

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฉ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา	2
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร	
2.1 ถั่วเหลือง	3
2.2 อาหารลูกสุกรหย่านม	4
2.3 โครงสร้างของผนังทางเดินอาหาร	5
2.4 การหลั่งน้ำย่อยในทางเดินอาหาร	8
2.5 การย่อยอาหารในทางเดินอาหาร	9
2.6 การดูดซึมสารอาหาร	10
2.7 ประโยชน์ของถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการหมัก	12
2.7.1 คุณภาพของโปรตีนและขนาดของโมเลกุล	12
2.7.2 ปริมาณกรดอะมิโน	14
2.7.3 ระดับของ Trypsin inhibitor	15
2.7.4 กรดไฟติกและการใช้ประโยชน์จากฟอสฟอรัส	15
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 อุปกรณ์การทดลอง	18
3.2 วิธีการทดลอง	20
ก. สัตว์ทดลอง	20
ข. ลักษณะคอกทดลอง	20
ค. การวางแผนการทดลองและการจัดสัตว์เข้าทดลอง	21
ง. การจัดการด้านอาหาร	21

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
จ. ข้อมูลเกี่ยวกับกากถั่วเหลืองหมัก	26
3.3 การเก็บตัวอย่างและการบันทึกข้อมูล	26
3.3.1 การเก็บตัวอย่างลำไส้เล็ก	26
3.3.2 การวัดความสูงและพื้นที่ผิววิลโล	30
3.3.3 การชั่งน้ำหนักสุกร	31
3.3.4 การบันทึกอาหารที่กิน	31
3.3.5 การเก็บตัวอย่างอาหารเพื่อการวิเคราะห์	31
3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างกากถั่วเหลืองหมัก	31
3.4.1 การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสโดยรวม	31
3.4.2 การวิเคราะห์กรดอะมิโนในตัวอย่างกากถั่วเหลืองหมัก	33
3.4.3 การวิเคราะห์หา Trypsin Inhibitor	33
3.4.4 การวิเคราะห์หาสารพิษจากเชื้อรา	35
3.4.5 การวิเคราะห์หาการย่อยได้ของกากถั่วเหลืองหมัก	36
3.4.6 การวิเคราะห์การย้อมสี Orange G	38
3.4.7 การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง	38
3.5 การวัดสมรรถภาพการผลิต	39
3.5.1 ปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมด	39
3.5.2 ปริมาณอาหารที่กินได้เฉลี่ยต่อวัน	39
3.5.3 การเพิ่มน้ำหนักตัวทั้งหมด	39
3.5.4 อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน	39
3.5.5 อัตราการแลกเนื้อ	40
3.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ	40
3.7 สถานที่ทำวิจัย	40
3.8 ระยะเวลาการดำเนินการวิจัย	40
บทที่ 4 ผลการทดลอง	41
4.1 วิเคราะห์องค์ประกอบของโภชนะในอาหารทดลอง	41
4.2 วิเคราะห์องค์ประกอบของโภชนะในตัวอย่างกากถั่วเหลืองหมัก	41
4.3 วิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสที่มีในตัวอย่างกากถั่วเหลืองหมัก	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 วิเคราะห์กรดอะมิโนที่มีในตัวอย่างกากถั่วเหลืองหมัก	43
4.5 วิเคราะห์ปริมาณ Trypsin inhibitor activity ในตัวอย่างกากถั่วเหลืองหมัก	45
4.6 วิเคราะห์ปริมาณ Aflatoxin ที่มีในตัวอย่างกากถั่วเหลืองหมัก	46
4.7 วิเคราะห์การย่อยได้โดยวิธี <i>In vitro</i> digestibility ของตัวอย่างกากถั่วเหลืองหมัก	46
4.8 วิเคราะห์ค่า Available lysine โดยวิธีการย้อมสี Orange G	46
4.9 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างกากถั่วเหลืองหมัก	47
4.10 ผลต่อการพัฒนาของวิลไล	47
4.10.1 ผลต่อความยาวของวิลไล	47
4.10.2 ผลต่อพื้นที่ผิววิลไล	54
4.11 ผลของการใช้กากถั่วเหลืองหมักต่อสมรรถภาพการผลิต	66
4.11.1 ปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมด	66
4.11.2 ปริมาณอาหารที่กินได้เฉลี่ย	67
4.11.3 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด	68
4.11.4 น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเฉลี่ย	68
4.11.5 อัตราการแลกเนื้อ	69
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	71
5.1 องค์ประกอบของโภชนะ	71
5.1.1 องค์ประกอบทางโภชนะของอาหารทดลอง	71
5.1.2 องค์ประกอบทางโภชนะของตัวอย่างกากถั่วเหลืองหมัก	71
5.1.3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่มีในตัวอย่างกากถั่วเหลืองหมัก	72
5.1.4 ปริมาณกรดอะมิโนที่มีในตัวอย่างกากถั่วเหลืองหมัก	72
5.1.5 ปริมาณ Trypsin inhibitor activity ที่มีในตัวอย่างกากถั่วเหลืองหมัก	72
5.1.6 ปริมาณสารพิษ Aflatoxin ที่ตรวจพบในตัวอย่างกากถั่วเหลืองหมัก	73
5.1.7 การย่อยได้โดยวิธี <i>In vitro</i> digestibility ของตัวอย่างกากถั่วเหลืองหมัก	73

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.1.8 ค่า Available lysine โดยวิธีการย้อมสี Orange G	73
5.2 ผลต่อการพัฒนาของวิลไล	74
5.2.1 ผลต่อความยาวของวิลไล	74
5.2.2 ผลต่อพื้นที่รวมของวิลไล	74
5.3 ผลของกากถั่วเหลืองหมักต่อสมรรถภาพการผลิต	75
5.3.1 ปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมด	75
5.3.2 น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นทั้งหมด	75
5.3.3 อัตราการแลกเนื้อ	76
5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาของวิลไลและสมรรถภาพการผลิต	76
5.5 ข้อเสนอแนะ	76
เอกสารอ้างอิง	77
ภาคผนวก ก	82
ภาคผนวก ข	92
ประวัติผู้เขียน	99

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1. Chemical composition of uncooked soybean and other raw foods	3
2.2 Solubility, absorbability and digestibility of <i>Bacillus subtilis</i> (B82) fermented soya bean	13
2.3. Amino acid profile of fermented soybean	15
2.4. Amino acid profiles of processed soybean (g/kg dry sample) in kinema making	16
2.5. Excretion and retention of phosphorus in chicks fed diets based on regular or fermented soybean meal	17
3.1. Experimental diets for weaned pigs in phase 1	22
3.2. Experimental diets for weaned pigs in phase 2	23
3.3. Experimental diets for weaned pigs in phase 3	24
3.4. Experimental diets for weaned pigs in phase 4	25
4.1. Chemical analysis of experimental diets phase 1 to 4	42
4.2. Feed composition in soybean meal, fermented soybean meal and imported fermented soybean meal	43
4.3. Analysis of phosphorus in soybean meal, fermented soybean meal and imported fermented soybean meal	43
4.4. Amino acid profile in soybean meal, fermented soybean meal and imported fermented soybean meal	44
4.5. Trypsin inhibitor activity (TIA) of soybean meal, fermented soybean meal and imported soybean meal	45
4.6. Analysis of aflatoxin in soybean meal, fermented soybean meal and imported soybean meal	45
4.7. Analysis of <i>In vitro</i> digestibility in soybean meal, fermented soybean meal and imported fermented soybean meal	46
4.8. Analysis of available lysine in soybean meal, fermented soybean meal and imported fermented soybean meal	46
4.9. pH of soybean meal, fermented soybean meal and imported fermented soybean meal	47

## สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 Composite of various section of the gastrointestinal tract	5
2.2 Villous height and crypt depth at a site 25% along the length of the small intestinal of weaned and unweaned pigs killed between 21 and 32 day of age	8
2.3 Small intestines (enlarged villus showing lacteal, capillaries and intestinal gland	9
2.4 Photograph of villi in small intestine	11
2.5 Disaccharides are split into monosaccharides at the brush border	11
2.6 SDS-PAGE profile of fermented soya bean.	13
2.7 Molecular weight distribution of water-soluble protein and peptides during <i>Bacillus subtilis</i> (B82) fermentation of soya bean	14
3.1 Experimental cage for 4 pigs	20
3.2 Determination of villi height and villi surface area.	30
3.3 Preparation of section for light microscope	32
4.1 The whole small intestine was removed and cut off for separation of duodenum, jejunum and ileum	47
4.2 Each part of small intestine sample was cut off approximately	48
4.3 The intestinal segments were kept in formalin 10%	48
4.4 Ready – made villi slides for measurement	49
4.5 Effect of soybean meal, imported fermented soybean meal and fermented soybean meal on villi height (week 1 of trial)	50
4.6 Effect of soybean meal, imported fermented soybean meal and fermented soybean meal on villi height (week 2 of trial)	50
4.7 Effect of soybean meal, imported fermented soybean meal and fermented soybean meal on villi height (week 3 of trial)	52
4.8 Effect of soybean meal, imported fermented soybean meal and fermented soybean meal on villi height (week 4 of trial)	52
4.9 Effect of soybean meal, imported fermented soybean meal and fermented soybean meal on villi height (week 5 of trial)	53

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
4.10 Effect of soybean meal, imported fermented soybean meal and fermented soybean meal on villi height (week 6 of trial)	53
4.11 Effect of soybean meal, imported fermented soybean meal and fermented soybean meal on villi surface area (week 1 of trial)	55
4.12 Effect of soybean meal, imported fermented soybean meal and fermented soybean meal on villi surface area (week 2 of trial)	56
4.13 Effect of soybean meal, imported fermented soybean meal and fermented soybean meal on villi surface area (week 3 of trial)	56
4.14 Effect of soybean meal, imported fermented soybean meal and fermented soybean meal on villi surface area (week 4 of trial)	57
4.15 Effect of soybean meal, imported fermented soybean meal and fermented soybean meal on villi surface area (week 5 of trial)	57
4.16 Effect of soybean meal, imported fermented soybean meal and fermented soybean meal on villi surface area (week 6 of trial)	58
4.17 Duodenum villi in week 1 of T1-T5 for villi measurement (40 x)	59
4.18 Duodenum villi in week 2 of T1-T5 for villi measurement (40 x)	60
4.19 Duodenum villi in week 3 of T1-T5 for villi measurement (40 x)	61
4.20 Duodenum villi in week 4 of T1-T5 for villi measurement (40 x)	62
4.21 Duodenum villi in week 5 of T1-T5 for villi measurement (40 x)	63
4.22 Duodenum villi in week 6 of T1-T5 for villi measurement (40 x)	64
4.23 Effect of soybean meal, imported fermented soybean meal and fermented soybean meal on total average villi height (week 1-6)	65
4.24 Effect of soybean meal, imported fermented soybean meal and fermented soybean meal on total average villi surface area (week 1-6)	66
4.25 Total feed intake and total weight gain of T1-T5	66
4.26 Effect of soybean meal, imported fermented soybean meal and fermented soybean meal on average daily feed intake	67



สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
4.27 Effect of soybean meal, imported fermented soybean meal and fermented soybean meal on average daily feed intake	68
4.28 Effect of soybean meal, imported fermented soybean meal and fermented soybean meal on average daily gain	69
4.29 Effect of soybean meal, imported fermented soybean meal and fermented soybean meal on average FCR	70



**อักษรย่อและสัญลักษณ์**

ADFI	=	average daily feed intake
°C	=	degree celsius
μg	=	microgram
μM	=	micro molar
ADG	=	average daily gain
AR	=	analytical reagent
CCK	=	cholecystokinin
CF	=	crude fiber
CP	=	crude protein
CRD	=	completely randomized design
DM	=	dry matter
EE	=	ether extract
FCR	=	feed conversion ratio
G	=	gram
g/kg DM	=	gram per kilogram dry matter
h	=	hour
IFSBM	=	imported fermented soybean meal
kD	=	kilo dalton
FSBM	=	fermented soybean meal
mg	=	milligram
mg/d	=	milligram per day
mg/g	=	milligram per gram
ml	=	milliliter
OD	=	optical density
P	=	phosphorus
PER	=	protein efficiency ratio
ppb	=	part per billion
S.E.M.	=	standard error
SDS-PAGE	=	sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Copyright © by Chiang Mai University  
 All rights reserved

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

SBM	=	soybean meal
TWG	=	total weight gain
wt	=	weight



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved