

บทที่ 4

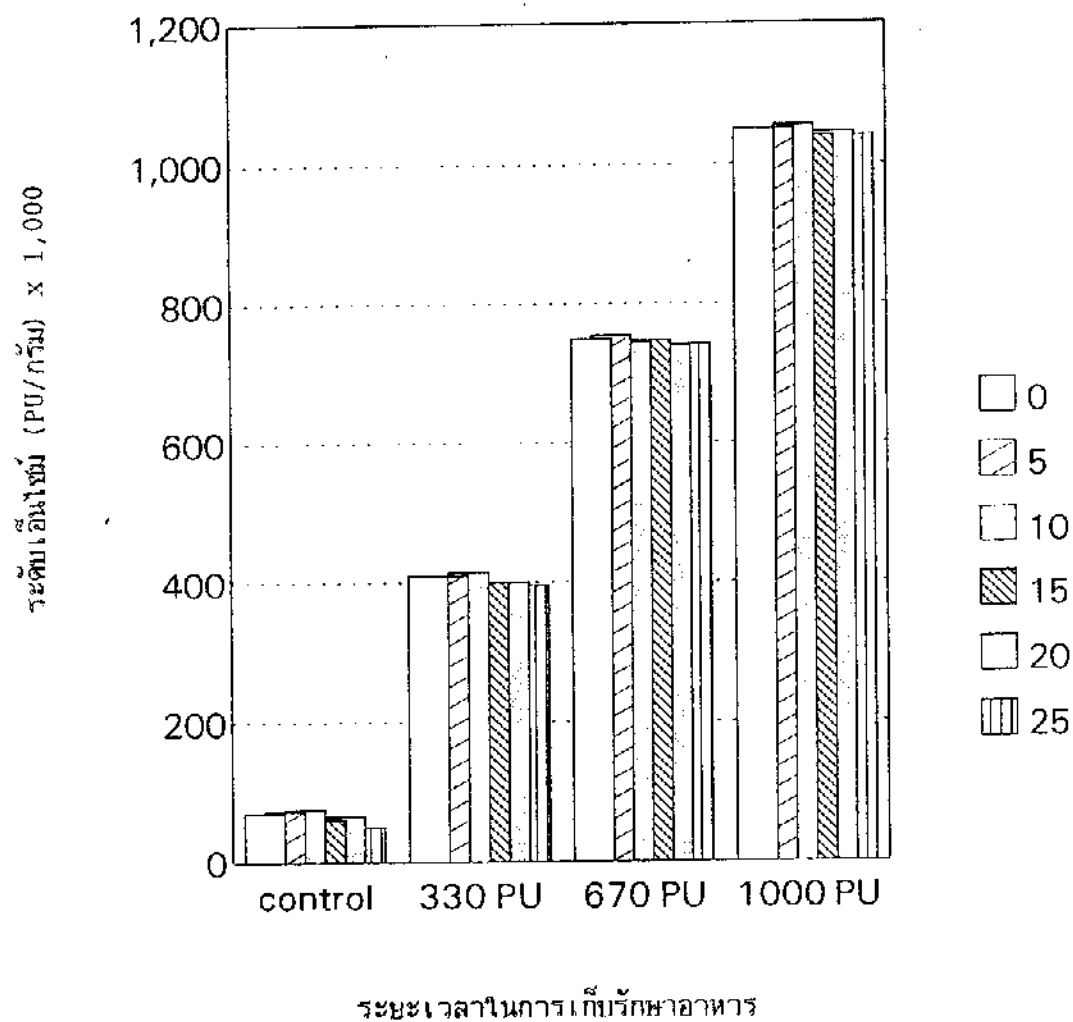
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 ผลการทดลองที่ 1

4.1.1.1 ผลการทดสอบความคงตัว(stability) และสมรรถภาพ(potency) ของเอ็นไซม์ในอาหาร

จากการเสริมเอ็นไซม์ 3 ระดับในอาหาร 3 สูตร คือ สูตรที่ 2 (330 PU/กรัม) สูตรที่ 3 (670 PU/กรัม) และสูตรที่ 4 (1,000 PU/กรัม) พบว่าหลังการผสมเอ็นไซม์ลงในอาหารและเก็บไว้ในสภาพแวดล้อมปกติ ระดับเอ็นไซม์ที่ผสมในอาหาร สูตร 2 หลังการเก็บ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) มีค่า 410, 410, 415, 400, 400 และ 395 PU/กรัมอาหาร เช่นเดียวกับสูตรอาหารที่ 3 และ 4 มีค่าระดับของเอ็นไซม์เท่ากับ 750, 755, 745, 748, 740, 742 และ 1,050, 1,050, 1,055, 1,040, 1,045 และ 1,040 PU/กรัมอาหาร ($P>0.05$) ตามลำดับ แสดงว่าเอ็นไซม์ในอาหารที่เก็บไว้ในสภาพไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ฯลฯ สามารถคงประสิทธิภาพได้ยาวนานอย่างน้อย 25 วัน และผลการทดสอบเอ็นไซม์ในอาหารควบคุม พบว่ามีเอ็นไซม์โพแทสเซียมในช่วง 50-75 PU/กรัมอาหาร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำมาก ค่าดังแสดงไว้ในภาพที่ 3 และตารางที่ 9



ภาพที่ 3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของระดับเอนไซม์ในอาหารที่ระยะเวลา 0-25 วัน
หลังการเก็บรักษา

ตารางที่ 9 แสดงระดับเอนไซม์ในสุตรอาหารที่ 2, 3 และ 4 ตามระยะเวลาการเก็บอาหาร 0-25 วัน (การทดลองที่ 1)

ระดับของเอนไซม์ ที่เสริม (PU/กรัม) ^{2/}	ระยะเวลาในการเก็บอาหาร (วัน)						ค่า C.V.	ความแตกต่าง ทางสถิติ ^{1/}
	0	5	10	15	20	25		
สูตรควบคุม	70	72	75	60	65	50	12.99	NS
สูตรที่ 2 (330 PU)	410	410	415	400	400	395	3.05	NS
สูตรที่ 3 (670 PU)	750	755	745	748	740	742	1.48	NS
สูตรที่ 4 (1,000 PU)	1,050	1,050	1,055	1,040	1,045	1,040	1.16	NS

1/ NS = ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

2/ 1 PU = ปริมาณของเอนไซม์ที่เข้าไปปลดปล่อยฟอสเฟต 1 นาโนโมล (n mol) จากโซเดียมฟอสเฟต ในเวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิ 37°C pH = 5

4.1.1.2 ผลการเสริมเอนไซม์ฟอสเฟตต่อการเพิ่มการผลิตรายวันของสุตรอาหาร

ผลการทดลองการเสริมเอนไซม์ต่ออัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากอาหาร เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยใช้ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed/gain ratio, F/G) ปริมาณการกินได้ต่อวัน (daily feed intake, FI) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain, ADG) และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (protein efficiency ratio, PER) เป็นตัวเปรียบเทียบร่วมกับการใช้ค่าดัชนีการเปรียบเทียบแต่ละลักษณะ (relative index) ประกอบ ผลการทดลองดังแสดงไว้ในตารางที่ 10, 11 และภาพที่ 4, 5 และ 6

ตารางที่ 10 แสดงผลการเสริมเอ็นไซม์คอปประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากอาหารและสมรรถนะในการผลิต ในลูกสุกรหลังหย่านม (การทดลองที่ 1)

ข้อมูลทดสอบ	สูตรอาหาร ควบคุม	สูตรอาหารเสริมเอ็นไซม์			ค่า C.V.	ความ แตกต่าง ทางสถิติ ^{1/}
		330 PU	670 PU	1,000 PU		
น้ำหนักตัวเริ่มต้นการทดลอง, กิโลกรัม	6.54	6.54	5.88	6.23	10.63	NS
น้ำหนักตัวสิ้นสุดการทดลอง, กิโลกรัม	15.48	16.07	15.05	15.87	11.42	NS
ระยะเวลาทดลอง, วัน	33	33	33	33	-	-
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย, กรัม/ตัว/วัน	270.96	289.01	277.78	292.17	11.42	NS
ดัชนีการเปรียบเทียบ ^{2/}	100	106.66	102.52	107.83	-	
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ, กิโลกรัม	2.24	2.22	2.21	2.13	1.21	**L
ดัชนีการเปรียบเทียบ ^{2/}	100	99.11	98.66	95.09	-	
ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน, กรัม/ตัว	606.84	640.67	614.19	620.97	11.18	NS
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ^{2/}	2.59	2.61	2.63	2.74	1.21	**L
ดัชนีการเปรียบเทียบ ^{2/}	100	100.77	101.54	105.79	-	
ต้นทุนค่าอาหารค่อนน้ำหนักตัว, บาท/กิโลกรัม	14.07	14.94	15.95	16.30	1.21	**L
ดัชนีการเปรียบเทียบ ^{2/}	100	106.18	113.36	115.85	-	

1/ ดัชนีการเปรียบเทียบ (relative index) % = $\frac{\text{ข้อมูลจากอาหารทดลอง}}{\text{ข้อมูลจากอาหารควบคุม}} \times 100$

2/ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein efficiency ratio : PER)

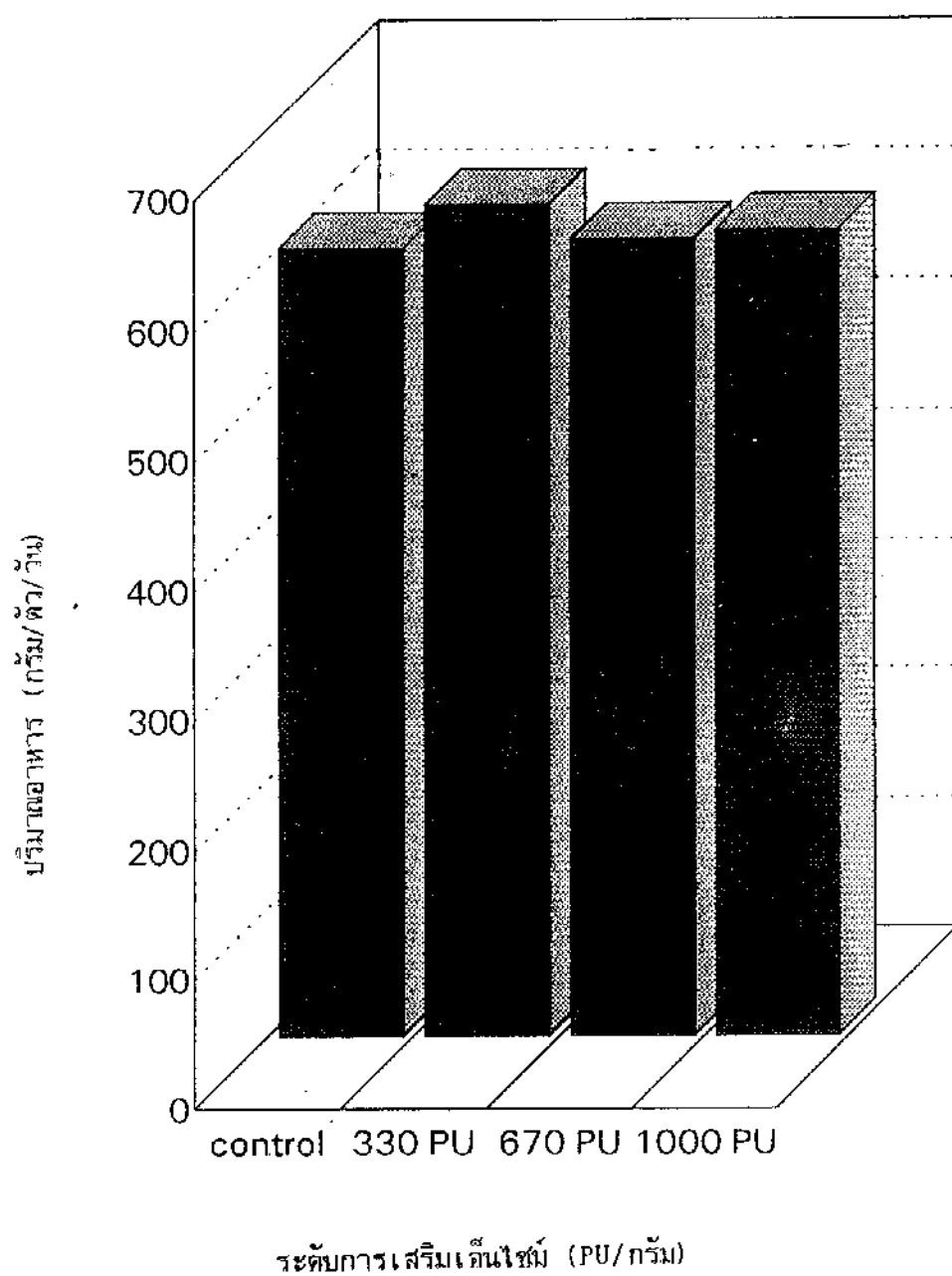
$$= \frac{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}{\text{ปริมาณโปรตีนที่กิน (กรัม)}}$$

3/ NS = ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

* = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$)

L = เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวเส้นตรง (linear relationship)



ภาพที่ 4 กราฟเปรียบเทียบผลของการเสริมเอ็นไซม์โพลีแซคคาไรด์ในอาหารลูกสุกรหลังหย่านม (อายุ 21-54 วัน) ต่อปริมาณอาหารที่กินได้เฉลี่ยต่อวัน

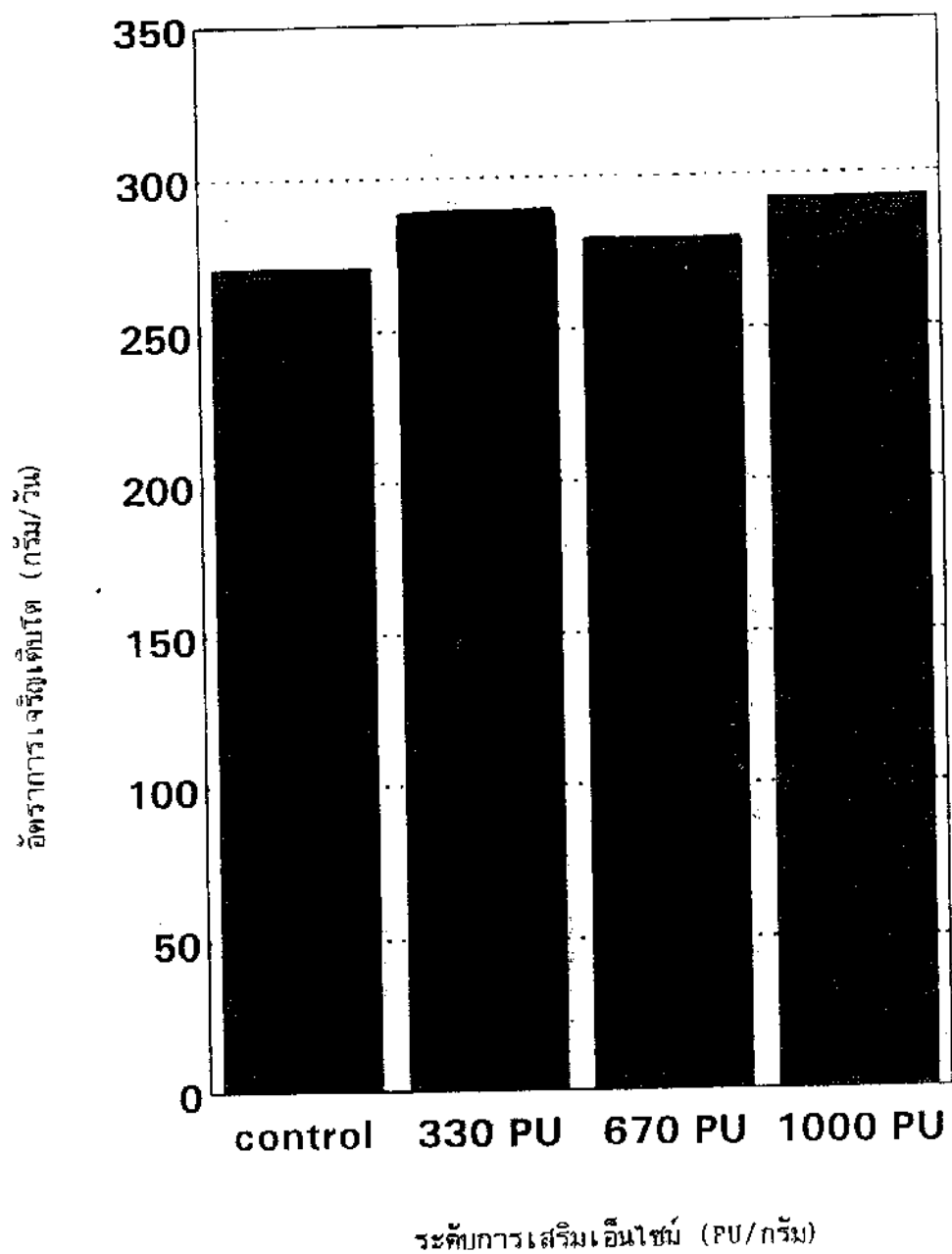
ตารางที่ 11 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อสัปดาห์ ในลูกสุกรหลังหย่านม
น้ำหนัก 5-15 กิโลกรัม (การทดลองที่ 1)

ข้อมูลทดสอบ	สูตรอาหาร	สูตรอาหารเสริมเอ็นไซม์			ค่า C.V.	ความแตกต่างทางสถิติ ^{1/}
	ควบคุม	330 PU	670 PU	1,000 PU		
น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง,						
กิโลกรัม	6.54	6.54	5.88	6.23	10.63	NS
น้ำหนักตัววันที่ 11, กิโลกรัม	7.58	7.65	6.95	7.21	10.57	NS
น้ำหนักตัววันที่ 17, กิโลกรัม	9.0	9.38	8.15	8.76	9.61	NS
น้ำหนักตัววันที่ 24, กิโลกรัม	12.16	12.28	11.32	11.31	9.12	NS
น้ำหนักตัววันที่ 33, กิโลกรัม	15.48	16.07	15.05	15.87	9.62	NS
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย,						
กรัม/วัน						
0-11 วัน (กรัม/วัน)	93.94	101.77	96.59	89.39	19.19	NS
12-17 วัน (กรัม/วัน)	237.50	287.25	200.62	258.33	23.44	*L
18-24 วัน (กรัม/วัน)	450.75	414.67	452.38	364.29	16.60	*L
25-33 วัน (กรัม/วัน)	369.45	421.30	414.82	506.48	14.57	*L
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย,						
กรัม/วัน	270.96	289.01	277.78	292.17	11.42	NS

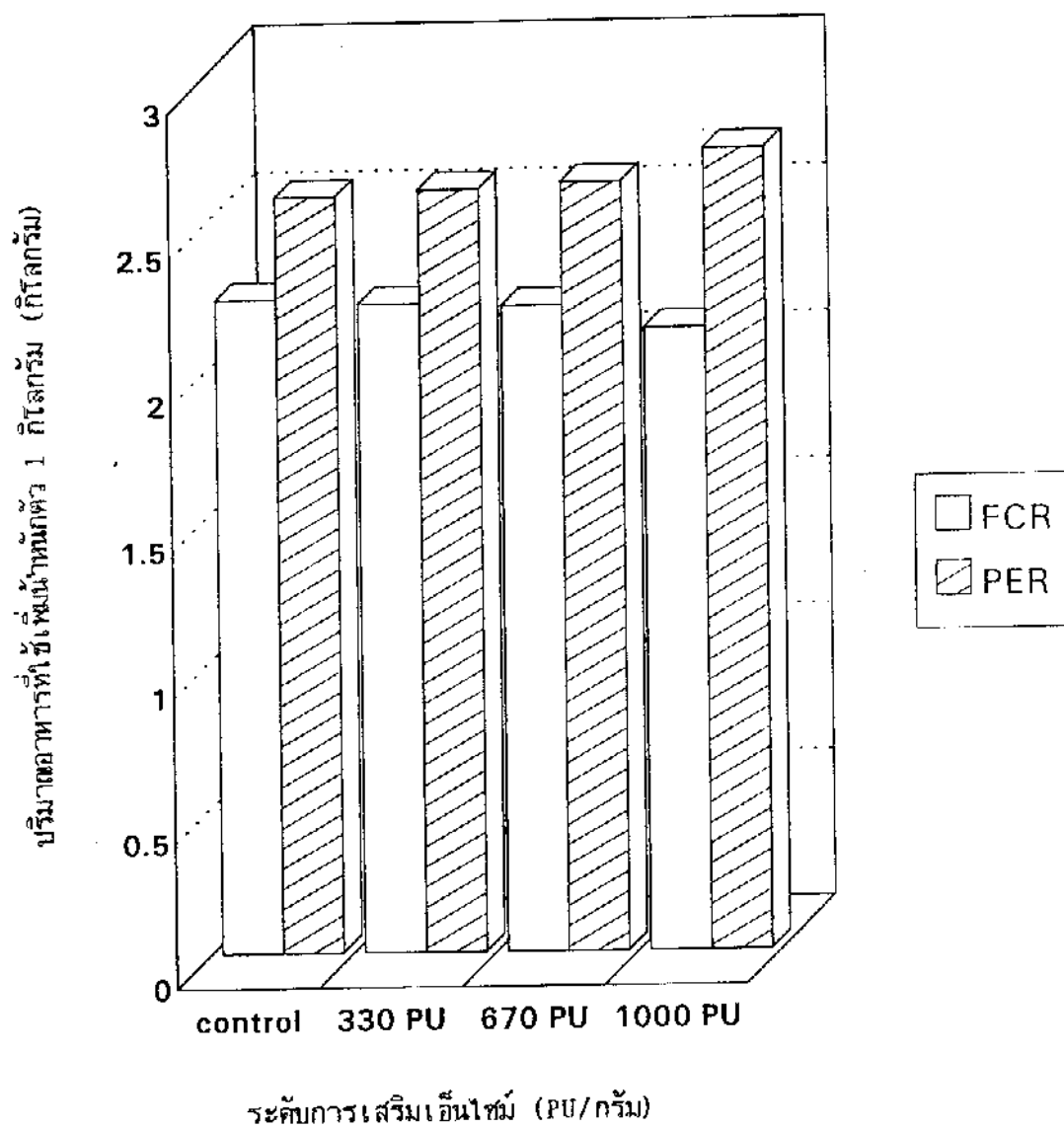
1/ NS = ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

* = ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

L = เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวเส้นตรง (linear relationship)



ภาพที่ 5 กราฟเปรียบเทียบผลของการเสริมไฟฟ้าในอาหารลูกสุกรหลังหย่านม (อายุ 21-54 วัน) ต่ออัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย

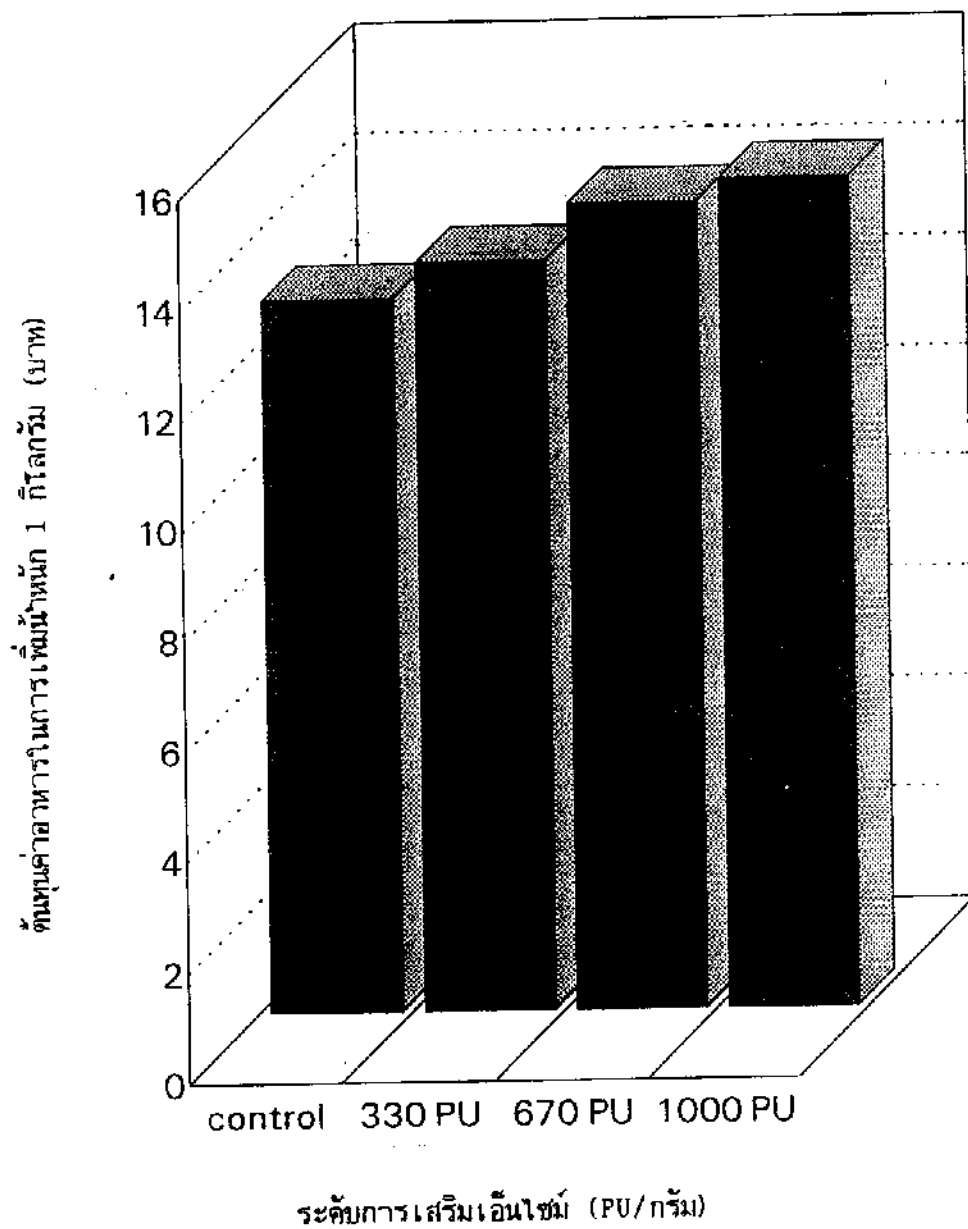


ภาพที่ 6 กราฟเปรียบเทียบผลของการเสริมเอ็นไซม์ในอาหารลูกสุกรหลังหย่านม (อายุ 21-54 วัน) ต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารและโปรตีน

จากการทดลองเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุม (T1) กลุ่มเสริมเอ็นไซม์ 330 PU (T2), 670 PU (T3) และ 1,000 PU (T4) พบว่าปริมาณการกินได้เฉลี่ยต่อวันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (606.84, 640.67, 614.19 และ 620.97 กรัมต่อวัน) เช่นเดียวกับอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ($P > 0.05$) (270.96, 289.01, 277.78 และ 292.17 กรัมต่อวัน) ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในลูกสุกรกลุ่ม T4 ให้ค่าที่ต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น ($P < 0.01$) คือ 2.24, 2.22, 2.21 และ 2.13 ในกลุ่ม T1, T2, T3 และ T4 ตามลำดับ คำนวณค่าดัชนีเปรียบเทียบการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 100, 99.11, 98.66 และ 95.09 เปอร์เซนต์ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน พบว่ากลุ่ม T1, T2 และ T3 ให้ค่าต่ำสุด ($P < 0.01$) ต่ำกว่ากลุ่ม T4 เปรียบเทียบในกลุ่มเสริมเอ็นไซม์ พบว่าเมื่อเพิ่มระดับการเสริมจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงขึ้น (2.59, 2.61, 2.63 และ 2.74) คำนวณค่าดัชนีการเปรียบเทียบเท่ากับ 100, 100.77, 101.54 และ 105.79 ตามลำดับ

4.1.1.3 ผลตอบแทนเชิงเศรษฐกิจ

จากตารางที่ 5 แสดงราคาอาหารต่อกิโลกรัมในสูตรควบคุม สูตรเสริมเอ็นไซม์ 330 PU, 670 PU และ 1,000 PU/กรัมอาหาร เท่ากับ 6.28, 6.74, 7.21 และ 7.67 บาท/กิโลกรัม ความแตกต่างของราคาอาหารมาจากราคาและปริมาณเอ็นไซม์ที่ผสมในอาหาร จากข้อมูลในตารางที่ 10 ซึ่งพบว่าต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (feed cost/gain) มีความแตกต่างกัน ($P < 0.01$) โดยกลุ่มควบคุมมีต้นทุนต่ำสุด และกลุ่มเสริม 1,000 PU จะมีต้นทุนค่าอาหารสูงที่สุด คือ 14.07, 14.94, 15.95 และ 16.30 บาท/กิโลกรัมตามลำดับ เมื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบในรูปค่าของดัชนี จะให้ค่าเท่ากับ 100, 106.18, 113.36 และ 115.85 ซึ่งจะเห็นว่าต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวลูกสุกรจะเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมเอ็นไซม์ที่สูงขึ้น



ภาพที่ 7 กราฟเปรียบเทียบผลของการเสริมเอ็นไซม์ไฟเตสในอาหารลูกสุกรหลังหย่านม (อายุ 21-54 วัน) ต่อต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

4.1.2 ผลการทดลองที่ 2

4.1.2.1 ผลการหมักและการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนและพลังงาน

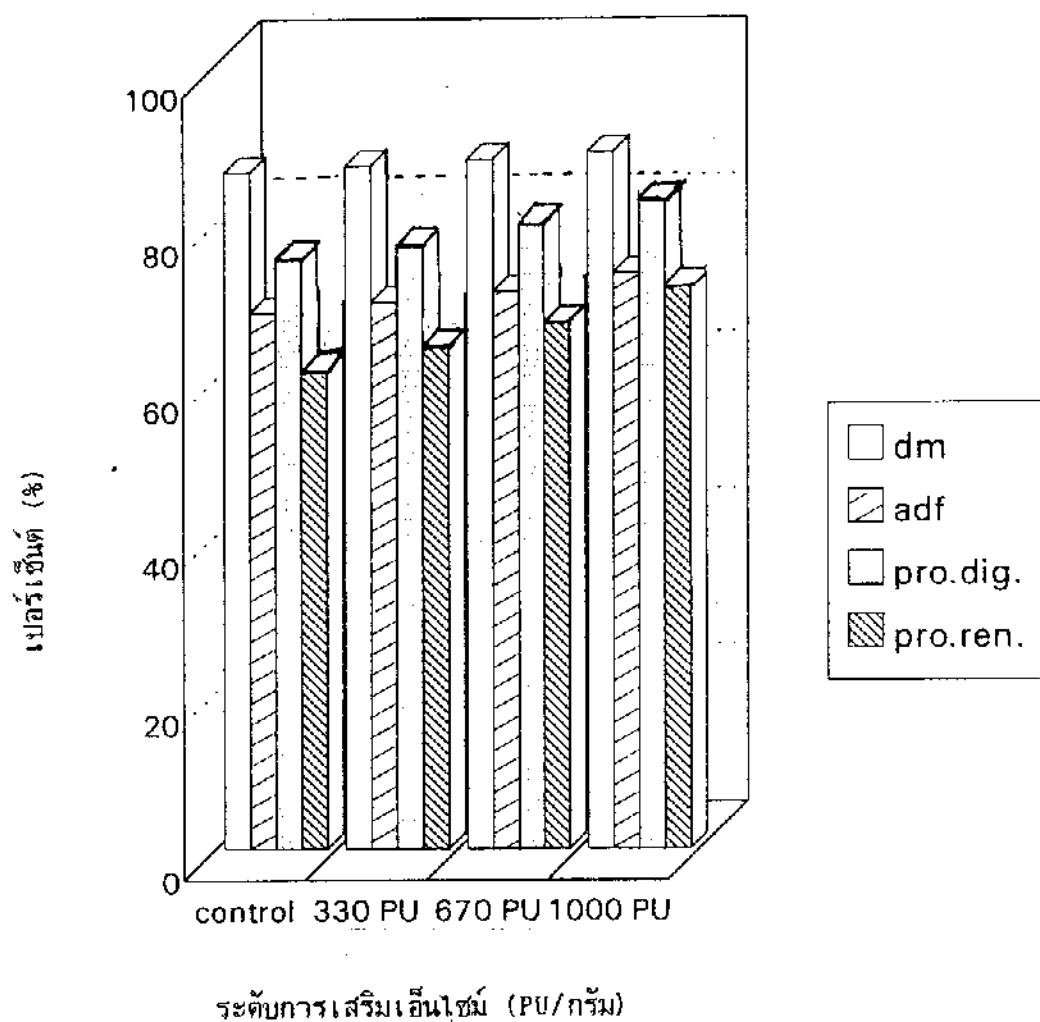
จากการทดลองหาการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีน พลังงาน และแร่ธาตุ เปรียบเทียบในอาหารควบคุม (T1) อาหารเสริมเอ็นไซม์ 330 PU (T2), 670 PU (T3) และ 1,000 PU/กรัมอาหาร (T4) โดยพิจารณาจากค่าการย่อยได้ของโปรตีน (protein digestibility) การเก็บกักของโปรตีนในร่างกายสัตว์ (protein retention) พลังงานที่สามารถย่อยได้ (digestible energy, DE) พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง (dry matter digestibility) และความสามารถในการย่อยสลายของเยื่อใยที่ไม่ละลายในกรด (acid detergent fiber digestibility, ADF) ทั้งค่าการย่อยสลายจริง และดัชนีเปรียบเทียบ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 12 พบว่าความสามารถในการย่อยสลายได้ของโปรตีนในกลุ่ม T1 ให้ค่าต่ำที่สุด และให้ค่าสูงสุดในกลุ่ม T4 ($P<0.05$) โดยให้ค่า 71.33, 72.58, 74.75 และ 75.74 เปอร์เซ็นต์ เรียงตามกลุ่ม T1, T2, T3 และ T4 ค่าดัชนีเปรียบเทียบเท่ากับ 100, 101.75, 104.79 และ 106.18 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์การเก็บกักของโปรตีนในร่างกาย พบว่ากลุ่ม T4 จะให้ค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น โดยในกลุ่ม T1 ให้ค่าต่ำสุด ($P<0.05$) (63.27, 64.35, 67.67 และ 69.33 เปอร์เซ็นต์) และให้ค่าดัชนีเปรียบเทียบเท่ากับ 100, 101.71, 106.95 และ 109.58 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ค่าพลังงานที่ย่อยได้ และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ พบว่าในกลุ่ม T1 ให้ค่าต่ำสุด กลุ่ม T2, T3 และ T4 ค่าจะเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมเอ็นไซม์ ($P<0.01$) มีค่าเท่ากับ 3.449, 3.534, 3.564, 3.549 กิโลแคลอรี/กรัม และ 3.413, 3.437, 3.444 และ 3.453 กิโลแคลอรี/กรัมตามลำดับ เมื่อนำค่าพลังงานทั้งหมดที่สัตว์ได้รับหักลบจากค่าพลังงานที่สูญเสียทางมูลและปัสสาวะ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์จากพลังงาน (coefficient of energy utilization) ในกลุ่ม T1,

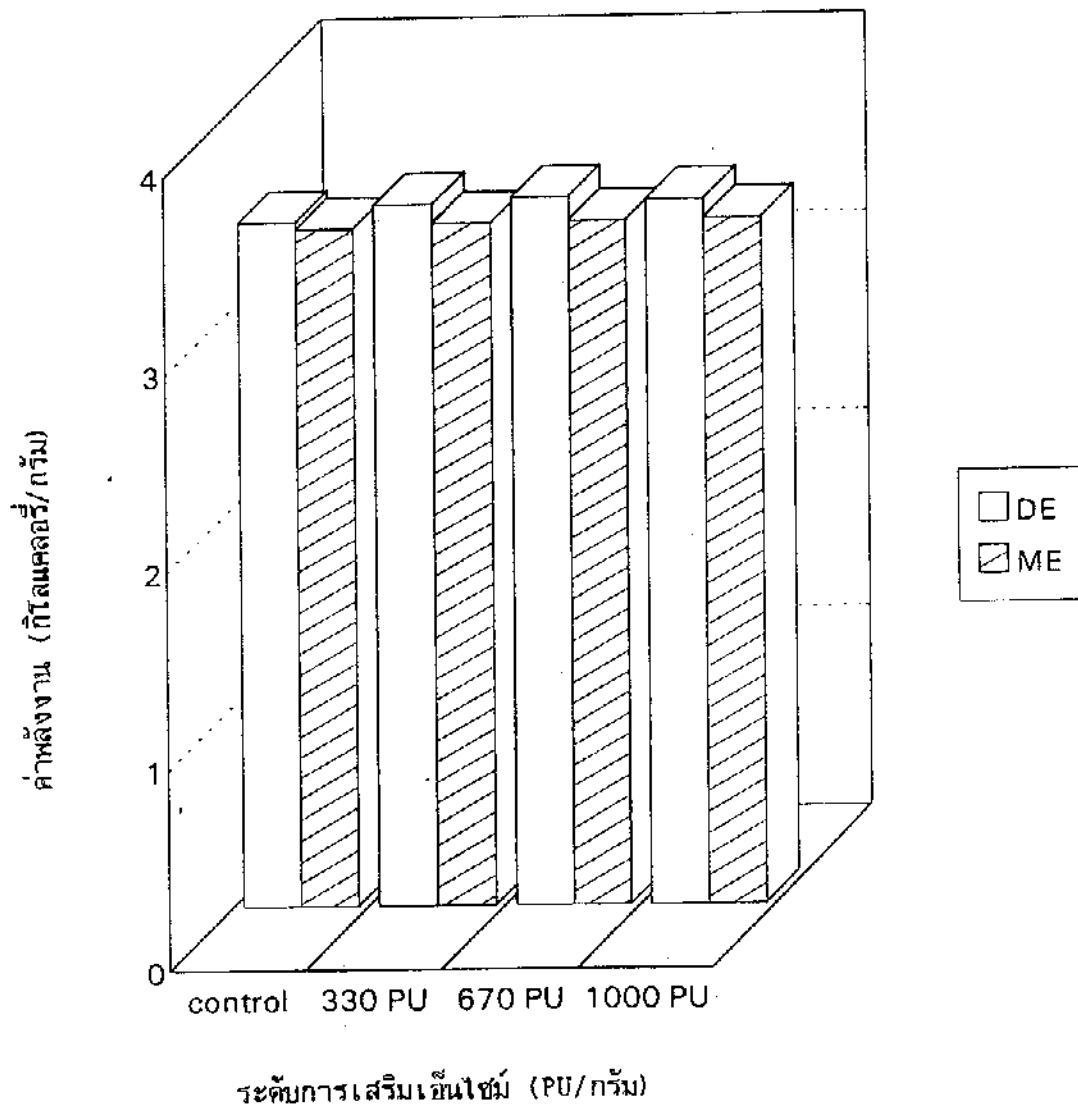
ตารางที่ 12 แสดงผลการเสริมเอ็นไขข้อการย่อยและการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนและพลังงานในลูกสุกร
หลังหย่านม ช่วงอายุ 4-8 สัปดาห์ (การทดลองที่ 2)

ข้อมูลทีทดสอบ	สูตร อาหาร ควบคุม	สูตรอาหารเสริมเอ็นไขข้อ			ค่า C.V.	ความ แตกต่าง ทางสถิติ ^{1/}
		330 PU	670 PU	1,000 PU		
การย่อยสลายโปรตีน ^{2/} , เปอร์เซ็นต์	71.33	72.58	74.75	75.74	4.09	**L
ดัชนีการเปรียบเทียบ	100	101.75	104.79	106.18	-	-
การเก็บกักโปรตีนในร่างกาย, เปอร์เซ็นต์ ^{2/}	63.27	64.35	67.67	69.33	4.91	**L
ดัชนีการเปรียบเทียบ	100	101.71	106.95	109.58	-	-
พลังงานที่ย่อยได้, กิโลแคลอรี/กรัม	3.45	3.53	3.56	3.55	2.26	**L
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้, กิโลแคลอรี/กรัม	3.41	3.44	3.44	3.45	2.32	**L
การใช้ประโยชน์จากพลังงาน (ME) เปอร์เซ็นต์ ^{2/}	88.61	88.65	89.12	89.37	-	-
การย่อยสลายวัตถุแห้ง, เปอร์เซ็นต์ ^{2/}	86.35	87.13	87.95	88.86	2.65	NS
การย่อยสลายเยื่อใย ADF, เปอร์เซ็นต์ ^{2/}	68.45	69.54	71.13	73.50	9.29	NS

- 1/
$$\frac{\text{ปริมาณโภชนาที่สัตว์ได้รับ} - \text{ปริมาณโภชนาในมูล}}{\text{ปริมาณโภชนาที่สัตว์ได้รับ}} \times 100$$
- 2/
$$\frac{\text{พลังงานทั้งหมดที่สัตว์ได้รับ} - \text{พลังงานทั้งหมดในมูล, บัสสาวะ}}{\text{พลังงานทั้งหมดที่สัตว์ได้รับ}} \times 100$$
- 3/
$$\frac{\text{ปริมาณโปรตีนทั้งหมดที่สัตว์ได้รับ} - \text{ปริมาณโปรตีนทั้งหมดในมูล, บัสสาวะ}}{\text{ปริมาณโปรตีนทั้งหมดที่สัตว์ได้รับ}} \times 100$$
- 4/ NS = ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)
 ** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.01$)
 L = เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวเส้นตรง (linear relationship)



ภาพที่ 8 กราฟแสดงผลของการเสริมเอ็นไซม์ไฟเตสในอาหารลูกสุกรหลังหย่านมต่อการ
ย่อยสลายของวัตถุแห้ง(DMD) เยื่อใย (ADF Dig.) โปรตีน (CP Dig.)
และการเก็บกักโปรตีนไว้ในร่างกาย (Prot. Ret.)



ภาพที่ 9 กราฟแสดงผลของการเสริมเอ็นไซม์โพแทสเซียมในอาหารลูกสุกรหลังหย่านมต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานที่น้อยและใช้ประโยชน์ได้

T2, T3 และ T4 มีค่าเท่ากับ 88.61, 88.65, 89.12 และ 89.37 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

การย่อยได้ของวัตถุดิบ และการย่อยได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในกรด เปรียบเทียบในสูตร 4 กลุ่ม พบว่าให้ค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) แม้ว่าจะเพิ่มระดับการเสริมเอ็นไซม์ก็ตาม ก็ไม่พบว่าการย่อยได้เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน คือ วัตถุดิบที่ย่อยได้มีค่าเท่ากับ 86.35, 87.13, 87.95 และ 88.86 เปอร์เซ็นต์ และการย่อยได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในกรดมีค่า 68.45, 69.54, 71.13 และ 73.50 เปอร์เซ็นต์สำหรับลูกสุกรในกลุ่ม T1, T2, T3 และ T4 (ตารางที่ 12)

4.1.2.2 ผลต่อการย่อยและการใช้ประโยชน์ของแร่ธาตุ

จากผลการทดสอบหาการย่อยและการใช้ประโยชน์ได้ของแร่ธาตุที่สำคัญคือ แคลเซียม ฟอสฟอรัส สังกะสี และเหล็ก แสดงค่าเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองในรูปของค่าการใช้ประโยชน์ได้ของฟอสฟอรัส (phosphorus availability) แคลเซียม (calcium availability) สังกะสี (zinc availability) และเหล็ก (iron availability) รวมทั้งค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ขับถ่ายทางมูลเฉลี่ยต่อวัน (phosphorus excretion) ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 13 พบว่าค่าการย่อยได้ของฟอสฟอรัสเมื่อเสริมด้วยเอ็นไซม์ที่ระดับต่างๆจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งตามการเพิ่มขึ้นของระดับการเสริมเอ็นไซม์ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าในลูกสุกรกลุ่มไม่ได้รับการเสริมเอ็นไซม์ ($P<0.01$) (54.07, 62.92, 65.95 และ 73.01 เปอร์เซ็นต์) สำหรับลูกสุกรในกลุ่ม T1, T2, T3 และ T4 ตามลำดับ เช่นเดียวกับการใช้ประโยชน์ได้ของธาตุสังกะสีและเหล็ก โดยค่าการใช้ประโยชน์ได้ของสังกะสีมีค่าเท่ากับ 25.21, 42.22, 37.27 และ 35.97 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) และเหล็ก 52.84, 61.23, 67.05 และ 68.79 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อระดับการเสริมเอ็นไซม์เพิ่มขึ้นตั้งแต่ 330 PU/กรัมอาหารขึ้นไป การใช้ประโยชน์ได้ของสังกะสีมีแนวโน้มลดลง ($P_{quad}<0.05$) ซึ่งแตกต่างจากค่าการใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียม ซึ่งจากการเสริมเอ็นไซม์ระดับต่างๆ

ไม่มีอิทธิพลทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียมเปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) คือ มีค่า 80.59, 84.18, 84.53 และ 84.97 เปอร์เซ็นต์

จากข้อมูลในตารางที่ 13 และ 14 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ขับถ่ายทางมูลเฉลี่ยต่อวันลดลงในกลุ่มลูกสุกรที่เสริมเอ็นโซม์เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มไม่เสริม ซึ่งจะลดลงตามปริมาณการเสริมของเอ็นโซม์ที่เพิ่มขึ้น ($P<0.01$) เท่ากับ 0.4324, 0.7137 และ 1.1640 กรัม/ตัว/วัน ($P<0.01$) เรียงตามกลุ่ม T2, T3 และ T4 ตามลำดับ คิดเป็น 17.31, 23.24 และ 33.28 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงว่าการใช้ประโยชน์ของฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นประมาณ 17-33 เปอร์เซ็นต์เมื่อเสริมด้วยเอ็นโซม์

4.1.3 ผลการทดลองที่ 3

การทดลองผลของการเสริมเอ็นโซม์ที่ระดับ 330 PU (T2), 670 PU (T3) และ 1,000 PU/กรัมอาหาร (T4) ต่อการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์ได้ของฟอสฟอรัสในไก่เนื้ออายุ 0-3 สัปดาห์ โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์เถ้าในกระดูก (tibia bone ash) เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในเถ้า และสมรรถนะการเจริญเติบโตเป็นตัวเปรียบเทียบพบว่ากลุ่ม T2, T3 มีค่าเปอร์เซ็นต์เถ้าในกระดูกต่ำกว่ากลุ่ม T1 ($P<0.01$) ในขณะที่กลุ่ม T4 จะมีเปอร์เซ็นต์เถ้าในกระดูกใกล้เคียงกับกลุ่ม T1 คือ 31.50, 26.70, 30.27 และ 32.35 เปอร์เซ็นต์ ค่าดัชนีเปรียบเทียบมีค่า 100, 83.96, 95.18 และ 101.72 เปอร์เซ็นต์ สำหรับไก่ในกลุ่ม T1, T2, T3 และ T4 ตามลำดับ เช่นเดียวกับค่าน้ำหนักกระดูกหลังสกัดไขมัน (fat-extracted bone) โดยให้ค่าความแตกต่างของน้ำหนักกระดูกในแต่ละกลุ่มในรูปแบบเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์เถ้าในกระดูกมีค่าเท่ากับ 1.20, 1.06, 1.22 และ 1.24 กรัม/ตัว ($P<0.01$) และพบว่า การเสริมเอ็นโซม์ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในเถ้าแตกต่างจากกลุ่ม T1 คือ มีค่าฟอสฟอรัสเท่ากับ 5.11, 5.01, 4.97 และ 5.43 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ค่าดัชนีการเปรียบเทียบเท่ากับ 100, 98.04, 97.32 และ 106.30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ผลการเสริมเอ็นโซม์ทำให้อัตราการเจริญเติบโต และปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมเอ็นโซม์ ($P<0.05$) แต่ค่าที่ได้ในกลุ่ม T4 ซึ่งให้ค่าสูงสุด ไม่มีความแตกต่างจากกลุ่ม T1 ค่าดังกล่าวไว้ในตารางที่ 15 และภาพที่ 12, 13

ตารางที่ 13 แสดงค่าการย่อยสลายและคุณค่าของแร่ธาตุในระบบย่อยอาหารของลูกสุกรอายุ 4-8 สัปดาห์ เมื่อได้รับการเสริมเอ็นไซม์ที่ระดับต่างๆ (การทดลองที่ 2)

ข้อมูลทดสอบ	สูตรอาหารควบคุม	สูตรอาหารเสริมเอ็นไซม์			ค่า C.V.	ความแตกต่างทางสถิติ ^{1/}
		330 PU	670 PU	1,000 PU		
การใช้ประโยชน์ได้ของฟอสฟอรัส, เปอร์เซ็นต์ ^{2/}	54.07	62.92	65.95	73.01	16.39	**L
การใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียม, เปอร์เซ็นต์ ^{2/}	80.59	84.18	84.53	84.97	4.64	NS
การใช้ประโยชน์ได้ของสังกะสี, เปอร์เซ็นต์ ^{2/}	25.21	42.22	37.27	35.97	33.01	*Q
การใช้ประโยชน์ได้ของเหล็ก, เปอร์เซ็นต์ ^{2/}	52.84	61.23	67.05	68.79	18.95	*L
ปริมาณฟอสฟอรัสที่กินเฉลี่ย, กรัม/วัน ^{3/}	6.2474	4.6005	5.6559	6.4422	-	-
ปริมาณฟอสฟอรัสที่ขับถ่ายทางมูล, กรัม/วัน ^{3/}	2.8550	1.6700	1.8710	1.7800	-	-
การลดลงของฟอสฟอรัสที่ขับถ่ายทางมูล, เปอร์เซ็นต์	-	17.31	23.24	33.28	-	-
การลดลงของปริมาณฟอสฟอรัสที่ขับถ่ายทางมูล, กรัม/วัน	-	0.4324	0.7137	1.1640	-	-

1/ * = ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

** = ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$)

NS = ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

L = เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยพิจารณาความสัมพันธ์ของปัจจัยในแนวเส้นตรง (linear)

Q = เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยพิจารณาความสัมพันธ์ของปัจจัยในแนวเส้นโค้ง (quadratic)

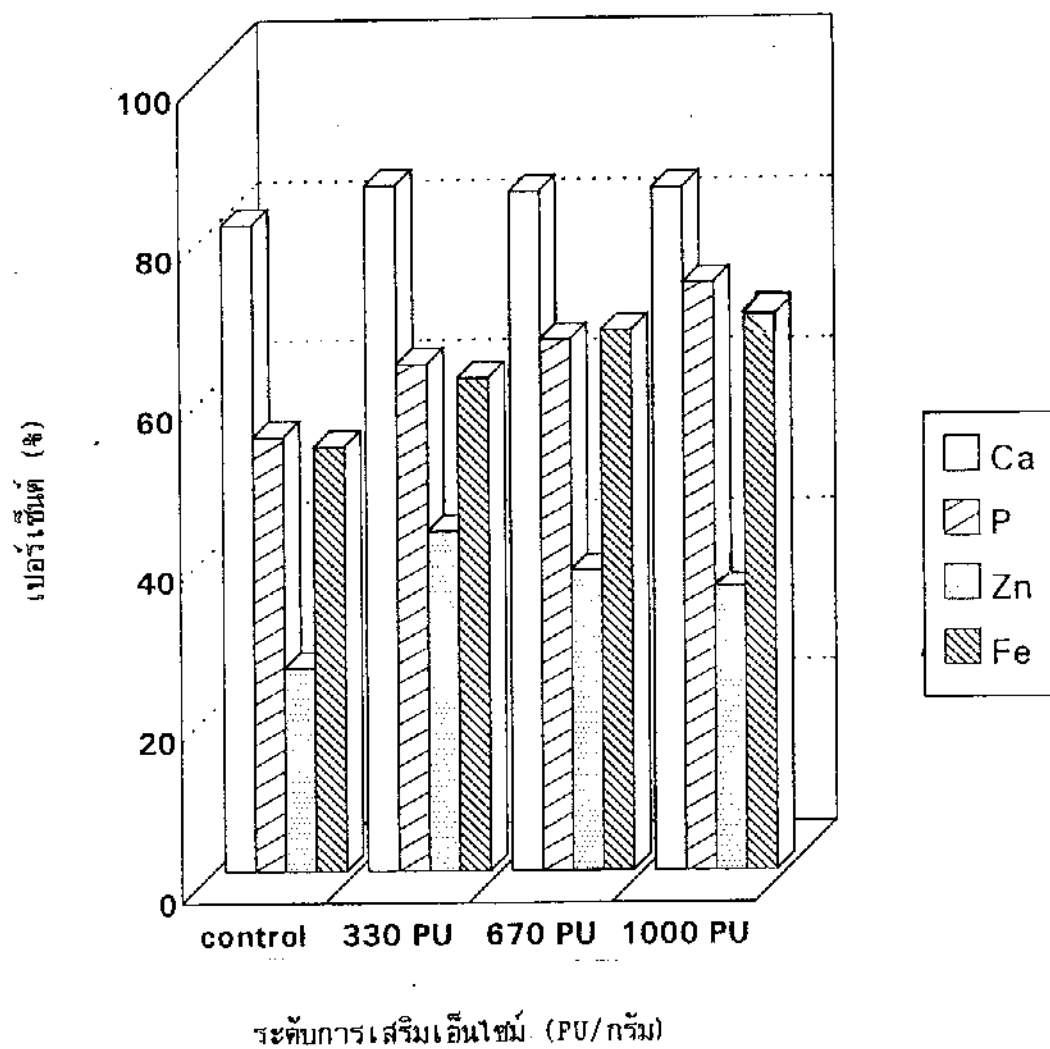
$$2/ \text{ การใช้ประโยชน์ได้ของแร่ธาตุ, \%} = \frac{\text{ปริมาณแร่ธาตุที่สัตว์ได้รับ} - \text{ปริมาณแร่ธาตุในมูล}}{\text{ปริมาณแร่ธาตุที่สัตว์ได้รับ}} \times 100$$

$$3/ \text{ ปริมาณฟอสฟอรัสในอาหารหรือมูล} = \frac{\text{เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสที่หาจากการวิเคราะห์ในอาหารหรือมูล} \times \text{น้ำหนักอาหารหรือมูลทั้งหมดที่กินใน 1 วัน}}{100}$$

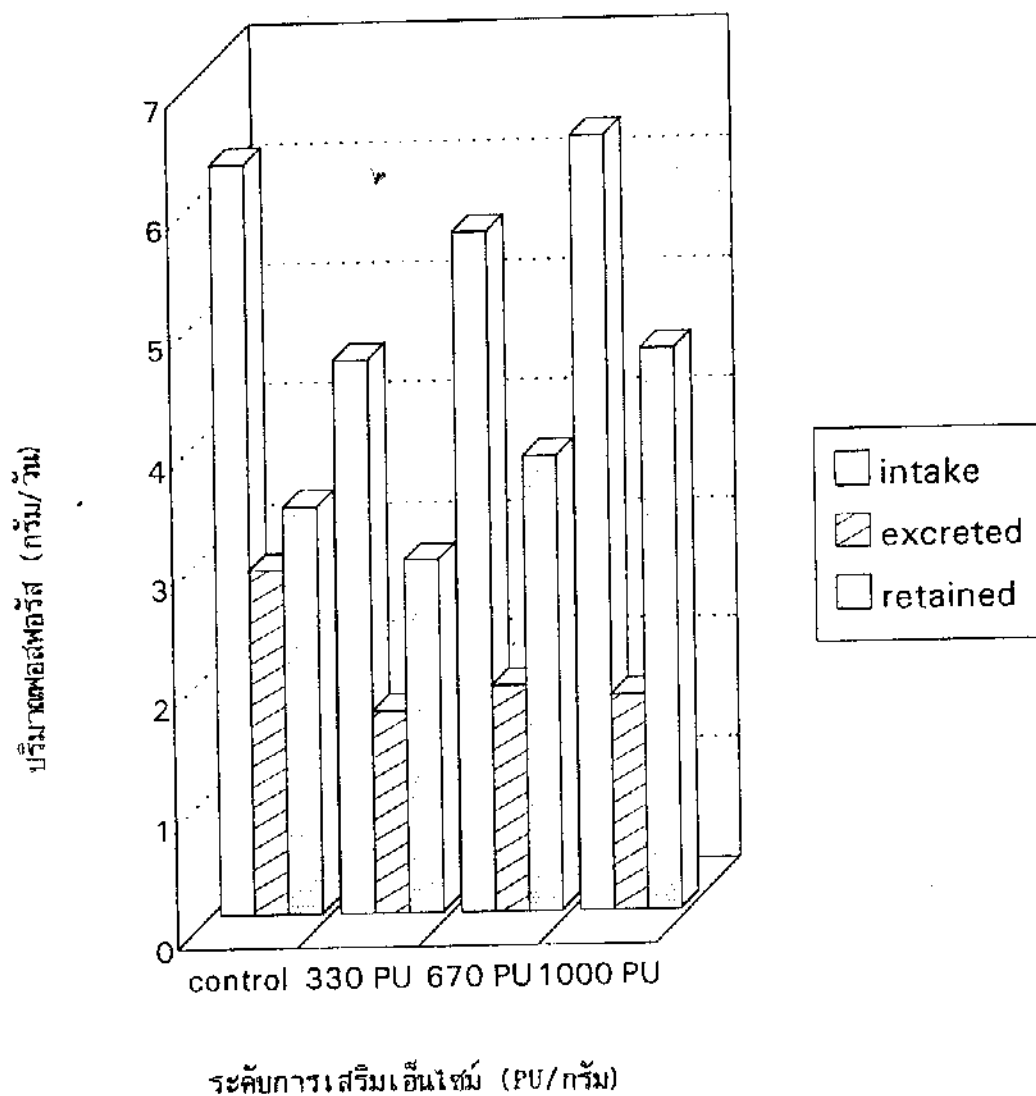
ตารางที่ 14 แสดงปริมาณใช้พื้นที่ พลังงาน และค่าใช้จ่าย ที่ถูกส่งได้รับ และการสูญเสียโดยพื้นที่ต่างในครัวเรือน (การทดลองที่ 2)

ข้อมูลการทดลอง	ใช้พื้นที่ (กิโลวัตต์/วัน)		พลังงาน (กิโลวัตต์/วัน)		การสูญเสีย (กิโลวัตต์/วัน)		ใช้พื้นที่ (กิโลวัตต์/วัน)		การสูญเสีย (กิโลวัตต์/วัน)	
	ได้รับ	สูญเสีย	ได้รับ	สูญเสีย	ได้รับ	สูญเสีย	ได้รับ	สูญเสีย	ได้รับ	สูญเสีย
ผลการคำนวณ	106.07	32.76	2700.30	370.70	4.50	0.87	6.25	2.86	0.13	0.10
ปริมาณที่ใช้ประโยชน์ได้	(73.31)		(2329.60)		(3.63)		(3.39)		(0.03)	
สูญเสียรวมเมื่อใช้ 330 PU	104.34	30.60	2589.60	353.70	4.44	0.65	4.60	1.67	0.11	0.07
ปริมาณที่ใช้ประโยชน์ได้	(73.74)		(2235.90)		(3.79)		(2.93)		(0.05)	
สูญเสียรวมเมื่อใช้ 670 PU	112.25	30.69	2807.30	360.80	4.90	0.76	5.66	1.87	0.12	0.08
ปริมาณที่ใช้ประโยชน์ได้	(81.56)		(2438.50)		(4.14)		(3.70)		(0.05)	
สูญเสียรวมเมื่อใช้ 1000 PU	117.17	28.86	2730.30	357.50	4.90	0.74	6.44	1.78	0.13	0.08
ปริมาณที่ใช้ประโยชน์ได้	(88.30)		(2380.90)		(4.17)		(4.66)		(0.05)	

1/ ค่าปริมาณใช้ประโยชน์ได้ใช้ประโยชน์ = ปริมาณใช้ประโยชน์เมื่อใช้พื้นที่ - ปริมาณใช้ประโยชน์เมื่อใช้พื้นที่ - ปริมาณใช้ประโยชน์เมื่อใช้พื้นที่



ภาพที่ 10 กราฟแสดงผลของการเสริมเอ็นไซม์ไฟเตสในอาหารลูกสุกรหลังหย่านมต่อการ
ใช้ประโยชน์ของฟอสฟอรัส แคลเซียม สังกะสี และเหล็ก



ภาพที่ 11 กราฟแสดงผลของการเสริมเอ็นไซม์ไฟเตสในอาหารลูกสุกรหลังหย่านมต่อปริมาณพอสฟอรัสที่ลูกสุกรได้รับจากอาหารและขับถ่ายออกทางมูลเฉลี่ย/วัน

ตารางที่ 15 ผลของการเสริมเอ็นไซม์โพแทสเซียมในอาหารไก่เนื้อ (0-3 สัปดาห์) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและฟอสฟอรัสในกระดูกหน้าแข้ง

ข้อมูลทดสอบ	สูตรอาหาร ควบคุม	สูตรอาหารเสริมเอ็นไซม์			ค่า C.V.	ความแตกต่างทางสถิติ ^{2/}
		330 PU	670 PU	1,000 PU		
น้ำหนักเริ่มต้น, กรัม/ตัว	38.67	39.67	39.00	40.00	-	-
น้ำหนักตัวเฉลี่ยเมื่ออายุ 21 วัน, กรัม/ตัว	620.00	499.20	585.10	649.60	-	-
ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน, กรัม/ตัว	48.07	37.38	43.56	49.43	1.85	**L
การเจริญเติบโตเฉลี่ย, กรัม/ตัว/วัน	27.68	21.84	26.02	29.02	3.51	**L
อัตราการแลกเนื้อ	1.73	1.71	1.67	1.70	2.18	NS
น้ำหนักกระดูก Tibia เฉลี่ย, กรัม/ตัว	1.20	1.06	1.22	1.24	8.75	**L
เถ้าในกระดูก, เปอร์เซนต์ ^{1/}	31.50	26.70	30.27	32.35	5.93	**L
ดัชนีเปรียบเทียบ	100.00	83.96	95.18	101.72	-	-
ฟอสฟอรัสในเถ้า, เปอร์เซนต์	5.11	5.01	4.97	5.43	8.52	NS
ดัชนีเปรียบเทียบ	100.00	98.04	97.32	106.30	-	-

น้ำหนักกระดูกสกัดไขมันหลังเผา (เถ้า)

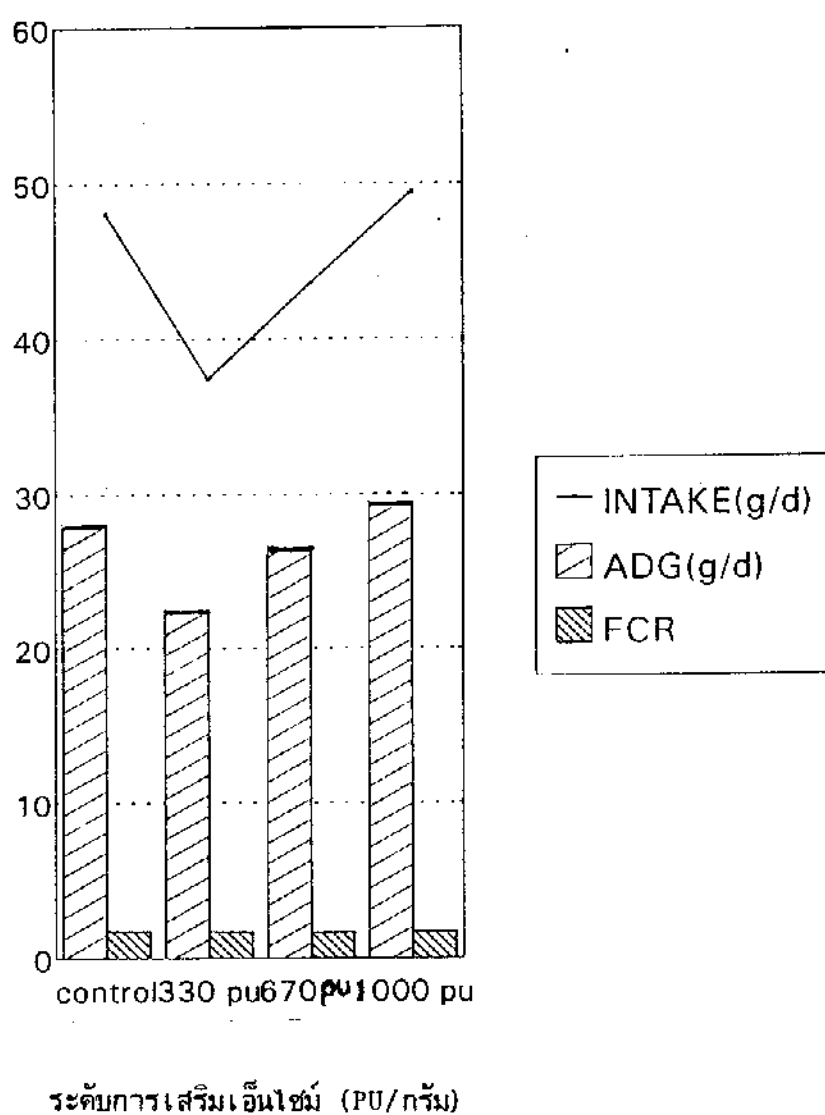
$$1/ \text{เปอร์เซนต์เถ้าในกระดูก, \%} = \frac{\text{น้ำหนักกระดูกสกัดไขมันหลังเผา (เถ้า)}}{\text{น้ำหนักกระดูกสกัดไขมันก่อนเผา}} \times 100$$

(as dry basis)

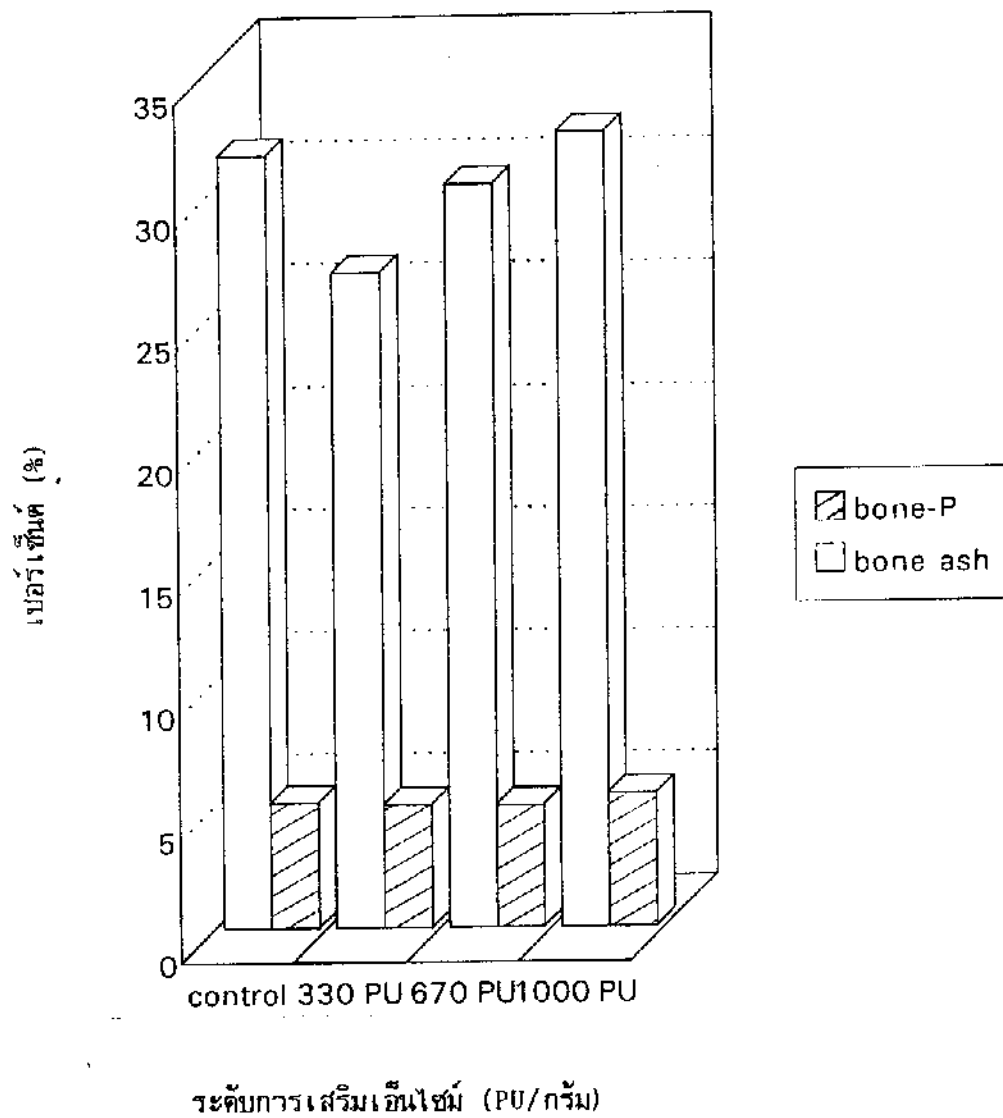
2/ NS = ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.01$)

L = เปรียบเทียบความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยในรูปเส้นตรง (linear)



ภาพที่ 12 กราฟแสดงผลของการเสริมเอ็นไซม์ไฟเตสในอาหารไก่เนื้อ (0-3 สัปดาห์)
ต่อการกินได้ (intake) อัตราการเจริญเติบโต (ADG) และอัตราการแลก
เนื้อ (FCR)



ภาพที่ 13 กราฟแสดงปริมาณเอ็นไซม์กระดูกและฟอสฟอรัสในไก่เนื้อที่ได้รับอาหาร เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มเสริมและไม่เสริมเอ็นไซม์

4.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

4.2.1 ผลการทดลองความคงตัวและสมรรถภาพ(potency) ของเอ็นไซม์ในอาหาร

ผลการทดลองหาระดับของเอ็นไซม์ที่เสริมในอาหารในสูตรเสริมเอ็นไซม์ 330 PU, 670 PU และ 1,000 PU จากตารางที่ 9 และภาพที่ 3 พบว่าระดับของเอ็นไซม์เมื่อเริ่มต้นการทดลองมีระดับใกล้เคียงกับระดับเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ($P > 0.05$) ซึ่งแสดงว่าเอ็นไซม์มีความคงตัวสูงและสมรรถภาพอยู่ในระดับสูง การเก็บรักษาเอ็นไซม์ในสภาพอุณหภูมิและความชื้นปกติในอาหารนาน 25 วัน ไม่ทำให้สมรรถภาพของเอ็นไซม์ลดลง จึงไม่มีปัญหาในการนำมาใช้เสริมในอาหารสุกร และเนื่องจากคุณสมบัติของเอ็นไซม์มีความเหมาะสม คือ สามารถทนความร้อนได้ถึง 60°C ทนสภาพการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดได้ดี (pH ที่เหมาะสมเท่ากับ 3.5-6.5) และเมื่อเอ็นไซม์ถูกเก็บรักษาไว้ในที่อุณหภูมิ $5-10^{\circ}\text{C}$ สภาพความชื้นต่ำจะสามารถรักษาประสิทธิภาพของเอ็นไซม์ให้คงที่ได้ยาวนานอย่างน้อย 6 เดือน (Simell et al., 1989) อย่างไรก็ตามแม้ว่าการทดสอบความคงตัวของเอ็นไซม์ ในสภาพอากาศและฤดูกาลต่างๆในประเทศไทยยังไม่มีรายงานก็ตาม แต่จากการทดลองในหลายภูมิภาคของโลกโดยใช้เอ็นไซม์ไฟเนส (Finase-FP 500) จากเชื้อรา *Aspergillus niger* เช่นเดียวกับที่ใช้ในการทดลองนี้ ก็ยังไม่มีรายงานถึงข้อเสียในเรื่องความคงตัวและสมรรถภาพของเอ็นไซม์ต่อการใช้ผสมในอาหารสุกร เช่น การทดลองในประเทศแคนาดา (Young et al., 1993) ภาคใต้ของสหรัฐอเมริกา (Cromwell et al., 1993) ภาคเหนือของสหรัฐอเมริกา (Lei et al., 1992a, 1992b) ประเทศเนเธอร์แลนด์ (Beers and Jongbloed, 1992) และฟินแลนด์ (Simell et al., 1989) เป็นต้น

อนึ่ง ระดับของเอ็นไซม์ที่พบในอาหารจากการทดสอบสูตรอาหารควบคุม พบว่ามีเอ็นไซม์อยู่ในระดับต่ำ (< 75 PU/กรัม) ไม่เพียงพอต่อการให้ประโยชน์จากกรดไขมันในอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับค่าที่รายงานโดย Jongbloed และคณะ (1992) ซึ่งทดสอบในสูตรอาหารลูกสุกรที่ประกอบจากข้าวโพดและกากถั่วเหลืองเป็นหลัก และพบว่ามีเอ็นไซม์อยู่ปริมาณต่ำกว่า 50 PU/กรัม ใกล้เคียงกับเอ็นไซม์ในลาไส้เล็ก (< 50 PU/กรัม)

4.2.2 ผลของการเสริมเอ็นไซม์โพแทสเซียมต่อการผลิตในลูกสุกรหลังหย่านม

จากผลการทดลองพบว่า การเสริมเอ็นไซม์ไม่ทำให้ลูกสุกรหลังหย่านมกินอาหารได้เพิ่มขึ้น ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มไม่เสริมเอ็นไซม์ รวมทั้งไม่ทำให้อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ภาพที่ 4, 5 และ 6) แต่จะทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากโปรตีนเพิ่มขึ้น ($P<0.01$) โดยเฉพาะที่ระดับการเสริม 1,000 PU/กรัม จะให้ค่าที่ดีที่สุด (ภาพที่ 6) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตกับมาตรฐานของ NRC (1988) พบว่ามาตรฐานของ NRC มีค่าสูงกว่าอัตราการเจริญเติบโตที่ได้จากการทดลองที่ 1 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระดับโปรตีนในอาหารที่ใช้ทดลองต่ำกว่าค่าที่แนะนำของ NRC จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้อัตราการเจริญเติบโตได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (ตารางผนวกที่ 4) ส่วนอัตราการแลกเนื้อ คัดขึ้นเปรียบเทียบในตารางที่ 10 ซึ่งให้เห็นว่าการเสริมเอ็นไซม์สามารถลดอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อได้ประมาณ 0.89-4.91 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารนี้จะเพิ่มขึ้นตามระดับการเพิ่มของเอ็นไซม์ในอาหาร และรวมทั้งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากโปรตีนให้ดีขึ้น 0.77-5.79 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.01$)

ผลที่ลดอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในลูกสุกรกลุ่มเสริมเอ็นไซม์ 1,000 PU/กรัม เกิดจากปริมาณการกินได้ต่ำกว่ากลุ่มอื่นในขณะที่อัตราการเจริญเติบโตสูงกว่า ($P>0.05$) มีผลทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อลดลง ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Young และคณะ (1993) ซึ่งพบว่า การเสริมเอ็นไซม์ที่ระดับ 0, 500 และ 1,000 PU/กรัม ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ของสุกรอายุ 5-8 สัปดาห์ (860, 850 และ 890 กรัม/วัน) รวมทั้งไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต (530, 520 และ 540 กรัม/วัน) เช่นเดียวกับการทดลองของ Crowell และคณะ (1993) ในสุกรรุ่นเมื่อเสริมด้วยเอ็นไซม์ระดับ 250, 500 และ 1,000 PU/กรัม ปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) แต่อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีขึ้น ($P<0.05$)

อย่างไรก็ตามผลการทดลองยังกับการศึกษาของ Lei และคณะ (1992a) ซึ่งพบว่า การเสริมเอ็นไซม์ระดับ 1,350 PU/กรัม ลูกสุกรจะกินอาหารได้เพิ่มขึ้นจาก 889.6

เป็น 1,307.4 กรัม/วัน ($P < 0.01$) รวมทั้งเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต (จาก 401 เป็น 620.7 กรัม/วัน) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (G/F) (จาก 0.45 เป็น 0.48) ($P < 0.01$) ในทำนองเดียวกัน Lei และคณะ (1992b) และ Simons และ Versteegh (1990) รายงานสอดคล้องกันว่าการเสริมเอ็นไซม์มีผลทำให้ปริมาณการกินได้และอัตราการเจริญเติบโต รวมทั้งอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ในสุกรหลังหย่านม และสุกรรุ่นคืบขึ้น

จากการทดลองในครั้งนั้นพบว่า ระดับการเสริมเอ็นไซม์โฟสเฟสที่เหมาะสมในลูกสุกรหลังหย่านมอยู่ที่ระดับ 1,000 PU/กรัม ซึ่งเป็นระดับการเสริมโฟสเฟสที่ให้ค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ Simons และ Versteegh (1990) ข้างต้นซึ่งใช้ระดับการเสริมที่ 1,000 PU/กรัมในสุกรรุ่น สอดคล้องกับรายงานของ Cromwell และคณะ (1993) พบว่าระดับการเสริมเอ็นไซม์ที่ 1,000 PU/กรัม ลูกสุกรมีสมรรถภาพการผลิตที่ดีที่สุด และจากการทดลองหากระดับการเสริมที่เหมาะสมในลูกสุกรหลังหย่านมของ Lei และคณะ (1992d) ก็พบว่าระดับที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1,084-1,186 PU/กรัม โดยทดลองจากการเสริมระดับ 750, 1,050, 1,250 และ 1,350 PU/กรัมของอาหาร

4.2.3 ผลตอบแทนเชิงเศรษฐกิจ

หากพิจารณาจากต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม พบว่าการเสริมเอ็นไซม์จะทำให้ต้นทุนในการเพิ่มน้ำหนักตัวลูกสุกรสูงขึ้น ($P < 0.01$) (ภาพที่ 7) ตามสัดส่วนการเพิ่มระดับเอ็นไซม์ที่เสริมในอาหาร โดยมีค่าดัชนีเท่ากับ 100, 106.18, 113.36 และ 115.85 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการใช้เอ็นไซม์ที่ระดับ 330, 670 และ 1,000 PU/กรัม มีผลทำให้เพิ่มต้นทุนค่าอาหารประมาณ 6.18-15.85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถ้าพิจารณาในแง่ของผลตอบแทนแล้วยังไม่คุ้มค่าต่อการนำเอ็นไซม์มาใช้ ยกเว้นจะนำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่น เช่น การลดการสะสมของฟอสฟอรัสในคินและน้ำ อันเกิดจากการขับถ่ายของสุกร ซึ่งทำให้แหล่งน้ำที่ใช้ในการอุปโภคบริโภค การเพาะปลูก รวมถึงการใช้ที่ดินในทางเกษตรกรรมอื่นจะได้รับผลกระทบ หรือในการใช้แหล่งของฟอสฟอรัสที่ใช้เสริมในอาหารมีราคาแพงขึ้น เป็นต้น

4.2.4 ผลของการเสริมเอ็นโซมโฟเตสต่อการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ของโปรตีน พลังงาน และแร่ธาตุ ในสุกรหลังหย่านม

จากตารางที่ 12, 13 และ 14 และภาพที่ 8 และ 9 พบว่าเมื่อเสริมเอ็นโซมในอาหารลูกสุกรหลังหย่านม การใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนเพิ่มขึ้น เนื่องจากการย่อยสลายของโปรตีนเพิ่มขึ้น (1.75-6.18 เปอร์เซ็นต์) และการเก็บกักของโปรตีนในร่างกายนี้น้ำหนักตัวสูงขึ้น 1.71-9.58 เปอร์เซ็นต์ (เพิ่มจาก 63.27 เป็น 64.35, 67.67 และ 69.33 เปอร์เซ็นต์) ($P < 0.05$) การที่เอ็นโซมโฟเตสเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีน เป็นผลเนื่องจากโปรตีนที่จับอยู่กับกรดไขมันถูกปลดปล่อยเป็นอิสระเมื่อกรดไขมันถูกย่อยสลาย และโปรตีนจะถูกย่อยโดยน้ำย่อยของตัวสัตว์ และน้ำย่อยโปรตีนส่วนหนึ่งจากเอ็นโซมที่เสริมในอาหาร ทำให้เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของโปรตีนและการดูดซึมของโปรตีนเพิ่มขึ้น (Simell et al., 1989) และในแง่ของการใช้ประโยชน์จากพลังงานนั้น พบว่าค่าของพลังงานที่ย่อยสลายได้และค่าของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้รวมทั้งค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากพลังงานเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริม ($P < 0.01$) (ภาพที่ 9) ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากปริมาณของเยื่อใยหรือแป้งที่จับอยู่กับกรดไขมันซึ่งเป็นแหล่งของพลังงานส่วนหนึ่งที่ปกติสัตว์จะไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ เมื่อกรดไขมันถูกย่อยสลายโดยเอ็นโซมโฟเตส เยื่อใยหรือส่วนของแป้งที่จับอยู่กับกรดไขมันจะเป็นอิสระและถูกย่อยสลายโดยน้ำย่อยในตัวสัตว์ และน้ำย่อยคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ในเอ็นโซม จึงทำให้ค่าการย่อยได้ของพลังงานในอาหารเพิ่มขึ้น และไม่มีผลทำให้ค่าการใช้ประโยชน์ได้จากพลังงานเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมเอ็นโซม แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการย่อยสลายได้ของวัตถุดิบทั้งและเยื่อใยจากค่าในกลุ่มที่เสริมเอ็นโซมเปรียบเทียบกับค่าในกลุ่มควบคุม พบว่าค่าการย่อยสลายได้ของวัตถุดิบทั้งและเยื่อใยไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่มีแนวโน้มจะถูกย่อยสลายได้มากขึ้นเมื่อเสริมเอ็นโซม เช่นเดียวกับผลการทดลองของ Simons และ Versteegh (1990) พบว่าการเสริมเอ็นโซม 1,000 PU/กรัม ไม่ทำให้การย่อยได้ของวัตถุดิบทั้งเพิ่มขึ้น (85.0 เปรียบเทียบกับ 85.2 เปอร์เซ็นต์) ($P > 0.05$) รวมทั้งการศึกษาของ Jongbloed และคณะ (1992) ที่พบว่าการเสริมเอ็นโซม 1,500 PU/กรัมในสุกรสาว

ไม่ทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งในแต่ละส่วนของระบบการย่อยหรือการย่อยได้ของวัตถุแห้งรวมทั้งระบบเพิ่มขึ้น ($P > 0.05$) คือ กลุ่มเสริมให้ค่าการย่อยวัตถุแห้ง 84.1 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มไม่เสริมมีค่าเท่ากับ 83.9 เปอร์เซ็นต์

ผลการเสริมเอ็นไซม์ต่อการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก และสังกะสี พบว่าการเสริมเอ็นไซม์ระดับ 330, 670 และ 1,000 PU/กรัม ทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นจาก 54.07 เป็น 62.92 ถึง 73.01 เปอร์เซ็นต์ หรือคิดเป็นสัดส่วนของฟอสฟอรัสที่ขับถ่ายทางมูลลดลง 17.31-33.28 เปอร์เซ็นต์ หรือเท่ากับ 0.4324-1.1640 กรัม/ตัว/วัน (ตารางที่ 13 และภาพที่ 11) ผลดังกล่าวนี้เกิดจากเอ็นไซม์เข้าไปย่อยสลายกรดไขมันเพื่อปลดปล่อยฟอสเฟต ทำให้ฟอสเฟตถูกดูดซึมได้เพิ่มขึ้น และมีผลโดยตรงทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ขับถ่ายทางมูลลดลง อย่างไรก็ตามการดูดซึมและการใช้ประโยชน์ของฟอสฟอรัสก็ยังเกี่ยวข้องกับระดับของแคลเซียมและวิตามินดี (Scott et al., 1982) ซึ่งถ้ามีระดับของฟอสฟอรัสอยู่สูงจะมีผลไปยังการใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียม ในทางกลับกันถ้ามีปริมาณแคลเซียมอยู่สูง การใช้ประโยชน์ได้ของฟอสฟอรัสก็จะต่ำเช่นกัน ซึ่งความสัมพันธ์ของแคลเซียมยังถูกควบคุมด้วยฮอร์โมนที่ผลิตจากต่อมไทรอยด์ พาราไทรอยด์ และไต อีกด้วย

ผลจากการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับค่าที่รายงานของ Simons และ Versteegh (1990) ที่ได้รายงานไว้ว่า การเสริมเอ็นไซม์ระดับ 1,000 PU/กรัม ในสุกรน้ำหนัก 35-70 กิโลกรัม ทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น 24 เปอร์เซ็นต์ การขับถ่ายของฟอสฟอรัสทางมูลลดลง 7.4 กรัม/มูลแห้ง 1 กิโลกรัม และยังทำให้ระดับฟอสฟอรัสในพลาสมาเพิ่มสูงขึ้น (Lei et al., 1992a, 1992b) และการศึกษาของ Mroz และคณะ (1992) พบว่าการเสริมฟอสเฟตที่ระดับ 800 PTU/กิโลกรัม ในอาหารสุกรน้ำหนัก 45 กิโลกรัม การย่อยสลายของกรดไขมันเพิ่มขึ้น 43-55 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ Beers and Jongbloed (1992) พบว่า การย่อยสลายกรดไขมันเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 29-32.2 เปอร์เซ็นต์ ในสุกรน้ำหนัก 20-55 กิโลกรัม ที่เสริมฟอสเฟตระดับ 400, 700, 1000 และ 2,000 PTU/กิโลกรัม Jongbloed และคณะ (1992) พบว่า การย่อยได้ของกรดไขมันในสุกรน้ำหนัก 37 กิโลกรัม เสริมฟอสเฟตระดับ 1,500 PU/กรัม สูงขึ้น 29-32.2 เปอร์เซ็นต์

การย่อยสลายและการดูดซึมของแคลเซียม (ภาพที่ 10) ไม่แตกต่างกันระหว่างลูกสุกรแต่ละกลุ่ม ($P > 0.05$) คือ มีค่าเท่ากับ 80.59 ในกลุ่มควบคุม, 84.18, 84.53 และ 84.97 เปอร์เซนต์ในกลุ่มเสริมเอ็นไทม์ ซึ่งน่าจะเกิดจากการดูดซึมและใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียมมีความสัมพันธ์กับปริมาณ CaBP และน้ำทาลแลคโตสในลำไส้รวมทั้งฮอร์โมน ซึ่งไม่ได้ขึ้นอยู่กับระดับของแคลเซียมในระบบย่อยอาหารแต่เพียงอย่างเดียว Young และคณะ (1993) และ Lei และคณะ (1992c, 1992e) ซึ่งพบในทางอ้อมเกี่ยวกับการเสริมเอ็นไทม์ไม่มีผลทำให้ระดับแคลเซียมในพลาสมาของลูกสุกรเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตาม Simons และ Versteegh (1990) พบว่าการเสริมเอ็นไทม์ที่ระดับ 1,000 PU/กรัมอาหาร จะทำให้ปริมาณแคลเซียมในมูลของสุกรลดลงจาก 21.0 เป็น 13.6 กรัม/กิโลกรัมมูลแห้ง ส่วน Lei และคณะ (1992d) พบว่า ระดับแคลเซียมในพลาสมาจะเพิ่มขึ้นจาก 10.80 เป็น 11.65 ถึง 13.53 mg % จากการเสริมเอ็นไทม์ 750 และ 1,350 PU/กรัมอาหาร

ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า เมื่อเสริมด้วยเอ็นไทม์ระดับ 330, 670 และ 1,000 PU/กรัม การย่อยและการดูดซึมของธาตุสังกะสีเพิ่มขึ้น 42.68-67.47 เปอร์เซนต์ ($P < 0.01$) โดยการใช้ประโยชน์ของสังกะสีเพิ่มสูงสุดเมื่อเสริมเอ็นไทม์ในระดับ 330 PU/กรัมเมื่อระดับการเสริมเอ็นไทม์สูงกว่า 330 PU/กรัม การย่อยสลายและการดูดซึมมีแนวโน้มลดลง (P quad. < 0.05) เนื่องมาจากการดูดซึมของธาตุสังกะสีจะดูดซึมได้ลดลงถ้าระดับของธาตุสังกะสีในพลาสมาสูงขึ้น ส่วนผลที่เกิดขึ้นกับธาตุเหล็กนั้นจะทำให้การย่อยและการดูดซึมเพิ่มขึ้น 15.88-30.19 เปอร์เซนต์ แต่อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์ได้ของธาตุเหล็กเมื่อเพิ่มระดับเอ็นไทม์จาก 670 เป็น 1,000 PU พบว่าการใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้นเพียง 3.3 เปอร์เซนต์เท่านั้น ทั้งนี้เพราะการดูดซึมของธาตุเหล็กอาจถูกยับยั้งที่ชั้นของเยื่อเมือก(mucosa)ในลำไส้เล็ก(duodenum) เมื่อระดับของ transferrin ในเซลล์ของเยื่อเมือกที่ผนังลำไส้เล็กเพิ่มขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัว สอดคล้องกับค่าที่ศึกษาได้จากการทดลองของ Lei และคณะ (1992d) ซึ่งพบว่าความเข้มข้นของแร่สังกะสีในพลาสมาลูกสุกรเพิ่มขึ้นจาก 0.0829 เป็น 0.1057 ถึง 0.1066 mg % ($P < 0.01$) เช่นเดียวกับความเข้มข้นของธาตุเหล็กในพลาสมาจะเพิ่มขึ้นจาก 0.1752 เป็น 0.1753-0.1953 mg % เมื่อเสริมเอ็นไทม์ ($P < 0.05$)

4.2.5 ผลการทดลองต่อการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์ได้ของพอสฟอรัสใน ไก่เนื้ออายุ 0-3 สัปดาห์

จากการทดลองการใช้ประโยชน์ได้ของพอสฟอรัส โดยพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์
ถ้าในกระดูกและเปอร์เซ็นต์พอสฟอรัสในเถ้า พบว่าเมื่อเพิ่มระดับการเสริมเอ็นไซม์จะมี
ผลทำให้เปอร์เซ็นต์ถ้าในกระดูกเพิ่มขึ้นจาก 26.70 เป็น 30.27 และ 32.35
เปอร์เซ็นต์ ตามระดับการเสริมจาก 330, 670 และ 1,000 PU/กรัม แต่ค่าใน
กลุ่มเสริมเอ็นไซม์ที่ 330 PU และ 670 PU/กรัม ให้ค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม
(31.50 เปอร์เซ็นต์) ($P < 0.01$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระดับของเอ็นไซม์ที่เสริม (330
และ 670 PU/กรัม) ไม่พอเพียงที่จะไปย่อยสลายกรดไขมัน ทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของ
พอสฟอรัสมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งได้รับการเสริมพอสฟอรัสจากโคแคลเซียมฟอสเฟตให้มี
ในอาหารใกล้เคียงกับระดับแนะนำของ NRC (1984) แต่ถ้าหากระดับการเสริมเอ็นไซม์
สูงพอ (1,000 PU/กรัม) ค่าเปอร์เซ็นต์ถ้าในกระดูกจะมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุมที่ไม่
เสริมเอ็นไซม์ อย่างไรก็ตามระดับการเสริมเอ็นไซม์ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์พอสฟอรัสในเถ้า
($P > 0.05$) ข้อมูลในตารางที่ 15 และภาพที่ 12 และ 13 แสดงให้เห็นว่าการเสริม
เอ็นไซม์ที่ระดับ 1,000 PU/กรัม จะให้ผลใกล้เคียงกับการใช้ฟอสเฟตอินทรีย์เสริมในอา
หาร โดยไม่ทำให้การเจริญเติบโตและการพัฒนาของกระดูกในไก่แตกต่างกัน Young และ
คณะ (1993) รายงานสอดคล้องกันว่า การเสริมเอ็นไซม์ที่ระดับ 500 PU/กรัม ในลูก
สุกรอายุ 4 สัปดาห์ จะให้ค่าประสิทธิภาพการใช้อาหาร อัตราการเจริญเติบโต ถ้าใน
กระดูก และเปอร์เซ็นต์พอสฟอรัสในเถ้า ไม่แตกต่างจากการเสริมเอ็นไซม์ที่ระดับ 1,000
PU/กรัม และจากการเสริมพอสฟอรัสครบตามความต้องการของสุกร แต่จากการเปรียบเทียบ
เทียบกับค่าในแม่สุกรที่เสริมพอสฟอรัส 60 เปอร์เซ็นต์ของความต้องการ พบว่าการ
ให้พอสฟอรัส 60 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหาร อัตราการเจริญเติบโต
เปอร์เซ็นต์ถ้าในกระดูก เปอร์เซ็นต์พอสฟอรัสในเถ้าลดลง ซึ่งแสดงว่าการให้พอสฟอรัส
60 เปอร์เซ็นต์ของความต้องการ มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิผลลดลง ซึ่งเมื่อนำมา
เปรียบเทียบกับผลการทดลองนี้ ซึ่งให้พอสฟอรัส 60 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการเสริมเอ็นไซม์
330, 670 PU/กรัม จะให้ค่าพอสฟอรัสใกล้เคียงกับค่าที่รายงานโดย Young และคณะ (1993)

ในสูตรของ Cromwell และคณะ (1993) พบว่า ในสูตรน้ำหนัก 25-100 กิโลกรัม ที่เลี้ยงด้วยอาหารข้าวโพด-กากถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบหลัก เสริมโพแทสเซียม 250, 500 และ 1,000 PU/กรัม ความแข็งแรงของกระดูกจะเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมเอ็นไซม์ และที่ระดับการเสริม 1,000 PU/กรัม ค่าความแข็งแรงของกระดูกจะมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มที่เสริมด้วยฟอสเฟตอินทรีย์

จากผลการทดลอง 3 การทดลอง พบว่าการเสริมเอ็นไซม์โพแทสเซียมในลูกสุกรหลังหย่านมในระดับที่ทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของแร่ธาตุและโภชนาที่สำคัญเพิ่มขึ้น อยู่ในระดับ 1,000 PU/กรัมอาหาร อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากสมรรถนะการผลิต พบว่าการเสริมเอ็นไซม์ระดับ 1,000 PU/กรัมอาหาร ไม่ทำให้การกินได้หรืออัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น แต่การเสริมระดับดังกล่าวทำให้ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของอาหารดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นหากพิจารณาถึงระดับที่เหมาะสมที่สุดที่มีผลต่อการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและปรับปรุงอัตราการแลกเนื้อที่สุด โดยพิจารณาจากแนวโน้มของข้อมูลในตารางที่ 10 และจากรายงานของนักวิจัยอื่นหลายกลุ่มซึ่งไปในทิศทางที่สอดคล้องกันว่า ระดับการเสริมที่เหมาะสมน่าจะอยู่ที่ระดับ 1,000-1,500 PU/กรัมอาหาร โดยเฉพาะการเสริมในอาหารที่ประกอบด้วยข้าวโพด-กากถั่วเหลือง-รำข้าวเป็นหลัก แต่ในอาหารที่ประกอบจากวัตถุดิบจากพืชแหล่งอื่น ระดับการเสริมที่เหมาะสมยังไม่มีข้อมูลรายงานเพียงพอ และจากข้อมูลในการทดลองที่ 3 ก็ยังพบเช่นเดียวกันว่า ปริมาณการกินได้และอัตราการเจริญเติบโตของไก่เนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการเสริมที่เพิ่มขึ้นจาก 330 PU ถึง 1,000 PU/กรัมอาหาร (ตารางที่ 15) ซึ่งเป็นอาหารที่ประกอบจากแหล่งวัตถุดิบหลักประเภทเดียวกันกับการทดลองที่ 1 และ 2 (ข้าวโพด-กากถั่วเหลือง-รำข้าว) เพราะฉะนั้นคาดว่าระดับการเสริมที่เหมาะสมในไก่เนื้อน่าจะอยู่ที่ระดับสูงกว่า 1,000 PU/กรัมอาหาร จึงเป็นไปได้ว่าระดับการเสริมเอ็นไซม์ที่ 330 และ 670 PU/กรัมของอาหารไก่เนื้อซึ่งประกอบด้วยข้าวโพด-กากถั่วเหลือง-รำข้าว จะไม่พอเพียงที่จะไปยับยั้งสายกรดไขมันอิสระที่สูงขึ้นถึงระดับที่พอเพียงกับความต้องการ และอาจเกิดจากสภาพภายในระบบย่อยอาหารของไก่เนื้อไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอ็นไซม์ การที่จะรักษาสสมรรถนะของไก่ในกลุ่มเสริมเอ็นไซม์ให้เท่าเทียมกับกลุ่มควบคุม จึงต้องเสริมถึงระดับ 1,000 PU/กรัมอาหาร