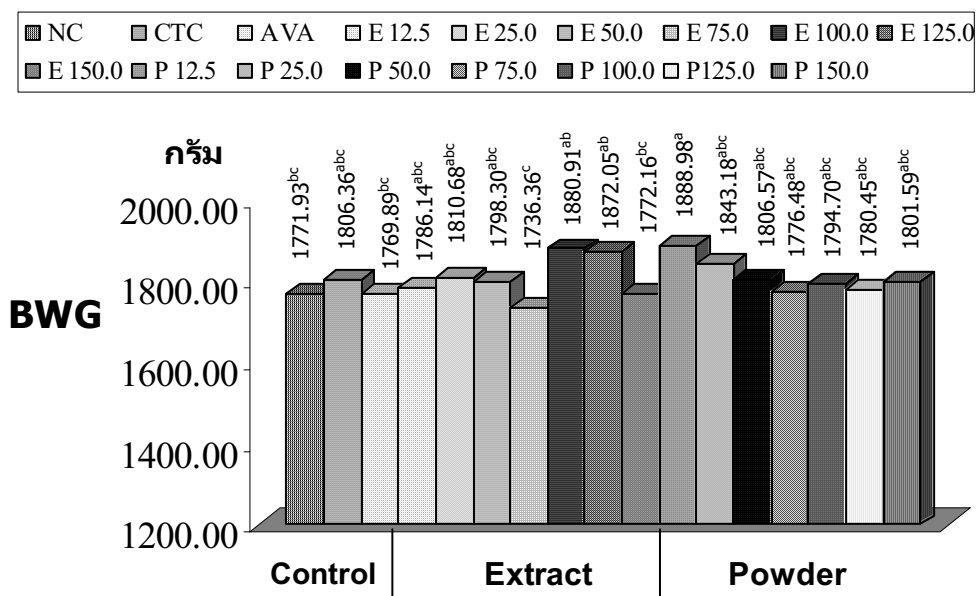
ภาพที่ 2-3 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อปริมาณการกินอาหารของไก่เนื้อในช่วงอายุ 3-5 สัปดาห์



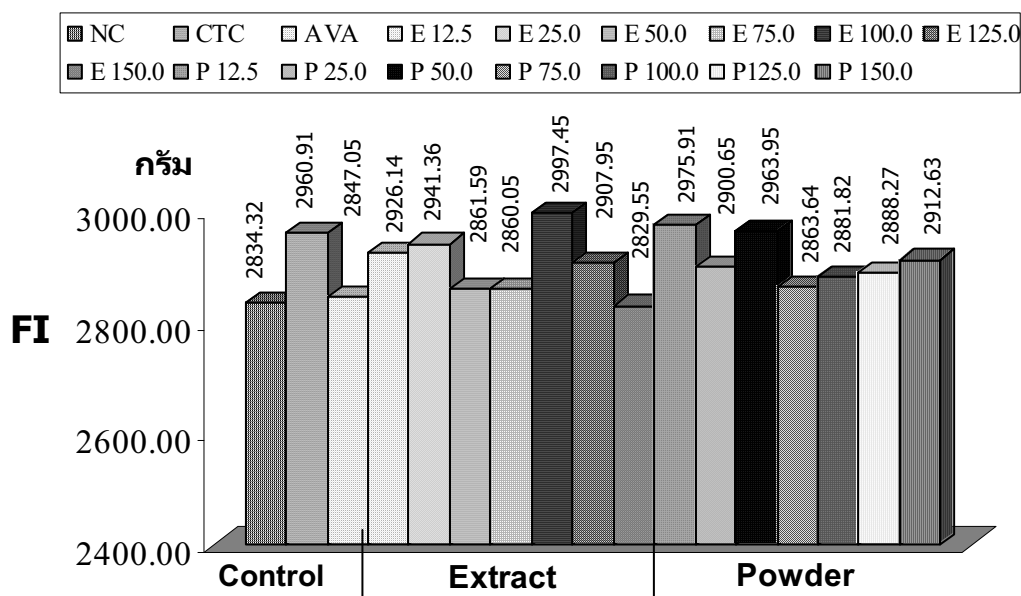
ภาพที่ 2-4 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่ออัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้อ ในช่วงอายุ 3-5 สัปดาห์

เมื่อพิจารณาสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่อายุ 0-5 สัปดาห์ ผลวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และข้อมูลในภาพที่ 2-5 ถึง 2-7 ซึ่งให้เห็นว่าน้ำหนักตัว การเพิ่มน้ำหนัก ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการแลกเนื้อของไก่ทดลองทุกกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) คือ ไก่กลุ่มกินอาหารเสริมสารสกัดมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.852 กก. เพิ่มน้ำหนักเฉลี่ยตัวละ 1.808 กก. กินอาหารตัวละ 2.903 กก. (82.94 ก./ตัว/วัน) และมี FCR 1.606 ในขณะที่ไก่กลุ่มที่กินอาหารเสริมผงบดมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 1.857 กก. เพิ่มน้ำหนักตัว 1.813 กก. กินอาหาร 2.915 กก. (83.28 ก./ตัว/วัน) และมี FCR 1.606 เทียบกับกลุ่ม NC, CTC และ AVA ที่มีน้ำหนักตัว 1.816, 1.850, 1.814 กก. เพิ่มน้ำหนักได้ 1.772, 1.806, 1.770 กก. กินอาหารเฉลี่ย 80.97, 84.60, 81.34 ก./ตัว/วัน และมี FCR 1.600, 1.640 และ 1.609 ตามลำดับ เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ตามวิธี DMRT พบว่าไก่กลุ่มกินอาหารเสริมผงบดที่ระดับ andrographolide 12.50 ppm ($P_{12.50}$) มีน้ำหนักตัว (1.933 กก.) และเพิ่มน้ำหนัก (1.889 กก.) สูงที่สุด สูงกว่ากลุ่ม NC ซึ่งมีน้ำหนักตัวที่ 5 สัปดาห์ 1.816 กก. และเพิ่มน้ำหนักได้ 1.772 กก. อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่สูงกว่ากลุ่ม CTC (1.850 และ 1.806 กก.) และกลุ่ม AVA (1.814 และ 1.770 กก.) อย่างไม่มีนัยสำคัญ ไก่กลุ่มกินอาหารเสริมสารสกัดที่ระดับ andrographolide 100 ppm (E_{100}) และ 125 ppm (E_{125}) มีน้ำหนักตัวและอัตราการเพิ่มน้ำหนักใกล้เคียง (นน. 1.925 และ 1.916 กก., เพิ่มน้ำหนัก 1.881 และ 1.872 กก. ตามลำดับ) กับกลุ่ม $P_{12.50}$ และมีน้ำหนักสูงเป็นอันดับ 2 และ 3 ตามลำดับ ปริมาณอาหารที่ไก่กินกลุ่มกินสารสกัดและกินผงบดฟ้าทะลายโจรในช่วงอายุ 0-5 สัปดาห์ ใกล้เคียงกันคือ 2.903 และ 2.915 กก. ตามลำดับ ยังผลให้ไก่ทั้งสองกลุ่มมีอัตราการแลกเนื้อเฉลี่ยเท่ากันคือ 1.606 และใกล้เคียงกับกลุ่ม NC (1.600), CTC (1.640) และกลุ่ม AVA (1.609) เมื่อพิจารณาเป็นราย ระดับของ andrographolide ที่เสริมในอาหาร อัตราการแลกเนื้อ

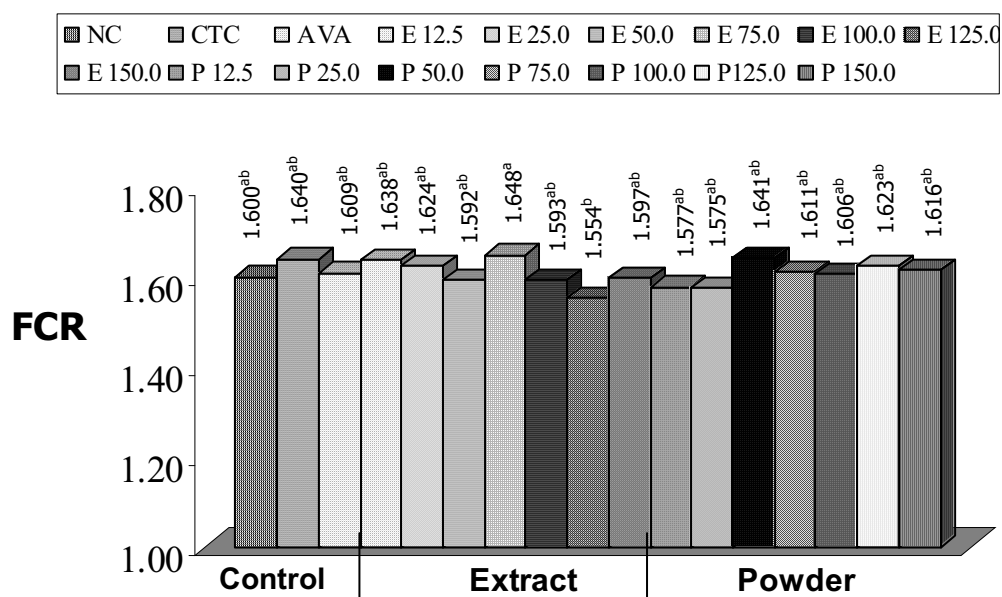
ของไก่กลุ่ม E₁₂₅ มีประสิทธิภาพสูงสุด (1.554) ตามมาด้วยกลุ่ม P₂₅ (1.575), P_{12.50} (1.577) และกลุ่ม E₁₀₀ (1.593) ในขณะที่กลุ่ม E₇₅ มีประสิทธิภาพต่ำสุด (FCR 1.648)



ภาพที่ 2-5 ผลของการเสริมฟัทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มของไก่เนื้อ ในช่วงอายุ 0-5 สัปดาห์



ภาพที่ 2-6 แสดงผลของการเสริมฟัทะลายโจรในอาหารต่อปริมาณการกินอาหารของไก่เนื้ออายุ 0-5 สัปดาห์



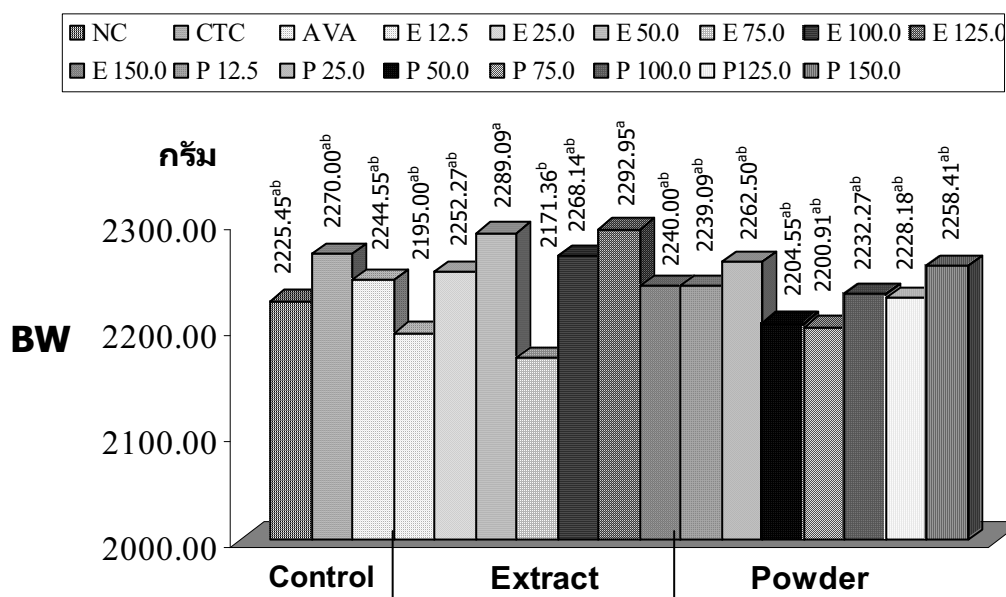
ภาพที่ 2-7 แสดงผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่ออัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้ออายุ 0-5 สัปดาห์

เมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้ออายุ 0-5 สัปดาห์ต่อระดับของ andrographolide ที่เสริมในอาหาร เมื่ออัตราการเสริมสูงขึ้นในกลุ่มที่กินอาหารเสริมสารสกัดเพิ่ม น้ำหนักตัวสูงกว่ากลุ่มควบคุมในลักษณะของโค้งกำลังสี่ ($P_{\text{quart}} < 0.05$) คือน้ำหนักตัวและการเพิ่มน้ำหนักของไก่ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเมื่อระดับของ andrographolide เพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 25 ppm แล้วลดลงเมื่อระดับ andrographolide เพิ่มจาก 50 เป็น 75 ppm แล้วกลับเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดที่ 100 และ 125 ppm แล้วลดลงอีกครั้งเมื่อถึง 150 ppm ส่วนอาหารที่กินและอัตราการแลกเนื้อของไก่กลุ่มกินสารสกัดไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหรือกลุ่ม AVA สำหรับไก่กลุ่มกินผงบด สมรรถนะการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมและกลุ่ม AVA อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ทั้ง ๆ ที่หากดูกราฟของน้ำหนักตัวและอัตราการเพิ่มน้ำหนักแล้วไก่กลุ่มนี้เพิ่มน้ำหนักตัวสูงกว่ากลุ่มควบคุมในลักษณะโค้งกำลังสอง (quadratic) คือเพิ่มน้ำหนักสูงสุดที่ระดับ andrographolide 12.5 ppm แล้วค่อย ๆ ลดลงต่ำสุด (แต่ยังสูงกว่ากลุ่มควบคุม) ที่ 75 ppm แล้วไม่เพิ่มขึ้นอีกจนถึงระดับ 150 ppm ปริมาณอาหารที่กินตอบสนองในลักษณะเดียวกับการเพิ่มน้ำหนักตัว ส่วนอัตราการแลกเนื้อค่อนข้างคงที่ (พิสัย 1.574-1.641) ในทุกระดับ andrographolide

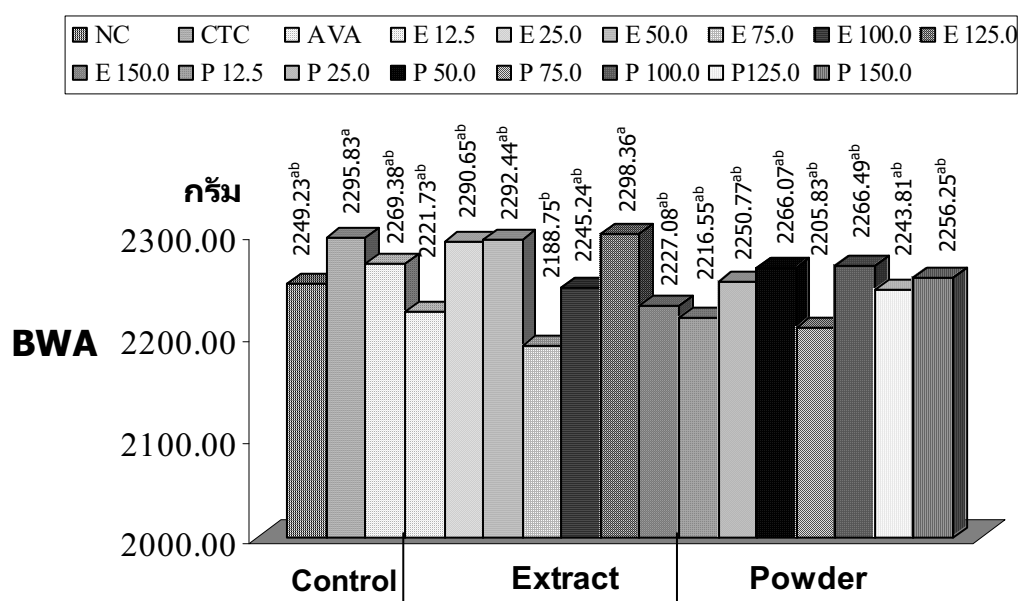
เมื่อพิจารณาแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะการเจริญเติบโตเทียบกับกลุ่มเสริมยาปฏิชีวนะ CTC พบว่าไก่กลุ่มกินสารสกัดมีน้ำหนักตัวและเพิ่มน้ำหนักเหนือกลุ่ม CTC ในลักษณะโค้งกำลังสาม กำลังสี่และหกในขณะที่ระดับของ andrographolide เพิ่มขึ้น ($P_{\text{cub., quart., hex.}} < 0.05$) คือไก่เพิ่มน้ำหนักตัวไม่ดีเท่ากลุ่ม CTC จนกว่าระดับ andrographolide จะถึง 25 ppm แล้วการเพิ่มน้ำหนักตัวจะค่อย ๆ ลดลงจนถึง 75 ppm ก่อนที่จะเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดที่ 100 และ 125 ppm แล้วลดลงอีกครั้งหนึ่งที่ 150 ppm ปริมาณอาหารที่กินและอัตราการแลกเนื้อของไก่กลุ่มนี้มีแนวโน้มดีกว่า ($P > 0.05$) กลุ่มเสริม CTC

สำหรับไก่กลุ่มกินอาหารเสริมผงฟ้าทะลายโจรสมรรถนะการเจริญเติบโตไม่แตกต่างทางสถิติจากกลุ่มเสริม CTC แต่หากพิจารณาจากกราฟการตอบสนองต่อระดับ andrographolide ที่เพิ่มขึ้น พบว่าไก่เพิ่มน้ำหนักได้สูงกว่า ($P > 0.05$) กลุ่ม CTC แบบโค้งกำลังสาม (cubical) คือเพิ่มน้ำหนักสูงกว่ากลุ่ม CTC เมื่อได้รับ andrographolide 12.50 ppm แล้วค่อย ๆ ลดลงเท่ากลุ่ม CTC ที่ระดับ 50 ppm แล้วลดลงต่ำสุดที่ระดับ 75 ppm และ เมื่อระดับ andrographolide เพิ่มสูงเกิน 75 ppm น้ำหนักตัวไก่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ยังไม่เท่ากับกลุ่ม CTC ปริมาณอาหารที่ไก่กินมีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่ม CTC ยังผลให้ไก่ที่กินอาหารเสริมผงฟ้าทะลายโจรมีอัตราการแลกเนื้อดีกว่ากลุ่ม CTC ($P > 0.05$)

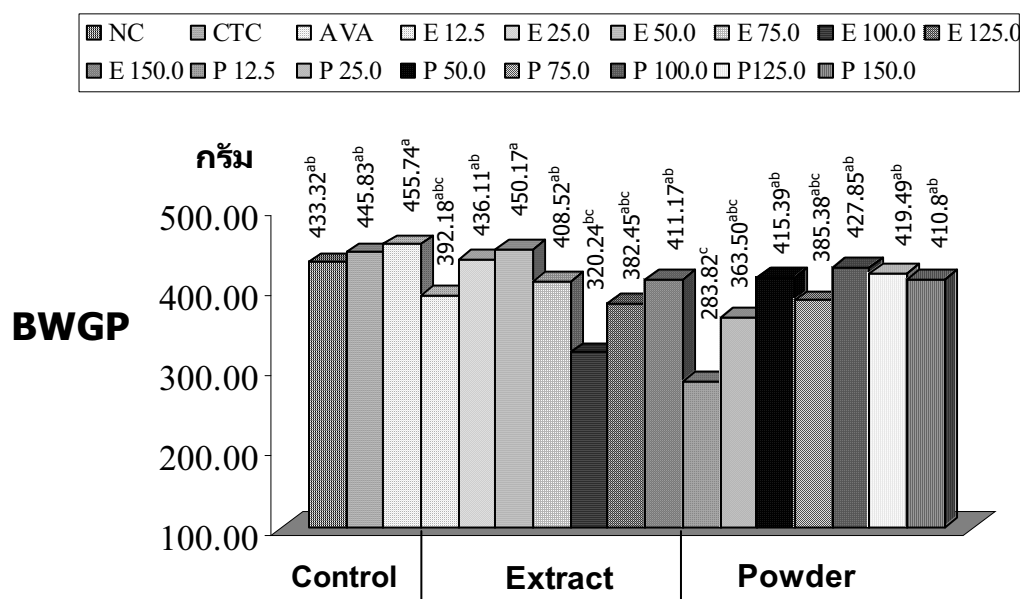
4.4 สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่รุ่น-ขุนอายุ 5-6 สัปดาห์ ข้อมูลในตารางที่ 2 และภาพที่ 3-1 ถึง 3-5 แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักตัวหลังจากปรับให้มีไก่เพศผู้และเพศเมียในแต่ละคอกเท่ากัน น้ำหนักเพิ่มปริมาณอาหารที่กินและอัตราการแลกเนื้อของไก่อายุ 5-6 สัปดาห์ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยไก่กลุ่มกินอาหารเสริมสารสกัดฟ้าทะลายโจรมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 2.244 กก. หรือ 2.252 กก. หลังปรับเพศเพิ่มน้ำหนักได้ 0.400 กก. กินอาหารเฉลี่ย 0.867 กก./ตัว และมีอัตราการแลกเนื้อ 2.239 ในขณะที่กลุ่มกินอาหารเสริมผงบดมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 2.232 กก. น้ำหนักหลังปรับเพศ 2.249 กก. เพิ่มน้ำหนัก 0.386 กก. กินอาหารเฉลี่ย 0.846 กก./ตัว และมีอัตราการแลกเนื้อ 2.285 เทียบกับกลุ่ม NC, CTC และกลุ่ม AVA ที่มีน้ำหนักตัว 2.225, 2.270 และ 2.244 กก. น้ำหนักหลังปรับเพศ 2.249, 2.296 และ 2.269 กก. เพิ่มน้ำหนักได้ 0.433, 0.446 และ 0.456 กก. กินอาหารเฉลี่ย 0.850, 0.758 และ 0.897 กก./ตัว และมีอัตราการแลกเนื้อ 1.976, 1.708 และ 2.024 ตามลำดับ ดังที่ได้รายงานไว้แล้วในตอนต้นว่าไก่กลุ่มกินอาหารเสริมผงฟ้าทะลายโจร ใช้ผงบดคนละชุดจากที่เคยใช้ในช่วง 0-5 สัปดาห์ และผงบดชุดใหม่นี้คุณภาพค่อนข้างต่ำกว่าชุดแรกคือมี andrographolide 1.04% มีสีเขียวจางกว่าและมีชิ้นส่วนของกิ่งก้าน (เยื่อใย) สูงกว่าชุดแรก จึงอาจเป็นผลให้สมรรถนะการเติบโตในช่วง 5-6 สัปดาห์ของไก่กลุ่มกินอาหารเสริมผงบดมีแนวโน้มดีน้อยกว่ากลุ่มที่กินอาหารเสริมสารสกัดและกลุ่มควบคุมทั้ง 3 กลุ่ม เมื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี DMRT พบว่าไก่กลุ่มกินสารสกัดที่ระดับ andrographolide 125 ppm และ 50 ppm มีน้ำหนักตัวสูงที่สุด (2.293 และ 2.289 กก. ตามลำดับ) สูงกว่าน้ำหนักตัวของกลุ่ม E_{75} (2.171 กก.) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) หลังจากปรับเพศแล้วไก่กลุ่ม E_{125} มีน้ำหนักตัวสูงที่สุด (2.298 กก.) สูงกว่า ($P < 0.05$) กลุ่ม E_{75} (2.189 กก.) อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนกลุ่มอื่น ๆ มีน้ำหนักตัวทั้งก่อนและหลังปรับเพศอยู่ระหว่างกลุ่ม E_{75} และ E_{125} และไม่แตกต่างในทางสถิติจากกลุ่มทั้งสอง อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวของไก่ในช่วงอายุ 5-6 สัปดาห์ พบว่าไก่กลุ่ม AVA (0.456 กก.) และกลุ่ม E_{50} (0.450 กก.) เพิ่มน้ำหนักได้สูงที่สุดสูงกว่ากลุ่ม $P_{12.50}$ (0.284 กก.) ที่เคยเพิ่มน้ำหนักได้สูงเป็นอันดับสองในช่วงอายุ 3-5 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ปริมาณอาหารที่กินในช่วงนี้ไม่แตกต่างกัน อัตราการแลกเนื้อของไก่กลุ่ม CTC มีประสิทธิภาพสูงที่สุด (FCR 1.708) สูงกว่ากลุ่ม $P_{12.50}$ (FCR 2.851) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)



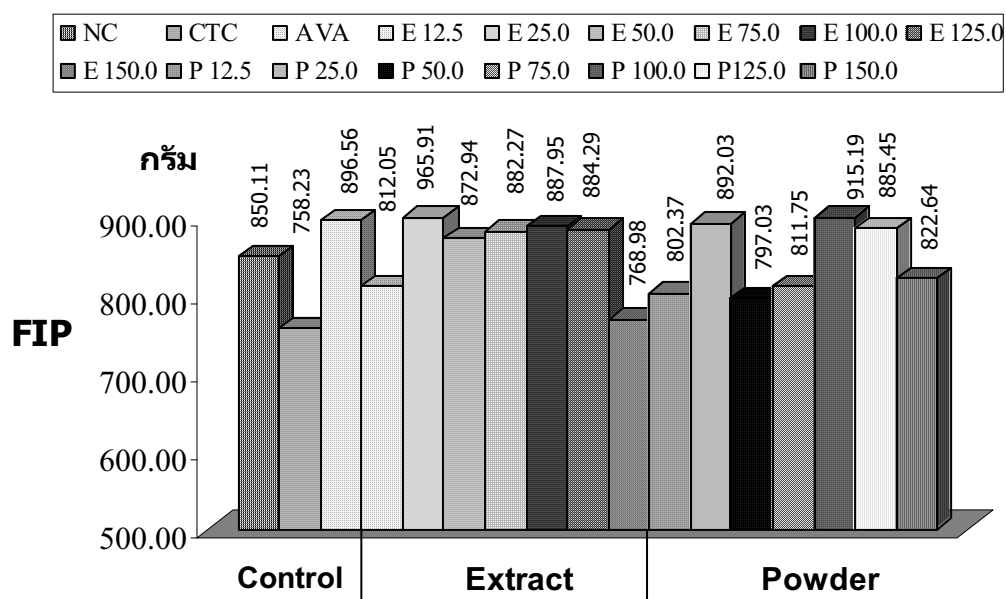
ภาพที่ 3-1 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวของไก่เนื้ออายุ 6 สัปดาห์



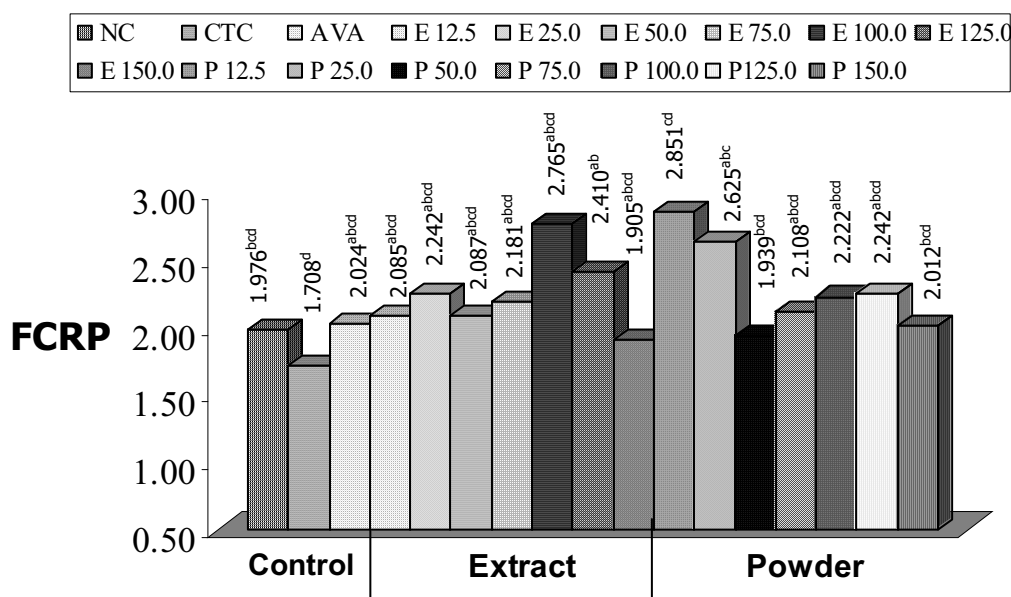
ภาพที่ 3-2 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่ปรับด้วยเพศของไก่เนื้ออายุ 6 สัปดาห์



ภาพที่ 3-3 ผลของการเสริมฟลาโวนอยด์ในอาหารต่อน้ำหนักตัวของไก่เนื้อที่เพิ่มในช่วงอายุ 5-6 สัปดาห์



ภาพที่ 3-4 ผลของการเสริมฟลาโวนอยด์ในอาหารต่อปริมาณการกินอาหารในช่วงอายุ 5-6 สัปดาห์ของไก่เนื้อ



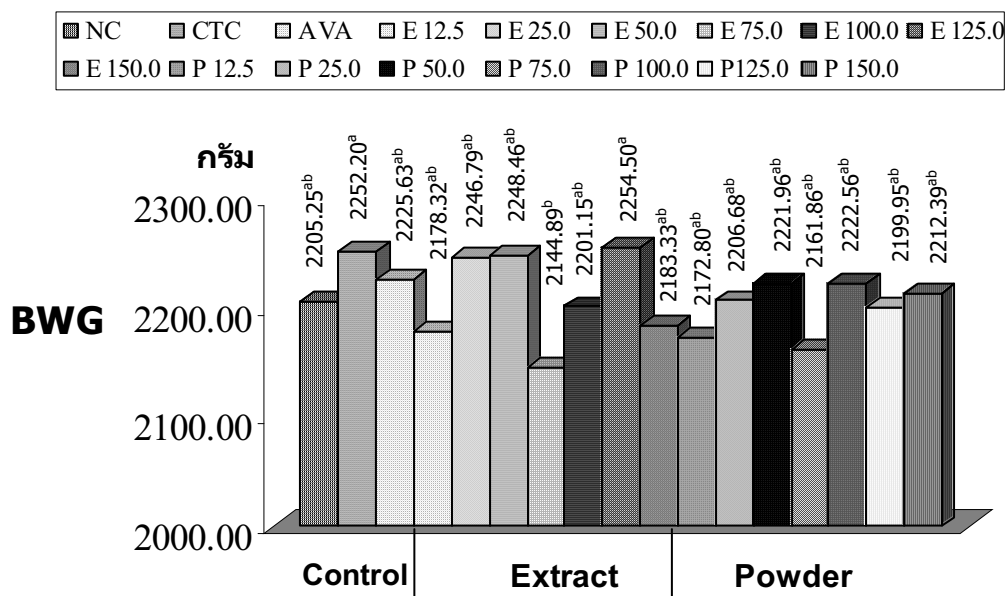
ภาพที่ 3-5 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่ออัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้อ ในช่วง อายุ 5-6 สัปดาห์

เมื่อทำการตรวจสอบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะการเจริญเติบโตต่อระดับของ andrographolide ในอาหารเทียบกับกลุ่มควบคุมพบ ว่า น้ำหนักตัวทั้งก่อนและหลังการปรับเพศของไก่ที่กินอาหารเสริมสารสกัดมีแนวโน้มสูงกว่าไก่กลุ่ม NC และใกล้เคียงกับกลุ่ม AVA แต่เมื่อระดับ andrographolide ในอาหารจากสารสกัดเพิ่มขึ้น น้ำหนักตัวของไก่เปลี่ยนแปลงในลักษณะโค้งกำลังสี่ ($P_{\text{quart}} < 0.05$) คือต่ำกว่ากลุ่ม NC และ AVA เมื่อได้รับ andrographolide 12.50 ppm แล้วเพิ่มขึ้นเหนือกลุ่มควบคุมทั้งสองเมื่อได้รับ andrographolide 25 และ 50 ppm แล้วลดลงถึงจุดต่ำสุดที่ 75 ppm และกลับเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่งที่ 125 ppm แล้วท้ายสุดลดลงที่ระดับ 150 ppm อัตราการเพิ่มน้ำหนักของไก่กลุ่มนี้เพิ่มขึ้นตามการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว แต่ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เช่นเดียวกันกับปริมาณอาหารที่กินและอัตราการแลกเนื้อที่ให้แนวโน้มของการตอบสนองต่อระดับของ andrographolide ในอาหารไม่ถึงระดับที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แนวโน้มการตอบสนองของไก่ที่กินอาหารเสริมผงบดฟ้าทะลายโจรต่อระดับของ andrographolide เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่ม AVA พบว่าการตอบสนองในแง่ น้ำหนักตัวทั้งก่อนและหลังปรับเพศ การเพิ่มน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กินและอัตราการแลกเนื้อไม่มีแนวโน้มการตอบสนองต่อระดับ andrographolide อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตาม การตอบสนองที่เป็นค่าตัวเลข ไก่ที่กินอาหารเสริมผงบดเพิ่มน้ำหนักต่ำกว่าและมีค่า FCR สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่ม AVA เล็กน้อย เมื่อเทียบแนวโน้มการตอบสนองด้านสมรรถนะการผลิตกับกลุ่มเสริม CTC พบว่าไก่กลุ่มที่กินอาหารเสริมสารสกัดมีน้ำหนักตัวเปลี่ยนแปลงแบบโค้งกำลังหก ($P_{\text{hect}} < 0.05$) และแบบโค้งกำลังสี่ ($P_{\text{quart}} < 0.05$) หลังปรับเพศ คือไก่ที่ได้รับ andrographolide 12.50 ppm มีน้ำหนักตัวต่ำกว่ากลุ่ม CTC แต่มีน้ำหนักเทียบเท่ากับกลุ่ม CTC เมื่อระดับ andrographolide เพิ่มขึ้นเป็น 25 และ 50 ppm แล้วลดลง

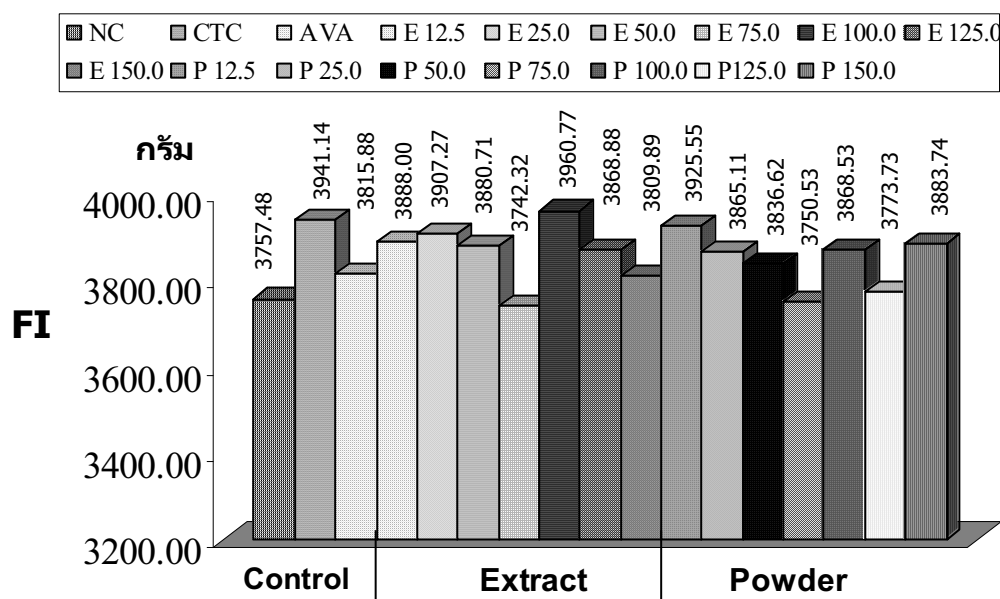
ต่ำสุดที่ 75 ppm หลังจากนั้นมึ้นน้ำหนักตัวสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งสูงที่สุดที่ 125 ppm และลดลงอีกครั้งที่ระดับ 150 ppm ส่วนอัตราการเพิ่มน้ำหนักในช่วงอายุ 5-6 สัปดาห์ ไม่ได้ชี้แนวโน้มที่แตกต่างจากกลุ่ม CTC และเปลี่ยนแปลงไปกับระดับ andrographolide อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่มีข้อสังเกตอยู่ที่การเพิ่มน้ำหนักค่อย ๆ เพิ่ม (จากระดับที่ต่ำกว่ากลุ่ม CTC) เมื่อระดับ andrographolide เพิ่มจาก 12.50 ppm ไปสู่จุดสูงสุดที่ระดับ 50 ppm แล้วลดลงถึงระดับต่ำสุดที่ 100 ppm แล้วเพิ่มขึ้นอีกตามระดับของ andrographolide ที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กินในช่วงนี้ใกล้เคียงกับอาหารสูงกว่ากลุ่ม CTC และเพิ่มการกินแบบโค้งกำลังสอง ($P_{\text{quad, quart}} < 0.05$) เมื่อระดับของ andrographolide สูงขึ้นคือกลุ่ม E_{25} กินอาหารสูงสุดและกลุ่ม E_{50} , E_{75} , E_{100} และ E_{125} กินในระดับที่ต่ำกว่า E_{25} ประมาณ 10% แต่ยังกินได้สูงกว่ากลุ่ม CTC, $E_{12.50}$ และ E_{150} อยู่ประมาณ 12% ค่าอัตราการแลกเนื้อเปลี่ยนแปลงไปกับระดับ andrographolide แบบโค้งกำลังสองเช่นเดียวกัน ($P_{\text{quad}} < 0.05$) คือกลุ่ม CTC และ E_{150} มีประสิทธิภาพในการแลกเนื้อดีที่สุด กลุ่มได้รับ andrographolide ระดับอื่นมีอัตราการแลกเนื้อค่อยลงมาและกลุ่ม E_{100} ซึ่งเพิ่มน้ำหนักตัวต่ำสุดมีอัตราการแลกเนื้อด้วยประสิทธิภาพต่ำที่สุด (FCR 2.765) สำหรับไก่ที่กินอาหารเสริมผงฟ้าทะลายโจร มีน้ำหนักตัวทั้งก่อนและหลังปรับเพศต่ำกว่ากลุ่ม CTC เล็กน้อยและไม่แสดงแนวโน้มต่อการเปลี่ยนแปลงระดับ andrographolide อย่างมีนัยสำคัญ ในทำนองเดียวกันน้ำหนักตัวที่เพิ่มในช่วงนี้ต่ำกว่ากลุ่ม CTC เล็กน้อยและไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามระดับของ andrographolide ที่เพิ่มขึ้น ($P > 0.05$) ทั้ง ๆ ที่การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักในช่วงนี้ค่อยสูงขึ้นเมื่อระดับ andrographolide เพิ่มขึ้นจาก 12.50 เป็น 50 ppm และคงอยู่ในระดับนั้นที่ 75, 100, 125 และ 150 ppm คล้ายรูปแบบของโค้งกำลังสอง (quadratic) ปริมาณอาหารที่กินสูงกว่ากลุ่ม CTC และเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะโค้งกำลังสี่ ($Pr_{\text{quart}} > F 0.13$) โดยมีระดับการกินสูงสุดที่ 25, 100 และ 125 ppm ในทำนองเดียวกัน อัตราการแลกเนื้อของไก่กลุ่มกินอาหารเสริมผงบดมีประสิทธิภาพต่ำกว่ากลุ่ม CTC ($P > 0.05$) และเปลี่ยนแปลงไปกับระดับการเสริมแบบโค้งกำลังสี่ ($Pr_{\text{quart}} > F 0.067$) โดยกลุ่ม $P_{12.50}$ มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาภาพรวมตลอดช่วงการผลิตไก่เนื้อช่วง 0-6 สัปดาห์ ข้อมูลในตารางที่ 2 ภาพที่ 3-1, 3-2 และ 3-6 ถึง 3-8 แสดงให้เห็นเพิ่มเติมว่า น้ำหนักไก่เนื้ออายุ 6 สัปดาห์ทั้งก่อนและหลังปรับเพศ การเพิ่มน้ำหนัก ปริมาณอาหารที่กินและอัตราการแลกเนื้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่เมื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ พบว่าไก่ที่กินอาหารเสริมสารสกัดฟ้าทะลายโจรระดับ andrographolide 125 ppm (E_{125}) มีน้ำหนักตัวหลังปรับเพศสูงที่สุด (2.298 กก.) ตามมาด้วยกลุ่ม CTC (2.296 กก.) กลุ่ม E_{50} (2.292 กก.) และกลุ่ม E_{25} (2.291 กก.) โดยกลุ่ม E_{75} มีน้ำหนักตัวต่ำที่สุด (2.189 กก.) ส่วนกลุ่มกินอาหารเสริมผงบดมีสมรรถนะการเติบโตค่อยลงมาทั้ง ๆ ที่มีสมรรถนะดีมากในช่วง 0-5 สัปดาห์ ทั้งนี้เป็นเพราะการเปลี่ยนผงบดฟ้าทะลายโจรที่มีคุณภาพต่ำในช่วงอายุ 5-6 สัปดาห์ ปริมาณอาหารที่กินรวมของไก่กลุ่มเสริมสารสกัดกินเฉลี่ย 3.865 กก. ในขณะที่กลุ่มเสริมผงบดกินเฉลี่ย 3.843 กก. เทียบกับกลุ่ม NC, CTC และกลุ่มAVA ซึ่งกิน 3.757, 3.941 และ 3.816 กก/ตัวตามลำดับ ส่วนอัตราการแลกเนื้อไก่กลุ่มสารสกัดมี FCR เฉลี่ย 1.757 ในขณะที่กลุ่มเสริมผงบดมี FCR 1.756 เทียบกับ 1.723, 1.771 และ

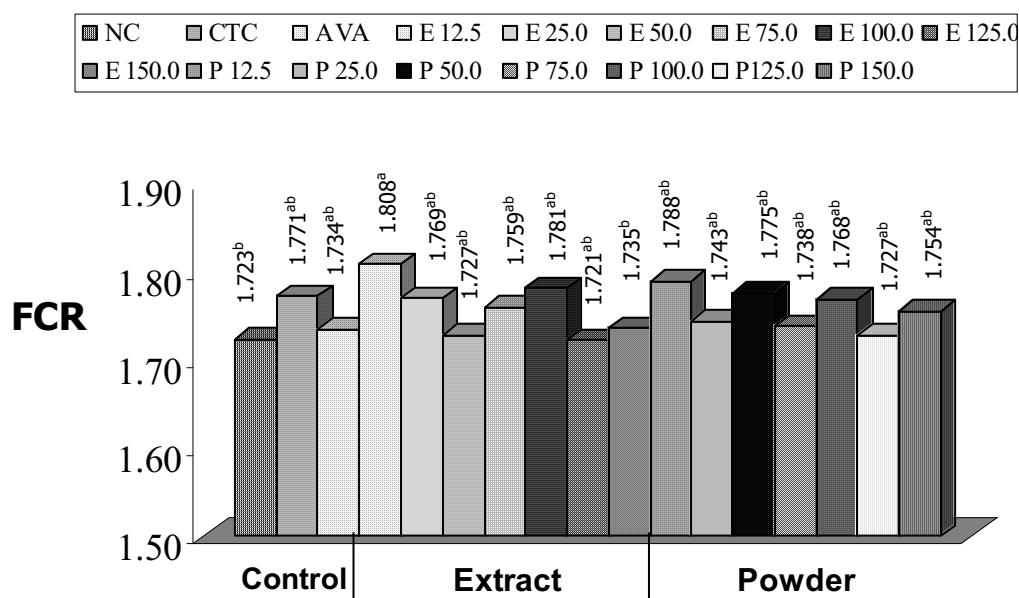
1.734 ในกลุ่ม NC, CTC และกลุ่มAVA ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายกลุ่ม ไก่กลุ่ม E₁₂₅ มีอัตราการแลกเนื้อดีที่สุด (1.721) ตามมาด้วยกลุ่ม NC (1.723) และกลุ่ม E₅₀ กับ P₁₂₅ ที่มีค่า FCR เท่ากันที่ 1.727 ส่วนไก่กลุ่ม E_{12.50} และ P_{12.50} มีอัตราการแลกเนื้อที่ประสิทธิภาพต่ำสุดคือมีค่า 1.808 และ 1.788 ตามลำดับ



ภาพที่ 3-6 ผลของการเสริมฟิลาเทลาโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มของไก่เนื้อ อายุ 0-6 สัปดาห์



ภาพที่ 3-7 ผลของการเสริมฟิลาเทลาโจรในอาหารต่อปริมาณการกินอาหารของไก่เนื้อ ในช่วงอายุ 0-6 สัปดาห์



ภาพที่ 3-8 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่ออัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้อ ในช่วง อายุ 0-6 สัปดาห์

เมื่อทำการตรวจสอบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอาหารที่กินและอัตราการแลกเนื้อตามระดับการเพิ่ม andrographolide ในอาหารเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่ม AVA พบว่าปริมาณอาหารที่กินและอัตราการแลกเนื้อของไก่ทั้งกลุ่มกินอาหารเสริมสารสกัดและผงบดฟ้าทะลายโจรไม่ได้มีแนวโน้มเพิ่มการกินเหนือกลุ่มควบคุมและกลุ่ม AVA หรือปรับปรุงประสิทธิภาพของอัตราการแลกเนื้อไปกับระดับของ andrographolide ที่เพิ่มสูงขึ้นแต่อย่างใด ($P > 0.05$) แต่เมื่อเทียบกับกลุ่มเสริม CTC ไก่ที่กินอาหารเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรทั้งสองชนิดมีแนวโน้มกินอาหารต่ำกว่าและมีอัตราการแลกเนื้อต่ำกว่ากลุ่ม CTC เล็กน้อยแต่ปริมาณอาหารที่กินไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปกับระดับของ andrographolide ที่เพิ่มขึ้น ($P > 0.05$) ทั้ง ๆ ที่มีความโน้มเอียงที่จะกินอาหารลดลงเมื่อระดับ andrographolide สูงขึ้น ส่วนอัตราการแลกเนื้อ ไก่กลุ่มกินอาหารเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรทั้งสองชนิดมีอัตราการแลกเนื้อดีกว่ากลุ่ม CTC เล็กน้อยและค่าอัตราการแลกเนื้อมีแนวโน้ม ($P > 0.05$) มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อระดับของ andrographolide ในอาหารสูงขึ้น

4.5 ผลของการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อคุณภาพซากของไก่เนื้อ

ข้อมูลในตารางที่ 3 และภาพที่ 4-1 ถึง 4-8 สรุปผลของการใช้ผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรทดแทนยาปฏิชีวนะในอาหารต่อน้ำหนักซาก เปอร์เซ็นต์ซากแห้งและน้ำหนักชิ้นส่วนของไก่เนื้ออายุ 42 วัน จากตารางจะเห็นได้ว่าน้ำหนักซากของไก่เนื้อทดลองค่อนข้างสม่ำเสมอ มีน้ำหนักเฉลี่ย 1.89 กก. (1.83 ถึง 1.96 กก.) กลุ่มกินสารสกัดมีน้ำหนักซากเฉลี่ย 1.90 กก. (1.85 ถึง 1.96 กก.) และกลุ่มกินอาหารเสริมผงบดมีน้ำหนักซากเฉลี่ย 1.87 กก. (1.83 ถึง 1.93 กก.) ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ซากแห้งพบว่าเปอร์เซ็นต์ซากแห้งของไก่ทดลองไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P > F 0.059$) โดยไก่กลุ่มกินอาหารเสริม

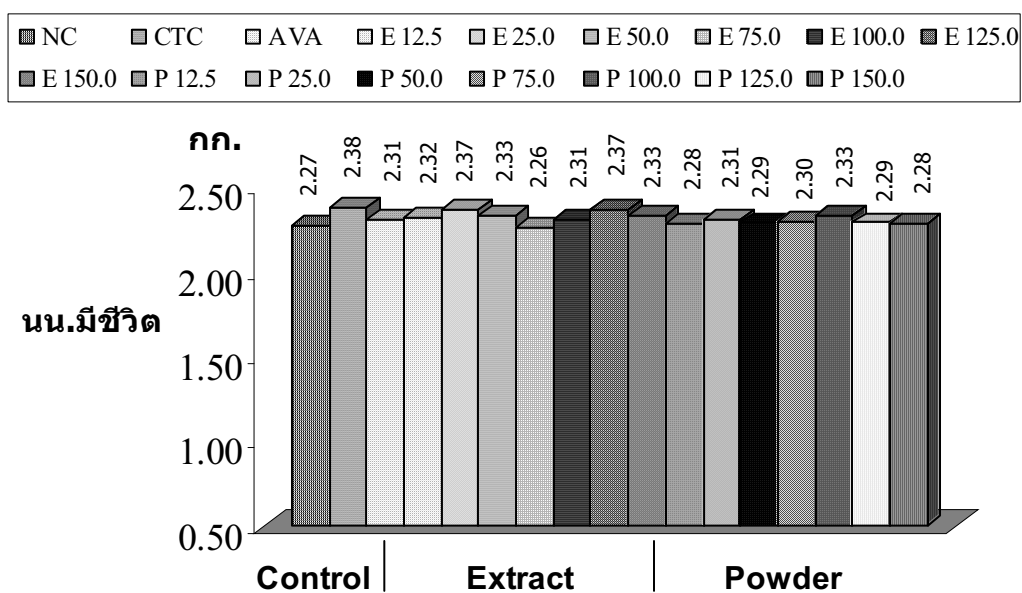
สารสกัดมีเปอร์เซ็นต์ซากแห้ง 81.67 และกลุ่มเสริมผงบด 81.49 เมื่อเทียบกับกลุ่ม NC, CTC และAVA ที่มีเปอร์เซ็นต์ซากแห้ง 82.32, 79.63 และ 82.15 ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ตามวิธี DMRT พบว่าเปอร์เซ็นต์ซากแห้งของไก่กลุ่ม P_{25} (79.11%) ต่ำกว่ากลุ่ม NC (82.32%) กลุ่ม E_{25} (82.58%) กลุ่ม E_{100} (83.72%) และกลุ่ม P_{75} (83.89%) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และกลุ่ม P_{75} มีเปอร์เซ็นต์ซากแห้งสูงกว่า ($P < 0.05$) กลุ่ม CTC (79.63%) กลุ่ม E_{125} (80.37%) และกลุ่ม E_{150} (80.64%)

เมื่อตรวจสอบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์ซากแห้งไปกับระดับ andrographolide โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมลบและกลุ่ม AVA พบว่าไก่กลุ่มสารสกัดไม่แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ($P > 0.05$) ในขณะที่กลุ่มเสริมผงบดมีเปอร์เซ็นต์เปลี่ยนแปลงไปกับระดับ andrographolide แบบโค้งกำลังสี่ ($P_{\text{quart}} < 0.05$) คือขณะที่ระดับ andrographolide เพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์จากซากแห้งลดลงต่ำสุดที่ระดับ 25 ppm แล้วเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดที่ 75 ppm หลังจากนั้นลดลงที่ระดับ 100 และ 125 ppm แล้วเพิ่มขึ้นอีกครั้งที่ระดับ 150 ppm แต่หากเปรียบเทียบแนวโน้มดังกล่าวกับกลุ่ม CTC พบว่าเปอร์เซ็นต์ซากแห้งของไก่กลุ่มเสริมสารสกัดเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่ม CTC แบบโค้งกำลังสอง ($P_{\text{quad}} < 0.05$) คือเปอร์เซ็นต์จากซากแห้งจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดที่ 100 ppm แล้วลดลงในขณะที่ระดับ andrographolide ในอาหารสูงกว่า 100 ppm ส่วนไก่ที่กินอาหารเสริมผงบด เปอร์เซ็นต์ซากแห้งเพิ่มสูงกว่ากลุ่ม CTC แบบโค้งกำลังสี่ ($P_{\text{quart}} < 0.05$) คือมีเปอร์เซ็นต์ซากแห้งลดลงที่ระดับ 25 ppm แล้วเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระดับ 75 ppm แล้วลดลงในกลุ่มที่ได้รับ andrographolide ระดับที่สูงขึ้นไป

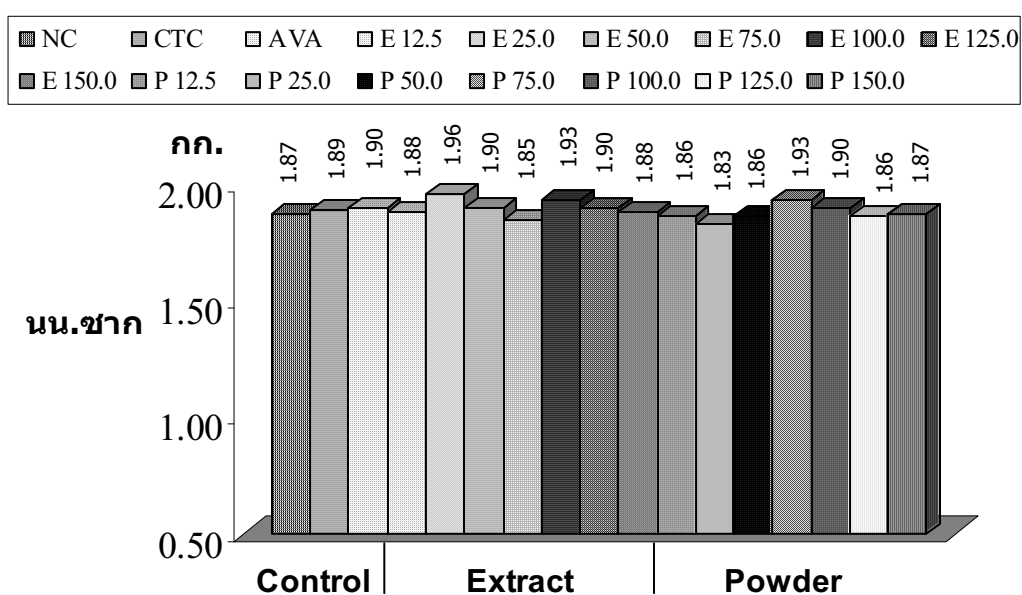
Table 3 Effect of dietary substitution of creat (*Andrographis paniculata*) products for AGP's on carcass characteristics of 42 day-old broilers

Treatment	Weight, kg		Dressing %	Meat cuts, % LW				
	Live	Carcass		Breast	Thigh	Drumstick	Wing	Abdominal fat
Negative control	2.27	1.87	82.32 ^{abc}	17.99 ^{ab}	12.07 ^b	10.71 ^a	8.28	1.87 ^b
CTC 60 ppm	2.38	1.89	79.63 ^{cd}	17.40 ^b	12.02 ^b	10.21 ^{ab}	8.02	1.63 ^b
Lasalocid 110 ppm	2.31	1.90	82.15 ^{abcd}	18.79 ^{ab}	12.60 ^{ab}	10.46 ^{ab}	8.12	1.73 ^b
E 12.5	2.32	1.88	80.83 ^{abcd}	18.23 ^{ab}	12.15 ^b	9.84 ^b	8.03	1.82 ^b
E 25	2.37	1.96	82.58 ^{abc}	19.03 ^{ab}	12.77 ^{ab}	10.73 ^a	8.05	1.65 ^b
E 50	2.33	1.90	81.55 ^{abcd}	18.07 ^{ab}	12.43 ^b	10.42 ^{ab}	8.09	1.75 ^b
E 75	2.26	1.85	81.97 ^{abcd}	19.25 ^a	12.61 ^{ab}	10.31 ^{ab}	8.24	1.93 ^{ab}
E 100	2.31	1.93	83.72 ^{ab}	19.20 ^a	12.78 ^{ab}	10.59 ^{ab}	7.94	2.41 ^a
E 125	2.37	1.90	80.37 ^{cd}	18.83 ^{ab}	13.21 ^{ab}	10.43 ^{ab}	8.00	1.58 ^b
E 150	2.33	1.88	80.64 ^{bcd}	18.43 ^{ab}	12.54 ^{ab}	10.34 ^{ab}	8.01	2.03 ^{ab}
เฉลี่ยกลุ่ม E	2.33	1.90	81.67	18.72	12.64	10.38	8.05	1.88
P 12.5	2.28	1.86	81.36 ^{abcd}	18.55 ^{ab}	12.32 ^b	10.65 ^a	8.17	1.54 ^b
P 25	2.31	1.83	79.11 ^d	19.19 ^a	12.37 ^b	10.22 ^{ab}	8.00	1.52 ^b
P 50	2.29	1.86	81.27 ^{abcd}	18.29 ^{ab}	12.41 ^b	10.07 ^{ab}	8.16	1.89 ^b
P 75	2.30	1.93	83.89 ^a	19.21 ^a	14.09 ^a	10.83 ^a	8.19	1.48 ^b
P 100	2.33	1.90	81.44 ^{abcd}	18.57 ^{ab}	11.62 ^b	10.22 ^{ab}	8.02	1.64 ^b
P 125	2.29	1.86	81.22 ^{abcd}	18.34 ^{ab}	12.29 ^b	10.44 ^{ab}	8.25	1.77 ^b
P 150	2.28	1.87	82.15 ^{abcd}	18.82 ^{ab}	12.45 ^b	10.36 ^{ab}	8.23	1.51 ^b
เฉลี่ยกลุ่ม P	2.30	1.87	81.49	18.71	12.51	10.40	8.14	1.62
C.V., %	3.46	4.32	2.31	5.47	7.70	4.37	3.49	18.66

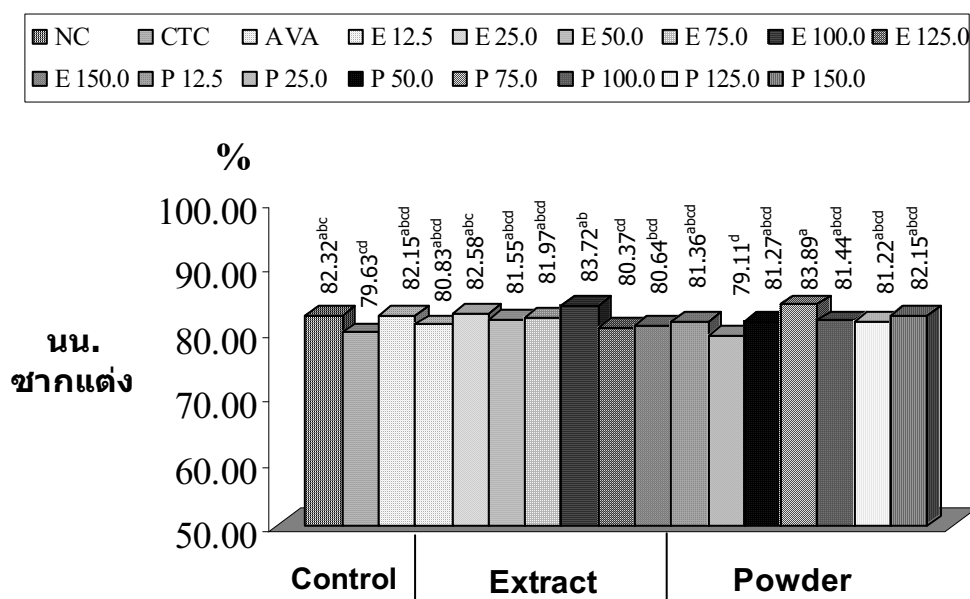
^{a,b,c,d} Means within a column bearing different superscripts significantly differ at p<0.05



ภาพที่ 4-1 ผลการเสริมฟลาโวนอยด์ในอาหารต่อน้ำหนักมีชีวิตรในไก่เนื้ออายุ 6 สัปดาห์

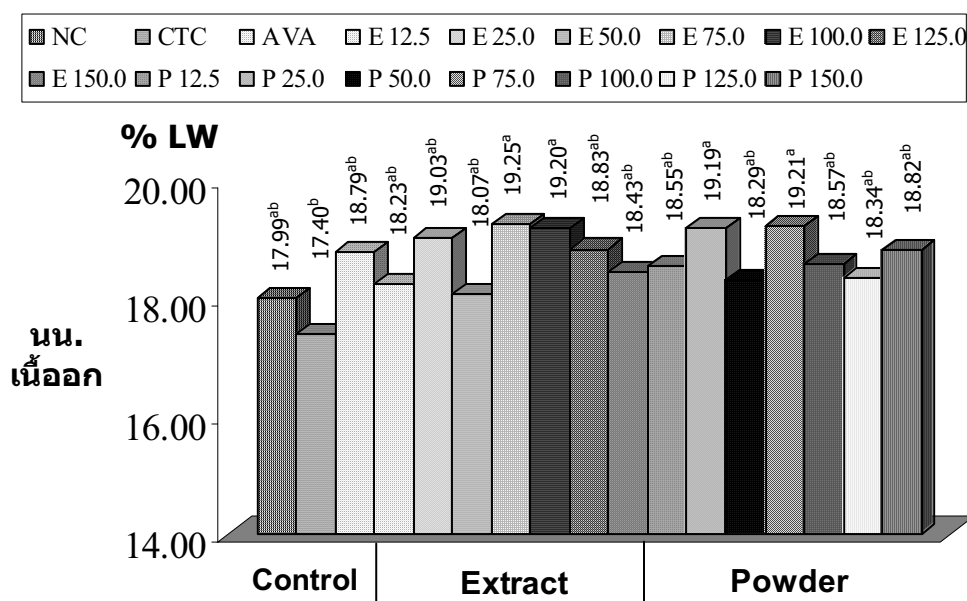


ภาพที่ 4-2 ผลการเสริมฟลาโวนอยด์ในอาหารต่อน้ำหนักซากไก่เนื้ออายุ 6 สัปดาห์



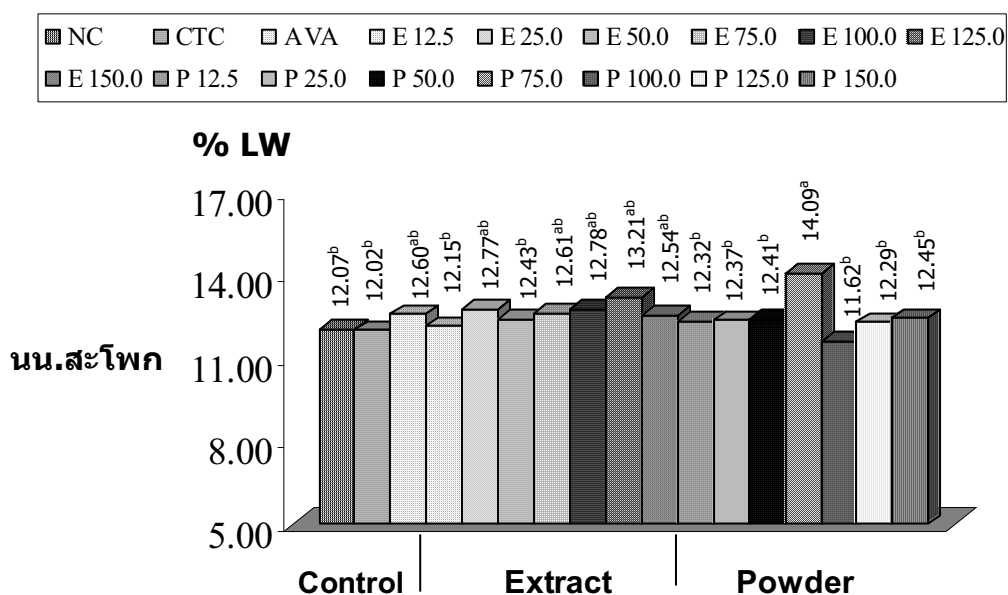
ภาพที่ 4-3 ผลการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อ%ซากแห้งของไก่เนื้ออายุ 6 สัปดาห์

ผลของการใช้ผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักของเนื้ออกแสดงอยู่ในตารางที่ 3 และภาพที่ 4-4 ข้อมูลในตารางชี้ให้เห็นว่าน้ำหนักของเนื้ออกไก่เนื้อที่กินอาหารเสริมสารสกัดฟ้าทะลายโจรเฉลี่ย 18.72% ของน้ำหนักมีชีวิต และของกลุ่มกินอาหารเสริมผงบดเฉลี่ย 18.71% ในขณะที่กลุ่ม NC, CTC และ AVA มีค่า 17.99, 17.40 และ 18.79% ตามลำดับและไม่ได้แตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ พบว่าน้ำหนักเนื้ออกของไก่กลุ่ม E_{75} (19.25%) P_{75} (19.21%) E_{100} (19.20%) และ P_{25} (19.19%) มีน้ำหนักสูงกว่ากลุ่ม CTC (17.40%) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อตรวจสอบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื้ออกไปกับการเพิ่มระดับ andrographolide ในอาหารเปรียบเทียบกับกลุ่ม NC และ AVA พบว่าไก่ที่กินอาหารเสริมสารสกัดมีน้ำหนักเนื้ออกเพิ่มสูงกว่ากลุ่ม NC และ AVA ในลักษณะโค้งกำลังสอง ($P_{\text{quad}} < 0.05$) โดยน้ำหนักเนื้ออกจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในขณะที่ andrographolide เพิ่มขึ้นจากระดับ 12.50 ppm จนถึงระดับสูงสุดที่ 75 และ 100 ppm แล้วลดลงในระดับการเสริมที่สูงขึ้น ส่วนไก่ที่กินอาหารเสริมผงบดมีน้ำหนักเนื้ออกสูงกว่ากลุ่มควบคุมลบและกลุ่ม AVA เล็กน้อย ($P > 0.05$) โดยกลุ่ม P_{25} และ P_{75} มีน้ำหนักเนื้ออกสูงที่สุด ในทำนองเดียวกันเมื่อตรวจสอบแนวโน้มของการเพิ่มน้ำหนักเนื้ออกกับกลุ่ม CTC พบว่าไก่ที่กินอาหารเสริมสารสกัดเพิ่มน้ำหนักเนื้ออกสูงกว่ากลุ่ม CTC ในลักษณะของโค้งกำลังสอง ($P_{\text{quad}} < 0.05$) และกลุ่มกินอาหารเสริมผงบดเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่ม CTC เล็กน้อย ($P > 0.05$) และไม่พบแนวโน้มที่แตกต่างกันเมื่อระดับ andrographolide สูงขึ้นเหมือนกับการเปรียบเทียบกับกลุ่ม NC และ AVA ข้างต้น



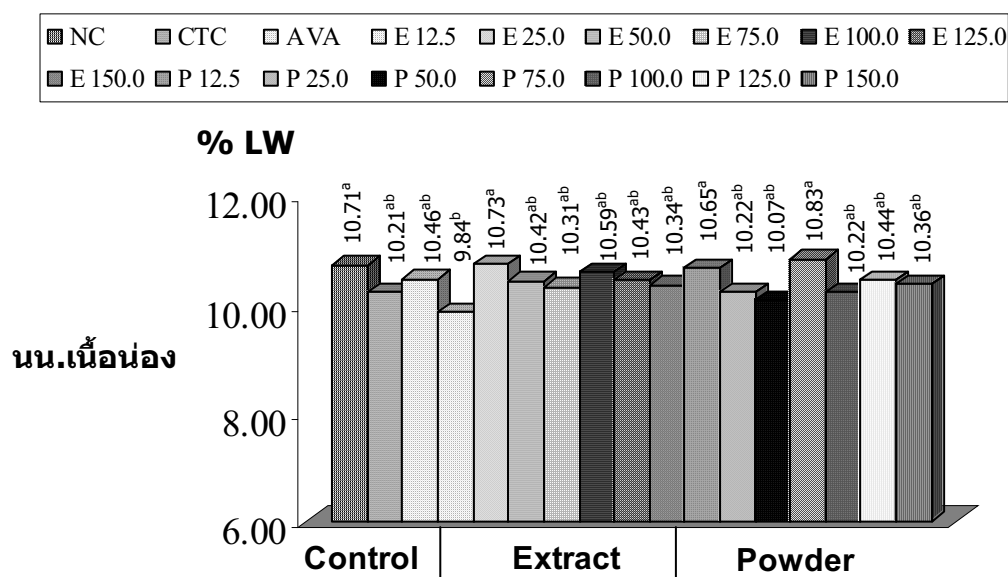
ภาพที่ 4-4 ผลการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักเนื้ออกในไก่เนื้อ, % นน.มีชีวิต

สำหรับน้ำหนักของเนื้อสะโพก ข้อมูลในตารางที่ 3 และภาพที่ 4-5 แสดงให้เห็นว่าเนื้อสะโพกของไก่กลุ่มสารสกัดฟ้าทะลายโจรมีน้ำหนักเฉลี่ย 12.64 % ของน้ำหนักมีชีวิต ในขณะที่กลุ่มเสริมผงบดมีน้ำหนักเฉลี่ย 12.51 % เทียบกับกลุ่ม NC, CTC และ AVA ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 12.07, 12.02 และ 12.60 % ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และเป็นที่น่าสังเกตว่าไก่กลุ่ม P₇₅ มีน้ำหนักเนื้อสะโพก (14.09 %) สูงกว่ากลุ่ม NC (12.07 %), CTC (12.02 %), E_{12.50} (12.15%), E₅₀ (12.43%) และกลุ่มเสริมผงบดในระดับ andrographolide ระดับอื่น ๆ ทุกระดับ ($P < 0.05$) และเมื่อตรวจสอบแนวโน้มการเพิ่มน้ำหนักเนื้อสะโพกไปกับระดับ andrographolide โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมทั้งสามกลุ่ม พบว่าไก่กลุ่มเสริมสารสกัดมีน้ำหนักเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมทั้งสามเล็กน้อย ($P > 0.05$) และไม่แสดงแนวโน้มที่ชัดเจนในการเพิ่มน้ำหนักเนื้อสะโพกเมื่อระดับของ andrographolide ในอาหารเพิ่มสูงขึ้น แต่สำหรับไก่กลุ่มเสริมผงบดน้ำหนักเนื้อสะโพกสูงกว่ากลุ่ม NC และ CTC เล็กน้อย ($P > 0.05$) แต่ไม่ได้สูงเหนือกลุ่ม AVA และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื้อสะโพกไปกับการเพิ่มระดับ andrographolide แบบเส้นโค้งกำลังหก ($P_{\text{hct}} < 0.05$) คือมีน้ำหนักสูงสุดที่ระดับ 75 ppm แล้วลดลงต่ำมากที่ระดับ 100 ppm และเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่งตามลำดับการเพิ่ม andrographolide ไปเป็น 125 และ 150 ppm

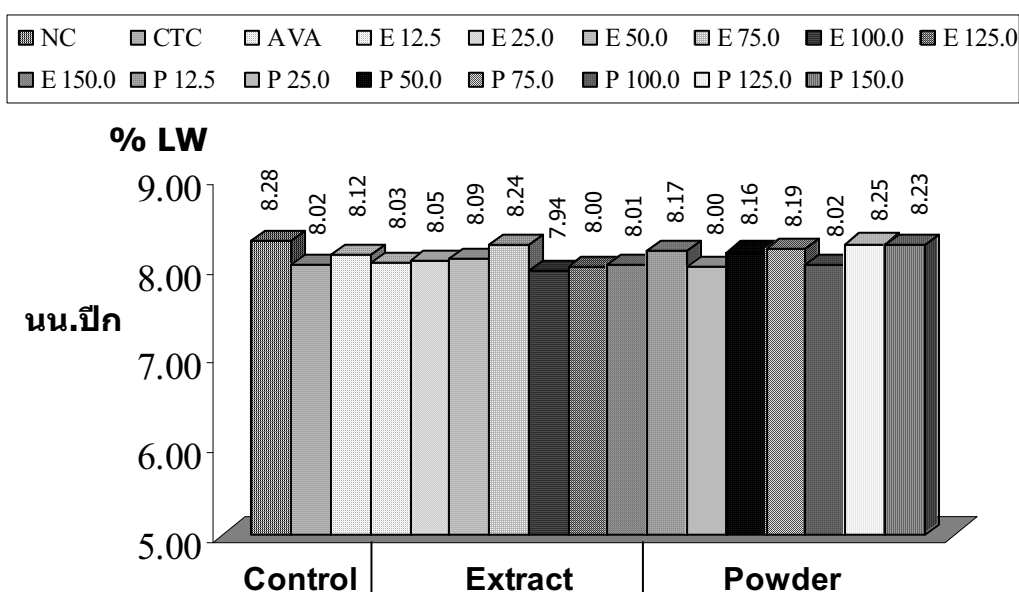


ภาพที่ 4-5 ผลการเสริมฟลาโวนอยด์ในอาหารต่อน้ำหนักเนื้อสะโพกไก่เนื้อ, % นน.มีชีวิต

ข้อมูลในตารางที่ 3 และภาพที่ 4-6 และ 4-7 แสดงให้เห็นถึงความปลอดภัยของการใช้น้ำหนักเนื้อน้อย และเนื้อปีก พบว่าไก่กลุ่มเสริมสารสกัดมีน้ำหนักเนื้อน้อยและเนื้อปีกเฉลี่ย 10.38 และ 8.05 % ของน้ำหนักมีชีวิต ในขณะที่กลุ่มเสริมผงบดเฉลี่ย 10.40 และ 8.14 % เทียบกับกลุ่ม NC (10.71 และ 8.28 %), CTC (10.21 และ 8.02 %) และกลุ่ม AVA (10.46 และ 8.12) แล้วไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายตัวไก่กลุ่ม P_{75} (10.83 %), E_{25} (10.73 %), NC (10.71%) และ $P_{12.50}$ (10.65 %) มีน้ำหนักเนื้อน้อยสูงกว่า ($P < 0.05$) กลุ่ม $E_{12.50}$ (9.84 %) ในขณะที่น้ำหนักเนื้อปีกไม่แตกต่างกัน แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเนื้อน้อยไปกับระดับการเพิ่ม andrographolide ในอาหารเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมทั้งสามเป็นไปในแบบที่เหมือนกับการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื้อสะโพกทุกประการ ส่วนน้ำหนักเนื้อปีกแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



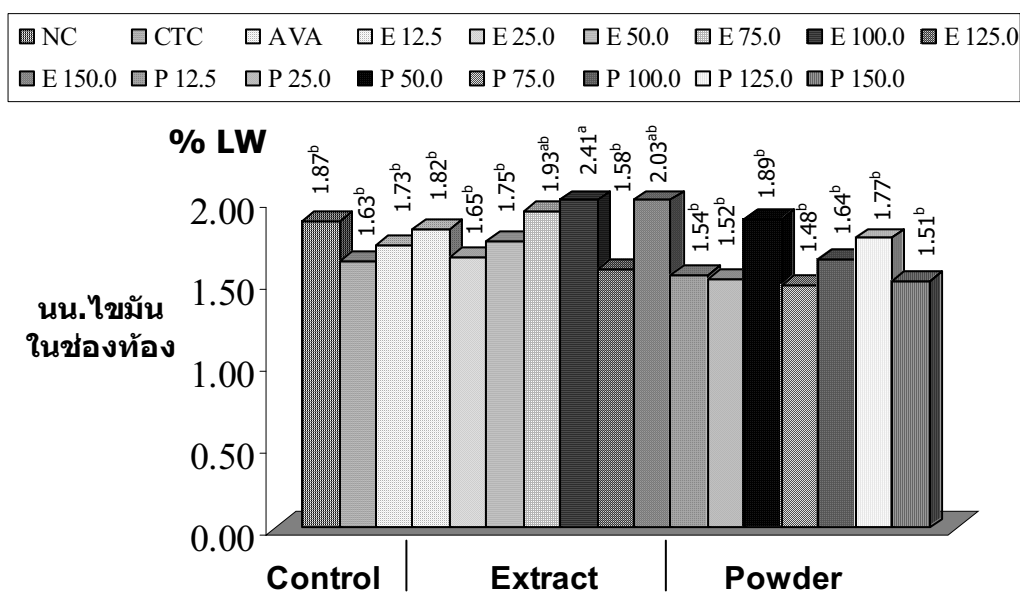
ภาพที่ 4-6 ผลการเสริมฟลาโวนอยด์ในอาหารต่อน้ำหนักเนื้อตับไก่เนื้อ, % นน.มีชีวิต



ภาพที่ 4-7 ผลการเสริมฟลาโวนอยด์ในอาหารต่อน้ำหนักเนื้อตับไก่เนื้อ, % นน.มีชีวิต

ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักไขมันในช่องท้องแสดงอยู่ในตารางที่ 3 และภาพที่ 4-8 ข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าปริมาณไขมันในช่องท้องของกลุ่มต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยไก่กลุ่มเสริมผงคามีปริมาณไขมันในช่องท้องต่ำที่สุดคือเฉลี่ย 1.62 % ของน้ำหนักมีชีวิต ในขณะที่กลุ่มเสริมสารสกัดมีปริมาณเฉลี่ย 1.88 % เทียบกับกลุ่ม NC, CTC และ AVA ซึ่งมีปริมาณเฉลี่ย 1.87, 1.63 และ 1.73 % ตามลำดับ ปริมาณไขมันในช่องท้องของไก่กลุ่ม E_{100} สูงที่สุด (2.41 %) สูงกว่าในไก่ทดลองกลุ่มอื่น ๆ ทั้งหมด ($P < 0.05$) ยกเว้นไม่แตกต่างจากกลุ่ม E_{150} (2.03 %) และ E_{75} (1.93 %) เป็นที่น่า

สังเกตว่าไ้กลุ่ม P_{75} ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ซากแห้งและน้ำหนักชิ้นส่วนซากอื่นๆ สูงที่สุดมีไขมันในช่องท้องต่ำที่สุด (1.48%) ต่ำใกล้เคียงกับกลุ่ม P_{150} (1.51 %), P_{25} (1.52 %), $P_{12.50}$ (1.54 %) และ E_{125} (1.58%) เมื่อทำการตรวจสอบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักไขมันช่องท้องไปกับระดับ andrographolide ที่เพิ่มขึ้น โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมทั้งสาม พบว่าไ้เนื้อที่กินอาหารเสริมฟ้าทะลายโจรทั้งในรูปสารสกัดและผงบดตอบสนองต่อการเพิ่มระดับ andrographolide สอดคล้องกันคือปริมาณไขมันในช่องท้องของไ้ทั้งสองกลุ่มผันแปรไปในแบบเส้นโค้งกำลังห้า ($P_{\text{quint}} < 0.05$) กล่าวคือไ้กลุ่มเสริมสารสกัดเริ่มต้นด้วยการมีไขมันในช่องท้องของกลุ่ม 12.50 ppm สูงกว่ากลุ่ม CTC และ AVA แต่ไม่ต่างจากกลุ่ม NC จะมีไขมันช่องท้องลดลงเมื่อระดับ andrographolide เพิ่มขึ้นเป็น 25 ppm แล้วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงระดับสูงสุดที่ 100 ppm แล้วลดลงอย่างมากที่ระดับ 125 ppm และเพิ่มขึ้นอีกครั้งที่ระดับ 150 ppm ในทำนองเดียวกันไ้กลุ่มเสริมผงบดเริ่มต้นด้วยปริมาณไขมันในช่องท้องของกลุ่ม 12.50 ppm ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมทั้งสามเมื่อระดับ andrographolide ในอาหารเพิ่มขึ้นเป็น 25 ppm ไขมันในช่องท้องลดลง แล้วเพิ่มถึงจุดสูงสุดที่ 50 ppm จากนั้นลดลงถึงจุดต่ำสุดที่ 75 ppm และเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่งเป็นลำดับจนถึงระดับ 125 ppm แล้วลดลงอีกครั้งหนึ่งที่ระดับ 150 ppm ในภาพรวมแล้วปริมาณไขมันในช่องท้องของไ้กลุ่มเสริมสารสกัดไม่ลดลงต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แต่กลุ่มเสริมผงบดปริมาณไขมันในช่องท้องลดลงเทียบได้กับกลุ่มเสริม AGP's



ภาพที่ 4-8 ผลการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักไขมันในช่องท้องไ้เนื้อ,
% นน.ชีวิต

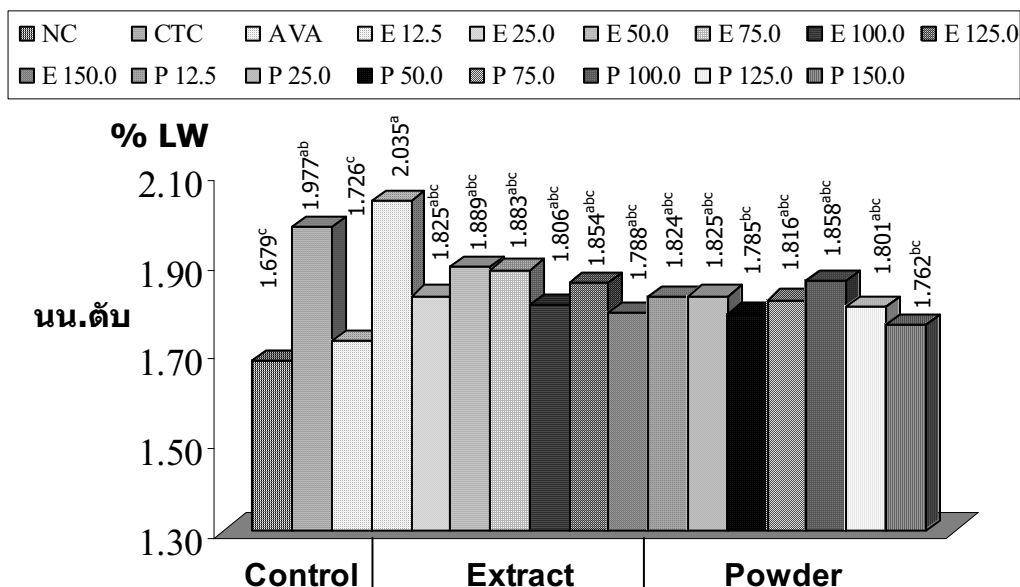
4.6 ผลของการเสริมผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรต่อน้ำหนักอวัยวะภายในที่สำคัญ ตารางที่ 4 และภาพที่ 5-1 ถึง 5-6 แสดงผลของการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรต่อน้ำหนักของอวัยวะภายในที่สำคัญของไก่เนื้ออายุ 42 วัน จากตารางพบว่าน้ำหนักตับของไก่ทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) โดยน้ำหนักตับของไก่กลุ่มเสริมสารสกัดมีค่าเฉลี่ย 1.868 % ของน้ำหนักมีชีวิต ขณะที่ของไก่กลุ่มเสริมผงบดมีค่าเฉลี่ย 1.810 % เทียบกับกลุ่ม NC , CTC และ AVA ซึ่งมีน้ำหนักตับเฉลี่ย 1.679, 1.977 และ 1.726 % ตามลำดับ ไก่กลุ่ม $E_{12.50}$ มีน้ำหนักตับสูงสุด (2.035 %) สูงกว่า ($P < 0.05$) กลุ่ม NC, AVA และกลุ่ม P_{150} ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.679, 1.726 และ 1.762 % ตามลำดับ แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตับตามระดับของ andrographolide ที่เพิ่มขึ้นพบว่าไก่กลุ่มเสริมสารสกัดมีตับที่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่ม NC และ AVA ในแบบโค้งกำลังสอง ($P_{quad} < 0.05$) คือมีน้ำหนักตับเพิ่มจากระดับ andrographolide 0 ppm ขึ้นสูงสุดที่ระดับ 12.50 และ 75 ppm แล้วลดต่ำลงในระดับ andrographolide ที่สูงขึ้น

Table 4. Effect of dietary substitution of creat (*Andrographis paniculata*) products for AGP's on selected organs of 42-day-old broilers.

Treatment	Weight, % LW					
	Liver	Bursa	Spleen	Provent	Gizzard	Heart
Negative control	1.679 ^c	0.168 ^{abc}	0.101 ^b	0.297 ^b	1.226	0.313 ^{abcd}
CTC 60 ppm	1.977 ^{ab}	0.172 ^{abc}	0.176 ^{ab}	0.292 ^b	1.265	0.319 ^{abcd}
Lasalocid 110 ppm	1.726 ^c	0.168 ^{abc}	0.095 ^b	0.272 ^b	1.182	0.366 ^{ab}
E 12.5	2.035 ^a	0.164 ^{abc}	0.267 ^a	0.355 ^a	1.237	0.368 ^a
E 25	1.825 ^{abc}	0.180 ^{abc}	0.139 ^b	0.282 ^b	1.107	0.283 ^d
E 50	1.889 ^{abc}	0.176 ^{abc}	0.171 ^{ab}	0.321 ^{ab}	1.134	0.324 ^{abcd}
E 75	1.883 ^{abc}	0.143 ^{bc}	0.100 ^b	0.296 ^b	1.152	0.281 ^d
E 100	1.806 ^{abc}	0.152 ^{abc}	0.201 ^{ab}	0.292 ^b	1.178	0.355 ^{abc}
E 125	1.854 ^{abc}	0.167 ^{abc}	0.161 ^{ab}	0.297 ^b	1.077	0.315 ^{abcd}
E 150	1.788 ^{abc}	0.171 ^{abc}	0.152 ^{ab}	0.301 ^b	1.154	0.295 ^{cd}
เฉลี่ยกลุ่ม E	1.868	0.165	0.170	0.306	1.148	0.317
P 12.5	1.824 ^{abc}	0.171 ^{abc}	0.180 ^{ab}	0.305 ^b	1.121	0.313 ^{abcd}
P 25	1.825 ^{abc}	0.196 ^{abc}	0.195 ^{ab}	0.299 ^b	1.200	0.314 ^{abcd}
P 50	1.785 ^{bc}	0.129 ^c	0.140 ^b	0.310 ^{ab}	1.243	0.306 ^{bcd}
P 75	1.816 ^{abc}	0.184 ^{abc}	0.100 ^b	0.291 ^b	1.314	0.303 ^{cd}
P 100	1.858 ^{abc}	0.209 ^{ab}	0.131 ^b	0.297 ^b	1.145	0.350 ^{abc}
P 125	1.801 ^{abc}	0.221 ^a	0.180 ^{ab}	0.324 ^{ab}	1.315	0.367 ^{ab}
P 150	1.762 ^{bc}	0.195 ^{abc}	0.107 ^b	0.277 ^b	1.155	0.318 ^{abcd}
เฉลี่ยกลุ่ม P	1.810	0.186	0.148	0.300	1.213	0.324
C.V., %	7.95	24.33	47.86	10.29	11.88	11.30

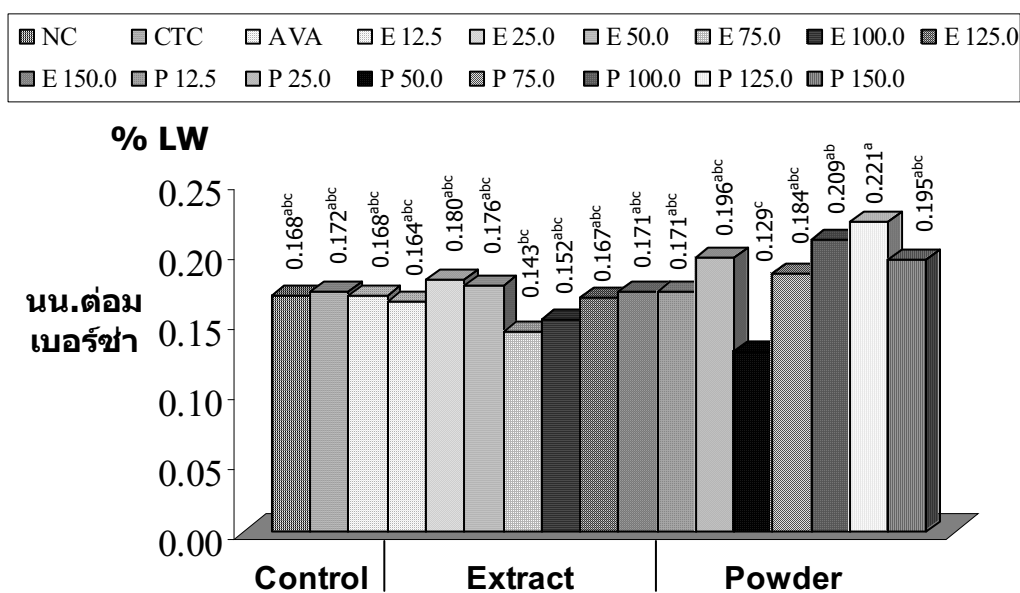
^{a,b,c,d} Means within a column bearing different superscripts significantly differ at $p < 0.05$

ส่วนกลุ่มที่เสริมผงบดเมื่อเทียบกับกลุ่ม NC และ AVA หรือกลุ่มที่เสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรทั้งสองชนิดเมื่อเทียบกับกลุ่ม CTC ตรวจสอบพบว่าไม่แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตับไปกับระดับ andrographolide อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) มีเพียงสังเกตได้ว่าน้ำหนักตับของกลุ่มเสริมฟ้าทะลายโจรมีแนวโน้มน้ำหนักตับต่ำกว่ากลุ่ม CTC เพียงเล็กน้อย

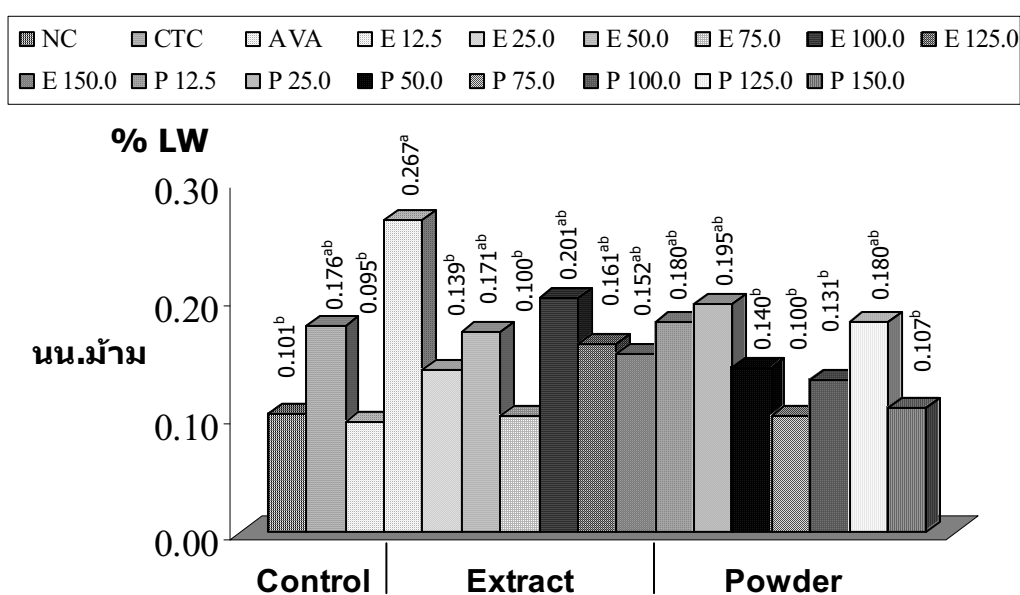


ภาพที่ 5-1 ผลการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตับในไก่เนื้อ, %น.มีชีวิต

ตารางที่ 4 และภาพที่ 5-2 และ 5-3 สรุปผลของการเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักต่อมน้ำเหลืองที่สำคัญคือ bursa of Fabricius และม้ามของไก่เนื้ออายุ 42 วัน จากตารางพบว่าน้ำหนักของ bursa และม้ามของไก่กลุ่มเสริมสารสกัดมีค่าเฉลี่ย 0.165 และ 0.170 % ของน้ำหนักมีชีวิตรตามลำดับ ในขณะที่ไก่กลุ่มเสริมผงบดมีค่าเฉลี่ย 0.186 และ 0.148 % เทียบกับกลุ่ม NC , CTC และ AVA มีค่าเฉลี่ย 0.168 และ 0.101 %, 0.172 และ 0.176 % และ 0.168 และ 0.095 % ตามลำดับไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ พบว่าไก่กลุ่ม P_{125} มีน้ำหนัก bursa สูงที่สุด (0.221 %) สูงกว่า ($P < 0.05$) กลุ่ม E_{125} (0.143 %) และกลุ่ม P_{50} (0.129) อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่น้ำหนักม้ามของไก่กลุ่ม $E_{12.50}$ มีน้ำหนักสูงที่สุด (0.267 %) สูงกว่ากลุ่ม NC (0.101 %), AVA (0.095), E_{75} (0.100 %) และ P_{75} (0.100 %) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อตรวจสอบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของ bursa กับระดับของ andrographolide ที่เพิ่มขึ้นเทียบกับกลุ่มควบคุมทั้งสาม (NC , CTC และ AVA) พบว่าน้ำหนัก bursa ของไก่กลุ่มเสริมสารสกัดระดับ andrographolide ที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลทำให้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของ bursa ที่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่ในไก่กลุ่มเสริมผงบดพบว่าน้ำหนักของ bursa เพิ่มขึ้นจากกลุ่มควบคุมทั้ง



ภาพที่ 5-2 ผลการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อนน.ต่อม Bursa of Fabricius ในไก่เนื้อ,%นน.มีชีวิต



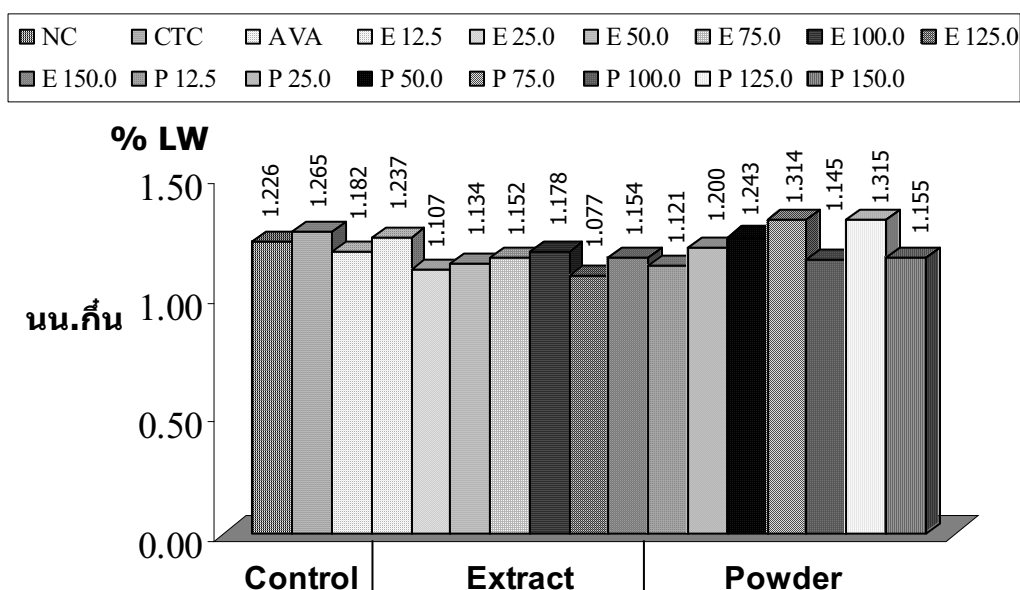
ภาพที่ 5-3 ผลการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักม้ามในไก่เนื้อ, %นน.มีชีวิต

ตามระดับการเพิ่ม andrographolide ($P_{lin} < 0.05$) ในทำนองเดียวกันน้ำหนักม้ามของไก่กลุ่มเสริมสารสกัดผันแปรไปกับระดับของ andrographolide ที่เพิ่มขึ้นด้วยแนวโน้มที่ไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ในขณะที่ม้ามของไก่กลุ่มเสริมพบคเพิ่มน้ำหนักขึ้นสูงกว่ากลุ่ม NC และ AVA แต่มีน้ำหนักต่ำกว่ากลุ่ม CTC ในแบบโค้งกำลังสี่ ($P_{quart} < 0.05$) กล่าวคือม้ามของไก่กลุ่มที่ได้รับ andrographolide 12.50 ppm มีน้ำหนักสูงกว่ากลุ่ม NC และ AVA แต่ใกล้เคียงกับกลุ่ม CTC และเมื่อระดับของ andrographolide เพิ่มขึ้นถึง

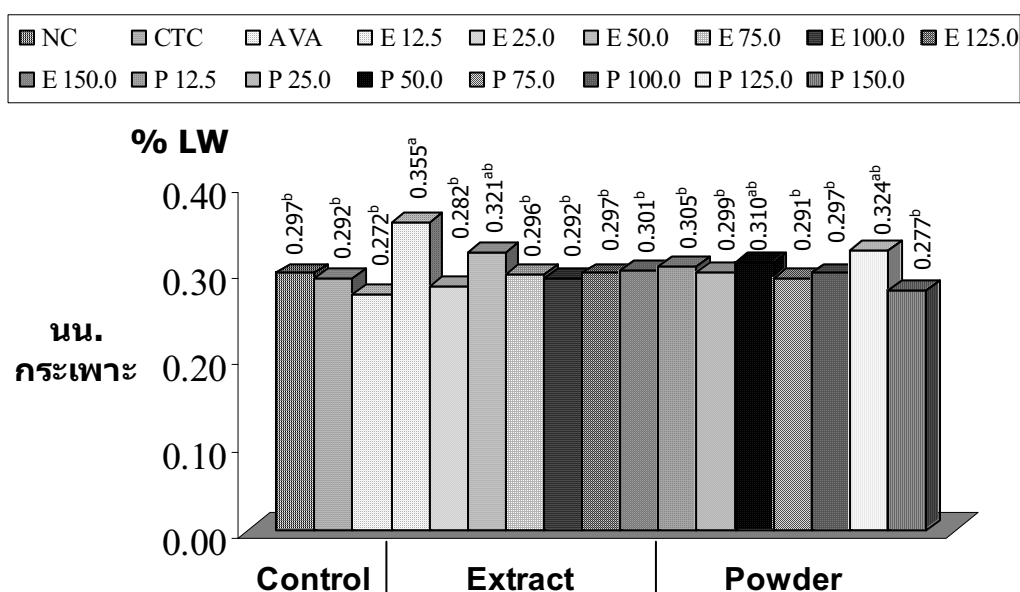
ระดับ 25 ppm น้ำหนักม้ามเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดแล้วลดมาถึงจุดต่ำสุดที่ระดับ 75 ppm หลังจากนั้นน้ำหนักม้ามเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงระดับ 125 ppm แล้วลดลงมาอีกครั้งหนึ่งที่ระดับ 150 ppm ในภาพรวม น้ำหนักม้ามของกลุ่มเสริมสารสกัดมีน้ำหนักใกล้เคียงกับกลุ่ม CTC แต่สูงกว่ากลุ่ม NC และ AVA ในขณะที่ม้ามของกลุ่มเสริมผงบดมีน้ำหนักน้อยกว่ากลุ่ม CTC แต่มากกว่ากลุ่ม NC และ AVA ประมาณ 50 %

การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักกึ้นและกระเพาะ proventriculus ของไก่เนื้อแสดงอยู่ในตารางที่ 4 และภาพที่ 5-4 และ 5-5 ข้อมูลในตารางชี้ให้เห็นว่าน้ำหนักกึ้นและกระเพาะของไก่ทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ไก่กลุ่มเสริมสารสกัดมีน้ำหนักกึ้นและกระเพาะเฉลี่ย 1.148 และ 0.306 % ของน้ำหนักมีชีวิต ในขณะที่กลุ่มเสริมผงบดมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.213 และ 0.300 % เทียบกับกลุ่ม NC , CTC และ AVA ที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 1.226 และ 0.297 % , 1.265 และ 0.292 % , 1.182 และ 0.272 % ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ น้ำหนักกึ้นของไก่ทดลองทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่กระเพาะ proventriculus ของไก่กลุ่ม $E_{12.50}$ มีน้ำหนักสูงที่สุด (0.355 %) ใกล้เคียงกับกลุ่ม P_{50} (0.310 %), E_{50} (0.321 %) และ P_{125} (0.324 %) แต่สูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของกึ้นไปกับระดับ andrographolide ไม่มีแนวโน้มที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในทำนองเดียวกันน้ำหนักกระเพาะของไก่กลุ่มเสริมสารสกัดไม่เปลี่ยนแปลงแตกต่างจากกลุ่มควบคุมทั้งสาม ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามน้ำหนักกระเพาะของไก่กลุ่มเสริมผงบดเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มควบคุมทั้งสามในลักษณะโค้งกำลังสี่ ($P_{quart} < 0.05$) เมื่อระดับของ andrographolide สูงขึ้น คือน้ำหนักกระเพาะจะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของ andrographolide เพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 12.50 ppm แล้วลดลงถึงจุดต่ำสุดที่ 75 ppm และกลับเพิ่มขึ้นถึงน้ำหนักสูงสุดที่ 125 ppm แล้วลดลงอีกครั้งหนึ่งที่ 150 ppm โดยภาพรวมกระเพาะของไก่กลุ่มเสริมฟ้าทะลายโจรมีน้ำหนักกระเพาะสูงกว่ากลุ่มควบคุมทั้งสามเล็กน้อย ($P > 0.05$)

ผลของการใช้ผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักของหัวใจไก่เนื้อที่อายุ 42 วัน สรุปอยู่ในตารางที่ 4 และภาพที่ 5-6 จากตารางพบว่าน้ำหนักของหัวใจของไก่ทดลองกลุ่มต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) น้ำหนักหัวใจของไก่กลุ่มเสริมสารสกัดเฉลี่ย 0.317 % ของน้ำหนักมีชีวิต ในขณะที่ของ กลุ่มเสริมผงบดน้ำหนักเฉลี่ย 0.324 % เทียบกับกลุ่ม NC , CTC และ AVA ซึ่งหนัก 0.313, 0.319 และ 0.366 % ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ พบว่าน้ำหนักหัวใจของกลุ่ม $E_{12.50}$ (0.368 %) , P_{125} (0.367 %) และ AVA (0.366 %) สูงกว่ากลุ่ม P_{75} (0.303 %) , E_{25} (0.283 %) และกลุ่ม E_{75} (0.281%) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อตรวจสอบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักหัวใจกับกลุ่มควบคุมทั้งสาม พบว่าน้ำหนักหัวใจไก่กลุ่ม

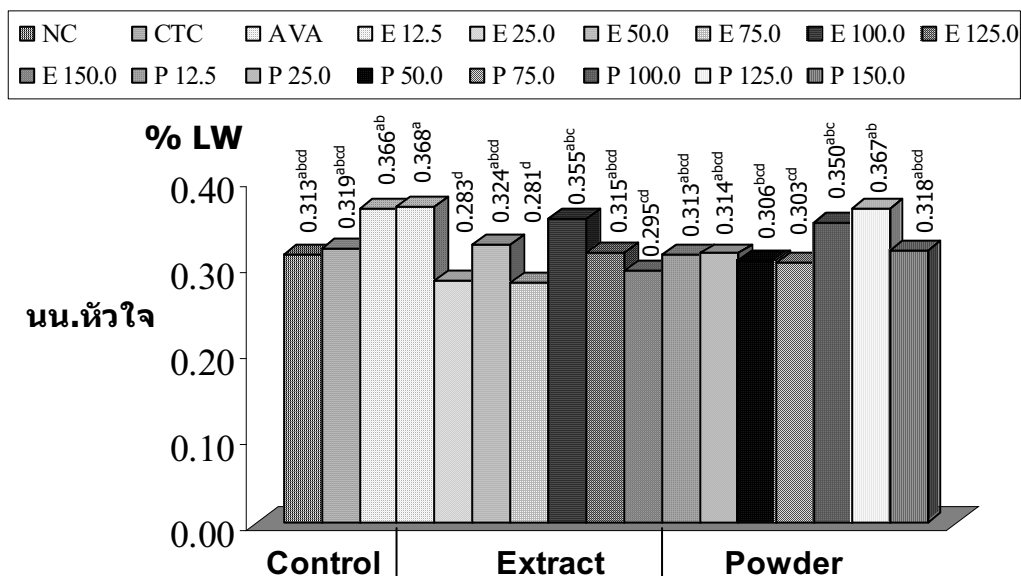


ภาพที่ 5-4 ผลการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตับในไก่เนื้อ, %น.มีชีวิต



ภาพที่ 5-5 ผลการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนัก proventriculus ในไก่เนื้อ, %น.มีชีวิต

เสริมด้วยสารสกัดเพิ่มขึ้นกับระดับการเพิ่ม andrographolide เหนือกลุ่ม NC และ CTC ในแบบเส้นโค้งกำลังสาม ($P_{\text{cub}} < 0.05$) คือเพิ่มน้ำหนักขึ้นสูงเมื่อระดับ andrographolide เคลื่อนจาก 0 เป็น 12.50 ppm แล้วลดลงเพื่อที่จะมาเพิ่มเป็นระดับสูงยอดที่สองที่ระดับ 100 ppm และลดลงอีกครั้งในระดับ 125 และ 150 ppm ส่วนไก่กลุ่มเสริมผงบดเพิ่มน้ำหนักหัวใจเหนือกลุ่มควบคุมทั้งสองด้วยแนวโน้มที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) หัวใจของไก่กลุ่มเสริมผลิตภัณฑ์สมุนไพรทั้งสองชนิดมีน้ำหนักไม่แตกต่างจากกลุ่ม AVA



ภาพที่ 5-6 ผลการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักหัวใจในไก่เนื้อ, %นน.มีชีวิต

4.7 ผลของการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรต่อระดับภูมิคุ้มกันโรค ND และ IB ในไก่เนื้อ

ผลการตอบสนองด้านภูมิคุ้มกันต่อโรคนิวคาสเซิล (ND) และหลอดลมอักเสบ (IB) โดยแสดงเป็นค่า HI-titer ในหน่วย log 2 ของไก่เนื้ออายุ 17 วัน (14 วันหลังให้วัคซีน) และ 24 วัน (21 วันหลังให้วัคซีน) ต่อระดับของ andrographolide ในอาหารแสดงอยู่ในตารางที่ 5 และภาพที่ 6-1 ถึง 6-4 จากตารางพบว่าค่า HI-titer ที่สนองตอบต่อวัคซีนป้องกันโรค ND ของไก่ทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ทั้งในเลือดที่เก็บหลังการให้วัคซีนทั้งที่ 14 วัน และที่ 21 วัน โดยในช่วงหลังให้วัคซีน 14 วันค่า titer log 2 ของไก่กลุ่มเสริมสารสกัดเฉลี่ย 1.54 ในขณะที่กลุ่มเสริมผงบดมีค่าเฉลี่ย 1.50 เทียบกับกลุ่ม NC, CTC และ AVA ที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.25, 0.50 และ 1.25 ตามลำดับ ไก่กลุ่ม P_{150} มีค่า titer สูงที่สุด (3.00) สูงกว่ากลุ่ม CTC, P_{25} และ P_{125} ซึ่งต่างก็มีค่า titer 0.50 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และการเปลี่ยนแปลงค่าของ titer ไปตามระดับ andrographolide ไม่มีแนวโน้มที่มีนัยสำคัญ ในทำนองเดียวกันค่า titer หลังการให้วัคซีน 21 วัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยไก่กลุ่มเสริมสารสกัดมีค่า titer เฉลี่ย 4.96 และกลุ่มเสริมผงบดมีค่าเฉลี่ย 4.82 ในขณะที่กลุ่ม NC, CTC และ AVA มีค่าเฉลี่ย 4.0, 4.75 และ 5.33 ตามลำดับ เมื่อเทียบเป็นรายคู่ ไก่กลุ่ม P_{150} ซึ่งมีค่า titer สูงสุดเท่ากับกลุ่ม E_{25} คือเฉลี่ย 5.75 และสูงกว่ากลุ่ม $P_{12.50}$ (3.25) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แนวโน้มการเพิ่มค่า titer ไปกับระดับ andrographolide ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

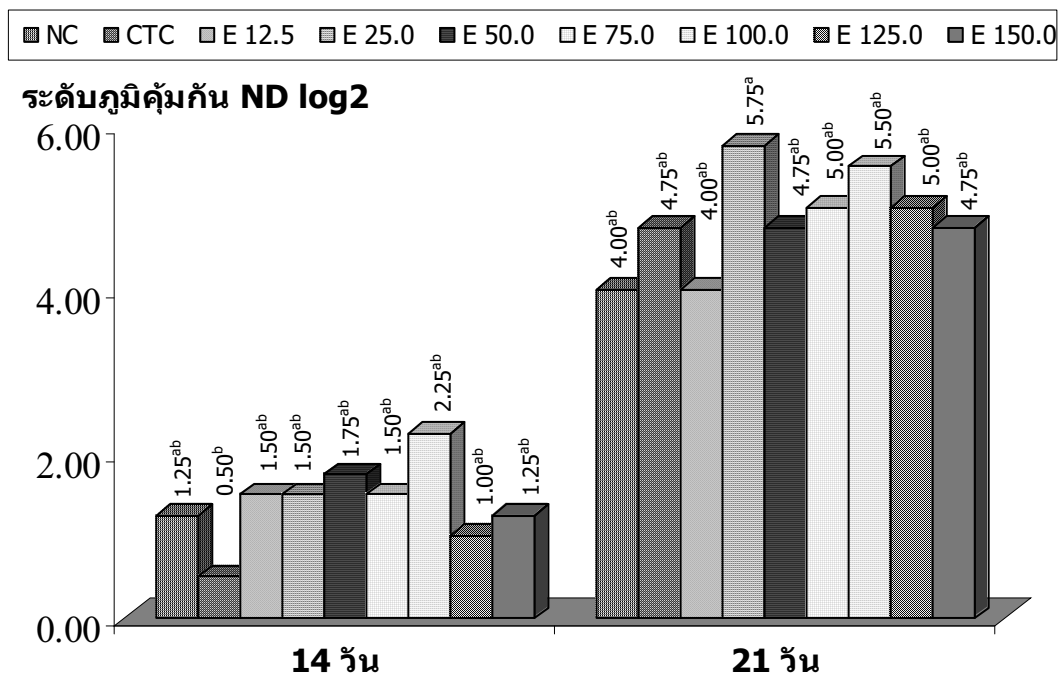
ในทำนองเดียวกันค่า titer ตอบสนองต่อวัคซีนโรค IB ทั้งที่ 14 และ 21 วัน หลังให้วัคซีนของไก่ทดลองกลุ่มต่าง ๆ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ไก่กลุ่มเสริมสารสกัดมีค่า titer log 2 ที่ 14 และ 21 วันหลังให้วัคซีนเฉลี่ย 7.14 และ 5.00 ในขณะที่กลุ่มเสริมผงบดมีค่าเฉลี่ย 6.93 และ 5.05 เทียบกับกลุ่ม NC, CTC และ AVA ที่มีค่าเฉลี่ย 6.50 และ 5.25, 6.75 และ 4.75 และ 7.00 และ 5.33 ตามลำดับ ไก่กลุ่ม $P_{12.50}$ มีค่า IB titer ที่ 14 วันหลังให้วัคซีนสูงสุด (8.75) และสูงกว่ากลุ่ม $E_{12.50}$, E_{150} และ P_{150} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P < 0.05$) อีกเช่นกันการเปลี่ยนแปลงของ IB titer ทั้งที่ 14 และ 21 วันหลังให้วัคซีนไปกับระดับ andrographolide ในอาหารไม่ปรากฏแนวโน้มที่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เป็นที่น่าสังเกตว่าระดับ HI-titer ต่อวัคซีน ND จากระยะ 14 วันถึง 21 วันหลังให้วัคซีนแสดงแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ HI-titer ต่อวัคซีน IB มีแนวโน้มลดลง และการตรวจสอบการตอบสนองต่อวัคซีนโรคมารีคัส (IBD) ของไก่ทดลองชุดนี้พบว่าไม่มีการตอบสนองแต่อย่างใด

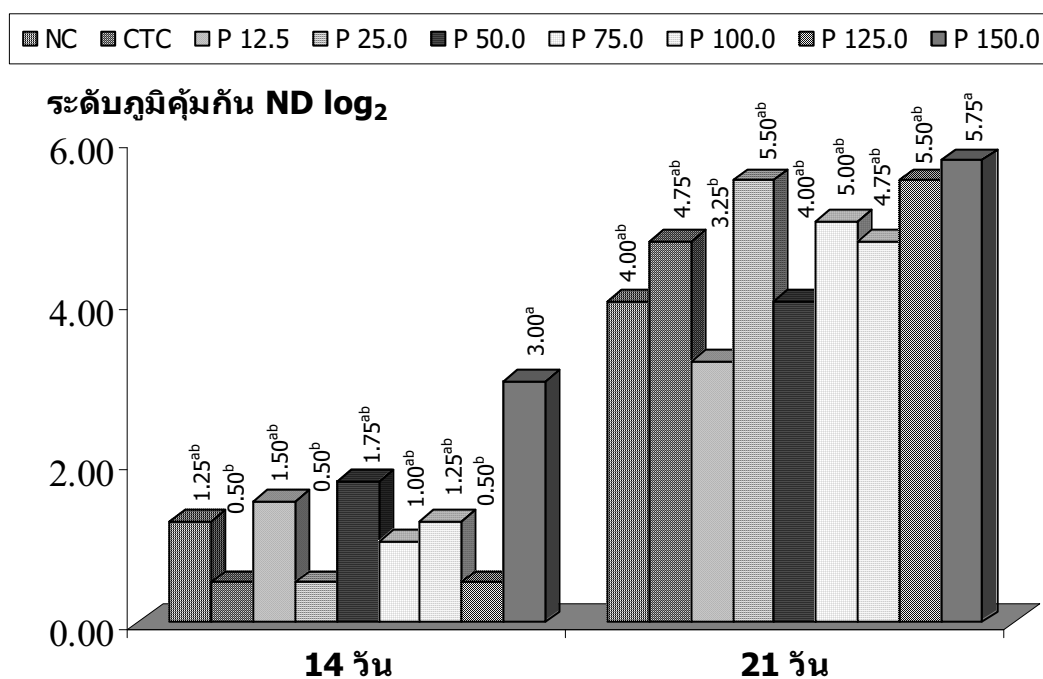
Table 5 Effect of dietary substitution of creat (*Andrographis paniculata*) products for AGP's on immune responses of broilers

Treatment	Immunological Titer					
	ND,log 2		IB, log 2		IBD	
	14	21	14	21	14	21
days post -vaccination						
Negative control	1.25 ^{ab}	4.00 ^{ab}	6.50 ^{abc}	5.25		
CTC 60 ppm	0.50 ^b	4.75 ^{ab}	6.75 ^{abc}	4.75		
Lasalocid 110 ppm	1.25 ^{ab}	5.33 ^{ab}	7.00 ^{abc}	5.33		
E 12.5	1.50 ^{ab}	4.00 ^{ab}	6.25 ^{bc}	5.00		
E 25	1.50 ^{ab}	5.75 ^a	7.00 ^{abc}	5.00		
E 50	1.75 ^{ab}	4.75 ^{ab}	7.50 ^{abc}	5.25		
E 75	1.50 ^{ab}	5.00 ^{ab}	8.50 ^{ab}	6.00	NO RESPONSE	
E 100	2.25 ^{ab}	5.50 ^{ab}	7.50 ^{abc}	4.50		
E 125	1.00 ^{ab}	5.00 ^{ab}	6.25 ^{bc}	4.50		
E 150	1.25 ^{ab}	4.75 ^{ab}	7.00 ^{abc}	4.75		
เฉลี่ยกลุ่ม E	1.54	4.96	7.14	5.00		
P 12.5	1.50 ^{ab}	3.25 ^b	8.75 ^a	5.50		
P 25	0.50 ^b	5.50 ^{ab}	6.50 ^{abc}	5.00		
P 50	1.75 ^{ab}	4.00 ^{ab}	7.25 ^{abc}	4.50		
P 75	1.00 ^{ab}	5.00 ^{ab}	7.00 ^{abc}	5.33		
P 100	1.25 ^{ab}	4.75 ^{ab}	6.50 ^{abc}	4.00		
P 125	0.50 ^b	5.50 ^{ab}	6.75 ^{abc}	5.25		
P 150	3.00 ^a	5.75 ^a	5.75 ^c	5.75		
เฉลี่ยกลุ่ม P	1.50	4.82	6.93	5.05		
C.V., %	99.40	28.40	19.15	26.00		

^{a,b,c} Means within a column bearing different superscripts significantly differ at p<0.05



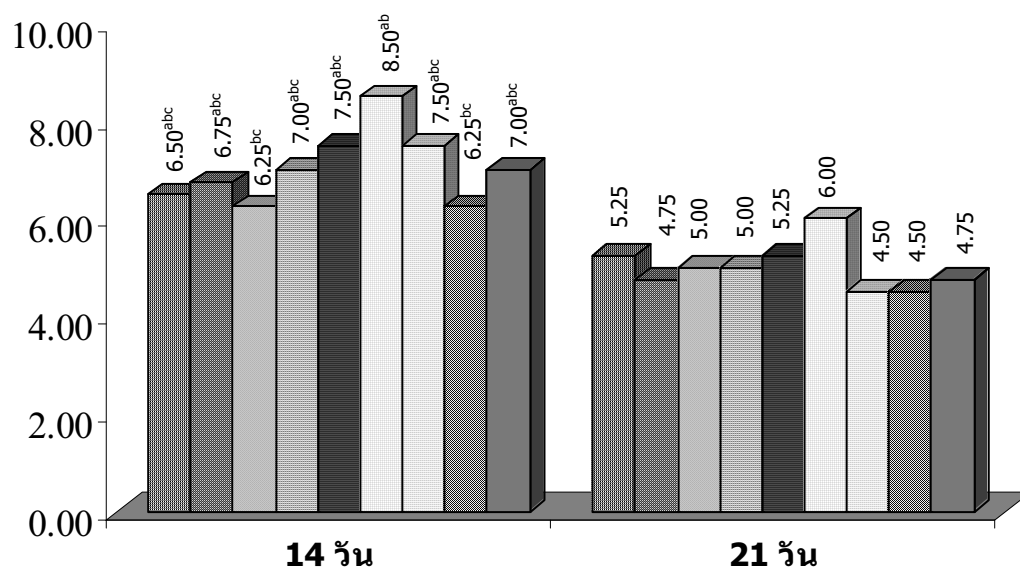
ภาพที่ 6-1 ผลการเสริมสารสกัดฟ้าทะลายโจรต่อการตอบสนองระดับภูมิคุ้มกันโรคนิวคาสเซิลในไก่เนื้อ



ภาพที่ 6-2 ผลการเสริมผงฟ้าทะลายโจรต่อการตอบสนองระดับภูมิคุ้มกันโรคนิวคาสเซิลในไก่เนื้อ

■ NC ■ CTC ■ E 12.5 ■ E 25.0 ■ E 50.0 □ E 75.0 □ E 100.0 ■ E 125.0 ■ E 150.0

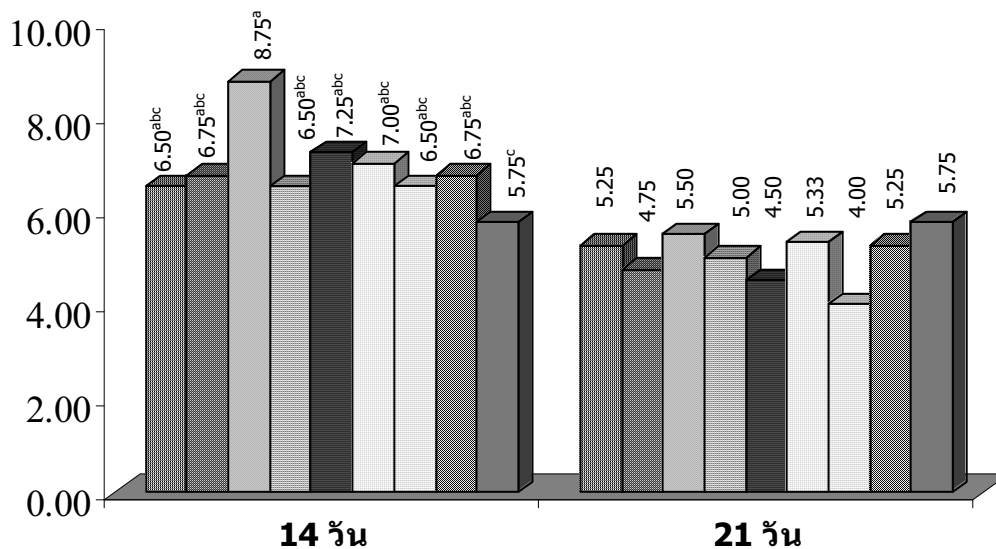
ระดับภูมิคุ้มกัน IB log₂



ภาพที่ 6-3 ผลการเสริมสารสกัดฟ้าทะลายโจรต่อระดับภูมิคุ้มกันโรคหลอดลมอักเสบในไก่เนื้อ

■ NC ■ CTC ■ P 12.5 ■ P 25.0 ■ P 50.0 □ P 75.0 □ P 100.0 ■ P 125.0 ■ P 150.0

ระดับภูมิคุ้มกัน IB log₂



ภาพที่ 6-4 ผลการเสริมผงฟ้าทะลายโจรต่อระดับภูมิคุ้มกันโรคหลอดลมอักเสบในไก่เนื้อ

5. สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบเบื้องต้นการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทดแทนสารปฏิชีวนะเร่งการเติบโตในอาหารไก่เนื้อ พอสรุปผลได้ดังนี้

5.1 ผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เล็กอายุ 0-3 สัปดาห์

ไก่เล็กที่กินอาหารเสริมสารสกัดฟ้าทะลายโจรเพิ่มน้ำหนักตัวเฉลี่ย 98.6 % และกินอาหาร 100.7 % ของกลุ่มควบคุมลบ หรือเพิ่มน้ำหนัก 95.7 % และกินอาหาร 93.0 % ของกลุ่ม CTC มีอัตราการแลกเนื้อ (ค่า F/G) เป็น 102.0 % ของกลุ่มควบคุมลบและ 97.1 % ของกลุ่ม CTC อัตราการกินอาหารและการเพิ่มน้ำหนักโดยภาพรวมค่อย ๆ ลดลงเมื่อระดับของ andrographolide เพิ่มขึ้นสูงกว่า 25 ppm ยกเว้นที่กินอาหารและเพิ่มน้ำหนักได้สูงขึ้นอีกครั้งหนึ่งที่ระดับ andrographolide 100 และ 125 ppm ไก่กลุ่มที่ทำน้ำหนักได้ดีเท่าหรือดีกว่ากลุ่มควบคุมลบคือกลุ่มเสริมระดับ 12.50, 25, 100 และ 125 ppm แต่ทุกกลุ่มยังเพิ่มน้ำหนักได้ดีต่ำกว่ากลุ่ม CTC

ไก่ที่กินอาหารเสริมผงบดเพิ่มน้ำหนักตัวเฉลี่ย 97.3 % กินอาหาร 101.6 % และมีค่า F/G เป็น 104.4 % ของกลุ่มควบคุมลบ หรือเพิ่มน้ำหนักได้ 94.4 % กินอาหาร 93.9 % และมีค่า F/G เป็น 99.4 % ของกลุ่ม CTC การเพิ่มน้ำหนักและการกินอาหารค่อย ๆ ลดลงกับระดับ andrographolide เพิ่มขึ้น กลุ่มที่เพิ่มน้ำหนักได้ดีเท่ากลุ่มควบคุมลบคือกลุ่มเสริมระดับ 12.50, 25 และ 50 ppm แต่มีอัตราการแลกเนื้อที่ด้อยกว่าเล็กน้อย ส่วนกลุ่มที่เพิ่มน้ำหนักเทียบได้กับกลุ่ม CTC คือกลุ่มเสริมระดับ 12.50 ppm และมีอัตราการแลกเนื้อดีกว่ากลุ่ม CTC 1.5 %

5.2 ผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่รุ่น-ขุนอายุ 3-5 สัปดาห์

ไก่กลุ่มเสริมสารสกัดเพิ่มน้ำหนักเฉลี่ยได้ 104.6 % กินอาหาร 102.8 % และมีค่า F/G เป็น 98.4 % ของกลุ่มควบคุมลบหรือเพิ่มน้ำหนักเป็น 103.4 % กินอาหาร 100.5 % และมีค่า F/G เป็น 97.3 % ของกลุ่ม CTC ไก่กินอาหารเสริมสารสกัดที่ทุกระดับ andrographolide เพิ่มน้ำหนักได้ดีเท่าหรือดีกว่ากลุ่มควบคุมลบและกลุ่ม CTC กลุ่มที่เพิ่มน้ำหนักได้สูงสุดคือกลุ่มที่เสริมระดับ 125 ppm ที่มีน้ำหนักเพิ่มเป็น 109.1 % และมีค่า F/G เป็น 94.6 % ของกลุ่ม CTC

กลุ่มที่เสริมผงบดในอาหารเพิ่มน้ำหนักเฉลี่ย 105.8 % กินอาหาร 103.0 % และมีค่า F/G เป็น 97.2 % ของกลุ่มควบคุมลบ หรือเพิ่มน้ำหนัก 104.6 % กินอาหาร 100.7 % และมีค่า F/G เป็น 96.1 % ของกลุ่ม CTC ไก่กลุ่มผงบดทุกกลุ่มมีน้ำหนักเพิ่มและอัตราการแลกเนื้อเหนือกลุ่มควบคุมทั้งสอง โดยกลุ่มเสริมที่ระดับ andrographolide 12.50 ppm เพิ่มน้ำหนักได้สูงที่สุดคือ 108.8 % และมีค่า F/G เป็น 94.1 % ของกลุ่ม CTC

เมื่อคิดภาพรวมในการผลิตไก่เนื้ออายุ 0-5 สัปดาห์ ไก่กลุ่มเสริมสารสกัดมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 102.0 % และมีค่า F/G เป็น 100.4 % ของกลุ่มควบคุมลบ หรือมีน้ำหนักตัวเป็น 100.1 % และมีค่า F/G เป็น 97.9 % ของกลุ่ม CTC ในขณะที่กลุ่มเสริมผงบดมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 102.3 % และมีค่า F/G เป็น 100.4 % ของกลุ่มควบคุมลบ หรือมีน้ำหนักตัวเป็น 100.4 % และมีค่า F/G เป็น 97.9 % ของกลุ่ม CTC ไก่กลุ่มที่มีน้ำหนัก

ตัวสูงสุดคือกลุ่มเสริมผงบดที่ระดับ andrographolide 12.50 ppm (นน.ตัว 104.5 %, F/G เป็น 96.2 % ของกลุ่ม CTC) กลุ่มเสริมสารสกัด 100 ppm (104.1; 97.1 %) และกลุ่มสารสกัด 125 ppm (103.6; 94.8 %) ตามลำดับ

5.3 ผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ขุนอายุ 5-6 สัปดาห์

ไก่กลุ่มเสริมสารสกัดเพิ่มน้ำหนักเฉลี่ยเป็น 92.4 % กินอาหาร 102.0 % และมีค่า F/G เป็น 113.3 % ของกลุ่มควบคุมลบหรือเพิ่มน้ำหนัก 89.7 % กินอาหาร 114.4 % และมีค่า F/G เป็น 131.1 % ของกลุ่ม CTC ไก่กลุ่มสารสกัดที่มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักได้สูงสุดคือกลุ่มได้รับ andrographolide 50 ppm ซึ่งเพิ่มน้ำหนักได้ 103.9 % และมีค่า F/G เป็น 105.6 % ของกลุ่มควบคุมลบ โดยภาพรวมการผลิตไก่เนื้อ 0-6 สัปดาห์ ไก่กลุ่มเสริมสารสกัดมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเมื่อปรับเพศผู้และเมียให้เท่ากันแล้วประมาณ 100.1 % และมีค่า F/G เป็น 102.0 % ของกลุ่มควบคุมลบ โดยมีกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวสูงกว่ากลุ่มควบคุมลบคือกลุ่มเสริม 125 ppm (นน.ตัว 102.2 %; F/G เป็น 99.9 % ของกลุ่มควบคุมลบ) กลุ่มเสริม 50 ppm (101.9; 100.2 %) และกลุ่มเสริม 25 ppm (101.9; 102.7 %) ตามลำดับ น้ำหนักตัวไก่เนื้ออายุ 6 สัปดาห์ ไม่ควรเปรียบเทียบกับกลุ่ม CTC เพราะต้องการหลีกเลี่ยงการตกค้างของยาปฏิชีวนะ

เนื่องจากการเปลี่ยนผงบดฟ้ายะลาโจรที่คุณภาพต่ำมาเสริมอาหารในไก่ทดลองกลุ่มเสริมผงบดช่วงอายุ 5-6 สัปดาห์ ดังนั้นการเปรียบเทียบสมรรถนะการเจริญเติบโตกับกลุ่มอื่นอาจไม่ยุติธรรม อย่างไรก็ตามไก่กลุ่มเสริมผงบดเพิ่มน้ำหนักตัวเฉลี่ย 89.1 % กินอาหาร 99.5 % และมีค่า F/G เป็น 115.6 % ของกลุ่มควบคุมลบ หรือเพิ่มน้ำหนักเป็น 86.5 % กินอาหาร 111.6 % และมีอัตราการแลกเนื้อ 133.8 % ของกลุ่ม CTC เมื่อเทียบน้ำหนักตัวและอัตราการแลกเนื้อในภาพรวม 0-6 สัปดาห์ แล้วพบว่าไก่กลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเทียบเท่าหรือสูงกว่ากลุ่มควบคุมลบคือกลุ่มเสริมในระดับ andrographolide 50 ppm (นน.ตัว 100.8 %; F/G เป็น 103.0 % ของกลุ่มควบคุมลบ) กลุ่มเสริม

100 ppm (100.8; 102.6 %) และกลุ่มเสริม 25 ppm (100.1; 101.2 %) ตามลำดับ

จากภาพรวมการตอบสนองของสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อการทดลองนี้ แนวทางการใช้ผลิตภัณฑ์ฟ้ายะลาโจรในเชิงปฏิบัติควรเป็นการเสริมผงบดในระดับ andrographolide 12.50-25 ppm ของอาหารหรือเสริมสารสกัดที่ระดับ andrographolide 100-125 ppm เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ และงดการเสริมในสัปดาห์ที่ 6

5.4 ผลของการใช้สมุนไพรฟ้ายะลาโจรต่อคุณภาพซาก

การเสริมสารสกัดฟ้ายะลาโจรในอาหารทำให้ไก่เนื้ออายุ 6 สัปดาห์มีเปอร์เซ็นต์ซากแต่งไม่แตกต่างไปจากกลุ่มควบคุมลบแต่จะเพิ่มน้ำหนักเนื้ออกเหนือกลุ่มควบคุมลบในลักษณะโค้งกำลังสองคือเพิ่มสูงขึ้นที่ระดับการเสริม andrographolide 75-100 ppm และไขมันช่องท้องลดต่ำลงโดยเฉพาะลดต่ำสุดที่ระดับการเสริม 25 และ 125 ppm ส่วนไก่กลุ่มเสริมผงบดเปอร์เซ็นต์ซากแต่งจะผันแปรไปกับระดับ andrographolide คือจะมีเปอร์เซ็นต์ซากแต่งสูงสุดที่ระดับการเสริม 75 ppm น้ำหนักเนื้ออกเพิ่มสูงกว่ากลุ่มควบคุมลบในลักษณะคล้ายกับการเสริมสารสกัดแต่ระดับการเพิ่มขึ้นจะน้อยกว่าเล็กน้อย ปริมาณไขมันช่อง

ท้องจะค่อย ๆ ลดลงกับระดับ andrographolide ที่สูงขึ้นจนลดถึงระดับต่ำสุดที่ 75 ppm และเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการเสริมสูงกว่า 75 ppm ขึ้นส่วนซากอื่น ๆ ไม่ถูกกระทบโดยชนิดของผลิตภัณฑ์หรือระดับ andrographolide

5.5 ผลของการใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรต่อน้ำหนักของอวัยวะภายในที่สำคัญ

การเสริมสารสกัดฟ้าทะลายโจรลงในอาหารทำให้น้ำหนักตับเพิ่มขึ้นกับระดับของ andrographolide แบบโค้งกำลังสองคือน้ำหนักตับของไก่กลุ่มเสริมระดับ 12.50 ppm เพิ่มขึ้นสูงสุดแล้วค่อย ๆ ลดลงในขณะที่น้ำหนักของต่อม bursa ม้าม กระเพาะและก้นไม่เปลี่ยนแปลงชัดเจน ในขณะเดียวกันผงบดฟ้าทะลายโจรในอาหารในระดับที่สูงขึ้นไม่ทำให้น้ำหนักตับและก้นเปลี่ยนแปลงแต่มีผลทำให้น้ำหนักต่อม bursa เพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง และม้ามเพิ่มน้ำหนักแบบโค้งกำลังสี่ คือเพิ่มน้ำหนักไปสู่จุดสูงสุดที่ 25 ppm แล้วลดลงอย่างรวดเร็วสู่ระดับต่ำสุดที่ 75 ppm และกลับเพิ่มขึ้นระดับสูงอีกครั้งที่ 125 ppm แล้วจึงลดลง น้ำหนักกระเพาะก็เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับม้ามแต่อัตราการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของน้ำหนักกระเพาะกับการเพิ่มระดับ andrographolide ไม่กว้างมากเหมือนการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักม้าม

5.6 ผลของการใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรต่อระบบภูมิคุ้มกันโรคนิวคาสเซิล (ND) และโรคหลอดลมอักเสบ (IB)

ระดับของ andrographolide ที่เสริมอาหารโดยใช้ผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรไม่ว่าอยู่ในรูปสารสกัดหรือรูปผงบดไม่มีผลทำให้ HI-titer ที่สนองตอบต่อวัคซีน ND เปลี่ยนแปลงไปจากกลุ่มควบคุมลบไม่ว่าตรวจสอบหลังให้วัคซีน 14 หรือ 21 วัน อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่า HI-titer ต่อ ND ในไก่กลุ่มเสริมผงบดที่ระดับ 150 ppm มีค่าสูงกว่ากลุ่ม CTC หลังให้วัคซีน 14 วัน และค่า HI-titer ของไก่กลุ่มกินผงบดที่ 21 วันหลังให้วัคซีน แสดงแนวโน้มเพิ่มขึ้นกับการเพิ่มระดับ andrographolide ในขณะที่กลุ่มเสริมสารสกัดไม่มีแนวโน้มดังกล่าว สำหรับ HI-titer ต่อวัคซีน IB ระดับของ andrographolide ไม่มีผลทำให้ค่า titer เปลี่ยนแปลงแตกต่างจากกลุ่มควบคุมลบหรือกลุ่ม CTC แต่มีข้อสังเกตว่าไก่กลุ่มเสริมสารสกัดเพิ่ม IB-titer ที่เป็นแบบโค้งกำลังสองโดยผลตอบสนองสูงสุดอยู่ที่ 75 ppm ในขณะที่กลุ่มเสริมผงบดมีการตอบสนองสูงสุดที่ 12.50 ppm แล้วลดลงเป็นลำดับกับการเพิ่มระดับ andrographolide อีกประการหนึ่ง IB-titer ของไก่หลังให้วัคซีนลดลงจากระดับที่ 14 วัน และไม่ปรากฏแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน ประการสุดท้ายภูมิคุ้มกันต่อโรคมารีกซ์ (IBD) ไม่ตอบสนองต่อฟ้าทะลายโจรที่เสริมในอาหาร

6. ข้อสังเกตของผู้ประสานงานโครงการและคณะผู้วิจัย (เมื่อ 12 ตุลาคม 2548)

6.1 ผลตอบสนองในแง่ของสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เล็กอายุ 0-3 สัปดาห์ต่อระดับ andrographolide ระดับต่าง ๆ มีความผันแปรสูงไม่แสดงแนวโน้มหรือมี dose response ที่แน่นอน อาจเกิดจากสาเหตุ 2 ประการคือ

ก. อาหารผสมไม่เข้ากัน ไก่เล็กกินอาหารน้อยจึงอาจได้รับ andrographolide ไม่ครบตามปริมาณที่กำหนด หรือ

ข. ปริมาณ andrographolide ในผลิตภัณฑ์สารสกัดอาจไม่สม่ำเสมอ (nonhomogeneous) ทำให้ใกล้เคียงได้รับ andrographolide ไม่ครบตามปริมาณ เพราะเมื่อใกล้ขึ้นถึงอายุ 5 สัปดาห์ การตอบสนองในแง่น้ำหนักตัว การกินอาหาร และอัตราการแลกเปลี่ยนประจุประจุ (% C.V. ต่ำลง) จึงเสนอแนะว่าควรติดตามประเมินผลการตอบสนองเป็นรายสัปดาห์เพื่อหาช่วงอายุที่จำเป็นต้องเสริม AGP's หรือสมุนไพร ซึ่งอาจไม่จำเป็นต้องเสริมตลอดช่วงการเลี้ยงก็ได้

6.2 ผลตอบสนองของไก่ต่อสารสกัดและผงบดฟ้าทะลายโจรไม่สอดคล้องกันกล่าวคือ การเสริมสารสกัดที่ได้ผลดีที่สุดคือ ที่ระดับ andrographolide 100 ppm (อายุ 5 สัปดาห์) ถึง 125 ppm (ที่อายุ 6 สัปดาห์) ในขณะที่ผงบดที่เสริมที่ระดับ andrographolide 12.50 ppm (ที่อายุ 5 สัปดาห์) ให้ผลดีที่สุด ที่เป็นดังนี้ผู้ประสานงานโครงการและคณะผู้วิจัยเห็นว่าน่าจะเกิดจาก

ก. andrographolide ในสารสกัดอาจถูกปลดปล่อยมาช้ากว่าในผงบด ทั้ง ๆ ที่ตามปกติแล้วสารสกัดควรปลดปล่อย andrographolide ออกมาได้เร็วกว่าผงบดมากและอัตราการเสริมสารสกัดควรใช้ในระดับที่ต่ำกว่าผงบดประมาณ 5-10 เท่า ดังนั้นผลการทดลองนี้จึงน่าจะขัดกับความเป็นจริงหรือความน่าจะเป็น

จากการหารือในรายละเอียดถึงวิธีการเตรียมผลิตภัณฑ์สารสกัด ทำให้ตั้งข้อสังเกตว่า absorbant ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์สารสกัด (คือ silica gel) อาจปลดปล่อย andrographolide จากสารสกัดในปริมาณน้อยและช้า ดังนั้นเมื่อเติมสารเจือจาง (แป้ง) ลงไปจับ การกระจายตัวของ andrographolide ในผลิตภัณฑ์จึงไม่สม่ำเสมอ

ข. การวิเคราะห์ระดับ andrographolide ในสารสกัดวิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการคณะเภสัชศาสตร์ขอนแก่น และในผงบดวิเคราะห์โดยสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ แม้จะใช้วิธีการเดียวกัน ผลวิเคราะห์ที่ได้ อาจเทียบกันไม่ได้

6.3 ข้อเสนอแนะจากการหารือระหว่างผู้ประสานงานโครงการและคณะผู้วิจัย

ก. จัดเตรียมผลิตภัณฑ์สารสกัดใหม่ และให้ใช้ผงบดจากวัตถุดิบชุดเดียวกันกับชุดที่นำไปสกัด

ข. ทำการวิเคราะห์หาระดับ andrographolide ในผลิตภัณฑ์สารสกัดและผงบดโดยวิธี

การเดียวกันในห้องปฏิบัติการเดียวกัน และแยกวิเคราะห์เพื่อยืนยันผลจาก 3 ห้องปฏิบัติการ (รศ.ดร. บังอรฯ, รศ.ดร. วัชรวิฯ และ ศ.ดร. นันทวันฯ)

ค. ทำการทดสอบเบื้องต้น (screening test) ใหม่ โดยลดระดับการเสริมให้ได้รับ andrographolide ในระดับที่ต่ำกว่าที่ทดสอบมาแล้ว โดยให้เลือกใช้ระดับที่ให้ผลตอบสนองในลักษณะ dose response ที่ชัดเจน ซึ่งคาดว่าจะอยู่ในช่วง 5-75 ppm

โครงการย่อยที่ 3

การใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทดแทนวัตถุเติมอาหารสังเคราะห์ ในอาหารไก่เนื้อ (Screening test II)

1. เหตุผลและความสำคัญของปัญหาวิจัย

ข้อมูลจากรายงานการวิจัยการทดลองใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทดแทนสารปฏิชีวนะเร่งการเติบโต (antibiotic growth promoters, AGP's) ในอาหารไก่เนื้อพบว่ามีความผันแปรกว้างมาก คือมีรายงานระดับที่ใช้ได้ผลดีตั้งแต่ระดับผงฟ้าทะลายโจร 0.10% ของอาหาร (สาโรชและคณะ, 2547) 0.50% (ธรรมศาสตร์และคณะ, 2548) จนถึง 0.50-1.0% (กุศลและวรรณพร, 2536 และ 2537) ทำให้ยากที่จะสรุประดับที่เหมาะสมเพื่อแนะนำให้นำมาใช้ในเชิงปฏิบัติได้ สาเหตุสำคัญของความผันแปรข้างต้นเกิดจากความแตกต่างของสัตว์ทดลอง อาหารที่ใช้ และที่สำคัญที่สุดคือ คุณภาพของฟ้าทะลายโจรที่ใช้ ซึ่งย่อมผันแปรไปตามสภาพการปลูก เก็บเกี่ยว แปรรูป และระยะเวลาที่เก็บรักษาไว้ก่อนทำการทดสอบ ซึ่งมีผลต่อระดับสารออกฤทธิ์สำคัญ andrographolide ที่ไก่ทดลองได้รับ ผู้วิจัยกลุ่มที่กล่าวถึงข้างต้นต่างมิได้รายงานระดับของสารออกฤทธิ์สำคัญให้ชัดเจนจึงมีผลทำให้ระดับผงฟ้าทะลายโจรที่พบว่าให้ผลดีผันแปรและไม่สอดคล้องกัน โครงการวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะทำการทดสอบ เพื่อหาระดับของผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรที่ทราบระดับสารออกฤทธิ์สำคัญ andrographolide ที่เหมาะสมสำหรับการใช้ทดแทน AGP's ในอาหารไก่เนื้อ โดยการขยายระดับการเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรให้ครอบคลุมระดับที่สำรวจพบในรายงานการวิจัยที่ระบุข้างต้น และเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์สารสกัด (ในเมทานอล) และผงฟ้าทะลายโจรในระดับที่ให้ไก่ได้รับสารออกฤทธิ์สำคัญเท่ากัน โดยหวังว่าเมื่อได้ระดับของสารออกฤทธิ์สำคัญที่เหมาะสมที่จะใช้ทดแทน AGP's ในอาหารไก่เนื้อแล้ว จะใช้ผลการทดสอบนี้มาศึกษาผลตอบสนองต่อการเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรในอาหารไก่เนื้อและลูกสุกรอนุบาล ในรายละเอียดเพื่อปรับใช้ในทางปฏิบัติ พร้อม ๆ กับใช้ในการพัฒนาแนวทางการวิจัย มาตรฐาน (standard protocol) และพัฒนาเครือข่ายการวิจัยสมุนไพรในอาหารสัตว์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่อไป.

ผลการศึกษาเบื้องต้น (Screening test I) “การใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทดแทนวัตถุเติมอาหารสังเคราะห์ในอาหารไก่เนื้อ” ของโครงการวิจัยชุดนี้สรุปได้ว่าสามารถทดแทนยาปฏิชีวนะ Chlortetracycline 60 ppm หรือ Lasalocid Salinomycin ระดับ 110 ppm ในอาหารได้ โดยสารสกัดที่ระดับ andrographolide 100 ppm (แกรนูลสารสกัด 0.68 % ของอาหาร) หรือผงฟ้าทะลายโจรที่ระดับ andrographolide 12.5 ppm (ผงบด 0.063 %) ให้ผลดีที่สุด ความไม่สอดคล้องเรื่องระดับการเสริมคาดว่าจะเกิดจากอัตราการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์สำคัญจากผลิตภัณฑ์ทั้งสองไม่เท่ากัน คือ แกรนูลสารสกัดปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ออกมามากกว่าผงบด จึงเห็นควรให้มีการทดสอบเบื้องต้นอีกครั้ง (Screening test II) โดยใช้ผลิตภัณฑ์แกรนูลสารสกัดที่เตรียมใหม่ให้มีอัตราการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ที่เร็วขึ้น และใช้ผงฟ้าทะลายโจรชุดเดียวกันกับที่ใช้ผลผลิตสารสกัด

2 วัตถุประสงค์

(ก) เพื่อศึกษาหาระดับของผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจร (แกรนูโลสารสกัดและผงบด) ที่เหมาะสมในการทดแทน AGP-chlortetracycline (CTC) ในอาหารไก่เนื้อ

(ข) เพื่อศึกษาผลของการเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อสมรรถนะการเติบโต น้ำหนัก ชิ้นส่วนซาก น้ำหนักอวัยวะภายในและระดับภูมิคุ้มกันโรคสามัญของไก่เนื้อ

3 ระเบียบวิธีการวิจัย

3.1 ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจร ผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรที่ใช้มี 2 รูปแบบ คือ

ก. แกรนูโลสารสกัดฟ้าทะลายโจรในเมทานอลมีระดับ andrographolide 2.773 %

ข. ผงบดฟ้าทะลายโจรมีระดับ andrographolide 2.41 %

3.2 สัตว์ทดลองและแผนการทดลอง ใช้ลูกไก่เนื้อลูกผสมพันธุ์การค้า Arbor Acres คละเพศ อายุ 1 วัน จำนวน 1,120 ตัว สุ่มแบ่งเป็น 56 กลุ่ม ๆ ละ 20 ตัว แล้วสุ่มแต่ละกลุ่มลงคอกทดลองให้ได้รับอาหารทดลองดังต่อไปนี้สูตรใดสูตรหนึ่ง คือ

สูตรที่ 1 ควบคุมลบ ไม่เสริมยาปฏิชีวนะหรือยากันบิด (Negative Control, NC)

สูตรที่ 2 กลุ่มสารปฏิชีวนะ Chlortetracycline (CTC) ที่ระดับ 60 ppm ของอาหาร

สูตรที่	เสริมสารสกัด (andro. 2.733%)		สูตรที่	เสริมผงฟ้าทะลายโจร (andro. 2.41%)	
	ppm andro.	แกรนูล,%ของอาหาร		ppm andro.	ผง,%ของอาหาร
3(E _{12.5})	12.50	0.045	9 (P _{12.5})	12.50	0.052
4(E ₂₅)	25.00	0.090	10(P ₂₅)	25.00	0.104
5(E ₅₀)	50.00	0.180	11(P ₅₀)	50.00	0.208
6(E ₇₅)	75.00	0.270	12(P ₇₅)	75.00	0.312
7(E ₁₀₀)	100.00	0.360	13(P ₁₀₀)	100.00	0.416
8(E ₁₂₅)	125.00	0.450	14(P ₁₂₅)	125.00	0.520

แต่ละสูตรกระทำซ้ำโดยใช้ลูกไก่ทดลอง 4 คอก(ซ้ำ) หรือสูตรละ 80 ตัว เลี้ยงตั้งแต่อายุ 1-42 วัน โดยทำการเปลี่ยนอาหารจากสูตรอาหารไก่เล็ก (23.44% CP) เป็นอาหารไก่รุ่น-ขุน (20.95% CP) เมื่อลูกไก่ทดลองอายุครบ 21 วัน โรงเรือน การกกให้ความอบอุ่น การให้น้ำและอาหาร การชั่งน้ำหนัก การให้วัคซีน การเก็บตัวอย่างเลือด และการฆ่าชำแหละและเก็บตัวอย่างชิ้นส่วนซาก กระทำเหมือนกับที่ได้ดำเนินการในการทดลองขั้นต้นครั้งแรก (Screening test I) ทุกประการ ยกเว้นที่ผงฟ้าทะลายโจรที่ใช้ใน Screening test II เป็นผงฟ้าทะลายโจรชุดเดียวกันตลอดการทดลอง สูตรอาหารทดลองแสดงอยู่ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบและองค์ประกอบทางโภชนาการในสูตรอาหารไก่เนื้อในช่วงอายุ 1-42 วัน

วัตถุดิบอาหาร (กิโลกรัม)	ช่วงที่ 1 (1-21 วัน)	ช่วงที่ 2 (22-42 วัน)	ราคาวัตถุดิบอาหาร ^{1/} (บาท/กิโลกรัม)
ข้าวโพด	51.06	58.40	5.80
กากถั่วเหลือง (44% CP)	34.40	26.60	10.65
ปลาป่น (55% CP)	7.00	7.00	23.00
น้ำมันรำ	4.00	4.50	21.50
ไคแคลเซียมฟอสเฟต (กระดุก) (21% P)	1.80	1.80	18.00
หินฟูน	0.70	0.70	0.90
ดีแอล-เมทไธโอนีน (98 %)	0.24	0.22	90.0
แอล-ไลซีน	0.10	0.08	65.00
เกลือ	0.20	0.20	3.20
พรีมิกซ์ ²	0.50	0.50	31.81
รวม	100	100	
ราคาอาหาร (บาท/กิโลกรัม)	9.87	9.54	
องค์ประกอบของโภชนาการโดยการคำนวณ			
วัตถุแห้ง (%)	90.18	90.02	
โปรตีน (%)	23.63	20.70	
พลังงาน (kcal ME/kg)	3,113.72	3,210.00	
ไขมัน (%)	8.04	8.54	
เยื่อใย (%)	3.51	3.09	
แคลเซียม (%)	1.37	1.44	
ฟอสฟอรัส ^{3/} (%)	0.61	0.56	
เมทไธโอนีน (%)	0.65	0.59	
ไลซีน ^{3/} (%)	1.12	0.96	
เมทไธโอนีน + ซีสทีน ^{3/} (%)	0.92	0.85	
ทริปโตเฟน ^{3/} (%)	0.22	0.19	

^{1/} ราคาวัตถุดิบ ณ วันที่ 15 มกราคม 2549

^{2/} ให้โภชนาการต่อกก.อาหาร : Vit A 25,000 I.U.; D₃ 5,000 I.U.; E₅₀ 50 I.U.; K₃ 4.0 มก.; B₁ 3.9 มก.; B₂ 8.0 มก.; B₆ 4.95 มก.; Nia 74.6 มก.; Panto 20.6 มก.; Folic 2.1 มก.; Biotin 0.2 มก.; Choline 1,800 มก.; B₁₂ 30.0 มก.; Mn 102.5 มก.; I 0.46 มก.; Zn 80.3 มก.; Cu 8.1 มก.; Fe 100 มก. และ Se 0.31 มก.

^{3/} ใช้ประโยชน์ได้ (available)

3.3 วัน เวลา และสถานที่วิจัย

ระยะเวลา : เลี้ยงไก่ทดลองตั้งแต่วันที่ 18 มกราคม ถึง 1 มีนาคม 2549

วิเคราะห์ข้อมูลทางเคมี และสถิติ มีนาคม – พฤษภาคม 2549

สถานที่ทำการวิจัย :

หน่วยสัตวปีก คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ห้องปฏิบัติการวิจัย บ.เบทเทอร์ฟาร์มา เครือเบทาโกร กทม.

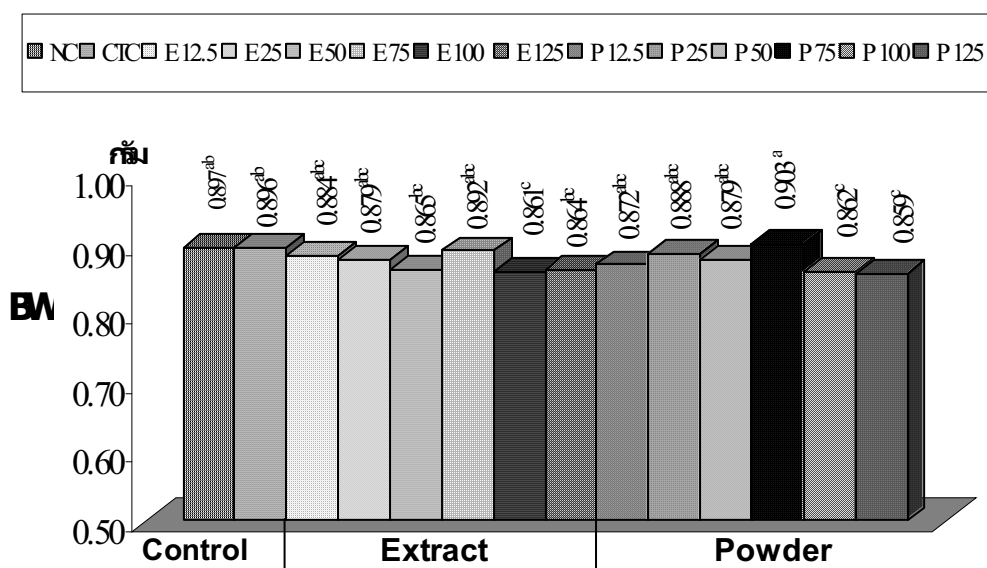
4

ผลการทดลอง

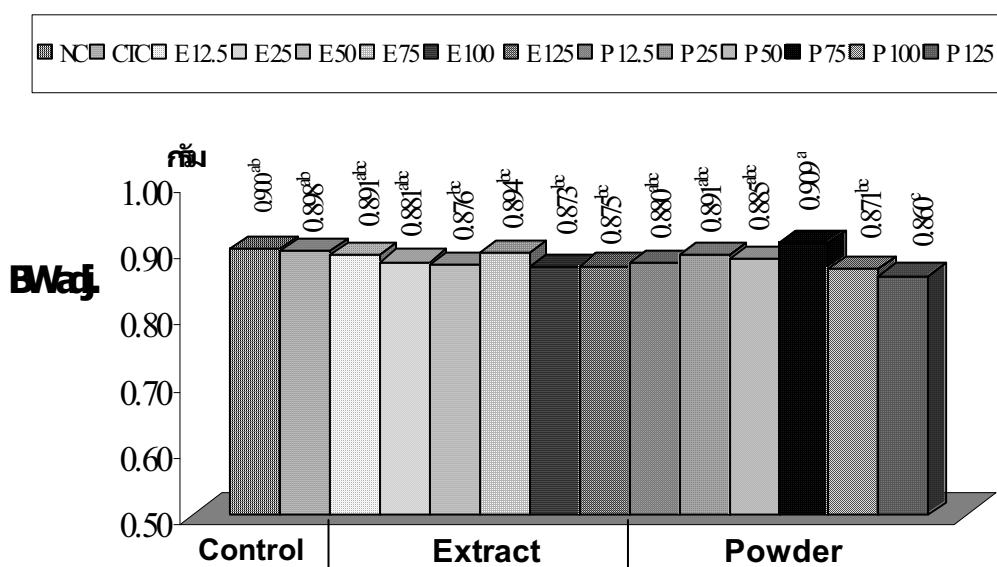
ตารางที่ 2 สรุปผลของการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทดแทนสารปฏิชีวนะเร่งการเจริญเติบโตในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตของไก่เนื้ออายุ 0-6 สัปดาห์ จากตาราง พบว่า

4.1 อัตราการเลี้ยงรอดจนถึงอายุ 6 สัปดาห์ อัตราการเลี้ยงรอดของไก่ทดลองมีพิสัยตั้งแต่ 93.75 ถึง 100% เฉลี่ย 96.43% เท่ากันกับอัตราการเลี้ยงรอดของการทดลอง Screening test I ซึ่งมีอัตราการเลี้ยงรอดสูงตามมาตรฐานการเลี้ยงในโรงเรือนเปิด และอัตราการเลี้ยงรอดของไก่ทดลองแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ไก่กลุ่มเสริมแกรนูโลสารสกัดมีอัตราการเลี้ยงรอด 97.09% ในขณะที่กลุ่มเสริมผงบดมีอัตราการเลี้ยงรอด 95.42% เทียบกับกลุ่ม NC และ CTC ซึ่งเลี้ยงรอดเท่ากันที่ 97.50%

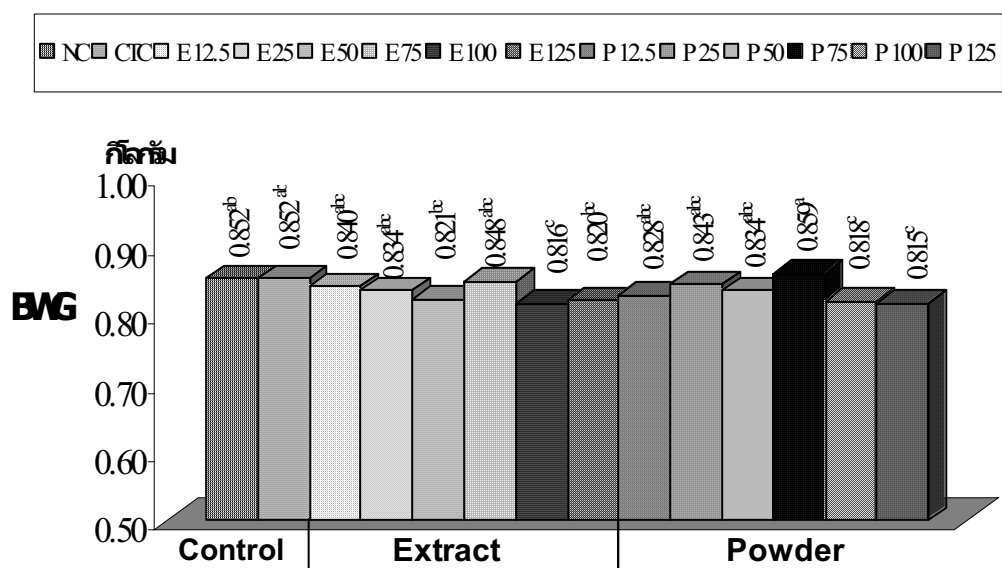
4.2 สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เล็กอายุ 0-3 สัปดาห์ ข้อมูลในตารางที่ 2 และภาพที่ 1-1 ถึง 1-4 แสดงให้เห็นว่า ลูกไก่เล็กที่กินอาหารเสริมผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทั้งสองรูปแบบ โดยเฉลี่ยมีน้ำหนักตัวที่อายุ 3 สัปดาห์ น้ำหนักตัวที่เพิ่มและปริมาณอาหารที่กินในช่วง 0-3 สัปดาห์ ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในขณะที่มีอัตราการแลกเนื้อ (feed/gain, FCR) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมลบ (NC) แต่ด้อยกว่ากลุ่ม CTC เล็กน้อย ($P > 0.05$) ไก่ทดลองในกลุ่มเสริมแกรนูโลสารสกัดมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเมื่อปรับเพศให้สมดุลแล้ว 0.882 กก. หรือเพิ่มน้ำหนักได้ 0.838 กก. กินอาหาร 1.134 กก. (54 ก./ตัว/วัน) และมีค่า FCR 1.367 ในขณะที่ไก่กินอาหารเสริมผงบดมีน้ำหนักตัว 0.883 กก. เพิ่มน้ำหนัก 0.839 กก. กินอาหาร 1.138 กก. (54.2 ก./ตัว/วัน) มี FCR 1.366 เทียบกับกลุ่ม NC และ CTC ซึ่งมีค่าการตอบสนอง 0.900, 0.899; 0.856, 0.855; 1.185, 1.156 กก. และ FCR 1.395 และ 1.358 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ตามวิธี DMRT พบว่าไก่กลุ่ม P_{75} มีน้ำหนักตัวที่ 3 สัปดาห์ สูงที่สุด (0.909 กก.) สูงกว่ากลุ่ม E_{50} และกลุ่มที่กินอาหารที่มี andrographolide เกิน 100 ppm อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ และใกล้เคียงกันมากกับกลุ่ม NC (0.900 กก.) และกลุ่ม CTC (0.899 กก.) ไก่กลุ่ม NC กินอาหารมากที่สุด (1.185 กก.) จึงมีค่า FCR ค่อนข้างสูง (1.395) เมื่อเทียบกับกลุ่ม CTC (1.156 กก. และ FCR 1.358) กลุ่มที่เสริมอาหารด้วยผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรทั้งสองรูปแบบ



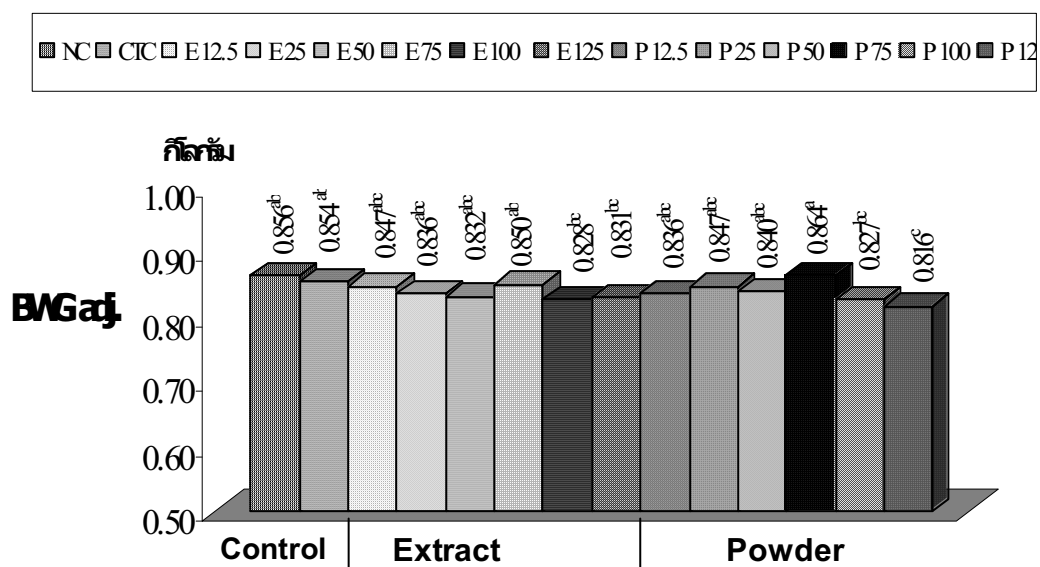
ภาพที่ 1-1 ผลของการเสริมฟัาละลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวไก่เนื้ออายุ 3 สัปดาห์



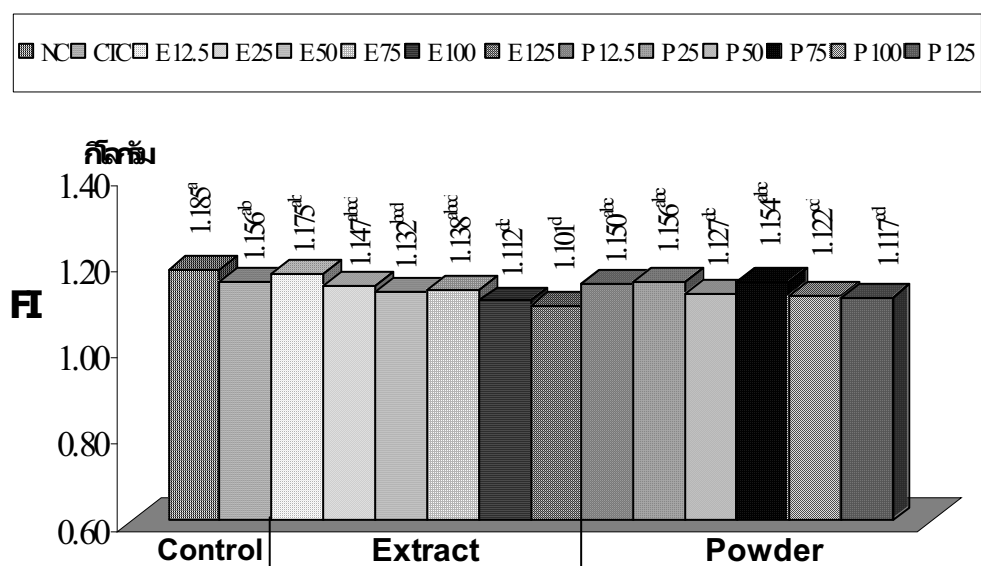
ภาพที่ 1-2 ผลของการเสริมฟัาละลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวปรับเพศของไก่เนื้ออายุ 3 สัปดาห์



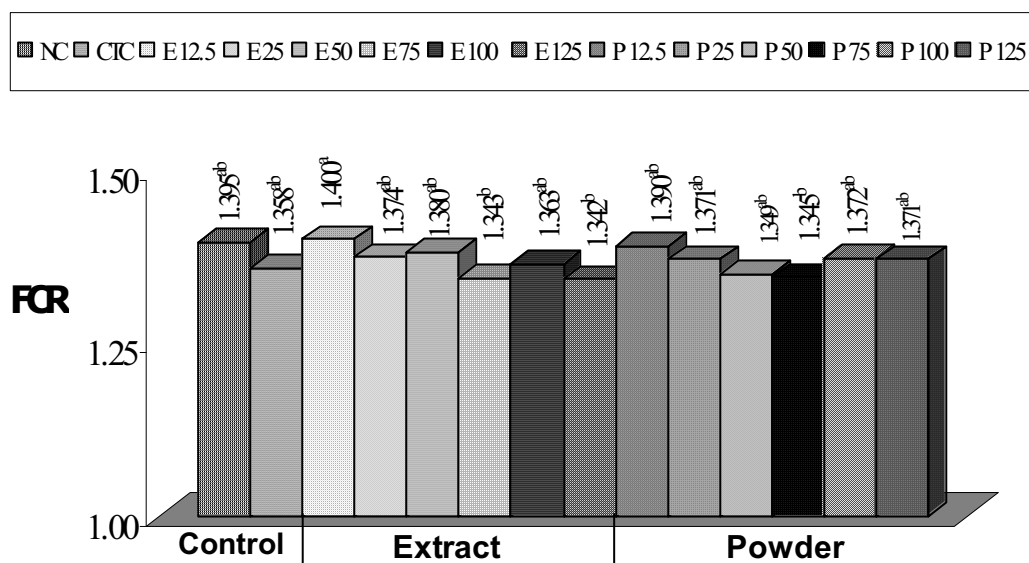
ภาพที่ 1-3 ผลของการเสริมฟัทะเลลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มของไก่เนื้อในช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์



ภาพที่ 1-4 ผลของการเสริมฟัทะเลลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มปรับเพศของไก่เนื้อในช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์



ภาพที่ 1-5 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อปริมาณการกินอาหารของไก่เนื้อ ในช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์

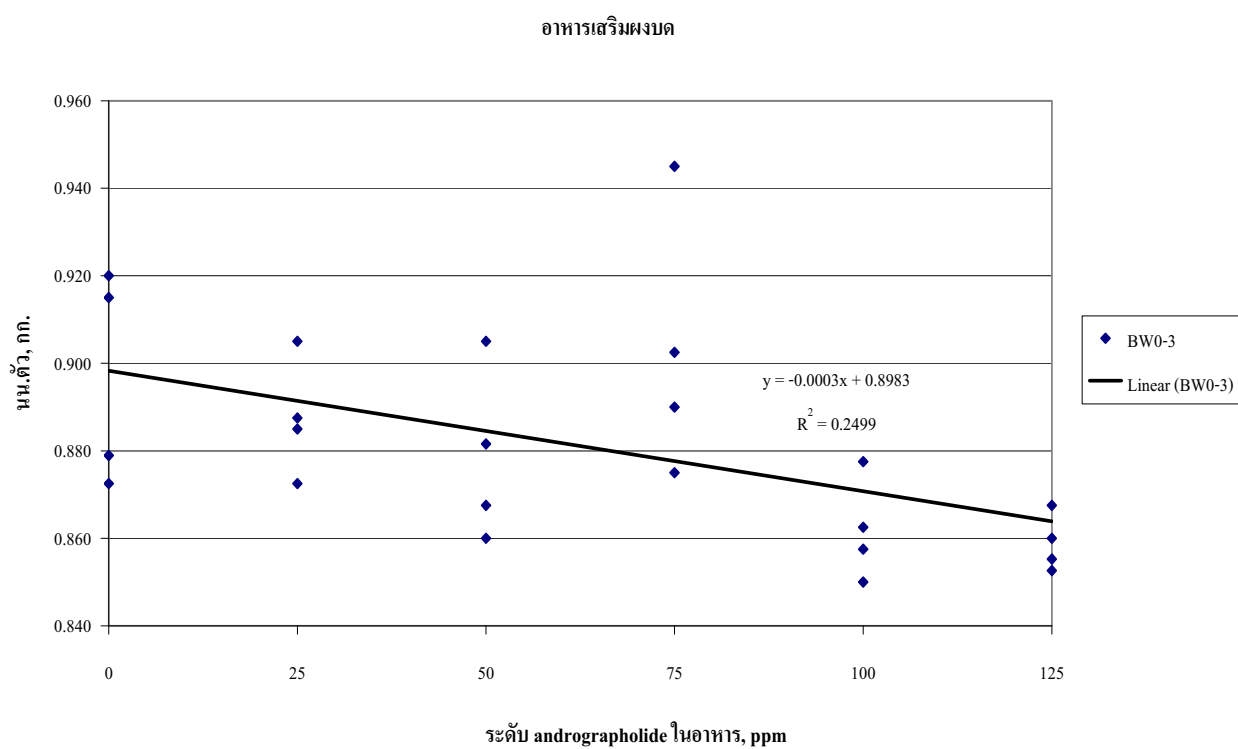
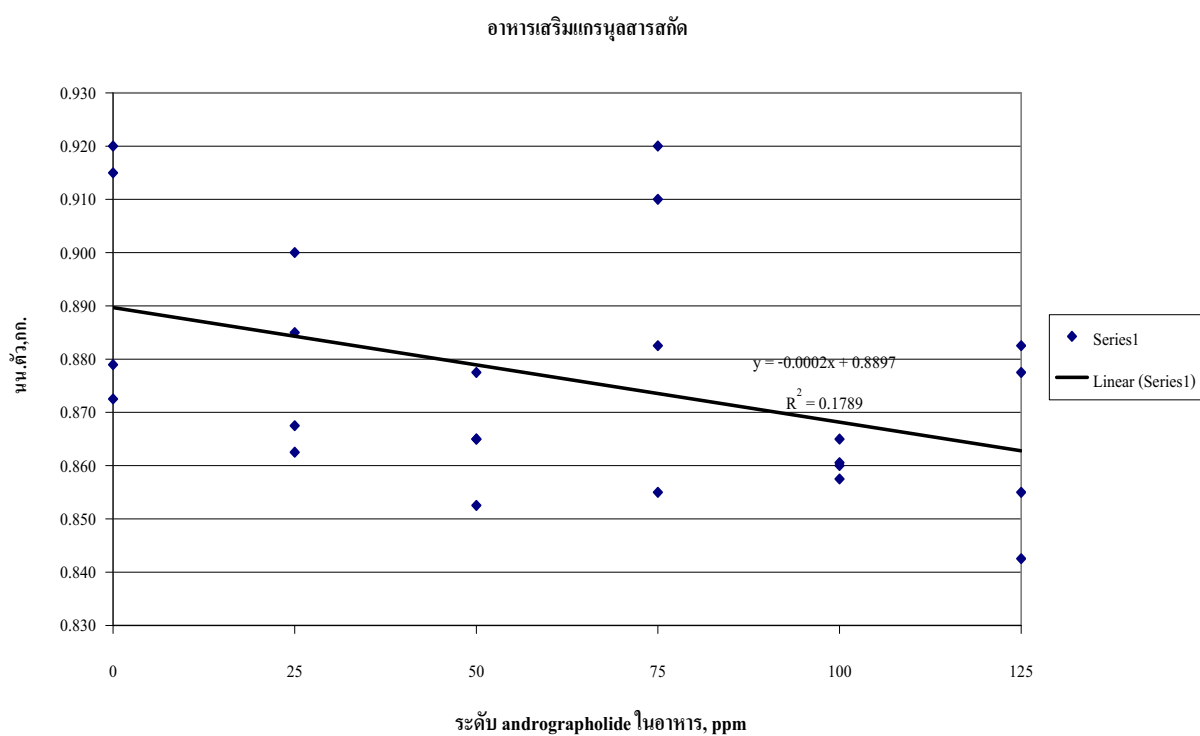


ภาพที่ 1-6 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่ออัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้อ ในช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์

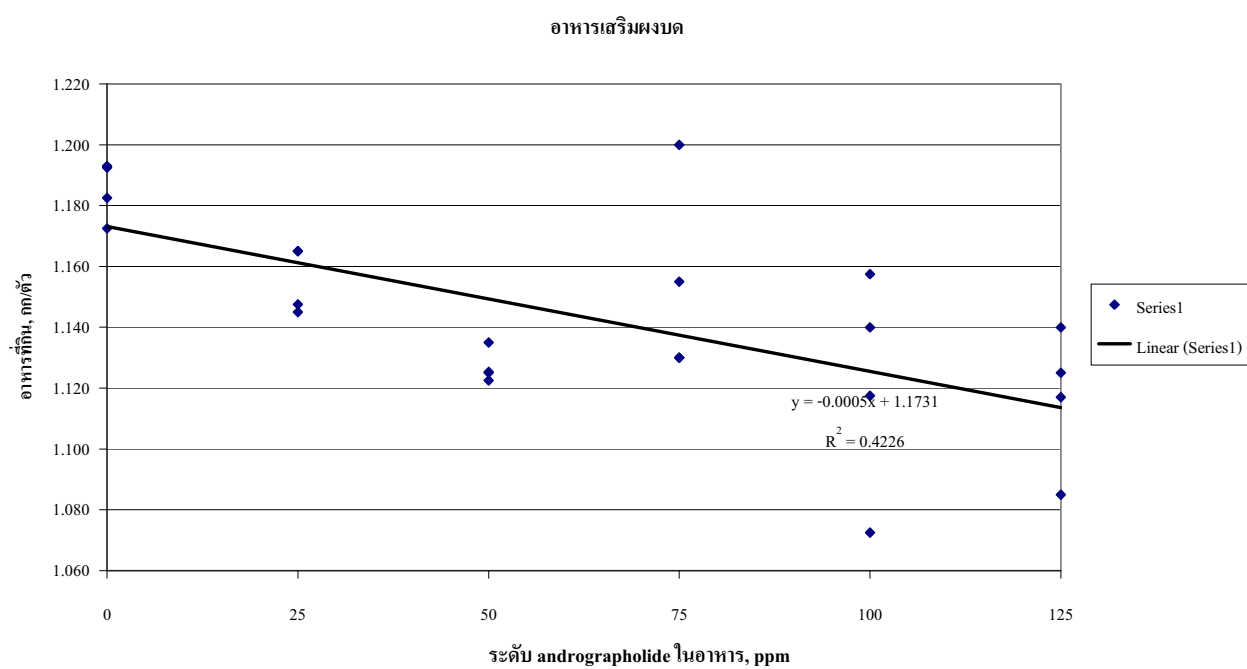
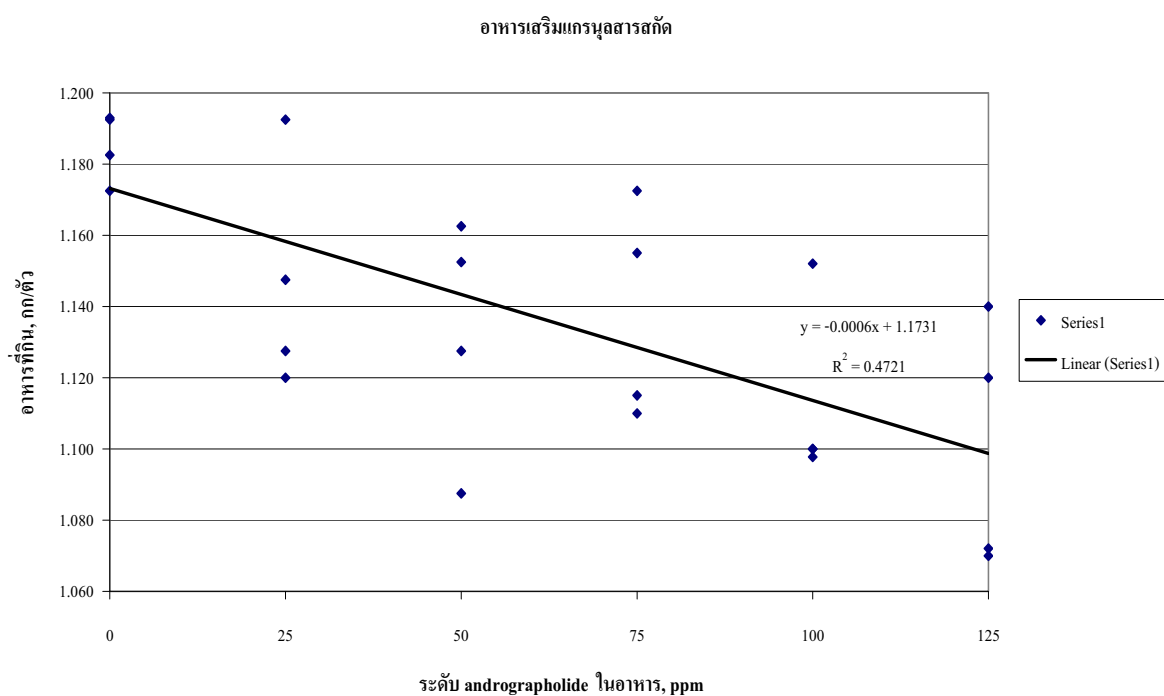
เมื่อนำข้อมูลการตอบสนองในด้านสมรรถนะการเจริญเติบโตต่อระดับของ andrographolide ในอาหาร กราฟเส้นในภาพที่ 1-7 ถึง 1-9 แสดงให้เห็นว่า เมื่อระดับของ andrographolide ในอาหารเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 25, 50, 75, 100 และ 125 ppm ไก่เล็กในช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์เพิ่มน้ำหนักช้าลง ($P < 0.05$) ทำให้

น้ำหนักตัวที่อายุ 3 สัปดาห์ (Y)ต่ำลง ($P < 0.05$) ตามระดับของ andrographolide (X) ที่เพิ่มขึ้น คือต่ำลงในอัตรา $Y = 0.8897 - 0.0002X$ หากเสริมอาหารด้วยแกรนูลสารสกัด และในอัตรา $Y = 0.8983 - 0.0003X$ หากเสริมอาหารด้วยผงบด ทั้งนี้เนื่องจากไก่กินอาหารลดลง ($P < 0.05$) ในอัตรา $Y = 1.1731 - 0.0006X$ เมื่อกินอาหารเสริมแกรนูลสารสกัด และลดลงในอัตรา $Y = 1.1731 - 0.0005X$ เมื่อเป็นอาหารเสริมผงบด อย่างไรก็ตาม อัตราการแลกเนื้อ (FCR) ของไก่เล็กดีขึ้นตามปริมาณของ andrographolide ในอาหารที่เพิ่มขึ้น คือ ในกลุ่มกินอาหารเสริมแกรนูลสารสกัด FCR ดีขึ้นในอัตรา $Y = 1.3901 - 0.0004X$ ($P < 0.05$) และในกลุ่มเสริมผงบดดีขึ้นในอัตรา $Y = 1.3757 - 0.0001X$ ($P > 0.05$)

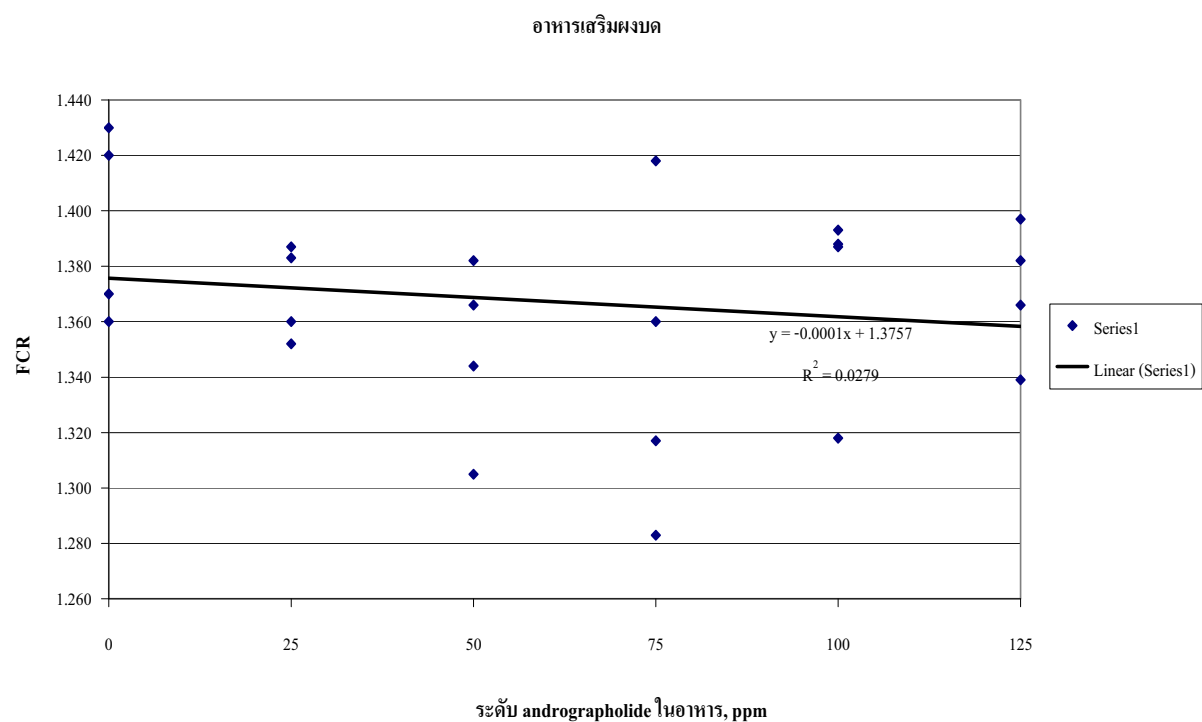
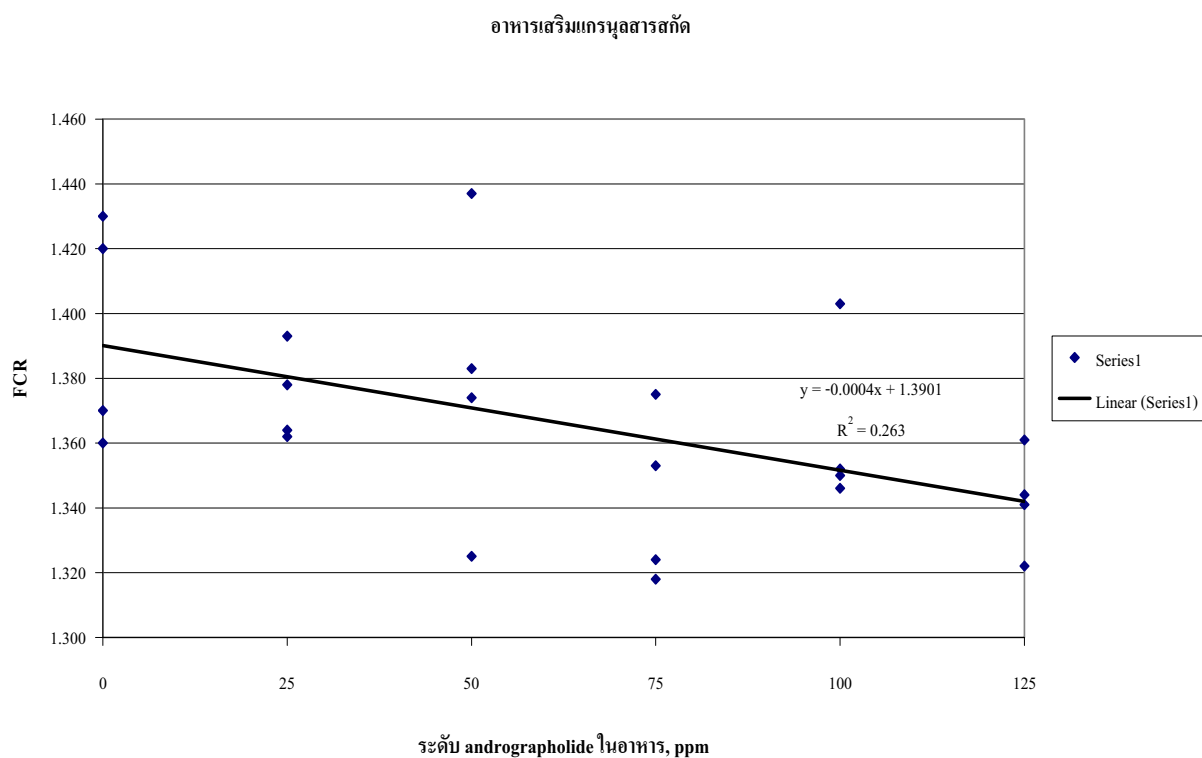
ผลตอบสนองในภาพรวมอาจสรุปได้ว่า เมื่อเสริมอาหารด้วยผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรที่เพิ่มระดับ andrographolide ในอาหารเพิ่มจาก 0 ถึง 125.0 ppm ลูกไก่เล็กกินอาหารลดลงเป็นลำดับกับการเสริมที่สูงขึ้น ยังผลให้อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวใน 3 สัปดาห์แรกต่ำลงในทิศทางเดียวกันทั้ง ๆ ที่อัตราการแลกเนื้อดีขึ้นเป็นลำดับกับระดับ andrographolide ในอาหารที่เพิ่มขึ้น การตอบสนองของลูกไก่เล็กต่อการเสริมแกรนูลสารสกัดในอาหารมองเห็นได้ชัดเจนกว่าการตอบสนองต่อการเสริมผงบดฟ้าทะลายโจร เป็นที่น่าสังเกตว่า ลูกไก่เล็กที่กินอาหารเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรทั้งสองรูปแบบที่ระดับ andrographolide 75.0 ppm (E_{75} และ P_{75}) มีแนวโน้มมีน้ำหนักตัว การเพิ่มน้ำหนัก และประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงสุด สูงกว่ากลุ่มควบคุมทั้งสองทั้ง ๆ ที่กินอาหารในปริมาณที่ต่ำกว่าเล็กน้อย ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตาม ระดับของการใช้ผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรทดแทนยาปฏิชีวนะ CTC ในอาหารไก่เล็กที่เหมาะสม คือ 12.5 ppm ($E_{12.5}$) ขึ้นไป หากเสริมในรูปแกรนูลสารสกัดหรือ 25.0 ppm (P_{25}) ขึ้นไปหากเสริมในรูปผงบด ทั้งนี้เพราะน้ำหนักที่อายุ 3 สัปดาห์ ของลูกไก่กลุ่ม $E_{12.5}$ ต่ำกว่าของกลุ่ม E_{75} เพียง 3 กรัม ในขณะที่น้ำหนักของกลุ่ม P_{25} ต่ำกว่ากลุ่ม P_{75} เพียง 18 กรัม และไม่แตกต่างกันในทางสถิติ แต่ทั้งสองกรณี ไม่ควรเสริมให้มีระดับ andrographolide ในอาหารเกิน 75 ppm



ภาพที่ 1-7 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวของไก่อายุ 3 สัปดาห์

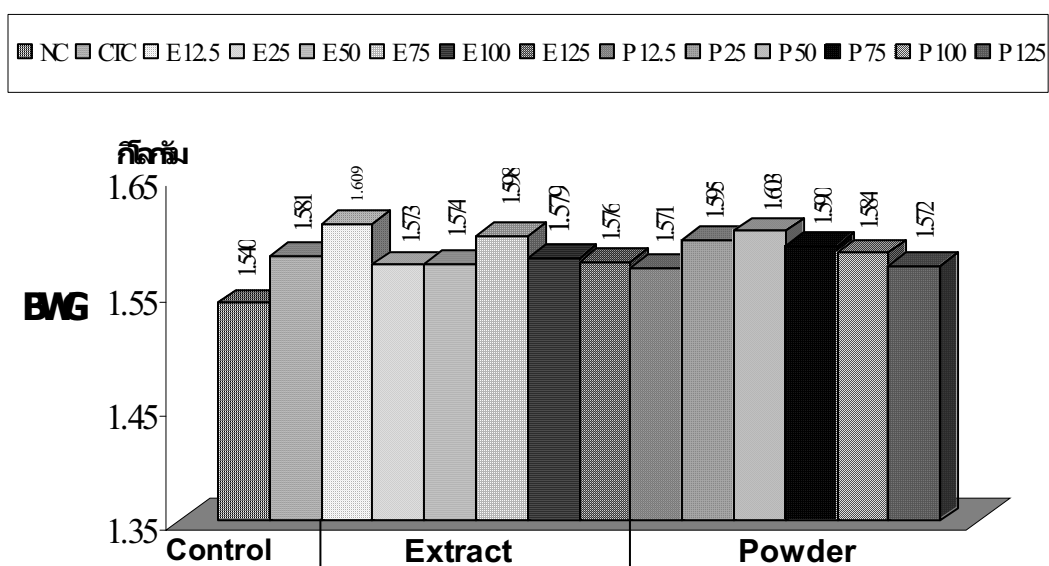


ภาพที่ 1-8 ผลของการเสริมฟลาโวลอยด์ในอาหารต่อปริมาณการกินอาหารของไก่เนื้อในช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์

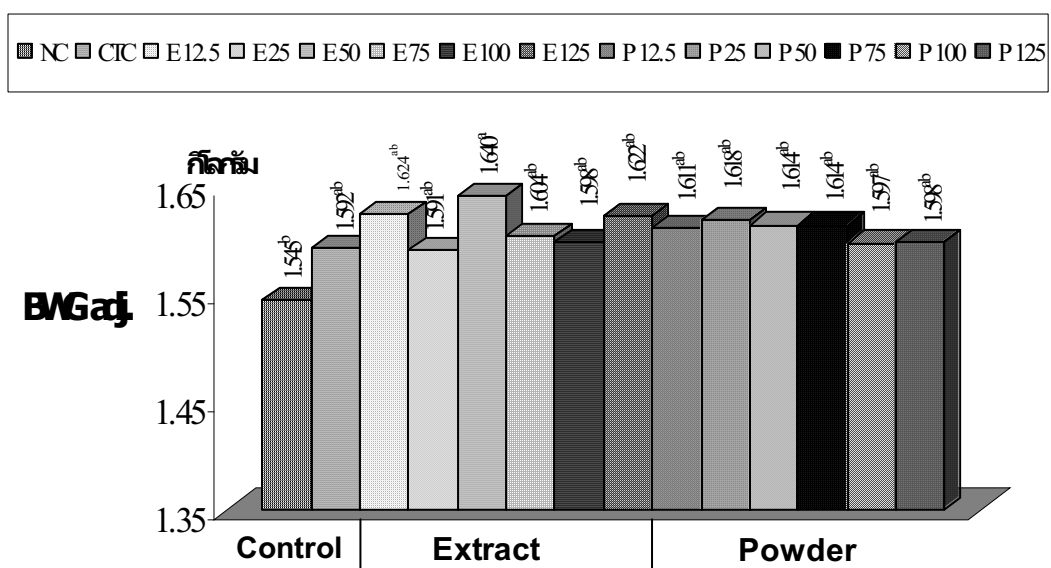


ภาพที่ 1-9 ผลของการเสริมฟื้ทะเลลายโจรในอาหารต่ออัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้อในช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์

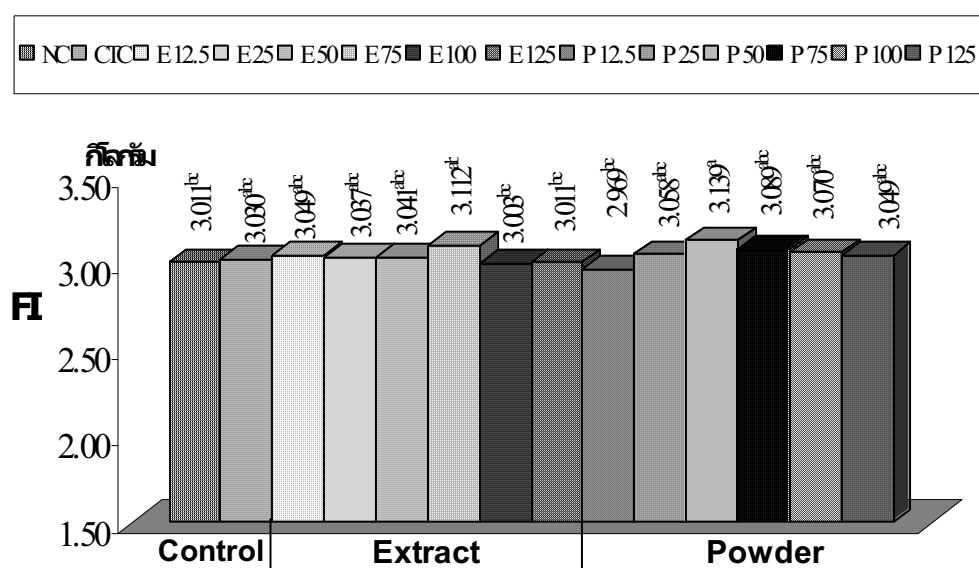
4.3 สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่รุ่น-ขุน อายุ 3-6 สัปดาห์ ข้อมูลในตารางที่ 2 และภาพที่ 2-1 ถึง 2-4 แสดงให้เห็นว่าในภาพรวมน้ำหนักเพิ่ม ปริมาณอาหารที่กินและอัตราการแลกเนื้อของไก่ทดลองแตกต่างกันน้อยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยไก่กลุ่มเสริมแกรนูลสารสกัดฟ้าทะลายโจรเพิ่มน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อปรับสมดุลเพศแล้ว 1.613 กก. กินอาหาร 3.043 กก.(144.9 ก/ต/ว) และมี FCR 1.920 ในขณะที่กลุ่มเสริมผงบดเพิ่มน้ำหนักเฉลี่ย 1.609 กก. กินอาหาร 3.062 กก.(145.8 ก/ต/ว) และมี FCR 1.931 เทียบกับกลุ่ม NC และ CTC มีค่า 1.545 และ 1.592 กก; 3.011 และ 3.030 กก. และ FCR 1.955 และ 1.917 ตามลำดับ เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่พบว่าไก่ทดลองกลุ่ม E_{50} เพิ่มน้ำหนักตัวเมื่อปรับสมดุลเพศแล้วสูงที่สุด (1.640 กก/ตัว) สูงใกล้เคียงกับกลุ่ม $E_{12.5}$ (1.624 กก), E_{125} (1.622 กก/ตัว) และกลุ่ม $P_{12.5}$ ถึง P_{75} (1.611 ถึง 1.614 กก/ตัว) และสูงกว่ากลุ่มควบคุมลบ (1.545 กก/ตัว; E_{50} vs NC, $P < 0.05$) แต่เพิ่มได้สูงกว่ากลุ่ม CTC (1.592 กก/ตัว) อย่างไม่มีนัยสำคัญ



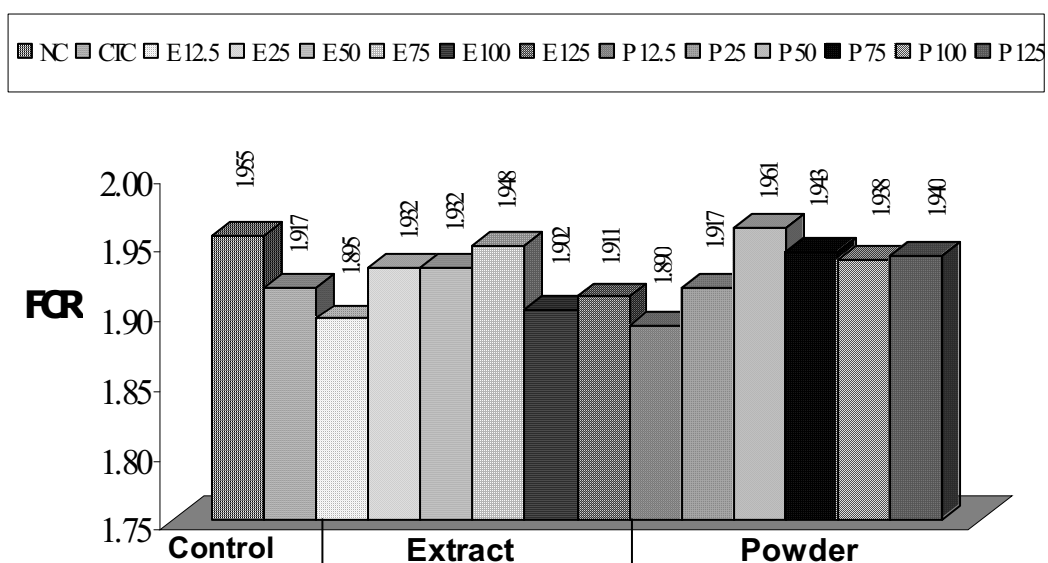
ภาพที่ 2-1 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวของไก่เนื้อที่เพิ่มในช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์



ภาพที่ 2-2 ผลของการเสริมฟัทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวปรับเพศของไก่เนื้อที่เพิ่มในช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์



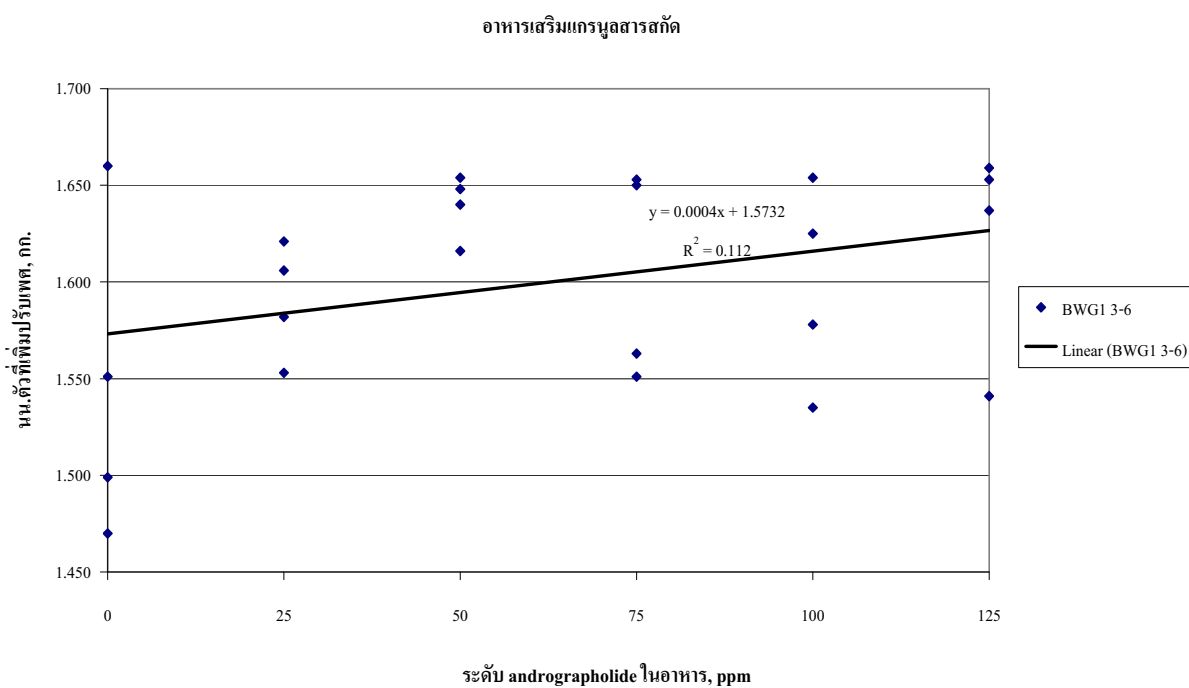
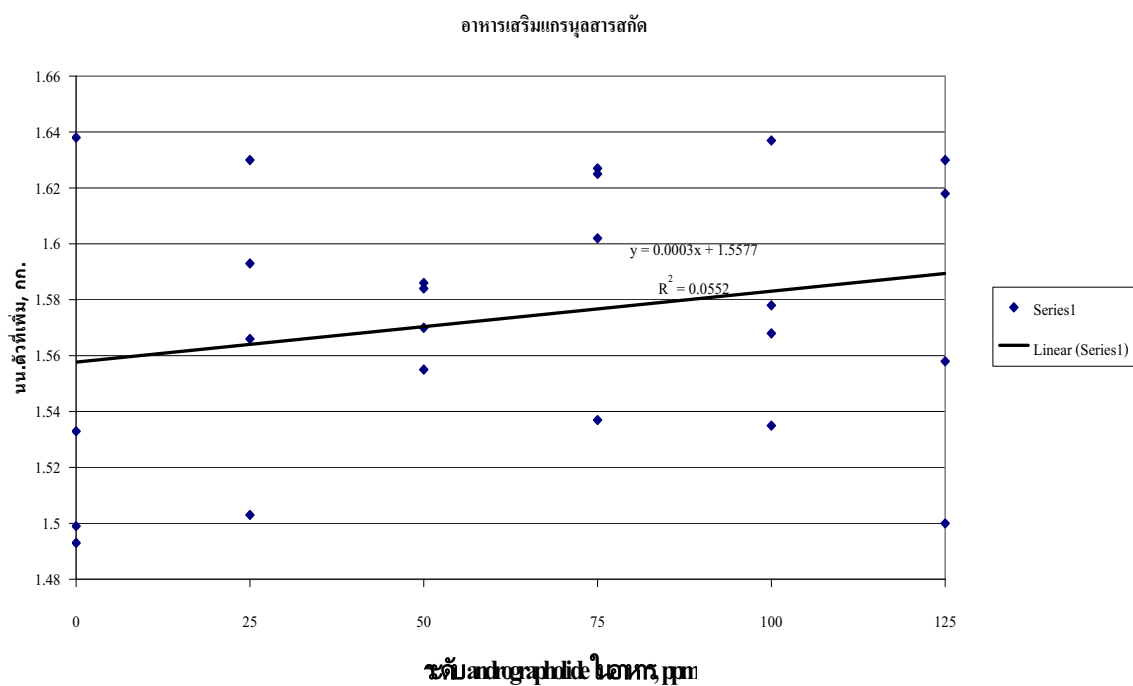
ภาพที่ 2-3 ผลของการเสริมฟัทะลายโจรในอาหารต่อปริมาณอาหารที่กินของไก่เนื้อในช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์



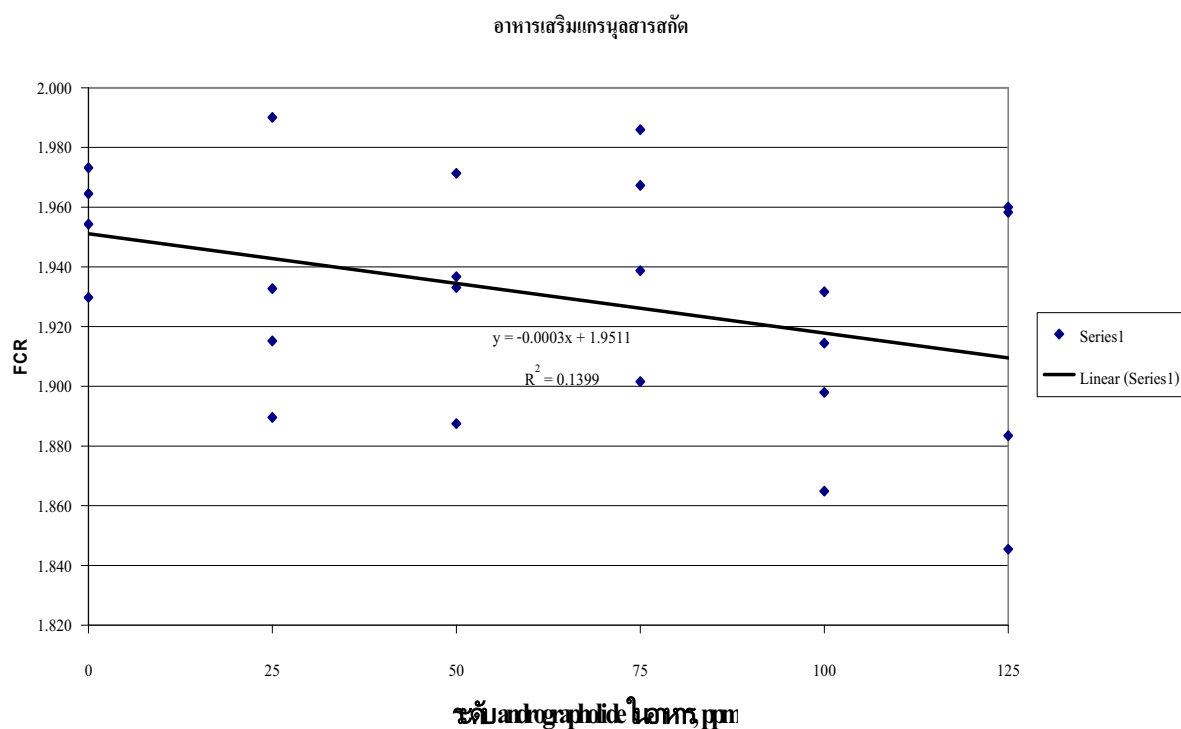
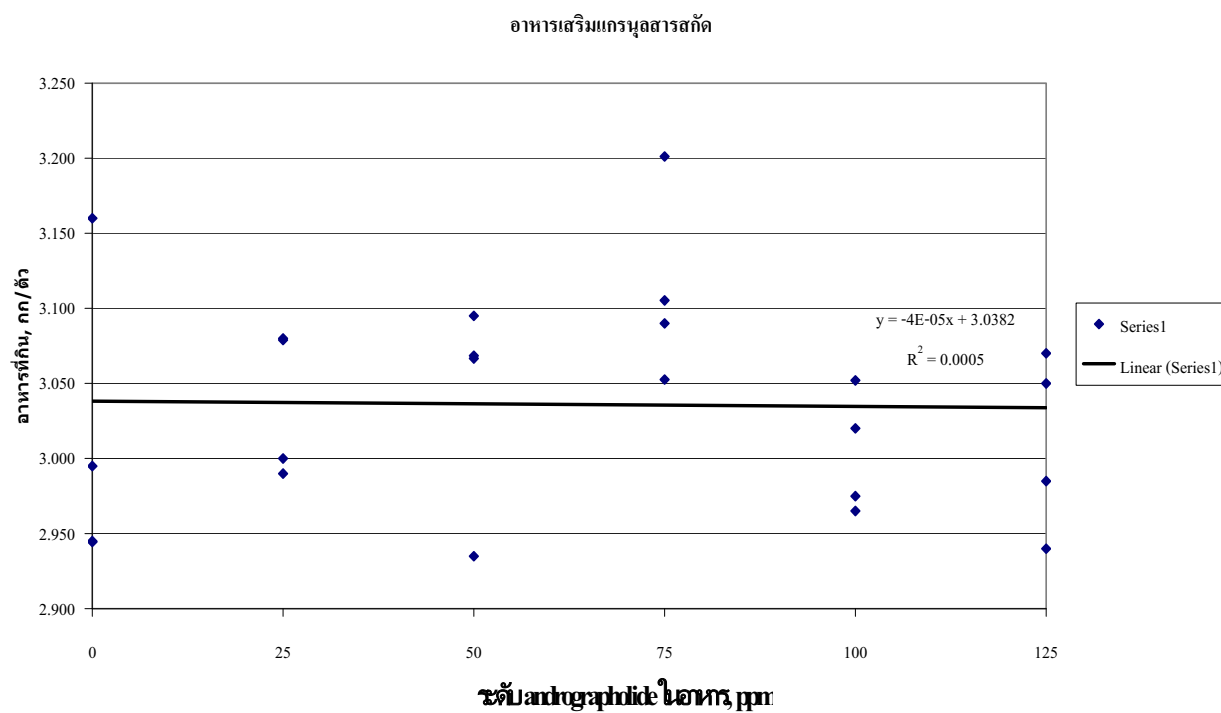
ภาพที่ 2-4 ผลของการเสริมฟัทะลายโจรในอาหารต่ออัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้อ ในช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์

เมื่อทำการวิเคราะห์หาแนวโน้มของการตอบสนองของข้อมูลสมรรถนะการผลิตต่อระดับ angrographolide ที่เพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 25, 50, 75, 100 และ 125 ppm ในอาหาร พบว่าไก่รุ่น-ขุน ตอบสนองต่อรูปแบบของผลิตภัณฑ์ฟัทะลายโจรแตกต่างกัน คือ เมื่อเสริมอาหารด้วยแกรนูลสารสกัดในระดับ angrographolide ที่สูงขึ้น ไก่รุ่น-ขุน มีแนวโน้มเพิ่มน้ำหนักตัวสูงขึ้น (ภาพที่ 2-5, $P>0.05$) กินอาหารในปริมาณคงที่ (ภาพที่ 2-6) และมีอัตราการแลกเนื้อที่ดีขึ้นในอัตรา $Y = 1.9511 - 0.0003X$ (ภาพที่ 2-6, $P<0.05$) แต่เมื่อเสริมอาหารด้วยผงบด ไก่รุ่น-ขุน มีแนวโน้ม ($P>0.05$) ที่จะเพิ่มน้ำหนักตัวและกินอาหารในอัตราสูงขึ้นเล็กน้อย (ภาพที่ 2-7 และ 2-8 ตามลำดับ) แต่อัตราการแลกเนื้อไม่เปลี่ยนแปลง (ภาพที่ 2-8, $P>0.05$)

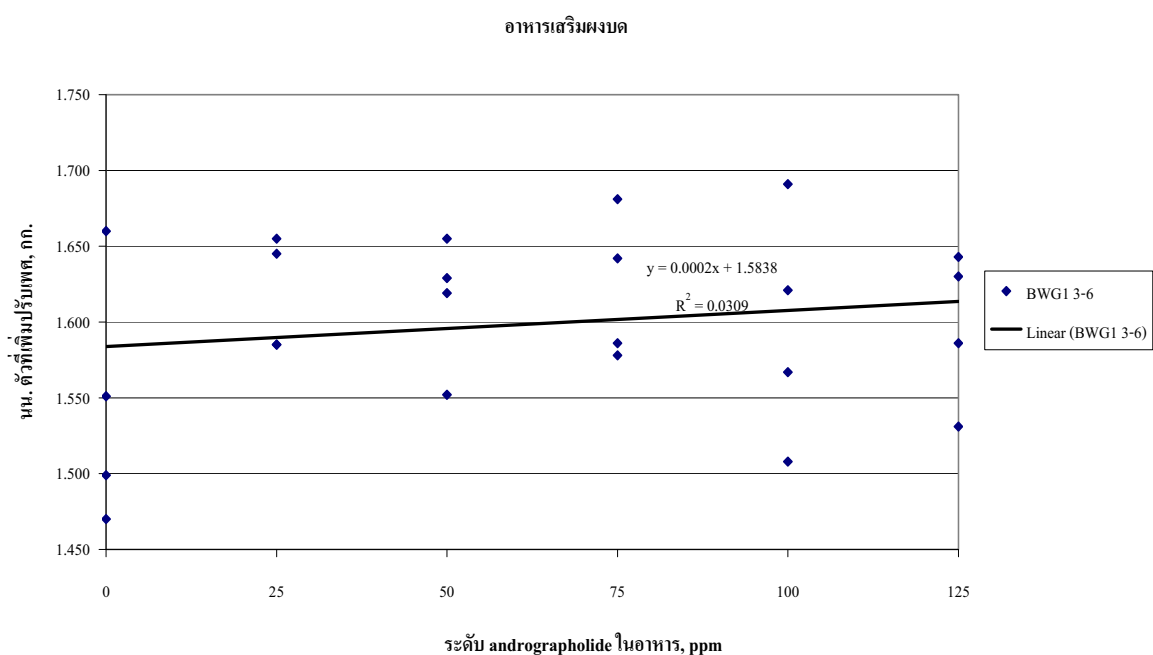
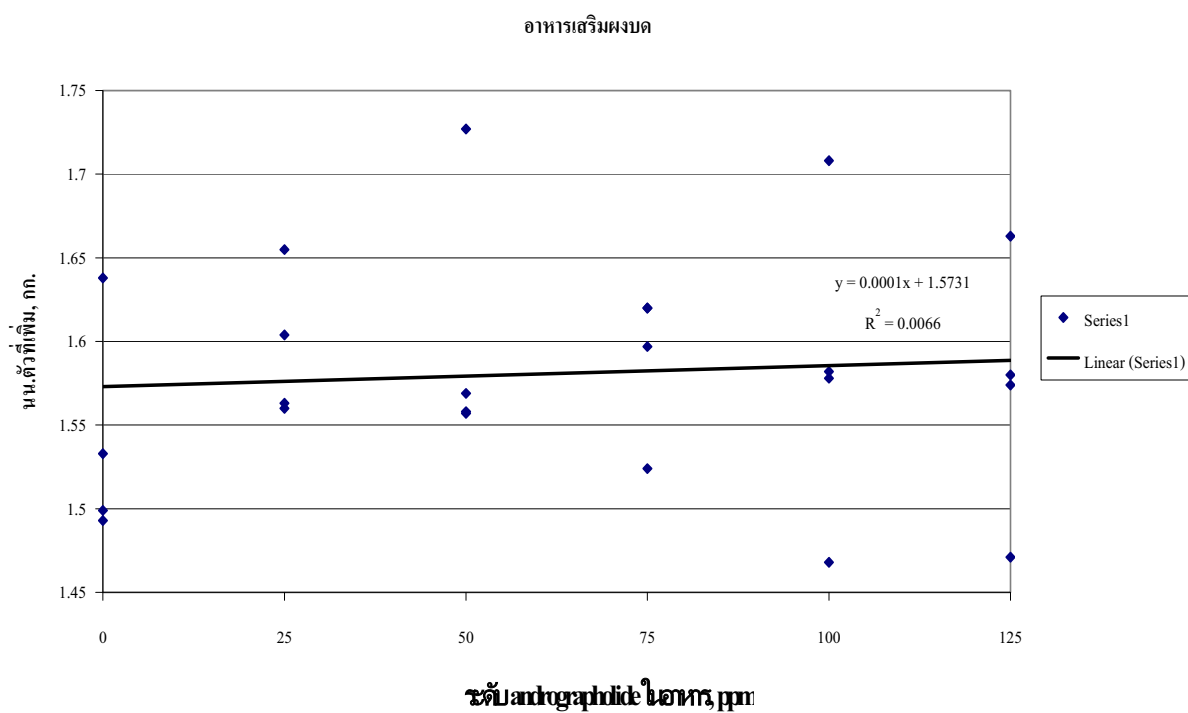
โดยรวมไก่เนื้อระยะรุ่น-ขุน ในช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์ ที่กินอาหารเสริมผลิตภัณฑ์ฟัทะลายโจรทั้งสองรูปแบบมีสมรรถนะการเจริญเติบโตดีเทียบเท่าหรือดีกว่ากลุ่มควบคุมลบหรือกลุ่มกินอาหารเสริมปฏิชีวนะ CTC เล็กน้อย คือเพิ่มน้ำหนักและกินอาหารในปริมาณที่สูงกว่ากลุ่มควบคุมทั้งสอง มีอัตราการแลกเนื้อที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับกลุ่ม CTC และดีกว่ากลุ่มควบคุมลบประมาณ 1.2 ถึง 1.8% ระดับของ angrographolide ที่สามารถทดแทนยาปฏิชีวนะ CTC ในอาหาร คือ 12.5 ppm ขึ้นไปโดยจะใช้ angrographolide ที่มาจากแกรนูลสารสกัดหรือจากผงบดฟัทะลายโจรก็ได้ อย่างไรก็ตาม ไก่รุ่น-ขุน ตอบสนองต่อการเสริมแกรนูลสารสกัดด้วยแนวโน้มที่ชัดเจนกว่าการตอบสนองต่อผงบดที่เสริมในอาหาร



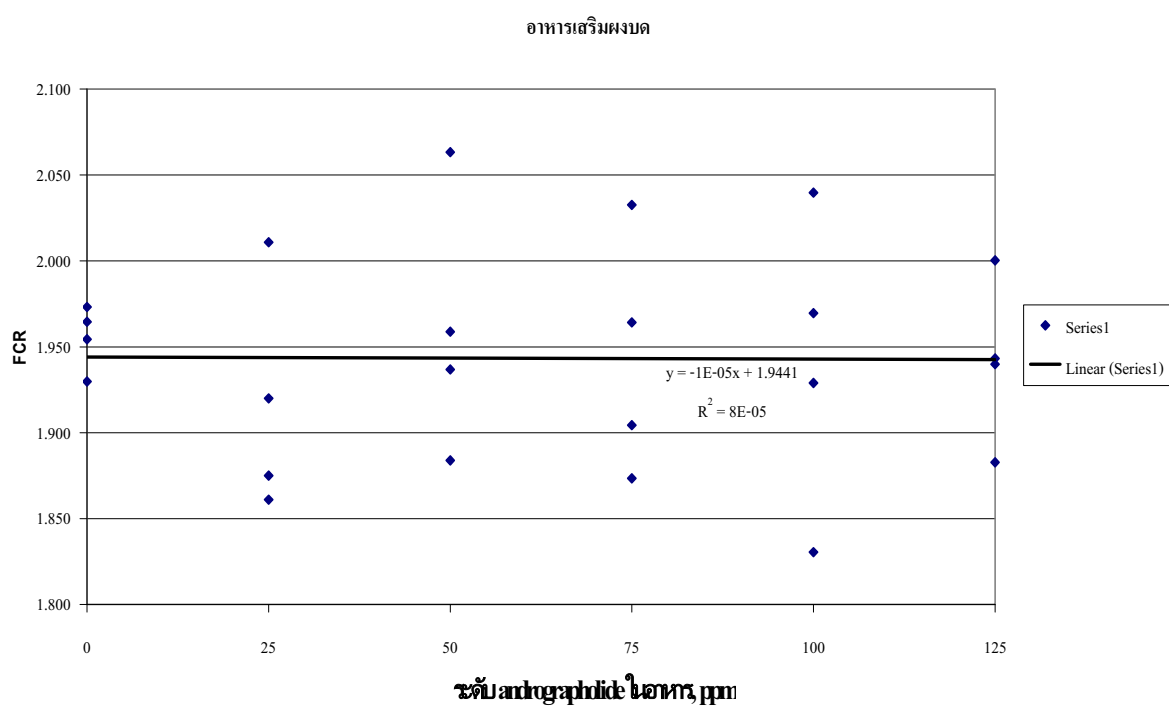
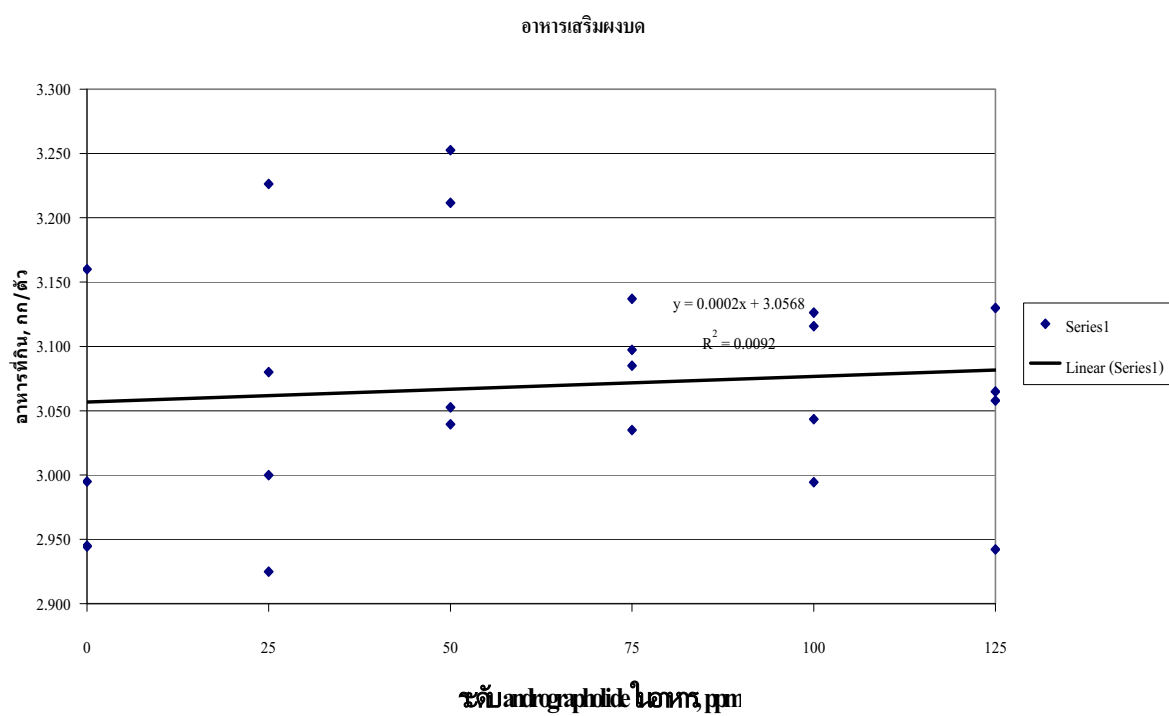
ภาพที่ 2-5 ผลของการเสริมแกรนูโลสารสกัดฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มและน้ำหนักตัวที่เพิ่มปรับเพศของไก่เนื้อในช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์



ภาพที่ 2-6 ผลของการเสริมแกรนูโลสารสกัดฟ้าทะลายโจรในอาหารต่ออาหารที่กินและ อัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้อในช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์

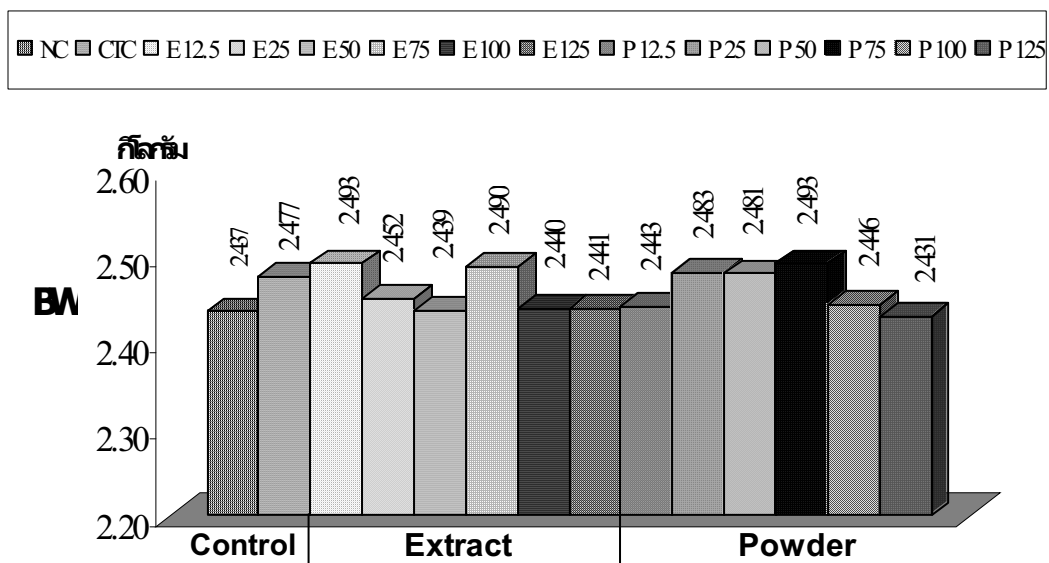


ภาพที่ 2-7 ผลของการเสริมผงบดฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มและน้ำหนักตัวที่เพิ่มปรับเพศของไก่เนื้อในช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์

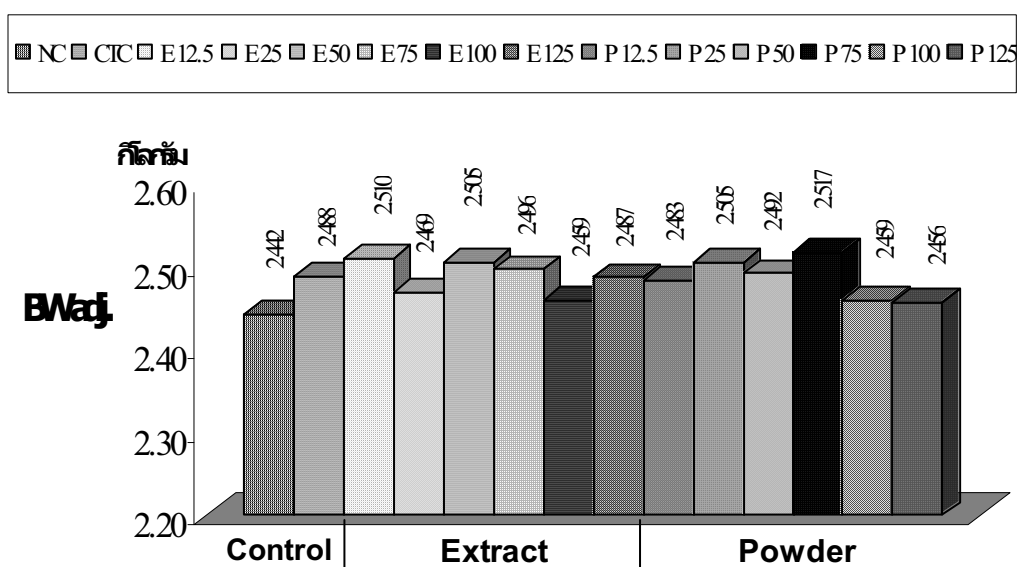


ภาพที่ 2-8 ผลของการเสริมผงบดฟ้าทะลายโจรในอาหารต่ออาหารที่กินและอัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้อในช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์

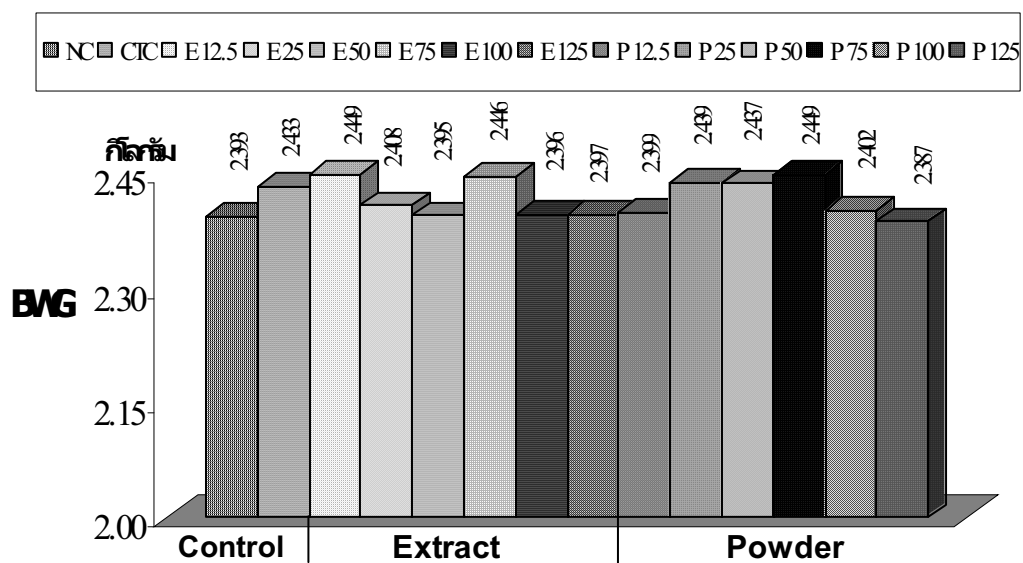
4.4 ผลตอบสนองรวมตลอดช่วงการผลิต (อายุ 0-6 สัปดาห์) ข้อมูลในตารางที่ 2 และ ภาพที่ 3-1 ถึง 3-6 แสดงให้เห็นว่า น้ำหนักตัวที่อายุ 42 วันทั้งก่อนและปรับสมดุลเพศแล้ว น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้อที่กินอาหารเสริมฟิลาทะเลลายโจรทั้งสองรูปแบบไม่แตกต่างจากกลุ่ม CTC ซึ่งต่างก็มีสมรรถนะการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยเฉลี่ย ไก่เนื้ออายุ 6 สัปดาห์ที่กินอาหารเสริมแกรนูโลสารสกัดมีน้ำหนักตัวปรับสมดุลเพศแล้วเท่ากับกลุ่ม CTC (2.488 กก/ตัว) สูงกว่ากลุ่มกินอาหารเสริมผงบด (2.485 กก/ตัว) 3 กรัม และกลุ่มควบคุม (2.442 กก/ตัว) อยู่ 46 กรัม/ตัว ปริมาณอาหารที่กินและอัตราการแลกเนื้อของไก่กลุ่มเสริมแกรนูโลสารสกัด, ผงบด, CTC และควบคุม คือ 4.177, 4.200, 4.186 และ 4.197 กก/ตัว และ FCR 1.730, 1.738, 1.721 และ 1.754 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ทดลองกลุ่มต่าง ๆ มาเทียบเป็นรายคู่โดยวิธี DMRT พบว่า ข้อมูลที่เปรียบเทียบทุกข้อมูล ยกเว้นปริมาณอาหารที่กินไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) และไก่กลุ่มที่กินอาหารเสริมผงบดระดับ angrographolide 50 ppm กินอาหารในปริมาณที่สูงกว่ากลุ่มเสริมผงบด 12.5 ppm และกลุ่มเสริมแกรนูโลสารสกัดระดับ 100 และ 125 ppm ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ ดัชนีการผลิต (Productive Index, PI) เฉลี่ยของไก่ทดลองทุกกลุ่มสูงกว่าค่า PI มาตรฐานของไก่พันธุ์อาเบอร์เอเคอร์สที่อายุ 42 วัน (311.00) เมื่อพิจารณาเป็นรายกลุ่ม พบว่า PI ของไก่กลุ่มกินอาหารเสริมแกรนูโลสารสกัดมีค่าเทียบเท่ากับกลุ่ม CTC (332.44 vs 335.60) ในขณะที่กลุ่มกินอาหารเสริมผงบดเทียบได้กับกลุ่มควบคุม (325.06 vs 323.20) ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มแรกอย่างไม่มีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาผลการตอบสนองรายกลุ่มทดลอง ไก่กลุ่มกินอาหารเสริมแกรนูโลสารสกัดที่ระดับ angrographolide ตั้งแต่ 12.5 ppm ขึ้นไป และกลุ่มเสริมผงบดที่ระดับ angrographolide 25.0 ppm ขึ้นไป มีสมรรถนะการผลิตสูงกว่ากลุ่มควบคุมทั้งสองและถือได้ว่าเป็นระดับที่เหมาะสมในการใช้ผลิตภัณฑ์ฟิลาทะเลลายโจรทดแทนสารปฏิชีวนะ CTC ในอาหารไก่เนื้อ อย่างไรก็ตาม ระดับ angrographolide ในอาหารที่สูงเกิน 75.0 ppm จะมีผลทำให้สมรรถนะการผลิตไก่เนื้อตลอดช่วงอายุ 0-6 สัปดาห์ลดลง



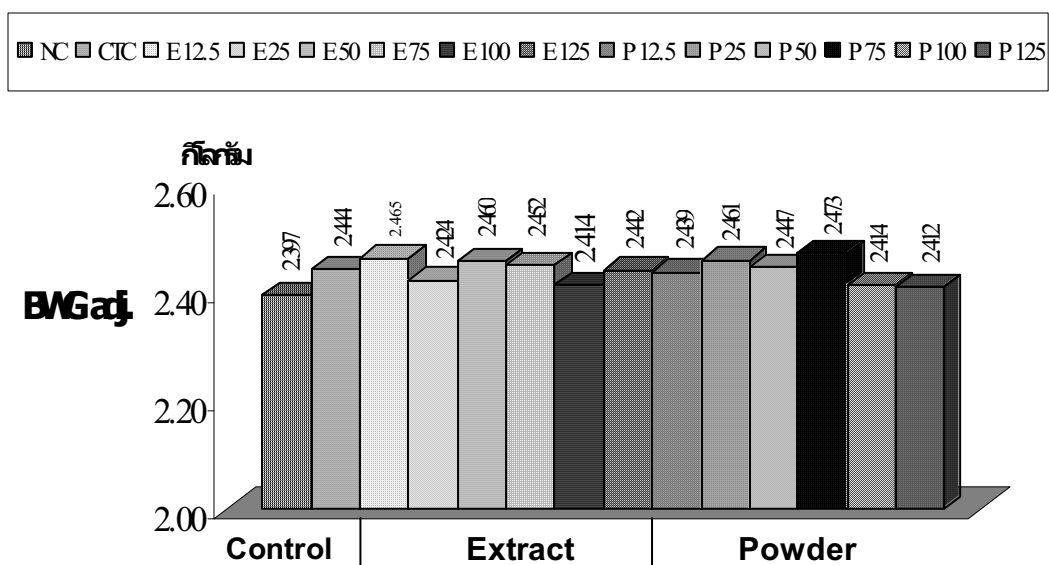
ภาพที่ 3-1 ผลของการเสริมฟัทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวไก่เนื้ออายุ 6 สัปดาห์



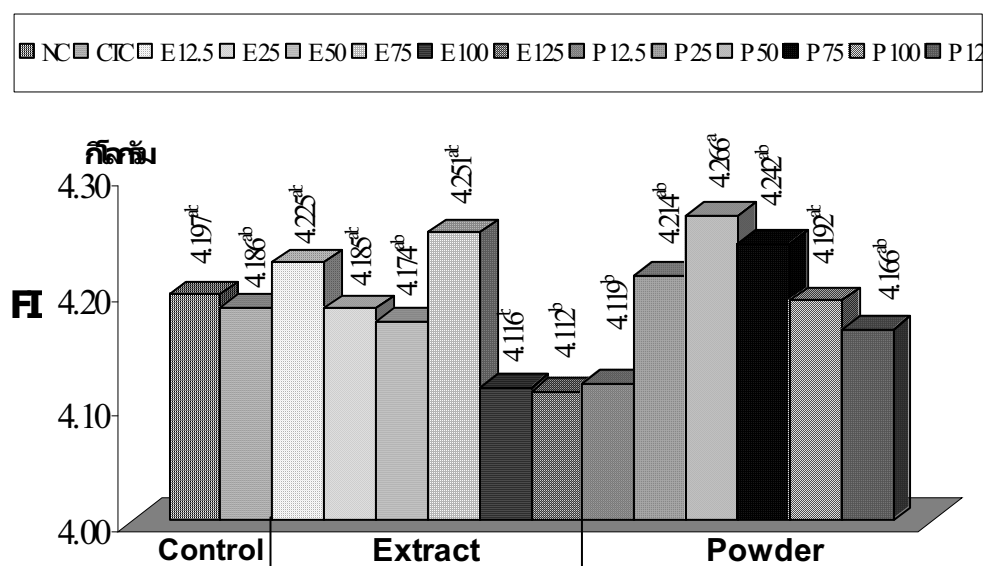
ภาพที่ 3-2 ผลของการเสริมฟัทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวที่ปรับด้วยเพศของไก่เนื้ออายุ 6 สัปดาห์



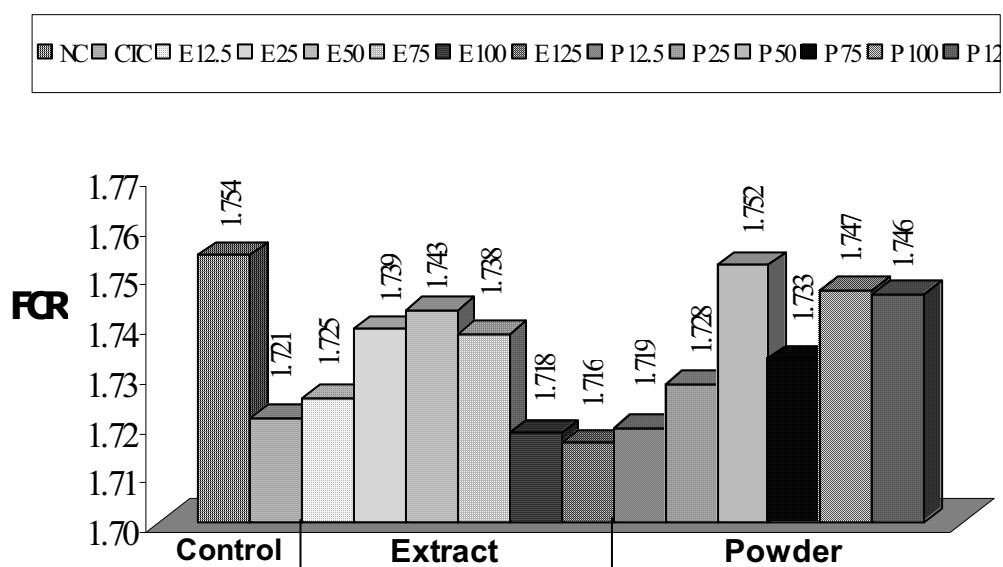
ภาพที่ 3-3 ผลของการเสริมฟัทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวของไก่เนื้อที่เพิ่มในช่วงอายุ 0-6 สัปดาห์



ภาพที่ 3-4 ผลของการเสริมฟัทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวปรับเพศของไก่เนื้อที่เพิ่มในช่วงอายุ 0-6 สัปดาห์



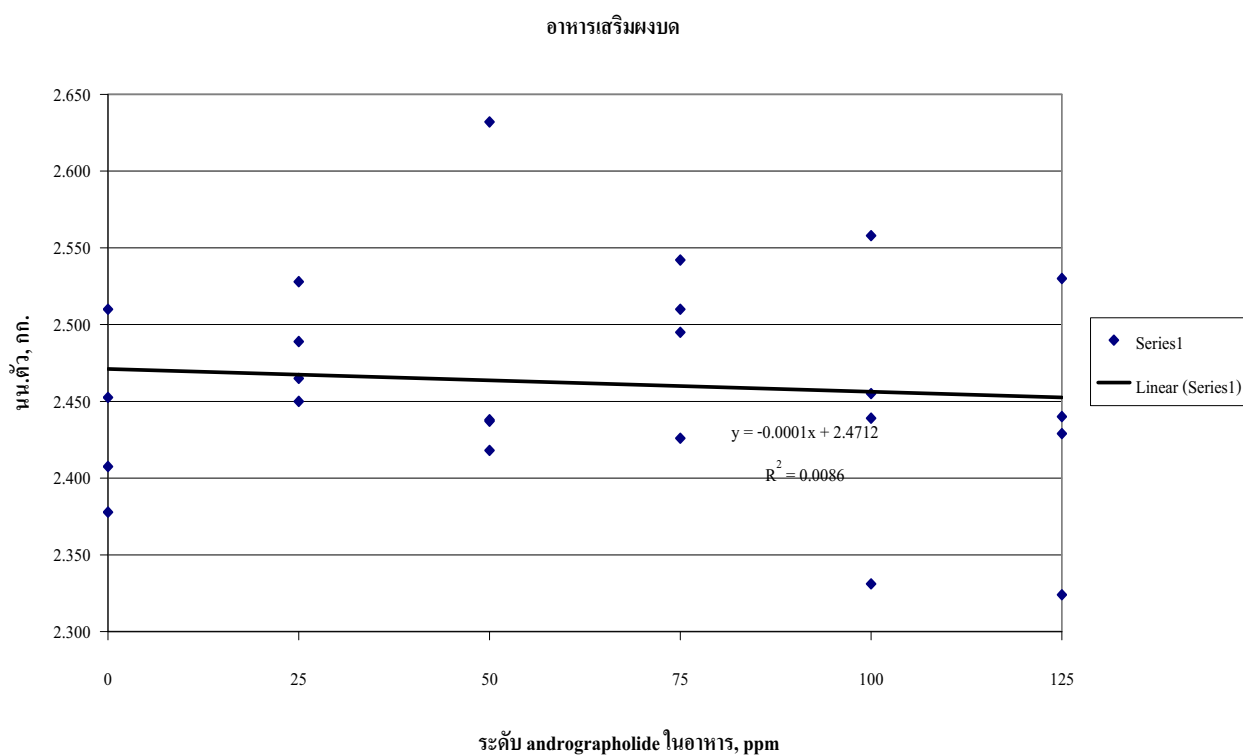
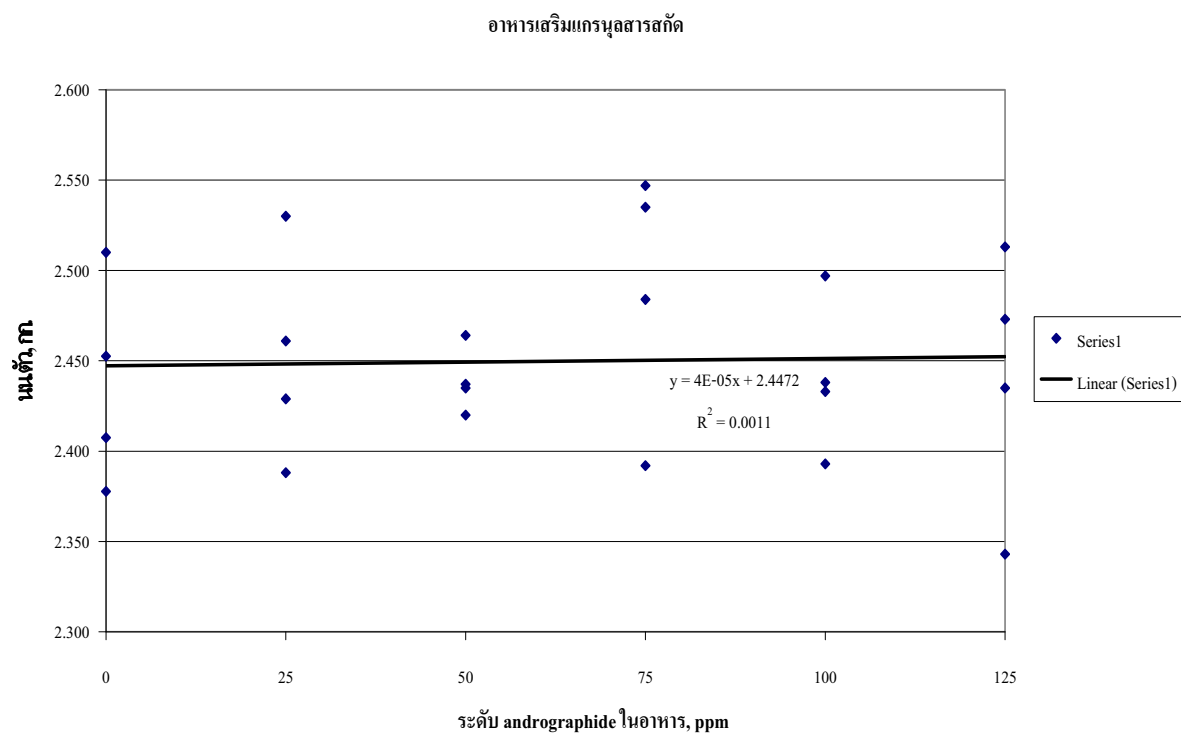
ภาพที่ 3-5 ผลของการเสริมฟืทะเลลายโจรในอาหารต่อปริมาณการกินอาหารของไก่เนื้อ ในช่วงอายุ 0-6 สัปดาห์



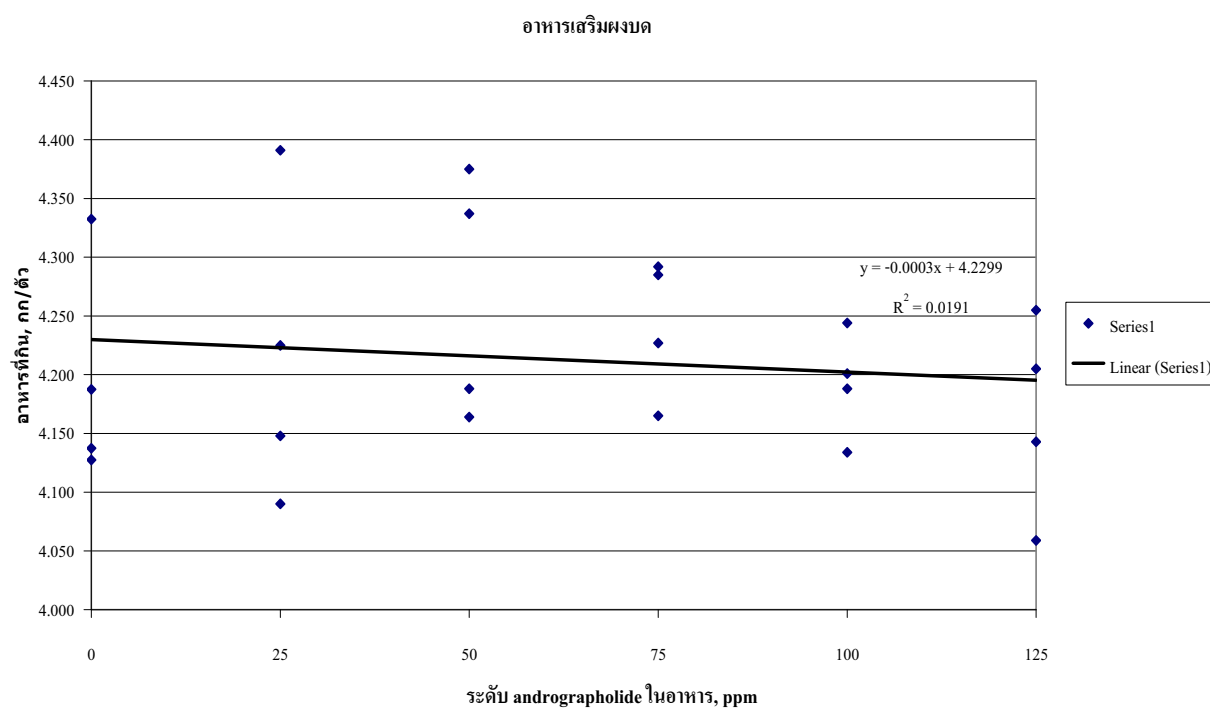
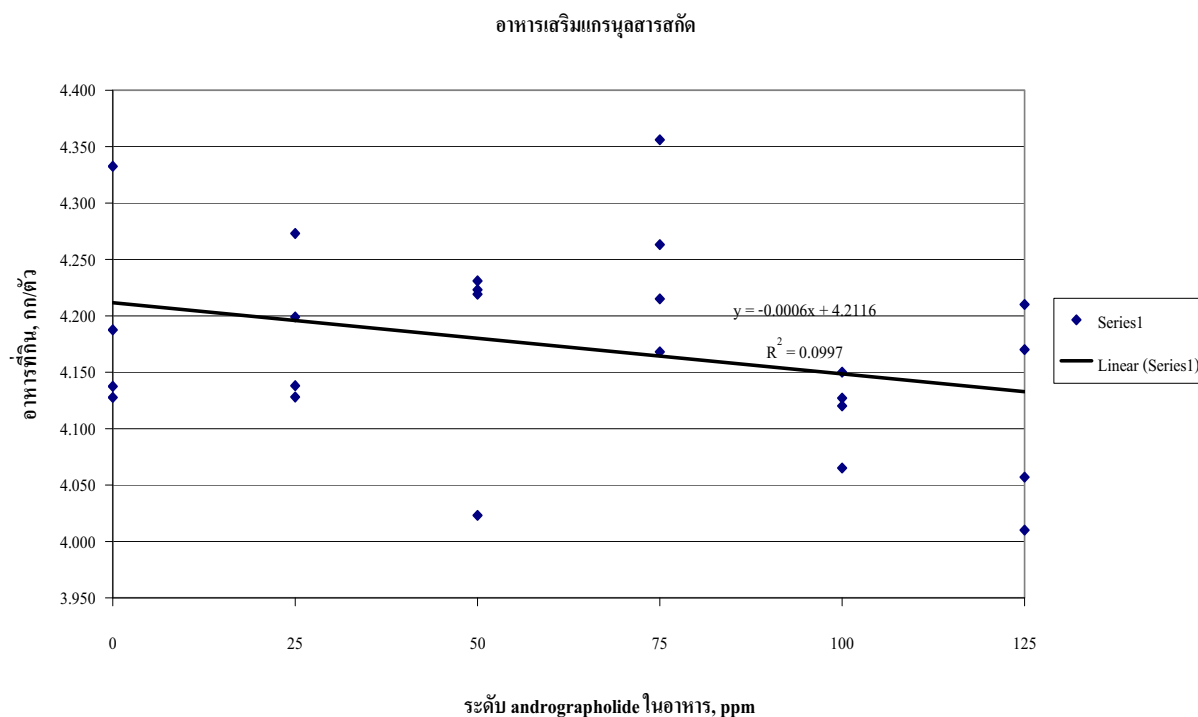
ภาพที่ 3-6 ผลของการเสริมฟืทะเลลายโจรในอาหารต่ออัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้อ ในช่วงอายุ 0-6 สัปดาห์

เมื่อทำการวิเคราะห์แนวโน้มการตอบสนองของไก่เนื้ออายุ 0-6 สัปดาห์ต่อระดับ andrographolide ที่เพิ่มขึ้นในอาหาร พบว่าไก่ที่กินอาหารเสริมสารสกัดมีน้ำหนักตัวคงที่ ($Y = 2.4472 + 0.000005X$) กินอาหารได้น้อยลง ($Y = 4.2114 - 0.0006X$; $P < 0.05$) และใช้อาหารด้วยประสิทธิภาพสูงขึ้น $Y_{FCR} = 1.7526 - 0.0003X$ ($P < 0.05$) เมื่อระดับ andrographolide ในอาหารเพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกันไก่ที่กินอาหารเสริมผงบดฟ้าทะลายโจรที่ให้ andrographolide ในระดับที่สูงขึ้นมีน้ำหนักตัวที่อายุ 42 วัน ลดลงเล็กน้อย ($P > 0.05$) คือลดลงในอัตรา $Y = 2.4712 - 0.0001X$ กก. เนื่องจากกินอาหารได้น้อยลง ($P > 0.05$) ในอัตรา $Y = 4.2299 - 0.0003X$ กก. แต่ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้นเล็กน้อย ($P > 0.05$) คือค่า FCR ลดลงในอัตรา $Y = 1.7432 - 0.00007X$

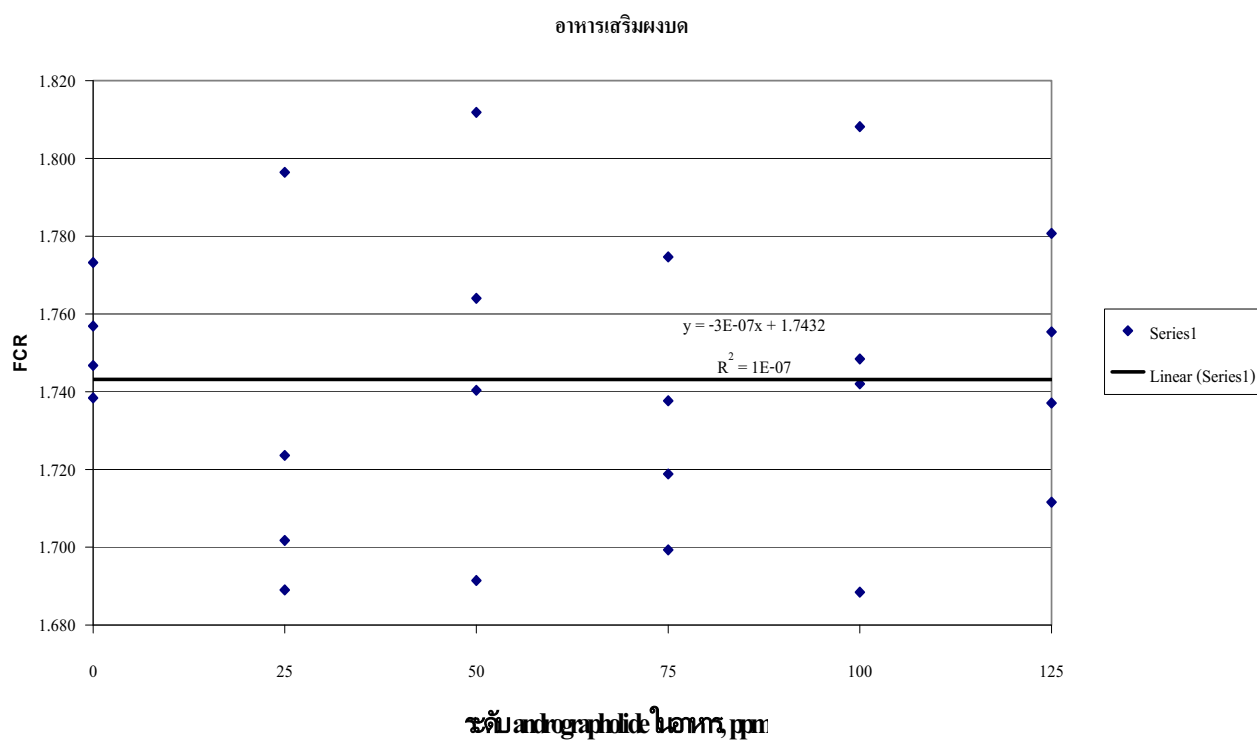
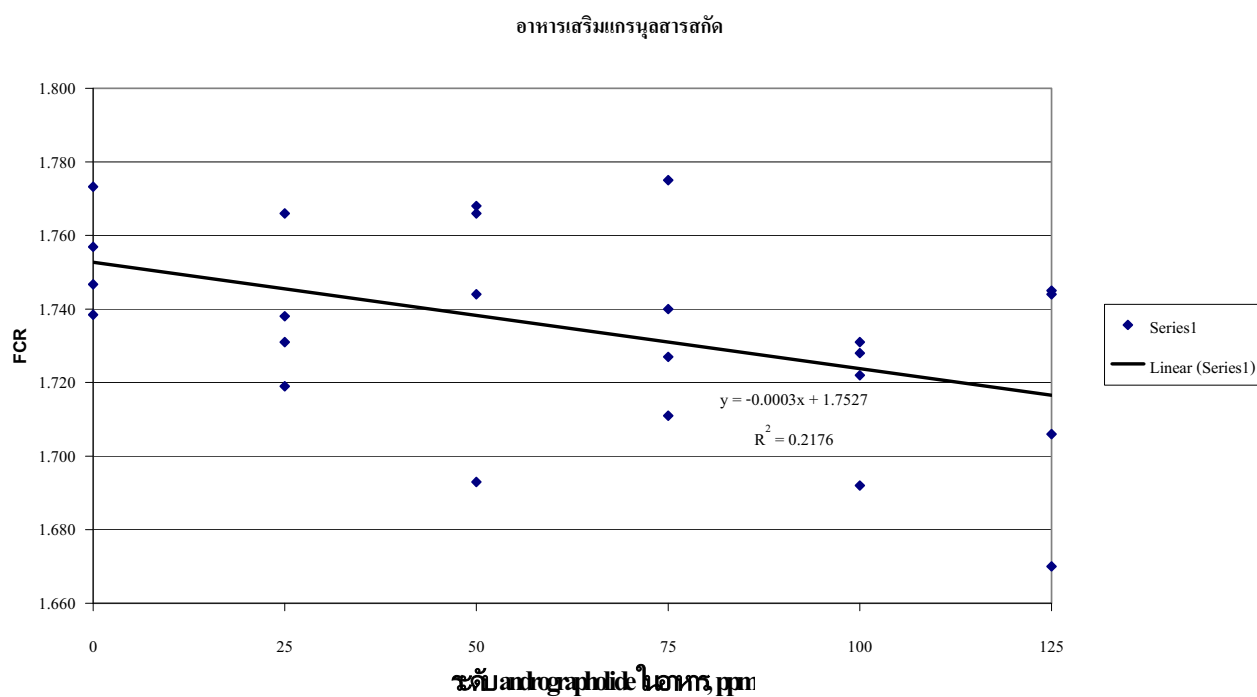
เมื่อพิจารณาผลการตอบสนองเชิงสมรรถนะการผลิตของไก่เนื้อต่อการเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรทดแทนยาปฏิชีวนะเสริมอาหารแล้วพบว่าการเสริมผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรในอาหารไก่เล็กอายุ 0-3 สัปดาห์ที่ระดับ andrographolide จากแกรนูลสารสกัด 12.50 ppm หรือ 25.0 ppm จากผงบดให้ผลดีที่สุด ในขั้นนี้ไม่ควรเสริมผลิตภัณฑ์ในรูปสารสกัด หรือในรูปผงบดที่ให้ andrographolide สูงเกิน 75.0 ppm ของอาหาร เพราะจะมีผลทำให้สมรรถนะการเจริญเติบโตลดลง แต่ในช่วงไก่รุ่น-ขุน อายุ 3-6 สัปดาห์ ระดับการเสริมที่ให้ผลดีคือระดับที่ให้ andrographolide ในอาหาร 12.50 ppm ขึ้นไป โดยจะเสริมในรูปแบบแกรนูลสารสกัดหรือในรูปของผงบดก็ได้ ผลการตอบสนองของไก่รุ่น-ขุน ไม่แตกต่างกัน แต่โดยแนวโน้ม ไก่รุ่น-ขุน ตอบสนองต่อการเสริมอาหารด้วยแกรนูลสารสกัดชัดเจนกว่าการเสริมด้วยผงบด



ภาพที่ 3-7 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตัวของไก่เนื้ออายุ 6 สัปดาห์



ภาพที่ 3-8 ผลของการเสริมฟลาโวลอยด์ในอาหารต่อปริมาณการกินอาหารของไก่เนื้อในช่วงอายุ 0-6 สัปดาห์



ภาพที่ 3-9 ผลของการเสริมฟัทะลายโจรในอาหารต่ออัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้อ ในช่วงอายุ 0-6 สัปดาห์

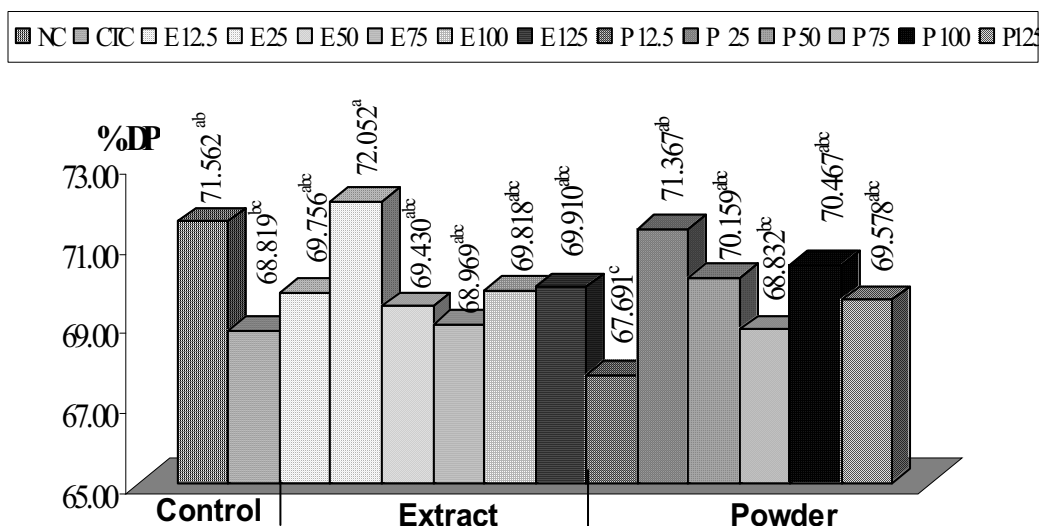
4.5 ผลของการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อคุณภาพซากของไก่เนื้อ

ข้อมูลในตารางที่ 3 และภาพที่ 4-1 ถึง 4-6 สรุปผลของการใช้ผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรทดแทนยาปฏิชีวนะในอาหารไก่เนื้อต่อน้ำหนักซาก เปอร์เซ็นต์ซากแต่ง และน้ำหนักของชิ้นส่วนซากของไก่เนื้ออายุ 42 วัน จากตารางเห็นได้ว่าน้ำหนักซากของไก่เนื้อทดลองก่อนข้างสม่ำเสมอ คือมีน้ำหนักซากเฉลี่ย 1.80 กก. (1.75 ถึง 1.87 กก) กลุ่มที่กินอาหารเสริมแกรนูลสารสกัดมีน้ำหนักซากเฉลี่ย 1.81 กก. (1.76 ถึง 1.87 กก) ในขณะที่กลุ่มกินอาหารเสริมผงบดเฉลี่ย 1.79 กก. (1.75 ถึง 1.86 กก) เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ซากแต่ง พบว่าเปอร์เซ็นต์ซากแต่งของไก่ทดลองไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) โดยไก่กลุ่มกินอาหารเสริมแกรนูลสารสกัดมีเปอร์เซ็นต์ซากแต่ง 69.99% กลุ่มเสริมผงบด 69.68% ในขณะที่กลุ่มควบคุมลบบมี 71.56% และกลุ่ม CTC 68.82% เมื่อตรวจสอบความแตกต่างเป็นรายคู่กลุ่มทดลองตามวิธี DMRT พบว่าเปอร์เซ็นต์ซากแต่งของไก่กลุ่มกินอาหารที่มี andrographolide 25.0 ppm มีเปอร์เซ็นต์ซากแต่งสูงกว่ากลุ่มเสริมผงบด 12.5 ppm และกลุ่ม CTC ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ จากกลุ่มอื่น ๆ

Table 3. Effect of dietary substitution of creat (*Andrographis paniculata*) products for AGP's on carcass characteristics of 42-day-old broilers.

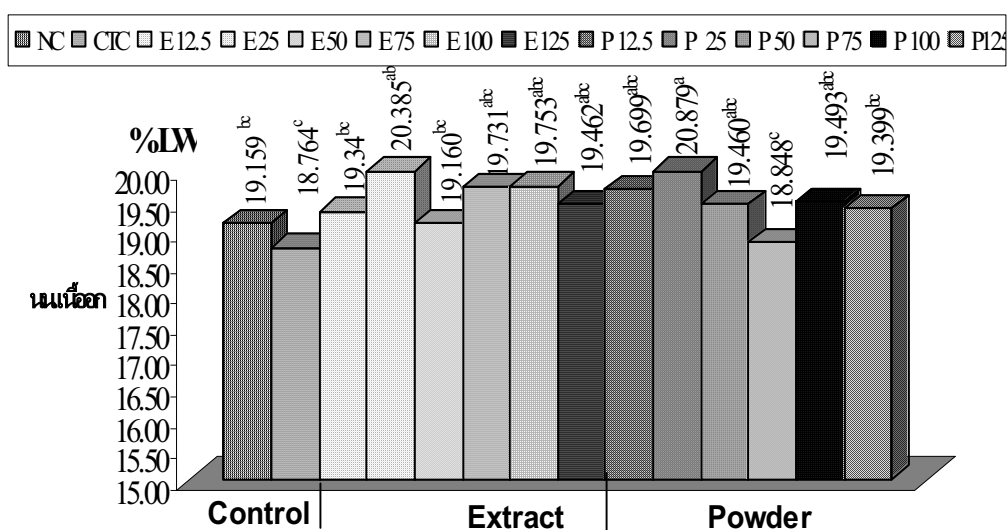
Treatment	Weight,kg		Dressing %	Meat cuts, % LW				
	Live	Carcass		Breast	Thigh	Drumstick	Wing	Abd.fat
Negative control	2.866	1.828	71.56 ^{ab}	19.16 ^{bc}	12.86	9.75	7.90 ^{ab}	2.068 ^{ab}
CTC 60 ppm	2.849	1.796	68.82 ^{bc}	18.76 ^c	12.75	9.91	7.49 ^{ab}	1.692 ^{ab}
E 12.50	2.872	1.814	69.76 ^{abc}	19.34 ^{bc}	12.61	10.17	7.75 ^{ab}	1.923 ^{ab}
E 25.0	2.772	1.836	72.05 ^a	20.39 ^{ab}	12.71	10.57	8.11 ^a	1.918 ^{ab}
E 50.0	2.916	1.866	69.43 ^{abc}	19.16 ^{bc}	12.14	9.97	7.44 ^b	2.047 ^{ab}
E 75.0	2.819	1.787	68.97 ^{abc}	19.73 ^{abc}	12.02	9.79	7.48 ^b	1.926 ^{ab}
E 100.0	2.816	1.788	69.82 ^{abc}	19.75 ^{abc}	12.75	10.22	7.84 ^{ab}	1.971 ^{ab}
E 125.0	2.734	1.759	69.91 ^{abc}	19.46 ^{abc}	12.35	9.96	7.87 ^{ab}	2.018 ^{ab}
เฉลี่ยกลุ่ม E	2.822	1.808	69.99	19.64	12.43	10.11	7.75	1.967
P 12.50	2.834	1.754	67.69 ^c	19.70 ^{abc}	12.92	9.81	7.47 ^b	2.017 ^{ab}
P 25.0	2.853	1.864	71.37 ^{ab}	20.88 ^a	12.36	9.88	7.88 ^{ab}	1.590 ^b
P 50.0	2.781	1.774	70.16 ^{abc}	19.46 ^{abc}	12.89	10.47	7.98 ^{ab}	2.143 ^a
P 75.0	2.819	1.781	68.83 ^{bc}	18.85 ^c	12.48	9.75	7.63 ^{ab}	1.956 ^{ab}
P 100.0	2.766	1.767	70.47 ^{abc}	19.49 ^{abc}	12.59	10.47	7.93 ^{ab}	1.732 ^{ab}
P 125.0	2.822	1.813	69.58 ^{abc}	19.40 ^{bc}	12.32	10.14	7.68 ^{ab}	2.073 ^{ab}
เฉลี่ยกลุ่ม P	2.812	1.792	69.68	19.63	12.59	10.08	7.76	1.918
C.V., %	-	-	2.72	4.55	5.18	4.57	4.83	15.02

^{a,b,c} Means within a column bearing different superscripts significantly differ at $P<0.05$



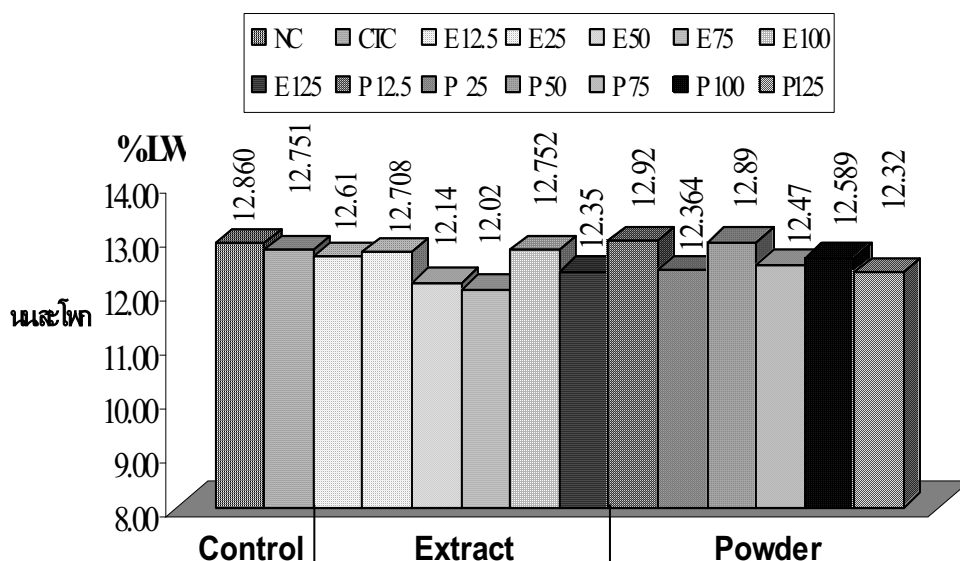
ภาพที่ 4-1 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อ %DP ของไก่เนื้อ

เมื่อพิจารณาผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักเนื้อมากของไก่เนื้อ ข้อมูลในตารางที่ 3 และภาพที่ 4-2 ซึ่งให้เห็นว่าเนื้อมากของไก่เนื้อกลุ่มที่กินอาหารเสริมฟ้าทะลายโจรทั้งสองรูปแบบมีน้ำหนักชิ้นส่วนเนื้อมากเฉลี่ย (กลุ่มแกรนูล 19.64% LW และกลุ่มผงบด 19.63% LW) ไม่แตกต่างจากกลุ่ม NC (19.16%) และกลุ่ม CTC (18.76%) แต่เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ตามวิธี DMRT ไก่กลุ่มที่กินอาหารเสริมฟ้าทะลายโจรทั้งสองรูปแบบที่ระดับ andrographolide 25.0 ppm มีน้ำหนักเนื้อมาก (20.39 และ 20.88% LW) มากกว่า ($P < 0.05$) กลุ่ม CTC (18.76%) และกลุ่มเสริมผงบด 75 ppm (18.85% LW) แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญจากกลุ่มอื่น ๆ

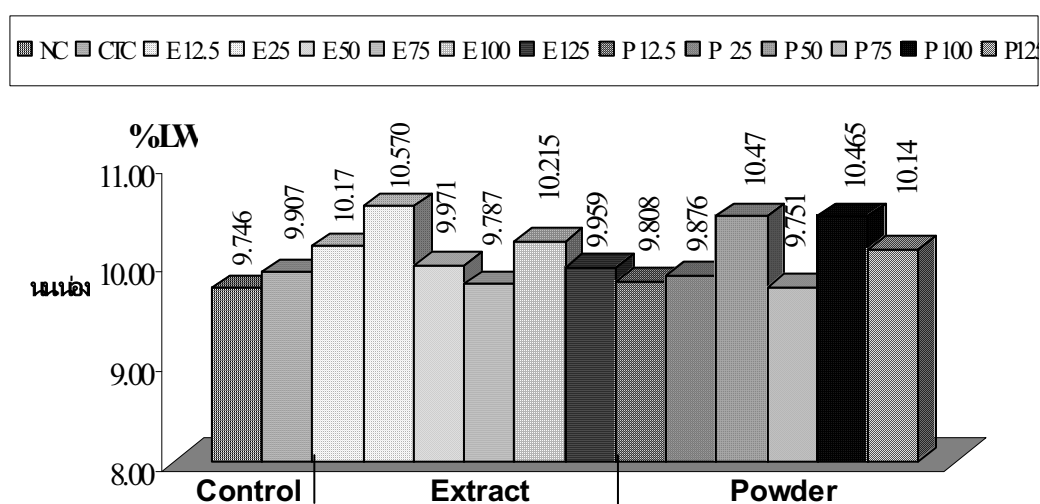


ภาพที่ 4-2 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักเนื้อมากของไก่เนื้อ

ข้อมูลในตารางที่ 3 และภาพที่ 4-3 และ 4-4 แสดงผลของการเสริมผลิตภัณฑ์ฟัทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักเนื้อสะโพก และเนื้อของไก่เนื้อ ข้อมูลในตารางชี้ให้เห็นว่าไก่กลุ่มกินแกรนูลสารสกัดมีน้ำหนักเนื้อสะโพกและเนื้อเฉลี่ย 12.43 และ 10.11% ของน้ำหนักมีชีวิตในขณะที่กลุ่มเสริมผงบดมีค่าเฉลี่ย 12.59 และ 10.08% เทียบกับกลุ่ม NC 12.86 และ 9.75% และกลุ่ม CTC เฉลี่ย 12.75 และ 9.91% ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ปรากฏว่าไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง

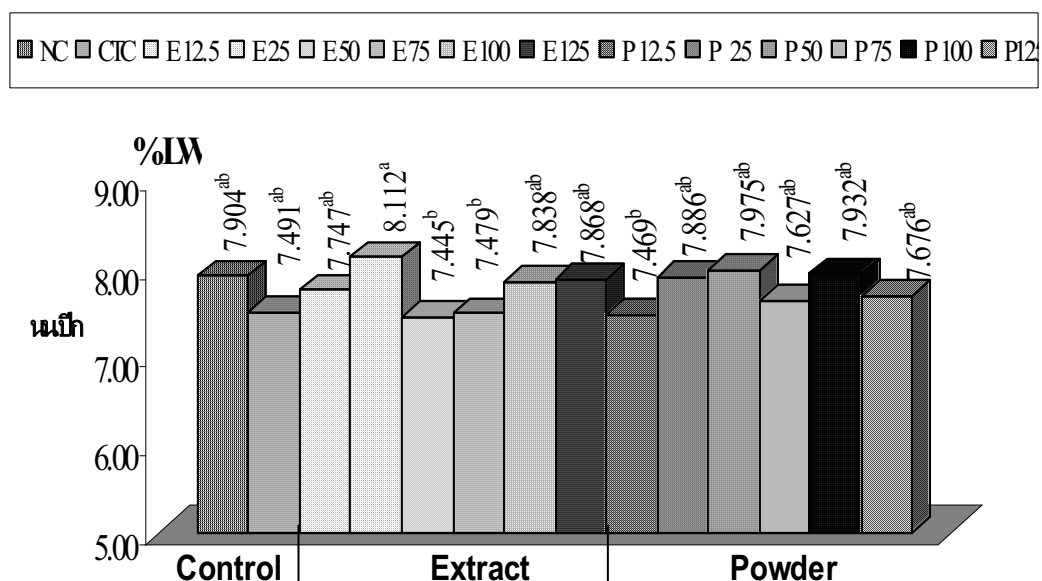


ภาพที่ 4-3 ผลของการเสริมฟัทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักเนื้อสะโพกของไก่เนื้อ



ภาพที่ 4-4 ผลของการเสริมฟัทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักเนื้อของไก่เนื้อ

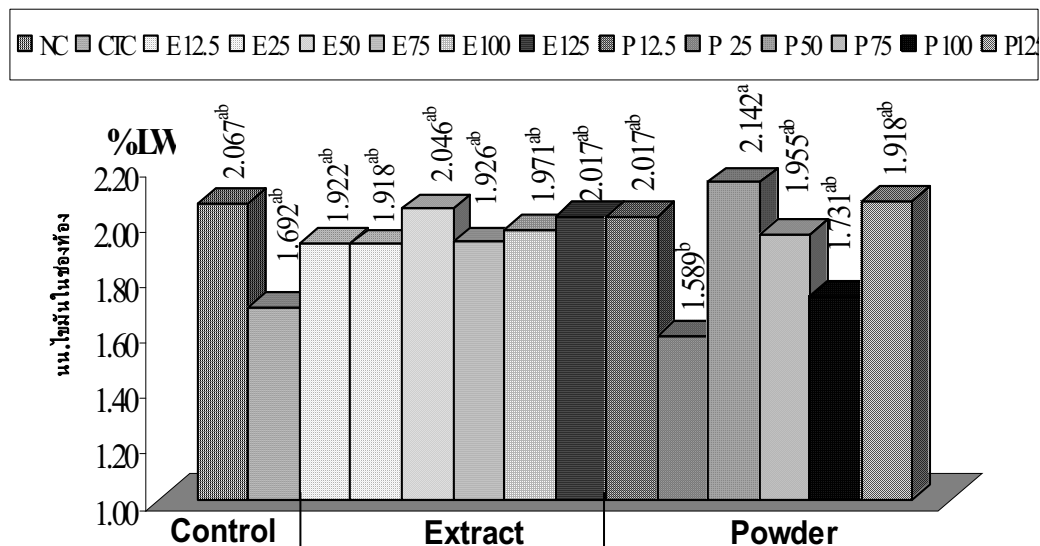
ข้อมูลในตารางที่ 3 และภาพที่ 4-5 แสดงผลของการเสริมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรต่อน้ำหนักเนื้อปึก ข้อมูลในตารางแสดงให้เห็นว่าน้ำหนักเนื้อปึกของไก่กลุ่มกินแกรนูลสารสกัดเฉลี่ย 7.45% LW และกลุ่มกินอาหารเสริมผงบดเฉลี่ย 7.76% ไม่แตกต่างจากกลุ่ม NC (7.90%) และกลุ่ม CTC (7.49%) อย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อมาเปรียบเทียบรายคู่กลุ่มทดลองตามวิธีการ DMRT พบว่า น้ำหนักเนื้อปึกของไก่กลุ่ม E₂₅ สูงกว่ากลุ่ม E₅₀, E₇₅, และ P_{12.5} อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ความแตกต่างดังกล่าวไม่ได้แสดงแนวโน้มอิทธิพลของระดับ andrographolide ในอาหารที่มีทิศทางชัดเจนใด ๆ



ภาพที่ 4-5 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักเนื้อปึกของไก่เนื้อ

ข้อมูลในตารางที่ 3 และภาพที่ 4-6 แสดงผลของการเสริมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรต่อน้ำหนักของไขมันภายในช่องท้องของไก่เนื้อ ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าน้ำหนักไขมันในช่องท้องไก่เนื้อกลุ่มกินอาหารเสริมแกรนูลสารสกัดมีค่าเฉลี่ย 1.967 % LW ในขณะที่กลุ่มกินอาหารเสริมผงบดเฉลี่ย 1.918% ไม่แตกต่างจากกลุ่ม NC (2.068%) และกลุ่ม CTC (1.692%) อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทำการเปรียบเทียบน้ำหนักไขมันภายในช่องท้องระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี DMRT พบว่าไก่กลุ่ม P₅₀ มีน้ำหนักไขมันช่องท้อง 2.143% LW สูงกว่ากลุ่ม P₂₅ (1.590%) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เป็นที่น่าสังเกตว่าไก่กลุ่ม P₂₅ มีน้ำหนักเนื้ออกสูงสุดและมีปริมาณไขมันในช่องท้องต่ำสุด ในขณะที่กลุ่มที่มีเนื้ออกสูงกลุ่มอื่น อาทิ E₂₅, E₁₀₀, E₁₂₅ และ P_{12.5} กลับมีปริมาณไขมันในช่องท้องมิได้ต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ ชัดเจน อีกทั้งค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (CV) ของน้ำหนักไขมันช่องท้องสูง แสดงถึงความผันแปรของน้ำหนักไขมันในช่องท้องสูง ทั้งนี้อาจเกิดจากการแยกไขมันในช่องท้องออกจากซากอาจไม่หมดจดทุกตัวทำให้มีความผันแปรสูง หากจะใช้น้ำหนักของไขมันในช่องท้องมาชี้บ่งแนวโน้มของการตอบสนองต่อปัจจัยกำหนดกลุ่มทดลอง (อาทิระดับของ andrographolide)

การเก็บข้อมูลในส่วนนี้ควรจะต้องพิถีพิถันกว่าที่เป็นในการทดลองนี้ ผลจากการทดลองนี้ปริมาณไขมันในช่องท้องไม่ได้ชี้บ่งแนวโน้มของอิทธิพลของ andrographolide ในอาหารที่ชัดเจน



ภาพที่ 4-6 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักของไขมันในช่องท้องของไก่เนื้อ

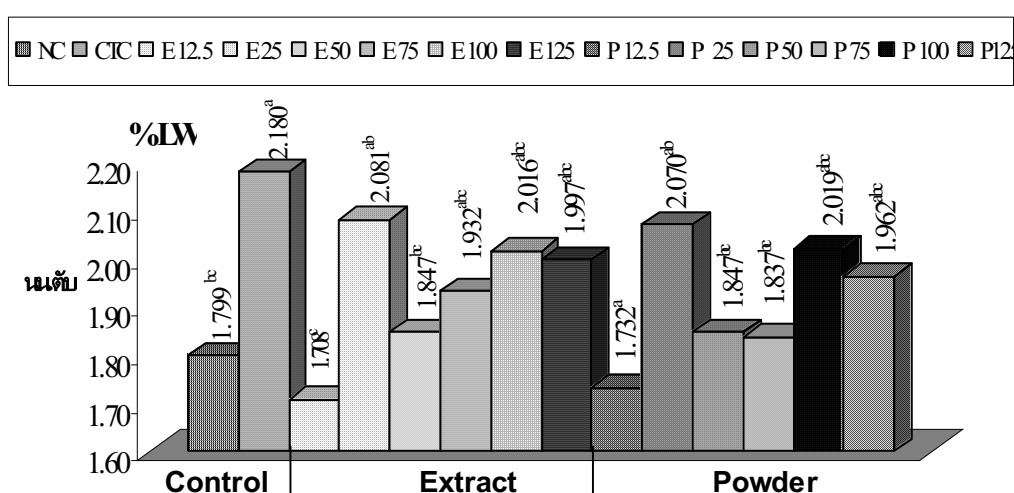
4.6 ผลของการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักอวัยวะภายในของไก่เนื้อ

ข้อมูลในตารางที่ 4 และภาพที่ 5-1 ถึง 5-6 สรุปผลของการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรฟ้าทะลายโจรทดแทนยาปฏิชีวนะในอาหารต่อน้ำหนักของอวัยวะภายในที่สำคัญของไก่เนื้ออายุ 42 วัน ข้อมูลแสดงให้เห็นว่า น้ำหนักตับของไก่กลุ่มกินอาหารเสริม CTC (2.180% LW) มีน้ำหนักสูงที่สุด ตามมาด้วยกลุ่มที่กินอาหารเสริมแกรนูลสารสกัด (1.930%) กลุ่มกินอาหารเสริมผงบด (1.911%) และกลุ่ม NC เจลลี่ต่ำสุด (1.799) ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยตับของไก่กลุ่ม CTC, E₂₅ และ P₂₅ มีน้ำหนักสูงที่สุด สูงกว่ากลุ่ม E_{12.5} และ P_{12.5} อย่างมีนัยสำคัญ แต่สูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เมื่อพิจารณาถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตับไปกับระดับของ andrographolide เทียบกับกลุ่ม NC ปรากฏว่าไม่พบแนวโน้มที่มีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับกลุ่ม CTC พบว่าเมื่อระดับของ andrographolide ในอาหารเพิ่มขึ้น น้ำหนักตับของไก่ทดลองจะลดลงจากของของกลุ่ม CTC ในรูปของสมการเส้นตรง ($P_{\text{line}} < 0.05$) และโค้งยกกำลังสาม ($P_{\text{cub}} < 0.05$) ไม่ว่า andrographolide จะมาจากแกรนูลสารสกัดหรือผงบด

Table 4. Effect of dietary substitution of creat (*Andrographis paniculata*) products for AGP's on selected organs of 42-day-old broilers.

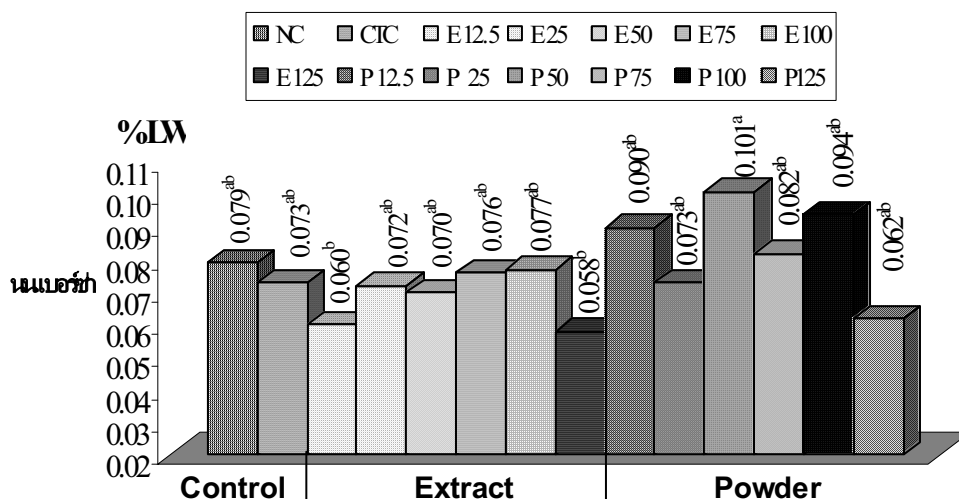
Treatment	Weight, % LW					
	Liver	Bursa	Spleen	Provent	Gizzard	Heart
Negative control	1.799 ^{bc}	0.079 ^{ab}	0.108 ^b	0.277 ^b	1.117 ^b	0.336
CTC 60 ppm	2.180 ^a	0.073 ^{ab}	0.162 ^a	0.294 ^{ab}	1.161 ^{ab}	0.368
E 12.50	1.708 ^c	0.060 ^b	0.104 ^b	0.276 ^b	1.184 ^{ab}	0.340
E 25.0	2.081 ^{ab}	0.072 ^{ab}	0.106 ^b	0.298 ^{ab}	1.298 ^a	0.349
E 50.0	1.847 ^{bc}	0.070 ^{ab}	0.119 ^b	0.281 ^b	1.209 ^{ab}	0.328
E 75.0	1.932 ^{abc}	0.076 ^{ab}	0.119 ^b	0.334 ^a	1.209 ^{ab}	0.338
E 100.0	2.016 ^{abc}	0.077 ^{ab}	0.112 ^b	0.306 ^{ab}	1.239 ^{ab}	0.343
E 125.0	1.997 ^{abc}	0.058 ^b	0.126 ^{ab}	0.278 ^b	1.252 ^{ab}	0.349
เฉลี่ยกลุ่ม E	1.930	0.069	0.114	0.296	1.232	0.341
P 12.50	1.732 ^c	0.090 ^{ab}	0.104 ^b	0.287 ^{ab}	1.123 ^b	0.338
P 25.0	2.070 ^{ab}	0.073 ^{ab}	0.135 ^{ab}	0.285 ^{ab}	1.191 ^{ab}	0.338
P 50.0	1.847 ^{bc}	0.101 ^a	0.117 ^b	0.266 ^b	1.197 ^{ab}	0.338
P 75.0	1.837 ^{bc}	0.082 ^{ab}	0.109 ^b	0.307 ^{ab}	1.240 ^{ab}	0.327
P 100.0	2.019 ^{abc}	0.094 ^{ab}	0.131 ^{ab}	0.293 ^{ab}	1.172 ^{ab}	0.351
P 125.0	1.962 ^{abc}	0.062 ^{ab}	0.137 ^{ab}	0.296 ^{ab}	1.173 ^{ab}	0.349
เฉลี่ยกลุ่ม P	1.911	0.084	0.122	0.289	1.183	0.340
C.V., %	9.87	30.13	21.07	10.26	7.01	11.90

^{a,b,c} Means within a column bearing different superscripts significantly differ at P<0.05



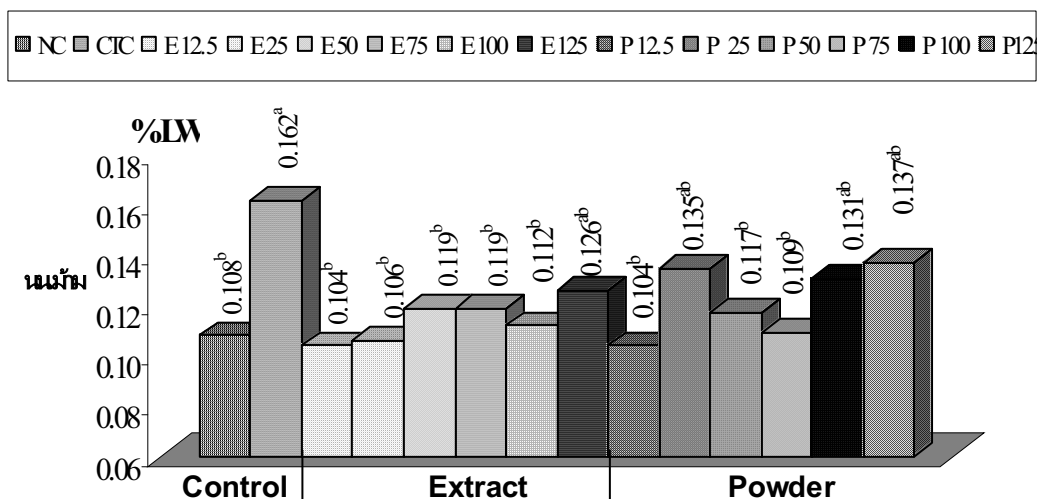
ภาพที่ 5-1 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักตับของไก่เนื้อ

ข้อมูลในตารางและภาพที่ 5-2 แสดงผลของระดับ andrographolide ในอาหารต่อน้ำหนักของต่อมเบอ์ซ่า ในภาพรวม ไก่ที่กินอาหารเสริมผงบดมีน้ำหนักเบอ์ซ่า 0.084% LW ใกล้เคียงกับกลุ่ม NC (0.079%) แต่สูงกว่ากลุ่มเสริมแกรนูลสารสกัด (0.069%) และกลุ่ม CTC (0.073%) อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) เมื่อมาเปรียบเทียบเป็นรายคู่พบว่าเบอ์ซ่าของไก่กลุ่ม P_{50} มีน้ำหนักมากกว่ากลุ่ม $E_{12.5}$ และ E_{125} อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) จากการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเบอ์ซ่าไปกับระดับของ andrographolide ในอาหาร ปรากฏว่าไม่พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ



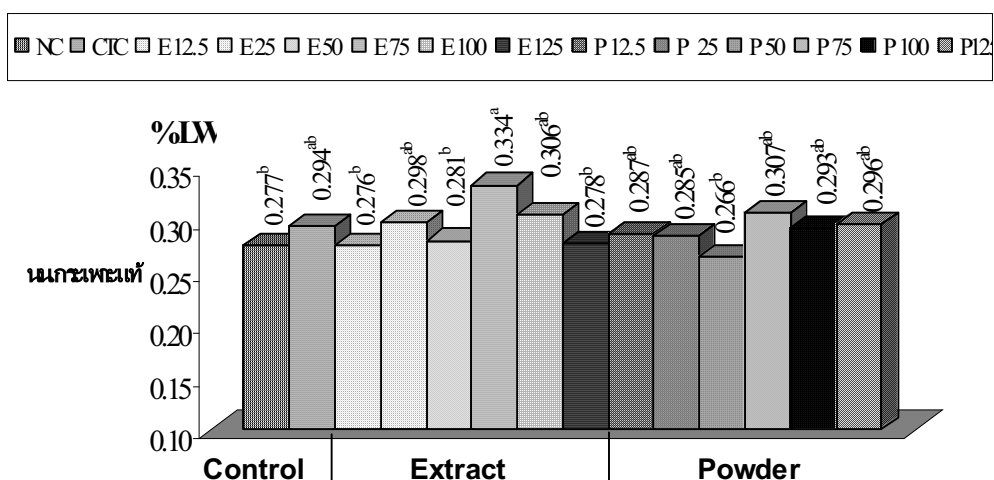
ภาพที่ 5-2 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักเบอ์ซ่าของไก่เนื้อ

ผลของระดับ andrographolide ในอาหารต่อน้ำหนักของม้าม ข้อมูลในตาราง และภาพที่ 5-3 แสดงให้เห็นว่า น้ำหนักเฉลี่ยของม้ามไก่เนื้อที่กินอาหารเสริม CTC (0.162% LW) สูงกว่าม้ามของไก่กลุ่ม NC (0.108%) กลุ่มกินอาหารเสริมแกรนูลสารสกัด (0.114%) และกลุ่มเสริมผงบด (0.122%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ พบว่าน้ำหนักของม้ามไก่กลุ่ม CTC ใกล้เคียงกับกลุ่ม $E_{12.5}$, P_{25} , P_{100} และ P_{125} ($P>0.05$) และสูงกว่ากลุ่มที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในขณะที่สีกลุ่มหลังแตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) เมื่อตรวจสอบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักม้ามเทียบกับกลุ่ม NC ปรากฏว่าการเพิ่มระดับ andrographolide ในอาหารให้สูงขึ้นไม่มีผลทำให้น้ำหนักม้ามแตกต่างจากกลุ่ม NC ($P>0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม CTC ระดับ andrographolide จากแกรนูลสารสกัดที่เพิ่มขึ้นในอาหารมีผลทำให้น้ำหนักม้ามลดลงจากกลุ่ม CTC ในลักษณะเส้นตรง ($P_{lin}<0.05$) และโค้งกำลังสาม ($P_{cub}<0.05$) ในขณะที่ andrographolide จากผงบดมีผลทำในลักษณะเดียวกันแต่ระดับความสัมพันธ์ในการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักม้ามไม่ถึงระดับที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

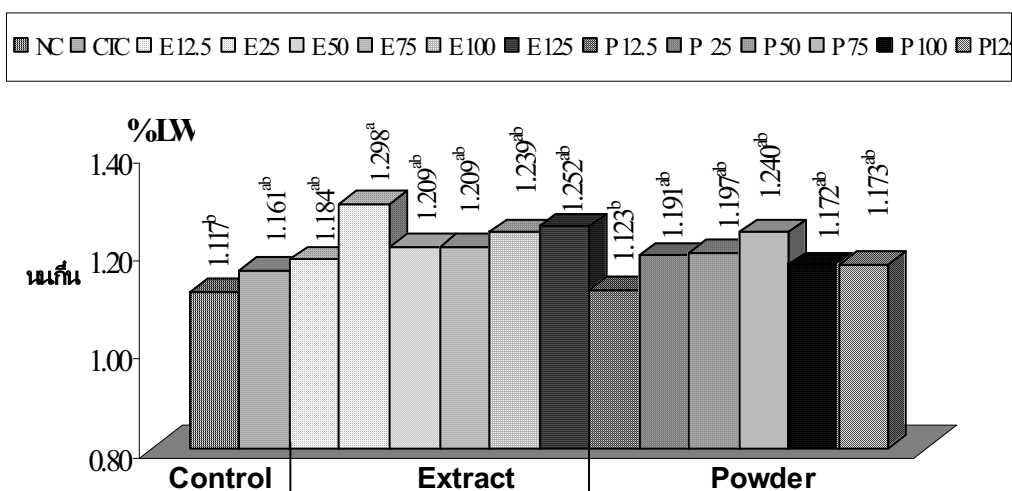


ภาพที่ 5-3 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักม้ามของไก่เนื้อ

ข้อมูลในตารางที่ 4 และภาพที่ 5-4 ถึง 5-5 แสดงผลของการเสริม andrographolide ในอาหารที่มีต่อน้ำหนักของกระเพาะแท้ (Proventriculus) และกึ๋นของไก่เนื้ออายุ 42 วัน จากตาราง พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของกระเพาะแท้และกึ๋นของไก่กลุ่ม NC (0.277 และ 1.117% LW) กลุ่ม CTC (0.294 และ 1.161%) กลุ่มเสริมแกรนูโลสารสกัด (0.296 และ 1.232%) และกลุ่มเสริมผงบด (0.289 และ 1.183%) ไม่แตกต่างกันมาก ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ของกลุ่มทดลอง พบว่าน้ำหนักกระเพาะแท้ของกลุ่ม andrographolide 75 ppm (E_{75} และ P_{75}) มีน้ำหนักค่อนข้างสูง สูงกว่ากลุ่ม NC, $E_{12.5}$, E_{50} , E_{125} , และ P_{50} อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในขณะที่น้ำหนักกึ๋นของกลุ่ม E_{25} สูงกว่ากลุ่ม NC และ $P_{12.5}$ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อตรวจสอบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักกระเพาะแท้และกึ๋นไปกับการเปลี่ยนแปลงระดับ andrographolide ในอาหาร ปรากฏว่าน้ำหนักกระเพาะแท้ของไก่ที่ได้รับ andrographolide จากแกรนูโลสารสกัดในระดับสูงขึ้น เพิ่มน้ำหนักขึ้นสูงกว่ากลุ่ม NC ในลักษณะโค้งกำลังสอง ($P_{\text{quad}}<0.05$) โดยมีจุดน้ำหนักสูงสุดอยู่ที่กลุ่ม E_{75} นอกจากความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้แล้ว ระดับ andrographolide ในอาหารไม่ว่าได้จากแกรนูโลสารสกัดหรือจากผงบด จะไม่มีผลทำให้น้ำหนักของกระเพาะแท้หรือกึ๋นเปลี่ยนแปลงไปจากกลุ่มควบคุมทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 5-4 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักกระเพาะแท้ของไก่เนื้อ



ภาพที่ 5-5 ผลของการเสริมฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักถิ่นของไก่เนื้อ

ผลของการเสริมสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในอาหารต่อน้ำหนักหัวใจของไก่เนื้อแสดงอยู่ในตารางที่ 4 และภาพที่ 5-6 ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระดับ andrographolide และรูปแบบของผลิตภัณฑ์ฟ้าทะลายโจรไม่มีผลต่อน้ำหนักของหัวใจ ($P>0.05$) น้ำหนักหัวใจไก่ทดลองมีพิสัยระหว่าง 0.336% LW (กลุ่ม NC) ถึง 0.368% LW (กลุ่ม CTC) ในขณะที่กลุ่มกินอาหารเสริมฟ้าทะลายโจรทั้ง 2 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักของหัวใจใกล้เคียงกันที่ 0.340 และ 0.341% ของน้ำหนักที่มีชีวิต