ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สัตวศาสตร์)

ปริญญา

สัตวศาสตร์ | สัตวบาล

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การใช้พืชอาหารสัตว์คุณภาพดีต่อการเจริญเติบโตชดเชยในแพะเนื้อลูกผสมพันธุ์แองโกล-นูเบียน

Good Quality Forage Utilisation on Compensatory Growth of Anglo-Nubian Crossbred Goats

นามผู้วิจัย นางสาวอภินันท์ จินดานิรดุล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์สมเกียรติ ประสานพานิช, วท.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ศาสตราจารย์สายัณห์ ทัดศรี, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(อาจารย์พงศ์ธร คงมั่น, ปร.ด.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์สมเกียรติ ประสานพานิช, วท.ด.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การใช้พืชอาหารสัตว์คุณภาพดีต่อการเจริญเติบโตชดเชย ในแพะเนื้อลูกผสมพันธุ์แองโกล-นูเบียน

Good Quality Forage Utilisation on Compensatory Growth of Anglo-Nubian Crossbred Goats

โดย

นางสาวอภินันท์ จินดานิรดุล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สัตวศาสตร์)
พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อภินันท์ จินดานิรดุล 2556: การใช้พืชอาหารสัตว์คุณภาพดีต่อการเจริญเติบโตชดเชยในแพะเนื้อลูกผสมพันธุ์แองโกล-นูเบียน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สัตวศาสตร์) สาขาสัตวศาสตร์ ภาควิชาสัตวบาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์สมเกียรติ ประสานพานิช, วท.ด. 79 หน้า

การศึกษาการใช้พืชอาหารสัตว์คุณภาพดีต่อการเจริญเติบโตชดเชย การเปลี่ยนแปลงของค่าชีวเคมีในเลือด และต้นทุนค่าอาหาร ในแพะเนื้อลูกผสมพันธุ์แองโกลนูเบียนจำนวน 20 ตัว ที่มีอายุประมาณ 7-9 เดือน น้ำหนักเริ่มต้น 20.46±1.56 กิโลกรัม โดยแบ่งสัตว์ออกเป็น 5 กลุ่มๆละ 4 ตัว ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) ได้แก่ กลุ่มควบคุมที่ได้รับอาหารตาม NRC (1981) และอีก 4 กลุ่ม ได้รับอาหารในระดับดำรงชีพ (M) ต่ำกว่าระดับดำรงชีพ 15% (-15%M), 30% (-30%M) และต่ำกว่าระดับดำรงชีพ 45% (-45%M) ซึ่งแพะทั้ง 5 กลุ่มจะอยู่ภายใต้การทดลอง 2 ระยะ เป็นเวลาในการทดลองทั้งสิ้น 150 วัน กล่าวคือ ระยะที่ 1 เป็นระยะการจำกัดอาหาร (restriction period) ตามกลุ่มทดลองที่กำหนด โดยแพะแต่ละกลุ่มจะได้รับปริมาณอาหารที่แตกต่างกันตามสิ่งทดลองที่กำหนดเป็นเวลา 60 วัน และระยะที่ 2 เป็นระยะการให้อาหารกลับคืน (re-alimentation period) ใช้ระยะเวลา 90 วัน ในระยะนี้แพะทุกตัวในกลุ่มจำกัดอาหารจะได้รับอาหารปกติเช่นเดียวกันกับแพะกลุ่มควบคุม

ผลการทดลองพบว่าแพะที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ -15%M มีค่าดัชนีการเจริญเติบโตชดเชย (Compensation index) สูงที่สุดรองลงมาคือแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารในระดับ M, -30%M และ –45%M คือมีค่าดัชนีการเจริญเติบโตชดเชยเท่ากับ 86.11%, 62.40%, 56.22% และ 45.55% ตามลำดับ เมื่อแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารได้รับพืชอาหารสัตว์คุณภาพดีร่วมกับอาหารข้นเพิ่มขึ้นในระยะการให้อาหารกลับคืน ก็สามารถเจริญเติบโตได้ใกล้เคียงกับแพะในกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตาม ในช่วงการจำกัดอาหารนั้น พบว่าแพะในกลุ่มที่ได้รับการจำกัดอาหารมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.0001$) แต่เมื่อได้รับอาหารเพิ่มขึ้นในระยะการให้อาหารกลับคืน พบว่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) ของแพะในกลุ่มดังกล่าว สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และส่งผลต่อค่าชีวเคมีในเลือด เช่น ค่าไตรไอโอโดไทโรนีน (T_3) ในเลือดแพะที่ถูกจำกัดอาหารมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.0001$) และมีค่าสูงขึ้นเมื่อได้รับอาหารกลับคืนอีกครั้ง เช่นเดียวกับค่า BHB และ NEFA ของแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารจะมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารปกติ ทั้งนี้ต้นทุนค่าอาหารตลอดการทดลอง 150 วัน แพะกลุ่มควบคุมมีต้นทุนค่าอาหารสูงที่สุดเท่ากับ 1,085.19 บาท ส่วนแพะในกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารมีต้นทุนค่าอาหารระหว่าง 726.63- 824.73 บาท แต่รายได้สุทธิของแพะทุกกลุ่มการทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

/ /

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Apinun Jindaniradool 2013: Good Quality Forage Utilisation on Compensatory Growth of Anglo-Nubian Crossbred Goats. Master of Science (Animal Science), Major Field: Animal Science, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Associate Professor Somkiert Prasanpanich, Ph.D. 79 pages.

This study was aimed to investigate the effect of good quality forage utilisation on compensatory growth, blood biochemical changes and feed cost of 20 Anglo-Nubian crossbred goats, aged 7-9 months with an initial weight of 20.46±1.58 kg/kid under Completely Randomized Design of 5 treatments with 4 animals each where animals in Group 1 (Control) were fed according to NRC (1981) and the other 4 Groups were fed at maintenance (M), 15% (-15%M), 30% (-30%M) and 45% (-45%M) lower the maintenance levels of NRC (1981).The entire experimental duration was 150 days of 2 periods, viz. the restriction period for 60 days and the re-alimentation for 90 days. The results indicated that animals under the -15%M group had the highest compensatory index of 86.11% with 62.4%, 56.22% and 45.55% in the M, -30%M, -45%M, respectively. After feed restriction, all restricted animals were fed a good quality forage with some meal concentrate during the re-alimentation as the Control affecting similar growth rate at the end of the study. However, the feed restricted goats had highly significant weight lost ($P<0.0001$) than of the Control. In contrast, they had significant weight gain ($P<0.05$) during the feed re-alimentation than of the Control. Moreover, the concentrations of T_3, BHB and NEFA were highly significant lower ($P<0.0001$) during the feed restriction and significant higher ($P<0.05$) during the feed re-alimentation than of the Control. The entire feed cost of 150 days in the Control was non-significantly higher than the others but the net income in all treatments were also not significantly different.

/ /

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ดร.สมเกียรติ ประสานพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ศาสตราจารย์ดร.สายัณห์ ทัดศรี และดร.พงศ์ธร คงมั่น อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาแนะนำแนวทางการทดลองตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

การทดลองครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษาประจำปี 2555 มา ณ โอกาสนี้ พร้อมนี้ขอขอบคุณคุณศักดา ประจักษ์บุญเจษฎา ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี ข้าราชการและบุคลากรของศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรีทุกท่านที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง และอำนวยความสะดวกในการทดลอง ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา กลุ่มวิเคราะห์อาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์ สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ขอขอบคุณอาจารย์ธีระ รักความสุข ภาควิชาสัตวแพทย์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการ บุคลากรคณะสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตเพชรบุรี ที่อนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการ เครื่องมือ และอุปกรณ์ ในการเก็บตัวอย่างเลือด และคุณสุจินต์ อ่อนม่วง ที่สนับสนุนสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว หลานสาว ผู้มีพระคุณ และทุกคนในครอบครัว เป็นอย่างยิ่งที่ให้การอบรมสั่งสอน สนับสนุน และเป็นกำลังใจจนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ขอบคุณคุณอรวิมล แก้วเกลี้ยง คุณจีระศักดิ์ ชอบแต่ง คุณเทียนทิพย์ ไกรพรม คุณอัศวิน สายเชื้อ เพื่อนพี่น้องนิสิตสัตวบาลทุกคน เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุน เป็นที่ปรึกษาและเป็นกำลังใจเป็นอย่างดี

อภินันท์ จินดานิรดุล

พฤษภาคม 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	26
อุปกรณ์	26
วิธีการ	28
ผลการทดลองและวิจารณ์	33
สรุปและข้อเสนอแนะ	53
สรุป	53
ข้อเสนอแนะ	54
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	55
ภาคผนวก	63
ภาคผนวก ก วิธีการและตารางข้อมูลการวิเคราะห์ NEFAจากชุดทดสอบ สำเร็จรูป Test Kit Randox	64
ภาคผนวก ข ภาพแสดงขั้นตอนต่างๆในการทดลอง	74
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	79

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงจำนวนประชากรแพะในประเทศไทยตั้งแต่ปี 2546-2555	4
2	ชั้นคุณภาพของหญ้าแพงโกลาแห้งตามมาตรฐาน มกอช. 2555	7
3	แสดงความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ของแพะ	9
4	ความต้องการพลังงานและโปรตีนต่อวันของแพะ	9
5	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่าแห้ง ฟางข้าว และอาหารข้น (% on dry basis)	33
6	แสดงปริมาณการกินได้ของแพะตลอดการทดลอง 150 วัน (on dry basis)	35
7	สัมประสิทธิ์โภชนะการย่อยได้ของโภชนะในอาหารแพะและไนโตรเจนเมแทบอลิซึมในแพะ	38
8	แสดงน้ำหนักเริ่มต้น-สิ้นสุดการทดลอง และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันในระยะการจำกัดอาหารและได้รับอาหารกลับคืน	39
9	แสดงน้ำหนักเริ่มต้น-สิ้นสุดการทดลอง และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันอัตราการเจริญเติบโตชดเชยตลอดการทดลอง (150 วัน)	41
10	ค่าชีวเคมีในเลือดแพะระยะจำกัดอาหาร (restriction period)	44
11	ค่าชีวเคมีในเลือดแพะระยะการให้อาหารกลับคืน (re-alimentation period)	47
12	เปรียบเทียบต้นทุนค่าอาหารสัตว์ในแต่ละทรีทเมนต์	50
13	ต้นทุนค่าอาหารสัตว์ในระยะการให้อาหารกลับคืน	52

ตารางผนวกที่

ก1	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของกรดไขมันอิสระและค่าการดูดกลืนแสงชั่วโมงที่ 0	67
ก2	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของกรดไขมันอิสระและค่าการดูดกลืนแสงชั่วโมงที่ 4	68

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนผังแสดงการย่อยและการดูดซึมอาหารในระยะการได้รับอาหารและระยะการอดอาหาร	12
2	การดูดซึมสารอาหารและการย่อยสลายไขมันจากเซลไขมัน	13
3	การสังเคราะห์และการใช้ประโยชน์จากคีโทนบอดี	15
4	กราฟแสดงการเจริญเติบโตของแพะ	17
5	กราฟแสดงการเจริญเติบโตชดเชยแบบสมบูรณ์	19
6	กราฟแสดงการเจริญเติบโตชดเชยโดยใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น	20
7	กราฟแสดงการเจริญเติบโตชดเชยและการคำนวณดัชนีการเจริญเติบโตชดเชย	21
8	แผนภูมิแท่งแสดงปริมาณอาหารที่กินในระยะการจำกัดอาหารและได้รับอาหารกลับคืน	34
9	กราฟแสดงน้ำหนักตัวเฉลี่ยของแพะตลอดการทดลอง 150 วัน	40
10	แผนภูมิแท่งแสดงดัชนีการเจริญเติบโตชดเชย	42

ภาพผนวกที่

ก1	แสดงค่ามาตรฐานความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสง	66
ก2	ชุดทดสอบสำเร็จรูป Test Kit Randox	69
ก3	น้ำยาในชุดทดสอบสำเร็จรูป Test Kit Randox	69
ก4	น้ำยา R1A ในชุดทดสอบสำเร็จรูป Test Kit Randox	70
ก5	น้ำยา R1bชุดทดสอบสำเร็จรูป Test Kit Randox	70
ก6	Water bath	71
ก7	เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์	71
ก8	ตัวอย่างที่ทำการทดสอบ	72
ก9	การเจาะเลือดแพะบริเวณเส้นเลือด jugular vein	72
ก10	เลือดแพะในหลอดเก็บเลือดที่เคลือบด้วยโซเดียมฟลูโอไรด์	73
ก11	เลือดแพะก่อนนำไปปั่นแยกซีรั่ม	73

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข1	หญ้าแพงโกล่าแห้งที่ใช้เป็นอาหารทดลอง	75
ข2	ฟางที่ใช้เป็นอาหารทดลอง	75
ข3	สภาพโรงเรือนที่ใช้ในการทดลอง	76
ข4	ภาพแพะกลุ่มควบคุมในระยะการจำกัดอาหารและระยะการได้รับอาหารกลับคืน	76
ข5	ภาพแพะกลุ่มได้รับอาหารในระดับดำรงชีพ (M)ในระยะการจำกัดอาหารและระยะการได้รับอาหารกลับคืน	77
ข6	ภาพแพะกลุ่มได้รับอาหารต่ำกว่าระดับดำรงชีพ 15% (-15% M) ในระยะการจำกัดอาหารและระยะการได้รับอาหารกลับคืน	77
ข7	ภาพแพะกลุ่มได้รับอาหารต่ำกว่าระดับดำรงชีพ 30% (-30% M) ในระยะการจำกัดอาหารและระยะการได้รับอาหารกลับคืน	78
ข8	ภาพแพะกลุ่มได้รับอาหารต่ำกว่าระดับดำรงชีพ 45% (-45 %M) ในระยะการจำกัดอาหารและระยะการได้รับอาหารกลับคืน	78

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ADF	=	acid detergent fiber
ADG	=	average daily gain
ADL	=	acid detergent lignin
BG	=	blood glucose
BHB	=	beta hydroxyl butyrate
BCS	=	body condition score
BUN	=	blood urea nitrogen
CAL	=	Standard
CF	=	crude fiber
CP	=	crude protein
CRD	=	completely randomized design
DE	=	digestible energy
DM	=	dry matter
EE	=	ether extract
GE	=	gross energy
ME	=	metabolizable energy
NDF	=	neutral detergent fiber
NFE	=	nitrogen free extract
R1A	=	buffer
R2A	=	enzyme diluent
R1B	=	enzyme/coenzymes
R2B	=	maleimide
R2C	=	enzyme reagent
SEM	=	standard error of the mean
TDN	=	total digestible nutrient
T_3	=	triiodothyronine hormone
T_4	=	thyroxine hormone

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใช้พืชอาหารสัตว์คุณภาพดีต่อการเจริญเติบโตชดเชย ในแพะเนื้อลูกผสมพันธุ์แองโกล-นูเบียน

Good Quality Forage Utilisation on Compensatory Growth of Anglo-Nubian Crossbred Goats

คำนำ

ปัจจุบันเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์นิยมเลี้ยงแพะกันมากขึ้น ส่วนมากพบในเขตภาคใต้เนื่องจากมีชาวไทยมุสลิมอาศัยอยู่หนาแน่น โดยทั่วไปชาวไทยมุสลิมนิยมบริโภคเนื้อและนมแพะเป็นอาหารประจำวัน และใช้เป็นส่วนประกอบในประเพณีหรืองานพิธีกรรมทางศาสนา ประกอบกับแพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก ที่เลี้ยงง่าย มีความสามารถในการปรับตัวในสภาพแวดล้อมต่างๆได้ดี นอกจากนั้นเราสามารถใช้ประโยชน์จากแพะได้ทั้งเนื้อ และนม แพะมีความสามารถในการกินอาหารได้หลากหลายชนิด และสามารถเปลี่ยนอาหารเยื่อใยสูงให้เป็นโปรตีนจากสัตว์ในรูปของเนื้อและนมได้เป็นอย่างดี

จากภาวะการขาดแคลนอาหารที่เกิดจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม การเกิดภัยธรรมชาติ รวมถึงฤดูแล้งที่มีระยะเวลายาวนาน ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ต่อเนื่องถึงเดือนพฤษภาคม ทำให้ผลผลิตพืชอาหารสัตว์ และวัตถุดิบอาหารสัตว์มีปริมาณจำกัด ส่งผลให้สัตว์ได้รับอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย สัตว์จึงมีการเจริญเติบโตต่ำกว่าปกติ ในสภาวะวิกฤตเช่นนี้ หากสัตว์ได้รับอาหารเต็มที่อีกครั้ง (re-alimentation periods) หลังจากการถูกจำกัดอาหารทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณ สัตว์จะมีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้นกว่าปกติ หรือที่เรียกว่าการเจริญเติบโตชดเชย (Compensatory growth) ที่สามารถเกิดได้จากปัจจัยหลายประการได้แก่ อาหาร ช่วงระยะเวลาจำกัด พันธุ์สัตว์ ช่วงอายุของสัตว์ และสุขภาพของสัตว์

อย่างไรก็ตามข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้พืชอาหารสัตว์มาใช้ในการเลี้ยงแพะในช่วงเวลาดังกล่าว ยังมีรายงานไม่มากนัก ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาผลการใช้พืชอาหารสัตว์คุณภาพดีต่อการเจริญเติบโตชดเชยในแพะเนื้อลูกผสมพันธุ์แองโกล-นูเบียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการใช้พืชอาหารสัตว์คุณภาพดีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตชดเชยในแพะเนื้อลูกผสมแองโกล-นูเบียน

2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าชีวเคมีในเลือดต่อการเจริญเติบโตชดเชยในแพะเนื้อลูกผสมแองโกล-นูเบียน

3. เพื่อศึกษาต้นทุนค่าอาหารต่อการเจริญเติบโตชดเชยในแพะเนื้อลูกผสมแองโกล-นูเบียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. แพะ

แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่ในวงศ์ (Family) โบวิดี้ (Bovidae) ซึ่งอยู่ในสกุล (Genus) แคพรา (Capra) (ลิขิต, 2541) แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีร่างกายขนาดเล็ก มีความสามารถในการปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมต่างๆ กินอาหารได้หลากหลายชนิด สามารถใช้วัสดุเศษเหลือใช้ทางการเกษตรหรืออาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำเป็นอาหารได้ดี มนุษย์สามารถใช้ประโยชน์จากแพะได้ทั้งเนื้อแพะและนมแพะ (สมเกียรติ และคณะ, 2543) โดยทั่วไปแพะขนาดเล็กที่พบมักเป็นแพะให้เนื้อหรือให้ขน ส่วนแพะที่ให้นมมักจะมีขนาดร่างกายใหญ่กว่าแพะเนื้อ พันธุ์แพะที่นิยมเลี้ยงกันมากได้แก่ พันธุ์พื้นเมือง ลูกผสมพื้นเมืองกับพันธุ์แองโกล-นูเบียน (Anglo-nubian) ส่วนพันธุ์บอร์ (Boer) และแพะนม เช่น พันธุ์ซาแนน (Saanen) ยังมีอยู่อย่างจำกัด (วินัย, 2538)

1.1 พันธุ์แพะ

(1) พันธุ์พื้นเมือง (Native goats)

แพะพันธุ์พื้นเมืองของไทยในเขตพื้นที่ภาคใต้เป็นแพะที่มีขนาดเล็ก มีสีดำ สีน้ำตาล สีน้ำตาลสลับดำ และอาจมีสีเหลืองหรือสีขาว มีเขา อาจมีติ่งใต้คอประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ ในแพะเพศเมียเมื่อโตเต็มวัย มีความสูงตรงปุ่มหัวไหล่เฉลี่ย 48.5 เซนติเมตร มีความยาวรอบอกเฉลี่ย 59.6 เซนติเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ย 16.4 กิโลกรัม (วินัย, 2542)

(2) พันธุ์แองโกล-นูเบียน (Anglo Nubian)

แพะพันธุ์แองโกล-นูเบียนเป็นแพะที่มีบรรพบุรุษมาจากพันธุ์จัมนาปารี (Jumnapari) ในประเทศอินเดีย และพันธุ์ซาไรบี (Saribi) ในแอฟริกา ต่อมาได้รับการปรับปรุงพันธุ์โดยผสมพันธุ์กับแพะกลุ่มบริทิชในประเทศอังกฤษ จนกระทั่งได้แพะพันธุ์แองโกล-นูเบียน แพะพันธุ์นี้เป็นแพะที่มีขนาดใหญ่ เมื่อโตเต็มวัยมีความสูงที่หัวไหล่ 75-100 เซนติเมตร (ลิขิต, 2541) มีน้ำหนักแรกเกิด 2-5 กิโลกรัม น้ำหนักหย่านม (3 เดือน) 15 กิโลกรัม เมื่อโตเต็มที่ เพศเมียหนัก 60 กิโลกรัม เพศผู้ 70 กิโลกรัม ดั้งจมูกโค้งงองุ้ม ใบหูยาวปรก โดยปกติจะไม่มีเขา ขนสั้นละเอียดเป็นมัน ขนสีน้ำตาลแดง แดงปนขาว และสีขาว มีขาค่อนข้างยาว สามารถให้ผลผลิตได้ทั้งเนื้อและนม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อัตราการให้ลูกแฝดสูง สามารถปรับตัวกับสภาพการเลี้ยงในเขตร้อนได้ดีจึงนิยมนำมาผสมกับแพะพื้นเมืองเพื่อให้ได้แพะลูกผสมที่มีขนาดใหญ่กว่าแพะพันธุ์พื้นเมือง (กรมปศุสัตว์, 2544; ลิขิต, 2541)

1.2 ประชากรแพะในประเทศไทย

จากข้อมูลจำนวนประชากรแพะของกรมปศุสัตว์ตั้งแต่ปี 2546-2555 ประชากรแพะในประเทศไทย (ตารางที่ 1) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและส่วนมากพบในเขตพื้นที่ภาคใต้ร้อยละ54 (264,941 ตัว) รองลงมาคือ พื้นที่ภาคกลาง ร้อยละ 34 (167,433 ตัว) ภาคเหนือร้อยละ 9 (42,196 ตัว) และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ร้อยละ 3 (17,209 ตัว) (กรมปศุสัตว์, 2556)

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลประชากรแพะในประเทศไทยตั้งแต่ ปี 2546-2555

ปี	ภาคเหนือ	ตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคกลาง	ภาคใต้	รวม(ตัว)
2546	43,410	5,021	52,967	112,519	213,917
2547	39,729	12,354	62,950	135,043	250,076
2548	55,310	13,974	109,681	159,390	338,355
2549	56,149	15,014	111,742	141,245	324,150
2550	86,373	21,423	162,926	174,052	444,774
2551	53,702	20,901	158,487	140,939	374,029
2552	61,368	20,363	160,278	141,784	383,793
2553	43,163	17,453	137,813	181,848	380,277
2554	42,802	16,320	145,517	222,928	427,567
2555	42,196	17,209	167,433	264,941	491,779

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2556)

2. อาหารและประสิทธิภาพการใช้อาหารของแพะ

โดยทั่วไปแพะสามารถกินพืชและวัชพืชได้ไม่ต่ำกว่า 25 ชนิด ทำให้มีความหลากหลายในการกินได้มากขึ้น ประกอบกับความสามารถในการทนต่อรสชาติขมของอาหารได้ดีกว่าสัตว์เคี้ยว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอื้องชนิดอื่น ดังนั้นในการเลี้ยงแพะและแกะควรให้อาหารหยาบอย่างเต็มที่แล้วเสริมอาหารข้นเพื่อให้ได้รับโภชนะในส่วนที่ขาดไปให้เพียงพอกับความต้องการ ซึ่งประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากอาหารของแพะขึ้นอยู่กับปริมาณพลังงานที่แพะได้รับ ถ้าได้รับพลังงานไม่เพียงพอจะทำให้ลูกแพะโตช้า ถึงระยะหนุ่มสาวช้า สมรรถภาพในการสืบพันธุ์ต่ำ และผลผลิตน้ำนมต่ำ หากแพะขาดพลังงานอย่างต่อเนื่องจะอ่อนแอ ความต้านทานโรคและพยาธิลดลง การขาดพลังงานอาจเกิดจากแพะได้รับอาหารน้อยเกินไปหรือได้รับอาหารที่มีคุณภาพต่ำ ซึ่งปัจจัยที่สำคัญต่อความต้องการพลังงานของแพะ ได้แก่ อายุและน้ำหนัก สภาวะร่างกายของแพะ (ระยะเจริญเติบโต อุ้มท้อง หรือเลี้ยงลูก) และสภาพแวดล้อม (วินัย, 2542)

โดยปกติสัตว์เคี้ยวเอื้องมีความต้องการโปรตีน 8-10 เปอร์เซ็นต์ สำหรับใช้เพื่อการดำรงชีพ สัตว์ที่ปล่อยแทะเล็มมักขาดโปรตีนทำให้การเจริญเติบโตลดลง และหากโปรตีนในอาหารหยาบมีระดับต่ำกว่า 7 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ความสามารถในการกินอาหารลดลง เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะ และความอยากกินอาหารลดลง การกินได้ของสัตว์ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช อายุพืช ปริมาณใบ แร่ธาตุ ระดับโปรตีน หญ้าที่มีปริมาณโปรตีนเท่ากันอาจมีการย่อยได้แตกต่างกัน ซึ่งปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้เป็นส่วนสำคัญในการบ่งชี้ระดับการย่อยได้ของพืช ดังนั้นหญ้าที่มีคุณค่าทางอาหารสูงอาจขึ้นกับสมดุลระหว่างปริมาณโปรตีนกับคาร์โบไฮเดรต (สายัณห์, 2547)

2.1 อาหารหยาบ

อาหารหยาบเป็นอาหารที่มีเยื่อใยหยาบ (crude fiber, CF) มากกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง มีลักษณะฟ่ามเบา มีสารอาหารต่อน้ำหนักน้อย ย่อยได้ยาก ทำให้สัตว์ต้องกินเป็นจำนวนมากจึงจะได้รับสารอาหารเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย นอกจากนั้นยังเป็นอาหารหลักที่สำคัญสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องทุกชนิด เนื่องจากช่วยให้กระเพาะรูเมนทำงานเป็นปกติมีการเคลื่อนตัวและบีบตัวของกระเพาะทำให้แก๊สที่เกิดขึ้นจากการหมักในกระเพาะสามารถขับออกมาด้วยการเรอ และกระตุ้นการขับน้ำลายเพื่อควบคุมความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)ในกระเพาะส่วนหน้าไม่ทำให้มีค่าต่ำเกินไป เพราะจะเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะและร่างกายสัตว์ (บุญเสริมและคณะ, 2531; บุญฤา, 2545)

แหล่งของอาหารหยาบที่สำคัญส่วนใหญ่ได้จากพืชอาหารสัตว์ (forage crops) ซึ่งได้แก่ พืชตระกูลหญ้า (Gramineae) และพืชตระกูลถั่ว (Leguminoseae) รวมถึงเศษเหลือหรือผลพลอยได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทางการเกษตรต่างๆ ซึ่งสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้โดยไม่เกิดอันตรายต่อสัตว์ (บุญฤา, 2545) ในแพะที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนหยาบ (crude protein, CP) ต่ำกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลให้ปริมาณการกินอาหารลดลง ทำให้ร่างกายขาดพลังงาน และโปรตีน การทำงานของกระเพาะรูเมนไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีปริมาณจุลินทรีย์ไม่เพียงพอ ทำให้การใช้ประโยชน์จากอาหารลดลง (วินัย, 2538; Tan *et al.,* 2001)

นอกจากนั้นคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ยังหมายถึง ปริมาณโภชนะที่สัตว์ได้รับจากอาหารในช่วงระยะเวลาที่สั้นที่สุด รวมถึงพลังงานสุทธิที่มีอยู่ในหน่วยของอาหาร และปริมาณของอาหารที่สัตว์กินได้ และให้ผลผลิตสัตว์ต่อตัวเป็นตัววัดคุณภาพของพืชอาหารสัตว์โดยตรง ซึ่งศักยภาพการให้ผลผลิตของสัตว์ และการให้อาหารเสริมมีส่วนต่อผลผลิตที่จะได้รับด้วยซึ่งการวัดคุณภาพของพืชอาหารสัตว์อาจทำได้โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี การวัดระดับของเยื่อใยในพืช การวัดการย่อยได้ การวัดการกินได้ของสัตว์ และการวัดพลังงานในพืชอาหารสัตว์ (สายัณห์, 2547) ทั้งนี้พืชอาหารสัตว์บางชนิดที่นำมาใช้เลี้ยงแพะในประเทศไทย ได้แก่ หญ้าแพงโกลา ฟางข้าว ฯลฯ

หญ้าแพงโกลา (Pangola grass) เป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีปริมาณโปรตีนสูง และมีปริมาณใยพืชต่ำ เหมาะสำหรับใช้เป็นอาหารหยาบในการเลี้ยงสัตว์ หญ้าแพงโกลา (Pangola grass) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Digitaria eriantha* Steud. เป็นหญ้าอายุที่มีหลายปี ต้นกึ่งตั้งกึ่งเลื้อย (stoloniferous) ลำต้นแข็งแรงทอดนอนไปตามพื้นดิน มีรากที่เจริญออกมาจากข้อที่สัมผัสผิวดิน และส่วนของหน่ออ่อนไปด้านบนซึ่งอาจจะตั้งตรงหรือกึ่งตั้ง ลำต้นและใบมีขนาดเล็ก ไม่มีขน ใบเล็กเรียวยาว ใบดกอ่อนนุ่ม มีความเหมาะสมต่อการทำหญ้าแห้ง สามารถปลูกได้ในดินหลายชนิด ตั้งแต่ดินทรายจนถึงดินเหนียว บริเวณชื้นแฉะหรือน้ำท่วมชั่วคราว ก็สามารถขึ้นได้แต่ไม่ดีมากนัก ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนได้ดี ทนแล้งดีมาก และทนต่อการแทะเล็มของสัตว์ ควรตัดหญ้าที่อายุไม่เกิน 45 วัน หรือถ้าเป็นไปได้ควรตัดทุกๆ 30 วัน เจริญเติบโตได้ดีในช่วงฤดูร้อน มีระดับโปรตีน 8.5-11.2 เปอร์เซ็นต์ (กรมปศุสัตว์, 2547; สายัณห์, 2547) ในการทำหญ้าแห้ง แนะนำให้ใช้หญ้าแพงโกลาแห้งที่อายุ 40-45 วัน มีโปรตีนรวม 8 เปอร์เซ็นต์ วัตถุแห้ง 87 เปอร์เซ็นต์ โภชนะย่อยได้ทั้งหมด 46 เปอร์เซ็นต์ (กรมปศุสัตว์, 2551) ทั้งนี้โดยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ [มกอช.] ได้กำหนดชั้นคุณภาพของหญ้าแพงโกลาแห้งไว้ในตารางที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 ชั้นคุณภาพของหญ้าแพงโกลาแห้งตามมาตรฐานของมกอช.

Crude Protein	ADF		
%	<35.0	35.0-40.0	>40
>13.0	A1	A2	A3
10.0-13.0	B1	B2	B3
7.0-9.0	C1	C2	C3
<7.0	D1	D2	D3

ที่มา: ดัดแปลงจากมกอช (2555)

ฟางข้าว

ฟางข้าวเป็นวัสดุเหลือใช้และผลพลอยได้ทางการเกษตรจากการปลูกข้าว เป็นลำต้นแห้งของต้นข้าวหลังจากการเก็บเกี่ยว เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องในช่วงฤดูแล้ง มีคุณค่าทางโภชนะที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวที่ปลูก รวมทั้งการจัดการ การใส่ปุ๋ย และฤดูกาลที่เก็บเกี่ยว (กรมปศุสัตว์, 2538; Pearce, 1983) นอกจากนั้นความแตกต่างของคุณภาพฟางยังขึ้นอยู่กับเศษของต้นและใบข้าวที่นำมาทำฟาง (Pearce, 1985) ฟางข้าวในที่ลุ่มจะย่อยได้ดีกว่าฟางข้าวในที่ดอน

โดยเฉลี่ยฟางข้าวจะมีโปรตีนหยาบอยู่ประมาณ 3-4 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง และค่าโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (TDN) ประมาณ 42-44 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่น ฟางข้าวถือว่ามีคุณค่าทางอาหารและโภชนะการย่อยได้ต่ำ และมีเยื่อใยสูง (กรมปศุสัตว์, 2538; วิกิพีเดีย, 2555)

2.2 อาหารข้น

อาหารข้นเป็นอาหารที่มีความเข้มข้นของโภชนะต่อน้ำหนักสูง แต่มีปริมาณเยื่อใยน้อยกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ สามารถย่อยได้ง่าย สัตว์กินเข้าไปเพียงเล็กน้อยก็ได้สารอาหารที่ร่างกายดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้มาก (บุญเสริม และคณะ, 2531) เป็นแหล่งพลังงาน โปรตีน แร่ธาตุ และวิตามิน เพื่อให้สัตว์ได้รับสารอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต อาหารข้นเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อาหารที่มีราคาแพง และอาจมีผลเสียต่อแพะได้เมื่อให้กินในปริมาณที่มากเกินไปอาจทำให้เกิดภาวะ acidosis (บุญนำพา, 2548)

3. ความต้องการโภชนะและปริมาณอาหารที่กิน

ความต้องการของโภชนะ (nutrient requirements) และปริมาณอาหารที่กิน (feed intake) มีความสำคัญในการใช้วัดประสิทธิภาพในการผลิตสัตว์ ซึ่งแหล่งของพลังงานที่แพะต้องการจากโภชนะต่างๆได้แก่ คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ซึ่งได้รับในรูปของอาหารข้น และอาหารหยาบ นอกจากนั้นยังได้รับพลังงานจากกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid, VFA) ซึ่งเกิดจากการใช้อาหารของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (วินัย, 2538) อาหารที่แพะกินเข้าไปถูกย่อยและดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อส่งไปเลี้ยงส่วนต่างๆของร่างกาย ซึ่งโภชนะหรือสารอาหาร (nutrient) ที่ร่างกายต้องการแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พลังงาน โปรตีน แร่ธาตุ วิตามิน และน้ำ (บุญนำพา, 2548) โดยทั่วไปแพะต้องการอาหารเมื่อคิดเป็นวัตถุแห้ง 2-3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ใกล้เคียงกับความต้องการอาหารเมื่อคิดเป็นวัตถุแห้งของโค แต่แพะที่ให้นมอาจต้องการอาหารเมื่อคิดเป็นวัตถุแห้ง 4-7 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว การที่แพะจะกินอาหารได้มากน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ขนาดของร่างกาย ความจุของกระเพาะรูเมน ลักษณะโครงสร้างของอาหาร รสชาดและคุณภาพของอาหาร การให้ผลผลิต สภาพอากาศแวดล้อม และความถี่ในการให้อาหาร โดยแพะจะกินอาหารพลังงานสูงได้น้อยกว่าอาหารพลังงานต่ำ เนื่องจากการกินอาหารที่มีพลังงานสูงในปริมาณเพียงเล็กน้อย พลังงานที่ได้รับก็เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ในทางตรงกันข้ามหากอาหารมีพลังงานต่ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายสัตว์จะเพิ่มปริมาณการกินเพื่อให้ได้รับพลังงานที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย (อนันต์, 2549) โภชนะต่างๆที่ร่างกายได้รับส่วนแรกจะถูกนำใช้เพื่อการดำรงชีพ (maintenance requirement) ขึ้นอยู่กับขนาดของร่างกายสัตว์และกิจกรรมพื้นฐาน เช่น การเดินหาอาหารของแพะ ส่วนที่สองเพื่อให้ผลผลิต (requirement for production) ได้แก่ การเจริญเติบโต การอุ้มท้อง การให้เนื้อ การให้นม และให้ขน เป็นต้น (บุญนำพา, 2548; อนันต์, 2549)

3.1 ความต้องการพลังงาน

ความต้องการพลังงานและโปรตีนของแพะพื้นเมือง แพะลูกผสมระหว่างพันธุ์พื้นเมืองกับพันธุ์แองโกล-นูเบียน (Anglo-Nubian) ในประเทศไทย เพื่อการดำรงชีพ และการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Pralomkarn *et al.*,1995) ขณะที่ Zemmelink *et al.* (1991)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทำการศึกษาความต้องการพลังงานในแพะพันธุ์ West African Dwarf พบว่าความต้องการพลังงานของแพะเพื่อการดำรงชีพมีค่าเท่ากับ 91.8 kcalME/kgBW$^{0.75}$/d และ 9.11 kcalME/gBWgain เพื่อการเจริญเติบโต ซึ่งค่าที่ต่างกันอาจเกิดจากสายพันธุ์ของสัตว์ คุณภาพอาหาร และสภาพแวดล้อม

ตารางที่ 3 ความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ของแพะ

โภชนะ	ความต้องการ
เพื่อการดำรงชีพ(ไม่เลี้ยงลูก)	92.9-115.1 กิโลแคลอรีต่อน้ำหนักเมแทบอลิกต่อวัน
เพื่อการดำรงชีพ(เลี้ยงลูก)	90.7-162.9 กิโลแคลอรีต่อน้ำหนักเมแทบอลิกต่อวัน
เพื่อการเจริญเติบโต	5.1-10.2 กิโลแคลอรีต่อน้ำหนักตัว
เพื่ออุ้มท้อง	100.9-173.5 กิโลแคลอรีต่อน้ำหนักเมแทบอลิกต่อวัน
เพื่อเลี้ยงลูก	1,156-1,245 กิโลแคลอรีต่อน้ำนม 1 กิโลกรัม (ปรับที่ไขมันในน้ำนม 4 เปอร์เซ็นต์)

ที่มา: Devendra and Burn (1983)

การกำหนดความต้องการพลังงานต่อวันสำหรับการดำรงชีพและการดำรงชีพร่วมกับการดำเนินกิจกรรมในแบบต่างๆของแพะที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 10-60 กิโลกรัม (NRC, 1989) แสดงในตารางที่ 4 พบว่าแพะที่มีน้ำหนักเท่ากันแต่มีกิจกรรมแตกต่างกัน เช่น การเลี้ยงในทุ่งหญ้าที่ค่อนข้างแห้งแล้งและเป็นเนิน มีความต้องการพลังงานต่อวันมากกว่าแพะที่เลี้ยงปล่อยในทุ่งหญ้าหรือที่ราบ

ตารางที่ 4 ความต้องการพลังงานและโปรตีนต่อวันของแพะ

น้ำหนัก (กก.)	โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (กรัม)	พลังงาน(เมกกะแคลอรี)			โปรตีน(กรัม)	
		พลังงานย่อยได้	พลังงานใช้ประโยชน์	พลังงานสุทธิ	โปรตีนทั้งหมด	โปรตีนย่อยได้
เพื่อการดำรงชีพเท่านั้น						
10	159	0.70	0.57	0.32	22	15
20	267	1.18	0.96	0.54	38	26
30	362	1.59	1.30	0.73	51	35
40	448	1.98	1.61	0.91	63	43

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 (ต่อ)

น้ำหนัก (กก.)	โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (กรัม)	พลังงาน(เมกกะแคลอรี)			โปรตีน(กรัม)	
		พลังงานย่อยได้	พลังงานใช้ประโยชน์	พลังงานสุทธิ	โปรตีนทั้งหมด	โปรตีนย่อยได้
เพื่อการดำรงชีพเท่านั้น						
50	530	2.34	1.91	1.08	75	51
60	608	2.68	2.19	1.23	86	59
เพื่อการดำรงชีพร่วมกิจกรรมเล็กน้อย (เพิ่มจากการดำรงชีพ 25 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิด เลี้ยงในทุ่งหญ้าเขตร้อนและอุ้มท้องระยะแรก)						
10	199	0.87	0.71	0.40	27	19
20	334	1.47	1.20	0.68	46	32
30	452	1.99	1.62	0.92	62	43
40	560	2.47	2.02	1.14	77	54
50	662	2.92	2.35	1.34	91	63
60	760	3.35	2.73	1.54	105	73
เพื่อการดำรงชีพร่วมกิจกรรมปานกลาง (เพิ่มจากการดำรงชีพ 50 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงในทุ่งหญ้า ค่อนข้างแห้ง ทุ่งหญ้าเป็นเนินและอุ้มท้องระยะแรก)						
10	239	1.05	0.86	0.48	33	23
20	400	1.77	1.44	0.81	55	38
30	543	2.38	1.95	1.10	74	52
40	672	2.97	2.42	1.36	93	64
50	795	3.51	2.86	1.62	110	76
60	912	4.02	3.28	1.84	126	87
ความต้องการที่เพิ่มขึ้นเมื่ออุ้มท้องระยะหลัง (ทุกน้ำหนักของแพะ)						
	397	1.74	1.42	0.80	82	57
ความต้องการที่เพิ่มขึ้นสำหรับการเพิ่มน้ำหนัก 50กรัมต่อวัน (ทุกน้ำหนักของแพะ)						
	100	0.44	0.36	0.20	14	10
ความต้องการที่เพิ่มขึ้นสำหรับการเพิ่มน้ำหนัก 100กรัมต่อวัน (ทุกน้ำหนักของแพะ)						
	200	0.88	0.72	0.40	28	20
ความต้องการที่เพิ่มขึ้นสำหรับการเพิ่มน้ำหนัก 150กรัมต่อวัน (ทุกน้ำหนักของแพะ)						
	300	1.32	1.08	0.60	42	30

ที่มา: ดัดแปลงจาก NRC (1989)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 ความต้องการโปรตีน

โปรตีนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของร่างกายเป็นแหล่งของกรดอะมิโนซึ่งมีความสำคัญในการสังเคราะห์โปรตีนในร่างกายเพื่อทดแทนหรือเพื่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อใหม่ โปรตีนมีความสำคัญต่อการดำรงชีพ การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และการให้ผลผลิต นอกจากนี้อาหารโปรตีนยังเป็นแหล่งไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตเป็นจุลินทรีย์โปรตีน (microbial protein) และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยอาหารเยื่อใยในกระเพาะรูเมนให้สูงขึ้นได้อีกด้วย ดังนั้นจึงสามารถใช้ไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen, NPN) ผสมในอาหารแพะในปริมาณที่เหมาะสำหรับทดแทนโปรตีนจากแหล่งที่มีราคาแพง (วินัย, 2538; Tan *et al*., 2001)

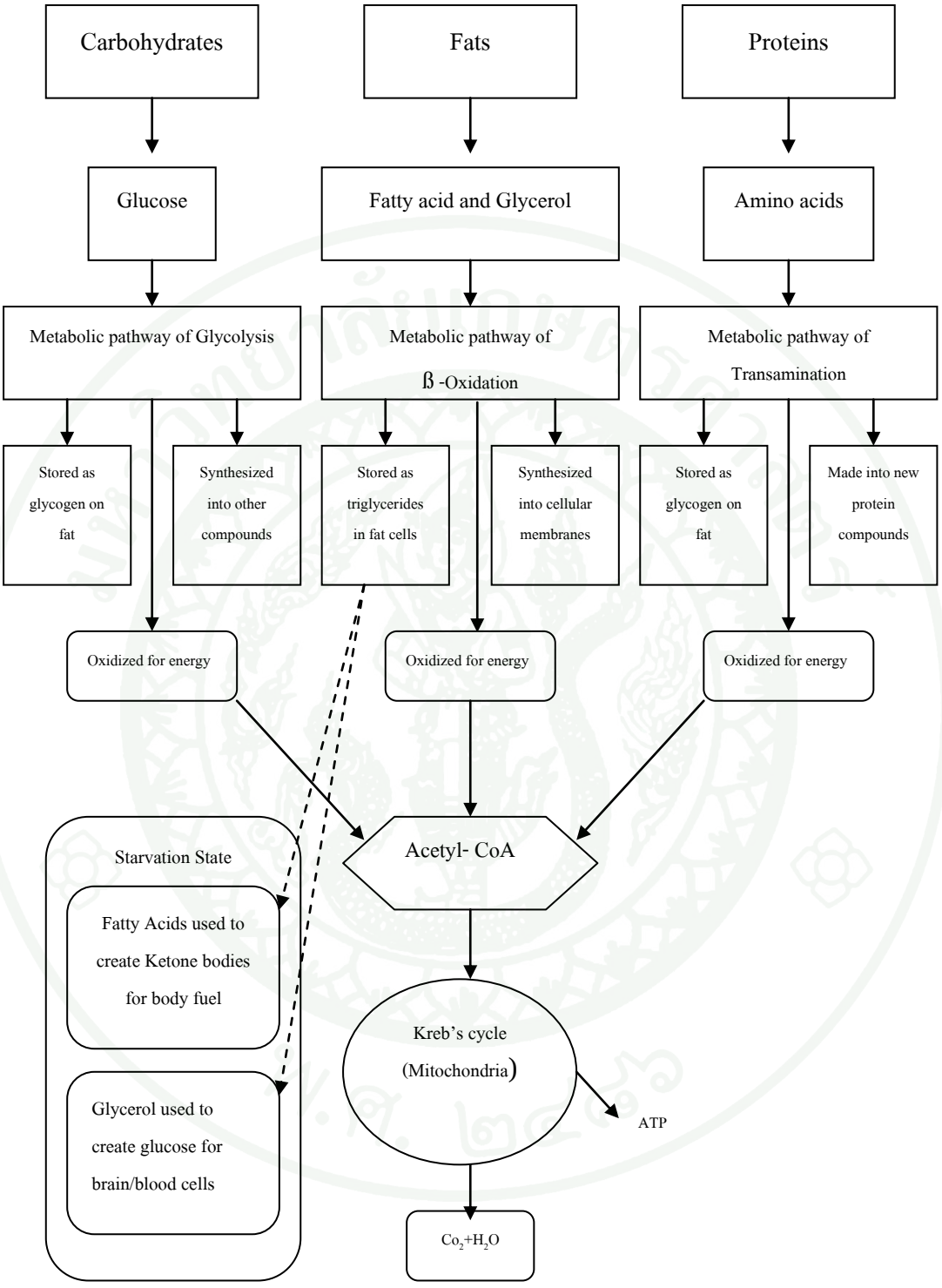
3.3 กลไกการใช้ประโยชน์จากสารอาหารหลัก

(1) ภาวะปกติ

เมื่อร่างกายได้รับสารอาหารหลักที่สำคัญ (คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน) ร่างกายจะทำการย่อยให้สารอาหารแตกตัวเป็นสารโมเลกุลที่เล็กลง ทั้งนี้คาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายได้รับจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ของจุลินทรีย์เพื่อเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่น กลูโคส ซูโครส และฟรุกโตส โดยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่ได้จะเปลี่ยนเป็น pyruvic acid อย่างรวดเร็วโดยจุลินทรีย์ ต่อมา pyruvate จะถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และกรดไขมันระเหยได้ ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ กรดอะซิติก (acetic) กรดโพรพิโอนิก (propionic) กรดบิวทีริก (butyric) และกรดไขมันชนิดอื่น เช่น ไอโซบิวทีริก (isobutyric) เมทิลบิวทีริก (methylbutyric) และวาเลลิก (valeric) แต่เกิดขึ้นในปริมาณที่น้อยกว่า ซึ่งกรดไขมันที่ระเหยได้ที่เกิดมากที่สุดคือกรดอะซิติก (acetic) มีมากที่สุด รองลงมาคือกรดโพรพิโอนิก (propionic) และกรดบิวทีริก (butyric) ซึ่งต่อมาจะถูกเปลี่ยนเป็น ß-hydroxybutyrate ในหว่างการดูดซึมที่ผนังกระเพาะรูเมนเพื่อใช้ในการสังเคราะห์เนื้อเยื่อไขมัน (บุญล้อม, 2541)

โปรตีนจะถูกย่อยเป็นกรดอะมิโน (amino acid) ผ่านขบวนการทรานซามิเนชั่น (transamination) กลูโคส และกรดอะมิโนที่ได้จะถูกดูดซึมผ่านผนังลำไส้เข้าสู่กระแสเลือดไปยังตับ กรดไขมันจะถูกลำเลียงไปทางระบบน้ำเหลืองและส่งไปที่ตับ จากนั้นตับจะทำหน้าที่ส่งกลูโคสต่อไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



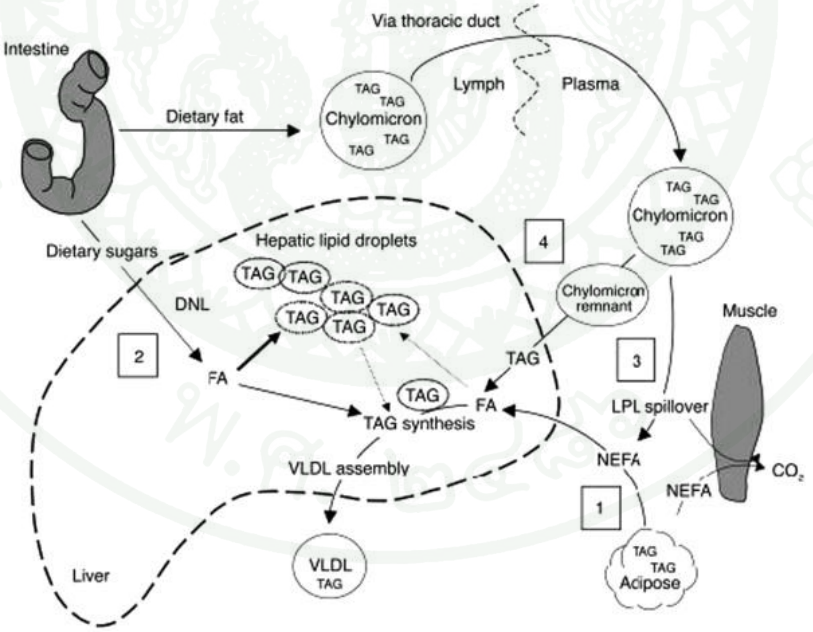
ภาพที่ 1 แผนผังแสดงการย่อยและดูดซึมอาหารในระยะการได้รับอาหารและระยะการอดอาหาร

ที่มา: ดัดแปลงจากพัชรีและคณะ (2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งกลูโคสที่มากเกินพอจะเก็บไว้ในร่างกายในรูปไกลโคเจนในเซลล์ตับ และกล้ามเนื้อ กลูโคสบางส่วนจะถูกสลายเป็นอะเซทิลโคเอ (acetyl CoA) เพื่อนำไปสร้างเป็นกรดไขมัน และนำไปเก็บไว้ในเนื้อเยื่อไขมันในรูปไทรเอซิลกลีเซอรอล (triacyl glycerol) กรดไขมันจะถูกนำไปยังกล้ามเนื้อ หัวใจ และเนื้อเยื่ออื่นๆ ผ่านทางกระแสเลือดเพื่อสลายเป็นพลังงาน ส่วนกรดไขมันที่เกินความต้องการจะถูกนำไปเก็บไว้ในรูปไทรเอซิลกลีเซอรอล (triacylglycerol) ในเนื้อเยื่อไขมัน ส่วนกรดอะมิโนในส่วนที่เป็นโครงคาร์บอน (carbon skeletal) จะถูกสลายได้เป็นพลังงาน ส่วนที่เป็นไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนเป็นยูเรียขับออกนอกร่างกาย กรดอะมิโนส่วนที่เหลือจะถูกนำไปใช้สร้างโปรตีนเพื่อใช้ทำหน้าที่ในเซลล์ต่างๆต่อไป (วิทูรย์ และพจน์, 2551)

เมื่อร่างกายได้รับอาหารไขมันเข้าสู่ร่างกายจะถูก pancreatic lipases ที่สร้างจากตับอ่อน ย่อยที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenum)ได้เป็นกรดไขมัน และกลีเซอรอล กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนต่ำกว่า 12 อะตอม และกลีเซอรอลจะถูกดูดซึมผ่านเข้าเซลล์เยื่อบุผนังลำไส้เล็กเพื่อขนส่งไปยังกระแสเลือดโดยตรง



ภาพที่ 2 การดูดซึมสารอาหารและการย่อยสลายไขมันจากเซลไขมัน

ที่มา: Giovanni (2009)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนมากจะถูกดูดซึมผ่านเซลล์ผนังลำไส้เล็กโดยวิธี passive diffusion ส่วนกลีเซอรอลจะขนย้ายไปยังตับเพื่อเมแทบอไลท์ต่อหลังจากร่างกายดูดซึมกรดไขมันและกลีเซอรอลจะรวมตัวกันอย่างรวดเร็วและถูกนำไปสังเคราะห์เป็นไทรเอซิลกลีเซอรอลใหม่และถูกขนส่งไปสู่เซลล์ต่างๆ โดยมีไคโลไมครอน (chylomicron) ซึ่งเป็นไลโพโปรตีน (lipoprotein) ชนิดหนึ่งเป็นตัวพาไทรเอซิลกลีเซอรอลเข้าสู่เซลล์ต่างๆ โดยผ่านระบบท่อน้ำเหลือง ส่วนกรดไขมันที่มีโมเลกุลขนาดกลางและสั้นสามารถเข้าสู่เส้นเลือดดำ (portal vein) ไปสู่ตับได้ในรูปของกรดไขมันอิสระแล้วเข้าสู่กระแสเลือด และแผ่กระจายไปทั่วร่างกายซึ่งไคโลไมครอนจะถูกนำไปยังเนื้อเยื่อต่างๆที่สำคัญได้แก่ กล้ามเนื้อ ตับ และเนื้อเยื่อไขมัน นอกจากไคโลไมครอนยังมีไลโพโปรตีนชนิดอื่นที่ทำหน้าที่ขนส่งลิพิดชนิดอื่นไปยังเซลล์ต่างๆเปลี่ยนเป็นไลโพโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำมาก (very low density lipoprotein, VLDL) มีหน้าที่ขนส่งไทรเอซิลกลีเซอรอลจากตับไปสู่เซลล์ของเนื้อเยื่อไขมัน ไลโพโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (low density lipoprotein, LDL) มีหน้าที่ขนส่งคอเลสเตอรอลจากตับไปสู่เซลล์ต่างๆ และไลโพโปรตีนชนิดความหนาแน่นสูง (high density lipoprotein, HDL) มีหน้าที่ขนส่งคอเลสเตอรอลจากเซลล์ต่างๆไปสู่ตับ (พัชรี, 2551)

(2) ภาวะการขาดอาหาร

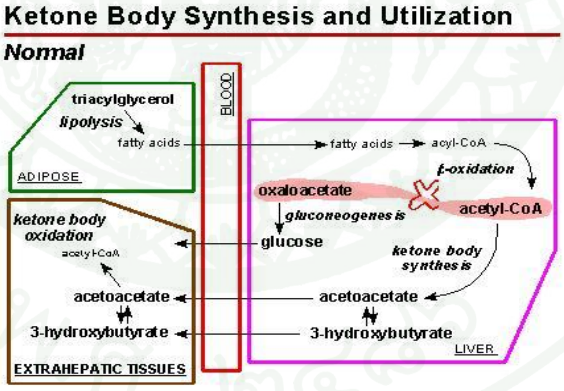
ในภาวะที่ร่างกายอดอาหารร่างกายจะนำพลังงานสำรองที่มีอยู่ในร่างกายมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน โดยขบวนการสลายไขมัน (lipolysis) ซึ่งกระบวนการนี้อาศัยกลไกการทำงานร่วมกันของฮอร์โมน เอนไซม์ภายในร่างกายไขมันที่สะสมภายในเซลล์เมื่อสลาย (hydrolysis) จะอยู่ในรูปกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) และกลีเซอรอล (glycerol) กรดไขมันเหล่านี้จะถูกนำเข้าระบบหมุนเวียนโลหิต โดยตับจะเป็นอวัยวะสำคัญที่ทำหน้าที่ในการรับกรดไขมันจากกระแสโลหิต (พงษ์ชัย, 2546) รวมถึงหัวใจ กล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อต่างๆ เพื่อใช้เป็นสารอาหารพลังงาน กลีเซอรอลที่ได้จะถูกนำไปสร้างเป็นกลูโคสที่ตับโดยกระบวนการกลูโคนีโอจีเนซิส (gluconeo genesis) กล้ามเนื้อจะมีการสลายโปรตีนเป็นกรดอะมิโน กรดอะมิโนบางส่วนจะถูกสลายต่อเป็นไพรูเวต (pyruvate) และแอลฟาคีโตกลูตาเรต (α-ketoglutarate) และเปลี่ยนต่อไปจนได้กรดอะมิโนอะลานีน และกลูตามีน ซึ่งกลูตามีน จะถูกส่งไปสร้างเป็นกลูโคสที่ตับ และกลูตามีนจะถูกสลายเป็นพลังงานที่เซลล์ผนังลำไส้ (บุญล้อม, 2541; วิทูรย์ และพจน์, 2551)

ระยะเริ่มต้นของการขาดอาหารอัตราการสลายโปรตีนจะลดลง เนื่องจากการสร้างสารยูเรียในตับลดลงทำให้การขับยูเรียทางปัสสาวะลดลง โดยอัตราการลดลงของสารประกอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไนโตรเจน ในระยะเริ่มต้นของการขาดอาหารจะมากกว่าการขาดอาหารในระยะยาวซึ่งไนโตรเจนส่วนใหญ่จะถูกขับออกมาในรูปของยูเรีย แต่ในระยะยาวร่างกายจะปรับกระบวนการเมแทบอลิซึมเพื่อให้สามารถมีชีวิตรอดโดยพลังงานที่ร่างกายได้รับส่วนใหญ่ร้อยละ 90 มาจากการสลายกรดไขมันและอัตราการสลายโปรตีนจะลดลง เนื่องจากร่างกายจะเก็บโปรตีนไว้ใช้ในงานที่สำคัญในระยะการขาดอาหาร (วิทูรย์ และพจน์, 2551)

ในระยะการขาดอาหารในมนุษย์ สมองจะได้รับพลังงานจากคีโทนบอดีซึ่งการเพิ่มของคีโทนบอดีจะเป็นการช่วยลดการสลายโปรตีนการกล้ามเนื้อได้ รวมถึงร่างกายจะพยายามรักษาระดับน้ำตาลในเลือดไว้ไม่ให้ต่ำลงเพื่อรักษากลูโคสไว้ให้อวัยวะที่สำคัญ เช่น สมอง และเซลล์เม็ดเลือดแดง นอกจากนั้นพบว่าในภาวะการขาดอาหารร่างกายจะได้รับพลังงานไม่เพียงพอจึงทำให้ร่างกายมีการสลายกรดไขมันมากขึ้น ส่งผลให้อะเซทิลโคเอมีมากกว่าปริมาณออกซาโลอะซิเทตที่เกิดจากการทำงานของวัฏจักรเครบส์ ตับจึงนำเอาอะซิทิลโคเอที่มีเพิ่มขึ้นจากกระบวนการสลายกรดไขมันมาสร้างคีโทนบอดีที่ไมโตคอนเดรียของตับ ดังนั้นในภาวะการอดอาหารร่างกายจะมีกระบวนการที่สำคัญ 3 กระบวนการคือ กระบวนการสลายไกลโคเจน กระบวนการกลูโคนีโอเจนเซิส และกระบวนการสร้างคีโทนบอดี (วิทูรย์ และพจน์, 2551)



ภาพที่ 3 การสังเคราะห์และการใช้ประโยชน์จากคีโทนบอดี

ที่มา: Anonymous (2555)

สัตว์ที่อยู่ในภาวะอดอาหารจะได้รับพลังงานเพื่อให้เพียงพอต่อการดำรงชีพ จากการสลายพลังงานที่สะสมในร่างกาย จากการสลายไกลโคเจน ไขมัน และโปรตีน หากสัตว์ได้รับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อาหารตามปกติจะใช้พลังงานจากอาหารที่กินเพื่อความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพก่อนเป็นลำดับแรก (กฤตพล, 2550)

ภายใต้สภาวะการขาดอาหารในโคเนื้อร่างกายสัตว์จะมีอัตราการสลายไขมันภายในเนื้อเยื่อไขมันสูงขึ้น ส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในกระแสเลือด (NEFA) เพิ่มสูงขึ้นด้วย (Dunshea *et al*., 1988)) การใช้ประโยชน์โปรตีนในระยะการได้รับอาหารไม่เพียงพอหรือขาดอาหาร ยังสามารถใช้ไขมันที่สะสมในร่างกายเป็นแหล่งพลังงานที่มีประสิทธิภาพได้ และพบว่าการใช้ประโยชน์จากโปรตีนจะมีประสิทธิภาพได้เมื่อมีความต้องการพลังงานต่ำกว่าระดับเพื่อการดำรงชีพ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าในภาวะการขาดอาหารร่างกายจะใช้ไขมันสะสมเป็นแหล่งของพลังงานทดแทนพลังงานจากอาหาร (Hovell, 1986)

4. สมดุลไนโตรเจน (Nitrogen balance)

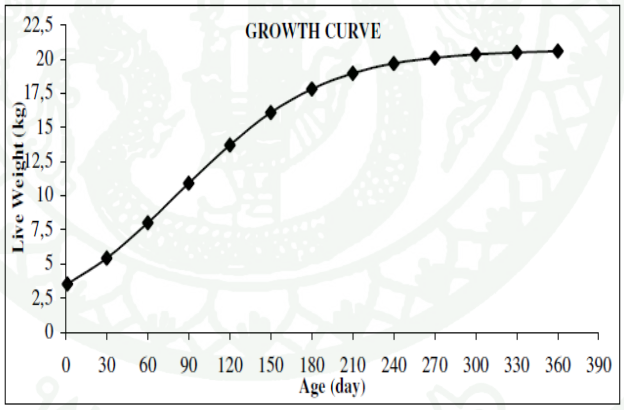
สมดุลไนโตรเจน เป็นค่าความต่างของปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับกับปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกใน 1 วัน ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ คือปริมาณไนโตรเจนในโปรตีนที่กินซึ่งจะมีแตกต่างกันในแต่ละชนิดของอาหาร ส่วนปริมาณที่ขับออกคือปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะและอุจจาระ ซึ่งจะขับออกทางปัสสาวะมากกว่าอุจจาระประมาณ 15-20 เท่า สารประกอบไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะมีหลายชนิดที่มากที่สุดคือยูเรีย ซึ่งเป็นสารสุดท้ายของการสลายโปรตีน ใช้เป็นตัวบ่งชี้การสลายโปรตีนในร่างกาย ถ้าได้รับโปรตีนมากก็จะมีการสลายกรดอะมิโนที่เกินพอมาก หมู่อะมิโนก็จะนำไปสร้างเป็นยูเรียมากและขับออกทางปัสสาวะ ดุลไนโตรเจนสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมของร่างกาย โดยการกินอาหารที่มีปริมาณโปรตีนมาก-น้อย ถ้ากินอาหารให้โปรตีนมากกว่าการสลายโปรตีน สมดุลไนโตรเจนจะเป็นบวก (positive nitrogen balance) พบในระยะเจริญเติบโต ตั้งครรภ์ ส่วนสมดุลไนโตรเจนเป็นลบ (negative nitrogen balance) เป็นภาวะที่ได้รับโปรตีนน้อยกว่าการสลาย พบขณะป่วยและได้รับอาหารโปรตีนไม่เพียงพอ (นัยนา, 2546)

5. การเจริญเติบโต (Growth)

การเจริญเติบโต หมายถึง การเพิ่มน้ำหนักของเนื้อเยื่อต่างๆของร่างกาย ได้แก่ เนื้อเยื่อกระดูก กล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน รวมถึงอวัยวะภายใน และขนาดของตัวสัตว์ (Ensminger, 1986) ซึ่งเกิดจากการเพิ่มจำนวนของเซลล์ (hyperplasia) หรือการเพิ่มขนาดของเซลล์ (hypertrophy) ซึ่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกิดจากการสะสมโปรตีน และไขมันที่เพิ่มขึ้น (Squires, 2003) นอกจากนั้นพบว่าอัตราการเจริญเติบโตในระยะแรกจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆและจะมีอัตราที่เร็วขึ้นในระยะเวลาต่อมาโดยมีรูปร่าง น้ำหนักตัว และปริมาณกล้ามเนื้อที่เพิ่มสูงขึ้น จากนั้นอัตราการเจริญเติบโตจะลดลงจนเกือบคงที่ เพราะอัตราการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อ กระดูก และอวัยวะที่สำคัญเริ่มลดลง ในขณะเดียวกันร่างกายจะเริ่มมีการสะสมไขมันเร็วขึ้นสัตว์ที่เจริญเติบโตสมบูรณ์เต็มที่ (mature size) แล้วร่างกายจะหยุดการเจริญเติบโต หากยังได้รับอาหารในภาวะปกติร่างกายจะเกิดการสะสมของไขมันเร็วขึ้น แต่ในภาวะที่ร่างกายขาดอาหารร่างกายจะดึงเอาไขมันที่สะสมในร่างกายไปใช้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งเซลล์ไขมันจะสะสมไขมันอีกครั้งเมื่อร่างกายได้รับอาหารเพียงพอ (ชัยณรงค์, 2546; Hornick, 2000) จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นถึงการเจริญเติบโตในแพะ แองโกล่าที่อายุแรกเกิดจนถึง 1 ปี โดยแพะที่อายุแรกเกิดถึง 2 เดือน เส้นกราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรง และเริ่มเปลี่ยนเป็นรูปตัว **S** ในระหว่าง 2 ถึง 12 เดือน (Özdemir, 2009) และพบว่าแพะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงแรกเกิดจนถึงอายุ 90 วันและลดลงในช่วง 90-180 วัน โดยมีค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตต่อวันเท่ากับ 87.8±16.9 และ 89.6±11.7 กรัมต่อวัน (Madani and Rahal, 1988)



ภาพที่ 4 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของแพะตามปกติ

ที่มา: Özdemir (2009)

6. การเจริญเติบโตชดเชย (Compensatory growth)

การเจริญเติบโตชดเชย คืออัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัม/วัน) ที่เกิดขึ้นกับสัตว์ที่ได้รับอาหารเต็มที่หลังจากที่ร่างกาย ถูกจำกัดอาหารเนื่องจากได้รับอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

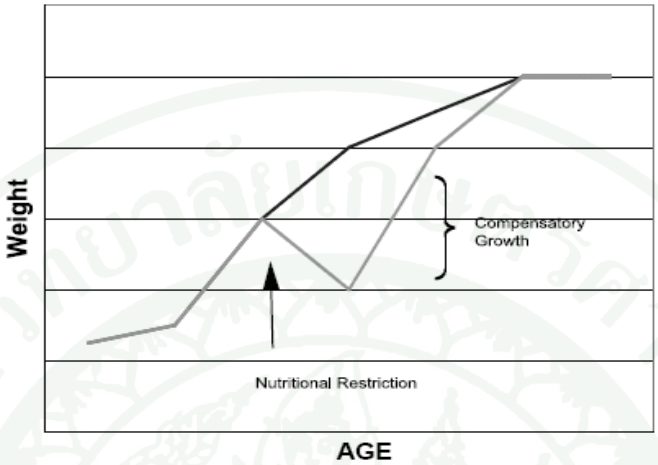
ของร่างกาย ทั้งคุณภาพ และปริมาณ ส่งผลให้สัตว์ไม่สามารถแสดงศักยภาพทางพันธุกรรมได้เต็มที่ สัตว์อาจมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง สูญเสียน้ำหนักตัว และต่อมาเมื่อสัตว์ได้รับอาหารเต็มที่ระยะเวลาหนึ่ง สัตว์จะมีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้น (Hornick *et al*., 2000) ทั้งนี้การเจริญเติบโตชดเชยเป็นการเจริญเติบโตที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และสัตว์ปีก หลังจากถูกจำกัดอาหารในช่วงที่สัตว์กำลังเจริญเติบโต (Wilson and Obsourn,1960) ซึ่งจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของขนาด และน้ำหนักของอวัยวะภายใน ได้แก่ ตับ กระเพาะ และลำไส้ ซึ่งเนื้อเยื่อจากอวัยวะเหล่านี้จะตอบสนองต่อการเกิดภาวะเครียดจากการได้รับอาหารไม่เพียงพอ ทำให้อวัยวะดังกล่าวมีขนาด และการทำงานลดลง ส่งผลต่อการผลิตฮอร์โมนภายในร่างกาย และปริมาณเมทาบอไลท์ในกระแสเลือด เนื้อเยื่อไขมัน และตับ จะหลั่งกรดไขมันอิสระ และคีโตนบอดี้เพิ่มขึ้น กล้ามเนื้อจะปลดปล่อย แลคแตท อะลานีน และกลูตามีน การสังเคราะห์โปรตีนลดลงเนื่องจากระดับของแอนาบอลิกฮอร์โมน (anabolic hormone) ในพลาสมาลดลง และแคทาบอลิกฮอร์โมน (catabolic hormone) ได้แก่ พลาสมาอินซูลิน (plasma insulin), 3.5.3'ไตรไอโอโดไทโรนิน (3.5.3'-triiodothyronine; T_3) ไทร็อกซิน (thyroxin; T_4) และ IGF-I มีระดับลดลง ขณะที่คอร์ติซอล (cortisol) และโกรทฮอร์โมน (growth hormone; GH) ในพลาสมามีระดับเพิ่มขึ้น (Hornick *et al*., 2000)

น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในระหว่างเกิดการเจริญเติบโตชดเชย (Compensatory growth) เกิดจากการเพิ่มความอยากอาหาร (appetite) และการกินอาหารที่เพิ่มมากขึ้นหลังจากถูกจำกัดอาหาร ทำให้ความสามารถในการเปลี่ยนอาหารไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าสัตว์ที่ได้รับอาหารอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ระหว่างการจำกัดอาหารอวัยวะภายในร่างกายเช่น ตับ กระเพาะ และลำไส้จะมีขนาดและกิจกรรมลดลง ในขณะที่อวัยวะเหล่านี้เป็นแหล่งที่มาของโปรตีนและพลังงานจึงทำให้สัตว์มีความต้องการพลังงานและโปรตีนที่ใช้เพื่อการดำรงชีพลดลง ดังนั้นเมื่อระยะการจำกัดอาหารหยุดลงสัตว์จะยังคงต้องการพลังงานและโปรตีนต่ำกว่าระดับเพื่อการดำรงชีพ จึงเป็นปัจจัยที่เอื้อให้เกิดการเจริญเติบโตชดเชยขึ้น จนกว่าเนื้อเยื่อต่างๆภายในร่างกายจะได้รับการเติมเต็ม นอกจากนั้นการสะสมของกล้ามเนื้อและไขมัน หลังจากที่ถูกดึงไปใช้ในระยะการจำกัดอาหาร จำนวนโปรตีนจะถูกสะสมขึ้นสูงกว่าไขมัน (Donna and Geoff, 2006)

การเจริญเติบโตชดเชยแบบสมบูรณ์ (ภาพที่ 5) แสดงให้เห็นสภาวะที่สัตว์ถูกจำกัดอาหารและต่อมาเมื่อได้รับอาหารเต็มที่ ร่างกายจะเกิดการเจริญเติบโตชดเชยขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยที่การเจริญเติบโตชดเชยจะสมบูรณ์ก็ต่อเมื่อสัตว์ที่ถูกจำกัดอาหารสามารถเจริญเติบโตได้ทันสัตว์ที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เจริญเติบโตแบบปกติคือสัตว์มีน้ำหนักเท่ากับสัตว์ที่ได้รับอาหารปกติในช่วงอายุที่เท่ากัน (Donna and Geoff , 2006)



ภาพที่ 5 กราฟแสดงการเจริญเติบโตชดเชยแบบสมบูรณ์

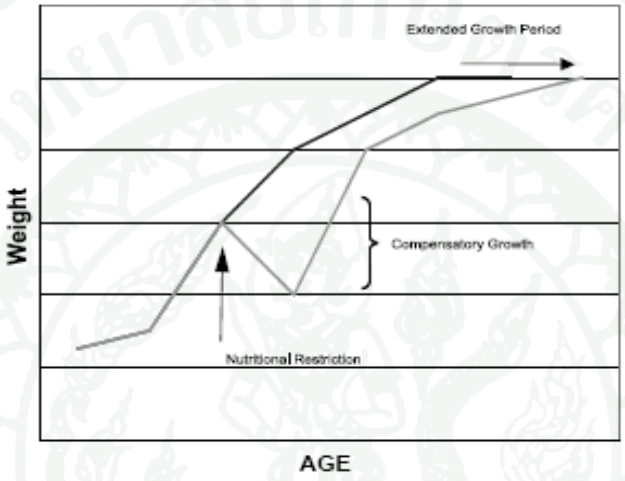
ที่มา: Donna and Geoff (2006)

โดยทั่วไปขอบเขตของการเจริญเติบโตชดเชยจะเพิ่มขึ้นจากคุณภาพของอาการและส่วนมากมักเกิดขึ้นในช่วง 1-2 เดือนแรกหลังจากได้รับอาหารอีกครั้ง แต่ไม่เสมอไปที่สัตว์จะแสดงการเจริญเติบโตชดเชยที่สมบูรณ์ขึ้นได้ ซึ่งบางครั้งอาจเกิดการเจริญเติบโตชดเชยเพียงช่วงเวลาหนึ่งหรือไม่เกิดเลย (ภาพที่ 6) ส่งผลให้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ทันสัตว์ที่เจริญเติบโตแบบปกติที่อายุเท่ากันจึงเกิดการยืดระยะเวลาการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยหลายประการ เช่น ความรุนแรงของการจำกัดอาหารระยะเวลาในการจำกัดอาหาร อายุสัตว์ พันธุ์สัตว์ เป็นต้น (Donna and Geoff , 2006)

อย่างไรก็ตามในช่วงการเจริญเติบโตชดเชย จำนวนเซลล์ของสัตว์อาจไม่เปลี่ยนแปลง แต่ในสัตว์ที่ยังโตไม่เต็มที่ อาจมีการเพิ่มจำนวนเซลล์ไขมันเกิดขึ้นร่วมกับการขยายขนาดของเซลล์ไขมัน โดยกระบวนการหลักคือการขยายขนาดของเซลล์ สัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารมากพอหลังจากการขาดอาหารจะมีอัตราการสร้างไขมันเพิ่มขึ้นภายในเซลล์ และพบว่าการจำกัดอาหาร (feed restriction) ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตทดแทนในแพะพื้นเมืองเพศผู้ที่ได้รับการให้อาหารในสภาวะจำกัดในระดับที่เพียงพอต่อการดำรงชีพเป็นระยะเวลาที่นาน 75 วัน มีการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตอบสนองการเจริญเติบโตทดแทนได้ดีกว่าแพะที่ถูกจำกัดอาหารในแวลาน้อยกว่า อาจกล่าวได้ว่าระยะเวลาการกำจัดอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโตทดแทน (Dashtizadeh *et al.,* 2008) ในโคและแกะที่มีอายุตั้งแต่แรกเกิดถึง3 เดือน การจำกัดอาหารไม่เป็นการกระตุ้นให้สัตว์เกิดการเจริญเติบโตชดเชยแต่ในระยะเวลาต่อมาจนถึงเมื่อสัตว์โตเต็มวัย (maturity) สัตว์สามารถเกิดการเจริญเติบโตชดเชยได้ (Ryan *et. Al*., 1990)



ภาพที่ 6 กราฟแสดงการเจริญเติบโตชดเชยโดยใช้ระยะเวลาเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น

ที่มา: Donna and Geoff (2006)

ทั้งนี้พบว่าการเจริญเติบโตชดเชย (Compensatory growth) เป็นผลมาจากปัจจัยหลายประการได้แก่ อายุสัตว์ ชนิดของสัตว์ ระดับความสมบูรณ์พันธุ์ของสัตว์ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล ความรุนแรงของการจำกัดอาหาร ระยะเวลาของการจำกัดอาหาร พันธุ์สัตว์ และเพศของสัตว์ (Yagoub and Salih, 2009) ซึ่งการศึกษาผลของการจำกัดอาหารต่อการกินได้ในสุกรพบว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับการจำกัดอาหารมีปริมาณการกินได้เพิ่มขึ้นและมีค่ามากกว่าสุกรในกลุ่มควบคุม (Owen *et al*., 1971) นอกจากนั้นในลูกแกะเพศผู้พันธุ์ Barbarine อายุ 3-4 เดือนที่ได้รับอาหารเพิ่มเติมหลังจากถูกจำกัดอาหารในช่วงฤดูร้อนนาน 70 วัน มีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากสัตว์กลุ่มที่ไม่ถูกจำกัดอาหาร (Mahouachi and Atti, 2005) และพบว่าการจำกัดปริมาณและคุณภาพของอาหารที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตในภายหลังเพิ่มขึ้นด้วย (Ryan *et al*., 1990; Kamalzadeh *et al*., 1998)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

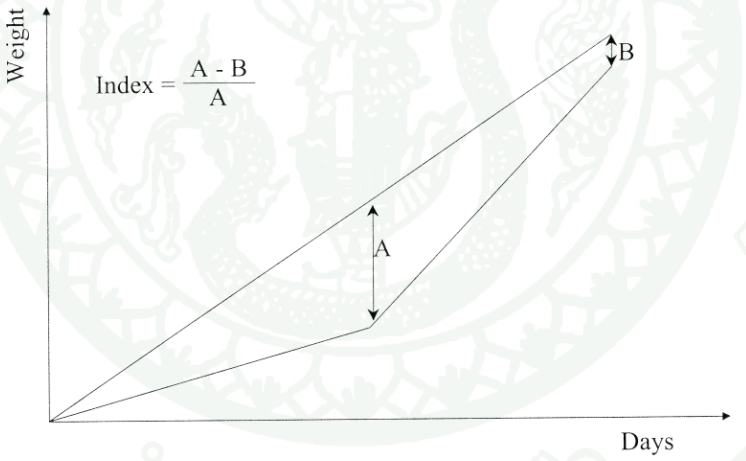
7. ดัชนีการเจริญเติบโตชดเชย (Compensatory index)

การวัดเจริญเติบโตชดเชย (Compensatory growth) สามารถวัดได้จาก “ดัชนีการเจริญเติบโตชดเชย” (Compensatory index) (ภาพที่ 7) โดยสมการดังนี้

$$\text{สูตรคำนวณ ดัชนีการเจริญเติบโตชดเชย} = \frac{A-B}{A}$$

A = ผลต่าง ระหว่างน้ำหนักสัตว์ที่มีการเจริญปกติ และน้ำหนักสุดท้ายของสัตว์ที่ถูกจำกัดอาหาร (restriction period)

B = ผลต่างระหว่างน้ำหนักสัตว์ที่มีการเจริญปกติ และน้ำหนักสุดท้ายของสัตว์ที่ได้รับอาหารอาหารเพิ่มเติม (re-alimentation period)



ภาพที่ 7 กราฟแสดงการเจริญเติบโตชดเชย และการคำนวณดัชนีการเจริญเติบโตชดเชย

ที่มา: Hornick *et al.* (2000)

ตัวบ่งชี้การเจริญเติบโตชดเชย คือการที่ร่างกายสามารถเจริญเติบโตเข้าสู่สภาวะปกติ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปค่าดัชนีการเจริญเติบโตชดเชยจะอยู่ระหว่าง 50–100 เปอร์เซ็นต์ แต่ในสัตว์ที่มีอายุน้อยมากๆหากถูกจำกัดอาหารอย่างรุนแรง จะทำให้เกิดโรคและไม่สามารถแสดง การเจริญเติบโตชดเชยได้ (Hornick *et al.,* 2000) การเกิดการเจริญเติบโตชดเชยสามารถใช้บ่งบอกถึง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความรุนแรงของสัตว์ที่มีการเจริญเติบโตในสภาวะที่ถูกจำกัดอาหาร (Coleman and Evans, 1986) ในช่วงการเจริญเติบโตชดเชยจำนวนเซลล์อาจไม่เปลี่ยนแปลง แต่ในสัตว์ที่ยังโตไม่เต็มที่ อาจมีการเพิ่มจำนวนเซลล์ไขมันเกิดขึ้นร่วมกับการขยายขนาดของเซลล์ไขมัน โดยการขยายขนาดของเซลล์จะเป็นกระบวนการหลัก สัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารมากพอหลังจากการขาดอาหารจะมีอัตราการสร้างไขมันเพิ่มขึ้นภายในเซลล์ ช่วงที่สัตว์ขาดอาหาร ร่างกายจะมีขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อเล็กกว่าสัตว์ที่เจริญเติบโตแบบปกติ ซึ่งขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อจะลดลงอย่างมากในปลายระยะการขาดอาหาร ซึ่งขึ้นอยู่กับความรุนแรงของการขาดอาหารด้วย ดังนั้นเมื่อสัตว์ได้รับอาหารเต็มที่อีกครั้ง กล้ามเนื้อจะถูกกระตุ้นให้มีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงกว่าปกติ ทั้งนี้การตอบสนองต่อการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้ออาจลดลงตามอายุของสัตว์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการเจริญเติบโตชดเชยส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการเพิ่มขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อ (Hornick *et al.,* 2000)

8. การเปลี่ยนแปลงค่าชีวเคมีในเลือด

1. ยูเรียไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen; BUN)

โปรตีนที่สัตว์เคี้ยวเอื้องนำไปใช้มีทั้งโปรตีนแท้และสารประกอบ non protein nitrogen (NPN) เช่น ยูเรีย ซึ่งเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน ซึ่งสังเคราะห์ขึ้นที่ตับโดยเปลี่ยนมาจากแอมโมเนีย จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนจะสลายโปรตีนในอาหารให้เป็นแอมโมเนีย เพื่อใช้เป็นแหล่งของไนโตรเจนสำหรับการสร้างจุลินทรีย์โปรตีน แอมโมเนียจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักนำไปใช้ไม่หมดจะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนเข้าสู่กระแสเลือดและจะถูกเปลี่ยนเป็นยูเรียอย่างรวดเร็วที่ตับเพื่อลดความเป็นพิษของแอมโมเนียในเลือด (เมธา, 2533) การเพิ่มขึ้นของระดับยูเรียในเลือดเป็นผลจากการที่สัตว์ได้รับอาหารที่มีโปรตีนและ NPN ในระดับสูง (ทรงศักดิ์, 2551) หรือจากสภาวะที่มีขบวนการนำไปใช้ประโยชน์ของโปรตีนในร่างกาย เช่นในช่วงที่ปริมาณกินอาหารต่ำ ไม่เพียงพอที่จะรักษาสภาพปกติของสัตว์ได้ ในช่วงการอดอาหารหรือในช่วงที่เกิดท้องเสียรุนแรง ร่างกายอ่อนแอ โดยพบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของยูเรียคิดเป็นไนโตรเจนในลูกแพะมีค่าปกติเท่ากับ 12-15 มิลลิกรัมต่อ100 มิลลิลิตร (เมธา, 2533)

2. น้ำตาลกลูโคสในเลือด (blood glucose; BG)

ระดับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในเลือดเป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาวะสมดุลพลังงานในร่างกายสัตว์ กลูโคสจะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการเมแทบอลิซึมเพื่อให้เกิดพลังงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภายในเซลล์ (กฤตพล, 2550) อาหารคาร์โบไฮเดรตเมื่อถูกย่อยจะได้ผลผลิตน้ำตาลกลูโคสซึ่งเป็นสารตั้งต้นสำคัญในกระบวนการเมทาบอลิซึม (เปรมใจ และคณะ, 2548) ในการสร้างกลูโคสขึ้นอยู่กับสภาวะของสัตว์ และชนิดอาหารที่กิน เช่น การกินอาหารข้นจะสร้างกลูโคสได้มากกว่าอาหารหยาบ เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตในอาหารข้นจะถูกเปลี่ยนเป็นโพรพิโอเนทโดยการหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักและถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดแล้วเปลี่ยนเป็นกลูโคสที่ตับ (เมธา, 2529) กลูโคสจะถูกดูดซึมและเข้าไปสะสมในตับและกล้ามเนื้อในรูปไกลโคเจน เพื่อเป็นแหล่งพลังงานสำรองของร่างกาย เมื่อสัตว์อยู่ในสภาวะขาดแคลนพลังงาน จะมีการนำเอาไกลโคเจนมาเป็นพลังงานด้วยกระบวนการกลูโคนีโอเจนเนซีส (gluconeogenesis) ซึ่งเกิดขึ้นที่ตับ (เมธา, 2529; McDonald *et al*., 1988)

3. กรดไขมันอิสระในเลือด (non esterified fatty acid; NEFA)

ภายใต้สภาวะที่สัตว์ขาดแคลนอาหาร อัตราการสลายไขมันภายในเนื้อเยื่อไขมันที่สูงขึ้นส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในเลือด (NEFA) ภายในกระแสเลือดเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Dunshea. *et al*., 1988; Phogchai, 2006) ปริมาณกรดไขมันอิสระที่สลายออกจากเนื้อเยื่อไขมัน จากการสลายไขมันในเนื้อเยื่อไขมันที่สูงขึ้น จะทำให้ระดับความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในเลือด (NEFA) เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้กรดไขมันอิสระถูกนำเข้าตับในปริมาณมากและเกิดการสะสมไขมันภายในตับ (พงศ์ชัย, 2548) กรดไขมันอิสระในเลือด (NEFA) เป็นตัววัดการเกิดการขาดพลังงานรุนแรงในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Dunshea, 1988) หากความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในเลือด (NEFA) สูง จะบ่งชี้ว่าสัตว์เกิดภาวะ negative energy balances แต่ในทางตรงกันข้ามหากความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในเลือด (NEFA) ต่ำไม่สามารถกล่าวได้ว่าสัตว์อยู่ในภาวะ positive energy balances (Caldeira, 2007)

4. อัลบูมิน (Albumin)

อัลบูมินถูกสร้างโดยตับจากกรดอะมิโนที่ได้รับจากอาหาร ซึ่งปริมาณอัลบูมินในเลือดจะใช้เป็นตัวบ่งชี้ปริมาณอาหารโปรตีนที่สัตว์ได้รับ สัตว์ที่มีการเจริญเติบโตสูงมักมีระดับอัลบูมินในเลือดสูง (กฤตพล, 2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. ค่าเบต้าไฮดรอกซี่บิวทีเรต (ß–hydroxybutyrate; BHB)

การเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของเบต้าไฮดรอกซีบิวทีเรต (BHB) ในสัตว์ที่ขาดอาหารหรือได้รับอาหารไม่เพียงพอกับความต้องการ ร่างกายจะมีระดับของสารคีโตนส์ในกระแสเลือดสูง เนื่องจากการสลายไขมันมากที่สะสมในร่างกายที่มากขึ้นส่งผลให้มีปริมาณอะเซทิลโคเอ (acetyl CoA) มากกว่าปริมาณออกซาโลอะซิเทต (oxaloacetate) ทำให้ตับต้องนำเอาอะซิทิลโคเอ (acetyl CoA) ที่มีเพิ่มขึ้นจากกระบวนการสลายกรดไขมันมาสร้างคีโทนบอดี ได้แก่ ß-hydroxy butyric acid (BHBA) acetoacetic acid (AA) และ acetone (เมธา และฉลอง, 2533; นัยนา, 2546)

6. ฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีน (triiodothyronine; T_3)

ฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีน (T_3) สังเคราะห์จากต่อมไทรอยด์ เป็นฮอร์โมนไทรอยด์ชนิดหนึ่ง ใน 2 ชนิด คือ ฮอร์โมนไทรอกซิน (thyroxine; T_4) และฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีน (triiodothyronine; T_3) โดย T_3 จะมีความเข้มข้นในเลือดต่ำกว่า T_4 แต่ความสามารถในการออกฤทธิ์สูงกว่าหลายเท่าซึ่ง 85 เปอร์เซ็นต์ของ T_3 ที่ร่างกายผลิตได้ในแต่ละวันนั้นเปลี่ยนมาจาก T_4 โดยการตัดหมู่ไอโอดีนออกจากเนื้อเยื่อต่างๆ (deiodination) (นทีทิพย์, 2538) มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างพลังงาน ควบคุมอัตราเมแทบอลิซึมพื้นฐาน (Basal metabolic rate; BMR) ของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน และมีผลต่อการทำงานของทุกระบบภายในร่างกาย เช่น ระบบหัวใจ ระบบย่อยอาหาร การระบายความร้อนจากร่างกาย (วิกิพีเดีย, 2555; Dunlop, 1991) มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย การสร้างกล้ามเนื้อ กระตุ้นให้เซลล์สร้างโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่หากมีมากเกินไปจะมีผลกระตุ้นการสลายโปรตีน ควบคุมอัตราการเผาผลาญสารอาหารต่างๆในร่างกาย ผลิตความร้อนและใช้พลังงานเพื่อทำให้เกิดความอบอุ่นแก่ร่างกาย (calorigenesis) ซึ่งเป็นการเร่งกระบวนการแคทาบอลิก (catabolic) ทำให้อัตราเมแทบอลิซึมพื้นฐานเพิ่มสูงขึ้น และกระตุ้นการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น (O_2 consumption) กระตุ้นกระบวนการสร้างกลูโคส (gluconeogenesis) การดูดซึมน้ำตาลกลูโคส เพื่อเพิ่มระดับกลูโคสในเลือดเพื่อใช้เป็นพลังงานเร่งขบวนการสลายไกลโคเจนเป็นกลูโคส (glycogenolysis) ลดการสร้างไขมันและคลอเลสเตอรอลในเลือด เพิ่มการสลายไขมัน (lipolysis) ทำให้มีกรดไขมันอิสระในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น (นทีทิพย์, 2538; Squires, 2003)

โดยไตรไอโอโดไทโรนีน จะเพิ่มการผลิต Na+/K+ -ATPase และกระตุ้นกระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกาย ได้แก่ 1) กระตุ้นการผลิต RNA Polymerase I และ II ทำให้อัตราการสังเคราะห์และสลายโปรตีนเพิ่มขึ้น 2) เพิ่มอำนาจการเผาผลาญกลูโคสของตัวรับ ß-adrenergic ทำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ให้หยุดสังเคราะห์ไกลโคเจน และเพิ่มอัตราการสร้างกลูโคสมากขึ้น 3) กระตุ้นการหยุดการสังเคราะห์คลอเรสเทอรอล และเพิ่มจำนวน LDL ทำให้อัตราของลิโพไลซิส (lipolysis) เพิ่มขึ้น (วิกิพีเดีย, 2555; Squires, 2003) ซึ่งระดับไทรอยด์ฮอร์โมนที่เหมาะสมจะมีผลกระตุ้นการหมุนเวียนของโปรตีน (protein turnover) ส่งผลให้สัตว์ในระยะรุ่นมีอัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว แต่หากมีมากเกินไปจะกระตุ้นการสลายโปรตีนมากกว่าการสร้างและสะสม การขาดอาหารจะมีผลทำให้ระดับของไทรอยด์ฮอร์โมนลดลงและลดการเปลี่ยน T_4 เป็น T_3 อาหารคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนมีผลต่อการสังเคราะห์ไทรอยด์ฮอร์โมน โดยคาร์โบไฮเดรตจะกระตุ้นการหลั่ง T_4 และโปรตีนจะกระตุ้นการเปลี่ยน T_4 เป็น T_3 ดังนั้น ถ้าสัตว์ได้รับอาหารไม่เพียงพอจะทำให้เกิดการสลายตัวของโปรตีน และไขมันของร่างกาย ทำให้น้ำหนักตัวลดลง (วัชราภรณ์, 2550)

ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงทำการศึกษาผลของการใช้พืชอาหารสัตว์คุณภาพดีต่อการเจริญเติบโตชดเชยในแพะเนื้อลูกผสมแองโกล-นูเบียน และการเปลี่ยนแปลงค่าชีวเคมีในเลือดแพะ รวมถึงต้นทุนค่าอาหารที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. สัตว์ทดลอง

แพะเพศผู้ลูกผสมพันธุ์แองโกล-นูเบียน อายุ 7-9 เดือน น้ำหนักเริ่มต้น 20.46±1.56 กิโลกรัม แพะทุกตัวจะได้รับการตรวจโรคประจำปี และฉีดวัคซีนป้องกันโรคปากและเท้าเปื่อย รวมทั้งให้วิตามิน AD_3E ยาถ่ายพยาธิภายใน-ภายนอก ก่อนเริ่มการทดลอง

2. โรงเรือนทดลองและอุปกรณ์ในการเลี้ยงแพะ

2.1 โรงเรือนแบบคอกขังเดี่ยว
2.2 เครื่องชั่งน้ำหนักสัตว์
2.3 เครื่องชั่งน้ำหนักอาหาร
2.4 อุปกรณ์ให้อาหารสัตว์ทดลอง

3. อาหารทดลอง

3.1 อาหารข้นสำเร็จรูปของบริษัทแห่งหนึ่งสำหรับแพะโปรตีนไม่ต่ำกว่า 16 เปอร์เซ็นต์
3.2 หญ้าแพงโกล่าแห้งอายุ 45 วัน สับให้มีขนาด 3-5 เซนติเมตร
3.3 ฟางข้าวแห้งอัดฟ่อนสับให้มีขนาด 3-5 เซนติเมตร

4. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างเลือด

4.1 กระบอกฉีดยาพลาสติกขนาด 10 มิลลิลิตร
4.2 เข็มฉีดยา เบอร์ 18 ความยาว 2 นิ้ว
4.3 หลอดเก็บเลือดสูญญากาศขนาด 6 มิลลิลิตร สำหรับเก็บซีรั่ม และชนิดเคลือบโซเดียมคลอไรด์ ขนาด 5 มิลลิลิตร สำหรับเก็บพลาสมา
4.4 เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge)
4.5 ถุงมือยาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.6 กล่องโฟมสำหรับใส่ตัวอย่างเลือดและมูล ก่อนส่งห้องปฏิบัติการ

5. อุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างในการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในอาหารและมูลสัตว์ทดลองโดยวิธี Proximate analysis ตามวิธีของ AOAC (1980) และ Van Soest *et al*, (1991)

6. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะ

6.1 ถุงพลาสติกเก็บมูลและอาหาร
6.2 เครื่องชั่งน้ำหนักมูลและอาหาร
6.3 ขวดพลาสติกขนาด 5 ลิตร
6.4 กรวยพลาสติก
6.5 กรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 โมลาร์
6.6 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH)
6.7 ขวดพลาสติกขนาด 200 มิลลิตร
6.8 ตู้แช่เย็น -20 องศาเซลเซียส

7. อุปกรณ์สำหรับตรวจวัดค่าความเข้มข้น NEFA ในเลือด

7.1 สารเคมีและอุปกรณ์ในการหาค่าความเข้มข้นของ NEFA ในเลือด
(1) Test Kit Randox
(2) เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์
(3) Water bath
(4) Automatic pipette
(5) Eppendorf tube ขนาด 1.0 มิลลิลิตร
7.2 น้ำกลั่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

ศึกษาการใช้พืชอาหารสัตว์คุณภาพดีต่อการเจริญเติบโตชดเชยในแพะเนื้อลูกผสมพันธุ์แองโกล-นูเบียน

1. สัตว์ทดลองและการจัดการ

แพะทุกตัวจะถูกปรับสภาพสัตว์ให้คุ้นเคยกับคอกขังเดี่ยว และอาหารทดลองก่อนเริ่มการทดลองนาน 14 วัน โดยมีน้ำสะอาดและแร่ธาตุก้อนแขวนให้กินตลอดการทดลอง จากนั้นทำการสุ่มสิ่งทดลองให้กับแพะเพื่อให้ได้รับอาหารตามสิ่งทดลองและเริ่มการทดลองโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

(1) ระยะการจำกัดอาหาร ทำการจำกัดอาหารเพื่อทำให้เกิดอัตราการเจริญ เติบโตต่อวันต่ำกว่าระดับการดำรงชีพนาน 60 วัน

(2) ระยะการให้อาหารกลับคืน แพะที่ได้รับพืชอาหารสัตว์คุณภาพดีหลังจากผ่านการจำกัดอาหารในช่วงแรก นาน 90 วัน

2. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD)

1) ระยะการจำกัดอาหาร (restriction period) 60 วัน แบ่งสิ่งทดลองออกเป็นการจัดการอาหารสัตว์ 5 รูปแบบๆละ 4 ซ้ำ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 อาหารข้นสำเร็จรูป 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว + หญ้าแพงโกล่าแห้งแบบเต็มที่ (*ad libitum*) (กลุ่มควบคุม)

กลุ่มที่ 2 อาหารข้นสำเร็จรูป + ฟางข้าวแห้ง ปริมาณเท่ากับความต้องการโปรตีนและพลังงานเพื่อการดำรงชีพ (M)

กลุ่มที่ 3 อาหารข้นสำเร็จรูป + ฟางข้าวแห้ง ปริมาณต่ำกว่าความต้องการโปรตีนและพลังงานเพื่อการดำรงชีพ 15 เปอร์เซ็นต์ (-15%M)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลุ่มที่ 4 อาหารข้นสำเร็จรูป + ฟางข้าวแห้ง ปริมาณต่ำกว่าความต้องการโปรตีนและพลังงานเพื่อการดำรงชีพ 30 เปอร์เซ็นต์ (-30%M)

กลุ่มที่ 5 อาหารข้นสำเร็จรูป + ฟางข้าวแห้ง ปริมาณต่ำกว่าความต้องการโปรตีนและพลังงานเพื่อการดำรงชีพ 45 เปอร์เซ็นต์ (-45%M)

2) ระยะการให้อาหารกลับคืน (re-alimentation period) แพะทุกตัวได้รับอาหารข้นสำเร็จรูปปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวร่วมกับหญ้าแพงโกล่าแห้ง (อายุ 45 วัน) แบบเต็มที่ (*ad libitum*) เช่นเดียวกับกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลานาน 90 วัน เพื่อดูสมรรถนะการเจริญเติบโต ดัชนีการเจริญเติบโตชดเชย ค่าชีวเคมีในเลือด สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งทั้งหมด และต้นทุนค่าอาหาร

3. อาหารและการให้อาหาร

อาหารที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยอาหารข้นสำเร็จรูปสำหรับแพะโปรตีนไม่ต่ำกว่า 16 เปอร์เซ็นต์ ฟางข้าวแห้งอัดฟ่อนสับให้มีขนาด 3-5 เซนติเมตร และหญ้าแพงโกล่าแห้งอายุ 45 วัน สับให้มีขนาด 3-5 เซนติเมตร เพื่อป้องกันการเลือกกินอาหารของสัตว์ โดยให้อาหารแพะวันละ 2 ครั้ง เวลา 8.00 น.และ 16.00 น.นอกจากนั้นแพะจะได้รับน้ำสะอาดและแร่ธาตุก้อนแขวนให้กินภายในคอกตลอดเวลา บันทึกปริมาณอาหารที่ให้และเหลือทุกวันเพื่อคำนวณปริมาณอาหารที่แพะได้รับทุกวันตลอดการทดลอง

4. การชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลอง

ชั่งน้ำหนักแพะทุกตัวก่อนการทดลองและชั่งทุก 5 วันหลังจากเริ่มทดลองในตอนเช้าก่อนการให้อาหารเช้าทุกครั้ง เพื่อปรับปริมาณอาหารตลอดการทดลอง 150 วัน

5. การเก็บตัวอย่างอาหารและการวิเคราะห์ทางเคมี

สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารข้น ฟางข้าว และหญ้าแพงโกล่าแห้งอย่างละ 500 กรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง นำไปบดผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 1.0 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter; DM) โปรตีนหยาบ (crude protein; CP) อีเทอร์แอ็กแทรก (ether extract; EE) เถ้า (ash) ตามวิธีของ AOAC (1990) และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิเคราะห์องค์ประกอบผนังเซลล์ ได้แก่ ผนังเซลล์ (neutral detergent fiber; NDF) และ ลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber; ADF) ตามวิธีของ Van Soest *et al*. (1991)

6. การเก็บตัวอย่างเลือด

เก็บตัวอย่างเลือดแพะทุกตัวในวันสุดท้ายของระยะการจำกัดอาหาร (60 วัน) และวันสุดท้ายของระยะการให้อาหารกลับคืน (150 วัน) โดยแต่ละครั้งจะเก็บเลือดก่อนการให้อาหารเช้า (ชั่วโมงที่ 0) และหลังจากได้รับอาหารเช้าแล้ว 4 ชั่วโมง (ชั่วโมงที่ 4) ทำการเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำบริเวณลำคอ (jugular vein) ครั้งละ 20 มิลลิลิตรต่อตัว จำนวน 2 ครั้ง คือ เพื่อตรวจวัดค่าความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในเลือด (BUN) โดยวิธี Urease method, ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเลือด (BG) โดยวิธี Enzymatic method, อัลบูมินโดยวิธี Bromcresol green method, ไตรไอโอโดไทโรนีน (T_3) โดยวิธี Electrochemiluminescence immunoassay (ECLIA) ค่า เบต้าไฮดร๊อกซี่บิวทีเรต (BHB) โดยวิธี Kinetic enzymatic method และค่าความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระ (NEFA) โดยใช้ชุดทดสอบสำเร็จรูป (test kit) ของบริษัท Randox Laboratories Limited

ตัวอย่างเลือดที่ได้นำมาบรรจุใส่หลอดเก็บเลือดที่บรรจุสารโซเดียมฟลูโอไรด์ (NaF) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในเลือด และหลอดเลือดเปล่าไม่สารป้องกันการแข็งตัวของเลือดเพื่อนำไปตรวจวัดค่า BUN ส่วนที่เหลือจะเก็บใส่หลอดพลาสติกที่สะอาดและแห้งตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเลือดแข็งตัวแล้วจึงนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที นาน 15 นาที เพื่อให้ได้ซีรั่ม จากนั้นนำซีรั่มที่ได้ไปเก็บรักษาไว้ที่ตู้แช่อุณหภูมิ-80 องศาเซลเซียส ก่อนนำส่งห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์หาค่าเบต้าไฮดร๊อกซี่บิวทีเรต (BHB) ไตรไอโอโดไทโรนีนฮอร์โมน (T_3) อัลบูมิน (albumin) และความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระ (NEFA)

7. การสุ่มเก็บตัวอย่างมูล

ทำการบันทึกปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือของแพะทุกตัวทุกวัน บันทึกปริมาณมูล ของแพะทุกตัวติดต่อกันเป็นระยะเวลา 7 วันในช่วงท้ายของการทดลอง เพื่อวิเคราะห์โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (total digestible nutrient)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชั่งและบันทึกน้ำหนักมูลที่ขับออกมาทั้งหมดในแต่ละวันทันทีที่แพะถ่ายและในช่วงเช้าก่อนให้อาหาร ทำการคลุกมูลทุกส่วนให้เข้ากันและแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

ส่วนที่1 สุ่มเก็บประมาณ 100 กรัม นำไปอบในในตู้อบที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง

ส่วนที่2 สุ่มเก็บไว้ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมูลทั้งหมดในแต่ละวัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง หรืออบจนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักและเก็บใส่ถุงไว้ ทำเช่นนี้จนครบ 7 วัน จากนั้นนำมูลทั้งหมดมาคลุกให้เข้ากันแล้วทำการสุ่มเก็บอีกครั้งประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของมูลทั้งหมด นำตัวอย่างที่ได้ไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1.0 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี โดยวิธี Proximate analysis ได้แก่ วัตถุแห้ง (DM), โปรตีนหยาบ (CP), ไขมัน (EE), เถ้า (ash) (AOAC, 1996) Detergent analysis ได้แก่ เยื่อใยNDF ลิกนิน เซลลูโลส (Goering and Van Soest, 1970; Van Soest et al.,1991) นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะต่างๆโดยสมการดังนี้

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้(\%)} = \frac{[\text{ปริมาณโภชนะที่กิน-ปริมาณโภชนะในมูล}]}{\text{ปริมาณโภชนะที่กิน}} \text{ x100}$$

8. การสุ่มเก็บตัวอย่างปัสสาวะ

ทำการเก็บในช่วงสัตว์อยู่บนกรงเมแทบอลิซึมโดยทำการเก็บติดต่อกัน 7 วัน ในช่วงสุดท้ายของการทดลอง โดยใต้กรงสัตว์จะมีถาดรองรับปัสสาวะที่มีท่อยาวขนาด 15 เซนติเมตรเพื่อเป็นทางออกของปัสสาวะวางอยู่ด้านบนขวดพลาสติกขนาดความจุ 5 ลิตร โดยมีกรวยพลาสติกรองรับปัสสาวะจากถาดกับขวดพลาสติกอีกครั้ง ภายในขวดพลาสติกเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 โมลาร์ (1M H_2SO_4)ในสัดส่วนกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 โมลาร์ ต่อปัสสาวะ 1:10 เพื่อให้ปัสสาวะมีสภาพเป็นกรด และค่าpH ของปัสสาวะมีค่าอยู่ระหว่าง 2-3 เพื่อจับไนโตรเจนในปัสสาวะและช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จะเข้าไปย่อยสลายไนโตรเจนในปัสสาวะทำการวัดปริมาตรทั้งหมดที่ได้ในแต่ละวัน และทำการสุ่มเก็บไว้ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของปัสสาวะทั้งหมด เพื่อนำไปรวมกับวันที่ 2, 3, 4, 5, 6 และ7 แล้วทำการสุ่มอีกครั้งประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาทีนาน 15 นาที เก็บเฉพาะส่วนใสนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เซลเซียส เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะก่อนนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าสมดุลไนโตรเจน ตามวิธีของ (อังคณา และดวงสมร, 2532) ดังนี้

สมดุลไนโตรเจน = ปริมาณไนโตรเจนที่กิน-ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกในมูลและปัสสาวะ

9. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of variance (ANOVA) ตามการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) โดยใช้ Proc GLM (SAS, 1990) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่มีแบบจำลองทางสถิติ ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อ

Yij = ค่าสังเกตจากทรีทเมนต์ที่ i, ซ้ำที่ j เมื่อ j = 1,2,3,4

μ = ค่าเฉลี่ยรวมของค่าสังเกตทั้งหมด

Ti = อิทธิพลเนื่องจากทรีทเมนต์ เมื่อ i = 1, 2, 3, …, 5

εij = ความคลาดเคลื่อน (error)

10. สถานที่ทดลอง

ดำเนินการทดลองที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี

11. ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มการทดลองในเดือน พฤษภาคม 2554 – พฤศจิกายน 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ วัตถุแห้ง (DM) โปรตีนรวม (CP) เยื่อใยที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกลาง (NDF) เยื่อใยที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกรด (ADF) อีเทอร์แอกแทรกซ์ (EE) และเถ้า (Ash) ของหญ้าแพงโกล่าแห้ง ฟางข้าว และอาหารข้น (ตารางที่ 5) ซึ่งมีค่าโปรตีนรวม (CP) เท่ากับ 8.86, 5.24 และ 18.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับและจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่าแห้งในตารางที่ 5 พบว่าคุณภาพของหญ้าแพงโกล่าแห้งอยู่ในระดับชั้น C2 (ตารางที่ 1) คือมีค่าโปรตีนหยาบระหว่าง 7.0-9.0 เปอร์เซ็นต์และค่า ADF มีค่าระหว่าง 35.0-40.0 เปอร์เซ็นต์ (มกอช., 2555) นอกจากนั้นพบว่าคุณภาพของฟางข้าวที่ใช้ในทดลองมีค่าโปรตีนรวม (CP) สูงกว่าฟางข้าวทั่วไปที่มีค่าอยู่ระหว่าง 2-3 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง เนื่องจากฟางข้าวในการทดลองน่าจะมาจากแหล่งปลูกที่มีการใช้ปุ๋ยในนาข้าวในอัตราสูง

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่าแห้ง ฟางข้าว และอาหารข้น (% on dry basis)

Chemical Composition (%)	Pangola Hay	Rice Straw	Meal Concentrate
Dry matter (DM)	89.38	84.28	87.43
Crude protein (CP)	8.86	5.24	18.78
Crude fiber (CF)	36.18	41.18	12.72
Nitrogen free extract (NFE)	43.03	39.74	53.64
Neutral detergent fiber (NDF)	63.09	73.98	-
Acid detergent fiber (ADF)	37.32	41.75	-
Ether extract (EE)	2.03	0.93	4.19
Ash	10.52	12.91	9.96
Gross energy (GE)	4.35	4.02	4.55
Total digestible nutrient (TDN)	51.60	45.67	73.83

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่า TDN คำนวณจากสมการของ Kearl (1982) ดังนี้

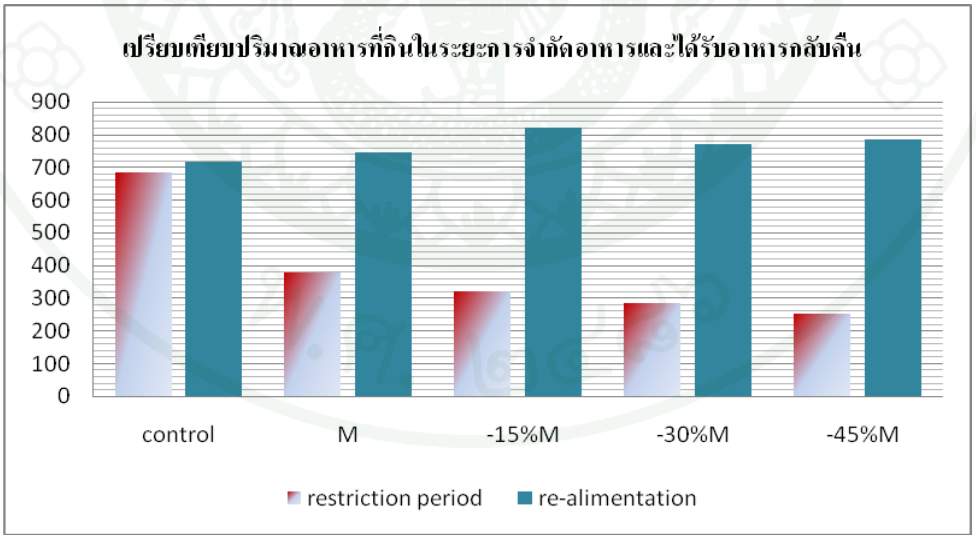
1) TDN ของอาหารหยาบ (%DM) = -14.8356 +1.3310 (%CP) + 0.7923 (%NFE) +0.9787(%EE) + 0.5133 (%CF)

2) TDN ของอาหารข้นสำเร็จรูป (%DM) = -37.3039 + 1.3048 (%CP) + 1.3630 (%NFE) + 2.1302 (%EE) +0.3618 (%CF)

2. สมรรถนะการผลิตแพะ

2.1 ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งทั้งหมดต่อวัน (Dry matter intake; DMI)

ในระยะการจำกัดอาหาร แพะกลุ่มควบคุมมีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งทั้งหมดต่อวันสูงกว่า แพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าลดลงตามปริมาณอาหารที่ได้รับตามสิ่งทดลอง แต่เมื่อได้รับอาหารอีกครั้ง (re-alimentation) แพะทุกกลุ่มมีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งทั้งหมดต่อวันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 แผนภูมิแท่งแสดงปริมาณอาหารที่กินในระยะการจำกัดอาหารและได้รับอาหารกลับคืน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ปริมาณการกินอาหารได้ทั้งหมด (total feed intake)

ปริมาณการกินอาหารได้ทั้งหมด (total feed intake) ของแพะในระยะการจำกัดอาหาร (restriction period) (ตารางที่ 6) พบว่าแพะกลุ่มควบคุมมีปริมาณการกินอาหารได้ทั้งหมดเท่ากับ 684.94 กรัมต่อตัวต่อวัน คิดเป็น 3.40 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวสูงกว่ากลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ M, -15%M, -30%M และ -45%M อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.0001$) คือมีค่าเท่ากับ 378.02, 322.28, 286.87 และ 253.89 กรัมต่อตัวต่อวันตามลำดับ คิดเป็น 2.25, 1.87, 1.79 และ 1.66 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ส่งผลให้แพะทุกกลุ่มได้รับปริมาณโปรตีนที่กินได้ของแพะกลุ่มควบคุมสูงกว่ากลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ M, -15%M, -30%M และ-45%M อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.0001$) คือมีค่าเท่ากับ 100.38, 40.01, 33.41, 27.29 และ 21.03 กรัมต่อตัวต่อวัน

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณการกินได้ของแพะตลอดการทดลอง 1-150 วัน (on dry basis)

Items	Levels of feed restriction					SEM	P-value
	control	M	-15%M	-30%M	-45%M		
Number of goat	4	4	4	4	4	-	-
Restriction period (0-60 d)							
DMI (%BW)	3.40^{a}	2.25^{b}	1.87^{c}	1.79^{c}	1.66^{c}	0.07	< 0.0001
Total feed intake (g/h/d)	684.94^{a}	378.02^{b}	322.28^{bc}	286.87^{cd}	253.89^{d}	20.26	< 0.0001
Concentrate (g/h/d)	400.22^{a}	149.20^{b}	122.03^{c}	90.55^{d}	57.06^{e}	7.30	< 0.0001
Roughage (g/h/d)	284.72^{a}	228.82^{b}	200.25^{b}	196.33^{b}	196.83^{b}	17.59	0.0123
Protein intake (g/d)	100.38^{a}	40.01^{b}	33.41^{c}	27.29^{d}	21.03^{e}	1.93	< 0.0001
Re-alimentation period (61-150 d)							
DMI (%BW)	2.80^{b}	3.59^{a}	3.65^{a}	3.82^{a}	3.91^{a}	0.11	< 0.0001
Total feed intake (g/h/d)	716.75	746.20	821.36	770.95	786.44	24.57	0.0778
Concentrate (g/h/d)	480.49^{a}	392.09^{b}	441.61^{ab}	403.90^{b}	398.27^{b}	20.44	0.0382
Roughage (g/h/d)	236.26^{b}	354.12^{a}	379.75^{a}	367.05^{a}	388.18^{a}	14.27	< 0.0001
Protein intake (g/d)	111.16	105.00	116.58	108.37	109.18	4.00	0.3706

^{abc} Within a rows, means without a common superscripts letter differ significantly

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

SEM = standard error of the mean, DMI = dry matter intake

ในระยะการให้อาหารกลับคืน (re-alimentation period) แพะทุกกลุ่มมีปริมาณการกินอาหารได้ทั้งหมด แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่าเท่ากับ 716.75, 746.20, 821.36, 770.95 และ 786.44 กรัมต่อตัวต่อวันตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาคำนวณปริมาณการกินได้ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว พบว่าแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารมีปริมาณการกินได้ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวสูงกว่า แพะในกลุ่มควบคุม (2.80 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.0001$) คือมีค่าเท่ากับ 3.59, 3.65, 3.82 และ 3.91 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่งผลให้แพะทุกกลุ่มได้รับปริมาณโปรตีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.0001$) คือมีค่าเท่ากับ 111.16, 105.00, 116.58, 108.37 และ 109.18 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ

2.3 ปริมาณการกินอาหารข้นต่อวัน

ในระยะการจำกัดอาหาร (restriction period) แพะกลุ่มควบคุมมีปริมาณการกินอาหารข้นต่อวันเท่ากับ 400.22 กรัมต่อตัวต่อวันมากกว่าแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ M, -15%M, -30%M และ-45%M อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.0001$) คือมีค่าเท่ากับ 149.20, 122.03, 90.55 และ 57.06 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ

ในระยะการให้อาหารกลับคืน (re-alimentation period) แพะกลุ่มควบคุมมีปริมาณการกินอาหารข้นต่อวันเท่ากับ 480.49 กรัมต่อตัวต่อวันมากกว่า แพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ M, -15%M, -30%M และ-45%M อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) คือมีค่าเท่ากับ 392.09, 441.61, 403.90 และ 398.27 กรัมต่อตัวต่อวันตามลำดับ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้แพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารกินอาหารข้นสำเร็จรูปได้ต่ำกว่าแพะกลุ่มควบคุม เนื่องจากปริมาณอาหารข้นสำเร็จรูปที่แพะทุกกลุ่มได้รับมีปริมาณเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว แต่แพะในกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหาร ได้รับผลกระทบจากการถูกจำกัดอาหาร ในระยะการจำกัดอาหารที่ผ่านมาส่งผลให้มีน้ำหนักตัวลดลง จึงทำให้ปริมาณอาหารข้นสำเร็จรูปที่ได้รับต่ำกว่าแพะกลุ่มควบคุม

2.4 ปริมาณการกินอาหารหยาบต่อวัน

ในระยะการจำกัดอาหาร (restriction period) ปริมาณอาหารหยาบที่กินต่อวันของแพะกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 284.72 กรัมต่อตัวต่อวัน มากกว่าแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ M,

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

-15%M, -30%M และ-45%M อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.0001) คือมีค่าเท่ากับ 228.82, 200.25, 196.33 และ 196.83 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ

ในระยะการให้อาหารกลับคืน (re-alimentation period) พบว่าปริมาณการกินอาหารหยาบของแพะกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 236.26 กรัมต่อตัวต่อวัน น้อยกว่าแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ M, -15%M, -30%M และ-45%M อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.0001) คือมีค่าเท่ากับ 354.12, 379.75, 367.05 และ 388.18 กรัมต่อตัวต่อวันตามลำดับ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้แพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารกินอาหารหยาบได้เพิ่มขึ้นอาจเกิดจากปริมาณอาหารข้นสำเร็จรูปที่สัตว์ได้รับในระดับ 2 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว มีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการสารอาหารของร่างกาย เนื่องจากสัตว์ที่ถูกจำกัดอาหารมีน้ำหนักตัวที่ลดลงส่งผลให้ปริมาณอาหารข้นสำเร็จรูปที่ได้รับน้อยกว่าในแพะกลุ่มควบคุม ดังนั้นแพะจึงเพิ่มปริมาณอาหารหยาบในการกินมากขึ้นเพื่อให้ร่างกายได้รับสารอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการ เมื่อเปรียบเทียบกับแพะกลุ่มควบคุมจะเห็นได้ว่าแพะกลุ่มควบคุมกินอาหารหยาบได้น้อยกว่าแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารเนื่องจากน้ำหนักตัวแพะกลุ่มควบคุมที่มากกว่าแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารทำให้แพะกลุ่มควบคุมได้รับอาหารข้นเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย จึงทำให้ปริมาณอาหารหยาบที่กินลดลง

2.5 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในอาหารแพะ

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในอาหารแพะ (ตารางที่ 7) พบว่าแพะทุกกลุ่มมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DM)โปรตีนรวม (CP) และ เยื่อใย (CF) ในอาหารแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแพะกลุ่มควบคุม มีค่าโภชนะการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DM) เท่ากับ 61.86 เปอร์เซ็นต์ และแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหาร ในระดับ M, -15%M, -30%M และ-45%M ที่มีค่าเท่ากับ 59.78, 58.51, 60.99 และ 59.50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่ค่าอีเทอร์แอ็กแทรกซ์ (EE) ของแพะกลุ่มควบคุม (88.97เปอร์เซ็นต์) มีค่าสูงกว่าแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหาร ในระดับ M, -15%M, -30%M และ-45%M อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ที่มีค่าเท่ากับ 88.97.83.43, 82.63, 84.48 และ 81.88 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

แพะที่ถูกจำกัดอาหารนาน 60 และต่อมาได้รับอาหารกลับคืนเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อคำนวนปริมาณไนโตรเจนที่แพะกินได้จากอาหาร (nitrogen intake) พบว่าแพะกลุ่มควบคุมและแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่าเท่ากับ 19.85, 19.85, 21.15, 19.23 และ 18.25 กรัมต่อวันตามลำดับ (ตารางที่ 7) การขับไนโตรเจนออกมาในมูลและ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัสสาวะของแพะกลุ่มควบคุมและแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารก็มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีไนโตรเจนที่ถูกขับออกในมูลเท่ากับ 6.53, 6.98, 7.58, 6.51 และ 6.35 กรัมต่อวันตามลำดับ ในปัสสาวะ 5.22,5.54, 4.14, 6.12 และ 4.37 กรัมต่อวันตามลำดับ ส่งผลให้การดูดซึมไนโตรเจนเท่ากับ 13.32, 12.87, 13.56, 12.71 และ 11.89กรัมต่อวันตามลำดับ หรือเท่ากับ 66.92, 64.84, 63.88, 65.72 และ 65.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่าร่างกายสามารถกักเก็บไนโตรเจนได้ 33.84 - 43.94 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนที่กินได้

ตารางที่ 7 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในอาหารแพะ และไนโตรเจนเมแทบอลิซึมในแพะ

Items	Levels of feed restriction					SEM	P-value
	Control	M	-15%M	-30%M	-45%M		
Number of goat	4	4	4	4	4	-	-
Digestibility coefficient (%)							
Dry matter (DM)	61.86	59.78	58.51	60.99	59.50	1.97	0.7783
Crude Protein (CP)	66.91	64.84	63.88	65.72	65.15	1.84	0.8275
Crude Fiber (CF)	40.07	51.02	49.56	55.04	46.73	4.33	0.2119
Ether extract (EE)	88.97[a]	83.43[b]	82.63[b]	84.48[b]	81.88[b]	0.97	0.0010
Nitrogen balance (g/d)							
Intake	19.85	19.85	21.15	19.23	18.25	0.91	0.3016
Faeces	6.53	6.98	7.58	6.51	6.35	0.28	0.0513
Urine	5.22	5.54	4.14	6.12	4.37	0.97	0.5973
Absorbed	13.32	12.87	13.56	12.71	11.89	0.86	0.6945
Retained	8.09	7.32	9.42	6.58	7.51	1.06	0.4456
% of Nitrogen intake							
Faeces	33.07	35.15	36.12	34.27	34.85	1.84	0.8266
Urine	8.17	5.54	4.14	6.12	4.37	1.26	0.2176
Absorbed	66.92	64.84	63.88	65.72	65.15	1.84	0.8266
Retained	41.23	37.10	43.94	33.84	41.47	5.05	0.6490

[abc] Within a rows, means without a common superscripts letter differ significantly

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

SEM = standard error of the mean

2.6 อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain; ADG)

อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) ของแพะในระยะการจำกัดอาหาร (0-60 วัน; ตารางที่ 8) แพะกลุ่มควบคุมมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) สูงกว่าแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.0001$) คือมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 84.79 กรัมต่อตัวต่อวัน รองลงมาคือกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ M, -15%M, –30%M, และ -45%M มีค่าเท่ากับ -2.25 -9.21 -41.17 และ-51.54 กรัมต่อตัวต่อวันตามลำดับ

ตารางที่ 8 แสดงน้ำหนักเริ่มต้น สิ้นสุดการทดลอง อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ในระยะการจำกัดอาหารและได้รับอาหารกลับคืน

Items	Levels of feed restriction					SEM	P-value
	Control	M	-15%M	-30%M	-45%M		
Number of goat	4	4	4	4	4	-	-
Restriction period (0-60 d)							
Initial weight (kg)	21.33	20.06	20.55	20.25	20.13	0.84	0.8246
Final weight (kg)	26.42^{a}	19.93^{b}	20.00^{b}	17.78^{b}	17.04^{b}	0.96	< 0.0001
Weight different (kg)	5.09^{a}	-0.13^{b}	-0.55^{b}	-2.47^{c}	-3.09^{c}	0.58	< 0.0001
Weight different (%)	124.13^{a}	99.25^{b}	97.52^{b}	87.55^{c}	84.76^{c}	3.05	< 0.0001
Weight loss (%)	24.13^{a}	-0.75^{b}	-2.48^{b}	-12.44^{c}	-15.24^{c}	3.05	< 0.0001
ADG (g/h/d)	84.79^{a}	-2.25^{b}	-9.21^{b}	-41.17^{c}	-51.54^{c}	9.71	< 0.0001
Re-alimentation period (61-150 d)							
Initial weight (kg)	26.42^{a}	19.93^{b}	20.00^{b}	17.78^{b}	17.04^{b}	0.96	< 0.0001
Final weight (kg)	32.96	30.01	31.76	28.43	27.84	1.67	0.2057
Weight different (kg)	6.55^{b}	10.08^{a}	11.76^{a}	10.65^{a}	10.81^{a}	0.93	0.0129
ADG (g/h/d)	72.75^{b}	112.00^{a}	130.64^{a}	118.34^{a}	120.08^{a}	10.41	0.0129

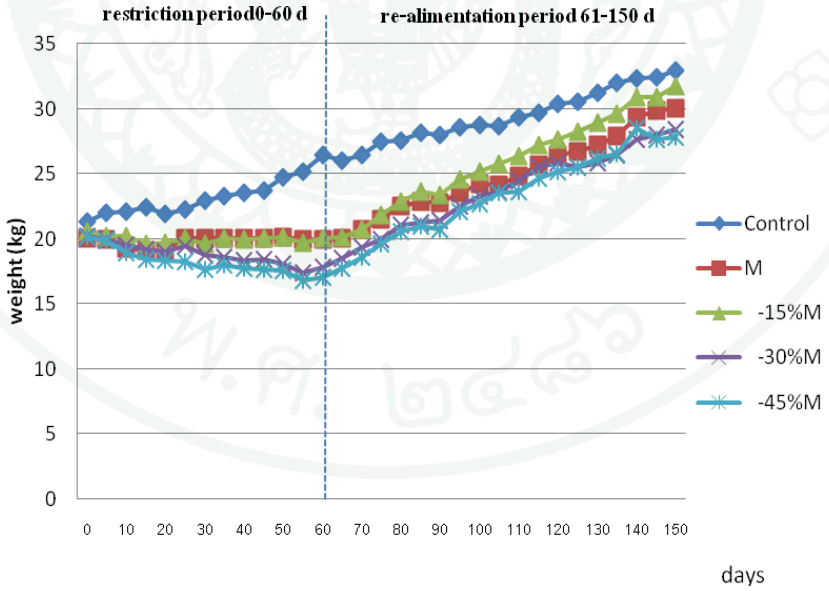
^{abc} Within a rows, means without a common superscripts letter differ significantly

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

SEM = standard error of the mean, ADG = average daily gain

จะเห็นได้ว่าแพะในกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) ลดลงตามปริมาณการจำกัดอาหารที่เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นพบว่าแพะในกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ-45%M มีน้ำหนักตัวลดลงถึง 3.09 กิโลกรัม คิดเป็น 15.24 เปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักเริ่มต้น และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับน้ำหนักแพะกลุ่มควบคุมพบว่ามีน้ำหนักต่างกันถึง 60.70 เปอร์เซ็นต์ รองลงมากลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ M -15%M -30%M มีน้ำหนักตัวลดลงจากน้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง 0.13, 0.55 และ 2.47 กิโลกรัม คิดเป็น 0.75, 2.48 และ 12.44 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ในระยะการให้อาหารกลับคืน (re-alimentation period) แพะกลุ่มควบคุมมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน (72.75 กรัมต่อตัวต่อวัน) ต่ำกว่าแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ M, -15%M, -30%M และ -45%M อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) คือมีค่าเท่ากับ 112.00, 130.64, 118.34 และ 120.08 กรัมต่อตัวต่อวันตามลำดับ ส่งผลให้น้ำหนักแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารเพิ่มขึ้นระหว่าง 10.08-11.76 กิโลกรัม สูงกว่าแพะกลุ่มควบคุมที่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 6.55 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 9 กราฟแสดงน้ำหนักตัวเฉลี่ยของแพะตลอดการทดลอง 150 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จะเห็นได้จากกราฟแสดงน้ำหนักตัวเฉลี่ยของแพะตลอดการทดลอง 150 วัน (ภาพที่ 9) แสดงให้เห็นน้ำหนักตัวที่ลดลงในระยะการจำกัดอาหาร (restriction period) ของแพะกลุ่ม M,-15%M, -30%M, และ -45%M เมื่อเทียบกับเส้นกราฟกลุ่มควบคุม ในระยะเวลาต่อมาเมื่อได้รับอาหารกลับคืน (re-alimentation period) แพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารจะมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเมื่อนำมาคำนวนหาอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และดัชนีการเจริญเติบโตชดเชย (ตารางที่ 9) จะเห็นได้ว่าแพะกลุ่มควบคุมและแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ M,-15%M, -30%M, และ -45%M มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่าเท่ากับ 77.57, 66.30, 74.70, 54.54 และ 51.43 กรัมต่อตัวต่อวันตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตชดเชยที่เกิดขึ้นในแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหาร ทำให้แพะกลุ่มควบคุม และแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ M,-15%M, -30%M, และ -45%M มีน้ำหนักสุดท้ายเมื่อสิ้นสุดการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีน้ำหนักเท่ากับ 32.96, 30.01, 31.76, 28.43 และ 27.84 กิโลกรัมตามลำดับ

ตารางที่ 9 แสดงน้ำหนักเริ่มต้น-สิ้นสุดการทดลอง อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน ตลอดการทดลอง (150 วัน) และดัชนีการเจริญเติบโตชดเชย

Items	Levels of feed restriction					SEM	P-value
	Control	M	-15%M	-30%M	-45%M		
Number of goat	4	4	4	4	4	-	-
Overall (0-150 d)							
Initial weight (kg)	21.33	20.06	20.55	20.25	20.13	0.84	0.8246
Final weight (kg)	32.96	30.01	31.76	28.43	27.84	1.67	0.2057
Weight different (kg)	11.64	9.95	11.21	8.18	7.72	1.41	0.2435
ADG (g/h/d)	77.57	66.30	74.70	54.54	51.43	9.45	0.2434
Compensatory index (%)	-	62.40	86.11	56.22	45.55	19.49	0.5299

SEM = standard error of the mean, ADG = average daily gain

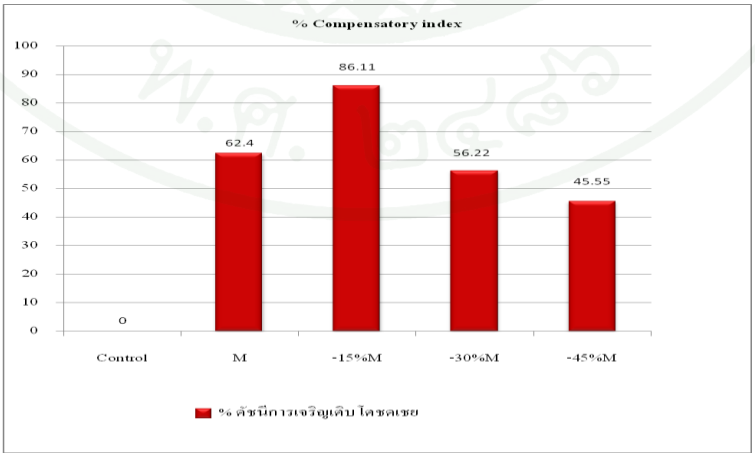
สาเหตุที่ทำให้อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวันของแพะตลอดการทดลอง (0-150 วัน) มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เกิดจากการกินอาหารที่เพิ่มมากขึ้นหลังจากถูกจำกัดอาหาร และอาจเกิดจากในช่วงเวลาที่แพะถูกจำกัดอาหารร่างกายดึงพลังงานที่สะสมใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ร่างกายออกมาใช้ทีละน้อย เพราะต้องเก็บสำรองไว้ให้เพียงพอต่อการดำรงชีพ โดยแพะในกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารเมื่อได้รับอาหารกลับคืน จะมีอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น ความต้องการโภชนะเพื่อการดำรงชีพ (requirement for maintenance) ของแพะลดลงจากช่วงที่ถูกจำกัดอาหาร ส่งผลให้เมื่อได้รับอาหารกลับคืนแพะจะมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานและโปรตีนสูงขึ้น (Donna and Geoff, 2006; Shadnoush *et al*., 2011) อาจกล่าวได้ว่าการจำกัดอาหารในช่วงแรกของการทดลองไม่ส่งผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันของแพะตลอดการทดลองลดลง แต่ส่งผลต่อดัชนีการเจริญเติบโตชดเชย

2.7 อัตราการเจริญเติบโตชดเชย (Compensatory growth)

อัตราการเจริญเติบโตชดเชย สามารถคำนวณได้จากค่าดัชนีการเจริญเติบโตชดเชย (Compensatory index) ที่เกิดขึ้นภายหลังที่สัตว์ถูกจำกัดอาหาร ซึ่งผลจากการทดลองในครั้งนี้พบว่าแพะถูกจำกัดอาหารในระดับ -15%M มีค่าดัชนีการเจริญเติบโตชดเชยสูงที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 86.11 เปอร์เซ็นต์รองลงมาคือ กลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ M,-30%M และ -45%M ที่มีค่าเท่ากับ 62.40, 56.22 และ 45.55 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 9) ซึ่งค่าดัชนีการเจริญเติบโตชดเชยที่เกิดขึ้นนี้เป็นผลมาจากน้ำหนักตัวแพะ และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวันของแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่ามากกว่าแพะกลุ่มควบคุม โดยเฉพาะแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ M และ-15%M จึงการอาจกล่าวได้ว่าการจำกัดอาหารเพียงเล็กน้อยจะทำให้สัตว์มีอัตราการเจริญเติบชดเชยได้ดีกว่าสัตว์ที่ถูกจำกัดอาหารในระดับที่สูงกว่า (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 แผนภูมิแท่งแสดงดัชนีการเจริญเติบโตชดเชย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การเปลี่ยนแปลงค่าชีวเคมีในเลือด

3.1 ค่าชีวเคมีในเลือดแพะในระยะการจำกัดอาหาร (restriction period)

(1) ค่าความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในเลือด (BUN)

การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในเลือด (BUN) (ตารางที่ 10) ก่อนได้รับอาหารเช้า (ชั่วโมงที่ 0) แพะทุกกลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารระดับยูเรียไนโตรเจนในเลือด (BUN) มีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ในเวลาต่อมาหลังจากได้รับอาหารเช้าไปแล้ว 4 ชั่วโมง (ชั่วโมงที่ 4) พบว่าระดับยูเรียไนโตรเจนในเลือด (BUN) ของแพะกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 23.00 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งมากกว่าแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่มีค่าเท่ากับ 20.25, 20.75, 18.00 และ 20.00 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ ซึ่งระดับยูเรียไนโตรเจนในเลือด (BUN) แพะปกติมีค่าระหว่าง10-20 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (สุธี, 2554) ทั้งนี้พบว่าในโคนมปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือด (BUN) จะมีค่าสูงสุดหลังจากได้รับอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง (โชคชัย, 2536) หลังจากนั้นค่าจะค่อยๆลดลงจนถึงระดับคงที่ (Church, 1975) การเพิ่มขึ้นของระดับยูเรียไนโตรเจนในเลือด (BUN) เป็นผลมาจากการที่สัตว์กินอาหารที่มีโปรตีน และNPN ในระดับสูงหรือจากสภาวะที่มีขบวนการนำไปใช้ประโยชน์ของโปรตีนในร่างกาย เช่นในช่วงที่ปริมาณกินอาหารต่ำไม่เพียงพอที่จะรักษาสภาพปกติของสัตว์ได้ในช่วงการอดอาหารหรือในช่วงที่ร่างกายอ่อนแอ ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงระดับยูเรียไนโตรเจนในเลือดมีความสัมพันธ์กับปริมาณแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน ขึ้นอยู่กับปริมาณและความสามารถในการย่อยได้ของโปรตีนที่สัตว์ได้รับ หากค่าแอมโมเนียไนโตรเจนต่ำแสดงถึงปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนไม่เพียงพอซึ่งเกิดจากระดับโปรตีนในอาหารไม่เพียงพอ แต่หากค่าแอมโมเนียไนโตรเจนสูงหมายถึงปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนที่มีมากเกินความจำเป็นที่จุลินทรีย์ในกระเพาะจะนำไปใช้ได้ส่งผลให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระแสเลือดสูงขึ้น ตับมีการสังเคราะห์ยูเรียเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ยูเรียไนโตรเจนในเลือดสูง (ทรงศักดิ์, 2551; นิภาพร, 2551; Lewis, 1957)

(2) ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเลือด (BG)

ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเลือด (BG) ของแพะก่อนได้รับอาหารเช้า (ชั่วโมงที่ 0) แพะกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 54.75 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร มากกว่าแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

M, -15%M, -30%M และ-45%M อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ที่มีค่าเท่ากับ 44.25, 45.00, 43.00 และ 45.50 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ ต่อมาหลังจากได้รับอาหารเช้าไปแล้ว 4 ชั่วโมง (ชั่วโมงที่ 4) พบว่าแพะทุกกลุ่มมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเลือด (BG) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่าระหว่าง 47.50-60.00 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (ตารางที่ 8)

ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองนี้พบว่าปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเลือด (BG) ของแพะทั้ง 2 ระยะ คือระยะการจำกัดอาหาร และระยะการได้รับอาหารกลับคืน มีค่าอยู่ในระดับปกติของสัตว์ทั่วไปคือ 50-70 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (เมธา, 2529) นอกจากนั้นพบว่าในภาวะปกติแพะที่อยู่ในสภาวะหยุดนิ่ง (resting) และไม่ได้ถูกจำกัดอาหาร น้ำตาลกลูโคสในเลือดจะมีค่าระหว่าง 24-65 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Cutler, 1934)

ตารางที่ 10 ค่าชีวเคมีในเลือดแพะระยะจำกัดอาหาร (restriction period)

Blood Biochemical	Levels of feed restriction					SEM	P-value
	Control	M	-15%M	-30%M	-45%M		
Number of goat	4	4	4	4	4	-	-
BUN hr0 (mg/dl)	19.00	17.00	18.25	14.75	17.25	1.05	0.1013
BUN hr4 (mg/dl)	23.00^{a}	20.25^{ab}	20.75^{ab}	18.00^{b}	20.00^{ab}	0.94	0.0302
BG hr0 (mg/dl)	54.75^{a}	44.25^{b}	45.00^{b}	43.00^{b}	45.50^{b}	2.22	0.0139
BG hr4 (mg/dl)	55.50	60.00	56.75	49.00	47.50	3.41	0.0948
T_3 (mg/dl)	136.75^{a}	79.25^{b}	68.00^{b}	65.25^{b}	69.75^{b}	4.93	<0.0001
Albumin (g/dl)	3.22	2.92	3.05	2.72	2.72	0.16	0.1892
BHB hr0 (mmol/L)	0.45	0.37	0.33	0.21	0.21	0.13	0.6486
BHB hr4 (mmol/L)	0.52	0.82	0.57	1.34	1.27	0.22	0.0632
NEFA hr0 (mg/dl)	12.42	11.03	8.85	11.00	9.84	1.03	0.1996
NEFA hr4 (mg/dl)	6.66	7.87	6.94	9.16	10.40	1.11	0.1525

^{abc} Within a rows, means without a common superscripts letter differ significantly.

SEM = standard error of the mean (n = 4), BUN = blood urea nitrogen, BG = blood glucose,

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

T_3 = triiodothyrinine, NEFA = non esterified fatty acids , BHB = ß- hydroxybutyrate

(3) ค่าไตรไอโอโดไทโรนีน (T_3)

ระดับความเข้มข้นของค่าไตรไอโอโดไทโรนีน (T_3) ในกระแสเลือดแพะกลุ่มควบคุมมีค่าสูงกว่าแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ M, -15%M, -30%M และ-45%M อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.0001$) คือมีค่าเท่ากับ 136.75, 79.25, 68.00, 65.25 และ 69.75 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรตามลำดับ ทั้งนี้แพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารทั้ง 4 ระดับ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในช่วงอดอาหารระดับไตรไอโอโดไทโรนีน (T_3) ในเลือดจะลดลงส่งผลให้กระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกายลดลง อันเนื่องมาจากสัตว์ได้รับอาหารไม่เพียงพอต่อการดำรงชีพ (นทีทิพย์, 2538; Fox, 1974) ค่าไตรไอโอโดไทโรนีน (T_3) มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณอาหารที่สัตว์กิน ถ้าสัตว์ได้รับอาหารไม่เพียงพอจะทำให้เกิดการสลายตัวของโปรตีน และไขมันของร่างกาย ทำให้น้ำหนักตัวลดลง (วัชราภรณ์, 2550) นอกจากนั้นพบว่าค่าไตรไอโอโดไทโรนีน(T_3) ในแกะจะลดลงเมื่อคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกาย (body condition score; BCS) ลดลง ซึ่งเป็นผลจากปริมาณการกินอาหารที่ลดลง และจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อแกะได้รับอาหารเพิ่มขึ้นส่งผลให้คะแนน BCS เพิ่มขึ้นจาก 1.25 เป็น 3.5 คะแนน และต่อมาเมื่อแกะมีคะแนน BCS จาก 3.5 เป็น 4.0 คะแนนค่า T_3 จะค่อยลดลงอีกครั้ง (Caldeira *et al.,* 2007)

(4) ค่าอัลบูมิน (Albumin)

ค่าอัลบูมินในเลือดเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณอาหารโปรตีนที่สัตว์ได้รับจากอาหารและผลจากการทดลอง (ตารางที่ 10) พบว่าค่าอัลบูมินในเลือดแพะกลุ่มควบคุมมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ กับแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ M, -15%M, -30%M และ -45%M คือมีค่าเท่ากับ 3.22, 2.92. 3.05, 2.72 และ 2.72 กรัมต่อเดซิลิตรตามลำดับ แต่มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณอาหารที่ได้รับ เช่นเดียวกับการทดลองของ Blum *et.al.* (2011) ที่พบว่าค่าอัลบูมินในเลือดสัตว์ที่ถูกจำกัดอาหารและได้รับอาหารปกติมีค่าไม่แตกต่างกัน

(5) ค่าความเข้มข้นของเบต้าไฮดรอกซีบิวทีเรต (BHB)

การเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของเบต้าไฮดรอกซีบิวทีเรต BHB ของแพะก่อนได้รับอาหารเช้า (ชั่วโมงที่ 0) พบว่าแพะทุกกลุ่มมีค่าความเข้มข้นของเบต้าไฮดรอกซีบิวทีเรต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(BHB) ในเลือดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณการจำกัดอาหารที่เพิ่มขึ้นโดยมีค่าระหว่าง 0.21-0.45 มิลลิโมลต่อลิตร และหลังจากแพะได้รับอาหารเช้าไปแล้ว 4 ชั่วโมง (ชั่วโมงที่ 4) ค่าความเข้มข้นของเบต้าไฮดรอกซีบิวทีเรต (BHB) ในแพะทุกกลุ่มมีค่าความเข้มข้นของเบต้าไฮดรอกซีบิวทีเรต (BHB) ในเลือดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ M, -15%M, -30%M และ -45%M มีค่าเท่ากับ 0.82 0.57 1.34 และ 1.27 มิลลิโมลต่อลิตรตามลำดับ มีแนวโน้มสูงกว่าแพะในกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 0.52 มิลลิโมลต่อลิตร เนื่องจากสัตว์ที่ขาดอาหารหรือได้รับอาหารไม่เพียงพอกับความต้องการร่างกายจะสลายไขมันปริมาณมาก ส่งผลให้อะเซทิลโคเอมีมากกว่าปริมาณออกซาโลอะซิเทตที่เกิดจากการทำงานของวัฏจักรเครบส์ ตับจึงนำเอาอะซิทิลโคเอที่มีเพิ่มขึ้นจากกระบวนการสลายกรดไขมันมาสร้างคีโทนบอดี จึงทำให้ระดับของสารคีโตนส์ในกระแสเลือดสูง (เมธา และฉลอง, 2533; นัยนา, 2551)

(6) ค่าระดับความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในเลือด (NEFA)

จากผลการวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในเลือด (NEFA) ก่อนได้รับอาหารเช้า (ชั่วโมงที่ 0) พบว่าแพะทุกกลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในเลือด (NEFA) ในแพะกลุ่มควบคุมมีแนวโน้มสูงกว่าแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ M, -15%M, -30%M และ -45%M คือมีค่าเท่ากับ 12.42, 11.03, 8.85, 11.00 และ 9.84 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรตามลำดับ และต่อมาเมื่อได้รับอาหารเช้าไปแล้ว 4 ชั่วโมง (ชั่วโมงที่ 4) แพะทุกกลุ่มยังคงมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับชั่วโมงที่ 0 แต่ค่าความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในเลือด (NEFA) ในแพะกลุ่มควบคุมมีแนวโน้มต่ำกว่าแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารใน M, -15%M, -30%M และ -45%M คือมีค่าเท่ากับ 6.66, 7.87, 6.94, 9.16 และ10.40 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ เนื่องจากระดับความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในเลือด (NEFA) จะเพิ่มสูงขึ้นในภาวะที่สัตว์ขาดแคลนอาหาร สัตว์จะมีอัตราการสลายไขมันภายในเนื้อเยื่อไขมันที่สูงขึ้น ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในเลือด (NEFA) ในเลือดสูงขึ้น (Dunshea, 1988) ซึ่งผลจากการทดลองพบว่าในชั่วโมงที่ 4 หลังจากสัตว์ได้รับอาหารเช้า ค่าความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในเลือด (NEFA) ในแพะกลุ่มควบคุมมีค่าลดต่ำลง เนื่องจากร่างกายได้รับอาหารเพียงพอต่อความต้องการของร่างกายจึงไม่จำเป็นต้องสลายไขมันจากเนื้อเยื่อไขมันออกมาใช้เพิ่มเติม ในทางตรงกันข้ามแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารค่าความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในเลือด (NEFA) มีแนวโน้มสูงกว่าแพะกลุ่มควบคุม เนื่องจากปริมาณและคุณภาพของอาหารที่ได้รับอย่างจำกัดส่งผลให้สัตว์ขาดพลังงานรุนแรง ร่างกายจึงจำเป็นต้องสลายไขมันภายในเนื้อเยื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไขมันมากขึ้น เพื่อให้มีพลังงานเพียงพอต่อความต้องการส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในเลือด (NEFA) มีแนวโน้มสูงกว่าแพะกลุ่มควบคุม

3.2 ค่าชีวเคมีในเลือดแพะในระยะการได้รับอาหารกลับคืน (re-alimentation period)

(1) ค่าความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในเลือด (BUN)

จากข้อมูลผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในเลือด (BUN) (ตารางที่ 11) พบว่าความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในเลือด (BUN) ของแพะทุกกลุ่ม ทั้งก่อนได้รับอาหารเช้า (ชั่วโมงที่ 0) และหลังจากได้รับอาหารเช้าไปแล้ว 4 ชั่วโมง มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่าระหว่าง 17.00 - 18.50 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และมีค่าระหว่าง 18.75 - 19.75 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร แสดงให้เห็นว่าเมื่อสัตว์ได้รับอาหารกลับคืนหลังจากถูกจำกัดอาหาร ค่าความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในเลือด (BUN) ยังคงมีค่าอยู่ในระดับปกติคือ10 - 20 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (สุธี, 2554)

ตารางที่ 11 ค่าชีวเคมีในเลือดแพะระยะการให้อาหารกลับคืน (re-alimenatation period)

Blood Biochemical	Levels of feed restriction					SEM	P-value
	Control	M	-15%M	-30%M	-45%M		
Number of goat	4	4	4	4	4	-	-
BUN hr0 (mg/dl)	18.50	17.00	17.75	17.75	18.00	1.34	0.9541
BUN hr4 (mg/dl)	19.75	18.75	19.50	18.75	18.75	1.39	0.9721
BG hr0 (mg/dl)	58.25	58.75	56.50	57.00	60.75	2.63	0.8057
BG hr4 (mg/dl)	60.75	61.75	57.75	56.00	57.00	2.38	0.3996
T_3 (mg/dl)	176.75^{b}	173.75^{b}	206.75^{b}	166.75^{b}	250.00^{a}	14.09	0.0044
Albumin (g/dl)	3.55	3.47	3.45	3.47	3.70	0.09	0.3268
NEFA hr0 (mg/dl)	10.14	9.36	11.43	12.28	9.97	1.12	0.3861
NEFA hr4 (mg/dl)	10.19	11.65	9.21	9.14	9.89	0.98	0.4141

^{abc} Within a rows, means without a common superscripts letter differ significantly.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

SEM = standard error of the mean , BUN = blood urea nitrogen, BG = blood glucose,

T_3 = triiodothyrinine, NEFA = non esterified fatty acids

(2) ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเลือด (BG)

ระดับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในเลือด (BG) (ตารางที่ 11) ของแพะทุกกลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่าระหว่าง 56.50 - 60.75 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ก่อนได้รับอาหาร (ชั่วโมงที่ 0) และมีค่าระหว่าง 56.00 - 61.75 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร หลังจากได้รับอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง (ชั่วโมงที่ 4) เนื่องจากในระยะนี้สัตว์ได้รับอาหารเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย

(3) ค่าไตรไอโอโดไทโรนีน (T_3)

จากการทดลองพบว่าเมื่อสัตว์ได้รับอาหารกลับคืนแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ -45%M มีค่าไตรไอโอโดไทโรนีน (T_3) (ตารางที่ 11) สูงกว่าแพะกลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) คือมีค่าเท่ากับ 250.00 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ในขณะที่แพะกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ M, -15%M และ-30%M มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่าเท่ากับ 176.75, 173.75, 206.75 และ 166.75 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร โดยมีค่าสูงกว่าในระยะการจำกัดอาหารในแพะทุกกลุ่ม โดยเฉพาะในแพะกลุ่ม -45% M จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดถึง 3 เท่า ฮอร์โมนที่เพิ่มสูงขึ้นนี้ทำให้เกิดการการเผาผลาญสารอาหารต่างๆในร่างกายเพิ่มมากขึ้น (วิภา, 2539) จึงทำให้แพะกลุ่มดังกล่าวมีอัตราการเจริญเติบโตชดเชยต่ำกว่าแพะกลุ่มอื่นๆ ซึ่งระดับไทรอยด์ฮอร์โมนที่เหมาะสมจะมีผลกระตุ้นการหมุนเวียนของโปรตีน (protein turnover) ส่งผลให้สัตว์มีอัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (วัชราภรณ์, 2550)

(4) ค่าอัลบูมิน (Albumin)

จากข้อมูลในตารางที่ 11 พบว่าค่าอัลบูมินในเลือดของแพะทุกกลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแพะกลุ่มควบคุมมีค่า 3.55 กรัมต่อเดซิลิต กลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ M, -15%M, -30%M และ -45%M คือมีค่าเท่ากับ 3.47, 3.45, 3.47 และ 3.70 กรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(5) ค่าความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระ (NEFA)

ระดับความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในเลือด (NEFA) ของแพะทุกกลุ่มทั้งก่อนและหลังได้รับอาหารเช้า (ชั่วโมงที่ 0 และ 4) มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 9.14 - 12.28 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร

4. ต้นทุนค่าอาหาร

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนค่าอาหารแพะตลอดการทดลอง150วัน (ตารางที่ 12) พบว่าแพะกลุ่มควบคุมที่ได้รับอาหารเต็มที่มีต้นทุนค่าอาหารสูงที่สุดเท่ากับ 1,085.19 บาท รองลงมา คือกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ -15%M, M, -30%M และ-45%M มีต้นทุนค่าอาหารเท่ากับ 824.73, 779.23, 748.84 และ 726.63 บาทตามลำดับ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เกิดจากในช่วงเวลาการจำกัดอาหารนั้น ปริมาณอาหารที่แพะได้รับแตกต่างกันมากส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารในระยะจำกัดอาหาร (restriction period) ของแพะทั้ง 5 กลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.0001$) โดยแพะกลุ่มควบคุมมีต้นทุนค่าอาหารมากที่สุดเท่ากับ 406.91 บาท รองลงมาคือกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ M, -15%M , -30%M และ-45%M มีต้นทุนค่าอาหารเท่ากับ 145.57, 120.70, 95.62 และ 69.52 บาท ตามลำดับ

เมื่อเข้าสู่ระยะการให้อาหารกลับคืน (re-alimentation period) พบว่าแพะทุกกลุ่มมีต้นทุนค่าอาหารแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากปริมาณอาหารที่ได้รับของแพะทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 12) แต่เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลตลอดการทดลอง 150 วัน จะเห็นได้ว่าแพะกลุ่มควบคุมมีต้นทุนค่าอาหารสูงกว่าแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหาร ซึ่งเป็นผลจากการที่ได้รับอาหารในปริมาณที่สูงกว่ากลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระยะแรก แต่เนื่องจากแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะนี้ ส่งผลให้น้ำหนักตัวของแพะทุกกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำให้รายได้สุทธิจากการเลี้ยงแพะทุกกลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกันโดยแพะกลุ่ม-15%M ให้รายได้สุทธิมากที่สุดเท่ากับ 631.90 บาท รองลงมาคือกลุ่ม M, Control, -30%M และ-45%M มีรายได้เท่ากับ 513.60, 401.50, 314.60 และ 276.30 บาทตามลำดับ และจากการคำนวณต้นทุนค่าอาหารเฉพาะระยะการให้อาหารกลับคืนในตารางที่ 13 พบว่าแพะทุกกลุ่มมีต้นทุนค่าอาหารแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแพะในกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารมีรายได้สุทธิสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.005$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบต้นทุนค่าอาหารสัตว์ในแต่ละทรีทเมนต์

Items	Control	M	-15%M	-30%M	-45%M	SEM	P-value
Restriction period							
1.Hay (kg.)	18.83[a]	16.56[ab]	14.49[b]	14.21[b]	14.24[b]	1.25	0.0797
2.Cost of hay (baht)	94.16[a]	28.98[b]	25.36[b]	24.86[b]	24.93[b]	3.03	<0.0001
3.Concentrate (kg.)	27.92[a]	10.41[b]	8.51[c]	6.31[d]	3.98[e]	0.50	<0.0001
4.Cost of concentrate (baht)	312.74[a]	116.59[b]	95.35[c]	70.75[d]	44.59[e]	5.70	<0.0001
5.Total cost feed (baht) (2+4)	406.91[a]	145.57[b]	120.71[c]	95.62[d]	69.52[e]	7.32	<0.0001
Re alimentation period							
6.Hay (kg.)	23.44[b]	35.06[a]	37.55[a]	36.24[a]	38.34[a]	1.41	<0.0001
7.Cost of hay (baht)	117.21b	175.33a	187.75a	181.20a	191.70a	7.06	<0.0001
8.Concentrate (kg.)	50.09[a]	40.92[b]	46.09[ab]	42.14[b]	41.55[b]	2.13	0.0395
9. Cost of concentrate (baht)	561.07[a]	458.32[b]	516.25[ab]	472.01[b]	465.41[b]	23.92	0.0394
10 Total cost feed (baht) (7+9)	678.28	633.65	704.01	653.22	657.11	24.71	0.3595
11.Cost total feed (baht) (5+10)	1,085.19[a]	779.22[ab]	824.73[bc]	748.84[bc]	726.63[c]	28.51	<0.0001

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 (ต่อ)

Items	Control	M	-15%M	-30%M	-45%M	SEM	P-value
12. Weight different (kg.)	11.64	9.95	11.21	8.18	7.72	1.41	0.2435
13. Value of goat (baht)	1,512.6	1,292.9	1,456.7	1,063.4	1,003.0	184.33	0.2435
14. Net income (baht)	401.50	513.60	631.90	314.60	276.30	172.12	0.2415

หมายเหตุ: หญ้าแพงโกล่าแห้งราคา 5 บาท/กิโลกรัม

ฟางข้าวราคา 1.75 บาท/กิโลกรัม

อาหารข้นสำเร็จรูป 11.20 บาท/กิโลกรัม

น้ำหนักแพะมีชีวิต 130 บาท/กิโลกรัม ข้อมูล ณ เดือนธันวาคม 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 ต้นทุนค่าอาหารสัตว์ในระยะการให้อาหารกลับคืน

Items	Control	M	-15%M	-30%M	-45%M	SEM	P-value
1.Initial weight (kg.)	26.42[a]	19.93[b]	20.00[b]	17.78[b]	17.04[b]	0.96	< 0.0001
2.Final weight (kg.)	32.96	30.01	31.76	28.43	27.84	1.67	0.2057
3.Weight different (kg.)	6.55[b]	10.08[a]	11.76[a]	10.65[a]	10.81[a]	0.93	0.0129
4. Value of goat (baht))	851.20[b]	1,310.40[a]	1,528.50[a]	1,384.50[a]	1,405.00[a]	121.83	0.0129
5.Cost of feed (baht)	678.28	633.65	704.01	653.22	657.11	24.71	0.3595
6. Net income (baht)	172.90[b]	676.80[a]	824.50[a]	731.30[a]	747.90[a]	108.85	0.0052

หมายเหตุ: หญ้าแพงโกล่าแห้งราคา 5 บาท/กิโลกรัม

ฟางข้าวราคา 1.75 บาท/กิโลกรัม

อาหารข้นสำเร็จรูป 11.20 บาท/กิโลกรัม

น้ำหนักแพะมีชีวิต 130 บาท/กิโลกรัม ข้อมูล ณ เดือนธันวาคม 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

โดยทั่วไปแล้วเกษตรกรมักมีอาหารให้สัตว์กินเต็มที่ตลอดเวลา ไม่ปล่อยให้สัตว์อดอาหาร หรือมีสภาพผอมโซ ยกเว้นในสภาวะแห้งแล้ง อาหารขาดแคลน หรือมีการขนส่งเคลื่อนย้ายแพะไปยังพื้นที่ห่างไกล ทำให้แพะมีสภาพซูบผอม ซึ่งจากการศึกษาใช้พืชอาหารสัตว์คุณภาพดีต่อการเจริญเติบโตชดเชยในแพะเนื้อลูกผสมแองโกล-นูเบียนในครั้งนี้ พบว่าสามารถใช้พืชอาหารสัตว์คุณภาพดีร่วมกับอาหารข้นสำเร็จรูปในการเลี้ยงแพะเนื้อลูกผสมพันธุ์แองโกล-นูเบียนเพื่อชดเชยน้ำหนักที่สูญเสียไปในระหว่างที่ถูกจำกัดอาหาร โดยแพะในกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารเพียงเล็กน้อย (ระดับ M และ-15%M) จะเกิดการเจริญเติบโตชดเชยได้ดีกว่าแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับที่สูงกว่า (ระดับ-30%M และ -45%M) สามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารแพะได้ 24-33 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับแพะที่เลี้ยงแบบปกติ แต่ไม่อาจกล่าวได้ว่าแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารมีลักษณะซากและคุณภาพเนื้อ อยู่ในระดับเดียวกันกับแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารปกติ เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ไม่ได้ทำการศึกษาลักษณะซาก และคุณภาพของเนื้อแพะ

ต้นทุนค่าอาหารแพะตลอดการทดลอง 150 วัน แพะในกลุ่มควบคุมที่ได้รับอาหารปกติ (1,085 บาท) มีต้นทุนค่าอาหารสูงกว่าแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารในระดับ -15%M, M, -45%M และ -30%M อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.0001$) คือมีค่าเท่ากับ 824.73, 779.22, 748.84 และ 726.63 บาท ตามลำดับ แต่ไม่ส่งผลให้รายได้สุทธิแตกต่างกัน หากพิจารณาเฉพาะต้นทุนค่าอาหารในระยะการให้อาหารกลับคืน พบว่าแพะทุกกลุ่มมีต้นทุนค่าอาหารแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่รายได้สุทธิของแพะกลุ่มที่ถูกจำกัดอาหารทั้ง 4 กลุ่ม (676.80 – 824.50 บาท) มีค่ามากกว่าแพะกลุ่มควบคุม (172.90 บาท) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากน้ำหนักสัตว์ที่เพิ่มขึ้นจากการเจริญเติบโตชดเชย

การเปลี่ยนแปลงค่าชีวเคมีในเลือดแพะ จากการทดลองพบว่าการจำกัดอาหารในระดับ M,-15%M, -30%M และ -45%M เป็นระยะเวลานาน 60 วัน ส่งผลกระทบต่อค่าความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด (BUN) (ชั่วโมงที่ 4) ค่าน้ำตาลกลูโคสในเลือด (BG) (ชั่วโมงที่ 0) และค่าไตรไอโอโดไทโรนีน (T_3) มีค่าลดลงตามปริมาณการจำกัดอาหารที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่ส่งผลต่อค่าความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด (BUN) (ชั่วโมงที่ 0) ค่าน้ำตาลกลูโคสในเลือด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(BG) (ชั่วโมงที่ 4) ค่าอัลบูมิน (Albumin), ค่าเบต้าไฮดรอกซี่บิวทีเรต(BHB) และค่าความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในเลือด (NEFA) และเมื่อแพะได้รับอาหารกลับคืนค่าไตรไอโอโดไทโรนีน (T_3) กลับมีค่าเพิ่มสูงขึ้น อาจเป็นเพราะความต้องการใช้ไตรไอโอโดไทโรนีน (T_3) เพื่อช่วยในกระบวนการเมแทบอลิซึมมากขึ้น เช่นเดียวกับค่าความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในเลือด (NEFA) ที่สูงขึ้นหลังจากถูกจำกัดอาหารนาน 60 วันซึ่งอาจเกิดจากการสลายตัวของไขมันที่เพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลาการจำกัดอาหาร

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก และน้ำหนักอวัยวะภายใน ของแพะในระยะการจำกัดอาหารและได้รับอาหารกลับคืน

2. การศึกษาการใช้พืชอาหารสัตว์คุณภาพดีต่อการเจริญเติบโตชดเชยในแพะเนื้อลูกผสมแองโกล-นูเบียน ในครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้หญ้าแพงโกลาแห้งอายุ 45 วัน ที่มีโปรตีนรวมเท่ากับ 8.86 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวแทนพืชอาหารสัตว์คุณภาพดีเพียงชนิดเดียวในการทดลอง ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปอาจเลือกใช้พืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพดีชนิดอื่นๆ เช่น พืชตระกูลถั่ว กระถิน หรือพืชที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น เพื่อดูความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโตชดเชยที่จะเกิดขึ้น

3. ควรศึกษาค่าชีวเคมีในเลือดชนิดอื่นเพิ่มเติม เนื่องจากการเจริญเติบโตชดเชย มีสาเหตุจากปัจจัยหลายประการ

4. เพิ่มความหลากหลายของอายุสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตชดเชยที่จะเกิดขึ้นในแพะแต่ละช่วงอายุ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2538. **ฟางข้าว อาหารสำหรับโค-กระบือ**. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2544. **การเลี้ยงแพะ.** กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

_____. 2545. **หญ้าแพงโกล่า**. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2547. **มาตรฐานพืชอาหารสัตว์แห้ง**. กองอาหารสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

_____. 2556. **สถิติจำนวนปศุสัตว์**. ศูนย์สารสนเทศ. แหล่งที่มา: http://www.dld.go.th/ict/th2/index.php/th/report, 3 เมษายน 2556.

กฤตพล สมมาตย์. 2550. **โภชนพลังงานศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2546. **วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์**. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โชคชัย ตรีวิโรจน์. 2536. **ภาวะยูเรียในเลือดของโคนมที่อยู่ระหว่างให้นม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทรงศักดิ์ จำปาวะดี. 2551. **โภชนศาสตร์โปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง**. พิมพ์ครั้งที่ 1. คณะสัตวแพทยศาสตร์และสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. หจก.โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, จ. ขอนแก่น.

นทีทิพย์ กฤษณามระ. 2538. **ฮอร์โมนกลไกและการออกฤทธิ์**. ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นิภาพร กาญจนา. 2551. **การใช้เอนไซม์รวมเสริมในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นัยนา บุญทวียุวัตน์. 2546. **ชีวเคมีทางโภชนาการ.** ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. บริษัทซิกม่าดีไซม์กราฟฟิก จำกัด, กรุงเทพฯ.

บุญนำพา ด่างเหลา. 2548. **ผลของเยื่อใยจากเปลือกถั่วลิสงและฟางข้าวในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และสมรรถนะการเจริญเติบโตของแพะ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บุญฤๅ วิไลพล. 2545. **การจัดการทุ่งหญ้าเขตร้อน.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. **โภชนะศาสตร์สัตว์**. พิมพ์ครั้งที่ 6. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล, บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, ทัศนีย์ อภิชาติสรางกูร, สัญชัย จตุรสิทธา และ สังเวียน โพธิ์ศรี. 2531. **การเลี้ยงแพะ**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

เปรมใจ ตรีจิตรานุสร. 2551. เมแทบอลิซึมของลิปิด, น. 210-252, *ใน* พัชรี บุญศิริ, เปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์, อุบล ชาอ่อน และ ปีติ ธุวจิตต์. **ตำราชีวเคมี**. ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. พิมพ์ครั้งที่ 5. หจก.โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, ขอนแก่น.

พงศ์ชัย กลิ่นหอม. 2548. **ผลของสมดุลพลังงานต่อกระบวนการใช้ประโยชน์ของไขมันในโคสาวพันธุ์กำแพงแสนและลูกผสมบราห์มันภายใต้สภาวะเขตร้อน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชรี บุญศิริ. 2551. เมแทบอลิซึมของลิปิด, น. 253-278, *ใน* พัชรี บุญศิริ, เปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์, อุบล ชาอ่อน และ ปีติ ธุวจิตต์. **ตำราชีวเคมี**. ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. พิมพ์ครั้งที่ 5. หจก.โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, ขอนแก่น.

เมธา วรรณพัฒน์. 2529. **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

_____. 2533. **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

_____. และ ฉลอง วชิรภากร. 2533. **เทคนิคการให้อาหารโคเนื้อและโคนม.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ลิขิต เอียดแก้ว. 2541. **การเลี้ยงแพะ.** สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม, นนทบุรี.

วัชราภรณ์ ศรีพลน้อย. 2550. **การปรับปรุงหญ้าแพงโกล่าคุณภาพต่ำด้วยการหมักร่วมกับกระถินในอัตราส่วนต่างๆต่อการเจริญเติบโตของแพะ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2555. **ไตรไอโอโดไทโรนีน.** แหล่งที่มา: http://th.wikipedia.org, 3 ธันวาคม 2555.

วิทูรย์ ประสงค์วัฒนา และ พจน์ ศรีบุญลือ. 2551. เมแทบอลิซึมผสมผสาน, น. 301-314, *ใน* พัชรี บุญศิริ, เปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์, อุบล ชาอ่อน และ ปีติ ธุวจิตต์. **ตำราชีวเคมี**. ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. พิมพ์ครั้งที่ 5. หจก.โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, ขอนแก่น.

วินัย ประลมกาญจน์. 2538. **อาหารและการให้อาหารแพะ.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

วินัย ประลมกาญจน์. 2542. **การผลิตแพะเนื้อและแพะนมในเขตร้อน.** ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, นครศรีธรรมราช.

วิภา วีรวัฒน์นภากูล. 2539. **สรีรวิทยา.** ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

สมเกียรติ สายธนู, สุรพล ชลดำรงกุล, สุรศักดิ์ คชภักดี และ อภิชาติ หล่อเพชร. 2543. **คู่มือการเลี้ยงแพะ.** ศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

สายัณห์ ทัดศรี. 2547. **พืชอาหารสัตว์เขตร้อน**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุธี รัตนะ, อรยา อรุณสกุล และ ปิยนันท์ สังขไพฑูรย์. 2554. ค่าทางชีวเคมีของเลือดแพะที่เลี้ยงในภาคใต้ของประเทศไทย. **วารสารเกษตร**. 27(3): 283-292.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2555. **หญ้าแพงโกลาแห้ง.** มกษ. 8801-2555.

อนันต์ ขวัญศิริกุล. 2549. **ผลของการทดแทนมันเส้นด้วยเปลือกมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารเยื่อใยต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และสมรรถนะการเจริญเติบโตของแพะรุ่น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อังคณา หาญบรรจง และ ดวงสมร สินเจิมสิริ. **การวิเคราะห์และประเมินคุณภาพอาหารสัตว์**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Anonymous. n.d. **Ketogenic Diet Resource**. Available Source: http://www.ketogenic-diet-resource.com/metabolic-pathways.html, 12/10/2555.

AOAC. 1990. **Official Methods of Analysis**. 15th edition. AOAC International, Washington, DC.

Blum, J.W., W.Schnyder, P.L. Kunz, A.K. Blom, H.Bickel and A.Schurch. 1985. Reduce and Compensatory growth: Endocrine and metabolic changes during food restriction and refeeding in steers. **J. Nutr**. 115(4): 410-424.

Caldeira R.M., A.T. Belo, C.C. Santos, M.I. Vazques and A.V.Portugal. 2007. The effect of long-term feed restriction and over-nutrition on on body condition score, blood metabolites and hormonal profile in ewes. **Small Rum. Res**. 68:242 – 255.

Church, D.C. 1975. **Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants Volume1**. 2nd ed. O&B Book, Oregon.

Coleman, S.W. and B.C. Evans. 1986. Effect of nutrition, age and size on compensatory growth in two breeds of steers. **J. Anim. Sci.** 63: 1968-1982.

Cutler, J.T. 1934. Studies on the carbohydrate metabolism of goat the blood sugar and the inorganic phosphate. **J. Biol. Chem.** 106: 653-666.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Dashtizadeh, M., M. J. Zamiri, A. Kamalzadeh and A. Kamali. 2008. Effect of feed restriction on compensatory growth response of young male goats. **Iran. J. Vet.** Vol.9, No. 2, Ser. No. 23.

Devendra, C. and M. Burns. 1983. **Goat production in tropics**. Common wealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal. UK.

Donna, R and T. Geoff. 2006. **Compensatory growth in Beef Cattle**. Department of Agriculture Farmnote. No.22/2004. Available Source: http://www.agric.wa.gov.au, June 3, 2012.

Dunlop, R. P. 1991. Thyroid metabolic hormone. pp 513-520. *In*: R. P. Dunlop (ed). **Physiology of Small and Large Animals**. National Academic Press, Washington, D. C.

Dunshea, F. R., A. W. Bell and T. E. Trigg. 1988. Relations between plasma non-esterified fatty acid metabolism and body tissue mobilization during chronic undernutrition in goats. **Br. J. Nutr.** 60: 633-644.

Ensminger, M.E. and R.O. Parker. 1986. **Sheep and goat science**. The Interstate Printers & Publishers, Inc. USA.

Fox, D. G., R. L. Preston, B. Senft and R. R. Johnson. 1974. Plasma growth hormone levels and thyroid secretion rate during compensatory growth in beef cattle. **J. Anim. Sci.** 38: 437-441.

Giovanni, M., G. Roberto and C. Maurizio. 2009. Recent in sights into hepatic lipid metabolism in non-alcoholic fatty liver deseases (NAFLD). **Progress in lipid research**. 48(1):1-26.

Goering, H.K. and P.J. Van soest. 1970. **Forage Fiber Analyses (apparatus, reagents, Procedures and some applications).** Agric. Handbook No. 379. Washington, D.C. ARS, USDA.

Hornick, J. L., C.Van Eenaeme, O. Gerard, I. Dufrsane and L. Istasse. 2000. Mechanisms of reduced and compensatory growth. **Domes. Ani. Endocr.** 19(2): 121-132.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Hovell, F.D., E.R. Ørskov, N.A. MacLeod and I.McDonald. 1983.The effect of changes in the amount of energy infused as volatile fatty acids on the nitrogen retention and creatinine excretion of lambs wholly nourished by intragastric infusion. **Br. J. Nutr.** 50:331–343.

Kamalzadeh, A., W.J. Koops and J.V. Bruchem. 1998. Feed quality restriction and compensatory growth in growing sheep: modelling changes in body dimensions. **Livest. Prod. Sci.** 53: 57-67.

Kearl, L.C. 1982. **Nutrient requirements of ruminants in developing countries**. International feedstuffs institute, Utah Agricultural Experiment Station. Utah State University, Logan, USA.

Klinhom, P., K. Markvichitr, P. Vijchulata, S. Tumwasorn, C. Bunchasak And A. Choothesa. 2006. Effect of restricted feeding on metabolic adaptation of kamphaengsaen and crossbred Brahman heifers. **J. Anim. Sci.** 77(4): 399-406.

Lewis, D. 1957. Blood urea concentration in relation to protein utilization in the ruminant. **J. Agri. Sci, Camb.** 48: 438-442.

Madani, M.O.K. and M.S. Rahal. 1988. Puberty in Libyan male goats. **Anim. Reprod. Sci**. 17:207-216.

Mahouachi, M. and N. Atti. 2005. Effect of restricted feeding and re-feeding of Barbarine lambs: intake, growth and non-carcass components. **J. Anim. Sci**. 81: 305-312.

McDonald, P., R.A. Edwards and J.F.D. Greenhalgh. 1988. **Animal Nutrition.** 4th ed. JohnWiley & Sons, Inc., New York, USA. 543 pp.

NRC. 1989. **Nutrient Requirements of Goats: Angora, dairy and meat goat in temperate and tropical countries.** Nutrient Requirements of Domestic Animals. National Academy of Science, Washington, DC.

Owen, J.B., W.F. Ridgman and D.Wyllie. 1971. The effect of food restriction on subsequent voluntary intake of pig. **Anim. Prod.** 13(3): 537-546.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Özdemir, H. and G. Dellal. 2009. Determination of growth curve in young angora goats. **Tarim Bilimleri Dergisi**. **Ankara, Turkey.** 15(4): 358-362.

Pearce, G.R. 1983. Variability in the composition and *in vitro* digestibility of cereal straws. *In* Feed Information and Animal Production, p. 417-420, eds G.E Robards and R.G. Packham. **Commonwealth Agricultural Breaux**, Farnham Royal, Slough, United Kingdom.

Pearce, G.R. 1985. Characteristics of cereal straw in relation to their digestion. *In* The Utilization of fibrous agricultural residues as animal feeds, p. 53-58, ed P.T. Doyle. **International Development Program of Australian Universities and Colleges.** Canberra, Australia.

Pralomkarn, W., S. Kochapakdee, S. Saithanoo and B.W. Norton. 1995. Energy and protein utilization for maintenance and growth of Thai native and Anglo-Nubian x Thai native male weaner goats. **Small Rum. Res.** 16: 13-20.

Ryan, W. J. 1990. Compensatory growth in cattle and sheep. **Nutr. Abstr. Rev.** (Series B). 60: 653-664.

SAS. 1990. **SAS/STATTM User's Guide (Release 6.03).** SAS Inst., Inc. Cary, NC.

Shadnoush, G.R., M. Alikhani, H.R. Rahmani, M.A. Edriss, A. Kamalzadeh and M. Zahedifar., 2011. Effects of restricted feeding and re-feeding in growing lambs: Intake, growth and body organs development. **J. Anim. Vet. Adv.** 10(3): 280-285.

Squires, E.J. 2003**. Applied Animal Endocrinology.** Department of Animal and Poultry Science, University of Guelph, Canada. CABI Publishing. USA.

Tan, Z.L., D.X. Lu, M. Hu, W.Y. Niu, C.Y. Han, X.P. Ren, R. Na and S.L. Lin. 2001. Effect of dietary nitrogen sources on fiber digestion and ruminal fluid characteristics in sheep fed wheat straw. Asian-Aust. **J. Anim. Sci.** 14: 1374-1382.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Van Soest, P. J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci.** 74: 3583-3597.

Wilson, P.N. and D.F. Obsourn. 1960. Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds. **Biological Rev.** 35: 324-363.

Yagoub, M. and S.A. Babiker. 2009. Effect of compensatory growth on performance of Sudanese female goats. **Pakis J. Nutr.** 8(11):1802-1805.

Zemmelink, G., B.J. Tolkamp and N.W.M. Ogink. 1991. Energy requirements for maintenance and gain of west African Dwarf goats. **Small Rum. Res.** 5:205- 215.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

วิธีการและตารางข้อมูลการวิเคราะห์ NEFA จากชุดทดสอบสำเร็จรูป Test Kit Randox

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการวิเคราะห์ NEFAจากชุดทดสอบสำเร็จรูป Test Kit Randox

1. การเตรียมสารเคมี

1.1 ดูดสารละลาย R1A ปริมาณ 10 ซีซี ใส่ใน R1B จากนั้นเขย่าให้เข้ากันและละลายจนหมด = สารละลาย A

1.2 ดูดสาร R2A ผสมกับสาร R2B จากนั้นเขย่าให้ละลาย ก่อนใส่สาร R2C เพื่อป้องกันการตกตะกอน เขย่าให้ละลาย = สารละลาย B

1.3 นำสารละลายA และ Bใส่ลงใน water bath 37 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที

2.การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

2.1 ใช่สารละลายมาตรฐานจากชุดทดสอบ (CAL)

3. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.1 นำสารละลาย A ปริมาณ 200 หน่วยไมโครลิตรใส่ใน eppendrof ขนาด 1.5 ซีซี

3.2 จากนั้นใส่ตัวอย่างซีรั่มแพะ ปริมาณ 10 ไมโครลิตร

3.3 นำไปใส่ลงใน water bath 37 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที

3.4 จากนั้นนำมาใส่สาร B ปริมาณ 400 ไมโครลิตรใส่ในหลอดแล้วเขย่าให้เข้ากันจะเริ่มปรากฏสีอ่อนภายในหลอด

3.5 นำไปใส่ลงใน water bath 37 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ก่อนนำไปวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง spectrophotometer

4. การทำ standard curve

นำค่าการดูดแสงจากสารละลาย standard ความเข้มข้น 10, 20 และ 30 ไมโครลิตร ไปหาสมการเส้นตรงเพื่อทำการพล๊อตกราฟจะได้ค่า standard curve ที่ใช้ในการหาปริมาณNEFA จากการทดลอง โดยให้ค่าความเข้มข้นของNEFA เป็นแกน Y และค่าการดูดกลืนแสงเป็นแกนX

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หมายเหตุ :

R1A = Buffer

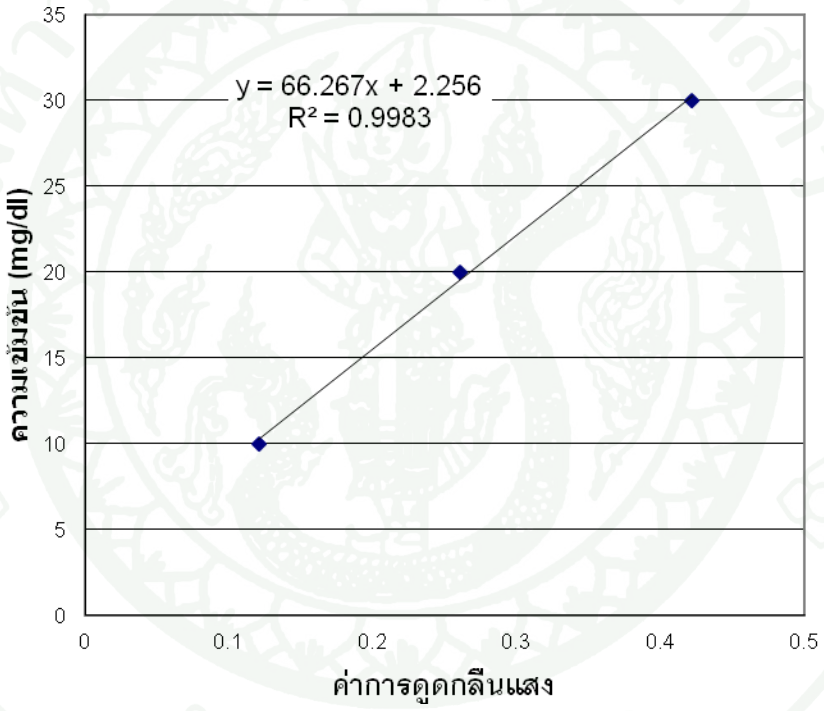
R1B = Enzyme/Coenzymes

R2A = Enzyme Diluent

R2B = Maleimide

R2C = Enzyme Reagent

CAL = Standard



ภาพผนวกที่ ก1 แสดงค่ามาตรฐานความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก1 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของกรดไขมันอิสระและค่าการดูดกลืนแสงชั่วโมงที่ 0

Items	Free fatty acid concentrations (ml/dl)	Absorbance 550 nm[1]
Restriction Period		
Control	12.4279	0.1535
Maintenance	11.0363	0.1325
-15% Maintenance	8.8495	0.0995
-30% Maintenance	11.0032	0.1320
-45% Maintenance	9.8435	0.1145
Re–alimentation Period		
Control	10.1417	0.1190
Maintenance	9.3631	0.0172
-15% Maintenance	11.4339	0.1385
-30% Maintenance	12.2788	0.1512
-45% Maintenance	9.9761	0.1165

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก2 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของกรดไขมันอิสระและค่าการดูดกลืนแสงที่ชั่วโมงที่ 4

Items	Free fatty acid concentrations (mg/dl)	Absorbance 550 nm[1]
Restriction Period		
Control	6.6627	0.0665
Maintenance	7.8721	0.0848
-15% Maintenance	6.9443	0.0708
-30% Maintenance	9.1643	0.1043
-45% Maintenance	10.4068	0.1230
Re–alimentation Period		
Control	10.1914	0.1197
Maintenance	11.6493	0.1417
-15% Maintenance	9.2140	0.1050
-30% Maintenance	9.1477	0.1040
-45% Maintenance	9.8932	0.1152

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ก2 ชุดทดสอบสำเร็จรูป Test Kit Randox

ภาพผนวกที่ ก3 น้ำยาในชุดทดสอบสำเร็จรูป Test Kit Randox

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ก4 น้ำยา R1A ในชุดทดสอบสำเร็จรูป Test Kit Randox

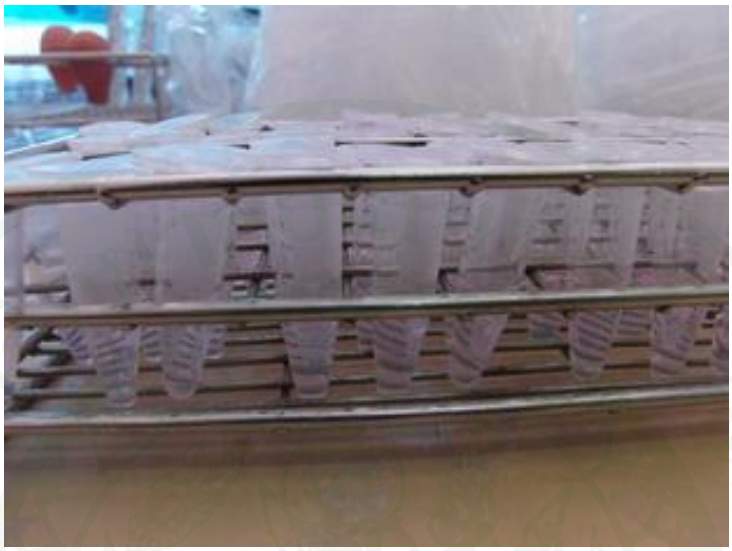
ภาพผนวกที่ ก5 น้ำยา R1bชุดทดสอบสำเร็จรูป Test Kit Randox

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ก6 water bath

ภาพผนวกที่ ก7 เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

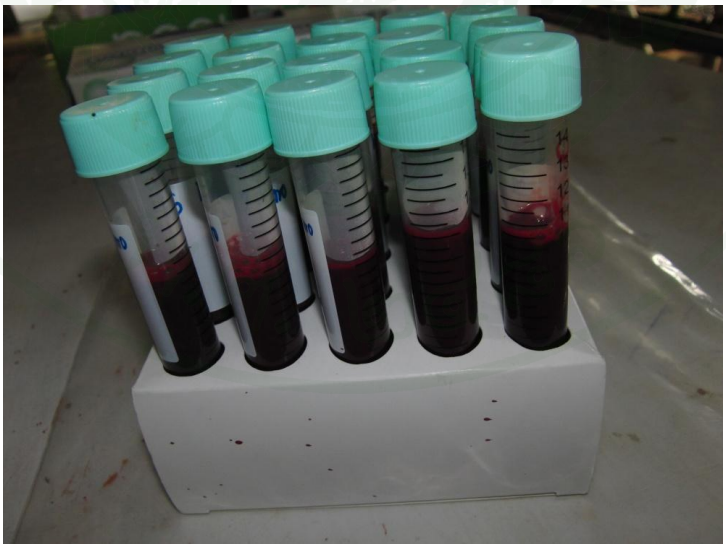


ภาพผนวกที่ ก8 ตัวอย่างที่ทำการทดสอบ

ภาพผนวกที่ ก9 การเจาะเลือดแพะบริเวณเส้นเลือด jugular vein

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ก10 เลือดแพะในหลอดเก็บเลือดที่เคลือบด้วยโซเดียมฟลูโอไรด์



ภาพผนวกที่ ก11 เลือดแพะก่อนนำไปปั่นแยกซีรั่ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

ภาพแสดงขั้นตอนต่างๆในการทดลอง

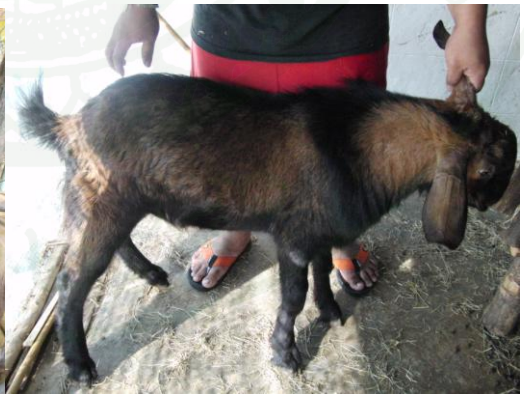
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ข1 หญ้าแพงโกล่าแห้งที่ใช้เป็นอาหารทดลอง

ภาพผนวกที่ ข2 ฟางข้าวที่ใช้เป็นอาหารทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ข3 สภาพโรงเรือนที่ใช้ในการทดลอง



ภาพผนวกที่ ข4 ภาพแพะกลุ่มควบคุมในระยะการจำกัดอาหารและระยะการได้รับอาหารกลับคืน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ข5 ภาพแพะกลุ่มได้รับอาหารในระดับดำรงชีพ (M) ในระยะการจำกัดอาหารและระยะการได้รับอาหารกลับคืน

ภาพผนวกที่ ข6 ภาพแพะกลุ่มได้รับอาหารต่ำกว่าระดับดำรงชีพ 15% (-15 %M) ในระยะการจำกัดอาหารและระยะการได้รับอาหารกลับคืน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ข7 ภาพแพะกลุ่มได้รับอาหารต่ำกว่าระดับดำรงชีพ 30% (-30 %M) ในระยะการจำกัดอาหารและระยะการได้รับอาหารกลับคืน

ภาพผนวกที่ ข8 ภาพแพะกลุ่มได้รับอาหารต่ำกว่าระดับดำรงชีพ 45% (-45 %M) ในระยะการจำกัดอาหารและระยะการได้รับอาหารกลับคืน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ นางสาวอภินันท์ จินดานิรดุล

เกิดวันที่ 17 มิถุนายน 2519

สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

ประวัติการศึกษา มัธยมต้น โรงเรียนสงวนหญิง อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี

มัธยมปลาย โรงเรียนกรรณสูตศึกษาลัย อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตพระนครศรีอยุธยาหันตรา

วท.บ. (วิทยาศาสตร์) สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สาขาเทคโนโลยีการเพาะขยายพันธุ์สัตว์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิชาการสัตวบาล ปฏิบัติการ

สถานที่ทำงานปัจจุบัน สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์

ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ -

ทุนการศึกษาที่ได้รับ สภาวิจัยแห่งชาติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์