สำนักงานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ระดับการประเมินคุณภาพ

☐ ดีเยี่ยม ☑ ดีมาก

☐ ดี ☐ ปานกลาง

ผลของการเสริมขมิ้นชันในอาหารสุกรเล็กต่อค่าการย่อยได้ อวัยวะภายในและการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้เล็ก

สุพัตรา เกื้อทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2552

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

ชื่อเรื่อง

ผลของการเสริมขมิ้นชันในอาหารสุกรเล็กต่อค่าการย่อยได้ อวัยวะภายในและการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้เล็ก

โดย

สุพัตรา เกื้อทอง

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชัย เมฆบังวัน)

วันที่ 5 เดือน พ.ย. พ.ศ. 52

กรรมการที่ปรึกษา .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ศิริ)

วันที่ 5 เดือน พ.ย. พ.ศ. 52

กรรมการที่ปรึกษา .....

(อาจารย์ ดร.บัวเรียม มณีวรรณ์)

วันที่ 5 เดือน พ.ย. พ.ศ. 52

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมปอง สรวมศิริ)

วันที่ 6 เดือน พ.ย. พ.ศ. 52

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.เทพ พงษ์พานิช)

ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

วันที่ 6 เดือน พ.ย. พ.ศ. 2552

ชื่อเรื่อง ผลของการเสริมขมิ้นชันในอาหารสุกรเล็กต่อค่าการย่อยได้ อวัยวะภายในและการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้เล็ก

ชื่อผู้เขียน นางสาวสุพัตรา เกื้อทอง

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชัย เมฆบังวัน

บทคัดย่อ

ขมิ้นชันเป็นพืชสมุนไพรวงศ์เดียวกับ ขิง ข่า สารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบ คือ สารเคอร์คูมินและน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและรา นอกจากนี้ยังพบว่าช่วยลดการอักเสบและแผลในกระเพาะอาหารอีกด้วย จากการทดลองเสริมขมิ้นชันผงในอาหารสุกรเล็ก (25 กก.) เพื่อให้ทราบถึงค่าการย่อยได้ อวัยวะภายในและการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้เล็ก ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) โดยใช้สุกรเล็กจำนวน 16 ตัว กินอาหารที่มีขมิ้นชันเสริมในสูตรอาหารระดับ 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% แต่ละกลุ่มมี 4 ซ้ำ โดยสุกรทดลองจะถูกเลี้ยงบนกรงหาการย่อยได้ เมื่อสิ้นสุดการเก็บตัวอย่างอาหารและมูล (10-12 วัน ของการให้อาหารทดลอง) แล้วจะถูกฆ่าเพื่อเก็บบันทึกน้ำหนักอวัยวะภายในและเก็บตัวอย่างลำไส้เล็กไปศึกษาการพัฒนาของโครงสร้างเซลล์ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและลักษณะทางจุลกายวิภาคอื่นๆ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ผลการศึกษา พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง เถ้า ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรค และพลังงานไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใย พบว่ากลุ่มเสริมขมิ้นชันระดับ 0.1 และ 0.2% มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.01$) และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน ไขมัน และค่าชีวภาพของโปรตีน กลุ่มเสริมขมิ้นชันระดับ 0.1 และ 0.2% มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) ส่วนน้ำหนักซาก อวัยวะภายใน ได้แก่ น้ำหนักของหัวใจ ตับ ไต ม้าม ปอด กระเพาะอาหารและความยาวลำไส้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ในการเปลี่ยนแปลงทางจุลกายวิภาคของลำไส้นั้น พบว่าลักษณะความยาวของวิลไล พื้นที่ของเซลล์บุผิวความลึกเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้เล็ก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ความลึกเยื่อบุผิวด้านในของกลุ่มที่เสริมขมิ้นชันมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ของกลุ่มเสริมขมิ้นชันที่ระดับ 0.1 และ 0.2% ในลำไส้เล็กเล็ก มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.01$) ส่วนการพัฒนาของเซลล์บุผิวส่วนปลายยอดของวิลไลของลำไส้ พบว่ากลุ่ม

ควบคุมมีผิวเรียบและจะมีการขยายขนาดและรอยแบ่งเซลล์ชัดขึ้นเมื่อเสริมขมิ้นชันเพิ่มขึ้นในอาหาร โดยมีการพัฒนาสูงสุดในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชันระดับ 0.2% ในอาหาร จากผลการทดลองกลุ่มที่เสริมขมิ้นชันระดับ 0.1 และ 0.2% ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จึงสรุปได้ว่าการเสริมขมิ้นชันในอาหารที่ระดับ 0.1% มีความเหมาะสมที่จะใช้เพื่อเพิ่มสมรรถภาพการย่อยและดูดซึมโภชนะในอาหารของสุกรเล็ก

Title	Effects of Turmeric (*Curcuma longa Linn.)* Supplementation in Growing Pig Diets on Digestibility, Internal Organs and Small Intestinal Histological Alteration
Author	Miss Supattra Kueathong
Degree of	Master of Science in Animal Science
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Dr. Apichai Mekbangwan

ABSTRACT

Turmeric (*Curcuma longa Linn.)* is a plant in the same family of ginger and galingale. The active ingredients are curcumin and essential oil, which have been reported to prohibit growth of bacteria and fungi. Curcumin has been shown to protect the stomach from ulcerogenic effects. This study on effects of turmeric diets on the digestibility of nutrients, visceral organs, and small intestinal histology of swine (25 kg. BW) was conducted in a completely randomize design (CRD). Sixteen pigs in growing stage were divided into 4 groups (4 pigs per group), each pig was raised in a metabolism cage individually and fed with diets supplemented with powder of turmeric at 0, 0.05, 0.1, and 0.2%. At the end, to collect feed and feces for digestibility measurements (10-12 days feeding), the pigs were killed and samples of intestines were collected for Scanning Electron Microscopic and Light Microscopic observations, and visceral organs and intestinal histology were measured. The results revealed that the digestibility coefficients of dry matter, ash, nitrogen free extract, and energy were not significantly different among the experimental groups. The digestibility coefficients of crude fiber of the groups supplemented with turmeric at 0.1 and 0.2% in diets were higher ($P<0.01$) than that of the control group. The digestibility coefficients of crude protein and lipid, and biological values of the protein for the groups supplemented with turmeric at 0.1 and 0.2% in diets were higher ($P<0.05$) than those of the control group. The weights of carcass and visceral organs (heart, liver, kidney, spleen, lung, and stomach) were not significantly different among the experimental groups. The weights of the intestine per centimeter of the groups supplemented with turmeric at 0.1 and 0.2% in diets were lower ($P<0.01$) than that of the control group. Histological observations on villus height,

cell areas, and the depths of outer small intestinal membranes were not significantly different among all groups. The depths of inner small intestinal membranes of the groups supplemented with turmeric at 0.1 and 0.2% in diets were lower ($P<0.05$) than that of the control group. Numbers of cell mitosis per crypt of the groups supplemented with turmeric at 0.1 and 0.2% in diets were higher ($P<0.01$) than those of the control group in duodenum jejunum and ileum parts of small intestines. Observations on villus apical surfaces of small intestines showed a smooth tip surface in a control group and protuberated epithelial cells, resulting in an inflated rough surface, in the turmeric supplemented groups, respectively. The results of this experiment can be concluded that the addition of turmeric in swine diets at 0.1% was appropriate in improving the digestibility and histological absorption of nutrients in small intestines of swine.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเป็นรูปเล่มสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาในการให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชัย เมฆบังวัน ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ศิริ อาจารย์ ดร.บัวเรียม มณีวรรณ์ กรรมการที่ปรึกษา และรองศาสตราจารย์ ดร.สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอขอบพระคุณอาจารย์เผ่าพงษ์ ปูรณะพงษ์ และบุคลากรเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ สาขาอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณอาจารย์ กิตติพงศ์ ทิพยะ และเจ้าหน้าที่ประจำสาขาการผลิตสุกรที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่ดำเนินงานทดลอง ตลอดจนเอื้อเฟื้อสนับสนุนเครื่องมืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์นี้

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ที่ได้ให้การอบรมสั่งสอนให้เป็นคนดี มีความอดทน ขยันหมั่นเพียร ตลอดจนให้การสนับสนุนทางด้านการเรียนและคอยเป็นกำลังใจให้ตลอดระยะเวลาในการศึกษา

สุพัตรา เกื้อทอง

พฤศจิกายน 2552

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(11)
สารบัญตารางผนวก	(13)
สารบัญภาพผนวก	(18)
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	1
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขอบเขตการศึกษา	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
ประโยชน์ของการใช้สมุนไพร	3
โทษของสมุนไพร	3
ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของสมุนไพร	4
สารเคมีสำคัญในพืชสมุนไพร	5
วิธีเก็บรักษา และแปรรูปพืชสมุนไพร	7
หลักการเลือกชนิดสมุนไพรเพื่อใช้เลี้ยงสุกร	9
ขมิ้นชัน	10
สารสำคัญในขมิ้นชัน	10
ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของขมิ้นชัน	13
การเสริมขมิ้นชันในอาหารสัตว์	15
การทดสอบความเป็นพิษ	16
การวัดค่าการย่อยได้ของโภชนะเบื้องต้น	17
การย่อยได้จริงและการย่อยได้ปรากฏ	17
โครงสร้างผนังทางเดินอาหารของลำไส้เล็ก	18

หน้า

การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histological change) และ
ลักษณะทางสัณฐานวิทยา(Morphological change) ของเซลล์บุผิว 20
ความต้องการโภชนะในอาหาร 21
บทที่ 3 วิธีการวิจัย 24
ระยะเวลาที่ทำการทดลอง 24
สถานที่ทำการทดลอง 24
อุปกรณ์และวิธีการ 24
วิธีการทดลอง 26
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 34
ผลการทดลอง 34
ผลการศึกษาค่าการย่อยได้ 35
ผลการศึกษาอวัยวะภายใน 37
ผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histological change) 42
ผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกโครงสร้างเซลล์บุผิวลำไส้เล็ก
(Morphological change) 46
วิจารณ์ผลการทดลอง 50
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 53
ข้อเสนอแนะ 53
บรรณานุกรม 54
ภาคผนวก 59
ภาคผนวก ก ตารางผนวก 60
ภาคผนวก ข 111
การเตรียมสารละลายในการเก็บตัวอย่างลำไส้เล็ก 112
วิธีการคำนวณข้อมูลหาค่าชีวภาพโปรตีน 114
การตรวจสอบหาปริมาณน้ำมันหอมระเหย 115
การตรวจสอบหาปริมาณเคอร์คูมิน 116
ภาคผนวก ค ประวัติผู้วิจัย 118

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	สารประกอบของน้ำมันหอมระเหยของขมิ้นชัน (%)	13
2	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานที่ได้รับต่อวันและความสูงของวิลไลในสุกรหลังหย่านม	21
3	ความต้องการโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นของสุกรที่อยู่ในช่วงการเจริญเติบโตที่กินอาหารแบบเต็มที่	23
4	ส่วนประกอบของสูตรอาหารควบคุมที่ใช้เลี้ยงสุกรเล็กช่วงน้ำหนัก (15-30 กก.)	25
5	ปริมาณสารสำคัญในขมิ้นที่ใช้ในการทดลอง	34
6	องค์ประกอบทางเคมีของโภชนะในอาหารและมูลสุกรทดลองกลุ่มต่างๆ	35
7	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ในอาหารสุกรที่ได้รับการเสริมขมิ้นชัน	37
8	ส่วนประกอบซากสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองเสริมขมิ้นชัน	41
9	ผลการเสริมขมิ้นชันในอาหารที่มีต่อลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้เล็กสุกร	45

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	โครงสร้างทางเคมีของสารเคอร์คูมิน (curcumin; diferuloylmethane), สารดีเมทธ๊อกซีเคอร์คูมิน (demethoxycurcumin) และ สารบิสดีเมทธ๊อกซีเคอร์คูมิน (bisdemethoxycurcumin)	11
2	ขั้นตอนและวิธีการเตรียมตัวอย่างลำไส้เล็กเพื่อศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาคด้วย กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Light microscope)	28
3	ขั้นตอนและวิธีการเตรียมตัวอย่างลำไส้เล็กเพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope)	29
4	การวัดความสูงของวิลไล วัดจากฐานของวิลไล (เหนือคริปท์) จนถึงส่วนปลายสุด ของวิลไลนั้น ๆ	30
5	การวัดขนาดพื้นที่เซลล์บุผิว	31
6	การนับจำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์แต่ละอัน จำนวน 10 คริปท์/ตัวอย่าง	31
7	การวัดความหนาเยื่อบุผิวด้านใน วัดจากเยื่อบุผิวด้านในจนถึงเยื่อบุผิวด้านนอกสุด (ตามแนวรอยประ)	32
8	การวัดความหนาเยื่อบุผิวด้านนอก วัดจากฐานของวิลไลจนถึงชั้นเยื่อบุผิวด้านใน (ตามแนวรอยประ)	32
9	ลักษณะเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนต้น ที่กำลังขยาย 500 เท่า ในลูกสุกรกลุ่มที่ได้รับ อาหารเสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% (A, B, C และ D ตามลำดับ) Scale bar = 10×250 μm	46
10	ลักษณะเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนต้น ที่กำลังขยาย 1000 เท่า ในลูกสุกรกลุ่มที่ได้รับ อาหารเสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% (A, B, C และ D ตามลำดับ) Scale bar = 10×615 μm	47
11	ลักษณะเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนกลาง ที่กำลังขยาย 500 เท่า ในลูกสุกรกลุ่มที่ได้รับ อาหารเสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% (A, B, C และ D ตามลำดับ) Scale bar = 10×250 μm	47

ภาพ		หน้า
12	ลักษณะเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนกลาง ที่กำลังขยาย 1000 เท่า ในลูกสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% (A, B, C และ D ตามลำดับ) Scale bar = 10×615 µm	48
13	ลักษณะเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนปลาย ที่กำลังขยาย 500 เท่า ในลูกสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% (A, B, C และ D ตามลำดับ) Scale bar = 10×250 µm	48
14	ลักษณะเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนปลาย ที่กำลังขยาย 1000 เท่า ในลูกสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% (A, B, C และ D ตามลำดับ) Scale bar = 10×615 µm	49

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวก		หน้า
1	ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด (ก.)	61
2	องค์ประกอบทางเคมีของโภชนะในอาหารทดลองกลุ่มต่างๆ	61
3	ปริมาณมูลสดทั้งหมด (กก.)	62
4	วัตถุแห้ง (% DM) ในมูลสด	62
5	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (% DM)	63
6	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (% DM)	63
7	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน (%)	64
8	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน (%)	64
9	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมัน (%)	65
10	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมัน (%)	65
11	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใย (%)	66
12	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใย (%)	66
13	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเถ้า (%)	67
14	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเถ้า (%)	67
15	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรค (% NFE)	68
16	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรค (% NFE)	68
17	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของพลังงาน (%)	69
18	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของพลังงาน (%)	69
19	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของค่าชีวภาพของโปรตีน (% biological value of the protein)	70
20	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของค่าชีวภาพของโปรตีน (% biological value of the protein)	70
21	น้ำหนักมีชีวิต (กก.)	71
22	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักมีชีวิต (กก.)	71
23	น้ำหนักซาก (% ของนน. มีชีวิต)	72
24	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักซาก (% ของนน. มีชีวิต)	72
25	น้ำหนักของหัวใจ (% ของนน. มีชีวิต)	73

ตารางผนวก หน้า

26	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของหัวใจ (% ของนน. มีชีวิต)	73
27	น้ำหนักของตับ (% ของนน. มีชีวิต)	74
28	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของตับ (% ของนน. มีชีวิต)	74
29	น้ำหนักของไต (% ของนน. มีชีวิต)	75
30	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของไต (% ของนน. มีชีวิต)	75
31	น้ำหนักของม้าม (% ของนน. มีชีวิต)	76
32	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของม้าม (% ของนน. มีชีวิต)	76
33	น้ำหนักของปอด (% ของนน. มีชีวิต)	77
34	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของปอด (% ของนน. มีชีวิต)	77
35	น้ำหนักของกระเพาะอาหาร (% ของนน. มีชีวิต)	78
36	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของกระเพาะอาหาร (% ของนน. มีชีวิต)	78
37	น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนต้น (ก.)	79
38	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนต้น (ก.)	79
39	น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนกลาง (ก.)	80
40	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนกลาง (ก.)	80
41	น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนปลาย (ก.)	81
42	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนปลาย (ก.)	81
43	น้ำหนักรวมของลำไส้เล็ก (ก.)	82
44	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักรวมของลำไส้เล็ก (ก.)	82
45	ความยาวของลำไส้เล็กส่วนต้น (ซม.)	83
46	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวของลำไส้เล็กส่วนต้น (ซม.)	83
47	ความยาวของลำไส้เล็กส่วนกลาง (ซม.)	84
48	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวของลำไส้เล็กส่วนกลาง (ซม.)	84
49	ความยาวของลำไส้เล็กส่วนปลาย (ซม.)	85
50	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวของลำไส้เล็กส่วนปลาย (ซม.)	85
51	ความยาวรวมของลำไส้เล็ก (ซม.)	86
52	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวรวมของลำไส้เล็ก (ซม.)	86
53	น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนต้น (ก./ซม.)	87

ตารางผนวก หน้า

54 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนต้น (ก./ซม.) 87
55 น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนกลาง (ก./ซม.) 88
56 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนกลาง (ก./ซม.) 88
57 น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนปลาย (ก./ซม.) 89
58 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนปลาย (ก./ซม.) 89
59 น้ำหนักรวมของลำไส้เล็ก (ก./ซม.) 90
60 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักรวมของลำไส้เล็ก (ก./ซม.) 90
61 ความยาวของวิลไลลำไส้เล็กส่วนต้น (μm) 91
62 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวของวิลไลลำไส้เล็กส่วนต้น (μm) 91
63 ความยาวของวิลไลลำไส้เล็กส่วนกลาง (μm) 92
64 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวของวิลไลลำไส้เล็กส่วนกลาง (μm) 92
65 ความยาวของวิลไลลำไส้เล็กส่วนปลาย (μm) 93
66 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวของวิลไลลำไส้เล็กส่วนปลาย (μm) 93
67 ความยาวรวมของวิลไลลำไส้เล็ก (μm) 94
68 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวรวมของวิลไลลำไส้เล็ก (μm) 94
69 พื้นที่ของเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนต้น (μm^2) 95
70 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พื้นที่ของเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนต้น (μm^2) 95
71 พื้นที่ของเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนกลาง (μm^2) 96
72 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พื้นที่ของเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนกลาง (μm^2) 96
73 พื้นที่ของเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนปลาย (μm^2) 97
74 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พื้นที่ของเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนปลาย (μm^2) 97
75 พื้นที่รวมของเซลล์บุผิวลำไส้เล็ก (μm^2) 98
76 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พื้นที่รวมของเซลล์บุผิวลำไส้เล็ก (μm^2) 98
77 จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ของลำไส้เล็กส่วนต้น (เซลล์/ คริปท์) 99
78 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ของลำไส้เล็กส่วนต้น (เซลล์/ คริปท์) 99
79 จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ของลำไส้เล็กส่วนกลาง (เซลล์/คริปท์) 100

ตารางผนวก หน้า

80 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ของลำไส้เล็กส่วนกลาง (เซลล์/คริปท์) 100

81 จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ของลำไส้เล็กส่วนปลาย (เซลล์/คริปท์) 101

82 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ของลำไส้เล็กส่วนปลาย (เซลล์/คริปท์) 101

83 จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสรวมในคริปท์ของลำไส้เล็ก (เซลล์/คริปท์) 102

84 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสรวมในคริปท์ของลำไส้เล็ก (เซลล์/คริปท์) 102

85 ความหนาเยื่อบุผิวด้านในของลำไส้เล็กส่วนต้น (μm) 103

86 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความหนาเยื่อบุผิวด้านในของลำไส้เล็กส่วนต้น (μm) 103

87 ความหนาเยื่อบุผิวด้านในของลำไส้เล็กส่วนกลาง (μm) 104

88 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความหนาเยื่อบุผิวด้านในของลำไส้เล็กส่วนกลาง (μm) 104

89 ความหนาเยื่อบุผิวด้านในของลำไส้เล็กส่วนปลาย (μm) 105

90 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความหนาเยื่อบุผิวด้านในของลำไส้เล็กส่วนปลาย (μm) 105

91 ความหนาเยื่อบุผิวด้านในรวมของลำไส้เล็ก (μm) 106

92 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความหนาเยื่อบุผิวด้านในรวมของลำไส้เล็ก (μm) 106

93 ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้เล็กส่วนต้น (μm) 107

94 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้เล็กส่วนต้น (μm) 107

95 ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้เล็กส่วนกลาง (μm) 108

96 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้เล็กส่วนกลาง (μm) 108

97 ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้เล็กส่วนปลาย (μm) 109

ตารางผนวก หน้า

98 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้เล็กส่วนปลาย (μm) 109

99 ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอกรวมของลำไส้เล็ก (μm) 110

100 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอกรวมของลำไส้เล็ก (μm) 110

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวก		หน้า
1	ขั้นตอนและวิธีการหาปริมาณน้ำมันหอมระเหย	115
2	ขั้นตอนการสร้างกราฟ	116
3	ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณสารเคอร์คูมิน	117

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันการเลี้ยงสุกรมีการพัฒนาสายพันธุ์ เพื่อให้มีการเจริญเติบโตเร็วขึ้นมีการนำเทคโนโลยีทันสมัยและวิธีการเลี้ยงแบบหนาแน่น (Intensive farming) มาใช้เพื่อให้ได้ผลผลิตรวมต่อหน่วยพื้นที่สูงสุด ส่งผลให้สุขภาพและความสามารถในการต้านเชื้อโรคลดลง เกิดการระบาดของโรคได้ง่ายขึ้น ในการควบคุมและรักษาโรคนั้นส่วนใหญ่จะใช้ยาปฏิชีวนะ ซึ่งมักจะมีฤทธิ์ตกค้างหรือสะสมตามอวัยวะต่างๆ ของร่างกายสัตว์อยู่ระยะเวลาหนึ่งแล้วจะขับออกจากร่างกายเอง แต่เนื่องจากวงจรชีวิตของสุกรสั้น คือจะจับจำหน่ายเป็นสุกรขุนเมื่ออายุประมาณ 5-6 เดือน จึงอาจทำให้เกิดปัญหายาปฏิชีวนะตกค้างในเนื้อสุกร การใช้ยาปฏิชีวนะเหล่านี้อาจส่งผลเสียข้างเคียงต่อสุขภาพของผู้บริโภค เพราะฉะนั้นการนำสมุนไพรมาใช้ทดแทนยาปฏิชีวนะ ซึ่งจะนำไปสู่การลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์ยาสำเร็จรูปแล้ว จะเป็นการเพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้บริโภคเนื้อสัตว์ และช่วยลดปัญญาด้านสาธารณสุข รัฐบาลจึงได้กำหนดนโยบายในการพัฒนาสมุนไพรไทยที่มีศักยภาพดี เพื่อใช้ในการรักษาโรคทดแทนยาปฏิชีวนะและสารเคมีอื่นๆ เช่น ขมิ้นชัน และฟ้าทะลายโจร ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์เพื่อลดการกีดกันทางการค้า และช่วยเพิ่มปริมาณการส่งออกให้มากขึ้น นอกจากนี้ยังเกิดความปลอดภัยแก่ผู้บริโภคเนื้อสัตว์ภายในประเทศ และลดปริมาณการนำเข้ายาปฏิชีวนะจากต่างประเทศได้ ดังนั้น ผู้วิจัยเห็นว่าการวิจัยเพื่อตรวจสอบและเปรียบเทียบผลการใช้พืชสมุนไพรในรูปแบบการให้เดี่ยวๆ ในอาหารที่มีผลต่อร่างกายสัตว์ในด้านการย่อยได้ อวัยวะภายในการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้เล็ก นอกจากนี้ยังสามารถนำผลการทดลองมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน ในการเลือกนำพืชสมุนไพรชนิดต่างๆ มาใช้ร่วมกันเพื่อให้เกิดผลดีต่อสัตว์หลายๆ ด้านในเวลาเดียวกันอีกด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการเสริมขมิ้นชันในสูตรอาหารสุกรเล็กน้ำหนัก 15-30 กิโลกรัมโดยใช้ที่ระดับ 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% ต่อค่าการย่อยได้ของโภชนะในอาหาร อวัยวะภายในสุกร

2. เพื่อศึกษาผลของการเสริมขมิ้นชันในสูตรอาหารสุกรเล็กน้ำหนัก 25-30 กิโลกรัมโดยใช้ที่ระดับ 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% ต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้เล็ก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงผลการเสริมขมิ้นชันในอาหารในระดับ 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% ต่อการย่อยได้ของโภชนะในอาหาร อวัยวะภายใน และการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้สุกร

2. ทำให้ทราบถึงระดับที่เหมาะสมของการใช้ขมิ้นชันผสมในสูตรอาหารสุกรที่จะทำให้ได้ผลสูงสุดในการผลิตสุกร

3. ทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ที่นำไปใช้เพื่อการวิจัยพัฒนาเพื่อศักยภาพและประสิทธิภาพการใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรในสุกรและในสัตว์อื่นๆ ต่อไปในอนาคต

4. เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรในการลดต้นทุนการผลิตในการเลี้ยงสุกร

5. เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ปลูกพืชสมุนไพรในการเพิ่มศักยภาพและประสิทธิภาพการผลิตอันจะนำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ต่อไป

6. เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคที่จะได้รับประทานเนื้อสัตว์ที่ปราศจากสารเคมีและสารปฏิชีวนะตกค้างอันจะส่งผลดีต่อการจัดการด้านสาธารณสุขของประเทศ

ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาผลของการเสริมขมิ้นชันต่อสมรรถภาพการย่อยได้ของสุกรที่น้ำหนัก 15-30 กิโลกรัม

2. ศึกษาผลของการเสริมขมิ้นชันต่ออวัยวะภายในของสุกรที่น้ำหนัก 30 กิโลกรัม

3. ศึกษาผลของการเสริมขมิ้นชันต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้เล็กของสุกรที่น้ำหนัก 30 กิโลกรัม

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

พืชสมุนไพร ตามความหมายในพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตสถาน หมายถึง พืชที่ได้ทำเป็นเครื่องยาซึ่งหาได้ตามพื้นเมืองมิใช่เครื่องเทศ แต่ความหมายของตำรายาไทยจะหมายถึงยาที่ได้จากพฤกษชาติ สัตว์ หรือแร่ ซึ่งมิได้ผสม ปรุงหรือแปรสภาพ (รุ่งระวี และคณะ, 2545)

ประโยชน์ของการใช้สมุนไพร

สุนทรี (2535) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้สมุนไพรไว้ดังนี้

1. ราคาถูกกว่ายาแผนปัจจุบันมาก
2. มีพิษและผลข้างเคียงน้อยกว่ายาแผนปัจจุบัน
3. พืชสมุนไพรบางชนิดเป็นทั้งอาหารและยาด้วย
4. ไม่ต้องซื้อหา สามารถปลูกได้เองในบ้าน
5. เหมาะกับคนส่วนใหญ่ เพราะสามารถนำมาใช้ได้เอง เมื่อรู้จักวิธีใช้
6. ช่วยลดดุลการค้า ในการสั่งยาจากต่างประเทศ
7. ทำให้คนเห็นคุณค่า และกลับมาดำเนินชีวิตแบบใกล้ชิดธรรมชาติมากขึ้น
8. ทำให้เกิดความภูมิใจในวัฒนธรรม และคุณค่าของความเป็นไทย
9. เพื่อเป็นการอนุรักษ์มรดกไทยโดยการสนับสนุนให้ประชาชนรู้จักช่วยเหลือตนเองด้วยการใช้สมุนไพรตามแบบโบราณ

โทษของสมุนไพร

พรสวรรค์ และคณะ (2543) กล่าวถึงโทษของสมุนไพรไว้เป็นข้อๆ ดังนี้

1. ใช้สมุนไพรที่มีฤทธิ์ไม่ตรงกับโรค เช่น เกิดท้องผูกต้องใช้ยาระบาย เช่น มะขามแขก ถ้าใช้สมุนไพรที่มีฤทธิ์ฝาดสมาน อาทิ ใบฝรั่งจะยิ่งทำให้ท้องผูก
2. เก็บสมุนไพรผิดเวลา เช่น ถ้าท้องเสียใช้ผลฝรั่งดิบเพราะมีแทนนิน หากใช้ผลฝรั่งสุกซึ่งมีเพคตินอยู่มาก ใช้รับประทานเป็นยาระบาย หรือผลกล้วยดิบใช้เป็นยาแก้ท้องเสีย หากผลสุกกลับมีฤทธิ์เป็นยาระบายอ่อนๆ เป็นต้น

3. สารพิษที่พบในสมุนไพร กลุ่มสารสำคัญทางยาในพืชสมุนไพร บางชนิดอาจจะเป็นโทษหรือมีฤทธิ์ทำให้ถึงตายได้ถ้าเราใช้ในปริมาณที่สูงเกินไป หรือใช้ผิดวิธี สารพิษที่พบ เช่น

ก) แอลคาลอยด์ (alkaloid) มีฤทธิ์ทำให้เกิดการอ่อนเพลีย เพ้อฝัน ตื่นเต้น

ข) ไกลโคไซด์ (glycosides)ในต้นลำโพงมี ทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ชีพจรเต้นอ่อนและเต้นไม่เป็นจังหวะ ม่านตาขยาย หมดสติ

ค) ซาโปนิน (saponin) ในเมล็ดมัสตาร์ดดำ และมัสตาร์ดขาวทำให้เกิดระคายเคืองต่อผิวหนัง ทำให้เกิดความระคายเคืองต่อทางเดินอาหาร อาเจียนและท้องร่วง ถ้าสารนี้เข้ากระแสโลหิตทำให้เม็ดเลือดแดงแตกได้ เช่น ซาโปนินในผลมะคำดีควาย และผลมะระที่สุกเต็มที่

ง) น้ำมันหอมระเหย (essential oil) เป็นสารที่มีคุณสมบัติฆ่าเชื้อโรค ไล่แมลง มีฤทธิ์ทำให้เกิดความระคายเคืองต่อเยื่อเมือก ถ้าได้รับปริมาณมากทำให้เกิดความระคายเคืองต่อทางเดินอาหาร ทำให้เกิดอาเจียนและท้องร่วง ตัวอย่างเช่น น้ำมันหอมระเหยในผักชีฝรั่ง จันทน์เทศ พืชจำพวกโกฏิ จุฬาลำพา กรดอินทรีย์ (organic acid) กรดอินทรีย์ที่เป็นพิษ คือ

จ) กรดออกซาลิก (oxalic acid) พบในพืชหลายชนิด อยู่ในรูปแคลเซียมออกซาเลต โซเดียมออกซาเลต และโปแตสเซียมออกซาเลต ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อบุปากและลำคอ

4. อาจเป็นสารก่อมะเร็งได้ เช่น การรับประทานกวาวเครือขาวมากๆ หรือต่อเนื่องนานเกินไปจะทำให้มีอาการเต้านมโตเกินไปและแข็งเป็นก้อน และอาจทำให้เกิดเป็นลมสาน (เนื้องอกหรืออาจเป็นมะเร็ง) หากเป็นผู้ชายรับประทานมากเกินไป จะทำให้เยื่อหุ้มที่อัณฑะหนาตัวขึ้น และอาจนำไปสู่การเป็นลมสาน (มะเร็ง) ที่อัณฑะได้

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของสมุนไพร

ชยันต์ และ วิเชียร (2545) กล่าวว่าปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของสมุนไพรมีดังนี้

1. พันธุกรรม โดยทั่วไปมักหมายถึง ชนิด พันธุ์ และลูกผสมของพืชสมุนไพรเหล่านั้น

2. แหล่งที่ปลูก สภาพภูมิประเทศ และภูมิอากาศของบริเวณแหล่งที่ปลูก หรือแหล่งผลิตก็เป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งซึ่งมีความสำคัญและมีผลต่อคุณภาพของเครื่องยาสมุนไพร ชาวจีนให้ความสำคัญกับแหล่งที่ปลูกสมุนไพรมาก เพราะได้เรียนรู้จากประสบการณ์อันยาวนานว่าแหล่งที่ปลูกสมุนไพรมีความสัมพันธ์กับคุณภาพของเครื่องยาสมุนไพรที่ได้

3. การเก็บเกี่ยว ทั้งวิธีการเก็บเกี่ยวและระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว ล้วนมีความสำคัญต่อคุณภาพของเครื่องยาสมุนไพรตามมาตรฐานความต้องการ โดยทั่วไปควรเลือกช่วงเวลาหรือฤดูกาลเก็บเกี่ยวให้เหมาะสมเพื่อให้ได้เครื่องยาสมุนไพรที่มีสารสำคัญสูงสุด

4. การเก็บรักษา เครื่องยาสมุนไพรที่เก็บไว้นานๆ ก่อนนำมาใช้อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ โดยทั่วไปมักเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้ปริมาณตัวยาสำคัญลดลง ยกเว้นในพืชสมุนไพรบางชนิด ที่ถูกเก็บเกี่ยวและทิ้งไว้ในเงื่อนไขที่เหมาะสมเป็นเวลาอย่างน้อยหนึ่งปีก่อนนำมาใช้เป็นยาระบาย ในผู้ป่วยที่มีอาการท้องผูก เนื่องจากเอนไซม์ในพืชจะค่อยๆ เปลี่ยนสารประกอบแอนทรานอล (antranol) ที่มีอยู่ในเปลือก ต้นที่เก็บใหม่ๆ ให้เป็นสารประกอบไกลโคไซด์ชนิดแอนทราควิโนน (antraquinone)

5 .การป้องกันการเน่าเสีย สมุนไพรที่ได้จากการเก็บเกี่ยวมาใหม่ๆ อาจเกิดการเน่าเสียได้ จึงต้องมีวิธีป้องกันการเน่าเสีย ได้แก่

5.1 วิธีการทำให้แห้ง โดยทั่วไปมักจะใช้ความร้อน แต่ต้องระวังไม่ใช้ความร้อนสูงเกินไปเพราะอาจทำให้ตัวยาสำคัญที่ต้องการสลายตัวไปได้ ตามปกติสมุนไพรที่เก็บเกี่ยวแล้วต้องทำให้แห้งอย่างรวดเร็วโดยใช้อุณหภูมิต่ำๆ เพื่อลดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่จะทำให้ตัวยาสลายตัว แต่หากไม่แห้งสนิทอาจทำให้เกิดเชื้อราได้

5.2 วิธีการรมควัน การรมควันฆ่าเชื้อ เป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่นิยมปฏิบัติกัน โดยกฎหมายคุ้มครองผู้บริโภคระบุว่า วัตถุดิบทุกชนิดที่ผ่านการรมควันเพื่อฆ่าเชื้อจำเป็นต้องระบุด้วยว่าผ่านการฆ่าเชื้อด้วยสารอะไร สารที่ใช้รมควันฆ่าเชื้อที่ใช้กันในปัจจุบัน คือ เมทิลลีนโบรไมด์ (methyllenebromide) และฟอสทอกซิน (phostoxin) แต่ควรใช้ด้วยความระมัดระวังและในปริมาณน้อยที่สุด ในปัจจุบันกฎหมายได้ห้ามใช้เอทธิลีนออกไซด์แล้ว เพราะเวลาสลายตัวจะให้สารพิษอันเป็นเหตุให้เกิดโรคมะเร็ง

5.3 วิธีการฉายรังสี โดยการฉายรังสีเหนือม่วงหรือไมโครเวฟ ไม่เป็นที่นิยมนัก เนื่องจากการฉายรังสีบนเครื่องยาสมุนไพรมักทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสาระสำคัญ มีผู้ศึกษาพบว่า การใช้รังสีแกมมาและรังสีเอกซ์ขนาด 3 - 10 kilo Gray จะช่วยฆ่าเชื้อโรคโดยที่ไม่ทำให้สารสำคัญเสียไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความไวของตัวยาสำคัญในเครื่องยาสมุนไพร

สารเคมีสำคัญในพืชสมุนไพร

ทวีผล และคณะ (2542) รายงานว่า ในพืชสมุนไพรมีสารประกอบและคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้คือ

1. คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrates) ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน คาร์โบไฮเดรตเป็นกลุ่มสารที่พบมากทั้งในพืชและสัตว์ สารที่เป็นคาร์โบไฮเดรต เช่น แป้ง น้ำตาล กัม (gum) วุ้น (agar) น้ำผึ้ง เพคติน (pectin)

2. ไขมัน (Lipids) ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในสารละลายอินทรีย์ (organic solvent) และเมื่อทำปฏิกิริยากับด่างจะกลายเป็นสบู่ น้ำมันในพืชหลายชนิดเป็นยาสมุนไพร เช่น น้ำมันละหุ่ง น้ำมันมะพร้าว

3. น้ำมันหอมระเหย (Volatile oil หรือ Essential oil) เป็นสารประกอบที่สลับซับซ้อน มีกลิ่นและรสชาติเฉพาะตัว ระเหยได้ง่ายในอุณหภูมิห้อง มีทั้งที่น้ำหนักเบาและหนักกว่าน้ำ พบได้ในส่วนต่างๆ ของพืช (ดอก ใบ ผล กลีบเลี้ยง เปลือกลำต้น และราก) สามารถสกัดจากส่วนของพืชได้หลายวิธี เช่น การกลั่นด้วยไอน้ำ (stream distillation) การกลั่นด้วยการต้ม (water distillation) การกลั่นด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) การใช้ไขมันดูดกลิ่นหอมแล้วนำไปกลั่นด้วยตัวทำละลาย และการบีบ (expression) ประโยชน์คือเป็นตัวแต่งกลิ่นในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และมีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาด้านการขับลม ฆ่าเชื้อโรค พืชสมุนไพรที่มีน้ำมันหอมระเหย คือ กระเทียม ขิง ไพล มะกรูด ตะไคร้ กานพลู อบเชย

4. เรซินและบาลซัม (Resins and Balsums) เป็นสารอินทรีย์ หรือสารผสมประเภทโพลิเมอร์มีรูปร่างไม่แน่นอน ส่วนใหญ่จะเปราะแตกง่าย บางชนิดจะนิ่ม ไม่ละลายน้ำ ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ เมื่อเผาไฟจะหลอมเหลว ได้สารที่ใส ข้นและเหนียว เช่น ชันสน

5. แอลคาลอยด์ (Alkaloids) เป็นสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (organic nitrogen compound) มักพบในพืชชั้นสูง ปัจจุบันพบแอลคาลอยด์มากกว่า 5,000 ชนิด คุณสมบัติของแอลคาลอยด์ คือ ส่วนใหญ่มีรสขม ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในสารละลายอินทรีย์ มีฤทธิ์เป็นด่าง แอลคาลอยด์มีประโยชน์ในการรักษาโรคอย่างกว้างขวาง เช่น ใช้เป็นยาระงับปวด ยาชาเฉพาะที่ ยาแก้ไอ ยาแก้หอบหืด ยารักษาแผลในกระเพาะและลำไส้ ยาลดความดัน ยาควบคุมการเต้นของหัวใจ เป็นต้น พืชสมุนไพรที่มีแอลคาลอยด์ คือ หมากลำโพง ระย่อม ยาสูบ กลอย ฝิ่น แสลงใจ

6. ไกลโคไซด์ (Glycosides) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เกิดจาก glycone (genin) จับกับส่วนที่เป็นน้ำตาล (glycone part) ทำให้ละลายน้ำและดูดซึมได้ดี โครงสร้างของ glycone มีความแตกต่างกันหลายแบบ ทำให้ประเภทและสรรพคุณทางเภสัชวิทยาของไกลโคไซด์มีหลายชนิดใช้เป็นยาที่มีประโยชน์และสารพิษที่มีโทษต่อร่างกาย ไกลโคไซด์จำแนกตามสูตรโครงสร้างของ glycone ได้หลายประเภท คือ

1. คาร์ดิแอค ไกลโคไซด์ (cardiac glycosides) มีฤทธิ์ต่อระบบกล้ามเนื้อหัวใจและระบบการไหลเวียนของโลหิต เช่น ใบยี่โถ เป็นต้น

2. แอนทราควิโนน ไกลโคไซด์ (antraquinone glycosides) มีฤทธิ์เป็นยาระบาย ยาฆ่าเชื้อ และสีย้อม เช่น ใบมะขามแขก ใบขี้เหล็ก ใบชุมเห็ดเทศ ว่านหางจระเข้

3. ซาโปนินไกลโคไซด์ (saponin glycosides) เป็นกลุ่มสารที่มีคุณสมบัติเกิดฟองเมื่อเขย่ากับน้ำ เช่น ลูกประคำดีควาย เป็นต้น

4. ไซยาโนเจนิก ไกลโคไซด์ (cyanogenic glycosides) มีส่วนของสารพวก glycone เช่น cyanogenetic nitrate สารกลุ่มนี้เมื่อถูกย่อยด้วยกรดหรือด่างจะได้สารจำพวกไซยาไนด์ ซึ่งเป็นสารพิษ พบมากในรากมันสำปะหลัง ผักสะตอ ผักหนาม ผักเสี้ยนผี กระเบาน้ำ เป็นต้น

5. ไอโซไอไซยาเนท ไกลโคไซด์ (isothiocyanate glycosides) มีส่วนของ glycone เป็นสารจำพวก Isothiocyanate

6. ฟลาโวนอยด์ ไกลโคไซด์ (flavonoid glycosides) เป็นสารสีที่พบในหลายส่วนของพืช ส่วนใหญ่สีออกไปทางสีแดง เหลือง ม่วง น้ำเงิน เช่น ดอกอัญชัน เป็นต้น

7. แอลกอฮอลิค ไกลโคไซด์ (alcoholic glycosides) ซึ่งจะมี glycone เป็นแอลกอฮอล์

8. ไกลโคไซด์ชนิดอื่นๆ เช่น ฟีนอลิค ไกลโคไซด์ (phenolic glycosides) อัลดีไฮด์ไกลโคไซด์ (aldehyde glycosides) แลคโตน ไกลโคไซด์ (lactone glycosides) และ แทนนินไกลโคไซด์ (tannin glycosides) เป็นต้น

7. แทนนิน (Tannin) เป็นสารที่พบได้ในพืชหลายชนิด มีโมเลกุลใหญ่และโครงสร้างซับซ้อน มีสถานะเป็นกรดอ่อน มีรสฝาด แทนนินใช้เป็นยาแก้ท้องเสีย ช่วยรักษาแผลไฟไหม้และใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง กรณีที่รับประทานแทนนินเป็นประจำอาจทำให้เกิดมะเร็งได้ สมุนไพรที่มีแทนนิน คือ เปลือกทับทิม เปลือกอบเชย ใบฝรั่ง ใบและเปลือกสีเสียด ใบชา เป็นต้น

นอกจากนี้พืชสมุนไพรยังมีสารประกอบอีกหลายชนิด เช่น สเตียรอยด์ (steroid) เป็นต้น สารเหล่านี้บางชนิดมีสรรพคุณทางยาเช่นกัน (มาโนชน์ และคณะ, 2540)

วิธีเก็บรักษา และแปรรูปพืชสมุนไพร

ส่วนประกอบของพืชสมุนไพรนั้นเราสามารถนำมาใช้ได้ทุกส่วน ตัวยาในพืชสมุนไพรนั้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ส่วนของพืชที่ใช้เป็นยา พื้นดินที่ปลูก อากาศ การเก็บในช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม การเลือกเก็บยาอย่างถูกวิธีนั้นมีผลต่อคุณภาพหรือฤทธิ์ของยาที่จะนำมารักษาโรคด้วย จึงต้องมีหลักเกณฑ์ในการเก็บสมุนไพรอย่างถูกวิธี เพื่อให้ได้ยาที่มีคุณภาพ (มาโนชน์ และคณะ, 2540)

ชยันต์ และ วิเชียร (2545) กล่าวว่า เครื่องยาสมุนไพรที่ได้จากพืชจะมีคุณภาพดีหรือไม่อย่างไร มีประเด็นที่ควรพิจารณาและคำนึงถึงหลายประเด็น แต่ที่สำคัญที่สุด ได้แก่ การเก็บสมุนไพร การทำให้แห้ง และการเก็บรักษา ประเด็นสำคัญในการเก็บสมุนไพรที่ควรพิจารณา คือ

- ฤดูกาลที่จะเก็บเกี่ยวสมุนไพร เนื่องจากปริมาณของสารองค์ประกอบที่เป็นยาในสมุนไพรหรือตัวยาสำคัญมักมีปริมาณไม่คงที่ เช่น โกษฐ์น้ำเต้าที่เก็บในฤดูหนาวจะไม่มีตัวยาแอนทราควิโนน (Antraquinone) หรืออนุพันธ์แอนทราควิโนนที่แสดงฤทธิ์เป็นยาระบายเลย มีก็แต่สารแอนทรานอล (Antranol) ซึ่งจะค่อยๆ ถูกออกซิไดซ์เป็นแอนทราควิโนนเมื่ออากาศอุ่นขึ้น

- อายุของพืชสมุนไพร ก็มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนกว่ากัน กล่าวคือ อายุของพืชสมุนไพรมีผลต่อการสร้างสารองค์ประกอบที่มีสรรพคุณทางยา เช่น การบูร (*Cinnamonum camphora* Linn.) จะสะสมอยู่ในแก่นของต้น ซึ่งพร้อมที่จะถูกเก็บได้เมื่อต้นมีอายุตั้งแต่ 40 ปีขึ้นไป

วุฒิ (2546) ให้คำแนะนำถึงการเก็บเกี่ยวไว้ดังนี้

1. พืชสมุนไพรประเภทราก (รวมทั้งลำต้นใต้ดินและหัว) เก็บในช่วงที่พืชทิ้งใบ หรือหยุดการเจริญเติบโตหรือในช่วงต้นฤดูหนาวถึงปลายฤดูร้อน เพราะช่วงนี้รากและหัวจะมีการสะสมปริมาณของตัวยาไว้ค่อนข้างสูง เช่น กระชาย กระทือ ข่า เป็นต้น

2. พืชสมุนไพรประเภทใบ ยอดอ่อน ควรเก็บในช่วงที่พืชเจริญเติบโตมากที่สุด ใบไม่อ่อนหรือแก่มากจนเกินไป ช่วงที่ดอกตูมเริ่มบานหรืออาจเก็บในช่วงที่ดอกบาน ผลยังไม่สุกก็ได้ วิธีเก็บใช้การเด็ด เช่น กระเพรา ฝรั่ง ฟ้าทะลายโจร เป็นต้น

3. พืชสมุนไพรประเภทเปลือกต้นและแก่น โดยมากเก็บในระหว่างช่วงฤดูร้อนต่อกับฤดูฝน เพราะปริมาณยาในพืชสูงและลอกออกง่าย สำหรับการลอกเปลือกต้นนั้น ไม่ควรลอกออกทั้งรอบต้นเพราะจะทำให้พืชตายได้ ทางที่ดีควรลอกจากส่วนกิ่งหรือแขนงย่อย ส่วนเปลือกรากเก็บในช่วงต้นฤดูฝนเหมาะที่สุด

4. พืชสมุนไพรประเภทดอก เก็บในช่วงดอกเริ่มบาน แต่บางชนิดเก็บในช่วงดอกตูม เช่น กานพลู เป็นต้น บางชนิด เช่น เก็กฮวย จะเก็บขณะที่ดอกบานครึ่งหนึ่ง แต่ส่วนใหญ่จะเก็บในช่วงดอกบานเต็มที่และควรเก็บในตอนเช้า สำหรับพืชที่ให้น้ำมันหอมระเหยต้องเก็บตอนดอกเริ่มบานและมีกลิ่นอ่อนๆ

5. พืชสมุนไพรประเภทผลและเมล็ด บางชนิดอาจเก็บในช่วงผลยังไม่สุก เช่น ฝรั่ง เก็บผลอ่อนหรือเก็บช่วงผลแก่เต็มที่ เช่น มะแว้งต้น มะแว้งเครือ ดีปลี เมล็ดฟักทอง เมล็ดชุมเห็ดไทย เมล็ดสะแก เป็นต้น ส่วนจำพวกเมล็ดต้องปล่อยให้แก่เต็มที่ โดยสังเกตฝัก กระเปาะหรือผลจะต้องแห้งจึงเก็บและควรเป็นช่วงปลายฤดูหนาวหรือต้นฤดูแล้ง

พรสวรรค์ และคณะ (2543) กล่าวว่า พืชสมุนไพรส่วนใหญ่มักมีการนำมาแปรรูปก่อนนำไปใช้ โดยทำได้ดังนี้

1. การตากแห้ง เป็นวิธีที่สะดวก และมีประสิทธิภาพมากที่สุด เพราะการตากแห้งทำได้ง่าย และทำให้สามารถเก็บรักษาพืชสมุนไพรได้นานโดยไม่เสียหรือเสื่อมสภาพ อีกทั้งเป็นการลดน้ำหนัก ปริมาตร และช่วยให้สามารถนำไปแปรรูปเป็นอย่างอื่นได้ วิธีง่ายๆ ในการตากแห้ง คือ แขวนพืชสมุนไพรที่ผูกรวมกันเป็นมัดไว้ในห้องที่แห้ง ในกรณีที่เป็นราก ลำต้น และผลที่มีน้ำปนอยู่มาก จำเป็นต้องหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ รวมทั้งทำความสะอาดตามสมควร หากต้องการตากแห้งพืชสมุนไพรจำนวนมากและต้องการทำให้แห้งเร็วขึ้นจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เข้าช่วย เช่น ตู้อบอุณหภูมิ 35 - 40°ซ

2. การสับให้ขนาดเล็กลง โดยใช้มีดหั่น หรือสับส่วนที่อุ้มน้ำมากๆ เช่น ราก ลำต้น ผล เปลือก ก่อนหรือหลังการตากแห้งก็ได้

3. การบดหรือป่น เป็นวิธีที่นิยมทำกันมาก เพราะสะดวก ประหยัด และง่ายต่อการนำไปใช้ โดยแพทย์แผนโบราณนิยมใช้ครกหรือกระเดื่องในการบดพืชสมุนไพรที่ตากแห้งดีแล้ว แต่ในภาคอุตสาหกรรมอาจใช้เครื่องบดที่มีประสิทธิภาพและสามารถกำหนดขนาดของผงที่บดได้

4. การสกัดน้ำมันหอมระเหย ในพืชสมุนไพรที่มีกลิ่นหอม เนื่องจากมีการสะสมของน้ำมันหอมระเหยตามส่วนต่างๆ ของพืช น้ำมันหอมระเหยมีสรรพคุณทางยา เช่น น้ำมันมินต์ มีสารเมนทอล น้ำมันยูคาลิปตัส มีสารซินีออลและยูคาลิปตอล เป็นต้น

หลักการเลือกชนิดสมุนไพรเพื่อใช้เลี้ยงสุกร

สมุนไพรมีหลายชนิด บางชนิดขึ้นเองตามธรรมชาติ บางชนิดอยู่ตามป่าลึก บางชนิดขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว บางชนิดขยายพันธุ์ช้า หลายชนิดถูกนำมาใช้ในคนอย่างแพร่หลาย และหลายชนิดยังไม่เป็นที่รู้จักดีนัก ยุทธนา และคณะ (2545) กล่าวว่า ในการเลือกสมุนไพรที่จะนำมาใช้ในการเลี้ยงสุกร ควรยึดหลักดังนี้

1. เป็นสมุนไพรที่จัดอยู่ในสาธารณสุขมูลฐานของกระทรวงสาธารณสุข ทั้งนี้เพราะ

   1.1 ได้มีการทดลองแล้วว่าปลอดภัยกับมนุษย์ จึงมั่นใจได้ว่าเมื่อนำมาใช้กับสุกรจะไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุกร

   1.2 ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายมากในการที่จะพิสูจน์ว่าเมื่อใช้เลี้ยงสุกรแล้ว จะมีสารตกค้างไปมีผลต่อผู้บริโภคหรือไม่

   1.3 เนื้อสุกรที่ได้จะมีความปลอดภัยสามารถส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้

2. ควรเป็นสมุนไพรที่สามารถขยายพันธุ์ หรือเพิ่มปริมาณการผลิตได้มากในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากเมื่อใช้กับการเลี้ยงสุกรแล้วจะใช้จำนวนมาก เพราะประเทศไทยมีสุกรขุนปีละประมาณ 12 ล้านตัว ซึ่งต้องกินสมุนไพรทุกวันที่ผสมในอาหาร

3. ถ้าสามารถจัดหาสมุนไพรที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ได้จะช่วยลดค่าขนส่ง ได้วัตถุดิบใหม่ที่ใหม่เสมอ และง่ายต่อการส่งเสริมให้เพิ่มการผลิตต่อไปได้

ขมิ้นชัน (Turmeric)

ขมิ้นชันมีชื่อท้องถิ่นเรียกตามภาคต่างๆ ดังนี้ ขมิ้นแกง ขมิ้นชัน ขมิ้นหยอก ขมิ้นหัว ขี้มิ้น ตา ยอ สะยอ หมิ้น มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Curcuma longa Linn.* เป็นพืชอยู่ในวงศ์เดียวกับพวกขิง ข่า คือ วงศ์ Zingiberaceae เป็นไม้ล้มลุกอายุหลายปี สูงประมาณ 30 - 90 ซม. เหง้าใต้ดินตรงกลางมีขนาดใหญ่รูปไข่มีแขนงรูปทรงกระบอกแตกออกด้านข้างสองด้านตรงข้ามกันคล้ายนิ้วมือ เนื้อในเหง้ามีสีเหลืองส้ม มีกลิ่นเฉพาะ ใบเดี่ยวแทงออกจากเหง้าเรียงซ้อนทับกัน ใบเป็นรูปหอก กว้างประมาณ 12 - 15 ซม. ยาวประมาณ 30 - 40 ซม. ดอกเป็นดอกช่อแทงออกจากเหง้าแทรกขึ้นมาระหว่างก้านใบรูปทรงกระบอก กลีบดอกสีเหลืองอ่อน ใบประดับสีเขียวอ่อนหรือสีนวล บานครั้งละ 3 - 4 ดอก ผลเป็นผลแห้งรูปกลมมี 3 พู ในหน้าแล้งขมิ้นจะลงหัว ส่วนของต้นและใบบนดินจะแห้งตาย (รุ่งระวี และคณะ, 2545)

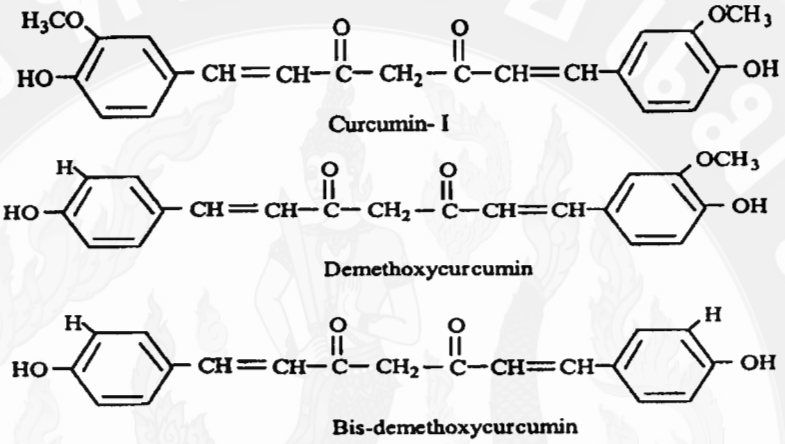
ขมิ้นชันมีปลูกกันอย่างกว้างขวางในทวีปเอเชียเพื่อนำมาประกอบอาหารโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อเป็นสารให้มีสีเหลืองและสารแต่งสีอาหาร นอกจากจะมีประโยชน์ในการประกอบอาหารดังกล่าวแล้วขมิ้นชันยังสามารถใช้ในการป้องกันและรักษาโรคบางอย่างได้ เช่น โรคท้องอืด ท้องเฟ้อ แผลในกระเพาะอาหาร ลดการเกิดก๊าซในระบบทางเดินอาหาร ช่วยในการย่อยอาหารดีขึ้นและเพิ่มการขับหลั่งน้ำดี

สารสำคัญในขมิ้นชัน

ในขมิ้นชันมีน้ำหอมระเหยอยู่ 3 - 4% (รุ่งระวี และคณะ, 2545) ซึ่ง Ammon and Wahl (1991) กล่าวว่า ในขมิ้นชันผงมีน้ำมันหอมระเหย 2.4 - 14% ไขมัน 4.4 - 12.7% และความชื้น 10 - 12% ส่วน Jayaprakasha *et al.* (2002) กล่าวว่า ขมิ้นชันมีสารประกอบพวกฟีนอลิก เรียกว่า เคอร์คูมินอยด์ เมื่อสกัดออกมาแล้วจะให้สารพวก diaylheptanoid 3 ชนิด คือ สารเคอร์คูมิน

สารดีเมทธ็อกซีเคอร์คูมิน และสารบิสดีเมทธ็อกซีเคอร์คูมิน ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าในขมิ้นชันมีปริมาณสารประกอบดังกล่าวนี้ และแสดงโครงสร้างของสารสำคัญในขมิ้นชัน แสดงในภาพ 1 คือ

- สารเคอร์คูมิน 1.06 ± 0.061 ถึง 5.65 ± 0.040%
- สารดีเมทธ็อกซีเคอร์คูมิน 0.83 ± 0.047 ถึง 3.36 ± 0.040% และ
- สารบิสดีเมทธ็อกซีเคอร์คูมิน 0.42 ± 0.036 ถึง 2.16 ± 0.060%



ภาพ 1 โครงสร้างทางเคมีของสารเคอร์คูมิน (curcumin; diferuloylmethane) สารดีเมทธ็อกซีเคอร์คูมิน (demethoxycurcumin) และสารบิสดีเมทธ็อกซีเคอร์คูมิน (bisdemethoxycurcumin)
ที่มา : Chattopadhyay *et al.* (2004)

นอกจากนี้พบว่ามีสารพวกเคอร์คูมินอยด์ (curcuminoid) เป็นส่วนประกอบในขมิ้นชันทั้งหมด 2.34 ± 0.171 ถึง 9.18 ± 0.232%

Park and Kim (2002) รายงานว่า ในขมิ้นชันมีสารประกอบและคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

1. 1" – (3"' –Methoxy-4"' –hydroxphenyl) –2"' –oxo–ene–butanyl–3–(3' –methoxy–4' hydroxyphenyl) propenoate (calebin–A) มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง มีจุดหลอมเหลว 138 - 139 °ซ ($C_{21}H_{20}O_7$)

2. 1,7–Bis(4–hydroxy–3–methoxyphenyl) –1,4,6–heptatrien–3–one มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง มีจุดหลอมเหลว 128 - 129 °ซ ($C_{21}H_{20}O_5$)

3. 1,7–Bis(4 –hydroxy–3–methoxyphenyl) –1,6–3,5–dione (curcumin) มีลักษณะเป็นแท่งเล็กๆ (yellow needles) มีจุดหลอมเหลว 183 - 184 °ซ

4. 1–(4–Hydroxy–3–methoxyphenyl)–7– (4–hydroxyphenyl)–1,6–heptadiene–3,5–dione (demethoxycurcumin) มีลักษณะเป็นแท่งเล็กๆ (yellow needles) มีจุดหลอมเหลว 180 - 181 °ซ

5. 1,7–Bis(4–hydroxypheny) –1,6–heptadiene–3,5–dione (bis–demethoxycurcumin) มีลักษณะเป็นแท่งเล็กๆ (yellow needles) มีจุดหลอมเหลว 232 - 233 °ซ

6. 1–Hydroxy–1,7–bis(4–hydroxy–3–methoxyphenyl) –6–heptene3,5–dione มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง มีจุดหลอมเหลว 92 - 94 °ซ

7. 1,7–Bis(4–hydroxypheny)–1–heptene–3,5–one มีลักษณะเป็นแท่งเล็กๆ (yellow needles) มีจุดหลอมเหลว 145 - 146 °ซ

8. 1,7–Bis(4–hydroxypheny) –1,4,6–heptatrien–3–one มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง มีจุดหลอมเหลว 145 - 146 °ซ

9. 1,5–Bis(4–hydroxy–3–methoxyphenyl)–1,4–pentadien–3–one มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง มีจุดหลอมเหลว 82 - 83 °ซ

Chatterjee *et al.* (2000) และ Singh *et al.* (2002) รายงานว่า สารประกอบที่อยู่ในน้ำมันหอมระเหย ของขมิ้นชันมีอยู่ 1.71% และเมื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบของน้ำมันหอมระเหยนี้โดยใช้เครื่อง GC/MS พบว่าประกอบด้วยสารประกอบหลักๆ ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 สารประกอบของน้ำมันหอมระเหยของขมิ้นชัน (%)

สารประกอบ	ที่มา	
	Chatterjee *et al.*, (2000)	Singh *et al.*, (2002)
ß-Caryophyllene	0.36 ± 0.3	5.6
ar-Carcumene	1.43 ± 0.3	3.8
α-phellandrene	1.81 ± 0.5	-
p-Cymene	1.3 ± 0.3	-
1:8Cineol	1.3 ± 1.3	-
Zingiberene + ß-sesquiphellandrene	3.31 ± 0.3	-
Nerolidol	0.96 ± 0.7	-
ar-Tumerone + turmerone	68 ± 1.4	-
Curlone	15 ± 2.8	-
Dehydrozingerone	3.8 ± 0.3	-
ar-Turmerone	-	51.7
ß-bisbolene	-	10.7
ar-tumerol	-	11.9
Zingiberene	-	10.2
ß-famesene	-	3.7

หมายเหตุ : จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบอยู่ในน้ำมันหอมระเหยของขมิ้นชันที่กล่าวข้างต้นมีผลรายงานค่อนข้างแตกต่างกันมาก ทั้งนี้อาจเนื่องจากวิธีการสกัดที่แตกต่างกัน ซึ่ง Chatterjee *at al.* (2000) ใช้วิธีการสกัดตัวทำละลาย (solvent) แต่ Singh *et al.* (2002) สกัดโดยการกลั่นด้วยน้ำ

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของขมิ้นชัน

Shankar and Murthy (1979) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากขมิ้นชันมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในลำไส้ แบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค และแบคทีเรียที่ทำให้เกิดพิษ (toxigenic bacteria) สารเคอร์คูมินที่เป็นสารสีเหลืองไม่มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียข้างต้น ยกเว้น

Staphylcoccus aureus และ *Baccillus cereus* นอกจากนี้สารสกัดโดยใช้แอลกอฮอล์และน้ำมันจากขมิ้นชันสามารถกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายวิภาคของเชื้อ *Streptococci*, *Lactobacilli* และ *Staphylococci* ได้ ส่วน Apisariyakul *et al.* (1995) รายงานว่าน้ำมันและสารเคอร์คูมินที่สกัดจากขมิ้นชันนั้น พบว่าน้ำมันมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราที่เป็นปรสิตบนผิวหนัง (dermatophytes) 15 ชนิด แม้ว่าจะเจือจางถึง 1:40 - 1:320 เท่าก็ตาม ส่วนที่สารเคอร์คูมินไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราดังกล่าวแต่อย่างใด น้ำมันที่สกัดจากขมิ้นชันยังมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราที่ทำให้เกิดโรค (pathogenic fung) ที่ระดับความเจือจาง 1:40 - 1:80 เท่า แต่สารเคอร์คูมินไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคแต่อย่างใด และ Singh *et al.* (2002) ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นชันต่อเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรค (pathogenic fungi) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นชันสามารถยับยั้งการเจริญเติบโต (mycelial growth) ของเชื้อ *Colletotrichum falcatum*, *Fusarium moniliforme* ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm และเชื้อ *Curvalaria pallescens*, *Aspergillus niger* และ *Fusarium oxysporium* ที่ระดับความเข้มข้น 2,000 ppm.

Arunothayanun *et al.* (2005) ได้นำสารสกัดเคอร์คูมินอยด์ ซึ่งมีสีเหลือง มาปรับปรุงพัฒนาได้เป็นสารชนิดใหม่ Tetrahydrocurcuminoids ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีสี สามารถลดอนุมูลอิสระได้ 50% ที่ความเข้มข้นต่ำกว่าเคอร์คูมินอยด์ถึง 2.3 เท่าและได้นำวิทยาการด้านนาโนเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับสารสกัดสมุนไพรโดยพัฒนากระบวนการผลิตไลโปโซม (Liposome) บรรจุสารสกัดเคอร์คูมินอยด์ เพื่อช่วยพาสารดังกล่าวแทรกซึมเข้าสู่ผิวหนังได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ส่วน Panchatcharam *et al.* (2006) ทำการศึกษาโดยการนำผงขมิ้นชันทาแผลพบว่าผิวหนังสามารถสร้าง epithelium cell ได้เร็วมากกว่าปกติและในขณะเดียวกันก็ไปลดการสร้าง lipid peroxides, superoxide dismutase, catalase และ glutathione peroxidase จากผลกระทบดังกล่าวทำให้ทราบถึงคุณสมบัติของขมิ้นในการเกิด antioxidation ได้เร็วขึ้น ทำให้การหายของแผลเร็วกว่าปกติ ส่วน Chattopadhyay *et al.* (2004) กล่าวว่า ขมิ้นชันมีฤทธิ์ต้านการเกิดแผลในกระเพาะ โดยกระตุ้นการหลั่งมิวซินมาเคลือบ และยับยั้งการหลั่งน้ำย่อยต่างๆ สารสำคัญในการออกฤทธิ์ป้องกันเยื่อบุกระเพาะ คือ สารเคอร์คูมิน ซึ่งจากการศึกษาการได้รับสารเคอร์คูมิน ขนาด 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในหนู สามารถกระตุ้นการหลั่งมิวซินออกมาเคลือบกระเพาะได้ แต่ถ้าใช้ในขนาดสูงอาจทำให้เกิดแผลในกระเพาะ อย่างไรก็ดีสารเคอร์คูมินยังสามารถลดการอักเสบได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับ phenylbutazone ขนาดที่ใช้ถึง 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อให้ปริมาณสูงฤทธิ์จะลดลง นอกจากนี้ Chatterjee *et al.* (1999) ได้รายงานว่าสารที่มีฤทธิ์ป้องกันการออกซิเดชั่น (antioxidation) ของกรดไขมันในขมิ้นชันคือ สารเคอร์คูมินอยด์ โดยมีสารเคอร์คูมิน มีฤทธิ์ในการป้องกันมากที่สุด

การเสริมขมิ้นชันในอาหารสัตว์

สาโรช และคณะ (2547) ได้ใช้สมุนไพรกระเทียม ฟ้าทะลายโจรและขมิ้นชัน ทั้งในรูปสมุนไพรเดี่ยวและผสม เพื่อทดแทนการเสริมสารปฏิชีวนะเร่งการเจริญเติบโตในอาหารสุกรระยะเล็ก-รุ่น พบว่า ลูกสุกรอนุบาลใช้สมุนไพรเดี่ยว ฟ้าทะลายโจร 0.05%, กระเทียมผง 0.25% และขมิ้นชัน 0.20% สามารถทดแทนยาปฏิชีวนะ เพื่อเร่งการเจริญเติบโตได้อย่างมีผลดีในแง่อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหาร โดยไม่กระทบปริมาณอาหารที่กินในระยะสุกรเล็ก-รุ่น (30 - 78 กก.) สุกรที่กินอาหารเสริมฟ้าทะลายโจร 0.05% หรือกระเทียมผง 0.25 - 0.50% หรือขมิ้นชัน 0.15 - 0.25% ช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของสุกรดีกว่ากลุ่มปฏิชีวนะตั้งแต่ 7.4 - 15.5% และ เพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารได้ 12.5 - 17.8% โดยไม่เพิ่มอาหารที่กิน ส่วนสมุนไพรผสมไม่ให้ผลดีในสุกรอนุบาล แต่ในระยะเล็ก-รุ่น สมุนไพรผสมกระตุ้นอัตราการเจริญเติบโตดีกว่ายาปฏิชีวนะประมาณ 11% เพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารได้ 14% แต่ทั้งนี้สมุนไพรผสมมิได้ให้ผลดีกว่าสมุนไพรเดี่ยว

ขวัญใจ และคณะ (2550) ทำการศึกษาผลของสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่มีต่อการเจริญเติบโต ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของไก่กระทง โดยให้ได้รับอาหารที่เสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8% เลี้ยงจากอายุ 3 สัปดาห์จนอายุ 6 สัปดาห์ จึงนำไปฆ่าเพื่อศึกษาซาก ผลการศึกษาพบว่า การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันในอาหารใช้เลี้ยงไก่กระทงในช่วงอายุ 3 - 6 สัปดาห์ ไม่มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่อายุ 6 สัปดาห์ ($P>0.05$) ในขณะที่การเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ระดับ 0.8% มีผลทำให้สีหนังบริเวณหน้าอกมีค่าความเหลือง (b*value) สูงขึ้น และทำให้กลุ่มที่ได้รับสารสกัดหยาบที่ระดับ 0.4, 0.6 และ 0.8% มีไขมันในช่องท้องสูงขึ้น ($P<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าความสว่าง (L*value) ค่าความแดง (a*value) ของเนื้อและหนังบริเวณอก ($P>0.05$) และการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันไม่มีผลต่อระดับคลอเลสเตอรอล และค่า TBARS ของเนื้อไก่ ($P>0.05$)

AL-Sultan (2003) ทำการศึกษาผลของขมิ้นชันในไก่กระทง โดยเสริมขมิ้นชันที่ระดับ 0, 0.25, 0.5 และ 1.0% พบว่าน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ได้รับการเสริมขมิ้นชันที่ระดับ 0.5 % ดีที่สุดคือ 1,344.5 กรัม และ 2.08 ตามลำดับ คุณภาพซาก เปอร์เซ็นต์โปรตีนของหน้าอกและกล้ามเนื้อของไก่กระทงที่มีการเสริมขมิ้นชันที่ระดับ 1.0% ดีกว่ากลุ่มการทดลองอื่น แต่ไม่มีผลต่อไขมันช่องท้องและการเสริมขมิ้นชันที่ระดับสูงกว่า 1.0% มีแนวโน้มต่อการเพิ่มขึ้นของระดับเม็ดเลือดแดงและระดับเม็ดเลือดขาวในเลือด Emadi and Kermanshahi (2006) ได้ทดลองเสริมขมิ้นชันต่อคุณภาพซากไก่กระทง โดยเสริมในอาหารระดับ 0, 0.25, 0.50 และ 0.75% และทำ

การชำแหละในวันที่ 49 ของการทดลอง พบว่าการเสริมขมิ้นชันไม่มีผลต่อน้ำหนักของตับ ตับอ่อน ม้ามและไขมันช่องท้อง แต่มีผลต่อการลดลงของแผ่นไขมันในช่องท้องและน้ำหนักของหัวใจแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วน Samarasinghe *et al.* (2003) ทำการทดลองเปรียบเทียบของการเสริม mannanoligosaccharides และขมิ้นชันโดยทำการทดลองในไก่กระทงอายุ 19 วัน ที่ระดับ 1, 2 และ 3 กรัม/กิโลกรัม พบว่า ไก่กระทงที่ได้รับการเสริมขมิ้นชันที่ระดับ 2 และ 3 กรัม/กิโลกรัม มีการใช้ประโยชน์จากโปรตีนมากกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การเสริมทั้ง 2 ชนิดนั้นมีแนวโน้มว่าจะไปขัดขวางการทำงานของแบคทีเรีย ยีสต์และจุลินทรีย์ของลำไส้เล็กส่วนปลาย

Ilsley *et al.* (2005) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบผลการเสริม quillaja saponin กับขมิ้นชันในลูกสุกรหย่านมที่อายุ 29 วัน ซึ่งทำการเสริมซาโปนิน ที่ระดับ 750 กับ 1,300 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และมีการเสริมขมิ้นชันที่ระดับ 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม พบว่า immunoglobulin G และ C-reactive protein ของการเสริมซาโปนินดีกว่ากลุ่มที่มีการเสริมขมิ้นชันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การเสริมทั้งซาโปนินและขมิ้นชันไม่มีผลต่อความยาวของวิลไลในลำไส้ด้วย

การทดสอบความเป็นพิษ

กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก (2547) ได้รายงานผลการศึกษาความเป็นพิษของขมิ้นชันในสัตว์ทดลองไว้ดังนี้

1. ความเป็นพิษในหนูขาว พบว่าการได้รับทั้งขมิ้นและสารเคอร์คูมิน ในขนาดที่สูงกว่าที่ใช้ในคน 1.25 - 125 เท่า ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในด้านการเจริญเติบโตและระดับสารเคมีในเลือด

2. การศึกษาพิษเฉียบพลันของเหง้าขมิ้นชันในหนูถีบจักร พบว่า หนูที่ได้รับผงขมิ้นชันทางปากในขนาด 10 กรัม/กิโลกรัม ไม่แสดงอาการพิษใดๆ และเมื่อให้สารสกัดด้วยสารละลายเอธานอล 50% โดยวิธีป้อนทางปาก ฉีดเข้าทางผิวหนังและทางช่องท้องในขนาด 15 กรัม/กิโลกรัม ไม่ทำให้เกิดอาการเฉียบพลันและหนูถีบจักรไม่ตาย ดังนั้น ขนาดของสารสกัดที่ทำให้หนูตายครึ่งชีวิต (LD_{50}) เมื่อให้โดยวิธีดังกล่าวจึงมากกว่า 15 กรัม/กิโลกรัม

3. การศึกษาพิษเรื้อรังของขมิ้นชันในหนูขาวพันธุ์วิสตาร์ได้ทำการแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมที่ได้รับน้ำ และกลุ่มทดลองที่ได้รับผงขมิ้นชันทางปากในขนาด 0.03, 2.5 และ 5.0 กรัม/กิโลกรัม/วัน ซึ่งเทียบเท่ากับ 1, 83 และ 166 เท่า ของขนาดที่ใช้ในคน คือ 1.5 กรัม/กิโลกรัม/วัน เป็นระยะเวลานาน 6 เดือน พบว่า หนูเพศผู้ที่ได้รับขมิ้นชันขนาด 2.5 และ 5.0 กรัม/กิโลกรัม/วัน

มีน้ำหนักตัวและกินอาหารน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงนี้ในเพศเมียที่ได้รับยาขนาดเท่ากัน การได้รับขมิ้นชันในขนาดต่างๆ ที่ให้แก่หนูขาว ไม่ทำให้เกิดอาการพิษใดๆ รวมทั้งไม่มีผลต่อค่าทางโลหิตวิทยาหรือค่าเคมีคลินิก และไม่ทำให้เกิดพยาธิต่ออวัยวะภายในของหนูขาวทั้งสองเพศ

การวัดค่าการย่อยได้ของโภชนะเบื้องต้น

บุญล้อม (2541) กล่าวว่า การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของอาหาร สามารถบ่งบอกถึงโภชนะที่มีอยู่ในอาหารชนิดนั้น แต่ส่วนของอาหารที่สัตว์ได้รับจริงจากอาหารหรือโภชนะที่กินเข้าไปจะทราบได้ก็ต่อเมื่อรู้ปริมาณที่สูญเสียไปในระหว่างการย่อย การดูดซึม และการเปลี่ยนแปลงของอาหารภายในร่างกาย ส่วนที่สูญเสียเป็นอันดับแรก คือ ส่วนที่ไม่ถูกย่อยและไม่ถูกดูดซึม ต้องถูกขับออกในมูล (faces) ซึ่งเมื่อนำโภชนะมาหักออกจากโภชนะในอาหารจะทราบปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ (digestibility nutrient)

การย่อยได้จริงและการย่อยได้ปรากฏ

บุญล้อม (2541) กล่าวว่า อาหารหรือโภชนะที่กินเข้าไป (nutrient intake) จะมีทั้งส่วนที่ย่อยได้จะถูกดูดซึมกับส่วนที่ย่อยไม่ได้จะถูกขับออกมาในมูล ดังนั้นเมื่อนำโภชนะในมูลมาหักออกจากโภชนะในอาหารและคิดเป็นร้อยละของโภชนะในอาหารนั้นจะเป็นค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ (digestibility coefficient) หรือที่เรียกสั้นๆ ว่าการย่อยได้ (digestibility) แสดงเป็นสูตรคำนวณดังนี้

$$\text{การย่อยได้ของโภชนะ (\%)} = \frac{\left(\text{ปริมาณโภชนะที่กิน} - \text{ปริมาณโภชนะที่ขับออกในมูล}\right)}{\text{ปริมาณโภชนะที่กิน}} \times 100$$

$$\text{หรือ Digestibility Coefficient of Nutrient (\%)} = \frac{\left(\text{Nutrient intake} - \text{Nutrient excreted}\right)}{\text{Nutrient intake}} \times 100$$

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะอื่นๆ คำนวณด้วยวิธีเดียวกัน ค่าที่ได้เรียกว่าการย่อยได้ปรากฏ (apparent digestibility coefficient) อย่างไรก็ตามการถือว่าส่วนของโภชนะที่ไม่ถูกขับออกทางมูล เท่ากับส่วนที่ถูกดูดซึมได้นั้นนับว่ายังไม่ถูกต้อง เพราะสิ่งที่ขับออกมาทางมูลไม่ได้มาจากอาหาร (food origin) ทั้งหมด แต่มาจากส่วนของร่างกายด้วย (metabolic origin) ซึ่งได้แก่ น้ำย่อย

หรือเซลล์ที่หลุดออกจากทางเดินอาหาร นอกจากนี้อาจมีจุลินทรีย์ที่อยู่ในทางเดินอาหารติดมาด้วย ดังนั้นจึงต้องนำส่วนนี้มาหักออกจากมูลจึงจะได้ส่วนที่ถูกดูดซึมเข้าไปจริงสัมประสิทธิ์การย่อยได้ในกรณีนี้ เรียกว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้จริง (true digestibility coefficient) ค่าการย่อยได้ทั้ง 2 ประเภทสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของโภชนะ (\%)} = \frac{(\text{โภชนะที่กิน} - \text{โภชนะในมูล})}{\text{โภชนะที่กิน}} \times 100$$

$$\text{หรือ Apparent Digestibility Coefficient of Nutrient} = \frac{(I - F)}{I} \times 100$$

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้จริงของโภชนะ (\%)} = \frac{\{\text{โภชนะที่กิน} - (\text{โภชนะที่กิน} - \text{โภชนะมาจากร่างกาย})\}}{\text{โภชนะที่กิน}} \times 100$$

$$\text{หรือ True Digestibility Coefficient of Nutrient} = \frac{\{I - (F - e)\}}{I} \times 100$$

เมื่อ I = เป็นปริมาณโภชนะที่กิน (intake)

F = เป็นปริมาณโภชนะที่ถ่ายออกมาในมูล (feces)

e = เป็นโภชนะในมูลที่ไม่ได้มาจากอาหาร (endogenous feces substance)

โครงสร้างผนังทางเดินอาหารของลำไส้เล็ก

วันดี (2546) กล่าวว่าผนังลำไส้เล็กประกอบด้วยเนื้อเยื่อต่างๆ 4 ชั้น คือ

1. ชั้นเยื่อบุทางเดินอาหาร (mucosa) เป็นชั้นในสุด ประกอบด้วย 3 ชั้น

1.1 มัสคิวลาริส มิวโคซา (muscularis mucosa) ประกอบด้วยกล้ามเนื้อบางๆ 2 กลุ่ม คือ ส่วนที่อยู่ด้านในจะวางตัวในตลอดความยาวของลำไส้ ส่วนกล้ามเนื้อเรียบด้านนอกจะวางตัวเป็นแนววงกลมเพื่อทำให้เยื่อบุทางเดินอาหารยื่นเข้าไปในโพรงทางเดินอาหารเป็นรอยนูนเล็กๆ (fold) เรียกว่า เคิชริงวาวล์ (Kerchring's valve หรือ circulares)

1.2 ชั้นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue) เรียกว่า ลามินาโปรเปรีย (lamina propia) ประกอบด้วย เส้นเลือด ท่อน้ำเหลือง และเส้นประสาท โดยมัดรวมกันไว้แบบหลวมๆ ด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ในส่วนของ ลามินาโปรเปรีย ช่วยในการค้ำจุนโครงสร้างของชั้นเซลล์เยื่อบุผิว

1.3 ชั้นเซลล์เยื่อบุผิว (epithelium) ส่วนในชั้นนี้มีแผ่นเซลล์เยื่อบุผิว ที่เป็นเซลล์ชั้นเดียว ในส่วนของเยื่อบุด้านปลายสุด (apical membrane) ปกคลุมพื้นผิวของวิลไล (villi) ประกอบด้วยไมโครวิลไล (microvilli) ในส่วนของเยื่อบุที่ไม่ได้ติดกับผนังลำไส้ได้แก่ เยื่อบุแนวขวาง (basolateral membrane) และเยื่อบุด้านในสุด คือ เยื่อบุฐานราก (basement membrane) ลักษณะของวิลไลจากลักษณะลอยนูนเล็กที่ยื่นออกไปในโพรงทางเดินอาหารเป็นจำนวนมากมีลักษณะคล้ายนิ้วมือ (finger-like) และทำให้เกิดส่วนเว้าที่เรียกว่า คริปออฟไลเบอร์คูน (crypts of Lieberkuhn) ประกอบเข้าเป็นพื้นที่ผิวของภายในท่อของลำไส้เล็ก ความยาวของวิลไลเพิ่มขึ้นจากส่วนของลำไส้เล็กส่วนต้นไปถึงส่วนกลางของลำไส้เล็กส่วนกลาง แล้วจำนวนค่อยๆ ลดลงไปจนถึงปลายของลำไส้ส่วนปลาย ในแต่ละวิลลัส (villous) จะถูกปกคลุมไปด้วยเซลล์เรียงติดต่อกัน และในแต่ละเซลล์ดังกล่าวจะยื่นผนังเซลล์เล็กเข้าไปในโพรงทางเดินอาหารที่เรียกว่า ไมโครวิลไล บริเวณไมโครวิลไลของผนังลำไส้เล็กนี้เรียกว่า บรัชบอร์เดอร์ (brush border) ที่ผนังภายในของลำไส้เล็กมีลักษณะของวิลไลและไมโครวิลไล ทำให้พื้นที่ผิวในการดูดซึมอาหารเพิ่มขึ้นประมาณ 600 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ราบเรียบ เซลล์เยื่อบุผิวหนังผนังลำไส้เล็กมีการสร้างเรียงไปตั้งแต่คริปออฟลีเบอร์คูน และยื่นเข้าไปในส่วนของโพรงลำไส้เล็ก ในขณะที่การสร้างมีการพัฒนาไปเรื่อยๆ ก็จะมีโครงสร้างและหน้าที่ที่สมบูรณ์ทำให้ไมโครวิลไลเพิ่มความยาวขึ้น การทำหน้าที่ในการย่อยและการดูดซึมเกิดขึ้นเสร็จแล้วก็จะหลุดลอกออก ดังนั้นในส่วนของไมโครวิลไล ทำให้พื้นที่ผิวของเยื่อบุด้านปลายสุดเพิ่มขึ้น 14 - 40 เท่า

2. ชั้นใต้เยื่อบุทางเดินอาหาร (submucosa) เป็นชั้นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ประกอบไปด้วยเส้นใยชนิดคอลลาเจน (collagen) และเส้นใยชนิดยืดหยุ่นคือ อีลาสติน (elastin) เป็นส่วนใหญ่ ในชั้นนี้ยังประกอบไปด้วยหลอดเลือดชนิดต่างๆ รวมทั้งท่อน้ำเหลืองและเส้นประสาทไปหล่อเลี้ยงและควบคุมในการทำงานของชั้นเยื่อบุทางเดินอาหาร

3. ชั้นกล้ามเนื้อเรียบ (muscularis externa) ประกอบไปด้วยเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ 2 ชั้น เรียงกันอยู่ในผนังทางเดินอาหาร ชั้นในที่อยู่ถัดจากชั้นใต้เยื่อบุทางเดินอาหาร จะมีการจัดเรียงของเส้นใยกล้ามเนื้อเรียบเป็นวงแหวน (circular layer) ตลอดทางเดินอาหาร เป็นชั้นที่มีความหนามากที่สุดของทางเดินอาหาร การบีบตัวทำให้โพรงทางเดินอาหารมีเส้นผ่าศูนย์กลางลดลง ส่วนชั้นถัดไปจะมีการเรียงตัวของเซลล์กล้ามเนื้อตามความยาว (longitudinal layer) ตลอดทางเดินอาหาร การบีบตัวของกล้ามเนื้อชั้นนี้จะทำให้ทางเดินอาหารสั้นลงได้ การทำงานของกล้ามเนื้อเรียบมีความสัมพันธ์กัน โดยมีการควบคุมการทำงานของชั้นกล้ามเนื้อเรียบอย่างเหมาะสม ทำให้เกิดการคลุกเคล้าอาหารกับน้ำย่อยอาหาร เกิดการย่อยและดูดซึมสารอาหารเข้าสู่ร่างกาย หลังจากนั้นจะทำหน้าที่บีบไล่อาหารลงสู่ส่วนล่างของทางเดินอาหารเพื่อขับออกนอกร่างกาย

4. ชั้นเยื่อหุ้มทางเดินอาหาร (serosa) เป็นชั้นนอกสุด ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดต่างๆ และถูกปกคลุมด้วยเซลล์รูปกรวย (simple squamous epithelium) ในชั้นนี้ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของหลอดเลือด หลอดน้ำเหลือง และเส้นประสาท นอกจากนี้ยังมีแผ่นบางๆ ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ยึดชั้นนี้กับผนังช่องท้อง เพื่อพยุงทางเดินอาหารให้อยู่ตำแหน่งที่เหมาะสมภายในช่องท้อง

การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histological change) และลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphological change) ของเซลล์บุผิว

การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาค และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์บุผิวในลำไส้เล็กมีความสัมพันธ์โดยตรงกับหน้าที่ในการดูดซึมสารอาหาร จากการศึกษาโดยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Light microscopic observation) พบว่า การอดอาหารมีผลทำให้ความยาวของวิลไลในลำไส้เล็กส่วนต้น (Duodenum) ลดลง และจากนั้นลักษณะทางจุลกายวิภาคของวิลไลที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อสุกรอดอาหารนั้นจะกลับคืนสู่สภาวะปกติอีกครั้งหลังจากการให้อาหารใหม่ (Re-feeding) นอกจากนี้จากการศึกษายังพบว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning electron microscopic observation) พบว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์บุผิวบนวิลไลมีความสัมพันธ์โดยตรงกับลักษณะทางจุลกายวิภาคและจำนวนของเซลล์ในระยะแบ่งตัวหรือในระยะไมโตซีสที่อยู่ในสคริปส์เซลล์ (Mekbungwan *et al.*, 2003) และการพัฒนาของเซลล์บุผิวลำไส้เล็กของสุกรที่กินอาหารคุณภาพสูง (ย่อยได้มากกว่า) จะมีมากกว่าในสุกรที่กินอาหารที่มีคุณภาพต่ำ (Mekbungwan *et al.*, 2004)

Valey and Wiseman (2001) รายงานว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะโครงสร้างและส่วนประกอบของระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ การได้รับอาหารอัดเม็ดทันทีหลังหย่านม ทำให้ความสูงของวิลไลลดลง แต่เมื่อสัตว์ได้รับปริมาณอาหารและปริมาณพลังงานช่วงหย่านมใหม่โดยให้กินแบบเต็มที่ จะทำให้ความสูงของวิลไลกลับสู่ภาวะปกติ ปัจจัยที่เด่นชัดและมีความสำคัญมากที่มีผลต่อความสูงของวิลไล คือ ปริมาณอาหารและพลังงานที่กิน โดยปริมาณพลังงานที่สูงขึ้น ทำให้ความสูงของวิลไลสูงขึ้น ดังแสดงไว้ในตาราง 2

ตาราง 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานที่ได้รับต่อวันและความสูงของวิลไลในสุกรหลังหย่านม

เอกสารอ้างอิง	แหล่งพลังงาน	พลังงานที่ได้รับ		อายุ (วัน)		ความสูงวิลไลที่ลดลง (%)
		เมกะจูลต่อวัน	GE/ME	เมื่อหย่านม	เมื่อฆ่า	
Pluske *et al.* (1996)	อาหารสุกรเล็ก	5.7	GE	28	33	- 30
	นมแกะ	7.4	GE	28	33	- 2
Pluske *et al.* (1996a)	นมโค	2.3	GE	29	34	- 27
	อาหารสุกรเล็ก	5.1	GE	29	34	- 18
Pluske *et al.* (1996b)	นมโค	5.5	GE	28	33	- 4.8
Kelly *et al.* (1991)	อาหารสุกรเล็ก	2.9	GE	14	20	- 55
Van Beers-Schreurs	อาหารสุกรเล็ก	0.53	ME	28	32	- 40
et al. (1996)	นมแม่สุกร	0.48	ME	28	32	-35

ที่มา : Valey and Wiseman (2001)

ความต้องการโภชนะในอาหาร

สุทัศน์ (2540) กล่าวว่าความต้องการโภชนะในอาหารของสุกรแตกต่างกันไปตามปัจจัยต่างๆ ดังนี้ คือ

1. เพศ สุกรเพศผู้จะมีอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการสะสมเนื้อแดงมากกว่าสุกรเพศเมีย และสุกรเพศผู้ตอน สุกรเพศเมียก็จะมีอัตราการสะสมเนื้อแดงดีกว่าสุกรเพศผู้ตอน ในการตอบสนองต่อระดับโปรตีนและกรดอะมิโนในอาหารนั้น สุกรเพศเมียจะตอบสนองที่ดีกว่าสุกรเพศผู้ตอน แต่เมื่อให้โปรตีนในระดับที่สูง สุกรเพศผู้จะมีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงกว่า และมีเนื้อแดงมากกว่าสุกรเพศผู้ตอน สุกรเพศผู้ตอนจะกินอาหารมากกว่าสุกรเพศผู้ โดยปกติแล้วสุกรเพศผู้จะต้องการอาหารน้อยกว่าสุกรเพศผู้ตอน 8.7% สำหรับเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

2. สายพันธุ์ สุกรสายพันธุ์ที่ได้รับการคัดเลือกพันธุ์ให้มีการเจริญเติบโตดี มีการสะสมเนื้อแดงมากกว่าปกติ ก็จะมีความต้องการระดับของโปรตีนและกรดอะมิโนในสูตรอาหารสูงกว่า สุกรสายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตต่ำกว่าหรือมีการสะสมเนื้อแดงตามปกติ

3. คุณภาพของวัตถุดิบอาหารที่ใช้ คุณภาพของวัตถุดิบอาหารมีผลต่อการใช้ประโยชน์ของโภชนะอาหาร ถ้าหากวัตถุดิบอาหารนั้นย่อยยาก มีระดับเยื่อใยสูง จะทำให้การย่อยได้ของโภชนะ

อาหารโดยเฉพาะโปรตีนลดลง จึงมีผลทำให้ต้องเพิ่มระดับโปรตีนหรือกรดอะมิโนในอาหารให้มากขึ้น

4. การจัดการฟาร์ม สุกรในฟาร์มที่มีการจัดการเลี้ยงดูดี มีการสุขาภิบาลดี สุกรจะมีสุขภาพดี ทำให้ความต้องการโภชนะต่างๆ ในสูตรอาหารน้อยกว่าสุกรที่กำลังอยู่ในสภาวะการจัดการเลี้ยงดูไม่ดี ดังนั้นการจัดการฟาร์มที่ดีจะมีผลทำให้สุกรมีการใช้ประโยชน์จากโภชนะอาหารได้ดีขึ้น

5. สภาวะอุณหภูมิและปริมาณอาหารที่กิน ในสภาวะที่อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น สุกรจะมีความต้องการปริมาณพลังงานต่อวันน้อยลง จะกินอาหารน้อยลง มีผลทำให้สุกรได้รับปริมาณโภชนะอาหารต่างๆ ลดลง ไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ดังนั้นในสภาวะเช่นนี้ควรที่จะเพิ่มระดับโภชนะอาหารต่างๆ รวมถึงกรดอะมิโนในสูตรอาหารให้สูงขึ้น เพื่อเป็นการชดเชยกับการที่สุกรกินอาหารน้อยลง

6. วิธีการให้อาหาร และคุณภาพซากที่ต้องการ ในการผลิตสุกรให้ได้คุณภาพซากดี มีเนื้อแดงมาก ไขมันสันหลังบาง จำเป็นที่จะต้องให้สุกรได้รับกรดอะมิโนต่อวันในปริมาณมากกว่าปกติ และต้องให้พลังงานต่อวันน้อยลง

ปรียพันธุ์ (2546) กล่าวว่า อาหารมีความสำคัญอย่างยิ่งด้วยเหตุผล 2 ประการคือ อาหารในช่วงสุกรอนุบาลมีมูลค่าสูงถึง 65-70% ของต้นทุนการผลิต หากคุณภาพของอาหารไม่สอดคล้องกับความต้องการของสุกรแล้วปัญหาด้อยประสิทธิภาพในฟาร์มเป็นสิ่งที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ และอาหารเป็นตัวแปรสำคัญที่กำหนดเป้าหมายในการผลิตเพื่อใช้ในการเฝ้าระวัง โดยที่พลังงานกับโปรตีนจะมีความเกี่ยวข้องกัน ในร่างกายสุกรจะมีการสร้างโปรตีนสะสม (Protein deposition) หรืออาจเรียกให้ง่ายขึ้นก็คือ การสะสมเนื้อแดง ซึ่งความสัมพันธ์นี้อาจจำแนกออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรกเป็นระยะที่การสะสมเนื้อแดงเพิ่มสูงขึ้นได้ในขณะที่สุกรโปรตีนจากอาหารได้เพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องมีพลังงานเข้ามาเป็นตัวแปรในกระบวนการสะสมเนื้อแดง พลังงานในอาหารจะสูงหรือต่ำการสะสมเนื้อแดงจะเพิ่มขึ้นนั้นตราบเท่าที่สุกรกินโปรตีนจากอาหารได้เพิ่มขึ้น เมื่อการสะสมเนื้อแดงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณโปรตีนที่สุกรได้รับจากอาหารจนถึงจุดๆหนึ่ง ซึ่งเป็นจุดที่สุกรเริ่มได้รับโปรตีนมากเกินพอที่จุดนี้ไม่ว่าสุกรจะกินโปรตีนจากอาหารเพิ่มมากขึ้นสักเพียงใดการสะสมเนื้อแดงก็จะไม่เกิดขึ้นอีกต่อไป นอกเสียจากสุกรจะได้รับพลังงานจากอาหารเพิ่มขึ้น และในระยะท้ายของการสะสมเนื้อแดงจะเกิดขึ้นหรือไม่เกิดขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับระดับพลังงานเป็นสำคัญ ดังนั้นสุกรย่อมต้องการอาหารที่มีคุณภาพสูง มีโปรตีนและสารอาหารอื่นๆ สูงเพียงพอกับความต้องการ จากการประเมินความต้องการอาหารของสุกรระยะต่างๆ ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 ความต้องการโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นของสุกรที่อยู่ในช่วงการเจริญเติบโตที่กินอาหารแบบเต็มที่

รายการ	ระยะสุกร		
	ลูกสุกร (5-10 กก.)	สุกรหย่านม (10-20 กก.)	สุกรรุ่น (20-50 กก.)
ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว (กก.)	7.50	15.00	35.00
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (kcal/kg)	3,265	3,265	3,265
โปรตีน (%)	24.00	21.00	18.00
กรดอะมิโน (%)			
อาร์จินีน	0.54	0.46	0.37
ฮิสติดีน	0.43	0.36	0.30
ไอโซลูซีน	0.73	0.63	0.51
ลิวซีน	1.32	1.12	0.90
ไลซีน	1.35	1.15	0.95
เมทไทโอนีน	0.35	0.30	0.25
เมทไทโอนีน+ซีสตีน	0.76	0.65	0.54
เฟนิลอะลานีน	0.80	0.68	0.55
เฟนิลอะลานีน + ไทโรซีน	1.25	1.06	0.87
ทรีโอนีน	0.86	0.74	0.61
ทริปโตเฟน	0.24	0.21	0.17
วาลีน	0.92	0.79	0.64
แคลเซียม (%)	0.80	0.70	0.60
ฟอสฟอรัส (%)	0.40	0.32	0.23

ที่มา : NRC (1998)

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

โดยเริ่มดำเนินการเลี้ยงสุกรทดลองตั้งแต่เดือนกันยายน-ธันวาคม 2550
ทำการวิเคราะห์ สรุปผลและเขียนผลการทดลองตั้งแต่เดือนตุลาคม 2551-มกราคม 2552

สถานที่ทำการทดลอง

1. เลี้ยงสุกรทดลอง ณ. ฟาร์มสุกร สาขาการผลิตสุกร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่

2. วิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ณ. ห้องปฏิบัติการจุลกายวิภาค และสาขาอาหารสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่

3. วิเคราะห์ลักษณะภายนอกผนังลำไส้ ณ ห้องปฏิบัติการกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด อาคารศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์การทดลอง

1. ใช้สุกรลูกผสมสามสายเลือด (ลาร์จไวท์ - แลนด์เรซ × ดูรอค) เป็นเพศผู้ตอนอายุ 2 เดือน น้ำหนักตัวประมาณ 15 กิโลกรัม จำนวน 16 ตัว เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรต่างๆ เพื่อวัดการย่อยได้ของอาหาร เมื่อมีน้ำหนักตัว 25 กิโลกรัม และชำแหละเพื่อเก็บตัวอย่างลำไส้ ที่น้ำหนักตัว 30 กิโลกรัม

2. การเตรียมตัวอย่างขมิ้นชัน ใช้ขมิ้นชันสดล้างทำความสะอาด แล้วหั่นเป็นชิ้นบางๆ ทำการตากแดดเป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นทำการอบที่ 60 °ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำการส่งตัวอย่างวิเคราะห์ตรวจหาปริมาณน้ำมันหอมระเหย และสารเคอร์คูมิน ดังแสดงในภาคผนวก ข

3. อาหารทดลองผสมด้วยขมิ้นชันระดับต่างๆ 4 สูตร (รวม 800 กิโลกรัม) และขมิ้นชันแห้งบดละเอียด จำนวน 1.0 กิโลกรัม ประกอบด้วยสูตร (treatment) ต่างๆ ดังนี้

สูตรที่ 1 อาหารสูตรควบคุม (ไม่เสริมขมิ้นชัน) แสดงดังตาราง 4

สูตรที่ 2 อาหารสูตรควบคุม เสริมขมิ้นชัน 0.05%

สูตรที่ 3 อาหารสูตรควบคุม เสริมขมิ้นชัน 0.1%

สูตรที่ 4 อาหารสูตรควบคุม เสริมขมิ้นชัน 0.2%

อาหารสูตรควบคุมมีส่วนประกอบของโภชนะต่างๆ ครบตามความต้องการโดยอ้างอิงจากข้อมูลของ NRC (1998) ดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 ส่วนประกอบของสูตรอาหารควบคุมที่ใช้เลี้ยงสุกรเล็กช่วงน้ำหนัก (15-30 กก.)

ส่วนประกอบ (%)	ปริมาณ (%)	ราคา (บาท/กก.)
ข้าวโพด	60.60	7.80
รำละเอียด	5.00	6.20
กากถั่วเหลือง (โปรตีน 45%)	24.20	11.60
ปลาป่น (โปรตีน 60%)	3.00	34.80
กระดูกป่น	1.00	5.70
ไดแคลเซียมฟอสเฟต (P-18)	1.80	12.50
เกลือ	0.35	3.50
พรีมิกซ์ [1/]	0.35	40.00
น้ำมันพืช	3.70	36.00
รวม	100	1,065.00
โภชนะจากการคำนวณ (%)		
โปรตีน	18.00	
แคลเซียม	0.89	
ฟอสฟอรัส	0.67	
ไลซีน	0.96	
พลังงาน (ME; kcal/kg)	3,250	
ราคา (บาท/กก.)	10.65	

หมายเหตุ : [1/] พรีมิกซ์ที่ใช้ยี่ห้อออคต้ามิกซ์ เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัทเฟชอะโกร

4. คอกเลี้ยงสุกรเป็นคอกพื้นสแลต ขนาด 1.5 x 2.0 ตารางเมตร ผนังคอกเป็นลูกกรงเหล็ก จำนวน 16 คอก (คอกละ 1 ตัว) พร้อมที่ให้น้ำและอาหารอัตโนมัติ ทุกคอกได้รับผลของการจัดการแสงสว่าง การระบายอากาศและสภาพแวดล้อมอื่นๆ เหมือนกันหมด

5. กรงหาการย่อยได้ของสุกร (metabolic cage) จำนวน 8 กรง (ใช้ 2 รอบ)

6. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM 5410 LV จำนวน 1 ชุด

7. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Light Microscope) ยี่ห้อ Olympus รุ่น C4000 และซอฟแวร์ สำหรับวิเคราะห์เซลล์ (วัดขนาดและจำนวนเซลล์ที่ต้องการศึกษา) โปรแกรม Olysia® จำนวน 1 ชุด

8. เครื่องไมโครโตม สำหรับตัดชิ้นเนื้อบาง เพื่อเตรียมตัวอย่างลำไส้ จำนวน 1 ชุด

9. สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างเพื่อสังเกตในกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

10. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางโภชนะแบบ Proximate analysis จำนวน 1 ชุด

11. เครื่องชั่งน้ำหนักสำหรับชั่งอาหารและน้ำหนักสุกร ขนาด 15 กิโลกรัม มีความละเอียดที่อ่านได้ละเอียด 0.2 กิโลกรัม จำนวน 1 ชุด และขนาด 100 กิโลกรัม มีความละเอียด 0.1 กิโลกรัม จำนวน 1 ชุด

วิธีการทดลอง

1. แผนการทดลอง

การทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วย 4 กลุ่มการทดลองตามสูตรอาหาร (treatment)ๆ ละ 4 ซ้ำ (1 ตัว/ซ้ำ)

2. อาหารและการให้อาหาร

สุกรจะได้รับอาหารสุกรเล็กอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) ตามสูตรอาหารทดลอง (treatment)โดยให้อาหารวันละ 3 เวลา คือที่เวลา 07.00, 11.30 และ 17.00 น. ส่วนน้ำได้รับตลอดเวลา

3. การเก็บตัวอย่างและการบันทึกข้อมูล

3.1 ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารทดลอง

ให้สุกรได้รับอาหารทดลองตั้งแต่ช่วงน้ำหนัก 15 - 25 กิโลกรัม เมื่อสุกรน้ำหนักตัว 25 กิโลกรัม ขึ้นกรงหาการย่อยได้ก่อนทำการทดลอง 7 วัน เพื่อให้สุกรมีความคุ้นเคยกับอาหาร

และสิ่งแวดล้อม แล้วให้สุกรกินอาหารตามทรีทเมนต์เป็นเวลา 3 วัน โดยจะใส่ Chromic oxide (มีสีเขียว) เพื่อเป็นตัวบ่งชี้ (maker) เก็บมูลวันละ 3 ครั้ง ซึ่งจะมีการให้อาหารวันละ 3 ครั้ง โดยจะให้กินประมาณ 90% ของความสามารถกินได้เต็มที่ ทำการเก็บมูลจนกว่ามูลสุกรที่มีส่วนผสมของ Chromic oxide จนหมด มูลสดที่เก็บได้นำไปจะชั่งน้ำหนักและสุ่มเก็บมูลไว้จำนวน 5% ของมูลทั้งหมด นำไปเก็บไว้ในตู้แช่อุณหภูมิ -20 °ซ เมื่อสิ้นสุดการทดลองจะนำมูลสดของสุกรแต่ละตัว (ซ้ำ) มารวมกัน ทำการอบแห้งที่ 60 °ซ เพื่อเก็บไว้วิเคราะห์หาองค์ประกอบ บันทึกปริมาณอาหารที่กินและปริมาณมูลสด ในระหว่างการทดลองมีน้ำให้สุกรกินตลอดเวลา ทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของโภชนะในอาหารและมูลเพื่อใช้ในการประเมินการย่อยได้โดยวิธี Proximate analysis และหาพลังงานโดยใช้เครื่อง Bomb calorimeter ตามวิธีของ AOAC (1998)

3.2 การศึกษาอวัยวะภายใน

เมื่อสุกรมีน้ำหนักตัว 30 กิโลกรัม ทำการฆ่าโดยวางยาสลบสุกรแล้วตัดเส้นเลือดดำใหญ่ที่คอ จำนวน 16 ตัว เพื่อศึกษาส่วนประกอบซาก ด้วยการผ่าท้องเอาอวัยวะภายในออกมาแยกส่วน ชั่งน้ำหนักซาก และน้ำหนักของอวัยวะภายในแต่ละส่วน ในกรณีของอวัยวะส่วนย่อยอาหารนำไปล้างด้วยน้ำเกลือ 0.9% (Physiological saline) แล้วเก็บแขวนเพื่อให้น้ำออกหมด จากนั้นชั่งน้ำหนักโดยแบ่งออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

- กระเพาะอาหาร (Stomach) คือ เริ่มจากส่วนสุดท้ายของหลอดอาหาร (Esophagus) ที่ต่อกับกระเพาะแท้จนถึงส่วนสุดท้ายของ Intermediate zone จนถึงส่วนต้นของลำไส้เล็ก ในกรณีของอวัยวะส่วนย่อยอาหารนำไปทำความสะอาด โดยการล้างเอาเศษอาหารออก

- ลำไส้เล็ก แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

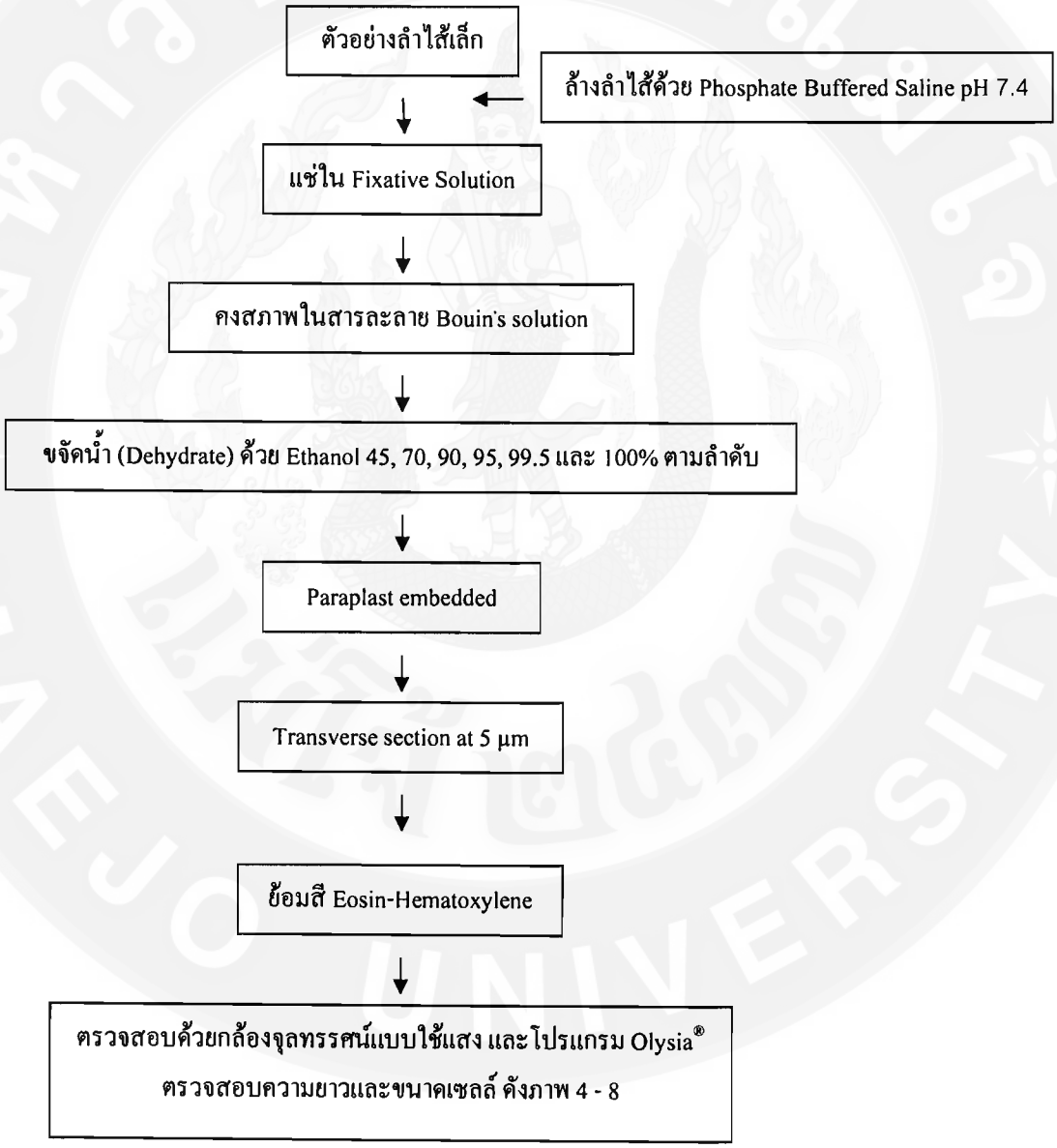
1.) ลำไส้เล็กส่วนต้น (Duodenum) เริ่มจากส่วนที่ต่อออกมาจากกระเพาะไปจนถึงส่วนที่มีท่อน้ำดีเปิดเข้าสู่ลำไส้เล็กตรงบริเวณสิ้นสุดห่วงของลำไส้เล็กส่วนต้น (Duodenal loop) จะเก็บตัวอย่างห่างจากกระเพาะอาหาร 20 เซนติเมตร

2.) ลำไส้เล็กส่วนกลาง (Jejunum) เริ่มจากส่วนปลายสุดของลำไส้เล็กส่วนต้นไปจนถึงส่วนแรกของลำไส้เล็กส่วนปลาย จะเก็บตัวอย่างบริเวณส่วนกลางของลำไส้

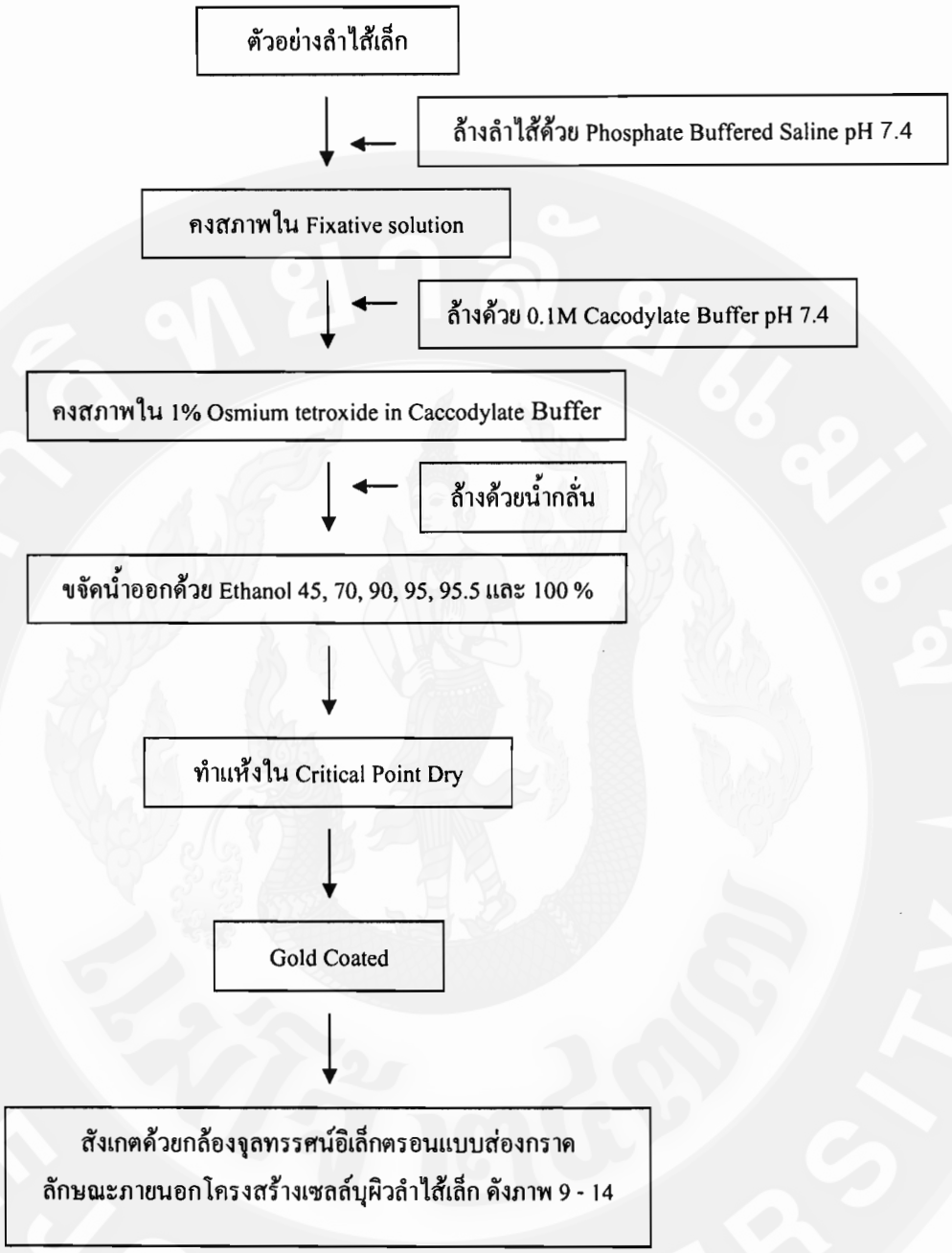
3.) ลำไส้เล็กส่วนปลาย (Ileum) เริ่มจากปลายสุดของลำไส้เล็กส่วนกลางไปจนถึงส่วนสุดท้ายของลำไส้บริเวณจุดเชื่อมต่อของไส้ตัน-ไส้ใหญ่-ไส้เล็ก (Ileo-Ceacal-junction) ทำการเก็บตัวอย่างบริเวณก่อนถึงลำไส้ใหญ่ประมาณ 100 เซนติเมตร

3.3 การศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histology) และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์บุผิวของวิลไล (Morphology)

ตัวอย่างของลำไส้เล็กทั้ง 3 ส่วนที่เก็บศึกษาจากข้อ 3.2 นำมาศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาค และลักษณะทางสัณฐานวิทยา ตามวิธีที่อ้างอิงไว้โดย Mekbungwan *et al.*, (2003) เพื่อดูรูปร่างและลักษณะพื้นผิวของวิลไลจากตัวอย่างลำไส้ที่ตัดมา แต่ละส่วนมีขั้นตอนและวิธีการเตรียมตัวอย่างสรุปได้ดังภาพ 2 และ 3 ดังนี้



ภาพ 2 ขั้นตอนและวิธีการเตรียมตัวอย่างลำไส้เล็กเพื่อศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Light microscope)



ภาพ 3 ขั้นตอนและวิธีการเตรียมตัวอย่างลำไส้เล็กเพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope)

การตรวจสอบลักษณะทางจุลกายวิภาค

หลังจากเตรียมตัวอย่างลำไส้เล็กในข้างต้น จะได้ชิ้นเนื้อเยื่อวางบนแผ่นสไลด์ ที่มีลักษณะการตัดชิ้นเนื้อตามขวาง (Transverse sectioning) ซึ่งตัวอย่างส่วนเดียวกันจะวางบนแผ่นสไลด์เดียวกัน เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบ สไลด์ 1 แผ่นประกอบด้วยตัวอย่างลำไส้แต่ละส่วนที่ตัด 8 - 16 Section พร้อมทั้งเขียนกำกับด้วยดินสอ (ห้ามใช้ปากกาหรือติดสติ๊กเกอร์เพราะจะหลุดลอกได้ง่ายเมื่อโดนสารตัวทำละลาย) แล้วทำการตรวจสอบลักษณะทางจุลกายวิภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง โดยเลือกส่วนวิลไลที่สมบูรณ์ มีส่วนประกอบครบ ในแต่ละตัวอย่างจะเลือก 10 วิลไล เพื่อวัดขนาดและจำนวนเซลล์ที่ต้องการศึกษา ดังภาพ 4 - 8 ด้วยโปรแกรมตรวจสอบ Olysia® แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยความสูงของวิลไลในชิ้นตัวอย่างนั้นๆ

ภาพ 4 การวัดความสูงของวิลไล โดยจะวัดจากฐานของวิลไลไปจนถึงส่วนปลายสุดของวิลไลนั้นๆ (ตามแนวรอยประ)

ภาพ 5 การวัดขนาดพื้นที่ของเซลล์บุผิว โดยหาค่าเฉลี่ยพื้นที่เซลล์บุผิวแต่ละเซลล์

ภาพ 6 การนับจำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ แต่ละอันจำนวน 10 คริปท์/ตัวอย่าง

ภาพ 7 การวัดความหนาเยื่อบุผิวด้านใน วัดจากเยื่อบุผิวด้านในจนถึงเยื่อบุผิวด้านนอกสุด (ตามแนวรอยประ)

ภาพ 8 การวัดความหนาเยื่อบุผิวด้านนอก วัดจากฐานของวิลไลจนถึงชั้นเยื่อบุผิวด้านใน (ตามแนวรอยประ)

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี Analysis of variance โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผลทางสถิติเพื่อประเมินผลข้อมูลจากงานวิจัย ถ้าผลการวิเคราะห์ระหว่างกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จะทำการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลอง

ปริมาณสารสำคัญในขมิ้นชัน

จากการศึกษาตรวจสอบหาปริมาณสารสำคัญของขมิ้นชันผง ในจังหวัดเชียงใหม่ที่ใช้ศึกษาทดลองพบว่า ประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยและสารเคอร์คูมิน ดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 ปริมาณสารสำคัญในขมิ้นชันที่ใช้ทดลอง

รายการ	ปริมาณ (% v/w)
น้ำมันหอมระเหย	6.5
สารเคอร์คูมิน	7.1

องค์ประกอบทางเคมีของโภชนะในอาหารและมูล

ผลการวิเคราะห์โภชนะแบบหยาบในอาหารแต่ละสูตร ซึ่งมีขมิ้นชันผสมในระดับต่างๆ และในมูลของสุกรเมื่อได้รับอาหารทดลองดังกล่าวข้างต้น แสดงไว้ในตาราง 6 ซึ่งพบว่า มีสัดส่วนของโภชนะต่างๆ ไม่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเสริมหรือไม่เสริมด้วยขมิ้นชันในสูตรอาหาร

ตาราง 6 องค์ประกอบทางเคมีของโภชนะในอาหารและมูลสุกรทดลองกลุ่มต่างๆ

องค์ประกอบทางเคมีของโภชนะ (%)	ระดับขมิ้นชันในสูตรอาหาร (%)			
	0	0.05	0.1	0.2
ความชื้นในอาหาร (%)	11.63	11.94	11.03	11.64
ความชื้นในมูลสด (%)	71.91	71.81	70.95	69.41
ปริมาณโภชนะในอาหาร (% DM)				
โปรตีน	21.83	22.11	22.37	22.15
เยื่อใย	4.63	4.26	5.06	5.62
ไขมัน	5.91	5.06	5.37	5.08
เถ้า	7.53	7.17	7.69	7.39
NFE	60.12	61.40	57.51	59.09
พลังงานรวม (kcal/kg)	3844.33	3856.00	3819.00	3832.66
ปริมาณโภชนะในมูล (% DM)				
โปรตีน	17.09	16.42	16.19	16.17
เยื่อใย	11.50	12.12	12.78	11.90
ไขมัน	9.64	9.98	8.56	8.39
เถ้า	22.26	23.15	23.24	24.06
NFE	31.11	29.98	34.45	35.34
พลังงานรวม (kcal/kg)	3836.75	3910.67	3909.58	3921.75

ผลการศึกษาค่าการย่อยได้

ผลการย่อยได้พบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในอาหารที่เลี้ยงสุกรในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชันมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน ไขมัน เยื่อใย และค่าชีวภาพของโปรตีน สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง เถ้า NFE และพลังงาน ที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ดังแสดงในตาราง 7 มีดังนี้

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DM) ในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 78.97, 81.02, 81.80 และ 81.96% ตามลำดับ ซึ่งแม้ว่าการเสริมขมิ้นชันในสูตร

อาหารจะมีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงขึ้น แต่ก็ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แสดงให้เห็นว่าการเสริมขมิ้นชันในระดับที่สูงขึ้นไม่มีผลต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้ง

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน พบว่าการย่อยได้ของโปรตีนในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 82.60, 85.33, 86.99 และ 87.42% ตามลำดับ ซึ่งสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน มีค่าสูงขึ้นเมื่อเสริมขมิ้นชันในสูตรอาหาร โดยเฉพาะในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0.1 และ 0.2% มีค่าสูงกว่าในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แสดงให้เห็นว่าการเสริมขมิ้นชันในระดับ 0.1 และ 0.2% ในสูตรอาหารมีผลทำให้การย่อยได้ของโปรตีนสูงขึ้นด้วย

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมัน พบว่าการย่อยได้ของไขมันในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 76.42, 81.78, 83.01 และ 84.72% ตามลำดับ ซึ่งสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมันมีค่าสูงขึ้นเมื่อเสริมขมิ้นชันในสูตรอาหาร โดยเฉพาะในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0.1 และ 0.2% มีค่าสูงกว่าในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แสดงให้เห็นว่าการเสริมขมิ้นชันในอาหารสุกรมีผลทำให้การย่อยได้ของไขมันสูงขึ้นด้วย

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใย พบว่าการย่อยได้ของเยื่อใยในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.06, 43.54, 54.86 และ 63.54% ตามลำดับ ซึ่งสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0.2% มีค่าสูงกว่าในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) แสดงให้เห็นว่าการเสริมขมิ้นชันในระดับที่สูงขึ้นมีผลต่อการย่อยได้ของเยื่อใยสูงขึ้นด้วย

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเถ้า พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.12, 35.97, 46.67 และ 48.41% ตามลำดับ ซึ่งสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเถ้าในกลุ่มต่างๆ ที่เสริมขมิ้นชันมีค่าสูงขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0.1 และ 0.2% มีแนวโน้มแตกต่างจากกลุ่มควบคุม แสดงว่าการเสริมขมิ้นชันในอาหารระดับที่สูงขึ้นมีแนวโน้มทำให้การย่อยได้ของเถ้าดีขึ้นด้วย

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรค (NFE) พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 81.39, 81.78, 83.01 และ 83.40% ตามลำดับ ซึ่งสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ NFE ในสุกรกลุ่มต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของพลังงาน พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 80.47, 80.78, 81.07 และ 80.68% ตามลำดับ ซึ่งสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของพลังงานในสุกรกลุ่มต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของค่าชีวภาพของโปรตีน (biological value of the protein) พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 82.02, 84.49, 86.17 และ 86.27% ตามลำดับ ซึ่งค่าชีวภาพของโปรตีนในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0.1 และ 0.2% มีค่าสูงกว่าในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงให้เห็นว่าการเสริมขมิ้นชันในระดับที่สูงขึ้นมีผลต่อค่าชีวภาพของโปรตีนสูงขึ้น

ตาราง 7 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ในอาหารสุกรที่ได้รับการเสริมขมิ้นชัน

ลักษณะที่ศึกษา	ระดับการเสริมขมิ้นชันในอาหาร (%)				SEM	*P*-value
	0	0.05	0.1	0.2		
อาหารที่กินเฉลี่ยต่อตัว (กก.)	2.85	3.18	3.54	3.31	-	-
อาหารที่กินเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน (กก.)	0.95	1.06	1.18	1.17	-	-
มูลสดที่ถ่ายเฉลี่ยต่อตัว (กก.)	1.88	1.88	1.98	1.81	-	-
สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (%)						
วัตถุแห้ง	78.97	81.02	81.80	81.96	0.72	0.32
โปรตีน	82.60^{b}	85.33^{ab}	86.99^{a}	87.42^{a}	0.67	0.02
ไขมัน	76.42^{b}	81.78^{ab}	83.01^{a}	84.72^{a}	1.13	0.04
เยื่อใย	$45.06^{bc, ef}$	$43.54^{c, f}$	$54.86^{ab, dc}$	$63.54^{a, d}$	2.54	0.00
เถ้า	34.12	35.97	46.67	48.41	2.83	0.17
NFE	81.39	81.78	83.01	83.40	0.70	0.74
พลังงาน	80.47	80.78	81.07	80.68	0.32	0.94
ค่าชีวภาพของโปรตีน (BV of Protein	82.02^{b}	84.49^{ab}	86.17^{a}	86.27^{a}	0.62	0.03

หมายเหตุ : $^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยในแถวที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงความต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{d-f}$ ค่าเฉลี่ยในแถวที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงความต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$)

ผลการศึกษาอวัยวะภายใน

จากการศึกษาน้ำหนักซาก อวัยวะภายใน ได้แก่ หัวใจ ตับ ไต ม้าม ปอด กระเพาะอาหาร และความยาวลำไส้ เมื่อเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมีชีวิตพบว่า ทุกรายการไม่มีความ

แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นน้ำหนักต่อความยาวของลำไส้เล็ก ในกลุ่มเสริมขมิ้นชันมีค่าลดลงแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีรายละเอียด มีดังนี้

น้ำหนักมีชีวิต พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.00, 32.38, 34.00 และ 31.50 กก. ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักมีชีวิตสุกรในทุกกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

น้ำหนักซาก พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 69.52, 66.32, 68.33 และ 65.77% ของนน. มีชีวิต ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักซากในทุกกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

น้ำหนักของหัวใจ พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.47, 0.48, 0.43 และ 0.44% ของนน. มีชีวิต ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักของหัวใจในสุกรกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

น้ำหนักของตับ พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.58, 2.59, 2.35 และ 2.34% ของนน. มีชีวิต ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักของตับกลุ่มสุกรทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

น้ำหนักของไต พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.57, 0.47, 0.40 และ 0.39% ของนน. มีชีวิต ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักของไตในกลุ่มต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) การเสริมขมิ้นชันในระดับ 0.2% มีผลต่อน้ำหนักของไตน้อยที่สุด

น้ำหนักของม้าม พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.17, 0.21, 0.21 และ 0.22% ของนน. มีชีวิต ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักของม้ามในกลุ่มต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

น้ำหนักของปอด พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.05, 1.13, 1.48 และ 1.78% ของนน. มีชีวิต ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักของปอดในกลุ่มต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

น้ำหนักของกระเพาะอาหาร พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2 % มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.82, 0.75, 0.71 และ 0.75% ของนน. มีชีวิต ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักของกระเพาะอาหาร ในกลุ่มต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ผลต่อน้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนต่างๆ (ข้อมูลแสดงไว้ในตาราง 8)

น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนต้น พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 81.00, 57.50, 56.25 และ 58.75 กรัม ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนต้นใน

กลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0% มีค่าสูงกว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) แสดงให้เห็นว่าการเสริมขมิ้นชันในระดับที่สูงขึ้นมีผลต่อน้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนต้นด้วย

น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนกลาง พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1095.00, 1134.25, 957.50 และ 922.50 กรัม ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนกลางในกลุ่มต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนปลาย พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 244.00, 200.00, 181.25 และ 167.50 กรัม ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนปลายในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0 % มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมขมิ้นชันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แสดงให้เห็นว่าการเสริมขมิ้นชันในระดับที่สูงขึ้นมีผลต่อน้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนปลาย

น้ำหนักรวมของลำไส้เล็ก พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1420, 1391.75, 1195.00 และ 1148.75 กรัม ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักรวมของลำไส้ในกลุ่มต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ผลต่อความยาวของลำไส้เล็กส่วนต่างๆ (ข้อมูลแสดงไว้ในตาราง 8)

ความยาวของลำไส้เล็กส่วนต้น พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.25, 53.00, 56.75 และ 57.50 ซม.ตามลำดับ ซึ่งความยาวของลำไส้ส่วนต้น ในสุกรกลุ่มต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ความยาวของลำไส้เล็กส่วนกลาง พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1401.25, 1299.75, 1241.00 และ 1263.25 ซม. ตามลำดับ ซึ่งความยาวของลำไส้ส่วนกลางในกลุ่มต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ความยาวของลำไส้เล็กส่วนปลาย พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 201.75, 197.00, 193.25 และ 192.50 ซม.ตามลำดับ ซึ่งความยาวของลำไส้ส่วนปลายในกลุ่มต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ความยาวรวมของลำไส้เล็ก พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1651.25, 1549.75, 1491.00 และ 1515.25 ซม. ตามลำดับ ซึ่งความยาวรวมของลำไส้ในกลุ่มต่างๆไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ผลต่อน้ำหนักของลำไส้เล็กต่อความยาว (ข้อมูลแสดงไว้ในแสดงในตาราง 8)

น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนต้น พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.71, 1.12, 0.99 และ 1.05 ก./ซม. ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักของลำไส้ส่วนต้นในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0.1 % มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนกลาง พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.79, 0.87, 0.78 และ 0.73 ก./ซม. ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักของลำไส้ส่วนกลางในกลุ่มต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนปลาย พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.21, 1.01, 0.94 และ 0.87 ก./ซม ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักของลำไส้ส่วนปลาย ในกลุ่มต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

น้ำหนักรวมของลำไส้เล็ก พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.71, 3.01, 2.71 และ 2.65 ก./ซม. ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักรวมของลำไส้ ในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0.1 และ 0.2% มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) แสดงให้เห็นว่าการเสริมขมิ้นชันในระดับที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อน้ำหนักรวมของลำไส้ที่ลดลง

ตาราง 8 ส่วนประกอบซากสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองเสริมขมิ้นชัน

ลักษณะที่ศึกษา	ระดับการเสริมขมิ้นชันในอาหาร (%)				SEM	*P*-value
	0	0.05	0.1	0.2		
น้ำหนักมีชีวิต (กก.)	32.00	32.38	34.00	31.50	0.43	0.20
น้ำหนักซาก (% ของนน. มีชีวิต)	69.52	66.32	68.33	65.77	0.61	0.09
หัวใจ (% ของนน. มีชีวิต)	0.47	0.48	0.43	0.44	0.03	0.93
ตับ, (% ของนน. มีชีวิต)	2.58	2.59	2.35	2.34	0.56	0.20
ไต (% ของนน. มีชีวิต)	0.57	0.47	0.40	0.39	0.04	0.29
ม้าม (% ของนน. มีชีวิต)	0.17	0.21	0.21	0.22	0.01	0.38
ปอด (% ของนน. มีชีวิต)	1.05	1.13	1.48	1.78	0.09	0.12
กระเพาะ (% ของนน. มีชีวิต)	0.82	0.75	0.71	0.75	0.19	0.20
น้ำหนักของลำไส้เล็ก (ก.)						
ส่วนต้น	81.00$^{a, d}$	57.50$^{b, e}$	56.25$^{b, e}$	58.75$^{b, e}$	3.16	0.00
ส่วนกลาง	1095.00	1134.25	957.50	922.50	45.42	0.29
ส่วนปลาย	244.00^{a}	200.00^{ab}	181.25^{b}	167.50^{b}	10.47	0.03
รวม	1420.00	1391.75	1195.00	1148.75	50.13	0.12
ความยาวของลำไส้เล็ก (ซม.)						
ส่วนต้น	48.25	53.00	56.75	57.50	2.08	0.41
ส่วนกลาง	1401.25	1299.75	1241.00	1263.25	31.31	0.30
ส่วนปลาย	201.75	197.00	193.25	192.50	2.08	0.41
รวม	1651.25	1549.75	1491.00	1515.25	31.31	0.30
น้ำหนักของลำไส้เล็กต่อความยาว (ก. /ซม.)						
ส่วนต้น	1.71$^{a, d}$	1.12$^{b, e}$	0.99$^{b, c}$	1.05$^{b, e}$	0.09	0.00
ส่วนกลาง	0.79	0.87	0.78	0.73	0.03	0.51
ส่วนปลาย	1.21	1.01	0.94	0.87	0.05	0.06
รวม	3.71$^{a, d}$	3.01$^{b, e}$	2.71$^{b, e}$	2.65$^{b, e}$	0.11	0.00

หมายเหตุ : $^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยในแถวที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงความต่างกันทางสถิติ (P<0.05)

$^{d-f}$ ค่าเฉลี่ยในแถวที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงความต่างกันทางสถิติ (P<0.01)

ผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histological change)

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาค ได้แก่ ความยาววิลไล พื้นที่ของเซลล์บุผิว ความลึกเยื่อบุผิวด้านนอก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นความลึกเยื่อบุผิวด้านใน กลุ่มที่เสริมขมิ้นชันลดลง และจำนวนเซลล์มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ ในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชันมีค่าสูงขึ้นแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตาราง 9 โดยมีรายละเอียด มีดังนี้

ผลต่อความยาวของวิลไล (Villus height)

ความยาวของวิลไลลำไส้เล็กส่วนต้น พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 447.70, 446.86, 449.73 และ 454.53 μm ตามลำดับ ซึ่งความยาววิลไลส่วนต้นในกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แม้ว่าการเสริมขมิ้นชันในระดับ 0.2% จะสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ความยาวของวิลไลลำไส้เล็กส่วนกลาง พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 376.64, 381.03, 383.33 และ 380.05 μm ตามลำดับ ซึ่งความยาววิลไลส่วนกลาง ในกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แม้ว่าการเสริมขมิ้นชัน มีผลต่อความยาววิลไลส่วนกลางสูงขึ้นก็ตาม

ความยาวของวิลไลลำไส้เล็กส่วนปลาย พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 334.16, 332.53, 336.95 และ 337.38 μm ตามลำดับ ซึ่งความยาววิลไลส่วนปลาย ในกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ความยาวรวมของวิลไลลำไส้เล็ก พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1158.50, 1160.42, 1170.01 และ 1171.96 μm ตามลำดับ ซึ่งความยาวรวมของวิลไลในกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ผลต่อพื้นที่ของเซลล์บุผิว (Epithelial cell area)

พื้นที่ของเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนต้น พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 93.70, 92.79, 95.16 และ 93.81 μm^2/เซลล์ ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

พื้นที่ของเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนกลาง พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 75.88, 78.51, 76.79 และ 76.54 μm^2 /เซลล์ ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

พื้นที่ของเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนปลาย พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 73.64, 77.50, 74.49 และ 75.06 μm^2 /เซลล์ ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่กลุ่มที่เสริมขมิ้นชันสูงกว่ากลุ่มควบคุมเล็กน้อย

พื้นที่รวมของเซลล์บุผิวลำไส้เล็ก พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 243.22, 248.79, 246.44 และ 245.40 μm^2 /เซลล์ ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ (Number of cell mitosis in crypt)

จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ของลำไส้เล็กส่วนต้น พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16, 5.13, 2.13 และ 3.03 เซลล์/คริปท์ ตามลำดับ ซึ่งจำนวนเซลล์ไมโตซิสต่อคริปท์ ส่วนลำไส้เล็กส่วนต้นในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0.1 และ 0.2% มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ของลำไส้เล็กส่วนกลาง พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33, 4.76, 6.88 และ 7.21 เซลล์/คริปท์ ตามลำดับ ซึ่งจำนวนเซลล์ไมโตซิสต่อคริปท์ ส่วนลำไส้เล็กส่วนกลางในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0.1 และ 0.2% มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ของลำไส้เล็กส่วนปลาย พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.04, 4.07, 7.37 และ 6.08 เซลล์/คริปท์ ตามลำดับ ซึ่งในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0.1 และ 0.2% มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสรวมในคริปท์ของลำไส้เล็ก พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.53, 13.96, 16.38 และ 16.32 เซลล์/คริปท์ ตามลำดับ ซึ่งในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0.1 และ 0.2% มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ผลต่อความหนาเยื่อบุผิวด้านใน (Inner membrane depth)

ความหนาเยื่อบุผิวด้านในของลำไส้เล็กส่วนต้น พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 192.76, 180.47, 181.49 และ 186.46 μm ตามลำดับ ซึ่งกลุ่มที่เสริมขมิ้นชันต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ความหนาเยื่อบุผิวด้านในของลำไส้เล็กส่วนกลาง พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 168.58, 160.55, 161.37 และ 160.34 μm ตามลำดับ ซึ่งกลุ่มที่เสริมขมิ้นชันต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ความหนาเยื่อบุผิวด้านในของลำไส้เล็กส่วนปลาย พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 148.49, 146.28, 149.87 และ 145.82 μm ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ความหนาเยื่อบุผิวด้านในรวมของลำไส้เล็ก พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 509.84, 487.31, 492.73 และ 492.62 μm ตามลำดับ ซึ่งในกลุ่มควบคุมมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมขมิ้นชันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ผลต่อความหนาเยื่อบุผิวด้านนอก (Outer membrane depth)

ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้เล็กส่วนต้น พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 229.31, 226.27, 230.29 และ 225.09 μm ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้เล็กส่วนกลาง พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 207.87, 187.19, 198.19 และ 199.60 μm ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่กลุ่มที่เสริมขมิ้นชันต่ำกว่ากลุ่มควบคุม

ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้เล็กส่วนปลาย พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 183.06, 181.12, 182.39 และ 179.14 μm ตามลำดับ ซึ่งกลุ่มที่เสริมขมิ้นชันต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอกรวมของลำไส้เล็ก พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 620.25, 594.58, 610.87 และ 603.83 μm ตามลำดับ ซึ่งกลุ่มที่เสริมขมิ้นชันต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตาราง 9 ผลการเสริมขมิ้นชันในอาหารที่มีต่อลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้เล็กสุกร

ลักษณะที่ศึกษา	ระดับการเสริมขมิ้นชันในอาหาร (%)				SEM	*P*-value
	0	0.05	0.1	0.2		
ความยาวของวิลไล (μm)						
ส่วนต้น	447.70	446.86	449.73	454.53	1.73	0.43
ส่วนกลาง	376.64	381.03	383.33	380.05	1.96	0.50
ส่วนปลาย	334.16	332.53	336.95	337.38	1.56	0.69
รวม	1158.50	1160.42	1170.01	1171.96	2.80	0.42
พื้นที่ของเซลล์บุผิว (μm^2)						
ส่วนต้น	93.70	92.79	95.16	93.81	0.45	0.33
ส่วนกลาง	75.88	78.51	76.79	76.54	0.68	0.61
ส่วนปลาย	73.64	77.50	74.49	75.06	0.72	0.28
รวม	243.22	248.79	246.44	245.40	1.03	0.30
จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ (เซลล์/คริปท์)						
ส่วนต้น	$4.16^{ab, de}$	$5.13^{a, d}$	$2.13^{c, f}$	$3.03^{bc, ef}$	0.34	0.00
ส่วนกลาง	$4.33^{b, e}$	$4.76^{b, e}$	$6.88^{a, d}$	$7.21^{a, d}$	0.39	0.00
ส่วนปลาย	$3.04^{c, f}$	$4.07^{c, f}$	$7.37^{a, d}$	$6.08^{b, e}$	0.46	0.00
รวม	$11.53^{b, e}$	$13.96^{ab, de}$	$16.38^{a, d}$	$16.32^{a, d}$	0.61	0.01
ความหนาเยื่อบุผิวด้านใน (μm)						
ส่วนต้น	192.76	180.47	181.49	186.46	2.06	0.12
ส่วนกลาง	168.58	160.55	161.37	160.34	2.03	0.46
ส่วนปลาย	148.49	146.28	149.87	145.82	1.46	0.78
รวม	509.84^{a}	487.31^{b}	492.73^{b}	492.62^{b}	3.01	0.02
ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอก (μm)						
ส่วนต้น	229.31	226.27	230.29	225.09	2.69	0.91
ส่วนกลาง	207.87	187.19	198.19	199.60	4.78	0.54
ส่วนปลาย	183.06	181.12	182.39	179.14	1.08	0.64
รวม	620.25	594.58	610.87	603.83	6.75	0.63

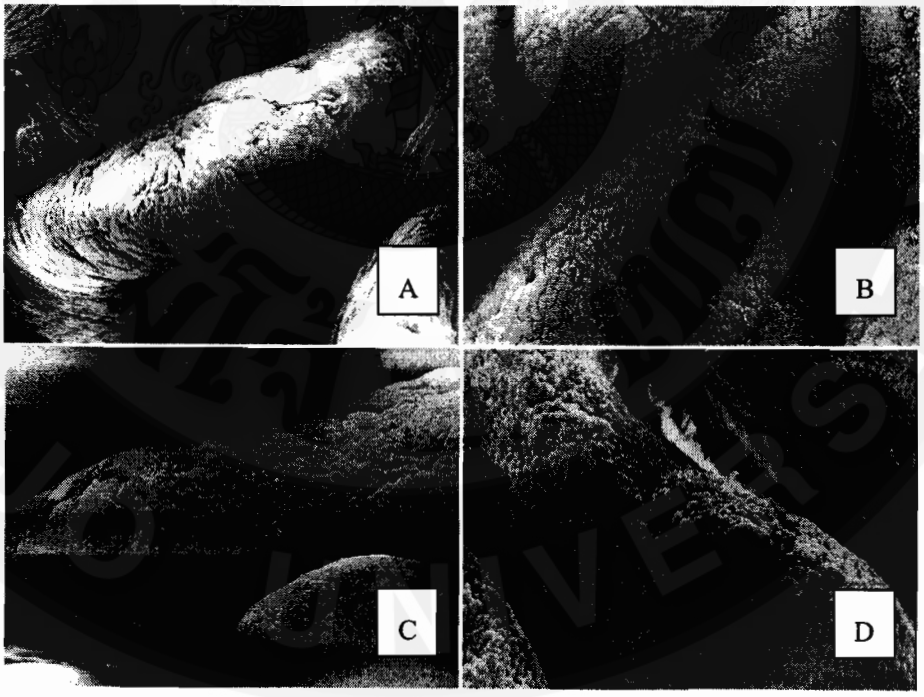
หมายเหตุ : $^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยในแถวที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงความต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{d-f}$ ค่าเฉลี่ยในแถวที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงความต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$)

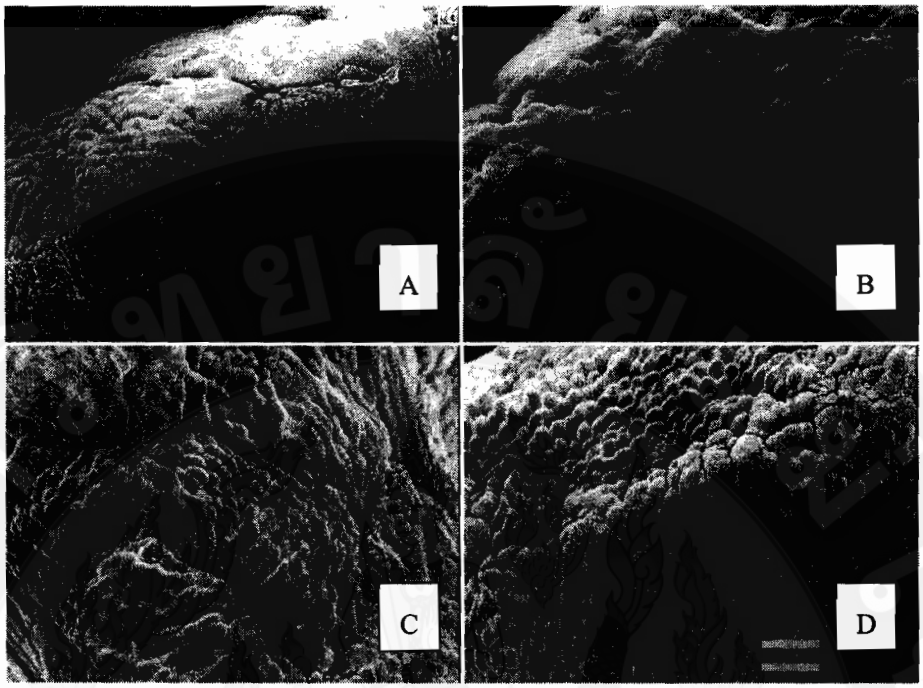
ผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกโครงสร้างเซลล์บุผิวลำไส้เล็ก (Morphological change)

จากการตรวจสอบโครงสร้างเซลล์ผิวลำไส้เล็กด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่กำลังขยาย 500 และ 1,000 เท่า พบว่าลักษณะของเซลล์บุผิว (epithelial cell) ของลำไส้เล็กส่วนต้น (ภาพ 9) ในสุกรกลุ่มควบคุม (A) จะมีผิวค่อนข้างเรียบ เซลล์ไม่นูนขยายแยกออกกันได้อย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับสุกรกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0.05, 0.1 และ 0.2% (B, C และ D ตามลำดับ) ความแตกต่างนี้จะลดลงในลำไส้เล็กส่วนกลาง (ภาพที่ 11) และลำไส้เล็กส่วนปลาย (ภาพ 13) ซึ่งจะเห็นว่าสุกรกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0.05 % (B) ผิวค่อนข้างเรียบเช่นกัน และผิวมีลักษณะเริ่มนูน มีการรวมกลุ่มของเซลล์ขนาดเล็กและขนาดใหญ่แล้ว ยังมองเห็นเซลล์มีการแยกออกกันได้อย่างชัดเจนขึ้นในกลุ่มสุกรที่ได้รับการเสริมขมิ้นชัน 0.1 และ 0.2% (C และ D ตามลำดับ)

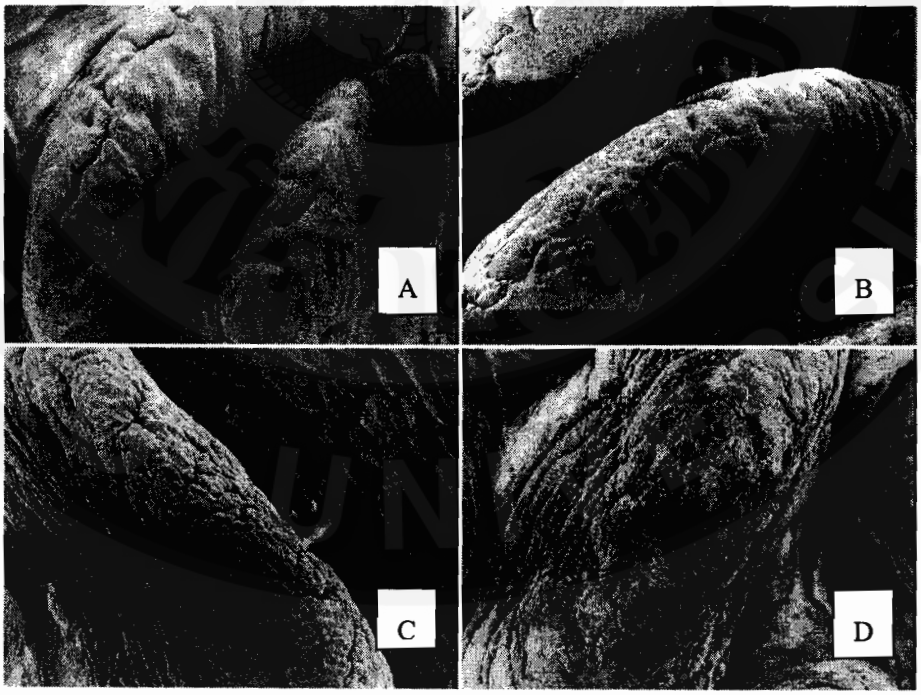
การขยายขนาดของเซลล์บุผิวลำไส้เล็กด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่กำลังขยาย 1000 เท่า ในลำไส้เล็กส่วนต้น (ภาพ 10) จะเห็นว่าสุกรกลุ่มที่เสริมขมิ้นชันจะมีขนาดเซลล์นูนและใหญ่กว่ากลุ่มควบคุม และความแตกต่างนี้จะปรากฏชัดเจนในกลุ่มสุกรที่เสริมขมิ้นชัน 0.2%



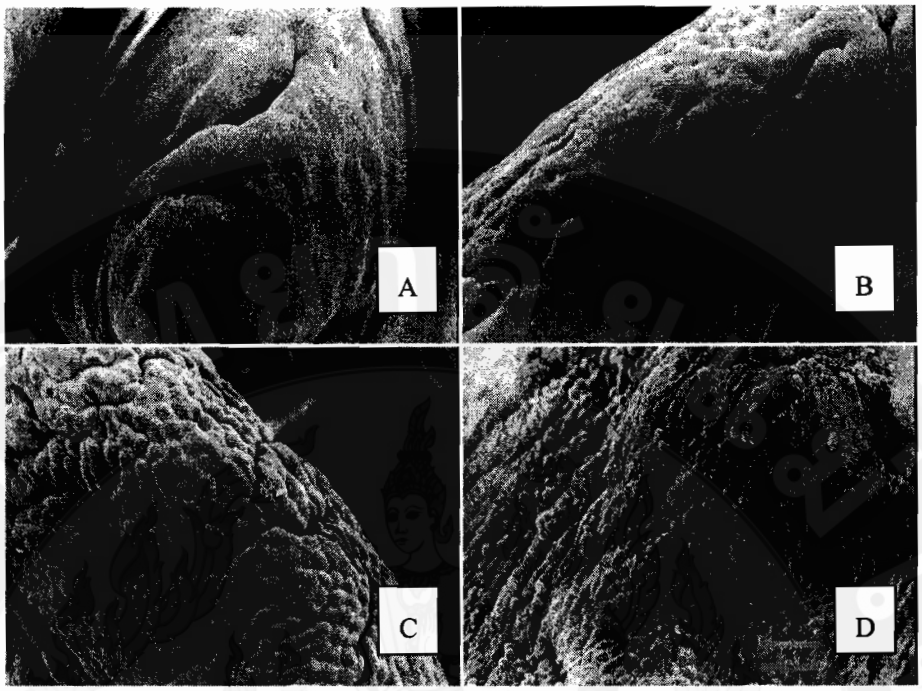
ภาพ 9 ลักษณะเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนต้น ที่กำลังขยาย 500 เท่า ในลูกสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% (A, B, C และ D ตามลำดับ) Scale bar = 10×250 μm



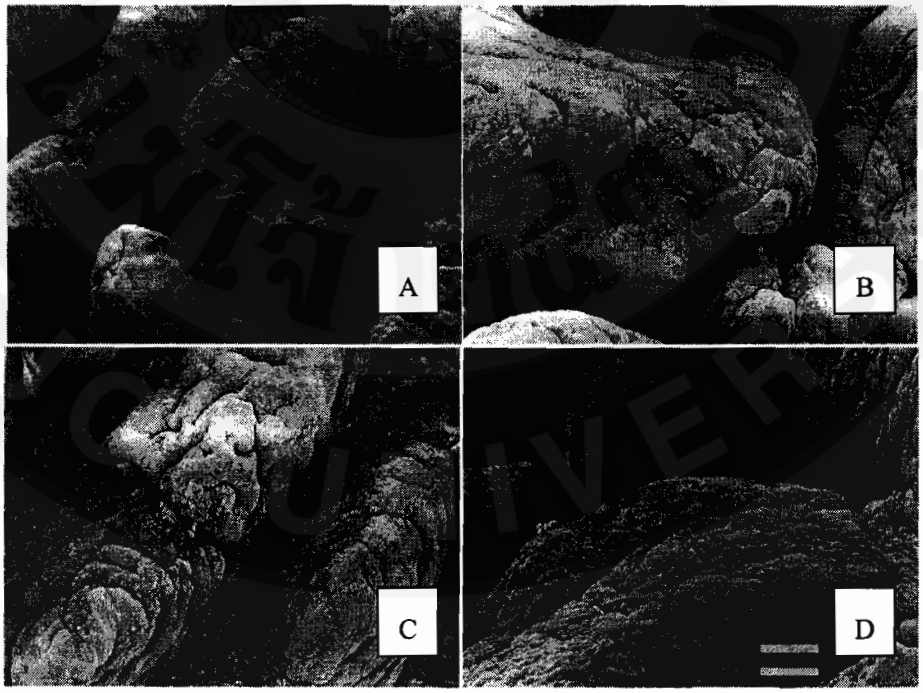
ภาพ 10 ลักษณะเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนต้น ที่กำลังขยาย 1000 เท่า ในลูกสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% (A, B, C และ D ตามลำดับ) Scale bar = 10×615 μm



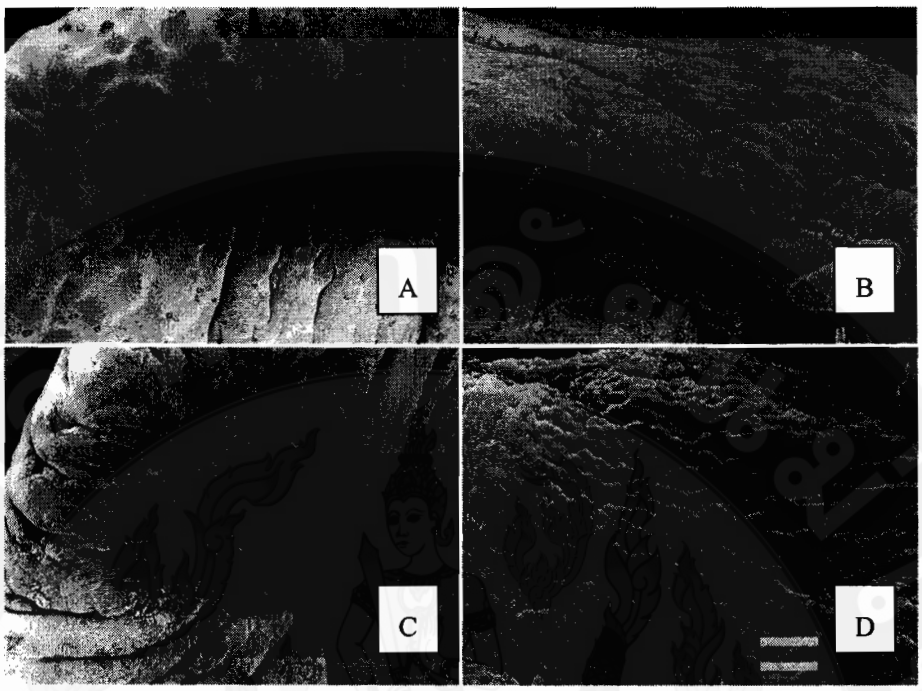
ภาพ 11 ลักษณะเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนกลาง ที่กำลังขยาย 500 เท่า ในลูกสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% (A, B, C และ D ตามลำดับ) Scale bar = 10×250 μm



ภาพ 12 ลักษณะเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนกลาง ที่กำลังขยาย 1000 เท่า ในลูกสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% (A, B, C และ D ตามลำดับ) Scale bar = 10×615 μm



ภาพ 13 ลักษณะเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนปลาย ที่กำลังขยาย 500 เท่า ในลูกสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2 % (A, B, C และ D ตามลำดับ) Scale bar = 10×250 μm



ภาพ 14 ลักษณะเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนปลาย ที่กำลังขยาย 1000 เท่า ในลูกสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% (A, B, C และ D ตามลำดับ) Scale bar = 10×615 μm

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาค่าการย่อยได้

จากผลการศึกษาการเสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% ในสูตรอาหารที่มีผลต่อสมรรถภาพการย่อยได้ในสุกร แสดงให้เห็นว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ เช่น วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และ NFE จะมีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ที่เพิ่มขึ้น โดยที่จะเห็นได้ว่าในอาหารเสริมขมิ้นชัน 0% จะมีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ที่ต่ำ และมีการย่อยได้เฉลี่ยสูงที่สุดในอาหารที่เสริมขมิ้นชัน 0.2% ลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระดับของขมิ้นชันที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อสมรรถภาพการย่อยได้ที่เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ Chattopadyay *et al.* (2004) ที่กล่าวว่า ขมิ้นชันมีสารสำคัญในการออกฤทธิ์ป้องกันเยื่อบุกระเพาะ คือ เคอร์คูมิน สามารถใช้ในการป้องกันและรักษาโรคบางอย่างได้ เช่นโรคท้องอืดท้องเฟ้อ แผลในกระเพาะอาหาร และขมิ้นชันมีฤทธิ์ต้านการเกิดแผลในกระเพาะ โดยกระตุ้นการหลั่งมิวซินมาเคลือบกระเพาะลดการเกิดก๊าซในระบบทางเดินอาหาร ช่วยในการย่อยอาหารดีขึ้นและเพิ่มการขับหลั่งน้ำดีให้มากขึ้น ซึ่ง อุษณีย์ (2538) กล่าวว่า กรดน้ำดี (bile acids) สำคัญที่สุดในกระบวนการย่อยและดูดซึมไขมัน ซึ่งสร้างขึ้นที่ตับ แล้วส่งไปเก็บไว้ในถุงน้ำดี (gall bladder) ส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำดีได้แก่ cholic acid และ chenodeoxycholic acid นอกจากนี้จะเป็นพวกคลอเลสเตอรอล มิวซิน และสารสีเหลืองที่ชื่อโบลิเวอร์ดิน (biliverdin) และไบลิรูบิน (bilirubin) ในน้ำดีมีเกลือน้ำดีประมาณ 8 - 10 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นเกลือโพแทสเซียม และโซเดียมของกรดน้ำดี หลังจากนั้นจะหลั่งสู่ลำไส้เล็กทำหน้าที่ช่วยให้น้ำและไขมันรวมตัวกัน (emulsifying agent) กรดน้ำดีบางส่วนจะถูกดูดซึมกลับที่ลำไส้ใหญ่และตับบางส่วนถูกใช้ โดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่และถูกขับออกไปกับอุจจาระ (enterohepatic circulation of bile acids) อัตราการหมุนเวียนกลับของกรดน้ำดี จากตับสู่กระแสเลือดและจากเลือดกลับสู่ตับใช้เวลาน้อยมาก มีการสูญหายระหว่างการหมุนเวียนกลับน้อยกว่าหนึ่งกรัมต่อวัน Platel and Srinivasan (2004) กล่าวว่า สารเคอร์คูมิน จะไปกระตุ้นการหลั่งน้ำย่อยจากตับอ่อนที่ทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนและน้ำย่อย ได้แก่ pancreatic, lipase amylase และ proteases สอดคล้องกับ บุญล้อม (2541) ที่กล่าวว่า น้ำย่อยเหล่านี้จะถูกส่งเข้าไปยังลำไส้เล็ก ซึ่งเกิดขึ้นโดยการกระตุ้นทางประสาท เช่น การมองเห็น การได้กลิ่น และการเคี้ยว หรือเกิดจากการกระตุ้นโดยฮอร์โมน ซึ่งสร้างจากส่วนต้นของลำไส้เล็ก นอกจากนี้สารที่อยู่ในกลุ่มที่เป็นน้ำมันยังมีฤทธิ์ในการป้องกันเชื้อแบคทีเรียที่จะเป็นอันตรายต่อระบบการทำงานของลำไส้ และสอดคล้องกับ Shankar and Murthy (1979) ที่กล่าวว่า น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากขมิ้นชันมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในลำไส้ แบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค (pathogenic) และแบคทีเรียที่ทำให้เกิด

พิษ (toxigenic bacteria) ด้วยเหตุนี้เมื่อแบคทีเรียที่เป็นพิษถูกทำลายจึงส่งผลให้การย่อยได้ของอาหารดีขึ้น

ผลการศึกษาอวัยวะภายใน

จากผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า การเสริมขมิ้นชันในสูตรอาหารของสุกรมีผลต่อน้ำหนักอวัยวะภายในไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Emadi and Kermanshahi (2006) ที่เสริมขมิ้นชันในไก่กระทง โดยเสริมขมิ้นชันในอาหารที่ระดับ 0, 0.25, 0.50 และ 0.75% ทำการชำแหละในวันที่ 49 ของการทดลอง พบว่าการเสริมขมิ้นชันไม่มีผลต่อน้ำหนักอวัยวะ ได้แก่ ตับ ตับอ่อน ม้ามและไขมันช่องท้อง ซึ่งทำนองเดียวกับ วัชรี (2538) ที่กล่าวว่า สุกรที่มีความเจริญเติบโตดีย่อมมีการเพิ่มน้ำหนักตัว เนื่องจากอวัยวะส่วนต่างๆ ในร่างกายมีการเจริญเติบโตหรือมีการขยายขนาดเพิ่มขึ้น และน้ำหนักต่อความยาวของลำไส้เล็กกลุ่มเสริมขมิ้นชันมีลดลงแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทาง การเสริมขมิ้นชันในสูตรอาหารสุกรมีกลไกการทำงานเหมือนกับการใช้ยาปฏิชีวนะในการยับยั้งเชื้อโรค ซึ่งสอดคล้องกับ Gunal *et al.* (2006) ทำการทดลองเปรียบเทียบการยาปฏิชีวนะ โปรไบโอติก และกรดอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโต เนื้อเยื่อของลำไส้ในไก่กระทง โดยใช้เติมในสูตรอาหารที่ระดับ 0.1% พบว่า การใช้ยาปฏิชีวนะทำให้ความหนาผนังของลำไส้เล็กลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม เนื่องมาจากส่วนของเซลล์เยื่อบุผิวชั้นมิวโคซาจะเพิ่มกลไกการทำงานในการกำจัดสารพิษพวกแอมโมเนียที่เกิดจากแบคทีเรียในระบบทางเดินอาหาร โดยการสร้างภูมิคุ้มกันโรคที่จะยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียและจะกำจัดออกมาทางมูล จึงส่งผลให้ผนังลำไส้เล็กบางลง (Visek, 1978) และสอดคล้องกับ Dafwang *et al.* (1985) รายงานว่า การใช้ยาปฏิชีวนะจะทำให้น้ำหนักของลำไส้ลดลงถึง 19%

ผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histological change)

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาค ได้แก่ ความยาววิลไล พื้นที่ของเซลล์บุผิว และความลึกเยื่อบุผิวด้านนอก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับ Ilsley *et al.* (2005) ที่ทดลองเปรียบเทียบผลการเสริมซาโปนินกับขมิ้นชันในลูกสุกรหย่านมที่อายุ 29 วัน ซึ่งทำการเสริม quillaja saponin ที่ระดับ 750 กับ 1,300 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และมีการเสริมขมิ้นชันที่ระดับ 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม พบว่า การเสริมขมิ้นชันไม่มีผลต่อความยาวของวิลไลในลำไส้ ซึ่ง Valey and Wiseman (2001) รายงานว่าความยาววิลไลนั้นเกิดจากปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อความสูงของวิลลัส คือ ปริมาณอาหารและพลังงานที่กินมีผลต่อความสูงของวิลไลช่วงหย่านมใหม่ เมื่อสัตว์ได้รับอาหารนมช่วงหย่านมใหม่โดยให้กินแบบเต็มที่ จะทำให้ความสูงของวิลไลสูงขึ้น

และจากผลการทดลองความยาวของวิลไลในลำไส้เล็กส่วนต้นจะมีความยาวมากที่สุด สอดคล้องกับ วันดี (2546) ที่กล่าวว่า ความยาวของวิลไลจะเพิ่มขึ้นจากส่วนของลำไส้เล็กส่วนต้น ไปถึงส่วนกลาง แล้วจำนวนค่อยๆ ลดลงไปจนถึงปลายของลำไส้เล็กส่วนปลาย ยกเว้นจำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ของกลุ่มที่เสริมขมิ้นชันมีค่าสูงขึ้น แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การได้รับอาหารเสริมขมิ้นชันกลไกการทำงานเหมือนกับการใช้ยาปฏิชีวนะ ซึ่งสอดคล้องกับ ทัศนีย์ (2540) กล่าวว่า ยาปฏิชีวนะนั้นจะมีฤทธิ์ยับยั้งหรือขัดขวางการเจริญเติบโตของแบคทีเรียก่อโรค โดยขัดขวางขบวนการสร้างผนังเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ การสร้างโปรตีนและขบวนการเมตาโบไลท์ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย และยังกระตุ้นการสร้างเซลล์ใหม่ในคริปท์เพิ่มขึ้นตลอดลำไส้เล็ก ทำให้การผลัด (turnover) ของเซลล์เยื่อบุผิวชั้นมิวโคซาของลำไส้จะมีการผลัดของเซลล์อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นกลไกการคงสภาพ (homeostatic mechanism) ของเยื่อบุผิวให้เป็นปกติ เพื่อเพิ่มความสามารถของเซลล์ในการดูดซึมสารอาหารของลำไส้ (Jin *et al*., 1994) และเพิ่มความสามารถในการย่อย การดูดซึมและการหมักย่อยของอาหารประเภทเยื่อใย (McCullough. 1998) จากผลการทดลองนี้ยังแตกต่างจากรายงานของ ประภากร และคณะ (2551) ที่รายงานว่าการเสริมขมิ้นชันไม่มีผลต่อจำนวนเซลล์มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์

บทที่ 5
สรุปและเสนอแนะ

จากการทดลองเสริมขมิ้นชันในสูตรอาหารเลี้ยงสุกรพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของวัตถุแห้ง เถ้า NFE และพลังงาน แม้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่มีแนวโน้มสูงขึ้นในอาหารที่เสริมขมิ้นชัน ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใย โปรตีน ไขมัน และค่าชีวภาพของโปรตีน ในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0.1 และ 0.2% มีค่าสูงกว่าในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนทางด้านน้ำหนักซาก อวัยวะภายใน ได้แก่ หัวใจ ตับ ไต ม้าม ปอด กระเพาะอาหารและความยาวลำไส้ เมื่อเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมีชีวิต พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นน้ำหนักของลำไส้ต่อความยาว ในกลุ่มเสริมขมิ้นชันมีค่าลดลงแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลต่อลักษณะทางจุลกายวิภาค ได้แก่ ความยาวของวิลไล พื้นที่ของเซลล์บุผิว และความลึกเยื่อบุผิวด้านนอก พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นความลึกเยื่อบุผิวด้านในลดลง และจำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชันมีค่าสูงขึ้นแสดงว่าการเสริมขมิ้นชันในอาหารจะทำให้การพัฒนาของโครงสร้างเซลล์บุผิวลำไส้เล็กดีขึ้น และจะทำให้การย่อยได้ของอาหารดีขึ้น เมื่อเสริมขมิ้นชันในปริมาณ 0.1 และ 0.2% โดยเปรียบเทียบกันแล้ว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นจึงแนะนำการเสริมขมิ้นชันในอาหารสุกรจึงไม่ควรต่ำกว่าระดับ 0.1%

ข้อเสนอแนะ

การเสริมขมิ้นชันในอาหารมีผลดีต่อสมรรถภาพการย่อยได้ อวัยวะภายในและการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้เล็กในสุกร การเสริมขมิ้นชันควรมีการเตรียมตัวอย่างลำไส้ดังนี้

1. การเตรียมขมิ้นชัน นำขมิ้นชันสดมาล้างให้สะอาด หั่นให้ละเอียด นำไปผึ่งแดดหรืออบให้แห้ง แล้วบดให้เป็นผงโดยลักษณะทั่วไปต้องเป็นผงละเอียดแห้ง ไม่จับตัวเป็นก้อน มีสี กลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของขมิ้นผง ปราศจากกลิ่นอับ ไม่พบสิ่งแปลกปลอม เช่น กรวด ดิน ทราย และความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

2. การเตรียมตัวอย่าง เมื่อเจอตำแหน่งที่ต้องการศึกษา ควรใช้ปากคีบจับตัวอย่างที่ลำไส้เพื่อป้องกันพื้นผิวที่จะศึกษาไม่ให้ได้รับความเสียหาย แล้วทำการตัดด้วยกรรไกร ซึ่งจะต้องคมและสะอาด เพื่อไม่ให้เนื้อเยื่อหรือพื้นที่ผิวที่ต้องการจะศึกษาได้รับการกระทบกระเทือน เพราะจะให้ผลผิดไปจากความเป็นจริง

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. 2547. **นวัตกรรมสมุนไพรไทยก้าวไกลสู่อุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ: สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยและสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ. 128 น.

ขวัญใจ ดำสว่าง, ไชยวรรณ วัฒนจันทร์, สุธา วัฒนสิทธิ์ และ อรุณพร อิฐรัตน์. 2550. ผลของการเสริมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (*Curcumin longa Linn.*) ต่อการเจริญเติบโต ลักษณะซากและคุณภาพเนื้อของไก่กระทง. น. 19-30. ใน **รายงานการประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ครั้งที่ 3**. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชยันต์ พิเชียรสุนทร และ วิเชียร จีรวงศ์. 2545. **คู่มือเภสัชกรรมแผนไทย เล่ม 2 เครื่องยาพฤกษ์วัตถุ**. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง. 231 น.

ทวีผล เดชาติวงศ์ ณ อยุธยา, ประนอม เดชวิศิษฏ์สกุล, เย็นจิต เตชะดำรงสิน, จารีย์ บันสิทธิ์ และ อัญชลี จูฑะพุทธิ. 2542. **มาตรฐานสมุนไพรไทย เล่มที่ 1. "ฟ้าทะลายโจร"**. กรุงเทพฯ: องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. 66 น.

ทัศนีย์ อภิชาติสรางกูร. 2540. **สุขศาสตร์สัตว์**. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 310 น.

บุญล้อม ชีวอิสระกุล. 2541. **โภชนศาสตร์สัตว์**. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 170 น.

ประภากร ธาราฉาย. 2551. **รายงานผลงานวิจัย เรื่อง เปรียบเทียบการใช้สารสกัดจากขมิ้นชันและฟ้าทะลายโจรติอสมรรถภาพการเจริญเติบโต สุขภาพ และการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้ไก่เนื้อ**. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 37 น.

ปรียพันธุ์ อุดมประเสริฐ. 2546. **การจัดการสุขภาพและผลผลิตในฟาร์มสุกร**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสูติศาสตร์ คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 199 น.

พรสวรรค์ ดิษยบุตร, จักรพงษ์ ลิมปนุสสรณ์, ธัญวรัตน์ กาจสงคราม, พงศธร หลิมศิริวงศ์ และ ลักษณา พงศ์พงัน. 2543. **สมุนไพร: การใช้อย่างถูกวิธี**. กรุงเทพฯ: คัมปาย อิมเมจจิ้ง. 88 น.

มาโนชน์ วามานนท์, เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ และ ธวัชชัย เทียนงาม. 2540. **ยาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน**. กรุงเทพฯ: องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. 215 น.

ยุทธนา ศิริวัธนนุกูล, สุรพล ชลดำรงค์กุล และ สมเกียรติ ทองรักษ์. 2545. ผลของฟ้าทะลายโจร ใบฝรั่ง ขมิ้นชัน ไพล และเปลือกผลมังคุด ต่อการรักษาโรคท้องร่วงในลูกสุกร. น. 115-127. ใน **รายงานการประชุมวิชาการ เรื่อง สมุนไพรไทย โอกาส และทางเลือกใหม่ของอุตสาหกรรมผลิต.** กรุงเทพฯ: โรงแรมมารวยการ์เด้นจตุจักร.

รุ่งระวี เต็มศิริฤกษ์กุล, พร้อมจิต ศรลัมพ์ และ นพมาศ สุนทรเจริญนนท์. 2545. **สมุนไพร ยาไทยที่ควรรู้.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ศักดิโสภาการพิมพ์. 176 น.

วันดี ทาตระกูล. 2546. **สุกรและการผลิตสุกร.** เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 373 น.

วุฒิ วุฒิธรรมเวช. 2546. **ย่อเภสัชกรรมไทยและสรรพคุณสมุนไพร.** กรุงเทพฯ: ศิลสยามบรรจุภัณฑ์และการพิมพ์. 224 น.

สาโรช ค้าเจริญ, บังอร ศรีพานิชกุลชัย และ พิชญ์รัตน์ แสนไชยสุริยา. 2547. การศึกษาและพัฒนาการผลิตและการใช้สมุนไพร กระเทียม ฟ้าทะลายโจร และขมิ้นชันทดแทนสารต้านจุลชีพและสารสังเคราะห์เติมอาหารไก่และสุกร. น. 145-162. ใน **รายงานการประชุมวิชาการ เรื่อง สมุนไพรไทยโอกาสและทางเลือกใหม่ของอุตสาหกรรมผลิตสัตว์ ครั้งที่ 2.** กรุงเทพฯ: โรงแรมสยามซิตี้.

สุทัศน์ ศิริ. 2540. **การจัดการฟาร์มสุกร.** เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 154 น.

สุนทรี สิงหบุตรา. 2535. **สรรพคุณสมุนไพร 200 ชนิด.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุณ 39. 260 น.

อุษณีย์ วินิจเขตคำนวณ. 2538. **ชีวเคมีของลิปิดและไลโปโปรตีน.** เชียงใหม่: ภาควิชาเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 111 น.

AL-Sultan, S. I. 2003. The effect of *Curcumin longa* (Tumeric) on overall performance of broiler chickens. **Jounal Poutry Science** 2: 351-353.

Ammon, H. P. T. and M. A.Wahl. 1991. Phamacology of *Curcumalonga.* **Planta Medicine** 57: 1-7.

Apisariyakul, A., N. Vanittanakom and D. Buddhasukh. 1995. Antifungal activity of turmeric oil extracted from *Curcumalonga* (Zingiberaceae). **Journal of Ethnopharmacology** 49: 163-169.

Arunothayanun, P., P. Wirachwong and S. Boonkird. 2005. Development of Tetrahydrocurcuminoid Liposomes as an Ingradient for Cosmetic Products. pp 1-7. In **Scientitic conference of the Asian Societies of Cosmetic Scientiste 7th**. Bangkok: Cosmetic Scientiste.

Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 1998 . **Official Methods of Analysis.** 14th (ed). Virginir: AOAC.

Chatterjee, S., S. R. Padwal-Desal and T. Paul. 1999. Effect of y-irradiation on the antioxidant activity of turmeric (Curcumin longa L.) extracts. **Food Research International** 32: 487-490.

Chatterjee, S., P. S. Variyar, A. S. Gholap, S. R. Padwal-Desal, and D. R. Bongirwar. 2000. Effect of y-irradiation on the volatile oil constituents of turmeric (*Curcuma longa*). **Food Research International** 33: 103-106.

Chattopadyay, I., K. Biswas., U. Bandyopadhyay and R. K. Banerijee, 2004. Turmeric and curcumin Biological actions and medical applications. **Current Science** 87: 44-52.

Defwang, I. I., M. E. Cook, M. L. Sunde and H. R. Bird. 1985. Bursal, intestinal and spleen weights and antibody response of chicks fed subtherapuetic levels of dietary antibiotics. **Journal of Poultry Science** 64: 634-639.

Emadi, M. and H. Kermanshahi. 2006. Effect of turmeric rhizome powder on performance and carcass characteristics of broiler chickens. **Journal of Poutry Science** 5: 1069-1072.

Gunal, M., G. Yayli, O. Kaya, N. Karahan and O. Sulak. 2006. The effects of Antibiotic Growth Promoter, Probiotic or Organic Acid Supplementation on Performance, Intestinal Microflora and Tissue of Broilers. **Journal of Poultry Science** 5: 149-155.

Ilsley, S. E., H. M. Miller and C. Kamel. 2005. Effects of dietary quillaaja saponin and curcumin on the performance and immune status of weaned piglets. **Journal Animal Science** 83: 82-88.

Jayaprakasha, G., L. J. M. Rao and K. K. Sakariah. 2002. Improved HPLC method for the determinaion of curcumin, demethoxycurcumin, and bisdemethoxycurcumin. **Journal of Agriculture and Food Chemistry** 50: 3668-3672.

Jin, L., L. P. Reynolds, D. A. Redmer, J. S. Caton and J. D. Crenshaw. 1994. Effect of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation, and morphology in growing pigs. **Journal Animal Science** 72: 2270-2278.

Kelly, D., J. A. Smyth and K. McCracken. 1991. Digestive development of the early-weaned pig, effect of level of food intake on digestive enzyme activity during the immediate post weaning periods. **British Journal of Nutrient** 65: 181-188.

McCullough, J. S., B. Ratcliffe, N. Mandir, K. E. Carr and R. A. Goodlad. 1998. Dietary fibre and intestinal microflora: effects on intestinal morphometry and crypt branching. **Journal of Gut** 42: 799-806.

Mekbungwan, A., K. Yamauchi and N. Thongwittaya. 2003. Histological alterations of intestinal villi in growing pigs fed soybean and pigeon pea seed meals. **Canadian Journal of Animal Science** 83: 755-760.

Mekbungwan, A., K. Yamauchi and N. Thongwittaya. 2004. Digestibility of soybean and pigeon pea seed meals and morphological intestinal alterations in pigs. **Journal of Veterinary Medical Science** 66: 627-633.

National Research Council National (NRC). 1998. **Nutrient Requirement of Swine.** 10thed. Washington, D.C: Nation Academy Press. 189p.

Panchatcharam, M., S. Miriyala, V. S. Gayathri and L. Suguna. 2006. Curcumin improves wound healing by modulating collagen and decreasing reactive oxygen species. **Molecular and Cellular Biochemistry** 290: 1227-1231.

Park, S. and S. H. L. Kim. 2002. Discovery of natural products from Curcuma longa that protect cells form Beta-Amyloid insult: A drug discovery effort against Alzheimer's disease. **Journal of Natural Products** 65: 1227-1231.

Platel, K. and K. Srinivasan. 2004. Digestive stimulant action of spices : Amyth or reality. **Indian Jounal Medical Research** 119: 167-179.

Pluske, J. R., M. J. Thompson and P. E. Hartmann. 1996. Maintenance of villus height and crypt depth, and enhancement of disaccharide digestion and monosaccharide absorption, in piglets fed on cows whole milk after weaning. **British Journal of Nutrition** 76: 409-422.

Pluske, J. R., I. H. Williams and F. X. Aherne. 1996a. Maintenance of villous height and crypt depth in piglets by providing continuous nutrition after weaning. **Journal of Animal Science** 62: 131-144.

_____. 1996b. Villous height and crypt depth in piglets in response to increases in the intake of cow's milk after weaning. **Journal of Animal Science** 62: 145-158.

Samarasinghe, K., C. Wenk, K. F. S. T. Silva and J. M. D. M. Gunasekera. 2003. Turmeric (Currcuma longa) root powder and mannanoligosaccharide as alternatives to antibiotics in broiler diets. **Asian-Australasian Journal of Animal Science** 16: 1495-1500.

Shankar, T. N. B. and V. S. Murthy. 1979. Effect of turmeric (Curcuma longa) fractions on the growth of some intestinal & pathogenic bacteria *in vitro*. **Journal of Experimental Biology** 17: 1363-1366.

Singh, G., O. P. Singh and S. Maurya. 2002. Chemical and biocidal investigations on essential oils of some Indian Curcuma species. **Journal of Progress in Crystal Growth and characterization of Materials** 45: 75-81.

Thai Herbal Pharmacopoeia (THP). 1995. **Department of Medical Sciences 2nd**. Bangkok: Ministry of Public Health. 144p.

Valey, M. A. and J. Wiseman (eds.). 2001. **The weaner pig: nutrition and management.** Wallingford: CAB International. 325p.

Van Beers-Schreurs, H. M. G., M. J. A. Nabuurs and H. J. Breukink. 1998. Weaning and the weanling diet influence the villus height and crypt depth in the small intestine of pigs and alter the concentrations of short-chain fatty acids in the large intestine and blood. **British Journal of Nutrition** 128: 947-953.

Visek, W. J. 1978. The mode of growth promotion by antibiotics. **Journal of Animal Science** 46: 1447-1469.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางภาคผนวก

ตารางผนวก 1 ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมดที่ทำการทดลอง (ก./ตัว)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	2900.00	2500.00	3230.00	2800.00	2850.00
0.05	3000.00	3320.00	3500.00	2910.00	3180.00
0.1	3370.00	3310.00	3720.00	3780.00	3540.00
0.2	3880.00	3100.00	2750.00	3540.00	3317.00
					3221.75

ตารางผนวก 2 องค์ประกอบทางเคมีของโภชนะในอาหารทดลองกลุ่มต่างๆ

ลักษณะที่ศึกษา	อาหารทดลองเสริมขมิ้นชัน (%)			
	0	0.05	0.1	0.2
ปริมาณโภชนะในอาหาร (% air dry)				
วัตถุแห้ง	88.36	88.06	88.97	88.36
โปรตีน	19.29	19.47	19.90	19.57
เยื่อใย	4.09	3.75	4.50	4.97
ไขมัน	5.22	4.46	4.78	5.08
เถ้า	6.65	6.31	6.84	6.53
NFE	53.12	54.07	51.17	52.21

ตารางผนวก 3 ปริมาณมูลสดทั้งหมดที่ทำการทดลอง (กก./ตัว)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	1.90	1.75	2.03	1.85	1.88
0.05	1.65	1.80	2.10	2.00	1.88
0.1	2.10	1.98	2.10	1.75	1.98
0.2	2.12	1.65	1.50	1.99	1.81
					1.89

ตารางผนวก 4 วัตถุแห้ง (% DM) ในมูลสด

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	27.24	29.09	29.13	26.92	28.09
0.05	23.05	33.26	28.39	27.74	28.11
0.1	26.80	24.68	32.60	32.13	29.05
0.2	30.20	28.29	34.54	29.35	30.59
					28.96

หมายเหตุ : มูลสดนำไปอบไล่น้ำที่อุณหภูมิ 60 °ซ นาน 3 วัน

ตารางผนวก 5 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (% DM)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	79.80	76.95	79.27	79.86	78.97
0.05	85.59	79.52	80.65	78.35	81.02
0.1	81.23	83.40	79.31	83.27	81.80
0.2	81.28	82.95	78.67	84.97	81.96
					80.94

ตารางผนวก 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (% DM)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	30.59	10.20	1.31^{ns}	3.49	5.95
Error	12	93.39	7.78			
Total	15	123.98				

SEM = 0.72 P-value = 0.32

ตารางผนวก 7 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน (%)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	82.85	79.57	83.51	84.50	82.60
0.05	87.79	86.09	83.89	83.57	85.33
0.1	85.81	85.88	85.39	90.91	86.99
0.2	87.70	86.61	86.53	88.86	87.42
					85.59

ตารางผนวก 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน (%)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	57.23	19.08	4.61*	3.49	5.95
Error	12	49.63	4.14			
Total	15	106.87				

SEM = 0.67 P- value = 0.02, * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

DNMRT

ค่าเฉลี่ย	T4	T3	T2	T1
	87.42	86.99	85.33	82.60
P<0.05	a	a	ab	b

ตารางผนวก 9 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมัน (%)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	67.58	77.2	80.19	80.71	76.42
0.05	86.13	80.48	81.14	79.38	81.78
0.1	82.49	83.89	81.02	84.66	83.01
0.2	84.54	85.13	82.36	86.84	84.72
					81.48

ตารางผนวก 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมัน (%)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	152.65	50.88	3.93*	3.49	5.95
Error	12	155.46	12.96			
Total	15	308.10				

SEM = 1.13 P- value = 0.04, * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

DNMRT

ค่าเฉลี่ย	T4	T3	T2	T1
	84.72	83.01	81.78	76.42
P<0.05	a	a	ab	b

ตารางผนวก 11 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใย (%)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	43.88	40.37	51.38	44.65	45.06
0.05	54.83	39.85	45.67	33.82	43.54
0.1	47.33	53.05	55.79	63.31	54.86
0.2	64.74	68.19	57.12	64.11	63.54
					51.75

ตารางผนวก 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใย (%)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	1042.90	347.63	8.34**	3.49	5.95
Error	12	500.44	41.70			
Total	15	1543.34				

SEM = 2.54 P-value = 0.00, ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

DNMRT

ค่าเฉลี่ย	T4	T3	T1	T2
	63.54	54.86	45.06	43.54
P<0.05	a	ab	ac	c
P<0.01	d	de	ef	f

ตารางผนวก 13 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเถ้า (%)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	53.31	19.26	34.76	29.16	34.12
0.05	48.97	36.38	35.5	23.04	35.97
0.1	52.47	53.6	34.04	46.57	46.67
0.2	46.92	54.08	41.28	51.35	48.41
					41.29

ตารางผนวก 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเถ้า (%)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	637.01	212.34	1.98^{ns}	3.49	5.95
Error	12	1285.70	107.14			
Total	15	1922.71				

SEM = 2.83 P-value = 0.17

ตารางผนวก 15 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรค (% NFE)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	87.46	77.20	80.19	80.71	81.39
0.05	86.13	80.48	81.14	79.38	81.78
0.1	82.49	83.89	81.02	84.66	83.01
0.2	82.99	84.08	80.60	85.94	83.40
					82.40

ตารางผนวก 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรค (% NFE)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	11.14	3.71	0.42^{ns}	3.49	5.95
Error	12	105.74	8.81			
Total	15	116.87				

SEM = 0.70 P-value = 0.74

ตารางผนวก 17 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของพลังงาน (%)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	80.96	78.41	80.32	82.19	80.47
0.05	82.64	80.77	80.56	79.14	80.78
0.1	80.73	81.59	82.46	79.51	81.07
0.2	79.73	80.24	80.12	82.62	80.68
					80.75

ตารางผนวก 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของพลังงาน (%)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	0.75	0.25	0.13^{ns}	3.49	5.95
Error	12	23.59	1.97			
Total	15	24.34				

SEM = 0.32 P-value = 0.94

ตารางผนวก 19 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของค่าชีวภาพของโปรตีน (% biological value of the protein)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	82.91	79.80	82.45	82.92	82.02
0.05	88.30	83.53	84.09	82.06	84.49
0.1	85.74	86.88	84.55	87.51	86.17
0.2	85.93	86.84	83.96	88.37	86.27
					84.74

ตารางผนวก 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของค่าชีวภาพของโปรตีน (% biological value of the protein)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	47.44	15.81	4.36*	3.49	5.95
Error	12	43.51	3.63			
Total	15	90.95				

SEM = 0.62 P-value = 0.03, * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

DNMRT

ค่าเฉลี่ย	T4	T3	T2	T1
	86.27	86.17	84.49	82.02
P<0.05	a	a	ab	b

ตารางผนวก 21 น้ำหนักมีชีวิต (กก.)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	30.50	32.00	33.00	32.50	32.00
0.05	30.00	33.50	34.00	32.00	32.38
0.1	34.00	32.00	34.00	36.00	34.00
0.2	31.50	29.00	32.50	33.00	31.50
					32.47

ตารางผนวก 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักมีชีวิต (กก.)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	14.05	4.68	1.83^{ns}	3.49	5.95
Error	12	30.69	2.56			
Total	15	44.73				

SEM = 0.43 P-value = 0.20

ตารางผนวก 23 น้ำหนักซาก (% ของนน. มีชีวิต)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	68.85	68.75	69.70	70.77	69.52
0.05	63.33	68.66	67.65	65.63	66.32
0.1	70.59	65.63	67.65	69.44	68.33
0.2	66.67	62.07	67.69	66.67	65.77
					67.48

ตารางผนวก 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักซาก (% ของนน. มีชีวิต)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	36.51	12.17	2.79^{ns}	3.49	5.95
Error	12	52.39	4.37			
Total	15	88.90				

SEM = 0.61 P-value = 0.09

ตารางผนวก 25 น้ำหนักของหัวใจ (% ของนน. มีชีวิต)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	0.63	0.18	0.48	0.58	0.47
0.05	0.47	0.48	0.53	0.44	0.48
0.1	0.41	0.38	0.59	0.36	0.43
0.2	0.44	0.47	0.43	0.42	0.44
					0.46

ตารางผนวก 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของหัวใจ (% ของนน. มีชีวิต)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	0.01	0.00	0.14^{ns}	3.49	5.95
Error	12	0.16	0.01			
Total	15	0.17				

SEM = 0.03 P-value = 0.93

ตารางผนวก 27 น้ำหนักของตับ (% ของนน. มีชีวิต)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	2.65	2.64	2.44	2.60	2.58
0.05	2.50	2.72	2.65	2.52	2.59
0.1	2.53	2.13	2.35	2.39	2.35
0.2	2.83	2.38	2.17	2.00	2.34
					2.47

ตารางผนวก 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของตับ (% ของนน. มีชีวิต)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	0.24	0.08	1.79^{ns}	3.49	5.95
Error	12	0.54	0.05			
Total	15	0.78				

SEM = 0.56 P-value = 0.20

ตารางผนวก 29 น้ำหนักของไต (% ของนน. มีชีวิต)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	0.98	0.41	0.43	0.46	0.57
0.05	0.50	0.42	0.54	0.42	0.47
0.1	0.37	0.39	0.41	0.42	0.40
0.2	0.40	0.40	0.40	0.36	0.39
					0.46

ตารางผนวก 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของไต (% ของนน. มีชีวิต)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	0.08	0.03	1.40^{ns}	3.49	5.95
Error	12	0.24	0.02			
Total	15	0.32				

SEM = 0.04 P-value = 0.29

ตารางผนวก 31 น้ำหนักของม้าม (% ของนน. มีชีวิต)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	0.16	0.19	0.15	0.16	0.17
0.05	0.20	0.16	0.24	0.22	0.21
0.1	0.18	0.22	0.24	0.19	0.21
0.2	0.32	0.17	0.15	0.24	0.22
					0.20

ตารางผนวก 32 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของม้าม (% ของนน. มีชีวิต)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	0.01	0.00	1.11^{ns}	3.49	5.95
Error	12	0.02	0.00			
Total	15	0.03				

SEM = 0.01 P-value = 0.38

ตารางผนวก 33 น้ำหนักของปอด (% ของนน. มีชีวิต)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	1.18	0.96	0.92	1.14	1.05
0.05	1.20	0.93	1.43	0.97	1.13
0.1	1.18	1.20	1.97	1.57	1.48
0.2	1.10	2.07	2.31	1.64	1.78
					1.36

ตารางผนวก 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของปอด (% ของนน. มีชีวิต)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	0.70	0.23	2.42^{ns}	3.49	5.95
Error	12	1.16	0.10			
Total	15	1.87				

SEM = 0.09 P-value = 0.12

ตารางผนวก 35 น้ำหนักของกระเพาะอาหาร (% ของนน. มีชีวิต)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	0.75	0.79	0.96	0.79	0.82
0.05	0.67	0.75	0.84	0.75	0.75
0.1	0.79	0.66	0.74	0.64	0.71
0.2	0.79	0.69	0.77	0.74	0.75
					0.76

ตารางผนวก 36 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของกระเพาะอาหาร (% ของนน. มีชีวิต)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	0.03	0.01	1.79^{ns}	3.49	5.95
Error	12	0.06	0.01			
Total	15	0.09				

SEM = 0.19 P- value = 0.20

ตารางผนวก 37 น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนต้น (ก.)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	82.00	90.00	88.00	64.00	81.00
0.05	50.00	55.00	60.00	65.00	57.50
0.1	50.00	55.00	60.00	60.00	56.25
0.2	65.00	60.00	60.00	50.00	58.75
					63.38

ตารางผนวก 38 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนต้น (ก.)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	1669.25	556.42	9.12**	3.49	5.95
Error	12	732.50	61.04			
Total	15	2401.75				

SEM = 3.16 P-value = 0.00 , ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

DNMRT

ค่าเฉลี่ย	T1	T4	T2	T3
	81.00	58.75	57.50	56.25
P<0.05	a	b	b	b
P<0.01	d	e	e	e

ตารางผนวก 39 น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนกลาง (ก.)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	1224.00	1498.00	800.00	858.00	1095.00
0.05	1040.00	1112.00	1230.00	1155.00	1134.25
0.1	925.00	1000.00	965.00	940.00	957.50
0.2	1035.00	820.00	915.00	920.00	922.50
					1027.31

ตารางผนวก 40 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนกลาง (ก.)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	127506.70	42502.23	1.39^{ns}	3.49	5.95
Error	12	367670.80	30639.23			
Total	15	495177.40				

SEM = 45.42 P-value = 0.29

ตารางผนวก 41 น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนปลาย (ก.)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	196.00	252.00	310.00	218.00	244.00
0.05	165.00	210.00	195.00	230.00	200.00
0.1	140.00	215.00	170.00	200.00	181.25
0.2	165.00	165.00	170.00	170.00	167.50
					198.19

ตารางผนวก 42 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนปลาย (ก.)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	13322.69	4440.90	4.10*	3.49	5.95
Error	12	12993.75	1082.81			
Total	15	26316.44				

SEM = 10.47 P-value = 0.03, * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

DNMRT

ค่าเฉลี่ย	T1	T2	T3	T4
	244.00	200.00	181.25	167.50
P<0.05	a	ab	b	b

ตารางผนวก 43 น้ำหนักรวมของลำไส้เล็ก (ก.)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	1502.00	1840.00	1198.00	1140.00	1420.00
0.05	1255.00	1377.00	1485.00	1450.00	1391.75
0.1	1115.00	1270.00	1195.00	1200.00	1195.00
0.2	1265.00	1045.00	1145.00	1140.00	1148.75
					1288.88

ตารางผนวก 44 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักรวมของลำไส้เล็ก (ก.)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	224898.30	74966.08	2.38^{ns}	3.49	5.95
Error	12	378233.50	31519.46			
Total	15	603131.80				

SEM = 50.13 P-value = 0.12

ตารางผนวก 45 ความยาวของลำไส้เล็กส่วนต้น (ซม.)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	45.00	62.00	41.00	45.00	48.25
0.05	63.00	53.00	42.00	54.00	53.00
0.1	55.00	52.00	57.00	63.00	56.75
0.2	67.00	47.00	52.00	64.00	57.50
					53.88

ตารางผนวก 46 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวของลำไส้เล็กส่วนต้น (ซม.)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	215.25	71.75	1.05^{ns}	3.49	5.95
Error	12	822.50	68.54			
Total	15	1037.75				

SEM = 2.08 P-value = 0.41

ตารางผนวก 47 ความยาวของลำไส้เล็กส่วนกลาง (ซม.)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	1240.00	1515.00	1550.00	1300.00	1401.25
0.05	1275.00	1300.00	1314.00	1310.00	1299.75
0.1	1421.00	1164.00	1228.00	1151.00	1241.00
0.2	1426.00	1099.00	1228.00	1300.00	1263.25
					1301.31

ตารางผนวก 48 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวของลำไส้เล็กส่วนกลาง (ซม.)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	60305.19	20101.73	1.38^{ns}	3.49	5.95
Error	12	174896.30	14574.69			
Total	15	235201.40				

SEM = 31.31 P- value = 0.30

ตารางผนวก 49 ความยาวของลำไส้เล็กส่วนปลาย (ซม.)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	205.00	188.00	209.00	205.00	201.75
0.05	187.00	197.00	208.00	196.00	197.00
0.1	195.00	198.00	193.00	187.00	193.25
0.2	183.00	203.00	198.00	186.00	192.50
					196.13

ตารางผนวก 50 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวของลำไส้เล็กส่วนปลาย (ซม.)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	215.25	71.75	1.05^{ns}	3.49	5.95
Error	12	822.50	68.54			
Total	15	1037.75				

SEM = 2.08 P-value = 0.41

ตารางผนวก 51 ความยาวรวมของลำไส้เล็ก (ซม.)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	1490.00	1765.00	1800.00	1550.00	1651.25
0.05	1525.00	1550.00	1564.00	1560.00	1549.75
0.1	1671.00	1414.00	1478.00	1401.00	1491.00
0.2	1676.00	1349.00	1478.00	1558.00	1515.25
					1551.81

ตารางผนวก 52 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวรวมของลำไส้เล็ก (ซม.)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	59708.19	19902.73	1.36^{ns}	3.49	5.95
Error	12	175532.3	14627.69			
Total	15	235240.4				

SEM = 31.31 P- value = 0.30

ตารางผนวก 53 น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนต้น (ก./ซม.)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	1.82	1.45	2.15	1.42	1.71
0.05	0.79	1.04	1.43	1.20	1.12
0.1	0.91	1.06	1.05	0.95	0.99
0.2	0.97	1.28	1.15	0.78	1.05
					1.22

ตารางผนวก 54 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนต้น (ก./ซม.)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	1.33	0.44	7.27**	3.49	5.95
Error	12	0.73	0.06			
Total	15	2.07				

SEM = 0.09 P-value = 0.00, ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

DNMRT

ค่าเฉลี่ย	T1	T2	T4	T3
	1.71	1.12	1.05	0.99
P<0.05	a	b	b	b
P<0.01	d	e	e	e

ตารางผนวก 55 น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนกลาง (ก./ซม.)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	0.99	0.99	0.52	0.66	0.79
0.05	0.82	0.86	0.94	0.88	0.87
0.1	0.65	0.86	0.79	0.82	0.78
0.2	0.73	0.75	0.75	0.71	0.73
					0.79

ตารางผนวก 56 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนกลาง (ก./ซม.)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	0.04	0.01	0.81^{ns}	3.49	5.95
Error	12	0.20	0.02			
Total	15	0.24				

SEM = 0.03 P-value = 0.51

ตารางผนวก 57 น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนปลาย (ก./ซม.)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	0.96	1.34	1.48	1.06	1.21
0.05	0.88	1.07	0.94	1.17	1.01
0.1	0.72	1.09	0.88	1.07	0.94
0.2	0.90	0.81	0.86	0.91	0.87
					1.01

ตารางผนวก 58 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนปลาย (ก./ซม.)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	0.26	0.09	3.19^{ns}	3.49	5.95
Error	12	0.32	0.03			
Total	15	0.58				

SEM = 0.05 P-value = 0.06

ตารางผนวก 59 น้ำหนักรวมของลำไส้เล็ก (ก./ซม.)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	3.77	3.78	4.15	3.14	3.71
0.05	2.49	2.97	3.31	3.25	3.01
0.1	2.28	3.01	2.72	2.84	2.71
0.2	2.60	2.84	2.76	2.40	2.65
					3.02

ตารางผนวก 60 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักรวมของลำไส้เล็ก (ก./ซม.)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	2.83	0.94	8.38**	3.49	5.95
Error	12	1.35	0.11			
Total	15	4.18				

SEM = 0.11 P-value = 0.00, ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

DNMRT

ค่าเฉลี่ย	T1	T2	T3	T4
	3.71	3.01	2.71	2.65
P<0.05	a	b	b	b
P<0.01	d	e	e	e

ตารางผนวก 61 ความยาวของวิลไลลำไส้เล็กส่วนต้น (μm)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	444.05	456.19	439.89	450.68	447.70
0.05	448.86	457.41	438.95	442.21	446.86
0.1	453.73	449.87	452.35	442.98	449.73
0.2	453.28	461.65	458.18	444.99	454.53
					449.70

ตารางผนวก 62 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวของวิลไลลำไส้เล็กส่วนต้น (μm)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	141.77	47.26	0.98^{ns}	3.49	5.95
Error	12	578.29	48.19			
Total	15	720.06				

SEM = 1.73 P-value = 0.43

ตารางผนวก 63 ความยาวของวิลไลลำไส้เล็กส่วนกลาง (μm)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	389.94	370.26	374.95	371.40	376.64
0.05	385.83	370.01	390.63	377.66	381.03
0.1	388.99	377.02	380.40	386.91	383.33
0.2	376.26	383.81	374.97	385.15	380.05
					380.26

ตารางผนวก 64 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวของวิลไลลำไส้เล็กส่วนกลาง (μm)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	159.18	53.06	0.83^{ns}	3.49	5.95
Error	12	766.38	63.87			
Total	15	925.56				

SEM = 1.96 P-value = 0.50

ตารางผนวก 65 ความยาวของวิลไลลำไส้เล็กส่วนปลาย (μm)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	337.97	331.44	324.73	342.48	334.16
0.05	335.86	323.88	330.22	340.16	332.53
0.1	332.75	337.15	341.95	335.95	336.95
0.2	344.07	342.22	334.1	329.14	337.38
					335.26

ตารางผนวก 66 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวของวิลไลลำไส้เล็กส่วนปลาย (μm)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	64.14	21.38	0.49^{ns}	3.49	5.95
Error	12	520.04	43.34			
Total	15	584.18				

SEM = 1.56 P-value = 0.69

ตารางผนวก 67 ความยาวรวมของวิลไลลำไส้เล็ก (μm)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	1171.96	1157.89	1139.57	1164.56	1158.50
0.05	1170.55	1151.30	1159.80	1160.03	1160.42
0.1	1175.47	1164.04	1174.70	1165.84	1170.01
0.2	1173.61	1187.68	1167.25	1159.28	1171.96
					1165.22

ตารางผนวก 68 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวรวมของวิลไลลำไส้เล็ก (μm)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	383.30	127.77	1.02^{ns}	3.49	5.95
Error	12	1500.51	125.04			
Total	15	1883.81				

SEM = 2.80 P-value = 0.42

ตารางผนวก 69 พื้นที่ของเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนต้น (μm^2)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	92.85	91.53	94.93	95.50	93.70
0.05	90.22	93.71	92.45	94.76	92.79
0.1	93.74	97.08	93.12	96.69	95.16
0.2	94.34	93.24	94.79	92.85	93.81
					93.86

ตารางผนวก 70 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พื้นที่ของเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนต้น (μm^2)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	11.47	3.82	1.26^{ns}	3.49	5.95
Error	12	36.33	3.03			
Total	15	47.79				

SEM = 0.45 P-value = 0.33

ตารางผนวก 71 พื้นที่ของเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนกลาง (μm^2)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	78.09	75.40	74.43	75.60	75.88
0.05	78.98	76.17	76.04	82.85	78.51
0.1	78.36	74.47	72.95	81.39	76.79
0.2	78.67	73.93	75.80	77.77	76.54
					76.93

ตารางผนวก 72 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พื้นที่ของเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนกลาง (μm^2)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	15.07	5.02	0.63^{ns}	3.49	5.95
Error	12	95.09	7.92			
Total	15	110.16				

SEM = 0.68 P-value = 0.61

ตารางผนวก 73 พื้นที่ของเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนปลาย (μm^2)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	73.61	74.59	73.21	73.13	73.64
0.05	75.75	79.45	76.32	78.47	77.50
0.1	79.44	73.35	75.59	69.57	74.49
0.2	78.06	77.34	73.2	71.62	75.06
					75.17

ตารางผนวก 74 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พื้นที่ของเซลล์บุผิวลำไส้เล็กส่วนปลาย (μm^2)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	33.01	11.00	1.45^{ns}	3.49	5.95
Error	12	91.26	7.61			
Total	15	124.27				

SEM = 0.72 P-value = 0.28

ตารางผนวก 75 พื้นที่รวมของเซลล์บุผิวลำไส้เล็ก (μm^2)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	244.55	241.52	242.57	244.23	243.22
0.05	244.95	249.33	244.81	256.08	248.79
0.1	251.54	244.90	241.66	247.65	246.44
0.2	251.07	244.51	243.79	242.24	245.40
					245.96

ตารางผนวก 76 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พื้นที่รวมของเซลล์บุผิวลำไส้เล็ก (μm^2)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	64.33	21.44	1.37^{ns}	3.49	5.95
Error	12	188.34	15.69			
Total	15	252.67				

SEM = 1.03 P-value = 0.30

ตารางผนวก 77 จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ของลำไส้เล็กส่วนต้น (เซลล์/ คริปท์)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	4.03	4.90	3.57	4.13	4.16
0.05	5.67	4.03	5.83	5.00	5.13
0.1	2.20	2.23	2.10	2.00	2.13
0.2	2.23	2.27	2.73	4.87	3.03
					3.61

ตารางผนวก 78 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ของลำไส้เล็กส่วนต้น (เซลล์/ คริปท์)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	20.57	6.86	10.76**	3.49	5.95
Error	12	7.65	0.64			
Total	15	28.22				

SEM = 0.34 P-value = 0.00, ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

DNMRT

ค่าเฉลี่ย	T2	T1	T4	T3
	5.13	4.16	3.03	2.13
P<0.05	a	ab	bc	c
P<0.01	d	de	ef	f

ตารางผนวก 79 จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ของลำไส้เล็กส่วนกลาง (เซลล์/คริปท์)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	4.30	4.03	4.23	4.77	4.33
0.05	5.17	5.30	4.87	3.70	4.76
0.1	4.50	7.83	8.17	7.03	6.88
0.2	7.37	7.2	6.73	7.53	7.21
					5.80

ตารางผนวก 80 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ของลำไส้เล็กส่วนกลาง (เซลล์/คริปท์)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	25.55	8.52	9.73**	3.49	5.95
Error	12	10.50	0.88			
Total	15	36.05				

SEM = 0.39 P-value = 0.00, ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

DNMRT

ค่าเฉลี่ย	T4	T3	T2	T1
	7.21	6.88	4.76	4.33
P<0.05	a	a	b	b
P<0.01	d	d	e	e

ตารางผนวก 81 จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ของลำไส้เล็กส่วนปลาย (เซลล์/คริปท์)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	2.83	2.93	2.97	3.43	3.04
0.05	4.63	4.10	3.93	3.60	4.07
0.1	7.93	7.73	5.80	8.00	7.37
0.2	6.80	6.47	5.43	5.63	6.08
					5.14

ตารางผนวก 82 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสในคริปท์ของลำไส้เล็กส่วนปลาย (เซลล์/คริปท์)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	45.62	15.21	33.99**	3.49	5.95
Error	12	5.37	0.45			
Total	15	50.99				

SEM = 0.46 P-value = 0.00, ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

DNMRT

ค่าเฉลี่ย	T3	T4	T2	T1
	7.37	6.08	4.07	3.04
P<0.05	a	b	c	c
P<0.01	d	e	f	f

ตารางผนวก 83 จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสรวมในคริปท์ของลำไส้เล็ก (เซลล์/คริปท์)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	11.16	11.86	10.77	12.33	11.53
0.05	15.47	13.43	14.63	12.30	13.96
0.1	14.63	17.79	16.07	17.03	16.38
0.2	16.40	15.94	14.89	18.03	16.32
					14.55

ตารางผนวก 84 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะไมโตซีสรวมในคริปท์ของลำไส้เล็ก (เซลล์/คริปท์)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	54.81	18.27	6.60**	3.49	5.95
Error	12	33.22	2.77			
Total	15	88.03				

SEM = 0.61 P-value = 0.01, ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

DNMRT

ค่าเฉลี่ย	T3	T4	T2	T1
	7.37	6.08	4.07	3.04
P<0.05	a	a	ab	b
P<0.01	d	d	de	e

ตารางผนวก 85 ความหนาเยื่อบุผิวด้านในของลำไส้เล็กส่วนต้น (μm)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	184.60	191.99	194.23	200.23	192.76
0.05	193.29	184.46	170.83	173.31	180.47
0.1	170.86	184.91	182.45	187.74	181.49
0.2	183.32	184.99	188.19	189.35	186.46
					185.30

ตารางผนวก 86 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความหนาเยื่อบุผิวด้านในของลำไส้เล็กส่วนต้น (μm)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	379.45	126.48	2.38 ^{ns}	3.49	5.95
Error	12	637.65	53.14			
Total	15	1017.10				

SEM = 2.06 P-value = 0.12

ตารางผนวก 87 ความหนาเยื่อบุผิวด้านในของลำไส้เล็กส่วนกลาง (μm)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	176.94	168.15	171.23	158.01	168.58
0.05	155.68	159.95	154.13	172.44	160.55
0.1	162.71	169.11	155.28	158.38	161.37
0.2	153.80	158.50	174.94	154.12	160.34
					162.71

ตารางผนวก 88 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความหนาเยื่อบุผิวด้านในของลำไส้เล็กส่วนกลาง (μm)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	186.26	62.09	0.93 ^{ns}	3.49	5.95
Error	12	801.22	66.77			
Total	15	987.48				

SEM = 2.03 P-value = 0.46

ตารางผนวก 89 ความหนาเยื่อบุผิวด้านในของลำไส้เล็กส่วนปลาย (μm)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	148.78	150.27	144.26	150.66	148.49
0.05	136.03	140.40	156.49	152.21	146.28
0.1	157.17	152.84	147.61	141.84	149.87
0.2	143.83	142.30	149.33	147.80	145.82
					147.61

ตารางผนวก 90 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความหนาเยื่อบุผิวด้านในของลำไส้เล็กส่วนปลาย (μm)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	43.39	14.46	0.37 ^{ns}	3.49	5.95
Error	12	469.19	39.10			
Total	15	512.58				

SEM = 1.46 P-value = 0.78

ตารางผนวก 91 ความหนาเยื่อบุผิวด้านในรวมของลำไส้เล็ก (μm)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	510.32	510.41	509.72	508.9	509.84
0.05	485.00	484.81	481.45	497.96	487.31
0.1	490.74	506.86	485.34	487.96	492.73
0.2	480.95	485.79	512.46	491.27	492.62
					495.62

ตารางผนวก 92 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความหนาเยื่อบุผิวด้านในรวมของลำไส้เล็ก (μm)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	1154.69	384.90	4.53*	3.49	5.95
Error	12	1020.07	85.01			
Total	15	2174.76				

SEM = 3.01 P-value = 0.02

DNMRT

ค่าเฉลี่ย	T1	T3	T4	T2
	509.84	487.31	492.73	492.62
P<0.05	a	b	b	b

ตารางผนวก 93 ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้เล็กส่วนต้น (μm)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	224.56	232.03	229.01	231.65	229.31
0.05	228.30	206.17	234.80	235.80	226.27
0.1	229.99	241.23	214.07	235.85	230.29
0.2	207.24	241.36	230.98	220.77	225.09
					227.74

ตารางผนวก 94 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้เล็กส่วนต้น (μm)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	72.62	24.21	0.18 ^{ns}	3.49	5.95
Error	12	1657.71	138.14			
Total	15	1730.32				

SEM = 2.69 P-value = 0.91

ตารางผนวก 95 ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้เล็กส่วนกลาง (µm)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	199.42	261.54	182.41	188.12	207.87
0.05	180.44	179.58	192.09	196.65	187.19
0.1	185.93	204.19	199.44	203.20	198.19
0.2	187.28	205.30	202.55	203.27	199.60
					198.21

ตารางผนวก 96 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้เล็กส่วนกลาง (µm)

Source	DF	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	3	866.95	288.98	0.75 ^{ns}	3.49	5.95
Error	12	4626.54	385.55			
Total	15	5493.48				

SEM = 4.78 P-value = 0.54

ตารางผนวก 97 ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้เล็กส่วนปลาย (μm)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	183.16	186.08	175.54	187.46	183.06
0.05	183.53	175.16	182.06	183.74	181.12
0.1	182.60	186.80	175.15	185.02	182.39
0.2	179.89	177.45	183.46	175.76	179.14
					181.43

ตารางผนวก 98 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้เล็กส่วนปลาย (μm)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	35.69	11.90	0.58 ^{ns}	3.49	5.95
Error	12	246.45	20.54			
Total	15	282.14				

SEM = 1.08 P-value = 0.64

ตารางผนวก 99 ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอกรวมของลำไส้เล็ก (μm)

สูตรอาหารเสริมขมิ้นชัน (%)	ซ้ำ				ผลเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	607.14	679.65	586.96	607.23	620.25
0.05	592.27	560.91	608.95	616.19	594.58
0.1	598.52	632.22	588.66	624.07	610.87
0.2	574.41	624.11	616.99	599.80	603.83
					607.38

ตารางผนวก 100 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความหนาเยื่อบุผิวด้านนอกรวมของลำไส้เล็ก (μm)

Source	DF	SS	MS	F	F 0.05	F 0.01
Treatment	3	1416.52	472.17	0.59 ^{ns}	3.49	5.95
Error	12	9532.58	794.38			
Total	15	10949.11				

SEM = 6.75 P-value = 0.63

ภาคผนวก ข

การเตรียมสารละลายในการเก็บตัวอย่างลำไส้เล็ก

วิธีการคำนวณข้อมูลหาค่าชีวภาพโปรตีน

การตรวจสอบหาปริมาณน้ำมันหอมระเหย

การตรวจสอบหาปริมาณเคอร์คูมิน

การเตรียมสารละลายในการเก็บตัวอย่างลำไส้เล็ก

อ้างอิงโดย (Mekbungwan *et al.*, 2003)

1. Phosphate bufffer saline 0.01 M (PBS)

Sodium phosphate Dibasis , $Na_2HPO_4.12\ H_2O$ = 358.14	1000 ml
Sodium chloride, NaCl = 58.44	3.227 g

Adjust pH to 7.4 by sodium Dihydrogenphosphate dehydrate (Sodium phosphate Monobasis) , $NaH_2PO_4.2H_2O$ = 156.01

Reduce pH by sodium Phosphate, Monobasis

Increase pH by sodium Phosphate, Dibasis

2. 0.2 M Cacodylate buffer solution for 250 ml

DDW	200 ml
Sodium Cacodylate Trihydrate, $(CH_3)_2AsONa.3H_2O$	10.7 g

Adjust pH 7.4 by 1 mol/L Hydrochloric acid, HCl = 36.36

Adjust volume to 250 ml by DDW

Please adjust pH by care because, if pH lower than 7.4, it can not increase the pH

3. 1% Osmium tetroxide in 0.1 M Cacodylate buffer

Method 1

2% Aqueous Solution Osmium Tetroxide, OsO_4 (1 ampoule)	5 ml
0.2 M Cacody late buffer	5 ml

Method 2

4% Aqueous Solution Osmium Tetroxide, OsO_4 (1 ampoule)	5 ml
0.2 M Cacodylate buffer	10 ml
DDW	5 ml

Prepare solution in air draft camber

Protect light by cover with aluminum foil

Keep the solution in refrigerator until use

4. 3% Glutaraldehyde in 0.1 M Cacodylate buffer

50% Glutaraldehyde, $OCHCH_2CH_2CH_2CHO$ = 100.12	30 ml

0.2M Cacodylate buffer	234 ml
DDW	204 ml

25% Glutaraldehyde

25% Glutaraldehyde, $OCHCH_2CH_2CH_2CHO$ = 100.12	60 ml
0.2M Cacodylate buffer	246 ml
DDW	186 ml

5. 4%Paraformaldehyde in 0.1 M Cacodylate buffer

250 × 2 = 500 ml

DDW	400 ml
Sodium Cacodylate Trihydrate $(CH_3)_2 AsO_2Na.3H_2O$ = 214.3	10.6 g
Paraformalldehyde	20 g
Sodium hydroxide (Saturated solution)	2-3 drops

Paraformaldehysde is added after dissolved Sodium Cacodylate Trihydrate in DDW.

Dissolve Paraformaldehyde on the hot plate.

Make clear solution by added saturated solution of NaOH until its clear color

Adjust pH for 7.4 by 0.2 M HCL. Pleases careful, pH lowers than 7.4 it can not increase pH.

Adjust volume for 250 ml by DDW.

วิธีการคำนวณข้อมูลหาค่าชีวภาพโปรตีน

ตามวิธีของ (บุญล้อม, 2541)

$$\text{ค่าชีวภาพของโปรตีน BV (\%)} = \frac{(\text{ปริมาณไนโตรเจนที่กิน} - \text{ปริมาณไนโตรเจนที่ถ่าย})}{\text{ปริมาณไนโตรเจนที่กิน}} \times 100$$

$$\text{ไนโตรเจนที่กิน} = \text{อาหารที่กิน} \times \left[\frac{\%\ \text{ไนโตรเจนใน อาหาร}}{100}\right]$$

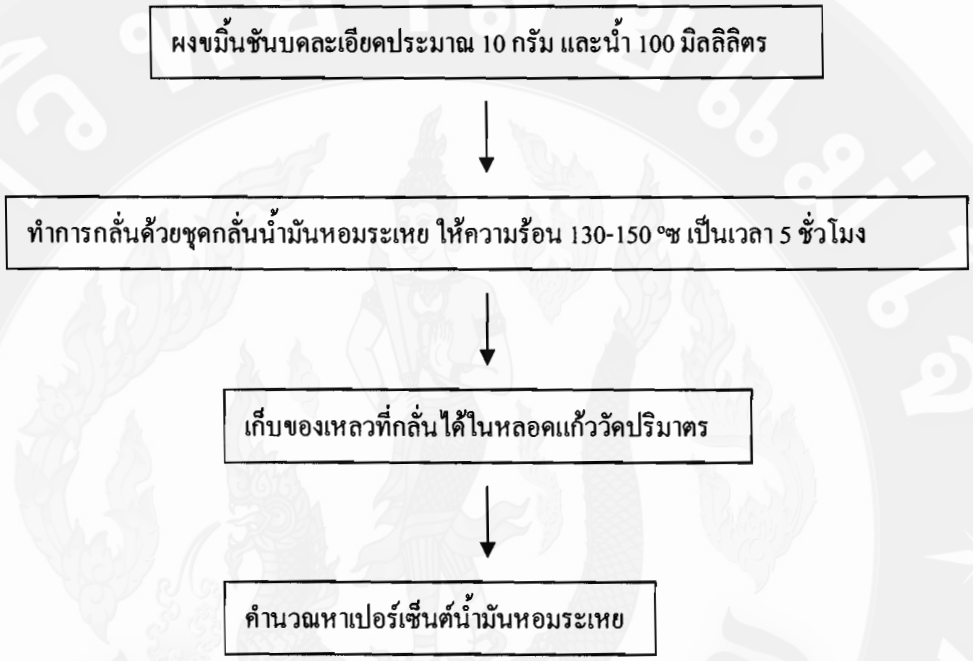
$$\text{ไนโตรเจนที่ถ่ายออก} = \text{นน. มูลแห้ง} \times \left[\frac{\%\ \text{ไนโตรเจนใน มูลแห้ง}}{100}\right]$$

$$\text{นน. มูลแห้ง} = \text{นน. มูลสด} \times \left[\frac{\%\ \text{DM ในมูล}}{100}\right]$$

การตรวจสอบหาปริมาณน้ำมันหอมระเหย

ดัดแปลงจาก (THP, 1995)

ขั้นตอนการหาปริมาณน้ำมันหอมระเหย ดังนี้

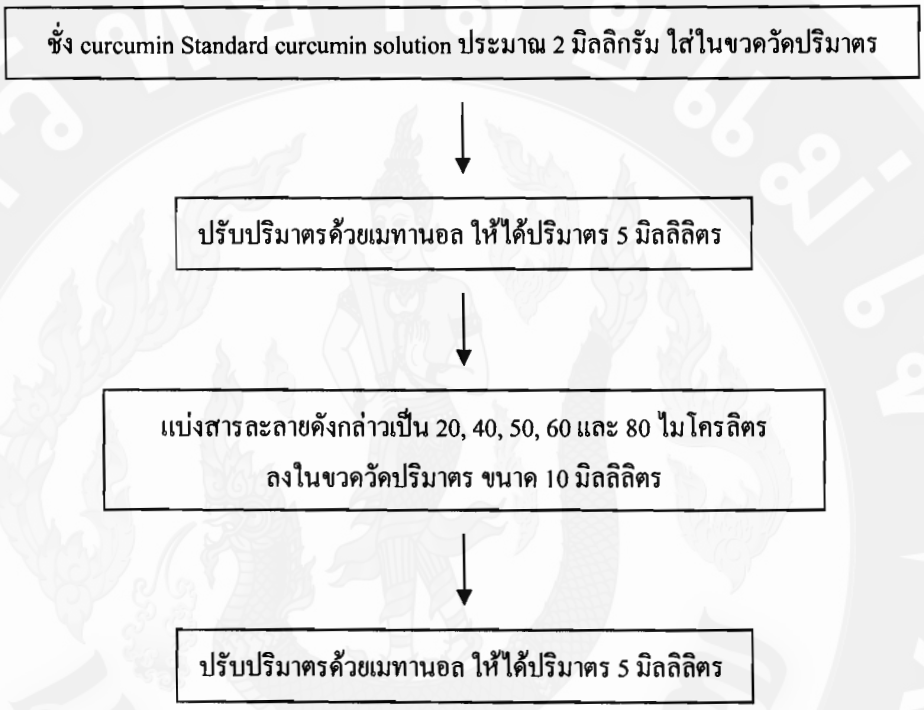


ภาพผนวก 1 ขั้นตอนและวิธีการหาปริมาณน้ำมันหอมระเหย

การตรวจสอบหาปริมาณเคอร์คูมิน

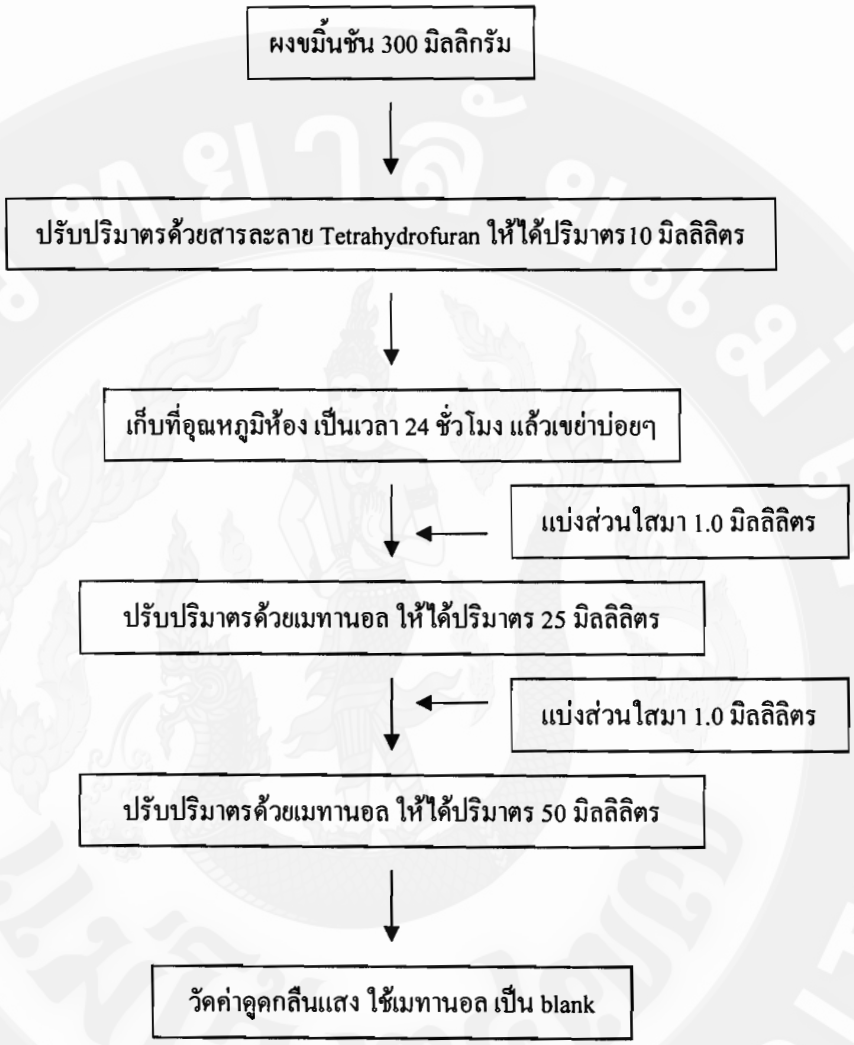
ขั้นตอนการหาปริมาณเคอร์คูมิน ดังนี้

1. การสร้างกราฟมาตรฐานของเคอร์คูมิน (Standard curcumin solution) มีขั้นตอนดังนี้



ภาพผนวก 2 ขั้นตอนการสร้างกราฟ

2. การวิเคราะห์หาปริมาณสารเคอร์คูมิน จากขมิ้นชันแห้งมีขั้นตอนดังนี้



ภาพผนวก 3 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณสารเคอร์คูมิน

ภาคผนวก ค
ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล	นางสาวสุพัตรา เกื้อทอง
เกิดเมื่อ	4 พฤศจิกายน 2526
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2544 มัธยมปลาย โรงเรียนนาขยาดวิทยาคาร จ. พัทลุง
	พ.ศ. 2546 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช จ. นครศรีธรรมราช
	พ.ศ. 2548 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่
ประวัติการฝึกงาน	พ.ศ. 2546 ได้ผ่านการฝึกงาน ณ สุวรรนทีฟาร์ม จ. นครปฐม
	พ.ศ. 2548 ได้ผ่านการฝึกงาน ณ เสริมกสิกิจฟาร์ม จ. ตาก
	พ.ศ. 2548 ได้ผ่านการฝึกงาน ณ สวนสัตว์เชียงใหม่ จ. เชียงใหม่
ประวัติการฝึกอบรม	พ.ศ. 2548 ได้ผ่านการฝึกอบรม หลักสูตรผู้ประกอบการฟาร์มเลี้ยงไก่ไข่
	พ.ศ. 2548 ได้ผ่านการฝึกอบรม หลักสูตรผู้ประกอบการฟาร์มเลี้ยงไก่เนื้อ
	พ.ศ. 2549 ได้ผ่านการฝึกอบรม หลักสูตรผู้ประกอบการฟาร์มเลี้ยงสุกร
	พ.ศ. 2549 ได้ผ่านการฝึกอบรม โครงการปัจฉิมนิเทศ หลักสูตร “การเขียนแผนธุรกิจ”
	พ.ศ. 2550 ได้ผ่านการฝึกอบรม หลักสูตรผู้ประกอบการมาตรฐานฟาร์มโคนม และการผลิตน้ำนมดิบ
	พ.ศ. 2551 ได้ผ่านโครงการฝึกอบรม “GMP และ HACCP ในอุตสาหกรรมอาหาร”
	พ.ศ. 2551 ได้เข้าร่วมโครงการอบรมเพื่อเพิ่มพูนประสิทธิภาพผู้นำชุมชนทางด้านการเลี้ยงสัตว์
	พ.ศ. 2551 ได้เข้าร่วมการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การประยุกต์ใช้จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดสำหรับงานวิจัยขั้นพื้นฐานและขั้นสูงทางด้านชีววิทยา