# บทที่ 4

# ผลการทดลอง

## 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของรำและอาหารทดลอง

### 4.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าวขาวและรำข้าวเหนียวดำ

**Table 4.1** Chemical analysis of white rice bran and purple rice bran (Khum Doisaket)

| Ingredient | White rice bran (%DM) | Purple rice bran (%DM) |
|---|---|---|
| Crude protein (%) | 13.18 | 14.97 |
| Crude fat (%) | 14.50 | 14.49 |
| Crude fiber (%) | 5.65 | 6.16 |
| Ash (%) | 6.86 | 7.99 |
| Tannin (%) | 0.1361 | 0.1418 |
| Iron (ppm) | 79.94 | 104.25 |
| Proanthocyanidin (%) | - | 1.0188 |

รำข้าวเหนียวดำมีค่าโภชนะได้แก่โปรตีน เยื่อไย เถ้า แทนนิน โปรแอนโธไซยานิดิน และมีธาตุเหล็กสูงกว่ารำข้าวขาว โดยพบว่ารำข้าวเหนียวดำมีโปรตีน 14.97 % ไขมัน 14.49 % เยื่อไยโดยรวม 6.16 % เถ้า 7.99 % แทนนิน โปรแอนโธไซยานิดิน แกมมา-โอไรซานอล ระดับ 0.1418 % 1.0188 % และมีธาตุเหล็ก 104.25 ppm. รำข้าวขาวมีโปรตีน 13.18 % ไขมัน 14.50 % เยื่อไยโดยรวม 5.65 % เถ้า 6.86 % แทนนินระดับ 0.1361 % และมีธาตุเหล็ก 79.94 ppm. ดังแสดงใน Table 4.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

### 4.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

**Table 4.2** The chemical analysis of experimental diet (% DM)

| Ingredient | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Phase 1, 5 kg/head** | | | | | | | |
| Crude protein (%) | 22.92 | 22.76 | 22.35 | 22.32 | 23.55 | 23.60 | 23.77 |
| Crude fat (%) | 11.07 | 11.02 | 9.87 | 10.19 | 11.20 | 11.21 | 11.22 |
| Crude fiber (%) | 2.38 | 2.60 | 2.86 | 2.71 | 2.79 | 2.81 | 3.22 |
| Ash (%) | 7.12 | 7.18 | 6.86 | 6.81 | 7.29 | 7.24 | 7.64 |
| Iron (ppm) | 521.00 | 508.55 | 523.55 | 523.27 | 549.65 | 572.47 | 594.31 |
| gamma-oryzanol[a](ppm) | 224 | 3,000 | - | 100 | 540 | 1,080 | 1,600 |
| Proanthocyanidin[a](ppm) | - | - | 82 | 65 | 20 | 40 | 60 |
| **Phase 2, 8 kg/head** | | | | | | | |
| Crude protein (%) | 21.93 | 21.88 | 20.84 | 21.40 | 21.64 | 21.80 | 21.91 |
| Crude fat (%) | 11.13 | 11.10 | 10.87 | 10.32 | 11.20 | 11.34 | 11.62 |
| Crude fiber (%) | 2.91 | 3.09 | 2.84 | 3.05 | 3.05 | 2.69 | 3.84 |
| Ash (%) | 6.64 | 7.78 | 6.29 | 6.22 | 6.78 | 6.65 | 6.51 |
| Iron (ppm) | 536.40 | 519.15 | 547.46 | 567.24 | 605.55 | 628.97 | 652.46 |
| gamma-oryzanol[a](ppm) | 224 | 3,000 | - | 100 | 540 | 1,080 | 1,600 |
| Proanthocyanidin[a](ppm) | - | - | 82 | 65 | 20 | 40 | 60 |

[a] from calculation.

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**Table 4.2** The chemical analysis of experimental diet (%DM) (continued)

| Ingredient | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Phase 3, 8 kg/head** | | | | | | | |
| Crude protein (%) | 21.63 | 21.08 | 21.21 | 21.67 | 21.19 | 22.27 | 22.58 |
| Crude fat (%) | 10.49 | 10.24 | 9.19 | 10.25 | 10.67 | 10.98 | 11.25 |
| Crude fiber (%) | 3.09 | 2.60 | 3.43 | 3.43 | 3.07 | 2.89 | 3.20 |
| Ash (%) | 6.50 | 6.23 | 5.88 | 6.95 | 6.38 | 6.72 | 6.54 |
| Iron (ppm) | 499.38 | 493.94 | 499.70 | 517.11 | 518.10 | 551.05 | 571.26 |
| gamma-oryzanol[a](ppm) | 224 | 3,000 | - | 100 | 540 | 1,080 | 1,600 |
| Proanthocyanidin[a](ppm) | - | - | 82 | 65 | 20 | 40 | 60 |
| **Phase 4, 7.5 kg/head** | | | | | | | |
| Crude protein (%) | 21.51 | 21.95 | 20.71 | 20.23 | 20.61 | 20.52 | 20.81 |
| Crude fat (%) | 6.97 | 7.09 | 6.99 | 7.05 | 7.06 | 7.12 | 7.60 |
| Crude fiber (%) | 2.72 | 3.01 | 3.73 | 3.05 | 3.26 | 3.10 | 3.12 |
| Ash (%) | 5.39 | 5.63 | 6.16 | 5.60 | 5.87 | 5.82 | 5.99 |
| gamma-oryzanol[a](ppm) | 224 | 3,000 | - | 100 | 540 | 1,080 | 1,600 |
| Proanthocyanidin[a](ppm) | - | - | 82 | 65 | 20 | 40 | 60 |
| Iron (ppm) | 533.15 | 549.29 | 555.60 | 517.11 | 574.11 | 589.74 | 608.85 |

[a] from calculation.

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

อาหารทดลองแบ่งออกเป็น 4 ระยะ โดยแต่ละระยะมีค่าปริมาณแกมมา-โอไรซานอลและโปรแอนโธไซยานิดินคงที่ในทุกสูตรอาหาร ส่วนค่าโภชนะของอาหารแตกต่างกันดังแสดงใน Table 4.1.2 โดยในระยะที่ 1 (phase 1) ระดับโปรตีนมีค่า 22.32 - 23.77% ไขมัน 9.87 – 11.22% เยื่อไยโดยรวม 2.38 – 3.22% เถ้า 6.81 – 7.64% ระยะที่ 2 (phase 2) ระดับโปรตีนมีค่า 20.84 – 21.93% ไขมัน 10.32 – 11.62% เยื่อไยโดยรวม 2.69 – 3.84% เถ้า 6.22 – 7.78% ระยะที่ 3 (phase 3) ระดับโปรตีนมีค่า 21.08 – 22.58% ไขมัน 9.19 – 11.25% เยื่อไยโดยรวม 2.60 – 3.43% เถ้า 5.88 – 6.95%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระยะที่ 4 (phase 4) ระดับโปรตีนมีค่า 20.23 – 21.95% ไขมัน 6.97 – 7.60% เยื่อไยโดยรวม 2.72 – 3.73% เถ้า 5.39 – 6.16%

**4.2 ผลต่อความสูงและพื้นที่ผิวของวิลไล**

**4.2.1 ความสูงและพื้นที่ผิวของวิลไล 5 วันหลังหย่านม** แสดงใน Table 4.3, Figure 4.1 และ figure 4.2

**4.2.1.1 ส่วน Duodenum** กลุ่ม GON กลุ่ม GON + PA กลุ่ม 2% PRB 4% PRB และ 6% PRB มีวิลไลสูงกว่ากลุ่ม CON และกลุ่ม PA (416.37, 435.53, 442.10, 388.70, 397.17 เทียบกับ 318.63 และ 342.33) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) พื้นที่ผิวของวิลไล พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม GON กลุ่ม GON + PA กลุ่ม 2% PRB 4% PRB และ 6% PRB มีวิลไลสูงกว่ากลุ่ม CON (599.50, 491.50, 598.30, 633.40, 527.55 เทียบกับ 322.10) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

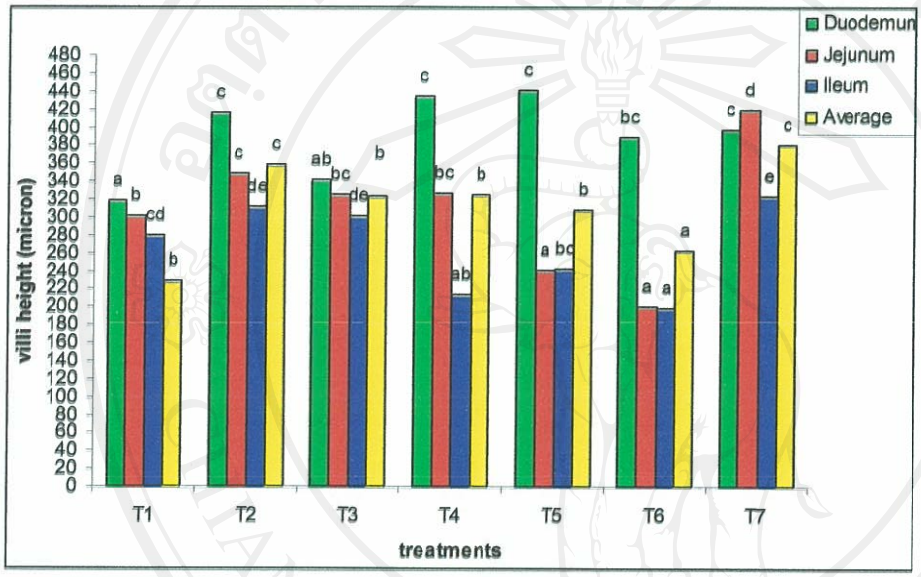
**4.2.1.2 ส่วน Jejunum** กลุ่ม 2% PRB และ 4% PRB มีความสูงของวิลไลต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ (241.10, 201.13 เทียบกับ 301.07, 348.10, 325.73, 327.07 และ 419.00 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กลุ่ม GON มีความสูงของวิลไลสูงกว่ากลุ่ม CON (348.10 เทียบกับ 301.07) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กลุ่ม 6% PRB มีความสูงของวิลไลสูงกว่าทุกกลุ่ม (419.00 เทียบกับ 301.07, 348.10, 325.73, 327.07, 241.10 และ 201.13 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) พื้นที่ผิวของวิลไล พบว่ากลุ่ม 2% PRB และ 4% PRB มีพื้นที่ผิวของวิลไลต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ (276.75, 281.25 เทียบกับ 377.35, 495.15, 395.65, 442.25 และ 508.00 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กลุ่ม GON และกลุ่ม 6% PRB มีพื้นที่ผิวของวิลไลสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ (495.15, 508.00 เทียบกับ 377.35, 395.65, 442.25, 276.75 และ 281.25 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

**4.2.1.3 ส่วน Ileum** กลุ่ม 4% PRB มีความสูงของวิลไลต่ำกว่าทุกกลุ่ม (198.43 เทียบกับ 297.37, 311.10, 301.77, 213.07, 243.20 และ 324.13) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กลุ่ม 6% PRB มีความสูงของวิลไลสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (324.13 เทียบกับ 279.37) พื้นที่ผิวของวิลไล พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม GON กลุ่ม PA และกลุ่ม 6% PRB มีพื้นที่ผิวของวิลไลสูงกว่ากลุ่มควบคุม กลุ่ม GON + PA กลุ่ม 2% PRB และ 4% PRB มีพื้นที่ของวิลไลสูงที่สุด (428.35, 349.85, 402.80 เทียบกับ 273.10, 268.10, 260.30 และ 262.10 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

**4.2.1.4 ความสูงและพื้นที่ผิวเฉลี่ยของวิลไลทั้ง 3 ส่วน** กลุ่ม CON มีความสูงของวิลไลเฉลี่ยทั้ง 3 ส่วน ต่ำกว่าทุกกลุ่ม (229.69 เทียบกับ 358.52, 323.28, 325.22, 308.80, 262.72 และ 380.10 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กลุ่ม GON และกลุ่ม 6% PRB มีความสูงเฉลี่ยของวิล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไลสูงกว่ากลุ่มอื่น (358.52 และ 380.10 เทียบกับ 229.69, 323.28, 325.22, 308.80 และ 262.72 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) พื้นที่ผิวเฉลี่ยของวิลไลพบว่ากลุ่ม GON + PA และกลุ่ม 4% PRB มีพื้นที่ผิวเฉลี่ยของวิลไลสูงกว่ากลุ่ม CON (400.62 และ 392.25 เทียบกับ 327.52 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) กลุ่ม GON และกลุ่ม 6% PRB มีความพื้นที่ผิวเฉลี่ยของวิลไลสูงกว่ากลุ่มอื่น (507.52 และ 479.45 เทียบกับ 327.52, 366.25, 400.62, 378.45 และ 392.25 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

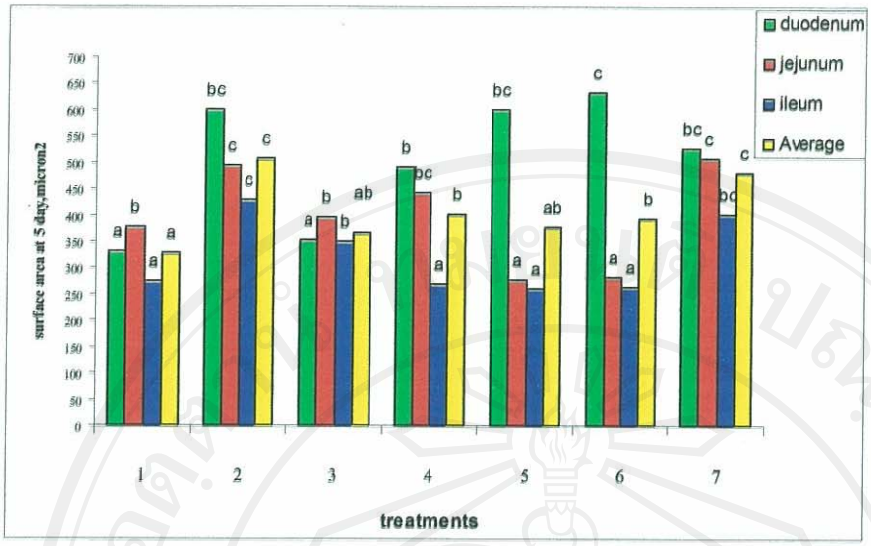



* a, b, c, d and e indicates significant difference by Least Significant Difference at P<0.05

**Figure 4.1** Effect of dietary treatments on small intestinal villi height at 5 days after weaning.

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




* a, b, c and d indicates significant difference by Least Significant Difference at P<0.05

**Figure 4.2** Effect of dietary treatments on small intestinal surface Area of villi at 5 days after weaning.

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

**4.2.2 ความสูงและพื้นที่ผิวของวิลไล 7 วันหลังหย่านม** แสดงใน Table 4.3, Figure 4.3 และ Figure 4.4

**4.2.2.1 ส่วน Duodenum** กลุ่ม GON กลุ่ม GON + PA และกลุ่ม 4% PRB มีความสูงของวิลไลต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (355.33, 435.53 และ 385.53 เทียบกับ 502.97) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) กลุ่ม 6% PRB มีความสูงของวิลไลสูงกว่ากลุ่ม CON (584.07 เทียบกับ 502.97) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) พื้นที่ผิวของวิลไล พบว่ากลุ่ม GON และกลุ่ม 4% PRB มีพื้นที่ผิวของวิลไล ต่ำกว่ากลุ่ม CON (420.70 และ 494.65 เทียบกับ 600.45) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) กลุ่ม PA กลุ่ม GON + PA กลุ่ม 2% PRB และ 6% PRB มีพื้นที่ผิวของวิลไลไม่แตกต่างจากกลุ่ม CON (P>0.05)

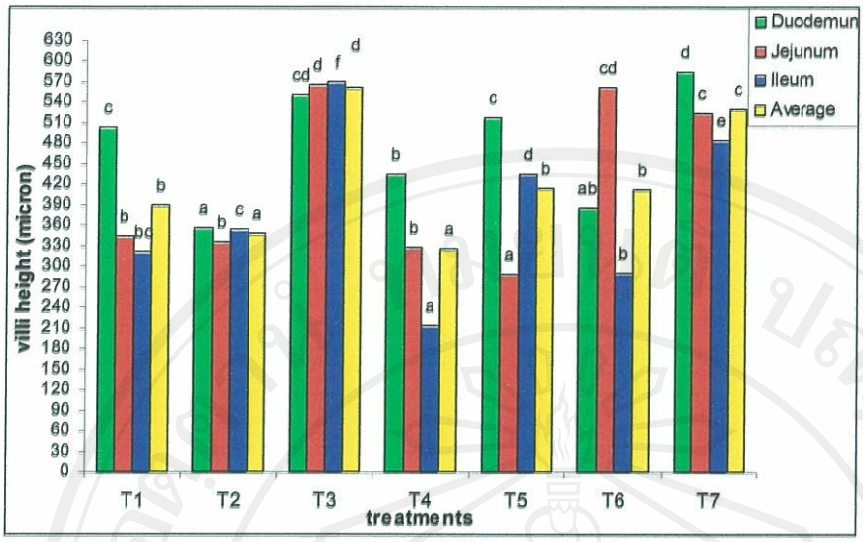
**4.2.2.2 ส่วน Jejunum** กลุ่ม 2% PRB มีความสูงของวิลไล ต่ำกว่าทุกกลุ่ม(287.17 เทียบกับ 344.53, 335.07, 566.60, 327.07, 560.83 และ 524.43 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) กลุ่ม PA กลุ่ม 4% PRB และ 6% PRB มีความสูงของวิลไลสูงกว่ากลุ่ม CON (566.60, 560.83 และ 524.43 เทียบกับ 344.53 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) พื้นที่ผิวของวิลไล พบว่ากลุ่ม 2% PRB มีพื้นที่ผิวของวิลไลต่ำกว่าทุกกลุ่ม (372.45 เทียบกับ 453.30, 433.65, 693.95, 426.95, 615.10 และ 609.15) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) กลุ่ม PA กลุ่ม 4% PRB และ 6% PRB มีพื้นที่ผิวของวิลไลสูงกว่ากลุ่ม CON (693.95, 615.10 และ 609.15 เทียบกับ 453.30) อย่างมีนัยสำคัญ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**4.2.2.3 ส่วน Ileum** กลุ่ม GON + PA มีความสูงของวิลไลต่ำกว่าทุกกลุ่ม (213.07 เทียบกับ 322.10, 354.33, 569.80, 435.13, 290.43 และ 485.20) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กลุ่ม PA, กลุ่ม 2% PRB และ 6% PRB มีความสูงของวิลไลสูงกว่ากลุ่ม CON (569.80, 435.13 และ 485.20 เทียบกับ 322.10) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยกลุ่ม PA มีความสูงของวิลไลสูงที่สุด ($P<0.05$) พื้นที่ผิวของวิลไลพบว่า กลุ่ม GON + PA มีพื้นที่ผิวของวิลไลต่ำกว่าทุกกลุ่ม (312.00 เทียบกับ 416.75, 455.35, 662.35, 515.25, 402.70 และ 577.60) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กลุ่ม PA กลุ่ม 2% PRB และ 6% PRB มีพื้นที่ผิวของวิลไลสูงกว่ากลุ่ม CON (662.35, 515.25 และ 577.60 เทียบกับ 416.75) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยกลุ่ม PA มีพื้นที่ผิวของวิลไลสูงที่สุด ($P<0.05$)

**4.2.2.4 ความสูงและพื้นที่ผิวเฉลี่ยของวิลไลทั้ง 3 ส่วน** กลุ่ม GON และกลุ่ม GON + PA มีความสูงของวิลไลเฉลี่ยต่ำกว่ากลุ่ม CON (348.24 และ 325.22 เทียบกับ 389.87) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กลุ่ม PA และกลุ่ม 6% PRB มีความสูงเฉลี่ยของวิลไลสูงกว่า CON (562.50 และ 531.23 เทียบกับ 389.87) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยกลุ่ม PA มีความสูงของวิลไลสูงที่สุด ($P<0.05$) พื้นที่ผิวเฉลี่ยของวิลไลพบว่า กลุ่ม GON และกลุ่ม GON + PA มีพื้นที่ผิวเฉลี่ยของวิลไลต่ำกว่ากลุ่ม CON (453.07 และ 427.97 เทียบกับ 490.17) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กลุ่ม PA และกลุ่ม 6% PRB มีพื้นที่ผิวเฉลี่ยของวิลไลสูงกว่ากลุ่ม CON (667.77 และ 602.08 เทียบกับ 490.17) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยกลุ่ม PA มีพื้นที่ผิวของวิลไลสูงที่สุด ($P<0.05$)

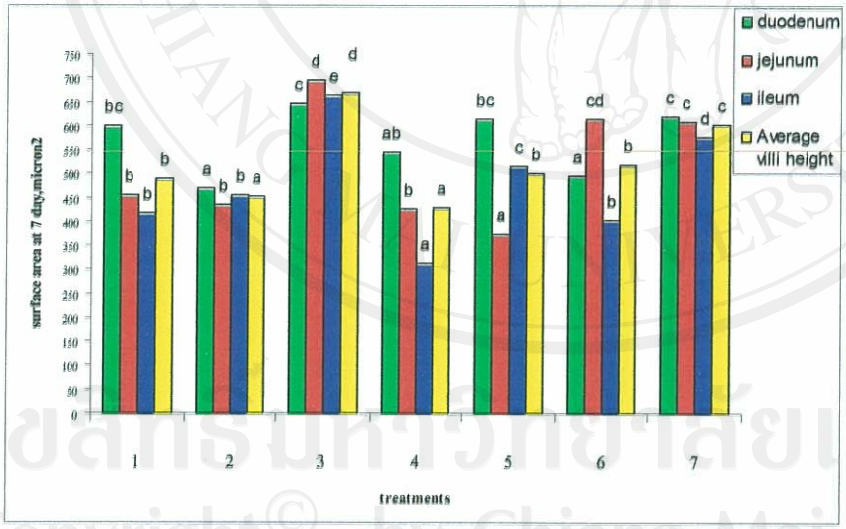
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




a, b, c, d, e, f indicates significant difference by Least Significant Difference at P<0.05

**Figure 4.3** Effect of dietary treatments on small intestinal villi height at 7 days after weaning.

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.




a, b, c, d and e indicates significant difference by Least Significant Difference at P<0.05

**Figure 4.4** Effect of dietary treatments on small intestinal surface Area of villi at 7 days after weaning.

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**4.2.3 ความสูงและพื้นที่ผิวของวิลไล 14 วันหลังหย่านม** แสดงใน Table 4.3, Figure 4.5 และ Figure 4.6

**4.2.3.1 ส่วน Duodenum** กลุ่ม PA กลุ่ม GON + PA กลุ่ม 2% PRB และ 4% PRB มีความสูงของวิลไลต่ำกว่ากลุ่ม CON (501.53, 616.33, 620.23, 536.93 เทียบกับ 676.67) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กลุ่ม GON และกลุ่ม 6% PRB มีความสูงของวิลไลไม่แตกต่างจากกลุ่ม CON ($P>0.05$) พื้นที่ผิวของวิลไลพบว่า กลุ่ม PA และกลุ่ม 4% PRB มีพื้นที่ผิวของวิลไลต่ำกว่าทุกกลุ่ม (606.20 และ 638.45 เทียบกับ 752.45, 741.15, 712.25, 723.75, 752.95) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กลุ่ม GON กลุ่ม GON + PA กลุ่ม 2% PRB และ กลุ่ม 6% PRB มีพื้นที่ผิวของวิลไลไม่ต่างจากกลุ่ม CON ($P>0.05$)

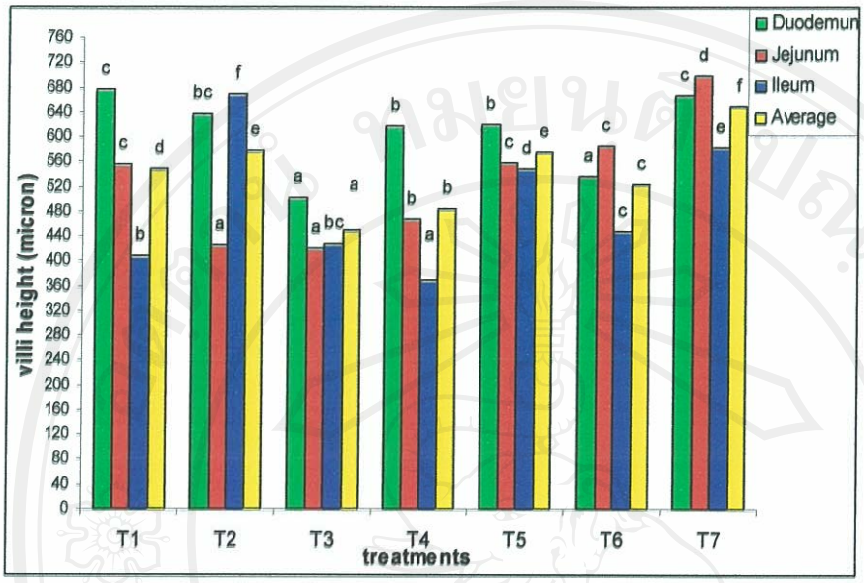
**4.2.3.2 ส่วน Jejunum** กลุ่ม GON กลุ่ม PA และกลุ่ม GON + PA มีความสูงของวิลไลต่ำกว่ากลุ่ม CON (424.60, 421.57, 466.33 เทียบกับ 556.73) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กลุ่ม 6% PRB มีความสูงของวิลไลสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กลุ่ม GON กลุ่ม PA และกลุ่ม GON + PA มีพื้นที่ผิวของวิลไลต่ำกว่ากลุ่ม CON (531.40, 519.25, 569.65 เทียบกับ 651.445) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กลุ่ม 6% PRB มีพื้นที่ผิวของวิลไลสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

**4.2.3.3 ส่วน Ileum** กลุ่ม GON + PA มีความสูงของวิลไลต่ำกว่ากลุ่ม CON (368.57 เทียบกับ 408.97) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กลุ่ม GON กลุ่ม 2% PRB 4% PRB และ 6% PRB มีความสูงของวิลไลสูงกว่ากลุ่ม CON (668.73, 548.60, 446.50, 583.50 เทียบกับ 408.97) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยกลุ่ม GON มีความสูงของวิลไลสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) พื้นที่ผิวของวิลไล พบว่า กลุ่ม GON + PA มีพื้นที่ผิวของวิลไลต่ำกว่ากลุ่มCON (453.85 เทียบกับ 499.35) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กลุ่ม GON กลุ่ม 2% PRB 4% PRB และ 6% PRB มีพื้นที่ผิวของวิลไลสูงกว่ากลุ่ม CON (771.35, 642.30, 539.50, 670.40 เทียบกับ 499.35) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยกลุ่ม GON มีความสูงของวิลไลสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

**4.2.3.4 ความสูงและพื้นที่ผิวเฉลี่ยของวิลไลทั้ง 3 ส่วน** กลุ่ม PA กลุ่ม GON + PA และกลุ่ม 4% PRB มีความสูงเฉลี่ยของวิลไลต่ำกว่ากลุ่ม CON (450.51, 483.74, 522.70 เทียบกับ 547.46) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กลุ่ม GON กลุ่ม 2% PRB และ 6% PRB มีความสูงเฉลี่ยของวิลไลสูงกว่ากลุ่ม CON (577.10, 576.01, 649.68 เทียบกับ 547.46) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่ม 6% PRB มีความสูงเฉลี่ยของวิลไลสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) พื้นที่ผิวเฉลี่ยของวิลไลพบว่า กลุ่ม PA และกลุ่ม GON + PA มีพื้นที่ผิวเฉลี่ยของวิลไลต่ำกว่ากลุ่ม CON (551.84, 578.59 เทียบกับ 634.42) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กลุ่ม GON กลุ่ม 2% PRB และ 6% PRB มีพื้นที่ผิวเฉลี่ยของวิลไลสูงกว่ากลุ่ม CON (681.30, 673.10, 744.38 เทียบกับ 634.42) อย่างมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

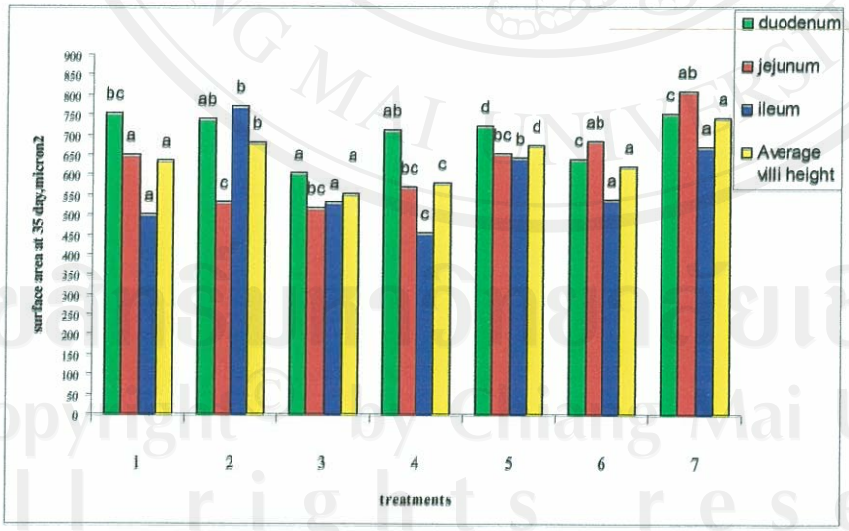
นัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยกลุ่ม 6% PRB มีพื้นที่ผิวเฉลี่ยของวิลไลสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)




* a, b, c, d, e and f indicates significant difference by Least Significant Difference at P<0.05

**Figure 4.5** Effect of dietary treatments on small intestinal villi height at 14 days after weaning.

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.




* a, b, c, d, e indicates significant difference by Least Significant Difference at P<0.05

**Figure 4.6** Effect of dietary treatments on small intestinal surface Area of villi at 14 days after weaning.

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**4.2.4 ความสูงของวิลไล 35 วันหลังหย่านม** แสดงใน Table 4.3, Figure 4.7 และ Figure 4.8

**4.2.4.1 ส่วน Duodenum** กลุ่ม PA มีความสูงของวิลไลต่ำกว่ากลุ่ม CON (443.57 เทียบกับ 497.07) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) กลุ่ม 2% PRB และ 6% PRB มีความสูงของวิลไลสูงกว่ากลุ่ม CON (693.97, 563.90 เทียบกับ 497.07) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) และพบว่ากลุ่ม 2% PRB มีวิลไลสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) พื้นที่ผิวของวิลไลพบว่า กลุ่ม PA มีพื้นที่ผิวของวิลไลต่ำกว่ากลุ่ม CON (531.30 เทียบกับ 608.95) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) กลุ่ม 2% PRB มีพื้นที่ผิวของวิลไลสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

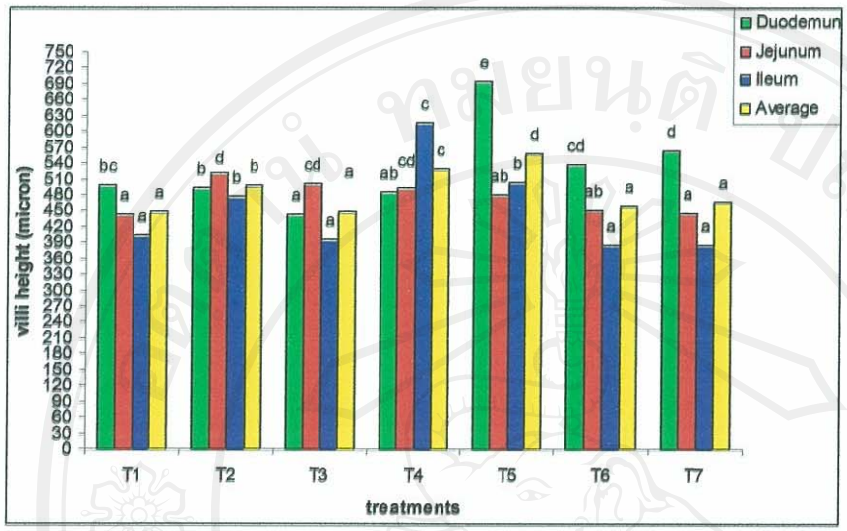
**4.2.4.2 ส่วน Jejunum** กลุ่ม GON กลุ่ม PA กลุ่ม GON + PA มีความสูงของวิลไลสูงกว่ากลุ่ม CON (522.13, 502.03, 492.20 เทียบกับ 444.20) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) และพบว่ากลุ่ม GON มีวิลไลสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) กลุ่ม 2% PRB 4% PRB และ 6% PRB มีความสูงของวิลไลไม่ต่างจากกลุ่ม CON (P>0.05) พื้นที่ผิวของวิลไลพบว่า กลุ่ม GON กลุ่ม PA กลุ่ม GON + PA และกลุ่ม 2% PRB มีความสูงของวิลไลสูงกว่ากลุ่ม CON (624.50, 596.15, 593.05, 589.70 เทียบกับ 534.90) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) และพบว่ากลุ่ม GON มีพื้นที่ผิวของวิลไลสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) กลุ่ม 4% PRB และ 6% PRB มีความสูงของวิลไลไม่ต่างจากกลุ่ม CON (P>0.05)

**4.2.4.3 ส่วน Ileum** กลุ่ม GON กลุ่ม GON + PA และกลุ่ม 2% PRB มีความสูงของวิลไลสูงกว่ากลุ่ม CON (477.57, 615.37, 502.87 เทียบกับ 402.70) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) และกลุ่ม GON + PA มีวิลไลสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) กลุ่ม PA กลุ่ม 4% PRB และ 6% PRB มีความสูงของวิลไลไม่ต่างจากกลุ่ม CON (P>0.05) พื้นที่ผิวของวิลไลพบว่า กลุ่ม GON กลุ่ม GON + PA และกลุ่ม 2% PRB มีพื้นที่ผิวของวิลไลสูงกว่ากลุ่ม CON (590.50, 714.80, 609.35 เทียบกับ 509.40) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) และกลุ่ม GON + PA มีพื้นที่ผิวของวิลไลสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) กลุ่ม PA กลุ่ม 4% PRB และ 6% PRB มีพื้นที่ผิวของวิลไลไม่ต่างจากกลุ่ม CON (P>0.05)

**4.2.4.4 ความสูงเฉลี่ยของวิลไลทั้ง 3 ส่วน** กลุ่ม GON กลุ่ม GON + PA และกลุ่ม 2% PRB มีความสูงของวิลไลเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่ม CON (497.31, 530.81, 559.16 เทียบกับ 447.99) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) และกลุ่ม 2% PRB มีวิลไลสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) กลุ่ม PA กลุ่ม 4% PRB และ 6% PRB มีความสูงของวิลไลไม่ต่างจากกลุ่ม CON (P>0.05) พื้นที่ผิวของวิลไลพบว่า กลุ่ม GON กลุ่ม GON + PA และกลุ่ม 2% PRB มีพื้นที่ผิวของวิลไลสูงกว่ากลุ่ม CON (597.12, 630.75, 672.52 เทียบกับ 551.09) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) และกลุ่ม 2% PRB มีพื้นที่ผิวของวิลไล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

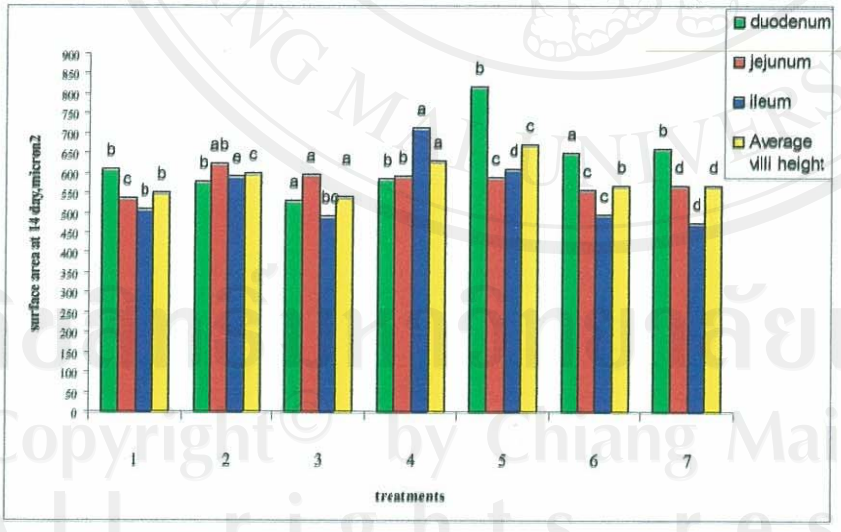
สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) กลุ่ม PA กลุ่ม 4% PRB และ 6% PRB มีพื้นที่ผิวของวิลไลไม่ต่างจากกลุ่ม CON (P>0.05)




* a, b, c, d and e indicates significant difference by Least Significant Difference at P<0.05

**Figure 4.7** Effect of dietary treatments on small intestinal villi height at 35 days after weaning.

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.




* a, b, c, d and e indicates significant difference by Least Significant Difference at P<0.05

**Figure 4.8** Effect of dietary treatments on small intestinal surface Area of villi at 35 days after weaning.

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**Table 4.3** Effect of dietary treatments on height and area of small intestinal villi in 5 days of weaned pigs

| Data | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **5 day** | | | | | | | |
| Weight (kg.) | 9.50 | 8.90 | 8.80 | 9.60 | 8.80 | 8.80 | 9.80 |
| ADG (g/day) | - | 166.67 | -100.00 | -83.33 | 133.33 | 100 | 66.67 |
| N of villi | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Villi height [1](μm) | 318.63 | 416.37 | 342.33 | 435.53 | 442.10 | 388.70 | 397.17 |
| | ±12.93$^{a}$ | ±13.36$^{c}$ | ±13.73$^{ab}$ | ±15.84$^{c}$ | ±20.38$^{c}$ | 16.94$^{bc}$ | ±13.81$^{c}$ |
| Area of villi [1](μm)$^2$ | 332.10 | 599.05 | 353.25 | 491.50 | 598.30 | 633.40 | 527.55 |
| | ±18.17$^{a}$ | ±36.11$^{bc}$ | ±15.34$^{a}$ | ±23.27$^{b}$ | ±41.57$^{bc}$ | ±20.79$^{c}$ | ±32.25$^{bc}$ |
| Villi height [2] (μm) | 301.07 | 348.10 | 325.73 | 327.07 | 241.10 | 201.13 | 419.00 |
| | | ±12.86$^{c}$ | ±19.14$^{bc}$ | ±11.44$^{bc}$ | ±10.87$^{a}$ | ±10.57$^{a}$ | ±10.87$^{d}$ |
| | ±10.40$^{b}$ | | | | | | |
| Arae of Villi [2] (μm) | 377.35 | 495.15 | 395.65 | 442.25 | 276.75 | 281.25 | 508.00 |
| | ±24.82$^{b}$ | ±28.02$^{c}$ | ±24.14$^{b}$ | ±24.78$^{bc}$ | ±24.77$^{a}$ | ±20.29$^{a}$ | ±23.06c |
| Villi height [3] (μm) | 279.37 | 311.10 | 301.77 | 213.07 | 243.20 | 198.43 | 324.13 |
| | ±10.24$^{cd}$ | ±10.35$^{de}$ | ±9.56$^{de}$ | ±5.56$^{ab}$ | ±6.88$^{bc}$ | ±4.94$^{a}$ | ±8.10$^{e}$ |
| Area of villi [3] (μm)$^2$ | 273.10 | 428.35 | 349.85 | 268.10 | 260.30 | 262.10 | 402.80 |
| | ±18.05$^{a}$ | ±22.65$^{c}$ | ±19.01$^{b}$ | ±11.05$^{a}$ | ±15.26$^{a}$ | ±15.29$^{a}$ | ±20.21$^{bc}$ |
| Average villi height[4] | 229.69 | 358.52 | 323.28 | 325.22 | 308.80 | 262.72 | 380.10 |
| (μm)$^2$ | ±8.51$^{a}$ | ±6.37$^{c}$ | ±6.77$^{b}$ | ±6.98$^{b}$ | ±7.39$^{b}$ | ±6.08$^{b}$ | ±6.23$^{c}$ |
| Average area[5] (μm)$^2$ | 327.52 | 507.52 | 366.25 | 400.62 | 378.45 | 392.25 | 479.45 |
| | ±13.03a | ±17.58c | ±19.03ab | ±10.16b | ±17.36ab | ±18.07b | ±16.69c |

[1]Duodenum [2]Jejunum [3]Ileum [4]Average villi height of duodenum jejunum and ileum [5]Average area of duodenum jejunum and ileum.

Mean values with different superscripts in the same column indicate significant differences (P<0.05)

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**Table 4.3** Effect of dietary treatments on height and area of small intestinal villi in 7 days of weaned pigs

| Data | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **7 day** | | | | | | | |
| Weight (kg.) | 9.40 | 8.60 | 9.20 | 8.40 | 8.40 | 8.80 | 9.20 |
| ADG (g/day) | 200.00 | 200.00 | 171.43 | 178.57 | 207.14 | 114.29 | 185.71 |
| N of villi | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Villi height [1](μm) | 502.97 | 355.33 | 551.10 | 435.53 | 519.50 | 385.53 | 584.07 |
| | ±11.29$^{c}$ | ±8.65$^{a}$ | ±11.55$^{cd}$ | ±15.84$^{b}$ | ±14.88$^{c}$ | ±9.85a$^{b}$ | ±12.28$^{d}$ |
| Area of villi [1](μm)$^2$ | 600.45 | 470.20 | 647.00 | 544.95 | 615.10 | 494.65 | 619.50 |
| | ±13.66$^{bc}$ | ±10.05$^{a}$ | ±15.84$^{c}$ | ±15.59$^{ab}$ | ±11.10$^{bc}$ | ±10.62$^{a}$ | ±17.91$^{c}$ |
| Villi height [2] (μm) | 344.53 | 335.07 | 566.60 | 327.07 | 287.17 | 560.83 | 524.43 |
| | ±5.00$^{b}$ | ±8.75$^{b}$ | ±11.88$^{d}$ | ±11.44$^{b}$ | ±9.27$^{a}$ | ±12.76$^{cd}$ | ±13.25$^{c}$ |
| Area of villi [2] (μm) | 453.30 | 433.65 | 693.95 | 426.95 | 372.45 | 615.10 | 609.15 |
| | ±5.75$^{b}$ | ±10.59$^{b}$ | ±13.15$^{d}$ | ±15.66$^{b}$ | ±9.86$^{a}$ | ±16.61$^{cd}$ | ±17.56$^{c}$ |
| Villi height [3] (μm) | 322.10 | 354.33 | 569.80 | 213.07 | 435.13 | 290.43 | 485.20 |
| | ±5.26$^{bc}$ | ±12.83$^{c}$ | ±12.97$^{f}$ | ±5.56$^{a}$ | ±10.93$^{d}$ | ±9.13$^{b}$ | ±7.93$^{e}$ |
| Area of villi [3] (μm)$^2$ | 416.75 | 455.35 | 662.35 | 312.00 | 515.25 | 402.70 | 577.60 |
| | ±6.71$^{b}$ | ±16.80$^{b}$ | ±15.09$^{e}$ | ±7.73$^{a}$ | ±12.91$^{c}$ | ±11.38$^{b}$ | ±10.25$^{d}$ |
| Average villi height[4] | 389.87 | 348.24 | 562.50 | 325.22 | 413.93 | 412.27 | 531.23 |
| (μm)$^2$ | ±4.71$^{b}$ | ±6.06$^{a}$ | ±7.75$^{d}$ | ±6.98$^{a}$ | ±8.26$^{b}$ | ±6.53$^{b}$ | ±7.58$^{c}$ |
| Average area[5](μm)$^2$ | 490.17 | 453.07 | 667.77 | 427.97 | 500.93 | 518.15 | 602.08 |
| | ±5.86$^{b}$ | ±7.10$^{a}$ | ±9.12$^{d}$ | ±8.12$^{a}$ | ±9.72$^{b}$ | ±8.21$^{b}$ | ±7.24$^{c}$ |

[1]Duodenum [2]Jejunum [3]Ileum [4]Average villi height of duodenum jejunum and ileum [5]Average area of duodenum jejunum and ileum.

Mean values with different superscripts in the same column indicate significant differences (P<0.05).

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**Table 4.3** Effect of dietary treatments on height and area of small intestinal villi in 14 days of weaned pigs

| Data | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **14 day** | | | | | | | |
| Weight (kg.) | 9.10 | 8.10 | 9.90 | 9.50 | 10.00 | 9.50 | 10.00 |
| ADG (g/day) | 257.14 | 150.00 | 250.00 | 157.14 | 121.43 | 214.29 | 242.86 |
| N of villi | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Villi height [1](μm) | 676.67 | 637.97 | 501.53 | 616.33 | 620.23 | 536.93 | 667.47 |
| | ±7.26 $^{c}$ | ±10.66$^{bc}$ | ±6.75 $^{a}$ | ±9.08 $^{b}$ | ±9.16$^{b}$ | ±8.30 $^{a}$ | ±11.10 $^{c}$ |
| Area of villi [1](μm)2 | 752.45 | 741.15 | 606.20 | 712.25 | 723.75 | 638.45 | 752.95 |
| | ±12.49$^{b}$ | ±12.95$^{b}$ | ±9.59$^{a}$ | ±12.00$^{b}$ | ±11.59$^{b}$ | ±11.23$^{a}$ | ±12.05$^{b}$ |
| Villi height [2] (μm) | 556.73 | 424.60 | 421.57 | 466.33 | 559.20 | 584.67 | 698.07 |
| | ±8.47 $^{c}$ | ±8.75 $^{a}$ | ±7.34 $^{a}$ | ±5.44 $^{b}$ | ±4.58 $^{c}$ | 7.30 $^{c}$ | ±7.76 $^{d}$ |
| Area of villi [2] (μm) | 651.45 | 531.40 | 519.25 | 569.65 | 653.25 | 685.40 | 809.80 |
| | ±11.61$^{c}$ | ±11.50$^{ab}$ | ±9.53$^{a}$ | ±6.51$^{b}$ | ±8.52$^{c}$ | ±9.69$^{c}$ | ±10.12$^{d}$ |
| Villi height [3] (μm) | 408.97 | 668.73 | 428.43 | 368.57 | 548.60 | 446.50 | 583.50 |
| | ±7.09 $^{b}$ | ±9.98 $^{f}$ | ±5.77$^{bc}$ | ±7.11$^{a}$ | ±7.48 $^{d}$ | ±9.68 $^{c}$ | ±9.83 $^{e}$ |
| Area of villi [3] (μm)$^{2}$ | 499.35 | 771.35 | 530.05 | 453.85 | 642.30 | 539.50 | 670.40 |
| | ±7.60$^{b}$ | ±11.74$^{e}$ | ±6.39$^{bc}$ | ±7.70$^{a}$ | ±8.98$^{d}$ | ±13.13$^{c}$ | ±12.87$^{d}$ |
| Average villi height[4] | 547.46 | 577.10 | 450.51 | 483.74 | 576.01 | 522.70 | 649.68 |
| (μm)$^{2}$ | ±8.59$^{d}$ | ±5.96$^{e}$ | ±3.42$^{a}$ | ±4.49$^{b}$ | ±6.57$^{e}$ | ±5.05$^{c}$ | ±5.31$^{f}$ |
| Average area5(μm)$^{2}$ | 634.42 | 681.30 | 551.84 | 578.59 | 673.10 | 621.12 | 744.38 |
| | ±10.69$^{b}$ | ±7.01$^{c}$ | ±4.32$^{a}$ | ±5.65$^{a}$ | ±7.75$^{c}$ | ±6.92$^{b}$ | ±7.05$^{d}$ |

[1]Duodenum [2]Jejunum [3]Ileum [4]Average villi height of duodenum jejunum and ileum [5]Average area of duodenum jejunum and ileum.

Mean values with different superscripts in the same column indicate significant differences (P<0.05).

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**Table 4.3** Effect of dietary treatments on height and area of small intestinal villi in 35 days of weaned pigs

| Data | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **35 day** | | | | | | | |
| Weight (kg.) | 14.60 | 14.40 | 14.0 | 14.00 | 14.40 | 14.20 | 14.00 |
| ADG (g/day) | 337.14 | 382.86 | 200.00 | 371.43 | 280.00 | 320.00 | 411.43 |
| N of villi | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Villi height [1](μm) | 497.07 | 492.23 | 443.57 | 484.87 | 693.97 | 537.80 | 563.90 |
| | ±12.24$^{bc}$ | ±12.66$^{b}$ | ±8.46$^{a}$ | ±5.91$^{ab}$ | ±14.56$^{e}$ | ±11.21$^{cd}$ | ±15.45$^{d}$ |
| Area of villi [1](μm)$^2$ | 608.95 | 576.35 | 531.30 | 584.40 | 818.50 | 649.20 | 659.70 |
| | ±15.45$^{bc}$ | ±15.78$^{ab}$ | ±9.28$^{a}$ | ±7.81$^{ab}$ | ±15.95$^{d}$ | ±13.48$^{c}$ | ±15.93$^{c}$ |
| Villi height [2] (μm) | 444.20 | 522.13 | 502.03 | 492.20 | 480.63 | 451.17 | 447.07 |
| | ±7.45$^{a}$ | ±8.46$^{d}$ | ±7.61$^{cd}$ | ±6.71$^{cd}$ | ±9.08$^{ab}$ | ±8.82$^{ab}$ | ±10.81$^{a}$ |
| Area of villi [2] (μm) | 534.90 | 624.50 | 596.15 | 593.05 | 589.70 | 556.30 | 568.15 |
| | ±9.55$^{a}$ | ±11.20$^{c}$ | ±9.59$^{bc}$ | ±8.58$^{bc}$ | ±11.55$^{bc}$ | ±12.15$^{ab}$ | ±11.21$^{ab}$ |
| Villi height [3] (μm) | 402.70 | 477.57 | 396.73 | 615.37 | 502.87 | 386.33 | 385.87 |
| | ±8.11$^{a}$ | ±13.44$^{b}$ | ±6.66$^{a}$ | ±12.65$^{c}$ | ±12.25$^{b}$ | ±10.31$^{a}$ | ±7.51$^{a}$ |
| Area of villi [3] (μm)$^2$ | 509.40 | 590.50 | 492.55 | 714.80 | 609.35 | 495.15 | 473.80 |
| | ±10.89$^{a}$ | ±15.93$^{b}$ | ±7.95$^{a}$ | ±14.06$^{c}$ | ±10.27$^{b}$ | ±13.64$^{a}$ | ±8.64$^{a}$ |
| Average villi height[4] | 447.99 | 497.31 | 447.45 | 530.81 | 559.16 | 458.43 | 465.61 |
| (μm)$^2$ | ±4.90$^{a}$ | ±6.25$^{b}$ | ±4.78$^{a}$ | ±5.67$^{c}$ | ±7.11$^{d}$ | ±6.78$^{a}$ | ±6.61$^{a}$ |
| Average area[5](μm)$^2$ | 551.09 | 597.12 | 540.00 | 630.75 | 672.52 | 566.88 | 567.22 |
| | ±6.51$^{a}$ | ±7.66$^{b}$ | ±5.26$^{a}$ | ±6.63$^{c}$ | ±7.50$^{d}$ | ±8.74$^{a}$ | ±7.47$^{a}$ |

[1]Duodenum [2]Jejunum [3]Ileum [4]Average villi height of duodenum jejunum and ileum [5]Average area of duodenum jejunum and ileum.

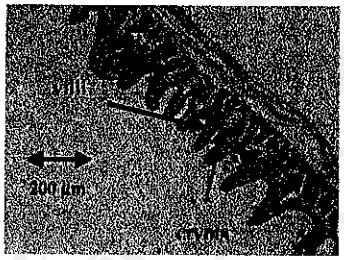
Mean values with different superscripts in the same column indicate significant differences (P<0.05).

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

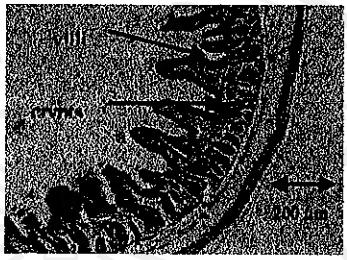
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**4.3 รูปถ่ายของวิลไลส่วน Jejunum เมื่อถ่ายด้วยกล้อง Compound light microscope ด้วยกำลังขยาย 40x**

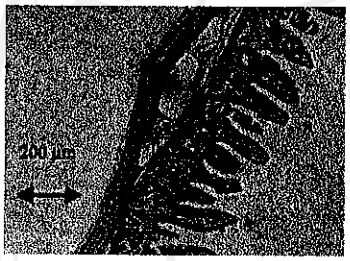
**4.3.1 ขณะที่ลูกสุกรมีอายุ 5 วันหลังหย่านม**



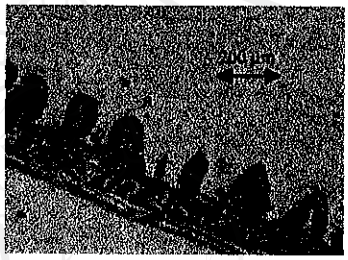

Control



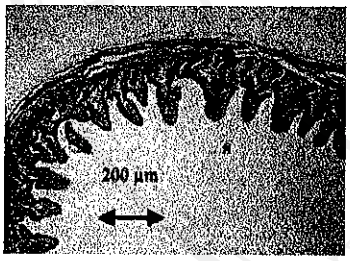

T2



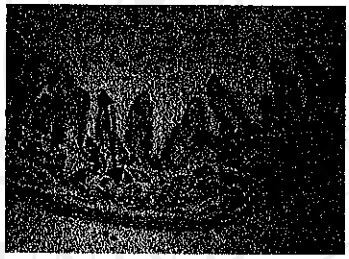

T3




T4




T5



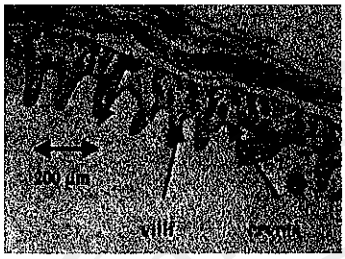
T6

T7

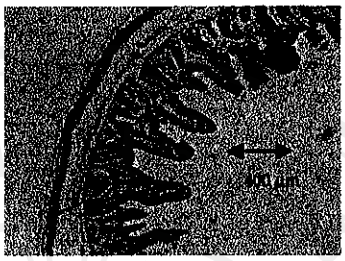
a = crypt to tip of villi

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

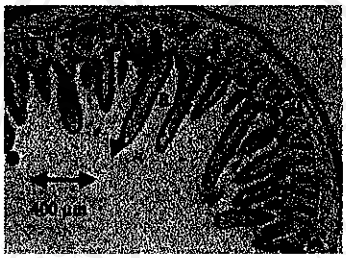
### 4.3.2 ขณะที่ลูกสุกรมีอายุ 7 วันหลังหย่านม




Control

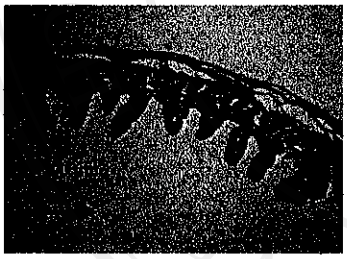


T2

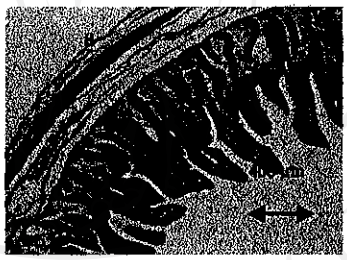


T3

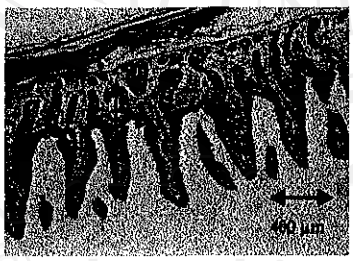
T4



T5



T6



T7

a = crypt to tip of villi

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

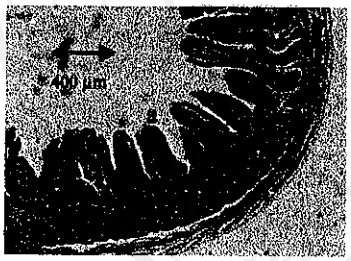
### 4.3.3 ขณะที่ลูกสุกรมีอายุ 14 วันหลังหย่านม

Control

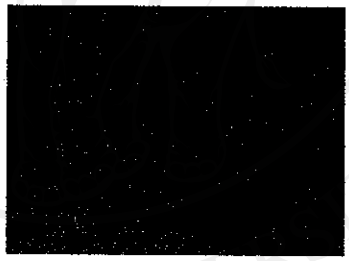
T2

T3

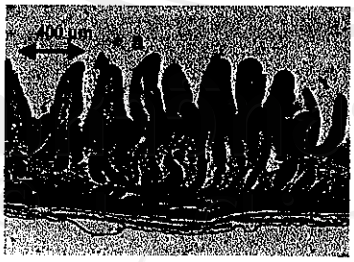
T4



T5



T6

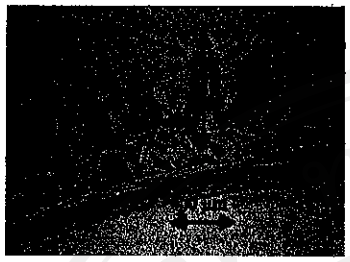


T7

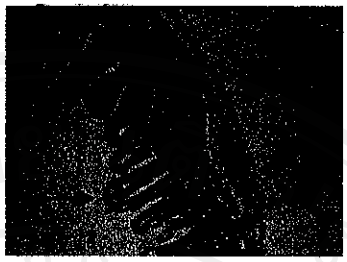
a = crypt to tip of villi

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

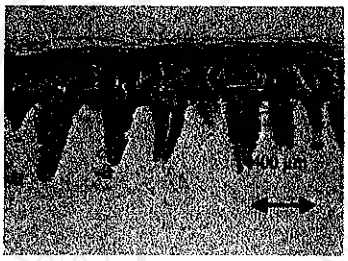
### 4.3.4 ขณะที่ลูกสุกรมีอายุ 35 วันหลังหย่านม



Control



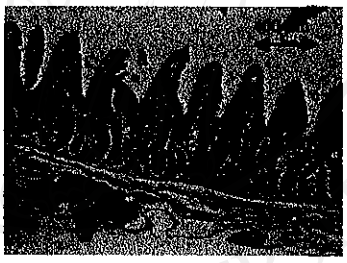
T2



T3

T4

T5



T6

T7

a = crypt to tip of villi

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**4.4 ผลต่อระดับโคเลสเตอรอลในเลือด**

ระดับโคเลสเตอรอลในเลือดของสุกรแต่ละสัปดาห์ของการเลี้ยงแสดงใน Table 4.4 และ Figure 4.9

หลังการเลี้ยง 1 สัปดาห์ กลุ่ม 4% PRB และ 6% PRB มีระดับโคเลสเตอรอลในเลือดต่ำกว่ากลุ่ม CON (137.12, 156.75, 232.87 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

หลังการเลี้ยง 2 สัปดาห์ กลุ่ม GON กลุ่ม PA กลุ่ม GON + PA และกลุ่ม 2% PRB มีระดับโคเลสเตอรอลในเลือดสูงกว่ากลุ่ม CON (490.96, 450.71, 435.97, 457.96 เทียบกับ 320.77) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กลุ่ม 4% PRB และ 6% PRB มีระดับโคเลสเตอรอลในเลือดไม่แตกต่างจากกลุ่ม CON (300.68, 312.58 เทียบกับ 320.77) ($P > 0.05$)

หลังการเลี้ยง 3 สัปดาห์ กลุ่ม GON + PA มีระดับโคเลสเตอรอลต่ำกว่ากลุ่ม CON และกลุ่ม GON (136.66 เทียบกับ 204.20 และ 206.50) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กลุ่ม 4% PRB และ 6% PRB มีระดับโคเลสเตอรอลในเลือดสูงกว่ากลุ่ม GON + PA (188.79, 191.55 เทียบกับ 136.66) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

หลังการเลี้ยง 4 สัปดาห์ กลุ่ม 4% PRB และ 6% PRB มีระดับโคเลสเตอรอลในเลือดต่ำกว่าทุกกลุ่ม (251.86, 237.47 เทียบกับ 306.60, 317.91, 344.47, 270.60, 260.18 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กลุ่ม GON + PA และกลุ่ม 2% PRB มีระดับโคเลสเตอรอลต่ำกว่ากลุ่ม PA (270.60, 260.18 เทียบกับ 344.47) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

หลังการเลี้ยง 5 สัปดาห์ กลุ่ม 2% PRB และ 4% PRB มีระดับโคเลสเตอรอลในเลือดสูงกว่า GON + PA (267.32, 269.62 เทียบกับ 203.06) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**Table 4.4** Effect of dietary treatments on blood cholesterol level in piglets at week 1-5 of trial period (mg/dl)

| **Experimental period (wks)** | **T1** | **T2** | **T3** | **T4** | **T5** | **T6** | **T7** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 1 | 232.87 ± 0.44$^{b}$ | 237.78 ± 0.48$^{b}$ | 211.70 ± 0.42$^{b}$ | 217.86 ± 0.40$^{b}$ | 242.74 ± 0.41$^{b}$ | 137.12 ± 0.44$^{a}$ | 156.75 ± 0.41$^{a}$ |
| 2 | 320.77 ± 0.32$^{a}$ | 460.96 ± 0.35$^{b}$ | 450.71 ± 0.31$^{b}$ | 435.97 ± 0.35$^{b}$ | 457.96 ± 0.31$^{b}$ | 300.68 ± 0.32$^{a}$ | 312.58 ± 0.37$^{a}$ |
| 3 | 204.20 ± 0.48$^{b}$ | 206.50 ± 0.49$^{b}$ | 177.96 ± 0.44$^{abc}$ | 136.66 ± 0.53$^{a}$ | 153.26 ± 0.42$^{abc}$ | 188.79 ± 0.44$^{bc}$ | 191.55 ± 0.46$^{bc}$ |
| 4 | 306.60 ± 0.26$^{bc}$ | 317.91 ± 0.38$^{bc}$ | 344.47 ± 0.37$^{b}$ | 270.60 ± 0.31$^{c}$ | 260.18 ± 0.36$^{c}$ | 251.86 ± 0.45$^{a}$ | 237.47 ± 0.26$^{a}$ |
| 5 | 250.59 ± 0.35$^{ab}$ | 229.83 ± 0.61$^{ab}$ | 224.70 ± 0.44$^{ab}$ | 203.60 ± 0.48$^{a}$ | 267.32 ± 0.38$^{b}$ | 269.62 ± 0.41$^{b}$ | 230.43 ± 0.48$^{ab}$ |

$^{a-c}$ means within row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

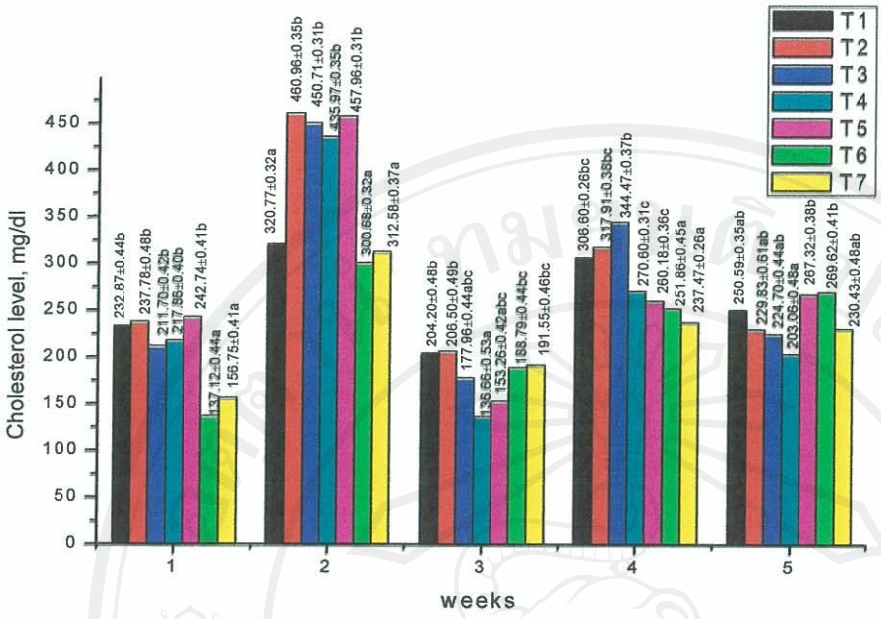



**Figure 4.9** Effect of dietary treatments on blood cholesterol level of piglets at week 1-5 of trial period.

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

### 4.5 ผลต่อระดับโคเลสเตอรอลชนิดความหนาแน่นสูง (high density lipoprotein : HDL-C) ในเลือด

ระดับโคเลสเตอรอลชนิดความหนาแน่นสูงในเลือดของสุกรแต่ละสัปดาห์ของการเลี้ยงแสดงใน Table 4.5 และ Figure 4.10

หลังการเลี้ยง 1 สัปดาห์ ระดับ HDL-C ในเลือดของกลุ่มทดลองทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

หลังการเลี้ยง 2 สัปดาห์ กลุ่มที่ได้รับสารสกัดทุกกลุ่ม (GON, PA, GON + PA) และกลุ่ม 2% PRB และ 6% PRB มีระดับ HDL-C ในเลือดสูงกว่ากลุ่ม CON (245.86, 269.29, 247.75, 249.64, 243.67 เทียบกับ 155.56) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) กลุ่ม 4% PRB มีระดับ HDL-C ในเลือดไม่ต่างจากกลุ่ม CON และกลุ่มอื่น (209.67 เทียบกับ 155.56, 245.86, 269.29, 247.75, 249.64 และ 243.67 ตามลำดับ) (P>0.05)

หลังการเลี้ยง 3 สัปดาห์ กลุ่ม 6% PRB มีระดับ HDL-C ในเลือดต่ำกว่ากลุ่มอื่น(68.56 เทียบกับ 259.53, 274.23, 259.85, 251.86, 190.16 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลังการเลี้ยง 4 สัปดาห์ กลุ่ม 2% PRB มีระดับ HDL-C สูงกว่ากลุ่ม CON (109.20 เทียบกับ 48.58) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

หลังการเลี้ยง 5 สัปดาห์ กลุ่ม 2% PRB มีระดับ HDL-C สูงกว่ากลุ่ม CON และกลุ่ม 6% PRB (110.67 เทียบกับ 52.27 และ 52.13) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

**4.6 ผลต่อระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือด (Triglyceride, TG)**

ระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือดของสุกรแต่ละสัปดาห์ของการเลี้ยงแสดงใน Table 4.6 และ Figure 4.11

หลังการเลี้ยง 1 สัปดาห์ กลุ่มที่ได้รับอาหารผสมรำข้าวก่ำทุกระดับ (2% PRB, 4% PRB, 6% PRB) มีระดับ TG ในเลือดสูงกว่ากลุ่ม CON (330.15, 337.82, 337.09 เทียบกับ 258.24) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

หลังการเลี้ยง 2 สัปดาห์ระดับ กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดทุกกลุ่ม (GON, PA, GON + PA) และอาหารผสมรำข้าวก่ำทุกระดับ (2% PRB, 4% PRB, 6% PRB) มีระดับ TG ในเลือดสูงกว่ากลุ่ม CON (233.17, 225.60, 252.17, 264.71, 227.71, 222.31 เทียบกับ 129.28) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

หลังการเลี้ยง 3 สัปดาห์ ระดับ TG ในเลือดในทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน (P>0.05)

หลังการเลี้ยง 4 สัปดาห์ กลุ่ม PA กลุ่ม GON + PA และกลุ่ม 2% PRB มีระดับ TG ในเลือดสูงกว่ากลุ่ม CON และกลุ่ม GON (186.87, 166.67, 165.12 เทียบกับ 115.99 และ 123.21) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) กลุ่ม 6% PRB มีระดับ TG ในเลือดต่ำกว่ากลุ่ม PA (122.77 เทียบกับ 186.87) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

หลังการเลี้ยง 5 สัปดาห์ กลุ่ม PA กลุ่ม GON + PA และกลุ่ม 2% PRB มีระดับ TG ในเลือดสูงกว่ากลุ่ม CON และกลุ่ม GON (198.81, 162.56, 152.77 เทียบกับ 91.20 และ 125.89) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) กลุ่ม 4% PRB และ 6% PRB มีระดับ TG ในเลือดต่ำกว่ากลุ่ม PA และกลุ่ม GON + PA (129.28, 105.27 เทียบกับ 198.81 และ 162.56 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**Table 4.5** Effect of dietary treatments on blood HDL-C level in piglets at week 1-5 of trial period (mg/dl)

| Experimental period (wks) | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 1 | 166.41 ± 0.83 | 121.00 ± 0.71 | 123.88 ± 1.30 | 132.02 ± 1.08 | 120.56 ± 1.00 | 120.78 ± 0.86 | 120.56 ± 1.04 |
| 2 | 155.56 ± 2.25$^{a}$ | 245.86 ± 1.69$^{b}$ | 269.29 ± 3.17$^{b}$ | 247.75 ± 2.92$^{b}$ | 249.64 ± 2.40$^{b}$ | 209.67 ± 2.07$^{ab}$ | 243.67 ± 2.89$^{b}$ |
| 3 | 259.53 ± 2.82$^{b}$ | 274.23 ± 2.82$^{b}$ | 259.85 ± 4.41$^{b}$ | 251.86 ± 3.65$^{b}$ | 190.16 ± 3.39$^{b}$ | 146.17 ± 2.89$^{ab}$ | 68.56 ± 4.00$^{a}$ |
| 4 | 48.58 ± 1.30$^{a}$ | 65.12 ± 0.98$^{ab}$ | 64.32 ± 2.16$^{ab}$ | 74.13 ± 1.32$^{ab}$ | 109.20 ± 1.39$^{b}$ | 80.28 ± 1.21$^{ab}$ | 58.68 ± 1.46$^{ab}$ |
| 5 | 52.27 ± 1.17$^{a}$ | 66.91 ± 0.88$^{abc}$ | 69.06 ± 1.96$^{abc}$ | 79.210 ± 1.19$^{abc}$ | 110.67 ± 1.25$^{b}$ | 81.36 ± 1.08$^{abc}$ | 52.13 ± 1.32$^{ac}$ |

$^{a-b}$ means within row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

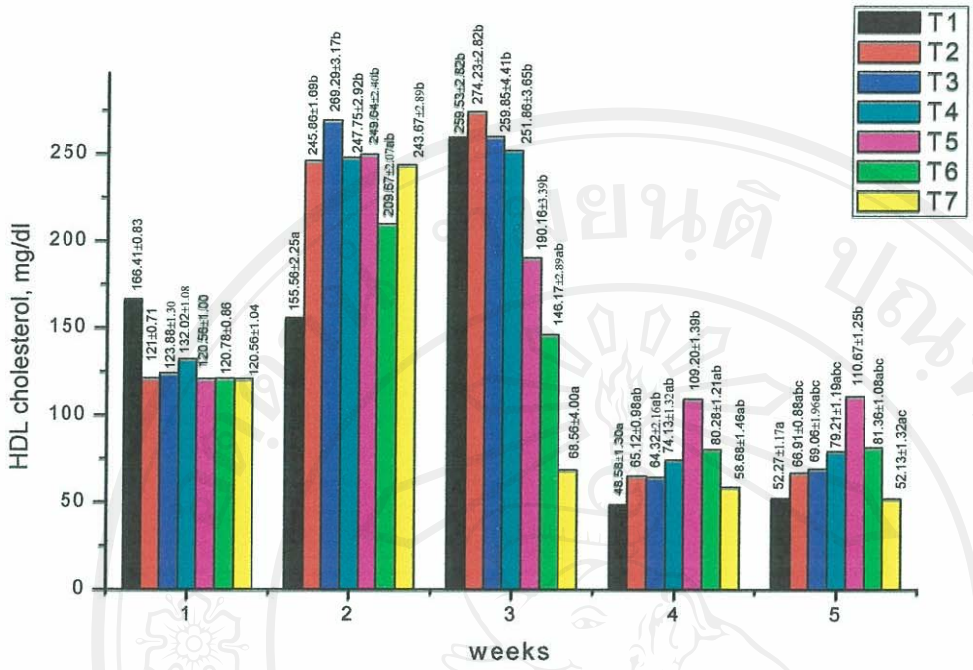



**Figure 4.10** Effect of dietary treatments on blood HDL-C level in piglets at week 1-5 of trial period.

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**Table 4.6** Effect of dietary treatments on blood triglycerides level in piglets at week 1-5 of trial period (mg/dl)

| Experimental period (wks) | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 1 | 258.24 ± 0.34$^{a}$ | 295.84 ± 0.34$^{ab}$ | 303.80 ± 0.32$^{ab}$ | 290.70 ± 0.34$^{ab}$ | 330.15 ± 0.34$^{b}$ | 337.82 ± 0.32$^{b}$ | 337.09 ± 0.36$^{b}$ |
| 2 | 129.28 ± 0.42$^{a}$ | 233.17 ± 0.37$^{b}$ | 225.60 ± 0.37$^{b}$ | 252.17 ± 0.38$^{b}$ | 264.71 ± 0.38$^{b}$ | 227.71 ± 0.37$^{b}$ | 222.31 ± 0.49$^{b}$ |
| 3 | 113.00 ± 0.96 | 123.65 ± 0.81 | 110.67 ± 0.79 | 96.43 ± 1.06 | 124.77 ±0.79 | 103.84 ± 0.79 | 77.26 ± 0.92 |
| 4 | 115.99 ± 0.42$^{ac}$ | 123.21 ± 0.42$^{ac}$ | 186.87 ± 0.61$^{b}$ | 166.67 ± 0.50$^{bc}$ | 165.12 ± 0.49$^{bc}$ | 147.38 ± 0.45$^{abc}$ | 122.77 ± 0.66$^{c}$ |
| 5 | 91.20 ± 0.59$^{ac}$ | 125.89 ± 0.61$^{ac}$ | 198.81 ± 0.94$^{b}$ | 162.56 ± 0.48$^{b}$ | 152.77 ± 0.41$^{bc}$ | 129.28 ± 0.40$^{c}$ | 105.27 ± 0.52$^{c}$ |

$^{a-b}$ means within row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

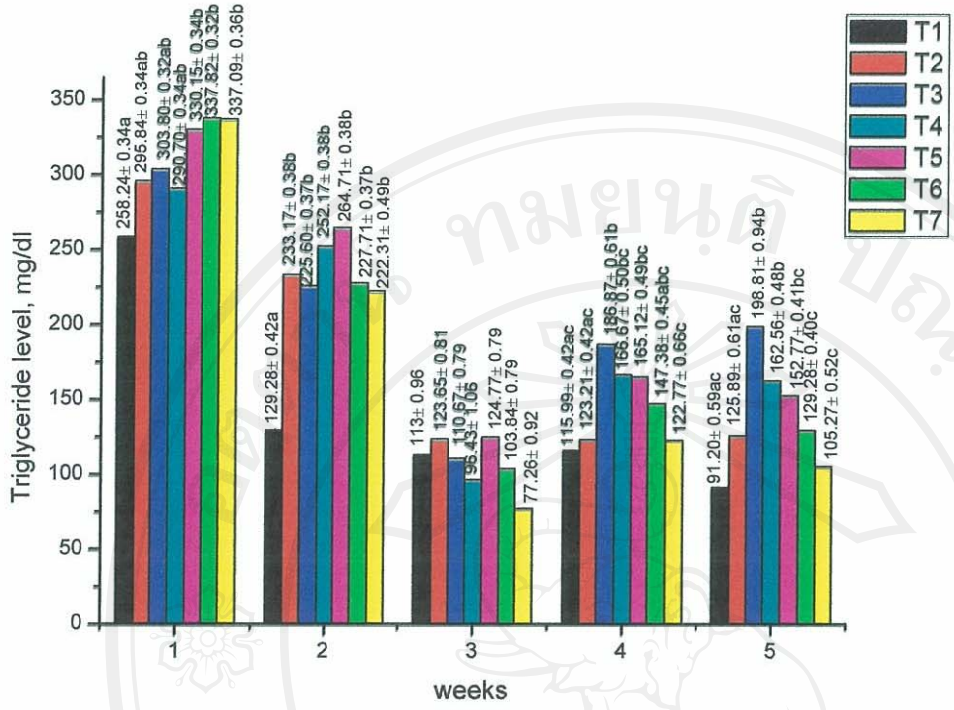



**Figure 4.11** Effect of dietary treatments on blood triglycerides level in piglets at week 1-5 of trial period.

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

### 4.7 ผลต่อสมรรถภาพการผลิต

ผลการเสริม GON, PA, GON + PA และสูตรที่ใช้ 2% PRB 4% PRB และ 6% PRB เปรียบเทียบกับกลุ่ม CON ต่อสมรรถภาพการผลิตของลูกสุกร พบว่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (average daily gain, ADG) ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน (average daily feed intake, ADFI) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (feed conversion ratio, FCR) ของลูกสุกรที่อายุ 4-9 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังแสดงใน Table 4.7, Figure 4.12, Figure 4.13 และ Figure 4.14 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

**Table 4.7** Effect of dietary treatments on piglet's performance 42 days after weaning

| performance | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Number | 20 | 20 | 20 | 19 | 20 | 20 | 20 |
| Initial weight, kg | 7.51 | 7.47 | 7.48 | 7.55 | 7.51 | 7.57 | 7.57 |
| Final weight, kg | 21.56 | 22.63 | 22.29 | 22.72 | 22.56 | 22.76 | 23.26 |
| ADG, g/day | 341.22 | 368.31 | 360.33 | 368.94 | 365.44 | 369.40 | 382.28 |
| ADFI, g/day | 641.09 | 648.88 | 621.13 | 683.35 | 679.64 | 654.30 | 669.96 |
| TWG, kg | 14.04 | 15.16 | 14.81 | 15.17 | 15.05 | 15.19 | 15.69 |
| FCR | 1.91 | 1.78 | 1.74 | 1.86 | 1.88 | 1.80 | 1.76 |

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

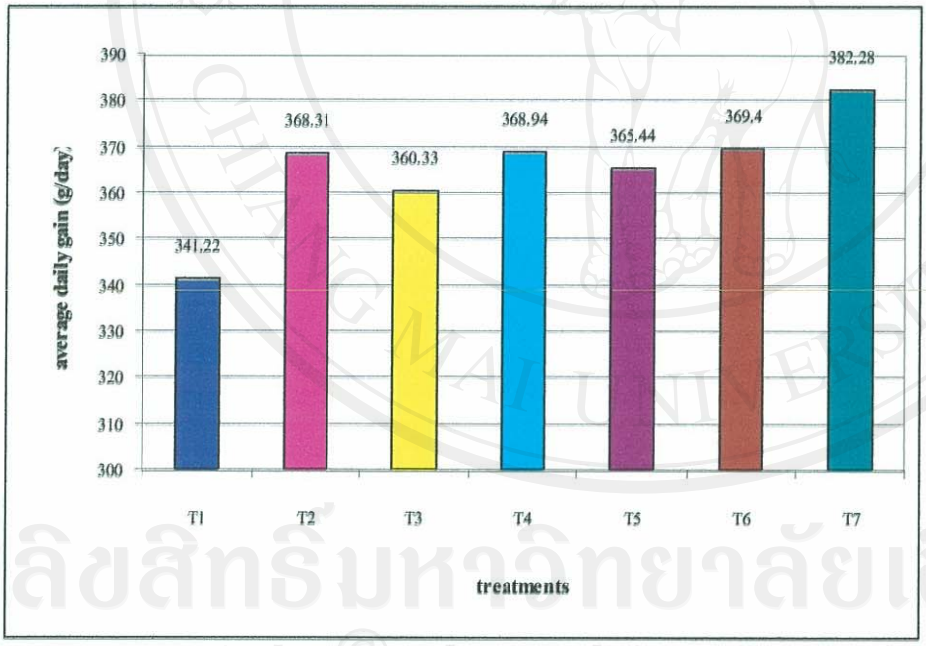



**Figure 4.12** Effect of dietary treatments on average daily gain of piglets 42 days after weaning (g/day).

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

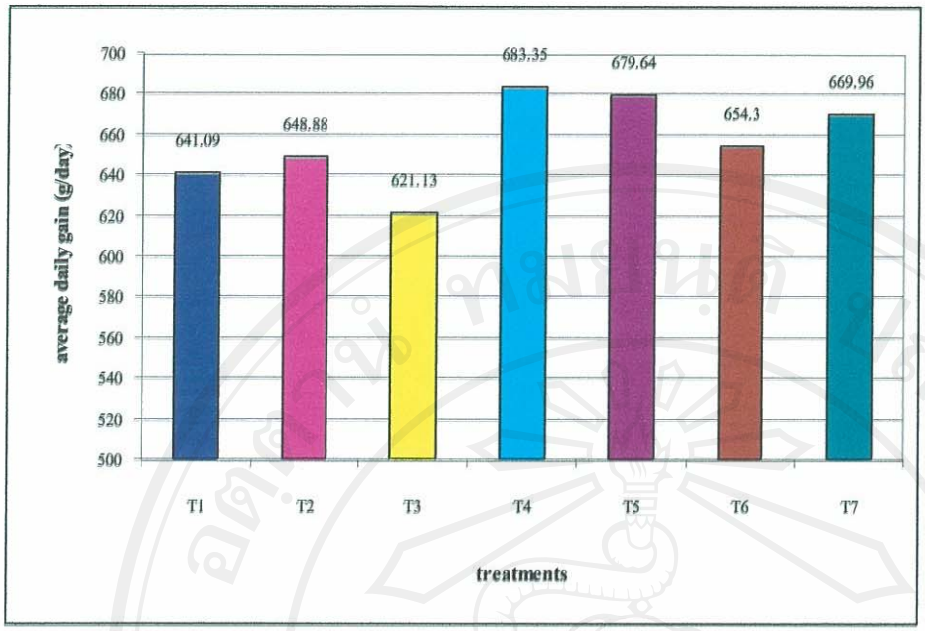



**Figure 4.13** Effect of dietary treatments on average feed intake of piglets 42 days after weaning (g/day).

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

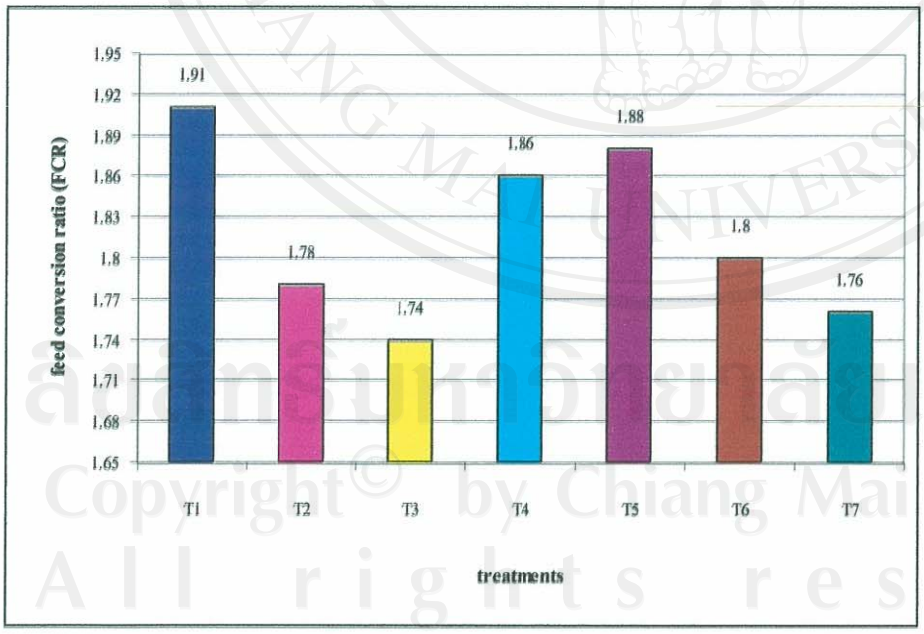



**Figure 4.14** Effect of dietary treatments on feed conversion ratio of piglets 42 days after weaning.

T1 = Control, T2= Gamma-Oryzanol 3,000 mg/kg diet, T3= Proanthocyanidin 82 mg/kg diet, T4= Gamma-Oryzanol 100 mg/kg diet + Proanthocyanidin 65 mg/kg diet, T5= Purple rice bran 2%, T6= Purple rice bran 4%, T7= Purple rice bran 6%.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved