

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญตารางภาคผนวก	ฐ
สารบัญรูปภาพ	ค
คำย่อ	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	4
การเพาะปลูกมัสตาร์ด	4
ประโยชน์ที่ได้รับจากมัสตาร์ด	6
สารพิษและสารขัดขวางการใช้ประโยชน์	7
1. กลูโคซิโนเลท	7
2. กรดอิรูซิค	13
3. สารขัดขวางการใช้ประโยชน์ของโภชนะอื่น ๆ	15
ขั้นตอนการผลิตน้ำมันหอมระเหย	16
องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดกากมัสตาร์ด	17
การนำกากมัสตาร์ดไปใช้เป็นอาหารสัตว์	21
ในสัตว์ปีก	21
ในสุกร	22

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	26
อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา	26
ในห้องปฏิบัติการ	26
ในฟาร์มทดลอง	27
วิธีการทดลอง	29
การศึกษาในห้องปฏิบัติการ	29
1. การหาค่าประกอบทางเคมีของกากมันสตาร์ด	29
2. การหาค่าการย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์	29
การใช้กากมันสตาร์ดเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ปีก	31
1. ไก่เนื้อ	31
2. ไก่ไข่	32
3. เป็ดไข่	32
การวิเคราะห์ทางสถิติ	34
บทที่ 4 ผลการทดลอง	40
องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสตาร์ด	40
การย่อยได้ของกากมันสตาร์ด	41
ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากมันสตาร์ด	42
การใช้กากมันสตาร์ดเป็นอาหารไก่เนื้อ	43
การใช้กากมันสตาร์ดเป็นอาหารไก่ไข่	50
การใช้กากมันสตาร์ดเป็นอาหารเป็ดไข่	56
บทที่ 5 วิจัยณ์และสรุปผลการทดลอง	62
วิจัยณ์ผลการทดลอง	62
องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสตาร์ด	62
การย่อยได้ของกากมันสตาร์ด	62
ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากมันสตาร์ด	63

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
การใช้กากมันฝรั่งเป็นอาหารไก่เนื้อ	64
การใช้กากมันฝรั่งเป็นอาหารไก่ไข่	66
การใช้กากมันฝรั่งเป็นอาหารเป็ดไข่	67
สรุปผลการทดลอง	69
เอกสารอ้างอิง	71
ภาคผนวก	77
ภาคผนวก ก.	78
ภาคผนวก ข.	83
ภาคผนวก ค.	100
ประวัติผู้เขียน	120

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ขนาดของเมล็ดมันสำปะหลังและเรปซีด	6
2. องค์ประกอบทางเคมี (% DM) ของเมล็ดและกากมันสำปะหลัง (<i>B. juncea</i>) เทียบกับกากถั่วเหลือง	19
3. สัดส่วนกรดอะมิโน (% DM) ของกากมันสำปะหลัง (<i>B. hirta</i> and <i>B. juncea</i>) เทียบกับของกากถั่วเหลือง	20
4. ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนาของอาหารไก่เนื้อช่วงอายุ 7-21 วัน	35
5. ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนาของอาหารไก่เนื้อช่วงอายุ 22-42 วัน	36
6. ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนาของสูตรอาหารไก่เนื้ออายุ 43-49 วัน	37
7. ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนาของอาหารไก่ไข่ช่วงอายุ 50-62 สัปดาห์	38
8. ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนาของอาหารเป็ดไข่ช่วงอายุ 50-66 สัปดาห์	39
9. องค์ประกอบทางโภชนาของกากมันสำปะหลังชนิดตากแดด ชนิดคั่วในกะทะ และชนิดอบในตู้อบไฟฟ้า เทียบกับกากถั่วเหลือง (% DM)	40
10. ค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกากมันสำปะหลังชนิดตากแดดและชนิดคั่ว	41
11. ค่าพลังใช้ประโยชน์ได้แบบปรากฏและแบบแท้จริง (AME และ TME) ของกากมันสำปะหลังชนิดตากแดดและชนิดคั่ว	42
12. สมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีกากมันสำปะหลังชนิดตากแดดและชนิดคั่วระดับต่างๆ ในช่วงไก่อายุ 2-7 สัปดาห์	44
13. สมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อในแต่ละช่วงอายุ เมื่อให้อาหารที่มีส่วนผสมของกากมันสำปะหลังระดับต่าง ๆ	45
14. เปรอร์เซ็นต์ซาก น้ำหนักอวัยวะภายในและต่อมไทรอยด์ของไก่เนื้อ เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีกากมันสำปะหลังระดับต่างๆ ในช่วงอายุ 2-7 สัปดาห์	46
15. ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไก่เนื้อที่ได้เลี้ยงด้วยอาหารผสมซึ่งมีกากมันสำปะหลังชนิดตากแห้งและชนิดคั่วที่ระดับต่างๆ ระหว่างช่วงอายุ 2-7 สัปดาห์	49

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
16. สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ที่ได้เลี้ยงด้วยอาหารผสมกากมันสำปะหลังชนิดตากแห้งและชนิดคั่วที่ระดับต่างๆ ระหว่างช่วงอายุ 50-62 สัปดาห์	51
17. น้ำหนักอวัยวะภายในและต่อมไทรอยด์ของไก่ไข่อายุ 62 สัปดาห์ ที่ได้เลี้ยงด้วยอาหารผสมกากมันสำปะหลังชนิดตากแห้งและชนิดคั่วที่ระดับต่างๆ ระหว่างช่วงอายุ 50-62 สัปดาห์	52
18. ต้นทุนการผลิตไข่ไก่ เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารผสมกากมันสำปะหลัง ชนิดตากแดดและชนิดคั่วในกะทะระดับต่างๆ ในช่วงไก่อายุ 50-62 สัปดาห์	55
19. สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของเป็ดไข่ เมื่อได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังชนิดตากแห้งระดับต่างๆ และกากสดคลุกกับอาหารชั้นในช่วงอายุเป็ด 50-66 สัปดาห์	58
20. ต้นทุนการผลิตไข่เป็ด เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารผสมกากมันสำปะหลัง ชนิดตากแห้งและชนิดสด (ต้มและไม่ต้ม) ระดับต่างๆ ในช่วงเป็ดอายุ 50-66 สัปดาห์	61
21. ปริมาณโภชนาที่ไก่เนื้อได้รับ เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีกากมันสำปะหลังชนิดตากแดดและชนิดคั่วในช่วงอายุ 2-7 สัปดาห์	65
22. ปริมาณโภชนาที่ได้รับต่อวันของไก่ไข่ เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีกากมันสำปะหลังชนิดตากแดดและชนิดคั่วในช่วงอายุ 50-62 สัปดาห์	67
23. ปริมาณโภชนาที่เป็ดได้รับต่อวัน เมื่อเลี้ยงด้วยกากมันสำปะหลังสด (ผ่านการต้มและไม่ต้ม) และชนิดตากแดดในช่วงอายุ 55-66 สัปดาห์	68

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
ข. 1	องค์ประกอบทางเคมีของกากมีสตาร์คชนิดตากแดด อบด้วยตู้อบไฟฟ้า และคั่วในกะทะ
83	
ข. 2	ส่วนประกอบและคุณค่าทางโภชนะของสูตรอาหารที่ใช้ศึกษาหาค่าการย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ในช่วงก่อนเก็บมูล
84	
ข. 3	แผนการป้อนกากมีสตาร์คชนิดตากแดดและชนิดคั่วรวมทั้งกลุ่มที่ออกอาหารต่ออีก 24 ชั่วโมง ในการทดลองหาค่าการย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์
84	
ข. 4	เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของกากมีสตาร์คอัดเม็ดชนิดตากแดดและชนิดคั่ว
85	
ข. 5	องค์ประกอบทางเคมีของมูลไก่ที่ได้รับกากมีสตาร์คชนิดตากแดดและชนิดคั่วปริมาณตัวละ 30 ก. และไก่ตัวออกอาหารในการศึกษาหาค่าการย่อยได้
86	
ข. 6	การคำนวณค่าการย่อยได้ในไก่ที่ได้รับกากมีสตาร์คชนิดตากแดด
91	
ข. 7	การคำนวณค่าการย่อยได้ในไก่ที่ได้รับกากมีสตาร์คชนิดคั่ว
93	
ข. 8	สรุปค่าการย่อยได้ของ โภชนะของไก่ที่ได้รับกากมีสตาร์คชนิดตากแดดและชนิดคั่ว
95	
ข. 9	ค่าพลังงานรวมของมูลไก่ที่ได้รับการป้อนกากมีสตาร์คชนิดตากแดดและชนิดคั่วที่ใช้สำหรับการหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์
96	
ข. 10	การคำนวณค่าพลังงานใช้ประโยชน์ปรากฏและจริงในไก่ที่ได้รับกากมีสตาร์คตากแดดและชนิดคั่ว
97	
ข. 11	อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละวันขณะเลี้ยงไก่เนื้อ
98	
ข. 12	สมรรถภาพการผลิตของเป็ดไข่ เมื่อได้รับอาหารผสมที่มีกากมีสตาร์คชนิดตากแดดที่ระดับต่างๆ และเมื่อให้กากสดร่วมกับอาหารควบคุมแบบให้เลือกกินอิสระในช่วงอายุ 50-53 สัปดาห์
99	
ค. 1	T-Test: ค่าการย่อยได้วัตถุแห้ง
100	
ค. 2	T-Test: ค่าการย่อยได้ของโปรตีน
100	

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
ค. 3	T-Test: ค่าการย่อยได้ของไขมัน	100
ค. 4	T-Test: ค่าการย่อยได้ของเยื่อใย	100
ค. 5	T-Test: ค่าการย่อยได้ของ NFE	100
ค. 6	T-Test: ค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ	101
ค. 7	T-Test: ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้แบบปรากฏ (AD)	101
ค. 8	T-Test: ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้แบบปรากฏ (DM)	101
ค. 9	T-Test: ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้แบบแท้จริง (AD)	101
ค. 10	T-Test: ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้แบบแท้จริง (DM)	101
ค. 11	ANOVA: น้ำหนักตัวเพิ่มของไก่เนื้อในช่วงสัปดาห์ที่ 2-3	102
ค. 12	ANOVA: น้ำหนักตัวเพิ่มของไก่เนื้อในช่วงสัปดาห์ที่ 4-6	102
ค. 13	ANOVA: น้ำหนักตัวเพิ่มของไก่เนื้อในช่วงสัปดาห์ที่ 7	103
ค. 14	ANOVA: น้ำหนักตัวเพิ่มของไก่เนื้อในช่วงสัปดาห์ที่ 2-7	103
ค. 15	ANOVA: ปริมาณอาหารที่กินของไก่เนื้อช่วงสัปดาห์ที่ 2-3	104
ค. 16	ANOVA: ปริมาณอาหารที่กินของไก่เนื้อช่วงสัปดาห์ที่ 4-6	104
ค. 17	ANOVA: ปริมาณอาหารที่กินของไก่เนื้อช่วงสัปดาห์ที่ 7	104
ค. 18	ANOVA: ปริมาณอาหารที่กินของไก่เนื้อช่วงสัปดาห์ที่ 2-7	105
ค. 19	ANOVA: อัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้อช่วงสัปดาห์ที่ 2-3	105
ค. 20	ANOVA: อัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้อช่วงสัปดาห์ที่ 4-6	106
ค. 21	ANOVA: อัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้อช่วงสัปดาห์ที่ 7	106
ค. 22	ANOVA: อัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้อช่วงสัปดาห์ที่ 2-7	106
ค. 23	ANOVA: เปอร์เซ็นต์ซากของไก่เนื้อ	107
ค. 24	ANOVA: ไขมันในช่องท้องของไก่เนื้อ	107
ค. 25	ANOVA: ตับของไก่เนื้อ	107
ค. 26	ANOVA: ขนาดตับอ่อนของไก่เนื้อ	107
ค. 27	ANOVA: ขนาดต่อมไทรอยด์ของไก่เนื้อ	108
ค. 28	ANOVA: น้ำหนักตัวเพิ่มของไก่ไข่	108
ค. 29	ANOVA: ไขมันในช่องท้องของไก่ไข่	109

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
ค. 30 ANOVA: ขนาดไตของไก่ไข่	109
ค. 31 ANOVA: ขนาดตับของไก่ไข่	109
ค. 32 ANOVA: ขนาดตับอ่อนของไก่ไข่	110
ค. 33 ANOVA: ไทรอยด์ของไก่ไข่	110
ค. 34 ANOVA: ขนาดม้ามของไก่ไข่	110
ค. 35 ANOVA: สีไข่แดงของไก่	110
ค. 36 ANOVA: ค่า Haugh unit ของไข่ไก่	111
ค. 37 ANOVA: ความถ่วงจำเพาะของไข่ไก่	111
ค. 38 ANOVA: ความหนาเปลือกไข่ไก่	111
ค. 39 ANOVA: สัดส่วนไข่ไก่ที่มีน้ำหนักมากกว่า 70 ก.	111
ค. 40 ANOVA: สัดส่วนไข่ไก่ที่มีน้ำหนัก 66-70 ก.	112
ค. 41 ANOVA: สัดส่วนไข่ไก่ที่มีน้ำหนัก 61-65 ก.	112
ค. 42 ANOVA: สัดส่วนไข่ไก่ที่มีน้ำหนัก 55-60 ก.	112
ค. 43 ANOVA: สัดส่วนไข่ไก่ที่มีน้ำหนักต่ำกว่า 55 ก.	112
ค. 44 ANOVA: น้ำหนักตัวเปิดเริ่มต้น	113
ค. 45 ANOVA: น้ำหนักตัวเปิดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	113
ค. 46 ANOVA: ผลผลิตไข่เปิด	113
ค. 47 ANOVA: น้ำหนักไข่เปิด	114
ค. 48 ANOVA: ปริมาณอาหารที่กินของไข่เปิด	114
ค. 49 ANOVA: ปริมาณอาหารที่ใช้ในการผลิตไข่เปิด 1 โหล	114
ค. 50 ANOVA: ปริมาณอาหารที่ใช้ในการผลิตไข่เปิด 1 กก.	115
ค. 51 ANOVA: สัดส่วนไข่เปิดที่มีน้ำหนักมากกว่า 70 ก.	115
ค. 52 ANOVA: สัดส่วนไข่เปิดที่มีน้ำหนัก 66-70 ก.	115
ค. 53 ANOVA: สัดส่วนไข่เปิดที่มีน้ำหนัก 61-65 ก.	116
ค. 54 ANOVA: สัดส่วนไข่เปิดที่มีน้ำหนัก 56-60 ก.	116
ค. 55 ANOVA: สัดส่วนไข่เปิดที่มีน้ำหนักน้อยกว่า 55 ก.	116
ค. 56 ANOVA: ผลผลิตไข่เปิดในช่วงการทดลองที่ 1	117

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
ค. 57 ANOVA: น้ำหนักไข่เปิดในช่วงการทดลองที่ 1	117
ค. 58 ANOVA: ปริมาณอาหารที่กินของเปิดในช่วงการทดลองที่ 1	117
ค. 59 ANOVA: ปริมาณที่ใช้ผลิตไข่ 1 โหล ในช่วงการทดลองที่ 1	117
ค. 60 ANOVA: ปริมาณอาหารที่ใช้ในการผลิตไข่ 1กก. ในช่วงการทดลองที่ 1	118
ค. 61 ANOVA: สัดส่วนไข่เปิดที่มีน้ำหนักมากกว่า 70 ก. ในช่วงการทดลองที่ 1	118
ค. 62 ANOVA: สัดส่วนไข่เปิดที่มีน้ำหนัก 65-70 ก. ในช่วงการทดลองที่ 1	118
ค. 63 ANOVA: สัดส่วนไข่เปิดที่มีน้ำหนัก 60-65 ก. ในช่วงการทดลองที่ 1	119
ค. 64 ANOVA: สัดส่วนไข่เปิดที่มีน้ำหนักต่ำกว่า < 60 ก. ในช่วงการทดลองที่ 1	119

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-2 Typical inflorescence.	5
3 The leaf blade of <i>B. juncea</i> terminates well up the petiole.	5
4 Seed size and color of mustard compared with rape seed.	5
5 Enzymatic degradation of glucosinolate.	8
6 Synthesis of glucosinolate.	9
7 Hydrolysis of progoitrin.	10
8 Synthesis and inhibition of thyroid hormone.	11
9 Suggested biosynthetic pathway of major rape seed fatty acid.	14
10 Mechanism of fishy odor from toxic substances in rape seed.	17
11 Essential oil processing.	18
12 Relationship between daily weight gain and level of mustard meal in broiler diet.	48
13 Relationship between daily feed intake and level of mustard meal in broiler diet.	48
14 Relationship between the daily feed intake and the level of mustard meal in laying diets.	54
15 Relationship between the egg weight and the level of mustard meal in laying diets.	54
16 Relationship between the egg production and the level of mustard meal in laying diets.	54
17 Relationship between the daily feed intake and the level of mustard meal in laying duck diet.	59
18 Relationship between the egg production and the level of mustard meal in laying duck diets.	59
19 Relationship between the egg weight and the level of mustard meal in laying duck diets.	59

คำย่อ

ก.	=	กรัม	AD	=	air dry
กก.	=	กิโลกรัม	DM	=	dry matter
ม.	=	เมตร	EE	=	ether extract
มก.	=	มิลลิกรัม		=	ไขมัน
°ซ	=	องศาเซลเซียส	CF	=	crude fiber
g	=	gram		=	เยื่อใย
kcal	=	kilocalorie	CP	=	crude protein
Mcal	=	megacalorie		=	โปรตีน
kg	=	kilogram	NFE	=	nitrogen free extract
ha	=	hectare		=	คาโบไฮเดรตที่ย่อยง่าย
μmole	=	micromole	ME	=	metabolizable energy
			Cys	=	cystine
AIT	=	allyl isothiocyanate	Lys	=	lysine
	=	$\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{NCS}$	Met	=	methionine
ITC	=	isothiocyanate	Thr	=	threonine
TMA	=	trimethylamine	Typ	=	typtophan
vs.	=	versus			
cv.	=	cultivar	ANOVA	=	analysis of variance
			C.V.	=	coefficient of variation
DCP	=	dicalcium phosphate	df	=	degree of freedom
MM	=	mustard meal	Pr	=	probability
SBM	=	soybean meal	MS	=	mean square
			S.E.M.	=	standard error of mean
ADF	=	average daily feed intake	SOV	=	source of variation
ADG	=	average daily gain	SS	=	sum of square
BWG	=	body weight gain			
FCR	=	feed conversion ratio			