



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ: ผลของระดับการเสริมแคลเซียมต่ออัตราการเกิดโรคท้องเสีย
จำนวนจุลินทรีย์ในมูล ปริมาณการกินได้และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้
ของโภชนะของลูกโคนม

ผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิมพล เยื้องกลาง

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ: ผลของระดับการเสริมแคลเซียมต่ออัตราการเกิดโรคท้องเสีย
จำนวนจุลินทรีย์ในมูล ปริมาณการกินได้และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้
ของโภชนะของลูกโคนม

ผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิมพล เยื้องกลาง
คณะวิทยาศาสตร์การธรรมชาติ สาขาวิชาสัตวศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ต.แร่ อ.พังโคน จ. สกลนคร 47000

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา
และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างยิ่ง ต่อสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในการทำวิจัยภายใต้โครงการพัฒนาศักยภาพอาจารย์รุ่นใหม่ในสถาบันอุดมศึกษา ทำให้นักวิจัยรุ่นใหม่ในโครงการได้มีโอกาสทำงานวิจัย เพื่อพัฒนาตนเองภายใต้การดูแลอย่างใกล้ชิดของนักวิจัยพี่เลี้ยง (Mentor) ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง วชิราภากร ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น Professor Dr. Anton C. Beynen สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และ Assistant Professor Dr. Thomas J. Schonewille, Department of Herd Health, Faculty of Veterinary Science, Utrecht University, The Netherlands ที่ได้ให้คำแนะนำในการวางแผนการทดลอง การเก็บตัวอย่าง การวิเคราะห์ข้อมูลและการตรวจสอบการเขียนผลงานวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ

ขอบคุณสาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร ที่ได้ให้การสนับสนุนเกี่ยวกับเรื่องสถานที่ในการทำงานทดลอง

การทำงานวิจัยในครั้งนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยด้วยความช่วยเหลือจากหลายฝ่าย ทั้งคณาจารย์ในสาขาวิชาสัตวศาสตร์นักศึกษาในระดับปริญญาตรีและปริญญาโท ที่ได้ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างงานวิจัย คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิมพล เยื้องกลาง)

หัวหน้าโครงการ

9 สิงหาคม 2553

บทคัดย่อ

ลูกโคนม พันธุ์โฮลสไตร์เฟรเชียน อายุเฉลี่ย 1 สัปดาห์ น้ำหนัก 33 ± 1.7 กิโลกรัม (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) จำนวน 40 ตัว ลูกโคถูกขังในคอกขังเดี่ยว (80x175 เซนติเมตร) โดยใช้ฟางข้าวเป็นที่รองนอน ลูกโคนมได้รับอาหารชั้น 1 ใน 4 สูตรอาหารที่มีระดับของแคลเซียมแตกต่างกัน โดยอาหารชั้นมีระดับของแคลเซียมคือ 0.7, 1.1, 1.7 และ 2.2 เปอร์เซ็นต์ โดยแคลเซียมที่เพิ่มลงไปอยู่ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต อาหารชั้นถูกให้ที่ 1.0% ของน้ำหนักตัว ปริมาณนมผงละลายน้ำถูกให้อัตรา 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เมื่อลูกโคมีอายุครบ 2 สัปดาห์ หญ้าแพงโกล่าแห้งถูกให้อย่างเต็มที่ เมื่อสิ้นสุดงานทดลอง น้ำหนักสุดท้ายและอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามการเพิ่มของระดับแคลเซียมในอาหารชั้น ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ โปรตีนและไขมัน ไม่มีผลเนื่องจากระดับของแคลเซียมในอาหารชั้น จำนวนของแบคทีเรียกลุ่มแลคโตบาซิลไลในมูลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญกับระดับของแคลเซียมที่เพิ่มขึ้นในอาหารชั้น โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นแบบเส้นตรง แคลเซียมไม่มีผลต่อแบคทีเรียกลุ่มอีโคไลในมูล ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซึมแคลเซียม ฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมลดลงเป็นแบบเส้นตรงตามระดับของแคลเซียมในอาหารชั้น ค่าพารามิเตอร์ในเลือด (โคเลสเตอรอล กลีเซอไรด์ ยูเรียในเลือด แคลเซียม ฟอสฟอรัส) ไม่มีผลจากระดับของแคลเซียมที่เพิ่มขึ้น ในบทสรุป การเพิ่มแคลเซียมกระตุ้นการเจริญโตของลูกโคนมที่ได้รับนมผงทดแทน อาหารชั้นและหญ้าแห้งร่วมกัน ซึ่งการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของแบคทีเรียกลุ่มแลคติกในลำไส้

Abstract

Forty male Thai Friesian-Holstein calves, about 1 week of age, were purchased at a local market. Their body weight was 33 ± 1.7 kg (mean $\pm$ SD, $n = 40$). The calves were housed individually in metal stalls (80'175 cm) with rice straw as bedding. The calves were fed one of four experimental concentrate diets that differed in the level of calcium. The concentrates contained 0.7, 1.1, 1.7 or 2.2% calcium. Additional calcium was added in the form of calcium carbonate. The concentrates were fed at a level of 1% of body weight. The amount of reconstituted milk supplied was about 10% of body weight. The concentrates were fed at a level of 1% of body weight. When the calves were aged 2 weeks, they were given free access to pangola grass hay. At the end of experiment, final body weight and weight gain were raised by the calcium level in the concentrate in a dose-dependent, linear fashion. Apparent digestibility of dry matter, organic matter, crude protein and crude fat were not influenced by the level of calcium in the concentrate. The number of fecal lactobacilli was significantly increased by higher dietary calcium levels, the effect having a linear trend. Calcium intake did not change the number of fecal *E. coli*. The apparent absorptions of calcium, phosphorus and magnesium were lowered in a linear, dose-dependent fashion by the calcium level in the concentrate. Blood parameters were not significantly different by increased calcium level. In conclusion, increased calcium intakes stimulate weight gain in dairy calves fed a combination of milk replacer, concentrate and grass hay. This calcium effect may be related to an enhanced colonization of the intestine with lactobacilli.

หน้าสรุปโครงการ (Executive Summary)
ทุนพัฒนาศักยภาพในการทำงานวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่

1. **ชื่อโครงการ (ภาษาไทย):** ผลของระดับแคลเซียมต่ออัตราการเกิดโรคท้องเสีย จำนวนจุลินทรีย์ในมูล ปริมาณการกินได้และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของลูกโคนม

(ภาษาอังกฤษ): Effect of calcium level on incidence of diarrhea, fecal microbial population, feed intake, and digestion coefficient of nutrients of dairy calves

2. **ชื่อหัวหน้าโครงการ** **หน่วยงานที่สังกัด** **ที่อยู่** **หมายเลขโทรศัพท์** **และ email**

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิมพล เยื้องกลาง

สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร 47160

โทรศัพท์ 042-771460/01-9844312 โทรสาร 042-711460

Email: cyuangklang@yahoo.com, chayua@hotmail.com

3. **สาขาวิชาที่ทำการวิจัย** **เกษตรศาสตร์**

4. **ระยะเวลาดำเนินงาน** 2 ปี

6. **ได้เสนอโครงการนี้ หรือโครงการที่มีส่วนเหมือนกับเรื่องนี้บางส่วนเพื่อขอทุนต่อแหล่งทุนอื่นที่ได้บ้าง**

.....ไม่ได้เสนอต่อแหล่งทุนอื่น

.....เสนอต่อ

ชื่อโครงการที่เสนอ

กำหนดทราบผล (หรือสถานภาพที่ทราบ)

7. **ปัญหาที่ทำการวิจัย และความสำคัญของปัญหา**

การเลี้ยงโคนมในประเทศไทยรับการส่งเสริมจากทางภาครัฐบาล เพื่อให้เกษตรกรมีอาชีพตลอดจนเป็นการส่งเสริมให้อาชีพการเลี้ยงสัตว์ ซึ่งถือว่าเป็นอาชีพดั้งเดิมของคนไทยให้คงอยู่ แต่อย่างไรก็ตามการเลี้ยงโคนม ซึ่งเป็นสัตว์ที่เกษตรกรไทยไม่เคยเลี้ยงมาก่อน ในระยะแรกๆการเลี้ยงโคนมจึงประสบปัญหาต่างๆมากมาย แต่พบว่าในปัจจุบัน การเลี้ยงโคนมได้พัฒนามาอย่างต่อเนื่องและถือว่าประสบความสำเร็จในระดับที่น่าพอใจ ในการเลี้ยงลูกโคนมเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการคงอยู่และความสำเร็จของการเลี้ยงโคนม ทั้งนี้เพราะว่าการเลี้ยงลูกโคแรกเกิดให้มีสุขภาพแข็งแรงและสมบูรณ์เป็นการเตรียมโคเพื่อที่จะใช้สำหรับเป็นโคนมทดแทนในอนาคต

ดังนั้นการจัดการและการให้อาหารโคนม จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะศึกษารูปแบบการเลี้ยงดู ลูกโคและการจัดการทางด้านอาหาร เพื่อให้ลูกโคมีอัตราการรอดชีวิตในระยะแรกเกิดจนกระทั่ง สามารถทดแทนฝูงได้เพิ่มสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าการเลี้ยงลูกโคโคนมไม่ได้เป็นที่ให้ความสนใจเท่าที่ควรจากเกษตรกรผู้เลี้ยง ทั้งนี้เพราะว่าอัตราการตายของลูกโคโคนมยังมีอยู่ค่อนข้างสูง อย่างเช่นจากรายงานการของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นประเทศที่มีการเลี้ยงโคนมขนาดใหญ่ พบว่าอัตราการตายของลูกโคโคนมตั้งแต่วัยแรกเกิดจนถึงหย่านมในปี 1991 คิดเป็น 8.4% และ เพิ่มขึ้นเป็น 11% ในปี 1996 (Davis and Drackley, 1998) แต่สำหรับอัตราการตายของลูกโคโคนม แรกเกิดจนกระทั่งหย่านม ยังไม่มีข้อมูลรายงานที่ชัดเจนสำหรับประเทศไทย ดังนั้นการศึกษา ทางด้านอาหารและการให้อาหารลูกโคโคนม (Calf nutrition) จึงเป็นศาสตร์อีกหนึ่งแขนงที่น่าสนใจ และท้าทายสำหรับนักโภชนศาสตร์ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงโคนม ลดอัตราการรอดชีวิต และทำให้มีโคนมทดแทนให้ฝูงเพิ่มสูงและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

จากการศึกษาของ Yuangklang et al. (2004) พบว่าในลูกโคโคนมที่ได้รับนมผงทดแทน ร่วมกับแคลเซียมสูง มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าลูกโคโคนมที่ได้รับนมผงทดแทนร่วมกับแคลเซียม ต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับ Xu et al. (1998) รายงานว่าการเสริมแคลเซียมสูงในนมผงทดแทนที่มี ส่วนประกอบเป็นโปรตีนจากถั่วเหลือง ทำให้ลูกโคโคนมมีน้ำหนักตัวมากกว่าลูกโคโคนมที่ได้รับ แคลเซียมต่ำ ทั้งนี้เพราะว่าในช่วงแรกของการเจริญเติบโต ลูกโคมีความจำเป็นต้องได้รับโภชนะทุก ตัวในปริมาณสูง เพื่อใช้สำหรับการเจริญเติบโต จากงานทดลองของ เอลิมพล และคณะ (2548) พบว่าการเสริมแคลเซียมระดับสูงในอาหารชั้นสำหรับลูกโคโคนม พบว่าทำให้อัตราการเจริญเติบโต สูงกว่าการให้แคลเซียมระดับต่ำ รวมทั้งพบว่าการเสริมแคลเซียมในระดับสูง ทำให้จุลินทรีย์ในมูล มีค่าต่ำกว่าการเสริมแคลเซียมระดับต่ำ นอกจากนั้นแล้ว Bovee-Oudenhoven et al. (1999) พบว่าการเสริมแคลเซียมฟอสเฟตในระดับสูงช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่ม Lactobacillus ในส่วนของระบบทางเดินอาหารส่วนท้าย ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการ เจริญเติบโตของ Lactobacillus จะต้องอยู่ในสภาวะที่เป็นกรดอ่อนๆ ซึ่งทำให้จุลินทรีย์ในกลุ่ม Salmonella ลดลง ซึ่งช่วยลดความรุนแรงของการติดเชื้อจากจุลินทรีย์กลุ่ม Salmonella ทำให้ อัตราการเกิดท้องเสียเนื่องจากการติดเชื้อจาก Salmonella ลดลง และจากการศึกษาของ Xu et al. (1998); Yuangklang et al. (2004) พบว่าการเสริมแคลเซียมในระดับสูง ทำให้เกิดการจับตัว ของแคลเซียมและฟอสฟอรัส และอยู่ในรูปที่ไม่ละลาย (insoluble calcium phosphate) ซึ่งจะไป จับกับกรดไขมันและกรดน้ำดีในลำไส้เล็ก ซึ่งทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่ม Lactobacillus แต่พบว่าเมื่อผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของไขมันในอาหาร ทั้งนี้ เพราะเมื่อ insoluble calcium phosphate จับกับกรดไขมันและกรดน้ำดี จะทำให้อยู่ในสภาวะที่ไม่ย่อยสลาย และถูกขับออกทางมูล ดังนั้นจึงเป็นการลดประสิทธิภาพของการใช้ประโยชน์จาก

ไขมัน รวมทั้งเพิ่มการขับออกของกรดน้ำดีในมูล ซึ่งมีผลต่อการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล ทั้งนี้ เพราะว่าการคอเลสเตอรอลเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กรดน้ำดี ดังนั้นการเพิ่มการขับออกของกรดน้ำดี ย่อมส่งผลต่อปริมาณของคอเลสเตอรอลในร่างกาย เช่นในเลือดและในตับ เป็นต้น

ดังนั้นจากการตรวจเอกสารข้างต้น ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาถึงผลของระดับแคลเซียมต่ออัตราการเกิดท้องเสีย จุลินทรีย์ในมูล ปริมาณการกินได้และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในลูกโคนม

8) วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

8.1) เพื่อศึกษาผลของระดับของแคลเซียมต่ออัตราการเกิดโรคท้องเสีย ชนิดและจำนวน จุลินทรีย์ในมูล

8.2) เพื่อศึกษาผลของระดับของแคลเซียมต่อค่าการย่อยได้ของไขมัน, วัตถุแห้ง, อินทรีย์วัตถุ, โปรตีน, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), แคลเซียม และฟอสฟอรัส

8.3) เพื่อศึกษาผลของระดับของแคลเซียมต่อปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบและปริมาณการกินได้ของอาหารเริ่มต้น

8.4) เพื่อศึกษาผลของระดับของแคลเซียมต่อเมทาโบไลต์ในกระแสเลือด อันได้แก่ กลูโคส, blood urea nitrogen (BUN), non-esterified fatty acid (NEFA), คอเลสเตอรอล, แคลเซียมและฟอสฟอรัส และ fatty acid profiles

9) ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

9.1) ได้ทราบถึงผลของระดับของแคลเซียมที่มีผลต่อปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ ปริมาณการกินได้ของอาหารเริ่มต้นสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ โภชนะและเมทาโบไลต์ในกระแสเลือด

9.2) สามารถนำไปเป็นข้อมูล เพื่อพัฒนาอาหารชั้นที่เหมาะสมสำหรับลูกโคนมที่กำลังเจริญเติบโต

9.3) เป็นวิทยาทานสำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการประกอบสูตรอาหารสำหรับลูกโคนม สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคนม

10) ระเบียบวิธีวิจัย

10.1 สัตว์ทดลอง

โดยใช้ลูกโคนมเพศผู้ อายุแรกเกิดถึง 1 สัปดาห์ น้ำหนักเฉลี่ย 25-35 กิโลกรัม จำนวน 40 ตัว

10.2 แผนงานทดลอง

วางแผนงานทดลองแบบ Randomized Complete Block Design โดยใช้ระดับสายเลือด และน้ำหนักแรกเกิดเป็นบล็อก (Block) โดยมีทริทเมนต์งานทดลองคือ

ทริทเมนต์ที่ 1 = ระดับแคลเซียมต่ำ (0.5 กิโลกรัม/100 กิโลกรัมอาหาร)

ทริทเมนต์ที่ 2 = ระดับแคลเซียมปานกลาง (1.0 กิโลกรัม/100 กิโลกรัมอาหาร)

ทริทเมนต์ที่ 3 = ระดับแคลเซียมสูง (1.5 กิโลกรัม/100 กิโลกรัมอาหาร)

ทริทเมนต์ที่ 4 = ระดับแคลเซียมสูงมาก (2.0 กิโลกรัม/100 กิโลกรัมอาหาร)

-โดยมีระยะเวลาทั้งสิ้น 114 วัน โดยแบ่งเป็นระยะปรับสัตว์ (adjust period) เป็นเวลา 14 วัน และมีระยะทดลอง 100 วัน

10.3 การให้อาหาร ให้ลูกโคได้รับอาหาร วันละ 2 ครั้ง คือเช้า เวลาประมาณ 08.00 น. และบ่าย เวลาประมาณ 15.00 น. ดังนี้

1. อาหารหยาบ ให้ลูกโคได้รับหญ้าเนเปียร์แห้ง
2. อาหารแทนนม ใช้นมเทียม ที่มีโปรตีนหยาบ 24 เปอร์เซ็นต์ ละลายน้ำในอัตราส่วนน้ำต่อนมเทียม 9 ต่อ 1 โดยให้กินคิดเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว
3. อาหารข้น ดังแสดงในตารางที่ 1 ให้ลูกโคได้รับอาหารข้นตามทริทเมนต์งานทดลองที่ได้รับ โดยเสริมให้ลูกโคกินหลังจากให้นมน้ำเหลือง 3 วัน ให้อาหารข้นแบบเต็มๆ

11) การเก็บตัวอย่าง

-วัดปริมาณการกินได้ของหญ้าเนเปียร์แห้ง และอาหารข้นทุกวัน โดยทำการชั่งน้ำหนักเช้า และชั่งน้ำหนัก พร้อมทั้งบันทึกปริมาณอาหารที่กิน

-ชั่งน้ำหนักลูกโคทุกๆ 4 อาทิตย์ เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวและคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และปริมาณอาหารที่ใช้ต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว

-บันทึกสุขภาพของลูกโค เช่น อัตราการเกิดท้องเสีย เป็นต้น

-เก็บมูล ในช่วงระยะทดลองที่ 30, 60 และ 90 วันของระยะการทดลอง เป็นช่วงของการเก็บตัวอย่างมูล โดยทำการเก็บติดต่อกัน 2 วัน โดยใช้ถาดพลาสติกวางไว้ใต้คอก เพื่อทำการเก็บ

ตัวอย่างทั้งหมด (Total collection) และนำไปวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางโภชนา เพื่อนำไปคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ, อินทรีย์วัตถุ, โปรตีน, NDF, ADF, EE, AIA, Ca, P

-ทำการเก็บมูลทางทวารหนัก เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของจุลินทรีย์ในมูล ตามวิธีการที่ได้อธิบายไว้ใน Bovee-Oudenhoven et al. (1997) รวมทั้งวิเคราะห์หากรดน้ำดีในมูล (Yuangklang et al., 2004)

-สุ่มเก็บเลือดวันสุดท้ายของแต่ละระยะการทดลอง เพื่อวิเคราะห์หา glucose, BUN, NEFA, Cholesterol, Ca, P, fatty acid profiles

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อ	ii
Abstract	iii
หน้าสรุปโครงการ (Executive Summary)	iv
สารบัญ	ix
สารบัญตาราง	x
สารบัญรูป	xi
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 คำนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	3
2 การตรวจเอกสาร	4
3 อุปกรณ์และวิธีการ	20
4 ผลการทดลองและวิจารณ์	22
5 สรุปและข้อเสนอแนะ	28
บรรณานุกรม	29
ภาคผนวก	33
ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์จากการวิจัยในครั้งนี้	34

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบขนาดของกระเพาะอาหารโคเมื่ออายุต่างกัน	5
ตารางที่ 2.2 สัดส่วนเปรียบเทียบการพัฒนาระเพาะส่วนต่างๆของโคและแกะ	6
ตารางที่ 2.3 แสดงปริมาณน้ำนมที่ให้และนมผงที่ใช้	10
ตารางที่ 2.4 แสดงเมตาโลเอนไซม์ (metallo-enzyme) บางตัวในสัตว์	12
ตารางที่ 3.1 แสดงองค์ประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ในสูตรอาหารทดลอง	21
ตารางที่ 4.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง	22
ตารางที่ 4.2 แสดงน้ำหนัก (body weight, BW) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain, ADG) และค่าคะแนนของมูล (fecal score)	23
ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะ (0-30 วัน)	24
ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะ (0-60 วัน)	25
ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะ (0-60 วัน)	26
ตารางที่ 4.6 แสดงจำนวนของ E. coli และ Lactobacilli spp.	26
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความเข้มข้นของ glucose, blood urea nitrogen, non-esterified fatty acid (NEFA), cholesterol, calcium และ phosphorus	27

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1	การพัฒนาของกระเพาะรูเมน	7
รูปที่ 2.2	แสดงกลไกการทำงานในการควบคุมสมดุลแคลเซียม	15
รูปที่ 2.3	แสดงแบบจำลองการควบคุมสมดุลของฟอสฟอรัสในโคนม	17

บทที่ 1

บทนำ

1.1) คำนำ

การเลี้ยงโคนมในประเทศไทยรับการส่งเสริมจากทางภาครัฐบาล เพื่อให้เกษตรกรมีอาชีพตลอดจนเป็นการส่งเสริมให้อาชีพการเลี้ยงสัตว์ ซึ่งถือว่าเป็นอาชีพดั้งเดิมของคนไทยให้คงอยู่ แต่อย่างไรก็ตามการเลี้ยงโคนม ซึ่งเป็นสัตว์ที่เกษตรกรไทยไม่เคยเลี้ยงมาก่อน ในระยะแรกๆการเลี้ยงโคนมจึงประสบปัญหาต่างๆมากมาย แต่พบว่าในปัจจุบัน การเลี้ยงโคนมได้พัฒนามาอย่างต่อเนื่องและถือว่าประสบความสำเร็จในระดับที่น่าพอใจ ในการเลี้ยงลูกโคนมเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการคงอยู่และความสำเร็จของการเลี้ยงโคนม ทั้งนี้เพราะว่าการเลี้ยงลูกโคแรกเกิดให้มีสุขภาพแข็งแรงและสมบูรณ์เป็นการเตรียมโคเพื่อที่จะใช้สำหรับเป็นโคนมทดแทนในอนาคต ดังนั้นการจัดการและการให้อาหารโคนม จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะศึกษารูปแบบการเลี้ยงดูลูกโคและการจัดการทางด้านอาหาร เพื่อให้ลูกโคมีอัตราการรอดชีวิตในระยะแรกเกิดจนกระทั่งสามารถทดแทนฝูงได้เพิ่มสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าการเลี้ยงลูกโคนมไม่ได้เป็นที่ให้ความสนใจเท่าที่ควรจากเกษตรกรผู้เลี้ยง ทั้งนี้เพราะว่าอัตราการตายของลูกโคนมยังอยู่ค่อนข้างสูง อย่างเช่นจากรายงานการของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นประเทศที่มีการเลี้ยงโคนมขนาดใหญ่ พบว่าอัตราการตายของลูกโคนมตั้งแต่ระยะแรกเกิดจนถึงหย่านมในปี 1991 คิดเป็น 8.4% และเพิ่มขึ้นเป็น 11%ในปี 1996 (Davis and Drackley, 1998) แต่สำหรับอัตราการตายของลูกโคนมแรกเกิดจนกระทั่งหย่านม ยังไม่มีข้อมูลรายงานที่ชัดเจนสำหรับประเทศไทย ดังนั้นการศึกษาทางด้านอาหารและการให้อาหารลูกโคนม (Calf nutrition) จึงเป็นศาสตร์อีกหนึ่งแขนงที่น่าสนใจและท้าทายสำหรับนักโภชนาการ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงโคนม ลดอัตราการรอดชีวิตและทำให้มีโคนมทดแทนให้ฝูงเพิ่มสูงและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

จากการศึกษาของ Yuangklang et al. (2004) พบว่าในลูกโคนมที่ได้รับนมผงทดแทนร่วมกับแคลเซียมสูง มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าลูกโคนมที่ได้รับนมผงทดแทนร่วมกับแคลเซียมต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับ Xu et al. (1998) รายงานว่าการเสริมแคลเซียมสูงในนมผงทดแทนที่มีส่วนประกอบเป็นโปรตีนจากถั่วเหลือง ทำให้ลูกโคนมมีน้ำหนักตัวมากกว่าลูกโคนมที่ได้รับแคลเซียมต่ำ ทั้งนี้เพราะว่าในช่วงแรกของการเจริญเติบโต ลูกโคมีความจำเป็นต้องได้รับโภชนาการตัวในปริมาณสูง เพื่อใช้สำหรับการเจริญเติบโต จากงานทดลองของ เฉลิมพล และคณะ (2548) พบว่าการเสริมแคลเซียมระดับสูงในอาหารชั้นสำหรับลูกโคนม พบว่าทำให้อัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าการให้แคลเซียมระดับต่ำ รวมทั้งพบว่าการเสริมแคลเซียมในระดับสูง ทำให้จุลินทรีย์ในมูลมีค่าต่ำกว่าการเสริมแคลเซียมระดับต่ำ นอกจากนั้นแล้ว Bovee-Oudenhoven et al. (1999)

พบว่า การเสริมแคลเซียมฟอสเฟตในระดับสูงช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่ม Lactobacillus ในส่วนของระบบทางเดินอาหารส่วนท้าย ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของ Lactobacillus จะต้องอยู่ในสภาวะที่เป็นกรดอ่อนๆ ซึ่งทำให้จุลินทรีย์ในกลุ่ม Salmonella ลดลง ซึ่งช่วยลดความรุนแรงของการติดเชื้อจากจุลินทรีย์กลุ่ม Salmonella ทำให้อัตราการเกิดท้องเสียเนื่องจากการติดเชื้อจาก Salmonella ลดลง และจากการศึกษาของ Xu et al. (1998); Yuangklang et al. (2004) พบว่าการเสริมแคลเซียมในระดับสูง ทำให้เกิดการจับตัวของแคลเซียมและฟอสฟอรัส และอยู่ในรูปที่ไม่ละลาย (insoluble calcium phosphate) ซึ่งจะจับกับกรดไขมันและกรดน้ำดีในลำไส้เล็ก ซึ่งทำให้เกิดสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่ม Lactobacillus แต่พบว่ามีผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของไขมันในอาหาร ทั้งนี้ เพราะว่าเมื่อ insoluble calcium phosphate จับกับกรดไขมันและกรดน้ำดี จะทำให้อยู่ในสภาพที่ไม่ย่อยสลาย และถูกขับออกทางมูล ดังนั้นจึงเป็นการลดประสิทธิภาพของการใช้ประโยชน์จากไขมัน รวมทั้งเพิ่มการขับออกของกรดน้ำดีในมูล ซึ่งมีผลต่อการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล ทั้งนี้ เพราะว่าคอเลสเตอรอลเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กรดน้ำดี ดังนั้นการเพิ่มการขับออกของกรดน้ำดี ย่อมส่งผลต่อปริมาณของคอเลสเตอรอลในร่างกาย เช่น ในเลือดและในตับ เป็นต้น

ดังนั้นจากการตรวจเอกสารข้างต้น ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาถึงผลของระดับแคลเซียมต่ออัตราการเกิดท้องเสีย จุลินทรีย์ในมูล ปริมาณการกินได้และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนาในลูกโคนม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 5.1) เพื่อศึกษาผลของระดับของแคลเซียมต่ออัตราการเกิดโรคท้องเสีย ชนิดและจำนวน จุลินทรีย์ในมูล
- 5.2) เพื่อศึกษาผลของระดับของแคลเซียมต่อค่าการย่อยได้ของไขมัน, วัตถุแห้ง, อินทรีย์วัตถุ, โปรตีน, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), แคลเซียม และฟอสฟอรัส
- 5.3) เพื่อศึกษาผลของระดับของแคลเซียมต่อปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบและปริมาณการกินได้ของอาหารเริ่มต้น
- 5.4) เพื่อศึกษาผลของระดับของแคลเซียมต่อเมทาโบไลต์ในกระแสเลือด อันได้แก่ กลูโคส, blood urea nitrogen (BUN), non-esterified fatty acid (NEFA), คอเลสเตอรอล, แคลเซียมและฟอสฟอรัส และ fatty acid profiles

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

6.1) ได้ทราบถึงผลของระดับของแคลเซียมที่มีผลต่อปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ ปริมาณการกินได้ของอาหารเริ่มต้นสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ โภชนะและเมทาบอไลต์ในกระเพาะ เลือด

6.2) สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูล เพื่อพัฒนาอาหารชั้นที่เหมาะสมสำหรับลูกโคนมที่กำลัง เจริญเติบโต

6.3) เป็นวิทยากรสำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการประกอบสูตรอาหารสำหรับลูกโคนม สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคนม

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 สถานการณ์การเลี้ยงโคนมในประเทศไทย

การเลี้ยงโคนมนับว่าเป็นอาชีพที่มีความสำคัญอีกอาชีพหนึ่งคนไทย ทั้งนี้เพราะว่าการเลี้ยงโคนมสามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงได้เป็นอย่างดี แต่การที่จะประสบผลสำเร็จในการเลี้ยงโคนมจำเป็นต้องมี ความขยัน ความอดทน การเปิดใจรับสิ่งใหม่ๆ เพื่อพัฒนาการเลี้ยงโคนมให้ดียิ่งขึ้น เพราะว่าอาชีพการเลี้ยงโคนมจำเป็นที่เกษตรกรจะต้องเอาใจใส่ดูแลโคนมอย่างใกล้ชิดและต้องหมั่นสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับโคอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ทำให้การเลี้ยงโคนมประสบความสำเร็จ

จากปี พ.ศ. 2540 ถึงปี พ.ศ. 2550 จำนวนโคนมได้เพิ่มจาก 302,872 ตัว เป็น 495,236 ตัว และมีปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้ในปี พ.ศ. 2540 จำนวน 410,433 ตัน และเพิ่มขึ้นเป็น 822,211 ตันในปี พ.ศ. 2550 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) จะเห็นได้ว่าจำนวนโคที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับปริมาณผลผลิตน้ำนมที่เพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของจำนวนโคนม ย่อมส่งผลต่อจำนวนประชากรของลูกโคนมที่เกิดใหม่เพิ่มขึ้นตามด้วย ซึ่งการจัดการเลี้ยงดูลูกโคนม มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เพราะว่าการเลี้ยงลูกโคที่ประสบความสำเร็จย่อมส่งผลต่อการคงอยู่ของฝูงโคนม แต่อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงลูกโคนมได้รับความสนใจที่ค่อนข้างน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเกษตรกรคิดว่าการเลี้ยงลูกโคนมไม่ใช่เรื่องยาก แต่ถึงกระนั้นก็ตาม จากรายงานในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าอัตราการตายของลูกโคนมค่อนข้างสูง คิดเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ของลูกโคแรกเกิดทั้งหมด (Davis and Drackley, 1998) จากรายงานดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงลูกโคนม ยังได้รับการเอาใจใส่ดูแลน้อยเกินไป ทำให้มีการสูญเสียลูกโคค่อนข้างสูง ดังนั้นการเลี้ยงลูกโคนมให้มีอัตราการสูญเสียลดลง ย่อมเป็นอีกแนวทางหนึ่งในช่วยเพิ่มรายได้และลดต้นทุนให้แก่เกษตรกรได้

2.2 การเลี้ยงลูกโคนม

การเลี้ยงลูกโคนม นับว่าเป็นอีกหนึ่งศาสตร์ของการเลี้ยงโคนม ที่นับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการคงอยู่ของฟาร์มโคนม ทั้งนี้เนื่องจากความสำเร็จของการเลี้ยงลูกโคนมเป็นการแสดงถึงความสามารถในการเป็นโคทดแทนในอนาคตของฟาร์ม ดังนั้นการเลี้ยงลูกโคตั้งแต่แรกคลอดจนถึงหย่านม หย่านมจนอายุหนึ่งปี และจากอายุหนึ่งปีถึงโคสาวที่ผสมติด นับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งที่นักโภชนาการสัตวศาสตร์เคียวเอ็ง จำเป็นที่ต้องให้ความสนใจในการศึกษาวิจัยเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

2.3 การเจริญและการพัฒนาการของกระเพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง

สัตว์เคี้ยวเอื้องมีการพัฒนาการอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เกิด (Birth) จนกระทั่งโตเต็มวัย (Mature) ซึ่งการพัฒนาของระบบทางเดินอาหาร โดยเฉพาะในส่วนของกระเพาะอาหารนั้นมีความสำคัญสอดคล้องกับชนิดของอาหารที่สัตว์ได้รับ ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของกระเพาะอาหารโคเมื่ออายุต่างกัน

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบขนาดของกระเพาะอาหารโคเมื่ออายุต่างกัน

	อายุหลังคลอด (สัปดาห์)						
	0	4	8	12	16	20-26	34-48
reticulo-rumen	38	52	60	64	67	64	64
Omasum	13	12	13	14	18	22	25
abomasum	49	36	27	22	15	14	11

ที่มา: ฌลอง (2541)

ลูกโคเกิดใหม่ในส่วน of reticulum, rumen และ omasum ยังไม่มีการพัฒนาการทำงาน และยังมีขนาดเล็กอยู่ เมื่อเทียบกับ abomasums (Tamate et al., 1962) rumen จะมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วเมื่อมีอาหารตกลงสู่กระเพาะรูเมนและมีการเปลี่ยนรูปแบบอาหารที่ให้ (Brownlee, 1956) นอกจากนั้น อาหารยังมีอิทธิพลต่อการพัฒนาของกระเพาะรูเมนที่หลากหลาย และยังเกี่ยวข้องถึงการพัฒนาของชั้น epithelium และ muscular ของกระเพาะรูเมน อีกทั้งขนาดของกระเพาะรูเมนยังมีการขยายขนาดด้วยตัวของมันเองอีกด้วย (Flatt et al., 1958) สิ่งที่เกิดขึ้นแสดงให้เห็นว่าอาหารมีอิทธิพลต่อการเจริญของ papillae และการพัฒนานี้อาจจะไม่มีผลกระทบต่อ muscular หรือขนาดของกระเพาะรูเมน

การเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วและการเจริญของชั้น squamous epithelium เป็นสาเหตุให้ papillae มีความยาว ความกว้าง และความหนาเพิ่มขึ้น (Church, 1988) การเปลี่ยนแปลงจาก prior-ruminant ไปเป็น ruminant นั้น การเจริญและการพัฒนาของพื้นที่ผิวในการดูดซึมของกระเพาะรูเมน (papillae) จำเป็นเพื่อที่จะให้สามารถที่จะดูดซึมและย่อยผลผลิตที่ได้จากกระบวนการย่อยของ จุลินทรีย์ โดยเฉพาะกรดไขมันที่ระเหยได้ (volatile fatty acids, VFAs) (Church, 1988) การมีและการดูดซึมกรดไขมันระเหยได้เป็นตัวชี้ให้เห็นถึงการกระตุ้นกระบวนการเมตาโบลิซึมของ rumen epithelium และอาจเป็นกุญแจในการพัฒนา rumen epithelium เริ่มต้น (Baldwin and McLeod, 2000) มีงานทดลองมากมายที่แสดงให้เห็นถึงการย่อยได้ของอาหารแห้ง

และผลผลิตของจุลินทรีย์นั้นเพียงพอต่อการกระตุ้นให้มีการพัฒนาของ rumen epithelium (Nocek et al., 1984) การพัฒนาตัวของกระเพาะรูเมนจะขึ้นอยู่กับอาหารเยื่อใยและจุลินทรีย์ที่เข้าไปอยู่ในกระเพาะรูเมน โดยเฉพาะการพัฒนาของผนังและ papillae จะถูกกระตุ้นจากกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acids, VFA) ซึ่งเป็นผลผลิตจากการหมักอาหารคาร์โบไฮเดรตของแบคทีเรีย โดยกรดไขมันที่ระเหยได้ที่กระตุ้นให้มีการพัฒนาและสร้าง papillae สูงสุด คือ butyric acid ตามด้วย propionic acid และ acetic acid ในการทำงานของเอนไซม์ acetyl-CoA synthetase ที่ต่ำ จะทำจำกัดกระบวนการเมตาโบลิซึมของ acetate ที่ epithelium ด้วยเหตุนี้จึงเป็นข้อจำกัดความสามารถในการกระตุ้นการพัฒนาของ epithelium ของ acetate (Harmon et al., 1991) ที่ขณะเดียวกัน Baldwin and McLeod (2000) ได้แสดงให้เห็นการเปรียบเทียบกระบวนการเมตาโบลิซึมของ butyrate กับ acetate ในแกะ พบว่า ระดับพลังงานที่มีอยู่ในตัวสัตว์อาจจะมีอิทธิพลที่จำเพาะของอัตราการเมตาโบลิซึมของกรดไขมันระเหยง่ายตัวนั้นๆ อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาปริมาณของ acetate นั้นสูงกว่าปริมาณของ butyrate ซึ่งแสดงว่าอาจเป็นไปได้ว่าภายใต้สภาวะเช่นนี้ butyrate จะถูกทำให้มีการใช้ประโยชน์ได้ลดลง นอกจากนั้น เมื่อค่า pH ภายในกระเพาะรูเมนลดลงทำให้กระบวนการเมตาโบลิซึมที่ epithelium และปริมาณของ butyrate ในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น (Baldwin and McLeod, 2000) ต่อจากนั้นกรดไขมันระเหยได้จะทำให้ rumen papillae มีการเจริญเติบโต มีขนาดใหญ่ขึ้น และมีการทำงานได้ (Warner et al., 1956) นอกจากนี้ ก็เหมือนว่าองค์ประกอบของอาหาร เช่น น้ำนม อาหารข้น หรืออาหารหยาบ มีผลต่ออัตราและการเปลี่ยนแปลงของการเจริญเติบโตของ epithelium ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Harrison et al. (1960)

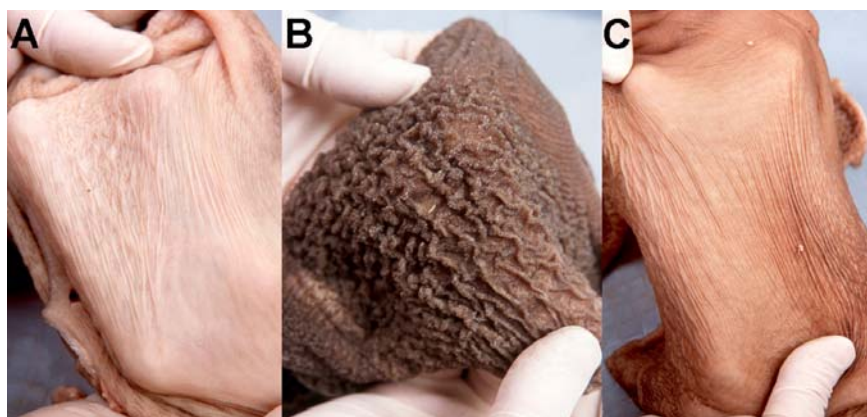
ตารางที่ 2.2 สัดส่วนเปรียบเทียบการพัฒนาของกระเพาะส่วนต่างๆ ของโคและแกะ

ชนิดสัตว์	อายุ	Reticulum	Rumen	Omasum	Abomasum
โค	แรกเกิด		38	13	49
	3 เดือน		64	14	22
	โตเต็มที่		85	12	4
แกะ	แรกเกิด	8	24	8	60
	2 เดือน	11	61	6	22
	โตเต็มที่	11	62	5	22

ที่มา: เมธา (2533); ฌลอง (2541)

ลูกโคที่ได้รับนมหรือนมทดแทน

การพัฒนาของกระเพาะรูเมน มีการพัฒนาน้อยมากหรือแทบจะไม่มีการพัฒนาเลย เนื่องจากน้ำนมที่ลงไปในกระเพาะรูเมนจะเกิดการหมักทำให้เกิดกรดแลคติก (lactic acid) มากกว่ากรดไขมันที่ระเหยได้ โดยปกติการกินน้ำนมหรือนมทดแทนของลูกโค น้ำนมหรือนมทดแทนจะไม่ผ่านกระเพาะรูเมน แต่จะไหลผ่านบริเวณหลอดอาหารที่ห่อตัวไปยังกระเพาะโอบมาซึม โดยผ่านทางท่อที่เรียกว่า esophageal groove แต่เมื่อโตเต็มที่แล้วลักษณะนี้จะหายไป แต่อย่างไรก็ตาม Orskov (1972) กล่าวว่าลักษณะการเกิดดังกล่าวยังสามารถคงอยู่ถ้าหากมีการให้น้ำนมแก่ลูกโคตลอดเวลาตั้งแต่เล็กจนโต หากพิจารณาถึงขนาดของกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับน้ำนมหรืออาหารเหลวโดยที่ไม่คำนึงถึงการพัฒนาของกระเพาะรูเมนแสดงให้เห็นว่า กระเพาะรูเมนมีขนาดใหญ่ขึ้นตามขนาดของร่างกาย (Tamate et al., 1962; Vazquez-Anon et al., 1993) ด้วยเหตุนี้ ในขณะที่ยังมีการให้อาหารที่เป็นน้ำนมหรือของเหลวสามารถที่จะทำให้มีการเจริญเติบโตได้เร็วและมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการพัฒนาของกระเพาะรูเมนจะพัฒนาน้อยเมื่อลูกโคได้รับน้ำนมหรือนมผงทดแทนเพียงอย่างเดียว เมื่อเปรียบเทียบกับการให้ได้รับเมล็ดธัญพืชหรืออาหารหยาบคุณภาพดีร่วมด้วย



- A. น้ำนมอย่างเดียว
- B. น้ำนมร่วมกับเมล็ดธัญพืช
- C. น้ำนมร่วมกับหญ้าแห้ง

รูปที่ 2.1 การพัฒนาของกระเพาะรูเมน

ลูกโคที่ได้รับอาหารแข็ง

ลูกโคที่ได้รับอาหารแข็ง ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพที่ไม่เหมือนกับกรรไกรให้น้ำนมหรืออาหารเหลว อาหารแข็งจะถูกย่อยบริเวณ reticulo-rumen (Church, 1988; Van Soest, 1994) การกินอาหารชนิดแข็งจะกระตุ้นให้มีจำนวนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อีกทั้งมีผลผลิตที่ได้จากจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย กรดไขมันที่ระเหยได้เป็นตัวที่ทำให้เริ่มมีการพัฒนาของ rumen epithelium อย่างไรก็ตาม อาหารแข็งต่างชนิดกันก็มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการพัฒนาของกระเพาะรูเมนที่ต่างกันเช่นกัน องค์ประกอบทางเคมีของอาหารและผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากจุลินทรีย์นั้นมีผลต่อการพัฒนาของกระเพาะรูเมน (Pounden and Hibbs, 1948; Harrison et al., 1960; Warner et al., 1956) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่ต่ำในกระเพาะรูเมนมีผลต่อการดูดซึมกรดไขมันระเหยได้ ซึ่งอาจจะเป็นตัวเร่งให้เกิดการพัฒนาการเจริญเติบโตของกระเพาะรูเมนก็ได้ อย่างไรก็ตาม ชนิดของอาหารก็มีผลต่อประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และผลผลิตกรดไขมันระเหยได้ด้วย (Hibbs et al., 1956) การเพิ่มการดูดซึมและการใช้ประโยชน์ของ butyrate และ propionate ให้สูงกว่า acetate นั้นจะทำให้มีการพัฒนาของกระเพาะรูเมนได้ดีตามไปด้วย (Baldwin and McLeod, 2000) แม้ว่าจะมีการกระตุ้นหรือไม่มีการกระตุ้นให้มีการพัฒนาของกระเพาะรูเมนก็ตามการผลิต butyrate และ propionate ก็ยังคงเพิ่มขึ้น (Tamate et al., 1962) การลดลงของค่า pH ในกระเพาะรูเมนเกิดขึ้นพร้อมกับการผลิตกรดที่แรงขึ้น หรือเกิดร่วมกัน ปริมาณการพัฒนาของ rumen epithelium จะมีการพัฒนาที่ดีกว่าสัตว์ที่ได้รับพืชอาหารสัตว์ (Warner et al., 1956; Zitnan et al., 1998)

จากการศึกษาในการนำใช้อาหารทางเลือก (dietary alternative) หรือสารเสริม ว่ามีผลต่อการพัฒนาของ rumen epithelium และจะมีผลต่อผลผลิตของจุลินทรีย์อย่างไร พบว่า ความยาวของ papillae และความหนาของผนังรูเมนหนาขึ้นในลูกโคที่มีอายุ 4 สัปดาห์ เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับ steam-flaked corn, dry-rolled and whole corn เมื่อมีการเสริมข้าวโพดสูงกว่า 33% ในสูตรอาหาร starter (Lesmeister and Heinrichs, 2004) จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ชนิดของเมล็ดธัญพืชมีอิทธิพลต่อการพัฒนาของกระเพาะรูเมนของลูกโค

ลักษณะทางกายภาพของอาหารก็มีอิทธิพลต่อการพัฒนาตัวของ rumen muscular และขนาดของกระเพาะรูเมนอย่างมากเช่นกัน การกระตุ้นการเคลื่อนตัวของกระเพาะรูเมนนั้นควบคุมหลายปัจจัย เช่น ขนาดของชิ้นอาหาร และความเป็นเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพ (effective fiber) ในลูกโคที่เกิดใหม่ก็เกิดเช่นเดียวกับในโคที่โตเต็มวัย (Van Soest, 1994) ในทางตรงกันข้ามแต่จะมีความได้เปรียบในการพัฒนากระเพาะรูเมน (Nocek et al., 1984, Warner et al., 1956) อาหารหยาบจะเป็นสิ่งแรกที่จะกระตุ้นการพัฒนาของ rumen muscular และเพิ่มขนาดของกระเพาะรูเมน (Zitnan et al., 1998) อาหารที่มีขนาดใหญ่ ความเป็น effective fiber สูง เพิ่ม

ปริมาณของอาหารหยาบ หรือเป็นแหล่งเยื่อใยทางกายภาพ จะเพิ่มการกระตุ้นผนังของกระเพาะรูเมน และยังเพิ่มการเคลื่อนไหว การเพิ่มการแบ่งเซลล์ และขนาดของกระเพาะรูเมนได้ตามลำดับ (Vazquez-Anon et al., 1993) การเพิ่มขึ้นของขนาดและปริมาณของ rumen muscular นั้นจะขึ้นอยู่กับพัฒนาของกระเพาะรูเมน

2.4 อาหารสำหรับลูกโคนม

การให้อาหารลูกโคจากระยะแรกเกิดถึงหย่านม

ลูกโคที่เกิดใหม่จะไม่สามารถกินอาหารแข็งได้นอกจากอาหารเหลว คือ นมแม่เท่านั้น จนกว่ากระเพาะจะมีการพัฒนาให้สามารถย่อยอาหารแข็งได้ วิธีการให้อาหารลูกโคแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ตามอายุ คือ

แรกเกิดถึง 2 วัน

หลังจากคลอดแล้ว 2 – 3 ชม. ให้ลูกโคดูดนมจากแม่โคนมจากแม่โค ซึ่งนมช่วงนี้จะเป็นนมน้ำเหลือง (Colostrum) เพื่อให้ลูกโคได้รับภูมิคุ้มกันโรค หลังจากนั้นแยกลูกโคต่างหาก แล้วจึงลูกโคมาดูดนมแม่ทุก ๆ 3 – 4 ชม. และแยกลูกโคหลังจากกินนมทุกครั้ง หรือโดยการรีดนมน้ำเหลืองมาให้กิน

อายุ 3 ถึง 7 วัน

ลูกโคในระยะนี้ยังต้องอาศัยนมจากแม่ ดังนั้น ควรรีดนมจากแม่ในตอนเช้าและตอนเย็นเก็บไว้ให้ลูกโคกินในตอนเที่ยงและตอนค่ำ แต่ละครึ่งไม่ควรให้เกิน 1 กก.ครึ่ง หรือคิดเป็นน้ำหนักที่ให้ประมาณ 10% ของน้ำหนักตัวต่อ กล่าวคือ ลูกโคน้ำหนัก 30 กก. ให้นมสด 3 กก.ต่อวัน โดยแบ่งให้วันละ 2 – 3 ครั้ง

อายุ 1 ถึง 3 สัปดาห์

ปริมาณนมที่นำมาเลี้ยงลูกโคอยู่ในช่วงประมาณ 10% ของน้ำหนักตัว เมื่อถึงระยะนี้กระเพาะมีการพัฒนาขึ้นมาบ้าง ลูกโคอาจจะกินอาหารเยื่อใยได้บ้าง ดังนั้น ในระยะนี้ควรมีหญ้าสดอ่อน ๆ ทั้งไว้ในรางอาหารบ้าง บางครั้งอาจจะมีอาหารข้นเสริมให้ลูกโคบ้างแล้วแต่ความจำเป็นประมาณ 1 – 2 กำมือ (100 – 200 กรัม)

อายุ 3 ถึง 8 สัปดาห์

ลูกโคในช่วงนี้ควรมีการเจริญเติบโตประมาณ 0.4 – 0.5 กก./วัน ในช่วง 2 เดือนแรกเพื่อจะทำให้ลูกโคมีน้ำหนักถึงเวลาในการหย่านมที่ 8 ถึง 10 สัปดาห์ ตามต้องการ ดังนั้น ในช่วงนี้

ลูกโคควรได้รับน้ำนมหรือกรณีใช้นมผง (Milk replacer) เลี้ยงตามปริมาณที่แสดงตามตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 2.3 แสดงปริมาณน้ำนมที่ให้และนมผงที่ใช้

น้ำหนักลูกโค (กก.)	น้ำนมที่ให้ (กก.)	นมผง (กก.)
30	4.1	0.55
40	4.6	0.62
50	4.9	0.66
60	5.3	0.72

ระยะนี้ควรจะมีหญ้าแห้งคุณภาพดี หรือหญ้าสดคุณภาพดีหรือฟางข้าวอยู่ในรางอาหาร และมีการให้อาหารชั้นสำหรับลูกโคเสริมประมาณ 0.5 – 1.0 กิโลกรัม เมื่อลูกโคถึงน้ำหนักที่จะหย่านม คือ ประมาณ 55 กิโลกรัม ก็ทำการหย่านมลูกโคแต่อย่างไรก็ตาม จะต้องดูว่าลูกโคกินหญ้าหรือฟางได้แล้ว และอาหารชั้นสำหรับลูกโคที่ให้ควรกินได้อย่างน้อย 1.0 กิโลกรัม/ตัว/วัน

สำหรับอาหารชั้นสำหรับลูกโคที่ให้เสริมในช่วงนี้ ควรเป็นอาหารที่มีความหนาแน่นและพลังงานที่สูง ส่วนมากอาหารชั้นสำหรับลูกโคจะเป็นพวกเมล็ดธัญพืช เช่น เมล็ดข้าวโพด เมล็ดข้าวสาลี ประมาณ 40 – 60 ส่วนใน 100 ส่วน รวมกับพวกอาหารโปรตีน เช่น กากถั่วเหลือง ประมาณ 20 – 30 ส่วนใน 100 ส่วน และอาจจะมีรำละเอียดบ้างแต่ควรจะมีผสมในปริมาณที่จำกัด รวมทั้งแร่ธาตุที่จำเป็น เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส ซึ่งอาหารสำหรับลูกโคควรมีพลังงานประมาณ 2.75 – 2.99 Mcal ME/kgDM (76-82% TDN) และโปรตีนหยาบประมาณ 17 – 19% นอกจากนี้เพื่อเป็นการช่วยในการปรับความเป็นกรด – ด่างในรูเมนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม และควรมีไซโตเดียมไปคาร์บอนเนตด้วยในปริมาณที่พอเหมาะ

การให้อาหารลูกโคหลังหย่านมจนถึงผสมติด

ระยะนี้ลูกโคสามารถกินอาหารเยื่อไผ่ได้อย่างเต็มที่ พยายามให้ลูกโคมีเวลาในการกินอาหารเยื่อไผ่นานที่สุด และอาจจะมีการเสริมอาหารชั้น (Creep Feeds) ให้ตัวละ 2 – 3 กก./วัน โดยแบ่งให้วันละ 2 ครั้ง เช้า – เย็น ในปริมาณที่เท่ากัน ลูกโคควรมีการเจริญเติบโตอยู่ในระดับที่เหมาะสม

โดยน้ำหนักแต่ละช่วงอายุควรจะเป็น ดังนี้

น้ำหนักต่ำสุดของลูกโคสาวสำหรับไว้ทดแทนแม่โคที่ควรจะเป็นในแต่ละช่วงอายุ

อายุ	น้ำหนัก (กก.)
เมื่อแรกเกิด	25
หย่านมที่ 8 – 10 สัปดาห์	55
6 เดือน	90
12 เดือน	170
15 เดือน	210
18 เดือน	240
24 เดือน (ก่อนคลอดลูกครั้งแรก)	320

สำหรับอาหารข้นที่ให้อาจจะใช้อาหารข้นสำหรับโครีดนม โดยมีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 14% และพลังงานไม่ต่ำกว่า 2.35 Mcal ME/kgDM (65% TDN) โดยให้อาหารข้นเสริมประมาณ 2 – 3 กิโลกรัม/ตัว /วัน พยายามสังเกตลักษณะของโคไม่ให้อ้วนหรือผอมเกินไป พยายามให้โคน้ำหนักอยู่ในช่วงมาตรฐาน

การให้อาหารเสริมลูกโค (Creep feeding)

การให้อาหารเสริมลูกโคนี้ขึ้นอยู่กับสภาพอาหารโดยทั่วไป สุขภาพของแม่โคเป็นต้น ซึ่งการให้อาหารเสริมลูกโคจะมีข้อดี คือ ทำให้ลูกเมื่อหย่านมมีน้ำหนักสูง และสุขภาพแม่โคไม่ทรุดโทรม เป็นต้น ส่วนประกอบของอาหารเสริมลูกโคโดยทั่วไปจะมีเมล็ดธัญพืชประมาณ 80 – 90% อาจมีกากน้ำตาล (Molasses) 3 – 5% และมีกากเมล็ดพืชน้ำมันต่าง ๆ ประมาณ 10%

ตัวอย่างอาหารเสริมลูกโค

(สูตร 1)	ข้าวโพดบด	60%
	ข้าวโอ๊ตบด	30%
	กากเมล็ดฝ้ายหรือกากถั่วเหลือง	10%
(สูตร 2)	ข้าวโพดบด	55%
	ข้าวโอ๊ตบด	30%
	กากน้ำตาล	5%
	กากเมล็ดฝ้ายหรือกากถั่วเหลือง	10%

2.5 แร่ธาตุสำหรับลูกโคนม

แร่ธาตุที่สำคัญสำหรับลูกโค เพื่อช่วยในการดำรงชีพและการเจริญเติบโต สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ แร่ธาตุหลัก (macro minerals) และแร่ธาตุรอง (micro or trace minerals) ซึ่งแร่ธาตุที่เติมลงไปในการให้อาหารหรือมีอยู่ในอาหารมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อตัวสัตว์

2.5.1 หน้าที่หลักที่สำคัญของแร่ธาตุ

1. เป็นส่วนประกอบโครงร่างและเนื้อเยื่อของสัตว์ และเป็นส่วนประกอบของสารประกอบพวกโปรตีนและไขมันในเนื้อเยื่อที่เป็นอวัยวะ กล้ามเนื้อและเซลล์เม็ดเลือด เป็นต้น เช่นแคลเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม ทำหน้าที่ในการให้ความแข็งแรงแก่โครงร่าง ส่วนฟอสฟอรัส ยังทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในฟอสโฟลิปิด (phospholipid), นิวคลีอิก (nucleic acid) adenosine triphosphate (ATP) และกำมะถัน เป็นองค์ประกอบของโปรตีน ไลโฟโปรตีน (Lipoprotein) และไกลโคโปรตีน (Glycoprotein) เป็นต้น
2. ควบคุมแรงดันออสโมซิส (osmotic pressure) ในของเหลวในร่างกายและควบคุมสมดุลกรด-ด่าง เช่นโซเดียม โพแทสเซียม คลอไรด์ ช่วยรักษาแรงดันออสโมซิสและสมดุลกรด-ด่าง
3. เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalysts) ในเอนไซม์และระบบฮอร์โมน

ตารางที่ 2.4 แสดงเมตาโลเอนไซม์ (metallo-enzymes) บางตัวในสัตว์

Metal	Enzyme	Function
Fe	Ferredoxine	Photosynthesis
	Succinate dehydrogenase	Aerobic oxidation
	Cytochromes	Electron transfer
	Catalase	Protection against H ₂ O ₂
Cu	Cytochrome oxidase	Terminal oxidase
	Lysyl oxidase	Lysine oxidation
	Ceruloplasmin	Iron utilization
	Superoxide dismutase	Elimination of free radicals
Zn	Carbonic anhydrase	CO ₂ formation
	Carboxypeptidase	Protein digestion
	RNA and DNA polymerase	Formation of nucleic acids
Mn	Pyruvate carboxylase	Pyruvate metabolism
	Superoxide dismutase	Elimination of free radicals

Mo	Xanthine oxidase	Purine metabolism
	Sulphite oxidase	Sulphite oxidation
Se	Glutathion peroxidase	Removal of H ₂ O ₂

ที่มา: Underwood (1981)

2.5.2 แร่ธาตุหลัก (macro minerals)

แคลเซียม (Calcium, Ca)

แคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่พบมากที่สุดและมีความสำคัญในร่างกาย เมื่อรวมแคลเซียมกับฟอสฟอรัสแล้วพบว่าคิดเป็น 70% ของปริมาณแร่ธาตุทั้งหมดในสัตว์ ประมาณ 90% ของแคลเซียมพบที่กระดูกและฟัน ซึ่งจะอยู่ในรูปของ hydroxyapatite crystals (Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂) โดยทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมของแคลเซียม

หน้าที่ของแคลเซียม

1. เป็นส่วนประกอบของกระดูกและฟัน ร่วมกับฟอสฟอรัส
2. เป็นสารสื่อประสาท การยึดและการหดตัวของกล้ามเนื้อ
3. เป็นสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแข็งตัวของเลือด
4. เป็นสารกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ เช่น กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ actomyosin-adenosine triphosphatase เป็นต้น

แหล่งของแคลเซียม

แคลเซียมจะพบได้ในเปลือกหอยปน เนื้อปน ปลาปน น้านม ผลิตภัณฑ์จากนม กากน้ำตาล กากถั่วเหลือง ไคแคลเซียมฟอสเฟตและปูนขาว เป็นต้น

การดูดซึมแคลเซียม

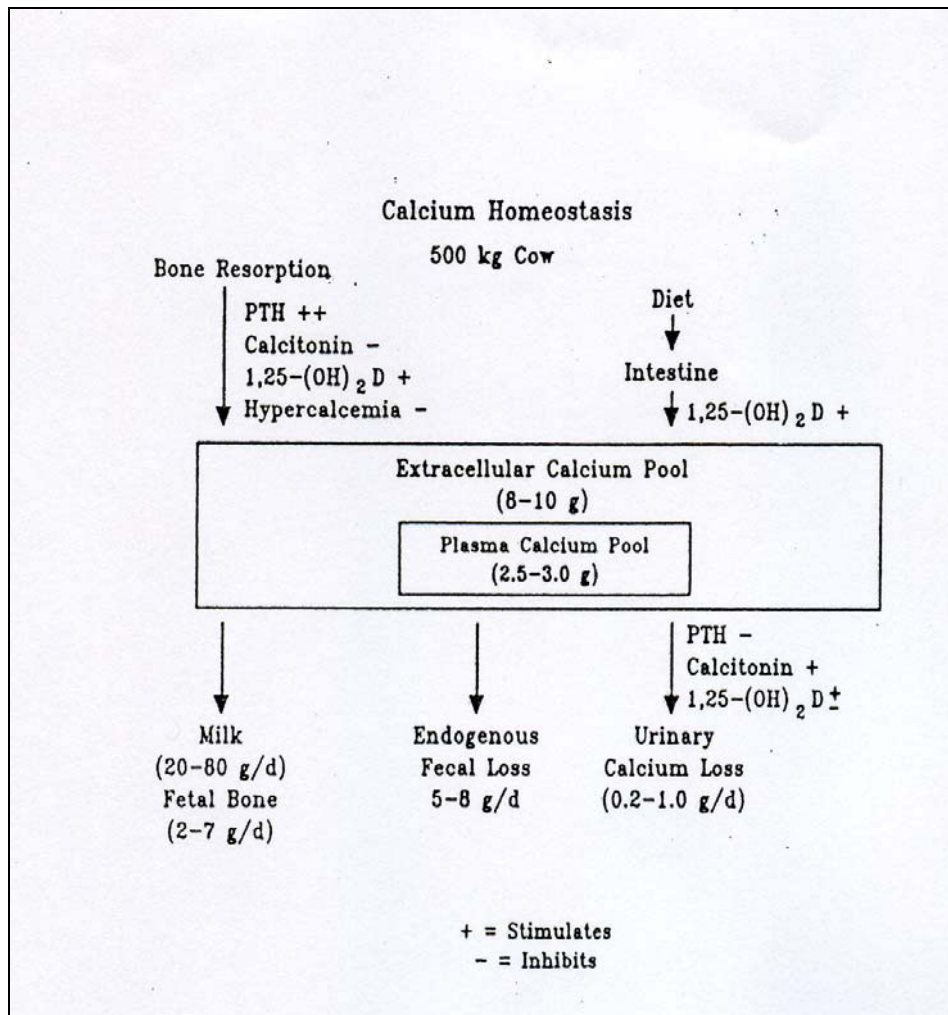
การดูดซึมแคลเซียมนั้น พบว่ามีการดูดซึมในส่วนของลำไส้เล็ก ซึ่งมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดูดซึมของแคลเซียม เช่น อายุ ถ้าสัตว์มีอายุน้อยการดูดซึมแคลเซียมก็จะสูง หรือชนิดของแคลเซียม ถ้าแคลเซียมอยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ (inorganic calcium) ก็จะมีการดูดซึมได้ต่ำกว่าแคลเซียมที่อยู่ในรูปของอินทรีย์ (organic calcium) และอาหารบางชนิดก็มีผลต่อการดูดซึมของแคลเซียมเช่น การเติมไขมันในอาหารก็จะลดการดูดซึมของแคลเซียม เพราะว่าจะมีการจับตัวระหว่างแคลเซียมกับไขมันเกิดเป็นสบู่ (calcium soap) ซึ่งจะลดการดูดซึมของแคลเซียมลง เป็นต้น

การขับออกแคลเซียม

ส่วนใหญ่แคลเซียมจะถูกขับออกมากับมูล แต่ก็มีบางส่วนที่ขับออกมากับปัสสาวะ และในโคนมแคลเซียมก็จะขับออกมาในน้ำนมเช่นเดียวกัน ซึ่งถ้าโคมีการนำเอาแคลเซียมมาใช้เป็นองค์ประกอบของน้ำนมมากๆ และเกิดเสียสมดุลย์ของแคลเซียม อาจทำให้เกิดโรคไข้นม (milk fever) ได้ ซึ่งสามารถจัดการป้องกันได้โดยในช่วงโคพักรีด ให้ปรับสูตรอาหารให้มีแคลเซียมต่ำ เพื่อให้สัตว์ปรับตัวกับอาหารที่มีแคลเซียมต่ำ หลังจากนั้นก็ค่อยให้แคลเซียมเพิ่มขึ้นหลังคลอด หรือถ้าไม่มีการจัดการในช่วงดังกล่าว เมื่อเกิดโรคไข้นม ก็สามารถรักษาโดยการกรอกแคลเซียมโบโรกลูโคเนต (calcium borogluconate) ในโคที่เป็นโรสดังกล่าว

ในการควบคุมการใช้ประโยชน์ของแคลเซียม นั้น มีฮอร์โมนเข้ามาเกี่ยวข้อง นั่นคือฮอร์โมนพาราไทรอยด์ (parathyroid hormone) แคลซิโทนิน (calcitonin) และ $1,25-(OH)_2D$ ซึ่งมีกลไกการทำงานตามที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.2

สัดส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัส จะอยู่ที่ประมาณ 1:1 ถึง 1:2 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสัดส่วนของแคลเซียมกับฟอสฟอรัสที่อยู่ในกระดูกเป็นปัจจัยที่ทำให้สัดส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสอยู่ในระดับดังกล่าว สัตว์เคี้ยวเอื้องในช่วงหน้าแล้งสัดส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสอาจจะมีค่าสูงถึง 7:1



รูปที่ 2.2 แสดงกลไกการทำงานในการควบคุมสมดุลแคลเซียม

ที่มา: Underwood and Suttle (1999)

ฟอสฟอรัส (Phosphorus, P)

ฟอสฟอรัสเป็นแร่ธาตุที่จะมาคู่กับแคลเซียมอยู่เสมอ ทั้งนี้เพราะว่าจะเกี่ยวข้องกับการมีอยู่ของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระดูกและฟัน นอกจากนั้นแล้ว ฟอสฟอรัสจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในร่างกายอีกหลายอย่างเช่น เป็นองค์ประกอบของสารให้พลังงานคือ adenosine triphosphate (ATP) หรือเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์คือฟอสโฟลิปิด (phospholipids) เป็นต้น

หน้าที่ของฟอสฟอรัส

1. เป็นส่วนประกอบของกระดูกและฟัน ร่วมกับแคลเซียม
2. เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในผนังเซลล์

3. เป็นองค์ประกอบของโคเอนไซม์ (coenzymes) ซึ่งอยู่ในรูปของ phosphoric acid เช่น coenzyme A (acetylation cofactor) เป็นต้น
4. เป็นตัวกลางที่เกี่ยวข้องกับฮอร์โมนต่างๆ คือ cyclic adenosine monophosphate (c-AMP) ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของ adrenocorticotropin hormone (ACTH) และ Lutinizing hormone (LH) เป็นต้น

แหล่งของฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสพบมากในธัญพืช ปลาป่น รำละเอียด ไคแคลเซียมฟอสเฟต แต่อย่างไรก็ตาม ฟอสฟอรัสที่อยู่ในธัญพืชจะอยู่ในรูป inositol hexaphosphate หรือ phytate ซึ่งใช้ประโยชน์ได้ต่ำในสัตว์กระเดือย แต่ในสัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีจุลินทรีย์ที่สามารถใช้ประโยชน์ได้

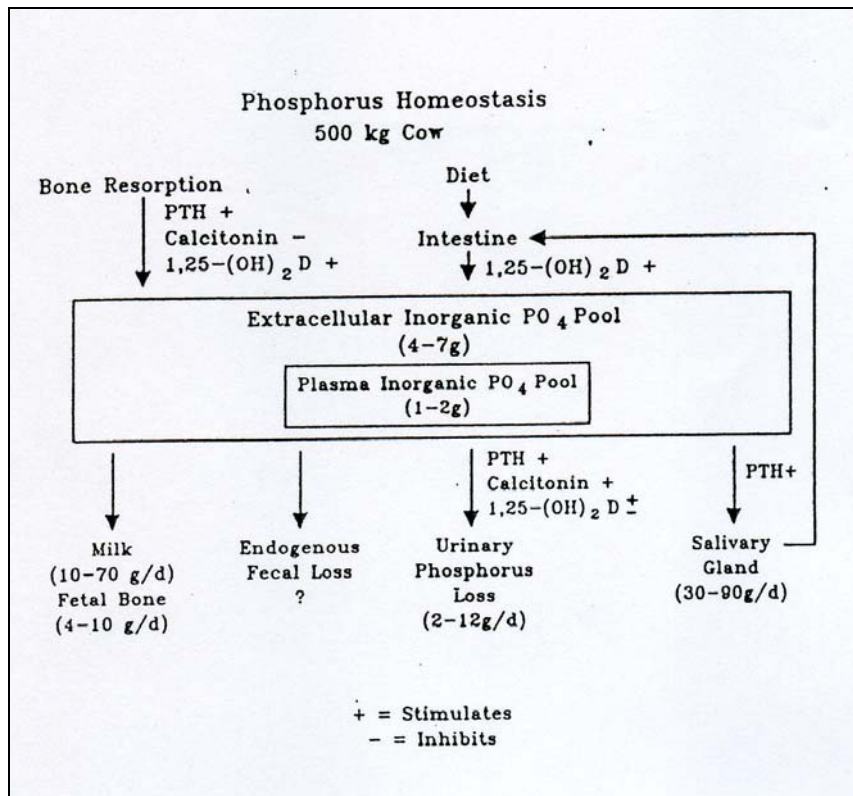
การดูดซึมฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสจะมีการดูดซึมที่ส่วนของลำไส้เล็ก โดยอาศัยการทำงานของวิตามินดี ช่วยในการกระตุ้นการดูดซึมของฟอสฟอรัส ซึ่งการดูดซึมของฟอสฟอรัสจะเป็นไปพร้อมกับการดูดซึมของแคลเซียม

การขับออกฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสจะถูกขับออกมากับมูล แต่ก็มีบางส่วนที่ขับออกมากับปัสสาวะแต่น้อย ในกรณีที่มีการเพิ่มการไหลผ่านของโปรตีนโดยการทรีทด้วยฟอร์มาลดีไฮด์นั้น จะทำให้มีการเพิ่มการไหลผ่านของฟอสฟอรัสในรูปของไฟเตทเพิ่มขึ้น อาจทำให้มีการขับออกของฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นด้วย

ในกรณีที่มีการขาดฟอสฟอรัส จะพบว่าสัตว์ไม่กินอาหารหรือกินลดลง แทะหรือกั๊กกินสิ่งของที่อยู่รอบๆ เช่นคอก ไม้กั้นคอก ซึ่งอาการแบบนี้เรียกว่าพิกา (pica) รวมทั้งจะมีอาการอย่างอื่นประกอบ เช่น น้ำหนักลด ให้ผลผลิตลดลงและอาจมีปัญหาเกี่ยวกับระบบสืบพันธุ์



รูปที่ 2.3 แสดงแบบจำลองการควบคุมสมดุลของฟอสฟอรัสในโคนม
ที่มา: ฉลอง (2543)

2.6 การศึกษาผลของอาหารต่อการใช้ประโยชน์ของแคลเซียมในลูกโคนม

Fielding et al. (1985) ได้ทำการศึกษาผลของปริมาณการกินแคลเซียมและไขมันต่อเมตาโลิซึมของแคลเซียมในลูกโคนม อายุประมาณ 8 สัปดาห์ โดยมีวิธีทดลองคือ ไขมันต่ำ แคลเซียมต่ำ (low fat-low Ca), ไขมันต่ำ แคลเซียม สูง (low fat-high Ca), ไขมันสูง แคลเซียมต่ำ (high fat-low Ca) และไขมันสูง แคลเซียมสูง (high fat-high Ca) จากการศึกษาพบว่าลูกโคที่ได้รับแคลเซียมสูงมีการดูดซึมแคลเซียมลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแคลเซียมต่ำ ความเข้มข้นของแคลเซียมในเลือดต่ำเมื่อได้รับแคลเซียมสูง นอกจากนั้นแล้ว ลูกโคจะมีการสะสมของแคลเซียมสูงตามระดับของแคลเซียมที่ได้รับ

Bush et al. (1958) ศึกษาการเสริม chlortetracycline ในลูกโคนม พบว่าการเสริม chlortetracycline ช่วยเพิ่มการสะสมของแคลเซียมเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (44.7 และ 35.5% Ca retention)

Jenkins et al. (1985) ศึกษาอิทธิพลของชนิดของไขมันในสูตรอาหารลูกโคนมต่อการดูดซึมของแคลเซียม จากการศึกษาพบว่าการดูดซึมแคลเซียม ในอาหารที่มีไขมันอิสระ, free fatty acid

จากไขสัตว์, น้ำมันมะพร้าว, free fatty acid จากน้ำมันมะพร้าว, น้ำมันข้าวโพด และ free fatty acid จากน้ำมันมะพร้าว มีค่าเท่ากับ 89.4, 84.0, 94.5, 92.1, 93.9 และ 91.5 % ตามลำดับ

Jackson and Hemken (1994) ศึกษา dietary cation-anion balance (DCAB) และระดับของแคลเซียมในอาหารลูกโคนม โดยมีที่รีทเมนต์คือ $0.42\text{Ca} - 18\text{DCAB}$, $0.52\text{Ca} - 18\text{DCAB}$, $0.42\text{Ca} + 13\text{DCAB}$ และ $0.52\text{Ca} + 13\text{DCAB}$ จากการทดลองพบว่า การขับออกของแคลเซียมในปัสสาวะเพิ่มขึ้น เมื่อ DCAB เป็นลบ ในขณะที่ระดับของแคลเซียมไม่มีผลต่อการขับออกของแคลเซียมในปัสสาวะ สอดคล้องกับรายงานของ Jackson et al. (2001) ศึกษา ระดับของแคลเซียม 3 ระดับคือ 0.35, 0.50 และ 0.65% ร่วมกับ dietary cation-anion difference (DCAD) 2 ระดับคือ 0 และ 200 meq/kg จากการทดลองพบว่า ระดับของแคลเซียมและระดับของ DCAD ไม่มีผลต่อพลาสมาแคลเซียมและฟอสฟอรัส แต่พบว่าระดับของแคลเซียมมีผลต่อการขับออกของแคลเซียมในปัสสาวะ รวมถึงระดับของ DCAD ที่เพิ่มขึ้น จะลดการขับออกของแคลเซียมในปัสสาวะเมื่อเปรียบเทียบกับระดับของ DCAD ที่ต่ำกว่า

Bunting et al. (1999) ศึกษาการเสริม Cr-propionate และ Ca-propionate ในอาหารของลูกโคนม พบว่า Ca-propionate ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของลูกโคนม และการเสริม Cr ช่วยเพิ่มระดับของกลูโคสเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริม Cr ซึ่ง propionate ที่เสริมเป็นแหล่งของพลังงานที่สำคัญของลูกโคนมผ่านกระบวนการ gluconeogenesis

Kegley et al. (1996) ศึกษาการเสริม Cr-nicotinic acid complex หรือ Cr-chloride ในอาหารลูกโคนม จากการศึกษพบว่า การเสริม Cr ในรูปแบบต่างๆ ไม่มีผลต่อความเข้มข้นของกลูโคส, ยูเรียไนโตรเจนและคลอเรสเตอรอลในเลือด

Nonnecke et al. (2009) ศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิ 2 อุณหภูมิคือ อุณหภูมิต่ำ (1.7°C ; 35°F) และอุณหภูมิสูง (15.6°C ; 60°F) จากการทดลองพบว่า อัตราการเจริญเติบโตของลูกโคทั้งสองอุณหภูมิไม่แตกต่างกัน ความเข้มข้นของกลูโคสของลูกโคที่เลี้ยงที่อุณหภูมิสูงมีค่าเฉลี่ย 103 mg/dl สูงกว่าลูกโคที่เลี้ยงที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 89 mg/dl ความเข้มข้นของกลูโคสเพิ่มขึ้นตามอายุของลูกโค ส่วนค่า non-esterified fatty acid (NEFA) มีแนวโน้มตรงกันข้ามกับความเข้มข้นของกลูโคสคือลูกโคที่เลี้ยงที่อุณหภูมิสูงมีค่า NEFA ต่ำกว่าลูกโคที่เลี้ยงที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าลูกโคที่เลี้ยงที่อุณหภูมิสูงมีค่าของ 25-hydroxyvitamin D_3 (ng/mg) มีค่าสูงกว่าลูกโคที่เลี้ยงที่อุณหภูมิต่ำ

Hayashi et al. (2006) ศึกษาอิทธิพลของช่วงอายุลูกโคต่อจุลศาสตร์ของกลูโคสและยูเรียจากการศึกษาพบว่าระดับของ NEFA และ urea-N เพิ่มขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้น ส่วนความเข้มข้นของกลูโคสเพิ่มขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้นจนถึงหย่านม แต่หลังหย่านมความเข้มข้นของกลูโคสมีค่าลดลง

Spanski et al. (1997) ศึกษาการเสริม Triglyceride (TG) หรือ free fatty acid (FFA) ในอาหารลูกโคนม โดยใช้ลูกโคที่มีอายุ 4 ถึง 10 สัปดาห์ โดยมีปริมาณงานทดลองคือ ทริทเมนต์ที่ 1 กลุ่มควบคุม ทริทเมนต์ที่ 2 กลุ่มควบคุม + 120g/d lard TG ทริทเมนต์ที่ 3 กลุ่มควบคุม + 90g/d lard TG + 30 g/d lard FFA ทริทเมนต์ที่ 4 กลุ่มควบคุม + 60g/d lard TG + 60 g/d lard FFA จากการศึกษพบว่า การย่อยได้ทั้งหมดของ C12:0, C16:0, C18:0 และ C18:1 ในกลุ่มควบคุมมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมด้วยไขมัน โดยปกติการย่อยได้ของกรดไขมันจากกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) มีค่าสูงกว่าการย่อยได้ของกรดไขมันจากไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride)

Yuangklang et al. (2004) พบว่าในลูกโคนมที่ได้รับนมผงทดแทนร่วมกับแคลเซียมสูง มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าลูกโคนมที่ได้รับนมผงทดแทนร่วมกับแคลเซียมต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับ Xu et al. (1998) รายงานว่าการเสริมแคลเซียมสูงในนมผงทดแทนที่มีส่วนประกอบเป็นโปรตีนจากถั่วเหลือง ทำให้ลูกโคนมมีน้ำหนักตัวมากกว่าลูกโคนมที่ได้รับแคลเซียมต่ำ ทั้งนี้เพราะว่าในช่วงแรกของการเจริญเติบโต ลูกโคมีความจำเป็นต้องได้รับโภชนาการทุกตัวในปริมาณสูง เพื่อใช้สำหรับการเจริญเติบโต จากงานทดลองของ เณลิมพล และคณะ (2548) พบว่าการเสริมแคลเซียมระดับสูงในอาหารชั้นสำหรับลูกโคนม พบว่าทำให้อัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าการให้แคลเซียมระดับต่ำ รวมทั้งพบว่าการเสริมแคลเซียมในระดับสูง ทำให้จุลินทรีย์ในมูลมีค่าต่ำกว่าการเสริมแคลเซียมระดับต่ำ นอกจากนั้นแล้ว Bovee-Oudenhoven et al. (1999) พบว่าการเสริมแคลเซียมฟอสเฟตในระดับสูงช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่ม Lactobacillus ในส่วนของระบบทางเดินอาหารส่วนท้าย ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของ Lactobacillus จะต้องอยู่ในสภาวะที่เป็นกรดอ่อนๆ ซึ่งทำให้จุลินทรีย์ในกลุ่ม Salmonella ลดลง ซึ่งช่วยลดความรุนแรงของการติดเชื้อจากจุลินทรีย์กลุ่ม Salmonella ทำให้อัตราการเกิดท้องเสียเนื่องจากการติดเชื้อจาก Salmonella ลดลง และจากการศึกษาของ Xu et al. (1998); Yuangklang et al. (2004) พบว่าการเสริมแคลเซียมในระดับสูง ทำให้เกิดการจับตัวของแคลเซียมและฟอสฟอรัส และอยู่ในรูปที่ไม่ละลาย (insoluble calcium phosphate) ซึ่งจะไปจับกับกรดไขมันและกรดน้ำดีในลำไส้เล็ก ซึ่งทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่ม Lactobacillus แต่พบว่ามีผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของไขมันในอาหาร ทั้งนี้เพราะว่าเมื่อ insoluble calcium phosphate จับกับกรดไขมันและกรดน้ำดี จะทำให้อยู่ในสภาวะที่ไม่ย่อยสลาย และถูกขับออกทางมูล

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 สัตว์ทดลอง

โดยใช้ลูกโคนมเพศผู้ อายุแรกเกิดถึง 1 สัปดาห์ น้ำหนักเฉลี่ย 25-35 กิโลกรัม จำนวน 40 ตัว โดยวางแผนงานทดลองแบบ Randomized Complete Block Design โดยใช้ระดับสายเลือดและน้ำหนักแรกเกิดเป็นบล็อก (Block) โดยมีทรีทเมนต์งานทดลองคือ

ทรีทเมนต์ที่ 1 = ระดับแคลเซียมต่ำ (0.5 กิโลกรัม/100 กิโลกรัมอาหาร)

ทรีทเมนต์ที่ 2 = ระดับแคลเซียมปานกลาง (1.0 กิโลกรัม/100 กิโลกรัมอาหาร)

ทรีทเมนต์ที่ 3 = ระดับแคลเซียมสูง (1.5 กิโลกรัม/100 กิโลกรัมอาหาร)

ทรีทเมนต์ที่ 4 = ระดับแคลเซียมสูงมาก (2.0 กิโลกรัม/100 กิโลกรัมอาหาร)

-โดยมีระยะเวลาทั้งสิ้น 114 วัน โดยแบ่งเป็นระยะปรับสัตว์ (adjust period) เป็นเวลา 14 วัน และมีระยะทดลอง 100 วัน

3.2 การให้อาหาร

ให้ลูกโคได้รับอาหาร วันละ 2 ครั้ง คือเช้า เวลาประมาณ 08.00 น. และบ่าย เวลาประมาณ 15.00 น. ดังนี้

1. อาหารหยาบ ให้ลูกโคได้รับหญ้าเนเปียร์แห้ง
2. อาหารแทนนม ใช้นมเทียม ที่มีโปรตีนหยาบ 24 เปอร์เซ็นต์ ละลายน้ำในอัตราส่วนน้ำต่อนมเทียม 9 ต่อ 1 โดยให้กินคิดเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว
3. อาหารข้น ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ให้ลูกโคได้รับอาหารข้นตามทรีทเมนต์งานทดลองที่ได้รับ โดยเสริมให้ลูกโคกินหลังจากให้นมน้ำเหลือง 3 วัน ให้อาหารข้นแบบเต็มที่

3.3 การเก็บตัวอย่าง

-วัดปริมาณการกินได้ของหญ้าเนเปียร์แห้ง และอาหารข้นทุกวัน โดยทำการชั่งน้ำหนักเข้าและชั่งน้ำหนัก พร้อมทั้งบันทึกปริมาณอาหารที่กิน

-ชั่งน้ำหนักลูกโคทุกๆ 4 อาทิตย์ เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวและคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และปริมาณอาหารที่ใช้ต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว

-บันทึกสุขภาพของลูกโค เช่น อัตราการเกิดท้องเสีย เป็นต้น

-เก็บมูล ในช่วงระยะทดลองที่ 30, 60 และ 90 วันของระยะการทดลอง เป็นช่วงของการเก็บตัวอย่างมูล โดยทำการเก็บติดต่อกัน 2 วัน โดยใช้ถาดพลาสติกวางไว้ใต้คอก เพื่อทำการเก็บ

ตัวอย่างทั้งหมด (Total collection) และนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางโภชนา เพื่อนำไปคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ, อินทรีย์วัตถุ, โปรตีน, NDF, ADF, EE, AIA, Ca, P -ทำการเก็บมูลทางทวารหนัก เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของจุลินทรีย์ในมูล ตามวิธีการที่ได้อธิบายไว้ใน Bovee-Oudenhoven et al. (1997) รวมทั้งวิเคราะห์หากรดน้ำดีในมูล (Yuangklang et al., 2004)

-สุ่มเก็บเลือดวันสุดท้ายของแต่ละระยะการทดลอง เพื่อวิเคราะห์หา glucose, BUN, NEFA, Cholesterol, Ca, P, fatty acid profiles

ตารางที่ 3.1 แสดงองค์ประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ในสูตรอาหารทดลอง

วัตถุดิบ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
มันเส้น	59.0	58.0	59.0	58.0
กากถั่วเหลือง	32.0	32.0	32.0	32.0
กากน้ำตาล	3.5	3.5	3.5	3.5
เกลือ	1.0	1.0	1.0	1.0
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	0.5	0.5	0.5	0.5
แคลเซียมคาร์บอเนต	0	1.0	0	1.0
วิตามินพรีเมิกซ์	0.5	0.5	0.5	0.5
แร่ธาตุพรีเมิกซ์	0.5	0.5	0.5	0.5
ไซสตร์	3.0	3.0	3.0	0
รวม	100	100	100	100

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ค่าพารามิเตอร์ที่ได้นำมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของงานทดลอง โดยใช้ Proc ANOVA โดยใช้โปรแกรม SAS for Windows (SAS, 1996) ตามแผนงานทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยใช้ Orthogonal Polynomial (Steel and Torries, 1980)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 องค์ประกอบทางโภชนาของอาหารทดลอง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาของ นมผง หญ้าแห้งและอาหารชั้นทั้ง 4 สูตร พบว่ามีค่าทางโภชนาแสดงในตารางที่ 4.1 จากการวิเคราะห์พบว่าอาหารชั้นมีปริมาณของ แคลเซียมในสูตร 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0% มีค่าเท่ากับ 0.71, 1.12, 1.72 และ 2.15% ตามลำดับ ส่วนหญ้าแพงโกล่าแห้งที่ใช้ในงานทดลองมีค่าโปรตีนหยาบเท่ากับ 4.04 เปอร์เซนต์ มีค่าใกล้เคียง ที่รายงานไว้โดย วรณา และคณะ (2551) ที่รายงานว่าแพงโกล่าที่ตัดเมื่ออายุ 60 วัน มีเปอร์เซนต์ โปรตีนหยาบประมาณ 4.04 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 4.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

Items	DM ¹	Ash	CP	EE	NDF	ADF	Ca	P	Mg
	% of dry matter								
0.5%Ca	96.15	7.54	14.3	3.04	19.66	8.00	0.71	0.68	0.38
1.0%Ca	94.40	7.65	1.41	3.39	19.58	8.04	1.12	0.67	0.37
1.5%Ca	94.96	7.93	14.0	3.54	18.90	8.02	1.72	0.72	0.41
2.0%Ca	95.91	8.83	14.1	3.59	19.51	8.04	2.15	0.68	0.40
MR ²	95.25	6.57	21.00	5.07	-	-	0.83	0.62	0.16
GH ³	94.13	4.47	4.14	1.70	73.8	45.68	0.50	0.31	0.47

¹DM = dry matter; CP = crude protein; EE = ether extract; NDF = neutral detergent fiber; ADF = acid detergent fiber; Ca = calcium; P = phosphate; Mg = magnesium

²MR = milk replacer

³GH = grass hay

สมรรถภาพการเจริญเติบโตและค่าคะแนนของมูล

ลูกโคที่ใช้ทดลองมีน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 32.6, 34.8, 34.6 และ 30.6 กิโลกรัม ในทรีทเมนต์ที่มี ระดับแคลเซียม 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0% ในอาหารชั้น ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดงานทดลองที่ 90 วัน พบว่าลูกโคมีน้ำหนักเท่ากับ 97.8, 109.2, 113.2, 114.0 กิโลกรัม ในทรีทเมนต์ที่มีระดับแคลเซียม 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0% ในอาหารชั้น ตามลำดับ ค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain, ADG) มีค่าเท่ากับ 724.4, 826.7, 873.3 และ 926.7 กรัมต่อวัน ในทรีทเมนต์ที่มีระดับ แคลเซียม 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0% ในอาหารชั้น ตามลำดับ ($P < 0.05$) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย

ต่อวันในลูกโคที่ได้รับแคลเซียมสูงมีค่าสูงกว่าลูกโคที่ได้รับแคลเซียมต่ำ สอดคล้องกับรายงานของ (Xu et al., 1998; Yuangklang et al., 2004) ที่ได้ทำการศึกษาในลูกโคนมที่ได้รับนมผงเพียงอย่างเดียวหรือที่เรียกว่า veal calf ซึ่งพบว่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันในลูกโคที่ได้รับแคลเซียมสูงมีการเจริญเติบโตดีกว่าลูกโคที่ได้รับแคลเซียมต่ำ ส่วนค่าคะแนนของมูล (fecal score) ในวันที่ 30, 60 และ 90 ของระยะการทดลอง ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงน้ำหนักตัว (body weight, BW) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain, ADG) และค่าคะแนนของมูล (fecal score)

	Calcium level (%)					Contrast		
Items	0.5	1.0	1.5	2.0	SEM	L	Q	C
Initial BW	32.6	34.8	34.6	30.6	1.27	ns	ns	ns
Final BW	97.8	109.2	113.2	114.0	1.44	*	ns	ns
ADG ¹ , g/d	724.4	826.7	873.3	926.7	12.6	*	ns	ns
Fecal score ² (d 30)	2.56	2.51	2.56	2.52	0.01	ns	ns	ns
Fecal score (d 60)	2.26	2.28	2.26	2.26	0.01	ns	ns	ns
Fecal score (d 90)	1.30	1.30	1.25	1.25	0.01	ns	ns	ns

¹ADG =average daily gain

² 1 (normal fecal consistency) to 4 (severe scours) (Quigley et al., 1997)

* $P<0.05$; ns = not significant

ปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะ

จากตารางที่ 4.3 พบว่าปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ ปริมาณการกินได้ของน้ำนมและปริมาณการกินได้ทั้งหมด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าปริมาณการกินได้ของอาหารข้น มีค่าเท่ากับ 527.0, 475.6, 467.1 และ 328.1 กรัมต่อวัน ในทรีทเมนต์ที่มีระดับแคลเซียม 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0% ในอาหารข้น ตามลำดับ ($P<0.01$) จะเห็นว่าเมื่อระดับของแคลเซียมในอาหารข้นเพิ่มขึ้น ปริมาณการกินได้ของอาหารข้นลดลง จากรายงานของ Xu et al. (1998) พบว่าปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างกันระหว่างลูกโคที่ได้รับนมผงที่มีแคลเซียมต่ำและสูง สอดคล้องกับงานทดลองของ Yuangklang et al. (2004) ที่ศึกษาระดับของแคลเซียม (ต่ำและสูง) และชนิดของโปรตีนในนมผง (casein และ soy protein isolate) พบว่าปริมาณการกินได้ของนมผงไม่แตกต่างกัน ซึ่งปริมาณการกินได้ไม่ว่าจะเป็น pre-ruminant หรือ ruminant calves ก็มีค่าปริมาณการกิน

ได้ไม่แตกต่างกันเมื่อคิดเฉพาะการกินได้ของนมผงทดแทน แต่อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดของลูกโคที่ได้รับแคลเซียมสูงมีค่าที่ต่ำกว่าลูกโคที่ได้รับแคลเซียมต่ำ

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะ (0-30 วัน)

Day 30	Calcium level (%)					Contrast		
Items	0.5	1.0	1.5	2.0	SEM	L	Q	C
RI, gDM/d	71.0	73.1	73.5	75.5	5.11	ns	ns	ns
CI, gDM/d	527.0	475.6	467.1	328.1	30.1	*	ns	ns
MI, gDM/d	420.0	460.0	470.0	432.5	15.8	ns	ns	ns
TI, gDM/d	1024	1012	1014	838	36.8	ns	ns	ns
Digestibility, % of intake								
Dry matter	88.7	92.0	90.5	94.1	1.37	ns	ns	ns
Organic matter	88.8	92.7	91.6	95.1	1.61	ns	ns	ns
Crude protein	98.2	98.8	98.4	98.9	0.26	ns	ns	ns
Ether extract	94.5	96.4	95.3	96.7	1.25	ns	ns	ns
Calcium	87.7	84.3	80.1	78.3	0.17	*	ns	ns
Phosphorus	93.2	89.5	84.4	82.1	0.22	*	ns	ns
Magnesium	45.3	42.1	39.5	35.2	0.26	*	ns	ns

*P<0.05; ns = not significant

ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (dry matter, DM) อินทรีย์วัตถุ (organic matter, OM), โปรตีน (crude protein) ไขมัน (Ether extract) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนค่าการดูดซึมของแคลเซียม ฟอสฟอรัสและแมกนีเซียม มีค่าลดลงเมื่อระดับของแคลเซียมเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ซึ่งจากรายงานของ Xu et al. (1998) และ Yuangklang et al. (2004) และเฉลิมพล และคณะ (2550) รายงานว่าเมื่อเพิ่มระดับของแคลเซียมในอาหารเพิ่มขึ้น ทำให้การดูดซึมของแคลเซียม ฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่แคลเซียมสูงจะจับกับฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมทำให้เกิดการจับตัวในรูปของ calcium-magnesium phosphate complexes ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถดูดซึมได้

จากตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณของ E. coli ในวันที่ 30 60 และ 90 วันของงานทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งปริมาณของ E. coli นั้นสอดคล้องกับค่าคะแนนของมูลที่ได้ ทั้งนี้เพราะว่าค่าคะแนนของมูลอยู่ในช่วงปกติ ซึ่งมูลไม่มีลักษณะของมูลที่บ่งบอกว่าลูกโคมีอาการ

ท้องเสีย เมื่อพิจารณาถึงค่าปริมาณของ Lactobacilli spp. ในวันที่ 30 และ 60 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าปริมาณของ Lactobacilli spp. ในวันที่ 90 ของการทดลอง มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของแคลเซียมในอาหาร ทำให้ค่าปริมาณของ Lactobacilli spp. เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานทดลองของ Bovee-Oudenhoven et al. (1999) พบว่าการเสริมแคลเซียมฟอสเฟตในระดับสูงช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่ม Lactobacillus ในส่วนของระบบทางเดินอาหารส่วนท้าย ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของ Lactobacillus จะต้องอยู่ในสภาวะที่เป็นกรดอ่อนๆ ซึ่งทำให้จุลินทรีย์ในกลุ่ม Salmonella ลดลง ซึ่งช่วยลดความรุนแรงของการติดเชื้อจากจุลินทรีย์กลุ่ม Salmonella ทำให้อัตราการเกิดท้องเสียเนื่องจากการติดเชื้อจาก Salmonella ลดลง

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะ (0-60 วัน)

Day 60	Calcium level (%)					Contrast		
Items	0.5	1.0	1.5	2.0	SEM	L	Q	C
RI, gDM/d	371.3	291.7	291.7	284.3	19.9	ns	ns	ns
CI, gDM/d	604.3	613.9	570.7	519.2	21.2	ns	ns	ns
MI, gDM/d	1567	1707	1735	1670	26.9	ns	ns	ns
TI, gDM/d	2619	2673	2657	2531	55.7	ns	ns	ns
Digestibility, % of intake								
Dry matter	92.4	91.2	94.7	91.3	0.81	ns	ns	ns
Organic matter	93.5	92.6	96.3	93.5	0.63	ns	ns	ns
Crude protein	98.4	98.0	98.8	98.3	0.18	ns	ns	ns
Ether extract	86.5	83.6	81.7	77.2	2.39	ns	ns	ns
Calcium	80.4	76.3	74.0	70.9	0.41	*	ns	ns
Phosphorus	89.5	83.4	80.8	77.2	0.37	*	ns	ns
Magnesium	48.9	45.6	43.1	40.2	0.26	*	ns	ns

* $P<0.05$; ns = not significant

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะ (0-90 วัน)

Day 90	Calcium level (%)					Contrast		
Items	0.5	1.0	1.5	2.0	SEM	L	Q	C
RI, gDM/d	389.5	322.7	321.2	297.3	21.3	ns	ns	ns
CI, gDM/d	286.6	382.9	367.6	371.0	14.5	ns	ns	ns
MI, gDM/d	2081	2303	2356	2328	27.4	*	*	ns
TI, gDM/d	2857	3008	3045	2996	51.3	ns	ns	ns
Digestibility, % of intake								
Dry matter	89.0	87.6	90.0	90.9	0.93	ns	ns	ns
Organic matter	90.8	89.9	93.4	91.1	0.62	ns	ns	ns
Crude protein	96.8	96.4	97.4	96.6	0.27	ns	ns	ns
Ether extract	86.5	85.7	84.8	84.5	1.66	ns	ns	ns
Calcium	76.7	73.4	65.6	60.7	0.31	*	ns	ns
Phosphorus	85.2	83.1	78.5	72.6	0.36	*	ns	ns
Magnesium	45.6	44.8	41.7	40.2	0.28	*	ns	ns

*P<0.05; ns = not significant

ตารางที่ 4.6 แสดงจำนวนของ E. coli และ Lactobacilli spp.

	Calcium level (%)					Contrast		
Items	0.5	1.0	1.5	2.0	SEM	L	Q	C
E. coli, log10 CFU/g								
d 30	7.99	7.93	7.95	8.05	0.04	ns	ns	ns
d 60	7.95	8.21	7.94	8.08	0.04	ns	ns	ns
d 90	8.24	8.39	8.36	8.20	0.05	ns	ns	ns
Lactobacilli spp., log10 CFU/g								
d 30	7.44	7.42	7.52	7.50	0.05	ns	ns	ns
d 60	7.82	7.97	8.02	8.15	0.06	ns	ns	ns
d 90	7.68	7.71	7.83	8.12	0.07	*	ns	ns

*P<0.05 ; ns = not significant

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความเข้มข้นของ glucose, blood urea nitrogen, non-esterified fatty acid (NEFA), cholesterol, calcium และ phosphorus

Items	Calcium level (%)				SEM	Contrast		
	0.5	1.0	1.5	2.0		L	Q	C
Glucose, mg/dl								
D30	56	55	57	58	4.4	ns	ns	ns
D60	55	55	57	60	5.2	ns	ns	ns
D90	53	57	58	60	6.5	ns	ns	ns
BUN, mg/dl								
D30	5.9	5.7	5.7	5.8	0.37	ns	ns	ns
D60	5.8	6.3	6.3	6.5	0.29	ns	ns	ns
D90	6.4	6.5	6.5	6.6	0.35	ns	ns	ns
NEFA, mmol/L								
D30	0.211	0.213	0.210	0.211	0.05	ns	ns	ns
D60	0.211	0.211	0.212	0.212	0.04	ns	ns	ns
D90	0.210	0.210	0.212	0.215	0.04	ns	ns	ns
Cholesterol, mg/dl								
D30	98	93	93	92	7.8	ns	ns	ns
D60	96	93	93	92	8.3	ns	ns	ns
D90	96	93	92	92	8.3	ns	ns	ns
Calcium, mg/dl								
D30	10.3	10.6	11.2	11.2	0.37	ns	ns	ns
D60	11.8	11.3	11.5	11.7	0.45	ns	ns	ns
D90	10.8	11.2	11.8	12.0	0.45	ns	ns	ns
Phosphorus, mg/dl								
D30	5.9	5.9	6.4	6.6	0.42	ns	ns	ns
D60	5.9	6.3	6.6	6.3	0.28	ns	ns	ns
D90	5.7	6.2	6.8	6.9	0.31	ns	ns	ns

ns = not significant

เมื่อพิจารณาค่าชีวเคมีในเลือด ในตารางที่ 4.7 พบว่าค่าความเข้มข้นของ glucose ในเลือดมีค่าอยู่ระหว่าง 53-60 mg/dl ซึ่งพบว่าค่าดังกล่าวอยู่ในช่วงปกติของค่าความเข้มข้นของ glucose ของลูกโค จากรายงานของ Head et al. (1970) รายงานว่าความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดมีค่าประมาณ 55-57 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิกรัมในลูกโคนม ซึ่งจากการทดลองพบว่าค่าความเข้มข้นของกลูโคส ในวันที่ 30 60 และ 90 มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ ค่าความเข้มข้นของ blood urea nitrogen ของลูกโคในงานทดลองนี้มีค่าระหว่าง 5.7-6.5 mg/dl ซึ่งพบว่าเมื่อตรวจหาค่าความเข้มข้นของ blood urea nitrogen ที่อายุเพิ่มขึ้น จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุของลูกโค เมื่อพิจารณาจากงานทดลองของ NEFA พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.210 -

0.213 mmol/L ค่าความเข้มข้นของคลอเลสเตอรอล (cholesterol) ในเลือด มีค่าอยู่ระหว่าง 92-98 mg/dl ความเข้มข้นของแคลเซียม มีค่าอยู่ระหว่าง 10.3-12.0 mg/dl โดยการเพิ่มระดับแคลเซียมในอาหารชั้น มีแนวโน้มเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมในเลือด จากรายงานของ Alfaro et al. (1988) พบว่าค่าความเข้มข้นของแคลเซียมของลูกโคนมที่ได้รับนมเพียงอย่างเดียวมีค่าอยู่ระหว่าง 7.99-8.29 mg/dl และพบว่าเมื่อเพิ่มระดับของแคลเซียมในอาหารเพิ่มขึ้น ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของแคลเซียมในเลือดด้วย ในงานทดลองนี้พบว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัส มีค่าอยู่ระหว่าง 5.9-6.9 mg/dl มีค่าต่ำกว่าที่รายงานไว้โดย Alfaro et al. (1988) ที่รายงานไว้ที่ระดับของแคลเซียมในอาหารที่ 0.17, 0.67 1.31 และ 2.35% มีค่าระดับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเลือดเท่ากับ 7.99, 8.61, 8.90 และ 8.29 mg/dl ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยผลของระดับของแคลเซียมในอาหารชั้นต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ ค่าคะแนนของมูลและเมตาโบไลต์ในเลือดของลูกโคนมเพศผู้ สามารถสรุปผลของการวิจัยครั้งนี้ได้ดังนี้

- 1) ระดับของแคลเซียมในอาหารชั้นที่เพิ่มขึ้น พบว่าระดับของแคลเซียมมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักโคและทำให้อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น
- 2) ระดับของแคลเซียมในอาหารชั้นที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อค่าคะแนนของมูล
- 3) ระดับของแคลเซียมในอาหารชั้นที่เพิ่มขึ้น มีผลต่อปริมาณการกินได้ของอาหารชั้นในช่วงการเก็บตัวอย่างที่ 30 วันของการทดลอง แต่พบว่าปริมาณการกินได้ของน้ำนม ในช่วงการเก็บตัวอย่าง 90 วันของการทดลอง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
- 4) ระดับของแคลเซียมในอาหารชั้นที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบอินทรีย์วัตถุ โปรตีน ไขมัน แต่พบว่าการเพิ่มระดับของแคลเซียม มีผลต่อการดูดซึมของแคลเซียม ฟอสฟอรัสและแมกนีเซียม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
- 5) ระดับของแคลเซียมในอาหารชั้นที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลปริมาณของ *E. coli* ในมูล ทุกช่วงของการเก็บตัวอย่าง แต่พบว่าระดับของแคลเซียมที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณของ *Lactobacilli* spp. ในมูลในช่วงการเก็บตัวอย่าง 90 วันของการทดลอง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
- 6) ระดับของแคลเซียมในอาหารชั้นที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อความเข้มข้นของกลูโคส ความเข้มข้นของยูเรียในเลือด ความเข้มข้นของ NEFA ความเข้มข้นของคลอเรสเตอรอล ความเข้มข้นของแคลเซียม และความเข้มข้นของฟอสฟอรัส

เมื่อพิจารณาจากงานทดลองในครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่าการเพิ่มแคลเซียมกระตุ้นการเจริญโตของลูกโคนมที่ได้รับนมผงทดแทน อาหารชั้นและหญ้าแห้งร่วมกัน ซึ่งการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของแบคทีเรียกลุ่มแลคติกในลำไส้

บทที่ 6

เอกสารอ้างอิง

- ฉลอง วชิราภากร. 2541. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น:ขอนแก่น.
- ฉลอง วชิราภากร. 2543. โภชนศาสตร์แร่ธาตุของสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เฉลิมพล เยื้องกลาง. 2552. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์กระเพาะรวม. สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร อ.พังโคน จ.สกลนคร. 181 หน้า
- เฉลิมพล เยื้องกลาง ไกรสิทธิ์ วสุเพ็ญ สุนทร วิทยาคุณ ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส จำลอง มิตรชาวไทย ไพวัลย์ ศรีนันทน และไกรสร ก้องเวหา. 2548. ผลของการเสริมแร่ธาตุปัสสาวะต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะและสมรรถภาพการเจริญเติบโตในลูกโคนม. ใน: รวมบทความวิชาการเกษตรประจำปี 2548, 24-25 มกราคม 2548 ณ ห้องประชุมกวีจุติกุล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 76-77.
- เมธา วรรณพัฒน์. และ ฉลอง วชิราภากร. 2533. เทคนิคการให้อาหารโคเนื้อและโคนม. หจก.พันธ์พิบ บลิตซิ่ง, กรุงเทพฯ.
- Baldwin, R. L., VI, and K. R. McLeod. 2000. Effects of diet forage:concentrate ratio and metabolizable energy intake on isolated rumen epithelial cell metabolism in vitro. J. Anim. Sci. 78:771-783.
- Bovee-Oudenhoven, I.M., M.L. Wissink, J.T. Wouters and R. van der Meer, 1999. Dietary calcium phosphate stimulates intestinal lactobacilli and decreases the severity of a salmonella infection in rats. J. Nutr., 129: 607-612. PMID: 10082763
- Brownlee, A. 1956. The development of rumen papillae in cattle fed on different diets. Brit. Vet. J. 112:369-375.
- Church, D. C. 1988. The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey
- Davis, C.L., and J.K. Drackley. 1998. The development, nutrition, and management of the young calf. Iowa State University Press, Ames IA.

- Flatt, W. P., R. G. Warner, and J. K. Loosli. 1958. Influence of purified materials on the development of the ruminant stomach. *J. Dairy Sci.* 41:1593-1600.
- Fielding, A.S., W.J. Miller, M.W. Neathery, R.P. Gentry and D.M. Blackmon, 1985. Effect of calcium and fat intake on calcium metabolism in calves. *J. Dairy Sci.*, 68: 2922-2928. PMID: 4078121
- Hayashi K, Morooka N, Yamamoto Y, Fujita K, Isono K, Choi S, Ohtsubo E, Baba T, Wanner BL, Mori H, Horiuchi T (2006) Highly accurate genome sequences of the *Escherichia coli* K-12 strains MG1655 and W3110. *Mol Syst Biol* 2006.0007 doi:10.1038/msb4100049
- Hibbs, J. W., H. R. Conrad, W. D. Pounden, and N. Frank. 1956. A high roughage system for raising calves based on early development of rumen function. VI. Influence of hay to grain ratio on calf performance, rumen development, and certain blood changes. *J. Dairy Sci.* 39:171-179.
- Jackson, P.L., Lafleur, M.F., Malouin, F., Richards, C., Doyon, J., 2001. Potential role of mental practice using motor imagery in neurologic rehabilitation. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 82, 1133– 1141.
- Lesmeister, K. E., and A. J. Heinrichs. 2004. Effects of corn processing on growth characteristics, rumen development, and rumen parameters in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 87: (in press).
- Nocek, J. E., C. W. Heald, and C. E. Polan. 1984. Influence of ration physical form and nitrogen availability on ruminal morphology of growing bull calves. *J. Dairy Sci.* 67:334-343.
- Nocek, J. E., and C. E. Polan. 1984. Influence of ration form and nitrogen availability on ruminal fermentation patterns and plasma of growing bull calves. *J. Dairy Sci.* 67:1038.
- Nonnecke, B.J., Foote, M.R., Miller, B.L., Fowler, M., Johnson, T.E., Horst, R.L. 2009. Effects of Chronic Environmental Cold on Growth, Health and Select Metabolic and Immunologic Responses of Preruminant Calves. *Journal of Dairy Science.* 92(12):6134-6143.

- Orskov, E. R., and N. A. McLeod. 1982. Validation and application of new principles of protein evaluation for ruminants. Page 96 *in* Protein contribution of feed-stuffs for ruminants. E. U Miller, I. M. Pike, and A.J.M. van Es, ed. Butterworths, London
- Pounden, W. D., and J. W. Hibbs. 1948. The influence of the ration and rumen inoculation on the establishment of certain microorganisms in the rumens of young calves. *J. Dairy Sci.* 31:1041-1050.
- Tamate, H., A. D. McGilliard, N. L. Jacobson, and R. Getty. 1962. Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. *J. Dairy Sci.* 45:408-420.
- Underwood, E. J., and N. F. Suttle. 1999. The mineral nutrition of livestock. 3rd Edition. CABI Publishing, New York.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd ed. Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Vazquez-Anon, M., A. J. Heinrichs, J. M. Aldrich, and G. A. Varga. 1993. Postweaning age effects on rumen fermentation end-products and digesta kinetics in calves weaned at 5 weeks of age. *J. Dairy Sci.* 76:2742-2748.
- Warner, R. G., W. P. Flatt, and J. K. Loosli. 1956. Dietary factors influencing the development of the ruminant stomach. *J. Agric. Food Chem.* 4:788-792.
- Xu, C., T.H. Wensing and A.C. Beynen, 1998. Effects of high calcium intake on fat digestion and bile acid excretion in feces of veal calves. *J. Dairy Sci.*, 81: 2173-2177. PMID: 9749383
- Yuangklang, C., T. Wensing, L. van den Broek, S. Jittakhot and A.C. Beynen, 2004. Fat digestion in veal calves fed milk replacers low or high in calcium and containing either casein or soy protein isolate. *J. Dairy Sci.*, 87: 1051-1056. PMID: 15259241
- Zitnan, R., J. Voigt, U. Schonhusen, J. Wegner, M. Kokardova, H. Hagemeister, M. Levkut, S. Kuhla, and A. Sommer. 1998. Influence of dietary concentrate to forage ratio on the development of rumen mucosa in calves. *Arch. Anim. Nutr.* 51:279-291.

Effect of Calcium Supplementation on Growth, Nutrient Digestibility and Fecal Lactobacilli in Dairy Calves

¹C. Yuangklang, ²C. Wachirapakorn, ³H.E. Mohamed, ³A. Alhaidary and ^{1,3}A.C. Beynen

¹Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources,
Rajamangala University of Technology-Isan, Sakon Nakhon Campus,
Phang Khon, Sakon Nakhon 47160 Thailand

²Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University,
Khon Kaen, 40002 Thailand

³Department of Animal Production, College of Food and Agricultural Sciences,
King Saud University, Riyadh 11451, Kingdom of Saudi Arabia

Abstract: Problem statement: Based on earlier studies in veal calves and rats, the hypothesis tested was that high calcium intakes by ruminating dairy calves reduce fat digestibility, but do not affect growth performance due to enhanced colonization of the intestine with lactobacilli. **Approach:** In dairy calves that were fed on a combination of milk replacer, concentrate on grass hay, the effects of supplemental calcium on growth, nutrient digestibility and fecal lactobacilli were studied. Four concentrates with different levels of calcium were used. **Results:** Final body weight and weight gain were raised by the calcium level in the concentrate in a dose-dependent, linear fashion. Apparent digestibility of dry matter, organic matter, crude protein and crude fat were not influenced by the level of calcium in the concentrate. The number of fecal lactobacilli was significantly increased by higher dietary calcium levels, the effect having a linear trend. Calcium intake did not change the number of fecal *E. coli*. The apparent absorptions of calcium, phosphorus and magnesium were lowered in a linear, dose-dependent fashion by the calcium level in the concentrate. **Conclusion:** Increased calcium intakes stimulate weight gain in dairy calves fed a combination of milk replacer, concentrate and grass hay. This calcium effect may be related to an enhanced colonization of the intestine with lactobacilli.

Key words: Calcium, dairy calves, diet, growth, digestibility, lactobacilli

INTRODUCTION

In veal calves fed reconstituted milk replacers as the sole source of nutrition, it has been shown that high calcium intakes cause a reduction of fat digestibility (Xu *et al.*, 1998; 2000; Yuangklang *et al.*, 2004). Rat studies indicate that the inhibitory effect of calcium on fat digestibility can be explained by an increase in the amount of insoluble calcium phosphate sediment in the intestinal digesta (Brink *et al.*, 1992). This sediment binds bile acids (Govers and van der Meer, 1993) so that the formation of biliary micelles is reduced, leading to impairment of fat digestion and re-absorption of bile acids (Beynen *et al.*, 2002). This mechanism may extend to veal calves as high calcium intakes have been found to raise fecal bile acid excretion (Xu *et al.*, 1998; Yuangklang *et al.*, 2004).

For veal calves fed milk replacers only, fat represents about 40% of total energy intake. It would thus be expected that calcium-induced depression of fat digestibility would have a negative impact on growth. However, in veal calves subjected to a restricted feeding regimen there was no reduction in body-weight gain (Xu *et al.*, 1998, 2000; Yuangklang *et al.*, 2004). It could be suggested that the lowering of fat digestibility as mediated by calcium feeding is counteracted by an accompanying, positive effect. Such a positive effect of high calcium intake could be an increased growth of lactobacilli in the gut. In rats, the feeding of a high-calcium diet has been demonstrated to increase the numbers of ileal and fecal lactobacilli (Bovee-Oudenhoven *et al.*, 1999). The effect of calcium may be explained by precipitating bile acids in the intestinal lumen thereby creating an environment that is

Corresponding Author: C. Yuangklang, Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources,
Rajamangala University of Technology-Isan, Phang Khon, 47160 Sakon Nakhon, Thailand
Tel: +66-42771460 Fax +66-42771460

less toxic to lactobacilli in particular (Govers and van der Meer, 1993). Enhanced growth of lactobacilli will improve their antagonistic action towards pathogenic bacteria. Veal calves are often affected by diarrhea and respiratory disease which not only determine morbidity and mortality, but also growth. When veal calves were fed probiotics in the form of different *Lactobacillus* species, the incidence of diarrhea and respiratory disease were reduced and weight gain and feed efficiency were enhanced (Timmerman *et al.*, 2005).

In the present study we used dairy calves that were fed on a combination of milk replacer, concentrate on grass hay. In the light of the outcome of the studies with veal calves described above, the main questions addressed were as follows. Do high calcium intakes reduce fat digestibility, increase fecal numbers of lactobacilli and leave unchanged growth performance? Additional calcium was added to the concentrate in the form of calcium carbonate. In order to disclose possible dose-response relationships, four concentrates differing in the level of calcium were used in this study.

MATERIALS AND METHODS

Animals, diets and observations: Forty male Thai Friesian-Holstein calves, about 1 week of age, were purchased at a local market. Their body weight was 33 ± 1.7 kg (mean $\pm$ SD, $n = 40$). The calves were housed individually in metal stalls (80x175 cm) with rice straw as bedding.

On arrival, the calves were divided into four groups of 10 calves each so that body weight distributions of the groups were similar. The calves were fed twice a day, at 07.00 and 16.00 h, with a reconstituted milk replacer (Table 1) offered from a plastic bucket. The milk replacers were reconstituted in hot water (70°C) and presented at a temperature of about 42°C. The amount of reconstituted milk supplied was about 10% of body weight. As from the start of the experiment, the calves were fed one of four experimental concentrate diets that differed in the level of calcium (Table 2). The concentrates contained 0.7, 1.1, 1.7 or 2.2% calcium. Additional calcium was added in the form of calcium carbonate. The concentrates were fed at a level of 1% of body weight. When the calves were aged 2 weeks, they were given free access to pangola grass hay. Table 1 shows the analyzed composition of the grass hay.

Body weights and feed intakes were monitored. At various time intervals, the consistency of feces was scored on a scale from 1 (normal fecal consistency) to 4 (severe scour) as described (Quigley *et al.*, 1997). The experimental period lasted 90 days.

Table 1: Analyzed composition of the milk-replacer powder and grass hay

Analyzed contents, g 100 g ⁻¹	Milk replacer	Grass hay
Dry matter	95.30	94.10
Ash	6.60	4.50
Crude fat	5.10	1.70
Crude protein	21.00	4.10
NDF	0.00	73.80
ADF	0.00	45.70
Calcium	0.83	0.50
Phosphorus	0.62	0.31
Magnesium	0.16	0.47

Table 2: Ingredient and analyzed composition of the experimental concentrates

Ingredient (g)	Calcium level ¹			
	0.7%	1.1%	1.7%	2.2%
Constant components ²	41.0	41.0	41.0	41.0
Cassava meal	59.0	58.0	57.0	56.0
Calcium carbonate	0.0	1.0	2.0	3.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0
Analyzed contents (g 100/g)				
Ash	7.5	7.7	7.9	8.8
Crude fat	3.0	3.4	3.5	3.6
Crude protein	14.3	14.1	14.0	14.1
NDF	19.7	19.6	18.9	19.5
ADF	8.0	8.0	8.0	8.0
Calcium	0.71	1.12	1.72	2.15
Phosphorus	0.68	0.67	0.72	0.68
Magnesium	0.38	0.37	0.41	0.40

¹: Analyzed calcium levels; ²:Constant components (g): soybean meal, 32.0; molasses, 3.5; tallow, 3.0; sodium chloride, 1.0; di-calcium phosphate, 0.5; vitamin premix, 0.5; mineral premix, 0.5

Collection of feces samples: Feces were collected quantitatively during the period of 85-90 days of the experiment using a plastic tray that was placed under stalls. Feces were removed from the trays daily and then weighed and homogenized with tap water (1:0.5, w/w). Fractions (5%) of the homogenates were pooled per calf and stored at -20°C until analysis.

Chemical analyses: Samples of reconstituted milk samples were freeze-dried and those of concentrates, hay and feces were oven-dried at 60°C to determine Dry Matter (DM), ash, crude protein, crude fat, Neutral Detergent Fiber (NDF) and Acid Detergent Fiber (ADF) as described (Jansen *et al.*, 2000). Calcium and magnesium were determined by atomic absorption spectroscopy and phosphorus colorimetrically (Yuangklang *et al.*, 2004). Fecal counts of *E. coli* and lactobacilli were determined according to Mathew *et al.* (1996) and Swanson *et al.* (2002), respectively.

Calculations and statistical analysis: The apparent nutrient digestibility was expressed as percentage of intake and computed as (intake-output with feces) $\times$ intake⁻¹ $\times$ 100%.

The data are presented as group means and SEM and were statistically analyzed using a computer program (SPSS for windows 9.0, SPSS Inc., Chicago, IL 1998). Linear, quadratic or cubic regressions were tested for the actual level of calcium in the concentrate. None of the variables showed statistically, significant quadratic or cubic effects of the level of dietary calcium, except for the cubic effect on the intake of milk replacer. The level of statistical significance was pre-set at $p < 0.05$.

RESULTS

Growth performance: There was a statistically, significant, dose-dependent, linear effect of calcium in the concentrate on final body weight and weight gain (Table 3). The higher body weight with increasing calcium level in the concentrate was associated with higher intakes of the milk replacer. The intake of grass hay, which was freely available, was not influenced by dietary treatment.

Digestibility of nutrients: The amount of calcium in the concentrate did not affect the apparent digestibility of dry matter, organic matter, crude protein and crude fat (Table 4). The apparent absorptions of calcium,

phosphorus and magnesium were lowered in a linear, dose-dependent fashion by the calcium level in the concentrate.

Fecal score and bacteria: Different calcium intakes did not affect fecal scores (Table 4). The number of fecal lactobacilli was significantly increased by higher dietary calcium levels, the effect having a linear trend. Dietary treatment did not change the number of fecal *E. coli*.

DISCUSSION

Earlier studies with veal calves fed a milk replacer as only source of feed have demonstrated that high calcium intakes reduced fat digestibility (Xu *et al.*, 1998; Yuangklang *et al.*, 2004). This study was carried out with dairy calves fed a ration consisting of milk replacer, concentrate and grass hay. Increasing the amount of calcium in the concentrate was found not to affect fat digestibility. The discrepancy between the previous studies with veal calves and the present study may be explained by a difference in the calcium concentrations in the whole ration. In the present study the calcium concentrations were lower.

Table 3: Body Weight (BW), Average Daily Gain (ADG) and feed intakes in calves fed the experimental diets

Item	Calcium level				SEM	L
	0.7%	1.1%	1.7%	2.2%		
Initial BW, kg	32.6	34.8	34.6	30.6	1.27	NS
Final BW, kg	97.8	109.2	113.2	114.0	1.44	*
ADG, g/day	724.0	827.0	873.0	927.0	12.60	*
Feed intake, g dry matter day⁻¹						
Grass hay	390.0	323.0	321.0	297.0	21.30	NS
Concentrate	287.0	383.0	368.0	371.0	14.50	NS
Milk replacer	2081.0	2303.0	2356.0	2328.0	27.40	*
Total feed	2758.0	3009.0	3045.0	2996.0	51.30	NS

[†]: Statistical analysis; L: Linear effect; NS: Not Significant; *: $p < 0.05$

Table 4: Nutrient digestibility, fecal scores and fecal bacteria counts of *E. coli* and lactobacilli in calves fed the experimental diets

Item	Calcium level				SEM	L
	0.7%	1.1%	1.7%	2.2%		
Digestibility, (%) of intake						
Dry matter	89.00	87.60	90.00	90.90	0.93	NS
Organic matter	90.80	89.90	93.40	91.10	0.62	NS
Crude protein	96.80	96.40	97.40	96.60	0.27	NS
Crude fat	86.50	85.70	84.80	84.50	1.66	NS
Calcium	76.70	73.40	65.60	60.70	0.31	*
Phosphorus	85.20	83.10	78.50	72.60	0.36	*
Magnesium	45.60	44.80	41.70	40.20	0.28	*
Fecal score						
Day 30	2.56	2.51	2.56	2.52	0.01	NS
Day 60	2.26	2.28	2.26	2.26	0.01	NS
Day 90	1.30	1.30	1.25	1.25	0.01	NS
Fecal bacteria, log₁₀ CFU g⁻¹						
<i>E. coli</i>	8.24	8.39	8.36	8.20	0.05	NS
Lactobacilli	7.68	7.71	7.83	8.12	0.07	*

[†]: Statistical analysis; L: Linear effect; NS: Not Significant; *: $p < 0.05$

Final body weight and weight gain were raised by the calcium level in the concentrate in a dose-dependent linear fashion. The stimulatory effect of calcium on weight gain cannot be explained by increased feed intake. The voluntary intake of freely available grass hay was not influenced by dietary treatment. Milk-replacer intake was raised with increasing amounts of calcium in the concentrate, but this was a secondary rather than a primary effect. The amount of milk replacer supplied to the calves was a fixed fraction of body weight. Thus, higher body weights led to higher intakes of milk replacer rather than vice versa. Apparent digestibilities of dry matter, organic matter, crude protein and crude fat were not influenced by the level of calcium in the concentrate, indicating that the calcium-induced increase in weight gain was not related to an improved utilization of macronutrients.

The calcium-induced enhanced weight gain of the calves may relate to the observed increase in fecal lactobacilli. This effect of calcium on lactobacilli was specific as the *E. coli* numbers in feces were not affected. The number of bacteria in feces reflects the degree of their colonization in the gut. Thus, it can be suggested that calcium feeding had caused greater populations of lactobacilli in the gut. Lactobacilli are known to contribute to resistance against colonization of pathogenic bacteria, thus protecting the host. It has been shown that the feeding of a mixture of lactobacilli species to calves produced an increase in growth (Timmerman *et al.*, 2005). It is thus likely that the calcium-induced increase in intestinal lactobacilli had promoted growth in the calves. However, the mechanism by which calcium feeding strengthens the lactobacillus flora is not clear. Based on rat studies there is evidence that high calcium intakes stimulate proliferation of the endogenous lactobacilli through binding of bile acids to the calcium phosphate sediment in the intestinal lumen (Bovee-Oudenhoven *et al.*, 1999). However, a decrease in bile acid solubility should be associated with diminished fat digestibility, but this was not seen in the present study.

Increasing levels of calcium in the concentrate were associated with a decrease in the apparent absorption of calcium, phosphorus and magnesium. Similar effects have been observed earlier in veal calves (Xu *et al.*, 1998; Yuangklang *et al.*, 2004) and ruminating calves (Fielding *et al.*, 1985). The calcium-induced decrease in calcium absorption can be explained by endocrine-controlled down-regulation of the absorptive efficiency (Field, 1981). As mentioned above, high versus low calcium intake induces extra formation of insoluble calcium phosphate in the small intestinal digesta so that phosphorus becomes

unavailable for absorption (Brink *et al.*, 1992). The fact that magnesium also is a component of the sediment (Brink *et al.*, 1992) could explain the calcium-induced decrease in magnesium absorption. However this explanation does not hold if a substantial part of magnesium absorption takes place in the rumen as is the case in adult cows (Field, 1981).

CONCLUSION

This study with dairy calves fed a combination of milk replacer, concentrate and grass hay shows that high calcium intakes stimulate weight gain. This calcium effect probably is related to an enhanced colonization of the intestine with lactobacilli.

ACKNOWLEDGEMENT

The researchers thank the Thailand Research Fund (TRF) for financial support within the framework of the Young Scientist Award Project. We are also grateful to the Department of Animal science, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology-Isan, Sakon Nakhon Campus for the availability of the research facilities.

REFERENCES

- Beynen, A.C., M.J. de Graaf and A.G. Lemmens, 2002. Cholate feeding counteracts calcium-induced depression of apparent fat digestibility in rats. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.*, 72: 372-374. PMID: 12596502
- Bovee-Oudenhoven, I.M., M.L. Wissink, J.T. Wouters and R. van der Meer, 1999. Dietary calcium phosphate stimulates intestinal lactobacilli and decreases the severity of a salmonella infection in rats. *J. Nutr.*, 129: 607-612. PMID: 10082763
- Brink, E.J., A.C. Beynen, P.R. Dekker, E.C.H. van Beresteijn and R. van der Meer, 1992. Interaction of calcium and phosphate decreases ileal magnesium solubility and apparent magnesium absorption. *J. Nutr.*, 122: 580-586. PMID: 1542015
- Field, A.C., 1981. Some thoughts on dietary requirements of macro-elements for ruminants. *Proc. Nutr. Soc.* 40: 267-272. PMID: 7029550
- Fielding, A.S., W.J. Miller, M.W. Neathery, R.P. Gentry and D.M. Blackmon, 1985. Effect of calcium and fat intake on calcium metabolism in calves. *J. Dairy Sci.*, 68: 2922-2928. PMID: 4078121
- Govers, M.J. and R. van der Meer, 1993. Effects of dietary calcium and phosphate on the intestinal interactions between calcium, phosphate, fatty acids and bile acids. *Gut*, 34: 365-370. PMID: 8472985

- Jansen, W.L., J. Van der Kuilen, S.N. Geelen and A.C. Beynen, 2000. The effect of replacing nonstructural carbohydrates with soybean oil on the digestibility of fiber in trotting horses. *Equine Vet. J.*, 32: 27-30. PMID: 10661381
- Mathew, A.G., M.A. Franklin, W.G. Upchurch and S.E. Chattin, 1996. Influence of weaning age on ileal microflora and fermentation acids in young pigs. *Nutr. Res.*, 16: 817-827. <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=3103797>
- Quigley, J.D., J.J. Drewry, L.M. Murray and S.J. Ivey, 1997. Body weight gain, feed efficiency and fecal scores of dairy calves in response to galactosyl-lactose or antibiotics in milk replacers. *J. Dairy Sci.*, 80: 1751-1754. PMID: 9276816
- Swanson, K.S., C.M. Grieshop, E.A. Flickinger, L.L. Bauer and J. Chow *et al.*, 2002. Fructooligosaccharides and *Lactobacillus acidophilus* modify gut microbial populations, total tract nutrient digestibilities and fecal protein catabolite concentrations in healthy adult dogs. *J. Nutr.* 132: 3721-3731. PMID: 12468613
- Timmerman, H.M., L. Mulder, H. Everts, D.C. Van Espen and E. van der Wal *et al.*, 2005. Health and growth of veal calves fed milk replacers with or without probiotics. *J. Dairy Sci.*, 88: 2154-2165. PMID: 15905445
- Xu, C., T. Wensing and A.C. Beynen, 1998. Effects of high calcium intake on fat digestion and bile acid excretion in feces of veal calves. *J. Dairy Sci.*, 81: 2173-2177. PMID: 9749383
- Xu, C., T. Wensing and A.C. Beynen, 2000. High intake of calcium formate depresses macronutrient digestibility in veal calves fed milk replacers containing either dairy proteins or whey protein plus soya protein concentrate. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 83: 49-54. DOI: 10.1046/j.1439-0396.2000.00249.x
- Yuangklang, C., T. Wensing, L. van den Broek, S. Jittakhot and A.C. Beynen, 2004. Fat digestion in veal calves fed milk replacers low or high in calcium and containing either casein or soy protein isolate. *J. Dairy Sci.*, 87: 1051-1056. PMID: 15259241