องค์ประกอบทางเคมี จลศาสตร์การผลิตแก๊สโดยวิธี *In vitro* และการสลายโดยกระเพาะรูเมน โดยวิธี *In Sacco* ของเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมัก

Chemical Composition, *In vitro* Gas Production and *In Sacco* Degradation of Oil Palm Tree Pith Silages

สุภิญญา ชูใจ[1,2] ภูมิพงศ์ บุญแสน[1] อัญชลี คงประดิษฐ์[1] และสุริยะ สะวานนท์[1*]

Supinya Chuchai[1,2], Phompong Bunsan[1], Anchalee Khongpradit[1], and Suriya Sawanon[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี จลศาสตร์การผลิตแก๊ส และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนด้วยวิธี *In sacco* ของเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมักและกากต้นสับปะรดหมัก โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มี 6 ทรีตเมนต์ประกอบด้วย T1 = เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมัน T2 = เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมัก T3 = เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรีย 5% T4 = เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมักด้วยกากน้ำตาล 3% T5 = เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรีย 5% ร่วมกับกากน้ำตาล 3% และ T6 = กากต้นสับปะรดหมัก เก็บตัวอย่างอาหารหมักที่ระยะหมัก 21 วัน โดยศึกษาในกระเพาะรูเมนของโคเนื้อเจาะกระเพาะ พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของ (T1) มีวัตถุแห้ง 42.40%DM ปริมาณโปรตีนรวม 1.48% ปริมาณผนังเซลล์ 50.71% และปริมาณลิกโนเซลลูโลส 30.35% T2-T5 มีปริมาณโปรตีนรวม 2.09, 12.78, 3.74 และ 14.53% ตามลำดับ ผนังเซลล์อยู่ในช่วง 48.15-52.07% และลิกโนเซลลูโลส อยู่ในช่วง 29.05-31.25%DM ขณะที่กากต้นสับปะรดหมักมีปริมาณโปรตีน 4.60%DM ผนังเซลล์ 52.60%DM และลิกโนเซลลูโลส 18.4%DM จลศาสตร์การผลิตแก๊ส พบว่า (T6) มีปริมาณการผลิตแก๊สสูงสุด ในขณะที่สูตรทดลอง T5 มีค่าการผลิตแก๊สสูงกว่าเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันสูตรทดลองอื่นๆ ค่าการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมัก พบว่า T5 มีอัตราการย่อยสลายสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมักสูตรทดลองอื่น โดยอัตราการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมักในกระเพาะรูเมนที่ยาวนานมากขึ้น ดังนั้นสามารถสรุปในเบื้องต้นได้ว่าเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันเมื่อหมักด้วยยูเรียและกากน้ำตาลจะช่วยทำให้การหมักย่อยในกระเพาะรูเมนได้ดีขึ้นและน่าจะนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้

คำสำคัญ : จลศาสตร์การผลิตแก๊ส การสลายในกระเพาะรูเมน เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมัน กากสับปะรดหมัก

Abstract

The objective of this research was to study the chemical composition, gas production kinetics and *in sacco* ruminal degradation of oil palm tree pith. The experiment design was conducted by complete randomized design (CRD). The treatments consisted of T1 = oil palm tree pith, T2 = oil palm tree pith silage, T3 = 5% urea + oil palm tree pith silage, T4 = 3% molasses + oil palm tree pith silage, T5 = 5% urea with 3% molasses + oil palm tree pith silage, and T6 = by-product of pineapple stem silage. Silage samples were collected at 21 days and their chemical composition, gas production techniques and the rate of degradation of dry matter were examined. The chemical compositions of oil palm tree pith (T1) comprise dry matter 42.4%, crude protein 1.48 %DM, neutral detergent fiber 50.71 %DM and acid detergent fiber 30.35 %DM. Oil palm tree pith silages, T2- T5, consisted of crude protein 2.09, 12.78, 3.74 and 14.53 %%DM, respectively, NDF between

[1] ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

[2] คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช 80240

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

[2] Faculty of Veterinary Science Rajamangala University of Technology Srivijaya Thungyai sub-district Thungyai district, Nakhon Si Thammarat province 80240

* corresponding author, E-mail: agrsusa@ku.ac.th

48.15-52.07 %DM and ADF between 29.05-31.25 %DM. By-product of pineapple stem silage (T6) produced the highest gas production. T5 had the highest gas production value compared to other oil palm tree pith. Rumen degradation values of T5 had the highest degradation rate when compared to other oil palm tree pith silages. The rate of rumen degradation increased with higher rumen fermentation time. Therefore, it can be concluded that the oil palm tree pith fermented with urea and molasses improves rumen fermentation and can be used as a roughage source for ruminants.

Key world: gas production, Rumen digestion, oil palm tree pith,by product of pineapple stem

คำนำ

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineenis* Jacq.) จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 6,102,852 ไร่ (Office of Agricultural Economics, 2021) และมีแนวโน้มขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากความต้องการใช้น้ำมัน และพลังงานในประเทศที่สูงขึ้น การปลูกปาล์มน้ำมัน 1 ไร่ จะใช้ต้นกล้าปาล์ม 22 ถึง 25 ต้น อายุการเก็บเกี่ยวผลผลิตปาล์มน้ำมันประมาณ 25 ปี หลังจากนั้นแล้ว ต้นปาล์มน้ำมันไม่ได้สร้างรายได้ให้กับเกษตรกร แต่กลับเป็นปัญหาในการเตรียมพื้นที่เพื่อปลูกปาล์มใหม่ทดแทน ซึ่งส่วนใหญ่เกษตรกรนิยมใช้สารเคมีใส่เข้าไปในลำต้น เพื่อให้ลำต้นปาล์มน้ำมันยืนต้นตายและเน่าเปื่อยอยู่ในสวน อย่างไรก็ตามเมื่อนำเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่ามีองค์ประกอบของเซลลูโลสร้อยละ 47.5 ลิกนินร้อยละ 18.4 คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ร้อยละ 55.5 และเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันมีน้ำตาลละลายในเอทานอลเพิ่มขึ้นตามความสูงของลำต้น มีปริมาณแป้งสูงถึง 77 กรัม/กิโลกรัม ที่ระดับความสูง 2.26 เมตร (Choowang, 2012) อย่างไรก็ตามการนำเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องยังไม่มีการศึกษาวิจัยมาก่อน ดังนั้นจึงนำมาสู่การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยได้ของโภชนะในเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันที่นำไปหมักร่วมกับกากน้ำตาลและ/หรือยูเรีย เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการนำเยื่อในลำต้นปาล์มไปเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องในอนาคต

วิธีการศึกษา

สัตว์ทดลองและการเลี้ยงการจัดการ

ใช้โคเนื้อลูกผสมบราห์มันเพศผู้ตอนที่ได้รับการเจาะกระเพาะรูเมน น้ำหนักเฉลี่ย 500 กิโลกรัม จำนวน 2 ตัว โคถูกเลี้ยงภายในคอกขังเดียวบนพื้นคอนกรีต (ขนาดคอก 2.5 x 5.0 ตารางเมตร) ที่มีระบบระบายอากาศตามธรรมชาติ ในโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ทดลอง หน่วยทดลองสัตว์เคี้ยวเอื้อง ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ในระยะการปรับตัวของสัตว์ทดลองใช้เวลา 7 วัน โดยให้โคได้รับหญ้าเนเปียร์หมักอย่างเต็มที่ และเสริมด้วยอาหารข้นในปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว โดยให้อาหาร 2 ครั้ง/วัน เวลา 07.30 น. และ 16.00 น. และมีน้ำสะอาดให้โคกินตลอดเวลาการเลี้ยงและการจัดการสัตว์ทดลองได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการกำกับดูแลการดำเนินการต่อสัตว์ทดลองเพื่องานทางวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ACKU65-AGK-017)

อาหารทดลองและการเตรียมตัวอย่าง

ใช้ต้นปาล์มน้ำมันที่มีอายุ 25 ปี โดยทำการตัดโคนนำเอาส่วนบนของลำต้นที่สูงจากพื้นดินประมาณ 3 เมตร เอาเปลือกหุ้มด้านนอกออกประมาณ 2 เซนติเมตร นำเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันบดให้มีขนาด 1-2 เซนติเมตรไปตากให้แห้งแล้วนำมาหมัก 21 วัน แบ่งออกเป็น 6 สูตรทดลองที่แตกต่างกัน คือ สูตรทดลองที่ 1(T1) : เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันไม่หมัก สูตรทดลองที่ 2 (T2) : เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมัก (เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันแห้ง 1,000 กรัม/น้ำเปล่า 2,300 ml.) สูตรทดลองที่ 3 (T3) : เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียที่ระดับ 5% (อัตราส่วน เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันแห้ง 1,000 กรัม : ยูเรีย 50 กรัม: น้ำเปล่า 2,300 ml.) สูตรทดลองที่ 4 (T4) : เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมักด้วยกากน้ำตาลที่ระดับ 3% (อัตราส่วน เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันแห้ง 1,000 กรัม :

กากน้ำตาล 30 ml. : น้ำเปล่า 2,300 ml.) สูตรทดลองที่ 5 (T5) : เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียที่ระดับ 5% ร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 3% (อัตราส่วน เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันแห้ง 1,000 กรัม : ยูเรีย 50 กรัม :กากน้ำตาล 30 ml. : น้ำเปล่า 2,300 ml.) และสูตรทดลองที่ 6 (T6) : ใช้กากลำต้นสำปะรดที่ได้จากโรงงานสกัดโบบิเลน ทำการหมักนาน 21 วัน หลังจากนั้นตัวอย่างทั้งหมดนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง บดผ่านตะแกรงขนาด 0.2 มิลลิเมตรเก็บไว้ที่ตู้เย็น -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอทำการศึกษาต่อไป

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter, DM) โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) ตามวิธีการของ (AOAC, 1995) วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของเยื่อใย ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) เยื่อใยที่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid detergent fiber, ADF) ตามวิธีของ Van Soest et. al. (1991)

การศึกษาจลศาสตร์การผลิตแก๊สโดยวิธี *In vitro*

ทำการศึกษาในหลอดทดลองตามวิธีการของ (Menke et al., 1979) โดยการชั่งตัวอย่าง 0.4 กรัม บรรจุลงในขวดวัคซีนขนาด 50 มิลลิลิตร ตัวอย่างละ 8 ขวด จากนั้นเตรียมของเหลวจากกระเพาะหมัก (rumen fluid) โคพันธุ์บราห์มัน จำนวน 2 ตัว โดยกรองผ่านผ้าลิกนิน และผสมกับสารละลายผสมของน้ำลายเทียม ในอัตราส่วน 1:1 ใส่ในขวดวัคซีนที่บรรจุตัวอย่างเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมัน ปริมาตร 30 มิลลิลิตร และนำเข้าบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เพื่อทำการวัดปริมาณการผลิตแก๊ส โดยใน 12 ชั่วโมงแรกของการบ่ม บันทึกผลผลิตแก๊สทุกๆ 1 ชั่วโมง จากนั้นบันทึกผลทุกๆ 3 ชั่วโมง จนถึงชั่วโมงที่ 24 หลังจากนั้นทำการบันทึกผลทุกๆ 6 ชั่วโมง จนถึงชั่วโมงที่ 72 และทำการบันทึกผลครั้งสุดท้ายที่ชั่วโมงที่ 96 นำค่าผลผลิตแก๊สที่ได้มาหาค่าคงที่ a, b และ c โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป fit curve เพื่ออธิบายจลศาสตร์ของการผลิตแก๊ส ตามแบบจำลองสมการของ Ørskov and McDonald (1979) ดังนี้

$$y = a + b\,[(1 - \text{Exp}^{(-ct)}]$$

เมื่อ y = ผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้น ณ เวลา t

a = จุดตัดแกน y

b = ค่าปริมาตรแก๊ส ณ จุดที่เส้นกราฟราบเรียบ

c = อัตราการเกิดแก๊ส

Exp = exponential

หลังจากนั้นนำค่า a และ b ที่ได้จากสมการนี้ไปประเมินค่าศักยภาพในการผลิต แก๊ส (d) จากสมการ d = |a| + b ซึ่งค่าaเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการย่อยสลายองค์ประกอบที่สามารถละลายน้ำได้ ยังจำเป็นต้องใช้ค่า |a| เพื่อบ่งบอกว่าวัตถุดิบตัวใดมีส่วนที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร (Menke and Steingass, 1988) ค่า b เป็นค่าที่บ่งบอกถึงศักยภาพในการย่อยสลายของอาหารหากวัตถุดิบมีค่า b สูง แสดงว่ามีส่วนที่มีศักยภาพในการย่อยสลายได้สูง เนื่องจากปริมาณแก๊สที่ผลิตได้มีความสัมพันธ์กันโดยตรงกับการย่อยสลายได้ของวัตถุดิบ มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร Menke et al.(1979); Menke and Steingass (1988) ค่า c หมายถึงอัตราการผลิตแก๊สโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการหมักมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง

การศึกษาการสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *In sacco*

ทำการศึกษาการสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธี *In sacco* ตามวิธีการของ Cherney et al. (1990) ทำการชั่งเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านการหมัก 21 วัน และบดผ่านตะแกรงขนาด 0.2 มิลลิเมตร ปริมาณ 5 กรัม ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ (2 ถุง ต่อหนึ่งช่วงเวลา) ใส่ในถุงไนลอน (dagon polyester bag) ขนาดถุง 7x14 ซม. ขนาด 50 ไมครอน แช่ลงในกระเพาะรูเมนของโคทดลอง ทำการเก็บตัวอย่างที่เวลา 0, 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ครั้งละ 2 ซ้ำ นำถุงตัวอย่างที่ผ่านการแช่ในกระเพาะรูเมนในแต่ละช่วงเวลานำมาล้างที่กอกน้ำที่ไหลผ่าน นำถุงไนล่อนที่ล้างสะอาดแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ นำค่าที่ได้เข้าสมการ $P=a+ b(1-e^{-ct})$

โดยที่

P = ปริมาณที่ถูกย่อยสลาย เมื่อเวลา t, a = ส่วนที่สลายได้อย่างรวดเร็ว หรืออัตราค่าชะล้างโดยน้ำ,

b = ส่วนที่ไม่ละลาย แต่สามารถย่อยได้,

C = ค่าคงที่ของอัตราการย่อยสลาย t = ช่วงเวลาที่แช่ในกระเพาะรูเมน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลองค์ประกอบทางเคมี จลศาสตร์การผลิตแก๊ส และการสลายในกระเพาะรูเมน ที่ใช้เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมักแต่ละสูตรทดลอง มาวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบค่าแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Mutiple Rang test (Steel and Torrie, 1980) โดยใช้โปรแกรม R version 4.1

ผลการศึกษาและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีของเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมัน

ค่า pH ของเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมัก 21 วัน ดังแสดงใน Table 1 พบว่าสูตรทดลองที่ 3 และ 5 มีค่าเท่ากับ 5.10 และ 5.11 เพราะมียูเรียเป็นส่วนประกอบในการหมัก โดยยูเรียมีฤทธิ์เป็นด่างทำให้ค่า pH สูงขึ้นกว่าสูตรทดลองที่ 2 และ 4 สอดคล้องกับ Poungchompu et al. (2018) ที่การใช้ยูเรียเป็นส่วนผสมในการหมักเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันเมื่อเกิดการหมักโดยจุลินทรีย์ให้ผลผลิตเป็นแอมโมเนีย และแอมโมเนียไฮดรอกไซด์ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่างจึงทำให้ pH จึงสูงกว่ากลุ่มที่หมักด้วยน้ำเปล่าและกากน้ำตาล

องค์ประกอบทางเคมีของเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมัน สูตรทดลอง T1 และเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมักสูตรทดลอง T2-T5 และกากสับปะรดหมัก (T6) ดังแสดงใน Table 1 พบว่า ค่าวัตถุแห้งเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันมีค่าสูงกว่าเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมัก และกากสับปะรดหมัก เพราะเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันในขั้นตอนกระบวนการเตรียมการหมักมีการเติมน้ำเปล่าจึงทำให้มีค่าวัตถุแห้งต่ำ โปรตีนรวมของเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันที่ไม่ผ่านการหมักมีค่าโปรตีน 1.48 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาณโปรตีนมีค่าใกล้เคียงกับเยื่อในลำต้นสาคูและฟางข้าวแต่มีค่าน้อยกว่ากากสับปะรดหมัก จากการรายงานของ Bunseelarp (2012) พบว่าเยื่อในลำต้นสาคูมีโปรตีนรวม 1.36 เปอร์เซ็นต์ และ Bourapa & Kullama (2018) รายงานว่าฟางข้าวมีโปรตีนรวม 1.38 เปอร์เซ็นต์ เมื่อศึกษาผนังเซลล์ (%NDF) และ ลิกโนเซลลูโลส (%ADF) ของเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมัน (T1) มีค่าเท่ากับ 50.71 และ 30.35 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับมีค่าต่ำกว่ารายงานของ Bunseelarp (2012) รายงานเยื่อในลำต้นสาคูมีผนังเซลล์ 80 เปอร์เซ็นต์ และลิกโนเซลลูโลส 56.14 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดย Kraiprom et. al (2017) และ Laorodphan et al (2019) รายงานว่าฟางข้าวมีผนังเซลล์ 73.43, 67.59 และ 66.50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันที่ไม่ผ่านกระบวนการหมักมีโปรตีนต่ำ แต่เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านการหมักมีค่าโปรตีนสูงขึ้น ซึ่งเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยยูเรียและกากน้ำตาล (T5) มีค่าสูงสุดเนื่องจากมียูเรียเป็นส่วนผสม จึงทำให้มีปริมาณไนโตรเจนสูงขึ้น และไนโตรเจนส่วนหนึ่งถูกจุลินทรีย์นำไปใช้ในการสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบของเซลล์ส่งผลให้ค่าโปรตีนหยาบเพิ่มสูงขึ้น (Poungchompu et al., 2018) ในส่วนของค่าผนังเซลล์ (NDF) และค่าลิกโนเซลลูโลส (ADF) มีค่าลดลงเมื่อผ่านการหมัก ทั้งนี้เนื่องมาจากการแตกตัวของแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่มีฤทธิ์เป็นด่างมีผลทำให้เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันอ่อนนุ่มจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ง่ายรวมถึงผลที่ได้จากกรดเนื่องจากกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ที่ทำให้เยื่อใยสามารถย่อยสลายได้มากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Poungchompu et al. (2018) ได้ทำการศึกษาผลของการหมักฟางข้าวด้วยยูเรียร่วมกับฝักจามจุรีบดหมักต่อการเพิ่มคุณภาพของฟ้างข้าวและลดระดับอัลฟาท็อกซิน พบว่า ฟางหมักด้วยยูเรียและฝักจามจุรีบด มีปริมาณผนังเซลล์ (NDF) และค่าลิกโนเซลลูโลส (ADF) ลดลงตามวันหมักที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาในกลุ่มของฝักจามจุรีบดหมักพบว่ามีค่าต่ำกว่าฟางที่หมักด้วยยูเรียและฝักจามจุรีหมักที่ระยะเวลา 0, 3 และ 5 วัน ($P > 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับฟางที่หมักด้วยยูเรียและฝักจามจุรีหมักที่ระยะเวลา 7 วัน ($P>0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากผลของการแตกตัวของยูเรียได้เป็นแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่มีฤทธิ์เป็นด่างมีผลทำให้เยื่อใยของฝักจามจุรีมีความอ่อนนุ่มจุลินทรีย์สามารถเข้าย่อยสลายได้ง่ายรวมถึงผล เนื่องจากรดที่ได้จากการหมักของจุลินทรีย์ที่ทำให้เยื่อใยสามารถถูกย่อยสลายมากขึ้น

Table 1 pH and Chemical composition of oil palm tree pith fermentation 21 days and pineapple silage 21 days.

Item	Treatments					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
pH	-	4.61	5.10	4.00	5.11	3.40
Chemical composition						
Dry mater (%)	42.40	19.28	20.52	21.32	19.25	28.30
Crude protein (%DM)	1.48	2.09	12.78	3.74	14.53	4.60
Neutral detergent fiber (%DM)	50.71	49.17	49.07	49.15	48.12	52.60
Acid detergent fiber (%DM)	30.35	30.25	31.25	29.85	29.05	18.40

T1 = Oil palm tree pith, T2 = Oil palm tree pith silages, T3=Oil palm tree pith +urea 5% silages

T4 = oil palm tree pith+ Molasses 3% silage, T5=Oil palm tree pith + urea 5% +Molasses 3% silage and T6 = by product of pineapple stem.

Table 2 แสดงค่าจลศาสตร์การผลิตแก๊สของเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมัน (T1) เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมัก (T2-T5) และกากต้นสับปะรดหมัก (T6) พบว่ากากต้นสับปะรดหมักมีค่าการผลิตแก๊สที่ระยะเวลาการหมัก 12-96 ชั่วโมงสูงกว่าสูตรทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมัน (T1) และเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมัก (T2-T5) ที่ระยะการหมัก 48-96 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) โดยเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมัก (T5) ผลผลิตแก๊สเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้น เป็นเพราะเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมักยังมีสารอาหารที่จุลินทรีย์ยังสามารถใช้ประโยชน์ได้จึงทำให้ค่าแก๊สเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก ส่วนค่า a (ส่วนที่ละลายได้ทันที) พบว่ากากต้นสับปะรดหมักมีค่าสูงที่สุด (P<0.05) แต่เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมัก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.01) เมื่อเปรียบเทียบกับทรีทต์เมนต์อื่น ค่า b เป็นค่าที่บ่งบอกถึงศักยภาพในการย่อยสลายของอาหาร หากวัตถุดิบมีค่า b สูง แสดงว่ามีส่วนที่มีศักยภาพในการย่อยสลายได้สูง เนื่องจากปริมาณแก๊สที่ผลิตได้มีความสัมพันธ์กันโดยตรงกับการย่อยสลายได้ของวัตถุดิบ มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร (Menke et al., 1979; Menke and Steingass, 1988) กากต้นสับปะรดมีค่า b แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเปรียบเทียบกับทรีทเมนต์อื่น แต่มีค่า a+b (ขอบเขตที่มีศักยภาพของการผลิตแก๊ส) และค่า C (อัตราการเกิดแก๊ส) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Rattanagoson (2010) ที่ได้ทำการประเมินการย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลระดับต่าง ๆ โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส โดยใช้ระดับกากน้ำตาลที่แตกต่างกัน 0, 2,4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 6 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้สูงที่สุด จลศาสตร์การผลิตแก๊สของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลทั้ง 4 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) อาจเนื่องมาจากทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลทั้ง 4 ระดับ มีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 6 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มของศักยภาพในการย่อยสลายและศักยภาพในการผลิตแก๊สสูงที่สุด สอดคล้องกับ Sallam et al (2007) ผนังเซลล์มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้ตลอดระยะเวลาของการบ่มและผนังเซลล์อาจจะลบกิจกรรมของจุลินทรีย์ต่อการย่อยของอาหารand T6 = by product of pineapple stem

Table 2 Gas productions and kinetic gas productions of oil palm tree pith with various additives and pineapple stream starch.

Incubation	Treatments							
hour	T1	T2	T3	T4	T5	T6	SEM	P-value
12 hr.	18.38^{b}	24.34^{b}	22.90^{b}	18.79^{b}	24.63^{b}	143.63^{a}	9.51	**
24 hr.	53.70^{c}	61.34^{bc}	64.90^{bc}	54.69^{c}	69.33^{b}	189.92^{a}	10.38	**
36 hr.	41.47^{c}	49.95^{bc}	53.30^{bc}	43.43^{bc}	55.79^{b}	181.08^{a}	10.15	**
48 hr.	60.59^{b}	66.64^{b}	72.50^{b}	62.53^{b}	76.22^{b}	202.43^{a}	10.61	*
72 hr.	60.09^{b}	73.00^{b}	79.25^{b}	70.64^{b}	83.12^{b}	210.96^{a}	10.71	*
96 hr.	71.92^{b}	76.31^{b}	82.69^{b}	75.03^{b}	86.91^{b}	213.41^{a}	10.61	**
kinetics								
a	-18.39^{b}	-20.40^{b}	-31.15^{b}	-17.95^{b}	-31.37^{b}	83.77^{a}	8.76	*
b	90.98^{b}	96.17^{ab}	113.36^{ab}	93.78^{b}	117.61^{ab}	129.88^{a}	4.12	**
a+b	72.58^{b}	75.77^{b}	82.21^{b}	75.83^{b}	86.23^{b}	213.65^{a}	4.12	**
c	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.001	NS

^{ab} Means within the same row with difference superscripts differ ** P<0.01 and * P<0.05

T1 = Oil palm tree pith, T2 = Oil palm tree pith silages, T3=Oil palm tree pith +urea 5% silages

T4 = oil palm tree pith+ Molasses 3% silage, T5=Oil palm tree pith + urea 5% +Molasses 3% silage.

Table 3 การสลายของเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมัน (T1) และเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมัก (T2-T5) ในกระเพาะรูเมนที่บ่มนาน 24, 48 และ 72 ชั่วโมง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตาม พบว่าส่วนที่สลายได้ทันที (a) ส่วนที่ไม่ละลายและย่อยได้โดยจุลินทรีย์ (b) และค่าศักยภาพการย่อยสลาย (a+b) ของเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมัก สูตรทดลองที่ T5 มีค่าสูงที่สุด 16.76, 23.95 และ 40.71 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ากลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.05) และอัตราการย่อยสลาย (c) ของกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องสอดคล้อง Yammuen-art et al. (2012) รายงานว่าการเสริมกากน้ำตาลในพืชหมักในระดับสูงขึ้นทำให้การผลิตกรดเร็วขึ้น ค่า pH จึงลดลงมีผลทำให้จุลินทรีย์ย่อยเยื่อใยลดลง ไม่สามารถนำกากน้ำตาลไปใช้ประโยชน์ได้ทัน โดยการเติมยูเรียที่ระดับ 3% การเสริมกากน้ำตาลเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าเยื่อใยลดลง แสดงว่ายูเรียเพิ่มขึ้นจะมีการแตกตัวเป็นแอมโมเนีย ซึ่งทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้น จึงทำให้จุลินทรีย์ย่อยเยื่อใยได้ดีขึ้น เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักจึงมีปริมาณเยื่อใยลดลง นั่นแสดงให้เห็นว่าเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียที่ระดับ 5% ร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 3% (T5) เป็นสูตรทดลองที่มีศักยภาพสูงในการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Table 3 *In sacco* dry matter degradability and kinetics of oil palm tree pith silages**.**

Incubation	Treatments						
hour	T1	T2	T3	T4	T5	SEM	P-value
24	21.63	18.29	22.07	22.97	20.33	2.38	NS
48	22.57	18.95	27.28	24.99	23.99	1.78	NS
72	25.82	27.02	23.28	25.19	29.67	2.58	NS
Kinetics 21 days							
a	10.12^{a}	12.82^{ab}	16.54^{a}	14.44^{ab}	16.76^{a}	0.88	**
b	18.62^{ab}	8.28^{bc}	6.10^{c}	13.21^{bc}	23.95^{a}	2.27	**
a+b	28.74^{b}	21.11^{b}	22.65^{b}	27.65^{b}	40.71^{a}	2.39	**
c	0.05	0.03	0.06	0.03	0.01	0.01	NS

^{abc} Means within the same row with difference superscripts differ ** P<0.01, *P<0.05 and NS = non-significant.

T1 = Oil palm tree pith, T2 = Oil palm tree pith silages, T3=Oil palm tree pith silages + urea 5%

T4 = oil palm tree pith silage + Molasses 3%, T5=Oil palm tree pith silage + urea 5% +Molasses 3%.

สรุปผลการศึกษา

เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันมีปริมาณโปรตีนต่ำ เมื่อผ่านการหมักโดยการเติมยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 3 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนะ เช่น ปริมาณโปรตีน และลดค่าเยื่อใยลง นอกจากนี้สัมประสิทธิ์การผลิตแก๊สและการย่อยสลายของวัตถุแห้งในสูตรทดลองที่ใช้เยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 3 เปอร์เซ็นต์ ที่มีแนวโน้มดีกว่ากว่าเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันหมักสูตรทดลองอื่น ดังนั้นจากการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่าการใช้ยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 3 เปอร์เซ็นต์ หมักเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันสามารถช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนะและการย่อยได้ของเยื่อในลำต้นปาล์มน้ำมันได้

เอกสารอ้างอิง

AOAC. (1995). **Official Methods of Analysis, 16th ed**. Animal Feeds. Virginia: Association of Official Analytical Chemists.

Bourapa, R. & Kullama, P. (2018). Effect of *Saccharomyces cerevisae* on nutritive values and fermentation characteristics of rice straw. **Khon Kaen Agriculture Journal**. 46(5), 947-954. (in Thai).

Bunseelarp, W. (2012). **Effects of Different Levels of Soybean Meal Supplementation with Sago Palm Pith on Nutrient Utilization and Rumen Ecology of Thai Indigenous Cattle.** Master's thesis. Songhkla Nakarin University. (in Thai).

Choowang, R. (2012). Utilization Role of Oil Palm Trunk. **Science and Technology Journal Mahasarakham University**. 31(4), 456-462. (in Thai).

Cherney, D. J. R., Patterson, J. A. & Lemenager, R. P. (1990). Influence of in situ bag rinsing technique on determination of dry matter disappearance. **Journal Dairy Science.** 73(2), 391-397.

Kraiprom, T., Hama, M. & Srijarun, T. (2017). The Survey on Situation and Nutritive Value of Forage for Raising Buffalo in Pattani Farmer Province. **Princess of Naradhiwas University Journal**. 9(2), 104-112. (in Thai).

Laorodphan, N., Hantai, P., Chueaphudi, C. & Incharoen, T. (2019). Improve the Quality of Corn Husk on Chemical Composition and *In Vitro* Digestibility. **Naresuan Agriculture Journal.** 16(2), 63-69. (in Thai).

Menke, K. H., Raab, L. & Steingass, H. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. **Journal of Agricultural Science.** 93(1), 217-222.

Menke, K. H. & Steingass, H. (1988). Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. **Journal Animal Reserch Development**. 28, 7-55.

Office of Agricultural Economics. (2021). **Area of oil pam tree**. Retrieved from: https://www.oae.go.th/view.

Ørskov, E. R. & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal. Agricutural. Science.** 92**,** 499-503.

Poungchompu, O., Mansatith, J., Unsumrong, M., Sririmoh, S., Kaowthong, C. & Panprasert, P. (2018). Effect of Urea Treated Rice Straw in Combination with Fermented Ground Samanea Saman Pods on Quality of Rice Straw and a Reduction of Aflatoxin B1 (AFB1) Level Using In vitro Gas Production Technique. **RMUTI Journal Science and Technology**. 12(1), 97-120. (in Thai).

Rattanagoson, N. (2010). **Utilization of Oil Palm Frond Silage Mixed with Molasses as Roughage Source for Goats**. Master's thesis. Songhkla Nakarin University. (in Thai).

Yammuen-art, S., Peangtina, N., Sanyong, P., Chuptong, N., Arjin, N. & Laorodpun, N. (2012). Effect of urea and molasses supplementation on field corn cob haylage quality and ruminal degradation characteristic in Thai northern native cattle. **Khon Kaen Agriculture Journal.** 2(Suppl.40), 187-192. (in Thai).

Steel, R. G. D. & Torrie, J. H. (1980). **Principle and Procedures of Statistics *:* A Biometrica Approach.** 2nd ed. New York*:* McGraw-Hill Book Co. Inc.

Sallam, S. M. A., Nasser, M. E. A., El-Waziry, A. M., Bueno, I. C. S. & Abdalla, A. L. (2007). Use of an in vitro rumen gas production technique to evaluate some ruminant feedstuffs. **Journal of Applied Sciences Resarch**. 3(1), 34-41.

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

วันรับบทความ (Received date) : 22 มิ.ย. 65
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 27 เม.ย. 66
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 3 พ.ค. 66
https://doi.org/10.55003/kmaj.2023.12.28.007