รายงาน
การศึกษาการหมุนเวียนของน้ำภายในร่างกาย จากการจัดการสภาวะแวดล้อม และการจัดการลดภาวะเครียดจากความร้อนที่มีผลต่อผลผลิตน้ำนมในโคนมลูกผสมในประเทศไทย

ในโครงการวิจัยแก้ปัญหาราคาสินค้าเกษตรตกต่ำ
โครงการวิจัยพัฒนาแผนแม่บทการแก้ไขปัญหาผลิตภัณฑ์นม
ประจำปีงบประมาณ 2548

ศ.น.สพ.ดร.ณรงค์ศักดิ์ ชัยบุตร
รศ.น.สพ.สมชาย จันทร์ผ่องแสง

คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	5
บทนำ	7
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ	10
สัตว์ทดลอง:	
อาหารสัตว์ทดลอง	
ขั้นตอนการศึกษา	
การวิเคราะห์ส่วนประกอบน้ำนม	
การวิเคราะห์ทางสถิติ	
ผลการศึกษา	17
อภิปรายผล	30
เอกสารอ้างอิง	36

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบวัตถุดิบอาหารหยาบและอาหารข้นใน อาหารผสมรวม(TMR)คิดตาม น้ำหนักแห้งในอาหาร 15

ตารางที่ 2 อาหารผสมรวมที่ใช้ในการทดลองมีค่าโภชนะตามน้ำหนักแห้ง 16

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิแวดล้อมกระเปราะแห้ง (Dry bulb temperature)อุณหภูมิแวดล้อมกระเปราะเปียก(Wet bulb temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ภายใน โรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิดและอัตราการหายใจ 21

ตารางที่ 4 แสดงผลของการเลี้ยงโคนมลูกผสมในโรงเรือนเปิดและโรงเรือน ปิดต่ออัตราการกินอาหารแห้งต่อวัน อัตราการกินน้ำต่อวันและน้ำหนักตัว ในระยะกลาง (Mid Lactation) และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นม ในโคนมลูกผสม 22

ตารางที่ 5 แสดงปริมาตรของพล่าสมาและปริมาตรเลือดในโคนมลูกผสม ที่เลี้ยง ภายในโรงเรือนปิดและเลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดในระยะกลาง และ ระยะท้ายของการให้นม 23

ตารางที่ 6 แสดงปริมาตรของเหลวในส่วนต่างๆ ของร่างกายโดยปริมาตรของ น้ำทั้งหมดภายในร่างกาย(TBW) ปริมาตรของของเหลวนอกเซลล์ (ECF)ปริมาตรของเหลวภายในเซลล์(ICF)ในโคนมลูกผสมที่ เลี้ยง ภายในโรงเรือนปิดและเลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดในระยะกลาง และ ระยะท้ายของการให้นม 24

ตารางที่7 แสดงค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของโซเดียม (Na^+), โพแทสเซียม (K^+) และคลอไรด์(Cl^-) ไอออนในพลาสม่าในระยะกลาง (Mid Lactation) และ ระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นม ของการเลี้ยงโคนมลูกผสมใน โรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด 25

ตารางที่ 8 แสดงผลของการเลี้ยงโคนมลูกผสมในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด ต่ออัตราการหลั่งน้ำนม และส่วนประกอบในน้ำนม ของโคนมลูกผสม ขณะให้นมในระยะกลาง (Mid Lactation) และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นม 26

ตารางที่ 9 ผลของการเลี้ยงโคนมลูกผสมในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด ต่อระดับความเข้มข้นในเลือดแดง (A), ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นในเลือดแดงและเลือดดำจากต่อมน้ำนม (A-V) และสัดส่วนเปอร์เซ็นต์โดยต่อมน้ำนม ของ acetic acid และß-Hydroxybutyric Acid ในระยะต้น (Early Lactation) ในระยะกลาง (Mid Lactation)และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นม 27

ตารางที่ 10 ผลของการเลี้ยงโคนมลูกผสมในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิดต่อระดับ ความเข้มข้นในเลือดแดง (A), ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นใน เลือดแดงและเลือดดำจากต่อมน้ำนม (A-V) และสัดส่วนเปอร์เซ็นต์โดยต่อมน้ำนม ของ glucose และ Triglycerides ในระยะต้น (Early Lactation) ระยะกลาง (Mid Lactation) และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นมในโคนมลูกผสม 28

ตารางที่11 แสดงผลของการเลี้ยงโคนมลูกผสมในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด ต่อระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน Thyroxine (T_4), Triodotyronine (T_3), Cortisol และ Insulin like growth factor-I ในระยะต้น (Early Lactation) ระยะกลาง (Mid Lactation)และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นมในโคนมลูกผสม 29

การศึกษาการหมุนเวียนของน้ำภายในร่างกาย จากการจัดการสภาวะแวดล้อม และการจัดการลดภาวะเครียดจากความร้อนที่มีผลต่อผลผลิตน้ำนมในโคลูกผสมในประเทศไทย

ศ.น.สพ.ดร.ณรงค์ศักดิ์ ชัยบุตร รศ.น.สพ.สมชาย จันทร์ผ่องแสง
คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาถึงกลไกการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของเหลวภายในร่างกายโคนมสัมพันธ์กับการสร้างน้ำนมและส่วนประกอบของน้ำนม การใช้สารอาหารหลักจากพลาสม่าเพื่อสังเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมโดยต่อมน้ำนมในโคนมที่มีการจัดการสภาวะแวดล้อมในการเลี้ยงภายในโรงเรือนปิดที่มีการจัดการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน โดยแบ่งกลุ่มโคนมลูกผสมที่มีสายพันธุ์ Holstein Friesian 87.5% ออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกจำนวนสัตว์ 6 ตัวจะถูกเลี้ยงในโรงเรือนธรรมดา กลุ่มที่สองจำนวนสัตว์ 6 ตัวจะถูกเลี้ยงในโรงเรือนระบบปิดควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนด้วยวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling system) กลุ่มสัตว์ที่เลี้ยงภายในโรงเรือนทั้ง 2 แบบจะให้กินอาหารผสมTMRตลอดระยะการวิจัยในระยะต้น(Early Lactation) ระยะกลาง(Mid Lactation) และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นม

จากผลของการศึกษา ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิแวดล้อมภายในโรงเรือนเปิดอุณหภูมิกระเปราะแห้ง (Dry bulb temperature)33ºซ ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) 61% และโรงเรือนปิดอุณหภูมิกระเปราะแห้งมีค่าเฉลี่ย 28ºซ ความชื้นสัมพัทธ์ 84% การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร่างกาย อัตราการหายใจ ค่าTHIของกลุ่มโคนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดจะมีค่าสูงกว่าของกลุ่มโคนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โคนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิด จะกินอาหารแห้งต่อวันมากกว่ากลุ่มโคที่เลี้ยงภายในโรงเรือนเปิด อัตราการกินน้ำต่อวันในกลุ่มโคนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดจะเพิ่มมากกว่า

กลุ่มโคนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิด ($P<0.05$)ทั้งในระยะต้น ระยะกลางและระยะท้าย ของการให้นม ค่าน้ำหนักตัวระหว่างกลุ่มโคนมเลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดและกลุ่มที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิด มีค่าไม่แตกต่างกัน

ค่าเฉลี่ยของปริมาตรเลือด(blood volume) และปริมาตรพลาสม่า (plasma volume) ต่อตัวสัตว์ในกลุ่มโคนมเลี้ยงภายในโรงเรือนปิดมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดทั้งในระยะต้น ระยะกลางและระยะท้ายของการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัวในกลุ่มโคนมเลี้ยงภายในโรงเรือนปิดมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นและค่าออสโมลาลิตี้ในพล่าสมาระหว่างโคนมทั้ง2กลุ่มไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในระยะต้น ระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม

ปริมาตรของน้ำทั้งหมดภายในร่างกาย(total body water) ในกลุ่มโคนมเลี้ยงภายในโรงเรือนปิดมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดทั้งในระยะต้น ระยะกลางและระยะท้ายของการให้นมแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาตรของน้ำนอกเซลล์ (Extra cellular fluid) ในกลุ่มโคนมเลี้ยงภายในโรงเรือนปิดมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มโคนมเลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดทั้งในระยะกลางของการให้นม($P<0.01$) และระยะท้ายของการให้นม แต่ค่าเฉลี่ยเฉลี่ยของปริมาตรของน้ำนอกเซลล์ ต่อ 100 กิโลกรัมน้ำหนักตัวระหว่างโคนมทั้ง2กลุ่มไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในระยะกลาง และระยะท้ายของการให้นม ส่วนปริมาตรของเหลวภายในเซลล์ (Intracellular fluid)โดยค่าเฉลี่ยต่อตัวสัตว์หรือต่อ 100 กิโลกรัมของกลุ่มโคนมเลี้ยงภายในโรงเรือนปิดมีแนวโน้มค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มโคนมเลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดทั้งในระยะกลาง และระยะท้ายของการให้นม แต่ค่า ความแตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

การเลี้ยงโคนมภายในโรงเรือนปิดหรือภายในโรงเรือนเปิด จะไม่มีผลต่อระดับความเข้มข้นในพลาสม่าของโซเดียมไอออน (Na^+), โพแทสเซียมไอออน (K^+) และคลอไรด์ไอออน(Cl^-)ทั้งในระยะต้น ระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม

อัตราการหลั่งน้ำนมในกลุ่มโคนมลูกผสมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิดจะมากกว่าประมาณ 45% เมื่อเทียบกับกลุ่มโคนมเลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดทั้งในระยะกลางของการให้นม แต่ในระยะท้ายของการให้นม อัตราการหลั่งน้ำนม จะลดลงจากระยะกลาง ทั้ง2 กลุ่ม ส่วนประกอบน้ำนมเกี่ยวกับความเข้มข้นของไขมันนม ความเข้มข้นของโปรตีนในน้ำนม

และความเข้มข้นของแลคโตสในน้ำนมของกลุ่มโคนมทั้ง 2 กลุ่ม ที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิดและที่เลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดจะมีค่าไม่แตกต่างกันทั้งในระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดในน้ำนมและเปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมันนมมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงของกลุ่มโคนมทั้ง 2กลุ่ม

ในระยะกลางของการให้นม ไม่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของ acetate ในเลือดแดง ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเลือดแดง และ ดำ(A-V) และสัดส่วนการใช้ acetate โดยต่อมน้ำนมไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มโคนมลูกผสมทั้ง 2 กลุ่ม แต่ในระยะท้ายของการให้นม ระดับความเข้มข้นของ acetate ในเลือดแดงยังอยู่ในระดับที่ค่อนข้างคงที่เทียบกับระยะกลางของการให้นม ค่าความแตกต่างระหว่างระหว่างความเข้มข้น (A-V) และสัดส่วนการใช้ acetate โดยต่อมน้ำนม ในระยะท้ายของการให้นมในกลุ่มโคนมที่ที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิด จะมีค่าเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มที่เลี้ยงภายในโรงเรือนเปิด ระดับความเข้มข้นของ ß-hydroxybutyrateในพลาสม่าเลือดแดง ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเลือดแดงและดำ(A-V)ของกลุ่มโคนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิด มีค่าต่ำกว่ากลุ่มโคนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดและสัดส่วนการใช้ ß-hydroxybutyrate โดยต่อมน้ำนมของโคนมทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าไม่แตกต่างกันทั้งในระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม ระดับความเข้มข้นของกลูโคสในพลาสม่าเลือดแดง ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเลือดแดงและดำ(A-V)ไม่พบความแตกต่าง ระหว่างโคนมลูกผสมทั้ง 2 กลุ่ม ทั้งในระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม ระดับความเข้มข้นของ triacylglycerolในพลาสม่าเลือดแดง ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเลือดแดงและดำ(A-V) และสัดส่วนการใช้ triacylglycerolโดยต่อมน้ำนมในกลุ่มโคนมลูกผสมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิดและโรงเรือนเปิดไม่พบความแตกต่าง ระหว่างโคนมลูกผสมทั้ง 2 กลุ่ม ในระยะกลางของการให้นม แต่ระยะท้ายการให้นมระดับความเข้มข้นของ triacylglycerolในพลาสม่าเลือดแดง ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเลือดแดงและดำ(A-V)ในกลุ่มโคนมลูกผสมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิดจะมีค่าต่ำกว่าโคนมลูกผสมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนเปิด ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน Triiodotyronine (T_3),และ Insulin like growth factor-I ของโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิดไม่พบความแตกต่างทั้งในระยะกลาง และระยะท้าย ของการให้นม ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน Cortisolและ Thyroxine (T_4) มีค่าเฉลี่ยสูงในกลุ่ม

โคนมเลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดมากกว่าในกลุ่มโคนมเลี้ยงภายในโรงเรือนปิดทั้งในระยะต้น ระยะกลาง และระยะท้ายของการให้นม

ผลการศึกษาสรุปได้ว่าการเลี้ยงโคนมลูกผสม Holstein Friesian ภายในโรงเรือนปิดมีการตอบสนองของร่างกายต่อสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิไม่สูงเกินไปจะมีผลเพิ่มปริมาณการกินได้ ทำให้มีการเพิ่มผลผลิตน้ำนมอย่างชัดเจน แต่ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของน้ำนม การตอบสนองของร่างกาย ส่วนหนึ่งเป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของ ปริมาตรของเลือด ปริมาตรของน้ำนอกเซลล์ (Extra cellular fluid)ในการนำสารอาหารสู่ต่อมน้ำนม การลดการขับหลั่งน้ำนมในระยะท้ายของการให้นม เกิดจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยภายในต่อมน้ำนม

Studies of body water metabolism in relation to management of ambient temperature and methods to reduce the effect of heat stress on milk production in crossbred dairy cattle in Thailand.

Narongsak Chaiyabutr and Somchai Chanpongsang

Abstract

The aim of this study was to determine how evaporative cooling modifies body function concerning water metabolism and other variables relevant to milk synthesis of crossbred cattle. The study was conducted on 87.5% crossbred Holstein cows which were divided into two groups. Cows in the first group were housed in open-sided barn with a tiled roof as the non-cooled animals and cows in the second group were housed in the close-sided barn under an evaporative cooling system as cooled animals. Cows in each group were fed twice daily in the form of total mixed ration (TMR) throughout stages of lactation (early, mid and late lactation). The mean average of the maximum ambient temperatures and relative humidity for normal shade were 33ºC and 61% and for evaporative cooling barn were 28ºC and 84%, respectively. Rectal temperatures, respiration rates and THI of non-cooled cows were higher ($P < 0.05$) than those of the cooled cows. The DMI of cooled cows were higher than those of non-cooled cows while the water intakes were lower ($P<0.05$) in the cooled cows than those of non-cooled cows. The mean absolute values of plasma volume, blood volume and extracellular fluid of cooled cows were significant higher ($P<0.05$) than those of non-cooled cows in different stages of lactation. Total body water in the evaporative cooling cows tended to be higher than those in non-cooled cows throughout periods of lactation. The packed cell volume, plasma osmolarity and the concentrations of plasma sodium, potassium, and

chloride were not different between cooled cows and non-cooled cows. The milk yields of cooled cows were higher than those of non-cooled cows by average 34- 45% throughout periods of lactation. The milk yield of animals in both groups declined as lactation advances to late lactation. No significant changes in the concentration of milk fat, milk protein and lactose between groups at different stages of lactation. The mean arterial plasma concentrations, the arteriovenous concentration differences (A-V differences) and extraction ratio across the mammary gland for acetate, glucose triglyceride of the evaporative cooling cows were not significant different as compared with those of non-cooled cows in different periods of lactation. The mean arterial plasma concentrations for β-hydroxybutyrate and the arteriovenous differences (A-V differences) in the evaporative cooling cows were lower than those of non-cooled cows. Hormonal levels of plasma triiodotyronine (T_3) and Insulin like growth factor-I of normal shaded animals and the evaporative cooling animals were no significant different, while cortisol and thyroxine(T_4) levels were lower in in the evaporative cooling cows than those of non-cooled cows. The results in this study suggested that adaptive response to increase in milk yield by the effect of evaporative cooling would occur, in part, through the mechanism causing preferential increased in TBW, ECW and blood volume, which partitions the distribution of nutrients to the mammary gland for milk synthesis. The decline in milk yields in spite of higher body fluids during advanced lactation of cooled cows would be attributed to a local change within the mammary gland.

บทนำ

ในการเลี้ยงโคนมมีปัจจัยหลายอย่างที่จะมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตนม ปัจจัยดังกล่าว ได้แก่ สายพันธุ์โค โภชนาการ การจัดการสภาพแวดล้อมด้านสัตวบาล ด้านสัตวแพทย์เกี่ยวกับปัญหาโรคเต้านมอักเสบ และความรู้ทางด้านสรีรวิทยาและชีวเคมีของโคนม เป็นต้น ความรู้ และความเข้าใจอย่างแท้จริงในหลายๆปัจจัย ที่เกี่ยวข้องกันสามารถนำมาประยุกต์เพื่อใช้ส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตโคนมในประเทศ ปัจจุบันการเลี้ยงโคนมในประเทศไทยจะได้รับการส่งเสริมการเลี้ยงและมีการศึกษาวิจัยในโคนมในด้านต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นมากขึ้น แต่ยังพบว่าอัตราการหลั่งน้ำนมต่อวันต่อตัวโคนมยังอยู่ในอัตราต่ำ การเลี้ยงโคนมในประเทศไทยที่เป็นประเทศในเขตร้อนชื้น โดยภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมจะเกี่ยวกับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ รังสีความร้อนจาก แสงแดด(solar radiation) ที่มีผลทำให้เกิดความเครียดในสัตว์จากอุณหภูมิแวดล้อมสูง การจัดการทางกายภาพทางด้านโรงเรือนโคนมเป็นวิธีการหนึ่งในการลดภาวะเครียดจากความร้อนในสัตวจะมีผลต่อการเลี้ยงโคนมในเชิงธุรกิจแบบยั่งยืนและได้มาตรฐานเกี่ยวกับการเพิ่มผลผลิตทั้งปริมาณน้ำนมและคุณภาพนม นอกจากการเลือกพันธุ์กรรมสัตว์ที่ทนต่อสภาพอากาศร้อนและการจัดการลดภาวะเครียดจากความร้อนจากการจัดการด้านอาหารสัตว์ (Beede and Collier, 1986)

การศึกษาภาวะเครียดจากความร้อนที่มีผลกระทบต่อการเพิ่มผลผลิตในโคนมมีการศึกษากันมากในต่างประเทศ แต่ผลการศึกษาการตอบสนองการทำงานของร่างกายของโคนมต่อระดับต่างๆของภาวะเครียดจากความร้อนในภูมิภาคต่างๆที่มีการเลี้ยงโคนมยังมีข้อแตกต่างเนื่องจากอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ รวมทั้งการปรับตัวของตัวสัตว์ต่ออุณหภูมิสภาพแวดล้อม(Armstrong,1994) โคนมที่มีการเลี้ยงในประเทศไทยจะเป็นโคนมลูกผสมที่มีสายเลือดของโคเมืองหนาวสูงจึงทำให้โคนมลูกผสมไม่ทนต่อภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงเช่นประเทศไทย เมื่อโคอยู่ในภาวะเครียดจากความร้อนก็จะมี การตอบสนองของร่างกายในกระบวนการระบายความร้อน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการทำงานภายในร่างกาย อุณหภูมิภายในร่างกายจะสูงขึ้น ทำให้อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น โคนมกินอาหารลดลง แต่กินน้ำมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งอัตราการ

หมุนเวียนของน้ำภายในร่างกายในขณะที่มีการระบายความร้อนจะเพิ่มขึ้นทำให้มีการสูญเสียน้ำภายในร่างกายมากขึ้นก็จะมีผลกระทบต่อกระบวนการสร้างน้ำนมซึ่งมีน้ำเป็นส่วนประกอบถึง 87% การผลิตน้ำนมจากตัวโคจะลดลง รวมทั้งจะมีผลต่อระบบอื่นภายในร่างกาย ที่มีการพบจากปัญหาต่อระบบ สืบพันธุ์ การผสมไม่ติด การเป็นสัดยาก และการสร้างภูมิคุ้มกันภายในร่างกายลดลง เป็นต้น ซึ่งปัญหาดังกล่าว เป็นสิ่งที่พบอยู่ เป็นประจำในระบบการเลี้ยงโคนมในประเทศไทย ดังนั้นการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาจากผลการจัดการสภาพแวดล้อมและการจัดการในโรงเรือนในการลดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการหมุนเวียนของน้ำภายในร่างกายของโคนมจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการลดหรือแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น ซึ่งการศึกษากระบวนการดังกล่าวมีน้อยมากในประเทศไทย

วิธีการลดปัญหาความเครียดจากความร้อนในโคนม มีการศึกษาใช้วิธีการหลายวิธี เช่นการเลี้ยงโคนมในโรงเรือนที่มีหลังคา(Buffinton et al.,1981) การฉีดล้างทำความสอาดเต้านม(Bodman, 1983) การใช้เครื่องพ่นน้ำ(Spray) ฉีดรดตัวโคร่วมกับการใช้พัดลมเป่า (Armstrong,et al., 1985), การเลี้ยงโคนมในโรงเรือนที่มีระบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling)(Armstrong,et al., 1985; Armstrong,et al., 1988; Ryan et al., 1992). การใช้เครื่องพ่นน้ำเป็นฝอยร่วมกับการใช้พัดลมเป่า (Armstrong, et al., 1993), วิธีการต่างๆ ที่กล่าวข้างต้น สามารถลดปัญหาความเครียดเนื่องจากความร้อนได้แต่จะมีข้อดี และข้อเสียที่แตกต่างกัน

การหาวิธีการที่จะแก้ปัญหาสภาวะเครียดในโคนมลูกผสมที่อยู่ในสภาพอากาศร้อน การลดอุณหภูมิแวดล้อมภายในโรงเรือนที่เป็นระบบปิดควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนด้วยวิธีการระเหยของน้ำ (evaporative cooling system)เป็นวิธีหนึ่ง ที่มีการนำมาใช้ในการแก้ปัญหาความเครียดจากความร้อน สามารถที่จะป้องกันทั้งจากผลโดยตรงหรือโดยอ้อมจากรังสีความร้อน (solar radiation) มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่และสุกร แต่มีการลงทุนสูง โดยระบบดังกล่าวทำให้สภาพแวดล้อมเย็น เป็นการทำให้ตัวสัตว์ระบายความร้อนถ่ายเทสู่รอบตัวสัตว์ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า แต่ระบบนี้มีความชื้นสัมพัทธ์สูง ทำให้การระบายความร้อนโดยทางการหายใจจากตัวสัตว์เป็นไปได้ยากขึ้น การลดภาวะเครียดจากความร้อนจากประสิทธิภาพของระบบการทำความเย็นดังกล่าวเป็นวิธีหนึ่งที่เชื่อว่าจะช่วยการเพิ่มผลผลิตของโคนม มีการรายงาน อุณหภูมิแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่ม

ผลผลิตน้ำนมในโคนมในเขตหนาวอยู่ที่ประมาณ10ซ์และผลผลิตน้ำนมจะลดลงเมื่ออุณหภูมิแวดล้อมสูงถึง21ซ์ (Worstell and Brody,1953) และการลดผลผลิตน้ำนมจากความเครียดจากความร้อนจะเห็นอย่างชัดแจ้งเมื่อสัตว์อยู่ในระยะกลางของการให้นมมากกว่าในระยะอื่น (Maust,etal.,1972) ความรู้เกี่ยวกับกลไกการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในตัวสัตว์ในสภาวะแวดล้อมอุณหภูมิสูงรวมทั้งผลดีหรือผลเสียที่เกิดขึ้นในการเลี้ยงโคนมลูกผสมในระบบโรงเรือนปิดในการพัฒนาการเลี้ยงโคนมในประเทศไทยยังมีน้อย

จุดประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาถึงการจัดการสภาวะแวดล้อมโดยการเลี้ยงโคนมลูกผสมภายในโรงเรือนที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิทำให้เย็นด้วยการระเหยของน้ำ (evaporative cooling system)ต่อผลผลิตน้ำนมและส่วนประกอบของน้ำนม การใช้สารอาหารหลักจากพลาสม่าเพื่อ สังเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมโดยต่อมน้ำนม สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของเหลวภายในร่างกายโคนม จากการเลี้ยงโคนมในระบบโรงเรือนปิดที่มีการลดอุณหภูมิแวดล้อม

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลอง

คัดเลือกโคนมลูกผสมสายพันธุ์ที่มีสายเลือด Holstein Friesian 87.5% จำนวน 12ตัว โดยมีระยะการให้นมเริ่มในช่วงระยะต้น (2 เดือนภายหลังคลอด) แบ่งกลุ่มโคนม ออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกจำนวนสัตว์ 6 ตัวจะถูกเลี้ยงในโรงเรือนธรรมดาที่มีหลังคากระเบื้องและด้านข้างเปิดโล่ง กลุ่มที่สองจำนวนสัตว์ 6 ตัวจะถูกเลี้ยงในโรงเรือนแบบปิดมีขนาดยาว25 เมตร กว้าง 5 เมตรสูง2.5 เมตร มีระบบลดความร้อนภายในโรงเรือนด้วยวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling system) โดยด้านหนึ่งของโรงเรือนจะมีระบบดูดอากาศออกจากโรงเรือนโดยพัดลมขนาด1hp เส้นผ่าศูนย์กลาง1.3 เมตรจำนวน 2 ชุด ซึ่งอยู่ตรงข้ามกับอีกด้านของโรงเรือนทำให้มีการไหลของอากาศจากภายนอกเข้าสู่โรงเรือนผ่านช่องที่มีแผงทำความเย็น (cooling pad) ขนาดยาว4.6เมตรกว้าง 2 เมตรที่หล่อด้วยการไหลเวียนน้ำ อากาศที่ผ่านเข้าสู่โรงเรือนจะเสียพลังงานไปกับการระเหยของน้ำในแผงทำให้อากาศเข้าสู่โรงเรือนเย็นลง

อาหารสัตว์ทดลอง

กลุ่มโคนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนทั้ง2แบบจะให้กินอาหารผสมรวมระหว่างอาหารหยาบและอาหารข้น (Total mixed ration, TMR) โดยมีสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นเท่ากับ 40:60 อาหารหยาบใช้ต้นข้าวโพดผสมกากสัปปะรดหมัก อาหารข้นใช้กากถั่วเหลืองมันอัดเม็ด รำละเอียดและเมล็ดฝ้ายเป็นส่วนประกอบหลัก โดยนำมาประกอบเป็นอาหารผสมรวม (TMR) ตามสัดส่วนปรับพลังงานและโปรตีนใกล้เคียงกัน

การเก็บบันทึกข้อมูลและการเก็บตัวอย่าง

การบันทึกข้อมูล:

ทำการบันทึกอัตราการหลั่งน้ำนม และเก็บตัวอย่างน้ำนม เพื่อศึกษาส่วนประกอบในน้ำนมในแต่ละช่วงของการทดลอง

1) บันทึกปริมาณอาหารที่กินได้ และปริมาณน้ำนมในกลุ่มสัตว์ที่เลี้ยงภายในโรงเรือนทั้ง2แบบ

2) บันทึกปริมาณน้ำที่กินได้โดยเฉลี่ย (บันทึกติดต่อกันเป็นเวลา 3 วัน)

3) บันทึกน้ำหนักโคนมกลุ่มสัตว์ที่เลี้ยงภายในโรงเรือนทั้ง2แบบ

4)บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนทั้ง2แบบนำมาคำนวณหาดัชนี Temperature Humidity Index (THI) ตามสมการของ West (1994)

THI = dry bulb(F) – (0. 55– 0.55RH)(dry bulb – 58)

การเก็บตัวอย่างอาหาร:

การเก็บตัวอย่างอาหาร ช่วง 14 วันสุดท้ายของการให้อาหารโดย

1) สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารที่เหลือในแต่ละวัน (ก่อนให้อาหารมื้อแรก)

2) สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารผสมรวม อาหารข้น อาหารหยาบในแต่ละวัน

นำตัวอย่างอาหารไปหาเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งและนำไปวิเคราะห์หาค่าโภชนะในอาหาร ได้แก่ ค่าพลังงานโปรตีน ไขมัน ADF NDF เถ้า โซเดียม โปตัสเซียม และคลอไรด์ (AOAC, 1991)

การวัดอัตราการหลั่งน้ำนม

บันทึกปริมาณการให้นมของโคนมลูกผสมในแต่ละช่วงของการให้อาหาร ใช้วิธีรีดนมด้วยเครื่องรีดนมในช่วงเช้า 6.00 น. และช่วงเย็น 15.00 น. บันทึกอัตราการหลั่งน้ำนมโดยการชั่งภายหลังจากรีดนม ตลอดระยะการทดลอง โดยใช้ขวดเก็บนมจำนวน 60 มล. โดยมีสาร bronopol (2-Bromo-2-nitropropane-1,3 diol) (0.02w/w) จำนวน 0.1 มล.เก็บในตู้เย็น (4ºซ)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 Teles และคณะ (1978)

การหาความเข้มข้นของโปรตีนในน้ำนม วัดโดยใช้ infrared โดยเครื่อง Milkoscan

การหาแร่ธาตุในน้ำนมดิบโดยใช้ส่วนน้ำนมที่เป็นของเหลวแยกไขมันโดยวิธีปั่นเหวี่ยงนำไปหาความเข้มข้นของโซเดียมและโพแทสเซียมในน้ำนมโดยใช้ Frame photometry ความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออนโดยChloridometer (Corning Co.)

ขั้นตอนการศึกษา

การศึกษาดำเนินการตลอดระยะการให้นมโดยแบ่งออกเป็น

ระยะต้นของการให้นม(Early lactation)อยู่ในช่วงระหว่าง 2-3 เดือนภายหลังคลอด

ระยะกลางของการให้นม(Mid lactation)ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่าง 4-5 เดือนภายหลังคลอด

และระยะท้าย (Late lactation) ของการให้นม ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่าง 7-8 เดือนภายหลังคลอด

วิธีการศึกษาในแต่ระยะของการให้นม ได้แก่

ก) การวัดปริมาตรของเหลวภายในร่างกาย

การวัดปริมาตรของเหลวภายในร่างกายดำเนินการในแต่ระยะของการให้นม ในการวัดปริมาตรของพลาสม่าโดยการฉีดสี Evans blue (T-1824) (0.5%) จำนวน 20 มล. เข้าหลอดเลือดดำ jugular การวัดปริมาตรของน้ำนอกเซลล์ (Extracellular water, ECW) โดยการฉีดน้ำยา sodium thiocyanate (10%) จำนวน 20 มล เข้าหลอดเลือดดำ jugular การวัดปริมาตรของน้ำภายในร่างกายทั้งหมด (total body water) โดยฉีดสารละลาย antipyrine (20%) จำนวน 20 มล. เข้าหลอดเลือดดำ ear vein ทำการเก็บเลือดดำจากหลอดเลือด jugular ที่เวลา 30 นาที 40 นาที 50 นาที และ 60 นาที ภายหลังการฉีดสาร เก็บในหลอดเก็บเลือดที่มี heparin เป็นสารกันเลือดแข็ง (25 iu/มล.เลือด) นำเลือดที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงแยก พลาสม่าเพื่อนำไปวัดoptical densityหาความเข้มข้นของสี Evans blue ความเข้มข้นของ Thiocyanate ตามวิธีของ Medway and Kare (1959) และความเข้มข้นของ antipyrine ในพ

ลาสม่าตามวิธีของ Weiss (1958) นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาตรของพลาสม่า ปริมาตรน้ำนอกเซลล์(ECF) และปริมาตรน้ำภายในร่างกายทั้งหมด(TBW)โดยวิธี dilution technique

ข) การวัดส่วนประกอบเคมีในพลาสม่าและการใช้ สารเมแทบอไลท์ โดยต่อมน้ำนม:

การวัดค่าทางสรีรวิทยาการใช้ สารเมแทบอไลท์ โดยต่อมน้ำนม ในแต่ละระยะของการให้นม โดยทำการเจาะเลือดจาก coccygeal artery และ จาก milk vein พร้อมกันไป แล้วแยกเลือดเก็บใส่ในหลอดที่มี heparin เป็นสารป้องกันเลือดแข็ง (25 iu/มล.เลือด) นำไปตรวจหาค่าส่วนประกอบเคมีในพลาสมา ตัวอย่างเลือดที่ปั่นแยกส่วนพลาสม่านำมาหาความเข้มข้นของกลูโคสโดยวิธีenzymatic oxidationใช้เอนไซม์ glucose oxidase ความเข้มข้นของTriglycerideในพล่าสมาโดย enzymatic colorimetric test (Triglyceride liquicolor^{mono} SU-TRIMR, Germany) ความเข้มข้นของ β–hydroxybutyrateในพล่าสมาโดย β-hydroxybutyrate dehydrogenase (Sigma Chemical Co.) ความเข้มข้นของacetateโดยวิธี chromatographic method ความเข้มข้นของความเข้มข้นของโซเดียมและโพแทสเซียมในพลาสมาโดยใช้ Flame photometry ความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออนโดย Chloridometer(Corning Co.)

การคำนวณการใช้ สารเมแทบอไลท์ โดยต่อมน้ำนม โดยวัดค่าต่างๆ:

ความเข้มข้นของเมแทบอไลท์ในเลือดแดง = A

ความเข้มข้นของเมแทบอไลท์ ในเลือดดำจากต่อมน้ำนม = V

ความแตกต่างของเมแทบอไลท์ในเลือดแดงและเลือดดำจากต่อมน้ำนม = A-V

สัดส่วนการใช้สารเมแทบอไลท์โดยต่อมน้ำนม = A-V/ A

ค) การวัดระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน Thyroxine (T_4), Triodotyronine (T_3), Cortisol และ Insulin like growth factor-I ในพลาสมา

ในแต่ละระยะของการให้นม ทำการเจาะเลือดจาก coccygeal artery นำพลาสมาที่แยกได้จากการปั่นเหวี่ยงเลือดที่ถูกนำมาแยกและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20C นำมาวัดระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน Thyroxine(T_4), Triodotyronine(T_3) โดยวิธี

Electrochemiluminescence method ใช้ Elecsys 2010 analyzer ฮอร์โมนCortisol โดยวิธี RIA kit และฮอร์โมน Insulin like growth factor-I โดยวิธี Chemiluminescence immunoassayใช้เครื่อง Immulite analyzer

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลในการทดลองทั้งหมด เปรียบเทียบของค่าเฉลี่ย(Mean±SD) ของแต่ละพารามิเตอร์ในแต่ละกลุ่มทดลองโดยใช้ Unpaired t-test โดยกำหนดระดับความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$

ตารางที่1 แสดงส่วนประกอบวัตถุดิบอาหารหยาบและอาหารข้นในอาหารผสมรวม (TMR) คิดตาม น้ำหนักแห้งในอาหาร

วัตถุดิบ	**(%)**
ต้นข้าวโพดผสมกากสัปปะรดหมัก	42.1
กากถั่วเหลือง	19.1
มันสำปะหลัง	10.3
รำละเอียด	8.7
เมล็ดฝ้าย	12.8
รำหยาบ	2.4
ไดแคลเซียม	4.0
กระดูกป่น	1.4
หินฝุ่น	1.2
พรีมิกซ์	0.1

(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**
พลังงาน (Mcal/kg)	1.6
โปรตีน (%)	16.2
ADF (%)	23.2
NDF (%)	34.3
ไขมัน (%)	4.9
เถ้า (%)	7.2
โซเดียมไอออน (%)	0.2
โพแทสเซียมไอออน(%)	1.2
คลอไรด์ไอออน (%)	0.2

นำอาหารผสมรวมที่ได้จากการประกอบสูตรแล้วได้ค่าโภชนะดังกล่าวไปเลี้ยงโคนมทดลองโดยให้อาหารเต็มที่ สัตว์ทดลองมีน้ำดื่มตลอดเวลา

ผลการศึกษา

อุณหภูมิสภาพแวดล้อม ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิร่างกายและอัตราการหายใจ

ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิแวดล้อม อุณหภูมิแห้ง (Dry bulb temperature) อุณหภูมิเปียก (Wet bulb temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด ($P<0.001$) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร่างกาย อัตราการหายใจ ค่าTHI ในโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ที่เลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดจะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าของโคนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) (ตารางที่ 3)

อัตราการกินอาหารแห้ง อัตราการกินน้ำ และน้ำหนักตัวในโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ที่เลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด (ตารางที่ 4)

จากผลของการศึกษาแสดงในตารางที่ 4 โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิด จะกินอาหารแห้งต่อวันมากกว่ากลุ่มโคนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนเปิด โดยเฉพาะในระยะท้ายของการให้นม จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) อัตราการกินน้ำต่อวันในกลุ่มโคนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดจะเพิ่มมากกว่ากลุ่มโคนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิดและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในระยะต้น ระยะกลาง และระยะท้ายของการให้นม ($P<0.05$) ค่าน้ำหนักตัวระหว่างกลุ่มโคนมเลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดและกลุ่มที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิด มีค่าไม่แตกต่างกัน

ปริมาตรพล่าสมาและปริมาตรเลือดในโคนมลูกผสม ที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิดและเลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดในระยะต่างๆของการให้นม(ตารางที่ 5)

จากผลของการศึกษาแสดงในตารางที่5 ปริมาตรเลือด(blood volume) ปริมาตรพลาสม่า (plasma volume)ต่อตัวสัตว์ในกลุ่มโคนมเลี้ยงภายในโรงเรือนปิดจะมีค่าเฉลี่ยของสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในระยะต้น ระยะกลาง และระยะท้ายของการให้นม แต่เมื่อคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัวในกลุ่มโคนมเลี้ยง

ภายในโรงเรือนปิดมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นและค่าออสโมลาลิตี้ในพล่าสมาระหว่างโคนมทั้ง2กลุ่มไม่แตกต่างกันทั้งในระยะต้น กลาง และระยะท้ายของการให้นม

ปริมาตรของน้ำทั้งหมดภายในร่างกาย ปริมาตรของเหลวนอกเซลล์ปริมาตรของเหลวภายในเซลล์ ของโคนมลูกผสมที่ เลี้ยงภายในโรงเรือนปิดและเลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดในระยะต้น ระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม(ตารางที่ 6)

ปริมาตรของน้ำทั้งหมดภายในร่างกาย(total body water) ของกลุ่มโคนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิดจะมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดทั้งในระยะต้น กลางและระยะท้ายของการให้นมแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6) เมื่อคำนวณปริมาตรของน้ำทั้งหมดภายในร่างกายต่อน้ำหนักตัวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาตรของน้ำนอกเซลล์ (Extra cellular fluid) ของกลุ่มโคนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิดมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มโคนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในระยะต้น($P<0.001$) ระยะกลาง($P<0.01$) และระยะท้าย($P<0.05$)ของการให้นม แต่ค่าเฉลี่ยเฉลี่ยของปริมาตรของน้ำนอกเซลล์ ต่อ น้ำหนักตัวระหว่างโคนมทั้ง2กลุ่มไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกระยะของการให้นม ส่วนปริมาตรของเหลวภายในเซลล์ (Intra cellular fluid)โดยค่าเฉลี่ยต่อตัวสัตว์หรือต่อน้ำหนักตัว ของกลุ่มโคนมเลี้ยงภายในโรงเรือนปิดและกลุ่มโคนมเลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดทั้งในระยะต้น กลาง และระยะท้ายของการให้นม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ระดับความเข้มข้นในพลาสม่าของโซเดียม (Na^+), โพแทสเซียม (K^+) และคลอไรด์ (Cl^-) ไอออนในระยะกลาง และระยะท้าย ของการให้นม ในโคนมลูกผสม (ตารางที่ 7)

โคนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิดกับกลุ่มโคนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนเปิด ไม่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของโซเดียม (Na^+), โพแทสเซียม (K^+)และคลอไรด์ (Cl^-)ในพลาสม่า ทั้งในระยะต้น ระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม

อัตราการหลั่งน้ำนมและส่วนประกอบในน้ำนม (ตารางที่ 8)

อัตราการหลั่งน้ำนมในกลุ่มโคนมลูกผสมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิด จะมากกว่า 34%, 44% เมื่อเทียบกับกลุ่มโคนมเลี้ยงภายในโรงเรือนเปิด ทั้งในระยะต้น($P<0.05$) ระยะกลาง ($P<0.05$)ของการให้นมตามลำดับ แต่ในระยะท้ายของการให้นม อัตราการหลั่งน้ำนม จะลดลง ทั้ง 2 กลุ่ม แต่อัตราการหลั่งน้ำนมของโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดยังให้ปริมาณน้ำนมสูงกว่าโรงเรือนเปิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนประกอบน้ำนมเกี่ยวกับความเข้มข้นของไขมันนม ความเข้มข้นของโปรตีนในน้ำนม และความเข้มข้นของแลคโตสในน้ำนมของกลุ่มโคนมทั้ง 2 กลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทั้งในระยะต้น ระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดในน้ำนมและเปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมันนมมีค่าไม่แตกต่างระหว่างกลุ่มโคนมทั้ง 2 กลุ่ม

ระดับความเข้มของสารเมแทบอไลท์ในเลือดแดง ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นในเลือดและคำจากต่อมน้ำน(A-V) และสัดส่วนการใช้สารเมแทบอไลท์ของต่อมน้ำนม (ตารางที่9&10)

จากผลการศึกษาใน ตารางที่ 9 พบว่าโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิดในระยะต้น ระยะกลาง และระยะท้ายของการให้นม ไม่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของ acetate ในเลือดแดง ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเลือดแดง และ ดำ(A-V) และสัดส่วนการใช้ acetate โดยต่อมน้ำนมในโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดจะมีค่าสูงกว่าโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิด แต่ในระยะท้ายของการให้นม ระดับความเข้มข้นของ acetate ในเลือดแดงยังอยู่ในระดับที่ค่อนข้างคงที่เทียบกับระยะกลางของการให้นม ค่าความแตกต่างระหว่างระหว่างความเข้มข้น (A-V) และสัดส่วนการใช้ acetate โดยต่อมน้ำนมในระยะท้ายของการให้นมในกลุ่มโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิด และโรงเรือนเปิดมีค่าใกล้เคียงกันโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดจะมีผลต่อระดับความเข้มข้นของβ-hydroxybutyrateในพลาสม่าเลือดแดงซึ่งมีค่าต่ำกว่าโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระยะกลาง และระยะท้ายของการให้นม($P<0.05$) ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเลือดแดงและดำ(A-V) และสัดส่วนการใช้ β-hydroxybutyrate

โดยต่อมน้ำนมของโคนมทั้ง 2 กลุ่ม ที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิดมีค่าไม่แตกต่างกันทั้งในระยะต้น ระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม (ตารางที่ 9)

จากผลการศึกษาระดับความเข้มข้นของกลูโคสในพลาสม่าเลือดแดง (ตารางที่10) ไม่พบความแตกต่างของระดับความเข้มข้นของกลูโคสในพลาสม่าเลือดแดงของโคนมลูกผสมทั้ง 2 กลุ่ม ที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเลือดแดงและดำ(A-V) และสัดส่วนการใช้กลูโคสโดยต่อมน้ำนมในกลุ่มโคนมลูกผสมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด จะมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในระยะต้น ระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม

ในการศึกษาระดับความเข้มข้นของ triacylglycerolในพลาสม่าเลือดแดง ในระยะต้น ระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม พบว่าโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนที่มีอุณหภูมิสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของ triacylglycerolในพลาสม่าเลือดแดง ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเลือดแดงและดำ(A-V) และสัดส่วนการใช้ triacylglycerolโดยต่อมน้ำนมในกลุ่มโคนมลูกผสมทั้งสองกลุ่ม

ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน Thyroxine (T_4), Triiodotyronine (T_3), Cortisol และ Insulin like growth factor-I ในระยะกลาง และระยะท้าย ของการให้นม (ตารางที่ 11)

การเลี้ยงโคนมลูกผสมในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิดไม่มีผล ต่อระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน Thyroxin (T_4), Triiodotyronine (T_3), และ Insulin like growth factor-I ทั้งในระยะต้น ระยะกลาง และระยะท้ายของการให้นม ส่วนระดับความเข้มข้นของ Cortisol ในพลาสมาของโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดมีแนวโน้มมีค่าต่ำกว่าโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดทั้งระยะต้น ระยะกลางและระยะท้ายของการให้นม ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน Thyroxin (T_4), ในพลาสมาของโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดมีค่าต่ำกว่าโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดทั้งระยะต้น ระยะกลางของการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิแวดล้อมกระเปาะแห้ง (Dry bulb temperature) อุณหภูมิแวดล้อมกระเปาะเปียก (Wet bulb temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ภายในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิดและอัตราการหายใจที่เวลาประมาณ1400 น

		โรงเรือนเปิด	โรงเรือนปิด	โรงเรือน[1] เปิดVS ปิด
Dry bulb tem. (ºC)	Average	33.4±2.5	27.8±1.2	P<0.001
Wet bulb tem. (ºC)	Average	26.9±1.5	26.4±1.0	NS
Relative humidity (%)	Average	61.5±7.1	84.0±6.8	P<0.001
THI (%)	Average	85.0 ±4.9	80±2.8	P<0.05
Rectal temperature(ºC)	Average	39.7±0.6	38.7±0.5	P<0.01
Respiratory rate (breaths/min.)	Average	86±12	64±11	P<0.01

P-value[1]= เปรียบเทียบค่า P ระหว่างผลของการเลี้ยงโคนมลูกผสมในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด

ตารางที่4 แสดงผลอัตราการกินอาหารแห้งต่อวัน (DMI) อัตราการกินน้ำต่อวัน(WI) และน้ำหนักตัว ในระยะระยะต้น (Early Lactation) กลาง (Mid Lactation) และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นม ในโคนมลูกผสมของการเลี้ยงในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด

		โรงเรือนเปิด	โรงเรือนปิด	โรงเรือน[1] เปิดVS ปิด
DMI (kg /d)	Early Lactation	8.4 ± 2.1	10.5 ± 2.4	NS
	Mid Lactation	8.3±1.4	10.9±2.5	NS
	Late Lactation	8.1±0.6	11.4±2.4	P<0.01
WI (L/d)	Early Lactation	93.6± 35.77	57.2± 14.1	P<0.05
	Mid Lactation	84.4±27.5	54.4±15.7	P<0.05
	Late Lactation	75.3±19.4	60.0±12.5	P<0.05
BW (kg)	Early Lactation	360± 36	444± 72	NS
	Mid Lactation	358±33	396±42	NS
	Late Lactation	374±42	402±27	NS

P-value[1]= เปรียบเทียบค่า P ระหว่างผลของการเลี้ยงโคนมลูกผสมในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด

ตารางที่ 5 แสดงปริมาตรของพล่าสมาและปริมาตรเลือดในโคนมลูกผสม ที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิดและเลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดในระยะต้น ระยะกลาง และระยะท้ายของการให้นม

		โรงเรือนเปิด	โรงเรือนปิด	โรงเรือน[1] เปิดVS ปิด
Hematocrit (%)	Early lactation	26.1 ± 2.6	25.1± 2.7	NS
	Mid lactation	28.0 ± 2.7	29.1± 1.8	NS
	Late lactation	27.8±3.7	28.5± 2.3	NS
Plasma volume (L)	Earlylactation	19.00±3.13	25.21±2.88	P<0.01
	Mid lactation	19.69± 3.76	23.70 ± 4.79	P<0.05
	Late lactation	19.71±2.79	22.83±2.54	P<0.01
Plasma volume (L/100kg)	Earlylactation	5.32±1.08	5.72±0.58	NS
	Mid lactation	5.48 ± 0.86	5.98± 1.11	NS
	Late lactation	5.41± 1.05	5.80 ± 0.92	NS
Blood volume (L)	Earlylactation	23.77±5.89	33.72±4.40	P<0.01
	Mid lactation	26.57±5.45	33.68±7.05	P<0.05
	Late lactation	26.06±2.27	31.99±4.13	P<0.01
Blood volume (L/100kg)	Early lactation	7.20±1.4	7.62±0.52	NS
	Mid lactation	7.40 ± 1.20	8.50± 1.62	NS
	Late lactation	7.07± 0.46	7.82±1.19	NS
Plasma Osmolality ($mOsm/kgH_2O$)	Earlylactation	278.5 ±4.1	276.3±3.2	NS
	Mid lactation	270.8±3.7	273.0±5.3	NS
	Late lactation	272.0±1.0	274.2±2.8	NS

P-value[1]= เปรียบเทียบค่า P ระหว่างผลของการเลี้ยงโคนมลูกผสมในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด

ตารางที่ 6 แสดงปริมาตรของน้ำทั้งหมดภายในร่างกาย(TBW) ปริมาตรของของเหลวนอกเซลล์(ECF) ปริมาตรของเหลวภายในเซลล์(ICF) ของโคนมลูกผสมที่ เลี้ยงภายในโรงเรือนปิด และเลี้ยงภายในโรงเรือนเปิดในระยะต้น ระยะกลาง และระยะท้ายของการให้นม

		โรงเรือนเปิด	โรงเรือนปิด	โรงเรือน[1] เปิดVS ปิด
TBW (L)	Early Lactation	257.5±26.1	295.7±42.9	NS
	Mid Lactation	236.4±40.9	270.5±33.0	NS
	Late Lactation	265.2±40.7	282.9±44.7	NS
TBW (L/100kg)	Early Lactation	74.55±2.71	66.8±6.1	NS
	Mid Lactation	66.5±12.2	68.5±8.9	NS
	Late Lactation	70.6±5.2	69.4±9.5	NS
ECF (L)	Early Lactation	93.0±3.9	133.4±13.9	P<0.001
	Mid Lactation	103.7±7.5	119.3±8.3	P<0.01
	Late Lactation	105.2±17.7	124.9±14.5	P<0.05
ECF (L/100 kg)	Early Lactation	27.2±3.5	30.6±5.7	NS
	Mid Lactation	29.3±1.9	29.8±2.6	NS
	Late Lactation	28.2±3.2	29.6±2.3	NS
ICF (L)	Early Lactation	164.5±27.7	162.3±42.3	NS
	Mid Lactation	132.9±37.9	168.0±25.4	NS
	Late Lactation	160.2±41.1	157.3±43.4	NS
ICF (L/100kg)	Early Lactation	47.4±3.4	36.2±4.7	NS
	Mid Lactation	37.2±10.6	42.8±7.6	NS
	Late Lactation	42.3±8.4	38.4±9.6	NS

P-value[1] = เปรียบเทียบค่า P ระหว่างผลของการเลี้ยงโคนมลูกผสมในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด

ตารางที่7 ค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของโซเดียม (Na^+), โพแทสเซียม (K^+) และ คลอไรด์ (Cl^-) ไอออนในพลาสม่าในระยะต้น(Early Lactation) ระยะกลาง (Mid Lactation) และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นม ของโคนมลูกผสมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด

		โรงเรือนเปิด	โรงเรือนปิด	โรงเรือน[1] เปิดVS ปิด
Na^+ (mEq/L)	Early Lactation	132.8±2.6	135.8±2.5	NS
	Mid Lactation	134.8±1.6	134.8±3.2	NS
	Late Lactation	136.1±1.9	135.7±2.1	NS
K^+ (mEq/L)	Early Lactation	4.6±0.4	4.3±0.6	NS
	Mid Lactation	4.4±0.3	4.1±0.6	NS
	Late Lactation	3.9±0.6	3.8±0.4	NS
Cl^- (mEq/L)	Early Lactation	110.0±4.7	110.0±4.7	NS
	Mid Lactation	110.0±4.7	105.0±4.9	NS
	Late Lactation	102.5±3.4	100.3±5.7	NS

P-value[1]= เปรียบเทียบค่า P ระหว่างผลของการเลี้ยงโคนมลูกผสมในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด

ตารางที่ 8 อัตราการหลั่งน้ำนม และส่วนประกอบในน้ำนม ของโคนมลูกผสม ขณะให้นมในระยะต้น (Early Lactation) ระยะกลาง (Mid Lactation) และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นมในการเลี้ยงโคนมลูกผสมในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด

		โรงเรือนเปิด(6)	โรงเรือนปิด(6)	โรงเรือน[1] เปิดVS ปิด
Milk Yield (kg/day)	Early Lactation	12.6 ± 2.54	17.9 ± 2.84	P< 0.05
	Mid Lactation	11.8±3.15	16.1±4.52	P< 0.05
	Late Lactation	7.9±3.06	14.2±3.77	P< 0.01
Fat (gm%)	Early Lactation	4.04±2.08	3.73±0.52	NS
	Mid Lactation	3.38±0.70	3.28±0.65	NS
	Late Lactation	4.00 ±0.77	3.60±0.66	NS
Protein (gm%)	Early Lactation	3.32±0.18	3.35±0.12	NS
	Mid Lactation	3.19±0.24	3.43±0.24	NS
	Late Lactation	3.45±0.19	3.51±0.17	NS
Lactose (gm%)	Early Lactation	4.86±0.17	5.02±0.35	NS
	Mid Lactation	4.90±0.40	5.06±0.25	NS
	Late Lactation	4.81±0.30	4.79±0.38	NS
Total Solid (gm%)	Early Lactation	12.92±2.22	12.80±0.85	NS
	Mid Lactation	11.55±0.76	12.23±0.91	NS
	Late Lactation	12.71± 1.44	12.76 ±1.29	NS
Solid Not Fat (gm%)	Early Lactation	8.88±0.21	9.07±0.43	NS
	Mid Lactation	8.95 ± 0.48	9.18 ± 0.26	NS
	Late Lactation	8.91 ± 0.65	8.98 ± 0.65	NS

P-value[1]= เปรียบเทียบค่า P ระหว่างผลของการเลี้ยงโคนมลูกผสมในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด

ตารางที่ 9 ผลของการเลี้ยงโคนมลูกผสมในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด ต่อระดับความเข้มข้นในเลือดแดง (A), ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นในเลือดแดงและเลือดดำจากต่อมน้ำนม (A-V) และสัดส่วนเปอร์เซ็นต์โดยต่อมน้ำนม ของ acetic acid และß-Hydroxybutyric Acid ในระยะต้น (Early Lactation) ในระยะกลาง (Mid Lactation)และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นม

			โรงเรือนเปิด	โรงเรือนปิด	โรงเรือน[1] เปิดVS ปิด
Acetic Acid (mmol/L)	Early Lactation	A	0.78±0.08	0.82±0.19	NS
		V	0.49±0.32	0.20±0.05	NS
		A-V	0.58±0.10	0.62±0.17	NS
		% Extraction	73.8±8.6	74.9±6.59	NS
	Mid Lactation	A	1.01± 0.16	1.01±0.54	NS
		V	0.25±0.08	0.23±0.15	NS
		A-V	0.75±0.11	0.77±0.40	NS
		% Extraction	74.6 ± 8..0	77.7±5.4	NS
	Late-Lactation	A	0.79±0.52	0.87±0.51	NS
		V	0.19±0.15	0.25±0.21	NS
		A-V	0.60±0.56	0.62±0.41	NS
		% Extraction	72.5±6.1	69.0±17.8	NS
ß -Hydroxybutyric Acid (mmol/L)	Early Lactation	A	0.89±0.19	1.24±0.25	P<0.05
		V	0.57±0.18	0.90±0.19	P<0.05
		A-V	0.33±0.14	0.34±0.11	NS
		% Extraction	37.0±14.8	27.3±6.9	NS
	Mid Lactation	A	1.61±0.45	1.04±0.46	P<0.05
		V	0.97±0.40	0.54±0.39	NS
		A-V	0.64±0.19	0.46±0.11	NS
		% Extraction	40.0±5.1	41.8±18.5	NS
	Late-Lactation	A	1.99±0.92	1.11±0.09	P<0.05
		V	1.12±0.18	0.68±0.13	P<0.001
		A-V	0.88±0.78	0.43±0.07	NS
		% Extraction	46.2±15,6	38.9±8.3	NS

P-value[1]= เปรียบเทียบค่า P ระหว่างผลของการเลี้ยงโคนมลูกผสมในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด

ตารางที่ 10 ผลของการเลี้ยงโคนมลูกผสมในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด ต่อระดับความเข้มข้นในเลือดแดง (A), ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นในเลือดแดงและเลือดดำจากต่อมน้ำนม (A-V) และสัดส่วนเปอร์เซ็นต์โดยต่อมน้ำนม ของ glucose และ Triglycerides ในระยะต้น (Early Lactation) ระยะกลาง (Mid Lactation) และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นมในโคนมลูกผสม

			โรงเรือนเปิด	โรงเรือนปิด	โรงเรือน[1] เปิดVS ปิด
Glucose (mg%)	Early-lactation	A	60.9± 3.9	83.49± 12.15	
		V	46.8±3.4	64.13 ± 10.63	
		A-V	14.1±7.3	19.36± 6.87	NS
		% Extraction	23.4±12.6	23.11± 8.15	NS
	Mid-lactation	A	65.27±2.55	67.15±4.31	NS
		V	51.09±2.56	52.46±4.16	NS
		A-V	14.18±2.18	14.68±2.46	NS
		% Extraction	22.0±3.0	21.9±3.4	NS
	Late-lactation	A	61.69±2.83	62.46±3.67	NS
		V	51.77±2.33	50.56±5.14	NS
		A-V	9.92±1.68	11.90±2.48	NS
		%Extraction	16.05±2.42	19.2±4.3	NS
Triglycerides (mg%)	Early-lactation	A	13.3± 8.7	11.8± 7.1	NS
		V	10.0± 9.9	5.5± 2.7	NS
		A-V	3.3± 1.4	6.3± 5.7	NS
		% Extraction	33.8± 19.7	49.4± 14.2	NS
	Mid-lactation	A	12.7±3.9	12.5±2.3	NS
		V	7.0±4.1	9.1±1.7	NS
		A-V	5.7±4.2	3.4±2.4	NS
		% Extraction	42.1±18.1	25.9±15.2	NS
	Late-lactation	A	13.3±6.6	8.63±1.99	NS
		V	10.3±6.2	6.14±2.24	NS
		A-V	2.7±1.5	2.49±1.14	NS
		% Extraction	30.1±3.2	29.7±13.8	NS

P-value[1] = เปรียบเทียบค่า P ระหว่างผลของการเลี้ยงโคนมลูกผสมในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด

ตารางที่11 แสดงผลของการเลี้ยงโคนมลูกผสมในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด ต่อระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน Thyroxine (T_4), Triodotyronine (T_3), Cortisol และ Insulin like growth factor-I ในระยะต้น (Early Lactation) ระยะกลาง (Mid Lactation)และระยะท้าย (Late Lactation) ของการให้นมในโคนมลูกผสม

		โรงเรือนเปิด	โรงเรือนปิด	โรงเรือนเปิดVS ปิด[1]
	Early	11.28±3.28	7.26±0.94	P<0.05
T_4	Mid	11.28±3.28	8.05±1.42	P<0.05
(µg/dl)	Late	9.34±2.86	7.21±1.41	NS
	Early	167.7±32.5	173.5±22±	NS
T_3	Mid	172.7±43.4	186.5±34.1	NS
(ng/dl)	Late	176.5±25.3	150.4±10.6	NS
	Early	2.53±1.82	0.80±0.26	NS
Cortisol	Mid	1.10±0.63	0.58±0.46	NS
(µg/dl)	Late	0.88±0.58	0.64±0.29	NS
	Early	98.40±57.67	57.20±33.95	NS
IGF-I	Mid	81.54±31.26	86.14±22.95	NS
(ng/ml)	Late	99.80±9.99	80.58±22.03	NS

P-value[1]= เปรียบเทียบค่า P ระหว่างผลของการเลี้ยงโคนมลูกผสมในโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด

อภิปรายผล

การศึกษาผลของอุณหภูมิแวดล้อมพบว่าในช่วงบ่าย (13.00-14.00 น.) เป็นช่วงที่มีค่าอุณหภูมิสูงสุด จากการวัดอุณหภูมิแวดล้อมโดยเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งในโรงเรือนเปิด จะมีค่ามากกว่าโรงเรือนปิดอย่างมีนัยสำคัญ แต่ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนปิดจะมีมากกว่าของโรงเรือนเปิด จากการวัดค่าดัชนีอุณหภูมิความชื้น (THI)ซึ่ง จะเป็นดัชนีบ่งชี้การเกิดความเครียดในสัตว์ เป็นผลจากการคำนวณจากค่าอุณหภูมิแวดล้อมกับค่าความชื้นสัมพัทธ์ ปรากฏว่าค่า THI ในโรงเรือนเปิดมีค่าสูงกว่าในโรงเรือนปิด แต่อย่างไรก็ตามค่า THIภายในโรงเรือนทั้งสองแบบยังอยู่ในระดับกลาง ที่ยังมีผลทำให้โคนมที่เลี้ยงอยู่ในสภาพสภาวะแวดล้อมดังกล่าวเกิดความเครียดได้ (Haln and Mader, 1997)

การศึกษาในครั้งนี้ เป็นโคนมลูกผสมสายพันธุ์ขาวดำ 87.5% เหมือนกันทั้ง 2 กลุ่มที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดและโรงเรือนเปิด ดังนั้นผลการตอบสนองทางสรีรวิทยาจากตัวสัตว์ที่แตกต่างกันจากการศึกษาในครั้งนี้ไม่ใช่เป็นผลจากสายพันธุ์ ซึ่งมีการรายงานโคที่มีสายพันธุ์ที่ต่างกันจะมีความทนต่อสภาพแวดล้อมอุณหภูมิสูงโคแตกต่างกันใน(Yeck and Stewart, 1959) จากค่าดัชนี THI ที่มีค่าสูงภายในโรงเรือนเปิด โคนมจะมีการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมอุณหภูมิสูงเพื่อรักษาดุลความร้อนภายในร่างกาย (Yousef, 1985)โดยการเพิ่มอัตราการหายใจ ทำให้มีการระบายความร้อนออกทางปอดส่วนต้นๆด้วยวิธีการระเหยของน้ำ(evaporative heat loss)มากขึ้น(Thatcher and Collier,1986) การเพิ่มอัตราการหายใจทำให้มีการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น(McDowell et al, 1972) ดังนั้นการตอบสนองของร่างกายของโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดในสภาพอุณหภูมิสูง ทำให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจและอุณหภูมิทางทวารหนักเพิ่มขึ้น การตอบสนองของร่างกายเพื่อระบายความร้อนออกจากร่างกายโดยทางระบบหายใจเป็นส่วนใหญ่ มากกว่าการระบายความร้อนโดยผ่านทางเหงื่อ ดังนั้นการเพิ่มอัตราการหายใจทำให้เกิดการสูญเสียของน้ำออกจากร่างกาย รวมทั้งมีการสูญเสียน้ำจากร่างกายโดยทางน้ำนม จึงทำให้สัตว์ต้องการน้ำเพิ่มขึ้นเพื่อชดเชยการสูญเสียน้ำดังกล่าว จึงทำให้โคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดในสภาพอุณหภูมิสูงมีอัตราการกินน้ำต่อวันมากกว่าในโรงเรือนปิด ผลจากการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของBernabucci และคณะ(1999)โดยโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดจะมีอัตราการกิน

น้ำมากกว่าและอัตราการกินอาหารแห้งน้อยกว่าโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิด การตอบสนองของโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดที่มีระบบลดความร้อนภายในโรงเรือนด้วยวิธีการระเหยของน้ำจะมีอัตราการหายใจและ อุณหภูมิทางทวารหนักต่ำกว่าโคในโรงเรือนปิด(Abelardo et al., 2004; Armstrong et al., 1993; Chen et al., 1993 and Huber et al., 1994). การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทางทวารหนักจากผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแวดล้อมสูงในโคนมเชื่อว่าจะใช้เป็นตัวบ่งชี้ในการปรับดุลอุณหภูมิของร่างกายซึ่งจะมีผลต่อการในเจริญเติบโต ระยะให้นม ในโคนมถ้าอุณหภูมิทางทวารเพิ่มขึ้น 1 ซ จะมีผลลดอัตราการกินและผลผลิตน้ำนม (West, 1999) ในสภาพปกติอัตราการหายใจของโคนมอยู่ระหว่าง15-30 ครั้ง/นาที การเพิ่มอัตราการหายใจ80-90 ครั้ง/นาที ถือว่าสัตว์อยู่ในภาวะเครียด(Stowell, 2000) การเพิ่มอัตราการหายใจจะสัมพันธุ์ในเชิงบวกกับอุณหภูมิแวดล้อม(Eigenberg et al ,1999) การเพิ่มอัตราการหายใจและอุณหภูมิทางทวารในช่วงระยะการทดลองของโคนมในโรงเรือนเปิดมีค่าสูงกว่าในโรงเรือนปิดอย่างชัดเจน แสดงว่าโคมีความเครียดกับอุณหภูมิแวดล้อมสูง การเพิ่มอัตราการกินน้ำเป็นการตอบสนองทางสรีรวิทยาในภาวะที่สัตว์อยู่ในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิสูง จากผลการศึกษาพบว่าอัตราการกินน้ำและอัตราการกินน้ำต่ออัตราการกินของโคนมในโรงเรือนเปิดมีค่าสูงกว่าโคนมในโรงเรือนปิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.01$). (NRC, 1989).

จากผลของการศึกษาโคนมที่เลี้ยงโรงเรือนเปิดที่มีอุณหภูมิสภาพแวดล้อมสูง อัตราการกินอาหารแห้ง และอัตราการหลั่งน้ำนมจะต่ำกว่าโคนมที่เลี้ยงโรงเรือนปิด จากผลดังกล่าว จึงเป็นคำถามว่าอัตราการหลั่งน้ำนมที่ต่ำกว่าของโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดเป็นผลจากอุณหภูมิแวดล้อมที่สูงหรือเป็นผลจากการกินอาหารน้อยลง จากผลของอุณหภูมิแวดล้อมที่สูงมีการศึกษาพบว่าการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนในโคนมที่ให้กินอาหารตลอดเวลา และเลี้ยงในโรงเรือนที่มีสภาพแวดล้อมอุณหภูมิ 32 ° ซ พลังงานภายในร่างกายที่ได้จากผลการหลั่งน้ำนมจะลดต่ำกว่าพลังงานที่ได้จากผลการย่อยอาหาร แสดงให้เห็นว่าที่ภาวะเครียด จากอุณหภูมิแวดล้อมที่ร้อน32 ° ซ จะมีผลต่อการขับหลั่งน้ำนมมากกว่าผลต่อการใช้พลังงานไปในการกินอาหาร (McDowell, 1972) มีการศึกษาโดยการให้อาหารผ่านท่อเข้าสู่กระเพาะรูเมน (Rumen fistula) แทนการปล่อยให้โคกินอาหารตามปกติที่เลี้ยงในสภาพแวดล้อมอุณหภูมิที่18 ° ซ จะพบมีการหลั่งน้ำนมมากกว่ากลุ่มโคที่ปล่อยให้กินอาหารตามปกติที่อุณหภูมิ 31 ° ซ (Johnson et al. 1966) แสดงให้เห็นว่า

อุณหภูมิสภาพแวดล้อมจะมีผลต่ออัตราการหลั่งน้ำนมที่ลดลง ที่เป็น ผลจากการกินอาหารที่น้อยลง ในโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดการกินอาหารที่น้อยลงจะเป็นผลทำให้การนำสารอาหารไปยังต่อมน้ำนมเพื่อการสังเคราะห์นมลดลงด้วย โดยเฉพาะเชื่อว่ากรดไขมันในน้ำนมที่มีความยาวโซ่ธาตุคาร์บอนสั้นจากผลของการย่อยอาหารโดยขบวนการหมักก็น่าจะลดลงด้วย แต่อย่างไรก็ตามจากผลของการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ความเข้มข้นของสารอาหารหลักในเลือดแดงที่ไปยังต่อมน้ำนมและมีผลต่อการสร้างส่วนประกอบน้ำนม เช่น อาซีเตท บิวทาเลต กลูโคส ไตรกลีเซอไรด์ ไม่เปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิด และโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิด ดังนั้น ปัจจัยภายนอกต่อมน้ำนม เช่นอัตราการไหลของเลือดสู่ต่อมน้ำนมน่าจะลดลง หรืออุณหภูมิแวดล้อมสูงจะมีผลต่อการทำงานของต่อมน้ำนมโดยตรงหรือเป็นผลจากปัจจัยร่วมรวมกัน น่าจะมีการศึกษาต่อไป

ในการสังเคราะห์น้ำนมปริมาณเลือดที่ไหลเข้าสู่ต่อมน้ำนมเป็นปัจจัยสำคัญที่จะนำสารอาหารเพื่อใช้ในขบวนการสังเคราะห์น้ำนม ปริมาณเลือดที่ไหลเข้าสู่ต่อมน้ำนมขึ้นอยู่กับปริมาตรของเหลวภายในร่างกาย จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ปริมาณเลือดและพลาสม่า ปริมาณน้ำนอกเซลล์ ของกลุ่มโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดมีค่ามากกว่ากลุ่มโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิด(รูปที่ 1) แต่ถ้าคิดเป็นสัดส่วนของน้ำหนักตัวจะมีค่าไม่แตกต่างกัน จากผลของการศึกษา แสดงว่าผลของอุณหภูมิแวดล้อมจะ มีผลต่อระดับของเหลวภายในร่างกาย ที่อาจมีส่วนช่วยเพิ่มอัตราการไหลของเลือดสู่ต่อมน้ำนมมากขึ้น การระบายความร้อนออกจากร่างกายของโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดจะเป็นการถ่ายเทความร้อนสู่รอบตัวสัตว์ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า และในโรงเรือนปิดที่เป็นระบบevapolative cooling จะมีความชื้นสัมพัทธ์สูง ทำให้การระบายความร้อนโดยทางการหายใจจากตัวสัตว์เป็นไปได้ยากขึ้น การสูญเสียของน้ำออกจากร่างกายทางระบบหายใจจึงน่าจะมีน้อยกว่าโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิด ที่มีการระบายความร้อนจากร่างกายโดยวิธีการระเหยน้ำ(evaporative cooling) จากอัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้นและทางเหงื่อ (McClean,1963)เมื่ออยู่ ในสภาพแวดล้อมอุณหภูมิสูง แต่โคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดจะมีอัตราการกินน้ำมากขึ้นด้วย สัตว์จึงมีการปรับตัวในการรักษาสภาพสมดุลร่างกาย(homeostasis)โดยค่าออสโมลาลิตี้(osmolality)ในพล่าสมาไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะการให้นม

จากการศึกษาในครั้งนี้โคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดและกลุ่มโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดจะไม่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของกลูโคสในพลาสม่าเลือดแดง ผลต่างของความเข้มข้นของกลูโคส (A-V difference) ที่ถูกนำไปใช้โดยต่อมน้ำนมรวมทั้งค่าสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของกลูโคสที่ถูกนำไปใช้โดยต่อมน้ำนมจะไม่แตกต่างกันระหว่างระยะต่างๆ ของการให้นมในโคนมทั้ง2กลุ่ม อัตราการเคลื่อนของกลูโคสเข้าสู่เซลล์ ของต่อมน้ำนมจะมีขีดจำกัด (Chaiyabutr et al 2007) ขึ้นกับปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องเช่นอัตราการไหลของเลือดสู่ต่อมน้ำนม ซึ่งน่าจะมีมากกว่าในโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดปริมาณการใช้กลูโคสต่อหน่วยเวลาจะมีมากกว่า กลูโคสนอกจากจะถูกนำใช้ไปเป็นพลังงานภายในเซลล์แล้ว กลูโคสยังเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสังเคราะห์แลคโตสในต่อมน้ำนม ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในน้ำนม ในขบวนการสังเคราะห์แลคโตสภายใน golgi vesicle ของเซลล์ จะมีการดึงน้ำตามแรงดันออสโมซิสของแลคโตส ทำให้น้ำเคลื่อนตามการขับหลั่งของแลคโตสด้วย (Linzell and Peaker, 1971) จึงพบว่าความเข้มข้นของแลคโตสในน้ำนมไม่เปลี่ยนแปลง แม้อัตราการหลั่งน้ำนมไม่เท่ากันระหว่างกลุ่มโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดที่มีมากกว่ากลุ่มโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิด

จากการศึกษาความเข้มข้นของ อะซิเตท ในพลาสม่าจากเลือดแดง ผลต่างของความเข้มข้นของอะซิเตท (A-V difference) และเปอร์เซ็นต์ของอะซิเตทที่ถูกนำไปใช้โดยต่อมน้ำนมไม่พบความแตกต่างระหว่างโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดและกลุ่มโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิด อะซิเตทจะเป็นสารอาหารที่ถูกใช้ในการสังเคราะห์ไขมันนมที่มีกรดไขมันที่มีความยาวของโซ่คาร์บอนอะตอมขนาดสั้นและขนาดกลาง และอะซิเตทยังเป็นสารที่ให้พลังงาน ATP ในวงจรเครบส์ (Creb cycle) และให้ NADPH โดยผ่านเอ็นไซม์ isocitrate dehydrogenase ใน cytosol ของเซลล์ต่อมน้ำนม จากผลของการศึกษาชี้ให้เห็นว่าอะซิเตทเป็นสารที่ช่วยเสริมในกระบวนการสร้างไขมันนม การสังเคราะห์ ไขมันนม ที่มีความยาวโซ่ธาตุคาร์บอนขนาดสั้นนอกจากเป็นจากระดับความเข้มข้นของอะเซเตทในพล่าสมาแล้ว สารบิวทาเลตในเลือดจะเป็นสารที่ถูกนำไปสังเคราะห์ไขมันนมเช่นเดียวกับอะเซเตท การศึกษาในครั้งนี้ ระดับความเข้มข้นของเบต้าไฮดรอกซี่บิวทาเลตในเลือดแดงของโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดมีค่าต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นของเบต้าไฮดรอกซี่บิวทาเลตกของลุ่มโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิด ระดับเบต้าไฮดรอกซี่บิวทาเลตที่เพิ่มขึ้นในเลือดของกลุ่มโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดในระยะกลาง และระยะท้ายของการ

ให้นมน่าจะเป็นผลจากอุณหภูมิแวดล้อมที่แตกต่างกัน ไม่ใช่เป็นผลจากร่างกายขาดแคลนสารอาหารทำให้ร่างกายได้รับพลังงานจากอาหารไม่พอเพียง โดยระดับความเข้มข้นของไตรกลีเซอไรด์ในเลือดไม่เปลี่ยนแปลง

การศึกษาในครั้งนี้มีการให้อาหารผสมรวมระหว่างอาหารข้นและอาหารหยาบ (TMR)แก่โคนมที่มีสัดส่วนเท่ากันตลอดการทดลองแก่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดและโรงเรือนเปิด ผลของการให้อาหารที่มีสัดส่วนอาหารข้นและอาหารหยาบจะมีผลต่ออัตราการกินและต่อผลผลิตน้ำนมระหว่างโคนมทั้งสองกลุ่ม ยังไม่เด่นชัด แม้จะมีรายงานว่าการให้อาหารที่มีโปรตีนสูงแก่โคนมที่เลี้ยงอยู่ในสภาพอุณหภูมิแวดล้อมสูงอาจทำให้อัตราการกินได้และผลผลิตน้ำนมสูงขึ้น (Hassan and Roussel ,1975) และการให้อาหารหยาบที่มีเยื่อใยสูงแก่โคนมทำให้โคนมไม่ทนต่อสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง (Leighton and Rupel,1956) ทั้งนี้เพราะร่างกายโคจะมีการสร้างความร้อนในร่างกายเพิ่มขึ้นจากผลของการทำงานขณะกินอาหารหยาบจากผลการเคี้ยวเอื้อง การหมัก และการย่อยอาหารหยาบมากขึ้นทำให้ความร้อนเพิ่มขึ้นภายในร่างกายแต่อย่างไรก็ตามการให้อาหารหยาบในปริมาณที่น้อยก็จะมีผลต่อกระบวนการสร้างไขมันนมแม้ปริมาณน้ำนมจะเพิ่มขึ้นโดยเชื่อว่าเป็นผลจากสัดส่วนของกรด acetic : propionic ลดลง

ในภาวะอุณหภูมิแวดล้อมสูง ร่างกายจะมีการตอบสนองต่อการทำงานของต่อมไร้ท่อ เช่น ต่อมธัยรอยด์จะมีการหลั่งฮอร์โมน ธัยรอกซินลดลงซึ่งเชื่อว่าจะมีผลทางอ้อมต่ออัตราการกินได้แต่อย่างไรก็ตามมีการทดลองให้อาหารผ่านท่อเข้าสู่กระเพาะรูเมนแทนการกินในโคนมที่อยู่ในอุณหภูมิสภาพแวดล้อมสูงการทำงานของต่อมธัยรอยด์ก็ยังลดลง (Johnson and Vanjonack, 1976; Magdub et al., 1982) แต่มีการศึกษาโดยการฉีด ฮอร์โมนธัยรอกซิน(T4) หรือ ไตรไอโอไทโรนิน (T3) ให้แก่โคนมทำให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น จากผลการศึกษาในครั้งนี้ในโคนมในโรงเรือนปิดและเปิด ปรากฏว่าระดับ ความเข้มข้นของ)ไตรไอโอไทโรนิน (T3) ไม่แตกต่างกันทั้งสองกลุ่ม ดังนั้นแม้นอุณหภูมิแวดล้อมในโรงเรือนปิดจะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิที่อยู่ในโรงเรือนเปิดแต่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนปิดสูงกว่าโรงเรือนเปิด ดังนั้นค่า THI ระหว่างโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิดจึงมีค่าไม่แตกต่างกันมาก ค่า THI จึงอาจจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงภาวะเครียดระหว่างโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดและเปิด ระดับ T_4ในพลาสมาของโคนมในโรงเรือนปิดมีค่าต่ำกว่าในโคนมในโรงเรือนเปิด เป็นไปได้ว่าต่อมน้ำนมมีการใช้ iodine ไปยังต่อมน้ำนมมากขึ้นขณะมีการ

หลั่งน้ำนมมากกว่า(Johnson and Vanjonack, 1976) จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าระดับ IGF-Iในพลาสมาของโคนมในโรงเรือนปิดและโคนมในโรงเรือนเปิดไม่แตกต่าง แม้มีการรายงานว่าอัตราการหลั่งน้ำนมเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการเพิ่มของระดับIGF-I และอัตราการไหลของเลือดสู่ต่อมน้ำนมเพิ่มมากขึ้น เมื่อให้ growth hormoneในแพะนมและวัวนม (Davis et al. 1988; Hart et al. 1980) รวมทั้งในโคนมลูกผสมที่ให้ recombinant bovine somatotropin (Tanwattana et al. 2003; Chaiyabutr et al. 2005) จึงน่าจะมีปัจจัยอื่นในเลือดที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการหลั่งน้ำนมของโคนมในโรงเรือนปิด จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลง คอร์ติซอลในพลาสมาของโคนมในโรงเรือนปิดต่ำกว่าของโคนมในโรงเรือนเปิด จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าโคนมลูกผสมที่เกิดภายในประเทศไทยซึ่งมีอุณหภูมิสภาพแวดล้อมสูง ได้มีการปรับตัว เข้ากับสภาพแวดล้อม ซึ่งความแตกต่าง ของการเปลี่ยนแปลง คอร์ติซอลในพลาสมาของโคนมในโรงเรือนปิดมีค่าต่ำกว่าในโคนมในโรงเรือนเปิดน่าจะเป็นผลของการอยู่ในสภาพแวดล้อมอุณหภูมิสุงนาน

ผลการศึกษาสรุปได้ว่าการเลี้ยงโคนมลูกผสม Holstein Friesian ภายในโรงเรือนปิด มีการตอบสนองของร่างกายต่อสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิไม่สูงเกินไปจะมีผลเพิ่มปริมาณการกินได้ ทำให้มีการเพิ่มผลผลิตน้ำนมอย่างชัดเจน แต่ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของน้ำนม การตอบสนองของร่างกาย ส่วนหนึ่งเป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของ ปริมาตรของเลือด ปริมาตรของน้ำนอกเซลล์ (Extra cellular fluid)ในการนำสารอาหารสู่ต่อมน้ำนม การลดการขับหลั่งน้ำนมในระยะท้ายของการให้นม เกิดจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยภายในต่อมน้ำนม

เอกสารอ้างอิง

AOAC (1991) Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of analysis, Arlington, Virginia, USA

Abelardo CC, Armstrong D, Ray D, DeNise S, Enns M, Howison C (2004) Thermoregulatory responses of Holstein and Brown Swiss heat-stressed dairy cows to two different cooling systems. Int J Biometeorol 48 (3) :142-148

Armstrong DV (1994) Heat stress interaction with shade and cooling. J Dairy Sci 77: 2044-2050

Armstrong DV, DeNise SK, Delfino FJ, Hayes EJ, Grundy PJ, Montgomery S, Correa A (1993) Comparing three lactational performances of Holstein cows in hot weather. J Dairy Sci 64:844–849

Armstrong DV, Weirsma F, Fuhrman TJ, Tappan JM, Cramer SM (1985) Effect of evaporative cooling under a corral shade on reproduction and milk production in a hot climate. J Dairy Sci 68:167.(Abstr.)

Beede, D K, and Collier R J (1986). Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. J. Anim. Sci. 62: 543–554

Bernabucci U, Bani P, Ronchi B, Lacetera N, Nardone A (1999) Influence of short and long term exposure to a hot environment on rumen passage rate and diet digestibility by Friesian heifers. J Dairy Sci 82: 967-973

Bodman, GR (1983). Non-mechanical ventilation designing for function. DairyHousing II: 129

Buffinton , D. E., Colazo-Arocho, A., Canton, G. H. (1981). Black-globe humidity index (BGHI as comfort equation for dairy cows). Trans. Am. Soc. Agric Eng. 24(4): 711.

Chaiyabutr N, Thammacharoen S, Komolvanich S, Chanpongsang S (2007) Effects of long term exogenous bovine somatotropin on nutrients uptake by the mammary glands of crossbred Holstein cattle in the tropics. Asian Aust J Anim Sci 20(9): 1407-1416

Chaiyabutr N, Thammacharoen S, Komolvanich S, Chanpongsang S. (2005) Effects of long-term administration of recombinant bovine somatotropin on milk production

and insulin like growth factor-I, plasma levels of insulin and it's metabolites in crossbred Holstein cattle. J Agri Sci (Camb) 143 **:** 311-318

Chen KH, Huber JT, Theurer CB, Armstrong DV, Wanderly RC, Simas JM, Chan SC. Sullivan J L (1993) Effect of protein quality and evaporative cooling on lactational performance of Holstein cows in hot weather. J Dairy Sci 76: 819-825

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

Davis SR, Collier RJ, McNamara JP, Head HH, Sussman W (1988) Effects of thyroxine and growth hormone treatment of dairy cows on milk yield, cardiac output and mammary blood flow. J Anim Sci 66:70-79

Eigenberg, R A, Hahn GL, Nienaber JA, Brown-Brandl TM, Spiers DE (1999). Development of a new respiration rate monitor for cattle. Trans. ASAE. 43: 723 - 728

Hahn GL, Mader TL (1997) Heat waves in relation to thermoregulation, feeding behavior and mortality of feedlot cattle. In: Proceedings of the 5th International Livestock Environment Symposium Minneapolis, 29-31 May. ASAE, St Joseph, Mich, pp. 563 - 567

Hart I.C, Lawrence SE, Mepham TB (1980) Effect of exogenous growth hormone on mammary blood flow and milk yield in lactating goats. J Physiol 308: 46-47

Huber JT, Higginbotham G, Gomez Alarcon RA, Taylor RB, Chen KH, Chan SC, Wu. Z (1994) Heat stress interactions with protein, supplemental fat and fungi cultures. J Dairy Sci 77: 2080-2090

Johnson HD, Kibler HH, Berry IL, Wayman O,Merilan CP (1966). Temperature and controlled feeding effects on lactation and related physiological reaction of cattle. Res. Bull. Mo. Agric. Exp. Stn. 902

Johnson HD, Vanjonack WJ (1976) Effects of environmental and other stressors on blood hormone patterns in lactating animals. J Dairy Sci 59: 1603-1617

Leighton RE, Rupel IW (1956). Effects of fiber content of the ration on milk production and hot weather discomfort of producingdairy cows. J. Dairy Sci. 39 : 937

Linzell JL, Peaker M (1971) Mechanisms of milk secretion. Physiol Rev 51 : 564-597.

McClean JA (1963). The partition of insensible losses of body weight and heat from cattle under various climatic conditions. J. Physiol.(London). 167:427

Magdub A, Johnson HD, Belyea RL (1982) Effect of environmental heat and dietary fiber on thyroid physiology of lactating cows. J Dairy Sci 65:2323-2331

Maust LE, McDowell RE, Hooven N W (1972). Effect of summer weather on performance of Holstein cows in three stages of lactation. J. Dairy Sci. 55: 1133

McDowell RE(1972) Improvement of livestock production in warm climates. W. H. Freeman and Co., San Francisco, California

McDowell GH, Gooden JM, Leenanuruksa D, Jois M, English AW (1987) Effects of exogenous growth hormone on milk production and nutrient uptake by muscle and mammary tissues of dairy cows in mid lactation. Austr J Biol Sci 40: 295-306

Medway W, Kare MR (1959) Thiocyanate space in growing domestic fowl. Am J Physiol 196: 873-875

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

Ryan PD, Boland MP, Kopel E, Armstrong D, Minyakasi L, Godke RA, Ingraham RH (1992) Evaluating two different evaporative cooling management systems for dairy cows in hot, dry climates. J Dairy Sci 75:1052–1059

Stowell RR (2000). Heat stress relief and supplemental cooling. In: Dairy housing and Equipment Systems Conf. Proc. Publ. N0 129 of the natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES). Agricultural and Biological Engineering Department, Cornell University, Ithaca, NY.

Tanwattana P, Chanpongsang S, Chaiyabutr N (2005) Effects of exogenous bovine somatotropin on mammary function of late lactating crossbred Holstein cows. Asian-Aust J Anim Sci 16(1): 88-95

Teles FFF, Young CK, Stull JW (1978) A method for rapid determination of lactose. J Dairy Sci 61: 506-508

Thatcher WW, Collier RJ (1986). Effects of climate on bovine reproduction. In: Marrow, D. A. Current Therapy in Theirogenology 2. pp. 301 – 309. W. B. Saunders. Philadelphia

West J W (1999). Nutritional strategies for managing the heat stressed dairy cow. J. Anim. Sci. 77: 21–35.

West JW (1994) Interactions of energy and bovine somatotropin with heat stress. J Dairy Sci 77: 2091-2102

Weiss HS, (1958) Application to the fowl of the antipyrine dilution technique for the estimation of body composition. Poultry Sci. 37: 484-489

Worstell,D. M. and Brody, S. (1953) Comparative Physiological reactions of European and Indian cattle to changing temperature. Res. Bull. Mo. Agric. Exp. Stn. 515.

Yeck RG, Stewart R E(1959). A ten year summary of the psyhroenrugetic laboratory dairy cattle research at the university of Missuri Transactions of ASAE. 2(1): 71

Yousef MK. (1985) Heat production: Mechanisms and regulation In: Yousef MK (ed). Stress Physiology in Livestock (vol 1). CRC. Press Inc., Boca Raton, Florida. U.S.A., pp47-54