

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การปลูก การเก็บเกี่ยว การนำใช้ถั่วคาวาลเคดเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคนม

การปลูก การเก็บเกี่ยว การนำใช้ถั่วคาวาลเคดเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคนม

การผลิตถั่วคาวาลเคดภายใต้สถานีอาหารสัตว์ในช่วงปี พ.ศ. 2540-2541 ดำเนินการในรูปแบบและวิธีการจัดการที่ต่างกัน ฝ่ายขยายพันธุ์พืชอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ได้รวบรวมวิธีปฏิบัติต่างๆ ในการผลิตเมล็ดพันธุ์และการทำถั่วแห้ง (กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2545) ดังนี้

1. การผลิตเมล็ดพันธุ์

1.1 การเตรียมดินและการปลูก มีข้อควรพิจารณาและดำเนินการดังนี้

1.1.1 เลือกพื้นที่ที่น้ำไม่ท่วมขัง

1.1.2 ไถพรวนดินเพื่อเตรียมพื้นที่ปลูกอย่างน้อย 1-2 ครั้ง

1.1.3 ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่เป็นปุ๋ยรองพื้น ขณะเตรียมดินครั้งสุดท้ายก่อนปลูก และใส่ครั้งที่สองเมื่อถั่วเริ่มแทงช่อดอก (เดือนกันยายน)

1.1.4 ปลูกโดยใช้วิธีหยอดเมล็ด มีระยะระหว่างต้นประมาณ 30-50 เซนติเมตร และระยะระหว่างแถว 80 หรือ 120 เซนติเมตร อัตราเมล็ดที่ใช้ 1-2 กิโลกรัมต่อไร่

1.2 การจัดการแปลงและการดูแลรักษา

1.2.1 กำจัดวัชพืชระหว่างแถวโดยใช้เครื่องจักรกล เช่น รถไถเดินตาม จอบหมุน คราด สปริงหรือจานพรวน ไม่น้อยกว่า 2 ครั้งและถอนวัชพืชในระหว่างต้น โดยใช้แรงงานคนไม่น้อยกว่า 1 ครั้ง (สังเกตจากปริมาณวัชพืชที่ขึ้นในแปลงผลิต)

1.2.2 อาจมีการปลูกซ่อมหรือมีการให้น้ำช่วยในกรณีเกิดน้ำแล้งอย่างรุนแรงหลังจากต้นถั่วออก และอยู่ในช่วงการเจริญเติบโตหรือระยะติดดอก/เมล็ด หรือในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยว

1.3 การเก็บเกี่ยว

1.3.1 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีฝัก (เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองหรือน้ำตาล) ถ้ามีปริมาณมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ก็สามารถเก็บเกี่ยวได้ ระยะที่เก็บเกี่ยวประมาณเดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม

1.3.2 เกี่ยวต้นถั่วทั้งเถาโดยใช้แรงงานคนตัดให้ชิดโคนต้น แล้วนำไปตากบนลานตาก ประมาณ 3-5 วัน สังเกตว่าจะมีฝักถั่วบางส่วนเริ่มแตกและมีเมล็ดหลุดออกมา ทำการนวดเถาถั่วพร้อมฝักที่แก่อีกครั้งโดยใช้รถแทรกเตอร์ล้อยาง เพื่อให้เมล็ดหลุดออกจากฝักให้มากที่สุด

1.3.3 สางเถาต้นถั่วออก (ซึ่งในส่วนนี้สามารถนำไปอัดฟ่อนเป็นเสบียงสัตว์ในรูปของฟางถั่วได้ ซึ่งมีโปรตีนหยาบไม่ต่ำกว่า 7 เปอร์เซ็นต์) กวาดเอาเมล็ดที่ได้ทั้งหมด นำไปร่อนด้วยตะแกรงและผัดทำความสะอาด เพื่อแยกสิ่งเจือปนออกก่อนที่จะนำส่งศูนย์ทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ต่อไป

1.4 ระยะเวลา

การปลูกถั่วवालเคดเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ สามารถกำหนดระยะเวลา การปลูกได้หลายระยะขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ สภาพภูมิอากาศ แต่มีข้อควรคำนึงถึงว่า ถั่วจะต้องมีอายุไม่น้อยกว่า 90 วัน นับตั้งแต่เริ่มปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ทั้งนี้เนื่องจากถั่วवालเคดเป็นพืชวันสั้นซึ่งจะออกดอกและติดเมล็ดมากในช่วงต้นฤดูหนาว ดังนั้นควรกำหนดระยะเวลาการปลูกให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และสภาพภูมิอากาศ ซึ่งต้องพิจารณาถึงความสะดวกในการจัดการและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ที่ได้ด้วย

1.5 รูปแบบการผลิต

สำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วवालเคดอาจจะมี 2 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 เริ่มปลูกถั่วในช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม และเก็บเกี่ยวเมล็ดในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม รูปแบบนี้เหมาะสำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์คุณภาพสูง ซึ่งจะได้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์อยู่ระหว่าง 70-130 กิโลกรัมต่อไร่

รูปแบบที่ 2 เริ่มปลูกถั่วในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน และเก็บเกี่ยวเมล็ดในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม รูปแบบนี้เหมาะสำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์พร้อมกับผลิตถั่ว จะได้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์อยู่ระหว่าง 50-75 กิโลกรัมต่อไร่ และผลิตถั่วแห้งโดยตัดต้นถั่วได้ 1 ครั้งระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม

2. การผลิตถั่วแห้ง

2.1 การเตรียมดินและการปลูก

2.1.1 โกลบพีชชนิดอื่นที่ขึ้นในแปลง 1 ครั้ง

2.1.2 ไถย่อยดิน 1 ครั้ง

2.1.3 พรวนย่อยดินและปรับพื้นที่โดยใช้ จอบหมุน หรือ ผานพรวน 1-2 ครั้ง

2.1.4 ใส่ปุ๋ยคอกในอัตรา 1,000-2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นปุ๋ยรองพื้น หลังการพรวนก่อนปลูก

2.1.5 ปลูกโดยใช้เมล็ดโรยเป็นแถวด้วยเครื่องหยอดเมล็ด ระยะปลูกระหว่างแถว 50-80 เซนติเมตร หรือแรงงานคนในอัตรา 2 กิโลกรัมต่อไร่

2.2 การจัดการแปลงและการดูแลรักษา

2.2.1 กำจัดวัชพืชระหว่างแถวโดยใช้จอบหมุน คราดสปริงหรือจานพรวนหลังจากปลูก 2-3 สัปดาห์ และใช้แรงงานคนถอนวัชพืชที่ขึ้นระหว่างต้น

2.2.2 สำหรับปุ๋ยสูตร 15-15-15 ที่ใส่เพื่อเพิ่มผลผลิตนั้น จะใส่หลังการกำจัดวัชพืชและหลังการตัดทุกครั้งในอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่

2.3 การเก็บเกี่ยว

2.3.1 การตัดถั่วवालเคดอัดฟ่อนให้ได้ปริมาณ และคุณภาพควรตัดเมื่อถั่วอายุ 90-120 วัน มีโปรตีน 14-15 เปอร์เซ็นต์ (กลุ่มงานวิเคราะห์ กองอาหารสัตว์, 2542) พื้นที่ที่ดิน

อุดมสมบูรณ์และมีฝนตกสม่ำเสมอควรตัดครั้งแรกที่อายุ 90 วัน เพื่อให้ต้นถั่วแตกกอใหม่ และสามารถตัดต้นถั่วได้ถึง 4 ครั้ง

2.3.2 การตากถั่วอาจใช้วิธีการตากแดดในแปลงหรือบนลานประมาณ 2-3 วัน และการตากโดยผึ่งลมในโรงเก็บหญ้าแห้งแบบโปร่งประมาณ 5-7 วัน แต่วิธีนี้ต้นถั่วมีโอกาสขึ้นราได้ง่ายหากปริมาณถั่วที่ตากมากหรือกองหนาเกินไปจึงต้องมีการกลับกองอยู่เสมอ

2.3.3 การอัดฟ่อนโดยใช้เครื่องจักร เช่น เครื่องตัดหญ้าติดรถแทรกเตอร์ เครื่องตัดหญ้าสะพายหลัง ควรเหลือยอดต้นถั่วสูงจากพื้นประมาณ 15 เซนติเมตร ควรให้น้ำหนักเฉลี่ยฟ่อนละ 15 กิโลกรัม หากอัดด้วยล้งไม้ควรให้น้ำหนักเฉลี่ยฟ่อนละ 10 กิโลกรัม

2.4 รูปแบบการผลิต

สำหรับรูปแบบของการผลิตถั่วคาวาลเคดแห้งอัดฟ่อน สามารถแยกออกเป็น 3 รูปแบบโดยสังเขป ดังนี้

รูปแบบที่ 1 เก็บเกี่ยวครั้งเดียว จะเริ่มปลูกถั่วในเดือนสิงหาคมถึงกันยายน และตัดทำถั่วแห้งในเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม การผลิตด้วยวิธีนี้ต้นถั่วจะมีอายุไม่น้อยกว่า 120 วัน และไม่ควรเกิน 150 วัน เพราะใบล่างจะเกิดการทับถมกันจนเกิดเชื้อราทำให้ใบร่วงหล่น ผลผลิตน้ำหนักแห้งประมาณ 500-900 กิโลกรัมต่อไร่ มีโปรตีนหยาบอยู่ระหว่าง 12-14 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตรูปแบบนี้จะเป็นพื้นที่ที่ฤดูฝนค่อนข้างยาวนานหรือความชื้นสูง เช่น พื้นที่ภาคใต้และภาคกลางตอนล่าง

รูปแบบที่ 2 เก็บเกี่ยว 2 ครั้ง จะเริ่มปลูกถั่วในเดือนมีนาคมถึงเมษายน และตัดทำถั่วแห้งครั้งแรกในเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม และตัดทำถั่วแห้งครั้งที่สองในเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน อายุการตัดอยู่ในช่วง 90-120 วัน ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 400 กิโลกรัมต่อไร่ต่อครั้ง โปรตีนหยาบอยู่ระหว่าง 14-15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นรูปแบบที่เหมาะสมกับการผลิตถั่วแห้งโดยทั่วไป

รูปแบบที่ 3 เก็บเกี่ยว 3 ครั้ง จะเริ่มปลูกถั่วในเดือนมีนาคมถึงเมษายน และตัดทำถั่วแห้งครั้งแรกในเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน ตัดครั้งที่สองในเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม และตัดทำถั่วแห้งครั้งที่สามในเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน อายุการตัด แต่ละครั้งอยู่ในช่วง 60-75 วัน จะได้ผลผลิตของถั่วแห้งไม่น้อยกว่า 300 กิโลกรัมต่อไร่ต่อครั้ง มีโปรตีนหยาบประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสำหรับการผลิตโดยเกษตรกรรายย่อยซึ่งใช้พื้นที่ในการผลิตรายละไม่เกิน 2 ไร่ วิธีนี้สามารถควบคุมคุณภาพถั่วแห้งได้เป็นอย่างดี

2.5 ปัญหาและข้อควรระวังในการผลิตถั่วคาวาลเคดแห้ง

2.5.1 ต้องเคร่งครัดในการกำจัดวัชพืชไม่ให้ขึ้นปะปน เพราะจะทำให้ถั่วแห้งมีคุณภาพต่ำ

2.5.2 ต้องกำหนดเวลาปลูกถั่วให้พอดี โดยให้ต้นถั่วมีอายุไม่น้อยกว่า 90 วัน ก่อนฝนทิ้งช่วงและเก็บเกี่ยวต้นถั่วในช่วงที่มีฝนตกน้อยที่สุด

2.5.3 สำหรับพื้นที่เขตชลประทาน การให้น้ำในช่วงที่ฝนทิ้งช่วงจะทำให้ถั่วคาวาลเคดเจริญเติบโตและให้ผลผลิตมากขึ้น

2.5.4 ควรตัดถั่วในช่วงที่ความชื้นในดินต่ำ เช่น เดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม ระหว่างที่ตากถั่วให้กลับกองวันละ 2-3 ครั้ง ถ้าดินมีความสูงมากควรนำถั่วไปตากบนลาน

2.5.5 ก่อนอัดฟ่อนถั่วควรให้ถั่วที่ตากแห้งสนิทเพื่อป้องกันการเกิดเชื้อราและหลังจากอัดฟ่อนแล้วให้ นำฟ่อนถั่ววางเรียงในที่ร่ม 5-7 วันเพื่อลดความชื้นในฟ่อนถั่ว จึงนำเข้ามาเรียงเก็บในโรงสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์ต่อไป



ภาพที่ 1 การไถตะ และไถพรวนดิน เพื่อเตรียมแปลงปลูกถั่วคาวาลเคด¹



ภาพที่ 2 แปลงปลูกถั่วคาวาลเคดแบบเป็นแถวห่างกัน 5 เซนติเมตร¹



ภาพที่ 3 ถั่วคาวลเคตอายุประมาณ 70 วัน พร้อมที่จะตัดครั้งแรก¹



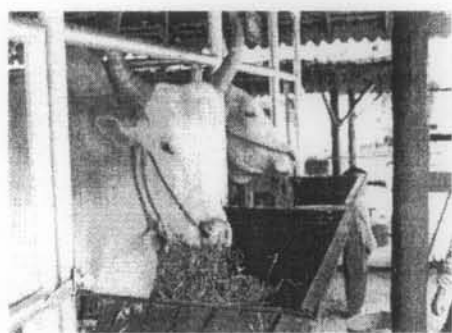
ภาพที่ 4 การตัดถั่วคาวลเคตโดยใช้เครื่องตัดหญ้าติดท้ายรถแทรกเตอร์¹



ภาพที่ 5 การตากถั่วคาวาลเคดไว้ในแปลง¹



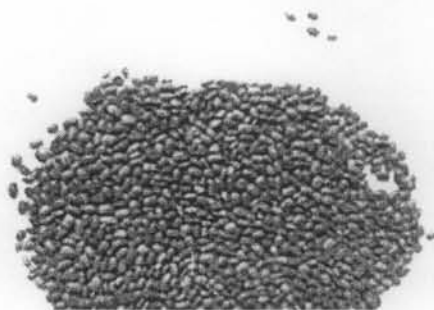
ภาพที่ 6 การอัดถั่วคาวาลเคดแห้งด้วยเครื่องติดท้ายรถแทรกเตอร์¹



ภาพที่ 7 การใช้ถั่วคาวาลเคดสดเป็น
อาหารโคเนื้อ¹



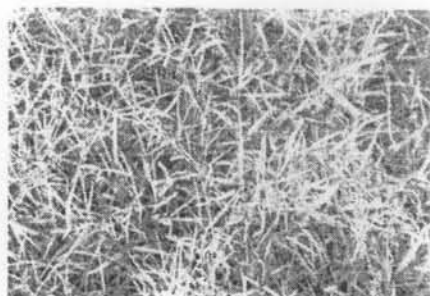
ภาพที่ 8 การใช้ถั่วคาวาลเคดแห้งเป็น
อาหารโคนม²



ภาพที่ 9 เมล็ดพันธุ์ถั่วคาวาลเคด²



ภาพที่ 10 ใบ และลำต้นของถั่วคาวาลเคด¹



ภาพที่ 11 ถั่วคาวาลเคดระยะออกดอก 1



ภาพที่ 12 ถั่วคาวาลเคดระยะติดฝัก 1

ที่มา: ¹ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2545)

² ชาวลิต และอำรงค์ศักดิ์ (2539)

ภาคผนวก ข

**การศึกษาคุณค่าทางโภชนา และจลนพลศาสตร์การย่อยสลาย ของสูตรอาหารผสมสำเร็จ โดยวิธี
in vitro gas production technique**

การศึกษาคุณค่าทางโภชนา และจุลศาสตร์การย่อยสลาย ของสูตรอาหารผสมสำเร็จ โดยวิธี *in vitro* gas production technique

วิธี *In vitro* gas production technique พัฒนามาโดย Menke and Steingass (1988) เป็นการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นระหว่างการบ่ม (incubation) อาหารด้วยของเหลวจากกระเพาะรูเมนในระบบปิด เนื่องจากในกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนจะเกิดแก๊สขึ้น และแก๊สส่วนใหญ่เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และแก๊สเมเทน (CH_4) ปริมาณแก๊สที่วัดได้มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการย่อยได้ของอาหาร และค่าพลังงานของอาหาร ดังนั้น *in vitro* gas production technique จึงเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ประเมินคุณภาพอาหารได้

อุปกรณ์

1. ถังบรรจุ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
2. สายนำแก๊ส และอุปกรณ์แยกทางแก๊ส (three way)
3. ขวดวัดขึ้นขนาด 50 มิลลิลิตร พร้อมจุกยางและฝาครอบอะลูมิเนียม
4. กระบอกฉีดยาพลาสติกขนาด 60 มิลลิลิตร (สำหรับถ่ายเทของเหลว)
5. กระบอกฉีดยาแก้วขนาด 10 มิลลิลิตร (สำหรับวัดปริมาตรแก๊ส)
6. เข็มฉีดยาเบอร์ 18 ความยาว 1 และ 2.5 นิ้ว (สำหรับถ่ายเทของเหลว และถ่ายเทอากาศ)
7. เข็มฉีดยาเบอร์ 24 ความยาว 1 นิ้ว (สำหรับวัดปริมาตรแก๊ส)
8. เครื่องกวนสารให้ความร้อน (hot plate stirrer)
9. ขวดรูปชมพู่ที่มีท่อดูด (suction flask) ขนาด 2 ลิตร พร้อมจุกยางที่มีท่อแยกแก๊ส
10. ตู้อบ (hot air oven)

วิธีการ

1. เตรียมวัตถุดิบอาหารป้อนการทดลอง

นำตัวอย่างทดลอง ที่ผ่านการอบร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำมาบดตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร จากนั้นทำการบรรจุตัวอย่างน้ำหนัก 0.2 กรัม ในขวดขนาด 50 มิลลิลิตร พร้อมทำการปิดฝาให้สนิทด้วยจุกยาง และครอบแน่นด้วยฝาอะลูมิเนียม แล้วทำการบ่มในตู้อบร้อนแห้งที่ 39 องศาเซลเซียส เพื่อบริการบรรจุสารละลายของเหลวจากกระเพาะรูเมนผสม

2. เตรียมของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid)

โดยการทดลองครั้งนี้ ได้เก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทดลองที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีถั่วคาวาลเคดแห้ง และฟางข้าวหรือซังข้าวโพดเป็นแหล่งอาหารหยาบ โดยใช้

stomach tube สอดผ่านหลอดอาหารแล้วดูดของเหลวจากกระเพาะรูเมนโดยเครื่อง vacuum pump จากนั้นนำมากรองผ่านผ้าขาวบาง แล้วอุ่นที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส พร้อมต่อกับท่อ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (สร้างสภาพให้คล้ายกับในกระเพาะรูเมนมากที่สุด) เพื่อรอนำมาผสมกับน้ำลายเทียม

3. เตรียมสารละลายของเหลวจากกระเพาะรูเมนผสม (rumen inculum)

ทำการเตรียมสารละลายโดยใช้ของเหลวในกระเพาะรูเมน และสารละลาย ดังนี้

3.1 สารละลายแร่ธาตุหลัก (macromineral solution)

- | | | | |
|----|----------------------------------|-----|------|
| 1) | Na ₂ HPO ₄ | 5.7 | กรัม |
| 2) | KH ₂ PO ₄ | 6.2 | กรัม |
| 3) | MgSO ₄ | 0.6 | กรัม |
| 4) | เติมน้ำกลั่นให้ครบ | 1 | ลิตร |

3.2 สารละลายแร่ธาตุรอง (micromineral solution)

- | | | | |
|----|--------------------------------------|------|-----------|
| 1) | CaCl ₂ ·2H ₂ O | 13.2 | กรัม |
| 2) | MnCl ₂ ·4H ₂ O | 10.0 | กรัม |
| 3) | CoCl ₂ ·6H ₂ O | 1.0 | กรัม |
| 4) | FeCl ₂ ·6H ₂ O | 8.0 | กรัม |
| 5) | เติมน้ำกลั่นให้ครบ | 100 | มิลลิลิตร |

3.3 สารละลายบัฟเฟอร์ (buffer solution)

- | | | | |
|----|----------------------------------|------|------|
| 1) | NaHCO ₃ | 35.0 | กรัม |
| 2) | NH ₄ HCO ₃ | 4.0 | กรัม |
| 3) | เติมน้ำกลั่นให้ครบ | 1 | ลิตร |

3.4 สารละลายรีซาซูริน (resazurin aqueous)

- | | | | |
|----|--------------------|-----|-----------|
| 1) | Resazurin | 0.1 | กรัม |
| 2) | เติมน้ำกลั่นให้ครบ | 100 | มิลลิลิตร |

3.5 สารละลายสำหรับไล่ออกซิเจน (เตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้)

- | | | | |
|----|--|-------|-----------|
| 1) | น้ำกลั่น | 71.3 | มิลลิลิตร |
| 2) | 1 M NaOH | 3.0 | มิลลิลิตร |
| 3) | Na ₂ S ₉ ·H ₂ O | 504.0 | มิลลิลิตร |

3.6 สารละลายน้ำลายเทียม (artificial saliva) 1,500 มิลลิลิตร

- | | | | |
|----|---------------------|-------|-----------|
| 1) | น้ำกลั่น | 712.5 | มิลลิลิตร |
| 2) | สารละลายแร่ธาตุหลัก | 360.0 | มิลลิลิตร |
| 3) | สารละลายแร่ธาตุรอง | 0.12 | มิลลิลิตร |
| 4) | สารละลายบัฟเฟอร์ | 360.0 | มิลลิลิตร |

5) รีชาซูริน 1.83 มิลลิลิตร

6) สารละลายไล่ออกซิเจน

4. เตรียมสารละลายน้ำลายเทียม

โดยเติมน้ำกลั่น สารละลายแร่ธาตุหลัก แร่ธาตุรอง สารละลายบัฟเฟอร์และรีชาซูริน ตามสัดส่วนข้างต้นใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 2,000 มิลลิลิตร ที่ต่อกับท่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อไล่ออกซิเจน และนำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส โดยใช้ magnetic stirrer เป็นเวลาประมาณ 2-3 นาที จากนั้นเติมสารละลายสำหรับไล่ออกซิเจน อุ่นที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส ต่อเป็นเวลา 1 ชั่วโมง สังเกตเห็นว่าสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีชมพู แสดงว่าสารละลายดังกล่าวอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน จากนั้นจึงเติมของเหลวจากกระเพาะรูเมนในสัดส่วนของสารละลายเทียมต่อของเหลวจากกระเพาะรูเมนเท่ากับ 2 ต่อ 1 ก็จะได้สารละลายของเหลวจากกระเพาะรูเมนผสม

5. การบรรจุสารละลายของเหลวจากกระเพาะรูเมนผสมและการบ่ม

ทำการบรรจุสารละลายของเหลวจากกระเพาะรูเมนผสม ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนในขวดบรรจุวัตถุดิบอาหารทดลอง ขวดละ 30 มิลลิลิตร จากนั้นนำเข้าบ่มที่ตู้อบร้อนแห้งที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เพื่อทำการวัดปริมาณแก๊ส

6. การเก็บข้อมูล

6.1 ผลผลิตแก๊ส

ทำการจดบันทึกปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้น โดยใน 12 ชั่วโมงแรกทำการบันทึกผลทุก ๆ 1 ชั่วโมง ต่อมานับทุก ๆ 3 ชั่วโมง จนถึงชั่วโมงที่ 24 จากนั้นบันทึกทุก ๆ 6 ชั่วโมง จนกระทั่งถึงชั่วโมงที่ 78 และสุดท้ายทำการวัดที่ชั่วโมงที่ 96

นำค่าผลผลิตแก๊สที่ได้มาหาค่าคงที่ a, b และ c โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป fit curve เพื่ออธิบายจลนพลศาสตร์ของการผลิตแก๊ส ตามโมเดลหรือแบบจำลองสมการของ Ørskov and McDonald (1979) ดังนี้

$$y = a + b[1 - \text{Exp}(-ct)]$$

เมื่อ y = ผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้น ณ เวลา t

a = จุดตัดแกน y

b = ค่าปริมาณแก๊ส ณ จุดที่เส้นกราฟราบเรียบ (asymptote)

c = ค่าอัตราการผลิตแก๊ส

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่น (bulk density, BD) ของสูตรอาหารผสมสำเร็จ

การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่น (bulk density, BD) ของสูตรอาหารผสมสำเร็จ

ในการประกอบสูตรอาหารผสมสำเร็จมีการใช้วัตถุดิบอยู่หลากหลายชนิด ซึ่งทำให้ลักษณะของอาหารเช่น ขนาดชิ้นอาหาร ความอ่อนนุ่ม ความแข็ง ความหยาบ ความละเอียดของอาหาร มีความแตกต่างกันในแต่ละสูตร การวิเคราะห์หาความหนาแน่นเป็นวิธีการเบื้องต้นที่สามารถประเมินลักษณะของอาหารได้ โดยในสูตรอาหารผสมสำเร็จของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ค่าความหนาแน่นที่วัดได้สามารถบ่งบอกถึงความฟาม (bulkiness) ของสูตรอาหารได้

อุปกรณ์

1. ถาดอะลูมิเนียม
2. ช้อน หรือพายสำหรับตักตัวอย่างอาหาร
3. cylinder ขนาด 1,000 มิลลิลิตร
4. ถังพลาสติก
5. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (ขึ้นกับลักษณะ และชนิดของอาหาร)

วิธีการ (Khajarern and Khajarern, 1999)

1. สุ่มเก็บตัวอย่างสูตรอาหารผสมสำเร็จแต่ละสูตรใน 5 วันสุดท้ายของแต่ละระยะการทดลอง วันละประมาณ 300 กรัม จากนั้นนำตัวอย่างสูตรอาหารผสมสำเร็จที่สุ่มทั้งหมดมาผสมให้เข้ากัน
2. นำตัวอย่างสูตรอาหารผสมสำเร็จที่บดแล้วมาเทใส่ถาดอะลูมิเนียม และเกลี่ยให้เต็มพื้นที่ถาด จากนั้นแบ่งอาหารออกเป็น 4 ส่วน แล้วเลือกสุ่มเอา 2 ส่วน แยกออกมาใส่ถาดต่างหาก
3. นำสูตรอาหารผสมสำเร็จส่วนที่แบ่งออกมานั้นมาเทใส่ cylinder ขนาด 1,000 มิลลิลิตร โดยในระหว่างที่เทอาหารนั้นห้ามกระแทกหรือกระทบอาหารภายใน cylinder เด็ดขาด เมื่อเทอาหารจนถึงขีด 1,000 มิลลิลิตร แล้วใช้ช้อนหรือพายเกลี่ยให้พื้นที่ผิวด้านบนราบเรียบ โดยขณะที่เกลี่ยนั้นห้ามกดหรืออัดอาหารภายใน cylinder เด็ดขาด
4. นำสูตรอาหารผสมสำเร็จภายใน cylinder 1,000 มิลลิลิตร มาเทใส่ถังพลาสติกที่ชั่งน้ำหนักแล้ว
5. นำสูตรอาหารผสมสำเร็จในถังพลาสติกไปชั่งน้ำหนัก

การคำนวณค่า bulk density

$$\text{bulk density (กรัม/ลิตร)} = \text{น้ำหนักทั้งหมด} - \text{น้ำหนักถังพลาสติก}$$

ภาคผนวก ง

**การคำนวณต้นทุนราคาอาหาร ผลตอบแทนจากการให้อาหาร การผสมอาหารของสูตรอาหาร
ผสมสำเร็จ และการรีดนมโคนมที่ใช้ในการทดลอง**

ตารางที่ 1 การคำนวณราคาสูตรอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบ	ราคา/ หน่วย	จำนวนที่ใช้, กก. (สด)								รวมราคา, บาท				ราคา, บาท/กก.			
		TMR1	TMR2	TMR3	TMR4	TMR1	TMR2	TMR3	TMR4	TMR1	TMR2	TMR3	TMR4	TMR1	TMR2	TMR3	TMR4
1 ถั่วवालเคดแห้ง	3.50	19.79	19.81	29.68	29.71	69.26	69.32	103.88	104.00	0.69	0.69	1.04	1.04	0.69	0.69	1.04	1.04
2 ฟางข้าว	1.50	19.68	0.00	9.84	0.00	29.52	0.00	14.76	0.00	0.30	0.00	0.15	0.00	0.30	0.00	0.15	0.00
3 ซังข้าวโพด	0.40	0.00	19.59	0.00	9.80	0.00	0.07	0.18	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4 มันเส้น	4.10	0.45	0.18	0.45	0.36	12.73	5.10	12.73	10.20	0.13	0.05	0.13	0.10	0.13	0.05	0.13	0.10
5 กากน้ำตาล	6.00	5.92	5.93	5.92	5.93	35.54	35.57	35.54	35.58	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
6 รำอ่อน	5.80	6.50	7.51	3.50	4.01	76.08	87.87	40.96	46.87	0.76	0.88	0.41	0.47	0.76	0.88	0.41	0.47
7 กากปาล์มน้ำมัน	5.50	23.53	23.55	23.53	23.56	96.48	96.57	96.48	96.59	0.96	0.97	0.96	0.97	0.96	0.97	0.96	0.97
8 ไชมันปาล์ม	28.00	12.09	12.68	12.48	14.89	66.52	69.75	68.63	81.92	0.67	0.70	0.69	0.82	0.67	0.70	0.69	0.82
9 กากถั่วเหลือง	11.70	9.20	7.92	11.77	8.91	53.37	45.95	68.28	51.70	0.53	0.46	0.68	0.52	0.53	0.46	0.68	0.52
10 ยูเรีย	12.00	1.18	1.18	1.18	1.18	14.19	14.20	14.19	14.20	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
11 ไตแคลเซียม	11.00	0.37	0.37	0.37	0.37	4.08	4.09	4.08	4.09	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
12 เกส	3.00	0.36	0.36	0.36	0.36	1.08	1.08	1.08	1.08	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
13 ซัลเฟอร์	4.94	0.27	0.27	0.27	0.27	1.33	1.34	1.33	1.34	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
14 แร่ธาตุ	10.00	0.64	0.64	0.64	0.64	6.37	6.37	6.37	6.37	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
รวม		100.00	100.00	100.00	100.00	466.57	437.28	468.49	454.08	4.67	4.37	4.68	4.54	4.67	4.37	4.68	4.54

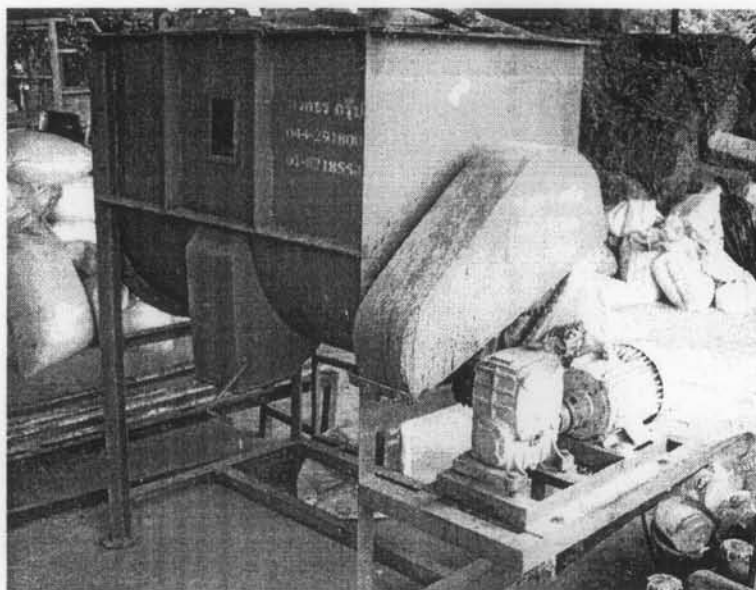
ตารางที่ 2 การคำนวณราคาต้นทุนค่าอาหาร และผลตอบแทนจากการให้อาหาร

ปริมาณการ กินได้, กก./วัน ¹	ราคา, บาท/กก.	ต้นทุน อาหาร , บาท/ วัน	ราคา น้ำมัน , บาท/กก. ₂	ผลผลิต น้ำมัน, กก./วัน	ขายได้, บาท	ผลผลิต น้ำมันปรับ 4%FCM	ขายได้, บาท	รายได้หัก ค่าอาหาร	รายได้ 4%FCM หัก ค่าอาหาร	ต้นทุน ค่าอาหาร/ กก.4%FCM ³	
TMR1	15.60	4.67	72.80	10.50	12.74	133.81	12.25	124.49	61.01	51.69	6.05
TMR2	16.36	4.37	71.52	10.50	13.31	139.79	11.96	122.33	68.26	50.80	6.20
TMR3	15.78	4.68	73.94	10.50	12.98	136.34	12.88	131.57	62.40	57.63	5.88
TMR4	15.20	4.54	69.04	10.50	12.52	131.45	13.14	133.99	62.41	64.96	5.29

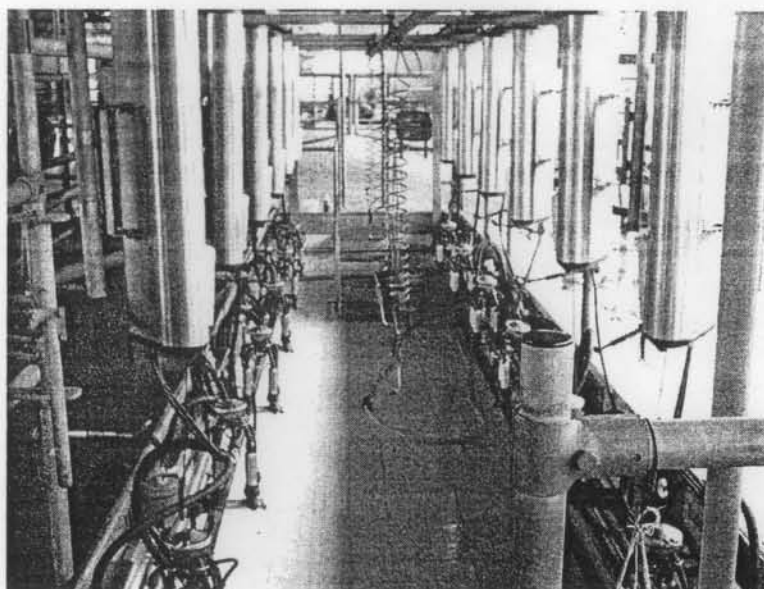
¹ ปริมาณการกินได้คิดเป็นน้ำหนักสด, กิโลกรัมต่อวัน

² ราคาซื้อน้ำมันดิบ ณ สหกรณ์โคนมขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

³ ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตน้ำมัน 1 กิโลกรัม = ต้นทุนค่าอาหาร, บาทต่อวัน / ผลผลิตน้ำมัน, กิโลกรัมต่อวัน



ภาพที่ 13 เครื่องผสมอาหารแนวนอนที่ใช้ในการผสมสูตรอาหารผสมสำเร็จในการทดลอง
ในการผสมอาหารสูตรละ 100 กิโลกรัมต่อครั้ง สามารถใช้เลี้ยงโคนมได้ 5-7 วัน



ภาพที่ 14 เครื่องรีดนมที่ใช้ในการรีดนมโคนมในการทดลอง มีเครื่องชั่งน้ำหนักน้ำนมในตัวเครื่อง และสามารถรีดนมโคได้ชุดละ 12 ตัว