



รายงานผลงานวิจัย
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง

ผลการใช้ขมิ้นชันในสูตรอาหารที่มีต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต สุขภาพ และ
การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้สุกร

The effect of dietary turmeric (*Curcuma longa* L.)
on growth performance, health status and
histological changes of intestine in pigs

โดย

อภิชัย เมฆบั้งวัน จำรูญ มณีวรรณ และ กิตติพงษ์ ทิพย์ะ



รายงานผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง ผลการใช้ขมิ้นชันในสูตรอาหารที่มีต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต สุขภาพ
และการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้สุกร

The effect of dietary turmeric (*Curcuma longa* L.) on
growth performance, health status and histological
changes of intestine in pigs

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2550 จำนวน 300,000 บาท

หัวหน้าโครงการ	นาย อภิชัย	เมฆบั้งวัน
ผู้ร่วมโครงการ	นาย จำรูญ	มณีวรรณ
	นาย กิตติพงษ์	ทิพย์ะ

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์
วันที่ 18 กันยายน พ.ศ. 2552

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัยจากงบประมาณประจำปี 2550 โดยสำนักวิจัย
และส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ และความเห็นชอบของ
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย



(ก)

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	(ก)
สารบัญตาราง	(ข)
สารบัญภาพ	(ค)
สารบัญตารางผนวก	(ง)
บทคัดย่อ	(จ)
Abstract	(ฉ)
คำนำ	1
ตรวจเอกสาร	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	7
อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน	7
เวลาและสถานที่ทำการวิจัย	12
ผลการทดลอง	13
วิจารณ์ผลการทดลอง	28
สรุป	32
เอกสารอ้างอิง	33
ภาคผนวก	36

สารบัญตาราง

Table		หน้า
1	Feed composition of control diets	11
2	Digestive efficiency of nutrients in experimental piglet diet.	14
3	Carcass and visceral organs of the experimental pigs.	17
4	Effects of turmeric dietary on intestinal histology of experimental piglets.	20
5	The effect of turmeric supplemented on productive performance of after weaning pigs.	25
6	The effect of turmeric supplemented on productive performance of growing pigs.	25
7	The effect of turmeric supplemented on productive performance of finishing pigs.	25
8	The over all effects of turmeric supplemented on productive performance of weaning-finishing pigs.	26
9	The effect on feed cost per kg. BW gain, Baht	26
10	The effect of turmeric supplemented on blood composition of growing pigs. (40 kg.BW)	27
11	The effect of turmeric supplemented on blood composition of finishing pigs. (80 kg.BW)	28
12		

(ค)

สารบัญภาพ

Figure		หน้า
1	Chemical structure of curcumin; diferuloylmethane, demethoxycurcumin, and bisdemethoxycurcumin	4
2	The apical surface of duodenal villus in piglet fed dietary turmeric supplemented at 0, 0.05, 0.1 and 0.2% (A, B, C and D respectively), (Scale bar = 10×250 μm .)	21
3	Duodenal villus surface cells of piglets fed dietary turmeric supplemented at 0, 0.05, 0.1 and 0.2% (A, B, C and D respectively), (Scale bar = 10×615 μm .)	22
4	The apical surface of jejunal villus in piglet fed dietary turmeric supplemented at 0, 0.05, 0.1 and 0.2% (A, B, C and D respectively), (Scale bar = 10×250 μm .)	22
5	Jejunal villus surface cells of piglets fed dietary turmeric supplemented at 0, 0.05, 0.1 and 0.2% (A, B, C and D respectively), (Scale bar = 10×615 μm .)	23
6	The apical surface of ileal villus in piglet fed dietary turmeric supplemented at 0, 0.05, 0.1 and 0.2% (A, B, C and D respectively), (Scale bar = 10×250 μm .)	23
7	Ileal villus surface cells of piglets fed dietary turmeric supplemented at 0, 0.05, 0.1 and 0.2% (A, B, C and D respectively), (Scale bar = 10×615 μm .)	24

สารบัญตารางผนวก

Appendix table		หน้า
1	The composition of important substance in turmeric (<i>Curcuma longa</i> Linn.)	36
2	The nutritional composition in feed and feces of experimental pig.	36
3	Data of growth performance investigated in experiment 2	37



(จ)

ผลการใช้ขมิ้นชันในสูตรอาหารที่มีต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต สุขภาพ และการ
เปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้สุกร

The effect of dietary turmeric (*Curcuma longa* L.) on growth performance, health
status and histological changes of intestine in pigs

อภิชัย เมฆบงวัน จำรูญ มณีวรรณ และ กิตติพงษ์ ทิพย์ะ

APICHAH MEKBUNGWAN, CHAMROON MANEEWAN AND KITTIPONG THIPIYA

ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

ขมิ้นชันเป็นพืชสมุนไพรวงศ์เดียวกับ ขิง ข่า สารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบ คือ เคอร์คูมิน และน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและรา นอกจากนี้ยังพบว่า ช่วยลดการอักเสบและแผลในกระเพาะอาหารด้วย จากการทดลองเสริมขมิ้นชันผงในอาหารสุกร แบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อยคือ การทดลองที่ 1 ทำการศึกษาค่าการย่อยได้ของโภชนะในอาหารเสริมขมิ้นชัน อวัยวะภายในและการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้เล็ก ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) โดยใช้สุกรเล็ก (น้ำหนัก 25 กก.) จำนวน 16 ตัว กินอาหารที่มีขมิ้นชันเสริมในสูตรอาหารระดับ 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% แต่ละกลุ่มทำ 4 ซ้ำ โดยสุกรทดลองจะถูกเลี้ยงบนกรงหาการย่อยได้ เมื่อสิ้นสุดการเก็บตัวอย่างอาหารและมูล จะถูกฆ่าเพื่อเก็บบันทึกน้ำหนักอวัยวะภายในและเก็บตัวอย่างลำไส้เล็กไปศึกษาการพัฒนาของโครงสร้างเซลล์ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและลักษณะทางจุลกายวิภาคอื่นๆ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และการทดลองที่ 2 ทำการศึกษาการเสริมขมิ้นชันในอาหารที่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตและองค์ประกอบเลือดสุกรรุ่น-ขุนใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) ประกอบด้วยกลุ่มทดลอง 4 กลุ่ม คือ สุกรที่กินอาหารเสริมขมิ้นชันระดับ 0, 0.05, 0.10 และ 0.20% แต่ละกลุ่มกระทำ 4 ซ้ำ ใช้สุกรทดลองลูกผสม 3 สาย (ดуроค× ลาร์จไวท์-แลนด์เรซ) รวม 32 ตัว ที่น้ำหนักเริ่มต้น 15 กิโลกรัม เลี้ยงจนสิ้นสุดการทดลองที่น้ำหนัก 90 กิโลกรัม ผลการศึกษา พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบแห้ง เถ้า ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก และพลังงาน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใย พบว่า กลุ่มเสริมขมิ้นชันระดับ 0.1 และ 0.2% มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.01$) และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน ไขมัน และค่าชีวภาพของโปรตีน กลุ่มเสริมขมิ้นชันระดับ 0.1 และ 0.2% มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) ส่วนน้ำหนักซาก

ความหนาแน่นไขมันหลัง อวัยวะภายในได้แก่ น้ำหนักของหัวใจ ตับ ไต ม้าม ปอด กระเพาะอาหารและความยาวลำไส้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง แต่สุกรกลุ่มที่กินอาหารเสริมไขมันชั้นมีน้ำหนักลำไส้ต่ำกว่า ($P < 0.05$) กลุ่มควบคุม ผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางจุลกายวิภาคของลำไส้ นั้น พบว่าลักษณะความยาวของวิลไล พื้นที่ของเซลล์บุผิว ความลึกเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้เล็ก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ความลึกเยื่อบุผิวด้านในของกลุ่มที่เสริมไขมันชั้นมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) จำนวนเซลล์ไมโทซิสในคริปต์ในลำไส้เล็กเล็ก ของกลุ่มเสริมไขมันชั้นที่ระดับ 0.1 และ 0.2% มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.01$) ส่วนการพัฒนาของเซลล์บุผิวส่วนปลายยอดของวิลไลของลำไส้ พบว่ากลุ่มควบคุมมีผิวเรียบและจะมีการขยายขนาดและรอยแบ่งเซลล์ชัดเจนเมื่อเสริมไขมันชั้นเพิ่มขึ้นในอาหาร โดยมีการพัฒนาสูงสุดในกลุ่มที่เสริมไขมันชั้นระดับ 0.2% ในอาหาร ผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต (การทดลองที่ 2) พบว่า กลุ่มที่เสริมไขมันชั้นในอาหารมีสมรรถภาพการผลิตดีกว่ากลุ่มควบคุม แต่ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ผลต่อองค์ประกอบของเลือดสุกร พบว่า ในสุกรรุ่น กลุ่มที่เสริมไขมันชั้นจะมีปริมาณเม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) สุกรขุนกลุ่มที่เสริมไขมันชั้นจะมีปริมาณเม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้น ($P < 0.01$) นอกจากนี้ยังพบว่า ในสุกรขุน กลุ่มที่เสริมไขมันชั้นมีระดับไตรกลีเซอไรด์เพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) แต่ระดับโคเลสเตอรอลไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง จึงสรุปได้ว่าการเสริมไขมันชั้นในอาหารมีผลดีต่อการย่อยและดูดซึมโภชนาในอาหาร อันทำให้สมรรถภาพการเจริญเติบโตมีแนวโน้มที่ดีขึ้น และทำให้ปริมาณเม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้นด้วย จากผลการทดลองนี้จึงกล่าวว่าการเสริมไขมันชั้นที่ระดับ 0.1% ในอาหารมีความเหมาะสมที่จะใช้ในการเลี้ยงสุกร

คำสำคัญ : ไขมันชั้น, การย่อยได้, สมรรถภาพการเจริญเติบโต, จุลกายวิภาคของลำไส้, ไตรกลีเซอไรด์, เลือด, สุกร

Abstract

Turmeric (*Curcuma longa* Linn.) is a plant in the same family of ginger and galangale. 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 supplementation in growing pig diets conducted to 2 experiments; In the experiment 1, to investigated on the digestibility of nutrients, visceral organs, and small intestinal histology of swine (25 kg. BW), its 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, 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 experiment 2, was studied of turmeric supplemented in diets on productive performance and blood composition of growing – finishing pigs conducted in Completely Randomized Design (CRD), composed of 4 groups for supplemented turmeric 0, 0.05, 0.10 and 0.20% respectively, each group was done 4 replication. The total 32 pigs (hybrid: Duroc × Large white – Landrace) were used at 15 kgs initial BW until 90 kgs of finished BW. 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 effects on productive performance showed that were not significant different ($P>0.05$) improved productive performance in fed with supplemented turmeric. The experiment was results that total white blood cell counter was significant different ($P<0.05$) increased on growing pigs with supplemented group, the total white blood cell counter was increased ($P<0.01$) on finishing pigs with supplemented group. Besides, in plasma triglyceride were increased ($P<0.05$) with a group supplemented turmeric on finishing pigs, but plasma cholesterol were not different among groups. The results of this experiment can be concluded that the addition of turmeric in swine diets showed improving the digestibility and histological absorption of nutrients in small intestines, consequence to tendency improving growth performance and gain white blood cell concentration. So we recommended to adding turmeric at 0.1% was appropriate in swine diets.

Keyword : Turmeric (*Curcuma longa* Linn.), digestibility, growth performance, small intestinal histology and morphology, triglyceride, blood, pig.

คำนำ

ประเทศไทยมีการพัฒนาการเลี้ยงสุกรเป็นระบบอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น เพราะสุกรเป็นสัตว์กลุ่มที่มีการผลิตได้ในปริมาณที่มากและมีศักยภาพการผลิตในการส่งออกไปแข่งขันกับต่างประเทศได้ ซึ่งเป็นตลาดที่มีการแข่งขันสูงมากภายใต้เงื่อนไขมากมาย อาทิเช่น การใช้สารต้านจุลชีพ หรือยาปฏิชีวนะ (Antibiotic) เพื่อเร่งการเจริญเติบโต การปฏิบัติต่อสัตว์อย่างมีเมตตาธรรมและคำนึงถึงสวัสดิภาพของสัตว์ (Animal welfare) การปนเปื้อนของสารเคมี สารต้านจุลชีพและจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ ฯลฯ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การมีสารเคมีและยาปฏิชีวนะตกค้างในเนื้อสัตว์เป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญที่ถูกหยิบยกนำมาใช้เป็นมาตรการในการกีดกันการนำเข้าในสหภาพยุโรป ทำให้การส่งเนื้อสัตว์ของไทยนั้นลดลง และเป็นปัญหาเร่งด่วนที่ต้องได้รับการวิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตและพัฒนาคุณภาพของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ ทำให้เพิ่มโอกาสในการขยายตลาดส่งออกทั้งในรูปแบบเนื้อสดและผลิตภัณฑ์แปรรูปให้ได้มากขึ้น (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2544)

ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสุกรปัจจุบันนี้มีการพัฒนาสายพันธุ์เพื่อให้มีการเจริญเติบโตเร็วขึ้น มีการนำเทคโนโลยีทันสมัยมาใช้และมีการนำวิธีการเลี้ยงแบบหนาแน่น (Intensive farming) มาใช้เพื่อให้ได้ผลผลิตผลรวมต่อหน่วยพื้นที่สูงสุด เมื่อมีเลี้ยงหนาแน่นและสัตว์โตไวก็ส่งผลให้สุขภาพและความสามารถในการต่อต้านเชื้อโรคต่างๆลดลงเกิดการระบาดของโรคได้ง่ายขึ้น ในการควบคุมและรักษาโรคนั้นส่วนใหญ่จะใช้ยาปฏิชีวนะ ซึ่งมักจะมีฤทธิ์ตกค้างหรือสะสมอยู่ตามอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายสัตว์อยู่ระยะเวลาหนึ่งแล้วจะขับออกจากร่างกายเอง และเนื่องจากวงจรชีวิตของสุกรนั้นสั้น คือจะจับจำหน่ายเป็นสุกรขุนเมื่ออายุประมาณ 5 – 6 เดือน จึงอาจทำให้เกิดปัญหาสารเคมีหรือยาปฏิชีวนะตกค้างอยู่ในเนื้อสุกร ซึ่งสารเคมีและยาปฏิชีวนะเหล่านี้จะส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภคตามมา อาทิเช่น ก่อให้เกิดโรคมะเร็งซึ่งปัจจุบันเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับหนึ่งของประชากรของประเทศไทย และส่งผลเสียต่อเนื่องไปยังการจัดการด้านสาธารณสุขและสุขภาพทั้งประชาชนของประเทศไทยเองและของโลก จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการค้นคว้าหาสิ่งที่จะมาทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะเพื่อการป้องกัน ควบคุม และรักษาโรกระบาดในสุกร

ปัจจุบันรัฐบาลได้กำหนดนโยบายในการพัฒนาสมุนไพรไทยที่มีศักยภาพดีเพื่อใช้ในการรักษาโรคทดแทนยาปฏิชีวนะและสารเคมีอื่นๆ ซึ่งจะนำไปสู่การลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์ยาสำเร็จรูปรวมไปถึงวัตถุดิบเพื่อการผลิตยาจากต่างประเทศ และจะช่วยประหยัดงบประมาณและทำให้เกิดการพึ่งพาตนเองภายในประเทศ นอกจากนี้การกระตุ้นให้มีการใช้สมุนไพรภายในประเทศ ยังนำไปสู่การสร้างงานในชุมชนและเป็นการสนับสนุนโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ของรัฐบาลอีกด้วย พืชสมุนไพรส่วนใหญ่ นอกเหนือจากใช้เป็นยาในมนุษย์แล้ว เกษตรกรบางรายยังนำมาใช้ในการป้องกันและรักษาโรคในสุกรและไก่อีกด้วย แต่ปริมาณและสัดส่วนที่ใช้นั้นขึ้นอยู่กับความรู้และประสบการณ์ของแต่ละ

บุคคล ที่มักจะใช้ในรูปแบบสมุนไพรหลายชนิดตามสัดส่วนที่กำหนดขึ้นเองซึ่งมักเรียกกันว่า "สูตรยาหรือตำรับยา" ตามภูมิปัญญาของตนเองหรือได้รับการถ่ายทอดความรู้มาจากบรรพบุรุษ แต่ไม่มีข้อมูลยืนยันแน่ชัดว่าพืชสมุนไพรแต่ละชนิดที่เป็นส่วนผสมนั้นออกฤทธิ์และส่งผลต่อร่างกายในด้านใดบ้าง หรือพืชสมุนไพรที่ใช้ร่วมกันนั้นมีฤทธิ์ต่อต้านกันหรือไม่ ดังนั้น คณะผู้วิจัยเห็นว่าการวิจัยเพื่อตรวจสอบและเปรียบเทียบผลของการใช้พืชสมุนไพรแต่ละชนิดในรูปแบบการให้เดี่ยว ๆ ในอาหารในระดับต่าง ๆ กันต่อร่างกายสัตว์ในด้านต่าง ๆ ก่อน อาทิเช่น การกินอาหาร การเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร สุขภาพโดยรวม การตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบภูมิคุ้มกันในกระแสเลือด (Humeral immune responses) และการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histological change) ของระบบลำไส้ ฯลฯ ข้อมูลเหล่านี้จำเป็นอย่างยิ่งในการพิจารณาเลือกชนิดและปริมาณการใช้พืชสมุนไพรให้เหมาะสมกับสถานการณ์ และตรงตามวัตถุประสงค์ในการใช้พืชสมุนไพรของผู้ใช้ อาทิเช่น ใช้เพื่อเพิ่มระดับภูมิคุ้มกัน เพื่อช่วยในการป้องกันโรค หรือใช้เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยอาหารให้ดีขึ้น ส่งผลให้กระดู้นให้มีการเจริญเติบโตให้ดีขึ้น ฯลฯ นอกจากนี้ยังสามารถนำผลการทดลองมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลือกนำพืชสมุนไพรชนิดต่าง ๆ มาใช้ร่วมกันเพื่อให้เกิดผลดีต่อสัตว์หลาย ๆ ด้านพร้อม ๆ กันในเวลาเดียวกันอีกด้วย

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นเร่งด่วนที่จะต้องทำการศึกษาเพื่อนำพืชสมุนไพรบางชนิด อาทิเช่น ขมิ้นชัน มาใช้ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์เพื่อลดข้อกีดกันทางการค้า และช่วยเพิ่มปริมาณการส่งออกให้มากขึ้น นอกจากนี้ ยังเกิดความปลอดภัยแก่ผู้บริโภคเนื้อสัตว์ภายในประเทศจึงช่วยลดปัญหาด้านสาธารณสุข สุข เกษตรกรผู้เพาะปลูกขมิ้นชันมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการผลิตสมุนไพร และลดปริมาณการนำเข้ายาปฏิชีวนะจากต่างประเทศลงได้ การนำพืชสมุนไพรมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์ นอกจากจะพิจารณาถึงสรรพคุณและฤทธิ์ทางเภสัชแล้วยังต้องพิจารณาถึงความยากง่ายในการหาสมุนไพรและปริมาณของสมุนไพรที่สามารถหาได้ในประเทศด้วย ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงเลือกทำศึกษาในขมิ้นชันซึ่งเป็นพืชสมุนไพรที่มีอยู่มากและสามารถเพิ่มศักยภาพในการผลิตได้ในอนาคต

ตรวจเอกสาร

พืชสมุนไพร ตามความหมายในพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตสถานหมายถึง พืชที่ใช้ทำเป็น เครื่องยาซึ่งหาได้ตามพื้นเมืองมิใช่เครื่องเทศ แต่ในความหมายของตำรายาไทยจะหมายถึงยาที่ได้จาก พืช สัตว์ หรือแร่ ซึ่งมีได้ผสม ประชุมหรือแปรสภาพ (รุ่งระวี และคณะ, 2545)

ขมิ้นชัน (Turmeric)

ขมิ้นชันมีชื่อท้องถิ่นเรียกตามภาคต่าง ๆ ดังนี้ ขมิ้นแกง ขมิ้นชัน ขมิ้นหยอก ขมิ้นหัว ขมิ้นตา ยอ สะยอ หมีน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Curcuma longa* Linn. เป็นพืชอยู่ในวงศ์เดียวกับพริก ข่า คือ วงศ์ Zingiberaceae เป็นไม้ล้มลุกอายุหลายปี สูงประมาณ 30 – 90 ซม. เหง้าใต้ดินตรงกลางมีขนาดใหญ่รูป ไข่มีแขนงรูปทรงกระบอกแตกออกด้านข้างสองด้านตรงข้ามกันคล้ายนิ้วมือ เนื้อในเหง้ามีสีเหลืองส้ม มีกลิ่นเฉพาะ ใบเดี่ยวแทงออกจากเหง้าเรียงเป็นวงซ้อนทับกัน ใบเป็นรูปใบหอก กว้างประมาณ 12 – 15 ซม. ยาวประมาณ 30 – 40 ซม. ดอกเป็นดอกช่อแทงออกจากเหง้าแทรกขึ้นมาระหว่างก้านใบ รูป ทรงกระบอก กลีบดอกสีเหลืองอ่อน ใบประดับสีเขียวอ่อนหรือสีนวล บานครั้งละ 3 – 4 ดอก ผลเป็น ผลแห้งรูปกลมมี 3 พู ในหน้าแล้งขมิ้นจะลงหัว ส่วนของดินและใบบนดินจะแห้งตาย (รุ่งระวี และคณะ , 2545) ขมิ้นชันมีปลูกกันอย่างกว้างขวางในทวีปเอเชียเพื่อนำมาประกอบอาหารโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ เป็นสารให้สีเหลืองและสารแต่งกลิ่นในอาหาร นอกจากจะมีประโยชน์ในการประกอบอาหารดังกล่าว แล้วขมิ้นชันยังสามารถใช้ในการป้องกันและรักษาโรคบางอย่างได้ เช่น โรคท้องอืดท้องเฟ้อ แผลใน กระเพาะอาหาร ลดการเกิดก๊าซในระบบทางเดินอาหาร ช่วยให้การย่อยอาหารดีขึ้นและเพิ่มการขับหลั่ง น้ำดี

สารสำคัญในขมิ้นชัน

ในขมิ้นชันมีน้ำมันหอมระเหยอยู่ 3 – 4% (รุ่งระวี และคณะ, 2545) แต่ Ammon and Wahl (1991) กล่าวว่า ในขมิ้นชันมีน้ำมันหอมระเหย (essential oil) 2.4 – 14% ไขมัน (fatty oil) 4.4 – 12.7% และความชื้น 10 – 12% และ Jayaprakasha *et al* (2002) กล่าวว่า ขมิ้นชันมีสารประกอบพวกฟีนอลิก (phenolic compounds) เรียกว่า เคอร์คูมินอยด์ (curcuminoids) ซึ่งเมื่อสกัดออกมาแล้วจะให้สาร พวก diarylheptanoid 3 ชนิดคือ สารเคอร์คูมิน (curcumin; diferuloylmethane) สารดีเมท็อกซีเคอร์คูมิน (demethoxycurcumin; *p*-hydroxycinnamoyl, feruloylmethane) และสารบิสดีเมท็อกซีเคอร์คูมิน (bisdemethoxycurcumin; di-*p*-hydroxycinnamoylmethane) จากการวิเคราะห์พบว่าในขมิ้นชันมีปริมาณ สารประกอบดังกล่าวดังนี้

- สารเคอร์คูมิน (curcumin; diferuloylmethane) 1.06 ± 0.061 ถึง $5.65 \pm 0.040\%$

- สารดีเมท็อกซีเคอร์คูมิน (demethoxycurcumin) 0.83 ± 0.047 ถึง $3.36 \pm 0.040\%$ และ
 - สารบิสดีเมท็อกซีเคอร์คูมิน (bisdemethoxycurcumin) 0.42 ± 0.036 ถึง $2.16 \pm 0.060\%$
- พบว่ามีการพบเคอร์คูมินอยด์ (curcuminoid) เป็นส่วนประกอบในขมิ้นชันทั้งหมด 2.34 ถึง 9.18%

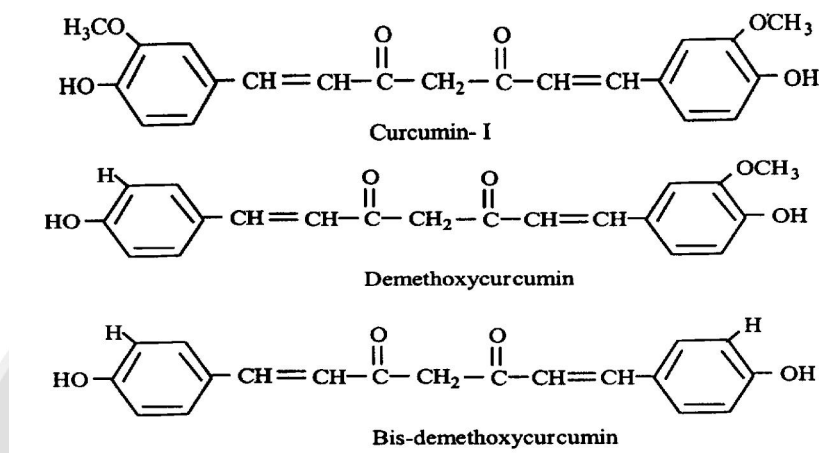


Figure 1 Chemical structure of curcumin; diferuloylmethane, demethoxycurcumin, and bisdemethoxycurcumin

Source : Chattopadhyay *et al.* (2004)

Park *et al* (2002) รายงานว่า ในขมิ้นชันมีสารประกอบและคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้คือ

1. 1'' - (3'''- Methoxy - 4'''- hydroxyphenyl) - 2''- oxo - ene - butanyl - 3 - (3'-methoxy - 4' hydroxyphenyl) propenoate (calebin-A) มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง มีค่า mp $138 - 139^{\circ}\text{C}$ ($\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_7$)
2. 1,7-Bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1,4,6-heptatrien-3-one มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง มีค่า mp $128 - 129^{\circ}\text{C}$ ($\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_5$)
3. 1,7-Bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1,6-heptadiene-3,5-dione (curcumin) มีลักษณะเป็นแท่งเล็ก ๆ (yellow needles) มีค่า mp $183 - 184^{\circ}\text{C}$
4. 1-(4-Hydroxy-3-methoxyphenyl)-7-(4-hydroxyphenyl)-1,6-heptadiene-3,5-dione (demethoxycurcumin) มีลักษณะเป็นแท่งเล็ก ๆ (yellow needles) มีค่า mp $180 - 181^{\circ}\text{C}$
5. 1,7-Bis(4-hydroxyphenyl)-1,6-heptadiene-3,5-dione (bis-demethoxycurcumin) มีลักษณะเป็นแท่งเล็ก ๆ (yellow needles) มีค่า mp $232 - 233^{\circ}\text{C}$
6. 1-Hydroxy-1,7-bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-6-heptene-3,5-dione มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง มีค่า mp $92 - 94^{\circ}\text{C}$

7. 1,7-Bis(4-hydroxyphenyl)-1-heptene-3,5-one มีลักษณะเป็นแท่งเล็ก ๆ (yellow needles) มีค่า mp 145 – 146 °C

8. 1,7-Bis(4-hydroxyphenyl)-1,4,6-heptatrien-3-one มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง มีค่า mp 145 – 146 °C

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

Chatterjee *et al* (2000) รายงานว่า สารประกอบที่อยู่ในน้ำมันหอมระเหย (essential oil) ของขมิ้นชันมีอยู่ 1.71% และเมื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบของน้ำมันหอมระเหยนี้โดยใช้เครื่อง GC/MS พบว่าประกอบด้วยสารประกอบหลัก ๆ คือ α -phellandrene 1.81%, *p*-Cymene 1.3%, 1:8 Cineol 1.3%, β -Caryophyllene 0.36%, ar-Curcumene 1.43%, Zingiberene + β -sesquiphellandrene 3.31%, Nerolidol 0.96%, ar-Turmerone + turmerone 68%, Curlone 15%, Dehydrozingerone 3.8% ส่วน Singh *et al* (2002) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบที่อยู่ในน้ำมันหอมระเหยของขมิ้นชันโดยการกลั่นด้วยการต้มด้วยน้ำ ได้ผลดังนี้ ar-Turmerone 51.7%, β -bisbolene 10.7%, ar-turmerol 11.9%, zingiberene 10.2%, β -caryophyllene 5.6%, ar-curcumene 3.8%, β -farnesene 3.7%

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารที่ประกอบอยู่ในน้ำมันหอมระเหยของขมิ้นชันที่กล่าวมาแล้ว พบว่ามีผลรายงานค่อนข้างจะแตกต่างกันมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการสกัดที่แตกต่างกัน ซึ่ง Chatterjee *et al* (2000) ใช้วิธีการสกัดด้วยสารทำละลาย (solvent) แต่ Singh *et al* (2002) สกัดโดยการต้มกลั่นด้วยน้ำ

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของขมิ้นชัน

Shankar and Murthy (1979) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากขมิ้นชันมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของของแบคทีเรียในลำไส้ (intestinal) แบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค (pathogenic) และแบคทีเรียที่ทำให้เกิดพิษ (toxigenic bacteria) สารเคอร์คูมินที่เป็นสารสีเหลืองไม่มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียข้างต้นยกเว้น *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus cereus* นอกจากนี้สารสกัดโดยใช้แอลกอฮอล์และน้ำมันจากขมิ้นชันสามารถกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายวิภาคของเชื้อ *Streptococci*, *Lactobacilli* และ *Staphylococci* ได้ และ Apisariyakul *et al* (1995) รายงานว่าน้ำมันและสารเคอร์คูมินที่สกัดจากขมิ้นชันนั้น พบว่า น้ำมันมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราที่เป็นปรสิตบนผิวหนัง (dermatophytes) 15 ชนิด ถึงแม้ว่าจะเจือจางถึง 1:40 – 1:320 เท่าก็ตาม ส่วนสารเคอร์คูมินไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราดังกล่าวแต่อย่างใด น้ำมันที่สกัดจากขมิ้นชันยังมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราที่ทำให้เกิดโรค (pathogenic fungi) ที่ระดับความเจือจาง 1:40 – 1:80 เท่าแต่สารเคอร์คูมินไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคแต่อย่างใด

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. นอกจากนี้ Chatterjee *et al* (1999) ทำการทดลองพบว่าสารที่มีฤทธิ์ป้องกันการออกซิเดชัน (antioxidation) ของกรดไขมันในขมิ้นชันคือ สารเคอร์คูมินอยด์ (curcuminoids) โดยมีสารเคอร์คูมิน (curcumin) มีฤทธิ์ในการป้องกันมากที่สุด

การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histological change) และลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphological change) ของเซลล์บุผิวและวิลโลในลำไส้เล็กมีความสัมพันธ์โดยตรงกับหน้าที่ในการดูดซึมสารอาหาร จากการศึกษาโดยกล้องจุลทรรศน์ชนิดส่องตา (Light microscopic observation) พบว่า การอดอาหารมีผลทำให้ความยาวของวิลโลในลำไส้เล็กส่วนต้น (Duodenum) ลดลง และจากนั้นลักษณะทางจุลกายวิภาคของวิลโลที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อสุกรอดอาหารนั้นจะกลับคืนสู่สภาวะปกติอีกครั้งหลังจากให้อาหารใหม่ (Re-feeding) นอกจากนี้จากการศึกษายังพบว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning electron microscopic observation) พบว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์บุผิวบนวิลโลมีความสัมพันธ์โดยตรงกับลักษณะทางจุลกายวิภาคและจำนวนของเซลล์ในระยะแบ่งตัวหรือในระยะไมโทซิสที่อยู่ในคริปส์เซลล์ (Mekbungwan *et al.* 2003) และการพัฒนาของเซลล์บุผิวลำไส้เล็กของสุกรที่กินอาหารคุณภาพสูง(ย่อยได้มากกว่า) จะมีมากกว่าในสุกรที่กินอาหารที่มีคุณภาพต่ำ (Mekbungwan *et al.* 2004)

ดังนั้นจากข้อสรุปของการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางจุลกายวิภาคและลักษณะทางสัณฐานวิทยาสัมพันธ์กับหน้าที่ของลำไส้เล็กดังกล่าวข้างต้นจึงน่าจะเป็นวิธีการที่จะศึกษาผลการตอบสนองของการใช้พืชสมุนไพรบางชนิดในอาหารสุกรระยะเจริญเติบโตได้ นอกเหนือจากการวัดอัตราการเจริญเติบโต อัตราการกินอาหารและอัตราการเลี้ยวรอด ซึ่งการวัดผลดังกล่าวถือเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการวัดผลของการใช้พืชสมุนไพรในสัตว์อยู่แล้ว ดังนั้นถ้ารวมเอาการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histological study) และลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphological study) มาใช้ร่วมการศึกษาค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น หรือค่าฮีมาโตคริต และปริมาณและชนิดของเม็ดเลือดขาว (บ่งชี้ถึงสภาวะภูมิคุ้มกันในระบบเลือด) รวมด้วยจะทำให้ได้ผลการทดลองที่เด่นชัดขึ้น จึงน่าจะเป็นประโยชน์ในการตัดสินใจเลือกใช้พืชสมุนไพร และเป็นแนวทางในการนำพืชสมุนไพรแต่ละชนิดมาใช้ผสมร่วมกันเพื่อให้ได้ผลการป้องกันและรักษาโรคได้ดีที่สุดต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการเสริมไขมันชั้นในสูตรอาหารระดับ 0 , 0.5, 1.0 และ 2.0% ต่อสมรรถภาพการย่อยได้ของอาหารและการเจริญเติบโตของสุกร
2. เพื่อศึกษาผลของการเสริมไขมันชั้นในสูตรอาหารที่มีต่อองค์ประกอบของเนื้อเลือด ระดับคอเรสเตอรอลในพลาสมา สุขภาพ และการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้เล็กสุกร
3. เพื่อหาผลการออกฤทธิ์ที่เด่นชัดและระดับการใช้ที่เหมาะสมของไขมันชั้นเสริมในสูตรอาหารสุกร ที่จะทำให้เกิดผลการผลิตสูงสุด และใช้เป็นแนวทางและข้อพิจารณาในการพัฒนาการใช้ไขมันชั้นในการเลี้ยงสัตว์เพื่อการค้าและการส่งออก

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน

อุปกรณ์การทดลอง

1 สุกรทดลอง ใช้สุกรลูกผสมสามสายเลือด (ลาร์จไวท์-แลนด์เรซ x ดุรอก) ที่มีช่วงอายุเริ่มต้นประมาณ 2 เดือน น้ำหนักตัวเริ่มต้นประมาณ 15 กิโลกรัม จำนวน 48 ตัว แยกใช้เป็น

1.1 การทดลองที่ 1 ใช้สุกรรวมทั้งสิ้น 16 ตัว เป็นเพศผู้ตอนทั้งหมด ทำการเลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรต่างๆ เพื่อทำการวัดผลทางการย่อยได้ของอาหาร เมื่อน้ำหนักตัว 25 กิโลกรัม และฆ่าและเพื่อเก็บตัวอย่างลำไส้ เมื่อสุกรมีน้ำหนักตัว 30 กิโลกรัม

1.2 การทดลองที่ 2 ใช้สุกรรวมทั้งสิ้น 32 ตัว เป็นเพศผู้ตอน 16 ตัว และเพศเมีย 16 ตัว ทำการเลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรต่างๆ ไปจนน้ำหนักตัวสุดท้ายที่ 90 กิโลกรัม เพื่อทำการวัดผลการทดลองในลักษณะการเจริญเติบโตและองค์ประกอบเลือด

2. อาหารทดลองผสมไขมันชั้นระดับต่างๆ 4 สูตร รวมประมาณ 8000 กิโลกรัม ประกอบด้วยสูตร (treatment) ต่างๆดังนี้

- สูตรที่ 1 อาหารสูตรควบคุมควบคุม (ไม่ผสมสมุนไพร)
- สูตรที่ 2 อาหารสูตรควบคุม เสริมไขมันชั้น 0.05%
- สูตรที่ 3 อาหารสูตรควบคุม เสริมไขมันชั้น 0.1%
- สูตรที่ 4 อาหารสูตรควบคุม เสริมไขมันชั้น 0.2%

อาหารทุกสูตรมีส่วนประกอบของโภชนาต่าง ๆ ครอบคลุมความต้องการโดยอ้างอิงจากข้อมูลของ NRC (1998)

3. คอกเลี้ยงสุกร แบ่งเป็น

3.1 กรงหาการย่อยได้ของอาหารทดลอง (Metabolic cage) จำนวน 16 คอก

3.2 คอกเลี้ยงสุกรวัดสมรรถภาพการเจริญเติบโต เป็นคอกพื้นสแลต ค.ส.ล. ขนาด 1.5x2.0 ตารางเมตร ผนังคอกเป็นลูกกรงเหล็ก จำนวน 16 คอก ทุกคอกได้รับผลของการจัดการแสงสว่าง การระบายอากาศ และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เหมือนกันหมด

4. อุปกรณ์การให้น้ำและอาหาร อุปกรณ์ให้น้ำเป็นแบบจับน้ำอัตโนมัติ และอุปกรณ์ที่ให้อาหารเป็นกล่องให้อาหารอัตโนมัติ

5. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM)

6. กล้องจุลทรรศน์ชนิดส่องตา (Light Microscope; LM) และซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์เซลล์ (วัดขนาดและจำนวนเซลล์ที่ต้องการศึกษา)

7. เครื่องปั่นเหวี่ยง (Micro-centrifuge)

8. เครื่องไมโครโคม สำหรับตัดชิ้นเนื้อบาง

9. สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างเพื่อสังเกตในกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน กล้องจุลทรรศน์ส่องตา และตรวจสอบเลือด

10. หน่วยทดลองคือ สุกรเพศผู้ตอน 1 ตัวและเพศเมีย 1 ตัวที่เลี้ยงในคอกเดียวกันขนาดพื้นที่คอก 1.5x2.0 ตารางเมตร โดยอาหารทดลองแต่ละสูตร (Treatment) ทำการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ ๆ (Replication)

วิธีการทดลอง

การทดลองเสริมหมิ่นชั้นในสูตรอาหารเลี้ยงสุกร แบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อยคือ

1) การทดลองที่ 1 หากการย่อยได้ของอาหารและตรวจสอบลักษณะทางจุลกายวิภาคและสัณฐานวิทยาของเซลล์บุผิวลำไส้เล็ก และลักษณะซากสุกร

1.1 การเตรียมสุกรทดลอง โดยการคัดเลือกลูกสุกรสามสายเลือด (ลาร์จไวท์-แลนด์เรซ x ดุรอก) ที่แข็งแรงสมบูรณ์ เพศผู้ตอน 16 ตัว ทำการสุ่มสุกรใส่ในคอกทดลองหาการย่อยได้ จำนวน 16 คอก เพื่อสุ่มให้กับอาหารทดลอง 4 สูตรๆละ 4 คอก

1.2 อาหารทดลอง แบ่งเป็น 3 ระยะตามน้ำหนักสุกร คือสุกรเล็ก (piglet) สุกรรุ่น (grower) และ สุกรขุน (finisher) เมื่อสุกรมีน้ำหนักตัว 15-30, 30-60 และ 60-90 กิโลกรัมตามลำดับ อาหารทดลองแบ่งออกเป็น 4 สูตร (ทรีตเมนต์) ดังนี้

- สูตรที่ 1 สูตรอาหารควบคุม (ไม่ผสมหมิ่นชั้นและยาปฏิชีวนะ)
- สูตรที่ 2 สูตรอาหารควบคุม ผสมหมิ่นชั้น 0.05%
- สูตรที่ 3 สูตรอาหารควบคุม ผสมหมิ่นชั้น 0.1%
- สูตรที่ 4 สูตรอาหารควบคุม ผสมหมิ่นชั้น 0.2%

1.3 ศึกษาการย่อยและใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในอาหารทดลอง เมื่อสุกรมีน้ำหนักตัวประมาณ 25 กิโลกรัม จะทำการศึกษากการย่อยและใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในอาหารทดลอง โดยใช้ Chromic oxide ผสมกับอาหารทดลองในอัตรา 1% เพื่อเป็นตัวกำหนดการเก็บมูล (marker) เลี้ยงสุกรไว้ในกรงทดสอบการย่อยได้ (Metabolic cage) จำนวน 4 ตัว/ทรีตเมนต์ (รวมสุกรที่ทดสอบการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะจำนวน 16 ตัว) จากนั้นให้อาหารทดลองที่ผสม Chromic oxide ในอัตรา 1% เป็นเวลา 3 วัน การเก็บมูลจะเก็บเอามูลที่มีส่วนผสมของ Chromic oxide (มีสีเขียว) ของแต่ละตัวมารวมกันแล้วมาอบแห้ง บดเพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณวัตถุแห้ง โปรตีนรวม ไขมัน เยื่อใย ถั่ว และค่าพลังงาน รวมจำนวนตัวอย่างมูลที่ส่งห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์จำนวน 16 ตัวอย่าง และตัวอย่างอาหารทดลองจำนวน 4 ตัวอย่าง รวมตัวอย่างทั้งหมดที่ต้องวิเคราะห์ จำนวน 20 ตัวอย่าง นำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มาคำนวณหาการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะแต่ละชนิด

1.4. การเก็บตัวอย่างลำไส้สุกรเพื่อตรวจสอบลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางจุลกายวิภาค (Histology) และลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphology) ของเซลล์บุผิววิลไล โดยใช้สุกรทดลองเพศผู้เลี้ยงด้วยอาหารทดลองในการทดลองที่ 1 เมื่อสุกรมีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 30 กิโลกรัม จะทำการฆ่าสุกรตามหลักจรรยาบรรณ การเลี้ยงและการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเก็บตัวอย่างลำไส้เล็ก 3 ส่วนคือ ลำไส้เล็กส่วนต้น (Duodenum) ลำไส้เล็กส่วนกลาง (Jejunum) และลำไส้เล็กส่วนปลาย (Ileum) ทำการล้างกากอาหาร (Intestinal content) ด้วยสารละลาย Phosphate Buffered Saline (PBS) ตัวอย่างที่จะนำไปศึกษาทางจุลกายวิภาค (Histology) จะถูกเก็บคงสภาพ (Fix) ไว้ในสารละลายนิวทรัลบัฟเฟอร์ฟอร์มาลิน (Neutral buffer formalin solution) เพื่อบรรจุไปตัดชิ้นเนื้อและตรวจสอบทางจุลกายวิภาค (Histology) โดยการวัดความยาวของวิลไล และนับจำนวนเซลล์ไมโทซิสที่อยู่ในบริเวณ Crypt cell ของตัวอย่างลำไส้ที่ตัดมาแต่ละส่วน ด้วยกล้องจุลทรรศน์ LM และซอฟต์แวร์วิเคราะห์เซลล์ (สุกร 1 ตัวแบ่งลำไส้ออกเป็น 3 ส่วน รวมตัวอย่างที่ต้องศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาคทั้งหมด 48 ตัวอย่าง) ส่วนตัวอย่างที่จะนำไปศึกษาทางด้านสัณฐานวิทยา (Morphology) จะถูกคงสภาพไว้ในสารละลายกลูตาออลดีไฮด์และพาราฟอร์มัลดีไฮด์ (Glutaraldehyde and paraformaldehyde) ตามวิธีที่อธิบายใน Mekbungwan et al. (2003) เพื่อศึกษารูปร่างและลักษณะพื้นผิวของวิลไลจากตัวอย่างลำไส้ที่ตัดมาแต่ละส่วนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) (สุกร 1 ตัวแบ่งลำไส้ออกเป็น 3 ส่วน รวมตัวอย่างที่ต้องศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาทั้งหมด 48 ตัวอย่าง)

1.5 การศึกษาคุณภาพซากและน้ำหนักของอวัยวะภายใน ทำการศึกษาเมื่อสุกรถูกฆ่าเพื่อเก็บตัวอย่างลำไส้เล็ก บันทึกน้ำหนักของอวัยวะภายในแต่ละส่วนหลังจากล้างด้วยน้ำเกลือ (0.9% NaCl) และคำนวณหาน้ำหนักอวัยวะแต่ละส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมีชีวิต

2) การทดลองที่ 2 หาสมรรถภาพการเจริญเติบโตและองค์ประกอบของเลือด สุกรทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design : CRD) ประกอบด้วย 4 กลุ่มทดลอง (treatment) และกระทำซ้ำ 4 ซ้ำ ทำการศึกษาในสุกรน้ำหนักตัว 15 – 90 กิโลกรัม มีขั้นตอนดังนี้

2.1 การเตรียมสุกรทดลอง โดยการคัดเลือกลูกสุกรสามสายเลือด (ลาร์จไวท์-แลนด์เรซ x ดุรอก) ที่แข็งแรงสมบูรณ์ เพศผู้ตอน 16 ตัว และเพศเมีย 16 ตัว ทำการสุ่มสุกรเพศผู้ตอน 1 ตัวและเพศเมีย 1 ตัวใส่ในคอกทดลองเดียวกันขนาดพื้นที่คอก 1.5x2.0 ตารางเมตร จำนวน 16 คอกเพื่อสุ่มให้กับอาหารทดลองแต่ละสูตรๆละ 4 คอก

2.2 อาหารทดลอง อาหารทดลองแบ่งออกเป็น 4 สูตร (ทรีตเมนต์) ในแต่ละ ระยะการทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะสุกรเล็ก (piglet) น้ำหนักตัว 15-30 กิโลกรัม ระยะสุกรรุ่น (grower) น้ำหนักตัว 30-60 กิโลกรัม และระยะสุกรขุน (finisher) น้ำหนักตัว 60-90 กิโลกรัม อาหารที่ใช้เลี้ยงแต่ละระยะจะมีคุณค่าทางโภชนาการไม่ต่ำกว่าที่แนะนำโดย NRC. (1998) โดยมีสูตรอาหารทดลองดังนี้

- สูตรที่ 1 สูตรอาหารควบคุม (ไม่ผสมขมิ้นชันและยาปฏิชีวนะ)
- สูตรที่ 2 สูตรอาหารควบคุม ผสมขมิ้นชัน 0.05%
- สูตรที่ 3 สูตรอาหารควบคุม ผสมขมิ้นชัน 0.1%
- สูตรที่ 4 สูตรอาหารควบคุม ผสมขมิ้นชัน 0.2%

สูตรอาหารแสดงใน Table 1

2.3 การเตรียมคอกทดลองและอุปกรณ์การเลี้ยง ทำการล้างคอกทดลองพ่นยาฆ่าเชื้อโรค แล้วทิ้งคอกและอุปกรณ์ให้แห้งก่อนนำสุกรทดลองเข้าเลี้ยงประมาณ 5 วัน

2.4 การบันทึกปริมาณอาหารและน้ำหนักตัว ตามขั้นตอนดังนี้

- การชั่งน้ำหนักอาหาร ทำการชั่งและจดบันทึกน้ำหนักอาหารที่เตรียมให้และที่เหลือในภาชนะให้อาหารทุกสัปดาห์ เพื่อใช้คำนวณค่าปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย/ตัว/สัปดาห์ และเฉลี่ย/ตัว/วัน
- การชั่งน้ำหนักตัวสุกร ทำการชั่งน้ำหนักสุกรโดยการชั่งน้ำหนัก ในช่วงบ่ายก่อนให้อาหารช่วงบ่ายเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณค่าน้ำหนักตัวเฉลี่ย/ตัว อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย/ตัว/วัน อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย/ตัว/สัปดาห์ และประสิทธิภาพการใช้อาหาร และใช้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวในการปรับเปลี่ยนอาหารในแต่ละระยะการทดลอง

2.5 การเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อตรวจหาค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (PCV) และองค์ประกอบอื่นๆ โดยทำการเก็บตัวอย่างเลือดเมื่อสุกรมีน้ำหนักตัว 40 และ 80 กิโลกรัม จากเส้นเลือดแดงบริเวณคอ (jugular vein) โดยจะเก็บเลือดเฉพาะสุกรเพศผู้ตอนเท่านั้น เพื่อเปรียบเทียบหาความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ทดลอง เก็บตัวอย่างละประมาณ 10 มิลลิลิตร และส่งตัวอย่างเลือดเข้าตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ รวมจำนวนตัวอย่างเลือดที่จะต้องเก็บจำนวน 32 ตัวอย่าง

Table 1 Feed composition of control diets

Ingredients, (%)	Period of pigs			cost Baht/kg.
	piglet (15-30 kg.)	grower (30-60 kg.)	finisher (60-90 kg.)	
Corn	60.60	69.10	84.20	7.80
Rice bran	5.00	5.00	5.00	6.20
Soybean meal (44% protein)	24.20	18.20	10.20	11.60
Fish meal (60% protein)	3.00	3.00	3.00	34.80
Palm oil	3.70	2.00	0.00	36.00
Bone meal	1.00	1.00	1.00	5.70
Dicalcium phosphate (P-18)	1.80	1.00	1.00	12.50
เกลือป่น	0.35	0.35	0.35	3.50
Premixed	0.35	0.35	0.35	40.00
Total	100	100	100	
Calculate composition of feed, (%)				
Protein	18.00	16.00	14.00	
Calcium	0.89	0.69	0.66	
Phosphorus	0.67	0.60	0.54	
Lysine	0.96	0.83	0.62	
Methionine + Cystein	0.63	0.59	0.52	
Tryptophan	0.22	0.19	0.15	
Threonine	0.70	0.62	0.51	
Energy (ME, kcal/kg)	3250.	3200.	3150.	
Cost (Baht/kg.)	10.62	9.91	9.12	

Remark: Cost of turmeric powder 60 Baht/kg.

3. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผลการทดลอง

3.1 บันทึกน้ำหนักตัวเมื่อเริ่มการทดลอง และบันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวทุกสัปดาห์ จนถึงสิ้นสุดการทดลอง

3.2 บันทึกปริมาณอาหารที่กินทุกสัปดาห์ก่อนชั่งน้ำหนักสุกร

- 3.3 บันทึกปริมาณอาหารที่สุกรกินและถ่ายออกมาเป็นรายตัว เพื่อหาการย่อยได้ของโภชนะ
- 3.4 เก็บตัวอย่างลำไส้เล็กสุกรทดลองหาการย่อยได้เมื่อสิ้นสุดการเก็บมูล
- 3.5 บันทึกสุขภาพของสัตว์ทดลองหากมีอาการผิดปกติ
- 3.6 เจาะเก็บเลือดสุกรเมื่อน้ำหนักตัว 40 และ 80 กิโลกรัมเพื่อตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบเลือด
- 3.7 วัดความหนาไขมันสันหลังบริเวณไหล่ ที่จุด P₂ ของสุกรเพศผู้ตอน เมื่อน้ำหนัก 90 กก. โดยใช้ไม้บรรทัดวัดไขมันหลัง (probe) ประกอบเครื่องวัดแบบอัลตราซาวด์

4. การวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลของลักษณะสังเกต และการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ถ้าพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ $P < 0.05$ จะทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

เวลาและสถานที่ทำการวิจัย

ระยะเวลาการวิจัย

เริ่มวิจัย ตั้งแต่ วันที่ 1 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2550

สิ้นสุด เมื่อวันที่ 30 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2552

สถานที่วิจัย

- 1 เลี้ยงสุกรทดลอง ที่สาขาสุกร ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
- 2 วิเคราะห์ทางเคมีและตรวจวัดทางจุลกายวิภาค ณ ห้องปฏิบัติการ สาขาอาหารสัตว์ และห้องปฏิบัติการผสมเทียม ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
- 3 ตรวจสอบทางสัณฐานวิทยาของโครงสร้างลำไส้เล็ก ณ ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
- 4 ตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไขมันชั้น ที่ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่

ผลการทดลอง

องค์ประกอบของสารสำคัญในขมิ้นชัน

การศึกษาใช้ขมิ้นชันในอาหารสุกร โดยใช้ขมิ้นชันที่มีอยู่จังหวัดเชียงใหม่ นำมาตากแห้งแล้วบดเป็นผงเพื่อให้เสริมในสูตรอาหารสุกร จากการตรวจสอบหาปริมาณสารสำคัญของขมิ้นชันผงที่ใช้ศึกษาทดลองนี้พบว่า ประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหย 6.5 % และสารเคอร์คูมิน 7.1 % v/w (Appendix table 1)

ผลการทดลองที่ 1

การศึกษาค่าการย่อยได้

ผลการวิเคราะห์โภชนาแบบหยาบ (Proximate analysis) ในอาหารทดลองเสริมขมิ้นชันในระดับต่างๆ แสดงไว้ใน Appendix table 2 นำมาใช้ประเมินค่าการย่อยได้ของโภชนาในอาหารทดลองพบว่าอาหารที่เลี้ยงสุกรกลุ่มที่กินอาหารเสริมขมิ้นชันมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน ไขมัน เยื่อใย และค่าชีวภาพของโปรตีน สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง เถ้า NFE และพลังงาน ที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนาต่างๆ ดังแสดงใน Table 2 ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DM) ในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 78.97, 81.02, 81.80 และ 81.96% ตามลำดับ ซึ่งแม้ว่าการเสริมขมิ้นชันในสูตรอาหารจะมีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงขึ้น แต่ก็ไม่มีมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับกลุ่มควบคุม

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน พบว่ากลุ่มที่เสริมขมิ้นชันในอาหาร 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 ($P<0.05$)

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมัน พบว่ากลุ่มที่เสริมขมิ้นชันในอาหาร 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 ($P<0.05$)

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใย พบว่ากลุ่มที่เสริมขมิ้นชันในอาหาร 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.06, 43.54, 54.86 และ 63.54% ตามลำดับ ซึ่งสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชัน 0.2% มีค่าสูงกว่าในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเถ้า พบว่ากลุ่มที่เสริมขมิ้นชันในอาหาร 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

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก (NFE) พบว่ากลุ่มที่เสริมขมิ้นชันในอาหาร 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 81.39, 81.78, 83.01 และ 83.40% ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลอง

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของพลังงาน พบว่ากลุ่มที่เสริมขมิ้นชันในอาหาร 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 80.47, 80.78, 81.07 และ 80.68% ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลอง

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของค่าชีวภาพของโปรตีน (biological value of the protein) พบว่าในกลุ่มที่เสริมขมิ้นชันในอาหาร 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 ($P<0.05$)

Table 2 Digestive efficiency of nutrients in experimental piglet diet.

Items	Dietary of turmeric supplemented (%)				SEM	P-value
	0	0.05	0.1	0.2		
Feed intake (kg.)	2.85	3.18	3.54	3.31	-	-
Average daily feed intake (kg.)	0.95	1.06	1.18	1.17	-	-
Fresh feces (กก.)	1.88	1.88	1.98	1.81	-	-
Digestibility coefficient of nutrients (%)						
Dry matter	78.97	81.02	81.80	81.96	0.72	0.32
Protein	82.60 ^b	85.33 ^{ab}	86.99 ^a	87.42 ^a	0.67	0.02
Lipid	76.42 ^b	81.78 ^{ab}	83.01 ^a	84.72 ^a	1.13	0.04
Fiber	45.0 ^{bc, ef}	43.5 ^{c, f}	54.8 ^{ab, de}	63.5 ^{a, d}	2.54	0.00
Ash	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
Energy	80.47	80.78	81.07	80.68	0.32	0.94
Biological value of protein (BV)	82.02 ^b	84.49 ^{ab}	86.17 ^a	86.27 ^a	0.62	0.03

^{a-c} Within a row, mean with different superscript letter are significantly different ($P<0.05$).

^{d-f} Within a row, mean with different superscript letter are highly significant different ($P<0.01$)

ผลการศึกษาน้ำหนักซากและอวัยวะภายใน

จากการฆ่าสุกรทดลองเมื่อน้ำหนักเฉลี่ย 32.5 กิโลกรัม (กลุ่มที่กินอาหารเสริมไขมันชั้น 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.00, 32.38, 34.00 และ 31.50 กิโลกรัม/ตัว ตามลำดับ) เพื่อศึกษาน้ำหนักอวัยวะภายในได้แก่ หัวใจ ตับ ไต ม้าม ปอดและกระเพาะอาหาร และความยาวลำไส้เล็ก เมื่อเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมีชีวิตพบว่า ทุกรายการไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (Table 3) มีแนวโน้มว่าน้ำหนักของกระเพาะอาหารของสุกรกลุ่มที่เสริมไขมันชั้น ในอาหารมีค่าเฉลี่ยลดลง เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

ผลต่อน้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนต่างๆ

น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนต้น พบว่าในกลุ่มที่เสริมไขมันชั้น 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 81.00, 57.50, 56.25 และ 58.75 กรัม ตามลำดับ ซึ่งกลุ่มที่เสริมไขมันชั้น 0% มีค่าสูงกว่าในกลุ่มที่เสริมไขมันชั้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)

น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนกลาง พบว่ากลุ่มที่เสริมไขมันชั้น 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1095.00, 1134.25, 957.50 และ 922.50 กรัม ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนปลาย พบว่ากลุ่มที่เสริมไขมันชั้น 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 244.00, 200.00, 181.25 และ 167.50 กรัม ตามลำดับ ซึ่งสุกรกลุ่มควบคุม มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมไขมันชั้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

น้ำหนักรวมของลำไส้เล็ก พบว่ากลุ่มที่เสริมไขมันชั้น 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1420, 1391.75, 1195.00 และ 1148.75 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ผลต่อความยาวของลำไส้เล็กส่วนต่างๆ

ความยาวของลำไส้เล็กส่วนต้น พบว่ากลุ่มที่เสริมไขมันชั้น 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.25, 53.00, 56.75 และ 57.50 ซม.ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ความยาวของลำไส้เล็กส่วนกลาง พบว่ากลุ่มที่เสริมไขมันชั้น 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1401.25, 1299.75, 1241.00 และ 1263.25 ซม. ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ความยาวของลำไส้เล็กส่วนปลาย พบว่ากลุ่มที่เสริมไขมันชั้น 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 201.75, 197.00, 193.25 และ 192.50 ซม.ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

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

ผลต่อน้ำหนักของลำไส้เล็กต่อความยาว

น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนต้น พบว่ากลุ่มที่เสริมไขมันชั้น 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.71, 1.12, 0.99 และ 1.05 ก./ชม. ตามลำดับ ซึ่งกลุ่มที่เสริมไขมันชั้น 0.1 % มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนกลาง พบว่ากลุ่มที่เสริมไขมันชั้น 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.79, 0.87, 0.78 และ 0.73 ก./ชม. ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

น้ำหนักของลำไส้เล็กส่วนปลาย พบว่ากลุ่มที่เสริมไขมันชั้น 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.21, 1.01, 0.94 และ 0.87 ก./ชม. ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

น้ำหนักรวมของลำไส้เล็ก พบว่ากลุ่มที่เสริมไขมันชั้น 0, 0.05, 0.1 และ 0.2% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.71, 3.01, 2.71 และ 2.65 ก./ชม. ตามลำดับ ซึ่งกลุ่มที่เสริมไขมันชั้น 0.1 และ 0.2% มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) แสดงให้เห็นว่าการเสริมไขมันในระดับที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้น้ำหนักต่อความยาวของลำไส้ที่ลดลง

