

การให้อาหารหมักจากวัสดุเศษเหลือแบบจำกัดต่อประสิทธิภาพการผลิต และต้นทุนทางเศรษฐกิจในโคนมสาวทดแทน

Restricted Feeding of Ensiled Crop Residue on Production and Economic Cost in Dairy Replacement Heifer

อาทิตย์ ปัญญาศักดิ์^{1*} สมเกียรติ ประสานพานิช² และ ศรเทพ ธัมวาสร²
Arthit Panyasak^{1*}, Somkiert Prasanpanich² and Sornthep Tumwasorn²

¹สาขาวิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University,
Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

²สาขาวิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

²Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

* Corresponding author: boy_agri@hotmail.com

(Received: 10 January 2017; Accepted: 27 July 2017)

Abstract: This study aimed to investigate the effect of restricted feeding of ensiled crop residue (ECR) on dairy replacement production and economic cost. The completely randomized design was employed on 87.50-93.25% Holstein Friesian crossbred dairy replacement female from 63 heifers and divided into 3 groups each of 21 animals. The initial body weights of all heifers averaged 288.95 ± 10.54 kilograms and final weight averaged of 320.39 ± 3.11 kilograms under 90 days feeding period. There were 3 groups were fed with corn by-products silage, rice straw and concentrate at 10, 3 and 3 kg/head/day (T1; Control group), ECR, rice straw and concentrate at 8, 2 and 3 kg/head/day (T2) and ECR and concentrate at 14 and 2 kg/head/day (T3). All heifers received concentrate with 14 %CP throughout the period of the study. The result showed that heifers in 3 groups had no difference in body weight changes and average daily gain. The body condition score change of heifer in group 3 had higher (0.64 ± 0.03) than those in groups 1 and 2 ($P < 0.01$). Total dry matter intake and total dry matter intake of protein in all groups were significantly ($P < 0.01$). The apparent digestibility of nutrient of the three groups were in the same levels ($P > 0.05$). Heifer in group 3 had higher digestible energy, metabolizable energy and total digestible nutrient ($P > 0.05$). Blood glucose, blood urea nitrogen and triiodothyronine found to be in normal range ($P > 0.05$). The total production costs per head of the 3 groups found to be $17,277.14 \pm 59.20$, $17,512.55 \pm 59.49$ and $18,109.66 \pm 58.89$ baht/head ($P < 0.01$) and total production costs per weight gain of group 3 lower than those in group 2.

Keywords: Corn by-products silage, agro-industry, ensiled crop residue, replacement heifer

บทคัดย่อ: การทดลองนี้ทำการศึกษาอิทธิพลของการให้อาหารหมักจากวัสดุเศษเหลือ (ensiled crop residue, ECR) แบบจำกัดต่อประสิทธิภาพการผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในโคนมสาวทดแทน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ใช้โคนมสาวทดแทนพันธุ์ลูกผสมโฮลส์ไตน์ฟรีเซียน 87.50-93.25% เพศเมีย จำนวน 63 ตัว แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 7 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 288.95 ± 10.54 กิโลกรัม และน้ำหนักสิ้นสุดเฉลี่ย 320.39 ± 3.11 กิโลกรัม ใช้เวลาตลอดการทดลอง 90 วัน โดยโคกลุ่มที่ 1 (ควบคุม) ได้รับเศษข้าวโพดหมัก ฟางข้าว และอาหารข้น (10, 3 และ 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน) กลุ่มที่ 2 ได้รับ ECR ฟางข้าว และอาหารข้น (8, 2 และ 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน) กลุ่มที่ 3 ได้รับ ECR และอาหารข้น (14 และ 2 กิโลกรัม/ตัว/วัน) ให้โคทั้งสามกลุ่มได้รับอาหารแบบจำกัดตามเงื่อนไขที่สหกรณ์กำหนด โคทุกตัวได้รับอาหารข้นที่มีระดับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาประสิทธิภาพการผลิต พบว่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย ทั้งสามกลุ่มไม่ต่างกัน การเปลี่ยนแปลงคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายของกลุ่มที่ 3 เท่ากับ 0.64 ± 0.03 มากกว่ากลุ่มที่ 1 และ 2 ($P < 0.01$) ปริมาณวัตถุดิบที่ได้รับทั้งหมดและปริมาณโปรตีนที่ได้รับ ในแต่ละกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) จากการศึกษาการย่อยได้ปรากฏของโภชนะ ในทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มที่ 3 มีพลังงานย่อยได้ พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ และโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด สูงกว่าทั้งสองกลุ่ม ($P > 0.05$) จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเลือด พบว่ากลูโคสในเลือด ยูเรียไนโตรเจนในเลือด และฮอร์โมนไตรไอโดไทโรนีน มีค่าอยู่ในช่วงปกติ ($P > 0.05$) จากการศึกษาต้นทุนทางเศรษฐกิจ พบว่าต้นทุนการผลิตทั้งหมดต่อตัวของทั้ง 3 กลุ่ม เท่ากับ $17,277.14 \pm 59.20$, $17,512.55 \pm 59.49$ และ $18,109.66 \pm 58.89$ บาท/ตัว ($P < 0.01$) และต้นทุนการผลิตทั้งหมดต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวในกลุ่มที่ 3 มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ 2

คำสำคัญ: เศษข้าวโพดหมัก อุตสาหกรรมการเกษตร อาหารหมักจากวัสดุเศษเหลือ โคนมสาวทดแทน

คำนำ

การเลี้ยงโคนมได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลาย มีการพัฒนาและการปรับปรุงในด้านต่างๆ อย่างต่อเนื่อง เช่น สายพันธุ์ การเลี้ยงดู และอาหาร เพื่อให้ได้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น การเลี้ยงโคนมแบ่งออกเป็นหลายระยะ โดยเฉพาะระยะโคนสาวเป็นระยะที่ได้รับผลกระทบในด้านการเลือกใช้อาหารหยাবที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากเกษตรกรประสบปัญหาการขาดแคลนอาหารหยাবที่ดีมีคุณภาพ และโคในระยะนี้เป็นระยะที่เกษตรกรไม่ค่อยเห็นความสำคัญเมื่อเทียบกับระยะโคนนม หากปล่อยให้โคสาวได้รับอาหารแบบดังกล่าวในระยะยาวจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพและความสมบูรณ์พันธุ์ได้ ในความเป็นจริงแล้วโคสาวภายในฟาร์มเป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพและผลกำไรให้กับฟาร์มเกษตรกรได้ และยังเป็นอนาคตในการปรับปรุงพันธุ์โคนมในฟาร์มเพื่อให้ได้แม่โคนนมที่มีประสิทธิภาพการผลิตสูงขึ้น ทั้งนี้เกษตรกรควรมีความรู้ความเข้าใจในด้าน

การจัดการอาหารอย่างสมดุลและถูกต้องตามหลักวิชาการ เพื่อให้ได้โคสาวทดแทนที่มีสมรรถภาพการผลิตที่ดีตามเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งจะทำให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนในการผลิตและทำให้สามารถผลิตโครีดนมที่ให้ผลผลิตที่ดีได้ในอนาคต

ฉะนั้นจึงได้มีการผลิตอาหารหยาบทดแทน คืออาหารหมักจากวัสดุเศษเหลือ หรือ ensiled crop residue (ECR) เป็นการนำเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการเกษตรและเกษตรกรรม เช่น เศษข้าวโพดหวาน เศษสับปะรดชานอ้อย และฟางข้าว มาผสมกับกากน้ำตาลเอทานอล โดยผ่านกระบวนการหมัก ซึ่งสามารถเก็บไว้ใช้ได้นานและที่สำคัญเป็นการใช้เศษเหลือจากผลผลิตทางการเกษตรที่มีในแต่ละท้องถิ่นมาปรับใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อผลิตเป็นแหล่งอาหารหยาบทดแทนในช่วงที่พืชอาหารสัตว์ขาดแคลนและนำมาใช้ในการเลี้ยงโค (ศรเทพ, 2550) การที่นำอาหารหยาบไปผ่านกระบวนการหมัก จะทำให้มีความน่ากินเพิ่มขึ้น สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น และยังเก็บไว้ในช่วงขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ได้ (Tumwasorn

et al., 1996; Park and Stronge, 2005) วัตถุประสงค์ของทดลองครั้งนี้เพื่อศึกษาคุณภาพของอาหารหมักจากวัสดุเศษเหลือ (ECR) ในด้านองค์ประกอบของโภชนะและคุณภาพของอาหารหยาบหมัก ประสิทธิภาพการผลิตและต้นทุนทางเศรษฐกิจของการให้อาหารหมักจากวัสดุเศษเหลือ แบบจำกัด ในการเลี้ยงโคนมสาวทดแทน

อุปกรณ์และวิธีการ

การจัดการเลี้ยงดูสัตว์ทดลอง

การเตรียมสัตว์ทดลองแบ่งออกเป็นระยะต่าง ๆ ดังนี้ ระยะปรับอาหารหรือระยะสัตว์ปรับตัว เพื่อให้สัตว์คุ้นเคยกับอาหารแต่ละชนิดในการทดลอง โดยให้แต่ละกลุ่มได้รับอาหารแต่ละชนิดเป็นเวลา 21 วัน และระยะการทดลอง เป็นระยะที่เก็บตัวอย่างทดลองจริงโดยให้ปริมาณอาหารตามสมดุลพลังงานและโปรตีนเพื่อใช้ในการดำรงชีพ ในระยะนี้ใช้เวลาในการทดลองที่ 90 วัน

การให้อาหาร โคนมสาวทดแทนพันธุ์ลูกผสมไฮสไตน์ฟรีเซียน 87.50-93.25% เพศเมีย น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 288.95 ± 10.54 กิโลกรัม ที่ได้รับการถ่ายพยาธิและฉีดวัคซีนป้องกันโรคปากและเท้าเปื่อยเรียบร้อยแล้วทุกกลุ่มทดลอง จำนวน 63 ตัว โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 7 ตัว เลี้ยงในคอกขนาด 4×11 ตารางเมตร ซึ่งมีถึงน้ำอยู่ด้านในแต่ละคอก มีรางอาหารอยู่ด้านหน้าของแต่ละคอก และทุกคอกแขวนแร่ธาตุก้อนให้โคกินแร่ธาตุและน้ำได้ตลอดเวลา โคนมสาวจะได้รับอาหารทดลองวันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 09.00 น. และเวลา 16.00 น. ซึ่งให้อาหารแบบแยกจ่าย ใช้ระยะเวลาตลอดการทดลอง 90 วัน ณ สหกรณ์โคนมไทย-เดนมาร์ก อ่าวน้อย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยแบ่งโคออกเป็นแต่ละกลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 (ควบคุม) ได้รับเศษข้าวโพดหมัก (ประกอบด้วย เปลือกและซัง) ฟางข้าว และอาหารข้น ในปริมาณ 10, 3 และ 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 ได้รับ ECR (ประกอบด้วย เศษข้าวโพด เปลือกและกากสับประด ขาน อ้อย และฟางข้าว โดยนำมาผสมรวมกันในสัดส่วนที่เหมาะสม แล้วเติมกากน้ำตาลเอทานอล (vinasses) ในปริมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ ลงไปคลุกคล้าให้เข้ากันแล้วบรรจุใส่ถุงหมักแบบไร้อากาศ ใช้ระยะเวลามากที่ 21-35 วัน)

ฟางข้าว และอาหารข้น ในปริมาณ 8, 2 และ 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และกลุ่มที่ 3 ได้รับ ECR และอาหารข้น ในปริมาณ 14 และ 2 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ วิเคราะห์ความแปรปรวนของกลุ่มทดลองด้วยวิธีการการทดลองแบบ สุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ซึ่งการทดลองพบว่า น้ำหนักเริ่มต้นของโคมีผลต่อลักษณะที่ศึกษาจึงใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (analysis of covariance) โดยมีน้ำหนักเริ่มต้นของโคทดลองเป็นตัวแปรร่วม ประมาณค่าเฉลี่ยแบบลีสส์แควร์ (LSMeans) ของแต่ละกลุ่มทดลองและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า LSMeans ในการปรับสำหรับการเปรียบเทียบหลายค่าด้วย Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (Steel and Torrie, 1980) โดยปริมาณอาหารในแต่ละกลุ่มคิดตามปริมาณพลังงานและโปรตีนที่โคสาวควรได้รับเพื่อให้ใกล้เคียงกับความต้องการในการดำรงชีพ (NRC, 2001) และให้อยู่ในเกณฑ์ที่สอดคล้องกับนโยบายทางด้านต้นทุนในการผลิตจึงต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขของสหกรณ์ที่กำหนดไว้

ศึกษาค่าการย่อยได้

สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารทดลองก่อนที่จะนำไปให้สัตว์กิน เพื่อวิเคราะห์วัตถุดิบ โปรตีนรวม ไขมัน เถ้า เยื่อใย ปริมาณแร่ธาตุ และคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย (nitrogen free extract, NFE) โดยวิธี proximate analysis (AOAC, 1984) วิเคราะห์พลังงานรวม (gross energy, GE) ซึ่งได้จากการนำตัวอย่างอาหารไปวัดค่าพลังงานโดยใช้ SHIMADZU auto calculating adiabatic bomb calorimeter (SHIMADZU CA-4PJ, SHIMADZU Corporation, Japan) แล้วอ่านค่าความร้อนที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปคำนวณในรูปของพลังงานความร้อน วิเคราะห์กรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acids, VFA) โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี หรือจีซี (gas chromatography, GC) ตามวิธีของ Fenner and Elliot (1963) วิเคราะห์เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid detergent fiber, ADF) และลิกนินที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid detergent lignin, ADL) โดยวิธี Detergent Analysis (Goering and Van Soest, 1970)

เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash, AIA) ตามวิธีการของ Van Keulen and Young (1977) ความเป็นกรด-ด่าง ตามวิธีการของ Bolsen *et al.* (1992)

สุ่มเก็บตัวอย่างมูลโคนมสาวทดแทน ทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง รวมจำนวน 18 ตัว จากส่วนทวารหนักใส่ถุงพลาสติกโดยตรง ซึ่งได้ทำการเก็บครั้งเดียวในช่วงวันสุดท้ายตอนสิ้นสุดการทดลอง ที่ 90 วัน และนำตัวอย่างที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเช่นเดียวกับอาหารทดลองเพื่อวิเคราะห์วัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวม ตามวิธีของ AOAC (1984) วิเคราะห์ NDF, ADF ตามวิธีการของ Goering and Van Soest (1970) โดยการใช้สารบ่งชี้ภายใน คือ ลิกนินและเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (AIA) เพื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ วิเคราะห์จากสัดส่วนของ AIA ในมูลและอาหาร ตามวิธีการของ Van Keulen and Young (1977) วิเคราะห์พลังงานย่อยได้ (digestible energy, DE) จากการนำค่าพลังงานที่ขับออกนอกร่างกายในรูปของอุจจาระ ไปหักออกจากพลังงานทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหาร พลังงานที่ขับออกในรูปของอุจจาระ (fecal energy, FE) วัดค่าได้โดยนำตัวอย่างของอุจจาระไปวัดค่าใน Bomb calorimeter แล้วคูณด้วยปริมาณของอุจจาระที่ขับออกทั้งหมด แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณตามสมการ $DE = GE - FE$ (Anderson *et al.*, 1991)

สุ่มเก็บและบันทึกปริมาตรปัสสาวะที่ขับออกมาทั้งหมดจากโคนมสาวทดแทน 3 กลุ่มการทดลอง รวมจำนวน 18 ตัว ซึ่งได้ทำการเก็บครั้งเดียวในช่วงวันสุดท้ายตอนสิ้นสุดการทดลอง ที่ 90 วัน ทำการเก็บโดยใช้กรวยผูกยึดติดกับตัวโคและมีสายยางต่อไปยังภาชนะที่รองรับปัสสาวะ ซึ่งมีกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 โมลาร์ (1 M H₂SO₄) ปริมาตร 250 มิลลิลิตร เพื่อให้ปัสสาวะมีสภาพความเป็นกรด (pH<3) ลดการระเหยของแอมโมเนียและหยุดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างปัสสาวะไว้ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของปัสสาวะทั้งหมด เก็บใส่ขวดตัวอย่างนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ตามวิธีการของ Chen and Gomes (1995) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเช่นเดียวกับอาหารทดลองและมูล

ตามวิธีของ AOAC (1984); Goering and Van Soest (1970); Van Keulen and Young (1977) แล้วนำตัวอย่างที่สุ่มเก็บไว้มาทำการวิเคราะห์หาพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการนำค่าพลังงานที่สูญเสียออกมาในรูปของปัสสาวะ ไปหักออกจากพลังงานที่ย่อยได้ของอาหาร พลังงานที่ถูกขับออกมาในรูปของปัสสาวะ (urinary energy, UE) จะวัดได้จากการนำเอาตัวอย่างของปัสสาวะไปวัดค่าใน Bomb calorimeter แล้วคูณด้วยปริมาณปัสสาวะทั้งหมดที่ขับออกมา แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณตามสมการที่เสนอโดย McDonald *et al.* (2005) ดังนี้ $ME = DE - UE$ หรือ $GE - FE - UE$

การเก็บตัวอย่างเลือด

เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 90 วัน สุ่มเก็บตัวอย่างเลือดของโคนมสาวทดแทน ทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง รวมจำนวน 18 ตัว โดยเก็บตัวอย่างเลือดบริเวณเส้นเลือดดำที่โคนหาง (caudal vein) ทำการเก็บครั้งเดียวในช่วงวันสุดท้ายตอนสิ้นสุดการทดลอง ที่ 90 วัน ซึ่งเข้าวันสุดท้ายของการทดลองจะงดให้อาหารก่อนการเจาะเลือด (ทำการเก็บในช่วงเวลาที่ 0 ก่อนให้อาหาร) หลังจากนั้นจึงให้อาหารตามกลุ่มทดลอง และทำการเจาะเลือดอีกครั้งหลังจากโคกินอาหารไปแล้ว (ทำการเก็บในช่วงเวลาที่ 4 หลังให้อาหาร) ตัวละ 8 มิลลิลิตร โดยแยกใส่หลอดเก็บตัวอย่างเลือดที่เคลือบด้วยโซเดียมฟลูออไรด์ ในปริมาณ 4 มิลลิลิตร เพื่อเก็บพลาสมาสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณกลูโคสในเลือด (blood glucose, BG) ตามวิธีของ Tiffany *et al.* (1972) แยกใส่หลอดเก็บตัวอย่างเลือดที่ไม่เคลือบสารป้องกันเลือดแข็งตัว ในปริมาณ 4 มิลลิลิตร แล้วนำเลือดไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 3,000 รอบ เป็นเวลา 15 นาที เพื่อเก็บส่วนซีรัม และนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen, BUN) ตามวิธีของ Schmid and Forstner (1986) และระดับฮอร์โมนไตรไอโดไทโรนิน (triiodothyronine, T3) ด้วยวิธี electrochemiluminescence immunoassay (ECLIA) โดยใช้เครื่อง Roche Elecsys 1010/2010 และ Modula analytic E170 (Elecsys module)

การประเมินประสิทธิภาพการผลิต

นำผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของอาหารที่ใช้ในการทดลองมาคำนวณความต้องการทางด้านโภชนาเพื่อจะได้นำไปใช้ในการเลี้ยงโคในช่วงตลอดระยะเวลาการทดลอง จากนั้นบันทึกปริมาณการกินอาหารของโค โดยการชั่งน้ำหนักปริมาณอาหารที่ให้และปริมาณอาหารที่เหลือในช่วงเช้าของวันถัดไปทุก ๆ วัน เพื่คำนวณปริมาณวัตถุดิบที่ได้รับต่อตัวต่อวัน ปริมาณวัตถุดิบที่ได้รับโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และคำนวณโปรตีนที่ได้รับ ในโคทดลองทั้ง 3 กลุ่มจำนวน 63 ตัว และได้ทำการชั่งน้ำหนักในวันแรกและวันสุดท้ายของการทดลองที่ 90 วัน ในโคทดลองทุกตัวทั้งหมด เพื่อบริการคำนวณการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวันของโคตลอดการทดลอง และวัดคะแนนความสมบูรณ์ร่างกาย ตามวิธีของ NRC (2001) โดยผู้วิจัยคนเดียวทุกเดือนเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลแล้วบันทึกผลตามแบบฟอร์ม

ต้นทุนทางเศรษฐกิจ

ราคาของวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั่วไปในท้องตลาดที่เปลี่ยนแปลง มีผลโดยตรงต่อต้นทุนที่ใช้ในกระบวนการผลิต ควรคำนวณต้นทุนอาหารสัตว์ และการวิเคราะห์ต้นทุน รวมถึงกำไรจากการใช้กลุ่มอาหารทดลองที่มีความแตกต่างกัน อาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลองมีต้นทุนในการเลี้ยง ดังนี้ ECR มีราคา 3.00 บาท/กิโลกรัม เศษข้าวโพดหมักมีราคาประมาณ 2.00 บาท/กิโลกรัม ฟางข้าวมีราคาประมาณ 2.75 บาท/กิโลกรัม และอาหารข้นมีราคาประมาณ 8.10 บาท/กิโลกรัม (14% โปรตีน) เพื่อนำมาคำนวณต้นทุนการผลิต (สุภาวดี, 2559) การวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายทางเศรษฐกิจในการเลี้ยงโคนมสาวทดแทน

ผลการศึกษาและวิจารณ์

คุณค่าทางโภชนาของอาหารที่ใช้ในการทดลอง

อาหารที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยอาหารข้น เศษข้าวโพดหมัก ฟางข้าว และ ECR ซึ่งมีค่าองค์ประกอบทางเคมีในอาหารแต่ละชนิด ดังนี้ อาหารขข้นมีวัตถุดิบ

โปรตีนรวม ไชมัน เถ้า NDF, ADF, ADL และพลังงานรวมเท่ากับ 87.20, 14.83, 7.47, 9.12, 40.08, 26.32, 9.27 เปอร์เซ็นต์ และ 3,836.41 แคลอรี/กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยในการทดลองได้ใช้อาหารข้นที่ระดับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ ตลอดการทดลอง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับระดับโปรตีนในอาหารของโคนมสาวรุ่นที่แนะนำโดย AFFRCS (1999) และ NRC (2001) ที่มีค่าเท่ากับ 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในส่วนของเศษข้าวโพดหมัก ฟางข้าว ECR ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดแลคติก กรดอะซิติก และกรดบิวทิริก ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของพืชหมักที่มีคุณภาพดี ซึ่งจะพิจารณาจากปริมาณของกรดแลคติกเป็นสำคัญ (Elferink *et al.*, 2000; Minson, 1990) นอกจากนี้ปริมาณน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของพืชหมักเป็นอีกปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการทำงานของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก หากมีปริมาณน้ำตาลมากและอยู่ในสภาพที่เหมาะสมจะส่งผลให้เกิดกรดแลคติกได้เร็วขึ้น (Leng, 1990) โดยแบคทีเรียชนิดนี้จะทำให้พืชหมักมีกลิ่นหอม รสดี มีความน่ากินสูง และยังพบว่าสามารถช่วยปรับความเป็นกรด-ด่างในพืชหมักอยู่ที่ระดับ 3.8-5.0 (Elferink *et al.*, 2000) ใกล้เคียงกับ Andrew *et al.* (1979) และ Tumwasorn *et al.* (1996) รายงานว่าพืชอาหารสัตว์หมักจะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.6-4.2 กรดแลคติก 3-13 เปอร์เซ็นต์ กรดอะซิติกและกรดบิวทิริกในปริมาณที่ต่ำ การทำพืชอาหารสัตว์หมักเป็นการถนอมพืชในสภาพที่ก่อให้เกิดกรดแลคติกในปริมาณที่เพียงพอต่อการคงสภาพของพืชหมักเพื่อสามารถเก็บไว้ใช้ได้นาน ซึ่งต้องมีความชื้นพอเหมาะ และได้รับการอัดแน่นในถังหมักที่ปิดสนิท ซึ่งสามารถนำมาเลี้ยงสัตว์ได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อตัวสัตว์ นอกจากนี้การนำอาหารหมักไปหมักก่อนนำไปให้สัตว์จะทำให้สัตว์สามารถกินอาหารได้มากขึ้น และมีความน่ากินเพิ่มขึ้น ส่วนแร่ธาตุแคลเซียม ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีค่าที่ใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 และจัดว่าเป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อร่างกายมีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตของสัตว์ (Minson, 1990)

Table 1. The chemical composition of diets used in the experiment (%DM)

Items	Concentrate	Corn by-products silage	Rice straw	ECR
Chemical composition (%DM basis)				
Dry matter	87.20	20.47	93.15	25.82
Crude protein	14.83	7.56	3.84	8.89
Ether extract	7.47	1.27	1.60	4.43
Ash	9.12	8.83	15.37	7.80
Crude fiber	19.41	29.73	37.82	25.96
Nitrogen free extract	36.37	52.61	41.37	52.92
Neutral detergent fiber	40.08	72.48	73.38	54.93
Acid detergent fiber	26.32	36.98	43.81	32.10
Acid detergent lignin	9.27	4.97	3.51	6.22
Gross energy (cal/g)	3,836.41	3,924.79	3,455.21	3,824.11
pH	—	3.80	—	3.55
Lactic acid	—	2.44	—	4.61
Acetic acid	—	6.64	—	5.65
Butyric acid	—	3.08	—	2.56
Calcium	1.87	0.39	0.50	0.42
Phosphorus	0.34	0.25	0.21	0.05
Potassium	0.95	0.80	1.11	1.63
Magnesium	0.08	0.07	0.07	0.08
Zinc	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
Sulfur	0.34	0.18	0.24	0.11

ประสิทธิภาพการผลิต

จากการศึกษาโคที่ได้รับอาหารในแต่ละกลุ่มพบว่าปริมาณวัตถุดิบที่ได้รับทั้งหมดของทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเท่ากับ 7.33 ± 0.01 , 6.55 ± 0.01 และ 5.36 ± 0.01 กิโลกรัมวัตถุดิบ/หัว/วัน ตามลำดับ ($P < 0.01$) ทั้งนี้เป็นผลมาจากกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีการให้อาหารขึ้นในปริมาณที่มากกว่ากลุ่มที่ 3 อีกทั้งยังได้รับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ โดยกลุ่มที่ 3 มีการให้ ECR อย่างเดียวเป็นอาหารหยาบ ซึ่ง ECR มีวัตถุดิบเท่ากับ 25.82 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าฟางข้าวที่มีวัตถุดิบเท่ากับ 93.15 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) ส่งผลให้เมื่อคิดเป็นปริมาณวัตถุดิบที่ได้รับทั้งหมดจึงมีค่าที่ต่ำกว่าทั้งสองกลุ่ม

เมื่อคิดปริมาณวัตถุดิบที่ได้รับทั้งหมดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว พบว่ากลุ่มที่ 1 มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยมีค่าเท่ากับ 2.54 ± 0.01 , 2.27 ± 0.01 และ 1.86 ± 0.01

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 การที่โคกลุ่มที่ 3 มีค่าที่ต่ำนั้นเนื่องจากปริมาณความชื้นในอาหาร ECR สูงกว่า กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับ NRC (2001) ที่ได้รายงานไว้ว่าความชื้นในอาหารที่เพิ่มขึ้น 1% จะทำให้ปริมาณวัตถุดิบแห้งลดลง 0.002% ของน้ำหนักตัว อย่างไรก็ตามปริมาณวัตถุดิบที่ได้รับทั้งหมดของโคทดลองทุกกลุ่มหากคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว พบว่าค่อนข้างมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ โดยทั่วไปโคสาวมีปริมาณการกินได้เฉลี่ย 2.00-2.50 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ขึ้นกับเหยื่อและคุณภาพอาหารหยาบ (NRC, 2001) และโปรตีนที่ได้รับของทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าโคนมสาวกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีค่าสูงกว่าโคนมสาวกลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) มีค่าเท่ากับ 0.64, 0.64 และ 0.58 กิโลกรัมวัตถุดิบ/หัว/วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 2) แต่อย่างไรก็ตามระดับโปรตีนที่ได้รับจากอาหารของโคแต่ละกลุ่มมีปริมาณ

Table 2. Least squares means and standard error of production efficiency in dairy replacement heifers with receiving different feed treatment

Items	Treatments			P-value
	T1	T2	T3	
Number of animals (head)	21	21	21	–
Time period of experiment (day)	90	90	90	–
Initial body weight (kg/head) ¹	290.90 ± 52.95	285.57 ± 38.80	290.38 ± 34.99	0.8996
Final body weight (kg/head)	326.66 ± 3.12	313.04 ± 3.13	321.47 ± 3.10	0.0829
Body weight change (kg/head)	34.39 ± 3.11	27.47 ± 3.13	31.10 ± 3.09	0.0829
Average daily gain (g/head/day)	382.07 ± 34.63	305.26 ± 34.79	345.48 ± 34.44	0.0829
Initial body condition score	2.39 ± 0.04	2.50 ± 0.04	2.40 ± 0.04	0.1056
Final body condition score	3.02 ± 0.04	2.88 ± 0.04	3.04 ± 0.04	0.0863
Body condition score change	0.61 ± 0.03 ^a	0.38 ± 0.03 ^b	0.64 ± 0.03 ^a	0.0030
Dry matter intake (kgDM/head/day)				
– Concentrate	2.62 ^a	2.62 ^a	1.74 ^b	0.0001
– Corn by-products silage	1.86	–	–	–
– Rice straw	2.85 ^a	1.86 ^b	–	0.0001
– TMF	–	2.07 ^b	3.62 ^a	0.0001
Total dry matter intake (kgDM/head/day)	7.33 ± 0.01 ^a	6.55 ± 0.01 ^b	5.36 ± 0.01 ^c	0.0001
Total dry matter intake (% body weight)	2.54 ± 0.01 ^a	2.27 ± 0.01 ^b	1.86 ± 0.01 ^c	0.0001
Protein intake (kgDM/head/day)	0.64 ^a	0.64 ^a	0.58 ^b	0.0001

Least squares means ± standard error

¹ Means ± standard deviation, ^{a,b,c} Least squares means in the same row with different superscripts significantly differ ($P < 0.01$)

ใกล้เคียงกับคำแนะนำของ AFFRCS (1999) and NRC (2001) ซึ่งโคนมสาวที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกัน จะมีค่าความสมดุลไนโตรเจนไม่ต่างกัน จึงทำให้มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการในการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคสาว โดยทั่วไปโคสาวมีความต้องการโปรตีนเฉลี่ยวันละ 0.60-0.80 กิโลกรัมวัตถุดิบแห้ง/ตัว/วัน (NRC, 2001)

จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของโคกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 มีค่าเท่ากับ 382.07 ± 34.63 , 305.26 ± 34.79 และ 345.48 ± 34.44 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าอัตราการเจริญเติบโตของการทดลองนี้ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากโคมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวที่ต่ำ อันเนื่องมาจากการทดลองนี้อยู่ในช่วงฤดูฝนจึงทำให้พื้นคอกชื้นแฉะโคไม่ได้พักผ่อนอย่างเต็มที่ จึงอาจจะส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของโค

แต่อย่างไรก็ตามโคทั้ง 3 กลุ่ม มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยจะสัมพันธ์กับพลังงานย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ตารางที่ 3) พบว่าทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าใกล้เคียงกัน แต่โคกลุ่มที่ได้รับ ECR อย่างเดียว มีค่าพลังงานที่ได้รับสูงกว่ากลุ่มอื่นอาจแสดงได้ว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีคุณภาพสูง จะมีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีคุณภาพรองลงมา (McDonald *et al.*, 2005)

จากการศึกษาโคกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 มีคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายเริ่มต้น และคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายสิ้นสุด ไม่ต่างกัน ส่วนการเปลี่ยนแปลงคะแนนความสมบูรณ์ร่างกาย พบว่าโคกลุ่มที่ 3 มีค่าสูงกว่าโคกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) มีค่าเท่ากับ 0.64 ± 0.03 , 0.61 ± 0.03 และ 0.38 ± 0.03 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 การที่โคกลุ่มที่ 3 มีการเปลี่ยนแปลงคะแนนความสมบูรณ์ร่างกาย

สูงกว่าโคกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 อาจเนื่องมาจากโคกลุ่มที่ 3 ได้รับพลังงานจากการย่อยได้ดีกว่าโคทั้งสองกลุ่ม (ตารางที่ 3) นั้นแสดงให้เห็นว่าถึงแม้ว่าโคจะได้รับปริมาณอาหารที่จำกัดแต่ก็ได้รับพลังงานที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย การที่โคได้รับอาหารที่มีคุณภาพสูง จะมีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีคุณภาพพร่องลงมา (McDonald *et al.*, 2005) ส่งผลให้โคกลุ่มที่ 3 มีการเปลี่ยนแปลงคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายที่สูง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงคะแนนความสมบูรณ์ร่างกายมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มหรือสูญเสียน้ำหนักตัวของโคนมสามารถบ่งบอกถึงสภาวะโภชนาการที่สัตว์ได้รับ (Waltner *et al.*, 1993) โดยปกติคะแนนความสมบูรณ์ร่างกาย (1 = ผอมมาก ถึง 5 = อ้วนมาก) ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการทดลองของโคนมสาวมีค่าเฉลี่ย 2.41-3.05 (Edmonson *et al.*, 1989)

การย่อยได้

จากการศึกษาโคที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าการย่อยได้ปรากฏของโภชนะ เช่น วัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวม NDF และ ADF ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในส่วนของพลังงานย่อยได้ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ และโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด ไม่ต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 มีพลังงานที่ย่อยได้

เท่ากับ 1.98 ± 0.09 , 2.22 ± 0.09 และ 2.31 ± 0.09 Mcal/kgDM ตามลำดับ พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ เท่ากับ 1.55 ± 0.09 , 1.80 ± 0.09 และ 1.89 ± 0.09 Mcal/kgDM ตามลำดับ และโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด เท่ากับ 45.02 ± 2.11 , 50.39 ± 2.13 และ 52.50 ± 2.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3

การที่โคได้รับอาหารจากกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีการย่อยได้ที่ต่ำกว่าเนื่องมาจากการได้รับการเสริมฟางข้าว ซึ่งฟางข้าวมีองค์ประกอบพวกเยื่อใย เช่น NDF และ ADF มีค่าเท่ากับ 73.38 และ 43.81 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (ตารางที่ 1) ซึ่งถือว่ามีในปริมาณที่สูงกว่าอาหารกลุ่มที่ 3 จึงมีผลต่อค่าการย่อยได้ ประกอบกับมีปริมาณโปรตีนและความน่ากินต่ำ (Leng, 1990) ดังเช่น ฉลอง และคณะ (2559) รายงานว่าสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีการเพิ่มปริมาณกากเอทานอลแห้งในระดับที่สูงทำให้มีปริมาณเยื่อใยในสูตรอาหารสูงขึ้น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความสามารถของการย่อยได้ของวัตถุดิบ โดยในอาหารโคนมที่มีระดับ NDF และ ADF ที่สูงจะส่งผลให้ความสามารถของการย่อยได้วัตถุดิบลดลง จึงส่งผลทำให้กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีการย่อยได้ที่ต่ำกว่ากลุ่มที่ 3 เนื่องจากจุลินทรีย์ในกระเพาะเข้าสู่สลายเยื่อใยจากอาหารได้น้อยลง นอกจากนี้ อาหารหยาบ ECR ยังมีส่วนประกอบของจุลินทรีย์ที่ได้จากกากน้ำตาลเอทานอลในกระบวนการผลิต และ

Table 3. Least squares means and standard error of nutrient digestibility in dairy replacement heifers with receiving different feed treatment

Items	Treatments			P-value
	T1	T2	T3	
Apparent digestibility (%)				
– Dry matter	51.47 ± 2.27	55.52 ± 2.28	55.26 ± 2.25	0.4343
– Organic matter	53.11 ± 2.36	57.12 ± 2.37	56.70 ± 2.34	0.4756
– Crude protein	53.26 ± 3.06	52.94 ± 3.41	51.72 ± 3.37	0.2225
– Neutral detergent fiber	43.92 ± 3.39	47.95 ± 3.08	47.10 ± 3.04	0.3783
– Acid detergent fiber	45.43 ± 2.84	46.99 ± 2.86	48.52 ± 2.82	0.7549
Energy intake				
– Digestible energy (Mcal/kgDM)*	1.98 ± 0.09	2.22 ± 0.09	2.31 ± 0.09	0.1162
– Metabolizable energy (Mcal/kgDM)**	1.55 ± 0.09	1.80 ± 0.09	1.89 ± 0.09	0.1159
Total digestible nutrient (%)	45.02 ± 2.11	50.39 ± 2.13	52.50 ± 1.10	0.1202

Least squares means $\pm$ standard error, * DE = $(F_i \times GE) - (F \times E_f)$, ** ME = $(F_i \times GE) - (F \times E_f) - (U \times E_u)$

F_i = Feed intake, F = feces, U = urine, GE = dietary energy, E_f = Fecal energy, E_u = urine energy

ส่วนของเศษสับปะรด จึงส่งผลต่อความน่ากิน (Guthrie and Wagner, 1988; Promma *et al.*, 1993) การที่มี ส่วนผสมของเศษสับปะรดจะทำให้อาหารหมักมีความน่า กินเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีกลิ่นหอมของกรด ซึ่งอาหาร ECR เป็นอาหารหยาบที่ได้ผ่านกระบวนการหมักจึงมีแลคติก แอซิดแบคทีเรียอยู่สูงส่งผลให้อาหารหยาบหมักมีปริมาณ กรดแลคติกสูงตามไปด้วย ส่งผลให้การย่อยได้ของอาหาร สูงขึ้น และทำให้โคได้รับพลังงานที่สูงขึ้นตามไปด้วย (Wheeler and Mulcahy, 1989) ซึ่งการย่อยได้ และ พลังงานที่ได้รับของโคทั้ง 3 กลุ่ม อยู่ในช่วงที่ปกติ โดยทั่วไปพืชอาหารสัตว์ในเขตร้อนส่วนมากจะมีค่าการ ย่อยได้ต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ (Leng, 1990)

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเลือด

จากการศึกษาปริมาณกลูโคสในเลือดของโคทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการให้อาหารที่ 0 ชั่วโมง และหลังการให้อาหารที่ 4 ชั่วโมง พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 63.30-71.74 mg/dl ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4 แต่ โคทั้ง 3 กลุ่มแต่มีแนวโน้มปริมาณกลูโคสในเลือดที่เพิ่ม สูงขึ้นหลังการให้อาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง ($P>0.05$) ความ เข้มข้นของปริมาณกลูโคสในเลือดขึ้นอยู่กับสภาวะ ร่างกายของสัตว์และชนิดของอาหารที่สัตว์ได้รับ โดยเฉพาะพืชอาหารสัตว์ที่มีคาร์โบไฮเดรตประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะไหลผ่านเข้าสู่กระแสเลือดโดยถูก จุลินทรีย์ภายในกระเพาะย่อยสลายได้เป็นกรดไขมันที่ ระบายได้ ได้แก่ กรดอะซิติก กรดไพรูวิก และกรดบิวทิริก และถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด โดยผ่านทาง hepatic portal vein โดยเฉพาะกรดกรดไพรูวิก ไขมันจะถูก เปลี่ยนเป็นปริมาณกลูโคสในเลือดที่ต่ำประมาณ 19-60 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดโคเป็นสัตว์ที่บ่ง บอถึงความสมดุลของพลังงานในร่างกาย โดยการสร้าง กลูโคสจะขึ้นอยู่กับสภาวะของสัตว์และชนิดของอาหารที่ กิน (Riis, 1983) โดยปกติความเข้มข้นของกลูโคสในสัตว์ เคี้ยวเอื้องมีค่าประมาณ 45-80 mg/dl (Frandsen *et al.*, 2009) ซึ่งผลที่ได้ของโคทั้ง 3 กลุ่มทดลองก็อยู่ในช่วงที่ เพียงพอ แสดงว่าโคสามารถใช้ประโยชน์จากพลังงานใน อาหารที่ได้รับได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลทำให้เนื้อเยื่อ ต่าง ๆ ทำงานได้ตามปกติ

ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดของโคทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการให้อาหารที่ 0 ชั่วโมง และหลังการให้อาหารที่ 4 ชั่วโมง พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 6.68-10.21 mg/dl ไม่ แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือด ของโคทั้ง 3 กลุ่ม มีแนวโน้มสูงขึ้นหลังการให้อาหารไป แล้ว 4 ชั่วโมง โดยปกติปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดของ สัตว์เคี้ยวเอื้องจะอยู่ที่ระหว่าง 6.3-12.5 mg/dl (Singh *et al.*, 2002) แสดงให้เห็นว่าปริมาณยูเรียไนโตรเจนของโค ทั้ง 3 กลุ่มมีค่าอยู่ในช่วงปกติ ซึ่งเป็นผลมาจากสัตว์ได้รับ ปริมาณโปรตีนจากอาหารที่เพียงพอต่อการดำรงชีพและ การเจริญเติบโต การที่โคกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีปริมาณ ยูเรียไนโตรเจนในเลือดที่สูง เนื่องจากอาหารที่ได้รับมี โปรตีนสูง จึงทำให้มีอัตราการสังเคราะห์ยูเรียสูง ซึ่ง ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดเป็นตัววัดความเข้มข้นของ แอมโมเนียในกระเพาะรูเมนที่ดีในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Khon, 2007) สอดคล้องกับ Van Soest (1987) รายงานว่า ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดอาจสูงได้เนื่องจากสัตว์อยู่ใน สภาวะที่ได้รับอาหารที่มีระดับไนโตรเจนต่ำหรือได้รับ อาหารในปริมาณที่จำกัด ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในกระเพาะหมักจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้น แอมโมเนียส่วนเกินจะถูกส่งเข้าสู่ระบบเลือดทำให้สัตว์มี ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดสูงขึ้น โดยสัดส่วนระหว่าง ไนโตรเจนต่อพลังงาน มีอิทธิพลต่อยูเรียไนโตรเจนในเลือด โดยจะขึ้นอยู่กับระดับของอาหารที่กิน และการสลาย โปรตีนในกระเพาะรูเมน การได้รับโปรตีนในปริมาณสูงจึง ส่งผลให้ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดสูงตามไปด้วย (Riis, 1983) โดยหลังจากกินอาหารเข้าไปแล้วปริมาณ แอมโมเนียในกระเพาะหมักจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และ สูงขึ้นภายในเวลา 1-2 ชั่วโมง หลังจากนั้นแอมโมเนีย ส่วนเกินจะเข้าสู่ระบบเลือด และหลังกินอาหารช่วง 3-4 ชั่วโมง ปริมาณยูเรียไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นสูงสุด (Khon, 2007) เช่นเดียวกับ Higginbotham *et al.* (1989) รายงาน ว่าปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดจะขึ้นอยู่กับปริมาณ และความสามารถในการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารที่ สัตว์ได้รับ ซึ่งปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดยังเป็น ตัวชี้วัดถึงการใช้ประโยชน์ของโปรตีนในอาหาร (Tiffany *et al.*, 1972)

Table 4. Least squares means and standard error of blood metabolites in dairy replacement heifers with receiving different feed treatment

Items	Treatments			P-value
	T1	T2	T3	
Blood glucose (mg/dl)				
– 0 h-post feeding	66.00 ± 2.26	66.47 ± 2.27	63.30 ± 2.25	0.4959
– 4 h-post feeding	67.16 ± 3.81	71.74 ± 3.78	68.26 ± 5.25	0.5727
Blood urea nitrogen (mg/dl)				
– 0 h-post feeding	7.19 ± 0.47	6.80 ± 0.48	6.68 ± 0.47	0.7357
– 4 h-post feeding	10.21 ± 0.52	9.12 ± 0.53	8.68 ± 0.53	0.2048
Triiodothyronine (ng/dl)				
– 0 h-post feeding	196.72 ± 16.44	147.75 ± 16.52	186.86 ± 16.35	0.1835
– 4 h-post feeding	212.72 ± 14.65 ^a	154.82 ± 14.72 ^b	192.63 ± 14.57 ^{ab}	0.0510

Least squares means ± standard error, ^{a,b} Least squares means in the same row with different superscripts differ ($P < 0.05$)

ระดับฮอร์โมนไทรไอดไทโรนีนของโคกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ก่อนการให้อาหารที่ 0 ชั่วโมง พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่หลังการให้อาหารที่ 4 ชั่วโมง พบว่ามีค่าเท่ากับ 212.72 ± 14.65 , 154.82 ± 14.72 และ 192.63 ± 14.57 ng/dl ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เนื่องจากระดับฮอร์โมนไทรไอดไทโรนีนมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการสร้างพลังงานและความคุมอัตราเมตาบอลิซึมพื้นฐาน ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และวิตามิน โดยจะมีผลต่อการทำงานของทุกระบบภายในร่างกาย เช่น ระบบหัวใจ ระบบย่อยอาหาร และระบบระบายความร้อน เป็นต้น นอกจากนี้ยังทำให้อัตราการใช้อาหารเพื่อสร้างพลังงาน รวมถึงอัตราการสร้างและการสลายโปรตีนของร่างกายเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนฮอร์โมนไทรอกซินเป็นฮอร์โมนไทรไอดไทโรนีน อาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนมีผลต่อการสังเคราะห์ไทรอยด์ฮอร์โมน โดยคาร์โบไฮเดรตจะกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนไทรอกซิน โปรตีนจะกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนไทรอกซินเป็นฮอร์โมนไทรไอดไทโรนีน หากระดับไทรอยด์ฮอร์โมนในร่างกายสัตว์อยู่ในระดับที่เหมาะสมจะมีผลกระตุ้นการหมุนเวียนของโปรตีน (protein turnover) ส่งผลให้สัตว์ในระยะรุ่นมีอัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว แต่หากมีที่ระดับสูงเกินไปจะกระตุ้นการสลายโปรตีนมากกว่าการสร้างและสะสม หรือถ้าสัตว์ได้รับอาหารไม่เพียงพอจะทำให้เกิดการ

สลายตัวของโปรตีน และไขมันของร่างกายเช่นกันส่งผลให้น้ำหนักตัวลดลง การขาดอาหารจะมีผลทำให้ระดับของไทรอยด์ฮอร์โมนลดลง (Singh *et al.*, 2002) นอกจากนี้ฮอร์โมนไทรไอดไทโรนีนยังทำหน้าที่กระตุ้นเมตาบอลิซึมของเซลล์และเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทั่วร่างกาย ซึ่งจะทำให้หน้าที่ร่วมกับโกรทฮอร์โมนในการเร่งเสริมสร้างการเจริญเติบโตของร่างกาย ซึ่งระดับฮอร์โมนไทรไอดไทโรนีนจะมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของสัตว์ด้วย (Minson, 1990) ซึ่งจะเห็นได้ว่าโคกลุ่มที่ 2 มีค่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว เท่ากับ 27.47 ± 3.13 กิโลกรัม/ตัว ซึ่งมีค่าต่ำกว่าโคกลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 31.10 ± 3.09 และ 34.39 ± 3.11 กิโลกรัม/ตัว (ตารางที่ 2)

ต้นทุนทางเศรษฐกิจ

เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตโคนมสาวทดแทนที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม ได้ผลดังนี้ ค่าโคแรกเข้า คิดตามราคาซื้อของสหกรณ์โคนมไทย-เดนมาร์ก อ้วนน้อย ที่ราคา 40 บาท/กิโลกรัม ค่ายาและเวชภัณฑ์ ได้แก่ ยาปฏิชีวนะ วิตามิน คิดตามที่เคยแต่ละกลุ่มใช้ ค่าน้ำเชื้อและอุปกรณ์ คิดตามราคาของสหกรณ์โคนมไทย-เดนมาร์ก อ้วนน้อย จำกัด ที่ราคา 200 บาท/โด้ส ค่าอาหารข้น ใช้อาหารสำเร็จรูปของสหกรณ์โคนมไทย-เดนมาร์ก อ้วนน้อย จำกัด ราคา 8.10 บาท/กิโลกรัม ค่าอาหารหยาบ ได้แก่ เศษข้าวโพดหมัก ราคา 2.00 บาท/กิโลกรัม ฟางข้าว ราคา

2.75 บาท/กิโลกรัม และอาหาร ECR ราคา 3.00 บาท/กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการเลี้ยงโคนมสาวทดแทนที่ได้รับอาหารกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ตลอดการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่ามีต้นทุนค่าอาหารเท่ากับ $4,584.26 \pm 2.80$, $4,841.31 \pm 2.82$ และ $5,237.91 \pm 2.79$ บาท/ตัว ($P < 0.01$) จะเห็นได้ว่าโคกลุ่มที่ 3 มีต้นทุนค่าอาหารที่สูงกว่าโคทั้งสองกลุ่ม เนื่องจากกลุ่มที่ 3 มีต้นทุนค่าอาหารหยาบที่สูงกว่าซึ่งมีค่าเท่ากับ $3,779.91 \pm 2.79$ บาท/ตัว ส่วนกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีค่าเท่ากับ $2,397.26 \pm 2.80$ และ $2,654.31 \pm 2.82$ บาท/ตัว อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) และมีต้นทุนการผลิตทั้งหมดต่อตัว ของทั้ง 3 กลุ่ม เท่ากับ $17,277.14 \pm 59.20$, $17,512.55 \pm 59.49$ และ $18,109.66 \pm 58.89$ บาท/ตัว ตามลำดับ ($P < 0.01$) ซึ่งจะเห็นได้ว่าต้นทุนค่าพันธุ์สัตว์จะเป็นต้นทุนที่สูงที่สุด และรองลงมาจะเป็นต้นทุนค่าอาหาร จึงส่งผลให้กลุ่มที่ 3 มีต้นทุนการผลิตทั้งหมดต่อตัวสูงกว่าทั้งสองกลุ่ม ส่งผลให้การให้อาหารหยาบ ECR อย่างเดียว (กลุ่มที่ 3) จะมีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม เท่ากับ 168.42 บาท/ตัว ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตทั้งหมดต่อการเพิ่มน้ำหนัก

1 กิโลกรัม ของกลุ่มที่ 3 มีค่าเท่ากับ 582.30 บาท/ตัว สูงกว่ากลุ่มที่ 1 ที่มีค่าเท่ากับ 502.39 แต่ต่ำกว่ากลุ่มที่ 2 ที่มีค่าเท่ากับ 637.52 บาท/ตัว

สรุป

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของโคทั้งสามกลุ่มไม่ต่างกัน แต่โคกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบ ECR อย่างเดียว มีการเปลี่ยนแปลงคะแนนความสมบูรณ์ร่างกาย พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ และโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมดสูงกว่าโคทั้งสองกลุ่ม การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเลือดของโคทั้งสามกลุ่มอยู่ในช่วงปกติและไม่แตกต่างกัน ต้นทุนการผลิตทั้งหมดต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของโคที่ได้รับอาหารหยาบ ECR อย่างเดียว มีค่าต่ำกว่าโคในกลุ่มที่ 2 ดังนั้นการเลี้ยงโคด้วยอาหารหยาบ ECR จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับเกษตรกรในการเลือกใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบหมักทดแทนในช่วงขาดแคลนพืชอาหารสัตว์เลี้ยงโคนมสาวทดแทน เพื่อให้ได้โครีดนมที่ผลิตน้ำนมได้มากขึ้นในอนาคตต่อไป

Table 5. Least squares means and standard error of production cost and economic return in dairy replacement heifers with receiving different feed treatment during the experimental period (baht/head)

Items	Treatments			P-value
	T1	T2	T3	
Animal breed cost	12,312.24 $\pm$ 73.57	12,389.30 $\pm$ 73.92	12,456.55 $\pm$ 73.17	0.4399
Medicine and the medical supplies cost	30.82 $\pm$ 7.58	33.94 $\pm$ 7.62	31.91 $\pm$ 7.54	0.9587
Frozen semen and equipment cost	349.82 $\pm$ 39.90	248.01 $\pm$ 40.09	383.29 $\pm$ 39.68	0.1347
Concentrate cost	2,187.00 $\pm$ 0.01 ^a	2,187.00 $\pm$ 0.01 ^a	1,458.00 $\pm$ 0.01 ^b	0.0001
Roughage cost	2,397.26 $\pm$ 2.80 ^c	2,654.31 $\pm$ 2.82 ^b	3,779.91 $\pm$ 2.79 ^a	0.0001
Feed costs	4,584.26 $\pm$ 2.80 ^c	4,841.31 $\pm$ 2.82 ^b	5,237.91 $\pm$ 2.79 ^a	0.0001
Total production costs per head	17,277.14 $\pm$ 59.20 ^b	17,512.55 $\pm$ 59.49 ^b	18,109.66 $\pm$ 58.89 ^a	0.0004
Total production costs (21 cows)	362,819.94	367,763.55	380,302.86	–
Feed costs per weight gain	133.30	176.24	168.42	–
Total production costs per weight gain	502.39	637.52	582.30	–

Least squares means $\pm$ standard error, ^{abc} Least squares means in the same row with different superscripts significantly differ ($P < 0.01$)

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อบริษัท ริช แอนด์ กรีน จำกัด ที่ให้การสนับสนุนทุนในการทดลอง และ สหกรณ์โคนมไทย-เดนมาร์ก อำเภอน้อย จำกัด จังหวัด ประจวบคีรีขันธ์ ที่ให้การสนับสนุนสถานที่และ สัตว์ทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- ฉลอง วชิราภากร จันทิรา วงศ์เณร อนุสรณ์ เฑียรทอง และ กันยา พลแสน. 2559. ผลของกากเอทานอลแห้ง ในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ ผลผลิตและองค์ประกอบนํ้ามันใน โคให้นม. วารสารเกษตร 32(2): 247-259.
- ศรเทพ ธีมวาสร. 2550. คุณค่าทางอาหารของกากน้ำตาล เอทานอลและผลการทดลอง. หน้า 6-18. ใน: รายงานการสัมมนาพิเศษ เรื่อง การใช้ กากน้ำตาลเอทานอลในการเลี้ยงสัตว์เพื่อลด ต้นทุนการผลิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุภาวดี แหยมคง. 2559. ต้นทุนและผลตอบแทนการผลิต โคเนื้อของเกษตรกรในอำเภอบัวชุม และ อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก. วารสาร เกษตร 32(3): 401-407.
- AFFRCS. 1999. Japanese Feeding Standard for Dairy Cattle. Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF), Japan.
- Anderson, J., B.S. Capper and N.R. Bromage. 1991. Measurement and prediction of digestible energy value in feedstuffs for the herbivorous fish tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn.). British Journal of Nutrition 66: 37-48.
- Andrew, S.M., J.H. Clark and C.L. Davis. 1979. Feeding value of opaque-2 corn grain and corn silage for lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 62: 1619-1625.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th ed. AOAC, Arlington, VA.
- Bolsen, K.K., C. Lin, B.E. Brent, A.M. Feyerherm, J.E. Urban and W.R. Aimutis. 1992. Effect of silage additive on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silage. Journal of Dairy Science 75: 3066-3083.
- Chen, X.B. and M.J. Gomes. 1995. Estimation of Microbial Protein Supply to Sheep and Cattle Based on Urinary Excretion of Purine Derivatives-An Overview of the Technical Details. International Feed Resource Unit, Rowett Research Institute, Aberdeen.
- Edmonson, A.J., I.J. Lean, L.D. Weaver, T. Farver and G. Webster. 1989. A body condition scoring chart for holstein dairy cows. Journal of Dairy Science 72: 68-78.
- Elferink, S.J.W.H.O., F. Driehuis, J.C. Gottschal and S.F. Spoelstra. 2000. Silage fermentation processes and their manipulation, pp. 17-30. In: Proceedings of the FAO Electronic Conference on Tropical Silage. Plant Production and Protection, FAO. Rome.
- Fenner, H. and J.M. Elliot. 1963. Quantitative method for determining the steam volatile fatty acids in rumen fluid by gas chromatography. Journal of Animal Science 22: 624-627.
- Frandsen, R.D., W.L. Willke and A.D. Fails. 2009. Anatomy and Physiology of Farm Animals. 7th ed. Wiley-Blackwell, Ames. 528 p.
- Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analyses (apparatus, reagents, procedures and some application). USDA

- Handbook Agricultural Research Service No. 379, Washington, D.C.
- Guthrie, M.J. and D.G. Wagner. 1988. Influence of protein or grain supplementation and increasing levels of soybean meal on intake, utilization and passage rate of prairie hay in beef steers and heifers. *Journal of Animal Science* 66: 1529-1537.
- Higginbotham, G.E., M. Torabi and J.T. Huber. 1989. Influence of dietary protein concentration and degradability on performance of lactating cows during hot environmental temperatures. *Journal of Dairy Science* 72: 2554-2564.
- Khon, R. 2007. Use of milk or blood urea nitrogen to identify feed management inefficiencies and estimate nitrogen excretion by dairy cattle and other animals, pp. 1-15. *In*: Proceedings of Florida Ruminant Nutrition Symposium. Gainesville, FL. USA.
- Leng, R.A. 1990. Factors affecting the utilization of poor quality forage by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutrition Research Reviews* 3(1): 277-303.
- McDonald, P., R.A. Edwards, J.F.D. Greenhalgh and C.A. Morgan. 2005. *Animal Nutrition*. 6th ed. Longman Scientific and Technical. New York.
- Minson, D.J. 1990. *Forage in Ruminant Nutrition*. Academic Press, San Diego.
- National Research Council (NRC). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, D.C. 408 p.
- Park, R.S., and M.D. Stronge. 2005. *Silage Production and Utilisation*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen. 288 p.
- Promma, S., S. Tuikumpee, P. Jeenklum and T. Indratula. 1993. Effect of varying dietary levels of total digestible nutrients, protein and fiber on the growth of crossbred holstein heifers fed urea-treated rice straw diets under two feeding systems. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 6(1): 91-97.
- Riis, P.M. 1983. *Dynamic Biochemistry of Animal Production*. Elsevier Science, Amsterdam.
- Schmid, M. and V. Forstner. 1986. *Laboratory Testing in Veterinary Medicine Diagnosis and Clinical Monitoring*. 3rd ed. Boehringer Mannheim, Mannheim. 253 p.
- Singh, A.S., D.T. Pal, B.C. Mandal, P. Singh and N.N. Pathak. 2002. Studies on changes in some of blood constituents of adult crossbred cattle fed different levels of extracted rice bran. *Pakistan Journal of Nutrition* 1(2): 95-98.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. 2nd ed. McGraw-Hill, Aucklan.
- Tiffany, T.O., J.M. Jansen, C.A. Burtis, J.B. Overton and C.D. Scott. 1972. Enzymatic kinetic rate and end point analyses of substrate by the use of a GeMSAEC fast analyzer. *Clinical Chemistry* 18(8): 829-840.
- Tumwasorn, S., P. Climee, W. Pirunsam, B. Chompoonsri and S. Sritawee. 1996. Production of silage from sweet corn waste for small farm dairy cattle operation. *Thai Journal of Agricultural Science* 29(4): 595-601.
- Van Keulen, J. and B.A. Young. 1977. Evaluation of acid insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science* 44: 282-287.

- Van Soest, P.J. 1987. Nutritional Ecology of the Ruminant: Ruminant Metabolism, Nutritional Strategies, the Cellulolytic Fermentation and the Chemistry of Forage and Plant Fiber. Cornell University Press, Ithaca.
- Waltner S.S., J.P. McNamara and J.K. Hillers. 1993. Relationships of body condition score to production variables in high producing holstein dairy cattle. Journal of Dairy Science 76: 3410-3419.
- Wheeler, J.L. and C. Mulcahy. 1989. Consequences for animal production of cyanogenesis in sorghum and hay. Tropical Grasslands 23: 193-202.
-