

แหล่งโปรตีนและไขมันในนมเทียมเลี้ยงลูกโค

Protein and Fat Sources in Milk Replacer for Calves

อังคณา หาญบรรจง สุชาดา เจริญศรี และ ดวงสมร สินเจิมสิริ

Angkana Harnbunchong, Suchada Jaroensri, and Doungsmorn Sinchermsiri

ABSTRACT

The chemical composition and solubility of milk replacers substituted milk protein by plant or animal protein were studied in experiment I. Five experimental diets included the control diet (diet 1), utilizing 100 % crude protein from milk protein, and the test diets in which 30 % of milk protein was replaced by full fat soy flour, extruded soybean meal, fish meal and egg powder for diet 2, 3, 4 and 5, respectively. There was little difference in chemical composition, except the diet 5 which contained more ether extract than the other diets. Solubility value of diets 1, 2, 3, 4 and 5 were 93.77, 91.67, 86.80, 89.44 and 93.44 %, respectively ($P<0.05$). The effects of water temperature 30-50°C on solubility were significantly higher than that of 60-90°C ($P<0.05$).

The experiment II was to study the effect of fat source (butter fat, BF; tallow, T; soya bean oil, SBO; palm oil, PO) on the rancidity of milk replacer utilizing various protein sources (milk protein, M; full fat soy flour, SF; fish meal, FM). Twelve experimental diets consisted of (1-4) 100 % crude protein from M with the following fat sources of BF, T, SBO and PO respectively; (5-8) 70 % crude protein from M and 30 % from SBO with the following BF, T, SBO and PO as fat source respectively; (9-12) 70 % crude protein from M and 30 % from FM with the following fat sources : BF, T, SBO and PO respectively. Peroxide value was measured as the results of rancidity of milk replacers every week for 16 weeks. The results showed that the rancidity of diet 3, 7 and 11 occurred at the 11th week; while diet 12 occurred at 12th week ; diet 4, 8, 9 and 10 occurred at 13th week ; diet 1, 2, 5 and 6 occurred at 14th week. Milk replacers used M+FM as a protein source were higher of peroxide value than the diets used M and SF as the proteins source. And the diets used M+FM and M+SF as a protein source were higher of peroxide value than the diets used only M.

Key words : protein sources, fat sources, milk replacer, solubility, calves

บทคัดย่อ

การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและการละลายได้ของนมเทียมที่ใช้โปรตีนจากพืชและสัตว์เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนโปรตีนนม ประกอบด้วยอาหารทดลอง 5 สูตรได้แก่ สูตรที่ 1 มีโปรตีนนม 100 % (อาหารสูตรเปรียบเทียบ) สูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 ใช้โปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม กากถั่วเหลือง เอ็กทราคท์ ปลาป่น และไข่ผง ทดแทนโปรตีนนมในอัตราส่วน 30 % ตามลำดับ อาหารทดลองมีส่วนประกอบทางเคมีใกล้เคียงกัน ยกเว้นไขมันในสูตรที่ 5 มีปริมาณไขมันสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ สูตรอาหารทดลองมีค่าการละลายได้เฉลี่ย 93.77, 91.67, 86.80, 89.44 และ 93.94 % ตามลำดับ ($P<0.05$) สูตรที่ 1 และ 5 มีค่าการละลายได้สูงกว่าสูตรที่ 2, 3 และ 4 ($P<0.05$) อุณหภูมิน้ำต่อการละลายพบว่าที่อุณหภูมิ 30-50°C มีค่าการละลายได้ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) และมีการละลายได้สูงกว่าที่อุณหภูมิ 60-90°C ($P<0.05$)

การศึกษาผลของแหล่งไขมัน (ไขมันเนย, BF; ไข่ขาว, T; น้ำมันถั่วเหลือง, SBO; น้ำมันปาล์ม, PO;) ต่อการหืนของนมเทียมที่ใช้แหล่งโปรตีน (นม, M; แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม, SF; ปลาป่น, FM;) ต่างชนิดกันประกอบด้วยอาหาร 12 สูตรได้แก่ 1) M100% ร่วมกับ BF, 2) M100% ร่วมกับ T, 3) M100% ร่วมกับ SBO, 4) M100% ร่วมกับ PO, 5) M70%+SF30% ร่วมกับ BF, 6) M70%+SF30% ร่วมกับ T, 7) M70%+SF30% ร่วมกับ SBO, 8) M70%+SF30% ร่วมกับ PO, 9) M70%+FM30% ร่วมกับ BF, 10) M70%+FM30% ร่วมกับ T, 11) M70%+FM30% ร่วมกับ SBO และ 12) M70%+FM30% ร่วมกับ PO ทำการวัดค่าเปอร์ออกไซด์ทุกสัปดาห์จนถึง 16 สัปดาห์พบว่าค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น สูตรที่ 3, 7 และ 11 หืนที่อายุ 11 สัปดาห์ สูตรที่ 12 หืนที่อายุ 12 สัปดาห์ สูตรที่ 4, 8, 9 และ 10 หืนที่อายุ

13 สัปดาห์ สูตรที่ 1, 2, 5 และ 6 หืนที่อายุ 14 สัปดาห์ สูตรที่มีแหล่งโปรตีนจาก M+SF มีค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มสูงกว่า สูตรที่มี M+SF เป็นแหล่งโปรตีน ($P<0.05$) และสูตรที่มี M+SF มีค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มสูงกว่า สูตรที่มี M อย่างเดียว ($P<0.05$) แหล่งของไขมันต่อการหืน พบว่า SBO, PO, BF และ T มีค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มมากเป็นอันดับที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ($P<0.05$)

คำนำ

นมสดจากแม่โคเป็นอาหารที่ให้คุณค่าโภชนะตามต้องการของลูกโคมากที่สุด แต่มีราคาแพง ปัจจุบันจึงมีการนำเอานมเทียม (milk replacer) มาใช้เลี้ยงลูกโคแทนนมสดกันมาก นมเทียมเป็นผลิตภัณฑ์นมที่สามารถใช้เลี้ยงลูกโคหลังจากลูกโคได้กินนมเหลือง หรือนมสดประมาณ 1 ถึง 2 สัปดาห์ (ชวนิศนดากร, 2534) สูตรนมเทียมที่ผลิตขายเป็นการค้าส่วนใหญ่จะใช้หางนมผง (skim milk powder) เป็นแหล่งโปรตีนหลักประมาณ 78-82 % ใช้ไขมันพืชหรือสัตว์แทนไขมันนม และใช้เลซิทีน (lecithin) จากถั่วเหลือง 1-2 % พร้อมทั้งเสริมวิตามินแร่ธาตุต่าง ๆ ให้ครบตามความต้องการของลูกโค (Roy, 1980)

NRC (1989) แนะนำว่านมเทียมควรมีระดับโปรตีน 22 % โภชนะย่อยได้ (TDN) 95 % ไขมันอย่างน้อย 10 % และเสริมวิตามิน เอ, ดี และ อี ให้ในปริมาณ 3800, 600 และ 40 I.U./กก. ตามลำดับ ลูกโคที่เลี้ยงด้วยนมเทียมที่มีไขมัน 15-20 เปอร์เซ็นต์ มีความต้านทานต่อโรคท้องเสีย และพลังงานในไขมันจะช่วยให้ลูกโคมีการเจริญเติบโตได้ดีด้วย (อนุชา, 2529) Raven (1970) รายงานว่าการใช้ไขมันจากสัตว์ เช่น ไข่ขาว น้ำมันหมู มีแนวโน้มของการเจริญเติบโตต่ำกว่าลูกโคที่ได้รับไขมันเนย และการใช้ไขมันจากพืชที่ผ่านขบวนการ hydrogenation แล้วเช่น น้ำมัน

ฝ้าย น้ำมันข้าวโพด และน้ำมันถั่วเหลืองทำให้ลูกโคมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงลูกโคที่ได้รับไขมันเนย

การหืนของไขมันและน้ำมันแบ่งออกได้ 3 ชนิดคือ การหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยน้ำ (hydrolysis rancidity) การหืนที่เกิดจากสารคีโตน (ketone rancidity) และการหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน (oxidation rancidity) (ศศิเกษมและพรณี, 2530) การหืนหืนของไขมันและน้ำมันวัดโดยใช้ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) (เขวาลักษณ์, 2536) ค่าเปอร์ออกไซด์ หมายถึงจำนวนมิลลิกรัมสมมูลย์ (milliequivalent) ของเปอร์ออกไซด์ที่มีในน้ำมัน 1 กิโลกรัม ค่าเปอร์ออกไซด์จะบอกให้ทราบถึงปริมาณของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่ถูกออกซิไดส์ที่มีในน้ำมัน 1 กิโลกรัม (ศศิเกษมและพรณี, 2530) ถ้ามีสารประกอบเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันเกิน 10 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อน้ำมัน 1000 กรัมจะทำให้เกิดการหืนหืน การบริโภคน้ำมันที่หืนจะทำให้ขึ้นคอและหายใจไม่สะดวก (อรณา และคณะ, 2528) ถึงแม้ว่าราคานมเทียมจะถูกกว่านมสดแต่ก็ยังทำให้ต้นทุนในการเลี้ยงลูกโคสูงอยู่ดี เพราะจะต้องสั่งซื้อนมเทียมจากต่างประเทศมาใช้นอกจากนี้นมเทียมมีหางนมผงเป็นส่วนประกอบสำคัญ ซึ่งยังไม่มีการผลิตภายในประเทศไทย ดังนั้นเพื่อเป็นการลดต้นทุนจึงจำเป็นต้องหาแหล่งวัตถุดิบชนิดอื่นที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ มีคุณภาพดี และมีราคาถูกมาใช้เป็นส่วนประกอบในนมเทียมสำหรับใช้เป็นอาหารเหลวเลี้ยงลูกโค ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยทำให้การเลี้ยงลูกโคมีค่าใช้จ่ายลดลงได้

วัตถุประสงค์

ศึกษาถึงองค์ประกอบและการละลายได้ของการใช้โปรตีนจากพืชและสัตว์เป็นแหล่งโปรตีนในนมเทียม และศึกษาผลการใช้แหล่งไขมันชนิดต่างๆ ต่อการหืนของนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนต่างชนิดกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 : การใช้แหล่งโปรตีนจากพืชและสัตว์

อาหารทดลองมี 5 สูตรแสดงใน Table 1 ได้แก่

สูตรที่ 1 สูตรนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากนม 100 % (สูตรเปรียบเทียบ)

สูตรที่ 2 สูตรนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มทดแทนโปรตีนนม 30 %

สูตรที่ 3 สูตรนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากกากถั่วเหลืองเอ็กทราคต์ทดแทนโปรตีนนม 30 %

สูตรที่ 4 สูตรนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากปลาปนทดแทนโปรตีนนม 30 %

สูตรที่ 5 สูตรนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากไข่ผงทดแทนโปรตีนนม 30 %

การหาค่าการละลายได้โดยชั่งนมเทียม 4 กรัมละลายในน้ำ 32 ซีซี นาน 10 นาที วางไว้ใน water bath นาน 5 นาที แล้วดูดสารละลายนมประมาณ 2 มล. ใส่ในถ้วยกระຈ (ซึ่งน้ำหนักบันทึกเป็น L_1) นำไปอบให้แห้ง (ซึ่งน้ำหนักบันทึกเป็น S_1) นำสารละลายนมที่เหลือไปเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge นาน 10 นาที แล้วดูดสารละลายส่วนบนประมาณ 2 มล. ใส่ในถ้วยกระຈ (ซึ่งน้ำหนักบันทึกเป็น L_2) นำไปอบให้แห้ง (ซึ่งน้ำหนักบันทึกเป็น S_2) หาค่าการละลายได้ โดยเข้าสมการ (Pearson, 1976)

$$\text{ค่าการละลายได้ (\%)} = \frac{100L_1S_2}{L_2S_1}$$

การทดลองใช้แผนการทดลองแบบ 5×7 factorial experiment in completely randomized design (CRD) (จริญ, 2523) ปัจจัยแรกคือสูตรนมเทียม ปัจจัยที่สองคืออุณหภูมิของน้ำที่ใช้สำหรับละลายนมเทียมมี 7 ระดับคือ 30, 40, 50, 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส แต่ละ treatment มี 4 ซ้ำ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ห้ำวเรียนซ์ (analysis of variance) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's

New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรม SAS (1985)

การวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง โปรตีนรวม ไขมัน เถ้า แคลเซียม และ ฟอสฟอรัส โดยวิธีวิเคราะห์แบบ Proximate analysis (อังคณา และ ดวงสมร, 2532)

การทดลองที่ 2 : การใช้แหล่งไขมันชนิดต่างๆ

อาหารทดลองมี 12 สูตรแสดงใน Table 4 ได้แก่

สูตรที่ 1 ไขมันเนย 10 % ในสูตรนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากนม 100 %

สูตรที่ 2 ไข่ขาว 10 % ในสูตรนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากนม 100 %

สูตรที่ 3 น้ำมันถั่วเหลือง 10 % ในสูตรนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากนม 100 %

สูตรที่ 4 น้ำมันปาล์ม 10 % ในสูตรนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากนม 100 %

สูตรที่ 5 ไขมันเนย 10 % ในสูตรนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มทดแทนโปรตีนนม 30 %

สูตรที่ 6 ไข่ขาว 10 % ในสูตรนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มทดแทนโปรตีนนม 30 %

สูตรที่ 7 น้ำมันถั่วเหลือง 10 % ในสูตรนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มทดแทนโปรตีนนม 30 %

สูตรที่ 8 น้ำมันปาล์ม 10 % ในสูตรนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มทดแทนโปรตีนนม 30 %

สูตรที่ 9 ไขมันเนย 10 % ในสูตรนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากปลาปนทดแทนโปรตีนนม 30 %

สูตรที่ 10 ไข่ขาว 10 % ในสูตรนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากปลาปนทดแทนโปรตีนนม 30 %

สูตรที่ 11 น้ำมันถั่วเหลือง 10 % ในสูตรนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากปลาปนทดแทนโปรตีนนม

30 %

สูตรที่ 12 น้ำมันปาล์ม 10 % ในสูตรนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากปลาปนทดแทนโปรตีนนม 30 %

การหาค่าเปอร์ออกไซด์โดยชั่งตัวอย่างอาหาร 5.00 ± 0.05 กรัม ละลายในสารละลายผสมระหว่าง glacial acetic acid และ chloroform อัตราส่วน 2:3 โดยปริมาตรจำนวน 30 มล. เติม 0.5 มล. ของ KI อิ่มตัวเขย่า 1 นาที นำไปเติมน้ำ 30 มล. และน้ำแข็ง 1 % 0.5 มล. แล้วนำไปไตเตรทกับ standard sodium thiosulphate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) จนกระทั่งเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นไม่มีสี บันทึกปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้แล้วนำไปหาค่าเปอร์ออกไซด์โดยเข้าสมการ (AOAC, 1990)

ค่าเปอร์ออกไซด์ (มิลลิกรัมสมมูลย์/กิโลกรัมไขมัน) =
$$\frac{S \times N \times 1000}{W}$$

S = มล. ของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้

N = normality ของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

W = น้ำหนักของน้ำมันที่ใช้

การทดลองใช้แผนการทดลองแบบ 3×4 factorial experiment in randomized complete block design (RCBD) (จรัญ, 2523) ปัจจัยแรกคือแหล่งโปรตีนมี 3 ชนิดคือ นม, แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม และปลาปน ปัจจัยที่สองคือแหล่งของไขมันมี 4 ชนิดคือ ไขมันเนย, ไข่ขาว, น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันปาล์ม มีทั้งหมด 12 treatment แต่ละ treatment มี 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์ข้อมูลและการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีใช้วิธีการเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 : การใช้แหล่งโปรตีนจากพืชและสัตว์
1. ส่วนประกอบทางเคมี

อาหารทดลองทั้ง 5 สูตรมีปริมาณโปรตีน

รวมใกล้เคียงกันคือ 22 % (Table 1) ซึ่งเป็นระดับที่เพียงพอต่อความต้องการของลูกโค Cunnningham *et al.* (1958) แนะนำว่านมเทียมควรมีโปรตีนที่มีคุณภาพสูงประมาณ 20 % Lassiter *et al.* (1963) รายงานว่าการเจริญเติบโตจะดีกว่าเมื่อใช้โปรตีนระดับ 23-25 %

ปริมาณไขมันของอาหารสูตรที่ 1-4 อยู่ในช่วง 12.83-15.56 % ยกเว้นสูตรที่ 5 มีปริมาณ 21.18 % จึงเป็นนมเทียมไขมันสูง (Naylor, 1988) ลูกโคที่ได้รับนมเทียมไขมันสูงจะมีการเจริญเติบโตเร็วกว่าและมีอาการท้องเสียน้อยกว่าลูกโคที่ได้รับนมเทียมที่มีไขมันต่ำ (Wijayasinghe *et al.*, 1984)

อาหารสูตรที่ 1, 2, 4 และ 5 มีปริมาณเยื่อใยอยู่ในช่วง 0.28-0.54 % ยกเว้นสูตรที่ 3 มีปริมาณเยื่อใยเฉลี่ย 1.08 % สูงกว่าที่แนะนำ (Perry, 1984)

เนื่องจากกากถั่วเหลืองเอ็กทราคท์มีปริมาณเยื่อใยสูงกว่าในแหล่งโปรตีนอื่น อาหารทดลองทั้ง 5 สูตรมีปริมาณถั่วอยู่ในช่วง 7.01-8.59 % สอดคล้องกันคำแนะนำของ Perry (1984)

ปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสของอาหารมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.85, 0.71, 0.73, 1.01, 0.70 และ 0.64, 0.62, 0.65, 0.73, 0.66 % ตามลำดับเพียงพอต่อความต้องการของลูกโค (NRC, 1989) สูตรที่ 4 มีปริมาณของแคลเซียมและฟอสฟอรัสมากกว่าสูตรอื่นๆ เพราะแหล่งโปรตีนทดแทนนมมาจากปลาป่นซึ่งมีแคลเซียมและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบอยู่สูง

2. การละลายได้ (solubility)

ค่าการละลายได้เฉลี่ยของอาหารทดลองทั้ง 5 สูตรที่อุณหภูมิ 30-90°C (Table 2, Figure 1) สูตรที่ 1

Table 1 Ingredients and chemical composition of experimental diets.

Ingredients (%)	Diet 1	Diet 2	Diet 3	Diet 4	Diet 5
Skim milk powder	54	33	33	27	27
Whey powder	34	37	37	50	35
Full fat soy flour	-	18	-	-	-
Extruded soybean meal	-	-	18	-	-
Fish meal	-	-	-	11	-
Egg powder	-	-	-	-	20
Vegetable oil	10	10	10	10	10
Lecithin	1	1	1	1	1
Premix	1	1	1	1	1
Chemical composition (%)					
Dry matter	89.04	88.83	88.50	88.28	89.47
Crude protien	22.46	22.44	22.46	22.45	22.32
Ether extract	12.83	15.56	14.70	13.35	21.18
Crude fiber	0.28	0.54	1.08	0.28	0.34
Ash	7.30	7.01	7.01	8.59	6.53
Calcium	0.85	0.71	0.73	1.01	0.70
Phosphorus	0.64	0.62	0.65	0.73	0.66

เป็นอาหารเปรียบเทียบมีแหล่งโปรตีนจากนม 100 % มีค่าการละลายได้สูงสุดที่ 50°C เฉลี่ย 99.79 % น้ำที่อุณหภูมิสูงกว่า 50°C ค่าการละลายได้มีแนวโน้มลดลง

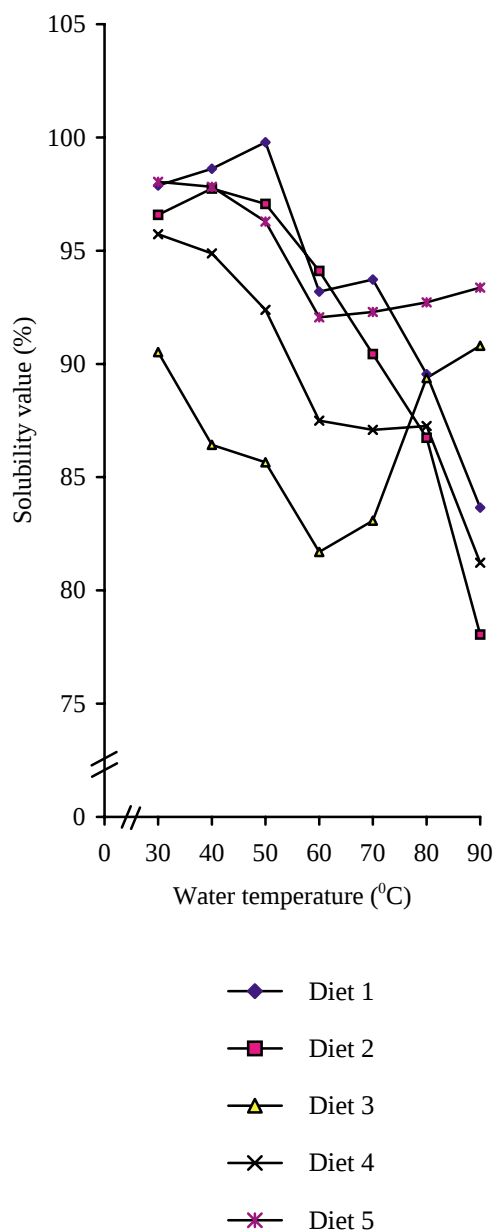


Figure 1 Solubility value of experimental diets in various water temperature.

ลง สูตรที่ 2 เป็นสูตรนมเทียมที่ใช้โปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มทดแทนโปรตีนนม 30% มีค่าการละลายสูงสุดที่อุณหภูมิ 40°C เฉลี่ย 97.74% ค่าการละลายได้มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น สูตรที่ 3 ใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองเอ็กทราทดแทนโปรตีนนม 30% พบว่ามีค่าการละลายได้สูงสุดที่อุณหภูมิ 30 และ 90°C เฉลี่ย 90.52 และ 90.80% ตามลำดับ สูตรที่ 4 ใช้โปรตีนจากปลาปนทดแทนโปรตีนนม 30% มีค่าการละลายได้สูงสุดที่ 30°C เฉลี่ย 95.73% ค่าการละลายได้จะลดลงเรื่อยๆเมื่อละลายในน้ำที่อุณหภูมิสูงขึ้น สูตรที่ 5 ใช้โปรตีนจากไข่แดงทดแทนโปรตีนนม 30% พบว่ามีค่าการละลายได้สูงสุดที่ 30°C เฉลี่ย 96.29%

การละลายได้ของนมเทียมแต่ละสูตรที่อุณหภูมิของน้ำต่างกัน (Table 3) พบว่าสูตรนมเทียมอุณหภูมิ น้ำ และอิทธิพลร่วมระหว่างสูตรนมเทียมและอุณหภูมิ น้ำ มีผลต่อการละลายได้ ($P < 0.05$) สูตรที่ 1 (โปรตีน 100%) และสูตรที่ 5 มีค่าการละลายได้สูงสุดเฉลี่ย 93.77 และ 93.94 % ตามลำดับ ($P > 0.05$) รองลงมาคือสูตรที่ 2 มีความสามารถละลายได้ดีกว่าสูตรที่ 4 ($P < 0.05$) เฉลี่ย 91.67 และ 89.44 % ตามลำดับ เนื่องจากปลาปนที่ใช้ละลายในน้ำได้น้อยกว่าแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม สูตรที่ 3 มีความสามารถในการละลายได้ต่ำสุด 86.80 % แตกต่างจากสูตรอื่นๆ ($P < 0.05$) เพราะกากถั่วเหลืองเอ็กทราที่ใช้มีลักษณะไม่เป็นผง จึงไม่สามารถละลายน้ำได้ และมีการตกตะกอนอยู่ที่ก้นภาชนะ

ผลของอุณหภูมิต่อการละลายได้ พบว่าอุณหภูมิของน้ำที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50°C สามารถทำให้นมเทียมมีการละลายได้เฉลี่ย 95.79, 95.10 และ 94.24 % ตามลำดับ ($P > 0.05$) แต่สูงกว่าการละลายได้ที่อุณหภูมิ น้ำ 60-90°C ($P < 0.05$)

Table 2 Solubility value of experimental diets in various water temperature.

Experimental diets	Water temperature (°C)						
	30	40	50	60	70	80	90
Diet 1	97.88	98.62	99.79	93.19	93.73	89.55	83.66
Diet 2	96.58	97.74	97.07	94.11	90.44	86.74	78.05
Diet 3	90.52	86.43	85.66	81.70	83.08	89.38	90.80
Diet 4	95.73	94.88	92.39	87.50	87.09	87.26	81.22
Diet 5	98.04	97.82	96.29	92.06	92.29	92.72	93.37

Table 3 Effects of experimental diets and water temperature on solubility value.

Effects of	Solubility value (%)
Experimental diets	
Diet 1	93.77 ^a
Diet 2	91.67 ^b
Diet 3	86.80 ^d
Diet 4	89.44 ^c
Diet 5	93.94 ^a
Water temperature (°C)	
30	95.79 ^a
40	95.10 ^a
50	94.24 ^a
60	89.71 ^b
70	89.33 ^b
80	88.13 ^b
90	85.57 ^c

a,b,c Mean in the column bearing different superscripts differ significantly ($P < 0.05$)

การทดลองที่ 2 : การใช้แหล่งไขมันชนิดต่างๆ

1. ส่วนประกอบทางเคมี

อาหารทดลองทั้ง 12 สูตรมีปริมาณของวัตถุดิบ และโปรตีนรวมใกล้เคียงกัน ปริมาณไขมันในสูตรที่ใช้ ไขมันเนยมีค่า ether extract สูงสุด รองลงมาคือสูตรที่ใช้ไขมันจากน้ำมันพืช และต่ำสุดในสูตร

ที่ใช้ไข่ขาว (Table 4) สูตรที่ใช้โปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม จะมีไขมันเฉลี่ยโดยรวมสูงกว่าสูตรที่ใช้แหล่งโปรตีนจากปลาป่น และโปรตีนจากนมตามลำดับ เนื่องจากในแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มมีปริมาณของไขมันเป็นองค์ประกอบสูงกว่าโปรตีนจากปลาป่นและโปรตีนนม

2. ค่าเปอร์ออกไซด์

อาหารทดลองทั้ง 12 สูตรมีค่าเปอร์ออกไซด์เฉลี่ยทั้ง 16 สัปดาห์ดังแสดงใน Table 5 ทุกสูตรจะมีแนวโน้มของค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นเมื่อมีอายุการเก็บเพิ่มขึ้น ในช่วงสัปดาห์ที่ 5-11 มีปริมาณเปอร์ออกไซด์เพิ่มในปริมาณที่น้อยมาก อาจเป็นผลเนื่องมาจากในช่วงนี้อุณหภูมิของอากาศลดลง (จาก 26°C เป็น 23°C) ทำให้ความร้อนซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งในการเร่งปฏิกิริยา oxidation มีผลเร่งปฏิกิริยาการหืนลดลง (ศศิเกษมและพรณี, 2530 ; Pearson, 1976) สูตรที่ 3, 7 และ 11 มีค่าเปอร์ออกไซด์เกินมาตรฐานที่กำหนด (คือ 10 มิลลิกรัมสมมูลย์/ 1000 กรัมไขมัน) ในสัปดาห์ที่ 11 เฉลี่ยเท่ากับ 10.25, 10.64 และ 11.44 มิลลิกรัมสมมูลย์/ 1000 กรัมไขมันตามลำดับ สูตรที่ 12 มีค่า

เปอร์ออกไซด์เกินมาตรฐานที่กำหนดในสัปดาห์ที่ 12 เฉลี่ยเท่ากับ 10.75 มิลลิกรัมสมมูลย์/ 1000 กรัมไขมัน สูตรที่ 4, 8, 9 และ 10 มีค่าเปอร์ออกไซด์เกินมาตรฐานที่กำหนดในสัปดาห์ที่ 13 เฉลี่ยเท่ากับ 10.34, 12.12, 11.26 และ 10.52 มิลลิกรัมสมมูลย์/ 1000 กรัมไขมันตามลำดับ ที่ 14 สัปดาห์ อาหารทดลองทั้งหมดมีค่าเปอร์ออกไซด์เฉลี่ยเกินมาตรฐานที่กำหนด สูตรที่ 11 มีค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มสูงสุด และสูตรที่ 2 มีค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มต่ำสุด

ผลของแหล่งโปรตีนและไขมันต่อปริมาณค่าเปอร์ออกไซด์ที่วัดได้แสดงไว้ใน Table 6 พบว่าในสัปดาห์ที่ 1-4 แหล่งของไขมันมีอิทธิพลต่อการเพิ่มของค่าเปอร์ออกไซด์ ($P < 0.05$) ส่วนแหล่งของโปรตีนและโปรตีนร่วมกับไขมันไม่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มของ

Table 4 Ingredients and chemical composition of experimental diets.

Diet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SM	54	54	54	54	33	33	33	33	27	27	27	27
W	34	34	34	34	37	37	37	37	50	50	50	50
SF	-	-	-	-	18	18	18	18	-	-	-	-
FM	-	-	-	-	-	-	-	-	11	11	11	11
BF	10	-	-	-	10	-	-	-	10	-	-	-
T	-	10	-	-	-	10	-	-	-	10	-	-
SBO	-	-	10	-	-	-	10	-	-	-	10	-
PO	-	-	-	10	-	-	-	10	-	-	-	10
L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Chemical composition (%)												
DM	90.12	89.98	89.75	89.75	90.87	90.05	90.21	90.08	90.55	89.34	89.42	89.59
CP	23.04	22.58	22.46	22.40	22.83	22.43	22.59	22.60	22.45	22.07	22.43	22.49
EE	13.35	10.72	12.83	11.49	17.09	14.44	15.56	15.23	14.00	11.35	13.35	12.14

SM = skim milk powder , W = whey powder, SF = full fat soy flour, FM = fish meal, BF = butter fat T = tallow SBO = soya bean oil, PO =palm oil, L = lecithin, P = premix, DM = dry matter, CP = crude protein, EE = ether extract

Table 5 Peroxide value (millequivalent /oil 1,000 g) of experimental diets at 0-16 weeks of age.

Week	Experimental diets											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1.45	0	2.8	2	1.45	1.37	2.98	2.17	1.88	1.66	3.22	2.46
3	2.26	1.77	3.08	2.67	2.15	1.82	3.19	2.82	2.83	2.61	3.44	3.23
4	2.84	2.47	5.13	4.02	3.32	2.74	5.53	4.33	3.28	2.88	3.92	3.77
5	3.44	3.08	5.64	4.6	5.02	4.11	7.17	5.62	5.16	4.09	7.39	5.97
6	4	3.7	6.66	5.17	6.16	4.57	8.44	6.92	6.1	5.25	8.37	7.03
7	4.82	4.22	7.18	5.74	6.98	5.02	9.33	7.38	6.57	6.43	9.31	8.69
8	5.07	4.22	7.43	5.75	6.9	5.25	9.53	7.38	7.04	6.14	9.66	8.69
9	5.07	4.53	8.2	6.32	6.98	5.25	9.79	7.79	7.04	6.43	9.91	8.69
10	5.29	4.74	9.23	6.9	7.34	5.48	9.79	8.22	7.51	7.01	9.91	9.19
11	6.37	5.98	10.25	8.05	7.34	6.39	10.64	9.09	8.45	8.18	11.44	9.68
12	7.84	6.69	11.28	9.19	8.05	7.69	11.92	9.52	9.39	9.35	14.42	10.75
13	8.82	8.03	15.38	10.34	9.96	9.02	16.46	12.12	11.26	10.52	18.9	14.51
14	10.78	10.49	20	18.96	13.79	13.7	23.63	22.07	20.66	14.88	29.85	26.34
15	16.04	15.43	31.28	27.59	25.06	21.46	32.49	29.87	26.76	25.15	34.78	31.18
16	20.59	18.52	37.95	32.18	29.24	26.83	40.93	36.79	30.05	29.82	43.97	38.17

Table 6 Effects of protein and fat sources on peroxide value (millequivalent/oil 1,000 g) at various storage ages.

Effects of	Storage age (week)			
	1-4	5-8	9-12	13-16
Protein sources				
Milk protein	1.85 ^b	5.05 ^c	7.20 ^c	18.59 ^c
Soybean protein	2.12 ^a	6.61 ^b	8.21 ^b	22.94 ^b
Fish protein	2.20 ^a	7.01 ^a	9.21 ^a	25.43 ^a
Fat sources				
Butter fat	1.71 ^c	5.62 ^c	7.22 ^c	18.89 ^c
Tallow	1.44 ^c	4.67 ^d	6.478 ^d	16.96 ^d
Soya bean oil	2.78 ^a	8.01 ^a	10.50 ^a	28.80 ^a
Palm oil	2.29 ^b	6.58 ^b	8.62 ^b	24.63 ^b

a,b,c,d Mean in the column bearing different superscripts differ significantly (P<0.05)

ค่าเปอร์ออกไซด์ ($P>0.05$) ในช่วงอายุการเก็บที่ 4-8, 9-12 และ 13-16 สัปดาห์ แหล่งของโปรตีนและไขมันมีผลต่อการเพิ่มค่าเปอร์ออกไซด์ ($P<0.05$) แต่อิทธิพลร่วมระหว่างแหล่งโปรตีนและไขมันไม่มีผลต่อการเพิ่มค่าเปอร์ออกไซด์ ($P>0.05$) และในทุกช่วงอายุการเก็บพบว่าระยะเวลาที่มีผลต่อการเพิ่มค่าเปอร์ออกไซด์ในอาหารทดลอง ($P<0.05$)

ในสูตรนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากนม แป้ง ถั่วเหลืองไขมันเต็ม และปลาป่น มีปริมาณเปอร์ออกไซด์ที่ตรวจพบมากเป็นอันดับที่ 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ทุกช่วงอายุ ในช่วง 1-4 สัปดาห์ ค่าเปอร์ออกไซด์ที่ตรวจพบในสูตรที่มีปลาป่น และแป้ง ถั่วเหลืองไขมันเต็มเป็นแหล่งโปรตีนไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) และสูงกว่าสูตรที่ใช้โปรตีนจากนม ($P<0.05$) อายุการเก็บที่ 5-8, 9-12 และ 13-16 สัปดาห์สูตรที่มีโปรตีนจากปลาป่นมีค่าเปอร์ออกไซด์สูงกว่าสูตรที่มีแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มและนมเป็นแหล่งโปรตีน ($P<0.05$) และสูตรที่ใช้โปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มมีค่าเปอร์ออกไซด์สูงกว่าสูตรที่ใช้โปรตีนจากนมอย่างเดียว ($P<0.05$) จะเห็นว่าอาหารทดลองที่มีแหล่งโปรตีนจากปลาป่น จะมีค่าเปอร์ออกไซด์สูงกว่าสูตรอื่นๆ อาจเป็นเพราะในปลาป่นมีเกลือซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Emmanue and Lyaskovskaya, 1967) อยู่ในปริมาณที่สูงกว่าแหล่งโปรตีนอื่น โดยปลาป่น, ถั่วเหลือง และหางนมผง มีเกลือเฉลี่ย 0.95, 0.02 และ 0.45 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (NRC, 1989)

ในสูตรนมเทียมที่ใช้แหล่งไขมันจาก น้ำมัน ถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม ไขมันเนย และไขวัว มีปริมาณเปอร์ออกไซด์มาเป็นอันดับ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ($P<0.05$) ทุกช่วงอายุยกเว้นที่อายุการเก็บ 1-4 สัปดาห์ ซึ่งสูตรที่ใช้ไขมันเนยและไขวัวมีค่าเปอร์ออกไซด์ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) จะเห็นว่าสูตรที่ใช้ไขมัน ถั่วเหลืองเป็นแหล่งไขมันเกิดการหืนเร็วสุด รองลงมา

คือสูตรที่ใช้ไขมันปาล์ม ไขมันเนย และไขวัว ตามลำดับ อาจเป็นเพราะน้ำมันถั่วเหลืองมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่สูง เมื่อเทียบกับน้ำมันปาล์ม ไขมันเนย และไขวัว ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 81.2, 46.3, 26.4 และ 46.5 กรัม/100 กรัมตามลำดับ (ศศิเกษมและพรณี, 2530) ศิริลักษณ์ (2522) รายงานว่าโครงสร้างของกรดไขมันมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ทำให้เกิดการหืน) ไขมันที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวหลายจุด จะเกิดปฏิกิริยานี้ได้เร็วกว่าและง่ายกว่าไขมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่ำ

ไขมันเนยมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่ำกว่าไขวัว แต่ค่าเปอร์ออกไซด์ที่วัดได้มีแนวโน้มใกล้เคียงกัน อาจเป็นเพราะไขมันเนยให้ปริมาณไขมันรวมในสูตรอาหารสูงกว่าไขวัว มีผลทำให้ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันกับสูตรที่ใช้ไขวัว น้ำมันปาล์มและไขมันเนยมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณที่เท่ากันคือ 46.3 และ 46.5 กรัม/100 กรัมตามลำดับ แต่พบว่าสูตรที่ใช้ไขมันปาล์มเป็นแหล่งไขมันมีค่าเปอร์ออกไซด์สูงกว่า อาจเป็นเพราะในน้ำมันปาล์มมีกรดไขมันอิสระ (oleic) สูงกว่าไขมันเนยเฉลี่ยเท่ากับ 36.6 และ 20.4 กรัม/ 100 กรัมตามลำดับ (ศศิเกษมและพรณี, 2530) ไขมันที่มีกรดไขมันอิสระสูงจะทำให้เกิดการเสื่อมสภาพได้ง่าย (เขาวลัทธิ, 2536)

สรุป

1. ชนิดของแหล่งโปรตีนที่ใช้ในสูตรนมเทียมมีผลต่อการละลายได้ สูตรที่ 5 ใช้ไข่ผงทดแทนโปรตีนนม 30 % มีการละลายได้ไม่แตกต่าง ($P>0.05$) กับสูตรที่ 1 (สูตรเปรียบเทียบ, เฉลี่ย 93.77 %) และมีการละลายได้ดีกว่าสูตรที่ 2, 3 และ 4 ($P<0.05$)
2. ผลของอุณหภูมิน้ำต่อการละลายได้ของสูตรนมเทียมพบว่าที่อุณหภูมิ 30-50°C มีค่าการ

ละลายได้ไม่แตกต่างกัน และสูงกว่าที่อุณหภูมิ 60-90°C ($P<0.05$)

3. สูตรนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากปลาปนรวมกับโปรตีนจากนมจะเกิดการหืนเร็วสุด รองลงมาคือสูตรที่มีแหล่งโปรตีนจากถั่วเหลืองร่วมกับโปรตีนจากนม และสูตรที่มีแหล่งโปรตีนจากนมอย่างเดียวเกิดการหืนช้าสุด

4. สูตรนมเทียมที่มีน้ำมันถั่วเหลืองเป็นแหล่งไขมันเกิดการหืนเร็วสุด รองลงมาคือสูตรที่ใช้ไขมันปาล์ม ไขมันเนย และไขวัว ตามลำดับ โดยไขมันทั้ง 4 ชนิดมีผลต่อการเพิ่มค่าเปอร์ออกไซด์แตกต่างกัน ($P<0.05$)

5. ค่าเปอร์ออกไซด์จะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บมากขึ้น สูตรที่ 12 มีแหล่งโปรตีนจากนม 70% และปลาปน 30% ใช้ไขมันถั่วเหลืองเป็นแหล่งไขมัน จะมีค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นสูงสุด และสูตรที่ 2 มีแหล่งโปรตีนจากนมอย่างเดียว และใช้ไขวัวเป็นแหล่งไขมัน มีค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มต่ำสุด

ข้อเสนอแนะ

แหล่งของโปรตีนที่ใช้ทดแทนมีผลทำให้การละลายได้ของสูตรนมเทียมแตกต่างกัน เพราะฉะนั้นการนำสูตรนมเทียมไปใช้เลี้ยงลูกโคจึงควรที่จะพิจารณาคูสมบัติในการละลายและแหล่งโปรตีนที่ใช้ให้เหมาะสมกับระบบการย่อยของลูกโคด้วย ในการทดลองนี้สูตรนมเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากนมล้วนมีความเหมาะสมที่จะใช้เลี้ยงลูกโคในช่วงอายุ 4 สัปดาห์แรกมากที่สุด เนื่องจากมีความสามารถในการละลายได้สูงสุด และในกระเพาะแท้ของลูกโคมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์สำหรับย่อยโปรตีนนมมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- จรัญ จันทลักขณา. 2523. สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนการวิจัย. โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ. 74 น.
- ชวนิศนดากร วรธรรม. 2534. การเลี้ยงโคนม. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ. 365 น.
- เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิชัย. 2536. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 135 น.
- ศศิเกษม ทองยงค์ และพรณี เดชกำแหง. 2530. เภมอาหารเบื้องต้น. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 211 น.
- ศิริลักษณ์ สินธวลัย. 2522. ทฤษฎีอาหารเล่ม 3 หลักการทดลองอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 270 น.
- อนุชา ศิริ. 2529. การจัดการฟาร์มโคนม. สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้, เชียงใหม่. 208 น.
- อรณา ไชยวรรณ์, ยินดี ลูวิระ, และเทวี กาญจนสุนน. 2528. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการในน้ำมันและไขมันบริโภค. วารสารของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 27 : 27-36.
- อังคณา หาญบรรจง และดวงสมร สินเจิมศิริ. 2532. การวิเคราะห์และประเมินคุณภาพอาหารสัตว์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 155 น.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Agriculture Chemists, Washington, D.C. 956 p.
- Counningham, H.M., S.R. Haskell, V.J. Miles, V.S. Logan and G.J. Disson. 1985. Further studies on the protein and energy requirement of young dairy calves. Can. J. Anim. Sci. 38 : 33.
- Emmanuel, N.M. and Y.N. Lyaskovskaya. 1967. The inhibition of fat oxidation processes. Pergamon

- Press, New York. 389 p.
- Lassiter, C.A., L.D. Brown, R.M. Grimes, and C.W. Duncan. 1963. Effect of protein level in milk replacers and growth and protein metabolism of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 46: 538.
- National Research Council. 1989. Nutrient Requirements for Dairy Cattle. 6th rev. ed. Natl. Sci., Washington, DC. 157 p.
- Naylor, J.M. 1988. Evaluating dietary management of hand-reared calves : milk preserved colostrum and milk replacers, pp. 248-260. *In* D.C. Church (ed.). *The Ruminant Animal : Digestive Physiology and Nutrition*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, New Jersey.
- Perry, T.W. 1984. *Beef Cattle Feeding and Nutrition*. Academic Press, New York. 383 p.
- Raven, A.M. 1970. Fat in milk replacers for calves. *J. Sci. Food Agric.* 21 : 352-359.
- Roy, J.H.B. 1980. *The Calf*. 4th ed. Butterworth, London. 442 p.
- SAS. Institute Inc. 1985. *SAS/STAT Guide for Personal Computer Version 6 Edition*. Cary, North Carolina. 111 p.
- Wijayasinghe, M.S., N.E. Smith, and R.L. Baldwin. 1984. Growth, health and blood glucose concentrations of calves fed high-glucose or high-fat milk replacers. *J. Dairy Sci.* 67 : 2949.
-
- วันรับเรื่อง : 19 พ.ย. 40
- วันรับตีพิมพ์ : 22 มี.ย. 41