ผลของการเสริมผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่านต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ ผลผลิต และองค์ประกอบของน้ำนมในโคให้นม

Effects of Bypass Protein-Fat Mixed Product Supplementation on Feed Intake, Nutrient Digestibility, Milk Production, and Milk Composition in Lactating Dairy Cows

ดวงฤทัย สวรรค์ทอง[1] วุฒิกร สระแก้ว[2] สุกัญญา พูลทจิตร[1] อติชาต ทองน้ำ[3] และ ฉลอง วชิราภากร[1*]

Duangruethai Sawanthong[1], Wuttikorn Srakaew[2], Sukunya Poolthajit[1], Athichat Thongnum[3] and Chalong Wachirapakorn[1*]

[1]สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ. ขอนแก่น 40002

[1]Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

[2]ภาควิชาสัตวศาสตร์และประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน จ. น่าน 55000

[2]Department of Animal Science and Fisheries, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Nan 55000, Thailand

[3]ภาควิชาสัตว์ศาสตร์และประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก จ. พิษณุโลก 65000

[3]Department of Animal Science and Fisheries, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Phitsanulok 65000, Thailand

**Corresponding author: Email: chal_wch@kku.ac.th*

(Received: 21 March 2022; Accepted: 4 April 2023)

Abstract: The objective of this study was to evaluate the effects of bypass protein-fat mixed product (BPFP) supplementation on feed intake, nutrient digestibility, milk production and milk composition in dairy cows. The experiment was arranged in a 4 x 4 Latin square design. There were 4 periods and each period lasted for 21 days. Four crossbred Holstein Friesian cows with initial weight of 537.56 ± 3.19 kg and 80.0 ± 12.40 days in milk were assigned to receive one of four total mixed ration (TMR) diets that varied by 4 levels of BPFP supplementation at 0, 150, 300 and 450 g/day. The TMR was composed of concentrated ingredients to roughage (rice straw) at ratio of 60:40. The TMR contained 16.0% CP and 2.7 Mcal ME/kgDM. Animals were top-dressed with concentrate (21% CP) at a rate of 2 kg/hd/day. The results reveal that the BPFP supplementation had no effect ($P > 0.05$) on daily intake of dry matter (DM) (calculated as kg DM, %BW, and g/kg$W^{0.75}$) and other nutrients such as organic matter (OM), neutral detergent fiber (NDF) intake (kgDM/d). However, as BPFP levels increased, crude protein (CP) and ether extract (EE) intake showed trends for increased linearly ($P<0.05$), while acid detergent fiber (ADF) intake decreased linearly ($P< 0.05$). When BPFP was added, the apparent digestibility of DM ($P= 0.08$), organic matter (OM) ($P = 0.07$), and CP ($P = 0.09$) increased linearly, while ADF digestibility linearly decreased ($P = 0.08$). Milk yield and milk

Copyright @ Journal of Agriculture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. All rights reserved.

composition did not differ significantly ($P > 0.05$) among dietary treatments. Based on the results of this experiment, it was concluded that BPFP supplementation at any level had no effect on milk production or milk composition in lactating dairy cows.

Keywords: Bypass fat-protein, digestibility, milk yield, milk composition, dairy cows

บทคัดย่อ: วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อประเมินผลของการเสริมผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่านต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ ผลผลิตและคุณภาพน้ำนมของโคนม โดยใช้โคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน ที่มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 537.56 ± 3.19 กิโลกรัม จำนวนวันที่ให้นมเริ่มต้นเฉลี่ย 80 ± 12.40 วัน จำนวน 4 ตัว วางแผนการทดลองแบบ 4 x 4 จัตุรัสลาติน แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ระยะ โดยมีระยะการทดลองละ 21 วัน และทำการสุ่มให้โคนมได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่เสริมผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่าน (bypass protein-fat mixed product, BPFP) ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 150, 300 และ 450 กรัมต่อวัน โดยสูตรอาหารผสมสำเร็จทุกสูตรมีระดับโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 2.7 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง โดยมีสัดส่วนระหว่างอาหารข้นต่ออาหารหยาบเท่ากับ 60 : 40 และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งของอาหารหยาบ และมีอาหารข้น (โปรตีน 21 เปอร์เซ็นต์) 2 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ผลการทดลองพบว่า การเพิ่มระดับผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่านไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ในหน่วยกิโลกรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน ปริมาณการกินได้ต่อน้ำหนักตัว ปริมาณการกินได้ต่อน้ำหนักตัวเมแทบอลิก และ โภชนะอื่น ได้แก่ อินทรียวัตถุ และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) อย่างไรก็ตาม การเพิ่มระดับผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่านมีค่าปริมาณการกินได้ของโปรตีนและไขมัน มีค่าเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) แต่ปริมาณการกินได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid detergent fiber, ADF) มีค่าลดลง ($P < 0.05$) นอกจากนี้ มีผลให้มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงของการย่อยได้ของวัตถุแห้ง ($P = 0.08$) โปรตีน ($P = 0.07$) และไขมัน ($P = 0.09$) ขณะที่การย่อยได้ของเยื่อใย ADF ลดลงเป็นเส้นตรง ($P = 0.08$) เมื่อมีการเสริมผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่าน การเสริมผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่านไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนม ($P > 0.05$) จากผลของการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่าการใช้ผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่าน ในทุกระดับไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนม ในโคนมที่ให้นม

คำสำคัญ: ไขมัน-โปรตีนไหลผ่าน การย่อยได้ ผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบน้ำนม โคนม

คำนำ

การให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ประกอบกับภาครัฐมีนโยบายพัฒนาคุณภาพน้ำนมโคเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยเน้นไปที่อาหารในการเลี้ยงโคนมซึ่งส่งผลให้น้ำนมดิบมีปริมาณเพิ่มขึ้นและคุณภาพดีขึ้น (Department of Livestock Development, 2020) นั่นหมายถึงโคนมในประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตสูงขึ้นซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความเปลี่ยนแปลงของความต้องการโภชนะเพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณผลผลิตสำหรับโคนมที่ให้ผลผลิตสูงโดยเฉพาะในช่วงแรกของการให้นม (early lactation) การที่โคนมได้รับพลังงานจากอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตน้ำนม และองค์ประกอบนม (ไขมันและโปรตีนน้ำนม) จึงต้องดึงเอาพลังงานและโปรตีนที่สะสมไว้มาใช้เพื่อการผลิตน้ำนม (Phonkert, 2017) โดยปัจจุบันได้มีนวัตกรรมการผลิตไขมันไหลผ่านและโปรตีนไหลผ่านเสริมในอาหารข้น เพื่อให้โคนมสามารถย่อยและดูดซึมไป

ใช้ได้โดยตรง ในกรณีการขาดพลังงาน ควรเสริมไขมันในอาหารแม่โคเพื่อให้ได้รับพลังงานสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม หากสัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับอาหารที่มีไขมันสูงพบว่าไขมันไปเคลือบเยื่อใย ทำให้จุลินทรีย์เข้าไปยึดเกาะชิ้นอาหารจึงไม่สามารถย่อยได้ (Wachirapakorn, 2017) ดังนั้นไขมันที่เสริมจึงควรอยู่ในรูป ของไขมันไหลผ่าน (by-pass fat) Nakai (2013) รายงานว่า การเสริมไขมันไหลผ่าน สามารถเพิ่มปริมาณน้ำนม แต่องค์ประกอบน้ำนมมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย นอกจากนี้ Piamphon *et al*. (2009) ทำการเสริมไขมันไหลผ่านที่มี CLA เป็นองค์ประกอบพบว่า สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตน้ำนมและ CLA ในไขมันนมด้วย Hantai *et al*. (2020) พบว่าการเสริมไขมันไหลผ่านจากน้ำมันที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ไม่ส่งผลกระทบต่อการย่อยได้ในหลอดทดลองและยังส่งผลให้มีปริมาณของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อยู่ในระดับที่สูงซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของโคนมในระยะให้นม Phakachoed and Meeprom (2020) พบว่า การเสริมไขมันไหลผ่านจากน้ำมันปาล์มในอาหารโครีดนมที่ระดับ 300 กรัมต่อวัน ไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง ปริมาณน้ำนม องค์ประกอบน้ำนมในส่วนของโปรตีนและแลคโตส แต่ไขมันน้ำนมมีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นและส่งผลให้ปริมาณของแข็งรวมในน้ำนม (TS) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น Leiva *et al*. (2018) ทำการเสริมไขมันไหลผ่านเพื่อลดการใช้แป้งเป็นแหล่งพลังงานทำให้ระดับของพลังงานที่โคได้รับมีปริมาณพลังงานสุทธิที่เท่ากัน และการเสริมกรดไขมันจากน้ำมันปาล์มในแพะนมพบว่า ปริมาณของน้ำนมไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมเมื่อมีการควบคุมพลังงานที่ได้รับของสัตว์ (Eknaes *et al*., 2017)

โดยทั่วไปสารประกอบไนโตรเจนแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1. โปรตีนแท้ (true protein) 2. ไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogen, NPN) อย่างไรก็ตาม โปรตีนที่ไหลออกจากกระเพาะรูเมนแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ คือ 1. โปรตีนของจุลินทรีย์ซึ่งเกิดจากโปรตีนในอาหารที่ย่อยสลายได้ง่ายในรูเมน (ruminal degradable protein, RDP) และ 2. โปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (ruminal undegradable protein, RUP) หรือโปรตีนไหลผ่าน (by-pass protein) แต่เนื่องจากโปรตีนส่วนแรกมีปริมาณจำกัด จึงไม่เพียงพอต่อความต้องการของโคที่ให้นมสูง (Schwab, 1995) จึงต้องเสริมโปรตีนไหลผ่านเพิ่มขึ้น จากการศึกษาของ Thapa *et al*. (2019) พบว่าการเสริมโปรตีนไหลผ่านจากกากถั่วเหลืองอัดน้ำมันที่ผ่านการอบด้วยความร้อน (heat treated soybean cake) พบว่า สามารถเพิ่มผลผลิตน้ำนมและโปรตีนในน้ำนม สอดคล้องกับการศึกษาของ Tiwari *et al*. (2018) พบว่า เสริมโปรตีนไหลผ่านจากกากถั่วเหลืองอัดน้ำมันที่ผ่านการอบด้วยความร้อน (heat treated soybean cake) ส่งผลทำให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้นและยังส่งผลทำให้องค์ประกอบน้ำนมเพิ่มขึ้นทั้งในส่วนโปรตีนนมและของแข็งในน้ำนม นอกจากนี้ การเสริมไขมันไหลผ่านร่วมกับโปรตีนไหลผ่านส่งผลทำให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้นและยังส่งผลทำให้องค์ประกอบน้ำนมเพิ่มขึ้นทั้งในส่วนของไขมันนม โปรตีนนมและของแข็งในน้ำนม ดังรายงานของ Thakur and Shelke (2010) รายงานว่า การเสริมไขมันไหลผ่านร่วมกับโปรตีนไหลผ่านในสูตรอาหารสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนมทั้งโปรตีนและไขมันนมได้ ทั้งนี้ เนื่องมาจากการเสริมไขมันไหลผ่านร่วมกับโปรตีนไหลผ่านทำให้สัตว์ได้รับกรดไขมันและกรดอะมิโนไหลผ่านไปยังทางเดินอาหารส่วนท้ายมากขึ้น และส่งผลดีต่อการเพิ่มองค์ประกอบน้ำนม (Shelke and Thakur, 2011) จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการเสริมไขมันไหลผ่านและโปรตีนไหลผ่านในสูตรอาหารสำหรับโคนมน่าจะเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมได้ ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้จึงมีความสนใจศึกษาผลของการเสริมผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่าน (bypass protein-fat mixed product, BPFP) ต่อ ปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และคุณภาพน้ำนมของโคนม

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการพิจารณาของคณะกรรมการจรรยาบรรณและมาตรฐานการเลี้ยงสัตว์ทดลองเพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ลำดับที่ จส.มข. 84/2562 วันที่อนุมัติ 15 ตุลาคม 2562 โดยยึดหลักเกณฑ์จรรยาบรรณการใช้สัตว์ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

สัตว์ทดลอง

การทดลองนี้ใช้โคนมลูกผสมพันธุ์โฮลส์ไตน์-ฟรีเซี่ยน (Crossbred Holstein Friesian) น้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 537.56 ± 3.19 กิโลกรัม มีผลผลิตน้ำนมเฉลี่ย จำนวนวันที่ให้นม (day in milk, DIM) เฉลี่ย 80 ± 12.40 วัน จำนวน 4 ตัว โคทดลองทุกตัวมีสุขภาพสมบูรณ์ ได้รับการถ่ายพยาธิทั้งภายในและภายนอกก่อนเข้างานทดลอง 2 สัปดาห์ จากนั้นสุ่มโคแต่ละตัวเข้าในคอกขังเดี่ยว

แผนการทดลองและสูตรอาหารทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบ 4 x 4 จัตุรัสลาติน (latin square design) โดยใช้โคนมทดลองจำนวน 4 ตัว และระยะการทดลอง (period) ละ 21 วัน จำนวน 4 ระยะการทดลอง มีระยะพักระหว่างช่วงการทดลอง 3 วัน เพื่อปรับสัตว์ที่มีการปรับเปลี่ยนสูตรอาหารทดลองทุกระยะการทดลอง ในแต่ละระยะการทดลองมีอาหารครบทั้ง 4 สูตร เมื่อทดลองครบหนึ่งระยะเวลาการทดลองแล้ว โคทดลองแต่ละตัวจะเปลี่ยนไปรับอาหารทดลองสูตรอื่นโดยไม่ซ้ำกัน จนครบทั้ง 4 สูตร สูตรอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทดลองในครั้งนี้ คำนวณให้มีโภชนะตามความต้องการของโคนมที่ให้น้ำนมเฉลี่ย 20 ± 5.00 กิโลกรัมต่อวัน ไขมันนม 4 เปอร์เซ็นต์ โดยมีระดับโปรตีนหยาบเท่ากับ 16 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 2.7 เมกะแคลอรี่ต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง โดยมีสูตรอาหารทดลอง คือ สูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีสัดส่วนวัตถุดิบอาหารข้นต่ออาหารหยาบ 60 : 40 และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งของอาหารหยาบ (Table 1) และมีการให้อาหารข้นโปรตีนสูง (21 เปอร์เซ็นต์) วันละ 2 กิโลกรัมต่อตัว เนื่องจากก่อนเริ่มการทดลองโคนมได้รับอาหารข้นอยู่แล้ว เพื่อลดผลกระทบด้านผลผลิตและสุขภาพต่อตัวสัตว์ แล้วเสริมด้วยผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่าน (bypass protein-fat mixed product, BPFP) ในระดับที่แตกต่างกันตามสูตรอาหารทดลองทั้งหมด 4 สูตร ดังนี้ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม (ไม่เสริมผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่าน) กลุ่มที่ 2, 3 และ 4 เสริมผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่าน 150, 300 และ 450 กรัมต่อวัน โคนมแต่ละตัวได้รับอาหารสูตรผสมสำเร็จร่วมกับผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่านตามสูตรอาหารทดลอง โดยมีสูตรอาหารผสมสำเร็จให้กินเต็มที่ (*ad libitum*) แบ่งให้วันละ 2 เวลา คือ หลังรีดนมตอนเช้า (07.30 น.) และหลังรีดนมตอนเย็น (16.00 น.) อาหารข้นโปรตีนสูงให้ในระหว่างรีดนม และมีน้ำสะอาดและแร่ธาตุก้อนให้โคกินตลอดเวลา องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองแสดงใน Table 1

การเก็บตัวอย่าง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การเก็บบันทึกปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือในแต่ละวัน ชั่งน้ำหนักโคนมทดลอง คือ ก่อนทดลอง และในวันที่ 21 ของแต่ละระยะการทดลอง เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว และเพื่อนำค่าน้ำหนักตัวที่ได้มาคำนวณหาปริมาณการกินได้ในหน่วยกิโลกรัมต่อวัน (kg/d), เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว (%BW) และกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวเมแทบอลิก ($g/kgW^{0.75}$) เก็บบันทึกปริมาณผลผลิตน้ำนมในแต่ละวัน และเก็บตัวอย่างน้ำนมเพื่อวิเคราะห์หาโปรตีน (protein) ไขมัน (fat) น้ำตาลแลคโตส (lactose) ของแข็งไม่รวมไขมัน (solids not fat) ของแข็งทั้งหมด (total solid, TS) โดยเครื่อง Milkoscan FT1 และวิเคราะห์โซมาติกเซลล์ (somatic cell count, SCC) โดยเครื่อง Fossomatic (Fossomatic 250®, Foss Electric, Hillerùd, Denmark)

การสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารและมูลโคทุกตัว โดยสุ่มเก็บติดต่อกัน 5 วัน ในวันที่ 17 ถึง วันที่ 21 ของแต่ละระยะการทดลอง โดยเก็บตัวอย่างอาหารและตัวอย่างมูล

Table 1. Ingredients of the total mixed ration (TMR) and chemical composition of TMR, concentrate and bypass protein-fat product

Item	TMR
Ingredients, kg as fed basis	
Rice straw	25
Cassava chip	33
Soybean meal	22
DDGS	31.4
Concentrate CP18%	11
Rice bran	11
Cassava pulp, fresh	50
Premix	0.5
Salt	0.5
Dicalcium phosphate	1.0
Total	185.4

แบ่งเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ปริมาณวัตถุแห้ง นำค่าที่ได้ไปปรับปริมาณการกินได้ของอาหาร โดยคิดต่อหน่วยน้ำหนักแห้ง และส่วนที่ 2 นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter, DM), เถ้า (ash), ไขมัน (ether extract, EE) และโปรตีนหยาบ (crude protein, CP) ตามวิธีของ AOAC (1985) และวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของเยื่อใย ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid detergent fiber, ADF) ตามวิธีของ Van Soest *et al*. (1991) และวิเคราะห์หา AIA ตามวิธีของ Van Keulen and Young (1977) เพื่อคำนวณหาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ ตามวิธีของ Schneider and Flatt (1975) โดยสูตรที่ใช้ในการคำนวณ คือ

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (%)
= 100 - [100 X % AIA ในอาหาร% AIA ในมูล]

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (%)
= 100 - [100 X (% AIA ในอาหาร x % โภชนะในมูล)/ (%AIA ในมูล x %โภชนะในอาหาร)]

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ 4 x 4 และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์เพื่อทดสอบแนวโน้มโดยวิธี orthogonal polynomial โดยใช้ Proc GLM (Statistical Analysis System, 2002)

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \gamma_j + \tau_k + \varepsilon_{ijk}$$

โดย Y_{ijk} = ค่าสังเกต
μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมด
ρ_i = อิทธิพลเนื่องจากเวลา (period) เมื่อ i = 1, 2, 3 และ 4
γ_j = อิทธิพลเนื่องจากสัตว์ (animal) เมื่อ j = 1, 2, 3 และ 4
τ_k = อิทธิพลเนื่องจากทรีทเมนต์ (treatment) เมื่อ k = 1, 2, 3 และ 4
ε_{ijk} = ความคลาดเคลื่อน

ผลการทดลองและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทอลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลอง (Table 2) โดยสูตรอาหารผสมสำเร็จมีโปรตีน เท่ากับ 16.28 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับไขมัน 2.16 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 2.68 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง และอาหารข้นโปรตีนสูง มีโปรตีน เท่ากับ 26.25 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ ไขมัน 3.69 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ เท่ากับ 3.18 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ส่วนผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่านมีโปรตีน เท่ากับ 28.21 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ ไขมัน 28.77 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ เท่ากับ 3.21 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง

ผลของการเสริมผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่านในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อปริมาณการกินได้

ผลของการเสริมผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่านในโครีดนมไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้วัตถุแห้งของอาหาร และการกินได้ของวัตถุแห้งรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตาม โครีดนมที่ได้รับการเสริมโปรตีนและไขมันไหลผ่านที่ระดับ 300 กรัมต่อวัน มีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งมีค่าสูงที่สุดในโคนมที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่าน (Table 3) สอดคล้องกับการศึกษาของ Phakachoed and Meeprom (2020) พบว่า การเสริม Ca-PO (Ca-salt of palm oil fatty acid) ที่ระดับ 300 กรัมต่อวัน ในอาหารโครีดนมไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง แต่มีปริมาณพลังงานสุทธิที่ได้รับสูงกว่ากลุ่มควบคุม Phonkert (2017) รายงานว่า การเสริม Ca-PO ที่ระดับ 0, 150 และ 300 กรัมต่อวัน ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของโคนม และไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง นอกจากนี้ Leiva *et al.* (2018) เสริม Ca-PO ในโครีดนมที่ระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง ไม่พบความแตกต่างของการกินได้ อย่างไรก็ตาม การเสริมไขมันในอาหารโคส่งผลต่อการกินได้ของโคที่เป็นผลจากการย่อยสลายเยื่อใยภายในกระเพาะหมักของโคมีระดับที่ลดลงทำให้อัตราการไหลผ่านของอาหารมีการไหลผ่านที่ต่ำ ทั้งนี้ โคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตรในการทดลองนี้ มีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งมีค่าใกล้เคียงกับความต้องการปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง ตามน้ำหนักตัวโค การให้ผลผลิตน้ำนมและไขมันนมจากการประเมินโดย NRC (2001) (Table 2) ดังนั้น โคนมในการทดลองครั้งนี้ได้รับวัตถุแห้งเพียงพอต่อความต้องการของโคนมและส่วนที่เกินความต้องการนั้น โคนมสามารถนำไปใช้เพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวได้

Table 2. Chemical composition of TMR, concentrate and bypass protein-fat product

Item	TMR	Concentrate	Bypass protein-fat mixed product
Dry matter (DM), %	61.93	92.19	95.18
	---------- %DM ----------		
Organic matter (OM)	91.19	90.76	72.09
Crude protein (CP)	16.28	26.25	28.21
Ether extracts (EE)	2.16	3.69	28.77
Neutral detergent fiber (NDF)	63.12	23.08	23.04
Acid detergent fiber (ADF)	23.70	14.33	14.25
Ash	8.81	9.24	27.91
ME[1], Mcal/kgDM	2.68	3.18	3.21

[1]Metabolizable energy (ME) calculated from chemical composition of each feed (Harris *et al.*, 1972)

Table 3. Effect of bypass protein-fat product on dry matter intake and nutrient intake in lactating dairy cows

Items	Bypass protein-fat mixed product, g/d				SEM	*P*-value			
	0	150	300	450		C vs BPFP	L	Q	C
Avg. BW, kg	534.71	535.07	541.05	538.51	1.94	0.16	0.09	0.46	0.17
DM intake									
TMR, kg/d	16.99	15.58	17.33	17.31	0.68	0.31	0.41	0.35	0.16
Concentrate, kg/d	1.84	1.84	1.84	1.84	-	-	-	-	-
BPFP, kg/d	0.00	0.14	0.29	0.43	-	-	-	-	-
Total, kg/d	18.83	17.57	19.46	19.58	0.68	0.24	0.22	0.35	0.15
%BW	3.45	3.25	3.55	3.56	0.13	0.36	0.28	0.47	0.21
g/kgW$^{0.75}$	166.60	156.67	171.60	172.35	6.07	0.33	0.26	0.44	0.21
Nutrient intake									
OM, kg/d	16.94	16.14	17.73	17.86	0.62	0.28	0.17	0.48	0.22
CP, kg/d	3.20^{ab}	2.90^{b}	3.54^{a}	3.51^{a}	0.10	0.02	0.02	0.25	0.01
EE, kg/d	0.42^{C}	0.45^{c}	0.51^{b}	0.58^{a}	0.01	0.001	<0.01	0.20	0.73
NDF, kg/d	11.92	10.33	10.97	11.42	0.43	0.17	0.68	0.06	0.26
ADF, kg/d	5.03^{a}	3.85^{b}	4.26^{b}	3.97^{b}	0.17	0.11	0.01	0.24	0.02
Energy intake[1]									
ME, Mcal/d	45.15	45.10	49.18	50.20	1.72	0.17	0.05	0.76	0.39
Nutrient Requirement[2]									
DMI, kg/d	18.53	18.92	18.55	18.60	0.17	0.45	0.84	0.36	0.17
CP, kg/d	2.39	2.50	2.50	2.41	0.06	0.31	0.84	0.16	0.92
ME, Mcal/d	43.35	44.83	44.88	43.65	0.81	0.29	0.80	0.14	0.97

Avg. BW = Average body weight, TMR = total mixed ration, BPFP = bypass protein-fat mixed product,

[1] 1 kg DOM = 3.8 Mcal ME (Kearl, 1982)

[2] Calculated according to NRC (2001)

C = control group, BPFP = bypass protein-fat mixed product group

SEM = Standard errors of the mean

[a,b] Means in the same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

Probability of a Linear (L), quadratic (Q), and cubic (C) effects of bypass fat-protein levels

ผลของการเสริมผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่านในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้

การเสริมผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่านไม่มีผลต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนหยาบ ไขมัน เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (NDF) และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (ADF) ($P > 0.05$) โดยโคนมที่ทำการเสริมผลิตภัณฑ์โปรตีนและไขมันไหลผ่านค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนหยาบ ไขมัน เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF มีค่าเท่ากับ 677.41 - 71.6, 70.11 - 74.22, 72.02 - 76.05, 82.51 - 87.22, 63.31 - 66.93 และ 44.63 - 52.11 ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 4 ซึ่งสอดคล้องกับรายงาน

ของ Hartati *et al*. (2014) Ranaweera *et al*. (2019) เสริมกรดไขมันไหลผ่านจากน้ำมันปาล์มในรูปเกลือแคลเซียมของกรดไขมันสายยาว (calcium salt of long chain fatty acid) ที่ระดับ 200 กรัมต่อวัน โดยการผสมในอาหาร TMR พบว่า ไม่ส่งผลต่อการย่อยได้ในกระเพาะหมัก นอกจากนี้ Hantai *et al*. (2020) พบว่า การเสริมไขมันไหลผ่านจากน้ำมันผสมในอาหารโคนมที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลกระทบต่อการย่อยได้ในหลอดทดลอง ทั้งนี้ ไขมันที่ได้รับการป้องกันส่งผลให้มีการหมักย่อยในกระเพาะหมักต่ำ และส่งผลให้มีการผลิตแก๊สลดลงไปด้วย (Mohammadian-Tabtizi *et al*., 2011) สำหรับโปรตีนหยาบที่โคนมได้รับในสูตรอาหารผสมสำเร็จทั้ง 4 สูตร มีค่าอยู่ระหว่าง 3.20 - 3.54 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งมีค่าสูงกว่า NRC (2001) ที่รายงานว่าโคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมประมาณ 20 - 25 กิโลกรัมต่อวัน ควรได้รับโปรตีนที่ย่อยได้อยู่ระหว่าง 2.5 - 3.0 กิโลกรัมต่อวัน เนื่องจากโคนมกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่านที่ระดับ 300 และ 450 กรัมต่อวัน มีปริมาณการกินได้และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนและไขมันที่มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มอื่น จึงส่งผลให้การได้รับโภชนะในส่วนของโปรตีนและไขมันสูงกว่ากลุ่มอื่นด้วย ส่งผลให้ระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่โคนมได้รับมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ถึงแม้ว่าระดับโปรตีนและพลังงานที่โคนมได้รับในสูตรอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่พบว่ามีค่าสูงกว่าความต้องการโปรตีนและพลังงานในการใช้เพื่อการผลิตน้ำนมจากการประเมินโดย NRC (2001) (Table 4) โดยมีค่าความต้องการโปรตีน เท่ากับ 2.39, 2.50, 2.50ด และ 2.41 กิโลกรัมต่อวัน และความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ เท่ากับ 43.35, 44.83, 44.88 และ 43.65 เมกะแคลอรี่ต่อวัน ในโคนที่ได้รับสูตรอาหารทดลอง ตามลำดับ

Table 4. Effect of bypass protein-fat mixed product on nutrient digestibility in lactating dairy cows

Items	Bypass protein-fat mixed product, g/d				SEM	*P*-value			
	0	150	300	450		C vs BPFP	L	Q	C
Apparent digestibility, %									
DM	67.41	70.46	69.97	71.60	1.28	0.23	0.08	0.60	0.36
OM	70.11	73.52	73.03	74.22	1.21	0.19	0.07	0.40	0.34
CP	72.18	72.02	75.96	76.05	1.75	0.27	0.09	0.94	0.35
EE	82.51	87.22	85.79	87.17	1.86	0.33	0.18	0.41	0.32
NDF	65.60	65.16	63.31	66.93	1.66	0.53	0.78	0.27	0.93
ADF	52.11	46.85	45.16	44.63	2.60	0.26	0.08	0.40	0.84

C = control group, BPFP = bypass protein-fat mixed product group

SEM = Standard errors of the mean,

[a,b] Means in the same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

Probability of a Linear (L), quadratic (Q), and cubic (C) effects of bypass fat-protein levels

ผลของการเสริมผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่านในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนม

การเสริมผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่านไม่ส่งผลต่อปริมาณน้ำนม (Table 5) แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Phakachoed and Meeprom (2020) และ Leiva *et al.* (2018) ที่เสริมกรดไขมันไหลผ่านจากน้ำมันปาล์มในรูปเกลือ แคลเซียมของกรดไขมันสายยาว 300 กรัมต่อวัน ไม่ส่งผลต่อปริมาณน้ำนม แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาของ Meshram *et al.* (2016) พบว่า การเสริมไขมันไหลผ่านสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น 12.73 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของกรดไขมันในสัตว์เคี้ยวเอื้องขึ้นอยู่กับชนิดของกรดไขมัน โดยกรดไขมันปาล์มมิติกมีประสิทธิภาพที่สูงกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวจึงเป็นผลให้การเสริมกรดปาล์มิติกในอาหาร สามารถเพิ่มปริมาณน้ำนมได้ (Piantoni *et al.*, 2013) การเพิ่มขึ้นของผลผลิตน้ำนมจากการเสริมพลังงานมีปริมาณน้อยซึ่งแตกต่าง จากสัตว์ที่มีประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมที่สูงหากได้รับพลังงานที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณน้ำนมมีการเพิ่มขึ้นในปริมาณที่สูงมากกว่า (Eknaes *et al.*, 2017) ในส่วน

Table 5. Milk yield and milk composition in lactating dairy cows supplemented with various levels of bypass protein-fat product

Items	Bypass protein-fat mixed product, g/d				SEM	*P*-value			
	0	150	300	450		C vs BPFP	L	Q	C
Milk yield, kg/d	23.08	23.67	23.92	23.17	0.773	0.59	0.88	0.42	0.86
4%FCM[1], kg/d	21.78	23.04	22.94	21.97	0.658	0.29	0.88	0.14	0.87
Milk composition									
Fat, %	3.59	3.84	3.71	3.65	0.102	0.25	0.89	0.17	0.35
Protein, %	3.01	2.91	2.99	2.92	0.044	0.22	0.39	0.75	0.13
Lactose, %	4.71	4.63	4.76	4.75	0.034	0.98	0.16	0.29	0.07
SNF, %	8.39	8.26	8.45	8.32	0.073	0.58	0.92	0.99	0.09
TS, %	12.10	12.17	12.30	12.16	0.127	0.49	0.63	0.43	0.58
Composition production									
Fat, kg/d	0.84	0.91	0.89	0.85	0.026	0.19	0.88	0.07	0.69
Protein, kg/d	0.70	0.69	0.72	0.67	0.022	0.92	0.68	0.43	0.37
Lactose, kg/d	1.09	1.10	1.14	1.10	0.041	0.63	0.69	0.59	0.58

4%FCM = 4%Fat corrected milk, SNF = solid not fat, TS = total solid, SCC = somatic cell count,

C = control group, BPFP = bypass protein-fat mixed product group

[1]4%FCM = 0.4 × milk yield (kg/d) + 15 × fat yield (kg/d)

SEM = Standard errors of the mean

[d] Probability of a Linear (L), quadratic (Q), and cubic (C) effects of bypass fat-protein levels

ขององค์ประกอบน้ำนมพบว่า เสริมผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่านไม่ส่งผลต่อองค์ประกอบน้ำนมในส่วนของโปรตีน น้ำตาลแลคโตส ของแข็งไม่รวมไขมัน และของแข็งทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) สอดคล้องกับ Phonkert (2017) เสริมไขมันไหลผ่านในรูป Ca-POFA ที่ระดับ 0, 150 และ 300 กรัมต่อวัน พบว่า ไม่ส่งผลต่อองค์ประกอบน้ำนม นอกจากนั้น Suksombat and Lounglawan (2008) ทำการศึกษาการเสริมไขมันไหลผ่านในอาหารของโคนมปริมาณ 300 กรัมต่อวัน ไม่พบความแตกต่างของผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนมในโคนม และสอดคล้องกับการศึกษาของ Akhlaghi *et al*. (2020) พบว่า การเสริมไขมันไหลผ่าน ทั้งระดับสูงและระดับต่ำส่งผลทำให้ปริมาณผลผลิตน้ำนม ปริมาณไขมันนม โปรตีน และปริมาณยูเรียในน้ำนม ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ Mobeen *et al*. (2019) พบว่า การเสริมไขมันไหลผ่านที่ระดับ 350 กรัมต่อวัน ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในน้ำนมมากกว่าการเสริม 0 และ 250 กรัมต่อวัน แต่ไม่แตกต่างจาก 450 กรัมต่อวัน ซึ่งการเสริมไขมัน 3 - 5 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง มีผลในการเพิ่มผลผลิตน้ำนม ในขณะที่เมื่อเสริมไขมัน เกินกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งทำให้ผลผลิตน้ำนมลดลง (Phonkert, 2017) อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Phakachoed and Meeprom (2020) เสริม Ca-PO ในอาหารโครีดนมที่ระดับ 300 กรัมต่อวัน ส่งผลให้ปริมาณน้ำนม องค์ประกอบน้ำนมในส่วนของโปรตีนและแลคโตสเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ การเสริมไขมันไหลผ่านทำให้ไขมันน้ำนมและปริมาณของแข็งรวมในน้ำนมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น Thapa *et al*. (2019) พบว่า เสริมโปรตีนไหลผ่านในรูปของกากถั่วเหลืองอัดน้ำมันที่ผ่านการอบด้วยความร้อนส่งผลต่อองค์ประกอบน้ำนมเพิ่มขึ้น Garg *et al*. (2002) พบว่า เปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนมเพิ่มขึ้นในโคและกระบือที่เสริมด้วยโปรตีน-ไขมันไหลผ่าน แสดงให้เห็นว่าโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมนหรือโปรตีนไหลผ่าน ในโคนมที่ให้ผลผลิตสูงมากกว่า 20 กิโลกรัมต่อวัน อาจได้รับโปรตีนจุลินทรีย์ไม่เพียงพออาจจำเป็นที่จะต้องได้รับโปรตีนไหลผ่านเพิ่มขึ้น (Wachirapakorn, 2017)

สำหรับประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อผลผลิตน้ำนม (feed efficiency, FE) ผลผลิตน้ำนมปรับค่าพลังงาน (energy corrected milk, ECM) ในการทดลองครั้งนี้ (Table 6) พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) สอดคล้องกับปริมาณการกินได้ และปริมาณผลผลิตน้ำนมที่ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม สัดส่วนของไขมันต่อโปรตีน (fat to protein ratio, F:T) พบว่า การเสริมผลิตภัณฑ์โปรตีนและไขมันไหลผ่านในโคนมที่ระดับ 150 กรัมต่อวัน ไม่แตกต่างกับระดับที่การเสริมที่ 300 และ 450 กรัมต่อวัน แต่มีค่าสูงกว่าในโคนมที่ไม่ได้รับการเสริมผลิตภัณฑ์โปรตีนและไขมันไหลผ่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อาจเป็นผลจากการเพิ่มไขมันไหลผ่านจากผลิตภัณฑ์โปรตีนและไขมันไหลผ่านมีการสังเคราะห์ไขมันในน้ำนมเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการการสังเคราะห์โปรตีนในน้ำนมที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน (nitrogen utilization efficiency, NUE) มีค่าลดลงเมื่อระดับการเสริมผลิตภัณฑ์โปรตีนและไขมันไหลผ่านเพิ่มสูงขึ้น โดยพบว่าระดับที่การเสริมที่ 300 และ 450 กรัมต่อวันส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนลดลง ($P < 0.05$) ทั้งนี้ อาจเกิดเนื่องจากการที่โคนมได้รับการเสริมผลิตภัณฑ์โปรตีนและไขมันไหลผ่านในระดับที่สูงส่งผลทำให้โปรตีนที่ได้รับสูงขึ้นเกินกว่าความต้องการในการนำไปใช้ผลิตเป็นน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนม (Table 2) สอดคล้องกับรายงานของ Rodriguez *et al*. (1997) ที่รายงานว่าระดับโปรตีนที่สูงขึ้นในสูตรอาหารส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนลดลง นอกจากนี้ การเสริมผลิตภัณฑ์โปรตีนและไขมันไหลผ่านในโคนม พบว่า ไม่มีผล ($P > 0.05$) ต่อค่าจำนวนเซลล์โซมาติก (somatic cell count, SCC) และค่าคะแนนโซมาติกเซลล์ (somatic cell score, SCS) ในน้ำนม

Table 6. Feed efficiency, energy corrected milk, fat to protein ration, nitrogen utilization efficiency, somatic cell count and somatic cell score in lactating dairy cows supplemented with various levels of bypass protein-fat product

Items	Bypass protein-fat mixed product, g/d				SEM	*P*-value			
	0	150	300	450		C vs BPFP	L	Q	C
Feed efficiency[1]	1.31	1.26	1.20	1.23	0.04	0.24	0.10	0.30	0.51
ECM[2], kg/d	21.13	21.96	22.19	21.15	0.659	0.44	0.93	0.21	0.83
Fat : Protein	1.19[a]	1.33[b]	1.24[ab]	1.25[ab]	0.033	0.07	0.52	0.10	0.08
NUE[3]	0.20[a]	0.21[a]	0.18[b]	0.18[b]	0.003	0.03	<0.01	0.51	0.01
SCC, log10	4.94	5.18	5.12	5.39	0.171	0.19	0.14	0.94	0.44
SCS[4]	2.82	3.61	3.41	4.30	0.570	0.19	0.14	0.93	0.43

C= control group, BPFP = bypass protein-fat mixed product group, SCC = somatic cell count,

[1]Feed efficiency = milk yield/dry matter intake

[2]ECM = milk x (0.38x% fat + 0.24x% protein + 0.17x% lactose)/3.17

[3]Nitrogen utilization efficiency = (milk protein yield (kg/d) ÷ 6.38) / (crude protein intake (kg/d) ÷ 6.25) (Broderick *et al*., 2009)

[4]Somatic cell score (SCS) = $\log_2$(SCC/100,000) + 3 (Ali and Shook, 1980)

[a,b] Means in the same row with different superscripts differ ($P < 0.05$)

SEM= Standard errors of the mean

[d] Probability of a Linear (L), quadratic (Q), and cubic (C) effects of bypass fat-protein levels

สรุปและข้อเสนอแนะ

ระดับการเสริมผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่านในสูตรอาหารผสมสำเร็จและเสริมอาหารข้นในการทดลองนี้ ไม่มีผลกระทบต่อ ปริมาณการกินได้และผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนมของโคนม ในโคนมที่ได้รับโปรตีนและพลังงานมากกว่าความต้องการในการให้ผลผลิตน้ำนม แต่การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุและโปรตีน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามระดับการเสริมผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่าน อย่างไรก็ตาม การเสริมผลิตภัณฑ์ผสมโปรตีนและไขมันไหลผ่านในโคนม ควรศึกษาในระยะต้นของการให้น้ำนมก่อนถึงการให้น้ำนมสูงสุด เนื่องจากโคนมมีปริมาณการกินอาหารได้ต่ำและอาจได้รับโปรตีนและพลังงานไม่เพียงพอต่อการให้ผลผลิตน้ำนม ซึ่งจะเป็นแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการให้ผลผลิตของโคนม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเกษตรรายย่อย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ บริษัท ยูเนี่ยนแคสแทป จำกัด สำหรับสนับสนุนผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง และดวงฤทัยฟาร์มที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทดลองในการดำเนินการวิจัยให้ลุล่วงเป็นไปอย่างเรียบร้อย

เอกสารอ้างอิง

Akhlaghi, B., G.R. Ghorbani, M. Alikhani, S. Kargar, A. Sadeghi-Sefidmazgi, H. Rafiee-Yarandi and P. Rezamand. 2019. Effect of production level and source of fat supplement on performance, nutrient digestibility and blood parameters of heat-stressed Holstein cows. Journal of Animal Science and Technology 61(6): 313-323.

Ali, A.K.A. and G.E. Shook. 1980. An optimum transformation for somatic cell concentration in milk. Journal of Dairy Science 63(3): 487-490

AOAC. 1985. Official Methods of Analysis. 14th ed. Association of Official Analysis Chemists, Washington, D.C.

Broderick, G.A. 2009. New perspectives on the efficiency of nitrogen use in ruminants. pp. 165-178 *In*: L.F. Prada e Silva and F.P. Rennó (eds.). II Simposio Internacional Avancos em Techicas de Pesquisa em Nutricao de Ruminantes, University of Viscoso, Brazil.

Department of Livestock Development. 2020. Farmers and dairy farmers information. (Online). Available: http://1ab.in/age.pdf (December 3, 2020). (in Thai)

Eknaes, M., Y. Chilliard, K. Hove, R.A. Inglingstad, L. Bernard and H. Volden. 2017. Feeding of palm oil fatty acids or rapeseed oil throughout lactation: Effects on energy status, body composition, and milk production in Norwegian dairy goats. Journal of Dairy Science 100(9): 7588-7601.

Garg, M.R., P.L. Sherasia, B.M. Bhanderi, S.K. Gulati and T.W. Scott. 2002. Effect of feeding rumen protected nutrients on milk production in crossbred cows. Indian Journal of Animal Nutrition 19(3):191-198.

Hantai, P., N. Laorodphan, S. Numthuam, S. Yammuen-art and W. Tartrakoon. 2020. Supplementation of bypass fat from mixed oil in dairy cow diets on chemical composition and *in vitro* digestibility. Khon Kaen Agriculture Journal 48(Suppl. 1): 269-276. (in Thai)

Harris, L.E., L.C. Kearl and P.V. Fonnesbeck. 1972. Use of regression equations in predicting availability of energy and protein. Journal of Animal Science 35(3): 658-680.

Hartati, L., I. Sumantri and A. Agus. 2014. Supplementation of rumen by-pass protein-fat: effect on feed intake, nutrient digestibility, and the profile of duodenal digesta fatty acids. Animal Production 16(2):95-100.

Kearl, L.C. 1982. Nutrient requirements of ruminants in developing countries Logan: International Feedstuffs Institute. Utah State University, Utah, USA.

Leiva, T., R.F. Cooke, A.P. Brandao, R.D. Bertin, E.A. Colombo, V.F.B. Miranda, L.A.C. Lourenco, S.M.B. Rodrigues and J.L.M. Vasconcelos. 2018. Effects of supplemental calcium salts of palm oil and chromium-propionate on insulin sensitivity and productive and reproductive traits of mid- to late-lactating Holstein x Gir dairy cows consuming excessive energy. Journal of Dairy Science 101(1): 491-504.

Meshram, R.B., S.P. Waghmare, N.P. Dakshinkar and K.S. Pajai. 2016. Effect of supplementation of rumen bypass fat with chromium on milk yield and milk fat per cent in dairy cow. Veterinary Science Research Journal 7(2): 95-98.

Mobeen, A., M. Riaz, S.H. Raza, M. Sharif and M.U. Yaqoob. 2019. Effecf of bypass fat supplementation on milk yield in lactating cows and buffaloes. Pakistan Journal of Agricultural Sciences 56(3): 743-746.

Mohammadian-Tabrizi, H.R., H. Sadeghipanah, M. Chamani, Y. Ebrahim-Nejad and H.

Fazaeli. 2011. *In vitro* gas production of wheat grain flour coated with different fat types and levels. African Journal of Biotechnology 10(39): 7710-7716.

Nakai, P.K. 2013. Bypass fat in dairy ration - A review. Animal Feed Science and Technology 13(1): 147-163.

NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th ed. National Academic Press, Washington, D.C.

Phakachoed, N. and C. Meeprom. 2020. Effects of supplementation Ca-salt of palm oil fatty acid in the lactating dairy cow diet on productivity and milk compositions. Agriculture and Technology Journal 1(2): 33-40. (in Thai)

Phonkert, P. 2017. Change in milk fatty acid profile in response to calcium salt of palm oil fatty acid in lactating dairy cow. M.S. Thesis. Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima. 86 p. (in Thai)

Piamphon, N., C. Wachirapakorn, M. Wanapat and C. Navanukraw. 2009. Effects of protected conjugated linoleic acid supplementation on milk fatty acid in dairy cows. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 22(1): 49-56.

Piantoni, P., A.L. Lock and M.S. Allen. 2013. Palmitic acid increased yields of milk and milk fat and nutrient digestibility across production level of lactating cows. Journal of Dairy Science 96(11): 7143-7154.

Ranaweera, K.K.T.N., M.B.P. Kumara Mahipala and W.M.P.B. Weerasinghe. 2019. Influence of rumen bypass fat supplementation during early lactation in tropical crossbred dairy cattle. Tropical Animal Health and Production 52: 1403-1411.

Rodriguez, L.A., C.C. Stallings, J.H. Herbein and M.L. McGilliard. 1997. Effect of degradability of dietary protein and fat on ruminal, blood, and milk components of Jersey and Holstein cows. Journal of Dairy Science 80(2): 353-363.

Schneider, B.H. and W.P. Flat. 1975. The Evaluation of Feeds Through Digestibility Experiments. The University of Georgia Press, Athens, GA.

Schwab, C.G. 1995. Protected proteins and amino acids for ruminants. pp. 115-141 *In*: R.J. Wallace and A. Chesson (eds.). Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding. VCH, Weinheim.

Statistical Analysis System. 2002. User's Guide: Statistics, Version 9.1 SAS Institute Inc., Cary, NC.

Shelke, S.K. and S.S. Thakur. 2011. Effect on the quality of milk and milk products in Murrah buffaloes (*Bubalus bubalis*) fed rumen protected fat and protein. International Journal of Dairy Science 6(2): 124-133.

Suksombat, W. and P. Lounglawan. 2008. Studies of various bypass fat supplementations on performance of lactating dairy cows. Research report. Institute of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima. 41 p. (in Thai)

Thakur, S.S. and S.K. Shelke. 2010. Effect of supplementing bypass fat prepared from soybean acid oil on milk yield and nutrient utilization in Murrah buffaloes. Indian Journal of Animal Sciences 80(4): 354-357.

Thapa, P., T. Pandey, R. Acharya and B. Dhital. 2019. Effect of by-pass protein

supplements on milk production of dairy cattle. Journal of Agriculture and Natural Resources 2(1): 171-179.

Tiwari, M.R., P.K. Jha, S.R. Pant, M.P. Acharya, P. Thapa and B.K. Shrestha. 2018. Effect of bypass protein supplement on milk production in Jersey cow. Bangladesh Journal of Animal Science 47(2): 98-104.

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(2): 282-287.

Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74(10): 3583-3597.

Wachirapakorn, C. 2017. Applied Ruminant Nutrition. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen. 501 p. (in Thai)