ผลของการเสริมกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การพัฒนาท่อทางเดินอาหาร และการตอบสนองภูมิคุ้มกันในสุกรหย่านม

นายเอกพล พูนชัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2552

THE EFFECT OF GLUTAMINE SUPPLEMENTATION ON GROWTH PERFORMANCE, GASTROINTESTINAL TRACT DEVELOPMENT AND IMMUNE RESPONSE OF WEANED PIGS

Ekkapon Poonchai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Animal Production Technology

Suranaree University of Technology

Academic Year 2009

ผลของการเสริมกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การพัฒนาท่อทางเดินอาหาร และการตอบสนองภูมิคุ้มกันในสุกรหย่านม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(รศ. ดร.พงษ์ชาญ ณ ลำปาง)
ประธานกรรมการ

_____

(อ. ดร.สุทิศา เข็มผะกา)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

_____

(อ. ดร.วิทธวัช โมฬี)
กรรมการ

_____

(ผศ. น.สพ. ดร.ภคนิจ คุปพิทยานันท์)
กรรมการ

_____

(รศ. ดร.นวลจันทร์ พารักษา)
กรรมการ

_____

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปีจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

_____

(ผศ. ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

เอกพล พูนชัย : ผลของการเสริมกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การพัฒนาท่อทางเดินอาหาร และการตอบสนองภูมิคุ้มกันในสุกรหย่านม (THE EFFECT OF GLUTAMINE SUPPLEMENTATION ON GROWTH PERFORMANCE, GASTROINTESTINAL TRACT DEVELOPMENT AND IMMUNE RESPONSE OF WEANED PIGS) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.สุทิศา เข็มผะกา, 101 หน้า.

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต ค่าโลหิตวิทยา การเจริญของประชากรจุลินทรีย์ในลำไส้ การตอบสนองของภูมิคุ้มกันและลักษณะทางจุลกายวิภาคในลำไส้เล็กของสุกรหย่านม โดยใช้สุกรลูกผสม (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ x ดูรอค) หย่านมที่อายุ 21 วัน ทั้งหมด 60 ตัว (เพศผู้ตอน 30 ตัว และเพศเมีย 30 ตัว) น้ำหนักเฉลี่ย 6.39±0.96 กิโลกรัม ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อค (Randomized Completely Block Design; RCBD) แบ่งสุกรทั้งหมดออกเป็น 3 กลุ่มการทดลอง ๆ ละ 4 ซ้ำ (ซ้ำละ 5 ตัว) อาหารทดลองประกอบด้วย อาหารสูตรควบคุม และอาหารเสริมกลูตามีน 0.5 และ 1.0% สุกรทั้งหมดได้รับอาหารและน้ำแบบเต็มที่ตลอดระยะเวลาการทดลอง (28 วันหลังหย่านม) ผลการทดลองพบว่าการเสริมกลูตามีนไม่มีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกรหย่านม (P>0.05) การเสริมกลูตามีน 1% ในอาหารพบว่าสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์ และลดเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิล รวมถึงลดสัดส่วนของนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ที่อายุ 7 วันหลังหย่านม นอกจากนี้ กลูตามีนยังสามารถเพิ่มระดับของอิมมูโนโกลบูลินในซีรัม (P<0.05) ที่อายุ 7 วันหลังหย่านมได้ การเสริมกลูตามีนเป็นระยะเวลา 14 วัน สามารถลดประชากร *E. coli* (P<0.05) และเพิ่มประชากร Lactobacillus (P<0.05) ได้ อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างของประชากรจุลินทรีย์ในสิ่งย่อย (P>0.05) นอกจากนี้การเสริมกลูตามีนเป็นระยะเวลา 28 วันหลังหย่านมสามารถเพิ่มพื้นที่ของวิลไลที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัมได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2552 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม_____

EKKAPON POONCHAI : THE EFFECT OF GLUTAMINE SUPPLEMENTATION ON GROWTH PERFORMANCE, GASTROINTESTINAL TRACT DEVELOPMENT, AND IMMUNE RESPONSE OF WEANED PIGS. THESIS ADVISOR : SUTISA KHEMPAKA, Ph.D., 101 PP.

GLUTAMINE/GROWTH PERFORMANCE/GASTROINTESTINAL TRACT/ IMMUNE RESPONSE/WEANED PIGS

This study aimed to investigate the effect of glutamine (Gln) supplementation on growth performance, hematology, intestinal microbial population growth, immune response, and small intestinal morphology of weaned pigs. A total of sixty 21-day-old weaned cross breds (Largewhite x Landrace x Duroc) pigs (30 castrated males and 30 females) with average initial body weight 6.39±0.96 kg were subjected in Randomized Completely Block Design (RCBD). All pigs were randomly divided into 3 treatments with 4 replicate pens per treatment (5 pigs per pen). The experimental diets were control, and supplemental Gln at 0.5 and 1.0%. All pigs were provided feed and water ad libitum throughout the experimental period (28 days after weaning). The results showed that Gln supplementation had no effect on growth performance of weaned pigs ($P>0.05$) while it was found that dietary Gln supplementation at 1% significantly enhanced lymphocyte proliferation and decreased neutrophil percentage, as well as the N : L ratio ($P<0.05$) at 7 days after weaning. Moreover, glutamine significantly increased serum total immunoglobulin ($P<0.05$) at 7 days after weaning. Dietary Gln supplementation for 14 days decreased *E. coli* ($P<0.05$) and increased

Lactobacillus ($P<0.05$) populations. However, there was no effect on the microbial populations in digesta ($P>0.05$). In addition, Gln supplementation for 28 days after weaning significantly increased villi area in duodenum ($P<0.05$).

School of Animal Production Technology Student's Signature_____

Academic Year 2009 Advisor's Signature _____

Co-advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านดำเนินงานวิจัยจาก

อ. ดร.สุทิศา เข็มผะกา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ อ. ดร.วิทธวัช โมพี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำแนะนำและแนวคิดที่เป็นประโยชน์ทั้งในด้านวิชาการ ด้านการดำเนินการวิจัยตลอดรวมทั้งช่วยตรวจทาน แนะนำในการเขียนวิทยานิพนธ์ และกราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ ตลอดจนอาจารย์ทุก ๆ ท่านที่ได้กรุณาอบรมสั่งสอน ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ต่าง ๆ จนเกิดความรู้และปัญญา

ขอบคุณ คุณจักร โนจากุล และเจ้าหน้าที่งานสุกรทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำ และช่วยเหลือเกี่ยวกับการดูแลสุขภาพของสุกรจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณฟาร์มมหาวิทยาลัย อาคารเครื่องมือ 3 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งพี่ ๆ บุคลากรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมืออุปกรณ์ และอำนวยความสะดวกต่าง ๆ รวมถึงให้คำปรึกษาให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลทางห้องปฏิบัติการ

ขอบคุณเพื่อนและพี่บัณฑิตศึกษาทุกคนที่มีน้ำใจสละเวลาและให้การช่วยเหลือตลอดจนให้คำปรึกษาต่าง ๆ อย่างดีเสมอมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง และญาติพี่น้องทุกคน ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัยตลอดมา จนทำให้ประสบความสำเร็จในการศึกษา

เอกพล พูนชัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญภาพ ..... ฌ
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
1.3 สมมติฐานของงานวิจัย 2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 กลูตามีน (Glutamine) 4
2.1.1 กระบวนการเมแทบอลิซึมกลูตามีน 5
2.1.2 หน้าที่และประโยชน์ของกลูตามีนในร่างกาย 6
2.2 ภาวะที่ก่อให้เกิดความเครียดในสุกรหลังหย่านม 10
2.3 ลักษณะทางกายวิภาคของลำไส้เล็ก 10
2.4 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในลำไส้เล็กของสุกรหลังหย่านม 13
2.5 ระบบภูมิคุ้มกันในลูกสุกร 13
2.6 ชนิดของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารของสุกร 16
2.7 ความต้องการกลูตามีนในสุกรหลังหย่านม 17
2.8 ผลของการเสริมกลูตามีนในสุกรหย่านม 19
2.8.1 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต 19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.8.2 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อลักษณะทางจุลกายวิภาคในลำไส้เล็ก 21
2.8.3 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน 21
3 วิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล 25
3.1 สัตว์ทดลอง 25
3.2 ระยะเวลาทำการทดลอง 25
3.3 อาหารทดลอง 25
3.4 ลักษณะที่ต้องการศึกษา 26
3.4.1 ศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต (Growth performance) 26
3.4.2 ศึกษาค่ายูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด (Blood urea nitrogen; BUN) 28
3.4.3 ศึกษาค่าทางโลหิตวิทยา (Hematology) 28
3.4.4 ศึกษาค่าทางภูมิคุ้มกัน (Immune) 29
3.4.5 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร 30
3.4.6 ศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้เล็ก (Morphology) 31
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 35
3.6 สถานที่ทำการทดลอง 35
3.7 ระยะเวลาในการทดลอง 36
4 ผลการทดลอง 37
4.1 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกร อายุ 0-28 วันหลังหย่านม 37
4.2 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อค่าโลหิตวิทยาของสุกรอายุ 0-28 วันหลังหย่านม 40
4.2.1 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อจำนวนเม็ดเลือดขาว 40
4.2.2 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดต่าง ๆ 40
4.3 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อการตอบสนองระดับอิมโมโนโกลบูลิน ของสุกรอายุ 0-28 วันหลังหย่านม 45
4.4 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อจำนวนประชากรจุลินทรีย์ของสุกรหย่านม 45

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อลักษณะทางจุลกายวิภาคในลำไส้เล็กของสุกรหย่านม 47

5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล 50

5.1 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต 50

5.2 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อค่าโลหิตวิทยา 51

5.3 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อการกระตุ้นการตอบสนองของอิมมูโนโกลบูลิน 53

5.4 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อจำนวนประชากรจุลินทรีย์ 54

5.5 ผลของการเสริมกลูตามีนลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้เล็ก 55

6 สรุปและข้อเสนอแนะ 57

6.1 สรุป 57

6.2 ข้อเสนอแนะ 58

รายการอ้างอิง 59

ภาคผนวก 66

ภาคผนวก ก. ลักษณะโครงสร้างของลำไส้เล็ก 67

ภาคผนวก ข. ตารางวิเคราะห์วาเรียนซ์ 70

ประวัติผู้เขียน 101

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงหน้าที่ของกลูตามีนต่อการทำงานของเซลล์ และภูมิคุ้มกันในร่างกาย 9
2.2 แสดงค่าการวัดลักษณะทางกายวิภาคของลำไส้เล็กสุกรหย่านม 12
2.3 แสดงปริมาณของภูมิคุ้มกันในซีรัม น้ำนมเหลือง และน้ำนมสุกรที่อายุต่าง ๆ 15
2.4 แสดงผลของการเสริมกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต
ของสุกรหลังหย่านม 20
2.5 แสดงผลของการเสริมกลูตามีนต่อลักษณะทางจุลกายวิภาคในลำไส้เล็ก 22
2.6 แสดงผลของการเสริมกลูตามีนต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน 24
3.1 แสดงส่วนประกอบวัตถุดิบของสูตรอาหารทดลอง 27
3.2 แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของสูตรอาหารทดลอง 28
4.1 แสดงผลของการเสริมกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกรที่อายุ
0-28 วันหลังหย่านม 38
4.2 แสดงผลของการเสริมกลูตามีนต่อค่ายูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด (BUN, mg/dl)
ของสุกรอายุ 0-28 วันหลังหย่านม 39
4.3 แสดงผลของการเสริมกลูตามีนต่อค่าโลหิตวิทยาของสุกรอายุ 0-28 วันหลังหย่านม 41
4.4 แสดงผลของการเสริมกลูตามีนต่อการกระตุ้นการตอบสนองระดับอิมมูโนโกลบูลิน
ของสุกรอายุ 0-28 วันหลังหย่านม 44
4.5 แสดงผลของการเสริมกลูตามีนต่อจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในสิ่งย่อย
ของสุกรหลังหย่านม 45
4.6 แสดงผลของการเสริมกลูตามีนต่อจำนวนของประชากรจุลินทรีย์ในมูลสุกรอายุ
0-28 วันหลังหย่านม 46
4.7 แสดงผลของการเสริมกลูตามีนต่อลักษณะทางจุลกายวิภาคในลำไส้เล็ก
ของสุกรหย่านม 49

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 แสดงโครงสร้างของกลูตามีน....4
2.2 แสดงวิถีการสังเคราะห์กรดอะมิโนกลูตามีน....5
2.3 แสดงกลไกของกลูตามีนในร่างกาย....6
2.4 แสดงวิธีการขนส่งกลูตามีนในร่างกาย....7
2.5 แสดงการเกิดท้องเสียในสุกรหลังหย่านม....11
2.6 แสดงโครงสร้างของผนังลำไส้เล็ก....12
2.7 แสดงการพัฒนาภูมิคุ้มกันของลูกสุกร....15
2.8 แสดงวิลไลปกติ (Normal villi) และการเสื่อมสภาพของวิลไล (Villi atrophy) ของสุกรหลังหย่านม....18
3.1 แสดงการเก็บตัวอย่างเลือด....29
3.2 แสดงวิธีการเก็บตัวอย่างมูล....31
3.3 แสดงการตรึงตัวอย่างลำไส้เล็ก....34
3.4 แสดงการเก็บตัวอย่างในสารละลาย 10% บัฟเฟอร์ฟอร์มาลีน....34
3.5 แสดงวิธีการวัดความสูงของวิลไลและความลึกของเซลล์คริป....35

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันระบบการเลี้ยงสุกรได้มีการพัฒนามากขึ้น โดยเฉพาะระบบการผลิตสุกรในเชิงอุตสาหกรรมซึ่งได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านต่าง ๆ เช่น สายพันธุ์ อาหารและการจัดการ ทำให้การเลี้ยงสุกรในปัจจุบันสามารถเลี้ยงได้หนาแน่นมากขึ้น แต่ผลกระทบที่ตามมาพบว่าสุกรเกิดความเครียดสูง ร่างกายมีภูมิต้านทานลดลง และเกิดโรคได้ง่ายขึ้น โดยเฉพาะในลูกสุกรหลังหย่านมซึ่งจะพบปัญหามากก็คือโรคระบบทางเดินอาหาร (กระสินธ์ นพรัตน์ไมตรี, 2551) โดยปกติแล้วลูกสุกรในช่วงหลังหย่านมนับว่าอยู่ในช่วงวิกฤต เนื่องจากได้รับความเครียดจากหลายปัจจัย อีกทั้งการพัฒนาระบบการย่อยอาหารของสุกรระยะนี้ยังไม่สมบูรณ์เต็มที่ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการย่อยและการดูดซึมสารอาหารลดลง ซึ่งสภาพของอาหารที่ย่อยได้ไม่สมบูรณ์มีผลทำให้ระบบทางเดินอาหารมีสภาพความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น *E. coli* และ Salmonella โดยจุลินทรีย์เหล่านี้ทำการหลั่งสารพิษไปทำลายผนังเซลล์ของลำไส้เล็ก ทำให้วิลไลซึ่งทำหน้าที่ดูดซึมสารอาหารมีขนาดหดสั้นลง เป็นสาเหตุร่วมที่ทำให้ระบบการดูดซึมสารอาหารด้อยประสิทธิภาพลง จากการรวบรวมเอกสารงานวิจัยพบว่าความเครียดในช่วงหลังการหย่านมมีผลกระทบต่อการเสื่อมสภาพของวิลไล (Villi atrophy) ทำให้เซลล์คริปมีการแบ่งตัวเพิ่มมากขึ้นเพื่อทดแทนการหลุดลอกของเซลล์เอนเทอร์โรไซท์ จึงทำให้เซลล์คริปในลำไส้เล็กมีความลึกเพิ่มมากขึ้น (Crypt hyperplasia) และยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบภูมิคุ้มกัน ซึ่งภูมิคุ้มกันบางชนิดสามารถถ่ายทอดผ่านทางน้ำนมได้ โดยเฉพาะอิมมูโนโกลบูลินชนิดเอ (Immunoglobulin A) ที่เคยได้รับจากแม่สุกรต้องลดลงไป โดยทั่วไปแล้วอิมมูโนโกลบูลินชนิดเอทำหน้าที่ช่วยปกป้องพื้นผิวลำไส้ (Villi surface) ไม่ให้เชื้อแบคทีเรียก่อโรคเกาะติดผนังลำไส้ แต่เมื่ออิมมูโนโกลบูลินชนิดเอมีปริมาณลดลงจะทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์ได้ง่าย และมีผลทำให้การดูดซึมสารอาหารด้อยประสิทธิภาพลง (Cera, Mahan, Cross, Reinhart and Whitmoyer 1988; Wolter and Ellis, 1997; Carstensen, Annette, Karin and Jens, 2005) จากสาเหตุดังกล่าวมานั้นเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้เกิดอาการท้องเสีย และการชะงักการเจริญเติบโตในสุกรหลังหย่านม (Cera et al., 1988) สอดคล้องกับ Hampson (1986) รายงานว่าอาการท้องเสีย และสาเหตุการเสื่อมสภาพของเยื่อบุทางเดินอาหารเกิดจากความเครียดหลังการหย่านม ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้สุกรมีสุขภาพอ่อนแอ การเจริญเติบโตของลูกสุกรลดต่ำลง

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น กลูตามีน (Glutamine) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการนำมาเสริมในอาหารเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งโดยปกติแล้วสุกรสามารถสังเคราะห์กลูตามีนได้เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย แต่ในกรณีของลูกสุกรที่ได้รับผลกระทบจากความเครียดหลังหย่านม พบว่าระดับของกลูตามีนในร่างกายจะลดลง (Miller, 1999) ระดับที่ลดลงนั้นจะส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพ และการพัฒนาของเซลล์ดูดซึมในระบบทางเดินอาหารช้าลง โดยเฉพาะวิลไลและเซลล์คริป ลูกสุกรระยะนี้จึงต้องการกลูตามีนเพิ่มขึ้นเนื่องจากปกติแล้วร่างกายต้องการกลูตามีนเพื่อเป็นแหล่งพลังงานในการกระตุ้นการสร้างและสังเคราะห์เซลล์เยื่อบุลำไส้เล็ก (Enterocytes) และยังมีผลต่อการสังเคราะห์เซลล์ที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน เช่น ลิมโฟไซท์ (Lymphocyte) แมคโครฟาจ (Macrophage) และอิมมูโนโกลบูลิน (Immunoglobulin) (Pluske, Hampson and Williums, 1997) และงานวิจัยเกี่ยวกับการเสริมกลูตามีนในอาหารสุกรยังมีการศึกษาน้อย และระดับต่าง ๆ ที่ทำการศึกษายังให้ผลที่ไม่แน่นอน

ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับของการเสริมกลูตามีนที่เหมาะสมในอาหารสุกรหย่านม โดยศึกษาผลของการเสริมกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การกระตุ้นการตอบสนองของระดับอิมมูโนโกลบูลิน ค่าโลหิตวิทยา การเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร และลักษณะทางจุลกายวิภาคในลำไส้เล็กของลูกสุกรหย่านม

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาระดับของการเสริมกลูตามีนที่เหมาะสมในอาหารลูกสุกรหย่านม

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของการเสริมกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การกระตุ้นการตอบสนองของระดับอิมมูโนโกลบูลิน ค่าโลหิตวิทยา การเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร และลักษณะทางจุลกายวิภาคในลำไส้เล็กของลูกสุกรหย่านม

1.3 สมมติฐานของงานวิจัย

1.3.1 การเสริมกลูตามีนในอาหารสามารถเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโตในลูกสุกรหลังหย่านม

1.3.2 การเสริมกลูตามีนในอาหารส่งผลต่อการกระตุ้นการตอบสนองของระดับอิมมูโนโกลบูลิน ค่าโลหิตวิทยา การเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร และลักษณะทางจุลกายวิภาคในลำไส้เล็กของลูกสุกรหย่านมได้

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึง ผลของการเสริมกลูตามีนในอาหารลูกสุกรหย่านม โดยศึกษาผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตเจริญเติบโต การกระตุ้นการตอบสนองของระดับอิมมูโนโกลบูลิน ค่าโลหิตวิทยา การเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร และลักษณะทางจุลกายวิภาคในลำไส้เล็กของลูกสุกรหย่านม โดยทำการทดลองในลูกสุกรหย่านมที่อายุ 21 วัน น้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 6.39 กิโลกรัม โดยมีระยะเวลาในการทดลอง 28 วันหลังจากหย่านม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบระดับที่เหมาะสมของการเสริมกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การพัฒนาระบบทางเดินอาหาร และการกระตุ้นภูมิคุ้มกันในสุกรหย่านม

1.5.2 การเสริมกลูตามีนสามารถลดประชากรจุลินทรีย์ก่อโรค และเพิ่มประชากรจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบทางเดินอาหาร

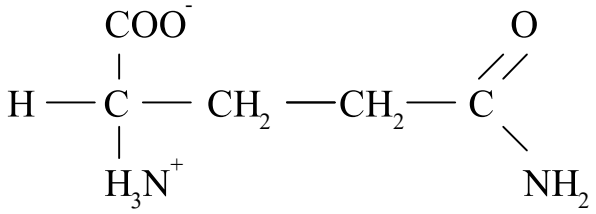
1.5.3 สามารถนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการผลิตอาหารลูกสุกรหย่านม

\

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กลูตามีน (Glutamine)

กลูตามีนเป็นกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นต้องได้รับอาหาร (Non-essential amino acid) ประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิลิก (Carboxylic group, -COOH) หมู่อะมิโน (Amino group, NH_2) อะตอมไฮโดรเจน และหมู่ R (Side chain) ต่ออยู่กับอะตอมของคาร์บอนที่ตำแหน่งแอลฟา (α-carbon) มีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังแสดงในภาพที่ 2.1 กลูตามีนเป็นกรดอะมิโนอิสระที่มีอยู่ทั่วไปในน้ำเลือดของสัตว์มีรายงานว่าพบประมาณ 30-35% ของกรดอะมิโนในพลาสมา (พัชรี บุญศิริ, เปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์, อุบล ชาอ่อน และ ปีติ ธุวจิตต์, 2551; Bartell and Batal, 2007)



ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของกลูตามีน
ที่มา: พัชรี บุญศิริ และคณะ, 2551

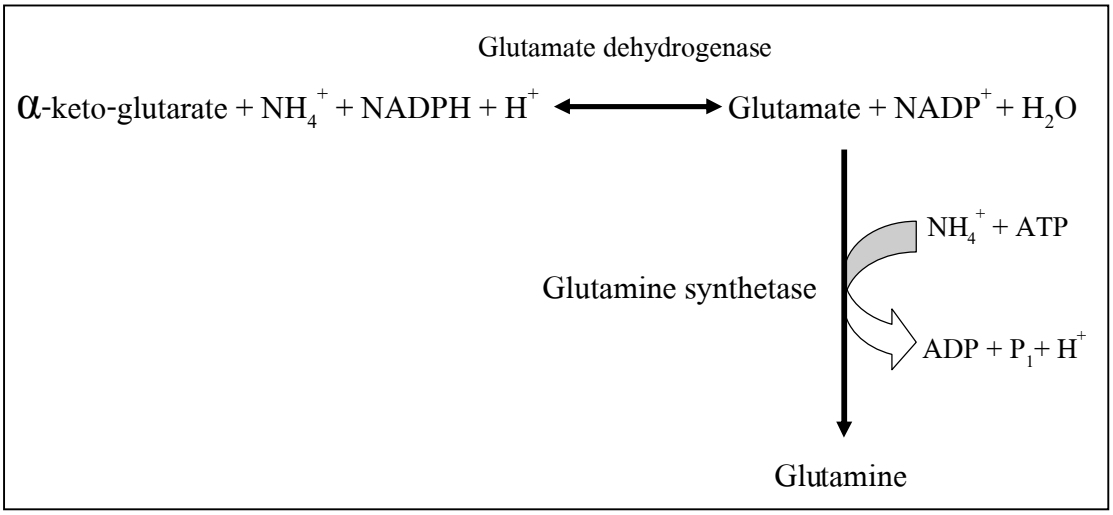
กรดอะมิโนกลูตามีน มีวิถีการสังเคราะห์ที่คล้ายกับการสังเคราะห์กลูตาเมท (Glutamate) และโพรลีน (Proline) โดยจะใช้โครงคาร์บอนจากสารตั้งต้นที่มีโครงสร้างคล้ายแอลฟาคีโตแอซิดของกรดอะมิโน ซึ่งเป็นสารกึ่งกลางในวัฏจักรเครบส์หรือไกลโคไลซิส จากนั้นจะมีการเติมหมู่อะมิโนเข้าไปได้ผลผลิตเป็นกรดอะมิโนโดยอาศัยเอนไซม์ที่ต้องการไพริด็อกซัลฟอสเฟตเป็นโคเอนไซม์ (พัชรี บุญศิริ และคณะ, 2551) ซึ่งกลูตาเมทจะถูกสังเคราะห์จากสารแอลฟาคีโตแอซิดกลูตาเรท และแอมโมเนียโดยการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์กลูตาเมทไฮโดรจีเนสซึ่งอยู่ในเมทริกซ์ของไมโตคอนเดรีย

$$NH_4^+ + \alpha\text{ - Ketoglutarate + NADPH} \xrightarrow{\text{Glutamate dehydrogenase}} \text{Glutamate} + NADP^+ + H_2O$$

ปฏิกิริยาข้างต้นนี้เป็นปฏิกริยาที่สำคัญและเป็นพื้นฐานในการสังเคราะห์กรดอะมิโนทุกชนิด เพราะกลูตาเมทที่ได้จะทำหน้าที่เป็นตัวให้หมู่อะมิโนในกระบวนการสังเคราะห์กรดอะมิโนชนิดอื่นโดยใช้ปฏิกิริยาการเคลื่อนย้ายหมู่อะมิโน (พัชรี บุญศิริ และคณะ, 2551)

กลูตามีนสังเคราะห์จากกลูตาเมท โดยเอนไซม์กลูตามีนซินทีเทส (Glutamine synthetase)

$$\text{Glutamate} + NH_4^+ + ATP \xrightarrow{\text{Glutamine synthetase}} \text{Glutamine} + ADP + P_1 + H^+$$

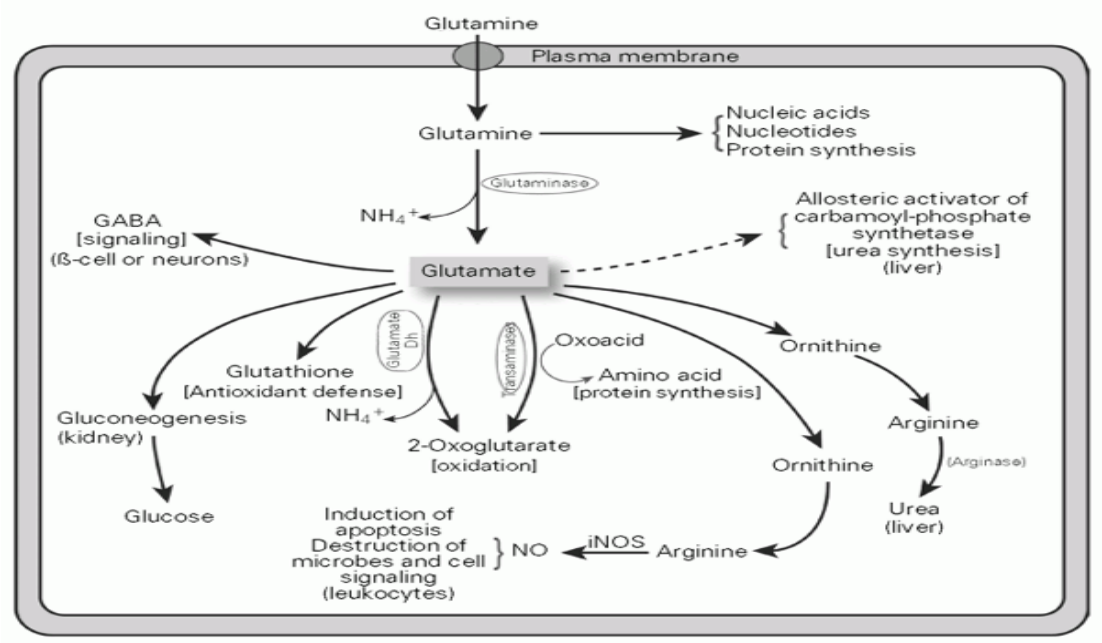


ภาพที่ 2.2 แสดงวิถีการสังเคราะห์กรดอะมิโนกลูตามีน
ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Morse, 1999

2.1.1 กระบวนการเมแทบอลิซึมของกลูตามีน

โดยทั่วไปในเซลล์สิ่งมีชีวิตสามารถสังเคราะห์กลูตามีนได้จากกลูตาเมทในกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกาย เพื่อให้ได้กลูตามีนจะต้องอาศัยการทำงานของเอ็นไซม์กลูตามีนซินทีเทส ในการเร่งปฏิกิริยาจากกลูตาเมท และแอมโมเนีย ซึ่งภายในไมโตคอนเดรียกลูตามีนจะถูกกระตุ้นโดยเอ็นไซม์กลูตามิเนส (Glutaminase) ให้เปลี่ยนกลูตาเมท และแอมโมเนียเพื่อใช้ในกระบวนการต่างๆในการเมแทบอลิซึมดังแสดงในภาพที่ 2.3 โดยจะเกิดขึ้นมากที่สุดในกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นอวัยวะสำคัญในการสังเคราะห์กลูตามีนได้ปริมาณมาก และอวัยวะที่ใช้ประโยชน์

จากกลูตามีนในปริมาณมากที่สุดคือลำไส้เล็กส่วนเจจูนัม (Miller, 1999) กลูตามีนพบปริมาณมากในกล้ามเนื้อ ตับ สมอง และเยื่อบุกระเพาะอาหาร โดยพบในเซลล์กล้ามเนื้อปริมาณสูงถึง 60% ของกลูตามีนที่พบในร่างกาย ในเวลาที่ร่างกายได้รับความเครียดจากการเผาผลาญพลังงาน กลูตามีนจะถูกปลดปล่อยให้มีการหมุนเวียนในเนื้อเยื่อเพื่อปรับตัวให้ร่างกายมีการตอบสนองต่อความเครียดให้ดีขึ้น (Miller, 1999) การออกซิไดซ์คาร์บอนของกลูตามีนจะเกิดขึ้นในวัฏจักรของไตรคาร์บอกซิลิก (Tricarboxylic acid) ผลผลิตสุดท้ายที่ได้คือ อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine triphosphate; ATP) โดยกลูตามีนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกลูตาเมท อะลานีน ซิตรูลีน และโพรลีน (Sornsuvit, 2007)



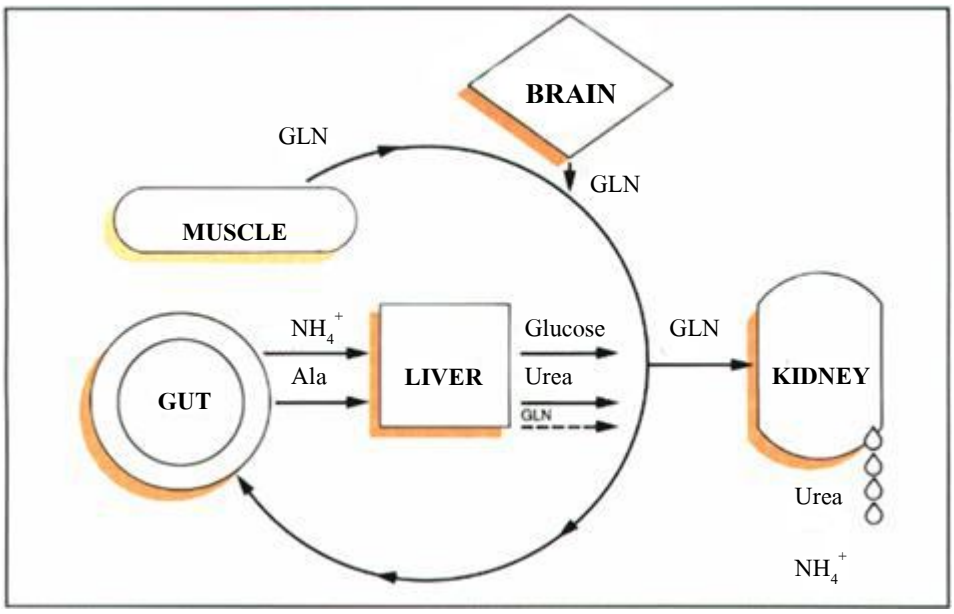
ภาพที่ 2.3 แสดงกลไกของกลูตามีนในร่างกาย

ที่มา: Sornsuvit, 2007

2.1.2 หน้าที่และประโยชน์ของกลูตามีนในร่างกาย

กลูตามีนเป็นกรดอะมิโนอิสระที่มีอยู่ทั่วไปในน้ำเลือดของสัตว์ มีความสามารถในการทำงานโดยการเคลื่อนย้ายแลกเปลี่ยนไนโตรเจนในเนื้อเยื่อ และมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึม กลูตามีนประกอบด้วยแอมโมเนีย 2 กลุ่ม กลุ่มแรกได้จากสารตั้งต้นกลูตาเมท และอีกกลุ่มมาจากแอมโมเมียอิสระในกระแสเลือด กลูตามีนมีหน้าที่คล้ายกับไนโตรเจนชัตเทิล (Nitrogen shuttle) ซึ่งทำหน้าที่ในการปกป้องร่างกายจากระดับแอมโมเนียที่สูงเกินไป นอกจากนี้ยังเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์โปรตีน พิวรีน ไพริมิดีน นิโคตินาไมด์อะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์

(Nicotinamide adenine dinucleotide; NAD^+) และนิวคลีโอไทด์ โดยทั่วไปแล้วลำไส้เล็กเป็นอวัยวะหลักของสัตว์ที่ใช้ประโยชน์จากกลูตามีน โดยจะมีการดูดซึมที่ลำไส้เล็ก และเปลี่ยนกลูตามีนกลายเป็นซิทรูลีน (Citruline) เพื่อใช้ในการสังเคราะห์อาร์จินีน นอกจากนั้นยังเป็นกรดอะมิโนตัวหนึ่งที่มีความสำคัญต่อร่างกายในกรณีได้รับความเครียดจากกระบวนการเมแทบอลิซึม การบาดเจ็บ การติดเชื้อในร่างกาย การควบคุมสมดุลกรด-ด่าง ควบคุมการขับกรดในไต ป้องกันการเกิดภาวะที่กระเพาะมีสภาพเป็นกรด และป้องกันร่างกายจากการเกิดสารพิษ กลูตามีนเป็นกรดอะมิโนกลุ่มที่ไม่จำเป็นแต่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ส่วนใหญ่จะถูกสังเคราะห์และเก็บไว้ในกล้ามเนื้อลายซึ่งมีส่วนสำคัญในการสร้างพลังงาน จำเป็นในการผลิตกลูโคส ไกลโคเจนและยังสามารถเป็นแหล่งพลังงานของเอนเทอร์โรไซท์และลิมโฟไซท์ ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นสารอาหารของระบบภูมิคุ้มกัน (Yi et al., 2005; Bartell and Batal, 2007) นอกจากนี้กลูตามีนยังเป็นสารตั้งต้นในการให้อะตอมของไนโตรเจนเพื่อใช้ในการสังเคราะห์กลูตามีนเอง และมีบทบาทสำคัญในการควบคุมความสมดุลกรด-ด่าง การเกิดแอมโมเนียระดับสูงที่ไต มีส่วนสำคัญในการสังเคราะห์โปรตีน ลดการเสื่อมสภาพของโปรตีนในกล้ามเนื้อโดยการกระตุ้นการสังเคราะห์ของไกลโคเจน (Sornsuvit, 2007)



ภาพที่ 2.4 แสดงวิธีการขนส่งกลูตามีนในร่างกาย

ที่มา: Dharmananda, 2008

มีงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า กรดอะมิโนในอาหารสามารถลดการเสื่อมสภาพของเซลล์ในลำไส้ได้ โดยเฉพาะกลูตามีนสามารถใช้ประโยชน์ในการเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของเนื้อเยื่อในลำไส้ และมีประโยชน์ในการกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มจำนวนของเซลล์ โดยจะไปส่งเสริมกิจกรรมการทำงานของเอ็นไซม์ออนิทีนดีคาร์บอกซิเลส (Ornithine decarboxylase) มีผลในการส่งเสริมพื้นที่การดูดซึมของเนื้อเยื่อในลำไส้ และยังเป็นสารตั้งต้นในการสร้างโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มอวัยวะ เช่น ทูเมอร์เนโครซีสแฟคเตอร์ (Tumor necrosis factor) และอินเตอร์ลิวคินชนิดที่ 1 (Interleukin-1) นอกจากนั้นกลูตามีนยังจำเป็นในการสร้างฟอสโฟไลปิดเพื่อให้เยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane) มีความแข็งแรง และทนต่อการถูกพิโนไซโตซิส (Pinocytosis) หรือฟาโกไซโตซิส (Phagocytosis) ตามปกติลิมโฟไซท์ และแมคโครฟาจต้องการกลูตามีนเพื่อเป็นสารอาหาร โดยกลูตามีนมีผลในการกระตุ้นการเพิ่มจำนวนเซลล์ลิมโฟไซท์ และทำให้อัตราส่วนของ CD4/CD8 เพิ่มขึ้นสำหรับการสร้างภูมิต้านทานของลำไส้ (Gut immuncompetence) ซึ่งขึ้นอยู่กับความปกติของเยื่อบุลำไส้ที่ทำหน้าที่ป้องกันเชื้อโรค ซึ่งต้องอาศัยการทำหน้าที่ของทีเซลล์ซีครีทอรีอิมมูโนโกลบูลินชนิดเอ (T-cell secretory IgA) และแมคโครฟาจ (Kandil et al., 1995; Reeds and Burrin, 2001)

ได้มีรายงานการวิจัยโดยการทดลองเสริมกลูตามีนในอาหารหนู พบว่ากลูตามีนมีบทบาทสัมพันธ์กับการทำงานของเซลล์ต่าง ๆ ในลำไส้เล็ก โดยพบว่าสามารถเพิ่มการแลกเปลี่ยนโซเดียมไอออนและไฮโดรเจนไอออนที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ และเพิ่มการทำงานของออนิทีนดีคาร์บอกซิเลส นอกจากนั้นยังสามารถยกระดับการถอดรหัสทางพันธุกรรม โดยไปเพิ่มการทำงานของโปรตีนไคเนส (Protein kinase) ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นกระบวนการไมโตจีเนซิส (Mitogenesis) อีกทั้งยังมีผลต่อการเพิ่มจำนวนของเซลล์เอนเทอโรไซท์ในลำไส้และเซลล์ภูมิคุ้มกัน เช่น ลิมโฟไซท์ (Lymphocyte) นิวโทรฟิล (Nutrophil) การเพิ่มจำนวนของทีลิมโฟไซท์ (T-lymphocyte) และบีลิมโฟไซท์ (B-lymphocyte) และการแบ่งเซลล์ของแมคโครฟาจ นอกจากนั้นเซลล์สิ่งมีชีวิตยังต้องการกลูตามีนในการเป็นสารตั้งต้นของกรดนิวคลีโอไทด์ ซึ่งหน้าที่ของกลูตามีนได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 และยังพบว่าในระบบทางเดินอาหารจะมีการใช้ประโยชน์จากกลูตามีนในปริมาณมาก เมื่อเทียบกับอวัยวะส่วนอื่น ๆ ในร่างกาย (Calder and Yaqoob, 1999; Miller, 1999)

ตารางที่ 2.1 แสดงหน้าที่ของกลูตามีนต่อการทำงานของเซลล์ และภูมิคุ้มกันในร่างกาย

Regulation of cell functions
Precursor of purine and pyrimidine
Precursor of glutathione
Interferes with L-arginine and oxide metabolism
Regulates cell size by osmosignaling
Stimulates Hsp formation
Stimulates AMP-activated protein kinase pathway
Regulation of lymphocyte function
Stimulates Con-A- and PHA-induced proliferation
Activates the expression of CD25, CD71, CD45RO
Stimulates interferon γ secretion
Stimulates lymphokine-activated killer-cells
Inhibits apoptosis
Stimulates intestinal immunity (GALT)
Increases proportion of natural killer cells in spleen
Regulation of monocyte function
Stimulates RNA synthesis
Increases IL-1 secretion
Stimulates phagocytosis of opsonized *E. coli* and oxidized erythrocytes
Stimulates antigen presentation
Increases expression of surface antigens
Influences differentiation
Improves antioxidant defenses

ที่มา: Roth, 2008

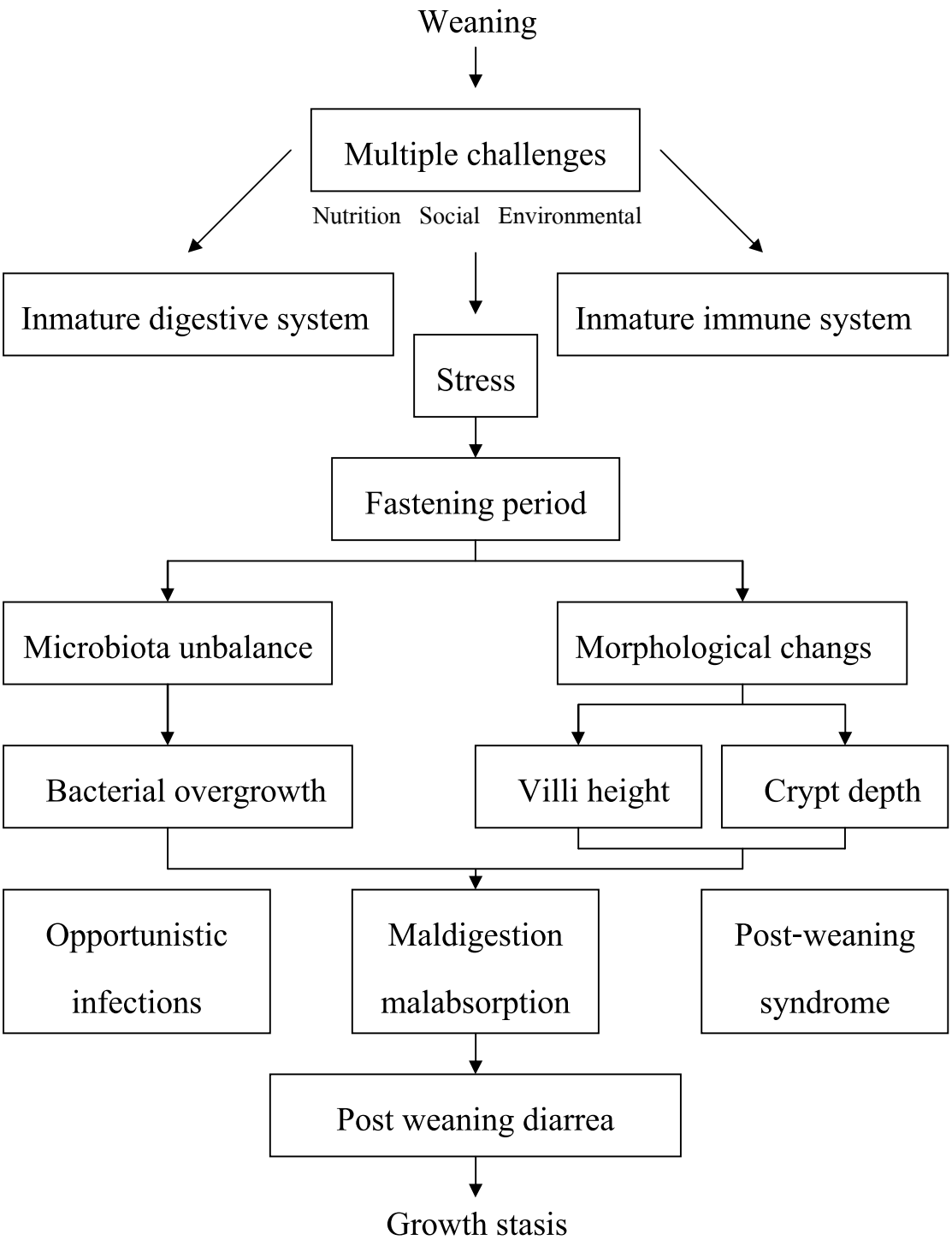
2.2 ภาวะที่ก่อให้เกิดความเครียดในสุกรหลังหย่านม

ลูกสุกรในช่วงหลังหย่านมนับว่าอยู่ในช่วงวิกฤต เนื่องจากได้รับความเครียดจากการเปลี่ยนแปลงหลาย ๆ ปัจจัย เช่น การเปลี่ยนอาหาร จากอาหารเหลวมาเป็นอาหารแข็ง การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงทางสังคม ส่งผลต่อเนื่องถึงการพัฒนาของระบบทางเดินอาหาร และภูมิคุ้มกันลดลง ซึ่งความเครียดจากปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้สุกรกินอาหารลดลง เกิดการเสื่อมสภาพของอวัยวะดูดซึมสารอาหารโดยเฉพาะวิลไล มีผลให้การย่อย และการดูดซึมสารอาหารด้อยประสิทธิภาพลง สาเหตุเหล่านี้เป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้เกิดการชะงักการเจริญเติบโตในสุกรหลังหย่านม นอกจากนี้สภาวะของการย่อยอาหารที่เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ส่งผลให้ระบบทางเดินอาหารมีสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ฉวยโอกาส เช่น *E. coli* และ Salmonella ผลที่ตามมาก็คือ เกิดความไม่สมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการท้องเสียในสุกรหลังหย่านม ดังแสดงในภาพที่ 2.5 (Wolter and Ellis, 1997; Cera et al., 1988; Carstensen et al., 2005)

2.3 ลักษณะทางกายวิภาคของลำไส้เล็ก

ลำไส้เล็กเป็นท่อทางเดินอาหารที่เชื่อมติดอยู่ระหว่างกระเพาะอาหารกับลำไส้ใหญ่ถูกยึดให้อยู่ในตำแหน่งที่คงที่โดยเยื่อบุช่องท้อง โครงสร้างของลำไส้เล็กประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 4 ชั้น ได้แก่ ชั้นเยื่อหุ้มทางเดินอาหาร (Serosa) เป็นชั้นเยื่อเมือกที่อยู่ภายนอกสุดมีหน้าที่ปกคลุมลำไส้เอาไว้ ชั้นกล้ามเนื้อเรียบ (Muscuraris) ประกอบด้วย 2 ชั้น คือ ชั้นนอกกล้ามเนื้อเรียงตัวตามแนวยาวของลำไส้ และชั้นในเป็นชั้นที่กล้ามเนื้อเรียงตัวเป็นวงกลมล้อมรอบลำไส้เอาไว้ โดยระหว่างชั้นกล้ามเนื้อมีร่างแหประสาทอยู่ตรงกลาง ชั้นใต้เยื่อเมือก (Submucosa) เป็นชั้นของเนื้อเยื่อประสานมีเส้นเลือดปมประสาทและหลอดน้ำเหลืองอยู่ในชั้นนี้ ชั้นเยื่อเมือก (Mucosa) เป็นชั้นที่มีส่วนสำคัญที่สุดของระบบย่อย และการดูดซึมสารอาหารดังแสดงในภาพที่ 2.6 ซึ่งลำไส้เล็กสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้ ลำไส้เล็กส่วนต้น (Duodenum) เป็นส่วนที่ต่อจากกระเพาะอาหาร และมีการย่อยอาหารมากที่สุด ต่อมาคือลำไส้เล็กส่วนกลาง (Jejunum) เป็นลำไส้เล็กส่วนที่ยาวที่สุด และมีการดูดซึมมากที่สุด และลำไส้เล็กส่วนปลาย (Ileum) เป็นลำไส้เล็กส่วนสุดท้าย ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับลำไส้ใหญ่ (วิโรจน์ จันทรัตน์, 2540)

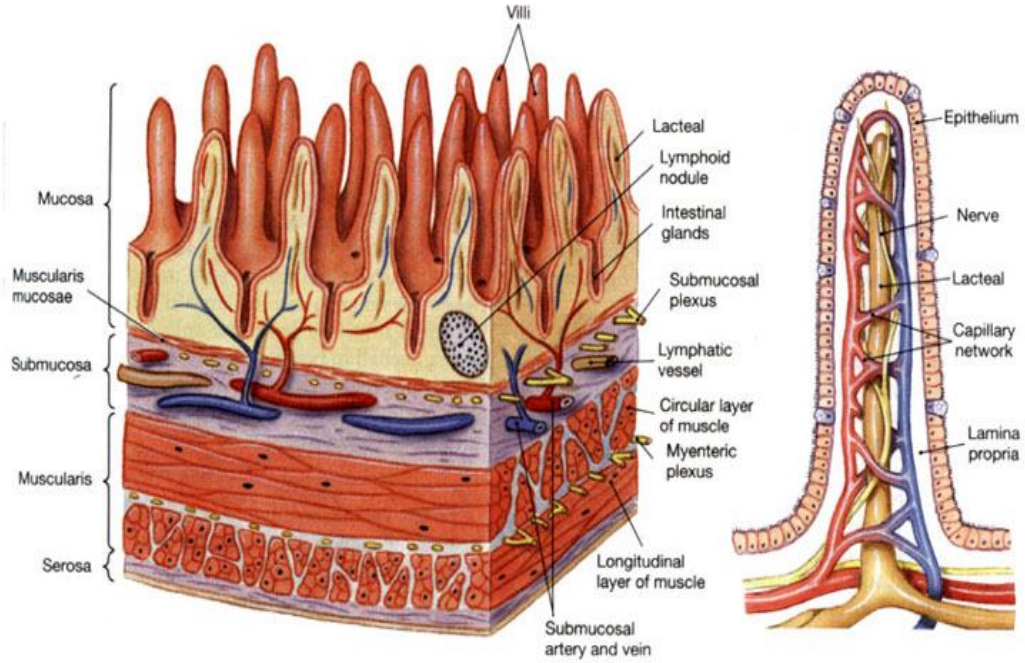
วิลไล (Villi) เป็นเนื้อเยื่อที่ยื่นออกมาจากชั้นเยื่อบุเมือก (Mucosa) ปกคลุมด้วยเนื้อเยื่อบุผิวที่ประกอบด้วยเซลล์รูปร่างหลายเหลี่ยมเรียงกันหลายชั้น (Stratified squamous epithelium) และชั้นเยื่อบุผิวในลำไส้ (Simple columnar epithelium) มีอายุประมาณ 3-5 วันแล้วจะหลุดออกไป



ภาพที่ 2.5 แสดงการเกิดท้องเสียในสุกรหลังหย่านม

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Padres, 2006

คริป (Crypt of lieberkuhn) เป็นบริเวณฐานของวิลไล ในส่วนนี้มีต่อมที่ทำหน้าที่สร้างสารคัดหลั่ง เช่น ฮอร์โมน น้ำย่อย และเมือกต่าง ๆ เพื่อทำหน้าที่ป้องกันผนังลำไส้ รวมทั้งเป็นบริเวณที่มีการแบ่งเซลล์เพื่อทดแทนเซลล์ที่หลุดออกจากปลายวิลไล (กระสินธ์ นพรัตน์ไมตรี, 2551)



ภาพที่ 2.6 แสดงโครงสร้างของผนังลำไส้เล็ก

ที่มา: Frederick, Martini and Bartholomew, 1997

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าการวัดลักษณะทางกายวิภาคของลำไส้เล็กสุกรหย่านม

Item	Small intestine (µm)			References
	Duodenum	Jejunum	Ileum	
Villi height	328-361	355-390	254-295	กระสินธ์ นพรัตน์ไมตรี, 2551
	230-297	224-248	187-248	Yi et al., 2005
	374-437	346-393	281-296	Pawlowska, 2006
Crypt dept	160-183	157-183	122-121	กระสินธ์ นพรัตน์ไมตรี, 2551
	239-266	181-250	186-191	Pawlowska, 2006
Villi : Crypt dept	1.85-2.15	2.11-2.27	2.10-2.25	กระสินธ์ นพรัตน์ไมตรี, 2551
	2.72	2.57	2.07	Yi et al., 2005

2.4 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในลำไส้เล็กของสุกรหลังหย่านม

การเปลี่ยนแปลงสภาพภายในลำไส้เล็กของสุกรหย่านม ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนอาหารจากการดูดนมแม่มาเป็นอาหารแข็ง การเปลี่ยนลักษณะทางกายภาพและเคมีของอาหาร โดยการเปลี่ยนจากของเหลวมาเป็นของแข็ง รวมถึงความเครียดที่เกิดจากการกินอาหาร และการรวมกลุ่มซึ่งต้องถูกแยกออกจากแม่เพื่อการจัดทางสังคมใหม่ ซึ่งการที่ลูกสุกรไม่ได้รับน้ำนมทำให้ภูมิคุ้มกันในร่างกายลดต่ำลง จากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะส่งผลให้วิลไลในลำไส้เล็กซึ่งมีหน้าที่สำคัญในการดูดซึมสารอาหารมีความสูงลดลงและมีฐานกว้างมากขึ้น (Villi atrophy) เนื่องจากมีอัตราการสูญเสียของเซลล์เพิ่มมากขึ้นและอัตราการสร้างเซลล์ใหม่ลดลง ส่งผลให้การดูดซึมสารอาหารลดต่ำลง ผลที่ตามพบว่าสุกรมีการชะงักการเจริญเติบโต ภูมิต้านทานโรคลดลง สาเหตุที่วิลไลในลำไส้เล็กมีความสูงลดลงกว่าปกติเนื่องมาจากอัตราการหลุดลอกของเซลล์เอนเทอร์โรไซท์ของวิลไลในลำไส้เล็ก และภายในเซลล์คริปมีการแบ่งตัวเพิ่มมากขึ้นเพื่อทดแทนการหลุดลอกของเซลล์เอนเทอร์โรไซท์ทำให้เซลล์คริปมีความลึกเพิ่มมากขึ้น (Crypt hyperplasia) ผลที่ตามมาพบว่าอัตราส่วนของความสูงวิลไลต่อความลึกของเซลล์คริปลดลง ก่อให้เกิดผลกระทบต่อโครงสร้างของลำไส้เล็ก โดยจะพบว่าการทำงานของเอนไซม์แลคเตสและซูเครสที่อยู่ในส่วนบรัชบอร์เดอร์ (Brush border) มีประสิทธิภาพลดลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการย่อยและดูดซึมสารอาหารของสุกรหลังหย่านมลดลง (Pluske et al., 1997)

2.5 ระบบภูมิคุ้มกันในลูกสุกร

ภูมิคุ้มกัน (Immune) หมายถึง ระบบทางสรีรวิทยาที่ทำให้สัตว์มีความสามารถต่อการจดจำต่อสิ่งแปลกปลอม และทำให้สิ่งแปลกปลอมนั้นถูกทำให้หมดสภาพลง (Neutralization) หรือขับสิ่งแปลกปลอมออก หรือทำลายสารที่สิ่งแปลกปลอมนั้นขับออกมา (โสมทัต วงศ์สว่าง, 2538) ช่วยทำให้ร่างกายสามารถมีความต้านทานจากจุลชีพที่เรียกว่า แอนติบอดี (Antibody) เช่น ไวรัสและปรสิตได้ (Gorman and Halliwell, 1989) และยังเป็นปฏิกิริยาในการต่อต้านอนุภาคจากสิ่งแปลกปลอมรวมทั้งจุลินทรีย์และสารชีวโมเลกุล เช่น โพลีแซคคาร์ไรด์ (Polysaccharides) และเซลล์ผิดปกติของร่างกายหรือเนื้องอกโดยไม่ทำให้เกิดความผิดปกติทางร่างกาย (Abbars, Lichtman and Pober, 1994; Stites, Stobo, Fudenbez and Well, 1982)

หน้าที่พื้นฐานของระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย (รัตนา จิรารัตน์, 2545) สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. เพื่อป้องกันร่างกายและเพิ่มความต้านทานของร่างกายต่อสิ่งแปลกปลอมภายนอก เช่น ทำลายเชื้อโรคที่เข้าสู่ร่างกาย

2. เพื่อกำจัดเซลล์ปกติของร่างกายที่ใช้งานไม่ได้แล้ว เช่น ทำลายเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวที่อายุมาก

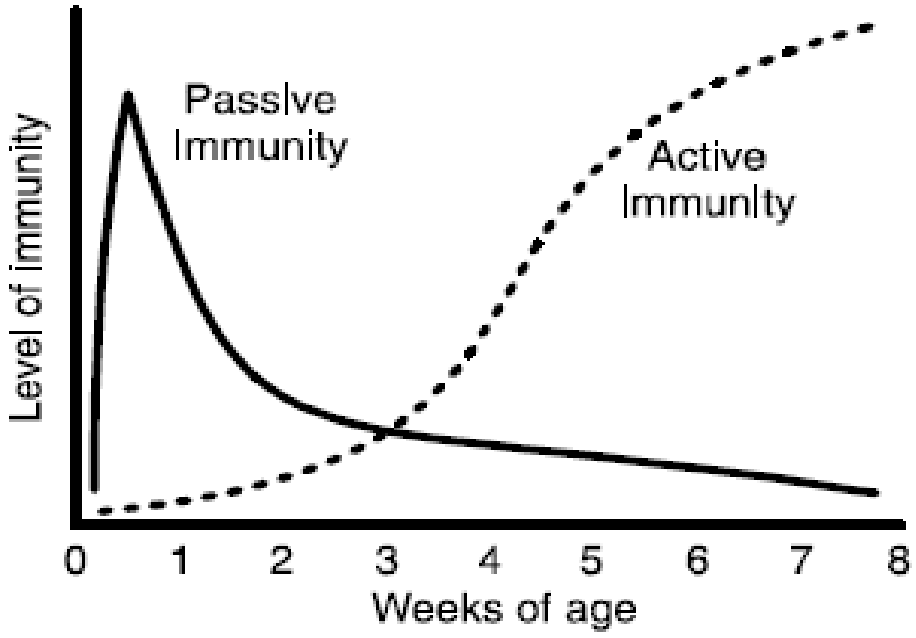
3. เพื่อดูแลการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกายและคอยกำจัดเซลล์ที่มีการเปลี่ยนแปลงผิดไปจากปกติ

โดยปกติแล้วสุกรเป็นสัตว์ที่มีการส่งผ่านทั้งเชื้อโรคและภูมิต้านทานจากแม่สู่ลูกทางรกน้อยมาก โดยพบว่ามีเพียงโรคอหิวาต์สุกร พาร์โวไวรัส และพยาธิในเลือด (Eperithrozoon) เท่านั้น ดังนั้นลูกสุกรแรกเกิดจึงอยู่ในสภาพที่ปราศจากโรคและมีภูมิต้านทานต่อโรคต่ำ แต่อย่างไรก็ตามยังมีภูมิคุ้มกันบางส่วนที่สามารถถ่ายผ่านทางน้ำนมได้ ซึ่งเรียกว่าภูมิคุ้มกันจากแม่สู่ลูก (Passive immune) เป็นภูมิคุ้มกันที่ถ่ายทอดจากแม่สุกรมาให้ลูกสุกรผ่านทางนมน้ำเหลือง (Colostrum) ซึ่งแอนติบอดีที่ได้รับส่วนใหญ่พบสะสมอยู่ในซีรัม (Holland, 1990) และเป็นโปรตีนอิมมูโนโกลบูลิน (Ig) ซึ่งมีอยู่หลายชนิด ได้แก่ อิมมูโนโกลบูลินชนิดจี (IgG) ถูกสร้างจากไขกระดูกและพบปริมาณมากที่สุด รองลงมาคืออิมมูโนโกลบูลินชนิดเอ (IgA) เป็นภูมิคุ้มกันที่สร้างขึ้นอย่างรวดเร็วโดยการสร้างจากเซลล์พลาสมาในเยื่อบุต่าง ๆ เช่น เยื่อบุลำไส้ ต่อมน้ำนม และอิมมูโนโกลบูลินชนิดเอ็ม (IgM) ซึ่งมักพบมากในสารคัดหลั่งต่างๆในปริมาณมาก แต่พบน้อยในน้ำเลือด (Plasma) และน้ำนม ซึ่งปริมาณของแอนติบอดีที่พบในซีรัม และน้ำนมแสดงในตารางที่ 2.3 โดยระดับภูมิคุ้มกันที่ได้รับจากแม่พบว่ามีระดับสูงสุดที่วันแรกหลังจากคลอด แต่หลังจากนั้นระดับของภูมิคุ้มกันเริ่มลดลง ดังแสดงในภาพที่ 2.7 โดยจากการศึกษาพบว่า การลดลงของระดับภูมิคุ้มกันนี้จะเริ่มเกิดขึ้นที่อายุ 3 สัปดาห์หลังจากคลอด ซึ่งการลดลงของระดับภูมิคุ้มที่ได้รับจากแม่ขึ้นอยู่กับระดับของภูมิคุ้มกันที่ลูกสุกรได้รับมา โดยการที่ลูกสุกรได้รับภูมิคุ้มกันมาจากแม่สุกรในระดับสูงตั้งแต่ต้น ระดับภูมิคุ้มกันจะสามารถคงอยู่ในร่างกายลูกสุกรได้นานกว่าปกติ ซึ่งเป็นผลดีต่อตัวลูกสุกร อย่างไรก็ตามภูมิคุ้มกันที่ได้รับจากแม่สุกรสามารถป้องกันโรคให้แก่ลูกสุกรเพียงระยะหนึ่งเท่านั้น ลูกสุกรจึงจำเป็นต้องได้รับการกระตุ้นภูมิคุ้มกันขึ้นเองโดยการทำวัคซีนในช่วงอายุที่เหมาะสมต่อไป (Varley and Wiseman, 2001)

ตารางที่ 2.3 แสดงปริมาณของภูมิคุ้มกันในซีรัม นมน้ำเหลือง และน้ำนมสุกรที่อายุต่าง ๆ

Item	Types of immunity (Mg/Ml)			
	IgG1	IgG2	IgA	IgM
Serum	17 - 29		0.5 - 5	1 - 5
Colostrums	61.8	40.3	9.6	3.2
Milk (Day 1)	11.8	8.0	3.8	1.8
Milk (Day 2)	8.2	5.0	2.7	1.8
Milk (Day 3-7)	1.9	1.3	3.4	1.2
Milk (Day 8-35)	1.4	1.5	3.0	9.0

ที่มา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, ม.ป.ป



ภาพที่ 2.7 แสดงการพัฒนาภูมิคุ้มกันของลูกสุกร

ที่มา: Cattlenetwork, 2009

2.6 ชนิดของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารของสุกร

ปกติในระบบทางเดินอาหารของลูกสุกรแรกเกิดจะไม่มีเชื้อจุลินทรีย์อาศัยอยู่ การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารสุกรเกิดจากการที่สุกรได้รับเข้าไปจากภายนอก ในเวลา 3 ชั่วโมงหลังคลอด จุลินทรีย์สามารถเข้าสู่ร่างกายและเจริญเพิ่มจำนวนประชากรต่อไปได้ โดยการได้รับเชื้อจุลินทรีย์จะเกิดขึ้นในระหว่างการคลอด โดยผ่านทางช่องคลอดของแม่สุกร และลูกสุกรจะได้รับจุลินทรีย์กลุ่มที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายโดยการกินน้ำนมจากแม่สุกร ซึ่งมีจุลินทรีย์เจือปนอยู่ส่วนใหญ่แล้วจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ที่พบในน้ำนมแม่สุกร ประกอบไปด้วย Bifidobacterium, Lactobacillus, Enterobacteriaceae และ Bacteriodes แต่เมื่อลูกสุกรมีการเจริญเติบโตมากขึ้นจะพบจุลินทรีย์ชนิด *E. coli*, Enterococcus, Clostridium เพิ่มขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจุลินทรีย์เหล่านี้สุกรจะได้รับจากการปนเปื้อนในอาหารที่กินในช่วงหลังหย่านม (Garbert, Sauer, Mosenthin, Schmitz and Ahrens, 1995; Maxwell and Stewart, 1995)

จุลินทรีย์ที่แพร่กระจายในระบบทางเดินอาหารของสุกร ส่วนใหญ่จะเป็นจุลินทรีย์ในกลุ่ม Facultative organism ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจน (Aerobic) และในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (Anaerobic) (Beuer, Williams, Voist, Mosenthin and Verstegen, 2001) ปกติแล้วจุลินทรีย์ที่พบในทางเดินอาหารมี 2 กลุ่ม ดังนี้

1. ประเภทที่ก่อให้เกิดโรค (Pathogenic microflora) คือ จุลินทรีย์กลุ่มที่ก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ หรือทำให้ร่างกายเกิดความผิดปกติ เช่น *E. coli*, Salmonella และ *Vibrio cholera* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดอาการท้องเสียโดยเฉพาะในลูกสุกรหลังหย่านม ลูกสุกรระยะนี้อยู่ในช่วงที่ได้รับความเครียดสูงจากการเปลี่ยนแปลงหลายปัจจัย เช่น อาหาร สังคม และสภาพแวดล้อม ส่งผลให้ลูกสุกรมีสุขภาพร่างกายที่อ่อนแอ ระดับภูมิคุ้มกันต่ำ มีการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร จึงส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลของจุลินทรีย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งจำนวนประชากร *E. coli* มีปริมาณสูงเป็นสาเหตุให้เกิดอาการท้องเสียในลูกสุกร (อุทัย คันโธ, 2535; Pollmann, 1986)

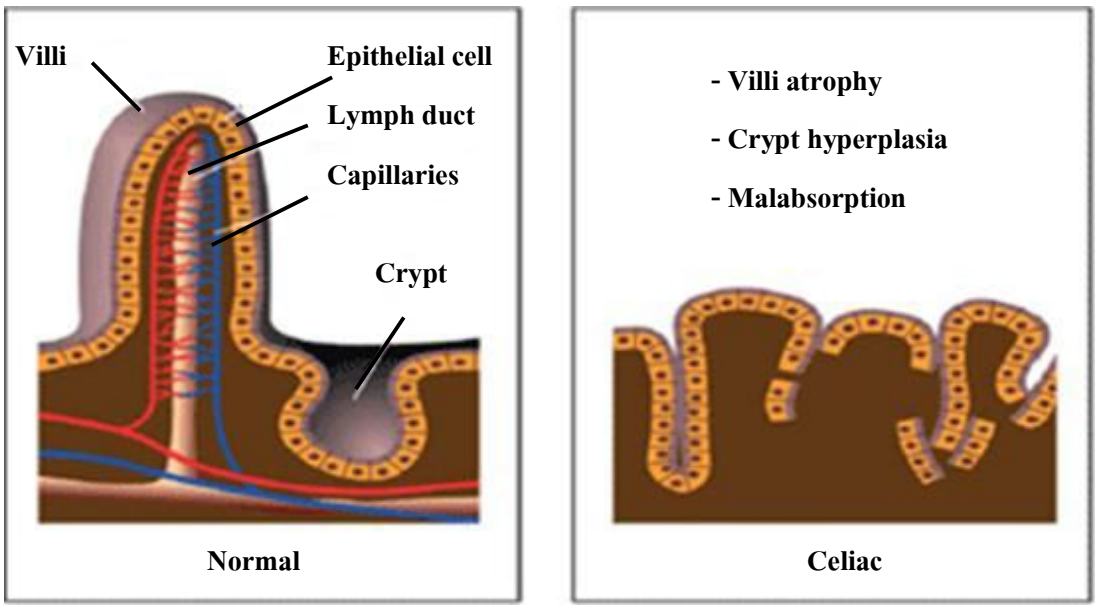
2. ประเภทที่ไม่ก่อให้เกิดโรค (Non-pathogenic microflora) คือจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายสัตว์ นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในหลายกรณี เช่น ช่วยควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ที่ก่อโรคไม่ให้มีมากเกินไปจนเป็นอันตรายต่อร่างกาย จุลินทรีย์ประเภทที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus faecium*, *Bacillus subtilis* และยีสต์ เป็นต้น หากร่างกายปราศจากจุลินทรีย์เหล่านี้จะมีผลทำให้ลูกสุกรอ่อนแอและเกิดโรคได้ง่าย (อุทัย คันโธ, 2535; Pollmann, 1986)

ในลูกสุกรหลังคลอดจะมีเชื้อแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ปนเปื้อนเข้าไปอย่างรวดเร็ว โดยพบว่าในลำไส้เล็กส่วนปลายจะมีเชื้อแบคทีเรียชนิดที่เจริญได้โดยไม่ใช้ออกซิเจน โดยเฉพาะเชื้อ

E .coli มีมากถึง 10^7 เซลล์ต่อกรัม และพบเชื้อต่าง ๆ โดยรวมในไส้ติ่งและ ลำไส้ใหญ่มากกว่า 10^{10}-10^{11} เซลล์ต่อกรัมของสิ่งบรรจุในลำไส้ (Intestinal content) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเชื้อที่ไม่ทำให้เกิดโรค เช่น Lactobacillus, Bacteriodes, Fusobacterium, Clostridium, Eubacterium และ Peptostreptococci เป็นต้น (Jubb, Kennedy and Palmer, 1992) ปกติแล้วเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เหล่านี้จะอยู่ในสภาพที่สมดุลกัน ถ้าภาวะความสมดุลของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ เหล่านี้สูญเสียไป ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการที่ลูกสุกรได้รับความเครียดเนื่องจากอุณหภูมิสูงหรือต่ำมากจนผิดปกติ การเลี้ยงแบบหนาแน่นและให้ผลผลิตสูง การเคลื่อนย้าย ภาวะการอดอาหารหรือนมไม่พอกิน การเปลี่ยนอาหารอย่างกะทันหัน หรือการใช้ยาปฏิชีวนะที่ออกฤทธิ์ได้กว้างขวาง (Broad spectrum antibiotics) ทั้งหมดนี้อาจมีผลรบกวนสภาวะความสมดุลของเชื้อจุลินทรีย์ประจำถิ่น (Normal flora) ที่มีภายในลำไส้ซึ่งอาจทำให้เชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคให้มีจำนวนเพิ่มขึ้น ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถทำให้สุกรเกิดอาการท้องเสียได้ (Taylor, 1981; Blood, Radostits and Henderson, 1983; Maxwell and Stewart, 1995) นอกจากนี้จำนวนประชากรและการเจริญของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารยังขึ้นอยู่กับอีกหลายปัจจัย เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม อัตราการไหลผ่านของอาหาร ระบบสรีรวิทยาของตัวสัตว์ การบีบตัวของท่อทางเดินอาหาร รวมถึงอายุการใช้ยาปฏิชีวนะและระบบภูมิคุ้มกันในตัวสัตว์ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารลูกสุกรได้ (Hanson and Robert, 1999; Kenneth, 2000)

2.7 ความต้องการกลูตามีนในสุกรหลังหย่านม

โดยปกติแล้วสุกรสามารถสังเคราะห์กลูตามีนได้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย แต่ในกรณีของลูกสุกรที่ได้รับความเครียดจากการหย่านมเร็วขึ้น ทำให้ร่างกายต้องการกลูตามีนเพื่อใช้ในการป้องกันการเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อในระบบทางเดินอาหาร จากการศึกษาพบว่ากลูตามีนเป็นแหล่งพลังงานหลักของเซลล์เยื่อบุลำไส้เล็ก และลิมโฟไซท์ ซึ่งการเสื่อมสภาพของวิลไลจะส่งผลกับการดูดซึมสารอาหารให้มีประสิทธิภาพต่ำลง โดยอัตราส่วนระหว่างความสูงของวิลไลต่อความลึกของคริปที่ลดลง (Villi height : Crypt depth) เป็นตัวบ่งบอกได้ว่ามีการเสื่อมสภาพของเซลล์เพิ่มมากขึ้น (Pluske et al., 1997)



ภาพที่ 2.8 แสดงวิลไลปกติ (Normal villi) และการเสื่อมสภาพของวิลไล (Villi atrophy) ของสุกรหลังหย่านม

ที่มา: Revill and Bozzo, 2007

การเสื่อมสภาพของวิลไล และความผิดปกติของคริป ดังแสดงในภาพที่ 2.8 จะเกิดขึ้นมากในช่วงหลังจากหย่านม โดยการเปลี่ยนแปลงในส่วนนี้จะเห็นเด่นชัดเมื่อทำการหย่านมเร็วกว่า 14 วัน จากการรวบรวมงานวิจัยในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของลำไส้เล็กในลูกสุกรหย่านม พบว่า การหย่านมที่ 21 วันความยาวของวิลไลจะลดลงประมาณ 25% (940 ไมโครเมตร เหลือ 694 ไมโครเมตร) ซึ่งต่อมาการเสื่อมสภาพของความยาววิลไลในลำไส้เล็กจะหดสั้นลงอีกเล็กน้อย นอกจากนั้นยังพบว่าความยาวของไมโครวิลไลจะหดสั้นลงหลังจากหย่านมที่ 5-8 วัน ในทางตรงกันข้ามสุกรที่ยังไม่หย่านม พบว่ามีการหดสั้นของความยาววิลไลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยสาเหตุของการลดความสูงของวิลไลเกิดจากการลดลงของจำนวนเซลล์เอนเทอโรไซท์ที่เยื่อบุชั้นในของวิลไล (Pluske et al., 1997) สอดคล้องกับ Hampson (1986) รายงานว่าอาการท้องเสียและสาเหตุของการเสื่อมของเยื่อบุทางเดินอาหารเกิดจากความเครียดจากการหย่านมที่รวดเร็ว ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้สุขภาพและการเจริญเติบโตของลูกสุกรลดต่ำลง

การเสื่อมสภาพของเซลล์เยื่อบุทางเดินอาหารส่งผลให้เกิดอาการท้องร่วงในลูกสุกรหลังหย่านม เนื่องจากผนังลำไส้เล็กไม่สามารถสร้างเซลล์เยื่อบุทางเดินอาหารได้จึงทำให้การดูดซึมสารอาหารลดลง จากการทดลองของ Zou, Zheng, Fang and Jiang (2006) แสดงให้เห็นว่าการเสริมกลูตามีนที่ระดับ 1% ในอาหารสามารถทำให้อาการท้องร่วงลดลง และร่นระยะเวลาการเกิด

ท้องร่วงให้สั้นลง ซึ่งความเป็นไปได้ของกลูตามีนในการเพิ่มสมรรถนะการผลิตในลูกสุกรหลังหย่านม มีผลมาจาก

1. กลูตามีนเป็นแหล่งพลังงานหลักของลำไส้เล็กทำให้มีการเจริญของกลุ่มเซลล์และลิมโฟไซท์อย่างรวดเร็ว

2. กลูตามีนเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์โมเลกุลขนาดใหญ่ (Macromolecule) เช่น ดีเอ็นเอและโปรตีน

3. เพื่อให้กระบวนการเมแทบอลิซึมกลูตามีนและอาร์จินีนสมบูรณ์ ซึ่งมีความสำคัญในการเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ไนตริกอ็อกไซด์ (NO) เนื่องจากไนตริกอ็อกไซด์มีบทบาทสำคัญ ในการควบคุมน้ำย่อยในทางเดินอาหาร

กลูตามีนมีจึงผลในการป้องกันการเสื่อมสภาพของเยื่อบุทางเดินอาหารเมื่อได้รับความเครียดในช่วงหย่านม ซึ่งความเครียดในช่วงหย่านมจะเกี่ยวข้องกับการย่อย และดูดซึมอาหารในลูกสุกรหย่านมโดยตรง (Zou et al., 2006) นอกจากนี้กลูตามีนยังสามารถเพิ่มความลึกของลามินาโพรเพรีย (Lamina propria) ซึ่งเป็นอวัยวะที่สำคัญในการสร้างภูมิคุ้มกัน โดยจากการทดลองเพาะเลี้ยงเซลล์ (Cell culture) พบว่า กลูตามีนสามารถลดการดูดซึมสารพิษที่สร้างจากเชื้อ *E. coli* เข้าสู่ลำไส้ได้ แสดงให้เห็นว่าการเสริมกลูตามีนมีผลต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน โดยการไปเพิ่มระดับของอิมมูโนโกลบูลินชนิดเอให้สูงขึ้นหลังจากร่างกายได้รับเชื้อ *E. coli* เข้าไป (Kitt, Miller, Lewis and Fischer, 2002)

2.8 ผลของการเสริมกลูตามีนในสุกรหย่านม

2.8.1 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต

ผลของการเสริมกลูตามีนโดยพิจารณาผลจากสมรรถนะการเจริญเติบโต จากตารางที่ 2.4 แสดงให้เห็นว่าการเสริมกลูตามีนมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารในสุกร แต่ไม่พบความแตกต่างในส่วนของปริมาณอาหารที่กินต่อวันและอัตราการเจริญเติบโต ยกเว้นในการทดลองของ Zou et al. (2006) พบว่าการเสริมกลูตามีนที่ระดับ 1% ในอาหารลูกสุกรที่อายุ 10-20 วันหลังหย่านมสามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตได้อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 2.4 แสดงผลของการเสริมกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกรหลังหย่านม

Level	ADG (g/d)	ADFI (g/d)	Gain: Feed	References
	Day 1-7			Wu et al., 1996 [1]
Control	70	190	0.35	
0.2%	30	140	0.21	
0.6%	50	150	0.34	
1.0%	30	130	0.23	
	Day 8-14			
Control	230	350	0.67 [b]	
0.2%	240	340	0.73 [ab]	
0.6%	280	360	0.76 [ab]	
1.0%	270	320	0.84 [a]	
	Day 1-11			Yi et al., 2005 [2]
Control	270	340	0.80	
2.0%	260	310	0.82	
	Day 12-14			
Control	210	450	0.44 [b]	
2.0%	320	410	0.73 [a]	
	Day 1-14			
Control	260	360	0.73	
2.0%	270	330	0.80	
	Day 1-10			Zou et al., 2006 [3]
Control	22	110	4.93 [b]	
1.0%	23	103	4.40 [a]	
	Day 10-20			
Control	173[a]	307	1.55	
1.0%	221[b]	346	1.54	

หมายเหตุ: [a, b] ตัวอักษรที่แตกต่างในคอลัมท์เดียวกันของแต่ละแหล่งข้อมูลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) [1/] หย่านมอายุ 21 วัน [2/] หย่านมอายุ 17 วัน [3/] หย่านมอายุ 21 วัน

2.8.2 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อลักษณะทางจุลกายวิภาคในลำไส้เล็ก

ผลของการเสริมกลูตามีนต่อความสูงของวิลไลในระบบทางเดินอาหารของสุกรหย่านมดังแสดงในตารางที่ 2.5 จากตารางแสดงให้เห็นว่าการเสริมกลูตามีนมีผลในการเพิ่มความสูงของวิลไลของสุกรหย่านม ส่งผลให้การดูดซึมสารอาหารมีประสิทธิภาพดีขึ้น (Pluske et al., 1997)

2.8.3 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน

กลูตามีนมีผลในการสร้างฟอสโฟไลปิดเพื่อทำให้เซลล์เมมเบรนแข็งแรง และมีความสามารถทนต่อการถูกกลืนกินจากเชื้อโรค โดยปกติลิมโฟไซท์และแมคโครฟาจจะใช้กลูตามีนเป็นแหล่งพลังงานหลักในการเพิ่มจำนวนเซลล์ ซึ่งมีผลต่อการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกัน นอกจากนั้นกลูตามีนยังมีผลต่อการเพิ่มจำนวนของเซลล์เอนเทอร์โรไซท์ในลำไส้โดย Calder and Yaqoob (1999) รายงานว่า การเสริมกลูตามีนในอัตราสูงมีผลต่อการเพิ่มจำนวนการทำงานของลิมโฟไซท์ และการสร้างไซโตไคน์ (Cytokine) โดยทั่วไปแล้วอิมมูโนโกลบูลินชนิดเอทำหน้าที่ช่วยปกป้องพื้นผิวลำไส้ไม่ให้เชื้อแบคทีเรียเกาะติดผนังลำไส้เพื่อก่อให้เกิดโรค แต่เมื่ออิมมูโนโกลบูลินชนิดเอภายในทางเดินอาหารมีปริมาณลดลง จะทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์ได้ง่าย และมีผลทำให้การดูดซึมอาหารด้อยประสิทธิภาพลง (Carstensen et al., 2005) ในส่วนของแกมมาอินเตอร์ฟีรอน (IFN-γ) เป็นไซโตไคน์ที่มีฤทธิ์ขัดขวางการเพิ่มจำนวนของไวรัสในเซลล์ของร่างกายโดยอินเตอร์ลิวคินชนิดที่ 2 (Interleukin-2) มีความสามารถในการทำให้ที่ลิมโฟไซท์แบ่งตัวและมีชีวิตอยู่ได้ (สุทธิพันธ์ สาระสมบัติ และคณะ, 2542) จากตารางที่ 2.6 แสดงผลจากการเสริมกลูตามีนในอาหารไก่เนื้อพบว่ากลูตามีนมีผลต่อการเพิ่มอิมมูโนโกลบูลินชนิดเอในซีรัม อิมมูโนโกลบูลินชนิดเอในลำไส้ (Intestinal IgA) และอิมมูโนโกลบูลินชนิดจีในซีรัมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ส่วนการทดลองของ Johnson, Ball, Baracos and Field (2006) ที่ได้ทำการศึกษาในสุกรหย่านมพบว่า การเสริมกลูตามีนที่ระดับ 4.3% มีผลต่อการเพิ่มสัดส่วนของแกมมาอินเตอร์ฟีรอนต่ออินเตอร์ลิวคินชนิดที่ 4 (IFN- γ/IL-4) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างของซีรัมแกมมาอินเตอร์ฟีรอน (Serum interferon –γ) และอินเตอร์ลิวคินชนิดที่ 2 ($P>0.05$)

ตารางที่ 2.5 แสดงผลของการเสริมกลูตามีนต่อลักษณะทางจุลกายวิภาคในลำไส้เล็ก

Item	Level		References
	Control	**1.0% Gln**	
Duodenum (μm)			Wu et al., 1996 [1]
Day 7	365	363	
Day 14	423	455	
Jejunum (μm)			
Day 7	270 [b]	358 [a]	
Day 14	477	447	
	Control	**0.5%**	
Ileum			Domeneghini et al.,
Villi height (μm)	168.18 [b]	207.63 [a]	2004 [2]
Crypt depth (μm)	109.97 [b]	166.47 [a]	
Villi height: Crypt depth ratio	1.53	1.25	
	Control	**2.0%**	
Duodenum			Yi et al., 2005 [3, 4]
Villi height (μm)	230[b]	297[a]	
Crypt depth (μm)	88	82	
Villi height:Crypt depth ratio	2.72[b]	3.87[a]	
Villi area (mm^2)	0.012[b]	0.018[a]	
Villi volume (mm^2)	0.0007 [b]	0.0012[a]	
Jejunum			
Villi height (μm)	224[b]	284[a]	
Crypt depth (μm)	93	76	
Villi height:Crypt depth ratio	2.57 [b]	4.01[a]	
Villi area (mm^2)	0.011[b]	0.017[a]	
Villi volume (mm^2)	0.0007[b]	0.0011[a]	

ตารางที่ 2.5 (ต่อ)

Item	Level		References
	Control	**2.0% Gln**	
Ileum			Yi et al., 2005 [3, 4]
Villi height (μm)	187[b]	248[a]	
Crypt depth (μm)	94	80	
Villi height:Crypt depth ratio	2.07[b]	3.19[a]	
Villi area (mm^2)	0.009[b]	0.015[a]	
Villi volume (mm^2)	0.0005[b]	0.0009[a]	

หมายเหตุ: [a, b] ตัวอักษรที่แตกต่างในคอลัมท์เดียวกันของแต่ละแหล่งข้อมูลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

[1/] หย่านมอายุ 21 วัน

[2/] หย่านมอายุ 21 วัน

[3/] หย่านมอายุ 17 วัน

[4/] ทำการทดลองโดยการให้สุกรได้รับเชื้อ *E. coli* $K88^+$ เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง

ตารางที่ 2.6 แสดงผลของการเสริมกลูตามีนต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน

Animal	**Level**	**IFN- γ (pg/ml)**	**IL-2 (pg/ml)**	**IFN- γ/IL-4**	**References**
Weaned	Day 35 [2]				Johnson et
pigs	Control	364	735	1.4 [b]	al., 2006 [1]
	4.3%	587	532	5.5 [a]	
Animal	**Level**	**Serum IgA**	**Intestinal IgA**	**Serum IgG**	
Weaned	Day 35 [2]				Johnson et
pigs	Control	5 [3]	-	40	al., 2006 [1]
	4.3%	4	-	42	
Chickens	Day 7				Bartell and
	Control	0.625[a]	-	1.241 [a]	Batel, 2007
	1%	0.993 [b]	-	1.332 [b]	
	Day 14				
	Control	0.897	-	1.574 [a]	
	1%	1.249	-	1.885 [b]	
	Day 21				
	Control	1.293	1.905 [a]	2.290 [a]	
	1%	1.430	2.832 [b]	2.589 [b]	

หมายเหตุ: [a, b] ตัวอักษรที่แตกต่างในคอลัมท์เดียวกันของแต่ละแหล่งข้อมูลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

[1/] หย่านมอายุ 21 วัน

[2/] หลังหย่านม

[3/] เปอร์เซ็นต์ของเซลล์ทั้งหมด

บทที่ 3
วิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดลองศึกษาถึงผลของการเสริมกลูตามีนที่ระดับ 0, 0.5 และ 1.0% ในอาหาร เพื่อศึกษาผลที่มีต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การกระตุ้นการตอบสนองของระดับอิมมูโนโกลบูลิน ค่าโลหิตวิทยา การเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร และลักษณะทางจุลกายวิภาคในลำไส้เล็กของลูกสุกรหย่านม ซึ่งมีรายละเอียดของการทดลองดังนี้

3.1 สัตว์ทดลอง

ใช้สุกรลูกผสม 3 สายพันธุ์ (ดูรอค x แลนด์เรซ x ลาร์จไวท์) หย่านมที่อายุ 21 วัน น้ำหนักตัวเฉลี่ย 6.39±0.96 กิโลกรัม จำนวน 60 ตัว แบ่งเป็นเพศผู้ตอน 30 ตัว และเพศเมีย 30 ตัว แต่ละกลุ่มแบ่งออกเป็น 4 ซ้ำ (เพศผู้ 2 ซ้ำและเพศเมีย 2 ซ้ำ) ซ้ำละ 5 ตัว สุ่มลูกสุกรลงในหน่วยทดลองโดยทำการชั่งน้ำหนักลูกสุกรทุกตัว เพื่อทำการเฉลี่ยน้ำหนักตัวให้ใกล้เคียงกัน ระยะเวลาที่ทำการทดลองสุกรจะได้รับการกกให้ความอบอุ่นในช่วงสองสัปดาห์แรกของการทดลอง และศึกษาโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อค (Randomized Completely Block Design; RCBD) เพื่อศึกษาอิทธิพลของเพศผู้ตอนและเพศเมีย

3.2 ระยะเวลาทำการทดลอง

ทำการทดลองในลูกสุกรหย่านมที่อายุ 21 วัน จนถึงอายุ 49 วันหลังหย่านม รวมระยะเวลาในการทดลอง 28 วัน

3.3 อาหารทดลอง

อาหารทดลองเป็นอาหารสุกรหย่านมที่ใช้เป็นปกติในฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี แต่มีการปรับสูตรอาหารทดลองโดยการใช้แป้งมันสำปะหลังทดแทนในสูตรอาหารที่ไม่มีการเสริมกลูตามีน ดังแสดงในตารางที่ 3.1 โดยคำนวณให้มีปริมาณโภชนะต่างๆ ตามคำแนะนำของ NRC (1998) ทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของโภชนะต่าง ๆ โดยวิธี Proximate analysis ตามวิธีการของ AOAC (1995) สุกรทุกตัวได้รับอาหารและน้ำแบบเต็มที่ (*ad-libitum*) ตลอดระยะเวลาการทดลอง

อาหารทดลองที่ใช้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย

กลุ่มการทดลองที่ 1 อาหารพื้นฐานไม่เสริมกลูตามีน

กลุ่มการทดลองที่ 2 อาหารพื้นฐานเสริมกลูตามีนที่ระดับ 0.5%

กลุ่มการทดลองที่ 3 อาหารพื้นฐานเสริมกลูตามีนที่ระดับ 1.0%

3.4 ลักษณะที่ต้องการศึกษา

3.4.1 ศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต (Growth performance)

บันทึกน้ำหนักตัวของลูกสุกรหย่านมเมื่อเริ่มต้น และทุกสัปดาห์ของการทดลอง พร้อมชั่งอาหารที่กิน และอาหารที่เหลือทุกสัปดาห์จนสิ้นสุดการทดลอง โดยมีลักษณะที่ต้องการศึกษาดังนี้

อัตราการเจริญเติบโต (Average daily gain, ADG)

$$= \frac{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น}}{\text{จำนวนวันที่ทำการทดลอง}}$$

ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน (Average daily feed intake; ADFI)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$

น้ำหนักที่เพิ่มต่อปริมาณอาหารที่กิน (Gain per feed; G:F)

$$= \frac{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น}}{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}$$

ตารางที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบวัตถุดิบของสูตรอาหารทดลอง

Ingredients (%)	Dietary treatments		
	Control	**0.5% Gln**	**1% Gln**
Broken rice	31.00	31.00	31.00
Cassava starch	15.50	15.00	14.50
Rice bran	5.50	5.50	5.50
Full fat soybean meal	17.00	17.00	17.00
Soybean meal	13.00	13.00	13.00
Fish meal	3.20	3.20	3.20
Skim milk	10.00	10.00	10.00
Soybean oil	0.30	0.30	0.30
Dicalcium phosphate (P16)	2.40	2.40	2.40
Calcium carbonate	0.30	0.30	0.30
DL-Methionine	0.30	0.30	0.30
L-Lysine	0.10	0.10	0.10
Glutamine	0.00	0.50	1.00
Antibiotic[1]	0.90	0.90	0.90
Premix[2]	0.50	0.50	0.50

หมายเหตุ: [1/] Antibiotic (0.9%) provided the following per 100 kilogram of diet: chlortetracycline 300 g, lincomycin 200 g, colistin 150 g, amoxycillin 50 g, myotoxin binder 100g, enzyme 100g.

[2/] Premixes provide per kilogram of diet: Vitamin A 2,500,000 IU, vitamin D_3 500,000 IU, vitamin E 4,400 IU, vitamin K_3 0.6 g., vitamin B_1 0.5 g., vitamin B_2 1 g., vitamin B_6 0.7 g., vitamin B_{12} 6 mg., pantotenic acid 2.94 g., nicotinic acid 5.6 g., choline chloride 40 g., Cu 40 g., Mn 14 g., Fe 30 g., Co 100 mg., I 0.25 g., Se 8 mg., Biotin 10 mg.

ตารางที่ 3.2 แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของสูตรอาหารทดลอง

Ingredients (%)	Dietary treatments		
	Control	0.5% Gln	1% Gln
Calculated composition (%)			
ME (kcal/kg)	3340	3320	3300
Available phosphorus	0.70	0.70	0.70
Methionine	0.68	0.68	0.68
Lysine	1.37	1.37	1.37
Analyzed composition (%)			
Dry matter	92.68	92.76	92.85
Crude protein	22.59	23.24	23.89
Crude Fiber	2.80	2.89	2.96
Ether extract	5.42	5.40	5.37
Calcium	1.21	1.16	1.26
Phosphorus	0.94	0.95	0.94

3.4.2 ศึกษาค่ายูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด (Blood urea nitrogen; BUN)

ศึกษาค่ายูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดตามวิธีการของ Wybenga, Giorgio and Pileggi (1971) เพื่อศึกษาผลจากการเสริมกลูตามีนต่อสมดุลของกรดอะมิโนในอาหาร และเป็นข้อมูลเพื่อสนับสนุนในด้านสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกรที่อายุ 0-28 วันหลังหย่านม

3.4.3 ศึกษาค่าทางโลหิตวิทยา (Hematology)

เก็บตัวอย่างเลือดจากหลอดเลือดดำ (Jugular vein) ดังแสดงในภาพที่ 3.1 ประมาณ 5 มิลลิลิตร โดยเก็บตัวอย่างเลือดจากสุกรทุกกลุ่มการทดลอง ๆ ละ 8 ตัวก่อนเริ่มการทดลอง และเจาะซ้ำตัวเดิมที่อายุ 7, 14, 21 และ 28 วันหลังจากหย่านม โดยใช้เข็มฉีดยาเบอร์ 23 ความยาว ½ นิ้ว จากนั้นถ่ายเลือดจากกระบอกฉีดยาลงในหลอดเก็บตัวอย่างเลือดที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดชนิด EDTA อยู่ประมาณ 0.1 กรัม พลิกหลอดเก็บตัวอย่างเลือดที่มีอยู่ไปมาเพื่อให้เลือดผสมกับสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดประมาณ 1 นาที ใส่ลงในกระติกน้ำแข็งที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำไปใช้ในวิเคราะห์ค่าทางโลหิตวิทยา ซึ่งประกอบไปด้วย

ภาพที่ 3.1 แสดงการเก็บตัวอย่างเลือด

ตรวจนับจำนวนเม็ดเลือดขาวทั้งหมด (Total white blood cell count) โดยใช้วิธี Manual method เจือจางเลือดด้วยน้ำยาทำลายเม็ดเลือดแดง และรักษาสภาพเม็ดเลือดขาว โดยใช้สารละลาย Turk's solution

นับแยกเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวโดยใช้วิธีการ Strained –slide method ทำการเสมียร์เลือดบนสไลด์ ทิ้งไว้ให้แห้งในอากาศ แล้วย้อมด้วยสีย้อม Modified Wright Geimsa ตามวิธีการของ เฉลียว ศาลากิจ (2540) จากนั้นทำการนับจำแนกเม็ดเลือดขาวด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงแยกชนิดเม็ดเลือดขาวออกเป็นลิมโฟไซท์ นิวโทรฟิล อีโอซิโนฟิล เบโซฟิล (basophil) และโมโนไซท์ (monocyte) ตามวิธีการของ Voigt (2000)

3.4.4 ศึกษาค่าทางภูมิคุ้มกัน (Immune)

ทำการเก็บตัวอย่างเลือดตามวิธีการที่ 3.5.2 จากนั้นถ่ายเลือดจากกระบอกฉีดยาลงในหลอดเก็บตัวอย่างเลือดที่ไม่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดเพื่อเก็บตัวอย่างซีรัม จากนั้นเก็บตัวอย่างเลือดในกระติกน้ำแข็งที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 ถึง 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็ว 2000 x g เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำซีรัมที่ได้ไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ตามวิธีการของ Engle, Spears, Brown and Lloyd (1999) เพื่อนำไปใช้ในวิเคราะห์ค่าปริมาณอิมมูโนโกลบูลินในซีรัม นอกจากนี้ทำการวัดระดับอิมมูโนโกลบูลินในลำไส้ เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการสุ่มลูกสุกรกลุ่มการทดลองละ 4 ตัว ทำให้

ลูกสุกรตายอย่างสงบเพื่อเก็บตัวอย่างที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนกลาง โดยเก็บที่ตำแหน่งตรงกลางของลำไส้เล็กส่วนกลางและให้มีความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร จากนั้นบรรจุในถุงพลาสติคแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ระดับของอิมมูโนโกลบูลินในลำไส้ เมื่อต้องการวิเคราะห์นำตัวอย่างลำไส้มาทำให้ละลายที่อุณหภูมิห้อง ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม เติมน้ำกลั่นประมาณ 20 มิลลิลิตร นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นสารละลาย (Homogenizer) เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็ว 20,000 g เป็นเวลา 30 นาที ดูดสารละลายที่ลอยอยู่ส่วนบนไว้ในหลอดเก็บตัวอย่างขนาด 2 มิลลิลิตร แล้วเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ตามวิธีการของ Bartell and Batel (2007) เพื่อวิเคราะห์ระดับของอิมมูโนโกลบูลินโดยใช้ชุดวัดอิมมูโนโกลบูลิน (Total immunoglobulin test kit) (Sigma-Aldrich Corp. St. Louis, MO, USA)

3.4.5 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร

ทำการสุ่มเก็บมูลสดจากสุกรหย่านมทุกกลุ่มการทดลองที่อายุ 0, 14 และ 28 วันหลังหย่านม ตามวิธีการดังแสดงในภาพที่ 3.2 แล้วบรรจุในถุงพลาสติกเพื่อนำไปตรวจนับเชื้อ *E. coli* และ Lactobacillus การเก็บตัวอย่างทุกขั้นตอนต้องทำอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ในอากาศ แช่ตัวอย่างทั้งหมดในน้ำแข็ง นำเข้าห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจนับประชากรจุลินทรีย์ต่อไป

เมื่อสุกรมีอายุ 28 วันหลังหย่านม สุ่มสุกรกลุ่มการทดลองละ 4 ตัวทำให้ลูกสุกรตายอย่างสงบ จากนั้นเก็บตัวอย่างสิ่งย่อย (Digesta) จากลำไส้เล็กและไส้ติ่งของสุกรทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง เพื่อไปวิเคราะห์ประชากรจุลินทรีย์ *E. coli* และ Lactobacillus

ชั่งตัวอย่างมูลและสิ่งย่อย ตัวอย่าง ๆ ละ 1 กรัม เจือจางตัวอย่างด้วยน้ำเกลือเจือจาง 0.85% ปริมาณ 9 มิลลิลิตร ซึ่งจะได้ความเจือจาง (Dilution) เบื้องต้นเป็น 1:10 แล้วค่อยเจือจางลงลำดับละ 10 เท่า แล้วนำตัวอย่างที่เจือจางได้ในแต่ละระดับมาเพาะเชื้อด้วยวิธีการทำให้เชื้อกระจายบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (Spread plate technique) โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อคัดเลือกเฉพาะ (Selective medium) เพื่อคัดเลือกจุลินทรีย์ที่ต้องการให้เจริญได้เท่านั้นโดยนำตัวอย่างของเหลวมาตรวจนับเชื้อต่าง ๆ ในอาหารดังต่อไปนี้

ตรวจนับจำนวน *E. coli* ในมูลสุกร โดยใช้ระดับการเจือจางที่ 10^{-5}- 10^{-6}และในสิ่งย่อยใช้ระดับการเจือจาง 10^{-4}- 10^{-5} โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Mac conkey (Merck) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ตรวจนับจำนวน Lactobacillus ในมูลสุกร โดยใช้ระดับการเจือจางที่ 10^{-6}- 10^{-7} และในสิ่งย่อยใช้ระดับการเจือจาง 10^{-5}- 10^{-6} โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Man Rogosa Sharpe agar (Himedia) จากนั้นนำไปบ่มในสภาพไร้ออกซิเจน อุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

เมื่อได้ระยะเวลาการบ่มเชื้อตามที่กล่าวมาแล้ว จากนั้นจึงนำเชื้อจากจานเลี้ยงเชื้อมานับจำนวนประชากรจุลินทรีย์ ตามวิธีการของไพโรจน์ วิริยจารี (2545) โดยจำนวนโคโลนีที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนี จานเลี้ยงเชื้อที่มีโคโลนีมากกว่า 300 โคโลนีอาจนับจำนวนโดยการแยกแบ่งเนื้อที่ออกเป็น 4 ส่วน นับเพียงส่วนใดส่วนหนึ่งแล้วคูณด้วย 4 แต่ต้องมีการกระจายของโคโลนีที่สม่ำเสมอเท่านั้น

ภาพที่ 3.2 แสดงวิธีการเก็บตัวอย่างมูล

3.4.6 ศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้เล็ก (Morphology)

เมื่อสุกรอายุ 28 วันหลังหย่านม สุ่มลูกสุกรกลุ่มละ 4 ตัว ทำให้ลูกสุกรตายอย่างสงบ จากนั้นเก็บตัวอย่างลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัม เจจูนัม และไอเลียมทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง นำไปวัดค่าความสูงวิลไล ความลึกของเซลล์คริป ความกว้างของวิลไล พื้นที่ของวิลไล และสัดส่วนของความสูงวิลไลต่อความลึกของเซลล์คริป ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

เก็บเนื้อเยื่อจากลำไส้เล็กที่ตำแหน่งตรงกลางของลำไส้เล็กแต่ละส่วนให้มีความยาวประมาณ 2 เซนติเมตร ตรึงในแผ่นโฟมดังแสดงในภาพที่ 3.2 และต้องระวังให้มีการสัมผัสกับด้าน

ที่เป็นเนื้อเยื่อของวิลไลให้น้อยที่สุด เพราะอาจมีผลกระทบทำให้วิลไลถูกทำลายได้ จากนั้นนำมาคงสภาพในสารละลาย 10% บัฟเฟอร์ฟอร์มาลีน (สารละลาย 1 ลิตร ประกอบไปด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีความเข้มข้น 37-40% 100 มิลลิลิตร, โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต โมโนไฮเดรต 1.683 กรัม และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต แอนไฮดรัส 5.836 กรัม) ดังแสดงในภาพที่ 3.3 เมื่อต้องการศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histology) นำไปผ่านกระบวนการโดยใช้เครื่อง Automatic tissue processer ตามวิธีการของสมชัย พงศ์จรรยากุล (2529) ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

เอทานอล 70% ครั้งละ 5 ชั่วโมง 1 ครั้ง

เอทานอล 70% ครั้งละ 2 ชั่วโมง 1 ครั้ง

เอทานอล 80% ครั้งละ 1 ชั่วโมง 2 ครั้ง

เอทานอล 95% ครั้งละ 1 ชั่วโมง 2 ครั้ง

เอทานอล 100% ครั้งละ 1 ชั่วโมง 2 ครั้ง

ไซลีน 1 ชั่วโมง 2 ครั้ง

พาราฟินหลอมเหลว 1 ชั่วโมง 30 นาที 2 ครั้ง

นำเนื้อเยื่อเข้าเครื่องปรับความดันสูญญากาศ ตั้งความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 30 นาที

นำเนื้อเยื่อมาฝังในพาราฟิน (Embedding) โดยใช้เครื่องหยอดพาราฟิน ทิ้งไว้ให้พาราฟินแข็งตัว นำบล็อคพาราฟินที่มีชิ้นเนื้อฝังอยู่มาตัดหน้าบล็อค แล้วนำไปตัดด้วยเครื่องไมโครโตมให้เนื้อเยื่อมีความหนาขนาด 5 ไมโครเมตร

นำเนื้อเยื่อที่ตัดแล้ว (Section) มาติดกับกระจกสไลด์ โดยนำเนื้อเยื่อที่ตัดแล้วลอยในอ่างลอยเนื้อเยื่อ (Tissue floating bath) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ภายในอ่างผสมเจลาตินในอัตราส่วนเจลลาติน 0.5 กรัมต่อน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้ววางกระจกสไลด์พร้อมเนื้อเยื่อที่ตัดแล้วอยู่ให้แห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ข้ามคืน

นำกระจกสไลด์ที่มีเนื้อเยื่ออยู่ไปย้อมสี โดยสีที่ใช้คือฮีมาทอกซิลิน(Hematoxylin) และอีโอซิน (Eosin) มีขั้นตอนการย้อมดังนี้

การขจัดพาราฟิน (Deparaffinization) โดยจุ่มกระจกสไลด์ที่มีอยู่ลงไปในไซลิน 2 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที

การเอาน้ำเข้าเนื้อเยื่อ (Hydration) โดยเริ่มจาก

เอทิลแอลกอฮอล์ 100% 2 นาที

เอทิลแอลกอฮอล์ 95% 2 นาที

เอทิลแอลกอฮอล์ 70% 2 นาที

ล้างด้วยน้ำประปา โดยเปิดน้ำให้ไหลตลอดเวลา ประมาณ 2 นาที

การย้อมสีครั้งแรก (Primary stain) ย้อมด้วยฮีมาทอกซิลินนานประมาณ 4 นาที 30 วินาที แล้วล้างด้วยน้ำประปาโดยเปิดให้น้ำไหลผ่านตลอดเวลา จนกระทั่งน้ำที่ล้างใสไม่มีสีม่วงออกมาอีก การล้างสีส่วนเกินโดยการจุ่มกระจกสไลด์ที่มีเนื้อเยื่อ อยู่ลงในแอลกอฮอล์ 1 ครั้ง แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด โดยเปิดให้น้ำไหลผ่านเป็นเวลา 1-2 นาที

การปรับเนื้อเยื่อให้มีสภาพเป็นกลาง (Neutralization) โดยการจุ่มกระจกสไลด์ที่มีเนื้อเยื่ออยู่ ลงในลิเทียมคาร์บอเนต (Li_2CO_3) นานประมาณ 1 นาที แล้วล้างด้วยน้ำโดยเปิดน้ำไหลผ่านเป็นเวลา 1-2 นาที

การย้อมสีซ้ำ (Counterstain) ย้อมด้วย Eosin นาน 2 นาที

การขจัดน้ำ (Dehydration) เริ่มจาก

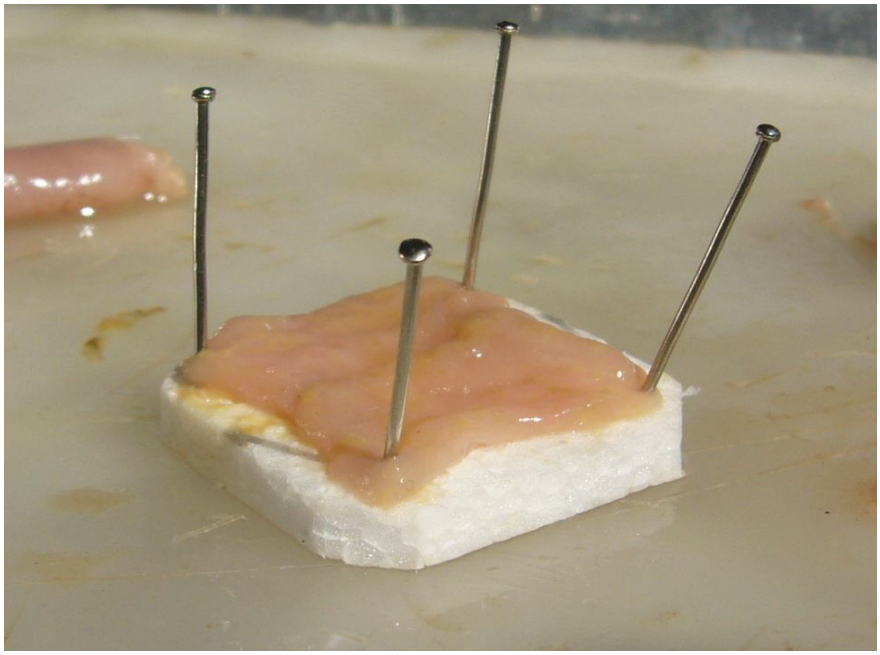
จุ่มในเอทิลแอลกอฮอล์ 70% 30 วินาที

จุ่มในเอทิลแอลกอฮอล์ 95% 2 ครั้ง ๆ ละ 2 นาที

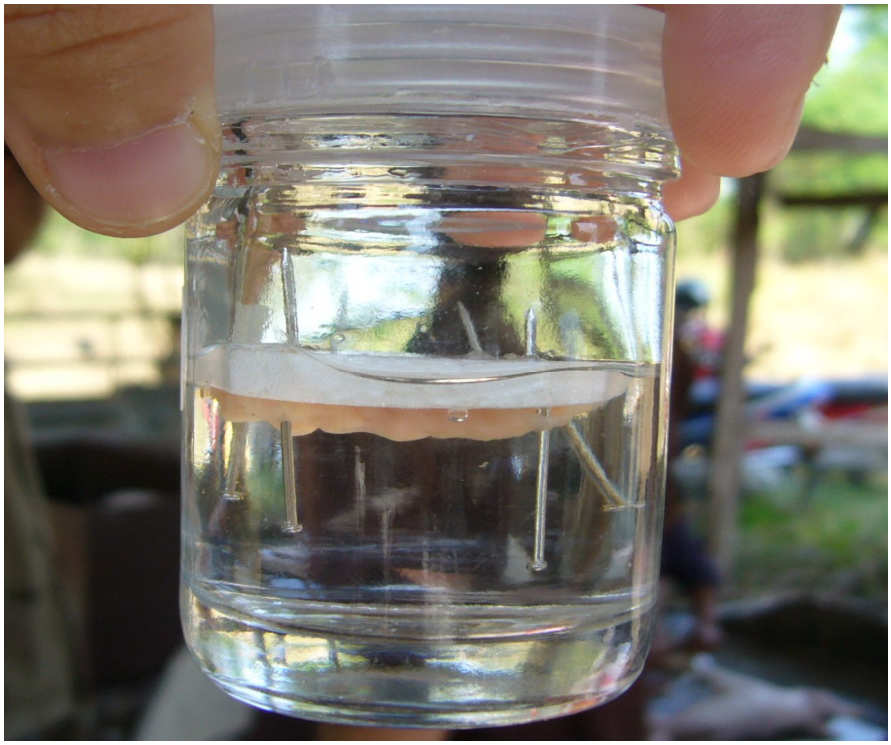
จุ่มในเอทิลแอลกอฮอล์ 100% 2 ครั้ง ๆ ละ 2 นาที

การขจัดแอลกอฮอล์ และทำให้เนื้อเยื่อใส (Clearing) โดยการจุ่มกระจกสไลด์ที่มีเนื้อเยื่ออยู่ลงในไซลีน 3 ครั้ง ๆ ละ 5 นาที หยด Mounting median ลงบนกระจกสไลด์แล้วปิดกระจกปิดสไลด์

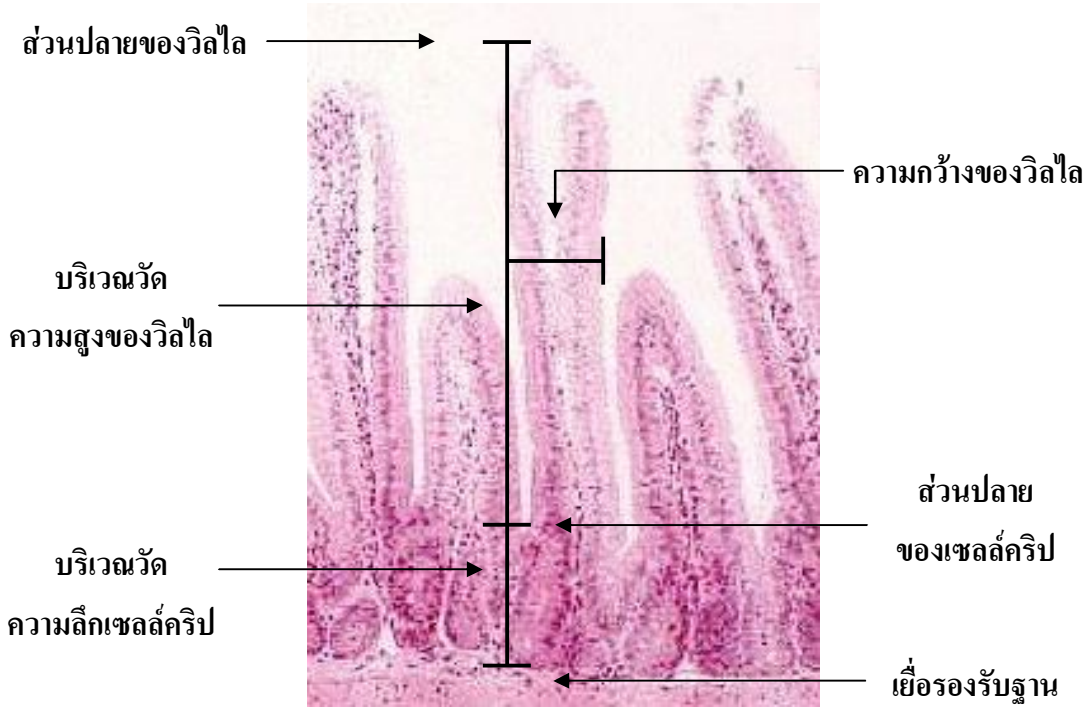
นำกระจกสไลด์ที่มีเนื้อเยื่อที่ย้อมสีเสร็จแล้วไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่า (Objective 10X) ตามวิธีการของ Hartke, Monaco, Wheeler and Donovan (2005) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลกายวิภาคของความสูงวิลไล โดยวัดจากปลายของวิลไล ถึงฐานของวิลไล (Hedemann, Mikkelsen, Naughton and Jensen, 2006) และความกว้างของวิลไล (วัดที่ความสูงครึ่งหนึ่งของวิลไล) ดังแสดงในภาพที่ 3.4 รวมถึงหาพื้นที่ของวิลไล (คำนวณจากความกว้างของวิลไลคูณความยาวของวิลไล) ตามวิธีของ Geyra, Uni and Sklan (2001) สำหรับการวัดความลึกของเซลล์คริปวัดจากเยื่อรองรับฐาน (Basement membrane) ถึงส่วนปลายของเซลล์คริป (Crypt mouth) และคำนวณหาสัดส่วนของความยาววิลไลต่อความลึกของเซลล์คริป (กระสินธ์ นพรัตน์ไมตรี, 255



ภาพที่ 3.3 แสดงการตรึงตัวอย่างลำไส้เล็ก



ภาพที่ 3.4 แสดงการเก็บตัวอย่างในสารละลาย 10% บัฟเฟอร์ฟอร์มาลีน



ภาพที่ 3.5 แสดงวิธีการวัดความสูงของวิลไลและความลึกของเซลล์คริป

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ด้วย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มโดยวิธี Duncan' new multiple range test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (2004) โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อคเพื่อศึกษาอิทธิพลของเพศผู้ตอนและเพศเมีย โดยจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอิทธิพลจากเพศของลูกสุกรหย่านมมีความแตกต่างกันเฉพาะน้ำหนักตัวก่อนเริ่มต้นการทดลองเท่านั้น ดังนั้นการแสดงข้อมูลของผลการทดลองในบทที่ 4 จึงไม่มีการแสดงอิทธิพลจากเพศของสุกรหย่านม และการศึกษาครั้งนี้ได้มีการศึกษาค่าโลหิตวิทยา ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดโนโนไซท์ เบโซฟิล และอีโอซิโนฟิลมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง จึงได้มีการแปลงข้อมูล (Transform data) โดยใช้วิธีการ Square root transformation เพื่อลดความแปรปรวนของข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ทางสถิติ

3.6 สถานที่ทำการทดลอง

3.6.1 ห้องปฏิบัติการโภชนศาสตร์สัตว์ อาคารเครื่องมือ 3 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.6.2 งานฟาร์มสุกร ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.7 ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มการทดลอง 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552

สิ้นสุดการทดลอง 30 สิงหาคม พ.ศ. 2552

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกรอายุ 0-28 วันหลังหย่านม

ผลการเสริมกลูตามีนต่อน้ำหนักตัว (Body weight; BW) ของสุกรหย่านมที่ได้รับการเสริมกลูตามีนที่ระดับ 0, 0.5 และ 1.0% ในอาหาร แสดงในตารางที่ 4.1 จากการทดลองพบว่า ตลอดช่วงอายุการทดลองที่ 0-28 วันหลังจากหย่านม สุกรมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยการเสริมกลูตามีนที่ระดับ 0, 0.5 และ 1.0% ที่อายุ 7 วันหลังหย่านม พบว่า สุกรมีน้ำหนักตัวเท่ากับ 6.56, 6.64, 6.71 กิโลกรัม; อายุ 14 วันหลังจากหย่านมเท่ากับ 7.43, 7.65, 7.64 กิโลกรัม; อายุ 21 วันหลังจากหย่านมเท่ากับ 9.55, 9.76, 9.82 กิโลกรัม และอายุ 28 วันหลังจากหย่านมเท่ากับ 11.97, 12.16, 12.20 กิโลกรัม ตามลำดับ

จากการพิจารณาผลของการเสริมกลูตามีนต่ออัตราการเจริญเติบโต (Average daily gain; ADG) ของสุกรหย่านม (ตารางที่ 4.1) พบว่า สุกรที่ได้รับการเสริมกลูตามีนที่ระดับ 0, 0.5, และ 1.0% มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยการเสริมกลูตามีนที่ระดับ 0, 0.5 และ 1.0% ที่อายุ 0-7 วันหลังจากหย่านมพบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 28.07, 35.71, 47.85 กรัม/วัน; อายุ 0-14 วันหลังจากหย่านมเท่ากับ 74.29, 90.36, 90.36 กรัม/วัน; อายุ 0-21 วันหลังจากหย่านมเท่ากับ 150.48, 160.48, 164.05 กรัม/วัน และอายุ 0-28 วันหลังจากหย่านม เท่ากับ 199.29, 206.07 และ 208.04 กรัม/วันตามลำดับ โดยจะสังเกตเห็นว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมกลูตามีนมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริม กลูตามีนแต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

ผลของอาหารที่กินต่อวัน (Average daily feed intake; ADFI) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 โดยพบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีปริมาณอาหารที่กินต่อวันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยการเสริมกลูตามีนที่ระดับ 0, 0.5 และ 1.0% ที่อายุ 0-7 วันหลังหย่านม มีปริมาณอาหารที่กินต่อวันเท่ากับ 121.81, 133.84, 134.63 กรัม/วัน; อายุ 0-14 วันหลังหย่านมเท่ากับ 186.35, 187.84, 194.65 กรัม/วัน; อายุ 0-21 วันหลังหย่านมเท่ากับ 279.37, 276.29, 294.25 กรัม/วัน และอายุ 0-28 วันหลังหย่านมเท่ากับ 351.03, 341.06, 359.13 กรัม/วัน ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกรที่อายุ 0-28 วัน หลังหย่านม[1]

	Dietary treatment			Pooled	
Item	**Control**	**0.5% Gln**	**1% Gln**	**SEM**	**P-value**
Initial weight (Kg)	6.39	6.39	6.38	0.006	0.1678
BW (Kg)					
Day 7	6.56	6.64	6.71	0.125	0.7227
Day 14	7.43	7.65	7.64	0.138	0.4717
Day 21	9.55	9.76	9.82	0.203	0.6313
Day 28	11.97	12.16	12.20	0.258	0.8021
ADG (g/d)					
Day 0 to 7	28.07	35.71	47.85	6.439	0.1889
Day 0 to 14	74.29	90.36	90.36	9.741	0.4415
Day 0 to 21	150.48	160.48	164.05	9.560	0.6018
Day 0 to 28	199.29	206.07	208.04	9.180	0.7846
ADFI (g/d)					
Day 0 to 7	121.81	133.84	134.63	11.152	0.6736
Day 0 to 14	186.35	187.84	194.65	7.387	0.7091
Day 0 to 21	279.37	276.29	294.25	8.549	0.3340
Day 0 to 28	351.03	341.06	359.13	8.643	0.3793
G:F					
Day 0 to 7	0.25	0.27	0.37	0.053	0.3824
Day 0 to 14	0.39	0.48	0.46	0.038	0.2832
Day 0 to 21	0.53	0.58	0.56	0.021	0.3395
Day 0 to 28	0.56	0.60	0.58	0.016	0.2759

หมายเหตุ: [1/] แต่ละกลุ่มการทดลองมี 4 ซ้ำ และใช้สุกรหย่านมซ้ำละ 5 ตัว

เมื่อพิจารณาผลการทดลองจากน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณอาหารที่กิน (Gain : Feed; G:F) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยสุกรที่ได้รับการเสริมกลูตามีนที่ระดับ 0, 0.5, และ 1.0% พบว่าตลอดช่วงอายุของการทดลองมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณอาหารที่กินในแต่ละกลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยการเสริมที่ระดับ 0, 0.5 และ 1.0% ที่อายุ 0-7 วันหลังหย่านมพบว่า มีค่าของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณอาหารที่กินเท่ากับ 0.25, 0.27, 0.37; อายุ 0-14 วันหลังหย่านมเท่ากับ 0.39, 0.48, 0.46; อายุ 0-21 วันหลังหย่านมเท่ากับ 0.53, 0.58, 0.56 และอายุ 0-28 วันหลังหย่านมเท่ากับ 0.56, 0.60, 0.58 ตามลำดับ

จากการศึกษาถึงระดับยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด (Blood urea nitrogen; BUN) ของสุกรหย่านมทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยการเสริมที่ระดับ 0, 0.5 และ 1.0% มีผลทำให้ค่ายูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดวันแรกก่อนการทดลอง (อายุ 0 วัน) เท่ากับ 4.73, 4.31, 5.33 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร; อายุ 7 วันหลังหย่านมเท่ากับ 6.85, 6.68, 7.23 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร; อายุ 14 วันหลังหย่านมเท่ากับ 5.46, 5.07, 5.87 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร; อายุ 21 วันหลังหย่านมเท่ากับ 5.73, 5.84, 5.12 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และอายุ 28 วันหลังหย่านมเท่ากับ 6.88, 6.90, 7.96 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรตามลำดับ (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อค่ายูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด (BUN, mg/dl) ของสุกรอายุ 0-28 วันหลังหย่านม[1]

	Dietary treatment			Pooled	
Item	**Control**	**0.5% Gln**	**1% Gln**	**SEM**	**P-value**
Day 0	4.73	4.31	5.33	0.710	0.6190
Day 7	6.85	6.68	7.23	0.533	0.7637
Day 14	5.46	5.07	5.87	0.438	0.5156
Day 21	5.73	5.84	5.12	0.911	0.8732
Day 28	6.88	6.90	7.96	0.604	0.3881

ค่าสังเกต : [1/] เก็บข้อมูลจากสุกรหย่านม 8 ตัว/กลุ่มการทดลอง

4.2 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อค่าโลหิตวิทยาของสุกรอายุ 0-28 วันหลังสุกรหย่านม

ผลของการเสริมกลูตามีนต่อค่าโลหิตวิทยา โดยทำการเจาะเลือดสุกรหย่านมเพื่อศึกษาผลต่อจำนวนเม็ดเลือดขาว เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดต่างๆ และค่าสัดส่วนของนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ ซึ่งให้ผลดังนี้

4.2.1 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อจำนวนเม็ดเลือดขาว

จากการศึกษาจำนวนเม็ดเลือดขาวของสุกรที่ได้รับการเสริมกลูตามีนตลอดช่วงอายุของการทดลอง (0-28 วันหลังหย่านม) พบว่าค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวในแต่ละกลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยการเสริมกลูตามีนที่ระดับ 0, 0.5 และ 1.0% พบว่าวันแรกของการทดลอง (อายุ 0 วัน) มีจำนวนเม็ดเลือดขาวเท่ากับ 11.05, 9.82, 10.75 x 10^3 เซลล์; อายุ 7 วันหลังหย่านมเท่ากับ 14.50, 13.68, 13.70 x 10^3 เซลล์; อายุ 14 วันหลังหย่านมเท่ากับ 15.70, 14.86, 16.80 x 10^3 เซลล์; อายุ 21 วันหลังหย่านมเท่ากับ 16.70, 14.95, 15.90 x 10^3 เซลล์ และที่อายุ 28 วันหลังหย่านมมีค่าเท่ากับ 19.57, 14.88, 15.88 x 10^3 เซลล์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3)

4.2.2 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดต่าง ๆ

ผลของกลูตามีนต่อค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์ จากการทดลองพบว่าการเสริมกลูตามีนมีผลต่อการกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์ในสุกรที่อายุ 7 วันหลังหย่านมได้อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยการเสริมกลูตามีนระดับ 0, 0.5 และ 1.0% มีผลทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์ เท่ากับ 62.75, 66.88 และ 72.00% ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาที่อายุ 0, 14, 21 และ 28 วันหลังหย่านม พบว่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยวันแรกของการทดลอง (อายุ 0 วัน) มีค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์ เท่ากับ 62.88, 61.38, 65.38%; อายุ 14 วันเท่ากับ 61.25, 62.13, 62.88%; อายุ 21 วันเท่ากับ 63.13, 67.75, 68.50%; และอายุ 28 วันเท่ากับ 60.88, 63.38, 68.88% ในสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม เสริมกลูตามีน 0.5 และ 1.0% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อค่าโลหิตวิทยาของสุกรอายุ 0 - 28 วันหลังหย่านม[1]

Item	Dietary treatment[2]			Pooled	
	Control	0.5% Gln	1% Gln	SEM[2]	P-value[2]
Day 0					
WBC (X1000/mm^3)	11.05	9.82	10.75	0.716	0.4852
Lymphocyte (%)	62.88	61.38	65.38	4.543	0.8244
Neutrophil (%)	33.38	36.00	31.75	4.577	0.8076
Monocyte (%)	1.75	1.63	2.25	0.098	0.3595
Eosinophil (%)	1.13	0.63	0.63	0.126	0.4077
Basophil (%)	0.63	0.50	0.75	0.131	0.8583
N:L ratio	0.56	0.61	0.52	0.119	0.8464
Day 7					
WBC (X1000/mm^3)	14.50	13.68	13.70	2.102	0.9517
Lymphocyte (%)	62.75^a	66.88^{ab}	72.00^b	2.046	0.0368
Neutrophil (%)	33.25^a	29.63^{ab}	24.38^b	1.663	0.0163
Monocyte (%)	2.13	2.25	2.00	0.143	0.9573
Eosinophil (%)	1.63	1.13	1.13	0.124	0.5588
Basophil (%)	0.25	0.13	0.50	0.085	0.2877
N:L ratio	0.54^a	0.45^{ab}	0.34^b	0.039	0.0220
Day 14					
WBC (X1000/mm^3)	15.70	14.86	16.80	1.128	0.5065
Lymphocyte (%)	61.25	62.13	62.88	3.974	0.9592
Neutrophil (%)	34.75	32.38	32.13	1.521	0.4415
Monocyte (%)	2.38	2.75	2.13	0.138	0.6130
Eosinophil (%)	1.38	2.13	2.13	0.185	0.6616
Basophil (%)	0.50	0.63	0.75	0.112	0.8025
N:L ratio	0.57	0.53	0.53	0.051	0.7865

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

Item	Dietary treatment			Pooled	
	Control	0.5% Gln	1% Gln	SEM [2]	P-value [2]
Day 21					
WBC (X1000/mm^3)	16.70	14.95	15.90	1.161	0.5871
Lymphocyte (%)	63.13	67.75	68.50	5.278	0.7459
Neutrophil (%)	34.00	28.75	26.23	3.493	0.3552
Monocyte (%)	1.13	1.50	2.25	0.156	0.2394
Eosinophil (%)	1.50	1.75	2.00	0.243	0.8774
Basophil (%)	0.25	0.25	0.13	0.085	0.7847
N:L ratio	0.59	0.43	0.40	0.099	0.3937
Day 28					
WBC (X1000/mm^3)	19.57	14.88	15.88	2.106	0.3155
Lymphocyte (%)	60.88	63.38	68.88	2.618	0.1485
Neutrophil (%)	35.25	34.13	27.75	2.476	0.1294
Monocyte (%)	1.75	1.38	1.13	0.117	0.3812
Eosinophil (%)	1.63	2.38	2.38	0.165	0.5498
Basophil (%)	0.50	0.50	0.75	0.163	0.8156
N:L ratio	0.59	0.56	0.41	0.062	0.1532

หมายเหตุ : [a, b] Means with different superscripts in a row are significantly different (P<0.05)

[1/] เก็บข้อมูลจากสุกรหย่านมจำนวน 8 ตัว/กลุ่มการทดลอง

[2/] ค่า SEM และ P-value ของเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซท์ อีโอซิโนฟิล และเบโซฟิลเป็นค่าที่ได้จากการแปลงข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธี Square root transformation

การเสริมกลูตามีนที่ระดับ 1% สามารถลดเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิลที่อายุ 7 วันหลังหย่านมได้อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.3 โดยการเสริมกลูตามีนระดับ 0, 0.5 และ 1.0% พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิล เท่ากับ 33.25, 29.63 และ 24.38% ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิลที่อายุ 0, 14, 21 และ 28 วันหลังหย่านม พบว่าการเสริมกลูตามีนระดับต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยวันแรกของการทดลอง (อายุ 0 วัน) มีค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิลเท่ากับ 33.38, 36.00, 31.75%; อายุ 14 วันเท่ากับ 34.75, 32.38, 32.13% อายุ 21 วันเท่ากับ 34.00, 28.75, 26.23% และอายุ 28 วันมีค่าเท่ากับ 35.25, 34.13 และ 27.75% ในสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม เสริมกลูตามีน 0.5 และ 1.0% ตามลำดับ

เมื่อศึกษาถึงผลของกลูตามีนต่อค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซท์ พบว่าสุกรที่ได้รับการเสริมกลูตามีนมีค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซท์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยวันแรกของการทดลอง (อายุ 0 วัน) มีค่าโมโนไซท์เท่ากับ 1.75, 1.63, 2.25%; อายุ 7 วันหลังหย่านม เท่ากับ 2.13, 2.25, 2.00%; อายุ 14 วันหลังหย่านมเท่ากับ 2.38, 2.75, 2.13%, อายุ 21 วันหลังหย่านม เท่ากับ 1.13, 1.50, 2.25% และอายุ 28 วันหลังหย่านม มีค่าเท่ากับ 1.75, 1.38, 1.13% ในสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม เสริมกลูตามีน 0.5 และ 1.0% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3)

ผลของกลูตามีนต่อค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิลของสุกรที่อายุต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 โดยสุกรที่ได้รับการเสริมกลูตามีนระดับ 0, 0.5, และ 1.0% ตลอดช่วงอายุของการทดลองหลังหย่านม มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิลในแต่ละกลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยวันแรกของการทดลอง (อายุ 0 วัน) พบว่า มีเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิล เท่ากับ 1.13, 0.63, 0.63%; อายุ 7 วันหลังหย่านมเท่ากับ 1.63, 1.13, 1.13%; อายุ 14 วันหลังหย่านมเท่ากับ 1.38, 2.13, 2.13%; อายุ 21 วันหลังหย่านมเท่ากับ 1.50, 1.75, 2.00% และอายุ 28 วันหลังหย่านมมีค่าเท่ากับ 1.63, 2.38, 2.38% ในสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม เสริมกลูตามีน 0.5 และ 1.0% ตามลำดับ

ผลการศึกษาการเสริมกลูตามีนต่อค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเบโซฟิล พบว่าวันแรกของการทดลอง (อายุ 0 วัน) มีเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิล เท่ากับ 0.63, 0.50, 0.75%; อายุ 7 วันหลังหย่านมเท่ากับ 0.25, 0.13, 0.50%; อายุ 14 วันหลังหย่านม เท่ากับ 0.50, 0.63, 0.75%; อายุ 21 วันหลังหย่านมเท่ากับ 0.25, 0.25, 0.13% และอายุ 28 วันหลังหย่านม เท่ากับ 0.50, 0.50 และ 0.75% ในสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม เสริมกลูตามีน 0.5 และ 1.0% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) แต่อย่างไรก็ตาม จากการพิจารณาค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเบโซฟิลของสุกรในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ค่าสัดส่วนของนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ในสุกรที่ได้รับการเสริมกลูตามีนที่ระดับ ต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.3 โดยพบว่าการเสริมกลูตามีนที่อายุ 0, 14, 21 และ 28 วันหลังหย่านมมีสัดส่วนระหว่างนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าวันแรกของการทดลอง (อายุ 0 วัน) มีค่าของนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์เท่ากับ 0.56, 0.61, 0.52; อายุ 14 วันหลังหย่านมเท่ากับ 0.57, 0.53, 0.53; อายุ 21 วันหลังหย่านมเท่ากับ 0.59, 0.43, 0.40 และอายุ 28 วันหลังหย่านมมีค่าเท่ากับ 0.59, 0.56, 0.41 ในสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม เสริมกลูตามีน 0.5 และ 1.0% ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม ยังพบว่าสุกรที่อายุ 7 วันมีค่าสัดส่วนของนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยการเสริมกลูตามีนระดับ 0, 0.5 และ 1.0% ที่อายุ 7 วัน มีค่าสัดส่วนของนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ เท่ากับ 0.54, 0.45 และ 0.34 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 แสดงผลของการเสริมกลูตามีนต่อการกระตุ้นการตอบสนองระดับอิมมูโนโกลบูลินของสุกรอายุ 0-28 วันหลังหย่านม

	Dietary treatment			**Pooled**	
Item	**Control**	**0.5% Gln**	**1% Gln**	**SEM**	**P-value**
Serum total immunoglobulin (mg/dl)[1]					
Day 0	4.95	5.16	5.17	0.188	0.6549
Day 7	2.95[a]	4.04[ab]	4.88[b]	0.402	0.0281
Day 14	4.84	4.91	4.98	0.217	0.8956
Day 21	4.98	4.65	4.58	0.421	0.8231
Day 28	4.50	4.62	4.66	0.287	0.9182
Intestinal total Ig[2, 3] (mg/dl)	1.20	1.31	1.26	0.063	0.7550

หมายเหตุ : [1/] ใช้สุกรหย่านม 8 ตัว/กลุ่มการทดลอง

[2/] เก็บตัวอย่างจากลำไส้เล็กส่วนเจจูนัมในสุกรที่อายุ 28 วันหลังหย่านม

[3/] เก็บข้อมูลจากสุกรหย่านม 4 ตัว/กลุ่มการทดลอง

4.3 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อการตอบสนองระดับอิมมูโนโกลบูลินของสุกรอายุ 0-28 วันหลังหย่านม

จากการศึกษาผลของกลูตามีนต่อการกระตุ้นการตอบสนองของระดับอิมมูโนโกลบูลิน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.4 พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม เสริมกลูตามีนที่ระดับ 0.5 และ 1% ที่อายุ 0, 14, 21 และ 28 วัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาที่อายุ 7 วันหลังหย่านม พบว่ากลุ่มที่เสริมกลูตามีน 1% สามารถตอบสนองต่อระดับของอิมมูโนโกลบูลินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งมีค่าอิมมูโนโกลบูลินที่อายุ 7 วัน เท่ากับ 2.95, 4.04, 4.88 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรในสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม เสริมกลูตามีน 0.5 และ 1% ตามลำดับ

4.4 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อจำนวนประชากรจุลินทรีย์ของสุกรหย่านม

จากตารางที่ 4.5 แสดงผลของการเสริมกลูตามีนในอาหารต่อจุลินทรีย์ในสิ่งย่อยของไส้ติ่งและลำไส้เล็ก โดยผลการตรวจนับประชากรจุลินทรีย์ *E. coli* และ Lactobacillus เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่อายุ 28 วันหลังหย่านม พบว่าการเจริญเติบโตของเชื้อ *E. coli* และ Lactobacillus ในไส้ติ่งและลำไส้เล็กของสุกรที่ได้รับการเสริมกลูตามีนที่ระดับต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม

ตารางที่ 4.5 แสดงผลของการเสริมกลูตามีนต่อจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในสิ่งย่อยของสุกรหลังหย่านม[1]

	Dietary treatment			Pooled	
Item	**Control**	**0.5% Gln**	**1% Gln**	**SEM**	**P-value**
Cecum (log_{10} CFU/g)					
E. coli	6.54	7.01	6.87	0.305	0.5714
Lactobacillus	8.17	7.91	7.94	0.098	0.2867
Small intestine (log_{10} CFU/g)					
E. coli	6.89	6.86	7.17	0.136	0.3469
Lactobacillus	7.65	7.85	7.87	0.255	0.8101

หมายเหตุ : [1/] เก็บตัวอย่างจากจากลำไส้เล็กและไส้ติ่งของสุกรหย่านม 4 ตัว/กลุ่มการทดลองเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่อายุ 28 วันหลังหย่านม

ผลของการเสริมกลูตามีนในอาหารต่อประชากรจุลินทรีย์ในมูลได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.6 จากผลการตรวจนับประชากรจุลินทรีย์ *E. coli* ในมูลสุกร ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อโทษในระบบทางเดินอาหาร พบว่าสุกรอายุ 14 วันหลังจากได้รับอาหารเสริมกลูตามีนระดับ 1% มีจำนวนเชื้อ *E. coli* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม และกลุ่มที่เสริมกลูตามีนระดับ 0.5% สอดคล้องกับจำนวนของจุลินทรีย์กลุ่ม Lactobacillus ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย โดยพบว่าสุกรหย่านมกลุ่มที่ได้รับการเสริมกลูตามีนระดับ 0.5% มีจำนวนประชากรจุลินทรีย์กลุ่ม Lactobacillus เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนการทดลองที่อายุ 28 วันหลังจากได้รับการเสริมกลูตามีนทั้งจำนวนประชากร *E. coli* และ Lactobacillus พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม

ตารางที่ 4.6 แสดงผลของการเสริมกลูตามีนต่อจำนวนของประชากรจุลินทรีย์ในมูลสุกรอายุ 0-28 วันหลังหย่านม[1]

	Dietary treatment			Pooled	
Item	**Control**	**0.5% Gln**	**1% Gln**	**SEM**	**P-value**
Day 0 (log_{10} CFU/g)					
E. coli	6.83	7.34	7.59	0.558	0.6384
Lactobacillus	8.61	8.63	8.46	0.302	0.9050
Day 14 (log_{10} CFU/g)					
E. coli	7.09[a]	6.68[a]	5.25[b]	0.267	0.0208
Lactobacillus	8.53[a]	8.81[b]	8.72[ab]	0.079	0.0312
Day 28 (log_{10} CFU/g)					
E. coli	7.89	7.59	7.57	0.161	0.5128
Lactobacillus	8.32	8.28	8.60	0.217	0.5355

หมายเหตุ : [a, b] Means with different superscripts in a row are significantly different ($P<0.05$)

[1/] เก็บตัวอย่างมูลสุกรหย่านม 8 ตัว/กลุ่มการทดลอง

4.5 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อลักษณะทางจุลกายวิภาคในลำไส้เล็กของสุกรหย่านม

จากการศึกษาผลโดยการเสริมกลูตามีนระดับ 0.5 และ 1% ต่อความสูงของวิลไลพบว่ากลูตามีนมีแนวโน้มช่วยให้ความสูงวิลไลที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัมเพิ่มขึ้น (P=0.0790) โดยมีค่าความสูงของวิลไลเท่ากับ 270.57, 327.64 และ 354.91 ไมโครเมตรในสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม เสริมกลูตามีน 0.5 และ 1% ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม ค่าความสูงของวิลไลจากลำไส้เล็กส่วนเจจูนัม และไอเลียมของทุกกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าความสูงของวิลไลเท่ากับ 296.25, 298.33, 304.33 ไมโครเมตร และ 238.87, 260.67, 260.97 ไมโครเมตรในสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม เสริมกลูตามีน 0.5 และ 1% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7)

จากการพิจารณาจากค่าความลึกของเซลล์คริปที่ลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัม เจจูนัมและไอเลียม พบว่าการเสริมกลูตามีนที่ระดับต่าง ๆ มีผลต่อค่าความลึกของเซลล์คริปอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งมีค่าความลึกของเซลล์คริปที่ลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัมเท่ากับ 128.03, 153.95, 145.75 ไมโครเมตร ลำไส้เล็กส่วนเจจูนัมเท่ากับ 157.00, 130.23, 142.67 ไมโครเมตร และที่ลำไส้เล็กส่วนไอเลียมมีค่าเท่ากับ 121.33, 121.00, 122.50 ไมโครเมตร ในสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม เสริมกลูตามีน 0.5 และ 1% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ความกว้างวิลไลของสุกรหย่านมที่ได้รับการเสริมกลูตามีนแสดงไว้ในตารางที่ 4.7 โดยพบว่าการเสริมกลูตามีนมีแนวโน้มช่วยให้ความกว้างของวิลไลที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัมเพิ่มขึ้น (P=0.0700) โดยมีค่าความกว้างวิลไลเท่ากับ 84.58, 98.09 และ 95.00 ไมโครเมตร ในสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม เสริมกลูตามีน 0.5 และ 1% ตามลำดับ แต่ไม่พบว่าแตกต่างของความกว้างวิลไลที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนเจจูนัม และไอเลียม (P>0.05) โดยค่าความกว้างของวิลไลที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนเจจูนัมมีค่าเท่ากับ 82.32, 84.83, 88.90 ไมโครเมตร และที่ลำไส้เล็กส่วนไอเลียมมีค่าเท่ากับ 86.47, 97.00, 95.70 ไมโครเมตรในสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม เสริมกลูตามีน 0.5 และ 1% ตามลำดับ

ผลของการเสริมกลูตามีนต่อพื้นที่ผิววิลไลของสุกรหย่านม จากการศึกษาพบว่า การเสริมกลูตามีนที่ระดับ 0.5 และ 1% มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ผิววิลไลที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัมอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 22.81, 32.14 และ 33.51 x 10^3 ตารางไมโครเมตรในสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม เสริมกลูตามีน 0.5 และ 1% ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม ผลของการเสริมกลูตามีนต่อการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ผิววิลไลที่ลำไส้เล็กส่วนเจจูนัม และไอเลียมมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าเท่ากับ 24.38, 25.49, 27.12 x 10^3 ตารางไมโครเมตร

และ 20.72, 25.21, 24.91 x 10^3 ตารางไมโครเมตรในสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมเสริมกลูตามีน 0.5 และ 1% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7)

จากการศึกษาถึงสัดส่วนของวิลไลต่อความลึกของเซลล์คริปในสุกรที่ได้รับอาหารทั้ง 3 สูตรการทดลองโดยพิจารณาผลจากสัดส่วนของวิลไลต่อความลึกของเซลล์คริปที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัม เจจูนัม และไอเลียม พบว่า ค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าสัดส่วนของวิลไลต่อความลึกของคริปที่บริเวณลำไส้เล็กส่วน ดูโอดีนัมเท่ากับ 2.12, 2.17, 2.46 ส่วนเจจูนัมเท่ากับ 1.90, 2.30, 2.17 และไอเลียม 1.99, 2.15, 2.13 ในสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม เสริมกลูตามีน 0.5 และ 1% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อลักษณะทางจุลกายวิภาคในลำไส้เล็กของสุกรหย่านม[1]

Item	Dietary treatment			Pooled	
	Control	0.5% Gln	1% Gln	SEM	P-value
Villi height (μm)					
Duodenum	270.57	327.64	354.91	21.374	0.0790
Jejunum	296.25	298.33	304.33	21.540	0.9694
Ileum	238.87	260.67	260.97	12.586	0.5148
Crypt depth (μm)					
Duodenum	128.03	153.95	145.75	12.012	0.4388
Jejunum	157.00	130.23	142.67	9.695	0.2675
Ileum	121.33	121.00	122.50	3.595	0.9649
Villi wide (μm)					
Duodenum	84.58	98.09	95.00	3.094	0.0700
Jejunum	82.32	84.83	88.90	3.028	0.4197
Ileum	86.47	97.00	95.70	4.555	0.3772
Villi area ($x10^3 \mu m^2$)					
Duodenum	22.81^a	32.14^b	33.51^b	1.753	0.0114
Jejunum	24.38	25.49	27.12	2.416	0.7678
Ileum	20.72	25.21	24.91	1.319	0.1583
Villi height: Crypt depth					
Duodenum	2.12	2.17	2.46	0.160	0.3535
Jejunum	1.90	2.30	2.17	0.199	0.4440
Ileum	1.99	2.15	2.13	0.088	0.5113

หมายเหตุ : $^{a, b}$ Means with different superscripts in a row are significantly different ($P<0.05$)

[1/] เก็บตัวอย่างจากจากลำไส้เล็กแต่ละส่วนของสุกรหย่านม 4 ตัว/กลุ่มการทดลองเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่อายุ 28 วันหลังหย่านม

บทที่ 5
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล

5.1 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต

จากการศึกษาผลของการเสริมกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต พบว่าการเสริมกลูตามีนที่ระดับ 0.5 และ 1% ของสูตรอาหารเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยพิจารณาจากน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณอาหารที่กิน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับ Zou et al. (2006) ที่รายงานว่า การเสริมกลูตามีนที่ระดับ 1% ในอาหารสุกรที่หย่านมอายุ 21 วัน (ทดลองเป็นระยะเวลา 10 วันหลังหย่านม) พบว่า อัตราการเจริญเติบโต และ ปริมาณอาหารที่กินต่อวันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับการทดลองของ Yi et al. (2005) ที่ได้ทำการศึกษาผลของกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต โดยการเสริมกลูตามีนที่ระดับ 2%ในอาหารสุกรหย่านมและทำการศึกษาที่อายุ 0-11 วันหลังหย่านม พบว่าอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณอาหารที่กินไม่มีความแตกต่างกัน และการทดลองของ Wu et al. (1996) ที่ได้ทำการศึกษาในสุกรหย่านมโดยการเสริมกลูตามีนที่ระดับ 0.2, 0.6 และ 1.0% ในอาหารเป็นระยะเวลา 14 วันหลังหย่านม พบว่าอัตราการเจริญเติบโต และปริมาณอาหารที่กินต่อวันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาครั้งนี้ยังมีความขัดแย้งกับ Zou et al., (2006) ที่รายงานว่า การเสริมกลูตามีนที่ระดับ 1% ในอาหารสุกรหย่านมอายุ 21 วัน โดยให้สุกรได้รับกลูตามีนเป็นระยะเวลา 20 วันหลังหย่านม มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตในกลุ่มที่ได้รับกลูตามีนมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับการทดลองของ Liu, Peng, Xiong, Zhou and Cheng (2002) พบว่าการเสริมกลูตามีนที่ระดับ 1% สามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตที่อายุ 2 สัปดาห์หลังหย่านมได้ ซึ่งปัจจัยที่กลูตามีนสามารถกระตุ้นสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกรหย่านมเกิดจาก กลูตามีนมีความสำคัญในการเป็นแหล่งพลังงานหลักของเซลล์เยื่อบุทางเดินอาหาร (Krebs, 1980) เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์โมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น ดีเอ็นเอ และมีความสำคัญในการกระตุ้นการสร้างเซลล์เยื่อบุลำไส้ในลำไส้เล็ก (Windmueller and Spaeth, 1980) ซึ่งปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อการดูดซึมสารอาหารและมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต

การที่ผลการศึกษาทางด้านสมรรถนะการเจริญเติบโตหลังจากได้รับการเสริมกลูตามีนในอาหารในตลอดช่วงอายุของการทดลอง (28 วันหลังหย่านม) ให้ผลแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ($P>0.05$) ซึ่งคาดว่าเป็นผลเนื่องจาก การทดลองครั้งนี้ได้มีการควบคุมสภาพแวดล้อม มีการสุขาภิบาลที่ดี และสุกรแต่ละคอกถูกเลี้ยงให้มีความหนาแน่นน้อย ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Yi et al. (2005) ที่ได้ทำการเสริม กลูตามีนในสุกรหย่านมที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมการเลี้ยงปกติ พบว่าการเสริม กลูตามีนไม่มีผลต่อการเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกรหย่านม ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่เมื่อให้สุกรได้รับเชื้อ *E. coli* $K88^+$ เข้าสู่ร่างกาย พบว่าสุกรที่ได้รับกลูตามีนสามารถเพิ่มความสูงของวิลไลที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัม เจจูนัม และไอเลียมได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับเชื้อ *E. coli* $K88^+$ เพียงอย่างเดียว เช่นเดียวกับสมรรถนะการเจริญเติบโตหลังจากได้รับเชื้อ *E. coli* $K88^+$ พบว่า สุกรในกลุ่มที่ได้รับเชื้อ *E. coli* $K88^+$ มีการลดลงของอัตราการเจริญเติบโต 50% และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณอาหารที่กินลดลง 49% แต่ในกลุ่มที่ได้รับการเสริมกลูตามีนร่วมกับเชื้อ *E. coli* $K88^+$ พบว่ามีการตอบสนองต่อเชื้อได้ดีขึ้น โดยมีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ปราศจากเชื้อ ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่ากลูตามีนจะแสดงผลต่อการพัฒนาระบบทางเดินอาหาร และสมรรถนะการเจริญเติบโตได้อย่างชัดเจนก็ต่อเมื่อสุกรได้รับการเลี้ยงในสภาวะที่มีการเลี้ยงอย่างหนาแน่น เช่น ในระบบการเลี้ยงแบบอุตสาหกรรม ซึ่งสุกรมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อโรคได้ง่ายมาก โดยเฉพาะเชื้อโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินอาหาร (Yi et al., 2005; Bartell and Batal, 2007) นอกจากนี้จากการศึกษาครั้งนี้ได้มีการเจาะเลือดสุกรเพื่อเก็บตัวอย่างทุกสัปดาห์ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ไปรบกวนลูกสุกร จึงทำให้ผลการศึกษาในด้านสมรรถนะการเจริญเติบโตแสดงออกได้ไม่ชัดเจน

ส่วนการศึกษาผลของการเสริมกลูตามีนต่อค่ายูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จึงกล่าวได้ว่าการเสริมกลูตามีนที่ระดับ 0.5 และ 1% ในอาหารไม่ส่งผลกระทบที่ทำให้สมดุลของกรดอะมิโนในอาหารเปลี่ยนแปลงไปจากปกติ

5.2 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อค่าโลหิตวิทยา

จากการศึกษาผลของกลูตามีนต่อค่าโลหิตวิทยา พบว่ากลูตามีนมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์ โดยกลูตามีนสามารถกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์ของลูกสุกรหลังจากได้รับกลูตามีนเป็นระยะเวลา 7 วันหลังหย่านมได้ เช่นเดียวกับการทดลองของ Calder and Yaqoob (1999) ได้ทำการทดลองโดยการเสริมกลูตามีนในหนู พบว่าสามารถเพิ่มจำนวนของเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์ได้ เนื่องจากลิมโฟไซท์ต้องการกลูตามีนสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานในการเพิ่มจำนวนของเซลล์ Ogle et al. (1994); Wallace and Keast

(1992) รายงานว่า กลูตามีนสามารถกระตุ้นการตอบสนองการสร้างเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน เช่น ลิมโฟไซท์ แมคโครฟาจ เช่นเดียวกับ Kandil et al. (1995); Reeds and Burrin (2001) ที่รายงานว่า ลิมโฟไซท์และแมคโครฟาจจะใช้กลูตามีนเป็นแหล่งพลังงานเพื่อการกระตุ้นการเพิ่มจำนวนลิมโฟไซท์ให้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Wu, Meier and Knabe (1996) ที่รายงานว่าการเสริมกลูตามีนในอาหารสุกรสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์ได้

จากที่กล่าวมานั้น ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มจำนวนของลิมโฟไซท์เกิดจากการที่กลูตามีนเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในการสร้างเซลล์ลิมโฟไซท์ ซึ่งโดยปกติแล้วลิมโฟไซท์มีหน้าที่สำคัญเกี่ยวกับระบบภูมิคุ้มกัน โดยทีลิมโฟไซท์จะเกี่ยวข้องกับภูมิคุ้มกันชนิดมีเซลล์เป็นสื่อ (Cell-mediated immune) และบีลิมโฟไซท์ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างแอนติบอดี (สุทธิศักดิ์ นพวิญญวงศ์, 2545) และปกติแล้วเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์มีหน้าที่สำคัญในการสร้างภูมิคุ้มกันชนิดจำเพาะเจาะจง (Acquired immune) ซึ่งมีความสามารถในการกำจัดเชื้อโรคได้อย่างรวดเร็ว และเมื่อสัตว์ได้รับวัคซีนหรือเชื้อในปริมาณที่น้อยจะสร้างภูมิคุ้มกันที่เรียกว่า แอนติบอดีหรืออิมมูโนโกลบูลินโดยมีอยู่ 5 กลุ่มคือ ชนิดเอ ดี อี จี และเอ็ม ซึ่งมีหน้าที่และปริมาณที่แตกต่างกัน โดยแอนติบอดีเหล่านี้มีหน้าที่สำคัญในการเข้าจับกินสิ่งแปลกปลอมด้วยวิธีฟาโกไซโตซิส (Phagocytosis) (กิตติ ศรีสุภาพ, 2536) ส่วนของผลการเสริมกลูตามีนต่อสัดส่วนของนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ พบว่าสุกรที่ได้รับการเสริมกลูตามีนที่อายุ 7 วันมีค่าสัดส่วนของนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งปกติแล้วค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดความเครียดจากสุกรจะวัดได้จากสัดส่วนระหว่างนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์หรือ N:L ratio เนื่องจากค่าดังกล่าวสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างเม็ดเลือดขาวทั้งสองชนิด เช่น ภาวะที่สัตว์ได้รับความเครียด (นวลจันทร์ พารักษา และคณะ, 2548) มีรายงานว่าสัตว์ที่อยู่ในภาวะเครียดฮอร์โมนในกลุ่มคอร์ติโคสเตอรอยด์ (Corticosteroid) จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเม็ดเลือดขาวทั้งสองชนิดโดยไปกระตุ้นการสร้างนิวโทรฟิลให้มีจำนวนเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันก็พบว่าการสร้างลิมโฟไซท์ทั้งชนิดบีลิมโฟไซท์และทีลิมโฟไซท์ลดลง ส่งผลให้สัดส่วนของนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ของสัตว์เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นสัดส่วนระหว่างนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์จึงสามารถเป็นตัวบ่งชี้ถึงภาวะเครียดได้อีกทาง (Gross and Siegal, 1983) จากการศึกษาพบว่าสุกรหย่านมที่ได้รับการเสริมกลูตามีนระดับ 1% เป็นระยะเวลา 7 วันหลังหย่านม มีค่าสัดส่วนของนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งต่างจากกลุ่มควบคุมที่พบว่าสัดส่วนของนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ที่อายุ 7 วันหลังหย่านมมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมกลูตามีน เนื่องมาจากระบบสรีรวิทยาของสุกรในกลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมกลูตามีนยังไม่สามารถปรับตัวต่อความเครียดจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่าง ๆ หลังการหย่านมได้ และเมื่อพิจารณาผลการทดลองที่อายุ 14, 21 และ 28 วันพบว่า สัดส่วนของนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

เนื่องจากปกติแล้วสัตว์ที่อยู่ในภาวะที่ได้รับความเครียดเป็นระยะเวลานานติดต่อกันจะมีการตอบสนองต่อความเครียดสูงในช่วงแรก แต่หลังจากนั้นสัตว์จะสามารถปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้ดีขึ้น และมีการตอบสนองต่อภาวะเครียดน้อยลง (Moberg and Mench, 2000) จึงทำให้การตอบสนองของกลูตามีนต่อความเครียดที่อายุ 14, 21 และ 28 วันหลังหย่านมลดลง

5.3 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อการกระตุ้นการตอบสนองของอิมมูโนโกลบูลิน

จากการศึกษาผลของการเสริมกลูตามีนต่อการตอบสนองของระดับของอิมมูโนโกลบูลินในซีรัม พบว่าการเสริมกลูตามีน 1% มีผลทำให้ระดับของอิมมูโนโกลบูลินในซีรัมอายุ 7 วันหลังหย่านมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งปกติแล้วลูกสุกรอายุสัปดาห์แรก (อายุ 7 วัน) หลังหย่านมเป็นช่วงอายุที่ร่างกายมีการเปลี่ยนหลายปัจจัย เช่น อาหาร สภาพแวดล้อม สังคม และที่สำคัญภูมิคุ้มกันที่เคยได้รับทางน้ำนมต้องหมดไป ดังนั้นสุกรในช่วงสัปดาห์แรกหลังหย่านมระดับภูมิคุ้มกันจึงลดลงมาก การเสริมกลูตามีนในช่วงสัปดาห์แรกจึงสามารถกระตุ้นต่อการตอบสนองของระดับอิมมูโนโกลบูลินในซีรัมได้ดี ซึ่งเกิดจากกลูตามีนมีผลต่อการกระตุ้นการทำงานและเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของลามินาโพรเพรียที่ผนังลำไส้เล็กซึ่งเป็นอวัยวะที่สำคัญในการสร้างภูมิคุ้มกัน และจากการศึกษาพบว่า กลูตามีนสามารถลดการดูดซึมสารพิษ (Endotoxin) จากเชื้อ *E. coli* เข้าสู่ลำไส้ ซึ่งปกติแล้วอิมมูโนโกลบูลินชนิดเอทำหน้าที่ช่วยปกป้องพื้นที่ผิวของลำไส้ไม่ให้เชื้อแบคทีเรียเกาะติดในลำไส้ และก่อให้เกิดโรค (Kitt el al., 2002; Zou et al. (2006) เช่นเดียวกับรายงานของ Hernandez, Borbolla, Mendoza, and Garcia (2000) รายงานว่าการเสริมกลูตามีนสามารถกระตุ้นระดับของอิมมูโนโกลบูลินชนิดจีให้มีระดับเพิ่มขึ้นในสุกรหย่านมที่อยู่ในภาวะติดเชื้อจาก *E. coli* ได้ เช่นเดียวกับการทดลองของ Yu, Wu, Yang, Liu, Lee and Yen (2002) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเสริมกลูตามีนร่วมกับนิวคลีโอไทด์ในสุกรหย่านม พบว่าสามารถกระตุ้นระดับความเข้มข้นของอิมมูโนโกลบูลินชนิดเอซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ Burke, Alverdy, Aoys and Moss (1989) ที่รายงานว่าการเสริมกลูตามีนสามารถกระตุ้นการทำงานของภูมิคุ้มกันในระบบทางเดินอาหาร และมีผลต่อการหลั่งอิมมูโนโกลบูลินชนิดเอให้มีระดับเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาในสุกรที่ช่วงอายุ 14, 21 และ 28 วันหลังหย่านมไม่พบความแตกต่างของของระดับอิมมูโนโกลบูลินในซีรัม คาดว่ามีสาเหตุเนื่องมาจากสุกรมีการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงในช่วงหลังการหย่านมได้ดีขึ้น และการพัฒนาของระบบภูมิคุ้มกันมีการพัฒนาได้ดีขึ้น (Varley and Wiseman, 2001)

การศึกษาผลของกลูตามีนต่อระดับอิมมูโนโกลบูลินในลำไส้เล็ก พบว่าการเสริมกลูตามีนไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับอิมมูโนโกลบูลินในลำไส้เล็ก ที่เป็นเช่นนี้อาจมีสาเหตุมาจาก

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวัดระดับอิมมูโนโกลบูลินในลำไส้เล็กที่อายุ 28 วันหลังหย่านม ซึ่งเป็นช่วงที่ร่างกายมีการตอบสนองต่อความเครียดและพัฒนาระบบภูมิคุ้มกันได้ดีขึ้น (Moberg and Mench, 2000) จึงไม่พบความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

5.4 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อจำนวนประชากรจุลินทรีย์

จากการศึกษาการเสริมกลูตามีนต่อจำนวนประชากรจุลินทรีย์ Lactobacillus ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย และจำนวนจุลินทรีย์ *E. coli* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ก่อโทษในร่างกาย โดยได้ทำการศึกษาในมูลลูกสุกรหย่านม ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงสมดุลของประชากรจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารของสุกรหย่านมได้ โดยปกติแล้วลูกสุกรในช่วงหลังหย่านมจะอยู่ในภาวะที่ร่างกายได้รับความเครียดสูง ซึ่งความเครียดนี้มีผลต่อการเสื่อมสภาพของเซลล์ต่าง ๆ ในระบบทางเดินอาหาร ทำให้สภาวะในระบบทางเดินอาหารมีสภาวะความเป็นกรดเป็นด่างผิดไปจากปกติ ผลที่ตามมาก็คือเกิดความไม่สมดุลของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์และเป็นโทษในระบบทางเดินอาหาร ดังนั้นจึงพบปัญหาการเกิดอาการท้องเสียในสุกรหลังหย่านม (Pluske et al. 1997) จากการทดลองพบว่า สุกรที่อายุ 14 วันหลังจากได้รับการเสริมกลูตามีนในระดับ 1% มีจำนวนเชื้อ *E. coli* ลดลงและสามารถเพิ่มจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ Lactobacillus ได้อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งการลดลงจำนวนประชากร *E. coli* มีผลสอดคล้องกับจำนวนของ Lactobacillus ซึ่งมีจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการที่ระบบทางเดินอาหารมีการพัฒนาดีขึ้นเมื่อได้รับการเสริมกลูตามีน เนื่องจากกลูตามีนเป็นแหล่งพลังงานของเซลล์ในระบบทางเดินอาหาร ช่วยให้มีการสร้างเซลล์ในระบบทางเดินอาหารได้ดีขึ้น ส่งผลให้ระบบทางเดินอาหารมีสภาวะที่สมบูรณ์เป็นปกติ จึงเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในกลุ่มที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น Lactobacillus นอกจากนี้ Lactobacillus ยังเป็นจุลินทรีย์ที่อยู่ในกลุ่มแลคติคแบคทีเรีย (Lactic acid bacteria) จึงสามารถผลิตกรดแลคติค ทำให้ระดับความเป็นกรดในระบบทางเดินอาหารลดลงมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของ *E. coli* ได้ (Salminen and Wright, 1993; Wood and Holzapfel, 1995) จากรายงานของ Whitney (2005) พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะอาหารและลำไส้มีผลต่อการทำงานของเอ็นไซม์ และกระบวนการย่อยอาหาร รวมทั้งความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำสามารถต่อต้านเชื้อโรคได้ โดยเฉพาะเชื้อจุลินทรีย์ก่อโทษ เช่น *E. coli* (*ลักษมณ์ภักดิ์คณา เคนจันทึก, 2549*; Hartemink and Rombouts, 1999) อย่างไรก็ตามจากการทดลองที่ 28 วัน พบว่า การเสริมกลูตามีนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร ที่เป็นเช่นนี้อาจมีสาเหตุมาจากการที่ระบบทางเดินอาหารและระบบน้ำย่อยมีการพัฒนา

ที่ดีขึ้น โดยการพัฒนาระบบน้ำย่อยในระบบทางเดินอาหารจะพัฒนาเต็มที่เมื่ออายุ 7-8 สัปดาห์หลังการคลอด (Liu, Jiang and Shen, 2001) ซึ่งเป็นระยะที่สิ้นสุดการทดลองพอดี

5.5 ผลของการเสริมกลูตามีนต่อลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้เล็ก

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้เล็ก ซึ่งเป็นอวัยวะที่สำคัญในการแสดงถึงความสามารถในการย่อยอาหาร และการดูดซึมโภชนะ โดยปกติแล้วในลำไส้เล็กจะพบหน่วยย่อยที่เกี่ยวข้องกับระบบการย่อย และดูดซึมโภชนะคือ วิลไลและเซลล์คริป ซึ่งทั้ง 2 ชนิดมีหน้าที่ และการทำงานที่แตกต่างกันออกไป เช่น การเจริญเพื่อทดแทนการหลุดออก ทำหน้าที่เป็นเซลล์เยื่อเมือก และเซลล์เอนไซม์เพื่อใช้ในการย่อยอาหาร (กระสินธ์ นพรัตน์ไมตรี, 2551) ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้พบว่า การเสริมกลูตามีนมีผลต่อการเพิ่มพื้นที่ผิวของวิลไลที่ลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัมได้อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และยังมีแนวโน้มต่อการเพิ่มความสูงวิลไล ($P=0.0790$) และความกว้างของวิลไล ($P=0.0700$) ที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัม ส่งผลให้มีพื้นที่ในการดูดซึมสารอาหารมากขึ้นเนื่องจากมีการพัฒนาของเซลล์เยื่อบุในลำไส้เล็กดีกว่ากลุ่มควบคุม ปกติแล้วเซลล์เยื่อบุลำไส้เล็กเป็นเซลล์เยื่อบุผิวด้านในของลำไส้ โดยเนื้อเยื่อในส่วนนี้จะมีกล้ามเนื้อเรียบชนิดที่เรียกว่ามัสคิวลาริส มิวโคซา (*Muscularis mucosa*) ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้เกิดการโค้งงอ และรอยพับของมิวโคซาที่บริเวณของจุดโค้งงอ และรอยพับดังกล่าวจะถูกปกคลุมด้วยวิลไล และไมโครวิลไล มีรายงานว่าวิลไลสามารถเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสให้แก่ลำไส้เล็กได้สูงถึง 600 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อเยื่อบริเวณอื่นที่มีผิวเรียบ (Argenzio, 1993)

จากงานวิจัยครั้งนี้จะเห็นได้ว่า การเสริมกลูตามีนสามารถกระตุ้นการเพิ่มพื้นที่วิลไลของลำไส้เล็กที่บริเวณดูโอดีนัมได้ ซึ่งเกิดจากกลูตามีนเป็นกรดอะมิโนที่สำคัญของเซลล์เยื่อบุผนังลำไส้โดยการเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ และยังเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์พิวรีนและไพริมิดีน ซึ่งเป็นสารนิวคลีโอไทด์มีหน้าสำคัญในการซ่อมแซมเซลล์ที่เกิดการเสื่อมสภาพ (Krebs, 1980; Windmueller and Spaeth, 1980; Miller, 1999) โดยผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ Yi et al. (2005) ที่พบว่าการเสริมกลูตามีนที่ระดับ 2% ในอาหารสามารถกระตุ้นความสูงของวิลไล และพื้นที่ผิวของวิลไลที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัม เจจูนัม และไอเลียมได้อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อสุกรมีอายุ 14 วันหลังหย่านม เช่นเดียวกับการทดลองของ Wu et al. (1996) ที่ได้ทำการเสริมกลูตามีนที่ระดับ 1% ในอาหารสุกรหย่านม โดยทำการทดลองจนถึงอายุ 7 วันหลังหย่านม พบว่าการเสริมกลูตามีนสามารถเพิ่มความสูงของวิลไลที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนเจจูนัมได้ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาครั้งนี้สาเหตุที่การเสริมกลูตามีนมีผลเฉพาะการเพิ่มพื้นที่ผิวของวิลไลที่ลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัมเท่านั้น คาดว่าเกิดมาจาก การศึกษาครั้งนี้

ได้มีการเก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาคเมื่อสุกรมีอายุ 28 วันหลังการหย่านม ซึ่งมีรายงานว่าเป็นช่วงที่สุกรมีการพัฒนาระบบย่อยอาหารค่อนข้างสมบูรณ์เต็มที่เมื่อสุกรมีอายุ 7-8 สัปดาห์หลังการคลอด ซึ่งเป็นระยะเวลาที่สิ้นสุดการทดลอง (Liu et al., 2001) ดังนั้นการศึกษาการเสริมกลูตามีนต่อการพัฒนาระบบทางเดินอาหารที่ระยะ 28 วันหลังหย่านมจึงเห็นผลได้ไม่ชัดเจน

บทที่ 6
สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุป

การศึกษา การเสริมกลูตามีนที่ระดับ 0, 0.5 และ 1% ในอาหารสุกรหย่านมต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต ค่าโลหิตวิทยา จำนวนของประชากรจุลินทรีย์ การตอบสนองของภูมิคุ้มกัน และการพัฒนาระบบทางเดินอาหาร ของสุกรหย่านม สรุปได้ว่า

6.1.1 สุกรหย่านมที่ได้รับการเสริมกลูตามีนในช่วง 0-28 วันหลังหย่านม มีค่าน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณอาหารที่กินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่อย่างไรก็ตาม การเสริมกลูตามีนในอาหารไม่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงทำให้สมดุลของกรดอะมิโนในอาหารเปลี่ยนแปลงไปจากปกติ โดยพิจารณาได้จากค่ายูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดซึ่งพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

6.1.2 กลูตามีนมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นให้สุกรมีการตอบสนองต่อความเครียดและสร้างภูมิคุ้มกันในทางที่ดีขึ้น โดยพิจารณาได้จากสัดส่วนนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ที่มีค่าลดลง ($P<0.05$) และพบว่าสามารถเพิ่มจำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์ ($P<0.05$) ซึ่งมีหน้าที่สำคัญในการสร้างแอนติบอดี นอกจากนั้นยังมีผลต่อการเพิ่มระดับของอิมมูโนโกลบูลินในซีรัม ($P<0.05$) ในสุกรที่ได้รับการเสริมกลูตามีนที่ระดับ 1% ในช่วง 7 วันหลังหย่านมได้

6.1.3 กลูตามีนมีบทบาทสำคัญในการปรับสมดุลของประชากรจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร โดยสามารถเพิ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ และลดจำนวนจุลินทรีย์ก่อโทษในระบบทางเดินอาหารได้ พิจารณาได้จากจำนวนประชากรจุลินทรีย์ *E. coli* ในมูลสุกรหลังหย่านมมีการลดลง ($P<0.05$) หลังจากได้รับการเสริมกลูตามีนระดับ 1% เช่นเดียวกับจำนวนประชากรจุลินทรีย์ Lactobacillus ซึ่งมีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) เมื่อได้รับการเสริมกลูตามีนเป็นระยะเวลา 14 วันหลังหย่านม

6.1.4 กลูตามีนมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการพัฒนาเซลล์ในระบบทางเดินอาหารของสุกรหลังหย่านม โดยพบว่าสุกรที่ได้รับการเสริมกลูตามีนมีค่าพื้นที่ผิววิลไลที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และยังมีแนวโน้มต่อการเพิ่มความสูงวิลไล ($P=0.0790$) และความกว้างวิลไล ($P=0.0700$) ที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัมได้

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า การเสริมกลูตามีนที่ระดับ 1% ในอาหารลูกสุกรเป็นระยะเวลา 7-14 วันหลังหย่านม สามารถช่วยส่งเสริมสุขภาพของลูกสุกรได้ แต่ไม่พบผลต่อการเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโตได้ชัดเจน

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการเสริมกลูตามีนในอาหารสุกรหย่านมแสดงให้เห็นว่า ผลการทดลองส่วนใหญ่จะส่งผลดีต่อสุขภาพลูกสุกรหลังจากได้รับการเสริมกลูตามีนในช่วงระยะเวลา 7-14 วันหลังหย่านม ดังนั้นหากมีการศึกษาเกี่ยวกับการเสริมกลูตามีนในอาหารสุกรหย่านมครั้งต่อไปจึงควรทำการศึกษาในช่วงอายุ 0-14 วันหลังหย่านม ซึ่งเป็นระยะแรกที่สุกรได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่าง ๆ หลังการหย่านม และที่สำคัญควรหลีกเลี่ยงการปฏิบัติที่มีความกระทบกระเทือนหรือรบกวนต่อสุขภาพร่างกายของลูกสุกร โดยการแยกสุกรที่ต้องการศึกษาในด้านสมรรถนะการเจริญเติบโตเป็นอีกหนึ่งการทดลอง เพื่อลดการรบกวนสุกรให้น้อยที่สุด แต่จากการทดลองครั้งนี้ได้มีการเจาะเลือดเพื่อเก็บตัวอย่างทุกสัปดาห์ของการทดลอง จึงอาจไปกระทบต่อการเจริญเติบโตของสุกร การทดลองครั้งนี้จึงไม่พบความแตกต่างในด้านสมรรถนะการเจริญเติบโต และที่สำคัญควรมีการปรับสูตรอาหารโดยการไม่เติมยาปฏิชีวนะเพื่อให้กลูตามีนแสดงผลได้ชัดเจนยิ่งขึ้นเพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนต่อไป

รายการอ้างอิง

กิติ ศรีสุภาพ. (2536). **ภูมิคุ้มกันวิทยาทางสัตวแพทย์**. ภาควิชาพยาธิวิทยา. คณะสัตวแพทยศาสตร์: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กระสินธ์ นพรัตน์ไมตรี. (2551). ผลของสมุนไพรฟ้าทลายโจรและไพลต่อสมรรถนะการผลิต การย่อยได้ของโภชนะ และสุขภาพในลูกสุกรหย่านม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เฉลียว ศาลากิจ. (2540). **โลหิตวิทยาทางสัตวแพทย์.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์อักษรสมัย.

นวลจันทร์ พารักษา, ทวีศักดิ์ ส่งเสริม, นพวรรณ ภู่มาลา มอราลิส, อรประพันธ์ ส่งเสริม, หนูจันทร์ มาตา และ อัจฉรา สุขเจริญ. (2548). **การใช้สารสกัดหยาบจากพริกแดงในสุกรหย่านม.** รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

พัชรี บุญศิริ, เปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์, อุบล ชาอ่อน และปีติ ธุวจิตต์. (2551). **ตำราชีวเคมี**. พิมพ์ครั้งที่ 5. ขอนแก่น: คลังปัญญา.

ไพโรจน์ วิริยจารี. (2545) **หลักการวิเคราะห์จุลินทรีย์.** มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: คณะอุตสาหกรรมเกษตร.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. (ม.ป.ป.) **การสร้างภูมิคุ้มกันโรคของสุกร** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://courseware.rmutl.ac.th/courses/110/unit1503.html

รัตนา จิรารัตน์. (2545). ผลของการถอนไวตามินและแร่ธาตุปลีกย่อยในอาหารต่อการตอบสนองของภูมิคุ้มกันและสมรรถนะการผลิตในสุกรขุน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลักษมณ์ภักดิ์คณา เคนจันทึก. (2549). การเสริมโยเกิร์ตต่อสมรรถภาพการผลิตและลดการเกิดโรคท้องร่วงในลูกสุกรดูดนมและหย่านม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิโรจน์ จันทรัตน์. (2540). **กายวิภาคและสรีรวิทยาของสัตว์เลี้ยง**. ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์. คณะผลิตกรรมการเกษตร: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สมชัย พงศ์จรรยากุล. (2529). **จุลกายวิภาคศาสตร์ทางสัตวแพทย์ (เซลล์และเนื้อเยื่อ)**. คณะสัตวแพทยศาสตร์: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โสมทัตน์ วงศ์สว่าง. (2538). **วิทยาภูมิคุ้มกันทางสัตวแพทย์**. ภาควิชาจุลชีววิทยา. คณะสัตวแพทยศาสตร์: จุฬาลงกรมหาวิทยาลัย.

สุทธิพันธ์ สาระสมบัติ, วิบูลย์ศรี พิบลพันธุ์, นภาธร บานชื่น, ทัศนีย์ สุโกศล, ธารารัชต์ ธารากุล, ศันสนีย์ เสนะวงษ์ และสิริฤกษ์ ทรงศิริวิไล. (2542). **อิมมูโนวิทยา**. พิมม์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: พีเอสซายน์เทคนิคัล.

สุทธิศักดิ์ นพวิญญูวงศ์. (2545). **โลหิตวิทยาคลินิคทางสัตวแพทย์**. ภาควิชาพยาธิวิทยา. คณะสัตวแพทย์ศาสตร์: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อุทัย คันโธ. (2535). หลักการโปรไบโอติคในเชิงอาหารสัตว์. **สุกรสาส์น.** 18 (72): 11-16.

Abbars, A. B., Lichtman, A. H. and Pober, J. S. (1994). **Cellular and molecular immunology** (3th ed). W. B. Saunders Company, A Division of Harcourt Brace & Company. USA.

AOAC. (1995). **Official methods of analysis** (16th ed.). Washington D.C.: Association of Office Analytical Chemistry.

Argenzio, R. O. (1993). **General function of the gastrointestinal tract and their control and tegration**. In M. J. Swenson, W. O. Reece. Dukes's Physiology of Domestic Animal (11th ed.). Ithaca: Cornell University Press.

Bartell, S. M. and Batal, A. B. (2007). The effect of supplemental glutamine on growth performance, development of the gastrointestinal tract, and humoral immune response of broiler. **J. Poult. Sci**. 86: 1940-1947.

Beuer, E., Williams, B. A., Voist, C., Mosenthin, R. and Verstegen, M. W. A. (2001). Microbial activities of feces from unweaned and adult pigs in relation to selected fermentable carbohydrate. **J. Anim. Sci**. 73: 313-322.

Blood, D. C., Radostits, O. M. and Henderson, J. A. (1983). **Veterinary medicine: A Textbook of the diseases of cattle, sheep, pigs, goats and horses** (6th ed.). London: Baillierd tindall.

Burke, D. J., Alverdy, J. C., Aoys, E. and Moss, G. S. (1989). Glutamine-supplemented total parenteral nutrition improves gut immune function. **Arch. Surg**. 124: 1396-1399

Calder, P. C. and Yaqoob, P. 1999. Glutamine and the immune system. **J. Amino Acids**. 17: 227-241.

Carstensen, L., Annette, K. E., Karin, H. J. and Jens, P. N. (2005). Escherichia coli post-weaning diarrhea occurrence in piglets with monitored exposure to creep feed. **Vet. Micro**. 110: 113-123.

Cattlenetwork. (2009). **Understanding the newly weaned pig** [Online]. Available: http://www.cattlenetwork.com/Understanding-The-Newly-Weaned-Pig.

Cera, K. R., Mahan, D. C., Cross, R. F., Reinhart, G. A. and Whitmoyer, R. E. (1988). Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. **J. Anim. Sci**. 66(2): 574-84.

Dharmananda, S. (2008). **Amino acid supplement I: Glutamine** [Online]. Available: www.itmonline.org/arts/glutamine.html

Domeneghini, C., Giancamillo, A. D., Savoini, G., Paratte, R., Bontempo, V. and Dell'Orto, V. (2004). Structural patterns of swine ileal mucosa following L-glutamine and nucleotide administration during the weaning period. An histochemical and histometrical study. **Histol. Histopathol**. 19: 49–58.

Engle, T. E., Spears, J. W., Brown Jr, T. T., and K. E. Lloyd. (1999). Effect of breed (Angus vs. Simmental) on immune function and response to a disease challenge in stressed steers and preweaned calves. **J. Anim. Sci**. 77: 516-521.

Frederick, H., Martini, E. and Bartholomew, F. (1997). **Essentials of anatomy and physiology**. U.S.A: Prentice-Hall Inc.

Garbert, V. M., Sauer, W. C., Mosenthin, R., Schmitz, M., and Ahrens, F. (1995). The effect of oligosaccharides and lactiol on the ileal digestibilites of amino acid, monosaccharides and bacterial populations and metabolites in the small intestine of weaning pigs. **J. Anim. Feed Sci. Technol**. 17: 33-43.

Geyra, A., Uni, Z. and Sklan, D. (2001). Enterocyte dynamics and mucosal development in the posthatch chick. **J. Poult. Sci**. 80: 776-782.

Gorman, N. T. and Halliwell, R. E. W. (1989). **Veterinary clinical immunology**. London: W.B. Saunders Company.

Gross, W. B. and Siegel, H. S. (1983). Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chicken. **Avian. Disease**. 27: 972-979.

Hampson, D. J. (1986). Attempts to modify changes in the piglet small intestine after weaning. **Res**. **Vet. Sci**. 40: 313-317.

Hanson, L. A. and Robert, H. (1999). **Probiotic: Other nutrition factor and intestinal microflora**. Philadelphia: Lippincott Raven Publisher.

Hartemink, R. and Rombouts, F. M. (1999). Comparison of media for the detection of bifidobacteria, lactobacillus and total anaerobes from fecal samples. **J. Micro. Met**. 36: 181-192.

Hartke, J. L., Monaco, M. H., Wheeler, M. B. and Donovan, S. M. (2005). Effect of a short-term fast on intestinal disaccharidase activity and villus morphology of piglets suckling insulin-like growth factor-I transgenic sows. **J. Anim. Sci**. 83: 2404-2413.

Hedemann, M. S., Mikkelsen, L. L., Naughton, P. G. and Jensen, B. B. (2006). Effect of feed particle size and feed processing on morphological characteristics in the small and large intestine of pigs and on adhesion of Salmonella enterica serovar Typhimurium DT12 in the ileum in vitro. **J. Anim Sci**. 83: 1554-1562.

Hernandez, J., Borbolla, A., Mendoza, R. and Garcia, G. (2000). Glutamine stimulates the synthesis of immunoglobulin IgG in infected early-weaned pigs. **J. Anim Sci**. 78: (suppl.) 175.

Holland, R. E. (1990). Some infectious causes of diarrhea in young farm animal. **Clinical microbiology reviews.** 3: 345-375.

Johnson, I. R., Ball, R. O., Baracos, V. E. and Field, C. J. (2006). Glutamine supplementation influences immune development in the newly weaned piglet. **Dev. Comp. Immunol**. 30: 1191-1202.

Jubb, K. V. F., Kennedy, P. C. and Palmer, N. (1992). **Pathology of domestic animal** (4th ed.). Sandiego. California: Academic Press.

Kandil, H. L., Argenzio, R. A., Chen, W., Berschneider, H. M., Stiles, A. D., Westwich, J. K., Rippe, R. A., Brenner, D. A. and Rhods, J. M. (1995). L-glutamine and L-asparagine stimulate ODC activity and proliferation in a porcine jejunum enterocyte line. **Physiol**. 269: 591-599.

Kenneth, T. (2000). **The normal flora of animal** [Online]. Available: http:// www.Bact.wisc. Edulmicro.Textbook./disease/normal/flora. Html.

Kitt, S. J., Miller, P. S., Lewis, A. J. and Fischer, R. L. (2002). **Effects of glutamine on growth performance and small intestine villus height in weanling pigs**. Lincoln: University Nebraska.

Krebs, H. (1980). **Glutamine metabolism in the animal body. In Glutamine: Metabolism, Enzymology, and Regulation**. New York: Academic Press.

Liu, T., Peng, J., Xiong, Y., Zhou, S. and Cheng, X. (2002). Effects of dietary glutamine and glutamate supplementation on small intestinal structure, active absorption and DNA, RNA concentrations in skeletal muscle tissue of weaned piglets during d 28 to 42 of age. **Asian-Australian J. Anim. Sci**. 15: 238-242.

Liu, F. C., Jiang, Y. N. and Shen, T. F. (2001). Development of lipase in nursing piglets. **J. Proc. Natl. Sci**. 25: 12-16.

Maxwell, F. J. and Stewart, C. S. (1995). The microbiology of the gut and the role of probiotics. **The neonatal pig development and survival** (pp. 115-186.) Wallingford. CAB. International.

Miller, A. L. (1999). Therapeutic considerations of L-glutamine: a review of theliterature. **Altern. Med. Rev.** 4: 239–248.

Moberg, G. P. and Mench, J. A. (2000). **The biology of animal stress: Basic principles and implications for animal welfare**. Wallingford: CABI Publishing.

Morse, R. (1999). **Biochemistry** [Online]. Available: www.library.csi.cuny.edu/.../lect23/ lect23.html

Nutionnal Research Council. (1998). **Nutrient requirement of swine** (10th ed.). National Academy Press. Washington D.C.

Ogle, C. K., Ogle, J. D., Mao, J. X., Simon, J., Noel, J. G., Li, B. G. and Alexander, J. W. (1994). Effect of glutamine on phagocytosis and bacterial killing by normal and pediatric burn patient neutrophils. **J. Parenter Enteral Nutr.** 18: 128-133.

Padres, P. M. (2006). Development of gut microbiota in the pig modulation of bacterial communities by different feeding strategies. Ph.D. Thesis. University Autonoma de Barcelona Spain.

Pawlowska, M., Piedra, J. L. V., Filip, R., Szymanczy, S. E., Kapica, M., Puzio, I., Skrzype, H., gawron, A., Pierzynowski, S. G. and Studzinski, T. (2006). Effects of L-alanyl-L-glutamine dipeptide administration during 35 days of postnatal life on intestinal mucosa

bone properties, and performance of piglets in their early post-weaning period. **Bull. Vet. Inst. Pulawy**. 51: 125-129.

Pluske, J. R., Hampson, D. J. and Williums, I. H. (1997). Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. **J. Livest. Prod. Sci**. 51: 215-236.

Pollmann, D. S. (1986). Probiotic in Pig Diets. (pp. 115-128). **Recent advances in animal nutrition.** Butterworths. England.

Roth, E. (2008). Nonnutritive effects of glutamine. **J. Nutr**. 138(10): 2025-2030.

Reeds, P. J. and Burrin, D. G. (2001). Glutamine and the bowel. **J. Nutr**. 131: 2505-2508.

Revill, P. and Bozzo, J. (2007). Drugs of the Future. **J. Prous Sci**. 32(9): 823.

Salminen, S. and Wright, A. V. (1993). **Lactic acid bacteria**. New York. Marcel Dekker Inc.

Sornsuvit, C. (2007). Parenteral glutamine peptide supplementation in acute myeloid leukemia patients patients receiving chemotherapy: effects on neutrophil function, prevention of chemotherapy-induced side-effects and impact on cost effectiveness. Ph.D. Thesis (Nutrition). Mahidol University.

SPSS. (2004). User's Guide, Version 13.0. SPSS Inc., Chicago, IL.

Stites, D. P., Stobo, J. D., Fudenbez, H. H. and Well, J. V. (1982). **Basic and clinical immunology** (4th ed.). Los Altos, CA: Lange medical publication.

Taylor. D. J. (1981). **Pig Diseases** (2d ed.). The Burlington press (Cambridge). Cambridge: Foxton Ltd.

Varley, M. A. and Wiseman, J. (2001). **The weaner pig**. Wallingford. USA: CABI international.

Voigt, G. L. (2000). **Hematology techniques and concepts for veterinary technicians**. Iowa: Iowa State University Press.

Wallace, C. and Keast D. (1992). Glutamine and macrophage function. **Metabolism.** 41(9): 1016–1020.

Whitney, M. (2005). **Nutrition affects microbiology of the gut and enteric disease**. Swine extension educator. University of Minnesota.

Windmueller, H. G. and Spaeth, A. E. (1980). Respiratory fuels and nitrogen metabolism *in vivo* in small intestine of fed rats: Quantitative importance of glutamine, glutamate, and aspartate. **J. Biol. Chem**. 255: 107-112.

Wood, J. B. B. and Holzapfel, W. H. (1995). **The genera of lactic acid bacteria**. Glasgow: Blacke Academic and Professional.

Wolter, B. F. and Ellis, M. (1997). The effects of weaning weight and rate of growth immediately after weaning on subsequent pig growth performance and carcass characteristics. **J. Anim. Sci.** 81: 363–369.

Wu, G., Meier, A. and Knabe, D. A. (1996). Dietary glutamine supplementation prevents jejunal atrophy in weaned pigs. **J. Nutr**. 51: 215-236.

Wybevga, D. R., Giorgio, J. D. and Pileggi V. J. (1971). Manual and automated method for urea nitrogen measurement in whole serum. **Clin. Chem.** 17(9): 891-895.

Yi, G. F., Carroll, J. A., Allee, G. L., Gaines, A. M., Kendall, D. C., Usry, J. L., Toride, Y. and Izuru, S. (2005). Effect of glutamine and spray-dried plasma on growth performance, small intestinal morphology, and immune responses of Escherichia coli K88+. challenged weaned pigs. **J. Anim Sci**. 83: 634-643.

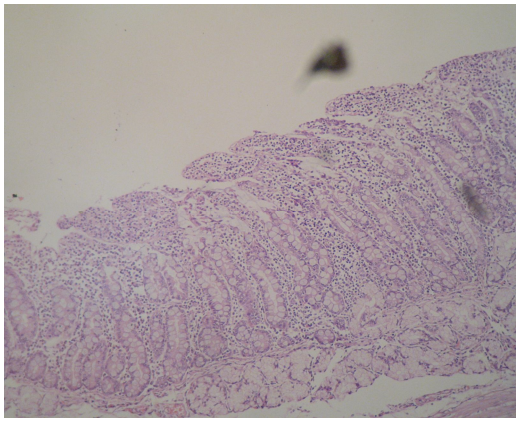
Yu, I. T., Wu, J. F., Yang, P. C., Liu, C. Y., Lee, D. N. and Yen, H. T. (2002). Roles of glutamine and nucleotides in combination in growth, immune responses and FMD antibody titres of weaned pigs. **Br. J. Anim Sci**. 75: 379-385.

Zou, X. T., Zheng, G. H., Fang, X. J. and Jiang, J. F. (2006). Effects of glutamine on growth performance of weanling piglets. **Czech. J. Anim. Sci**. 51: 444-448.

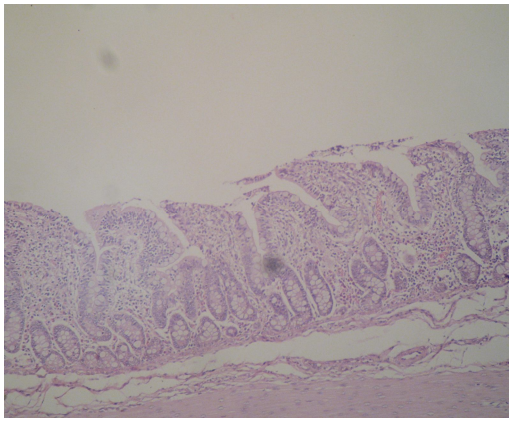
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

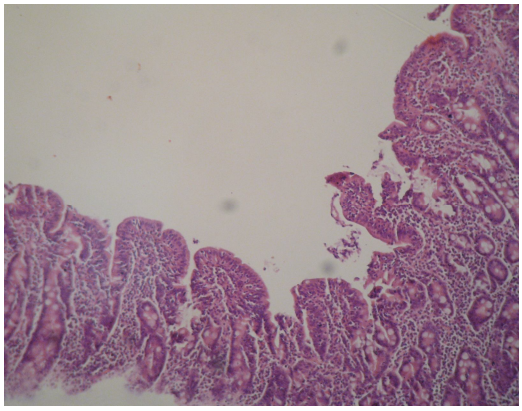
ลักษณะโครงสร้างของลำไส้เล็ก (กำลังขยาย 10X)



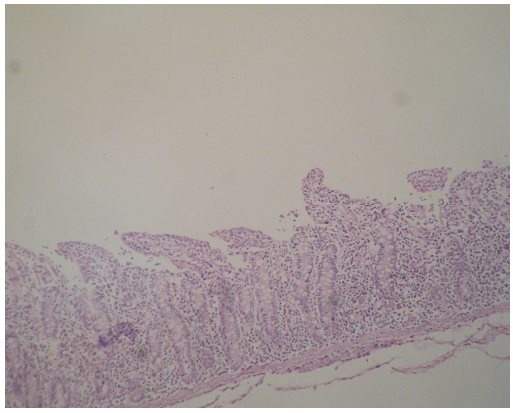
ภาพที่ ก. 1 แสดงลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัม (T1)



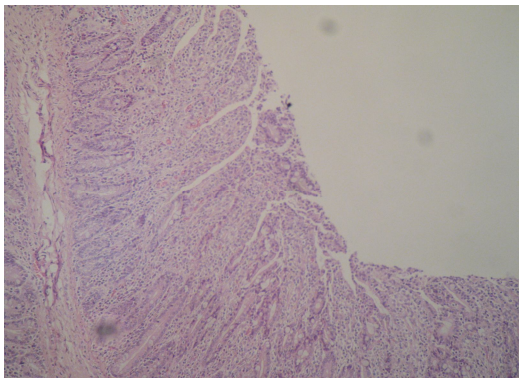
ภาพที่ ก. 2 แสดงลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัม (T2)



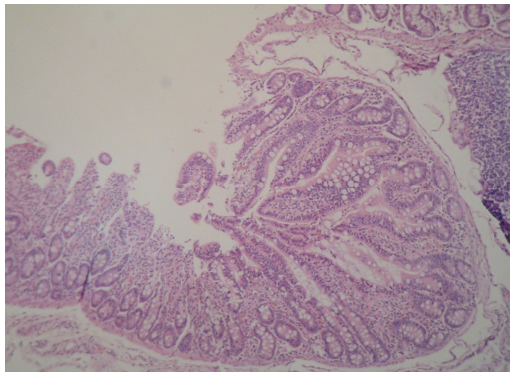
ภาพที่ ก. 3 แสดงลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัม (T3)



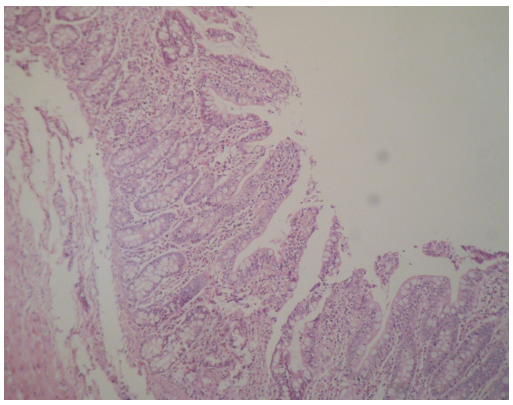
ภาพที่ ก. 4 แสดงลำไส้เล็กส่วนเจจูนัม (T1)



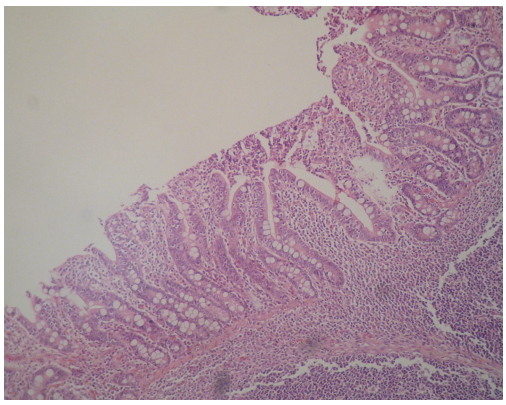
ภาพที่ ก. 5 แสดงลำไส้เล็กส่วนเจจูนัม (T2)



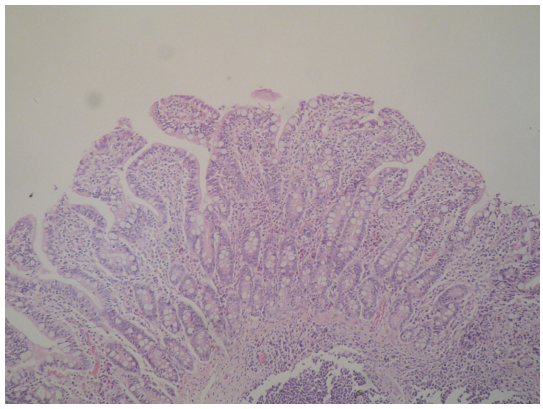
ภาพที่ ก. 6 แสดงลำไส้เล็กส่วนเจจูนัม (T3)



ภาพที่ ก. 7 แสดงลำไส้เล็กส่วนไอเลียม (T1)



ภาพที่ ก. 8 แสดงลำไส้เล็กส่วนไอเลียม (T2)



ภาพที่ ก. 9 แสดงลำไส้เล็กส่วนไอเลียม (T3)

ภาคผนวก ข.

ตารางวิเคราะห์วาเรียนซ์

ตารางที่ ข. 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมรรถนะการเจริญเติบโต

น้ำหนักเริ่มต้นของสุกรหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0006	0.0003	2.25	0.1678
Sex	1	0.0016	0.0016	12.25	0.0081
Error	8	0.0010	0.0001		
Corrected Total	11	0.0033			

R-Square = 0.6767 C.V. = 0.18%

น้ำหนักตัวที่อายุ 7 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0420	0.0210	0.34	0.7227
Sex	1	0.0120	0.0120	0.19	0.6717
Error	8	0.4974	0.0621		
Corrected Total	11	0.5515			

R-Square = 0.0980 C.V. = 3.75%

น้ำหนักตัวที่อายุ 14 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.1266	0.0633	0.83	0.4717
Sex	1	0.0408	0.0408	0.53	0.4861
Error	8	0.6126	0.0765		
Corrected Total	11	0.7801			

R-Square = 0.2146 C.V. = 3.65%

ตารางที่ ข. 1 (ต่อ)

น้ำหนักตัวที่อายุ 21 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.1608	0.0804	0.49	0.6313
Sex	1	0.1281	0.1281	0.78	0.4038
Error	8	1.3194	0.1649		
Corrected Total	11	1.6084			

R-Square = 0.1796 C.V. = 4.18%

น้ำหนักตัวที่อายุ 28 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.1208	0.0604	0.23	0.8021
Sex	1	0.2028	0.2028	0.76	0.4084
Error	8	2.1312	0.2664		
Corrected Total	11	2.4548			

R-Square = 0.1318 C.V. = 4.26%

อัตราการเจริญเติบโตที่อายุ 0-7 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	705.1618	352.5809	2.13	0.1899
Sex	1	20.7018	20.7018	0.12	0.7343
Error	8	1160.9961	165.8565		
Corrected Total	11	1886.8598			

R-Square = 0.38446 C.V. = 33.85%

ตารางที่ ข. 1 (ต่อ)

อัตราการเจริญเติบโตที่อายุ 0-14 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	688.6530	344.3265	0.91	0.4415
Sex	1	133.4000	133.4000	0.35	0.5697
Error	8	3036.6062	379.5757		
Corrected Total	11	3858.6592			

R-Square = 0.2130 C.V. = 22.92%

อัตราการเจริญเติบโตที่อายุ 0-21 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	395.9673	197.9836	0.54	0.6018
Sex	1	360.0360	360.0360	0.98	0.3501
Error	8	2924.7062	365.5882		
Corrected Total	11	3680.7096			

R-Square = 0.2053 C.V. = 12.07%

อัตราการเจริญเติบโตที่อายุ 0-28 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	168.6132	84.3066	0.25	0.7846
Sex	1	307.4456	307.4456	0.91	0.3675
Error	8	2696.8503	337.1062		
Corrected Total	11	3172.9092			

R-Square = 0.1500 C.V. = 8.97%

ตารางที่ ข. 1 (ต่อ)

ปริมาณอาหารที่กินต่อวันที่อายุ 0-7 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	413.1114	206.5557	0.42	0.6736
Sex	1	1185.8420	1185.8420	2.38	0.1612
Error	8	3979.5354	497.4419		
Corrected Total	11	5578.4888			

R-Square = 0.2866 C.V. = 17.14%

ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันที่อายุ 0-14 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	156.7192	78.3596	0.36	0.7091
Sex	1	508.9518	508.9518	2.33	0.1653
Error	8	1746.2573	218.2821		
Corrected Total	11	2411.9284			

R-Square = 0.2759 C.V. = 7.79%

ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันที่อายุ 0-21 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	737.6694	368.8347	1.26	0.3340
Sex	1	1385.2454	1385.2454	4.74	0.0612
Error	8	2338.4676	292.3084		
Corrected Total	11	4461.3824			

R-Square = 0.4758 C.V. = 6.03%

ตารางที่ ข. 1 (ต่อ)

ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันที่อายุ 0-28 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	655.5555	327.7777	1.10	0.3793
Sex	1	1007.6001	1007.6001	3.37	0.1036
Error	8	2390.2474	298.7809		
Corrected Total	11	4053.4031			

R-Square = 0.4103 C.V. = 4.93%

น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณอาหารที่กินต่อวันที่อายุ0-7 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0319	0.0159	1.11	0.3824
Sex	1	0.0008	0.0008	0.06	0.8126
Error	8	0.1011	0.0144		
Corrected Total	11	0.1340			

R-Square = 0.2451 C.V. = 39.71%

น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณอาหารที่กินต่อวันที่อายุ0-14 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0171	0.0085	1.48	0.2832
Sex	1	0.0147	0.0147	2.54	0.1495
Error	8	0.0462	0.0057		
Corrected Total	11	0.0781			

R-Square = 0.4078 C.V. = 17.08%

ตารางที่ ข. 1 (ต่อ)

น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณอาหารที่กินต่อวันที่อายุ0-21 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0045	0.0022	1.24	0.3395
Sex	1	0.0002	0.0002	0.11	0.7439
Error	8	0.0145	0.0018		
Corrected Total	11	0.0192			

R-Square = 0.2449 C.V. = 7.63%

น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณอาหารที่กินต่อวันที่อายุ0-28 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0032	0.0016	1.52	0.2759
Sex	1	0.0000	0.0000	0.00	1.0000
Error	8	0.0086	0.0010		
Corrected Total	11	0.0118			

R-Square = 0.2752 C.V. = 5.62%

ตารางที่ ข. 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่ายูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด

ค่ายูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดที่อายุ 0 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	2.0960	1.0480	0.52	0.6190
Sex	1	2.0702	2.0702	1.03	0.3498
Error	6	12.0873	2.0145		
Corrected Total	9	16.2536			

R-Square = 0.2563 C.V. = 29.55%

ตารางที่ ข. 2 (ต่อ)

ค่ายูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดที่อายุ 7 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.6344	0.3172	0.28	0.7637
Sex	1	0.0270	0.0270	0.02	0.8812
Error	8	9.0993	1.1374		
Corrected Total	11	9.7608			

R-Square = 0.0677 C.V. = 15.41%

ค่ายูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดที่อายุ 14 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	1.1188	0.5594	0.73	0.5156
Sex	1	1.2811	1.2811	1.67	0.2373
Error	7	5.3692	0.7670		
Corrected Total	10	7.7692			

R-Square = 0.3089 C.V. = 16.12%

ค่ายูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดที่อายุ 21 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.9206	0.4603	0.14	0.8732
Sex	1	4.5686	4.5686	1.38	0.2851
Error	6	19.9061	3.3176		
Corrected Total	9	25.3954			

R-Square = 0.2161 C.V. = 32.63%

ตารางที่ ข. 2 (ต่อ)

ค่ายูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดที่อายุ 28 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	2.7314	1.3657	1.11	0.3881
Sex	1	0.9728	0.9728	0.79	0.4076
Error	6	7.3632	1.2272		
Corrected Total	9	11.0676			

R-Square = 0.3347 C.V. = 15.14%

ตารางที่ ข. 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าโลหิตวิทยา

เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวที่อายุ 0 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	3.2515	1.6257	0.79	0.4852
Sex	1	9.1525	9.1525	4.46	0.0676
Error	8	16.4051	2.0506		
Corrected Total	11	28.8091			

R-Square = 0.4305 C.V. = 13.58%

เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวที่อายุ 7 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	1.7616	0.8808	0.05	0.9517
Sex	1	0.9075	0.9075	0.05	0.8264
Error	8	141.3250	17.6656		
Corrected Total	11	143.9941			

R-Square = 0.0185 C.V. = 30.11%

ตารางที่ ข. 3 (ต่อ)

เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวที่อายุ 14 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	7.5537	3.7768	0.74	0.5065
Sex	1	0.0468	0.0468	0.01	0.9259
Error	8	40.7500	5.0937		
Corrected Total	11	48.3506			

R-Square = 0.1571 C.V. = 14.29%

เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวที่อายุ 21 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	6.1400	3.0700	0.57	0.5871
Sex	1	2.3408	2.3408	0.43	0.5284
Error	8	43.1141	5.3892	0.52	
Corrected Total	11	51.1141			

R-Square = 0.1643 C.V. = 14.64%

เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวที่อายุ 28 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	48.8143	24.4071	1.34	0.3155
Sex	1	0.1752	0.1752	0.01	0.9244
Error	8	146.0277	18.2534		
Corrected Total	11	195.0172			

R-Square = 0.2512 C.V. = 25.46%

ตารางที่ ข. 3 (ต่อ)

เปอร์เซ็นต์ลิมโฟไซท์ที่อายุ 0 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	32.6666	16.3333	0.20	0.8244
Sex	1	63.0208	63.0208	0.76	0.4078
Error	8	660.5416	82.5677		
Corrected Total	11	756.2291			

R-Square = 0.1265 C.V. = 14.37%

เปอร์เซ็นต์ลิมโฟไซท์ที่อายุ 7 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	171.7916	85.8958	5.13	0.0368
Sex	1	11.0208	11.0208	0.66	0.4406
Error	8	133.9166	16.7395		
Corrected Total	11	316.7291			

R-Square = 0.5771 C.V. = 6.08%

เปอร์เซ็นต์ลิมโฟไซท์ที่อายุ 14 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	5.2916	2.6458	0.04	0.9592
Sex	1	0.3333	0.3333	0.01	0.9439
Error	8	505.2916	63.1614		
Corrected Total	11	510.9166			

R-Square = 0.0110 C.V. = 12.80%

ตารางที่ ข. 3 (ต่อ)

เปอร์เซ็นต์ลิมโฟไซท์ที่อายุ 21 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	67.7916	33.8958	0.30	0.7459
Sex	1	38.5208	38.5208	0.35	0.5728
Error	8	891.4166	111.4270		
Corrected Total	11	997.7291			

R-Square = 0.1065 C.V. = 15.88%

เปอร์เซ็นต์ลิมโฟไซท์ที่อายุ 28 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	134.0000	67.0000	2.44	0.1485
Sex	1	82.6875	82.6875	3.02	0.1207
Error	8	219.3750	27.4218		
Corrected Total	11	436.0625			

R-Square = 0.4969 C.V. = 8.13%

เปอร์เซ็นต์นิวโทรฟิลที่อายุ 0 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	36.7916	18.3958	0.22	0.8076
Sex	1	77.5208	77.5208	0.93	0.3643
Error	8	670.4166	83.8020		
Corrected Total	11	784.7291			

R-Square = 0.1456 C.V. = 27.15%

ตารางที่ ข. 3 (ต่อ)

เปอร์เซ็นต์นิวโทรฟิลที่อายุ 7 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	159.2916	79.6458	7.20	0.0163
Sex	1	4.0833	4.0833	0.37	0.5604
Error	8	88.5416	11.0677		
Corrected Total	11	251.9166			

R-Square = 0.6485 C.V. = 11.43%

เปอร์เซ็นต์นิวโทรฟิลที่อายุ 14 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	16.7916	8.3958	0.91	0.4415
Sex	1	4.0833	4.0833	0.44	0.5252
Error	8	74.0416	9.2552		
Corrected Total	11	94.9166			

R-Square = 0.2199 C.V. = 9.19%

เปอร์เซ็นต์นิวโทรฟิลที่อายุ 21 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	115.2916	57.6458	1.18	0.3552
Sex	1	50.0208	50.0208	1.02	0.3410
Error	8	390.4166	48.8020		
Corrected Total	11	555.7291			

R-Square = 0.2974 C.V. = 23.44%

ตารางที่ ข. 3 (ต่อ)

เปอร์เซ็นต์นิวโทรฟิลที่อายุ 28 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	130.8750	65.4375	2.67	0.1294
Sex	1	105.0208	105.0208	4.28	0.0723
Error	8	196.1666	24.5208		
Corrected Total	11	432.0625			

R-Square = 0.5459 C.V. = 15.29%

เปอร์เซ็นต์โมโนไซท์ที่อายุ 0 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0887	0.0443	1.17	0.3595
Sex	1	0.0589	0.0589	1.55	0.2484
Error	8	0.3043	0.0380		
Corrected Total	11	0.4519			

R-Square = 0.3266 C.V. = 12.75%

เปอร์เซ็นต์โมโนไซท์ที่อายุ 7 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0071	0.0035	0.04	0.9573
Sex	1	0.0856	0.0856	1.05	0.3360
Error	8	0.6538	0.0817		
Corrected Total	11	0.7465			

R-Square = 0.1242 C.V. = 17.85%

ตารางที่ ข. 3 (ต่อ)

เปอร์เซ็นต์โมโนไซท์ที่อายุ 14 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0789	0.0394	0.52	0.6130
Sex	1	0.0003	0.0003	0.00	0.9460
Error	8	0.6067	0.0758		
Corrected Total	11	0.6861			

R-Square = 0.1156 C.V. = 16.28%

เปอร์เซ็นต์โมโนไซท์ที่อายุ 21 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.3348	0.1674	1.72	0.2394
Sex	1	0.0452	0.0452	0.46	0.5149
Error	8	0.7794	0.0974		
Corrected Total	11	1.1596			

R-Square = 0.3277 C.V. = 21.91%

เปอร์เซ็นต์โมโนไซท์ที่อายุ 28 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.1185	0.0592	1.09	0.3812
Sex	1	0.0105	0.0105	0.19	0.19
Error	8	0.4347	0.0543		
Corrected Total	11	0.5638			

R-Square = 0.2289 C.V. = 17.04%

ตารางที่ ข. 3 (ต่อ)

เปอร์เซ็นต์อีโอซิโนฟิลที่อายุ 0 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.1273	0.0636	1.01	0.4077
Sex	1	0.0281	0.0281	0.44	0.5237
Error	8	0.5064	0.0633		
Corrected Total	11	0.6618			

R-Square = 0.2348 C.V. = 22.62%

เปอร์เซ็นต์อีโอซิโนฟิลที่อายุ 7 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0773	0.0386	0.63	0.5588
Sex	1	0.0173	0.0173	0.28	0.6103
Error	8	0.4941	0.0617		
Corrected Total	11	0.5888			

R-Square = 0.1608 C.V. = 18.82%

เปอร์เซ็นต์อีโอซิโนฟิลที่อายุ 14 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.1192	0.0596	0.44	0.6616
Sex	1	0.0029	0.0029	0.02	0.8862
Error	8	1.0957	0.1369		
Corrected Total	11	1.2179			

R-Square = 0.1003 C.V. = 24.54%

ตารางที่ ข. 3 (ต่อ)

เปอร์เซ็นต์อีโอซิโนฟิลที่อายุ 21 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0629	0.0314	0.13	0.8774
Sex	1	0.0176	0.0176	0.07	0.7920
Error	8	1.8953	0.2369		
Corrected Total	11	1.9759			

R-Square = 0.0407 C.V. = 33.70%

เปอร์เซ็นต์อีโอซิโนฟิลที่อายุ 28 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.1407	0.0703	0.65	0.5498
Sex	1	0.0018	0.0018	0.02	0.8983
Error	8	0.8727	0.1090		
Corrected Total	11	1.0154			

R-Square = 0.1405 C.V. = 20.72%

เปอร์เซ็นต์เบโซฟิลที่อายุ 0 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0214	0.0107	0.16	0.8583
Sex	1	0.0416	0.0416	0.60	0.4595
Error	8	0.5520	0.0690		
Corrected Total	11	0.6152			

R-Square = 0.1026 C.V. = 25.35%

ตารางที่ ข. 3 (ต่อ)

เปอร์เซ็นต์เบโซฟิลที่อายุ 7 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0842	0.0421	1.46	0.2877
Sex	1	0.0547	0.0547	1.90	0.2054
Error	8	0.2305	0.0288		
Corrected Total	11	0.3694			

R-Square = 0.3761 C.V. = 19.46%

เปอร์เซ็นต์เบโซฟิลที่อายุ 14 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0226	0.01133	0.23	0.8025
Sex	1	0.0500	0.0500	1.00	0.3467
Error	8	0.4008	0.0245	0.48	
Corrected Total	11	0.4736	0.0501		

R-Square = 0.1536 C.V. = 21.48%

เปอร์เซ็นต์เบโซฟิลที่อายุ 21 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0142	0.0071	0.25	0.7847
Sex	1	0.0071	0.0071	0.25	0.6305
Error	8	0.2287	0.0285		
Corrected Total	11	0.2502			

R-Square = 0.0857 C.V. = 20.39%

ตารางที่ ข. 3 (ต่อ)

เปอร์เซ็นต์เบโซฟิลที่อายุ 28 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0446	0.0223	0.21	0.8156
Sex	1	0.0950	0.0950	0.89	0.3730
Error	8	0.8544	0.1068		
Corrected Total	11	0.9941			

R-Square = 0.1405 C.V. = 32.67%

สัดส่วนของนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ที่อายุ 0 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0192	0.0096	0.17	0.8464
Sex	1	0.0444	0.0444	0.79	0.4009
Error	8	0.4514	0.0564		
Corrected Total	11	0.5150			

R-Square = 0.1235 C.V. = 42.35%

สัดส่วนของนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ที่อายุ 7 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0782	0.0391	6.39	0.0220
Sex	1	0.0048	0.0048	0.78	0.4016
Error	8	0.0489	0.0061		
Corrected Total	11	0.1319			

R-Square = 0.6290 C.V. = 17.71%

ตารางที่ ข. 3 (ต่อ)

สัดส่วนของนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ที่อายุ 14 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0051	0.0025	0.25	0.7865
Sex	1	0.0006	0.0006	0.07	0.8048
Error	8	0.0827	0.0103		
Corrected Total	11	0.0884			

R-Square = 0.0654 C.V. = 18.79%

สัดส่วนของนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ที่อายุ 21 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0818	0.0409	1.05	0.3937
Sex	1	0.0833	0.0833	2.14	0.1817
Error	8	0.3116	0.0389		
Corrected Total	11	0.4768			

R-Square = 0.3463 C.V. = 41.99%

สัดส่วนของนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ที่อายุ 28 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0730	0.0365	2.39	0.1532
Sex	1	0.0560	0.0560	3.67	0.0916
Error	8	0.1220	0.0152		
Corrected Total	11	0.2510			

R-Square = 0.5140 C.V. = 23.90%

ตารางภาคที่ ข. 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับอิมมูโนโกลบูลิน

ระดับอิมมูโนโกลบูลินในซีรัมที่อายุ 0 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.1266	0.06330000	0.45	0.6549
Sex	1	0.6302	0.63020833	4.45	0.0680
Error	8	1.1340	0.14175208		
Corrected Total	11	1.8908			

R-Square = 0.4002 C.V. = 7.39%

ระดับอิมมูโนโกลบูลินในซีรัมที่อายุ 7 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	7.4697	3.7348	5.77	0.0281
Sex	1	2.4390	2.4390	3.77	0.0882
Error	8	5.1793	0.6474		
Corrected Total	11	15.0880			

R-Square = 0.6567 C.V. = 20.34%

ระดับอิมมูโนโกลบูลินในซีรัมที่อายุ 14 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0420	0.0210	0.11	0.8956
Sex	1	0.1240	0.1240	0.66	0.4402
Error	8	1.5045	0.1880		
Corrected Total	11	1.6706			

R-Square = 0.0994 C.V. = 8.83%

ตารางภาคที่ ข. 4 (ต่อ)

ระดับอิมมูโนโกลบูลินในซีรัมที่อายุ 21 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.2850	0.1425	0.20	0.8231
Sex	1	1.0318	1.0318	1.46	0.2730
Error	6	4.2518	0.7086		
Corrected Total	9	5.5688			

R-Square = 0.2364 C.V. = 17.81%

ระดับอิมมูโนโกลบูลินในซีรัมที่อายุ 28 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0568	0.0284	0.09	0.9182
Sex	1	0.0070	0.0070	0.02	0.8876
Error	8	2.6346	0.3293		
Corrected Total	11	2.6984			

R-Square = 0.0236 C.V. = 12.49%

ระดับอิมมูโนโกลบูลินในลำไส้ที่อายุ 28 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0104	0.0052	0.32	0.7550
Sex	1	0.0000	0.0000	0.00	0.9828
Error	2	0.0322	0.0161		
Corrected Total	5	0.0427			

R-Square = 0.2451 C.V. = 9.94%

ตารางที่ ข. 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนประชากรจุลินทรีย์

ประชากร *E. coli* ในสิ่งย่อยที่ไส้ติ่งสุกรอายุ 28 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.4521	0.2260	0.61	0.5714
Sex	1	0.0513	0.0513	0.14	0.7214
Error	7	2.6076	0.3725		
Corrected Total	10	3.1110			

R-Square = 0.1618 C.V. = 8.97%

ประชากร Lactobacillus ในสิ่งย่อยที่ไส้ติ่งสุกรอายุ 28 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.1260	0.0630	1.62	0.2867
Sex	1	0.1430	0.1430	3.68	0.1132
Error	5	0.1943	0.0388		
Corrected Total	8	0.4634			

R-Square = 0.5805 C.V. = 2.46%

ประชากร *E. coli* ในสิ่งย่อยที่ลำไส้เล็กสุกรอายุ 28 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.1965	0.0982	1.32	0.3469
Sex	1	0.0200	0.0200	0.27	0.6263
Error	5	0.3727	0.0745		
Corrected Total	8	0.5894			

R-Square = 0.36758 C.V. = 3.89%

ตารางที่ ข. 5 (ต่อ)

ประชากร Lactobacillus ในสิ่งย่อยที่ลำไส้เล็กสุกรอายุ 28 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.1127	0.0563	0.22	0.8101
Sex	1	0.0000	0.0000	0.00	0.9861
Error	7	1.8185	0.2597		
Corrected Total	10	1.9314			

R-Square = 0.0584 C.V. = 6.54%

ประชากร *E. coli* ในในมูลสุกรที่อายุ 0 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	1.2056	0.6028	0.48	0.6384
Sex	1	1.3203	1.3203	1.06	0.3429
Error	6	7.4718	1.2453		
Corrected Total	9	9.9978			

R-Square = 0.2526 C.V. = 15.41%

ประชากร *E. coli* ในในมูลสุกรที่อายุ 14 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	4.5214	2.2607	7.91	0.0208
Sex	1	0.0220	0.0220	0.08	0.7905
Error	6	1.7143	0.2857		
Corrected Total	9	6.2578			

R-Square = 0.7260 C.V. = 8.16%

ตารางที่ ข. 5 (ต่อ)

ประชากร *E. coli* ในในมูลสุกรที่อายุ 28 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.1553	0.0776	0.75	0.5128
Sex	1	0.0211	0.0211	0.20	0.6675
Error	6	0.6229	0.1038		
Corrected Total	9	0.7994			

R-Square = 0.2207 C.V. = 4.21%

ประชากร Lactobacillus ในมูลสุกรที่อายุ 0 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0738	0.0369	0.10	0.9050
Sex	1	0.0420	0.0420	0.11	0.7433
Error	8	2.9227	0.3653		
Corrected Total	11	3.0386			

R-Square = 0.0381 C.V. = 7.05%

ประชากร Lactobacillus ในมูลสุกรที่อายุ 14 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.2777	0.1388	5.52	0.0312
Sex	1	0.0090	0.0090	0.36	0.5648
Error	8	0.2013	0.0251		
Corrected Total	11	0.4880			

R-Square = 0.5875 C.V. = 1.81%

ตารางที่ ข. 5 (ต่อ)

ประชากร Lactobacillus ในมูลสุกรที่อายุ 28 วันหลังหย่านม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.2553	0.1276	0.68	0.5355
Sex	1	0.0014	0.0014	0.01	0.9333
Error	8	1.5108	0.1888		
Corrected Total	11	1.7676			

R-Square = 0.1452 C.V. = 5.17%

ตารางที่ ข. 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะทางจุลกายวิภาคของลำไส้เล็ก

การพัฒนาความสูงของวิลไล

ดูโอดีนัม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	14583.1356	7291.5678	3.99	0.0790
Sex	1	710.1432	710.1432	0.39	0.5560
Error	6	10964.0013	1827.333		
Corrected Total	9	26257.2802			

R-Square = 0.5824 C.V. = 13.53%

เจจูนัม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	116.0166	58.0083	0.03	0.9694
Sex	1	1782.9642	1782.9642	0.96	0.3649
Error	6	11135.1190	1855.8531		
Corrected Total	9	13034.1000			

R-Square = 0.1456 C.V. = 14.39%

ตารางที่ ข. 6 (ต่อ)

ไอเลียม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	963.7400	481.8700	0.76	0.5148
Sex	1	714.4200	714.4200	1.13	0.3369
Error	5	3168.1400	633.6280		
Corrected Total	8	4846.3000			

R-Square = 0.3462 C.V. = 9.92%

ความลึกของเซลล์คริป

ดูโอดีนัม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	1094.1575	547.0787	0.95	0.4388
Sex	1	4.9000	4.9000	0.01	0.9296
Error	6	3462.8825	577.1470		
Corrected Total	9	4561.9400			

R-Square = 0.2409 C.V. = 17.12%

เจจูนัม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	1245.4076	622.7038	1.66	0.2675
Sex	1	329.6304	329.6304	0.88	0.3852
Error	6	2255.9428	375.9904		
Corrected Total	9	3830.9810			

R-Square = 0.4111 C.V. = 13.404%

ตารางที่ ข. 6 (ต่อ)

ไอเลียม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	3.7222	1.8611	0.04	0.9649
Sex	1	86.6805	86.6805	1.68	0.2519
Error	5	258.4861	51.6972		
Corrected Total	8	348.8888			

R-Square = 0.2591 C.V. = 5.91%

ความกว้างของวิลไล

ดูโอดีนัม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	327.6516	163.8258	4.28	0.0700
Sex	1	210.8646	210.8646	5.51	0.0573
Error	6	229.7590	38.2931		
Corrected Total	9	768.2753			

R-Square = 0.7009 C.V. = 6.76%

เจจูนัม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	74.3108	37.1554	1.01	0.4179
Sex	1	11.0744	11.0744	0.30	0.6025
Error	6	220.1197	36.6866		
Corrected Total	9	305.5050			

R-Square = 0.2794 C.V. = 7.12%

ตารางที่ ข. 6 (ต่อ)

ไอเลียม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	197.8955	98.9477	1.19	0.3772
Sex	1	25.6805	25.6805	0.31	0.6020
Error	5	414.9661	82.9932		
Corrected Total	8	638.5422			

R-Square = 0.3501 C.V. = 9.78%

พื้นที่ผิววิลไล

ดูโอดีนัม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	254.1381	127.0690	10.34	0.0114
Sex	1	7.1571	7.1571	0.58	0.4744
Error	6	73.7595	12.2932		
Corrected Total	9	335.0548			

R-Square = 0.7798 C.V. = 12.10%

เจจูนัม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	12.9019	6.4509	0.28	0.7678
Sex	1	5.8830	5.8830	0.25	0.6336
Error	6	140.1254	23.3542		
Corrected Total	9	158.9104			

R-Square = 0.1182 C.V. = 18.92%

ตารางที่ ข. 6 (ต่อ)

ไอเลียม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	37.9220	18.9610	2.73	0.1583
Sex	1	12.5667	12.5667	1.81	0.2367
Error	5	34.7788	6.9557		
Corrected Total	8	85.2676			

R-Square = 0.5921 C.V. = 11.16%

ความสูงของวิลไลต่อความลึกของเซลล์คริป

ดูโอดีนัม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.2533	0.1266	1.24	0.3535
Sex	1	0.0336	0.0336	0.33	0.5865
Error	6	0.6114	0.1019		
Corrected Total	9	0.8984			

R-Square = 0.3193 C.V. = 14.08%

เจจูนัม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.2960	0.1480	0.93	0.4440
Sex	1	0.0000	0.0000	0.00	0.9832
Error	6	0.9525	0.1587		
Corrected Total	9	1.2487			

R-Square = 0.2371 C.V. = 18.95%

ตารางที่ ข. 6 (ต่อ)

ไอเลียม

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Treatment	2	0.0480	0.0240	0.77	0.5113
Sex	1	0.1283	0.1283	4.11	0.0985
Error	5	0.1562	0.0312		
Corrected Total	8	0.3326			

R-Square = 0.5303 C.V. = 8.46%

ประวัติผู้เขียน

นายเอกพล พูนชัย เกิดวันที่ 11 มิถุนายน พ.ศ. 2528 ที่จังหวัดสุรินทร์ เริ่มศึกษาระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนบ้านบ้านฉันเพล สำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2539 จากนั้นเข้าศึกษาต่อระดับมัธยมศึกษา 1-6 ที่โรงเรียนสินรินทร์วิทยา อ.เขวาสินรินทร์ จ.สุรินทร์ ในปีการศึกษา 2545 ศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอิสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2549 หลังจากนั้นได้ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปีการศึกษา 2550