



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของหญ้าเนเปียร์และหญ้าหวานหมักร่วมกับกล้วยต่อคุณลักษณะ
ทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมีและผลผลิตจากระบวนการหมัก
Effect of Napier and Sweet grass fermented with banana on
quality of physical characteristics, chemical composition and
ensiling products

นางสาวสุปรีณา ศรีใสคำ

โครงการวิจัยประเภททุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทเงินรายได้
คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

สัญญาเลขที่ 1/2564

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของหญ้าเนเปียร์และหญ้าหวานหมักร่วมกับกล้วยต่อคุณลักษณะทาง
กายภาพ องค์ประกอบทางเคมีและผลผลิตจากกระบวนการหมัก
Effect of Napier and Sweet grass fermented with banana
on quality of physical characteristics, chemical composition
and ensiling products

นางสาวสุปรีณา ศรีไสคำ

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้ของคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว สัญญาเลขที่ ๑/๒๕๖๔

Acknowledgment

This research is supported by the Research Grant of Faculty of Agricultural Technology, Burapha University Sakaeo Campus (Grant no. 1/2564).

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบชนิดหญ้าและพันธุ์กล้วยต่อคุณภาพพืชอาหารหยาบหมัก องค์ประกอบทางเคมีและผลผลิตจากกระบวนการหมัก โดยจัดแผนการทดลองแบบ 2x5 Factorial in Completely Randomized Design ประกอบด้วย 10 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 4 ซ้ำ มีปัจจัยหญ้า 2 ระดับ (หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าหวาน) ปัจจัยกล้วย 5 ระดับ (ควบคุม, กล้วยตานี, กล้วยหิน, กล้วยน้ำไท และกล้วยเทพรส) สัดส่วนหญ้าและกล้วยหมัก 80:20 หมักเป็นเวลา 21 วัน พบว่า หญ้าเนเปียร์หมักร่วมกับกล้วยตานี หิน หรือน้ำไท และหญ้าหวานหมักร่วมกับกล้วยตานีหรือหินมีคุณภาพโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ดีมาก การใช้กล้วยหมักร่วมด้วยสามารถลดการสูญเสียเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งได้ดีกว่าการหมักหญ้าเนเปียร์เพียงชนิดเดียว พืชหมักทุกกลุ่มมีโปรตีนอยู่ระหว่าง 11-12% ถึงแม้ว่าการใช้กล้วยหมักร่วมกับหญ้าจะมีผลให้แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (lactic acid bacteria) น้อยกว่าการใช้หญ้าเนเปียร์หมักเพียงชนิดเดียว แต่พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการหมักหญ้าร่วมกับกล้วยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อ reducing sugar, total sugar, lactic acid, ความเข้มข้นของ acetic acid, neutral detergent fiber (NDF), gross energy, และ ammonia nitrogen (NH₃-N) โดยเฉพาะทรีตเมนต์ที่ใช้หญ้าหวานหมักร่วมกับกล้วยหิน พบการเพิ่มขึ้นของ reducing sugar, total sugar, lactic acid, acetic acid, NDF, และการลดลงของ pH และ NH₃-N ซึ่งส่งผลดีต่อประสิทธิภาพการย่อยเยื่อใย ขณะที่การใช้หญ้าเนเปียร์หมักร่วมกับกล้วยหิน และหญ้าเนเปียร์หมักร่วมกับกล้วยน้ำไท พบการเพิ่มขึ้นของ reducing sugar, total sugar, acetic acid, NDF, และการลดลงของ NH₃-N

คำสำคัญ: หญ้าหมัก, สิ่งเหลือทิ้งจากการเกษตรในท้องถิ่น, ผลผลิตจากกระบวนการหมัก, คุณภาพพืชอาหารหยาบหมัก

Abstract

The objective of this the experiment was to compare the physical characteristics, chemical composition and ensiling products of Napier and Sweet grass fermented with banana cultivars. The experiment was conducted as a 2 x 5 Factorial in a Completely Randomized Design consisting of 10 treatments of 4 replicated treatments each, with two species of grass (Napier Pakchong1 grass, and Sweet grass), and five banana cultivars (Control, Tani, Hin, Nam Thai, and Thep Parod bananas). The grass and bananas was fermented at a ratio of 80:20 for 21 days. The results showed that the overall silage quality of Napier grass fermented with Tani, Hin or Nam Thai bananas, and Sweet grass fermented with Tani or Hin achieved a high score. Thus, the combined use of bananas fermented with grasses can reduce the loss of dry matter more than Napier grass silage alone. All the silage groups contained 11-12% crude protein. Although the use of bananas fermented with grass had a lower effect on the production of lactic acid bacteria than Napier grass fermented alone. However, there was a statistically significant interaction between grasses fermented with banana cultivars in reducing sugar, total sugar, lactic acid, acetic acid concentrations, neutral detergent fiber (NDF), gross energy, and ammonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$), especially with the treatment that used fermented Sweet grass with Hin banana which resulted in an increased reducing sugar, total sugar, acetic acid, NDF, and decrease in pH and $\text{NH}_3\text{-N}$ was found to have a beneficial effect on the efficiency of fiber digestion. Whereas the treatment that used fermented Napier grass with Hin banana and Napier grass fermented with Nam Thai bananas which resulted in an increased reducing sugar, total sugar, acetic acid, NDF, and a decrease in $\text{NH}_3\text{-N}$.

Keywords: Grass silage, local agricultural by products, ensiling products, silage quality

เรื่อง	สารบัญ	หน้า
กิตติกรรมประกาศ		ก
บทคัดย่อภาษาไทย		ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ง
สารบัญ		จ
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญภาพ		ช
บทที่ 1 บทนำ		1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง		5
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย		13
บทที่ 4 ผลและอภิปรายผลการวิจัย		19
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ		38
ผลผลิต (output) ที่เกิดขึ้นในช่วงที่ได้รับทุน		38
รายงานการเงิน		39
เอกสารอ้างอิง		40
ภาคผนวก		49
ประวัตินักวิจัย		57

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	สัดส่วนของหญ้าและกล้วยที่ใช้ทำพืชอาหารหยาบหมักทดลอง (%)	16
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวาน กล้วยตานี กล้วยหิน กล้วยน้ำไท และกล้วยเทพรส ก่อนหมัก (Mean \pm SD)	27
4.2	ค่าเฉลี่ย (\pm SD) ของลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมีและผลผลิตจากกระบวนการหมักที่ได้จากการหมักหญ้าร่วมกับกล้วยที่ทรีตเมนต์แตกต่างกัน	28
4.3	อิทธิพลของแต่ละปัจจัยต่อการหมักหญ้าร่วมกับกล้วยทรีตเมนต์ต่างๆ ในคุณลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมีและผลผลิตจากกระบวนการหมัก	30
4.4	ปฏิสัมพันธ์ของลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมีและผลผลิตจากกระบวนการหมักที่ได้จากการหมักหญ้าร่วมกับกล้วยที่ทรีตเมนต์แตกต่างกัน และค่าเฉลี่ยของแต่ละชนิดหญ้าและพันธุ์กล้วย	50

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวคิดของการวิจัยผลของหญ้าเนเปียร์และหญ้าหวานหมักร่วมกับกล้วยต่อคุณลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมีและผลผลิตจากกระบวนการหมัก	4
2.1	หญ้าเนเปียร์ (<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Pakchong1)	7
2.2	หญ้าหวาน (Sweet grass; <i>Pennisetum purpureum</i> cv. Mahasarakham)	8
2.3	กล้วยตานี (<i>Musa balbisiana</i> Colla)	9
2.4	กล้วยหิน (<i>Musa sapientum</i> L. Var. <i>Sapientum</i> O. Ktze)	10
2.5	กล้วยน้ำไท (<i>Musa</i> (AA group))	11
2.6	กล้วยเพชร (<i>Musa</i> (ABBB Group))	12
3.1	แปลงหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ภายในฟาร์มคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว	13
3.2	แปลงหญ้าหวานสารคามภายในฟาร์มคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว	14
3.3	หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 อายุการตัด 45 วัน	14
3.4	หญ้าหวานสารคามอายุการตัด 45 วัน	15
4.1	ลักษณะปรากฏของสีหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1, หญ้าหวานหมัก และหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าหวานหมักร่วมกันกับกล้วย 4 สายพันธุ์ที่สังเกตด้วยตาเปล่า	32
4.2	รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักที่ระดับ 100% (T1) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)	33
4.3	รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่ระดับ 80% หมักร่วมกับกล้วยตานีที่ระดับ 20% (T2) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)	33
4.4	รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่ระดับ 80% หมักร่วมกับกล้วยหินที่ระดับ 20% (T3) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)	33
4.5	รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่ระดับ 80% หมักร่วมกับกล้วยน้ำไทที่ระดับ 20% (T4) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.6	รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่ระดับ 80% หมักร่วมกับ กล้วยเทพรสที่ระดับ 20% (T5) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)	34
4.7	รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของหญ้าหวานหมักที่ระดับ 100% (T6) ด้วยกล้อง จุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)	34
4.8	รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของหญ้าหวานที่ระดับ 80% หมักร่วมกับกล้วยตานีที่ ระดับ 20% (T7) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)	35
4.9	รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของหญ้าหวานที่ระดับ 80% หมักร่วมกับกล้วยหินที่ ระดับ 20% (T8) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)	35
4.10	รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของหญ้าหวานที่ระดับ 80% หมักร่วมกับกล้วยน้ำไทที่ ระดับ 20% (T9) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)	35
4.11	รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของหญ้าหวานที่ระดับ 80% หมักร่วมกับกล้วยเทพรส ที่ระดับ 20% (T10) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)	36

บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันการใช้ประโยชน์จากสิ่งเหลือทิ้งจากการเกษตรในท้องถิ่น (Local agricultural by products) เป็นวัตถุดิบทางเลือกในการประกอบสูตรอาหารสัตว์นั้นได้รับความนิยมและเป็นที่ยอมรับมากขึ้น นอกจากจะสามารถลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ลง ยังช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการกำจัดเศษเหลือในพื้นที่อีกด้วย สิ่งเหลือทิ้งจากการเกษตรจากพืชพบว่า มีโปรตีนที่เป็นโภชนะสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสัตว์ บางชนิดมีคุณสมบัติเป็นพฤษเคมี (phytochemical plants) และสามารถส่งเสริมสมรรถนะการผลิตสัตว์ได้ แม้ว่าสิ่งเหลือทิ้งจากภาคการเกษตรอาจมีคุณภาพหรือคุณค่าทางโภชนะที่ไม่แน่นอน ความน่ากินต่ำ มีสารต้านโภชนะ (anti-nutritional factor) แต่ที่ผ่านมามีความพยายามนำไปประโยชน์ในด้านต่างๆ รวมถึงใช้เลี้ยงสัตว์ อย่างไรก็ตาม พบว่าอาจมีข้อจำกัดเรื่องคุณภาพและอายุการเก็บรักษา เนื่องจากเน่าเสียได้ง่าย แนวทางการใช้ประโยชน์สิ่งเหลือทิ้งจากภาคการเกษตรผ่านกระบวนการหมัก (fermentation) ร่วมกับอาหารหยาบอื่นๆ เช่น หญ้าหรือถั่ว ในสภาพไร้ออกซิเจนให้อยู่ในรูปที่มีความชื้น 70 – 75% ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ประมาณ 4.2 ด้วยสภาวะการถนอมอาหารผ่านกระบวนการหมักนี้จะทำให้อาหารหยาบหมักยังคงสภาพดีและมีคุณสมบัติที่สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน นอกจากจะช่วยลดปัญหาภาวะขาดแคลนอาหารหยาบในฤดูแล้งภายในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ได้ ยังสามารถช่วยลดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมในการกำจัดส่วนเหลือทิ้งทางการเกษตรเหล่านี้ได้อีกด้วย

หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (*Pennisetum purpureum* cv. Pakchong1) เป็นหญ้าในเขตร้อนจัดเป็นแหล่งอาหารหยาบหลักของสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีคุณภาพดี โตเร็วและให้ผลผลิตสูง (Boonkoed et al., 2018) ที่อายุการตัด 60 วันให้ผลผลิตเป็นน้ำหนัสด 6,672.8 กก.ต่อไร่ต่อครั้ง คิดเป็นน้ำหนักแห้ง 1,027.2 กก.ต่อไร่ต่อครั้ง และมีเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง โปรตีน เยื่อใย NDF และ ADF เฉลี่ย 15.5, 13.4, 66.2 และ 41.4 ตามลำดับ (อภิชาติ และสมพล, 2560) เหมาะจะปลูกเพื่อตัดไปให้สัตว์กินหรือนำไปทำหญ้าหมัก หญ้าหวาน (*Pennisetum purpureum* cv. Mahasarakham) ปัจจุบันเกษตรกรเริ่มนิยมปลูก เจริญเติบโตได้ดีในประเทศไทย ให้ผลผลิตคล้ายหญ้าเนเปียร์ สามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ Mapato and Wanapat (2016) รายงานว่า หญ้าหวานมีโปรตีน 15.2%, คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (non-fiber carbohydrate, NFC) 12.1% และ acid detergent fiber (ADF) (34.9%) ที่อายุการเก็บเกี่ยว 42 วัน นอกจากนี้ยังสามารถปรับปรุงกระบวนการหมักในรูเมน (rumen fermentation) ลดการผลิตมีเทนและระดับการเสริมอาหารชั้นสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศเขตร้อนได้ (Mapato and Wanapat, 2018)

สิ่งเหลือทิ้งทางการเกษตรในท้องถิ่นจากต้นกล้วยหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตนั้นมีปริมาณมาก กล้วยจึงเป็นหนึ่งในพืชที่มีความน่าสนใจ เพราะสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถกินผลิตผลจากกล้วยได้ทั้งหมด เป็นผลไม้เขตร้อนที่มีระดับแทนนินสูงและเป็นพืชที่ปลูกมากในทุกภาคของประเทศไทย มีทั้งการปลูกแบบครัวเรือนและปลูกในเชิงเศรษฐกิจ ทำให้มีปริมาณผลผลิตมากพอต่อการนำมาผลิตเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ และไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการผลิตมากนัก วิธีการอย่างง่ายของเกษตรกรที่จัดการกับสิ่งเหลือทิ้งซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้น้อย เช่น ก้านใบ แผ่นใบ ลำต้นเทียม (pseudo stem) จะตัดต้นกล้วยทิ้งเป็นปุ๋ยพืชสดหลังเก็บเกี่ยวผลกล้วย หรือนำส่วนต้นไปหมักเป็นน้ำหมักชีวภาพ (Kanazawa and Sakakibara, 2000) ทั้งนี้มีรายงานจำนวนมากที่พบสารสำคัญในส่วนต่างๆ ของกล้วย นอกเหนือจากคุณค่าทางโภชนาการ ยางกล้วย เปลือกและเนื้อของผลกล้วยพบปริมาณสารประกอบฟีนอลมาก (Kitdamrongsont et al., 2008; Pothavorn et al., 2010; Fernando et al., 2014; Sangudom et al., 2014 อ้างโดย สมคิด และสุปรินา, 2560) จากการรายงานที่ผ่านมา สมคิด และสุปรินา (2561) พบว่าใบกล้วยพันธุ์เทพรมีโปรตีน 11.25% พลังงาน 4786.19 แคลอรี/กรัม และพบเยื่อใยเป็นส่วนประกอบอยู่สูง (27.26%) เกินกว่า 18 % ของน้ำหนักแห้ง จึงมีคุณสมบัติที่จะสามารถใช้เป็นอาหารหยาบของสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ (วิศิษฐิพร, 2542) Astuti (2015) รายงานว่า เกษตรกรรายย่อยใช้เปลือกกล้วยเป็นอาหารเสริมสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อนอย่างแพร่หลาย ซึ่งอุดมไปด้วยวิตามินเพคติน น้ำตาล และลิกนิน (Mohaputra et al., 2010)

อย่างไรก็ตาม กล้วยมีข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์ เนื่องจากมีปริมาณเยื่อใยค่อนข้างสูง และมีความชื้นสูงมากกว่า 90 และ 70% ในส่วนของลำต้นเทียมและใบ ตามลำดับ (สมคิด และสุปรินา, 2561) ซึ่งจะเป็นปัญหาในกระบวนการหมักหากเลือกใช้กล้วยเป็นอาหารหยาบหมักเพียงชนิดเดียว จะส่งผลต่ออายุการเก็บรักษา รวมถึงสัดส่วนปริมาณใบของกล้วยมีน้อยกว่าหญ้า ดังนั้นการทำพืชอาหารหยาบหมักจากหญ้าทั้ง 2 ชนิดที่มีการปลูกในพื้นที่ ให้ผลผลิตต่อไร่สูง และมีโปรตีนสูงเหมาะต่อการนำมาเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง นำมาหมักร่วมกับส่วนของก้านรวมใบกล้วย น่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์สิ่งเหลือทิ้งทางการเกษตรจากกล้วยให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ และยังเป็นการส่งเสริมให้ใช้สิ่งเหลือทิ้งทางการเกษตรจากกล้วยเป็นวัตถุดิบทางเลือกหนึ่งในการทำอาหารหยาบหมักเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในฤดูแล้งต่อไป ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เปรียบเทียบชนิดหญ้าและพันธุ์กล้วยต่อคุณภาพพืชอาหารหยาบหมัก องค์ประกอบทางเคมีและผลผลิตจากกระบวนการหมัก

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบชนิดหญ้าและพันธุ์กล้วยต่อคุณภาพพืชอาหารหยาบหมัก องค์ประกอบทางเคมีและผลผลิตจากกระบวนการหมัก

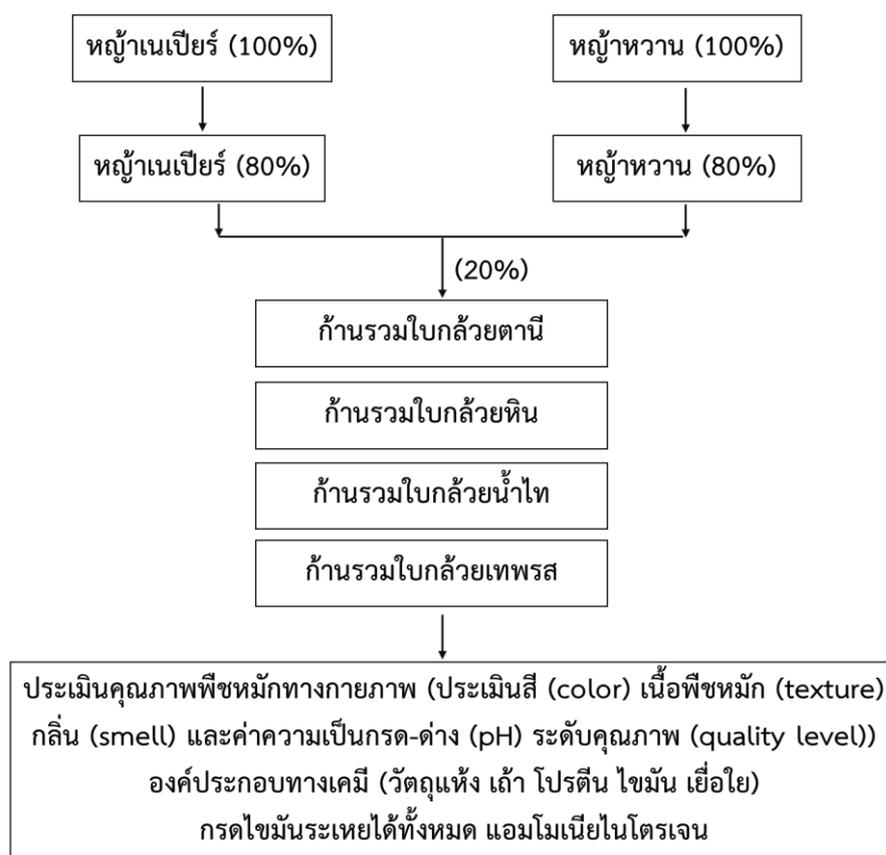
ขอบเขตของโครงการวิจัย

หญ้าเนเปียร์และหญ้าหวานหมักร่วมกับหมักกล้วยพันธุ์ตานี หิน น้ำไท และเทพรส ในถุงพลาสติกชนิดหนาพิเศษและดูดอากาศออก เป็นเวลา 21 วัน แล้วตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี (วัตถุแห้ง เถ้า โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย) กรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด ประเมินคุณภาพพืชหมักทางกายภาพ (สี เนื้อพืชหมัก กลิ่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง) และประเมินคุณภาพพืชหมักทางเคมี (กรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด กรดแลกติก กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิกและกรดบิวทีริก) โดยให้คะแนนตามเกณฑ์แบบประเมินอาหารหมักทางกายภาพและทดสอบปริมาณกรดอินทรีย์แต่ละชนิด เพื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาและคุณภาพของอาหารหยาบหมักในแต่ละกลุ่มทดลอง

ทฤษฎี และกรอบแนวคิดของการวิจัย

กล้วยปลูกทุกภาคของประเทศไทยและมีหลากหลายพันธุ์ โดยกล้วยพันธุ์ตานี หิน และน้ำไท มีลำต้นเทียมสูง หรือก้านใหญ่ ใบใหญ่ ต้นใหญ่ ผลใหญ่ เครือใหญ่ และปริมาณผลผลิตต่อปีสูง และกล้วยพันธุ์เทพรสมีคุณค่าทางโภชนาและมีคุณสมบัติเป็นพฤษเคมีที่ให้สารออกฤทธิ์ที่สำคัญทางชีวภาพอื่นๆ โดยทั่วไปส่วนประกอบในผลกล้วยที่ใช้บริโภค 1 ผล แบ่งเป็นส่วนของเปลือกประมาณ 40% ของน้ำหนักสด ส่วนก้านใบ แผ่นใบ ซึ่งเป็นส่วนที่บริโภคไม่ได้กลายเป็นส่วนที่เหลือทิ้งแต่ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงสัตว์ได้ ถือได้ว่ากล้วยทั้ง 4 พันธุ์มีข้อได้เปรียบด้านวัตถุดิบแตกต่างกันไป (ให้ผลผลิตมากหรือมีคุณค่าทางโภชนาเหมาะสม) หากสามารถนำสิ่งเหลือทิ้งของกล้วยมาหมักร่วมกับหญ้าเนเปียร์และหญ้าหวานที่มีคุณค่าทางโภชนาเหมาะสมและให้ผลผลิตต่อไร่สูง น่าจะเป็นอาหารหยาบหมักที่มีคุณภาพดีทั้งด้านคุณลักษณะทางกายภาพ ผลผลิตจากกระบวนการหมัก และคุณค่าทางโภชนาที่เหมาะสมกว่าการใช้อาหารหยาบหมักที่มีหญ้าเพียงชนิดเดียวในการเลี้ยงสัตว์ นับเป็นแนวทางหนึ่งที่จะส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากส่วนเหลือทิ้งทางการเกษตร และช่วยลดปัญหาการจัดการอาหารหยาบคุณภาพดีให้เพียงพอในฤดูแล้งแก่เกษตรกรได้

กรอบแนวคิดของการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดของการวิจัยผลของกล้วยเนเปียร์และกล้วยหวานหมักร่วมกับกล้วยต่อคุณลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมีและผลผลิตจากกระบวนการหมัก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.1 ทราบคุณภาพ (ลักษณะทางกายภาพ) องค์ประกอบทางเคมี และผลผลิตจากกระบวนการหมักของกล้วยเนเปียร์และกล้วยหวานหมักร่วมกับกล้วย

1.2 เพิ่มแนวทางการใช้ประโยชน์จากส่วนเหลือทิ้งจากกล้วยให้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ช่วยลดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมในการกำจัดเศษเหลือเหล่านี้ได้อีกทางหนึ่ง

1.3 เป็นข้อมูลสำหรับการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบจากเศษเหลือทางการเกษตรในท้องถิ่น นำไปสู่การพัฒนาอาหารหมักร่วมกับกล้วยชนิดอื่นเพื่อเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในฤดูแล้งที่ขาดแคลนหญ้าสดคุณภาพดี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. สถานการณ์การเลี้ยงแพะเนื้อในประเทศไทย

หญ้าหมัก (silage) คือ การนำพืชอาหารสัตว์ที่เหมาะสมมาผ่านกระบวนการหมักในสภาพไร้อากาศ (anaerobic fermentation) ซึ่งพืชอาหารหยาบนั้นจะถูกเก็บไว้ภายในภาชนะปิดสนิท เพื่อป้องกันอากาศซึมเข้า กระบวนการหมักจะอาศัยการทำงานของแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (lactic acid bacteria; LAB) ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ water-soluble carbohydrate (WSC) ให้เป็นกรดอินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่คือ กรดแลคติก (lactic acid) และกรดอะซิติก (acetic acid) การสะสม lactic acid นี้มีผลให้ค่า pH ลดต่ำลง จนแสดงความวิกฤตถึงจุดที่จะสามารถขังการเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิดอื่นได้ ส่งผลให้กิจกรรมต่างๆ ของจุลินทรีย์ เช่น ยีสต์ (yeast) และรา (mold) ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้พืชหมักเน่าเสียหยุดการทำงานลง (Woolford, 1990) โดยหลักการของกระบวนการหมักพืชอาหารหยาบที่ตินั้นจะต้องปราศจากอากาศ (ไร้ออกซิเจน) อย่างไรก็ตาม การเกิดกระบวนการหมัก (silage fermentation) ประกอบด้วย 2 กระบวนการคือ กระบวนการที่ใช้ออกซิเจน (aerobic condition) และกระบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic condition) โดยในช่วงแรกของการหมักจะเป็นกระบวนการใช้ออกซิเจน เซลล์พืชหายใจโดยใช้ออกซิเจนและคาร์โบไฮเดรต ถ่ายเทแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและความร้อน ซึ่งคาร์โบไฮเดรตในเซลล์พืชจะถูกจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนนำไปใช้ประโยชน์ ให้ผลผลิตได้เป็นกรดอินทรีย์ (กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิกและกรดบิวทีริก) ขณะเดียวกันยีสต์จะใช้น้ำตาลและให้ผลผลิตเป็นแอลกอฮอล์ ดังนั้นในระหว่างนี้จะมีการสูญเสียน้ำตาลซึ่งเป็นซับสเตรท (substrate) ที่ใช้สำหรับการเจริญเติบโตของ LAB (McDonald et al., 1991) หลังจากนั้นเมื่อออกซิเจนภายในกระบวนการหมักถูกจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนใช้จนหมด จะเข้าสู่กระบวนการที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน กระบวนการนี้จะอาศัยการทำงานของ LAB เปลี่ยน WSC ให้เป็น lactic acid มากพอที่มีผลทำให้ pH ในระบบลดลงต่ำกว่า 4.2 ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ โดยการเคลื่อนที่ของ H^+ เข้าสู่ไซโตพลาสซึม (cytoplasm) ของจุลินทรีย์ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) ทำให้ภายในเซลล์จุลินทรีย์มีภาวะเป็นกรดสูง ส่งผลให้ electrochemical proton gradient สูญเสียไป ในที่สุดเซลล์ถูกทำลายและไปยับยั้งการนำกรดอะมิโน (amino acid uptake) เข้าสู่เซลล์จุลินทรีย์ (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2564) ทำให้คงคุณภาพหญ้าหมักไว้ได้ (McDonald et al., 1991; Weinberg et al., 2003) อย่างไรก็ตาม การทำงานของ anaerobic bacteria ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาลตั้งต้นด้วย

อย่างไรก็ตาม เมื่อพืชอาหารหยาบหมักสัมผัสกับอากาศ ออกซิเจนในอากาศจะทำให้จุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ออกซิเจน (aerobic bacteria; *Saccharomyces*, *Candida*, *Cryptococcus*) สามารถกลับมาทำกิจกรรมได้อีกครั้ง (secondary fermentation) นอกจากสารอาหารในพืชหมักจะถูก

จุลินทรีย์นำไปใช้ ยังมีการผลิตความร้อนเกิดขึ้นด้วย ในเวลาต่อมาจะทำให้พืชหมักเกิดการเน่าเสีย (พิพัฒน์ และวิศิษฐิพร, 2558) การเสื่อมเสียของอาหารที่เป็นผลมาจากยีสต์และรามักเกิดขึ้นในอาหารต่างๆ ไปที่มีค่า pH ต่ำกว่า 4.2 เนื่องจากยีสต์เจริญได้ดีในสภาวะ pH ที่ 4-4.5 ส่วนราและแบคทีเรียจะเจริญได้ใน pH ค่อนข้างต่ำ (กรดสูง) และใกล้เป็นกลางหรือเป็นกลาง ตามลำดับ นอกจากนี้การลดลงของ pH อาจเกิดจากการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) ผลิตรกรดอินทรีย์ (Kongbangkerd, 2003) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเน่าเสียได้ หรือลักษณะการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย รา หรือยีสต์ โดยแบคทีเรียชนิดที่มีแคปซูล เมื่อเจริญและเพิ่มจำนวนขึ้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่ทำให้เกิดเป็นเมือกที่ผิว เหนียวยืดในอาหาร (Samanurat, 2014) ส่งผลให้คุณภาพอาหารเปลี่ยนไป เช่น การเกิดกลิ่นผิดปกติ สารระเหยที่มีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว ซึ่งอุณหภูมิที่ 30°C เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตาม ปัจจัยที่กำหนดกลุ่มหรือชนิด และการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ สภาวะบรรยากาศที่ล้อมรอบอาหาร ระยะเวลาและความชื้นสัมพัทธ์ (นรินทร์ และคณะ, 2561)

การทำพืชหมักจึงเป็นวิธีการเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์ที่จะคงสภาพและคุณค่าทางอาหาร และสามารถเก็บพืชหมักไว้ใช้ในช่วงฤดูแล้งซึ่งเป็นช่วงขาดแคลนพืชอาหารหายาบสดซึ่งมีมากในช่วงฤดูฝนได้นานนับปีในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน โดยกระบวนการหมักจะเกิดมากน้อยเพียงไร ขึ้นอยู่กับการทำงานของจุลินทรีย์ที่อยู่แช่ลึพืช ปริมาณอากาศที่หลงเหลือภายหลังการนำพืชเข้าหมัก และองค์ประกอบต่างๆ ในพืชที่นำมาหมัก เช่น ปริมาณน้ำตาล และความชื้น ทั้งนี้คุณสมบัติของพืชที่เหมาะสมทำหญ้าหมักควรมีคาร์โบไฮเดรตสูง พืชวงศ์หญ้าหรือถั่วควรเป็นช่วงก่อนออกดอกหรือเริ่มออกดอก หญ้าที่ตัดทำหญ้าหมักควรมีวัตถุแห้งที่ไม่ต่ำกว่า 25% และไม่สูงกว่า 35% (กรมปศุสัตว์, 2544)

หญ้าเนเปียร์ (Napier grass หรือ elephant grass) เป็นหญ้าลูกผสมเนเปียร์สายพันธุ์หนึ่งประเภทข้ามปี เจริญเติบโตรวดเร็ว แตกกอดี ให้ผลผลิตต่อไร่สูง ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำได้ดี ชอบอากาศร้อนชื้น สามารถขึ้นได้ในดินหลายชนิด นิยมนำมาใช้เป็นหญ้าอาหารสัตว์ เนื่องจากมีความน่ากินสูง มีโปรตีนและคุณค่าทางอาหารที่สูง (เฉลิมพล, 2530) โดยหญ้าเนเปียร์ปากช่อง เนเปียร์ลูกผสม เนเปียร์แคระ เป็นกลุ่มหญ้าเนเปียร์ที่เกษตรกรนิยมปลูกกันมาก ด้วยคุณสมบัติโดดเด่นที่ให้ผลผลิตสูง คุณภาพสูง และปลูกง่าย หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ตัดที่อายุ 45 วัน มีวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใยรวมแล้ว และคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 14.9, 15.9, 1.3, 35.8, 14.5 และ 36.5% ตามลำดับ และเมื่อตัดที่อายุ 60 วัน วัตถุแห้งและเยื่อใยรวมเพิ่มขึ้นและโปรตีนลดลง เท่ากับ 18.3, 42.6 และ 12.6% ตามลำดับ (ไกรลาส, 2554) ขณะที่ Khiaotong (2011) รายงานว่า หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่อายุ 45-60 วัน มีโปรตีน 10-12% ถึงแม้ว่าในโคเนื้อพื้นเมืองไทยเพศเมียที่ได้รับกระถินหมักเสริมสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการเจริญเติบโตได้ดีกว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมัก แต่การเสริมหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักให้โคเนื้อเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แหล่งอาหารสัตว์ในท้องถิ่นและลดต้นทุนด้านอาหารชั้นได้ (อนุสรณ์ และคณะ, 2558)



ภาพที่ 2.1: หญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum* cv. Pakchong1)
ที่มา: ผู้แต่ง (2564)

หญ้าหวาน (Sweet grass; *Pennisetum purpureum* cv. Mahasarakham) จัดอยู่ในวงศ์หญ้าเนเปียร์แคระ (dwarf napier) มีลักษณะการเจริญเติบโตคล้ายหญ้าเนเปียร์ (จักรพงษ์ และคณะ, 2561) มีสัดส่วนของใบต่อลำต้น (leaf to stem ratio) สูงที่อายุการเก็บเกี่ยว 42 วัน (Mapato and Wanapat, 2016) หรือ 1.4 -1.6 ที่อายุการตัด 45 และ 60 วัน (เชาวฤทธิ์ และเมธา, 2560) หญ้าหวานมีโปรตีน 14.7% ที่อายุการตัด 45 วัน (Mapato and Wanapat, 2018) โดยอายุการตัดมีอิทธิพลต่อผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการ หญ้าหวานที่มีอายุมาก (การตัดที่ 8-10 สัปดาห์) โปรตีนจะลดลงและมีเยื่อใยเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเจริญและพัฒนาขนาดและความยาวของลำต้น ข้อ ปล้อง และใบที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตในเชิงปริมาณ ในขณะที่หญ้าหวานที่มีอายุน้อย (การตัดที่ 4-6 สัปดาห์) นั้นส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตในเชิงคุณภาพ (จักรพงษ์ และคณะ, 2561)



ภาพที่ 2.2: หญ้าหวาน (Sweet grass; *Pennisetum purpureum* cv. Mahasarakham)
ที่มา: ผู้แต่ง (2564)

กล้วยตานี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Musa balbisiana* Colla (genome BB) “Kluai Tani” (ภาพที่ 2.3) เป็นกล้วยชนิดหนึ่งซึ่งมีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีลำต้นเทียมสูงใหญ่ ก้านใหญ่ ใบใหญ่ ผลป้อมขนาดใหญ่มีเหลี่ยมชัดเจน เนื้อมีรสหวาน หน่อของต้นกล้วยที่แทงออกมามากเกินไป จำเป็น สามารถนำไปประกอบอาหารได้ (สำนักงานเกษตรอำเภอสุวรรณคโลก, 2564) จังหวัดสระแก้วมี เนื้อที่ปลูกและเนื้อที่ให้ผล (ไร่) กล้วยตานีมากเป็นอันดับ 4 ของประเทศรองจากจังหวัดสุโขทัย บุรีรัมย์ สุราษฎร์ธานี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) ผลผลิตหลักของกล้วยตานี คือ ใบตอง จากการรายงาน ของสำนักงานเกษตรอำเภอสุวรรณคโลก จังหวัดสุโขทัย พบว่ากล้วยตานีมีผลผลิตรวมทั้งปี 14,800 ใบ/เดือน ผลผลิต (ใบตอง) ที่ตำบลคลองกระจงส่งตลาดทั้งในประเทศ (ในจังหวัดและนอกจังหวัด) และ ต่างประเทศ (อเมริกา, ยุโรป, ไต้หวัน, ฮองกง) เป็นมูลค่า 180,000 - 360,000 บาท/วัน ผลผลิตปลีกล้วยประมาณเดือนละ 83 ต้นๆ ละ 2,000 บาท มูลค่า 166,000 บาท/เดือน ผลกล้วยอ่อน ประมาณ เดือนละ 300 ต้นๆ ละ 5,000 บาท มูลค่า 1,500,000 บาท/เดือน และมีการทำเชือกกล้วยเป็นรายได้ เสริม จำหน่ายกก.ละ 8 บาท (สำนักงานเกษตรอำเภอสุวรรณคโลก, 2564)



ภาพที่ 2.3: กล้วยตานี (*Musa balbisiana* Colla)
ที่มา: ผู้วิจัย (2564)

กล้วยหิน ชื่อวิทยาศาสตร์ *Musa sapientum* L. Var. *Sapientum* O. Ktze (ABB group) “Kluai Hin” (ภาพที่ 2.4) เป็นกล้วยลูกผสม มีโครโมโซม triploid (3n) เป็นพืชท้องถิ่นและพืชเศรษฐกิจสำคัญของจังหวัดยะลา (จิตรานูช, 2561) และปลูกมากในภาคใต้แต่ปัจจุบันประสบปัญหาการระบาดของโรคเหี่ยว ทำให้เครือกล้วยมีลักษณะแคระแกร็น ผลลีบ ปลายหวีแห้งดำ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563) อย่างไรก็ตาม กล้วยหินเจริญและแตกกอเร็ว ปลูกครั้งเดียวเก็บเกี่ยวได้นาน มีลำต้นเทียมสูง ก้านและใบใหญ่ ขนาดผลใหญ่ เป็นรูปห้าเหลี่ยมเปลือกหนาใช้เป็นอาหารคนและนก (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2563) จากรายงานปีเพาะปลูก 2561 ของประเทศพบว่า มีเนื้อที่ปลูกทั้งสิ้น 4,146 ไร่ พื้นที่ปลูก 8 จังหวัด ผลผลิตรวม 660,850 กก. ผลผลิตต่อไร่ 217 กก. ราคาขายได้ต่อกก. 18.42 บาท (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2562) นอกจากหัวปลี ใบ กาบ ลำต้นกล้วยหินจะนำมาใช้ประโยชน์ได้แล้ว ยังแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น (เช่น กล้วยกรอบรสชาติต่างๆ) เป็นสินค้าส่งออกไปประเทศจีน มาเลเซีย และเกาหลีใต้ (กลุ่มคัลสเตอร์กล้วยหิน, 2559 อ้างโดย จิตรานูช (2561))



ภาพที่ 2.4: กล้วยหิน (*Musa sapientum* L. Var. *Sapientum* O. Ktze)

ที่มา: ผู้วิจัย (2564)

กล้วยน้ำไท *Musa* (AA group) "Kluai Nam Thai" (ภาพที่ 2.5) พบได้ในภาคกลาง มีลำต้นเทียมสูงประมาณ 2.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นเทียมมากกว่า 15 เซนติเมตร กาบลำต้นเทียมด้านนอกมีประสีดำ ที่โคนมีสีชมพูอมแดง ใบใหญ่ ก้านใบตั้ง มีร่องกว้าง ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างยาว (ศูนย์รวบรวมสายพันธุ์กล้วยเฉลิมพระเกียรติจังหวัดกำแพงเพชร, 2558) ปลายผลมีจุก รูปร่างของผลเรียวยาวและยาวเป็น 2 เท่าของความกว้าง แต่น้ำหนักผลน้อยกว่ากล้วยหิน ก้านเกสรตัวเมียติด เปลือกหนา ปลีรูปร่างเรียวยาว ปลายแหลม (นลิน และสมคิด, 2559) อย่างไรก็ตาม การส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากกล้วยน้ำไทยังไม่แพร่หลาย ทำให้การใช้ประโยชน์และข้อมูลมีจำกัด



ภาพที่ 2.5: กล้วยน้ำไท (*Musa* (AA group))

ที่มา: ผู้วิจัย (2564)

กล้วยเทพรส ชื่อวิทยาศาสตร์ *Musa* (ABBB Group) ‘Kluai Thep Parod’ (ภาพที่ 2.6) อยู่ในสกุล *MUSA* และ *ENSETE* อยู่ในวงศ์ *MUSACEAE* มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทย เป็นกล้วยพันธุ์ไทยแท้ (กรมวิชาการเกษตร, 2561) และมีปลูกทุกภาคของประเทศ เป็นพืชล้มลุกอายุหลายปี ลำต้นเทียมที่อยู่เหนือดินสูงประมาณ 3.5-4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร มีประดำประปราย มีไข่มาก ทุกส่วนมียาง ใบเดี่ยว เรียงเวียนซ้อนกันที่ปลายยอด ดอกออกเป็นช่อที่ปลายยอด ผลมีรสชาติจะหวานปนเปรี้ยวและมีขนาดใหญ่ ยาวถึง 20 เซนติเมตร ออกดอกและติดผลได้ตลอดปี ขยายพันธุ์โดยการแยกหน่อ (ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์, 2563) สมคิด และสุปรีณา (2561) รายงานถึง คุณค่าทางโภชนาะของใบกล้วยเทพรสมีโปรตีน 11.25%, เยื่อใย 27.26%, พลังงานรวม 4,786.19 แคลอรี/กรัม, คอโคเคนซ์แทนนิน 174.6 มิลลิกรัมคาเทชิน/มิลลิลิตร, ไฮโดรไลซ์แทนนิน 57.74 มิลลิกรัมแกลโลแทนนิน/มิลลิลิตร และสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 45.40 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/มิลลิลิตร มากที่สุด รองลงมา คือ ปลีและลำต้นเทียม ตามลำดับ สามารถนำไปเป็นวัตถุดิบหนึ่งในอาหารสัตว์ได้ การเสริมคอโคเคนซ์แทนนินที่ได้จากใบกล้วยเทพรสแห้งลงในอาหารแพะเนื้อลูกผสมพื้นเมืองและแองโกลนูเบียนที่ระดับ 40 และ 80 กรัม/ตัว/วัน พบว่าให้ผลคล้ายกับการฉีด Ivermectin โดยช่วยลดจำนวนไข่พยาธิที่ขับออกมาในมูลแพะได้ (สุปรีณา และสมคิด, 2562)



ภาพที่ 2.6: กล้วยเทพรส (*Musa* (ABBB Group))

ที่มา: ผู้วิจัย (2564)

จากข้อมูลข้างต้น การใช้ประโยชน์สิ่งเหลือทิ้งทางการเกษตรจากกล้วยเป็นแหล่งอาหารทางเลือกสำหรับอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องในรูปอาหารหยาบหมักที่มีกษัตริ์แคลนหญาสในฤดูแล้งนั้นจึงมีความสนใจ ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงศึกษาการใช้ประโยชน์สิ่งเหลือทิ้งจากการเกษตรจากกล้วย 4 พันธุ์ที่มีคุณค่าทางโภชนา ปริมาณผลผลิตมากพอต่อการนำไปใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบหมักร่วมกับชนิดของหญ้าสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยศึกษาเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และผลผลิตจากกระบวนการหมัก ในสูตรอาหารหยาบหมักที่มีคุณภาพเหมาะสมก่อนนำไปเลี้ยงสัตว์ได้อย่างเต็มศักยภาพ เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้สู่การนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงแก่เกษตรกรในชุมชนของจังหวัดสระแก้ว

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1. การเตรียมหญ้าและกล้วยสำหรับหมัก

หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (*Pennisetum purpureum* cv. Pakchong1) เป็นลูกผสมระหว่างหญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) กับหญ้าไข่มุก (*Pennisetum americanum*) และหญ้าหวานสารคาม (*Pennisetum purpureum* cv. Mahasarakham) ปลูกภายในฟาร์มคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว (ดังภาพที่ 3.1 และ 3.2) ดินจัดอยู่ในชุดดินสระแก้ว (Sakao series: Ska) มีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย ระยะปลูก 1*1 เมตร ใส่ปุ๋ยคอก 0.5 ลิตรต่อต้นหลังปลูกและใส่ปุ๋ย 1 ครั้ง ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่หลังปลูก และใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่หลังการตัดทุกครั้ง ให้น้ำทุก 7 วันในช่วงหน้าแล้ง ตัดหญ้าที่แปลงที่ระยะความสูง 5 เซนติเมตร จากผิวดินนับเป็นวันที่ 0 และเก็บเกี่ยวหญ้าทั้ง 2 ชนิดที่อายุ 45 วัน (ดังภาพที่ 3.3 และ 3.4)



ภาพที่ 3.1 แปลงหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ภายในฟาร์มคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว

ที่มา: ผู้วิจัย (2564)



ภาพที่ 3.2 แปลงหญ้าหวานสารคามภายในฟาร์มคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว

ที่มา: ผู้วิจัย (2564)



ภาพที่ 3.3 หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 อายุการตัด 45 วัน

ที่มา: ผู้วิจัย (2564)



ภาพที่ 3.4 หน้้าหวานสารคามอายุการตัด 45 วัน
ที่มา: ผู้วิจัย (2564)

ต้นกล้วยจำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์ตานี หิน น้ำไท และเพชร) ที่ใช้ในการวิจัย ปลูกรวบรวมไว้ในแปลงรวบรวมพันธุ์กล้วย ฟาร์มตัวอย่าง มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว นำส่วนของก้านรวมใบของกล้วยทั้ง 4 พันธุ์ (สัดส่วนก้านรวมใบ 1:1) และหน้้าทั้ง 2 ชนิด (หน้้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหน้้าหวาน) มาสับให้มีขนาด 2-3 เซนติเมตร โดยนำชิ้นส่วนพืชหลังการสับมาหมักรวมกันในอัตราส่วนตามแผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ 2x5 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 10 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 4 ซ้ำ มีปัจจัยหน้้า 2 ระดับ (หน้้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหน้้าหวาน) ปัจจัยกล้วย 5 ระดับ (ควบคุม, กล้วยตานี, กล้วยหิน, กล้วยน้ำไท และกล้วยเพชร) (ดังตารางที่ 1)

ผสมคลุกเคล้าหน้้าทั้ง 2 ชนิดและกล้วย 4 สายพันธุ์ ในแต่ละกลุ่มการทดลองตามสัดส่วนให้เข้ากัน แล้วบรรจุหน้้าที่คลุกเคล้ารวมกับกล้วยสับแล้วรวมถุงละ 15 กิโลกรัม ลงในถุงสำหรับทำหน้้าหมัก 2 ชั้น ชั้นนอกเป็นถุงใยสังเคราะห์ ชั้นในเป็นถุงพลาสติกชนิดหนาพิเศษสำหรับทำหน้้าหมักสีเทาขนาด 24 x 44 นิ้ว ใช้เครื่องปั๊มดูดอากาศภายนอกให้มากที่สุด ใช้เชือกมัดปากถุงชั้นในและถุงชั้นนอกให้แน่น หมักไว้เป็นระยะเวลา 21 วัน (ในสภาพอุณหภูมิห้อง) เมื่อครบกำหนด สุ่มตัวอย่างจากทุกถุงๆ ละ 4 จุดคือส่วนบน กลาง ข้าง และล่าง นำตัวอย่างที่สุ่มได้จากถุงเดียวกันมาผสมรวมกันเพื่อนำไปประเมินการให้คะแนนลักษณะทางกายภาพ วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และผลผลิตจากกระบวนการหมักของแต่ละกลุ่มการทดลอง

ตารางที่ 3.1 สัดส่วนของหญ้าและกล้วยที่ใช้ทำพืชอาหารหยาบหมักทดลอง (%)

กลุ่มทดลอง	สัดส่วนของหญ้าและกล้วยที่ใช้ทำพืชอาหารหยาบหมักทดลอง (%)
กลุ่มที่ 1	หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมัก (100)
กลุ่มที่ 2	หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (80) หมักร่วมกับกล้วยตานี (20)
กลุ่มที่ 3	หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (80) หมักร่วมกับกล้วยหิน (20)
กลุ่มที่ 4	หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (80) หมักร่วมกับกล้วยน้ำไท (20)
กลุ่มที่ 5	หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (80) หมักร่วมกับกล้วยเทพรส (20)
กลุ่มที่ 6	หญ้าหวานหมัก (100)
กลุ่มที่ 7	หญ้าหวาน (80) หมักร่วมกับกล้วยตานี (20)
กลุ่มที่ 8	หญ้าหวาน (80) หมักร่วมกับกล้วยหิน (20)
กลุ่มที่ 9	หญ้าหวาน (80) หมักร่วมกับกล้วยน้ำไท (20)
กลุ่มที่ 10	หญ้าหวาน (80) หมักร่วมกับกล้วยเทพรส (20)

3.2 การประเมินคุณภาพพืชหมักทางกายภาพ

โดยให้คะแนนกลิ่น (smell) เนื้อพืชหมัก (texture) สี (color) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามเกณฑ์แบบประเมินคุณภาพพืชหมักทางกายภาพของกองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2547) ค่าความเป็นกรด-ด่าง นำตัวอย่างพืชอาหารหยาบหมักสดปริมาณ 100 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำไปปั่นในโถปั่น (blender jar) นาน 1 นาที นำส่วนของเหลวไปวัดความค่าความเป็นกรด-ด่างทันทีด้วยเครื่อง pH meter (PH-009(I) (Pen type pH Meter)

3.3 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพด้วยการวัดค่าสี

วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสีระบบสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ Hunter Lab-UltraScan VIS (USVIS2329, USA) วัดตัวอย่างหญ้าและกล้วยก่อนและหลังหมัก (ตัวอย่างหญ้าและกล้วยก่อนและหลังหมักมีลักษณะแห้ง โดยผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และนำตัวอย่างมาทำการบดด้วยเครื่องบดผ่านตะแกรงขนาด 1.0 มิลลิลิตร ก่อนวัดค่าสี) แสดงค่าสีในระบบ CIE ค่า L* หรือความสว่าง (lightness) (0 = สีดำ, 100 = สีขาว), ค่า a* (+a = สีแดง, -a = สีเขียว), ค่า b* (+b = สีเหลือง, -b = สีนํ้าเงิน), ค่า C* ความเข้มของสีที่ปรากฏ และ H⁰ เข้าใกล้ 0 องศา หมายถึง วัดจะอยู่ในกลุ่มสีแดง ค่า H⁰ เข้าใกล้ 90 องศา หมายถึง วัดจะอยู่ในกลุ่มสีเหลือง ค่า H⁰ เข้าใกล้ 180 องศา หมายถึง วัดจะอยู่ในกลุ่มสีเขียว ค่า H⁰ เข้าใกล้ 270 องศา หมายถึง วัดจะอยู่ในกลุ่มสีนํ้าเงิน (ข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพด้วยการวัดค่าสีนี้เพื่อเปรียบเทียบความสอดคล้องกับผลของลักษณะปรากฏที่สังเกตด้วยตาเปล่าจากการให้คะแนน)

3.4 องค์ประกอบทางเคมี ผลผลิตของกระบวนการหมัก และปริมาณของ Lactic acid bacteria ในพืชอาหารหยาดหมัก

3.4.1 สุ่มตัวอย่างสดของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวาน และกล้วย (พันธุ์ตานี หิน น้ำไท และเทพรส (ลำต้นเทียมรวมกับส่วนก้านรวมใบ ใช้สัดส่วนลำต้นเทียมต่อก้านรวมใบ 1:1)) ก่อนการหมัก นำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำตัวอย่างมาทำการบดด้วยเครื่องบดผ่านตะแกรงขนาด 1.0 มิลลิเมตร แล้วนำตัวอย่างที่ได้เก็บไว้ 4°C ในภาชนะที่ปิดสนิท เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี โดยการใช้วิธีการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) (AOAC, 1990) ซึ่งวิเคราะห์วัตถุแห้ง (dry matter, DM) โดยเครื่อง Hot air oven ที่อุณหภูมิ 100±5°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง, เถ้า (ash) โดยการเผาด้วยเครื่อง Furnance (CARBOLITE CWF 11/23 Hope Valley, England) ที่อุณหภูมิ 550°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง, โปรตีนหยาด (crude protein, CP) โดยเครื่อง Kjeltac auto analyzer ตามวิธีการของ Kjeldahl method, ไขมัน (ether extract, EE) โดยเครื่อง Soxhlet auto analyzer, ส่วนเยื่อใยหยาด (crude fiber, CF) และการวิเคราะห์เยื่อใยโดย Detergent analysis (Van Soest et al., 1991) ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในดีเทอเจนท์ที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในดีเทอเจนท์ที่เป็นกรด (acid detergent fiber, ADF) และ acid detergent lignin (ADL) โดยเครื่อง Fibertec auto analyzer

3.4.2 สุ่มตัวอย่างหญ้าและกล้วยสับที่หมักแล้ว 21 วัน ในแต่ละกลุ่มทดลองที่ตำแหน่งบนกลาง ด้านข้างและล่าง มาผสมรวมกัน (pool) และทำการสุ่มตัวอย่างปริมาณ 1,000 กรัม ไปอบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 48 ชม. เพื่อนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี โดยวิธีการวิเคราะห์แบบ Proximate analysis (AOAC, 1990) และวิเคราะห์เยื่อใยโดย Detergent analysis (Van Soest et al., 1991) ตามวิธีการในข้อ 3.4.1

3.4.3 วิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (กรดอะซิติก (C₂) กรดโพรพิโอนิก (C₃) กรดบิวทีริก (C₄) กรดวาเลอิก (Valeric acid (C₅)) และกรดแลคติก (lactic acid) (ขั้นตอนการวิเคราะห์ตรวจวัดหาปริมาณกรดไขมันระเหยได้ดัดแปลงตามวิธีการของ Bureenok et al. (2006) ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างหญ้าหมักร่วมกับกล้วยในถุงประมาณ 20 กรัมสด ลงในโถปั่น เติมน้ำกลั่น 70 มิลลิเมตร ใส่ลงในโถปั่น ปั่นเป็นเวลา 4 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมงจากนั้นกรองตัวอย่างผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้น นำของเหลวที่กรองได้ไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที 5 นาทีที่อุณหภูมิ 4°C โดยดูดส่วนใสด้านบนมาใส่ในขวด Vial สีชา และนำตัวอย่างในขวด Vial ไปฉีดด้วยเครื่อง Gas chromatograph (GC) (Nexis GC-2030: SHIMADZU, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan) equipped with a capillary column (molecular sieve 13X, 30/60 mesh, Alltech Associates Inc., Deerfield, IL, USA), column temperature 190°C; flow rate 1.80ml/min.

3.4.4 และวิเคราะห์หาแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Chen et al., 1994)

ซั่งตัวอย่างหญ้าหมัก 5 กรัม ใส่ฟลาสค์และเติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันใช้ เวลา 10 นาที จากนั้นกรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น ปริมาตร 30 มิลลิลิตร 3 ครั้ง จากนั้นถ่ายน้ำตัวอย่างที่กรองได้ลงหลอดกลั่น เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตร และแมกนีเซียมออกไซด์ 5 กรัม นำไปกลั่นโดยใช้เครื่องกลั่นแบบเดียวกับที่ใช้วิเคราะห์ หาไนโตรเจน โดยใช้ Boric acid 4% เป็นตัวจับแอมโมเนีย (หยดเมทิลเรด 2-3 หยดลงใน Boric acid 4% ปริมาตร 25 มิลลิลิตร) จากนั้นนำสารละลายที่ได้จากการกลั่นมาไตเตรทด้วยสารละลายกรด มาตรฐาน (Std. HCl 0.01 N) เพื่อหาปริมาณสารละลายกรดมาตรฐานที่ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนีย

3.4.5 วิเคราะห์ปริมาณ Lactic acid bacteria ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (THAI INDUSTRIAL STANDARD; มอก. 2239-2548; ISO 15214:1998 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of mesophilic lactic acid bacteria-Colony count technique at 30°C) จุลชีววิทยาของอาหารและอาหารสัตว์-วิธีตรวจนับ mesophilic lactic acid bacteria โดยเทคนิคการนับจำนวนโคโลนีที่อุณหภูมิ 30°C โดยเฉพาะเชื้อใน อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS Agar ที่มีค่า pH 5.7 นาน โดยเทคนิค poured plate หรือ spread plate โดยใช้ปริมาณตัวอย่างที่แน่นอน นำไปบ่มเพาะที่อุณหภูมิ 30°C นาน 72 ชั่วโมง จากนั้นคำนวณจำนวนเชื้อ ของ mesophilic lactic acid bacteria ต่อตัวอย่าง 1 กรัมหรือ 1 มิลลิลิตร

3.4.6 การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar) นำหญ้าหมักที่ผ่านความร้อนที่ 60°C จนแห้งมาบดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 60 mesh ซั่งตัวอย่าง 1 กรัม โดยจดน้ำหนักที่แน่นอน เติมน้ำปริมาตร 30 มิลลิลิตร แล้วบ่ม water bath ที่อุณหภูมิ 90°C เป็น เวลา 30 นาที จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร และปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 10000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 นำส่วนใสที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณ น้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี Somogyi-Nelson (Somogyi, 1952) และวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดด้วยวิธี Phenol-sulfuric acid method (AOAC, 1990) โดยใช้กราฟมาตรฐานน้ำตาลกลูโคสในการคำนวณ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) ของข้อมูลที่ได้ หากผลมีความ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มการ ทดลองโดยใช้ Duncan's new multiple-range test ด้วยโปรแกรม R (2019) ที่ระดับความ เชื่อมันร้อยละ 95

3.6 สถานที่ทำการวิจัย

อาคารวิจัยการเกษตรและเทคโนโลยี และฟาร์มคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวาน และกล้วย 4 สายพันธุ์ ที่ใช้ ในการทดลอง (ก่อนทำการหมัก)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวาน พบว่า มีองค์ประกอบทางเคมี เช่น วัตถุแห้ง ไขมัน เยื่อใย และค่าสีใกล้เคียงกันดังแสดงในตารางที่ 4.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากัน แต่จะเห็นได้ว่า อินทรีย์วัตถุและโปรตีนในหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 สูงกว่าหญ้าหวาน คือ 83.88 และ 80.22%, 14.10 และ 10.36% ตามลำดับ และหญ้าหวานมีปริมาณเถ้าสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่อายุการตัด 45 วันเท่ากัน คือ 19.78 และ 16.12% ตามลำดับ ส่วนค่าสีหญ้าทั้ง 2 ชนิด ค่า H^0 เข้าใกล้ 180 คือมีโทนสีเขียว ค่า a^* มีค่าเป็นลบอยู่ในกลุ่มช่วงสีเขียว และค่า b^* มีค่าเป็นบวกอยู่ในกลุ่มช่วงสีเหลือง และค่า C^* พบว่ามีทิศทางของสีเขียวเหลืองชัดเจน

องค์ประกอบทางเคมีของกล้วย (สัดส่วนกันรวมใบ 1:1) ทั้ง 4 สายพันธุ์ พบว่า กล้วยหิโนมีความชื้นสูงที่สุด รองลงมา คือ กล้วยเทพรส น้ำไท และตานี ปริมาณวัตถุแห้งของหญ้าเนเปียร์ หญ้าหวาน และกล้วยทั้ง 4 พันธุ์ เท่ากับ 12.89, 13.35, 23.10, 16.53, 21.99 และ 20.58% ตามลำดับ (ดังตารางที่ 4.1) ความชื้นของพืชที่เหมาะสมกับการทำหญ้าหมักควรอยู่ระหว่าง 65-70% และควรมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งอยู่ระหว่าง 25-35% เนื่องจากชิ้นส่วนพืชที่มีความชื้นสูงเกินไปจะส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่สร้างกรดบิวทีริก (butyric acid (C_4) ทำให้พืชหมักมีกลิ่นเหม็น (McDonald, 1981) ปริมาณอินทรีย์วัตถุและเถ้าของกล้วยตานีและเทพรสใกล้เคียงกันและมีปริมาณมากกว่ากล้วยหิโนและน้ำไท โปรตีน ไขมัน และเยื่อใยอยู่ในช่วง 9.04-9.80%, 3.08-5.51% และ 21.59-23.65% ตามลำดับ จากปริมาณเยื่อใยนี้ทำให้ก้านรวมใบกล้วยทั้ง 4 พันธุ์มีคุณสมบัติเป็นแหล่งอาหารหยาบ ซึ่งเป็นอาหารหลักสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยอาหารที่มีเยื่อใยเป็นส่วนประกอบอยู่เกินกว่าร้อยละ 18 ของน้ำหนักแห้ง จะอยู่ในกลุ่มอาหารหยาบ (วิศิษฐ์พร, 2542)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าสี (KONICA MINOLTA, Japan) ระบบ International Commission on Illumination (CIE) ที่ใกล้เคียงกัน โดยกล้วยทั้ง 4 พันธุ์มีสีโทนไปทางเหลืองเขียว โดยเฉพาะกล้วยตานีและหิโน ขณะที่กล้วยน้ำไทและเทพรสมีค่า H^0 เข้าใกล้ 90 คือมีโทนสีเหลือง สอดคล้องกับผลที่สังเกตด้วยตาเปล่า กล้วยพันธุ์ตานีมีค่า a^* น้อยที่สุดและ ค่า b^* และ C^* สูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าก้านรวมใบของพันธุ์ตานีจะมีแนวโน้มของสีไปทางสีเหลือง สอดคล้องกับลักษณะปรากฏที่สังเกตด้วยตาเปล่าเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยทั้ง 3 พันธุ์ดังแสดงในตารางที่ 4.1

องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวาน และกล้วย 4 สายพันธุ์ ที่ใช้ในการทดลอง (หลังทำการหมัก)

ลักษณะทางกายภาพของหญ้าเนเปียร์และหญ้าหวานหมักร่วมกับกล้วยพันธุ์ตานี หิน น้ำไท และเทพรส (ตารางที่ 4.3) โดยให้คะแนนตามเกณฑ์แบบประเมินอาหารหมักทางกายภาพของกองอาหารสัตว์กรมปศุสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2547) พบว่ากลิ่น สีที่ปรากฏและคุณภาพเกิดจากอิทธิพลร่วมของหญ้าและพันธุ์กล้วย กลิ่นในพืชหมักในกลุ่มที่ 2, 3, 4, 7 และ 8 มีกลิ่นหอมคล้ายผลไม้ดอง หรือน้ำสมสายชู โดยกลุ่มที่มีการใช้กล้วยเทพรสหมักร่วมกับหญ้าพบว่าทำให้กลิ่นของพืชหมักมีกลิ่นฉุนมาก และเหม็นเล็กน้อยทำให้ระดับคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกับการใช้หญ้าหมักเพียงชนิดเดียวที่พบว่ากลิ่นของพืชหมักไม่หอมและมีกลิ่นฉุนเล็กน้อย ซึ่งพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของกลิ่นพืชหมักในกลุ่มที่ใช้หญ้าหมักเพียงชนิดเดียวและกลุ่มที่มีกล้วยตานีและหินหมักร่วมด้วย ไม่พบเนื้อหญ้าหมักเนเปียร์ปากช่อง 1, หญ้าหวาน และหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าหวานหมักร่วมกันกับกล้วยทั้ง 4 สายพันธุ์ มีอิทธิพลร่วมกัน เนื้อพืชหมักทุกกลุ่มการทดลองได้คะแนนเท่ากับ 4 (เนื้อแน่น มีส่วนใบและลำต้นที่ยังคงสภาพเดิมและไม่มีสิ่งเจือปน) ซึ่งไม่พบลักษณะไม่พึงประสงค์ เช่น ส่วนใบและลำต้นพืชที่หมักมีความเปียกเยิ้ม ลื่นเป็นเมือก หรือมีสิ่งเจือปน

แม้จะมีเพียงกลุ่มที่ 1, 5, 6, 8 และ 10 จาก 10 กลุ่มทดลองที่มีค่า pH เป็นไปตามมาตรฐานทางเคมีของพืชหมักของกองอาหารสัตว์ที่ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 3.5-4.2 (กรมปศุสัตว์, 2547; เกียรติศักดิ์ และคณะ 2548) สอดคล้องกับ McDonald et al. (1991) รายงานว่า pH ของพืชหมักที่มีคุณภาพดีอยู่ระหว่าง 3.8-4.2 แต่เมื่อประเมินจากคะแนนคุณภาพโดยรวมจากคะแนนของคุณลักษณะทางกลิ่น เนื้อพืชหมัก สีและ ค่า pH พบว่า อยู่ในช่วงเกณฑ์ ดี (กลุ่มที่ 1, 5, 6 และ 9) ถึง ดีมาก (กลุ่มที่ 2, 3, 4, 7 และ 8) โดยพบว่ากลุ่มที่ 10 ที่มีการใช้กล้วยเทพรสในการหมักร่วมกับหญ้าหวานมีคะแนนคุณภาพโดยรวมต่ำที่สุด สภาวะของ pH ในพืชอาหารหยาบหมักนั้นต่างกัน อาจเนื่องจากความหลากหลายและจำนวนของแบคทีเรียอิงอาศัยเริ่มต้นหรือราชนิดที่ใช้ออกซิเจนที่ติดมากับพืช ชนิดพืชอาหารสัตว์ หรือส่วนผสมอื่นที่นำมาหมักร่วมด้วย ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในแต่ละกลุ่ม แบคทีเรียที่สร้างกรดจะเจริญได้ดีในสภาพที่เป็นกรด (ค่า pH ต่ำ) (Kongbangkerd, 2003) กระบวนการหมักที่ดีจะต้องอยู่ในสภาพไร้อากาศเพื่อให้สามารถเก็บรักษาพืชอาหารหยาบหมักในสภาพดีและมีลักษณะเหมาะสม เก็บไว้ได้นาน ทั้งนี้ที่กระบวนการหมักเริ่มขึ้น LAB เป็นแบคทีเรียซึ่งติดอยู่กับผิวนอกของพืชสดในปริมาณมาก จะแบ่งตัวอย่างรวดเร็วและทำหน้าที่เปลี่ยน WSC ให้กลายเป็นกรดอินทรีย์ ส่วนใหญ่คือ lactic acid การสะสม lactic acid นี้มีผลให้ค่า pH ลดต่ำลง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้การทำงานของจุลินทรีย์ เช่น ยีสต์ รา ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้พืชหมักเน่าเสียหยุดทำงานลง (Woolford, 1990) โดยสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic bacteria) ในกระบวนการหมัก เช่น *Lactobacilli* และ *Sterptococci* ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาลตั้งต้นและค่า pH

ประมาณ 4.2 หรือน้อยกว่า ซึ่งพืชอาหารหยาบหมักทุกกลุ่มมีค่า pH ต่ำกว่า 4.2 โดยอยู่ระหว่าง 2.98-3.95

คะแนนสีพืชหมักกลุ่มที่ 1, 2, 3, 5, 6 และ 10 มีคะแนนสูงสุด โดยมีสีเหลืองอมเขียว (olive yellow) กลุ่มที่ 7, 8 และ 9 มีคะแนนสีรองลงมา โดยพบว่า มีสีเขียวอมเหลืองหรือเขียวเข้ม (olive) (ภาพที่ 4.1) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสี H^0 ระหว่างก่อนและหลังทำการหมัก พบว่า ค่าสีหลังทำการหมักทั้ง 10 กลุ่มมีแนวโน้มลดลง โดยภาพรวม พืชหมักทุกกลุ่มมีโทนสีเหลือง (ค่า H^0 เข้าใกล้ 90) สอดคล้องกับคะแนนสีที่สังเกตด้วยตาเปล่า โดยกลุ่มที่ใช้หญ้าเนเปียร์หมักเพียงอย่างเดียว มีค่า H^0 สูงที่สุดและน้อยที่สุด คือ 80.26 และ 80.22 ในกลุ่มที่ 4 และ 5 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มที่ 2, 3, 6, 7, 8, 9 และ 10 มีค่าอยู่ในช่วง 80.86-83.24 (ตารางที่ 4.3) แสดงว่าการหมักมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี โดยเฉพาะเมื่อใช้กล้วยหินและน้ำไทในการหมักร่วมกับหญ้า ทำให้สีของหญ้าหมักทั้ง 2 ชนิดมีค่า L^* แสดงค่าความสว่างของพืชหมักมีแนวโน้มสีคล้ำขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแปรผันตามพันธุ์กล้วย เมื่อใช้กล้วยเพชร สอดคล้องกับสีของพืชหมักจะมีสีคล้ำขึ้นตามสีของกล้วยเพชรก่อนหมัก (ตารางที่ 4.1) ค่า a^* มีแนวโน้มของสีแดงมากขึ้น (เขียวลดลง) ค่า b^* เป็นสีเหลืองมากขึ้นในกลุ่มที่มีการใช้กล้วยหินหมักร่วมด้วย และค่า C^* มีแนวโน้มแปรผันตรงกับกลุ่มที่มีการหมักร่วมด้วยกับกล้วยหินมากที่สุด สอดคล้องกับลักษณะปรากฏที่สังเกตด้วยตาเปล่า สีของพืชหมักจะมีสีเหลืองชัดเจน สอดคล้องกับค่า H^0 เข้าใกล้ 90 ซึ่งกลุ่มทดลองอยู่ในกลุ่มสีเหลือง ค่า a^* มีค่าเป็นบวกอยู่ในกลุ่มช่วงสีแดง ค่า a^* แนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกกลุ่มที่มีการใช้กล้วยหมักร่วมด้วย ยกเว้นกลุ่มหญ้าหวานที่หมักร่วมกับกล้วยน้ำไท การหายใจของเซลล์พืชจะยังคงเกิดขึ้นในช่วงแรกของการหมัก ซึ่งจะเกิดกระบวนการใช้ออกซิเจนและคาร์โบไฮเดรต เกิดการถ่ายเทคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและความร้อน เมื่อเกิดกระบวนการดังกล่าวจะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น สอดคล้องกับ Adesogan and Newman (2014) ในระหว่างกระบวนการหมัก อาจเกิดความร้อนทำให้อุณหภูมิในถังหมักสูงขึ้น 15-20°F (หรืออุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น 8.3 - 11.1°C) และมีรายงานในประเทศไทยว่า อุณหภูมิภายในถังหมักอาจสูงถึง 45°C หรือมากกว่านี้ ในช่วงแรกของการหมัก (เสมอใจ และคณะ 2564) ขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศที่มีอยู่ อาจเป็นผลมาจากปฏิกิริยาทางเคมีดังกล่าวที่ทำให้พืชหมักเปลี่ยนสี สอดคล้องกับ นรินทร์และกนกพร (2562) ปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้อาหารเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (browning reaction) ที่เกิดขึ้นได้ระหว่างการให้ความร้อน เช่น การอบอาหารหรือผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) เกิดเป็นสีน้ำตาล กรณีแรก เป็นชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกันกับเอนไซม์ เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับโปรตีนในพืชอาหารหยาบหมัก กรดอะมิโน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่น โดยเมื่อมีความร้อนเร่งปฏิกิริยาหรือในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง จะให้ผลผลิตเป็นสารประกอบหลายชนิดที่ให้สีน้ำตาลและกลิ่นรสต่างๆ ทั้งที่พึงประสงค์และไม่พึงประสงค์ (Rattanapanone, 2006) ทั้งนี้ตัวอย่างหญ้าหมักทุกกลุ่มที่วัดค่าสีจะผ่านความร้อนที่ 60°C จนแห้ง ตามวิธีการที่ระบุไว้ในการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพด้วยการวัดค่าสี ข้อ 3.3 และกรณีที่ 2 มีความเป็นไปได้ที่สีคล้ำหรือความเข้มของสีที่เกิดขึ้นในหญ้าหมักอาจเกิดจาก

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ชนิดที่เกี่ยวกับเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ที่เกิดขึ้นเมื่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ เช่น เปลือกหรือผิวของผลไม้ หรือพืชที่มีสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) เอนไซม์ในกลุ่มฟีนอเลส (phenolase) และออกซิเจน (นิธิยา, 2545) เป็นสารตั้งต้น โดยปริมาณ phenolic compounds คอนเดนซ์แทนนิน (condensed tannin) และไฮโดรไลซ์แทนนิน (hydrolysed tannin) พบได้มากที่สุดในส่วนใบของกล้วยเทพรส รองลงมา คือ ปลี และลำต้น โดยมีสารประกอบฟีนอลอยู่ระหว่าง 13.01-45.40 มิลลิกรัม กรดแกแลกติก/มิลลิลิตร (สมคิด และสุปรินา, 2561) ดังนั้นส่วนหนึ่งของการเกิดสีน้ำตาลเกี่ยวข้องกับเอนไซม์ในบริเวณผิวหน้าของใบหญ้าและก้านรวมใบกล้วยเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ เนื่องจากขั้นตอนการทำพืชอาหารหมักจะต้องสับหญ้าและกล้วยที่นำมาหมักให้เป็นชิ้นให้มีขนาด 2-3 เซนติเมตรก่อน เพื่อช่วยให้สามารถอัดพืชให้แน่นขึ้น เป็นการไล่อากาศได้ง่ายและน้ำตาลถูกปล่อยออกมาเร็วขึ้น ทำให้เอนไซม์ สารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยา และออกซิเจนเข้ามาสัมผัสกันเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน เมื่อสารโมนอฟีนอล (monophenol) ถูกออกซิไดซ์เป็นไดฟีนอล (diphenol) (ทั้ง monophenol และ diphenol ไม่มีสี) จะถูกออกซิไดซ์ต่อเป็น o-quinone และจะได้เป็นสารสีน้ำตาลหลังจาก o-quinone ทำปฏิกิริยาร่วมกับกรดอะมิโนหรือโปรตีน และจะรวมตัวกันเป็นพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลใหญ่และมีสีน้ำตาล เช่น เมลานิน (melanin) (Rattanapanone, 2014) อ้างโดย นรินทร์ (2561)

หญ้าหมักมีความชื้นมากกว่า 70% ทุกกลุ่ม เนื่องจากได้จากพืชตัดสดโดยตรง สับแล้วนำมาหมักทันที วัตถุประสงค์กลุ่มที่ 5 (เนเปียร์ปากช่อง 1 หมักร่วมกับกล้วยเทพรส) มีค่าสูงที่สุด กลุ่มที่ 3, 4, 6, 7, 8, 9 และ 10 มีวัตถุประสงค์มากกว่ากลุ่มที่ 2 และ 1 (หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักเพียงชนิดเดียวที่ให้วัตถุประสงค์น้อยที่สุด) วัตถุประสงค์ของทุกกลุ่มทดลองมีค่าต่ำกว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 อายุ 60 วัน หมักเป็นระยะเวลา 21 วัน (22.14%DM) (Boonkoed et al., 2018) และสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum americanum*) อายุ 45 วัน หมักเป็นระยะเวลา 30 วัน เล็กน้อย (13.27%DM) (ปิตุณาด และพิพัฒน์, 2561) จากการทดลองเห็นได้ว่า กล้วยหิน น้ำไท และเทพรสหมักร่วมกับหญ้าทั้งสองชนิดมีปริมาณวัตถุประสงค์มากกว่าพืชหมักกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.4 ภาคผนวก) โดยวัตถุประสงค์เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 16.04-16.72% แม้จะมีการรายงานว่าการเพิ่มเชื้อเริ่มต้นวัตถุประสงค์ของพืชอาหารสัตว์ที่ได้รับการหมักโดยการเติมเชื้อ *Lactobacillus buchneri* (*L. buchneri*) หรือ *Lactobacillus plantarum* (*L. plantarum*) และการใช้จุลินทรีย์ทั้งสองชนิดร่วมกันนั้นเพิ่มขึ้น (ปิตุณาด และพิพัฒน์, 2561) แต่วัตถุประสงค์ของหญ้าทั้ง 2 ชนิดที่ใช้กล้วยกล้วยเทพรส น้ำไท และหินหมักร่วมด้วยโดยไม่เติมเชื้อใดให้ค่าเฉลี่ยสูงกว่าการศึกษาของปิตุณาด และพิพัฒน์ (2561) และ Yokota et al. (1992) รายงานว่า หญ้าเนเปียร์หมัก (*Pennisetum purpureum* Schum.) ที่มีการเสริมกากน้ำตาล 4% (14.75%DM) แต่ใกล้เคียงกับกลุ่มหญ้าเนเปียร์ปากช่องหมักเพียงชนิดเดียว (Kaewpila et al., 2020) โดยหญ้าเนเปียร์ปากช่องและหญ้าหวานตัดที่ระยะผิวดินหลังการตัดปรับครั้ง

แรก 120 วัน หมักเป็นระยะเวลา 30 วัน (กลุ่มควบคุม) มีวัตถุแห้งสูงกว่า ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มหญ้าหมักที่มีการเติมยูเรีย 5.5 กรัมต่อกก. น้ำหนักสด หรือกรดฟอร์มิก 6 และ 12 กรัมต่อกก. น้ำหนักสด เช่นเดียวกับหญ้าหวานหมักที่เติมเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) 0.1 และ 0.2 กรัมต่อกก. น้ำหนักสด หรือยูเรีย 11 กรัมต่อกก. น้ำหนักสด (Kaewpila et al., 2020) ขณะที่ Comino et al. (2014) ไม่พบว่าการเติมเชื้อ *L. casei* strain LC32909 (1×10^4 CFU/กรัมอาหารสด) ร่วมกับ *L. buchneri* strain LN40177 (1.0×10^5 CFU/กรัมอาหารสด) ในข้าวโพดหมักเป็นระยะเวลา 260 วัน มีผลต่อวัตถุแห้ง อาจเนื่องมาจากกล้วยมีปริมาณวัตถุแห้งสูงกว่าหญ้าทั้งสองชนิด (ตารางที่ 4.1) เมื่อนำมาหมักร่วมกับหญ้าทั้ง 2 ชนิดทำให้วัตถุแห้งสูงขึ้น ดังนั้น การใช้กล้วยมาหมักร่วมกับหญ้าทั้ง 2 ชนิด มีทิศทางที่ทำให้การลดสูญเสียวัตถุแห้งลงเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ใช้

กลุ่มที่ 3 มีอินทรีย์วัตถุมากที่สุด รองลงมาคือ กลุ่มที่ 4 และกลุ่มที่ 5 มีอินทรีย์วัตถุต่ำที่สุด โดยหญ้าทั้ง 2 ชนิดที่หมักร่วมกับกล้วยห็นจะพบว่ามีความอินทรีย์วัตถุสูงมากกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับปริมาณเถ้าที่พบในกลุ่มหญ้าที่มีการหมักร่วมกับกล้วยห็น เมื่อปริมาณเถ้าต่ำ ส่วนของอินทรีย์วัตถุที่สัตว์สามารถใช้ประโยชน์ได้จะเพิ่มขึ้น ปริมาณโปรตีนในทุกกลุ่มมีค่าอยู่ระหว่าง 11.12-12.06% กลุ่มที่ 4 และ 9 มีค่าโปรตีนสูงที่สุดและต่ำที่สุดตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการใช้กล้วยห็นหมักร่วมกับหญ้าทั้ง 2 ชนิดส่งผลให้ค่าเฉลี่ยโปรตีนสูงสุด เช่นเดียวกับค่าเฉลี่ยของอินทรีย์วัตถุ (ตารางที่ 4.4 ภาคผนวก) จากการทดลองพบว่า โปรตีนในหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักลดลงเมื่อเทียบกับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 สด ส่วนโปรตีนในหญ้าหวานหมักเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับหญ้าหวานสด สอดคล้องกับ Kaewpila et al. (2020) ขณะที่การหมักหญ้าร่วมกับพืชวงศ์ถั่วที่มีโปรตีนสูงกว่าหญ้าสามารถเพิ่มระดับโปรตีนในพืชหมักได้ สอดคล้องกับเสมอใจ และคณะ (2554) และ Muhammad et al. (2008) ซึ่งสัมพันธ์กับโปรตีนของกล้วยสดทั้ง 4 พันธุ์อยู่ในช่วง 9.04-9.80% ทำให้เมื่อนำมาหมักร่วมกับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่มีโปรตีนสูงกว่า ระดับโปรตีนในพืชหมักจึงลดต่ำลง

การใช้กล้วยเทพรสหมักร่วมกับหญ้าทั้งสองชนิดมีผลให้ปริมาณไขมันสูงกว่ากลุ่มที่ใช้กล้วยพันธุ์อื่นๆ โดยกลุ่มที่พบว่ามีปริมาณไขมันสูงที่สุดคือ กลุ่มที่ 5 และปริมาณไขมันต่ำสุดในกลุ่มที่ 4 ปริมาณเยื่อใยในกลุ่มที่ 1 สูงที่สุด รองลงมา คือกลุ่มที่ 5 และกลุ่มที่ 10 มีเยื่อใยต่ำที่สุด ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วกลุ่มที่มีการใช้กล้วยเทพรสหมักร่วมกับหญ้าทั้งสองชนิดมีผลให้ปริมาณเยื่อใยต่ำที่สุด และกลุ่มที่ไม่มีการใช้กล้วยหมักร่วมกับหญ้าทั้ง 2 ชนิดเลย พบว่า ให้ค่าเฉลี่ยของปริมาณเยื่อใยสูงที่สุด

ส่วนประกอบของเยื่อใย NDF ของหญ้าเนเปียร์หมักสูงกว่าหญ้าหวานหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวก) กลุ่มที่มีการใช้กล้วยห็นและน้ำไทหมักร่วมกับหญ้าทั้ง 2 ชนิดพบว่า มี NDF มากกว่ากลุ่มที่ไม่มีการใช้กล้วย หรือใช้กล้วยตานีและเทพรสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่ากลุ่มที่ 8 มี NDF สูงที่สุดสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยของ NDF ในกลุ่มที่มีการใช้กล้วยห็นหมักร่วมกับหญ้าทั้ง 2 ชนิดที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ADF พบมากในกลุ่มที่ 6 เช่นเดียวกับ cellulose ส่วนกลุ่มที่มีปริมาณ ADL สูงสุดคือกลุ่มที่ 3 และ 8 และเมื่อพิจารณาปริมาณ ADL ในกลุ่มที่มีกล้วยห็นหมักร่วมกับหญ้าทั้ง 2 ชนิดให้ผล

ในทิศทางเดียวกันเช่นเดียวกับ NDF และพบว่ามีการสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างปัจจัยหญ้าและกล้วยต่อค่า NFC กลุ่มที่ 8 มีค่า hemicellulose สูงที่สุด ซึ่งกลุ่มหญ้าหมักเพียงชนิดเดียวทั้ง 2 กลุ่ม และมีการย่อยทานีหมักร่วมด้วยพบว่ามีการ hemicellulose ต่ำที่สุด ถึงแม้ว่าค่า NDF และ ADF ในพืชหมักจะมีความแปรปรวนเล็กน้อยแต่มีทิศทางที่บ่งชี้ว่ามีความผันแปรตามเปอร์เซ็นต์ของ NDF และ ADF ในกล้วยสด (ก้านรวมใบ) ซึ่งจากการรายงานของ อติชาติ และคณะ (2564) การทดแทนเมล็ดข้าวโพดด้วยฝู่นข้าวโพดที่มีส่วนเปลือกนอกสุด (hull) และส่วนที่ติดกับฝัก (tip cap) ซึ่งมีเยื่อใยสูง ในสูตรอาหารชั้นโคนมที่ระดับ 40% ส่งผลให้ NDF และ ADF มีค่าสูงขึ้นมากกว่าการทดแทนที่ระดับ 0, 10 และ 20% และมีผลให้โปรตีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพืชหมักทุกกลุ่มมีค่า NDF และ ADF อยู่ในช่วง 58.33-63.16% และ 32.82-36.49% ตามลำดับ ใกล้เคียงกับ NDF และ ADF ของหญ้าเนเปียร์ยักษ์หมัก (59.08-61.77%NDF และ 34.14-37.10%ADF) (บุญส่งและคณะ, 2555) ที่จัดเป็นอาหารยาบคุณภาพดี และหญ้าเนเปียร์หมักที่มีการเติมเชื้อ *L. buchneri* ของปีตุนาถ และพิพัฒน์ (2561) (61.90-62.45%NDF และ 32.69-34.08%ADF) ซึ่งปริมาณเยื่อใยและสัดส่วนการใช้กล้วยทั้ง 4 พันธุ์หมักร่วมกับหญ้าทั้ง 2 ชนิดในครั้งนี้ ไม่มีผลทำให้โปรตีนลดลงต่ำกว่าปริมาณโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารยาบที่จะเป็นแหล่งของอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง สายัณห์ (2540) รายงานว่า กิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะลดลงเมื่อโปรตีนในอาหารยาบต่ำกว่า 7% ทำให้ลดความสามารถในการกินอาหารได้ของสัตว์ลง

เมื่อพิจารณาจากคุณภาพของพืชอาหารยาบหมักโดยรวมที่อยู่ในเกณฑ์ดีมากที่อายุการหมัก 21 วันทั้ง 5 กลุ่ม คือ หญ้าเนเปียร์หมักร่วมกับกล้วยทานี หรือหิน น้ำไท และหญ้าหวานหมักร่วมกับกล้วยทานี หรือหิน พบว่า มี 4 ใน 5 กลุ่ม (ยกเว้นหญ้าหวานหมักร่วมกับกล้วยทานี) ที่มี NDF และ reducing sugar เพิ่มขึ้น และ pH ลดต่ำกว่า 4.0 สอดคล้องกับ ปีตุนาถ และพิพัฒน์ (2561) พบว่าแม้ระดับความเข้มข้นของ *L. buchneri* จะไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของ CF, NDF, ADF และ ADL แต่พบว่า pH ลดต่ำกว่า 4.2 ในหญ้าเนเปียร์หมัก และมีปริมาณ reducing sugar และ LAB เพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของ *L. buchneri* ส่งผลให้ผลิต lactic acid ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อนขี้แก่ จึงสามารถเก็บรักษาคุณภาพหญ้าหมักไว้ได้ เนื่องจากไปยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดอื่น (McDonald et al., 1991; Weinberg et al., 2003) ส่งผลดีต่อกระบวนการหมักย่อยในกระเพาะหมักเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยอาหารเยื่อใย (Weinberg et al., 2007) ทั้งนี้ พบว่าพืชอาหารยาบหมักทั้ง 5 กลุ่มที่ใช้กล้วยหมักร่วมโดยไม่มีการเติมเชื้อ *L. buchneri* มีปริมาณ LAB อยู่ระหว่าง 5.7×10^3 - 2.5×10^6 CFU/g สูงกว่าปีตุนาถ และพิพัฒน์ (2561) Nsereko et al. (2008) รายงานว่า LAB มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ ferulic esterase มีผลให้ hemicelluloses ที่เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ซึ่งเป็นพวกคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำ แยกตัวออกจากโครงสร้าง lignin ที่เป็นส่วนที่ทำให้ผนังเซลล์พืชแข็งแรง มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามอายุพืชและสัตว์ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ เช่นเดียวกับการเพิ่มขึ้นของ NDF เป็นผลมาจากการทำงานของ ferulic acid esterase ด้วยการให้

L. buchneri (Kang et al., 2009) จากการศึกษาของทั้ง Nseroko et al. (2008) และ Kang et al. (2009) จึงอธิบายได้ว่า *L. buchneri* ในพืชอาหารหยาบหมักส่งผลดีต่อประสิทธิภาพการย่อยเยื่อใย โดยเฉพาะ NDF ซึ่งปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ ความสามารถในการย่อยได้และความจุได้ของ rumen ในสัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีความสัมพันธ์ในทางลบกับ NDF และ ADF แต่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับเวลาในการเคี้ยว (NRC, 1988) อ้างโดยอติชาติ และคณะ (2564) ดังนั้นในอาหารที่มีปริมาณ NDF สูง สัตว์จะกินอาหารได้น้อยลง ในทางตรงกันข้ามถ้ามีปริมาณของ NDF ในอาหารต่ำ สัตว์จะเคี้ยวเอื้องน้อยกว่าอาหารที่มี NDF สูง ซึ่งส่งผลต่อผลผลิตในกระบวนการหมัก เช่น การลดลงของกรดอะซิติก (C_2) และเพิ่มขึ้นของกรดโพรพิโอนิก (propionic acid (C_3)) (Beauchemin et al., 1994) ส่วนกลุ่มที่ 6 มีค่าพลังงานรวม (gross energy, GE) ต่ำที่สุด และกลุ่มที่ 3 สูงที่สุดสอดคล้องกับกลุ่มหญ้าหมักทั้ง 2 ชนิดที่หมักร่วมกับกล้วยหิน

ข้อเท็จจริงที่ว่ากระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะอาศัย LAB เปลี่ยน WSC เป็น lactic acid อย่างไรก็ตาม ผลผลิตจากกระบวนการหมักในการศึกษาครั้งนี้พบความแปรปรวนและมีทิศทางไม่แน่นอน กลุ่มที่ 1 มีจำนวน LAB สูงกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณ lactic acid สูงที่สุดในกลุ่มที่ 10 รองลงมาคือ กลุ่มที่ 7, 3 และ 6 โดยกลุ่มที่ 1, 8 และ 9 กลับพบปริมาณ lactic acid ต่ำที่สุด โดยมีกลุ่มที่ 1, 2, 5, 8 และ 9 มีปริมาณ lactic acid อยู่ในช่วง 3-13% ซึ่งจัดว่าเป็นหญ้าหมักที่มีคุณภาพดี (Tudsri, 2005) ส่วนปริมาณ total sugar พบมากสุดในกลุ่มที่ 8 ขณะที่กลุ่มที่ 3 และ 4 มีค่า reducing sugar สูงที่สุดและกลุ่มที่ 1 ต่ำที่สุด ค่า NH_3-N พบมากในกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของ C_2 สูงกว่า lactic acid ทุกกลุ่ม สอดคล้องกับรายงานของ Lukkananukool et al. (2018) และ Boonkoed et al. (2018) C_2 เป็นกรดอินทรีย์หลักที่เกิดขึ้นในหญ้าหมักที่ทำจากหญ้าเขตร้อน (Lukkananukool et al., 2018) กลุ่มที่ 1, 2, 8 และ 10 มี C_2 มากกว่ากลุ่มอื่นๆ (ตารางที่ 4.3) หญ้าทั้ง 2 ชนิดที่หมักร่วมกับกล้วยหินสามารถเพิ่มปริมาณ C_2 ได้มากกว่ากลุ่มทดลองอื่นๆ ไม่แตกต่างกับกล้วยตานี เทพรส และกลุ่มที่ใช้หญ้าเนเปียร์หมักเพียงชนิดเดียว (ตารางที่ 4.4 ภาคผนวก) และตรวจพบความเข้มข้นของ C_3 ในทุกกลุ่มการทดลองยกเว้นกลุ่มที่ 10 และไม่พบ valeric acid หรือ C_5 เฉพาะกลุ่มที่ 7, 8 และ 10 โดยกลุ่มที่พบปริมาณ C_4 มากที่สุดคือกลุ่มที่ 6 และ 10 รองลงมาคือ กลุ่มที่ 9 และกลุ่มที่พบค่า C_4 น้อยที่สุดคือ กลุ่มที่ 1

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากคุณภาพของพืชอาหารหยาบหมักโดยรวมที่อยู่ในเกณฑ์ดีมากที่อายุการหมัก 21 วันทั้ง 5 กลุ่ม คือ หญ้าเนเปียร์หมักร่วมกับกล้วยตานี หรือหิน น้ำไท และหญ้าหวานหมักร่วมกับกล้วยตานี หรือหิน พบว่า ส่วนใหญ่สามารถเพิ่ม reducing sugar, total sugar, lactic acid และระดับความเข้มข้นของ C_2 (ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 73.06-87.28% of total organic acid) ได้และ NH_3-N ลดต่ำลงแม้ว่าจะมีจำนวน LAB ต่ำกว่ากลุ่มที่ 1 (เนเปียร์หมักเพียงชนิดเดียว) ก็ตาม โดยทั่วไปกระบวนการหมักพืชอาหารหยาบจะมีการผลิตและสะสม lactic acid ขึ้นโดยอาศัย LAB ที่ติดอยู่กับผิวนอกหรืออิงอาศัยอยู่บนส่วนต่างๆ ของหญ้า (epiphytic lactic acid bacteria) ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ผลิต

กรด lactic ในสภาพ anaerobic fermentation โดยจะทำหน้าที่เปลี่ยน WSC ให้เป็น lactic acid เมื่อกระบวนการหมักเกิดขึ้นไประยะหนึ่ง เกิดปริมาณ lactic acid สะสมเพิ่มขึ้น ค่า pH จะลดลง แบคทีเรียที่เป็นสาเหตุให้อาหารเกิดการเน่าเสีย เช่น *Clostridium spp.* ยีสต์และรา จะถูกยับยั้งการเจริญเติบโต (Wang et al., 2014 อ้างโดย ณรงค์ฤทธิ์ และคณะ, 2564) ทำให้พืชอาหารหยาบหมักสามารถเก็บไว้ได้นานและมีคุณภาพดี (คุณภาพพืชหมักที่ดี มีสีเหลืองอมเขียว (olive yellow) มีกลิ่นหอมเปรี้ยวคล้ายกลิ่นผลไม้ดองหรือน้ำส้มสายชู เนื้อแน่นมีส่วนใบและลำต้นที่ยังคงสภาพเดิมตามมาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมักคุณภาพดี) (กรมปศุสัตว์, 2547) ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหารหมักนี้จะสามารถเจริญเติบโตได้หากภาวะของ pH ในกระบวนการหมักลดลงได้ช้า ซึ่งทำให้มีการผลิต butyric acid รวมถึงเกิดการสูญเสียโปรตีนในรูปของแอมโมเนีย (McDonald et al., 1991) โดยพืชอาหารสัตว์หมักที่ดีไม่ควรจะมีปริมาณกรดอินทรีย์ชนิด butyric acid หรือให้น้อยที่สุด (น้อยกว่า 0.1% (กรมปศุสัตว์, 2547) หรือน้อยกว่า 0.5% (คิดจากสัดส่วนของกรดชนิดต่างๆ ต่อปริมาณกรดทั้งหมด; proportion of total acid) (ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ, 2564) อย่างไรก็ตาม ผลจาก pH ของพืชหมักที่ลดลง ส่งผลต่อการลดลงของ $\text{NH}_3\text{-N}$ (g/kg DM) ด้วยเช่นกัน (Filya, 2003) ในการศึกษาครั้งนี้ พืชอาหารหยาบหมักทุกกลุ่มมีค่า pH ต่ำกว่า 4.2 แสดงให้เห็นว่าปริมาณแป้งและน้ำตาลในพืชอาหารหยาบที่นำมาหมักนั้นมีปริมาณมากเพียงพอที่จะทำให้ LAB หรือจุลินทรีย์ที่ผลิต lactic acid สามารถนำไปใช้ในกระบวนการหมักได้อย่างสมบูรณ์โดยไม่ต้องใช้โปรตีนมาเป็นแหล่งพลังงาน ที่จะส่งผลให้มี $\text{NH}_3\text{-N}$ สูงขึ้น สอดคล้องกับโปรตีนที่ลดลงและค่า $\text{NH}_3\text{-N}$ ที่สูงขึ้นเล็กน้อยใน Kale หมักที่เติมเชื้อ *L. buchneri* ความเข้มข้น 10^6 CFU/g อาจเป็นผลจากปริมาณแป้งและน้ำตาลที่พบได้น้อย โปรตีนจึงถูกจุลินทรีย์ที่เติมมากเกินไปนี้นำมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน (Fraser et al., 2001) โดยพืชส่วนใหญ่จะเก็บสะสมพลังงานในรูปน้ำตาลกลูโคสและเก็บกลูโคสไว้ในรูปแป้งซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ ณรงค์ฤทธิ์ และคณะ (2564) รายงานว่า การผลิตหญ้าเนเปียร์หมักให้มีคุณภาพพืชหมักทางเคมีที่ดียังจำเป็นต้องมีการเติมต้นเชื้อ *L. plantarum* J39 (ต้นเชื้อเดี่ยว) ที่ความเข้มข้น 10^7 CFU/กรัมอาหารสด และต้นเชื้อผสม (*L. plantarum* J39: *L. brevis* BCC42336: *P. pentosaceus* TBRC7603 (2:1:1) ที่ความเข้มข้น 10^7 CFU/กรัมอาหารสด) สอดคล้องกับนิตยา และคณะ (2564) พบว่า การเติมเชื้อเดี่ยวและเชื้อผสม *L. plantarum* G4, *L. fermentum* N4 และ *P. pentosaceus* R5 ช่วยพัฒนาคุณภาพหญ้าเนเปียร์หมักโดยยับยั้งการเจริญของ Clostridia เนื่องจากหญ้าเนเปียร์มีแบคทีเรียอิงอาศัยเริ่มต้นน้อยทั้งในแง่ความหลากหลายและจำนวน ซึ่งพบได้น้อยในพืชอาหารสัตว์เขตร้อน (Cai et al., 1998) และส่วนใหญ่เป็น heterofermentation (Cai et al., 1999) ตัวอย่างพืชอาหารสัตว์เขตร้อน เช่น หญ้าในสกุล *Brachiaria*, *Panicum*, *Paspalum*, *Pennisetum* และ *Sorghum* เป็นต้น Oliveira et al. (2017) รายงานว่า คุณภาพพืชอาหารสัตว์หมักจะมีความสม่ำเสมอเมื่อเติมต้นเชื้อในการผลิต ดังนั้นการเติมเชื้อ LAB ในการผลิตหญ้าหมักอาจนำไปสู่การลดความแปรปรวนของผลผลิตจากกระบวนการหมักในการศึกษาครั้งนี้ได้

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวาน กล้วยตานี กล้วยหิน กล้วยน้ำไท และกล้วยเทพรส ก่อนหมัก (Mean \pm SD)

Item	Napier Pakchong 1	Sweet grass	Tani Banana	Hin Banana	Nam Thai Banana	Thep Parod Banana
Moisture content (%)	87.11 \pm 1.93	86.65 \pm 1.30	76.90 \pm 0.84	83.47 \pm 1.64	78.01 \pm 0.67	79.42 \pm 1.96
Dry matter 1 (% of fresh)	12.89 \pm 1.93	13.35 \pm 1.30	23.10 \pm 0.84	16.53 \pm 1.64	21.99 \pm 0.67	20.58 \pm 1.96
Dry matter 2 (%)	99.97 \pm 1.35	99.51 \pm 0.69	98.05 \pm 0.57	98.57 \pm 0.24	96.62 \pm 2.01	98.10 \pm 0.39
Organic matter (%)	83.88 \pm 0.02	80.22 \pm 0.47	92.25 \pm 0.14	93.41 \pm 0.03	93.60 \pm 0.74	92.33 \pm 0.01
Ash (%)	16.12 \pm 0.02	19.78 \pm 0.47	7.75 \pm 0.14	6.59 \pm 0.03	6.40 \pm 0.74	7.67 \pm 0.01
Crude protein (%)	14.10 \pm 0.28	10.36 \pm 0.07	9.04 \pm 0.08	9.69 \pm 0.08	9.80 \pm 0.13	9.42 \pm 0.13
FAT (%)	2.52 \pm 0.03	2.69 \pm 0.06	4.23 \pm 0.13	3.08 \pm 0.09	4.13 \pm 0.13	5.51 \pm 0.05
Ether extract (%)	22.59 \pm 0.10	20.64 \pm 0.18	22.42 \pm 0.05	23.65 \pm 0.06	21.59 \pm 0.07	22.24 \pm 0.03
NFC ^{1/} (%)	7.14 \pm 1.31	8.01 \pm 2.19	16.52 \pm 1.53	19.56 \pm 0.82	17.05 \pm 1.19	16.43 \pm 0.42
NDF ^{2/} (%)	60.13 \pm 1.03	59.16 \pm 1.60	62.46 \pm 1.34	61.09 \pm 1.03	62.63 \pm 0.18	60.98 \pm 0.35
ADF ^{3/} (%)	25.66 \pm 0.14	25.95 \pm 0.49	31.85 \pm 0.84	32.95 \pm 0.73	38.32 \pm 0.68	35.27 \pm 0.35
ADL ^{4/} (%)	2.52 \pm 0.00	2.79 \pm 0.03	9.76 \pm 0.28	11.32 \pm 0.47	11.80 \pm 0.16	9.65 \pm 0.14
Hemicellulose	34.47 \pm 1.17	33.22 \pm 1.11	30.62 \pm 0.50	28.14 \pm 0.30	24.31 \pm 0.49	25.71 \pm 0.71
Cellulose	23.14 \pm 0.14	23.17 \pm 0.46	22.09 \pm 0.57	21.63 \pm 0.26	26.52 \pm 0.52	25.62 \pm 0.21
pH (Fresh)	4.50 \pm 0.07	4.50 \pm 0.07	5.80 \pm 0.07	5.70 \pm 0.07	5.70 \pm 0.07	5.80 \pm 0.07
L*	50.56 \pm 0.25	51.34 \pm 0.28	48.22 \pm 0.62	48.88 \pm 0.27	50.91 \pm 0.24	46.06 \pm 0.65
a*	-2.14 \pm 0.01	-2.28 \pm 0.05	-2.20 \pm 0.10	-0.15 \pm 0.07	0.12 \pm 0.06	1.82 \pm 0.02
b*	26.21 \pm 0.55	26.74 \pm 0.31	30.01 \pm 0.16	23.76 \pm 0.22	28.49 \pm 0.11	28.39 \pm 0.23
C*	26.29 \pm 0.54	26.84 \pm 0.31	30.09 \pm 0.15	23.76 \pm 0.22	28.49 \pm 0.11	28.45 \pm 0.23
h ^o	94.67 \pm 0.08	94.88 \pm 0.16	94.19 \pm 0.21	90.37 \pm 0.19	89.77 \pm 0.11	86.32 \pm 0.03

^{1/}Non fiber carbohydrate = 100 - (%NDF + %crude protein + %fat + %ash); ^{2/}Neutral detergent fiber; ^{3/}Acid detergent fiber; ^{4/}Acid detergent lignin

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย (\pm SD) ของลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมีและผลผลิตจากกระบวนการหมักที่ได้จากการหมักหญ้าร่วมกับกล้วยที่พรีตเมนต์แตกต่างกัน

Item	T1 ^{1/}	T2 ^{2/}	T3 ^{3/}	T4 ^{4/}	T5 ^{5/}	T6 ^{6/}	T7 ^{7/}	T8 ^{8/}	T9 ^{9/}	T10 ^{10/}
Smell ^{11/}	8.00 \pm 0.00	12.00 \pm 0.00	10.00 \pm 2.31	12.00 \pm 0.00	8.00 \pm 0.00	8.00 \pm 0.00	12.00 \pm 0.00	12.00 \pm 0.00	8.00 \pm 0.00	4.00 \pm 0.00
Texture ^{12/}	4.00 \pm 0.00									
Color ^{13/}	3.00 \pm 0.00	3.00 \pm 0.00	3.00 \pm 0.00	2.50 \pm 0.58	3.00 \pm 0.00	3.00 \pm 0.00	2.00 \pm 0.00	2.00 \pm 0.00	2.00 \pm 0.00	3.00 \pm 0.00
pH ^{14/}	3.88 \pm 0.17	3.10 \pm 0.08	3.15 \pm 0.06	2.98 \pm 0.22	3.95 \pm 0.06	3.70 \pm 0.20	3.23 \pm 0.19	3.50 \pm 0.28	3.33 \pm 0.21	3.55 \pm 0.10
Quality level ^{15/}	18.88 \pm 0.17	22.10 \pm 0.08	20.15 \pm 0.06	21.48 \pm 0.74	18.95 \pm 0.06	18.70 \pm 0.20	21.23 \pm 0.19	21.50 \pm 0.28	17.33 \pm 0.21	14.55 \pm 0.10
L*	49.90 \pm 0.66	48.59 \pm 1.13	48.66 \pm 0.10	48.75 \pm 0.14	45.75 \pm 0.88	48.57 \pm 0.23	47.83 \pm 0.27	50.28 \pm 0.25	50.62 \pm 0.01	47.14 \pm 1.25
a*	2.38 \pm 0.07	3.76 \pm 0.01	4.67 \pm 0.01	4.51 \pm 0.08	4.77 \pm 0.04	3.11 \pm 0.01	3.59 \pm 0.02	3.50 \pm 0.05	3.26 \pm 0.01	4.40 \pm 0.04
b*	25.88 \pm 0.51	26.83 \pm 0.23	29.35 \pm 0.12	26.24 \pm 0.15	27.67 \pm 0.34	24.99 \pm 0.03	26.71 \pm 0.32	27.85 \pm 0.01	27.47 \pm 0.11	27.36 \pm 0.16
C*	25.99 \pm 0.51	27.09 \pm 0.23	29.72 \pm 0.12	26.62 \pm 0.18	28.08 \pm 0.33	25.18 \pm 0.03	26.95 \pm 0.32	28.07 \pm 0.02	27.66 \pm 0.11	27.71 \pm 0.14
h°	84.73 \pm 0.04	82.01 \pm 0.07	80.96 \pm 0.03	80.96 \pm 0.12	80.22 \pm 0.19	82.92 \pm 0.03	82.35 \pm 0.06	82.85 \pm 0.10	83.24 \pm 0.03	80.86 \pm 0.13
Moisture content (%)	85.58 \pm 0.16	85.17 \pm 0.34	84.00 \pm 0.39	83.74 \pm 0.31	82.58 \pm 0.13	84.47 \pm 0.23	84.56 \pm 0.12	83.92 \pm 0.69	83.31 \pm 0.13	83.98 \pm 0.33
Dry matter 1 (% of fresh silage)	14.42 \pm 0.16	14.83 \pm 0.34	16.00 \pm 0.39	16.26 \pm 0.31	17.42 \pm 0.13	15.53 \pm 0.23	15.44 \pm 0.12	16.08 \pm 0.69	16.69 \pm 0.13	16.02 \pm 0.33
Dry matter 2 (%)	99.16 \pm 0.01	98.52 \pm 0.71	99.53 \pm 0.22	98.61 \pm 0.63	99.05 \pm 0.65	99.71 \pm 0.26	98.31 \pm 0.30	99.12 \pm 0.01	99.48 \pm 0.71	98.03 \pm 1.37
Organic matter (%)	84.64 \pm 0.06	85.62 \pm 0.14	89.12 \pm 0.08	87.32 \pm 0.04	86.09 \pm 0.39	80.58 \pm 0.01	82.89 \pm 0.06	85.68 \pm 0.20	83.47 \pm 0.06	83.05 \pm 0.22
Ash (%)	15.36 \pm 0.06	14.38 \pm 0.14	10.88 \pm 0.08	12.68 \pm 0.04	13.91 \pm 0.39	19.42 \pm 0.01	17.11 \pm 0.06	14.32 \pm 0.20	16.53 \pm 0.06	16.95 \pm 0.22
Crude protein (%)	11.68 \pm 0.19	11.50 \pm 0.17	12.01 \pm 0.01	12.06 \pm 0.22	11.35 \pm 0.11	11.45 \pm 0.10	11.23 \pm 0.23	11.70 \pm 0.01	11.12 \pm 0.01	11.58 \pm 0.03
Ether extract (%)	2.48 \pm 0.08	2.93 \pm 0.09	2.90 \pm 0.08	1.85 \pm 0.08	4.87 \pm 0.13	3.24 \pm 0.10	3.39 \pm 0.06	3.83 \pm 0.11	3.33 \pm 0.04	3.87 \pm 0.04
Crude fiber (%)	26.85 \pm 0.04	23.81 \pm 0.01	24.01 \pm 0.06	22.69 \pm 0.07	24.52 \pm 0.03	23.79 \pm 0.16	23.40 \pm 0.11	22.72 \pm 0.03	22.30 \pm 0.06	19.71 \pm 0.09
NFC ^{16/} (%)	7.54 \pm 0.01	10.11 \pm 0.03	13.26 \pm 0.01	11.05 \pm 0.23	6.95 \pm 0.58	6.38 \pm 0.11	9.95 \pm 0.16	7.00 \pm 0.12	7.51 \pm 0.15	7.79 \pm 0.42
NDF ^{17/} (%)	62.95 \pm 0.04	61.08 \pm 0.08	60.95 \pm 0.01	62.38 \pm 0.11	62.93 \pm 0.06	59.51 \pm 0.10	58.33 \pm 0.07	63.16 \pm 0.20	61.52 \pm 0.13	59.82 \pm 0.14
ADF ^{18/} (%)	34.33 \pm 0.12	34.49 \pm 0.06	32.82 \pm 0.12	34.61 \pm 0.08	35.38 \pm 0.06	36.49 \pm 0.09	33.93 \pm 0.09	34.09 \pm 0.07	35.47 \pm 0.06	33.85 \pm 0.04
ADL ^{19/} (%)	2.33 \pm 0.03	3.24 \pm 0.00	4.57 \pm 0.04	3.79 \pm 0.04	4.24 \pm 0.07	2.77 \pm 0.08	3.48 \pm 0.08	4.87 \pm 0.05	3.86 \pm 0.03	2.95 \pm 0.00

Item	T1 ^{1/}	T2 ^{2/}	T3 ^{3/}	T4 ^{4/}	T5 ^{5/}	T6 ^{6/}	T7 ^{7/}	T8 ^{8/}	T9 ^{9/}	T10 ^{10/}
Hemicellulose	28.62±0.16	26.59±0.14	28.14±0.13	27.77±0.03	27.55±0.00	23.03±0.01	24.41±0.02	29.07±0.13	26.05±0.08	25.98±0.18
Cellulose	32.00±0.15	31.25±0.06	28.25±0.16	30.82±0.04	31.14±0.13	33.72±0.17	30.45±0.01	29.23±0.12	31.61±0.03	30.90±0.04
Gross Energy	4339.75±42.86	4352.89±82.54	4749.89±28.12	3904.41±2.08	4027.57±0.13	3503.08±9.36	3670.00±5.15	3922.20±24.89	3677.76±19.58	3722.40±4.52
Lactic acid (%)	8.37±0.11	13.23±0.66	15.20±0.35	14.33±0.41	12.88±0.03	15.54±0.28	16.03±0.38	7.54±0.27	7.17±0.07	17.69±0.41
Acetic acid (%)	87.50±0.53	81.88±0.04	73.06±0.23	73.34±4.04	78.41±0.06	61.95±0.08	74.64±0.06	87.28±0.03	75.21±0.08	79.81±0.07
Propionic acid (%)	3.58±0.30	4.80±0.06	6.84±0.01	3.70±5.24	5.55±0.01	9.43±0.04	7.63±0.07	3.89±0.03	5.87±0.01	ND ^{20/}
Butyric acid (%)	6.67±0.19	10.13±0.01	15.33±0.17	17.49±0.93	12.20±0.01	21.74±0.10	17.73±0.01	8.79±0.02	18.58±0.03	20.19±0.07
Valeric acid (%)	2.24±0.04	3.19±0.01	4.77±0.05	5.46±0.27	3.80±0.01	6.81±0.03	ND ^{20/}	ND ^{20/}	0.32±0.05	ND ^{20/}
NH ₃ -N ^{21/} (g/kgDM)	1.80±0.08	1.96±0.12	1.35±0.08	0.77±0.04	1.18±0.00	1.01±0.08	0.94±0.12	1.02±0.16	1.21±0.04	0.93±0.20
Lactic acid bacteria (CFU/g)	2.0×10 ⁸	5.9×10 ³	5.7×10 ³	8.8×10 ⁴	2.3×10 ⁶	1.3×10 ⁷	2.4×10 ³	1.4×10 ⁶	2.5×10 ⁶	1.3×10 ⁵
Total sugar (mg/100g)	1,329.64±22.99	2,339.78±6.37	2,227.20±17.70	2,027.61±20.28	1,585.07±12.85	1,909.51±10.22	2,066.46±25.65	2,635.80±26.69	1,856.43±27.89	2,017.21±72.17
Reducing sugar (mg/100g)	295.40±0.92	447.77±1.94	605.33±1.67	622.32±5.57	289.75±2.83	343.43±6.22	314.19±3.00	392.86±2.15	309.15±29.17	404.82±0.39

^{1/}100% Napier Pakchong I silage; ^{2/}80% Napier Pakchong I silage with 20% Tani banana; ^{3/}80% Napier Pakchong I silage with 20% Hin banana; ^{4/}80% Napier Pakchong I silage with 20% Nam Thai banana; ^{5/}80% Napier Pakchong I silage with 20% Thep Parod banana; ^{6/}100% Sweet grass silage; ^{7/}80% Sweet grass silage with 20% Tani banana; ^{8/}80% Sweet grass silage with 20% Hin banana; ^{9/}80% Sweet grass silage with 20% Nam Thai banana; ^{10/}80% Sweet grass silage with 20% Thep Parod banana; ^{11/}Smell (vinegar = 12, slightly pungent = 8, slightly stinky = 4, rancid smell = 0); ^{12/}Texture (The leaves and stems remain the same = 4, the leaves and stems are little maceration = 2, the leaves and stems are very maceration = 1, the leaves and stems are mucilage and soft = 0); ^{13/}Color (yellow = 3, green = 2, golden brown = 1, brown-black = 0); ^{14/}pH (3.5-4.2 = 6, 4.4-4.7 = 4, 4.7-5.1 = 2, >5.1 = 0); ^{15/}Quality level (very good = 20-25, good = 15-19, medium = 6-14, low = 0); ^{16/}Non-fiber carbohydrates, ^{17/}Neutral detergent fiber, ^{18/}Acid detergent fiber, ^{19/}Acid detergent lignin, ^{20/}Ammonia nitrogen

ตารางที่ 4.3 อิทธิพลของแต่ละปัจจัยต่อการหมักหญ้าร่วมกับกล้วยทรีตเมนต์ต่างๆ ในคุณลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมีและผลผลิตจากกระบวนการหมัก

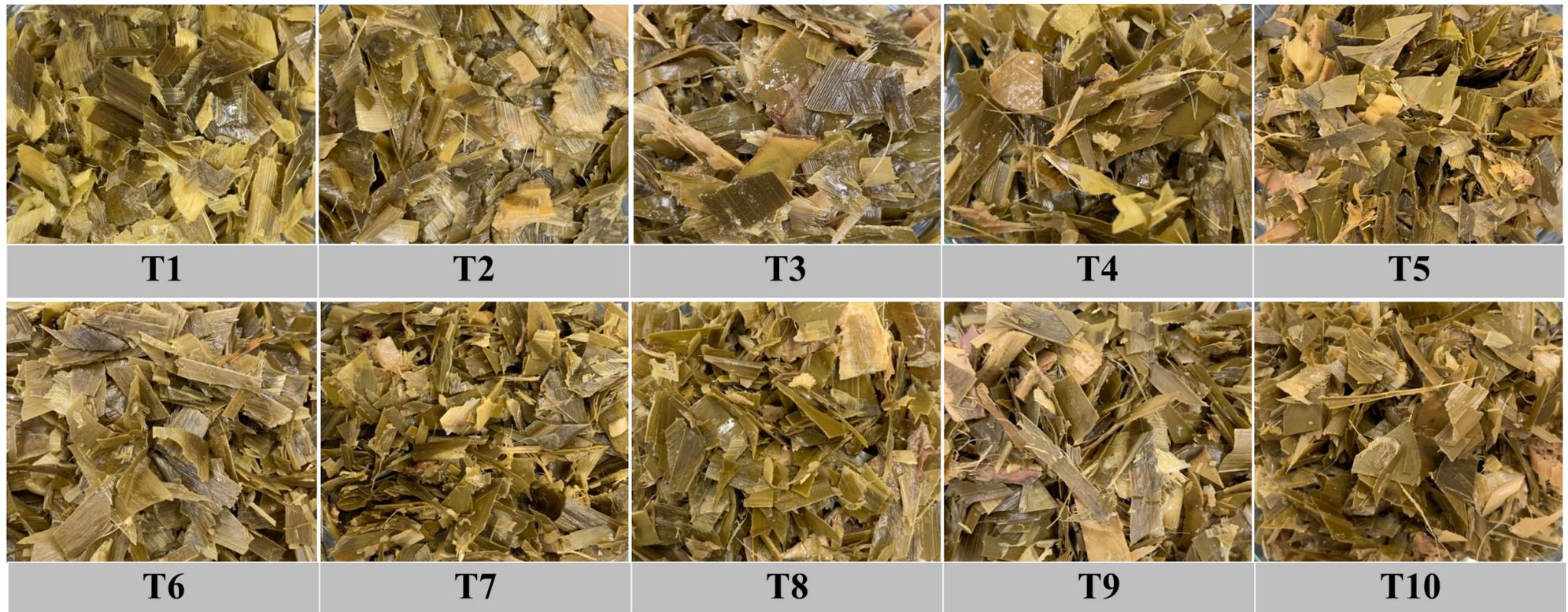
Characters	Napier grass Pakchong I						Sweet grass						SEM ^{11/}	Grass	Banana	GxB ^{12/}
	Napier ^{1/}	Tani ^{2/}	Hin ^{3/}	NT ^{4/}	TPR ^{5/}	Mean	Sweet ^{6/}	Tani ^{7/}	Hin ^{8/}	NT ^{9/}	TPR ^{10/}	Mean				
Smell ^{13/}	8 ^b	12 ^a	10 ^{ab}	12 ^a	8 ^b	10.00	8 ^b	12 ^a	12 ^a	8 ^b	4 ^c	8.80	0.42	***	***	***
Texture ^{14/}	4	4	4	4	4	4.00	4	4	4	4	4	4.00	0.00	ns	ns	ns
Color ^{15/}	3 ^a	3 ^a	3 ^a	2.50 ^{ab}	3 ^a	2.90	3 ^a	2 ^b	2 ^b	2 ^b	3a	2.40	0.08	***	***	***
pH ^{16/}	3.88 ^{ab}	3.10 ^d	3.15 ^{cd}	2.98 ^d	3.95 ^a	3.46	3.70 ^{abc}	3.23 ^{cd}	3.50 ^{abcd}	3.33 ^{bcd}	3.55 ^{abcd}	3.41	0.06	ns	***	***
Quality ^{17/}	18.88 ^{cd}	22.10 ^a	20.15 ^{abc}	21.48 ^{ab}	18.95 ^{bcd}	20.31	18.70 ^{cd}	21.23 ^{abc}	21.50 ^{ab}	17.32 ^d	14.55 ^e	18.66	0.37	***	***	***
L*	49.90 ^{ab}	48.59 ^{abc}	48.47 ^{abc}	48.66 ^{abc}	45.75 ^d	48.27	48.57 ^{abc}	47.83 ^{bcd}	50.28 ^{ab}	50.62 ^a	47.14 ^{cd}	48.88	0.28	*	***	***
a*	2.38 ^f	3.76 ^c	4.67 ^a	4.51 ^b	4.77 ^a	4.01	3.11 ^e	3.59 ^d	3.50 ^d	3.26 ^e	4.40 ^b	3.57	0.14	***	***	***
b*	25.88 ^{de}	26.83 ^{cd}	29.35 ^a	26.24 ^d	27.67 ^{bc}	27.19	24.99 ^e	26.71 ^{cd}	27.85 ^b	27.47 ^{bc}	27.36 ^{bc}	26.87	0.22	**	***	***
C*	25.99 ^{ef}	27.09 ^{bcd}	29.72 ^a	26.62 ^{de}	28.08 ^b	27.50	25.17 ^f	26.95 ^{cde}	28.07 ^b	27.66 ^{bc}	27.71 ^{bc}	27.11	0.22	***	***	***
h°	84.73 ^a	82.01 ^d	80.96 ^e	80.26 ^f	80.22 ^f	81.63	82.92 ^{bc}	82.35 ^d	82.85 ^c	83.24 ^b	80.86 ^e	82.44	0.26	***	***	***
Moisture content	85.58 ^a	85.17 ^{ab}	84.00 ^{abc}	83.74 ^{abc}	82.58 ^c	84.21	84.47 ^{abc}	84.56 ^{abc}	83.92 ^{abc}	83.31 ^{bc}	83.98 ^{abc}	84.04	0.20	ns	***	**
Dry matter 1 (% of fresh silage)	14.42 ^c	14.83 ^{bc}	16.00 ^{abc}	16.26 ^{abc}	17.42 ^a	15.78	15.53 ^{abc}	15.44 ^{abc}	16.08 ^{abc}	16.69 ^{ab}	16.02 ^{abc}	15.95	0.20	ns	***	**
Dry matter 2 (%)	99.16 ^{abc}	98.52 ^{abc}	99.53 ^a	98.61 ^{abc}	99.05 ^{abc}	98.97	99.71 ^a	98.31 ^{bc}	99.12 ^{abc}	99.48 ^{ab}	98.03 ^c	98.93	0.14	ns	*	*
OM ^{18/} (%)	84.64 ^d	85.62 ^{cd}	89.12 ^a	87.32 ^b	86.09 ^c	86.56	80.58 ^f	82.89 ^e	85.68 ^c	83.47 ^e	83.05 ^e	83.13	0.54	***	***	**
Ash (%)	15.36 ^c	14.38 ^{cd}	10.88 ^f	12.68 ^e	13.91 ^d	13.44	19.42 ^a	17.11 ^b	14.32 ^d	16.53 ^b	16.95 ^b	16.86	0.54	***	***	**
CP ^{19/} (%)	11.68 ^{ab}	11.50 ^{ab}	12.01 ^{ab}	12.06 ^a	11.35 ^{ab}	11.71	11.45 ^{ab}	11.23 ^{ab}	11.70 ^{ab}	11.12 ^b	11.58 ^{ab}	11.41	0.07	***	**	**
Ether extract (%)	2.48 ^d	2.93 ^{cd}	2.90 ^{cd}	1.85 ^e	4.87 ^a	3.00	3.24 ^c	3.39 ^{bc}	3.83 ^b	3.33 ^{bc}	3.87 ^b	3.52	0.18	***	***	***
CF ^{20/} (%)	26.85 ^a	23.81 ^{cd}	24.01 ^c	22.69 ^e	24.52 ^b	24.37	23.79 ^{cd}	23.40 ^d	22.72 ^e	22.30 ^e	19.71 ^f	22.38	0.40	***	***	***
NFC ^{21/} (%)	7.55	10.12	13.26	11.05	6.95	9.78	6.39	9.95	7.00	7.51	7.79	7.73	0.49	***	***	***
NDF ^{22/} (%)	62.95 ^{ab}	61.08 ^c	60.95 ^c	62.38 ^b	62.93 ^{ab}	62.05	59.51 ^d	58.33 ^e	63.16 ^a	61.52 ^c	59.82 ^d	60.46	0.36	***	***	***
ADF ^{23/} (%)	34.33 ^{cd}	34.49 ^c	32.82 ^e	34.61 ^c	35.38 ^b	34.32	36.49 ^a	33.93 ^d	34.09 ^{cd}	35.47 ^b	33.85 ^d	34.76	0.22	***	***	***
ADL ^{24/} (%)	2.33 ^g	3.24 ^{de}	4.57a	3.79 ^c	4.24 ^b	3.63	2.77 ^f	3.48 ^d	4.87 ^a	3.86 ^c	2.95 ^{ef}	3.58	0.18	*	***	***
Hemicellulose	28.62 ^{ab}	26.59 ^d	28.13 ^{bc}	27.77 ^c	27.55 ^c	27.73	23.02 ^f	24.41 ^e	29.07 ^a	26.05 ^d	25.98 ^b	25.70	0.42	***	***	***

Characters	Napier grass Pakchong I						Sweet grass						SEM ^{11/}	Grass	Banana	GxB ^{12/}
	Napier ^{1/}	Tani ^{2/}	Hin ^{3/}	NT ^{4/}	TPR ^{5/}	Mean	Sweet ^{6/}	Tani ^{7/}	Hin ^{8/}	NT ^{9/}	TPR ^{10/}	Mean				
cellulose	32.00 ^b	31.25 ^{cd}	28.25 ^g	30.82 ^{de}	31.14 ^{cd}	30.68	33.72 ^a	30.45 ^e	29.23 ^f	31.61 ^{bc}	30.90 ^{de}	31.18	0.32	***	***	***
Gross Energy	4339.75 ^b	4352.89 ^b	4749.89 ^a	3904.41 ^{cd}	4027.57 ^c	4274.89	3503.08 ^f	3670.00 ^{ef}	3922.20 ^c	3677.76 ^{ef}	3722.40 ^{de}	3699.08	84.56	***	***	***
Lactic acid (%)	8.37 ^f	13.23 ^{de}	15.20 ^{bc}	14.33 ^{cd}	12.88 ^e	12.80	15.54 ^{bc}	16.03 ^b	7.54 ^f	7.17 ^f	17.69 ^a	12.79	0.67	ns	***	***
Acetic acid (%)	87.51 ^a	81.88 ^{ab}	73.06 ^c	73.35 ^c	78.41 ^{bc}	78.83	61.95 ^d	74.64 ^{bc}	87.28 ^a	75.22 ^{bc}	79.81 ^{abc}	75.77	1.66	***	***	***
Propionic acid (%)	3.58 ^{ab}	4.81 ^{ab}	6.84 ^a	3.70 ^{ab}	5.56 ^{ab}	4.89	9.43 ^a	7.63 ^a	3.90 ^{ab}	5.87 ^a	0.00 ^b	5.36	0.63	ns	ns	**
Butyric acid (%)	6.68 ^g	10.13 ^f	15.33 ^d	17.50 ^c	12.21 ^e	12.36	21.74 ^a	17.74 ^c	8.80 ^f	18.59 ^{bc}	20.19 ^{ab}	17.40	1.12	***	***	***
Valeric acid (%)	2.24 ^f	3.19 ^e	4.78 ^c	5.46 ^b	3.80 ^d	3.89	6.81 ^a	0.00 ^g	0.00 ^g	0.33 ^g	0.00 ^g	1.42	0.55	***	***	***
NH ₃ -N ^{25/} (g/kgDM)	1.80 ^{ab}	1.97 ^a	1.36 ^{abc}	0.77 ^c	1.18 ^{bc}	1.41	1.02 ^c	0.95 ^c	1.02 ^c	1.21 ^{bc}	0.94 ^c	1.02	0.09	***	***	***
LAB ^{26/} (CFU/g)	2.0x10 ^{8a}	5.9x10 ^{3b}	5.7x10 ^{3b}	8.8x10 ^{4b}	2.3x10 ^{6b}	4.0x10 ⁷	1.3x10 ^{7b}	2.4x10 ^{3b}	1.4x10 ^{6b}	2.5x10 ^{6b}	1.3x10 ^{5b}	5.9x10 ³	1.1x10 ⁷	***	***	***
Total sugar (mg/100g)	1329.64 ^g	2339.78 ^b	2227.20 ^b	2027.61 ^c	1585.07 ^f	1901.86	1909.51 ^{de}	2066.46 ^c	2635.80 ^a	1856.43 ^e	2017.22 ^{cd}	2097.08	65.21	***	***	***
Reducing sugar (mg/100g)	295.40 ^e	447.77 ^b	605.33 ^a	622.32 ^a	289.75 ^e	452.11	343.43 ^d	314.19 ^{de}	392.86 ^c	309.15 ^{de}	404.82 ^c	352.89	21.69	***	***	***

Value in each row marked by the same letter were not significantly different at P<0.05

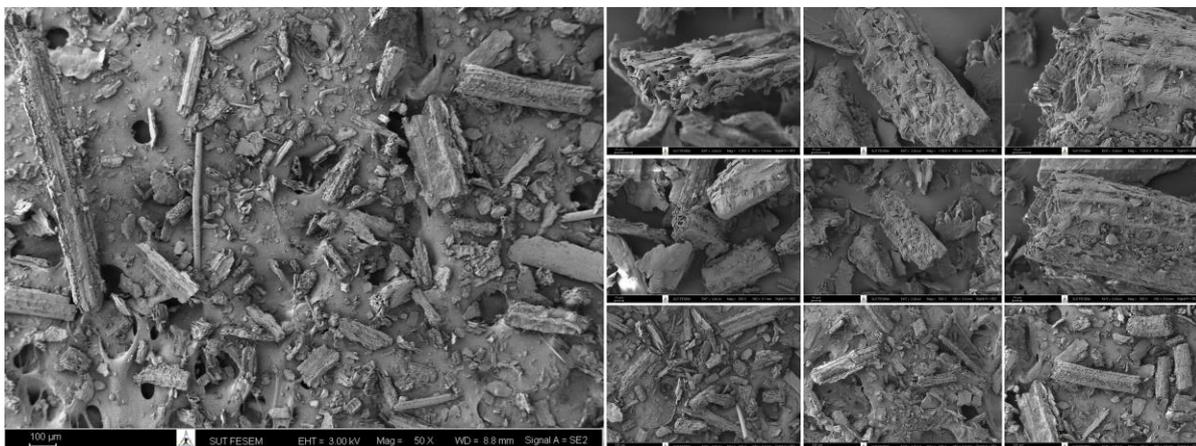
^{1/}100% Napier Pakchong I silage; ^{2/}80% Napier Pakchong I silage with 20% Tani banana; ^{3/}80% Napier Pakchong I silage with 20% Hin banana; ^{4/}80% Napier Pakchong I silage with 20% Nam Thai banana; ^{5/}80% Napier Pakchong I silage with 20% Thep Parod banana; ^{6/}100% Sweet grass silage; ^{7/}80% Sweet grass silage with 20% Tani banana; ^{8/}80% Sweet grass silage with 20% Hin banana; ^{9/}80% Sweet grass silage with 20% Nam Thai banana; ^{10/}80% Sweet grass silage with 20% Thep Parod banana; ^{11/}Standard error of mean; ^{12/}Interaction of grass varieties and bananas varieties; ^{13/}Smell (vinegar = 12, slightly pungent = 8, slightly stinky = 4, rancid smell = 0); ^{14/}Texture (The leaves and stems remain the same = 4, the leaves and stems are little maceration = 2, the leaves and stems are very maceration = 1, the leaves and stems are mucilage and soft = 0); ^{15/}Color (yellow = 3, green = 2, golden brown = 1, brown-black = 0); ^{16/}pH (3.5-4.2 = 6, 4.4-4.7 = 4, 4.7-5.1 = 2, >5.1 = 0); ^{17/}Quality level (very good = 20-25, good = 15-19, medium = 6-14, low = 0); ^{18/}Organic matter; ^{19/}Crude protein; ^{20/}Crude fiber; ^{21/}Non-fiber carbohydrates; ^{22/}Neutral detergent fiber; ^{23/}Acid detergent fiber; ^{24/}Acid detergent lignin; ^{25/}Ammonia nitrogen

ภาพที่ 4.1 ลักษณะปรากฏของสีหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1, หญ้าหวานหมัก และหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าหวานหมักร่วมกันกับกล้วย 4 สายพันธุ์ที่สังเกตด้วยตาเปล่า

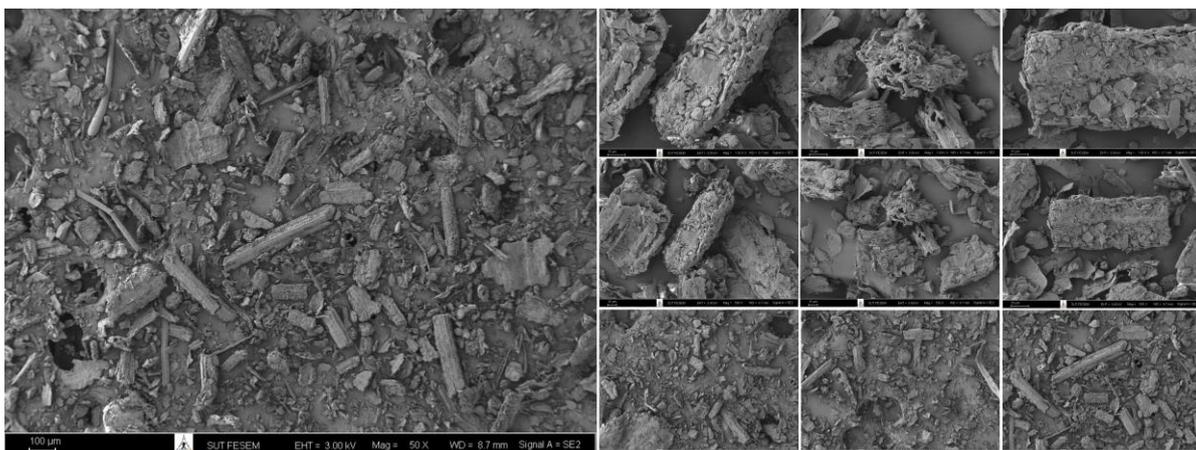


Note: T1 = 100% Napier Pakchong I silage; T2 = 80% Napier Pakchong I silage with 20% Tani banana; T3 = 80% Napier Pakchong I silage with 20% Hin banana; T4 = 80% Napier Pakchong I silage with 20% Nam Thai banana; T5 = 80% Napier Pakchong I silage with 20% Thep Parod banana; T6 = 100% Sweet grass silage; T7 = 80% Sweet grass silage with 20% Tani banana; T8 = 80% Sweet grass silage with 20% Hin banana; T9 = 80% Sweet grass silage with 20% Nam Thai banana; T10 = 80% Sweet grass silage with 20% Thep Parod banana

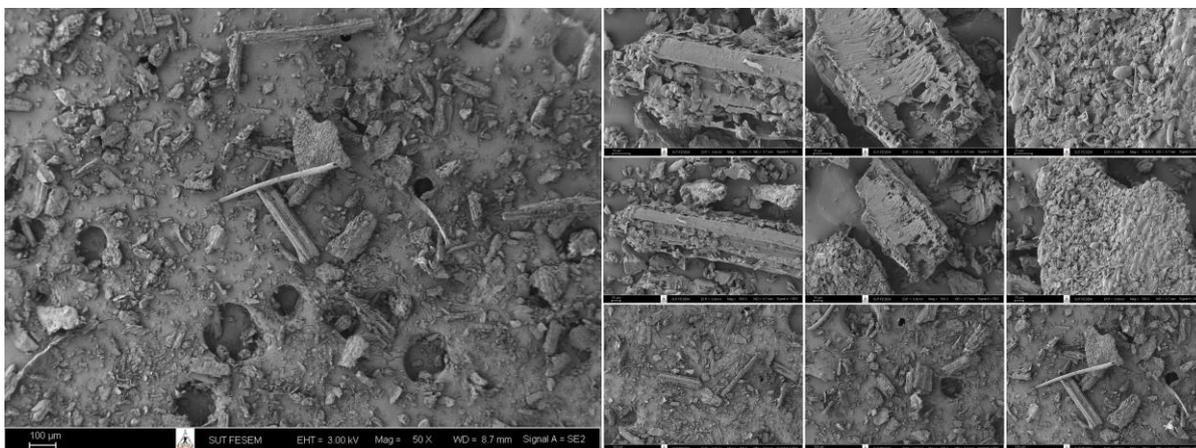
ภาพที่ 4.2 รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักที่ระดับ 100% (T1) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)



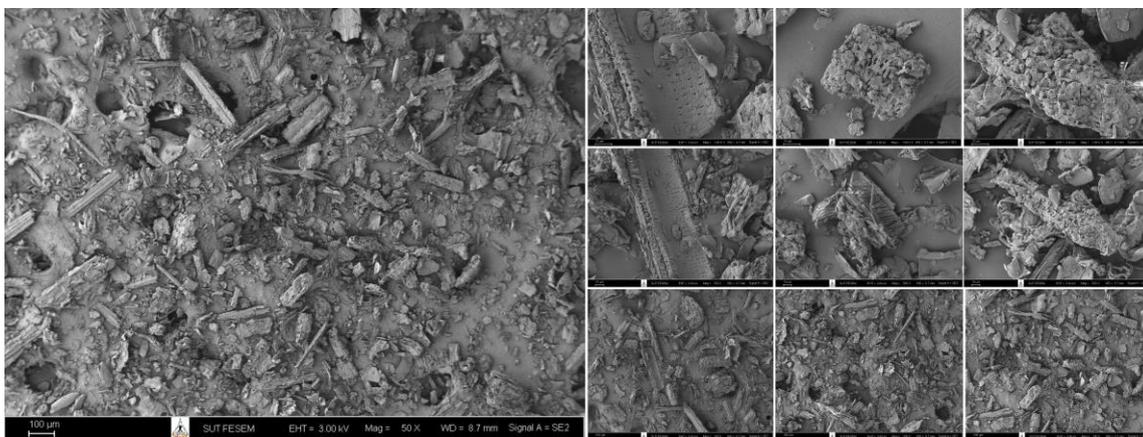
ภาพที่ 4.3 รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่ระดับ 80% หมักร่วมกับกล้วยตานีที่ระดับ 20% (T2) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)



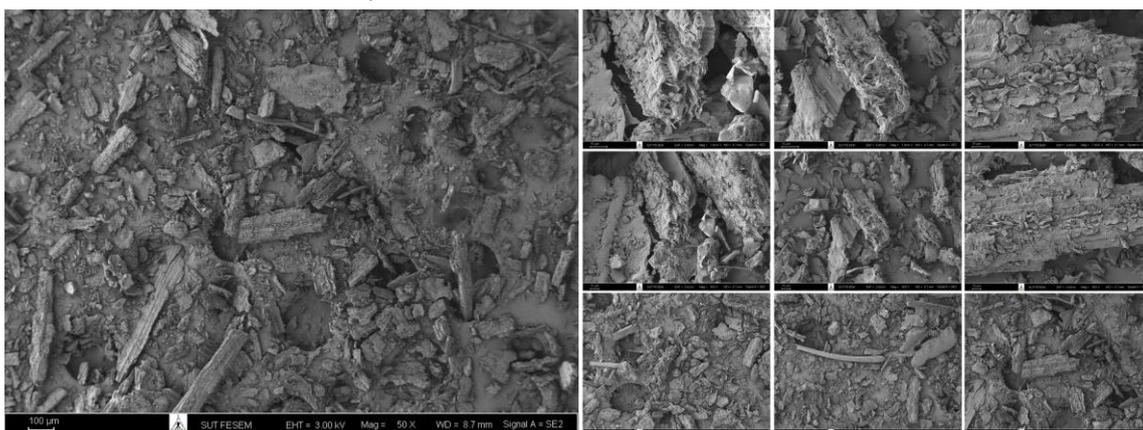
ภาพที่ 4.4 รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่ระดับ 80% หมักร่วมกับกล้วยหินที่ระดับ 20% (T3) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)



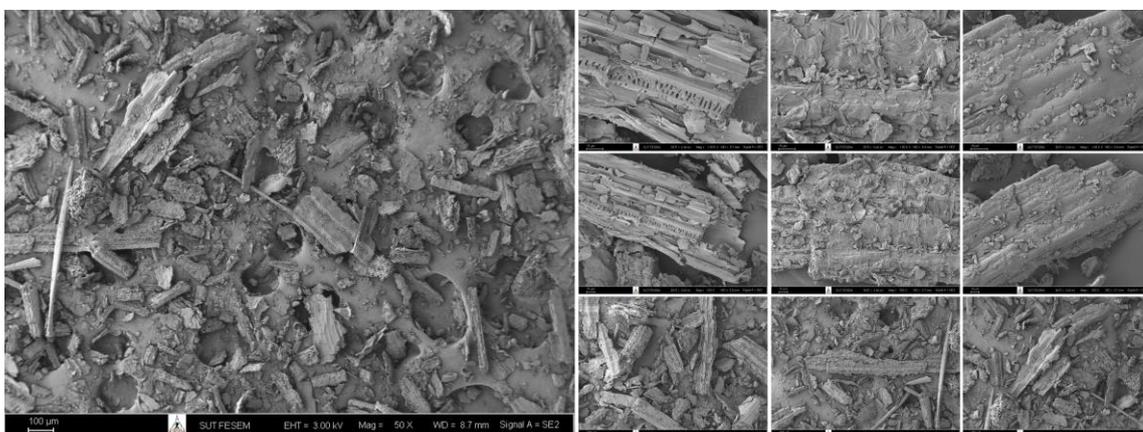
ภาพที่ 4.5 รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่ระดับ 80% หมักร่วมกับกล้วยน้ำไทที่ระดับ 20% (T4) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)



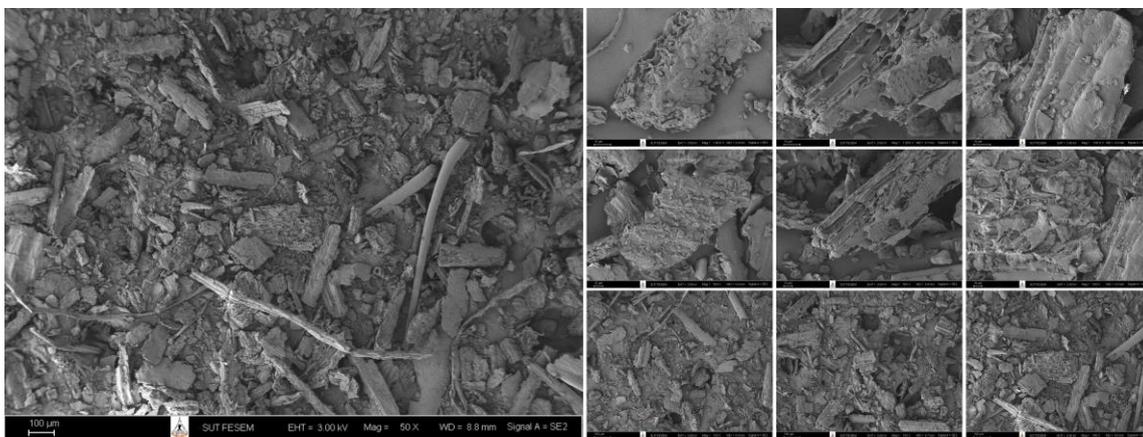
ภาพที่ 4.6 รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่ระดับ 80% หมักร่วมกับกล้วยเทพรสที่ระดับ 20% (T5) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)



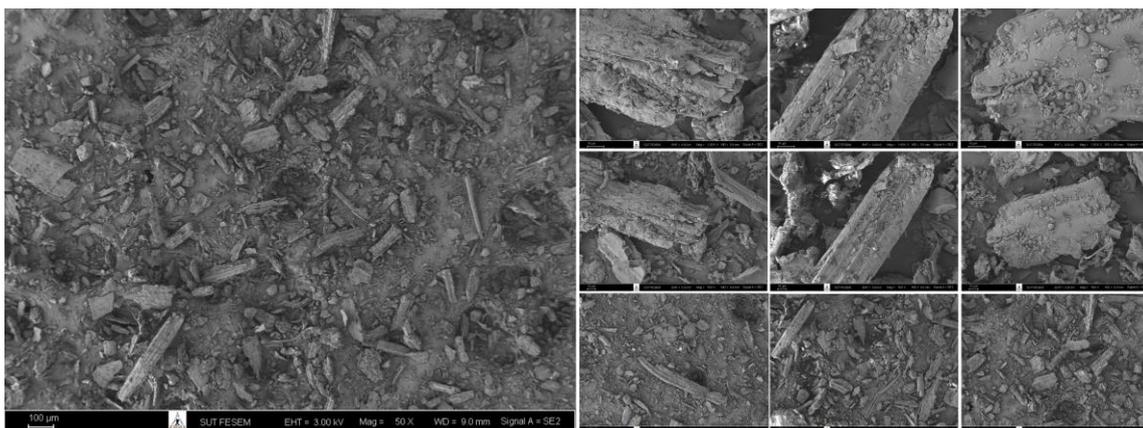
ภาพที่ 4.7 รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของหญ้าหวานหมักที่ระดับ 100% (T6) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)



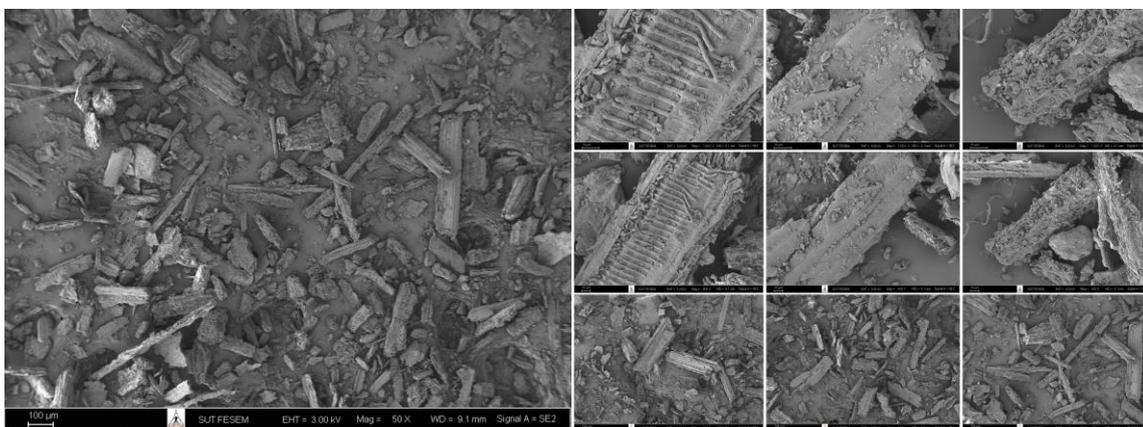
ภาพที่ 4.8 รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของหญ้าหวานที่ระดับ 80% หมักร่วมกับกล้วยตานีที่ระดับ 20% (T7) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)



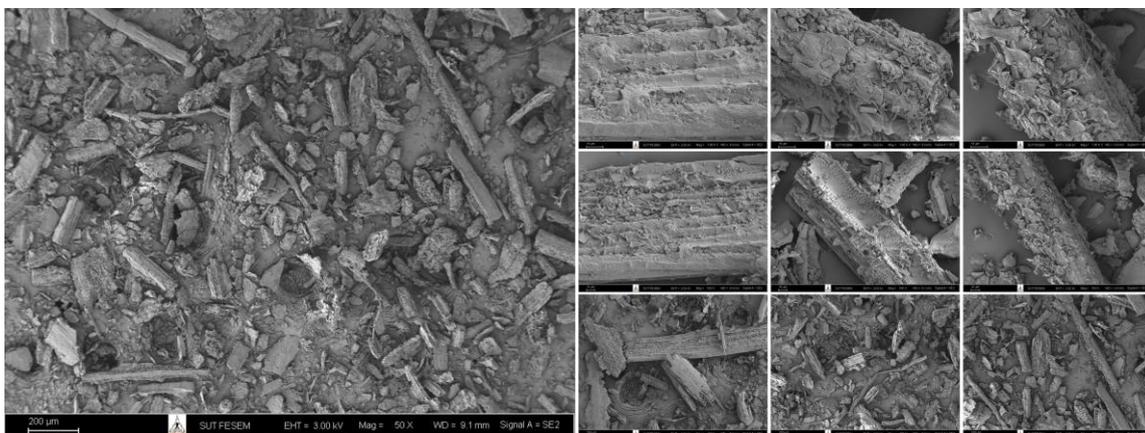
ภาพที่ 4.9 รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของหญ้าหวานที่ระดับ 80% หมักร่วมกับกล้วยหินที่ระดับ 20% (T8) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)



ภาพที่ 4.10 รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของหญ้าหวานที่ระดับ 80% หมักร่วมกับกล้วยน้ำไทที่ระดับ 20% (T9) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)



ภาพที่ 4.11 รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของหญ้าหวานที่ระดับ 80% หมักร่วมกับกล้วยเทพรสที่ระดับ 20% (T10) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ scanning electron microscope (SEM)



การศึกษารูปร่างลักษณะและสภาพพื้นผิวภายนอกของหญ้าเนเปียร์และหญ้าหวานหมัก ร่วมกับกล้วยตานี หิน น้ำไทและเทพรส โดยการส่องผ่านกล้อง scanning electron microscope (SEM) แบบ 3 มิติแสดงในภาพที่ 4.2-4.11 พบว่า โครงสร้างของตัวอย่างในกลุ่มที่ 1 (ภาพที่ 4.2) และกลุ่มที่ 6 (ภาพที่ 4.7) มีรูปทรงแท่งและเหลี่ยม มีรอยเปราะ แตกและรุกรุนกระจายตามพื้นผิวภายนอกไม่มาก ส่วนกลุ่มที่ 2 (ภาพที่ 4.3), กลุ่มที่ 3 (ภาพที่ 4.4), กลุ่มที่ 4 (ภาพที่ 4.5) และกลุ่มที่ 7 (ภาพที่ 4.8) พบรูปร่างแท่งและเหลี่ยมในลักษณะเดียวกัน แต่มีรอยเปราะและแตกตลอดโครงสร้าง และมีรุกรุนหรือความเปื่อยยุ่ยกระจายตามพื้นผิวภายนอกมากขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มที่ 3, กลุ่มที่ 4 และกลุ่มที่ 7 การหลุดลอกของเส้นใยที่พื้นผิวภายนอกมาก ตรงกันข้ามกับกลุ่มที่ 8 (ภาพที่ 4.9) ที่โครงสร้างมีรอยเปราะและแตกและมีการหลุดลอกของเส้นใยที่พื้นผิวภายนอกน้อยกว่ากลุ่มที่ 3 (ภาพที่ 4.4) ในขณะที่กลุ่มที่ 9 (ภาพที่ 4.10) และกลุ่มที่ 10 (ภาพที่ 4.11) แม้สภาพพื้นผิวภายนอกจะมีรุกรุน โครงสร้างมีรอยเปราะและแตก รวมถึงการหลุดลอกของเส้นใยคล้ายกับ แต่ไม่มีกระจายมากนักใกล้เคียงกับกลุ่มที่ 6 และกลุ่มที่ 8 ข้อมูลบางส่วนจากการศึกษาในครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่า กระบวนการหมักสามารถทำให้สภาพพื้นผิวภายนอกของวัตถุของทุกกลุ่มทดลองเปลี่ยนแปลงไป จากรายงานของ อภิชาติ และคณะ (2557) พบว่า โครงสร้างภายในของเปลือกลำไย ใบและลำต้นของฟางหมักที่ปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาด้วยยูเรียที่ส่องผ่านกล้อง SEM คลายตัวออกจากกัน เนื่องจากสภาพต่างที่เกิดจาก urea ถูกย่อยสลายด้วย urease ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์ให้เป็น ammonia และอยู่ในรูป ammonium hydroxide เมื่อละลายกับน้ำ (Wanapat and Cherdton, 2009) ทำให้ cellulose ถูกใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ได้ดีขึ้น (Wanapat et al., 2009) อ้างโดย อภิชาติ และคณะ (2557)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

ชนิดหญ้าและพันธุ์กล้วยมีอิทธิพลต่อคุณภาพของพืชอาหารหยาบหมักโดยรวม (คะแนนกลิ่น สี และค่า pH) องค์ประกอบทางเคมีและผลผลิตจากกระบวนการหมัก พบว่า ชนิดหญ้าและพันธุ์กล้วยในสัดส่วน 80:20 ที่เหมาะสมสำหรับทำพืชหมักที่อายุหมัก 21 วัน คือ หญ้าเนเปียร์หมักร่วมกับกล้วยตานี หิน หรือน้ำไท และหญ้าหวานหมักร่วมกับกล้วยตานี หรือหิน มีผลให้พืชหมักทั้ง 5 กลุ่มมีคุณภาพโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ดีมาก และการใช้กล้วยหมักร่วมด้วยสามารถลดการสูญเสียเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบได้ดีกว่าการหมักหญ้าเนเปียร์เพียงชนิดเดียว โปรตีนเฉลี่ยระหว่าง 11-12% นอกจากนี้หญ้าเนเปียร์หมักร่วมกับกล้วยหินหรือน้ำไทมีอินทรีย์วัตถุสูงขึ้นและเถ้าลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด ถึงแม้ว่าการใช้กล้วยหมักร่วมกับหญ้าจะมีผลให้ LAB น้อยกว่าการใช้หญ้าเนเปียร์หมักเพียงชนิดเดียว แต่เมื่อพิจารณาจากคุณภาพหญ้าหมักโดยรวมของทั้ง 5 กลุ่ม พบว่า ส่วนใหญ่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการหมักหญ้าร่วมกับกล้วยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อ reducing sugar, total sugar, lactic acid, ความเข้มข้นของ acetic acid, NDF, gross energy, และ $\text{NH}_3\text{-N}$ โดยเฉพาะชนิดที่ที่ใช้หญ้าหวานหมักร่วมกับกล้วยหิน (กลุ่มที่ 8) พบการเพิ่มขึ้นของ reducing sugar, total sugar, lactic acid, acetic acid, NDF, และการลดลงของ pH และ $\text{NH}_3\text{-N}$ ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการย่อย เยื่อใย ขณะที่การใช้หญ้าเนเปียร์หมักร่วมกับกล้วยหิน (กลุ่มที่ 3) และหญ้าเนเปียร์หมักร่วมกับกล้วยน้ำไท (กลุ่มที่ 4) พบการเพิ่มขึ้นของ reducing sugar, total sugar, acetic acid, NDF, และการลดลงของ $\text{NH}_3\text{-N}$

ข้อเสนอแนะ

พิจารณาแนวทางการใช้พืชวงศ์กล้วยในท้องถิ่นที่มี WSC สูง, การเสริมกากน้ำตาลหรือเมล็ดธัญพืชบด (ข้าวโพด), การใช้ประโยชน์ร่วมกับสิ่งเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทอื่นๆ หรือศึกษาการเติมต้นเชื้อ LAB ทั้งชนิดและระดับที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงคุณภาพ ลดการสูญเสียวัตถุดิบของพืชอาหารหยาบหมักเขตร้อน และเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

ผลผลิต (Output)

-อยู่ในระหว่างการจัดทำ manuscript-

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. (2544). หญ้าหมัก. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. ISBN 974-7608-81-2
- กรมปศุสัตว์. (2547). มาตรฐานพืชอาหารหมัก ของกองอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. ISBN 974-682-164-4
- กรมวิชาการเกษตร. (2561). กล้ายกินได้ ของกรมวิชาการเกษตร. เกินคุ้มมีเดีย. ISBN 978-616-358-359-8
- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2560). ไม้ผล กล้ายทานปี 2559. ระบบจัดเก็บและรายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืชรายเดือน ระดับตำบล (รต.) กรมส่งเสริมการเกษตร. สืบค้นจาก <http://production.doae.go.th/>
- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2562). กล้ายหิน: ปีเพาะปลูก 2561. ระบบจัดเก็บและรายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืชรายเดือน ระดับตำบล (รต.) กรมส่งเสริมการเกษตร. สืบค้นจาก <http://production.doae.go.th/>
- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2563). กรมส่งเสริมการเกษตร บูรณาการขับเคลื่อนจัดการโรคเหี่ยวกล้วยหินต่อเนื่อง หวังสร้างพื้นที่ปลอดโรค. สืบค้นจาก <https://secretariat.doae.go.th/?p=4785>
- เกียรติศักดิ์ กล้าเอม, เกียรติสุรักษ์ โภคสวัสดิ์, วิรัช สุขสรายุ และฉายแสง ไม้แก้ว. (2548). เอกสารคำแนะนำหญ้าหมัก. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- ไกรลาส เขียวทอง. (2554). คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1. ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ นครราชสีมา กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. สืบค้นจาก http://extension.dld.go.th/th1/images/stories/cattle_buff_bord/napiagrass.pdf (สืบค้นวันที่ 20 กรกฎาคม 2564)
- จักรพงษ์ ชายคง, อาณัติ จันทร์ธีระติกุล, เกศวดี ศรีงาม, พัชริดา หิมลี, สายฝน คำฉิม, อภิญญา บุญทศ และมนัสศิญา อรุณโรจน์วานิช. (2561). ช่วงห่างเวลาการตัดต่อลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณค่า ทางโภชนาของหญ้า cv. Mahasarakham ภายใต้ระบบชลประทาน ในช่วงฤดูหนาว. *แก่นเกษตร*, 46(1), 158-164.
- จิตรานุช เรืองกิต. (2561). โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและเพิ่มมูลค่ากล้วยหินในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง. รายงานโครงการวิจัย กรมวิชาการเกษตร.
- เฉลิมพล แซมเพชร. (2530). หญ้าและถั่วอาหารสัตว์เมืองร้อน. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร. โอ.เอส. พรินติ้ง เฮ้าส์.

- เขาวฤทธิ มาปะโท และเมธา วรรณพัฒน์. (2560). หญ้าหวาน (*Pennisetum purpureum* cv. Mahasarakham) หญ้าทางเลือกใหม่สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง. *วารสารโคนม*, 34(2), 57-63.
- ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์. (2563). กล้วยเทพรส. เชียงใหม่. สืบค้นจาก <http://www.qsbg.org/database/botanic>
- ณรงค์ฤทธิ์ ใจพลแสน, ศิวัช สังข์ศรีทวงษ์, วณิดดา รุ่งรัมย์, ธนพร อึ้งเวชวานิช, พชรพร อ่างทอง, เวทชัย เปล่งวิทยา และเสาวลักษณ์ แยมหมื่นอาจ. (2564). ต้นเชื้อจำเป็นหรือไม่ ต่อการผลิตพืชอาหารสัตว์หมัก. *วารสารแก่นเกษตร*, 48(2)(ฉบับพิเศษ), 321-331.
- นรินทร์ เจริญพันธ์. (2561). การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้จากมันเทศ. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*, 13(1), 32-43.
- นรินทร์ เจริญพันธ์, จิรวรรณ เขียววิจิตร และสุนีย์ ดีหะริง. (2561). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมกล้วยเพื่อสุขภาพ. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*, 13(2), 24-35.
- นรินทร์ เจริญพันธ์ และกนกพร ภาคฉาย. (2562). การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตถั้วทาร์ตปราศจากกลูเตน. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*, 14(1), 26-36.
- นลิน อินทร์พรรณ และสมคิด ใจตรง. (2559). ลักษณะของกล้วยน้ำไท น้ำว้ามะลิอ่อน หิน และเทพรส. *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์*, 3(ฉบับพิเศษ I), M10, 1-5.
- นิตยา ปิติวิทยากุล, เพ็ญพิสุทธิ์ บำรุงชัย, พัชรินทร์ วรรณวิจิตร, เบญญา แสนมหายักษ์ และเสมอใจ บุรินอก. (2564). ผลของแบคทีเรียกรดแลคติกที่คัดเลือกได้ต่อคุณภาพการหมักและองค์ประกอบทางโภชนะของกล้วยเนเปียร์. *วารสารแก่นเกษตร*, 48(2)(ฉบับพิเศษ), 253-258.
- นิธิยา รัตนาปนนท์. (2545). เคมีอาหาร. กรุงเทพมหานคร. โอเดียนสโตร์.
- บุญส่ง เลิศรัตนพงศ์, วิทยา สุมาลย์, วิโรจน์ ฤทธิฤกษ์ชัย และร่ำไพร นามสีลี. (2555). การศึกษาคุณภาพของพืชหมักในฤกษ์พลาสดักดำที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ. รายงานผลงานวิจัยสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2555 กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 135-152.
- ปิตุนาถ หนูเสน และพิพัฒน์ เหลืองลาวัลย์. (2561). การเสริม *Lactobacillus buchneri* และ *Lactobacillus plantarum* ต่อผลผลิตจากกระบวนการหมัก และองค์ประกอบทางเคมีของกล้วยเนเปียร์ปากช่องและต้นข้าวโพดหมัก. *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์*, 5(1), 70-75.
- พิพัฒน์ เหลืองลาวัลย์ และวิศิษฐ์พร สุขสมบัติ. (2558). การศึกษาการใช้ *Lactobacillus spp.* ต่อกระบวนการหมักของพืชหมัก. รายงานการวิจัย สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 52 น.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2563). Saba / กล้วยหิน. ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. สืบค้นจาก <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3583/saba>

- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2564). Lactic acid bacteria / แบคทีเรียผลิตกรดแล็กติก. สืบค้นจาก <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0782/lactic-acid-bacteria-แบคทีเรียผลิตกรดแล็กติก>
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2548). จุลชีววิทยาของอาหารและอาหารสัตว์-วิธีตรวจนับ mesophilic lactic acid bacteria โดยเทคนิคการนับจำนวนโคโลนีที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส. มอก. 2239-2548; ISO 15214:1998. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพมหานคร. ISBN: 974-1506-66-7.
- วิศิษฐพร สุขสมบัติ. (2542). เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาโภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (ไบโอเทค). (2564). เทคโนโลยีการใช้ต้นเชื้อบริสุทธิ์เพื่อผลิตพืชอาหารสัตว์หมัก. สืบค้นจาก <https://www.biotec.or.th/th/images/Infographic/starter%20culture%20for%20silage.pdf>
- ศูนย์รวบรวมสายพันธุ์กล้วยฉลิมพระเกียรติจังหวัดกำแพงเพชร. (2558). กล้วยน้ำไท. สืบค้นจาก <https://bananacenterkp.weebly.com/3585362136573623361836093657363536523607.html>
- สมคิด ใจตรง และสุปรีณา ศรีไสคำ. (2560). แหล่งของแทนนินในกล้วย diploid (2n) triploid (3n) tetraploid (4n) และการใช้ประโยชน์ในการขับไข่พยาธิในแพะเนื้อ. รายงานฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 มหาวิทยาลัยบูรพา. 95 น.
- สมคิด ใจตรง และสุปรีณา ศรีไสคำ. (2561). ปริมาณแทนนินและองค์ประกอบทางเคมีในลำต้น ใบ และเปลือกของกล้วยเทพรส. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 49(4)(พิเศษ), 46-49.
- สายัณห์ ทัดศรี. (2540). พืชอาหารสัตว์เขตร้อน การผลิตและการจัดการ. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุปรีณา ศรีไสคำ และสมคิด ใจตรง. (2562). ผลของคอนเดนซ์แทนนินในใบรวมก้านกล้วยเทพรสต่อการขับไข่พยาธิตัวกลมในมลแพะเนื้อลูกผสม. *วารสารแก่นเกษตร*, 47(2)(ฉบับพิเศษ), 283-288.
- สำนักงานเกษตรอำเภอสุวรรณโคโลก. (2564). กล้วยตานีพืชเศรษฐกิจ. สืบค้นจาก <http://sawankhalok-sukhothai.kasetbay.com/28-ผลการดำเนินงาน-km--อำเภอ/121-กล้วยตานีพืชเศรษฐกิจ>.

- เสมอใจ บุรินอก, คำสอน สีสะอาด, วรางคณา หอมไสย, ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส, เฉลิมพล เขื่องกลาง และไกรสิทธิ์ วสุเพ็ญ. (2554). คุณภาพการหมักและคุณค่าทางโภชนาของหญ้ากินนีสีม่วง และถั่วอาหารสัตว์หมัก. *วารสารแก่นเกษตร*, 39, 137-146.
- เสมอใจ บุรินอก, ศิริลักษณ์ กล้ารอด, เพ็ญธิชา ทรัพย์สมบัติ, เบญญา แสนมหายักษ์ และนิตยา ปิติวิทยากุล. (2564). ผลของการเสริมเชื้อจุลินทรีย์ต่อปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของ หญ้าเนเปียร์หมัก (*Pennisetum purpureum*) ในแพะ. *วารสารแก่นเกษตร*, 48(2)(ฉบับพิเศษ), 276-283.
- อดิชาติ ทองนำ, อัญญาวุธ สนั่นนาม, อุษณีย์ภรณ์ สร้อยเพชร, ณิชฎิมา เฉลิมแสน และวุฒิกิร สระแก้ว. (2564). ผลของการใช้ฟ่อนข้าวโพดทดแทนเมล็ดข้าวโพดในสูตรอาหารโคนมต่อองค์ประกอบทางเคมี และจุลศาสตร์การย่อยได้ในกระเพาะรูเมน. *วารสารแก่นเกษตร*, 48(2)(ฉบับพิเศษ), 311-320.
- อนุสรณ์ เชิดทอง, ดำรงรักษ์ รักษวงศ์ฤทธิ์, ฉลอง วชิราภากร, อีระชัย หายทุกข์, สายัณ คันธรินทร์, กษมา ตั้งมุกทาทกรกุล และ ธนกร สายสิงค์. (2558). ผลของการเสริมกระถินหมักและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักต่อปริมาณการกินได้ นิเวศวิทยาในรูเมน และสมรรถนะการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทย. *แก่นเกษตร*, 43(1)(ฉบับพิเศษ), 484-490.
- อภิชาติ บุญเรืองขาว และสมพล ไวปัญญา. (2560). ผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาของหญ้าเนเปียร์ 4 สายพันธุ์ ที่อายุการตัด 60 วัน ในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี. ใน *รายงานผลงานพัฒนาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ประจำปี 2559-2560*. (หน้า 125-131). กรุงเทพฯ: สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- อภิชาติ หมั่นวิชา, สมปอง สรวมศิริ, สกล ไข่คำ และไพโรจน์ ศิลม่น. (2557). ลักษณะทางกายภาพคุณค่าทางอาหาร และการย่อยได้โดยวิธี *In Vitro* Digestibility ของโภชนาในเปลือกกล้วยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย. *วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร*, 31(2), 52-60.
- Adesogan, A. T. & Newman, Y. C. (2014). Silage harvesting, storing, and feeding 1. UF/ IFAS Extension, University of Florida, Gainesville. Available: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf%5CAG%5CAG180%5CAG180-Dz70s07cdf.pdf>
- AOAC. (1990). Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemist, Inc. Arlington Virginia 22201 USA.
- Astuti, T. (2015). Digestibility of ration based on banana peel bioprocessed with local microorganism. In *proceedings of International Seminar on Promoting Local Resources for Food and Health* (204-207). Bengkulu: Indonesia.

- Beauchemin, K. A., Farr, B. I., Rode, L. M. & Schaalje, G. B. (1994). Optimal of neutral detergent fiber concentration of barley-based diets for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 77(4), 1013-1029.
- Boonkoed, S., Suphalucksana, W., Sitthigripong, R., Srikijkasemwat, K., Mitchaothai, J. & Lukkananukool, A. (2018). The effect of adding mung bean meal supplementation on Napier Pakchong 1 silage on fermentation quality and nutrient composition. *International Journal of Agricultural Technology*, 14(7), 1039-1048.
- Bureenok, S., Namihira, T., Mizumachi, S., Kawamoto, Y. & Nakada, T. (2006). The effect of epiphytic lactic acid bacteria with or without different byproduct from defatted rice bran and greentea waste on napiergrass (*Pennisetum purpureum* Shumach) silage fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 1073-1077.
- 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), 2982-7. doi: 10.1128/AEM.64.8.2982-2987.1998.
- Cai, Y., Kumai, S., Ogawa, M., Benno, Y. & Nakase, T. (1999). Characterization and identification of *Pediococcus* species isolated from forage crops and their application for silage preparation. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(7), 2901-2906.
- Chen, J., Stokes, M. R. & Wallace, C. R. (1994). Effects of enzyme-inoculant systems on preservation and nutritive value of hay crop and corn silages. *Journal of Dairy Science*, 77, 501-512.
- Comino, L., Tabacco, E., Righi, F., Revello-Chion, A., Quarantelli, A. & Borreani, G. (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. *Animal Feed Science and Technology*, 198, 94-106.
- Fernando, H. R. P., Srilaong, V., Pongprasert, N., Boonyaritthongchai, P. & Jitareerat, P. (2014). Changes in antioxidant properties and chemical composition during

- ripening in banana variety 'Hom Thong' (AAA group) and 'Khai' (AA group). *International Food Research Journal*, 21(2), 749-754.
- Filya, I. (2003). The effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. *Journal of Dairy Science*, 86, 3575–3581.
- Fraser, M. D., Winters, A., Fychan, R., Davies D. R. & Jones, R. (2001). The effect of harvest date and inoculation on the yield, fermentation characteristics and feeding value of Kale silage. *Grass and forage Science*, 56, 151-161.
- Kaewpila, C., Khota, W., Gunun, P., Kesorn, P. & Cherdthong, A. (2020). Strategic addition of different additives to improve silage fermentation, aerobic stability and *In vitro* digestibility of Napier grasses at late maturity stage. *Agriculture*, 10(7), 262. doi:10.3390/agriculture10070262
- Kanazawa, K. & Sakakibara, H. (2000). High content of dopamine, a strong antioxidant, in Cavendish banana. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 48, 844-848.
- Kang, T. W., Adesogan, A. T., Kim, S.C. & Lee, S. S. (2009). Effects of an esterase-producing inoculant on fermentation, aerobic stability, and neutral detergent fiber digestibility of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 92(2), 732–738.
- Khiaotong, K. (2011). Napier Pakchong 1 grass planting guide. The compressed document copies. 1-32.
- Kitdamrongsont, K., Pothavorn, P., Swangpol, S., Wongniam, S., Atawongsa, K., Svasti, J. & Somana, J. (2008). Anthocyanin composition of wild bananas in Thailand. *Agricultural and Food Chemistry*, 56, 10853-10857.
- Kongbangkerd, T. (2003). Food Microbiology. Department of Agro-Industry. Naresuan University.
- Lukkananukool, A., Thammakarn, C., Srikijkasemwat, K., Aung, M. & Kyawt, Y. Y. (2018). Effect of molasses and fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria on the fermentation characteristics and nutrient compositions of cassava leaves silage. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 6, 388-394.
- Mapato C, & Wanapat, M. (2016). Fermentation characteristics of tropical grass using *in vitro* gas production technique. In *Proceeding of the 17th Asian-Australasian Association of Animal Production Societies Animal Science Congress; 2016*. pp. 366-72.

- Mapato, C. & Wanapat, M. (2018). New roughage source of *Pennisetum purpureum* cv. Mahasarakham utilization for ruminants feeding under global climate change. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(12), 1890-1896.
- McDonald, P. (1981). *The Biochemistry of Silage*. John Wiley and sons Ltd., New York.
- McDonald, P., Henderson, N. & Heron, S. J. E. (1991). *The Biochemistry of Silage*. Second Edition. Chalcombe Publications, Marlow Bucks, UK.
- Mohaputra, D., Mishra, S. & Sutar, N. (2010). Banana and its by-product utilisation: An overview. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 69(5), 323-329.
- Muhammad, I. R., Baba, M., Mustapha, A., Ahmad, M. Y. & Abdurrahman, L. S. (2008). Use of legume in the improvement of silage quality of Columbus grass (*Sorghum alnum* Parody). *Research Journal of Animal Sciences*, 2(4), 109-112.
- National Research Council. (1988). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 6th ed. Rev. ed. Washington, D.C. National Academy Press.
- Nsereko, V. L., Smiley, B. K., Rutherford, W. M., Spielbauer, A., Forrester, K. J. & Hettinger, G. H. (2008). Influence of inoculating forage with lactic acid bacterial strains that produce ferulate esterase on ensilage and ruminal degradation of fiber. *Animal Feed Science and Technology*, 145(1-4), 122-135.
- Oliveira, A. S., Weinberg, Z. G., Ogunade, I. M., Cervantes, A. A. P., Arriola, K. G., Jiang, Y., Kim, D., Li, X., Gonçalves, M. C. M., Vyas, D. & Adesogan, A. T. (2017). Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(6), 4587-4603.
- Pothavorn, P., Kitdamrongsont, K., Swangpol, S., Wongniam, S., Atawongsa, K., Svasti, J., & Somana, J. (2010). Sap phytochemical compositions of some bananas in Thailand. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(15), 8782-8787.
- R Core Team. (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <http://www.R-project.org/>
- Rattanapanone, N. (2006). *Food chemistry*. Bangkok: Odeon Store, 504.
- Rattanapanone, N. (2014). *Food chemistry*. Bangkok. Odian store. 504.
- Samanurat, M. (2014). Bacterial inhibition of biopreservative producing psychrotrophic lactic acid bacteria. Master's thesis. Songkla: Prince of Songkla University.

- Sangudom, T., Wongs-Aree, C., Srilaong, V., Kanlayanarat, S., Wasusri, T., Noichinda, S. & Markumlai, W. (2014). Fruit quality and antioxidant properties of 'KluaiKhai' banana (Musa AA group) at different stages of harvest maturity. *International Food Research Journal*, 21(2), 583-588.
- Somogyi, M. (1952). Notes on sugar determination. *Journal of Biological Chemistry*, 195(1), 19-23. (Received for publication, August 23, 1951)
- Tudsri, S. (2005). The orange and Grass in Thailand. Bangkok: Kasetsart University Press. Bangkok.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. & Lewis, B. A. (1991). Symposium: carbohydrate methodology, metabolism and nutritional implication in dairy cattle methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3585-3597.
- Wanapat, M. & Cherdthong, A. (2009). Use of real-time PCR technique in studying rumen cellulolytic bacteria population as affected by level of roughage in swamp buffalo. *Current Microbiology*, 58(4), 294-299. doi: 10.1007/s00284-008-9322-6.
- Wanapat, M., Polyorach, S., Boonnop, K., Mapato, C. & Cherdthong, A. (2009). Effects of treating rice straw with urea or urea and calcium hydroxide upon intake, digestibility, rumen fermentation and milk yield of dairy cows. *Livestock Science*, 125(2-3), 238-243.
- Wang, M., Yang, C., Jia, L. & Yu, K. (2014). Effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation characteristics and aerobic stability of whipgrass silage in laboratory silos. *Grassland Science*, 60, 233-239.
- Weinberg, Z. G. G, Muck, R. E. & Weimer, P. J. (2003). The survival of silage inoculant lactic acid bacteria in rumen fluid. *Journal of Applied Microbiology*, 94, 1066-1071.
- Weinberg, Z. G., Shatz, O., Chen, Y., Yosef, E., Nikbahat, M., Ben-Ghedalia, D. & Miron, J. (2007). Effect of lactic acid bacteria inoculants on in vitro digestibility of wheat and corn silages. *Journal of Dairy Science*, 90, 4754-4762.
- Woolford, M. K. (1990). The detrimental effects of air on silage. *Journal of Applied Bacteriology*, 68, 101-116.

Yokota, H., Okajima, T. & Ohshima, M. (1992). Nutritive value of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) silage ensiled with moasses by goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 5(1), 33-37.

ภาคผนวก

ตารางที่ 4.4 ปฏิสัมพันธ์ของลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมีและผลผลิตจากกระบวนการหมักที่ได้จากการหมักเห็ดรวมกับกล้วยที่ที่รีดเมนต์แตกต่างกันและค่าเฉลี่ยของแต่ละชนิดเห็ดและพันธุ์กล้วย

	ไม่ใช้กล้วยหมักร่วมด้วย	กล้วยตานี	กล้วยหิน	กล้วยน้ำไท	กล้วยเทพรส	Mean
ชนิดเห็ด	Smell					
1 เห็ดนางรม	8±0.00 b	12±0.00 a	10±2.31 ab	12±0.00 a	8±0.00 b	10.0 a
2 เห็ดนางฟ้า	8±0.00 b	12±0.00 a	12±0.00 a	8±0.00 b	4±0.00 c	8.8 b
Mean	8 c	12 a	11 ab	10 b	6 d	
	Texture					
1 เห็ดนางรม	4±0.00	4±0.00	4±0.00	4±0.00	4±0.00	4
2 เห็ดนางฟ้า	4±0.00	4±0.00	4±0.00	4±0.00	4±0.00	4
Mean	4	4	4	4	4	
	Color					
1 เห็ดนางรม	3±0.00 a	3±0.00 a	3±0.00 a	2.5±0.58 ab	3±0.00 a	2.9 a
2 เห็ดนางฟ้า	3±0.00 a	2±0.00 b	2±0.00 b	2±0.00 b	3±0.00 a	2.4 b
Mean	3.0 a	2.5 b	2.5 b	2.25 b	3.0 a	
	pH					
1 เห็ดนางรม	3.88±0.17 ab	3.10±0.08 d	3.15±0.06 cd	2.98±0.22 d	3.95±0.06 a	3.46
2 เห็ดนางฟ้า	3.70±0.20 abc	3.23±0.19 cd	3.50±0.28 abcd	3.33±0.21 bcd	3.55±0.10 abcd	3.41
Mean	3.78 a	3.16 b	3.32 b	3.15 b	3.75 a	
	Quality					
1 เห็ดนางรม	18.88±0.17 cd	22.10±0.08 a	20.15±2.31 abc	21.48±0.74 ab	18.95±0.06 bcd	20.31 a
2 เห็ดนางฟ้า	18.70±0.20 cd	21.225±0.19 abc	21.50±0.28 ab	17.33±0.21 d	14.55±0.10 e	18.66 b
Mean	18.78 c	21.66 a	20.82 ab	19.40 bc	16.75 d	

	ไม่ใช้กล้วยหมักร่วมด้วย	กล้วยตานี	กล้วยหิน	กล้วยน้ำไท	กล้วยเทพรส	Mean
ชนิดหญ้า	L*					
1 หญ้าเนเปียร์	49.90±0.66 ab	48.59±1.13 abc	48.47±0.10 abc	48.66±0.14 abc	45.75±0.88 d	48.27 b
2 หญ้าหวาน	48.57±0.23 abc	47.83±0.27 bcd	50.28±0.25 ab	50.62±0.01 a	47.14±1.25 cd	48.89 a
Mean	49.24 a	48.21 a	49.38 a	49.64 a	46.44 b	
	A*					
1 หญ้าเนเปียร์	2.38±0.07 f	3.76±0.01 c	4.67±0.01 a	4.51±0.08 b	4.77±0.04 a	4.02 a
2 หญ้าหวาน	3.11±0.01 e	3.59±0.02 d	3.50±0.05 d	3.26±0.01 e	4.40±0.04 b	3.57 b
Mean	2.75 e	3.68 d	4.09 b	3.88 c	4.58 a	
	B*					
1 หญ้าเนเปียร์	25.88±0.51 de	26.83±0.23 cd	29.35±0.12 a	26.24±0.15 d	27.67±0.34 bc	27.19 a
2 หญ้าหวาน	24.99±0.03 e	26.71±0.32 cd	27.85±0.01 b	27.47±0.11 bc	27.36±0.16 bc	26.87 b
Mean	25.43 d	26.77 c	28.60 a	26.85 bc	27.52 b	
	C*					
1 หญ้าเนเปียร์	25.99±0.51 ef	27.09±0.23 bcd	29.72±0.12 a	26.62±0.16 de	28.08±0.33 b	27.50 a
2 หญ้าหวาน	25.18±0.03 f	26.95±0.32 cde	28.07±0.02 b	27.66±0.11 bc	27.71±0.14 bc	27.11 b
Mean	25.58 d	27.02 c	28.90 a	27.14 c	27.90 b	
	H					
1 หญ้าเนเปียร์	84.73±0.04 a	82.01±0.07 d	80.96±0.03 e	80.26±0.12 f	80.22±0.19 f	81.64 b
2 หญ้าหวาน	82.92±0.03 bc	82.35±0.06 d	82.85±0.10 c	83.24±0.03 b	80.86±0.13 e	82.44 a
Mean	83.83 a	82.18 b	81.91 c	81.75 c	80.54 d	

	ไม่ใช้กล้วยหมักร่วมด้วย	กล้วยตานี	กล้วยหิน	กล้วยน้ำไท	กล้วยเพชร	Mean
ชนิดหญ้า	Moisture (%)					
1 กล้วยเนเปียร์	85.58±0.16 a	85.18±0.33 ab	84.00±0.40 abc	83.74±0.31 abc	82.58±0.13 c	84.21
2 กล้วยหวาน	84.48±0.23 abc	84.56±0.12 abc	83.92±0.69 abc	83.31±0.13 bc	83.99±0.33 abc	84.05
Mean	85.03 a	84.87 ab	83.96 abc	83.52 bc	83.28 c	
	Dry matter 1 (% of fresh) (DM1)					
1 กล้วยเนเปียร์	14.43±0.16 c	14.83±0.33 bc	16.00±0.40 abc	16.26±0.31 abc	17.42±0.13 a	15.79
2 กล้วยหวาน	15.53±0.23 abc	15.45±0.12 abc	16.08±0.69 abc	16.70±0.13 ab	16.02±0.33 abc	15.95
Mean	14.98 c	15.14 bc	16.04 abc	16.48 ab	16.72 a	
	Dry matter 2 (%) (DM2)					
1 กล้วยเนเปียร์	99.17±0.01 abc	98.53±0.71 abc	99.53±0.22 a	98.61±0.63 abc	99.05±0.04 abc	98.97
2 กล้วยหวาน	99.72±0.26 a	98.31±0.30 bc	99.12±0.00 abc	99.48±0.67 ab	98.04±0.04 c	98.93
Mean	99.44 a	98.42 c	99.32 ab	99.04 abc	98.54 bc	
	Organic matter (%) (OM)					
1 กล้วยเนเปียร์	84.65±0.06 d	85.62±0.14 cd	89.12±0.07 a	87.32±0.04 b	86.10±0.39 c	86.56 a
2 กล้วยหวาน	80.59±0.01 f	82.89±0.06 e	85.69±0.21 c	83.47±0.06 e	83.06±0.22 e	83.14 b
Mean	82.62 d	84.25 c	87.40 a	85.39 b	84.58 c	
	Ash (%)					
1 กล้วยเนเปียร์	15.36±0.06 c	14.38±0.14 cd	10.88±0.07 f	12.68±0.04 e	13.91±0.39 d	13.44 b
2 กล้วยหวาน	19.42±0.01 a	17.12±0.06 b	14.32±0.21 d	16.54±0.06 b	16.95±0.22 b	16.87 a
Mean	17.39 a	15.75 b	12.60 d	14.61 c	15.43 b	

	ไม่ใช้กล้วยหมักร่วมด้วย	กล้วยตานี	กล้วยหิน	กล้วยน้ำไท	กล้วยเพชร	Mean
ชนิดหญ้า	Crude Protein (%) (CP)					
1 หญ้าเนเปียร์	11.68±0.19 ab	11.50±0.17 ab	12.01±0.01 ab	12.06±0.22 a	11.35±0.11 ab	11.72
2 หญ้าหวาน	11.45±0.10 ab	11.23±0.23 ab	11.70±0.01 ab	11.12±0.01 b	11.58±0.03 ab	11.41
Mean	11.56 ab	11.36 b	11.85 a	11.59 ab	11.47 b	
	Ether extract (%) (EE)					
1 หญ้าเนเปียร์	2.48±0.08 d	2.93±0.09 cd	2.90±0.08 cd	1.85±0.08 e	4.87±0.13 a	3.00 b
2 หญ้าหวาน	3.24±0.10 c	3.39±0.06 bc	3.83±0.11 b	3.33±0.04 bc	3.87±0.04 b	3.53 a
Mean	2.86 cd	3.16 bc	3.37 b	2.59 d	4.37 a	
	Crude fiber (%) (CF)					
1 หญ้าเนเปียร์	26.85±0.04 a	23.81±0.01 cd	24.01±0.06 c	22.69±0.07 e	24.52±0.03 b	24.37 a
2 หญ้าหวาน	23.79±0.16 cd	23.40±0.11 d	22.72±0.03 e	22.30±0.06 e	19.71±0.09 f	22.38 b
Mean	25.32 a	23.60 b	23.36 b	22.49 c	22.11 d	
	Non fiber carbohydrate (%) (NFC)					
1 หญ้าเนเปียร์	7.55±0.01	10.12±0.04	13.26±0.01	11.05±0.23	6.95±0.58	9.78 a
2 หญ้าหวาน	6.39±0.11	9.95±0.16	7.00±0.11	7.51±0.16	7.79±0.42	7.73 b
Mean	6.97 b	10.03 a	10.13 a	9.28 a	7.37 b	
	Neutral detergent fiber (%) (NDF)					
1 หญ้าเนเปียร์	62.95±0.04 ab	61.08±0.08 c	60.95±0.01 c	62.38±0.11 b	62.93±0.06 ab	62.05 a
2 หญ้าหวาน	59.51±0.10 d	58.33±0.07 e	63.16±0.20 a	61.52±0.13 c	59.82±0.14 d	60.46 b
Mean	61.23 b	59.71 c	62.06 a	61.95 a	61.38 b	

	ไม่ใช้กล้วยหมักร่วมด้วย	กล้วยตานี	กล้วยหิน	กล้วยน้ำไท	กล้วยเพชร	Mean
ชนิดหญ้า	Acid detergent fiber (%) (ADF)					
1 หญ้าเนเปียร์	34.33±0.12 cd	34.49±0.06 c	32.82±0.12 e	34.61±0.08 c	35.38±0.06 b	34.32 b
2 หญ้าหวาน	36.49±0.09 a	33.93±0.09 d	34.09±0.07 cd	35.47±0.06 b	33.85±0.04 d	34.76 a
Mean	35.41 a	34.21 d	33.45 e	35.04 b	34.61 c	
	Acid detergent lignin (%) (ADL)					
1 หญ้าเนเปียร์	2.33±0.03 g	3.24±0.00 de	4.57±0.04 a	3.79±0.04 c	4.24±0.07 b	3.63
2 หญ้าหวาน	2.77±0.08 f	3.48±0.08 d	4.87±0.05 a	3.86±0.03 c	2.95±0.00 ef	3.58
Mean	2.55 e	3.36 d	4.72 a	3.83 b	3.60 c	
	Hemicellulose					
1 หญ้าเนเปียร์	28.62±0.16 ab	26.59±0.14 d	28.14±0.13 bc	27.77±0.03 c	27.55±0.00 c	27.73 a
2 หญ้าหวาน	23.03±0.01 f	24.41±0.02 e	29.07±0.13 a	26.05±0.08 d	25.98±0.18 d	25.70 b
Mean	25.82 c	25.50 c	28.60 a	26.91 b	26.76 b	
	Cellulose					
1 หญ้าเนเปียร์	32.00±0.15 b	31.25±0.06 cd	28.25±0.16 g	30.82±0.04 de	31.14±0.13 cd	30.69 b
2 หญ้าหวาน	33.72±0.17 a	30.45±0.01 e	29.23±0.12 f	31.61±0.03 bc	30.90±0.04 de	31.18 a
Mean	32.86 a	30.85 b	28.74 c	31.21 b	31.02 b	
	Gross energy					
1 หญ้าเนเปียร์	4339.75±42.86 b	4352.89±82.54 b	4749.89±28.12 a	3904.41±2.08 cd	4027.57±8.34 c	4274.90 a
2 หญ้าหวาน	3503.08±9.36 f	3670.00±5.15 ef	3922.20±24.89 c	3677.76±19.58 ef	3722.40±4.52 de	3699.09 b
Mean	3921.41 bc	4011.44 b	4336.04 a	3791.08 c	3874.98 bc	

	ไม่ใช้กล้วยหมักร่วมด้วย	กล้วยตานี	กล้วยหิน	กล้วยน้ำไท	กล้วยเทพรส	Mean
ชนิดหญ้า	Lactic acid (%)					
1 หญ้าเนเปียร์	8.37±0.11 f	13.23±0.66 de	15.20±0.35 bc	14.33±0.41 cd	12.88±0.03 e	12.80
2 หญ้าหวาน	15.54±0.28 bc	16.03±0.38 b	7.54±0.27 f	7.17±0.07 f	17.69±0.41 a	12.79
Mean	11.95 b	14.63 a	11.37 bc	10.75 c	15.29 a	
	Acetic acid (%) (C ₂)					
1 หญ้าเนเปียร์	87.51±0.53 a	81.88±0.04 ab	73.06±0.23 c	73.35±4.04 c	78.41±0.06 bc	78.84
2 หญ้าหวาน	61.95±0.08 d	74.64±0.06 bc	87.28±0.03 a	75.22±0.08 bc	79.81±0.07 abc	75.78
Mean	74.73 ab	78.26 ab	80.17 a	74.28 b	79.11 ab	
	Propionic acid (%) (C ₃)					
1 หญ้าเนเปียร์	3.58±0.30 ab	4.81±0.06 ab	6.84±0.01 a	3.70±5.23 ab	5.56±0.01 ab	4.90
2 หญ้าหวาน	9.43±0.04 a	7.64±0.06 a	3.90±0.04 ab	5.87±0.00 a	0.00±0.00 b	5.37
Mean	6.51	6.22	5.37	4.79	2.78	
	Butyric acid (%) (C ₄)					
1 หญ้าเนเปียร์	6.68±0.19 g	10.13±0.00 f	15.33±0.17 d	17.50±0.92 c	12.21±0.01 e	12.37 b
2 หญ้าหวาน	21.74±0.10 a	17.73±0.01 c	8.80±0.02 f	18.59±0.04 bc	20.19±0.07 ab	17.41 a
Mean	14.21 c	13.93 c	12.06 d	18.04 a	16.20 b	
	Valeric acid (%) (C ₅)					
1 หญ้าเนเปียร์	2.25±0.04 f	3.19±0.01 e	4.78±0.05 c	5.46±0.27 b	3.80±0.00 d	3.89 a
2 หญ้าหวาน	6.81±0.03 a	0.00±0.00 g	0.00±0.00 g	0.33±0.05 g	0.00±0.00 g	1.43 b
Mean	4.53 a	1.60 d	2.39 c	2.89 b	1.90 d	

	ไม่ใช้กล้วยหมักร่วมด้วย	กล้วยตานี	กล้วยหิน	กล้วยน้ำไท	กล้วยเทพรส	Mean
ชนิดหญ้า	Ammonia nitrogen (g/kgDM) (NH ₃ -N)					
1 หญ้าเนเปียร์	1.80±0.08 ab	1.97±0.12 a	1.36±0.08 abc	0.77±0.04 c	1.18±0.00 bc	1.41 a
2 หญ้าหวาน	1.02±0.08 c	0.95±0.12 c	1.02±0.16 c	1.21±0.04 bc	0.94±0.21 c	1.02 b
Mean	1.41 a	1.46 a	1.19 a	0.99 a	1.06 a	
	Lactic acid bacteria (CFU/g)					
1 หญ้าเนเปียร์	197666700.0±16258330.0 a	5866.67±450.92 b	5666.67±152.75 b	87666.67±8621.68 b	2313333.0±166533.3 b	40015840 a
2 หญ้าหวาน	12333330.0±404145.2 b	2356.67±145.03 b	1416667.0±184481.3 b	2426667.0±172143.4 b	131666.7±4932.9 b	3262138 b
Mean	105000000.0 a	4111.67 b	711166.7 b	1257167.0 b	1222500.0 b	
	Total sugar (mg/100g)					
1 หญ้าเนเปียร์	1329.64±22.99 g	2339.78±6.37 b	2227.20±17.69 b	2027.61±20.28 c	1585.07±12.85 f	1901.86 b
2 หญ้าหวาน	1909.51±10.22 de	2066.46±25.65 c	2635.80±26.69 a	1856.43±27.89 e	2017.22±72.17 cd	2097.08 a
Mean	1619.572 e	2203.120 b	2431.502 a	1942.018 c	1801.143 d	
	Reducing sugar (mg/100g)					
1 หญ้าเนเปียร์	295.40±0.92 e	447.77±1.94 b	605.33±1.68 a	622.32±5.57 a	289.75±2.83 e	452.11 a
2 หญ้าหวาน	343.43±6.22 d	314.19±3.00 de	392.86±2.15 c	309.15±29.17 de	404.82±0.39 c	352.89 b
Mean	319.4183 e	380.9783 c	499.0933 a	465.7383 b	347.2867 d	