สมรรถภาพการเจริญเติบโต ผลผลิตจากการหมักย่อยในกระเพาะรูเมน และต้นทุนการขุนแกะลูกผสมที่ได้รับต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ

Growth Performance, End Products from Rumen Fermentation and Production Cost of Crossbred Sheep Fed Ensiled Whole Crop Rice as a Roughage Source

อัญชลี คงประดิษฐ์[1] นพดล ชัยวิสูตร[1] ภูมพงศ์ บุญแสน[1] ทัสนันทน์ หงสะพัก[1] ณภาส์ณัฐ อู่สูงเนิน[1] และสุริยะ สะวานนท์[1*]

Anchalee Khongpradit[1], Nappadon Chaiwisut[1], Phoompong Boonsaen[1], Tassanan Hongsapak[1], Naphanut Usungnoen[1] and Suriya Sawanon[1*]

Received: July 21, 2023
Revised: November 2, 2023
Accepted: November 22, 2023

Abstract: The objective of this study was to examine the effects of using whole crop rice silage (three-line breeds) as a roughage source in total mixed ration (TMR) on growth performance, rumen fermentation products, and blood metabolites in female crossbreed Santa Ines sheep. Twenty sheep (7 months of age) with 18.33±2.16 kg of initial body weight was allocated into Completely Randomized Design for 4 groups (5 heads each) to receive a TMR containing (50% of concentrate and 50% of roughage) a different roughage as follows: 1) whole crop rice of RD61 silage (RD61) 2) whole crop rice of Suphanburi 1 silage (SB1), 3) whole crop rice of Pathum Thani 1 silage (PT1), and 4) Napier grass silage (NS). Sheep were fed the dietary treatments for 122 days. The results showed that final body weight, body weight gain, average daily gain and feed conversion ratio of sheep fed TMR containing a different roughage source were not significantly different ($P > 0.05$). Total dry matter intake and blood urea nitrogen of sheep fed SB1 tended to be higher than the other groups ($P = 0.10$). Ruminal pH of sheep fed PT1 was higher than RD61, SB1 and NS ($P < 0.05$). Moreover, RD61 showed the highest concentration of total short-chain fatty acids ($P < 0.05$). However, acetate, propionate, and butyrate proportions (mol/100mol) were not different among the groups ($P > 0.05$). Feed cost per gain of sheep fed SB1 was the lowest. Therefore, the results can be concluded that the whole crop rice silage of RD61 and SB1 (harvested at milk stage of paddy rice) have good potential as a roughage source in ruminants.

Keywords: whole rice crop silage, sheep, growth performance, rumen fermentation, blood metabolites

บทคัดย่อ: การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลของการใช้ต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมัก (3 สายพันธุ์) เป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต กระบวนการหมักย่อยในกระเพาะรูเมน และเมแทบอไลต์ในเลือดของแกะเพศเมียลูกผสมสายพันธุ์ซานต้าอินเนส โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

[1] ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม, 73140
[1] Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom, 73140
* Corresponding author: agrsusa@ku.ac.th

ใช้แกะจำนวน 20 ตัว (อายุเฉลี่ย 7 เดือน) น้ำหนักเริ่มต้นการทดลองเฉลี่ย 18.33±2.16 กิโลกรัม ถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ตัว โดยสุ่มแกะให้ได้รับอาหารผสมที่มีสัดส่วนของอาหารข้นและอาหารหยาบในสัดส่วน 50 ต่อ 50 ซึ่งแกะแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารข้นเหมือนกันแต่แหล่งของอาหารหยาบแตกต่างกัน คือ กลุ่มที่ 1 ได้รับต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมักสายพันธุ์ กข61 (RD61) กลุ่มที่ 2 ได้รับต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมักสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (SB1) กลุ่มที่ 3 ได้รับต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมักสายพันธุ์ปทุมธานี 1 (PT1) และกลุ่มที่ 4 ได้รับหญ้าเนเปียร์หมัก (NS) ทำการเลี้ยงแกะเป็นเวลา 122 วัน จากการศึกษาพบว่าแกะมีน้ำหนักตัวสุดท้าย น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุแห้งและความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดของแกะที่ได้รับ SB1 มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P = 0.10$) ความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะรูเมนของแกะที่ได้รับ PT1 สูงกว่า RD61 SB1 และ NS ($P < 0.05$) นอกจากนี้แกะที่ได้รับ RD61 มีความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยง่ายสายสั้นทั้งหมดสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P < 0.05$) อย่างไรก็ตามสัดส่วนของกรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทิริก (โมล/100 โมล) ของทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และพบว่าต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมของแกะที่ได้รับ SB1 ต่ำที่สุด ดังนั้นจากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่าต้นข้าวหมักพร้อมเมล็ด โดยเฉพาะสายพันธุ์ RD61 และ SB1 (เก็บเกี่ยวที่ระยะเมล็ดข้าวเป็นน้ำนม) มีศักยภาพเป็นแหล่งอาหารหยาบในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ดี

คำสำคัญ: ต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมัก, แกะ, สมรรถภาพการเจริญเติบโต, การหมักย่อยในกระเพาะรูเมน, เมแทบอไลต์ในเลือด

คำนำ

ต้นข้าวโพดและหญ้าเนเปียร์ถูกใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้องอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศไทยและทั่วโลก (Negawo *et al*., 2017; Ferraretto *et al*., 2018) อย่างไรก็ตามจากสภาพอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงส่งผลกระทบต่อภาคการเกษตรในวงกว้าง อาทิ ปัญหาน้ำท่วม น้ำแล้ง ล้วนส่งผลต่อการเก็บเกี่ยวพืชอาหารสัตว์ การจัดการฟาร์มรวมถึงผลผลิตภายในฟาร์ม ทำให้บางช่วงเวลาในหนึ่งปี อาจประสบปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาการนำพืชอาหารสัตว์จากหลากหลายชนิดหรือสายพันธุ์เพื่อทดแทนหรือเป็นอีกทางเลือกให้กับเกษตรกร ในขณะที่ข้าวเป็นอาหารหลักสำหรับประชากรในแถบเอเชียรวมถึงประเทศไทย เกษตรกรที่ปลูกข้าวบางฤดูกาลพบว่าราคาขายตกต่ำหรือประสบปัญหาน้ำท่วมทำให้ต้องมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตก่อนระยะเวลาที่เหมาะสมทำให้ขาดทุน ดังนั้นหากนำข้าวพร้อมเมล็ดมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้องจะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกให้กับเกษตรกรที่ทำการปลูกข้าวและเกษตรกรที่ทำการเลี้ยงสัตว์ ซึ่งต้นข้าวพร้อมเมล็ดสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งของอาหารหยาบให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ Wanapat *et al*. (2013) รายงานว่าต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมักด้วยยูเรีย 1.5เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 3 เปอร์เซ็นต์ มีคุณค่าทางโภชนะประกอบด้วยโปรตีน เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ (neutral detergent fiber: NDF) และลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber: ADF) เท่ากับ 13.8, 64.1 และ 47.9 เปอร์เซ็นต์ในรูปวัตถุแห้ง ตามลำดับ นำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบให้กับแม่โครีดนมโดยมีระดับของอาหารข้นที่แตกต่างกันพบว่าการกินได้และการให้ผลผลิตน้ำนมของแม่โคแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จากการศึกษาของ Ki *et al*. (2009) ที่รายงานว่าต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมักที่เก็บเกี่ยวในระยะเก็บเกี่ยว (yellow ripe stage) ประกอบด้วยโปรตีน NDF และ ADF เท่ากับ 8.0, 67.6 และ

39.27 เปอร์เซ็นต์ ในรูปวัตถุแห้ง ตามลำดับ คุณค่าทางโภชนะของต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมักขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น พื้นที่เพาะปลูก สายพันธุ์ของข้าว การใส่ปุ๋ย ระยะของต้นข้าวที่เก็บเกี่ยว รวมถึงสัดส่วนระหว่างใบและลำต้นจะส่งผลต่อปริมาณของโปรตีนและเยื่อใยรวม (Lslam *et al*., 2004) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อทดสอบผลของการใช้ต้นข้าวหมักพร้อมเมล็ดโดยมีสายพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันภายใต้การปลูกและการจัดการที่เหมือนกัน และหญ้าเนเปียร์หมักต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแกะเนื้อ กระบวนการหมักย่อยในกระเพาะรูเมน และเมแทบอไลต์ในเลือด รวมทั้งต้นทุนการผลิตเมื่อแกะได้รับอาหารผสมที่มีแหล่งของอาหารหยาบแตกต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลองและการจัดการ

แกะเนื้อสายพันธุ์ลูกผสมซานต้าอินเนส เพศเมีย จำนวน 20 ตัว อายุเฉลี่ย 7 เดือน และมีน้ำหนักเริ่มต้นการทดลองเฉลี่ย 18.33±2.16 กิโลกรัม โดยแบ่งแกะออกเป็นกลุ่ม 4 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ตัว โดยให้แกะได้รับอาหารข้นสูตรเดียวกันแต่แหล่งของอาหารหยาบแตกต่างกัน ทำการเลี้ยงแกะในคอกขังเดียว ขนาดของคอกกว้าง 1 เมตร ยาว 1.5 เมตร มีถังน้ำและถังอาหารอยู่ด้านหน้าคอก โรงเรือนที่ใช้เลี้ยงแกะเป็นโรงเรือนแบบเปิด ก่อนเริ่มการทดลองสัตว์จะถูกทำการถ่ายพยาธิภายในระบบทางเดินอาหารของแกะด้วยอัลเบนดาโซล (Albendazole) และฉีดยาถ่ายพยาธิด้วยไอโวเม็ก-เอฟ (Ivomec-F) ทำวัคซีนปากและเท้าเปื่อยชนิด 3 ไทป์ (โอ เอ และเอเชียวัน) ของกรมปศุสัตว์ การทดลองในครั้งนี้อยู่ภายใต้มาตรฐานการเลี้ยงสัตว์ทดลองของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ACKU63-AGK-016)

อาหารและการให้อาหารทดลอง

พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ประกอบด้วย ข้าวสายพันธุ์ กข61 ปทุมธานี 1 และสุพรรณบุรี 1 ทำการปลูกข้าวทั้งสามสายพันธุ์ ในพื้นที่ของภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม โดยการปลูกข้าวสายพันธุ์ละ 1.5 ไร่ การจัดการและการดูแลแปลงข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ ปฏิบัติการทุกอย่างเหมือนกัน (การให้น้ำ ให้ปุ๋ย และการกำจัดวัชพืช) จนกระทั่งถึงการเก็บเกี่ยว (นพดล และคณะ, 2565) ทำการเก็บเกี่ยวข้าวพร้อมเมล็ดในระยะเมล็ดน้ำนม (milk grain stage) ซึ่งมีอายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันดังนี้ กข 61 เก็บเกี่ยวเมื่อต้นข้าวที่อายุ 78 วัน ปทุมธานี 1 เก็บเกี่ยวเมื่อต้นข้าวมีอายุ 100 วัน และสุพรรณบุรี 1 เก็บเกี่ยวเมื่อต้นข้าวมีอายุ 96 วัน หลังจากเก็บเกี่ยวนำต้นข้าวพร้อมเมล็ด มาสับให้มีขนาด 2-3 เซนติเมตร จากนั้นบรรจุใส่ถุงพลาสติกใสแบบหนา ทำการไล่อากาศภายในถุงให้เหลือน้อยที่สุด เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทำการหมักเป็นเวลาอย่างน้อย 1 เดือน จึงนำไปใช้เลี้ยงแกะ เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เป็นการปลูกข้าวเพียงครั้งเดียวแล้วนำมาเลี้ยงแกะตลอดการทดลอง ซึ่งข้าวทั้งสามสายพันธุ์มีอายุการเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวเข้าสู่ระยะน้ำนมที่แตกต่างกัน การหมักไม่มีการใส่สารเสริมใดๆ

หญ้าเนเปียร์ทำการปลูกในพื้นที่ของภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม โดยตัดหญ้าที่อายุประมาณ 70 วัน นำมาสับให้มีขนาด 2-3 เซนติเมตร จากนั้นบรรจุใส่ถุงพลาสติกใสแบบหนา ทำการไล่อากาศภายในถุงให้เหลือน้อยที่สุด เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทำการหมักเป็นเวลาอย่างน้อย 14 วันจึงนำไปใช้ในการเลี้ยงแกะ

แกะทุกกลุ่มได้รับอาหารข้นสำหรับแกะสูตรทางการค้า โดยมีองค์ประกอบทางเคมีดังแสดงใน (Table 1) แกะได้รับอาหารทดลอง (อาหารผสมครบส่วน) คิดเป็น 3.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว โดยมีสัดส่วนของอาหารข้นและอาหารหยาบเท่ากับ 50 ต่อ 50 เปอร์เซ็นต์ ในรูปของน้ำหนักแห้ง (Table 1) แกะจะได้รับอาหารหยาบแตกต่างกันตามกลุ่มทดลองดังนี้ กลุ่มที่ 1 แกะได้รับต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมักสายพันธุ์ กข61 (RD61) กลุ่มที่ 2 แกะได้รับต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมักสายพันธุ์ปทุมธานี 1 (PT1) กลุ่มที่ 3 แกะได้รับต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมักสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (SB1) กลุ่มที่ 4 แกะได้รับหญ้าเนเปียร์หมัก (NS) สัตว์ทุกตัวจะได้รับอาหารแบ่งออกเป็น 2 มื้อ คือ มื้อเช้าเวลา 8.00 น. และมื้อเย็นเวลา 16.00 น. มีน้ำสะอาดให้แกะกินตลอดเวลา

การเก็บข้อมูลและการเก็บตัวอย่าง

สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารข้นและอาหารหยาบในช่วงเช้าก่อนการให้อาหารทุกๆ เดือน จำนวน 500 กรัม เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณวัตถุแห้ง (dry matter; DM), โปรตีน (crude protein; CP), ไขมัน (ether extract; EE) และเถ้า (ash) ตามวิธีของ AOAC (2019) แคลเซียม (calcium; Ca) ฟอสฟอรัส (phosphorus; P) และเยื่อใยในรูปของ neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) และ acid detergent lignin (ADL) ตามวิธีของ AOAC (2016) คำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (total carbohydrate; TC) ตามสมการของ Sniffen *et al.* (1992) ดังนี้ TC = 100 – (%CP + %EE + %ash)

เก็บข้อมูลปริมาณการกินได้ทุกวัน ด้วยการชั่งน้ำหนักอาหารข้นและอาหารหยาบที่ผสมรวมกันแล้วก่อนให้แกะกินในแต่ละวัน และทำการชั่งน้ำหนักอาหารที่เหลือก่อนให้อาหารมื้อเช้าของทุกวัน เพื่อนำไปหาค่าปริมาณการกินได้ของอาหารในแต่ละวัน

ทำการทดลองเลี้ยงแกะเป็นเวลา 122 วัน โดยทำการชั่งน้ำหนักแกะก่อนเริ่มการทดลองและทุก 1 เดือน เพื่อนำไปคำนวณหาน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain; ADG) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (feed conversion ratio; FCR)

แกะทุกตัวถูกเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนในวันสุดท้ายของการทดลอง ด้วยวิธี stomach tube ร่วมกับ vacuum pump ปริมาตร 50 มิลลิลิตร หลังจากแกะได้รับอาหารมื้อเช้า 4 ชั่วโมง เพื่อวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (ruminal pH) และนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยง่ายสายสั้น (short chain fatty acid; SCFA) ด้วยวิธี gas chromatography และความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนด้วยวิธี phenol-hypochlorite (Khongpradit *et al*., 2022)

ทำการเก็บตัวอย่างเลือดของแกะหลังได้รับอาหารมื้อเช้า 4 ชั่วโมง ในวันสุดท้ายของการทดลอง โดยทำการเก็บบริเวณเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vein) เพื่อไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของกลูโคส (blood glucose) และยูเรีย (blood urea) ในกระแสเลือด ตามวิธีการของ Matsuba *et al*. (2019)

ต้นทุนการเลี้ยงแกะ

ต้นทุนทั้งหมดคิดตามราคาท้องตลาดเมื่อปี พ.ศ. 2564 ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด (total feed cost) ประกอบด้วย ค่าอาหารข้นราคากิโลกรัมละ 10 บาทในรูปน้ำหนักสด ต้นทุนของต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมักโดยคิดจากต้นทุนที่แท้จริงจากการเพาะปลูกข้าวจนกระทั่งได้เป็นอาหารหมัก เช่น ค่าจ้างเตรียมแปลง ค่าเมล็ดพันธุ์ข้าว ค่าปุ๋ย ค่าจ้างปลูกข้าว และค่าจ้างกำจัดวัชพืช ดังนั้นต้นทุนการผลิตข้าวสายพันธุ์ กข 61 สุพรรณบุรี 1 และปทุมธานี 1 เท่ากับ 2.48, 1.69 และ 1.39 บาทต่อกิโลกรัมในรูปน้ำหนักสด ตามลำดับ (นพดล และคณะ, 2565) ต้นทุนการผลิตหญ้าเนเปียร์หมักกิโลกรัมละ 1.5 บาท ในรูปน้ำหนักสด ต้นทุนคงที่ (fixed cost) เช่น ค่าเสื่อมโรงเรือน ค่าเสียโอกาสในการลงทุนคิดที่ 6 เปอร์เซ็นต์ ต้นทุนผันแปรอื่นประกอบด้วย (other variable cost) เช่น ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่ายาและวัคซีน ค่าแรง ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวต่อกิโลกรัม (feed cost per gain) คำนวณจากราคาอาหารผสมคูณด้วยปริมาณอาหารที่กินต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของแกะหนึ่งกิโลกรัม

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Multiple Comparison test โดยใช้โปรแกรม R (R Core Team, 2022) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ $P < 0.05$ และระดับแนวโน้มที่ $0.05 > P < 0.10$

ผลการทดลองและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้น ต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมัก และหญ้าเนเปียร์หมักดังแสดงใน (Table 1) โดยพบว่าต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมัก PT1

มีโปรตีนหยาบสูงกว่า RD61, SB1 และ NS คือ 7.74, 7.59, 6.92 และ 6.32 เปอร์เซ็นต์ วัตถุแห้ง ตามลำดับ และพบว่า SB1 มีปริมาณของ NDF, ADF และ ADL สูงกว่า PT1, RD61 และ NS เนื่องจากปริมาณของ ADFเพิ่มขึ้นในใบและลำต้นเมื่อต้นข้าวมีอายุมากขึ้นหรือเริ่มออกเมล็ด แต่ในทางตรงกันข้ามเมล็ดข้าวจะมีปริมาณของเยื่อใยลดลงและมีปริมาณของแป้งที่สะสมในเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการปลูกเพิ่มขึ้น (Kim *et al*., 2019) นอกจากนี้ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของข้าว โดย SB1 มีลักษณะลำต้นสูงและให้ผลผลิตมากกว่า PT1 และ RD61 (กรมการข้าว, 2552)

Table 1 Chemical composition of concentrate diet, whole crop rice 3 varieties, and Napier grass silage

Item	Concentrate	RD61	SB1	PT1	Napier grass silage
DM (%)	90.00	39.95	41.47	35.65	20.42
CP (%DM)	16.02	7.59	6.92	7.74	6.32
EE (%DM)	4.13	2.63	1.95	2.21	1.71
Ash (%DM)	11.37	14.73	14.59	13.02	11.37
Ca (%DM)	1.03	0.36	0.36	0.36	0.27
P (%DM)	0.86	0.26	0.26	0.27	0.24
NDF (%DM)	23.11	53.62	74.06	56.61	73.20
ADF (%DM)	16.92	39.22	58.18	44.50	55.03
ADL (%DM)	4.88	6.04	8.69	8.17	2.17
[1]TC (%DM)	68.3	75.06	76.54	77.03	80.60

RD61 = RD61; PT1 = Pathum Thani 1; SB1 = Suphanburi 1; NS = Napier grass silage
Total carbohydrates ([1] TC) were estimated according to Sniffen *et al*. (1992), as follows: TC = 100 – (%CP + %EE + %ash)

สมรรถภาพการเจริญเติบโต

จากการทดลองพบว่าแกะที่ได้รับ SB1 เป็นแหล่งของอาหารหยาบมีแนวโน้มปริมาณการกินได้ของอาหารผสมครบส่วนในรูปวัตถุแห้งสูงกว่าแหล่งอาหารหยาบอื่นๆ (P=0.10) ดังแสดงใน (Table 2) สอดคล้องกับรายงานของ Liu *et al*. (1986) พบว่าแกะที่ได้รับหญ้าหมัก ข้าวโพดหมัก และต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมัก มีปริมาณการกินได้แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05) ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้องมาจากหลายปัจจัย (NRC, 2000; NRC, 2001; วิโรจน์, 2546; พันทิพา, 2547) เช่น ปริมาณของเยื่อใย NDF และ ADF ในอาหาร เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการย่อยได้ของอาหารที่สัตว์กินเข้าไป กล่าวคือถ้าในอาหารมีปริมาณ ADF สูงแสดงว่ามีสัดส่วนของลิกนิน (ADL) สูงตามไปด้วย สัตว์จะมีการย่อยได้ของเยื่อใยต่ำ (NRC, 2001) ดังนั้นสัตว์จึงกินอาหารในปริมาณมากขึ้นเพื่อให้ได้รับพลังงานที่เพียงพอ สอดคล้องกับการทดลองนี้แหล่งของอาหารหยาบจาก SB1 มีปริมาณการกินได้ของอาหารผสมครบส่วนสูงกว่าแหล่งอาหารหยาบอื่นๆ

แกะที่ได้รับแหล่งของอาหารหยาบที่แตกต่างกันพบว่าน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05) ดังแสดงใน (Table 2) ดังนั้นสามารถใช้ RD61, SB1, PT1 และ NS เป็นแหล่งของอาหารหยาบในอาหารผสมสำหรับเลี้ยงแกะได้ สอดคล้องกับการทดลองของ Liu *et al*. (1986) แกะที่ได้รับข้าวโพดหมักหรือต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมักมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น

ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P > 0.05) เนื่องจากปริมาณการย่อยได้ในรูปวัตถุแห้ง ปริมาณโปรตีน และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ Church (1969) รายงานว่ากระบวนการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนของแกะจะสมบูรณ์เมื่อแกะอายุ 8 สัปดาห์ขึ้นไป ซึ่งการทดลองนี้แกะมีอายุเฉลี่ยประมาณ 7 เดือนขึ้นไป ดังนั้นประสิทธิภาพการย่อยได้ของอาหารหยาบในกระเพาะรูเมนจึงไม่แตกต่างกันเมื่อแกะได้รับต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมักหรือหญ้าเนเปียร์หมัก

Table 2 Growth performance of sheep fed different roughage sources (122 days).

Item	RD61	SB1	PT1	NS	SEM	P-value
Initial weight (kg)	18.20±3.13	18.38±3.33	18.60±1.14	18.60±1.08	2.34	0.99
Final weight (kg)	27.80±3.95	31.17±2.67	26.60±2.61	27.70±1.48	2.81	0.21
Weight gain (kg)	9.60±1.39	12.79±3.06	8.00±1.66	9.10±0.96	1.71	0.57
ADG (g/day)	78.69±11.37	91.53±25.04	65.58±13.59	74.59±7.89	14.04	0.13
TMR intake (g DM/day)	737.80±141.20	905.5±92.30	771.00±41.20	751.80±43.30	89.06	0.10
FCR	9.40±1.61	10.27±2.32	12.10±2.18	10.15±0.98	1.75	0.14

RD61 = RD61; PT1 = Pathum Thani 1; SB1 = Suphanburi 1; NS = Napier grass silage
SEM, Standard error of the mean.

ค่าชีวเคมีในเลือดและผลผลิตจากการหมักย่อยในกระเพาะรูเมน

จากการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดของแกะในแต่ละกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P > 0.05) (Table 3) การใช้แหล่งของอาหารหยาบจากต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมักทั้งสามสายพันธุ์ไม่ทำให้ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดหรือเมแทบอลิซึมในร่างกายเปลี่ยนแปลง Herbein *et al*. (1978) รายงานว่าปริมาณการกินได้ในแต่ละวันส่งผลต่อพลังงานที่สัตว์ได้รับ และไปมีผลโดยตรงต่อความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือด โดยความเข้มข้นของกลูโคสในการทดลองนี้อยู่ในระดับสูงกว่าปกติเล็กน้อย คืออยู่ในช่วง 70 ถึง 80 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร โดยปกติกลูโคสในกระแสเลือดของแกะควรอยู่ในช่วง 39 ถึง71 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (McNiven, 1984) และมีความต้องการเพื่อการดำรงชีพประมาณ 40 ถึง 60 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (เมธา, 2533)

ความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด (blood urea) ของแกะที่ได้รับอาหารหยาบจาก SB1 มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มอื่น (P = 0.10) หลังจากแกะได้รับอาหาร 4 ชั่วโมง สอดคล้องกับความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน (NH_3-N) ของโคที่ได้รับ SB1 มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มอื่น (P = 0.08) ดังแสดงใน Table 3 การเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดเป็นผลมาจากความเข้มข้นของแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน (Chumpawadee *et al*., 2006; Javaid *et al*., 2008) จากการทดลองนี้ความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดสูงกว่ารายงานของ Borjesson *et al*. (2000) ที่ได้รายงานไว้ว่าระดับปกติของความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดแกะ 2.5 ถึง 14.8 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งระดับของยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดขึ้นกับปริมาณการกินได้ของอาหารและการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารที่สัตว์ได้รับ (Higginbothum *et al*., 1989)

ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยง่ายสายสั้นทั้งหมด (total SCFA) ของแกะที่ได้รับอาหารหยาบ RD61 สูงกว่าในกลุ่ม PT1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) ส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะรูเมน (ruminal pH) ของแกะที่ได้รับอาหารหยาบ PT1 มีค่าสูงกว่าแกะที่ได้รับ RD61, SB1

และ NS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) เนื่องจากโคที่ได้รับอาหาร PT1 มีปริมาณการกินได้ของอาหารผสมครบส่วนสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ จึงส่งผลให้โคได้รับอาหารหยาบเพิ่มขึ้นไปด้วย อาหารหยาบจะมีส่วนช่วยปรับสมดุลความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมน ดังแสดงใน (Table 3) ในขณะที่สัดส่วนของกรดอะซิติก โปรพิโอนิก และบิวทิริกแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05) ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยง่ายสายสั้นในกระเพาะรูเมนจะมีความผันแปรขึ้นกับปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้และการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุรวมถึงเยื่อใยในอาหาร (Ørskov *et al*., 1988) หากความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มของแป้งหรือน้ำตาลจะมีผลทำให้การผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่ายสายสั้นและกรดแลคติกเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Sutton, 1985) ในทางตรงกันข้ามจะทำให้ความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนลดลง (Chaucheyras-Durand *et al*., 2008) จากการทดลองนี้ค่าความกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 6.49 ถึง 6.97 ซึ่งเป็นระดับที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรียในกระเพาะรูเมนที่อยู่ในช่วง 6.0 ถึง 7.0 (Van Soest, 1994)

Table 3 Blood urea, blood glucose, ruminal pH, and volatile fatty acid in rumen fluid of sheep fed different roughage sources

Item	RD61	SB1	PT1	NS	SEM	P-value
Blood						
Blood urea (mg/dl)	23.70±2.19	26.44±1.68	21.62±4.28	25.48±3.24	3.06	0.10
Blood glucose (mg/dl)	71.50±5.74	79.60±14.1	80.60±3.78	87.00±4.97	8.56	0.13
Rumen fluid						
pH	6.49±2.19^{b}	6.44±1.67^{b}	6.97±4.28a	6.57±3.25^{b}	0.16	<0.01
NH_3-N (mg/dl)	9.81±1.90	10.90±3.06	7.45±1.56	7.34±2.35	2.36	0.08
Total SCFA (mmol/L)	186.78±18.54^{a}	164.71±6.49^{ab}	137.26±21.47^{b}	177.54±29.63^{ab}	30.26	0.03
Acetate (mol/100mol)	78.65±3.81	78.08±1.91	78.19±2.18	78.65±2.12	2.70	0.98
Propionate (mol/100mol)	11.82±2.96	12.28±1.57	11.73±1.61	13.33±1.08	1.98	0.57
Butyrate (mol/100mol)	9.53±1.48	9.68±1.52	10.08±1.6	8.02±1.11	1.43	0.16

RD61 = RD61; PT1 = Pathum Thani 1; SB1 = Suphanburi 1; NS = Napier grass silage
SEM, Standard error of the mean.
^{a,b} Means in the same row with different superscript in the same factor differ significantly (P < 0.05)

ต้นทุนการผลิต

จากการทดลองนี้พบว่าต้นทุนการค่าอาหารทั้งหมดของอาหารผสมที่มีแหล่งของอาหารหยาบ RD61, SB1, PT1 และ NS เท่ากับ 779.58, 835.70, 705.16 และ 845.46 บาทต่อตัว ตามลำดับ ในขณะที่ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมเท่ากับ 81.21, 65.34, 88.15 และ 92.91 บาทต่อตัว ตามลำดับ โดยพบว่าแกะที่ได้รับข้าวสุพรรณบุรี 1 เป็นแหล่งอาหารหยาบมีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมต่ำที่สุด และในทางตรงกันข้ามแกะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์หมักเป็นแหล่งอาหารหยาบมีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมสูงที่สุด เนื่องจากข้าวสุพรรณบุรี 1 ให้ผลผลิตทั้งต้นและเมล็ดสูงใกล้เคียงกับข้าวปทุมธานี 1 และสูงกว่าข้าว กข61 ในขณะที่ใช้ต้นทุนในการผลิตข้าวต่อไร่เท่ากัน (นพดล และคณะ, 2565) จึงทำให้ต้นทุนการผลิตข้าวพร้อมเมล็ดหมักจากข้าวสุพรรณบุรี 1 (1.69 บาท/กิโลกรัม) และข้าวปทุมธานี 1 (1.39 บาท/กิโลกรัม)

กว่าข้าว กข61 (2.48 บาท/กิโลกรัม) และเมื่อนำต้นข้าวพร้อมเมล็ดของสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มาเป็นแหล่งอาหารหยาบในการเลี้ยงแกะจะทำให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (12.79 กิโลกรัม) มากกว่าข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 (8.00 กิโลกรัม) จึงส่งผลให้แกะที่ได้รับต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมักจากข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 เป็นแหล่งอาหารหยาบมีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมต่ำที่สุด และต่ำกว่าการใช้หญ้าเนเปียร์หมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบในการเลี้ยงแกะขุน

ดังนั้นการนำต้นข้าวพร้อมเมล็ดมาใช้เป็นแหล่งของอาหารหยาบในการเลี้ยงแกะจึงมีความเป็นไปได้สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวสุพรรณบุรี 1 และข้าวปทุมธานี 1 ซึ่งเป็นข้าวที่มีลำต้นสูง มีอายุในการเก็บเกี่ยวค่อนข้างนาน จะทำให้ได้ผลผลิตต่อไร่สูง และที่สำคัญข้าวทั้งสองสายพันธุ์เป็นข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี

Table 4 Production cost of sheep fed different roughage sources (122 days)

Item (Baht)	RD61	SB1	PT1	NS
Sheep price (110 Baht/kg)	2,000.00	2,021.25	2,046.00	2,046.00
Feed cost	779.58	835.70	705.16	845.46
Fixed costs	180.00	180.00	180.00	180.00
Other variable costs	300.00	300.00	300.00	300.00
Total cost	3,259.58	3,336.95	3,231.16	3,371.46
Feed cost per gain (Baht/kg)	81.21	65.34	88.15	92.91

RD61 = RD61; PT1 = Pathum Thani 1; SB1 = Suphan Buri 1; NS = Napier grass silage

สรุป

ต้นข้าวพร้อมเมล็ดที่เก็บเกี่ยวในระยะที่เมล็ดข้าวเป็นน้ำนมจากสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ปทุมธานี 1 หรือ กข61 ทำการหมักเป็นเวลาอย่างน้อย 1 เดือน สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งของอาหารหยาบในอาหารผสมเลี้ยงแกะขุนได้ โดยเฉพาะอย่างข้าวสุพรรณบุรี 1 และข้าวปทุมธานี 1 โดยทำให้สัตว์มีปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายและแอมโมเนียไนโตรเจนสูงกว่าแกะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์หมัก และทำให้ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมต่ำกว่าการใช้หญ้าเนเปียร์หมัก แม้ว่าชนิดของอาหารหยาบที่แตกต่างกันจะไม่ส่งต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวอย่างชัดเจน ($P > 0.05$) ดังนั้นต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมักสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบทางเลือกให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. 2552. ข้าว: เทคโนโลยีการปลูกและการจัดการหลังเก็บเกี่ยว. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 179 หน้า.

นพดล ชัยวิสตูร อัญชลี คงประดิษฐ์ ภูมพงศ์ บุญแสน ภัสราพร ธีรสัพพัญญู และสุริยะ สะวานนท์. 2565. การศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและความสามารถในการย่อยได้ของต้นข้าวหมัก 3 สายพันธุ์ด้วยเทคนิคถุงไนล่อน. หน้า 284-293. *ใน*: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 60. (สาขาสัตว์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2547. หลักการอาหารสัตว์: หลักการโภชศาสตร์และการประยุกต์

เล่มที่ 2. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 611 หน้า.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 473 หน้า.

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2546. โคนม. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 450 หน้า.

AOAC International. 2016. Official Methods of Analysis, Association of Official Analysis Chemists. 20th ed. Asssociation of Official Analytical Chemists., Rockville, MD, USA.

AOAC International. 2019. Official Methods of Analysis, Association of Official Analysis Chemists. AOAC International Gaithersburg, MD, USA.

Borjesson, D.L., M.M., Christopher and W.M. Boyce. 2000. Biochemical and hematologic reference intervals for free-ranging desert bighorn sheep. Journal of Wildlife Diseases 36(2): 294–300.

Chaucheyras-Durand, F., N. Walker and A. Bach. 2008. Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: Past, present and future. Animal Feed Science and Technology 145(1): 5–26.

Chumpawadee, S. K., Sommart, T. Vongpralub, and V. Pattarajinda, V. 2006. Effects of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on ruminal fermentation, microbial protein synthesis, blood urea nitrogen and nutrient digestibility in beef cattle. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 19: 181–188.

Church, D.C. 1969. Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants. pp. 27-37. *In*: O.S.U. Books, Inc., Corvallis, Oregon. USA.

Ferraretto, L.F., R.D., Shaver and B.D. Luck. 2018. Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting. Journal of Dairy Science 101: 3937–3951.

Herbein, J.H., R.W. Van Maanen, A.D. McGilliard and J.W. Young. 1978. Rumen propionate and blood glucose kinetics in growing cattle fed isoenergetic diets. Journal of Nutrition 108: 994–1001.

Higginbothum, G.E., M. Torabi and J.T. Huber. 1989. Influence of dietary protein concentration and degradability on performance of lactating cows during hot environmental temperatures. Journal of Dairy Science . 72: 2554–2564.

Javaid, A., M.M. Sarwar and M.A. Shahzad. 2008. Ruminal characteristics, blood pH, blood urea nitrogen balance in Nili-ravi Buffalo (*Bubalus bualis*) bulls fed diets containing various levels of ruminally degradable protein. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 21: 51–58.

Khongpradit, A., P. Boonsaen, N. Homwong, S. Buaphan, W. Maitreejit, K. Karnjanasirm and S. Sawanon. 2022. Effect of pineapple stem starch in concentrate diet on rumen fermentation in beef cattle and *in situ* dry matter degradability. Agriculture and Natural Resources 56: 277–286.

Ki, K.S., M.A. Khan, W.S. Lee, H.J. Lee, S.B. Kim, S.H. Yang, K.S. Baek, J.G. Kim and H.S. Kim. 2009. Effect of replacing corn silage with whole crop rice silage in total mixed ration on intake, milk yield and its composition in Holsteins. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 22(4): 516-519.

Kim, J.G., B. Park, C. Liu, G.Q. Zhao, H.J. Kim and E.K. Ahn. 2019. Productivity and quality of whole crop rice varieties in relation to plant components. Grassland Science 66(1): 40–47.

Liu, J., S. Kodo, J. Sekine, M. Okubo and Y. Asahida. 1986. The nutritive values of grass, corn and rice silage fed to sheep at different levels. Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University 63(1): 125–135.

Lslam, M.R., M. Lshida, S. Ando, T. Nishida and N. Yoshida. 2004. Estimation of nutrient value of whole crop rice silage and its effect on milk production performance by dairy cattle. Asian Australasian Journal of Animal Sciences 17(10): 1383–1389.

Matsuba, K., A. Padlom, A. Khongpradit, P. Boonsaen, P. Thirawong, S. Sawanon, Y. Suzuki, S. Koike and Y. Kobayashi. 2019. Selection of plant oil as a supplemental energy source by monitoring rumen profiles and its dietary application in Thai crossbred beef cattle. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 32:1511–1520.

McNiven, M.A. 1984. Glucose metabolism in fat and thin adult sheep. Canadian Journal of Animal Science 64: 825–832.

Negawo, A.T., A. Teshome, A. Kumar, J. Hanson and C.S. Jones. 2017. Opportunities for Napier grass (*Pennisetum purpureum*) improvement using molecular genetics. Agronomy 7(2): 28, doi: https://doi.org/10.3390/agronomy7020028

NRC. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th Rev. Ed. Natl. Acad. Sci, Washington, DC. 276 p.

NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Rev. Ed. Natl. Acad. Sci, Washington, DC. 6 p.

Ørskov, E.R., G.W. Reid and M. Kay. 1988. Prediction of intake by cattle from degradation characteristics of roughage. Animal Production 46: 29–34.

R Core Team. 2022. R: a Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (online): Available Source: http://www.R–project.org/ (January 20, 2022).

Sniffen, C.J., J.D. O'Connor, P.J. Van Soest, D.G. Fox and J.B. Russell. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. Journal of Animal Science 70: 3562–3577.

Sutton, J.D. 1985. Digestion and absorption of energy substrates in the lactating cow. Journal of Dairy Science 68: 3376–3393.

Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press, Ithaca. 476 p.

Wanapat, M., S. Kang, P. Khejornsart, R. Pilajun and S. Wanapat. 2013. Performance of tropical dairy cows fed whole crop rice silage with varying levels of concentrate. Tropical Animal Health and Production 46(1): 185–189.