

ผลของการเสริมยีสต์ที่มีวิตามินดีสูงต่อผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบน้ำนม และระดับไขมันในกระแสเลือดในโคนม

Effects of Vitamin D Enriched Yeast Supplementation on Milk Yield, Milk Composition and Blood Lipid Profiles in Dairy Cows

ปฏิภาณ นน่อแก้ว¹ อภิชาติ ศรีภักย์¹ สิริพร อ่ำสุข²
ประหยัด ทิราวงศ์^{1,3} และ เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ^{1*}
Patipan Hnokaew¹, Apichart Seepai¹, Siriporn Umsook²,
Prayad Thirawong^{1,3} and Saowaluck Yammuan-Art^{1*}

¹ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

¹Department of Animal and Aquatic Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

²กลุ่มงานสัตวแพทย์ อนุรักษ์และวิจัย ฝ่ายบริหารจัดการสัตว์ สำนักงานเชียงใหม่ไนท์ซาฟารี จ. เชียงใหม่ 50230

²Veterinary, Conservation and Research Section, Animal Management Division,

Chiang Mai Night Safari, Chiang Mai 50230, Thailand

³ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ. นครปฐม 73140

³Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen,

Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140, Thailand

*Corresponding author: Email: saowaluck.y@cmu.ac.th

(Received: 18 January 2023; Accepted: 11 May 2023)

Abstract: The purpose of this study was to evaluate the effects of vitamin D enriched yeast supplementation on milk yield, milk composition and blood lipid profiles in dairy cows. Six crossbred Holstein Friesian cows, an average age of 3.0 ± 0.5 years old, milk production (11.5 ± 2.5 kg/day), body weight (BW; 420.0 ± 35.0 kg), and days in milk (DIM; 95.0 ± 15.0 day) were randomly allocated to treatments by using a 3 x 3 replicated Latin square design, including a control group (T1), 5 g live yeast supplementation (T2), and 5 g vitamin D enriched yeast supplementation (160,000 IU/head/day; T3). Milk production was recorded daily, milk samples were collected on days 14 and 35 of each trial period, and blood samples were collected on days 0, 7, 14, and 21 of each collection period for analyzing milk composition, vitamin D content in milk, and blood lipid profiles. The result showed that milk fat of T2 and T3 groups was significantly higher than T1 group (4.12 and 4.15 compared to 3.23 %, respectively; $P < 0.05$). The vitamin D enriched yeast supplementation group had significantly higher vitamin D content in milk than the T1 and T2 groups (646.84 compared to 523.82 and 552.31ng/L, respectively; $P < 0.05$). Moreover, the vitamin D enriched yeast supplementation group had 25-hydroxyvitamin D concentration in blood that were significantly higher than those from other comparable groups at days 7, 14 and 21 of the trial periods ($P < 0.05$). As a result, supplementing vitamin D enriched yeast with dairy cow diets could improve milk yields, milk fat and vitamin D content in milk.

Keywords: Vitamin D, vitamin D enriched yeast, blood lipid profiles, dairy cows

บทคัดย่อ: วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ เพื่อประเมินผลของการเสริมยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูงต่อผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบน้ำนม และระดับไขมันในกระแสเลือดในโคนม โดยใช้โคนมลูกผสมสายพันธุ์ Holstein Friesian อายุ 3.0 ± 0.5 ปี, น้ำหนักตัว 420.0 ± 35.0 กิโลกรัม ช่วงระยะการให้น้ำนม 95.0 ± 15.0 วัน ให้น้ำนม 11.5 ± 2.5 กิโลกรัมต่อวัน จำนวน 6 ตัว วางแผนการทดลองแบบ Latin square design 3×3 replicated แบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเสริมยีสต์ (T1) กลุ่มที่เสริมยีสต์มีชีวิต 5 กรัมต่อตัวต่อวัน (T2) และกลุ่มที่เสริมยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูง ($160,000$ IU/ตัว/วัน) 5 กรัมต่อตัวต่อวัน (T3) จัดบันทึกปริมาณผลผลิตน้ำนมทุกวัน เก็บตัวอย่างน้ำนมในวันที่ 21 ของแต่ละระยะการทดลอง และเก็บตัวอย่างเลือดในวันที่ 0, 7, 14 และ 21 ของแต่ละระยะการทดลอง เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม วิตามินดีในน้ำนม และระดับไขมันในกระแสเลือด พบว่า กลุ่ม T2 และ T3 มีเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมสูงกว่ากลุ่ม T1 (4.12 และ 4.15 เทียบกับ 3.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ปริมาณวิตามินดีในน้ำนมของกลุ่ม T3 สูงกว่ากลุ่ม T1 และ T2 (646.84 เทียบกับ 523.82 และ 552.31 ng/L ตามลำดับ) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ กลุ่มที่เสริมยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูง มีปริมาณ 25-hydroxyvitamin D ในกระแสเลือดในวันที่ 7, 14 และ 21 ของการทดลองสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้น การใช้ยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูงเสริมร่วมกับอาหารโคนมจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตน้ำนม เปอร์เซ็นต์ไขมันและปริมาณวิตามินดีในน้ำนม

คำสำคัญ: วิตามินดี ยีสต์วิตามินดีสูง ระดับไขมันในกระแสเลือด โคนม

บทนำ

โคนมเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนช่วยย่อยอาหารจึงทำให้วิตามินดีในอาหารหรือวิตามินดีที่เสริมร่วมกับอาหารโดยตรงถูกย่อยสลายส่งผลให้โคนมสามารถใช้ประโยชน์วิตามินดีที่เสริมในอาหารได้น้อยลง (Schmid and Walther, 2013) ปริมาณวิตามินดีถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ภายในกระเพาะมากถึง 75 - 90 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการบ่ม 24 ชั่วโมงในหลอดทดลอง (Sommerfeldt *et al.* 1979) จึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีในการป้องกันให้วิตามินดีไม่ถูกย่อยในกระเพาะรูเมน ยีสต์เป็นตัวเลือกหนึ่งที่น่าสนใจเนื่องจากเจริญเติบโตเร็ว สามารถเลี้ยงโดยใช้กระบวนการอย่างง่าย ไม่เป็นเชื้อโรค ไม่เป็นอันตรายต่อคนและสัตว์ที่ได้รับ (Polyorach and Wanapat, 2015) และที่สำคัญยีสต์ยังมีสารตั้งต้น (ergosterol) ในการผลิตวิตามินดีสูง (Shobayashi *et al.*, 2005) เมื่อกระตุ้นด้วยแสงยูวีบีก็สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินดีได้ (Schummer *et al.*,

2021) อีกทั้งยีสต์ยังสามารถดำรงอยู่ได้ภายในกระเพาะรูเมนโดยไม่ถูกจุลินทรีย์ย่อยสลาย จึงเป็นการป้องกันไม่ให้วิตามินดีที่อยู่ภายในเซลล์ยีสต์ถูกย่อยสลายไปด้วย (Hnokaew and Yammuen-Art, 2021; Walker, 1998) นอกจากนี้ ยีสต์ยังสามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน โดยยีสต์สามารถเข้าไปแย่งใช้กลูโคสและโอลิโกแซ็กคาไรด์สายเล็ก ๆ ที่ได้จากการย่อยของ amylolytic bacteria ที่เกาะติดอยู่กับเม็ดแป้งทำให้มีกลูโคสที่ใช้ประโยชน์โดยแบคทีเรียที่ทำให้เกิดความเป็นกรด (*Streptococcus bovis*) น้อยลง จึงช่วยรักษาระดับของความเป็นกรดต่างในกระเพาะรูเมน ยีสต์สามารถใช้ออกซิเจนที่เข้าสู่กระเพาะรูเมนโดยทางอาหารและน้ำที่กินเข้าไป เพื่อใช้ในการผลิตพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตของตัวยีสต์เอง ทำให้เกิดสภาวะไร้ออกซิเจนซึ่งเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (Jouany, 2006; Polyorach and Wanapat, 2015; Sirisan, 2017) และช่วยเพิ่ม

การย่อยได้ของเยื่อใยในกระเพาะรูเมน ทำให้การผลิตปริมาณกรดไขมันระเหยง่าย (volatile fatty acids; VFAs) สูงขึ้นจึงเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในโคนม (Callaway and Martin, 1997; Dias *et al.*, 2018; Galip, 2006) การใช้ยีสต์เป็นแหล่งวิตามินดีสำหรับโคนมจึงมีประโยชน์ทั้งทางด้านการป้องกันการถูกย่อยสลายของวิตามินดีและปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในกระเพาะรูเมนทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้มากขึ้น ส่งผลให้ได้ผลผลิตสุดท้ายมีปริมาณเพิ่มขึ้น ทำให้มีโภชนะหรือสารอาหารที่เพียงพอสำหรับการสังเคราะห์น้ำมันจึงช่วยเพิ่มศักยภาพในการผลิตน้ำมันอีกด้วย

จากการที่การเสริมยีสต์มีผลต่อการผลิตกรดไขมันระเหยได้ (VFA) ในกระเพาะรูเมน ซึ่งเมื่อกรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทิริก ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดจะมีผลไปยังกระบวนการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลที่ตับ (hepatic cholesterol synthesis) โดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ hydroxy-methylglutaryl-coenzyme A reductase (HMG-CoA reductase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ทำหน้าที่สังเคราะห์คอเลสเตอรอลที่ตับ (El-Arab *et al.*, 2009; Kowalik *et al.*, 2012) จึงอาจส่งผลต่อ triglyceride, HDL cholesterol และ LDL cholesterol ในกระแสเลือดด้วยเนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับปริมาณของ cholesterol ที่ตับสังเคราะห์ขึ้น (Dominiczak, 2009; Remaley *et al.*, 2005) อีกทั้งมีการศึกษาทางด้าน meta-analysis พบว่า การเสริมวิตามินดีมีผลต่อการลดระดับของ triglyceride, total cholesterol และ low-density lipoprotein cholesterol (LDL) ในกระแสเลือด (Dibaba, 2019; Li *et al.*, 2021) เนื่องจากวิตามินดีกระตุ้นการดูดซึมแคลเซียมที่บริเวณลำไส้และลดการดูดซึมกรดไขมัน จึงทำให้ปริมาณการดูดซึมไขมันบริเวณลำไส้ลดลง ส่งผลให้ปริมาณ cholesterol ในกระแสเลือดลดลง (Wang *et al.*, 2016) ไม่เพียงเท่านั้นเมื่อปริมาณแคลเซียมในกระแสเลือดสูงจะกระตุ้นการนำ cholesterol เข้าสู่ตับเพื่อผลิตกรดน้ำดี ส่งผลให้ปริมาณ cholesterol ในกระแสเลือดต่ำลง (Vaskonen *et al.*, 2002) นอกจากนี้วิตามินดียังไปยับยั้งการผลิต parathyroid hormone (PTH) โดยปกติเมื่อมี PTH สูง จะทำให้ lipolytic activity

ลดลง ส่งผลให้ปริมาณ triglyceride ในกระแสเลือดสูง (Song *et al.*, 2013; Zittermann *et al.*, 2009) ในทางตรงกันข้ามหากวิตามินดีไปยับยั้งการผลิต PTH ทำให้ lipolytic activity เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ปริมาณ triglyceride ในกระแสเลือดลดลง อีกทางหนึ่ง PTH ยังควบคุมการปลดปล่อยแคลเซียมออกจากกระดูก หากมีปริมาณสูงทำให้เกิดการปลดปล่อยแคลเซียมออกจากกระดูกมาก เมื่อปริมาณแคลเซียมสูงจะมีผลต่อการนำ cholesterol เข้าสู่ตับ จึงทำให้ cholesterol ในกระแสเลือดลดลงอีกด้วย (Kim and Jeong, 2019) ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูงต่อผลผลิตน้ำมัน องค์ประกอบน้ำมัน และระดับไขมันในกระแสดเลือดในโคนม สำหรับเป็นองค์ความรู้ใหม่และแนวทางในการใช้ยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูงเป็นแหล่งวิตามินดีในอาหารโคนม

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูง

การดำเนินงานวิจัยในส่วนที่เกี่ยวกับการเตรียมยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูงได้รับการรับรองจากคณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (Chiang Mai University Institutional Biosafety Committee) ใบอนุญาตเลขที่ A0662002 ทำการเพาะเลี้ยงยีสต์ขนมปัง (*Saccharomyces cerevisiae*) โดยคัดเลือกจากยีสต์แห้งสำเร็จรูปที่ใช้ในการทำขนมปัง เพาะเลี้ยงยีสต์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ YM broth เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ก่อนนำเข้าตู้ฉายแสงยูวีบี (UV-B) ขนาด 80 x 120 เซนติเมตร ภายในตู้ฉายแสงมีหลอดไฟ UV-B จำนวน 8 หลอด (311 ± 5 nm, Philips TL 20W/01 RS SLV/25) ระยะห่างระหว่างยีสต์กับหลอดไฟ 15 เซนติเมตร ทำการฉายแสงเป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมง เพื่อเพิ่มปริมาณวิตามินดีในยีสต์ให้มีปริมาณสูงสุด (Hnokaew and Yammuen-Art, 2021) ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างยีสต์ที่ไม่ได้รับการฉายแสงและได้รับการฉายแสงเพื่อวิเคราะห์ปริมาณวิตามินดีของยีสต์ โดยใช้วิธีของ AOAC (2000) และ Mattila *et al.* (1994) จากการวิเคราะห์ปริมาณ

วิตามินดีของยีสต์ พบว่า ยีสต์ที่ไม่ได้รับการฉายแสง มีปริมาณวิตามินดีอยู่ในช่วง 58.46 - 72.13 IU/5g DM และยีสต์ที่ได้รับการฉายแสงมีปริมาณวิตามินดีอยู่ในช่วง 158,695.38 - 161,213.72 IU/5g DM

การวางแผนการทดลองและสัตว์ทดลอง

การทดลองในครั้งนี้ได้ปฏิบัติตามข้อปฏิบัติในการใช้สัตว์ทดลองเพื่องานทางวิทยาศาสตร์อย่างเคร่งครัด โดยได้รับอนุญาตการให้ใช้สัตว์ทดลองจากคณะกรรมการดูแลการเลี้ยงและใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ (สัตว์เกษตร) คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ใบอนุญาตเลขที่ AG01003/2565) ใช้โคนมสายพันธุ์ Holstein Friesian น้ำหนักตัว 420 ± 35.0 กิโลกรัม ช่วงระยะการให้น้ำนม 95 ± 15 วัน ให้น้ำนม 11.5 ± 2.5 กิโลกรัมต่อวัน จำนวน 6 ตัว วางแผนการทดลองแบบ Latin square design 3×3 replicated โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเสริมยีสต์ (T1) กลุ่มที่เสริมยีสต์มีชีวิต 5 กรัมต่อตัวต่อวัน (T2) และกลุ่มที่เสริมยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูง (160,000 IU/ตัว/วัน) 5 กรัมต่อตัวต่อวัน (T3) ทำการทดลอง 3 ช่วงระยะการทดลอง (ระยะการทดลอง 35 วัน ประกอบด้วย ระยะปรับอาหาร 14 วันและระยะเก็บตัวอย่าง 21 วัน) โดยผสมยีสต์กับอาหารข้นสำเร็จรูปปริมาณ 200 กรัม แล้วปั่นเป็นก้อนกลมและบ้อนให้โคนมก่อนการรีดนมในตอนเช้า โคนมทดลองได้รับอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการของโคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนม 11 กิโลกรัมต่อวัน (NRC, 2001) โดยให้กินหญ้าที่สดแบบเต็มที่ (*ad libitum*) และให้อาหารข้นแบบสำเร็จรูป (20% CP) วันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 2 กิโลกรัมต่อตัว ก่อนการรีดนมในช่วงเช้าและเย็น (04.30 น. และ 15.30 น.) ภายในคอกมีน้ำสะอาดให้กินได้แบบไม่จำกัดและมีแร่ธาตุก้อน (ไม่มีส่วนผสมของวิตามินดี) สำหรับให้เลียตลอดระยะเวลาทดลอง โคนมทั้งหมดเลี้ยงในโรงเรือนเปิด (open house) โดยแบ่งเป็น 3 คอก (คอกละ 2 ตัว) ผนังกันคอกสูง 2 เมตร มีรางอาหารอยู่ด้านหน้าพื้นที่การเลี้ยง 12 ตารางเมตรต่อตัว พื้นคอกเป็นคอนกรีต และมีการจัดการทำความสะอาดคอกวันละ 2 ครั้ง (05.00 น. และ 16.00 น.)

สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารทุก ๆ 5 วัน ของแต่ละระยะการทดลอง อาหารที่เก็บแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ปริมาณวัตถุแห้ง (dry matter) นำค่าที่ได้ไปปรับปริมาณการกินได้ของอาหารโดยคิดต่อหน่วยน้ำหนักแห้ง 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 (2000) และวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของเยื่อใย ได้แก่ ผนังเซลล์ (neutral-detergent fiber, NDF), ลิกโนเซลลูโลส (acid-detergent fiber, ADF) และ ADL ตามวิธีการของ Van Soest *et al.* (1991) ดังแสดงใน Table 1

การเก็บรวบรวมข้อมูล

บันทึกปริมาณการกินได้ (dry matter intake; DMI) และปริมาณการให้น้ำนมทุกวัน โคนมทั้งหมดได้รับการรีดนมวันละ 2 ครั้ง (04.45 น. และ 15.45 น.) เก็บตัวอย่างน้ำนมตอนเย็นวันที่ 20 และตอนเช้าวันที่ 21 ของแต่ละระยะการทดลอง โดยเก็บปริมาณ 100 ml ในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่าง ทำการแบ่งตัวอย่างนมแต่ละตัวอย่างที่ผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันดีแล้ว ใส่ขวดบรรจุตัวอย่างนมขนาดเล็ก 30 มิลลิลิตร จำนวน 3 ขวด ตัวอย่างนม 2 ขวด เก็บที่อุณหภูมิ 2 - 4 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ 2 ซ้ำ สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบ ในน้ำนม (Nitima *et al.*, 2003) และตัวอย่างนม 1 ขวด เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินดีในน้ำนม เก็บตัวอย่างเลือดในวันที่ 0, 7, 14 และ 21 ของแต่ละระยะการทดลองจากหลอดเลือดบริเวณลำคอ (jugular vein) โดยใช้หลอดเก็บเลือดที่มีส่วนผสมของสาร lithium heparin ขนาด 4 ml ปั่นแยกพลาสมาด้วยแรงปั่นเหวี่ยง 1,500 g นาน 15 นาที จากนั้นเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อตรวจวัดค่าระดับไขมัน (blood lipid profiles: triglyceride, total cholesterol, high-density lipoprotein cholesterol (HDL), low-density lipoprotein cholesterol (LDL)) และปริมาณ 25-hydroxyvitamin D

Table 1. Chemical compositions and detergent fiber analysis of experimental diets

Item	Ingredient	
	Ruzi grass	Concentrate feed
Dry matter (%)	20.24	92.14
Chemical composition (%DM basis)		
Organic matter	90.08	90.49
Crude protein	7.42	20.55
Ether extract	3.63	5.32
NDF	72.12	43.11
ADF	43.11	19.78
ADL	8.66	7.78
Hemicellulose	29.09	32.40
Cellulose	34.44	11.99

DM = Dry matter; NDF = Neutral detergent fiber; ADF = Acid detergent fiber; ADL = Acid detergent lignin

การวิเคราะห์องค์ประกอบและปริมาณวิตามินดีในน้ำนม

วิเคราะห์องค์ประกอบในตัวอย่างน้ำนมโดยใช้เครื่องวิเคราะห์หัตถโนมิติ (MilkoScan FT 2, FOSS, Denmark) คำนวณปริมาณ 3.5 เปอร์เซนต์ fat-corrected milk (FCM) และ energy-corrected milk (ECM) ตามสมการของ NRC (2001):

$$3.5\% \text{ FCM} = 0.4324 \times \text{milk kg} + (16.218 \times \text{milk fat kg}) \quad (1)$$

$$\text{ECM} = [(0.3246 \times \text{milk yield}) + (12.86 \times \text{fat yield}) + (7.04 \times \text{protein yield})] \quad (2)$$

ตัวอย่างน้ำนมสำหรับวิเคราะห์ปริมาณวิตามินดีถูกสกัดโดยใช้วิธีของ Gong and Ho (1997) ตัวอย่างที่สกัดได้นำไปวัดปริมาณวิตามินดีด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) โดยใช้ reverse phase C18 column (5µm, 4.6 x 250 mm, Restek, USA) ใช้ตัวอย่าง 50 µl ฉีดเข้าเครื่อง HPLC (1220 Infinity II LC, Agilent Technologies, USA) ตรวจวัดโดยใช้ UV detector ที่ความยาวคลื่น 264 nm และใช้ acetonitrile : methanol (75 : 25 v/v) เป็นสารนำพาที่อัตราการไหล 1.3 ml/min และคำนวณปริมาณวิตามินดีโดยการเทียบกับกราฟมาตรฐาน

การวิเคราะห์ระดับไขมันและ 25-hydroxyvitamin D ในกระแสเลือด

ตัวอย่างเลือดสำหรับวิเคราะห์ระดับไขมันในเลือดส่งตรวจ ณ ห้องปฏิบัติการโลหิตวิทยาและชีวเคมี โรงพยาบาลสัตว์เล็ก คณะสัตวแพทยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วิเคราะห์ triglyceride, total cholesterol, HDL และ LDL ด้วยชุดตรวจสำเร็จรูป (commercial kits) ร่วมกับเครื่อง automated clinical chemistry analyzer (Sysmex BX-3010, Sysmex Asia Pacific Pte Ltd., Japan) สำหรับปริมาณ 25-hydroxyvitamin D ในเลือดทำการสกัดตัวอย่างตามวิธีของ Olkowski *et al.* (2003) ตรวจวัดปริมาณ 25-hydroxyvitamin D โดยใช้ reverse phase C18 column (5µm, 4.6 x 150 mm, Restek, USA) ใช้ตัวอย่าง 50 µl ฉีดเข้าเครื่อง HPLC (1220 Infinity II LC, Agilent Technologies, USA) ตรวจวัดโดยใช้ UV detector ที่ความยาวคลื่น 264 nm และใช้ acetonitrile เป็นสารนำพาที่อัตราการไหล 2.0 ml/min และคำนวณปริมาณ 25-hydroxyvitamin D โดยการเทียบกับกราฟมาตรฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ปริมาณการกินได้ ผลผลิตน้ำนม ค่าองค์ประกอบในน้ำนม วิตามินดีในน้ำนม ระดับไขมันในเลือด และปริมาณ 25-hydroxyvitamin ในเลือด วิเคราะห์ความแตกต่างกันทางสถิติด้วยโปรแกรม R (version 4.2.1) โดยใช้ general linear model (GLM) เพื่อพิจารณาอิทธิพลของการเสริมยีสต์ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสังเกตระหว่างกลุ่มทดลอง กำหนดความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และมีแนวโน้มที่เกิดความแตกต่างกันทางสถิติที่ $0.05 < P < 0.10$ และมีแบบแผนการวิเคราะห์ทางสถิติดังนี้

$$y_{ijk} = \mu + \rho_i + \beta_j + \tau_k + e_{ijk}$$

เมื่อ y_{ijk} = ค่าสังเกตของผลการวิเคราะห์ปริมาณการกินได้ ผลผลิตน้ำนม ค่าองค์ประกอบในน้ำนม วิตามินดีในน้ำนม ระดับไขมันในเลือด และปริมาณ 25-hydroxyvitamin ในเลือด

μ = ค่าเฉลี่ยรวมของค่าสังเกต

ρ_i = อิทธิพลของบล็อก (block) คือช่วงเวลาที่เกิดขึ้นตัวอย่างนม

β_j = อิทธิพลของหน่วยทดลอง คือ โคนม

τ_k = อิทธิพลของการเสริมยีสต์ที่มีชีวิตและยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูง

e_{ijk} = random effect ของ τ_k

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการเสริมยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูงต่อปริมาณที่กินได้ ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมแสดงใน Table 2 พบว่า การเสริมยีสต์ที่มีชีวิต (T2) และเสริมยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูง (T3) ไม่มีผลต่อผลผลิตน้ำนมปรับไขมันที่ 3.5 เปอร์เซนต์ (3.5% FCM) ผลผลิตน้ำนมปรับพลังงาน (ECM) และปริมาณวัตถุแห้งของหญ้าที่กินได้ (DMI) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (T1) ($P > 0.05$) ในขณะที่ผลผลิตน้ำนมต่อวัน (milk yield) ของกลุ่ม T2 และ T3 มีแนวโน้มที่สูงกว่ากลุ่ม T1

(11.68 และ 11.73 เทียบกับ 10.58 kg/d; $P = 0.058$) อาจเนื่องจากยีสต์มีศักยภาพในการเป็นแหล่ง probiotics ในสัตว์เคี้ยวเอื้องซึ่งสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในกระเพาะรูเมนได้ ยีสต์สามารถช่วยปรับปรุงระบบนิเวศวิทยาและกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ทำให้ภายในกระเพาะรูเมนมีออกซิเจนต่ำลงด้วยการใช้ออกซิเจนที่ติดมากับอาหารและน้ำที่โคนมกิน ยีสต์ยังสามารถค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยการแย่งใช้กลูโคสและโพลิกลีแซ็กคาไรด์ที่ใช้ประโยชน์โดยแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่ส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนลดลง เช่น *Streptococcus bovis* เมื่อกระเพาะรูเมนอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน (anaerobic) และค่าความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในระดับที่จุลินทรีย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเหมาะสมต่อการทำงานและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนภายในกระเพาะรูเมน (Jouany, 2006; Polyorach and Wanapat, 2015; Sirisan, 2017) การเสริมยีสต์ยังช่วยกระตุ้นการผลิตกรดโพรพิโอนิก (Newbold et al., 1990; Plata et al., 1994) เนื่องจากยีสต์ไปกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบางชนิดในกระเพาะรูเมนที่สามารถสังเคราะห์กรดโพรพิโอนิกได้โดยเส้นทาง succinate : propionate pathway (Wolin and Miller, 1997) ยีสต์มีส่วนประกอบของสารที่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของ *Megasphaera elsdenii* ได้แก่ กรดอะมิโน วิตามิน แร่ธาตุ และกรดอินทรีย์ (Julien et al., 2010; Sirisan, 2017) นอกจากนี้การประเมินองค์ประกอบของกรดอะมิโนที่สกัดจากยีสต์ *S. cerevisiae* ที่มีผลต่อการเจริญของ *M. elsdenii* พบว่า ยีสต์มีกรดอะมิโนไลซีน (lysine) และฮิสทีดีน (histidine) ค่อนข้างสูง ที่ช่วยกระตุ้นการเจริญของ *M. elsdenii* ได้มากกว่าร้อยละ 18.5 (Rossi et al., 2010) ซึ่ง *M. elsdenii* เป็นแบคทีเรียที่สามารถใช้กรดแลคติกได้ ถึงร้อยละ 60 ถึง 80 ของกรดแลคติกที่ผลิตขึ้นในกระเพาะรูเมนของโคนม (Counotte et al., 1981) *M. elsdenii* เป็นจุลินทรีย์ชนิดหลักที่สำคัญต่อการผลิตกรดโพรพิโอนิกในกระเพาะรูเมนโดยอาศัยกรดแลคติกผ่านวิถีอะครีเรท (acrylate pathway) เปลี่ยนเป็นกรด-

โพพพิโอนิก (Asanuma and Hino, 2001) การเสริมยีสต์จึงสามารถช่วยเพิ่มกรดโพพพิโอนิกในกระเพาะรูเมนได้ (Oeztuerk, 2009) เมื่อมีปริมาณกรดโพพพิโอนิกเพิ่มขึ้นจึงมีผลต่อเนื้อทำให้ปริมาณผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น (Acharya and Dhital, 2018) สอดคล้องกับการทดลองก่อนหน้านี้ของ Moallem *et al.* (2009) รายงานว่าการเสริมยีสต์ที่ระดับ 6 กรัมต่อวัน ในโคนมทำให้ปริมาณผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น 1.5 kg จาก 36.3 เป็น 37.8 kg/d นอกจากนี้ Nocek and Kautz (2006) รายงานว่า กลุ่มทดลองที่เสริมยีสต์ร่วมกับอาหารโคนมมีปริมาณผลผลิตน้ำนมสูงกว่ากลุ่มควบคุม (39.2 เทียบกับ 39.9 kg/d) และ Alshaikh *et al.* (2002) รายงานว่าการเสริมยีสต์ที่ 15 กรัมต่อวันในโคนมสามารถช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตน้ำนมได้สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมยีสต์

สำหรับองค์ประกอบน้ำนม พบว่า กลุ่มที่มีการเสริมยีสต์มีชีวิต (T2) และเสริมยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูง (T3) มีไขมันน้ำนมสูงกว่ากลุ่มควบคุม (T1) (4.12 และ 4.15 เทียบกับ 3.23 เปอร์เซ็นต์) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เนื่องจากยีสต์เป็นแหล่งของ growth factor ประเภท probiotic ของจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใยภายในกระเพาะรูเมน ทำให้ภายในกระเพาะรูเมนมีออกซิเจนต่ำลง และสามารถรักษาค่าความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมน กระเพาะรูเมนอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน (anaerobic) และค่าความเป็นกรด-ด่างที่เป็นกลางซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยเยื่อใยที่ไม่ใช้ออกซิเจนภายในกระเพาะรูเมน (Alshaikh *et al.*, 2002; Fonty and Chaucheyras-Durand, 2006; Jouany, 2006; Mathieu

Table 2. Dry matter intake, milk yields and milk composition of dairy cows fed with or without vitamin D enriched yeast after 21 days of trial periods

Item	Treatments ¹			SEM	P-value
	T1	T2	T3		
DMI, kg/d					
Ruzi grass	8.85	9.35	9.46	0.70	0.268
Concentrate	3.69	3.69	3.69	-	-
Yield, kg/d					
Milk	10.58	11.68	11.73	1.14	0.058
3.5% FCM	10.33	10.56	10.49	0.28	0.517
ECM	10.50	10.80	10.65	0.36	0.623
Milk composition, %					
Fat	3.23 ^a	4.12 ^b	4.15 ^b	0.44	0.043
Protein	3.09	3.25	3.01	0.45	0.217
Lactose	4.34	4.08	4.19	0.23	0.135
Total solid	11.84	12.05	12.00	0.85	0.426
SNF	8.30	8.22	8.14	0.76	0.701
Total vitamin D, ng/L	532.82 ^a	552.31 ^a	646.84 ^b	8.61	0.019

¹ T1 = control group; T2 = live yeast supplementation group; T3 = vitamin D enriched yeast supplementation group. ^{a,b} Means along row among treatments with different superscripts are significantly different at $P < 0.05$. DMI = dry matter intake; FCM = fat-corrected milk; ECM = energy-corrected milk; SNF = solid not fat

et al., 1996; Polyorach and Wanapat, 2015) การศึกษาก่อนหน้านี้ยังรายงานว่ายีสต์ยังสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของ *Fibrobacter succinogenes* S85 และลดระยะพักของ *Ruminococcus albus* 7, *Ruminococcus flavefaciens* FD1 และ *Butyrivibrio fibrisolvens* D1 ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ย่อยเยื่อใยภายในกระเพาะรูเมนได้อีกด้วย (Girard and Dawson, 1995) เมื่อจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยเยื่อใยสามารถเจริญเติบโตได้ดีและมีสภาพที่เหมาะสมก็สามารถเพิ่มการย่อย CF, NDF, and ADF ภายในกระเพาะรูเมน (Callaway and Martin, 1997; Plata et al., 1994) การเสริมยีสต์จึงสามารถผลิตกรดไขมันระเหยง่ายสูงขึ้นตามการย่อยเยื่อใยที่สูงขึ้น (Galip, 2006) ส่วนใหญ่กรดไขมันระเหยง่ายที่ผลิตได้จากการย่อยเยื่อใยจะมีสัดส่วนของกรดอะซิติกในปริมาณที่สูง เมื่อกรดอะซิติกสูงขึ้นจึงส่งผลต่อเนื้อให้ไขมันน้ำมันสูงขึ้น (Dijkstra, 1994) ดังนั้นเมื่อการย่อยได้ของเยื่อใยสูงขึ้นปริมาณของกรดอะซิติกก็เพิ่มสูงขึ้นตาม ส่งผลต่อเนื้อให้ปริมาณไขมันน้ำมันเพิ่มขึ้น (Moallem et al., 2009; Sirisan et al., 2013) สอดคล้องกับ Kalmus et al. (2009) ที่รายงานว่าการเสริมยีสต์ที่ระดับ 10 กรัมต่อวัน ในโคนมมีปริมาณผลผลิตของไขมันในน้ำมันสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริม และ Yalcin et al. (2011) ที่เสริมยีสต์มีชีวิตที่ระดับ 1.3×10^8 โคโลนีต่อกรัม พบว่า มีแนวโน้มในการช่วยเพิ่มไขมันน้ำมันในกลุ่มที่ได้รับการเสริมยีสต์มีชีวิต ทั้งนี้การที่ปริมาณไขมันน้ำมันของกลุ่มที่มีการเสริมยีสต์เพิ่มขึ้นอาจเนื่องจากการเสริมยีสต์มีแนวโน้มทำให้ปริมาณการกินได้ของหญ้าสูงขึ้น ซึ่งการย่อยสลายหญ้าในกระเพาะรูเมนทำให้เกิดกรดอะซิติกในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้นและสามารถนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตไขมันนมส่งผลให้ปริมาณไขมันในน้ำมันเพิ่มขึ้น (Sirisan et al., 2013) ในขณะที่โปรตีนน้ำมัน (milk protein) แลกโตสไขมัน (milk lactose) ของแข็งรวมในน้ำมัน (total solid) และของแข็งที่ไม่รวมไขมันในน้ำมัน (solid not fat) ของทุกกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ในส่วนของการเสริมวิตามินดีในน้ำมัน พบว่ากลุ่มที่เสริมยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูง (T3) มีปริมาณวิตามินดีในน้ำมันสูงกว่ากลุ่มควบคุม (T1) และกลุ่มที่เสริมยีสต์มีชีวิต (T2) (646.84 เทียบกับ 523.82 และ 552.31 ng/L) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยปริมาณวิตามินดีในกลุ่มควบคุม (T1) และกลุ่มที่เสริมยีสต์มีชีวิต (T2) มาจากการที่โคนมสามารถสังเคราะห์วิตามินดีเองได้จากการสัมผัสแสงแดด ขณะที่กลุ่มเสริมยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดี 160,000 IU/วัน มีปริมาณวิตามินดีในน้ำมันสูงกว่าเนื่องจากยีสต์เป็นตัวช่วยป้องกันการถูกย่อยสลายของวิตามินดีจากจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมน ยีสต์สามารถดำรงอยู่ได้ในสภาพที่มีออกซิเจนและไร้ออกซิเจน และสามารถใช้ glucose และ oligosaccharide สายเล็ก ๆ ที่ได้จากการย่อยของ amylolytic bacteria ภายในกระเพาะรูเมน รวมถึงสามารถใช้ออกซิเจนจากอาหารและน้ำที่โคกิน เพื่อใช้ในการผลิตพลังงานเพื่อการเจริญโต (Jouany, 2006; Mathieu et al., 1996) แม้ว่าในบางครั้งภายในกระเพาะรูเมนมีความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำ (pH 3-4) ยีสต์ก็ยังสามารถดำรงชีวิตรอดอยู่ได้ (Walker, 1998) จึงทำให้วิตามินดีที่อยู่ภายในเซลล์ยีสต์ไม่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในกระเพาะรูเมน สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่มีการเสริมยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูงในหลอดทดลอง พบว่า กลุ่มที่เสริมยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูงมีการสูญเสียวิตามินดีต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมวิตามินดี 2 และวิตามินดี 3 (4.74 เทียบกับ 50.07 และ 54.64 เปอร์เซ็นต์) หลังจากการบ่ม 24 ชั่วโมง (Hnokaew and Yammuen-Art, 2021) ทำให้โคนมสามารถดูดซึมวิตามินดีไปใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้น สังเกตได้จากปริมาณของ 25-hydroxyvitamin D ภายในเลือดหลังจากเสริมยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูงมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริม (Table 3) จึงทำให้กลุ่มที่ได้รับการเสริมยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูงมีปริมาณวิตามินดีในน้ำมันสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริม

Table 3. The plasma lipid profile and 25-hydroxyvitamin D content of dairy cows fed with or without vitamin D enriched yeast at different periods

Item	Treatments ¹			SEM	P-value
	T1	T2	T3		
Day 0					
25-hydroxyvitamin D (ng/ml)	86.04	85.30	85.91	2.06	0.832
Triglyceride (mg/dL)	11.23	10.56	12.08	1.31	0.561
Total cholesterol (mg/dL)	122.40	125.18	123.84	2.65	0.712
HDL cholesterol (mg/dL)	69.42	70.41	71.13	0.92	0.492
LDL cholesterol (mg/dL)	36.90	38.04	37.15	1.43	0.614
Day 7					
25-hydroxyvitamin D (ng/ml)	86.73 ^a	87.85 ^a	96.77 ^b	2.33	<0.001
Triglyceride (mg/dL)	12.41	12.73	11.21	1.46	0.824
Total cholesterol (mg/dL)	125.40	124.76	125.44	2.19	0.651
HDL cholesterol (mg/dL)	70.81	72.03	71.59	0.90	0.518
LDL cholesterol (mg/dL)	35.77	36.43	37.11	1.30	0.563
Day 14					
25-hydroxyvitamin D (ng/ml)	86.64 ^a	87.48 ^a	97.54 ^b	2.56	<0.001
Triglyceride (mg/dL)	12.07	12.44	13.12	1.28	0.655
Total cholesterol (mg/dL)	126.34	128.02	127.18	2.72	0.811
HDL cholesterol (mg/dL)	67.58	65.93	69.41	1.06	0.396
LDL cholesterol (mg/dL)	36.09	37.89	35.92	1.51	0.477
Day 21					
25-hydroxyvitamin D (ng/ml)	87.88 ^a	86.98 ^a	96.61 ^b	1.98	<0.001
Triglyceride (mg/dL)	13.01	11.95	12.58	1.44	0.401
Total cholesterol (mg/dL)	127.40	124.98	126.34	2.50	0.315
HDL cholesterol (mg/dL)	71.09	70.86	71.39	1.18	0.374
LDL cholesterol (mg/dL)	38.13	37.84	39.22	1.43	0.630

¹ T1 = control group; T2 = live yeast supplementation group; T3 = vitamin D enriched yeast supplementation group. LDL = low-density lipoprotein; HDL = high-density lipoprotein. SEM = standard error of the mean

^{a,b} Means along row among treatments with different superscripts are significantly different at $P < 0.05$

Table 3 แสดงผลการเสริมยีสต์ที่มีวิตามินดีสูงต่อระดับไขมันและ 25-hydroxyvitamin D ในกระแสเลือด พบว่า การเสริมยีสต์มีซีวิต (T2) และยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูง (T3) ไม่มีผลต่อระดับ triglyceride, total cholesterol, HDL cholesterol และ LDL cholesterol ภายในเลือดในวันที่ 7, 14 และ 21 ของการทดลอง ($P > 0.05$) สอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ของ Yalcin *et al.* (2011) ที่รายงานว่า การเสริมยีสต์ในอาหารโคนมเฉลี่ย 15 กรัมต่อตัวต่อวัน ไม่ทำให้ระดับ triglyceride และ total cholesterol ภายในกระแสเลือดมีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับ Nasiri *et al.* (2022) ที่ได้ทำการศึกษากการเสริมยีสต์มีซีวิตในโคนม 6 กรัมต่อตัวต่อวัน พบว่า ระดับ triglyceride และ total cholesterol ของกลุ่มที่เสริมยีสต์มีซีวิตมีค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริม รวมถึง Kowalik *et al.* (2012) ที่ได้รายงานว่า การเสริมยีสต์มีซีวิตให้กับโคนมที่ 10 กรัมต่อตัวต่อวัน ไม่มีผลต่อระดับของ HDL cholesterol และ LDL cholesterol ในกระแสเลือด และ Bakr *et al.* (2015) ที่รายงานว่า หลังจากการเสริมยีสต์มีซีวิตที่ระดับ 0.5 กรัมต่อตัว ระดับของ HDL cholesterol และ LDL cholesterol ในกระแสเลือดไม่แตกต่างกันในวันที่ 7, 15 และ 30 ของการทดลอง สำหรับปริมาณ 25-hydroxyvitamin D ในกระแสเลือดของกลุ่ม T3 มีค่าสูงกว่ากลุ่ม T1 และ T2 ในวันที่ 7, 14 และ 21 ของการทดลอง (96.77 เทียบกับ 86.73 และ 87.85, 97.54 เทียบกับ 86.64 และ 87.98, 96.61 เทียบกับ 87.88 และ 86.98 ตามลำดับ) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เนื่องจากกลุ่ม T3 เสริมยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีเฉลี่ย 160,000 IU/วัน อีกทั้งยีสต์ยังป้องกันการถูกย่อยสลายของวิตามินดีโดยจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนที่ได้อธิบายไว้ข้างบนแล้วด้วยนั้น ทำให้โคนมได้รับประโยชน์จากการเสริมได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงสามารถเพิ่มปริมาณของ 25-hydroxyvitamin D ในกระแสเลือดให้สูงกว่ากลุ่ม T1 และ T2 ซึ่ง 25-hydroxyvitamin D เป็นเมแทบอลิต์ของวิตามินดีถือเป็นตัวบ่งชี้สถานะของวิตามินดีในกระแสเลือด โดยในโคนมวิตามินดีมีความสำคัญต่อกระบวนการดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัส

และกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันทำให้โคนมมีสุขภาพที่ดี (Eder and Grundmann, 2022; Ismailova and White, 2021)

สรุป

การเสริมยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูงในโคนมมีผลทำให้ไขมันน้ำนม ปริมาณวิตามินดีในน้ำนม และปริมาณ 25-hydroxyvitamin D ในกระแสเลือดสูงกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มจะเพิ่มปริมาณผลผลิตน้ำนมให้สูงขึ้นได้อีกด้วย โดยไม่มีผลต่อระดับของไขมันในกระแสเลือด การใช้ยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูงจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการเสริมร่วมกับอาหารโคนม เพื่อช่วยเพิ่มศักยภาพในการผลิตของโคนมทั้งในส่วนของการส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมน การปรับปรุงองค์ประกอบน้ำนม และเพิ่มปริมาณวิตามินดีในน้ำนม อย่างไรก็ตามการศึกษาต่อไปทางคณะผู้วิจัยจะทำการศึกษากการเสริมที่ระดับแตกต่างกันเพื่อประเมินระดับที่เหมาะสมเนื่องจากอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการผลิตยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูงมีต้นทุนค่อนข้างสูง หากสามารถให้ได้ในระดับต่ำกว่า 160,000 IU/day หรือสามารถประยุกต์ใช้กับวัสดุเศษเหลือทางการเกษตร เช่น กากมันสำปะหลังหมัก ก็จะสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตยีสต์ที่มีปริมาณวิตามินดีสูงสำหรับใช้ในฟาร์มได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการทุนพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) และบริษัทเชียงใหม่เฟรชมิลค์ จำกัด ที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์และฟาร์มโคนมภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่อำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์ตัวอย่างจากการทดลองและอำนวยความสะดวกให้ใช้โคนมทดลอง ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Acharya, B. and B. Dhital. 2018. The effect of live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on milk yield of crossbred dairy cattle at Krumaltar, Nepal. *Journal of the Institute of Agriculture and Animal Science* 35(1): 217-224.
- Alshaikh, M.A., M.Y. Alsiadi, S.M. Zahran, H.H. Mogawer and T.A. Aalshowime. 2002. Effect of feeding yeast culture from different sources on the performance of lactating Holstein cows in Saudi Arabia. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 15(3): 352-356.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg.
- Asanuma, N. and T. Hino. 2001. Molecular characterization, enzyme properties and transcriptional regulation of phosphoenolpyruvate carboxykinase and pyruvate kinase in a ruminal bacterium, *Selenomonas ruminantium*. *Microbiology* 147(3): 681-690.
- Bakr, H.A., M.S. Hassan, N.D. Giadinis, N. Panousis, D.O. Andric, M.M.A. El-Tawab and J. Bojkovski. 2015. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on health and performance of dairy cows during transition and early lactation period. *Biotechnology in Animal Husbandry* 31(3): 349-364.
- Callaway, E.S. and S.A. Martin. 1997. Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. *Journal of Dairy Science* 80(9): 2035-2044.
- Counotte, G.H.M., R.A. Prins, R.H.A.M. Janssen and M.J.A. deBie. 1981. Role of *Megasphaera elsdenii* in the fermentation of DL-[2-¹³C] lactate in the rumen of dairy cattle. *Applied and Environmental Microbiology* 42(4): 649-655.
- Dias, A.L.G., J.A. Freitas, B. Micai, R.A. Azevedo, L.F. Greco and J.E.P. Santos. 2018. Effect of supplemental yeast culture and dietary starch content on rumen fermentation and digestion in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 101(1): 201-221.
- Dibaba, D.T. 2019. Effect of vitamin D supplementation on serum lipid profiles: A systematic review and meta-analysis. *Nutrition Reviews* 77(12): 890-902.
- Dijkstra, J. 1994. Production and absorption of volatile fatty acids in the rumen. *Livestock Production Science* 39(1): 61-69.
- Dominiczak, M.H. 2009. Lipoproteins and lipid transport. pp. 219-236. In: J.W. Baynes and M.H. Dominiczak (eds.). *Medical Biochemistry*. 3rd ed. Mosby Elsevier, Philadelphia.
- Eder, K. and S.M. Grundmann. 2022. Vitamin D in dairy cows: metabolism, status and functions in the immune system. *Archives of Animal Nutrition* 76(1): 1-33.
- El-Arab, A.E., S. Foheid and M. El-Said. 2009. Effect of yeast and botanical β -glucan on serum lipid profile and cecum probiotic bacteria using rats fed cholesterol diet. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 59(2): 169-174.
- Fonty, G. and F. Chaucheyras-Durand. 2006. Effects and modes of action of live yeasts in the rumen. *Biologia* 61(6): 741-750.

- Galip, N. 2006. Effect of supplemental yeast culture and sodium bicarbonate on ruminal fermentation and blood variables in rams. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 90(11-12): 446-452.
- Girard, I.D. and K.A. Dawson. 1995. Stimulation of ruminal bacteria by different fractions derived from cultures of *Saccharomyces cerevisiae* strain 1026. *Journal of Animal Science* 73(Suppl. 1): 264-274.
- Gong, B.Y. and J.W. Ho. 1997. Simultaneous separation and detection of ten common fat-soluble vitamins in milk. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies* 20(15): 2389-2397.
- Hnokaew, P. and S. Yammuen-Art. 2021. Vitamin D₂ production and *in vitro* ruminal degradation of UV-B irradiated vitamin D enriched yeast in Thai native cattle. *Veterinary Integrative Sciences* 19(3): 537-556.
- Ismailova, A. and J.H. White. 2021. Vitamin D, infections and immunity. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders* 29: 1-13.
- Jouany, J.P. 2006. Optimizing rumen functions in the close-up transition period and early lactation to drive dry matter intake and energy balance in cows. *Animal Reproduction Science* 96(3-4): 250-264.
- Julien, C., J.P. Marden, F. Enjalbert, C. Bayourthe and A. Troegeler-Maynadier. 2010. Live yeast as a possible modulator of polyunsaturated fatty acid biohydrogenation in the rumen. *Revue de Medecine Veterinaire* 161(8-9): 391-400.
- Kalmus, P., T. Orro, A. Waldmann, R. Lindjarv and K. Kask. 2009. Effect of yeast culture on milk production and metabolic and reproductive performance of early lactation dairy cows. *Acta Veterinaria Scandinavica* 51(1): 32, doi: 10.1186/1751-0147-51-32.
- Kim, M.R. and S.J. Jeong. 2019. Relationship between vitamin D level and lipid profile in non-obese children. *Metabolites* 9(7): 125, doi: 10.3390/metabo9070125.
- Kowalik, B., J. Skomial, J.I. Pajak, M.Taciak, M.P. Majewska and G. Betzecki. 2012. Population of ciliates, rumen fermentation indicators and biochemical parameters of blood serum in heifers fed diets supplemented with yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) preparation. *Animal Science Papers and Reports* 30(4): 329-338.
- Li, Y., C.H. Tong, C.M. Rowland, J. Radcliff, L.A. Bare, M.J. McPhaul and J.J. Devlin. 2021. Association of changes in lipid levels with changes in vitamin D levels in a real-world setting. *Scientific Reports* 11(1): 21536, doi: 10.1038/s41598-021-01064-1.
- Mathieu, F., J.P. Jouany, J. Senaud, J. Bohatier, G. Bertin and F. Mercier. 1996. The effect of *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* on fermentations in the rumen of faunated and defaunated sheep; protozoal and probiotic interactions. *Reproduction Nutrition Development* 36(3): 271-287.
- Mattila, P.H., V.I. Piironen, E.J. Uusi-Rauva and P.E. Koivistoinen. 1994. Vitamin D contents in edible mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 42(11): 2449-2453.
- Moallem, U., H. Lehrer, L. Livshitz, M. Zachut and S. Yakoby. 2009. The effects of live yeast supplementation to dairy cows during the hot season on production, feed efficiency, and digestibility. *Journal of Dairy Science* 92(1): 343-351.

- Nasiri, K., A.A. Sadeghi, A. Nikkhah and M. Chamani. 2022. Effect of hydrolyzed and live yeast supplementation during transition period on colostrum and milk composition and blood biochemical parameters in dairy cows. *Journal of Livestock Science and Technologies* 10(2): 47-54.
- Newbold, C.J., R.J. Wallace and N. McKain. 1990. Effects of the ionophore tetronasin on nitrogen metabolism by ruminal microorganisms *in vitro*. *Journal of Animal Science* 68(4): 1103-1109.
- Nitima, C.L.S., P. Vijchullata, P. Chirattanayuth, S. Surapat, S. Sintuwanit and A. Engkagul. 2003. Influence of preservatives on raw milk components and somatic cell counts analysis. pp. 127-135. *In: Proceedings of 41st Kasetsart University Annual Conference: Animals, Veterinary Medicine, Bangkok.* (in Thai)
- Nocek, J.E. and W.P. Kautz. 2006. Direct-fed microbial supplementation on ruminal digestion, health, and performance of pre- and postpartum dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 89(1): 260-266.
- NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle* 7th (ed.). National Academies Press, Washington, DC. 381 p.
- Oeztuerk, H. 2009. Effects of live and autoclaved yeast cultures on ruminal fermentation *in vitro*. *Journal of Animal and Feed Sciences* 18(1): 142-150.
- Olkowski, A.A., G. Aranda-Osorio and J. McKinnon. 2003. Rapid HPLC method for measurement of vitamin D3 and 25(OH)D3 in blood plasma. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* 73(1): 15-18.
- Plata, F., G.D. Mendoza, J.R. Barcena-Gama and S. Gonzalez. 1994. Effect of a yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on neutral detergent fiber digestion in steers fed oat straw based diets. *Animal Feed Science and Technology* 49(3-4): 203-210.
- Polyorach, S. and M. Wanapat. 2015. Potential of yeast as probiotics in ruminants. *Khon Kaen Agriculture Journal* 43(Suppl. 1): 191-206. (in Thai)
- Remaley, A.T., J.R. McNamara and G.R. Warnick. 2005. Lipids and lipoproteins. pp. 282-313. *In: M.L. Bishop, E.P. Fody and L. Schoeff (eds.). Clinical Chemistry Principles, Procedures, Correlations.* 5th ed. Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore.
- Rossi, F., A.D. Luccia, D. Vincenti and P.S. Cocconcelli. 2004. Effects of peptidic fractions from *Saccharomyces cerevisiae* culture on growth and metabolism of the ruminal bacteria *Megasphaera elsdenii*. *Animal Research* 53(1): 177-186.
- Schmid, A. and B. Walther. 2013. Natural vitamin D content in animal products. *Advances in Nutrition* 4(4): 453-462.
- Schummer, T., G.I. Stangl and W. Watjen. 2021. Safety assessment of vitamin D and its photo-isomers in UV-irradiated baker's yeast. *Foods* 10(12): 3142, doi: 10.3390/foods10123142.
- Shobayashi, M., S.I. Mitsueda, M. Ago, T. Fujii, K. Iwashita and H. Iefuji. 2005. Effects of culture conditions on ergosterol biosynthesis by *Saccharomyces cerevisiae*. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 69(12): 2381-2388.

- Sirisan, V., V. Pattarajinda, K. Vichitphan and R. Leelsing. 2013. Effect of yeast strains on dairy cattle performance . Khon Kaen Agriculture Journal 41(Suppl. 1): 105-109. (in Thai)
- Sirisan, V. 2017. Strategies to reduce ruminal acidosis by using microorganism. Chiang Mai Veterinary Journal 15(1): 51-62. (in Thai)
- Sommerfeldt, J.L., R.L. Horst, T.E. Littledike and D.C. Beitz. 1979. *In vitro* degradation of cholecalciferol in rumen fluid. Journal of Dairy Science 62(1): 192-193.
- Song, S.J., S. Si, J. Liu, X. Chen, L. Zhou, G. Jia, G. Liu, Y. Niu, J. Wu, W. Zhang and J. Zhang. 2013. Vitamin D status in Chinese pregnant women and their newborns in Beijing and their relationships to birth size. Public Health Nutrition 16(4): 687-692.
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Method for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3583-3597.
- Vaskonen, T., E. Mervaala, V. Sumuvuori, T. Seppanen-Laakso and H. Karppanen. 2002. Effects of calcium and plant sterols on serum lipids in obese Zucker rats on a low-fat diet. British Journal of Nutrition 87(3): 239-245.
- Walker, G.M. 1998. Yeast Physiology and Biotechnology. John Wiley and Sons, Chichester. 350 p.
- Wang, Y., S. Si, J. Liu, Z. Wang, H. Jia, K. Feng, L. Sun and S.J. Song. 2016. The associations of serum lipids with vitamin D status. PLoS One 11(10): e0165157, doi: 10.1371/journal.pone.0165157.
- Wolin, M.J., T.L. Miller and C.S. Stewart. 1997. Microbe-microbe interactions. pp.467-491. *In*: P.N. Hobson and C.S. Stewart (eds.). The Rumen Microbial Ecosystem. Blackie Academic & Professional, London.
- Yalcin, S., S. Yalcin, P. Can, A.O. Gurdal, C. Bagci and O. Eltan. 2011. The nutritive value of live yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) and its effect on milk yield, milk composition and some blood parameters of dairy cows. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 24(10): 1377-1385.
- Zittermann, A., S. Frisch, H.K. Berthold, C. Gotting, J. Kuhn, K. Kleesiek, P. Stehle, H. Koertke and R. Koerfer. 2009. Vitamin D supplementation enhances the beneficial effects of weight loss on cardiovascular disease risk markers. American Journal of Clinical Nutrition 89(5): 1321-1327.