การถนอมและการใช้หัวและเถามันเทศเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

THE PRESERVATION AND UTILIZATION OF SWEET POTATO VINES AND TUBERS AS RUMINANT FEED

โดย

ผศ.ดร.บุญเสริม ชีวะอิสระกุล

และ

รศ.ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาควิชาสัตวศาสตร์
คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2539

Department of Animal Sciences
Faculty of Agriculture
Chiang Mai University
1996

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อ	ง
ABSTRACT	จ
ความนำ	ฉ
การตรวจเอกสาร	1
การศึกษาทดลอง	
1. การหมักมันเทศในห้องปฏิบัติการ	18
2. การศึกษาการย่อยได้ของหัวและเถามันเทศหมักในแกะ	23
3. การศึกษาการย่อยได้ของหัวมันเทศหมักร่วมกับฟาง และเถามันเทศหมัก	28
4. การใช้หัวและเถามันเทศหมักเป็นอาหารข้นเลี้ยงแกะ	33
5. การลดสารยับยั้งทริปซินในหัวและเถามันเทศ โดยการผึ่งและการทำแห้ง	37
สรุปและข้อเสนอแนะ	41
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก	
- วิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารยับยั้งทริปซิน	46
- องค์ประกอบทางเคมีและการย่อยได้ของวัสดุเศษเหลือบางชนิด	50
- ภาพการทดลอง	51

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เนื้อที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตของมันเทศในโลก ทวีปและประเทศต่าง ๆ	2
2	เนื้อที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตของมันเทศในประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2537/38	4
3	องค์ประกอบทางเคมีของใบ เถา และหัวมันเทศสด แห้ง และหมัก	7
4	การย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ ในใบ, เถา, หัวมันเทศสดและแห้ง	8
5	Amino acid content of sweet potato roots and vines.	9
6	Sweet potato chips as an energy source for fattening pigs.	10
7	การใช้ประโยชน์ได้ของแป้งในหัวมันเทศที่ผ่านความร้อน	16
8	Inhibition of trypsin, %.	16
9	Digestibility of sweet potato tuber (%).	17
10	ปริมาณสารยังยั้งทริปซิน (TIA) เมื่อหมักหัวมันเทศร่วมกับข้าวโพด	18
11	แผนการหมักหัว และเถามันเทศ	20
12	องค์ประกอบทางเคมีและ pH ของหัวมันเทศสด เถาสด หัวมันหมัก เถาหมัก หัวและเถาหมัก	21
13	องค์ประกอบทางเคมีของมันเทศหมัก มันเทศหมักผสมฟางข้าว และฟางข้าว เปรียบเทียบกับข้อมูลในงานทดลองอื่น	25
14	Daily feed intake (Mean S.D.) of experimental sheep.	26
15	Nutrient digesibility of rice straw ans sweet potato silage.	27
16	องค์ประกอบทางเคมีและการย่อยได้ของหัวมันเทศหมักร่วมกับฟาง และของเถามันเทศหมัก	29
17	น้ำหนักตัวและปริมาณอาหารที่กินได้	30
18	องค์ประกอบทางเคมีของหัวและเถามันเทศหมัก ข้าวโพดบด และหญ้าขนสด	34
19	ปริมาณโภชนะที่แกะทั้ง 2 กลุ่มได้รับ	35
20	น้ำหนักตัวและอัตราการแลกน้ำหนัก เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 90 วัน	36
21	การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของหัวมันเทศที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง	38
22	วัตถุแห้งและปริมาณทริปซินของหัวมันเทศที่เก็บไว้	38
23	องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณทริปซินของหัวมันเทศที่ผ่านความร้อน	39

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยชิ้นนี้ และขอขอบคุณ ผศ.ดร.ไพโรจน์ วิริยจารี แห่งคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้ช่วยเอื้อเฟื้อ Lactobacilli เพื่อใช้ในการทดลอง

ขอขอบคุณเพื่อนอาจารย์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ พนักงานเลี้ยงสัตว์ทดลอง เจ้าหน้าที่พิมพ์ ตลอดจนนักศึกษาที่มีช่วยให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายสุดนี้ ใคร่ขอขอบคุณด.ญ.ชวัญหทัย ชีวะอิสระกุล และด.ญ.เจนพิชา ชีวะอิสระกุล ที่ได้เสียสละความสุขส่วนตัวและได้รอคอยอย่างอดทนในการที่ผู้วิจัยต้องไปทำงานวันหยุดและยามค่ำคืนติดต่อกันเป็นเวลานาน เพื่อให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลงได้

คณะผู้วิจัย

มีนาคม 2539

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทคัดย่อ

หัวมันเทศมีวัตถุแห้งประมาณ 24% มีโภชนะคิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้งคือ โปรตีน 2.6%, ไขมัน 1.4%, เยื่อใย 4.0%, เถ้า 3.5 และ NFE 88.5% เถามันเทศมีวัตถุแห้ง 14.8% และมีโภชนะดังกล่าว 10.4, 3.4, 21.3, 18.6 และ 46.3% ตามลำดับ

การหมักเถามันเทศโดยไม่เสริมวัสดุใด ๆ ได้พืชหมักที่มีคุณภาพไม่ดี มีความน่ากินต่ำ คิดเป็นวัตถุแห้ง 2.6% ของน้ำหนักตัว และมีการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ ต่ำ 32-60% มี TDN 43.5% ของวัตถุแห้ง แต่เมื่อหมักร่วมกับหัวในอัตรา 1:2 ของน้ำหนักสด พบว่าได้พืชหมักที่ดี

หัวมันเทศหมักเพียงอย่างเดียว หรือหมักร่วมกับฟางในอัตรา 4 : 1 ของน้ำหนักสดได้พืชหมักที่ดี มีวัตถุแห้ง 23 และ 27% ตามลำดับ แต่มีโปรตีนต่ำประมาณ 3.2-3.4% ของวัตถุแห้ง แกะกินหัวมันเทศหมักร่วมกับฟางได้เพียง 1.7% ของน้ำหนักตัวและมีการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ 15-44% มี TDN 39% ของวัตถุแห้ง ในการนำไปเลี้ยงสัตว์ควรเสริมโปรตีนด้วย

การหมักหัวหรือเถามันเทศโดยเสริมยูเรีย พบว่าทำให้ crude protein และ pH สูงขึ้น การเสริม lactobacilli ช่วยทำให้การหมักสมบูรณ์เร็วขึ้น

มันเทศหมักที่ประกอบด้วย หัว : เถา : ข้าวโพดบดในอัตราส่วน 3 : 2 : 1 โดยน้ำหนักสดมีคุณภาพดี มีวัตถุแห้ง 29.8% และโปรตีน 8.7% ของวัตถุแห้ง เมื่อนำไปผสมกับฟางข้าวในอัตราส่วน 8 : 1 โดยน้ำหนักสดและเสริมเกลือ 0.5% ของน้ำหนักสด พบว่าแกะกินได้คิดเป็นวัตถุแห้ง 3.9% ของน้ำหนักตัว และมีการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ 67-83% มี TDN 66.8% ของวัตถุแห้ง มันเทศดังกล่าวมีการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ ซึ่งคำนวณโดยวิธีหาความแตกต่างประมาณ 76-87% และมี TDN สูง 77%

หัวและเถามันเทศมีสารยับยั้งการย่อยโปรตีน (Trypsin inhibitor, TIA) สูง 14 μg/g วัตถุแห้ง การผึ่งหัวมันเทศในอุณหภูมิโรงเรือน พบว่าช่วยลดปริมาณ Trypsin inhibitor (TIA) ลงได้ 42% เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 8 สัปดาห์ แต่เป็นวิธีที่ไม่ควรใช้เพราะเกิดการสูญเสียมาก การตากแดดหรือการอบเถาหรือหัวมันเทศสามารถลด TIA ลงได้ 50 และ 60% ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ABSTRACT

Sweet potato tuber contained 24% DM and had nutrients on DM basis :- 2.6% CP, 1.4% EE, 4.0% CF, 3.5% Ash, 88.5% NFE. These nutrient contents of potato vine were 14.8, 10.4, 3.4, 21.3, 18.6 and 46.3%, respectively.

Sweet potato vine, being ensiled without absorbant, was a low quality silage. Dry matter intake of sheep was only 2.6% body weight (BM). Nutrient digestibility was 32-60% with 43.5% TDN. When the vine was ensiled with the tuber at 1 : 2 fresh weight, the dry matter and the quality of the silage were improved.

Sweet potato tube ensiled either without or with rice straw (RS) at 4 : 1 fresh weight was a good quality silage. They contained 23 and 27% DM respectively but had low protein (3.2 and 3.4% of DM). However DM consumption of the tuber ensiled with RS by sheep was only 1.7% BW. The digestibility of nutrients was 15-44% with 39% TDN on DM basis. It is a good carbohydrate feed which requires protein supplement.

Ensiling sweet potato vine or tuber or vine plus tuber with urea increased CP content and pH level of the silages. Lactobacilli supplement facilitated ensiling process.

Potato silage which composed of tuber and vine and ground corn at 3 : 2 : 1 fresh weight was of good quality with 29.8% DM and 8.7% CP on DM basis. DM intake of the silage mixed with straw at 8 : 1 fresh weight was 3.9% sheep BW. The digestibility of nutrients in the mixed material was 37-83% with 66.8% TDN on DM basis. The nutrient digestibilities of silage calculated by differences were 76-87% with 77% TDN on DM basis.

Sweet potato vine and tuber contained 14 μg trypsin inhibitor (TIA)/g DM. Storage the tuber under a shed in natural tropical condition without good treatment for 8 weeks can reduced TIA 42%. However it is not recommened since there was a high loss. Drying under the sun or in a hot air oven at 75° c could eliminate 50 and 60% of TIA in the tuber and the root respectively.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การถนอมและการใช้หัวและเถามันเทศเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

The preservation and utilization of sweet potato vines and tubers as ruminant feed

ความนำ

ปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบในฤดูแล้ง เป็นปัญหาสำคัญของเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรรายย่อย ทั้งนี้เพราะเกษตรกรไม่นิยมปลูกสร้างแปลงหญ้าไว้เป็นอาหารสัตว์ เนื่องจากมีที่ดินจำกัดและที่ดินมีราคาแพง จึงมักนำไปปลูกข้าวซึ่งเป็นอาหารหลัก หรือพืชเศรษฐกิจอื่น ปัญหาดังกล่าวมีผลกระทบต่อการเลี้ยงสัตว์มาก ทำให้สัตว์เกิดการสูญเสียน้ำหนักตัว ผสมติดยาก ให้ผลผลิตลดลง ให้ลูกไม่สม่ำเสมอ และมีอัตราการตายสูง ซึ่งนับว่าเป็นการสูญเสียเศรษฐกิจของชาติเป็นอันมาก นักวิจัยและเกษตรกรได้พยายามแก้ไขปัญหาด้วยการนำผลิตผลพลอยได้หรือวัสดุเศษเหลือจากไร่นาเท่าที่จะหาได้มาใช้เป็นอาหารตลอดจนใช้เทคนิคต่าง ๆ มาช่วยในการปรับปรุงคุณภาพอาหารและ/หรือถนอมอาหารไว้ใช้ในยามขาดแคลน

มันเทศเป็นพืชที่มีการปลูกกันแพร่หลายทั่วไป สามารถขึ้นได้ดีในดินทุกสภาพ ให้ผลผลิตทั้งต้นและหัว (Biomass) ต่อเนื้อที่สูง จัดเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรทที่ดีทั้งสำหรับคนและสัตว์ นอกจากส่วนของหัวมันซึ่งเป็นผลิตผลหลักแล้ว ส่วนของต้นหรือเถาซึ่งเป็นเศษเหลือในไร่นายังสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้

เถามันมีลักษณะเขียวสด มีความน่ากิน และมีคุณค่าทางอาหารสูงพอสมควร โดยมีโปรตีนสูงประมาณ 15-20% ของวัตถุแห้ง ซึ่งสูงกว่าหญ้าโดยทั่วไป จึงอาจจัดเป็นแหล่งอาหารเสริมโปรตีนได้เป็นอย่างดี หัวมันมีโปรตีนต่ำกว่าเถา คือมีโปรตีนประมาณ 5-7% ของวัตถุแห้ง แต่มีเยื่อใยต่ำ และมีคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยได้ง่ายสูงมาก จึงจัดเป็นแหล่งอาหารพลังงานที่ดี ในต่างประเทศนิยมนำมาใช้เลี้ยงสุกรและสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยอาจใช้ผสมอาหารหรืออาจปล่อยให้สัตว์ลงกินในแปลง เพื่อประหยัดแรงงานในการจัดการเรื่องอาหาร เกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่ก็นิยมนำเถาและหัวมันเทศตกเกรดมาเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องกันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัวนม แต่เนื่องจากยังไม่ทราบถึงคุณค่าทางอาหารแน่ชัด จึงได้มาขอข้อมูลจากภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อยู่เนื่อง ๆ นอกจากนี้ยังต้องการคำแนะนำในการใช้อย่างถูกต้อง ตลอดจนเทคนิคในการเก็บถนอมอาหารไว้ใช้ในยามขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ด้วย

ดังนั้นเพื่อเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรได้ใช้วัสดุเศษเหลืออย่างถูกวิธี เพื่อช่วยลดต้นทุนค่าอาหาร และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตสัตว์ให้ดีขึ้น จึงเห็นควรศึกษาเรื่องนี้ โดยมี**วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึง**

1. องค์ประกอบทางเคมีของหัวและเถามันเทศ
2. กรรมวิธีในการถนอมหัวและเถามันเทศเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์
3. คุณค่าทางอาหารและการย่อยได้ของหัวและเถามันเทศหมัก
4. การนำมันเทศหมักไปใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง
5. การเก็บรักษาหัวมันเทศและการทำลายสารพิษโดยการตากและอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การตรวจเอกสาร

มันเทศ (Sweet potato) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ipomoea batatas* (L) เป็นพืชอยู่ใน Family Convolulaceae เช่นเดียวกับพวกดอกบานเช้า (morning glories) สันนิษฐานว่ามีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของอเมริกา แถบประเทศโคลัมเบีย, เปรู, กัวเตมาลา และอีเควดอร์ และแพร่หลายไปในเขตร้อน กึ่งร้อน และเขตอบอุ่นทั่วโลก เป็นพืชข้ามปี (Perennial) แต่ในเชิงเศรษฐศาสตร์จัดเป็นพืชฤดูเดียว ลำต้นเป็นเถาเลื้อย อาจพบเป็นพุ่มตั้งตรงบ้าง ใบมีลักษณะแตกต่างกันมากมาย สีและขนาด รูปร่างของหัวแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ สามารถขึ้นได้ดีในดินทุกสภาพ ในระดับความสูงไม่เกิน 2,500 เมตรจากระดับน้ำทะเล สามารถทนดินเลว ดินกรด และดินเค็มได้ (ชานนท์, 2525 ; เกศณี, 2529 ; Gohl, 1981 และ Huang, 1989) สามารถทนต่อความแปรปรวนของภูมิอากาศ เช่น ไต้ฝุ่น น้ำท่วม ความแห้งแล้ง อากาศร้อนและหนาวได้ดี แต่ไม่สามารถทนน้ำค้างแข็งได้ ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตคือ 20-30°ซ หรือไม่ควรต่ำกว่า 15°ซ และไม่สูงกว่า 33°ซ หรืออีกนัยหนึ่งคือเนื้อที่ในระหว่างเส้น latitude 30-40°เหนือถึง 30-40°ใต้ (Ramirez, 1992)

เนื้อที่ปลูกและการผลิต

มันเทศเป็นพืชที่ให้ผลผลิต (biomass) สูง มีบทบาทและความสำคัญโดยเป็นพืชหนึ่งในจำนวน 12 พืชที่เป็นอาหารหลักของคนทั่วโลก (Ramirez, 1992) เป็นพืชอันดับ 7 ของโลก รองจากข้าวสาลี ข้าวเจ้า ข้าวโพด มันฝรั่ง ข้าวบาเลย์ และมันสำปะหลัง (FAO, 1978) ซึ่งในบรรดาพืชหัวด้วยกัน มันเทศเป็นรองเฉพาะมันฝรั่งเท่านั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปเอเชีย มันเทศจัดเป็นพืชหัวที่สำคัญที่สุดโดยมีเนื้อที่เก็บเกี่ยวในช่วงปี พ.ศ. 2522 - 2524 ถึง 58.64 ล้านไร่ คิดเป็น 86% ของพื้นที่ผลิตมันเทศทั่วโลก คือ 67.94 ล้านไร่ ให้ผลผลิตทั้งโลก 134.23 ล้านเมตริคตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 1,978 กก./ไร่ (ตารางที่ 1)

อย่างไรก็ดี การผลิตมันเทศของโลกในปี 2535-2537 ได้ลดลงจากเมื่อระยะ 15 ปีก่อนมาก โดยเนื้อที่เก็บเกี่ยวทั่วโลกลดลงเหลือ 58.62 ล้านไร่ และผลผลิตลดลงเหลือ 124.34 ล้านตัน แต่ได้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่เพิ่มขึ้นเป็น 2,121 กก./ไร่ หลายทวีปในโลกก็มีการผลิตมันเทศลดลงเช่นกัน เช่น ทวีปอเมริกาใต้, อเมริกาเหนือ และยุโรป ดังจะเห็นได้จากข้อมูลปี 2537 เปรียบเทียบกับปี 2522-2524 (ตารางที่ 1)

ทวีปเอเชียมีเนื้อที่เก็บเกี่ยวน้อยลง 19% แต่ยังมีผลผลิตเพิ่มขึ้น 15% เนื่องจากได้ผลผลิตต่อไร่สูงขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 เนื้อที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตของมันเทศในโลกและทวีปต่าง ๆ ตลอดจนประเทศที่ปลูกมากในเอเชีย และประเทศไทย

	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ล้านไร่)		ผลผลิต (กก./ไร่)		ผลผลิต (ล้านตัน)	
	2522-24	2537	2522-24	2537	2522-24	2537
โลก	67.94	58.62	1977.76	2120.96	134.23	124.34
ทวีป						
เอเชีย	58.64	47.42	2143.84	2411.36	125.51	114.35
อัฟริกา	6.31	8.65	853.28	802.72	5.38	6.94
อเมริกาใต้	1.03	0.72	1356.00	1715.04	1.39	1.25
อเมริกาเหนือ	1.22	1.04	1072.00	1099.52	1.31	1.14
Oceania	0.66	0.76	766.08	792.64	0.51	0.60
ยุโรป	0.08	0.03	1778.88	1924.16	0.13	0.06
ประเทศที่ผลิตมาก						
จีน	49.76	40.69	2301.60	2584.64	114.26	105.18
เวียตนาม	2.68	2.46	871.20	1035.36	2.33	2.54
อินโดนีเซีย	1.74	1.23	1215.68	1506.40	2.12	1.85
ญี่ปุ่น	0.41	0.32	3415.36	3942.24	1.38	1.26
อินเดีย	1.33	0.86	1115.84	1333.28	1.48	1.15
เกาหลีใต้	0.34	0.09	3458.24	3200.00	1.20	0.30
ไทย	0.13	0.06	1708.96	1553.44	0.22	0.10
ประเทศที่ได้ผลผลิตต่อไร่สูง						
อิสราเอล	-	-	6434.08	5866.72	0.001	0.006
อียิปต์	0.02	0.03	3750.24	4480.00	0.09	0.14
ญี่ปุ่น	0.41	0.32	3415.36	3942.24	1.38	1.26
ตุรกี	-	-	-	3520.00	-	0.001
เกาหลีใต้	0.34	0.09	3458.24	3200.00	1.20	0.30
เมกซิโก	0.02	0.01	2179.42	3166.72	0.05	0.05
ฮ่องกง	-	-	4065.12	3120.00	-	-

แหล่งข้อมูล : ดัดแปลงจาก FAO (1994).

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทวีปที่ผลิตมันเทศมากเป็นอันดับสองรองจากเอเชียคือ อัฟริกา ซึ่งได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 6.9 ล้านตัน ในปี 2537 และมีเนื้อที่เก็บเกี่ยวในปีนี้เพิ่มขึ้นกว่าเมื่อ 15 ปีก่อนด้วย สำหรับ Oceania ซึ่งหมายถึงหมู่เกาะต่าง ๆ คืออออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ เกาะคุก เกาะฟิจิ เกาะกวม เกาะนิวคาเลโดเนีย หมู่เกาะแปซิฟิก เกาะปาปัวนิวกินี เกาะโซโลมอน เกาะทองก้าและเกาะ Niue ก็มีการผลิตมันเทศเพิ่มขึ้นเช่นกัน

สำหรับประเทศที่ผลิตมันเทศมากที่สุดในโลกคือจีน ติดตามด้วยเวียตนาม อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น อินเดียและเกาหลีใต้ ตามลำดับ ซึ่งในบรรดาประเทศเหล่านี้มีการผลิตมันเทศลดลง ยกเว้นเวียตนามที่มีการผลิตมากขึ้น

ประเทศที่มีการผลิตมันเทศเพิ่มขึ้นส่วนใหญ่อยู่ในทวีปอาฟริกา เช่นประเทศ Angola, Cameroon, Congo, Cote Divoire, Egypt, Eg Guinea, Guinea, Kenya, Madagascar, Mali, Morocco, Mozambique, Rawanda, South Africa, Tongo, Uganda, Zambia สำหรับหมู่เกาะต่าง ๆ เช่น Australia, New Zealand, Solomon Island, ก็มีการผลิตเพิ่มขึ้นเช่นกัน (FAO, 1994) แสดงว่ามันเทศมีบทบาทสำคัญและเป็นที่นิยมสำหรับหลายประเทศในโลก

ประเทศที่เพาะปลูกมันเทศได้ดีและมีผลผลิตต่อไร่สูง คือ อิสราเอล ได้ผลผลิตกว่า 5 พันกก./ไร่ ติดตามด้วยอียิปต์ ญี่ปุ่น ตุรกี เกาหลีใต้ เมกซิโกและฮ่องกง ตามลำดับ ซึ่งได้ผลผลิตประมาณ 3 พันกก./ไร่ (ตารางที่ 1)

สำหรับประเทศไทย มันเทศสามารถปลูกได้ในทุกภาคของประเทศ ข้อมูลจากกรมส่งเสริมการเกษตร (2528) รายงานว่า พื้นที่เพาะปลูกมันเทศทั้งประเทศ ในปีเพาะปลูก 2527/28 เท่ากับ 77,852 ไร่ ได้ผลผลิต 135,324 ตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 1,751 กก./ไร่ โดยมีการเพาะปลูกมากที่สุดในภาคใต้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก ภาคเหนือ ภาคตะวันออก และภาคกลางตามลำดับ ภาคเหนือมีการปลูกมากที่จังหวัดน่าน นครสวรรค์ เชียงใหม่ พิษณุโลก และลำปาง ใช้ระยะเวลาปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวได้เพียง 3-4 เดือน ปกติจะปลูกในฤดูฝนราวเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน และเก็บเกี่ยวราวเดือนสิงหาคม แต่ในเขตที่มีการชลประทานอาจมีการปลูกอีกครั้งราวเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน โดยอาจปลูกได้ถึงปีละประมาณ 2-3 ครั้ง

จากข้อมูลล่าสุดที่ได้ในปีเพาะปลูก 2537/38 พบว่า การปลูกมันเทศลดลงมากเมื่อเทียบกับ 10 ปีที่แล้ว คือมีเนื้อที่เก็บเกี่ยวทั้งประเทศ 39,746 ไร่และได้ผลผลิต 98,272 ตัน แต่เมื่อคิดเป็นผลผลิตต่อไร่แล้วพบว่าสูงขึ้นคือเฉลี่ย 2,472 กก./ไร่ (ตารางที่ 2) ภาคตะวันตกมีการผลิตมันเทศมากที่สุด ติดตามด้วยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคกลางตามลำดับ

จังหวัดที่มีการผลิตมันเทศมากในประเทศไทย คือ สุพรรณบุรี อุบลราชธานี เชียงราย บุรีรัมย์ อยุธยา และนครศรีธรรมราช สำหรับจังหวัดที่มีการผลิตมากในภาคเหนือ เช่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เชียงราย พบว่ามีการผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปี 2533 (ตัวเลขในวงเล็บตารางที่ 2) ส่วนเชียงใหม่กลับมีการผลิตลดลง

ตารางที่ 2 เนื้อที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตของมันเทศในประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2537/38[*1]

ภาค	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)	ผลผลิตเฉลี่ย (กก./ไร่)
ทั้งประเทศ	**39,746**	**98,272**	**2,472**
รายภาค			
เหนือ	4,894	11,192	2,286
ตะวันออกเฉียงเหนือ	12,878	24,550	1,906
กลาง	1,489	4,211	2,828
ตะวันออก	2,067	3,769	1,823
ตะวันตก	12,587	44,757	3,555
ใต้	5,831	9,793	1,673
จังหวัดที่ผลิตมาก			
สุพรรณบุรี	9,137	36,154	3,956
อุบลราชธานี	2,584	5,017	1,941
เชียงราย	1,491 (916)[*2]	4,531 (1,767)[*2]	3,038 (1,961)[*2]
บุรีรัมย์	2,307	4,952	2,134
อยุธยา	1,241	3,710	2,989
นครราชสีมา	2,092	3,628	1,734
เชียงใหม่	1,271(4,901)[*2]	3,119(11,513)[*2]	2,454(2,429)[*2]

แหล่งข้อมูล : กองแผนงานและโครงการพิเศษ กรมส่งเสริมการเกษตร (ติดต่อส่วนตัว)

[*1] ข้อมูลรวบรวมตั้งแต่ พ.ค. 37 - เม.ย. 38

[*2] ตัวเลขในวงเล็บเป็นของปี 2533

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในอนาคตประเทศไทยอาจผลิตมันเทศเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะมีการนำมันเทศไปแปรรูปเป็นแป้งเพื่อเป็นส่วนผสมของอาหาร หรือผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวส่งไปจำหน่ายยังเกาหลี ญี่ปุ่น และไต้หวัน ปีละไม่ต่ำกว่า 2,250 ตัน และมีแนวโน้มว่าความต้องการจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ นอกจากนี้กรมส่งเสริมการเกษตรยังร่วมมือกับภาคเอกชนผลิตแป้งมันเทศเพื่อการส่งออก โดยโรงงานมีกำลังการผลิต 160 ตัน/วัน และต้องการมันเทศป้อนโรงงานปีละ 29,000 ตัน โดยรับซื้อในราคาประกัน ขณะนี้กรมส่งเสริมได้ดำเนินโครงการส่งเสริมการปลูกมันเทศใน 3 จังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ระยะเวลาดำเนินการ 5 ปี เริ่มตั้งแต่ปี 2538 คาดว่าเกษตรกรจะมีรายได้รวม 9.61 ล้านบาท และได้ผลผลิตมันเทศ 8,000 ตัน เพื่อส่งโรงงานต่อไป (มลฤดี, 2538)

ผลผลิต

มันเทศจัดเป็นพืชที่ให้ผลผลิตทั้งต้นและหัว (biomass) ต่อเนื้อที่สูง Morales, (1980; อ้างอิงโดย Dominguez, 1992) รายงานว่า ผลผลิตของมันเทศบางพันธุ์อาจสูงถึง 24-36 ตัน/เฮกแตร์ หรือ 3.84-5.76 ตัน/ไร่ และผลผลิตใบอาจสูงถึง 4.3-6.0 ตัน วัตถุแห้ง/เฮกแตร์ หรือเท่ากับ 0.69-0.96 ตัน วัตถุแห้ง/ไร่ (Ruiz *et al*, 1980; อ้างอิงโดย Dominguez, 1992)

ข้อมูลจากไต้หวันรายงานว่า มันเทศให้ผลผลิตหัว 3,200 กก./ไร่ และต้น 1,920 กก./ไร่ (Huang, 1989) ซึ่งคิดเป็นอัตราส่วนของ**ต้นต่อหัว = 0.6:1** จากข้อมูลดังกล่าวประมาณว่า **ประเทศไทยมีเถามันเทศซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งในไร่นาปีละประมาณ 6 หมื่นตัน**

Huang (1989) รายงานว่า ไต้หวันมีการปลูกมันเทศมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงปีพ.ศ. 2494 - 2514 มีการปลูกถึงปีละ 1.4 ล้านไร่ จากเนื้อที่เพาะปลูกทั้งหมดของประเทศ 5.6 ล้านไร่ นับเป็นพืชสำคัญที่ 2 รองจากข้าว และเป็น 1 ใน 3 ของพืชอาหารสัตว์ที่สำคัญนอกเหนือจากปลายข้าวและกากถั่วลิสง มันเทศที่ปลูกนี้ถูกนำมาใช้เลี้ยงสุกรกันมาก โดยใช้ได้ถึง 70 - 80% ของสูตรอาหารสุกรรุ่น

คุณค่าทางอาหาร

มันเทศจัดเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรทที่สำคัญเพราะหัวประกอบด้วยแป้งเกือบทั้งหมด แต่ก็มีธาตุอาหารอื่น เช่น วิตามินเอ, วิตามินซี, วิตามินบี $_1$, บี$_2$ และไนอาซินด้วย เถานับว่าเป็นแหล่งของโปรตีน เยื่อใยและวิตามินที่สำคัญ

Huang (1989) รายงานว่า เดิมมันเทศได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้มีผลผลิตสูง แต่ต่อมาต้องการให้ใช้ทดแทนข้าวโพดได้ ดังนั้นตั้งแต่ปี 1970 จึงปรับปรุงพันธุ์โดยเน้นให้มีโปรตีน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สูงขึ้น จากการวิเคราะห์หัวมันเทศกว่า 300 สายพันธุ์ พบว่ามีโปรตีน 1.27-10.07% และจากการวิเคราะห์เถา 276 สายพันธุ์พบว่ามีโปรตีน 12.1 - 25.7% เฉลี่ยเท่ากับ 20% ของวัตถุแห้ง อย่างไรก็ดี Purcell *et al.* (1976) รายงานว่า การจัดการเพาะปลูก และช่วงการเจริญเติบโต หรือระยะการตัดก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อระดับโปรตีนในเถามันเทศได้เช่นกัน

Huang (1989) รายงานว่า **เถามันเทศสด**มีโภชนะคิดเป็นวัตถุแห้งคือ โปรตีน 12.6% พลังงานใช้ประโยชน์ (ME) ในสุกร 2298.8 kcal/กก. และยอดโภชนะย่อยได้ (TDN) 55.2% ขณะที่**หัวมันสด**มีค่าดังกล่าว 4.9%, 3920 kcal/กก. และ 93.5% ตามลำดับ

สำหรับคุณค่าทางอาหารของใบ เถา และหัวมันเทศ ทั้งในรูปสด ตากแห้ง อบแห้ง และหมัก จากรายงานต่าง ๆ ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 3 ส่วนการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ รวบรวมไว้ในตารางที่ 4

โดยเฉลี่ย เถาสดมีวัตถุแห้ง (DM) 13.2% และมีโภชนะต่าง ๆ คิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้ง (DM basis) ดังนี้คือ โปรตีน (CP) 17.8%, เยื่อใย (CF) 18.2%, เถ้า (ash) 17.3%, ไขมัน (EE) 3.9% และคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยได้ง่าย (NFE) 41.3% การที่โภชนะต่าง ๆ ในแต่ละรายงานต่างกันอาจเนื่องมาจากสายพันธุ์ การปฏิบัติดูแลในระหว่างปลูก การใส่ปุ๋ย การเก็บเกี่ยว และสภาพของเถา ที่เกี่ยวมา ตลอดจนการปนเปื้อนของตัวอย่าง กล่าวคือถ้ามีส่วนของใบมากจะมีวัตถุแห้งและเยื่อใยต่ำ แต่โปรตีนสูง ถ้ามีส่วนของรากติดมาด้วย หรือมีดินทรายปะปนมามากจะมีเถ้าสูง เป็นต้น

หัวสดมีวัตถุแห้งและ NFE สูงกว่าเถา แต่มีโปรตีน เยื่อใย ไขมัน และเถ้าต่ำกว่า จะเห็นได้ว่า ส่วนประกอบในหัวมันเป็นคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยได้ง่าย (NFE) เกือบทั้งหมดและมีไขมันอยู่น้อยมาก ส่วนประกอบโดยเฉลี่ยของหัวมันคือมีวัตถุแห้ง 26.8% มีโภชนะต่าง ๆ คิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้ง คือโปรตีน 6.4% เยื่อใย 2.4% เถ้า 3.4% ไขมัน 0.9% และ NFE 87.7% (ตารางที่ 3) สำหรับหัวมันแห้งมีโภชนะต่าง ๆ ใกล้เคียงกับหัวมันสด ยกเว้นวัตถุแห้ง การย่อยได้ของโภชนะและค่าพลังงานคือ TDN, พลังงานย่อยได้ (DE) และพลังงานเมตะโบไลซ์ (ME) ในใบเถา และหัวมันเทศอยู่ในเกณฑ์สูง ยกเว้นการย่อยได้ของโปรตีนซึ่งอาจสูงหรือต่ำแล้วแต่ปริมาณโปรตีนที่มีในอาหารนั้น ซึ่งค่าดังกล่าวนี้มักมีผลต่อการย่อยได้ของเยื่อใยด้วย นอกจากนี้การย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ ยังมีปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้องอีกหลายประการ เช่นปริมาณอาหารที่กินได้ ความเป็นกรด-ด่างของกระเพาะหมัก และองค์ประกอบของเยื่อใยเป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละของวัตถุแห้ง) ของใบ เถา และหัวมันเทศในรูปสด แห้ง และหมัก

	DM	CP	CF	Ash	EE	NFE	Ref
ใบสด	10.8	19.4	10.2	25.9	3.7	40.8	Neumark (1970)[*1]
เถาสด	8.7	21.9	15.0	18.0	3.4	41.7	Devendra (1970)[*1]
เถาสด	17.4	12.6	20.1	-	3.4	44.2	Huang (1989)
เถาแห้ง	86.6	16.4	27.4	12.6	5.2	38.4	Walker (?)[*1]
เถาสด	15.0	18.2	-	17.7	-	-	Godoy&Elliot(1981)[*4]
เถาสด	14.2	18.5	-	12.5	-	-	Dominguez (1990)[*4]
เฉลี่ย	**18.2**[*5]	**17.8**	**18.2**	**17.3**	**3.9**	**41.3**	
หัวสด	59.0	5.1	2.3	3.5	1.1	88.0	French (1955)[*1]
หัวสด	28.1	5.4	0.3	3.2	0.5	90.6	Oyenuga (1968)[*1]
หัวสดปอกเปลือก	28.7	5.2	0.1	2.7	0.5	91.5	Oyenuga (1968)[*1]
เปลือกสด	11.7	6.3	0.3	4.6	1.3	87.5	Oyenuga (1968)[*1]
หัวสด, เปลือกแดง	39.4	8.8	2.4	2.1	0.6	86.1	Devendra (1970)[*1]
หัวสด, เปลือกขาว	30.0	10.9	3.0	3.9	0.3	81.9	Devendra (1970)[*1]
หัวสด	22.6	10.2	4.9	-	0.4	82.7	Chung *et al.* (1988)
หัวสด	26.3	4.9	4.2	-	1.5	92.4	Huang (1989)
หัวสด	25.7	3.0	4.0	2.4	2.1	88.6	Huang (1966)[*2]
หัวสด	29.2	6.4	-	5.3	-	-	Dominguez (1980)[*4]
หัว	-	4.4	-	3.1	-	-	Noblet *et al* (1990)[*4]
เฉลี่ย	**26.8**[*6]	**6.4**	**2.4**	**3.4**	**0.9**	**87.7**	
มันแผ่นตากแห้ง	89.5	3.0	3.5	3.7	3.1	86.8	Huang (1966)[*2]
หัว, อบแห้ง	90.4	4.9	3.8	3.9	1.0	86.4	Seath *et al.* (1947)
หัว, แห้ง, บด	87.1	4.6	13.3	6.1	0.8	75.2	Neumark (1970)[*1]
หัวแห้ง, เศษเหลือ	89.8	6.6	-	5.9	0.2	-	Tor-Agbidye ***et al.*** (1990)
เฉลี่ย	**89.2**	**4.8**	**3.6**[*7]	**4.9**	**1.3**	**86.8**[*7]	
หัวหมัก	43.2	3.0	3.4	3.6	2.9	87.1	Huang (1966)
เถาและหัวหมัก[*3]	70.0	10.2	9.6	9.6	8.6	62.0	เชาวน์ (2518)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

*1 Cited after Gohl (1981)

*2 Cited after Huang (1989)

*3 เถา : หัว : รำ = 5 : 5 : 1

*4 Cited after Dominguez (1992); NDF, ADF, and lignin in roots = 6.9, 4.9 and 0.7%, while those in vines = 26.2, 22.9 and 5.7%, respectively

*5 ยกเว้น DM ในเถาแห้งของ Walker (19?)

*6 ยกเว้น DM ในหัวสดของ French (1955)

*7 ยกเว้น CF และ NFE ของ Neumark (1970)

ตารางที่ 4 การย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ ในใบ, เถา, หัวมันเทศสดและแห้ง

	DM	CP	EE	CF	NFE	TDN	DE	ME	Ref
		←		% DM	→		(kcal/kg)		
ใบ	-	80.0	84.0	55.0	86.0	-	-	2390	Neumark (1970)*1
เถาแห้ง	-	64.5	72.8	35.7	74.1	-	-	2130	Walker (?)*1
หัวสด	-	37.5	51.6	79.3	95.5	-	-	-	French (1955)*1
หัวสด	68.6	-	-	4.0	70.4	75.2	3199	-	Chung et al. (1988)
หัวแห้ง	-	-25.3	1.6	-	87.7	77.1	-	-	Seath et al. (1947)
หัวบด	-	14.0	74.0	37.0	90.0	-	2710	-	Neumark (1970)*1

*1 Cited after Gohl (1981)

แม้ว่าหัวมันเทศจะประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรท 80-90% ของวัตถุแห้ง แต่แป้งในหัวมันเทศดิบก็ทนต่อการย่อยของเอ็นไซม์ amylase ทำให้สัตว์นำไปใช้ประโยชน์ไม่ค่อยได้ มีรายงานว่า การต้มให้สุกช่วยทำให้การย่อยได้ของแป้งเพิ่มขึ้น 4-55% (Cerning-Beroard and LeDividich, 1976; อ้างอิงโดย Dominguez, 1992) การที่แป้งในหัวมันเทศย่อยได้ยากนี้ อาจเนื่องมาจากโมเลกุลของเม็ดแป้งในหัวมันเทศมีขนาดใหญ่กว่าในเมล็ดธัญญพืชหรือหัวมันสำปะหลัง (25 เทียบกับ 12 μm; Szylit *et al.*, 1978)

สำหรับกรดอะมิโนในหัวและเถามันเทศพบว่ามี Sulfur amino acids อยู่ค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับโปรตีนในอุดมคติ (ideal protein) ดังแสดงในตารางที่ 5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5 Amino acid content of sweet potato roots and vines[1]

		Roots		Vines
	Ideal Protein[2]	Purcell *et al.*,1972	Li, 1982	Walter *et al.*,1978
Isoleucine	3.8	4.2-10.1	3.9-5.1	4.9
Leucine	7.0	7.8-9.2	6.2-7.9	9.6
Total sulphur	3.5	2.8-3.8	3.0-3.9	2.8
Phenylalanine[3]	6.7	11.9-13.6	7.2-10.1	10.6
Threonine	4.2	5.5-6.3	5.1-6.1	5.3
Tryptophan	1.0	0.8-1.2	-	-
Valine	4.9	6.8-8.3	4.9-8.2	6.3
Lysine	7.0	4.2-7.2	4.3-4.9	6.2
Chemical score				
Total sulphur	**100**	**80-109**	**85-110**	**80**
Lysine	100	60-103	61-70	88

[1] g/100g protein

[2] Fuller and Chamberlain (1982)

[3] Phenylalanine + Tyrosine

แหล่งข้อมูล : Dominguez (1992)

การเก็บรักษาหัวมันเทศ

ไสวงค์ (2525) แนะนำว่า ถ้าทำการเก็บรักษาหัวมันอย่างถูกวิธี กล่าวคือ เก็บเฉพาะหัวแก่เต็มที่ เลือกเฉพาะที่ไม่มีรอยช้ำหรือรอยแผล ผึ่งให้แห้งสนิทก่อนเก็บในที่ที่มีอุณหภูมิ 10-15°ซ จะสามารถเก็บไว้ได้นานถึง 3 ปี โดยหัวไม่งอก

Ramirez (1992) กล่าวว่า หัวมันเทศหลังการเก็บเกี่ยวควรปฏิบัติอย่างถูกวิธี กล่าวคือ ทำการคัดหัวมันที่มีแมลงหรือเชื้อรา หรือมีรอยช้ำรอยแผลจากการเก็บเกี่ยวออก เก็บใส่ถุงละ 45 กก. วางบนชั้นยกพื้นในห้องที่มีการระบายอากาศดี ความชื้นต่ำ โดยวางถุงซ้อนกันไม่เกิน 10 ชั้น และให้ถุงแต่ละแถวอยู่ห่างกันเพื่อให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก และขนถ่ายไปยังที่อื่นภายในเวลา 24 ชม. ถ้าต้องการเก็บนานควรเก็บในห้องเย็นอุณหภูมิ 13-15°ซ ความชื้นสัมพันธ์ 80% จะสามารถเก็บหัวมันไว้ได้ 4-6 เดือน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้มันเทศเป็นอาหารสัตว์

สุกร

หัวมันเทศสามารถใช้เป็นอาหารสุกรได้ ถ้าใช้ในระดับที่เหมาะสม คือประมาณ 30% ของสูตรอาหาร โดยใช้กับสุกรในระยะรุ่น หรือขุน แต่ถ้าใช้ในระยะสุกรเล็ก หรือแม่สุกรอุ้มท้องมักให้ผลด้อยกว่าการใช้อาหารปกติ นอกจากใช้หัวมันเทศผสมในอาหารแล้วอาจเลี้ยงสุกรโดยปล่อยให้ลงขุดหัวมันเทศกินเอง หรือนำหัวและเถามาหมักก็ได้

Tor-Agbidye *et al.* (1990) รายงานว่า เปลือกและหัวมันเทศคัดทิ้ง (sweet potato by-product meal) ซึ่งเป็นเศษเหลือจากโรงงานมันเทศกระป๋อง เมื่อนำมาทำแห้งมีคุณค่าทางอาหารต่ำกว่าข้าวโพด กล่าวคือ มีโปรตีน 6.6 vs 8.9% มีพลังงานย่อยได้ 3373 vs 3525 kcal/กก. และมี β-carotene 10.8 vs 11.2 มก./100 กรัม วัตถุแห้ง เมื่อนำมาเป็นส่วนผสมหลัก (73%) ในอาหารสุกรเล็กอายุ 60 วัน นน. 18.5 กก. แทนที่ข้าวโพด โดยปรับให้มีพลังงานและโปรตีนเท่ากัน เลี้ยงเป็นเวลา 90วัน พบว่าสุกรที่เลี้ยงด้วยมันเทศโตช้ากว่า มีอัตราแลกน้ำหนักเลวกว่า และมีเปอร์เซนต์ซากต่ำกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมข้าวโพด

คุณภาพซากเช่นพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ความหนามันสันหลัง และเปอร์เซนต์เนื้อแดงของทั้ง 2 กลุ่ม ตลอดจนรสชาดและความนุ่มของเนื้อไม่ต่างกัน

เนื่องจากมันเทศเป็นพืชที่ปลูกกันทั่วไปในเขตร้อน และให้พลังงานย่อยได้ต่อพื้นที่สูงกว่าข้าวโพด อีกทั้งเศษเหลือสามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ดังได้กล่าวมาแล้ว จึงน่าจะมีการใช้ประโยชน์ให้มากขึ้นเพื่อลดการแก่งแย่งอาหารคน

Fashina-Bombata และ Fanimo (1994) ได้ทดลองใช้**หัวมันเทศ**ป่น (sweet potato meal) เลี้ยงสุกรโดยแทนที่ข้าวโพดในอาหารผสมกากถั่วเหลืองที่ระดับ 33, 67 และ 100% พบว่าการใช้มันเทศแทนข้าวโพดในระยะหย่านม ทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลงตามการเพิ่มขึ้นของมันเทศ แต่ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ส่วนในระยะเจริญเติบโตพบว่า ผลเสียของมันเทศไม่รุนแรงนัก โดยการใช้ที่ระดับ 33% ให้ผลทัดเทียมกับกลุ่มควบคุม ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นเมื่อใช้มันเทศที่ระดับ 33 และ 67% ขณะที่ระดับ cholesterol ใน serum เพิ่มขึ้นเมื่อใช้มันเทศ 61 และ 100% คุณภาพซากของแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สรุปได้ว่า ถ้าใช้มันเทศไม่เกิน 33% จะทำให้สมรรถภาพในการผลิตดีขึ้น

Manfredini และผู้ร่วมงาน (1993) ได้ทดลองเลี้ยงสุกรระยะรุ่น - ขุนด้วยอาหารผสม**มันเทศแผ่น** (sweet potato chip) ที่ระดับ 0, 20 และ 40% พบว่าพวกที่ได้รับมันเทศมีอัตรา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเลวกว่าเล็กน้อย และมีเปอร์เซนต์ซากต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีผลต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ

Chung *et al.* (1988) รายงานว่า ผลผลิตมันเทศในเกาหลีเท่ากับ 2,867 กก./1,000 ม^2 หรือเท่ากับ 28.67 ตัน/เฮกแตร์ หัวมันมีวัตถุแห้ง 22.6% โปรตีน 10.2% และพลังงานย่อยได้ 3200 kcal/กก. น้ำหนักแห้ง เมื่อนำไปเลี้ยงสุกรขุนโดยแทนที่อาหารผสมในอัตรา 40% พบว่าทำให้อัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกน้ำหนักและความหนาไขมันสันหลังไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมซึ่งเลี้ยงด้วยอาหารผสมล้วน

Nicolaiewsky *et al.* (1993) ได้ทดลองใช้หัวมันสำปะหลังดิบ หัวมันสำปะหลังหมัก หรือ**หัวมันเทศ**เลี้ยงแม่สุกรอุ้มท้อง วันละ 3 กก./ตัว เสริมด้วยโปรตีน วิตามินและแร่ธาตุ 0.66 กก. เปรียบเทียบกับอาหารฐานคือข้าวโพดเสริมด้วยกากถั่วเหลืองวันละ 2 กก. พบว่าแม่สุกรมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกันแม้ว่ากลุ่มที่ได้รับหัวมันสำปะหลังสดมีน้ำหนักเพิ่มในระยะอุ้มท้องและให้นมสูงกว่ากลุ่มอื่น แม่สุกรที่ได้รับหัวมันสำปะหลังทั้งสดและหมัก หรือกลุ่มที่ได้รับหัวมันเทศสดมีจำนวนลูกต่อครอกเมื่อแรกเกิดต่ำกว่ากลุ่มควบคุมเล็กน้อย

Dominguez (1992) ได้รวบรวมผลงานวิจัยการใช้**หัวมันเทศดิบและหัวมันเทศแผ่น**เลี้ยงสุกรรุ่นและขุน พบว่าการใช้มันเทศแทนข้าวโพดในระดับที่สูงขึ้นมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการแลกน้ำหนักลดลง (ตารางที่ 6) ระดับของมันเทศแผ่นที่แนะนำให้ใช้คือไม่ควรแทนที่ข้าวโพดเกิน 50%

นอกจากนี้ Dominguez (1992) ยังได้รายงานว่า ในสภาพการเลี้ยงของ Cuba ซึ่งใช้**หัวมันเทศบดต้ม**ผสมในอาหารเหลว ส่งไปตามท่อเพื่อเลี้ยงสุกรด้วยที่ให้อาหารอัตโนมัติ พบว่าสุกรมีอัตราการเจริญเติบโตทัดเทียมกับพวกที่ใช้ข้าวโพดและกากถั่วเป็นหลัก แต่อาจมีอัตราแลกน้ำหนักเลวกว่าเล็กน้อย ทั้งนี้แล้วแต่แหล่งของโปรตีนที่ใช้ในการผสมอาหาร กล่าวคือถ้าใช้ torula yeast เป็นแหล่งโปรตีนก็ไม่ทำให้กลุ่มที่ได้รับมันเทศมีอัตราแลกน้ำหนักด้อยลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ yeast มีไลซีนสูง จากผลการทดลองเหล่านี้พอสรุปได้ว่า หัวมันเทศบดต้มสามารถทดแทนข้าวโพดได้ทั้งหมดในอาหารสุกรขุนถ้ามีการเสริมโปรตีนอย่างเพียงพอ แต่ในลูกสุกรเล็กยังไม่ควรใช้เพราะทำให้อัตราการเจริญเติบโตและอัตราแลกน้ำหนักเลวลง (Mora *et al.*, 1990; อ้างอิงโดย Dominguez, 1992)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 6 Sweet potato chips as an energy source for fattening pigs

Sweet potato chips (% in diet)	Daily gain (kg)	Feed/gain (kg DM/kg)	Source
0	0.56	3.14	Lee and Lee (1979)
35-41	0.49	3.71	
69-81	0.48	3.80	
0	0.54	3.29	Lee and Yang (1979)
25	0.50	3.44	
50	0.48	3.52	
75	0.47	3.39	
100	0.50	3.23	
0	0.84	2.92	Cornelio *et al.* (1988)
15	0.74	3.23	
31	0.76	3.17	
46	0.72	3.38	
0	0.64	3.79	Manfredini *et al.* (1990)
20	0.62	3.94	
40	0.60	4.01	
Raw sweet potato (% in diet)			
0	0.74	3.16	Marrero (1975)
42.2	0.65	3.23	
69.5	0.58	3.31	
84.3	0.57	3.39	

Source : Dominguez (1992)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับ**เถามันเทศดิบ**ก็สามารถนำมาใช้เลี้ยงสุกรได้เช่นกัน จากการทดลองใน Cuba (Dominguez, 1990 อ้างอิงโดย Dominguez, 1992) โดยใช้เถามันเทศสดเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่โปรตีนในกากถั่วเหลืองในระดับ 25 และ 50% พบว่าทำให้อัตราการเจริญเติบโตและอัตราแลกน้ำหนักเลวลงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องมาจากความฟ่ามของเถามัน อย่างไรก็ดีพบว่าทำให้ต้นทุนค่าอาหารลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ทั้งหัวและเถาร่วมกัน ระดับเถามันเทศที่แนะนำให้ใช้คือแทนที่กากถั่วเหลือง 25%

ในสุกรเล็กน้ำหนัก 6-12 กก. สามารถใช้เถามันสดแทนที่เมล็ดธัญญพืชได้ 10% โดยไม่มีผลกระทบต่ออัตราการตายและอัตราการคัดทิ้ง ส่วนอัตราการเจริญเติบโต (186 vs 202 ก./วัน) และอัตราแลกน้ำหนัก (2.8 vs 2.5 กก./กก.) ก็ยังอยู่ในระดับที่น่าพอใจเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (Mora *et al.*, 1991; อ้างอิงโดย Dominguez, 1992)

การใช้เถามันเทศไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของซาก ปริมาณเนื้อแดง และคุณภาพเนื้อแดงในสุกรขุน (156 กก.) แต่ทำให้เปอร์เซนต์ซากเลวลงเล็กน้อย (Manfredini, *et al.*, 1991; อ้างอิงโดย Dominguez, 1992)

ในประเทศไทยได้มีการทดลองใช้ประโยชน์จากมันเทศโดยเลี้ยงสุกรแบบปล่อยแปลง และแบบถนอมมันเทศไว้โดยการหมัก เช่น เชาวน์ (25 ?) ได้ทดลองเลี้ยงสุกรลูกผสมตั้งแต่หย่านม น้ำหนัก 16 กก. จนถึงน้ำหนัก 82 กก. ในแปลงมันเทศ โดยให้อาหารข้นที่มีโปรตีนในปริมาณ 50% ของความต้องการ พบว่าสุกรสามารถเติบโตได้วันละ 600 กรัม และได้กำไร 452 บาท/ตัว นอกจากนี้ เชาวน์ (2518) ได้ทดลองนำหัวและเถามันเทศมาสับและหมักร่วมกับรำ โดยใช้อัตราส่วน 5 : 5 : 1 พบว่าอาหารหมักมีวัตถุแห้ง 20% และมีโปรตีน 10.23% ของวัตถุแห้ง เมื่อนำไปทดแทนอาหารข้นในอัตรา 20 - 70% เลี้ยงสุกรตั้งแต่น้ำหนักตัว 15 -100 กก. ตามลำดับ พบว่าสามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารลงได้ถึง 248 บาท/ตัว

สัตว์ปีก

ในไก่กระทงและไก่ไข่ สามารถใช้มันเทศทดแทนข้าวโพดหรือข้าวสาลีได้ประมาณ 15 - 30% ทั้งนี้แล้วแต่อายุของไก่ ดังรายงานต่อไปนี้ :-

Teguia *et al.* (1993) พบว่า มันเทศสามารถใช้ทดแทนข้าวโพดได้ 30% ในอาหารไก่กระทงระยะขุน 6 - 10 สัปดาห์ได้โดยไม่มีผลเสียต่ออัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหาร

แต่ Gerpacio *et al.* (1978) พบว่าสามารถใช้ได้สูงกว่านั้น เพราะจากการทดลองเลี้ยงไก่กระทงอายุตั้งแต่ 2 ถึง 6 สัปดาห์ โดยใช้มันเทศป่น (sweet potato meal) แทนข้าวโพดที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100% พบว่าการใช้มันเทศในระดับสูงขึ้น ทำให้การเจริญเติบโตและอัตราแลกน้ำหนักเลวลงตามลำดับ ระดับที่แนะนำคือใช้แทนที่ข้าวโพด 50-75%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Khan *et al.* (1995) รายงานว่า มันเทศสามารถใช้ทดแทนข้าวสาลีได้ 20% ในอาหารไก่กระทงที่เลี้ยงจากอายุ 1 วันจนถึง 7 สัปดาห์

Agwunobi (1993) ได้ทดลองใช้อาหารผสมมันเทศปอกเปลือกบด peeled sweet potato meal ระดับ 0, 15, 30, 45 และ 60% เพื่อทดแทนข้าวโพดตั้งแต่ระยะไก่เริ่มไข่ พบว่าผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเลวลงตามปริมาณมันเทศที่เพิ่มขึ้น เขาสรุปว่า มันเทศบดสามารถใช้ทดแทนข้าวโพดได้ 75% ในอาหารไก่ไข่โดยไม่เกิดผลเสียต่อสมรรถภาพในการผลิต สำหรับเถามันเทศนั้นเนื่องจากมี xanthophyll อยู่สูงจึงนับว่าเป็นแหล่งของสารสี (pigment) ที่ดีสำหรับไข่แดงและหนังไก่

สัตว์เคี้ยวเอื้อง

Seath *et al.* (1947) รายงานว่า ความนิยมใช้หัวและเถามันเทศสดเลี้ยงวัวมีมานานแล้วในสหรัฐ ต่อมาในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ได้มีโรงงานผลิตหัวมันเทศอบแห้งเกิดขึ้นมากมายเพื่อใช้ทั้งเป็นอาหารคนและอาหารสัตว์

เถามันเทศมีความน่ากินสูง วัวที่ปล่อยให้แทะเล็มเถามันเทศในแปลงให้นมเพิ่มสูงกว่าพวกที่แทะเล็มในทุ่งหญ้าถาวร 19% โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะปลายฤดูร้อนและต้นฤดูใบไม้ร่วง ซึ่งเป็นระยะที่หญ้าแก่ อย่างไรก็ดีการปล่อยให้วัวแทะเล็มหลายครั้งในช่วงที่มันเทศกำลังเจริญเติบโต ทำให้วัวได้รับโภชนะสูงขึ้น แต่ผลผลิตหัวมันลดลงตามลำดับ

หัวมันเทศมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าหญ้าหมัก 2-5 เท่า และสามารถเก็บไว้ได้นาน 2-4 เดือน ถ้าสภาพการเก็บดี ดังนั้นจึงใช้เป็นแหล่งอาหารในระยะต้นฤดูหนาวได้ดี

เมื่อนำมาหั่นเป็นแผ่นแล้วอบให้แห้ง พบว่าต้องใช้หัวมัน 3 กก. ในการผลิตมันแห้ง 1 กก. หัวมันแห้งมีโปรตีนประมาณ 4-5% มีไขมันต่ำกว่า 1% มีเยื่อใยต่ำแต่มีคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยและละลายได้ง่าย (NFE) สูงประมาณ 80% หัวมันเทศบางสายพันธุ์ที่มีสีแดงหรือเหลือง เช่น Porto Rico มี carotene อยู่สูงมาก ซึ่งสัตว์สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามิน A ได้ โดยทำให้วิตามินเอในนมสูงกว่าเมื่อเลี้ยงสัตว์ด้วยข้าวโพด แต่บางสายพันธุ์ที่มีสีจางก็มีสารนี้อยู่น้อย

เมื่อนำมันแผ่นไปผสมอาหารเลี้ยงวัวนม พบว่ามีความน่ากินสูงมาก มีคุณค่าทางอาหารเท่ากับ 88% ของข้าวโพดบด และดีกว่าข้าวโพดบดทั้งฝักรวมซังและเปลือกถึง 17% แต่ในกรณีที่ใช้หัวมันคัดทิ้งหรือเศษหัวมัน พบว่ามีความน่ากินน้อย จากการทดลองหาการย่อยได้พบว่ามันแผ่นแห้งที่มีคุณภาพไม่ดีมี TDN 71% ส่วนที่มีคุณภาพดีมี TDN 76 - 81% และอาจใช้ผสมในสูตรอาหารข้นเลี้ยงวัวนมได้สูงถึง 70% (Seath *et al*, 1947)

ที่รัฐ Queensland, Australia ได้ทำการทดลองปลูกมันเทศ 4 พันธุ์คือ L0323, Rojo Blanco, NC3 และ Red Abundance โดยเก็บเกี่ยวใบที่อายุต่างกันคือ 63, 104, 159 และ 199 วันหลังปลูก พบว่า Red Abundance ให้ผลผลิตใบมากที่สุด คือ 22 ตันวัตถุแห้ง/เฮกแตร์ หรือเท่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กับ 3.52 ตัน/ไร่ เมื่อตัดที่อายุ 199 วัน ระยะแรกทุกพันธุ์จะมีผลผลิตใบต่ำแล้วค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น ขณะที่ปริมาณโปรตีนลดลงจาก 14.6 เป็น 10.3% ของวัตถุแห้ง NDF และการย่อยได้ที่อายุ 199 วันของแต่ละพันธุ์ใกล้เคียงกันคือ 46.7% วัตถุแห้ง และ 76% ตามลำดับ จากปริมาณผลผลิตใบและคุณค่าทางอาหารแสดงให้เห็นว่า มันเทศสามารถเป็นแหล่งอาหารหยาบของสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ดี (Moat and Dryden, 1994)

สารพิษและการทำลาย

มันเทศมีสารพิษเช่นเดียวกับถั่วเหลือง คือสารยับยั้งเอนไซม์ทริปซิน (Trypsin inhibitor activity, TIA) ซึ่งเอนไซม์นี้มีหน้าที่ช่วยย่อยโปรตีน จึงมีผลทำให้การย่อยโปรตีนลดลง

การปรับปรุงพันธุ์มันเทศให้มีโปรตีนสูง ก็เพื่อทำให้มีคุณค่าทางอาหารดีขึ้น แต่พบว่าสายพันธุ์ที่ใช้โปรตีนสูงบางพันธุ์ เช่น HP-18 ของไต้หวันก็มี TIA สูงด้วย Yeh **et al** (1977, 1978, 1980; อ้างอิงโดย Huang, 1989.) ได้ทดลองทำลาย TIA ในมันเทศด้วยการให้ความร้อนวิธีต่าง ๆ เช่น ใช้ microwave ที่อุณหภูมิ 80 - 90°ซ เป็นเวลา 1.5, 3.0 และ 4.5 นาที พบว่าไม่สามารถทำลายสารพิษได้ การผ่านความร้อนเป็นเวลา 1 นาทีที่อุณหภูมิ 390-430°ซ สามารถช่วยลด TIA ลงได้บ้าง แต่การ popping ที่อุณหภูมิ 164-191°ซ ภายใต้ความดัน 6 - 12 กก./ซม^2 พบว่าสามารถทำลาย TIA ได้ดี ผลแสดงในตารางที่ 7 จากการทดลองนำมันเทศที่ผ่านกระบวนการ popping ไปผสมอาหารเลี้ยงสุกร พบว่าให้ผลดีเท่ากับอาหารผสมข้าวโพด ในสมัยก่อนชาวนาไต้หวันใช้หัวและเถามันเทศต้มเลี้ยงสุกรมานาน ซึ่งการต้มสามารถช่วยทำลายสารพิษ TIA ได้เช่นกัน และช่วยให้แป้งในหัวมันใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้นมาก ปริมาณ TIA ในหัวและเถามันเทศสด หัวและเถามันที่ผ่านความร้อนแล้ว เทียบกับถั่วเหลืองดิบและกากถั่วเหลือง แสดงในตารางที่ 8

การนำหัวและเถามันเทศมาหมักก็พบว่าช่วยทำลาย TIA ได้ดังผลการทดลองของ Lin *et al.* (1988) ที่แสดงไว้ในตารางที่ 10

Dominguez (1992) ได้รวบรวมผลงานวิจัยเกี่ยวกับการต้ม การหมัก และการทำมันแผ่นที่มีผลต่อการย่อยได้และค่าพลังงานในหัวมันเทศ พบว่าการต้มช่วยทำให้การย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลทำให้พลังงานย่อยได้เพิ่มขึ้น ขณะที่การหมักและการทำมันแผ่นช่วยเพิ่มพลังงานย่อยได้ แต่ไม่มีผลต่อการย่อยได้ของโภชนะอื่นยกเว้นโปรตีน ซึ่งทุกกรรมวิธีช่วยให้การย่อยโปรตีนเพิ่มขึ้นอย่างมาก ดังแสดงในตารางที่ 9 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทำลายสารยับยั้งทริปซินดังได้กล่าวมาแล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7 การใช้ประโยชน์ได้ของแป้งในหัวมันเทศที่ผ่านความร้อนด้วยวิธีการต่าง ๆ กัน

Treatment	Starch availability (ml CO_2/g DM/hr)	% Improvement	Source
Microwave heating			
Non-treated	20.50	-	Yeh et al. (1977)
Heating for 1.5 min 80-90 C	19.87	-3.17	
for 3.0 min 80-90 C	19.90	-3.00	
for 4.5 min 80-90 C	19.85	-3.17	
Popping			
Untreated	19.26	-	Yeh et al. (1977)
6 kg/cm^2 164 C	52.02	170.09	
8 kg/cm^2 175 C	53.65	178.56	
12 kg/cm^2 191 C	46.64	142.16	
Popping			
Untreated	15.21	-	Yeh et al. (1978)
6 kg/cm^2 164 C	47.77	194.35	
8 kg/cm^2 175 C	42.56	179.82	
Dry air for 1 min passing			
Untreated	10.58	-	Yeh et al. (1980)
At 390 C	11.35	7.28	
At 430 C	15.15	43.19	

แหล่งข้อมูล : อ้างอิงโดย Huang (1989)

ตารางที่ 8 Inhibition of trypsin, %

Raw soybean	89.5
Soybean meal	33.7
Raw sweet potato	78.8
Cooked sweet potato	16.7
Fresh vines	26.1
Vine meal	16.7

Source : Diana Martinez and P.L. Dominguez 1990 unpublished (cited after Dominguez, 1992)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 9 Digestibility of sweet potato tuber (%)

	Canope *et al.*, 1977		Rose and White (1980)	Tomita *et al.*, (1985)	Noblet *et al.*, (1990)
	Raw	Cooked	Raw	Silage	Chips
Dry matter	90.4	93.5	95.3	91	=
Energy	89.3	93.0	94.2	89	89.3
Organic matter	92.1	94.5	96.1	91	91.8
Nitrogen	27.6	52.8	49.8	32	52.3
DE, MJ/kg DM	14.1	14.5	15.8	16.3	15.3

Source : Dominguez (1992)

มันเทศหมัก

เนื่องจากมันเทศมีสารยับยั้งการย่อยได้ (TIA) ดังได้กล่าวมาแล้ว การหมักอาจช่วยลดสารพิษดังกล่าวได้ ประกอบกับการเก็บรักษามันเทศโดยการผึ่งทำได้ยากต้องใช้ความประณีตในการคัดเลือกหัวมันที่ดีจริง ๆ และเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ จึงจะเก็บไว้ได้นาน (ไสววงค์, 2525 และ Ramirez, 1992) ส่วนการทำแห้งก็ต้องใช้พลังงานและ/หรือแรงงานตลอดจนเครื่องจักรกลเข้าช่วย จึงจะได้มันแผ่น (chip) หรือมันเส้น (strip) คุณภาพดี นอกจากนี้การทำแห้งยังมีการสูญเสียคาร์โบไฮเดรทเนื่องจากการหายใจขณะที่เซลล์ยังมีชีวิตอยู่ด้วย ดังนั้น Lin **et al.** (1988) จึงได้ทดลองหมักหัวมันเทศสดที่หั่นเป็นชิ้นกับข้าวโพดในอัตราส่วน 10:0, 9:1, 8:2 และ 7:3 ตามลำดับ หมักเป็นเวลา 1, 2 และ 3 เดือน พบว่ามันเทศหมักที่มีสัดส่วนของข้าวโพดบดสูงขึ้นจะมีโปรตีน ไขมันและ NFE สูงขึ้น มันเทศหมักที่เก็บไว้เป็นเวลา 3 เดือนจะมีโภชนะต่าง ๆ คือ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้าลดลง และมี TIA ลดลงตามลำดับ โดยสูตรที่มีมันเทศ : ข้าวโพดในอัตรา 7 : 3 และเก็บไว้ 3 เดือน เหลือ TIA อยู่น้อยที่สุด (ตารางที่ 10)

จากการทดลองนำมันเทศหมักหรือมันเทศแห้งไปผสมอาหารเลี้ยงหนูเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้อาหารของบริษัทพบว่า กลุ่มที่ใช้มันเทศแห้งมีการเจริญเติบโตเลวที่สุด และตับอ่อนขยายใหญ่ที่สุด ผลการทดลองนี้แสดงว่าการหมักมันเทศสามารถทำลายสาร TIA ได้ดีกว่าการทำแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 10 ปริมาณสารยับยั้งทริปซิน (TIA) เมื่อหมักหัวมันเทศร่วมกับข้าวโพดในอัตราส่วนต่าง ๆ เป็นเวลา 1 - 3 เดือน

ระยะเวลาการหมัก(เดือน) / หัวมันเทศ:ข้าวโพด	1	2	3	ปริมาณ TIA ที่ลดลง
	(ug TIA/mg โปรตีน)			(%)
10 : 0	14.6	14.6	7.0	53
9 : 1	14.0	9.7	4.2	70
8 : 2	11.4	8.9	3.9	66
7 : 3	10.6	10.0	3.3	69

แหล่งข้อมูล : Lin *et al.* (1988)

การศึกษาทดลอง

1. การหมักมันเทศในห้องปฏิบัติการ

ข้อมูลพื้นฐาน

ก่อนการศึกษาทดลอง ได้ออกไปหาซื้อมันเทศจากเกษตรกร และสอบถามข้อมูลพื้นฐานพร้อมทั้งบันทึกผลผลิตที่ได้ดังนี้ :-

มันเทศที่ชาวบ้านปลูกกันโดยทั่วไปมี 2 ชนิด คือพันธุ์ไข่ และพันธุ์สีแดง **พันธุ์ไข่** เป็นที่นิยมมากกว่าเนื่องจากได้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่า แต่ราคาถูกกว่า**พันธุ์สีแดง** ในการทดลองหมักมันเทศครั้งนี้ใช้พันธุ์ไข่จาก อ.สันทราย โดยเหมาจากเกษตรกรในเนื้อที่ 1 ไร่ 1 งาน

การปลูกมันเทศ ใช้วิธีตัดยอดยาวประมาณ 1 เมตร ปักลงแปลงที่เตรียมไว้ เริ่มปลูกมันวันที่ 10 เมษายน 2536 เถาเริ่มติดเมื่ออายุได้ 1 สัปดาห์ และเริ่มลงหัวหลังจากการปลูกได้ 3 เดือน เก็บผลผลิตเมื่อ 11 กรกฎาคม 2536 รวมระยะเวลาปลูกประมาณ 4 เดือน

การใช้ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง และยาปราบวัชพืช ใช้ปุ๋ยสูตร 21-21-21 ใส่ 2 ครั้ง คือ หลังจากปลูก 15 วัน และ 30-45 วัน ยาฆ่าแมลงไม่ได้ใช้ ใช้เพียงยาปราบวัชพืช เมื่อปลูกได้ประมาณ 1 เดือนยาที่ใช้คือ กรัมม๊อกโซน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลผลิตในพื้นที่ 1 ไร่ 1 งานแปลงนี้ได้หัวมัน 1,955 กิโลกรัม หรือเท่ากับ 1,564 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนเถาได้ประมาณ 1,154 กิโลกรัมหรือเท่ากับ 923.2 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งนับว่าต่ำกว่าผลผลิตเฉลี่ยของทั้งประเทศและของจังหวัดเชียงใหม่ในปีเพาะปลูก 2537/38 ซึ่งเท่ากับ 2,472 และ 2,454 กก.ตามลำดับ (ตารางที่2) ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรรายนี้ไม่ได้เอาใจใส่ดูแลดีเท่าที่ควร สังเกตุเห็นได้จากแปลงมันเทศมีวัชพืชขึ้นปะปนอยู่มาก แต่จากการสังเกตุดูการเพาะปลูกของเกษตรกรรายอื่นพบว่ามีความสมบูรณ์ดี

เถามันที่ได้มีลักษณะค่อนข้างแก่และมีส่วนของเถามากกว่าใบ เนื่องจากเกษตรกรได้ตัดใบไปเลี้ยงโคแล้ว จึงทำให้เถาที่ได้มีคุณภาพไม่ค่อยดีและมีรากติดมาด้วย

การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้หัวมันเทศที่ซื้อมาจากเกษตรกรและล้างน้ำแล้ว ส่วนเถามันเทศมีรากติดมาด้วยไม่ได้ล้างน้ำแต่เคาะเอาดินทรายออก นำหัวมันมาฝานเป็นชิ้นหนา 1-2 มม. แล้วซอยเป็นชิ้นขนาด 2 มม. x 2 มม. x 1 นิ้ว ส่วนเถามันหั่นเป็นท่อนยาว 1 นิ้ว สุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (AOAC, 1984)

หมักหัวมันเทศ เถามันเทศและหัวผสมกับเถาในอัตราส่วน 2 : 1 โดยน้ำหนักสดลงในกระป๋องพลาสติคที่มีฝาปิด กระป๋องละประมาณ 2 กก. โดยใช้ถุงพลาสติครองในกระป๋อง 2 ชั้น อัดวัสดุหมักให้แน่น ไล่อากาศออก รัดด้วยหนังยาง ปิดฝา ทิ้งไว้เป็นเวลา 3 สัปดาห์ วัสดุหมักนี้มีทั้งพวกที่ไม่เสริมและเสริมยูเรียในอัตรา 0.5% น้ำหนักสดของวัสดุหมัก โดย คลุกเคล้าให้เข้ากันก่อนอัดลงกระป๋อง เพื่อดูผลของการเสริมยูเรียที่มีต่อปริมาณ crude protein ในพืชหมัก ทำการหมักอย่างละ 2 กระป๋อง โดยหมักเมื่อวันที่ 13 กรกฎาคม 2536

สำหรับวัสดุหมักอีกกลุ่มหนึ่งได้เสริมด้วยจุลินทรีย์ lactobacilli สายพันธุ์ *Lactobacillus plantarum* ซึ่งเป็น homolactic bacteria ที่คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ใช้ในการศึกษาการผลิตแหนม มีความเข้มข้น 10^{10} cfu ต่อ ml ใช้เสริมลงในวัสดุหมักในปริมาณ 5 ml ดังนั้นปริมาณเชื้อที่เสริมจึงเท่ากับ 5 x 10^{10} cfu/วัสดุหมัก 2 กก. หรือเท่ากับ 2.5x10^{10} cfu/กก.พืชหมัก ทำการคลุกเคล้าให้เข้ากันก่อนอัดลงในกระป๋อง ทำการเปิดหลังจากหมักได้ 13 วัน และ 3 สัปดาห์ตามลำดับ เพื่อศึกษาดูผลการใช้เชื้อ lactobacilli ในการช่วยเร่งการหมัก กลุ่มทดลองทั้งหมดมี 12 กลุ่ม ดังตารางที่ 11

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อครบกำหนดเปิดกระป๋อง สุ่มตัวอย่างพืชหมักที่ได้ไปทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (AOAC, 1984) และวัดค่า pH ตามวิธีการของ U.S.Dairy Forage Research Center at Wisconsin ซึ่งทำได้โดยนำพืชหมัก 9 กรัม ใส่ในบีคเกอร์ขนาด 100 มล. เติมน้ำกลั่น 60 มล. คนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาทีและทำการวัด pH ด้วยเครื่อง pH meter CG 803 ของบริษัท Schott

ตารางที่ 11 แผนการหมักหัว และเถามันเทศ

	ไม่เสริม	เสริมยูเรีย	เสริม lactobacilli	
			หมัก 13 วัน	หมัก 3 สัปดาห์
หัวมันเทศ	กลุ่มที่ 1	2	7	8
เถามันเทศ	3	4	9	10
หัวและเถา 2 : 1	5	6	11	12

ผลการทดลองและวิจารณ์

หัวมันเทศที่นำมาศึกษาครั้งนี้มีวัตถุแห้ง และโภชนะอื่น ๆ (ตารางที่ 12) ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยจากรายงานต่าง ๆ ที่รวบรวมไว้ในตารางที่ 3 แต่มีโปรตีนต่ำกว่าและมีเยื่อใยสูงกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสายพันธุ์และการดูแลรักษาที่ไม่ค่อยดี ตลอดจนการให้ปุ๋ยต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลผลิตที่ได้ ที่พบว่าต่ำกว่าส่วนเฉลี่ยของประเทศมาก เถามันเทศที่นำมาศึกษาก็มีโปรตีนต่ำกว่าและมีเยื่อใยสูงกว่าค่าเฉลี่ยในตารางที่ 3 ทั้งนี้เนื่องมาจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น นอกจากนี้ยังเนื่องมาจากการที่เกษตรกรได้ตัดเอาใบไปเลี้ยงวัวแล้ว เหลือแต่เถาที่ค่อนข้างแก่และคุณภาพไม่ดี

ผลการหมักปรากฏว่า การหมักหัวมันเทศล้วนและหัวรวมกับเถามันเทศในอัตราส่วน 2 : 1 ของน้ำหนักสด ได้พืชหมักที่มีคุณภาพดีและมีกลิ่นหอมน่ากิน เพราะพืชหมักมีวัตถุแห้ง 18-23% (ตารางที่12) ซึ่งอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับคำแนะนำโดยทั่วไปคือ 25-35% และมีคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยได้ง่ายอยู่สูง ทำให้สามารถเปลี่ยนเป็นกรดได้ดี ดังจะเห็นได้จากค่า pH ที่ต่ำซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่แนะนำโดยทั่วไปคือ 3.8-4.2 อย่างไรก็ดีพบว่าพืชหมักที่ได้มีโปรตีนต่ำ ในการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ควรต้องเสริมโปรตีนด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 12 องค์ประกอบทางเคมีและ pH ของหัวมันเทศสด เถาสด หัวมันหมัก เถาหมัก หัวและเถาหมัก

	DM	CP	CF	Ash	EE	NFE	pH
		← % DM →					
หัวสด	23.9	2.6	4.0	3.5	1.4	88.5	-
เถาสด	14.8	10.4	21.3	18.6	3.4	46.3	-
หัวหมัก							
- ไม่เสริมยูเรีย	23.0	3.2	5.1	4.1	1.2	86.4	3.88
- เสริมยูเรีย 0.5%	21.8	8.5	4.2	3.9	1.0	82.4	3.84
เถาหมัก							
- ไม่เสริมยูเรีย	12.0	12.4	22.2	19.5	5.3	40.6	4.70
- เสริมยูเรีย 0.5%	10.9	13.0	25.9	21.3	5.9	33.9	5.70
หัว : เถาหมัก (2 : 1)							
- ไม่เสริมยูเรีย	19.3	5.4	10.8	8.8	2.0	73.0	3.96
- เสริมยูเรีย 0.5%	17.8	11.4	10.2	10.1	2.0	66.3	4.38
เสริม lactobacilli (2.5×10^{10} cfu/กก.)							
- หัวหมัก 13 วัน	24.2	2.7	4.3	3.6	0.7	88.7	3.70
3 สัปดาห์	23.1	2.8	4.4	3.8	0.7	88.3	3.69
- เถาหมัก 13 วัน	14.4	10.2	25.0	23.6	4.4	36.8	4.80
3 สัปดาห์	12.4	12.1	27.0	21.6	5.1	34.2	5.06
- หัว : เถาหมัก 13 วัน	18.7	4.8	8.8	7.9	1.9	76.6	3.97
3 สัปดาห์	18.8	4.6	7.4	7.9	1.8	78.3	3.97

หัวมันเทศที่หมักร่วมกับเถามีโปรตีนสูงกว่าเมื่อหมักหัวมันเทศล้วน ๆ เพราะเถามีโปรตีนสูงกว่าหัว นอกจากนี้ยังมีเยื่อใยและไขมันสูงกว่า แต่มี NFE ต่ำกว่า ซึ่งเนื่องมาจากธรรมชาติของเถาที่เป็นอาหารหยาบนั่นเอง ส่วนปริมาณเถ้าที่สูงกว่านั้นอาจเนื่องมาจากการปนเปื้อนของดินทรายที่ติดมาด้วย

การหมักเถาเพียงอย่างเดียว พบว่าได้พืชหมักที่ไม่สู้ดี มีสีคล้ำ กลิ่นไม่หอม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเถามีความชื้นสูงมาก มีวัตถุแห้งต่ำไป (11-15%) และมีคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยได้ง่าย (NFE) ต่ำ (34-40%) ประกอบกับมีโปรตีนสูง (10-12%) และอาจมี buffer capacity สูงด้วย จึงทำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ให้หมักได้ยาก เกิดกรดน้อย ดังจะเห็นได้จากค่า pH ซึ่งสูงกว่าหัวหมักล้วน หรือหัวหมักร่วมกับเถา ในอัตรา 2 : 1 น้ำหนักสด (ตารางที่ 12) และสูงเกินระดับพอเหมาะที่แนะนำไว้

การเสริมยูเรีย 0.5% ของน้ำหนักสดมีผลทำให้พืชหมักมี crude protein สูงขึ้น เพราะยูเรียมีไนโตรเจนสูง ซึ่งเป็นข้อดีในแง่ที่ทำให้คุณค่าทางอาหารของพืชหมักสูงขึ้น แต่มักมีข้อด้อยคือทำให้ pH สูงขึ้นด้วย (ตารางที่ 12) ซึ่งอาจมีผลทำให้ได้พืชหมักคุณภาพไม่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเสริมยูเรียในระดับสูง ทั้งนี้เพราะยูเรียเมื่อถูกย่อยสลายด้วยเอ็นไซม์ urease จากจุลินทรีย์ที่ปะปนมาในพืชจะได้เป็นแอมโมเนีย ซึ่งเมื่อละลายน้ำจะกลายสภาพเป็นด่าง ทำให้ pH สูงขึ้นดังสมการ

$$NH_2 - \overset{\overset{O}{\|}}{C} - NH_2 \xrightarrow[H2O]{\text{Urease}} CO_2 + 2NH_3 \xrightarrow{2H2O} 2NH_4OH$$

การเสริม lactobacilli สายพันธุ์ *L plantarum* ซึ่งเป็น homolactic bacteria ที่คณะอุตสาหกรรมเกษตรใช้ในการศึกษาการผลิตแหนม โดยใช้ในปริมาณ 2.5×10^{10} cfu/วัสดุหมัก 1 กก. เพื่อศึกษาถึงผลของการช่วยหมัก พบว่าพวกที่หมักเป็นเวลา 13 วัน มีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับพวกที่หมักเป็นเวลา 3 สัปดาห์ ค่า pH ของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน คุณภาพของพืชหมักที่ได้มีกลิ่นหอมเหมือนกัน นอกจากนี้ยังช่วยลด pH ของกลุ่มที่เสริมยูเรียให้ต่ำลงกว่าเมื่อไม่ได้เสริมเชื้อ lactobacilli (ตารางที่ 12) แสดงว่าเชื้อนี้ช่วยเร่งการหมักได้ เพราะเมื่อเก็บไว้เพียง 13 วัน การหมักก็สมบูรณ์แล้ว ดังจะเห็นได้จากค่า pH ที่อยู่ในเกณฑ์ของพืชหมักที่ดี ยกเว้นตัวอย่างที่ประกอบด้วยเถาล้วน ซึ่งอาจมี buffer capacity สูง ดังได้กล่าวมาแล้ว และเมื่อเก็บไว้นานกว่านั้นคือ 3 สัปดาห์ pH ก็ไม่ลดลงจากเดิมอีก

สรุปและข้อเสนอแนะ

การหมักหัวมันเทศสด หรือหัวมันเทศร่วมกับเถาในอัตราส่วน 2 : 1 ของน้ำหนักสด ทำให้ได้พืชหมักคุณภาพดี มีกลิ่นหอมน่ากิน เพราะวัสดุหมักมีวัตถุแห้งค่อนข้างสูงใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่แนะนำไว้สำหรับการทำพืชหมัก นอกจากนี้ยังมี NFE อยู่สูงด้วย ทำให้เกิดกรดได้ง่าย ช่วยถนอมพืชหมักไว้ได้ดี ดังจะสังเกตุเห็นได้จากค่า pH ที่อยู่ในเกณฑ์เหมาะสม อย่างไรก็ดี พบว่าหัวมันหมักล้วนมีโปรตีนต่ำ การนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ควรต้องเสริมแหล่งโปรตีนธรรมชาติ หรือสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนด้วย

การหมักเถาล้วนได้พืชหมักที่ไม่ดี เพราะมีวัตถุแห้งและ NFE ต่ำเกินไปประกอบกับเถามันมีโปรตีนสูง ทำให้หมักได้ยาก เกิดกรดไม่พอ ค่า pH สูงเกินไป ในทางปฏิบัติจึงไม่ควร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แนะนำให้เกษตรกรถนอมเถามันเทศไว้โดยการหมัก ยกเว้นแต่จะเสริมด้วยวัสดุอื่นที่มีความชื้นต่ำและคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยได้ง่ายสูง

การเสริมยูเรียทำให้พืชหมักมี crude protein สูงขึ้น ซึ่งดีในแง่คุณค่าทางอาหาร แต่ไม่ดีในแง่การหมักเพราะยูเรียมีฤทธิ์เป็นด่าง ทำให้ pH สูงขึ้น ดังนั้นถ้าต้องการเพิ่มไนโตรเจนหรือ crude protein ให้กับพืชหมัก ควรใช้วิธีผสมหลังการหมักจะดีกว่า

การเติมจุลินทรีย์ lactobacilli ช่วยเร่งการหมักได้ โดยใช้เวลาเพียง 13 วันหรือน้อยกว่านั้นก็สามารถทำให้การหมักสมบูรณ์ ได้พืชหมักที่ดี

2. การศึกษาการย่อยได้ของมันเทศหมักในแกะ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำหัวมันเทศมาบดด้วยเครื่องไฟฟ้า ผ่านตะแกรงที่มีรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว และนำเถามันเทศมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดหนาประมาณ 1 ซม. ด้วยเครื่องหั่นไฟฟ้า นำมาหมักรวมกับข้าวโพดบดโดยคลุกเคล้าให้เข้ากัน ในอัตราส่วน หัว : เถา : ข้าวโพดบด เท่ากับ 3 : 2 : 1 คิดเป็นน้ำหนักสด = 1980 : 1320 และ 660 กิโลกรัมตามลำดับ รวมปริมาณที่หมักทั้งหมด 3960 กิโลกรัม อัดให้แน่นในถังซิเมนต์สี่เหลี่ยมคลุมด้านบนด้วยพลาสติค กรุด้านข้างให้แน่นเพื่อกันอากาศเข้า ด้านบนถังมีฝาสังกะสีปิดและถังอยู่ใต้หลังคาเพื่อกันฝน ปิดไว้เป็นเวลา 22 - 23 วัน จึงเปิดนำมาใช้เลี้ยงแกะทดลอง โดยก่อนเลี้ยงเติมเกลือแกง 0.5% ของน้ำหนักสดเพื่อเพิ่มเกลือแร่และความน่ากิน

เนื่องจากหัวและเถามันเทศหมักมีเยื่อใยต่ำ ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นอาหารเดี่ยวในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง เพราะขาดคาร์โบไฮเดรทประเภทโครงสร้าง (structural carbohydrate) ที่ทำหน้าที่กระตุ้นกระเพาะรูเมนเพื่อให้เกิดการขยอกอาหารออกมาเคี้ยวเอื้อง ประกอบกับมันเทศหมักมีความเป็นกรดสูงเช่นเดียวกับพืชหมักอื่น ๆ การกินเป็นอาหารเดี่ยวจะทำให้กระเพาะรูเมนมีความเป็นกรดมาก ไม่เหมาะกับการเจริญเติบโตและการทำงานของจุลินทรีย์ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เกิดความผิดปกติในการย่อยอาหารและต่อสุขภาพของสัตว์ได้ ดังนั้นจึงต้องเลี้ยงร่วมกับอาหารหยาบที่มีเยื่อใยสูงเช่น ฟาง และศึกษาการย่อยได้โดยวิธีหาความแตกต่าง (by difference) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วง

ช่วงแรก ให้มันเทศหมักผสมกับฟางข้าวที่หั่นเป็นท่อนสั้น ๆ ด้วยเครื่องไฟฟ้าในอัตรา 8 : 1 โดยน้ำหนักสด ทำการผสมและคลุกให้เข้ากันก่อนนำไปเลี้ยงในแต่ละมื้อ เพื่อไม่ให้สัตว์เลือกอาหาร

ช่วงที่ 2 ให้ฟางข้าวที่หั่นเป็นท่อนสั้น ๆ ขนาด 5 - 7 ซม. เพียงอย่างเดียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลองแต่ละช่วงแบ่งเป็น 2 ระยะคือ ระยะก่อนการทดลอง (preliminary period) เพื่อฝึกสัตว์ให้คุ้นเคยกับกรง อาหาร และขับถ่ายมูลจากอาหารที่ใช้ก่อนหน้านี้ออกให้หมด ใช้เวลา 17 วัน ระยะที่ 2 เป็นระยะทดลอง (experimental period) ใช้เวลา 7 วัน โดยทำการบันทึกปริมาณอาหารที่ให้ อาหารที่กินเหลือ มูลที่ขับออก

ใช้แกะลูกผสมเพศผู้จำนวน 4 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 27.3 กก. ทำการอาบน้ำ ตัดขน และถ่ายพยาธิ แล้วนำขึ้นกรงทดลองหาการย่อยได้ (metabolism crate) ซึ่งเป็นกรงตับที่ทำด้วยไม้ ขนาดช่องละ 25 x 150 x 150 ซม. มีรางอาหารอยู่ด้านหน้า และถังให้น้ำอยู่ด้านซ้ายของตัวแกะ ใต้กรงมีตะแกรงสำหรับแยกมูลและปัสสาวะออกจากกัน ชั่งน้ำหนักแกะตอนเช้าก่อนให้อาหารเป็นเวลา 3 วันติดต่อกันเมื่อเริ่มต้น และสิ้นสุดการทดลอง

ทำการทดลองระหว่างวันที่ 1 กันยายน ถึง 24 ตุลาคม 2536 ณ.ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การคำนวณหาการย่อยได้โดยวิธีหาความแตกต่าง (by difference) ใช้สูตร :

Period 2 (fed with RS)	**nutrient**
Consumed	A
Feces	B
Digestible nutrient	A - B
Digestibility of RS (%)	$(A - B) \bullet 100/_{A} = D$
Period 1 fed with SPS + RS	
Consumed	a
Feces	b
Digestible nutrient	a - b = K
RS consumed	c
Digestible RS	C x D = M
SPS consumed	a - c = N
Digestible nutrient of SPS	K - M
Digestibility of SPS (%)	$(K - M) \bullet 100/_{N} = X$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ให้อาหารวันละ 2 เวลาคือ 8.30 และ 15.30 น. ส่วนน้ำมีใส่ถังให้กินตลอดเวลา ชั่งอาหารเหลือและทำความสะอาดรางอาหาร ถังน้ำก่อนให้อาหารและน้ำครั้งถัดไป สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารที่ให้สัปดาห์ละครั้ง และอาหารเหลือวันละครั้ง สะสมไว้ในตู้แช่แข็ง - 20°ซ

บันทึกน้ำหนักมูลที่ขับออกทั้งหมดวันละ 2 ครั้งก่อนให้อาหาร สุ่มเก็บตัวอย่าง 10% สะสมไว้ในตู้แช่ - 20°ซ เพื่อรอการวิเคราะห์ทางเคมีเช่นเดียวกับอาหาร โดยวิธี proximate analysis (AOAC, 1984)

ผลการทดลองและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของมันเทศหมัก (SPS) ที่ประกอบด้วยหัว : เถาและข้าวโพดบดในอัตราส่วน 3 : 2 : 1 โดยน้ำหนักสด มันเทศหมักผสมฟางข้าว (SPS + RS) ในอัตราส่วน 8:1 โดยน้ำหนัก และฟางข้าว (RS) แสดงไว้ในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 องค์ประกอบทางเคมีของมันเทศหมัก มันเทศหมักผสมฟางข้าว และฟางข้าว เปรียบเทียบกับข้อมูลในงานทดลองอื่น

Feed	DM	OM	CP	CF	EE	NFE	Ash	ADF
		←			% DM		→	
SPS	29.8	91.2	8.7	8.1	3.4	70.9	8.8	10.9
SPS + RS	45.9	86.7	6.8	19.6	2.4	58.0	13.3	30.2
RS	92.5	80.9	4.9	34.6	1.7	39.7	19.1	53.8
เถาและหัวมันหมัก[*1]	30.0	90.4	10.2	9.6	8.6	62.0	9.6	
ต้นข้าวโพดหวานหมัก[*2]	26.6	90.7	8.7	32.3	2.4	45.6		

[*1] เชาวน์ (2518) หัว : เถา : รำ = 5 : 5 :1

[*2] Cheva-Isarakul (1990)

จากสัดส่วนของหัว : เถา : ข้าวโพดบด 3 : 2 : 1 โดยน้ำหนักสด เมื่อคิดเป็นน้ำหนักแห้ง โดยหัวมี DM 29.7% เถามี DM 13.0% และข้าวโพดบดมี DM 90% พบว่าสัดส่วนดังกล่าวนี้เท่ากับ 43 : 13 : 44% โดยน้ำหนักแห้ง

มันหมักที่มีส่วนประกอบดังกล่าวนี้ มีคุณภาพดีทั้งลักษณะทางกายภาพและทางเคมี กล่าวคือมีกลิ่นหอม รสเปรี้ยว มีความน่ากินสูง ทั้งนี้เนื่องมาจากวัสดุที่นำมาหมักถูกผสมกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในสัดส่วนที่พอเหมาะ คือมีวัตถุแห้งประมาณ 30% มีโปรตีน 8.7% และมี NFE อยู่สูงถึง 71% ของวัตถุแห้ง

สำหรับการผสมมันเทศหมักกับฟางในอัตราส่วน 8 : 1 โดยน้ำหนักสดเมื่อคิดเป็นน้ำหนักแห้ง โดยมันหมักมี DM 29.8% และฟางมี DM 32.5% (ตารางที่ 13) พบว่าสัดส่วนนี้เท่ากับ 72 และ 28% หรือ 18 : 7 โดยน้ำหนักแห้ง

ปริมาณอาหารที่กินได้

เมื่อให้แกะกินฟางข้าวอย่างเดียว พบว่ากินฟางได้คิดเป็นปริมาณวัตถุแห้ง 0.04 กก./kg $w^{0.75}$ หรือเท่ากับ 1.82% น.น.ตัว (ตารางที่ 14) ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Ibrahim (1985) และ Cheva - Isarakul and Cheva - Isarakul (1985) ทั้งนี้เนื่องจากฟางเป็นอาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำ การใช้เป็นอาหารเดี่ยวทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนได้รับโภชนะไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการทำงาน จึงย่อยอาหารไม่ได้ดี มีอาหารค้างอยู่ในกระเพาะหมักนาน ทำให้สัตว์กินอาหารได้น้อย แต่เมื่อให้ได้รับมันเทศหมักผสมฟางในอัตราส่วน 8 : 1 โดยน้ำหนักสดหรือ 72 : 28% โดยน้ำหนักแห้ง พบว่าสามารถกินอาหารได้มากขึ้น เป็น 3.88% น.น.ตัว แสดงว่ามันหมักมีคุณค่าทางอาหารสูงพอที่ช่วยให้การย่อยได้ดีขึ้น

ตารางที่ 14 Daily feed intake (Mean S.D.) of experimental sheep.

Feed	Amount	DM intake		
	Kg/d	Kg/d	Kg/Kg.$W^{0.75}$	% BW
RS	0.51±0.032	0.46±0.03	0.04±0.005	1.82±0.17
SPSRS	2.00±0.17	1.03±0.24	0.09±0.0022	3.88±1.11

การย่อยได้

การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ในฟางข้าวและมันเทศหมักผสมฟางสอดคล้องกับปริมาณอาหารที่กินได้ กล่าวคือเมื่อได้รับฟางข้าวอย่างเดียว มีการย่อยได้ของโภชนะส่วนใหญ่ต่ำกว่า 50% ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1985) ทั้งนี้เนื่องจากฟางมีคุณค่าทางอาหารน้อย จึงทำให้จุลินทรีย์ทำงานไม่ดีดังได้กล่าวมาแล้ว อย่างไรก็ดีการย่อยได้ของโปรตีนในการทดลองนี้พบว่าไม่มีค่าติดลบดังที่พบในบางการทดลอง ทั้งนี้อาจเนื่องจากโปรตีนในฟางที่ใช้ครั้งนี้มี % ค่อนข้างสูงคือ 4.9% ของวัตถุแห้ง McDonald *et al* (1987) อธิบายว่า การย่อยได้ปรากฏของโปรตีนแปรผันตามปริมาณโปรตีนในอาหาร ถ้าอาหารที่ให้มีโปรตีนต่ำการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนอาจมีค่าติดลบ เพราะ metabolic fecal nitrogen (MFN) ที่ขับออกจากร่างกาย มีค่าสูงกว่าไนโตรเจนที่สัตว์ได้รับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 15 Nutrient digestibility of rice straw, sweet potato silage plus rice straw and sweet potato silage in sheep

Nutrient	Feed					
	RS	S.D.	**SPSRS**	S.D.	**SPS**	S.D.
DM	**42.90**	2.19	**73.70**	4.60	**81.80**	5.93
OM	**49.74**	2.82	**74.61**	5.00	**80.72**	60.81
CP	**49.21**	6.9	**82.78**	2.86	**88.86**	3.19
CF	**64.17**	2.67	**72.95**	7.59	**77.34**	10.05
EE	**60.43**	1.92	**73.54**	3.26	**76.16**	3.59
NFE	**36.76**	3.16	**74.11**	4.95	**80.89**	6.36
ADF	**42.54**	2.41	**71.62**	6.14	**86.68**	8.03
TDN	**41.54**	2.28	**66.80**	4.19	**77.26**	5.23

มันเทศหมักร่วมกับฟางมีการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ คือ สูงกว่า 70% และมีค่า TDN = 66.8%

เมื่อคำนวณหาการย่อยได้ของโภชนะโดยวิธีหาผลต่าง (by difference) พบว่ามันเทศหมักมีการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ ในเกณฑ์สูง 79-89% และมียอดโภชนะย่อยได้ TDN สูงถึง 77.3% ซึ่งสูงกว่าอาหารหยาบโดยทั่ว ๆ ไป และข้าวโพดหมักทั้งต้นและฝัก (NRC, 1988) และสูงกว่าต้นข้าวโพดหวานหลังเก็บฝักสดหรือหมัก แต่มีค่าใกล้เคียงกับเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน สดหรือหมักโดยไม่เสริมสารใด ๆ (Cheva-Isarakul, 1990, ตารางภาคผนวกที่ 1) ทั้งนี้เนื่องจากมันเทศหมักมีส่วนของหัวมันอยู่สูง และหัวมันมีโภชนะที่ย่อยได้ง่ายอยู่มาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาคุณค่าทางอาหารของหัวมันแผ่นอบแห้งของ Sheath *et al.* (1947) ที่พบว่าหัวมันเทศคุณภาพดีเมื่อนำไปอบแห้ง มียอดโภชนะย่อยได้ (TDN) 79-81% แต่หัวมันคัดทิ้งมี TDN 72%

ค่า TDN ที่สูงในการทดลองนี้ อาจเนื่องมาจากข้าวโพดบดที่เสริมลงไปด้วยเพราะปริมาณที่เสริมนี้คิดเป็น 44% ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งข้าวโพดมี TDN ประมาณ 88% (NRC, 1988).

สรุปและข้อเสนอแนะ

มันเทศหมักที่ทำโดยใช้อัตราส่วนของหัว : เถา : ข้าวโพด = 3 : 2 : 1 โดยน้ำหนักสดหรือ 43: 13 : 44% ของวัตถุแห้ง พบว่าได้มันหมักที่มีคุณภาพดี เนื่องจากมีวัตถุแห้งในระดับที่พอเหมาะคือ 30% มีโปรตีน 8.7% และมีเยื่อใยไม่สูงนัก คือ 8.1% และ ADF 10.9% แต่มีคาร์โบ-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไฮเดรทที่ย่อยได้ง่าย (NFE) อยู่สูงถึง 71% ของวัตถุแห้ง

เมื่อนำมันหมักดังกล่าวไปผสมกับฟางในอัตราส่วน 8 : 1 โดยน้ำหนักสด หรือเท่ากับ 72 : 28% ของวัตถุแห้งและผสมเกลือ 0.5% ของน้ำหนักสด แล้วนำไปเลี้ยงแกะเพื่อหาการย่อยได้ พบว่าอาหารดังกล่าวนี้มีโปรตีนลดลง มีเยื่อใยเพิ่มขึ้น แต่ก็ยังมีความน่ากินสูง แกะสามารถกินได้คิดเป็นวัตถุแห้งเท่ากับ 3.9% ของน้ำหนักตัว และมีการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ดี คือประมาณ 67-83% โดยมี TDN = 66.8% ของวัตถุแห้ง

จากการหาการย่อยได้ของมันเทศหมักที่ประกอบด้วยหัว : เถา : ข้าวโพดบดในอัตราส่วนดังกล่าวข้างต้นโดยวิธีหาความแตกต่าง (by difference) พบว่ามันเทศหมักมีการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ สูงมากประมาณ 76-89% และมี TDN สูงถึง 77% แสดงว่ามันเทศหมักเป็นอาหารที่มีคุณค่าสูง สามารถใช้เป็นอาหารข้นประเภทคาร์โบไฮเดรทเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ และถ้ามีการดัดแปลงสัดส่วนของหัว : เถาให้พอเหมาะและหมักร่วมกับฟางเพื่อช่วยดูดความชื้น แล้วนำมาผสมกับวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีน ก็อาจใช้เป็นอาหารผสมสำเร็จ (Total mix ration) สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้

3. การศึกษาการย่อยได้ของหัวมันเทศหมักร่วมกับฟางและเถามันเทศหมัก

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลอง 2 ครั้ง โดยใช้แกะชุดเดียวกันดังนี้ :-

หัวมันเทศหมักร่วมกับฟาง

นำหัวมันเทศพันธุ์ไข่ เปลือกสีเหลืองที่ซื้อจากเกษตรกรมาบดโดยไม่ได้ล้างน้ำก่อนโดยใช้เครื่องไฟฟ้า บดผ่านตะแกรงที่มีรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว แล้วนำมาหมักร่วมกับฟางข้าวที่หั่นเป็นท่อนยาวประมาณ 2 นิ้ว ด้วยเครื่องหั่นไฟฟ้า ในอัตราส่วน หัวมัน : ฟาง = 4 : 1 โดยน้ำหนักสด ในถังหมักซีเมนต์แบบเหลี่ยม โดยใช้หัวมันเทศคลุกเคล้ากับฟางก่อนใส่ลงในถังหมัก เหยียบให้แน่นเป็นชั้น ๆ จนเต็มถัง ปิดด้านบนด้วยพลาสติก กรุด้านข้างให้เรียบร้อยเพื่อกันอากาศเข้า ด้านบนมีฝาสังกะสีและถังหมักอยู่ใต้หลังคาเพื่อกันแดดและฝน

ทำการหมักวันที่ 16 กรกฎาคม 2536 โดยใช้หัวมัน 640 กก.และฟาง 160 กก. หมักไว้เป็นเวลา 4 เดือน เปิดใช้เมื่อวันที่ 16 พฤศจิกายน 2536 จากนั้นเสริมเกลือ 0.5% ของน้ำหนักสด แล้วนำมาหาการย่อยได้ โดยใช้แกะลูกผสมเพศผู้น้ำหนักเฉลี่ย 25.4±1.8 กก. จำนวน 4 ตัว นำมาขึ้นกรงทดลองหาการย่อยได้ โดยมีวิธีการปฏิบัติและวิเคราะห์เคมีเช่นเดียวกับที่กล่าวไว้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการศึกษาที่ 2 ทำการทดลองตั้งแต่ วันที่ 16 พฤศจิกายน - 2 ธันวาคม 2536 โดยใน 10 วันแรก เป็นระยะ Preliminary period และระยะ 7 วันหลังเป็นระยะ Collection period.

ตารางที่ 16 องค์ประกอบทางเคมีและการย่อยได้ของหัวมันเทศหมักร่วมกับฟาง และของเถามันเทศหมัก

	DM	OM	CP	CF	Ash	EE	NFE	ADF	TDN(%)
		←			% DM		→		(DM basis)
หัวมันเทศหมักร่วมกับฟาง									
องค์ประกอบทางเคมี									
Silage ที่ให้	27.1	78.3	3.4	10.8	21.7	1.6	62.5	19.6	-
Silage ที่เหลือ	36.11	86.46	2.99	13.67	13.54	1.1	68.67	21.9	-
SD	0.34	2.52	0.22	3.07	2.52	0.15	5.74	3.08	-
มูล	44.0	79.6	4.1	14.3	20.4	1.4	41.7	25.1	-
SD	5.3	0.9	0.4	0.2	0.9	0.3	1.6	1.9	-
สัมประสิทธิ์การย่อยได้	41.0	33.9	37.7	15.4	44.4	55.2	54.4	16.6	39.1
SD	1.0	3.2	3.8	4.7	2.4	9.4	1.7	3.5	1.1
เถามันเทศหมัก									
องค์ประกอบทางเคมี									
เถามันหมักที่ให้	13.8	72.2	10.2	25.2	27.8	4.8	32.0	50.0	-
มูล	70.9	57.8	10.7	18.2	42.2	3.7	25.2	61.4	-
SD	4.1	1.8	0.1	1.2	1.8	0.2	1.6	1.0	-
สัมประสิทธิ์การย่อยได้	44.6	55.6	41.9	60.2	-	56.9	56.3	32.1	43.5
SD	2.8	3.4	3.4	2.9	-	0.4	5.0	2.7	2.6

เถามันเทศหมัก

นำเถามันเทศที่เกษตรกรถอนทิ้งจากแปลงโดยมีรากติดอยู่ด้วยมาหั่นด้วยเครื่องหั่นไฟฟ้าเป็นท่อนยาวขนาดประมาณ 2 นิ้ว นำลงหมักในถังซีเมนต์ทรงกลมที่ทำด้วยขอบบ่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เมตร สูง 1.8 เมตร จำนวน 2 ถัง ถังละ 550 กก. โดยใส่เถามันเทศลงครั้งละน้อย ๆ เหยียบให้แน่นก่อนใส่ชั้นถัดไป ทำเช่นนี้จนเต็มถัง คลุมด้วยผ้าพลาสติก กรุริมให้มิดชิดใช้อิฐบล็อคทับข้างบนเพื่อไล่อากาศออก แล้วปิดด้วยฝาสังกะสี ถังซีเมนต์นี้อยู่ใต้หลังคา เพื่อกันแดด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และฝน หมักทิ้งไว้เป็นเวลา 6 เดือน โดยทำการหมักเมื่อวันที่ 13 กรกฎาคม 2536 และเปิดออกใช้เมื่อวันที่ 13 ธันวาคม 2536

จากนั้นนำมาทดลองหาการย่อยได้ในแกะ โดยเสริมเกลือ 0.5% น้ำหนักสดเพื่อเพิ่มรสชาดและเสริมแร่ธาตุให้กับสัตว์ ใช้แกะตอนเพศผู้ 4 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 25.1±1.4 กก. หลังจากอาบน้ำ ตัดขน และถ่ายพยาธิแล้ว นำขึ้นกรง metabolism crate ซึ่งมีตะแกรงสำหรับแยกมูลและปัสสาวะอยู่ใต้กรง ทำการปฏิบัติและเก็บข้อมูล ตลอดจนการวิเคราะห์อาหารและมูลเช่นเดียวกับการศึกษาที่ 2

ทำการทดลองเป็นเวลา 18 วัน ระหว่างวันที่ 13 - 30 ธันวาคม 2536 โดยในระยะ 10 วันแรกเป็นระยะ preliminary period และอีก 8 วันหลังเป็นระยะ collection period

ตารางที่ 17 น้ำหนักตัวและปริมาณอาหารที่กินได้

	น้ำหนักตัว (กก.)			วัตถุแห้งที่กินได้/วัน		
	เริ่มต้น	สิ้นสุด	เปลี่ยนแปลง/วัน	กรัม	% น.น.ตัว	ก./กก.น.น.ตัว$^{0.75}$
หัวมันหมักกับฟาง	25.4	25.4	+0.006	430.1	1.7	38.2
SD	1.8	1.8		41.4	0.2	4.8
เถามันหมัก	25.1	24.9	-0.04	640.1	2.57	57.4
SD	1.4	1.2		89.9	0.4	9.4

ผลการทดลองและวิจารณ์

ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี

หัวมันเทศหมักร่วมกับฟางในอัตราส่วน 4 : 1 โดยน้ำหนักสด นับว่ามีสัดส่วนที่เหมาะสม เพราะหลังจากหมักไว้เป็นเวลา 4 เดือน เมื่อเปิดออกมาใช้ ปรากฏว่ามีกลิ่นหอม รสเปรี้ยว ฟางมีสีเข้มขึ้น หัวมันมีสีเหลือง น่ากิน ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากพืชหมักมีความชื้นอยู่ในระดับที่เหมาะสม คือมีวัตถุแห้งประมาณ 27% และมีคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยได้ง่าย (NFE) และ neutral detergent soluble (NDS) อยู่ในหัวมันเป็นจำนวนมาก จึงเป็นอาหารที่ดีของจุลินทรีย์ ทำให้สามารถเปลี่ยนเป็นกรดแลคติคได้ง่าย ซึ่งถนอมหัวมันหมักไว้ให้อยู่ในสภาพดี

ปริมาณโปรตีนในหัวมันหมักอยู่ในระดับต่ำมาก (3.4% ตารางที่ 16) ทั้งนี้เนื่องจากหัวมันมี structural carbohydrate อยู่น้อย ส่วนเถาในหัวมันหมักมีอยู่ในระดับสูง (21.7%) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากดินโคลนที่ติดมากับหัวมันที่นำมาหมักโดยไม่ได้ล้างทำความสะอาดเสียก่อน ซึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อาจมีผลทำให้ความน่ากินและคุณค่าทางอาหารลดลง หัวมันหมักมีไขมันต่ำมาก (EE = 1.6%) ทั้งนี้เนื่องมาจากธรรมชาติของหัวมันซึ่งประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่

จากปริมาณของอาหารที่เหลือ พบว่าส่วนใหญ่เป็นฟางข้าวและเถามันส่วนที่เป็นลำต้นแก่ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางเคมีที่มีค่าของวัตถุแห้ง, อินทรียวัตถุและเยื่อใยสูงขึ้น แต่มีโปรตีนและเถ้าต่ำลงกว่าอาหารที่ให้ (ตารางที่ 16)

เถามันเทศหมักมีโปรตีนสูงกว่าหัวมันหมัก (10.2 เทียบกับ 3.4% ของวัตถุแห้ง) ทั้งนี้เนื่องจากเถามีโปรตีนสูงและมีเยื่อใยสูงกว่าหัวมันเทศ (CF = 25.2 เทียบกับ 10.8% และ ADF = 50 เทียบกับ 19.6% ของวัตถุแห้ง) ทั้งนี้เนื่องจากเถาเป็นอาหารหยาบ สำหรับเถ้าในเถาหมัก พบว่ามีสูงเช่นกัน (27.8%) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากดินโคลนที่ติดปนเปื้อนมา

ส่วนเถามันหมักมีสีคล้ำ ทั้งนี้อาจเนื่องจากเถามีความชื้นสูงมาก มีวัตถุแห้งอยู่ในระดับต่ำเกินไป เพียง 13.8% เท่านั้น ประกอบกับเถามันมีคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยได้ง่ายอยู่น้อย (NFE = 32%) จึงทำให้สภาพการหมักไม่ดีนัก

ปริมาณอาหารที่กินได้

แกะที่กินหัวมันหมักร่วมกับฟาง กินอาหารได้น้อยมากเฉลี่ยเพียง 1.7% ของน้ำหนักตัว หรือ 38.2 กรัม/กก. น้ำหนักตัว$^{0.75}$ (ตารางที่ 17) ซึ่งเมื่อตรวจสอบข้อมูลตลอดการทดลองแล้ว พบว่าแกะสามารถกินหัวมันหมักได้ดีโดยไม่ต้องอาศัยการปรับตัวเลย และสามารถกินได้ปริมาณที่น่าพอใจในระยะแรกคือ 2.2% ของน้ำหนักตัว เพราะหัวมันหมักร่วมกับฟางมีลักษณะน่ากินและมีกลิ่นหอมดังได้กล่าวแล้วข้างต้น แต่ในระยะต่อมากลับพบว่ากินอาหารได้ลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหัวมันหมักมีโปรตีนต่ำ จนไม่เพียงพอกับการเจริญเติบโตและการทำงานของจุลินทรีย์ เป็นเหตุให้การย่อยอาหารไม่ดี มีอาหารค้างอยู่ในทางเดินอาหารนาน สัตว์จึงกินอาหารเพิ่มได้น้อย ผลอันนี้สอดคล้องกับรายงานของ Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1984), Ibrahim (1985) และ Wanapat (1985) ที่พบว่า วัวควายและแกะที่ได้รับฟางข้าวอย่างเดียวสามารถกินอาหารได้เพียง 1.7-2.0% ของน้ำหนักตัวเท่านั้น

ปริมาณเถามันหมักที่กินได้เมื่อคิดเป็นวัตถุแห้งสูงกว่าเมื่อกินหัวมันหมัก ทั้ง ๆ ที่เถามันหมักมีความน่ากินน้อยกว่า ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณโปรตีนในเถามันหมักที่มีสูงประมาณ 10.2% ซึ่งเพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์ จึงทำให้การย่อยได้ดีขึ้น เป็นผลให้อาหารผ่านทางเดินอาหาร (rate of passage) เร็ว สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ บุญล้อม (2531) ที่พบว่าเมื่อให้แกะกินฟางข้าวเสริมด้วยกระถินแห้ง 1.0 และ 1.5% ของน้ำหนักตัว ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซนต์โปรตีนในอาหารเท่ากับ 9.8 และ 11.7% ของวัตถุแห้งทั้งหมดที่กิน พบว่าแกะสามารถกินอาหารได้สูงขึ้นกว่าเมื่อกินฟางข้าวเสริมด้วยกระถิน 0.5% น้ำหนักตัว ซึ่งคิดเป็นโปรตีน 7.2% ของวัตถุแห้งที่กิน นอกจากนี้ Cheva-Isarakul and Cheva-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Isarakul (1991) ยังพบว่าเมื่อให้แกะได้รับหัวอาหารเข้มข้นชนิดก้อนเสริมฟางข้าว ซึ่งทำให้ระดับโปรตีนในอาหารสูงขึ้นเป็น 7.2% ของวัตถุแห้ง แกะจะกินอาหารคิดเป็นวัตถุแห้งได้มากกว่าเมื่อกินฟางข้าวซึ่งมีโปรตีน 2.9% เพียงอย่างเดียวถึง 30% แสดงว่าการให้จุลินทรีย์ในรูเมนได้รับโภชนะเพียงพอกับความต้องการ สามารถช่วยให้การย่อยได้ดีขึ้น เป็นผลให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น

อย่างไรก็ดี ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้เมื่อได้รับเถามันหมักก็ยังไม่สูงเท่าที่ควร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุ 3 ประการคือ ความน่ากินของเถามันหมัก ซึ่งหลักการทำพืชหมักให้มีคุณภาพดี วัสดุที่จะนำมาหมักควรมีความชื้นประมาณ 25-35% มิฉะนั้นจะเกิดการสูญเสียโภชนะทั้งในรูปน้ำที่ไหลออกมา (seepage) และความร้อนที่สูงเกินไป (Browning reaction) ได้ นอกจากนี้ความชื้นที่สูงเกินไปของพืชหมัก ทำให้สัตว์กินอาหารได้ลดลงด้วย สาเหตุอีกประการหนึ่งก็คือการที่มีดินทรายปนเปื้อนมากับเถามันมาก (ดังจะสังเกตุเห็นได้จากค่าเถ้าที่มีสูงถึง 27.8% ของวัตถุแห้ง) ทำให้เถามันมีความน่ากินน้อย ซึ่งสาเหตุนี้ก็เป็นปัจจัยอันหนึ่งในการจำกัดปริมาณการกินได้ของหัวมันเทศหมักเช่นกัน

สัมประสิทธิ์การย่อยได้

การย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ ในหัวมันเทศหมักจัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำ คืออยู่ในช่วง 17-55% และมียอดโภชนะย่อยได้ 39.1% ของวัตถุแห้ง (ตารางที่ 16) ผลอันนี้สอดคล้องกับระดับโปรตีนและปริมาณอาหารที่กินได้ กล่าวคือเมื่ออาหารมีโปรตีนต่ำเกินกว่าระดับไนโตรเจนที่จุลินทรีย์ในกระเพาะอาหารส่วนหน้าของแกะต้องการเพื่อการเจริญเติบโตและการทำงานตามปกติ จะทำให้การย่อยอาหารไม่ดี เป็นผลให้มีอาหารค้างอยู่ในทางเดินอาหารนาน สัตว์จึงกินอาหารได้น้อย

ส่วนการย่อยได้ของโภชนะในเถามันเทศหมักมีค่าสูงกว่าในหัวมันเทศหมักเล็กน้อย คือมีการย่อยได้อยู่ในช่วง 32-60% และมียอดโภชนะย่อยได้ 43.5% ของวัตถุแห้ง (ตารางที่ 16) ทั้งนี้เนื่องจากเถามันเทศหมักแม้ว่าจะมีคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยได้ง่ายน้อยกว่าในหัวมัน แต่มีโปรตีนสูงกว่าจึงทำให้อาหารเดินทางผ่านทางเดินอาหารเร็วกว่า และสัตว์กินอาหารได้มากกว่า

สรุปและข้อเสนอแนะ

การหมักหัวมันเทศร่วมกับฟางในอัตราส่วน 4 : 1 โดยน้ำหนักสด แม้ว่าจะได้พืชหมักที่มีลักษณะทางกายภาพดี มีกลิ่นหอมน่ากิน แต่เนื่องจากทั้งหัวมันเทศและฟางมีโปรตีนต่ำเกินไปไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ในกระเพาะส่วนหน้าของสัตว์เคี้ยวเอื้องจึงทำให้การย่อยได้ต่ำ สัตว์กินอาหารได้น้อย และมี TDN ต่ำ ดังนั้นจึงไม่ควรนำไปใช้เป็นอาหารเดี่ยวเลี้ยงสัตว์ ควรเสริมอาหารโปรตีนด้วยจะทำให้คุณค่าทางอาหารและการย่อยได้ดีขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนการหมักเถามันเทศล้วนโดยไม่เสริมสารใด ๆ พบว่าได้พืชหมักที่มีคุณภาพไม่ดี มีสีคล้ำ เนื่องจากเถามันเทศมีความชื้นสูง (มีวัตถุแห้งต่ำ) เกินไป ทำให้สัตว์กินได้ไม่มากเท่าที่ควร และมีการย่อยได้ของโภชนะค่อนข้างต่ำแม้ว่าค่าดังกล่าวนี้จะสูงกว่าในหัวมันเทศหมักก็ตาม เนื่องจากเถามันเทศมีโปรตีนค่อนข้างสูงจึงนับว่าเป็นอาหารหยาบที่ดี แต่การหมักควรต้องเสริมวัสดุที่มีความชื้นต่ำ เช่นข้าวโพดบดหรือหัวมัน หรือฟางข้าว จะทำให้ได้พืชหมักที่มีคุณภาพดีขึ้น

อนึ่ง ทั้งหัวและเถามันที่นำมาหมักครั้งนี้มีดินทรายติดปนมามากทำให้มีคุณค่าทางอาหารต่ำ และมีความน่ากินน้อย ประกอบกับเถามีรากติดมาด้วยและเป็นเถาแก่ที่เกษตรกรได้ตัดใบไปเลี้ยงวัวแล้ว อีกทั้งในระหว่างการปลูกเกษตรกรก็เอาใจใส่ดูแลไม่ดี จึงได้เถามันที่มีคุณภาพต่ำกว่าปกติ ในทางปฏิบัติควรแนะนำให้เกษตรกรนำเถาที่มีคุณภาพดีและสะอาด โดยตัดรากออกก่อนและพยายามหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนให้มากที่สุด เมื่อนำมาหมักจะได้พืชหมักที่มีคุณภาพดี

4. การใช้หัวและเถามันเทศเป็นอาหารข้นเลี้ยงแกะ

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการหมักมันเทศโดยนำหัวมันเทศพันธุ์ไข่ เปลือกสีเหลืองมาบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า แล้วผสมกับเถามันเทศที่หั่นเป็นท่อนขนาดยาวประมาณ 2 นิ้วด้วยเครื่องหั่นไฟฟ้า และข้าวโพดบดในอัตราส่วน 3 : 2 : 1 คลุกเคล้าให้เข้ากัน ใส่ลงในหลุมซีเมนต์ปิดด้วยพลาสติค กรุด้านข้างให้เรียบร้อยเพื่อกันอากาศเข้า และถังซิเมนต์อยู่ในโรงเรือนที่มีหลังคาคลุมเพื่อกันแดดและฝน ทำการหมักเมื่อวันที่ 14 กรกฎาคม 2536 และเปิดออกใช้เมื่อวันที่ 1 กันยายน 2536

นำแกะรุ่นเพศผู้ 7 ตัวและเพศเมีย 4 ตัวรวม 11 ตัวมาอาบน้ำ ตัดขน ถ่ายพยาธิก่อนนำขึ้นกรงเลี้ยงขังเดี่ยวที่มีรางอาหารอยู่หน้าคอก และถังน้ำอยู่ภายในคอก

แบ่งแกะออกเป็น 2 กลุ่ม ให้ทั้ง 2 กลุ่มได้รับหญ้าขนสดวันละ 2,000 กรัมและอาหารข้นคิดเป็นวัตถุแห้งประมาณ 15% น้ำหนักตัว ซึ่งอาหารข้นของกลุ่มแต่ละกลุ่มคือ

กลุ่มที่ 1 มันเทศหมัก ซึ่งมีส่วนผสมของ หัวสด : เถา : ข้าวโพดบด = 3 : 2 : 1

กลุ่มที่ 2 ข้าวโพดบด

อาหารทั้ง 2 กลุ่ม ผสมเกลือป่น 0.5% ของน้ำหนักสด เพื่อเพิ่มความน่ากินและเสริมแร่ธาตุ ให้อาหารวันละ 2 ครั้งเวลา 8.00 และ 16.00 น. ชั่งอาหารที่ให้และที่เหลือทุกครั้งก่อนให้อาหารครั้งถัดไป เก็บตัวอย่างอาหารข้นและอาหารหยาบทุกเดือนสะสมไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 °ซเพื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1984) และ Forage fiber analysis (Goering and Van Soest, 1970)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ชั่งน้ำหนักแกะตอนเช้าก่อนให้อาหาร 3 วันติดต่อกันเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง และทุก 15 วันในระหว่างการทดลอง เพื่อคำนวณปรับปริมาณอาหารที่ให้

เลี้ยงเป็นเวลา 90 วัน ตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน - 29 พฤศจิกายน 2536 โดยทำการทดลองที่ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผลการทดลองและวิจารณ์

หัวและเถามันเทศหมักที่ทำโดยใช้อัตราส่วนของ หัว : เถา : ข้าวโพดบด = 3:2:1 ปรากฏว่าได้พืชหมักที่มีคุณภาพดี มีสีเหลืองอมเขียวเล็กน้อย กลิ่นหอม รสเปรี้ยว ทั้งนี้เนื่องจากสภาพการหมักดี พืชหมักมีความชื้นในระดับที่พอเหมาะ และมีคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยได้ง่าย (NFE) อยู่สูงเพราะมีแหล่งจากหัวมันเทศและข้าวโพดบด ทำให้สามารถเปลี่ยนเป็นกรดได้ง่าย ช่วยถนอมพืชหมักไว้ได้ดี

หัวและเถามันเทศหมักมีคุณค่าทางอาหารสูง อยู่ระหว่างข้าวโพดบดและหญ้าสด (ตารางที่ 18) กล่าวคือมีวัตถุแห้งและโปรตีนใกล้เคียงกับหญ้าสด แต่มีคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยได้ง่าย (NFE) สูงกว่า (70.9 เทียบกับ 50.2) และมีเยื่อใยต่ำกว่าหญ้าสดมาก (8.1 เทียบกับ 28.8) ขณะเดียวกันก็มีโปรตีน (8.7 เทียบกับ 9.3) และ NFE ต่ำกว่า (70.9 เทียบกับ 80.7) ข้าวโพดบดเล็กน้อย แต่มีวัตถุแห้ง (DM) ต่ำกว่า (29.8 เทียบกับ 86.6) และมีเถ้าสูงกว่าข้าวโพดบดมาก (8.8 เทียบกับ 1.9)

เมื่อนำไปใช้เป็นอาหารข้นเลี้ยงแกะเปรียบเทียบกับข้าวโพด โดยให้ทั้ง 2 กลุ่มได้รับหญ้าสดเป็นอาหารหยาบวันละ 2 กก. และเสริมเกลือ 0.5% ของน้ำหนักสดเพื่อเพิ่มรสชาดและแร่ธาตุ พบว่าแกะกินอาหารได้ใกล้เคียงกัน และกินได้เป็นปริมาณมาก คือ 3.8 และ 4.2% น้ำหนักตัวตามลำดับ (ตารางที่ 19) แสดงว่าหัวและเถามันเทศหมักมีความน่ากินสูง สัตว์ชอบกิน และจากการสังเกตุและเก็บข้อมูลพบว่าไม่มีปัญหาใด ๆ สัตว์แทบไม่ต้องใช้เวลาในการปรับตัวเลย เมื่อพิจารณาในรายละเอียดพบว่าแกะกลุ่มที่ได้รับมันเทศหมักกินทั้งอาหารข้นและอาหารหยาบน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับข้าวโพดบดเล็กน้อย ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากธรรมชาติของอาหารหมักที่มี pH ต่ำกว่าอาหารปกติ ทำให้กระเพาะมีความเป็นกรดมากกว่า สัตว์จึงกินอาหารได้น้อยกว่า

ตารางที่ 18 องค์ประกอบทางเคมีของหัวและเถามันเทศหมัก ข้าวโพดบด และหญ้าขนสด

	DM	OM	CP	EE	CF	Ash	NFE
		←		% DM			→
หัวและเถามันเทศหมัก	29.8	91.2	8.7	3.4	8.1	8.8	70.9
ข้าวโพดบด	86.6	98.1	9.3	4.7	3.4	1.9	80.7
หญ้าสด	27.4	88.6	8.4	1.2	28.8	11.4	50.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 19 ปริมาณโภชนะที่แกะทั้ง 2 กลุ่มได้รับ

	กลุ่ม 1 (มันเทศหมัก)		กลุ่ม 2 (ข้าวโพดบด)	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
วัตถุแห้งที่กิน (Dry matter intake, g/d)	920.8	107.5	981.1	61.9
- อาหารข้น	417.6	52.1	430.3	2.8
- อาหารหยาบ	503.3	90.5	550.8	61.5
วัตถุแห้งที่กิน (%น.น.ตัว)	3.8	0.3	4.2	0.4
วัตถุแห้งที่กิน (ก./กก. น.น.ตัว$^{0.75}$)	84.6	7.7	91.5	7.5
อินทรียวัตถุที่กิน (Organic matter intake, g/d)	826.9	96.0	910.0	54.1
- อาหารข้น	380.8	47.5	422.3	2.8
- อาหารหยาบ	446.1	80.2	488.2	54.5
โปรตีนที่กิน (Crude protein intake, g/d)	78.9	9.9	86.5	5.2
- อาหารข้น	36.5	4.6	40.1	0.2
- อาหารหยาบ	42.4	7.6	46.2	3.2
เยื่อใยที่กิน (Crude fiber intake, g/d)	178.5	26.7	173.1	17.7
- อาหารข้น	33.7	4.2	14.7	0.1
- อาหารหยาบ	144.8	26.0	158.4	17.7
ไขมันที่กิน (Ether extract intake, g/d)	20.5[a]	2.2	27.1[b]	0.8
- อาหารข้น	14.3[a]	1.8	20.3[b]	0.1
- อาหารหยาบ	6.2	1.1	6.8	0.8

[a, b] แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<.05)

ปริมาณโภชนะส่วนใหญ่ที่แกะทั้ง 2 กลุ่มได้รับ ปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 19) แต่พวกที่ได้รับข้าวโพดบดมีแนวโน้มว่าได้รับวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีนสูงกว่า และกลุ่มนี้ได้รับไขมันสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยมันเทศหมักอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องมาจากมันเทศหมักมีโภชนะดังกล่าวต่ำกว่าข้าวโพดบด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อัตราการเจริญเติบโตและอัตราแลกน้ำหนักของแกะทั้ง 2 กลุ่มแสดงไว้ในตารางที่ 20 ผลปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แกะกลุ่ม 2 มีแนวโน้มว่ามีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากได้รับโภชนะที่มากกว่าแม้ว่าจะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม

ตารางที่ 20 น้ำหนักตัวและอัตราการแลกน้ำหนัก เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 90 วัน

	กลุ่ม 1 (มันเทศหมัก)	กลุ่ม 2 (ข้าวโพดบด)
น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย (กก.)	24.9	23.3
น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย (กก.)	32.7	31.6
น้ำหนักเพิ่ม (กก.)	7.8	8.3
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	86.9	92.4
อัตราแลกน้ำหนัก (วัตถุแห้งที่กิน/น.น.เพิ่ม)	11.4	11.2

ผลจากการทดลองนี้แสดงว่า มันเทศหมักสามารถใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ดี โดยมีคุณค่าทางอาหารด้อยกว่าข้าวโพดบดเล็กน้อย ซึ่งผลสอดคล้องกับการศึกษาที่ 2 ที่พบว่ามันเทศหมักมีการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ ในเกณฑ์ที่สูง และมี TDN ด้อยกว่าข้าวโพดบดเล็กน้อย

สรุปและข้อเสนอแนะ

การนำมันเทศหมักซึ่งประกอบด้วย หัว : เถา : ข้าวโพด ในอัตราส่วน 3 : 2 : 1 มาใช้เลี้ยงแกะ เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับข้าวโพดบด โดยแกะทั้ง 2 กลุ่มได้รับหญ้าสดวันละ 2 กก.และเกลือ 0.5% ของน.น.สดที่กิน ปรากฏว่าแกะกินมันเทศหมักได้ดี ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้และโภชนะต่าง ๆ ที่ได้รับมีแนวโน้มว่าต่ำกว่ากลุ่มที่ได้กินข้าวโพดบดเล็กน้อย แต่ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อัตราการเจริญเติบโตและอัตราแลกน้ำหนักของทั้ง 2 กลุ่มก็ใกล้เคียงกัน แสดงว่ามันเทศหมักในสัดส่วนดังกล่าวสามารถเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้เป็นอย่างดี

ในทางปฏิบัติอาจแนะนำให้เกษตรกรปลูกมันเทศเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์ ถ้ามีการดูแลและปฏิบัติในระหว่างการปลูกดี อาจได้ผลผลิตถึง 3,200 กก./ไร่ และเถา 1,920 กก./ไร่ (Huang, 1989) ซึ่งถ้าหัวมีวัตถุแห้ง 26.8% และมีโปรตีน 6.4% และเถามีวัตถุแห้ง 13.2% และมีโปรตีน 17.8% (ค่าเฉลี่ยในตารางที่ 3) จะได้โภชนะต่อไร่คือวัตถุแห้งถึง 857.6 + 253.4 = 1,111 กก. และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โปรตีน 54.9 + 45.1 = 100 กก. ซึ่งนับว่าเป็นปริมาณมาก อาจใช้ทดแทนข้าวโพดในยามที่ข้าวโพดขาดแคลนและมีราคาแพงได้

5. การลดสารยับยั้งทริปซินในหัวและเถามันเทศโดยการผึ่งและการทำแห้ง

ก. ผึ่งในร่ม

อุปกรณ์และวิธีการ

นำหัวมันสดจากไร่จำนวน 8.2 กก. มากองทิ้งไว้ในที่ที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก แล้วทำการชั่งน้ำหนักทุก 2 สัปดาห์ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการสูญเสียน้ำหนัก โดยแยกเป็นส่วนของหัวดี หัวเสียอันเนื่องมาจากหัวฝ่อ งอกและเน่า แล้วคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงนี้โดยคิดเป็นเปอร์เซนต์ของน้ำหนักเริ่มต้น นอกจากนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณวัตถุแห้ง (AOAC, 1984) และวิเคราะห์หาปริมาณ Trypsin ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Kakade *et al.* (1974) ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงไว้ในภาคผนวก

การศึกษาได้ทำที่ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 18 สิงหาคม ถึง 18 พฤศจิกายน 2538

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเก็บหัวมันไว้ในสภาพของการทดลองนี้ พบว่ามีการสูญเสียอย่างมากทั้งในเรื่องของน้ำหนักและการเหี่ยว ฝ่อ งอก และเน่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังจากเก็บไว้ 2 สัปดาห์ พบว่ามีหัวเริ่มเหี่ยว ส่วนปลายหัวเริ่มฝ่อ บางหัวเริ่มงอกประมาณ 0.5 ซม. และเมื่อเก็บไว้ 4 สัปดาห์ พบว่าหัวบางส่วนเน่า มีราดำ และมีแมลงเจาะ ความเสียหายมีรุนแรงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ เมื่อเก็บไว้ 8 สัปดาห์พบว่าน้ำหนักของหัวดีที่เหลืออยู่เพียง 10.4% ของน้ำหนักหรือเริ่มต้นเท่านั้น (ตารางที่ 22) ผลการทดลองนี้ขัดแย้งกับที่รายงานโดย Seath et al. (1947) และ Ramirez (1992) ที่ว่าสามารถเก็บหัวมันไว้ได้ 2-6 เดือน ถ้าเก็บในสภาพดี และ ไสววงค์ (2525) ที่แนะนำว่าให้เก็บหัวมันแก่ที่ไม่มีรอยช้ำ หรือรอยแผลในอุณหภูมิ 10-15°ซ จะสามารถเก็บไว้ได้ถึง 3 ปี โดยหัวไม่งอก ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากหัวมันที่นำมาศึกษาไม่มีการคัดเลือก และอุณหภูมิที่เก็บสูงประมาณ 35 °ซ ซึ่งสูงกว่าที่แนะนำไว้มาก ทั้งนี้เพื่อให้เป็นไปตามสภาพปกติที่เกษตรกรสามารถ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปฏิบัติได้ ประกอบกับฤดูที่ศึกษา เป็นฤดูฝน อากาศมีความชื้นสูง จึงทำให้เกิดการงอกและเกิดเชื้อราได้ง่าย

หัวมันที่ผึ่งไว้มีเปอร์เซนต์วัตถุแห้งสูงขึ้นตามลำดับ (ตารางที่ 22) เนื่องจากการระเหยน้ำอันเนื่องมาจากการหายใจของเซลล์หัวมันที่ยังมีชีวิตอยู่ เป็นผลให้สัดส่วนของโภชนะอื่น ๆ เปลี่ยนแปลงไปด้วยดังแสดงในตารางที่ 23

สำหรับปริมาณ TIA ของหัวมันที่เก็บในระยะเวลาต่าง ๆ กัน พบว่าลดลงตามระยะเวลาที่เก็บ (ตารางที่ 22) โดยเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ปริมาณ TIA ลดลงได้ถึง 42% ของปริมาณที่มีในหัวสด อย่างไรก็ดี วิธีการนี้เนื่องจากมีการสูญเสียของหัวมันมาก ยกเว้นในสภาพที่มีการปฏิบัติและดูแลรักษาดีจริง ๆ ซึ่งต้องใช้แรงงานและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก ดังนั้นวิธีการนี้จึงไม่ใช่วิธีที่ดีในการใช้ทำลายสารยับยั้งทริปซินในทางปฏิบัติ

ตารางที่ 21 การสูญเสียน้ำหนัก และการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของหัวมันเทศที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลาต่าง ๆ กัน

ระยะเวลาที่เก็บ	การเปลี่ยนแปลงน.น. (กรัม)			การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (%)				
(สัปดาห์)	น.น.รวม[*1]	หัวดี	หัวเสีย	น.น.ลด[*2]	หัวดี	ฝ่อ	งอก	เน่า
0	8236.5	8236.5	-	-	-	-	-	-
2	6347.9	6347.9	-	22.93	77.1	-	-	-
4	5196.5	4902.5	294	36.91	59.5	1.5	5.9	3.6
6	3036.0	2366	670	63.14	28.7	4.7	8.9	8.1
8	1085.0	853	232	86.82	10.4	- หัวเน่าทั้งหมด -		

[1] น.น.รวม คือ น้ำหนักหัวมันดี + หัวมันเสีย

[2] น.น.ลด คือ น้ำหนักรวมที่เหลืออยู่เมื่อคิดเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้น

ตารางที่ 22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวัตถุแห้งและ Trypsin inhibitor activity (TIA) ของหัวมันที่เก็บไว้เป็นเวลาต่าง ๆ กัน

ระยะเวลาที่เก็บ (สัปดาห์)	วัตถุแห้ง	TIA (μg/g DM)	TIA loss	
			μg/g DM	%
0	29.7	14.0	-	-
2	36.0	11.0	3.07	21.9
4	38.4	10.3	3.74	26.7
6	39.4	9.0	5.1	36.3
8	39.2	8.1	5.9	42.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข. การลด TIA ในหัวและเถามันเทศโดยการทำแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเถามันเทศจำนวน 16.6 กก. มาสับให้เป็นชิ้นยาวประมาณ 2 นิ้ว และนำหัวมันเทศ 18.9 กก. มาฝานเป็นชิ้นหนาประมาณ 0.5 ซม. ตากแดดจนแห้ง หัวและเถามันอีกส่วนหนึ่งนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 75 °ซ จนแห้ง แล้วนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (AOAC, 1984) และ ปริมาณ TIA ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Kakade *et al.* (1974) ดังรายละเอียดในภาคผนวก เปรียบเทียบกับเมล็ดถั่วเหลืองดิบที่นำมาจากไร่

ตารางที่ 23 องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณสารยับยั้งทริปซินที่มีอยู่และที่หายไปในหัวและเถามันเทศสด หรืออบแห้งหรือตากแห้ง เปรียบเทียบกับเมล็ดถั่วเหลืองดิบ

	DM	CP	CF	Ash	EE	NFE	TIA	
		← DM basis →					μg/g DM	loss (%)*1
หัวสด	29.7	3.6	4.9	2.6	1.6	87.3	14.0	-
หัวอบ 75 °ซ	94.6	-	-	-	-	-	6.8	48.6
หัวตากแห้ง	90.6	3.3	6.1	2.7	1.9	86.0	7.0	50.0
หัวผึ่งไว้ 8 สัปดาห์	39.2	4.6	6.1	3.5	3.7	82.1	8.1	42.2
เถาสด	13.0	15.2	16.9	13.1	-	-	14.0	-
เถาอบ 75 °ซ	93.6	-	16.9	13.0	-	-	8.8	62.8
เถาตากแห้ง	82.2	9.1	21.9	15.4	-	-	8.0	57.1
เมล็ดถั่วเหลืองดิบ	87.1	-	-	-	-	-	36.7	-

*1 TIA loss คิดเป็นร้อยละของ TIA ในหัวสดหรือเถาสด

ผลการทดลองและวิจารณ์

เถาและหัวมันเทศมีความชื้นสูงมาก โดยเถามีปริมาณน้ำมากกว่าหัวประมาณ 2 เท่า (ตารางที่ 23) ปริมาณวัตถุแห้งของเถาและหัวมันเทศที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับ Huang (1989) และ Oyenuga (1968; อ้างอิงโดย Gohl, 1981) การตากแห้งต้องใช้เวลานานประมาณ 1 สัปดาห์ เนื่องจากช่วงที่ทดลองเป็นฤดูฝน อากาศมืดครึ้ม ฝนตก และไม่ค่อยมีแดด ต้อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คอยหมั่นเก็บตัวอย่างเข้ารม ทำให้เสียเวลาและแรงงานมาก ถ้าตากในฤดูที่มีแดดดี เข้าใจว่าน่าจะใช้เวลาเพียง 2 วัน ก็สามารถทำให้แห้งสนิทได้ การนำไปอบที่อุณหภูมิ 75 °ซ ทำให้เถาและหัวมันแห้งได้อย่างรวดเร็วและมีการสูญเสียน้อย ตัวอย่างที่อบได้มีลักษณะน่ากิน มีกลิ่นหอม หัวมีสีเหลืองอ่อน และเถายังมีสีเขียวอยู่

เถาและหัวมันเทศมี TIA อยู่ค่อนข้างสูงประมาณ 40% ของเมล็ดถั่วเหลืองดิบ (ตารางที่ 23) การทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนไม่ว่าจะโดยการตากแห้งหรือการอบแห้ง ช่วยลดปริมาณ TIA ได้ประมาณ 48-62% ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิที่ใช้ในการตากแห้งหรืออบยังต่ำเกินไป ถ้าต้องการให้สารพิษลดลงมากกว่านี้คงต้องใช้สูงกว่า 100 ° ซ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Yeh (1983, อ้างอิงโดย Lin et al., 1988) ที่พบว่า การนำหัวมันเทศไปผ่านความร้อน 164-175 °ซ และความดัน 588-784 k Pa เช่นการ popping จะทำให้แป้งใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น และสามารถกำจัด TIA ได้หมด ในกรณีของถั่วเหลืองดิบ ซึ่งมีสาร Trysin inhibitor ก็พบว่าการใช้ความร้อนเกิน 100°ซ สามารถทำลาย activity ของสารนี้ได้เช่นกัน

สรุปและข้อเสนอแนะ

การผึ่งหัวมันเทศไว้ในที่ร่มตามสภาพอากาศในบ้านเรา โดยใช้หัวมันเทศที่เก็บมาจากไร่ซึ่งไม่ได้ทำความสะอาดและคัดเลือกเสียก่อน พบว่าทำให้เกิดการสูญเสียมากทั้งในด้านน้ำหนักและสภาพของหัว คือเกิดหัวฝ่อ งอก เน่าเสีย เป็นรา มีแมลงทำลาย เมื่อเก็บไว้ 8 สัปดาห์ พบว่ามีดีเหลือเพียง 10% ของน้ำหนักหัวเริ่มต้น ส่วนปริมาณสารยับยั้งทริปซินที่มีอยู่ในหัวมันพบว่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บ โดยลดลงถึง 42% เมื่อเก็บเป็นเวลา 8 สัปดาห์ อย่างไรก็ดี วิธีการนี้ไม่เหมาะสมในการใช้ทำลายสารยับยั้งทริปซิน เพราะหัวมันที่เหลือมีส่วนดีอยู่น้อยมาก

การนำหัวมันเทศมาหั่นเป็นแว่น และเถามันเทศมาหั่นเป็นท่อนแล้วตากหรืออบลมร้อนที่อุณหภูมิ 75°ซ จนแห้ง พบว่าทำให้สารยับยั้งทริปซินลดลงประมาณ 50-60% ถ้าต้องการทำลายสารนี้ให้มีประสิทธิภาพขึ้นคงต้องใช้อุณหภูมิที่สูงกว่านี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สรุปและข้อเสนอแนะ

หัวมันเทศมีวัตถุแห้งประมาณ 24% มีโปรตีน (CP) และไขมัน (EE) ต่ำ มีเยื่อใย (CF) เถ้า (Ash) และคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยได้ง่าย (NFE) สูงเช่นเดียวกับอาหารข้นที่ให้พลังงานโดยทั่วไป โดยมีองค์ประกอบของโภชนะดังกล่าวข้างต้นคิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้งดังนี้คือ 2.6, 1.4, 4.0, 3.5 และ 88.5% ตามลำดับ

เถามันเทศมีวัตถุแห้ง 14.8% และคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยได้ง่าย (NFE, 46.3%) ต่ำกว่าหัวมัน แต่มีโปรตีน (10.4%) เยื่อใย (21.3%) เถ้า (18.6%) และไขมัน (3.4%) สูงกว่าหัวมัน อย่างไรก็ดีองค์ประกอบทางเคมีนี้มักผันแปรไปแล้วแต่สายพันธุ์ การเพาะปลูก การปนเปื้อนของดินทราย และคุณภาพตัวอย่างที่นำมาศึกษา

เมื่อนำหัวมันเทศหรือหัวผสมกับเถามันเทศมาหมักในอัตราส่วน 2 : 1 พบว่าได้พืชหมักที่มีคุณภาพดี มีกลิ่นหอมน่ากิน pH อยู่ในระดับที่เหมาะสม แต่มีโปรตีนค่อนข้างต่ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าหมักหัวมันเทศเพียงอย่างเดียว

เถามันเทศไม่ควรนำมาหมักโดยไม่ผสมสารช่วยลดความชื้น เพราะมีวัตถุแห้งต่ำเกินไปและมีโปรตีนสูง ทำให้หมักยาก ได้พืชหมักคุณภาพไม่สู้ดีและเมื่อนำไปศึกษาหาการย่อยได้ในแกะ พบว่าแกะกินอาหารได้ค่อนข้างน้อย คิดเป็นวัตถุแห้งได้เพียง 2.6% ของน้ำหนักตัว และมีการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ ค่อนข้างต่ำประมาณ 32-60% โดยมีค่า TDN 43.5% ของวัตถุแห้ง ในทางปฏิบัติควรนำไปหมักร่วมกับวัสดุดูดความชื้นที่มีคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยได้ง่ายสูง เช่น ฟางผสมกับหัวมันบางส่วน เพื่อให้ได้พืชหมักที่มีคุณภาพดี และมีการย่อยได้ดีขึ้น

การเสริมยูเรียก่อนการหมักในอัตรา 0.5% ของน้ำหนักสด ช่วยเพิ่มปริมาณ crude protein ของพืชหมักให้สูงขึ้นประมาณ 5% ของวัตถุแห้ง แต่ทำให้ pH สูงขึ้นด้วย ซึ่งนับว่าเป็นข้อด้อย ดังนั้นจึงไม่ควรเสริมยูเรียก่อนการหมัก

การเสริมจุลินทรีย์ **lactabacillus plantarum** ก่อนการหมัก พบว่าช่วยทำให้การหมักเสร็จสมบูรณ์เร็วขึ้น และได้พืชหมักคุณภาพดีเป็นที่น่าพอใจ

มันเทศหมักที่ประกอบด้วย หัว : เถา : ข้าวโพดหมักในอัตราส่วน 3 : 2 : 1 โดยน้ำหนักสดมีคุณภาพดี มีกลิ่นหอม รสเปรี้ยว มีวัตถุแห้ง 29.8% และโปรตีน 8.7% ของวัตถุแห้ง เมื่อนำไปให้แกะกินโดยผสมกับฟางข้าวในอัตราส่วน 8 : 1 ของน้ำหนักสด และเสริมเกลือ 0.5% ของน้ำหนักสด พบว่าแกะกินได้คิดเป็นวัตถุแห้ง 3.9% ของน้ำหนักตัว และมีการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ 67-83% มี TDN = 66.8% ของวัตถุแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อคำนวณหาการย่อยได้ของมันเทศหมักดังกล่าวข้างต้นโดยวิธีหาความแตกต่าง (digestibility by difference) พบว่ามีการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ สูงประมาณ 76-89% และมี TDN สูง 77%

เมื่อนำมันเทศหมักนี้มาเป็นอาหารข้นเลี้ยงแกะเปรียบเทียบกับข้าวโพด โดยแกะทั้ง 2 กลุ่มได้รับหญ้าสดวันละ 2 กก. และเกลือ 0.5% น้ำหนักสด พบว่ามีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับข้าวโพด แกะสามารถกินอาหารได้ดีและมีอัตราการเจริญเติบโตตลอดจนอัตราแลกน้ำหนักทัดเทียมกับกลุ่มที่ได้รับข้าวโพด

ส่วนหัวมันเทศที่หมักโดยผสมกับฟางในอัตราส่วน 4 : 1 น้ำหนักสด พบว่ามีคุณภาพดี มีกลิ่นหอมน่ากิน จัดเป็นอาหารคาร์โบไฮเดรทที่ดี มีวัตถุแห้ง 27.1% แต่มีโปรตีนต่ำเพียง 3.4% ของวัตถุแห้ง เมื่อนำไปทดลองหาการย่อยได้ พบว่าแกะกินอาหารคิดเป็นวัตถุแห้งได้เพียง 1.7% ของน้ำหนักตัวเท่านั้น และมีการย่อยได้ของโภชนะต่ำเพียง 15-44% มี TDN 39.1% ของวัตถุแห้ง ดังนั้นจึงไม่ควรนำไปใช้เป็นอาหารเดี่ยวเลี้ยงสัตว์ ควรเสริมอาหารโปรตีนด้วยจะทำให้มีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น

การนำหัวมันเทศไปผึ่งไว้ในที่ร่มตามสภาพท้องถิ่นโดยไม่มีการปรับอากาศ และไม่ได้คัดเลือกทำความสะอาดหัวมัน พบว่าไม่สามารถเก็บได้นานเพราะมีการสูญเสียมากอันเนื่องมาจากน้ำหนักลด หัวฝ่อ งอก เน่า เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 8 สัปดาห์ เหลือหัวดีเพียง 10% ของน้ำหนักเริ่มต้นเท่านั้น การผึ่งหัวมันไว้เช่นนี้สามารถลดปริมาณสารยับยั้งการย่อยได้ของโปรตีน (Trypsin inhibitor, TIA) ลงได้ตามระยะเวลาการเก็บ กล่าวคือเมื่อเก็บไว้ 8 สัปดาห์สามารถลด TIA ซึ่งมีอยู่ในหัวและเถามันสด 14 $\mu g/g$ วัตถุแห้ง ลงได้ 42% แต่เป็นวิธีที่ไม่ควรนำมาใช้ในทางปฏิบัติเพราะไม่คุ้มกับค่าสูญเสียดังกล่าวข้างต้น ส่วนการนำหัวมันเทศไปตากแดดหรืออบแห้งที่อุณหภูมิ 75°ซ สามารถลด TIA ลงไปประมาณ 50% ส่วนเถามันที่ผ่านกรรมวิธีดังกล่าวสามารถลด TIA ลงได้ประมาณ 60%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2528. สถิติการปลูกพืชไร่รายพืช ปีการเพาะปลูก 2527/28. ฝ่ายวิเคราะห์ข้อมูลส่งเสริมการเกษตร กองแผนงานและโครงการพิเศษ กรมส่งเสริมการเกษตร. 165 หน้า

เกศิณี ระมิงค์วงศ์. 2529. การเก็บรวบรวมเชื้อพันธุ์มันเทศในประเทศไทย. ข่าวสาร มช. ปีที่ 12 (172) : 4-5.

ชานนท์ ฉัตรภูติ. 2525. มันเทศในประเทศไทย. ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เชาวน์ เทียนทอง. 2518. มันเทศหมักกับการเลี้ยงสุกร. สุกรสาสน์. 1(4): 55-59.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2531. ผลของการเสริมฟางด้วยกระถินแห้งระดับต่าง ๆ และความแม่นยำของการใช้เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (AIA) เป็นตัวบ่งชี้ภายในเพื่อหาการย่อยได้. ว.เกษตร 4 (2): 95-107.

มลฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์. 2538. มันเทศครบวงจร. ว.อาหาร 25(3): 225-226.

ไสววงค์. 2525. การปลูกมันเทศ. เกษตรวันนี้. 1(11) : 47-49.

Agwunobi, L.N. 1993. Sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) meal as a partial substitute for maize in layers ration. Tropical Agriculture. 70(3) : 291-293.

A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 14th ed. Washington, D.C., USA.

Cheva-Isarakul, B. and B. Cheva-Isarakul. 1984. Comparison of the intake and digestibility of different crop residues by sheep, cattle and buffaloes. Proc. "The Utilization of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds", pp. 88-97, Melbourn U., Aus.

Cheva-Isarakul, B. and B. Cheva-Isarakul. 1985. Variation in the nutritive value of rice straw in Northern Thailand: II Voluntary feed intake and digestibility by sheep (Total collection vs AIA method). Proc. "Relevance of crop residues as animal feeds in developing countries" pp. 43-52, Thailand.

Cheva-Isarakul, B. 1990. Non-conventional feed for ruminants in Thailand. ASPAC/FFTC EXT. Bull. No. 307.

Cheva-Isarakul, B. and B. Cheva-Isarakul. 1991. Urea-molasses multinutrient block 1. Supplementary effect on straw digestibility. Proc. "Utilization of Straw in Ruminant Production Systems". pp. 49-55, Natural Res. Inst., MARDI/Malaysia.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Cheva-Isarakul, B. 1992. Pigeon pea as a ruminant feed. AJAS. 5(3): 549-558.

Chung, I.B., J.N. An, J.D. Song and S.K. Cheong. 1988. Effect of sweet potato, Canada potato and squash for finishing pigs. Res. Rept. RDA(L). 30(2) : 36-42.

Dominguez, P.L. 1992. Feeding of sweet potato to monogastrics. FAO Animal Production and Health Paper. No. 95, pp. 217-233.

Dominguez, P.L. 1993. The use of sweet potato (*Ipomoea batas*) for feeding pigs. Nut. Abs. Rev. (Series B), 63(10) : 688.

FAO Production Yearbook. 1978. Food and Agriculture organization of the United Nations, Rome. 33(28): 114-115.

FAO Production Yearbook. 1994. Food and Agriculture organization of the United Nations, Rome. 48(125): 91-92.

Fashina-Bombata, H.A. and O.A. Fanimo. 1994. The effects of dietary replacement of maize with sum dried sweet potato meal on performance, carcass characteristics and serum metabolites of weaner-grower pigs Animal Feed Science and Technology. 47($^{1}/_{2}$) : 165 -170.

Georing, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage Fibre Analysis, USDA Agriculture Handbook. No. 379.

Gerpacio, A.L., F. Sd. Pascual, L.J. Querubin, A.F. Vergel de Dios and C.I. Mercado. 1978. Evaluation of tuber meals as energy sources. Sweet potato and cassva based rations for broilers. Philippine Agiculturalist. 61(9-10): 395-410.

Gohl, Bo. 1981. Tropical feeds. FAO, Rome. 529 p.

Huang, C. 1966. Firage operation under small farm system. Joint Commission on rural reconstruction. Taipei, Taiwan, F.O.C.

Huang, C. 1989. Sweet potatoes as livestock feed in Taiwan. In "Working papers, seminar on feed grains substitute and non-conventional feedstuffs for livestock and poultry in Asia ". pp. 151-161, SEARCA, Los Banos, The Philippines. 14-17 November 1989.

Ibrahim, M. N. M. 1985. Effects of *Gliricidia maculata* leaves on the duration of urea-ammonia treatment of rice straw. In "The Utilization of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds", pp. 77-80, editor P.T. Doyle. (International Development Program of Australian Universities and Colleges Ltd. (IDP), Canberra).

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Kakade, M.L., J.J. Rackis, J.E. McGhee and G. Puski. 1974. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: A collaborative analysis of an improved procedure. Cereal Chemistry. 51: 376-383.

Khan. M.J., M.M. Islam, M. Shahjalal and A.M.M. Tareque. 1995. Effect of replacement of wheat by sweet potato (*Ipomoea batatas*) on the performance of broiler chicks. Nut. Abs. Rev. (Series B), 65(12) : 933.

Lin, Y.H., T.C. Huang and C. Huang. 1988. Quality inprovement of sweet-potato (*Ipomoea batatas*. L. Lam.) roots as feed by ensilage. Britsh J. Nutrition. 60 : 173-184.

Lin, Y.H. and H.L. Chen. 1980. Level and heat stability of trypsin inhibitor activity among sweet potato varieties. Botany Bulletin, Academia Sinica. New Series 21 : 1-13.

Manfredini, M., A. Badiani, N. Nanni and R. Chizzolini. 1993. Sweet potato chips in heavy pig production. Livestock Production Science. 35(3/4) : 329-340.

McDonald, P., R.A. Edwards and J.F.D. Greenhalgh. 1987. Animal Nutrition. 4th ed. Longman, England.

Moat, M. and G.M. Dryden. 1994. Nutritive value of sweet potato forage (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) as a ruminant animal feed. Nut. Abs. Rev. (series B), 64(5) : 298.

National Research Council (NRC). 1988. Nutrient requirement of dairy cattle, 6th ed. National Academy Press, Washington, D.C., USA.

Nicolaiewsky, S., A.M. Penz Júnior. and T.M. Bertol. 1993. Use of raw cassava root, cassva root silage and sweet potatoes in the feeding of pregnant sows. Nut. Abs. Rev. (Series B), 63 (6) : 403.

Purcell, A.E., D.T. Pope and W.M. Waltes Jr. 1976. Effect of length of growing season on protein content of sweet potato cultivars. Hort Science. 11 : 31.

Ramirez, G.P. 1992. Cultivation harvesting and storage of sweet potato products. FAO Animal Production and Health Paper. No. 95. FAO, Rome.

Seath, D.M., L.L. Rusoff, G.D. Miller and C. Branton. 1947. Utilizing sweet potatoes as feed for dairy cattle. Louisiana bulletin. No. 423. 11p.

Szylit, O., M. Durand, L.P. Borgida, H. Atinkpahoun, F. Prieto and J. Delort-Laval. 1978. Raw and steam-pelleted cassava sweet potato and yam Cayenensiss as starch sources for ruminant and chicken diets. Animal Feed Science and Technology. 3: 73-87.

Teguia, A., J. Tchoumboue, B.T. Mayaka and C.M. Tankou. 1993. The growth of broiler chickens as affected by the replacement of graded levels of maize by sweet potato

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

leaves (*Ipomoea batatas*) of Ndole (*Vernonia spp.*) in the finisher diet. Animal feed Science and Tecgnology. 40(2/3) : 233-237.

Tor-Agbidye, Y., S. Gelaye, S.L. Louis and G.E. Cooper. 1990. Performance and carcass traits of growing-finishing swine fed diets containing sweet potato meal or corn. J. Anim. Sci. 68(5): 1323-1328.

Wanapat, M. 1985. Voluntary intake and digestibility of traditionally-threshed and machine-threshed rice straw by swamp buffaloes. In "The Utilization of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds", pp. 71, editor P.T. Doyle. (International Development Program of Australian Universities and Colleges Ltd. (IDP), Canberra).

Warrit, B., K. Famingwong and B. Anusansuntorn. 1984. Exploration, collection, characterization and preliminary evaluation of sweet potato in Thailand. Final Report sumitted to International Board of Plant Genetic Resources (IMPGR/FAO) RAc. of Agric., ChiangMai U. 119 pp.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์หา Trypsin inhibitor

1. หลักการ

Trypsin inhibitor จะถูกสกัดออกจากตัวอย่างที่ pH 9.5 และให้ทำปฏิกริยากับ bovine trypsin Trypsin ที่เหลือจะถูกวัดโดยให้ทำปฏิกริยากับ BAPNA substrate ภายใต้สภาพที่กำหนด วัดค่า p-nitroaniline ที่ถูกปล่อยออกมาด้วย spectrophotometer ที่ 410 nm ค่าที่ได้จะสัมพันธ์กับ trypsin-activity ที่เหลืออยู่ จากนั้นคำนวณหาค่า pure trypsin inhibitor/หน่วย น.น. ตัวอย่าง

อุปกรณ์

1. Test tubes ขนาด 20 ml
2. Pipette ขนาด 1, 2 และ 5 ml, Burette ขนาด 50 ml
3. Stop cock flasks ขนาด 250 ml
4. กระดาษกรองเบอร์ 54
5. Water bath
6. Spectrophotometer
7. pH meter
8. Blender
9. นาฬิกาจับเวลา

สารเคมี

1. Crystalline bovine trypsin
2. 1 m $\bar{M}$ HCl - 2 ลิตร
3. BAPNA
4. Dimethyl sulphoxide
5. Tris (hydroxymethyl) methylamine
6. $CaCl_2 . 2 H_2O$
7. 10 m $\bar{M}$ NaOH
8. 1 $\bar{M}$ NaOH
9. 1 $\bar{M}$ HCl

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. เตรียมสารละลาย trypsin มาตรฐาน

ละลาย crystalline bovine trypsin (40 มก.) ในขวดตรงขนาด 2 ลิตร เติม 1 m $\bar{M}$ HCl เล็กน้อย เขย่า เติม 1 m $\bar{M}$ HCl ให้ถึงขีด **สารละลายนี้ต้องเก็บในตู้เย็น 4°c และเก็บได้เพียง 2 สัปดาห์เท่านั้น**

เมื่อนำสารละลายนี้ 2 มล.ไปวัดค่า absorbance จะได้ค่า 0.410±0.010 (หลังจากหักค่า reagent blank ออกแล้ว)

2. เตรียม Tris buffer

ละลาย Tris (hydroxymethyl) methylamine (6.05 g) และ $CaCl_2$ 2 H_2O (2.94 กรัม) ในน้ำ 900 มล. (deionised water) ปรับ pH ให้เป็น 8.2 ด้วย HCl เติมน้ำให้ครบ 1 ลิตรแล้วตรวจสอบ pH อีกครั้ง

3. เตรียม BAPNA substrate

ละลาย 40 มก. Benzoyl-DL-arginine-p-nitroaniline HCl ใน 1 ml dimethyl sulphoxide (ละลายจนหมด) แล้วเติม 100 ml Tris buffer ที่ได้อุ่นไว้แล้วที่อุณหภูมิ 37°ซ **รักษาอุณหภูมิของสารละลายนี้ไว้ที่ 37°ซ ตลอดเวลาที่ใช้ และจะต้องเตรียมใหม่ทุกวัน**

4. สกัด trypsin ในตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ

4.1 บดตัวอย่างผ่านตะแกรง 100 mesh (ถ้าเป็นเนื้อหรือของเปียกให้เอาเข้าเครื่องปั่น blender จนละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน)

4.2 ชั่งตัวอย่างอาหารแห้ง 1 กรัม นำมาเขย่ากับ 50 ml 10 m $\bar{M}$ NaOH (ถ้าตัวอย่างไม่กระจายให้นำไปปั่น- macerated 30 วินาที)

4.3 ปรับ pH ของสารละลายในข้อ 2 ให้อยู่ระหว่าง 9.4-9.6 ด้วย 1 $\bar{M}$ NaOH หรือ 1 $\bar{M}$ HCl แล้ว Homoginize ใน blender เป็นเวลา 2 นาที

4.4 ปิเปตสารละลายนี้ (suspension) ออกมา 1 มล. เจือจางด้วยน้ำ 100 เท่า -ในกรณีที่เป็นถั่วเหลืองดิบ หรือ 25 เท่า-ถ้าเป็นถั่วเหลืองที่สุกปานกลาง หรือ 5 เท่า-ถ้าเป็นอาหารผสมถั่วเหลือง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. วัดปริมาณ Trypsin

5.1 โดยเตรียมหลอดต่อไปนี้ :-

หลอด a Reagent blank : 2 มล. น้ำกลั่น

b Trypsin standard : 2 มล. สารละลายทริปซินมาตรฐาน + 2 มล. น้ำกลั่น = 0.01 mg Trypsin/ml

c Sample blank : 1 ml diluted sample extract (จากข้อ 4.4) + น้ำ 1 มล.

d Sample : 1 มล. extract + 1.0 ml H_2O + 2.0 ml Standard trypsin solution

5.2 ผสมสารละลายในแต่ละหลอดให้เข้ากัน อุ่นหลอดไว้ที่ 37°ซ เป็นเวลา 10 นาที เติมสารละลาย 5.0 ml BAPNA ที่อุ่นไว้ที่ 37°ซ ลงในทุกหลอด ผสมให้เข้ากัน อุ่นไว้ที่ 37°ซ อีก เมื่อครบ 10 นาที**พอดี** เติม 1.0 มล. acetic acid (30% W/V) เพื่อหยุดปฏิกริยา เติม standard trypsin ลงในหลอด a และ c หลอดละ 2 มล. กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 54

สารละลายในแต่ละหลอดและขั้นตอนการทำงาน เป็นดังแสดงในตาราง :-

หลอด	a	b	c	d
ขั้นตอนที่ 1	2 ml H_2O	2 ml Trypin +2 ml H_2O	1 ml Sample +1 ml H_2O	1 ml Sample +1 ml H_2O +2 ml Trypsin
ขั้นตอนที่ 2		ผสม ; อุ่นที่ 37°ซ 10 นาที เติม 5 ml BAPNA ที่อุณหภูมิ 37°ซ ทุกหลอด ผสม ; อุ่นที่ 37°ซ 10 นาที เติม 1 ml acetic acid (30%) ทุกหลอด		
ขั้นตอนที่ 3	+2 ml Trypsin	-	+2 ml Trypsin	-
รวมปริมาตร	**10 ml**	**10 ml**	**10 ml**	**10 ml**

5.3 ปรับ spectrophotometer ให้เป็น 0 (absorbance) ด้วยน้ำกลั่น อ่านค่าแต่ละหลอด (a-d) ที่ 410 nm

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีคำนวณ

Trysin inhibitor activity $TIA = \frac{2.632 \cdot D \cdot A_1}{S}$

D = dilution factor

A_1 = (Ab-Aa) - (Ad-Ac)

Ab = ค่า absorbance ของ หลอด b

Aa = ค่า absorbance ของ หลอด a

Ad = ค่า absorbance ของ หลอด d

Ac = ค่า absorbance ของ หลอด c

S = น้ำหนักของตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ว.ร.
636.2086
ล 435ก
ค.๑
เลขหมู่.....
สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ตารางภาคผนวกที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีและการย่อยได้ของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน ต้นข้าวโพดหวานหลังเก็บฝักหมัก และฟางข้าว

	DM	CP	NDF	ADF	TDN
องค์ประกอบทางเคมี					
เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนสด[*1]	13.6	10.6	55.1	26.1	-
เปลือกข้าวโพดหมัก, ไม่เติมสาร[*1]	11.6	13.2	-	-	-
เปลือกข้าวโพดหมักกับรำ 20%[*1]	28.9	16.2	-	19.8	-
ต้นข้าวโพดหวานหลังเก็บฝักหมัก[*1]	26.6	8.7	66.5	44.1	-
ข้าวโพดหมักทั้งต้นและฝัก[*2]	33.0	8.1	51.0	28.0	70.0
ฟางข้าว[*3]	96.9	5.0	77.9	55.5	-
การย่อยได้					
เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนสด[*1]	75.4	57.1	76.7	71.7	75.0
เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมัก, ไม่เติมสาร[*1]	75.0	70.9	-	-	77.3
เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักกับรำ 20%[*1]	73.1	70.6	69.3	62.3	85.8
ต้นข้าวโพดหวานหลังเก็บฝักหมัก[*1]	60.8	55.8	55.5	53.8	59.4
ฟางข้าว[*3]	48.6	16.7	49.8	49.0	43.1

[*1] **Cheva-Isarakul (1990)**

[*2] NRC (1988)

[*3] Cheva-Isarakul (1992)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 1 แปลงปลูกมันเทศที่ อ. สันทราย

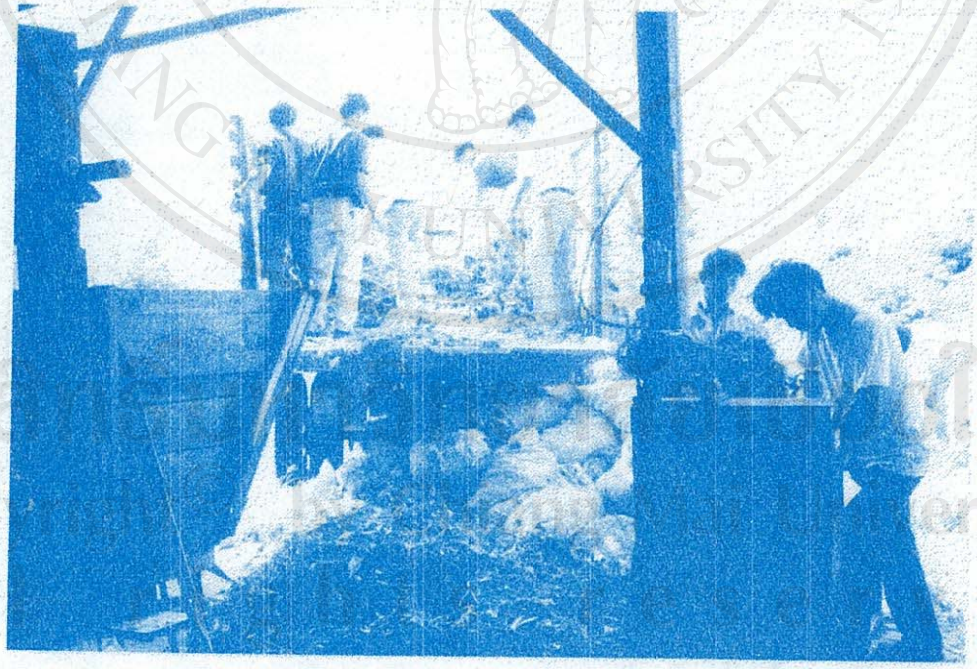
ภาพที่ 2 หัวมันเทศที่ติดกับโคนต้นแต่ละต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 3 และ 4 หัวมันเทศและเถามันเทศติดรากที่ใช้ในการทดลอง

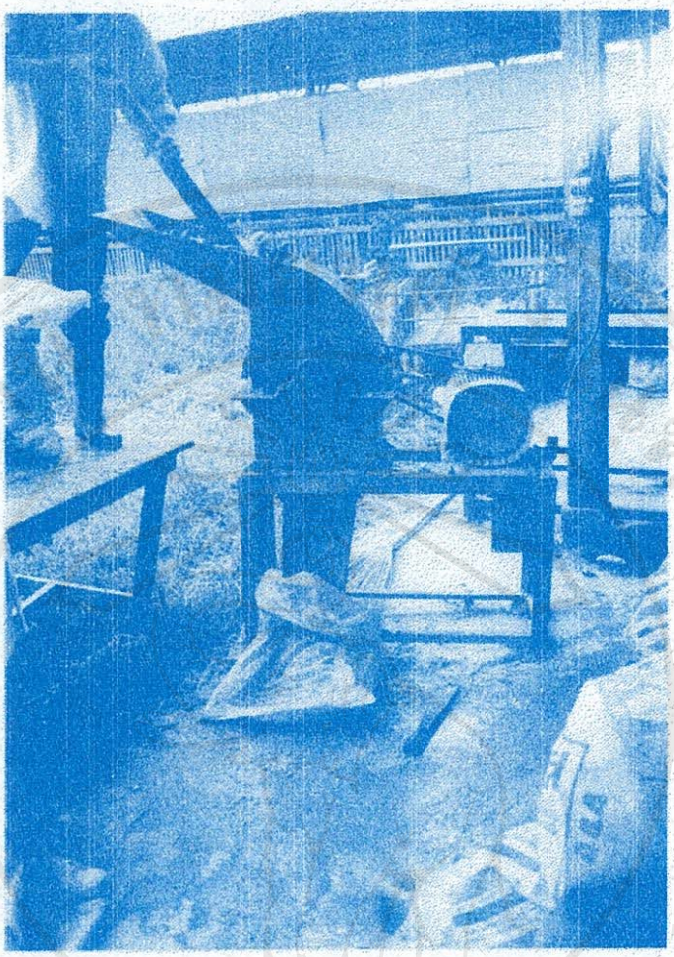
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 5 การขนส่งหัวมันเทศมายังคณะเกษตรศาสตร์ มช.



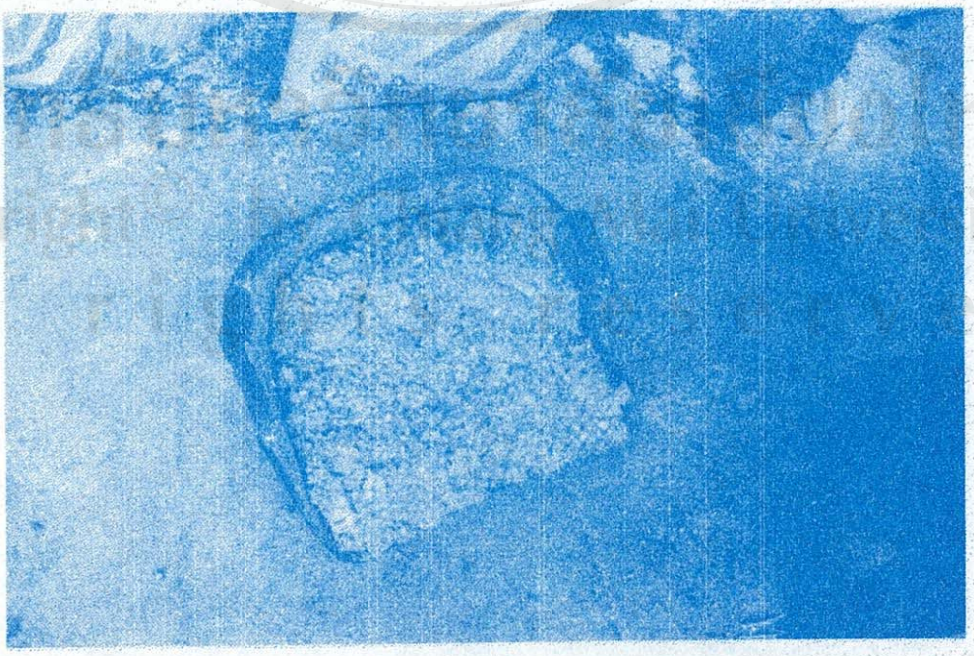
ภาพที่ 6 การขนและการหั่นเฉามันเทศด้วยเครื่องหั่นไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

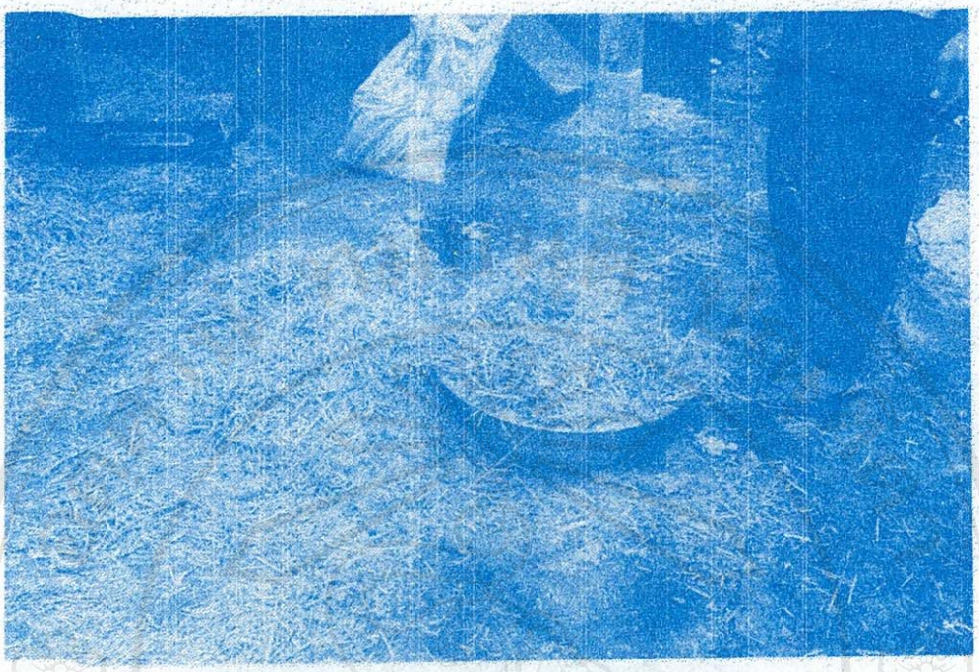


ภาพที่ 7 การบดหัวมันเทศด้วยเครื่องบดไฟฟ้า

ภาพที่ 8 หัวมันเทศบด



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

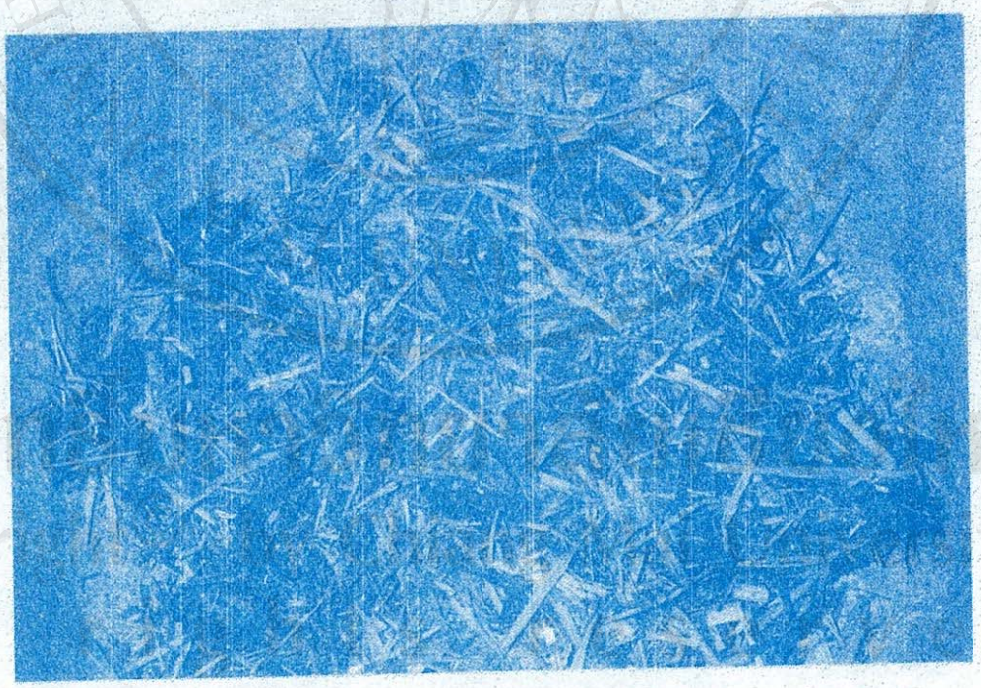


ภาพที่ 9 หัวมันเทศบดผสมฟางในอัตราส่วน 4:1 ก่อนการหมัก

ภาพที่ 10 การหมักมันเทศในถังหมักแบบกลม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 11 มันเทศหมักที่ประกอบด้วย หัว : เถา : ข้าวโพดบด = 3:2:1



ภาพที่ 12 เถามันเทศหมักร่วมกับฟาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved