คู่มือ
การเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์และดิน

สำนักพัฒนาอาหารสัตว์
กรมปศุสัตว์
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

คำนำ

อาหารสัตว์นับเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์ และค่าอาหารสัตว์เป็น 60% ของต้นทุนการผลิตสัตว์ทั้งหมด อาหารสัตว์ในที่นี้แบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ อาหารหยาบ อาหารข้น อาหารผสมครบส่วน และวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและอุตสาหกรรม ในส่วนของอาหารหยาบยังแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ อาหารหยาบสด อาหารหยาบแห้งและอาหารหยาบหมัก ซึ่งตัวอย่างอาหารสัตว์ที่ส่งมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการนั้น ก็เพื่อหาคุณค่าทางอาหารเพื่อใช้ในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ หรือเพื่อการจัดการเขตกรรมที่เหมาะสมสำหรับพืชอาหารสัตว์ และสำหรับตัวอย่างดิน การส่งวิเคราะห์เพื่อให้ทราบความอุดมสมบูรณ์ของดิน ลักษณะดิน ความเหมาะสมของดินสำหรับพืชแต่ละชนิด และเพื่อการจัดการธาตุอาหารในดินให้เพียงพอต่อความต้องการของพืช การส่งตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของอาหารสัตว์นั้นๆ หรือดินในพื้นที่นั้นๆ นับว่ามีความสำคัญยิ่ง เพราะจะทำให้ได้ผลวิเคราะห์ที่ถูกต้องของตัวอย่างนั้นๆ ดังนั้น การสุ่มตัวอย่าง จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งที่ผู้สุ่มตัวอย่างจะต้องทราบและเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมถูกต้อง คณะทำงานจัดทำคู่มือเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์ และ ดิน จึงได้จัดทำคู่มือเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์ และ ดิน ขึ้นมา ด้วยหวังว่า จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่างๆ นักวิชาการ และผู้สนใจทั่วไป

คณะทำงานจัดทำคู่มือเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์ และ ดิน
ตุลาคม พ.ศ.2558

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	1
บทที่ 1 การสุ่มตัวอย่างอาหารหยาบ	
1. ความหมาย	3
2. ขอบข่ายการทดสอบ	3
3. การสุ่มและเตรียมตัวอย่างอาหารหยาบสด	4
4. การสุ่มและเตรียมตัวอย่างอาหารหยาบแห้ง	11
5. การสุ่มและเตรียมตัวอย่างอาหารหยาบหมัก	16
บทที่ 2 การสุ่มตัวอย่างอาหารข้น และ อาหารผสมครบส่วน	
1. ความหมาย	20
2. ขอบข่ายการทดสอบ	21
3. การสุ่มและเตรียมตัวอย่างอาหารข้น และอาหารผสมครบส่วน	21
บทที่ 3 การสุ่มตัวอย่างวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร และ อุตสาหกรรม	
1. ความหมาย	28
2. ขอบข่ายการทดสอบ	29
3. การสุ่มและเตรียมตัวอย่างวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร และ อุตสาหกรรม	29
บทที่ 4 การสุ่มตัวอย่างดิน	
1. ความหมาย	31
2. ขอบข่ายการทดสอบ	31
3. การสุ่มและเตรียมตัวอย่างดิน	31
ภาคผนวก	
1. ระดับความสูงจากพื้นดินในการตัดพืชอาหารสัตว์	36
2. วิธีการแบ่ง 4 ส่วน	37
3. การคำนวณวัตถุแห้ง	38
4. ความหมายของการวิเคราะห์ทดสอบ	39
เอกสารอ้างอิง	54

บทที่ 1

การสุ่มตัวอย่างอาหารหยาบ
(roughages sampling)

ความหมาย

อาหารหยาบ (roughages) หมายถึงอาหารที่มีผนังเซลล์ (neutral detergent fiber, NDF) มากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป หรือมีค่าโภชนะย่อยได้รวม (total digestible nutrient, TDN) น้อยกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ อาหารหยาบสด อาหารหยาบแห้ง และอาหารหยาบหมัก ดังนี้

1. **อาหารหยาบสด** (fresh roughages) หมายถึง อาหารหยาบที่อยู่ในสภาพสด มีความชื้นมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่เป็นพืชอาหารสัตว์ตระกูลหญ้า (Poaceae) เช่น หญ้าแพงโกลา หญ้าเนเปียร์ หญ้ากินี หญ้ารูซี่ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง เป็นต้น และ พืชตระกูลถั่ว (Leguminosae) เช่น ถั่วลิสงเถา ถั่วไมยรา ถั่วฮามาต้า กระถิน เป็นต้น
2. **อาหารหยาบแห้ง (**dry roughages) หมายถึง อาหารหยาบที่อยู่ในสภาพแห้งมีความชื้นน้อยกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ เช่น หญ้าแห้ง ถั่วแห้ง ฟางข้าว ยอดอ้อยแห้ง ต้นข้าวโพดแห้ง เป็นต้น
3. **อาหารหยาบหมัก** (silage) หมายถึง อาหารหยาบสดที่มีความชื้น 35 - 45 เปอร์เซ็นต์ แล้วมาเก็บอยู่ในสภาพไม่มีอากาศ เช่น หญ้าหมัก ต้นข้าวโพดหมัก กระถินหมัก เป็นต้น

ขอบข่ายการทดสอบ

อาหารหยาบแต่ละประเภทมีขอบข่ายการทดสอบคุณค่าทางโภชนะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับประเภทและวัตถุประสงค์การส่งตัวอย่าง ดังนี้

รายการ	อาหารหยาบสด	อาหารหยาบแห้ง	อาหารหยาบหมัก
การวิเคราะห์แบบประมาณ (proximate analysis)	✓	✓	✓
การวิเคราะห์เยื่อใย (detergent fiber)	✓	✓	✓
พลังงาน (gross energy)	✓	✓	✓
แร่ธาตุ (mineral)	✓	✓	-
สารต้านโภชนะ (antinutritive value)	-	✓	-
การย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ (nylon bag)	✓	✓	✓
คาร์โบไฮเดรทที่ละลายได้ในน้ำ (water soluble carbohydrate : WSC) กรณีเพื่อทำหญ้าหมัก	✓	-	-
กรดไขมันที่ระเหยง่าย (volatile fatty acid, VFA)	-	-	✓

การสุ่มและเตรียมตัวอย่างอาหารหยาบสด

วัสดุอุปกรณ์

1. อุปกรณ์สำหรับตัด เช่น เคียว มีด กรรไกร เครื่องตัด เครื่องหั่น
2. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่าง เช่น ถุงผ้าดิบ ถุงตาข่ายไนล่อน ถุงกระดาษสีน้ำตาล ขนาดประมาณ 20 x 30 นิ้ว
3. เครื่องชั่งภาคสนาม ขนาดไม่เกิน 3 กิโลกรัม
4. อุปกรณ์สำหรับรองสับ เช่น เขียง
5. อุปกรณ์สำหรับปูรอง เช่น ผ้าพลาสติก ถุงกระสอบปุ๋ย
6. ปากกาชนิดหมึกกันน้ำ
7. ฉลากบันทึกรายละเอียดตัวอย่าง
8. ตู้อบแห้งชนิดมีพัดลมระบายอากาศ (air force drying oven)
9. ถุงพลาสติกชนิดเย็น กล่องโฟม ตู้เย็น (กรณีที่วิเคราะห์ WSC)
10. เครื่องบดพืช

รูปที่ 1 วัสดุอุปกรณ์ การสุ่มและเตรียมตัวอย่างอาหารหยาบสด

วิธีการสุ่มตัวอย่าง

การสุ่มตัวอย่างอาหารหยาบสด มีวิธีการสุ่มได้ 2 ลักษณะ คือ สุ่มจากแปลงปลูก และ สุ่มจากกองรวม

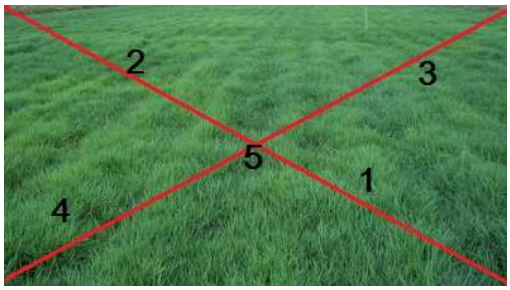
การสุ่มจากแปลงปลูก

กรณีพื้นที่แปลงเรียบสม่ำเสมอ

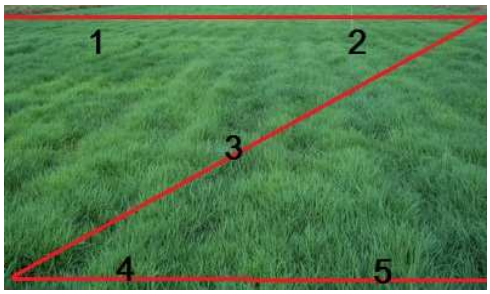
ในแปลงขนาดเล็กที่มีพื้นที่ไม่เกิน 5 ไร่ ให้เดินเก็บตัวอย่างให้ทั่วแปลงอย่างน้อย 5 จุด โดยสามารถเดินเป็นรูปตัว “ X ” หรือ ตัว “ Z ” หรือแบบสลับฟันปลา ดังรูปที่ 2,3,4 (ควรเก็บบริเวณหัวแปลง กลางและท้ายแปลง โดยเว้นขอบแปลงเข้ามาประมาณ 1 เมตร) แล้วนำมารวมเป็น 1 ตัวอย่าง

ในแปลงขนาดใหญ่ที่มีพื้นที่มากกว่า 5 ไร่ ให้แบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลงเล็ก ขนาดแปลงละประมาณ 5 ไร่ แล้วจึงใช้วิธีการเก็บเช่นเดียวกับแปลงเล็ก

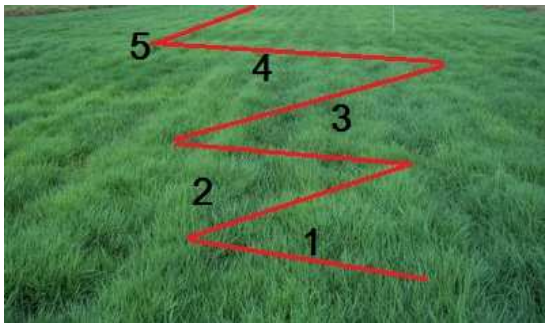
หมายเหตุ กรณีที่ต้องการเก็บข้อมูลเพื่องานวิจัยให้ไปศึกษาในคู่มือการเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์เพื่องานวิจัย



รูปที่ 2 การเดินสุ่มเก็บตัวอย่าง แบบตัว X



รูปที่ 3 การเดินสุ่มเก็บตัวอย่าง แบบตัว Z



รูปที่ 4 การเดินสุ่มเก็บตัวอย่างแบบสลับฟันปลา

กรณีพื้นที่แปลงไม่เรียบ มีความลาดเอียง หรือ สูง ต่ำ หรือมีชุดดินต่างกัน

ให้เดินสำรวจแปลง แล้วแบ่งพื้นที่แปลงออกเป็นแปลงย่อยตามลักษณะของพื้นที่หรือชุดดินในแปลงที่แตกต่างกัน สุ่มเก็บตัวอย่างให้ทั่วแปลง อย่างน้อย 5 จุด (ควรเก็บบริเวณหัวแปลง กลางแปลง และท้ายแปลง โดยเว้นขอบแปลงเข้ามาประมาณ 1 เมตร) นำมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง ดังนั้นในพื้นที่แปลงที่มีความไม่สม่ำเสมอนี้จะมีตัวอย่างมากกว่า 1 ตัวอย่าง

คำแนะนำ

1. การกำหนดจำนวนตัวอย่างในการสุ่มตัวอย่างอาหารหยาบสด เช่น

- หากเป็นแปลงเดียวกัน ปลูกพืชอาหารสัตว์ชนิดเดียวกัน เดินสุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 5 จุด แล้วรวมเป็น 1 ตัวอย่างได้

- หากเป็นคนละแปลง ปลูกพืชอาหารสัตว์ชนิดเดียวกันหรือปลูกพืชผสมกัน เช่น หญ้าผสมถั่ว แต่มีอายุการเจริญเติบโต การจัดการแปลงต่างกัน ให้แยกสุ่มตัวอย่างคนละแปลงๆละอย่างน้อย 1 ตัวอย่าง

2. ความสูงของการตัด

- แปลงทั่วไป ให้ตัดพืชอาหารสัตว์ที่ระดับความสูงตามคำแนะนำทางวิชาการของพืชแต่ละชนิด (ดูคำแนะนำในภาคผนวก 1)

- แปลงปล่อยสัตว์แทะเล็ม ให้ตัดในระดับที่สัตว์แทะเล็ม

3. ลักษณะการสุ่ม

- พืชอาหารสัตว์ที่มีลักษณะเป็นกอ เช่น หญ้าเนเปียร์ หญ้ากินี ถั่วฮามาต้า ถั่วท่าพระสไตโล ให้สุ่มเก็บตัวอย่างเป็นกอ สุ่มให้ทั่วทั้งแปลง นำมากองรวมกันแล้วสุ่มตัวอย่าง

- พืชอาหารสัตว์ที่มีลักษณะลำต้นเลื้อย เช่น หญ้าแพงโกลา หญ้าขน หญ้ารูซี่ ถั่วคาวาลเคด ถั่วลิสงเถา ให้สุ่มเก็บตัวอย่างเป็นจุด

- พืชอาหารสัตว์ที่เป็นไม้ยืนต้น เช่น กระถิน ถั่วไมยรา ทองหลาง มะแฮะ ให้สุ่มเก็บตัวอย่างเฉพาะส่วนที่เอาไปให้สัตว์กิน

4. การเก็บตัวอย่างพืชสดควรเก็บทุกส่วนที่สัตว์กินได้ และต้องไม่มีเศษดินหรือพืชอื่นติดมาด้วย

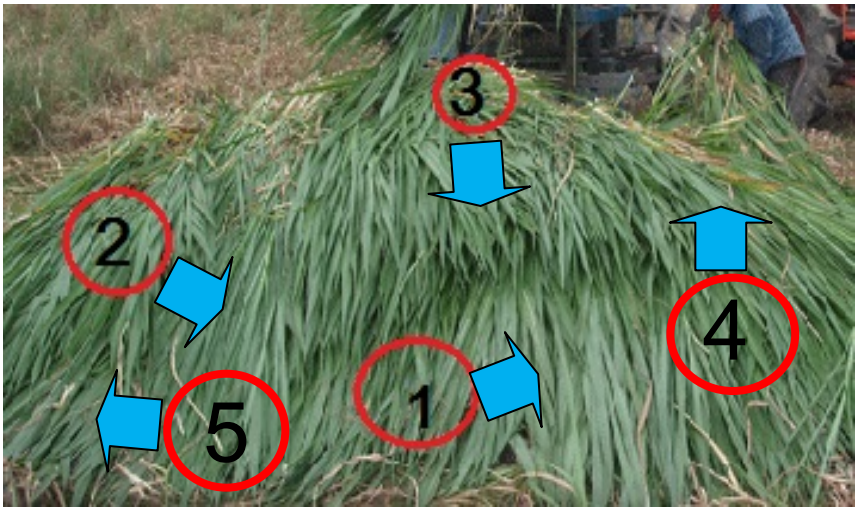
5. การเก็บตัวอย่างจากแปลงปลูก ไม่ควรเก็บตัวอย่างขณะที่มีน้ำค้าง หรือหลังฝนตก

การสุ่มจากกองรวม

พืชอาหารสัตว์ที่ตัด กองรวมไว้และยังไม่ได้สับ ให้เดินสำรวจรอบกองเพื่อดูว่าเป็นพืชชนิดเดียวกันหรือมีพืชหลายชนิดกองรวมกัน เพื่อดูสัดส่วนของพืช แล้วกำหนดจุดการสุ่มตัวอย่างจากทุกด้าน รวมให้ได้อย่างน้อย 5 จุด จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างโดยล้วงเข้าไปสุ่มตัวอย่างจากภายในกอง โดย

- พืชที่มีลักษณะลำต้นใหญ่ อวบน้ำ เช่น หญ้าเนเปียร์ ต้นข้าวโพด ต้นข้าวฟ่าง สุ่มจากทุกๆ ด้าน รวมให้ได้อย่างน้อย 5 จุด จุดละประมาณ 1 กิโลกรัม นำมากองรวมกัน จากนั้นสุ่มจากกองรวมนี้อีกครั้ง เพื่อลดขนาดของตัวอย่างให้เหลือน้ำหนักประมาณ 3 กิโลกรัม จากนั้นหั่นให้มีขนาด 1-2 นิ้ว

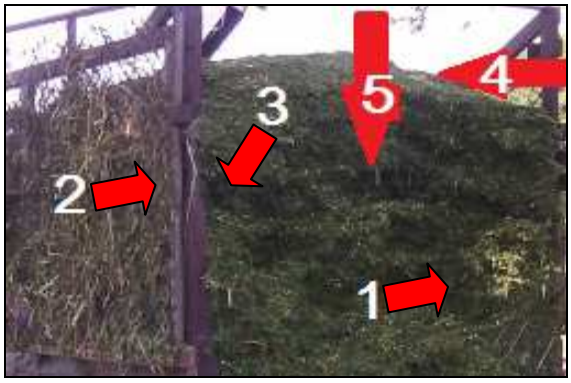
พืชที่มีลำต้นเล็ก ใบเล็ก เช่น หญ้าแพงโกล่า หญ้ารูซี่ หญ้ากินี สุ่มจากทุกๆ ด้าน รวมให้ได้อย่างน้อย 5 จุด จุดละประมาณ 1 กิโลกรัม นำมากองรวมกัน จากนั้นสุ่มจากกองรวมนี้อีกครั้ง เพื่อลดขนาดของตัวอย่างให้เหลือน้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม จากนั้นหั่นให้มีขนาด 1-2 นิ้ว



รูปที่ 5 การสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบสดชนิดที่ยังไม่ได้หั่น สุ่มเก็บมาวางเป็นกองและสุ่มอีกครั้ง

รูปที่ 6 การหั่นชิ้นอาหารหยาบสด ให้มีขนาด 1 - 2 นิ้ว

อาหารหยาบสดที่หั่นให้มีขนาดเล็กแล้ว สุ่มจากทุกๆ ด้านของกอง รวมให้ได้อย่างน้อย 5 จุด โดยเก็บลึกเข้าไปในกองอย่างน้อย 50 เซนติเมตร จุดละประมาณ 1 กิโลกรัม นำมารวมกัน จากนั้นสุ่มจากกองที่นำมารวมกัน โดย พืชที่มีลักษณะลำต้นใหญ่ อวบน้ำ สุ่มให้เหลือน้ำหนักประมาณ 3 กิโลกรัม ส่วนพืชที่มีลักษณะลำต้นเล็ก สุ่มให้เหลือน้ำหนักสุดท้ายประมาณ 1 กิโลกรัม เป็น 1 ตัวอย่าง โดยวิธีการแบ่ง 4 ส่วน (QUARTER) (ดูภาคผนวกที่ 2) แล้วบรรจุในถุง (ถุงผ้าดิบ /ถุงตาข่ายไนล่อน /ถุงกระดาษสีน้ำตาล)



รูปที่ 7 การสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบสดที่หั่นแล้ว

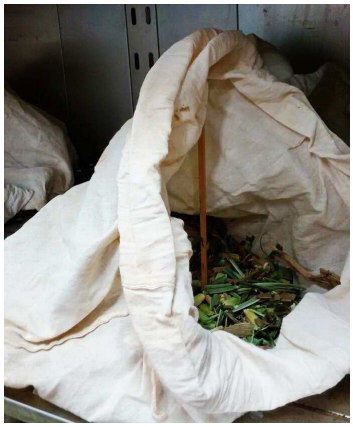
วิธีการเตรียมตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่างที่บรรจุในถุง บันทึกน้ำหนักสด ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

รูปที่ 8 เก็บตัวอย่างอาหารหยาบสด ประมาณ 1 กิโลกรัมในถุงตาข่ายไนล่อน

2. การทำให้แห้ง

2.1 กรณีที่มีตู้อบ ให้นำตัวอย่างไปอบในตู้อบที่มีพัดลมระบายอากาศ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 - 48 ชั่วโมง หมั่นพลิกกลับตัวอย่าง อบจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ บันทึกน้ำหนักหลังการอบ



รูปที่ 9 อบตัวอย่างอาหารหยาบสดที่อุณหภูมิ 60 C° นาน 48 ช.ม.ในตู้อบที่มีพัดลมระบายอากาศ

2.2 กรณีที่ไม่มีตู้อบ ให้ใช้ถุงตาข่ายไนลอนขนาดความถี่ 16 ช่องต่อตารางนิ้ว ใส่ตัวอย่าง นำไปแขวน หรือวางแผ่ ผึ่งแดดหรือลม หรือในที่ร่มที่มีการระบายอากาศได้ดี หมั่นพลิกกลับตัวอย่าง เพื่อให้ตัวอย่างแห้งสม่ำเสมอตลอดทั้งถุง และในกรณีที่ชิ้นส่วนตัวอย่างมีขนาดเล็ก ให้ใช้ถุงผ้า หรือถุงกระดาษแทนการใช้ถุงตาข่ายไนลอน เพื่อป้องกันการหลุดร่วงของตัวอย่าง

รูปที่ 10 การตากให้แห้งโดยการแขวนผึ่งลมในที่ร่มที่มีการระบายอากาศ

คำแนะนำ

1. การตรวจสอบน้ำหนักคงที่ ทำโดย นำตัวอย่างอาหารหยาบสดที่อบในตู้อบออกมาชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปอบต่อ ประมาณ 2 ชั่วโมง และนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ทำซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่
2. ตัวอย่างที่อบในตู้อบ จะต้องพลิกกลับถุงตัวอย่าง อย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง
3. การใช้ตู้อบที่มีพัดลมระบายอากาศ ต้องไม่ลืมเปิดช่องระบายอากาศในตู้อบ
4. ตัวอย่างที่อบในตู้ต้องไม่วางถุงตัวอย่างซ้อนกันเกิน 2 ชั้น
5. ตัวอย่างที่ออกจากตู้อบต้องทิ้งไว้ให้เย็น เท่าอุณหภูมิห้อง หรือเอาถุงตัวอย่างวางบนแขน ต้องไม่รู้สึกว่าร้อน แล้วจึงชั่งน้ำหนัก (ไม่ชั่งขณะที่ถุงร้อน เพราะน้ำหนักจะไม่ใช่น้ำหนักที่แท้จริง)
6. ขณะรอบดตัวอย่างให้เก็บตัวอย่างใส่ถุงพลาสติก ไล่อากาศออกให้หมด รัดถุงให้แน่น เพื่อไม่ให้ความชื้นเข้ามาในถุงตัวอย่าง

3. การบดตัวอย่าง

ตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว บดให้มีขนาด 1 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องบดพืช (กรณีต้องการวิเคราะห์ค่าการย่อยได้ให้บดให้มีขนาด 2 มิลลิเมตร) นำตัวอย่างที่บดแล้วใส่ในภาชนะ (ขวดแก้วที่ล้างสะอาดและแห้ง / ถุงพลาสติกชนิดหนา)

ถ้าตัวอย่างตากแห้งแล้วแต่ไม่สามารถบดได้ทันที ให้ใส่ถุงพลาสติก มัดปากถุงให้แน่น และหากทิ้งไว้หลายวัน ให้อบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซ้ำ อีกรอบ ก่อนบดตัวอย่าง เพื่อให้ตัวอย่างแห้งพอที่จะบดได้ (ไม่ต้องชั่งน้ำหนัก)

รูปที่ 11 การบดตัวอย่างด้วยเครื่องบดพืช

คำแนะนำ

1. ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนตัวอย่าง ให้ทำความสะอาดเครื่องบดทุกครั้ง เพื่อป้องกันการปนเปื้อนระหว่างตัวอย่าง
2. หากมีตัวอย่าง ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร เหลืออยู่ในเครื่องบด ให้นำมาบดซ้ำ

วิธีปฏิบัติก่อนนำส่งห้องปฏิบัติการ

1. กรณีสุ่มตัวอย่างอาหารหยาบสดเพื่อวิเคราะห์ในรายการ WSC ให้แบ่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักประมาณ 500 กรัม ใส่ถุงพลาสติกชนิดเย็น รีดอากาศออกให้หมด รัดปากถุงให้แน่น แช่ตัวอย่างในกล่องโฟมที่มีน้ำแข็ง นำส่งห้องปฏิบัติการพร้อมแบบฟอร์มการส่งตัวอย่าง หากไม่สามารถส่งตัวอย่างได้ในวันที่สุ่มตัวอย่าง ให้แช่ในตู้เย็น 4 องศาเซลเซียส รอส่งห้องปฏิบัติการพร้อมแบบฟอร์มการส่งตัวอย่าง
2. ฉลากบันทึกรายละเอียดตัวอย่าง ต้องติดอยู่กับถุงตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดอย่างน้อย คือ ชื่อตัวอย่างและวันที่เก็บ
3. ฉลากบันทึกรายละเอียดตัวอย่างต้องไม่ลบเมื่อโดนความชื้น
4. เก็บตัวอย่างที่เตรียมไว้ในกล่องพลาสติกเพื่อป้องกันหนูเข้ามาทำลายตัวอย่าง

การสุ่มและการเตรียมตัวอย่างอาหารหยาบแห้ง

วัสดุอุปกรณ์

1. อุปกรณ์สำหรับสุ่มตัวอย่าง ได้แก่ หลาวสแตนเลส ขนาดความยาวประมาณ 50 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร พร้อมสว่านเจาะ
2. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่าง เช่น ถุงผ้าดิบ ถุงตาข่ายไนล่อน ถุงกระดาษสีน้ำตาล ขนาดประมาณ 20 x 30 นิ้ว
3. อุปกรณ์สำหรับตัด เช่น มีด กรรไกร
4. อุปกรณ์สำหรับปูรอง เช่น ผ้าพลาสติก ถุงกระสอบปุ๋ย
5. ปากกาชนิดหมึกกันน้ำ
6. ถุงมือผ้า
7. ฉลากบันทึกรายละเอียดตัวอย่าง

หัวเจาะหลาวสุ่มตัวอย่าง

รูปที่ 12 หลาวสแตนเลสพร้อมสว่าน สำหรับเจาะสุ่มตัวอย่างอาหารยาบแห้ง

วิธีการสุ่มตัวอย่าง

การสุ่มตัวอย่างอาหารหยาบแห้ง สามารถดำเนินการได้ดังนี้

1. อาหารหยาบแห้งที่อัดเป็นฟ่อนสี่เหลี่ยม (square bale) ขนาด 14 x 36 x 18 นิ้ว จะสุ่มเก็บตัวอย่างโดยใช้หลาวสแตนเลส แทงเจาะตรงกึ่งกลางด้านหน้าฟ่อนทำมุม 90 องศา ลึกเข้าไปในฟ่อน 12 – 24 นิ้ว โดยสุ่มเก็บ 1 จุดต่อ 1 ฟ่อน

- ถ้ามี 1 – 10 ฟ่อนให้เจาะทุกฟ่อน แล้วนำมารวมเป็น 1 ตัวอย่างให้ได้น้ำหนักประมาณ 500 กรัม
- ถ้ามี 100 - 500 ฟ่อน ให้สุ่ม 10 ฟ่อน แล้วนำมารวมเป็น 1 ตัวอย่าง ให้ได้น้ำหนักประมาณ 500 กรัม
- ถ้ามีมากกว่า 500 ฟ่อน ให้สุ่ม 25 ฟ่อนจากทุกๆ 500 ฟ่อน แล้วรวมเป็น 1 ตัวอย่าง ให้ได้น้ำหนักประมาณ 500 กรัม

รูปที่ 13 การสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบแห้งเป็นฟ่อนสี่เหลี่ยมด้วยหลาว

กรณีที่ไม่มีหลาวสแตนเลสสำหรับสุ่มเจาะตัวอย่าง ให้แกะฟ่อนออก แล้วสุ่มเก็บด้วยมือ ให้กระจายทั่วทั้งฟ่อน อย่างน้อย 3 - 4 จุดต่อฟ่อน แล้วนำมารวมกัน ตัดให้เป็นชิ้นขนาดประมาณ 1-2 นิ้ว และสุ่มอีกครั้งให้เป็น 1 ตัวอย่าง ให้ได้น้ำหนักประมาณ 500 กรัม

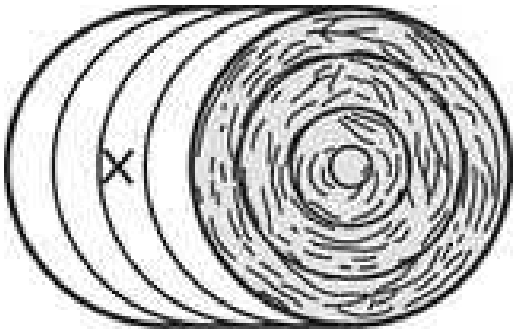
รูปที่ 14 การสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบแห้งด้วยมือโดยวิธีแกะฟ่อน

1.2 อาหารหยาบแห้งที่อัดเป็นฟ่อนกลม ขนาดประมาณ 500 กิโลกรัม จะสุ่มตัวอย่างโดยใช้หลาว สแตนเลส แทงเจาะตรงกึ่งกลาง ส่วนโค้งด้านข้างของฟ่อน ทำมุม 45 หรือ 90 องศา ลึกเข้าไปในฟ่อน 12 – 24 นิ้ว สุ่ม 2-3 จุด ต่อ 1 ก้อน

ถ้ามี 1 – 10 ฟ่อนให้เจาะทุกฟ่อน แล้วนำมารวมเป็น 1 ตัวอย่างให้ได้น้ำหนักประมาณ 500 กรัม

ถ้ามี 100 - 500 ฟ่อน ให้สุ่ม 10 ฟ่อน แล้วนำมารวมเป็น 1 ตัวอย่าง ให้ได้น้ำหนักประมาณ 500 กรัม

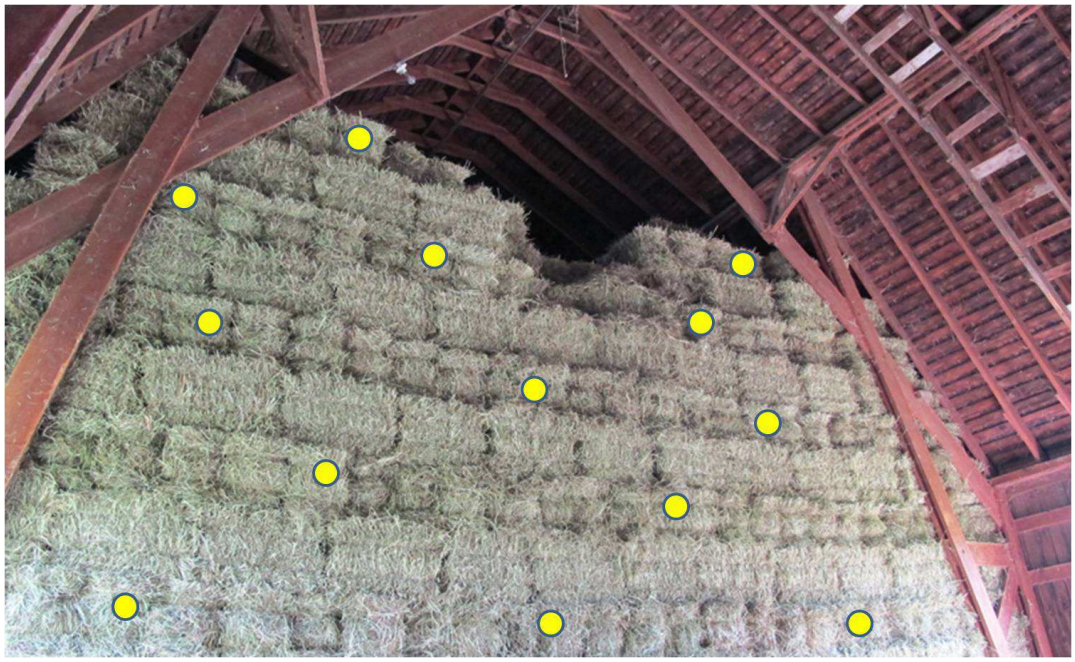
ถ้ามีมากกว่า 500 ฟ่อน ให้สุ่ม 25 ฟ่อนจากทุกๆ 500 ฟ่อน แล้วรวมเป็น 1 ตัวอย่าง ให้ได้น้ำหนักประมาณ 500 กรัม



รูปที่ 15 การสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบแห้งเป็นก้อนกลมด้วยหลาว

คำแนะนำ

1. กรณีใช้หลาวเจาะต้องตรวจสภาพหัวเจาะหลาวให้คมและพร้อมใช้งานอยู่เสมอ
2. ระหว่างเจาะตัวอย่างด้วยหลาวให้หยุดเป็นระยะๆ ไม่เจาะแบบต่อเนื่องเป็นเวลานาน เพื่อป้องกันการเกิดความร้อน
3. กรณีการเก็บตัวอย่างในโรงเก็บตัวอย่างหญ้าแห้ง ให้หลีกเลี่ยงการสุ่มตัวอย่างที่เปียกฝน แดดส่อง ที่วางอยู่ด้านนอก โดยสุ่มตัวอย่างที่วางเรียงอยู่ด้านในที่ไม่โดนละอองฝน แสงแดด
4. การสุ่มตัวอย่างที่ดีควรเดินรอบกองเพื่อกำหนดจุดในการสุ่มตัวอย่าง เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของทั้งหมด เช่น หากกองอาหารหยาบแห้งมีขนาดใหญ่ ควรกำหนดระยะการสุ่ม ทุกๆ 5 - 20 ก้าว ต่อการสุ่ม 1 จุด ขึ้นกับขนาดของกองอาหารหยาบแห้ง

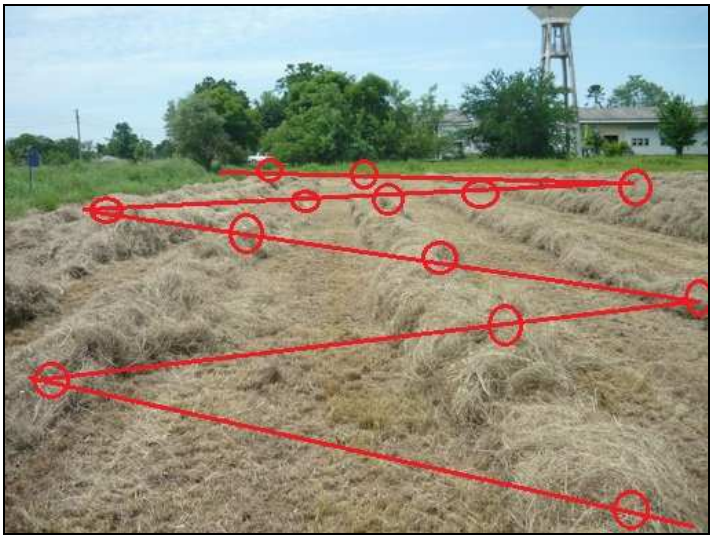


รูปที่ 16 การกำหนดตำแหน่งเพื่อสุ่มตัวอย่าง

1.3 อาหารหยาบแห้งที่รวมกันเป็นแบบกองฟาง ให้สุ่มเก็บด้วยมือ รอบๆ กองอย่างน้อย 5 จุด โดยเก็บลึกเข้าไปในกองอย่างน้อย 50 เซนติเมตร แล้วนำมารวมกัน และสุ่มอีกครั้งให้เป็น 1 ตัวอย่าง ให้ได้น้ำหนักประมาณ 500 กรัม

รูปที่ 17 การสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบแห้งที่รวมกันเป็นแบบกองฟาง

1.4 อาหารหยาบแห้งที่กองในแปลง ให้เดินสุ่มเก็บตัวอย่างเป็นรูปตัว " X " หรือ ตัว " Z " หรือแบบสลับฟันปลา ให้ทั่วแปลงอย่างน้อย 20 จุด แล้วนำมารวมกัน และสุ่มอีกครั้งให้เป็น 1 ตัวอย่าง ให้ได้น้ำหนักประมาณ 500 กรัม



รูปที่ 18 การสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบแห้งที่กองในแปลง

วิธีการเตรียมตัวอย่าง

1. กรณีที่ตัวอย่างที่สุ่มรวมกันแล้วมีน้ำหนักเกินกว่าที่ต้องการให้ทำการสุ่มตัวอย่างโดยวิธีแบ่ง 4 ส่วน (ภาคผนวกที่ 2) จนได้น้ำหนักสุดท้ายที่ต้องการ
2. การบดตัวอย่าง

บดตัวอย่างให้มีขนาด 1 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องบดพืช (กรณีต้องการวิเคราะห์ค่าการย่อยได้ให้บดให้มีขนาด 2 มิลลิเมตร) นำตัวอย่างที่บดแล้วใส่ในภาชนะ (ขวดแก้วที่ล้างสะอาดและแห้ง /ถุงพลาสติกชนิดหนา)

หากตัวอย่างอาหารหยาบแห้งที่สุ่มได้มีความชื้น จะทำให้บดตัวอย่างได้ยาก (สังเกตด้วยการจับด้วยมือแล้วๆ ไม่กรอบ แต่มีความยืดหยุ่น เหนียว) ให้ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 – 60 นาที บันทึกน้ำหนักหลังอบ แล้วจึงบดตัวอย่าง (ค่าน้ำหนักที่บันทึกจะใช้ในการหาค่าวัตถุแห้งของตัวอย่างนั้นๆ)

ตัวอย่างที่ผ่านการอบเพื่อหาค่าวัตถุแห้งแล้ว หากไม่สามารถบดตัวอย่างได้ทันที ให้ใส่ถุงพลาสติกมัดปากถุงให้แน่น และหากทิ้งไว้หลายวัน ให้อบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซ้ำอีกรอบ เพื่อให้ตัวอย่างแห้ง พอที่จะบดได้ (ไม่ต้องบันทึกน้ำหนักหลังอบ)

วิธีปฏิบัติก่อนนำส่งห้องปฏิบัติการ

1. ฉลากบันทึกรายละเอียดตัวอย่าง ต้องติดอยู่กับถุงตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดอย่างน้อย คือ ชื่อตัวอย่างและวันที่เก็บ
2. ฉลากบันทึกรายละเอียดตัวอย่างต้องไม่ลบเมื่อโดนความชื้น
3. เก็บตัวอย่างที่เตรียมไว้ในกล่องพลาสติกเพื่อป้องกันหนูเข้ามาทำลายตัวอย่าง

การสุ่มและเตรียมตัวอย่างอาหารหยาบหมัก

วัสดุอุปกรณ์

1. อุปกรณ์สำหรับสุ่มตัวอย่าง ได้แก่ หลาวสแตนเลส ขนาดความยาวประมาณ 100 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร พร้อมสว่านเจาะ
2. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่าง ได้แก่ ถุงพลาสติกชนิดเย็นขนาด 12 × 18 นิ้ว
3. อุปกรณ์สำหรับเก็บความเย็น เช่น กล่องโฟม หรือภาชนะที่เก็บความเย็น น้ำแข็ง
4. อุปกรณ์สำหรับปูรอง เช่น ผ้าพลาสติก ถุงกระสอบปุ๋ย
5. เครื่องชั่งภาคสนาม ขนาดไม่เกิน 3 กิโลกรัม
6. ถุงมือยาง
7. ปากกาชนิดหมึกไม่ลบ
8. ฉลากบันทึกรายละเอียดตัวอย่าง
9. ตู้อบแห้งชนิดมีพัดลมระบายอากาศ (air force drying oven)
10. เครื่องบดพืช

รูปที่ 19 วัสดุ อุปกรณ์ การสุ่มและเตรียมตัวอย่างอาหารหยาบหมัก

วิธีการสุ่มตัวอย่าง

การสุ่มตัวอย่างอาหารหยาบหมัก สามารถสุ่มได้ 2 แบบคือ การสุ่มด้วยมือ และ การสุ่มโดยใช้หลาวเจาะ

การสุ่มด้วยมือ ใช้กับอาหารหยาบหมักที่บรรจุในถุง หรือถังพลาสติก ให้สุ่ม 5 ถุงหรือถัง จากทุกๆ 100 ถุงหรือถังในชุดการผลิตเดียวกัน แล้วรวมเป็น 1 ตัวอย่าง โดยมีวิธีการดังนี้

1. เมื่อเปิดภาชนะที่บรรจุพืชหมัก หากพบเชื้อราบริเวณผิวด้านบนไม่เกิน 3 นิ้ว ให้เก็บทิ้ง แล้วจึงสุ่มเก็บอาหารหยาบหมัก

2. ให้สุ่ม 3 จุด คือ ส่วนบนลึกลงไปไม่น้อยกว่า 3 นิ้ว ส่วนกลาง และส่วนล่างของภาชนะ แต่ละจุดสุ่มให้ได้ตัวอย่างเท่าๆ กัน เมื่อรวมแล้วให้ได้น้ำหนักประมาณ 2 กิโลกรัม นำมาคลุกรวมกันอย่างรวดเร็ว (ป้องกันการระเหยไปของกรดไขมันระเหยง่าย) รวมเป็น 1 ตัวอย่าง
3. ใส่ตัวอย่างในถุงพลาสติกชนิดเย็นทันที โดยให้ตัวอย่างสัมผัสกับอากาศสั้นที่สุด แบ่งเป็น 2 ถุงๆ ละประมาณ 1 กิโลกรัม เพื่อส่งทดสอบกรดไขมันระเหยง่าย 1 ถุง และองค์ประกอบทางเคมี 1 ถุง

รูปที่ 20 การสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบหมักด้วยมือ

การสุ่มด้วยหลาวเจาะ

กรณีที่บรรจุในถังพลาสติก ใช้สุ่มตัวอย่างอาหารหยาบหมัก ดังนี้

1. เปิดถังที่บรรจุพืชหมัก หากพบเชื้อราบริเวณผิวด้านบนไม่เกิน 3 นิ้ว ให้เก็บทิ้ง
2. ใช้หลาวสแตนเลส แทงเจาะที่ด้านบนของอาหารหยาบหมัก ลึก 2 ใน 3 ของภาชนะบรรจุ โดยมีสว่านเป็นตัวช่วยเจาะ อย่างน้อย 5 จุด นำมารวมกัน แล้วรวมเป็น 1 ตัวอย่าง
3. ใส่ตัวอย่างในถุงพลาสติกชนิดเย็นทันที โดยให้ตัวอย่างสัมผัสกับอากาศสั้นที่สุด แบ่งเป็น 2 ถุงๆ ละประมาณ 1 กิโลกรัม เพื่อส่งทดสอบกรดไขมันระเหยง่าย 1 ถุง และองค์ประกอบทางเคมี 1 ถุง

รูปที่ 21 การสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบหมักด้วยหลาวเจาะ

กรณีที่บรรจุในถุงพลาสติก ให้สุ่มตัวอย่างอาหารหยาบหมัก โดยไม่ต้องเปิดถุง ดังนี้

1. ใช้หลาวสแตนเลส แทงเจาะที่ด้านบนของถุงพลาสติกที่บรรจุอาหารหยาบหมัก ลึก 2 ใน 3 ของภาชนะบรรจุ โดยมีสว่านเป็นตัวช่วยเจาะ อย่างน้อย 5 จุด นำมารวมกัน แล้วรวมเป็น 1 ตัวอย่าง (แต่ละจุดเมื่อสุ่มเสร็จ ให้ใช้แผ่นพลาสติกกาวปิดรูที่เจาะ)
2. ใส่ตัวอย่างในถุงพลาสติกชนิดเย็นทันที โดยให้ตัวอย่างสัมผัสกับอากาศสั้นที่สุด แบ่งเป็น 2 ถุงๆ ละประมาณ 1 กิโลกรัม เพื่อส่งทดสอบกรดไขมันระเหยง่าย 1 ถุง และองค์ประกอบทางเคมี 1 ถุง

กรณีอาหารหยาบหมักในหลุมแนวนอน (horizontal silo)

หากอาหารหยาบหมักยังไม่เปิดหลุม ให้ตัดพลาสติกที่คลุมออกแล้วใช้หลาวเจาะสุ่มเก็บตัวอย่างตามความยาวของหลุม ลึกเข้าไป 12-24 นิ้ว อย่างน้อย 12 จุด แล้วรวมเป็น 1 ตัวอย่าง (แต่ละจุดเมื่อสุ่มเสร็จ ให้ใช้แผ่นพลาสติกกาวปิดรูที่เจาะ)

รูปที่ 22 การสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบหมักด้วยหลาวเจาะ

วิธีการเตรียมตัวอย่าง

รีดอากาศออกจากถุงให้หมด ปิดปากถุงให้แน่น ติดฉลากบ่งชี้ตัวอย่าง แล้วใส่ถุงพลาสติกเย็นอีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันฉลากหลุดหาย และน้ำซึมเข้าไปในตัวอย่าง

วิธีปฏิบัติก่อนนำส่งห้องปฏิบัติการ

นำตัวอย่างใส่กล่องโฟมบรรจุน้ำแข็งในระหว่างที่รอนำไปส่งห้องปฏิบัติการ หากไม่สามารถนำส่งตัวอย่างไปห้องปฏิบัติการในทันที ให้เก็บตัวอย่างในตู้เย็นที่อุณหภูมิติดลบ 20 (-20) องศาเซลเซียส (ตู้ Freezer)

รูปที่ 23 การรีดอากาศออกจากถุง และแช่น้ำแข็งขณะนำตัวอย่างอาหารหยาบหมักส่งห้องปฏิบัติการ

คำแนะนำ

1. กรณีของการศึกษาเกี่ยวกับขบวนการหมัก ควรมีการสุ่มตัวอย่างหญ้าก่อนหมัก หาค่า WSC
2. การสุ่มตัวอย่างอาหารหยาบหมักจะต้องรีบทำอย่างรวดเร็ว ป้องกันการสูญเสียกรดไขมันระเหยง่าย
3. หากมีเชื้อราบริเวณผิวด้านบน ให้นำส่วนที่มีเชื้อราทิ้ง แล้วจึงสุ่มตัวอย่าง แต่หากมีเชื้อราเกิดภายในถุงมากถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ห้ามสุ่มเก็บตัวอย่าง และไม่นำไปใช้เลี้ยงสัตว์
4. การสุ่มเก็บพืชหมักให้สวมถุงมือยางเพื่อป้องกันการระคายเคือง
5. การเก็บรักษาตัวอย่างอาหารหยาบหมักต้องใส่ในถุงพลาสติกชนิดเย็น (หากใช้ถุงร้อนจะฉีกขาดเมื่อเก็บรักษาในตู้แช่แข็ง)
6. ควรประสานงานกับห้องปฏิบัติการก่อนการเก็บตัวอย่าง เพื่อวางแผนในการส่งตัวอย่างเข้าทดสอบ ตัวอย่างควรทดสอบโดยเร็วที่สุด
7. ตัวอย่างที่แช่แข็ง อาจใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ห่อถุงตัวอย่าง และเก็บในกล่องโฟมที่มีน้ำแข็งในระหว่างที่ส่งตัวอย่างเข้าห้องปฏิบัติการ

บทที่ 2

การสุ่มตัวอย่างอาหารข้น และอาหารผสมครบส่วน

(concentrate and total mixed ration sampling)

ความหมาย

อาหารข้น (concentrate) หมายถึง วัตถุดิบอาหารสัตว์หรืออาหารสัตว์ที่มีเยื่อใยหยาบ (crude fiber)น้อยกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ ในที่นี้มี 4 ประเภท คือ

1. วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งพลังงาน เป็นกลุ่มของวัตถุดิบที่มีโปรตีนน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใยหยาบน้อยกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ หรือค่าผนังเซลล์ (cell wall) น้อยกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง และในกรณีที่วัตถุดิบเหล่านี้ถูกนำไปหมัก ก็จัดวัตถุดิบที่ได้จากการหมักนี้ไว้ในกลุ่มวัตถุดิบแหล่งพลังงาน เช่น มันเส้น รำ ปลายข้าว เมล็ดข้าวโพด กากมะพร้าว ฯลฯ

2. วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งโปรตีน เป็นกลุ่มของวัตถุดิบที่มีโปรตีนตั้งแต่ 20 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้งขึ้นไป เป็นวัตถุดิบที่ได้จากสัตว์ (รวมทั้งอาหารหมักที่ได้จากสัตว์) พืช สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen, NPN) วัสดุพลอยได้จากขบวนการสกัดน้ำมัน และกลูเตน (gluten) เช่น กากถั่วเหลือง ปลาป่น ใบกระถินป่น ฯลฯ

3. วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งเสริมแร่ธาตุ เช่น พรีมิกซ์ เกลือ กำมะถัน ฯลฯ

4. วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งวิตามิน

รูปที่ 24 อาหารข้นชนิดต่างๆ

อาหารผสมครบส่วน หมายถึง อาหารผสมสำเร็จรูป total mixed ration (TMR) หรือ complete ration (CR) หรืออาหารผสมสำเร็จรูปที่ผลิตขึ้นมาจากการนำอาหารหยาบ และอาหารข้นมาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยต้องคำนวณสัดส่วนของอาหารทั้ง 2 ชนิด จากน้ำหนักแห้งให้ได้ตามความต้องการของสัตว์ แล้วจึงนำไปใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ แทนการเลี้ยงแบบเดิม ที่ให้อาหารหยาบและอาหารข้นแยกกัน

การใช้หญ้าสดผสมเป็น TMR

การใช้หญ้าหมักผสมเป็นTMR

รูปที่ 25 อาหารผสมครบส่วน ชนิดต่างๆ

ขอบข่ายการทดสอบ

อาหารข้น และอาหารผสมครบส่วนมีขอบข่ายการทดสอบคุณค่าทางโภชนะแตกต่างกันไป ขึ้นกับวัตถุประสงค์การส่งตัวอย่าง ดังนี้ proximate, detergent fiber, gross energy แร่ธาตุ ค่าการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ

การสุ่มและเตรียมตัวอย่างอาหารข้น และอาหารผสมครบส่วน

วัสดุอุปกรณ์

1. อุปกรณ์สำหรับสุ่มตัวอย่าง ได้แก่ หลาวสแตนเลส ขนาดความยาวประมาณ 50 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร scoop หรืออุปกรณ์เครื่องมืออื่นที่เหมาะสมที่ใช้ในการตัก
2. อุปกรณ์สำหรับใส่ตัวอย่าง ได้แก่ ถังพลาสติกขนาดให้พอเหมาะกับจำนวนตัวอย่าง ถุงพลาสติกชนิดถุงเย็น แบบซิปล๊อค หรือถุงกระดาษ หรือภาชนะบรรจุใดๆ ที่ทึบแสงและป้องกันความชื้นได้
3. ถุงมือยาง
4. แปรง หรืออุปกรณ์ทำความสะอาดถัง
5. ผ้าพลาสติก สำหรับปูรองพื้นตอนแบ่งตัวอย่าง หรือเครื่องแบ่งตัวอย่าง
6. อุปกรณ์สำหรับตัด เช่น กรรไกร สำหรับตัดชิ้นส่วนวัตถุดิบบางชนิดที่มีขนาดยาว
7. ปากกาเคมีชนิดหมึกไม่ลบ (permanent marker)
8. ตู้อบแห้งชนิดมีพัดลมระบายอากาศ
9. เครื่องชั่งภาคสนาม ขนาดไม่เกิน 3 กิโลกรัม

รูปที่ 26 วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

1. วิธีการสุ่มตัวอย่างอาหารข้นหรืออาหารผสมที่เป็นเนื้อเดียวกัน เช่น

อาหารสัตว์ผสมครบส่วน หัวอาหาร สารผสมล่วงหน้า และวัตถุดิบอาหารสัตว์

1.1 อาหารสัตว์ผสมครบส่วน และหัวอาหาร

ให้สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์นั้นๆ จากหีบห่อ หรือภาชนะบรรจุที่พร้อมจะนำออกขาย ไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 ของจำนวนภาชนะบรรจุอาหารสัตว์ผสมสำเร็จรูปและหัวอาหารในแต่ละชนิด แล้วนำมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง ประมาณ 3 กิโลกรัม

1.2 สารผสมล่วงหน้า

ให้สุ่มเก็บตัวอย่างที่พร้อมจะนำออกขาย จากหีบห่อ หรือภาชนะบรรจุ จากสถานที่ผลิตสถานที่สั่งหรือนำเข้าโดยสุ่มเก็บชนิดละ 3 ตัวอย่างๆ ละประมาณ 200 กรัม

1.3 วัตถุดิบอาหารสัตว์

- ในสภาพที่กองรวมกันอยู่ ยังไม่ได้บรรจุในภาชนะบรรจุ

ให้สุ่มเก็บตัวอย่างรอบๆ กอง แต่ละกอง อย่างน้อย 5 จุด และเก็บลึกเข้าไปในกองอย่างน้อย 1 เมตร 3 จุด แล้วนำมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่างประมาณ 3 กิโลกรัม

- ในสภาพที่บรรจุอยู่ในภาชนะบรรจุแล้ว

ให้สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์นั้นๆ จากหีบห่อ หรือภาชนะบรรจุ ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 5 ของจำนวนภาชนะบรรจุอาหารสัตว์ผสมสำเร็จรูปและหัวอาหารในแต่ละชนิด แล้วนำมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง ประมาณ 3 กิโลกรัม ทั้งนี้การรวมตัวอย่างที่สุ่มจากแต่ละกระสอบเป็น 1 ตัวอย่าง ต้องเป็นตัวอย่างจากชุดการผลิต (lot) เดียวกันเท่านั้น หากไม่เป็นจากชุดการผลิตเดียวกัน ต้องแยกออกเป็นคนละตัวอย่าง

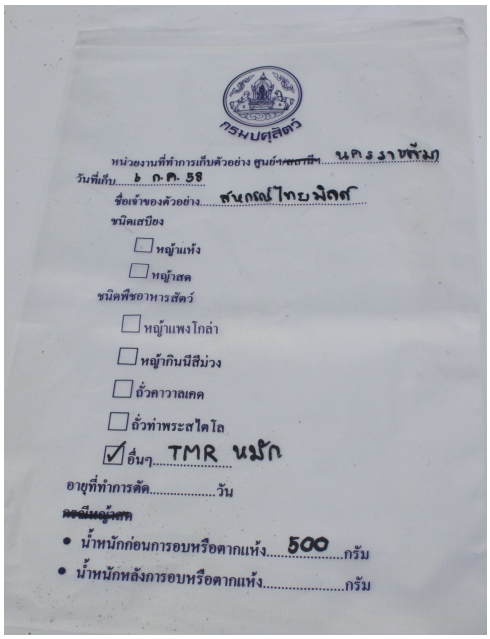
รูปที่ 27 การสุ่มเก็บตัวอย่างด้วยมือในสภาพเป็นกอง

รูปที่ 28 การสุ่มเก็บตัวอย่างด้วยหลาวในสภาพที่บรรจุในกระสอบ

รูปที่ 29 การสุ่มเก็บตัวอย่างด้วยมือในสภาพที่บรรจุในรถ

วิธีปฏิบัติก่อนนำส่งห้องปฏิบัติการ

1. หลังจากสุ่มเก็บตัวอย่างจนได้ปริมาณเพียงพอตามที่กำหนด ให้เขียนรายละเอียดตัวอย่าง ได้แก่ ชนิดตัวอย่าง วันเดือนปีที่เก็บตัวอย่าง ลงบนสลาก ใส่ลงในถุงพลาสติกปิดผนึกให้สนิท แล้วติดลงไปบนภาชนะหรือถุงใส่ตัวอย่างให้เรียบร้อย หรือเขียนรายละเอียดตัวอย่างบนภาชนะหรือถุงใส่ตัวอย่าง ด้วยปากกาชนิดหมึกไม่ลบ
2. ถ้าเป็นตัวอย่างที่จะเสื่อมสภาพ ควรรีบนำส่งทันที หากไม่สามารถส่งได้ให้เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
3. เขียนแบบฟอร์มส่งตัวอย่าง โดยกรอกรายละเอียดให้ครบถ้วนสมบูรณ์ ตรวจสอบความถูกต้องของรายละเอียด และชนิดตัวอย่าง ให้ตรงกับตัวอย่างที่จะส่งห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 30 ตัวอย่างป้ายระบุรายละเอียดตัวอย่าง

วิธีปฏิบัติการนำส่งห้องปฏิบัติการ

กรณีที่เป็นตัวอย่างที่มีความชื้นต่ำ

หลังจากสุ่มตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว หากยังไม่สามารถส่งห้องปฏิบัติการได้ ควรเก็บรักษาตัวอย่างไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ช่องธรรมดาในตู้เย็น) โดยใส่ลงในถุงพลาสติกชนิดเย็น ปิดให้มิดชิด หรือเก็บลงในกล่องพลาสติกที่มีฝาปิด แล้วรีบนำส่งห้องปฏิบัติทันที

กรณีที่เป็นตัวอย่างที่มีความชื้นสูง

ทำการลดความชื้นลงด้วยการอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส หากไม่มีตู้อบ สามารถตากผึ่งในที่ที่มีลมพัดผ่าน และคอยเกลี่ยกลับตัวอย่างบ่อยๆ จนแห้ง บรรจุตัวอย่างลงภาชนะบรรจุตามขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง จากนั้นนำส่งห้องปฏิบัติการทันที (บันทึกน้ำหนักก่อนและหลังการอบ เพื่อใช้คำนวณหาเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)

2. วิธีการสุ่มตัวอย่างอาหารผสมที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

2.1 กรณีที่อยู่ในสภาพกองเป็นชั้น

1. ก่อนสุ่มตัวอย่างให้ปาดหน้าตัดของกองตัวอย่าง ออกก่อน ประมาณ 15 เซนติเมตร จากนั้นจึงสุ่มตัวอย่างในแนวตั้งจากชั้นบนลงถึงพื้นล่าง อย่างน้อย 3 จุด โดยเว้นระยะห่างเท่าๆ กัน
   (กรณีมีส่วนผสมที่ยังเป็นชิ้นใหญ่ จะต้องตัดด้วยกรรไกร หรือมีดให้มีขนาดไม่เกิน 1 นิ้ว ก่อนคลุกเคล้าให้เข้ากัน)
2. คลุกเคล้าตัวอย่างแต่ละจุดให้เข้ากัน แล้วสุ่มแบ่งโดยวิธีแบ่ง 4 ส่วน (ภาคผนวกที่ 2) ให้ได้ปริมาณเท่าๆ กัน จากนั้นนำตัวอย่างจากทุกจุดมารวมกันและคลุกเคล้าให้เข้ากันอีกครั้ง
3. สุ่มตัวอย่างจากข้อ 2 โดยวิธีแบ่ง 4 ส่วน อีกครั้ง ทำซ้ำจนได้ตัวอย่างประมาณ 500 กรัม
4. บรรจุใส่ในขวดแก้วที่ล้างสะอาดและแห้ง หรือถุงพลาสติกชนิดถุงเย็น นำส่งห้องปฏิบัติการพร้อมรายละเอียดตามแบบฟอร์มการส่งตัวอย่าง

รูปที่ 31 การสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารข้นผสมที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน กรณีที่อยู่ในสภาพกองเป็นชั้น

2.2 กรณีบรรจุอยู่ในกระสอบ (หรือวัสดุที่คล้ายกระสอบ)

1. ให้สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์นั้นๆ จากหีบห่อ หรือภาชนะบรรจุที่พร้อมจะนำออกขาย ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 5 ของจำนวนภาชนะบรรจุอาหารสัตว์ผสมสำเร็จรูปและหัวอาหารในแต่ละชนิด แล้วนำมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง ประมาณ 3 กิโลกรัม

ทั้งนี้การรวมตัวอย่างที่สุ่มจากแต่ละกระสอบเป็น 1 ตัวอย่าง ต้องเป็นตัวอย่างจากชุดการผลิต (lot) เดียวกันเท่านั้น หากไม่เป็นจากชุดการผลิตเดียวกัน ต้องแยกออกเป็นคนละตัวอย่าง

2. เทตัวอย่างที่สุ่มได้ลงบนผ้าพลาสติก หรือภาชนะรองรับ สุ่มตัวอย่างโดยวิธีแบ่ง 4 จนได้น้ำหนักประมาณ 500 กรัม (กรณีมีส่วนผสมที่ยังเป็นชิ้นใหญ่ จะต้องตัดด้วยกรรไกร หรือมีดให้มีขนาดไม่เกิน 1 นิ้ว ก่อนคลุกเคล้าให้เข้ากัน)

3. บรรจุใส่ในขวดแก้วที่ล้างสะอาดและแห้งหรือถุงพลาสติกชนิดถุงเย็น นำส่งห้องปฏิบัติการพร้อมรายละเอียดตามแบบฟอร์มการส่งตัวอย่าง

3. วิธีการสุ่มตัวอย่างอาหารผสมครบส่วน TMR

- ในสภาพที่กองรวมกันอยู่ ยังไม่ได้บรรจุในภาชนะบรรจุ

ให้สุ่มเก็บตัวอย่างรอบๆ กอง แต่ละกอง อย่างน้อย 5 จุด และเก็บลึกเข้าไปในกองอย่างน้อย 1 เมตร 3 จุด แล้วนำมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่างประมาณ 3 กิโลกรัม

ข้อควรระวัง

1. ตัวอย่างที่เก็บจะต้องอยู่ในสภาพดี ไม่มีมอด แมลง หรือไม่ขึ้นรา ไม่มีกลิ่นเหม็นหืน ไม่มีสิ่งปลอมปนเมื่อประเมินด้วยสายตา

2. ต้องทำความสะอาดอุปกรณ์ทุกครั้งก่อนจะเก็บตัวอย่างชนิดต่อไป เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของวัตถุดิบ

3. ภาชนะที่บรรจุตัวอย่างต้องสะอาด แข็งแรง สามารถปิดได้มิดชิด

4. ฉลากกำกับตัวอย่างเขียนให้ชัดเจนด้วยปากกาเคมีชนิดหมึกกันน้ำ หรือชนิดหมึกไม่ลบ พร้อมทั้งตรวจสอบรายละเอียดตัวอย่างให้ตรงกันกับข้อมูลในแบบฟอร์มการส่งตัวอย่าง

5. ผู้ส่งตัวอย่างควรประสานกับเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ เพื่อให้แน่ใจว่าตัวอย่างจะส่งถึงห้องปฏิบัติการ และได้รับการทดสอบ

บทที่ 3

การสุ่มตัวอย่างวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและการแปรรูปจากอุตสาหกรรม

(Sampling of crop residue and agricultural and industrial by product)

ความหมาย

วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและการแปรรูปจากอุตสาหกรรม หมายถึง เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและการแปรรูปจากอุตสาหกรรม เช่น ฟางข้าว ต้นข้าวโพด ยอดอ้อย ใบมันสำปะหลัง เปลือกฝัก ต้นถั่วลิสงฟางถั่วเหลือง ฟางถั่วเขียว กากมันสำปะหลัง เปลือกสับปะรด กากมะเขือเทศ กากน้ำตาล กากส่าเหล้า กากเบียร์ กากยีสต์ ฯลฯ

รูปที่ 32 วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและการแปรรูปจากอุตสาหกรรม

ขอบข่ายการทดสอบ

วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและการแปรรูปจากอุตสาหกรรม แต่ละประเภทมีขอบข่ายการทดสอบคุณค่าทางโภชนะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การนำตัวอย่างไปใช้เลี้ยงสัตว์ประเภทใด แต่โดยทั่วไปมีขอบข่ายในการทดสอบได้ ดังนี้ proximate, detergent fiber, gross energy แร่ธาตุ และการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ

การสุ่มและเตรียมตัวอย่างวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและการแปรรูปจากอุตสาหกรรม

วัสดุอุปกรณ์

1. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่าง ได้แก่ ถุงพลาสติกชนิดเย็นขนาด 12 × 18 นิ้ว
2. อุปกรณ์สำหรับปูรอง เช่น ผ้าพลาสติก ถุงกระสอบปุ๋ย
3. เครื่องชั่งภาคสนาม ขนาดไม่เกิน 3 กิโลกรัม
4. ถุงมือยาง
5. ปากกาชนิดหมึกไม่ลบ
6. ฉลากบันทึกรายละเอียดตัวอย่าง
7. ตู้อบแห้งชนิดมีพัดลมระบายอากาศ (air force drying oven)
8. เครื่องบดพืช

รูปที่ 33 วัสดุอุปกรณ์ การสุ่มและเตรียมตัวอย่างวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและการแปรรูปจากอุตสาหกรรม

วิธีการสุ่มตัวอย่าง

วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและการแปรรูปจากอุตสาหกรรม มีวิธีการสุ่มดังนี้ สุ่มให้กระจายทั่วทั้งกองอย่างน้อย 5 จุด แล้วรวมเป็น 1 ตัวอย่าง จำนวนตัวอย่างที่จะต้องสุ่มขึ้นกับปริมาณวัตถุดิบที่มี

ปริมาณของวัตถุดิบ	จำนวนตัวอย่างที่สุ่ม
น้อยกว่า 2 ตัน	5
2 - 5 ตัน	10
2 - 50 ตัน	15
50 - 100 ตัน	25

100 ตันขึ้นไป สุ่มตัวอย่างเพิ่มอีก 2 ตัวอย่าง จากทุกๆ 20 ตันที่เกินจาก 100 ตัน

2. หากตัวอย่างที่สุ่มได้ เมื่อรวมกันแล้วมีน้ำหนักเกินกว่าที่ต้องการ ให้ทำการสุ่มตัวอย่างโดยวิธีแบ่ง 4 ส่วน (ภาคผนวกที่ 2) จนสุดท้ายเหลือตัวอย่างประมาณ 1 – 2 กิโลกรัม
3. บรรจุใส่ในขวดแก้วที่ล้างสะอาดและแห้งหรือถุงพลาสติกชนิดถุงเย็น นำส่งห้องปฏิบัติการพร้อมรายละเอียดตามแบบฟอร์มการส่งตัวอย่าง

ข้อควรระวัง

1. เนื่องจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น เปลือกสับปะรด กากมันสำปะหลัง ถ้าการเก็บรักษาไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการคุณค่าทางอาหารจะลดลงเรื่อยๆ ตามเวลาการเก็บ ผลทดสอบจึงเป็นค่าที่ได้จากตัวอย่างในวันที่เก็บเท่านั้น
2. ควรเดินสำรวจกองวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและการแปรรูปจากอุตสาหกรรมให้ทั่ว เพื่อดูว่าเป็นเนื้อเดียวกันหรือไม่ หรือมีองค์ประกอบหลายส่วนรวมกัน เช่น กรณีสับปะรด มีทั้งส่วนเปลือก แกน และจุกสับปะรดกองอยู่ด้วยกัน จึงต้องกำหนดสัดส่วนการเก็บและจุดที่จะเก็บให้ดี เพื่อให้ได้ตัวแทนที่ดี

บทที่ 4
การสุ่มตัวอย่างดิน
(soil sampling)

ความหมาย

ดิน หมายถึง วัตถุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการสลายตัวทางกายภาพและทางเคมีของหินและแร่ รวมกับสารอินทรีย์ที่เกิดจากการสลายตัวของซากพืชซากสัตว์ เป็นผิวชั้นบนที่หุ้มห่อโลก ซึ่งดินจะมีลักษณะและคุณสมบัติต่างกันไปในที่ต่างๆ ตามสภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศ วัตถุต้นกำเนิด สิ่งมีชีวิตและระยะเวลาการสร้างตัวของดิน

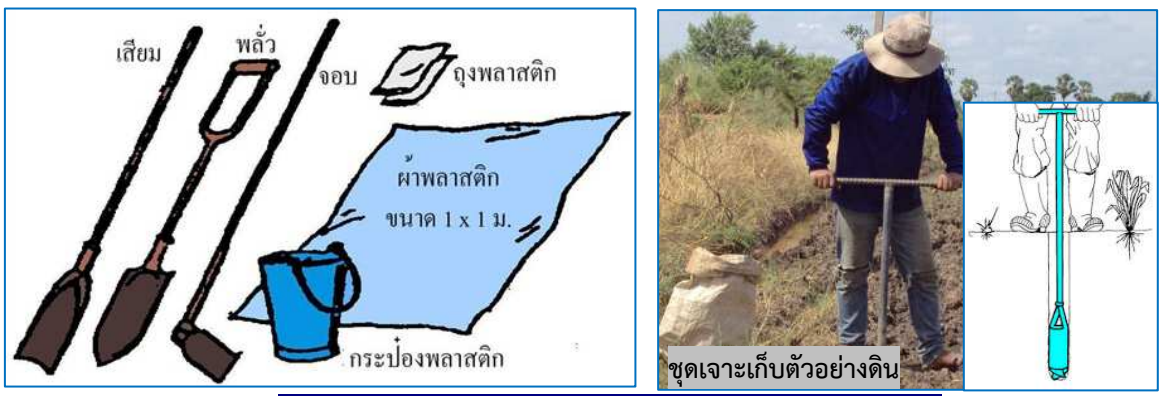
ขอบข่ายในการทดสอบ

โดยทั่วไปมีขอบข่ายการทดสอบดังนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อินทรียวัตถุ (organic matter, OM) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen, N) ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (Avalable P) โปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Ca) , แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) Mg , S , ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity, CEC) ค่าความต้องการปูน (lime requirement)

การสุ่มและเตรียมตัวอย่างดิน

วัสดุอุปกรณ์

1. อุปกรณ์สำหรับขุด เจาะดิน ได้แก่ จอบ เสียม พลั่ว ชุดเจาะเก็บตัวอย่างดิน (augar)
2. อุปกรณ์สำหรับใส่ตัวอย่าง ได้แก่ ถุงพลาสติก ถังพลาสติก บุ้งกี๋
3. อุปกรณ์สำหรับปูรอง เช่น ผ้าพลาสติก ถุงกระสอบปุ๋ย
4. ปากกาชนิดกันน้ำ
5. ฉลากบันทึกรายละเอียดตัวอย่าง
6. อุปกรณ์สำหรับบด ร่อน



รูปที่ 34 วัสดุอุปกรณ์ ที่ใช้ในการสุ่มและเตรียมตัวอย่างดิน

วิธีการสุ่มตัวอย่าง

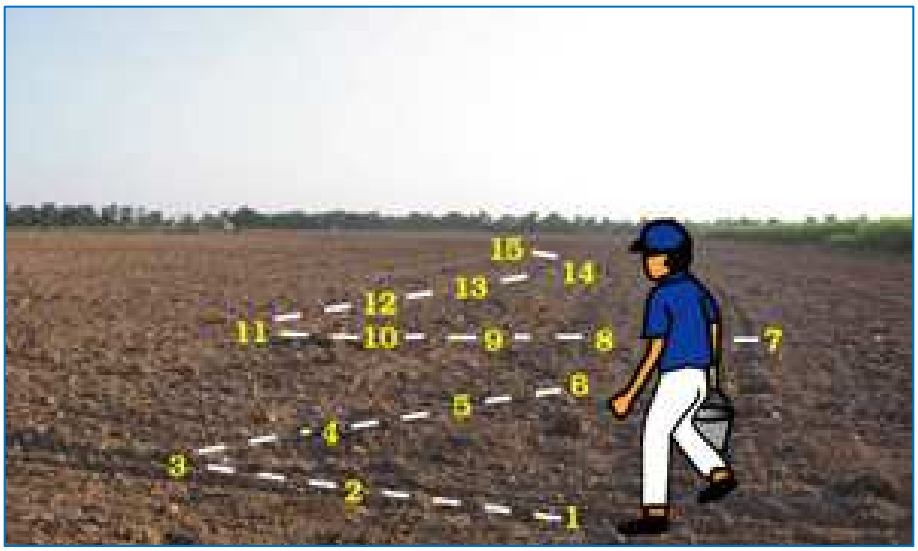
1. ลักษณะของแปลงที่เก็บตัวอย่าง

1.1 กรณีพื้นที่แปลงเรียบสม่ำเสมอและเป็นชุดดินเดียวกัน

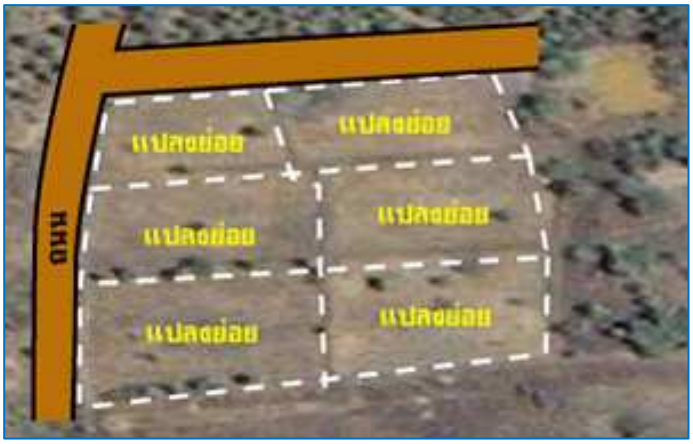
ถ้ามีพื้นที่ไม่เกิน 25 ไร่ ให้กระจายเก็บตัวอย่างดินประมาณ 15 จุด โดยแต่ละจุดบนพื้นที่นั้นมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน ควรตรวจดูความแตกต่างของดินแปลงนั้นอย่างถี่ถ้วน บางครั้งถ้าพื้นที่มีขนาดใหญ่ต้องแบ่งออกเป็นแปลงย่อยๆ ตามลักษณะความลาดเทของพื้นที่ แหล่งกำเนิด ดิน พืชพรรณบนดิน สีของดิน บริเวณของดินในระยะใกล้เคียงกัน ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันมาก โดยสามารถเดินเป็นรูปตัว “ X ” หรือ ตัว “ Z “ หรือแบบสลับฟันปลา ดังรูปที่ 35 (ควรเก็บบริเวณหัวแปลง กลาง และท้ายแปลง) แล้วนำดินจากแต่ละจุดมาคลุกรวมเป็น 1 ตัวอย่าง

กรณีพื้นที่แปลง ไม่เรียบ มีความลาดเอียง หรือ สูง ต่ำหรือชุดดินต่างกัน

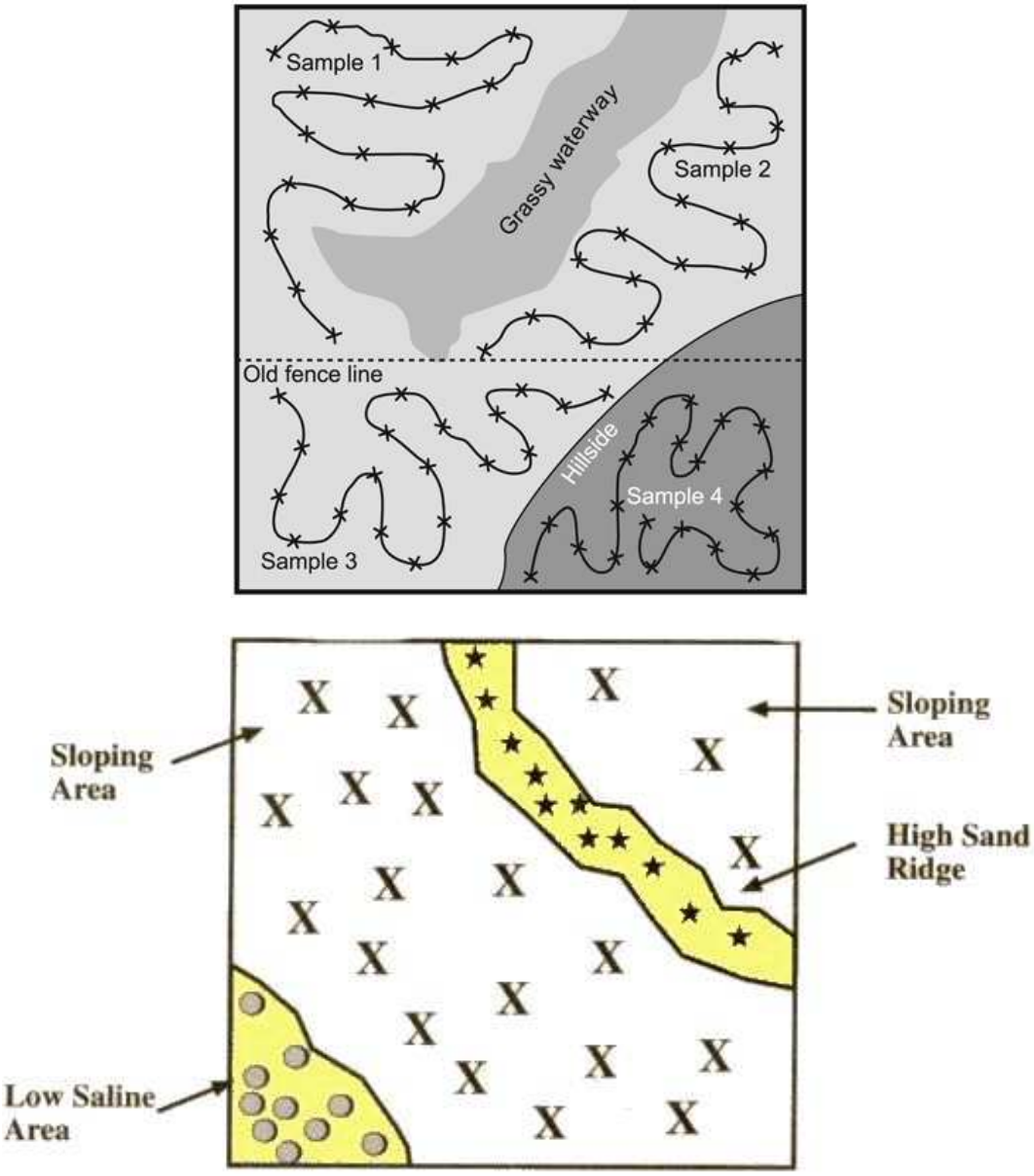
ให้เดินสำรวจแปลง แล้วแบ่งพื้นที่แปลงออกเป็นแปลงย่อยตามลักษณะของพื้นที่หรือชุดดินในแปลงที่แตกต่างกัน สุ่มเก็บตัวอย่างให้ทั่วแปลง อย่างน้อย 15 จุด (ควรเก็บบริเวณหัวแปลง กลางแปลง และท้ายแปลง โดยเว้นขอบแปลงเข้ามาประมาณ 1 เมตร) นำมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง ดังนั้นในพื้นที่แปลงที่มีความไม่สม่ำเสมอนี้จะมีตัวอย่างมากกว่า 1 ตัวอย่าง



รูปที่ 35 การสุ่มเก็บตัวอย่างดินถ้าพื้นที่ไม่เกิน 25 ไร่ กระจายเก็บประมาณ 15 จุด



รูปที่ 36 ถ้าพื้นที่ขนาดใหญ่ ต้องแบ่งเป็นแปลงย่อย

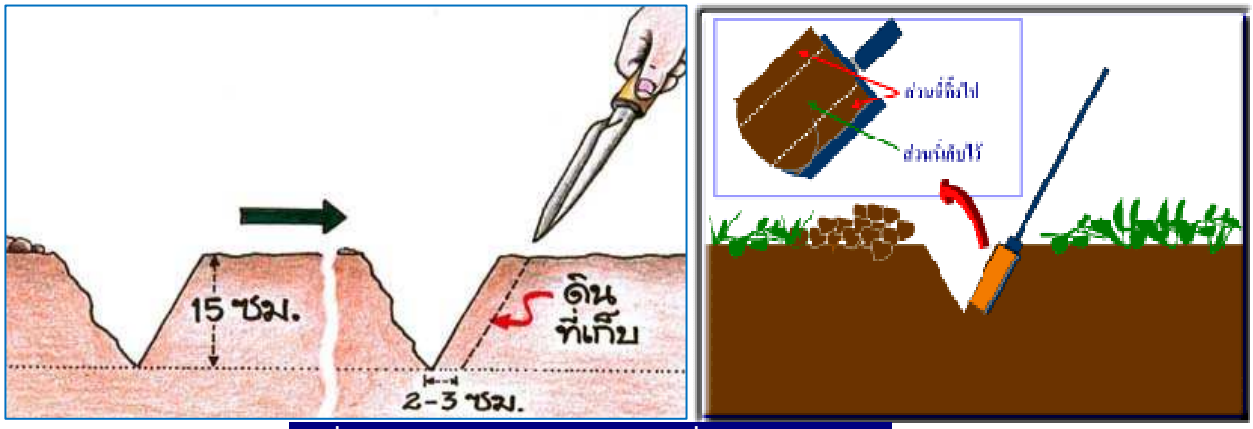


รูปที่ 37 แสดงรูปแบบการเดินสุ่มตัวอย่างดินในแปลง

2. วิธีการเจาะหรือขุดดิน ก่อนเจาะขุดหรือขุดดิน ควรกวาดเศษพืช ใบไม้หรือสิ่งปกคลุมดินออกเสียก่อนแล้วขุดดินลึกตามชนิดของพืชที่ปลูกดังนี้

ชนิดของพืช	ระดับความลึกที่ขุด
1. หญ้าอาหารสัตว์ ถั่วอาหารสัตว์ 2. ถั่วยืนต้น เช่น กระถิน	0 – 15 เซนติเมตร 0 – 100 เซนติเมตร

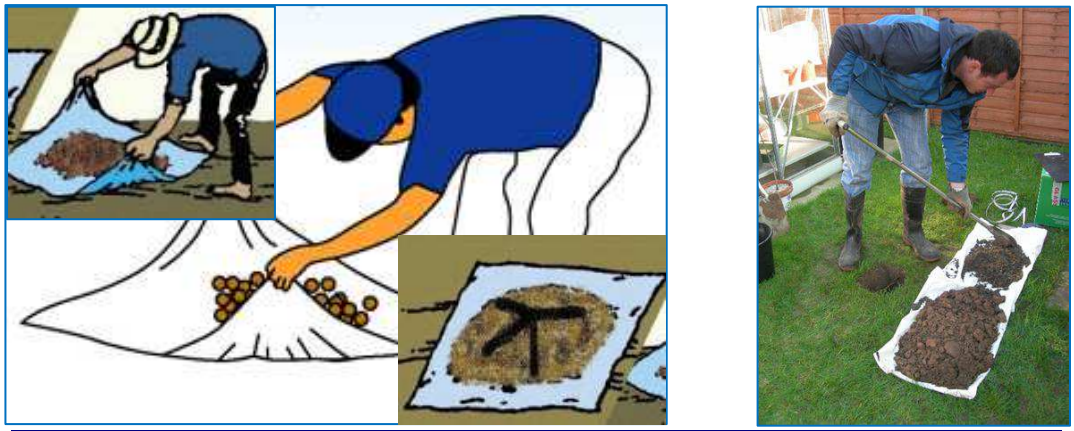
โดยขุดเป็นรูปลิ่มใช้พลั่วแซะดิน ขนานลงไปตามหน้าดินที่ขุดลึกถึงก้นหลุมประมาณ 15 เซนติเมตร แล้วตัดดินบนพลั่วทั้งสองทั้ง 2 ข้างออก เหลือดินตรงกลางประมาณ 2-3 เซนติเมตร เอาดินที่ได้ใส่ถัง ทำเช่นนี้ประมาณ 15 จุด แล้วเอาดินมารวมกันเป็นตัวอย่างเดียว



รูปที่ 38 แสดงวิธีการขุดหรือเจาะเพื่อเก็บตัวอย่างดิน

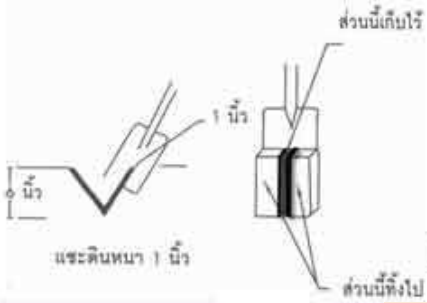
วิธีปฏิบัติก่อนนำส่งห้องปฏิบัติการ

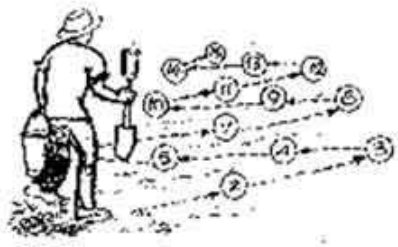
1. การผึ่งดิน ดินที่เก็บมานั้นนำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม อย่านำดินตากกลางแดดหรืออบด้วยความร้อนเพราะแสงแดดจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ควรนำดินเกลี่ยบนกระดาษที่สะอาดแล้ววางในที่ร่มที่มีลมพัดถ่ายเทได้สะอาดปราศจากฝุ่น ควันและไอของสารเคมี



รูปที่ 39 แสดงตัวอย่างดินที่เก็บมาต้องผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ห้ามตากแดด หรืออบด้วยความร้อน

2. การเก็บตัวอย่าง นำดินที่ผึ่งแห้งแล้ว มาแยกเอาส่วนประกอบที่ไม่ต้องการ เช่น เศษไม้ ก้อนอิฐ หิน กรวด ทราย รากไม้ ทิ้งไป แล้วใช้ไม้ที่สะอาดทุบดินให้ละเอียด (ไม่ควรใช้ค้อนโลหะทุบดินเพราะเศษของโลหะอาจจะหลุดกะเทาะออกมาทำให้คุณค่าทางเคมีของดินเปลี่ยนแปลงไป) ร่อนด้วยตะแกรงแยกดินส่วนที่หยาบและสิ่งที่ไม่ต้องการออกอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นนำเอาดินส่วนละเอียดมาคลุกเคล้าให้เข้ากัน สุ่มตัวอย่างด้วยวิธีแบ่ง 4 ส่วน (ภาคผนวกที่ 2) ให้ได้น้ำหนักสุดท้ายประมาณ 500 กรัม บรรจุใส่ในขวดแก้วที่ล้างสะอาดและแห้งหรือถุงพลาสติกชนิดถุงเย็น นำส่งห้องปฏิบัติการพร้อมรายละเอียดตามแบบฟอร์มการส่งตัวอย่าง





รูปที่ 40 แสดงวิธีเก็บตัวอย่างดิน | 1. เก็บให้กระจายทั่วพื้นที่ | 2. แบ่งตัวอย่างดิน 500 กรัม ส่งวิเคราะห์

3. การจดรายละเอียด เขียนหมายเลขข้างกล่องหรือถุงพลาสติกที่ใส่ตัวอย่างดินและเขียนรายละเอียดตามแบบฟอร์มท้ายเล่ม ใส่กล่องหรือถุงแล้วพับใส่ในกล่องดินนั้น ปิดกล่องหรือถุงให้เรียบร้อยนำส่งวิเคราะห์ต่อไป

หมายเหตุ การเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ซ้ำ ควรทำทุกๆ 3 – 4 ปี

ข้อควรระวัง

1. เวลาที่เหมาะสม การเก็บตัวอย่างดินควรเก็บก่อนฤดูปลูก 2 เดือน หรือภายหลังการเก็บเกี่ยว เพราะระยะนี้ดินแห้งไม่แฉะเกินไป ไม่ควรเก็บดินขณะเปียกหรือมีน้ำขัง (เพราะยังมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ซึ่งจะทำให้ผลวิเคราะห์ทางเคมีเปลี่ยนแปลงไปไม่เป็นไปตามความเป็นจริง) เพราะยากแก่การคลุกเคล้าให้เข้ากัน ความชื้นที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างอาจสังเกตได้โดยการบีบดินให้แน่น เมื่อแบมือออกแล้วดินไม่ติดมือและเมื่อแยกดินออกจะร่วน

2. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่าง จะต้องสะอาดไม่มีเศษปุ๋ย ยาฆ่าแมลง ยาปราบศัตรูพืช เถ้า ผงซักฟอก หรือเศษผงสกปรกอื่นๆ ซึ่งจะเข้าไปปะปนกับตัวอย่างดินอันจะทำให้ผลการวิเคราะห์ดินผิดพลาดไป

3. ดินบริเวณที่เป็นท้องกระทะ หรือติดต่อกับแม่น้ำหรือทางน้ำลำธารและดินที่มีลักษณะแตกต่างกัน ควรแยกเก็บคนละตัวอย่าง

4. ดินที่เคยใส่ปุ๋ย สารเคมีหรือปูนขาวมาแล้ว ควรแยกเก็บจากดินที่ไม่เคยใส่ปุ๋ย สารเคมีหรือปูนขาว

5. ไม่ควรเก็บตัวอย่างดินจากบริเวณข้างรั้วข้างถนน ริมตลิ่งบ้านเก่า คอกสัตว์หรือบริเวณที่มีปุ๋ยตกค้าง

6. การเก็บดินในพื้นที่ที่มีปัญหา เช่น ดินที่มีปัญหาในการปลูกพืช สังเกตจากมีพืชตายเป็นหย่อมๆ หรือ แสดงอาการขาดธาตุอาหารให้เห็น เช่น ใบมีสีซีดเหลือง ให้เก็บดินลึก 0 – 15 เซนติเมตร จากบริเวณที่มีอาการผิดปกติและบริเวณที่มีต้นพืชเจริญเติบโตดีเป็นปกติแห่งละ 1 ตัวอย่าง ดินที่มีการสะสมพวกเกลือ เช่นปูนขาว เกลือซัลเฟต หรือเกลือแกง ให้เก็บลึก 0 – 15 เซนติเมตร ประมาณ 20 – 30 จุด ห่างกันจุดละ 2 เมตรขึ้นไป และให้เก็บดินล่างลึกถัดลงไปจากระยะ 15 เซนติเมตร จนถึงความลึก 1 เมตร โดยเก็บอีกประมาณ 3 จุด รวมเป็น 1 ตัวอย่าง พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่ถัดไปใกล้ๆกัน ซึ่งต้นพืชที่ขึ้นเจริญเติบโตเป็นปกติอีก 1 ตัวอย่าง

ภาคผนวก 1

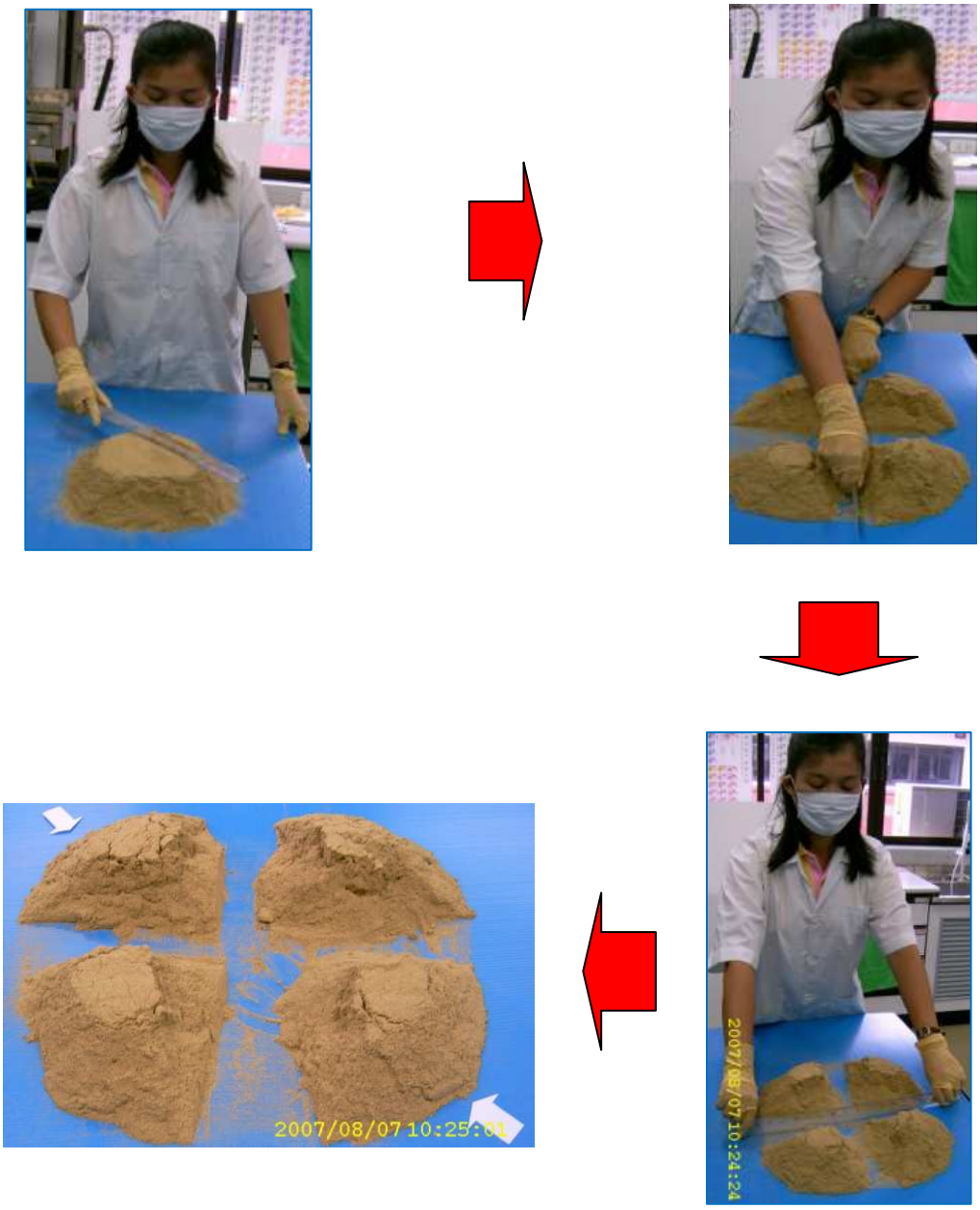
ระดับความสูงจากพื้นดินในการตัดพืชอาหารสัตว์

ชื่อ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ตัดสูงจากพื้น (เซนติเมตร)
เนเปียร์	*Pennisetum purpureum*	ชิดดิน
อะตราตัม	*Paspalum atratum*	5 - 10
แพงโกล่า	*Digitairia eriantha* :syn. D.decumbens	5 - 10
รูซี่	*Brachiaria ruziziensis*	10 - 15
กินีสีม่วง	*Panicum maximum* TD 58	10 - 15
พลิแคทูลั่ม	*Paspalum plicatulum*	10 - 15
โร้ด	*Chlieis gayana*	10 - 15
ฮามาต้า	*Stylosanthes hamata* cv.Verano	10 - 15
คาวาลเคด	*Centrosema pascusrum* cv. Cavalcade	10
ท่าพระสไตโล	*Stylosanthes guianensis* CIAT 184	15 - 20
ไมยรา	*Desmanthus virgatus*	30
ถั่วลิสงเถา	*Arachis pintoi* cv. Amarillo	ระดับที่สัตว์แทะเล็ม

ภาคผนวก 2

วิธีการแบ่ง 4 ส่วน (QUARTER)

วิธีการแบ่ง 4 ส่วน (QUARTER) คือ วิธีการนำตัวอย่างมาผสมให้เข้ากัน พูนเป็นรูปกรวยแล้วตบปลายกรวยให้ราบลง ตัดกรวยทแยงมุม แบ่งเป็น 4 ส่วนเท่าๆกัน ทิ้งส่วนที่อยู่ตรงข้ามกันไป 2 ส่วน นำส่วนที่เหลืออีก 2 ส่วนรวมกัน ถ้ายังมีตัวอย่างเหลืออีกมาก ก็นำมาแบ่ง 4 อีกจนกว่าจะได้น้ำหนักของตัวอย่างตามที่ต้องการ



รูปที่ 41 แสดงวิธีแบ่ง 4 ส่วน (QUARTER)

ภาคผนวก 3

การคำนวณค่าวัตถุแห้ง

ค่าวัตถุแห้ง หมายถึง ค่าของวัตถุแห้งในอาหารสัตว์ ซึ่งในอาหารสัตว์ทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นอาหารหยาบ อาหารหยาบข้น หรือวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและอุตสาหกรรม จะประกอบด้วยส่วนของน้ำและวัตถุแห้ง เมื่อระเหยน้ำออกไป ส่วนที่เหลือคือวัตถุแห้ง ตามมาตรฐานสากลการเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของอาหารสัตว์จะต้องใช้วัตถุแห้งของอาหารสัตว์เป็นมาตรฐานในการคำนวณ เช่น ปริมาณน้ำในพืชมีความแตกต่างตามชนิดพืช และระยะเวลา ถึงแม้ว่าจะเป็นพืชชนิดเดียวกัน อายุใกล้เคียงกันก็มีปริมาณน้ำไม่เท่ากัน ดังนั้น จึงต้องใช้วัตถุแห้งเป็นฐานในการคำนวณ เพื่อที่จะสามารถเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทดสอบจากทุกแห่งได้

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งที่แท้จริง (Dry Matter, DM) จากสูตร

$$\%DM = (\%DM\ 1 \times \%DM\ 2) / 100$$

เมื่อ %DM 1 คือ ค่าวัตถุแห้งที่ได้จากการอบตัวอย่างแห้งที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง

% DM 2 คือ ค่าวัตถุแห้งที่ได้จากการนำตัวอย่างสดมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 - 48 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่

ภาคผนวก 4

ความหมายของรายการวิเคราะห์ทดสอบ

การวิเคราะห์อาหารสัตว์แบบประมาณ (Proximate Analysis)

การวิเคราะห์อาหารสัตว์แบบประมาณ เป็นการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารเบื้องต้นที่ใช้ในการอธิบายส่วนประกอบทางเคมีของอาหารสัตว์ แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 6 อย่าง คือ ความชื้น (moister) โปรตีนหยาบ (crude protein) ไขมัน (ether extraction หรือ crude fat) กากหรือเยื่อใยหยาบ (crude fiber) เถ้า (ash) และ Nitrogen Free Extract (NFE)

ความสำคัญในการวิเคราะห์แบบประมาณ

การวิเคราะห์แบบประมาณเป็นพื้นฐานในการอธิบายถึงส่วนประกอบทางเคมีของอาหารในตารางแสดงคุณค่าทางอาหาร ถ้ามีการปรับระดับความชื้นในอาหารให้พอเหมาะ ค่าของส่วนประกอบทางเคมีต่างๆ ก็จะเป็นพื้นฐานในการกำหนดราคาซื้อขาย การคำนวณสูตรอาหาร และการศึกษาในรายละเอียดของโภชนะ

ความชื้น (moister)

ความชื้น หมายถึง ส่วนประกอบของอาหารสัตว์ส่วนที่เป็นน้ำ ซึ่งพบได้ 3 รูป (Form) คือ

1. Free Water คือ น้ำที่อยู่อย่างอิสระในอาหารสัตว์ ไม่มีพันธะ (bond) ใดๆ มายึดไว้
2. Bond Water คือ น้ำที่ประกอบอยู่ในอาหารสัตว์ในรูปไฮเดรต(Hydrate) โดยมี hydrogen bond ยึดไว้
3. Adsorbed Water คือ น้ำที่ถูกดูดซึมห่อหุ้มอยู่รอบๆ ผิวของส่วนประกอบของอาหารสัตว์ในลักษณะที่เป็นชั้นบางๆ โดยมีแรงดึงดูดของโมเลกุลยึดไว้

อาหารสัตว์แต่ละชนิดมีส่วนที่เป็นน้ำทั้ง 3 แบบนี้อยู่ในปริมาณที่แตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ปริมาณโภชนะในอาหารสัตว์เหล่านั้นแตกต่างกันออกไปด้วย การจะเปรียบเทียบคุณค่าโภชนะจำเป็นต้องปรับอาหารสัตว์ให้อยู่ในสภาพเดียวกันเสียก่อน นั่นคือปรับให้อยู่ในสภาพไร้ความชื้นที่เรียกว่า วัตถุแห้ง (Dry Matter Basis) จึงสามารถนำคุณค่าทางโภชนะมาเปรียบเทียบกันได้ จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในอาหารสัตว์เพื่อจะได้ทราบถึงปริมาณวัตถุแห้งของอาหารสัตว์นั้นๆ

โปรตีนหยาบ (crude protein)

โปรตีนในอาหารสัตว์ นิยมทำการวิเคราะห์โดยวิธีประมาณด้วยการหาธาตุไนโตรเจนทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหารนั้น โดยทั่วไปแล้วโปรตีนจะประกอบด้วยไนโตรเจน 16 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักโมเลกุล ดังนั้นถ้าทราบปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในตัวอย่าง ก็จะสามารถทราบปริมาณโปรตีนได้โดยคูณกับค่าคงที่ที่เรียกว่า Kjeldahl Factor เนื่องจากโปรตีนในอาหารแต่ละชนิดมีปริมาณไนโตรเจนต่างกัน การใช้ค่า Factor ใดจึงขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่างที่วิเคราะห์ แต่โดยทั่วไปจะใช้ค่า factor 6.25 โปรตีนที่วิเคราะห์ได้โดยวิธีนี้เรียกว่า โปรตีนรวมหรือโปรตีนหยาบ (crude protein, CP) ค่าโปรตีนที่ได้ประกอบด้วย โปรตีนแท้ (true protein) และสารที่ไม่ใช่โปรตีนแต่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ยกเว้นไนเตรท อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์โปรตีนด้วยวิธีนี้ยังเป็นที่นิยมใช้กันอยู่จนถึงปัจจุบัน

ไขมัน (ether extract หรือ crude fat)

ไขมันเป็นสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของพืชและสัตว์ สามารถละลายได้ในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ต่างๆ เช่น ether, benzene, acetone และ chloroform แต่ไม่สามารถละลายน้ำได้ สารประกอบประเภทไขมันเมื่ออยู่ในสภาพของเหลวที่อุณหภูมิปกติ เรียกว่า น้ำมัน (Oil) ถ้าอยู่ในสภาพครึ่งแข็งครึ่งเหลวที่อุณหภูมิปกติ เรียกว่า ไขมัน (Fat) แต่ถ้าเป็นของแข็งที่อุณหภูมิปกติ เรียกว่า ไข (Wax)

การวิเคราะห์หาไขมันในอาหารสัตว์ ทำได้โดยใช้ตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ (organic solvent) เป็นตัวสกัด สารที่ถูกสกัดได้แบ่งเป็น 2 พวกคือ สารจำพวกไขมันคือกลีเซอไรด์ของกรดไขมัน กรดไขมันอิสระ สเตอรอล เลซิติน และสารจำพวกที่ไม่ใช่ไขมัน แต่ตัวทำละลายสามารถสกัดออกมาได้ด้วยคือเม็ดสีต่างๆ สารประกอบพวกอัลลาไล และวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน สารจำพวกนี้มีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับสารจำพวกไขมัน ดังนั้นสารพวกที่ไม่ใช่ไขมันจึงไม่มีผลต่อการวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน จากการที่สารที่ถูกสกัดมีทั้งพวกที่เป็นไขมันและไม่ใช่ไขมัน จึงเรียกสารทั้งสองพวกรวมว่า crude Fat หรือโดยทั่วไปอาจเรียกว่า ether extract

เยื่อใยหยาบ หรือกาก (crude fiber)

เยื่อใยเป็นสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรตที่พบมากในพืช ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน เยื่อใยรวม (crude fiber) จัดเป็น structural carbohydrate ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างส่วนต่างๆ ของพืช ทำให้พืชคงรูปร่างอยู่ได้ สัตว์โดยทั่วไปใช้คาร์โบไฮเดรตชนิดนี้ไม่ได้เพราะไม่มีน้ำย่อยในระบบย่อยอาหารของสัตว์ นอกจากสัตว์เคี้ยวเอื้องและสัตว์พวกกระต่ายและม้าเท่านั้น

เยื่อใยในอาหารสัตว์ใช้วัดคุณค่าทางอาหารสัตว์แต่ละประเภท เพราะสัตว์บางพวก เช่น สัตว์ปีกใช้ประโยชน์จากเยื่อใยได้น้อยมาก ดังนั้นอาหารที่มีเยื่อใยสูงจึงเป็นอาหารที่มีคุณภาพต่ำสำหรับสัตว์ปีก ขณะที่สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้เซลลูโลสได้ ดังนั้นอาหารที่มีเยื่อใยสูงจึงไม่ใช่อาหารที่คุณภาพต่ำสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง

เถ้า (ash)

เถ้าในอาหาร คือ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการเผาอาหารที่อุณหภูมิสูง 500 – 600 องศาเซลเซียส จนกระทั่งสารอินทรีย์ถูกเผาไหม้ไปหมด ค่าของเถ้าที่หาได้สามารบ่งบอกถึงคุณภาพของอาหารสัตว์ได้ โดยถ้าค่าของเถ้าสูงกว่าปกติ ก็หมายถึงว่าอาจมีการปลอมปนสารอื่นเข้ามาในอาหารนั้น เช่น ทราย เป็นต้น

Nitrogen Free Extract (NFE)

หมายถึงคาร์โบไฮเดรตที่เป็น non structural carbohydrate เป็นคาร์โบไฮเดรตส่วนที่สัตว์ทุกชนิดย่อยได้ง่าย และนำไปใช้ประโยชน์ได้ บางครั้งเรียกว่า soluble carbohydrate ประกอบด้วยแป้ง น้ำตาล กรดอะมิโน แทนนิน วิตามินที่ละลายน้ำได้ เป็นต้น การหาค่าปริมาณ Nitrogen Free Extract ทำได้โดยรวมค่าความชื้น โปรตีนรวม ไขมัน เยื่อใยรวม และเถ้า ที่ได้จากการวิเคราะห์รวมกัน แล้วหักออกจาก 100

การวิเคราะห์เยื่อใยแบบ Detergent fiber Analysis

เนื่องจากการวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใยหยาบโดยวิธี Proximate analysis ไม่สามารถแยกองค์ประกอบของผนังเซลล์พืชได้และส่วนที่เป็นโครงสร้างของพืช เช่น เพคติน (pectin) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และลิกนิน (lignin) บางส่วนอาจละลายมาอยู่ในส่วนของ Nitrogen Free Extract (NFE) ทำให้ค่าที่ได้ไม่ถูกต้องนัก จึงทำให้การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใยหยาบในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยวิธี Proximate analysis ไม่ค่อยเป็นที่ยอมรับกันนัก แต่หันมานิยมใช้การวิเคราะห์โดยวิธี Detergent fiber analysis หรือที่เรียกว่าวิธีการวิเคราะห์แบบ Forage fiber analysis แทน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะสามารถแยกแยะปริมาณองค์ประกอบของผนังเซลล์พืชได้

วิธีการวิเคราะห์แบบ Detergent fiber analysis แบ่งวัตถุแห้งของอาหารสัตว์ออกเป็น 2 ส่วนใหญ่คือ

1. cell content หรือ Neutral Detergent Soluble (NDS) คือส่วนที่อยู่ภายในเซลล์พืชทั้งหมด ประกอบด้วยกรดอะมิโน ไขมัน แป้ง น้ำตาล เพคติน soluble protein Non-protein nitrogen วัตถุแห้งส่วนนี้สัตว์ทุกชนิดสามารถใช้ประโยชน์ได้เกือบทั้งหมด และเป็นส่วนที่ละลายได้ในสารละลาย detergent ที่เป็นกลาง

2. cell wall constituents หรือ Neutral Detergent Fiber (NDF) คือส่วนประกอบของผนังเซลล์ ประกอบด้วยพวกเยื่อใยทั้งหมดคือ เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส ลิกนิน คิวติน ซิลิกา และโปรตีนที่ไม่ย่อยด้วยความร้อน วัตถุแห้งส่วนนี้จะมีประโยชน์เฉพาะกับสัตว์เคี้ยวเอื้องเท่านั้นเพราะในกระเพาะรูเมนมีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสได้ และวัตถุแห้งส่วนนี้ไม่สามารถละลายได้ในสารละลาย detergent ที่เป็นกลาง

ส่วน NDF ยังสามารถแยกออกได้อีกเป็น 2 พวก คือ

1. เยื่อใย Acid Detergent Soluble (ADS) เยื่อใยชนิดนี้คือ เฮมิเซลลูโลส เป็นสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำแต่สามารถละลายได้ดีในกรดอ่อน และด่างอ่อน พืชตระกูลหญ้าจะมีเฮมิเซลลูโลสสูงกว่าพืชตระกูลถั่ว และจะพบเฮมิเซลลูโลสมากที่ส่วนใบของพืช และในพืชอาหารสัตว์พบว่าเฮมิเซลลูโลสจะอยู่ร่วมกับลิกนิน จึงทำให้การย่อยได้ไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากลิกนินเป็นตัวขัดขวางการย่อยได้ของเฮมิเซลลูโลส

2. เยื่อใย Acid Detergent Fiber (ADF) ประกอบด้วย

- cellulose คือเยื่อใยที่จัดเป็นคาร์โบไฮเดรตพวกที่ไม่ละลายน้ำ เฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง ม้า และกระต่าย จะสามารถย่อยเซลลูโลสได้ ดังนั้นสัตว์เคี้ยวเอื้อง ม้า และกระต่าย จึงสามารถใช้ประโยชน์เยื่อใยชนิด cellulose ได้ แต่การที่เซลลูโลสจะถูกใช้ประโยชน์ได้มากหรือน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับปริมาณลิกนิน

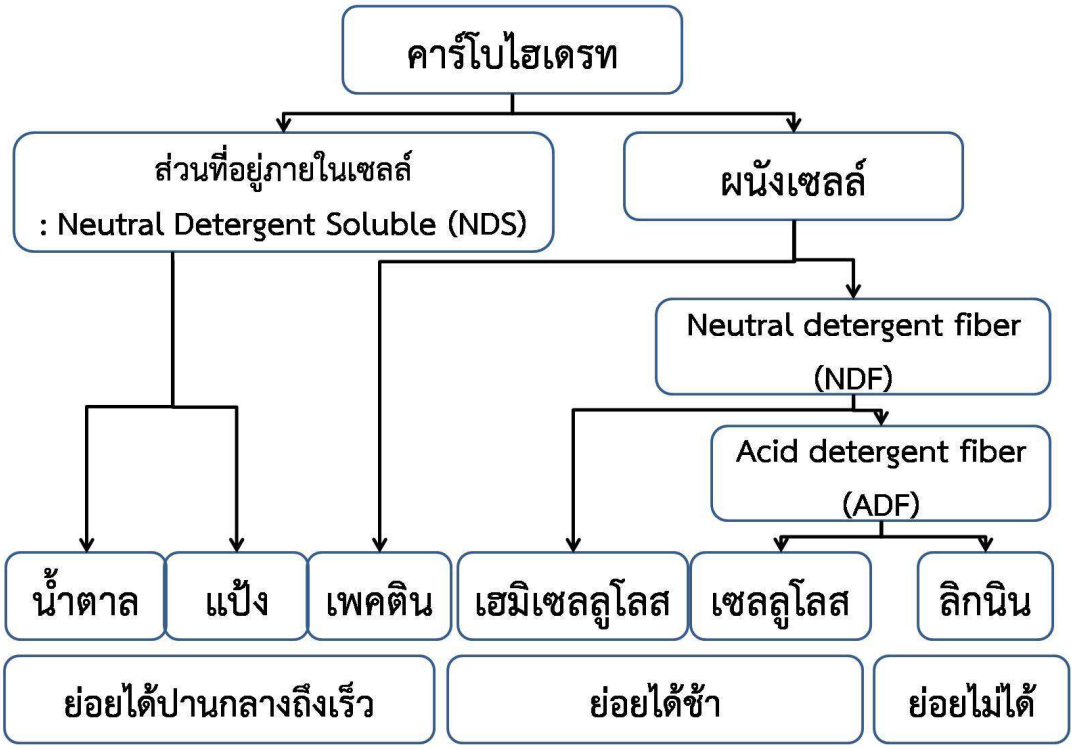
- acid detergent lignin (ADL) หรือมักเรียกว่า ลิกนิน เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์พืช เป็นส่วนที่ทำให้ผนังเซลล์พืชแข็งแรง จะเป็นส่วนประกอบของเปลือก ซัง หรือส่วนที่เป็นเยื่อใยของราก ลำต้น และจะถูกสร้างจากส่วนโคนต้นไปสู่ยอด เมื่อพืชมีอายุมากขึ้น ปริมาณลิกนินจะเพิ่มมากขึ้นด้วย ลิกนินเป็นสารที่ไม่มีสัตว์ชนิดใดใช้ประโยชน์ได้เลย ในขณะเดียวกับการที่ลิกนินอยู่ร่วมกับเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ทำให้การย่อยได้ของเซลลูโลส และ เฮมิเซลลูโลสลดลงด้วย ดังนั้นปริมาณลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส มีความสำคัญต่อการประเมินคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ ที่ใช้สำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง ม้า และกระต่าย

- cutin เป็นสารที่เคลือบผิวด้านนอกของผนังเซลล์ของพืช ส่วนใหญ่จะพบบนผิวของเมล็ด มีลักษณะคล้ายขี้ผึ้ง cutin ย่อยไม่ได้ และถ้ามีมากอาจจะลดการย่อยได้ของ เซลลูโลส และ เฮมิเซลลูโลส

- Acid Insoluble Ash (AIA) คือส่วนของเถ้าที่ไม่ละลายในกรด จัดเป็นสารประกอบอนินทรีย์ ประกอบด้วย Silica ซึ่งส่วนใหญ่ร่างกายสัตว์ ไม่สามารถจะย่อย หรือดูดซึมได้ และยังทำให้การย่อยได้ของอาหารลดลง

จากการวิเคราะห์โดยวิธี Detergent fiber Analysis นี้จะทำให้ทราบปริมาณสารที่อยู่ภายในเซลล์ซึ่งเป็นโภชนะที่ย่อยได้ง่าย และองค์ประกอบของผนังเซลล์ส่วนต่างๆ คือ เซลลูโลส, เฮมิเซลลูโลส และ ลิกนินทำให้สามารถประเมินคุณค่าทางอาหารโคนม โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารหยาบได้แม่นยำยิ่งขึ้น

ส่วนประกอบของเซลล์พืช



การหาค่าการย่อยได้ของโภชนะรวม (Total Digestible Nutrient: TDN)

TDN เป็นค่าของพลังงานรวมในอาหาร สามารถหาได้ 2 วิธี คือ คำนวณจากสมการ และจากการทดลองหาค่าการย่อยได้ในสัตว์ทดลอง โดย

1) กรณีที่คำนวณจากสมการ จะเป็นค่าที่ขึ้นกับผลการวิเคราะห์อาหารสัตว์ทางเคมี ไม่ใช่ค่าการย่อยได้จริงของสัตว์

2) ค่าจะแสดงออกมาในรูปเปอร์เซ็นต์ (%) หรือในหน่วย ปอนด์ หรือ กิโลกรัม แต่ระดับพลังงานจริงจะมีหน่วยเป็น calories

3) กรณีที่ทดลองในสัตว์ ค่า TDN เป็นที่รวมเอาค่าการย่อยได้ของโภชนะต่างๆในอาหาร ได้แก่ ค่าโปรตีน เยื่อใย ไขมัน และ NFE แต่ไม่รวมค่าที่สูญเสียไปกับปัสสาวะ (urinary losses) และไม่คำนึงถึงค่า gaseous energy และ heat production ที่เสียไป

5) TDN จะให้ค่าเกินความเป็นจริงในอาหารหยาบ (roughage) เมื่อเทียบกับอาหารข้น (concentrates) ค่าคลาดเคลื่อนนี้จะไม่เป็นปัญหาหากเราเทียบค่าในกลุ่มเดียวกัน เช่น อาหารข้นด้วยกัน หรือพวก grain ด้วยกัน หรือกลุ่มอาหารหยาบด้วยกันเอง แต่หากเทียบต่างกลุ่ม เช่น เทียบกลุ่มอาหารข้นกับกลุ่มอาหารหยาบ ต้องคำนึงถึงความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นด้วย โดยเฉพาะในกรณีคำนวณสูตรอาหารในรูป TMR (total mixed ration)

การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรทที่ละลายน้ำได้ (water soluble carbohydrate: WSC)

คาร์โบไฮเดรทที่ละลายน้ำได้ คือ น้ำตาล เช่น ฟลุคแทน ซูโคลส กลูโคส และฟรุคโตส ซึ่งสะสมอยู่ในลำต้นของพืช ในพืชแต่ละชนิดมีปริมาณ WSC แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับพันธุกรรมของพืช ปกติในพืชสดจะมีปริมาณมากกว่า 2.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นปริมาณที่เหมาะสำหรับการทำพืชหมัก จุลินทรีย์ชนิดที่สร้างกรดแลคติก (lactic acid bacteria) จะใช้ WSC เพื่อการเจริญในสภาพไร้ออกซิเจน ได้ผลผลิตเป็นกรดแลคติกที่มีคุณสมบัติในการถนอมพืชอาหารสัตว์ ปริมาณ WSC นอกจากจะขึ้นกับพันธุกรรมของพืชแล้ว ยังขึ้นกันระยะการเจริญเติบโตของพืช สภาพภูมิอากาศ ช่วงเวลาของวัน และอัตราปุ๋ยไนโตรเจน เป็นต้น

การวิเคราะห์กรดไขมัน

ในกระบวนการหมักพืช น้ำตาลจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติค และกรดไขมันระเหยได้ เช่น กรดอะซีติค กรอโพรพิออนิค กรดบิวทีริค โดยจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจน พวก *Lactobacillus* spp และ yeast แล้วคง pH ไว้ระหว่าง 4.2-4.6 ซึ่งสภาวะที่เป็นกรดจะสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้งแกรมลบและแกรมบวกได้

- กรดแลคติก เป็นกรดที่เกิดจากการหมักแบบ homofermentation ไม่ระเหย เมื่อเปิดภาชนะ มีปริมาณ 1-3 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่นำมาหมัก โดยทั่วไป ในพืชหมักถ้ามีกรดแลคติกสูง แสดงว่าเกิดการหมักที่ดี พืชหมักมีกลิ่นหอม และช่วยลดการสูญเสียของวัตถุแห้ง
- กรดไขมันระเหยได้ เป็นกรดที่ระเหยได้เร็วเมื่อเปิดภาชนะหมักและทำให้พืชหมักมีกลิ่น
    - กรดอะซีติก ถ้ามีปริมาณมากในพืชหมัก จะทำให้พืชหมักมีกลิ่นและรสชาติคล้ายน้ำส้มสายชู ปกติพบปริมาณน้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าพบมากกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าเกิดการหมักแบบ heterofermentation ที่ไม่มีประสิทธิภาพ
    - กรดโพรพิออนิก ทำให้เกิดกลิ่นและรสหวานแหลม ปกติพบปริมาณน้อยมาก คือ น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากกิจกรรมการใช้น้ำตาลของจุลินทรีย์กลุ่ม *Clostridium* spp.
    - กรดบิวทีริก ทำให้พืชหมักมีรสชาติและกลิ่นคล้ายเนยหืน ปกติพบน้อยกว่า 0.1 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากกิจกรรมการใช้น้ำตาลของจุลินทรีย์กลุ่ม *Clostridium* spp.

การวิเคราะห์ค่าพลังงานรวม (Gross Energy)

พลังงานรวมของอาหารสัตว์ (gross energy, GE) เป็นค่าพลังงานความร้อนที่ได้ออกมาจากการเผาไหม้อาหารอย่างสมบูรณ์ได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ทางโภชนะศาสตร์ถือว่าพลังงานเผาผลาญ คือพลังงานทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหารหรือสิ่งอื่นๆ เช่น มูล ปัสสาวะ หรือผลผลิต โดยยังมิได้คำนึงถึงการสูญเสียพลังงานไปในระหว่างกระบวนการใดๆ เมื่อสัตว์กินอาหารนั้นๆ ค่าพลังงานรวมจะได้จากการนำอาหารหรือตัวอย่างเหล่านั้นมาเผาในเครื่องมือวัดพลังงานที่เรียกว่า บอมบ์แคลอริมิเตอร์ (bomb calorimeter) แล้ววัดความร้อนที่เกิดขึ้น (heat combustion) แสดงค่าในรูปค่าพลังงาน

การวิเคราะห์แร่ธาตุในอาหารสัตว์

แร่ธาตุในร่างกายสัตว์มีอยู่ประมาณ 30-40 ชนิด ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 3-4.5 ของน้ำหนักตัว แร่ธาตุทั้งหมดที่มีอยู่ มีทั้งแร่ธาตุที่ไม่จำเป็น คือ ไม่มีหน้าที่สำคัญต่อร่างกายและไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และแร่ธาตุที่จำเป็น คือ มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและเกี่ยวข้องกับสุขภาพของสัตว์ ถ้าขาดแร่ธาตุเหล่านี้โดยได้รับจากอาหารไม่เพียงพอ จะทำให้สัตว์เกิดโรคได้ พบว่าในร่างกายมีแคลเซียมและฟอสฟอรัส อยู่ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ 90 เปอร์เซ็นต์ ของแคลเซียม และ 80 เปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสจะพบในกระดูกและฟัน

แร่ธาตุที่จำเป็น แบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ๆ ตามความมากน้อยที่มีอยู่ในร่างกาย คือ

1. แร่ธาตุปริมาณมาก (Macro elements) เป็นแร่ธาตุที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในร่างกาย ได้แก่ แคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) แมกนีเซียม (Mg) โซเดียม (Na) โปแตสเซียม (K) คลอรีน (Cl) และ กำมะถัน (S)
2. แร่ธาตุปริมาณน้อย (Trace elements) เป็นแร่ธาตุที่มีอยู่เป็นปริมาณน้อยมากในร่างกาย ได้แก่ แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Cu) เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) ไอโอดีน (I) โคบอลท์ (Co) โมลิบดินัม (Mo) ซีลิเนียม (Se) และโครเมียม (Cr) แร่ธาตุปริมาณน้อยบางชนิดถ้าให้สัตว์กินมากเกินไป จะเป็นอันตรายต่อสัตว์ถึงตายได้ จึงจัดเป็นแร่ธาตุที่เป็นพิษ (Toxic elements) ด้วย เช่น ทองแดง โมลิบดินัม และซิลีเนียม เป็นต้น

ความสำคัญของแร่ธาตุที่จำเป็น

แคลเซียม (Calcium, Ca)

เป็นแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต เป็นส่วนประกอบของกระดูกและฟันช่วยทำให้เลือดแข็งตัว ทำหน้าที่กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น Lipase และSuccinic dehydrogenase

ฟอสฟอรัส (Phosphorus, P)

เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการสร้างกระดูก เป็นส่วนประกอบของกระดูกและฟัน ช่วยรักษาสมดุลของกรดและด่างในเลือด ช่วยในการสร้างพลังงาน (ATP) ฟอสเฟต (Phosphate) ใช้ในการสังเคราะห์ฟอสโฟไลปิด (phospholipid) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane) และเนื้อเยื่อประสาท (Nervous tissue) ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบของกรดไรโบนิวคลีอิค (RNA) และกรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิค (DNA) ซึ่งมีความสำคัญในการสังเคราะห์โปรตีนและการถ่ายทอดลักษณะทางกรรมพันธุ์และมี coenzymes หลายชนิดที่มีฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย

แมกนีเซียม (Mg)

เป็นแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิต แมกนีเซียมมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับแคลเซียมและฟอสฟอรัส คือ ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ของแมกนีเซียมในร่างกายเป็นส่วนประกอบของกระดูกและฟันที่เหลือกระจายอยู่ตามเนื้อเยื่อ และส่วนที่เป็นของเหลวในร่างกาย แมกนีเซียมมีหน้าที่สำคัญช่วยในการทำงานของกล้ามเนื้อและเส้นประสาท ทำหน้าที่กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่สำคัญหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับเมตาบอลิซึม (metabolism) เช่น phosphorylase และ phosphoglucomutase เป็นต้น

โปแตสเซียม โซเดียม และคลอรีน (K , Na , Cl)

ธาตุทั้ง 3 นี้ เป็นธาตุที่พบมากในเนื้อเยื่อและส่วนที่เป็นของเหลวในเซลล์ และนอกเซลล์ของเนื้อเยื่อในร่างกาย โปแตสเซียมเป็นแร่ธาตุที่มีมากเป็นอันดับ 3 ในร่างกายและเป็นองค์ประกอบหลักของของเหลวภายในเซลล์ วัวที่เครียดจะต้องการโปแตสเซียมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการตื่นเต้นมีแนวโน้มที่ทำให้เพิ่มการขับโปแตสเซียมออกมากับปัสสาวะ การเป็นโรคร่วมกับอาการไข้หรือการท้องร่วงทำให้สูญเสียโปแตสเซียมมากขึ้น ในเม็ดเลือดแดงมีโปแตสเซียมมาก มีโซเดียมอยู่เล็กน้อยหรือไม่มีเลยและมีคลอรีนอยู่บ้าง หน้าที่ของแร่ธาตุทั้ง 3 นี้ คือ ช่วยรักษาสมดุลความเป็นกรด-ด่าง ในร่างกาย ช่วยในการทำงานของกล้ามเนื้อและระบบประสาทช่วยควบคุมเมตาโบลิซึมของน้ำในร่างกาย นอกจากนี้ คลอรีนยังเป็นส่วนประกอบของกรดเกลือในน้ำย่อยในกระเพาะอาหารอีกด้วย

กำมะถัน (S)

ในร่างกายสัตว์มีกำมะถันอยู่ประมาณ 0.15 เปอร์เซ็นต์ ธาตุส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารอินทรีย์ โดยเป็นส่วนประกอบของโปรตีนที่มีกรดอะมิโนซึ่งมีธาตุกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เช่น ซีสตีน (cystine) และ ซิสเตอีน (cysteine) นอกจากนี้ยังเป็นส่วนประกอบของไวตามินไบโอติน (biotin) ไวตามินบี1 และฮอร์โมนอินซูลิน ในโปรตีนของขนและผม มีกำมะถันอยู่ประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ สัตว์ที่อยู่ในระยะการงอกขน เช่น ไก่ ผลัดขนจะต้องการธาตุกำมะถันมากกว่าปกติ

แมงกานีส (Mn)

เป็นธาตุที่มีอยู่ในร่างกายน้อยมาก ส่วนใหญ่มีอยู่ในตับ ตับอ่อน ไต ต่อมพิทูอิตารี และ กระดูก มีหน้าที่ต่อการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันในร่างกาย จากการทดลองพบว่าแมงกานีส เป็นธาตุที่จำเป็นต่อระบบสืบพันธุ์ สัตว์ที่ขาดแมงกานีส จะทำให้ความสมบูรณ์ในการสืบพันธุ์ลดลง ทำให้รังไข่ไม่ทำงานตามปกติ ลูกสัตว์ที่เกิดอ่อนแอ และในสัตว์เพศผู้จะทำให้เป็นหมัน

เหล็ก (Fe)

เป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อชีวิต ร่างกายต้องการเพียงเล็กน้อย เป็นส่วนประกอบของฮีโมโกลบินของเม็ดเลือดแดง เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ที่เกี่ยวกับระบบหายใจ เช่น oxidase , catalase และ peroxidase เป็นต้น ทำหน้าที่นำออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่อ และมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการออกซิเดชันของเซลล์ เป็นธาตุที่ช่วยในการสร้างเม็ดสี (Melamin) ในร่างกายด้วย

ทองแดง (Cu)

เป็นแร่ธาตุที่จำเป็น ซึ่งร่างกายต้องการเพียงเล็กน้อย จำเป็นต่อการสร้างฮีโมโกลบินของเม็ดเลือด และควบคุมการหมุนเวียนของเลือดให้เป็นไปตามปกติ เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ต่างๆ เช่น cytochrome oxidase และเป็นส่วนประกอบของเม็ดสีของผมและขนสัตว์

สังกะสี (Zn)

เป็นธาตุที่อยู่ในเนื้อเยื่อของร่างกาย มีมากในผิวหนัง ผมและขน และมีอยู่ในกระดูกมากกว่าในตับ ซึ่งเป็นแหล่งสำรองของแร่ธาตุต่างๆ มีหน้าที่เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์หลายชนิด เช่น Carbonic anhydrase เป็นต้น

การวิเคราะห์ค่าทางเคมีของดิน

ความเป็นกรด – ด่าง หรือปฏิกิริยาดิน (Soil Reaction หรือ pH)

ค่า pH ของดินมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นประโยชน์ของธาตุต่างๆ ในดินและยังมีผลกระทบต่อกิจกรรมจุลินทรีย์ในดินตลอดจนความสามารถในการออกฤทธิ์ของสารกำจัดศัตรูพืชบางชนิดที่ใส่ลงไปในดิน

ความต้องการปูน (Lime Requirement; LR)

ความต้องการปูน คือ ปริมาณปูนที่พอเหมาะที่ต้องการใช้เพื่อปรับสภาพความเป็นกรดของดินให้ลดลง ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินสูงขึ้น อยู่ในระดับที่จะทำให้ธาตุอาหารในดินอยู่ในรูปที่พืชจะใช้ประโยชน์ได้ ดินที่มีสภาพเป็นกรด หรือ ดินเปรี้ยว ทำให้พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารบางอย่างได้ และในขณะเดียวกันก็อาจจะมีแร่ธาตุบางอย่างถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในสารละลายดินมากเกินไป จนเกิดการเป็นพิษต่อพืช จึงต้องใช้วัสดุในการปรับสภาพทางเคมีของดินให้เหมาะสมต่อการปลูกพืช

อินทรียวัตถุในดิน (Organic Matter; OM)

อินทรียวัตถุ (organic matter) ในดิน คือสารที่เกิดจากการเน่าเปื่อยของเศษชิ้นส่วนของพืชและสัตว์โดยการย่อยสลายของจุลินทรีย์ หรือโดยขบวนการทางเคมี จะให้ธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถันที่เป็นประโยชน์ อินทรียวัตถุมีองค์ประกอบทางเคมีซับซ้อน ทั้งสารอนินทรีย์ (inorganic matter) และสารอินทรีย์ที่เกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมี แต่องค์ประกอบโดยประมาณส่วนใหญ่ คือ คาร์บอน (C) 58 เปอร์เซ็นต์ ไฮโดรเจน (H) 10 เปอร์เซ็นต์ ออกซิเจน (O) 20 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส (P) 1 เปอร์เซ็นต์

กำมะถัน (S) 1 เปอร์เซ็นต์ และธาตุอื่นๆ รวมกันอีก 10 เปอร์เซ็นต์ ธาตุคาร์บอนเป็นธาตุที่มีมากที่สุดและเป็นโครงสร้างของสารอินทรีย์ทุกชนิด ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลง และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอินทรียวัตถุในดิน

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total Nitrogen, N)

ไนโตรเจน (N) เป็นธาตุอาหารหลักของพืช และต้องการปริมาณสูง เพื่อการเจริญเติบโต แต่เนื่องจากไนโตรเจนส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปสารอินทรีย์ พืชไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ทำให้พืชขาดธาตุนี้มากกว่าธาตุอื่นๆ ไนโตรเจนในดิน จะอยู่ในรูป แอมโมเนีย (NH_4^+) ไนเตรท (NO_3^-) และอินทรีย์ไนโตรเจน ส่วนใหญ่จะเป็นองค์ประกอบของอินทรียวัตถุ (organic matter) และจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เปลี่ยนรูปให้เป็น NH_4^+ และ NO_3^- ซึ่งพืชนำไปใช้ประโยชน์ได้

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Phosphorus, avail. P)

ฟอสฟอรัสในดิน ได้จากอินทรียวัตถุที่ถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายแล้วปลดปล่อยสารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชออกมา และได้ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของอนินทรีย์สาร หรือสารประกอบหรือของแข็งที่ละลายออกมาจากอนุภาคดิน ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการมาก เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลิอิก (nucleic acid) นิวคลิโอโปรตีน (nucleoprotein) กรดไฟติค (phytic) เป็นสารที่สะสมฟอสฟอรัสไว้ให้พืช ซึ่งพบในเมล็ด และสารประกอบที่จำเป็นในการถ่ายทอดพลังงานของสารระบบต่างๆ เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ การดูดกินน้ำ การดูดกินธาตุอาหาร การสร้างและการขนย้ายสาร การเสริมสร้างการเจริญเติบโต ความแข็งแรงของพืชตลอดจนการงอก การออกดอกและผลของพืช

โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Potassium, avail. K)

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมาก และจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชในกิจกรรมการสร้างและเคลื่อนย้ายน้ำตาล สังเคราะห์แสงและการหายใจ โพแทสเซียมในดินรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายคือ exchangeable K เมื่อรากพืชดูด exchangeable K ไปใช้ประโยชน์อยู่เสมอจนมีระดับต่ำ โพแทสเซียมในดินที่ถูกตรึงไว้จะถูกปลดปล่อยออกมา ซึ่งการปลดปล่อยนี้จะเร็วหรือช้าขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของดิน ความชื้นของดิน ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของดิน เป็นต้น

แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Calcium, avail. Ca)

แคลเซียมเป็นธาตุอาหารรองซึ่งพืชต้องการปริมาณมากแต่น้อยกว่าธาตุอาหารหลัก ปกติมีอยู่ในดินเพียงพอกับความต้องการของพืชทั่วๆ ไป แคลเซียมในดินมีปริมาณแตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดของดิน ดินที่มีปูนอยู่มากจะมีปริมาณแคลเซียมมากกว่าดินชนิดอื่น ส่วนใหญ่มีมากกว่า 2.5 เปอร์เซ็นต์ แต่ดินทั่วไปจะมีประมาณ 0.5 – 2 เปอร์เซ็นต์ ดินทรายจะมีแคลเซียมน้อยมากคือประมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์

แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available magnesium, avail. Mg)

แมกนีเซียมเป็นธาตุอาหารรองที่พืชต้องการรองจากธาตุหลักเช่นเดียวกับแคลเซียม ปกติจะมีอยู่ในดินเพียงพอกับการเจริญเติบโตของพืช ในดินเนื้อละเอียดจะมีแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากกว่าดินเนื้อหยาบ

ซัลเฟอร์ (Extractable Sulfur, extr. S)

ซัลเฟอร์ในดินมีอยู่หลายรูป ทั้งอินทรีย์และอนินทรีย์ ส่วนใหญ่ซัลเฟอร์ในดินจะสัมพันธ์กับอินทรียวัตถุโดยเฉพาะในเขตชุ่มชื้น เนื่องจาก 90 เปอร์เซ็นต์ ของซัลเฟอร์ที่พบในดินจะอยู่ในรูปอินทรียสาร ดังนั้น อินทรียวัตถุในดินจึงเป็นแหล่งปฐมภูมิของซัลเฟอร์ในดิน จากนั้นจึงเปลี่ยนรูปไปเป็นซัลเฟต (sulfate, SO_4^{2-}) ดินที่มีซัลเฟอร์มากทำให้พืชได้รับซัลเฟอร์มากเกินไป จะมีอาการความเป็นพิษคล้ายความเป็นพิษของโบรอน พืชจะเจริญเติบโตลดลง ใบของพืชจะมีขนาดเล็กลง และมีอาการเหลืองระหว่างเส้นใย ต่อมาจะเป็นรอยไหม้และใบร่วง แต่ถ้าดินที่มีซัลเฟอร์ไม่เพียงพอต่อพืช จะทำให้พืชมีความเจริญเติบโตลดลง การสังเคราะห์แสงต่ำ และมีคาร์โบไฮเดรตน้อย ลักษณะดินที่ขาดซัลเฟอร์ คือ ดินที่เป็นดินทรายจัด ดินที่มีการเผาเศษพืชเป็นประจำทุกปี

แมงกานีสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available manganese, avail. Mn), ทองแดงที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available copper, avail. Cu),สังกะสีที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available zinc, avail. Zn), เหล็ก (Iron, Fe)

แมงกานีส ทองแดง สังกะสี และเหล็กเป็นธาตุอาหารเสริม หรือจุลธาตุ (micro-nutrient) พืชต้องการในปริมาณน้อย แต่ขาดไม่ได้ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบอยู่ในเอนไซม์ (enzyme) และเกี่ยวข้องกับกระบวนเมตาโบลิซึม (metabolism) ของพืช รูปของจุลธาตุที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้คือ รูปที่ละลายออกมาได้ในสารละลายดินและอยู่ในรูปของโลหะคีเลต (metal chelate) เป็นการรวมกันระหว่างไอออนของจุลธาตุกับอินทรียวัตถุที่ละลายได้ ปัจจัยที่ควบคุมความเป็นประโยชน์ได้ของจุลธาตุ คือ ความเป็นกรด-ด่างของดิน

ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity, EC)

ค่านำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC) ของดิน เป็นค่าที่ใช้สำหรับประเมินความเค็มหรือความเข้มข้นของเกลือที่ละลายในดิน ซึ่งเกลือที่ละลายได้ในดินที่สำคัญได้แก่ Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, NH_4^+, NO_3^-, และ SO_4^{2-} เกลือที่ละลายได้ดังกล่าว เมื่ออยู่ในสารละลายจะมีความสามารถในการนำไฟฟ้าได้ ค่า EC ที่วัดได้ ไม่สามารถบ่งบอกชนิดของเกลือได้ แต่บอกถึงแนวโน้มของปริมาณเกลือในสารละลายเท่านั้น

ดินที่มี ค่า EC สูง แสดงว่ามีแนวโน้มของการสะสมของเกลือที่ละลายได้ในชั้นดิน จะจำกัดการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากมีผลต่อสมดุลของธาตุอาหารพืช มีผลต่อความดันออสโมติก (osmotic potential) และเกิดการชักนำให้เกิดไอออนบางตัวเป็นพิษได้

ความจุแลกเปลี่ยนแคทไอออน (Cation Exchange Capacity; CEC)

ดินทั่วไปจะมีประจุสุทธิเป็นลบ (anion) ทำให้ดินสามารถดูดซับประจุตรงข้าม คือ ประจุบวก หรือแคทไอออน (cation) ต่างๆ ไว้รอบพื้นผิวอนุภาคด้วยจำนวนสมมูลที่เท่ากัน และสามารถแลกเปลี่ยนที่กับ cation ตัวอื่นๆ ได้อีก เกิดปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนที่เรียกว่า “cation exchange”

ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน จะมีความสัมพันธ์กับลักษณะของเนื้อดิน และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ดินที่มีค่า CEC สูง จะมีความสามารถในการกักเก็บ cation ได้มาก มีความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดิน รวมทั้งความสามารถในการต้านทานการชะล้างทั้ง cation และ anion ได้อีกด้วย ดินที่มีอินทรียวัตถุสูงจะมีค่า CEC สูงด้วย ทางตรงข้ามดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำค่า CEC จะต่ำด้วย

การวิเคราะห์สารต้านโภชนะ (anti-nutritional value)

สารพิษที่อยู่ในอาหารสัตว์แบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ 2 กลุ่ม กลุ่มแรกคือ สารพิษที่เกิดจากภายนอก ได้แก่ เชื้อราและจุลินทรีย์ และสารพิษตกค้าง เช่น ยาฆ่าแมลง ยาสัตว์ กลุ่มที่สองคือ กลุ่มของสารพิษที่เกิดขึ้นในพืชอาหารสัตว์ตามสภาพธรรมชาติของพืชนั้น ซึ่งสารเหล่านี้เมื่อสัตว์กินเข้าไปแล้ว ไม่เกิดประโยชน์ต่อร่างกายสัตว์ บางครั้งเรียกสารเหล่านี้ว่า สารต้านโภชนะ (anti-nutritional factors)

สารพิษที่เกิดขึ้นในพืชอาหารสัตว์ตามสภาพธรรมชาติ ซึ่งห้องปฏิบัติการของสำนักพัฒนาอาหารสัตว์สามารถให้การบริการทดสอบได้ คือ ไนเตรท–ไนโตรเจน มิโมซีน แทนนิน และกรดออกซาลิก

ไนเตรท – ไนโตรเจน (Nitrate – Nitrogen)

ไนเตรทที่มีอยู่ในพืชอาจเกิดจากกระบวนการทางธรรมชาติ เช่น การตรึงไนโตรเจนในบรรยากาศโดยแบคทีเรียจำพวก nitrogen fixing ได้เป็นไนเตรท หรือเกิดจากการที่พืชดูดซึมโดยตรงจากดิน หรือปุ๋ยเคมีที่พืชได้รับ หากมีการให้ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไปหรือเกิดสภาวะสิ่งแวดล้อมผิดปกติ เช่น เกิดความแห้งแล้ง แสงแดดไม่พอเพียง หรือภาวะหลังจากพ่นยาปราบศัตรูพืช พืชจะชลอการสร้างโปรตีนทำให้มีไนโตรเจนเหลืออยู่ในพืชมาก โดยพืชจะสะสมในรูป non – protein nitrogen เช่น ไนเตรท ไนไตรท์ เอไมด์ กรดอะมิโนอิสระ และเปบไทด์ ซึ่งอาจสะสมปริมาณมากพอจนทำให้เกิดพิษต่อสัตว์เมื่อสัตว์กินพืชนั้นๆ เข้าไป นอกจากนี้สัตว์อาจได้รับพิษจากไนเตรทจากน้ำที่สัตว์กิน เนื่องจากไนเตรทละลายน้ำได้ดี จึงถูกชะล้างจากดินไปสะสมอยู่ตามบ่อน้ำ ถ้าสะสมอยู่ในระดับสูง เมื่อสัตว์กินน้ำนั้นก็อาจทำให้เกิดพิษต่อตัวสัตว์ได้

ไนเตรทด้วยตัวของมันเองจะไม่เป็นพิษต่อสัตว์ ความเป็นพิษของไนเตรทเกิดขึ้นเนื่องจากไนเตรทถูกเปลี่ยนให้เป็นไนไตรท์โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ไนไตรท์จะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด และเมื่อไนไตรท์ทำปฏิกิริยากับฮีโมโกลบินในเลือด จะได้เป็นเมธ-ฮีโมโกลบิน (methaemoglobin) ซึ่งจะจับออกซิเจนไว้ ทำให้เซลล์ของร่างกายขาดออกซิเจน จึงเกิดโรคเมธฮีโมโกลบินีเมีย มีอาการคือเลือดมีสีน้ำตาลไหม้ เนื่องจากมีเมธฮีโมโกลบินมากเกินไป ร่างกายจะขาดออกซิเจนจนอาจถึงตายได้ นอกจากนี้ไนไตรท์ยังทำหน้าที่เป็นตัวต่อต้านขบวนการใช้ประโยชน์ของวิตามินเอ อาจทำ

ให้สัตว์แสดงอาการขาด วิตามินเอได้ด้วย ไนไตรท์อาจรวมตัวกับสารพวกเอมีนหรือเอไมด์กลายเป็นสารประกอบไนโตรโซ (nitroso) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่างๆ ทางพันธุกรรม

อาการของสัตว์ที่ได้รับสารพิษไนเตรทคือเดินโซเซ หายใจเร็ว หอบ เกร็งทั้งตัวแล้วหมดแรง กล้ามเนื้อสั่น และอาจถึงตายได้เนื่องจากหัวใจขาดออกซิเจน สัตว์จำพวกโค กระบือจะแสดงอาการเป็นพิษจากไนเตรทมากกว่า ในแพะ และม้า ซึ่งไม่ใช่สัตว์เคี้ยวเอื้อง สุกรมีความทนทานต่อไนเตรทมากกว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องเนื่องจากไนเตรทส่วนใหญ่ไม่ได้ถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ แต่จะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียอย่างรวดเร็วในลำไส้ของสุกร

พืชอาหารสัตว์ที่พบว่ามีไนเตรทสูง ได้แก่ ข้าวฟ่าง เถามันเทศ ผักโขม ไมยราบไร้หนาม ทองหลางใบมน ข้าวโพด ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์

มิโมซีน (Mimosine)

มิโมซีนเป็นสารพิษที่อยู่ในรูป amino acid derivatives มีชื่อทางเคมีว่า β- (N-(3-hydroxy-4-oxopyridyl)-α-amino propionic acid มิโมซีนถูกสังเคราะห์ได้จากกรดอะมิโนไลซีน (lysine) เมื่อสัตว์กินพืชที่มีมิโมซีนเข้าไป บางส่วนของมิโมซีนจะถูกย่อยสลายในขณะบดเคี้ยว และส่วนที่เหลือจะถูกจุลินทรีย์ภายในกระเพาะของสัตว์ทำให้เปลี่ยนเป็น 3,4 – dihydroxypyridine (3,4-DHP) และอาจจะถูกเปลี่ยนอีกครั้งได้เป็น 2,3-dihydroxypyridine สาร DHP จะไปยับยั้งการสร้างฮอร์โมนไธรอกซิน (thyroxine) เมื่อฮอร์โมนลดลงจะทำให้ต่อมไทรอยด์ขยายใหญ่ เกิดเป็นโรคคอหอยพอก สัตว์กินอาหารได้น้อยลง การเจริญเติบโตน้อยลง ซึ่งจะเห็นได้ชัดในสัตว์เคี้ยวเอื้อง มิโมซีนยังมีผลทำให้การเจริญเติบโตของเซลล์ การแบ่งตัวของเซลล์ และการสร้าง DNA ลดลง อัตราการสร้างโปรตีนคอลลาเจนลดลง

พิษของมิโมซีนที่มีต่อสัตว์กระเพาะเดี่ยว เช่น ม้า สุกร เป็ด ไก่ กระต่าย จะต่างกับสัตว์เคี้ยวเอื้อง คือ ไม่ได้ทำให้ต่อมไทรอยด์ขยายใหญ่แต่จะทำให้เกิดอาการขนร่วง เนื่องจากมิโมซีนจะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ cystathionine synthetase และ cystathionase ทำให้กรดอะมิโน methionine ไม่ถูกเปลี่ยนเป็น cysteine เป็นสาเหตุทำให้สัตว์ขนร่วง และมีผลกระทบต่อการสร้างขน หรือ ทำให้ขนงอก แต่ในแพะจะไม่ได้รับอันตรายเนื่องจากในกระเพาะมีแบคทีเรียชื่อ synergistes jonesii ที่สามารถย่อยสลาย DHP ได้ ทำให้ไม่เป็นพิษ ระดับความเป็นพิษของมิโมซีนยังไม่มีรายงานชัดเจน โดยทั่วไปสัตว์ที่แสดงอาการเป็นพิษจากมิโมซีนจะไม่ตาย หากงดอาหารที่มีมิโมซีน อาการเป็นพิษจะหายไปเอง แต่ในสัตว์แรกเกิด ถ้าได้รับสารนี้มากไปอาจถึงตายได้

พืชอาหารสัตว์ที่พบสารมิโมซีนสูงได้แก่ กระถิน (Leucaena spp.) ทุกพันธุ์ จะพบมากในใบและเมล็ด และพบในใบอ่อนมากกว่าใบแก่ ดังนั้นควรระมัดระวังในการนำกระถินมาเลี้ยงสัตว์ นอกจากนี้ยังพบได้ในไมยราพพื้นเมือง (Mimosa pudica)

แทนนิน (tannin)

แทนนินเป็นสารประกอบพวก polyphenolic compound โดยอาจอยู่ในรูป gallotannin gallotannic acid หรือ digallic acid เป็นสารที่ทำให้เกิดรสฝาดในพืชอาหารสัตว์ พบได้ในพืชบางชนิด พบทั้งในใบ และลำต้น และยังพบได้ที่เปลือกหุ้มเมล็ด ความเข้มของสีเปลือกหุ้มเมล็ดจะบ่งบอกให้ทราบว่ามีแทนนินมากหรือไม่

ความเป็นพิษของแทนนิน คือ จะยับยั้งการสร้างเอนไซม์ที่ช่วยในการย่อยอาหาร ได้แก่ trypsin, β-amylase และ lipase ทำให้โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันย่อยได้น้อยลง จะทำให้สัตว์ท้องอืด การกินได้ของสัตว์น้อยลง นอกจากนี้ยังทำลายเยื่อบุผนังลำไส้ ทำให้การดูดซึมสารอาหารบริเวณลำไส้ลดลง เกิดการตกเลือดในลำไส้ และไปรบกวนการดูดซึมธาตุเหล็กทำให้ท้องร่วง ในไก่ที่ได้รับแทนนินมากจะเกิดกรดแทนนิก (tannic acid) เป็นสาเหตุของคลอเรสเตอรอลในกระแสเลือดสูงขึ้น ไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในร่างกายลดลง ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาหารลดลง

พืชอาหารสัตว์ที่พบแทนนินได้แก่ ถั่วอาหารสัตว์สกุลเดสโมเดียม มีค่าแตกต่างกันตามสายพันธุ์ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง เรปสีด เมล็ดทานตะวัน

กรดออกซาลิก (Oxalic acid)

กรดออกซาลิกเป็นสารที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ พบได้ทั่วไปในหญ้าเขตร้อน แต่มีปริมาณต่ำๆ แตกต่างกันในหญ้าแต่ละพันธุ์ ยกเว้นในหญ้าซีตาเรียซึ่งมีรายงานว่ามีกรดออกซาลิกอยู่ในปริมาณสูง กรดออกซาลิกจะสลายได้เป็นสารออกซาเลทซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์เพราะจะไปขัดขวางการใช้ประโยชน์ของแร่ธาตุในตัวสัตว์ กรดออกซาลิกเมื่อเข้าสู่ร่างกาย บางส่วนจะสลายตัวขณะเข้าสู่ทางเดินอาหาร จึงทำให้ลดพิษของออกซาเลทได้บ้าง

ออกซาเลทสามารถรวมตัวกับธาตุแคลเซียมในกระแสเลือด เกิดตะกอนแคลเซียมออกซาเลทสะสมในไต หรือในกระเพาะปัสสาวะ ทำให้เกิดเป็นนิ่ว ออกซาเลทจะเป็นพิษมากกับโครยะให้นม และในม้า โคที่ได้รับสารออกซาเลทมากจะมีอาการท้องเสีย เดินโซเซ เสียการทรงตัว จนมีอาการล้มลง (collapse) อุณหภูมิที่วัดได้จากทวารหนักประมาณ 37 – 38.5 องศาเซลเซียส โคจะมีอาการจมูกแห้งและหยุดการเคี้ยวเอื้องในที่สุด ถ้าให้โคกินหญ้าที่มีกรดออกซาลิกปริมาณสูงติดต่อกัน ประมาณวันที่ 8 จะแสดงอาการบวมน้ำที่บริเวณหน้าอก และมักจะตายภายใน 3 สัปดาห์ สาเหตุการตายเกิดจากการเกิดผลึกแคลเซียมออกซาเลทในไต นำไปสู่อาการมีธาตุแคลเซียมในเลือดต่ำกว่าปรกติชนิดเฉียบพลัน ในม้านั้น ถ้าหากได้รับสารออกซาเลทปริมาณมาก อาจทำให้เกิดโรคกระดูกพรุน (osteoporosis) การเสริมอาหารที่มีแคลเซียมสูง เช่น หินปูนบด จะสามารถช่วยควบคุมไม่ให้เกิดโรคนี้ได้

พืชอาหารสัตว์อื่น นอกจากหญ้าซีตาเรียแล้ว ยังพบกรดออกซาลิกในหญ้าบัฟเฟล ผักโขม กระถิน พืชจะมีปริมาณกรดออกซาลิกสูงในระยะพืชอ่อน และจะลดลงเมื่อพืชแก่ขึ้น พืชที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนสูงจะมีกรดออกซาลิกสูงขึ้นด้วย

ยูเรีย (urea)

ยูเรียเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non – protein nitrogen) ที่สามารถนำมาผสมในอาหารโค กระบือ ซึ่งเป็นสัตว์กระเพาะรวมได้ จึงเป็นการลดปริมาณวัตถุดิบที่ต้องใช้เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารให้น้อยลง ซึ่งสามารถลดต้นทุนค่าอาหารโค กระบือ ได้บ้าง เมื่อยูเรียลงสู่กระเพาะรูเมนจะถูกน้ำย่อย urease ของจุลินทรีย์ เปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย และจุลินทรีย์จะเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นโปรตีน แต่อย่างไรก็ดี ในการใช้ยูเรียผสมในอาหารของโค กระบือ ควรใช้ร่วมกับวัตถุดิบแหล่งพลังงานอื่นๆ คือ วัตถุดิบที่มีแป้งและน้ำตาลอยู่ในปริมาณสูง ได้แก่ เมล็ดธัญพืช ข้าวโพด ปลายข้าว รำ และสามารถใช้ร่วมกับน้ำตาลได้ดี วัตถุดิบพลังงานสูงเหล่านี้จะเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากยูเรียได้มากขึ้น ในกรณีถ้ามีการผสมยูเรียมากเกินไป เมื่อสัตว์กินอาหารนั้นจะเกิดแก๊สแอมโมเนียจำนวนมาก และซึมเข้าสู่กระแสเลือด ทำให้เลือดมีสภาพเป็นด่าง สัตว์จะแสดงอาการเป็นพิษ

อาการที่เกิดจากพิษของยูเรียในโค กระบือ คือ ปวดท้อง ท้องอืด กล้ามเนื้อสั่น หายใจขัด และดิ้นทุรนทุราย ถ้าเกิดอาการรุนแรงจะตายภายใน 4 ชั่วโมงหลังจากกินอาหาร อาการเป็นพิษในกระบือ จะเกิดขึ้นเมื่อมีแอมโมเนียไนโตรเจนในเลือดปริมาณตั้งแต่ 0.7 – 0.8 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตรขึ้นไป คำแนะนำการใช้ยูเรียในอาหารคือ ไม่ควรใช้ยูเรียเกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ หรือไม่ควรเกิน 3 เปอร์เซ็นต์ของอาหารข้นที่ใช้เลี้ยงสัตว์ และไม่ควรใช้ยูเรีย เมื่อคิดเป็นไนโตรเจนเกิน 1 ใน 3 ส่วนของปริมาณไนโตรเจนในอาหารทั้งหมด

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2549. พืชอาหารสัตว์และอาหารโคเนื้อ.พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์. ไม่ระบุ พ.ศ. คู่มือการเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์ ดิน และน้ำเพื่อการวิเคราะห์. กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 15 น.

คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย. 2551. ความต้องการโภชนะของโคเนื้อในประเทศไทย. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา และคณะ . 2547. เทคนิคการให้อาหารโคนม. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2535. หลักการอาหารสัตว์เล่ม 1 โภชนะ. ภาควิชาสัตวบาล, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, จังหวัดเชียงใหม่. 207 น.

วารุณี พานิชผล. ไม่ระบุ พ.ศ. การวิเคราะห์หาเยื่อใยในพืชอาหารสัตว์. กลุ่มวิเคราะห์อาหารสัตว์, กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 19น.

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2548. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดินและการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่มที่ 1. กรมพัฒนาที่ดิน. 184 น.