รายงาน

การปรับระดับความเข้มข้นของเกลือแร่ในอาหารข้น ที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของน้ำนมในโคนมลูกผสม

ในโครงการวิจัยแก้ปัญหาราคาสินค้าเกษตรตกต่ำ
โครงการวิจัยพัฒนาแผนแม่บทการแก้ไขปัญหาผลิตภัณฑ์นม
ประจำปีงบประมาณ 2547

ศ.น.สพ.ดร.ณรงค์ศักดิ์ ชัยบุตร
รศ.น.สพ.สมชาย จันทร์ผ่องแสง
นาง เพ็ญสุดา ฮงภู่

คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	5
บทนำ	8
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ	11
สัตว์ทดลอง:	
อาหารสัตว์ทดลอง	
ขั้นตอนการศึกษา	
การเก็บบันทึกข้อมูลและการเก็บตัวอย่าง	
การวิเคราะห์ทางสถิติ	
ผลการศึกษา	16
อภิปรายผล	28
เอกสารอ้างอิง	32

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่1 แสดงส่วนประกอบวัตถุดิบอาหารหยาบและอาหารข้นในอาหารผสมรวม(TMR) คิดตาม น้ำหนักแห้งในอาหาร 3 สูตร 14

ตารางที่ 2 อาหารผสมรวมที่ใช้ในการทดลองมีค่าโภชนะตามน้ำหนักแห้ง 15

ตารางที่ 3 แสดงผลของการให้กินอาหารผสมทั้ง 3 สูตรต่ออัตราการกินอาหารแห้งต่อวัน(DMI) อัตราการกินน้ำต่อวัน(WI) และน้ำหนักตัว%(BW) ในระยะกลาง (Mid Lactation) และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นม ในโคนมลูกผสม 20

ตารางที่ 4 แสดงผลของการให้กินอาหารผสมทั้ง 3 สูตร ต่อโลหิตวิทยา จำนวนเม็ดโลหิตแดง (RBC) จำนวนเม็ดโลหิตขาว (WBC) ค่าHemoglobin Hematocrit และจำนวน platelets ในระยะกลาง (Mid Lactation) และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นม ในโคนมลูกผสม 21

ตารางที่ 5 แสดงผลของการให้กินอาหารผสมทั้ง 3 สูตร ต่ออัตราการหลั่งน้ำนม และส่วนประกอบในน้ำนม ของโคนมลูกผสมขณะให้นมในระยะกลาง (Mid Lactation) และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นม 22

ตารางที่ 6 ระดับความเข้มข้นในเลือดแดง (A), ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นในเลือดแดงและเลือดดำจากต่อมน้ำนม (A-V) และสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้โดยต่อมน้ำนม ของ acetic acid และ ß-Hydroxybutyric Acid ในระยะกลาง (Mid) และระยะท้าย (Late) ของการให้นมในโคนมลูกผสมกินอาหารผสมทั้ง 3 สูตร 23

ตารางที่ 7 ระดับความเข้มข้นในเลือดแดง, ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นในเลือดแดงและเลือดดำจากต่อมน้ำนม และสัดส่วนเปอร์เซนต์การใช้โดยต่อมน้ำนม ของ glucose และ Triglycerides ในระยะกลาง (Mid Lactation) และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นม ในโคนมลูกผสมกินอาหารผสมทั้ง 24

ตารางที่ 8 แสดงผลของการให้กินอาหารผสมทั้ง 3 สูตร ต่อระดับความเข้มข้นใน พลาสม่าของโซเดียม (Na^+), โพแทสเซียม (K^+), คลอไรด์ (Cl^-)และ แมกนีเซียม (Mg^{+2})ไอออนในระยะกลาง (Mid Lactation) และระยะ ท้าย (Late Lactation) ของการให้นม ในโคนมลูกผสม 25

ตารางที่ 9 แสดงผลของการให้กินอาหารผสมทั้ง 3 สูตร ต่อระดับความเข้มข้น ในน้ำนมของโซเดียม (Na^+), โพแทสเซียม (K^+), และ คลอไรด์ (Cl^-) ไอออนในระยะกลาง (Mid Lactation) และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นม ในโคนมลูกผสม 26

ตารางที่ 10 อัตราส่วนระหว่างระดับความเข้มข้นในของโซเดียม (Na^+) โพแทสเซียม (K^+), และคลอไรด์ (Cl^-) กับระดับ ครีอะตินินในปัสสาวะ และ ระดับความเข้มข้นในของโซเดียม (Na^+), โพแทสเซียม (K^+), และ คลอไรด์ (Cl^-)ในอุจจาระในระยะกลาง (Mid Lactation) ของการให้นม ในโคนมลูกผสม ที่ให้กินอาหารผสมทั้ง 3 สูตร 27

การปรับระดับความเข้มข้นของเกลือแร่ในอาหารข้น ที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของน้ำนมในโคนมลูกผสม

ศ.น.สพ.ดร.ณรงค์ศักดิ์ ชัยบุตร รศ.น.สพ.สมชาย จันทร์ผ่องแสงนิช
นาง เพ็ญสุดา ฮงภู่

คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาหารูปแบบสัดส่วนการเสริมสารอาหารแร่ธาตุโซเดียมที่ใช้เลี้ยงโคนมลูกผสมกับอัตราการกินได้อาหารแห้ง อัตราการหลั่งน้ำนม ส่วนประกอบของน้ำนม การทำงานของต่อมน้ำนมกับการใช้สารอาหารหลักจากพลาสม่าเพื่อสังเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม ของโคนมลูกผสมโฮสไตน์

การศึกษาใช้โคนมลูกผสมที่มีสายพันธุ์ Holstein Friesian 87.5% จำนวน 6 ตัว โดยมีระยะการให้นมเริ่มในช่วงระยะต้น (2 เดือนภายหลังคลอด) แบ่งกลุ่มโคนม ออกเป็น 3 กลุ่ม ตามการศึกษาชนิดของอาหารผสมรวม(TMR)โดยมีสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นเท่ากับ 40:60 อาหารหยาบ และมีการปรับสูตรอาหารเสริมระดับความเข้มข้นแร่ธาตุโซเดียมแตกต่างกัน 3 ระดับ ในโคนมทั้ง 3 กลุ่มจะมีโคนมจำนวน 2 ตัว จะถูกให้กินอาหารผสมทั้ง 3 สูตรสลับกันจนครบในแต่ละช่วงของการให้นมคือในระยะกลาง (Mid lactation) และระยะท้าย (Late lactation) ของการให้นม การทดลองเป็นแบบ 2 replication 3x3 Latin square ปรับระดับความเข้มข้นของโซเดียมโดยใช้โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ตามสูตรอาหารที่มีส่วนประกอบวัตถุดิบต่าง ๆ คิดตามน้ำหนักแห้ง โดยมีระดับความเข้มข้นแร่ธาตุโซเดียมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือระดับความเข้มข้นของโซเดียม 0.2% (F1), 0.6%(F2), และ 1.0%(F3) โคนมแต่ละกลุ่มให้กินอาหารข้นแต่ละสูตรใช้เวลา 21 วัน โดย 5 วันแรกเป็นระยะปรับตัวก่อนการทดลอง และระยะทดลองจะใช้เวลา 16 วัน

อาหารแห้งต่อวันมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับอาหารที่มีความเข้มข้นของโซเดียม0.2%(F1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อัตราการกินน้ำต่อวันในกลุ่มโคนมที่กินอาหารความเข้มข้นของโซเดียม 1% เพิ่มมากกว่า กลุ่มโคนมที่กินอาหารความเข้มข้นของโซเดียม 0.2% และ 0.6% โดยประมาณ7% ค่าน้ำหนักตัวระหว่างกลุ่มโคนมที่กินอาหารที่มีระดับโซเดียมที่แตกต่างกันทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าไม่แตกต่างกัน โคนมลูกผสมทั้ง 3 กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีระดับโซเดียมในอาหาร 0.2% - 1.0 % ค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นในระยะกลางของการให้นมไม่แตกต่างกัน แต่ระยะท้ายของการให้นมค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นจะมีค่าเพิ่มขึ้นทั้ง 3 กลุ่ม ปริมาตรเม็ดเลือดแดงในโคนมทั้ง 3 กลุ่มจะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ค่าปริมาตรPlateletและค่าปริมาตรเม็ดเลือดขาวของโคนมทั้ง 3 กลุ่มมีค่าอยู่ในช่วงเกณฑ์ปกติแต่ปริมาตรเม็ดเลือดขาวในโคนมที่ได้รับอาหารที่มีระดับโซเดียม1.0% จะมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่ากลุ่มโคนมที่ได้รับอาหารที่มีระดับโซเดียม 0.2 %และ 0.6%

อัตราการหลั่งน้ำนมในระยะกลางของการให้นมในกลุ่มโคนมลูกผสมที่ได้รับอาหารที่มีระดับโซเดียม 1% จะเพิ่มขึ้น 11% เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ให้กินอาหารที่มีระดับโซเดียม 0.2 % และ 0.6 % แต่ในระยะท้ายของการให้นมอัตราการหลั่งน้ำนมจะลดลงจากระยะกลาง ทั้ง 3 กลุ่ม และมีค่าไม่แตกต่างกัน ส่วนประกอบน้ำนมเกี่ยวกับความเข้มข้นของไขมันนม ความเข้มข้นของโปรตีนและความเข้มข้นของแลคโตสในน้ำนมของกลุ่มโคนมทั้ง 3 กลุ่มจะมีค่าไม่แตกต่างกันทั้งในระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม ค่าเปอร์เซนต์ของแข็งทั้งหมดในน้ำนม และเปอร์เซนต์ของแข็งไม่รวมไขมันนมไม่เปลี่ยนแปลงในกลุ่มโคนมทั้ง 3 กลุ่ม ปริมาณเซลล์โซมาติกในน้ำนมในระยะกลางของการให้นมของกลุ่มโคนมที่ให้อาหารที่มีระดับโซเดียม 0.6% และ1 % จะมีแนวโน้มลดลง แต่ในระยะท้ายของการให้นม ปริมาณเซลล์โซมาติกจะเพิ่มขึ้นในโคนมทั้ง 3 กลุ่มที่ให้อาหารที่มีระดับโซเดียมแตกต่างกัน

ในระยะกลางของการให้นมระดับความเข้มข้นของacetateในเลือดแดง ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเลือดแดง และ ดำ(A-V) และสัดส่วนการใช้ acetate โดยต่อมน้ำนมไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มโคนมลูกผสมทั้ง 3 กลุ่มที่ให้อาหารที่มีความเข้มข้นของโซเดียม 0.2% - 1% แต่ในระยะท้ายของการให้นมค่าความแตกต่างระหว่างระหว่างความเข้มข้นของเลือดแดง และ ดำ (A-V) และสัดส่วนการใช้ acetate โดยต่อมน้ำนม ในกลุ่มโคนมที่กินอาหารที่มีระดับโซเดียม 1% จะมีค่าเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มที่กินอาหารที่มีระดับ

โซเดียม 0.2% แต่ระดับความเข้มข้นของ acetate ในเลือดแดงยังอยู่ในระดับที่ค่อนข้างคงที่เมื่อเทียบกับระยะกลางของการให้นม

ระดับความเข้มข้นของβ–hydroxybutyrateในพลาสม่าเลือดแดง ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเลือดแดงและดำ(A-V) และ สัดส่วนการใช้β–hydroxybutyrate โดยต่อมน้ำนมของโคนมทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าไม่แตกต่างกันทั้งในระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม จากการให้อาหารที่มีระดับโซเดียมที่แตกต่างกัน ระดับความเข้มข้นของกลูโคสในพลาสม่าเลือดแดงของโคนมลูกผสมทั้ง 3 กลุ่มไม่พบความแตกต่างกัน แต่ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเลือดแดงและดำ(A-V) และสัดส่วนการใช้กลูโคสโดยต่อมน้ำนมในกลุ่มโคนมลูกผสมที่กินอาหารที่มีระดับโซเดียม 1% จะมีค่าสูงกว่ากลุ่มโคนมที่กินอาหารที่มีโซเดียม 0.2% และ 0.6% ทั้งในระยะกลางและระยะท้ายของการให้นมโดยเฉลี่ย 25%

การให้อาหารที่มีความเข้มข้นของโซเดียม 0.2%-1% ในระยะกลางของการให้นมไม่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของ triglyceride ในพลาสม่าเลือดแดง ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเลือดแดงและดำ(A-V) และ สัดส่วนการใช้ triglyceride โดยต่อมน้ำนมในกลุ่มโคนมลูกผสมที่กินอาหารที่มีระดับโซเดียม 1%จะมีค่าสูงกว่ากลุ่มโคนมที่กินอาหารที่มีโซเดียม 0.2% และ 0.6% ในระยะท้ายของการให้นม ระดับความเข้มข้นของ triglyceride ในพลาสม่าเลือดแดงจะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับระยะกลางของการให้นมในกลุ่มโคนมที่กินอาหารที่มีโซเดียม0.2% และ 0.6%และจะเพิ่มมากกว่ากลุ่มโคนมที่กินอาหารที่มีโซเดียม 1.0%อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเลือดแดงและดำ(A-V) และสัดส่วนการใช้ triglycerideโดยต่อมน้ำนมในกลุ่มโคนมลูกผสมที่กินอาหารที่มีระดับโซเดียม 1% จะมีค่าต่ำกว่ากลุ่มโคนมที่กินอาหารที่มีโซเดียม 0.2% และ 0.6% ในระยะท้ายของการให้นม

การให้อาหารที่มีความเข้มข้นของโซเดียม 0.2%-1% ไม่มีผลต่อระดับความเข้มข้นในพลาสม่าของโซเดียม (Na^{+}), โพแทสเซียม (K^{+}), คลอไรด์ (Cl^{-}) และ แมกนีเซียม (Mg^{+2}) ไอออน ทั้งในระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม

กลุ่มโคนมที่ได้รับอาหารที่มีระดับโซเดียม 1% ในระยะกลางของการให้นม จะมีค่าอัตราส่วน Na:Creatinine ในปัสสาวะสูงกว่ากลุ่มอื่น การขับทิ้งโซเดียมไอออนทางอุจจาระ

เพิ่มขึ้นในกลุ่มโคนมที่กินอาหารที่มีระดับความเข้มข้น โซเดียม 1% แต่ระดับโพแทสเซียมในอุจจาระจะลดลง

ผลการศึกษาสรุปได้ว่าการเสริมความเข้มข้นของแร่ธาตุโซเดียมในอาหารผสมรวมให้แก่โคนมลูกผสม Holstein Friesian สามารถเพิ่มทั้งปริมาณการกินได้ และปริมาณน้ำนม แต่ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของน้ำนม รวมทั้งค่า electrolyte ในเลือด

Abstract

Manipulation of the level of dietary sodium salt concentration on milk production in crossbred Holstein cattle

The objective of the present experiment was to study the effect of supplementation in different concentrations of dietary sodium on milk production and milk compositions of crossbred Holstein cattle. Six multiparous 87.5% crossbred Holstein cattle, two months postpartum, were used in the experiment. They were randomly divided into three groups of two cows each. Two replication 3x3 Latin square (3x3) design was used in this study. Each period lasted for 21 days; the adjusting and collecting periods were 5 and 16 days, respectively. The experiments were performed in both mid lactating and late lactating periods. Animals in each group were fed with total mixed ration (TMR) at the mixture of silage and concentrate at the ratio of 40:60 (DM basis). Three types of diets composed of a basal diet (control) and two treatment diets were the same except for the difference of the sodium (Na) concentration, which were varied by using Na_2CO_3 for adjustment in diet. The concentrations of sodium in the control diet and two treatment diets were 0.2% (F1), and 0.6% (F2), 1% (F3), respectively.

During mid lactation, dry matter intake and milk yield were significantly increased by increasing the sodium concentrations of 1%(F3) and 0.6%(F2) in diet. Animals fed with diet supplementation with 1% Na, showed slightly increased in water intake in comparison with animals fed with0.2% Na (F1), and 0.6% Na (F2). The body weights were not affected during the course of experiment. Packed cell volume values were not affected for animals given different concentrations of sodium in diet during mid-lactation, while it increased during late lactation. The values of platelet and white cell volume in all groups were in normal ranges, but animals fed with diet supplementation with 1% Na had tendency a low white cell volume in comparison with animals fed with0.2% Na, and 0.6% Na.

Milk yield of animals fed with diet supplementation with 1% Na increased by approximately 11% during mid-lactation in comparison with animals fed with0.2% Na, and 0.6% Na, while milk yield decreased as lactation advanced to late lactation in all groups. The percentages of milk composition: fat, protein, lactose and SNF were not significantly affected. The values for somatic cell count of animals fed with0.6% Na, and 1.0% Na had tendency to decrease in mid-lactation, but somatic cell count increased as lactation advanced to late lactation. During mid-lactation, the mean arterial plasma concentrations for acetate were largely unchanged throughout periods of study in all groups. As lactation advances, the A-V differences and extraction ratio of acetate across the mammary gland were higher in animals fed with diet supplementation with 1% Na than those of animals fed with0.2% Na. The mean arterial plasma concentrations for β-hydroxybutyrate, the A-V differences and extraction ratio of β-hydroxybutyrate were not affected during treatment with different types of diet supplementation with Na in all groups. The arterial plasma glucose concentrations were largely unchanged throughout periods of study in all groups. The A-V concentration differences and extraction ratio for glucose of animals fed with diet supplementation with 1% Na were higher than those of animals fed with diet supplementation with 0.2% Na and 0.6% Na by approximately 25%.

The mean arterial plasma concentrations for triglyceride were unchanged throughout experimental periods in all groups. The A-V differences and extraction ratio of triglyceride of animals fed with diet supplementation with 1% Na were higher than those of animals fed with diet supplementation with 0.2% Na and 0.6% Na. The mean arterial plasma concentrations for triglyceride of all groups were increased in late lactation as compared with mid-lactation, while the A-V concentration differences and extraction ratio for triglyceride of animals fed with diet supplementation with 1% Na were lower than those of animals fed with diet supplementation with 0.2% Na and 0.6% Na. No significant differences were observed in plasma concentrations of Na, K , Cl and Mg when animals fed with diet supplementation with 0.2%- 1% Na in either mid- or late lactation. The value of urinary Na/ creatinine ratio showed an increase animals fed with diet supplementation with 1% Na, than those of animals fed with0.2% and 0.6%Na. The concentration of fecal K was lower, while the concentration of fecal Na increased in animals supplemented with 1%Na,

These findings suggest that animals fed with diet supplementation with Na in crossbred Holstein cattle increase in both dry matter intake and milk yield, but it would not affect to milk composition and plasma electrolytes.

บทนำ

การพัฒนาการเลี้ยงโคนมในประเทศไทยในเชิงธุรกิจแบบยั่งยืนและได้มาตรฐานมีความจำเป็นต้องเน้นเกี่ยวกับการเพิ่มผลผลิตทั้งปริมาณน้ำนมและคุณภาพนม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในทางตรงต่อผู้บริโภคและในทางอ้อมต่อรายได้ของเกษตรกรที่เลี้ยงโคนมรวมทั้งอุตสาหกรรมนมด้วย การเลี้ยงโคนมในสภาพแวดล้อมอย่างประเทศไทย ความรู้ที่จะนำมาประยุกต์เพื่อใช้ส่งเสริมหรือแก้ปัญหาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตนมในโคนมต้องอาศัยความรู้ และความเข้าใจอย่างแท้จริงในหลายสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เช่น ทางด้านสรีรวิทยาและชีวเคมีของโคนม ด้านโภชนาการ ด้านสายพันธุ์โค และทางด้านสัตวแพทย์โดยเฉพาะปัญหาโรคเต้านมอักเสบ เป็นต้น

การจัดการด้านอาหารที่ใช้เลี้ยงโคนมถือเป็นเรื่องสำคัญในการเพิ่มผลผลิตน้ำนม อาหารที่ใช้เลี้ยงโคนมประกอบด้วยอาหารหยาบและอาหารข้นโดยมีสัดส่วนการให้แปรผันตั้งแต่ 30:70 ถึง 40:60 (อาหารหยาบ : อาหารข้น) การเสริมสารอาหารเพื่อใช้เลี้ยงโคนมที่ให้น้ำนมมากเป็นเรื่องที่เกษตรกรโคนม และนักโภชนาการสัตว์ให้ความสนใจมาโดยตลอด การเสริมสารอาหารเป็นส่วนประกอบในอาหารที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือความเข้มข้นของแร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบในอาหาร การทำงานของแร่ธาตุ จะมีผลต่อระบบการย่อยอาหาร การดูดซึมสารอาหารเข้าสู่ร่างกาย การสร้างภูมิคุ้มกัน เป็นต้น ในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ใช้พืชเป็นอาหารสัตว์ ปกติในพืชจะมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนสูงแต่มีโซเดียมไอออนต่ำ การใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในการปลูกพืชหรือในทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์จะมีผลทำให้ระดับโซเดียมไอออนในพืชต่ำลง เมื่อสัตว์กินอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนมากเกินไป จะมีผลต่อการดูดซึมของแร่ธาตุชนิดอื่นในระบบทางเดินอาหารเช่นแมกนีเซียมไอออน (Greene, et al. 1983; Chiy and Phillips, 1993) เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปแล้วว่า โซเดียมไอออน เป็นแร่ธาตุอีกชนิดหนึ่ง ที่มีบทบาทสำคัญในสัตว์ที่กินหญ้าเป็นอาหาร ถ้าในอาหารสัตว์มีความเข้มข้นของโซเดียมไอออนมากพอจะมีผลต่อการดูดซึมแมกนีเซียมไอออนในระบบทางเดินอาหารได้ดียิ่งขึ้น จึงมีการใส่ปุ๋ยที่มีเกลือโซเดียมลงในแปลงหญ้าที่ใช้เลี้ยงโค เพื่อเพิ่มการดูดซึมแมกนีเซียมไอออนมากขึ้น(Chiy and Phillips, 1993) แมกนีเซียมไอออนภายในร่างกายจัดเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการ

สร้างภูมิคุ้มกันภายในร่างกาย (Miller, 1985) การศึกษาในหนูแรทพบว่า การคงสภาพความเข้มข้นของแมกนีเซียมไอออนในสภาพปกติจะมีผลต่อการรักษาระดับภูมิคุ้มกัน(Ig-G)และจำนวนเซลที่สร้างภูมิคุ้มกันภายในร่างกาย ถ้าร่างกายขาดแร่ธาตุแมกนีเซียมไอออน การสร้างภูมิคุ้มกันภายในร่างกายจะลดลง(McCoy and Kennedy, 1992) มีรายงานในโคนมที่มีการเพิ่มการดูดซึมแร่ธาตุแมกนีเซียมพบว่าต่อม ธัยมัสจะมีขนาด เพิ่มขึ้นด้วย (Hlasny etal., 1996) พืชอาหารสัตว์ที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนมากเกินภายในกระเพาะรูเมนจะมีผลไปยับยั้งการดูดซึมแมกนีเซียมจากระบบทางเดินอาหารจึงสามารถแก้ไขได้โดยการให้เกลือโซเดียมคลอไรด์เสริมในอาหาร จึงเชื่อกันว่าการเสริมเกลือโซเดียมในอาหารโคนมเชื่อกันว่าจะมีการลดการติดเชื้อที่เกิดในเต้านมทำให้จำนวน somatic cell ในน้ำนมลดลง ทำให้คุณภาพน้ำนมดีขึ้น การศึกษาวิจัยในเรื่องนี้ในโคนมลูกผสมในประเทศไทยมีน้อยมาก

โซเดียมไอออนจัดเป็น osmotic skeleton ของของเหลวภายในร่างกายในการรักษาแรงดันออสโมติกและปริมาตรของเหลว นอกจากนี้การดูดซึมสารอาหาร เช่น กลูโคส โปรตีน และไขมันจากระบบทางเดินอาหารจะร่วมไปกับการเคลื่อนของโซเดียมไอออนเป็นส่วนใหญ่ (Cunningham, 2002) ซึ่งวิธีดังกล่าวสัมพันธ์กับความเข้มข้นของโซเดียมในระบบทางเดินอาหารในโคนมจึงต้องมีปริมาณโซเดียมมากพอที่จะถูกดูดซึมร่วมไปกับสารอาหารที่จะถูกนำไปใช้ในการผลิตน้ำนมจึงมีการเติมเกลือแร่ต่าง ๆ รวมทั้งเกลือโซเดียมในอาหารของโคนม (Belibasakes and Triantos, 1991) ปกติในเซลล์ทั่วไป จะมีกลไกการเคลื่อนของโซเดียมไอออนที่ผนังเซลล์ออกนอกเซลล์แลกเปลี่ยนกับโพแทสเซียมเข้าสู่ภายในเซลล์โดยใช้ Na-K pump ซึ่งจำเป็นต้องใช้พลังงานและแหล่งพลังงานหลักภายในเซลล์คือกลูโคส ในขณะเดียวกันกลูโคสก็เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสร้างส่วนประกอบน้ำนมแลคโตสภายในเซลล์ต่อมน้ำนม การศึกษาการปรับระดับความเข้มข้นของโซเดียมในอาหาร จะมีผลต่อการเคลื่อนของสารอาหารสู่เซลล์ต่อมน้ำนมเพื่อสังเคราะห์ส่วนประกอบน้ำนมและเพิ่มปริมาณน้ำนมในโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ มีน้อยมาก เนื่องจากปริมาณแร่ธาตุในพืชอาหารโดยเฉพาะโซเดียมมีปริมาณน้อย มักจะไม่พอเพียงต่อการผลิตนมในช่วงอยู่ในระยะการให้นมในโคนม (McDowell, 1985) องค์ประกอบในน้ำนมจะมีการเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น สายพันธุ์โคนม อุณหภูมิสภาพแวดล้อม ระยะของการให้นม และความสมบูรณ์ของโคนม ในขณะให้นม

โคนมจะมีอัตราการเผาผลาญสารอาหารภายในร่างกายสูงและแนวโน้มในร่างกายมีสภาพความเป็นกรดเกิดขึ้น ในฤดูร้อนโคนมจะเครียดจากสภาพอากาศร้อนการเกิดสภาพความเป็นกรดในร่างกายจะเกิดขึ้น สัตว์จะมีการตอบสนองเพื่อลดภาวะการเป็นกรด เช่น เพิ่มอัตราการหายใจเพื่อขับทิ้ง CO_2 จากปอด พร้อมกับการระบายความร้อนทางระบบหายใจ การให้อาหารที่มีเกลือโซเดียมพอเหมาะจะช่วยลดภาวะเครียดจากความร้อนโดยสัตว์อาจจะกินน้ำเพิ่มขึ้นเป็นส่วนหนึ่งในการระบายความร้อน รวมทั้งทำให้เกิดระบบบัฟเฟอร์สามารถในการปรับความเป็นกรด เบส ภายในร่างกายจากการให้เกลือ(Block ,1994) นอกจากนี้ร่างกายจะมีการปรับดุลย์กรด ด่าง เช่นการขับ H+ ทิ้งเช่น ขับทิ้งทางปัสสาวะ โดยแลกกับการเคลื่อนของโซเดียมไอออนเข้าเซลล์ การปรับดุลย์กรด ด่าง ในร่างกายทำให้เซลล์ทั่วไปทำงานดีขึ้นรวมทั้งเซลล์ต่อมน้ำนม (Edman ,1988) ผลการศึกษาการเพิ่มปริมาณโซเดียมในอาหารของโคนมจะมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตน้ำนม เพิ่มปริมาณการกินอาหารแห้ง (DMI) รวมทั้งส่วนประกอบน้ำนม เช่น ไขมันนม และ total solid จะเพิ่มขึ้น (Phillips et al., 2000; West et al., 1992; Sanchez et al, 1994; Belibasakis and Triantos,1991) อย่างไรก็ตามรายงานวิจัยเกี่ยวกับการให้เกลือโซเดียมในอาหารโคนมกับการเพิ่มผลผลิตน้ำนม โดยเฉพาะในโคนมลูกผสมยังมีน้อย การเลี้ยงโคนมในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นโคนมลูกผสม ความต้องการสัดส่วนของเปอร์เซ็นต์โซเดียมไอออนในอาหารที่เหมาะสมในโคนมลูกผสมในช่วงระยะต่าง ๆของการให้นม ยังไม่มีการรายงาน

จุดประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาหารูปแบบสัดส่วนการเสริมสารอาหารแร่ธาตุโซเดียมที่ใช้เลี้ยงโคนมลูกผสมกับอัตราการหลั่งน้ำนม ส่วนประกอบและคุณภาพของน้ำนม ความสมบูรณ์ของการทำงานของต่อมน้ำนม การใช้สารอาหารหลักจากพลาสม่าเพื่อสังเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมโดยต่อมน้ำนม รวมทั้งศึกษาถึงประโยชน์ของการปรับสัดส่วนของโซเดียมกับอัตราการกินได้อาหารแห้งของโคนมลูกผสมโฮสไตน์

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลอง: คัดเลือกโคนมลูกผสมสายพันธุ์ที่มีสายเลือด Holstein Friesian 87.5% จำนวน 6 ตัว มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 486-498 กก โดยมีระยะการให้นมเริ่มในช่วงระยะต้น (2 เดือนภายหลังคลอด)

อาหารสัตว์ทดลอง: อาหารสัตว์ทดลองเป็นอาหารผสมรวมระหว่างอาหารหยาบและอาหารข้น (Total mixed ration, TMR) โดยมีสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นเท่ากับ 40:60 อาหารหยาบใช้ต้นข้าวโพดผสมกากสัปปะรดหมัก อาหารข้นใช้กากถั่วเหลืองมันอัดเม็ด รำละเอียดและเมล็ดฝ้ายเป็นส่วนประกอบหลัก โดยนำมาประกอบเป็นอาหารผสมรวม (TMR) ตามสัดส่วนปรับพลังงานและโปรตีนใกล้เคียงกัน แต่ปรับระดับความเข้มข้นของโซเดียมโดยเติมโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ตามสูตรอาหารโดยมีส่วนประกอบวัตถุดิบต่าง ๆ คิดตามน้ำหนักแห้ง (ตามตารางที่ 1 และ 2)ปรับสูตรอาหารโดยเสริมระดับความเข้มข้นแร่ธาตุโซเดียมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือระดับความเข้มข้นของโซเดียม 0.2% (F1), 0.6%(F2), และ 1.0%(F3),

ขั้นตอนการศึกษา: แบ่งกลุ่มโคนม ออกเป็น 3 กลุ่ม ตามการศึกษาชนิดอาหารผสมรวม (TMR) ที่มีการปรับสูตรอาหารโดยเสริมระดับความเข้มข้นแร่ธาตุโซเดียมแตกต่างกัน 3 ระดับ แต่ละกลุ่มจะมีโคนมจำนวน 2 ตัว โคนมทั้ง 3 กลุ่มจะถูกให้กินอาหารผสมทั้ง 3 สูตรสลับจนครบในแต่ละช่วงของการให้นมคือในระยะกลาง (Mid Lactation) และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นม การทดลองเป็นแบบ 2 replication 3x3 Latin square design โคนมแต่ละกลุ่มให้กินอาหารข้นแต่ละสูตร ในแต่ละช่วงการทดลองใช้ระยะเวลา 21 วัน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ระยะโดย 5 วันแรกเป็นระยะก่อนการทดลองปล่อยให้วัวนมทดลองปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมและอาหารทดลองและระยะทดลองจะใช้เวลา 16 วัน ทำการวัดค่าทางสรีรวิทยาในวันที่ 18 ถึง 20 ของการทดลองในแต่ละช่วงของการให้อาหารแต่ละสูตร โดยทำการเจาะเลือดจาก coccygeal artery และ จาก milk vein พร้อมกันไป แล้วแยกเลือดเก็บใส่ในหลอดที่มี heparin เป็นสารป้องกันเลือดแข็ง (25 iu/มล.เลือด) นำไปตรวจหาค่าทางโลหิตวิทยาและส่วนประกอบเคมีในพลาสมา ทำการบันทึกอัตราการ

หลั่งน้ำนม และเก็บตัวอย่างน้ำนมในวันที่ 18 ถึง 20 เพื่อศึกษาส่วนประกอบในน้ำนมในแต่ละช่วงของการทดลองจากการให้อาหารแต่ละสูตร

การเก็บบันทึกข้อมูลและการเก็บตัวอย่าง

การบันทึกข้อมูล:

1) บันทึกปริมาณอาหารที่กินได้ และปริมาณน้ำนมในช่วง 14 วันสุดท้ายของการให้กินอาหารแต่ละสูตร

2) บันทึกปริมาณน้ำที่กินได้โดยเฉลี่ย (บันทึกติดต่อกันเป็นเวลา 3 วัน)

3) บันทึกน้ำหนักโคนมทุกสัปดาห์

การเก็บตัวอย่างอาหาร:

การเก็บตัวอย่างอาหาร ช่วง 14 วันสุดท้ายของการให้อาหารแต่ละชนิดโดย

1) สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารที่เหลือในแต่ละวัน (ก่อนให้อาหารมื้อแรก)

2) สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารผสมรวม อาหารข้น อาหารหยาบในแต่ละวัน

นำตัวอย่างอาหารไปหาเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งและนำไปวิเคราะห์หาค่าโภชนะในอาหาร ได้แก่ ค่าพลังงานโปรตีน ไขมัน ADF NDF เถ้า โซเดียม โปตัสเซียม และคลอไรด์

การวัดอัตราการหลั่งน้ำนม: บันทึกปริมาณการให้นมของโคนมลูกผสมในแต่ละช่วงของการให้อาหารแต่ละสูตร ใช้วิธีรีดนมด้วยเครื่องรีดนมในช่วงเช้า 6.00 น. และช่วงเย็น 15.00 น. บันทึกอัตราการหลั่งน้ำนมโดยการชั่งภายหลังจากรีดนม ตลอดระยะการทดลอง โดยใช้ขวดเก็บนมจำนวน 60มล. โดยมีสาร bronopol (2-Bromo-2-nitropropane-1,3 diol) (0.02w/w) จำนวน 0.1 มล.เก็บในตู้เย็น (4°ซ)เพื่อหาส่วนประกอบน้ำนมต่อไป

การวิเคราะห์ส่วนประกอบน้ำนม: ตัวอย่างน้ำนมดิบนำมาวิเคราะห์ส่วนประกอบน้ำนมเกี่ยวกับองค์ประกอบหลักและองค์ประกอบรอง ได้แก่

การหา Total solids โดยชั่งตัวอย่างน้ำนมดิบใส่ใน crucible ทำให้น้ำนมแห้ง โดยการต้มในอ่างน้ำร้อนและเข้าอบต่ออีก 2 ชั่วโมงที่ตู้อบ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาคำนวณหาของแข็งรวมในน้ำนมดิบ (total solids)

การหาความเข้มข้นของไขมันนม (Milk fat) โดยวิธีของ Gerber (Clunie Harvey and Hill, 1967)

การหาความเข้มข้นของแลคโตส โดยวิธีของ Tele และคณะ (1978)

การหาความเข้มข้นของโปรตีนในน้ำนม วัดโดยใช้ infrared โดยเครื่อง Milkoscan

การหาแร่ธาตุในน้ำนมดิบโดยใช้ส่วนน้ำนมที่เป็นของเหลวแยกไขมันโดยวิธีปั่นเหวี่ยงนำไปหาความเข้มข้นของโซเดียมและโพแทสเซียมในน้ำนมโดยใช้ Frame photometry ความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออนโดยเครื่องChloridometer (Corning Co.)

การวัดส่วนประกอบเคมีในพลาสม่า: ตัวอย่างเลือดที่ปั่นแยกส่วนพลาสม่านำมาหาความเข้มข้นของกลูโคสโดยวิธีenzymatic oxidationใช้เอนไซม์ glucose oxidase ความเข้มข้นของTriglycerideในพล่าสมาโดยenzymatic colorimetric test (Triglyceride liquicolor^{mono} SU-TRIMR, Germany) ความเข้มข้นของ β–hydroxybutyrate ในพล่าสมาโดย β-hydroxybutyrate dehydrogenase (Sigma Chemical Co.) ความเข้มข้นของacetate โดยวิธีchromatographicmethodความเข้มข้นของความเข้มข้นของโซเดียมและโพแทสเซียมในพลาสมาโดยใช้ Flame Photometry ความเข้มข้นของแมกนีเซียมไอออนในพล่าสมาโดยAtomic Absorption (Perkin Elmer) ความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออนโดย Chloridometer (Corning Co.)

การวัดค่าทางโลหิตวิทยา: วัดปริมาตรของเม็ดเลือดแดง ปริมาตรของเม็ดเลือดขาว ค่า hemoglobin ค่า hematocrit และจำนวน platelets โดยเครื่อง Full Automatic Haematology Cell Counter (Melet Schloesing Laboratories, France)

การคำนวณการใช้ สารเมแทบอไลท์ โดยต่อมน้ำนม โดยวัดจากค่าต่างๆดังนี้:

ความเข้มข้นของเมแทบอไลท์ในเลือดแดง = A

ความเข้มข้นของเมแทบอไลท์จากเลือดดำจากต่อมน้ำนม = V

ความแตกต่างของเมแทบอไลท์ในเลือดแดงและเลือดดำจากต่อมน้ำนม = A-V

สัดส่วนการใช้สารเมแทบอไลท์โดยต่อมน้ำนม = A-V/ A

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ: การวิเคราะห์ข้อมูลในการทดลองทั้งหมด โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างกลุ่มทดลอง (Analysis of variance) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย(Mean±SD)ในแต่ละกลุ่มทดลองโดยใช้ Unpaired t-test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ $P<0.05$ ด้วยโปรแกรม SAS (1985)

ตารางที่1 ส่วนประกอบวัตถุดิบอาหารหยาบและอาหารข้นในอาหารผสมรวม (TMR) คิดตาม น้ำหนักแห้งในอาหาร 3 สูตร

วัตถุดิบ (%)	อาหารสูตร F 1	อาหารสูตร F2	อาหารสูตร F3
ต้นข้าวโพดผสมกากสัปปะรดหมัก	39.5	39.4	39.4
กากถั่วเหลือง	17.2	17.2	17.2
มันสำปะหลัง	16.8	17.0	16.9
รำละเอียด	13.2	13.2	12.7
เมล็ดฝ้าย	6.9	7.2	7.7
รำหยาบ	2.4	0.9	0.0
ไดแคลเซียม	1.2	1.2	1.2
กระดูกป่น	1.2	1.2	1.2
หินฝุ่น	1.2	1.2	1.2
พรีมิกซ์	0.33	0.33	0.33
โพแทสเซียมคลอไรด์	0.26	0.26	0.26
โซเดียมคาร์บอเนต	0.0	1.0	2.0

พรีมิกซ์ ประกอบด้วย : วิตามินเอ 2,400,000 iu วิตามินบี 500,000 iu วิตามิน B_{12} 2 มก. วิตามินอี 500 iu แมงกานีส 8 กรัม สังกะสี 8 กรัม เหล็ก 10 กรัม ทองแดง 2 กรัม โคบอลต์ 400 มก ไอโอดีน 400 มก แมกนีเซียม 26.4 กรัม ซีลีเนียม 40 มก ในพรีมิกซ์ 1 กก.)

ตารางที่ 2 อาหารผสมรวมที่ใช้ในการทดลองมีค่าโภชนะตามน้ำหนักแห้งดังต่อไปนี้

โภชนะ	สูตร F1	สูตร F2	สูตร F3
พลังงาน (Mcal/kg)	1.6	1.6	1.6
โปรตีน (%)	16.2	16.2	16.2
ADF (%)	23.2	22.4	22.0
NDF (%)	34.3	33.6	33.2
ไขมัน (%)	4.9	4.9	4.9
เถ้า (%)	7.2	7.0	6.8
โซเดียม (%)	0.2	0.6	1.0
โปตัสเซียม (%)	1.2	1.2	1.2
คลอไรด์ (%)	0.2	0.2	0.2

นำอาหารผสมรวมที่ได้จากการประกอบสูตรแล้วได้ค่าโภชนะดังกล่าวไปเลี้ยงโคนมทดลองโดยให้อาหารเต็มที่ สัตว์ทดลองมีน้ำดื่มตลอดเวลา

ผลการศึกษา

อัตราการกินอาหารแห้ง อัตราการกินน้ำ และน้ำหนักตัวในโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ที่กินอาหารที่มีความเข้มข้นของโซเดียมที่แตกต่างกันในระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม (ตารางที่ 3)

จากผลของการศึกษาแสดงในตารางที่ 3 โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ที่กินอาหารผสมที่มีระดับความเข้มข้นของโซเดียม 1% (F3) และ 0.6% (F2) ในช่วงระยะกลางของการให้นม (Mid-lacation) เมื่อคิดอัตราการกินอาหารแห้งต่อวันในกลุ่มที่กินอาหารF3จะมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับอาหาร ที่มีความเข้มข้นของโซเดียม 0.2%(F1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งในระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม จากผลดังกล่าวทำให้อัตราการกินน้ำต่อวันในกลุ่มโคนมที่กินอาหารความเข้มข้นของโซเดียม 1.0% จะเพิ่มมากกว่า กลุ่มโคนมที่กินอาหารความเข้มข้นของโซเดียม 0.2% และความเข้มข้นของโซเดียม 0.6% ประมาณ7% และ9% ทั้งในระยะกลางและระยะท้ายของการให้นมตามลำดับ ส่วนกลุ่มโคนมที่กินอาหาร ความเข้มข้นของโซเดียม 1% และ ความเข้มข้นของโซเดียม 0.6% อัตราการกินน้ำต่อวันไม่แตกต่างกัน ค่าน้ำหนักตัวระหว่างกลุ่มโคนมที่กินอาหารที่มีระดับโซเดียมแตกต่างกันทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่าทางโลหิตวิทยาในกลุ่มโคนมที่กินอาหารที่มีระดับความเข้มข้นของโซเดียมที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4)

จากผลของการศึกษาแสดงในตารางที่ 4 โคนมลูกผสมทั้ง 3 กลุ่ม ที่ได้รับอาหารที่มีระดับโซเดียมในอาหาร 0.2% - 1.0 % จะไม่มีผลต่อค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นในระยะกลางของการให้นมแต่ระยะท้ายของการให้นมค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นจะมีค่าเพิ่มขึ้นทั้ง 3 กลุ่ม ปริมาตรเม็ดเลือดแดงในโคนมทั้ง 3 กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีระดับโซเดียมแตกต่างกัน จะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ปริมาตรเม็ดเลือดขาวในโคนมที่ได้รับอาหารที่มีระดับโซเดียม 1.0% มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่ากลุ่มโคนมที่ได้รับอาหารที่มีระดับโซเดียม 0.2 %และ 0.6% อย่างไรก็ตามค่าปริมาตรเม็ดเลือดขาวของโคนมทั้ง 3 กลุ่มมีค่าอยู่ในช่วงเกณฑ์ปกติ รวมทั้งค่า ปริมาตรPlatelet ที่มีค่าอยู่ในช่วงเกณฑ์ปกติของโคนมทั้ง 3 กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีระดับโซเดียมแตกต่างกัน

อัตราการหลั่งน้ำนมและส่วนประกอบในน้ำนม (ตารางที่ 5)

อัตราการหลั่งน้ำนมในกลุ่มโคนมลูกผสมที่ได้รับอาหารที่มีระดับโซเดียม 1% จะเพิ่มขึ้น 11% เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ให้กินอาหารที่มีระดับโซเดียม 0.2 % และ 0.6 % ในระยะกลางของการให้นม แต่ในระยะท้ายของการให้นม อัตราการหลั่งน้ำนม จะลดลงจากระยะกลาง ทั้ง 3 กลุ่ม และมีค่าไม่แตกต่างกัน ส่วนประกอบน้ำนมเกี่ยวกับความเข้มข้นของไขมันนม ความเข้มข้นของโปรตีนในน้ำนม และความเข้มข้นของแลคโตสในน้ำนมของกลุ่มโคนมทั้ง 3 กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีระดับโซเดียมแตกต่างกันจะมีค่าไม่แตกต่างกันทั้งในระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม เปอร์เซนต์ของแข็งทั้งหมดในน้ำนมและเปอร์เซนต์ของแข็งไม่รวมไขมันนมมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงของกลุ่มโคนมทั้ง 3 กลุ่ม ปริมาณเซลล์โซมาติกในน้ำนมในระยะกลางของการให้นมจะมี แนวโน้มต่ำในกลุ่มโคนมที่ให้อาหารที่มีระดับโซเดียม 0.6% และ1 % แต่ในระยะท้ายของการให้นม ปริมาณเซลล์โซมาติกจะเพิ่มขึ้นในโคนมทั้ง 3 กลุ่มที่ให้อาหารที่มีระดับโซเดียมแตกต่างกัน

ระดับความเข้มของสารเมแทบอไลท์ในเลือดแดง ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของสารเมแทบอไลท์ในเลือดแดงและดำจากต่อมน้ำนม(A-V)และสัดส่วนการใช้สารเมแทบอไลท์ของต่อมน้ำนม(ตารางที่6&7)

จากผลการศึกษาใน ตารางที่ 6 พบว่าการให้อาหารที่มีความเข้มข้นของโซเดียม 0.2% - 1% ในระยะกลางของการให้นม ไม่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของ acetate ในเลือดแดง ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเลือดแดงและดำ(A-V) และสัดส่วนการใช้ acetate โดยต่อมน้ำนมไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มโคนมลูกผสมทั้ง 3 กลุ่ม แต่ในระยะท้ายของการให้นม ระดับความเข้มข้นของ acetate ในเลือดแดงยังอยู่ในระดับที่ค่อนข้างคงที่เทียบกับระยะกลางของการให้นม ค่าความแตกต่างระหว่างระหว่างความเข้มข้น (A-V) และสัดส่วนการใช้ acetate โดยต่อมน้ำนม ในระยะท้ายของการให้นมในกลุ่มโคนมที่กินอาหารที่มีระดับโซเดียม 1% จะมีค่าเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มที่กินอาหารที่มีระดับโซเดียม 0.2% และอาหารที่มีระดับโซเดียม 0.6% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)

การให้อาหารที่มีความเข้มข้นของโซเดียมในระดับ 0.2% ถึง 1% ไม่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของ β-hydroxybutyrateในพลาสม่าเลือดแดง ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเลือดแดงและดำ(A-V) และสัดส่วนการใช้ β-hydroxybutyrate โดยต่อมน้ำนมของโคนมทั้ง 3 กลุ่ม ที่กินอาหารที่มีระดับโซเดียมที่แตกต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันทั้งในระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม

จากผลการศึกษาแสดงในตารางที่7 ไม่พบความแตกต่างของระดับความเข้มข้นของกลูโคสในพลาสม่าเลือดแดงของโคนมลูกผสมทั้ง 3 กลุ่ม ที่กินอาหารที่มีระดับโซเดียมแตกต่างกัน แต่ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเลือดแดงและดำ(A-V) และสัดส่วนการใช้กลูโคสโดยต่อมน้ำนมในกลุ่มโคนมลูกผสมที่กินอาหารที่มีระดับโซเดียม 1% จะมีค่าสูงกว่ากลุ่มโคนมที่กินอาหารที่มีโซเดียม 0.2% และ 0.6% ทั้งในระยะกลางและระยะท้ายของการให้นมโดยเฉลี่ย 25%

การให้อาหารที่มีความเข้มข้นของโซเดียม 0.2%-1% ในระยะกลางของการให้นมไม่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของ triglycerideในพลาสม่าเลือดแดง ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเลือดแดงและดำ(A-V) และสัดส่วนการใช้ triglycerideโดยต่อมน้ำนมในกลุ่มโคนมลูกผสมที่กินอาหารที่มีระดับโซเดียม 1% จะมีค่าสูงกว่ากลุ่มโคนมที่กินอาหารที่มีโซเดียม 0.2% และ 0.6% ส่วนในระยะท้ายของการให้นมระดับความเข้มข้นของ triglycerideในพลาสม่าเลือดแดงจะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับระยะกลางของการให้นมในกลุ่มโคนมที่กินอาหารที่มีโซเดียม 0.2% และ 0.6%และจะเพิ่มมากกว่ากลุ่มโคนมที่กินอาหารที่มีโซเดียม 1.0%อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเลือดแดงและดำ(A-V) และสัดส่วนการใช้triglycerideโดยต่อมน้ำนมในกลุ่มโคนมลูกผสมที่กินอาหารที่มีระดับโซเดียม 1% จะมีค่าต่ำกว่ากลุ่มโคนมที่กินอาหารที่มีโซเดียม 0.2% และ 0.6% ในระยะท้ายขอให้นม

ผลของการให้กินอาหารผสมทั้ง3 สูตรต่อระดับความเข้มข้นในพลาสม่าและในน้ำนมของระดับความเข้มข้นของโซเดียม (Na^+), โพแทสเซียม (K^+), คลอไรด์ (Cl^-)และ แมกนีเซียม (Mg^{+2})ไอออนในระยะกลาง และระยะท้าย ของการให้นม ในโคนมลูกผสม (ตารางที่ 8 และ 9)

ผลการศึกษาในตารางที่ 8 แสดงว่าการให้อาหารที่มีความเข้มข้นของโซเดียม 0.2%-1%แก่โคนมลูกผสมไม่ผลต่อระดับความเข้มข้นในพลาสม่าของโซเดียม(Na^+)โพแทสเซียม (K^+), คลอไรด์ (Cl^-) และ แมกนีเซียม (Mg^{+2})ไอออน ในโคนมลูกผสม ทั้งในระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม จากผลการศึกษาในตารางที่9 ระดับความเข้มข้นในน้ำนมของโซเดียม (Na), โพแทสเซียม (K), คลอไรด์ (Cl^-) ไม่มีความแตกต่างจากการให้อาหารที่มีความเข้มข้นของโซเดียม0.2%-1%ทั้งในระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม

อัตราส่วนระหว่างระดับความเข้มข้นในของโซเดียม (Na^+), โพแทสเซียม (K^+), และคลอไรด์ (Cl^-) กับระดับ ครีอะตินินในปัสสาวะ และ ระดับความเข้มข้นในของโซเดียม (Na^+), โพแทสเซียม (K^+), และคลอไรด์ (Cl^-) ในอุจจาระของโคลูกผสม ในระยะกลาง (Mid Lactation) ของการให้นม ใน (ตารางที่ 10)

กลุ่มโคนมที่ได้รับอาหารที่มีระดับโซเดียม 1% ในระยะกลางของการให้นม จะมีค่าอัตราส่วน Na:Creatinine ในปัสสาวะสูงกว่ากลุ่มอื่นที่ได้รับอาหารที่มีระดับโซเดียมต่ำกว่า การขับทิ้งโซเดียมไอออนทางอุจจาระเพิ่มขึ้นในสัตว์ที่ได้รับเกลือโซเดียมในอาหารในระดับความเข้มข้น 1% แต่ระดับโพแทสเซียมในอุจจาระจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่3 แสดงผลของการให้กินอาหารผสมทั้ง 3 สูตร ต่ออัตราการกินอาหารแห้งต่อวัน (DMI) อัตราการกินน้ำต่อวัน(WI) และน้ำหนักตัว%(BW) ในระยะกลาง (Mid Lactation) และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นม ในโคนมลูกผสม

		สูตรอาหาร			P-value[1]
		F1 (0.2%Na)	F2 (0.6%Na)	F3 (1.0%Na)	
DMI (kg DM/d)	Mid Lactation	13.8± 0.9[a]	15.6± 1.2[b]	15.9 ± 0.9[b]	0.005
	Late Lactation	13.4±1.7[a]	16.0±1.3[b]	16.3±1.4[b]	0.007
WI (L/d)	Mid Lactation	45.9 ±8.6[a]	45.9± 6.6[a]	49.1 ± 6.7[a]	0.691
	Late Lactation	46.1±9.2[a]	46.2±7.8[a]	50.2±7.5[a]	0.623
BW (kg)	Mid Lactation	492 ± 5.9[a]	497 ± 6.0[a]	498 ± 5.9[a]	0.206
	Late Lactation	501± 7.9[a]	504±5.9[a]	503±6.1[a]	0.736

ค่าตัวเลขที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีสัญลักษณ์ [a, b] เหนือตัวเลขที่เหมือนกันแสดงค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

[1]P-value= เปรียบเทียบค่า P ระหว่างผลของการให้อาหารที่แตกต่างกัน 3 ชนิดโดยการทดสอบ F-test

ตารางที่ 4 แสดงผลของการให้กินอาหารผสมทั้ง 3 สูตร ต่อโลหิตวิทยา, จำนวนเม็ดโลหิตแดง (RBC) จำนวนเม็ดโลหิตขาว (WBC) ค่าHemoglobin, Hematocrit และจำนวน platelets ในระยะกลาง (Mid Lactation) และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นม ในโคนมลูกผสม

		สูตรอาหาร			P-value[1]
		F1 (0.2%Na)	F2 (0.6%Na)	F3 (1.0%Na)	
Hematocrit (%)	Mid Lactation	32.3 ± 2.9[a]	29.0 ± 11.1[a]	30.8 ± 6.3[a]	0.767
	Late Lactation	35.8 ± 1.3[a]	34.9 ± 8.3[a]	34.4 ± 5.2[a]	0.912
	All	34.04 ± 3.07	31.68 ± 9.39	32.45 ± 5.41	-
Red blood cells (10^6/ul)	Mid Lactation	5.65 ± 0.58[a]	5.07 ± 2.08[a]	5.41 ± 1.27[a]	0.787
	Late Lactation	6.12 ± 0.39[a]	5.78 ± 1.20[a]	5.68 ± 0.94[a]	0.686
	All	5.88 ± 0.52	5.39 ± 1.62	5.53 ± 1.00	-
White blood cells (10^3/ul)	Mid Lactation	12.54 ± 2.18[a]	11.32 ± 4.69[a]	10.20 ± 4.24[a]	0.587
	Late Lactation	12.69 ± 2.09[a]	9.61 ± 1.99[a]	10.16 ± 2.64[a]	0.071
	All	12.61 ± 2.42	10.54 ± 3.59	10.18 ± 3.70	-
Platelets (10^3/ul)	Mid Lactation	102.67 ± 95.00[a]	84.00 ± 75.03[a]	102.67 ± 98.67[a]	0.919
	Late Lactation	190.50 ± 156.50[a]	349.80 ± 404.18[a]	72.20 ± 36.35[a]	0.192
	All	146.58 ± 159.87	204.82 ± 296.40	88.82 ± 74.97	-

ค่าตัวเลขที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีสัญลักษณ์ [(a, b)] เหนือตัวเลขที่เหมือนกันแสดงค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

[1]P-value= เปรียบเทียบค่า P ระหว่างผลของการให้อาหารที่แตกต่างกัน 3 ชนิดโดยการทดสอบ F-test

ตารางที่ 5 แสดงผลของการให้กินอาหารผสมทั้ง 3 สูตร ต่ออัตราการหลั่งน้ำนม และส่วนประกอบในน้ำนม ของโคนมลูกผสมขณะให้นมในระยะกลาง (Mid Lactation) และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นม

		สูตรอาหาร			P-value[1]
		F1 (0.2%Na)	F2 (0.6%Na)	F3 (1.0%Na)	
Milk Yield (kg/day)	Mid Lactation	13.65 ± 5.49 [a]	13.72 ± 6.83 [a]	15.20 ± 6.13 [a]	0.887
	Late Lactation	11.22 ± 3.63 [a]	11.31 ± 2.73 [a]	11.70 ± 3.69 [a]	0.966
	All	13.86 ± 3.64	13.33 ± 4.61	14.79 ± 4.85	-
Fat (g%)	Mid Lactation	3.30 ± 0.67 [a]	3.48 ± 0.68 [a]	3.53 ± 1.03 [a]	0.876
	Late Lactation	4.10 ± 0.98 [a]	3.78 ± 0.74 [a]	4.35 ± 1.07 [a]	0.586
	All	3.73 ± 0.93	3.64 ± 0.72	3.94 ± 1.11	-
Protein (g%)	Mid Lactation	3.63 ± 0.49 [a]	3.81 ± 0.59 [a]	3.71 ± 0.63 [a]	0.863
	Late Lactation	3.92 ± 0.52 [a]	3.80 ± 0.38 [a]	3.72 ± 0.37 [a]	0.724
	All	3.78 ± 0.52	3.81 ± 0.48	3.72 ± 0.51	-
Lactose (g%)	Mid Lactation	4.63 ± 0.35 [a]	4.64 ± 0.38 [a]	4.58 ± 0.50 [a]	0.965
	Late Lactation	4.19 ± 0.85 [a]	4.28 ± 0.80 [a]	4.47 ± 0.47 [a]	0.796
	All	4.40 ± 0.69	4.44 ± 0.66	4.52 ± 0.48	-
Total Solid (g%)	Mid Lactation	12.63 ± 1.69 [a]	12.50 ± 1.30 [a]	12.53 ± 1.53 [a]	0.988
	Late Lactation	12.91 ± 1.44 [a]	12.56 ± 1.29 [a]	13.24 ± 1.49 [a]	0.711
	All	12.78 ± 1.54	12.53 ± 1.27	12.88 ± 1.53	-
Solid Not Fat (g%)	Mid Lactation	8.96 ± 0.69 [a]	9.16 ± 0.74 [a]	8.99 ± 0.67 [a]	0.699
	Late Lactation	8.81 ± 0.65 [a]	8.78 ± 0.65 [a]	8.90 ± 0.67 [a]	0.952
	All	8.88 ± 0.66	8.95 ± 0.71	8.95 ± 0.66	-
Somatic Cell Count (x 10^3)	Mid Lactation	822.6 ± 783.0 [a]	483.3 ± 521.1 [a]	559.8 ± 689.0 [a]	0.665
	Late Lactation	758.4±1201.2 [a]	1052.6± 1389.3 [a]	1272.8 ± 2198.8	0.865
	All	792.7 ± 1604.2	655.9 ± 925.9	781.4 ± 1374.9	-

ค่าตัวเลขที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีสัญลักษณ์ [(a, b)] เหนือตัวเลขที่เหมือนกันแสดงค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

[1] P-value= เปรียบเทียบค่า P ระหว่างผลของการให้อาหารที่แตกต่างกัน 3 ชนิด โดยการทดสอบ F-test

ตารางที่ 6 ระดับความเข้มข้นในเลือดแดง (A), ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นในเลือดแดงและเลือดดำจากต่อมน้ำนม (A-V) และสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้โดยต่อมน้ำนม ของ acetic acid และ ß-Hydroxybutyric Acid ในระยะกลาง (Mid) และระยะท้าย (Late) ของการให้นมในโคนมลูกผสมกินอาหารผสมทั้ง 3 สูตร

			สูตรอาหาร			P-value[1]
			F1 (0.2%Na)	F2 (0.6%Na)	F3 (1.0%Na)	
Acetic Acid (mmol/L)	Mid Lactation	A	1.29 ± 0.68^{a}	1.41 ± 0.74^{a}	1.09 ± 0.38^{a}	0.676
		V	0.27 ± 0.15^{a}	0.38 ± 0.22^{a}	0.22 ± 0.08^{a}	0.242
		A-V	1.02 ± 0.55^{a}	1.03 ± 0.60^{a}	0.88 ± 0.32^{a}	0.849
		% Extraction	78.56 ± 4.93^{a}	69.24 ± 16.03^{a}	79.80 ± 4.30^{a}	0.170
	Late Lactation	A	0.96 ± 0.47^{a}	0.72 ± 0.25^{a}	1.09 ± 0.52^{a}	0.344
		V	0.23 ± 0.13^{a}	0.21 ± 0.07^{a}	0.20 ± 0.10^{a}	0.877
		A-V	0.73 ± 0.37^{a}	0.52 ± 0.20^{a}	0.89 ± 0.43^{a}	0.214
		% Extraction	75.94 ± 8.60^{ab}	70.43 ± 7.40^{a}	81.30 ± 3.56^{b}	0.047
	All	A	1.12 ± 0.58	1.10 ± 0.66	1.09 ± 0.43	-
		V	0.25 ± 0.13	0.30 ± 0.18	0.21 ± 0.08	-
		A-V	0.87 ± 0.47	0.80 ± 0.52	0.88 ± 0.35	-
		% Extraction	77.25 ± 6.82	69.78 ± 12.28	80.48 ± 3.51	-
ß -Hydroxybutyric Acid (mmol/L)	Mid Lactation	A	1.74 ± 1.29^{a}	1.97 ± 1.07^{a}	1.56 ± 0.50^{a}	0.783
		V	1.26 ± 1.28^{a}	1.30 ± 0.78^{a}	1.00 ± 0.35^{a}	0.820
		A-V	0.48 ± 0.16^{a}	0.67 ± 0.32^{a}	0.57 ± 0.17^{a}	0.379
		% Extraction	34.24 ± 12.40^{a}	35.47 ± 7.47^{a}	36.47 ± 6.30^{a}	0.914
	Late Lactation	A	1.48 ± 0.66^{a}	1.17 ± 0.41^{a}	1.49 ± 0.46^{a}	0.498
		V	1.01 ± 0.59^{a}	0.75 ± 0.28^{a}	0.90 ± 0.25^{a}	0.548
		A-V	0.48 ± 0.15^{a}	0.42 ± 0.15^{a}	0.59 ± 0.22^{a}	0.720
		% Extraction	35.14 ± 9.76^{a}	35.70 ± 7.46^{a}	39.20 ± 3.44^{a}	0.596
	All	A	1.61 ± 0.99	1.60 ± 0.90	1.53 ± 0.46	-
		V	1.13 ± 0.96	1.05 ± 0.65	0.95 ± 0.30	-
		A-V	0.48 ± 0.15	0.55 ± 0.28	0.58 ± 0.19	-
		% Extraction	34.69 ± 10.65	35.58 ± 7.08	37.71 ± 5.16	-

ค่าตัวเลขที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีสัญลักษณ์ $^{(a, b)}$ เหนือตัวเลขที่เหมือนกันแสดงค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

[1]P-value= เปรียบเทียบค่า P ระหว่างผลของการให้อาหารที่แตกต่างกัน 3 ชนิดโดยการทดสอบ F-test

ตารางที่ 7 ระดับความเข้มข้นในเลือดแดง, ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นในเลือดแดงและเลือดดำจากต่อมน้ำนม และสัดส่วนเปอร์เซนต์การใช้โดยต่อมน้ำนม ของ glucose และ Triglycerides ในระยะกลาง (Mid Lactation) และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นม ในโคนมลูกผสมกินอาหารผสมทั้ง 3 สูตร

			สูตรอาหาร			P-value[1]
			F1 (0.2%Na)	F2 (0.6%Na)	F3 (1.0%Na)	
Glucose (mg%)	Mid Lactation	A	57.73 ± 11.48 [a]	61.84 ± 8.93 [a]	62.77 ± 6.91 [a]	0.613
		V	47.54 ± 10.97 [a]	51.43 ± 10.39 [a]	49.62 ± 5.82 [a]	0.772
		A-V	10.20 ± 6.73 [a]	10.42 ± 4.03 [a]	13.16 ± 4.54 [a]	0.535
		% Extraction	18.27 ± 12.14 [a]	17.35 ± 8.33 [a]	20.83 ± 6.51 [a]	0.800
	Late Lactation	A	61.28 ± 11.00 [a]	58.95 ± 2.44 [a]	59.87 ± 2.68 [a]	0.838
		V	50.44 ± 7.52 [a]	50.15 ± 2.96 [a]	47.76 ± 5.38 [a]	0.547
		A-V	10.85 ± 7.84 [a]	8.80 ± 1.36 [a]	12.11 ± 4.34 [a]	0.572
		% Extraction	16.63 ± 11.18 [a]	14.96 ± 2.46 [a]	20.29 ± 7.25 [a]	0.533
	All	A	59.51 ± 10.88	60.53 ± 6.67	61.45 ± 5.39	-
		V	48.99 ± 9.70	50.85 ± 7.61	48.77 ± 5.42	-
		A-V	10.52 ± 6.97	9.68 ± 3.09	12.68 ± 4.26	-
		% Extraction	17.45 ± 11.16	16.26 ± 6.22	20.58 ± 6.50	-
Triglycerides (mg%)	Mid Lactation	A	31.23 ± 17.93 [a]	44.28 ± 8.09 [a]	45.12 ± 24.65 [a]	0.334
		V	19.83 ± 10.97 [a]	27.68 ± 9.98 [a]	22.32 ± 19.84 [a]	0.645
		A-V	11.40 ± 10.12 [a]	16.60 ± 12.47 [a]	24.14 ± 25.52 [a]	0.431
		% Extraction	33.46 ± 17.47 [a]	35.78 ± 26.63 [a]	43.17 ± 37.68 [a]	0.808
	Late Lactation	A	62.64 ± 15.49 [b]	53.79 ± 10.33 [b]	32.76 ± 14.87 [a]	0.003
		V	34.58 ± 22.64 [a]	25.06 ± 8.01 [a]	15.86 ± 8.76 [a]	0.107
		A-V	28.06 ± 17.19 [a]	28.73 ± 13.76 [a]	16.90 ± 13.96 [a]	0.341
		% Extraction	46.47 ± 26.86 [a]	51.45 ± 20.89 [a]	47.29 ± 25.39 [a]	0.929
	All	A	46.93 ± 22.90	48.06 ± 9.63	39.87 ± 21.03	-
		V	27.20 ± 18.63	26.49 ± 8.79	19.02 ± 14.62	-
		A-V	19.73 ± 16.02	22.12 ± 13.92	20.85 ± 20.45	-
		% Extraction	39.96 ± 22.65	42.90 ± 24.41	45.04 ± 31.18	-

ค่าตัวเลขที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีสัญลักษณ์ [(a. b)] เหนือตัวเลขที่เหมือนกันแสดงค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

[1]P-value= เปรียบเทียบค่า P ระหว่างผลของการให้อาหารที่แตกต่างกัน 3 ชนิดโดยการทดสอบ F-test

ตารางที่ 8 แสดงผลของการให้กินอาหารผสมทั้ง 3 สูตร ต่อระดับความเข้มข้นในพลาสม่าของโซเดียม (Na^{+}), โพแทสเซียม (K^{-}), คลอไรด์ (Cl^{-})และ แมกนีเซียม (Mg^{+2})ไอออนในระยะกลาง (Mid Lactation) และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นม ในโคนมลูกผสม

		สูตรอาหาร			P-value[1]
		F1 (0.2%Na)	F2 (0.6%Na)	F3 (1.0%Na)	
Na^{+} (mEq/L)	Mid Lactation	137.0 ± 2.1^{a}	137.1 ± 2.1^{a}	137.4 ± 2.5^{a}	1.000
	Late Lactation	137.8 ± 2.2^{a}	137.8 ± 1.6^{a}	138.0 ± 2.9^{a}	0.985
K^{-} (mEq/L)	Mid Lactation	4.3 ± 0.3^{a}	4.32 ± 0.32^{a}	4.10 ± 0.36^{a}	0.384
	Late Lactation	4.7 ± 0.4^{a}	4.94 ± 0.7^{a}	4.99 ± 0.4^{a}	0.935
Cl^{-} (mEq/L)	Mid Lactation	96.5 ± 1.6^{a}	95.0 ± 1.6^{a}	94.9 ± 1.8^{a}	0.211
	Late Lactation	99.2 ± 2.4^{a}	98.6 ± 3.1^{a}	101.0 ± 3.3^{a}	0.368
Mg^{+2} (mg/dL)	Mid Lactation	2.36 ± 0.37^{a}	2.40 ± 0.33^{a}	2.38 ± 0.27^{a}	0.978
	Late Lactation	2.54 ± 0.36^{a}	2.46 ± 0.28^{a}	2.23 ± 0.26^{a}	0.218

ค่าตัวเลขที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีสัญลักษณ์ $^{(a, b)}$ เหนือตัวเลขที่เหมือนกันแสดงค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

[1]P-value= เปรียบเทียบค่า P ระหว่างผลของการให้อาหารที่แตกต่างกัน 3 ชนิดโดยการทดสอบ F-test

ตารางที่ 9 แสดงผลของการให้กินอาหารผสมทั้ง 3 สูตร ต่อระดับความเข้มข้นในน้ำนม ของโซเดียม (Na^+), โพแทสเซียม (K^+), และ คลอไรด์ (Cl^-) ไอออนในระยะกลาง (Mid Lactation) และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นม ในโคนมลูกผสม

		สูตรอาหาร			P-value[1]
		F1 (0.2%Na)	F2 (0.6%Na)	F3 (1.0%Na)	
Na^+ (mEq/L)	Mid Lactation	31.47±6.40 [a]	33.69±6.40 [a]	37.95±7.30 [a]	0.267
	Late Lactation	43.28±8.71 [a]	45.84±7.18 [a]	45.96±15.14 [a]	0.893
K^+ (mEq/L)	Mid Lactation	46.48±9.38 [a]	46.46±3.12 [a]	42.81±10.69 [a]	0.691
	Late Lactation	55.58±6.47 [a]	57.30±4.49 [a]	56.64±6.08 [a]	0.873
Cl^- (mEq/L)	Mid Lactation	30.85±4.51 [a]	32.45±4.51 [a]	33.08±5.14 [a]	0.707
	Late Lactation	33.75±5.12 [a]	34.22±4.23 [a]	35.56±6.32 [a]	0.830

ค่าตัวเลขที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีสัญลักษณ์ [(a, b)] เหนือตัวเลขที่เหมือนกันแสดงค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

[1]P-value= เปรียบเทียบค่า P ระหว่างผลของการให้อาหารที่แตกต่างกัน 3 ชนิด โดยการทดสอบ F-test

ตารางที่ 10 อัตราส่วนระหว่างระดับความเข้มข้นในของโซเดียม (Na^+), โพแทสเซียม (K^+), และคลอไรด์ (Cl^-) กับระดับ ครีอะตินินในปัสสาวะ และ ระดับความเข้มข้นในของโซเดียม (Na^+), โพแทสเซียม (K^+), และคลอไรด์ (Cl^-)ในอุจจาระในระยะกลาง (Mid Lactation) ของการให้นม ในโคนมลูกผสม ที่ให้กินอาหารผสมทั้ง 3 สูตร

	สูตรอาหาร			P-value[1]
	F1 (0.2%Na)	F2 (0.6%Na)	F3 (1.0%Na)	
$UrineNa^+$/creatinine ratio	5.4±6.1 [a]	7.9±8.4 [a]	8.6±9.1 [a]	0.769
$UrineK^+$ /creatinine ratio	24.8±6.5 [a]	34.3±5.3 [b]	33.8±5.5 [b]	0.020
UrineCl /creatinine ratio	10.5±3.8 [a]	11.0±4.8 [a]	10.6±4.9 [a]	0.980
Fecal-Na^+ (%)	0.27±0.15 [a]	0.54±0.24 [b]	0.59±0.19 [b]	0.028
Fecal-K^+ (%)	0.95±0.34 [a]	0.45±0.15 [b]	0.40±0.07 [b]	0.001
Fecal-Cl^- (%)	0.29±0.07 [a]	0.38±0.15 [a]	0.39±0.09 [a]	0.247

ค่าตัวเลขที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีสัญลักษณ์ [a, b] เหนือตัวเลขที่เหมือนกันแสดงค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

[1]P-value= เปรียบเทียบค่า P ระหว่างผลของการให้อาหารที่แตกต่างกัน 3 ชนิด โดยการทดสอบ F-test

อภิปรายผล

การจัดการด้านอาหารสัตว์จะเป็นปัจจัยหลัก ในการเพิ่มผลผลิตน้ำนมในโคนม ส่วนประกอบในอาหารสัตว์โดยเฉพาะระดับแร่ธาตุ จะมีส่วนสำคัญ เช่น โซเดียมไอออน ในอาหารจะมีผลต่อระบบย่อยอาหารในโคนมรวมทั้งการดูดซึมสารอาหารในระบบทางเดินอาหารด้วย ซึ่งจะมีผลทางอ้อมต่อการนำสารอาหารเพื่อการสังเคราะห์ส่วนประกอบของน้ำนม ขนาดความเข้มข้นของแร่ธาตุโซเดียมไอออนที่เหมาะสม จะมีผลต่อระบบบัฟเฟอร์ภายในกระเพาะส่วนรูเมน โดยจะมีผลต่อการหมัก (Fermentation) ภายในกระเพาะ ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพความเป็นกรด ด่าง ภายในเลือดด้วย (Erdman, 1988) จากผลการทดลองนี้พบว่า การเสริมโซเดียมในอาหารโคนมลูกผสมที่มีโซเดียม 1.0% และ 0.6 % จะกินอาหารเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และจะมีผลต่ออัตราการหลั่งน้ำนมอย่างชัดเจนโดยในกลุ่มที่ให้อาหารมีโซเดียม 1.0% ของอาหารรวม (TMR) อัตราการให้นมจะเพิ่มขึ้นประมาณ11%อย่างมีนัย สำคัญทางสถิติในระยะกลางของการให้นม เมื่อเทียบกับสูตรอาหารที่มีโซเดียม 0.2% และ 0.6 % จากผลดังกล่าว สอดคล้องกับการรายงานของ Phillips และคณะ (2000) การตอบสนองต่อการเพิ่มอัตราการหลั่งน้ำนมปรากฏในช่วง2อาทิตย์ภายหลังการให้อาหารเสริมโซเดียมในระยะกลางของการให้นม แต่เมื่อเข้าสู่ระยะท้ายของการให้นม(Late Lactation) การให้อาหารที่มีความเข้มข้นของโซเดียมในอาหารในระดับต่างๆ จะไม่มีผลต่อการเพิ่มอัตราการหลั่งน้ำนม ซึ่งเป็นไปได้ว่าในช่วงระยะท้ายของระยะการให้นม การทำงานของต่อมน้ำนมและการเผาผลาญสารอาหารภายในร่างกายจะลดลง การศึกษาการเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไอออนในอาหารทำให้ค่าที่วัดความแตกต่างระหว่างกลุ่มแร่ธาตุประจุบวก กับ ประจุลบในอาหาร (Dietary cation-anion differentce , DCAD) เพิ่มค่าไปในทางบวก รวมทั้งระดับความเข้มข้นของโซเดียมไอออนในการศึกษาในครั้งนี้มีค่าสูงกว่าระดับ 0.05-0.12% ที่มีการรายงานว่าเป็นระดับของการขาดโซเดียมไอออน

การตอบสนองของร่างกายจะเกิดในระยะกลาง (Mid) ของการให้นมแต่จะไม่เกิดในระยะท้ายของการให้นม (Delaquis and Block , 1991) อัตราการหลั่งน้ำนมที่มากกว่าในกลุ่มทีให้ระดับโซเดียม 1% เมื่อเทียบกับการให้ระดับโซเดียม 0.2 หรือ 0.6 % จะเป็นไป

ในทางเดียวกัน ที่มีผลทำให้ค่าความแตกต่างของความเข้มข้นของกลูโคสระหว่างในเลือดแดงและในเลือดดำจากต่อมน้ำนมมีค่าสูงขึ้นรวมทั้งสัดส่วนการใช้กลูโคสโดยต่อมน้ำนมก็จะมีค่ามากขึ้น ทั้งในระยะกลางและระยะท้ายของการให้นมในกลุ่มที่ให้กินอาหารโซเดียม 1% เป็นไปได้ว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นของโซเดียมไอออนในอาหารมีผลต่อการดูดซึมของโซเดียมไอออนมากขึ้น อันเป็นผลให้มีการเคลื่อนของโซเดียมไอออนเข้าเซลล์ตามความแตกต่างของความเข้มข้นระหว่างภายนอกเซลล์ที่มีความเข้มข้นของโซเดียมไอออนสูงกว่าภายในเซลล์ แต่ในสภาพปกติเซลล์ทั่วไปจะมีการรักษาระดับความเข้มข้นของโซเดียมภายในเซลล์ให้อยู่ในระดับต่ำซึ่งตรงกันข้ามกับระดับโพแทสเซียมภายในเซลล์ที่มีความเข้มข้นมากขึ้น โดยกลไกNa - K Pump ซึ่งต้องใช้พลังงานโดยแหล่งพลังงานหลักได้แก่กลูโคส การเคลื่อนของโซเดียมไอออนร่วมกับกลูโคสเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยพลังงานเป็นอีกกลไกหนึ่ง เป็น Co-transport (Block,1994) ในต่อมน้ำนมระดับความเข้มข้นภายในเซลล์ กลูโคสนอกจากจะเป็นแหล่งพลังงานแล้ว กลูโคสยังถูกนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสังเคราะห์แลคโตส ซึ่งแลคโตสเป็นองค์ประกอบสำคัญในน้ำนมในการรักษาแรงดันออสโมซิสจะมีการดึงน้ำตามไปด้วยทำให้ปริมาณน้ำนมเพิ่มมากขึ้น (Linzell and Peaker, 1971) ความเข้มข้นของแลคโตสภายในน้ำนมจึงไม่เปลี่ยนแปลงแม้จะให้อาหารที่มีระดับโซเดียมแตกต่างกัน การให้อาหารที่มีความเข้มข้นของโซเดียมที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของกลูโคสในพลาม่าเลือดแดง แต่ค่าผลต่างของความเข้มข้นของกลูโคสและเปอร์เซ็นต์ของกลูโคสที่ถูกนำไปใช้โดยต่อมน้ำนมจะมีค่าเพิ่มขึ้นในโคนมที่ให้อาหารที่มีระดับความเข้มข้นของโซเดียม 1 % มากกว่าโคที่ให้อาหารที่มีระดับโซเดียม 0.2% และ 0.6% โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 25% ทั้งในระยะกลางและระยะท้ายของการให้นมแสดงให้เห็นว่ามีการเคลื่อนของกลูโคสเข้าสู่เซลล์ร่วมกับการเพิ่มระดับของโซเดียมในอาหาร อย่างไรก็ตาม การเพิ่มระดับโซเดียมในอาหารร่วมกับการใช้กลูโคสเพิ่มขึ้นโดยต่อมน้ำนมไม่สามารถเพิ่มอัตราการหลั่งน้ำนมในระยะท้าย (late lactation) ของการให้นมเมื่อเทียบกับระยะกลาง แสดงว่าในระยะท้ายของการหลั่งน้ำนมกลไกการสังเคราะห์ส่วนประกอบในน้ำนมโดยเซลล์ต่อมน้ำนมจะลดลงเมื่อเข้าสู่ระยะท้ายๆ ของการให้นม

จากผลการศึกษาระดับความเข้มข้นของโซเดียมในอาหารไม่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของ อะซิเตท(Acetate) ในพลาสม่าจากเลือดแดงรวมทั้งผลต่างของความเข้มข้น

ของอะซิเตทและเปอร์เซ็นต์ของอะซิเตทที่ถูกนำไปใช้โดยต่อมน้ำนมแม้ว่าอะซิเตทจะเป็นสารอาหารที่ใช้ในการสังเคราะห์ไขมันนมที่ให้โซ่คาร์บอนอะตอมสั้นและกลาง และนอกจากนี้อะซิเตทยังเป็นแหล่งให้พลังงาน ATP ในวงจรเครบส์ (Creb cycle) และให้ NADPH โดยผ่านเอ็นไซม์ isocitrate dehydrogenase ใน cytosol ของเซลล์ต่อมน้ำนม จากผลของการศึกษาชี้ให้เห็นว่าอะซิเตทเป็นสารที่ช่วยเสริมในกระบวนการสร้างส่วนประกอบของน้ำนมโดยเฉพาะในไขมันนม ค่าความเข้มข้นของไขมันนมไม่เปลี่ยนแปลงทั้ง 3 สูตรที่มีระดับโซเดียมแตกต่างกัน อาจเป็นไปได้ว่าในการศึกษาในครั้งนี้มีการให้อาหารTMRแก่โคทั้ง3กลุ่มที่มีค่าระดับADFมากกว่า21% ซึ่งจะช่วยในการเคี้ยวเอื้อง การผลิตน้ำลาย การบัฟเฟอร์ภายในrumen จะมีส่วนช่วยป้องกันการลดระดับความเข้มข้นของไขมันนมได้ (NRC,1989)

จากผลของการศึกษาพบว่า การให้อาหารที่ระดับโซเดียมสูงจะมีผลต่อระดับ Somatic cell count (SCC) ในน้ำนม โดยจำนวน SCC มีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มที่ให้ระดับโซเดียมในอาหารน้อย ซึ่งเชื่อกันว่าระดับโซเดียมในน้ำนมอาจจะมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย มีการรายงานการเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมในอาหารเลี้ยงเชื้อจะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ (Arney et al., 1998) ต่อมน้ำนมถือเป็นอวัยวะภายในร่างกายที่มีส่วนในการช่วยการควบคุมการขับทิ้งโซเดียมทางน้ำนม นอกจากจะมีการขับทิ้งโซเดียมไอออนจากร่างกายโดยทางอื่น เช่นทาง ปัสสาวะ อุจจาระ และ ทางน้ำลาย การเพิ่มขึ้นของโซเดียมในน้ำนมก็มีการรายงาน ในโคนมที่ให้กินน้ำที่มีเกลือโซเดียมละลายอยู่ (Mussenden et al., 1977) นอกจากนี้การเสริมโซเดียมในอาหารจะมีส่วนสำคัญในการรักษาระดับโซเดียมภายในร่างกายในภาวะเต้านมอักเสบโดยจะมีการเคลื่อนของโซเดียมจากพลาสมาผ่าน ไปสู่น้ำนมโดยเคลื่อนผ่านโดยวิธี paracellular (Linzell and Peaker, 1971) ดังนั้นจากผลการศึกษาระดับ SCC ที่ลดลงในกลุ่มที่ให้อาหารเสริมที่มีระดับโซเดียมสูง อาจจะไปเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันภายในร่างกายโดยการเพิ่มระดับของแมกนีเซียมภายในร่างกายหรือการเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมในน้ำนมที่มีผลในการยับยั้งแบคทีเรีย

จากผลของการให้ โซเดียมในอาหารในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน จะไม่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของ Na^{+}, K^{+}, Cl^{-} และ Mg^{++} ในพลาสม่าซึ่งไม่แตกต่างกันในกลุ่มสัตว์ทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ผลที่ได้สอดคล้องกับผลการศึกษาในโคนมที่ให้อาหารเสริม

$NaHCO_3$ขนาด 0.8 % (Arambel etal 1988) หรืออาหารเสริม $NaHCO_3$ ที่มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของโซเดียมในระดับ 0.3% , 0.5 % และ 0.9 % จะไม่มีผลต่อความเข้มข้นของ Na^+ , K^+ ในพลาสม่า (West et al., 1992)

กลุ่มโคนมที่ได้รับอาหารที่มีระดับโซเดียม 1% ในระยะกลางของการให้นม จะมีค่าอัตราส่วน Na:Creatinine ในปัสสาวะสูงกว่ากลุ่มอื่นที่ได้รับอาหารที่มีระดับโซเดียมต่ำกว่า ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการรายงานของ West และคณะ (1992) แสดงให้เห็นว่าการปรับตัวของร่างกายในขณะได้รับอาหารเสริมโซเดียมจะมีการขับทิ้งโซเดียมส่วนเกินออกทางปัสสาวะ และ ทางน้ำนมเมื่อร่างกายได้รับเกลือโซเดียมมากขึ้น การขับทิ้งโซเดียมไอออนทางอุจจาระเพิ่มขึ้นในสัตว์ที่ได้รับเกลือโซเดียมในอาหารในระดับความเข้มข้น 1% แต่ระดับโพแทสเซียมในอุจจาระจะลดลงแม้สัตว์จะกินอาหาร DMI มากกว่าในกลุ่มอื่นที่ได้รับอาหารเสริมเกลือโซเดียมน้อยแสดงให้เห็นว่าการดูดซึมโซเดียมไอออนผ่านทางระบบทางเดินอาหารเพิ่มมากขึ้นพร้อมกับมีการขับทิ้งโซเดียมทางอุจจาระมากขึ้น (Morris, 1980) จากผลดังกล่าวแสดงว่ามีการขับหลั่งโซเดียมไอออนภายในระบบทางเดินอาหาร (Endogenous secretion) โดยแลกกับการดูดซึม K^+ ทางระบบทางเดินอาหารมากขึ้นจึงพบความเข้มข้นของโพแทสเซียมในอุจจาระลดลงซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Clive และ คณะ (2000)

ผลการศึกษาสรุปได้ว่าการเสริมความเข้มข้นของแร่ธาตุโซเดียมในอาหารผสมรวม ให้แก่โคนมลูกผสม Holstein Friesian สามารถเพิ่มปริมาณการกินได้ ปริมาณน้ำนม แต่ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของน้ำนม รวมทั้งค่า electrolyte ในเลือด

เอกสารอ้างอิง

Arambel, M. J., Wiedmeier, R. D., Clark, D.H., Lamb, R.C., Bomam, R. L. and Walters, J. L. 1988. Effect of sodium bicarbonate and magnesium oxide in an alfafa-based total mixed ration fed to early lactatingdairy cattle. J. Dairy Sci. 71:

Arney,D. R., Lindsay,H.J., Bogoro, S. and Phillips, C. J. C. 1998. A simulation of the effects of changes in Na and K content of milk during mastitis on the growth of Staphylococcus aureus. Streptococcus uberis and Escherichia coli. Proceedings. British Society of Animal Science 11.

Belibasakis, N.G. and Triantos, A. 1991. Effect of sodium carbonate on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows in early lactation. J. Dairy Sci. 74: 467-472.

Block, E. 1994. Manipulation of dietary cation-anion difference on nutritionally related production diseases, productivity and metabolic responses of dairy cows. J. Dairy Sci.77:1437-1450.

Chiy, P. C. and Phillips, C. J. C. 1993. Sodium fertilizer application to pasture. 4. Effects on mineral uptake and the sodium and potassium status of steer. Grass & Forage Sci. 46: 325-331.

Clive, J. C., Phillips, C. J. C., Chiy, P. C., David, R. A. and Olav, K. 2000. Effects of sodium fertilizers and supplements on milk production and mammary gland health. J. Dairy Res. 67: 1-12.

Clunie Harvey W, Hill H (1967) Butter-fat percentage. In: Milk Production and Control, 4 th edition, London, H.K. Lewis and Co. Ltd., pp 519-520

Cunningham, J. G. 2002. Textbook of Veterinary Physiology 3rd edition. In Thomas, H. (ed.), Gastrointestinal physiology and metabolism, pp. 265-281. New York: W.B. Saunders Company.

Delaquis, A. M. and Block, E. 1991. Cation-anion balance, milk production, and acid-base status in dairy cows. J. Dairy Sci. 74:(Suppl. 1):310 (Abstr).

Erdman, R. A. 1988. Dietary buffering requirements of the lactating dairy cow : a review. J. Dairy Sci. 71: 3246.

Greene, L.W., Fontenot, J. P. and Webb, K. E. 1983. Effect of dietary potassium on absorption of magnesium and other macro-elements in sheep fed different levels of magnesium. J. Anim. Sci. 56: 1208-1213.

Hlasny, J., Pinddak, J and Schwab, J. 1996.Thymus development in calves kept under a normal feeding regime. Proceedings , 47th Annual Meetng of the European Association of Animal Production, Lillehammer, Wageningen: Wageningen Pers, p145(Abst)

Linzell, J.L. and Peaker, M. 1971. Mechanism of milk secretion. Physiol. Rev. 51:564-597.

McDowell, L. R. 1985. Nutrition of grazing ruminants in warm climates. Academic Press, New York.

McCoy, H and Kennedy, M. A. 1992. Magnesium and immune function: recent findings. Magnesium Res. 5:281-293.

Miller, E. R. 1985. Mineral × Disease interactions. J. Anim. Sci. 60: 1500-1507.

Morris, J. G.1980. Assessment of sodium requirements of grazing beef cattle: A Review. J. Dairy Sci. 63: 595

Mussenden, S., Hodges, J. and Hiley, P.G. 1977. Sodium and chloride in cows'drinking water and freezing point of milk. J. Dairy Sci. 60: 1554-1558.

NRC, 1989. National Research Council, Nutrient requirements of Dairy cattle.6th rev.ed. Natl.Acad. Sci., Washinton, DC.

Phillips, C. J.C., Chiy, P.C., Arney, D. R. and Kart, O. 2000. Effects of sodium fertilizers and supplements on milk production and mammary gland health. J. Dairy Res. 67:1-12.

Sanchez, W. K., Beede, D. K., and Cornell, J. A. 1994. Interaction of sodium, potassium, and chloride: effects on lactation, acid-base, and mineral metabolism. J. Dairy Sci. 77: 1661-1669.

Teles F.F.F., C.K. Young and J. W. Stull. 1978. A method for rapid determination of lactose. J Dairy Sci 61, 506-508.

West, J.W., Haydon, K. D., Mullinix, B. G. and Sandifer, T. G. 1992. Dietary cation-anion balance and cation source effects on production and acid-base status of heat stress cows. J. Dairy Sci. 75: 2776-2786.