

## สารบัญ

|                                                       | หน้า |
|-------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย                                       | ก    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ                                    | ค    |
| กิตติกรรมประกาศ                                       | จ    |
| สารบัญตาราง                                           | ณ    |
| สารบัญภาพ                                             | ฉ    |
| บทที่ 1 บทนำ                                          |      |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย                 | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์                                      | 3    |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย                                 | 3    |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ                         | 3    |
| บทที่ 2 ตรวจเอกสาร                                    |      |
| 2.1 ความสำคัญของไขมันในอาหารสุกร                      | 4    |
| 2.1.1 องค์ประกอบของไขมัน                              | 5    |
| 2.1.2 บทบาทของน้ำมันถั่วเหลืองในอาหารสุกร             | 6    |
| 2.1.3 ระดับไขมันในอาหารสุกร                           | 8    |
| 2.2 เมแทบอลิซึมของไขมัน                               | 8    |
| 2.2.1 กระบวนการย่อย และการดูดซึมไขมันของสุกร          | 8    |
| 2.2.2 การสังเคราะห์ไขมันในร่างกายสุกร                 | 9    |
| 2.2.3 กระบวนการย่อยสลายไขมันเพื่อเป็นพลังงาน          | 10   |
| 2.3 ความสำคัญของเมทไธโอนีนในอาหารสุกร                 | 11   |
| 2.3.1 แคแทบอลิซึมของเมทไธโอนีน                        | 12   |
| 2.3.2 ความต้องการเมทไธโอนีนในอาหารสุกร                | 13   |
| 2.4 เมแทบอลิซึมของโปรตีนและกรดอะมิโน                  | 14   |
| 2.4.1 กระบวนการย่อยโปรตีนและการดูดซึมกรดอะมิโนของสุกร | 14   |
| 2.4.2 แคแทบอลิซึมของกรดอะมิโน                         | 15   |
| 2.4.3 การสังเคราะห์โปรตีน                             | 15   |
| 2.4.4 บทบาทของเมทไธโอนีนต่อการสังเคราะห์โปรตีน        | 16   |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                              | หน้า |
|--------------------------------------------------------------|------|
| 2.5 การประเมินคุณภาพโปรตีน                                   | 18   |
| 2.5.1 ไอเดียลโปรตีน (Ideal protein)                          | 18   |
| 2.5.2 การประเมินคุณภาพโปรตีนโดยการวิเคราะห์ทางเคมี           | 21   |
| 2.5.3 การประเมินคุณภาพโปรตีนโดยใช้สัตว์ทดลอง                 | 23   |
| 2.6 แหล่งของโปรตีนในวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง       | 25   |
| 2.6.1 การสกัดน้ำมันจากถั่วเหลือง                             | 25   |
| 2.6.2 คุณค่าทางโภชนาการของกากถั่วเหลือง                      | 26   |
| <b>บทที่ 3</b> <b>วิธีดำเนินการวิจัย</b>                     |      |
| 3.1 รายละเอียดของงานทดลอง                                    | 28   |
| 3.1.1 สัตว์ทดลอง                                             | 28   |
| 3.1.2 อาหารทดลอง                                             | 29   |
| 3.1.3 การให้อาหารและน้ำ                                      | 30   |
| 3.2 การวัดข้อมูลพื้นฐานการขับถ่ายไนโตรเจนของสุกร             | 34   |
| 3.3 แผนการทดลอง                                              | 36   |
| 3.4 การเก็บมูลและปัสสาวะ                                     | 37   |
| 3.5 การเก็บรวบรวมอาหารทดลองเพื่อวิเคราะห์ทางเคมี             | 37   |
| 3.6 การรวมมูลและปัสสาวะเพื่อวิเคราะห์ทางเคมี                 | 38   |
| 3.7 การวิเคราะห์ทางเคมี                                      | 38   |
| 3.8 การบันทึกข้อมูล                                          | 38   |
| 3.9 ลักษณะที่ต้องการศึกษา                                    | 39   |
| 3.10 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ                              | 41   |
| 3.11 สถานที่ทดลอง                                            | 41   |
| 3.12 ระยะเวลาทดลอง                                           | 41   |
| <b>บทที่ 4</b> <b>ผลการทดลอง</b>                             |      |
| 4.1 ส่วนประกอบทางโภชนาการของกากถั่วเหลือง                    | 42   |
| 4.2 ส่วนประกอบทางโภชนาการของอาหารทดลองและอาหารที่ไม่มีโปรตีน | 43   |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                                                              | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 4.3 การวัดข้อมูลพื้นฐานการขับถ่ายไนโตรเจนของสุกร                                                             | 46   |
| 4.3.1 ผลของอาหารที่ไม่มีโปรตีนต่อน้ำหนักตัว การย่อยได้ของสิ่งแห้ง ปริมาณไนโตรเจนในมูลและปัสสาวะของสุกรรุ่น   | 46   |
| 4.3.2 ผลของอาหารทดลองต่อปริมาณไนโตรเจนในมูลและปัสสาวะของสุกรรุ่น                                             | 48   |
| 4.4 ผลของอาหารทดลองต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนของสุกรรุ่น              | 50   |
| 4.4.1 ปริมาณอาหารที่กินและสมรรถนะการเจริญเติบโต                                                              | 52   |
| 4.4.2 การย่อยได้ของสิ่งแห้ง และการย่อยได้จริงของไนโตรเจนของสุกรรุ่น                                          | 56   |
| 4.4.3 การใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีน                                                                             | 59   |
| บทที่ 5 วิจัยผลการศึกษาทดลอง                                                                                 |      |
| 5.1 ปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนในอาหารทดลอง                                                                     | 65   |
| 5.2 ปริมาณน้ำมันและกรดไขมันในอาหารทดลอง                                                                      | 66   |
| 5.3 ผลของระดับน้ำมันถั่วเหลืองและเมทไธโอนีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนของสุกรรุ่น | 67   |
| 5.3.1 ผลของระดับน้ำมันถั่วเหลืองต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต                                                     | 67   |
| 5.3.2 ผลของระดับน้ำมันถั่วเหลืองต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีน                                                | 68   |
| 5.3.3 ผลของระดับเมทไธโอนีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต                                                           | 68   |
| 5.3.4 ผลของระดับเมทไธโอนีนต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีน                                                      | 69   |
| บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ                                                                                    |      |
| 6.1 สรุปผลการทดลอง                                                                                           | 71   |
| 6.2 ข้อเสนอแนะ                                                                                               | 72   |
| เอกสารอ้างอิง                                                                                                | 73   |
| ภาคผนวก                                                                                                      | 80   |
| ประวัติผู้เขียน                                                                                              | 92   |

## สารบัญตาราง

|                                                                                                                          | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 2-1 องค์ประกอบของกรดไขมันจากไขมันชนิดต่าง ๆ                                                                     | 5    |
| ตารางที่ 2-2 น้ำย่อยที่ย่อยพันธะเปปไทด์ แหล่งผลิต สิ่งที่ถูกย่อย และผลผลิต                                               | 14   |
| ตารางที่ 2-3 สัดส่วนกรดอะมิโนของไอเดียลโปรตีนในสุกร                                                                      | 20   |
| ตารางที่ 2-4 ปริมาณของโปรตีนและกรดอะมิโนมาตรฐาน<br>ที่ใช้คำนวณค่าเคมีคอล สกอร์                                           | 22   |
| ตารางที่ 2-5 ปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนของกากถั่วเหลือง                                                                    | 27   |
| ตารางที่ 3-1 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารทดลอง<br>โดยการคำนวณ                                      | 31   |
| ตารางที่ 3-2 ปริมาณแร่ธาตุในสารผสมล่วงหน้า                                                                               | 32   |
| ตารางที่ 3-3 ปริมาณวิตามินในสารผสมล่วงหน้า                                                                               | 33   |
| ตารางที่ 3-4 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและส่วนประกอบทางโภชนะของ<br>อาหารที่ไม่มีโปรตีนโดยการคำนวณ                             | 35   |
| ตารางที่ 3-5 แผนผังการให้อาหารที่ไม่มีโปรตีน                                                                             | 35   |
| ตารางที่ 4-1 ส่วนประกอบทางโภชนะของกากถั่วเหลือง                                                                          | 42   |
| ตารางที่ 4-2 ส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารทดลอง                                                                             | 44   |
| ตารางที่ 4-3 ส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารที่ไม่มีโปรตีน                                                                    | 45   |
| ตารางที่ 4-4 ผลของอาหารที่ไม่มีโปรตีนต่อน้ำหนักตัว การย่อยได้ของสิ่งแห้ง<br>ปริมาณไนโตรเจนในมูลและปัสสาวะของสุกรรุ่น     | 47   |
| ตารางที่ 4-5 ผลของอาหารทดลองต่อปริมาณไนโตรเจนในมูลและปัสสาวะของสุกรรุ่น                                                  | 49   |
| ตารางที่ 4-6 ผลของอาหารทดลองต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การย่อยได้<br>และการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนของสุกรรุ่น              | 51   |
| ตารางที่ 4-7 ผลของอาหารทดลองต่อปริมาณอาหารที่กินและสมรรถนะการเจริญเติบโต<br>ของสุกรรุ่น                                  | 53   |
| ตารางที่ 4-8 ผลของระดับน้ำมันถั่วเหลืองและเมทไธโอนีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต<br>ของสุกรรุ่น                              | 54   |
| ตารางที่ 4-9 ผลของอาหารทดลองต่อการย่อยได้ของสิ่งแห้ง<br>และการย่อยได้จริงของไนโตรเจนของสุกรรุ่น                          | 57   |
| ตารางที่ 4-10 ผลของระดับน้ำมันถั่วเหลืองและเมทไธโอนีนต่อการย่อยได้ของสิ่งแห้ง<br>และการย่อยได้จริงของไนโตรเจนของสุกรรุ่น | 58   |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

|                                                                                                                                  | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 4-11 ผลของอาหารทดลองต่อและการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนของสุกรรุ่น                                                         | 61   |
| ตารางที่ 4-12 ผลของระดับน้ำมันถั่วเหลืองและเมทไธโอนีนต่อ<br>และการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนของสุกรรุ่น                             | 62   |
| ตารางภาคผนวกที่ 1 ปริมาณกรดอะมิโนที่น้อยได้จริงในอาหารทดลอง                                                                      | 83   |
| ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่าเคมีคอล สกอร์ ของอาหารทดลองเมื่อเทียบกับไข่ทั้งฟอง                                                          | 84   |
| ตารางภาคผนวกที่ 3 ค่าเคมีคอล สกอร์ ของอาหารทดลองเมื่อเทียบกับความต้องการ<br>ของสุกรรุ่นน้ำหนัก 20 ถึง 50 กิโลกรัม ของ NRC (1998) | 85   |
| ตารางภาคผนวกที่ 4 องค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารทดลอง                                                                              | 86   |
| ตารางภาคผนวกที่ 5 ราคาของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง                                                                                | 87   |
| ตารางภาคผนวกที่ 6 ราคาของอาหารทดลอง                                                                                              | 87   |
| ตารางภาคผนวกที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน<br>อัตราการเจริญเติบโตของสุกรรุ่น                                                | 88   |
| ตารางภาคผนวกที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน<br>น้ำหนักตัวที่เพิ่มต่อปริมาณอาหารที่กินของสุกรรุ่น                             | 88   |
| ตารางภาคผนวกที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน<br>การย่อยได้ของสิ่งแห้งของสุกรรุ่น                                              | 88   |
| ตารางภาคผนวกที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน<br>การย่อยได้จริงของไนโตรเจนของสุกรรุ่น                                         | 89   |
| ตารางภาคผนวกที่ 11 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน<br>ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของสุกรรุ่น                                           | 89   |
| ตารางภาคผนวกที่ 12 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน<br>อัตราโปรตีนสุทธิของสุกรรุ่น                                                  | 90   |
| ตารางภาคผนวกที่ 13 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน<br>การสะสมได้จริงของไนโตรเจนของสุกรรุ่น                                         | 90   |
| ตารางภาคผนวกที่ 14 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน<br>การใช้ประโยชน์ได้สุทธิจริงของโปรตีนของสุกรรุ่น                               | 91   |
| ตารางภาคผนวกที่ 15 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน<br>ค่าทางชีวภาพจริงของโปรตีนของสุกรรุ่น                                         | 91   |

## สารบัญภาพ

|                                                                                                            | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ภาพที่ 2-1 สูตรโครงสร้างของไตรเอซิลกลีเซอรอล (Triacylglycerol)                                             | 4    |
| ภาพที่ 2-2 ความสัมพันธ์ของน้ำมันถั่วเหลืองกับฮอร์โมนเพื่อการเจริญเติบโต                                    | 6    |
| ภาพที่ 2-3 บทบาทของน้ำมันถั่วเหลืองในการสังเคราะห์โปรตีน                                                   | 7    |
| ภาพที่ 2-4 สูตรโครงสร้างของแอล-เมทไธโอนีน                                                                  | 12   |
| ภาพที่ 2-5 การสังเคราะห์โปรตีน                                                                             | 16   |
| ภาพที่ 2-6 บทบาทของเมทไธโอนีนในการสังเคราะห์โปรตีน                                                         | 18   |
| ภาพที่ 3-1 กรงขังเดี่ยวทดสอบการย่อยได้                                                                     | 29   |
| ภาพที่ 3-2 การชั่งน้ำหนักสุกร                                                                              | 39   |
| ภาพที่ 4-1 ผลของระดับน้ำมันถั่วเหลืองและเมทไธโอนีนต่อ<br>อัตราการผลิตโปรตีนของสุกรรุ่น                     | 55   |
| ภาพที่ 4-2 ผลของระดับน้ำมันถั่วเหลืองและเมทไธโอนีนต่อ<br>น้ำหนักตัวที่เพิ่มต่อปริมาณอาหารที่กินของสุกรรุ่น | 55   |
| ภาพที่ 4-3 ผลของระดับน้ำมันถั่วเหลืองและเมทไธโอนีนต่อ<br>ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของสุกรรุ่น                | 63   |
| ภาพที่ 4-4 ผลของระดับน้ำมันถั่วเหลืองและเมทไธโอนีนต่อ<br>อัตราโปรตีนสุทธิของสุกรรุ่น                       | 63   |
| ภาพที่ 4-5 ผลของระดับน้ำมันถั่วเหลืองและเมทไธโอนีนต่อ<br>ค่าการใช้ประโยชน์ได้สุทธิจริงของโปรตีนของสุกรรุ่น | 64   |
| ภาพที่ 4-6 ผลของระดับน้ำมันถั่วเหลืองและเมทไธโอนีนต่อ<br>ค่าทางชีวภาพจริงของโปรตีนของสุกรรุ่น              | 64   |