

## สารบัญ

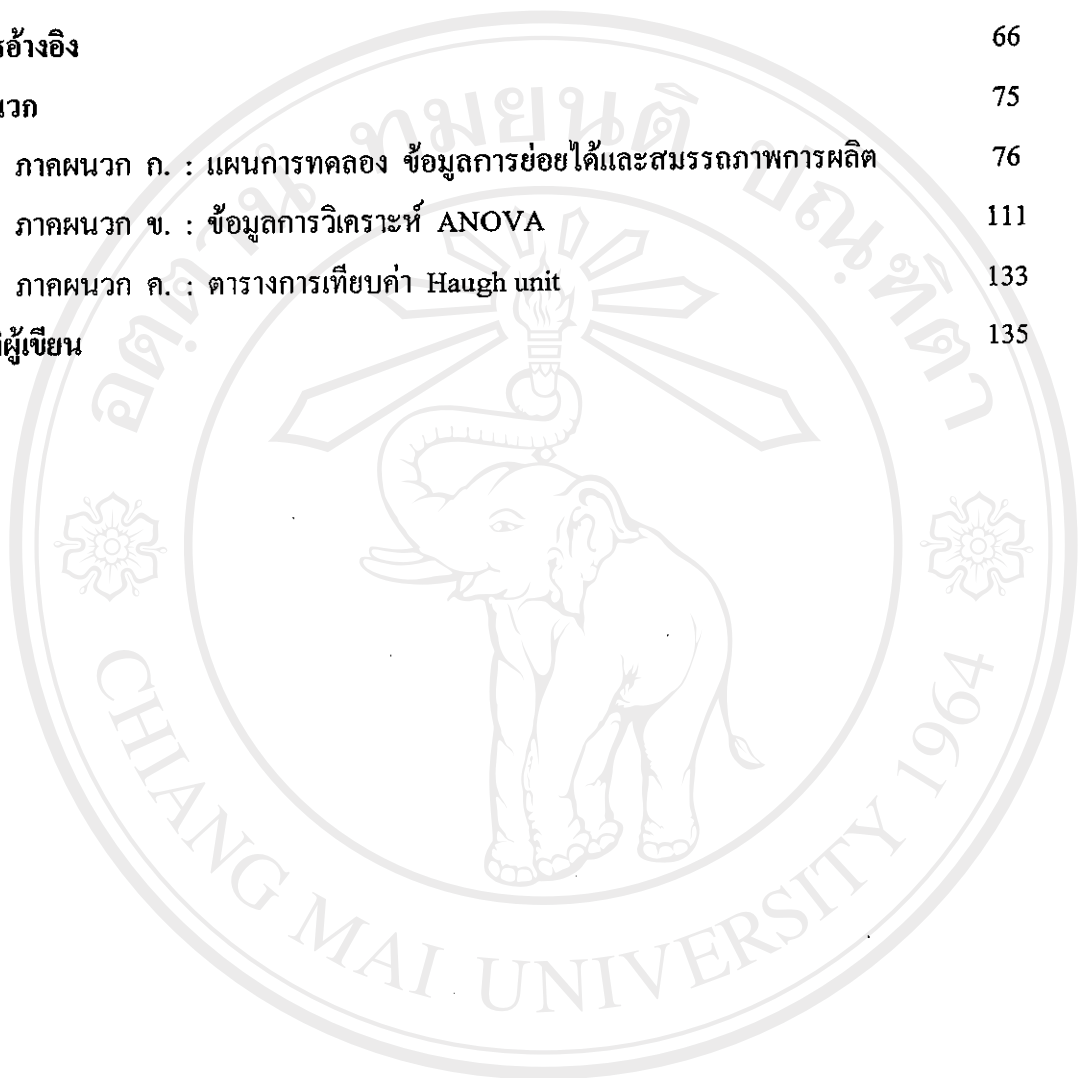
	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ด
สารบัญภาคผนวก	จ
คำย่อ	ต
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
วัดดูประสงค์	3
<b>บทที่ 2 การตรวจเอกสาร</b>	<b>4</b>
การจำแนกประเภทของแร่ธาตุ	4
ฟอสฟอรัส	5
P ในโครงสร้างของสารอินทรีย์ต่างๆ	5
ความต้องการและอาการขาด P	6
ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการ P และ Ca	8
การดูดซึมและการขับออกของ P	9
การควบคุมสมดุลของ P	9
ไฟเตท	11
ผลเสียที่เกิดจากการมีไฟเตทในอาหารสัตว์	13
ผลของของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ปีกต่อสิ่งแวดล้อม	13
P กับยูโทรฟิเคชัน	21
N กับยูโทรฟิเคชัน	22
เอนไซม์ไฟเตส	24
ชนิดของเอนไซม์ไฟเตส	24
การเสริมเอนไซม์ไฟเตสในอาหารไก่เนื้อ	26
การเสริมเอนไซม์ไฟเตสในอาหารไก่ไข่	30
การเสริมเอนไซม์ไฟเตสในอาหารสุกร	34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง</b>	38
อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา	38
วิธีการทดลอง	40
ส่วนที่ 1 ศึกษาการใช้ประโยชน์ได้ของ P และ Ca	40
ส่วนที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะและประสิทธิภาพการเสริมไฟเตสในอาหารไก่ไข่ที่ลดโภชนะบางส่วน	42
- ศึกษาการย่อยได้ของ โภชนะในอาหาร	42
- ศึกษาถึงประสิทธิภาพการเสริมไฟเตสในอาหารไก่ไข่ที่ลดโภชนะบางส่วน	44
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	44
สถานที่ทำการทดลอง	44
<b>บทที่ 4 ผลการทดลอง</b>	45
การใช้ประโยชน์ได้ของ P และ Ca	45
การย่อยได้ของ โภชนะและประสิทธิภาพการเสริมไฟเตสในอาหารที่ลดโภชนะบางส่วน	47
- การย่อยได้ของ โภชนะในอาหาร	47
- ประสิทธิภาพการเสริมไฟเตสในอาหารไก่ไข่ที่ลดโภชนะบางส่วน	48
- ต้นทุนการผลิตไข่ไก่	53
<b>บทที่ 5 วิจัยและสรุปผลการทดลอง</b>	55
วิจัยผลการทดลอง	55
การใช้ประโยชน์ได้ของ P และ Ca	55
การย่อยได้ของ โภชนะและประสิทธิภาพการเสริมไฟเตสในอาหารที่ลดโภชนะบางส่วน	57
- การย่อยได้ของ โภชนะในอาหาร	57
- ประสิทธิภาพการเสริมไฟเตสในอาหารไก่ไข่ที่ลดโภชนะบางส่วน	58
สรุปผลการทดลอง	65

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก	75
ภาคผนวก ก. : แผนการทดลอง ข้อมูลการย่อยได้และสมรรถภาพการผลิต	76
ภาคผนวก ข. : ข้อมูลการวิเคราะห์ ANOVA	111
ภาคผนวก ค. : ตารางการเทียบค่า Haugh unit	133
ประวัติผู้เขียน	135



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. วัดดูคิบแหล่ง Ca และ P ที่นิยมใช้ในอาหารสัตว์	7
2. ระดับความต้องการของ Ca และ P ในสัตว์ปีกแต่ละชนิด	8
3. ปริมาณไฟเตทในวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิด	12
4. ปริมาณการผลิตเนื้อไก่ของโลกปี 2542-2546	14
5. ปริมาณการผลิตไข่ไก่ของโลกปี 2542-2546	15
6. ปริมาณการบริโภคเนื้อไก่ของประเทศต่างๆ ในช่วงปี 2542-2546	15
7. ปริมาณการบริโภคไข่ไก่ของประเทศต่างๆ ในช่วงปี 2542-2546	16
8. การแบ่งสภาวะความบริสุทธิ์ของแหล่งน้ำ โดยปริมาณ N และ P	22
9. ปริมาณของมูลในสัตว์ปีกแต่ละชนิด	23
10. ปริมาณ N และ P ในมูลสัตว์แต่ละชนิด	24
11. ปริมาณเอนไซม์ไฟเตสที่มีในวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิด	25
12. คุณสมบัติและสภาพที่เหมาะสมกับการทำงานของไฟเตสจากพืชและจุลินทรีย์	25
13. ปริมาณโภชนะในอาหารที่สามารถปรับลดลงได้เมื่อเสริมด้วย Natuphos <sup>®</sup> 5000 g ในสัตว์ปีกและสุกร	37
14. ส่วนประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารกึ่งบริสุทธิ์ที่ใช้ในการศึกษาการใช้ประโยชน์ได้ของ Ca และ P ในไก่ไข่ (ส่วนที่ 1)	41
15. ส่วนประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไก่ไข่ในส่วนที่ 2 (ศึกษาหาค่าการย่อยได้ของโภชนะและประสิทธิภาพการเสริมไฟเตสในอาหารไก่ไข่ที่ลดโภชนะบางส่วน)	43
16. ปริมาณอาหารที่กินและมูลของไก่ไข่เมื่อได้รับอาหารกึ่งบริสุทธิ์ที่มี aP ระดับต่างๆ ทั้งไม่เสริมและเสริมไฟเตส (ส่วนที่ 1)	46
17. การขับออกและการใช้ประโยชน์ได้ของ Ca และ P ในไก่ไข่เมื่อได้รับอาหารกึ่งบริสุทธิ์ที่มี aP ระดับต่างๆ ทั้งไม่เสริมและเสริมไฟเตส (ส่วนที่ 1)	47
18. ค่าการย่อยได้ (%) ของโภชนะต่างๆ ในอาหารเมื่อให้ไก่ไข่ได้รับอาหารที่ลดเฉพาะ CP และที่ลดโภชนะลงตามค่า matrix value ทั้งไม่เสริมและเสริมไฟเตส (ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 1)	48

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
19. สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่เมื่อให้ไก่ไข่ได้รับอาหารที่ลดเฉพาะ CP และที่ลดโภชนะลงตามค่า matrix value ทั้งไม่เสริมและเสริมไฟเตสเป็นเวลา 336 วัน (ช่วงไก่อายุ 33-81 สัปดาห์, ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 2)	49
20. สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่เมื่อให้ไก่ไข่ได้รับอาหารที่ลดเฉพาะ CP และที่ลดโภชนะลงตามค่า matrix value ทั้งไม่เสริมและเสริมไฟเตสใน 6 ช่วงแรกของการทดลอง (ช่วงการทดลองที่ 1-6, ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 2)	51
21. สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่เมื่อให้ไก่ไข่ได้รับอาหารที่ลดเฉพาะ CP และที่ลดโภชนะลงตามค่า matrix value ทั้งไม่เสริมและเสริมไฟเตสใน 6 ช่วงการทดลองสุดท้าย (ช่วงการทดลองที่ 7-12, ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 2)	52
22. ต้นทุนการผลิตไข่เมื่อให้แม่ไก่ได้รับอาหารที่ลดเฉพาะ CP และที่ลดโภชนะลงตามค่า matrix value ทั้งที่ไม่เสริมและเสริมไฟเตสตลอดการทดลอง 336 วัน	54
23. ปริมาณโภชนะที่ได้รับต่อวันของไก่ไข่ เมื่อให้อาหารที่ลดเฉพาะ CP และที่ลดโภชนะลงตามค่า matrix value ทั้งไม่เสริมและเสริมไฟเตสเป็นเวลา 336 วัน (ช่วงไก่อายุ 33-81 สัปดาห์, ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 2)	59
24. ปริมาณโภชนะที่ได้รับต่อวันของไก่ไข่ เมื่อให้อาหารที่ลดเฉพาะ CP และที่ลดโภชนะลงตามค่า matrix value ทั้งไม่เสริมและเสริมไฟเตสใน 6 ช่วงแรกของการทดลอง (ช่วงการทดลองที่ 1-6, ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 2)	62
25. ปริมาณโภชนะที่ได้รับต่อวันของไก่ไข่ เมื่อให้อาหารที่ลดเฉพาะ CP และที่ลดโภชนะลงตามค่า matrix value ทั้งไม่เสริมและเสริมไฟเตสใน 6 ช่วงการทดลองสุดท้าย (ช่วงการทดลองที่ 7-12, ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 2)	64

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. ความสัมพันธ์ระหว่าง Ca, P และวิตามินต่อการควบคุมสมดุลในร่างกาย	10
2. โครงสร้างของไฟเตทเมื่อจับกับแร่ธาตุประจุบวก 2 และ โภชนะต่างๆ	11
3. วงจรของแอมโมเนีย – ไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในฟาร์มสัตว์เลี้ยง	18
4. กระบวนการเกิดปฏิกิริยา Eutrophication ในระยะ oligotrophic และ eutropic	20
5. การทำงานของเอนไซม์ไฟเตส	24

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Copyright© by Chiang Mai University  
 All rights reserved

## สารบัญตารางภาคผนวก

หน้า

ภาคผนวก ก. : แผนการทดลอง ข้อมูลการย่อยได้และสมรรถภาพการผลิต

ตารางภาคผนวก ก. ที่

1.	แผนการให้อาหารกึ่งบริสุทธ์ที่มี aP ระดับต่างๆ ทั้งไม่เสริมและเสริมเอนไซม์ไฟเตสในการศึกษาหาค่าการย่อยได้ในไก่ไข่ (ส่วนที่ 1)	76
2.	ปริมาณอาหารและมูลไก่ไข่เมื่อได้รับอาหารกึ่งบริสุทธ์ที่มี aP ระดับต่างๆ ไม่เสริมไฟเตส ในการศึกษาหาค่าการย่อยได้ (ส่วนที่ 1)	77
3.	ปริมาณอาหารและมูลไก่ไข่เมื่อได้รับอาหารกึ่งบริสุทธ์ที่มี aP ระดับต่างๆ เสริมเอนไซม์ไฟเตส ในการศึกษาหาค่าการย่อยได้ (ส่วนที่ 1)	78
4.	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละของวัตถุแห้ง) ของอาหารกึ่งบริสุทธ์ที่มี aP ระดับต่างๆ ทั้งไม่เสริมและเสริมเอนไซม์ไฟเตส (ส่วนที่ 1)	79
5.	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละของวัตถุแห้ง) ของมูลไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกึ่งบริสุทธ์ที่มี aP ระดับต่างๆ ไม่เสริมไฟเตส (ส่วนที่ 1)	80
6.	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละของวัตถุแห้ง) ของมูลไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกึ่งบริสุทธ์ที่มี aP ระดับต่างๆ เสริมไฟเตส (ส่วนที่ 1)	82
7.	ค่าการย่อยได้ของ Ca ในไก่ไข่เมื่อได้รับอาหารกึ่งบริสุทธ์ที่มี aP ระดับต่างๆ ไม่เสริมไฟเตส (ส่วนที่ 1)	84
8.	ค่าการย่อยได้ของ Ca ในไก่ไข่เมื่อได้รับอาหารกึ่งบริสุทธ์ที่มี aP ระดับต่างๆ เสริมเอนไซม์ไฟเตส (ส่วนที่ 1)	85
9.	ค่าการย่อยได้ของ P ในไก่ไข่เมื่อได้รับอาหารกึ่งบริสุทธ์ที่มี aP ระดับต่างๆ ไม่เสริมไฟเตส (ส่วนที่ 1)	86
10.	ค่าการย่อยได้ของ P ในไก่ไข่เมื่อได้รับอาหารกึ่งบริสุทธ์ที่มี aP ระดับต่างๆ เสริมเอนไซม์ไฟเตส (ส่วนที่ 1)	87
11.	ปริมาณอาหารและมูลไก่ไข่เมื่อได้รับอาหารที่ลดเฉพาะ CP และที่ลดโภชนะตามค่า matrix value ทั้งไม่เสริมและเสริมไฟเตส (ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 1)	88
12.	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละของวัตถุแห้ง) ของอาหารไก่ไข่เมื่อได้รับอาหารที่ลดเฉพาะ CP และที่ลดโภชนะตามค่า matrix value ทั้งไม่เสริมและเสริมไฟเตส (ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 1)	89

## สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

หน้า

ตารางภาคผนวก ก. ที่

- |     |  |     |
|-----|--|-----|
| 13. | องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละของวัตถุแห้ง) ของมูลไก่ไข่เมื่อได้รับอาหารที่ลดเฉพาะ CP และที่ลดโภชนะตามค่า matrix value ทั้งที่ไม่เสริมและเสริมไฟเตส (ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 1)                   | 90  |
| 14. | ค่าการย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ในไก่ไข่เมื่อได้รับอาหารที่ลดเฉพาะ CP และที่ลดโภชนะตามค่า matrix value ทั้งที่ไม่เสริมและเสริมไฟเตส (ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 1)                                   | 92  |
| 15. | สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่เมื่อให้อาหารที่ลดเฉพาะระดับ CP และที่ลดโภชนะลงตามค่า matrix value ทั้งที่ไม่เสริมและเสริมไฟเตสในช่วงไก่อายุ 33-41 สัปดาห์ (Period 1-2, ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 2)   | 98  |
| 16. | สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่เมื่อให้อาหารที่ลดเฉพาะระดับ CP และที่ลดโภชนะลงตามค่า matrix value ทั้งที่ไม่เสริมและเสริมไฟเตสในช่วงไก่อายุ 41-49 สัปดาห์ (Period 3-4, ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 2)   | 99  |
| 17. | สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่เมื่อให้อาหารที่ลดเฉพาะระดับ CP และที่ลดโภชนะลงตามค่า matrix value ทั้งที่ไม่เสริมและเสริมไฟเตสในช่วงไก่อายุ 49-57 สัปดาห์ (Period 5-6, ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 2)   | 100 |
| 18. | สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่เมื่อให้อาหารที่ลดเฉพาะระดับ CP และที่ลดโภชนะลงตามค่า matrix value ทั้งที่ไม่เสริมและเสริมไฟเตสในช่วงไก่อายุ 57-65 สัปดาห์ (Period 7-8, ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 2)   | 101 |
| 19. | สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่เมื่อให้อาหารที่ลดเฉพาะระดับ CP และที่ลดโภชนะลงตามค่า matrix value ทั้งที่ไม่เสริมและเสริมไฟเตสในช่วงไก่อายุ 65-73 สัปดาห์ (Period 9-10, ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 2)  | 102 |
| 20. | สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่เมื่อให้อาหารที่ลดเฉพาะระดับ CP และที่ลดโภชนะลงตามค่า matrix value ทั้งที่ไม่เสริมและเสริมไฟเตสในช่วงไก่อายุ 73-81 สัปดาห์ (Period 11-12, ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 2) | 103 |



## สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

หน้า

ตารางภาคผนวก ก. ที่

- |     |  |     |
|-----|--|-----|
| 21. | สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่เมื่อให้อาหารที่ลดเฉพาะระดับ CP และที่ลดโภชนะลงตามค่า matrix value ทั้งที่ไม่เสริมและเสริมไฟเตสในช่วงการทดลองที่ 1-3 (Period 1-3 : ไก่ช่วงอายุ 33-45 สัปดาห์, ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 2)   | 104 |
| 22. | สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่เมื่อให้อาหารที่ลดเฉพาะระดับ CP และที่ลดโภชนะลงตามค่า matrix value ทั้งที่ไม่เสริมและเสริมไฟเตสในช่วงการทดลองที่ 4-6 (Period 4-6 : ไก่ช่วงอายุ 45-57 สัปดาห์, ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 2)   | 105 |
| 23. | สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่เมื่อให้อาหารที่ลดเฉพาะระดับ CP และที่ลดโภชนะลงตามค่า matrix value ทั้งที่ไม่เสริมและเสริมไฟเตสในช่วงการทดลองที่ 7-9 (Period 7-9 : ไก่อายุ 57-69 สัปดาห์, ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 2)       | 106 |
| 24. | สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่เมื่อให้อาหารที่ลดเฉพาะระดับ CP และที่ลดโภชนะลงตามค่า matrix value ทั้งที่ไม่เสริมและเสริมไฟเตสในช่วงการทดลองที่ 10-12 (Period 10-12 : ไก่อายุ 69-81 สัปดาห์, ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 2)   | 107 |
| 25. | สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่เมื่อให้อาหารที่ลดเฉพาะระดับ CP และที่ลดโภชนะลงตามค่า matrix value ทั้งที่ไม่เสริมและเสริมไฟเตสในช่วงการทดลองที่ 1-6 (Period 1-6 : ไก่ช่วงอายุ 33-57 สัปดาห์, ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 2)   | 108 |
| 26. | สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่เมื่อให้อาหารที่ลดเฉพาะระดับ CP และที่ลดโภชนะลงตามค่า matrix value ทั้งที่ไม่เสริมและเสริมไฟเตสในช่วงการทดลองที่ 7-12 (Period 7-12 : ไก่ช่วงอายุ 57-81 สัปดาห์, ส่วนที่ 2 : การทดลองที่ 2) | 109 |
| 27. | จำนวนไก่ตายและคัดทิ้งในแต่ละช่วงการทดลอง   | 110 |

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ข. : ข้อมูลการวิเคราะห์ ANOVA

ตารางภาคผนวก ข. ที่

1. ANOVA :	การใช้ประโยชน์ได้ของ P และ Ca ในมูลของไก่ไข่เมื่อได้รับอาหารกึ่งบริสุทธิ์ที่มี aP ระดับต่างๆ ทั้งไม่เสริมและเสริมฟอสเฟต (ส่วนที่ 1)	111
2. ANOVA :	การย่อยได้ของโภชนะในอาหาร (การทดลองที่ 1 ของส่วนที่ 2)	114
3. ANOVA :	สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ในช่วงแม่ไก่อายุ 33-45 สัปดาห์ (Period 1-3, การทดลองที่ 2 ของส่วนที่ 2)	115
4. ANOVA :	สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ในช่วงแม่ไก่อายุ 45-57 สัปดาห์ (Period 4-6, การทดลองที่ 2 ของส่วนที่ 2)	117
5. ANOVA :	สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ในช่วงแม่ไก่อายุ 57-69 สัปดาห์ (Period 7-9, การทดลองที่ 2 ของส่วนที่ 2)	120
6. ANOVA :	สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ในช่วงแม่ไก่อายุ 69-81 สัปดาห์ (Period 10-12, การทดลองที่ 2 ของส่วนที่ 2)	122
7. ANOVA :	สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ในช่วงแม่ไก่อายุ 33-57 สัปดาห์ (Period 1-6, การทดลองที่ 2 ของส่วนที่ 2)	125
8. ANOVA :	สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ในช่วงแม่ไก่อายุ 57-81 สัปดาห์ (Period 7-12, การทดลองที่ 2 ของส่วนที่ 2)	128
9. ANOVA :	สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ในช่วงแม่ไก่อายุ 33-81 สัปดาห์ (Period 1-12, การทดลองที่ 2 ของส่วนที่ 2)	130

ภาคผนวก ค. : ตารางการเทียบค่า Haugh unit

133

### อักษรย่อ

ก.	=	กรัม	EE	=	ether extract
กก.	=	กิโลกรัม	FCR	=	feed conversion ratio
ซม.	=	เซนติเมตร	FI	=	feed intake
<sup>๐</sup> ซ	=	องศาเซลเซียส	FTU	=	phytase unit <sup>1/</sup>
ตร.ม.	=	ตารางเมตร	kcal	=	kilocalorie
ม.	=	เมตร	Lys	=	lysine
มก.	=	มิลลิกรัม	MCP	=	monocalcium phosphate
มม.	=	มิลลิเมตร	ME	=	metabolizable energy
มล.	=	มิลลิลิตร	Met	=	methionine
AD	=	air dry	MS	=	mean square
ANOVA	=	analysis of variance	NFE	=	nitrogen free extract
aP	=	available phosphorus	OM	=	organic matter
BW	=	body weight	ppm	=	part per million
Ca	=	calcium	PTH	=	parathormone
CF	=	crude fiber	SEM	=	standard error of mean
CP	=	crude protein	SOV	=	source of variation
CV	=	coefficient of variation	SS	=	sum of square
DCP	=	dicalcium phosphate	vs	=	versus
Df	=	degree of freedom			

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Copyright© by Chiang Mai University  
 All rights reserved

<sup>1/</sup> Phytase unit = ปริมาณ phytase ที่สามารถย่อย 0.0015 M Na-phytate ได้ในอัตรา 1  $\mu$ M/นาที  
 ที่ pH 5.5 และอุณหภูมิ 37 <sup>๐</sup>ซ