ผลของการใช้กากน้ำตาลและวีนัสต่อคุณภาพและคุณค่าทางโภชนะของกระถินหมัก เพื่อเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Effects of Molasses and Vinasses as Feed Additives on Quality and Nutritive Value of *Leucaena leucocephala* Silage for Ruminants Feed

ณัฐธิดา เซี่ยงจ๊ง[1] สุดาทิพย์ จันทร[1*] และ แพรวพรรณ เครือมังกร[2]
1. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 20110
2. ศูนย์วิจัยและและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา
*Email: sudathip@tu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาสมบัติทางเคมีของพืชอาหารหมักจากกระถินที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลและวีนัสในปริมาณ 0, 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ โดยหมักเป็นระยะเวลา 7, 14, 21 และ 30 วัน จากการศึกษาพืชอาหารหมักจากกระถินที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลพบว่าระยะเวลาในการหมักที่ 7, 14, 21 และ 30 วันมีค่าพีเอชลดลงเท่ากับ 4.56, 4.55, 4.50 และ 4.48 ตามลำดับ (P<0.05) และเมื่อพิจารณาจากปริมาณการเสริมกากน้ำตาลพบว่าการเสริมกากน้ำตาลในปริมาณ 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.40, 4.24 และ 4.21 ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมกากน้ำตาลที่มีค่าเท่ากับ 5.23 (P<0.05) นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติคพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 2.53-10.15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง และพืชอาหารหมักจากกระถินที่อายุการหมัก 30 วันและเสริมกากน้ำตาลในปริมาณ 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ทำให้ปริมาณ NDF ลดลงเท่ากับ 47.73, 47.71 และ 47.57 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมกากน้ำตาลที่มีค่าเท่ากับ 49.44 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (P<0.05) ในขณะที่การวิเคราะห์พืชอาหารหมักจากกระถินที่หมักร่วมกับวีนัสพบว่าระยะเวลาในการหมักที่ 7, 14, 21 และ 30 วันมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.03, 5.10, 5.13 และ 5.13 ตามลำดับ (P<0.05) และเมื่อพิจารณาจากปริมาณการเสริมวีนัสพบว่าการเสริมวีนัสในปริมาณ 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์มีค่าพีเอชเท่ากับ 5.04, 5.11 และ 5.02 ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมวีนัสที่มีค่าเท่ากับ 5.22 (P<0.05) และจากการวิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติคพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 2.56-5.65 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ส่วนกลุ่มที่ทำการหมัก 30 วันและเสริมวีนัสในปริมาณ 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ทำให้ปริมาณ NDF ลดลงเท่ากับ 47.95, 47.85 และ 47.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมวีนัสที่มีค่าเท่ากับ 49.73 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (P<0.05) อย่างไรก็ตามไม่พบกรดบิวทีริคในพืชอาหารหมักจากกระถินที่เสริมกากน้ำตาลและวีนัส ดังนั้นการเสริมกากน้ำตาลและวีนัสจึงทำให้พืชอาหารหมักจากกระถินมีคุณภาพดีได้

คำสำคัญ: พืชอาหารหมัก กระถิน กากน้ำตาล วีนัส

Abstract

The chemical properties of leucaena silage were determined. The silage was fermented with vinasses at concentrations of 0, 4, 6, and 8 percent by weight of fresh leucaena for 7, 14, 21, and 30 days. It was found that the pH of the silage fermented with molasses at 7, 14, 21, and 30 days dropped to 4.56, 4.55, 4.50, and 4.48 respectively (P<0.05). Molasses at 4, 6, and 8 percent decreased the silage pH value to 4.40, 4.24, and 4.21 respectively. The pH achieved was significantly lower than the 5.23 of the control (P<0.05). Additionally lactic acid content was found to be between 2.53 and 10.15 percent of dry matter. The 30 day silage with molasses at 4, 6, and 8 percent decreased NDF values to 47.73, 47.71, and 47.57 percent of dry matter, compared to the 49.44 percent of the control (P<0.05). The pH of silage with vinasses at 7, 14, 21, and 30

days were 5.03, 5.10, 5.13, and 5.13 respectively (P<0.05). Vinasses at 4, 6, and 8 percent dropped the silage pH to 5.04, 5.11, and 5.02 respectively. These were significantly lower than the 5.22 of the control (P<0.05). Lactic acid content was between 2.56 and 5.65 percent of dry matter. It was found that the ensilaging period of 30 days with vinasses at 4, 6, and 8 percent decreased the NDF values to 47.95, 47.85, and 47.75 percent of dry matter respectively, compared to 49.73 percent of the control (P<0.05). No butyric acid was detected from the silage supplemented with both additives employed. Thus molasses and vinasses can be used as alternative sources for additives to improve the silage quality.

Keyword: Silage, Leucaena, Molasses, Vinasses

1. บทนำ

การเลี้ยงปศุสัตว์ในประเทศไทยในปัจจุบันประสบปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งส่งผลทำให้พืชอาหารสัตว์มีไม่เพียงพอตามความต้องการของสัตว์ ดังนั้นการนำพืชอาหารสัตว์มาถนอมไว้ในรูปแบบพืชอาหารหมัก (Silage) ไว้ใช้ในช่วงฤดูแล้งจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเนื่องจากทำให้สัตว์เคี้ยวเอื้องมีพืชอาหารหยาบเพียงพอต่อความต้องการในการบริโภคได้เป็นอย่างดีอีกด้วย จากการคาดการณ์ปริมาณการผลิตทางปศุสัตว์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [1] พบว่าจำนวนโคเนื้อลดลงจากปี พ.ศ.2552 จำนวน 149,329 ตัว ส่วนปริมาณการผลิตรวมทั้งประเทศลดลงจากปี พ.ศ.2552 จำนวน 13,073 ตัว ในขณะที่ประชากรและภาคอุตสาหกรรมมีความต้องการในการบริโภคและการส่งออกผลิตภัณฑ์จากสัตว์เพิ่มสูงขึ้น

กระถิน (*Leucaena leucocephala*) จัดเป็นพืชตระกูลถั่วที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะแห้งแล้งและเป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าทางโภชนะสูงแต่การทำพืชอาหารหมักจากพืชตระกูลถั่วมักไม่ประสบความสำเร็จเนื่องจากพืชตระกูลถั่วมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water Soluble Carbohydrate, WSC) ต่ำและมีค่าการต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่าง (Buffering Capacity, BC) สูงจึงทำให้ค่าพีเอชของพืชตระกูลถั่วลดลงได้ช้าทำให้จุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ต้องการมีเจริญเติบโตและทำให้พืชอาหารหมักเกิดการสูญเสียคุณภาพไปในระหว่างการหมัก [2] อย่างไรก็ตามพืชอาหารสัตว์บางชนิดตลอดจนกระถินอาจมีลักษณะที่ยังไม่เหมาะ สมในการนำมาเป็นพืชอาหารหมัก ดังนั้นจึงควรมีการปรับปรุงคุณภาพด้วยการหมักร่วมกับสารเสริมเพื่อทำให้พืชอาหารหมักมีคุณภาพดียิ่งขึ้น

กากน้ำตาลเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลทรายซึ่งนิยมนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์อย่างแพร่หลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่สามารถกินกากน้ำตาลได้มากกว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยว นอกจากนั้นยังใช้กากน้ำตาลเป็นแหล่งอาหารให้กับจุลินทรีย์ในการผลิตกรดแลคติคได้เป็นอย่างดีอีกด้วย โดยส่วนประกอบของกากน้ำตาลส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ [3], [4] อย่างไรก็ตามในปัจจุบันกากน้ำตาลมีราคาเพิ่มสูงขึ้นตามความต้องการของโรงงานอุตสาหกรรมในการนำกากน้ำตาลเข้าสู่กระบวนการผลิตเอทานอลหรือพลังงานทดแทนมากยิ่งขึ้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้เกิดการศึกษาค้นคว้าสารเสริมชนิดใหม่ที่มีราคาถูกและมีองค์ประกอบทางเคมีที่เหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นสารเสริมได้นั่นคือ วีนัส (Vinasses) วีนัสเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลซึ่งในกระบวนการผลิตได้ใช้กากน้ำตาลและยีสต์เป็นวัตถุดิบจึงทำให้วีนัสมีปริมาณโปรตีนหยาบสูงคือ 12.34 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ปริมาณน้ำหนักแห้ง 30.76 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 20.05 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งและปริมาณน้ำตาล 37.20 เปอร์เซ็นต์ Brix [5] จากลักษณะดังกล่าวจึงอาจมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นสารเสริมในการทำพืชอาหารหมักให้มีคุณภาพดีต่อไป ซึ่งข้อมูลของวีนัสอาจมีไม่มากเนื่องจากเป็นสารเสริมชนิดใหม่และยังไม่มีการรายงานในการนำวีนัสมาใช้เป็นสารเสริมจึงทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นเพียงบริษัทที่ทำการจำหน่ายเท่านั้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาระยะเวลาในการหมักและปริมาณการใช้กากน้ำตาลและวีนัสเป็นสารเสริมในการปรับปรุงคุณภาพของพืชอาหารหมักจากกระถินให้มีคุณภาพดีต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบ

2.1.1 กระถินพันธุ์พื้นเมืองรวมกิ่งก้านใบแบบสดที่อายุการตัด 90 วัน

2.1.2 กากน้ำตาล

2.1.3 วีนัส

2.2 การเตรียมพืชอาหารหมัก

ทำการสับกระถินสดด้วยเครื่องสับพืชให้มีขนาด 3-4 เซนติเมตรก่อนนำมาหมักร่วมกับกากน้ำตาลและวีนัสในปริมาณ 0 (กลุ่มควบคุม), 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักกระถินสด โดยใช้กระถินสดทั้งหมด 480 กิโลกรัม แบ่งออกเป็น 4 ทรีทเมนต์ ๆ ละ 3 ซ้ำ โดยนำกระถินที่สับแล้วหมักร่วมกับสารเสริมตามแผนการทดลองดังนี้

2.3 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 4x4 Factorial in CRD โดยจัดทรีทเมนต์ดังนี้

ปัจจัย A ระยะเวลาในการหมัก 7, 14, 21 และ 30 วันตามลำดับ

ปัจจัย B ปริมาณการใช้สารเสริมคือ 0, 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักกระถินสด โดยทำการแบ่งพืชอาหารหมักออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่แต่ละกลุ่มมี 4 ทรีทเมนต์และ 3 ซ้ำดังนี้

2.3.1 กลุ่มที่ 1 ศึกษาพืชอาหารหมักจากกระถินที่นำมาหมักร่วมกับกากน้ำตาลโดยแบ่งเป็น

ทรีทเมนต์ที่ 1 กระถินสดจำนวน 5 กิโลกรัมหมักไม่ใช้สารเสริม (กลุ่มควมคุม)

ทรีทเมนต์ที่ 2 กระถินสดจำนวน 5 กิโลกรัมหมักร่วมกับกากน้ำตาลในปริมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักพืชสด

ทรีทเมนต์ที่ 3 กระถินสดจำนวน 5 กิโลกรัมหมักร่วมกับกากน้ำตาลในปริมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักพืชสด

ทรีทเมนต์ที่ 4 กระถินสดจำนวน 5 กิโลกรัมหมักร่วมกับกากน้ำตาลในปริมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักพืชสด

2.3.2 กลุ่มที่ 2 ศึกษาพืชอาหารหมักจากกระถินที่นำมาหมักร่วมกับวีนัสโดยแบ่งเป็น

ทรีทเมนต์ที่ 1 กระถินสดจำนวน 5 กิโลกรัมหมักไม่ใช้สารเสริม (กลุ่มควมคุม)

ทรีทเมนต์ที่ 2 กระถินสดจำนวน 5 กิโลกรัมหมักร่วมกับวีนัสในปริมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักพืชสด

ทรีทเมนต์ที่ 3 กระถินสดจำนวน 5 กิโลกรัมหมักร่วมกับวีนัสในปริมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักพืชสด

ทรีทเมนต์ที่ 4 กระถินสดจำนวน 5 กิโลกรัมหมักร่วมกับวีนัสในปริมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักพืชสด

2.4 กรรมวิธีในการหมัก

นำกระถินสดที่ผ่านการสับแล้วมาผสมกับสารเสริมชนิดต่าง ๆ ตามแผนการทดลองจากนั้นทำการบรรจุใส่ถุงดำขนาด 18x24 นิ้วแล้วอัดให้แน่นและทำการดูดอากาศภายในถุงออกด้วยเครื่องดูดฝุ่นและหมัดปากถุงให้แน่นโดยทำการหมักเป็นระยะเวลา 7, 14, 21 และ 30 วันตามลำดับ

2.5 การสุ่มตัวอย่าง

เมื่อครบระยะเวลาการหมักตามข้อที่ 2.4 ทำการเก็บตัวอย่างโดยการสุ่มเก็บตัวอย่าง 4 จุดคือ บน กลาง ข้างและล่างของถุงหมักเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่อไป

2.6 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

นำตัวอย่างที่ผ่านการสุ่มมาอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่แล้วชั่งน้ำหนักหลังการอบแล้วนำมาคำนวณปริมาณน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำตัวอย่างมาบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตรเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีนหยาบและเถ้าตามวิธีการของ AOAC (1990) การวิเคราะห์ส่วนประกอบของผนังเซลล์พืช (Detergent Analysis) ได้แก่ Neutral Detergent Fiber (NDF) และ Acid Detergent Fiber (ADF) โดยดัดแปลงวิธีการของ Goering and Van Soest [6] การวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจนดัดแปลงจากวิธีการของ Chen *et al.,* [7] การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่างของพืชอาหารหมักโดยใช้พืชอาหารหมัก 50 กรัมผสมกับน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตรไปปั่นในโถนาน 30 วินาทีแล้วกรองผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้นนำน้ำที่กรองได้ไปวัดค่าความเป็นกรดด่างด้วยเครื่อง pH meter ตามวิธีการของ Bal *et al.,* [8] และทำการวิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติค กรดอะซิติคและกรดบิวทีริคด้วยเครื่องมือ High performance liquid chromato graphy (HPLC) ซึ่งดัดแปลงวิธีการจาก Canale *et al.,* [9] อ้างจากพิพัฒน์ [10]

2.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบ 4x4 Factorial arrangement in CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test [11] โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS 6.12 [12] เพื่อเลือกระยะเวลาในการหมักและปริมาณการใช้สารเสริมที่เหมาะสมในการทำพืช

3 ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกระถิน กากน้ำตาลและวีนัสก่อนหมัก

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกระถินก่อนหมัก (ตารางที่ 1) พบว่ามีปริมาณน้ำหนักแห้งเท่ากับ 38.76±0.57 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสำหรับการนำมาทำเป็นทำพืชอาหารหมักโดยมีค่าอยู่ในช่วง 30-40 เปอรเซ็นต [13], [14] ในขณะที่มีปริมาณโปรตีนหยาบ และ NDF เท่ากับ 15.12±0.28 และ 57.05±0.40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักหนักแห้ง

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่ากากน้ำตาลมีปริมาณของน้ำหนักแห้งเท่ากับ 71.48±0.38 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนหยาบ 2.54±0.29 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ใกล้เคียงกับการรายงานก่อนหน้าที่พบว่ากากน้ำตาลมีปริมาณของน้ำหนักแห้งอยู่ในช่วงระหว่าง 72-74 เปอร์เซ็นต์และโปรตีนหยาบมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 2-2.90 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง [15], [16], [10] และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวีนัส (ตารางที่ 1) พบว่ามีปริมาณของน้ำหนักแห้งเท่ากับ 30.76±0.37 เปอร์เซ็นต์และโปรตีนหยาบ 11.43±0.32 เปอร์ เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งใกล้เคียงกับการรายงานของพงศธรวัตถุดิบ [5] ที่กล่าวว่าวีนัสมีปริมาณน้ำหนักแห้งเท่ากับ 36 เปอร์เซ็นต์และโปรตีนหยาบเท่ากับ 12.34 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของกระถิน กากน้ำตาลและวีนัสก่อนหมัก

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง)	กระถิน (Leucaena)	กากน้ำตาล (Molasses)	วีนัส (Vinasses)
น้ำหนักแห้ง (Dry Matter) (%)	38.76±0.57	71.48±0.38	30.76±0.37
ความชื้น (Moisture)	61.24±0.57	28.52±0.38	69.24±0.37
โปรตีนหยาบ (Crude Protein)	15.12±0.28	2.54±0.29	11.43±0.32
เถ้า (Ash)	6.81±0.14	10.53±0.70	24.82±0.78
อินทรียวัตถุ (Organic matter)	93.19±0.14	89.47±0.70	75.18±0.78
NH_3-N (% total N)	5.23±0.61	0.38±0.04	1.78±0.07
พีเอช (pH)	6.14±0.03	ND	ND
Neutral Detergent Fiber (NDF)	57.05±0.40	ND	ND
Acid Detergent Fiber (ADF)	45.08±0.44	ND	ND
Neutral Detergent Soluble (NDS)	48.35±0.53	ND	ND

ค่าที่แสดงอยู่ในรูป Mean±SD Not Determine (ND) ไม่มีการวิเคราะห์ของกากน้ำตาลและวีนัสจึงเหมาะสมที่นำมาใช้เป็นสารเสริมในการทำพืชอาหารหมักได้

3.2 การศึกษาระยะเวลาในการหมักและปริมาณการใช้สารเสริมที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของพืชอาหารหมักจากกระถิน

3.2.1 ผลของระยะเวลาการในหมักและปริมาณการเสริมกากน้ำตาลที่มีผลต่อองค์ ประกอบทางเคมีของพืชอาหารหมักจากกระถิน

จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของปริมาณน้ำหนักแห้ง ADF พีเอช และ NH_3-N พบว่า ระหว่างระยะเวลาในการหมักและปริมาณการเสริมกากน้ำตาลไม่มีอิทธิพลร่วมต่อกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 2) ในขณะที่ปริมาณโปรตีนหยาบ เถ้า อินทรียวัตถุ NDF และ NDS พบว่าระหว่างระยะเวลาในการหมักและปริมาณการเสริมกากน้ำตาลมีอิทธิพลร่วมต่อกันทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 3)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณของน้ำหนักแห้งแสดงดังตารางที่ 2 พบว่า กลุ่มที่ทำการหมัก 7, 14, 21 และ 30 วัน มีปริมาณของน้ำหนักแห้งเท่ากับ 38.28, 38.12, 38.06 และ 37.94 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) การลดลงของปริมาณน้ำหนักแห้งในการวิเคราะห์ครั้งนี้อาจเนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในพืชอาหารหมักจะใช้คาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในพืชอาหารหมักเป็นแหล่งพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์จึงมีผลทำให้ปริมาณของน้ำหนักแห้งลดลงนั่นเอง และเมื่อพิจารณาจากปริมาณการเสริมกากน้ำตาล (ตารางที่ 2) พบว่าการเสริมกากน้ำตาลในปริมาณ 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์จะมีปริมาณของน้ำหนักแห้งเท่ากับ 38.38, 38.45 และ 38.43 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมกากน้ำตาลที่มีค่าเท่ากับ 37.14 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) การที่ปริมาณของน้ำหนักแห้งในกลุ่มที่เสริมกากน้ำตาลมีเพิ่มสูงขึ้นนั่นเนื่องจากกากน้ำตาลมีปริมาณของน้ำหนักแห้งสูง (ตารางที่ 1) เมื่อมีการนำกากน้ำตาลมาใช้เป็นสารเสริมจึงทำให้พืชอาหารหมักมีปริมาณน้ำหนักแห้งเพิ่มสูงขึ้นและยังเป็นการช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักแห้งไปในระหว่างกระบวนการหมักให้น้อยลงอีกด้วย ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำหนักในการวิเคราะห์ครั้งนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของ [38], [18], [19], [20] ที่ได้ใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมในการทำพืชอาหารหมักตระกูลหญ้าพบว่าพืชอาหารหมักมีปริมาณน้ำหนักแห้งเพิ่มสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมกากน้ำตาลตลอดจนทำให้พืชอาหารหมักที่ได้มีการสูญเสียน้ำหนักแห้งไปในระหว่างกระบวนการหมักน้อยลงอีกด้วย

จากการวิเคราะห์ค่าพีเอช (ตารางที่ 2) พบว่าระยะเวลาในการหมักและปริมาณการเสริมกากน้ำตาลทำให้ค่าพีเอชลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กล่าวคือกลุ่มที่ทำการหมัก 30 วันมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.48 ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ทำการหมัก 7, 14 และ 21 วันที่มีค่าเท่ากับ 4.56, 4.55 และ 4.50 ตามลำดับ (P<0.05) และเมื่อพิจารณาจากปริมาณการเสริมกากน้ำตาลในปริมาณ 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.40, 4.24 และ 4.21 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมกากน้ำตาลที่มีค่าเท่ากับ 5.23 (P<0.05) โดย [21], [22] กล่าวว่าพืชอาหารหมักจากพืชตระกูลถั่วจะมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.3-4.7 ซึ่งค่าพีเอชของพืชอาหารหมักจากกระถินทุกระยะเวลาในการหมักและกลุ่มที่เสริมกากน้ำตาลในงานทดลองครั้งนี้มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.48-4.56 และ 4.21-4.40 ดังนั้นจึงถือได้ว่าพืชอาหารหมักในงานวิจัยนี้มีค่าพีเอชที่เหมาะสมอย่างไรก็ตามการที่ค่า พีเอชลดลงได้น้อยเนื่องจากพืชตระกูลถั่วมีค่า BC สูงคือ 350-600 มิลลิอีควิฟวาเลนท์ของด่างต่อกิโลกรัมแห้ง (meq.) [23] จึงอาจเป็นสาเหตุทำให้พีเอชลดลงได้ช้า

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าปริมาณของแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ในกลุ่มที่ทำการหมัก 7, 14, 21 และ 30 วันมีปริมาณของ NH_3-N เท่ากับ 6.47, 6.50, 6.14 และ 6.20 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดตามลำดับ (P>0.05) และเมื่อพิจารณาจากปริมาณการเสริมกากน้ำตาลในปริมาณ 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ทำให้มีปริมาณของ NH_3-N เท่ากับ 6.41, 6.22 และ 6.15 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมกากน้ำตาลที่มีค่าเท่ากับ 6.53 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมด (P>0.05) การที่พืชอาหารหมักจากกระถินในกลุ่มที่เสริมกากน้ำตาลมีค่า NH_3-N ต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมกากน้ำตาลนั่นเนื่องจากกากน้ำตาลมีปริมาณของน้ำตาลสูงจึงทำให้จุลินทรีย์มีการนำสารอาหารเหล่านี้มาใช้ในการผลิตกรดแลคติคทำให้สามารถยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ในกลุ่ม Proteolytic clostridium ได้จึงทำให้มีการสลายโปรตีนหยาบไปเป็นแอมโมเนียในระหว่างกระบวนการหมักน้อย [24] อย่างไรก็ตามปริมาณ NH_3-N ที่ต่ำนั่นแสดงว่าพืชอาหารหมักมีการสูญเสียโปรตีนหยาบน้อย [25] เมื่อพืชอาหารหมักมีการสูญเสียโปรตีนหยาบไปในระหว่างกระบวนการหมักน้อยจึงส่งผลทำให้พืชอาหาร

หมักมีโปรตีนหยาบเพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ของสัตว์ได้เป็นอย่างดีอีกด้วย นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการรายงานที่ผ่านมา [26], [38], [19], [18] ที่กล่าวว่าพืชอาหารหมักที่ใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมจะมีปริมาณของ NH_3-N ต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมกากน้ำตาลอีกด้วย ดังนั้นปริมาณ NH_3-N ในการวิเคราะห์ครั้งนี้เป็นไปตามการรายงานของ [27] ที่กล่าวว่าพืชอาหารหมักคุณภาพดีควรมีปริมาณ NH_3-N ต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมด

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ DM, CP, Ash, OM, NDF, ADF, NDS, pH และ NH_3-N ของพืชอาหารหมักจากกระถินตามระยะเวลาในการหมักและปริมาณการเสริมกากน้ำตาล

Item	A ระยะเวลาในการหมัก (วัน)				B ปริมาณการเสริมกากน้ำตาล (%)				SEM	P-Value		
	7	14	21	30	0	4	6	8		A	B	A*B
DM[1] (%)	38.28	38.12	38.06	37.94	37.14^{b}	38.38^{a}	38.45^{a}	38.43^{a}	0.39	NS	*	NS
CP[2]	16.73	16.85	16.59	16.34	15.40^{d}	16.06^{c}	17.08^{b}	17.98^{a}	0.49	NS	*	*
Ash	8.70^{a}	8.42^{b}	8.34^{b}	7.92^{c}	7.36^{c}	8.43^{b}	8.62^{b}	8.98^{a}	0.32	*	*	*
OM[3]	91.35^{b}	91.58^{b}	91.91^{a}	92.08^{a}	92.72^{a}	91.46^{b}	91.55^{b}	91.20^{c}	0.30	*	*	*
NDF[4]	52.30^{a}	50.54^{b}	50.53^{b}	48.11^{c}	52.45^{a}	50.30^{b}	49.82^{b}	48.90^{c}	1.06	*	*	*
ADF[5]	42.21^{a}	40.65^{b}	39.89^{c}	38.25^{d}	41.26^{a}	40.07^{b}	40.35^{b}	39.33^{c}	0.85	*	*	NS
NDS[6]	51.00^{c}	52.28^{b}	52.36^{b}	54.81^{a}	50.37^{c}	52.83^{b}	52.97^{b}	54.29^{a}	0.99	*	*	*
pH	4.56^{a}	4.55^{a}	4.50^{ab}	4.48^{b}	5.23^{a}	4.40^{b}	4.24^{c}	4.21^{c}	0.08	*	*	NS
NH_3-N[7]	6.47	6.50	6.14	6.20	6.53	6.41	6.22	6.15	0.44	NS	NS	NS

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในบรรทัดเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

*Significant level P< 0.05, Ns=Non-significant

[1]Dry matter, [2]Crude Protein, [3]Organic matter, [4]Neutral Detergent Fiber, [5]Acid Detergent Fiber, [6]Neutral Detergent Soluble (100-NDF) และ [7]แอมโมเนียไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมด)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนหยาบแสดงดังตารางที่ 3 พบว่ากลุ่มที่ทำการหมัก 21 วันและหมักร่วมกับกากน้ำตาลในปริมาณ 8 เปอร์เซ็นต์จะมีปริมาณของโปรตีนหยาบเท่ากับ 18.31 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าสูงกว่าทุกระยะเวลาในการหมักและทุกปริมาณการเสริมกากน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) การที่ปริมาณโปรตีนหยาบในการวิเคราะห์ครั้งนี้มีค่าลดลงอาจเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์จึงทำให้โปรตีนหยาบสลายตัวและมีการปลดปล่อยแอมโมเนียออกมาในปริมาณมากส่งผลทำให้มีการสูญเสียโปรตีนหยาบไปในระหว่างกระบวนการหมัก อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าพืชอาหารหมักจากกระถินในกลุ่มที่เสริมกากน้ำตาลมีการสูญเสียโปรตีนหยาบน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมกากน้ำตาล เมื่อทำการพิจารณาร่วมกับค่า NH_3-N (ตารางที่2) ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ปริมาณของโปรตีนหยาบอาจกล่าวได้ว่าการใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมสามารถทำให้พืชอาหารหมักมีคุณภาพดีได้

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของ โปรตีนหยาบ เถ้า อินทรียวัตถุ NDF, ADL และ NDS ของพืชอาหารหมักจากกระถินตามระยะเวลาการหมักและปริมาณการเสริมกากน้ำตาล

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณการเสริมกากน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์)	เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง				
		โปรตีนหยาบ	เถ้า	อินทรียวัตถุ	NDF[1]	NDS[2]
7	0	15.59^{ef}	7.78^{efg}	92.14^{bc}	54.75^{a}	48.25^{i}
	4	16.19^{cde}	9.07^{abc}	91.31^{cdefg}	52.98^{abc}	50.55^{gh}
	6	17.41^{ab}	8.77^{abcd}	90.80^{fg}	52.34^{bc}	51.24^{gh}
	8	17.84^{ab}	9.18^{abc}	90.72^{fg}	49.3^{de}	53.96^{bcd}
14	0	15.32^{ef}	7.56^{fgh}	92.69^{ab}	53.40^{ab}	49.28^{hi}
	4	16.51^{cd}	8.23^{def}	91.86^{cd}	49.37^{de}	53.58^{bcde}
	6	17.73^{ab}	8.55^{bcd}	90.85^{efg}	49.63^{de}	53.13^{cde}
	8	17.86^{ab}	9.23^{ab}	91.51^{cdef}	49.70^{de}	53.12^{cde}
21	0	15.07^{f}	7.21^{gh}	92.79^{ab}	52.23^{bc}	50.70^{gh}
	4	15.97^{de}	8.27^{def}	91.73^{cd}	51.12^{cd}	51.81^{efg}
	6	17.01^{bc}	8.55^{bcd}	91.45^{cdefg}	49.62^{de}	52.75^{def}
	8	18.31^{a}	9.33^{a}	90.67^{d}	49.19^{def}	54.17^{abcd}
30	0	15.61^{ef}	6.89^{h}	93.06^{a}	49.44^{def}	53.23^{cde}
	4	15.57^{ef}	8.16^{def}	91.19^{defg}	47.73^{ef}	55.36^{a}
	6	16.18^{cde}	8.48^{cde}	91.63^{cde}	47.71^{ef}	54.74^{abc}
	8	18.00^{a}	8.82^{abc}	91.37^{cdefg}	47.57^{f}	55.90^{a}
SEM		0.48	0.40	0.43	1.06	0.99

$^{a, b, c, d, e, f, g, h, i}$ อักษรกำกับที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$)

- [1]Neutral Detergent Fiber ส่วนที่เหลือจากการนำตัวอย่างไปย่อยด้วยสารละลายที่เป็นกลางประกอบด้วยเฮมิเซลลูโลส เซลลูโลสและลิกนิน ซึ่งส่วนนี้สัตว์ทั่วไปไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ยกเว้นสัตว์เคี้ยวเอื้องที่สามารถใช้เยื่อใยพวกเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสได้
- [2]Neutral Detergent Soluble ส่วนของสารต่าง ๆ ที่อยู่ภายในเซลล์พืชประกอบคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ แป้ง กรดอินทรีย์ต่าง ๆ โปรตีนและเพคติน ส่วนนี้สัตว์กระเพาะเดี่ยวและสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย

จากการวิเคราะห์ปริมาณ NDF (ตารางที่ 3) พบว่ากลุ่มที่ทำการหมัก 30 วันและเสริมกากน้ำตาลในปริมาณ 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ทำให้มีปริมาณของ NDF เท่ากับ 47.73, 47.71 และ 47.57 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมกากน้ำตาลที่มีค่าเท่ากับ 49.44 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การที่ปริมาณของ NDF ลดลงเป็นการดีเนื่องจาทำให้สัตว์สามารถย่อยสารอาหารจำพวกเยื่อใยออกมาใช้ประโยชน์ได้มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การที่ปริมาณ NDF ลดลงจึงส่งผลทำให้ปริมาณของ NDS เพิ่มสูงขึ้นซึ่ง NDS เป็นส่วนประกอบภายในเซลล์พืชที่สัตว์สามารถใช้ประโยชน์ได้เกือบทั้งหมด [28] อย่างไรก็ตามการที่ปริมาณ NDF ลดลงอาจเป็นเพราะ NDF เป็นส่วนประกอบของผนังเซลลพืชซึ่งในระหว่างกระบวนการหมักจุลินทรียจะใช้ NDF ส่วนหนึ่งในการเจริญเติบโตจึงทำให้ปริมาณของ NDF ลดลงนั่นเอง [10] ซึ่งสอดคล้องกับ [10], [29] กล่าวว่าปริมาณ NDF ในพืชอาหารหมักตระกูลหญ้ามีปริมาณลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้ใช้สารเสริมและจากการวิเคราะห์ปริมาณของกรดอินทรีย์ (ตารางที่ 4) พบว่า

พืชอาหารหมักตามอายุการหมักและเสริมกากน้ำตาลในปริมาณ 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณของกรดแลคติคอยู่ในช่วง 5.22-10.15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมกากน้ำตาลที่มีค่าอยู่ในช่วง 2.53-3.70 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง การที่พืชอาหารหมักจากกระถินในกลุ่มที่เสริมกากน้ำตาลมีปริมาณกรดแลคติคเพิ่มสูงขึ้นอาจเนื่องจากกากน้ำตาลมีส่วนประกอบของน้ำตาลเท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ Brix [5] โดยจุลินทรีย์จะใช้น้ำตาลที่มีอยู่เป็นแหล่งอาหารในการเจริญเติบโตจึงส่งผลทำให้มีปริมาณของกรดแลคติคเพิ่มสูงขึ้น โดย [27], [2] กล่าวว่าพืชอาหารหมักที่มีคุณภาพดีควรมีปริมาณกรดแลคติคอยู่ในช่วง 3-14 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในครั้งนี้ อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดอะซิติคพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 4.49-15.18 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งลักษณะดังกล่าวอาจพบได้ในการผลิตพืชอาหารหมักจากหญ้าที่อาจมีปริมาณกรดอะซิติคสูงกว่าปริมาณกรดแลคติค ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเสริมกากน้ำตาลเพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพของพืชอาหารหมัก [17] นอกจากนั้นจากการวิเคราะห์ไม่พบกรดบิวทีริคในพืชอาหารหมักจากกระถิน ซึ่งเป็นการยืนยันได้ว่าพืชอาหารหมักที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้มีคุณภาพดี

ตารางที่ 4 ปริมาณกรดอินทรีย์ของพืชอาหารหมักจากกระถินตามระยะเวลาการหมักและปริมาณการเสริมกากน้ำตาล

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณการเสริมกากน้ำตาล (%)	เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง		
		กรดแลคติค (Lactic acid)	กรดอะซิติค (Acetic acid)	กรดบิวทีริค (Butyric acid)
7	0	3.26	9.04	0.00
	4	7.93	15.18	0.00
	6	8.04	4.49	0.00
	8	5.93	6.44	0.00
14	0	2.81	6.70	0.00
	4	6.30	8.77	0.00
	6	5.96	8.99	0.00
	8	6.25	9.65	0.00
21	0	2.53	12.30	0.00
	4	5.67	10.37	0.00
	6	5.89	11.32	0.00
	8	6.01	9.37	0.00
30	0	3.70	5.08	0.00
	4	5.22	10.08	0.00
	6	9.38	5.87	0.00
	8	10.15	8.68	0.00

3.2.2 ผลของระยะเวลาในการหมักและปริมาณการเสริมวีนัสที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของ พืชอาหารหมักจากกระถิน

จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของปริมาณน้ำหนักแห้ง โปรตีนหยาบ เถ้า อินทรียวัตถุ ADF NDS พีเอชและแอมโมเนียไนโตรเจนพบว่าระหว่างระยะเวลาในการหมักและปริมาณการเสริมวีนัสไม่มีอิทธิพลร่วมต่อกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 5) ในขณะที่ปริมาณ NDF พบว่าระหว่างระยะเวลาในการหมักและปริมาณการเสริมวีนัสมีอิทธิพลร่วมต่อกันทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 6)

จากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่ากลุ่มที่ทำการหมัก 7, 14, 21 และ 30 วันมีปริมาณน้ำหนักแห้งเท่ากับ 37.81, 37.83, 37.83 และ 37.34 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) การลดลงของปริมาณน้ำหนักแห้งในการวิเคราะห์ครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ MaDonald *et al.,* [30], Gordon, [31], Gordon [32] และ Lancaster and McNaughton [33] ที่กล่าวว่าการลดลงของปริมาณน้ำหนักแห้งอาจเกิดจากการสูญเสียโภชนะไปบางส่วนซึ่งประกอบด้วย WSC แร่ธาตุและกรดที่เกิดจากกระบวนการหมักหรือเกิดจากการที่โภชนะบางส่วนถูกชะล้างไปกับน้ำที่ไหลออกมาจากกองหมักนั้นเอง ซึ่งเป็นไปตามการรายงานของรำไพและคณะ [34] ที่ทำการศึกษาคุณภาพพืชหมักที่อายุการหมักต่าง กันของหญ้ารูซี่ ถั่วท่าพระสไตโล หญ้าแพงโกล่าและถั่วคาวาลเคดพบว่าปริมาณน้ำหนักแห้งจะค่อยๆ ลดลงตามระยะเวลาในการหมักและเมื่อพิจารณาจากปริมาณการเสริมวีนัสพบว่าการเสริมวีนัสในปริมาณ 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ทำให้มีปริมาณน้ำหนักแห้งเท่ากับ 37.42, 38.14 และ 38.19 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมวีนัสที่มีค่าเท่ากับ 37.05 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งจะเห็นได้ว่าพืชอาหารหมักที่เสริมวีนัสมีการสูญเสียน้ำหนักแห้งต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมวีนัส ดังนั้นในการทำพืชอาหารหมักควรมีการหมักร่วมกับสารเสริมเนื่องจากเป็นการลดการสูญเสียน้ำหนักแห้งไปในระหว่างกระบวนการหมักและทำให้พืชอาหารหมักมีสารอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์อีกด้วย

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ DM, CP, Ash, OM, NDF, ADF, pH และ NH_3-N ของพืชอาหารหมักจากกระถินตามระยะเวลาในการหมักและปริมาณการเสริมวีนัส

Item	A ระยะเวลาในการหมัก (วัน)				B ปริมาณการเสริมวีนัส (%)				SEM	P-Value		
	7	14	21	30	0	4	6	8		A	B	A*B
DM[1] (%)	37.81	37.83	37.83	37.34	37.05^{b}	37.42^{b}	38.14^{a}	38.19^{a}	0.54	NS	*	NS
CP[2]	17.02	16.89	16.98	17.00	15.36^{d}	16.46^{c}	17.39^{b}	18.68^{a}	0.44	NS	*	NS
Ash	8.76^{a}	8.27^{b}	7.92^{b}	8.19^{b}	7.25^{b}	8.45^{a}	8.80^{a}	8.64^{a}	0.41	*	*	NS
OM[3]	91.24^{b}	91.73^{a}	91.66^{a}	91.81^{a}	92.67^{a}	91.53^{bc}	91.18^{bc}	91.07^{c}	0.43	*	*	NS
NDF[4]	53.65^{a}	51.27^{b}	50.44^{c}	48.30^{d}	52.49^{a}	50.83^{b}	50.39^{bc}	49.95^{c}	0.96	*	*	*
ADF[5]	42.10^{a}	41.57^{a}	40.00^{b}	38.09^{c}	42.14^{a}	40.35^{b}	39.30^{c}	39.97^{bc}	1.18	*	*	NS
NDS[6]	49.48^{c}	51.79^{b}	52.23^{b}	54.80^{a}	50.69^{b}	52.41^{a}	52.31^{a}	52.90^{a}	1.17	*	*	NS
pH	5.03^{b}	5.10^{a}	5.13^{a}	5.13^{a}	5.22^{a}	5.04^{c}	5.11^{b}	5.02^{c}	0.07	*	*	NS
NH_3-N[7]	6.81	6.30	6.56	6.30	6.34	6.66	6.54	6.42	0.56	NS	NS	NS

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในบรรทัดเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

*Significant level P< 0.05; Ns = Non-significant

[1]Dry matter [2]Crude Protein, [3]Organic matter, [4]Neutral Detergent Fiber, [5]Acid Detergent Fiber, [6]Neutral Detergent Soluble (100-NDF) และ [7]แอมโมเนียไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมด)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนหยาบแสดงดังตารางที่ 5 พบว่าปริมาณโปรตีนหยาบในกลุ่มที่ทำการหมัก 7, 14, 21 และ 30 วันมีปริมาณโปรตีนหยาบเท่ากับ 17.02, 16.89, 16.98 และ 17.00 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง

ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และเมื่อพิจารณาจากปริมาณการเสริมวีนัสพบว่าการเสริมวีนัสในปริมาณ 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ทำให้มีปริมาณของโปรตีนหยาบเท่ากับ 16.46, 17.39 และ 18.68 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมวีนัสที่มีค่าเท่ากับ 15.36 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งจะเห็นได้ว่าพืชอาหารหมักจากกระถินในกลุ่มที่เสริมวีนัสมีปริมาณโปรตีนหยาบเพิ่มสูงขึ้นนั่นเนื่องจากในวีนัสมีส่วนประกอบของโปรตีนหยาบสูง (ตารางที่ 1) เมื่อมีการนำวีนัสมาใช้เป็นสารเสริมจึงทำให้พืชอาหารหมักที่ได้มีปริมาณโปรตีนหยาบเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามการที่พืชอาหารหมักมีปริมาณโปรตีนหยาบเพิ่มสูงขึ้นนั้นจะทำให้สัตว์สามารถนำสารเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ต่อการดำรงชีพได้มากยิ่งขึ้นอีกด้วย

จากการวิเคราะห์ค่าพีเอช (ตารางที่ 5) พบว่าระยะเวลาในการหมักและปริมาณการเสริมวีนัสทำให้ค่าพีเอชลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กล่าวคือกลุ่มที่ทำการหมัก 7, 14, 21 และ 30 วันมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.03, 5.10, 5.13 และ 5.13 ตามลำดับ เช่นเดียวกับการเสริมวีนัสในปริมาณ 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์จะมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.04, 5.11 และ 5.02 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมวีนัสที่มีค่าเท่ากับ 5.22 การที่ค่าพีเอชในงานวิจัยนี้มีค่าสูงอาจเป็นเพราะวีนัสที่ใช้เป็นสารเสริมในการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณของน้ำตาลเป็นส่วนประกอบเพียง 37.20 เปอร์เซ็นต์ Brix [5] ซึ่งอาจไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จำเป็นต่อกระบวนการหมักของพืชอาหารหมักโดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียกรดแลคติค (Lactic acid bacteria, LAB) ซึ่งเมื่อแบคทีเรียกลุ่มนี้มีการเจริญเติบโตจะทำให้เกิดการเมตาบอไลซ์สารจำพวก*โพลีแซค*คาไรด์ที่มีอยู่ในคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (WSC) ให้กลายเป็นกรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ จึงทำใหพีเอชมีค่าลดลงทันที นอกจากนั้นจากข้อจำกัดของพืชตระกูลถั่วที่มีค่า BC สูง (ดังกล่าวข้างต้นในหัวข้อการใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริม) จึงทำให้ค่าพีเอชของพืชอาหารหมักจากกระถินที่ใช้วีนัสเป็นสารเสริมมีค่าพีเอชลดลงเพียงเล็กน้อย ดังนั้นงานวิจัยในขั้นต่อไปจึงจำเป็นต่อการศึกษาถึงชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่พบในระหว่างกระบวนผลิตพืชอาหารหมักเพื่อใช้ในการปรับปรุงปริมาณการใช้สารเสริมจำพวกวีนัสให้เหมาะสมต่อไป

ตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าปริมาณของแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ในกลุ่มที่ทำการหมัก 7, 14, 21 และ 30 วันมีปริมาณของ NH_3-N เท่ากับ 6.81, 6.30, 6.56 และ 6.30 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดตามลำดับ (P>0.05) และเมื่อพิจารณาจากปริมาณการเสริมวีนัสพบว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมวีนัสมีปริมาณ NH_3-N เท่ากับ 6.34 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมด ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมวีนัสในปริมาณ 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักกระถินสดที่มีค่าเท่ากับ 6.66, 6.54 และ 6.42 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดตามลำดับ (P>0.05) การที่ปริมาณ NH_3-N ในการวิเคราะห์ครั้งนี้มีค่าต่ำถือว่าเป็นการดีเนื่องจากปริมาณ NH_3-N ที่พบในพืชอาหารหมักเกิดจากแบคทีเรียในกลุ่ม Proteolytic bacteria ที่เปลี่ยนโปรตีนไปเป็นแอมโมเนียที่ระเหยได้ (Volatile basic nitrogen) เอมีน (amine) และเอไมด์ (amide) [2] ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้พืชอาหารหมักมีคุณภาพต่ำนั่นเอง อย่างไรก็ตาม Carpintero *et al.,* [35] และ Haustein [36] กล่าวว่าพืชอาหารหมักมีคุณภาพดีควรมีปริมาณ NH_3-N น้อยกว่า 110 กรัมต่อกิโลกรัมของไนโตรเจนรวมหรือต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดซึ่งพืชอาหารหมักในการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการรายงานข้างต้น

จากการวิเคราะห์ปริมาณของ NDF (ตารางที่ 6) พบว่ากลุ่มที่ทำการหมัก 30 วันและเสริมวีนัสในปริมาณ 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณของ NDF เท่ากับ 47.95, 47.85 และ 47.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมวีนัสที่มีค่าเท่ากับ 49.73 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ NDF ของพืชอาหารหมักจากกระถินตามระยะเวลาในการหมักและปริมาณการเสริมวีนัส

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณการเสริมวีนัส (%)	เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง
		NDF
7	0	55.42[a]
	4	54.57[ab]
	6	53.35[b]
	8	51.25[c]
14	0	53.59[b]
	4	49.77[c]
	6	50.46[c]
	8	51.25[c]
21	0	51.20[c]
	4	50.94[c]
	6	49.90[c]
	8	49.71[a]
30	0	49.73[c]
	4	47.95[d]
	6	47.85[d]
	8	47.75[d]
SEM		0.97

[a, b, c, d] อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) Neutral Detergent Fiber (NDF) ส่วนที่เหลือจากการนำตัวอย่างไปย่อยด้วยสารละลายที่เป็นกลางประกอบด้วยเฮมิเซลลูโลส เซลลูโลสและลิกนิน ซึ่งส่วนนี้สัตว์ทั่วไปไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ยกเว้นสัตว์เคี้ยวเอื้องที่สามารถใช้เยื่อใยพวกเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสได้

อย่างไรก็ตาม McDonald *et al*., [2] กล่าวว่าการลดลงของเยื่อใยหลังการหมักเนื่องจากส่วนหนึ่งของเฮมิเซลลูโลสในพืชอาหารหมักสามารถถูกย่อยสลายได้ 3 ทาง ได้แก่ เอนไซม์เฮมิเซลลูเลสในพืชอาหารหมัก, เอนไซม์เฮมิเซลลูเลสของแบคทีเรียและการแยกสลายเฮมิเซลลูโลสด้วยกรดอินทรีย์จึงอาจเป็นสาเหตุทำให้ปริมาณ NDF ในพืชอาหารหมักลดลงนั่นเอง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดอินทรีย์ (ตารางที่ 7) พบว่าการใช้ระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นและเสริมวีนัสในปริมาณ 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักกระถินสดทำให้มีปริมาณของกรดแลคติคอยู่ในช่วง 2.59-5.65 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมวีนัสที่มีค่าอยู่ในช่วง 2.56-3.79 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งเป็นไปตามการรายงานของวารุณีและคณะ [39]; สายัณห์ [40] Bjorge [27] และ McDonald *et al.,* [2] ที่กล่าวว่าพืชอาหารหมักคุณภาพดีควรมีปริมาณกรดแลคติคอยู่ในช่วงระหว่าง 1.5-14 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งสอดคล้องผลการทดลองที่วิเคราะห์ได้ในครั้งนี้ ในขณะที่ปริมาณกรดอะซิติค (ตารางที่ 7) ที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าอยู่ในช่วง 5.24-13.02 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง การที่ปริมาณของกรดอะซิติคที่ได้จากการวิเคราะห์ครั้งนี้มีค่าสูงอาจเนื่องจากวีนัสมีส่วนประกอบของน้ำตาลต่ำจึงอาจไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยเฉพาะกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติคจึงส่งผลทำให้การวิเคราะห์ครั้งนี้มีปริมาณกรดอะซิติคสูงกว่าปริมาณกรดแลคติค นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ไม่พบกรดบิวทีริค ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าพืชอาหารหมักจากกระถินที่หมักร่วมกับวีนัสเป็นพืชอาหารหมักที่มีคุณภาพดี [37]

ตารางที่ 7 ปริมาณกรดอินทรีย์ของพืชอาหารหมักจากกระถินตามระยะเวลาในการหมักและปริมาณการเสริมวีนัส

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณการเสริมวีนัส (%)	เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง		
		กรดแลคติค (Lactic acid)	กรดอะซิติค (Acetic acid)	กรดบิวทีริค (Butyric acid)
7	0	3.07	5.39	0.00
	4	3.22	13.02	0.00
	6	3.42	10.31	0.00
	8	3.37	8.84	0.00
14	0	3.79	11.47	0.00
	4	3.32	6.83	0.00
	6	3.42	7.84	0.00
	8	5.65	6.56	0.00
21	0	2.68	5.24	0.00
	4	4.35	7.13	0.00
	6	3.66	8.80	0.00
	8	3.52	5.22	0.00
30	0	2.56	6.34	0.00
	4	2.59	6.57	0.00
	6	3.54	6.35	0.00
	8	3.63	6.98	0.00

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากระยะเวลาในการหมักจะเห็นได้ว่าการใช้ระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณของ NDF ADF และพีเอชลดลง ในขณะที่การใช้สารเสริมเป็นการทำให้พืชอาหารหมักมีคุณค่าทางโภชนะเพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย อย่างไรก็ตามการใช้ระยะเวลาในการหมักและการใช้สารเสริมจึงขึ้นอยู่กับพืชอาหารสัตว์แต่ละชนิดที่นำมาหมัก ส่วนปริมาณการใช้สารเสริมในการวิเคราะห์ครั้งนี้อาจได้ผลดีกับพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ ดังนั้นการใช้กากน้ำตาลและวีนัสเป็นสารเสริมจึงเหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นสารเสริมในการปรับปรุงคุณภาพของพืชอาหารหมักจากกระถินให้มีคุณภาพดีต่อไป

4. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการทำพืชอาหารหมักจากกระถินที่ใช้ระยะเวลาในการหมัก 7, 14, 21 และ 30 วันและเสริมกากน้ำตาลและวีนัสในปริมาณ 0, 4, 6 และ 8 เปอร์ เซ็นต์ของน้ำหนักกระถินสดพบว่าระยะเวลาในการหมักไม่มีผลต่อปริมาณของน้ำหนักแห้ง โปรตีนหยาบและ NH_3-N แต่การใช้ระยะเวลาในการหมักนานขึ้นที่ 30 วันจะทำให้ปริมาณ NDF ADF และพีเอชลดลง และเมื่อพิจารณาจากปริมาณการใช้สารเสริมจะเห็นได้ว่าการใช้กากน้ำตาลและวีนัสเป็นสารเสริมสามารถทำให้พืชอาหารหมักมีคุณค่าทางโภชนะเพิ่มสูงขึ้นตลอดจนทำให้ค่า NDF ADF พีเอช และ NH_3-N ในพืชอาหารหมักลดต่ำลง ในขณะที่การใช้กากน้ำตาลและวีนัสเป็นสารเสริมในปริมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ทำให้มีปริมาณกรดแลคติคสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อีกด้วย นอกจาก นี้จากการวิเคราะห์ไม่พบกรดบิวทีริคในพืชอาหารหมักดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าพืชอาหารหมักในงานวิจัยนี้มีคุณภาพดี ดังนั้นอายุการหมักไม่มีผลต่อคุณภาพของพืชอาหารหมักเพราะการทำพืชอาหารหมักเป็นการรักษาคุณค่าทางโภชนะให้อยู่ได้นานแต่การใช้สารเสริมในปริมาณ 6 และ 8 เปอร์ เซ็นต์ก็เพียงพอที่ทำให้พืชอาหารมี

คุณภาพได้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้จึงเป็นเพียงแนวทางหนึ่งที่ใช้ทำการศึกษาถึงระยะเวลาในการหมักและปริมาณการใช้สารเสริมที่เหมาะสมกับสภาวะปัจจุบัน นอกจากนั้นอาจเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรมีการนำพืชอาหารสัตว์ที่มีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติมาทำการปรับปรุงคุณภาพก่อนนำไปเลี้ยงสัตว์กล่าวคือถ้าพืชอาหารหมักมีคุณภาพดีก็จะส่งผลทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดีอีกด้วย นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ไม่พบกรดบิวทีริคในพืชอาหารหมักดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าพืชอาหารหมักในงานวิจัยนี้มีคุณภาพดี ดังนั้นอายุการหมักไม่มีผลต่อคุณภาพของพืชอาหารหมักเพราะการทำพืชอาหารหมักเป็นการรักษาคุณค่าทางโภชนะให้อยู่ได้นานแต่การใช้สารเสริมในปริมาณในปริมาณ 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ก็เพียงพอที่ทำให้พืชอาหารมีคุณภาพได้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้จึงเป็นเพียงแนวทางหนึ่งที่ใช้ทำการศึกษาถึงระยะเวลาในการหมักและปริมาณการใช้สารเสริมที่เหมาะสมกับสภาวะปัจจุบัน นอกจากนั้นอาจเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรมีการนำพืชอาหารสัตว์ที่มีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติมาทำการปรับปรุงคุณภาพก่อนนำไปเลี้ยงสัตว์กล่าวคือถ้าพืชอาหารหมักมีคุณภาพดีก็จะส่งผลทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

4.1 ข้อเสนอแนะ

การใช้สารเสริมเป็นการช่วยทำให้พืชอาหารหมักมีคุณภาพดียิ่งขึ้นแต่การใช้สารเสริมเกษตรกรอาจมีการพิจารณาถึงความเหมาะสมและชนิดของพืชที่นำมาหมักตลอดจนต้นทุนในการผลิต นอกจากนี้การใช้กากน้ำตาลและวีนัสในอัตราดังกล่าวอาจได้ผลดีกับพืชอาหารสัตว์ตระกูลหญ้าและผลพลอยได้ทางการเกษตร เนื่องจากการทำพืชอาหารหมักจากพืชตระกูลถั่วอาจต้องมีการใช้สารเสริมในปริมาณมากเพื่อทำให้พืชอาหารหมักมีคุณภาพดี

5. กิตติกรรมประกาศ

ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมาที่ให้ความอนุเคราะห์และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการใช้ห้องปฏิบัติการและเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ดูแลตลอดการทำงาน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. **วารสารพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร.** 2553. ปีที่ 25 ฉบับที่ 3 เดือนกันยายน 2553. 79 หน้า.

[2] McDonald, P.,N Henderson and S.Heron. 1991. **The Biochemistry of Silage**. 2nd Ed. Chalcombe Publication, Marlow, Bucks, UK.

[3] Thomas, J.W. 1978. “Preservatives for conserved forage crops”. **J. Anim. Sci**. 47(3):721

[4] วารุณี พานิชผล. 2548. **เทคนิคการทำพืชอาหารสัตว์หมัก.** กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. กรุงเทพมหานคร.

[5] พงศธรวัตถุดิบ กรุ๊ป. 2552. สืบค้น 9 ธันวาคม, Http://www.ptg52 .com.

[6] Georing, K.K. and P.J.Van Soest. 1970. **Forage Fiber Analysis**. Agricultural Handbook, Agricultural Research Council. Jacket No.379. Washington, D.C. USDA.

[7] Chen, J., M.R. Stokes and C.R. Wallace. 1994. “Effect of enzyme-inoculant systems on preservation and nutritive value of hay crop and corn silage”**. J. Dairy Sci**.77:501-512.

[8] Bal, M.A., J.G. Coors and R.D. Shaver 1977. “Impact of maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, cows on intake, digestion, and milk production”. **J. Dairy Sci**. 80:2497-2503.

[9] Canale, A., Valente, M. E. and Ciotti, A. 1984. “Determination of volatile carboxylic acid (C1-C5i) and lactic acid extracts of silage by high performance liquid chromatography”. **Journal of the Science of food and Agricultural**. 35: 1178-1182.

[10] พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์. 2544. **การศึกษาการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารผสมสำเร็จ รูปหมัก สำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้งในประ เทศไทย**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, เทคโนโลยีการผลิตสัตว์, สาขาวิชาเทคโนโลยีการ เกษตร. 129 หน้า.

[11] Steel, R. G. D. and Torrie J.H. 1980. **Principles and procedures of statistic**s. 2nd ed., McGraw Hill Book Company, Inc., New York, U.S.A

[12] มนต์ชัย ดวงจินดา. 2537. **การใช้โปรแกรม SAS เพื่อวิเคราะห์งานวิจัยทางสัตว์.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น 129 หน้า.

[13] Cobientz, W. K. 2003. **Principle of silage making**. UACES: Publications. Http://www.uaex.edu/Other_ Areas/puplication/ HTML/FSA-3052.asp.1/2/03. 8p. 1/2/03.

[14] Schroeder, J. W. 2004. **Silage fermentation and preservation**. NDSU Extension Service. North DakotaState University. from http://www.ext. nodak.edu/extpubs/ansci/dairy/ as1254w.htm. 10p. 3/6/49.

[15] Allen, R.D. 1990. "Ingredient analysis table". **Feedstuffs.** 62 (31): 24-37.

[16] วรรณา อ่างทอง, สดุดี พงษ์เพียจันทร์ และ วารุณี พานิชผล. 2547. **ตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์.** กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 43 หน้า.

[17] Yokota, H, Y. Fujii and M. Ohshima. 1998. "Nutritional quality of Napier grass (*Pennisitum Purpureum Schum*) silage supplement with molasses and rice bran by goats_Aust". **J.Anim.Sciecce**.11 (6):697-701

[18] สมสุข พวงดี. 2544. **การผลิตหญ้ารูซี่หมักคุณภาพสูง การประเมินคุณค่าทางโภชนะและความต้องการพลังงานและโปรตีนของโครีดนมลูกผสมขาวดำ.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, สาขาสัตวศาสตร์.

[19] Tjandraatmadja, M., I.C. Norton and I.C. Macrae. 1994. "Ensilage characteristics of three tropical grasses as influenced by stage of growth and addition of molasses". **World Journal of Micro- biology and Biotechnology**. 10: 74-8.

[20] แพรวพรรณ เครือมังกร, สัมพันธ์ มาศโอสถ และเกียรติศักดิ์ กล่ำเอม. 2549 **การเพิ่มคุณ ภาพของหญ้าแพงโกล่าหมักโดยใช้สารเสริมชนิดต่าง** ๆ. ในรายงานผลงาน วิจัยกองอาหารสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2549 กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 121-137.

[21] Ralph T. Ward and Mary Beth de Ondarza. 1980. "**Fermentation analysis of silage; Use and interpretation**". MD: Cumberland Valley Analytical Services.

[22] Kung, L. and R. Shaver. 2001. **How good is your silage making**? Hoard's Dairyman. Sept. 25, 2001. Pg.597.

[23] Muck, R.E. 1991. "Silage Fermentation., In J.G.Zeikus and E.A.Johnson (eds)". **New Yolk: Mixed Culture in Biotechnology**. McGraw-Hill.

[24] สมสุข พวงดี; สมคิด พรหมมา; บุญล้อม ชีวะอิสระกุล; และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2546. **การใช้กากน้ำตาลและ/หรือน้ำนมเป็นสารช่วยหมักต่อคุณภาพและค่าพลังงานของหญ้ารูซี่หมัก**. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41. สาขาสัตวแพทยศาสตร์. 760 หน้า.

[25] บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, บุญเสริม ชีวะอิสระกุลและสมคิด พรหมมา. 2543. **การปรับปรุงคุณภาพและการเก็บถนอมอาหารหยาบ.** หน้า 192-205 ในเอกสารการสอนชุดหลักโภชนะศาสตร์และอาหารสัตว์หน่วยที่ 9-15. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ปากเกร็ด, นนทบุรี.

[26] ณรงค์ เพชรล้ำ และ อุดม ชัยนนท์. 2546. **คุณ ภาพของถั่วท่าพระสไตโลหมักในถุง พลาสติกที่เติมสารช่วยหมัก.** ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น.

[27] Bjorge, M. 1996. **Evaluation Silage Quality. Alberta Agricultural Food and Rura Development**. from http:/www.agric.gov.ab. ca/crops/forage/silage/silag3.html. 4p.14/2/03.

[28] Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. **Methods for dietary fiber, neutral**. Detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci**. 74(10): 3583–3597.

[29] วารุณี พานิชผล, ชิต ยุทธวรวิทย์ และ สมพล ไวปัญญา. 2538. **คุณค่าทางโภชนะของหญ้าแฝกหมักที่เติมสารชนิดต่าง ๆ.** รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2538 กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

[30] McDonald, P., Edword, R.A. Greenhalgh J.F.D. and Morgan, C.A. 1995. **Animal Nutrition.** 5th ed. Long man Scientific & Technical.

[31] Gordon, C. H.; Irvin H. M., Melin, C. G., and. Wiseman, H.G. 1957. "Some experiments in preservation of high-moisture hay-crop silage". **J. Dairt Sci**. 40:789.

[32] Gordon, C.H. 1967. "Stotage losses in silage as affected by moisture content and structure". **J. Dairy Sci.** 50:397-403.

[33] Lancaster, R.J. and Mary McNaughton. 1961. "Effect of initial consolidation on silage". **N. Z. J. Agric.Res**. 4:504-515.

[34] รำไพ นามสีลี แพรวพรรณ เครือมังกร พิมพาพร พลเสน และ สัมพันธ์ มาศโอสถ. 2550. **การศึกษาคุณ ภาพพืชหมักที่อายุการหมักต่าง ๆ กันของหญารูซี่ถัวท่าพระ สไตโล หญาแพงโกล่าและถั่วคาวาลเคด.** รายงานการวิจัยประจำปี 2550. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

[35] Carpintero M. C, A. J. Holding and P. McDonald. 1969. "Fermentation studies on Lucerne". **J. Sci. Food Agr**.20: 677-681.

[36] Haustein, S. 2003. "Evaluating silage quality. A survey of lactic acid bacterial in Italian silage". **Journal of Applied Bacteriology**. 53; 373-379. Http://www1.agric.gov.ab.ca/$department /deptdocs.nsf/all/for 4909.

[37] Murdoch, J. 1962. **Making and Feeding Silage**. Farming Press Limited, Ipswich.

[38] Yokota, H.,T. Okajima and M. Ohshima. 1992. "Effect of environmental temperature and addition of molasses on the quality of napier grass (*Pennisitum Purpureum Schum*)". **Silage. AJAS.** 4(4):377-382.

[39] วารุณี พานิชผล, ฉายแสง ไผ่แก้ว, สมคิด พรหมมา, โสภณ ชินเวโรจน์, จันทกานต์ อรณ นันท์, วิโรจน์ ฤทธิ์ฤาชัย และ วรรณา อ่างทอง. 2547. **มาตรฐานของพืชอาหารสัตว์หมักคุณภาพดี.** เอกสารเผย แพร่กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 23 หน้า.

[40] สายัณห์ ทัดศรี. 2522. **หลักการทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์.** โรงพิมพ์อักษรสยาม. กรุงเทพ มหานคร. 455 หน้า.