ผลการเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ต่อการยับยั้งแบคทีเรียและสมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรหย่านม

Effects of Bamboo Charcoal Powder Containing Bamboo Vinegar Supplementation on Bacterial Inhibition and Productive Performance of Weanling Pigs

ดนุสรณ์ ไตรระเบียบ

Danusorn Trairabiab

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Agricultural Science and Technology
Prince of Songkla University
2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผลการเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ต่อการยับยั้งแบคทีเรียและสมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรหย่านม

Effects of Bamboo Charcoal Powder Containing Bamboo Vinegar Supplementation on Bacterial Inhibition and Productive Performance of Weanling Pigs

ดนุสรณ์ ไตรระเบียบ

Danusorn Trairabiab

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Agricultural Science and Technology
Prince of Songkla University
2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ต่อการยับยั้งแบคทีเรียและสมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรหย่านม

ผู้เขียน นายดนุสรณ์ ไตรระเบียบ

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เจษฎา รัตนวุฒิ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(ดร. ปฏิมา เพิ่มพูนพัฒนา)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ดร. อุมาพร แพทย์ศาสตร์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เจษฎา รัตนวุฒิ)

.....กรรมการ

(ดร. ปฏิมา เพิ่มพูนพัฒนา)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นันทนา ช่วยชูวงศ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งสาง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เจษฎา รัตนวุฒิ)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....
(ดร. ปฏิมา เพิ่มพูนพัฒนา)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ลงชื่อ.....
(นายดนุสรณ์ ไตรระเบียบ)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....
(นายดนุสรณ์ ไตรระเบียบ)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ต่อการยับยั้งแบคทีเรียและสมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรหย่านม
ผู้เขียน นายดนุสรณ์ ไตรระเบียบ
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของผงถ่านไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้ไผ่ และผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับต่างๆ ต่อการเจริญของแบคทีเรียในสภาพของห้องปฏิบัติการ และเพื่อศึกษาผลของการเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในอาหารของลูกสุกรหย่านม ประกอบด้วย 2 การทดลอง

การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาผลของผงถ่านไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้ไผ่ และผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ ต่อการเจริญของ *Escherichia coli, Salmonella typhi, Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ในสภาพของห้องปฏิบัติการ โดยใช้ผงถ่านไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้ไผ่ และผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ (อัตราส่วน 2:1) ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่า การใช้ผงถ่านไม้ไผ่ที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทุกชนิด การใช้น้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีผลในการยับยั้ง *E. coli, Salmonella typhi* และ *Bacillus subtilis* แต่ไม่ยับยั้งการเจริญของ *Lactobacillus plantarum* สำหรับการใช้ผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ พบว่า การใช้ทุกระดับสามารถลดการเจริญของ *E. coli* ได้ การใช้ที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลในการยับยั้งการเจริญของ *Salmonella typhi* และการใช้ที่ระดับ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีผลในการยับยั้งการเจริญของ *Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* สำหรับการใช้ยาปฏิชีวนะพบว่า สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ทุกชนิด

การทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาผลของการเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ (อัตราส่วน 2:1) ในอาหารลูกสุกรหย่านมเพื่อดูผลต่อสมรรถภาพการผลิต การเกิดอาการท้องเสีย ลักษณะของเลือด และปริมาณแบคทีเรียในมูล โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ใช้ลูกสุกรหย่านมลูกผสม 3 สายเลือด (ลาร์ทไวท์ × แลนเรซ × ดูร็อค) อายุ 4 สัปดาห์ จำนวน 36 ตัว โดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 2 ตัว (เพศผู้ตอน 1 ตัว เพศเมีย 1 ตัว) และเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับ

น้ำส้มควันไม้ไผ่ในอาหารที่ระดับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ผลการทดลองปรากฏว่า การใช้ผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในอาหารไม่มีผลต่อน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต แต่การเสริมที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ปริมาณอาหารที่กินลดลง (P<0.01) และมีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ (P<0.05) การใช้ผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับต่างๆ ไม่มีผลต่อลักษณะของมูล และเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่น (P>0.05) สำหรับจำนวนแบคทีเรียในมูลของลูกสุกรพบว่า การใช้ผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในอาหารที่ระดับต่างๆ ไม่มีผลต่อจำนวน *Lactobacillus* spp. แต่การใช้ที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ *E. coli* ในมูลน้อยกว่ากลุ่มควบคุม (P<0.05) สำหรับการใช้ยาปฏิชีวนะจะทำให้การเจริญของทั้ง *E. coli* และ *Lactobacillus* spp. ลดลง

ผลจากการทดลองชี้ให้เห็นว่า การใช้ผงถ่านไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้ไผ่ และการใช้ร่วมกันสามารถลดการเจริญของแบคทีเรียในสภาพของห้องปฏิบัติการได้ การเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในอาหารลูกสุกรที่ระดับสูงมีผลกระทบต่อปริมาณอาหารที่กิน และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว การเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่มีผลทำให้แบคทีเรียก่อโรคในมูลลดลง แต่ไม่มีผลต่อการดำรงอยู่ของแบคทีเรียที่มีประโยชน์

คำสำคัญ: สุกรหย่านม ผงถ่านไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้ไผ่ *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Salmonella typhi, Lactobacillus plantarum*

Thesis Title	Effects of Bamboo Charcoal Powder Containing Bamboo Vinegar Supplementation on Bacterial Inhibition and Productive Performance of Weanling Pigs
Author	Mr. Danusorn Trairabiab
Major Program	Agricultural Science and Technology
Academic Year	2017

ABSTRACT

This study is aimed to investigate the effect of bamboo charcoal powder, bamboo vinegar, and bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar (BCV) at different levels on the growth of bacteria *in vitro* and to study the effect of BCV supplementation in weanling pig diet, including 2 experiments.

The first experiment was of examining the effect of bamboo charcoal powder, bamboo vinegar, and bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar (2:1) at 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0% and antibiotic on the growth of *Escherichia coli, Salmonella typhi, Bacillus subtilis* and *Lactobacillus plantarum in vitro.* Compared to the control group, the use of bamboo charcoal powder at the level of 2.0% had inhibitory effects on the growth of all types of bacteria. Using bamboo vinegar at the level of 1.5% resulted in the inhibition of *E. coli*, *Salmonella typhi* and *Bacillus subtilis,* but did not affect the growth of *Lactobacillus plantarum*. The use of BCV at all levels reduced the growth of *E. coli*. The use of 2.0% BCV inhibited the growth of *Salmonella typhi* and using 1.5% BCV reduced the growth of *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus plantarum.* Antibiotic could inhibit the growth of all types of bacteria.

The second experiment was of studying the effect of bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar (2:1) supplementation in weanling pig diet on productive performance, diarrhea incidence, blood parameter and fecal bacteria. Thirty-six, three crossbred pigs (Large white × Landrace × Duroc Jersey) weaned at 4 weeks were randomly assigned into 6 treatments in a completely randomized design (CRD) with 3 replicates and 2 weaned pig per pen (barrow and gilt). They were fed with basal diet supplemented with BCV at 0 (control), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0% and antibiotic for 4 weeks. The results showed that supplementing the diet with BCV

did not affect body weight, average daily gain and feed conversion ratio. Supplementing the diet with 2.0% BCV resulted in decreased feed intake (P<0.01) and higher feed cost (P<0.05). Diarrhea incidence and hematocrit percentage did not differ after feeding with BCV (P>0.05). Supplementing BCV at various levels did not affect fecal *Lactobacillus* spp., but the use of 2.0% BCV resulted in less fecal *E. coli* than the control (P<0.05). The use of antibiotics reduced the growth of both fecal *E. coli* and *Lactobacillus* spp.

The results indicate that adding bamboo charcoal powder, bamboo vinegar and combination could reduce the growth of bacteria in the laboratory scale. Supplementing the diet with BCV at higher levels had affected feed intake and feed cost significantly. BCV supplementation had the effect of reducing fecal pathogenic bacteria, but did not affect the existence of beneficial bacteria.

Keywords: Weaned pig, Bamboo charcoal powder, Bamboo vinegar, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Salmonella typhi, Lactobacillus plantarum*

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี สำหรับทุนสนับสนุนค่าธรรมเนียมการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่เน้นการศึกษาวิจัย ประจำปีการศึกษา 2558 รวมไปถึงความอนุเคราะห์ทางด้านห้องปฏิบัติการ ครุภัณฑ์ และวัสดุอุปกรณ์ และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ประจำปีงบประมาณ 2560 และทุนสนับสนุนค่าธรรมเนียมการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่เน้นการศึกษาวิจัย ประจำปีการศึกษา 2558 จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เจษฎา รัตนวุฒิ และดร. ปฏิมา เพิ่มพูนพัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และให้คำปรึกษามาโดยตลอด ขอขอบพระคุณ ดร. อุมาพร แพทย์ศาสตร์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นันทนา ช่วยชูวงศ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่างๆ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมถึงให้ความช่วยเหลือและมีส่วนที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ดนุสรณ์ ไตรระเบียบ

7 พฤศจิกายน 2560

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... (5)
ABSTRACT ..... (7)
กิตติกรรมประกาศ ..... (9)
สารบัญ ..... (10)
รายการตาราง ..... (12)
รายการตารางภาคผนวก ..... (14)
รายการภาพประกอบ ..... (15)
รายการภาพภาคผนวก ..... (16)
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
ตรวจสอบเอกสาร 3
วัตถุประสงค์การวิจัย 29
บทที่ 2 วิธีการวิจัย 30
การวางแผนการทดลอง 30
การทดลองที่ 1 การทดสอบผงถ่านไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้ไผ่ และผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ ต่อการเจริญของ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi, Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ในห้องปฏิบัติการ 30
วิธีการทดลอง 30
การเตรียมแบคทีเรีย 30
การเตรียมอาหารเลี้ยงแบคทีเรีย 30
การเตรียมถ่านไม้ไผ่และน้ำส้มควันไม่ไผ่ 31
การทดลองที่ 2 การทดสอบผลการเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในอาหารลูกสุกรหย่านม 33
การเก็บรวบรวมข้อมูล 36
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 37
วัสดุและอุปกรณ์ 37
สถานที่ทำการวิจัย 39

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 ผลการทดลอง.....40
ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงถ่านไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง.....40
ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง.....40
ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง.....41
ผลการทดลองที่ 1 การทดสอบผงถ่านไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้ไผ่ และผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ ต่อการเจริญของ *Escherichia coli, Salmonella typhi, Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ในสภาพของห้องปฏิบัติการ.....45
ผลการทดลองที่ 2 การทดสอบผลการเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในอาหารสุกรหย่านม.....48
ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลอง.....48
บทที่ 4 วิจารณ์ผลการวิจัย.....59
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....64
สรุปผลการวิจัย.....64
ข้อเสนอแนะ.....66
บรรณานุกรม.....67
ภาคผนวก.....72
ประวัติผู้เขียน.....79

รายการตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ค่า pH ในระบบทางเดินอาหารของสุกรระยะต่างๆ.....25
ตารางที่ 2 แบคทีเรียสามัญที่พบในระบบทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องสุกร สัตว์ปีก 28
ตารางที่ 3 ส่วนประกอบของสูตรอาหารสุกรหย่านม.....34
ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของผงถ่านไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง.....41
ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง.....42
ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง 44
ตารางที่ 7 ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli, Salmonella typhi, Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ด้วยผงถ่านไม้ไผ่ที่ระดับต่างๆ 45
ตารางที่ 8 ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับต่างๆ 46
ตารางที่ 9 ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ด้วยผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับต่างๆ 47
ตารางที่ 10 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลอง.....48
ตารางที่ 11 สมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในสัปดาห์ที่ 1.....49
ตารางที่ 12 สมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในสัปดาห์ที่ 2.....51
ตารางที่ 13 สมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในสัปดาห์ที่ 3.....52

รายการตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 14 สมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในสัปดาห์ที่ 4……..53
ตารางที่ 15 สมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ตลอดการทดลอง……...…..56
ตารางที่ 16 ลักษณะมูลของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่……57
ตารางที่ 17 เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่…….....…….57
ตารางที่ 18 จำนวนแบคทีเรียในมูลของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่……...……....58

รายการตารางภาคผนวก

หน้า

ตารางภาคผนวกที่ 1 การเตรียม Nutrient Broth (NB)……...…..…….....…...73
ตารางภาคผนวกที่ 2 การเตรียม Nutrient Agar (NA) …….……..…….....…..…….....73
ตารางภาคผนวกที่ 3 การเตรียม Macconkey agar w/9.5% Bile Salts, CV and NaCl.....…….74
ตารางภาคผนวกที่ 4 การเตรียม Lactobacillus MRS Broth (MRS Broth)…….....…….…….74
ตารางภาคผนวกที่ 5 การเตรียม Lactobacillus MRS Agar (MRS Agar)……...…….…….75

รายการภาพประกอบ

หน้า

ภาพที่ 1 ทางเดินอาหารของสุกร.....14
ภาพที่ 2 ลักษณะของวิลไลที่เยื่อบุผิวของผนังลำไส้เล็ก.....15
ภาพที่ 3 แสดงการเมตาโบลิซึมของโภชนะหลังจากการดูดซึม.....22

รายการภาพภาคผนวก

หน้า

ภาพภาคผนวกที่ 1 ลักษณะของกรงที่ใช้เลี้ยงลูกสุกร 76
ภาพภาคผนวกที่ 2 อาหารผสมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ใช้เลี้ยงลูกสุกร 76
ภาพภาคผนวกที่ 3 การชั่งน้ำหนักลูกสุกร 77
ภาพภาคผนวกที่ 4 การเจาะเลือดลูกสุกร 77
ภาพภาคผนวกที่ 5 ลักษณะมูลของลูกสุกร 78

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ได้มีการใช้ยาปฏิชีวนะในอาหารสัตว์กันอย่างกว้างขวางเพื่อที่จะปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร รวมทั้งการป้องกันและควบคุมโรค อย่างไรก็ตามการใช้ยาปฏิชีวนะในระดับต่ำอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานได้ก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมา เช่น เกิดการตกค้างของยาปฏิชีวนะในผลิตภัณฑ์จากสัตว์ เกิดความไม่สมดุลของจุลินทรีย์ต่างๆ ในลำไส้ของสัตว์ รวมทั้งเกิดการดื้อยาของแบคทีเรียก่อโรคในสัตว์และมนุษย์ ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นในการค้นหาทางเลือกที่มีประสิทธิภาพเพื่อทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะในอาหารสัตว์ สำหรับทางเลือกต่างๆ ที่มีการใช้เพื่อทดแทนยาปฏิชีวนะ ได้แก่ กรดอินทรีย์ โปรไบโอติก เอนไซม์ สารสกัดจากพืชสมุนไพร ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เป็นต้น

ผงถ่านไม้ไผ่ (bamboo charcoal powder) และน้ำส้มควันไม้ไผ่ (bamboo vinegar) เป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการนำมาใช้เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตและปรับปรุงสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร ยับยั้งแบคทีเรียในลำไส้ที่แก่งแย่งโภชนะและแบคทีเรียที่ก่อโรค น้ำส้มควันไม้ไผ่เป็นผลิตผลที่ได้จากการผลิตถ่านไม้ไผ่ ซึ่งผลผลิตทั้งสองนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายโดยมีการนำมาใช้ในด้านอุตสาหกรรมและด้านเกษตรกรรม การใช้ผงถ่านไม้ไผ่และน้ำส้มควันไม้ไผ่ในประเทศไทยมีการใช้ในกลุ่มเกษตรกรที่เน้นการทำเกษตรอินทรีย์ ผงถ่านไม้ไผ่และน้ำส้มควันไม้ไผ่เป็นผลผลิตที่ได้จากธรรมชาติ เกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้อย่างปลอดภัย ไม่มีสารเคมีตกค้างในร่างกายและในผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งสอดคล้องกับกระแสการบริโภคอาหารปลอดภัยในปัจจุบัน น้ำส้มควันไม้ไผ่เป็นของเหลวสีน้ำตาลใส มีกลิ่นควันไฟ ประกอบด้วยสารต่างๆ มากกว่า 200 ชนิด สารประกอบอินทรีย์ที่สำคัญ ได้แก่ กรดอะซิติก สารประกอบฟีนอล คีโตน และอัลดีไฮด์ โดยพบว่ามีกรดอะซิติคประกอบอยู่ประมาณ 80% ของสารอินทรีย์ทั้งหมด Akakabe *et al*. (2006) ได้รายงานไว้ว่า น้ำส้มควันไม้ไผ่มีคุณสมบัติเป็นยาฆ่าแมลง ยาฆ่าเชื้อแบคทีเรีย และสารยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ในทางปศุสัตว์ได้มีการนำน้ำส้มควันไม้ไผ่มาใช้ฉีดพ่นไล่แมลงในคอกสัตว์และดับกลิ่นในโรงเรือน รวมทั้งการใช้เสริมในอาหารสัตว์ ถ่านไม้ไผ่เป็นถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการเผาไม้ไผ่ มีคุณสมบัติในการดูดซึมสารต่างๆ ได้ดีกว่าถ่านไม้ทั่วๆ ไป เนื่องจากไม้ไผ่มีโครงสร้างของรูพรุนเล็กๆ จำนวนมาก (microporosity) โดยทั่วไปมักใช้เป็นสารควบคุมความชื้น สารดูดซับกลิ่น รวมทั้งใช้ร่วมในกระบวนการทำน้ำให้สะอาด สำหรับผงถ่านได้มี

การนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ใช้ในการป้องกันการดูดซึมของสารที่เป็นพิษที่กินเข้าไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ได้รับเกินขนาด Watarai and Tana (2005) ได้ทดลองในห้องปฏิบัติการ และพบว่า ผงถ่านที่ระดับ 1% มีความสามารถในการดูดซับแบคทีเรียที่ก่อโรคได้มากกว่าแบคทีเรียที่มีประโยชน์

เนื่องด้วยคุณสมบัติที่ดีของน้ำส้มควันไม้ไผ่และผงถ่านไม้ไผ่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำน้ำส้มควันไม้ไผ่มาผสมรวมกับผงถ่านไม้ไผ่ และใช้เสริมในอาหารลูกสุกรหย่านม เพื่อดูผลต่อสมรรถภาพการผลิต การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อโรค รวมทั้งการเจริญของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการใช้น้ำส้มควันไม้ไผ่ร่วมกับผงถ่านไม้ไผ่ในอาหารสัตว์ต่อไป

1.2. ตรวจสอบเอกสาร

1.2.1 น้ำส้มควันไม้ไผ่ (Bamboo vinegar)

การเลี้ยงสัตว์ในปัจจุบัน ผู้เลี้ยงสัตว์ได้ให้ความสนใจต่อการเลี้ยงสัตว์แบบปลอดสารตามแนวทางของปศุสัตว์อินทรีย์มากขึ้น โดยเริ่มมีการลดการใช้สารเคมีและสารปฏิชีวนะต่างๆ ในอาหารสัตว์เพื่อป้องกันโรค หรือกระตุ้นการเจริญเติบโต ซึ่งเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าหากใช้สารเคมีและสารปฏิชีวนะดังกล่าวเป็นเวลานานจะทำให้เชื้อโรคเกิดการดื้อยาและมีผลตกค้างในซากสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ได้ มีรายงานวิจัยจำนวนมากที่ให้ความสำคัญกับเรื่องดังกล่าว โดยเฉพาะการใช้สารจากธรรมชาติมาใช้เป็นอาหารสัตว์มากขึ้น น้ำส้มควันไม้เป็นสารจากธรรมชาติชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ คุณสมบัติที่โดดเด่นของน้ำส้มควันไม้ คือ เป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่ปลอดภัย สามารถใช้ได้อย่างต่อเนื่อง ไร้สารเคมีตกค้าง สามารถนำไปใช้ทดแทนสารเคมีในการเข้าสู่ระบบเกษตรอินทรีย์ได้ น้ำส้มควันไม้มีสารกลุ่มออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย และเชื้อไวรัส (พุฒินันท์, 2545; สุพรชัย, 2550; เริงนภรณ์ และคณะ, 2555) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยจำนวนมากที่รายงานว่าน้ำส้มควันไม้สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคได้ เช่น ซัลโมเนลลาและอีโคไล (สรรเพชญ และคณะ, 2551; นงลักษณ์, 2554; Watarai and Tana, 2005) และน้ำส้มควันไม้ยังเป็นตัวกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในลำไส้ของสัตว์ได้อีกด้วย (Watarai and Tana, 2005) มีรายงานว่าการใช้น้ำส้มควันไม้ร่วมกับผงถ่านในอาหารสุกรหย่านมมีผลทำให้จำนวนของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกในลำไส้ของสุกรเพิ่มขึ้นและส่งผลให้อาการท้องเสียของสุกรลดลง (ณิฐิมา และคณะ, 2553) ทั้งนี้จิระพงษ์ (2552) ได้แนะนำว่าการใช้น้ำส้มควันไม้ผสมในอาหารสัตว์เพื่อป้องกันโรคท้องเสียควรนำไปผสมกับผงถ่านเสียก่อนเพื่อลดกลิ่นควันไฟ ผงถ่านที่ผสมในอาหารสัตว์จะช่วยดูดซับแก๊สในกระเพาะอาหารและลำไส้ ช่วยลดอาการท้องอืด ป้องกันและรักษาอาการท้องเสีย และยังช่วยยับยั้งการเกิดก๊าซแอมโมเนียและซัลเฟอร์ไดออกไซด์จึงทำให้ลดกลิ่นของมูลสัตว์ได้ ในการใช้น้ำส้มควันไม้ในอาหารสัตว์มีการแนะนำให้ใช้ในรูปของน้ำส้มควันไม้กลั่นเพื่อลดปัญหาสารตกค้างบางชนิดที่อาจตกค้างอยู่ในน้ำส้มควันไม้ดิบ ซึ่งอาจเป็นอันตรายกับสัตว์ได้ อย่างไรก็ตามการทำน้ำส้มควันไม้กลั่นจะต้องมีเครื่องมือและอุปกรณ์มากขึ้นและต้นทุนการผลิตสูงทำให้มีราคาแพง ดังนั้นถ้าสามารถใช้น้ำส้มควันไม้ดิบเสริมในอาหารสัตว์และให้ผลได้ดีจึงน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งในการใช้น้ำส้มควันไม้ เพื่อทดแทนการใช้สารปฏิชีวนะและสารเคมีภายในฟาร์ม และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตในชุมชนได้อีกทางหนึ่ง

1.2.2. ถ่านไม้ไผ่ (Bamboo charcoal)

ถ่านไม้ไผ่เป็นถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการเผาไม้ไผ่ มีคุณสมบัติในการดูดซึมสารต่างๆ ได้ดีกว่าถ่านไม้ทั่วๆ ไป เนื่องจากไม้ไผ่มีโครงสร้างของรูพรุนเล็กๆ จำนวนมาก (microporosity) โดยทั่วไปมักใช้เป็นสารควบคุมความชื้น สารดูดซับกลิ่น รวมทั้งใช้ร่วมในกระบวนการทำน้ำให้สะอาด สำหรับผงถ่านได้มีการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ใช้ในการป้องกันการดูดซึมของสารที่เป็นพิษที่กินเข้าไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ได้รับเกินขนาด สำหรับในด้านการผลิตสัตว์นั้น Kutlu *et al.* (2001) ได้รายงานไว้ว่า การใช้ผงถ่านเสริมในอาหารไก่ไข่ที่ระดับต่างๆ (0, 1, 2 และ 4%) ไม่มีผลทำให้ผลผลิตไข่เพิ่มขึ้น แต่การเสริมผงถ่านมีผลทำให้การแตกของเปลือกไข่ลดลงตามระดับการใช้ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากในผงถ่านมีแร่ธาตุต่างๆ อยู่ในระดับสูง อย่างไรก็ตามจากข้อมูลของ Kutlu *et al.* (2001) ได้ชี้ให้เห็นว่า การใช้ผงถ่านในระดับที่มากกว่า 1% มีผลทำให้ปริมาณอาหารที่กินลดลงเล็กน้อย เนื่องจากผงถ่านอาจจะมีผลทำให้ความน่ากินของอาหารลดลง นอกจากนั้น Van *et al.* (2006) ได้รายงานไว้ว่า การเสริมผงถ่านไม้ไผ่ในอาหารที่ระดับ 0.5% ช่วยเพิ่มสมรรถภาพการผลิตของแพะ

ในปัจจุบันมีการศึกษาการใช้ประโยชน์จากถ่านไม้อย่างจริงจังกระทั่งค้นพบการแปรรูป “ควันไม้” จากกระบวนการเผาถ่านที่สร้างมลพิษให้กลายเป็น “น้ำส้มควันไม้” โดยปกติในกระบวนการเผาถ่านจะมีกลุ่มควันที่เกิดขึ้นจำนวนมาก ซึ่งในควันที่ปรากฏก็ไม่ได้มีเพียงก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หรือไอน้ำ (H_2O) เท่านั้น แต่ยังมีสารประกอบที่เป็นประโยชน์ชนิดอื่นๆ ด้วย เนื่องจากองค์ประกอบของไม้ที่นำมาใช้ในการเผาถ่านนั้นเต็มไปด้วยสารประกอบหลายชนิด ซึ่งหลักๆ ที่เหมือนกันมากกว่า 90% ในไม้ทุกชนิด ได้แก่ เซลลูโลส (cellulose) ประมาณ 50% เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) 20% ลิกนิน (lignin) ประมาณ 20% และส่วนอื่นอีก 10% เป็นสารเฉพาะตัวที่ทำให้มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป น้ำส้มควันไม้เป็นของเหลวสีน้ำตาลใส มีกลิ่นควันไฟเป็นผลผลิตที่ได้จากกระบวนการเผาถ่าน ในช่วงขั้นตอนของการเปลี่ยนไม้ให้กลายเป็นถ่าน หรือกระบวนการคาร์บอไนเซชัน (carbonization) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำส้มควันไม้ดิบและน้ำส้มควันไม้กลั่นมีค่าเท่ากับ 2.8-3.7 และ 1.5-2.8 ตามลำดับ การดักเก็บควันเพื่อผลิตน้ำส้มควันไม้ที่มีคุณภาพควรทำในช่วงที่ภายในเตาเผามีอุณหภูมิประมาณ 600-700 องศาเซลเซียส เป็นช่วงเวลาที่ลิกนินซึ่งเป็นองค์ประกอบในไม้ถูกเผาไหม้และได้สารประกอบใหม่ๆ ขึ้นมากมาย โดยกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า ไพโรไลซิส (pyrolysis) น้ำส้มควันไม้ที่เกิดขึ้นนั้นไม่สามารถนำไปใช้ได้ในทันที เพราะว่าของเหลวที่ได้นั้นส่วนใหญ่มักมีสารประกอบอื่นปนมาด้วย เช่น น้ำมันดิน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง อีกทั้งน้ำมันดินเป็นของเหลวที่ไม่ละลายน้ำ หากมีการนำไปใช้กับพืชก็จะมีผลให้ไปเกาะติดราก ปิดปากใบ เป็นอันตรายกับพืชได้ สำหรับการทำ

น้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์ทำได้หลายวิธี เช่น การปล่อยให้ตกตะกอนโดยการนำน้ำส้มควันไม้ใส่ถังน้ำขนาดใหญ่ ปล่อยทิ้งไว้ให้ประมาณ 90 วัน จากนั้นภายในถังจะมีการตกตะกอนแยกออกจากกันเป็นสามชั้น ประกอบด้วย ชั้นแรกคือน้ำมันใส ชั้นที่สองคือน้ำส้มควันไม้ และชั้นที่สามหรือชั้นล่างสุดคือน้ำมันดิน นอกจากนี้ก็ยังสามารถใช้วิธีการกลั่นเพื่อแยกสารที่ต้องการออกมา เป็นต้น ทั้งนี้น้ำส้มควันไม้ที่ได้ควรมีการกรองอีกครั้งก่อนนำไปใช้งาน น้ำส้มควันไม้มีส่วนประกอบของน้ำ 85% กรดอินทรีย์ 3% และสารอินทรีย์ชนิดอื่นๆ ประมาณ 12% ส่วนคุณสมบัติทั่วไปของน้ำส้มควันไม้มีความเป็นกรด มีค่าพีเอช (pH) ประมาณ 3 มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.012-0.024 (อรุณ, 2550)

วินัย และคณะ (2547) กล่าวไว้ว่าถ่านไม้ไผ่ (bamboo charcoal) จะมีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นรูพรุนเล็กๆ มากมาย โดยกลิ่นต่างๆ จะแพร่เข้ารูพรุน หากถ่านมีรูพรุนมากๆ ก็จะทำให้ดูดซับกลิ่นได้มากตามไปด้วย นอกจากนั้นยังมีคาร์บอนเสถียร (fixed carbon) สูงมากกว่า 85% มีสารระเหยง่ายต่ำ มีแร่ธาตุมาก ดังนั้นถ่านไม้ไผ่ที่ผลิตได้จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ได้แก่ ใช้ในระบบกรองน้ำ บำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตยา ก้นกรองบุหรี่ ใช้ผลิตชิ้นส่วนของแบตเตอรี่ และถ่านไฟฉาย ใช้ในครัวเรือน เช่น ใช้ประกอบอาหารปิ้ง ย่าง ใช้ดูดกลิ่นและความชื้นในบ้าน ในห้องปรับอากาศ ในรถยนต์ ใส่ในถังข้าวสารเพื่อดูดความชื้นจากข้าว ใช้ดูดความชื้นใต้ถุนบ้าน ใช้ในการเกษตร เช่น ใช้เป็นสารปรับปรุงดิน ใช้ช่วยในการทำปุ๋ยหมัก ใช้รักษาผลผลิตทางการเกษตรไว้ให้สดนานขึ้น ใช้ในปศุสัตว์ เช่น ใช้รองพื้นคอกปศุสัตว์ ใช้ผสมในอาหารสัตว์ เป็นต้น และมีการนำน้ำส้มควันไม้ไผ่ไปใช้ประโยชน์ในหลายด้าน โดยเฉพาะทางการเกษตรมีการนำไปใช้ในการป้องกันเชื้อโรคและแมลงศัตรูพืชหลายชนิด ซึ่งมีอัตราส่วนในการนำไปใช้ที่แตกต่างกันตามชนิดพืช เช่น หากต้องการใช้ขับไล่แมลงในแปลงปลูกผักกาดขาว ให้ใช้น้ำส้มควันไม้ไผ่ต่อน้ำ เท่ากับ 1:1500 ส่วน จากนั้นนำไปใช้รดน้ำในแปลงผักตามปกติ ในประเทศญี่ปุ่นได้มีการนำน้ำส้มควันไม้ไผ่มาใช้ในอุตสาหกรรมหลากหลายประเภท เช่น ใช้ผลิตสารดับกลิ่นตัว ผลิตสารป้องกันเชื้อราในเนื้อไม้ อุตสาหกรรมย้อมผ้า และอุตสาหกรรมการผลิตยารักษาโรคผิวหนัง เป็นต้น

วิธีการทำถ่านไม้ไผ่และน้ำส้มควันไม้ไผ่ (วินัย และคณะ, 2547)

ขั้นตอนการเผาถ่านเพื่อทำน้ำส้มควันไม้ไผ่

การเผาถ่าน คือ กระบวนการเปลี่ยนให้ไม้ไผ่กลายเป็นถ่านไม้ไผ่ มีทั้งหมด 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การไล่ความชื้นหรือคายความร้อน (Dehydration)

เริ่มจุดไฟบริเวณที่อยู่หน้าเตา โดยใส่เชื้อเพลิงให้ความร้อนกระจายเข้าสู่เตา เพื่อไล่อากาศเย็นและความชื้นที่อยู่ในเตาและเนื้อไม้ ในช่วงที่ 1 อุณหภูมิประมาณ 20 – 160 องศาเซลเซียส ควันที่ออกมาจากปล่องควันจะเป็นสีขาวและมีกลิ่นเหม็น ซึ่งเป็นกลิ่นของกรดประเภทเมธานอลที่อยู่ในเนื้อไม้ อุณหภูมิบริเวณปากปล่องควันประมาณ 70 - 75 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเตาประมาณ 160 องศาเซลเซียส ใส่เชื้อเพลิงต่อไปควันสีขาวตรงปล่องควันจะเพิ่มขึ้น ในช่วงที่ 2 อุณหภูมิประมาณ 160 – 270 องศาเซลเซียส และจะเริ่มคลายตัวออกมาจนสลายตัวหมดที่อุณหภูมิ 260 องศาเซลเซียส ควันที่ออกมาในช่วงนี้จะมีสีเหลืองจางๆ ปนอยู่บ้าง ควันมีกลิ่นเหม็นฉุนเพราะจะมีแก๊สคาร์บอนมอนน็อกไซด์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ กรดน้ำส้ม และเมธานอลเจือปนออกมากับควันด้วยแต่มีปริมาณต่ำมากๆ ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้

ขั้นตอนที่ 2 การเปลี่ยนจากไม้ไผ่เป็นถ่านหรือปฏิกิริยาคายความร้อน (Carbonization)

อุณหภูมิประมาณ 270 – 300 องศาเซลเซียส ช่วงนี้ในเตาสะสมความร้อนไว้มากพอที่จะเกิดปฏิกิริยาคายความร้อนโดยไม่ต้องเติมฟืนหน้าเตาอีก ไม้ฟืนจะลุกไหม้และสลายตัวโดยความร้อนที่สะสมไว้ในตัวเอง ในช่วงนี้เซลลูโลสจะเริ่มสลายตัวที่อุณหภูมิประมาณ 275 องศาเซลเซียส การสลายตัวจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว ควันที่ออกมาจากปล่องจะมีสีขาวปนเหลืองมีกลิ่นฉุนจัด ผู้ผลิตถ่านในประเทศไทยเรียกควันนี้ว่า “ควันบ้า’’ หลังจากควันบ้ามีปริมาณน้อยลงและเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเทาแล้ว จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องควบคุมอุณหภูมิไว้ให้คงที่เป็นเวลานานพอสมควร เพื่อให้ขั้นตอนนี้เป็นไปอย่างช้าๆ และสม่ำเสมอ ความร้อนจากไม้ด้านบนหน้าเตาจะค่อยๆ ถ่ายความร้อนไปยังจุดต่างๆ ทั่วทั้งเตาอย่างช้าๆ หากปล่อยให้อุณหภูมิขึ้นสูงเร็วเกินไปจะทำให้ไม้ที่สะสมความร้อนไว้มากกว่ากลายเป็นเถ้าเสียก่อน ต้องมีการควบคุมอากาศที่หน้าเตาควบคู่กับการใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (thermometer) การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์เพียงอย่างเดียวอาจผิดพลาดได้ โดยเฉพาะเมื่อมีการเติมฟืนที่หน้าเตามากและเร็วเกินไป ดังนั้นการดูสีควันสามารถทำได้โดยการนำกระเบื้องเคลือบสีขาวมาอังที่ปล่องควันเพื่อดูสีของควัน

ขั้นตอนที่ 3 การทำให้ถ่านบริสุทธิ์ (Refinement หรือ Refining)

ขั้นตอนการเปลี่ยนไม้เป็นถ่านจะเสร็จสิ้นสมบูรณ์แล้วที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ต้องทำการเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว โดยการเปิดหน้าเตาประมาณ 1 ใน 3 ของหน้าเตาทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เมื่อควันสีน้ำเงินเป็นสีฟ้าแสดงว่าไม้เริ่มเป็นถ่านใกล้หมดจากนั้นควันสีฟ้าอ่อนลง อาจสังเกตได้จากสีของควันที่เริ่มใส ผู้ควบคุมการผลิตถ่านจะปิดช่องอากาศเข้าแล้ว รอให้ความร้อนถ่ายเทจากด้านบนของเตาลงมาที่พื้นเตา อุณหภูมิที่อยู่ในเตาจะเท่ากันประมาณ 600-700 องศาเซลเซียส จะไม่มีควันเหลืออยู่อีกแล้วจึงเริ่มทำการปิดหน้าเตา โดยใช้ดินเหนียวปิดรอยรั่วและรอยต่อ จากนั้นทำการปิดปล่องควันให้สนิทและอุดรอยรั่วทั้งหมดไม่ให้อากาศภายนอกผ่านเข้าไป

ขั้นตอนที่ 4 การทำให้ถ่านในเตาเย็นลง (Cooling)

หลังจากปิดปล่องเตาทุกปล่องแล้วต้องปล่อยเตาไว้ให้เย็นจึงจะนำถ่านออกมาใช้ได้ ก่อนจะเปิดเตาต้องให้อุณหภูมิในเตาต่ำกว่า 35 องศาเซลเซียส เพราะถ่านไม้อุณหภูมิประมาณ 50 – 70 องศาเซลเซียส จะสามารถติดไฟเองได้ถ้าได้รับออกซิเจนจากอากาศ ดังนั้นการเปิดเตาต้องเริ่มเปิดที่ปล่องควันก่อนเพื่อระบายความร้อนและแก๊สที่ค้างอยู่ในเตาระบายให้หมด หลังจากนั้นจึงเปิดหน้าเตาแล้วเกลี่ยดินบนเตาออกให้เห็นหลังเตาเพื่อระบายความร้อนในเตาจากนั้นทิ้งไว้ ประมาณ 1 คืน หรือประมาณ 8 ชั่วโมงเป็นอย่างน้อย เพื่อให้ถ่านดับสนิทแล้วจึงเริ่มการเปิดเตาเพื่อนำถ่านออกจากเตาไปใช้ประโยชน์

การเก็บสะสมน้ำส้มควันไม้ไผ่

น้ำส้มควันไม้ไผ่สามารถเก็บได้โดยใช้เครื่องมือง่ายๆ อาศัยการถ่ายเทความร้อนจากปล่องดักควันที่มีอุณหภูมิสูงสู่อากาศรอบปล่องดักควันที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ความชื้นในควันก็จะควบแน่นเป็นหยดน้ำนำมารวบรวมและทำให้บริสุทธิ์ขึ้นก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ จุดสำคัญของการเก็บน้ำส้มควันไม้ไผ่ก็คือ ต้องให้ปล่องดักควันอยู่ห่างจากปากปล่องควันของเตาผลิตถ่าน 20 - 30 เซนติเมตร หากทั้งสองส่วนเชื่อมต่อกันโดยตรงจะเท่ากับเป็นการต่อความยาวให้กับปล่องควันของเตา ซึ่งจะมีผลกระทบไปถึงการไหลเวียนของอากาศภายในเตา และส่งผลถึงคุณภาพและผลผลิตของถ่านไม้ไผ่ด้วย (จิระพงษ์, 2550) เนื่องจากการเปลี่ยนถ่านไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกันทั้งเตา แต่จะเริ่มก่อนที่หน้าเตาด้านบนแล้วแผ่กระจายมายังหลังเตาด้านล่าง ดังนั้นควันที่ออกมาจากปล่องควันจึงเป็นควันที่ผสมกันระหว่างควันอุณหภูมิต่ำและสูง น้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ได้จากการเผาถ่านไม่สามารถนำไปใช้ได้ทันทีต้องปล่อยให้ตกตะกอน โดยนำน้ำส้มควันไม้ไผ่มาเก็บในถังทรงสูงที่มีความสูงมากกว่าความกว้างประมาณ 3 เท่า โดยทิ้งให้ตกตะกอนประมาณ 90 วัน หลังจาก

ตกตะกอนแล้วนำน้ำส้มควันไม้ไผ่มากรองซ้ำอีกครั้งด้วยผ้ากรองแล้วนำมาพักไว้อีกเป็นเวลานาน 30 วัน ก่อนที่จะนำมาใช้ประโยชน์ต่อไป

การทำน้ำส้มควันไม้ไผ่ให้บริสุทธิ์ สามารถทำได้ 3 วิธี คือ

1. ปล่อยให้ตกตะกอน โดยนำน้ำควันไม้ไผ่มาเก็บไว้ในถังทรงสูงที่มีความสูงมากกว่าความกว้างประมาณ 3 เท่า และทิ้งให้ตกตะกอนประมาณ 90 วัน น้ำส้มควันไม้ไผ่จะตกตะกอนแบ่งออกเป็น 3 ชั้น โดยชั้นบนสุดจะเห็นเป็นน้ำมันใส (light oil) ชั้นกลางจะเป็นของเหลวสีชา คือ น้ำส้มควันไม้ไผ่ ส่วนชั้นล่างสุดจะเป็นของเหลวข้นสีดำคือ น้ำมันดิน หากนำผงถ่านมาผสมประมาณ 5% โดยน้ำหนัก ผงถ่านจะดูดซับทั้งน้ำมันใสและน้ำมันดินให้ตกตะกอนลงสู่ชั้นล่างสุดในเวลาที่เร็วขึ้นประมาณ 45 วัน แต่ทั้งนี้อาจมีสารบางตัวที่เป็นประโยชน์ออกไปบ้างและค่าความเป็นกรดเป็นเบสอาจเปลี่ยนไประหว่างการปล่อยให้ตกตะกอน สารประกอบในน้ำส้มควันไม้ไผ่จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและทำปฏิกิริยาซึ่งกันและกันเปลี่ยนเป็นสารประกอบใหม่ที่มีโมเลกุลยาวขึ้น (polymerlization) เช่น ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde) ทำปฏิกิริยากับฟีนอล (Phenol) เปลี่ยนเป็นน้ำมันดิน (Tar) แล้วตกตะกอนหรือจับตัวติดแน่นกับผนังของถังเก็บ ดังนั้นหากนำน้ำส้มควันไม้ไผ่มากรองโดยไม่ทำให้ตกตะกอนเสียก่อนก็จะเกิดน้ำมันดินใหม่ได้ทั้งๆ ที่ได้ผ่านการกรองแล้ว ถังเก็บควรมีท่อ 3 ระดับ คือ

- ระดับ (1) บนมีไว้สำหรับแยกน้ำใส (light oil)
- ระดับ (2) กลางมีไว้สำหรับเก็บน้ำส้มควันไม้ไผ่
- ระดับ (3) ก้นถัง สำหรับถ่ายน้ำมันดิน

แต่ถ้าใช้ถ่านช่วยตกตะกอนมีเพียงระดับกลาง (2) ก็พอ เมื่อแยกน้ำส้มควันไม้ไผ่เสร็จแล้วต้องยกถังเพื่อเทผงถ่านผสมน้ำมันดินออก เพราะผงถ่านผสมน้ำมันดินไม่สามารถไหลผ่านท่อได้ (ผงถ่านผสมน้ำมันดินสามารถนำไปใช้โรยรอบอาคารเพื่อป้องกันสัตว์ต่างๆ เช่น มด ปลวก ตะขาบ เป็นต้น และจะสลายตัวได้เองภายในเวลาไม่นานนักแต่ห้ามทิ้งลงแหล่งน้ำเด็ดขาด) หลังจากตกตะกอนจนครบกำหนดแล้ว นำน้ำส้มควันไม้ไผ่มากรองซ้ำอีกครั้งด้วยผ้ากรองแล้วจึงนำไปใช้ประโยชน์ได้ น้ำส้มควันไม้ไผ่ที่บริสุทธิ์ต้องมีน้ำมันดินไม่เกิน 1% ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ง่ายโดยการดูที่ความใส หากมีน้ำมันดินเกิน 1% น้ำส้มควันไม้ไผ่จะขุ่นและมีสีดำ น้ำส้มควันไม้ที่ดีจะมีลักษณะใส สีชาหรือน้ำตาลแดงแตกต่างกันไปตามชนิดของไม้ เมื่อปล่อยให้น้ำส้มควันไม้ไผ่ตกตะกอนจนครบกำหนดใช้ระยะเวลา 3 เดือน แล้วจึงนำน้ำส้มควันไม้ไผ่มากรองอีกครั้งด้วยผ้ากรองแล้ว จึงนำมาใช้ประโยชน์

2. การกรองโดยใช้ผ้ากรองหรือถังถ่านกรองที่ใช้ผงถ่านกัมมันต์ (activated charcoal) ซึ่งคุณสมบัติแตกต่างกันไป เพราะถ่านกัมมันต์จะลดความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้ไผ่ และจะใช้วิธีนี้เพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรม

3. การกลั่นบริสุทธิ์ โดยการกลั่นในถังที่มีความดันบรรยากาศผสมมี 3 ขั้นคือ ขั้นที่ 1 กลั่นโดยผ่านถังกลั่น ขั้นที่ 2 เก็บน้ำส้มควันไม้ไผ่กลั่นบริสุทธ์ไว้ในถังเก็บ 30 วัน และขั้นที่ 3 กรองไว้ในถังที่ไม่มีความชื้นและปิดสนิท และการกลั่นแบบลดความดันรวมทั้งการกลั่นแบบลำดับส่วนเพื่อแยกเฉพาะสารใดสารหนึ่งในน้ำส้มควันไม้ไผ่มาใช้ประโยชน์ ส่วนมากมักใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยา อย่างไรก็ตามทั้งการกรองและการกลั่นต้องทำหลังจากตกตะกอนก่อนเท่านั้น เนื่องจากต้องรอให้เกิดปฏิกิริยาในน้ำส้มควันไม้ไผ่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์เสียก่อน

การใช้ประโยชน์จากน้ำส้มควันไม้ไผ่ (จิระพงษ์, 2552)

เนื่องจากน้ำส้มควันไม้ไผ่มีสารประกอบต่างๆ มากมายหลายชนิด จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายด้านเช่น

1. อุตสาหกรรม ใช้ผลิตสารดับกลิ่นตัว โดยเฉพาะในญี่ปุ่นมีการนำน้ำส้มควันไม้ไผ่มาผลิตสารดับกลิ่นตัวมากกว่าปีละ 1 ล้านลิตร ใช้ผลิตยารักษาโรคผิวหนังยาฆ่าเชื้อไทฟอยด์ อาหารเสริมเพื่อเพิ่มภูมต้านทานอาหารเสริมการทำงานของตับ และผลิตสารช่วยย่อย ใช้ผลิตสารป้องกันรักษาเนื้อไม้จากเชื้อราและแมลงต่างๆ รวมไปถึงใช้ในอุตสาหกรรมการย้อมผ้าและรมควันเป็นต้น

2. ใช้ในครัวเรือน น้ำส้มควันไม้ไผ่จัดได้ว่าเป็นน้ำส้มสารพัดประโยชน์ที่เหมาะสมจะมีไว้ติดบ้านสามารถทดแทนการใช้สารเคมีได้ดังนี้

- ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ใช้รักษาแผลสด ถูกน้ำร้อนและไฟลวก รักษาโรคน้ำกัดเท้าและเชื้อราที่ผิวหนัง

- ผสมน้ำ 20 เท่า ราดทำลายปลวกและมด

- ผสมน้ำ 50 เท่า ป้องกันปลวก มด และสัตว์ต่างๆ เช่น ตะขาบ ตะเข็บ แมงป่อง กิ้งกือ เป็นต้น

- ผสมน้ำ 100 เท่า ราดราดโคนต้นไม้รักษาโรครา และโรคเน่า รวมทั้งป้องกันแมลงไม่ให้วางไข่ ฉีดพ่นถังขยะเพื่อป้องกันกลิ่นและแมลงวัน ใช้ดับกลิ่นในห้องน้ำ ครัว และบริเวณชื้นแฉะ ใช้ดับกลิ่นกรงสัตว์ ใช้หมักขยะสดและอาหารเพื่อเป็นปุ๋ย

- ผสมน้ำ 200 เท่าฉีดพ่นใบไม้เพื่อขับไล่แมลงและป้องกันเชื้อรา และรดโคนต้นเพื่อเร่งการเจริญเติบโต

3. ใช้ในการเกษตร น้ำส้มควันไม้ไผ่ที่มีความเข้มข้นสูง มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อที่รุนแรง เนื่องจากมีความเป็นกรดสูงและมีสารประกอบ เช่น เมธานอล และฟีนอล ซึ่งสามารถฆ่าเชื้อได้ดี เมื่อเจือจาง 200 เท่า ช่วยรักษาสมดุลของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์และต่อต้านเชื้อแบคทีเรียที่ไม่มีประโยชน์ (antibacterial microbe) น้ำส้มควันไม้ไผ่สามารถนำมาใช้ในการเกษตรได้ดี เช่น

- ใช้ผสมน้ำ 20 เท่าพ่นลงดิน เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และแมลงในดิน เช่น โรคเน่าจากแบคทีเรีย โรคโคนเน่าจากเชื้อรา ไส้เดือนฝอย ฯลฯ ประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่เข้มข้นจะเทียบเท่าการอบฆ่าเชื้อด้วยการรมควัน (Fumigation) แต่ควรทำก่อนการปลูก 10 วันเพราะน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่รดลงดินจะไปทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์เป็นด่างทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนโมโนออกไซด์ (CO) ซึ่งเป็นพิษต่อพืช แต่เมื่อก๊าซคาร์บอนโมโนออกไซด์ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แล้วจึงสามารถปลูกพืชได้ รวมทั้งพืชจะได้รับประโยชน์จาก CO_2 อีกด้วย

- ใช้ผสมน้ำ 50 เท่า พ่นลงดินเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เข้าทำลายพืชแล้ว หากความเข้มข้นมากกว่านี้ รากพืชจะได้รับอันตรายได้

- ใช้ผสมน้ำ 200 เท่า ความเข้มข้นระดับนี้สามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย

- ใช้ฉีดพ่นที่ใบพืช รวมทั้งพื้นดินรอบต้นพืชทุกๆ 7-15 วันเพื่อขับไล่แมลง ป้องกันและกำจัดเชื้อรา กระตุ้นความต้านทานและการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากความเข้มข้นระดับนี้สามารถทำลายไข่แมลงและฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นโทษต่อพืชเช่น บาซิลไล (Bacilli) ที่ไม่มีสปอร์ รวมทั้งเชื้อไซโฟไมซีส (Syphomycete) ซึ่งอ่อนแอในสภาวะที่เป็นเป็นกรดและจะถูกทำลายลงก่อน หลังจากนั้นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ เช่น แอคติโนมัยซีส (Actiomyces) และไตรโคเดอมา (Trichodema) จะเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว

จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เหล่านี้จะทำลายโดยการเป็นตัวเบียน (Parasitic) ของจุลินทรีย์ที่เป็นโทษต่อพืช เช่น CorticiumM Rolfsil Curzi, Rhizoclonia Pythium Sclerotian แต่ในพื้นที่ที่มีการใช้สารเคมีอย่างหนักและยาวนาน อาจจะไม่เหลือจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์อยู่เลย ดังนั้นต้องใช้ปุ๋ยหมักเข้าช่วยด้วยและหากได้ใส่ถ่านลงไปด้วยก็จะมีประสิทธิภาพดีขึ้นอย่างมากอีกด้วย ในขณะเดียวกันสารประกอบอะซิทิล โคเอนไซม์ ซึ่งสร้างโดยพืชและจุลินทรีย์ที่ได้รับสารอาหารจากกรดน้ำส้มก็จะเปลี่ยนเป็นสารประกอบต่างๆ มากมายมากระตุ้นให้พืชเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เมื่อใบพืชถูกกระตุ้นด้วยกรดอินทรีย์อ่อนๆ ชั่วคราวจะกระตุ้นความต้านทานต่อโรค รวมทั้งทำให้ใบหนา แข็ง และเขียวเป็นมัน เพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ ทำให้ปรุงอาหารได้ได้ขึ้นพืชจะแข็งแรงและเติบโตเร็วรวมทั้งแก้ปัญหาการสังเคราะห์แสงที่ไม่ดีพอ เนื่องจากขาดแสงในบางฤดู แต่ห้ามใช้ใน

อัตราส่วนที่เข้มข้นกว่านี้ฉีดพ่นใบพืชจะทำให้พืชใบไหม้เนื่องจากความเป็นกรดสูงเกินไป อัตราส่วนผสมน้ำ 200 เท่านี้จึงช่วยทั้งป้องกัน กำจัดโรคและแมลง กระตุ้นความต้านทานและกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้อีกด้วย อีกทั้งยังสามารถนำไปฉีดพ่นที่กองปุ๋ยหมักเพื่อเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ช่วยให้ปุ๋ยหมักย่อยได้เร็วขึ้น โดยถ่านซึ่งมีความพรุนสูงมากจะเป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ที่ทีประโยชน์ และน้ำส้มควันไม้เป็นแหล่งอาหารให้จุลินทรีย์เหล่านั้นขยายพันธุ์ขึ้นอย่างรวดเร็ว

- ใช้ผสมน้ำ 500 เท่า ฉีดพ่นผลอ่อนของพืชเพื่อช่วยขยายผลให้โตขึ้น หลังจากติดผลแล้ว 15 วัน และฉีดพ่นอีกครั้งก่อนเก็บเกี่ยว 20 วัน เพื่อเพิ่มน้ำตาลในผลไม้อีกด้วยเนื่องจากน้ำส้มควันไม้ช่วยในการสังเคราะห์น้ำตาลและกรดอะมิโนดังนั้นจึงเพิ่มทั้งผลผลิตและคุณภาพ

- ใช้ผสมน้ำ 1,000 เท่า เป็นสารจับใบและช่วยลดการใช้สารเคมีเนื่องจากสารเคมีสามารถออกฤทธิ์ได้ดีในสารละลายที่เป็นกรดอ่อนๆ และสามารถลดการใช้สารเคมีมากกว่าครึ่งจากที่เคยใช้

4. ใช้ในปศุสัตว์ ช่วยลดกลิ่นและแมลงในฟาร์มปศุสัตว์โดยการใช้ครั้งแรกควรผสมน้ำ 100 เท่าหลังจากนั้นเพิ่มเป็น 200 เท่าจะกำจัดกลิ่นและลดจำนวนของแมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใช้ผสมอาหารสัตว์เพื่อช่วยในการย่อยหารและป้องกันการเกิดโรคท้องเสีย แต่การให้โดยตรงโดยการผสมน้ำ สัตว์จะรังเกียจกลิ่นควันไฟ ควรนำไปผสมกับผงถ่านเสียก่อนโดยนำน้ำส้มควันไม้ไผ่ 2 ลิตร ผสมกับผงถ่านไม้ไผ่ 8 กิโลกรัม จากนั้นนำไปผสมกับอาหารสัตว์อีกครั้งซึ่งจะมีคุณสมบัติและประโยชน์ดังนี้

- ช่วยทำให้การย่อยและการใช้ประโยชน์จากอาหารได้ดีขึ้น ทำให้สัตว์โตเร็วกว่าปกติ โดยใช้อาหารเท่าเดิมในระยะเวลาเท่าเดิม

- ช่วยยับยั้งการเกิดแก๊ส และดูดซึมโลหะหนักในกระเพาะอาหาร ทำให้สัตว์มีสุขภาพที่ดีขึ้น

- ช่วยป้องกันและรักษาอาการท้องเสียของสัตว์

- ช่วยปรับปรุงคุณภาพ และลดปริมาณน้ำในเนื้อสัตว์ทำให้คุณภาพของเนื้อสัตว์ดีขึ้นทั้งรสชาติ สี และกลิ่น

- ช่วยปรับปรุงคุณภาพของไข่ทำให้ไข่แดงใหญ่และเหนียวขึ้น ทั้งยังเพิ่มปริมาณวิตามินและลดคอเลสเตอรอลได้อีกด้วย

- ช่วยเพิ่มปริมาณน้ำนม ทำให้น้ำนมมีคุณภาพมากขึ้น

- ช่วยยับยั้งการเกิดแก๊สแอมโมเนีย และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทำให้ลดกลิ่นของมูลสัตว์ ซึ่งช่วยไม่ให้สัตว์เครียด ทั้งยังช่วยเพิ่มคุณภาพของปุ๋ยคอกที่ได้จากมูลสัตว์ให้มีคุณภาพดีขึ้นด้วย

- ช่วยยับยั้งการฟักไข่ของแมลงในมูลสัตว์ทำให้ลดปริมาณของแมลงในบริเวณฟาร์มโดยเฉพาะแมลงวันเป็นต้น

- ใช้รองพื้นคอกปศุสัตว์ โดยปกติเกษตรกรมักใช้แกลบรองพื้นคอกปศุสัตว์ เช่น ไก่และหมู เนื่องจากแกลบสามารถหาได้ง่ายในราคาถูก ทั้งยังย่อยสลายยากเนื่องจากมีปริมาณซิลิกาสูงจึงอาจใช้ได้หลายครั้งแต่แกลบก็ยังเป็นอินทรีย์วัตถุที่ย่อยสลายได้และมักย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศ จึงทำให้เกิดความร้อน แก๊สแอมโมเนีย (NH_3) ไฮโดรเจนซัลไฟต์ (H_2S) และมีเทน (CH_4) ซึ่งจะทำให้สัตว์เกิดความเครียดและส่งผลกระทบต่อสุขภาพและผลผลิตในที่สุด หากสัตว์ได้รับแก๊สแอมโมเนียเกิน 50 ppm (ล้านในล้านส่วน) หรือไฮไดรเจนซัลไฟต์เกิน 10 ppm สัตว์จะเกิดความเครียดและตกใจง่าย เบื่ออาหาร ติดเชื้อหวัด ปอดบวมและโรคระบบทางเดินหายใจได้ง่าย หากเกษตรกรเปลี่ยนวัสดุรองพื้นคอกเป็นถ่านแกลบ หรือถ่านชานอ้อยซึ่งหาได้ง่ายและราคาถูกเช่นเดียวกันถ่านสามารถดูดซับความชื้นและกลิ่นได้ดีกว่า และไม่ย่อยสลายจึงไม่เกิดความร้อนและแก๊สแอมโมเนีย อีกทั้งการย่อยสลายมูลสัตว์ยังเป็นการย่อยโดยจุลินทรีย์ที่ใช้อากาศที่อาศัยอยู่ในรูพรุนของถ่าน จึงไม่เกิดแก๊สมีเธน และไฮโดรเจนซัลไฟต์ ทั้งยังทำให้ปุ๋ยคอกมีคุณภาพดีขึ้นอีกด้วย และจะได้ผลดียิ่งขึ้นหากใช้ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่

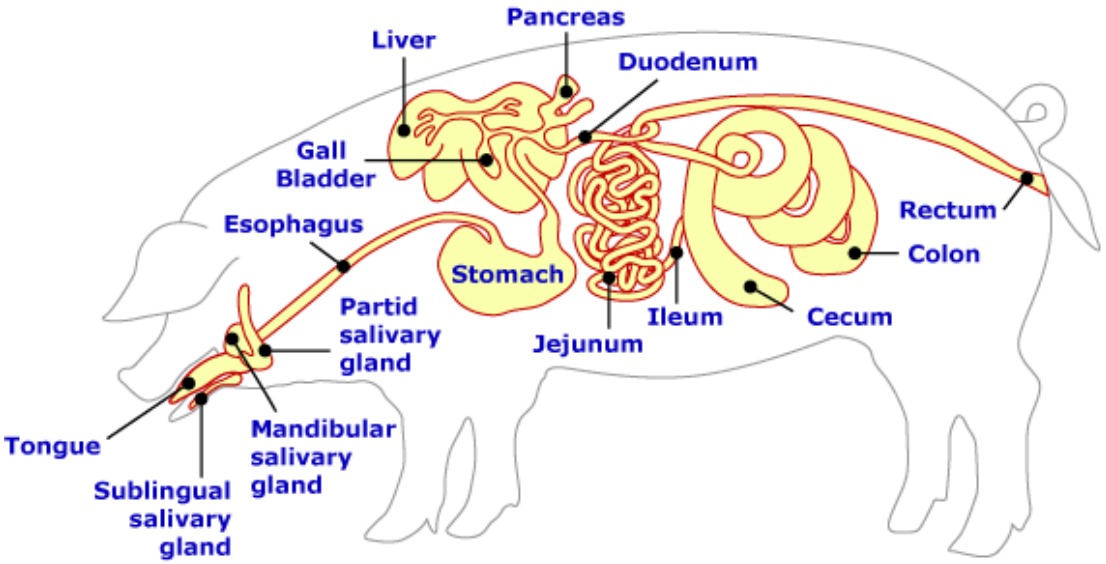
การใช้ผงถ่านไม้ไผ่และน้ำส้มควันไม้ไผ่ในปศุสัตว์ (จิระพงษ์, 2546)

การหย่านมของลูกสุกรมีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมากในด้านสรีรวิทยาของระบบทางเดินอาหาร ทางจุลชีววิทยา ภูมิคุ้มกันวิทยา และอาจส่งผลให้เกิดความผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร ความผิดปกติของระบบทางเดินอาหารในสุกรเกิดได้จากหลายสาเหตุ แต่ส่วนใหญ่เกิดจากแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของสุกร แบคทีเรียเหล่านี้เป็นแบคทีเรียประจำถิ่นที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยปกติจะไม่ทำอันตรายหรือก่อโรคร้ายแรง มีส่วนช่วยในการย่อยอาหารและให้วิตามินบางชนิดแก่ร่างกาย อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมการทำงานและการเคลื่อนไหวของลำไส้ แต่ถ้ามีจำนวนมากเกินไปหรือได้รับแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดโรคผ่านทางการกินอาหารที่ปนเปื้อนแบคทีเรียเหล่านี้เข้าไปก็อาจจะเป็นสาเหตุก่อให้เกิดอันตรายต่อสุกรได้ เช่น *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. (กิจจา, 2535; Heo *et al.,* 2013) มีงานวิจัยที่รายงานว่าน้ำส้มควันไม้สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคได้ เช่น เชื้อ *Salmonella*, *E. coli, Enterococcus faecium* และ *Bifidobacterium thermophilum* รวมถึงเป็นตัวกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในลำไส้ของสัตว์ได้อีกด้วย (Watarai and Tana, 2005) นอกจากนี้ Yan *et al.* (2012) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของการเสริมน้ำส้มควันไม้ไผ่ต่อการเจริญเติบโต การย่อยได้ ลักษณะของเลือด คุณภาพของเนื้อ ก๊าซพิษ และปริมาณของจุลินทรีย์ในมูลสุกรขุน พบว่า สูตร

อาหารที่เสริมด้วยน้ำส้มควันไม่ไผ่มีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมน้ำส้มควันไม้ไผ่ และกลุ่มที่เสริมน้ำส้มควันไม่ไผ่ที่ระดับ 0.2% พบว่ามีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว การย่อยได้ทั้งหมดมากกว่ากลุ่มอื่นๆ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์ของเม็ดเลือดขาว สีเนื้อ และความนุ่มของเนื้อเพิ่มขึ้น ปริมาณของเชื้อ *E. coli* ลดลง และยังพบอีกว่าการปล่อยก๊าซ NH_3 และ H_2S ลดลง และ Yamauchi *et al.* (2010) ได้ทำการศึกษาผลของการเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ต่อประสิทธิภาพการทำงานและการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในลำไส้ พบว่า สมรรถภาพการผลิตไม่มีความแตกต่างกัน การผลิตไข่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ปริมาณของก๊าซแอมโมเนียในมูลลดลง และมีขนาดของวิลไลเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นอาหารที่เสริมด้วยผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าเป็นผลดีต่อลำไส้และทำให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น สามารถใช้เป็นตัวเลือกแทนการใช้ยาปฏิชีวนะได้ รวมถึง Choi *et al.* (2009) ได้ทำการศึกษาผลของการเสริมน้ำส้มควันไม้ต่อสมรรถภาพการผลิต การย่อยของโภชนะและจำนวนจุลินทรีย์ในลำไส้ของสุกรหลังหย่านม พบว่า สุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยน้ำส้มควันไม้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการย่อยได้ของโภชนะให้ดีขึ้น และลดจำนวนของจุลินทรีย์ก่อโรคในลำไส้ให้ลดลง Chu *et al*. (2013) ได้ทำการศึกษาผลของถ่านไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้ไผ่ เพื่อใช้เป็นทางเลือกแทนการใช้ยาปฏิชีวนะที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต การตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกัน และจำนวนจุลินทรีย์ในมูลสุกรขุน พบว่ากลุ่มที่เสริมด้วยผงถ่านไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้ไผ่ มีอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันดีขึ้นเทียบเท่ากับกลุ่มที่เสริมด้วยยาปฏิชีวนะ ในขณะเดียวกันจำนวนจุลินทรีย์ที่ก่อโรคลดลงและจำนวนจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เพิ่มขึ้น ดังนั้นการเสริมน้ำส้มควันไม้ไผ่ ผงถ่านไม้ไผ่ในอาหารสุกรขุนส่งผลให้มีประสิทธิภาพในด้านการเจริญเติบโต การตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกัน และจำนวนของจุลินทรีย์ในลำไส้ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริม

1.2.3. ระบบทางเดินอาหารและการย่อยอาหารในสุกร (Fish *et al*., 2008)

สุกรเป็นสัตว์กระเพาะเดี่ยว (Simple stomach) และเป็นสัตว์ที่กินได้ทั้งพืชและสัตว์ (Omnivore) ซึ่งอาหารถือเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสุกร เนื่องจากสุกรต้องใช้โภชนะจากอาหารที่กินในขบวนการทางเคมีต่างๆ ในร่างกาย เพื่อสร้างพลังงานในการดำรงชีพและให้ผลผลิตต่างๆ ซึ่งอวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบทางเดินอาหารและอวัยวะที่ช่วยในการย่อยอาหารสุกรรวมไปถึงฮอร์โมนในระบบทางเดินอาหารประกอบไปด้วย



ภาพที่ 1 ทางเดินอาหารของสุกร
ที่มา: ดัดแปลงจาก คนึงนิจ (2540)

1. ปาก เป็นส่วนแรกของท่อทางเดินอาหาร เกิดการย่อย 2 แบบ คือแบบเชิงกล คือ การเคี้ยวอาหาร และเชิง เคมี คือ เอนไซม์ Ptyalin ซึ่งช่วยในการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล Maltose โดยผลิตจากต่อมน้ำลาย (salivation) นอกจากนี้น้ำลายยังช่วยคลุกเคล้าอาหาร ทำให้อาหารอ่อนนุ่ม และสะดวกในการกลืน ลิ้นของสุกรมีต่อมรับรส จำนวนมาก ดังนั้นสุกรจึงมีความชอบในอาหาร ส่งผลต่อความน่ากิน และทำให้สุกรกินอาหารที่สุกรชอบได้มากยิ่งขึ้น

2. หลอดอาหาร เป็นส่วนที่รับอาหารที่ผ่านการเคี้ยวอย่างละเอียดและผสมกับน้ำลาย อาศัยการบีบตัว (Peristalsis) ของกล้ามเนื้อเรียบ ช่วยให้อาหารเคลื่อนที่ไปยังกระเพาะอาหาร

3. กระเพาะอาหาร มีหน้าที่ย่อยอาหาร และเก็บอาหารเพื่อรอส่งต่อไปยังลำไส้เล็กส่วนต้นโดยการควบคุมอัตราการเคลื่อนที่ของอาหาร ไม่ให้ Overload เกินไปที่ลำไส้เล็ก มีเซลล์ขับน้ำย่อย กรด และหลั่งเมือกเคลือบ กระเพาะอาหารเพื่อป้องกันกรดทำลายกระเพาะอาหาร กรดช่วยทำให้โครงสร้างอาหารง่ายต่อการทำงานของเอนไซม์ คือ ช่วยเปลี่ยน Pepsinogen ให้เป็น Pepsin ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่พร้อมทำงาน โดยการย่อยโปรตีน (การย่อยโปรตีน เริ่มที่กระเพาะแต่จะมีประสิทธิภาพที่สุดที่ลำไส้เล็ก) และมีการหลั่ง Factor เพื่อช่วยดูดซึม วิตามิน บี 12 ได้อีก ด้วย สรุปหน้าที่ของกระเพาะอาหาร ดังนี้

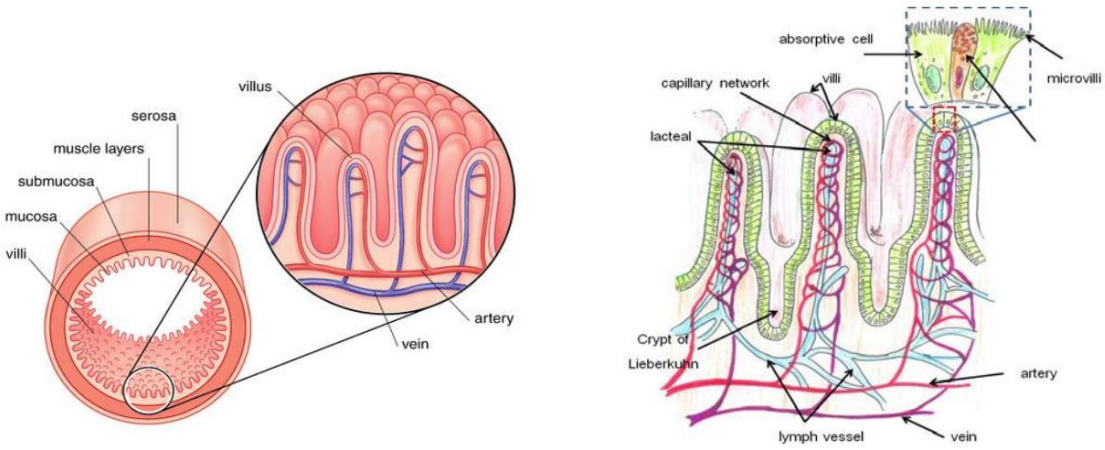
1. Parietal cell หลั่งกรดเกลือ (hydrochloric acid) และ intrinsic factor (ควบคุมการดูดซึมวิตามินบี 12 ที่ลำไส้เล็ก)

2. Chief cell (zymogen, peptic cell) หลั่ง pepsinogen

3. Mucous cells สร้างสารเมือก

4. ลำเลียงอาหารเข้าสู่ลำไส้เล็กในอัตราที่พอเหมาะ

4. ลำไส้เล็ก เป็นส่วนที่สำคัญในการย่อยและดูดซึมโภชนะที่ได้จากการย่อย ลำไส้เล็กแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนต้น (Duodenum) ส่วนกลาง (Jejunum) และส่วนปลาย (Ileum) โดยอาศัยเอนไซม์ที่ผลิตจากตับอ่อน เช่น Amylase , Trypsin , Lipase ซึ่งใช้ในการย่อยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ตามลำดับ หลังจากนั้นโภชนะต่างๆ ที่ได้จะถูกดูดซึมเข้าผนังลำไส้เล็ก ซึ่งมีโครงสร้างที่เรียกว่า Villi โดยภายใน Villi มีเซลล์ดูดซึมโภชนะเข้าเส้นเลือดฝอย เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปและอาศัยน้ำดีที่ผลิตจากตับ ส่งผ่านมาทางท่อน้ำดีเข้าสู่ลำไส้เล็กส่วนต้น ช่วยในการ Emulsifier ไขมันหรือทำให้ไขมันมีโมเลกุลเล็กลง เพื่อง่ายต่อการย่อยด้วย Lipase ลำไส้เล็กส่วนต้นเป็นส่วนที่รับอาหารมาจากกระเพาะอาหาร ดังนั้นจึงมีกรดติดมากับอาหารด้วย ทำให้ลำไส้ เล็กมีการหลั่งฮอร์โมนเพื่อกระตุ้นให้ตับอ่อนหลังสารที่มีความเป็นด่าง เพื่อปรับสภาพ pH ให้เหมาะสม



ภาพที่ 2 ลักษณะของวิลไลที่เยื่อบุผิวของผนังลำไส้เล็ก

ที่มา: ดัดแปลงจาก Frandson *et al*. (2009)

5. ลำไส้ใหญ่ มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการดูดซึมน้ำและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย ส่วนอาหารที่ไม่ถูกย่อยจาก ลำไส้เล็กจะถูกกลุ่มแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ย่อยและใช้ประโยชน์อีกครั้งโดยใช้ขบวนการหมักอาหาร ลำไส้ใหญ่ยังเกี่ยวข้องกับการทำให้อาหารที่อยู่ภายในเคลื่อนตัวมาที่ส่วนปลายของลำไส้ใหญ่ (ไส้ตรง) เพื่อรอเวลาที่จะขับถ่ายออกจากร่างกายในรูปของอุจจาระ

6. ช่องทวารหนัก เป็นส่วนปลายของท่อทางเดินอาหาร ทำหน้าที่เกี่ยวกับการถ่ายอุจจาระโดยตรง (defecation) บริเวณนี้มีกล้ามเนื้อหูรูด 2 ชนิด คือ กล้ามเนื้อหูรูดชนิดกล้ามเนื้อเรียบ (internal anal sphincter) และกล้ามเนื้อหูรูดชนิดกล้ามเนื้อลาย (external anal sphincter)

7. ตับ เป็นอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยต่อมมีท่อเรียงตัวกันอยู่มากมาย ตับอาจจัดว่าเป็นอวัยวะที่มีขนาดใหญ่เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของร่างกาย ในสัตว์กินเนื้อเป็นอาหารจะมีตับขนาดใหญ่ ประมาณ 3-5 % ของน้ำหนักตัว สัตว์กินเนื้อและพืชเป็นอาหารจะมีตับขนาดรองลงมา คือ 2-3 % ของน้ำหนักตัว แต่สัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีตับขนาดเล็กที่สุดเท่ากับ 1-1.5 % ของน้ำหนักตัว สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทุกชนิดในขณะที่เป็นลูกสัตว์หรือขณะที่กำลังเจริญเติบโตตับจะมีขนาดใหญ่กว่าสัตว์ที่โตเต็มที่แล้ว เนื่องจากเมื่อสัตว์โตเต็มที่จะมีการเสื่อมสลายของเซลล์ตับ เนื้อตับมีสีน้ำตาลแดง มีลักษณะอ่อนนุ่ม มีตำแหน่งอยู่ในช่องท้องด้านหน้าเยื้องไปทางขวาติดกับเนื้อเยื่อกระบังลม ในสัตว์เลี้ยงทุกชนิดเซลล์ตับ (hepatic cell) จะทำหน้าที่หลั่งน้ำดี (bile) น้ำดีที่ผลิตจะถูกรวบรวมเก็บไว้ในถุงน้ำดี (gall bladder) ส่วนท่อน้ำดีจะเป็นท่อยาวที่ต่อจากถุงน้ำดีไปเปิดที่ลำไส้เล็กส่วนต้น (common bile duct) แต่ม้าเป็นสัตว์ที่ไม่มีถุงน้ำดี ดังนั้นน้ำดีที่ผลิตจากเซลล์ตับจึงหลั่งออกจากเซลล์ตับส่งผ่านน้ำดีไปเปิดที่ลำไส้เล็กส่วนต้นได้โดยตรงน้ำดีเป็นของเหลวสีเหลือง ประกอบด้วย กรดน้ำดี (bile acid) และเกลือของน้ำดี (bile salt) นอกจากนี้ยังพบโปรตีนมิวซิน คลอเลสเตอรอล ฟอสฟอลิปิด และแร่ธาตุบางชนิด เช่นคลอไรด์อิออน (Cl^-) แคลเซียมอิออน (Ca^{++}) และเฟอร์รัสอิออน (Fe^{++})ด้วย สารสีเหลืองในน้ำดีเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการย่อยไขมัน ได้แก่ สารบิริเวอร์ดิน (biriverdin) และสารบิริรูบิน (bilirubin) ทำให้ไขมันเกิดการแตกตัว และแขวนลอยกระจายอยู่ทั่วไป เพื่อให้น้ำย่อยไขมันจากตับอ่อน (pancreatic lipase) สามารถเข้าย่อยสลายได้ง่าย สีเหลืองของน้ำดีเกิดจากฮีม (heme) ของเซลล์เม็ดเลือดแดงที่หมดอายุขัยและถูกทำลายที่ม้าม เมื่อเซลล์เม็ดเลือดแดงถูกทำลายเซลล์ตับจะจับเฮโมโกลบินไว้แล้วแยกสลายโมเลกุลออกได้เป็นไพรัลริง (pyrole ring) ซึ่งเป็นสารสีเหลือง ในกรณีที่เซลล์ตับเกิดอักเสบ หรือถูกทำลายความสามารถในการเปลี่ยนสีของน้ำดีจะลดลง จึงมีผลให้การควบคุมการหลั่งน้ำดีผิดปกติ น้ำดีจะไม่เข้าไปช่วยย่อยในการย่อยไขมัน แต่จะกระจายไปในกระแสเลือด และปรากฏให้เห็นตามบริเวณปาก ตา ชั้นเยื่อเมือก ทำให้เกิดสภาพด่างเหลืองหรือดีซ่าน ซึ่งเป็นผลมาจากตับอักเสบ หน้าที่ของตับคือ ผลิตน้ำดีเพื่อช่วยในการย่อยไขมันในส่วนลำไส้เล็ก ช่วยในขบวนการเมตาโบลิซึมของโปรตีน คาร์โบไฮเดรท และไขมัน เช่น การสร้างยูเรียจากแอมโมเนีย การเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นไกลโคเจน การเปลี่ยนไกลโคเจนให้เป็นน้ำตาล (glycolysis) และยังเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ไขมัน และทำลายสารพิษจากร่างกาย (detoxification) เช่น การเปลี่ยนรูปของแอลกอฮอล์ให้เป็นน้ำ (H_2O) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) นอกจากนี้ยังสร้างสารโปรท

รอมบิน (prothrombin) ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด เซลล์ตับจะสร้างสารโปรทรอมบิน มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับไวตามินเค (K) ในร่างกาย เกี่ยวข้องกับการทำลายเซลล์เม็ดเลือดแดงที่หมดอายุ และ เป็นแหล่งสะสมธาตุเหล็กไว้ใช้ในร่างกายต่อไป เป็นแหล่งสร้างเซลล์เม็ดเลือดในขณะที่สัตว์ยังเป็นตัวอ่อนอยู่ในท้องแม่และทำหน้าที่สร้างเกลือของกรดน้ำดี (bile salt)

8. ตับอ่อน เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เป็นทั้งต่อมมีท่อ (exocrine gland) และต่อมไร้ท่อ (endocrine gland) โดยเนื้อเยื่อส่วนใหญ่เป็นเนื้อเยื่อส่วนของต่อมมีท่อ ทำหน้าที่ผลิตน้ำย่อย (pancreatic juice) เพื่อย่อยโปรตีน คาร์โบไฮเดรท และไขมัน โดยมีท่อเปิด (pancreatic duct) อยู่ที่ลำไส้เล็กส่วนต้นใกล้กับท่อเปิดของท่อน้ำดี เอ็นไซม์ที่สำคัญ ได้แก่ ไลเปส (lipase) ฟอสฟอไลเปส (phospholipase) และดีออกซิไรโบนิวคลีเอส (deoxyribonuclease) เป็นต้น เนื้อเยื่อส่วนที่เป็นต่อมไร้ท่อจะผลิตฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมระดับของน้ำตาลกลูโคสในเลือด คือ ฮอร์โมนอินซูลิน (insulin) และฮอร์โมนกลูคากอน (glucagon) ต่อมมีท่อในตับอ่อนจะหลั่งน้ำย่อยที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารตลอดเวลา โดยการควบคุมของฮอร์โมนซิครีติน เมื่อมีอาหารที่มีฤทธิ์เป็นกรดจากกระเพาะอาหารส่วนปลายเข้ามาที่ลำไส้เล็ก จะทำให้เซลล์เยื่อบุในชั้นเยื่อเมือกของลำไส้เล็กหลั่งฮฮร์โมนซีครีตินออกมา จากนั้นฮฮร์โมนซีครีตินจะซึมผ่านทางกระแสเลือดไปทำให้เซลล์ของตับอ่อนผลิตและหลั่งน้ำย่อยออกมายังลำไส้เล็กด้วย

1.2.4. ฮอร์โมนในระบบทางเดินอาหาร (Fish *et al*., 2008)

ฮอร์โมนในระบบทางเดินอาหารเป็นฮอร์โมนประเภทโปรตีน ทำหน้าที่กระตุ้นการหลั่งน้ำย่อยของกระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก และตับอ่อน นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับการหลั่งน้ำดีจากถุงน้ำดี และเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของท่อทางเดินอาหาร ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารผลิตจากเซลล์เยื่อบุผิวในชั้นเยื่อเมือกของส่วนต่าง ๆ ของท่อทางเดินอาหาร ฮอร์โมนที่สำคัญได้แก่ แก๊สติน (gastrin) โคลีซีสโคไคนิน (cholecystokinin) และ ซีครีติน (secretin)

1. ฮอร์โมนแก๊สติน (gastrin) เป็นฮอร์โมนที่ผลิตจากชั้นเยื่อเมือกของกระเพาะอาหาร ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการหลั่งกรดเกลือจากเซลล์เยื่อบุผิวของผนังกระเพาะ ทำให้เอ็นไซม์เปปซิโนเจน (pepsinogen) ที่ยังไม่สามารถทำงานได้เปลี่ยนไปเป็นเปปซิน (pepsin) และมีส่วนกระตุ้นให้ชั้นเยื่อเมือกของกระเพาะอาหารเจริญเติบโต กระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนอินซูลิน (insulin) และกลูคากอน (glucagon) จากตับอ่อน มีส่วนกระตุ้นให้กล้ามเนื้อหูรูดในส่วนต่อระหว่างหลอดอาหารและกระเพาะหดตัว (cardiac sphincter) เพื่อป้องกันการย้อนกลับของอาหารเข้าสู่หลอดอาหาร การหลั่งฮอร์โมนแก๊สตินจากชั้นเยื่อเมือกของกระเพาะอาหาร เกิดจากการมีอาหารประเภทโปรตีน เช่น เปปไทด์และกรดอะมิโน ไหลเข้ามาในกระเพาะอาหาร การกระตุ้นจากระบบ

ประสาทรับความรู้สึกของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 10 (vagus nerve) และการขยายตัวของผนังกระเพาะอาหารส่วนต้นเมื่ออาหารเคลื่อนเข้ามาสู่กระเพาะ

2. ฮอร์โมนโคลีซีสโคไคนิน (cholecystokinin or pancreozymin) เป็นโปรตีนฮอร์โมนชนิดหนึ่งที่หลั่งออกมาจากชั้นเยื่อเมือกของลำไส้เล็กตอนต้น ทำหน้าที่กระตุ้นให้กล้ามเนื้อเรียบของถุงน้ำดีหดตัวและน้ำดีหลั่งออกจากถุงน้ำดีเข้าสู่ลำไส้เล็กตอนต้น นอกจากนี้ยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับการหลั่งน้ำย่อยจากตับอ่อน และช่วยเพิ่มฤทธิ์ของฮอร์โมนซีครีติน การหลั่งฮอร์โมนโคลีซีสโคไคนิน เป็นผลจากการมีอาหารพวกไขมัน และกรดอะมิโนเข้ามาในลำไส้เล็กส่วนต้น

3. ฮอร์โมนซีครีติน (secretin) เป็นฮอร์โมนโปรตีนที่หลั่งจากชั้นเยื่อเมือกของลำไส้เล็กตอนต้น ทำหน้าที่กระตุ้นให้ท่อน้ำดี และต่อมมีท่อของตับอ่อนหลั่งสารที่มีฤทธิ์เป็นด่างออกมา เพื่อทำลายฤทธิ์ของกรดเกลือที่ปนมากับอาหารที่ไหลมาจากกระเพาะอาหาร ทำให้สภาพของอาหารที่เข้ามาในลำไส้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) สูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีผลต่อการเคลื่อนไหวของกระเพาะ และช่วยยับยั้งการหลั่งกรดเกลือจากชั้นเยื่อเมือกของกระเพาะอาหาร การควบคุมการหลั่งฮอร์โมนซีครีตินเกิดจากค่าความเป็นกรดของอาหารที่มาจากกระเพาะ และผลผลิตจากการย่อยอาหารโปรตีนในกระเพาะอาหาร การหลั่งฮอร์โมนซีครีตินจะลดลงเมื่อค่าความเป็นกรดของอาหารที่เข้ามาสู่ลำไส้เล็กลดลงหรือค่า pH ของอาหารสูงขึ้น

1.2.5. สรีรวิทยาการย่อยอาหาร (Fish *et al*., 2008)

สรีรวิทยาของการย่อยอาหารเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของระบบย่อยอาหาร ในการทำหน้าที่ย่อยอาหารที่สัตว์กินเข้าไปผ่านท่อทางเดินอาหารส่วนต่างๆ โดยมีเอ็นไซม์จากท่อทางเดินอาหาร หรือเอ็นไซม์จากจุลินทรีย์ในท่อทางเดินอาหาร และอวัยวะที่ช่วยย่อยอาหาร เช่นต่อมน้ำลาย ตับอ่อน และตับ ช่วยทำให้เกิดขบวนการต่าง ๆ เพื่อให้อาหารเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือทำให้ขนาดโมเลกุลของอาหารเล็กลง จนกระทั่งมีขนาดเหมาะสมที่จะสามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ในเซลล์ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้ ขบวนการย่อยอาหารแบ่งได้เป็น 3 ประเภทด้วยกัน คือ

1) การย่อยโดยวิธีกล (mechanical digestion) เป็นขบวนการทำให้โมเลกุลของอาหารมีขนาดเล็กลง เพื่อให้อาหารมีสภาพที่เหมาะสมสำหรับการเข้าย่อยโดยเอ็นไซม์ หรือ น้ำย่อยต่อไป การย่อยโดยวิธีกล ได้แก่ การเคี้ยวอาหารในปาก การบดอาหารในส่วนของกระเพาะบด (gizzard) ของสัตว์ปีก การบีบตัวของกล้ามเนื้อเรียบที่อยู่ล้อมรอบหลอดอาหาร กระเพาะอาหาร

ลำไส้เล็ก และลำไส้ใหญ่ ด้วยการเคลื่อนไหวแบบขย่อน (peristatic movement) สำหรับในสัตว์เคี้ยวเอื้องจะรวมถึงการเคี้ยวเอื้อง (rumination) ด้วย

2) การย่อยโดยวิธีเคมี (chemical digestion) เป็นการย่อยอาหารโดยใช้เอ็นไซม์จากส่วนต่าง ๆ ของท่อทางเดินอาหาร และอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร ได้แก่ เอ็นไซม์อะไมเลส (amylase) ในน้ำลาย เอ็นไซม์จากเซลล์เยื่อบุผิวของกระเพาะอาหาร (gastric juice) เอ็นไซม์จากตับอ่อน (pancreatic juice) และเอ็นไซม์จากลำไส้เล็ก (intestinal juice) เป็นต้น การย่อยอาหารโดยวิธีเคมีจะมีความสำคัญมากสำหรับสัตว์กระเพาะเดี่ยว โดยเฉพาะการย่อยอาหารในส่วนของลำไส้เล็ก

3) การย่อยโดยจุลินทรีย์ (microbial digestion) เป็นการย่อยอาหารโดยใช้เอ็นไซม์จากจุลินทรีย์รวมทั้งแบคทีเรีย และโปรโตซัวที่อาศัยอยู่ในกระเพาะรูเมน และที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ การย่อยอาหารแบบนี้อาจเรียกว่า การหมักอาหาร (fermentation) โดยจุลินทรีย์จะหลั่งน้ำย่อยหรือเอ็นไซม์ที่ย่อยคาร์โบไฮเดรทเชิงซ้อน พวกเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ให้เป็นน้ำตาลเชิงเดี่ยว แล้วเปลี่ยนเป็นกรดไขมันระเหยง่าย (volatile fatty acids) ที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นแหล่งพลังงานได้

1.2.6. การย่อยอาหาร ในสัตว์กระเพาะเดี่ยว (Frandson *et al*., 2009)

การย่อยอาหารในปาก มีทั้งการย่อยโดยวิธีกล และวิธีทางเคมี เมื่ออาหารถูกนำเข้าปากอาหารจะถูกเคี้ยวทำให้มีขนาดเล็กลง มีการคลุกเคล้าอาหารผสมกับน้ำลาย เพื่อให้ชื้นอาหารอ่อนนุ่ม และสะดวกในการกลืน ในสัตว์บางชนิด เช่น สุกร สุนัข และ ม้า ในน้ำลายจะมีเอ็นไซม์อะไมเลส หรือไทอาลิน ทำหน้าที่ในการย่อยคาร์โบไฮเดรทในอาหารได้บางส่วน

การย่อยอาหารในกระเพาะ สัตว์กระเพาะเดี่ยวจะมีลักษณะการย่อยอาหารในกระเพาะเช่นเดี่ยวกับการย่อยที่เกิดขึ้นในกระเพาะแท้ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากชั้นเยื่อเมือกของกระเพาะส่วนนี้จะมีต่อมมีท่อ ทำหน้าที่ผลิตเอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร (gastric juice) โดยเฉพาะเอ็นไซม์ที่ย่อยโปรตีน เช่น เปปซิน (pepsin) และ เรนนิน (rennin) เอ็นไซม์ที่ย่อยไขมัน เช่น ไลเปส (lipase) ที่มีมากในสัตว์กินเนื้อแต่ในสัตว์เคี้ยวเอื้องมีน้อย เนื่องจากกระเพาะมีสภาพความเป็นกรด จึงมีการย่อยไขมันน้อยมากและไม่มีเอ็นไซม์ที่ย่อยคาร์โบไฮเดรท สภาพที่เป็นกรดในกระเพาะเกิดขึ้น เนื่องจากมีการหลั่งกรดเกลือจากชั้นเยื่อเมือกของกระเพาะอาหาร กรดเกลือจะเป็นตัวกระตุ้นให้เอ็นไซม์เปปซิน และเรนนินทำงานได้ เนื่องจากเอ็นไซม์ที่ย่อยโปรตีนที่หลั่งออกมาจากต่อมมีท่อในกระเพาะอาหาร มักจะอยู่ในสภาพที่ยังทำงานไม่ได้ (inactive enzyme) คือ เอ็นไซม์เปปซิโนเจน (pepsinogen) และเอ็นไซม์โปรเรนนิน (prorennin) ในกระเพาะอาหาร

เอ็นไซม์เปปซินจะย่อยโปรตีนได้เป็นโปรทีโอส (proteose) เปปโตน (peptone) เปปไทด์ (peptide) และกรดอะมิโน (amino acids) ส่วนเอ็นไซม์เรนนินเป็นเอ็นไซม์ที่มีมากในกระเพาะของลูกสัตว์ขณะที่กินนมเป็นอาหาร เอ็นไซม์นี้จะทำปฏิกิริยากับโปรตีนในนม คือเคซีน (casein) โดยการกระตุ้นของแคลเซียมอิออนได้เป็นแคลเซียมพาราเคซีน (calcium paracasein) ที่มีลักษณะเป็นก้อน ทำให้น้ำนมที่มีลักษณะเป็นของเหลวเกิดการตกตะกอนและเคลื่อนตัวช้าลงเอ็นไซม์เรนนิน จึงเข้าย่อยโปรตีนในน้ำนมเพื่อใช้ประโยชน์ได้

$$\text{casein} + \text{rennin} \longrightarrow \text{paracasein (ละลายน้ำได้)}$$

$$\text{paracasein} + Ca^{++} \longrightarrow \text{calcium paracasein (ละลายน้ำไม่ได้)}$$

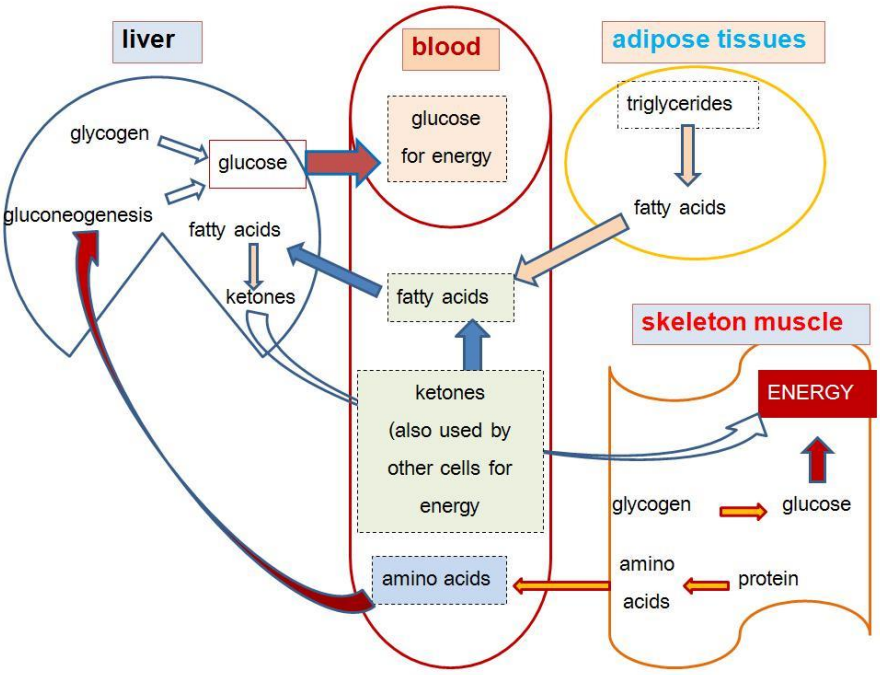
การย่อยอาหารในลำไส้เล็ก ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวและสัตว์กระเพาะรวมมีความคล้ายคลึงกันมาก การย่อยอาหารโดยวิธีกลในลำไส้เล็กเป็นการย่อยโดยการบีบตัวของกล้ามเนื้อเรียบของลำไส้เล็ก ส่วนการย่อยโดยวิธีเคมีเกิดจากเอ็นไซม์ที่ผลิตจากเซลล์เยื่อบุในชั้นเยื่อเมือกของลำไส้เล็กและเอ็นไซม์จากตับอ่อน โภชนะที่ถูกย่อยในลำไส้เล็ก ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรท ไขมัน ไวตามิน และแร่ธาตุ ส่วนน้ำย่อยหรือเอ็นไซม์ที่สำคัญ ได้แก่เอ็นไซม์มอลเตส (maltase) ย่อยน้ำตาลมอลโตส (maltose) ได้เป็นน้ำตาลกลูโคส 2 โมเลกุล เอ็นไซม์ไลเปส (lipase) ย่อยไขมันให้เป็นกรดไขมันอิสระและโมโนกลีเซอไรด์ เอ็นไซม์ทริปซิน (trypsin) ย่อยโปรตีนให้เป็นเปปโตน โปรตีโอส โพลีเปปไทด์ และกรดอะมิโน เป็นต้น

การย่อยอาหารในลำไส้ใหญ่ สัตว์กระเพาะเดี่ยวและสัตว์กระเพาะเคี้ยวเอื้องผนังของลำไส้ใหญ่จะไม่มีการสร้างน้ำย่อยเพื่อย่อยอาหารแต่อย่างใด หน้าที่โดยตรงของลำไส้ใหญ่คือการขับถ่ายอุจาระ และการดูดซึมน้ำกลับเข้าสู่ร่างกาย ในลำไส้ใหญ่ของสัตว์กระเพาะรวมและสัตว์กระเพาะเดี่ยวที่สามารถกินได้ทั้งเนื้อและธัญพืช มีการพัฒนาของส่วนลำไส้ใหญ่ส่วนต้น (ส่วนไส้ติ่ง)ให้เป็นบริเวณที่เกิดการหมักอาหารจะมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่มากมาย ส่วนใหญ่จุลินทรีย์จะผลิตเอ็นไซม์เพื่อย่อยโปรตีน และคาร์โบไฮเดรท แต่ผลผลิตที่ได้จากการย่อยสามารถถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยกว่าการย่อยในกระเพาะรูเมน นอกจากนี้ยังมีการสังเคราะห์ไวตามินบีรวม และไวตามินเคจากจุลินทรีย์ด้วย การย่อยอาหารในลำไส้ใหญ่จึงเป็นการย่อยโดยวิธีกลและการย่อยอาหารโดยจุลินทรีย์

1.2.7. การเมตาโบลิซึมของโภชนะ (Frandson *et al*., 2009)

หลังจากที่โภชนะถูกนำเข้าสู่เซลล์ตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย โภชนะจะมีเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีหลาย ๆ อย่าง ทั้งขบวนการสร้าง (anabolism) และขบวนการทำลาย (catabolism) โดยทั้งสองขบวนการมีผลต่อการดำรงชีพและการให้ผลผลิตของร่างกาย โภชนะในอาหาร เช่น คาร์โบไฮเดรท ไขมัน และโปรตีน เป็นโภชนะที่สามารถให้พลังงานแก่ร่างกายได้ คาร์โบไฮเดรทเป็นโภชนะที่ให้พลังงานที่มีราคาถูกกว่าไขมัน และโปรตีน คาร์โบไฮเดรทที่ถูกย่อยแล้วส่วนใหญ่ดูดซึมผ่านผนังลำไส้ในรูปของน้ำตาลกลูโคส ซึ่งจะถูกนำไปใช้เป็นพลังงานโดยผ่านขบวนการไกลโคไลซีส (glycilysis) และวัฏจักรเครบส์ (Kreb's cycle) น้ำตาลกลูโคสที่มีมากเกินความต้องการใช้พลังงานของร่างกาย จะถูกเปลี่ยนไปเป็นไกลโคเจน (glycogen) เก็บสะสมไว้ที่เซลล์ตับ และกล้ามเนื้อ หรือถูกเปลี่ยนเป็นไขมันในรูปของไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) เก็บสะสมไว้ตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่นไขมันในช่องท้อง และไขมันใต้ผิวหนัง ในสัตว์กระเพาะรวมการย่อยคาร์โบไฮเดรททในกระเพาะรูเมนจะให้ผลผลิตคือกรดไขมันระเหยง่าย (volatile fatty acid) เช่น กรดอะซิติก กรดโปรปิโอนิก และกรดบิวทิริก ซึ่งจะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนเข้าไปสู่กระแสเลือด แล้วนำไปสร้างเป็นแหล่งพลังงานสำหรับร่างกายได้ โดยผ่านทางวัฏจักรเครบส์ บางส่วนถูกสร้างเป็นน้ำตาลกลูโคส น้ำตาลในนม ไขมันในร่างกาย และไขมันในน้ำนมเป็นต้น

ไขมันส่วนใหญ่เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกย่อยที่ลำไส้เล็ก ไขมันที่เกินความต้องการจะถูกเก็บสะสมไว้ตามเนื้อเยื่อไขมันตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายและที่เซลล์ตับ สำหรับกรดอะมิโนซึ่งเป็นโมเลกุลที่เล็กที่สุดของโปรตีน หลังจากที่ดูดซึมเข้าระบบไหลเวียนของเลือดแล้ว จะถูกนำไปสร้างเป็นโปรตีนในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายนอกจากนั้นจะถูกสร้างเป็นเอ็นไซม์ และฮอร์โมนต่าง ๆ ด้วย



ภาพที่ 3 แสดงการเมตาโบลิซึมของโภชนะหลังจากการดูดซึม

ที่มา: ดัดแปลงจาก Frandson *et al*. (2009)

1.2.8. จุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารของสุกร

Kozasa (1989) กล่าวว่าในระบบทางเดินอาหารของสัตว์โดยเฉพาะในลำไส้เล็ก ไส้ติ่ง และลำไส้ใหญ่มีจุลินทรีย์นาๆ ชนิดเกาะตั้งถิ่นฐาน (colonization) อยู่ จุลินทรีย์แต่ละชนิดต่างดำเนินกิจกรรมเพื่อการเติบโตและขยายจำนวนโดยใช้โภชนะจากอาหารที่สัตว์กินและสร้างผลผลิตกับ species ออกมา สัดส่วนของชนิดของจุลินทรีย์และผลผลิตที่แต่ละชนิดสร้างขึ้นมาจะส่งผลกระทบต่อความคงอยู่ของจุลินทรีย์ชนิดอื่นและต่อสุขภาพของสัตว์ (host) ซึ่งมีทั้งประโยชน์และโทษจะเห็นได้ว่าปัจจัยหลายๆปัจจัยมีความเกี่ยวข้องกับการเลี้ยงสัตว์ทางการค้า ไม่ว่าจะเป็นความเครียดที่เกิดจากดินฟ้าอากาศ การเลี้ยงรวมกันอย่างหนาแน่น การให้ยาและวัคซีน การเปลี่ยนอาหาร การขนย้ายหรือความเครียดอื่นๆ ล้วนส่งผลทำให้จุลินทรีย์ในทางเดินอาหารเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่เพิ่มเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นโทษพร้อมๆ กับลดจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ลง ผลก็คือ สัตว์จะโตช้า กินอาหารลดลง ท้องร่วง หรือภูมิต้านทานลดลง

Fuller (1992) กล่าวว่าจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นสารเสริมปฏิชีวนะในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติก แหล่งที่มาของจุลินทรีย์เหล่านี้ได้มาจากหลายแหล่ง อาทิ เช่น ในทางเดินอาหารของสัตว์นั้นๆ จากผลิตภัณฑ์นม เช่น โยเกิร์ต และนมเปรี้ยว หรือจากแหล่งอื่นๆ

จนกระทั่งในดิน นอกจากแบคทีเรียแล้วจุลินทรีย์อื่นๆ เช่น ยีสต์ และเชื้อราก็ใช้เป็นจุลินทรีย์เสริมชีวนะได้ด้วยเช่นกัน

กลไกการทำงานของแบคทีเรียที่อยู่ในระบบทางเดินอาหารมีกลไกการทำงานหลายวิธีพอสรุปได้ดังนี้

1. เลือกการกระตุ้นการเจริญเติบโตและการทำงานของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ โดยกลไกช่วยในการเลือกทำงานมี 2 กลไกคือ

1.1 การแก่งแย่งเพื่อขจัด Prebiotic oligosaccharides (POS) ถูกย่อยได้ด้วยเอนไซม์จำเพาะเช่น เอนไซม์ β-fructosidase และ β-galactosidase เป็นต้น

1.2 POS จับเกาะกับเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถยึดเกาะกับผนังลำไส้ได้จึงถูกขจัดออกไป (Aniansson *et al*., 1990)

2. กระตุ้นภูมิคุ้มกันโดยอนูแมนแนนของ POS ทำปฏิกิริยากับ protein receptors บนผนังเซลล์สร้างภูมคุ้มกันของเยื่อบุผนังลำไส้และยังส่งผลให้มีการกระตุ้นภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น (Chesson, 1993; Savage *et al*., 1996)

3. การเพิ่มจำนวนของเซลล์ goblet ซึ่งเป็นเซลล์สร้างเยื่อเมือก (mucins) ของผนังลำไส้เล็กช่วยป้องกันลำไส้เล็กจากการติดเชื้อ (Savage *et al.*, 1997)

4. อาจมีผลในการยับยั้งมะเร็งโดยการออกฤทธิ์ยับยั้งการกลายพันธุ์และการต้านอนุมูลอิสระ (Chorvaticova *et al*., 1999; Krizkova *et al*., 2001)

นอกจากนี้ยังอาจช่วยลดการโยกย้าย (translocation) ของเชื้อจุลินทรีย์มิให้เข้าไปในระบบของร่างกาย อันเป็นการช่วยอนุรักษ์สารภูมิคุ้มกันไว้มิให้ถูกใช้โดยไม่จำเป็น (Monsan and Paul, 1995)

1.2.9. โรคท้องร่วงในสุกร

ปัญหาท้องเสียเป็นปัญหาที่พบบ่อยมากในสภาพการเลี้ยงสุกรในระดับฟาร์ม เป็นปัญหาที่พบควบคู่และใกล้เคียงกันกับปัญหากลุ่มปอดอักเสบหรือหอบไอ จะมีข้อแตกต่างกันตรงช่วงอายุ ปัญหาท้องร่วงพบส่วนใหญ่ในลูกสุกรดูดนมและสุกรอนุบาล เพราะมีการเปลี่ยนอาหารทำให้สภาวะในลำไส้เกิดความไม่สมดุลและเกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ชนิดที่อยู่ในกลุ่ม Enteropthogenic strain (ETEC) แบ่งกลุ่มอาการออกเป็น 2 ชนิด โดยแบ่งตามชนิดของ toxin ที่แบคทีเรียสร้างขึ้นคือ endotoxin และ enterotoixn (Hur and Lee, 2013)

คนึงนิจ (2540) กล่าวว่าระดับของ pH ของระบบทางเดินอาหารของสุกรก็มีผลต่อการเกิดการท้องเสียเช่นกัน จะเห็นได้ว่าสุกรแรกเกิดถึงระยะสุกรหลังหย่านมค่า pH ในลำไส้เล็กถึงลำไส้ใหญ่มีค่าเป็นกรดอ่อนจนเป็นกลาง (6.3-7.7) เหมาะสำหรับการใช้สารเสริมผสมในอาหารในอาหารมากกว่าสุกรรุ่น-ขุน เนื่องจากค่า pH ในลำไส้เล็กถึงลำไส้ใหญ่ค่อนข้างเป็นกรด (3.5-6.8) ดังนั้นสารเสริมชีวนะสำหรับสุกรรุ่น-ขุน ควรมีความเหมาะสมกับระบบทางเดินอาหารเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ค่า pH ในระบบทางเดินอาหารของสุกรระยะต่างๆ ดังตารางที่ 1 การควบคุมความเป็นกรดด่างของระบบทางเดินอาหารให้เหมาะสมมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้เอนไซม์ย่อยอาหารได้ดีสัตว์ได้รับโภชนะที่ต้องการได้เต็มที่และเหลือโภชนะที่ย่อยไม่ได้ให้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ ในลำไส้ใหญ่ให้น้อยที่สุดความเป็นกรด ในกระเพาะอาหารมีความสำคัญสองประการ คือ ทำให้ pH เหมาะสมสำหรับการทำงานของเอนไซม์ในกระเพาะอาหารและช่วยยับยั้งหรือฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับอาหาร

Banwart (1981) กล่าวว่าในช่วงแรกของชีวิตจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (lactic acid bacteria) ในกระเพาะอาหารของลูกสุกรยังไม่สามารถที่จะผลิตหรือหลั่งกรดเกลือเพื่อให้เพียงพอได้จนกว่าอายุถึง 10 สัปดาห์ความเป็นกรดของกระเพาะอาหารของลูกสุกรในช่วงดูดนมเกิดจากกรดแลคติคที่ผลิตโดย *Lactobacillus* spp. ซึ่งจะเจริญเติบโตและแพร่ขยายได้รวดเร็วเมื่อได้รับแลกโตสจากน้ำนมแม่เมื่อเปลี่ยนมากินอาหารผสมในช่วงหย่านม อาหารประกอบด้วยวัตถุดิบที่มีฤทธิ์ในการต้านการเปลี่ยนแปลงพีเอสูงซึ่งอาหารเหล่านี้ทำให้ pH ของอาหารในกระเพาะสูงขึ้น ทำให้การแพร่ขยายของเชื้อก่อโรคไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรีย ยีสต์ และเชื้อราเพิ่มขึ้นทำให้ลูกสุกรหย่านมย่อยอาหารได้ไม่เต็มที่และเกิดอาการท้องเสีย

Hardy (1999) กล่าวว่าการเพิ่มความเป็นกรดในกระเพาะของสัตว์ในระยะนี้จึงมีความสำคัญในการช่วยให้เอนไซม์ในกระเพาะอาหารมีประสิทธิภาพการย่อยอาหารและช่วยป้องกันการท้องเสียและการติดเชื้อที่ก่อโรคได้ดีขึ้น กรดอินทรีย์ออกฤทธิ์ในกระเพาะอาหารเป็นหลักส่งผลในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นโทษและกระตุ้นการแพร่ขยายของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์จะอยู่เฉพาะในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กส่วนต้น ลูกสุกรหย่านมมักมีปัญหาย่อยอาหารได้ไม่ดีและท้องเสีย เนื่องจากระบบการผลิตเอนไซม์ อมัยเลส โปรตีเอส และไลเพสยังพัฒนาไม่เต็มที่และความเครียดจากการถูกพรากนมทำให้ผลิตเอนไซม์ลดลง

ตารางที่ 1 ค่า pH ในระบบทางเดินอาหารของสุกรระยะต่างๆ

อายุ	กระเพาะอาหาร	ลำไส้เล็ก		ไส้ตัน	ลำไส้ใหญ่
		ส่วนต้น	ส่วนปลาย		
สุกรแรกเกิด	4.0-5.9	6.4-6.8	6.3-6.7	6.7-7.7	6.6-7.2
สุกรระยะก่อนหย่านม	3.0-4.4	6.0-6.9	6.0-6.8	6.8-7.5	6.5-7.4
สุกรระยะหลังหย่านม	2.6-4.9	4.7-7.3	6.3-7.9	6.1-7.7	6.6-7.7
สุกรรุ่น-สุกรขุน	2.3-4.5	3.5-6.5	6.0-6.7	5.8-6.4	5.8-6.8

ที่มา: Eva and Patricia (1992)

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าในอุตสาหกรรมการผลิตสุกร ลูกสุกรถือเป็นผลผลิตที่เป็นดัชนีสำคัญที่ใช้เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพการผลิตของฟาร์ม ดังนั้นการเลี้ยงเพื่อให้ได้จำนวนลูกสุกรต่อแม่ต่อปีที่มากนั้น ผู้เลี้ยงต้องดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างมาก เนื่องจากลูกสุกรแรกเกิดนั้นระบบภูมิคุ้มกันต่อโรคยังเจริญพัฒนาไม่เต็มที่ ดังนั้นการจัดการเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่อลูกสุกรแรกเกิดจึงเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง เพื่อให้ฟาร์มลดการสูญเสียจำนวนลูกสุกรลงได้ โรคที่เป็นปัญหาสำคัญและพบได้บ่อยมากในลูกสุกรดูดนม คือ อาการท้องเสีย อาการท้องเสียในลูกสุกรดูดนมนั้นเกิดได้จากหลายสาเหตุ ส่วนมากมักเกิดจากเชื้ออีโคไล (Colibacilosis) การได้รับน้ำนมไม่เพียงพอ โรคทีจีอี (Transmissable gastroenteritis, TGE) ท้องเสียจากเชื้อคลอสตริเดียม (Clostridial enteritis) โรคบิดมีตัว (Coccidiosis) และท้องเสียจากเชื้อไวรัสโรตา (Rotaviral enteritis) ซึ่งโรคเหล่านี้ลูกสุกรจะแสดงอาการท้องเสียเป็นหลัก และแต่ละโรคนั้นจะมีอัตราการป่วยและอัตราการตายที่แตกต่างกันออกไป โดยพบว่า สาเหตุจากการติดเชื้อไวรัสจะทำให้ลูกสุกรแสดงอาการอย่างรวดเร็ว และสร้างความเสียหายที่รุนแรงกว่าการท้องเสียจากเชื้อแบคทีเรีย โดยสาเหตุของการท้องเสียในลูกสุกรนั้น สามารถสรุปได้ดังนี้ (Cranwell, 1995)

1. ท้องเสียจากเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ เชื้ออีโคไล (Colibacilosis) เชื้อคลอสตริเดียม (Clostridial enteritis)

2. ท้องเสียจากเชื้อไวรัส ได้แก่ โรคทีจีอี (Transmissable gastroenteritis, TGE) โรคพีอีดี (Porcine epidemic diarrhea, PED) โรคพีอาร์อาร์เอส (PRRS) และเชื้อไวรัสโรตา (Rotaviral enteritis)

3. ท้องเสียจากเชื้อโปรโตซัว ได้แก่ โรคบิดมีตัว (Coccidiosis)

4. ท้องเสียที่เกิดจากการจัดการ ได้แก่ อุณหภูมิต่ำ ลมโกรก ความชื้นสูง ปริมาณน้ำนมไม่เพียงพอ

อาการที่แสดง

โดยทั่วไปลูกสุกรสามารถแสดงอาการท้องเสียได้ตลอดช่วงดูดนม แต่พบว่ามี 2 ช่วงที่พบอาการท้องเสียได้สูงมากในลูกสุกร คือ ช่วงแรกเกิดถึง 5 วัน และช่วง 7-14 วัน โดยอาการที่แสดงแบ่งออกได้ดังนี้

ชนิดเฉียบพลัน

อาการท้องเสียแบบเฉียบพลัน เมื่อนำไปผ่าซากจะพบการอักเสบแบบรุนแรงของลำไส้ (severe acute enteritis) ในขณะที่ไม่พบอาการท้องเสียใดๆ หรือบางครั้งอาจพบว่าลูกสุกรมีการนอนสุมกันและมีอาการตัวสั่น อาจพบว่าบริเวณหางและรูทวารเปียก บริเวณคอกมีกลิ่นเหม็นคาว ลูกสุกรตัวแห้งเนื่องจากภาวะขาดน้ำ และอาจพบอุจจาระได้ตั้งแต่สีขาวจนถึงสีส้มตามบริเวณคอกและในบางครั้งอาจพบว่าก่อนลูกสุกรตายจะแสดงอาการชักแบบหมุนและมีน้ำลายฟูมปากได้

ชนิดกึ่งเฉียบพลัน

อาการท้องเสียแบบกึ่งเฉียบพลันนั้นจะคล้ายกับแบบแรก แต่มักจะมีความรุนแรงน้อยกว่าและมีอัตราการตายที่ต่ำกว่า โดยอาการท้องเสียแบบกึ่งเฉียบพลันนี้มักจะพบในลูกสุกรที่มีอายุระหว่าง 7-14 วัน และมักจะพบว่าอุจจาระมีลักษณะเป็นน้ำจนถึงเป็นครีม และบ่อยครั้งพบว่ามีสีขาวปนเหลือง

อาการท้องเสียนอกจากจะเกิดจากการติดเชื้อแล้วยังสามารถเกิดได้จากปัจจัยด้านการจัดการและสิ่งแวดล้อม ในลูกสุกรมี 2 ปัจจัยที่ต้องควบคุมเป็นพิเศษคือ อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมและการใช้ประโยชน์ได้ของน้ำนม ลูกสุกรแรกคลอดต้องการอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 33 องศาเซลเซียส ถ้าหากลูกสุกรอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำจะลดความสามารถในการต่อต้านการติดเชื้อ ดังนั้นในสภาวะนี้แม้มีเชื้อจุลชีพจำนวนไม่มากก็สามารถก่อให้เกิดโรคได้และในลูกสุกรที่มีอาการหนาวสั่นเนื่องจากอากาศเย็นจะลดการบีบตัวของลำไส้ ความชื้นและน้ำที่ขังอยู่บนพื้นคอกจะเอื้อต่อการเจริญเติบโตและการคงอยู่ของแบคทีเรียที่ก่อโรคการที่ลูกสุกรได้รับน้ำนมในปริมาณที่ไม่เพียงพอ จะทำให้ลูกสุกรไม่ได้รับภูมิคุ้มกันที่มีอยู่ในน้ำนมและไม่สามารถนำน้ำนมไปสร้างเป็นพลังงานเพื่อให้ความอบอุ่นกับร่างกาย ดังนั้น จึงเสี่ยงต่อการเกิดอาการท้องเสียได้

สาเหตุการติดเชื้อในลำไส้ของแม่สุกรมักจะเป็นคนละสาเหตุกับลูกสุกร ยกเว้นโรคทีจีอี และโรคพิษสุนัขบ้าเทียม (Aujeszky's disease, AD) ซึ่งมักจะพบว่าแม่สุกรมีอาการท้องเสียพร้อมกับมีอาการอาเจียนร่วมด้วย ดังนั้นเมื่อผู้เลี้ยงได้ทราบว่าอาการท้องเสียในลูกสุกรสามารถเกิดได้จากสาเหตุอะไรได้บ้างแล้ว ขั้นตอนต่อมาผู้เลี้ยงก็จำเป็นต้องทราบว่าจะทำอย่างไรจึงจะสามารถรักษาและป้องกันการเกิดโรคและจะกำจัดโรคนี้ออกจากฟาร์มไปได้อย่างไร ซึ่งการรักษาโดยการใช้ยาเพียงอย่างเดียวนั้น ปัจจุบันพบว่าไม่เพียงพอที่จะรักษาและป้องกันการเกิดโรคได้ การจัดการด้านการเลี้ยงและด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีจะเป็นอีกส่วนหนึ่งที่เข้ามามีบทบาทสำคัญและควรให้ความเอาใส่ใจเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากว่าลูกสุกรที่มีคุณภาพดีนั้นก็ต้องมาจากการเลี้ยงในสิ่งแวดล้อมที่ดีเช่นเดียวกัน (Sainsbury, 1998)

Luckey (1972) กล่าวว่า แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างแบบง่ายๆ โดยประกอบด้วยเซลล์เดี่ยวๆ ที่มีลักษณะแบบเซลล์ที่ไม่มีนิวเคลียสจริง แต่ละเซลล์มีขนาดเล็กมาก ประมาณ 0.2 ไมครอน ขนาดใหญ่ประมาณ 5 ไมครอน แต่โดยทั่วไปมีขนาด 0.2-1.5 ไมครอนจากโครงสร้างและคุณสมบัติของเซลล์แบบคทีเรียจัดแบคทีเรียเป็นพืชเนื่องจากมีลักษณะคล้ายพืช และมีประมาณการว่ามีเซลล์แบคทีเรียในทางเดินอาหารมนุษย์ประมาณ 10^{14} นอกจากนี้แบคทีเรียที่พบในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ เช่น สัตว์เคี้ยวเอื้อง สุกร สัตว์ปีก มีประชากรแบคทีเรียประมาณ 400 กว่าชนิด และแบคทีเรียบางชนิดทำให้เกิดโรคได้ แต่ในภาวะปรกติแบคทีเรียเหล่านี้อยู่ในภาวะสมดุล สัตว์จะแข็งแรงไม่เจ็บป่วย แต่เมื่อใดที่แบคทีเรียในร่างกายสัตว์ไม่สมดุลจะทำให้สัตว์ป่วยได้ แบคทีเรียที่พบในระบบทางเดินอาหารแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แบคทีเรียสามัญที่พบในระบบทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง สุกร สัตว์ปีก

สัตว์เคี้ยวเอื้อง	สุกร	สัตว์ปีก
Bacteroides amylophilus	*Bacteroides ruminicola*	*Bacteroides* spp.
Bacteroides ruminicola	*Bacteroides uniformis*	*Bacteroides fragilis*
Bacteroides succinogenes	*Bacteroides succinogenes*	*Bifidobacterium bifidus*
Butyrivibrio fibrisolvens	*Butyrivibrio fibrisolvens*	*Clostridium perfringens*
Clostridium welchii	*Clostridium perfringens*	*Clostridium beijerinckii*
Escherichia coli	*Escherichia coli*	*Clostridium* spp.
Lachnospira multiparus	*Eubacterium aerofaciens*	*Eubacterium* spp.
Lactobacillus spp.	*Lactobacillus acidophilus*	*Fusobacterium* spp.
Methanobacterium mobilis	*Lactobacillus brevis*	*Gemmiger formicilis*
Methanobacterium ruminantium	*Lactobacillus cellobiosus*	*Lactobacillus acidophilus*
Peptostreptococus elsdenii	*Lactobacillus fermentum*	*Lactobacillus fermentum*
Ruminococcus albus	*Lactobacillus salivarius*	*Lactobacillus salivarius*
Ruminococcus flavefaciens	*Peptostreptococus productus*	*Micrococcus* spp.
Selenomonas ruminantium	*Proteus* spp.	*Streptococus fecium*
Streptococus faecalis	*Ruminococcus flavefaciens*	*Streptococus faecalis*
Streptococus fecium	*Selenomonas ruminantium*	*Ruminococcus obeum*
Streptococus bovis	*Streptococus bovis*	
Succinimonas amylolytica	*Streptococus equinus*	
Succinovibrio dextrinosolvens	*Streptococus faecalis*	
Treponema spp.	*Streptococus salivarius*	
	Veillonellae spp.	

ที่มา: Luckey (1972)

1.3. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของผงถ่านไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้ไผ่ และผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับต่างๆ ต่อการเจริญของ *Escherichia coli, Salmonella typhi, Lactobacillus plantarum* และ *Bacillus subtilis* ในสภาพของห้องปฏิบัติการ

2. เพื่อศึกษาผลของผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับต่างๆต่อสมรรถภาพการผลิต การเกิดอาการท้องเสีย เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่น และจำนวนแบคทีเรียในมูลของลูกสุกรหย่านม

บทที่ 2
วิธีดำเนินการวิจัย

2.1. วิธีการดำเนินการ

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD)

การทดลองที่ 1 การทดสอบผงถ่านไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้ไผ่ และผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ ต่อการเจริญของ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi, Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ในสภาพของห้องปฏิบัติการ

อาหารเลี้ยงแบคทีเรียที่ใช้ในการทดลอง

ใช้อาหาร Nutrient Broth (NB), Nutrient agar (NA), Lactobacillus MRS Broth (MRS Broth), Lactobacillus MRS Agar (MRS Agar) และ Macconkey agar สำเร็จรูปในการเลี้ยงแบคทีเรียโดยใช้ในอัตราส่วน NA 28 g ต่อ น้ำกลั่น 1 ลิตร, NB 13 g ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร, MRS Broth 55.15 g ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร, MRS Agar 67.15 g ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตรและ Macconkey agar 51.53 g ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร ตามลำดับ และใช้ยาปฏิชีวนะ (Octamix ; Colistin 400×10^6 IU, Amoxycillin 100 g)

การเตรียมแบคทีเรียก่อนนำมาทดลอง

ทำการเลี้ยง *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella typhi* และ *Bacillus subtilis* ATCC 6633 ในอาหาร Nutrient Broth (NB) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และ *Lactobacillus plantarum* TISTR 850 ในอาหาร Lactobacillus MRS Broth (MRS Broth) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะไม่ใช้ออกซิเจนเพื่อให้มีการเจริญเติบโตอยู่ในระยะ Mid-Logarithmic phase ความหนาแน่นของเซลล์ 10^7 Colony Forming Unit ต่อมิลลิลิตร (Otto *et al*., 2010)

การเตรียมผงถ่านไม้ไผ่และน้ำส้มควันไม้ไผ่ก่อนนำมาทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ใช้ถ่านไม้ไผ่และน้ำส้มควันไม้ไผ่จากอุตสาหกรรมการผลิตถ่านไม้ไผ่ที่มีขายอยู่ในท้องตลาด ซึ่งใช้ไผ่ตงมีชื่อสามัญว่า Rough Giant Bamboo อยู่ในสกุล *Dendrocalamus Nees* ที่มีอายุประมาณ 1-2 ปี เผาด้วยความร้อน 600-700 องศาเซลเซียส น้ำส้มควันไม้ที่ได้มีค่า pH ประมาณ 3 เก็บน้ำส้มควันไม้ไผ่ทิ้งไว้อย่างน้อย 6 เดือนเพื่อให้ตกตะกอน และวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการก่อนนำมาใช้ในการทดลอง โดยผงถ่านไม้ไผ่มีราคา 250 บาทต่อกิโลกรัม และน้ำส้มควันไม้ไผ่มีราคา 200 บาทต่อลิตร

การทดสอบผลของน้ำส้มควันไม้ไผ่ต่อการเจริญของ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi, Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum*

ทำการทดลองโดยใช้น้ำส้มควันไม้ไผ่ ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน คือ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ ในอาหารเลี้ยงเชื้อ NB 9 มิลลิลิตร และเติม *Escherichia coli* 1 มิลลิลิตรลงไป จากนั้นนำไป incubated ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง แล้วนำมา dilute หลังจาก dilute เสร็จแล้วให้นำ *Escherichia coli* 100 ไมโครลิตร มา spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA 25-30 มิลลิลิตร จากนั้นให้นำไป incubated ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมงอีกครั้ง เมื่อครบเวลาที่กำหนดให้นำ *Escherichia coli* มานับจำนวน สำหรับการทดสอบผลของน้ำส้มควันไม้ไผ่ต่อการเจริญของ *Bacillus subtilis* และ *Salmonella typhi* ใช้วิธีเดียวกันกับการทดสอบ *Escherichia coli* ที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น (Watarai and Tana, 2005) และนำ *Lactobacillus plantarum* มาเลี้ยงในอาหาร MRS Broth ในปริมาตรเดียวกันจากนั้นนำไป incubated ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสในสภาวะไร้ออกซิเจนเป็นเวลา 24 ชั่วโมงในสภาวะไร้ออกซิเจน หลังจากนั้นมา dilute หลังจาก dilute เสร็จแล้วให้นำ *Lactobacillus plantarum* 100 ไมโครลิตรมา spread plate บนอาหาร MRA Agar 25-30 มิลลิลิตร จากนั้นให้นำไป incubated ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสในสภาวะไร้ออกซิเจน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Tsai *et al*., 2017)

การทดสอบผลของผงถ่านไม้ไผ่ต่อการเจริญของ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi, Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum*

ทำการทดลองโดยใช้ผงถ่านไม้ไผ่ ในระดับที่แตกต่างกัน คือ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ ในอาหาร NB 9 มิลลิลิตร และเติม *Escherichia coli* 1 มิลลิลิตรลงไป จากนั้นนำไป incubated ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

แล้วนำมาปั่นตกตะกอนที่ 900 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาทีเพื่อให้ผงถ่านตกตะกอนหลังจากนั้นให้ดูดเอาเฉพาะส่วนใสด้านบนมา dilute หลังจาก dilute เสร็จแล้วให้นำ *Escherichia coli* 100 ไมโครลิตร มา spread plate บนอาหาร NA 25-30 มิลลิลิตร จากนั้นให้นำไป incubated ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมงอีกครั้ง เมื่อครบเวลาที่กำหนดให้นำ *Escherichia coli* มานับจำนวน สำหรับการทดสอบผลของผงถ่านไม้ไผ่ต่อการเจริญของ *Salmonella typhi* และ*Bacillus subtilis* ใช้วิธีเดียวกันกับการทดสอบ *Escherichia coli* ที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น (Yang *at al.*, 2009) และนำ *Lactobacillus plantarum* มาเลี้ยงในอาหาร MRS Broth ในปริมาตรเดียวกันจากนั้นนำไป incubated ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสในสภาวะไร้ออกซิเจนเป็นเวลา 24 ชั่วโมงในสภาวะไร้ออกซิเจนหลังจากนั้นมา dilute หลังจาก dilute เสร็จแล้วให้นำ *Lactobacillus plantarum* 100 ไมโครลิตรมา spread plate บนอาหาร MRA Agar 25-30 มิลลิลิตร จากนั้นให้นำไป incubated ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสในสภาวะไร้ออกซิเจน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Tsai *et al*., 2017)

การทดสอบผลของผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ต่อการเจริญของ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi, Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum*

ทำการทดลองโดยใช้ผงถ่านไม้ไผ่ผสมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ (อัตราส่วน 2:1) ในระดับที่แตกต่างกัน คือ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะในอาหาร NB 9 มิลลิลิตร และเติม *Escherichia coli* 1 มิลลิลิตรลงไป จากนั้นนำไป incubated ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง แล้วนำมาปั่นตกตะกอนที่ 900 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาทีเพื่อให้ผงถ่านตกตะกอนหลังจากนั้นให้ดูดเอาเฉพาะส่วนใสด้านบนมา dilute หลังจาก dilute เสร็จแล้วให้นำ *Escherichia coli* 100 ไมโครลิตร มา spread plate บนอาหาร NA 25-30 มิลลิลิตร จากนั้นให้นำไป incubated ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมงอีกครั้ง เมื่อครบเวลาที่กำหนดให้นำ *Escherichia coli* มานับจำนวน สำหรับการทดสอบผลของผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ต่อการเจริญของ *Salmonella typhi* และ *Bacillus subtilis* ใช้วิธีเดียวกันกับการทดสอบ *Escherichia coli* ที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น (Yang *at al.*, 2009) และนำ *Lactobacillus plantarum* มาเลี้ยงในอาหาร MRS Broth ในปริมาตรเดียวกันจากนั้นนำไป incubated ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสในสภาวะไร้ออกซิเจนเป็นเวลา 24 ชั่วโมงในสภาวะไร้ออกซิเจนหลังจากนั้นมา dilute หลังจาก dilute เสร็จแล้วให้นำ *Lactobacillus plantarum* 100 ไมโครลิตรมา spread plate บนอาหาร MRA Agar 25-30 มิลลิลิตร จากนั้นให้นำไป incubated ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสในสภาวะไร้ออกซิเจน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Tsai *et al*., 2017)

การทดลองที่ 2 การทดสอบผลการเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในอาหารสุกรหย่านม

ใช้สุกรหย่านมลูกผสม 3 สายเลือด (ลาร์ทไวท์ x แลนเรซ x ดูร็อค) อายุ 4 สัปดาห์ จำนวน 36 ตัว แบ่งสุกรออกเป็น 6 กลุ่มๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 2 ตัว (เพศผู้ตอน 1 ตัว และเพศเมีย 1 ตัว) สุกรจะได้รับอาหารพื้นฐานที่มีโภชนะตรงตามความต้องการของสุกร (NRC, 1998) (ตารางที่ 3) และเสริมด้วยผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ (อัตราส่วน 2:1) ในระดับที่แตกต่างกัน คือ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ของอาหาร และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ ทำการเลี้ยงสุกรในคอกทดลอง โดยให้ลูกสุกรได้รับอาหารทดลองและน้ำอย่างเต็มที่ ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 28 วัน ในช่วงของการทดลองจะทำการเก็บข้อมูลสมรรถภาพการผลิต รวมทั้งบันทึกลักษณะของมูลของแต่ละกลุ่มทดลองทุกสัปดาห์ และเก็บตัวอย่างมูลสดของสุกรเมื่อสิ้นสุดการทดลองเพื่อนำมาทดสอบหา *Lactobacillus* spp. และ *Escherichia coli* ในห้องปฏิบัติการ

สำหรับการทดสอบหาจุลินทรีย์ในมูลจะนำมูลสุกรที่เก็บมาได้ในแต่ละซ้ำแล้วสุ่มมูลสุกรออกมา 1 กรัม จากนั้นนำมา dilute ด้วย 1% peptone broth 9 มิลลิลิตร ปั่นเหวี่ยงให้เข้ากัน แล้ว dilute อีก 10 เท่าด้วย 1% peptone broth 9 มิลลิลิตรอีกครั้งและดูดมา 100 ไมโครลิตรเพื่อมา spread plate บนอาหาร Macconkey agar จากนั้นให้นำไป incubated ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดให้นำมานับจำนวน *Escherichia coli* และดูดมาอีก 100 ไมโครลิตรเพื่อมา spread plate บนอาหาร Lactobacillus MRS Agar จากนั้นให้นำไป incubated ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดให้นำมานับจำนวน *Lactobacillus* spp. (Yan *et al*., 2012)

การประเมินการเกิดอาการท้องเสีย

ประเมินการเกิดท้องเสียของลูกสุกรสัปดาห์ละ 3 ครั้ง ก่อนให้อาหารลูกสุกรจะสังเกตและตรวจสอบการท้องเสียของลูกสุกร โดยผู้ทำการทดลองจะเป็นคนให้คะแนนตลอดการทดลอง และนำมาหาค่าเฉลี่ย หลักการให้คะแนนมีดังนี้ (Zhao *et al*., 2012)

1 = มูลมีลักษณะปกติ

2 = มูลมีลักษณะอ่อนนิ่ม

3 = ท้องเสีย

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบของสูตรอาหารสุกรหย่านม

Ingredients	**(%)**	**Baht/kg**	**Cost (Baht)**
Broken rice	19.00	10.40	197.60
Corn	25.00	10.00	250.00
Rice bran	5.00	9.50	47.50
Soybean meal (44%)	21.00	17.10	359.10
Extruded soybean	18.00	18.64	335.52
Fish meal (58%)	2.00	38.00	76.00
Milk powder	2.00	90.00	180.00
Oil palm	3.00	18.00	54.00
Dicalcium phosphate (P-18)	3.50	9.00	31.50
Salt	0.25	4.00	1.00
L-Lysine	0.25	95.00	23.75
DL-Methionine	0.25	160.00	40.00
Premix*	0.50	130.00	65.00
Sugar	0.25	25.00	6.25
Total	100	-	1,634.72
Feed cost (Baht/kg)	-	-	16.35
Calculated composition			
Crude protein (%)	22.00		
Metabolizable energy (kcal/kg)	3,300		
Fat (%)	5.80		
Crude fiber (%)	3.66		
Calcium (%)	1.00		
Phosphorus (%)	0.52		

*Premix: 2.0 MIU vitamin A, 0.32 MIU vitamin D_3, 2,000 mg vitamin E, 330 mg vitamin K_3, 220 mg vit B_1, 450 mg vitamin B_2, 4.5 mg vitamin B_{12}, 600 mg niacin, 100 mg copper, 150 mg iodine, 130 mg cobalt, 10 g iron, 8.8 g manganese, 8.8 g zinc, 25 g preservative, up to 1 kg filter.

การเก็บตัวอย่างเลือด

การเก็บตัวอย่างเลือดโดยเก็บจากลูกสุกรในแต่ละซ้ำเมื่อสิ้นสุดการทดลอง การเก็บเลือดสัตว์สามารถเจาะเส้นเลือดดำ (jugular vein) โดยใช้เข็มเบอร์ 20 ดูดเลือดมา 10 มิลลิลิตร โดยมีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด (Ethylenediaminetetraacetic acid, EDTA) เคลือบอยู่โดยปริมาณที่ใช้ 10-20 มิลลิกรัม (0.1 มิลลิลิตร ของสารละลาย 10% ทำให้แห้งในอุณหภูมิห้อง หรือในตู้อบ) ต่อเลือด 10 มิลลิลิตร โดยเลือดที่เก็บได้แช่ในกระติกน้ำแข็งแบบชั่วคราว จากนั้นนำไปเก็บไว้ที่ 40 องศาเซลเซียส โดยมีวัสดุอุปกรณ์และวิธีการดังนี้ (Upadhaya *et al.,* 2016)

วัสดุและอุปกรณ์

1. กระบอกฉีดยา (syringe) ที่ปลอดเชื้อ
2. เข็มฉีดยาเบอร์ 20 ที่ปลอดเชื้อ
3. สำลีชุบแอลกอฮอล์
4. ภาชนะที่ใช้บรรจุเลือด ใช้หลอดแก้วซึ่งปลอดเชื้อและควรเป็นหลอดฝาเกลียว หรือมีจุกยางปิด แน่น ที่ภายในหลอดมีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด EDTA
5. ที่วางหลอดเลือด (rack)
6. Haematocrit centrifuge
7. หลอดคาปิลลารี่เคลือบสารกันแข็งตัวของเลือด
8. ดินน้ำมัน (critoseal)
9. หลอด Microtube ขนาด 1.5 มิลลิลิตร
10. ตัววัดปริมาณเม็ดเลือด (Micro hematocrit Reader) หรือไม้บรรทัด

ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างเลือดและการวิเคราะห์ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น

1. เช็ดทำความสะอาดบริเวณที่จะเจาะด้วยแอลกอฮอล์
2. ใช้นิ้วกดบริเวณเส้นเลือดดำตรงตำแหน่งที่จะเจาะเลือด
3. ใช้เข็มแทงตามแนวเส้นเลือด พร้อมทั้งดูดเลือดทันที
4. เมื่อดูดเลือดได้ปริมาณตามที่ต้องการแล้ว ใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์กดแล้วดึงเข็มออกมา
5. ถอดเข็มออก แล้วถ่ายเลือดลงในหลอดเก็บเลือดอย่างช้าๆ พลิกหลอดกลับไปมาเบาๆ เพื่อให้เลือดผสมกันกับสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด

6. นำเลือดที่ได้ใส่หลอดคาปิลลารี (Heparinized capillary tube) ประมาณสามส่วนสี่หลอด ปิดปลายด้านหนึ่งของหลอดด้วยดินน้ำมัน

7. นำไปปั่นด้วยเครื่อง Hematocrit centrifuge ที่แรงเหวี่ยง 10,000 -15,000 rpm นาน 5 นาที

8. วัด % hematocrit ด้วยแผ่นอ่านค่า หรือไม้บรรทัด

9. คำนวณเปอร์เซ็นต์ฮีมาโตคริตโดยวัดสัดส่วนของเม็ดเลือดแดงอัดแน่นต่อปริมาตรของเลือดทั้งหมด

Percent haematocrit = (Packed cell volume/Total blood volume) × 100

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองที่ 1 การทดสอบผลของผงถ่านไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้ไผ่ และผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ ต่อการเจริญของ *Escherichia coli, Salmonella typhi, Lactobacillus plantarum* และ *Bacillus subtilis* ในห้องปฏิบัติการ เก็บข้อมูลโดยการนับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น

$$\text{จำนวนแบคทีเรีย (CFU/ml)} = \frac{\text{จำนวนโคโลนีบนอาหารเลี้ยงแบคทีเรีย} \times \text{ระดับความเจือจาง}}{\text{ปริมาณตัวอย่างที่ใส่ลงในจานเลี้ยงเชื้อ}}$$

การทดลองที่ 2 การทดสอบผลการเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในอาหารสุกรหย่านม

ทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางโภชนะของอาหารทดลอง แบบ Proximate analysis และวิเคราะห์หาพลังงานโดยใช้เครื่อง Bomb calorimeter ตามวิธีของ AOAC (1990) ทำการเก็บข้อมูลสมรรถภาพการผลิตของลูกสุกร ได้แก่ ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโต อัตราการตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต โดยทำการบันทึกข้อมูลทุกสัปดาห์ และคำนวณต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าต่างๆ ตามสูตร ดังนี้

$$\text{ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่กิน (กรัม)}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเมื่อเริ่มทดลอง}}{\text{จำนวนวันที่ทำการทดลอง}}$$

$$\text{อัตราการตาย (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนที่ตาย} \times 100}{\text{จำนวนเริ่มต้น}}$$

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ใช้}}{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น}}$$

ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

= อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต × ราคาอาหาร 1 กิโลกรัม

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ $P<0.05$ โดยใช้โปรแกรม Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)

2.2. วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุ

1. น้ำส้มควันไม้ไผ่
2. ผงถ่านไม้ไผ่
3. สุกรหย่านม อายุ 28 วัน
4. วัตถุดิบอาหารสัตว์ (แสดงดังตารางที่ 3)
5. อาหารเลี้ยงแบคทีเรีย (แสดงดังภาคผนวก ก)
6. *Escherichia coli* ATCC 25922
7. *Salmonella typhi*
8. *Bacillus subtilis* ATCC 6633

9. *Lactobacillus plantarum* TISTR 850

อุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่
2. บีกเกอร์
3. จานเพาะเชื้อ
4. แท่งแก้วสามเหลี่ยม
5. แท่งแก้วคนสาร
6. ตะเกียงแอลกอฮอล์
7. เข็มเขี่ยเชื้อปลายกลม
8. ช้อนตักสาร
9. หลอดทดลอง
10. ไมโครปิเปต
11. หลอดไมโครเซนตริฟิวก์ (Microcentrifuge tube)
12. คอกเลี้ยงสุกรขนาด 1×1 เมตร จำนวน 18 คอก
13. ช้อนตักอาหารสัตว์

สารเคมี

1. ยาปฏิชีวนะ Octamix (Colistin 400×10^6 IU, Amoxycillin 100 g)
2. เอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์
3. Ethylenediaminetetraacetic acid

เครื่องมือ

1. ตู้บ่มและควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Binder BD 53
2. ตู้บ่มและควบคุมอุณหภูมิแบบไม่ใช้ออกซิเจน ยี่ห้อ Whitley DG 250
3. เครื่องวัด pH ยี่ห้อ Bench top pH meter Lab 855 White Blue line
4. หม้อนึ่งความดันไอน้ำ ยี่ห้อ Tomy
5. เครื่องเขย่าสารแบบควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ N-Biotech model NB 205
6. ตู้ปลอดเชื้อ (Laminar air flow) ยี่ห้อ Microtech
7. เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ยี่ห้อ Kintaro

8. เครื่อง Bomb calorimeter ยี่ห้อ Leco AC 350
9. เครื่อง CHN Analyzer ยี่ห้อ Leco CHN 628
10. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius
11. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Denver instrument
12. ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Binder FD 240
13. ตาชั่งน้ำหนัก 60 กิโลกรัม
14. อ่างควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Memmert
15. เครื่อง Hematocrit centrifuge ยี่ห้อ Hettich
16. ตู้ -80 องศาเซลเซียส ยี่ห้อ Dometic
17. ตู้เย็น

สถานที่ทำการวิจัย

ห้องโครงงานวิจัย และฟาร์มเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี และฟาร์มสุกร เลขที่ 115 หมู่ 6 ตำบลควนทอง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

บทที่ 3
ผลการทดลอง

การศึกษาและการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลอง ผงถ่านไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้ไผ่ และผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ ต่อการเจริญของ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ในสภาพของห้องปฏิบัติการ และการทดสอบผลการเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในอาหารลูกสุกรหย่านมต่อสมรรถภาพการผลิต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ลักษณะของมูล จำนวนแบคทีเรียในมูล และเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่น ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์และการแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงถ่านไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง

การประเมินองค์ประกอบทางเคมีของผงถ่านไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลองด้วยวิธีวิเคราะห์โดยประมาณ (proximate analysis) และวิเคราะห์หาพลังงานโดยใช้เครื่อง Bomb calorimeter ตามวิธีของ AOAC (1990) คาร์บอน ไนโตรเจน และไฮโดรเจน ด้วยเครื่อง CHN Analyzer วัดค่า pH โดย pH Meter แสดงในตารางที่ 4 จากการสุ่มตัวอย่างวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงถ่านไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลองพบว่า ผงถ่านไม้ไผ่มีความชื้นร้อยละ 8.74 เถ้าร้อยละ 5.93 เยื่อใยร้อยละ 77.58 พลังงานรวม 5,901 kcal/kg คาร์บอนร้อยละ 67.79 ไนโตรเจนร้อยละ 0.39 ไฮโดรเจนร้อยละ 0.027 และมี pH 8.2 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง

การประเมินองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลองด้วยเครื่อง Gas Chromatography-Mass Spectrometry, 7890 B GC-5977A MSD, Agilent, USA แสดงในตารางที่ 5 จากการสุ่มตัวอย่างวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลองพบว่า น้ำส้มควันไม้ไผ่ประกอบด้วย Organic acid ร้อยละ 67.37 Alcohols ร้อยละ 2.16 Phenol derivatives ร้อยละ 9.47 Methoxy phenol derivatives ร้อยละ 3.18 Aldehyde and ketone ร้อยละ 4.54 Heterocyclic aromatic compound ร้อยละ 2.59 Furan ร้อยละ 3.42 สารประกอบอื่นๆ ร้อยละ 1.10 และมี pH 2.7 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง

การประเมินองค์ประกอบทางเคมีของผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ (อัตราส่วน 2:1) ที่ใช้ในการทดลองด้วยวิธีวิเคราะห์โดยประมาณ (proximate analysis) และวิเคราะห์หาพลังงานโดยใช้เครื่อง Bomb calorimeter ตามวิธีของ AOAC (1990) คาร์บอน ไนโตรเจน และไฮโดรเจน ด้วยเครื่อง CHN Analyzer วัดค่า pH โดย pH Meter แสดงในตารางที่ 6 จากการสุ่มตัวอย่างวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง พบว่า ผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่มีความชื้นร้อยละ 25.85 เถ้าร้อยละ 5.59 เยื่อใยร้อยละ 66.37 พลังงานรวม 5,866 kcal/kg คาร์บอนร้อยละ 60.32 ไนโตรเจนร้อยละ 0.73 ไฮโดรเจนร้อยละ 3.79 และมี pH 6.8 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของผงถ่านไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง

Item	**%**
Moisture	8.74
Crude fiber	77.58
Ash	5.93
Carbon	67.79
Nitrogen	0.39
Hydrogen	0.027
Gross energy (kcal/kg)	5,901
pH	8.2

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง

Item	Relative concentration (%)
Organic acid	
Acetic acid	60.29
Propanoic acid	6.75
2-Propenoic acid	0.08
Butanoic acid	0.07
2-Thiophenecarboxylic acid	0.07
Guanidine	0.07
2-Hydroxy-4-oxohexanoic acid	0.04
Total organic acid	**67.37**
Alcohols	
Benzene methanol	1.07
Ethanol 1-(3,4-Dimethoxyphenyl)	0.30
1,2-Diphenylethan-1-ol	0.23
Benzaldehyde	0.18
Benzene 1-Acetyl-2-(tert-butoxycarboyloxy)	0.10
1,4-Ehtanonaphthalene	0.09
Methanol	0.08
Benzene amine	0.07
Benzene ethanol	0.04
Total alcohols	**2.16**
Phenol derivatives	
Phenol	4.18
Phenol, 2,6-dimethoxy	3.53
Phenol, 2-methoxy	1.76
Total phenol derivatives	**9.47**
Methoxy phenol derivatives	
P-ethyl-phenol	1.36

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง (ต่อ)

Item	Relative concentration (%)
4 - methyl-syringol	0.71
2-methoxy-4-methyl-phenol	0.49
M-Cresol	0.33
N1-Methyluracil	0.22
2-Methylaminophenol	0.07
Total methoxy phenol derivatives	**3.18**
Aldehyde and ketone	
2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl	1.65
2-Cyclopenten-1-one, 2-hydroxy-3-methyl	1.17
2-Propanone, 1-hydroxy	0.62
Acetoin	0.35
2-Cyclopenten-1-one, 3-methyl	0.26
1-Hydroxybutan-2-one	0.25
2-Hydroxy-3,5-Dimethyl-2-Cyclopenten1-one	0.21
1,3-Dimethyl-tetraadeuteriobenzene	0.03
Total aldehyde and ketone	**4.54**
Heterocyclic aromatic compound	
Pyridine	1.30
3-methoxy-pyridine	0.92
2-methyl-pyridine	0.22
4-Pyridinol	0.15
Total heterocyclic aromatic compound	**2.59**
Furans	
Furan,3-methyl	0.19
2-(2,3-epoxypropyl)-tetrahydrofurane	0.10
5-Methyldihydro-2(3H)-Furanone	0.10
2(3H)-Furanone, dihydro	2.14
2-methyl-2,3-dihydro-furan-3-one	0.05

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง (ต่อ)

Item	**Relative concentration (%)**
3-Furancarboxaldehyde,4,5-dihydro	0.10
1-(Furan-2-yl)propan-1-ol	0.09
2(3H)-Furanone, dihydro-4-methyl	0.10
4-Propyl-2,3-dihydrofuran	0.03
2(5H)-Furanone,3,4-diethyl	0.08
1,4:3,6-Dianhydro-.alpha.-d-glucopyranose	0.26
2,4-dihydro-pyran-3-one	0.11
2-Acetyl-2-methyltetrahydrofuran	0.07
Total furan	**3.42**
Other compound	
Guaiacol, 4-ethyl	0.35
Anhydro-sugar	0.49
diethyl[3-(5,5,9,9-tetramethyl-1-oxo-3-thioxo2azaspiro[3,5]nonan-2-yl)propyl]phosphonate	0.12
Methane	0.14
pH	2.7

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง

Item	**%**
Moisture	25.85
Crude fiber	66.37
Ash	5.59
Carbon	60.32
Nitrogen	0.73
Hydrogen	3.79
Gross energy (kcal/kg)	5,866
pH	6.8

การทดลองที่ 1 การทดสอบผงถ่านไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้ไผ่ และผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ ต่อการเจริญของ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi, Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ในสภาพของห้องปฏิบัติการ

ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis* และเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ด้วยผงถ่านไม้ไผ่ที่ระดับต่างๆ

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิด คือ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ที่ทดสอบด้วยผงถ่านไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ และเก็บผลโดยการนับจำนวน colony ที่เกิดขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่า *Escherichia coli* และ *Salmonella typhi* ที่ทดสอบด้วยผงถ่านไม้ไผ่ที่ระดับ 0.5, 1.0, 1.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีการยับยั้งการเจริญ แต่ที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีการเจริญลดลง (P<0.01) สำหรับ *Bacillus subtilis* ที่ทดสอบด้วยผงถ่านไม้ไผ่ที่ระดับ 0.5, 1.0, 1.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีการยับยั้งการเจริญ แต่ที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีการเจริญลดลง (P<0.01) สำหรับ *Lactobacillus plantarum* ที่ทดสอบด้วยผงถ่านไม้ไผ่พบว่า ที่ระดับ 0.5 และ1.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีการยับยั้งการเจริญ แต่ที่ระดับ 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีการเจริญลดลง (P<0.01) สำหรับการใช้ยาปฏิชีวนะพบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ทั้งหมด ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ด้วยผงถ่านไม้ไผ่ที่ระดับต่างๆ (Log 10 CFU/ml)

Item	NC[2]	PC[3]	BC[1] (%)				SEM	*P*-value
			0.50	1.00	1.50	2.00		
Escherichia coli	8.71[a]	0[c]	8.69[a]	8.78[a]	8.54[a]	7.64[b]	0.14	0.001
Salmonella typhi	8.98[a]	0[c]	8.90[a]	8.87[a]	8.61[a]	7.11[b]	0.23	0.001
Bacillus subtilis	8.30[a]	0[c]	8.31[a]	8.22[ab]	8.04[ab]	7.56[b]	0.91	0.001
Lactobacillus plantarum	9.45[a]	0[c]	9.48[a]	9.43[a]	9.32[b]	9.22[b]	0.15	0.001

[abc] means in the same row with different superscripts are highly significant different (P<0.01)

[1] Bamboo Charcoal, [2]Negative control (0% Bamboo Charcoal), [3]Postsitive control (Octamix ; Colistin 400×10^6 IU, Amoxycillin 100 g)

ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับต่างๆ

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการยังยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิด คือ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ที่ทดสอบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ และเก็บผลโดยการนับจำนวน colony ที่เกิดขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่า *Escherichia coli* ที่ทดสอบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0.5 และ1.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีการยับยั้งการเจริญ แต่ที่ระดับ 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีการเจริญลดลงตามลำดับ (P<0.01) สำหรับ *Salmonella typhi* ที่ทดสอบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0.5 และ1.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีการยับยั้งการเจริญ แต่ที่ระดับ 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีการเจริญลดลงตามลำดับ (P<0.01) และ *Bacillus subtilis* ที่ทดสอบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีการเจริญลดลงตามระดับการใช้ที่เพิ่มขึ้น (P<0.01) สำหรับ *Lactobacillus plantarum* ที่ทดสอบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีการยับยั้งการเจริญ แต่ที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีการเจริญลดลง (P<0.01) สำหรับการใช้ยาปฏิชีวนะสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ทั้งหมด ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับต่างๆ (Log 10 CFU/ml)

Item	NC[2]	PC[3]	BV[1] (%)				SEM	*P*-value
			0.50	1.00	1.50	2.00		
Escherichia coli	9.01[a]	0[d]	9.04[a]	8.78[a]	7.47[b]	6.99[c]	0.29	0.001
Salmonella typhi	8.61[a]	0[c]	8.55[ab]	8.31[ab]	7.69[bc]	7.53[c]	0.17	0.001
Bacillus subtilis	8.27[a]	0[e]	8.02[b]	7.98[b]	7.21[c]	6.95[d]	0.16	0.001
Lactobacillus plantarum	9.45[a]	0[c]	9.45[a]	9.46[a]	9.44[a]	9.33[b]	0.15	0.001

[abcde] means in the same row with different superscripts are highly significant different (P<0.01)

[1]Bamboo vinegar, [2]Negative control (0% Bamboo vinegar), [3]Postsitive control (Octamix ; Colistin 400×10^6 IU, Amoxycillin 100 g)

ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ด้วยผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ (อัตราส่วน 2:1) ที่ระดับต่างๆ

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิด คือ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ที่ทดสอบด้วยผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ และเก็บผลโดยการนับจำนวน colony ที่เกิดขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่า *Escherichia coli* ที่ทดสอบด้วยผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญลดลงตามระดับการใช้ที่เพิ่มขึ้น (P<0.01) และ *Salmonella typhi* ที่ทดสอบด้วยผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีการยับยั้งการเจริญ (P>0.05) แต่พบว่าที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญลดลง (P<0.01) สำหรับ *Bacillus subtilis* ที่ทดสอบด้วยผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีการยับยั้งการเจริญ แต่ที่ระดับ 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีการเจริญลดลงตามลำดับ (P<0.01) และ *Lactobacillus plantarum* ที่ทดสอบด้วยผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0.5 และ1.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีการยับยั้งการเจริญ แต่ที่ระดับ 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีการเจริญลดลง (P<0.01) สำหรับการใช้ยาปฏิชีวนะไม่พบการเจริญของแบคทีเรีย ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ด้วยผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ (อัตราส่วน 2:1) ที่ระดับต่างๆ (Log 10 CFU/g)

Item	NC[2]	PC[3]	BCV[1] (%)				SEM	P-value
			0.50	1.00	1.50	2.00		
Escherichia coli	9.47^{a}	0^{e}	8.99^{b}	8.98^{b}	8.60^{c}	7.05^{d}	0.28	0.001
Salmonella typhi	8.98^{a}	0^{c}	8.90^{a}	8.87^{a}	8.61^{a}	7.11^{b}	0.97	0.001
Bacillus subtilis	8.29^{a}	0^{d}	8.24^{a}	8.12^{a}	7.68^{b}	7.21^{c}	0.14	0.001
Lactobacillus plantarum	9.45^{a}	0^{c}	9.44^{a}	9.44^{a}	9.32^{b}	9.20^{b}	1.05	0.001

^{abcde} means in the same row with different superscripts are highly significant different (P<0.01)

[1]Bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar, [2]Negative control (0% Bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar) [3]Postsitive control (Octamix ; Colistin 400×10^{6} IU, Amoxycillin 100 g)

การทดลองที่ 2 การทดสอบผลการเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในอาหารสุกรหย่านม

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลอง

การประเมินคุณค่าทางโภชนะของอาหารสัตว์ด้วยวิธีวิเคราะห์โดยประมาณ (proximate analysis) และวิเคราะห์หาพลังงานโดยใช้เครื่อง Bomb calorimeter ตามวิธีของ AOAC (1990) แสดงในตารางที่ 10 จากการสุ่มตัวอย่างวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารสุกรหย่านมพบว่า มีพลังงานรวม 4,097 kcal/kg โปรตีนร้อยละ 19 เยื่อใยร้อยละ 5.22 เถ้าร้อยละ 7.82 ไขมันร้อยละ 5.80 แคลเซียมร้อยละ 0.74 ฟอสฟอรัสร้อยละ 0.44 และความชื้น 8.42 ตามลำดับ

ตารางที่ 10 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลอง

Chemical composition	**(%)**
Moisture	8.41
Crude Protein	19.00
Crude Fiber	5.22
Ash	7.82
Fat	5.80
Calcium	0.74
Phosphorus	0.44
Gross energy (kcal/kg)	4,097

สมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ ในสัปดาห์ที่ 1

จากการศึกษาสมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ พบว่าปริมาณอาหารที่กินในกลุ่มที่เสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะไม่มีความแตกต่างกัน แต่การเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ปริมาณอาหารที่กินลดลง (P<0.01) การเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในอาหารไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต (P>0.05) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 สมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในสัปดาห์ที่ 1

Item	NC[2]	PC[3]	BCV[1] (%)				SEM	*P*-value
			0.50	1.00	1.50	2.00		
Feed intake (g/d)	200.00[a]	214.29[a]	214.28[a]	203.57[a]	207.14[a]	156.57[b]	5.57	0.002
Average daily gain (g/d)	159.52	200.00	122.85	133.93	196.83	100..50	13.48	0.146
Feed conversion ratio	1.25	1.07	1.74	1.51	1.05	1.55	0.14	0.296

[ab] means in the same row with different superscripts are highly significant different ($P<0.01$)

[1]Bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar

[2]Negative control (0% Bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar)

[3]Postsitive control (Octamix ; Colistin 400×10^6 IU, Amoxycillin 100 g)

สมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในสัปดาห์ที่ 2

จากการศึกษาสมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ พบว่าปริมาณอาหารที่กินในกลุ่มที่เสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0, 0.5 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะไม่มีความแตกต่างกัน การเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ปริมาณอาหารที่กินลดลง (P<0.01) การเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับต่างๆ ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 12

สมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในสัปดาห์ที่ 3

จากการศึกษาสมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ พบว่าปริมาณอาหารที่กินไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) แต่การเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ ที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันน้อยที่สุด (P=0.068) และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ (P<0.05) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 13

สมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในสัปดาห์ที่ 4

จากการศึกษาสมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ พบว่าปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 12 สมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในสัปดาห์ที่ 2

Item	NC[2]	PC[3]	BCV[1] (%)				SEM	*P*-value
			0.50	1.00	1.50	2.00		
Feed intake (g/d)	310.71[a]	332.14[ab]	300.00[ab]	257.14[c]	283.33[bc]	250.00[c]	8.32	0.008
Average Daily Gain (g/d)	335.71	317.85	309.52	247.62	248.62	269.04	20.47	0.810
Feed conversion ratio	0.92	1.04	0.97	1.03	1.14	0.92	0.97	0.938

[abc] means in the same row with different superscripts are highly significant different ($P<0.01$)

[1]Bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar

[2]Negative control (0% Bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar)

[3]Postsitive control (Octamix ; Colistin 400×10^6 IU, Amoxycillin 100 g)

ตารางที่ 13 สมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในสัปดาห์ที่ 3

Item	NC[2]	PC[3]	BCV[1] (%)				SEM	*P*-value
			0.50	1.00	1.50	2.00		
Feed intake (g/d)	428.57	428.57	419.05	402.38	428.57	421.43	4.24	0.445
Average daily gain (g/d)	276.19	300.00	259.52	247.61	233.33	178.57	11.60	0.068
Feed conversion ratio	1.55[b]	1.43[b]	1.65[b]	1.63[b]	1.83[ab]	2.36[a]	0.09	0.042

[ab]means in the same row with different superscripts are highly significant different ($P<0.05$)

[1]Bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar

[2]Negative control (0% Bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar)

[3]Postsitive control (Octamix ; Colistin 400×10^6 IU, Amoxycillin 100 g)

ตารางที่ 14 สมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในสัปดาห์ที่ 4

Item	NC[2]	PC[3]	BCV[1] (%)				SEM	*P*-value
			0.50	1.00	1.50	2.00		
Feed intake (g/d)	523.81	514.28	538.09	507.14	514.28	500.00	4.93	0.297
Average daily gain (g/d)	283.33	276.19	295.24	389.28	295.24	307.14	15.12	0.497
Feed conversion ratio	1.84	1.86	1.82	1.30	1.74	1.62	0.07	0.498

[1]Bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar

[2]Negative control (0% Bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar)

[3]Postsitive control (Octamix ; Colistin 400×10^6 IU, Amoxycillin 100 g)

สมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ตลอดการทดลอง (สัปดาห์ที่ 1-4)

จากการศึกษาสมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ พบว่า การเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5 เปอร์เซ็นต์ และการเสริมยาปฏิชีวนะ มีสมรรถภาพการผลิตและต้นทุนค่าอาหารไม่แตกต่างกัน แต่การเสริมที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ปริมาณอาหารที่กินลดลง (P<0.01) และมีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ (P<0.05) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 15

ลักษณะมูลของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่

จากการศึกษาลักษณะมูลของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ พบว่าลักษณะของมูลของแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 16

เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ พบว่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นของแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 17

จำนวนแบคทีเรียในมูลของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ (Log 10 CFU/ml)

จากการศึกษาจำนวนแบคทีเรีย 2 ชนิดคือ *Escherichia coli* และ *Lactobacillus* spp. ในมูลของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ เก็บผลโดยการนับจำนวน colony ที่เกิดขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่า การเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนของ *Escherichia coli* ในมูลไม่แตกต่างกัน แต่การเสริมที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ *Escherichia coli* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

สำหรับ *Lactobacillus* spp. ในมูลพบว่า การเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับต่างๆ มีจำนวนของ *Lactobacillus* spp. ไม่แตกต่างกัน สำหรับกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะพบว่า มีจำนวนของ *Lactobacillus* spp. ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 18

ตารางที่ 15 สมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ตลอดการทดลอง (สัปดาห์ที่ 1-4)

Item	NC[2]	PC[3]	BCV[1] (%)				SEM	*P*-value
			0.50	1.00	1.50	2.00		
Initial weight (kg)	4.96	5.08	4.25	4.31	4.30	4.88	0.15	0.529
Final weight (kg)	11.76	12.00	10.96	10.70	10.06	10.60	0.30	0.547
Body weight gain (kg)	6.80	6.91	6.71	6.38	5.76	5.71	0.30	0.758
Feed intake (g/d)	366.07[a]	375.89[a]	364.52[a]	352.98[a]	363.09[a]	334.53[b]	3.50	0.001
Average daily gain (g/d)	242.87	233.93	239.87	227.96	205.95	204.20	11.02	0.795
Feed conversion ratio	1.51	1.42	1.52	1.57	1.77	1.85	0.06	0.711
Feed cost/gain (Baht/kg)	23.73[b]	23.31[b]	26.96[b]	26.82[b]	30.56[b]	39.30[a]	1.49	0.015

[ab]means in the same row with different superscripts are highly significant different ($P<0.05$)

[1]Bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar

[2]Negative control (0% Bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar)

[3]Postsitive control (Octamix ; Colistin 400×10^6 IU, Amoxycillin 100 g)

ตารางที่ 16 ลักษณะมูลของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่*

Item	NC[2]	PC[3]	BCV[1] (%)				SEM	*P*-value
			0.50	1.00	1.50	2.00		
Week 1	1.66	1.22	1.55	1.44	1.44	1.44	0.07	0.866
Week 2	1.22	1.00	1.11	1.00	1.11	1.00	0.03	0.382
Week 3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.000
Week 4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.000
Week 1-4	1.22	1.05	1.17	1.11	1.13	1.11	1.02	0.595

[1] Bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar

[2]Negative control (0% Bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar)

[3]Postsitive control (Octamix ; Colistin 400×10^6 IU, Amoxycillin 100 g)

*Diarrhea scores (1 = well-formed feces, 2 = sloppy feces, 3 = diarrhea)

ตารางที่ 17 เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่

Item	NC[2]	PC[3]	BCV[1] (%)				SEM	*P*-value
			0.50	1.00	1.50	2.00		
Barrow	37.24	36.94	38.18	38.66	37.67	39.07	0.69	0.957
Gilt	37.89	39.20	36.34	39.05	35.70	36.72	0.84	0.793
Mean	37.58	38.08	37.26	38.85	37.20	37.90	0.54	0.896

[1]Bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar

[2]Negative control (0% Bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar)

[3]Postsitive control (Octamix ; Colistin 400×10^6 IU, Amoxycillin 100 g)

ตารางที่ 18 จำนวนแบคทีเรียในมูลของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ (Log 10 CFU/g)

Item	NC[2]	PC[3]	BCV[1] (%)				SEM	*P*-value
			0.50	1.00	1.50	2.00		
Escherichia coli	9.01[a]	6.80[c]	8.97[ab]	8.83[ab]	8.67[ab]	8.53[b]	0.06	0.038
Lactobacillus spp.	8.52[a]	6.90[b]	8.49[a]	8.55[a]	8.51[a]	8.38[a]	0.05	0.001

[abc]means in the same row with different superscripts are highly significant different (P<0.05)

[1]Bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar

[2]Negative control (0% Bamboo charcoal powder containing bamboo vinegar)

[3]Postsitive control (Octamix ; Colistin 400×10^6 IU, Amoxycillin 100 g)

บทที่ 4
วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการศึกษาและการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของผงถ่านไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลองพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของผงถ่านไม้ไผ่ประกอบไปด้วยความชื้นร้อยละ 8.74 เถ้าร้อยละ 5.93 เยื่อใยร้อยละ 77.58 พลังงานรวม 5,901 kcal/kg คาร์บอนร้อยละ 67.79 ไนโตรเจนร้อยละ 0.39 ไฮโดรเจนร้อยละ 0.027 และมี pH 8.2 ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับงานทดลองของ Chen *et al*. (2010) ที่ทำการศึกษาผลของผงถ่านไม้ไผ่และน้ำส้มควันไม้ไผ่ต่อการตรึงไนโตรเจนและโลหะหนักในมูลสุกรซึ่งได้ทำการวัดคุณภาพของผงถ่านไม้ไผ่ก่อนทำการทดลอง พบว่ามีค่า pH 8.20-8.86 และมีความชื้นไม่เกิน 11.0 เปอร์เซ็นต์

จากผลการศึกษาและการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ไผ่ พบว่า ประกอบด้วย Organic acid ร้อยละ 67.37 Alcohols ร้อยละ 2.16 Phenol derivatives ร้อยละ 9.47 Methoxy phenol derivatives ร้อยละ 3.18 Aldehyde and ketone ร้อยละ 4.54 Heterocyclic aromatic compound ร้อยละ 2.59 Furan ร้อยละ 3.42 สารประกอบอื่นๆ อีกร้อยละ 1.10 และมี pH 2.7 ซึ่งจะเห็นได้ว่าน้ำส้มควันไม้ไผ่ประกอบด้วย Organic acid เป็นสารประกอบหลัก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang *et al*. (2012) ที่ทำการทดลองผลของการใช้น้ำส้มควันไม้ไผ่ทดแทนยาปฏิชีวนะต่ออัตราการเจริญเติบโตและประชากรของจุลินทรีย์ในมูลของสุกรหย่านม ซึ่งได้รายงานว่าในน้ำส้มควันไม้ไผ่ประกอบด้วย Organic acid และ Phenol derivatives เป็นหลัก

จากผลการศึกษาและการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ พบว่า ประกอบไปด้วยความชื้นร้อยละ 25.85 เถ้าร้อยละ 5.59 เยื่อใยร้อยละ 66.37 พลังงานรวม 5,866 kcal/kg คาร์บอนร้อยละ 60.32 ไนโตรเจนร้อยละ 0.73 ไฮโดรเจนร้อยละ 3.79 และมี pH 6.8 ตามลำดับ ความชื้นที่ได้มีค่ามากกว่าผงถ่านทั่วไปเนื่องจากการผสมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่อัตราส่วน 2:1 ส่วนเปอร์เซ็นต์ของเถ้ามีค่าใกล้เคียงกับผงถ่านไม้ไผ่ สำหรับค่า pH จะมีค่าต่ำกว่าผงถ่านไม้ไผ่ เนื่องจากการนำมาผสมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ซึ่งมีค่า pH ต่ำ (pH 2.7)

การทดลองที่ 1

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิด คือ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ที่ทดสอบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ และเก็บผลโดยการนับจำนวน colony ที่เกิดขึ้น พบว่า *Escherichia coli* และ *Salmonella typhi* ที่ทดสอบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีการยับยั้งการเจริญ แต่ที่ระดับ 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญลดลงตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้อาจจะเกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไผ่ในระดับที่น้อยของกลุ่ม 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ แต่ที่ระดับ 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญมากกว่า เนื่องจากในน้ำส้มควันไม้ไผ่ประกอบไปด้วยสารประกอบอินทรีย์ที่สำคัญ ได้แก่ กรดอะซิติก สารประกอบฟีนอล คีโตน และอัลดีไฮด์ โดยพบว่ามีกรดอะซิติคประกอบอยู่ประมาณ 80% ของสารอินทรีย์ทั้งหมด ซึ่งสารอินทรีย์เหล่านี้อาจมีผลในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (สรรเพชญ และคณะ, 2551; นงลักษณ์, 2554; Watarai and Tana, 2005) นอกจากนี้ Akakabe *et al*. (2006) ได้รายงานไว้ว่า น้ำส้มควันไม้ไผ่มีคุณสมบัติเป็นยาฆ่าแมลง สารยับยั้งการเจริญของเชื้อรา แบคทีเรีย รวมถึงไวรัส ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคได้ เช่น ซัลโมเนลลา และอีโคไล สำหรับ *Bacillus subtilis* พบว่าการใช้น้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับต่างๆ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ ในขณะที่ *Lactobacillus plantarum* ที่ทดสอบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีการยับยั้งการเจริญ แต่ที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญลดลง ซึ่งมีรายงานว่าการใช้น้ำส้มควันไม้ร่วมกับผงถ่านในอาหารสุกรหย่านมมีผลทำให้จำนวนของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกในลำไส้ของสุกรเพิ่มขึ้นและอาจเป็นเพราะกรดอินทรีย์ในน้ำส้มควันไม้ช่วยทำให้จุลินทรีย์ในกลุ่มที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเจริญได้ดีมากขึ้น (ณิฐิมา และคณะ, 2553) นอกจากนี้จุลินทรีย์กลุ่ม lactic acid bacteria ยังสร้างกรดอินทรีย์ที่เกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึม คือ กรดแลคติกและกรดอะซิติก ซึ่งจะทำให้สภาพภายในระบบทางเดินอาหารมีสภาวะที่สมดุล ทำให้มีการย่อยและการดูดซึมสารอาหารได้ดีขึ้น (Klaenhammer, 1998) การใช้น้ำส้มควันไม้ไผ่ในระดับที่สูงขึ้นมีผลในการยับยั้งแบคทีเรียเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นเพราะปริมาณของสารประกอบอินทรีย์ในน้ำส้มควันไม้ไผ่มีปริมาณมากเกินไปจึงส่งผลต่อการเจริญของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ได้เช่นกัน

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิด คือ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ที่ทดสอบด้วยผงถ่านไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ และเก็บผลโดยการนับจำนวน colony ที่เกิดขึ้น พบว่า *Escherichia coli*, *Salmonella typhi* ที่

ทดสอบด้วยผงถ่านไม้ไผ่ที่ระดับ 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่พบการยับยั้งการเจริญ แต่พบว่าที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นๆ ซึ่งวินัย และคณะ (2547) กล่าวไว้ว่า ถ่านไม้ไผ่ (bamboo charcoal) จะมีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นรูพรุนเล็กๆ มากมาย สิ่งต่างๆ จะแพร่เข้ารูพรุนของถ่านไม้ไผ่ สำหรับ *Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ที่ทดสอบด้วยผงถ่านไม้ไผ่ที่ระดับ 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีการยับยั้งการเจริญ แต่ที่ระดับ 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีการเจริญลดลงตามลำดับ Chu *et al.* (2013) ได้ทำการศึกษาผลของผงถ่านไม้ไผ่น้ำส้มควันไม้ไผ่ เพื่อใช้เป็นทางเลือกแทนการใช้ยาปฏิชีวนะที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต และจำนวนจุลินทรีย์ในมูลสุกรขุน พบว่ากลุ่มที่เสริมด้วยผงถ่านไม้ไผ่ และน้ำส้มควันไม้ไผ่ มีอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารเทียบเท่ากับกลุ่มที่เสริมด้วยยาปฏิชีวนะ ในขณะเดียวกันก็มีจำนวนจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในมูลลดลงและมีจำนวนจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เพิ่มขึ้น

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิด คือ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ที่ทดสอบด้วยผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ และเก็บผลโดยการนับจำนวน colony ที่เกิดขึ้น พบว่า *Escherichia coli* และ *Salmonella typhi* มีการเจริญลดลงตามระดับการใช้ที่เพิ่มขึ้น สำหรับ *Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ที่ทดสอบด้วยผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีการยับยั้งการเจริญ แต่ที่ระดับ 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีการเจริญลดลงตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้อาจจะเกี่ยวข้องกับระดับการใช้ และผลร่วมกันของผงถ่านไม้ไผ่และน้ำส้มควันไม้ไผ่ ซึ่งในน้ำส้มควันไม้ไผ่ประกอบไปด้วยสารประกอบอินทรีย์ที่สำคัญ ได้แก่ กรดอะซิติก สารประกอบฟีนอล คีโตน และอัลดีไฮด์ โดยพบว่ามีกรดอะซิติคประกอบอยู่ประมาณ 80% ของสารอินทรีย์ทั้งหมด ซึ่งสารอินทรีย์เหล่านี้อาจมีผลในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค (สรรเพชญ และคณะ, 2551; นงลักษณ์, 2554) นอกจากนี้งานทดลองของ Watarai and Tana (2005) ก็ยังพบว่า ผงถ่านสามารถดูดซับแบคทีเรียก่อโรคได้มากกว่าแบคทีเรียที่มีประโยชน์ ดังนั้นการนำมาใช้ร่วมกันจึงมีผลร่วมในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคและส่งเสริมแบคทีเรียที่มีประโยชน์ อย่างไรก็ตาม การใช้ในระดับที่สูงเกินไปก็อาจจะทำให้แบคทีเรียที่มีประโยชน์ลดลงเช่นกัน ซึ่งพุฒินันท์ (2545) ได้รายงานว่า การเสริมน้ำส้มควันไม้ผสมผงถ่าน 5 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารทำให้จุลินทรีย์ในกลุ่ม lactic acid bacteria ลดลง เนื่องจากสารประกอบอินทรีย์ในน้ำส้มควันไม้ เช่น ฟีนอล เมทธานอล และฟอร์มาลดีไฮด์ มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ได้เช่นกัน

การทดลองที่ 2

จากผลการศึกษาและการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลองพบว่า มีพลังงานรวม 4,097 kcal/kg โปรตีนร้อยละ 19 เยื่อใยร้อยละ 5.22 เถ้าร้อยละ 7.83 ไขมันร้อยละ 5.81 แคลเซียมร้อยละ 0.74 ฟอสฟอรัสร้อยละ 0.44 และความชื้น 8.42 ตามลำดับ ซึ่งโภชนะที่วิเคราะห์ได้ เช่น โปรตีน แคลเซียม ฟอสฟอรัส มีค่าต่ำกว่าความต้องการโภชนะของลูกสุกรหลังหย่านมที่แนะนำโดย NRC (1998) ซึ่งอาจจะเป็นผลเนื่องจากวัตถุดิบแต่ละชนิดและแต่ละรอบการผลิตมีความแปรปรวนของโภชนะไม่เหมือนกันทำให้ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ต่ำกว่าค่าปกติ

จากการศึกษาสมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ ข้อมูลตลอดการทดลอง (สัปดาห์ 1-4) พบว่า น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Huo *et al*. (2016) ที่รายงานว่าการเสริมน้ำส้มควันไม้ไผ่ในสูตรอาหารสุกรหย่านมไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวเริ่มต้น น้ำหนักตัวสิ้นสุด น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต นอกจากนี้ Yan *et al*. (2012) ยังรายงานอีกว่าการเสริมน้ำส้มควันไม้ไผ่ไม่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตในสัปดาห์ที่ 3-6 อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากการทดลองพบว่า เมื่อเสริมผงถ่านไม้ไผ่และน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ปริมาณอาหารที่กินลดลงและมีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม มากกว่ากลุ่มอื่นๆ Kutlu *et al.* (2001) ได้รายงานไว้ว่า การใช้ผงถ่านในระดับที่มากกว่า 1% มีผลทำให้ปริมาณอาหารที่กินลดลง เนื่องจากผงถ่านอาจจะมีผลทำให้ความน่ากินของอาหารลดลง และมีผลในการรบกวนการย่อยของโภชนะตัวอื่นๆ

จากการศึกษาลักษณะมูลของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ ข้อมูลจากการทดลองพบว่าลักษณะของมูลไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากสภาพแวดล้อมต่างๆ ของการเลี้ยงมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสุกร เช่น สภาพอากาศและสภาพคอกทดลองซึ่งเป็นลักษณะยกพื้น ลูกสุกรจึงมีโอกาสน้อยในการสัมผัสกับเชื้อก่อโรค นอกจากนั้นการหย่านมลูกสุกรที่อายุ 28 วัน ซึ่งลูกสุกรมีความแข็งแรงและสามารถย่อยโภชนะต่างๆ ในอาหารได้ดีแล้ว ดังนั้น การเกิดอาการท้องเสียจึงมีน้อยลง จึงทำให้การใช้สารเสริมต่างๆ ไม่สามารถเห็นผลการใช้ได้อย่างชัดเจน

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และ

กลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับงานทดลองของ Zhao *et al.* (2012) ที่รายงานว่าการเสริมผงถ่านไม้ไผ่และน้ำส้มควันไม้ไผ่ไม่มีผลต่อปริมาณของเม็ดเลือดแดงอัดแน่น

จากการศึกษาจำนวนแบคทีเรีย 2 ชนิดคือ *Escherichia coli* และ *Lactobacillus* spp. ในมูลของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ พบว่า การเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ *Escherichia coli* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับ *Lactobacillus* spp. พบว่า การเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับต่างๆ มีจำนวนของ *Lactobacillus* spp. ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yan *et al.* (2012) ที่รายงานว่า การเสริมน้ำส้มควันไม้ไผ่ในสูตรอาหารสุกรมีผลยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อโรค แต่ไม่ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไผ่และผงถ่านไม้ไผ่ในระดับที่น้อยจะไม่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคได้ แต่การใช้ในระดับที่สูงขึ้นจะมีผลในการยับยั้งการเจริญ ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพการทำงานร่วมกันของผงถ่านไม้ไผ่และน้ำส้มควันไม้ไผ่ นอกจากนี้ Chu *et al*. (2013) ได้ทำการศึกษาผลของผงถ่านไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้ไผ่ เพื่อใช้เป็นทางเลือกแทนการใช้ยาปฏิชีวนะที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต และจำนวนจุลินทรีย์ในมูลสุกรขุนพบว่า กลุ่มที่เสริมด้วยผงถ่านไม้ไผ่ และน้ำส้มควันไม้ไผ่ มีอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารดีเทียบเท่ากับกลุ่มที่เสริมด้วยยาปฏิชีวนะ ในขณะเดียวกันก็มีจำนวนจุลินทรีย์ที่ก่อโรคลดลง และมีจำนวนจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เพิ่มขึ้น

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การทดลองที่ 1 การทดสอบผงถ่านไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้ไผ่ และผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ ต่อการเจริญของ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi, Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ในสภาพของห้องปฏิบัติการ

ผงถ่านไม้ไผ่

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิด คือ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi, Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ด้วยผงถ่านไม้ไผ่ที่ระดับ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ สรุปได้ว่า การใช้ผงถ่านไม้ไผ่ที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่เหมาะสม เนื่องจากสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้

น้ำส้มควันไม้ไผ่

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้ง 4ชนิด คือ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi, Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ สรุปได้ว่าการใช้น้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 1.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่เหมาะสม เนื่องจากสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อโรค คือ *Escherichia coli* และ *Salmonella typhi* ได้ในปริมาณที่เหมาะสม แต่ไม่ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ คือ *Lactobacillus plantarum*

ผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ (อัตราส่วน 2:1)

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิด คือ *Escherichia coli*, *Salmonella typhi, Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum* ด้วยผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ สรุปได้ว่า การใช้ผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 1.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่เหมาะสม เนื่องจากสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อโรค คือ *Escherichia coli* ได้ในปริมาณที่เหมาะสม แต่ไม่พบการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ คือ *Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus plantarum*

การทดลองที่ 2 การทดสอบผลการเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ในอาหารสุกรหย่านม

สมรรถภาพการผลิต

จากการศึกษาสมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ จากข้อมูลตลอดการทดลอง (สัปดาห์ 1-4) สรุปได้ว่า การเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับต่างๆ ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัว และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต แต่การใช้ที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ปริมาณอาหารที่กินลดลง และมีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ดังนั้น การใช้ผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ในอาหารลูกสุกรหย่านมจึงไม่ควรใช้มากกว่าระดับ 1.5 เปอร์เซ็นต์

ลักษณะมูลของลูกสุกร

จากการศึกษาลักษณะมูลของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ พบว่าการเสริมไม่มีผลต่อลักษณะของมูล

เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่น

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ พบว่าการเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับต่างๆ ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นของลูกสุกร

จำนวนแบคทีเรียในมูล

จากการศึกษาจำนวนแบคทีเรีย 2 ชนิดคือ *Escherichia coli* และ *Lactobacillus* spp. ในมูลของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ ระดับ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะ สรุปได้ว่าการเสริมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ทำให้การเจริญของ *Escherichia coli* ลดลง แต่การเจริญของ *Lactobacillus* spp. ไม่ได้ลดลง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้จำนวนสัตว์ทดลองมากขึ้น เพื่อให้สามารถจัดกลุ่มการทดลองให้น้ำหนักเริ่มต้นของลูกสุกรในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความใกล้เคียงกันมากขึ้น ซึ่งจะทำให้ข้อมูลจากการทดลองมีความแม่นยำมากขึ้น

2. ควรมีการวิเคราะห์วัตถุดิบอาหารสัตว์ทุกชนิดที่นำมาใช้ประกอบสูตรอาหารทดลอง เพื่อให้ได้คุณค่าทางโภชนะที่ตรงกับความต้องการของลูกสุกรมากที่สุด

บรรณานุกรม

กิจจา อุไรรงค์. 2535. แนวทางการวิจัยรักษาแลควบคุมโรคสุกร. โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซต. กรุงเทพฯ.

คณึงนิจ ก่อธรรมฤทธิ์. 2540. การศึกษาและวิเคราะห์สถานภาพและศักยภาพการผลิตการใช้และความต้องการ Probiotics ของอุตสาหกรรมอาหารสัตว์. เอกสารวิชาการ Biotec. กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. กรุงเทพฯ. 40 น.

จิระพงษ์ คูหากาญจน์. 2546. น้ำส้มควันไม้ (wood vinegar)" ผลพลอยได้มูลค่าสูงจากการเผาถ่าน นิตยสารเทคโนโลยีเกษตรแนวใหม่. 40: 76-78.

จิระพงษ์ คูหากาญจน์. 2552. คู่มือการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์เกษตรกรรมธรรมชาติ. กรุงเทพฯ. 80 น.

ณิฐิมา เฉลิมแสน ยรรยง เฉลิมแสน และธัญรัตน์ จารี. 2553. การใช้น้ำส้มควันไม้ผสมผงถ่านในอาหารสุกรหลังหย่านม.ใน: รายงานประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 สาขาสัตวศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นงลักษณ์ นพสุพรรณ. 2554. ผลการใช้น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์ในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการผลิต การย่อยได้ของโภชนะ และจุลินทรีย์ในมูล. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 96 น.

พุฒินันท์ พึ่งวงศ์ญาติ. 2545. น้ำส้มควันไม้ จากเตาเผาถ่าน. เทคโนโลยีชาวบ้าน. 15 (301): 31-32.

เริงนภรณ์ โม้พวง วาสนา ชัยเสนา อรรถพล ตันไสวยรรยง เฉลิมแสน และขนิษฐา ท่วงที. 2555. สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำส้มควันไม้มะขาม. วิทยาศาสตร์เกษตร 43(2) (พิเศษ): 657-660.

วินัย ปัญญาธัญญะ จิระพงษ์ คูหากาญจน์ และมยุรี จิตต์แก้ว. 2547. เทคนิคการผลิตถ่านไม้ไผ่. พิมพ์ครั้งที่ 1. หจก. อักษรสยามการพิมพ์. กรุงเทพฯ.

สรรเพชญ อังกิติตระกูล และนริศร นางาม. 2551. ผลของน้ำส้มควันไม้ต่อเชื้อซัลโมเนลลาและอีโคไลในหลอดทดลอง. ใน: รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยขอนแก่น ครั้งที่ 9 คณะสัตวแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สุพรชัย มั่งมีสิทธิ. 2550. น้ำส้มควันไม้ผลพลอยได้จากธรรมชาติ. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม. 57 หน้า.

อรุณ คงแก้ว. 2550. น้ำส้มควันไม้. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.dss.go.th/dssweb/starticles/files/ct_11_2550_wood-vinegar.pdf (เข้าถึงเมื่อ 8 พฤศจิกายน 2558).

Aniansson, G., B. Andersson, R. Lindstedt and C. Svanbrog. 1990. Anti-adhesive activity of human casein against Streptococcus pneumoniae and Haemophilus influenza. Microbial Pathogenesis Journal, 8: 315-324.

Akakabe, Y., Y. Tamura, S. Iwamoto, M. Takabayashi and T. Nyuugaku. 2006. Volatile organic compounds with characteristic odor in bamboo vinegar. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 70: 2797-2799.

AOAC. 1990. "Official Methods of Analysis. 16th edn.", Association of official Agricultural Chemists. Washington D.C.

Banwart, G. L. 1981. Basic food microbiology. The AVI Publishing Company, Westport. 715 pp.

Chen, Y. X., X. D. Huang, Z. Y. Han, X. Huang, B. Hu and D. Z. Shi. 2010. Effects of charcoal and bamboo vinegar on nitrogen conservation and heavy metals immobility during pig manure composting. Chemosphere, 78: 1177-1181.

Chesson, A. 1993. Probiotic and other intestinal mediators. Principles of Pig Science. Nottingham University Press. Loughbrough UK., 197-214.

Choi, J. Y., P. L. Shinde, I. K. Kwon, Y. H. Song, and B. J. Chae. 2009. Effect of wood vinegar on the performance, nutrient digestibility and intestinal microflora in weanling pigs. Asian-Australasian Journal of Animal Science, Vol. 22, No. 2: 267 – 274.

Chorvaticova, D., E. Machova, J. Sandula and G. Kogan. 1999. Mutation Research, 444: 117-122.

Chu, G. M., C. K. Jung, H. Y. Kim, J. H. Ha, J. H. Kim, M. S. Jung, S. J. Lee, Y. Song, R. I. H. Ibrahim, J. H. Cho, S. S. Lee and Y. M. Song. 2013. Effects of bamboo charcoal and bamboo vinegar as antibiotic alternatives on growth performance, immune responses and fecal microflora population in fattening pigs. Animal Science Journal, 84: 113–120.

Cranwell, P. D. 1995. Development of the neonatal gut and enzyme systems. The Neonatal Pig. C.A.B. International, 154 pp.

Eva, J. and P. Conway. 1992. Probiotic of Pigs. Probiotics, 316 pp.

Frandson, D. R., W. L. Wilke and A. D. Fails. 2009. Anatomy and physiology of farm animals. Wiley Blackwell, 489 pp.

Fish, R. E, M. J. Brown, P. J. Danneman and A. Z. Karas. 2008. Anesthesia and analgesia in laboratory animals. American College of Laboratory Animal Medicine Science, 655 pp.

Fuller, R. and B. E. Beoker. 1992. Lactobacilli which attach to the crop epithelium of the fowl. The American Journal of Clinical Nutrition, 27: 1305-1312.

Hardy, B. 1999. A World without growth promoter concepts in pig science. Nottingham University Press. Nottingham U.K., 177 pp.

Heo, J.M., F.O. Opapeju, J.R. Pluske, J.K. Kim, D.J. Hampson and C.M. Nyachoti. 2013. Gastrointestinal health and function in weaned pigs: a review of feeding strategies to control post-weaning diarrhea without using in-feed antimicrobial compounds. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 97: 207–237.

Hur, J. and J. H. Lee. 2013. Protection against neonatal Escherichia coli diarrhea by vaccination of sows with a novel multivalent vaccine candidate expressing E. coli adhesions associated with neonatal pig colibacillosis. Research in Veterinary Science, 94: 198–204.

Hou, Y., Z. Liu, H. Xuan, C. Lu, L. Yu and W. Bao. 2016. Effects of bamboo vinegar powder on growth performance and mRNA expression levels of interleukin-10, interleukin-22, and interleukin-25 in immune organs of weaned piglets. Animal Nutrition, 2: 111-118.

Klaenhammer, T. R. 1998. Functional Activities of Lactobacillus Probiotics: Genetic Mandate. International Dairy Journal, 8: 497-505

Kozasa, M. 1989. Revue scientifique technique (International Office of Epizootics), 8(2): 517-531.

Krizkova, L., Z. Durackova, J. Sandula, V. Sasinkova and J. Krajcovic. 2001. Antioxidative and antimutagenic activity of yeast cell wall mannans in vitro. Mutation Research, 479: 213-222.

Kutlu, H.R., I. Unsal and M. Gorgulu. 2001. Effects of providing dietary wood (oak) charcoal to broiler chicks and laying hens. Animal Feed Science and Technology, 90: 213-226.

Luckey, T. D. 1972. Introduction to intestinal microecology. The American Journal of Clinical Nutrition, 25: 1292-1294.

Monsan, P. F. and F. Paul. 1995. Oligosaccharide feed additive. Biotechnology in animal feed and animal feeding. VCH Publishers Inc., New York U.S.A., 233-246.

NRC. 1998. Nutrient Requirements of Swine: 10th Revised Edition. National Research Council, 210 pp.

Otto, C. C., T. M Cunningham, M. R. Hansen and S. E. Haydel. 2010. Effects of antibacterial mineral leachates on the cellular ultrastructure, morphology, and membrane integrity of *Escherichia coli* and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. Biomed Research International, 9: 26-32.

Sainsbury, D. 1998. Animal health disease and welfare of farm livestock. Cambridge center for animal health and welfare, 248 pp.

Savage, T. F., P. F. Cotter and E. I. Zakezewska. 1996. The effect feeding a mannas oligosaccharide on immunoglobulins, plasma IgG and bile IgA of wrolstad MW male tukeys. Poultry Science, 75 (Suppl. 1): 143.

Savage, T. F., E. I. Zakezewska and J. R. Anderssasen. 1997. The effects of feeding mannan oligosaccharide supplemented diets to poults on performance and morphology of the small intestine. Poultry Science, 76 (Suppl. 1): 139.

Tsai, S. Y., H. Y. Lin, Y. C. Hsu and C. P. Lin. 2017. Prediction of the growth and storage conditions of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus casei* by isothermal kinetic simulation. Thermochimica Acta, 655: 363-371.

Upadhaya, D.S., H. M. Yun and I. H. Kim. 2016. Influence of low or high density corn and soybeanmeal-based diets and protease supplementation on growth performance, apparent digestibility, blood characteristics and noxious gas emission of finishing pigs. Animal Feed Science and Technology, 216: 281–287.

Van, D.T.T., N.T. Mui and I. Ledin. 2006. Effect of method of processing foliage of *Acacia mangium* and inclusion of bamboo charcoal in the diet on performance of growing goats. Animal Feed Science and Technology, 130: 242-256.

Wang, H.F., J.L. Wang, C. Wang, W.M. Zhang, J. X Liu and B. Dai. 2012. Effect of bamboo vinegar as an antibiotic alternative on growth performance and fecal bacterial communities of weaned piglets. Livestock Science, 144: 173-180.

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

Yamauchi, K., J. Ruttanavut and S. Takenoyama. 2010. Effects of dietary bamboo charcoal powder including vinegar liquid on chicken performance and histological alterations of intestine. Journal of Animal and Feed Sciences, 19: 257–268.

Yang, F. C., K. H. Wu, W. P. Lin and M. K. Hu. 2009. Preparation and antibacterial efficacy of bamboo charcoal/polyoxometalate biological protective material. Microporous and Mesoporous Materials, 118: 467–472.

Yan, L., I.H. Kim and K. Huh. 2012. Influence of bamboo vinegar supplementation on growth performance, apparent total tract digestibility, blood characteristics, meat quality, fecal noxious gas content, and fecal microbial concentration in finishing pigs. Livestock Science, 144: 240-246.

Zhao, P. Y., J. H. Jung, and I. H. Kim. 2012. Effect of mannan oligosaccharides and fructan on growth performance, nutrient digestibility, blood profile, and diarrhea score in weanling pigs. Journal of Animal Science, 90: 833–839.

ภาคผนวก

ภาคผนวก (ก)

การเตรียมอาหารเลี้ยงแบคทีเรีย

ตารางภาคผนวกที่ 1. การเตรียม Nutrient Broth (NB)

Ingredients	(Gms/litre)
Peptic digest of animal tissue	5.00
Sodium chloride	5.00
Beef extract	1.50
Yeast extract	1.50

*Final pH 7.4±0.02

ตารางภาคผนวกที่ 2. การเตรียม Nutrient Agar (NA)

Ingredients	(Gms/litre)
Peptic digest of animal tissue	5.00
Sodium chloride	5.00
Beef extract	1.50
Yeast extract	1.50
Agar	15.00

*Final pH 7.4±0.02

ตารางภาคผนวกที่ 3. การเตรียม Macconkey agar w/9.5% Bile Salts, CV and NaCl

Ingredients	(Gms/litre)
Peptic digest of animal tissue	1.50
Casein enzymic hydrolysate	1.50
Pancreatic digest of gelatin	17.00
Bile salts	1.50
Crystal violet	0.001
Neutral red	0.03
Sodium chloride	5.00
Agar	15.00

*Final pH 7.4±0.02

ตารางภาคผนวกที่ 4. การเตรียม Lactobacillus MRS Broth (MRS Broth)

Ingredients	(Gms/litre)
Proteose peptone	10.00
Beef extract	10.00
Yeast extract	5.00
Dextrose	20.00
Polysorbate 80	1.00
Ammonium citrate	2.00
Sodium acetate	5.00

ตารางภาคผนวกที่ 4. การเตรียม Lactobacillus MRS Broth (MRS Broth) (ต่อ)

Ingredients	(Gms/litre)
Magnesium sulphate	0.10
Manganese sulphate	0.05
Dipotassium phosphate	2.00

*Final pH 6.5±0.02

ตารางภาคผนวกที่ 5. การเตรียม Lactobacillus MRS Agar (MRS Agar)

Ingredients	(Gms/litre)
Proteose peptone	10.00
Beef extract	10.00
Yeast extract	5.00
Dextrose	20.00
Polysorbate 80	1.00
Ammonium citrate	2.00
Sodium acetate	5.00
Magnesium sulphate	0.10
Manganese sulphate	0.05
Dipotassium phosphate	2.00
Agar	12.00

*Final pH 6.5±0.02

ภาคผนวก (ข)

ขั้นตอนการเตรียมคอกเลี้ยงสุกร

ภาพภาคผนวกที่ 1 ลักษณะของกรงที่ใช้เลี้ยงลูกสุกร
ที่มา ดนุสรณ์ ไตรระเบียบ ถ่ายเมื่อวันที่ 6 มกราคม 2560

ภาพภาคผนวกที่ 2 อาหารผสมผงถ่านไม้ไผ่ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ใช้เลี้ยงลูกสุกร
ที่มา ดนุสรณ์ ไตรระเบียบ ถ่ายเมื่อวันที่ 6 มกราคม 2560

ภาพภาคผนวกที่ 3 การชั่งน้ำหนักลูกสุกร
ที่มา พัชดนย์ ไตรระเบียบ ถ่ายเมื่อวันที่ 13 มกราคม 2560

ภาพภาคผนวกที่ 4 การเจาะเลือดลูกสุกร
ที่มา พัชดนย์ ไตรระเบียบ ถ่ายเมื่อวันที่ 25 มกราคม 2560

ภาพภาคผนวกที่ 5 ลักษณะมูลของลูกสุกร

ที่มา ดนุสรณ์ ไตรระเบียบ ถ่ายเมื่อวันที่ 26 มกราคม 2560

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายดนุสรณ์ ไตรระเบียบ

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5840320106

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (สัตวศาสตร์)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	2555

ทุนการศึกษา

ทุนสนับสนุนค่าธรรมเนียมการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่เน้นการศึกษาวิจัย ประจำปีการศึกษา 2558 จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี

ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ประจำปีงบประมาณ 2560 จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผลงานตีพิมพ์

ดนุสรณ์ ไตรระเบียบ ปฏิมา เพิ่มพูนพัฒนา และเจษฎา รัตนวุฒิ. 2560. ผลของน้ำส้มควันไม้ไผ่ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Escherichia coli* และ *Bacillus subtilis*. วารสารแก่นเกษตร ปีที่ 45(ฉบับพิเศษ 1): 43-47.

เจษฎา รัตนวุฒิ ดนุสรณ์ ไตรระเบียบ และนิตยา เกตุแก้ว. 2560. ผลการเสริมไข่น้ำในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและสีไข่แดงของเป็ดไข่. วารสารแก่นเกษตร ปีที่ 45(2): 249- 254.

เจษฎา รัตนวุฒิ ดนุสรณ์ ไตรระเบียบ และอารีรัตน์ ทศดี. 2560. ผลการเสริมผงถ่านไม้ไผ่ในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่ และปริมาณไขมันในช่องท้องของไก่ไข่. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 25(3): 489-474.