



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการวิจัยเรื่อง

การใช้กากสบู่ดำจากขบวนการผลิตไบโอดีเซลเป็นแหล่งโปรตีนและ
พลังงานในอาหารสัตว์ปีกและสุกร

Utilization of Physic Nut (*Jatropha curcas* L.) Meal from Bio-diesel
Processing as Protein and Energy Sources in
Poultry and Swine Diets

จัดทำโดย

- | | |
|------------------------------|----------------|
| ๑. รศ.ดร. สุขน | ตั้งทวีวิพัฒน์ |
| ๒. รศ.ดร. บุญล้อม | ชีวะอิสระกุล |
| ๓. นางสาวมันทนา | แก้วมา |
| ๔. นางสาวกัญญารัตน์ พวงเจริญ | |
| ๕. นางสาวฐิติมา | ทรงคุณ |

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๔

รองศาสตราจารย์ ดร. สุชน ตั้งทวีพัฒน์

ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน :

- ❖ หัวหน้าภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ
- ❖ กรรมการสภาพนักงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สมัยที่ 2
- ❖ รองประธานฝ่ายส่งเสริมและพัฒนาปศุสัตว์ มูลนิธิโครงการหลวง
- ❖ ที่ปรึกษาคณะกรรมการบริหาร สมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย สาขาภาคเหนือ



ประวัติการศึกษา

- ❖ ปริญญาตรี : วท.บ. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ❖ ปริญญาโท : วท.ม. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ❖ ปริญญาเอก : Ph.D. (Poultry Nutrition) Ehime University, Japan

ประสบการณ์การทำงาน

- 2523-2527 ผู้ช่วยผู้จัดการฟาร์ม และผู้จัดการฟาร์มไก่เนื้อและไก่พ่อแม่พันธุ์ (บริษัทเอกชน)
- 2536-2540 รองหัวหน้าภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- 2547-2548 รองคณบดี คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- 2547-2551 ประธาน คณะกรรมการบริหารสมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย สาขาภาคเหนือ
- 2549-2551 รองประธานสภาอาจารย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สมัยที่ 26
- 2551-2554 รองประธานสภาพนักงานและประธานสภาพนักงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สมัยที่ 1
- 2553-2554 กรรมการสภามหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เกียรติยศและรางวัลที่ได้รับ

รางวัล “ชมเชย” ผลงานวิจัยเรื่อง

- การใช้ถั่วมะแฮะเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารไก่เนื้อ (2532)
- ผลการตอบสนองต่ออาหารที่มีระดับโปรตีนและพลังงานต่างกันของไก่ญี่ปุ่น (2536)

รางวัล “กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ดีเด่น” เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพของกากมะพร้าวโดยเอนไซม์เพื่อใช้ในการผลิตอาหารสัตว์ (2536)

รางวัล “นักสัตวบาลดีเด่น สายวิชาการ” (2548)

รางวัลที่ 1 จากการประกวดสิ่งประดิษฐ์คิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี 2551 ในหัวข้อ เครื่องจักรกลพลังงานและสิ่งแวดล้อมทางการเกษตร จัดโดย กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีร่วมกับมูลนิธิธนาคารกรุงเทพ โดยใช้ชื่อผลงานว่า “ถุงหมักก๊าซชีวภาพพีวีซี”

ผลงานด้านวิชาการ

- ❖ งานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่ จำนวนกว่า 100 เรื่อง และบทความทางวิชาการ จำนวนกว่า 25 เรื่อง
- ❖ โครงการวิจัยที่รับผิดชอบ (เป็นหัวหน้าโครงการ จำนวนกว่า 25 เรื่อง) เช่น
 - บัณฑิตที่มีผลต่อการพักและระดับโภชนะที่เหมาะสมสำหรับนกกระจอกเทศ (2546-2549)
 - การผลิตไก่ฟ้าเพื่อเป็นทางเลือกใหม่สำหรับสัตว์ปีกเศรษฐกิจ (2547-2548)
 - การผลิตไก่เบอร์สเพื่อเป็นสัตว์ปีกทางเลือกสำหรับเกษตรกรในพื้นที่สูง มูลนิธิโครงการหลวง (2550)
 - การผลิตสุกรร่วมกับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ (2551-2552)
 - การใช้กากสับุดำจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลเป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานในอาหารสัตว์ (2553-2554)
- ❖ โครงการบริการวิชาการที่รับผิดชอบ (เป็นหัวหน้าโครงการ) เช่น
 - การปรับปรุงมาตรฐานการเลี้ยงสัตว์ปีกองเกษตรกรรายย่อยและกลางในภาคเหนือตอนบน (2548-2552)
 - การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อลดปัญหามลภาวะและเป็นแหล่งพลังงานทดแทน (2549-2554)

สถานที่ทำงาน

- ❖ ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทร 0 5394 4070-74 ต่อ 111
e-mail : suchon.t@cmu.ac.th, agani002@gmail.com.

600 512014



ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



246145

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยเรื่อง

การใช้กากสบู่ดำจากขบวนการผลิตไบโอดีเซลเป็นแหล่งโปรตีนและ
พลังงานในอาหารสัตว์ปีกและสุกร

Utilization of Physic Nut (*Jatropha curcas* L.) Meal from Bio-diesel
Processing as Protein and Energy Sources in
Poultry and Swine Diets

จัดทำโดย

๑. รศ.ดร. สุขชน ตั้งทวีวิวัฒน์
๒. รศ.ดร. บุญล้อม ชีวะอิสระกุล
๓. นางสาวมันทนา แก้วมา
๔. นางสาวกัญญารัตน์ พวงเจริญ
๕. นางสาวฐิติมา ทรงคุณ

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๔

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยฯ ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้ช่วยดำเนินการ และอำนวยความสะดวกในเรื่องทุนวิจัย รวมถึงตลอดถึงภาคีวิชาฯ ศูนย์/สถานี เจ้าหน้าที่ทุกๆ ท่าน ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัย สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คณะผู้วิจัย

กากสบู่ดำ (Physic nut meal; *Jatropha curcas* meal) ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือทางการเกษตรจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล เมื่อนำไปผ่านกระบวนการลดสารพิษด้วยวิธีต่างๆ ทั้ง ๑๐ วิธีเมื่อใช้กากสบู่ดำจากหน่วยวิจัยสบู่ดำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และอีก ๖ วิธีเมื่อใช้กากสบู่ดำจากโรงผลิตไบโอดีเซล จังหวัดชลบุรี พบว่า วิธีที่สามารถลดสารฟอรับอเลสเทอร์ได้ตั้งแต่ ๘๒.๗% ขึ้นไป คือ การนึ่งเป็นเวลา ๔๐ นาที แล้วล้างด้วยเมทานอลและน้ำ หรืออาจใช้น้ำปูนใสและน้ำ เป็นวิธีที่น่าสนใจ และสามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้เพราะเกษตรกรมักมีถังสำหรับนึ่งอาหารในครัวเรือนอยู่แล้ว อย่างไรก็ตามก็พบว่ามีอีก ๓ วิธีที่สามารถลดได้มากกว่านี้คือ ๑) การต้มเป็นเวลา ๔๐ นาที นับจากน้ำเดือดแล้วล้างด้วยเมทานอลหรือน้ำปูนใสและน้ำ (ลดได้ ๙๑.๘-๙๘.๕%) ๒) การแช่กากสบู่ดำในน้ำ แล้วนำไป autoclave เป็นเวลา ๒๐ นาที และล้างด้วยน้ำ (ลดได้ ๙๘.๔๘%) และ ๓) การแช่กากสบู่ดำใน ๙๐% เอทานอล เป็นเวลา ๒ ชม. โดยไม่ผ่านความร้อนลดได้ ๘๖.๙% ส่วนสารยับยั้งทริปซิน การนำกากสบู่ดำไปผ่านการ autoclave ทุกวิธี สามารถลดลงได้ ๘๑.๙-๙๓.๑% ยกเว้นการแช่ในสารละลาย ๙๐% เอทานอลร่วมกับ ๐.๐๓% NaHCO_3 ที่ลดลงได้เพียง ๔๗.๔% การนำไปต้มหรือนึ่งเป็นเวลา ๔๐ นาที แล้วล้างด้วยเมทานอลและน้ำ ช่วยลดลงได้เพียง ๔๗.๑-๖๔.๕% เท่านั้น สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของกากสบู่ดำที่ผ่านการลดสารพิษทุกวิธี มีปริมาณแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) กล่าวคือ มีโปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า เท่ากับ ๒๖-๓๒, ๕-๒๗, ๒๑-๒๗ และ ๕-๘% DM ตามลำดับ

การนำกากสบู่ดำชนิดไม่ผ่านและผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการต้มหรือนึ่ง ไปหาค่าการย่อยได้โดยวิธีกรอกปากไก่ไซเพคส์ที่โตเต็มที่ ปรากฏว่า กากสบู่ดำทั้ง ๓ ชนิด มีค่าการย่อยได้ของโปรตีน และอินทรีย์วัตถุแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) กล่าวคือ มีค่าเท่ากับ ๘๑ vs. ๘๐ และ ๗๓% และ ๗๒ vs. ๖๙ และ ๖๖% ตามลำดับ ในขณะที่การย่อยได้ของวัตถุแห้งและไขมันในกากชนิดผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีต้มและนึ่ง มีค่าต่ำกว่าชนิดไม่ผ่านการลดสารพิษอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$; ๖๕ และ ๖๒ vs. ๗๒% และ ๖๑ และ ๕๘ vs. ๗๒%, ตามลำดับ) สำหรับการย่อยได้ของโภชนะในกากสบู่ดำชนิดไม่ผ่าน และผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการนึ่ง เมื่อนำไปแทนที่อาหารฐานแล้วคำนวณด้วยวิธี Different method และ Regression method ปรากฏว่า ทั้งสองวิธีให้ค่าใกล้เคียงกัน โดยมีการย่อยได้ของโปรตีนต่ำ (๙.๙๖ vs. ๑๑.๐๓%) ในขณะที่ย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ ไขมัน และเยื่อใย มีค่า ๑๙.๕๐ vs. ๑๖.๗๖%, ๒๖.๕๐ vs. ๒๕.๐๘%, ๖๗.๗๗ vs. ๗๖.๐๔ และ ๒๒.๙๒ vs. ๑๖.๙๒%, ตามลำดับ ส่วนการนำไปศึกษาใน

สุกรโตเต็มวัย พบว่า มีค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ โปรตีน ไขมัน และ NFE ลดลงเมื่อใช้กากสับ
 คำแบบต้มแทนที่อาหารฐาน ในขณะที่ค่าการย่อยได้ของเยื่อใยกลับดีขึ้น

ในกรณีของพลังงานใช้ประโยชน์แบบแท้จริงของกากสับคำชนิดไม่ผ่านและผ่านการลด
 สารพิษด้วยวิธีการนึ่ง เมื่อศึกษาโดยวิธีการออกปากไก่ไซ้เพศผู้โตเต็มที่มีค่าเท่ากับ ๒.๔๔ vs.
 ๒.๔๕ kcal/g DM ในขณะที่ค่าพลังงานใช้ประโยชน์แบบปรากฏ เมื่อใช้วิธีแทนที่อาหารแล้วทำนาย
 ด้วยสมการถดถอยมีค่าเท่ากับ ๒.๒๖ vs. ๒.๓๓ kcal/g DM ตามลำดับ สำหรับผลการทดสอบใน
 สุกรโตเต็มวัยโดยใช้กากสับคำแบบต้มที่ระดับ ๕% ของสูตรอาหาร พบว่า มีค่าพลังงานย่อยได้
 ปรากฏและค่าพลังงานย่อยได้แท้จริง เท่ากับ ๒.๙๐ และ ๓.๑๙ kcal/g ตามลำดับ

เมื่อนำกากสับคำหนึ่งไปเลี้ยงไก่เนื้อพันธุ์อาร์เบอร์เฮเคอร์เพศผู้ อายุ ๗ วัน จำนวน
 ๑,๔๐๐ ตัว โดยแบ่งออกเป็น ๕ กลุ่ม เพื่อให้ได้รับอาหารผสมกากสับคำระดับ ๐, ๕, ๑๐, ๑๕
 และ ๒๐% ทดลองเป็นระยะเวลา ๕ สัปดาห์ ผลปรากฏว่า สมรรถภาพการผลิต (น้ำหนักตัวเพิ่ม
 ปริมาณอาหารที่กิน อัตราแลกน้ำหนัก และอัตราการตาย) เลวลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ใน
 ทุกระดับของการใช้กากสับคำ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม กล่าวคือ มีค่าเท่ากับ ๐.๙๑-๑.๙๙ vs.
 ๒.๓๑ กก., ๑.๙๘-๓.๗๗ vs. ๔.๑๖ กก., ๑.๙๐-๒.๑๙ vs. ๑.๘๐ และ ๒.๘๖-๔.๓๖ vs.
 ๓.๒๑% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบอาการข้อขาบวมเกิดขึ้นกับตัวไก่ ทำให้ไม่สามารถเดินไปกิน
 น้ำและอาหารได้ สำหรับปริมาณสารฟอรับอลเอสเทอร์ที่ตกค้างในเนื้อไก่มีจำนวน ๐.๐๐๑,
 ๐.๐๐๔, ๐.๐๔๙ และ ๐.๐๑๘๙ มก./ก. เมื่อใช้กากสับคำที่ระดับ ๕, ๑๐, ๑๕ และ ๒๐%
 ตามลำดับ

ส่วนการนำกากสับคำหนึ่ง ไปเลี้ยงไก่ไข่น้ำพันธุ์ชาบราวน์ ช่วงอายุ 28-39 สัปดาห์ จำนวน
 ๒๔๐ ตัว ที่ระดับ ๐, ๕, ๑๐, ๑๕ และ ๒๐% ของสูตรอาหาร ปรากฏว่า สมรรถภาพการผลิตไข่
 (ผลผลิตไข่ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และน้ำหนักตัว) รวมถึงผลด้านคุณภาพไข่ (น้ำหนักไข่ และ
 ความหนาเปลือกไข่) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในทุกระดับของการใช้กากสับคำ เมื่อ
 เทียบกับกลุ่มควบคุม กล่าวคือ มีค่าเท่ากับ ๑๐.๐๘-๘๘.๔๙ vs. ๙๔.๒๙%, ๓๔.๒๑-๙๗.๗/๑
 vs. ๑๐๘.๖๙ กิ., -๕๐.๔๔-๘๕.๒๙ vs. ๑๑๗.๕๙ กิ. และ ๐.๓๑๕-๐.๓๒๖ vs. ๐.๓๓๑ มม.
 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบอาการข้อขาบวมเกิดขึ้นกับตัวแม่ไก่ จึงทำให้ยืนกินอาหารไม่ได้ เป็น
 สาเหตุให้มีอัตราการตายเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับไก่เนื้อ สำหรับปริมาณสารฟอรับอลเอสเทอร์ที่
 ตรวจพบในไข่มีจำนวน ๐.๐๐๔-๐.๐๓๕ มก./ก. ไข่แดง และ ๐.๐๐๐๒-๐.๐๒๓ มก./ก. ไข่ขาว ใน
 กลุ่มที่ได้รับกากสับคำทุกระดับ

สำหรับผลการศึกษากการใช้กากสับคำเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสุกร ขณะนี้อยู่ในช่วง
 ระยะเวลาสุกรขุน งานยังไม่สิ้นสุด

Different methods of detoxifying the toxic substances in *Jatropha curcas* meal (JCM), which is a by-product from bio-diesel processing, were investigated. Ten and 6 detoxification methods were treated on the samples from Jatropha Research Unit at Faculty of Agriculture, Chiang Mai University and 6 methods were tried on the sample from biodiesel plant at Chonburi. The result revealed that the methods which could reduce at least 82.7% of phobol ester were steaming for 40 min (after the vapor appeared) then rinsed with 92% methanol and water or with lime solution plus water. These methods are practicable since most farmers have steaming pods for house cooking. However, there were 3 more efficient methods, i.e. 1) Boiling for 40 min (after the vapor appeared) then rinsed with methanol or with lime solution and water (reduced 91.8–98.5%) 2) soaking in water and autoclaving for 20 min then rinsed with water (reduced 98.48%) and 3) soaking in 90% ethanol for 2 hours without heating (reduced 86.9%). The concentration of trypsin inhibitor in all treated samples was reduced by 81.9–93.1%, with the exception of soaking in 90% ethanol plus 0.07% NaHCO_3 which could reduce only 47.1–64.5%. The chemical composition of JCM being detoxified by all methods were not significantly different ($P>0.05$). They contained on DM basis 26–32% CP, 5–27% EE, 21–27% CF and 5–8% ash.

Digestibility of nutrients in untreated and heat treated (steaming and boiling) JCM were determined by force feeding. No significant difference ($P>0.05$) were observed among the 3 treatments, i.e. 81 vs. 80 and 73% in the case of CP and 72 vs. 69 and 66% in the case of OM. However the digestibility of DM and EE in boiling and steaming samples were significantly lower than the untreated samples (65 and 62 vs 72%, and 61 and 58 vs 72%, respectively, $P<0.05$). The digestibility of untreated and steaming samples, being estimated by Different method and Regression method, were in the same range i.e. 9.96 vs. 11.03% for CP, while those of DM, OM, EE and CF was 19.50 vs. 16.76%, 26.50 vs. 25.08%, 67.77 vs. 76.04 and 22.92 vs. 16.92%, respectively. The digestibility of OM, CP, EE and NFE in JCM groups, determined in adult swine were lower while the digestibility of CF was higher than the control group (without JCM).

True ME of untreated and steamed JCM, determined in cockerels of layer breeds by force feeding, were 2.44 vs. 2.45 kcal/g DM, while the apparent ME predicted from regression

equation was 2.26 vs. 2.33 kcal/g DM, respectively. Apparent digestible energy and true digestible energy of steamed JCM, determined by replacing at 5% of basal diet were 2.90 vs. 3.19 kcal/g, respectively.

In broiler feeding trial, a total of 1,400 heads of 7 days old Abor Acre were allotted to 5 groups. Streamed JCM was incorporated at 0, 5, 10, 15 and 20% of the diet during the 5 weeks of experimental period. The result revealed that performances (body weight gain, feed intake, FCR and mortality rate) of all JCM groups were significantly lower ($P < 0.05$) than the control i.e. 0.91–1.99 vs. 2.31 kg., 1.98–3.77 vs. 4.16 kg., 1.90–2.19 vs. 1.80 and 2.86–85.36 vs. 3.21%, respectively. Swollen hock was noticed, which caused the animals unable to access feed and water troughs. Phorbol ester found in breast meat of the groups fed 5, 10, 15 and 20% JCM was 0.001, 0.004, 0.049 and 0.189 mg/g., respectively.

In laying hens, 240 heads of Isa Brown at 28 weeks of age were allotted to 5 groups in which streamed JCM was incorporated at 0, 5, 10, 15 and 20% of the diet. The result revealed that egg performances (egg production, feed efficiency and weight gain) and egg quality (egg weight and shell thickness) were significantly lower than the control group ($P < 0.05$) 10.08–88.49 vs. 94.29%, 34.21–97.71 vs. 108.69 g., -50.44–85.29 vs. 117.59 g. and 0.315–0.326 vs. 0.331 mm., respectively. In addition, swollen hock was noticed, which caused the hen unable to access feed and water troughs, thus caused high mortality rate. Phorbol esters was found at 0.004–0.035 mg./g. of egg yolk and 0.0002–0.0230 mg./g. of egg white of all JCM groups.

The experiment of using JCM as a protein source in swine diet is still in the process. The result will be reported later.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	ฉ
คำนำ	๑
วัตถุประสงค์	๒
การตรวจเอกสาร	
➤ ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	๓
➤ การเพาะปลูก	๖
➤ ประโยชน์	๑๑
➤ สารพิษและสารขัดขวางการใช้ประโยชน์	
▪ สารฟอร์บอลเอสเทอร์	๑๔
▪ สารยับยั้งทริปซิน	๑๕
▪ กลูโคซิโนเลท	๑๖
▪ เลกติน	๑๗
▪ ซาโปนิน	๑๗
▪ ไฟเตท	๑๘
➤ องค์ประกอบทางเคมี	๑๙
➤ วิธีการลดสารพิษสบู่ดำ	๒๑
➤ การใช้เมล็ดและกากสบู่ดำในสัตว์	๒๓
➤ พลังงานใช้ประโยชน์และวิธีการหา	๒๔
➤ การย่อยได้และวิธีการหา	๒๖
อุปกรณ์และวิธีการศึกษา	
- อุปกรณ์	
➤ การลดสารพิษและการหาองค์ประกอบทางเคมี	๒๙
➤ การหาค่าการย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์	๓๐

เรื่อง	หน้า
•ในสัตว์ปีก	๓๐
•ในสุกร	๓๐
➢ การหาปริมาณสารพิษ	๓๐
➢ การศึกษาในสัตว์ปีก	
•ไก่เนื้อ	๓๑
•ไก่ไข่	๓๒
➢ การศึกษาในสุกร	๓๓
- วิธีการศึกษา	
➢ การลดสารพิษและการหาองค์ประกอบทางเคมี	๓๔
➢ การหาค่าการย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์	
•ในสัตว์ปีก	๓๙
•ในสุกร	๔๔
➢ การหาปริมาณสารพิษ	๔๗
➢ การใช้กากสบูดำที่ลดสารพิษแล้วในสัตว์ปีก	
•ไก่เนื้อ	๕๑
•ไก่ไข่	๕๕
➢ การศึกษาในสุกร	๕๗
➢ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	๖๑
➢ สถานที่ทำการวิจัยและเก็บข้อมูล	๖๑
➢ ระยะเวลาที่ทำการวิจัย	๖๑
ผลการทดลอง	
➢ ปริมาณสารฟอร์บออลเฮสเทอร์ในกากสบูดำ	๖๒
➢ ปริมาณสารยับยั้งทริปซินในกากสบูดำ	๖๔
➢ องค์ประกอบทางเคมีของกากสบูดำ	๖๖
➢ การย่อยได้ของกากสบูดำ	
•การศึกษาในสัตว์ปีก	๖๗
•การศึกษาในสุกร	๗/๑

เรื่อง	หน้า
➢ ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากสบูดำ	
● การศึกษาในสัตว์ปีก	๓๒
● การศึกษาในสุกร	๓๔
➢ การใช้กากสบูดำเป็นอาหารไก่เนื้อ	๓๕
➢ การใช้กากสบูดำเป็นอาหารไก่ไข่	๓๙
➢ การใช้กากสบูดำเป็นอาหารสุกร	๔๒
➢ ปริมาณสารพิษที่ตกค้าง	
● ปริมาณสารฟอร์บออลเอสเทอร์ในไก่เนื้อ	๔๓
● ปริมาณสารฟอร์บออลเอสเทอร์ในไข่ไก่	๔๔
วิจารณ์ผลการทดลอง	๔๖
สรุปผลการทดลอง	๔๖
เอกสารอ้างอิง	๑๐๐
ภาคผนวก	
➢ ภาคผนวก ก : ข้อมูลฟอร์บออลเอสเทอร์	๑๐๖
➢ ภาคผนวก ข : ข้อมูลการศึกษาโดยละเอียด	๑๐๙
➢ ภาคผนวก ค : ภาพกิจกรรม	๑๕๒
➢ ภาคผนวก ง : รายชื่อ และประวัติคณะผู้วิจัย	๑๕๘

คำย่อ

ก.	= กรัม	ANOVA	= analysis of variance
กก.	= กิโลกรัม	CV	= coefficient of variation
ชม.	= ชั่วโมง	df	= degree of freedom
°ซ	= องศาเซลเซียส	MS	= mean square
ชม.	= เซ็นติเมตร	SOV	= source of variation
ดร.ม	= ตารางเมตร	SS	= sum of square
ม.	= เมตร	Pr	= probability
มก.	= มิลลิกรัม	DM	= Dry matter
มม.	= มิลลิเมตร	EE	= ether extract
มล.	= มิลลิลิตร	CP	= crude protein
มค.ม.	= ไมโครเมตร	NFE	= nitrogen free extract
มค.ล.	= ไมโครลิตร		
g	= gram	vs.	= versus
kg	= kilogram	%	= percentage
kcal	= kilocalorie	w/v	= weight per volume
MJ	= megajoule		
MIU	= million international units		
psi	= pound-force per square inch		
ppm	= part per million		
rpm	= revolutions per minute		