

คุณภาพของถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสด*

วารุณี พานิชผล¹ สดุติ พงษ์เพียจันทร์¹ อนุกิจ เครือมังกร²

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณภาพของถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสด ดำเนินการที่ ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ชัยนาท อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท ระหว่างเดือนธันวาคม 2542 ถึง สิงหาคม 2543 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 6 ซ้ำ ประกอบด้วยถั่วไมยราหมัก และถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสด ในระดับ 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของถั่วไมยราสด ใช้เวลาในการหมัก 30 วัน

ผลการทดลองพบว่าถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดในระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ มีคุณภาพดีที่สุด พืชหมักมีสีเขียวแกมเหลือง ไม่มีเชื้อราและยีสต์ pH ของพืชหมักเท่ากับ 4.07 ค่าเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง กรดแลกติก กรดอะซีติก และ กรดบิวทีริก เท่ากับ 37.99 6.08 1.86 และ 0.48 ตามลำดับ เมื่อประเมินคุณภาพของพืชหมัก โดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ของกรดแลกติก กรดอะซีติก และกรดบิวทีริก คุณภาพของพืชหมักจัดอยู่ในประเภทพอใช้

* ทะเบียนวิชาการเลขที่ 44(3) – 0514 - 022

1 กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์

2 ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ชัยนาท จังหวัดชัยนาท

Quality of ensiled *Desmanthus* plus fresh cassava roots

Varunee Panichpol¹ Sadudee Pongpeachan¹ Anukij Khuamankorn²

Abstract

Study on the quality of *Desmanthus* , ensiled with fresh cassava roots, was conducted at Chainat Animal Nutrition Research Center, Suppaya District, Chainat Province, during December 1999 – August 2000. The experiment was arranged in completely randomized design (CRD) with 6 replications. The treatment was consisted of ensiled *Desmanthus* with fresh cassava roots at 4 levels (25 50 75 and 100 percentage by fresh *Desmanthus* weight) and without fresh cassava roots.

After 30 days, the result showed that the quality of *Desmanthus* silage, containing 100 percentage of fresh cassava roots , was the best. The colour of the silage was yellowish-green. There were no mould and yeast. pH of the silage was 4.07 and the percentage of dry matter, lactic acid, acetic acid and butyric acid were 37.99 , 6.08 , 1.86 and 0.48 respectively. When lactic acid, acetic acid and butyric acid were considered, the silage was judged of fair quality.

* Technical Document No. 44(3) – 0514 - 022

1 Animal Nutrition Laboratory . Animal Nutrition Division

2 Chainat Animal Nutrition Research Center. Chainat Province

คำนำ

อาหารหลักที่สำคัญของโค กระบือ คือ อาหารหยาบ ได้แก่ พืชอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ในฤดูฝนเกษตรกรจะมีพืชอาหารสัตว์สดสำหรับเลี้ยงสัตว์ในปริมาณมาก แต่ในช่วงฤดูแล้งจะประสบปัญหาขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ ดังนั้น เกษตรกรจึงต้องเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์ที่มีมากในช่วงฤดูฝนไว้ใช้ในยามขาดแคลน วิธีการถนอมพืชอาหารสัตว์มี 2 วิธี คือ การทำพืชแห้ง (Hay) และการทำพืชหมัก (Silage) แต่การทำพืชแห้งในช่วงฤดูฝนทำได้ยาก ดังนั้น การทำพืชหมักจึงเป็นวิธีการที่สะดวกและเหมาะสมกว่า การทำพืชหมักให้ได้ผลดีขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ นอกจากพืชที่นำมาหมักจะต้องอยู่ในระยะที่เหมาะสม คือ ให้ผลผลิตและมีคุณค่าทางโภชนาการสูงแล้ว ปัจจัยที่สำคัญอีก 2 ประการ คือ พืชที่จะนำมาหมักควรจะมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrates, WSC) ไม่น้อยกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ (Skerman และ Riveros, 1990) และมีวัตถุแห้งอยู่ในช่วง 25 – 40 เปอร์เซ็นต์ (เมธา, 2533) ถ้าพืชมีความชื้นสูง จะมีการสูญเสียของเหลว (Seepage) ออกจากพืชหมักมากเกินไป ทำให้คุณค่าทางอาหารสัตว์ลดลง เพราะในของเหลวนั้นจะมีธาตุอาหารต่างๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต วิตามิน แร่ธาตุต่างๆ ฯลฯ อยู่ด้วย นอกจากนี้จุลินทรีย์บางพวก เช่น *Clostridium* จะเจริญเติบโตได้ดี และย่อยสลายโปรตีนได้ถึงแม้ว่า pH ของพืชหมักจะอยู่ที่ระดับ 4.2 แล้วก็ตาม แต่ถ้าพืชที่นำมาหมักมีความชื้นต่ำ การอัดพืชให้แน่นจะทำได้ยาก จึงมีอากาศแทรกอยู่ ทำให้ขบวนการหมักเกิดไม่สมบูรณ์และเกิดความร้อนสูง จึงมีการสูญเสียวัตถุแห้งและปริมาณจะโปรตีนลดลงด้วย (สมชาย, 2541) ในกรณีที่พืชที่นำมาหมักมีความชื้นสูง การฝัງเพื่อลดความชื้นทำได้ยากในช่วงฤดูฝน จึงต้องมีการใส่วัตถุดิบชนิดต่างๆ เพื่อเพิ่มปริมาณวัตถุแห้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้วัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงาน เช่น เมล็ดพืช มันเส้น ฯลฯ จะช่วยทำให้ขบวนการหมักเกิดเร็วขึ้น (สมชาย, 2541)

ถั่วไมยรา (*Desmanthus virgatus*) เป็นพืชอาหารสัตว์ที่เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ ให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี โดยให้ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ย 2.3–3.1 ตัน/ไร่ (กองอาหารสัตว์, 2538) ถั่วไมยราอายุ 45 วัน มีวัตถุแห้ง 21.73 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีน NDF แคลเซียม และฟอสฟอรัสเท่ากับ 19.67 50.89 1.14 และ 0.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (วารุณีและวลัยกานต์, 2541) การเก็บถนอมถั่วไมยราโดยการทำถั่วแห้งประสบปัญหาใบหลุดร่วง เหลือแต่ก้านและก้านใบเช่นเดียวกับกระถิน ดังนั้น การเก็บถนอมโดยการทำเป็นพืชหมัก จึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง จากการศึกษาอาหารสัตว์ที่สร้างได้ทำถั่วไมยราหมักโดยใช้ถั่วไมยราอายุ 40 วัน พบว่าพืชหมักที่ได้มีวัตถุแห้ง 25.14 เปอร์เซ็นต์ pH เท่ากับ 4.76 กรดแลคติก อะซิติก และบิวทิริก เท่ากับ 1.31 3.06 และ 1.03 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าระดับความเป็นกรดยังไม่มากพอที่จะหยุดกิจกรรมของจุลินทรีย์ การที่พืชหมักมีกรดแลคติกต่ำเนื่องมาจากถั่วไมยราที่มี WSC ต่ำ ดังนั้น การทำถั่วไมยราหมักให้ได้คุณภาพดี จึงควรจะมีการเติมวัตถุดิบที่ช่วยเพิ่ม WSC และวัตถุแห้งด้วย

มันสำปะหลัง (*Manihot esculanta*) เป็นพืชที่ปลูกมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางและภาคเหนือของประเทศไทย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2542) มันสำปะหลังมี 2 ชนิด คือ ชนิดหวานซึ่งใช้เป็นอาหารคน และชนิดขมที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ (พันทิพา, 2539) หัวมันสำปะหลังสดมีวัตถุแห้ง 32.6 เปอร์เซ็นต์ (ทวิ, 2527) แป้ง 14 – 28 เปอร์เซ็นต์ โดยขึ้นอยู่กับพันธุ์ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2538) หัวมันสำปะหลังชนิดขมมีกรดไฮโดรไซยานิก 0.02 – 0.03 เปอร์เซ็นต์ (Close และ Menke, 1986) ซึ่งเป็นระดับที่เป็นพิษต่อสัตว์ (กฤษณาและศศิพร, ไม่ระบุพ.ศ.) การลดปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกในหัวมันสำปะหลัง ทำได้โดยวิธีการผ่านความร้อน หรือการผึ่งแดด (ทวิ, 2527) นอกจากนี้การหมัก (fermentation) ก็สามารถลดปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกได้เช่นกัน (Church และ Pond, 1988) ดังนั้น ในช่วงฤดูที่ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดออกสู่ตลาด น่าจะได้มีการนำหัวมันสดมาใช้เสริมในการทำพืชหมัก เพราะนอกจากจะช่วยลดปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกในหัวมันสำปะหลังดังกล่าวแล้ว แป้ง (Starch) ในหัวมันสำปะหลังยังเป็นแหล่ง WSC ให้กับจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติก (Lactic acid Bacteria) ทำให้ขบวนการหมักเกิดดีขึ้น โดยแป้งจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์พวกที่ผลิตเอนไซม์ amylase ซึ่งติดมากับพืช เช่น *Bacillus amyloliquefaciens* *Streptococcus bovis* *Clostridium butyricum* ฯลฯ (วิลาวุธ, 2539) ทำให้ได้น้ำตาลกลูโคส ซึ่งจะเป็นแหล่งอาหารให้กับ Lactic acid bacteria นอกจากนี้ หัวมันสำปะหลังสดน่าจะช่วยเพิ่มวัตถุแห้งให้กับพืชอาหารสัตว์ที่จะนำมาหมักได้ด้วย ดังนั้น จึงสมควรทำการศึกษาคุณภาพของถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดในระดับต่าง ๆ กัน

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษาคุณภาพของถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดในระดับต่างๆ เพื่อให้พืชหมักมีวัตถุแห้งสูงกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ถั่วไมยราอายุ 45 วัน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 6 ซ้ำ ประกอบด้วยสิ่งทดลองดังนี้

1. ถั่วไมยรา
2. ถั่วไมยรา + หัวมันสำปะหลังสด 25 % ของน้ำหนักถั่วไมยราสด
3. ถั่วไมยรา + หัวมันสำปะหลังสด 50 % ของน้ำหนักถั่วไมยราสด
4. ถั่วไมยรา + หัวมันสำปะหลังสด 75 % ของน้ำหนักถั่วไมยราสด
5. ถั่วไมยรา + หัวมันสำปะหลังสด 100 % ของน้ำหนักถั่วไมยราสด

ทำการทดลองตามวิธีการดังนี้

1. สุ่มเก็บตัวอย่างถั่วไมยราสดและหัวมันสำปะหลังสด ก่อนการหมักชนิดละ 500 กรัม นำมาชั่งน้ำหนักสด แล้วอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักหลังการอบและคำนวณค่าวัตถุแห้งแล้วนำมาบดให้ละเอียดขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์ค่าโปรตีน (Helrich, 1990) และ WSC (Dubois และคณะ, 1956)

2. นำถั่วไมยราและหัวมันสำปะหลังสด มาสับเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดประมาณ 2 - 3 เซนติเมตร ด้วยเครื่องหั่นพืช (Crop chopper) แล้วนำมาผสมกันในอัตราส่วนต่าง ๆ ตามแผนการทดลอง คลุกเคล้าให้เข้ากันแล้วบรรจุในถุงพลาสติกดำ ขนาดบรรจุ 20 กิโลกรัม อัดพืชหมักให้แน่น ไล่อากาศออกให้หมดโดยใช้เครื่องดูดอากาศ ปิดปากถุงให้แน่น แล้วนำไปเก็บไว้ในที่ร่ม ใช้เวลาในการหมัก 30 วัน

3. เมื่อครบกำหนดการหมักแล้ว เปิดถุงหมักออกตรวจสอบลักษณะทางกายภาพได้แก่ สี กลิ่น ลักษณะของเนื้อพืชหมัก แล้วสุ่มเก็บตัวอย่างชั้นบน กลาง และล่างของถุง ประมาณ 2 กิโลกรัม บรรจุในถุงพลาสติก ปิดปากถุงให้แน่นแล้ว นำไปแช่เย็นในกล่องโฟมขนาดใหญ่ซึ่งมีน้ำแข็งบรรจุอยู่ นำส่งห้องปฏิบัติการ เพื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

4. แบ่งตัวอย่างเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งนำไปตรวจสอบค่า pH Total nitrogen (Helrich, 1990) กรดแลคติก กรดอะซีติก และกรดบิวทีริก (บุญล้อมและบุญเสริม, 2525) อีกส่วนหนึ่งนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักหลังการอบ แล้วคำนวณค่าวัตถุแห้ง นำตัวอย่างที่อบแล้วไปบดละเอียดขนาด 1 มิลลิเมตร แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่า True protein (Helrich, 1990) และ WSC

5. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance ของ CRD และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range Test (DMRT)

ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ชัยนาท จังหวัดชัยนาท ทำการทดลอง รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล และจัดทำรายงานการทดลองระหว่างเดือนธันวาคม 2542 ถึงสิงหาคม 2543

ผลการทดลองและวิจารณ์

ส่วนประกอบทางเคมีของถั่วไมยราและหัวมันสำปะหลังสด

จากผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี (ตารางที่ 1) ถั่วไมยราอายุ 45 วัน มีวัตถุแห้ง โปรตีน และ WSC เท่ากับ 18.80 26.70 และ 0.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าถั่วไมยรามีคุณสมบัติไม่เหมาะที่จะนำมาทำพืชหมัก เพราะมีวัตถุแห้งต่ำกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ และมี WSC. ไม่ถึง 6 เปอร์เซ็นต์ แต่เนื่องจากถั่วไมยรามีโปรตีนสูง จึงควรจะถนอมไว้ในฤดูแล้ง และถ้าจะถนอมไว้ในรูปของพืชหมัก จะต้องเติมวัตถุดิบที่จะช่วยเพิ่มวัตถุแห้งและ WSC ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีของถั่วไมยราอายุ 45 วัน และหัวมันสำปะหลังสด

	วัตถุแห้ง	% ของวัตถุแห้ง	
		โปรตีน	WSC
ถั่วไมยรา	18.80	26.70	0.59
หัวมันสำปะหลังสด	47.00	3.40	0.84

หัวมันสำปะหลังสดที่ใช้เสริมในการทำถั่วไมยราหมักมีวัตถุแห้ง 47.00 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 3.40 เปอร์เซ็นต์ และ WSC 0.84 เปอร์เซ็นต์ การที่หัวมันสำปะหลังสดมีวัตถุแห้งสูง เมื่อนำมาหมักร่วมกับถั่วไมยรา จะช่วยดูดซับความชื้นจากถั่วไมยรา ส่วนปริมาณ WSC ในหัวมันสำปะหลังสดถึงแม้จะมีปริมาณต่ำแต่มันสำปะหลังก็มีแป้งเป็นส่วนประกอบอยู่สูง เมื่อแป้งถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่มีเอนไซม์ amylase ทำให้เกิดน้ำตาลกลูโคสและมอลโตส ซึ่งน้ำตาลกลูโคสจะเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติกต่อไป

ลักษณะทางกายภาพของพืชหมัก

จากการทดลองหมักถั่วไมยราอายุ 45 วัน ร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดในระดับ 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักถั่วไมยราสด เปรียบเทียบกับการหมักถั่วไมยราแต่เพียงอย่างเดียว เมื่อหมักครบ 30 วัน เปิดดูพืชหมักเพื่อตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ พบว่าถั่วไมยราหมักและถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดทุกระดับ มีสีเขียวแกมเหลือง ไม่มีเชื้อราหรือยีสต์เจริญอยู่ เนื้อพืชไม่จับกันเป็นก้อน ไม่เป็นเมือก ส่วนกลิ่นของพืชหมักนั้น พบว่าถั่วไมยราหมักและถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดในระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีกลิ่นไม่หอม ในขณะที่ถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดในระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ มีกลิ่นหอมจางๆ ของกรด แต่ถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดในระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ จะมีทั้งกลิ่นหอมจางๆ ของกรดผสมกับกลิ่นของมันสำปะหลัง ส่วนถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดในระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีกลิ่นของกรดเลย มีแต่กลิ่นของมันสำปะหลัง

การที่พืชหมักมีสีเขียวแกมเหลือง เป็นลักษณะของพืชหมักที่ดี เพราะมีการสูญเสียแคโรทีนน้อย (ทวี, 2527) นอกจากนี้ การที่พืชหมักไม่มีเชื้อราหรือยีสต์เจริญอยู่เลย แสดงให้เห็นว่าในการทำพืชหมักครั้งนี้ มีการทำให้สภาพภายในถุงพืชหมักมีอากาศหลงเหลืออยู่น้อยมาก จุลินทรีย์พวกเชื้อราและยีสต์จึงไม่สามารถเจริญได้ ส่วนการที่พืชหมักที่ใช้หัวมันสำปะหลังสดในระดับ 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีกลิ่นมันสำปะหลัง เนื่องมาจากการใช้หัวมันสำปะหลังสดใน 2 ระดับนี้ วัตถุแห้งของหัวมันสำปะหลังจะสูงกว่าวัตถุแห้งของถั่วไมยรามากกว่า 2 เท่า ดังนั้นพืชหมักจึงมีกลิ่นของมันสำปะหลัง

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของถั่วไมยราอายุ 45 วัน หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดระดับต่างๆ เปรียบเทียบกับถั่วไมยราหมักโดยไม่ใช้หัวมันสำปะหลังสดรวมด้วย

พืชหมัก	สี	กลิ่น	ลักษณะเนื้อพืช
ถั่วไมยรา	เขียวแกมเหลือง	กลิ่นไม่หอม	ไม่จับกันเป็นก้อน ไม่เป็นเมือก เนื้อพืชค่อนข้างแห้ง
ถั่วไมยรา+หัวมันสำปะหลังสด 25%	เขียวแกมเหลือง	กลิ่นไม่หอม	ไม่จับกันเป็นก้อน ไม่เป็นเมือก เนื้อพืชค่อนข้างแห้ง
ถั่วไมยรา+หัวมันสำปะหลังสด 50%	เขียวแกมเหลือง	กลิ่นหอมจางๆ ของ กรด	ไม่จับกันเป็นก้อน ไม่เป็นเมือก เนื้อพืชค่อนข้างแห้ง
ถั่วไมยรา+หัวมันสำปะหลังสด 75%	เขียวแกมเหลือง	กลิ่นหอมจางๆ ของ กรดและกลิ่นของมัน สำปะหลัง	ไม่จับกันเป็นก้อน ไม่เป็นเมือก เนื้อพืชชิ้นเล็กน้อย
ถั่วไมยรา+หัวมันสำปะหลัง 100%	เขียวแกมเหลือง	กลิ่นของมันสำปะหลัง	ไม่จับกันเป็นก้อน ไม่เป็นเมือก เนื้อพืชค่อนข้างแห้ง

ส่วนประกอบทางเคมีของพืชหมัก

ความเป็นกรดของพืชหมัก (pH) ถั่วไมยราหมัก มี pH สูงสุด เท่ากับ 5.91 และแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) กับ pH ของถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดทุกระดับ (ตารางที่ 3) การนำหัวมันสำปะหลังสดมาหมักร่วมกับถั่วไมยรา มีผลให้ pH ลดต่ำลง ผกผันกับระดับการใช้หัวมันสำปะหลังสดที่เพิ่มขึ้น pH ของถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสด ระดับ 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เท่ากับ 4.53 และ 4.49 ในขณะที่ pH ของถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสด ในระดับ 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งเท่ากับ 4.03 และ 4.07 จากการทดลองนี้ จะเห็นได้ว่าการนำหัวมันสำปะหลังสดมาหมักร่วมกับถั่วไมยราในระดับ 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้พืชหมักมี pH อยู่ในระดับที่ทำให้จุลินทรีย์ทุกชนิดไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ และในขณะเดียวกันปฏิกิริยาของเอนไซม์ทุกชนิดก็ไม่สามารถเกิดได้เช่นกัน ($pH < 4.2$) ทำให้คุณภาพของพืชหมักคงที่ตลอดไป (Skerman และ Riveres, 1990)

วัตถุแห้งของพืชหมัก ถั่วไมยราหมักมีค่าวัตถุแห้งต่ำสุด เท่ากับ 25.23 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) กับค่าวัตถุแห้งของถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดทุกระดับ (ตารางที่ 3) การใช้หัวมันสำปะหลังสดในระดับที่เพิ่มสูงขึ้น มีผลให้ค่าวัตถุแห้งของพืชหมักเพิ่มสูงขึ้นด้วย โดยการให้หัวมันสำปะหลังสดในระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้พืชหมักมีค่าวัตถุแห้งสูงสุด เท่ากับ 37.99 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) กับค่าวัตถุแห้งของถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดในระดับ 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเท่ากับ 29.56 35.11 และ 35.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดในระดับ 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีวัตถุแห้งไม่แตกต่างกัน

การที่วัตถุแห้งของถั่วไมยราก่อนการหมักมีค่าต่ำกว่าวัตถุแห้งของถั่วไมยราหลังการหมัก เพราะในการทดลองครั้งนี้ ใช้ถั่วไมยราจากแปลงที่อำเภอวัดสิงห์ แต่ทดลองทำพืชหมักที่ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ชัยนาท ดังนั้น เมื่อตัดต้นถั่วไมยราเมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2543 จึงไม่สามารถทำพืชหมักได้ทันในวันเดียวกัน ต้องทำพืชหมักในวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2543 ทำให้ถั่วไมยราที่มีการสูญเสียความชื้นไปส่วนหนึ่ง จากการที่ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ชัยนาทได้เคยทดสอบผึ่งถั่วไมยราอายุ 45 วัน ไว้ในโรงเรือน 1 คืน พบว่าพืชมีการสูญเสียความชื้นไปประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ถั่วไมยราหมักและถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดจึงมีวัตถุแห้งสูงกว่าที่ประมาณการไว้ ส่วนการที่ถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดมีวัตถุแห้งสูงกว่าการไม่ใช้หัวมันสำปะหลังสด และในขณะเดียวกัน พืชหมักที่มีการใช้หัวมันสำปะหลังสดในระดับที่สูงขึ้น ก็มีวัตถุแห้งสูงขึ้นด้วย แสดงให้เห็นว่าหัวมันสำปะหลังสดช่วยเพิ่มวัตถุแห้งให้กับพืชหมัก และทำให้ได้พืชหมักที่ดี เพราะพืชหมักที่ดีควรมีวัตถุแห้งอยู่ในช่วง 30 – 40 เปอร์เซ็นต์ (สมชาย, 2541)

ไนโตรเจน (Total nitrogen) ถั่วไมยราหมักมีไนโตรเจนสูงสุด เท่ากับ 4.17 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) กับค่าไนโตรเจนของถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดทุกระดับ (ตารางที่ 3) การใช้หัวมันสำปะหลังสดในระดับ 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ทำให้พืชหมักมีค่าไนโตรเจนเท่ากับ 2.35 และ 2.18 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างจากค่าไนโตรเจนของถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสด ในระดับ 25 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.40 และ 1.84 เปอร์เซ็นต์

การที่ถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดมีค่าไนโตรเจนต่ำกว่าไนโตรเจนของถั่วไมยราหมัก และค่าไนโตรเจนจะลดต่ำลงในขณะที่ระดับของหัวมันสำปะหลังสดที่ใช้เพิ่มมากขึ้น เป็นเพราะหัวมันสำปะหลังสดมีไนโตรเจนต่ำมาก ดังนั้น เมื่อนำมาใช้หมักร่วมกับถั่วไมยรา จึงทำให้ไนโตรเจนในพืชหมักลดต่ำลง ผกผันกับปริมาณหัวมันสำปะหลังสดที่ใช้เพิ่มมากขึ้น

โปรตีนแท้ (True protein) ถั่วไมยราหมักมีโปรตีนแท้สูงสุดเท่ากับ 18.32 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) กับค่าโปรตีนแท้ของถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดทุก

ระดับ (ตารางที่ 3) การใช้หัวมันสำปะหลังสด ในระดับ 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ทำให้พืชหมักมีโปรตีน แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งเท่ากับ 7.99 และ 7.67 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างกับค่าโปรตีนแท้ของหัวไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสด ในระดับ 25 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.67 และ 6.37 เปอร์เซ็นต์

โดยทั่วไปแล้ว ไนโตรเจนประมาณ 75 – 90 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen) จะอยู่ในรูปโปรตีน (McDonald และคณะ, 1992) ดังนั้น เมื่อพิจารณาค่าโปรตีนแท้ของหัวไมยราหมัก และหัวไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสด ในระดับ 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีไนโตรเจนที่อยู่ในรูปโปรตีนแท้ 65.57 57.08 54.40 56.29 และ 55.39 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมด ตามลำดับ แสดงว่ามีการสูญเสียโปรตีนไปในระหว่างกระบวนการหมักอย่างน้อยที่สุด 10-20 เปอร์เซ็นต์

กรดแลคติก หัวไมยราหมักมีกรดแลคติกต่ำสุดเท่ากับ 0.26 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) กับค่ากรดแลคติกของหัวไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดทุกระดับ (ตารางที่ 3) การใช้หัวมันสำปะหลังสด ระดับ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้พืชหมักมีกรดแลคติกเท่ากับ 6.02 6.23 และ 6.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างจากค่ากรดแลคติกของหัวไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสด ในระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเท่ากับ 4.12 เปอร์เซ็นต์ จากการหมักหัวไมยราพร้อมกับหัวมันสำปะหลังสด ทำให้ได้พืชหมักที่มีกรดแลคติกสูงกว่าการหมักหัวไมยราแต่เพียงอย่างเดียว เพราะแป้งในหัวมันสำปะหลังถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่ติดมากับพืช โดยจุลินทรีย์พวกนี้จะมีเอนไซม์ amylase จึงสามารถย่อยสลายแป้งได้ ทำให้เกิดน้ำตาลกลูโคส ต่อมาจุลินทรีย์พวกที่สร้างกรดแลคติกจะ ferment น้ำตาล ทำให้เกิดกรดแลคติก ปริมาณกรดแลคติกที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาลเป็นสำคัญ จากการทดลอง จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มการใช้หัวมันสำปะหลังสด ปริมาณกรดแลคติกก็จะเพิ่มสูงขึ้นด้วย การนำหัวมันสำปะหลังสดมาหมักร่วมกับหัวไมยรา ในระดับ 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ได้พืชหมักที่มีคุณภาพดี คือ มีกรดแลคติกสูงกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ (สายัณห์, 2540)

กรดอะซีติก หัวไมยราหมักมีกรดอะซีติกสูงสุด เท่ากับ 3.55 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) กับค่ากรดอะซีติกของหัวไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดทุกระดับ (ตารางที่ 3) การใช้หัวมันสำปะหลังสดในระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้พืชหมักมีกรดอะซีติก 3.18 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกับค่ากรดอะซีติกของหัวไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสด ในระดับ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.36 2.05 และ 1.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยการใช้หัวมันสำปะหลังสด ระดับ 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่ากรดอะซีติกของหัวไมยราหมักไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบทางเคมีของถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดระดับต่างๆ เปรียบเทียบกับถั่วไมยราหมักที่ไม่ใช้หัวมันสำปะหลังสดรวมด้วย

พืชหมัก	pH	วัตถุแห้ง%	% ของวัตถุแห้ง					
			ไนโตรเจน	โปรตีนแท้	กรดแลคติก	กรดอะซีติก	กรดบิวทีริก	WSC
ถั่วไมยรา	5.91 ^a	25.23 ^d	4.47 ^a	18.32 ^a	0.26 ^c	3.55 ^a	1.22 ^a	0.76 ^d
ถั่วไมยรา + หัวมันสำปะหลังสด 25 %	4.53 ^b	29.56 ^c	3.40 ^b	12.13 ^b	4.12 ^b	3.18 ^b	0.92 ^b	1.52 ^c
ถั่วไมยรา + หัวมันสำปะหลังสด 50%	4.49 ^b	35.11 ^b	2.35 ^c	7.99 ^c	6.02 ^a	2.36 ^c	0.63 ^c	1.84 ^{bc}
ถั่วไมยรา + หัวมันสำปะหลังสด 75 %	4.03 ^c	35.51 ^b	2.18 ^c	7.67 ^c	6.23 ^a	2.05 ^d	0.56 ^d	2.07 ^b
ถั่วไมยรา + หัวมันสำปะหลังสด 100 %	4.07 ^c	37.99 ^a	1.84 ^d	6.37 ^d	6.08 ^a	1.86 ^d	0.48 ^e	2.72 ^a
CV (%)	2.3	4.1	6.2	9.0	12.4	7.1	7.4	24.5

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4 คุณภาพของถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดระดับต่างๆ เปรียบเทียบถั่วไมยราหมักที่ไม่ใช้หัวมันสำปะหลังสดร่วมด้วย

พืชหมัก	กรดแลกติก			กรดอะซีติก			กรดบิวทีริก			คะแนนรวม	คุณภาพ
	%ของวัตถุแห้ง	คิดเป็น%ของกรดทั้งหมด	คะแนน	%ของวัตถุแห้ง	คิดเป็น%ของกรดทั้งหมด	คะแนน	%ของวัตถุแห้ง	คิดเป็น%ของกรดทั้งหมด	คะแนน		
ถั่วไมยรา	0.26	5.17	-	3.55	70.58	0	1.22	24.25	0	0	ไม่ดี
ถั่วไมยรา + หัวมันสำปะหลังสด 25 %	4.12	50.12	14	3.18	38.69	4	0.92	11.19	8	26	เกือบพอใช้
ถั่วไมยรา + หัวมันสำปะหลังสด 50%	6.02	66.81	24	2.36	26.19	13	0.63	6.99	10	47	พอใช้
ถั่วไมยรา + หัวมันสำปะหลังสด 75 %	6.23	70.48	28	2.05	23.19	16	0.56	6.33	10	54	พอใช้
ถั่วไมยรา + หัวมันสำปะหลังสด 100 %	6.08	72.21	28	1.86	22.09	16	0.48	5.70	15	59	พอใช้

กรดอะซีติกในพืชหมักโดยทั่วไป จะเกิดได้จาก

1. แบคทีเรียพวก Coliform bacteria แบคทีเรียพวกนี้จะเจริญได้ในระยะแรกของการหมัก ซึ่งยังคงมีออกซิเจนหลงเหลืออยู่ในถุงพืชหมักเล็กน้อย และสภาพ pH เป็นกลาง โดยจะ ferment น้ำตาล ทำให้เกิดกรดอะซีติก (McDonald และคณะ, 1992)

2. แบคทีเรีย พวก Lactic acid bacteria ชนิด Heterofermenter เมื่อ ferment น้ำตาล นอกจากจะเกิดกรดแลคติกแล้ว ยังมีกรดอะซีติกเกิดขึ้นด้วย (McDonald และคณะ, 1992)

3. แบคทีเรียพวก Clostridia ที่เป็น Proteolytic Clostridia เมื่อแบคทีเรียพวกนี้ย่อยสลายโปรตีน จะทำให้เกิดกรดอะซีติก (McDonald และคณะ, 1992) จากตารางที่ 3 ค่าไนโตรเจนในรูปโปรตีนแท้ของถั่วไมยราหมักทั้งชนิดที่หมักแต่เพียงอย่างเดียว หรือหมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสด ต่ำกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าโปรตีนส่วนหนึ่งถูกย่อยสลายไป

การที่ถั่วไมยราหมักมีกรดอะซีติกสูงสุด เพราะถั่วไมยรามี WSC.ต่ำ และมีโปรตีนสูง ทำให้การเกิดกรดแลคติกเป็นไปได้ช้า และมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่น แต่การย่อยสลายโปรตีนเกิดได้เร็วกว่า ดังนั้น เมื่อเพิ่มระดับของหัวมันสำปะหลังสดในการทำพืชหมัก จึงเห็นได้ว่ากรดแลคติกเกิดมากขึ้นในขณะที่การเกิดกรดอะซีติกลดต่ำลง

กรดบิวทิริก ถั่วไมยราหมักมีกรดบิวทิริกสูงสุดเท่ากับ 1.22 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) กับค่าของกรดบิวทิริกของถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดในระดับต่าง ๆ (ตารางที่ 3) การใช้หัวมันสำปะหลังสดในระดับ 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้พืชหมักมีกรดบิวทิริกแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) และเท่ากับ 0.92 0.63 0.56 และ 0.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยทั่วไปแล้วพืชหมักที่ดีควรจะมีกรดบิวทิริกไม่เกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์ (Skerman และ Riveros, 1990) แต่ในการทดลองทำถั่วไมยราหมักครั้งนี้ มีกรดบิวทิริกสูงเกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่าจะมีการเสริมด้วยหัวมันสำปะหลังสดเพื่อเพิ่ม WSC แล้วก็ตาม น่าจะเนื่องมาจากหัวมันสำปะหลังที่ใช้ในการหมัก ใช้ในลักษณะที่สับเป็นชิ้นเล็กๆ ไม่ได้บด จุลินทรีย์จึงสามารถย่อยแบ่งได้เฉพาะที่บริเวณผิวหน้าของชิ้นมันเท่านั้น ทำให้ปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ประกอบกับจุลินทรีย์ที่ติดมากับถั่วไมยราและหัวมันสำปะหลังสดจะต้องมี *Clostridium butyricum* อยู่ด้วย แบคทีเรียชนิดนี้นอกจากจะย่อยสลายแป้ง ทำให้น้ำตาลกลูโคสแล้ว (วิลาวุธ, 2539) ยังสามารถย่อยสลายน้ำตาล กรดแลคติก และโปรตีนได้อีกด้วย (Skerman และ Riveros, 1990) ในขณะที่ Lactic acid bacteria มีแหล่งอาหารเพียงอย่างเดียว คือ น้ำตาล จึงไม่สามารถเจริญแข่งขันกับ *Clostridium* ได้ การเกิดกรดแลคติกจึงช้า และถูก *Clostridium* ใช้ไปได้ ทำให้มีกรดบิวทิริกเกิดขึ้นสูง

คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (WSC) ถั่วไมยราหมักมี WSC ต่ำสุด เท่ากับ 0.76 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) กับ WSC ของถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดทุกระดับ (ตารางที่ 3) การใช้หัวมันสำปะหลังสดร่วมด้วย ทำให้พืชหมักมี WSC เพิ่มขึ้น ตามระดับของหัวมันสำปะหลังสดที่ใช้เพิ่มขึ้น โดยการใช้หัวมันสำปะหลังสด ในระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้พืชหมักมี WSC สูงสุดเท่ากับ 2.72 เปอร์เซ็นต์

ค่า WSC ของพืชหมักนี้ คือ ปริมาณ WSC ที่เหลืออยู่หลังจากขบวนการหมักผ่านพ้นไป 30 วันแล้ว การหมักถั่วไมยราเพียงอย่างเดียว มี WSC เหลืออยู่ ถึงแม้ว่าถั่วไมยรา ก่อนการหมักจะมี WSC เพียง 0.59 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าถั่วไมยราที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีการสะสมอาหารอยู่ในรูปของแป้ง แต่อย่างไรก็ตาม WSC ที่มีเหลืออยู่เพียง 0.76 เปอร์เซ็นต์นี้ นับว่าเป็นปริมาณที่น้อยมาก ถึงแม้ว่าจะปล่อยให้ขบวนการหมักดำเนินต่อไป โดยยังไม่เปิดถุงหมัก ก็ไม่สามารถทำให้ได้พืชหมักที่มีคุณภาพดีได้ ส่วนการใช้หัวมันสำปะหลังสดในระดับ 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มี WSC เหลืออยู่ 1.52 1.84 2.07 และ 2.72 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แสดงว่าเป็นการเสริมด้วยหัวมันสำปะหลังสดในระดับที่สูงมาก แต่ถ้าลดปริมาณหัวมันสำปะหลังสดลง เพื่อไม่ให้มี WSC เหลือ พืชหมักอาจเสียได้ เพราะจากการพิจารณาคุณภาพของถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสดในระดับ 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งยังคงมี WSC เหลืออยู่ แต่ pH ลดต่ำลงไม่ถึง 4.2 แสดงว่า การเกิดกรดแลคติกเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ทั้งนี้เนื่องจากหัวมันสำปะหลังสดที่ใช้ในการหมักครั้งนี้ ใช้ในลักษณะที่สับเป็นชิ้นเล็กๆ ไม่ได้บดให้ละเอียด ทำให้แบคทีเรียย่อยสลายแป้งได้เฉพาะส่วนผิวหน้าของชิ้นมันสำปะหลังเท่านั้น WSC จึงค่อย ๆ เกิดขึ้นทีละน้อย การเกิดกรดแลคติกจึงช้า

คุณภาพของพืชหมัก

เมื่อพิจารณาคุณภาพของถั่วไมยราหมักและถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสด ในระดับ 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เกณฑ์การประเมินดังแสดงในตารางผนวกที่ 1 พบว่าสามารถแบ่งคุณภาพของพืชหมักได้เป็น 3 ระดับ (ตารางที่ 4) ดังนี้

1. ถั่วไมยราหมัก มีคุณภาพไม่ดี
2. ถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสด ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีคุณภาพเกือบพอใช้
ถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสด ระดับ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีคุณภาพพอใช้

สรุป

จากการศึกษาคุณภาพของถั่วไมยรา (อายุ 45 วัน) หมัก และถั่วไมยราที่หมักร่วมกับหัวมันสำปะหลังสด ระดับ 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยให้นักถั่วไมยราสด เพื่อเพิ่ม WSC และ วัตถุประสงค์ของพืชหมัก สรุปได้ว่าการใช้หัวมันสำปะหลังสด ในระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้พืชหมักมีคุณภาพดีที่สุด คือ พืชหมักมีสีเขียวแกมเหลือง มีกลิ่นหอมจางๆ ของกรด ไม่มีเชื้อราหรือยีสต์เจริญ

อยู่ เนื้อพืชไม่จับกันเป็นก้อน และไม่เป็นเมือก มี pH 4.07 ส่วนค่าวัตถุแห้ง ไนโตรเจน True protein กรดแลคติก กรดอะซิติกและกรดบิวทีริก เท่ากับ 37.99 1.84 6.37 6.08 1.86 และ 0.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อประเมินคุณภาพของพืชหมักจากเปอร์เซ็นต์ของกรดแลคติก กรดอะซิติก และ กรดบิวทีริก พืชหมักที่ได้จัดอยู่ในประเภทคุณภาพพอใช้

ข้อเสนอแนะ

การหมักถั่วไมยราวมกับหัวมันสำปะหลังสด ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้จะทำให้ได้พืชหมักที่มีคุณภาพพอใช้ แต่เมื่อเปรียบเทียบราคาระหว่างถั่วไมยราสด ซึ่งมีราคากิโลกรัมละ 50 สตางค์ กับราคาของหัวมันสำปะหลังสดซึ่งมีราคากิโลกรัมละ 80 สตางค์ จะเห็นว่าจะเสียค่าใช้จ่ายสำหรับเป็นค่าหัวมันสำปะหลังสดสูงกว่าค่าถั่วไมยรา จึงควรใช้มันเส้นแทนหัวมันสำปะหลังสด เพราะมันเส้นมีวัตถุแห้งและ WSC สูงกว่าหัวมันสำปะหลังสดมาก และยังปลอดภัยจากสารพิษกรดไฮโดรไซยานิคอีกด้วย การใช้มันเส้น ควรใช้ในลักษณะที่บดละเอียด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณ ทิพา บุญยะวิโรจ ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ชัยนาท
คุณลักษณ์ วุฒิปราชญ์อำไพ นักวิชาการสัตวบาล 7
และเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ชัยนาททุกท่าน
ที่ช่วยให้การทดลองครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎณา ศรีสรรพกิจ และ ศศิพร คุณาพงษ์ศิริ มิ่วะบุพ.ศ.วิธีวิเคราะห์สารพิษในอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ 24 หน้า

กรมส่งเสริมการเกษตร 2538 พันธุ์มันสำปะหลังและลักษณะประจำพันธุ์ พิมพ์ครั้งที่ 2 ห้างหุ้นส่วนจำกัด เจียฮั่ว กรุงเทพฯ 23 หน้า

กองอาหารสัตว์ 2538 ถั่วไมยรา โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ 27 หน้า.

ทวี แก้วคง 2527 โภชนศาสตร์สัตว์เบื้องต้นและการให้อาหารสัตว์ กรุงเทพมหานครการพิมพ์ กรุงเทพฯ 242 หน้า

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และบุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2525. คู่มือวิเคราะห์อาหารสัตว์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 118 หน้า

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์ 2539 หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 2 หลักโภชนศาสตร์และประยุกต์ โอ เอส พรินติ้งเฮาส์ กรุงเทพฯ 576 หน้า

เมธา วรณพัฒน์ 2533 โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง ห้างหุ้นส่วนจำกัดพินิจพิบลิชซิ่ง กรุงเทพฯ 473 หน้า

วารุณี พานิชผล และ วลัยกานต์ เจียมเจตจรรยา 2541 ตารางคุณค่าทางอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ 27 หน้า

วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล 2539 จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญด้านอาหาร โอ เอส พรินติ้งเฮาส์ กรุงเทพฯ 258 หน้า.

สมชาย จันทร์ผ่องแสง 2541 การเลี้ยงโคนม สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 311 หน้า

สายัณห์ ทัดศรี 2540 พืชอาหารสัตว์เขตร้อน การผลิตและการจัดการ โรงพิมพ์ลินคอรัน กรุงเทพฯ 375 หน้า

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2542 สถิติการเกษตรประเทศไทยปีเพาะปลูก 2540/2541 ห้างหุ้นส่วนจำกัด เจ เอ็น ที กรุงเทพฯ 310 หน้า

- Helrich, K. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Virginia, U.S.A. 1360 p.
- Church, D.C. and W.G. Pond. 1988. Basic Animal Nutrition and Feeding 3rd ed. John & Sons. U.S.A. 472 p
- Close, W and K.H. Menke. 1986. Selected Topics in Animal Nutrition University of Hohenheim, Stuttgart 70, Federal Republic of Germany. 255 p.
- Dubois, M, K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers and F.Smith. 1956 Colorimetric method for determination of sugars and related substances. J.Anal. Chem. 28(3) : 350-356
- McDonald, P., R.A. Edwards and J.F.D. Greenhalgh. 1992. Animal Nutrition. 4th ed. Longman Singapore Publishers Pte Ltd. Singapore. 543 p.
- Skerman, P.J. and F.Riveros. 1990. Tropical grasses. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 832 p.

ตารางผนวกที่ 1 การประเมินคุณภาพของพืชหมัก (อ้างโดย บุญล้อมและบุญเสริม, 2525)

	%กรดแต่ละชนิดเมื่อ เทียบเป็น % กรด ทั้งหมด	คะแนน			%กรดแต่ละชนิดเมื่อ เทียบเป็น % กรด ทั้งหมด	คะแนน
Acetic	0 – 15.0	20	Lactic	Upper 40	-10	
	15.1 – 20.0	18		Upper 50	-	
	20.1 – 24.0	16		Upper 60	-	
	24.1 – 28.0	13				
	28.1– 32.0	10		0 - 20.0	-	
	32.1– 36.0	7		20.1 – 25.0	0	
	36.1– 40.0	4		25.1 – 30.0	2	
	40.1– 45.0	2		30.1 – 34.0	4	
	45.1– 50.0	0		34.1 – 38.0	6	
	50.1– 55.0	0		38.1 – 42.0	8	
	55.1– 60.0	0		42.1 – 46.0	10	
Butyric	0 – 1.5	50	Total Mark	46.1 – 50.0	12	
	1.6 – 3.0	30		50.1 – 54.0	14	
	3.1 – 4.0	20		54.1 – 58.0	16	
	4.1 – 6.0	15		58.1 – 62.0	18	
	6.1– 8.0	10		62.1 – 66.0	20	
	8.1– 10.0	9		66.1 – 70.0	24	
	10.1– 12.0	8		70.1 – 75.0	28	
	12.1– 14.0	7		Upper 75	30	
	14.1– 16.0	6		0 – 20 = Class V,	Bad	
	16.1– 18.0	4		21 - 40 = Class IV,	Rather fair	
	18.1– 20.0	2		41 - 60 = Class III,	Fair	
	20.1– 25.0	0		61 - 80 = Class II,	Good	
	25.1– 30.0	0		81 - 100 = Class I,	Very good	
	30.1– 40.0	-5				