

ผลการเสริมซาร์ซาโปนินต่อกระบวนการหมัก การย่อยได้ในกระเพาะหมัก  
และอัตราการเจริญเติบโตของโคนมรุ่นเพศเมีย

ทิววรรณ ญาณตาล

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต  
(เกษตรศาสตร์)  
สาขาวิชาสัตวศาสตร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มีนาคม 2554

ผลการเสริมสร้างอาชีพนิตต่อกระบวนการหมัก การย่อยได้ในกระเพาะหมัก  
และอัตราการเจริญเติบโตของโคนมรุ่นเพศเมีย

ทิวารวรรณ ญาณตาล

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาหลักสูตรปริญญา  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
(เกษตรศาสตร์)  
สาขาวิชาสัตวศาสตร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
มีนาคม 2554

ผลการเสริมชำระซาโปนินต่อกระบวนการหมัก การย่อยได้ในกระเพาะหมัก  
และอัตราการเจริญเติบโตของโคนมรุ่นเพศเมีย

ทิววรรณ ญาณตาล

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)  
สาขาวิชาสัตวศาสตร์


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
.....ประธานกรรมการ  
รองศาสตราจารย์ ดร.สกล ไข่มคำ

  
.....กรรมการ  
รองศาสตราจารย์ ดร. โชค มิเกล็ด

  
.....กรรมการ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ญัฐพล จงกสิกิจ

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก  
รองศาสตราจารย์ ดร. โชค มิเกล็ด

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ญัฐพล จงกสิกิจ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

23 มีนาคม 2554

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณา และความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. โชค มิเกล็ด อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพล จงกสิกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. สกต ใจคำ ประธานสอบวิทยานิพนธ์ จากมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ให้ความรู้ คำแนะนำ และเมตตาเอาใจใส่แก้ไขจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณวสันต์ ลีละยูวะ บริษัท อินเทล โนเวนชั่น จำกัด ที่สนับสนุนชำระค่าไปนินที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.น.สพ.สุวิชัย โรจนเสถียร และนักศึกษาสัตวแพทย์จากคณะสัตวแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการผ่าตัดโคทดลอง ขอขอบคุณ ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ในการทดลอง

ขอขอบคุณ คุณสุรภี ทองหลอม และคุณอภิชาติ ศรีภักย์ นักวิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ สำหรับคำแนะนำและความช่วยเหลือการวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการ ขอขอบคุณ คุณวิสูตร ศิริณพษานันท์ นักวิชาการประจำฟาร์ม โคนม และเจ้าหน้าที่ฟาร์มสัตว์ทดลองหมวดโคนมทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานในฟาร์มทดลอง ตลอดจนเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ทุกท่านที่ให้คำแนะนำในขั้นตอนการวิเคราะห์กรดไขมันระเหยได้

ขอขอบคุณ คุณสุภฤกษ์ นาคกิตเศรษฐ์ คุณขนิษฐา ตีคำ คุณณรรกมล เล่าห์รอดพันธ์ คุณธนพล วงศ์เอี่ยม คุณปรินทร์ บัวนภียาพันธ์ คุณนพพล ชูสมุทร คุณรัชนีภา ทิมคล้าย คุณจิราพร อดทน คุณชลนภา มุ่งดี คุณอรพรรณ คำเงิน และคุณสุนิตา เรืองกาญจน์ รวมถึงเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ นักศึกษาปริญญาโททุกคนที่มีได้กล่าวถึงที่มีส่วนร่วมในงานวิจัยชิ้นนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อบุญเจริญ คุณแม่อำพร ญาณตาล คุณพลเชษฐ์ อารีพงษ์ และญาติทุกคนที่ให้โอกาสในการศึกษาตลอดจนเป็นกำลังใจในการทำวิจัยในครั้งนี้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ด
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ต
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 วัตถุประสงค์การศึกษา	2
1.2 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา	2
<b>บทที่ 2 การตรวจเอกสาร</b>	<b>3</b>
2.1 ลักษณะทั่วไปของซาโปนิน (Saponins)	3
2.1.1 บทบาทและหน้าที่ของซาโปนินในพืชบางชนิด	4
2.1.2 การแบ่งประเภทของซาโปนิน	4
2.1.3 สมบัติบางประการของซาโปนิน	9
2.1.3.1 สมบัติทางด้านโครงสร้างของซาโปนิน	9
2.1.3.2 สมบัติของซาโปนินในการทำให้เม็ดเลือดแดงแตกตัว	9
2.1.3.3 สมบัติความเป็นพิษของซาโปนินต่อสิ่งมีชีวิตจำพวกปลา	10
2.1.3.4 สมบัติของซาโปนินเมื่อทำการทดสอบด้วยวิธี Liebermann-Burchard	10
2.1.3.5 คุณสมบัติของซาโปนินในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา	10
2.1.4 กระบวนการสังเคราะห์ซาโปนิน	10
2.2 ลักษณะทั่วไปของซาร์ซาโปนิน (sarsaponins)	12
2.3 ลักษณะทั่วไปของพืชสกุล <i>Yucca</i>	13
2.4 ลักษณะทั่วไปของ <i>Yucca schidigera</i>	13
2.5 การใช้ซาร์ซาโปนินในอาหารสัตว์	15
2.5.1 การใช้ซาร์ซาโปนินในอาหารสุกร	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.2 การใช้ซาร์ซาโปนินในอาหารไก่	16
2.5.3 การใช้ซาร์ซาโปนินในอาหารกระต่าย	16
2.5.4 การใช้ซาร์ซาโปนินในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง	17
2.6 การย่อยอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	21
2.6.1 การย่อยคาร์โบไฮเดรตในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	21
2.6.1.1 การย่อยคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะหมัก	21
2.6.1.2 ก๊าซมีเทนกับภาวะโลกร้อน	22
2.6.1.3 การย่อยคาร์โบไฮเดรตในลำไส้เล็ก	25
2.6.1.4 การย่อยคาร์โบไฮเดรตในลำไส้ใหญ่	25
2.6.2 การย่อยโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	26
2.6.2.1 การย่อยโปรตีนในกระเพาะหมัก	26
2.6.2.2 การย่อยโปรตีนในลำไส้เล็ก	26
2.6.2.3 การย่อยโปรตีนในลำไส้ใหญ่	26
2.6.3 ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมัก	27
2.6.4 แอมโมเนียในโตรเจนในกระเพาะหมัก	27
2.6.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-ด่างและแอมโมเนียในโตรเจนในกระเพาะหมัก	28
2.7 การศึกษาการย่อยได้ในโค	29
2.7.1 การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในตัวสัตว์ ( <i>in vivo</i> digestibility) โดยวิธีการแบบดั้งเดิม (conventional method)	29
2.7.2 การศึกษาการย่อยได้ในตัวสัตว์ ( <i>in vivo</i> ) โดยวิธีการใช้สารบ่งชี้ (indicator method)	30
2.7.2.1 คุณสมบัติของสารบ่งชี้ (properties of marker)	30
2.7.2.2 ประเภทของสารบ่งชี้ (type of markers)	31
2.8 การเปิดทางเดินอาหารโคทดลองสำหรับใช้ในการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะ	33

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.8.1 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับทำอุปกรณ์ฝาปิดกระเพาะหมักและท่อเก็บตัวอย่างจาก ลำไส้เล็ก	33
2.8.2 การผ่าตัดใส่ท่อ rumen fistula ใน โคนม	34
2.8.3 การผ่าตัดใส่ท่อเก็บตัวอย่างอาหารจากบริเวณส่วนต้นของลำไส้เล็กในโค	35
<b>บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง</b>	
3.1 ศึกษาการเสริมซาร์ซาโปนินต่อกระบวนการหมัก การย่อยได้ในกระเพาะหมัก ของโคนม	36
3.1.1 การหาค่าประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนาของอาหารทดลอง	36
3.1.2 การหาค่าการย่อยได้ของโภชนาของโคนม	37
3.1.2.1 สัตว์ทดลอง	37
3.1.2.2 อาหารและการให้อาหาร	37
3.1.2.3 วิธีการทดลอง	37
3.1.2.3.1 การหาค่าการย่อยได้แบบดั้งเดิม (Conventional method)	37
3.1.2.3.2 การวัดปริมาณอาหารที่เดินทางเข้าสู่บริเวณลำไส้เล็กโดยวิธีใช้สารบ่งชี้ (Indicator method)	38
3.1.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ	40
3.2 ศึกษาผลการเสริมซาร์ซาโปนินต่ออัตราการเจริญเติบโตของ โคนมรุ่นเพศเมีย	40
3.2.1 สัตว์ทดลอง	40
3.2.2 วิธีการทดลอง	40
3.2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ	41
3.2.4 สถานที่ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูล	41
3.2.5 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย	41
<b>บทที่ 4 ผลการทดลอง</b>	
การทดลองที่ 1 ผลการเสริมซาร์ซาโปนินต่อกระบวนการหมัก และการย่อยได้ใน กระเพาะหมักของโคนม	42
4.1 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาของอาหารทดลอง	42
4.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่าสด	42

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	43
4.2 การย่อยได้ในตัวสัตว์ ( <i>in vivo</i> digestibility)	45
4.2.1 ค่าการย่อยได้ในตัวสัตว์โดยวิธีดั้งเดิม (Conventional method) ของโคทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	45
4.2.2 โภชนะรวมย่อยได้ (TDN) พลังงานรวม (GE) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE <sub>L</sub> ) ของโคทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	46
4.2.3 ปริมาณอาหารที่โคทดลองได้รับและเข้าสู่บริเวณลำไส้เล็กเมื่อได้รับอาหารที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	47
4.2.3.1 ปริมาณวัตถุแห้งที่โคทดลองได้รับและเข้าสู่บริเวณลำไส้เล็กเมื่อได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	47
4.2.3.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่โคทดลองได้รับและเข้าสู่บริเวณลำไส้เล็กเมื่อได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	48
4.2.3.3 ปริมาณโปรตีนรวมที่โคทดลองได้รับและเข้าสู่บริเวณลำไส้เล็กเมื่อได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	49
4.2.4 สภาพภายในกระเพาะหมักของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	50
4.2.4.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกระเพาะหมักของโคทดลอง	50
4.2.4.2 ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจน (NH <sub>3</sub> -N) ในกระเพาะหมักของโคทดลอง	52
4.2.4.3 กรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid, VFA) ในกระเพาะหมักของโคทดลอง	53
การทดลองที่ 2 ผลการเสริมซาร์ซาโปนินต่ออัตราการเจริญเติบโตของโคนมรุ่นเพศเมีย	56
4.3 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาของอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 0 และ 10 กรัม	56
4.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของพืชอาหารสัตว์ทั้ง 2 แปลงที่ใช้เลี้ยงโคที่ได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 0 และ 10 กรัม	56



## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 0 และ 10 กรัม	57
4.3.3 อัตราการเจริญเติบโตของ โคททดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 0 และ 10 กรัม	58
<b>บทที่ 5 วิจัยรณผลการทดลอง</b>	<b>60</b>
5.1 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของอาหารทดลอง	60
5.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่าสด	60
5.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	60
5.2 การย่อยได้ในตัวสัตว์ ( <i>in vivo</i> digestibility)	61
5.2.1 ค่าการย่อยได้ในตัวสัตว์โดยวิธีดั้งเดิม (Conventional method) ของโคททดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	61
5.2.2 โภชนะรวมย่อยได้ (TDN) พลังงานรวม (GE) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม ( $NE_L$ ) ของโคททดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	62
5.2.3 ปริมาณอาหารที่โคททดลองได้รับและเข้าสู่บริเวณลำไส้เล็กเมื่อได้รับอาหารที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	64
5.2.3.1 ปริมาณวัตถุแห้งที่โคททดลองได้รับและเข้าสู่บริเวณลำไส้เล็กเมื่อได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	64
5.2.3.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่โคททดลองได้รับและเข้าสู่บริเวณลำไส้เล็กเมื่อได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	64
5.2.3.3 ปริมาณโปรตีนรวมที่โคททดลองได้รับและเข้าสู่บริเวณลำไส้เล็กเมื่อได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	64
5.2.4 สภาพภายในกระเพาะหมักของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	65
5.2.4.1 ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ในกระเพาะหมักของโคททดลอง	65
5.2.4.2 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ( $NH_3-N$ ) ในกระเพาะหมักของโคททดลอง	66

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2.4.3 กรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid, VFA) ในกระเพาะหมัก ของโคทดลอง	67
5.3 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของอาหารทดลองที่เสริม ซาร์ซาโปนิน 0 และ 10 กรัม	69
5.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของพืชอาหารสัตว์ทั้ง 2 แปลงที่ใช้เลี้ยงโคที่ได้รับอาหาร ทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 0 และ 10 กรัม	69
5.3.2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 0 และ 10 กรัม	70
5.3.3 อัตราการเจริญเติบโตของโคทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่เสริม ซาร์ซาโปนิน 0 และ 10 กรัม	70
<b>บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ</b>	<b>72</b>
6.1 สรุปผลการทดลอง	72
6.1.1 ผลการเสริมซาร์ซาโปนินต่อกระบวนการหมัก และการย่อยได้ใน กระเพาะหมักของโคนม	72
6.1.2 ผลการเสริมซาร์ซาโปนินต่ออัตราการเจริญเติบโตของโคนมรุ่นเพศเมีย	74
6.2 ข้อเสนอแนะ	75
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	<b>76</b>
<b>ภาคผนวก</b>	<b>82</b>
<b>ภาคผนวก ก ภาพแสดงการทดลองและการวิจัย</b>	<b>83</b>
<b>ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ</b>	<b>86</b>
<b>ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ผลทางสถิติ</b>	<b>93</b>
<b>ประวัติผู้เขียน</b>	<b>116</b>

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 ตัวอย่างซาโปนินที่พบในพืชวงศ์ต่างๆ	4
2 องค์ประกอบทางเคมีของ DK sarsaponin 30 <sup>®</sup>	13
3 ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดจากการทำเกษตรกรรม	23
4 การเกิดและปล่อยก๊าซชนิดต่างๆจากสัตว์เลี้ยง (กิโลกรัม/ตัว/ปี)	23
5 ช่วงเวลาเก็บตัวอย่างจากลำไส้เล็กเพื่อวัดปริมาณอาหารที่เดินเข้าสู่บริเวณลำไส้เล็ก โดยวิธีใช้สารบ่งชี้	39
6 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่าสด (โภชนะทั้งหมดคิดเป็น ร้อยละของวัตถุแห้ง)	42
7 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม (โภชนะทั้งหมดคิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้ง)	44
8 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและ โภชนะของอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	46
9 โภชนะรวมที่ย่อยได้ (TDN) ค่าพลังงานรวม (GE) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และ พลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE <sub>L</sub> ) ของโคทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	47
10 ปริมาณวัตถุแห้งที่โคทดลองได้รับและเข้าสู่บริเวณลำไส้เล็ก เมื่อได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	48
11 ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่โคทดลองได้รับและเข้าสู่บริเวณลำไส้เล็ก เมื่อได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	49
12 ปริมาณ โปรตีนรวมที่โคได้รับและเข้าสู่บริเวณลำไส้เล็ก เมื่อได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	50
13 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกระเพาะหมักของโคทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	51
14 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (NH <sub>3</sub> -N) ในกระเพาะหมักของโคทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	53

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
15 กรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid, VFA) ในกระเพาะหมักของโคทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	55
16 องค์ประกอบทางเคมีของพืชอาหารสัตว์ที่ใช้เลี้ยงโคที่ได้รับอาหารเสริมซาร์ซาโปนิน 0 และ 10 กรัม (โกชนะทั้งหมดคิดเป็น ร้อยละของวัตถุแห้ง)	56
17 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 0 และ 10 กรัม (โกชนะทั้งหมดคิดเป็น ร้อยละของวัตถุแห้ง)	58
18 อัตราการเจริญเติบโตของโคทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 0 และ 10 กรัม	59

## สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 โครงสร้างหลักของจินินที่พบในซาโปนินทั้ง 3 ชนิด	5
2 โครงสร้างไตรเทอร์พีนซาโปนิน ชนิดหลักๆ	6
3 โครงสร้างไตรเทอร์พีนซาโปนิน ชนิดหลักๆ	6
4 โครงสร้างของแควมมาแรน	7
5 โครงสร้างไตรเทอร์พีนอยด์ซาโปนินจากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในทะเล	7
6 โครงสร้างสเตียรอยด์ไกลโคไซด์ ทั้ง 2 ชนิด	8
7 โครงสร้างของสเตียรอยด์อัลคาลอยด์ไกลโคไซด์ทั้ง 2 ชนิด	9
8 ชีวิตสังเคราะห์ของไตรเทอร์พีนและสเตียรอยด์	11
9 ซาร์ซาโปนินที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้	12
10 ต้น <i>Yucca schidigera</i>	14
11 ลักษณะส่วนต่างๆ ของ <i>Yucca schidigera</i>	15
12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกำมะถันในกระเพาะหมักกับสัดส่วนของ $(C_2+C_4):C_3$	25
13 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ในกระเพาะหมักของโคทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	51
14 ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจน ( $NH_3 - N$ ) ในกระเพาะหมักของโคทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	53
15 กรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid, VFA) ในกระเพาะหมักของโคทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่เสริมซาร์ซาโปนิน 5, 10 และ 15 กรัม	55

## อักษรย่อและสัญลักษณ์

ADG	=	Average daily gain
ADF	=	Acid detergent fiber
ADFD	=	Acid detergent fiber digestibility
ADL	=	Acid detergent lignin
C <sub>2</sub>	=	Acetic acid
C <sub>3</sub>	=	Propionic acid
C <sub>4</sub>	=	Butyric acid
CCl <sub>3</sub> F <sub>2</sub>	=	Dichlorodifluoromethane
CF	=	Crude fiber
CH <sub>4</sub>	=	Methane
CO <sub>2</sub>	=	Carbon dioxide
CP	=	Crude protein
CPD	=	Crude protein digestibility
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	Chromium oxide
df	=	Degree of freedom
DM	=	Dry matter
DMD	=	Dry matter digestibility
DMI	=	Dry matter intake
EE	=	Ether extract
EED	=	Ether extract digestibility
GE	=	Gross energy
H <sub>2</sub>	=	Hydrogen
H <sub>2</sub> O	=	Water
MJ/kg DM	=	Megajoule per kilogram dry matter
ME	=	Metabolizable energy
N	=	Nitrogen
NA	=	Not available

NDF	=	Neutral detergent fiber
NDFD	=	Neutral detergent fiber digestibility
NE	=	Net energy
NE <sub>L</sub>	=	Net energy for lactation
NFC	=	Non fiber carbohydrate
NFCD	=	Non fiber carbohydrate digestibility
NFE	=	Nitrogen free extract
NH <sub>3</sub> -N	=	Ammonia nitrogen
NO	=	Nitric oxide
NO <sub>2</sub>	=	Nitrous oxide
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	=	Nitrate
N <sub>2</sub> O	=	Nitrous oxide
O <sub>3</sub>	=	Ozone
OM	=	Organic matter
OMD	=	Organic matter digestibility
ppm	=	Part per million
ppm/DM	=	Part per million per dry matter
TDN	=	Total digestible nutrient
TiO <sub>2</sub>	=	Titanium dioxide
VFA	=	Volatile fatty acid