



SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วารสาร เกษตรพระจอมเกล้า

KING MONGKUT'S AGRICULTURAL JOURNAL

ปีที่ 41 ฉบับที่ 2 เดือนพฤษภาคม-สิงหาคม 2566

VOLUME 41 NUMBER 2 MAY-AUGUST 2023



Approved by TCI during 2022-2024



บรรณาธิการแถลง

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า ซึ่งเป็นวารสารของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้นำเสนอผลงานทางวิชาการที่มีคุณภาพทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรและสาขาที่เกี่ยวข้องของคณาจารย์ นิสิต นักศึกษา นักวิจัย นักวิชาการและบุคคลทั่วไปอย่างต่อเนื่อง จนเข้าสู่ปีที่ 41 แล้ว สำหรับฉบับนี้เป็นฉบับที่ 2 (พฤษภาคม - สิงหาคม) 2566 เป็นการนำเสนอบทความวิจัยทางด้านสัตวศาสตร์ จำนวน 11 เรื่อง ได้แก่ 1) ผลของการหมักอาหารครบส่วนสำเร็จรูปต่อองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพการหมัก 2) ผลการใช้เมล็ดทุเรียนบดเป็นแหล่งพลังงานในอาหารชั้นต่อปริมาณการกินได้ และเมแทบอลิซึมในเลือดแพะ 3) การใช้เปลือกกล้วยหินหมักร่วมกับข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับแพะนมเพศเมียหลังหย่านม 4) สมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองที่ได้รับการเสริมหญ้ามูลาได้ 5) การเปรียบเทียบการใช้สารเจือจางน้ำเชื้อพื้นฐาน (Tris-Egg Yolk) กับสารเจือจางน้ำเชื้อทางการค้า (Andromed®) ในการแช่แข็งน้ำเชื้อแพะต่อคุณภาพตัวอสุจิด้วยเครื่องคาซ่า 6) ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากขิงและตะไคร้หอมในการกำจัดหมัดไก่ 7) การประยุกต์ใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และวิธีการวัดสีของภาพถ่ายจากโทรศัพท์มือถือสำหรับการวัดความดิบในกากถั่วเหลือง 8) การศึกษาเบื้องต้นถึงประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์ 4 ชนิดในการต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคเต้านมอักเสบในโคนม 9) การศึกษาพฤติกรรมของเสือโคร่งขาวเพศเมียในสภาพกรงเลี้ยงที่แตกต่างกันของเชียงใหม่ไนท์ซาฟารี 10) แนวทางการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงผาในสภาพกรงเลี้ยง : กรณีศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารและปริมาณการกินได้ของเลี้ยงผา (*capricornis milneedwardsii*) สภาพกรงเลี้ยงในเชียงใหม่ไนท์ซาฟารี และ 11) คุณภาพน้ำเชื้อของเสือปลาในกรงเลี้ยงที่ได้จากผลของการรีดน้ำเชื้อโดยวิธีการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

โดยบทความได้ผ่านการพิจารณาและการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย 3 ท่าน เพื่อยกระดับคุณภาพของงานวิจัยและมีมาตรฐานทางวิชาการ กองบรรณาธิการขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ข้อเสนอแนะสำหรับในแต่ละบทความวิจัย ขอขอบคุณนักวิจัยทุกท่านที่ได้ส่งบทความเข้ามาขอรับการตีพิมพ์ในวารสารเกษตรพระจอมเกล้า และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความในวารสารฉบับนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ในแวดวงวิชาการต่อไป สำหรับผู้ที่สนใจจะส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากเว็บไซต์วารสาร <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agritechjournal> หรือติดต่อมายังกองบรรณาธิการได้ที่ E-mail: ajournal@kmitl.ac.th

รองศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา หมั่นเก็บ

บรรณาธิการวารสารเกษตรพระจอมเกล้า

ผลของการหมักอาหารครบส่วนสำเร็จรูปต่อองค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพการหมัก

Effect of Ensiling a Total Mixed Ration on Chemical Composition and Fermentation Quality

สายัณห์ สิบผาง^{1*} วิมลศิริ สีหะวงษ์¹ และ ชัยประเสริฐ บุญเสริม²

Sayan Subepang^{1*}, Wimon Siri Sehawong¹, and Chaiprasert Bunsoem²

บทคัดย่อ

แนวทางการใช้ผลพลอยได้จากการเกษตรที่มีความชื้นสูงร่วมกับเทคโนโลยีการหมักจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพอาหารสัตว์ งานวิจัยครั้งนี้ศึกษาผลขององค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพอาหารหมักผ่านการรับรู้ทางประสาทสัมผัสของอาหารหมักที่ประกอบด้วยวัตถุดิบที่แตกต่างกัน วางแผนงานทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomize design; CRD) ปัจจัยทดลองคือ หญ้าเนเปียร์หมัก (กลุ่มควบคุม) อาหารครบส่วนหมักสำเร็จรูป-หญ้าเนเปียร์ และอาหารครบส่วนหมักสำเร็จรูป-ฟางข้าว โดยบรรจุในกระสอบพลาสติกในสภาพไร้อากาศ (25 กิโลกรัม/กระสอบ) กระสอบจะถูกเปิดภายหลังหมัก 0, 7, 21 และ 60 วัน จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ค่าวัตถุแห้งและค่าโปรตีนมีค่าอยู่ในช่วง 35.34-42.50 และ 11.62-11.98 ตามลำดับ ค่าวัตถุแห้งของหญ้าหมัก มีค่าน้อยกว่าอาหารครบส่วนหมักสำเร็จรูป ($P < 0.001$) ในขณะที่ค่าโปรตีนของอาหารทดลองไม่มีค่าความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ค่าความเป็นกรดต่างของอาหารทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.001$) โดยค่าความเป็นกรดต่างมีค่าต่ำที่สุดเมื่ออาหารครบส่วนหมักสำเร็จรูปและหญ้าหมัก หมักนาน 7 และ 21 วัน ตามลำดับ หญ้าหมักมีค่าความเป็นกรดต่างสูงกว่าอาหารหมักครบส่วนสำเร็จรูป หญ้าหมักมีค่าคะแนนคุณภาพการหมักต่ำกว่าอาหารหมักครบส่วนสำเร็จรูปทั้ง 2 สูตร ในขณะที่อาหารหมักครบส่วนสำเร็จรูปทั้ง 2 สูตร มีค่าคะแนนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามคุณภาพของอาหารหมักทั้ง 3 สูตรอยู่ในเกณฑ์ดี-ดีมาก งานทดลองครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าหญ้าหมักและอาหารครบส่วนหมักสำเร็จรูปควรถูกเปิดใช้งานหลังหมักแล้ว 21 และ 7 วัน ตามลำดับ เทคโนโลยีการหมักสามารถถนอมอาหารสัตว์ในถุงพลาสติกขนาดบรรจุ 25 กิโลกรัม ได้ยาวนาน 60 วัน

คำสำคัญ: หญ้าหมัก อาหารครบส่วนหมักสำเร็จรูป การรับรู้ทางประสาทสัมผัส คุณภาพการหมัก โคเนื้อ

¹ สาขาเทคโนโลยีการเกษตร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ อ.เมือง จ.ศรีสะเกษ 33000

² กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนตูมพิทยานุสรณ์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาศรีสะเกษ ยโสธร อ.ปรางค์กู่ จ.ศรีสะเกษ 33170

¹ Agricultural Technology, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University, Muang, Sisaket 33000

² Science Department, Toomphittayanusorn School, The Secondary Educational Service Area Office Sisaket Yasothorn, Prang Ku, Sisaket 33170

*Corresponding author: sayanneng@gmail.com

Abstract

The approach of using high-moisture agricultural by-products with ensiling technology will improve feed efficiency. This research aimed to assess the impact of ensiling on chemical composition and sensory characteristics of silage quality with different ingredients. The experimental design was a completely randomized design (CRD). The treatments were Napier grass silage as control, fermented total mixed ration with Napier grass (FTMR - Napier grass) and fermented total mixed ration with rice straw (FTMR - rice straw), all of which were packed in plastic bags (25 kilogram) under ensilage condition. The bags were opened after 0, 7, 21 and 60 days in ensiling. The result showed that the content of dry matter and crude protein ranged 35.34-42.50 and 11.62-11.98, respectively. The silage had lower dry matter than the fermented total mixed ration, whereas there was no significant difference ($P>0.05$) in the content of crude protein. There was a significant difference ($P<0.001$) in pH value among experimental diet. The lowest pH value of fermented total mixed ration and Napier grass silage were obtained after 7 and 21 days of ensiling, respectively. In addition, Napier grass silage had higher pH value than fermented total mixed ration ($P<0.001$). The Napier grass had lower ensiling quality score than FTMR ($P<0.001$). By contrast, the score was not statistically different between FTMR - Napier grass and FTMR - rice straw. However, all experimental diets were in good and very good rang of ensilage. These results indicate that Napier grass silage and fermented total mixed ration should be used after 21 and 7 days of ensiling, respectively. The fermentation technology could preserve feed in plastic bags (25 kilograms) for 60 days.

Keywords: grass silage, fermented total mixed ration, sensory characteristics, fermentation quality, beef cattle

คำนำ

ปัญหาหลักของการผลิตโคเนื้อทั่วไปในประเทศไทยคืออาหารสัตว์มีราคาแพง แนวทางใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตรที่มีความชื้นสูง ซึ่งมีปริมาณมากและราคาถูกร่วมกับเทคโนโลยีการหมัก จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพอาหารและสร้างกำไรให้กับผู้เลี้ยงสัตว์ (Martinez et al., 2012) อาหารครบส่วนหมักสำเร็จรูป (fermented total mixed ration, FTMR) เป็นรูปแบบการหมักร่วมกันระหว่างอาหารหยาบและอาหารข้น ซึ่งข้อดีของการผลิตและจัดการให้รูปแบบอาหาร FTMR มีหลายด้าน เช่น ช่วยลดฝุ่น อาหารมีความนุ่ม เพิ่มความน่ากิน เพิ่มการย่อยได้ของวัตถุดิบ เพิ่มอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (Bueno et al., 2020) แนวทางการใช้เทคโนโลยีการหมักควบคุมคุณภาพอาหารที่มีความชื้นสูงซึ่งเสี่ยงต่อการเน่าเสียง่าย ใช้หลักการสร้างสภาวะที่เป็นกรดในอาหารหมักในสภาพไร้อากาศ เพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ ซึ่งคุณภาพอาหารหมักที่ดีเบื้องต้นนั้นควรมีค่าความชื้นที่เหมาะสมประมาณร้อยละ 40-70 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ควรอยู่ในช่วง 3.8-4.0 (McDonald, 2011) ดังนั้นการควบคุมปัจจัยการผลิตอาหารหมักจึงสำคัญมากต่อการผลิตอาหารหมักที่มีคุณภาพ ฟาร์มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อรายย่อยในจังหวัดศรีสะเกษเริ่มใช้หญ้าหมักและอาหาร FTMR สำหรับเลี้ยงโคเนื้อตามนโยบายการส่งเสริมของกรมปศุสัตว์ อาหารหมักส่วนใหญ่จะถูกบรรจุในถุงน้ำหนักประมาณ 25-30 กิโลกรัม เนื่องจากเป็นรูปแบบที่สะดวกสำหรับใช้งานในฟาร์ม (Bretschneider et al., 2015) อย่างไรก็ตามการผลิตอาหาร FTMR ยังคงค่อนข้างมีข้อจำกัดการใช้เครื่องผสมสำหรับเกษตรกรรายย่อย การเรียนรู้การผลิตและการเปลี่ยนแปลงสภาพอาหารในระยะการหมักจะช่วยให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อมีความเข้าใจและใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับการศึกษาครั้งนี้จะมุ่งเน้นศึกษาการผลิตอาหาร FTMR ต่อองค์ประกอบทางเคมี คุณภาพการหมักทางเคมี และทางกายภาพที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกันไป

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินงานร่วมกับกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อบ้านแสนแก้ว อำเภอบางแก้ว จังหวัดศรีสะเกษ อาหารทดลองเป็นหญ้าหมักเนเปียร์ปากช่อง 1 และอาหาร FTMR ที่มีแหล่งอาหารหยาบต่างกัน (หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หรือฟางข้าว) กำหนดคุณค่าทางโภชนาของอาหารทดลองที่ระดับโปรตีนร้อยละ 12 ตามค่าความต้องการโภชนาสำหรับโคเนื้อพันธุ์ลูกผสมบราห์มันน้ำหนัก 250 กิโลกรัมอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.8 กิโลกรัมต่อวัน (WTSR, 2010)

แผนการทดลอง

ใช้แผนงานทดลองแบบ Completely randomize design (CRD) 4 ซ้ำ ปัจจัยทดลองเป็น หญ้าเนเปียร์หมัก (Napier grass Silage, SL) อาหารครบส่วนหมักสำเร็จรูป-หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นแหล่งอาหารหยาดหลัก (FTMR-Napier grass) และอาหารครบส่วนหมักสำเร็จรูป-ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาดหลัก (FTMR – Rice straw) หน่วยทดลองเป็นอาหารหมัก (ระยะวันหมัก 0, 7, 21 และ 60 วัน) บรรจุในถุงน้ำหนัก 25 กิโลกรัม รวมหน่วยทดลองทั้งสิ้น 48 ถุง

การผลิตอาหารทดลอง

อาหารทดลองมีขั้นตอนการผลิตดังนี้ เตรียมวัตถุดิบที่ทาง่ายใช้ในท้องถิ่น ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ฟางข้าว รำอ่อน มันสำปะหลัง กากมันสำปะหลัง กากปาล์มน้ำมัน กากถั่วเหลือง ไวตามิน และแร่ธาตุ สับหญ้าและฟางให้ได้ขนาด 3-5 เซนติเมตร ด้วยเครื่องสับดัดแปลง ซึ่งวัตถุดิบด้วยเครื่องซึ่งดัดแปลง (ทศนิยม 1 ตำแหน่ง) ตามสัดส่วนที่กำหนด (Table 1) ผสมวัตถุดิบที่ซังแล้ว ด้วยเครื่องผสมอาหารสัตว์แนวตั้งพวงรถไฟ (เครื่องดัดแปลง กำลังผลิต 2 ตันต่อวัน) เมื่อผสมเสร็จในแต่ละครั้งแล้ว ดำเนินการบรรจุอาหารทดลองใส่ในถุงพลาสติก 2 ชั้น (ชั้นในเป็นถุงรองในสำหรับหญ้าหมัก ขนาด 20 x 40 นิ้ว และชั้นนอกเป็นกระสอบพลาสติกสาน ขนาด 20 x 37 นิ้ว) บรรจุอาหารทดลอง 25 กิโลกรัมต่อถุง ดูดอากาศด้วยเครื่องดูดฝุ่น และมัดปากถุงให้แน่น จากนั้นเก็บไว้ในที่ร่ม แยกตามปัจจัยทดลอง เพื่อรอการตรวจสอบคุณภาพการหมักต่อไป

การเก็บตัวอย่างข้อมูล

เมื่อครบกำหนดระยะเวลาหมัก ทำการเปิดถุงหมักตามปัจจัยทดลองและระยะเวลาหมักเพื่อตรวจสอบค่าความเป็นกรดต่าง (pH) องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ น้ำหนักวัตถุแห้ง (dry matter, DM) โปรตีนรวม (crude protein, CP) และคุณภาพอาหารหมัก ได้แก่ เนื้อสัมผัส สี และกลิ่น ดังนี้

การวัดค่า pH สุ่มตัวอย่าง 3 จุดใน แต่ละชั้น (บน กลาง และล่าง) ของแต่ละถุง ประมาณ 1 กิโลกรัม คลุกตัวอย่างที่สุ่มมาแล้วให้เข้ากันดี สุ่มเก็บตัวอย่าง 20 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกจำนวน 3 ถุง/ปัจจัยทดลอง จากนั้นเติมน้ำกลั่นประมาณ 180 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันในแต่ละถุง แช่ทิ้งไว้ 8 ชั่วโมงในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ครบกำหนดนำตัวอย่างกรองผ่านกระดาษกรอง เบอร์ 0 เพื่อแยกส่วนของแข็งและของเหลว นำของเหลวมาวัดค่าความเป็นกรดต่างโดยใช้เครื่อง pH meter (Denver Instrument BASIC pH Meter, Denver Instrument Company, Colorado, United States) ตามวิธีของ Cai et al. (1998)

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี สุ่มตัวอย่างมา 1 กิโลกรัม แบ่งเป็น 2 ส่วน สุ่มตัวอย่างจากส่วนที่ 1 ประมาณ 100 กรัม จำนวน 3 ซ้ำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 18 ชั่วโมงเพื่อหาค่าวัตถุน้ำหนัแห้งตามวิธีของ AOAC (1995) และสุ่มตัวอย่างส่วนที่ 2 ประมาณ 500 กรัมเพื่อนำไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ประมาณ 72 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดผ่านตระแกรงร่อน 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์หาว่า โปรตีนตามวิธีของ Galyean (1989)

ตรวจสอบคุณภาพการหมักผ่านระบบประสาทสัมผัส ได้แก่ กลิ่น สี และเนื้อสัมผัส เปิดถุงตัวอย่างแต่ละปัจจัยทดลองตามกำหนด และสุ่มตัวอย่างบริเวณ 3 จุดให้ทั่วถึง (ปากถุง กลางถุง และก้นถุง) เพื่อวิเคราะห์คุณภาพอาหารหมักผ่านการรับรู้ทางประสาทสัมผัส โดยใช้แบบบันทึกประเมินคุณภาพการหมักในแต่ละด้าน ตามวิธีของ Varunee et al. (2004) โดยแบ่งเกณฑ์ระดับคะแนน ดังนี้

1. กลิ่น (0-12 คะแนน) รายละเอียดดังต่อไปนี้ เหม็นเน่า หรือมีกลิ่นรา (0 คะแนน) มีกลิ่นฉุนเล็กน้อย (4 คะแนน) ไม่หอม มีกลิ่นฉุนมาก และไม่มีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย (8 คะแนน) และ หอมคล้ายกลิ่นมะม่วงทองหรือน้ำส้มสายชู (12 คะแนน)
2. เนื้อสัมผัส (0-3 คะแนน) รายละเอียดดังต่อไปนี้ เละ เป็นเมือก และสกปรกมาก (0 คะแนน) แน่น ส่วนใบ ลำต้นและวัตถุดิบเปื่อยยุ่ยมาก และมีสิ่งเจือปน (1 คะแนน) แน่น ส่วนใบ ลำต้นและวัตถุดิบเปื่อยยุ่ยเล็กน้อย และสิ้นเป็นเมือก (2 คะแนน) และแน่น มีส่วนใบ ลำต้น และวัตถุดิบคงสภาพเดิม และไม่มีสิ่งเจือปน (3 คะแนน)
3. สี (0-3 คะแนน) รายละเอียดดังต่อไปนี้ น้ำตาลเข้ม หรือดำ (0 คะแนน) น้ำตาลทอง (1 คะแนน) เขียวอมเหลือง เขียวเข้ม หรือคล้ำลง (2 คะแนน) และ เหลืองอมเขียว สีก็ก หรือสีคงเดิม (3 คะแนน)
4. ค่าคะแนนความเป็นกรดต่าง หรือ pH score (0-6 คะแนน) รายละเอียดดังต่อไปนี้ มากกว่า 5.1 (0 คะแนน) 4.7-5.1 (2 คะแนน) 4.2-4.7 (4 คะแนน) 3.5-4.2 (6 คะแนน)

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม SAS (1998) โดยใช้คำสั่ง PROC MIXED ตามแผนงานทดลองสุ่มแบบสมบูรณ์โดยวัดซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test

Table 1 Feed composition of the diet (% of dry matter).

Item	Napier grass silage	FTMR-Napier grass	FTMR-rice straw
Pakchong 1 Napier grass (60 day)	100.00	25.00	-
Rice straw	-	-	25.00
Fresh cassava pulp	-	28.30	26.00
Cassava chip	-	15.45	15.45
Palm meal	-	10.10	10.10
Soymeal	-	8.50	10.45
Rice meal	-	11.35	11.35
Urea	-	0.30	0.65
Minerals, mixed ^{1/}	-	0.50	0.50
Vitamins, premixed ^{2/}	-	0.50	0.50
total	100.00	100.00	100.00

^{1/} Trace minerals premix provided the following per kg concentrate: cobalt, 0.02 g; copper, 1.60 g; iodine, 10.00 g; manganese, 8.00 g; selenium, 0.06 g; zinc, 6.00 g; anti-rancidity, 2.50 g; carrier, 1,000.00 g.

^{2/} Vitamins premix provided the following per kg concentrate: A, 2,000,000 I.U.; D3, 4,000,000 I.U.; E, 3,000 I.U.

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษา พบว่า ค่าองค์ประกอบทางเคมี มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณไว้เบื้องต้น ค่าวิเคราะห์ DM มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 35.34-42.50 (Table 2) หญ้าเนเปียร์หมัก (silage, SL) มีค่า DM น้อยกว่าอาหาร FTMR ($P<0.001$) โดยปกติแล้วค่า DM ของอาหารหมักที่ดีควรอยู่ในช่วงร้อยละ 30-60 (McDonald et al., 2002) สอดคล้องกับ Subepang et al. (2019) ซึ่งได้ผลิตอาหาร FTMR คุณภาพดีที่มีค่า DM ร้อยละ 55 ทั้งนี้ เนื่องจากค่า DM ในช่วงดังกล่าวเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ Lactic acid bacteria ในทางกลับกันหากค่า DM ต่ำกว่าร้อยละ 30 จะเป็นสภาวะเหมาะสมของแบคทีเรียในกลุ่ม E. coli หรือ clostridium ซึ่งแบคทีเรียในกลุ่มดังกล่าวจะใช้ CP เป็นแหล่งอาหารและผลิตกรดบิวทีริก บ่งบอกถึงความเน่าเสียของอาหารหมัก อย่างไรก็ตามหากค่า DM ที่สูงเกินไปจะส่งผลต่อสภาพไม่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของ lactic acid bacteria ส่งผลให้ระดับความเป็นกรดไม่เพียงพอต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่ม sacharolytic clostridia และ coliform bacteria (McDonald et al., 1991) จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา (Kamphayae et al., 2017) พบว่า เมื่อระยะเวลาหมักเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่า DM มีแนวโน้มที่ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์จะใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต ส่งผลให้วัตถุดิบแห้งลดลงประมาณร้อยละ 2-4 (Borreani et al., 2018) ค่า CP ในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 11.62-11.98 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในแต่ละวันหมัก ทั้งนี้ อาจเกิดจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ใช้โปรตีนเป็นอาหารโดยเฉพาะ coliform bacteria ลดลงจากสภาพแวดล้อมที่เพิ่มขึ้นโดยแบคทีเรียในกลุ่ม Lactic acid bacteria

จาก Figure 1 ค่า pH ของอาหารหมักทั้ง 3 แบบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีระดับนัยสำคัญอย่างยิ่ง ($P<0.001$) SL มีค่า pH มากกว่า FTMR ในทุกวันหมัก ($P<0.001$) ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะปริมาณน้ำตาลใน SL มีน้อยกว่า FTMR สอดคล้องกับ Meenongyai et al. (2017) พบว่า SL หมัก 21 วัน (pH=4.7) มีค่า pH สูงกว่า FTMR (pH=4.0) ค่า pH ของ FTMR จะลดลงได้เร็วกว่า SL ทั้งนี้ อาจเนื่องจากปริมาณคาร์โบไฮเดรตในสูตรอาหารที่มากกว่าจึงทำให้ lactic acid bacteria มีโอกาสเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก ได้เร็วกว่า ดังนั้นการใช้งาน SL ควรเปิดใช้ภายหลังที่มีการหมักแล้วอย่างต่ำ 21 วัน ในขณะที่ FTMR สามารถเปิดใช้ภายหลังการหมักแล้ว 7 วัน ค่า pH ของ FTMR ที่ศึกษาทั้ง 2 สูตร มีค่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยค่า pH ก่อนหมัก

(วันหมักที่ 0) ของอาหารทดลองทั้ง 3 แบบ มีค่าอยู่ในช่วง 5.18-6.32 เมื่อวันหมักเพิ่มขึ้นค่า pH จะลดลงในวันที่ 7 และคงที่ไปจนถึงในวันหมักที่ 60 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.23-5.46 ค่า pH ของอาหารหมักเป็นค่าบ่งบอกที่สำคัญของคุณภาพการหมัก ค่า pH ของ FTMR ในช่วงวันหมัก 7-60 วันมีค่าใกล้เคียง 4.2 ซึ่งเป็นค่าที่ถูกกำหนดให้เป็นค่ามาตรฐานของอาหารหมักที่มีคุณภาพ (McDonald et al., 2002) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Subepang et al. (2019) ที่ได้ศึกษาคุณภาพการหมักของ FTMR ที่ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหลักและกากแป้งมันสำปะหลังเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารชั้นหลักที่ถูกหมักในกระสอบพลาสติกขนาดบรรจุ 300 กิโลกรัม พบว่า ค่า pH ของอาหารหมักมีค่าอยู่ในช่วง 3.82-4.31 ระยะเวลาหมัก 15-30 วัน และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ Kongphithee et al. (2018) รายงานว่า FTMR ที่ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหลักและใช้กากมันสำปะหลังสดในสัดส่วนน้ำหนักแห้งร้อยละ 10 และ 50 ตามลำดับ มีค่า pH 3.8 ณ การหมักอย่างต่ำ 7 วัน ในกระสอบพลาสติกขนาดบรรจุ 350 กิโลกรัม การลดลงของค่า pH เป็นผลจากกิจกรรมของ lactic acid bacteria เปลี่ยนน้ำตาลในอาหารเป็นกรดแลคติก

ค่าคะแนนกลิ่นของอาหารหมักทั้ง 3 สูตร มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกวันหมัก ($P>0.05$) มีค่าคะแนนอยู่ในช่วง 7.8-10.8 เมื่อวันหมักยาวนานขึ้น พบว่า ค่าคะแนนกลิ่นของ SL มีค่าเพิ่มขึ้นในวันหมักที่ 7 และ 21 และลดลงในวันหมักที่ 60 ในขณะที่ค่าคะแนนกลิ่นของ FTMR ทั้ง 2 สูตร มีค่าคะแนนเพิ่มขึ้นในวันหมักที่ 7 และคงที่จนถึงวันหมักที่ 60 (Table 3) กลิ่นของอาหารหมักจะมีที่กลิ่นหอมคล้ายมะม่วงตองอันเนื่องจากกลิ่นของกรดแลคติกและแอลกอฮอล์ที่ถูกผลิตขึ้นระหว่างกระบวนการหมักโดย lactic acid bacteria และ yeast ตามลำดับ ซึ่งบ่งบอกถึงการหมักที่มีคุณภาพดีมาก (Kaiser et al., 2003) นอกจากนี้กลิ่นที่หอมยังเพิ่มความน่ากินให้กับสัตว์ ส่งผลถึงโอกาสที่สัตว์จะได้รับโภชนาได้อย่างเต็มที่ อย่างไรก็ตามหากปริมาณกรดที่สูงมากย่อมส่งผลต่อค่ากลิ่นและกระทบต่อปริมาณการกินได้ของสัตว์ (Gerlach et al., 2021)

ค่าคะแนนเนื้อสัมผัสของอาหารหมักทั้ง 3 สูตรในแต่ละวันหมัก มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าคะแนนสูงสุด 4.0 และต่ำสุด 3.5 (Table 3) เมื่อวันหมักยาวนานขึ้นค่าคะแนนเนื้อสัมผัสของ SL ที่ค่าลดลงในวันหมักที่ 60 ในขณะที่ค่าคะแนนเนื้อสัมผัสของ FTMR ทั้ง 2 สูตร มีค่าคะแนนไม่เปลี่ยนแปลงในทุกวันหมัก เนื้อสัมผัสของอาหารหมักมีความแน่นไม่ยุ่ย บ่งบอกได้ว่าการบรรจุในถุงพลาสติกขนาดบรรจุ 25 กิโลกรัม ไม่มีการฉีกขาดยุ่ย สามารถป้องกันการเข้าไปของแก๊สออกซิเจนในถุงหมักซึ่งสภาพเหมาะสมต่อการทำงานของกลุ่ม sacharolytic clostridia และ coliform bacteria ที่เป็นสาเหตุให้อาหารเน่าและเป็นพิษได้ (Muck, 2010)

ค่าคะแนนสีของอาหารหมักทั้ง 3 สูตรในวันที่ 0, 7 และ 21 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามในวันหมักที่ 60 ค่าคะแนนสีของ SL มีค่าต่ำกว่า FTMR ทั้ง 2 สูตร ($P<0.01$) ในขณะที่ค่าคะแนนสีของ FTMR ทั้ง 2 สูตรมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในทุกๆ วันหมัก (Table 3) ค่าสีของอาหาร FTMR ครั้งนี้มีสีที่เหมือนเดิมคือสีเหลืองทองซึ่งจะคล้ำลงเล็กน้อยจากเดิม เนื่องจากระดับความชื้นที่เหมาะสมและสภาพหมักในสภาพไร้อากาศ และการเกิดปฏิกิริยาของกรดอินทรีย์ในอาหารหมักที่เปลี่ยนสีเป็นสีของ phaeophytin ในระหว่างช่วงการหมัก (McDonald, 2011)

ค่าคะแนนรวมคุณภาพผ่านการรับรู้ทางประสาทสัมผัสของอาหารหมักทั้ง 3 สูตร (Table 3) มีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีระดับนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.001$) ณ วันหมักที่ 7, 21 และ 60 โดยค่าคะแนนรวมคุณภาพการหมักของ SL มีค่าน้อยกว่า FTMR ($P<0.001$) ในขณะที่ FTMR ทั้ง 2 สูตรมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยภาพรวมอาหารหมักทั้ง 3 สูตรมีคุณภาพการหมักจัดอยู่ในเกณฑ์ดี และดีมาก ซึ่ง SL และ อาหาร FTMR มีคุณภาพดีที่สุดในวันหมักที่ 21 และ 7 ตามลำดับ และคงสภาพคุณภาพดีที่สุดได้ยาวนาน 60 วัน

Table 2 Dry matter, crude protein and pH value of the diet different ensiling day.

Item	Napier grass silage	FTMR-Napier grass	FTMR-rice straw	SEM	P-value
dry matter, %					
Day 0	35.34 ^b	40.82 ^a	41.21 ^a	0.648	<0.001
Day 7	35.90 ^b	42.35 ^a	42.28 ^a	0.742	<0.001
Day 21	36.43 ^b	42.50 ^a	42.25 ^a	0.908	<0.001
Day 60	37.00 ^b	41.63 ^a	42.15 ^a	0.967	<0.001
crude protein, % on dry matter					
Day 0	11.83	11.65	11.83	0.263	0.8560
Day 7	11.84	11.77	11.62	0.207	0.7470
Day 21	11.91	11.78	11.87	0.245	0.9211
Day 60	11.84	11.98	11.67	0.157	0.3715

^{a b} Mean with different superscripts within columns significantly differed ($P < 0.05$).

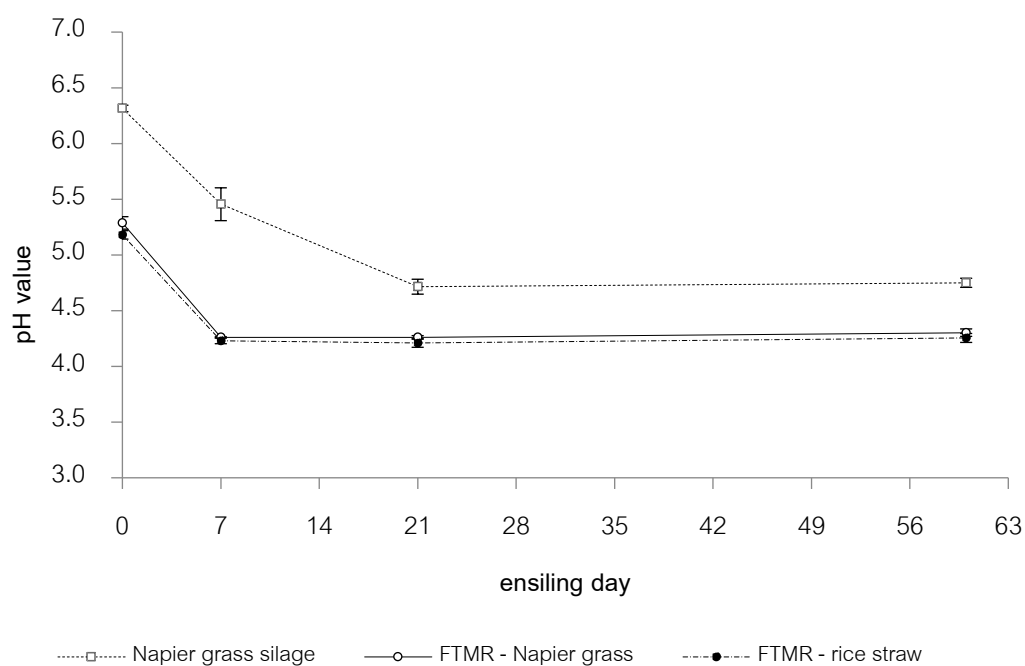


Figure 1 pH value of Napier grass silage and fermented total mixed ration packed in plastic bag (25 kilograms) with different ensiling day (0, 7, 21 and 60 day).

Table 3 sensory characteristic of the diet with different ensiling day.

Item	Napier grass silage	FTMR-Napier grass	FTMR-rice straw	SEM	P-value
odor score					
Day 0	7.8	7.8	7.8	0.25	1.0000
Day 7	10.8	10.8	10.8	0.25	1.0000
Day 21	10.3	10.8	10.8	0.25	0.3111
Day 60	9.3	10.8	10.5	0.53	0.2635
texture score					
Day 0	4.0	4.0	4.0	-	-
Day 7	4.0	4.0	4.0	-	-
Day 21	4.0	4.0	4.0	-	-
Day 60	3.5	4.0	4.0	0.17	0.1004
color score					
Day 0	3.0	3.0	3.0	-	-
Day 7	3.0	3.0	3.0	-	-
Day 21	3.0	3.0	3.0	-	-
Day 60	2.3	3.0	3.0	0.14	0.0007
pH score					
Day 0	0.0	0.0	0.0	-	-
Day 7	0.0 ^b	4.0 ^a	4.0 ^a	-	<0.001
Day 21	2.0 ^b	4.0 ^a	4.0 ^b	-	<0.001
Day 60	2.3 ^b	4.0 ^a	4.0 ^a	0.29	0.0071
total score					
Day 0	15.0	15.0	15.0	-	-
Day 7	17.8 ^b	21.8 ^a	21.8 ^a	0.25	<0.001
Day 21	19.2 ^b	21.8 ^a	21.8 ^a	0.25	<0.001
Day 60	17.5 ^b	21.8 ^a	21.5 ^a	0.43	<0.001
ensiling quality					
Day 0	good	good	good	-	-
Day 7	good	very good	good	-	-
Day 21	very good	very good	very good	-	-
Day 60	good	very good	very good	-	-

^{a b} Mean with different superscripts within columns significantly differed ($P < 0.05$).

สรุปผลการศึกษา

เทคโนโลยีการหมักสามารถเก็บรักษาคุณภาพหญ้าหมักและอาหารครบส่วนหมักสำเร็จรูป ในถุงพลาสติกขนาดบรรจุ 25 กิโลกรัม ได้ยาวนานถึง 60 วัน โดยที่ค่าโปรตีนไม่เปลี่ยนแปลง หญ้าหมักควรเริ่มเปิดใช้หลังจากผ่านการหมัก 21 วัน ในขณะที่อาหารครบส่วนหมักสำเร็จรูปสามารถเปิดใช้หลังจากผ่านการหมักแล้ว 7 วัน ซึ่งเกษตรกรจะสามารถนำไปใช้เลี้ยงโคเนื้อได้อย่างปลอดภัย และสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย ควรศึกษาจำนวนจุลินทรีย์และปริมาณกรดที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมัก และควรศึกษาต่อเนื่องถึงการใช้ประโยชน์ได้ในตัวสัตว์ของอาหารหมักเพิ่มเติม

เอกสารอ้างอิง

- Association of Official Chemists [AOAC]. (1995). **Official method of analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 16th ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists International.
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R. J., Holmes, B. J. & Muck, R. E. (2018). Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**. 101(5), 3952-3979.
- Bretschneider, G., Mattera, J., Cuatrin, A., Arias, D. & Wanzenried, R. (2015). Effect of ensiling a total mixed ration on feed quality for cattle in smallholder dairy farms. **Archivos de Medicina Veterinaria**. 47(2), 225-229.
- Bueno, A. V. I., Lazzari, G., Jobim, C. C. & Daniel, J. L. P. (2020). Ensiling Total Mixed Ration for Ruminants: A Review. **Agronomy**. 10(6), 879.
- Cai, Y., Benno, Y., Ogawa, M., Ohmomo, S., Kumai, S. & Nakase, T. (1998). Influence of *Lactobacillus* spp. From an Inoculant and of *Weissella* and *Leuconostoc* spp. From Forage Crops on Silage Fermentation. **Applied and Environmental Microbiology**. 64(8), 2982-2987.
- Galyean, M. L. (1989). **Laboratory procedures in animal nutrition research**. Lubbock: Department of Animal and Food Science, Texas Tech University.
- Gerlach, K., Daniel, J. L. P., Jobim, C. C. & Nussio, L. G. (2021). A data analysis on the effect of acetic acid on dry matter intake in dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**. (272), 114782.
- Kamphayae, S., Kumagai, H., Bureenok, S., Narmseelee, R. & Butcha, P. (2017). Effects of graded levels of liquid brewer's yeast on chemical composition and fermentation quality in cassava pulp and rice straw-based total mixed ration silage. **Animal Science Journal**. 88(4), 618-624.
- Kongphitee, K., Sommart, K., Phonbumrung, T., Gunha, T. & Suzuki, T. (2018). Feed intake, digestibility and energy partitioning in beef cattle fed diets with cassava pulp instead of rice straw. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**. 31(9), 1431-1441.
- Kaiser, A. G., Piltz, J. W., Burns, H. M. & Griffiths, N. W. (2003). **Successful Silage**. Australia: Dairy Research and Development Corporation and New South Wales Agriculture.
- Martinez, R. M., Mezquita, P. C., Bermúdez, P. & Muñoz, R. B. (2012). Use of food wastes for the production of lactic silage. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. 55(1), 115-126.
- McDonald, P., Edwards, R. A. & Greenhalgh, J. F. D. (2002). **Animal Nutrition**. 6th ed. Harlow, England: Pearson Education Limited.
- McDonald, P., Edwards, R. A., J Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson R. G. (2011). **Animal Nutrition**. 7th ed. Harlow, England: Pearson Education Limited.
- McDonald, P., Henderson, A. R. & Heron S. J. E. (1991). **The biochemistry of silage**. 2nd ed. EdCenterbury, UK: Chalcombe publications.
- Meenongyai, W., Virote, P., Stelzleni, A., Sethakul, J. & Duangjinda, M. (2017). Effects of forage ensiling and ration fermentation on total mixed ration pH, ruminal fermentation and performance of growing Holstein-Zebu cross steers. **Animal Science Journal**. 88(9), 1372-1379.
- Muck, R. E. (2010). Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 39 (suppl spe), 183-191.
- Statistical Analysis Systems Institute (SAS). (1998). **SAS/STAT User's Guid 6. Version 9.1**. 12th ed. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Subepang, S., Suzuki, T., Phonbumrung, T., & Sommart, K. (2019). Enteric methane emissions, energy partitioning, and energetic efficiency of zebu beef cattle fed total mixed ration silage. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**. 32(4), 548-555.
- The Working Committee of Thai Feeding Standard for Ruminant [WTSR]. (2010). **Nutrient requirement of beef cattle in Indochinese Peninsula**. Khon Kaen: Klunghanavithaya Press.
- Varunee, P., Phaikaew, C., Promma, S., Chinvarol, S., Arananant, J., Ritruethai, W. & Angthong, W. (2004). **Silage standards of animal nutrition division**. Bangkok, Thailand: The Agricultural co-operative federation of Thailand. Ltd.

วันรับบทความ (Received date) : 2 ต.ค. 64

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 11 พ.ค. 65

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 29 ก.ค. 65

<https://doi.org/10.55003/kmaj.2023.08.31.001>

ผลการใช้เมล็ดทุเรียนบดเป็นแหล่งพลังงานในอาหารชั้นต่อปริมาณการกินได้ และเมแทบอลิไตในเลือดแพะ

Effects of Durian Seed Meal as Energy Source in Concentrate on Feed Intake and Blood

Metabolites in Goat

ชินกมล แสงรัตน์¹ เทียนทิพย์ ไกรพรหม^{1*} วันวิศา งามพ่องใส² และ ปิตุนาด หนูเสน²

Chuenkamon Sangrat¹, Thaintip Kraiprom^{1*}, Wanwisa Ngampongsai², and Pitunart Noosen²

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้เมล็ดทุเรียนบดเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารชั้น ร่วมกับการใช้ทางใบปาล์มหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อปริมาณการกินได้และเมแทบอลิไตในเลือดแพะ โดยใช้แพะพื้นเมือง เพศผู้ อายุ 1.5 ปี น้ำหนักตัวเฉลี่ย 24.20 ± 1.15 กิโลกรัม จำนวน 5 ตัว ใช้แผนการทดลองแบบ 5×5 ลาตินสแควร์ แบ่งแพะทดลองออกเป็น 5 กลุ่ม ให้แพะได้รับทางใบปาล์มหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบแบบเดิมที่ อาหารชั้นใช้เมล็ดทุเรียนบดทดแทนข้าวโพดบดในระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่า เมล็ดทุเรียนบดมีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ วัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่าย เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกลาง ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน เท่ากับ 32.93, 95.90, 8.48, 0.26, 81.50, 43.76, 24.09 และ 14.32 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ (1,162.28-1,287.03 กรัมต่อตัวต่อวัน) และโปรตีนที่กินได้ (140.32-153.92 กรัมต่อตัวต่อวัน) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุในแพะที่ได้รับเมล็ดทุเรียนบดทดแทนข้าวโพดบดในระดับ 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าแพะที่ได้รับเมล็ดทุเรียนบดทดแทนข้าวโพดบดในระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ (837.30 กรัมต่อตัวต่อวัน) นอกจากนี้ ค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น กลูโคส และยูเรียไนโตรเจนในเลือดของแพะทุกกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าสามารถใช้เมล็ดทุเรียนบดเป็นแหล่งพลังงานในอาหารชั้นสำหรับแพะได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ และเมแทบอลิไตในเลือดแพะ

คำสำคัญ: เมล็ดทุเรียนบด ปริมาณการกินได้ เมแทบอลิไตในเลือด แพะ

Abstract

This research aimed to study the effect of Durian seed meal for energy source in concentrate and oil palm frond silage as roughage source on feed intake and blood metabolites in goat. Five Thai Native male goats, 1.5 years old with average body weight (BW) of 24.20 ± 1.15 kg, were used as an experimental subject arranged in 5×5 Latin Square Design. The goats were fed with oil palm frond silage under *ad libitum*. Corn meals in the concentrate durian seed meal (at 0, 25, 50, 75 and 100%). The results showed that durian seed meal composed of dry matter, organic matter, crude protein, crude fat, nitrogen free extract, neutral detergent fiber, lignocellulose and lignin at 32.93, 95.90, 8.48, 0.26, 81.50, 43.76, 24.09 and 14.32 %, respectively. The dry matter intake (1,162.28-1,287.03 g/h/d) and protein intake (140.32-153.92 g/h/d) were not significantly different among each treatment. However, the organic matter intake in treatment fed with durian seed meal at 50 and 100% was significantly higher than 25% (837.30 g/h/d) ($P<0.05$). Moreover, pack cell volume, blood glucose and blood urea nitrogen of all groups were not significantly differences ($P>0.05$). It can be concluded that the use of durian seed meal in substitution of corn meal (100%) as the energy source in concentrate did not affect feed intake and blood metabolites in goat.

Keywords: durian seed meal, feed intake, blood metabolites, goat

¹ สาขาวิชาวิทยาการเกษตรและประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

² สาขาวิชานวัตกรรมการผลิตสัตว์และการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี 94000.

¹ Department of agricultural and fishery science Faculty of Science and Technology Prince of Songkla University, Pattani

² Animal Production Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla
Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University Pattani campus, Muang, Pattani 94000 THAILAND.

* Corresponding author: thaintip.k@psu.ac.th

คำนำ

แพะ เป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ในชนบทของประเทศที่กำลังพัฒนาดังเช่นในประเทศไทย เนื่องจากเป็นสัตว์ที่ขยายพันธุ์ได้เร็ว อายุการเป็นหนุ่มเป็นสาวสั้น และมีระยะตั้งท้องสั้น (150 วัน) สามารถให้ลูกครั้งละ 1-4 ตัว และให้ลูกได้ปีละ 2 ครอก ใช้พื้นที่ในการเลี้ยงต่อตัวน้อย มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะทนความร้อนจากแสงแดดได้ดีกว่าสัตว์ชนิดอื่น ซึ่งในพื้นที่ภาคใต้เป็นแหล่งที่เลี้ยงแพะมากที่สุดของประเทศและยังเป็นแหล่งบริโภคเนื้อแพะมากที่สุดเนื่องจากในสามจังหวัดชายแดนใต้มีกลุ่มผู้นับถือศาสนาอิสลามเป็นจำนวนมากที่ใช้แพะประกอบพิธีกรรมทางศาสนา (Cheva-Isarakul, 2003) นอกจากนี้แพะยังเป็นสัตว์ที่สามารถใช้เศษเหลือทางการเกษตรเป็นอาหารได้ ในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนใต้ภาครัฐได้มีการส่งเสริมการปลูกทุเรียนเพิ่มมากขึ้น ทำให้พื้นที่ปลูกทุเรียนพัฒนาขึ้นอย่างเป็นระบบ โดยพื้นที่สามจังหวัดชายแดนใต้มีพื้นที่ในการปลูกทุเรียน 82,648 ไร่ ผลผลิตรวม 66,750 ตัน โดยให้ผลผลิต 2,140 กิโลกรัมต่อไร่ ในจังหวัดยะลาเนื้อที่ให้ผลผลิตทุเรียนมากกว่าจังหวัดปัตตานีและนราธิวาส (Office of Agricultural Economics [OAE], 2020) และมีโรงงานแปรรูปทุเรียนในพื้นที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งในกระบวนการแปรรูปของโรงงานทุเรียนส่งผลให้มีเศษเหลือทิ้ง เช่น เปลือกทุเรียน และเมล็ดทุเรียน โดยทุเรียน 1 ผลมีส่วนประกอบของเปลือกทุเรียนร้อยละ 50-60 เมล็ดทุเรียนร้อยละ 10-20 (Purnomo *et al.*, 2016) ดังนั้นจึงมีเมล็ดทุเรียนเหลือทิ้ง 13,350-16,687 ตันต่อปี จึงส่งผลให้แต่ละปีมีเศษเหลือทิ้งจากเมล็ดทุเรียนจำนวนมาก (OAE, 2020) Brown *et al.* (2001) รายงานว่า เมล็ดทุเรียนมีแป้งชนิดอะไมโลสสูงถึง 78 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 7 เปอร์เซ็นต์ และมีไตรกลีเซอไรด์ในปริมาณที่ต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ (Ninlanon *et al.*, 2019) รายงานว่า คุณค่าทางโภชนาของเมล็ดทุเรียนมีโปรตีน 6.45-7.28 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 0.75-2.17 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.96-2.33 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วง 80.77-82.29 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.05 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส 0.34 เปอร์เซ็นต์ พลังงานรวม 3,604.44 กิโลแคลต่อกิโลกรัม (Waramit *et al.*, 2016)

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่นิยมปลูกในพื้นที่ภาคใต้ โดยมีผลผลิตปาล์มน้ำมันสูงถึง 7.05 ล้านตันต่อปี (Vitidsant, 2010) ทางใบปาล์มน้ำมันเป็นผลพลอยได้จากการปลูกปาล์มน้ำมัน โดยทั่วไปเกษตรกรจะตัดทางใบปาล์มทุกครั้งที่เกิดเกี่ยวผลปาล์ม เกษตรกรจะเก็บเกี่ยวผลผลิตปาล์มทุก ๆ 15 วัน ดังนั้นในแต่ละเดือนจะมีการตัดทางใบปาล์มออกอย่างน้อย 2 ทางต่อต้น หรือคิดเป็น 44 ทางใบต่อไร่ เมื่อใช้อัตราการปลูก 22 ต้นต่อไร่ ทำให้มีทางใบปาล์มที่ตัดทิ้งเป็นจำนวนมาก (Lunsin *et al.*, 2017) โดยทางใบปาล์มน้ำมันมีคุณค่าทางโภชนาที่สามารถนำไปเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ (Wan Zahari *et al.*, 2012) ทั้งในรูปแบบสดหรือหมัก โดยพบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันประกอบด้วย วัตถุแห้ง 31.1-35.6 เปอร์เซ็นต์ อินทรีย์วัตถุ 94.7 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 4.7 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 38.5 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 2.1 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 78.7 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 3.2 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ 15.08-21.40 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 55.6 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 18.5 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 22.52-47.35 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.55 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.09 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 5.65 เมกะจูลต่อกิโลกรัม (Ishida & Abu Hassan, 1997; Khamseekhiew *et al.*, 2002; Idris & Mohd, 2003; Wan Zahari & Alimon, 2004) ปัจจุบันราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะแหล่งโปรตีนและพลังงาน ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงได้นำเมล็ดทุเรียนมาพัฒนาเป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารชั้นสำหรับแพะ ร่วมกับทางใบปาล์มน้ำมันหมักซึ่งใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบต่อปริมาณการกินได้ และค่าเมแทบอลิซึมในเลือดของแพะพื้นเมืองเพศผู้ เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบอาหารสัตว์และลดปัญหาขยะที่เกิดจากเศษเหลือทางการเกษตรรวมไปถึงช่วยลดต้นทุนให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะในพื้นที่ภาคใต้ต่อไป

วิธีการศึกษา

สัตว์ทดลองและการให้อาหาร ทำการทดลองในแพะพื้นเมือง เพศผู้ อายุประมาณ 1.5 ปี น้ำหนักตัว 24.20 ± 1.15 กิโลกรัม จำนวน 5 ตัว โดยแพะทดลองมีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง ก่อนเข้าการทดลองแพะทุกตัวได้รับการกำจัดพยาธิภายในและภายนอก การทดลองประกอบด้วย 5 ช่วงการทดลอง แต่ละช่วงการทดลองใช้เวลา 21 วัน รวมระยะเวลา 105 วัน และระยะเก็บตัวอย่าง 6 วัน โดยในช่วงระยะการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

ระยะปรับตัว เป็นช่วงที่ฝึกให้สัตว์มีความคุ้นเคยกับสภาพการทดลองและอาหารทดลองใช้เวลา 15 วัน โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงปรับตัวบนคอกขังเดี่ยว ใช้เวลา 10 วัน สุ่มแพะทดลองตามแผนการทดลอง แพะแต่ละตัวในคอกขังเดี่ยว มีรางอาหารและที่ให้น้ำอยู่ด้านหน้า ให้แพะทุกตัวได้รับอาหารชั้นในระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ตามกลุ่มการทดลอง วันละ 2 ครั้ง และได้รับทางปาล์มหมักเป็นอาหารหยาบแบบเต็มที ช่วงปรับตัวบนกรงทดลองหาการย่อยได้ ใช้เวลา 5 วันโดยเลี้ยงแพะแต่ละตัวใน

ทรงทดลองหาการย่อยได้ มีร่างกายและที่ให้น้ำอยู่ด้านหน้า ให้แพะทุกตัวได้รับอาหารชั้นในระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ตามกลุ่มการทดลองวันละ 2 ครั้ง และได้รับอาหารหยาบแบบเต็มที่ ทำการวัดปริมาณอาหารที่ให้และปริมาณอาหารที่เหลือในวันถัดไป และคำนวณปริมาณการกินได้อย่างอิสระ โดยใช้แผนการทดลองแบบ 5×5 จัตรัสลาติน โดยแพะแต่ละตัวจะได้รับ การสุ่มเข้ากลุ่มการทดลองและให้อาหารชั้นตามกลุ่มการทดลองดังนี้ กลุ่มที่ใช้เมล็ดทุเรียนทดแทนข้าวโพด 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยอาหารชั้นทุกสูตรคำนวณโภชนะความต้องการของแพะ ตามคำแนะนำของ NRC (1981) ดังแสดงใน Table 1 ส่วนอาหารหยาบที่ใช้ในการทดลองคือ ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก โดยใช้ทางใบปาล์มสับให้มีขนาด 1-2 เซนติเมตร นำมาใส่ถังหมักเป็นระยะเวลา 30 วัน โดยให้แพะได้รับทางใบปาล์มหมักแบบเต็มที่ (*ad libitum*) วิเคราะห์กรดไขมันระเหยง่าย (Volatile fatty acid; VFA) โดยใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography และค่าความเป็นกรดต่างตามวิธีการของ Bolsen *et al.*, (1990)

การเก็บข้อมูลและการเก็บตัวอย่าง

- บันทึกปริมาณการกินได้ของอาหารชั้นและอาหารหยาบตลอดระยะทดลอง โดยชั่งน้ำหนักและปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือ เพื่อนำมาคำนวณปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน
- การเก็บตัวอย่างเลือด ในวันสุดท้ายของแต่ละช่วงทดลอง ทำการเก็บตัวอย่างเลือดก่อนให้อาหาร (0 ชั่วโมง) และหลังให้อาหาร 4 ชั่วโมง โดยเก็บจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ เพื่อนำมาวิเคราะห์ยูเรียไนโตรเจนในเลือดตามวิธีการ Stanbio Urea Nitrogen Liquid-UV Procedure No. 2020 ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นตามวิธีการ Centrifuge โดยใช้เครื่อง Haematokrit 24 และความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดตามวิธีการ Stanbio Glucose Liquicolor (Oxidase) Procedure No. 1070 โดยใช้เครื่อง Pokler italia 125 และได้ปฏิบัติตามคณะกรรมการการกำกับดูแลและใช้สัตว์ของสถาบันมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ รหัสโครงการ 2022-FNR02-005

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ 5×5 จัตรัสลาติน และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1996) ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel & Torrie, 1980)

Table 1 Ingredient concentrate used in goats and nutritive value (% dry matter basis).

Ingredient (Kilogram)	Durian seed level in concentrated formula (Percent)				
	0	25	50	75	100
Corn meal	82.18	60.88	40.00	18.29	0.00
Durian seed meal	0.00	21.00	41.58	63.00	80.94
soybean meal	14.82	14.62	14.42	14.21	14.06
Premix	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Molasses	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Palm oil	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Nutritive value (Percent)¹					
Crude Protein	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
Total digestible nutrient	83.70	82.20	80.74	79.20	77.99

¹ the nutritive value is calculated according to the recommendations of NRC (1981).

ผลการศึกษาและวิจารณ์

คุณค่าทางโภชนาของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก พบว่า มีค่าวัตถุแห้ง 41.26 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 9.42 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 12.31 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรดต่าง 4.1 เปอร์เซ็นต์ และค่ากรดไขมันระเหยง่าย (Volatile fatty acid; VFA) แลคติก 3.74 เปอร์เซ็นต์ บิวทีริก 0.19 เปอร์เซ็นต์ และอะซิติก 0.55 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีคุณภาพดี โดย Tadsri (2004) รายงานว่า พืชหมักที่มีคุณภาพดีมีค่าความเป็นกรดต่าง 3.8-4.2 กรดแลคติก 1.5-14 เปอร์เซ็นต์ กรดอะซิติก 0.5-0.8 เปอร์เซ็นต์ กรดบิวทีริกน้อยกว่า 0.1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนคุณค่าทางโภชนาของเมล็ดทุเรียนบดแห้ง พบว่า เมล็ดทุเรียนบดแห้งมีค่าอินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า เยื่อใยรวม ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก ฟีนอลิก ลิกโนเซลลูโลส ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลสบนฐานวัตถุแห้ง เท่ากับ 95.90, 8.48, 0.26, 4.10, 5.66, 81.50, 43.76, 24.09, 14.32, 19.67, 9.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ การศึกษาในครั้งนี้ พบว่า เมล็ดทุเรียนมีคุณค่าทางโภชนาใกล้เคียงกับข้าวโพดบด ซึ่งข้าวโพดบดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งพลังงานหลักในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ มีค่ายอดโภชนาที่ย่อยได้ (total digestible nutrients; TDN) ประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ และมีโปรตีนรวม 8 เปอร์เซ็นต์ (NRC, 2000; Department of Livestock Development [DLD], 2008) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าสูตรอาหารชั้นที่ใช้เมล็ดทุเรียนแห้งบดเพิ่มขึ้นส่งผลต่อปริมาณเยื่อใยที่เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณไขมันมีแนวโน้มที่ลดลงเนื่องจากเมล็ดทุเรียนมีไขมันน้อยกว่าข้าวโพดบด ระดับโปรตีนและเยื่อใยในเมล็ดทุเรียนบดครั้งนี้มีค่าสูงกว่ารายงานของ Ninlanon et al. (2019) ที่รายงานว่าเมล็ดทุเรียนมีความชื้น 6.86-8.93 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 6.45-7.28 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 0.75-2.17 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงใน Table 2

Table 2 The chemical composition of concentrated feed in goats fed use durian seed as an energy source substitute for corn meal.

Parameter	Durian seed meal	Oil palm frond silage	Durian seed level in concentrated formula (Percent)				
			0	25	50	75	100
Dry matter	32.93	41.20	93.86	93.68	93.76	92.75	93.13
Organic matter ¹	95.90	94.70	96.71	95.8	95.7	95.38	95.25
Crude Protein	8.48	9.42	15.3	15.08	15.34	16.16	16.5
Ether extract	0.26	2.30	5.93	3.83	4.79	2.79	1.49
Ash	4.10	12.31	3.29	4.20	4.30	4.62	4.75
Crude Fiber	5.66	44.80	4.13	4.73	4.94	5.33	5.60
NFE ²	81.50	23.72	71.36	72.16	70.64	71.10	71.66
NDF	43.76	66.50	35.48	39.56	42.1	44.48	46.52
ADF	24.09	51.40	5.93	11.14	13.89	18.59	22.54
ADL	14.32	32.15	0.79	3.29	5.14	9.38	12.15
Hemicellulose ³	19.67	18.50	29.55	28.41	28.2	25.89	23.98
Cellulose ⁴	9.77	19.25	5.13	7.85	8.75	9.22	10.39
GE	4,320.75	4,903.16	4.55	4.46	4.43	4.37	4.29
	Kcal/kg	Kcal/kg	Mcal/kg	Mcal/kg	Mcal/kg	Mcal/kg	Mcal/kg

¹Organic matter = Dry matter – Ash.

²NFE = 100 – (% Crude Protein + % Crude Fiber + % Ether extract + % Ash).

³Hemicellulose = %NDF – %ADF.

⁴Cellulose = %ADF – %ADL.

จาก Table 3 แสดงปริมาณการกินได้ของแพะเนื้อที่ใช้เมล็ดทุเรียนแห้งบดเป็นแหล่งพลังงาน พบว่า สูตรอาหารชั้นที่ใช้เมล็ดทุเรียนแห้งบดเพิ่มขึ้น 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ในสภาพสด ปริมาณการกินได้บนฐานวัตถุดิบแห้ง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวเมแทบอлик ส่วนปริมาณการกินได้ของโกขนะ พบว่า ปริมาณการกินได้ของโปรตีนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุของแพะที่ได้รับเมล็ดทุเรียนแห้งบดเป็นแหล่งพลังงานในระดับ 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์มีแนวโน้มสูงกว่าแพะที่ได้รับเมล็ดทุเรียนแห้งบดเป็นแหล่งพลังงานในระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้และย่อยได้ คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ประกอบด้วย กลูโคส ฟรุคโตส ซูโครส พรุคแทน (Müller et al., 2016) ในเมล็ดทุเรียนบดมีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (81.50 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าข้าวโพดบด (79.38 เปอร์เซ็นต์) (DLD, 2004) เมล็ดทุเรียนบดอาจมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้และย่อยได้ง่ายมากกว่าเมล็ดข้าวโพดบด จึงส่งผลให้แพะที่ได้รับเมล็ดทุเรียนแห้งบดที่ระดับมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุที่สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับข้าวโพดบด (Bhatt et al., 2016) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Miller et al. (2001) ที่ศึกษาระดับคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ 2 ระดับ คือคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำระดับสูงและระดับต่ำในหญ้าไรย์ต่อปริมาณการกินได้และปริมาณน้ำนมของโคนม พบว่าโคนมที่ได้รับหญ้าไรย์ที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำในระดับสูงมีค่าปริมาณการกินได้และปริมาณน้ำนมมากกว่าโคนมที่ได้รับหญ้าไรย์ที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในระดับต่ำ

Table 3 Effect of Durian seed level in concentrated on feed intake in goats fed as an energy source substitute for corn meal.

Parameter	Durian seed level in concentrated formula (Percent)					SEM	P-value
	0	25	50	75	100		
Total feed intake (g/d) (% as fed basis)							
	2,275.50	2,256.80	2,557.20	2,324.80	2,261.10	32.42	0.95
Total feed intake (% dry matter basis)							
g/d	1,165.33	1,175.61	1,290.75	1,162.28	1,287.03	67.37	0.17
% Body weight	5.02	4.93	5.31	4.99	4.93	0.41	0.99
g/kgBW ^{0.75}	106.58	106.72	117.42	108.61	118.25	6.09	0.15
Crude Protein intake (g/d)							
	141.31	142.53	153.92	140.32	153.36	6.39	0.16
Organic matter intake (g/d)							
	837.30	1,058.50	1,168.40	1,054.70	1,164.50	42.84	0.07

ระดับกลูโคส ยูเรียไนโตรเจน และปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของแพะที่ได้รับเมล็ดทุเรียนแห้งบดเป็นแหล่งพลังงานแสดงใน Table 4 พบว่า ที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร ระดับกลูโคสในเลือดในกลุ่มที่ได้รับเมล็ดทุเรียน 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับเมล็ดทุเรียนในระดับ 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าเฉลี่ยพบว่ากลุ่มที่ได้รับเมล็ดทุเรียนในระดับ 0, 25 และ 100 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับเมล็ดทุเรียนในระดับ 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนค่าความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนที่ 0 ชั่วโมง พบว่า แพะที่ได้รับเมล็ดทุเรียนในสูตรอาหารชั้นที่ระดับ 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีระดับยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดสูงกว่าแพะที่ได้รับเมล็ดทุเรียนในสูตรอาหารชั้นที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม ระดับยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารและค่าเฉลี่ยมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นที่ 0 ชั่วโมง ในแพะที่ได้รับเมล็ดทุเรียนในสูตรอาหารชั้นที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงกว่าแพะที่ได้รับเมล็ดทุเรียนในสูตรอาหารชั้นที่ระดับ 25, 0, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยของปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร ในแพะที่ได้รับเมล็ดทุเรียนในสูตรอาหารชั้นที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงกว่าแพะที่ได้รับเมล็ดทุเรียนในสูตรอาหารชั้นที่ระดับ 0, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ระดับกลูโคสในเลือดของแพะทุกกลุ่มอยู่ในช่วง 54.60-62.20 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรซึ่งอยู่ในระดับปกติ โดยระดับกลูโคสอยู่ในช่วงปกติและบ่งบอกถึงสภาวะสมดุลของพลังงานในร่างกายแพะซึ่งอยู่ในช่วงปกติคือ 50-75 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Kaneko, 1989) ความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนอยู่ในช่วง 20.54-24.49 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งอยู่ในช่วงระดับปกติ ซึ่งระดับยูเรียไนโตรเจนในเลือดแพะในระดับปกติมีค่าอยู่ในช่วง 11.2-27.7 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Lloyd, 1982) ปริมาตรเม็ดเลือด

แดงอัดแน่นของแพะทุกกลุ่มอยู่ในช่วงปกติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 27.80-32.00 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นที่ระดับปกติ มีค่าอยู่ในช่วง 22-38 เปอร์เซ็นต์ (Jain, 1993)

Table 4 Effect of Durian seed level in concentrated on blood glucose blood urea nitrogen and Packed cell volume in goats fed as an energy source substitute for corn meal.

Blood metabolites	Durian seed level in concentrated formula (Percent)					SEM	P-value
	0	25	50	75	100		
Blood glucose (mg/dl)							
0 h-post feeding	56.60	56.40	54.60	54.80	56.60	3.22	0.20
4 h	62.20 ^a	60.20 ^{ab}	58.00 ^{bc}	56.80 ^c	59.80 ^{abc}	0.98	0.00
Mean	59.40 ^a	58.30 ^a	56.30 ^b	55.80 ^b	58.20 ^a	1.67	0.01
Blood urea nitrogen (mg/dl)							
0 h-post feeding	23.34 ^{ab}	22.57 ^{ab}	24.29 ^a	24.49 ^a	21.93 ^b	0.61	0.00
4 h	20.98	20.54	23.44	23.59	21.78	0.06	0.06
Mean	22.16	21.56	23.86	24.04	21.85	0.09	0.09
PCV (%)							
0 h-post feeding	30.40 ^c	31.00 ^b	32.00 ^a	30.00 ^c	28.80 ^d	0.00	0.00
4 h	29.40	30.20	30.20	30.00	27.80	0.17	0.17
Mean	29.90 ^b	30.60 ^{ab}	31.10 ^a	30.00 ^b	28.30 ^c	0.00	0.00

a, b, c Means within rows followed with different superscript letters are statistically different (P<0.05).

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษานี้ พบว่า เมล็ดทุเรียนแห้งบดเป็นแหล่งพลังงานที่ดีสำหรับสัตว์ โดยมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับข้าวโพดบดซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลัก การใช้เมล็ดทุเรียนบดแห้งเป็นแหล่งในสูตรอาหารชั้นรวมกับการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ ในแพะพื้นเมืองเทศผู้ พบว่า สูตรอาหารชั้นที่ใช้เมล็ดทุเรียนบดแห้งในระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารชั้นเป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับแพะ เนื่องจากมีปริมาณการกินได้ของรวมและปริมาณการกินได้ของโปรตีนที่สูงที่สุด อีกทั้งยังไม่ส่งผลกระทบต่อค่าเมแทบอลิซึมในเลือดแพะ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนงบประมาณโครงการนวัตกรรมอาหารผสมสำเร็จจากเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรและอุตสาหกรรมสำหรับแพะเนื้อและแพะนมในภาคใต้ ภายใต้แผนงานวิจัย พัฒนา และขับเคลื่อนการเลี้ยงแพะของภาคใต้ พ.ศ. 2563-2565

เอกสารอ้างอิง

- Bhatt, H. D., Kelawala, N. H., Dabas, V. S., Bhatt, R. H., Jhala, S. K., Suthar, D. N. & Dodia, V. D. (2016). Incidence of hoof disorders in bovine of south Gujarat. *International Journal of Science Environment and Technology*. 5(5), 3346-3351.
- Bolsen, K. K., Curtis, J. L., Lin, C. J. & Dickerson, J. L. (1990). Silage inoculant and indigenous micro flora with emphasis on alfalfa. In *The 6th Biotechnology in the feed industry proceeding of Altech's sixth annual symposium*. (pp. 431-443). Kentucky: Altech Technology Publication.

- Brown, M. J., Hor, Y. L. & Greenwood, J. S. (2001). Reserve accumulation and protein storage vacuole formation during development of recalcitrant seeds of *Durio zibethinus* L. **Seed Science Research Journal**. 11(4), 293-303.
- Cheva-Isarakul, B. (2003). **Raising and managing goats**. Chiang Mai: Faculty of Agriculture Chiang Mai University. (in Thai).
- Department of Livestock Development [DLD]. (2004). **Nutritive values of feed stuff**. Bangkok: Printing House of the Agricultural Cooperative Association of Thailand Limited. (in Thai).
- Department of Livestock Development [DLD]. (2008). **Nutrient Requirements of Beef Cattle in Thailand**. Retrieved from: <https://pvlo-cmi.dld.go.th>. (in Thai).
- Idris, A. B. & Mohd, N. (2003). Role of silage from fodder, crop residues and agro-industrial by-products in commercial livestock production. In **The 2nd Forage and feed resources in commercial livestock production system**. (pp. 99-103). Kuala Lumpur: Malaysia.
- Ishida, M. & Abu Hassan, O. (1997). Utilization of oil palm frond as cattle feed. **Japan Agricultural Research Quarterly**. 31(1), 41-47.
- Jain, N. C. (1993). **Essential of Veterinary Heamatology**. Philadelphia: Lea & Febiger.
- Kaneko, J. J. (1989). **Clinical Biochemistry of Domestic Animal**. 4th ed. California: Academic Oress Inc.
- Khamseekhiew, B., Liang, J. B., Jelan, Z. A. & Wong, C. C. (2002). Fibre degradability of oil palm frond pellet, supplemented with *Arachis pinto* in cattle. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**. 24(2), 209-216. (in Thai).
- Lloyd, S. (1982). Blood characteristics and the nutrition of ruminants. **British Veterinary Journal**. 138(1), 70-85.
- Lunsin, R., Duanayi, S., Pilajun, R., Cherdthong, A. & Wanapat, M. (2017). Effect of level of oil palm front pellet replacement concentrate on milk yield and economical of return in lactating dairy cow. **Khon kaen Agricultural Journal**. 45(1), 654-659. (in Thai).
- Miller, L. A., Moorby, J. M., Davies, D. R., Humphreys, M. O., Scollan, N. D., MacRae, J. C. & Theodorou, M. K. (2001). Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.): milk production from late-lactation dairy cows. **Grass and Forage Science**. 56(4), 383-394.
- Müller C. E., Nostell K. & Bröjer, J. (2016). Methods for reduction of water soluble carbohydrate content in grass forages for horses. **LivestockScience**. 186(Suppl.1), 46-52.
- Ninlanon, W., Puttame, K. & Sawasdikan, J. (2019). Effects of Durian Seed Preparation on Durian Seed Flour Properties. **Rajabhat Rambhai Barni Research Journal**. 13(3), 114-119. (in Thai).
- Nutrient requirements [NRC]. (1981). **Nutrient Requirements of goat: Angora, dairy and meat goats in temperate and Tropical countries**. Nutrient requirements of Domestic Animals. 15th ed. Washington, DC: National Acedemes of Science.
- Nutrient requirements [NRC]. (2000). **National research council Nutrient requirement of beef cattle**. 70th ed. Washington, DC: Academy Press.
- Office of Agricultural Economics [OAE]. (2020). **Agricultural product production information**. Retrieved from: <http://mis-app.oae.go.th>. (in Thai).
- Purnomo, A., Yudiantoro, Y. A. W., Putro, J. N., Nugraha, A. T., Irawaty, W. & Ismadji, S. (2016). Subcritical water hydrolysis of durian seeds waste for bioethanol production, **International Journal of Industrial Chemistry**. 7(3), 29-37.
- Statistical Analysis System [SAS]. (1996). **SAS User's Guide. Version 6.12**. North Carolina: SAS Institute Inc.
- Steel, R. G. D. & Torrie, J. H. (1980). **Principles and Procedures of Statistics: A Biometerial Approach**. 2nd ed. New York: McGraw-Hill.
- Tadsri, S. (2004). **Tropical forage grasses**. Bangkok: Kasetsart University Press. (in Thai).
- Vitidsant, T. (2010). **Position paper on biofuel development in Thailand**. Bangkok: Center of Flues and Energy from Biomass. (in Thai).
- Wan Zahari, M. & Alimon, A. R. (2004). **Use of palm kernel cake and oil palm by-products in compound feed**. In Oil Palm Developments. (pp. 5-9). Selangor: Universiti Putra Malaysia.
- Wan Zahari, M., Alimon, A. R. & Wong, H. K. (2012). **Utilization of oil palm co-products as feed for livestock in Malaysia**. Kelantan: Universiti Malaysia Kelantan.
- Waramit, W., Phuangborisut, S., Wetchagool, W., Wetchagool, N. & Phattapanit, V., (2016). Effect of Dietary Substitution of Durian Seed Starch for Broken Rice on Productive Performance in Broiler. **Prawarun Agricultural Journal**. 13(2), 145-152. (in Thai).

วันรับบทความ (Received date) : 20 มิ.ย. 65

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 7 เม.ย. 66

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 1 พ.ค. 66

<https://doi.org/10.55003/kmaj.2023.08.31.002>

การใช้เปลือกกล้วยหินหมักร่วมกับข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับแพะนมเพศเมียหลังหย่านม

The Utilization of Saba Banana Peel Silage with Corn Silage as Roughage Source for Weaning Female Dairy Goat

ฮัยซา เปาะแต¹ เทียนทิพย์ ไกรพรหม^{1*} พจนารถ แก่นจันทร์¹ และ สิทธิศักดิ์ จันทรรัตน์¹
Haisa Pohtae¹, Thaintip Kraiprom^{1*}, Pochanart Kanjan¹, and Sitthisak Jantarat¹

บทคัดย่อ

การศึกษาคูณค่าทางโภชนาของเปลือกกล้วยหินหมักเพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับแพะนมเพศเมียหลังหย่านม โดยใช้แพะนมลูกผสมซาแนน 87.5% อายุ 7 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 14.10±1.52 กิโลกรัม จำนวน 5 ตัว อาหารทดลองแบ่งออกเป็น 5 ทรีทเมนต์ ในการทดลองใช้แผนการทดลองแบบ 5×5 ลาตินสแควร์ โดยทรีทเมนต์ที่ 1 ข้าวโพดหมักร่วมกับเปลือกกล้วยหินหมัก 80:20 ทรีทเมนต์ที่ 2 ข้าวโพดหมักร่วมกับเปลือกกล้วยหินหมัก 60:40 ทรีทเมนต์ที่ 3 ข้าวโพดหมักร่วมกับเปลือกกล้วยหินหมัก 40:60 เปอร์เซ็นต์ ทรีทเมนต์ที่ 4 ข้าวโพดหมักร่วมกับเปลือกกล้วยหินหมัก 20:80 เปอร์เซ็นต์ และทรีทเมนต์ที่ 5 เปลือกกล้วยหินหมัก 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเปลือกกล้วยหินหมักมีค่าความเป็นกรดต่าง 4.57 กรดแลกติก 3.69 เปอร์เซ็นต์ กรดบิวทริก 0.00 เปอร์เซ็นต์ กรดอะซิติก 1.51 เปอร์เซ็นต์ วัตถุแห้ง 11.35 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 7.95 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 12.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ อาหารข้น และปริมาณการกินได้รวมบนฐานวัตถุแห้ง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปริมาณการกินได้บนฐานเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวและปริมาณการกินได้บนฐานกรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัม น้ำหนักเมทาบอลิซึมต่อตัวต่อวัน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาค่าเมแทบอลิซึมในเลือดพบว่า ค่ากลูโคสในเลือด ค่ายูเรียไนโตรเจนในเลือด และค่าเม็ดเลือดอัดแน่นที่ 0 ชั่วโมง, 4 ชั่วโมง และค่าเฉลี่ย มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นจึงสามารถใช้เปลือกกล้วยหินหมัก 100 เปอร์เซ็นต์เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับแพะนมเพศเมียหลังหย่านมได้

คำสำคัญ: เปลือกกล้วยหินหมัก ข้าวโพดหมัก ปริมาณอาหารที่กิน แพะนม

Abstract

The objective of this study was to determine the nutritive value of saba banana peel silage as roughage source in weaning female dairy goat. Five Saanen dairy goats (87.5%), aged 7 months old with an average bodyweight of 14.10±1.52 kg, were studied. Five treatments, in 5×5 Latin squares Design (LSD), were designed. Treatment 1: corn silage with saba banana peel silage (80:20), Treatment 2: corn silage with saba banana peel silage (60:40), Treatment 3: corn silage with saba banana peel silage (40:60, Treatment 4: corn silage with saba banana peel silage (20:80) and Treatment 5: saba banana peel silage 100% were used in the experiment. The results show that pH, lactic acid, butyric acid, acetic acid, dry matter, protein and ash of saba banana peel silage were 4.57, 3.69, 0.00, 1.51, 11.35, 7.95 and 12.5%, respectively. The feed intake of roughage, feed intake of concentrate and total feed intake on percent body weight and metabolic weight showed no significant difference among treatment ($P>0.05$). Moreover, blood glucose, blood Urea nitrogen and hematocrit at 0 hr, 4 hr and mean were not significant different among treatment ($P>0.05$). In conclusion 100% of Saba banana peel silage can be utilized for raising weaning dairy goat.

Keywords: saba banana peel silage, corn silage, feed intake, dairy goat

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี 94000.

¹ Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University Pattani campus, Muang, Pattani 94000 THAILAND.

* Corresponding author: thaintip.k@psu.ac.th

คำนำ

ปัจจุบันเกษตรกรนิยมเลี้ยงแพะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากแพะเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สามารถทำรายได้ให้แก่เกษตรกร ดูแลและจัดการได้ง่ายกว่าสัตว์ชนิดอื่น ๆ เนื่องจากมีขนาดเล็กเหมาะสำหรับการเลี้ยงได้ทั่วไป เป็นสัตว์ที่สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี และสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพนั้น ๆ ได้ดีอีกด้วย สามารถกินอาหารได้หลากหลาย เช่น หญ้า ไม้พุ่ม ไม้เลื้อย วัชพืช ข้าวโพดหมัก และเศษเหลือจากการเกษตร หรือปล่อยให้แพะเล็มในทุ่งหญ้า (Omanee, 2017) ปัจจุบันเกษตรกรนิยมเลี้ยงแพะนมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากปัญหาทางด้านสุขภาพ การแพ้นมโคในเด็กจึงหันมาบริโภคน้ำนมแพะ และนมแพะยังสามารถย่อยได้ง่ายและเร็ว (Maathuis et al., 2017) ในปี พ.ศ. 2563 สำนักงานสถิติกรมปศุสัตว์รายงานว่าประเทศไทยมีจำนวนแพะนมทั้งสิ้น 26,680 ตัว เกษตรกรนิยมเลี้ยงแพะนมในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้และกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล (Department of Livestock Development [DLD], 2020) การเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในพื้นที่ภาคใต้ มักจะประสบกับปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบและต้นทุนค่าอาหารชั้นมีราคาเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้ต้องใช้ต้นทุนการผลิตสัตว์มากกว่าปกติ การนำวัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้เลี้ยงสัตว์จึงอาจเป็นแนวทางในการลดต้นทุนในการผลิตแพะได้ ต้นข้าวโพดหวานหลังจากการเก็บเกี่ยวฝักทั้งในรูปสดและหมักจัดเป็นเศษเหลือจากการเกษตรที่มีคุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างดี มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โปรตีน 8.2 เปอร์เซ็นต์ เกษตรกรสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ (Yammuen-Art et al., 2000) นอกจากนั้นการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรทั้งในชุมชนและในโรงงานอุตสาหกรรมมีเศษเหลือจากกระบวนการผลิตจำนวนมาก ซึ่งเศษเหลือเหล่านั้นมีคุณค่าทางโภชนาการที่สามารถนำมาเป็นอาหารสัตว์ได้ (Phonmun et al., 2015) กล้วยหินมีถิ่นกำเนิดอยู่บริเวณสองฝั่งของแม่น้ำปัตตานีในพื้นที่ อ.บันนังสตา จ.ยะลา เป็นพืชท้องถิ่นและเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของจังหวัดยะลา โดยจังหวัดยะลาที่มีพื้นที่ปลูกกล้วยหินจำนวน 4,170 ไร่ ได้ผลผลิตจำนวน 5,176 ตัน (Sukkasam et al., 2014) เปลือกกล้วยหินเป็นหนึ่งในเศษเหลือทางการเกษตรที่เหลือจากการแปรรูปทำกล้วยฉาบซึ่งสามารถนำมาทำเป็นอาหารสัตว์ได้ จากการศึกษาของ Mukthang et al. (2020) รายงานว่าเปลือกกล้วยมีโปรตีนหยาบ 6.16 เปอร์เซ็นต์ ไขมันหยาบ 6.11 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยหยาบ 16.11 เปอร์เซ็นต์และพลังงานรวมถึง 4,158 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ส่วนเปลือกกล้วยหมักมีโปรตีนหยาบ 11.42 เปอร์เซ็นต์ ไขมันหยาบ 7.94 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยหยาบ 21.29 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 14.94 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 3,736 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และจากการศึกษาของ Ramdani et al. (2003) รายงานว่าสามารถใช้เปลือกกล้วยไซ้ทดแทนอาหารหยาบได้ 10-40 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารแกะ นอกจากนั้น Laorodphan et al. (2021) รายงานว่าโคขุนลูกผสมชาร์โรเลย์ตอนที่ใช้เปลือกกล้วยหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบมีน้ำหนักเพิ่มสูงกว่าโคขุนที่ได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นอาหารหยาบ Mukthang et al. (2020) ศึกษาการใช้เปลือกกล้วยหมักต่อผลผลิตน้ำนมในแพะรีดนมโดยพบว่าผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนมของแพะที่ได้รับหญ้าขนและเปลือกกล้วยหมักมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ จึงสามารถนำเปลือกกล้วยหมักมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบได้ ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เปลือกกล้วยหินหมักร่วมกับต้นข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อปริมาณการกินได้ เมแทบอลิซึมในเลือดและจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในกระเพาะรูเมนในแพะนมเพศเมียหลังหย่านม ซึ่งเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือทางการเกษตรในการนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์

วิธีการศึกษา

ทำการหมักเปลือกกล้วยหิน และต้นข้าวโพด โดยการสับให้มีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร จากนั้นทำการบรรจุลงในถังพลาสติกที่มีฝาปิดให้สนิทหมักแบบไม่ใช้อากาศ ใช้ระยะเวลาในการหมัก 21 วัน เก็บไว้ในที่ร่ม และสุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่างตามวิธีการของ Bolsen et al. (1990) ทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acids) ได้แก่ กรดอะซิติก (acetic acid) กรดแลคติก (lactic acid) และกรดบิวทิริก (butyric acid) ในพืชหมักโดยใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารชั้น อาหารหยาบ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีน ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส โดยใช้วิธีวิเคราะห์โดยประมาณ (proximate analysis) ตามวิธีการของ AOAC (1990) สำหรับการวิเคราะห์ผนังเซลล์ (neutral detergent fiber) ลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber) และลิกนิน (acid detergent lignin) ใช้วิธี Detergent method ของ Goering & Van Soest (1970) และวิเคราะห์หาปริมาณแทนนินในเปลือกกล้วยหินก่อนและหลังหมัก 21 วัน ตามวิธีการของ AOAC (1990)

ใช้แพะนมเพศเมียหลังหย่านม อายุ 7 เดือน น้ำหนักตัวเฉลี่ย 14.10 ± 1.52 กิโลกรัม จำนวน 5 ตัว โดยวางแผนการทดลองแบบ 5×5 ลาดินสแควร์ สุ่มให้แพะได้รับอาหารหยาบดังนี้ ทริทเมนต์ที่ 1 ข้าวโพดหมักร่วมกับเปลือกกล้วยหินหมัก 80:20 ทริทเมนต์ที่ 2 ข้าวโพดหมักร่วมกับเปลือกกล้วยหินหมัก 60:40 ทริทเมนต์ที่ 3 ข้าวโพดหมักร่วมกับเปลือกกล้วยหินหมัก 40:60

เปอร์เซ็นต์ ทริทเมนต์ที่ 4 ข้าวโพดหมักร่วมกับเปลือกกล้วยหินหมัก 20:80 เปอร์เซ็นต์ และทริทเมนต์ที่ 5 เปลือกกล้วยหินหมัก 100 เปอร์เซ็นต์ โดยให้แบบเต็ม (ad libitum) โดยให้อาหารวันละ 2 ครั้ง เวลา 08.00 และ 16.00 นาฬิกา แพะทั้ง 5 ตัว ได้รับอาหารชั้นที่มีโปรตีน 20 เปอร์เซ็นต์ ในระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว โดยคำนวณให้มีระดับโภชนาการตามความต้องการของแพะตามคำแนะนำของ NRC (1998) ใช้แผนการทดลองแบบ 5×5 ลาตินสแควร์ ทำการเลี้ยงแพะจำนวน 5 ตัว แบ่งออกเป็น 5 ทริทเมนต์ โดยจะเลี้ยงทั้งหมด 5 รอบ ทำการเลี้ยงแพะบนคอกขังเดี่ยว โดยมีระยะปรับตัว 14 วัน ทำการบันทึกปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน เป็นระยะเวลา 10 วัน เพื่อหาปริมาณการกินได้อย่างอิสระ ทำเก็บสุ่มเก็บตัวอย่างเลือดที่ 0 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร เพื่อนำมาวิเคราะห์ยูเรียไนโตรเจน ในเลือดตามวิธีการ Stanbio Urea Nitrogen Liquid-UV Procedure No. 2020 ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ตามวิธีการ Centrifuge โดยใช้เครื่อง Haematokrit 24 และความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดตามวิธีการ Stanbio Glucose Liquicolor Z(Oxidase) Procedure No. 1070 โดยใช้เครื่อง Pokler italia 125 และทำการสุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ 0 ชั่วโมงกับ และ 4 ชั่วโมง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว เพื่อนำไปตรวจนับจำนวนแบคทีเรียเชื้อราและยีสต์ โดยใช้หยดย่อยจากกระเพาะรูเมนผสมกับสารละลายน้ำเกลือ 0.85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 9 มิลลิลิตร และทำการเจือจางที่ระดับ 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} จนมีระดับความเจือจางถึง 10^{-6} จากนั้นใช้ไมโครปิเปตดูดตัวอย่างปริมาณ 0.1 มิลลิลิตร จากระดับความเจือจาง 10^{-4} , 10^{-5} และ 10^{-6} ใส่ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) และ Potato Dextrose Agar (PDA) เพื่อตรวจนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์กับรา แล้วนำไปหมักที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 - 48 ชั่วโมง จากนั้นตรวจนับจุลินทรีย์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar และ Potato Dextrose Agar โดยคัดเลือกที่ระดับความเจือจางให้มีจำนวนเชื้ออยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี โดยวิธี สเปรดเพลต (spread plate) (Fankhauser, 2012) ส่วนการนับจำนวนโปรโตซัวตามวิธีการของ Galyean (1989)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วยหินหมัก แสดงดัง Table 1 พบว่ามีค่าวัตถุแห้ง 11.35 เปอร์เซ็นต์ อินทรีย์วัตถุ 87.00 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 7.95 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 12.50 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 35.44 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 65.96 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 32.82 เปอร์เซ็นต์ เซลลูโลส 2.6 เปอร์เซ็นต์ และเฮมิเซลลูโลส 30.52 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณแทนนินในเปลือกกล้วยหินหมักเท่ากับ 1.677 เปอร์เซ็นต์ หลังหมัก 21 วัน ปริมาณแทนนินลดลงเหลือ 1.407 เปอร์เซ็นต์ โดยระดับแทนนินถ้ามีค่าต่ำกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นประโยชน์ต่อสัตว์เคี้ยวเอื้อง แทนนินสามารถยับยั้งการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะรูเมนโดยจุลินทรีย์ได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการตกตะกอนกับโปรตีนซึ่งเป็นการเพิ่มโปรตีนไหลผ่านให้เกิดการย่อยสลายในกระเพาะจริงและลำไส้เล็ก เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยและการดูดซึมในลำไส้เล็ก (Reed, 1995) เปลือกกล้วยหินหมักจากการศึกษาในครั้งนี้มีโปรตีนสูงกว่าเปลือกกล้วยหินดิบซึ่ง Laochareonsuk et al. (2002) รายงานว่าเปลือกกล้วยหินดิบมีโปรตีนเท่ากับ 6.82 เปอร์เซ็นต์ วัตถุแห้ง 90.77 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 9.07 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 5.37 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 12.28 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรตย่อยง่าย 57.23 เปอร์เซ็นต์ เปลือกกล้วยหินหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.57 เปอร์เซ็นต์ กรดอะซิติก 1.52 เปอร์เซ็นต์ กรดแลกติก 3.69 เปอร์เซ็นต์ กรดบิวทิริก 0.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของต้นข้าวโพดหมักจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่ามีโปรตีน 11.83 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 34.36 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 64.26 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 2.08 เปอร์เซ็นต์ เซลลูโลส 32.28 เปอร์เซ็นต์ และเฮมิเซลลูโลส 29.20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าการรายงานของ Maathuis et al. (2017) ที่รายงานข้าวโพดหมักมีโปรตีน 7.3 เปอร์เซ็นต์ เปลือกกล้วยหินหมักมีโปรตีนต่ำกว่าและลิกนินสูงกว่าต้นข้าวโพดหมัก ปริมาณโปรตีนในเปลือกกล้วยหินหมักและต้นข้าวโพดหมักมีค่าสูงกว่า 7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเพียงพอต่อการที่สัตว์นำไปใช้ประโยชน์ หากพืชอาหารหยาบมีโปรตีนต่ำกว่า 7 เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้และการหมักย่อยในกระเพาะรูเมน (Buxton et al., 1995) ส่วนปริมาณลิกนินในเปลือกกล้วยหินมีค่าสูงอาจส่งผลกระทบต่อปริมาณการย่อยได้ที่อาจจะลดลงในแพะ (Narjisse et al., 1995) อย่างไรก็ตาม เปลือกกล้วยหินหมักและต้นข้าวโพดหมัก จากการศึกษานี้มีคุณภาพดีตามคุณสมบัติของพืชหมัก DLD (2004) รายงานว่า พืชหมักที่มีคุณภาพดีมีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในระดับ 3.5-4.2 กรดแลกติก 1.5-2.5 เปอร์เซ็นต์ กรดอะซิติก 0.5-0.8 เปอร์เซ็นต์ และกรดบิวทิริกไม่ควรเกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหากมีกรดบิวทิริกสูงจะทำให้พืชอาหารหมักมีคุณภาพไม่ดีและเก็บรักษาได้ไม่นาน

Table 1 Chemical composition of Saba banana peel silage con silage and concentrate.

Chemical (percent)	Saba banana peel silage	Con silage	Concentrate
pH	4.57	3.64	-
Acetic acid	1.51	0.08	-
Lactic acid	3.69	8.10	-
Butyric acid	0.00	0.86	-
Dry matter	11.35	19.52	86.45
Crude protein	7.95	11.83	20.64
Ash	12.50	8.58	7.31
Organic matter ¹	87.00	91.42	92.69
NDF ²	65.96	64.26	25.14
ADF ³	35.44	34.36	4.34
ADL ⁴	32.82	2.08	0.26
Hemicellulose ⁵	30.52	29.90	20.80
Cellulose ⁶	2.62	32.28	4.08

¹Organic matter = Dry matter – Ash²Neutral detergent fiber³Acid detergent fiber⁴Acid detergent lignin⁵Hemicellulose = %NDF – %ADF⁶Cellulose = %ADF – %ADL

ปริมาณการกินได้

จากการศึกษาการใช้เปลือกกล้วยหินหมักร่วมกับข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อปริมาณการกินได้ในแพะนมเพศเมียหลังหย่านมดังแสดงใน Table 2 พบว่าปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ อาหารข้น และปริมาณการกินได้รวม และปริมาณการกินได้บนฐานเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ปริมาณการกินได้บนฐานกรัมวัตถุดิบแห้งต่อกิโลกรัม น้ำหนักเมทาบอลิกต่อตัวต่อวัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) โดยปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบแห้งรวมตามเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวของทุกทรีทเมนต์มีค่า 3.55, 3.12, 3.37, 3.24 และ 3.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 2 ซึ่งปริมาณอาหารที่สัตว์ได้รับเพียงพอต่อความต้องการการกินได้ของวัตถุดิบแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับ Laorodphan & Likittrakulwong (2017) ที่รายงานว่าปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุดิบแห้งของแพะอยู่ในช่วง 3.5-3.99 เปอร์เซ็นต์

Table 2 Effects of Saba banana peel silage with corn silage as roughage source on feed intake in weaning female dairy goat.

Items	Levels of Saba banana peel silage with corn silage (percent)					SEM	P-value
	T1 ¹	T2 ²	T3 ³	T4 ⁴	T5 ⁵		
Feed intake (gDM/d)							
Concentrate (gDM/d)	282.09	252.76	251.40	235.42	253.44	14.23	0.06
Roughage (gDM/d)	250.28	248.11	265.96	273.53	273.73	10.50	0.10
Total feed intake (gDM/d)	533.86	500.88	517.50	508.95	511.81	17.68	0.07
Total feed intake (%BW)	3.55	3.12	3.37	3.24	3.22	0.20	0.43
Total feed intake ^{0.75} (gDM/d)	69.58	66.10	63.65	64.66	64.46	2.38	0.01

SEM = standard error of mean

¹ corn silage with saba banana peel silage (80:20)² corn silage with saba banana peel silage (60:40)³ corn silage with saba banana peel silage (40:60)⁴ corn silage with saba banana peel silage (20:80)⁵saba banana peel silage 100 percent.

ค่าเมแทบอลิซึมในเลือดแพะ จากการศึกษาค่าเมแทบอลิซึมในเลือด พบว่ามีความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 13-18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในช่วงปกติ Kaneko (1998) รายงานว่าความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนอยู่ในช่วงปกติของระดับยูเรียไนโตรเจนในเลือดแพะคือ 11.2-27.7 มิลลิกรัมต่อ ซึ่งค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณโปรตีนที่กินได้ ปริมาณไนโตรเจนในเลือดสามารถบอกถึงความเหมาะสมของปริมาณโปรตีนที่แพะได้รับและบ่งบอกถึงการขับออกของแอมโมเนียที่ได้จากการย่อยโปรตีน (Sakha *et al.*, 2009). ปริมาณกลูโคสในเลือดมีค่าอยู่ในช่วง 59.00-64.00 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Kaneko (1998) รายงานว่าปริมาณกลูโคสในกระแสเลือดของแพะที่ได้รับอาหารทดลองอยู่ในช่วงปกติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 50-70 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร บ่งบอกว่าแพะได้รับพลังงานจากอาหารเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ ส่วนค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของแพะนมเพศเมียหลังหย่านมทั้ง 5 ทรีทเมนต์ที่ 0 ชั่วโมง ที่ 4 ชั่วโมง มีค่าอยู่ในช่วง 26.00-40.00 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งจากการศึกษาค่าเมแทบอลิซึมในเลือดความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน และปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของแพะนมเพศเมียหลังหย่านมทั้ง 5 ทรีทเมนต์ที่ 0 ชั่วโมงและ ที่ 4 ชั่วโมง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Effects of Saba banana peel silage with corn silage as roughage source on blood glucose (BG), blood urea nitrogen (BUN) and pack cell volume (PCV) in weaning female dairy goat.

Items	Levels of Saba banana peel silage with corn silage (percent)					SEM	P-value
	T1 ¹	T2 ²	T3 ³	T4 ⁴	T5 ⁵		
BG, mg/dl							
0 h post feeding	60.00	59.25	60.50	59.40	64.00	1.86	0.08
4 h	67.75	67.50	65.20	64.40	65.20	2.31	0.92
Mean	64.13	63.38	62.60	61.90	64.00	1.82	0.90
BUN, mg/dl							
0 h post feeding	18.55	17.67	16.38	14.99	15.16	1.80	0.76
4 h	16.70	17.61	15.11	14.03	13.57	1.78	0.32
Mean	17.63	17.61	15.75	14.52	14.36	17.5	0.52

PCV, %							
0 h post feeding	30.25	28.75	29.40	30.80	29.00	1.71	0.98
4 h	27.75	26.50	28.00	29.20	28.80	1.86	0.96
Mean	29.00	27.50	28.90	30.00	28.90	17.3	0.99

SEM = standard error of mean

¹ corn silage with saba banana peel silage (80:20), ² corn silage with saba banana peel silage (60:40), ³ corn silage with saba banana peel silage (40:60)

⁴ corn silage with saba banana peel silage (20:80), ⁵saba banana peel silage 100 percent.

จุลินทรีย์ที่มีชีวิตในกระเพาะรูเมนในแพะ

จากการศึกษาจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในกระเพาะรูเมนของแพะนมเพศเมียหลังหย่านมที่ได้รับอาหารทั้ง 5 ทริทเมนต์ ดังแสดงใน Table 4 พบว่า กลุ่มแบคทีเรียทั้งหมดที่ 0 ชั่วโมงก่อนได้รับอาหาร ในแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบโดยใช้ต้นข้าวโพดหมักร่วมกับเปลือกกล้วยหินหมัก 80:20 (T1) มีค่าสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักร่วมกับเปลือกกล้วยหินหมัก 20:80 (T4) กลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักร่วมกับเปลือกกล้วยหินหมัก 0:100 (T5) ต้นข้าวโพดหมักร่วมกับเปลือกกล้วยหินหมัก 60:40 (T2) และต้นข้าวโพดหมักร่วมกับเปลือกกล้วยหินหมัก 40:60 (T3) ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อย่างไรก็ตามจำนวนแบคทีเรียที่มีชีวิตทั้งหมดที่ 4 ชั่วโมงและจำนวนแบคทีเรียที่มีชีวิตทั้งหมดเฉลี่ย มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งจำนวนแบคทีเรียที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่า 0 ชั่วโมงก่อนการให้อาหาร แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียอาจจะมีการเพิ่มจำนวนขึ้นโดยเข้าย่อยอนุภาคอาหาร ดังนั้นการใช้เปลือกกล้วยหินหมักเป็นอาหารหยาบจึงไม่ส่งผลกระทบต่อจำนวนแบคทีเรียในกระเพาะรูเมน ซึ่งกลุ่มแบคทีเรียทั้งหมดที่พบในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะมีประมาณ 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตรน้อยกว่าการรายงานของ Church (1993) รายงานแบคทีเรียในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะมีประมาณ 10^9 - 10^{11} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ส่วนจำนวนยีสต์และราในแพะกลุ่มที่ได้รับเปลือกกล้วยหินหมัก 100 เปอร์เซ็นต์ที่ 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม มีค่าสูงสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การใช้เปลือกกล้วยหินหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเพียงอย่างเดียวมีผลต่อการเพิ่มจำนวนยีสต์และราในกระเพาะรูเมนเนื่องจากในเปลือกกล้วยหินหมักมีส่วนของเยื่อใยเช่น ผงเซลลูลิกโนเซลลูโลส และเอมิเซลลูโลสสูงกว่าต้นข้าวโพดหมัก โดยจะทำให้หน้าที่หมักย่อยเยื่อใยในกระเพาะรูเมน โดยอาจจะฝังตัวอยู่ในเยื่อใยของอนุภาคอาหาร และเราสามารถสร้างเอนไซม์ย่อยพันธะระหว่างเอมิเซลลูโลสกับลิกนินได้ ทำให้เพิ่มการใช้ประโยชน์จากเยื่อใย นอกจากนี้การที่เรามีไรโซยด์แทงทะลุเข้าไปในผนังเซลล์พืชทำให้เยื่อใยแตกออก แบคทีเรียจึงสามารถเข้ามาย่อยเยื่อใยได้ง่ายขึ้น (Cheva-Isarakul, 1998) ซึ่งจากการรายงานของ Russell (2002) รายงานว่าราที่พบในกระเพาะรูเมนเป็นชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจนมีประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนทั้งหมด ส่วนจำนวนโปรโตซัวที่ 0 ชั่วโมงก่อนได้รับอาหาร 4 ชั่วโมงหลังได้รับอาหาร และค่าเฉลี่ย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังแสดงใน Table 4 ซึ่งโปรโตซัวในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะมีประมาณ 10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตรน้อยกว่าการรายงานของ Russell (2002) รายงานว่าโปรโตซัวในของเหลวจากกระเพาะรูเมนมีประมาณ 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ *Holotriches* และ *Entodonomorphs*

Table 4 Effects of Saba banana peel silage with corn silage as roughage source on Bacteria, Yeast, Fungi and Protozoa on rumen fluid in weaning female dairy goat.

Items	Levels of Saba banana peel silage with corn silage (percent)					SEM	P-value
	T1 ¹	T2 ²	T3 ³	T4 ⁴	T5 ⁵		
Total Bacteria (cell/ml)							
0 h post feeding	5.43×10 ^{6a}	7.30×10 ^{5c}	9.00×10 ^{5d}	3.22×10 ^{6b}	2.16×10 ^{6bc}	0.60	0.01
4 h	2.90×10 ⁶	5.52×10 ⁶	1.84×10 ⁶	50.7×10 ⁶	6.80×10 ⁶	0.99	0.08
Mean	3.81×10 ⁶	3.13×10 ⁶	1.38×10 ⁶	40.90×10 ⁶	4.48×10 ⁶	0.84	0.27
Yeast and Fungi (cell/ml)							
0 h post feeding	7.00×10 ^{5 b}	3.90×10 ^{5 b}	6.00×10 ^{5 b}	1.67×10 ^{6 ab}	2.67×10 ^{6 a}	0.55	0.04

4 h	1.90×10 ^{6bc}	2.1×10 ^{5c}	4.82×10 ^{6ab}	1.28×10 ^{5c}	6.41×10 ^{6a}	1.06	0.02
Mean	1.06×10 ^{6b}	3.0×10 ^{6b}	1.06×10 ^{6b}	3.24×10 ^{6ab}	4.54×10 ^{6a}	0.86	0.04
Protozoa (cell/ml)							
0 h post feeding	1.25×10 ⁴	1.6×10 ⁴	1.30×10 ⁴	1.50×10 ⁴	1.30×10 ⁶	0.00	0.19
4 h	1.00×10 ⁴	1.40×10 ⁴	1.30×10 ⁴	1.40×10 ⁴	1.10×10 ⁵	0.00	0.80
Mean	1.20×10 ⁴	1.50×10 ⁴	13.00×10 ⁴	1.50×10 ⁴	1.20×10 ⁴	0.00	0.48

a, b, c, d Mean within the same row followed by different superscript letters are significantly different (P<0.05).

¹ corn silage with saba banana peel silage (80:20), ² corn silage with saba banana peel silage (60:40).

³ corn silage with saba banana peel silage (40:60), ⁴ corn silage with saba banana peel silage (20:80).

⁵saba banana peel silage 100 percent.

สรุปผลการศึกษา

เปลือกกล้วยหินหมักสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับแพะนมหลังหย่านมได้ โดยสามารถใช้เปลือกกล้วยหินหมักร่วมกับต้นข้าวโพดหมักได้ในระดับ 20-100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ ค่าความเข้มข้นกลูโคสในเลือด ยูเรีย-ไนโตรเจน และปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น การใช้เปลือกกล้วยหินหมัก 100 เปอร์เซ็นต์เป็นแหล่งอาหารหยาบส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนประชากรยีสต์และรา อย่างไรก็ดีตามไม่ส่งผลกระทบต่อจำนวนแบคทีเรียและโปรโตซัวในกระเพาะรูเมนของแพะ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายอนาวิน เปาะสุ ประธานกลุ่มวิสาหกิจผู้เลี้ยงแพะนมกาเสาะ ตำบลกาเสาะ อำเภอมายอ จังหวัดปัตตานี ที่อนุเคราะห์แพะนมสำหรับการทดลองครั้งนี้ ขอขอบคุณกลุ่มแม่บ้านป้าหวังนอก ตำบลบันนังสตา อำเภอบันนังสตา จังหวัดยะลา ที่อนุเคราะห์เปลือกกล้วยหินที่สำหรับนำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- A.O.A.C. (1990). **Official Methods of Analyses**. 15th ed. Washington D.C: Association of Official Analytical Chemists.
- Bolsen, K. K., Curtis, J. L., Lin, C. J. & Dickerson, J. L. (1990). Silage inoculant and indigenous micro flora with emphasis on alfafa. In **Biotechnology in the in feed industry proceeding of Altech's sixth annual symposium**. (pp. 431-443). Kentucky: Altech Technology Publication.
- Cheva-Isarakul, B. (1998). **Animal Nutrition**. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture Chiang Mai University.
- Department of Livestock Development [DLD]. (2004). **Standard for Fermented Food Plants of Animal Feed Division**. Bangkok: The Agricultural Cooperative Federation of Thailand. (in Thai).
- Church, D. C. (1993). **The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition**. Illinois: Waveland Press, Inc.
- Department of Livestock Development [DLD]. (2020). **Summary of data and statistics on the number of farmers – goats**. Retrieved From: https://ict.dld.go.th/webnew/images/stories/stat_web/yearly/2557/book2557/08.pdf. (in Thai).
- Buxton, D. R., Mertens, D. R., Moore, K. J., Boyd, L. J., Oldfield, J. E. & Oldfield. (1995). Forage Quality for Ruminants: Plant and Animal Considerations. **Journal of The Professional Animal Scientist**. 11(3), 121-131.
- Fankhauser, D. B. (2012). **Pour plate technique for bacterial enumeration**. Retrieved from: http://biology.clc.uc.edu/fankhauser/Labs/Microbiology/Meat_Milk/Pour_Plate.htm. [20, April 2022].
- Galyean, M. (1989). **Laboratory Procedure in Animal Nutrition Research**. New Mexico: Department of Animal and Life Science, New Mexico State University.
- Goering, H. K. & Van Soest, P. J. (1970). **Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some application)**. Agricultural Handbook 379. Washington D.C: ARS USDA.

- Kaneko, J. J. (1998). **Clinical Biochemistry of Domestic Animal**. 4th ed. California: Academic Press Inc.
- Laochareonsuk, S., Benjama, C. & Chanjula, P. (2002). Study on levels of Kluai Hin banana (*Musa sapientum*) peel meal in Japanese quail ration. **Songklanakarin Journal**. 27 (2), 257-265. (in Thai).
- Laorodphan, N., Likittrakulwong, W., Incharoen, T., Yammuen-art., S. & Phromnoi, S. (2021). Use of Banana Peels Fermented with Fermentation Starter Balls and Cassava Chip on Digestibility and Blood Biochemical Contents in Meat Goats. **Journal of Agriculture**. 37(3), 2565-275. (in Thai).
- Laorodphan, N. & Likittrakulwong, W. (2017). Effects of banana peel silage on growth performance of crossbred Charolais. **Naresuan Phayao Journal**. 10(2), 50-53. (in Thai).
- Maathuis, A., Havenaar, R., He, T. & Bellmann, S. (2017). Protein digestion and quality of goat and cow milk infant formula and human milk under simulated infant conditions. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**. 65(6), 661-666.
- Mukthang, K., Tartrakoon, W., Chueaphudi, C., Hantai, P., Tongyoy, T., Likittrakulwong, W., Kassanuk, T. & Laorodphan, N. (2020). Effects of banana peel silage on milk yields in lactating dairy goats. **Khon Kaen Agriculture Journal**. 48(1), 251-256. (in Thai).
- Narjisse, H., Elhonsali, M. A. & Olsen, J. D. (1995). Effects of oak (*Quercus ilex*) tannins on digestion and nitrogen balance in sheep goats. **Small Ruminant Research**. 18(3), 201-212. (in Thai).
- NRC. (1998). **Nutrient Requirements of goat: Angora, dairy and meat goats in temperate and Tropical countries**. Nutrient Requirements of Domestic Animals. 15th ed. Washington, D.C: National Academies of Science.
- Omanee, S. (2017). **Evaluation of Meat Goat Raising System and Marketing Channel: A Case Study in Surat Thani Province**. (Master's thesis). Prince of Songkla University. (in Thai).
- Reed, J. D. (1995). Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. **Journal of Animal Science**. 73, 1516-1528.
- Russell, J. B. (2002). **Rumen Microbiology and Its Role in Ruminant Nutrition**. New York: Cornell University Press.
- Sukkasam, M., Khlibtong, J. & Seesang, S. (2014). Saba Production and Extension Need of Farmers Participation the Saba 24 Quality Improvement Project Yala Province. In **Graduate research presentation meeting Sukhothai Thammathiraj Open University 4th**. Sukhothai Thammathiraj University. (in Thai).
- Phonmun, T., Subanrat, T. & Chumpawadee, S. (2015). Evaluation of metabolizable energy and digestibility of agro-industrial residues as ruminant feed. **Khon Kaen Agriculture Journal**. 43(1), 491-498. (in Thai).
- Sakha, M., Shamesdini, M. & Mohamad-zadeh, F. (2009). Serum biochemistry values in Raini goat of Iran. **Internet Journal of Veterinary Medicine**. 6(1), 1-7.
- Yammuen-Art, S., Cheva-Isarakul, B., Cheva-Isarakul, B. & Promma, S. (2000). Digestibility and calculate net energy of sweet corn stover silage in dairy cows. In **The 38th Academic Conference of Kasetsart University**. (pp. 163-171). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai).

วันรับบทความ (Received date) : 20 มิ.ย. 65

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 7 เม.ย. 66

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 1 พ.ค. 66

<https://doi.org/10.55003/kmaj.2023.08.31.003>

สมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองที่ได้รับการเสริมหญ้ามูลาโต

Growth Performance of Thai Native Chicken Fed Diet Supplemented with Mulato Grass

ยุทธนา สุนันตา¹ ครรชิต ชมภูพันธ์¹ อาทิตย์ ปัญญาศักดิ์² และ สุภารักษ์ คำพุด^{1*}Yuthana Sunanta¹, Kanchit Chompupun¹, Arthit Panyasak², and Suparak Khumput^{1*}

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองที่ได้รับการเสริมหญ้ามูลาโต (*Brachiaria* spp.) ในปริมาณที่ต่างกัน การทดลองใช้ไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำ อายุ 5 สัปดาห์ จำนวน 96 ตัว แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำๆ ละ 8 ตัว และวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ไก่ทดลองได้รับอาหารที่มีการเสริมหญ้ามูลาโต 4 ระดับ คือ 0 (กลุ่มควบคุม), 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าน้ำหนักตัวเริ่มต้น และปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันของไก่ทดลองทั้ง 4 กลุ่มไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตของกลุ่มที่ได้รับการเสริมหญ้ามูลาโตที่ระดับ 5% มีค่าสูงสุด ($P<0.05$) กลุ่มที่ได้รับการเสริมหญ้ามูลาโตที่ระดับ 5% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักดีกว่าทั้ง 3 กลุ่ม ($P<0.05$) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเสริมหญ้ามูลาโตที่ 5% ในอาหารส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไก่พื้นเมือง

คำสำคัญ: หญ้ามูลาโต ไก่พื้นเมือง สมรรถภาพการเจริญเติบโต ไก่ประดู่หางดำ

Abstract

The objective of this study was to investigate the growth performance of Thai native chickens supplemented with different quantities of mulato grass (*Brachiaria* spp.). According to a completely randomized design, the 96 5-week-old Pradu hang-dum Thai native chickens were randomized into 4 treatment groups each of which has 3 replications with 8 chickens per replication. Each treatment group was supplemented with mulato grass at 0 (control), 5, 7.5 and 10 percentage, respectively. The results showed that initial weight and average daily feed intake of 4 treatment groups were not significantly different ($P>0.05$). Final weight, weight gain and average daily gain of the chickens fed 5% mulato grass supplementation were better than those in other groups ($P<0.05$). The chickens fed with 5% mulato grass supplementation had better feed conversion ratio than other groups ($P<0.05$). This study showed that diet supplemented with 5% mulato grass affected growth performance in Thai native chickens.

Keywords: Mulato grass, Thai native chicken, growth performance, Pradu hang-dum chicken

¹ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

² ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

¹ Faculty of animal science and technology, Maejo University, Chiang Mai, 50290, Thailand.

² Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140 Thailand.

* Corresponding author: suparak@yahoo.com

คำนำ

โก๋พื้นเมืองเป็นสัตว์ปีกอีกชนิดหนึ่งที่มีความนิยมเลี้ยงกันมาอย่างยาวนาน ด้วยคุณสมบัติที่เลี้ยงง่าย มีความต้านทานโรคสูง จึงทำให้เกษตรกรนิยมเลี้ยงในลักษณะปล่อยอิสระตามบ้าน และยังเป็นแหล่งโปรตีนในครัวเรือน ประกอบกับลักษณะของเนื้อที่มีเอกลักษณ์ คือ ไขมันน้อย เนื้อแน่น คอเลสเตอรอลต่ำ รสชาติอร่อยถูกปาก ปลอดภัยจากฮอร์โมน และสารปฏิชีวนะ จึงทำให้ปัจจุบันเกษตรกรนิยมเลี้ยงโก๋พื้นเมืองเพื่อการค้าเพิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามปัญหาและอุปสรรคทางด้านอาหารสัตว์อันเป็นต้นทุนหลักในกระบวนการผลิตที่มากถึง 70-80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหากเกษตรกรใช้อาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียวจะส่งผลให้ต้นทุนการเลี้ยงโก๋พื้นเมืองเพิ่มสูงขึ้น เป็นผลให้ได้รับผลตอบแทนที่ลดลง การเลือกใช้วัตถุดิบตามธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาเป็นตัวเสริมหรือทดแทนวัตถุดิบอื่นในส่วนผสมของอาหารโดยมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกัน จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ การใช้พืชอาหารสัตว์ที่มีเยื่อใยทางโภชนาการ ได้แก่ พืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วเวอร์นาโนสโตโล ถั่วแกรมสโตโล ถั่วเซนโตรซิมา ถั่วเซอร์ราโตร ถั่วเตสแมนธัส หรือพืชตระกูลหญ้า เช่น หญ้าเนเปียร์ หญ้าแพงโกล่า หญ้ารูซี่ หญ้าขน หญ้าชิกแนล หญ้ากินนี พืชอาหารสัตว์หรือหญ้าจึงจัดว่าเป็นแหล่งของเยื่อใยและโปรตีนในอาหารสัตว์ได้ แต่ในการเลี้ยงสัตว์ปีกหรือไก่ความต้องการของเยื่อใยและการย่อยได้น้อยกว่าสัตว์เคี้ยวเอื้อง ถึงอย่างไรก็ตามถ้าได้รับเยื่อใยในปริมาณที่น้อยจะสามารถช่วยระบบการย่อยได้ของสัตว์กระเพาะเดี่ยว ช่วยในการขับถ่าย และปรับปรุงคุณภาพของผลผลิตได้ดียิ่งขึ้น (Tufarelli et al., 2018) และพบว่าในการเลี้ยงโก๋แบบปล่อยเมื่อไก่ได้กินหญ้าส่งผลต่อการลดพฤติกรรมก้าวร้าวและความกลัวในไก่ (Zhao et al., 2014)

หญ้าอาหารสัตว์ที่นิยมใช้ในการเลี้ยงโก๋มีหลากหลายชนิด ได้แก่ หญ้าหวานอิสราเอล หญ้ารูซี่ และหญ้าขน ซึ่งปัจจุบันมีการพัฒนาสายพันธุ์หญ้าลูกผสมขึ้นมาหลายชนิด เช่น หญ้ามูลาโต้ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brachiaria hybrid cv. Mulato* เป็นหญ้าลูกผสมระหว่างหญ้ารูซี่กับหญ้าชิกแนลตั้ง (*B. ruziziensis* x *B. brizantha* artificial hybrids) มีลักษณะเป็นกอตั้งเลื้อย กิ่งตั้ง คล้ายหญ้ารูซี่ มีใบดก และใบกว้างกว่าหญ้ารูซี่ ทนแล้ง ปลูกขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดและหน่อพันธุ์ สามารถปรับตัวขึ้นได้ดีในพื้นที่ดินดอนที่มีการระบายน้ำดี ให้ผลผลิตประมาณ 2-4 ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่ต่อปี การตัดหญ้ามูลาโต้ครั้งแรกที่อายุ 60 วัน มีค่าโปรตีนรวม 12.8% NDF 59.9% และ ADF 32.3% และการตัดครั้งต่อไปที่อายุ 40-45 วัน มีค่าโปรตีนรวม 14.1% NDF 62.1% และ ADF 33.9% (Vendramini et al., 2012) ด้วยคุณลักษณะของหญ้ามูลาโต้ที่สามารถทนแล้งได้ดี มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และยังให้ผลผลิตสูง จึงเหมาะต่อการนำไปเป็นหญ้าอาหารสัตว์สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยวบางประเภท เช่น โก๋พื้นเมืองได้อีกด้วย ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อทำการศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตของโก๋พื้นเมืองที่ได้รับการเสริมหญ้ามูลาโต้ (*Brachiaria hybrid cv. Mulato*) ในอาหารที่ปริมาณแตกต่างกัน

วิธีการศึกษา

การจัดการเลี้ยงดูสัตว์ทดลอง

ไก่ประดู่หางดำ ที่อายุ 5 สัปดาห์ จำนวน 96 ตัว ทำการสุ่มไก่ออกเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 8 ตัว ซึ่งแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารที่ผสมหญ้ามูลาโต้ที่ระดับแตกต่างกัน คือ 0 (กลุ่มควบคุม), 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ไก่ทุกกลุ่มจะเลี้ยงแบบปล่อยระบบเปิด ขนาดของคอก 1 x 1.5 เมตร ไก่ทุกกลุ่มจะได้รับน้ำและอาหารอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) การให้อาหารให้วันละ 2 ครั้ง คือ ช่วงเช้าและช่วงเย็นของทุกวัน อาหารที่ใช้เลี้ยงไก่ทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง ทำการแบ่ง 2 ช่วง คือ ช่วงอายุ 5-9 สัปดาห์ มีระดับโปรตีนไม่น้อยกว่า 18% ช่วงอายุ 10-14 สัปดาห์ มีระดับโปรตีนไม่น้อยกว่า 16% และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 2,900 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ไก่ทุกตัวได้รับวัคซีนตามโปรแกรมการทำวัคซีนสำหรับโก๋พื้นเมืองตามคำแนะนำของกรมปศุสัตว์

การเตรียมหญ้ามูลาโต้ จะทำการตัดจากแปลงเมื่อหญ้ามียอายุ 45 วัน จากนั้นนำมาสับให้มีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร แล้วนำไปคลุกเคล้ากับอาหารที่ได้ทำการผสม และนำส่วนผสมที่ได้ไปทำการอัดเม็ด โดยการใช้วิธีการส่วน คือ อาหารสำเร็จรูปทางการค้า : หญ้ามูลาโต้ เท่ากับ 95:5, 92.5:7.5 และ 90:10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักสด (กลุ่มทดลองที่ 2, 3 และ 4) โดยการทดลองครั้งนี้ได้ผ่านการรับรองการอนุมัติให้ดำเนินการเลี้ยงและใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เลขที่อนุมัติ MACUC011A/2565

การเก็บข้อมูลสมรรถภาพการผลิต

ทำการชั่งน้ำหนักไก่อ่อนการทดลอง ระหว่างการทดลองและสิ้นสุดการทดลอง และเก็บปริมาณอาหารที่ไก่กินเพื่อใช้ในการคำนวณหาข้อมูลน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่ไก่ได้รับ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวทุกสัปดาห์

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบสมรรถภาพการผลิตด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ที่มีระดับหญ้ามูลาโตในอาหารเป็นกลุ่มทดลอง (มี 4 ทรีตเมนต์) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วย Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS University Edition

ผลการศึกษาและวิจารณ์

คุณค่าทางโภชนาของอาหารที่ใช้ในการทดลอง

คุณค่าทางโภชนาจากการคำนวณ (Table 1) ของอาหารชั้นที่ใช้เลี้ยงไก่พื้นเมืองช่วงอายุ 5-9 สัปดาห์ มีโปรตีนรวม เยื่อใยรวม แคลเซียม ไลซีน เมไทโอนีน เท่ากับ 18.00, 3.66, 1.04, 1.00 และ 0.40% ตามลำดับ และที่ใช้เลี้ยงไก่พื้นเมืองช่วงอายุ 10-14 สัปดาห์ มีโปรตีนรวม เยื่อใยรวม แคลเซียม ไลซีน เมไทโอนีน เท่ากับ 16.00, 3.71, 1.96, 0.88 และ 0.53% ตามลำดับ (National Research Council [NRC], 2001)

คุณค่าทางโภชนาของหญ้ามูลาโต มีวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวม เถ้า NDF ADF และ ADL เท่ากับ 59.57 90.93, 8.54, 9.07, 66.01, 37.73 และ 5.62% ตามลำดับ (Table 2)

Table 1 Ingredients and nutritive value of basal diets.

Items	Grower 1 (5-9 wks.)	Grower 2 (10-14 wks.)
Rice bran	10.50	18.00
Corn	61.39	55.00
Fish meal (60%)	4.00	4.00
Di-calcium phosphate	2.23	5.25
Soybean meal (46%)	20.73	14.67
Salt	0.50	0.50
Premix	0.50	0.50
Lysine	0.08	0.10
Palm oil	0.00	1.70
Methionine	0.07	0.28
Total	100.00	100.00
Calculated composition (%) as fed		
ME (kcal/kg)	2,900.00	2,900.00
Crude protein	18.00	16.00
Crude fiber	3.66	3.71
Calcium	1.04	1.96
Available P	0.05	0.87
Lysine	1.00	0.88
Methionine	0.40	0.53
Ether extract	4.60	7.17

ที่มา: NRC, (2001)

Table 2 Nutritive value of mulato grass.

Items	Mulato grass
Dry matter	59.57
Organic matter	90.93
Crude protein	8.54
Ash	9.07
NDF	66.01
ADF	37.73
ADL	5.62

สมรรถภาพการเจริญเติบโต

น้ำหนักเริ่มต้นและปริมาณอาหารเฉลี่ยที่ได้รับต่อวันของทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ น้ำหนักสิ้นสุดการทดลองและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับการเสริมหญ้าหมูลาโตที่ระดับ 5% มีน้ำหนักมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมด้วยหญ้าหมูลาโตที่ระดับ 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของกลุ่มที่ได้รับการเสริมหญ้าหมูลาโตที่ระดับ 5% มีค่าดีกว่าทั้งสามกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อัตราการเจริญเติบโตของกลุ่มที่ได้รับการเสริมหญ้าหมูลาโตในอาหารที่ระดับ 5% มีค่ามากกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$; Table 3)

Table 3 Growth performance of Thai native chicken.

Items	Treatment				SEM	P-Value
	T1 (0%)	T2 (5%)	T3 (7.5%)	T4 (10%)		
Initial weight (g)	229.17	251.67	270.00	244.58	0.84	0.1806
Final weight (g)	1259.17 ^a	1300.00 ^a	1236.25 ^{ab}	1170.42 ^b	1.22	0.0310
Weight gain (g)	1030.00 ^{ab}	1048.33 ^a	966.25 ^{bc}	925.83 ^c	1.28	0.0112
ADFI (g/day)	79.72	79.90	79.75	79.44	0.01	0.1245
FCR	5.41 ^b	5.33 ^b	5.78 ^{ab}	6.02 ^a	0.01	0.0239
ADG (g/day)	14.71 ^{ab}	14.97 ^a	13.80 ^{bc}	13.22 ^c	0.02	0.0113

T1 = fed with Mulato grass diet content of 0% (control), T2= fed with Mulato grass diet content of 5%, T3= fed with Mulato grass diet content of 7.5%, T4= fed with Mulato grass diet content of 10%

^{a,b,c} within the same rows with different superscripts ($P < 0.05$).

จากการเสริมหญ้าหมูลาโตในอาหารไก่พื้นเมืองพบว่าน้ำหนักตัวสุดท้าย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตของไก่กลุ่มที่ได้รับการเสริมหญ้าที่ระดับ 5% มีค่าดีกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นๆ สอดคล้องกับการศึกษาของ Suma et al. (2012) ทำการทดลองการเสริมหญ้ารูซี่สดที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 % ในไก่พื้นเมือง พบว่าการเสริมหญ้าที่ระดับ 5% ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าการเสริมหญ้าในระดับอื่นๆ และเช่นเดียวกับการศึกษาของ Kobsuk et al. (2016) การเสริมหญ้าเนเปียร์ที่ระดับ 0, 5, 50 และ 70% ในอาหารสำเร็จรูป พบว่าการเสริมหญ้าเนเปียร์ที่ระดับ 5% ในอาหารสำเร็จรูปส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักดีกว่าทุกกลุ่ม การที่เสริมหญ้าในอาหารสัตว์ในปริมาณที่สูงเกินไปส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และอัตราการเจริญเติบโต อาจเนื่องมาจากหญ้าอาหารสัตว์มีองค์ประกอบของเยื่อใยที่มีประโยชน์เป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งสัตว์ปีกไม่มีจุลินทรีย์ในการช่วยย่อยเยื่อใยในระบบทางเดินอาหาร (Tufarelli et al., 2018) ดังนั้นการเสริมหญ้าอาหารสัตว์ในปริมาณที่สูงเกินไป หรือจากการทดลองที่เสริมหญ้าเกินระดับที่ 5% ส่งผลให้ไก่ย่อยได้ยากจึงทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต ตลอดจนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักที่ลดลง

การเสริมหญ้ามูลาได้ที่ระดับ 10% ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักรวมมากกว่าทุกกลุ่ม เนื่องมาจากปริมาณของหญ้าในอาหารที่เพิ่มขึ้น ทำให้เยื่อใยในอาหารที่สูงขึ้นอาจทำให้ไก่ต้องกินอาหารเพิ่มขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของอาหาร (Ndelekwute et al., 2018; Zheng et al., 2019) สอดคล้องกับการศึกษาของ Suma et al. (2012) การใช้หญ้าที่สดในระดับที่สูงเกินกว่า 10% ของสูตรอาหารมีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตของไก่พื้นเมืองมีแนวโน้มลดลง

นอกจากนี้การใช้สารเสริม เช่น เอนไซม์ หรือการหมักหญ้าเพื่อเสริมให้ไก่กิน จะช่วยทำให้จุลินทรีย์ที่เกิดจากการหมักช่วยย่อยเยื่อใย ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการย่อยในสัตว์ปีกดีขึ้นกว่าการได้รับหญ้าสด (Spencer, 2013) แต่ขัดแย้งกับการศึกษาของ Satchapong et al. (2013) พบว่าไก่ละโว้ที่ได้รับหญ้าเนเปียร์แบบสดและแบบหมักที่ระดับ 5% และ 10% แทนอาหารสำเร็จรูปไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตของไก่ทั้งสองกลุ่ม แต่อย่างไรก็ตามการใช้หญ้าหมักหรือเอนไซม์ที่ช่วยในการย่อยอาจจะต้องคำนึงถึงต้นทุนในการผลิตรวมกับระดับของการใช้หญ้าในการเลี้ยงไก่พื้นเมือง สิ่งที่ต้องพิจารณาออกจากระดับหรือปริมาณของหญ้าในการเสริมให้ไก่กินแล้ว ปัจจัยที่ยังส่งผลต่อการย่อยได้ของไก่ คือ ชนิดของหญ้า และอายุการเก็บเกี่ยว ซึ่งทำให้ปริมาณของเยื่อใยแตกต่างกัน ส่งผลต่อการย่อยได้ของไก่ และประสิทธิภาพการผลิต (Spencer, 2013)

สรุปผลการศึกษา

สมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงด้วยการเสริมหญ้ามูลาได้ในอาหารผสมสำหรับไก่ช่วงอายุ 5-14 สัปดาห์พบว่าไก่กลุ่มที่ได้รับการเสริมหญ้ามูลาได้ที่ระดับ 5% ส่งผลต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าการเสริมหญ้ามูลาได้ที่ระดับอื่น

เอกสารอ้างอิง

- Kobsuk, W., Tubmareang, S. & Rumpadthana, C. (2016). Productive performance of Thai native chicken fed diet supplemented with fresh ruzi grass. In **Proceeding of the 4th STOU Graduate Research Conference**. (pp. 210-229). Bangkok: Sukhothai Thammarathirat Open University. (in Thai).
- Ndelekwute, E. K., Enyenihi, G. E. & Akpan, I. P. (2018). Potentials and challenges of utilizing forage resources for chicken production. **Critical Care Obstetrics and Gynecology**. 2(1), 4-10.
- National Research Council (NRC). (2001). **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7th rev. ed. Washington, D.C: National Academy Press.
- Satchapong, R., Maneerat, W. & Putsakum, M. (2013). Effect of Napier Pak-Chong 1 grass on productive performance in Thai-Lavo chicken. In **Proceeding of the 4th STOU Graduate Research Conference**. (pp. 110-119). Bangkok: Sukhothai Thammarathirat Open University. (in Thai).
- Spencer, T. (2013). **Pastured poultry nutrition and forages**. national sustainable agriculture information service. Retrieved from: <https://www.sare.org/wp-content/uploads/Pastured-Poultry-Nutrition-and-Forages.pdf>
- Suma, W., Wongpichet, S. & Kantanamalakul, C. (2012). **Effect of Napier Pak-Chong 1 grass supplementation on growth of native chickens**. Retrieved from: <http://arcbs.bsru.ac.th/journal/File70190.pdf>. (in Thai).
- Tufarelli, V., Ragni, M., Macro, V. & Laudadio, V. (2018). Feeding forage in poultry: a promising alternative for the future of production system. **Agriculture**. 8(3), 81-90.
- Vendramini, J. M. B., Arthington, J. D. & Adesogan, A. T. (2012). Effects of incorporating cowpea in a subtropical grass pasture on forage production and quality and the performance of cows and calves. **Grass Forage**. 67(1), 129-135.
- Zheng, M., Mao, P., Tian, X. & Meng, L. (2019). Growth performance, carcass characteristics, meat and egg quality, and intestinal microbiota in Beijing you chicken on diets with inclusion of fresh chicory forage. **Italian Journal of Animal Science**. 18(1), 1310-1320.
- Zhao, Z. G., Li, J. H., Li, X. & Bao, J. (2014). Effects of housing systems on behavior, performance and welfare of fast-growing broilers. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**. 27, 140-146.

วันรับบทความ (Received date) : 20 มิ.ย. 65

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 7 เม.ย. 66

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 1 พ.ค. 66

<https://doi.org/10.55003/kmaj.2023.08.31.004>

การเปรียบเทียบการใช้สารเจือจางน้ำเชื้อพื้นฐาน (Tris-Egg Yolk) กับสารเจือจางน้ำเชื้อทางการค้า
(Andromed[®]) ในการแช่แข็งน้ำเชื้อแพะต่อคุณภาพตัวอสุจิด้วยเครื่อง CASA
Comparison of Semen Diluted Basis (Tris-Egg Yolk) with Diluted Commercial Semen
(Andromed[®]) in Frozen Goat Semen on Sperm Quality by CASA

วาสนา สมประสงค์^{1*}, จตุพร ป้องกัน¹ และ สุกัญญา ลีทองดี¹
Wassana Somprasong^{1*}, Jaturaporn Ponggun¹, and Sukanya Leethongdee¹

บทคัดย่อ

กระบวนการผลิตน้ำเชื้อแช่แข็งแพะมีขั้นตอนการเตรียมสารเจือจางน้ำเชื้อที่ยุ่งยาก รวมถึงมีการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ทำให้คุณภาพของตัวอสุจิลดลง การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการใช้สารเจือจางน้ำเชื้อพื้นฐาน (Tris-egg yolk) กับสารเจือจางน้ำเชื้อทางการค้า (Andromed[®]) ในการแช่แข็งน้ำเชื้อแพะต่อคุณภาพตัวอสุจิด้วยเครื่อง CASA หลังละลายที่ 0, 1 และ 3 ชั่วโมง โดยใช้แพะพันธุ์บอร์ จำนวน 1 ตัว รีดเก็บน้ำเชื้อด้วยวิธีการใช้ช่องคลอดเทียม เจือจางด้วยสารเจือจางน้ำเชื้อทั้งสองชนิดแล้วเก็บรักษาด้วยวิธีการแช่แข็ง ผลการศึกษาพบว่าน้ำเชื้อแช่แข็งที่เจือจางด้วยสารเจือจางน้ำเชื้อพื้นฐาน (Tris-egg yolk) กับสารเจือจางน้ำเชื้อทางการค้า Andromed[®] มีการเคลื่อนที่ โดยการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ค่า VAP, VSL, VCL, ALH, BCF (HZ), STR (%), และ LIN (%) ที่ 0 ชั่วโมง ไม่แตกต่างกัน แต่ที่ 1 ชั่วโมง พบว่า สารเจือจางน้ำเชื้อ Andromed[®] มีการเคลื่อนที่และการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เท่ากับ $87.20 \pm 2.71\%$ และ $46.98 \pm 6.03\%$ สารเจือจางน้ำเชื้อ Tris-egg yolk เท่ากับ $68.55 \pm 11.5\%$ และ $34.20 \pm 4.42\%$ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) และที่ 3 ชั่วโมง พบว่า Andromed[®] มีการเคลื่อนที่และการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เท่ากับ $73.45 \pm 3.04\%$ และ $31.58 \pm 6.63\%$ ส่วน Tris-egg yolk เท่ากับ $10.43 \pm 1.63\%$ และ $1.37 \pm 0.06\%$ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P < 0.01$) นอกจากนี้ยังพบว่าที่ 1 และ 3 ชั่วโมง ค่า VAP, VSL, VCL, ALH, และ STR ของตัวอสุจิที่ผ่านการเจือจางด้วย Andromed[®] สูงกว่า Tris-egg yolk จากการศึกษาทำให้ทราบว่าสารเจือจางน้ำเชื้อทางการค้า (Andromed[®]) ช่วยรักษาคุณภาพน้ำเชื้อแช่แข็งได้ดี ช่วยลดขั้นตอนในการเตรียมสารเจือจางน้ำเชื้อและยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในฟาร์มหรือหน่วยงานต่างๆ ได้

คำสำคัญ: สารเจือจางน้ำเชื้อ น้ำเชื้อแช่แข็ง คุณภาพน้ำเชื้อ แพะ

Abstract

The process of producing frozen goat semen involves a preparation of semen diluents, which is complicated. Since it involves a rapid temperature reduction, the quality of the sperm deteriorates. This study aimed to determine the comparison of semen diluted basis (Tris-egg yolk) with diluted commercial semen (Andromed[®]) in frozen goat semen on sperm quality by Computer aided sperm analysis (CASA) after thawing at 0, 1 and 3h. by using 1 Goat (Boer) semen. The semen was collected by means of an artificial vagina diluted with both types of semen diluent. Then the semen was preserved by a freezing method. The results showed that the preliminary assessment of fresh semen quality was good and suitable for use in frozen semen production. Additionally, it was found that frozen goat semen diluted basis (Tris-egg yolk) and diluted commercial semen (Andromed[®]) had no significant difference in motility, progressive motility, VAP, VSL, VCL, ALH, BCF (HZ), STR (%) and LIN (%) at 0h. However, at 1h, the motility and the progressive motility of Andromed[®] were $87.20 \pm 2.71\%$ and $46.98 \pm 6.03\%$, while those of Tris-egg yolk were $68.55 \pm 11.5\%$ and $34.20 \pm 4.42\%$ respectively which these values were significantly different ($P < 0.05$). At 3h, the motility and the progressive motility of Andromed[®] were $73.45 \pm 3.04\%$ and $31.58 \pm 6.63\%$, while those of Tris-egg yolk were $10.43 \pm 1.63\%$ and $1.37 \pm 0.06\%$ respectively which these values were significantly different ($P < 0.01$). In addition, at 1 and 3h, the VAP, VSL, VCL, ALH, and STR values of Andromed[®] diluted sperm were higher than those of Tris-egg yolk. From

¹ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44000

¹ Faculty of Veterinary Sciences, Mahasarakham University, Mahasarakham, 44000, Thailand.

* Corresponding author. wassana.s@msu.ac.th

this study, it was found that commercial semen diluent (Andromed[®]) helps to maintain the quality of frozen goat semen and reduce the steps of semen diluent preparation. It can also be applied in farms or agencies.

Keywords: semen diluted, frozen semen, sperm quality, goat

คำนำ

ปัจจุบันการผสมเทียมได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการผลิตปศุสัตว์ของไทยเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในเรื่องของการปรับปรุงพันธุ์กรรมและผลผลิต เพื่อให้สัตว์มีพันธุ์กรรมที่ดี จำนวนเพิ่มมากขึ้นในเวลาอันรวดเร็ว (Majarune et al., 2013) การผสมเทียมนิยมผสมด้วยน้ำเชื้อแช่แข็ง เพราะหลอดน้ำเชื้อแช่แข็งมีขนาดเล็ก สะดวกต่อการขนส่งและเก็บรักษา สามารถนำไปใช้ผสมเทียมได้ทุกหนแห่ง นอกจากนี้เกษตรกรยังสามารถเลือกพ่อพันธุ์ได้ตามที่ต้องการโดยไม่ต้องจำกัดพ่อพันธุ์เพียงตัวใดตัวหนึ่งเหมือนที่ผ่านมา (Bureau of Biotechnology in Livestock Production, 2017)

การผลิตน้ำเชื้อแช่แข็งแพะให้มีคุณภาพที่ดี ทนทานต่อเชื้อโรค ให้ผลผลิตที่ดี และเป็นที่ต้องการของเกษตรกรไม่ต่างจากน้ำเชื้อสด เหตุผลเหล่านี้เป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมาก และยิ่งอีกอย่างที่สำคัญ คือ กระบวนการผลิตน้ำเชื้อแช่แข็ง ซึ่งในการผลิตน้ำเชื้อแช่แข็งจะมีขั้นตอนการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว จนทำให้เกิดความเสียหายต่อตัวสุจิ เยื่อหุ้มตัวสุจิ และอะโครโซมอย่างมาก เพราะตัวสุจิจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงความเย็นจนทำให้เกิด cold shock ขึ้นได้ ดังนั้นจึงต้องมีการใช้สาร cryoprotectants เพื่อช่วยป้องกันความเสียหายนี้ ซึ่งสาร cryoprotectants ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ การใช้ไข่แดงร่วมกับกลีเซอรอล เพราะไข่แดงจะมีเลซิธินที่ช่วยป้องกันความเสียหายต่อเยื่อเซลล์ของตัวสุจิและอะโครโซม แต่ต้องเติมในปริมาณที่เหมาะสม (Foote, 1970) ซึ่งในน้ำเชื้อแพะจะแตกต่างจากน้ำเชื้อสัตว์ชนิดอื่นๆ คือ ในน้ำเลี้ยงอสุจิที่ขับออกมาจะมีส่วนผสมของ BUS (Bulbourethral gland secretion) เรียกว่า egg yolk coagulating enzyme หรือ phospholipase A (Iritani & Nishikawa, 1972) เมื่อทำปฏิกิริยาทางเคมีกับไข่แดงในสารเจือจางน้ำเชื้อแล้วจะก่อให้เกิดสารพิษต่อตัวสุจิ ทำให้ตัวสุจิเสียหายหรือตายได้ ดังนั้นในกระบวนการผลิตน้ำเชื้อแช่แข็งจึงต้องมีการพัฒนาสูตรสารเจือจางน้ำเชื้อขึ้นมาเรื่อยๆ เช่น สูตรที่รวมกับไข่แดง (Tris-egg yolk) สูตรน้ำนม (milk diluents) และสูตรอื่นๆ อีกมากมาย (Salamon & Maxwell, 2000) ถึงแม้ว่าสูตรต่าง ๆ เหล่านี้จะได้ผลดี แต่ก็ยังพบปัญหาในการเตรียมสารเจือจางน้ำเชื้อ เพราะมีขั้นตอนค่อนข้างยุ่งยาก หลายขั้นตอน ใช้เวลานาน และยังคงคำนึงถึงปริมาณไข่แดงที่เติมในสารเจือจางน้ำเชื้ออีกด้วย ซึ่งถ้ามีมากเกินไป 30% ก็จะมีผลต่อการอยู่รอดของตัวสุจิหลังการแช่แข็ง (Pongpeng et al., 2008) รวมไปถึงความเสียหายของตัวสุจิจากขั้นตอนการปั่นล้างเซมินอลพลาสมา ซึ่งขั้นตอนนี้จะส่งผลทำให้ตัวสุจิมีความบอบช้ำอย่างมาก ดังนั้นจึงมีผู้คิดค้นวิธีการผลิต การเก็บรักษา รวมถึงสารเจือจางน้ำเชื้อทางการค้ามากมาย เพื่อเพิ่มทางเลือกที่จะช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ เช่น สารเจือจางน้ำเชื้อทางการค้า Andromed[®] ซึ่งสารเจือจางชนิดนี้สามารถป้องกันความเสียหายของตัวสุจิจากความเย็นได้ดี ไม่มีส่วนผสมของเลซิธินจากไข่แดงแต่จะใช้เป็นเลซิธินจากถั่วเหลืองแทน เพื่อช่วยลดการเกิดพิษต่อตัวสุจิ (Rastegarnia et al., 2014) นอกจากนี้ Andromed[®] ยังมีขั้นตอนการเตรียมสารเจือจางน้ำเชื้อที่สั้น รวดเร็ว สะดวกต่อการใช้งาน และยังลดการบอบช้ำของตัวสุจิจากขั้นตอนการปั่นล้างเซมินอลพลาสมาได้อีกด้วย

การผลิตและเก็บรักษาน้ำเชื้อแช่แข็งแพะให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำเชื้อสดนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย แต่สารเจือจางน้ำเชื้อก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่ต้องพิจารณา โดยสารเจือจางน้ำเชื้อที่เลือกใช้นั้นต้องสามารถรักษาคณภาพน้ำเชื้อให้คงสภาพเดิมมากที่สุด ทั้งในช่วงของการแช่เย็น การลดอุณหภูมิ จนกระทั่งแช่แข็งในไนโตรเจนเหลว โดยน้ำเชื้อแช่แข็งที่จะนำไปผสมเทียมต้องมีคุณภาพดี มีตัวสุจิที่แข็งแรง มีสัดส่วนของตัวสุจิมีชีวิตและความสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าสูง ตัวสุจียังคงความสมบูรณ์ทั้งรูปร่างไม่ผิดปกติและให้อัตราการผสมติดไม่แตกต่างจากการผสมจริง (Thongtip & Pattanawong, 2015) การพัฒนาเทคนิคในการเก็บรักษาคณภาพน้ำเชื้อแพะเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ดังกล่าวจึงถูกริเริ่มและปรับปรุงให้ดีขึ้นเรื่อยๆ ในปัจจุบันได้เริ่มมีการใช้เครื่องตรวจวิเคราะห์คณภาพน้ำเชื้อตรวจคณภาพน้ำเชื้อ (Computer aided sperm analysis; CASA) ซึ่งเป็นเครื่องที่สามารถตรวจวิเคราะห์คณภาพน้ำเชื้อได้อย่างถูกต้อง รวดเร็วและแม่นยำ ดังนั้นถ้าหากมีวิธีการผสมเทียมที่สะดวกควบคู่กับน้ำเชื้อแช่แข็งแพะที่มีคุณภาพดี ก็จะช่วยทำให้งานผสมเทียมแพะมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีแพะสายพันธุ์ที่ดีเกิดขึ้นมากมาย และยังสามารถบ่อนแพะเข้าสู่ตลาดได้อย่างรวดเร็ว

จากสาเหตุที่ได้กล่าวไปข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบการใช้สารเจือจางน้ำเชื้อพื้นฐาน (Tris-egg yolk) กับสารเจือจางน้ำเชื้อทางการค้า (Andromed[®]) ในการแช่แข็งน้ำเชื้อแพะต่อคณภาพตัวสุจิด้วยเครื่องคาซ่า (CASA) หลังละลายที่ 0, 1 และ 3 ชั่วโมง

วิธีการศึกษา

น้ำเชื้อทดลอง

ใช้น้ำเชื้อแพะพันธุ์บอร์ (Boer) อายุ 2-3 ปี น้ำหนัก 50-70 กก. จำนวน 1 ตัว โดยรีดเก็บน้ำเชื้อเดือนละ 2 ครั้ง ๆ ละ 2 รอบ ติดต่อกันเป็นเวลา 6 เดือน น้ำเชื้อสดที่รีดได้ต้องมีคุณภาพที่ดี ได้มาตรฐาน มีปริมาณอยู่ระหว่าง 1-2 มล./ครั้ง มีการเคลื่อนไหวไม่น้อยกว่า ++ หรือ 30% และมีอัตราการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า 70% ขึ้นไป (Settergren, 1934) ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้ปฏิบัติตามกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับการใช้สัตว์เพื่องานวิทยาศาสตร์

การเจือจางและการแช่แข็งน้ำเชื้อแพะ

นำน้ำเชื้อสดที่รีดได้ในแต่ละครั้ง แบ่งออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน คือ

ส่วนที่ 1 เจือจางด้วยสารเจือจางน้ำเชื้อสูตรพื้นฐาน (Tris-egg yolk) ที่มีไข่แดงเป็นส่วนผสมอยู่ 25% ซึ่งน้ำเชื้อในส่วนนี้จะต้องนำไปปั่นแยกน้ำเลี้ยงอสุจิและตัวอสุจิออกจากกันก่อน โดยนำน้ำเชื้อที่รีดได้ใส่ใน centrifuge tube ขนาด 15 มล. ทำการเติม diluter non glycerol ให้ครบ 10 มล. แล้วนำไปปั่นที่ความเร็ว 1,500 รอบ/นาที นาน 10 นาที จากนั้นดูดส่วนใสออกจนเหลือเฉพาะส่วนสีขาวขุ่นด้านล่าง ซึ่งเป็นส่วนของตัวอสุจิ แล้วจึงเติมสารเจือจางน้ำเชื้อลงไปตามปริมาณที่ต้องการ

ส่วนที่ 2 เจือจางด้วยสารเจือจางน้ำเชื้อสูตรทางการค้า (Andromed®) ซึ่งสารเจือจางน้ำเชื้อสูตรนี้มีขั้นตอนการเตรียมสารละลายที่ง่ายและรวดเร็ว โดยการนำเอา Andromed® กับ DI-Water ที่ 35 °C มาผสมกันในอัตราส่วน 2:10 เมื่อผสมสารละลายเข้ากันดีแล้ว ก็นำมาเติมลงในน้ำเชื้อส่วนที่ 2 จนกว่าจะครบตามปริมาณที่ต้องการ

หลังจากนั้นนำน้ำเชื้อแพะที่ผ่านการเจือจางด้วยสารเจือจางน้ำเชื้อทั้ง 2 สูตร บรรจุใส่หลอดน้ำเชื้อขนาด 0.25 มล. โดยกำหนดให้มีความเข้มข้นสุดท้ายของตัวอสุจิ 20-30x10⁶/มล. แล้วนำไปลดอุณหภูมิที่ 4 °C นาน 4 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาแช่แข็งด้วยกล่องโฟม ที่บรรจุไนโตรเจนเหลว โดยวางบนแท่นเรียงเหนือระดับไนโตรเจนเหลว 4 ซม. ที่อุณหภูมิ -120 °C นาน 14 นาที แล้วจึงเก็บรักษา น้ำเชื้อไว้ในถังไนโตรเจนเหลวที่อุณหภูมิ -196 °C และเมื่อครบ 24 ชั่วโมง นำออกมาตรวจประเมินคุณภาพน้ำเชื้อด้วยเครื่องคาซ่า

การตรวจประเมินคุณภาพน้ำเชื้อ

นำหลอดน้ำเชื้อแช่แข็งแพะมาละลายที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นนำเข้าตรวจประเมินโดยใช้เครื่องตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเชื้อด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer assisted sperm analysis; CASA) ด้วยโปรแกรม HT CASA : CEROS III version 1.11 ทันที (0 ชั่วโมง) และเก็บน้ำเชื้อที่เหลือไว้ใน Water bath ที่ 37 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง แล้วนำมาตรวจซ้ำอีกครั้ง ตามลำดับ โดยใช้ตัวชี้วัดต่าง ๆ ดังนี้ 1) อัตราการเคลื่อนที่ทั้งหมดของตัวอสุจิ (motility) 2) อัตราการเคลื่อนที่ของตัวอสุจิแบบตรงไปข้างหน้า (progressive motility) 3) ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางของตัวอสุจิแบบราบเรียบ (path velocity; VAP) 4) ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางของตัวอสุจิที่วัดได้จากเส้นทางตรงจากจุดเริ่มต้นไปจนถึงจุดสิ้นสุด (straight-line velocity; VSL) 5) ความเร็วเฉลี่ยที่วัดได้จากการเคลื่อนที่แบบตรงไปข้างหน้าของตัวอสุจิ (curvilinear velocity; VCL) 6) ความกว้างเฉลี่ยของส่วนหัวอสุจิที่แกว่งขณะที่มีการเคลื่อนที่ (lateral head displacement; ALH) 7) ความถี่เฉลี่ยในการขยับหัวของอสุจิระหว่างเส้นทางในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง (beat cross frequency; BCF) 8) ค่าเฉลี่ยอัตราความเร็วของตัวอสุจิที่วัดได้จากความเร็วเฉลี่ยเป็นเส้นตรงหารด้วยความเร็วเฉลี่ยที่วัดได้จากการเดินทางของตัวอสุจิแบบราบเรียบ (straightness; STR) และ 9) ความเร็วเฉลี่ยที่วัดได้จากการเคลื่อนที่แบบตรงไปข้างหน้าของตัวอสุจิหารด้วยความเร็วเฉลี่ยที่วัดได้จากการเดินทางของตัวอสุจิแบบราบเรียบ (linearity; LIN)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลทั้งหมดถูกนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มการทดลอง โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติสำเร็จรูป

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการประเมินคุณภาพของน้ำเชื้อสดเบื้องต้นของแพะที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ พบว่า น้ำเชื้อมีลักษณะเป็นสีครีม ปริมาตรน้ำเชื้อเฉลี่ยอยู่ที่ 1.00 ± 0.09 มล./ครั้ง มีความหนาแน่น (D-4D) เท่ากับ 3D (คล้ายน้ำมัน) มีความหนืด (C-5C) เท่ากับ 4C (คล้ายนม) มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย เท่ากับ 6.46 ± 0.28 ความเข้มข้น $11,235 \pm 1,141.29 \times 10^6$ /มล. มีการเคลื่อนไหวหุ่ +++ หรือ $56.5 \pm 0.15\%$ และมีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของตัวอสุจิ $75.02 \pm 0.84\%$ ซึ่งน้ำเชื้อสดที่รีดได้นั้นมีลักษณะที่ดี อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำมาผลิตน้ำเชื้อแช่แข็งได้ เพราะน้ำเชื้อมีปริมาตรอยู่ระหว่าง 1-2 มล./ครั้ง มีการเคลื่อนไหวหุ่ไม่น้อยกว่า ++ หรือ 30% และมีอัตราการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า 70% ขึ้นไป (Settergren, 1934) ดังแสดงใน Table 1

Table 1 The result of macroscopic and microscopic quality of fresh semen.

Parameter	Fresh semen quality
Macroscopic	
Volume (ml)	1.00 ± 0.09
Color	Cream
Density (D-4D)	Milky opalescent
Consistency (C-5C)	Milky
pH	6.46 ± 0.28
Microscopic	
Concentration (10^6 /ml)	$11,235 \pm 1,141.29$
Mass movement (%)	56.5 ± 0.15
Motility (%)	75.02 ± 0.84

±SD; Standard Deviation.

ผลของการเปรียบเทียบการใช้สารเจือจางน้ำเชื้อพื้นฐาน (Tris-egg yolk) กับสารเจือจางน้ำเชื้อทางการค้า (Andromed®) ในการแช่แข็งน้ำเชื้อแพะต่อคุณภาพตัวอสุจิด้วยเครื่องแช่แข็งละลายที่ 0, 1 และ 3 ชั่วโมง พบว่า น้ำเชื้อแพะแช่แข็งที่เจือจางด้วยสารเจือจางน้ำเชื้อทั้งสองสูตรมีการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ความเร็วในการเคลื่อนที่ (um/s) ได้แก่ VAP, VSL, VCL และลักษณะการเคลื่อนที่ ได้แก่ ALH, BCF (HZ), STR (%), LIN (%) หลังละลายที่ 0 ชั่วโมง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่หลังจากละลายอุ่นไว้ใน Water bath อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า สารเจือจางน้ำเชื้อ Andromed® มีการเคลื่อนที่และการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เท่ากับ $87.20 \pm 2.71\%$ และ $46.98 \pm 6.03\%$ สารเจือจางน้ำเชื้อ Tris-egg yolk เท่ากับ $68.55 \pm 11.5\%$ และ $34.20 \pm 4.42\%$ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และหลังจากละลายน้ำเชื้ออุ่นไว้ 3 ชั่วโมง พบว่า สารเจือจางน้ำเชื้อ Andromed® มีการเคลื่อนที่ $73.45 \pm 3.04\%$ และการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า $31.58 \pm 6.63\%$ ส่วนสารเจือจางน้ำเชื้อ Tris-egg yolk เท่ากับ $10.43 \pm 1.63\%$ และ $1.37 \pm 0.06\%$ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) นอกจากนี้ยังพบว่า ที่ 1 ชั่วโมง ตัวอสุจิที่ผ่านการเจือจางด้วย Andromed® มีค่า VAP, VSL, VCL และ ALH (77.55 ± 15.64 , 62.16 ± 10.93 , 131.07 ± 23.72 และ 5.96 ± 0.79 ตามลำดับ) สูงกว่าตัวอสุจิที่ผ่านการเจือจางด้วย Tris-egg yolk ซึ่งมีค่าเท่ากับ 38.85 ± 8.75 , 33.17 ± 8.09 , 66.19 ± 12.13 และ 3.76 ± 0.46 ตามลำดับ ($P < 0.05$) และพบว่าที่ 3 ชั่วโมง ตัวอสุจิที่ผ่านการเจือจางด้วย Andromed® มีค่า VAP, VSL, VCL, ALH และ STR (53.82 ± 7.20 , 44.04 ± 6.03 , 89.22 ± 16.15 , 5.00 ± 0.87 และ 81.27 ± 6.67 ตามลำดับ) สูงกว่าตัวอสุจิที่ผ่านการเจือจางด้วย Tris-egg yolk ซึ่งมีค่าเท่ากับ 17.43 ± 8.38 , 11.09 ± 1.88 , 16.88 ± 0.15 , 1.71 ± 0.70 และ 61.57 ± 7.59 ตามลำดับ ($P < 0.01$) ดังแสดงใน Table 2

จากผลการศึกษาทำให้ทราบว่าสารเจือจางน้ำเชื้อทางการค้า (Andromed®) มีขั้นตอนการเตรียมสารที่ง่าย สะดวก และรวดเร็วมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสารเจือจางน้ำเชื้อพื้นฐาน (Tris-egg yolk) และสารเจือจางน้ำเชื้อ Andromed® ยังสามารถคงคุณภาพของน้ำเชื้อและตัวอสุจิระหว่างกระบวนการแช่แข็งน้ำเชื้อได้ดี สามารถป้องกันไม่ให้อสุจิได้รับความเสียหายจากขั้นตอนการลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งพลังงานสูงให้กับตัวอสุจิเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่และการมีชีวิตรอด เช่นเดียวกับการศึกษาของ Vidal et al. (2013) และสอดคล้องกับการศึกษาของ Rastegarnia et al. (2014) ที่รายงานไว้ว่าการใช้สารเจือจางน้ำเชื้อ Andromed® และ Bioxcell® ที่ระดับ 1% ส่งผลให้อสุจิมีอัตราการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า อัตราการเคลื่อนที่โดยรวมค่า VAP และ LIN ในการละลายทันที (0 ชั่วโมง) ดีกว่ากลุ่มที่ละลายไว้นาน 4 ชั่วโมง และดีกว่ากลุ่มที่การเจือจางด้วย Tris-citrate

egg yolk ($P<0.05$) และพบว่าค่า VCL, VSL และ STR เมื่อทำการละลายทันที สารเจือจางน้ำเชื้อ Bioxcell® ดีกว่า Andromed® และ Tris-citrate egg yolk แต่เมื่อละลายทิ้งไว้ 4 ชั่วโมง Andromed® และ Bioxcell® ดีกว่า Tris-citrate egg yolk อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Abdussamad et al. (2016) ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบสารเจือจางน้ำเชื้อรูปแบบต่างๆ ในโค โดยเปรียบเทียบสารเจือจาง 3 สูตร ได้แก่ สูตรไข่แดงผสมกลีเซอรอล (Tris-egg yolk-glycerol) ที่ผลิตขึ้นเอง สูตรทางการค้า Triladyl® ที่มีส่วนประกอบจากไข่แดง และสูตร Andromed® ที่มีส่วนประกอบจากถั่วเหลือง จากการศึกษาพบว่าสารเจือจางน้ำเชื้อสูตร Andromed® มีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของตัวอสุจิดีกว่าสูตร Triladyl® และสูตรไข่ผสมกลีเซอรอล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ($59\pm3\%$, $53\pm2\%$ และ $53\pm2\%$ ตามลำดับ) และสอดคล้องกับ Herold et al. (2002) ที่ได้ศึกษาอิทธิพลของสารเจือจางน้ำเชื้อทางการค้า 2 สูตร ได้แก่ สูตร Triladyl™ กับสูตร Andromed® ต่อการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของอสุจิวัวโบฮอร์สที่โตเต็มวัย 6 ตัว พบว่า สารเจือจางน้ำเชื้อสูตร Andromed® มีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของอสุจิ หลังทำการละลายทันที ดีกว่าสูตร Triladyl™ ($18.3\pm9.8\%$ และ $8.3\pm6.1\%$ ตามลำดับ) ($P=0.07$) และสอดคล้องกับ Thammasiri et al. (2018) ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบสารเจือจางน้ำเชื้อทางการค้า Andromed® กับสารเจือจางน้ำเชื้อพื้นฐาน (Tris-egg yolk) ในการแช่แข็งน้ำเชื้อแพะ พบว่าสารเจือจางน้ำเชื้อ Andromed® มีการเคลื่อนที่ของอสุจิดีกว่า Tris-egg yolk อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ในการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคนิคการรักษาคุณภาพน้ำเชื้อแพะเพื่อให้ได้ผลที่ดีที่สุด สามารถลดขั้นตอนในการเตรียมสารละลาย และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ภายในฟาร์มของเกษตรกรและหน่วยงานต่าง ๆ ได้ เพื่อให้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจมากที่สุด นอกจากนี้ถ้ามีการศึกษาเพิ่มเติมถึงอัตราการตั้งท้องของแม่แพะที่ได้รับการผสมเทียมจากน้ำเชื้อแช่แข็งดังกล่าวนี้ก็จะยิ่งทำให้การศึกษานี้สมบูรณ์มากขึ้น

Table 2 Effect of comparison of semen diluted basis (Tris-egg yolk) with diluted commercial semen (Andromed®) in frozen goat semen on sperm quality by CASA at 0,1 and 3 hours.

Parameters	0h		1h		3h	
	Tris-egg yolk	Andromed®	Tris-egg yolk	Andromed®	Tris-egg yolk	Andromed®
Total motility (%)	74.58±15.10	81.18±5.41	68.55 ^b ±11.52	87.20 ^a ±2.71	10.43 ^B ±1.63	73.45 ^A ±3.04
Progressive motility (%)	45.53±12.54	48.67±5.34	34.20 ^b ±4.42	46.98 ^a ±6.03	1.37 ^B ±0.06	31.58 ^A ±6.63
VAP (um/s)	74.95±7.09	75.82±5.63	38.85 ^b ±8.75	77.55 ^a ±15.64	17.43 ^B ±8.38	53.82 ^A ±7.20
VSL (um/s)	62.83±8.14	58.25±8.80	33.17 ^b ±8.09	62.16 ^a ±10.93	11.09 ^B ±1.88	44.04 ^A ±6.03
VCL (um/s)	122.94±11.34	128.84±4.56	66.19 ^b ±12.13	131.07 ^a ±23.72	16.88 ^B ±0.15	89.22 ^A ±16.15
ALH (μm)	5.85±0.05	5.93±1.06	3.76 ^b ±0.46	5.96 ^a ±0.79	1.71 ^B ±0.70	5.00 ^A ±0.87
BCF (HZ)	25.81±4.38	27.19±4.81	25.69±2.71	27.23±3.27	33.38±12.27	28.32±4.52
STR (%)	82.63±4.28	81.41±2.87	84.22±1.54	79.99±4.12	61.57 ^B ±7.59	81.27 ^A ±6.67
LIN (%)	51.48±5.70	48.67±3.20	49.83±2.67	48.37±2.66	48.33±2.08	52.13±12.49

^{a,b} Different letters in the same row indicate statistical differences ($p<0.05$).

^{A,B} Different letters in the same row indicate statistical differences ($p<0.01$).

±SD; Standard Deviation.

สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าคุณภาพน้ำเชื้อสดของแพะพันธุ์บอร์ที่ใช้ในการศึกษานี้มีลักษณะที่ดี สามารถนำมาผลิตน้ำเชื้อแช่แข็งได้ และน้ำเชื้อแช่แข็งแพะที่เจือจางด้วยสารเจือจางน้ำเชื้อทางการค้า Andromed® มีการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ความเร็วในการเคลื่อนที่ (um/s) ได้แก่ VAP, VSL, VCL และลักษณะการเคลื่อนที่ ได้แก่ ALH, BCF (HZ), STR (%), LIN (%) หลังละลายที่ 0 ชั่วโมง ไม่แตกต่างกันกับสารเจือจางน้ำเชื้อพื้นฐาน (Tris-egg yolk) แต่หลังจากละลาย ที่ 1 และ 3 ชั่วโมง สารเจือจางน้ำเชื้อ Andromed® มีการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ค่า VAP, VSL, VCL, ALH และ STR สูงกว่าสารเจือจางน้ำเชื้อ Tris-egg yolk

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการทำวิจัยงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2564 และขอขอบคุณศูนย์ผลิตน้ำเชื้อแพะมาตรฐานสต็อกโฮล์ม บ้านหัวเข้าแตก อ.นาเชือก จ.มหาสารคาม ที่อนุเคราะห์สัตว์ทดลอง สถานที่ในการทดลอง และห้องปฏิบัติการในการตรวจประเมินคุณภาพน้ำเชื้อในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Abdussamad, A. M., Detterer, J., Gauly, M. & Holtz, W. (2016). Comparison of various semen extenders and addition of prostaglandin F_{2α} on pregnancy rate in cows. **Journal of Animal Science**. 10(4), 655-659.
- Bureau of Biotechnology in Livestock Production. (2017). **Frozen semen used in artificial insemination of cattle**. Retrieved from: <http://biotech.dld.go.th/webnew/index.php/th>. (in Thai).
- Foot, R. H. (1970). Influence of extenders, extension rate and glycerolating technique on fertility of frozen bull semen. **Journal of Dairy Science**. 53, 1478-1482.
- Herold, F. C., Gerber, D. & Aurich, J. E. (2002). Influence of homologous seminal plasma on bovine epididymal semen frozen with Trilady[®] or AndroMed[®]. **Wiener Tierärztliche Monatsschrift**. 90, 8-61.
- Iritani, A. & Nishikawa, Y. (1972). Studies on the egg yolk coagulation enzyme (phospholipase) in goat semen. IX. Enzyme concentration in the semen collected from the Cowper's gland removal goat. **Men Coll Agric Kyoto Univ Journal**. 101, 57-63.
- Majorune, S., Phungchai, R., Raungprim, T., Maitreejet, W., Poonko, S., Soisongnoen, D., Saeton, W. & Kasemsawas, U. (2013). A Comparison of the Chicken Duck and Quail Egg Yolk in the Egg Yolk-Tris Extender for the Cryopreservation of Kamphaeng Saen Bull Semen. In **The 10th KU-KPS Conference**. (pp. 3134-3140). NakhonPathom: Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus. (in Thai).
- Pongpeng, J., Leingcharoen, N., Ratanapaskorn, M., Suthunmapinata, P., Kaewmarg, T. & Apimeteetumrong, M. (2008). Study on acrosome integrity of goat spermatozoa frozen in tris-based extender at different egg yolk percentages by flow cytometer. **Journal of Mahanakorn Veterinary Medicine**. 3(1), 13-20. (in Thai).
- Rastegarnia, A., Shahverdi, A., Rezaei, T. T. & Shafiepour, V. (2014). In vitro comparison of soybean lecithin-based extenders for cryopreservation of buffalo (*Bubalus bubalis*) semen. **Comparative Clinical Pathology Journal**. 23, 893-900.
- Salamon, S. & Maxwell, W. M. C. (2000). Storage of ram semen. **Animal Reproduction Science Journal**. 62, 77-111.
- Settergren, I. (1934). Bull fertility examination. Andrology. Short note concerning methods for examination of breeding bulls and different methods for morphological examination of sperm. **FAO/SIDA International Postgraduate Programme on Animal Reproduction**. Uppsala: College of Veterinary Medicine.
- Thammasiri, J., Navanuraw, C., Guntaprom, S. & Natthatorntul, J. (2018). Effect of semen extenders and storage time on sperm quality of fresh and frozen goat semen. **Journal of Agricultural Research and Extension**. 35(2) (suppl. 2), 772-780. (in Thai).
- Thongtip, N. & Pattanawong, W. (2015). Comparison of semen diluted basis (Tris-egg yolk) and diluted commercial semen (MJ-EX2[™] Extender) in frozen goat semen on sperm quality after freezing. In **The 4th Phayao research conference**. (pp. 829-834). Phayao: Phayao University. (in Thai).
- Vidal, A. H., Batista, A. M., Bento da Silva, E. C., Gomes, W. A., Pelinca, M. A., Silva, S. V. & Guerra, M. M. P. (2013). Soybean lecithin-based extender as an alternative for goat sperm cryopreservation. **Small Ruminant Research Journal**. 109, 47-51.

วันรับบทความ (Received date) : 23 มี.ย. 65

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 7 เม.ย. 66

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 1 พ.ค. 66

<https://doi.org/10.55003/kmaj.2023.08.31.005>

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากขิงและตะไคร้หอมในการกำจัดหมัดไก่
Efficacy of essential oils from Ginger and Citronella to killed sticktight fleas
(*Echidnophaga gallinacea*) in Chicken

ณัฏฐา วิชาศ¹ สุนีย์ จันทรสภาว² ประภากร ธาราฉาย¹ และ กฤดา ชูเกียรติศิริ^{1*}
Nattha Vigad¹, Suneey Chansakaow², Prapakorn Tarachai¹, and Kridda Chukiatsiri^{1*}

บทคัดย่อ

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus* Rendle.) และขิง (*Zingiber officinale* Roscoe) ต่อการกำจัดหมัดไก่ (*Echidnophaga gallinacea*) ในไก่ฟ้าคอแหวน (*Phasianus colchicus*) แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ใช้น้ำมันหอมระเหยขิง 4%, น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม 4%, สารกำจัดแมลงทางการค้า (Trichlorfon®) 0.15% และ กลุ่มควบคุมลบ (นํ้ายาสำหรับเจือจางน้ำมันหอมระเหย) ให้สารด้วยวิธีการสเปรย์บริเวณที่มีหมัดปริมาณ 1 มิลลิเมตรต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และวัดผลการทดลองโดยการนับจำนวนหมัดก่อนสเปรย์, ภายหลังการสเปรย์ 1, 7 และ 14 วัน ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดหมัดไก่พบว่า ภายหลังการสเปรย์ 1 วัน กลุ่มที่สเปรย์ด้วย Trichlorfon® มีอัตราการพบหมัดไคน้อยกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติถึง ($p < 0.001$) ในขณะที่กลุ่มที่สเปรย์น้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดและกลุ่มควบคุมลบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนวันที่ 7 และ 14 พบว่ากลุ่มที่สเปรย์ด้วย Trichlorfon® ไม่พบหมัดไก่เลย กลุ่มที่สเปรย์น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมและขิงพบหมัดไกลดลงในวันที่ 7 และลดมากที่สุดในวันที่ 14 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติถึงกับกลุ่มควบคุมลบ ($p < 0.001$) โดยน้ำมันตะไคร้หอมสามารถลดหมัดไค้ได้มากกว่าน้ำมันหอมระเหยขิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และไม่แตกต่างกับกลุ่ม Trichlorfon® สรุปผลการศึกษาพบว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมและขิงเป็นสมุนไพรทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการกำจัดพยาธิภายนอกได้ แม้จะใช้เวลานานกว่าสารฆ่าแมลงทางการค้า แต่ก็มีฤทธิ์ตกค้างในสิ่งแวดล้อมน้อย ไม่ส่งผลเสียต่อผู้บริโภคและยังสามารถประยุกต์ใช้ในการผลิตสัตว์ในระบบอินทรีย์ได้

คำสำคัญ: หมัดไก่ ตะไคร้หอม ขิง น้ำมันหอมระเหย ไก่ฟ้าคอแหวน

¹ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

² คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

¹ Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

² Pharmaceutical Sciences, Faculty of Pharmacy, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

* Corresponding author: Kridda003@hotmail.com

Abstract

Efficacy of essential oil from citronella (*Cymbopogon nardus* Rendle.) and ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) to eliminate the stick tight fleas in common pheasants (*Phasianus colchicus*) were divided into 4 groups as 4% citronella oil, 4% ginger oil, commercial insecticide (Trichlorfon®) and negative control (diluent). The solutions were sprayed around the area with fleas at 1 milliliter per kilogram bodyweight. Fleas were counted before treatment and after 1-day, 7-day, and 14-day treatments. According to the efficacy to eliminate the stick tight fleas, it was found that Trichlorfon® had the lowest flea detection with extremely statistically significant p value less than 0.001 after 1-day treatment while other groups did not show any significant differences. At day 7 and 14 post treatment, there no detectable fleas in the Trichlorfon® group while the citronella and ginger oil groups showed flea reductions detected at day 7 and the highest reduction at day 14. There was extremely significant difference ($p < 0.001$) in the reduction at day 14 between the citronella and ginger oil groups and the negative control group. The citronella oil had significantly higher flea reduction than the ginger oil ($p < 0.05$), and no significant difference was found between the citronella oil and Trichlorfon®. In conclusion, this study found that citronella and ginger essential oils are alternative herbs that can eliminate external parasites. Although it takes longer than commercial insecticides, less residue without doing any harm to consumers is left behind and can be utilized in organic animal production.

Keywords: stick tight flea, citronella, ginger, essential oil, common pheasant

คำนำ

หมัดเป็นปรสิตภายนอกที่พบได้บ่อยในสัตว์ปีก โดยเฉพาะหมัด (Stick tight flea) หมัดสายพันธุ์นี้พบได้บ่อยในสัตว์ปีกที่เลี้ยงปล่อยแต่พบยากในการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ โดยสามารถพบได้ในสัตว์ปีกหลากหลายชนิด โดยเฉพาะในไก่ฟ้าเพราะการเลี้ยงไก่ฟ้าจะนิยมเลี้ยงในกรงแต่อยู่บนพื้นธรรมชาติ เพราะลักษณะนิสัยไก่ฟ้าชอบคุ้ยเขี่ยหาอาหารบนพื้นดินกินเมล็ดพืชผลไม้ที่หล่นจากต้นแมลง หนอนและสัตว์เล็กอื่น ๆ และออกหากินในเวลากลางวันเกาะพักนอนบนกิ่งของต้นไม้ในเวลากลางคืน และสามารถบินได้ในระยะทางสั้น ๆ ดังนั้น ไก่ฟ้าจึงมีโอกาสพบพยาธิภายนอกชนิดนี้ได้ ซึ่งตัวอ่อนของหมัดที่ออกจากไข่จะหล่นลงพื้นดิน เฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่เป็นดินทราย ดินซุย หรือมูลโค กระบือ ตัวอ่อนที่หล่นลงดินจะเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยในเวลา 60 วัน (Rattanasethakun, 1986) โดยหมัดชนิดนี้ จะส่งผลให้เกิดอาการกระสับกระส่าย ระบายเคืองบริเวณรอบดวงตาทำให้เกิดแผลตาบอด และสามารถดูดเลือดได้ ซึ่งอาจทำให้ไก่ที่มีอายุน้อยตายได้ (Nopwinyoowong & Sukolapong, 1994) และยังสามารถก่อให้เกิดโรคโลหิตจาง ถ้าเกิดการแพร่ระบาดอย่างรุนแรง ก็ส่งผลทำให้เสียชีวิตได้เนื่องจากการอดอาหาร และส่งผลต่อการผลิตไข่ และนำไปสู่ความสูญเสียทางเศรษฐกิจแก่เกษตรกรได้ โดยปกติการกำจัดหรือการรักษาพยาธิภายนอกนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ น้ำมันก๊าด ซึ่งส่งผลทำให้หมัดมีอาการมีเนมาแต่ไม่ส่งผลให้หมัดตายได้ (Buranarak, 1997) และการใช้ยากำจัดพยาธิภายนอกได้แก่กลุ่ม malathion, cabaryl, coumaphos, rabon หรือ permethrin ซึ่งสารเหล่านี้เป็นกลุ่มของยาฆ่าแมลง ซึ่งบางตัวสามารถตกค้างในสิ่งแวดล้อมได้นาน นอกจากนี้ในฟาร์มที่เลี้ยงปศุสัตว์ปลอดภัยหรือปศุสัตว์อินทรีย์การใช้สารฆ่าแมลงเหล่านี้ยังมีข้อจำกัดอยู่ น้ำมันหอมระเหยเป็นตัวเลือกหนึ่งที่ได้มีการศึกษาฤทธิ์ที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการกำจัดพยาธิภายนอกในสัตว์ปีก เช่น การใช้น้ำมันหอมระเหยขิง (*Zingiber officinale*) มีฤทธิ์ในการฆ่าและขับไล่ยุง (*C. quinquefasciatus*) น้ำมันหอมระเหยจากขิงมีฤทธิ์ในการฆ่ายุงได้มากกว่ากลุ่มควบคุมโดยเฉพาะเมื่อความเข้มข้นของสารมากขึ้น และน้ำมันหอมระเหยขิง ที่ระดับความเข้มข้น 0.35 mg.cm^{-2} มีอัตราการตายของไรแดง (*D. gallinae*) 100% ส่วนตะไคร้หอมตาย 96% (Kim et al., 2004) โดยทำให้น้ำมันตะไคร้หอมมีประสิทธิภาพการฆ่าลูกน้ำยุงลายดีที่สุด มีค่า LC_{50} เท่ากับ 40.43 ppm (36.3-50.4 ppm) หลังการทดสอบ 24 ชั่วโมง โดยในประเทศไทยมีพืชหลายชนิดที่สามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยและมีรายงานประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงได้ การใช้น้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรชนิดต่าง ๆ ในการควบคุมไร *S. pontifica* โดยวิธีการรม พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู อบเชย วานาน้ำ พลุ และตะไคร้หอม ที่ความเข้มข้น $1.2 \text{ }\mu\text{g/cm}^3$ สามารถฆ่าไร *S. pontifica* ได้มากกว่า 70% (Klymuk et al., 2007) ซึ่งการพัฒนาสารสกัดจากน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากสารสกัดจากธรรมชาติมาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในการผลิตปศุสัตว์เพื่อทดแทนการใช้สารเคมีจะทำให้เกิดประโยชน์ ทั้งในเชิงพาณิชย์ และที่สำคัญยังมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสัตว์เลี้ยงอีกด้วย

วิธีการศึกษา

การเตรียมพืชสมุนไพรและการกลั่นน้ำมันหอมระเหย

เตรียมพืชสมุนไพร 2 ชนิดได้แก่ ตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus* Rendle.) และ ชิง (*Zingiber officinale* Roscoe) และ คัดแยกสิ่งปนเปื้อนออกจากพืชตัวอย่าง ทำการลดขนาดพืชให้มีชิ้นส่วนประมาณ 1-2 นิ้ว แล้วทำการล้างและบั่นทึบน้ำหนักพืช จากนั้นกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ จนปรากฏน้ำมันหอมระเหยหยดแรกหยดลงมาและกลั่นต่อเป็นเวลา 5 ชั่วโมง แยกน้ำมันหอมระเหยออกจากชั้นน้ำ แล้วกำจัดน้ำโดยเติม Sodium sulfate anhydrous ซึ่งน้ำหนักน้ำมันหอมระเหย และคำนวณร้อยละผลผลิต (%yield) แล้วเก็บน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ในภาชนะที่มีฝาปิดสนิทและป้องกันแสง นำไปเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 2-8 °C (Prasom & Doungsuwan, 2016)

การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันหอมระเหย

ค่าความถ่วงจำเพาะ หาโดยทำให้น้ำมันหอมระเหยเย็น ที่ 20°C ใส่ น้ำมันหอมระเหยลงใน pycnometer แล้วแช่ใน water bath ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นจึงชั่งน้ำหนัก pycnometer หลังแช่ให้แห้งแล้วนำน้ำหนักมาคำนวณค่าความถ่วงจำเพาะ Hati et al. (2010) ส่วนค่าดัชนีหักเห (Refractive index) ตรวจวัดด้วยเครื่อง refractometer (Mieso & Befu, 2020) การหมุนระนาบของแสงโพลาไรซ์ (Optical rotation) หาโดยนำน้ำมันหอมระเหยมาอ่านค่าด้วยเครื่องมือ polarimeter เพื่อหาค่าเบี่ยงเบนแสงของสารให้กลั่นเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานกลาง

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค Gas Chromatography/Mass Spectrometry

เครื่อง GC-MS ส่วนของ GC (ยี่ห้อ Agilent Technology, Santa Clara, CA, USA) - JEOL AccuTOF-GCv ส่วน MS (JEOL, Ltd, Tokyo, Japan) ใช้คอลัมน์ คือ DB5-MS column (30 m x 0.25 mm i.d., 0.25 µm film thickness, J & W Scientific, Folsom, CA) ตั้งอัตราการไหลของก๊าซฮีเลียมเข้าคอลัมน์เป็น 1.5 มิลลิลิตรต่อนาที ส่วนอุณหภูมิคอลัมน์จะตั้งโปรแกรมโดยใช้อุณหภูมิเริ่มต้นโดยอุณหภูมิ คือ 40 °C เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเพิ่มขึ้นด้วยอัตราเร็ว 6 °C/นาที จนถึง 250 °C นาน 4 นาที ส่วนของ MS ที่ต่อกับ GC โดยตรง และอุณหภูมิของ ion source เป็น 230 °C ในระบบ Electron Impact Ionization (EI) ใน ระบบ Scan Mode ใช้ช่วงของ Mass 25 ถึง 800 AMU (Atomic Mass Unit) โดยพิสูจน์เอกลักษณ์ขององค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยโดยเปรียบเทียบกับสเปกตรัมกับสเปกตรัมมาตรฐานใน NIST MS library

การเตรียมเกสซ์กันซ์เพื่อใช้ในการทดลอง

เจือจางน้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้ง 2 ชนิด โดย เจือจางด้วยเอทานอล 99.5% น้ำกลั่น และ tween 20 ให้มีความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์โดยใช้อัตราส่วนของ น้ำกลั่น : tween 20 : เอทานอล 99.5% เท่ากับ 50:25:25 เป็นสารเจือจางน้ำมันหอมระเหย น้ำมันหอมระเหยที่เจือจางแล้วจะเก็บใส่ภาชนะที่มีฝาปิดสนิทและป้องกันแสงเพื่อนำไปใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการกำจัดหัดต่อไป (Vigad et al., 2021)

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการกำจัดหัด

ทำการทดลองในไก่ฟ้า (*Phasianus colchicus*) ที่พบหัด (*Echidnophaga gallinacea*) บริเวณหน้าไก่ จำนวน 60 ตัว โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 5 ตัว ซึ่งแต่ละกลุ่ม จะเลี้ยงแยกห้องกันเพื่อป้องกันการติดต่อของหัดระหว่างกลุ่ม ทำการสเปรย์น้ำมันหอมระเหยหรือ สารควบคุมลงบนบริเวณหน้าไก่ โดยปิดบริเวณดวงตา โดยปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ฉีดลงบนตัวไก่คำนวณจากค่าเฉลี่ยน้ำหนัก ตัวไก่ในแต่ละกลุ่มโดยจะใช้ 1 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัว โดยกลุ่ม ที่ 1 สเปรย์น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม กลุ่มที่ 2 สเปรย์น้ำมันหอมระเหยชิง และกลุ่มที่ 3 สเปรย์ ด้วย Trichlorfon® ความเข้มข้น 0.15% (กลุ่มควบคุมบวก) กลุ่มที่ 4 สเปรย์สารเจือจาง น้ำกลั่น : tween 20 : เอทานอล 99.5% เท่ากับ 50:25:25 (กลุ่มควบคุมลบ) และทำการบันทึกผลการทดลองเป็นรายตัวโดยการถ่ายภาพและนำมาตรวจนับจำนวนหัด 4 ครั้ง คือ ก่อนสเปรย์, หลังสเปรย์สารในวันที่ 1, 7 และ 14 นอกจากนี้จะมีการตรวจสอบความเป็นพิษของสมุนไพรสารบนตัวไก่โดยสังเกตลักษณะการระคายเคืองบนผิวหนังและอาการในระบบทางเดินหายใจ โดยบทความวิจัยเรื่องนี้ได้ผ่านการรับรองการอนุญาตใช้สัตว์โดย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ (เลขที่ MACUC 024A/2561)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์การลดลงของหัดในไก่โดยมีการวัดซ้ำในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Repeated Measurements in CRD) โดยโปรแกรม SAS® University Edition

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันหอมระเหย

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค Gas Chromatography/Mass Spectrometry พบว่าสารประกอบที่พบเป็นหลักในน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมได้แก่ Citral (34.23%), Neral (26.71%) และ Limonene (17.15%) และน้ำมันหอมระเหยขิง ได้แก่ α -Zingiberene (30.21%), β -Sesquiphellandrene (13.04%) และ ar-Curcumene (10.47%) และร้อยละของผลผลิตน้ำมันหอมระเหยพบว่าผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม มีค่าสูงกว่าน้ำมันหอมระเหยขิง โดยมีค่า 4.40 และ 1.38 ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Chemical composition present in each type of essential oil.

Essential Oils	Part use	% Yield	Chemical Constituent	%Peak area
Citronella	Leaf	4.40	Citral	34.23
			Neral	26.71
			Limonene	17.15
Ginger	Rhizome	1.38	α -Zingiberene	30.21
			β -Sesquiphellandrene	13.04
			ar-Curcumene	10.47

ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันหอมระเหย ตะไคร้หอม และขิง เท่ากับ 0.8874 และ 0.8742 ตามลำดับ ส่วนค่าดัชนีหักเห (Refractive index) ของแสงเท่ากับ 1.4618 และ 1.4862 ตามลำดับ และ การหมุนระนาบของแสงโพลาไรซ์ (Optical rotation) เท่ากับ 0.34 และ -35.52 ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Physical and Chemical Properties of essential oil.

Essential Oils	Specific gravity At 20 °C, 40% RH	Refractive index At 25 °C	Optical rotation At 27 °C
Citronella	0.8874 $\pm$ 0.0089	1.4618 $\pm$ 0.0015	0.34 $\pm$ 0
Ginger	0.8742 $\pm$ 0.0018	1.4862 $\pm$ 0.0015	- 35.52 $\pm$ 0

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการกำจัดหมัด

จากการศึกษาพบว่าอัตราการพบหมัด (Stick tight flea) จากการทดสอบกับน้ำมันหอมระเหย 2 ชนิดคือ น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม และขิง พบว่า ภายหลังจากการสเปรย์ 1 วัน กลุ่มที่สเปรย์ด้วย Trichlorfon[®] มีอัตราการพบหมัดไถ่กันน้อยกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.001) ในขณะที่กลุ่มที่สเปรย์น้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดและกลุ่มควบคุมลบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนวันที่ 7 และ 14 พบว่ากลุ่มที่สเปรย์ด้วย Trichlorfon[®] ไม่พบหมัดไถ่เลย กลุ่มที่สเปรย์น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมและขิงพบหมัดไถ่ลดลงในวันที่ 7 และลดมากที่สุดในวันที่ 14 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.001) โดยน้ำมันตะไคร้หอมสามารถลดหมัดไถ่ได้มากกว่าน้ำมันหอมระเหยขิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) และไม่แตกต่างกับกลุ่ม Trichlorfon[®] (Table 3) โดยจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าอัตราการพบหมัดลดลงในวันที่ 1 หลังจากฉีดพ่นสเปรย์น้ำมันหอมระเหยไป ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของหน้า โดยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมและขิงส่งผลต่ออัตราการพบเหา (*Menopon gallinae*) และไร (*Ornithonyssus bursa*) ลดลงเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง (Vigad et al., 2021) และจากการทดสอบพบว่า ผลของตะไคร้หอมมีประสิทธิภาพค่อนข้างดี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมที่มีสารออกฤทธิ์ citral และ limonene มีคุณสมบัติในการไล่แมลง เพราะมีสารออกฤทธิ์สำคัญคือ citronellal ซึ่งเป็น acyclic monoterpene และได้ถูกนำมาใช้ทดแทนสาร N,N-diethyl-mtoluamide (DEET) สำหรับป้องกันยุงและแมลงกัด โดย limonene สามารถใช้ควบคุมหมัดและไรได้ (Klymuk et al., 2007) และ diterpenoids และ triterpenoids ได้แก่ columbin, solidagenone, limonene, nomilin และ helvolic acid ยังสามารถเป็นสารยับยั้งการกินและการเจริญเติบโตของแมลง (Antifeedants) เช่นเดียวกับจากการศึกษาของ Chungsamarnyart & Jansawan (1996) ศึกษา

ประสิทธิภาพในการฆ่าเห็บพบว่า สารออกฤทธิ์ในน้ำมันตะไคร้หอมและตะไคร้น้ำมันมีสาร d-limonene ออกฤทธิ์แรงที่สุดและสารอีก 5 ชนิดออกฤทธิ์เสริมกันน้อยตามลำดับ คือ citral, linalool, borneol, citronellal และ citronellol โดยตะไคร้หอมมีส่วนน้ำมันหอมระเหยจากขิงมีองค์ประกอบหลักทางเคมี คือ α -Zingiberene, β -Sesquiphellandrene และ ar-Curcumen โดยในงานวิจัยของ Nerio et al. (2010) สมุนไพรในตระกูล Zingiberaceae เป็นพืชที่ใช้เป็นเครื่องเทศในทางการแพทย์ โดยมีรายงานว่าน้ำมันสมุนไพรตระกูลนี้สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และมีผลต่อยุงสายพันธุ์ *Culex quinquefasciatus* เช่นเดียวกับฤทธิ์ขับไล่ตัวอ่อนไร *Leptotrombidium deliense* (Lim et al., 2012) และน้ำมันหอมระเหยจากขิง มีฤทธิ์ในการฆ่ายุงชนิด *Culex theileri* Theobald (Pushpanathan et al., 2008) และเห็บชนิด *Rhipicephalus bursa* ได้มากกว่ากลุ่มควบคุม (Madreseh-Ghahfarokhi et al. 2019) ดังนั้นการใช้น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรธรรมชาติสามารถเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในการกำจัดพยาธิภายนอกโดยทดแทนการใช้สารเคมีได้ ซึ่งอาจหาสมุนไพรที่มีสารออกฤทธิ์เดียวกันกับสมุนไพรตะไคร้หอมและขิงนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตสัตว์ในอนาคตได้

Table 3 Effect of essential oil preparations on incidences of infection involving chicken fleas.

Treatment	Infection involving chicken fleas (Days)			P-value	SEM
	1	7	14		
Control	100.00 ^{Bb}	100.00 ^{Cb}	96.98 ^{Ca}	<0.0001	0.50
Trichlorfon	26.39 ^A	0.00 ^A	0.00 ^A	0.0798	5.82
Citronella oil	81.41 ^{Bc}	36.53 ^{Bb}	1.58 ^{Aa}	<0.0001	11.68
Ginger oil	90.24 ^{Bc}	51.99 ^{Bb}	6.90 ^{Ba}	0.0007	12.60
P-value	0.0005	<0.0001	<0.0001		
SEM	9.17079409	11.1418634	12.3291967		

All values provided as mean $\pm$ standard error of triplicate. The lowercase letters in the same row and the uppercase letters in the same column which connected by the different letters are significantly different ($p < 0.05$).

จากการทดสอบความเป็นพิษบนตัวสัตว์โดยการสเปรย์น้ำมันหอมระเหยบนตัวสัตว์พบว่า ไม่มีสัตว์ตัวใดที่มีอาการแพ้ การระคายเคืองบนผิวหนัง และอาการในระบบทางเดินหายใจ



Figure 1 Fleas were found around the eyes before spraying essential oils (a) and no fleas after 14 days of spraying essential oils (b).

สรุปผลการศึกษา

น้ำมันหอมระเหย ตะไคร้หอม และขิง ที่ระดับความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการกำจัดหมัดในไก่ฟ้าได้ประมาณ 14 วันหลังจากการใช้ โดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายและการระคายเคืองต่อผิวหนัง ซึ่งประสิทธิภาพอาจจะดีกว่าสารเคมี Trichlorfon® แต่มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตสัตว์ระบบอินทรีย์ ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้สำหรับผู้ใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

- Rattanasethhakun, C. (1986). **Poultry disease**. KhonKaen: KhonKaen University. (in Thai).
- Chungsamarnyart, N. & Jansawan, W. (1996). Acaricidal activity of the combine of plant crude extracts to tropical cattle tick. In **The 34th Kasetsart University Annual Conference**. Bangkok: Kasetsart University. (in Thai).
- Nopwinyoowong, S. & Sukolapong, V. (1994). Parasite in poultry. **KU Veterinary Journal**. 4, 42-48. (in Thai).
- Buranarak, P. (1997). Removal and prevention of all forms of blackness flea. **SanKai Journal**. 45(10), 17-18. (in Thai).
- Klymuk, K., Kerdchoechuen, O., Laohakunjit, N. & Tripetch, P. (2007). Identification of Limonoid Extracts from Mandarin Seeds Infected with Fungi. **Agricultural Science Journal**. 38(6) (Suppl.), 58-61. (in Thai).
- Prasom, W. & Doungsuwan, S. (2016). Acaricidal effect of essential oils against *Dermanyssus gallinae*. **A special problem submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Pharmacy faculty of pharmacy**, Chiangmai University. (in Thai).
- Hati, S. S., Dimari G. A., Egbu G. O. & Ogugbuaja V.O. (2010). Specific gravity and antibacterial assays of some synthetic industrial essential oils. **The Scientific World Journal**. 5(1), 11-15.
- Lim, K., Hanifah, Y., Yusof, M. & Thong, K. L. (2012). ermA, ermC, tetM and tetK are essential for erythromycin and tetracycline resistance among methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* strains isolated from a tertiary hospital in Malaysia. **Indian journal of medical microbiology**. 30(2), 203.
- Kim, E. H., Yi, J. H., Tak, J. H. & Ahn, Y. J. (2004). Acaricidal activity of plant essential oils against *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae). **Veterinary Parasitology**. 120, 297-304.
- Madreseh-Ghahfarokhi, S., Dehghani-Samani, A., Pirali, Y. & Dehghani-Samani, A. (2019). *Zingiber officinalis* and *Eucalyptus globulus*, potent lethal/repellent agents against *Rhipicephalus bursa*, probable carrier for zoonosis. **Journal of Arthropod-Borne Diseases**. 13(2), 214.
- Mieso, B. & Befu, A. (2020). Physical Characteristics of the essential oil extracted from released and improved spearmint varieties, peppermint, and Japanese mint. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**. 9(355), 1-4.
- Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J. & Stashenko, E. (2010). Repellent activity of essential oils: a review. **Bioresource technology**. 101(1), 372-378.
- Pushpanathan, T., Jebanesan, A. & Govindarajan, M. (2008). The essential oil of *Zingiber officinalis* Linn (Zingiberaceae) as a mosquito larvicidal and repellent agent against the filarial vector *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). **Parasitology research**. 102(6), 1289-1291.
- Vigad, N., Pelyuntha, W., Tarachai, P., Chansakaow, S. & Chukiatsiri, K. (2021). Physical Characteristics, Chemical Compositions, and Insecticidal Activity of Plant Essential Oils against Chicken Lice (*Menopon Gallinae*) and Mites (*Ornithonyssus Bursa*). **Veterinary Integrative Sciences**. 19(3), 449-466.

วันรับบทความ (Received date) : 27 มิ.ย. 65

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 7 เม.ย. 66

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 1 พ.ค. 66

<https://doi.org/10.55003/kmaj.2023.08.31.006>

การประยุกต์ใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และวิธีการวัดสีของภาพถ่ายจากโทรศัพท์มือถือ สำหรับการวัดความดิบในกากถั่วเหลือง

Application of Spectrophotometer and Photocolorimetric Method from Mobile Phone for Soybean Meal Rawness Measurement

มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี^{1*}, ณัฐมน คงสบาย¹, ยาดา สุขชี¹, สรณัฐ โชตินิพัทธ์¹, ยุภา ปู่แดงอ่อน¹,

อติชาต ทองน้ำ², จินดา กลินอุบล³, ชาญชัย อรรคมาติ⁴ และ อรวรรณ เชาวลิ⁵

Manatsanun Nopparatmaitree^{1*}, Nuttamon Kongsabai¹, Yada Sukkee¹, Soranot Chotnipat¹, Yupa Pootaeng-on¹,

Atichat Thongnum², Jinda Glinubon³, Chanchai Arkaphati⁴, and Orawan Chaowalit⁵

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการตรวจวัดความดิบของกากถั่วเหลืองด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และการวิเคราะห์สีของภาพถ่าย โดยเริ่มจากการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความดิบของกากถั่วเหลืองด้วยการใช้ฟีนอลเรดเป็นอินดิเคเตอร์เพื่อตรวจสอบปริมาณเอนไซม์ยูรีเอส จากนั้นวัดค่าดูดกลืนแสงจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และการวิเคราะห์สีของภาพถ่ายจากโทรศัพท์มือถือ IOS และ Android พบว่าเปอร์เซ็นต์ความดิบมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าดูดกลืนแสงจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ($r = 0.942$; $P < 0.01$), ($y = 33.738x - 13.236$; $R^2 = 0.886$) และเปอร์เซ็นต์ความดิบมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) จากโทรศัพท์มือถือ IOS ($r = -0.955$; $P < 0.01$), ($y = -0.3001x + 12.645$; $R^2 = 0.912$) อีกทั้งเปอร์เซ็นต์ความดิบมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าความเป็นสีเขียว (G) จากโทรศัพท์มือถือ Android ($r = -0.964$; $P < 0.01$), ($y = -0.1119x + 18.395$; $R^2 = 0.929$) ส่วนเปอร์เซ็นต์ความดิบมีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าความเป็นสีเขียว (G) จากโทรศัพท์มือถือโดยรวม ($r = -0.941$; $P < 0.01$), ($y = -0.1093x + 17.727$; $R^2 = 0.886$) จากนั้นเปรียบเทียบวิธีการวัดความดิบของกากถั่วเหลือง 5 ตัวอย่าง โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 4 ทรีทเมนต์ (10 ซ้ำ) (วิธีการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ วิธีการวัดสีของภาพถ่ายดิจิทัลจากโทรศัพท์มือถือ IOS, Android, และโทรศัพท์มือถือ) พบว่า วิธีการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และวิธีการวัดสีของภาพถ่ายจากโทรศัพท์มือถือให้ผลการวัดแตกต่างกัน ($P < 0.01$) และการทดลองครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าวิธีการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ให้ผลการวัดที่ใกล้เคียงกับค่าเปอร์เซ็นต์ความดิบจริง

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ภาพถ่ายดิจิทัล, กากถั่วเหลือง, ความดิบ, กิจกรรมของเอนไซม์ยูรีเอส

Abstract

This study aimed to create a detection method for measuring rawness of soybean meals using a spectrophotometer and photocolorimetric method. A relationship between the percentage of the rawness of soybeans was studied by the detection of urease content using phenol red as an indicator. Absorbance values from the spectrophotometer, and color values generated by the Adobe Photoshop software from the picture of IOS and Android mobile phones were then measured. The results showed that the percentage of the rawness of soybeans was positively correlated with absorbance values from the spectrophotometer ($r = 0.942$; $P < 0.01$), ($y = 33.738x - 13.236$; $R^2 = 0.886$). In addition, the percentage of the rawness of soybeans was negatively correlated with the yellow (b^*) values from IOS ($r = -0.955$; $P < 0.01$), ($y = -0.3001x + 12.645$; $R^2 = 0.912$). Furthermore, the percentage of the rawness of soybeans was negatively correlated with the green (G) values from Android ($r = -0.964$; $P < 0.01$), ($y = -0.1119x + 18.395$; $R^2 = 0.929$). Moreover, the percentage of the rawness

¹ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 76120

Faculty of Animal Sciences and Agricultural Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus, Cha-am, Phetchaburi, 76120

² สาขาวิชาสัตวศาสตร์และประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี อำเภอเมือง 65000

Department of Animal science and Fishery, Faculty of Sciences and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna (Phitsanulok Campus) Phitsanulok, Thailand, 65000

³ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchatani University, Warin Chamrap, Ubon Ratchathani, 34190

⁴ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 76120

Faculty of Information and Communication Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus, Cha-am, Phetchaburi, 76120

⁵ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม 73000

Department of Computing, Faculty of Sciences, Silpakorn University, Sanam Chandra Palace Campus, Nakhon Pathom, 73000

* Corresponding author: Nopparatmaitree_m@su.ac.th or Nopparatmaitree_m@silpakorn.edu

of soybeans was negatively correlated with the green (G) values from Mobile ($r = -0.941$; $P < 0.01$), ($y = -0.1093x + 17.727$; $R^2 = 0.886$). The rawness of soybeans by spectrophotometer and photocolometric methods were then compared. This experimental design was a completely randomized design (CRD) consisting of 4 treatments (spectrophotometer analysis and photocolometric method from IOS Android, and mobile phones), (10 replications per treatment). The results showed a statistically significant difference between a method for determining rawness in soybean meal based on spectrophotometer analysis and a photocolometric method ($P < 0.01$). The results from the spectrophotometer analysis method for measuring the rawness of soybean meal produced were close to the actual rawness value and can be used to inspect the quality of soybean meal.

Keywords: Digital Image-Based Analysis, Soybean meal, Rawness, Urease activity

คำนำ

การผลิตอาหารสัตว์ในปัจจุบันนิยมใช้สูตรอาหารที่มีข้าวโพดและถั่วเหลืองเป็นพื้นฐาน (corn-soy diet) ซึ่งกากถั่วเหลือง (soybean meal) และ ถั่วเหลืองไขมันเต็ม (full fat soy bean) จัดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีนและมีสัดส่วนประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยประเทศไทยมีการนำเข้าถั่วเหลืองจากต่างประเทศสูงถึง 99 เปอร์เซ็นต์ของถั่วเหลืองที่ใช้ทั้งหมด และจัดเป็นประเทศผู้นำเข้ารายใหญ่เป็นอันดับ 6 ของโลก ซึ่งในปี 2562 มีการนำเข้าถั่วเหลืองประมาณ 4.89 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 50,493 ล้านบาท (Tanong et al., 2021) ทั้งนี้การใช้ประโยชน์ได้ของถั่วเหลืองในสูตรอาหารสัตว์มีความผันผวนตามค่าความดิบของถั่วเหลือง กล่าวคือ ในถั่วเหลืองดิบมักพบสารยับยั้งการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ (anti-nutritional factor) เช่น trypsin inhibitors, urease, lectins, goitrogens และ phytates เป็นต้น (Rocha et al., 2014) โดยทริปซินอินฮิบิเตอร์ (trypsin Inhibitor) คือ สารยับยั้งการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะหลักที่นักวิชาการอาหารสัตว์ต้องเผารวังอย่างมาก เนื่องจากทริปซินอินฮิบิเตอร์จะขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ทริปซินในกระบวนการย่อยโปรตีน โดยการรวมตัวกับทริปซินเอนไซม์จากตับอ่อนทำให้เอนไซม์เอนเทอโรโคเนสจากลำไส้เล็กไม่สามารถเปลี่ยนทริปซินเอนไซม์ไปเป็นทริปซินได้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากอาหารและการเจริญเติบโตของสัตว์ลดลง นอกจากนี้ยังส่งผลทำให้ตับอ่อนผลิตและหลั่งเอนไซม์มากขึ้น เนื่องจากเอนไซม์ที่ผลิตออกมาจะถูกจับโดยทริปซินอินฮิบิเตอร์และถูกขับออกนอกร่างกายสัตว์ จึงทำให้ร่างกายสัตว์ขาดกรดอะมิโนซิสเทอีน (cysteine) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของเอนไซม์ทริปซินและไมโครทริปซิน ส่งผลให้ร่างกายสัตว์ต้องมีการเปลี่ยนเมทไธโอนีนไปเป็นซิสเทอีนนำสู่การขาดแคลนเมทไธโอนีน (Caprita et al., 2010) ทั้งนี้เมื่อสัตว์มีการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในถั่วเหลืองลดลงจะนำไปสู่การสูญเสียโภชนะเหลือทิ้งในรูปของเสียที่ส่งผลต่อการเพิ่มมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม (Ayilara et al., 2020) อย่างไรก็ตามข้อเสนอแนะทางวิชาการ ก่อนหน้าสำหรับวิธีการลดปริมาณทริปซินอินฮิบิเตอร์อย่างง่ายและเป็นที่ยอมรับอย่างมาก คือ การใช้ความร้อนจากการต้มหรือนึ่งเมล็ดถั่วเหลือง การเอ็กซ์ทรูดแบบชื้น และการคั่วเมล็ดถั่วเหลืองหรือการเอ็กซ์ทรูดแบบแห้ง เป็นต้น อย่างไรก็ตามข้อกำหนดตามมาตรฐานกากถั่วเหลืองสามารถยอมรับได้ โดยให้ถั่วเหลืองที่มีปริมาณทริปซินอินฮิบิเตอร์ประมาณ 0.5-1.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่ส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโตต่อสัตว์และเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการให้ความร้อนสูงเกินไปในกระบวนการผลิตถั่วเหลืองจนเกิดการไหม้โปรตีนมีการเสียสภาพ (protein denature) และ ค่า protein stability ลดลงส่งผลให้คุณค่าของโภชนะเสียไป โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์ได้ของ lysine และ arginine ลดลง (Thaenthanee et al., 2006)

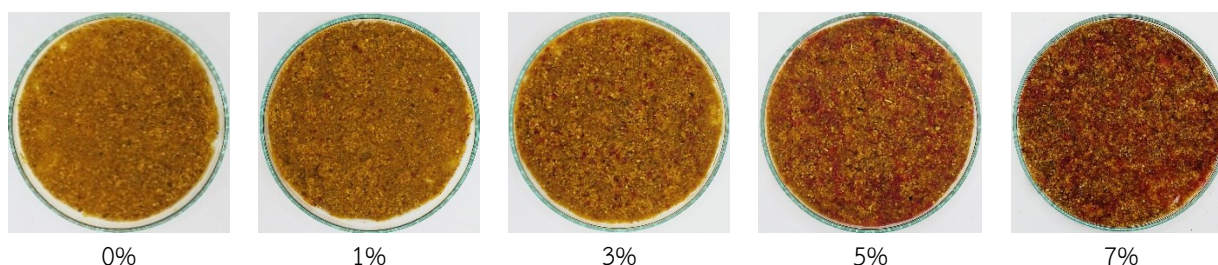


Figure 1 Soybean rawness percentage.

การตรวจวัดกิจกรรมของเอนไซม์ยูรีเอสนิยมใช้ในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์เพื่อประเมินความดิบของถั่วเหลืองในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์และเป็นวิธีที่สามารถวัดปริมาณทริปซินอินฮิบิเตอร์โดยทางอ้อม ดังแสดงใน Figure 1 เนื่องจากเอนไซม์ยูรีเอสในถั่วเหลืองมีคุณสมบัติในการถูกทำลายหรือเสียสภาพด้วยความร้อนเช่นเดียวกันกับทริปซินอินฮิบิเตอร์ (Caprita et al., 2010) ทั้งนี้การทราบค่าความดิบของถั่วเหลืองสามารถบ่งบอกได้ว่าถั่วเหลืองผ่านกระบวนการผลิตมีคุณภาพและมีปริมาณของทริปซินอินฮิบิเตอร์อย่างเหมาะสม อีกทั้งยังแสดงถึงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของถั่วเหลืองที่จะนำไปใช้สำหรับผลิตอาหารสัตว์ที่มีโภชนาการ การย่อยได้ การดูดซึมโภชนาการ และการใช้ประโยชน์ได้ตามความต้องการของสัตว์ ซึ่งปัจจุบันการตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ยูรีเอส (urease activity) ในถั่วเหลืองสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การตรวจวัดปริมาณยูรีเอสอย่างง่าย (quick test) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการจัดซื้อถั่วเหลืองเข้าสู่โรงงานอาหารในปัจจุบัน โดยอาศัยหลักการสังเกตปฏิกิริยาของยูรีเอสที่สามารถย่อยยูเรียได้และสามารถมองเห็นปฏิกิริยาได้ด้วยการใช้ฟีนอลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ในการตรวจสอบหาปริมาณเอนไซม์ยูรีเอสที่เหมาะสมในถั่วเหลือง (Khajareen, 2017) หากแต่วิธีการนี้ยังมีข้อด้อยเกี่ยวกับความแม่นยำและการอ่านผลด้วยสายตาที่ต้องอาศัยผู้ที่มีประสบการณ์ในการประเมินที่อาจผิดพลาดได้ง่าย รวมถึงไม่สามารถระบุเป็นตัวเลขเชิงปริมาณเชิงขนาดความแม่นยำและน่าเชื่อถือทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมีวิธีการตรวจสอบสารยับยั้งทริปซินอินฮิบิเตอร์หรือกิจกรรมของยูรีเอสทางห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีความแม่นยำมากกว่าหากแต่มีความยุ่งยาก ค่าใช้จ่ายสูง ปัจจุบันจึงมีหลายงานวิจัยที่ได้พัฒนาวิธีการตรวจวัดกิจกรรมยูรีเอสในถั่วเหลืองอย่างแม่นยำ (precision urease activity) จากการทดลองของ Liu et al. (2021) รายงานว่า วิธีวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) วิธีการไทเทรต และวิธีการใช้สารละลายรีเอเจนต์ของ Nash ให้ผลการทดสอบและไม่สามารถใช้แทนกันได้ นอกจากนี้ Thaenthanee et al. (2006) ได้พัฒนาวิธีการตรวจวัดกิจกรรมของเอนไซม์ยูรีเอสในกากถั่วเหลืองที่สะดวก รวดเร็ว และแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยการใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และการเขียนกราฟค่าดูดกลืนแสงเพื่อเทียบหาระดับความดิบของถั่วเหลือง หากแต่วิธีการนี้ยังมีความยุ่งยาก ซับซ้อน และยังต้องจัดหาสารเคมีเพิ่มเติมนอกเหนือจากที่ใช้อย่างสม่ำเสมอในโรงงานอาหารสัตว์ ปัจจุบันที่โทรศัพท์อัจฉริยะ (smart phone) และ แอปพลิเคชันการถ่ายภาพเข้าบาทบาทสำคัญและได้รับความนิยมอย่างมากในชีวิตประจำวัน ส่งผลให้มีหลายงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้พยายามศึกษาและวิจัยเพื่อประยุกต์ใช้กล้องถ่ายภาพหรือวิดีโอของโทรศัพท์มือถือร่วมกับการประมวลผลด้วยวิธีการวัดสีของภาพถ่าย (photocolorimetric method) โดยอาศัยหลักการพื้นฐานของสีหรือการสะท้อนแสง (basis of color/reflectance) การอธิบายลักษณะของภาพในรูปแบบสีสามมิติ เช่น ระบบ CIELAB ระบบสี RGB หรือ ระบบสี HSB เป็นต้น (Trinderup & Kim, 2015) เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการอ่านค่า การหาความสัมพันธ์ และการแปลผลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพสำหรับประเมินองค์ประกอบหรือคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ (Gabor & Péter, 2015; Zlatev & Baycheva, 2017; Gómez-García et al., 2020) เช่น การวัดปริมาณสารเคมี (Choodum et al., 2014; Nopparatmaitree et al., 2023) การวัดสีความดิบของผลไม้ (Saad et al., 2016) การวิเคราะห์ข้อมูลสีของเนื้อไก่ (Nopparatmaitree et al., 2021) และการวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพของไข่และสีไข่แดง (Georgieva-Nikolova & Stoykova., 2020; Nopparatmaitree et al., 2022) เป็นต้น

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นจึงเกิดแนวคิดในการศึกษาครั้งนี้ในการให้คำอธิบายที่ชัดเจนมากขึ้นถึงสมมติฐานเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้วิธีการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และวิธีวัดสีของภาพถ่ายเพื่อทำการประเมินกิจกรรมของเอนไซม์ยูรีเอสที่เป็นตัวชี้วัดถึงค่าความดิบของกากถั่วเหลืองที่มีความสะดวก รวดเร็ว และยืดหยุ่นในการทำงาน รวมทั้งมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือเทียบเท่าการตรวจสอบทางห้องปฏิบัติการ โดยการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความสัมพันธ์และสมการถดถอยระหว่างความดิบของกากถั่วเหลืองกับค่าสีวัดจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และค่าสีที่ได้จากวิธีการวัดสีภาพถ่าย รวมถึงศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวัดความดิบของกากถั่วเหลืองเพื่อให้ได้วิธีการตรวจวัดคุณภาพกากถั่วเหลืองเชิงปริมาณที่มีความแม่นยำและเป็นนวัตกรรมสำหรับทุกคน (innovation for all)

วิธีการศึกษา

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายระหว่างปริมาณความดิบในกากถั่วเหลืองกับค่าการดูดกลืนแสงจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และค่าสีจากวิธีการวัดสีของภาพ

ทำการเตรียมตัวอย่างกากถั่วเหลืองโดยนำกากถั่วเหลืองไปอบที่ 100 องศาเซลเซียสและตรวจสอบความดิบทุก ๆ 2 ชั่วโมง จนกระทั่งกากถั่วเหลืองสุกทั้งหมด จากนั้นนำมาพักไว้ให้เย็นแล้วทำการบดละเอียดที่ 20 เมลล์ แล้วทำการเตรียมกากถั่วเหลืองมาตรฐานจากการผสมกากถั่วเหลืองสุกและกากถั่วเหลืองดิบ โดยมีสัดส่วนของกากถั่วเหลืองดิบ คือ 0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0, 9.0, 11.0, 13.0 และ 15.0 เปอร์เซ็นต์ ด้วยทำการผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมนาน 10 นาที จากนั้นเก็บตัวอย่างกากถั่วเหลืองมาตรฐานใส่ขวด

ทำการเตรียมสารละลายยูเรียฟีนอลเรด (urea phenol red solution) ด้วยการละลายฟีนอลเรด 0.14 กรัม ในสารละลายมาตรฐาน 0.1 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ 7 มิลลิลิตร และ น้ำกลั่น 35 มิลลิลิตร จากนั้นชั่งยูเรีย 2 กรัม แล้วละลายใน น้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร แล้วทำการผสมสารละลายที่เตรียมนี้เข้าด้วยกัน จากนั้นทำการปรับสารละลายยูเรียฟีนอลเรดให้เป็นสี อัมพันด้วย 0.1 นอร์มอล ของกรดซัลฟิวริก ตามวิธีของ Khajarn (2017)

ทำการตรวจสอบความดิบในกากถั่วเหลืองด้วยเตรียมสารละลายและการเก็บข้อมูล โดยทำการเก็บข้อมูลจากตัวอย่าง กากถั่วเหลืองมาตรฐานที่มีสัดส่วนกากถั่วเหลืองดิบ 0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0, 9.0, 11.0, 13.0 และ 15.0 เปอร์เซ็นต์ (ตัวอย่างละ 100 กรัม) โดยชั่งกากถั่วเหลืองตัวอย่างใส่หลอดทดลอง 1 กรัม จากนั้นเติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงให้ เข้ากันและตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาทีเพื่อให้กากถั่วตกตะกอน จากนั้นดูดสารใส่หลอดทดลอง 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร เพื่อเจือจางสารละลาย จากนั้นหยดสารละลายยูเรียฟีนอลเรด 0.1 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้น เมื่อครบ 15 นาที นำสารละลายไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer และบันทึกภาพจากกล้องโทรศัพท์มือถือ IOS และ Android ภายใต้กล้องสำหรับถ่ายภาพพื้นสีขาวและใช้แสงไฟ LED จากนั้นนำถ่ายภาพสารละลายที่ได้จาก โทรศัพท์มือถือไปวัดค่าสีแดง (red: R), ค่าสีเขียว (green: G), ค่าสีน้ำเงิน (blue: B), ค่าความสว่าง (lightness: L*), ค่าความเป็น สีแดง (redness: a*) และ ค่าความเป็นสีเหลือง (yellowness: b*) โดยวิธีการวัดสีภาพถ่ายด้วยซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และ หาค่าเฉลี่ย ตามวิธีของ Girolami et al. (2013)

การวิเคราะห์ทางสถิติ โดยนำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์สหสัมพันธ์ด้วยวิธี Pearson's (Pearson's correlation analysis) โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปร ได้แก่ ตัวแปรต้น คือ ค่าดูดกลืนแสงที่ได้จาก Spectrophotometer และค่าความเข้มสี RGB และค่าความเข้มสี L* a* b* ของสารละลายของตัวอย่างกากถั่วเหลืองมาตรฐานที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายด้วย ซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop (ตัวแปร x) และ ตัวแปรตาม คือ ค่าความดิบของกากถั่วเหลือง (ตัวแปร y) จากนั้นทำการ วิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (simple linear regression) โดยใช้โปรแกรม SAS (University Edition) ตามวิธีของ SAS (1996)

การเปรียบเทียบวิธีการวัดปริมาณความดิบในกากถั่วเหลือง

การทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) ประกอบด้วยวิธีการวัด ปริมาณความดิบในกากถั่วเหลืองจำนวน 4 ทริทเมนต์ ทริทเมนต์ละ 10 ซ้ำ

ทริทเมนต์ที่ 1 คือ วิธีการวัดความดิบในกากถั่วเหลืองด้วย Spectrophotometer

ทริทเมนต์ที่ 2 คือ วิธีการวัดความดิบในกากถั่วเหลืองด้วยวิธีการวัดสีของภาพจาก IOS mobile phone

ทริทเมนต์ที่ 3 คือ วิธีการวัดความดิบในกากถั่วเหลืองด้วยวิธีการวัดสีของภาพจาก Android mobile phone

ทริทเมนต์ที่ 4 คือ วิธีการวัดความดิบในกากถั่วเหลืองด้วยวิธีการวัดสีของภาพจาก Mobile phone

ทำการเตรียมตัวอย่างกากถั่วเหลืองจำนวน 5 ตัวอย่าง โดยมีสัดส่วนกากถั่วเหลืองดิบ 2.4, 4.6, 8.3, 9.4 และ 12.7 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นชั่งกากถั่วเหลืองตัวอย่าง 1 กรัม ใส่หลอดทดลอง จำนวน 10 หลอด เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่น เหวี่ยงให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาทีเพื่อรอการตกตะกอน จากนั้นดูดสารละลายถั่วเหลืองหลังเกิดการตกตะกอน 1 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร เพื่อเจือจางนำไปปั่นให้เข้ากัน แล้วหยดสารละลายยูเรียฟีนอลเรดหลอดละ 0.1 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นเมื่อครบ 15 นาที นำสารละลายไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer และบันทึกภาพจากกล้องโทรศัพท์มือถือ IOS และ Android ภายใต้กล้องสำหรับถ่ายภาพพื้นสีขาวและ ใช้แสงไฟ LED จากนั้นนำถ่ายภาพสารละลายที่ได้จากโทรศัพท์มือถือไปวัดค่าสีแดง (red: R), ค่าสีเขียว (green: G), ค่าสีน้ำเงิน (blue: B), ค่าความสว่าง (lightness: L*), ค่าความเป็นสีแดง (redness: a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (yellowness: b*) โดยวิธีการวัดสีภาพถ่ายด้วยซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และหาค่าเฉลี่ย ตามวิธีของ Girolami et al. (2013)

ทำการเทียบหาระดับความดิบของกากถั่วเหลือง โดยใช้กราฟการดูดกลืนของกากถั่วเหลืองตามสมการถดถอยเชิงเส้น อย่างง่าย จากการทดลองที่ 1 ที่มีค่า R² สูงสุด (ที่เลือกมาเป็นตัวแทนของวิธีการวัดค่ายูรีเอสแอดคิตีวี่ในกากถั่วเหลืองจากการ วิเคราะห์ด้วยเครื่อง spectrophotometer และการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากโทรศัพท์มือถือ) เพื่อเทียบหาระดับความดิบของ กากถั่วเหลือง (ตัวแปร y) กับค่าดูดกลืนแสงที่ได้จาก spectrophotometer และค่าความเข้มสีที่ได้จากการวิเคราะห์การวัดสีของ ภาพถ่ายด้วยซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop (ตัวแปร x) จากนั้นทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสัมพัทธ์ (% Relative accuracy) จากสูตร ความถูกต้องสัมพัทธ์ = (ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ × 100) / ค่าจริง และ เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสัมพัทธ์ (% Relative error) จากสูตร ความผิดพลาดสัมพัทธ์ = {(ค่าจริง-ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์) × 100} / ค่าจริง (Choodum et al., 2014)

การวิเคราะห์ทางสถิติ โดยนำข้อมูลเปอร์เซ็นต์ยูริเอสแอกติวิตีมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) ภายใต้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Turkey's honestly significant test ตามวิธี Steel & Torrie (1992) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป R version 4.0.3 ตามวิธีของ R Core Team (2020) กำหนดค่านัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$

ผลการศึกษาและวิจารณ์

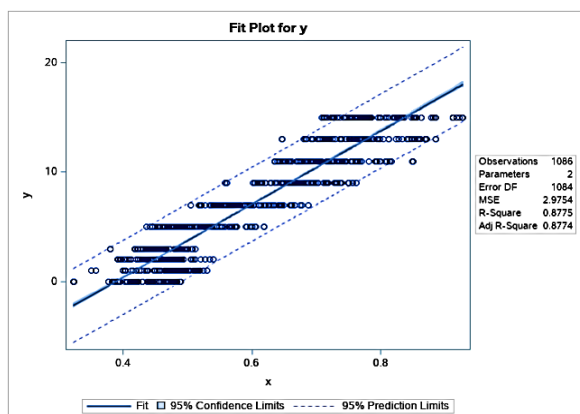
ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายระหว่างปริมาณความดิบในกากถั่วเหลืองกับค่าการดูดกลืนแสงจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และค่าสีจากวิธีการวัดสีของภาพ

การทดลองนี้ทำการวิเคราะห์สหสัมพันธ์และสมการถดถอยระหว่างเปอร์เซ็นต์ความดิบในกากถั่วเหลืองกับค่าการดูดกลืนแสงจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ พบว่า เปอร์เซ็นต์ความดิบของกากถั่วเหลืองมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าการดูดกลืนแสงจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ($r = 0.942$) ($P < 0.01$) โดยมีรูปแบบสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย คือ $y = 33.738x - 13.236$ ($R^2 = 0.886$) เมื่อ y คือ เปอร์เซ็นต์ความดิบในกากถั่วเหลือง และ x คือ ค่าการดูดกลืนแสงจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ดังแสดงใน Table 1 และ Figure 2

Table 1 Correlation analysis between soybean rawness with absorbance value from spectrophotometer and color value from photocolormetric method.

Dependent Variable (y)	Assessment method	Independent Variable (x)	Correlation Coefficient (r)	P-value
Soybean rawness (%)	Spectrophotometer	Absorbance	0.9430	<0.001
		Lightness	-0.9181	<0.001
		Redness	0.9391	<0.001
	Photocolormetric method by IOS mobile phone	Yellowness	-0.9473	<0.001
		Red	0.7425	<0.001
		Green	-0.9368	<0.001
		Blue	-0.2232	<0.001
	Photocolormetric method by Android mobile phone	Lightness	-0.9379	<0.001
		Redness	0.9463	<0.001
		Yellowness	-0.9479	<0.001
		Red	0.4955	<0.001
		Green	-0.9519	<0.001
		Blue	-0.7588	<0.001
	Photocolormetric method by mobile phone	Lightness	-0.9131	<0.001
		Redness	0.9382	<0.001
		Yellowness	-0.9307	<0.001
		Red	0.5621	<0.001
		Green	-0.9410	<0.001
		Blue	-0.5453	<0.001

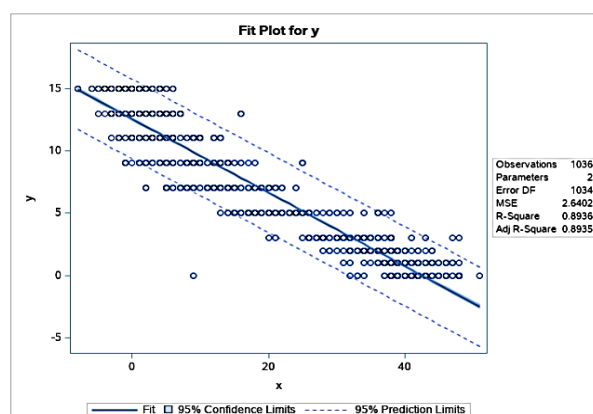
นอกจากนี้การทดลองครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์สหสัมพันธ์และสมการถดถอยระหว่างเปอร์เซ็นต์ความดิบในกากั่วเหลืองกับสีภาพถ่ายสารละลายตัวอย่างั่วเหลืองมาตรฐานจากโทรศัพท์มือถือและวัดสีด้วยซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop พบว่าเปอร์เซ็นต์ความดิบในกากั่วเหลืองมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่า L^* b^* G และ B ของภาพถ่ายสารละลายตัวอย่างั่วเหลืองมาตรฐานจากโทรศัพท์มือถือ IOS และวัดสีด้วยซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop โดยเปอร์เซ็นต์ความดิบในกากั่วเหลืองมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) สูงสุดกับค่าความเป็นสีเหลืองหรือ b^* จากวิธีการวัดสีของภาพถ่ายไข่แดงด้วยซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop ($r = -0.947$, $P < 0.01$) โดยมีรูปแบบของสมการถดถอยเชิงเส้น คือ $y = -0.2954x + 12.549$ ($R^2 = 0.897$; $P < 0.0001$) เมื่อ y คือ เปอร์เซ็นต์ความดิบในกากั่วเหลือง และ x คือ ค่าความเป็นสีเหลืองของภาพถ่ายสารละลายตัวอย่างั่วเหลืองมาตรฐานจากโทรศัพท์มือถือ IOS ดังแสดงใน Table 1 และ Figure 3



$$y = 33.406x - 12.975 \quad (R^2 = 0.8775; P < 0.0001)$$

y = Soybean rawness and x = Absorbance value from spectrophotometer

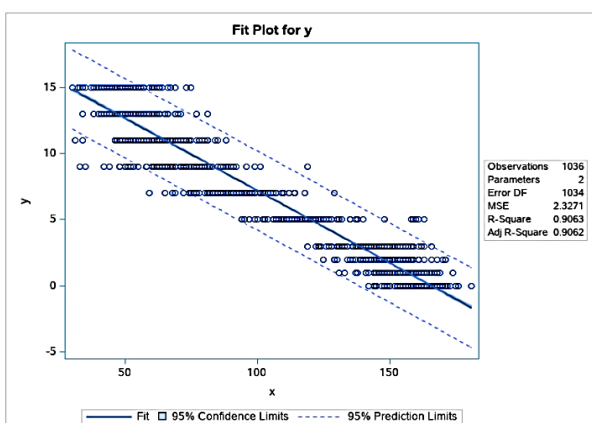
Figure 2 Correlation and regression analysis between soybean rawness and absorbance value from spectrophotometer.



$$y = -0.2954x + 12.549 \quad (R^2 = 0.8974; P < 0.0001)$$

y = Soybean rawness and x = b^* value from generated by the Adobe Photoshop software

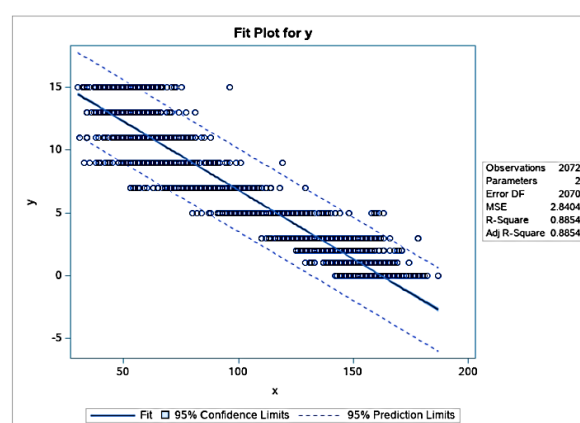
Figure 3 Correlation and regression analysis between soybean rawness and G value from photocolometric method by IOS mobile phone.



$$y = -0.1091x - 18.009 \quad (R^2 = 0.9063; P < 0.0001)$$

y = Soybean rawness and x = G value from generated by the Adobe Photoshop software

Figure 4 Correlation and regression analysis between soybean rawness and G value from photocolometric method by Android mobile phone.



$$y = -0.1093x + 17.727 \quad (R^2 = 0.8855; P < 0.0001)$$

y = Soybean rawness and x = G value from generated by the Adobe Photoshop software

Figure 5 Correlation and regression analysis between soybean rawness and G value from photocolometric method by mobile phone.

อีกทั้งการทดลองครั้งนี้ยังแสดงให้เห็นถึงสหสัมพันธ์ทางลบระหว่างเปอร์เซ็นต์ความดิบในกากถั่วเหลืองกับค่า L^* , b^* , G และ B ของภาพถ่ายสารละลายตัวอย่างถั่วเหลืองมาตรฐานจากโทรศัพท์มือถือ Android โดยเปอร์เซ็นต์ความดิบในกากถั่วเหลืองมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) สูงสุดกับค่าสีเขียว หรือ G จากวิธีการวัดสีของภาพถ่ายไข่แดงด้วยซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop ($r = -0.952$, $P < 0.01$) โดยมีรูปแบบของสมการถดถอยเชิงเส้น คือ $y = -0.1091x - 18.009$ ($R^2 = 0.9063$; $P < 0.0001$) เมื่อ y คือ เปอร์เซ็นต์ความดิบในกากถั่วเหลือง และ x คือ ค่าความเป็นสีเขียว (G) ของภาพถ่ายสารละลายตัวอย่างถั่วเหลืองมาตรฐานจากโทรศัพท์มือถือ Android ดังแสดงใน Table 1 และ Figure 4 นอกจากนี้ พบว่า เปอร์เซ็นต์ความดิบในกากถั่วเหลืองมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่า L^* , b^* , G และ B ของภาพถ่ายสารละลายตัวอย่างถั่วเหลืองมาตรฐานจากโทรศัพท์มือถือและวัดสีด้วยซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop โดยเปอร์เซ็นต์ความดิบในกากถั่วเหลืองมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) สูงสุดกับค่าสีเขียว หรือ G จากวิธีการวัดสีของภาพถ่ายไข่แดงด้วยซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop ($r = -0.941$, $P < 0.01$) โดยมีรูปแบบของสมการถดถอยเชิงเส้น $y = -0.1093x + 17.727$ ($R^2 = 0.886$; $P < 0.0001$) เมื่อ y คือ เปอร์เซ็นต์ความดิบในกากถั่วเหลือง และ x คือ ค่าสีเขียว (G) ของภาพถ่ายสารละลายตัวอย่างถั่วเหลืองมาตรฐานจากโทรศัพท์มือถือ ดังแสดงใน Table 1 และ Figure 5 ทั้งนี้การทดลองครั้งนี้ได้ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของค่าสีที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายและการวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์กับค่าความดิบของกากถั่วเหลือง ซึ่งมีสอดคล้องกับหลายการทดลองที่ได้นำหลักการวิเคราะห์สีของภาพถ่ายมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณ กล่าวคือ Thongchai et al., (2019) ทำการศึกษาการใช้กล้องดิจิทัลร่วมกับการวิเคราะห์ทางด้านสีสำหรับการตรวจวัดคุณภาพดินอย่างง่ายในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้ พบว่า การใช้ค่า R , G , B และพื้นที่สี L^* , a^* , b^* สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำนายคุณภาพของดินที่มีเมทริกซ์สหสัมพันธ์ต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โพแทสเซียม ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินได้ สอดคล้องกับการทดลองของ Hamatuln et al., (2012) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (L^* , a^* และ b^*) กับปริมาณแอนโทไซยานินในเชื้อพันธุ์กรรมข้าวโพด พบว่า ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในเมล็ดมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี L^* และ b^* (-0.69^{**} และ -0.61^{**}) และมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี a^* (-0.60^{**}) อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แสดงให้เห็นว่าลักษณะค่าสี (L^* , a^* และ b^*) สามารถนำมาใช้คัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดทางอ้อมเพื่อเพิ่มปริมาณแอนโทไซยานินได้ โดยการคัดเลือกพันธุ์ที่มีค่า L^* ต่ำ ค่า a^* สูง และ ค่า b^* ต่ำ จะทำให้มีโอกาสได้พันธุ์ข้าวโพดที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงด้วยเช่นเดียวกัน ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้เป็นการใช้ประโยชน์จากการวัดสีเพื่อเป็นตัวแทนการวัดปริมาณความดิบในกากถั่วเหลือง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการประเมินเบื้องต้นของการจัดซื้อและการตรวจสอบคุณภาพของถั่วเหลืองเพื่อผลิตอาหารสัตว์

ผลการเปรียบเทียบวิธีการวัดปริมาณความดิบในกากถั่วเหลือง

การทดลองครั้งนี้ศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการวัดค่าความดิบของกากถั่วเหลืองด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และการวิเคราะห์สีของภาพถ่าย (IOS, Android, และโทรศัพท์มือถือ) โดยแทนค่าในสมการใน Figure 2, 3, 4 และ 5 พบว่า การวัดค่าความดิบของกากถั่วเหลืองด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์มีค่าใกล้เคียงกันกับค่าความดิบของกากถั่วเหลืองจริง ซึ่งถือว่าแม่นยำกว่าวิธีการวิเคราะห์สีของภาพถ่าย (IOS, Android, และโทรศัพท์มือถือ) ดังแสดงใน Table 2, 3 และ 4

Table 2 Effect of assessment method on rawness percentage.

Rawness soybean meal (%)	Soybean meal rawness measurement				CV	P-value
	Spectrophotometer	Photocolorimetric method				
		IOS	Andriod	Mobile phone		
2.4	2.426 ^B	3.105 ^A	2.512 ^B	2.518 ^B	9.158	0.0005
4.6	4.741 ^B	5.812 ^A	5.294 ^A	5.299 ^A	8.361	0.0019
8.3	8.738 ^B	9.868 ^A	9.892 ^A	9.822 ^A	4.556	<0.0001
9.4	9.593 ^B	10.979 ^A	1.959 ^A	10.728 ^A	6.599	0.0002
12.7	12.808	12.432	12.442	12.380	4.876	0.3865

CV=coefficient of variation.

Table 3 Effect of assessment method on relative accuracy percentage.

Rawness	Soybean meal rawness measurement				CV	P-value
soybean meal (%)	Spectrophotometer	Photocolorimetric method				
		IOS	Andriod	Mobile phone		
2.4	101.095 ^B	129.412 ^A	104.643 ^B	104.925 ^B	9.459	<0.001
4.6	103.066 ^B	126.352 ^A	115.086 ^A	115.203 ^A	8.361	0.0019
8.3	105.279 ^B	118.899 ^A	119.191 ^A	118.346 ^A	4.818	<0.0001
9.4	102.058 ^B	116.799 ^A	116.586 ^A	114.128 ^A	6.599	0.0002
12.7	100.852	97.894	97.967	97.483	4.876	0.3865

CV=coefficient of variation.

Table 4 Effect of assessment method on relative error percentage.

Rawness	Soybean meal rawness measurement				CV	P-value
soybean meal (%)	Spectrophotometer	Photocolorimetric method				
		IOS	Andriod	Mobile phone		
2.4	-0.026 ^A	-0.705 ^B	-0.111 ^A	-0.118 ^A	-121.360	0.0005
4.6	-0.141 ^A	-1.212 ^B	-0.694 ^B	-0.699 ^B	-81.156	0.0019
8.3	-0.438 ^A	-1.568 ^B	-1.592 ^B	-1.522 ^B	-36.432	<0.0001
9.4	-0.193 ^A	-1.579 ^B	-1.559 ^B	-1.328 ^B	-59.850	0.0002
12.7	-0.108	0.267	0.258	0.319	291.228	0.3865

CV=coefficient of variation.

โดยเมื่อทำวัดค่าความดิบของกากถั่วเหลืองที่ระดับ 2.4 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การวัดค่าด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์มีค่าใกล้เคียงกันกับการวัดค่าความดิบของกากถั่วเหลืองด้วยวิธีการวิเคราะห์สีของภาพถ่ายของ Android และ โทรศัพท์มือถือ ผลการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับงานการทดลองก่อนหน้านี้ กล่าวคือ Choodum et al. (2014) รายงานถึงการทดสอบสีร่วมกับกล้องดิจิทัลในตัวบนโทรศัพท์มือถือเพื่อตรวจหาสารเมทแอมเฟตามีน โดยใช้ข้อมูลสีพื้นฐาน RGB จากแอปพลิเคชันที่ติดตั้งบนโทรศัพท์มือถือและอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม RGB กับผลิตภัณฑ์สีของสารเมทแอมเฟตามีน ทั้งนี้ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าวิธีการวิเคราะห์สีจากกล้องดิจิทัลในตัวบนโทรศัพท์มือถือมีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้ในการทดสอบภาคสนามได้ อีกทั้งยังมีการวิจัยที่เปรียบเทียบวิธีการวัดสีระหว่างเครื่องวัดสีมาตรฐานกับการวิเคราะห์สีของภาพถ่ายด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้กล้วยสุก (Mendoza & Aguilera, 2004) และผลมะเขือเทศ เป็นวัตถุที่ใช้วัด (Saad et al., 2016) พบว่า การวิเคราะห์สีของภาพถ่ายกล้วยสุกและผลมะเขือเทศด้วยคอมพิวเตอร์สามารถใช้เป็นวิธีการทางเลือกที่ให้ผลการวัดเทียบเท่ากับวิธีการวัดด้วยเครื่องวัดสีมาตรฐาน นอกจากนี้ Firdaus et al. (2014) พบว่า การวิเคราะห์สี R, G และ B ของภาพถ่ายมีความแม่นยำเมื่อได้รับการตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เป็นวิธีอ้างอิง หากแต่การทดลองของ Shane et al. (2006) ให้ผลการทดลองที่ขัดแย้งคือการวิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยข้อมูลความเข้มสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินไม่สามารถแยกความแตกต่างของการดูดซับสีที่คมชัดของสารละลายที่ซับซ้อน ดังนั้นการวิเคราะห์กล้องและภาพถ่ายโดยทั่วไปจึงไม่สามารถแทนสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ได้ อีกทั้งการทดลองของ Dhruv et al. (2016) พบว่า กล้อง SLR ที่มี Adobe Photoshop CS5.1 สามารถใช้เป็นทางเลือกแทนเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เพื่อให้ได้ค่า L* และ b* ได้อย่างแม่นยำ รวมถึงการทดลองของ Is-haak et al., (2015) พบว่า การใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์อ่านค่ามีความถูกต้องแม่นยำเฉลี่ย 70.54 % ส่วนวิธีการที่ประยุกต์ใช้อ่านค่ามีความถูกต้องแม่นยำเฉลี่ย 99.65 % จากผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้กล้องเว็บแคมและเทคนิคการประมวลผลจากภาพดิจิทัลมาประเมินความเข้มข้นของแอมโมเนียรวมและไนโตรเจนน้ำจืดได้ จากการทดลองของ Chang (2012) รายงานถึง การวัดค่าสีด้วยสมาร์ตโฟนที่มีกล้องในตัวในการวิเคราะห์ค่าสี โดยการถ่ายภาพด้วย CCD camera และวิเคราะห์ในรูปค่า Hue เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีและความเข้มข้น โดยการทดสอบด้วยการวัดค่าสีของกระดาษวัด pH ด้วยสมาร์ตโฟน พบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำสมาร์ตโฟนมาใช้ในการ

การวิเคราะห์ค่าสีอย่างง่ายและราคาถูก ส่วนการทดลองของ Franco et al., (2017) ได้ทำการพัฒนาขั้นตอนการวิเคราะห์อย่างง่าย แม่นยำ และต้นทุนต่ำสำหรับการวัดระดับเมทานอลในสุราอ้อย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ภาพดิจิทัลจากโทรศัพท์อัจฉริยะ (Smart phone) ด้วยด้วยระบบสี RGB พบว่า วิธีการที่พัฒนาขึ้นมีประโยชน์ทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีสารเคมีในการวิเคราะห์ต่ำ คือ ปริมาณการใช้ 800 ไมโครลิตรต่อจุดที่วัดและใช้อุปกรณ์ราคาถูกและใช้งานง่ายสำหรับเกษตรกรรายย่อย และอุตสาหกรรมการผลิตอ้อยรวมถึงมีการควบคุมคุณภาพของสารปนเปื้อนที่เป็นพิษและไม่พึงประสงค์

สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้พบสหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความดิบของกากอ้อยเหลือทิ้งกับค่าดูดกลืนแสงจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และการวิเคราะห์สีของภาพถ่ายจากโทรศัพท์มือถือระบบ IOS และ Android รวมถึงโทรศัพท์มือถือโดยรวม ทั้งนี้วิเคราะห์ผลการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายที่มีความน่าเชื่อถือในการนำไปใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ค่าความดิบของกากอ้อยเหลือทิ้งด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และการวิเคราะห์สีของภาพถ่าย นอกจากนี้การทดลองนี้ยังชี้ให้เห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบวิธีการวัดความดิบของกากอ้อยเหลือทิ้งด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ให้ผลการทดสอบที่แตกต่างจากวิธีการวัดสีของภาพถ่ายจากโทรศัพท์มือถือระบบ IOS ระบบ Android และ โทรศัพท์มือถือทุกระบบ ยกเว้นการวัดความดิบของกากอ้อยเหลือทิ้งในกากอ้อยเหลือทิ้งที่ 2.4 เปอร์เซ็นต์ที่วิธีการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ วิธีการวัดสีของภาพถ่ายจากโทรศัพท์มือถือ ระบบ Android และ โทรศัพท์มือถือให้ผลการวัดที่ใกล้เคียงกัน จากผลการทดลองครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าวิธีการวัดความดิบของกากอ้อยเหลือทิ้งจากวิธีการวิเคราะห์ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ให้ผลการวัดที่ใกล้เคียงกับค่าความดิบจริงและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของกากอ้อยเหลือทิ้งได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณกองทุนวิจัย นวัตกรรม และสร้างสรรค์ คณะสัตวศาสตร์เทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ 2563 ภายใต้โครงการ “การวิจัยและพัฒนาวิธีการตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ยูรีเอสในอ้อยเหลือทิ้งแบบแม่นยำโดยการวิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยปัญญาประดิษฐ์” รวมทั้งขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ ห้องปฏิบัติการเคมี คณะสัตวศาสตร์เทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่อำนวยความสะดวกจนโครงการวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Ayilara, M. S., Olanrewaju, O. S., Babalol, O. O. & Odeyemi, O. (2020). Waste management through composting: challenges and potentials. **Sustainability**. 12, 4456.
- Caprita, R., Caprita, A., Ilia, G., Cretescu, I. & Simulescu, V. O. (2010). Laboratory procedures for assessing quality of soybean meal. In **Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2010**. San Francisco: International association of engineer, USA.
- Chang, B. Y. (2012). Smartphone-based chemistry instrumentation: digitization of colorimetric measurements. **Bulletin of the Korean Chemical Society**. 33(2), 549-552.
- Choodum, A., Parabun, K., Klawach, N., Daeid, N. N., Kanatharana, P. & Wongniramaikul, W. (2014). Real time quantitative colorimetric test for methamphetamine detection using digital and mobile phone technology. **Forensic Science International**. 235, 8-13.
- Dhruv, A., Surendra, K. G. P., Devanshi, Y. A., Manoj, K. S., Rahul, S. & Amit, G. (2016). Shade selection: spectrophotometer vs digital camera – a comparative in-vitro study. **Annals of Prosthodontics & Restorative Dentistry**. 2(3), 73-78.
- Firdaus, M. L., Alwi, W., Trinoveldi, F., Rahayu, I., Rahmidar, L. & Warsito, K. (2014). Determination of chromium and iron using digital image-based colorimetry. **Procedia Environmental Sciences**. 20, 298-304.
- Franco, M. O. K, Suarez, W. T., Maia, M. V. & Santos, V. B. (2017). Smartphone application for methanol determination in sugar cane spirits employing digital image-based method. **Food Analysis Methods**. 10, 2102-2109.
- Gabor, K. & Péter, E. (2015). Implementation of mobile phones in education. **Research in Pedagogy**. 5, 98-108.
- Georgieva-Nikolova, M. & Stoykova, V. (2020). Application of mobile devices in distance learning. In **The 15th international conference on virtual learning ICVL**. (pp. 272-277). University of Bucharest, Bucharest, Romania.
- Girolami, A., Napolitano, F., Faraone, D. & Braghieri, A. (2013). Measurement of meat color using a computer vision system. **Meat Science**. 93, 111-118.
- Gómez-García, M., Soto-Varela, R., Morón-Marchena, J. & del Pino-Espejo, M. (2020). Using mobile devices for educational purposes in compulsory secondary education to improve student's learning achievements. **Sustainability**. 12, 3724.

- Hamathulin, A., Simla, S., Boontang, S. & Inchuen, S. 2012. Relationship between color value and anthocyanin content in purple waxy corn germplasm. **Khon Kaen AGR. J.** 40 (Suppl.4), 59-64. (in Thai).
- Is-haak, J., Taparhudee, W., Joongjaraunsuk, R., Biakaew, T. & Pandee, T. (2015). Application of a webcam and image processing techniques for measuring total ammonia and nitrite concentrations in fresh water. **RMUTSB Academic Journal.** 2(3), 129-136. (in Thai).
- Khajareern, J. (2017). **Manual of feed microscopic and quality control.** 2nd ed. Khon Kean: Thai Society of Animal Nutritionists National Farmers Council of Thailand.
- Liu, F., Cheng, X., Miu, J., Li, X., Yin, R., Wang, J. & Qu, Y. (2021). Application of different methods to determine urease activity in enzyme engineering experiment and production. **E3S Web of Conferences.** 251, 02057.
- Mendoza, F. & Aguilera, J. M. (2004). Application of image analysis for classification of ripening bananas. **Journal of Food Science.** 69, 471-477.
- Nopparatmaitree, M., Montirach, P., Chotnipat, S., Raksasiri, B. V., Glinubon, J., Arkaphati, C. & Chaowalit, O. (2022). The development of photocolometric methodology for determining egg yolk color of laying hens as learning platform during the COVID-19 outbreak situation. **Khon Kaen Agriculture Journal.** 50(1), 62-75. (in Thai).
- Nopparatmaitree, M., Sritulanond, S., Khunkhao, S., Konchan, N., Srapothong, A., Chotnipat, S., Raksasiri, B. V., Glinubon, J., Arkaphati, C. & Chaowalit, O. (2021). The photocolometric methodology as an alternative tool for chicken meat color assessment. **Journal Mahanakorn Veterinary Medicine.** 16(1), 147-158.
- Nopparatmaitree, M., Wongwean, P., Riab-Roi, P., Chotnipat, S., Pootaeng-On, Y., Glinubon, J., Srakaew, W., Arkaphati, C. & Chaowalit, O. (2023). Development of technique for measuring non protein nitrogen in soybean meal by spectrophotometer and photocolometric methodology. **Khon Kaen Agriculture Journal.** 51(Suppl.1), 31-39. (in Thai).
- R Core Team. R. (2020). **R: A Language and Environment for Statistical Computing.** Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Rocha, C., Durau, J. F., Barrilli, L. N. E., Dahlke, F., Maiorka, P. & Maiorka, A. (2014). The effect of raw and roasted soybeans on intestinal health, diet digestibility, and pancreas weight of broilers. **Journal of Applied Poultry Research.** 23(1), 71-79.
- Saad, A. G., Ibrahima, A., & El-Biale, N. (2016). Internal quality assessment of tomato fruits using image colour analysis. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal.** 18, 339-352.
- SAS. (1996). **SAS User's guide: a basic version 6.** 4th edition. North Carolina: SAS institute inc, USA.
- Shane K. K., Landmark, J. D. & Stickle, D. F. (2006). Demonstration of absorbance using digital color image analysis and colored solutions. **Journal of Chemical Education.** 4(83), 644-646.
- Steel, R. G. D. & Torrie, J. H. (1992). **Principles and Procedure Statistics.** 2nd ed. Singapore: McGraw-Hill Book Co., Inc, Singapore.
- Tanong, K., Jatuporn, C., Suvanvihok, V. & Seerasarn, N. (2021). Forecasting import demand for soybean meal in thailand using box-jenkins method. **Journal of Hunan University (Natural Sciences).** 48(5), 58-65.
- Thaenthanee, W., Dechoswang, K. & Pongpiachan, P. (2006). Soybean rawness measurement by spectrophotometer. **Kamphaengsaen Academic Journal.** 4(1), 8-14. (in Thai).
- Thongchai, W., Chammui, Y., Poolprasert, P. & Thongchai, S. (2019). Using a digital image camera and colorimetric analysis for simple detecting soil quality in Nam Dok Mai mango orchards. **Agricultural Science Journal.** 50(2), 211-223. (in Thai).
- Trinderup, C. H. & Kim, Y. H. B. (2015). fresh meat color evaluation using a structured light imaging system. **Food Research International.** 71, 100-107.
- Zlatev, Z. & Baycheva, S. (2017). Application of educational technical tools for analysis the color of essential oils from white oregano. In **Proceedings of the 12th International Conference on Virtual learning (ICVL 2017).** (pp. 144-144). Sibiu: University of Bucharest, "Lucian Blaga" University of Sibiu in cooperation with SIVECO Romania.

วันรับบทความ (Received date) : 20 มิ.ย. 65

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 7 เม.ย. 66

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 1 พ.ค. 66

<https://doi.org/10.55003/kmaj.2023.08.31.007>

การศึกษาเบื้องต้นถึงประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์ 4 ชนิดในการต้านเชื้อแบคทีเรีย ก่อโรคเต้านมอักเสบในโคนม

The Preliminary Study on Antibacterial Efficacy of 4 Organic Acids on Mastitis Pathogens in Dairy Cattle

ศุภชาติ ปานเนียม^{1*} เอกชัย สร้อยน้ำ¹ และ ปราณี จันทรงาม¹
Supachart Panneum^{1*}, Aggachai Sroynum¹, and Pranee Janngam¹

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อของกรดฟอร์มิก กรดแลคติก กรดมาลิก และกรดซิตริก ต่อเชื้อก่อโรคเต้านมอักเสบในโคนม ซึ่งเชื้อที่สำคัญ ได้แก่ *Klebsiella* spp, *Escherichia coli*, *Streptococcus dysgalactiae*, *Streptococcus uberis* และ *Staphylococcus aureus* ทางห้องปฏิบัติการและการทดสอบบนตัวสัตว์ โดยประเมินจากค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (Minimum bactericidal concentration; MBC) และการลดลงของจำนวนเชื้อที่หัวนมภายหลังการใช้สารละลายกรดดังกล่าว พบว่า กรดฟอร์มิกมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อก่อโรคได้ดีที่สุด โดยมีค่า MBC เท่ากับ 0.191% v/v ต่อทุกเชื้อก่อโรค รองลงมาได้แก่ กรดแลคติก 10.625% กรดมาลิก 12.37% และกรดซิตริก 12.43% ตามลำดับ เมื่อนำสารละลายที่เตรียมตามความเข้มข้นข้างต้น ใช้พ่นฆ่าเชื้อที่หัวนมโคแล้วประเมินประสิทธิภาพจากปริมาณของเชื้อก่อโรคที่ลดลง พบว่า กรดซิตริก 12.43% มีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ สามารถลดเชื้อลงได้ $1.15 \log_{10}$ CFU/ml ($P < 0.05$) เช่นเดียวกับกรดแลคติกที่สามารถลดเชื้อได้ $1.69 \log_{10}$ CFU/ml ($P = 0.32$) ในขณะที่กรดฟอร์มิก และกรดมาลิกไม่สามารถลดปริมาณของเชื้อก่อโรคได้ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่ากรดซิตริก และกรดแลคติกมีประสิทธิภาพเหมาะสมในการฆ่าเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคเต้านมอักเสบในโคได้

คำสำคัญ: กรดอินทรีย์ โรคเต้านมอักเสบ การจุ่มหัวนม โคนม

Abstract

The aim of this study was to evaluate the antimicrobial efficacies of formic acid, lactic acid, malic acid and citric acid against mastitis-caused pathogens. Pathogens used in this study were *Klebsiella* spp, *Escherichia coli*, *Streptococcus dysgalactiae*, *Streptococcus uberis* and *Staphylococcus aureus*. Minimum bactericidal concentration (MBC) and reduction of total bacterial count were examined. The results revealed that the minimum bactericidal concentration (MBC) of formic acid against all tested pathogens was 0.191%v/v indicating the best bactericidal performance. In comparison, the following orders were 10.625% lactic acid, 12.37% malic acid and 12.43% citric acid, respectively. These acids at their best solutions were then used to test their antimicrobial efficacies on teats of dairy cattle. It was found that 12.43% citric acid, as well as 10.625% lactic acid, showed the best performance due to the reduction rate at $1.15 \log_{10}$ CFU/ml ($P < 0.05$) and $1.69 \log_{10}$ CFU/ml ($P = 0.32$), respectively. On the contrary, formic acid and malic acid were significantly unable to reduce the total bacteria compared with the control group. In conclusion, the results in this study revealed that citric acid and lactic acid have potential antimicrobial effects against mastitis-caused pathogens in dairy cattle.

Keywords: organic acids, mastitis, teat dipping, dairy cattle

¹โรงพยาบาลสัตว์ ม.เกษตรศาสตร์ หนองโพ คณะสัตวแพทยศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

¹ Kasetsart veterinary teaching hospital-Nhongpho Faculty of Veterinary medicine Kampaengsaen campus, Nakornpathom

*Corresponding author, Email: fvetshp@nontri.ku.ac.th

คำนำ

มาตรการสำคัญในการควบคุมและป้องกันโรคเต้านมอักเสบในฟาร์มโคนมที่ยอมรับกันในปัจจุบัน คือ การจุ่มหัวนมด้วยสารที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อเป็นการปฏิบัติที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการลดการติดเชื้อใหม่เข้าสู่เต้านม โดยเฉพาะเชื้อก่อโรคเต้านมอักเสบที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม (Environmental pathogens) และการจุ่มหัวนมทันทีภายหลังการรีดนมเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการลดการติดเชื้อชนิดคอนตาเซียส (Contagious pathogens) โดยพบว่า การทำความสะอาดด้วยน้ำหรือสารละลายที่มีส่วนผสมของสารเคมีกับน้ำมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า การจุ่มหัวนมด้วยสารที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ (Pavicic et al., 2008; Mišeikienė et al., 2015) สารเคมีที่แนะนำและยอมรับให้ใช้กันส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์มีเพียงส่วนน้อยที่เป็นสารอินทรีย์ และสารที่แนะนำให้ใช้ส่วนใหญ่คือ กรดแลกติก ซึ่งมีข้อมูลที่แสดงให้เห็นว่ากรดแลกติกมีประสิทธิภาพในการต้านและยับยั้งการติดเชื้อโรคเต้านมอักเสบเข้าสู่เต้านมได้ไม่ด้อยกว่าสารเคมีกลุ่มที่เป็นเคมีอินทรีย์ (Boddie & Nickerson, 1988; Ruegg & Dohoo, 1997; Mišeikienė et al., 2015) ซึ่งการใช้กรดแลกติกมีจุดเด่นอีกประการหนึ่ง คือ ไม่ต้องกังวลเรื่องการตกค้างของสารเคมีในน้ำนม เนื่องจากกรดแลกติกเป็นสารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะนิยมใช้เป็นสารที่ป้องกันการบูดเสียในอุตสาหกรรมนมพร้อมดื่ม และผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มาจากนมในขนาดที่ความเข้มข้นต่ำ ๆ และเมื่อตรวจสอบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการดองอินทรีย์อื่น ๆ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารลักษณะเดียวกัน พบว่า กรดซิตริก กรดมาลิก และกรดฟอริก มีการใช้งานเพื่อจุดประสงค์ในการป้องกันการบูดเน่าของผลิตภัณฑ์แปรรูปจากน้ำนมเช่นเดียวกัน โดยการต้านหรือยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ รวมทั้งเพื่อควบคุมและป้องกันการติดเชื้อหรือปนเปื้อนของเชื้อจากผลผลิตการเกษตร และปศุสัตว์สู่ผู้บริโภคโดยส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค (Panyapinyopol et al., 2005; Rodrigues et al., 2007) จากผลผลิตด้วยกลไกการเปลี่ยนแปลงระดับของ pH ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์เมื่อกรดได้ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์แล้วเกิดการแตกตัวส่งผลต่อการควบคุมกระบวนการสำคัญต่าง ๆ ได้แก่ ATP synthesis, RNA and protein synthesis, DNA replication และส่งผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ (Vargas, 2017) เช่นเดียวกับกรดแลกติก ดังนั้น กรดอินทรีย์เหล่านี้มีความเป็นไปได้ที่จะมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อที่ก่อโรคเต้านมอักเสบได้เช่นกัน และควรจะได้มีการศึกษาคุณสมบัติดังกล่าวกับเชื้อก่อโรคเต้านมอักเสบที่สำคัญในประเทศไทย ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus uberis*, *Streptococcus dysgalactiae*, Coliform bacteria (Boonyayatra & Chaisri, 2004; Kampa et al., 2010; Jarassang et al., 2012; Eardmusic & Yodminkwan, 2016) การศึกษาจึงมีวัตถุประสงค์ คือ การทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (Minimum Bactericidal Concentration, MBC) ก่อโรคเต้านมอักเสบดังกล่าว และการทดสอบถึงประสิทธิภาพของการลดปริมาณเชื้อก่อโรคที่หัวนมของโคที่เลี้ยงในสภาพการเลี้ยงจริงในฟาร์มเกษตรกร

วิธีการศึกษา

การเตรียมกรดอินทรีย์

เตรียมกรดอินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ กรดฟอริก กรดแลกติก กรดมาลิก และกรดซิตริกให้ได้เป็นความเข้มข้น 25%, 12.5%, 6.25%, 3.13%, 1.56%, 0.78%, 0.39%, 0.195% และ 0.097% ตามลำดับ โดยการเจือจางกรดให้ได้ความเข้มข้นลดลงครึ่งละ 2 เท่าเพื่อจะนำไปใช้ทดสอบหา MBC ต่อไป

การเตรียมเชื้อก่อโรคเต้านมอักเสบเพื่อทำการทดสอบ

เชื้อก่อโรคเต้านมอักเสบนี้เป็นเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้จากน้ำนมโคที่ป่วยเป็นโรคเต้านมอักเสบ โดยห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยาคลินิกของโรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หนองไผ่ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้แก่เชื้อ *Klebsiella* spp, *Escherichia coli*, *Streptococcus dysgalactiae*, *Streptococcus uberis* และ *Staphylococcus aureus* เชื้อเหล่านี้จะถูกเพาะเลี้ยงใน tryptic soy broth ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง จากนั้นนำเชื้อที่เจริญแล้วไปปรับความเข้มข้นของเชื้อให้ได้ No. 0.5 Mcfarland Standard นำเชื้อที่ปรับความเข้มข้นแล้วมา 100 ไมโครลิตรผสมกับกรด 100 ไมโครลิตร ในหลอดทดลอง เขย่าให้เข้ากันแล้วบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีเชื้อผสมกับน้ำกลั่นปลอดเชื้อเป็นหลอดควบคุม

การทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (Minimum Bactericidal Concentration, MBC) ดัดแปลงจาก Clinical and Laboratory Standards Institute (2017)

การอ่านผลการทดลองการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สามารถยับยั้งเชื้อ (minimum bactericidal concentration; MIC) ให้สังเกตความขุ่นหรือใสของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมกรดที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กับหลอดควบคุม ความเข้มข้นที่น้อยที่สุดของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมกรดที่ไม่มีการเจริญของเชื้อ หรือเห็นว่าอาหารเลี้ยงเชื้อใสให้บันทึกผลการทดลองเป็นค่า MIC จากนั้นให้นำเชื้อจากหลอดที่ระบุว่าเป็นระดับ MIC ขึ้นไปเพาะเลี้ยงต่อใน blood agar โดยใช้เชื้อปริมาณ 10 ไมโครลิตรที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง อ่านผลโดยดูความเข้มข้นต่ำสุดที่ไม่พบการเจริญของเชื้อหรือไม่ปรากฏว่ามีโคโลนีให้บันทึกผลว่าเป็นค่า MBC ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

การทดสอบทางคลินิกถึงประสิทธิภาพของการลดปริมาณเชื้อที่หัวนมของโค

คัดเลือกโคจำนวน 18 ตัวจากฟาร์มโคนมแห่งหนึ่งในจังหวัดราชบุรีที่มีการเลี้ยงแบบปล่อยอิสระในโรงเรือน โดยมีของนอนและมีวัสดุรองของ คือ ทราย โคทั้งหมดไม่เป็นโรคเต้านมอักเสบหรืออยู่ในระหว่างการรักษาไม่น้อยกว่า 2 สัปดาห์ โคจะถูกแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 9 ตัว โดยกลุ่มแรกจะใช้ทดลองประสิทธิภาพของกรดฟอร์มิคและกรดแลกติก และกลุ่มหลังจะใช้ทดลองประสิทธิภาพของกรดซิตริกและกรดมาลิก กรดทั้ง 4 ชนิดจะถูกเตรียมที่ความเข้มข้นของ MBC จากนั้นโคในแต่ละกลุ่มจะได้รับการพ่นที่หัวนมของเต้านมเต้านมแต่ละเต้านมด้วยกรดแต่ละชนิด ส่วนหัวนมของ 2 เต้าหลังจะถูกพ่นด้วย sterile water และถือว่าเป็นกลุ่มควบคุม ใช้ก้านสำลีที่ปราศจากเชื้อเช็ดตลอดความยาวหัวนมและปลายหัวนมไม่ต่ำกว่า 20 ครั้งก่อนและหลังการพ่นด้วยสารละลายกรดและเมื่อทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 30 วินาที (The National Mastitis Council, 2016) ในส่วนของหัวนมที่เป็นกลุ่มควบคุมให้ดำเนินการเช่นเดียวกันแต่พ่นด้วย sterile water แทนสารละลายกรด จุ่มตัวอย่างก้านสำลีลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว ที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 0-4 องศาเซลเซียสก่อนการตรวจนับจุลินทรีย์มาตรฐาน (standard plate count, SPC) ตัวอย่างจะถูกทำให้เจือจางด้วย Maximum recovery diluent (MRD) ในอัตราส่วน 1:10 จากนั้นจะเจือจาง จนได้ความเข้มข้นของเชื้อเป็น 10^{-1} - 10^{-5} แล้วหยดลงบนแผ่น 3M Petrifilm : Aerobic Count plate เพื่อการนับจำนวนโคโลนีของเชื้อ ตามคำแนะนำของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้จะดำเนินการทำซ้ำเป็นจำนวน 2 ครั้ง การนับจำนวนโคโลนีให้นับโคโลนีที่ขึ้นเป็นสีแดงทั้งหมด ทุกขนาด โดยคัดเลือกความเข้มข้นที่ให้จำนวนโคโลนีระหว่าง 25-250 โคโลนี นำมาใช้โดยนำไปคูณกับ Dilution factor ได้เป็น Colony forming unit/ml (CFU/ml)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (Minimum Bactericidal Concentration; MBC) นำเสนอด้วยสถิติเชิงพรรณนาในรูปแบบตาราง และการทดสอบทางคลินิกถึงประสิทธิภาพของการลดของค่า log ฐาน 10 ปริมาณเชื้อที่หัวนมของโคก่อนและหลังการใช้กรดระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทาง (2 ways ANOVA) เนื่องจากปริมาณเชื้อก่อนทดลองใช้กรดมีแนวโน้มว่าจะเป็นตัวแปรควบคุม ที่อาจส่งผลกระทบต่อตัวแปรตามปริมาณเชื้อหลังการใช้กรดจึงทดสอบด้วย Analysis of Covariance (ANCOVA) ก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (Minimum Bactericidal Concentration; MBC) ของกรดอินทรีย์ทั้ง 4 ชนิดในเสนอใน Table 1

Table 1 the Minimum Bactericidal Concentration (MBC) of 4 organic acid types on five important field strain mastitis pathogens.

Type of organic acid	Species of pathogen	Minimum Bactericidal Concentration; MBC (%v/v)
Formic acid	1. <i>Klebsiella spp.</i>	0.191
	2. <i>Escherichia coli</i>	0.191
	3. <i>Streptococcus dysgalactiae</i>	0.191
	4. <i>Streptococcus uberis</i>	0.191
	5. <i>Staphylococcus aureus</i>	0.191
Lactic acid	1. <i>Klebsiella spp.</i>	2.650
	2. <i>Escherichia coli</i>	10.625
	3. <i>Streptococcus dysgalactiae</i>	1.320
	4. <i>Streptococcus uberis</i>	0.660
	5. <i>Staphylococcus aureus</i>	2.650
Malic acid	1. <i>Klebsiella spp.</i>	3.090
	2. <i>Escherichia coli</i>	12.370
	3. <i>Streptococcus dysgalactiae</i>	1.540
	4. <i>Streptococcus uberis</i>	1.540
	5. <i>Staphylococcus aureus</i>	3.090
Citric acid	1. <i>Klebsiella spp.</i>	6.210
	2. <i>Escherichia coli</i>	12.430
	3. <i>Streptococcus dysgalactiae</i>	1.550
	4. <i>Streptococcus uberis</i>	1.550
	5. <i>Staphylococcus aureus</i>	12.430

จาก Table 1 เมื่อพิจารณาจากค่า MBC จะเห็นได้ว่ากรดฟอร์มิกมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการฆ่าเชื้อก่อโรคที่ใช้ในการทดสอบทุกชนิด แต่เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพต่อการฆ่าเชื้อ *Klebsiella spp.* และ *Escherichia coli* พบว่า กรดแลกติก กรดมาลิก และกรดซิตริก มีฤทธิ์การฆ่าเชื้อก่อโรคจากมากไปน้อยตามลำดับ และประสิทธิภาพต่อการฆ่าเชื้อ *Streptococcus dysgalactiae* และ *Streptococcus uberis* พบว่า กรดแลกติกมีประสิทธิภาพสูง รองลงมาคือ กรดมาลิก และกรดซิตริกที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน สุดท้ายประสิทธิภาพต่อการเชื้อ *Staphylococcus aureus* จากมากไปน้อย ได้แก่ กรดแลกติก กรดมาลิก และกรดซิตริก ตามลำดับ

Table 2 comparison of Log10 bacterial count between difference study group at pre and post disinfection when 4 types of acid solution were applied.

Type of organic acid	group	Log10 bacterial count (CFU/ml)		p-value	Log10 reduction (CFU/ml)
		Pre dipping	Post dipping		
0.191% Formic acid	control	4.47±0.68a	3.53±0.57b	0.24	0.90±0.54
	treatment	4.62±1.06a	4.01±1.04b		0.60±0.50
10.625% Lactic acid	control	4.45±0.71a	3.55±0.59b	0.32	0.90±0.53
	treatment	4.54±0.98a	2.85±0.83b		1.69±1.17
12.37% Malic acid	control	4.48±0.69a	3.53±0.58b	0.03	0.64±0.70
	treatment	3.67±0.44a	3.22±0.53b		0.45±0.45
12.43% Citric acid	control	4.46±0.71a	3.55±0.59b	0.00	0.64±0.70
	treatment	3.64±0.45a	2.49±0.16b		1.16±0.51

a,b letter represent the statistical significantly differed between Mean±SD of Log10 bacterial count.

เมื่อได้นำกรดที่เตรียมตามความเข้มข้นที่ต้องการไปทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อที่ห้วนมโดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของจำนวนเชื้อก่อนและหลังการพ่นด้วยกรดชนิดนั้น ๆ โดยเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมได้ผลดัง Table 2 พบว่าจำนวนเชื้อที่ปนเปื้อนที่ห้วนมก่อนการพ่นด้วยกรด และ sterile water อยู่ในเกณฑ์สูงเมื่อเทียบกับผลการศึกษาของ Suriyasathaporn & Chupia (2011) จะเห็นได้ว่าจำนวนเชื้อก่อโรคลงหลังการพ่นด้วยกรดทุกชนิดมีจำนวนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ในกลุ่มที่ใช้กรดซิตริกมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อก่อโรคที่สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และสามารถลดจำนวนเชื้อก่อโรคในกลุ่มทดสอบลงได้ 1.16 log₁₀ CFU/ml ในขณะที่กลุ่มควบคุมนั้นลดจำนวนเชื้อก่อโรคได้ 0.64 log₁₀ CFU/ml แสดงให้เห็นว่าสารละลายกรดซิตริกมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อที่ห้วนมโคที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายกรดฟอร์มิกที่ลดจำนวนเชื้อที่ห้วนมได้ 0.60 log₁₀ CFU/ml น้อยกว่ากลุ่มควบคุมที่ลดจำนวนเชื้อได้ 0.90 log₁₀ CFU/ml และกรดมาลิก ที่ลดจำนวนเชื้อที่ห้วนมได้ 0.45 log₁₀ CFU/ml ซึ่งน้อยกว่ากลุ่มควบคุมที่ลดจำนวนเชื้อได้ 0.64 log₁₀ CFU/ml แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อที่ด้อยเมื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพกับตัวสัตว์ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการลดจำนวนเชื้อที่ปลายห้วนม กรดแลกติกถือได้ว่ามีประสิทธิภาพในระดับเดียวกับกรดซิตริกถึงแม้ว่าจะไม่ได้แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ เพราะสามารถลดจำนวนเชื้อลงได้ 1.69 log₁₀ CFU/ml เนื่องจากกรดซิตริกและกรดแลกติกมีคุณสมบัติอื่นที่สำคัญนอกจากฤทธิ์การฆ่าเชื้อก่อโรค ได้แก่ มีคุณสมบัติในการทำความสะอาด ลดการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกที่พื้นผิวต่าง ๆ ได้ดี และการกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่เป็นอนินทรีย์สาร (Socol et al., 2006; Cha et al., 2016; Vargas, 2017) จึงส่งผลเพิ่มประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อที่ห้วนม ในขณะที่กรดฟอร์มิกมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการใช้ควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารสัตว์โดยการผสมรวมกันในอาหารนั้น หรือเพื่อควบคุมจำนวนเชื้อก่อโรคในทางเดินอาหารสัตว์มากกว่าการใช้เพื่อควบคุมจำนวนเชื้อในสิ่งแวดล้อม และเมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของกรดมาลิกที่ต่ำกว่ากรดอื่นและต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอาจเป็นผลมาจากการที่องค์ประกอบของกรดนี้ให้ pH ที่สูงกว่าจึงส่งผลต่อประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อ และประสิทธิภาพของกรดนี้ยังสัมพันธ์ในเชิงลบกับชนิดของเชื้อหลักที่ปนเปื้อนอยู่บนห้วนมโดยเฉพาอย่างยิ่งหากเชื่อนั้นเป็น acid-adapted *E. coli* O157:H7 (Seo et al., 2021)

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษานี้จะเห็นว่าสารละลายกรดซิดริกที่ความเข้มข้น 12.43% มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อได้ดีในห้องปฏิบัติการ และสามารถลดจำนวนเชื้อก่อโรคลงได้มากกว่า 30% เช่นเดียวกับกรดแลกติกที่ความเข้มข้น 10.625% จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการไปพัฒนาต่อเพื่อใช้ทดแทนในควบคุมโรคเต้านมอักเสบที่สามารถลดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคอันเป็นผลมาจากการใช้สารเคมีดั้งเดิมในการควบคุมโรค เช่น สารเคมีกลุ่มคลอรีน ที่มีรายงานถึงสิ่งตกค้างหรือสารที่คงเหลือที่ส่งผลต่อสุขภาพ เช่น สารกลุ่มไตรฮาโลมีเทน (trihalomethanes) และกรดฮาโลซิดิก ทั้งนี้การใช้กรดแลกติกเป็นสารฆ่าเชื้อโดยการจุ่มก่อนการรีดนมมีใช้อยู่บ้างในประเทศ อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกรดซิดริกในการฆ่าเชื้อก่อโรคเต้านมอักเสบจึงควรจะได้มีการศึกษาต่อเนื่องเพื่อประยุกต์ในการนำไปใช้งานต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Boddie, R. L. & Nickerson, S. C. (1988). Efficacy of a Fatty Acid-Lactic Acid Postmilking Teat Germicide in Reducing Incidence of Bovine Mastitis. **Journal of Food Protection**. 51(10), 799-801.
- Boonyayatra, S. & Chaisri, W. (2004). Incidence and prevalence of subclinical mastitis in small holder dairy farm in Chiang mai province, Thailand. **Chiang Mai Veterinary medicine Journal**. 2, 25-30. (in Thai).
- Cha, C. N., Park, E. K., Jung, J. Y., Yoo, C. Y., Kim, S. & Lee, H. J. (2016). Bactericidal Efficacy of a disinfectant spray containing a grapefruit-seed extract, citric acid, malic acid and benzalkonium chloride against Salmonella Typhimurium and Brucella ovis. **Journal of Food Hygiene and Safety**. 31(4), 299-303.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2017). **Performance standards for antimicrobial susceptibility testing; twenty three informatinal supplement. CLSI document M100-S23**. Pennsylvania: Clinical and Laboratory Standards Institute.
- Eardmusic, S. & Yodmingkwan, P. (2016). Microbiology quality of raw milk in bulk tanks from dairy farms at Cha-am district, Phetchaburi province. **Khon Kaen agriculture journal**. 44 (suppl 1), 487-493. (in Thai).
- Jarassaeng, C., Aiumlamai, S., Wachirapakorn, C., Techakumphu, M., Noordhuizen, J. P. T. M., Beynen & A. C. Suadsong. S. (2012). Risk factors of subclinical mastitis in small holder dairy cows in Khon kaen province. **The Thai Journal of Veterinary Medicine**. 42(2), 143-151. (in Thai).
- Kampa, J., Sukolapong, V., Chaiyotwittakun, A., Rerk-u-suke, A. & Polpakdee, A. (2010). Chronic mastitis in small dairy cattle herds in Muang Khon Kaen. **The Thai Journal of Veterinary Medicine**. 40(3), 265-272. (in Thai).
- Mišeikiene, R., Rudejeviene, J. & Gerulis, G. (2015). Effect of pre-milking antiseptic treatment on the bacterial contamination of cow teats' skin. **Bulgarian Journal of Veterinary Medicine**. 18(2), 159-166.
- Pavicic, Ž., Cergolj, M., Balenovic, T., Ekert-Kabalin, A. & Valpotic, H. (2008). Influence of udder sanitation on hygienic quality of cow milk. **Veterinarski Arhiv**. 78, 105-112.
- Panyapinyopol, B., Marhaba, T. F., Kanokkantapong, V. & Pavasant, P. (2005). Characterization of precursors to trihalomethanes formation in Bangkok source water. **Journal of Hazardous Materials**. 120, 229-236. (in Thai).
- Rodrigues, P. M. S. M., Esteves da Silva, J. C. G. & Antunes, M. C. G. (2007). Factorial analysis of the trihalomethanes formation in water disinfection using chlorine. **Analytica Chimica Acta**. 595, 266-274.
- Ruegg, P. L. & Dohoo, I. R. (1997). A benefit to cost analysis of the effect of premilking teat hygiene on somatic cell count and intramammary infections in a commercial dairy herd. **Canadian Veterinary Journal**. 38, 632-636.
- Seo Y., Lee, G., Song, S., Kim, K. & Cho, M. (2021). Combinatorial treatment using citric acid, malic acid, and phytic acid for synergistical inactivation of foodborne pathogenic bacteria. **Korean J Chem Eng**. 38, 826-832.
- Soccol, C. R., Vandenberghe, L. P. S., Rodrigues, C. & Pandey, A. (2006). New perspectives for citric acid production and application. **Food Technoogy Biotechnology**. 44(2), 141-149.
- Suriyasathaporn, W. & Chupia, V. (2011). Reduction in numbers of bacteria after pre-milking teat dipping in milking dairy cows. **Chiang Mai University Journal of Natural Sciences**. 10(2), 301-306. (in Thai).
- The National Mastitis Council. (2016). **Recommended Mastitis Control Program**. The National Mastitis Council. Retrieved from: <https://www.nmconline.Org/Docs/NMCchecklistNA.Pdf>
- Vargas, C. (2017). **Organic acids: characteristics, properties and synthesis**. New York: Nova Science Publishers, Inc.

วันรับบทความ (Received date) : 27 ม.ค. 65

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 19 ส.ค. 65

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 6 มิ.ย. 66

<https://doi.org/10.55003/kmaj.2023.08.31.008>

การศึกษาพฤติกรรมของเสือโคร่งขาวเพศเมียในสภาพกรงเลี้ยงที่แตกต่างกันของเชียงใหม่ไนท์ซาฟารี

The Study on the Behavior of Female White Tigers in Different Captive Conditions at Chiang Mai Night Safari

ภาวรัตน์ ใจดี^{1*}, ตุลยวรรธ สุธธิพัตย์¹, สิริพร อ่ำสุข¹ และ นันทนา โพธาคำ¹
Pawarat Jaidee^{1*}, Tulyawat Sutthipat¹, Siriporn Umsook¹, and Nanthana Pothakam¹

บทคัดย่อ

เสือโคร่งขาว เป็นเสือโคร่งที่มีสีขนเป็นสีขาวซึ่งเกิดจากความผิดปกติของเม็ดสีมักพบในเสือโคร่งเบงกอลที่เกิดจากความผิดปกติของยีน เสือโคร่งขาวจัดอยู่ในกลุ่มสัตว์ที่ใกล้สูญพันธุ์ (IUCN) จึงมีความสำคัญต่อการอนุรักษ์ ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมของเสือโคร่งขาวเพศเมียในสภาพกรงเลี้ยงที่แตกต่างกันโดยการศึกษาในเสือโคร่งขาวเพศเมียจำนวน 7 ตัว แบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยว กรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน และ กรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่น ทำการสังเกตและบันทึกพฤติกรรม โดยแบ่งเป็น 5 กลุ่มพฤติกรรม ได้แก่ กิจกรรมประจำวัน การเคลื่อนไหว การผ่อนคลาย การดูแลตัวเอง และ พฤติกรรมร่วม เป็นเวลา 7 ชั่วโมง/วัน เป็นระยะเวลาการศึกษา 90 วัน ผลการศึกษาพบว่า กรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยวมีการดูแลตัวเองและการผ่อนคลายมากกว่ากรงเลี้ยงแบบขังรวมกันและกรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) กรงเลี้ยงแบบขังรวมกันมีกิจกรรมประจำวันและการเคลื่อนไหวมากกว่ากรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยวและกรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) กรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่นมีพฤติกรรมร่วมมากกว่ากรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยวและกรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) ผลการศึกษาในครั้งนี้ใช้เป็นแนวทางในการเสริมสร้างพฤติกรรมและการออกแบบส่วนแสดงที่เหมาะสมต่อเสือโคร่งขาว

คำสำคัญ: พฤติกรรม เสือโคร่งขาว สภาพกรงเลี้ยง เชียงใหม่ไนท์ซาฟารี

Abstract

White tiger is a tiger characterized by its white fur, which is caused by a pigmentation disorder, often found in Bengal tigers with gene abnormalities. White tiger is considered as a vulnerable (IUCN) animal species. Therefore, it is important for conservation. Thus, the objective of this study was to observe the behavior patterns of female white tiger in different captive conditions. Seven female white tigers were used in this study. Three captive conditions were studied: individual captive, dividual captive and captive with other tiger species. The tiger behavior was observed in five groups including daily routine, movement, relaxation, self-grooming and affiliative behaviors. Behavioral observations were performed at 7 hours/day for 90 days. The results showed that the individual captive tigers expressed self-grooming and relaxation higher than dividual captive tigers and white tiger captive with other tigers ($P<0.001$). Dividual captive showed daily routine and movement higher than individual captive and white tiger captive with the other tiger ($P<0.001$). White tiger captive tigers with other tiger species showed affiliative behaviors higher than individual captive and dividual captive tigers ($P<0.001$). This study was able to be used as a guideline for further enhancing behavior and designing display areas that may be suitable for white tigers.

Keywords: behavior, white tiger, captive, Chiang Mai Night Safari

¹ กลุ่มงานสัตวแพทย์ อนุรักษ์และวิจัย ฝ่ายบริหารจัดการสัตว์ สำนักงานเชียงใหม่ไนท์ซาฟารี

¹ Veterinary, Conservation and Research Section, Animal Management Division, Chiang Mai Night Safari

* Corresponding author: n.pothakam@gmail.com

คำนำ

เสือโคร่งขาว เป็นเสือโคร่งมีลักษณะเด่นที่สีขนเป็นสีขาวซึ่งเกิดจากความผิดปกติของเม็ดสีพิกเมนต์ในเสือโคร่งเบงกอลมีขนพื้นสีขาวและลายสีน้ำตาลเข้ม ม่านตาสีฟ้า จมูกสีชมพูและสีขาวครีม เกิดจากความผิดปกติของยีน โดยมีใช้สัตว์เผือกโดยแท้จริง (albino) แต่เป็นอาการผิดปกติที่ผิวหนังมีจำนวนเม็ดสีน้อย ที่เรียกว่า "ภาวะต่าง" (leucism) เสือโคร่งขาวอาศัยในป่าหลายแบบ รวมทั้งป่าเขตร้อน ป่าชายเลน ป่าที่มีแหล่งน้ำจืดและมีพืชขึ้นหนาแน่น พบในประเทศอินเดีย เนปาล ภูฏาน และบังกลาเทศ เสือโคร่งขาวกินเนื้อเป็นอาหาร สามารถว่ายน้ำเพื่อไล่ล่าเหยื่อที่หนีลงน้ำได้ เสือโคร่งขาวสามารถล่าเหยื่อที่มีน้ำหนักเกือบถึงตัวได้ รวมไปถึง สิงขนาดเล็ก นก วัวป่า และกวาง (Xiao et al., 2013) เสือโคร่งขาวจัดให้อยู่ในกลุ่มสัตว์ที่ใกล้การสูญพันธุ์ (endangered; EN) ตามบัญชีแดงของสหภาพสากลว่าด้วยการอนุรักษ์ (IUCN, 2008) พฤติกรรมของเสือโคร่งขาวตามธรรมชาติส่วนใหญ่มักจะใช้เวลาพักผ่อนในเวลากลางวันและจะออกหากินในเวลากลางคืน เสือโคร่งขาวเป็นสัตว์ที่สามารถอยู่ร่วมกันกับเสือชนิดอื่นได้โดยที่ไม่ทำร้ายกัน (Cristina et al., 2016) ปัจจุบันได้มีการศึกษาทางด้านพฤติกรรมของสัตว์ป่าอย่างแพร่หลาย Lisa et al. (2003) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในกรงเลี้ยงส่งผลต่อพฤติกรรมของเสือโคร่ง พบว่าเสือโคร่งที่ถูกเลี้ยงในกรงซึ่งมีพฤติกรรมเคลื่อนไหวตามธรรมชาติลดลง และมีการสำรวจมากขึ้นเพื่อป้องกันตัวเองจากอันตรายรอบด้านจึงทำให้สัตว์เกิดความเครียด จึงได้ทำการจัดสภาพแวดล้อมภายในกรงเลี้ยงให้คล้ายคลึงกับธรรมชาติโดยมีสระน้ำ ต้นไม้ ขอนไม้ เพื่อให้สัตว์ได้ผ่อนคลายและลดระดับความเครียด ทั้งนี้การศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ที่ถูกนำมาเลี้ยงในสภาพกรงเลี้ยงที่แตกต่างไปจากสภาพแวดล้อมในป่าที่อยู่อาศัยอาจส่งผลต่อการใช้ชีวิตและทำให้สวัสดิภาพสัตว์ลดลง (Carlstead, 1996) เสือโคร่งขาวถูกนำเข้าจากต่างประเทศ โดยเชียงใหม่ไนท์ซาฟารีเป็นแห่งหนึ่งที่มีการเลี้ยงเสือโคร่งขาว โดยการนำมาจัดแสดงในสวนสัตว์ต้องคำนึงถึงสวัสดิภาพของสัตว์ด้วย (Shepherdson et al., 1993; Mohapatra et al., 2010) ดังนั้นการศึกษากิจกรรมในสภาพกรงเลี้ยงที่แตกต่างกันในครั้งนี้ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการปรับสภาพแวดล้อมในกรงเลี้ยงให้เหมาะสมกับเสือโคร่งขาวเทศเมียต่อไป

วิธีการศึกษา

สัตว์ทดลอง

ทำการศึกษาในเสือโคร่งขาวเทศเมียจำนวน 7 ตัว อายุประมาณ 2.5 ถึง 11 ปี น้ำหนักตัวประมาณ 200 ถึง 260 กิโลกรัม แบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยว (captive 1) กรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน (captive 2) และกรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่น (captive 3) (Table 1)

Table 1 Experimental animals in this study.

No.	ID.	Age (years)	Subspecies	Captive
1	M54-046	4	White Tiger	Individual captive (captive 1)
2	M54-052	2.5	White Tiger	Dividual captive (captive 2)
3	M54-053	2.5	White Tiger	Dividual captive (captive 2)
4	M54-054	2.5	White Tiger	Dividual captive (captive 2)
5	M54-040	7	White Tiger	White tiger captive with the other tiger (captive 3)
6	M54-041	7	White Tiger	White tiger captive with the other tiger (captive 3)
7	M54-023	11	White Tiger	White tiger captive with the other tiger (captive 3)

การบันทึกพฤติกรรม

ทำการสังเกต และบันทึกพฤติกรรม โดยแบ่งเป็น 5 กลุ่มพฤติกรรม ได้แก่ กิจกรรมประจำวัน (กินอาหาร กินน้ำ ปัสสาวะ อุจจาระ และ กัด/แทะเล็ม) การเคลื่อนไหว (การยืน การเดิน วิ่ง และ กระโดด) การผ่อนคลาย (นั่งพัก นอนพัก แขนง และ กลิ้งตัว) การดูแลตัวเอง (เลียตัวเอง เกา การสั่น/กระตุก กระดิกหาง/สะบัดหัว ยืด/เหยียดตัว หาว และ หอบ) และ พฤติกรรมร่วม (เข้าไปหาตัวอื่น ก้าวร้าว/ขู่คำราม การเข้าหาคนเลี้ยง การปกป้องอาณาเขต/ปกป้องตัวเอง ตกใจ เดินวน และ หลบหนี) การบันทึกข้อมูลพฤติกรรม กรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยว (captive 1) เป็นกลุ่มที่ 1 กรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน (captive 2) เป็นกลุ่มที่ 2 และกรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่น (captive 3) เป็นกลุ่มที่ 3 บันทึกข้อมูลพฤติกรรมในแต่ละสภาพกรงเลี้ยงทุก 10 นาที ตั้งแต่

10.00 น. - 17.00 น. เป็นเวลา 7 ชั่วโมง/วัน ระยะเวลาการศึกษา 90 วัน จากนั้นนำข้อมูลการบันทึกไปวิเคราะห์ผลทางสถิติคิดเป็นร้อยละของแต่ละกลุ่มพฤติกรรม นำอัตราร้อยละของแต่ละกลุ่มพฤติกรรมมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม โดยวิธี duncan's new multiple range test (Steel & Torrie, 1980)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการศึกษาจากการสังเกตพฤติกรรมเสือโคร่งขาวเพศเมีย เป็นเวลา 7 ชั่วโมง/วัน ใกล้เคียงกับ Martin & Bateson (2007) ที่ใช้ระยะเวลาในการสังเกต 8 ชั่วโมง/วัน ผลการศึกษาพบว่าใน 1 ถึง 30 วัน กรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยวมีกิจวัตรประจำวันน้อยกว่ากรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน และกรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) มีค่าเท่ากับ 8.06% เทียบกับ 8.74% และ 16.58% ตามลำดับ กรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่นมีการเคลื่อนไหวน้อยกว่ากรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน และกรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) มีค่าเท่ากับ 14.85% เทียบกับ 16.34% และ 15.44% ตามลำดับ กรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดมีการผ่อนคลายน้อยกว่ากรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน และกรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) มีค่าเท่ากับ 15.62% เทียบกับ 16.24% และ 19.35% ตามลำดับ กรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่นมีพฤติกรรมการดูแลตัวเองน้อยกว่ากรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน และกรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) มีค่าเท่ากับ 24.20% เทียบกับ 27.14% และ 31.34% ตามลำดับ กรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยวมีพฤติกรรมร่วมน้อยกว่ากรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน และกรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) มีค่าเท่ากับ 25.81% เทียบกับ 31.55% และ 28.76% ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 The study of white tiger behavior on 1-30 days.

Behavior	Captive 1	Captive 2	Captive 3	P-value
Daily routine (%)	8.06 ^a	8.74 ^b	16.58 ^c	<0.001
Movement (%)	15.44 ^c	16.34 ^b	14.85 ^a	<0.001
Relaxation (%)	19.35 ^c	16.24 ^b	15.62 ^a	<0.001
Self-grooming (%)	31.34 ^c	27.14 ^b	24.20 ^a	<0.001
Affiliative behaviors (%)	25.81 ^a	31.55 ^b	28.76 ^c	<0.001

^{a-c} means in the same row with a different superscript in the same factor differ significantly ($P<0.05$).

การสังเกตพฤติกรรมภายใน 31 ถึง 60 วัน กรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยวมีกิจวัตรประจำวันน้อยกว่ากรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน และกรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) มีค่าเท่ากับ 10.05% เทียบกับ 13.60% และ 17.35% ตามลำดับ กรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่นมีการเคลื่อนไหวน้อยกว่ากรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน และกรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) มีค่าเท่ากับ 9.54% เทียบกับ 12.05% และ 12.10% ตามลำดับ กรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่นมีการผ่อนคลายน้อยกว่ากรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน และกรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) มีค่าเท่ากับ 15.13% เทียบกับ 18.00% และ 20.09% ตามลำดับ กรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่นมีพฤติกรรมการดูแลตัวเองน้อยกว่ากรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน และกรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) มีค่าเท่ากับ 19.19% เทียบกับ 24.09% และ 30.14% ตามลำดับ กรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยวมีพฤติกรรมร่วมน้อยกว่ากรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน และกรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) มีค่าเท่ากับ 27.63% เทียบกับ 32.26% และ 38.79% ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 The study of white tiger behavior on 31-60 days.

Behavior	Captive 1	Captive 2	Captive 3	P-value
Daily routine (%)	10.05 ^a	13.60 ^b	17.35 ^c	<0.001
Movement (%)	12.10 ^c	12.05 ^b	9.54 ^a	<0.001
Relaxation (%)	20.09 ^c	18.00 ^b	15.13 ^a	<0.001
Self-grooming (%)	30.14 ^c	24.09 ^b	19.19 ^a	<0.001
Affiliative behaviors (%)	27.63 ^a	32.26 ^b	38.79 ^c	<0.001

^{a-c} means in the same row with a different superscript in the same factor differ significantly ($P<0.05$).

การสังเกตพฤติกรรมภายใน 61 ถึง 90 วัน กรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยวมีกิจกรรมประจำวันน้อยกว่ากรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน และกรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) มีค่าเท่ากับ 11.35% เทียบกับ 12.46% และ 18.57% ตามลำดับ กรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยวมีการเคลื่อนไหวน้อยกว่ากรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่น และกรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) มีค่าเท่ากับ 12.34% เทียบกับ 12.64% และ 14.20% ตามลำดับ กรงเลี้ยงแบบขังรวมกันมีการผ่อนคลายน้อยกว่ากรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่น และกรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) มีค่าเท่ากับ 15.46% เทียบกับ 15.73% และ 21.38% ตามลำดับ กรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่นมีพฤติกรรมการดูแลตัวเองน้อยกว่ากรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน และกรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) มีค่าเท่ากับ 24.17% เทียบกับ 30.34% และ 31.58% ตามลำดับ กรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยวมีพฤติกรรมร่วมน้อยกว่ากรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน และกรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) มีค่าเท่ากับ 23.36% เทียบกับ 27.54% และ 28.36% ตามลำดับ (Table 4)

Table 4 The study of white tiger behavior on 61-90 days.

Behavior	Captive 1	Captive 2	Captive 3	P-value
Daily routine (%)	11.35 ^a	12.46 ^b	18.57 ^c	<0.001
Movement (%)	12.34 ^a	14.20 ^c	12.64 ^b	<0.001
Relaxation (%)	21.38 ^c	15.46 ^a	15.73 ^b	<0.001
Self-grooming (%)	31.58 ^c	30.34 ^b	24.71 ^a	<0.001
Affiliative behaviors (%)	23.36 ^a	27.54 ^b	28.36 ^c	<0.001

^{a-c} means in the same row with a different superscript in the same factor differ significantly ($P<0.05$).

การสังเกตพฤติกรรมทั้ง 90 วัน พบว่ากรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยวมีกิจกรรมประจำวันน้อยกว่ากรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน และกรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) มีค่าเท่ากับ 10.00% เทียบกับ 11.57% และ 11.63% ตามลำดับ กรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่น มีการเคลื่อนไหวน้อยกว่ากรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยว และกรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) มีค่าเท่ากับ 13.09% เทียบกับ 13.18% และ 14.29% ตามลำดับ กรงเลี้ยงแบบขังรวมกันมีการผ่อนคลายน้อยกว่ากรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่น และกรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) มีค่าเท่ากับ 16.44% เทียบกับ 16.92% และ 20.14% ตามลำดับ กรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่นมีพฤติกรรมการดูแลตัวเองน้อยกว่ากรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน และกรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) มีค่าเท่ากับ 23.48% เทียบกับ 27.49% และ 31.08% ตามลำดับ กรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยวมีพฤติกรรมร่วมน้อยกว่ากรงเลี้ยงแบบขังรวมกัน และกรงเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) มีค่าเท่ากับ 25.34% เทียบกับ 30.21% และ 34.88% ตามลำดับ (Table 5) สอดคล้องกับการรายงานของ Carlstead (1996) ทำการศึกษากับเสือดำจำนวน 4 ตัว พบว่าเสือดำที่ถูกเลี้ยงอยู่ในกรงที่มีสภาพแวดล้อมแออัดแอ่งภายในอาคารเดียวกับสิงโตและเสือโคร่ง มีพฤติกรรมเคลื่อนไหวเพิ่มมากขึ้น หลังจากปรับเปลี่ยนสภาพแวดล้อมภายในกรงเลี้ยงที่ล้อมด้วยไม้ซุง ก่อ่ง และกิ่งไม้ใบไม้ ส่งผลทำให้เสือดำมีพฤติกรรมเคลื่อนไหวลดลง ในสภาพกรงเลี้ยงที่ขังรวมกันพบว่าพฤติกรรมร่วมน้อยลง พฤติกรรมการเคลื่อนไหวและการดูแลตัวเองลดลง

(Markowitz et al., 1995; Clubb & Mason, 2001; Jenny & Schmid, 2002) ซึ่งต่างจาก Carlstead & Shepherdson (1994) พฤติกรรมการเคลื่อนไหวและพฤติกรรมรวมของเสือโคร่งจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเสือโคร่งมีอายุที่เพิ่มมากขึ้น

Table 5 The study of white tiger behavior average 90 days.

Behavior	Captive 1	Captive 2	Captive 3	P-value
Daily routine (%)	10.00 ^a	11.57 ^b	11.63 ^c	<0.001
Movement (%)	13.18 ^b	14.29 ^c	13.09 ^a	<0.001
Relaxation (%)	20.14 ^c	16.44 ^a	16.92 ^b	<0.001
Self-grooming (%)	31.08 ^c	27.49 ^b	23.48 ^a	<0.001
Affiliative behaviors (%)	25.34 ^a	30.21 ^b	34.88 ^c	<0.001

^{a-c} means in the same row with a different superscript in the same factor differ significantly ($P < 0.05$).

Mohapatra et al. (2014) ได้ทำการวิเคราะห์พฤติกรรมในเสือโคร่งเพศเมียจำนวน 13 ตัว ที่ถูกเลี้ยงอยู่ในกรงเลี้ยงแบบขังเดี่ยว ใช้ระยะเวลาในการศึกษา 1,254 ชั่วโมง พบว่าพฤติกรรมการผ่อนคลายมีค่าเท่ากับ $59.94 \pm 15.08\%$ และพฤติกรรมรวมมีค่าเท่ากับ $23.02 \pm 14.27\%$ ในการสังเกตพฤติกรรมของสัตว์ถือเป็นตัวชี้วัดสวัสดิภาพสัตว์ที่ถูกนำมาเลี้ยงในสวนสัตว์ ซึ่งการมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในกรงเลี้ยงอาจส่งผลต่อพฤติกรรมการเคลื่อนไหวของเสือโคร่ง (Young, 2003) เช่นเดียวกับ Dawkins (2004) ที่กล่าวไว้ว่าพฤติกรรมที่สัตว์แสดงออกมาถือเป็นตัวบ่งชี้สวัสดิภาพได้ เนื่องจากพฤติกรรมเหล่านี้ถือเป็นการสะท้อนถึงการรับมือกับความเครียดและปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในกรงเลี้ยง

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาพฤติกรรมของเสือโคร่งขาวเพศเมีย สรุปได้ว่าเสือโคร่งขาวสามารถอยู่ร่วมกันกับเสือชนิดอื่นได้ และการเลี้ยงแบบขังเดี่ยวมีพฤติกรรมการผ่อนคลายและการดูแลตัวเองมากที่สุด การเลี้ยงแบบขังรวมมีกิจกรรมประจำวันและการเคลื่อนไหวมากที่สุด และการเลี้ยงแบบขังรวมกันร่วมกับเสือชนิดอื่นมีพฤติกรรมรวมมากที่สุด ผลการศึกษาในครั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับและออกแบบส่วนแสดงให้เหมาะสมต่อเสือโคร่งขาวต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาพิงคนคร (องค์การมหาชน) ผู้อำนวยการสำนักงานเชียงใหม่ไนท์ซาฟารี ผู้อำนวยการฝ่ายบริหารจัดการสัตว์ กลุ่มงานสัตวแพทย์ อนุรักษ์ และวิจัย ฝ่ายบริหารจัดการสัตว์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Carlstead, K. & Shepherdson, D. (1994). Effects of environmental enrichment on reproduction. *Journal of Zoo Biology*. 13(5), 447-458.
- Carlstead, K. (1996). Effects of captivity on the behavior of wild animals. *Wild Mammals in Captivity*. Chicago: University of Chicago Press.
- Clubb, R. & Mason, G. J. (2001). Are some carnivore species predisposed to develop stereotypy because of their foraging strategy in the wild. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Environmental Enrichment: The Shape of Enrichment*. (pp. 139-141). San Diego: Notion Press.
- Cristina, B., Paola, M., Daniela, D., Francesca, P., Martina, T., Maria, S. G., Cristiana, M. & Pier, L. A. (2016). Behavioural analysis of captive tigers (*Panthera tigris*): A water pool makes the difference. *Applied Animal Behaviour Science*. 174, 173-180.
- Dawkins, M. S. (2004). Using behaviour to assess animal welfare. *Animal Welfare*. 13(1), S3-S7.
- IUCN, (2008). *IUCN Red List of Threatened Species*. Retrieved from: www.iucnredlist.org
- Jenny, S. & Schmid, H. (2002). Effect of feeding boxes on the behavior of stereotyping amur tigers (*Panthera tigris altaica*) in the Zurich Zoo, Zurich, Switzerland. *Journal of Zoo Biology*. 21(6), 573-584.

- Lisa, M. K., Chair, L. S. G. & Marcella, J. K. (2003). **Wild Tiger in Captivity: A Study of the Effect of the Captive Environment on Tiger Behavior**. Master's thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Markowitz, H., Aday, C. & Gavazzi, A. (1995). Effectiveness of acoustic "prey": environmental enrichment for a captive African leopard (*Panthera pardus*). *Journal of Zoo Biology*. 14(4), 371-379.
- Martin, P. & Bateson, P. (2007). **Measuring Behaviour**. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University.
- Mohapatra, R. K., Mishra, A. K., Parida, S. P. & Mishra, S. (2010). Behavioural responses to environmental enrichment in captive tigers (*Panthera tigris*) at Nandankanan Zoological Park, Orissa. *Journal of Organisation for Protection of Ecosystem, Environment and Endangered Species*. 8(2), 44-48.
- Mohapatra, R. K., Sudarsan, P. & Usa R. A. (2014). Study on activity pattern and incidence of stereotypic behavior in captive tigers. *Journal of veterinary behavior*. 9(4), 172-176.
- Shepherdson, D. J., Carlstead, K., Mellen, J. D. & Seidenstricker, J. (1993). The influence of food presentation on the behavior of small cats in confined environments. *Journal of Zoo Biology*. 12(2), 203-216.
- Steel, R. G. & Torrie, J. H. (1980). **Principles and procedures of statistics**. New York: McGraw Hill Book.
- Xiao, X., Gui, X. D., Xue, S. H., Lin, M., Xue, L. Z., De, L. Z., Han, D. Y., Tian, Y. Z., Zheng, T. Z., Ting, T. Z., Yan, Z., Jong, B., Yun, S.C., Wen, T. D., Tai, J. J., Can, X., Ruiqiang, L. & Shu, J. L. (2013). The Genetic Basis of White Tigers. *Current Biology*. 23(11), 1031-1035. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2013.04.054>.
- Young, R. J. (2003). **Environmental Enrichment for Captive Animals**. Victoria: Blackwell Science. Ltd.

วันรับบทความ (Received date) : 20 มิ.ย. 65
 วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 7 เม.ย. 66
 วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 6 มิ.ย. 66
<https://doi.org/10.55003/kmaj.2023.08.31.009>

แนวทางการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงผาในสภาพกรงเลี้ยง : กรณีศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร
และปริมาณการกินได้ของเลี้ยงผา (*capricornis milneedwardsii*) สภาพกรงเลี้ยงในเชียงใหม่ไนท์ซาฟารี
Guidelines for The Development of Nutrients for Serow in Captive: A Case Study of
Chemical Composition and Feed Intake for Captive Serow (*capricornis milneedwardsii*)
in Chiang Mai Night Safari

สิริพร อัสสุข¹, คมกริช ปัญญา¹, ตุลยวรรธ สุทธิแพทย์¹, นันทนา โพธาคำ^{1*} และ ปาวรัตน์ ใจดี¹
Siriporn Umsook¹, Komkrit Panya¹, Tulyawat Sutthipat¹, Nanthana Pothakam^{1*}, and Pawarat Jaidee¹

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร และศึกษาปริมาณการกินได้ของเลี้ยงผาที่เลี้ยงในสภาพกรงเลี้ยงโดยใช้เลี้ยงผาในสำนักงานเชียงใหม่ไนท์ซาฟารี จำนวน 9 ตัว อายุเฉลี่ย 5 ปี น้ำหนักตัวเฉลี่ย 60.33±5 กิโลกรัม ระยะเวลาการทดลอง 90 วัน โดยอาหารที่ใช้เลี้ยงประกอบด้วย ถั่วเขียวคั่วดิบ ผักขมหวาน ผักบุ้งจีน ต้นข้าวโพด และหญ้าแพนหางไก่ สุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยวิธี Proximate analysis และ Van Soest และนำอาหารไปเลี้ยงเลี้ยงผา โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ทำการบันทึกปริมาณการกินได้ (feed intake) เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ (dry matter intake) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าผักขมหวานมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าอาหารชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) และหญ้าแพนหางไก่มีปริมาณโปรตีน และไขมัน ต่ำกว่าอาหารชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) อีกทั้งเมื่อพิจารณาจากปริมาณโภชนาที่เลี้ยงผาได้รับ พบว่า เลี้ยงผามีปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ โปรตีน และเยื่อใย ของต้นข้าวโพดสูงกว่าอาหารชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) ซึ่งเลี้ยงผาสามารถใช้อาหารเพื่อเป็นแหล่งพลังงานและนำไปใช้ประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต การเจริญเติบโตได้มากกว่าอาหารชนิดอื่นๆ และยังมีต้นทุนค่าอาหารที่ถูกกว่าอาหารชนิดอื่นๆ อีกด้วย ดังนั้นต้นข้าวโพดเหมาะสมที่จะใช้เป็นแหล่งอาหารในการเลี้ยงเลี้ยงผาในสภาพกรงเลี้ยงเพื่อการอนุรักษ์เลี้ยงผาในประเทศไทยต่อไป

คำสำคัญ: เลี้ยงผา กรงเลี้ยง องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณการกินได้

Abstract

The objective of this research was to study the chemical composition and feed intake for captive serow (*Capricornis milneedwardsii*) in Chiang Mai Night Safari. Experimental dietary feed there were pisang awak banana, sweet corn, pangola hay, chinese water convolvulus, and maize plants. The chemical composition analysis by proximate analysis and Van Soest methods and daily feed intake was recorded to determine the dry matter intake. The experimental designs were completely randomized designs (CRD). The Nine serows (5 years old and weighing 60.33±5 kg 90-day trial period) in Chiang Mai Night Safari. The results showed that sweet corn was the valuable organic matter that was significantly higher than all groups ($P<0.001$) and pangola hay has lower amounts of crude protein and ether extract than all groups statistically significant ($P<0.001$). In addition, consider the amount of nutrient intake of serow. It was found that serow had a higher feed intake of dry matter intake, organic matter intake, and crude fiber intake, of maize plants was the highest than all groups are the significance ($P<0.001$). The serow can use feed as a source of energy and utilize it for their livelihood growth than any other feed It also has a lower cost of feed than other types of feed as well. Therefore, maize plants are suitable for use as a feed source for raising serow in captives for the conservation of serow in Thailand.

Keywords: serow, captive, chemical composition, feed intake

¹ กลุ่มงานสัตวแพทย์ อนุรักษ์และวิจัย ฝ่ายบริหารจัดการสัตว์ สำนักงานเชียงใหม่ไนท์ซาฟารี

¹ Veterinary, Conservation and Research Section, Animal Management Division, Chiang Mai Night Safari

* Corresponding author: n.pothakam@gmail.com

คำนำ

ปัจจุบันเลียงผามีการลดจำนวนลงอย่างมากจนอยู่ในขั้นวิกฤติ ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญต่อการอนุรักษ์ และมีความเสี่ยงสูงต่อการสูญพันธุ์ในธรรมชาติ เลียงผาถูกจัดเป็นสัตว์ป่าสงวนของประเทศไทย ที่ควรได้รับการอนุรักษ์และสงวนไว้ตามพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 และในระดับสากลเลียงผาถูกจัดให้อยู่ในบัญชี หมายเลข 1 (appendix I) ตามอนุสัญญาว่าด้วยการค้าระหว่างประเทศ ชนิดสัตว์ป่าและพืชป่าที่ใกล้สูญพันธุ์ (the convention on international in endanger of wild fauna and flora, CITES) จัดให้อยู่ในบัญชีสัตว์ป่าชนิดพันธุ์ที่มีความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ (endanger: EN) ตามบัญชีของ red list of threatened species (IUCN, 2008) จากการลดจำนวนลงของเลียงผาทำให้หลายหน่วยงานมีโครงการวิจัยเพื่อการอนุรักษ์ และเพาะพันธุ์เลียงผาในสภาพกรงเลี้ยง ซึ่งสำนักงานเชียงใหม่ไนท์ซาฟารีเป็นอีกหนึ่งหน่วยงานที่ดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับเลียงผาในหลายๆ ด้าน แต่ยังขาดข้อมูลพื้นฐานทางด้านโภชนาการของเลียงผา ซึ่งอาหารเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากการจัดการด้านอาหารในกรงเลี้ยงย่อมแตกต่างจากที่สัตว์ได้กินจริงตามป่าธรรมชาติ ถึงแม้จะมีการเทียบเคียงความต้องการโภชนาการกับชนิดสัตว์ที่ใกล้เคียงในวงศ์ (family) เดียวกัน แต่ในสัตว์ต่างชนิด (species) ย่อมมีความต้องการสารอาหารที่แตกต่างกัน โดยเลียงผาจัดเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในอันดับสัตว์กีบคู่ และอยู่ในวงศ์ย่อย caprinae เช่นเดียวกับแกะและแพะ โดยลักษณะระบบทางเดินอาหารมีกระเพาะ 4 ส่วน มีการหมักของอาหารโดยจะอาศัยแบคทีเรียในท้องทางเดินอาหาร (microflora) มีค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ในกระเพาะอาหารอยู่ที่ 6.7 ± 0.5 นอกจากนั้นสัตว์ในตระกูลนี้สามารถสำรอก (regurgitation) อาหารออกมาเพื่อทำการเคี้ยวได้ใหม่หรือเรียกว่าการเคี้ยวเอื้อง โครงสร้างกระเพาะอาหารของเลียงผาจัดอยู่ในกลุ่ม intermediate selectors คือ เลือกกินได้ทั้งอาหารที่มีเยื่อใยต่ำ (brewers) และอาหารที่มีเยื่อใยสูง (grazers) (Yamamoto et al., 1998) เลียงผามักชอบกินหญ้า พืชผักต่างๆ เช่น ใบไม้อ่อนๆ หน่อไม้อ่อน โดยเฉพาซากไม้ที่มีกลิ่นหอม กิ่งไม้และเปลือกไม้ อีกทั้งยังสามารถอดน้ำได้นานเป็นสัปดาห์ จากการศึกษาของ Chimchome (1990) ทำการศึกษาพืชอาหารของเลียงผาโดยการวิเคราะห์จากข้อมูลที่รวบรวมได้บริเวณป่าภูเขาคินพูเขาแดง อุทยานแห่งชาติเขาสามร้อยยอด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่า มีชนิดพืชอาหารเลียงผา 6 ชนิด ได้แก่ ตะกิม มะเดื่อน้ำ ตับเต่า มันหมู น้ำข้าวเขา และเถาวัลย์แพน รวมถึง Khruethong & Ngampongchai (1983) รายงานปริมาณการกินอาหารของเลียงผาตลอดทั้งปีคิดเป็นค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดวันละ 8,626 กรัม คิดเป็นน้ำหนักแห้งวันละ 1,652 กรัม ค่าพลังงานเฉลี่ย 3,544.81 กิโลแคลอรี และเลียงผาที่มีน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม ต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพเฉลี่ยวันละ 3,018.40 กิโลแคลอรี นอกจากนี้ Rashid (2008) ได้ศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาของระบบทางเดินอาหารของเลียงผาพบว่า มีลักษณะทางเดินอาหารเช่นเดียวกับ แกะและแพะ อีกทั้งพฤติกรรมการกินมีลักษณะคล้ายคลึงกันอีกด้วย จึงได้เปรียบเทียบความต้องการโภชนาการกับของแพะ พบว่า ความต้องการโภชนาการในช่วงการดำรงชีพ ต้องการปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบแห้ง 1.8-2.4 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ต้องการโปรตีนรวม 7 เปอร์เซ็นต์ พลังงานรวม 53 เปอร์เซ็นต์ ช่วงแรกของการตั้งท้อง ต้องการปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบแห้ง 2.4-3.0 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ต้องการโปรตีนรวม 9-10 เปอร์เซ็นต์ พลังงานรวม 53 เปอร์เซ็นต์ ช่วงปลายของการตั้งท้อง ต้องการปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบแห้ง 2.4-3.0 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ต้องการโปรตีนรวม 13-14 เปอร์เซ็นต์ พลังงานรวม 53 เปอร์เซ็นต์ และระยะการให้นม ต้องการปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบแห้ง 2.8-4.6 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักตัว ต้องการโปรตีนรวม 12-17 เปอร์เซ็นต์ พลังงานรวม 53-56 เปอร์เซ็นต์ (Devendra & Mc-Leroy, 1982) ทั้งนี้ข้อมูลทางวิชาการและการศึกษาเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสมของเลียงผาในประเทศไทยยังมีน้อย ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบสำหรับใช้เป็นอาหาร และปริมาณการกินได้ของเลียงผาในสภาพกรงเลี้ยงของเชียงใหม่ไนท์ซาฟารี

วิธีการศึกษา

การเตรียมอาหารสำหรับใช้เลี้ยงเลียงผาในสภาพกรงเลี้ยง ประกอบไปด้วย ถั่วเขียวหัวดิบ ผักข้าวโพดหวาน กล้วยแพะกล้วยแห้ง ผักบุ้งจีน และต้นข้าวโพด เป็นแหล่งอาหารที่ใช้เลี้ยงเลียงผาในสภาพกรงเลี้ยงของเชียงใหม่ไนท์ซาฟารี วิธีการเตรียมถั่วเขียวหัวดิบ และ ผักข้าวโพดหวาน โดยทำการตัดให้มีขนาดชิ้นละ 2-3 เซนติเมตร ส่วนต้นข้าวโพด ตัดที่อายุการปลูก 45 วัน จะทำการให้ทั้งลำต้น ผักบุ้งจีนใช้ทั้งต้น ส่วนกล้วยแพะกล้วยแห้ง จะมีตะกร้าไว้ในคอกสัตว์เพื่อให้เลือกกินได้ตลอดเวลา ทำการสุมตัวอย่างอาหารเพื่อใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยนำตัวอย่างอาหารไปวิเคราะห์หาปริมาณวัตถุดิบแห้ง (dry matter; DM) อินทรีย์วัตถุ (organic matter; OM) โปรตีนหยาบ (crude protein; CP) ไขมัน (ether extract; EE) และเยื่อใย (crude fiber; CF) ตามวิธี proximate analysis (AOAC, 2000) และคำนวณไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก (nitrogen free extract; NFE) ดังสมการ $\%NFE = 100 - \%CP - \%EE - \%CF - \%Ash$ และนำไปวิเคราะห์หาเยื่อใย ได้แก่ เยื่อใยที่เป็นผนังเซลล์ (neutral detergent fiber; NDF) ลิ กโนเซลลูโลส (acid detergent fiber; ADF) ลิ กนิน (acid detergent lignin; ADL)

(Van Soest et al., 1991) โดยทำการศึกษาในเลียงผา (*Capricornis milneedwardsii*) ในสำนักงานเชียงใหม่ไนท์ซาฟารี จำนวน 9 ตัว อายุเฉลี่ย 5 ปี น้ำหนักตัวเฉลี่ย 60.33 ± 5 กิโลกรัม ก่อนการทดลองทำการถ่ายพยาธิ เลียงผาจะถูกเลี้ยงในคอกขังเดี่ยวในแต่ละคอกจัดให้มีรางอาหารและรางน้ำแยกเฉพาะตัว นอกจากนี้เลียงผาแต่ละตัวได้รับอาหารทดลองแบบเต็มที่ (*ad libitum*) โดยแบ่งให้อาหารเป็น 2 เวลา คือ 09.00 น. และ 15.00 น. และทำการบันทึกปริมาณการกินได้ (feed intake; FI) เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง (dry matter intake) เป็นระยะเวลา 90 วัน และการวิจัยครั้งนี้ได้ปฏิบัติตามกฎระเบียบที่คณะกรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงและใช้สัตว์ของหน่วยงานที่สังกัด (คกส.) กำหนดไว้อย่างเคร่งครัด การวิเคราะห์สถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of variance, ANOVA) สำหรับปริมาณโภชนะที่ได้รับของเลียงผาใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี duncan's new multiple range test (Steel & Torrie, 1980)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกล้วยน้ำว้าดิบ ผักข้าวโพดหวาน หนุ่ยแพ่งโกล่าแห้ง ผักบุงจิ้น และต้นข้าวโพด

จากผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของ กล้วยน้ำว้าดิบ ผักข้าวโพดหวาน หนุ่ยแพ่งโกล่าแห้ง ผักบุงจิ้น และต้นข้าวโพด พบว่า ปริมาณวัตถุแห้ง (DM) ของหนุ่ยแพ่งโกล่าแห้ง มีค่าสูงกว่าต้นข้าวโพด กล้วยน้ำว้าดิบ ผักข้าวโพดหวาน และผักบุงจิ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 92.12 เทียบกับ 26.36, 23.87, 22.51 และ 6.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งปริมาณวัตถุแห้งของผักบุงจิ้นมีค่าต่ำที่สุด คือ 6.33 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงการรายงานของ Sutham (2014) ทำการศึกษาค่าองค์ประกอบทางเคมีของผักบุงจิ้น พบว่าปริมาณวัตถุแห้ง มีค่า 7.15 ร้อยละของวัตถุแห้ง อีกทั้งในการศึกษานี้ยังพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ของผักข้าวโพดหวาน มีค่าสูงกว่ากล้วยน้ำว้าดิบ ต้นข้าวโพด หนุ่ยแพ่งโกล่าแห้ง ต้นข้าวโพด และผักบุงจิ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 96.82 เทียบกับ 95.75, 94.46, 94.15 และ 76.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนหยาบ (CP) ของผักบุงจิ้น มีค่าสูงกว่าผักข้าวโพดหวาน ต้นข้าวโพด กล้วยน้ำว้าดิบ และหนุ่ยแพ่งโกล่าแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 22.69 เทียบกับ 9.94, 9.50, 3.21 และ 2.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณไขมัน (EE) ของผักข้าวโพดหวาน มีค่าสูงกว่าผักบุงจิ้น กล้วยน้ำว้าดิบ ต้นข้าวโพด และหนุ่ยแพ่งโกล่าแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 5.35 เทียบกับ 4.71, 2.97, 2.60 และ 1.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณเยื่อใยหยาบ (CF) ของหนุ่ยแพ่งโกล่าแห้ง มีค่าสูงกว่าต้นข้าวโพด ผักบุงจิ้น ผักข้าวโพดหวาน และกล้วยน้ำว้าดิบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 29.32 เทียบกับ 28.69, 16.43, 12.15 และ 2.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายง่าย (NFE) ของกล้วยน้ำว้าดิบ มีค่าสูงกว่าผักข้าวโพดหวาน หนุ่ยแพ่งโกล่าแห้ง ต้นข้าวโพด และผักบุงจิ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 86.89 เทียบกับ 69.38, 61.04, 53.36 และ 32.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณผนังเซลล์ (NDF) ของหนุ่ยแพ่งโกล่าแห้ง มีค่าสูงกว่าต้นข้าวโพด ผักข้าวโพดหวาน กล้วยน้ำว้าดิบ และผักบุงจิ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 71.51 เทียบกับ 65.35, 42.23, 35.31 และ 32.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณเยื่อใยไม่ละลายในสารซักฟอกที่เป็นกรด (ADF) และ ปริมาณเซลลูโลส (Cellulose) ของหนุ่ยแพ่งโกล่าแห้ง มีค่าสูงกว่าต้นข้าวโพด ผักบุงจิ้น ผักข้าวโพดหวาน และกล้วยน้ำว้าดิบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 43.65 เทียบกับ 40.55, 26.67, 18.99 และ 12.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ 35.75 เทียบกับ 35.45, 20.88, 17.60 และ 6.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณลิกนิน (lignin) ของหนุ่ยแพ่งโกล่าแห้ง มีค่าสูงกว่ากล้วยน้ำว้าดิบ ผักบุงจิ้น ต้นข้าวโพด และผักข้าวโพดหวาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 7.90 เทียบกับ 6.10, 5.78, 5.10 และ 1.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ของหนุ่ยแพ่งโกล่าแห้ง มีค่าสูงกว่าต้นข้าวโพด ผักข้าวโพดหวาน กล้วยน้ำว้าดิบ และผักบุงจิ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 27.86 เทียบกับ 24.80, 23.24, 22.87 และ 6.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (NFC) ของกล้วยน้ำว้าดิบ มีค่าสูงกว่าผักข้าวโพดหวาน หนุ่ยแพ่งโกล่าแห้ง ต้นข้าวโพด และผักบุงจิ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 54.33 เทียบกับ 39.30, 18.85, 16.69 และ 16.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปริมาณพลังงานรวมจากการกิน พบว่า ผักข้าวโพดหวานมีค่าสูงกว่าต้นข้าวโพด หนุ่ยแพ่งโกล่าแห้ง กล้วยน้ำว้าดิบ และผักบุงจิ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 4,229 เทียบกับ 4,146, 3,853, 3,834 และ 3,232 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ (Table 1) โดยในการศึกษานี้พบว่า กล้วยน้ำว้าดิบมีค่าผนังเซลล์ เยื่อใยไม่ละลายในสารซักฟอกที่เป็นกรด ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และ เซลลูโลส ใกล้เคียงกับรายงานของ Suntharalingram & Ravindram (1993) ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของกล้วยน้ำว้าดิบ พบว่ากล้วยน้ำว้าดิบ มีผนังเซลล์ เท่ากับ 34.50 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยไม่ละลายในสารซักฟอกที่เป็นกรด เท่ากับ 13.44 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน เท่ากับ 5.6 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส เท่ากับ 21.87 เปอร์เซ็นต์ และ เซลลูโลส เท่ากับ 5.2 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งยังพบว่าหนุ่ยแพ่งโกล่าแห้ง มีค่าใกล้เคียงกับการรายงานของ Sangthong et al. (2021) ทำการศึกษาค่าองค์ประกอบทางเคมีของ

หญ้าแพงโกล่าแห้ง พบว่า มีวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ ไขมัน เยื่อใย ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน มีค่า 96.34, 90.02, 2.18, 33.56, 75.70, 43.94 และ 4.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพลังงานรวม มีค่า 3.99 เมกะแคลอรี/กิโลกรัม และต้นข้าวโพดมีค่า คล้ายคลึงกับการรายงานของ Department of livestock development (2008) รายงานว่า ปริมาณของวัตถุแห้ง มีค่า 25.25 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีนหยาบ 8.60 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมัน 2.30 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเยื่อใยหยาบ 27.20 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ คาร์โบไฮเดรตที่ละลายง่าย 53.80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณผนังเซลล์ 61.00 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเยื่อใยไม่ละลายในสารซักฟอกที่เป็น กรด 34.60 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณลิกนิน 4.60 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ยังพบว่าผักบุงจีนมีปริมาณโปรตีนหยาบสูงกว่าอาหารชนิดอื่นๆ คือ 22.69 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อพิจารณาปริมาณวัตถุแห้งประกอบด้วยจะพบว่าผักบุงจีน มีปริมาณวัตถุแห้งต่ำที่สุด คือ 6.33 เปอร์เซ็นต์ เพราะฉะนั้นแล้วจึงบ่งบอกได้ว่าในผักบุงจีนเป็นส่วนประกอบที่สูง อาหารที่มีน้ำสูงเมื่อถูกใช้เป็นอาหารสัตว์อาจส่งผลให้เน่าเสีย ง่าย อีกทั้งเมื่อสัตว์ที่ได้รับผักบุงจีนเป็นอาหารจะทำให้ได้รับปริมาณน้ำหนักแห้งที่กินได้น้อย

Table 1 Chemical composition analysis of pisang awak banana, sweet corn, pangola hay, chinese water convolvulus, and maize plants.

Item	Ingredients					SEM	P-value
	Pisang awak banana	Sweet corn	Pangola hay	Chinese water convolvulus	Maize plants		
Dry matter (%)	23.87 ^c	22.51 ^b	92.12 ^e	6.33 ^a	26.36 ^d	9.928	<0.001
Chemical composition (%DM basis)							
Organic matter (OM)	95.75 ^d	96.82 ^e	94.46 ^c	76.40 ^a	94.15 ^b	2.539	<0.001
Crude protein (CP)	3.21 ^b	9.94 ^d	2.88 ^a	22.69 ^e	9.50 ^c	2.391	<0.001
Ether extract (EE)	2.97 ^c	5.35 ^e	1.22 ^a	4.71 ^d	2.60 ^b	0.496	<0.001
Crude fiber (CF)	2.75 ^a	12.15 ^b	29.32 ^e	16.43 ^c	28.69 ^d	3.371	<0.001
Nitrogen free extract (NFE)	86.89 ^e	69.38 ^d	61.04 ^c	32.56 ^a	53.36 ^b	5.976	<0.001
Neutral detergent fiber (NDF)	35.31 ^b	42.23 ^c	71.51 ^e	32.99 ^a	65.35 ^d	5.296	<0.001
Acid detergent fiber (ADF)	12.44 ^a	18.99 ^b	43.65 ^e	26.67 ^c	40.55 ^d	4.017	<0.001
Lignin	6.10 ^d	1.38 ^a	7.90 ^e	5.78 ^c	5.10 ^b	0.715	<0.001
Hemi-cellulose	22.87 ^b	23.24 ^c	27.86 ^e	6.33 ^a	24.80 ^d	2.517	<0.001
Cellulose	6.34 ^a	17.60 ^b	35.75 ^e	20.88 ^c	35.45 ^d	3.737	<0.001
Non-fiber carbohydrate (NFC)	54.33 ^e	39.30 ^d	18.85 ^c	16.00 ^a	16.69 ^b	5.101	<0.001
Gross energy (GE) cal/g	3,834 ^b	4,229 ^e	3,853 ^c	3,232 ^a	4,146 ^d	0.471	<0.001
Feed cost (Baht/Kg)	13.00	15.00	7.00	20.00	3.00		

^{a-e} means in the same row with a different superscript in the same factor differ significantly ($P < 0.05$)

SEM: Standard error of the mean

Annotation: Raw material feed cost during April 2022.

ปริมาณโภชนาที่เลี้ยงผาได้รับกล้วยน้ำว้าดิบ ผักข้าวโพดหวาน หญ้าแพงโกล่าแห้ง ผักบุงจีน และต้นข้าวโพด

ผลของปริมาณโภชนาที่เลี้ยงผาได้รับกล้วยน้ำว้าดิบ ผักข้าวโพดหวาน หญ้าแพงโกล่าแห้ง ผักบุงจีน และต้นข้าวโพด พบว่าปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ (DMI) ของเลี้ยงผาที่ได้รับต้นข้าวโพด มีค่าสูงกว่ากล้วยน้ำว้าดิบ ผักข้าวโพดหวาน หญ้าแพงโกล่าแห้ง และผักบุงจีน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 658.99 เทียบกับ 477.48, 450.00, 276.35 และ 94.89 กรัม/วัน ตามลำดับ และปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ของผักบุงจีนมีค่าต่ำที่สุดเนื่องจากว่าผักบุงจีนมีค่าวัตถุแห้งในองค์ประกอบทางเคมีที่ต่ำ ดังนั้นผักบุงจีนจึงมีปริมาณน้ำค่อนข้างสูง ทำให้น้ำหนักของอาหารเมื่อคิดเป็นวัตถุแห้งจึงมีอยู่น้อย ซึ่งปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ของ ต้นข้าวโพดนั้นขัดแย้งกับ Dado & Allen (1995) รายงานว่า อาหารที่มีเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกเป็นกลาง (NDF) มากถึง 35% ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ (DMI) จะลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะพื้นที่ความจุในกระเพาะรูเมน และความฟามของอาหาร แต่ถ้าอาหารมี เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกเป็นกลาง (NDF) 25% ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ (DMI) จะไม่ถูกจำกัด และ Allen (2000) รายงานว่า ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ (DMI) จะลดลงเมื่อเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกเป็นกลาง (NDF) ในอาหารเพิ่มขึ้นจาก 25% โดยให้เหตุผล

ว่า การที่ปริมาณวัตถุดิบที่กินได้ลดลงนั้นเกี่ยวข้องกับขนาดของอนุภาค ความสามารถในการย่อย และอัตราการไหลผ่านของอาหาร อีกทั้งปริมาณวัตถุดิบที่กินได้ของเลียงผาที่เพิ่มขึ้นมีผลมาจากระดับโปรตีนในอาหารที่เพิ่มขึ้น (Jia et al., 1995) และการศึกษาครั้งนี้พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุที่กินได้ (OMI) ของเลียงผาที่ได้รับต้นข้าวโพดมีค่าสูงกว่ากล้วยน้ำว้าดิบ ฝักข้าวโพดหวาน หล้าแพงโกเล่าแห้ง และผักบุ้งจีน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 2461.43 เทียบกับ 1975.73, 1985.69, 284.68 และ 1447.60 กรัม/วัน ตามลำดับ อีกทั้งยังพบว่าปริมาณโปรตีนที่กินได้ (CPI) ของเลียงผาที่ได้รับต้นข้าวโพดมีค่าสูงกว่ากล้วยน้ำว้าดิบ ฝักข้าวโพดหวาน หล้าแพงโกเล่าแห้ง และผักบุ้งจีน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 62.60 เทียบกับ 15.32, 44.76, 7.95 และ 21.54 กรัม/วัน ตามลำดับ เมื่อระดับโปรตีนในวัตถุดิบของอาหารมีค่าสูง ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนที่กินได้เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย โดยปกติแล้วปริมาณโปรตีนที่กินได้ ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณวัตถุดิบที่กินได้เพิ่มขึ้น (Sultan et al., 2010) ปริมาณไขมันที่กินได้ (EEI) ของเลียงผาที่ได้รับฝักข้าวโพดหวาน มีค่าสูงกว่า กล้วยน้ำว้าดิบ หล้าแพงโกเล่าแห้ง ผักบุ้งจีน และต้นข้าวโพด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 24.09 เทียบกับ 13.88, 3.37, 4.47 และ 17.15 กรัม/วัน ตามลำดับ และปริมาณเยื่อใยที่กินได้ (CFI) ของเลียงผาที่ได้รับต้นข้าวโพด มีค่าสูงกว่ากล้วยน้ำว้าดิบ ฝักข้าวโพดหวาน หล้าแพงโกเล่าแห้ง และผักบุ้งจีน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 189.06 เทียบกับ 13.13, 54.68, 81.03 และ 15.60 กรัม/วัน ตามลำดับ ปริมาณการกินได้ของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายง่าย (NFE) พบว่ากล้วยน้ำว้าดิบ มีค่าสูงกว่าฝักข้าวโพดหวาน หล้าแพงโกเล่าแห้ง ผักบุ้งจีน และต้นข้าวโพด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 414.89 เทียบกับ 312.37, 168.67, 30.90 และ 351.62 กรัม/วัน ตามลำดับ รวมถึงปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ (NDF) พบว่าต้นข้าวโพด มีค่าสูงกว่ากล้วยน้ำว้าดิบ ฝักข้าวโพดหวาน หล้าแพงโกเล่าแห้ง และผักบุ้งจีน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 430.66 เทียบกับ 168.58, 190.12, 197.61 และ 31.31 กรัม/วัน ตามลำดับ ปริมาณการกินได้ของเยื่อใยไม่ละลายในสารซักฟอกที่เป็นกรด (ADF) พบว่าต้นข้าวโพด มีค่าสูงกว่ากล้วยน้ำว้าดิบ ฝักข้าวโพดหวาน หล้าแพงโกเล่าแห้ง และผักบุ้งจีน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 267.22 เทียบกับ 59.39, 85.48, 120.61 และ 25.30 กรัม/วัน ตามลำดับ และปริมาณการกินได้ของลิกนินพบว่าต้นข้าวโพด มีค่าสูงกว่ากล้วยน้ำว้าดิบ ฝักข้าวโพดหวาน หล้าแพงโกเล่าแห้ง และผักบุ้งจีน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ 33.59 เทียบกับ 29.12, 6.23, 21.83 และ 5.49 กรัม/วัน ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Nutrient intakes (g/day) of serow (*Capricornis milneedwardsii*) fed pisang awak banana, sweet corn, pangola hay, chinese water convolvulus, and maize plants.

Item	Ingredients					SEM	P-value
	Pisang awak banana	Sweet corn	Pangola hay	Chinese water convolvulus	Maize plants		
Dry matter intake	477.48 ^d	450.00 ^c	276.35 ^b	94.89 ^a	658.99 ^e	68.875	<0.001
Organic matter intake	1979.73 ^c	1985.69 ^d	284.68 ^a	1477.60 ^b	2461.43 ^e	248.234	<0.001
Crude protein intake	15.32 ^b	44.76 ^d	7.95 ^a	21.54 ^c	62.60 ^e	6.754	<0.001
Ether extract intake	13.88 ^c	24.09 ^e	3.37 ^a	4.47 ^b	17.15 ^d	2.606	<0.001
Crude fiber intake	13.13 ^a	54.68 ^c	81.03 ^d	15.60 ^b	189.06 ^e	21.459	<0.001
Nitrogen free extract intake	414.89 ^e	312.37 ^c	168.67 ^b	30.90 ^a	351.62 ^d	46.155	<0.001
Neutral detergent fiber intake	168.58 ^b	190.12 ^c	197.61 ^d	31.31 ^a	430.66 ^e	42.865	<0.001
Acid detergent fiber intake	59.39 ^b	85.48 ^c	120.61 ^d	25.30 ^a	267.22 ^e	27.950	<0.001
Lignin intake	29.12 ^d	6.23 ^b	21.83 ^c	5.49 ^a	33.59 ^e	3.854	<0.001

^{a-e} means in the same row with a different superscript in the same factor differ significantly ($P < 0.05$)

SEM: Standard error of the mean.

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในอาหารที่ใช้เลี้ยงเลี้ยงผา พบว่า ผักข้าวโพดหวานมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าอาหารชนิดอื่นๆ และหญ้าแพงโกล่าแห้งมีปริมาณโปรตีน และไขมัน ต่ำกว่าอาหารชนิดอื่นๆ อีกทั้งเมื่อพิจารณาจากปริมาณการกินได้ของเลี้ยงผา พบว่าเลี้ยงผามีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีน และเยื่อใย ของต้นข้าวโพดสูงกว่าอาหารชนิดอื่นๆ ซึ่งเลี้ยงผาสามารถใช้อาหารเพื่อเป็นแหล่งพลังงานและนำไปใช้ประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต การเจริญเติบโตได้มากกว่าอาหารชนิดอื่นๆ และยังมีต้นทุนค่าอาหารที่ต่ำกว่าอาหารชนิดอื่นๆ อีกด้วย ดังนั้นต้นข้าวโพดเหมาะสมที่จะใช้เป็นแหล่งอาหารในการเลี้ยงเลี้ยงผาในสภาพกรงเลี้ยงเพื่อการอนุรักษ์และเพาะขยายพันธุ์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Allen, M. S. (2000). Effects of diet on short term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 83, 1598-1624.
- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 15thed. Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- Chimchome, V. (1990). *Study of food plant species of serow by faeces analysis*. Bangkok: Kasetsart University. (in Thai).
- Department of Livestock Development. (2008). *Nutrient requirements of beef cattle in Thailand*. Bangkok: Klungnana vitthaya press. (in Thai).
- Devendra, C. & McLeroy, G. B. (1982). *Goat and Sheep Production in the Tropics*. Intermediate Tropical Agricultural Series. London: Scientific and Technical Publishers Longman.
- Dado, R. G. & Allen M. S. (1995). Intake limitation, feeding behavior and rumen function of cow challenged with rumen fill from dietary fiber of inert bulk. *Journal of Dairy Science*. 78, 118-133.
- IUCN. (2008). *IUCN Red List of Threatened Species*. Retrieved from: www.iucnredlist.org.
- Jia, Z. H., Sahlul T., Fernandez J. M., Hart S. P. & Teh T. H. (1995). Effects of dietary protein level on performance of Angora and cashmere-producing Spanish goats. *Small Ruminant Research*. 16, 113-119.
- Khruaehong, J. & Ngampongsai, C. (1983). Ecology and some behavioral characteristics of serow (*Capricornis sumatraensis*) in captivity. In *Proceedings of the 4 th Thailand wildlife seminar*. (pp. 276-291). Bangkok: Faculty of Forestry, Kasetsart University. (in Thai).
- Rashid, M. (2008). *Goats and Their Nutrition*. Retrieved from: <https://www.gov.mb.ca/agriculture/livestock/goat/pubs/goats-and-their-nutrition.pdf>
- Sangthong, K., Noosen, P. & Ngampongsai, W. (2022). Effects of dietary protein levels in concentrate on growth performance and nutrient utilization of Thai indigenous male goat. *Khon Kaen Agriculture Journal*. 50(2), 448-459. (in Thai).
- Steel, R. G. & Torrie, J. H. (1980). *Principles and procedures of statistics*. New York: McGraw Hill Books.
- Sultan, S., Kundu, S. S., Negi, A. S., & Pachouri, V. C. (2010). Performance of growing kids on rations with Lablab (*Lablab purpureus*) grains as protein source. *Livestock Research for Rural Development*. 22(5), 93.
- Suntharalingam, S. & Ravindran G. (1993). Physical and biochemical properties of green banana flour. *Plant Foods for Human Nutrition*. 43(1), 19-27.
- Sutham, R. (2014). *Evaluation of Nutritive Values and Digestibility of Feeds for Captive Serow (Capricornis sumatraensis)*. Master of Science (Agriculture) Animal Science. Chiang Mai University. (in Thai).
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74(10), 3583-3597.
- Yamamoto, Y., Atoji, Y., Agungpriyono, S., & Suzuki, Y. (1998). Morphological study of the forestomach of the Japanese serow (*Capricornis crispus*). *Anatomia Histologia Embryologia*. 27, 73-81.

วันรับบทความ (Received date) : 20 มิ.ย. 65

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 7 เม.ย. 66

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 6 มิ.ย. 66

<https://doi.org/10.55003/kmaj.2023.08.31.010>

คุณภาพน้ำเชื้อของเสือปลาในกรงเลี้ยงที่ได้จากผลของการรีดน้ำเชื้อโดยวิธีการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

Semen Quality of Captive Fishing Cats (*Prionailurus viverrinus*) Obtained by Electroejaculation

นันทนา โพธาคำ^{1*}, พงษ์ธร สุวรรณธาดา², สราวุธ ศรีงาม², ศักดิ์ศิริ ศิริเสถียร² และ สุจิรา ธรรมวัง³
Nanthana Pothakam^{1*}, Pongthorn Suwannathada², Sarawut Sringam², Saksiri Sirisathein², and Sujira Thammawang³

บทคัดย่อ

เสือปลา (*Prionailurus viverrinus*) จัดอยู่ในกลุ่มเสือหรือแมวขนาดเล็ก มีขนมันวาวหยาบสั้นสีเทาอมน้ำตาล มีเส้นและจุดริ้ว ๆ สีน้ำตาลพาดตามแนวยาวของลำตัวทั่วทั้งตัว เป็นสัตว์ป่าชนิดหนึ่งที่สำคัญ เนื่องจากจัดเป็นสัตว์ป่าคุ้มครองของไทย สัตว์ใกล้สูญพันธุ์ (IUCN) และเป็นสัตว์ในบัญชีชนิดพันธุ์หมายเลข 2 (CITES) วัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำเชื้อที่ได้จากการรีดน้ำเชื้อด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ทำการรีดน้ำเชื้อเสือปลาจำนวน 5 ตัว อายุประมาณ 13 ปี น้ำหนัก 9-16 กิโลกรัม เสือปลาถูกวางยาสลบด้วย dexmedetomidine (0.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) กับ ketamine (4 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ก่อนทำการรีดน้ำเชื้อ กระแสไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้นอยู่ในช่วง 0.5-5 โวลต์ โดยทำการสอดแท่งนำกระแสไฟฟ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.27 เซนติเมตร เข้าทางช่องทวารหนัก และกระตุ้นเป็นจังหวะโดยใช้การปล่อยกระแสไฟฟ้าด้วยโปรแกรมอัตโนมัติ ผลการตรวจคุณภาพน้ำเชื้อของเสือปลาจำนวน 16 ครั้ง จากการรีดทั้งหมด 20 ครั้ง พบว่า ปริมาตรของน้ำเชื้อและการเคลื่อนไหวของอสุจิมีความผันแปรมาก ปริมาตรน้ำเชื้อเฉลี่ย 43.13 ไมโครลิตร (อยู่ในช่วง 5-200 ไมโครลิตร) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เฉลี่ย 5.81 (อยู่ในช่วง 5-7) มีการเคลื่อนไหวของอสุจิเฉลี่ย 28.25 เปอร์เซ็นต์ (อยู่ในช่วง 1-90 เปอร์เซ็นต์) และความเข้มข้นอสุจิเฉลี่ย 207.44 ล้านตัวต่อมิลลิลิตร (อยู่ในช่วง 12-860 ล้านตัวต่อมิลลิลิตร) ผลของการศึกษาในครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการเก็บน้ำเชื้อแช่แข็งและการผสมเทียมในเสือปลาเพื่อการขยายพันธุ์และการอนุรักษ์จำนวนประชากรเสือปลาต่อไป

คำสำคัญ: รีดน้ำเชื้อ, คุณภาพน้ำเชื้อ, เสือปลา, สภากรงเลี้ยง

Abstract

Fishing cat (*Prionailurus viverrinus*) is categorized in a group of small cats. The cat has brownish grey fur with dark brown spots and lines running across the length of body. It is wildlife conserved (IUCN) and protected as wildlife animal in Thailand. It is also in the CITES Appendix II. The aim of this study was to study semen quality of this cat by electroejaculation. Five male fishing cats aging approximately 13 years old and body weighed between 9-16 kg were employed in this study. Anesthetic by dexmedetomidine (0.02 mg/kg) and ketamine (4 mg/kg) was used before semen collection. Stimulation patterns for electrical stimuli using 0.5-5 volts by autonomous program were applied into the rectum of each fishing cat using the rectal probe (r=1.27 cm). Semen was successfully collected from sixteen out of twenty attempts. Semen volume and sperm motility were much variable. Average semen volume was 43.13 μ l (range between 5-200 μ l). Average pH was 5.81 (range from 5-7). Average sperm motility was 28.25 % (range from 1-90 %). Average sperm concentration was 207.44 million/ml (range from 12-860 million/ml). The semen collection method developed in this study proved to be a useful technique for frozen semen preservation and planning of artificial insemination in order to propagate and conserve the threatened and endangered fishing cat species in the future.

Keywords: electroejaculation, semen quality, fishing cats, captive

¹ กลุ่มงานสัตวแพทย์ อนุรักษ์และวิจัย ฝ่ายบริหารจัดการสัตว์ สำนักงานเชียงใหม่ไนท์ซาฟารี

¹ Veterinary, Conservation and Research Section, Animal Management Division, Chiang Mai Night Safari

² กลุ่มวิชา วิทยาการสืบพันธุ์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

² Division of Veterinary Theriogenology. Faculty of Veterinary Medicine. Khon Kaen University.

³ ศูนย์วิจัยการผสมเทียมและเทคโนโลยีชีวภาพเชียงใหม่

³ Chiang Mai Artificial Insemination and Biotechnology Research Center

* Corresponding author: n.pothakam@gmail.com

คำนำ

เสือปลา (fishing cat; *Prionailurus viverrinus*) จัดอยู่ในกลุ่มเสือหรือแมวขนาดเล็ก (small cat) มีขนาดใหญ่กว่าแมวบ้าน รูปร่างอ้วนหนา ปีกบิน ลวดลายคล้ายแมวตัวมาก ขนมันวาวหยาบสั้นสีเทาอมน้ำตาลหรือเทาอมมะกอก มีเส้นและจุดริ้ว สีน้ำตาลพาดตามแนวยาวของลำตัวทั่วทั้งตัว (Wasalai, 2007) เสือปลาพบการแพร่กระจายในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ชอบหากินบริเวณที่ราบลุ่มใกล้แหล่งน้ำ ไม่ชอบอยู่ในป่าทึบ และสามารถจับปลาหรือสัตว์น้ำขนาดเล็กเป็นอาหาร (Nowell & Jackson, 1996; Thiangtum et al., 2006) เสือปลาเป็นสัตว์ที่มีถิ่นอาศัยอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำ ดังนั้นการสูญเสียถิ่นอาศัยบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำจึงเป็นภัยคุกคามหลักต่อการอยู่รอด เสือปลาถูกจัดให้อยู่ในอันดับใกล้สูญพันธุ์ (endangered) ในบัญชีแดงของสหภาพนานาชาติเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและด้านทรัพยากรธรรมชาติ (IUCN, 2008) และอยู่ในบัญชีที่ 2 ของอนุสัญญาการค้าระหว่างประเทศซึ่งชนิดสัตว์ป่าและพืชป่าที่ใกล้สูญพันธุ์ (CITES appendix II) และในประเทศไทยจัดให้เสือปลาอยู่ในบัญชีสัตว์ป่าคุ้มครองตามพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535

การอนุรักษ์เสือปลาถือว่ามีความสำคัญอย่างมากเนื่องจากประชากรเสือปลาในธรรมชาติลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว รวมถึงปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีช่วยการสืบพันธุ์มาประยุกต์ใช้ในสัตว์ป่า เช่น ศึกษาระดับฮอร์โมนในกวาง ละอง-ละมั่ง และเสือปลา (Santymire et al., 2011; Khonmee et al., 2014; Zanetti et al., 2014) การทำผสมเทียม (artificial insemination; AI) การทำปฏิสนธิในอกร่างกาย (*in vitro* fertilization; IVF) การย้ายตัวอ่อน (embryo transfer; ET) การแช่แข็งตัวอสุจิและตัวอ่อนในแมวขนาดเล็ก (Swanson, 2006) เป็นต้น ประกอบกับสำนักงานเชียงใหม่ไนท์ซาฟารี เป็นอีกหนึ่งแหล่งที่ได้เก็บรวบรวมพันธุ์ของสัตว์ป่าที่สำคัญและหายากไว้เป็นจำนวนมาก หนึ่งในนั้นคือ เสือปลา ด้วยเหตุนี้ทางสำนักงานเชียงใหม่ไนท์ซาฟารี เล็งเห็นความสำคัญและความจำเป็นที่ต้องการเพิ่มจำนวนประชากรเสือปลา และการเก็บสารพันธุกรรม เพื่อนำไปสู่การอนุรักษ์เสือปลาที่ยั่งยืนในอนาคตต่อไป งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำเชื้อเสือปลาที่ได้จากการรีดน้ำเชื้อด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า และผลของการศึกษาในครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการเก็บน้ำเชื้อแช่แข็งและการผสมเทียมในเสือปลาเพื่อการขยายพันธุ์และการอนุรักษ์จำนวนประชากรเสือปลาต่อไป

วิธีการศึกษา

สัตว์ทดลอง และการวางยาสลบ

เสือปลาเพศผู้ จำนวน 5 ตัว อายุประมาณ 13 ปี มีน้ำหนักตั้งแต่ 9-16 กิโลกรัม ถูกเลี้ยงในสำนักงานเชียงใหม่ไนท์ซาฟารี เสือปลาถูกตรวจสอบสุขภาพตามโปรแกรมตรวจสอบสุขภาพประจำปี และถูกตรวจประเมินสุขภาพสัตว์ พร้อมกับงดน้ำงดอาหาร ก่อนการทำการวิจัยในแต่ละครั้ง และได้ปฏิบัติตามกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ การวางยาสลบเสือปลา ด้วย dexmedetomidine (0.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) กับ ketamine (4 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) (Arnemo, 2002) ก่อนการรีดน้ำเชื้อ

การรีดน้ำเชื้อด้วยการใช้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้า (Electroejaculator)

ทำการตรวจระบบสืบพันธุ์เสือปลาเพศผู้ โดยทำการวัดขนาดของลูกอัณฑะ โดยวัดขนาดความกว้างและยาวทั้งด้านซ้ายและขวา และล้างทำความสะอาดลึงค์ก่อนทำการรีดเก็บน้ำเชื้อ จากนั้นสอดโพรบ (probe) ผ่านช่องทวาร ลึกประมาณ 10-15 เซนติเมตร โดยความลึกขึ้นอยู่กับตัวเสือปลาแต่ละตัว และใช้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้า (minitube electroejaculator, Germany) กระแสไฟฟ้าสลับ ความถี่ 60 เฮิรตซ์ นำการกระตุ้นการหลั่งน้ำเชื้อ โดยใช้ rectal probe ที่เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.27 เซนติเมตร ทำการกระตุ้นโดยใช้โปรแกรมอัตโนมัติ ความต่างศักย์ไฟฟ้า 0.5-5 โวลต์ เริ่มจากความต่างศักย์ 0 โวลต์ จนถึงความต่างศักย์สูงสุด 5 โวลต์ ซึ่งการเปลี่ยนความต่างศักย์ไฟฟ้าทีละ 0.5 โวลต์ ใช้เวลา 3 วินาที นับเป็น 1 รอบ (cycle) ทำเช่นนี้ 3 รอบ รวมทั้งสิ้น 30 ครั้ง ที่เสือปลาแต่ละตัวได้รับการกระตุ้น โดยระหว่างการกระตุ้นทำการเลื่อนโพรบเข้าออกเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการกระตุ้น เมื่อได้ตำแหน่งแล้วแต่ละยกให้ถอยโพรบออก จากนั้นจึงนำน้ำเชื้อมาตรวจคุณภาพต่อไป

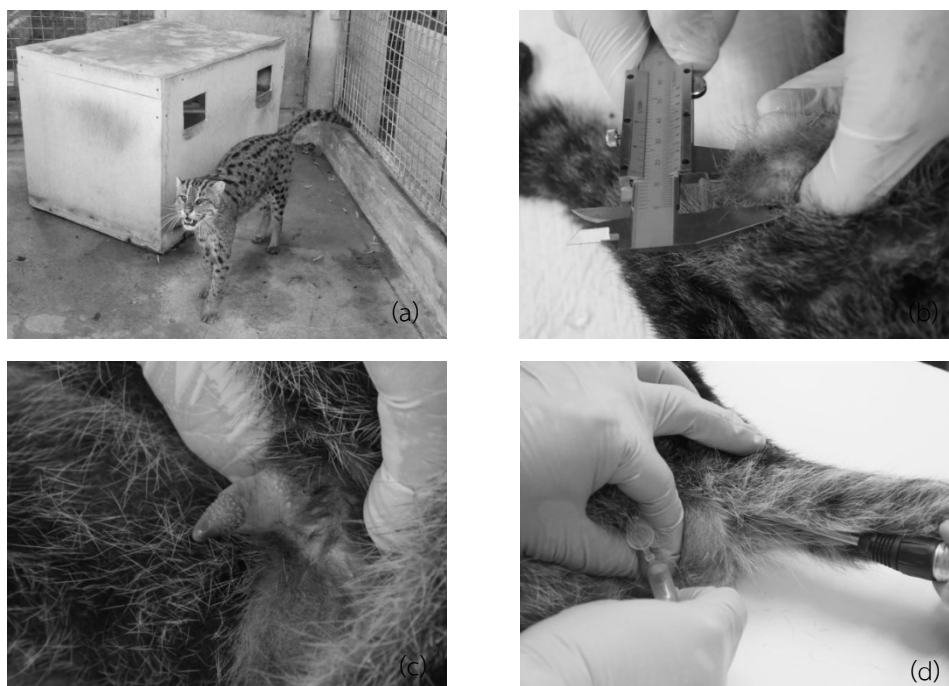


Figure 1 Presence of fishing cat in captive (a) testis (b) presence of keratinized spines on the glans of a fishing cat (c) electroejaculation (d).

การตรวจประเมินคุณภาพน้ำเชื้อ

ตรวจประเมินคุณภาพน้ำเชื้อ โดยการประเมินจาก การเคลื่อนไหวหุ้ม เพอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ (motility) เพอร์เซ็นต์อสุจิมีชีวิต (viability) จากการย้อมสี eosin-Aniline blue เพื่อดูตัวเป็นตัวตาย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- การประเมินการเคลื่อนไหวหุ้ม โดยหยดน้ำเชื้อ 1 หยด ลงบนแผ่นสไลด์ที่วางบนเครื่องอุ่นสไลด์ จากนั้นนำไปส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (olympus cx23 binocular microscope, Japan) กำลังขยาย 400 เท่า

- การประเมินการเคลื่อนที่ของตัวอสุจิ โดยตรวจประเมินร้อยละการเคลื่อนที่ด้วยเครื่อง computer assisted sperm analysis (CASA) (Hamilton Throne, CEROS II)

- การประเมินลักษณะและความผิดปกติของอสุจิ โดยการหยดน้ำเชื้อลงแผ่นสไลด์ และทำการสเมียร์ จากนั้นปล่อยให้แห้ง จากนั้นนำไปส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ชนิด phase contrast ทำการบันทึกข้อมูลลักษณะรูปร่าง และความผิดปกติของตัวอสุจิ

- การประเมินเปอร์เซ็นต์อสุจิมีชีวิต โดยนำน้ำเชื้อ 10 ไมโครลิตร เจือจางกับสี eosin-aniline blue 20 ไมโครลิตร บนแผ่นสไลด์ผสมให้เข้ากัน บ่มทิ้งไว้ 30 วินาที ก่อนทำการสเมียร์ จากนั้นตรวจนับตัวอสุจิจำนวน 200 ตัว ด้วยกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยายสูง (1,000 เท่า) โดยตัวอสุจิที่มีชีวิตไม่ติดสี ตัวที่ตายส่วนหัว (ทั้งหมดหรือครึ่งหนึ่ง) ติดสีแดงหรือสีส้ม

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการวางยาสลบ

การวางยาสลบเสือปลาส่งผลให้เสือปลามีอาการคลืนได้ ก่อนทำการรีดด้วยวิธีกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า เสือปลาจะถูกเก็บตัวอย่างเลือด (เพื่อตรวจสุขภาพ) และวัดขนาดของอวัยวะ และทำการรีดน้ำเชื้อ จะใช้เวลาทั้งหมด 30 นาที ต่อ 1 ตัว หลังจากสิ้นสุดกระบวนการรีดน้ำเชื้อ จะฉีดวิตามินบำรุง และฉีดยาทำให้ฟื้นจากการวางยาสลบ และให้พักผ่อนในกล่อง รอกจนกว่าเสือปลาจะฟื้นสมบูรณ์และปลอดภัย และเคลื่อนย้ายลงไปที่คอกเลี้ยงตามเดิม วันต่อมาพบว่าเสือปลามีอาการปกติและสามารถกินอาหารได้ตามเดิม

การรีดน้ำเชื้อโดยการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

จากการรีดน้ำเชื้อในเสือปลา จำนวน 5 ตัว โดยมีการรีดน้ำเชื้อทั้งหมดจำนวน 4 ครั้ง พบว่าเสือปลาแต่ละตัวมีการตอบสนองที่ต่างกันโดย เสือปลา M1 และ M8 มีการหลั่งน้ำเชื้อได้ทั้ง 4 ครั้ง เสือปลา M2 สามารถรีดน้ำเชื้อได้แค่ 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 และ 2 เสือปลา M3 สามารถรีดน้ำเชื้อได้ 3 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 เสือปลา M5 สามารถรีดน้ำเชื้อได้ 3 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 4 ทำให้ปริมาณน้ำเชื้อที่ได้มีความแปรผันมาก ทั้งนี้อาจจะขึ้นอยู่กับการสอดโพรบที่เหมาะสมของเสือปลาแต่ละตัว เพื่อนำไปสู่การตอบสนองที่ดี

ผลการตรวจคุณภาพน้ำเชื้อของเสือปลา

ในเสือปลาจำนวน 5 ตัว ได้รับการรีดน้ำเชื้อทั้งหมด 20 ครั้ง (ตัวละ 4 ครั้ง โดยรีดห่างกันประมาณ 2 เดือน) สามารถรีดเก็บน้ำเชื้อได้จำนวน 18 ครั้ง ซึ่งคิดเป็นร้อยละความสำเร็จของการรีดน้ำเชื้อได้ ร้อยละ 90 (Table 1) ผลของการตรวจคุณภาพน้ำเชื้อ พบว่า ปริมาตรของน้ำเชื้อและการเคลื่อนไหวของอสุจิมีความผันแปรมาก (Figure 2) ปริมาตรน้ำเชื้อเฉลี่ย 43.13 ไมโครลิตร (อยู่ในช่วง 5-200 ไมโครลิตร) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เฉลี่ย 5.81 (อยู่ในช่วง 5-7) มีการเคลื่อนไหวของอสุจิเฉลี่ย 28.25 เปอร์เซ็นต์ (อยู่ในช่วง 1-90 เปอร์เซ็นต์) และความเข้มข้นอสุจิเฉลี่ย 207.44 ล้านตัวต่อมิลลิลิตร (อยู่ในช่วง 12-860 ล้านตัวต่อมิลลิลิตร) (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Pinyopummin et al. (2011) พบว่าความเข้มข้นของน้ำเชื้อจะมีอสุจิ 40-358 ล้านตัวต่อมิลลิลิตร และการเคลื่อนไหวของตัวอสุจิอยู่ที่ 80-95 เปอร์เซ็นต์ และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาคุณภาพน้ำเชื้อในสัตว์ตระกูลเสือ (สิงโต เสือ และเสือดาว) พบความเข้มข้นของน้ำเชื้อจะมีอสุจิอยู่ระหว่าง 42-56 ล้านตัวต่อมิลลิลิตร และการเคลื่อนไหวของอสุจิอยู่ในช่วง 46-57 เปอร์เซ็นต์ (Shivaji et al., 2003) ในการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าคุณภาพน้ำเชื้อของเสือปลายังมีความผันแปรเป็นอย่างมาก อาจจะเนื่องจากคุณภาพน้ำเชื้อขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ อย่าง เช่น สุขภาพสัตว์ อายุ พันธุกรรม เป็นต้น

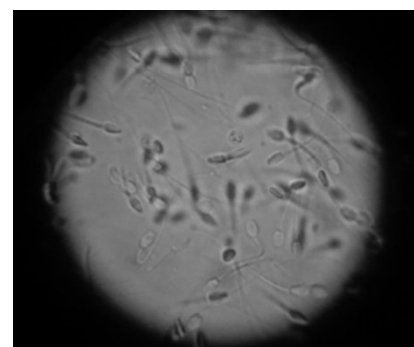


Figure 2 Presence of volume semen (a) Semen characteristics under the microscope x 400 (b).

Table 1 Result of electroejaculation in fishing cat.

No	ID	Weight (kg)	Electro. (V)	Volume (μ l)	pH	%Motility		Concentration ($\times 10^6$ /ml)
						% Motile	% Progressive	
1	M1	9.2	1.5	20	5	20	5	50
2	M1	11.7	4	20	7	1	1	20
3	M1	11.6	1	20	6	1	1	20
4	M1	11.2	1	80	7	1	1	25
	mean-M1	10.925	1.875	35	6.25	5.75	2	28.75
5	M2	12.7	2	15	6	5	1	15
6	M2	13.7	1	20	7	1	1	20
7	M2	13	5	-	-	-	-	-
8	M2	12.7	5	-	-	-	-	-
	mean-M2	13.025	3.25	8.75	3.25	1.5	0.5	8.75
9	M3	11	0.5	50	5	23	13	120
10	M3	11	0.5	50	5	23	13	120
11	M3	13.8	1.5	50	6	20	5	100
12	M3	12	5	0	-	-	-	-
	mean-M3	11.95	1.875	37.5	4	16.5	7.75	85
13	M5	11	3	15	6	85	10	220
14	M5	15.2	3	25	6	1	1	32
15	M5	14.7	5	0	-	-	-	-
16	M5	14.1	4.5	200	6	5	1	30
	mean-M5	13.75	3.875	60	4.5	22.75	3	70.5
17	M8	9.1	1	50	5	90	60	850
18	M8	14.7	2	20	5	49	15	155
19	M8	13.5	0.5	30	5	80	70	860
20	M8	13.8	3.5	70	5	65	60	790
	mean-M5	12.775	1.75	42.5	5	71	51.25	663.75

-: not determined.

Table 2 Semen characteristics collected by electroejaculation in fishing cat.

Items	Characteristic of semen (Mean $\pm$ SEM)
Seminal fluid	clear to milky white semen
Volume (μ l)	5-200 (43.13 $\pm$ 11.73)
pH	5-7 (5.81 $\pm$ 0.19)
Motility (%)	1-90 (28.25 $\pm$ 8.41)
Progressive motility (%)	1-70 (15.38 $\pm$ 6.08)
Concentration ($\times 10^6$ /ml)	12-860 (207.44 $\pm$ 79.09)
Morphologically normal sperm (%)	85.5-99 (85.06 $\pm$ 5.86)
Morphologically abnormal sperm (%)	
Head defects	1-14.5 (9.08 $\pm$ 2.12)
Tail defects	1-65.5 (20.80 $\pm$ 10.18)

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษานี้สรุปได้ว่า เสือปลาสามารถรีดน้ำเชื้อด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าได้ และปริมาตรน้ำเชื้อเฉลี่ย 43.13 ไมโครลิตร (อยู่ในช่วง 5-200 ไมโครลิตร) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เฉลี่ย 5.81 (อยู่ในช่วง 5-7) มีการเคลื่อนไหวของอสุจิเฉลี่ย 28.25 เปอร์เซ็นต์ (อยู่ในช่วง 1-90 เปอร์เซ็นต์) และความเข้มข้นอสุจิเฉลี่ย 207.44 ล้านตัวต่อมิลลิลิตร (อยู่ในช่วง 12-860 ล้านตัวต่อมิลลิลิตร) ผลของการศึกษาในครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการเก็บน้ำเชื้อแช่แข็งและการผสมเทียมในเสือปลาเพื่อการขยายพันธุ์และการอนุรักษ์จำนวนประชากรเสือปลาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาพิงคนคร (องค์การมหาชน) ผู้อำนวยการสำนักงานเชียงใหม่ไนท์ซาฟารี ผู้อำนวยการฝ่ายบริหารจัดการสัตว์ กลุ่มงานสัตวแพทย์ อนุรักษ์ และวิจัย และขอขอบคุณ นางกรรณิการ์ โฉมแก้ว นายกานตพงศ์ ไชยา นายสุรัชย์ พนาไพรเลิศ นางสาวธิลาพร ฉัตรมณีชัย นางสาวน้ำฝน ศรีนวลเขียว เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลเสือปลา และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการศึกษาครั้งนี้ ขอขอบคุณกลุ่มวิชา วิทยาการสืบพันธุ์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและสารเคมี และขอขอบคุณศูนย์วิจัยการผสมเทียมและเทคโนโลยีชีวภาพเชียงใหม่ ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี ที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Arnemo, J. M. (2002). **Reversible anaesthesia in non-domestic cats**. Tromsø: Norwegian School of Veterinary Science.
- IUCN. (2008). **IUCN Red List of Threatened Species**. Retrieved from: www.iucnredlist.org.
- Khonmee, J., Brown, J. L., Rojanasthien, S., Thumasanukul, D., Kongphoemphun, A., Siriaroonrat, B., Tipkantha, W., Panyapornwithaya, V. & Thitaram, C. (2014). Seasonality of fecal androgen and glucocorticoid metabolite excretion in male goral (*Naemorhedus griseus*) in Thailand. **Animal reproduction science**. 146(1-2), 70-78.
- Nowell, K. & Jackson, P. (1996). **Wild Cats: Status Survey and Conservation Action Plan**. Cambridge: The Burlington Press.
- Pinyopummin, A., Aunsusin, A., Kornkaewrat, K., Suthanmapinunt, P., Thiangtum, K. & Sirinarumit, K. (2011). Semen Quality in Fishing Cats (*Prionailurus viverrinus*) with Unilateral Cryptorchidism or Presumptive Testicular Hypoplasia: A Preliminary Result. **The Thai Journal of Veterinary Medicine**. 41, 127-128.
- Santymire, R. M., Brown, J. L., Stewart, R. A., Santymire, R. C., Wildt, D. E. & Howard, J. (2011). Reproductive gonadal steroidogenic activity in the fishing cat (*Prionailurus viverrinus*) assessed by fecal steroid analyses. **Animal reproduction science**. 128(1-4), 60-72.

- Shivaji, S., Kholkute, S. D., Verma, S. K., Gaur, A., Umapathy, G., Singh, A., Sontakke, S., Shailaja, K., Reddy, A., Monika, S., Sivaram, V., Jyotsna, B., Bala, S., Ahmed, M. S., Bala, A., Chandrashekar, B. V., Gupta, S., Prakash, S. & Singh, L. (2003). Conservation of wild animals by assisted reproduction and molecular marker technology. **Indian journal of experimental biology**. 41(7), 710-723.
- Swanson, W. F. (2006). Application of assisted reproduction for population management in felids: the potential and reality for conservation of small cats. **Theriogenology**. 66(1), 49-58.
- Thiangtum, K., Swanson, W. F., Howard, J., Tunwattana, W., Tongthainan, D., Wichasilpa, W., Patumrattanathan, P. & Pinyopoommintr, T. (2006). Assessment of basic seminal characteristics, sperm cryopreservation and heterologous in vitro fertilisation in the fishing cat (*Prionailurus viverrinus*). **Reproduction, Fertility and Development**. 18(3), 373-382.
- Wasalai, W. (2007). **Fishing cat**. Retrieved from: <http://www.verdantplanet.org/>. (in Thai).
- Zanetti, E. S., Munerato, M. S., Cursino, M. S. & Duarte, J. M. (2014). Comparing two different superovulation protocols on ovarian activity and fecal glucocorticoid levels in the brown brocket deer (*Mazama gouazoubira*). **Reproductive biology and endocrinology**. 12(24), 12-24.

วันรับบทความ (Received date) : 21 มิ.ย. 65
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 7 เม.ย. 66
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 6 มิ.ย. 66
<https://doi.org/10.55003/kmaj.2023.08.31.011>

RESEARCH ARTICLES:

PAGE

■ Effect of Ensiling a Total Mixed Ration on Chemical Composition and Fermentation Quality	Sayan Subepang, Wimon Siri Sehawong, and Chaiprasert Bunsoem	112
■ Effects of Durian Seed Meal as Energy Source in Concentrate on Feed Intake and Blood Metabolites in Goat	Chuenkamon Sangrat, Thaintip Kraiprom, Wanwisa Ngampongsai, and Pitunart Noosen	120
■ The Utilization of Saba Banana Peel Silage with Corn Silage as Roughage Source for Weaning Female Dairy Goat	Haisa Pohtae, Thaintip Kraiprom, Pochanart Kanjan, and Sitthisak Jantarat	127
■ Growth Performance of Thai Native Chicken Fed Diet Supplemented with Mulato Grass	Yuthana Sunanta, Kanchit Chompupun, Arthit Panyasak, and Suparak Khumput	135
■ Comparison of Semen Diluted Basis (Tris-Egg Yolk) with Diluted Commercial Semen (Andromed®) in Frozen Goat Semen on Sperm Quality by CASA	Wassana Somprasong, Jaturaporn Ponggun, and Sukanya Leethongdee	140
■ Efficacy of essential oils from Ginger and Citronella to killed sticktight fleas (<i>Echidnophaga gallinacean</i>) in Chicken	Nattha Vigad, Sunee Chansakaow, Prapakorn Tarachai, and Krida Chukiatsiri	146
■ Application of Spectrophotometer and Photocolorimetric Method from Mobile Phone for Soybean Meal Rawness Measurement	Manatsanun Nopparatmaitree, Nuttamon Kongsabai, Yada Sukkee, Soranot Chotnipat, Yupa Pootaeng-on, Atichat Thongnum, Jinda Glinubon, Chanchai Arkaphati, and Orawan Chaowalit	152
■ The Preliminary Study on Antibacterial Efficacy of 4 Organic Acidson Mastitis Pathogens in Dairy Cattle	Supachart Panneum, Aggachai Sroynum, and Pranee Janngm	162
■ The Study on the Behavior of Female White Tigers in Different Captive Conditions at Chiang Mai Night Safari	Pawarat Jaidee, Tulyawat Sutthipat, Siriporn Umsook, and Nanthana Pothakam	168
■ Guidelines for The Development of Nutrients for Serow in Captive: A Case Study of Chemical Composition and Feed Intake for Captive Serow (<i>capricornis milneedwardsii</i>) in Chiang Mai Night Safari	Siriporn Umsook, Komkrit Panya, Tulyawat Sutthipat, Nanthana Pothakam, and Pawarat Jaidee	174
■ Semen Quality of Captive Fishing Cats (<i>Prionailurus viverrinus</i>) Obtained by Electroejaculation	Nanthana Pothakam, Pongthorn Suwannathada, Sarawut Sringam, Saksiri Sirisathein, and Sujira Thammawang	180