

การเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกต่อลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และผลผลิตจากกระบวนการหมักของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

Lactic acid bacteria inoculant on physical characteristics, chemical compositions and ensiling products of oil palm frond silage

ปีตุนาถ หนูเสน^{1*}, วันวิสาข์ งามผ่องใส¹, สุปรีณา ศรีไธสง² และ นพรัตน์ ผกาเชิด³

Pitunart Noosen^{1*}, Wanwisa Ngampongsai¹, Supreena Srisaikhom²

and Nopparat Phakachod³

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของการเสริม *Lactobacillus buchneri* (LB) และ *Lactobacillus plantarum* (LP) และการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งสองสายพันธุ์ร่วมกัน (LBP) ต่อลักษณะทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และผลผลิตจากกระบวนการหมักของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก โดยจัดกลุ่มทดลองแบบ (3 x 2) + 1 แฟคทอเรียลในการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม (ไม่เสริมแบคทีเรียกรดแลคติก) และกลุ่มที่เสริมแบคทีเรียกรดแลคติกสายพันธุ์ LB LP และ LBP ที่ระดับ 1×10^3 cfu/g และ 1×10^6 cfu/g น้ำหนักสดตามลำดับ โดยทำการหมักพืชในสภาพไร้อากาศเป็นเวลา 30 วัน ผลการทดลองพบว่า การเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกในทางใบปาล์มน้ำมันหมักส่งผลดีต่อคุณลักษณะทางกายภาพของพืชหมักค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง อย่างไรก็ตามการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดแลคติกและปริมาณโปรตีนหยาบ และมีระดับสูงสุดที่ระดับ 1×10^6 cfu/g LBP แต่ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ไขมันรวม เยื่อใยหยาบ เยื่อใยที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกลาง เยื่อใยที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกรด เยื่อใยที่ละลายได้ในกรดกำมะถัน เถ้า กรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด และปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนภายหลังกระบวนการหมัก ด้วยเหตุนี้ในการทดลองครั้งนี้การเสริม 1×10^6 cfu/g LBP จึงเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการเพิ่มคุณภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

คำสำคัญ: การหมัก, ทางใบปาล์มน้ำมัน, แบคทีเรีย, กรดแลคติก

ABSTRACT: The aim of this research was to study the effects of *Lactobacillus buchneri* (LB), *Lactobacillus plantarum* (LP) and the combination of LB with LP (LBP) inoculant on ensiling products and quality of oil palm frond silage (OPFS). The experiment was assigned according to (3 x 2) + 1 Factorial Experiment in CRD. OPFS was divided into 7 treatments: Control (without bacteria) and lactic acid bacteria inoculant at the level of LB, LP and LBP 1×10^3 and 1×10^6 cfu/g of

¹ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา ประเทศไทย 90110

Animal Science Department Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkla, Thailand, 90110

² คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว ประเทศไทย 27160

Faculty of Agricultural Technology, Burapha University Sakaeo Campus, Sakaeo Province, Thailand, 27160

³ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ กาฬสินธุ์ ประเทศไทย 46230

School of Animal Production Technology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Kalasin University, Kalasin Province, Thailand, 46230

* Corresponding author: pitunart.n@psu.ac.th

fresh weight, respectively. The silage was ensiled in laboratory silos for 30 days before opening. The result showed good physical characteristic of OPFS. The pH level was decreased by lactic acid bacteria inoculant. However, the lactic acid bacteria inoculant increased lactic acid percentage and CP concentrations with increasing amount of bacteria level, while EE, CF, NDF, ADF, ADL, Ash, TVFA and $\text{NH}_3\text{-N}$ were not changed after ensiled process. In conclusion, the greatest level of lactic acid bacteria for ensiling of OPFS was $1 \times 10^6 \text{cfu/g}$ LBP.

Keywords: inoculant, oil palm frond, bacteria, lactic acid

บทนำ

ทางใบปาล์มน้ำมัน (oil-palm frond, OPF) เป็นผลพลอยได้จากการเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมันซึ่งมีปริมาณมากในเขตพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย และมีคุณค่าทางโภชนาการที่สามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ (Zahari et al., 2012) การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มคุณค่าของผลพลอยได้ทางการเกษตรเพื่อแก้ปัญหาภาวะขาดแคลนพืชอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของพืชอาหารหยาบโดยการหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนและปริมาณเยื่อใยที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกลางได้ (Comino et al., 2014) แต่พืชอาหารหยาบหมักเมื่อสัมผัสกับอากาศมักจะทำให้เกิดการเน่าเสีย ซึ่งหากนำมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์จะมีผลลดปริมาณการกินได้ ผลผลิต และส่งผลกระทบต่อสุขภาพของสัตว์ (Queiroz et al., 2012) ซึ่งกระบวนการหมักเป็นวิธีการเก็บรักษาพืชอาหารหยาบที่ต้องอาศัยแบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic acid bacteria, LAB) ในการเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้กลายเป็นกรดอินทรีย์ การสะสมกรดแลคติกทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง หยุดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เช่น ยีสต์ รา ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของพืชหมัก ทั้งในระหว่างการหมักและภายหลังจากการสัมผัสกับอากาศ (Wang et al., 2014) แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกในประเทศไทยมีอย่างจำกัด จำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลดังกล่าวเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทำให้สามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องเพื่อลดปัญหาปริมาณพืชอาหารหยาบที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการและมีคุณภาพต่ำ

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกต่อคุณภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

วิธีการศึกษา

การเตรียมเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกสำหรับใช้ในการทดลองนี้ 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *Lactobacillus buchneri* TISTR No. 048 (*L. buchneri*, LB) และ *Lactobacillus plantarum* TISTR No. 1284 (*L. plantarum*, LP) โดยจัดซื้อสายพันธุ์จากศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยการเตรียมทางใบปาล์มน้ำมันโดยใช้ทางใบปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราพันธุ์ทรียัม ม.อ. 1 (Hybrid Tenera; *Dura* x *Pisifera*) ลำดับที่ 17 โดยสับให้มีขนาด 2-3 เซนติเมตร แบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม โดยจัดกลุ่มทดลองแบบ $(3 \times 2) + 1$ แฟคทอเรียลในการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Factorial Experiments in Completely Randomized Design) ได้แก่ กลุ่มควบคุม (ไม่เสริมแบคทีเรียกรดแลคติก) และเสริมแบคทีเรียกรดแลคติก LB LP และ LBP ที่ระดับ $1 \times 10^3 \text{cfu/g}$ และ $1 \times 10^6 \text{cfu/g}$ ตามลำดับ คลุกทางใบปาล์มน้ำมันกับแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 2 สายพันธุ์และแบคทีเรียกรดแลคติกผสม 2 สายพันธุ์ ในแต่ละกลุ่มการทดลองให้เข้ากัน แล้วบรรจุลงในถุงสุญญากาศขนาด 12×19 นิ้ว บรรจุทางใบปาล์มน้ำมันสับลงละ 400 กรัม ใช้เครื่องซีลสุญญากาศดูดอากาศภายในให้มีสภาพไร้ออกซิเจน หมักไว้เป็นระยะเวลา 30 วัน เมื่อครบกำหนดประเมินให้คะแนนลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมักแต่ละกลุ่มการทดลองโดยให้คะแนนตามเกณฑ์แบบประเมินอาหารหมักทางกายภาพของกองอาหารสัตว์กรมปศุสัตว์

(กรมปศุสัตว์, 2547) ร่วมกับการประเมินการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาและปริมาณด้วยวิธีการใช้สเกล (Quantitative descriptive analysis (QDA) (Stone et al., 1974) และนำตัวอย่างในแต่ละกลุ่มการทดลองมาผสมรวมกันและทำการสุ่มตัวอย่างวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile fatty acid; TVFA) ตามวิธีของ Briggs et al. (1957) วิเคราะห์หาแอมโมเนียไนโตรเจนตามวิธีของ Chen et al. (1994) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยการใช้วิธีการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) (AOAC, 1990) และการวิเคราะห์เยื่อใยโดย Detergent analysis (Van Soest et al., 1991) นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Orthogonal contrast โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 2004)

ผลการศึกษา

ลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเมื่อได้รับการเสริมจุลินทรีย์ตามกลุ่มการทดลอง (Table 1) พบว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักมีลักษณะสีเหลืองอมเขียวในทุกกลุ่มการทดลอง โดยกลิ่นของทางใบปาล์มน้ำมันหมักมีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นผลไม้ดองหรือน้ำส้มสายชู ทั้งนี้ในกลุ่มที่ได้รับการเสริม 1×10^6 cfu/gLB มีกลิ่นฉุนเล็กน้อยที่ระดับ 7.63 สำหรับเนื้อพืชหมักมีลักษณะแน่น ส่วนใบและลำต้นที่ยังคงสภาพเดิม และไม่มีสิ่งเจือปน ซึ่งพบความแตกต่างของเนื้อพืชหมักในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับการเสริมแบคทีเรีย ($P < 0.01$) ระดับค่าความเป็นกรด-ด่างของทางใบปาล์มน้ำมันหมักอยู่ในช่วง 3.5-4.2 ซึ่งในกลุ่มที่ได้รับ 1×10^6 cfu/gLB มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าทุกกลุ่มการทดลอง ($P < 0.01$) และเมื่อทำการประเมินภาพรวมของลักษณะทางกายภาพของพืชหมักพบว่า มีคุณลักษณะทาง

กายภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมากในทุกกลุ่มการทดลอง และผลการปรับปรุงคุณภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมักต่อองค์ประกอบทางเคมีเมื่อนำไปหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก (Table 1) ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของวัตถุแห้งในสภาพสดในกลุ่มที่ได้รับการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติก ($P < 0.01$) ปริมาณโปรตีนหยาบมีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นในกลุ่มที่ได้รับการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติก ($P < 0.01$) ทั้งนี้เมื่อเสริม 1×10^6 cfu/gLBP ส่งผลต่อการเพิ่มระดับโปรตีนหยาบสูงที่สุด ($P < 0.01$) การปรับปรุงคุณภาพทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วย 1×10^3 cfu/g และ 1×10^6 cfu/gLBP ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับของไขมันหยาบ จากการปรับปรุงคุณภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมักโดยการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งสองสายพันธุ์ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับของเยื่อใยหยาบ เยื่อใยที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกลาง เยื่อใยที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกรด เยื่อใยที่ละลายได้ในกรดกำมะถัน และปริมาณเถ้า ($P > 0.05$) สำหรับการปรับปรุงคุณภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยแบคทีเรียทั้งสองสายพันธุ์ต่อผลผลิตจากกระบวนการหมัก (Table 1) พบว่าปริมาณของกรดแลคติกของทางใบปาล์มน้ำมันหมักมีระดับสูงขึ้นเมื่อได้รับการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติก ($P < 0.01$) ในกลุ่มที่เสริม 1×10^6 cfu/gLP มีปริมาณกรดแลคติกสูงกว่า 1×10^3 cfu/gLP ($P < 0.01$) และกลุ่มที่เสริม 1×10^6 cfu/gLBP สูงกว่า 1×10^3 cfu/gLBP ($P < 0.01$) ทั้งนี้กลุ่มที่เสริม 1×10^6 cfu/gLBP มีปริมาณกรดแลคติกสูงกว่าทุกกลุ่มการทดลองในกลุ่มที่ทำการเสริม 1×10^3 cfu/gLP มีปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดสูงกว่ากลุ่มควบคุมแต่อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างของปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดเมื่อทำการหมักทางใบปาล์มน้ำมันด้วยสายพันธุ์และปริมาณของแบคทีเรียกรดแลคติกที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ความแตกต่างกันดังกล่าวไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในกลุ่มที่ได้รับการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกและกลุ่มควบคุม ($P = 0.74$)

วิจารณ์

การเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกในทางใบปาล์มน้ำมันหมักโดยเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกในสองสายพันธุ์ ได้แก่ *L. bubhneri* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ในกลุ่ม heterofermentative และ *L. plantarum* เป็นจุลินทรีย์ในกลุ่ม homofermentative และการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกร่วมกันทั้งสองสายพันธุ์ ส่งผลดีต่อคุณลักษณะทางกายภาพ (กรมปศุสัตว์, 2547) ในการทดลองครั้งนี้การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างเมื่อทำการหมักพืชอาหารหยาบด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในพืชหมักลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งมาตรฐานทางเคมีของพืชหมักควรมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 3.5-4.2 (กรมปศุสัตว์, 2547) มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดอื่นทำให้สามารถเก็บรักษาคุณภาพของหญ้าหมักไว้ได้ (Comono et al., 2014) แต่อย่างไรก็ตามพืชหมักที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่มีค่าใกล้เคียง 4.0 หรือสูงกว่าไม่ได้จัดว่าเป็นพืชหมักที่ดี ควรให้มีการเพิ่มแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ในน้ำเพิ่มเติม เช่น กากน้ำตาลในกระบวนการหมักเนื่องจากทางใบปาล์มน้ำมันที่มีปริมาณ WSC ต่ำ ทำให้ความชื้นความชื้นของทางใบปาล์มน้ำมันน้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ จึงมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมนำมาทำพืชหมัก แต่พบว่าการทำให้ชื้นของพืชที่นำมาหมักมีขนาดเล็กลง ทำให้อัดได้แน่นเพื่อใส่ภาชนะได้ดี และยังทำให้น้ำตาลถูกปล่อยออกมาได้เร็ว ส่งผลให้เกิดกรดแลคติกเร็วขึ้น และชิ้นส่วนของพืชยังสามารถคลุกเคล้ากันได้ดีทั่วถึง ด้วยเหตุนี้ในการทดลองครั้งนี้จึงได้สับให้ทางใบปาล์มน้ำมันมีชิ้นส่วนขนาดระหว่าง 0.5-1.0 เซนติเมตร จึงน่าจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของการหมักและปริมาณกรดแลคติกสูงขึ้นในกลุ่มทางใบปาล์มน้ำมันที่เสริมด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก การหมักพืชอาหารหยาบชนิดต่าง ๆ ด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกสายพันธุ์ *L. plantarum* มีผลต่อปริมาณกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นซึ่งในระหว่างกระบวนการหมักจุลินทรีย์ในกลุ่ม homofermentative สามารถผลิตกรดแลคติกได้รวดเร็วและปริมาณมาก การเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกสายพันธุ์ *L. bubhneri* ในพืชหมักสัมพันธ์กับ

ปริมาณของกรดอะซิติก และ 1,2-propanediol ที่เพิ่มขึ้น โดยไปมีผลต่อกระบวนการสลายของกรดแลคติกและกรดอะซิติกที่เพิ่มขึ้นในกระบวนการหมัก (Wang et al., 2014; Queiroz et al., 2012) จากการทดลองครั้งนี้การเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก พืชอาหารหยาบหมักที่ได้รับการหมักด้วย *L. bubhneri* ร่วมกับจุลินทรีย์ชนิดอื่นในรูปแบบ homolactic bacterium ส่งผลต่อการลดของเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งในอัตราที่ลดลง (fermentation loss) มากกว่าการใช้ *L. bubhneri* ในการหมักพืชอาหารสัตว์เพียงชนิดเดียว (Driehuis et al., 2001) จากการเพิ่มขึ้นของวัตถุแห้งจึงส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของพืชหมักที่สูงขึ้น ปริมาณโปรตีนหยาบมีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นในกลุ่มที่ได้รับการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติก ทั้งนี้เมื่อเสริม 1×10^6 cfu/g LBP ส่งผลต่อการเพิ่มระดับโปรตีนหยาบสูงที่สุดในทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ซึ่งการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกสายพันธุ์ *L. plantarum* ที่ระดับ 10^5 ถึง 10^6 cfu/g น้ำหนักสด ส่งผลต่อการเพิ่มระดับโปรตีนหยาบโดยอ้างถึงผลของการผลิตโปรตีนในรูปของปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น (Rahman et al., 2017) ความแปรปรวนของปริมาณ NDF ADF และ ADL ยังไม่มีคำอธิบายอย่างชัดเจนในกระบวนการ แต่ในบางการศึกษาพบว่า *L. buchneri* สามารถผลิตเอนไซม์ ferulate esterase (FE) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์พันธะ feruloyl ester ระหว่าง lignin กับ hemicellulose ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยของอาหารหยาบในระหว่างกระบวนการหมัก (Comono et al., 2014)

สรุป

การเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกในทางใบปาล์มน้ำมันหมักโดยใช้สายพันธุ์ *L. buchneri* (LB) และ *L. plantarum* (LP) และการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งสองสายพันธุ์ร่วมกัน (LBP) ที่ระดับ 1×10^3 cfu/g และ 1×10^6 cfu/g ตามลำดับส่งผลดีต่อคุณลักษณะทางกายภาพและทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของทางใบปาล์มน้ำมันหมักลดลง อีกทั้งการเสริม

แบคทีเรียกรดแลคติกส่งผลต่อปริมาณกรดแลคติกและปริมาณโปรตีนหยาบของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเพิ่มขึ้นภายหลังกระบวนการหมัก และมีระดับสูงที่สุดในกลุ่มการทดลองที่เสริม 1×10^6 cfu/gLBP ดังนั้นการเสริม 1×10^6 cfu/gLBP จึงเป็นกลุ่มที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการเพิ่มคุณภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่มีระยะเวลาในการหมัก 30 วัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณการสนับสนุนทุนวิจัยจากสถานวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน ระยะที่ 2 และฟาร์มปฏิบัติการสัตวศาสตร์ ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ และห้องปฏิบัติการสถานวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. 2547. มาตรฐานพืชอาหารหมักของกองอาหารสัตว์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Vol.1, 15th ed., Washington D.C.
- Briggs, P.K., J.P. Hogan, and R.L. Reid. 1957. The effect of volatile fatty acid, lactic acid and ammonia on rumen pH in sheep. Aust. J. Agric. Res. 8: 674-690.
- Chen, J., M.R. Stokes, and C.R. Wallace. 1994. Effects of enzyme-inoculant systems on preservation and nutritive value of hay crop and corn silages. J. Dairy Sci. 77: 501-512.
- Comino, L., E. Tabacco, F. Righi, A.R. Chion, A. Quarantelli, and G. Borreani. 2014. Effects of an inoculant containing a *Lactobacillus buchneri* that produces ferulate-esterase on fermentation products, aerobic stability, and fibre digestibility of maize silage harvested at different stages of maturity. Anim. Feed Sci. Technol. 198: 94-106.
- Driehuis, F., S. J. W. H. Oude Elferink, and P. G. Van Wakselaar. 2001. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. Grass Forage Sci. 56: 330-343.
- Queiroz, O.C.M., S.C. Kim, and A.T. Adesogan. 2012. Effect of treatment with a mixture of bacteria and fibrolytic enzymes on the quality and safety of corn silage infested with different levels of rust. J. Dairy Sci. 95: 5285-5291.
- Rahman, N.A., M.R. A.Halim, N. Mahawi, H. Hasnudin, J. R. Al-Obaidi, and N. Abdullah. 2017. Determination of the Use of *Lactobacillus plantarum* and *Propionibacterium freudenreichii* Application on Fermentation Profile and Chemical Composition of Corn Silage. BioMed Res. Int. 1-8.
- SAS. 2004. SAS software User's Guide. Release 9.0. SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- Stone, H., J. Sidel, S. Oliver, A. Woolse, and R.C. Singleton. 1974. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. Food Technol. 28: 24-34.
- Wang, M., C. Yang, L. Jia, and L. Yu. 2014. Effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation characteristics and aerobic stability of whip grass silage in laboratory silos. Grassl. Sci. 60: 233-239.
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. 1991. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism and nutritional implication in dairy cattle: methods for dietary fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal. J. Dairy Sci. 74: 3585-3597.
- Zahari, M. W., A.R. Alimon, and H.K. Wong. 2012. Utilization of oil palm co-products as feeds for livestock in Malaysia. Biofuel co-products as livestock feed - Opportunities and challenges, edited by Makkar, P.S. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 13: 243-262.