รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยเครือข่ายการวิจัยภาคใต้ตอนล่าง

เรื่อง

ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นต่อผลผลิตและคุณภาพน้ำนมในแพะรีดนม

Effects of Protein Levels in Concentrate on Milk Yield and Milk Quality in Lactating Dairy Goats

โดย

รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่น จันจุฬา และคณะ

ภาควิชาสัตวศาสตร์

ทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

อุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณเครือข่ายการวิจัยภาคใต้ตอนล่าง

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

ประจำปีงบประมาณ 2553

84.3

5

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณโครงการวิจัยเครือข่ายการวิจัยภาคใต้ตอนล่าง ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยแก่โครงการวิจัยเรื่อง **"ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นต่อผลผลิตและคุณภาพน้ำนมในแพะรีดนม"** ซึ่งดำเนินการวิจัยโดยได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากเงินทุนอุดหนุนการวิจัยเงินงบประมาณจากโครงการเครือข่ายการวิจัยภาคใต้ตอนล่าง สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2553 โดยเริ่มโครงการวิจัยเมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2554 ตลอดจน ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเลี้ยงแพะนม อ. คลองหอยโข่ง จ. สงขลา ที่ได้ให้ความสะดวกในการดำเนินการวิจัยในด้านสถานที่ อุปกรณ์และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ และรวมทั้งคณาจารย์ นักศึกษาบัณฑิตศึกษาและบุคลากรทุกท่าน ที่มีส่วนที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดียิ่ง

คณะผู้วิจัย

มีนาคม 2555

รายงานการวิจัยเล่มนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินทุนอุดหนุนการวิจัยเงินงบประมาณเครือข่ายการวิจัยภาคใต้ตอนล่าง สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2553

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน เมแทบอไลซ์ในกระแสเลือด ประชากรจุลินทรีย์ ผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมในแพะรีดนม โดยสุ่มแพะให้ได้รับอาหารทดลอง 4 สูตร ดังนี้ กลุ่มทดลองที่ 1 อาหารข้นที่มีระดับโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มทดลองที่ 2 อาหารข้นที่มีระดับโปรตีน 17 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มทดลองที่ 3 อาหารข้นที่มีระดับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มทดลองที่ 4 อาหารข้นที่มีระดับโปรตีน 19 เปอร์เซ็นต์ ตามแผนการทดลองแบบสลับ (switch back design) ใช้แพะนมลูกผสมพันธุ์ซาเนนจำนวน 8 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 50±3 กิโลกรัม และมีจำนวนวันของการให้นมเฉลี่ย 60± 10 วัน โดยแพะนมทุกตัวรับหญ้ารูซี่สดเป็นอาหารหยาบให้กินแบบเต็มที่ และได้รับสัดส่วนอาหารข้นต่อปริมาณน้ำนมเป็น 1 ต่อ 2

ผลการทดลองพบว่า ปริมาณการกินได้ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ (วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ ผนังเซลล์ และเซลยูโลลิกนิน) ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ของของเหลวในกระเพาะรูเมน ประชากรจุลินทรีย์ ผลผลิต และองค์ประกอบของน้ำนมมีค่าใกล้เคียงกัน ($p>0.05$) ขณะที่ ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด และยูเรีย-ไนโตรเจนในน้ำนมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) และเพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนในอาหารข้นที่เพิ่มขึ้น

จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า ระดับโปรตีน 16-17% ในสูตรอาหารข้น เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับแพะรีดนม โดยไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม หรือสมรรถภาพของสัตว์ด้อยลง

คำสำคัญ: ระดับโปรตีนในอาหารข้น ผลผลิตน้ำนม คุณภาพน้ำนม แพะนม

ABSTRACT

Eight crossbred Saanen dairy goats (BW 50±5 kg) with 60± 10 days in lactation were randomly assigned to a switchback design to evaluate the effect of protein levels in concentrate on feed intake, nutrient utilization, rumen fermentation, blood metabolites, microbial populations, milk yield and milk composition in lactating dairy goats. The treatments were 1) dietary crude protein level 16%, 2) dietary crude protein level 17%, 3) dietary crude protein level 18% and 4) dietary crude protein level 19%. The goats were offered the treatment concentrate at a ratio to milk yield at 1:2. Ruzi grass was offered ad libitum as the roughage.

The results revealed that total DM intake, digestion coefficients (DM, OM, NDF and ADF), volatile fatty acids, rumen microorganism populations, milk production, and milk composition were similar among treatments ($p>0.05$), whereas NH_3-N, blood urea nitrogen and milk urea nitrogen were significantly differences ($p<0.05$) as increasing dietary protein levels in concentrate.

It could be concluded that the optimal level of CP in concentrate should be 16-17% for dairy goats without altering feed intake, rumen fermentation, milk yield and milk composition or animal performance

Key words: Protein level in concentrate, milk yield, milk quality, dairy goat

สารบาญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(ก)
บทคัดย่อภาษาไทย	(ข)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ค)
สารบาญ	(1)
สารบาญตาราง	(2)
สารบาญภาพ	(3)
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	3
ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ	3
หน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	3
การตรวจเอกสาร	4
การผลิตแพะนมและผลผลิตนมแพะ	4
สารอาหารในนมแพะ	5
ลักษณะอาหารของแพะ	7
อาหารโปรตีน	9
ผลของระดับโปรตีน การใช้อาหารโปรตีน และโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมนต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และผลผลิตน้ำนม	13
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	17
ผลการทดลองและวิจารณ์	21
สรุปผลการทดลอง	31
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	40

สารบาญตาราง

Table		Page
2.1	Table 2.1 Distribution of goat population (head) in Thailand, January 1, 2000 (unit: head)	4
2.2	Performance of breed type, milk yield and lactation length (days)	5
2.3	Mean milk yield and milk composition of goat milk	5
2.4	Comparative type of protein composition of cow milk and goat milk	6
2.5	Average fatty acid composition (g/100 g milk) in lipids of goat and cow milk 10	7
2.6	Average fatty acid composition (g/100 g milk) in mineral of goat, sheep and cow milk	7
2.7	Nutrient requirement of dairy goat and dairy cow	9
2.8	Effect of increasing protein level on energy availability efficiency	15
3.1	Ingredient and nutrient composition of the treatments rations (% DM basis).	16
4.1	Nutrient composition of the experimental diets and ruzi grass (% DM basis)	19
4.2	Least square means for feed intake and nutrient intake affected by increasing dietary protein level of dairy goats fed on ruzi grass as a roughage.	20
4.3	Least square means for apparent digestibility affected by increasing level of protein of dairy goats fed on ruzi grass as a roughage	21
4.4	Least square means for rumen fermentation characteristics and blood metabolized affected by increasing level of protein of dairy goats fed on ruzi grass as a roughage	22
4.5	Least square means for population of rumen microbes affected by increasing level of protein of dairy goats fed on ruzi grass as a roughage	25
4.6	Least square means for volatile fatty acid profiles affected by increasing level of protein of dairy goats fed on ruzi grass as a roughage	26
4.7	Least square means for milk yield and milk composition affected by increasing level of protein of dairy goats fed on ruzi grass as a roughage	27

ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นต่อผลผลิตและคุณภาพน้ำนมในแพะรีดนม

Effects of Protein Levels in Concentrate on Milk Yield and Milk Quality in Lactating Dairy Goats

บทนำ

แพะเป็นสัตว์เลี้ยงที่พบเห็นอยู่ทั่วไปในภูมิภาคต่างๆ ของโลก ซึ่งมีบทบาทที่สำคัญในการผลิตอาหารสำหรับมนุษย์ (เนื้อ และนม) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแถบที่มีภูมิอากาศร้อนและแห้ง (ธีรพงศ์, 2536) โดยทั่วไปการเลี้ยงแพะในชนบทของไทยส่วนใหญ่เลี้ยงแพะเนื้อ มักปล่อยให้แพะหากินเอง ซึ่งเป็นวิธีเลี้ยงที่ง่าย และลงทุนต่ำ ทำให้แพะในชนบทมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงในสภาพที่มีการจัดการที่ดี (สมเกียรติ, 2528ข) ขณะที่ การเลี้ยงแพะนมในประเทศไทยยังมีปริมาณจำกัด จากข้อมูลสถิติในปี พ.ศ. 2552 พบว่ามีเกษตรกรเลี้ยงแพะนมขึ้นทะเบียนทั้งหมดจำนวน 864 ราย จากจำนวนผู้เลี้ยงแพะทั้งหมด 35,949 ราย คิดเป็นร้อยละ 2.40 ของจำนวนเกษตรกรที่เลี้ยงแพะทั่วประเทศ (กรมปศุสัตว์, 2552) โดยในพื้นที่เขต 9 โดยเฉพาะพื้นที่ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้มีจำนวนเกษตรกรที่เลี้ยงแพะมาขึ้นทะเบียนมากที่สุดเมื่อเทียบกับจังหวัดอื่น (กรมปศุสัตว์, 2552) ทำให้เห็นได้ว่าแพะมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของพื้นที่ภาคใต้ ประกอบกับรัฐบาลมีนโยบายผลักดันโครงการ 1 ฟาร์ม 1 ตำบล โครงการในพระราชดำริของสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ และนโยบายอาหารฮาลาลของรัฐบาล โดยเป็นการส่งเสริมการเลี้ยงทั้งแพะเนื้อ และแพะนม ซึ่งมีประชากรส่วนใหญ่เป็นชาวมุสลิมมีชีวิตผูกพันกับการเลี้ยงแพะนิยมรับประทานนมแพะ และเนื้อแพะ

จากนโยบายของภาครัฐที่ได้มีการส่งเสริมอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันมีเกษตรกรรายย่อยที่เลี้ยงแพะนมมากกว่า 16,798 ตัว (กรมปศุสัตว์, 2552) ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ผลผลิตน้ำนมทั้งปริมาณและคุณภาพที่ได้ยังต่ำอยู่ เนื่องจากมีปัจจัยหลายประการที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตน้ำนมทั้งปริมาณและคุณภาพได้แก่ พันธุ์ (breed) ยีโนไทป์ (genotype) โรค (diseases) และพยาธิ (parasite) และการจัดการที่ไม่เหมาะสม เช่น การผสมเลือดชิด อาหารและวิธีการให้อาหาร (feed and feeding) ที่ไม่เพียงพอทั้งในแง่ปริมาณและคุณภาพ เนื่องจากการเลี้ยงแพะนมยังเป็นงานใหม่ซึ่งเจ้าหน้าที่ และผู้รับผิดชอบยังไม่มีประสบการณ์ ขาดความรู้ความเข้าใจในด้านการจัดการฟาร์มที่ถูกต้อง โดยเฉพาะการให้อาหาร การอนุบาลลูกแพะ ลักษณะการให้ผลผลิตนม และลักษณะองค์ประกอบของโรงเรือนที่ไม่ถูกต้อง ไม่สอดคล้องกับลักษณะทางชีววิทยาของแพะ จึงทำให้มีการสูญเสียมาก ประสิทธิภาพการผลิต การสืบพันธุ์ การให้ผลผลิตลูกต่ำ น้ำนมน้อย และมีอัตราการตายสูง เป็นต้น

นอกจากข้อมูลของกลุ่มวิจัยเศรษฐกิจการปศุสัตว์ของกรมปศุสัตว์แล้ว ไม่พบข้อมูลจากแหล่งอื่นๆ รวมทั้งจากฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ของประเทศไทยที่ระบุรายละเอียดของแพะนม ปริมาณน้ำนม และลักษณะของนมแพะในพื้นที่ 5 จังหวัด ชายแดนภาคใต้ เช่น จังหวัดสงขลา สตูล ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส หรือในส่วนอื่นของประเทศ และจากการลงพื้นที่พบปะกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเลี้ยงแพะ (สิทธิชัย, 2553: ติดต่อส่วนตัว) ใน อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา พบประเด็นปัญหาในการเลี้ยงคือ ระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้นที่ซื้อจากบริษัทมีความแปรปรวนสูง และไม่แน่นอน (16-18% CP) ส่งผลกระทบ

ต่อปริมาณและคุณภาพน้ำนม สุขภาพสัตว์ การสืบพันธุ์ และอาหารข้นมีราคาสูง จึงมีแนวคิดที่จะผลิตอาหารข้นใช้เองภายในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเลี้ยงแพะ เพื่อหาระดับโปรตีนที่เหมาะสม และเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้การผลิตสัตว์มีต้นทุนต่ำลง และเพิ่มศักยภาพการเลี้ยงสัตว์ให้สูงขึ้น เป็นการเสริมสร้างความแข็งแรงของชุมชน เพิ่มการใช้แรงงานในท้องถิ่น รวมทั้งกระจายรายได้สู่ชุมชนให้มากขึ้นอีกด้วย

จากการรวบรวมเอกสาร จะเห็นว่าการเลี้ยงแพะนมยังมีความเป็นไปได้ในการขยายขอบเขตการเลี้ยงแพะนมให้มากยิ่งขึ้น หรือเพิ่มศักยภาพการผลิตน้ำนมของแพะนมต่อตัวให้มากยิ่งขึ้น ก็เป็นอีกหนทางหนึ่ง ซึ่งปัจจัยที่มีส่วนอย่างยิ่งต่อการเพิ่มศักยภาพการผลิตคือ ปัจจัยทางด้านอาหารแพะ โดยเฉพาะระดับโปรตีน และพลังงานที่เหมาะสมในสูตรอาหารข้นของแพะนม ซึ่งสมดุลโภชนะระหว่างโปรตีนและพลังงานในสัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นปัจจัยที่มีความจำเป็น เนื่องจากโปรตีนและพลังงานมีผลต่อการเจริญเติบโต ปริมาณการกินได้ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ตลอดจนการดูดซึมและนำไปสร้างเป็นผลผลิต ซึ่งความต้องการพลังงานและโปรตีนนั้นแยกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนแรกเป็นความต้องการสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และอีกส่วนหนึ่งเป็นความต้องการสำหรับตัวสัตว์เอง (McCarthy et al., 1989) การใช้ประโยชน์ของโปรตีนที่ย่อยได้มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับปริมาณของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy: ME) ที่ได้รับ ซึ่งการเลี้ยงแพะให้ได้ผลผลิตดีนั้น แพะจำเป็นต้องได้รับโภชนะโปรตีนและพลังงานในระดับที่เหมาะสม และเพียงพอต่อการเจริญเติบโต และสมรรถนะสืบพันธุ์ของแพะ (Devendra, 1979)

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบเป็นลักษณะการทดลองในแพะนมมากนัก จากการศึกษาเบื้องต้นของ ศิริชัย และคณะ (2551) รายงานว่าคุณภาพน้ำนมดิบจากฟาร์มแพะใน จ. สงขลา มีอุณหภูมิ 32.3-34.7 มี pH 6.25-6.51 และมีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.02-1.03 ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Wasiksiri et al. (2010) ทำนองเดียวกับรายงานของ มนทกานต์ (2553) ที่ศึกษาคุณลักษณะของน้ำนมแพะจากผู้ประกอบการใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ พบว่ามี pH อยู่ในช่วง 6.60-6.80 และมีองค์ประกอบทางเคมีคือ ไขมัน โปรตีน ของแข็งทั้งหมดเฉลี่ย 3.81, 3.73 และ 12.27% ตามลำดับ ดังนั้น ในการส่งเสริมการเลี้ยงแพะนมให้ประสบความสำเร็จ จึงควรมีการศึกษาในด้านการจัดการต่างๆ โดยเฉพาะด้านอาหารและวิธีการให้อาหาร เป็นต้น ซึ่งเป็นโอกาสที่ดีของผู้เลี้ยงแพะนมทั้งเกษตรกรรายย่อย ขนาดกลาง หรือขนาดใหญ่ หรือการผลิตเนื้อแพะเนื้อคุณภาพดีเพื่อส่งออก สอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ในการพัฒนาพื้นที่ใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ที่จะตั้งศูนย์อาหารฮาลาล (Halal Food Center) เพื่อการส่งออกสินค้าสู่ประเทศตะวันออกกลางซึ่งมีกำลังซื้อสูง นอกจากนี้ ในด้านเศรษฐกิจและสังคมช่วยเสริมสร้างให้ชาวมุสลิมเข้ามามีบทบาทเพื่อสามารถผลิตสินค้าเพื่อชาวมุสลิมตามหลักศาสนาอิสลาม เช่น วิธีการเลี้ยง การแปรรูป และขั้นตอนการตรวจคุณภาพสินค้า เป็นต้น เป็นการสร้างงานให้ชาวมุสลิมอย่างกว้างขวางช่วยลดปัญหาทางสังคม และเศรษฐกิจในอนาคต อีกทั้งเป็นการเสริมสร้างความแข็งแรงของชุมชน เพิ่มการใช้แรงงานในท้องถิ่น รวมทั้งกระจายรายได้สู่ชุมชนให้มากขึ้นอีกด้วย

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นต่อผลผลิตและคุณภาพน้ำนมในแพะรีดนมลูกผสมพื้นเมืองไทย x ชาเนน เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจเลือกใช้ระดับโปรตีนที่เหมาะสม ตลอดจนเผยแพร่ผลงานวิจัย และถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้จากโครงการวิจัยเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านการเรียนการสอน และการผลิตของเกษตรกรทั้งระดับรายย่อย และอุตสาหกรรมต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของระดับโปรตีนในอาหารข้นต่อผลผลิต และองค์ประกอบของน้ำนมในแพะรีดนม
2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของระดับโปรตีนในอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้ ความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะ และนิเวศวิทยาของกระเพาะรูเมนในแพะรีดนม

ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหาร ระดับของโปรตีนที่เหมาะสมในสูตรอาหารแพะรีดนมต่อผลผลิต คุณภาพน้ำนม การใช้ประโยชน์ของโภชนะ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะรีดนม

ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ทราบผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นต่อผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมในแพะรีดนม การใช้ประโยชน์ของโภชนะ และนิเวศวิทยาภายในกระเพาะรูเมน โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) กรดไขมันที่ระเหยได้ง่าย (volatile fatty acid, VFA) และประชากรของจุลินทรีย์
2. สามารถเผยแพร่ผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการ วารสารทางวิชาการทั้งระดับประเทศและนานาชาติ และเผยแพร่แก่นักวิชาการและบุคคลทั่วไป

หน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

เกษตรกร เจ้าหน้าที่ปศุสัตว์ นักการศึกษาและนักบริหารชุมชน (อบต) อื่นๆ เช่น กองส่งเสริมการเลี้ยงสัตว์ กรมส่งเสริมการเกษตร ภ าควิชาสัตวบาลต่างๆ ของมหาวิทยาลัย และสถาบันเกษตรกรต่างๆ เป็นต้น

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเลี้ยงแพะนมและเครือข่ายผู้เลี้ยงแพะ เลขที่ 63 ถนน สาครมงคล 2 ซอย 3/4 ตำบลหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

การตรวจเอกสาร

การผลิตแพะนมและผลผลิตนมแพะ

การเลี้ยงแพะในประเทศไทยมีมานานแล้ว มีการเลี้ยงกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ส่วนใหญ่เลี้ยงเพื่อใช้ในการบริโภคทั้งเนื้อ และนม แต่นิยมเลี้ยงกันมากในภาคใต้ โดยพบในหมู่ชุมชนชาวมุสลิม (ประมาณ 95%) (วินัย, 2542) อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงแพะนมในประเทศไทยยังมีปริมาณจำกัด จากข้อมูลสถิติในปี พ.ศ. 2552 พบว่ามีเกษตรกรเลี้ยงแพะนมขึ้นทะเบียนทั้งหมดจำนวน 864 ราย จากจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะทั้งหมด 35,949 ราย คิดเป็นร้อยละ 2.40 ของจำนวนเกษตรกรที่เลี้ยงแพะทั่วประเทศ (กรมปศุสัตว์, 2552) การเลี้ยงแพะเพื่อผลิตนมเป็นที่นิยมมากกันมากขึ้น เนื่องจากนมแพะให้คุณค่า และประโยชน์ต่อร่างกาย ทำให้มีผู้ประกอบการสนใจที่จะทำการเลี้ยงแพะมากขึ้น โดยเฉพาะภาคกลาง และภาคใต้ (Table 2.1) มีจำนวนผู้เลี้ยงที่สนใจการเลี้ยงแพะมากกว่าภาคอื่นๆ (กรมปศุสัตว์, 2554) รองลงมาคือ ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ

Table 2.1 Distribution of goat population (head) in Thailand, January 1, 2000 (unit: head)

ภาค	ผู้ (ตัว)	เมีย (ตัว)	เกษตรกร (ครัวเรือน)	รวม
เหนือ	585	865	70	1,520
ตะวันออกเฉียงเหนือ	173	742	27	942
กลาง	2,791	9,314	463	12,568
ใต้	595	1,736	304	2,635
รวม	4,144	12,657	864	17,665

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2554)

แพะที่เลี้ยงสำหรับผลิตนมในประเทศไทย ส่วนมากเป็นพันธุ์ผสมระหว่างแพะพื้นเมืองกับแพะซาเนน หรือแองโกลนูเบียน โดยแพะสามารถให้นมได้ครั้งแรกเมื่ออายุได้ 1 ปี (บุญเสริม, 2546) มีการให้ผลผลิตแตกต่างกันตามสายพันธุ์ สอดคล้องกับ ทิม (2524) กล่าวว่า การให้ผลผลิตนมของแพะนมขึ้นอยู่กับพันธุ์ และจำนวนวันที่รีดนม (Table 2.2) ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำนมมีหลายประการด้วยกัน เช่น อาหาร อายุของแพะ การรีดนม และสายพันธุ์ เป็นต้น โดยเฉพาะแพะสายพันธุ์ต่างกันจะให้ปริมาณน้ำนมที่แตกต่างกัน (Table 2.3) ซึ่งจะเห็นว่าแพะพันธุ์บริติชซาเนน/ ซาเนนให้ผลผลิตนมแพะมากที่สุด คือ 1,243 กิโลกรัม ต่อระยะของการให้นม ส่วนแพะพันธุ์โกลเดน/ เกอร์นซีอังกฤษให้ผลผลิตนมแพะน้อยที่สุด คือ 992 กิโลกรัมต่อระยะของการให้นม แต่เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของนมแพะ พบว่าแพะพันธุ์แองโกล-นูเบียนให้ปริมาณไขมัน และโปรตีนสูง คือร้อยละ 5.0 และ 3.5 ขององค์ประกอบทั้งหมด ตามลำดับ

Table 2.2 Performance of breed type, milk yield and lactation length (days)

พันธุ์	น้ำนม (กก.)	วันที่รีดนม (วัน)	น้ำนม (กก./วัน)
พื้นเมือง	162.4	197.4	0.75
ลูกผสมพื้นเมือง x ซาเนน 50%	234.2	219.4	1.05
ซาเนน	441.3	290	1.55

ที่มา: ทิม (2524)

Table 2.3 Mean milk yield and milk composition of goat milk

พันธุ์	ผลผลิต (กิโลกรัม) ต่อระยะของการให้นม	องค์ประกอบทางเคมี	
		ไขมัน	โปรตีน
พันธุ์ผสม	1,220	3.7	2.8
บริติชซาเนน/ ซาเนน	1,243	3.7	2.8
บริติชโทแกนเบอร์ก/ โทแกนเบอร์ก	1,169	3.7	2.7
แองโกลนูเบียน	1,040	5.0	3.5
บริติชอัลไพน์	1,099	4.1	3.0
โกลเดน/ เกอร์นซีอังกฤษ	992	4.1	2.0

ที่มา: ธีรพงษ์ (2536)

สืบเนื่องมาจาก น้ำนมแพะ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแพะ ซึ่งเป็นที่รู้กันโดยทั่วไปว่าแพะเป็นสัตว์ที่มีกลิ่นตัวแรงมาก ซึ่งอาจปนเปื้อนไปกับน้ำนมได้ น้ำนมที่มีกลิ่นเจือปนเป็นปัญหาในการผลิตนมแพะมากกว่าในนมโค นอกจากนี้ อาจเป็นผลจากการใช้อาหารที่มีองค์ประกอบบางอย่าง ซึ่งสามารถขับออกทางน้ำนมได้ และทำให้รสชาติผิดปกติไป ส่วนใหญ่การมีกลิ่นเจือปนเกิดจากการสลายตัวของไขมันหลังจากมีการเขย่าน้ำนมซึ่งยังอุ่นอยู่ หรือจากการสลายของไขมันระหว่างการทำให้เย็นลงอย่างช้าๆ และการทำให้เย็นอย่างไม่ถูกต้องในขณะเก็บรักษา สาเหตุที่ทำให้เกิดกลิ่นอีกอย่างหนึ่งคือ การมีแบคทีเรียในน้ำนมสูง เป็นผลจากกระบวนการหมักของแลกโตสในกระบวนการผลิตโดยจุลินทรีย์ ชนิด *Streptococcus, Pediococcus, Leuconostoc, Lactobacilus* และแบคทีเรียในกลุ่มของ Enterobacteriaceae (Moio et al., 1993) โดยถ้าเก็บนมดิบไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10-37 องศาเซลเซียส มักเกิดสาเหตุจากแบคทีเรียกลุ่ม *Streptococcus lactis* (สุพจน์, 2547)

สารอาหารในนมแพะ

โปรตีนในนมแพะ

นมแพะมีปริมาณโปรตีนแตกต่างจากนมโคอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งนมแพะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่านมโคประมาณร้อยละ 1 โดยนมแพะมีชนิดของโปรตีนหลักเหมือนกับนมโค คือ α-casein, β-casein, k-casein, α-lactalbumin และ β-lactoglobulin (Martin, 1993) นมแพะยังมีโปรตีนชนิดรองที่สำคัญ คือ Immunoglobulins, Proteose peptone, Lactoferrin, Calmodulin (calcium binding protein), Tranferrin, Protolactin และ Folate-binding protein (Park et al., 2007)

Remeuf and Lenoir (1986) อ้างโดย Park et al. (2007) รายงานว่า แม้นมแพะจะมีชนิดของโปรตีนที่เหมือนนมโค แต่องค์ประกอบทางพันธุกรรมของโปรตีน และสัดส่วนปริมาณของโปรตีน แต่ละชนิดต่างจากนมโค โดยเฉพาะโปรตีนเคซีน พบว่านมแพะมีปริมาณโปรตีนเคซีนชนิด αs-casein ต่ำกว่านมโค ซึ่งโปรตีนชนิด αs-casein ที่พบมักเป็น αs2-casein สูงกว่า αs1-casein ซึ่งต่างจากนมโคที่จะพบ αs1-casein สูง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้นมแพะมีปริมาณ β และ k-casein สูงกว่านมโค (Table 2.4)

Table 2.4 Comparative type of protein composition of cow milk and goat milk

ชนิดของโปรตีนเคซีน	สัดส่วนของโปรตีนชนิดเคซีน (%)	
	นมโค	นมแพะ
αs1-casein	36-40	4-26
αs2-casein	5-19	5-19
β-casein	34-41	42-64
K-casein	10-24	10-24

ที่มา: ดัดแปลงจาก Park et al. (2007)

ไขมันและกรดไขมัน

ไขมันเป็นสารอาหารที่สำคัญประเภทหนึ่ง ร่างกายใช้ไขมันเป็นแหล่งพลังงาน ให้ความอบอุ่น สมเกียรติ์ (2528ก) รายงานว่าในนมแพะประกอบด้วยไขมันประมาณร้อยละ 4.8 เช่นเดียวกับนมโคแต่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน

กรดไขมันส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในนมแพะเป็นพวก medium chain triglycerides (MCT) ได้แก่ บิวทิริก (C_4:0) คาโปอิก (C_6:0) คาปีลิก (C_8:0) คาพริก (C_{10}:0) ลอริก (C_{12}:0) และ มายริสติก (C_{14}:0) ซึ่งมีปริมาณที่สูงมากกว่าในนมโค (Table 2.5) ซึ่งกรดไขมันในนมแพะนี้ จะมีประโยชน์ต่อร่างกายในการใช้ในการรักษาผู้ที่มีปัญหาทางสุขภาพ เช่น ในผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับหัวใจ หรือหลอดเลือดหัวใจ มีภาวะการดูดซึมสารอาหารบกพร่อง ภาวะการย่อยสารอาหารที่ลำไส้เล็กมีปัญหา เนื่องจากจากกลไกการเกิด metabolism ของไขมันพวกนี้มีลักษณะพิเศษสามารถให้พลังงานโดยตรงแทนที่จะไปสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อ

แร่ธาตุที่สำคัญของนมแพะเช่น แคลเซียม และฟอสฟอรัส ซึ่งส่งผลต่อกระบวนการสร้างกระดูกของร่างกาย รักษาระดับความดันโลหิตและการควบคุมการทำงานของหัวใจ การดื่มน้ำนมแพะ 1 แก้ว จะให้แคลเซียมและฟอสฟอรัสประมาณร้อยละ 32.6 และ 14.2 ของปริมาณที่ร่างกายต้องการต่อวัน แคลเซียมมีฤทธิ์ในการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเม็ดเลือดขาวกับ ลิมโฟไซต์ในการจับเกาะสิ่งแปลกปลอม เพิ่มการหลั่งสารในตัวกลาง ปฏิกิริยาการสร้างภูมิคุ้มกัน ซิลีเนียมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์ที่ทำหน้าที่ภูมิคุ้มกัน สังกะสีช่วยสร้าง และเสริมการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดขาว นิวโทรฟิล และเซลล์ดักจับ รวมทั้งป้องกันเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันถูกทำลาย โดยการลดไซโตไคท์ ซึ่งควบคุมการบวมอักเสบ และสร้างบี และทีเซลล์ให้แก่ร่างกาย

Table 2.5 Average fatty acid composition (g/100 g milk) in lipids of goat and cow milk

กรดไขมัน	นมแพะ (กรัมต่อ 100 กรัม)	นมโค (กรัมต่อ 100 กรัม)
บิวทิริก ($C_{4:0}$)	0.13	0.11
คาโปอิก ($C_{6:0}$)	0.09	0.06
คาปีลิก ($C_{8:0}$)	0.10	0.04
คาพริก ($C_{10:0}$)	0.26	0.08
ลอริก ($C_{12:0}$)	0.12	0.09
มายริสติก ($C_{14:0}$)	0.32	0.34
ปาลมิติก ($C_{16:0}$)	0.91	0.88
สเตียริก ($C_{18:0}$)	0.44	0.40
รวมกรดไขมันสายสั้น (C_6-C_{14})	0.89	0.61
รวมกรดไขมันอิ่มตัว (C_4-C_{18})	2.67	2.08
ปาลมิโอติก ($C_{16:1}$)	0.08	0.08
โอเลอิก ($C_{18:1}$)	0.98	0.84
รวมกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว ($C_{16:1}$- $C_{22:1}$)	1.11	0.96
ลิโนเลอิก ($C_{18:2}$)	0.11	0.08
ลิโนเลนิก ($C_{18:3}$)	0.04	0.05
รวมกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน ($C_{18:2}$-$C_{18:3}$)	0.15	0.12

ที่มา: Haenlein (2004)

ปริมาณแร่ธาตุที่มีในนมแพะแสดงดัง Table 2.6 พบว่าแร่ธาตุแคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส คลอไรด์ แมงกานีส เหล็ก และไอโอดีนสูงกว่านมโค (Raynal-Ljutovac et al., 2008)

Table 2.6 Average fatty acid composition (g/100 g milk) in mineral of goat, sheep and cow milk

แร่ธาตุ	นมแพะ[a]	นมแกะ[b]	นมโค[a]
แคลเซียม (mg)	1260	1950-2000	1200
ฟอสฟอรัส (mg)	970	1240-1580	920
โพแทสเซียม (mg)	1900	1360-1400	1500
โซเดียม (mg)	380	440-580	450
คลอไรด์ (mg)	1600	1100-1120	1100
แมกนีเซียม (mg)	130	180-210	110
สังกะสี (µg)	3400	5200-7470	3800
เหล็ก (µg)	550	720-1222	460
ทองแดง (µg)	300	400-680	2220
แมงกานีส (µg)	80	53-90	60
ไอโอดีน (µg)	80	104	70
ซีลีเนียม (µg)	20	31	30

ที่มา: [a]Raynal-Ljutovac et al. (2008) (per liter); [b]Raynal-Ljutovac et al. (2008) (per kg)

ลักษณะอาหารของแพะ

บุญเสริม (2546) รายงานว่า แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องชอบกินพืชและหญ้าหลากหลายชนิดปนกันมากกว่าที่จะกินเพียงชนิดเดียว ชอบแทะเล็มตรงส่วนปลายและชอบกินอาหารหลาย ๆ อย่างซึ่งช่วยให้ได้รับโภชนะสมดุลขึ้น แพะจะชอบเล็มใบไม้และกิ่งอ่อนมากกว่าเล็มหญ้า อาหารที่กินประมาณร้อยละ 60 เป็นใบไม้และกิ่งอ่อน อีกร้อยละ 40 จะเป็นไม้พุ่ม อาหารแพะแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ อาหารหยาบ (roughages) และอาหารข้น (concentrates) อาหารแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ดังนี้

1. อาหารหยาบ หมายถึง พืชอาหารสัตว์ หรือผลพลอยได้ของพืชอาหารสัตว์ที่มีความเข้มข้นของโภชนะ (net energy, NE) ต่อหน่วยน้ำหนักต่ำ และมีเยื่อใยสูง (มากกว่า 18% และ total digestible nutrient, TDN น้อยกว่า 50-60%) หรือมีเยื่อใยที่ไม่ละลายได้ในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) มากกว่า 35% มีการย่อยได้ต่ำ (Kearl, 1982) มีลักษณะฟ่าม เบา มีคุณค่าทางอาหารต่ำ ย่อยได้ยาก ต้องกินเป็นจำนวนมากจึงจะได้รับสารอาหารเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย อาหารหยาบเป็นอาหารหลักของสัตว์เคี้ยวเอื้องทุกชนิด มีความสำคัญในเรื่องของการเป็นแหล่งโภชนาการและมีความจำเป็นในการช่วยให้กระเพาะอาหารเรอเอาแก๊สออกได้ อีกทั้งยังกระตุ้นการขับน้ำลายเพื่อไปช่วยในการต้านความเป็นกรดของกระเพาะหน้าไม่ให้ต่ำเกินไป ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์และตัวแพะอีกด้วย อาหารหยาบมี 3 ประเภท คือ 1) อาหารหยาบแห้ง เช่น หญ้าแห้ง ฟางข้าว ต้นข้าวโพดแห้ง เป็นต้น 2) อาหารหยาบสด เช่น ถั่วสดชนิดต่าง ๆ ตลอดทั้งใบไม้ต่าง ๆ และ 3) อาหารหยาบหมัก (silage) ด้วย อาหารที่เป็นอาหารหลักที่สำคัญของแพะ ได้แก่ พืชตระกูลหญ้า และถั่วชนิดต่าง ๆ เปลือกกล้วย เปลือกฝักข้าวโพดและต้นข้าวโพด ยอดอ้อย เปลือกสับปะรด เป็นต้น โดยคุณค่าทางโภชนาการอาหารประเภทนี้ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของดินที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ และอายุพืชที่เก็บเกี่ยว อาจจะให้กินทั้งแบบสดและตากแห้ง โดยพืชตระกูลถั่วเป็นอาหารหยาบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงที่สุด และตัวแพะชอบกินมากที่สุดเช่นกัน ซึ่งแพะจะกินใบไม้ใบหญ้าเป็นอาหารหลักถึงร้อยละ 80

2. อาหารข้น หมายถึง อาหารที่มีสารเยื่อใยต่ำ (น้อยกว่า 18%) ย่อยได้ง่าย มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ใช้เป็นอาหารเสริมเพื่อเพิ่มปริมาณโภชนาการให้เพียงพอต่อความต้องการในการดำรงชีพและการให้ผลผลิต แพะกินเข้าไปเพียงเล็กน้อยก็ได้รับสารอาหารที่ร่างกายดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้มาก โดยส่วนใหญ่มักใช้เป็นส่วนเสริมอาหารหยาบ คือพยายามใช้อาหารหยาบให้มากที่สุด แล้วโภชนาการส่วนที่ขาดจะถูกเสริมให้เพียงพอกับความต้องการด้วยอาหารข้น การเสริมอาหารข้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับสัตว์ที่ให้ผลผลิตสูง ยิ่งสัตว์ให้ผลผลิตสูงเท่าใดก็ยิ่งต้องการอาหารข้นมากขึ้นเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากสัตว์มีความต้องการโภชนะสูง การได้รับอาหารหยาบเพียงอย่างเดียวแม้ว่าจะเป็นอาหารหยาบคุณภาพดีและให้กินเต็มที่ ก็ยังไม่สามารถให้โภชนะเพียงพอกับความต้องการของร่างกายได้ (บุญเสริม และคณะ, 2527) อาหารข้นที่สำคัญได้แก่ วัตถุดิบอาหารสัตว์หลายชนิด เช่น รำ ปลาย ข้าว ข้าวโพด ปลาป่น กากถั่ว กากมะพร้าว เป็นต้น รวมทั้งอาหารแร่ธาตุ และวิตามินต่าง ๆ อาหารข้นเป็นอาหารที่คุณค่าทางอาหารสูง ทำให้สัตว์โตเร็ว (สุชาติ, 2532) อาหารข้นแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ 1) พวกที่เป็นแหล่งพลังงาน 2) พวกที่เป็นแหล่งโปรตีน และ 3) พวกที่เป็นแหล่งแร่ธาตุ และวิตามิน

เนื่องจากแพะต้องมีการให้น้ำนมทำให้แพะต้องได้รับสารอาหารเพื่อให้มีพลังงานที่เพียงพอกับความต้องการ โดยแพะนมและโคนมจะมีความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพที่แตกต่างจากโคนม แต่ในด้านของการผลิตน้ำนมนั้นแพะ และโคนมมีความต้องการพลังงานที่เท่ากัน (Table 2.7)

Table 2.7 Nutrient requirement of dairy goat and dairy cow

ความต้องการพลังงาน (เมกะแคลอรี่)	แพะนม	โคนม
ดำรงชีพ	0.36	0.63
ผลิตน้ำนม	0.69	0.69
รวม	1.05	1.32

ที่มา: วินัย (2542)

อาหารโปรตีน

ความสำคัญของอาหารโปรตีน

โปรตีน (protein) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ มีน้ำหนักมากประกอบด้วยกรดแอมิโน (amino acid) มาเรียงตัวกันด้วยพันธะเพปไทด์ (peptide bond) เกิดเป็นสายเพปไทด์ (peptide chain) ประกอบด้วยธาตุ ไนโตรเจน (N) เป็นองค์ประกอบสำคัญ โดยมีไนโตรเจนประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ และมีคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) เป็นหลัก อาจมีฟอสฟอรัส (P) และกำมะถัน (S) บ้าง (NRC, 2001) โปรตีนมีความสำคัญเป็นส่วนประกอบของร่างกาย เช่น เลือด เนื้อ หนัง อวัยวะต่างๆ ยังทำหน้าที่เป็นเอนไซม์ (enzyme) ภูมิคุ้มกัน (immune) และฮอร์โมน (hormone) เป็นต้น (พจน์ และคณะ, 2543) โดยเฉพาะสัตว์ที่อยู่ในระยะเจริญเติบโต ระยะอุ้มท้อง และให้นม มีความต้องการโปรตีนมากเป็นพิเศษ (NRC, 2001)

การแบ่งส่วนอาหารโปรตีน

โปรตีนสามารถแบ่งตามส่วนประกอบออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1. โปรตีนแท้ (true protein) ได้จากการจับกันของกรดแอมิโนอิสระด้วยพันธะเพปไทด์ (peptide bond) เช่น โปรตีนจากพืช และสัตว์ insulin, globulin, albumin และ keratins เป็นต้น หรือได้จากการสังเคราะห์ของจุลินทรีย์

2. ไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogen, NPN) มีหลายชนิด ได้แก่ ยูเรีย ไนเตรท กรดแอมิโนอิสระ กรดนิวคลิอิก เอไมด์ (amide) เอมีน (amine) และเป็นสารอนินทรีย์ เช่น แอมโมเนียมคลอไรด์ และแอมโมเนียมซัลเฟต เป็นต้น (เมธา, 2533) ซึ่งมีอัตราการย่อยสลายแตกต่างกัน พบว่าสาร NPN มีอัตราการสลายเร็วที่สุด

นอกจากนี้แล้วทางโภชนะศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง อาจจัดแบ่งโปรตีนออกตามความสามารถในการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องออกเป็น 2 กลุ่ม ตาม NRC (2001) คือ

1. โปรตีนที่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (ruminal degradable protein, RDP)

2. โปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (ruminal undegradable protein, UDP) หรือโปรตีนไหลผ่าน (escape หรือ bypass protein)

ในปัจจุบันการแบ่งส่วนของไนโตรเจนและโปรตีนในวัตถุดิบอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ตามความสามารถในการละลาย (solubility) ร่วมกับจลศาสตร์การย่อยสลาย (kinetics of ruminal protein degradation) เป็น 5 ส่วน (A, B_1, B_2, B_3 และ C) (Van Soest, 1994; NRC, 2001) โดยส่วนที่ละลายในสารละลาย borate buffer (buffer soluble) (มีส่วน A และ B_1) ส่วน A คือ ไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen, NPN) เป็นส่วนที่ละลายได้ทันทีในเวลาที่ศูนย์ ส่วน B_1 คือ โปรตีนแท้ที่ละลายได้ และส่วนที่ไม่ละลายในสารละลาย borate buffer (มีส่วน B_2, B_3 และ C) ส่วน B_2 คือ โปรตีนส่วนที่ไม่ละลายในสารละลาย borate buffer แต่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (nutral detergent fiber, NDF) ส่วน B_3 คือ โปรตีนส่วนที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง แต่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid detergent fiber, ADF) C คือ พวกโปรตีนที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด ประกอบด้วยโปรตีนที่ถูกทำลายด้วยความร้อน และไนโตรเจนที่อยู่กับลิกนิน

การย่อยสลายอาหารโปรตีนโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

กระบวนการย่อย และเมทธาโบลิซึมอาหารโปรตีนในระบบสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Figure 2.1) อาหารโปรตีนถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์หลายกลุ่ม (อาศัย extra cellular enzymes) (Van Soest, 1994) ได้แก่ เชื้อราทำการย่อยสลายอนุภาคอาหารจากด้านในของอนุภาค ทำให้อนุภาคอาหารมีการจับตัวกันอย่างหลวมๆ ซึ่งมีผลโดยอ้อมในการช่วย จุลินทรีย์ที่อยู่ในกลุ่มอื่นๆ ย่อยสลายโปรตีนต่อไป (Hungate, 1966) แบคทีเรียที่ทำหน้าที่ในการสลายอาหารโปรตีนได้แก่ *Bacteroides amylophilus*, *Clostridium sporgens* และ *Bacilus inchefermis* เป็นต้น ซึ่งเอนไซม์เพปติเดสที่ถูกผลิตขึ้นภายในเซลล์ แล้วถูกขับออกมาภายนอกเซลล์ (exopeptidase and endopeptidase) ทำการย่อยโปรตีน (Van Soest, 1994) ส่วนโปรโตซัวที่สามารถย่อยโปรตีน (proteolytic protozoa) ได้แก่ *Entodinium caudatum* จะมีเอนไซม์ดีอะมิเนส (Hungate, 1966) นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์ อะมิเนส (aminase) ซึ่งทำหน้าที่ในการย่อยสลายกรดแอมิโน ดังนั้น โปรตีนถูกย่อยโดยน้ำย่อยของจุลินทรีย์โดยเกิดไฮโดรไลซีสที่พันธะเพปไทด์ได้เพป-ไทด์ และกรดแอมิโน

กรดแอมิโนที่ได้จากการย่อยถูกหมักต่อไป (เกิดขึ้นภายในเซลล์ โดยอาศัย intra cellular enzymes) ผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมักที่ปลดปล่อยออกมาจากเซลล์อยู่ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนได้แก่ แอมโมเนีย (NH_3) มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เกิดขึ้น (Van Soest, 1994) และกรดอินทรีย์ที่มีสายสั้นๆ (short chain fatty acid หรือ VFA) ในปริมาณเล็กน้อย คือ กรดไขมันสายสั้นที่ระเหยได้ง่าย ที่เกิดจากขบวนการ deamination ของกรดแอมิโนในกระเพาะรูเมน เช่น ผลผลิตจากการย่อยกรดแอมิโน valine จะได้ iso-butyric acid การย่อยกรดแอมิโน proline จะได้ valeric acid การย่อยกรดแอมิโน iso leucine 2-methyl จะได้ butyric acid การย่อยกรดแอมิโน leucine จะได้ 3-methyl butyric acid เป็นต้น ซึ่งกระบวนการย่อยสลายนี้มีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งความสามารถในการละลาย และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ภายในกระเพาะรูเมน (Van Soest, 1994; NRC, 2001) โดยค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 6.0-7.0 ซึ่งเป็นสภาพปกติภายในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยว

เอื้อง (บุญล้อม, 2541ก) ซึ่งการย่อยสลาย และการใช้ประโยชน์โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตโดยแบคทีเรียในกระเพาะรูเมน (Figure 2.2)

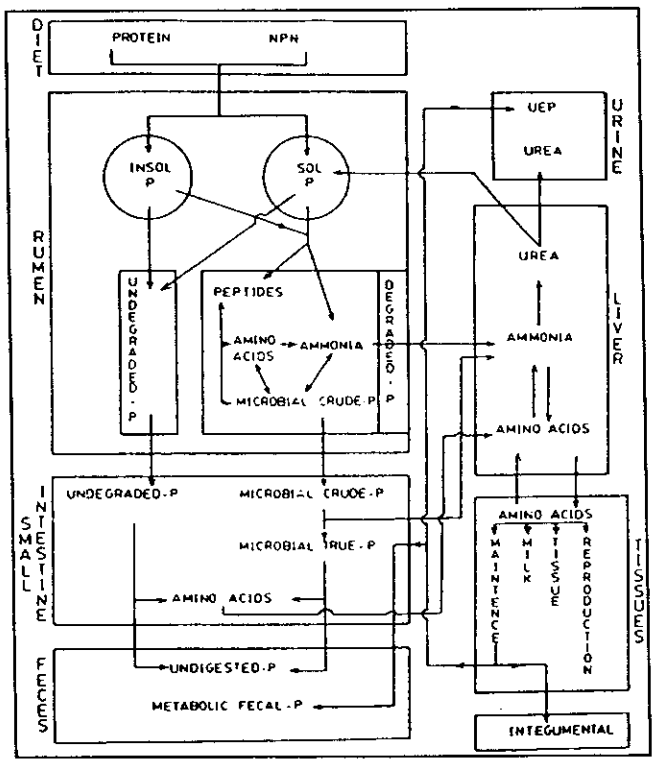


Figure 2.1 A schematic diagram of protein metabolism in the rumen

ที่มา: Chalupa (1984)

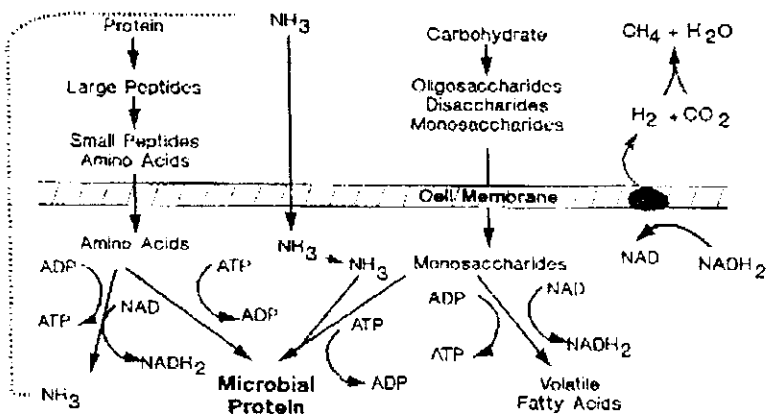


Figure 2.2 Utilization of protein and carbohydrates by rumen bacteria

ที่มา: Nocek and Russell (1988)

การนำใช้ประโยชน์โปรตีนที่ถูกย่อยสลาย เพื่อสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน

แอมโมเนียที่อยู่ในรูปของเหลวจากกระเพาะรูเมนรวมทั้งกรดแอมิโนอิสระ และเพปไทด์บางส่วนถูกจุลินทรีย์หลายกลุ่มนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อสังเคราะห์เป็นโปรตีนของจุลินทรีย์ (microbial protein synthesis) โปรตีนที่สังเคราะห์ได้เก็บสะสมในเซลล์ (microbial protein) ขั้นตอนในการดึงแอมโมเนียใน

การสังเคราะห์กรดแอมิโนโดยแบคทีเรีย (Figure 2.3) โดยแอมโมเนียถูกนำไปใช้ในกระบวนการ amination เพื่อสร้างกรดกลูตามิคก่อน แล้วกรดกลูตามิคจึงถูกนำไปใช้เป็นแหล่งของ amino group ในการสร้างกรดแอมิโนตัวต่างๆ ในการ transamination โดยทำปฏิกิริยากับ α-keto acid ซึ่ง α-keto acid เหล่านี้ได้จากการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน (ฉลอง, 2541) โดยจุลินทรีย์โปรตีนสร้างมาจากแอมโมเนีย 61 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือมาจากกรดแอมิโนและเพปไทด์อีก 39 เปอร์เซ็นต์ (Aharoni et al., 1991) นอกจากนี้พลังงาน ATP ที่สัตว์ได้รับจากการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมนก็เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญและจำเป็นต้องมีความสมดุลของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ประโยชน์ได้ในกระเพาะรูเมนต่อการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (Hoover and Strokes, 1991; Van Soest, 1994) จุลินทรีย์โปรตีนมีความสำคัญต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องมาก เนื่องจากเป็นแหล่งไนโตรเจนที่สัตว์จะย่อยแล้วดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ (NRC, 2001) บุญล้อม (2541ก) กล่าวว่า จุลินทรีย์โปรตีนที่ผลิตได้ในกระเพาะรูเมนจะเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี มี biological value (BV) ประมาณ 66-87 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับโปรตีนของสัตว์ และดีกว่าโปรตีนของพืชส่วนใหญ่ Nocek and Russell (1988) กล่าวว่าตัวที่จำกัดการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ที่สำคัญคือ พลังงาน ดังนั้น อาหารโคนมจึงต้องมีโภชนะทั้ง 2 อย่างแก่จุลินทรีย์อย่างเพียงพอ และในสัดส่วนที่เหมาะสมกันจึงจะทำให้การสังเคราะห์โปรตีนมีประสิทธิภาพสูงสุด และ Hungate (1966) ประมาณว่า 10-15 % ของคาร์โบไฮเดรตที่ถูกย่อยในรูเมนจะถูกนำไปสร้างเป็นแบคทีเรีย ซึ่งการสร้างจะมีประสิทธิภาพหรือไม่ขึ้นอยู่กับสัดส่วนที่พอเหมาะของไนโตรเจนกับปริมาณพลังงานที่ย่อยได้ง่ายในรูเมน พบว่าคาร์โบไฮเดรตที่มีพวกแป้งจะถูกย่อยสลายได้เร็วกว่าพวกที่มีสารเยื่อใยเป็นส่วนประกอบ

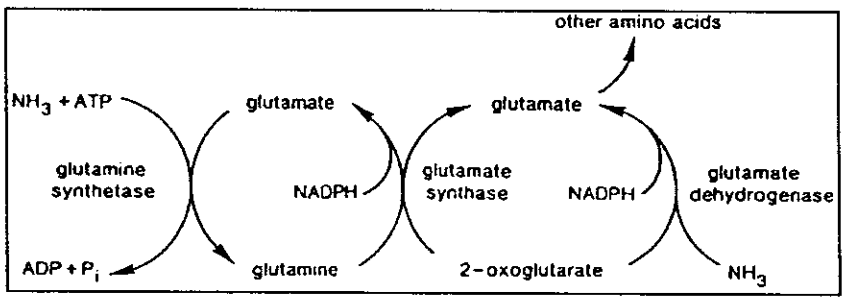


Figure 2.3 Two-step processes by which ammonia is assimilated by bacteria
ที่มา: Chalupa (1984)

การควบคุมระดับแอมโมเนียไนโตรเจนและการนำกลับไนโตรเจนเข้าสู่กระเพาะรูเมน (N-recycling in rumen)

ความเข้มข้นแอมโมเนียไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ข้อมูลทั้งการย่อยและการสังเคราะห์โปรตีน (Van Soest, 1994) โดยระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของแอมโมเนียสำหรับการเจริญเติบโตจุลินทรีย์ต่อการกินได้และการย่อยได้อาหาร อยู่ในช่วงประมาณ 85-300 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ต่ำกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีผลทำให้การเจริญเติบโตและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ลดลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์โปรตีนต่ำลง จะเกิดขึ้นในกรณีที่อาหารมีโปรตีนต่ำ หรือโปรตีนนั้นมีโปรตีนที่ไหลผ่านสูงเกินไป แต่ถ้ามีการย่อยอาหารโปรตีนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเกิน

กว่าอัตราการนำเอาแอมโมเนียไปสังเคราะห์โปรตีน แอมโมเนียที่มากเกินพอจะถูกดูดซึมผ่านผนังของกระเพาะรูเมนรวมทั้งส่วนที่ไหลผ่านไปที่ลำไส้เล็กสู่กระแสเลือด และส่งไปยังตับเพื่อเปลี่ยนเป็นยูเรีย (Van Soest, 1994) โดยอาศัย วัฏจักรยูเรีย (urea cycle หรือ Krebs-Henseleit cycle) ซึ่งเกิดการทำปฏิกริยาระหว่างแอมโมเนียกับคาร์บอนไดออกไซด์ (carboxylation of ammonia) และมีการเติมกลุ่มฟอสเฟตเข้าไปได้เป็น carbamoyl phosphate แล้วเข้าสู่วัฏจักรยูเรียต่อไป (พจน์ และคณะ, 2543) ทั้งนี้เพื่อลดพิษจากแอมโมเนียในเลือดสูงเกินไป อย่างไรก็ตาม ยูเรียบางส่วนอาจจะหมุนเวียนกลับ (nitrogen recycling) ไปใช้ประโยชน์อีกครั้งที่กระเพาะรูเมนได้ 2 ทาง (Van Soest, 1994) คือทางต่อมน้ำลาย (salivary gland) และการซึมผ่านทางผนังกระเพาะรูเมนโดยตรง ซึ่งเป็นการซึมผ่านโดยอาศัยกระบวนการแพร่ (simple diffusion) ส่วนที่เหลือ (ส่วนใหญ่) จะถูกขับถ่ายเป็นของเสียในปัสสาวะโดยการกรองที่ไต

ดังนั้นถ้าปริมาณโปรตีนที่กินได้ หรือโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในรูเมนมีมากเกินความต้องการประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จะลดลงเพราะปริมาณเกินความต้องการของสัตว์ และถูกกำจัดออกจากร่างกายผ่านทางกระบวนการ Urea cycle (Huber and Limin Kung, 1981) ซึ่งเป็นการสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์ และสร้างมลภาวะให้กับสิ่งแวดล้อม (Tamminga, 1992) และลดสมรรถภาพของระบบสืบพันธุ์ (Ferguson and Chalupa, 1989) อัตราการผสมติดลดลง และแสดงอาการไม่เป็นสัดมากขึ้น

การย่อยสลายอาหารโปรตีนในกระเพาะส่วนหลัง (lower gut)

สัตว์เคี้ยวเอื้องจะได้รับโปรตีนจาก โปรตีนจุลินทรีย์ (microbial protein) และโปรตีนจากอาหารที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (ruminal undegradable protein, RUP) หรือโปรตีนไหล่ผ่าน (by-pass หรือ escape protein) รวมทั้งโปรตีนที่ถูกขับออกจากแหล่งต่างๆ ภายในร่างกาย (endogenous secretions) ผ่านมาถึงกระเพาะจริง (abomasum) (NRC, 2001) การทำงานและผลิตน้ำย่อยออกมาจากกระเพาะส่วนนี้ มีความคล้ายคลึงกับสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องทั่วไป โดยอาหารถูกย่อยด้วยกรดเกลือ (hydrochloric acid, HCL) และ pepsinogen จากนั้นอาหารจึงผ่านเข้าไปสู่ยังลำไส้เล็ก (small intestine) และถูกคลุกเคล้าให้เข้ากับน้ำย่อยที่หลั่งออกมาจากลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenum) ตับ (liver) และตับอ่อน (pancreas) อาหารจะถูกย่อยโดยน้ำย่อย protease ย่อยโปรตีนให้ได้เป็นกรดแอมิโนอิสระและเพปไทด์ (Van Soest, 1994) ซึ่งกรดแอมิโนอิสระที่ได้จากการย่อยจะมีปนกันทั้ง D-isomer และ L-isomer หรือเรียกว่า racemic forms (บุญล้อม, 2541ข) แล้วกรดแอมิโนอิสระจะถูกดูดซึมเข้าไปใน epithelial cell ของลำไส้เล็กส่วนกลาง (jejunum) ต่อไป ส่วนเพปไทด์เกือบทั้งหมดถูกไฮโดรไลซ์ไปเป็นกรดแอมิโนโดยเอนไซม์ peptidase ในขณะที่มีการดูดซึม ส่วนอาหารที่ไม่ถูกย่อยและดูดซึมจะผ่านลงต่อมาถึงไส้ติ่ง (cecum) และลำไส้ใหญ่ (large intestine) ซึ่งจะมีกระบวนการหมักที่เกิดขึ้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของที่เกิดขึ้นในกระเพาะรูเมน (ฉลอง, 2541) แล้วส่วนที่เหลือจากการหมักย่อยสุดท้ายจะถูกขับออกมาทางมูล

การนำใช้ประโยชน์ไนโตรเจนที่ถูกดูดซึมในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

กรดแอมิโนอิสระที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีนในลำไส้เล็กถูกดูดซึมเข้าไปใน epithelial cell ของลำไส้เล็กแล้วถูกส่งผ่านเข้าสู่ระบบเลือด (portal blood) เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป โดยมีการขน

ถ่ายไปในรูป plasma proteins หรือในรูป free amino acid ไปเมทธาบอไลซ์ที่ตับ ไต และอวัยวะส่วนอื่นๆ โดยอาศัยปฏิกิริยาของขบวนการ transamination เป็นหลักในการสังเคราะห์กรดแอมิโน (บุญล้อม, 2541ข) ซึ่งจะใช้เป็นหน่วยการสร้าง (building block) โปรตีนของเนื้อเยื่อต่างๆ หรือสังเคราะห์สารประกอบไนโตรเจนหลายชนิด เช่น เบสของนิวคลีโอไทด์ต่างๆ เป็นต้น หรืออาจสังเคราะห์เป็นสารสื่อประสาท และฮอร์โมนในร่างกาย (พจน์ และคณะ, 2543) ส่วนโปรตีนในนม γ-casein, α-lactalbumin และ γ-lactoglobulin ส่วนใหญ่ถูกสังเคราะห์ขึ้นที่ต่อมน้ำนมจากกรดแอมิโนอิสระในระบบเลือดที่หมุนเวียน (Van Soest, 1994)

ผลของระดับโปรตีน การใช้อาหารโปรตีนและโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมนต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และผลผลิตน้ำนม

อาหารโปรตีนที่เหมาะสมมากที่สุดในการใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง ต้องมีประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์ไนโตรเจนเพื่อการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตสูงที่สุดต่อหน่วยของไนโตรเจนที่สัตว์ได้รับเข้าไป (Schwab, 1995) ดังนั้น ความต้องการโภชนะโปรตีนทั้งชนิด และปริมาณของสัตว์เคี้ยวเอื้องจึงต้องคำนึงถึงโปรดีน 2 ส่วนหลักคือ ส่วนที่หนึ่งคือ โปรตีนที่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (ruminal degradable protein, RDP หรือ degradable intake protein, DIP) ต้องมีปริมาณที่เหมาะสมคือ ตามความต้องการของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ที่ใช้ในการหมักร่วมกับอาหารคาร์โบไฮเดรต และส่วนที่สองคือ โปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (ruminal undegradable protein, UDP หรือ undegradable intake protein, UIP) ซึ่งจะเหมาะสมเพียงพอที่จะรวมกับโปรตีนของจุลินทรีย์ให้ได้สมดุลกรดแอมิโน ทำให้มีอัตราส่วนของโปรตีน และพลังงานตามความต้องการในการดูดซึมโภชนะไปใช้ประโยชน์ในตัวสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์ที่กำลังเจริญเติบโต และที่อยู่ในระยะแรกของการให้ผลผลิต โดยเฉพาะโคนมที่ให้ผลผลิตสูงมีความจำเป็นต้องได้รับโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมนเพิ่มสูงขึ้นด้วย (NRC, 2001) ดังนั้น การเพิ่มระดับโปรตีนไหลผ่านจะทำให้สัตว์ได้รับโปรตีนเพียงพอและมีประสิทธิภาพของการใช้โปรตีนดียิ่งขึ้น

จากการทดลองของ Moe and Tyrrell (1972) พบว่า โคนมที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกัน (15.9 และ 11.6% CP) โดยมีพลังงานเท่ากัน (isocaloric) การย่อยได้ของโปรตีน และพลังงานจะลดต่ำกว่าสูตรอาหารที่มีโปรตีนสูง ระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิ (NE) ก็ต่ำกว่า (Table 2.8) อาจเนื่องจากการย่อยได้ของโปรตีนต่ำ ซึ่งโปรตีนแท้ที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน มีความสำคัญต่อการเจริญ และการสร้างจุลินทรีย์โปรตีนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

Veira et al. (1980a, b) ศึกษาการใช้ประโยชน์ของโปรตีนในอาหารที่มีระดับการเพิ่มของโปรตีนในอาหาร (10.2, 12.2, 14.1 และ 16.7% CP) ในลูกโคนม Holstein เพศผู้ ใน 2 การทดลอง พบว่า ความเข้มข้นของ NH_3-N เพิ่มขึ้นในลักษณะเส้นตรง ขณะที่ความเป็นกรด-ด่าง และความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ไม่มีผลกระทบจากระดับโปรตีน (Veira et al., 1980a) สัมประสิทธิการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และไนโตรเจนเพิ่มขึ้นในในลักษณะเส้นตรงจาก 71.1-75.1% และ 61.6-72.2% ตามลำดับตามระดับการเพิ่มขึ้นของระดับโปรตีนในสูตรอาหาร (Veira et al., 1980b) ประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนในกระเพาะรูเมน จากการประเมินพบว่า มีค่าสูงสุดที่ระดับโปรตีน 14.1% CP (Veira et

al., 1980a) ขณะที่ Gabler and Heinrichs (2003) ศึกษาผลของการเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารที่มีระดับการเพิ่มของโปรตีนในอาหาร (11.9, 16.7, 18.1 และ 22.1% CP) ในโคสาวพันธุ์ Holstein ให้ได้รับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เท่ากัน (2.6 Mcal ME/kg DM) และได้รับอาหาร 2% BW พบว่าระดับสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน NH_3-N, PUN เพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง ความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ และสัดส่วนของ C_2:C_3 ไม่มีความแตกต่างกันจากผลของระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณการขับไนโตรเจนในปัสสาวะเพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้น ส่วนการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนพบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้น สรุปจากผลการทดลอง โคสาวพันธุ์ Holstein มีน้ำหนักตัวช่วง 153-196 กิโลกรัม กินอาหาร 2% BW ระดับโปรตีนในสูตรอาหารที่เหมาะสมคือ 16.7% ดีกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนระดับต่ำ (11.9%) หรือสูง (18.1 และ 22.1%) โดยไม่มีผลต่อสมรรถภาพของสัตว์

Table 2.8 Effect of increasing protein level on energy availability efficiency

Measurement	Protein level, %	
	15.9	11.6
Protein digestibility, %	69.2	54.5
Predicted DE, Mcal /kg DM	3.25	3.28
Actual DE, %	64.4	63.0
ME, Mcal /kg DM	2.63	2.47
ME/ DE, %	83.9	85.8
NE, Mcal /kg DM	1.55	1.44

ที่มา: Moe and Tyrrell (1972)

Arieli et al. (2005) ศึกษาผลของระดับโปรตีน (18 และ 15% CP) และอินทรียวัตถุที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน (56 และ 50% RDOM) ต่อผลผลิตน้ำนม และประสิทธิภาพในแพะลูกผสมซาเนน พบว่า ปริมาณอาหารที่กินได้ ผลผลิต และองค์ประกอบน้ำนม ค่าความเข้มข้นของกลูโคส ฮอร์โมน Insulin ความสามารถในการย่อยได้ของ DM และ OM ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ขณะที่ ความสามารถในการย่อยได้ของ CP, NH_3-N และ MUN เพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้น ($P<0.01$) สรุปจากผลการทดลอง อาหารที่มีระดับโปรตีน 15% CP (DM) เพียงพอต่อความต้องการของแพะรีดนม สอดคล้องกับ Clarke and Davis (1980) รายงานว่า ปริมาณน้ำนมเพิ่มสูงขึ้น ตอบสนองต่อระดับโปรตีนในรูปแบบเส้นตรง (linear response) เมื่อระดับโปรตีนในอาหารเพิ่มขึ้นจาก 13.5-16.5% CP ในสูตรอาหาร ทำนองเดียวกับ Moe and Tyrrell (1975) รายงานว่า ระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารมากกว่า 14% CP ทำให้ปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และเพิ่มในอัตราที่ลดลง และได้รับผลประโยชน์น้อยมาก เมื่อระดับโปรตีนในสูตรอาหารมากกว่า 17.5% CP (Grings et al., 1991) ดังนั้น ระดับโปรตีนในสูตรอาหารควรจะอยู่ในช่วงระหว่าง 13-16% CP ของวัตถุแห้ง (ใกล้เคียงกับของโคนม) (Morand-Fehr and Sauvant, 1980) อย่างไรก็ตาม ระดับโปรตีนในสูตรอาหารยังขึ้นกับชนิดของโปรตีน ผลผลิตน้ำนม และระยะการน้ำนมของแพะนม เพราะในช่วงต้นระยะการให้น้ำนม (early lactation) โดยเฉพาะในแพะที่

ผลผลิตสูงมีความสัมพันธ์กับระดับโปรตีนในสูตรอาหารเนื่องจากความอยากกินอาหารต่ำ และปริมาณการกินได้ของพืชอาหารสัตว์ลดลงในช่วงดังกล่าว นอกจากนี้ แพะมีความไวต่อแหล่งของโปรตีน (sources) จากการศึกษาพบว่า การใช้ไนโตรเจนจากโปรตีนไม่แท้ เช่น ยูเรีย (Fujihara and Tasaki, 1975) จะให้ผลดีเมื่อมีระดับคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้เร็วเพียงพอต่อความต้องการและสมดุลกัน (Huber and Herrera-Saldara, 1994) เช่น แป้ง และน้ำตาลชนิดต่างๆ ซึ่งจะทำให้มีการสังเคราะห์จุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ซึ่ง Nocek and Russell (1988) กล่าวว่า ตัวที่จำกัดการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ที่สำคัญคือ พลังงานที่ย่อยสลายได้อย่างรวเร็ว ดังนั้นอาหารโคนมจึงต้องมีโภชนะทั้ง 2 อย่าง แก่จุลินทรีย์อย่างเพียงพอ และในสัดส่วนที่เหมาะสมกันจึงจะทำให้การสังเคราะห์โปรตีนมีประสิทธิภาพสูงสุด ถ้าปริมาณโปรตีนที่กินได้ หรือโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในรูเมนมีมากเกินความต้องการไม่ได้ช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนม แต่เพิ่มระดับ milk urea nitrogen ในน้ำนม (Remond, and Journet, 1978) และประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จะลดลง เพราะปริมาณเกินความต้องการของสัตว์ และถูกกำจัดออกจากร่างกายผ่านทางกระบวนการ Urea cycle (Huber and Limin Kung, 1981) ซึ่งเป็นการสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์ และสร้างมลภาวะให้กับสิ่งแวดล้อม (Tamminga, 1992) และลดสมรรถภาพของระบบสืบพันธุ์ (Ferguson and Chalupa, 1989) อัตราการผสมติดลดลง และแสดงอาการไม่เป็นสัดมากขึ้น

ส่วนการศึกษาในประเทศไทย จากการศึกษาเบื้องต้นของ ศิริชัย และคณะ (2551) รายงานว่าคุณภาพน้ำนมดิบจากฟาร์มแพะใน จ. สงขลา มีอุณหภูมิ 32.3-34.7 มี pH 6.25-6.51 และมีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.02-1.03 ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Wasiksiri et al. (2010) ทำนองเดียวกับรายงานของมนทกานต์ (2553) ที่ศึกษาคุณลักษณะของน้ำนมแพะจากผู้ประกอบการใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ พบว่ามี pH อยู่ในช่วง 6.60-6.80 และมีองค์ประกอบทางเคมีคือ ไขมัน โปรตีน ของแข็งทั้งหมดเฉลี่ย 3.81, 3.73 และ 12.27% ตามลำดับ

จากรายงานการวิจัยที่กล่าวมา ข้อมูลระดับโปรตีนในแพะรีดนมลูกผสมโดยเฉพาะในประเทศไทยยังมีจำกัด และยังไม่มีข้อสรุปในผลของข้อมูลระดับโปรตีนในแพะรีดนมลูกผสมได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะผลที่เกิดขึ้นในช่วงการให้นม (lactation period) ดังนั้น จึงจำเป็นต้องศึกษาความต้องการระดับของโปรตีนในสูตรอาหารข้นต่อผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมในแพะรีดนม รวมทั้งปริมาณการกินได้ ความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะ และนิเวศวิทยาของกระเพาะรูเมนในแพะรีดนม

อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

1. สัตว์ทดลองและการจัดการ

สัตว์ที่ใช้ในการทดลองเป็นแพะนมลูกผสมที่มีระดับสายเลือดของพันธุ์ซาเนนประมาณ 75% (75% Saanen) จำนวน 8 ตัว ให้นมอยู่ในช่วงการให้นม (lactation number) ที่ 2 และ 3 ตามลำดับ เมื่อเริ่มทำการทดลองมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 50±3 กิโลกรัม และให้น้ำนมมาแล้ว (day in milk, DIM) เฉลี่ย 60± 10 วัน โดยสัตว์ทุกตัวได้รับการถ่ายพยาธิภายในตัว และวิตามิน AD_3E ก่อนเข้าทดลองอย่างน้อย 1 สัปดาห์ แพะถูกเลี้ยงในคอกเดี่ยวมีรางอาหาร และรางน้ำสะอาดแยกเฉพาะตัว และมีน้ำให้กินตลอดเวลาในแต่ละคอก

2. แผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบ Switch-back design โดยมีกลุ่มทดลอง (treatment) เป็นอาหารข้นสูตรต่างๆ ซึ่งมี 4 กลุ่มทดลอง คือ

อาหารทดลองที่ 1 (T1) อาหารข้นที่มีระดับโปรตีน 16%

อาหารทดลองที่ 2 (T2) อาหารข้นที่มีระดับโปรตีน 17%

อาหารทดลองที่ 3 (T3) อาหารข้นที่มีระดับโปรตีน 18%

อาหารทดลองที่ 4 (T4) อาหารข้นที่มีระดับโปรตีน 19%

โดยสุ่มให้แพะได้รับอาหารตามทรีทเมนท์ โดยอาหารข้นมีระดับโภชนาการต่างๆ ตามความต้องการของแพะตามคำแนะนำของ NRC (1981) อาหารข้นทุกสูตรมีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolisable energy, ME) ประมาณ 2.8-2.9 Mcal ME/kg DM (Table 3.1) หลังจากทำการผสมอาหารแล้ว ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารทั้ง 4 สูตร เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเพื่อหาปริมาณของโภชนะต่างๆ ต่อไป

3. อาหารและการให้อาหาร

การให้อาหารสัตว์ทดลอง แบ่งออกเป็น 2 ระยะดังนี้

3.1 ระยะปรับสัตว์ทดลอง (preliminary period) โดยให้อาหารหยาบแก่แพะนมทุกตัวแบบเต็มที่ร่วมกับการให้อาหารข้นที่มีอาหารทดลองประกอบ โดยให้ตามสัดส่วนของอาหารข้นต่อน้ำนม 1: 2 เป็นเวลา 14 วัน ก่อนเริ่มงานทดลองและมีน้ำสะอาดให้สัตว์กินตลอดเวลา

3.2 ระยะทดลอง (experimental period) แบ่งเป็น 3 ระยะการทดลองแต่ละระยะการทดลองใช้เวลา 21 วัน โดยให้อาหารหยาบแบบเต็มที่ และมีสัดส่วนการให้อาหารข้นทดลองต่อผลผลิตน้ำนมเป็น 1:2 โดยปริมาณอาหารข้นที่ให้ในแต่ละวันปรับตามปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้ในวันก่อนหน้านี้ 1 วัน โดยให้กินแบบอิสระ 2 ครั้ง/วัน 07.00 และ 16.00 น. บันทึกอาหารที่เหลือก่อนให้อาหารแต่ละครั้ง โดยให้เหลือประมาณ 15 % ของปริมาณที่กินได้

Table 3.1 Ingredient and nutrient composition of the treatments rations (% DM basis)

Composition	Dietary protein level (% CP) [1]			
	16% CP	17% CP	18% CP	19% CP
Ingredients, %				
Ground corn, GC	54.31	51.45	48.59	45.74
Palm kernel meal, PKM	10.00	10.00	10.00	10.00
Soybean meal, SM	19.69	22.55	25.41	28.26
Rice bran, RB	10.00	10.00	10.00	10.00
Molasses	3.00	3.00	3.00	3.00
Dicalcium phosphate	1.0	1.0	1.0	1.0
Mineral mix [a]	1.00	1.00	1.00	1.00
Salt	1.00	1.00	1.00	1.00
Total	100.0	100.0	100.0	100.0
Estimated nutrients (%)				
CP	16	17	18	19
TDN,[2, 3] %	82.5	80.4	79.1	77.5
ME, Mcal/kg DM [4]	2.89	2.86	2.85	2.84
Cost, bath/kg	11.42	11.58	11.75	11.92

[1] T1 = 16% CP, T2 = 17% CP T3 = 18% CP, T4 = 19% CP,

[a] Minerals and vitamins (each kg contains): Vitamin A: 10,000,000 IU; Vitamin E: 70,000 IU; Vitamin D: 1,600,000 IU; Fe: 50 g; Zn: 40 g; Mn: 40 g; Co: 0.1 g; Cu: 10 g; Se: 0.1 g; I: 0.5 g.

[2] Calculated from ingredients

[3] Total digestible nutrients

[4] Metabolizable energy (ME) = TDN*0.04409*0.82.

4. การเก็บข้อมูลและการเก็บตัวอย่าง

4.1 ทำการบันทึกปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ และอาหารข้น ตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยชั่งน้ำหนักและบันทึกอาหารที่เหลือในวันถัดไป แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน

4.2 บันทึกปริมาณน้ำนมที่ได้จากแพะนมแต่ละตัว (รีดด้วยมือ) ในตอนเช้า และตอนเย็นทุกวัน ตลอดการทดลอง และใช้เป็นค่าปรับปริมาณการให้อาหารข้นในวันถัดไป

4.3 เก็บตัวอย่างอาหารข้น และอาหารหยาบ ในระหว่างการทดลองทุกๆ ระยะ การทดลอง โดยตัวอย่างอาหารแต่ละชนิดแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมงเพื่อหาวัตถุแห้ง (dry matter) และส่วนที่เหลือนำมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสนาน 48 ชั่วโมง และบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. เก็บไว้ในภาชนะที่ปิดมิดชิดเพื่อรอวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง เถ้า (ash) โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) ตามวิธีการของ AOAC (1990) และวิเคราะห์ส่วนประกอบของ เยื่อใย ได้แก่ ผนังเซลหรือเยื่อใยที่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) และ เซลยูโลลิกนิน หรือเยื่อใยที่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid-detergent fiber, ADF) ตามวิธีการของ Goering and Van Soest (1970) และวิเคราะห์หาเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid-insoluble ash, AIA) โดยใช้ 2N HCl ตามวิธีการของ Van Keulen and Young (1977)

4.4 เก็บตัวอย่างมูลทุกตัวในแต่ละระยะการทดลองในช่วง 3 วันสุดท้ายติดต่อกันโดยสุ่มเก็บในช่วงเช้า โดยวิธีการล้วงเก็บทางทวารหนัก (rectal sampling) แล้วนำมารวมกัน ในปริมาณที่เท่ากัน ก่อนนำตัวอย่างมูลอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสนาน 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาบดผ่าน

ตะแกรงขนาด 1 มม. เก็บไว้ในภาชนะที่มิดชิดเพื่อรอนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ตามรายละเอียดในข้อ 4.3

4.5 แพะทุกตัวจะได้รับการชั่งน้ำหนักช่วงปรับการทดลอง และก่อนเริ่มการทดลองในแต่ละระยะทดลอง เพื่อคำนวณหาปริมาณการกินได้ในหน่วยเปอร์เซนต์น้ำหนักตัว (body weight, %BW) และหน่วยกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว ($g/kgW^{0.75}$)

4.6 ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมน (rumen fluid) ของสัตว์ทดลองแต่ละกลุ่มทดลอง ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงของการให้อาหาร โดยวิธีการใช้ stomach tube ร่วมกับ vacuum pump ในวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลองปริมาณ 100 มล. นำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างทันทีโดยใช้ pH meter (HANNA instruments HI 98153 microcomputer pH meter) และหลังจากนั้น แบ่งของเหลวจากกระเพาะหมักออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 สุ่มเก็บประมาณ 40 มิลลิลิตร เติม 1M H_2SO_4 จำนวน 1 มิลลิลิตรต่อของเหลวจากรูเมน 10 มิลลิลิตร เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ นำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยความเร็ว 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอาเฉพาะส่วนที่ใส (supernatant) เก็บไว้ประมาณ 20-35 มิลลิลิตร นำไปเก็บในตู้แช่แข็งอุณหภูมิประมาณ –20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-nitrogen, NH_3-N) วิธีการกลั่น (Bremner and Keeney, 1965) โดยใช้เครื่อง KJELTEC AUTO 1030 Analyzer และของเหลวอีกส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์หากรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (total volatile fatty acid, TVFA) และกรดไขมันระเหยได้ที่สำคัญได้แก่ กรดอะซีติก (acetic acid, C_2) กรดโพรพิออนิก (propionic acid, C_3) และกรดบิวทีริก (butyric acid, C_4) โดยใช้เครื่อง HPLC (Hewlett Packard) ประกอบด้วย water 510 pump (Millipore), UV Detector 210nm., ODS reverse phase column (5μ, 40x250mm) ดัดแปลงตามวิธีการของ Samuel et al. (1997)

ส่วนที่ 2 ทำการสุ่มเก็บ 1 มิลลิลิตร เติม 10% formaldehyde 9 มิลลิลิตร เพื่อนำไปตรวจนับประชากรจุลินทรีย์ (total direct count) ได้แก่ แบคทีเรีย (bacteria) โปรโตซัว (protozoa) และเชื้อรา (fungi) โดยใช้ Haemacytometer ขนาด 400 ช่อง (haemacytometer มีขนาด ก x ย x ล = 1x1x0.1 mm) โดยทำการนับแบคทีเรีย 20 ช่องเล็กในแนวทะแยงมุม โดยนับ 2 ซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ยตามวิธีการของ Galyean (1989) ส่วนโปรโตซัวและเชื้อราทำการนับ 1 ช่องใหญ่ โดยทำการนับทั้งหมด 25 ช่องกลาง โดยทำการนับโปรโตซัวและ zoospores ในการนับใช้กล้องจุลทรรศน์ (Olympus BX51TRF, No. 2B04492, Olympus optical Co. Ltd., Japan) ใช้กำลังขยายดังนี้ แบคทีเรียและเชื้อราใช้กำลังขยาย 400 เท่า (40x) โปรโตซัวใช้กำลังขยาย 100 เท่า (10x) ทำการนับ 2 ซ้ำ เช่นเดียวกันเพื่อหาค่าเฉลี่ยของประชากร

4.5 เก็บตัวอย่างเลือด ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงของการให้อาหารของวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลอง โดยเก็บจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vein) ปริมาณ 3 มล. ใส่หลอดที่มีเฮพพารีน (heparinized) เพื่อป้องกันไม่ให้เลือดแข็งตัว ห ลังจากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที ใช้เวลา 10 นาทีและเก็บส่วน plasma ใส่ตู้เย็นแช่แข็งที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาวิเคราะห์หาระดับยูเรียในเลือด (blood urea-nitrogen, BUN) (Crocker, 1967)

สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร

4.6 การเก็บตัวอย่างน้ำนม สุ่มเก็บ 2 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลองติดต่อกัน โดยเก็บในตอนเช้า และตอนเย็น แล้วนำมารวมเข้าด้วยกันตามสัดส่วนของน้ำนมที่ได้ เก็บไว้ในขวดที่มี potassium dichromate 250 มิลลิกรัม เพื่อรักษาสภาพของน้ำนมและเก็บในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเพื่อรอวิเคราะห์หาองค์ประกอบที่สำคัญได้แก่ โปรตีน ไขมัน แลคโตส ของแข็งทั้งหมด และของแข็งที่ไม่รวมไขมันด้วยเครื่อง Milk Analyzer (Lacto Scan, Model 3510) และกรดไขมันในน้ำนมด้วยวิธี Gas chromatography โดยสกัดไขมันด้วยคลอโรฟอร์ม: เมธานอล (2:1) (Lepage and Roy, 1986) ทำเมธิลเลชั่นด้วยกรดไฮโดรคลอริก และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC HP 6890N โดยใช้ Frame ionization detector

4.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ข้อมูลต่าง ๆ จากการทดลอง ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ Switch-back design โดยใช้ Proc GLM เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอาหารทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ตามวิธีการของ Steel and Torrie (1980) ดังสมการต่อไปนี้

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_{k(i)} + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = ค่าสังเกตจาก treatment combinationที่ I, j, ซ้ำที่ k เมื่อ k = 1,..., r

μ = ค่าเฉลี่ยประชากรปัจจัยการทดลอง (overall mean)

α_i = อิทธิพลเนื่องจากลำดับการจัดเรียงทรีทเมนต์ (sequence) ที่ระดับ i เมื่อ i = 1,...a

β_j = อิทธิพลเนื่องจากปัจจัยช่วงเวลา (period) ที่ระดับ j เมื่อ j = 1,...b

$\alpha\beta_{ij}$ = อิทธิพลร่วมเนื่องจากปัจจัย sequence และ period ที่ระดับ ij

$\delta_{k(i)}$ = Main plot error หรือ animal with sequence error

ε_{ijk} = ค่าความคลาดเคลื่อนของการสุ่มหน่วยทดลอง (sub plot error)

5. ระยะเวลาทำการวิจัย

ใช้เวลาทดลอง 1 ปี ตั้งแต่เดือน กันยายน 2553 - เดือนกรกฎาคม 2554

ผลการทดลอง และวิจารณ์

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้ารูซี่ และอาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหญ้ารูซี่สด (fresh ruzi grass) และอาหารข้นที่มีโปรตีนระดับต่างๆ แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ อาหารที่มีโปรตีน 16, 17, 18 และ 19 เปอร์เซ็นต์ (Table 4.1) พบว่าหญ้ารูซี่สดมีวัตถุแห้ง 33.32 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคิดเปอร์เซ็นต์โภชนะบนฐานวัตถุแห้ง ประกอบด้วยอินทรียวัตถุ 93.38 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 7.37 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 1.30 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 6.62 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง 17.06 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 67.65 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 44.67 เปอร์เซ็นต์ และลิกนิน 5.30 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับการศึกษาของรำไพร และคณะ (2547) รายงานว่า ส่วนประกอบทางเคมีของหญ้ารูซี่มีปริมาณโปรตีนหยาบ 7.5 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณเถ้า เยื่อใยหยาบ เยื่อใย NDF และ ADF ค่อนข้างสูง คือ 13.1, 30.8, 64.4 และ 46.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่มีปริมาณไขมัน และลิกนิน (ADL) ในปริมาณไม่มากนัก คือ 1.41 และ 5.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ พิมพาพร และคณะ (2543) รายงานว่า มีโปรตีนหยาบ และอินทรียวัตถุที่ย่อยง่ายสูงกว่า คือ 10.0 และ 31.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้คุณค่าของพืชอาหารสัตว์อาจเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ฤดูกาล อายุ ความถี่ของการตัด ระดับของปุ๋ย และปัจจัยแวดล้อมที่พืชอาศัยอยู่ ซึ่งส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน สอดคล้องกับเกียรติศักดิ์ (2536) ที่รายงานว่า หญ้ารูซี่จะมีระดับโปรตีนสูงเมื่อหญ้าอายุน้อย และลดลงเมื่อหญ้าอายุมากขึ้น การนำไปใช้ประโยชน์จะต้องไม่เกินอายุ 12 สัปดาห์หลังปลูก เพราะถ้าอายุมากกว่านี้ระดับโปรตีนจะลดลงมากจนอาจมีผลกระทบต่อการกินได้ของสัตว์ (สายัณห์, 2548) โดยปกติพืชจะมีคุณค่าอาหารสูงในช่วงที่กำลังเจริญเติบโต และจะลดลงเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น ทั้งนี้พืชที่แก่จะมีปริมาณของโปรตีนรวม คาร์โบไฮเดรต และฟอสฟอรัสลดลง และมีเยื่อใยรวม เซลลูโลส และลิกนินเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างลำต้นและใบ และการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีในส่วนต่างๆ ของพืช (นิวัติ, 2543)

Table 4.1 Nutrient composition of the experimental diets and ruzi grass (% DM basis)

Nutrient composition	Dietary protein level (% CP)[1]				Ruzi grass
	16% CP	17% CP	18% C)	19% CP	
DM[2]	91.2	90.3	90.1	90.3	33.32
Ash	5.31	5.30	5.29	5.28	6.62
OM	94.69	94.7	94.71	94.72	93.38
CP	16.27	17.47	18.40	19.43	7.37
EE	4.12	4.24	4.96	5.12	1.30
NSC [3]	54.99	53.84	52.56	51.61	17.06
NDF	19.31	19.15	18.79	18.56	67.65
ADF	6.67	6.54	6.43	6.12	44.67
ADL	1.75	1.82	1.87	1.90	5.30
Hemicellulose[4]	12.64	12.61	12.36	12.44	22.98
Cellulose[5]	4.92	4.72	4.56	4.22	39.37

[1] Treatments = 16% CP, 17% CP, 18% CP, 19% CP

[2] DM: dry matter; OM: organic matter; CP: crude protein; EE: ether extract; NSC: Non-structural carbohydrate; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber

[3] Estimated: NSC = 100-(CP+NDF+EE+Ash) (Nocek and Russell, 1988), [4] Estimated: Hemicellulose = NDF-ADF. [5] Estimated: Cellulose = ADF-ADL

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 4 ระดับคือ 16, 17, 18 และ 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าอินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส มีค่าอยู่ในช่วง 94.69-94.72 เปอร์เซ็นต์ 16.27-19.43 เปอร์เซ็นต์ 4.12-5.12 เปอร์เซ็นต์ 5.28-5.31 เปอร์เซ็นต์ 51.61-54.99 เปอร์เซ็นต์ 18.56-19.31 เปอร์เซ็นต์ และ 6.12-6.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารข้นเพิ่มขึ้นตามสูตรอาหาร และใกล้เคียงกับค่าที่คำณวน ในขณะที่เปอร์เซ็นต์เถ้า ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลสมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาไขมันรวมพบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ขณะที่คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างลดลง ที่เป็นเช่นนี้ อาจเนื่องจากมีกากถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมเพิ่มขึ้นในสูตรอาหารข้นที่มีระดับโปรตีนสูง (Table 3.1) ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบของไขมันรวมสูงกว่าข้าวโพดบดที่นิยมใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์ และเมื่อเปรียบเทียบสูตรอาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน พบว่าราคาอาหารข้นเพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (11.42, 11.58, 11.75, และ 11.92 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ)

4.2 ปริมาณการกินได้ของอาหาร

ผลของระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้นต่างกัน (16, 17, 18 และ 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระ (voluntary feed intake, VFI) ของวัตถุแห้งของอาหารในแพะรีดนมลูกผสมแต่ละกลุ่มที่ได้รับหญ้ารูซี่สดเป็นแหล่งอาหารหยาบ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ทั้งในแง่ของปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ (kg/d, %BW และ g/kg $W^{0.75}$) ปริมาณการกินได้ของอาหารข้น และปริมาณการกินได้ทั้งหมดทั้งที่คิดเป็นปริมาณเฉลี่ย (kg/d) และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (%BW) หรือกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแมแทบอลิก (g/kg $W^{0.75}$) ของทุกกลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) (Table 4.2) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับแนวโน้มของปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้

Table 4.2 Least square means for feed intake and nutrient intake affected by increasing dietary protein level of dairy goats fed on ruzi grass as a roughage

Attribute	Dietary protein level (DM basis)[1]					Contrast P-value[2]		
	16% CP	17% CP	18% CP	19% CP	SEM	L	Q	C
DMI, kg/d								
Ruzi grass, kg/d	0.520	0.534	0.541	0.546	0.01	NS	NS	NS
%BW	1.01	1.05	1.11	1.21	0.07	NS	NS	NS
g/kg $W^{0.75}$	27.10	28.15	29.47	31.43	1.60	NS	NS	NS
Concentrate, kg/d	0.758	0.966	0.872	0.718	0.12	NS	NS	NS
%BW	1.48	1.92	1.77	1.59	0.21	NS	NS	NS
g/kg $W^{0.75}$	39.71	51.23	46.86	41.16	5.71	NS	NS	NS
Total DMI, kg/d	1.27	1.50	1.41	1.26	0.12	NS	NS	NS
%BW	2.50	2.98	2.88	2.80	0.23	NS	NS	NS
g/kg $W^{0.75}$	66.81	79.38	76.33	72.60	5.63	NS	NS	NS
OM Intake, g/d	1204.75	1416.33	1330.24	1188.21	115.51	NS	NS	NS
CP intake, g/d	160.74	208.65	201.05	181.07	21.54	NS	NS	NS
NDF intake, g/d	556.79	608.87	581.23	574.18	30.45	NS	NS	NS
ADF intake, g/d	286.15	308.10	299.29	288.94	9.67	NS	NS	NS

[1]Treatments = 16% CP, 17% CP, 18% CP, 19% CP.
[a-b] Within rows not sharing a common superscripts are significantly different ($P<0.05$)
[2]L = linear, Q = quadratic, C = cubic.
SEM = Standard error of the mean (n = 6)

แม้ว่ากลุ่มที่ 4 ที่ได้รับระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้นสูง (19 เปอร์เซ็นต์) เมื่อคิดเป็นหน่วยใน 2 กรณีหลังจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 2 และ 3 แต่มีค่าใกล้เคียงกันกับกลุ่มที่ 1 (16 เปอร์เซ็นต์) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ปริมาณการกินได้ของอาหารข้นลดลงแต่ไม่แตกต่างกัน (P>0.05)

ทำนองเดียวกับปริมาณอินทรีย์วัตถุ โปรตีน ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลสที่กินได้ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า อาหารที่มีระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้นต่างกัน (16, 17, 18 และ 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระ หรือสมรรถภาพของสัตว์ด้อยลง โดยปริมาณการกินได้ทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 1.26-1.50 กิโลกรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน ใกล้เคียงกับรายงานของ Arieli et al. (2005) ที่ศึกษาผลของระดับโปรตีน (16 และ 18% CP) และสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน (50 และ 56% RDOM) ในแพะลูกผสมซาเนน มีค่าเฉลี่ย 1.3 kg/day อย่างไรก็ตาม ปริมาณการกินได้ของอาหารมีปัจจัยอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง และมีผลต่อปริมาณการกินได้ เช่น ลักษณะอาหาร รสชาด ความน่ากิน พลังงานในอาหาร การย่อยได้ และการให้ผลผลิต (ฉลอง, 2541) โดยเฉพาะปริมาณและคุณภาพของโปรตีนที่มีผลต่อปริมาณการกินได้ และกระทบถึงโภชนะที่ได้รับด้วย หากปริมาณการกินได้ต่ำก็จะส่งผลให้โภชนะที่ได้รับต่ำไปด้วย (Oldham, 1984)

4.3 ความสามารถในการย่อยได้ และปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ในอาหาร

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DM) อินทรียวัตถุ (OM) โปรตีน (CP) การย่อยได้ของ NDF และ ADF ของแพะรีดนมทุกกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีโปรตีนระดับต่างๆ ในสูตรอาหาร (16, 17, 18 และ 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (Table 4.3) ปรากฏว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (DM, OM, NDF และ ADF) ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ในขณะที่ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนของแพะรีดนมที่ได้รับอาหารข้นที่มีโปรตีน 19 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนสูงกว่าแพะรีดนมที่ได้รับอาหารข้นที่มีโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนมีค่าเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นตรง (L: P=, 0.04) ตามการเพิ่มขึ้นของระดับโปรตีนในสูตรอาหาร

Table 4.3 Least square means for apparent digestibility affected by increasing level of protein of dairy goats fed on ruzi grass as a roughage

Attribute	Dietary protein level (DM basis)[1]					Contrast P-value[2]		
	16% CP	17% CP	18% CP	19% CP	SEM	L	Q	C
Apparent digestibility, %								
DM	72.50	74.28	73.80	72.64	0.82	NS	NS	NS
OM	74.44	75.90	75.46	74.55	0.80	NS	NS	NS
CP	64.92[b]	71.07[ab]	72.77[ab]	73.60[a]	1.96	0.04	NS	NS
NDF	58.40	58.44	59.60	61.75	1.00	NS	NS	NS
ADF	52.33	53.35	53.45	54.76	1.18	NS	NS	NS
Digestible nutrient intake, g/d								
DOM	905.43	1082.21	1004.22	888.46	91.64	NS	NS	NS
DCP	106.51	150.11	146.49	135.74	16.03	NS	NS	NS
DNDF	324.84	356.49	345.93	354.79	16.71	NS	NS	NS
DADF	149.34	164.30	160.20	159.67	6.59	NS	NS	NS
Estimated energy intake[3]								
ME Mcal/d	3.43	4.11	3.81	3.37	0.34	NS	NS	NS
ME Mcal/kg DM	2.66	2.71	2.69	2.66	0.03	NS	NS	NS

[1]Treatments = 16% CP, 17% CP, 18% CP, 19% CP

[a-b] Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05)

[2]L = linear, Q = quadratic, C = cubic

SEM = Standard error of the mean (n = 6), [3]1 kg DOM = 3.8 Mcal ME/kg (Kearl, 1982)

เมื่อพิจารณาปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้รวมของแพะรีดนมที่ได้รับอาหารข้นทั้ง 4 สูตร พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมดไม่แตกต่างกัน และจุลินทรีย์ได้รับพลังงาน และไนโตรเจน (N) เพียงพอต่อกระบวนการหมักภายในกระเพาะรูเมน และจากการคำนวณพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) ในหน่วยเมกกะแคลอรี่ต่อวัน (Mcal/d) และหน่วยเมกกะแคลอรี่ต่อกิโลกรัม (Mcal/kg) พบว่า แพะรีดนมทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4.4 กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และเมแทบอไลท์ในเลือด

ผลของระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้นต่างกัน (16, 17, 18 และ 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-nitrogen, NH_3-N) ยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (blood urea nitrogen, BUN) กลูโคสในกระแสเลือด และปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (Table 4.4) การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างหรือ pH ภายในกระเพาะรูเมนของแพะในแต่ละช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร พบว่าค่า pH ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่า pH ตามช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร พบว่า ค่า pH ลดต่ำลง (6.24-6.35) ในชั่วโมงที่ 4 หลังการให้อาหาร แต่ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) อาจเนื่องมาจากเกิดกระบวนการหมักสูงสุดในชั่วโมงที่ 4 หลังการให้อาหาร ซึ่งสัมพันธ์กับอัตราการหมักอย่างรวดเร็วของปริมาณอาหารที่กินในแต่ละวัน และความสัมพันธ์ของสัดส่วนของอาหารหยาบและอาหารข้นในสูตรอาหาร (Gabler and Heinrichs, 2003)

Table 4.4 Least square means for rumen fermentation characteristics and blood metabolized affected by increasing level of protein of dairy goats fed on ruzi grass as a roughage

Attribute	Dietary protein level (DM basis)[1]					Contrast P-value[2]		
	16% CP	17% CP	18% CP	19% CP	SEM	L	Q	C
Ruminal pH								
0 h-post feeding	6.90	6.82	6.81	6.93	0.13	NS	NS	NS
4	6.24	6.28	6.31	6.35	0.06	NS	NS	NS
Mean	6.57	6.55	6.56	6.64	0.09	NS	NS	NS
NH_3-N, mg/dl								
0 h-post feeding	16.70^{b}	18.23^{ab}	18.61^{ab}	20.97^{a}	1.06	0.05	NS	NS
4	16.65^{b}	18.37^{b}	19.43^{ab}	21.73^{a}	0.69	0.03	NS	NS
Mean	16.67^{b}	18.30^{ab}	19.02^{ab}	21.35^{a}	0.85	0.02	NS	NS
BUN, mg/dl								
0 h-post feeding	15.45^{b}	18.49^{ab}	17.80^{ab}	19.98^{a}	0.95	0.02	NS	NS
4	18.36^{b}	20.93^{ab}	20.87^{ab}	23.45^{a}	1.06	0.02	NS	NS
Mean	16.91^{b}	19.71^{ab}	19.34^{ab}	21.72^{a}	0.95	0.04	NS	NS
GLU, mg/dl								
0 h-post feeding	62.47	66.24	65.40	63.97	1.62	NS	NS	NS
4	63.81	68.79	67.55	67.81	2.75	NS	NS	NS
Mean	63.14	67.51	66.48	65.89	2.09	NS	NS	NS
PCV (%)								
0 h-post feeding	27.59	27.65	29.46	30.78	1.09	NS	NS	NS
4	28.63	28.94	29.51	31.07	1.27	NS	NS	NS
Mean	28.10	28.45	29.67	30.51	1.15	NS	NS	NS

[1]Treatments = 16% CP, 17% CP, 18% CP, 19% CP

[a-b] Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05)

[2]L = linear, Q = quadratic, C = cubic

SEM = Standard error of the mean (n = 6)

อย่างไรก็ตาม ในการทดลองครั้งนี้พบว่าระดับความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยอยู่ในช่วงปกติ โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของความเป็นกรด-ด่างค่อนข้างคงที่ (6.55-6.64) ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเยื่อใย (Hoover, 1986) และการย่อยของโปรตีน (6.0-7.0) (Hungate, 1969)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ภายในกระเพาะรูเมน พบว่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนภายในกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารและค่าเฉลี่ยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และยังมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบเป็นเส้นตรง (linear contrast) ($P=.05$, .03 และ .02 ตามลำดับ) ตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารข้น สอดคล้องกับรายงานของ Gabler and Heinrichs (2003) รายงานว่า NH_3-N และ BUN เพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้น โดยค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนภายในกระเพาะรูเมนในแพะกลุ่มที่ 4 (ระดับโปรตีน 19%) มีค่า NH_3-N สูงกว่ากลุ่มที่ 1 (ระดับโปรตีน 16%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อาจเนื่องมาจากปริมาณการกินได้ของโปรตีนเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความเข้มข้นของ NH_3-N ปกติจะผันแปรขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อายุ อาหาร ความสามารถในการย่อยสลายของโปรตีน และปริมาณโปรตีนที่กินได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Tan et al. (2000) รายงานว่า ค่าความเข้มข้น NH_3-N ของของเหลวในกระเพาะรูเมนของแกะ จะมีค่าแตกต่างกันตามอัตราส่วนการเสริมระดับโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลาย (เฉลี่ยเท่ากับ 16.4-32.3 mgN/100 ml) และ Bruckental et al. (2000) รายงานว่า การเพิ่มระดับโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลาย 38 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารโคนม จะเป็นผลทำให้ค่าความเข้มข้น NH_3-N ของของเหลวในกระเพาะรูเมนของโคนมลดต่ำกว่ากลุ่มควบคุม

ในการทดลองครั้งนี้ค่าความเข้มข้นของ NH_3-N มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในช่วง 16.67-21.35 mg/dl แม้ว่าค่า NH_3-N มีค่าแตกต่างกัน แต่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปกติในแพะ ซึ่งค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในการทดลองครั้งนี้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม 10-30 mg/dl (Ferguson et al., 1993) สำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน ทำนองเดียวกับ Preston and Leng (1987) รายงานว่าระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 5-25 mg/dl เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ทำนองเดียวกับค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (BUN) พบว่าค่ายูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และยังมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบเป็นเส้นตรง (linear contrast) ($P=.02$, .02 และ .04 ตามลำดับ) ตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารข้น แม้ว่าค่า BUN มีค่าแตกต่างกัน แต่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปกติในแพะ สอดคล้องกับ Lloyd (1982) รายงานว่า ระดับปกติของ BUN ในแพะอยู่ในช่วง 11.2-27.7 mg/dl ซึ่งค่าความเข้มข้นของ BUN ปกติจะผันแปรขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อายุ อาหาร ปริมาณโปรตีนที่กินได้ และโดยเฉพาะระดับของ NH_3-N ในกระเพาะรูเมน ดังนั้น การเพิ่มของระดับ NH_3-N ในกระเพาะรูเมน มีผลต่อการเพิ่มของระดับ BUN ในกระแสเลือด สอดคล้องกับ Preston et al. (1965) รายงานว่า ค่าของ BUN มีสหสัมพันธ์สูง (highly correlation) กับปริมาณโปรตีนที่กินได้ และสัมพันธ์กับระดับการผลิตแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน (Kung and Huber, 1983) ซึ่ง Higginbotham et al. (1989) รายงานว่าระดับของ BUN และ NH_3-N ในกระเพาะรูเมนมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด โดยถ้าการย่อยสลายโปรตีนให้ได้เป็น NH_3-N มากขึ้น ก็จะมีการดูดซึม

ผ่านกระเพาะรูเมนเข้าสู่กระแสเลือดได้มากขึ้นด้วย ทำให้ระดับความเข้มข้นของ BUN ในกระแสเลือดเพิ่มมากขึ้น เมธา (2533) รายงานว่าระดับความเข้มข้นของ BUN ในกระแสเลือดของสัตว์เคี้ยวเอื้องปกติจะอยู่ระหว่าง 6.3-25.5 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ เนื่องจากร่างกายของสัตว์สามารถนำ BUN ในกระแสเลือดกลับมาใช้ได้ใหม่ ไม่ว่าจะโดยวิธีการดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมน หรือผ่านทางน้ำลาย จึงไม่สามารถระบุระดับความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดว่าระดับใดที่ทำให้สัตว์อยู่ในสภาวะที่ได้รับไนโตรเจนต่ำกว่าความต้องการ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของเลือดของแพะทดลอง โดยการเจาะเก็บเลือดจากเส้นเลือดดำที่เวลา 0 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร พบว่า แพะทั้ง 4 กลุ่ม มีค่ากลูโคสในกระแสเลือดที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 63.14-67.51 mg/dl และมีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติในแพะ คือ 50 to 75 mg/dL (2.77 to 4.16 mmol/L) (Kaneko, 1980) และในแกะ 50-80 mg/dL (Kaneko, 1989) ทำนองเดียวกับค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวมไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 28.10-30.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ใกล้เคียงกับรายงานของ Chanjula et al. (2007a, b) รายงานว่า ค่า PCV ของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยเพศผู้ (พื้นเมือง–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 28.00-29.87 และ 27.90-28.95% ตามลำดับ ในการศึกษาทดลองครั้งนี้พบว่าค่า PCV อยู่ในเกณฑ์ปกติที่รายงานโดย Jain (1993) รายงานว่า ค่า PCV ที่ปกติของแพะอยู่ในช่วง 22-38% ซึ่งค่า PCV หรือค่าฮีมาโตคริต (hematocrit) เป็นดัชนีที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ใช้วินิจฉัยหรือประเมินความสมบูรณ์ของร่างกายแพะและสุขภาพสัตว์เบื้องต้นว่า สัตว์มีความผิดปกติของเลือดหรือไม่ โดยหากค่า PCV ต่ำกว่าค่าปกติ สัตว์จะมีอาการของโรคโลหิตจาง (anemia) ในทางตรงกันข้ามหากค่า PCV สูงกว่าค่าปกติ สัตว์จะมีอาการของโรคโพลีซัยธีเมีย (polycythemia) ซึ่งเกิดจากการสร้างเม็ดเลือดแดงที่มากผิดปกติ (Jain, 1993)

4.5 จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์เชื้อรา ในของเหลวจากกระเพาะรูเมน

จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์เชื้อราในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับหญ้ารูซี่สดเสริมด้วยอาหารข้นระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้นต่างกัน (16, 17, 18 และ 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (Table 4.5) พบว่าจำนวนประชากรของแบคทีเรีย และเชื้อราในกระเพาะรูเมนของแพะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.58-1.66x10^{10}, 2.78-3.57x10^{5} cell/ ml และ 2.33-2.90x10^{5} cell/ ml ตามลำดับ และสอดคล้องกับ Bryant and Robinson (1961); Hungate (1966) รายงานว่าประชากรของแบคทีเรีย และเชื้อราในกระเพาะรูเมน มีค่าอยู่ในช่วง 10^{10}-10^{12} และ 10^{4}-10^{6} cell/ ml ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า อาหารที่มีระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้นต่างกันไม่มีผลต่อกระบวนการหมัก และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ หรือสมรรถภาพของสัตว์ด้อยลง ทำนองเดียวกับงานทดลองของ อนันท์ และคณะ (2545) รายงานว่า การเสริมอาหารโปรตีนที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 14, 17 และ 20 เปอร์เซ็นต์โปรตีนไม่มีผลต่อจำนวนแบคทีเรีย และโปรโตซัวในของเหลวจากกระเพาะรูเมน

Table 4.5 Least square means for population of rumen microbes affected by increasing level of protein of dairy goats fed on ruzi grass as a roughage

Attribute	Dietary protein level (DM basis)[1]					Contrast P-value[2]		
	16% CP	17% CP	18% CP	19% CP	SEM	L	Q	C
Bacteria ($x10^{10}$cell/ml)								
0 h-post feeding	1.60	1.50	1.40	1.40	1.38	NS	NS	NS
4	1.56	1.82	1.86	1.90	1.40	NS	NS	NS
Mean	1.58	1.66	1.63	1.65	1.24	NS	NS	NS
Protozoa($x10^5$ cell/ml)								
0 h-post feeding	3.56	3.08	3.04	2.69	1.23	NS	NS	NS
4	3.58	3.68	2.80	2.88	1.35	NS	NS	NS
Mean	3.57	3.38	2.92	2.78	1.12	NS	NS	NS
Fungal zoospores ($x10^5$ cell/ ml)								
0 h-post feeding	2.12	2.95	2.45	3.05	1.29	NS	NS	NS
4	2.54	2.73	2.74	2.74	1.99	NS	NS	NS
Mean	2.33	2.84	2.60	2.90	1.40	NS	NS	NS

[1]Treatments = 16% CP, 17% CP, 18% CP, 19% CP

[a-b] Within rows not sharing a common superscripts are significantly different ($P<0.05$)

[2]L = linear, Q = quadratic, C = cubic

SEM = Standard error of the mean (n = 6)

4.6 ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้

ผลของระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้นต่างกัน (16, 17, 18 และ 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ต่อความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด (total volatile fatty acids, TVFAs) รวมทั้งระดับความเข้มข้นของกรดอะซีติค (acetic acid, C_2) และกรดโพรพิออนิค (propionic acid, C_3) กรดบิวทีริค (butyric acid, C_4) ในแต่ละช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารและค่าเฉลี่ยรวม (Table 4.6) พบว่าทุกค่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 71.75-76.45 mmol/ L และ 64.12-65.33, 19.05-20.68 และ 9.28-10.97 mol/ 100mol ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ (C_2:C_3 ratio) ตามช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารและค่าเฉลี่ยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร จากผลการทดลองครั้งนี้ ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายทั้งหมดเฉลี่ยของของเหลวในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วง 71.75-76.45 mmol/L ใกล้เคียงกับรายงานของ Chanjula et al. (2007a, b) รายงานว่า ค่า TVFA ของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยเพศผู้ (พื้นเมือง–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 75.00-79.20 และ 80.87-86.57% ตามลำดับ ซึ่ง France and Siddons (1993) รายงานว่า ค่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดในกระเพาะรูเมนปกติมีค่าระหว่าง 70-130 mmol/L ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุที่ได้ (Forbes and France, 1993) สอดคล้องกับ Sutton (1985) รายงานว่า การผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ โดยถ้าหากความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้การผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาถึงค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนพบว่า มีความสอดคล้องกัน โดยค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดไม่เพิ่มขึ้นมีผลให้ความเป็นกรดภายในกระเพาะรูเมนไม่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างไม่ลดลง

Table 4.6 Least square means for volatile fatty acid profiles affected by increasing level of protein of dairy goats fed on ruzi grass as a roughage

Attribute	Dietary protein level (DM basis)[1]					Contrast P-value[2]		
	16% CP	17% CP	18% CP	19% CP	SEM	L	Q	C
Total VFA, mmol/ L								
0 h-post feeding	71.00	75.38	71.65	71.64	3.45	NS	NS	NS
4	72.50	77.52	73.52	74.56	3.56	NS	NS	NS
Mean	71.75	76.45	72.59	73.10	3.47	NS	NS	NS
Molar proportion of VFA, mol/ 100mol								
Acetate (C_2)								
0 h-post feeding	63.87	62.78	63.89	62.45	1.23	NS	NS	NS
4	66.78	65.45	65.48	66.53	1.28	NS	NS	NS
Mean	65.33	64.12	64.69	64.49	1.26	NS	NS	NS
Propionate (C_3)								
0 h-post feeding	17.75	17.78	19.46	19.39	1.11	NS	NS	NS
4	20.35	21.56	21.9	21.89	1.16	NS	NS	NS
Mean	19.05	19.67	20.68	20.64	1.15	NS	NS	NS
Butyrate (C_4)								
0 h-post feeding	12.54	12.48	10.48	12.26	0.69	NS	NS	NS
4	9.29	7.97	8.08	9.67	0.65	NS	NS	NS
Mean	10.92	10.23	9.28	10.97	0.68	NS	NS	NS
Isovalerate								
0 h-post feeding	1.65	1.92	1.98	1.45	0.29	NS	NS	NS
4	1.21	1.56	1.66	1.33	0.34	NS	NS	NS
Mean	1.43	1.74	1.82	1.39	0.31	NS	NS	NS
Valerate								
0 h-post feeding	1.71	1.58	1.31	0.92	0.33	NS	NS	NS
4	1.95	1.91	1.53	1.18	0.36	NS	NS	NS
Mean	1.83	1.75	1.42	1.05	0.35	NS	NS	NS
Isobutyrate								
0 h-post feeding	1.09	1.01	1.19	1.25	0.10	NS	NS	NS
4	1.26	1.23	1.35	1.38	0.15	NS	NS	NS
Mean	1.18	1.12	1.27	1.32	0.12	NS	NS	NS
A:P ratio								
0 h-post feeding	3.60	3.53	3.28	3.22	0.30	NS	NS	NS
4	3.28	3.04	2.99	3.04	0.23	NS	NS	NS
Mean	3.43	3.26	3.13	3.12	0.26	NS	NS	NS

[1]Treatments = 16% CP, 17% CP, 18% CP, 19% CP

[a-b] Within rows not sharing a common superscripts are significantly different ($P<0.05$)

[2]L = linear, Q = quadratic, C = cubic

SEM = Standard error of the mean (n = 6)

4.7 ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

จากการศึกษาผลของระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้นต่างกัน (16, 17, 18 และ 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ต่อปริมาณน้ำนม และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม พบว่าปริมาณน้ำนม (กก./วัน) ค่าปรับปรับปริมาณน้ำนมตามเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมที่ 3.5 เปอร์เซ็นต์ (3.5% FCM) ไขมันในน้ำนม และโปรตีนในน้ำนมคิดเป็นหน่วยกิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (Table 4.7) แม้ว่าระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้นที่ 17 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณน้ำนมสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P>0.05$) สอดคล้องกับ Clarke and Davis (1980) รายงานว่า ปริมาณน้ำนมเพิ่มสูงขึ้นตอบสนองต่อระดับโปรตีนในรูปแบบเส้นตรง (linear response) เมื่อระดับโปรตีนในอาหารเพิ่มขึ้นจาก 13.5-16.5% CP ในสูตรอาหาร ทำนองเดียวกับ Moe and Tyrrell (1975) รายงานว่า ระดับโปรตีนที่

เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารมากกว่า 14% CP ทำให้ปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และเพิ่มในอัตราที่ลดลง และได้รับผลประโยชน์น้อยมากเมื่อระดับโปรตีนในสูตรอาหารมากกว่า 17.5% CP (Grings et al., 1991) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า อาหารที่มีระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้นต่างกัน (16, 17, 18 และ 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และมากกว่า 17% ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำนม แต่ผลตอบสนองต่อปริมาณน้ำนมส่วนใหญ่เกิดจากผลของความสามารถในการย่อยอาหาร และปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (Oldham, 1984; Roffler et al., 1986) ในทำนองเดียวกับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม พบว่าส่วนองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม เปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนม แลกโตส ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (SNF) และเปอร์เซ็นต์ของของแข็งทั้งหมด (TS) รวมทั้งค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความถ่วงจำเพาะ และเถ้ารวมมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และมีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติของนมแพะในภาคใต้ที่รายงานโดย ศิริชัย และคณะ (2551); Wasiksiri et al. (2010) และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มอกช. 6006-2551) ของน้ำนมแพะดิบพบว่า มีค่าสูงกว่า และอยู่ในระดับดีมาก (vert good) คือมีค่าเปอร์เซ็นต์ไขมัน โปรตีน และของแข็งทั้งหมด มากกว่า 4, 3.7 และ 13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.53-6.78 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของมนทกานต์ (2553); Sawaya et al. (1984) ที่รายงานค่าความเป็นกรด-ด่างของนมแพะดิบอยู่ในช่วง 6.60-6.80 และ 6.46-6.68 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าความถ่วงจำเพาะพบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 1.27-1.43 ซึ่งสูงกว่ารายงานของศิริชัย และคณะ (2551) (มีค่าเท่ากับ 1.02-1.03) แต่ใกล้เคียงกับรายงานของ Wasiksiri et al. (2010) และมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2551) ของน้ำนมแพะดิบ มีค่ามากกว่า 1.028 ตามลำดับ ขณะที่ ถ้ารวมมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

Table 4.7 Least square means for milk yield and milk composition affected by increasing level of protein of dairy goats fed on ruzi grass as a roughage

Attribute	Dietary protein level (DM basis)[1]					Contrasts		
	16% CP	17% CP	18% CP	19% CP	SEM	L	Q	C
Milk production, kg/d	1.50	1.92	1.73	1.42	0.24	NS	NS	NS
3.5%FCM, kg/d[3]	1.93	2.55	2.36	1.90	0.31	NS	NS	NS
Fat yield, g/d	79.44	104.13	99.57	82.01	13.27	NS	NS	NS
Protein yield, g/d	66.87	84.00	76.87	66.25	11.11	NS	NS	NS
Milk composition								
Milk fat, %	5.28	5.44	5.75	5.70	0.13	NS	NS	NS
Milk protein, %	4.44	4.36	4.42	4.61	0.10	NS	NS	NS
Lactose, %	4.26	4.00	4.37	4.37	0.16	NS	NS	NS
SNF, %[4]	8.83	8.93	8.68	8.56	0.19	NS	NS	NS
TS, %[5]	14.10	14.37	14.42	14.25	0.13	NS	NS	NS
pH	6.61	6.53	6.58	6.78	0.19	NS	NS	NS
Specific gravity	1.40	1.33	1.27	1.43	0.08	NS	NS	NS
Total ash	0.80	0.89	0.71	0.78	0.09	NS	NS	NS
MUN, mg/dl	15.83[b]	18.93[ab]	20.37[ab]	22.55[a]	1.51	0.04	NS	NS

[1] Treatments = 16% CP, 17% CP, 18% CP, 19% CP

[a-b] Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05)

[2] L = linear, Q = quadratic, C = cubic

SEM = Standard error of the mean (n = 6)

[3] FCM = Fat collected milk

[3] 3.5%FCM = (0.432 x kg of milk/d) + {16.23 x (% fat x kg of milk/d)}

[4] SNF = Solid-not-fat

[5] TS = Total solid

อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบของน้ำนมที่ได้ยังมีผลจากปัจจัยจากอาหาร โภชนะที่สัตว์ได้รับ สัดส่วนอาหารหยาบ และอาหารข้น ปริมาณ ระดับและแหล่งของโปรตีน ไขมัน ปริมาณและระดับของเยื่อใยในอาหาร (Jelec, 1990; Sawal and Kurar, 1998)

ขณะที่ ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในน้ำนม (MUN) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และยังมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบเป็นเส้นตรง (linear contrast) ($P=.04$) ตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารข้น โดยค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในน้ำนม ในแพะกลุ่มที่ 4 (ระดับโปรตีน 19%) มีค่า MUN สูงกว่ากลุ่มที่ 1 (ระดับโปรตีน 16%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดย MUN มีค่าอยู่ในช่วง 15.83-22.55 mg/dl อาจเนื่องมาจากปริมาณการกินได้ของโปรตีนเพิ่มขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร สอดคล้องกับรายงานของ Cannas et al. (1998) ที่ศึกษาผลของระดับโปรตีน (14.2, 16.6, 18.8 และ 21.2% CP) และพลังงานในอาหาร (1.65 และ 1.55 Mcal of NE_L/ kg of DM) พบว่าระดับ MUN เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.001$) และยังมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบเป็นเส้นตรง (linear contrast) ($P=.001$) ตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารข้นที่มีระดับพลังงานแตกต่างกันทั้ง 2 ระดับ โดยมี MUN อยู่ในช่วง 12.2-25.8 mg/dl สำหรับแกะที่ได้รับพลังงานสูง และ 12.9-26.7 mg/dl สำหรับแกะที่ได้รับพลังงานต่ำ ซึ่งค่าความเข้มข้นของ MUN ปกติจะผันแปรขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อาหาร ความสามารถในการย่อยได้ และปริมาณโปรตีนที่กินได้ และโดยเฉพาะระดับของ NH_3-N ในกระเพาะรูเมน และ BUN ในกระแสเลือดมีผลต่อการเพิ่มของระดับ MUN ในน้ำนม (Jelinek et al., 1996) ดังนั้น การเพิ่มของระดับ BUN ในกระแสเลือด (Table 4.4) มีผลต่อการเพิ่มของระดับ MUN ในน้ำนม สอดคล้องกับ Butler et al. (1996) รายงานว่าค่าของ MUN มีสหสัมพันธ์สูง (highly correlation) กับปริมาณโปรตีนที่กินได้ และสัมพันธ์กับระดับ BUN ในกระแสเลือด (Roseler et al., 1993) โดยทั่วไปในโคนมค่า MUN ในน้ำนมสูงมากกว่า 16 mg/dl แสดงว่าโคกินอาหารโปรตีน หรือได้รับโปรตีนที่ถูกย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน (rumen degradable protein, RDP) มากกว่าความต้องการทำให้ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนต่ำ ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ลดลง และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Ferguson et al., 1993; Jonkers et al., 1998) ขณะที่ Butler (1998) รายงานว่าระดับ BUN และ MUN มากกว่า 16 mg/dl แต่ต่ำกว่า 19 mg/dl ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้กลุ่มที่ได้รับโปรตีนระดับสูงมากกว่า 18% มีระดับ MUN สูงมากกว่า 19 mg/dl (20.37 และ 22.55 mg/dl) อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ต่ำไม่ได้มีผลกระทบจากปริมาณการกินได้ของโปรตีนที่สูง และระดับของ BUN and MUN ที่สูงเสมอไป (Carrol et al., 1988) ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ลดลง ซึ่ง Butler and Smith (1989) รายงานว่า แม่โครีดนมในช่วงต้นระยะรีดนม (early lactation) ที่ได้รับพลังงานไม่เพียงพอทำให้สมดุลพลังงานติดลบ (negative energy balance) มีความสัมพันธ์กับการลดลงของประสิทธิภาพการสืบพันธุ์

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

ผลของระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้นต่างกัน (16, 17, 18 และ 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ต่อปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน เมแทบอไลท์ในกระแสเลือด ผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมในแพะรีดนมที่ได้รับหญ้ารูซี่สดเป็นอาหารหยาบแบบเต็มที่ ได้ผลซึ่งสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ผลของระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้น 16-19 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน เมแทบอไลท์ในกระแสเลือดของแพะ ผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมในแพะรีดนม หรือสมรรถภาพของสัตว์ด้อยลง ยกเว้น สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนเพิ่มสูงขึ้นตามระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้นที่เพิ่มขึ้น

2. ผลของระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้น 16-19 เปอร์เซ็นต์ พบว่าระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (blood urea nitrogen, BUN) และค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในน้ำนม (milk urea nitrogen, MUN) เพิ่มสูงขึ้นตามระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญของกระบวนการเมแทบอลิซึมของโปรตีน ปริมาณที่กิน และประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของโปรตีน

3. ผลของระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้น 16-19 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลกระทบต่อประชากรจุลินทรีย์ และความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ในกระเพาะรูเมน

จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ระดับโปรตีนที่สูงมากกว่า 18% ในสูตรอาหารไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน เมแทบอไลท์ในกระแสเลือดของแพะ ผลผลิต และองค์ประกอบของน้ำนมในแพะรีดนม ดังนั้น ระดับโปรตีนที่เหมาะสมในแพะรีดนมคือ 16-17% เนื่องจากไม่มีผลกระทบต่อการย่อยได้ของโภชนะ ผลผลิต และองค์ประกอบของน้ำนม ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของแพะรีดนม อีกทั้งทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อกิโลกรัมถูกลง และไม่สร้างมลภาวะให้กับสิ่งแวดล้อม เนื่องจากการขับของเสียทางปัสสาวะในรูปสารประกอบไนโตรเจนที่สูง (high N excretion) อย่างไรก็ตาม ควรจะได้มีการศึกษาต่อไปในประเด็นเกี่ยวกับผลของระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้นต่ออัตราการการตั้งท้อง อัตราการคลอด น้ำหนักแรกคลอดของลูกแพะ น้ำหนักหย่านมของลูกแพะ และสุขภาพแม่แพะหลังคลอด เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2552. สถิติแพะ แกะในประเทศไทยรายภาค 2552. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.dld.go.th. (4 พฤษภาคม 2553).

กรมปศุสัตว์. 2554. จำนวนแพะนมที่เลี้ยงในประเทศไทยแสดงเป็นรายภาค ณ 1 มกราคม พ.ศ. 2552. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.dld.go.th. (24 มิถุนายน 2554).

เกียรติศักดิ์ กล่ำเอม. 2536. เทคโนโลยีของการปลูกสร้างแปลงหญ้าผสม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ฉลอง วชิราภากร. 2541. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ทิม พรรณศิริ. 2524. การให้นมของแพะพื้นเมือง แพะซาแนน และลูกผสม. การประชุมวิชาการทางสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

ธีรพงศ์ ธีรภัทรสกุล. 2536. การเลี้ยงแพะเชิงธุรกิจ. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท กรุงเทพฯ.

นิวัติ เรืองพานิช. 2543. วิทยาศาสตร์ทุ่งหญ้า. กรุงเทพฯ: ลินคอร์นโปรโมชั่น.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541ก. โภชนศาสตร์สัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 6. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541ข. ชีวเคมีทางสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 3. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2546. การเลี้ยงดูและจัดการแพะ. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล บุญล้อม ชีวะอิสระกุล ทัศนีย์ อภิชาติสรางกูร สัญชัย จตุรสิทธา และสังเวียน โพธิ์ศรี. 2527. การเลี้ยงแพะ. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปริศนา จิตต์ปรารพ. 2543. ต้นทุนและผลตอบแทนจากการเลี้ยงแพะนมในฟาร์มขนาดใหญ่: กรณีศึกษา บริษัทสยามแผ่นดินทอง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พจน์ ศรีบุญลือ, โสพิศ วงศ์คำ และพัชรี บุญศิริ. 2543. ตำราชีวเคมี. พิมพ์ครั้งที่3. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิมพาพร พลเสน รำไพร นามสีลี ทวีศักดิ์ ชื่นปรีชา โดโมยูกิ คาวาชิมา และวัชรินทร์ บุญภักดี. 2543. การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของพืชตระกูลถั่วยืนต้น 3 ชนิด โดยวิธีการต่างๆกัน. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2542. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 167-183.

มนทกานต์ จุฑานันท์. 2553. คุณลักษณะของน้ำนมแพะจากผู้ประกอบการใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มอกช.6006-2551). 2551. น้ำนมแพะดิบ. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://acfs.go.th [5 มกราคม 2553].

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. กรุงเทพฯ: หจก. ฟันนี่พับบลิชชิ่ง.

รำไพร นามสีลี พิมพาพร พลเสน ทวีศักดิ์ ชื่นปรีชา และวิทยา สุมามาลย์. 2547. การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของพืชอาหารสัตว์. โครงการวิจัยลำดับที่ 42-0514-026. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2542. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.หน้า 167-183.

วันทนีย์ พลวิเศษ. 2545. ผลของระดับโปรตีนและชนิดของอาหารหยาบต่อปริมาณการกินได้, ความสามารถในการย่อยได้และอัตราการเจริญเติบโตในกวางซิก้า. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วินัย ประลมพ์กาญจน์. 2542. การผลิตแพะเนื้อและแพะนมในเขตร้อน. นครศรีธรรมราช: สำนักเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

ศิริชัย ศรีพงศ์พันธุ์ ศิริวัฒน์ วาสิกศิริ อุษา เชษฐานนท์ สหัทยา พงศ์ประยูร และสมจิต ศรีใหม่. 2551. การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำนมแพะโดยวิธี platform test เช่นที่ปฏิบัติกับน้ำนมโคตามปกติ. วารสารสัตวบาล. 18: 43-49.

สมเกียรติ สายธนู. 2528ก. ปริมาณและคุณภาพของนมแพะและแกะ. วารสารสงขลานครินทร์ วทท. 7: 3-14.

สมเกียรติ สายธนู. 2528ข. การเลี้ยงแพะ. สงขลา: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมชัย สวาสดิพันธ์ และณิชารัตน์ สวาสดิพันธ์. 2550. ข้อมูลโภชนาการนมแพะพร้อมดื่ม. อุบลราชธานี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

สายัณห์ ทัดศรี. 2548. หญ้าอาหารสัตว์ และหญ้าพื้นเมืองในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิทธิชัย เอียดสกุล. 2553. การเลี้ยงแพะนม. ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเลี้ยงแพะนม 63 ถ. สาครมงคล 2 ซ. 3/4 ต. หาดใหญ่ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90110 (ติดต่อส่วนตัว).

สุพจน์ บุญแรง. 2547. การควบคุมคุณภาพอาหาร. เชียงใหม่: คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

อนันท์ เชาว์เครือ กฤตพล สมมาตย์ สากล กาญจนจิต สนั่น เหลียงไพบูลย์ และอารียา ทองประยู. 2545. ชีววิทยาของเนื้อทราย (*Cervus porcinus*): ผลของระดับโปรตีนหยาบในอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้ อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ค่าโลหิตวิทยา ค่าชีวเคมีในเลือด และประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก. การสัมมนาวิชาการเกษตร ประจำปี 2545. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

AOAC. 1990. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.

Aharoni, Y., H. Tagari and R. C. Bosston. 1991. A new approaches to the quantitative estimation of nitrogen metabolic pathway in the rumen. Br. J. Nutr. 66: 40-47.

Arieli, A., R. Sasson-Rath, S. Zamwel and S. J. Mabjeesh. 2005. Effect of dietary protein and rumen degradable organic matter on milk production and efficiency in heat-stressed goats. Livest. Prod. Sci. 96: 215-223.

Bremner, J. M. and D. R. Keeney. 1965. Steam distillation methods of determination of ammonium nitrate and nitrite. Anal. Chem. Acta. 32: 485-493.

Bruckental, I., M. Holtzman, M. Kaim, Y. Aharoni, S. Zamwell, H. Voet and A. Arieli. 2000. Effects of amount of undegraded crude protein in the diets of high-yielding dairy cows on energy balance and reproduction. Livest. Prod. Sci. 63: 131-140.

Bryant, M. P. and I. M. Robinson. 1961. An improved nonselective culture media for ruminal bacteria and its use in determining diurnal variation in number of bacteria in the rumen. J. Dairy Sci. 44: 1446-1453.

Butler, W.R. 1998. Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. J. Dairy Sci. 81:2533-2539.

Butler, W. R., J. J. Calaman and S. W. Beam. 1996. Plasma and milk urea nitrogen in rational

to pregnancy rate in lactating dairy cattle. J. Anim. Sci. 74: 858-865.

Butler, W. R. and R. D. Smith. 1989. Interrelationship between energy balance on postpartum reproductive function in dairy cattle. J. Dairy Sci. 72: 767-783.

Cannas, A., A. Pes, R. Mancuso, B. Vodret and A. Nudda. 1998. Effect of dietary energy and protein concentration on the concentration of milk urea nitrogen in dairy ewes. J. Dairy Sci. 81: 499-508.

Carroll, D. J., B. A. Barton, G. W. Anderson and R. D. Smith. 1988. Influence of protein intake and feeding strategy on reproductive performance of dairy cows. J. Dairy Sci. 71: 3470-3481.

Chalupa, W. 1984. Discussion of proteins Symposium. J. Dairy Sci. 67: 1134-1146.

Chanjula. P., W. Ngampongsai and M. Wanapat. 2007a. Effect of levels of urea and cassava chip in concentrate on dry matter intake, ruminal ecology and blood metabolites in growing goats. Songklanakarin J. Sci. and Technol. 29: 37-48.

Chanjula. P., W. Ngampongsai and M. Wanapat. 2007b. Effects of replacing ground corn with cassava chip in concentrate on feed intake, nutrient utilization, rumen fermentation characteristics and microbial populations in goats. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 20: 1557-1566.

Clark, S. and J. W. Sherbon. 2000. Alpha$_{s1}$-casine milk composition and coagulation properties of goat milk. Small Rumin. Res. 38: 123-134.

Clark, J. H. and C. L. Davis. 1980. Some aspects of feeding high producing dairy cows. J. Dairy Sci. 63: 873-891.

Clark, S. and J. W. Sherbon. 2000. Alpha$_{s1}$-casine milk composition and coagulation properties of goat milk. Small Rumin. Res. 38: 123-134.

Crocker, C. L. 1967. Rapid determination of urea-nitrogen in serum or plasma without deproteinization. Am. J. Med. Technol. 33: 361–365.

Devendra, C. 1979. Goat and Sheep production potential in the ASEAN region. World Anim. Rev. 32: 33-41.

Ferguson, J. D., D. T. Galligan, T. Blanchard and M. Reeves. 1993. Serum urea nitrogen and conception rate: the usefulness of test information. J. Dairy Sci. 76: 3742-3746.

Ferguson, J. D. and W. Chalupa. 1989. Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows. J. Dairy Sci. 72: 746-766.

Forbes, J. M. and J. France. 1993. Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism. Northampton. The University Press. Cambridge.

France, J. and R. C. Siddons. 1993. Volatile fatty acid production. In: Quantitative Aspects Ruminant Digestion and Metabolism. (Eds., J. M. Forbes and J. France). Pp. 107-122. C.A.B. International, Willingford.

Fujihara, T. and I. Tasaki. 1975. The effect of abomasal infusion of urea on nitrogen retention in goats. J. Agric. Sci. (Camb.) 85: 185-193.

Gabler, M. T. and A. J. Heinrichs. 2003. Effects of increasing dietary protein on nutrient utilization in heifers. J. Dairy Sci. 86: 2170-2177.

Galyean, M. 1989. Laboratory Procedure in Animal Nutrition Research. New Mexico: Department of Animal and Life Science, New Mexico State University.

Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, Reagent, Procedures and some Application). Agric. Handbook. No. 397, ARS, USDA, Washington, D.C.

Grings, E. F., R. E. Roffler and D. P. Dietelhoff. 1991. Response of dairy cows in early lactation to addition of cotton seed meal in alfalfa hay based diets. J. Dairy Sci. 74: 2580-2587.

Haenlein, G. F. W. 2004. Goat milk in human nutrition. Small Rumin. Res. 51: 155-163.

Higginbotham, M., V. M. Torabi and J. T. Huber. 1989. Influence of dietary protein concentration and degradability on performance of lactating cows during hot environmental temperatures. J. Dairy Sci. 72: 2554-2564.

Hoover, W. H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. J. Dairy Sci. 69: 2755-2766.

Hoover, W. H. and S. R. Stokes. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. J. Dairy Sci. 74: 3630-3640.

Huber, J. T. and J. R. Limin Kung. 1981. Protein and non protein nitrogen utilization in dairy cattle. J. Dairy Sci. 64: 1170-1195.

Huber, J. T. and R. Herrera-Saldana. 1994. Synchrony of protein and energy supply to enhance fermentation. Page 113 in Principle of protein nutrition of Ruminants. J.M. Asplund ed. CRC Press, Boca Raton, FL.

Hungate, R. E. 1966. The Rumen and Its Microbe. Acadimic Press, New York. NY.

Hungate, R. E. 1969. A roll tube method for cultivation of strict anaerobes. In: Methods in Microbiology. (Eds.) J. R. Norris and D. W. Ribbons. New York. Academic. 313: 117.

Jain, N. C. 1993. Essential of Veterinary Hematology. Lea & Febiger. Philadelphia.

Jelec, S. 1990. Nutritional factors and milk composition with special reference to milk fat. Stocerstvo. 44(5-6): 199-288.

Jelinek, P., S. Gajdusek and J. Illek. 1996. Relationship between selected indicators of milk and blood in sheep. Small Rumin. Res.20:53-57.

Jonkers, J. S., R. A. Kohn and R. A. Erdman. 1998. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 81:2691-2692.

Kaneko, J. J. 1980. Appendixes. In: Clinical Biochemistry of Domestic Animals, 3rd ed. (Ed. J. J. Kaneko). New York, Academic Press.

Kaneko, J. J. 1989. Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 4th ed. Academic Press, San Diego, California.

Kearl, L. C. 1982. Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries. Logan: International Feedstuffs Institute. Utah State University, Utah.

Kung, L. Jr. and J. T. Huber. 1983. Performance of high producing cows in early lactation fed protein of varying amounts, sources, and degradability. J. Dairy Sci. 66: 227-234.

Lepage, G. and C. C. Roy. 1986. Direct transesterification of all classes of lipids in a one step reaction. J. Lipid Research. 27: 114-120.

Lloyd, S. 1982. Blood characteristics and the nutrition of ruminants. British Veterinary J.138: 70-85.

Martin, P. 1993. Polymorphisme genetique des lactoproteines caprines. Lait. 73: 511-532.

McCarthy, R. D., Jr., T. H. Klusneyer, J. L. Vicini, J. H. Clark and D. R. Nelson. 1989. Effects of source protein and carbohydrate on ruminal fermentation an passage of nutrients to the small intestine of lactation cows. J. Dairy Sci. 72: 2002-2016.

Moe, P. W. and H. F. Tyrrell. 1972. Net energy value for lactation of high and low protein diets containing corn silage. J. Dairy Sci. 55: 318-325.

Moe, P. W. and H. F. Tyrrell. 1975. Efficiency of conversion of digested energy to milk. J. Dairy Sci. 58: 602-610.

Moio, L., J. Dekimpe, P. Etievant and P. Addeo. 1993. Neutral volatile compounds in the raw milks from different species. J. Dairy Sci. 60: 199-213.

Morand-Fehr, P. and D. Sauvant. 1980. Composition and Yield of Goat Milk as Affected by Nutritional Manipulation. J. Dairy Sci. 63: 1671-1680.

Murry A. C., Jr., S. Gelaye, J. M. Casey, T. L. Fout, T. L. Foutz, B. Kouakou and D. Arora. 1999. Type of milk consumed can influence plasma concentrations of fatty acid and minerals and body composition in infant and weaning pigs. J. Nutr. 129: 132-138.

Nocek, J. E. and J. B. Russell. 1988. Protein and energy as an integrated system, Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. J. Dairy Sci. 71: 2070-2107.

NRC. 1981. Nutrient Requirements of Goats: Angora, dairy and meat goat in temperate and tropical countries. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

Oldham, J. D. 1984. Protein-Energy interelationships in dairy cows. J. Dairy. Sci. 67:1090-1114.

Park, Y. W., M. Juarez, M. Ramos and G. F. W. Haenlein. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. Small Rumin. Res. 68: 88-113.

Preston, T. R. and R. A. Leng. 1987. Matching Ruminant Production Systems with Available Resources in the Tropics and Sub-tropics. Penambull Book Armidale, Australia.

Preston, R. L., D. D. Schnakanberg and W. H. Pfander. 1965. Protein utilization in ruminants. I. Blood urea nitrogen as affected by protein intake. J. Nutr. 86: 281-287.

Raynal-Ljutovac, K.; G. Lagriffoul, P. Paccard, I. Guillet and Y. Chilliard. 2008. Composition of goat and sheep milk products: An update. Small Rumin. Res. 79: 57–72.

Remond, B. and M. Journet. 1978. Effect of nitrogen level on cows at the beginning of lactation on the production of milk and utilization of nitrogen). Ann. Zootech. 27: 139-147.

Roffler, R. E., J. E. Wary and L. D. Satter. 1986. Production responses in early lactation to addition of soybean meal to diets containing predominantly corn silage. J. Dairy Sci. 69: 1055-1062.

Roseler, O. K., J. D. Ferguson, C. J. Sniffen and J. Herrema. 1993. Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk non-protein nitrogen in Holstein cows. J. Dairy Sci. 76: 525-534.

Samuel, M., S. Sagathewan, J. Thomas and G. Mathen. 1997. An HPLC method for estimation of volatile fatty acids of ruminal fluid. Indian J. Anim. Sci. 67: 805-807.

Sawal, R. K. and C. K. Kurar. 1998. Milk yield and its fat content as affected by dietary factors (A-review). Asain-Aust. J. Anim. Sci. 11: 217-233.

Schwab, C. G. 1995. Protected proteins and amino acids for ruminants. In: Wallace, R.J. and A. Chesson (eds.), Biotechnology in Animal Feed and Animal Feeding. VCH publisher: New York.

Sutton, J. D. 1985. Digestion and absorption of energy substrates in the lactating cow. J. Dairy Sci. 68: 3376-3393.

Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometerial Approach. (2^{nd} ed.). McGraw-Hill, New York, USA.

Tamminga, S. 1992. Nutritional management of dairy cows a contribution to pollution control. J. Dairy Sci. 75: 345-357.

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

Van Keulen, J. and B. A. Young. 1977. Evaluation of acid insoluble ash as a neutral marker in ruminant digestibility studies. J. Anim. Sci. 44: 282-287.

Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant, second ed. Cornell University Press, Ithaca, NY.

Veira, D. M., G. K. Macleod, J. H. Burton and J. B. Stone. 1980a. Nutrition of the weaned Holstein calf. I. Effect of dietary protein level on rumen metabolism. J. Anim. Sci. 50: 937–944.

Veira, D. M., G. K. Macleod, J. H. Burton and J. B. Stone. 1980b. Nutrition of the weaned Holstein calf. II. Effect of dietary protein level on nitrogen balance, digestibility, and feed intake. J. Anim. Sci. 50: 945–951.

Wasiksiri, S., U. Chethanond, S. Pongprayoon, S. Srimai and B. Nasae. 2010. Quality aspects of raw goat milk in Lower Southern Thailand. Songklanakarin J. Sci. Technol. 32: 109-113.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นาย ปิ่น จันจุพา
วัน เดือน ปีเกิด	28 กรกฎาคม 2507
ตำแหน่งปัจจุบัน	รองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 90110
สาขาชำนาญการ	โภชนาศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง
อายุราชการ	18 ปี
เครื่องราชอิสริยาภรณ์	ท.ม., ท.ช., ป.ม.
ผลงานทางวิชาการ	งานแต่งตำรา 1 เล่ม
งานวิจัย	บทความวิจัย 30 เรื่อง บทความวิจัยเสนอในที่ประชุมวิชาการ 27 เรื่อง บทความทางวิชาการ 10 เรื่อง
งานบริการวิชาการ	งานบริการวิชาการ วิทยากรอบรมอาหาร และการให้อาหารแพะเนื้อ และนมให้กับเกษตรกร

ภาคผนวก ข

เอกสารงานวิจัยภายใต้โครงการที่ได้รับการตีพิมพ์ และที่ได้รับการนำเสนอในการประชุมสัมมนาระดับประเทศและ/ หรือนานาชาติ

การนำเสนอในการประชุมสัมมนาระดับประเทศ

ปิ่น จันจุฬา พัชรินทร์ ภักดีฉนวน ศิริชัย ศรีพงศ์พันธุ์ ศิริวัฒน์ วาสิกศิริ และสมพงษ์ เทศ-ประสิทธิ์. 2555. ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้และคุณภาพน้ำนมในแพะรีดนม. วารสารแก่นเกษตร. 40 (ฉบับพิเศษ 2): 215-218.

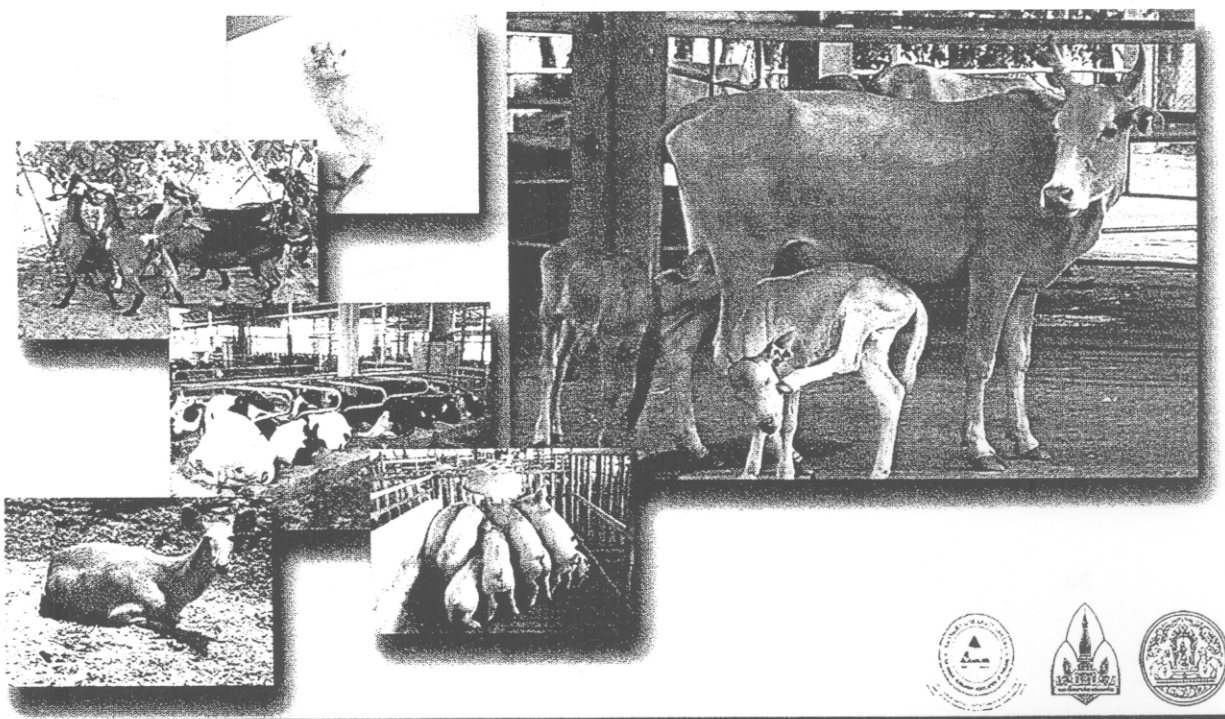
แก่นเกษตร
KHON KAEN AGRICULTURE JOURNAL
ปีที่ 40 ฉบับพิเศษ 2 2555 VOL. 40 SUPPLEMENT 2 2012

ประชุมวิชาการสัตวศาสตร์แห่งชาติ ครั้งที่ ๑

The First National Animal Science Conference

สัตวศาสตร์เป็นหนึ่ง รวมใจมุ่งไปอาเซี่ยน

๑๔ - ๑๖ มีนาคม ๒๕๕๕ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



ISSN 0125-0485

แก่นเกษตร
KHON KAEN AGRICULTURE JOURNAL

ปีที่ 40 ฉบับพิเศษ 2 2555 VOLUME 40 SUPPLEMENT 2 2012

บทความรับเชิญ Invited article

1 สัตวศาสตร์ไทยในอนาคต 1
ศาสตราจารย์เกียรติคุณ จรัญ จันทลักขณา

2 บัณฑิตสัตวศาสตร์กับจิตอาสาเพื่อพัฒนาชนบทอย่างยั่งยืน 5
รศ.ดร.บุญล้อม ชีวอิสระกุล

3 Challenges....training for highly qualified animal scientists for the Asian region 8
ศ.ดร.เมธา วรรณพัฒน์

4 Nutritional strategies in mitigating rumen methane in livestock production 10
Metha Wanapat

5 ศักยภาพการแข่งขันของธุรกิจโคนมไทยในลุ่มน้ำโขง 18
ดร.ดำรง ลีนานุรักษ์

6 ทิศทางและโอกาสในการจัดการอาหารโคนม 26
รศ.ดร.วิโรจน์ ภัทรจินดา

7 ระบบการเลี้ยงวัวควายของเกษตรกรรายย่อยในอนาคต 33
คุณผกาพรรณ สกุลมั่น

8 ศักยภาพการผลิตพืชอาหารสัตว์และเมล็ดพันธุ์ 37
ผศ.ดร.กังวาน ธรรมแสง

9 การประกอบสูตรอาหารเพื่อสร้างภูมิคุ้มกันในสัตว์ 43
รศ.ดร.เยาวมาลย์ ค้าเจริญ

10 แนวทางการจัดการความเครียดในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ 46
ศ.ดร.ชาญวิทย์ วัชรพุกก์

11 ผลของโภชนะบำบัดอาหารหยาบต่อสวัสดิภาพและสุขภาพโคนม 48
ศ.ดร.กัญจนะ มากวิจิตร์

12 การใช้เครื่องหมายทางพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ 51
รศ.ดร.ศุภมิตร เมฆฉาย

13 เรื่องที่นักสัตวศาสตร์ควรรู้ในห่วงโซ่ของการผลิตเนื้อคุณภาพ 55
รศ.ดร.จุฑารัตน์ เศรษฐกุล

14 การสร้างมูลค่าเพิ่มแก่โคพื้นเมืองและเนื้อโคพื้นเมืองของไทย 60
รศ.ดร.สุทธิพงศ์ อุริยะพงศ์สรรค์

15	เรียนรู้พฤติกรรมควาย ง่ายกว่าที่คิด รศ.ดร.พิพัฒน์ สมภาร	64
16	ทิศทางงานวิจัยด้านแพะในประเทศไทย ศ.ดร.วินัย ประลมพ์กาญจน์	68
17	ศักยภาพในการเลี้ยงแพะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผศ.ดร.ปราโมทย์ แพงคำ	73
18	กวางสัตว์ทางเลือกใหม่ของไทย คุณวิทยา ฉินชิยานันท์	78
19	ศักยภาพการผลิตไก่ฟ้าของประเทศไทย คุณสมพงษ์ บุญสนอง	83
20	ระบบการผลิตและแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์มุ่งสู่ฮาลาล ผศ.ดร.ไชยวรรณ วัฒนจันทร์	87
21	โคลนนิ่งเพื่อการขยายพันธุ์ปศุสัตว์ไทย รศ.ดร.รังสรรค์ พาลพ่าย	95
22	The Optimization of Environment and Genotype to Maximize Farm Income in the Tropics Sornthep Tumwasorn	100
23	ทิศทางพันธุ์โคนมไทย: Tropicla Holstein Friesian ผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัย จุรีรัตน์ แสนโภชน์	104
24	ศักยภาพและทิศทางของสมุนไพรในปศุสัตว์ รศ.ดร.นวลจันทร์ พารักษา	110

งานวิจัย Research article

Room 1 (สัตว์ใหญ่)

25	ผลของการเสริมยอดมันสำปะหลังหมักต่อปริมาณและคุณภาพน้ำนมของโครีดนมในฟาร์มเกษตรกรรายย่อย...อนันต์ และคณะ	114
26	การคัดแยกเชื้อยีสต์ที่ใช้กรดแลคติคจากน้ำกระเพาะหมักโคนม...วาสนา และคณะ	118
27	การศึกษาความสามารถในการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนของอาหารสัตว์ในท้องถิ่นโดยวิธีถุงไนลอน...กัมปนาจ และเมธา	123
28	ความเป็นไปได้ของการใช้เนียร์อินฟราเรดสเปคโตรสโคปีในการทำนายปริมาณเชื้อแบคทีเรียปนเปื้อนในน้ำนมดิบ...สนธยา และชะตะเกะ	128
29	ผลของอ้อยอาหารสัตว์หมักที่มีอายุการตัดต่างกันเพื่อทดแทนข้าวโพดหมักต่อการให้ผลผลิตของโคนม...ณัฐพงษ์ และคณะ	133
30	การศึกษาการใช้สมุนไพรในรูปแบบแห้งและน้ำมันสกัดต่อการย่อยได้สิ่งแห้งในอาหารโคนม โดยวิธี in vitro digestibility...วัชณพงศ์ และวิโรจน์	137
31	Effect of fibrolytic enzymes supplementation on rumen fermentation and digestibility in dairy cow fed straw-based diet...Tran et al.	141
32	สมรรถนะการเจริญเติบโตของโคขาวลำพูนที่เสริมด้วยผลลำไยหรือกากน้ำตาล...ประมวล และคณะ	145

33	Effect of mangosteen peel, garlic and urea pellet supplementation on rumen fermentation and nutrient digestibility of beef cattle...Trinh et al.	149
34	ผลของการเสริมเปลือกมังคุดและกระเทียมผงอัดเม็ดต่อการเปลี่ยนแปลงนิเวศวิทยารูเมนและการผลิตก๊าซเมธเทนในโคเนื้อ...นิรามัย และคณะ	154
35	Effect of mangosteen peel and galic powder supplementation on rumen fluid fermentation of beef cattle by using in vitro gas technique...Trinh et al.	160
36	ผลของคุณภาพหญ้าแพงโกล่าต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้และการผลิตก๊าซมีเทนในโคเนื้อ...จีระศักดิ์ และคณะ	166
37	การใช้ exogenous fibrolytic enzyme เพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของสิ่งเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมผลิตกรดซิตริกในโคเนื้อคัดทิ้ง...ชานนท์ และ สุทธิพงศ์	170
38	ผลของการเสริมเอนไซม์ไฟโบรไลติกในอาหารผสมครบส่วนหมักต่อปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะและกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของโคเนื้อ... อุไร และคณะ	174

Room 2...**ผสมผสาน)**

39	การเพิ่มระดับของโปรตีนของมันสำปะหลังโดยใช้ยีสต์ในกระบวนการหมัก...สินีนาฏ และคณะ	178
40	การศึกษาการเพิ่มคุณค่าโปรตีนกากเอทานอลจากมันสำปะหลังด้วยการหมักยีสต์... ศุภกิจ และคณะ	183
41	ผลของการเสริมยูเรียและกากน้ำตาลต่อคุณภาพของเปลือกข้าวโพดหมักและการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของโคดอย...เสาวลักษณ์ และคณะ	187
42	ผลของสัดส่วนกากเนื้อในสับปะรดกับอาหารข้น ต่อจลนศาสตร์การหมักย่อยในระบบ in vitro...อนันท์ และคณะ	193
43	การเลี้ยงสุกรหลุมแบบย้ายคอกและคุณภาพของปุ๋ยหมัก...รศ.ดร.สุชน และคณะ	197
44	การกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกจากก๊าซชีวภาพสำหรับใช้ในชุมชน...รศ.ดร.สุชน และคณะ	201
45	การวิจัยและพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับครัวเรือนบนที่สูง... อ.องอาจ และคณะ	205
46	ผลการเสริมฝุ่นผงน้ำส้มในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปลานิลและปลาดุกลูกผสม... อรุณีพงศ์ และคณะ	209
47	ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้และคุณภาพน้ำนมในแพะรีดนม... ปิ่น และคณะ	215
48	ผลของชนิดของไขมันต่อปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะในแพะเนื้อ... มาย และคณะ	219
49	ผลของการเสริมกากเม่าต่อปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะในแพะ... ดนุพล และคณะ	223
50	ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้และตะไคร้หอม ในการยับยั้งเชื้อก่อโรคเต้านมอักเสบในโคนม : Staphylococcus aureus, Streptococcus agalactiae และ Escherichia coli...อัจฉรัตน์ และคณะ	230

51	ผลของเอนไซม์ย่อยเยื่อใยต่อประสิทธิภาพการผลิตและการย่อยได้ของไก่เนื้อ ... เกศรา และคณะ	236
52	ผลของชนิดโปรเจสเทอโรนสังเคราะห์ต่ออัตราการผสมติดในแพะพื้นเมืองไทยโดยวิธีผสมเทียมแบบกำหนดเวลา...วิไลวรรณ และคณะ	239
53	การจัดการน้ำเชื้อพ่อสุกรต่อสมรรถภาพการสืบพันธุ์ของแม่สุกร: 1.การผสมเทียมแม่สุกรโดยการลดความเข้มข้นอสุจิต่อโด๊ส...ศรีสุวรรณ และคณะ	243
54	สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำและชีที่เลี้ยงด้วยอาหารไก่เนื้อและอาหารไก่ไข่...นริศรา และคณะ	248

Room 3 (**สัตว์เล็ก**)

55	ผลของลิวซีนในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและการสะสมไขมันในซาก... ศศิพันธ์ และคณะ	253
56	ผลการเสริมถั่วก้วร์มิลล์...50% โปรตีน) เป็นแหล่งโปรตีนในอาหาร ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของไก่เนื้อ...ธนพัฒน์และคณะ	257
57	Efficacy of Bridging the Gap in Shuttle Programs Controlling Coccidiosis on growth performance in Broilers Diets...สาวิตรี และคณะ	262
58	สภาวะการหมักอาหารเหลวที่เหมาะสมสำหรับสุกรระยะเล็ก...อัษฎาวุธ และคณะ	267
59	ผลของการใช้ไขมันจากโคพื้นเมืองทดแทนน้ำมันปาล์มในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่...สุนทรีพร ดวนใหญ่	272
60	ประสิทธิภาพของไฮเดรตโซเดียมแคลเซียมอะลูมิเนียมซิลิเกตและผนังเซลล์ยีสต์ต่อการลดความเป็นพิษอะฟลาท็อกซิน และสมรรถนะการผลิตเป็ดเนื้อ...ศิริศักดิ์และคณะ	276
61	ประสิทธิภาพของอินูลินร่วมกับแมนแนน-โอลิโกแซคคาไรด์ในอาหารไก่เนื้อ... สุกัญญา และคณะ	280
62	การใช้กากเมล็ดลำไยในอาหารไก่เนื้อ...นริสา และคณะ	285
63	ผลของการเสริมสมุนไพรผสม (เฮอร์บาท็อบ-มิกซ์®) ในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตของไก่เนื้อ...ปฐมพงษ์ และคณะ	289
64	Effect of selenium from selenium-enriched Kale sprout (*Brassica oleracea var. alboglabra L.*) on selenium concentration in tissues of spent hens...Anut et al.	295
65	ผลของการเสริมกรดอินทรีย์และแร่ธาตุอินทรีย์ในอาหาร ต่อสมรรถภาพการผลิตกรดไขมันสายสั้น และจุลินทรีย์ในไส้ติ่งของสุกรอนุบาล...ปิยะ และคณะ	299
66	การใช้กากสบู่ดำที่ผ่านการนึ่งเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารไก่เนื้อ...รศ.ดร.สุชน และคณะ	305
67	การใช้สิ่งเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมผลิตกรดซิตริกร่วมกับเอนไซม์เพื่อเป็นอาหารสุกรเล็ก... อมรเทพ และคณะ	309
68	ผลการใช้ปลายเดือยเป็นแหล่งพลังงานทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารเป็ดเทศพันธุ์กบินทร์บุรี...สุนทร และคณะ	313
69	ผลการใช้ปลายเดือยเป็นแหล่งพลังงานในอาหารสุกรหลังหย่านม...สุนทร และคณะ	317
70	ผลของการถอดพรีมิกซ์ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่เนื้อ...พิชิตร์	321

Room 4 (**สรีรวิทยาและปรับปรุงพันธุ์**)

71	การกำหนดมาตรฐานราคาซื้อขายโคในตลาดนัดโค – กระบือ...สมพร	325
72	การศึกษาความเป็นเอกภาพของความแปรปรวนของลักษณะทางเศรษฐกิจของสุกรพันธุ์ป่ากช่อง 2...วโรชา และคณะ	329
73	ผลของอายุและสายพันธุ์ต่ออัตราการเคลื่อนที่, อัตราการอดชีวิตและความสมบูรณ์พันธุ์ของน้ำเชื้อแบบแช่แข็งของพ่อพันธุ์ไก่พื้นเมือง...พรจิต และคณะ	334
74	ผลของ cysteine และ glutathione ต่อคุณภาพน้ำเชื้อแบบแช่แข็งของไก่พื้นเมืองไทย... พรจิต และคณะ	339
75	ความสัมพันธ์ของยีน MC4R ต่อลักษณะทางเศรษฐกิจในสุกร...กมล และคณะ	343
76	การตรวจหารูปแบบของยีน *24BP-PRL* และ *VIPR-1* ที่สัมพันธ์กับลักษณะการให้ผลผลิตไข่ในไก่พื้นเมืองไทย...สจี และคณะ	351
77	การศึกษาเครื่องหมายพันธุกรรมที่สัมพันธ์กับลักษณะการเจริญเติบโตในโคตาก... ทองสา และคณะ	357
78	การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมและการจำแนกกลุ่มโคพื้นเมืองไทยด้วยไมโตคอนเดรียดีเอ็นเอ...ภูวฦณ และคณะ	362
79	อิทธิพลของสัดส่วนพันธุกรรมโคโฮลสไตน์ต่อช่วงชีวิตการให้ผลผลิตในแม่โคนมลูกผสมโฮลสไตน์โดยการวิเคราะห์การอยู่รอด...ภาคภูมิ และคณะ	367
80	การศึกษาระดับเลือดโคพันธุ์โฮลสไตน์ที่เหมาะสมในลักษณะปริมาณน้ำนม วันท้องว่าง และอายุเมื่อคัดทิ้งในโคนมลูกผสมโฮลสไตน์...สมสุข และคณะ	372
81	การตอบสนองทางสรีรวิทยาและปริมาณ HSP70 ในเซลล์เม็ดเลือดขาวของโคพื้นเมืองไทยต่อสภาพอากาศในรอบวัน...จักรกริช และคณะ	377
82	การเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ยีน HSP70-2 ระหว่างโคพื้นเมืองไทย และโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน...จุฬานีย์ และคณะ	381
83	Separating of bovine seminal plasma proteins by using 2D-PAGE revealed the different profile of PDC-109...ธัญจิรา และคณะ	387
84	Skin morphology of Thai native cattle...Jian et al.	392
85	การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตในไก่ลูกผสมพื้นเมืองไทยสายพันธุ์สังเคราะห์...หนึ่งฤทัย และคณะ	395
86	การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมและแนวโน้มทางพันธุกรรมของสมรรถนะการเจริญเติบโตและผลผลิตไข่ในไก่พื้นเมืองไทย (ประดู่หางดำ)...วุฒิไกร และคณะ	400

Poster

87	การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะโครงร่างในโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ที่สัมพันธ์กับลักษณะปริมาณน้ำนม...วุฒิไกร และคณะ	405
88	ผลของอาหารไก่เนื้อและอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองไทย (ประดู่หางดำ ชั่วรุ่นที่ 5)...กัลยาณี และคณะ	410
89	ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการเลี้ยงไก่พื้นเมืองไทยประดู่หางดำเชียงใหม่พันธุ์แท้และลูกผสม...อำนวย และคณะ	415

90	ค่าโลหิตวิทยาและเคมีโลหิตของลิงแสม พื้นที่อุทยานประวัติศาสตร์พระนครคีรี จังหวัดเพชรบุรี...มหิศร	419
91	ผลของการให้จุลินทรีย์ผสม และใบฝรั่ง เพื่อลดกลิ่นเหม็นในมูลไก่กระทง... ขนิษฐา และคณะ	424
92	ผลของสังกะสีไกลซีนต่อสมรรถนะการผลิต คุณภาพไข่ และความเข้มข้นของสังกะสีในนกกระทาญี่ปุ่นไข่...อรวรรณ และคณะ	428
93	TRPV1 and TRPA1 channel function following streptozotocin-induced diabetes in rats...Teeraporn and Chis	432
94	การศึกษาระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในกระแสเลือดจากการใช้อุปกรณ์สอดช่องคลอดเพื่อควบคุมการเป็นสัดในโคนม...ณรงค์พัชร และคณะ	438
95	การศึกษาระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในกระแสเลือดจากการใช้อุปกรณ์สอดช่องคลอดเพื่อควบคุมการเป็นสัดในกระบือปลัก...ณัฐวุฒิ และคณะ	443
96	การศึกษาระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในกระแสเลือดจากการใช้อุปกรณ์สอดช่องคลอดเพื่อควบคุมการเป็นสัดในโคเนื้อ...จตุพงษ์ และคณะ	448
97	ผลของฮอร์โมนเพรกแนนท์แมร์ซีรั่มโกนาโดโทรปินต่อการกระตุ้นเพิ่มจำนวนฟอลลิเคิลในรังไข่โคพื้นเมืองไทย (*Bos indicus*)...เด่นพงษ์ และคณะ	453
98	ผลการเสริมบีเทนในอาหารต่อสมรรถนะการผลิต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ... กันยา และคณะ	458
99	ผลของการใช้ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังโปรตีนสูงที่ผลิตโดยเทคโนโลยีชีวภาพในสูตรอาหารต่อสมรรถนะการผลิตนกกระทาญี่ปุ่น...ทรงศักดิ์ และคณะ	463
100	ประสิทธิภาพการย่อยได้ของแหนแดงในอาหารสุกรรุ่น...วันดี และคณะ	468
101	ผลของปลายเดือยในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ...ชัยพฤกษ์	472
102	การเสริมอบเชยในอาหารไก่กระทงต่อคุณภาพซาก...ดวงนภา และคณะ	476
103	ปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมด ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสมุนไพรบางชนิด...สุวรรณี และคณะ	480
104	ผลการเสริมสารสกัดหยาบจากบอระเพ็ดในอาหารเป็ดเนื้อต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพซาก...ธันวา	484
105	ผลของการใช้รำเดือยทดแทนรำข้าวในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ... สว่าง และคณะ	488
106	ผลการเสริมขมิ้นต่อค่าการย่อยได้ของโภชนะ จำนวน *Escherichia coli* และ Lactic acid bacteria ในมูลของสุกรหลังหย่านม...ไกรสิทธิ และคณะ	493
107	ประสิทธิภาพการเสริมสารสกัดเซลล์ยีสต์ร่วมกับอินนูลินในอาหารไก่ไข่... สุวรรณี และคณะ	498
108	ผลการเสริมกวาวเครือขาวต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อสายพันธุ์การค้า... นฤมล และคณะ	502
109	การใช้หญ้าหมักทดแทนในอาหารสุกรต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและการย่อยได้ของโภชนะในสุกรพื้นเมือง...นัฐกานต์ และคณะ	507
110	การศึกษาเอนไซม์และชีวเคมีในซีรั่มของม้าพื้นเมืองในอำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม...จักรพงษ์ และคณะ	512

111	การใช้ประโยชน์จากแหนแดงอบแห้งในอาหารปลานิลแดงแปลงเพศ (*Oreochromis niloticus* Linn.)...อนุรักษ์ และคณะ	518
112	การสำรวจสัตว์ป่าในบริเวณโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีของเขื่อนจุฬาภรณ์... พิชญ์รัตน์ และคณะ	522
113	องค์ประกอบทางเคมีและจำนวนจุลินทรีย์ในเปลือกและเมล็ดลำไยหมัก...จักรี และคณะ	526
114	ผลการปรับปรุงคุณภาพซานอ้อยด้วยยูเรีย และการใช้ยูเรียร่วมกับเมล็ดถั่วเหลืองดิบบดต่อคุณค่าทางโภชนะและการย่อยได้โดยวิธี *In Vitro* technique...กันยา และคณะ	531
115	Effects of metabolizable energy intake on growth performance and nutrient digestibility of Thai native cattle...Natthamon and Kritapon	536
116	การใช้สารเสริมในการหมักเปลือกและเมล็ดลำไยร่วมกับฟางข้าวต่อปริมาณกรดอินทรีย์และองค์ประกอบทางเคมี...ชานนท์ และคณะ	541
117	คุณค่าทางโภชนะและการย่อยได้ของเปลือกกล้วยน้ำว้า (*Musa sapieutum L.*)... สุญาณี และคณะ	545
118	คุณค่าทางอาหารและการย่อยได้ของเปลือก -ซังข้าวโพดที่ปรับปรุงคุณภาพ... ศิริพร และคณะ	549
119	การเปรียบเทียบผลของการใช้ถั่วคาวาเคดแห้ง และหญ้ารูซี่แห้งเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อปริมาณการกินได้และอัตราการเจริญเติบโตในแพะเนื้อรุ่น...วลัยลักษณ์	553
120	Effect of guineagrass and Thapra stylo silages on dry matter intake and milk production...Warangkana et al.	557
121	Phylogenetic tree ของเมทาโนเจนในรูเมนโคพื้นเมืองไทยกับโคโฮลส์ไตน์ฟรีเซี่ยน... ฉัตรชัย และคณะ	561
122	ผลของแหล่งอาหารหยาบต่อการผลิตแก๊สมีเทนในกระเพาะรูเมน...กฤตพล และกนกวรรณ)	566
123	ผลของระดับการกินได้พลังงานต่อการผลิตแก๊สมีเทนในโคเนื้อพื้นเมืองไทยและโคพันธุ์บราห์มันลูกผสม...อรัญ และคณะ	570
124	การศึกษารูปแบบจีโนไทป์ของยีนฮีทช็อคโปรตีนในโคนม...สุพิชฌาย์ และคณะ	575
125	ผลของการเสริมใบกระถินสดต่อการกินได้ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว และประชากรโปรโตซัวในกระบือปลักที่ได้รับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ...กีรติ และคณะ	580
126	การศึกษาขนาดตัว ค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น และลักษณะรูปร่างเม็ดเลือดของกระจงควาย (*Tragulus napu)* ที่ทำการเพาะเลี้ยงในสภาพกรงเลี้ยง...อัจฉรัตน์ และคณะ	584

แก่นเกษตร 40 ฉบับพิเศษ 2 : 215-218 (2555). KHON KAEN AGR. J. 40 SUPPLMENT 2 : 215-218 (2012).

ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้และคุณภาพน้ำนมในแพะรีดนม

Effects of protein levels in concentrate on feed intake and milk quality in lactating dairy goats

ปิ่น จันจุฬา[1*], พัชรินทร์ ภักดีฉนวน[2], ศิริชัย ศรีพงศ์พันธุ์[1], ศิริวัฒน์ วาสิกศิริ[1] และ สมพงษ์ เทศประสิทธิ์[1]

Pin Chanjula[1*], Patcharin Pakdeechanuan[2], Sirichai Sripongpun[1], Siriwat Wasiksiri[1] and Sompong Tedprasit[1]

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้ ผลผลิต และองค์ประกอบของน้ำนมในแพะรีดนม โดยสุ่มแพะให้ได้รับอาหารทดลอง 4 สูตร คือ อาหารข้นที่มีระดับโปรตีน 16, 17, 18 และ 19% ตามแผนการทดลองแบบสลับ (switch back design) ใช้แพะนมลูกผสมพันธุ์ซาเนนจำนวน 8 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 50 ± 3 กิโลกรัม และมีจำนวนวันของการให้นมเฉลี่ย 60 ± 10 วัน โดยแพะนมทุกตัวรับหญ้ารูซี่สดเป็นอาหารหยาบให้กินแบบเต็มที่ และได้รับสัดส่วนอาหารข้นต่อปริมาณน้ำนมเป็น 1 ต่อ 2 ผลการทดลองพบว่า ปริมาณการกินได้ ผลผลิต และองค์ประกอบของน้ำนมมีค่าใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) ขณะที่ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในน้ำนมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) และเพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนในอาหารข้นที่เพิ่มขึ้น จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า ระดับโปรตีน 16-17% ในสูตรอาหารข้นเป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับแพะรีดนม โดยไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ ผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม

คำสำคัญ: ระดับโปรตีนในอาหารข้น, ผลผลิตน้ำนม, คุณภาพน้ำนม, แพะนม

ABSTRACT: Eight crossbred Saanen dairy goats (BW 50 ± 5 kg) with 60 ± 10 days in lactation were randomly assigned to a switchback design to evaluate the effect of protein levels in concentrate on feed intake, milk yield and milk composition in lactating dairy goats. The treatments were 1) dietary crude protein level 16%, 2) dietary crude protein level 17%, 3) dietary crude protein level 18% and 4) dietary crude protein level 19%. The goats were offered the treatment concentrate at a ratio to milk yield at 1:2. Ruzi grass was given on an *ad libitum* basis as the roughage. The results revealed that total DM intake, milk production and milk composition were similar among treatments ($P > 0.05$), whereas milk urea nitrogen was significantly differences ($P < 0.05$) as increasing dietary protein levels in concentrate. It could be concluded that the optimal level of CP in concentrate should be 16 - 17% for dairy goats without altering feed intake, milk yield and milk composition.

Keywords: Protein level in concentrate, milk yield, milk quality, dairy goat

[1] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา
Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla 90112

[2] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.ปัตตานี
Department of Food Science and Nutrition, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani Campus, Pattani 94000

* Corresponding author: pin.c@psu.ac.th

บทนำ

อาหารเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อผลิตภาพการผลิตของแพะนม และต้นทุนการผลิตน้ำนม ค่าอาหารเป็นรายจ่ายคิดเป็น 40-70% ของต้นทุนการผลิตน้ำนม การให้อาหารสำหรับแพะนมโดยเฉพาะแม่แพะระยะให้นมมีความสำคัญต่อผลตอบแทนที่ได้รับ แม่แพะระยะให้นมต้องได้รับอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนะสูงเพียงพอกับความต้องการของร่างกายที่สามารถผลิตน้ำนมได้ตามศักยภาพ ซึ่งปัจจัยที่มีส่วนอย่างยิ่งต่อการเพิ่มศักยภาพการผลิตคือ ปัจจัยทางด้านอาหารแพะ โดยเฉพาะระดับโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมในสูตรอาหารข้นของแพะนม ซึ่งสมดุลโภชนะระหว่างโปรตีนและพลังงานในสัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นปัจจัยที่มีความจำเป็น เนื่องจากโปรตีนและพลังงานมีผลต่อการเจริญเติบโต ปริมาณการกินได้ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ตลอดจนการดูดซึมและนำไปสร้างเป็นผลผลิต ซึ่งความต้องการโปรตีนนั้นแยกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนแรกเป็นความต้องการสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และอีกส่วนหนึ่งเป็นความต้องการสำหรับตัวสัตว์เอง (McCarthy et al., 1989) การใช้ประโยชน์ของโปรตีนที่ย่อยได้มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับปริมาณของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่ได้รับ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับระดับโปรตีนในอาหารข้นต่อผลผลิต และคุณภาพน้ำนมในแพะรีดนมยังมีจำกัด ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้ ผลผลิตและคุณภาพน้ำนมในแพะรีดนมลูกผสมซาเนน

วิธีการศึกษา

สัตว์ทดลอง แผนการทดลอง และการเตรียมอาหารทดลอง

ใช้แพะลูกผสมซาเนนประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักเฉลี่ย 50 $\pm$ 3 กิโลกรัม จำนวน 8 ตัว และให้น้ำนมมาแล้ว (day in milk, DIM) เฉลี่ย 60 $\pm$ 10 วัน โดยสัตว์ทุกตัวได้รับการถ่ายพยาธิภายในตัวและวิตามิน AD_3E ก่อนเข้าทดลองอย่างน้อย 1 สัปดาห์ แพะถูกเลี้ยงในคอกเดี่ยวมีรางอาหาร และรางน้ำสะอาดแยกเฉพาะตัว และมีน้ำให้กินตลอดเวลาในแต่ละคอก ทำการสุ่มแพะให้ได้รับทรีทเมนต์ตามแผนการทดลองแบบ Switch-back design โดยได้รับอาหารข้นที่มีระดับโปรตีน 16, 17, 18, และ 19 % ตามลำดับ ทำการทดลอง 3 ช่วงๆ ละ 21 วัน ประกอบด้วยระยะปรับตัว 14 วัน และระยะทดลอง 7 วัน โดยแพะได้รับหญ้ารูซี่สดแบบเต็มที่ ร่วมกับการให้อาหารข้นโดยให้ตามสัดส่วนของอาหารข้นต่อน้ำนม 1 : 2 โดยให้วันละ 2 ครั้ง ในเวลา 07.00 และ 16.00 น. ทำการวัดปริมาณอาหารที่ให้ และอาหารที่เหลือทั้งในช่วงเช้าและช่วงเย็นของทุกวันเพื่อหาปริมาณการกินได้

การเก็บตัวอย่าง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของแพะ โดยชั่งน้ำหนักก่อนเข้าช่วงการทดลองและในวันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบและอาหารข้นทั้งอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชม. เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง โดยนำมาปรับหาปริมาณการกินได้ของสัตว์ในแต่ละวันและอีกส่วนหนึ่งนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 72 ชม. และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มล. เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี และเก็บตัวอย่างน้ำนม 2 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลองติดต่อกัน โดยเก็บในตอนเช้าและตอนเย็น แล้วนำมารวมเข้าด้วยกันตามสัดส่วนของน้ำนมที่ได้ เก็บไว้ในขวดที่มี potassium dichromate 250 มล. เพื่อรักษาสภาพของน้ำนมและเก็บในอุณหภูมิ 4 °C เพื่อรอวิเคราะห์หาองค์ประกอบที่สำคัญได้แก่ โปรตีน ไขมัน แลคโตส ของแข็งทั้งหมด และของแข็งที่ไม่รวมไขมันด้วยเครื่อง Milk Analyzer นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ Switch-back design โดยใช้ Proc GLM (SAS

Inst. Inc., Cary, NC) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ปริมาณการกินได้ของอาหาร

ผลของระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้นต่างกัน (16, 17, 18 และ 19% ตามลำดับ) ต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระของวัตถุแห้งของอาหารในแพะรีดนมลูกผสมแต่ละกลุ่มที่ได้รับหญ้ารูซี่สดเป็นแหล่งอาหารหยาบ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ทั้งในแง่ของปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ อาหารข้น และปริมาณการกินได้ทั้งหมดทั้งที่คิดเป็นปริมาณเฉลี่ย (kg/d) และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (%BW) หรือกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแมแทบอลิก (g/kg $W^{0.75}$) ของทุกกลุ่ม (Table 1) โดยปริมาณการกินได้ทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 1.26 - 1.50 กิโลกรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน ใกล้เคียงกับรายงานของ Arieli et al. (2005) ที่ศึกษาผลของระดับโปรตีน (16 และ 18%CP) ในแพะลูกผสมซาเนน มีค่าเฉลี่ย 1.3 kg/d

ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

ผลของระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้นต่างกัน (16, 17, 18 และ 19% ตามลำดับ) ต่อปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05) (Table 2) แม้ว่าระดับโปรตีนในสูตรอาหารข้นที่ 17% มีปริมาณน้ำนมสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ (P > 0.05) สอดคล้องกับ Clarke and Davis (1980) รายงานว่า ปริมาณน้ำนมเพิ่มสูงขึ้น ตอบสนองต่อระดับโปรตีนในรูปแบบเส้นตรง (linear response) เมื่อระดับโปรตีนในอาหารเพิ่มขึ้นจาก 13.5-16.5 %CP ในสูตรอาหาร และเพิ่มในอัตราที่ลดลง และได้รับผลประโยชน์น้อยมากเมื่อระดับโปรตีนในสูตรอาหารมากกว่า 17.5 %CP (Grings et al., 1991) ขณะที่ ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในน้ำนม (MUN) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) และยังมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบเป็นเส้นตรง (linear contrast) (P = 0.04) ตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารข้น อาจเนื่องมาจาก ปริมาณการกินได้ของโปรตีนเพิ่มขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร สอดคล้องกับ Butler et al. (1996) รายงานว่า ค่าของ MUN มีสหสัมพันธ์สูง (highly correlation) กับปริมาณโปรตีนที่กินได้

Table 1 Least square means for feed intake and nutrient intake affected by increasing dietary protein level of dairy goats fed on ruzi grass as roughage.

Attribute	Dietary protein level (DM basis)[1/]					Contrast P-value[2/]		
	16%CP	17%CP	18%CP	19%CP	SEM	L	Q	C
DMI Ruzi grass, kg/d	0.5	0.5	0.5	0.5	0.01	NS	NS	NS
DMI Concentrate, kg/d	0.7	0.9	0.8	0.7	0.12	NS	NS	NS
Total DMI, kg/d	1.2	1.5	1.4	1.2	0.12	NS	NS	NS
%BW	2.5	2.9	2.8	2.8	0.23	NS	NS	NS
g/kg $W^{0.75}$	66.8	79.3	76.3	72.6	5.63	NS	NS	NS

[1/] Treatments = 16%CP, 17%CP, 18%CP, 19%CP.

[a-b/] Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P < 0.05)

[2/] L = linear, Q = quadratic, C = cubic.

SEM = Standard error of the mean (n = 6)

Table 2 Least square means for milk yield and milk composition affected by increasing level of protein of dairy goats fed on ruzi grass as roughage.

Attribute	Dietary protein level (DM basis)[1/]					Contrasts[2/]		
	16%CP	17%CP	18%CP	19%CP	SEM	L	Q	C
Milk production, kg/d	1.5	1.9	1.7	1.4	0.24	NS	NS	NS
Milk fat, %	5.3	5.4	5.8	5.7	0.13	NS	NS	NS
Milk protein, %	4.4	4.4	4.4	4.6	0.10	NS	NS	NS
Lactose, %	4.3	4.0	4.4	4.4	0.16	NS	NS	NS
SNF, % [3/]	8.8	8.9	8.7	8.6	0.19	NS	NS	NS
TS, % [4/]	14.1	14.4	14.4	14.3	0.13	NS	NS	NS
MUN, mg/dl	15.8^{b}	18.9^{ab}	20.4^{ab}	22.6^{a}	1.51	0.04	NS	NS

[1/] Treatments = 16%CP, 17%CP, 18%CP, 19%CP.

[a-b/] Within rows not sharing a common superscripts are significantly different ($P<0.05$)

[2/] L = linear, Q = quadratic, C = cubic.

[3/] SNF = Solid-not-fat.

[4/] TS = Total solid.

SEM = Standard error of the mean (n = 6)

สรุป

ระดับโปรตีนที่เหมาะสมในแพะรีดนมคือ 16 - 17% เนื่องจากไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ ผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของแพะรีดนม อย่างไรก็ตาม ควรจะได้มีการศึกษาต่อไปในประเด็นเกี่ยวกับอัตราการการตั้งท้อง อัตราการคลอด น้ำหนักแรกคลอดของลูกแพะ น้ำหนักหย่านมของลูกแพะ และสุขภาพแม่แพะ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

Arieli, A., R. Sasson-Rath, S. Zamwel, and S. J. Mabjeesh. 2005. Effect of dietary protein and rumen degradable organic matter on milk production and efficiency in heat-stressed goats. Livest. Prod. Sci. 96:215-223.

Butler, W. R., J. J. Calaman, and S. W. Beam. 1996. Plasma and milk urea nitrogen in rational to pregnancy rate in lactating dairy cattle. J. Anim. Sci. 74:858-865.

Clark, J. H., and C. L. Davis. 1980. Some aspects of feeding high producing dairy cows. J. Dairy Sci. 63:873-891.

Grings, E. F., R. E. Roffler, and D. P. Dietelhoff. 1991. Response of dairy cows in early lactation to addition of cotton seed meal in alfalfa hay based diets. J. Dairy Sci. 74:2580-2587.

McCarthy, R. D., Jr., T. H. Klusneyer, J. L. Vicini, J. H. Clark, and D. R. Nelson. 1989. Effects of source protein and carbohydrate on ruminal fermentation an passage of nutrients to the small intestine of lactation cows. J. Dairy Sci. 72: 2002.

Steel, R. G. D., and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometerial Approach. (2nd ed.). McGraw-Hill, New York, USA.