คู่มือองค์ความรู้

การเพิ่มศักยภาพเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในการประกอบสูตรอาหารข้นอย่างแม่นยำ เพื่อลดต้นทุนการผลิต

โดย

นายสุบรรณ ฝอยกลางและคณะ

คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย
โครงการจัดการความรู้การวิจัยเพื่อการใช้ประโยชน์เชิงชุมชน สังคม ตามแนวพระราชดำริ
จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2562

คำนำ

คู่มือองค์ความรู้ เรื่อง **“การเพิ่มศักยภาพเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในการประกอบสูตรอาหารข้นอย่างแม่นยำเพื่อลดต้นทุนการผลิต”** ได้รวบรวมเนื้อหางานวิจัย และความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการประกอบสูตรอาหารข้นสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม เพื่อให้เกษตรกรสามารถนำความรู้ไปใช้ในการประกอบสูตรอาหารข้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนการผลิตด้านอาหารสัตว์ สร้างอาชีพให้มีความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมหรือผู้ที่สนใจในอาชีพการเลี้ยงโคนม และขอขอบพระคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติเป็นอย่างสูง ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2562

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	เรื่อง	หน้า
บทที่ 1	การจำแนกกลุ่มวัตถุดิบอาหารสัตว์	1
บทที่ 2	สารพิษในวัตถุดิบอาหารสัตว์	15
บทที่ 3	ชนิดของอาหารโคนม	27
บทที่ 4	การคำนวณและประกอบสูตรอาหารข้นอย่างง่าย	38
บทที่ 5	การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการคำนวณสูตรอาหารข้นสำหรับโคนมอย่างแม่นยำ	45
	ฐานข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์	52

สารบัญภาพ

	เรื่อง	หน้า
ภาพที่ 1.1	การให้มันสดสับเป็นอาหารโคนม	3
ภาพที่ 4.1	วิธีการใช้เพียสันสแควร์	41
ภาพที่ 5.1	หน้าต่างของโปรแกรม KCF2011	46
ภาพที่ 5.2	ตัวอย่างสูตรอาหารที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม KCF 2011	51

บทที่ 1
การจำแนกกลุ่มวัตถุดิบอาหารสัตว์

ชนิดของอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ 1) **อาหารหยาบ** เป็นอาหารที่สัตว์กินตามธรรมชาติ เช่น หญ้า ส่วนต่างๆ ของพืช หรือเศษเหลือทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร โดยสามารถแยกตามองค์ประกอบทางเคมีได้คือ มีเยื่อใยหยาบสูงกว่า 18% และ 2) **อาหารข้น** ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่มีความเข้มข้นของโภชนะสูง โดยมากเป็นธัญพืช พืชหัว และอื่นๆ ซึ่งมีเยื่อใยหยาบต่ำกว่า 18% ชนิดของวัตถุดิบอาหารข้นสามารถแยกได้ดังนี้

1. วัตถุดิบแหล่งพลังงาน

วัตถุดิบที่เป็นพลังงานเป็นวัตถุดิบที่สำคัญมากในสูตรอาหารข้น ซึ่งแหล่งวัตถุดิบประเภทพลังงานจะ

ส่งผลทำให้โคนมมีการสร้างน้ำนม ในอดีตการเลือกวัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงานสำหรับโคนมอาจไม่ยุ่งยาก เพราะมีวัตถุดิบทางเลือกหลากหลายและมีราคาไม่แพง แต่สถานการณ์ปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงราคามาก มีหลายปัจจัยที่มาเกี่ยวข้องวัตถุดิบพลังงานถูกนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่มีราคาสูงขึ้น เช่น การแปรรูปในอุตสาหกรรมเอทานอล การทำแป้งมัน เป็นต้น การลดพื้นที่ปลูกเนื่องจากภัยแล้ง พื้นที่ปลูกขาดการชลประทานทำให้ผลผลิตต่ำลง ปริมาณที่ผลิตได้ลดลง ราคาจึงสูงขึ้น การเลือกใช้แหล่งวัตถุดิบพลังงานจึงต้องพิจารณาให้ดีทั้งราคาและคุณค่าทางโภชนะ

มันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ให้พลังงานสูง มีสัดส่วนของแป้งมาก มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายสูง แต่มีโปรตีนและไขมันต่ำ อีกทั้งหัวมันสำปะหลังสดยังมีสารพิษสำคัญคือ กรดไฮโดรไซยานิค ซึ่งมีความเป็นพิษต่อสัตว์เคี้ยวเอื้อง ดังนั้นควรใช้ผ่านกระบวนการให้

ความร้อนหรือการหมักก่อนเพื่อทำลายสารพิษให้น้อยลง

มันสด การใช้มันสดเป็นอาหารโคนมย่อมมีข้อจำกัด ทั้งนี้ Cherdthong et al. (2018) ได้สรุปว่าการเสริมกำมะถันระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ในรูปของแร่ธาตุก้อนร่วมกับการให้กินหัวมันสดที่ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวช่วยทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งดีขึ้นรวมถึงกรดไฮโดรไซยานิคกลายเป็นไธโอไซยาเนทที่ไม่เป็นพิษต่อสัตว์ จึงเป็นอีกหนทางหนึ่งของการนำหัวมันสดมาใช้

ภาพที่ 1.1 การให้มันสดสับเป็นอาหารโคนม

ที่มา: Cherdthong et al. (2018)

มันเส้น คือการแปรรูปหัวมันสำปะหลัง โดยการนำมันสดมาหั่นหรือบดเป็นชิ้น จากนั้นนำมาตากแดด 3 – 4 วัน เพื่อลดความชื้นและความเป็นพิษลง มันเส้นสามารถใช้ในสูตรอาหารข้นได้ถึงระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร

มันป่น คือมันเส้นและส่วนที่แตกหักจากมันเส้น หรือมันเส้นที่นำไปบดให้ละเอียด มักมีความเป็นฝุ่นผงอยู่มาก ในการใช้ควรนำไปผสมกับวัตถุดิบที่มีความชื้นเพื่อลดความเป็นฝุ่นผง เช่น ใช้ผสมกับน้ำมันพืชหรือกากน้ำตาล

กากมันสำปะหลัง คือผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังและอยู่ในรูปเปียก แต่เมื่อมาทำให้แห้งจะสามารถเก็บได้นานขึ้น โดยทั่วไปกากมันสำปะหลังจะมีความชื้นไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์ มีแป้งประมาณ 50.2 เปอร์เซ็นต์ แต่มีโปรตีนต่ำประมาณ 2.4 เปอร์เซ็นต์ (วริยาและคณะ,2552) ปัจจุบันมีการปรับปรุงคุณภาพโดยการนำไปหมักกับ

ยีสต์เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนโดยพบว่าสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนได้ถึง 12.7 เปอร์เซ็นต์

กากเอทานอล คือผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตเอทานอล ซึ่งมาจากมันสดที่ผ่านการหมักกับยีสต์และแยกส่วนที่เป็นแอลกอฮอล์ออกไป กากที่หลงเหลืออยู่เมื่อถูกนำมาทำให้แห้งจะถูกเรียกว่ากากเอทานอล ซึ่งจะมีโปรตีนจากยีสต์และแป้งที่ไม่ถูกย่อยหลงเหลืออยู่ โดยมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายอยู่ประมาณ 41 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนอยู่ประมาณ 7.49–10.3 เปอร์เซ็นต์ และสามารถใช้ได้ในสูตรอาหารข้น 15–16.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารข้น

ข้าวและผลิตภัณฑ์จากข้าว

การนำมาใช้ต้องพิจารณาถึงความชื้นและราคา ซึ่งมีผลพลอยได้จากข้าวหลายรูปแบบดังนี้

ปลายข้าว เป็นส่วนที่แตกหักจากการสีข้าว มีคุณค่าทางโภชนะคือโปรตีน 6.8 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.4 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย 0.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียง

กับเมล็ดข้าวโพด ดังนั้นในช่วงฤดูกาลที่ข้าวโพดราคาสูงกว่าปลายข้าว สามารถใช้ปลายข้าวทดแทนในข้าวโพดในสูตรอาหารได้

รำข้าว เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมสีข้าว และนิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ รำข้าวสามารถจำแนกได้ 3 ประเภทคือ

- **รำหยาบ** เป็นส่วนของการขัดสีข้าวในขั้นตอนแรกๆ จึงทำให้มีส่วนของแกลบ จมูกข้าว ปลายข้าว หรืออาจมีส่วนของข้าวหลุดออกมาด้วย มักมีโปรตีนต่ำราวๆ 5.1 เปอร์เซ็นต์ และมีเยื่อใยสูงถึง 31.3 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้มีราคาถูก การย่อยได้ของโภชนะและการใช้ประโยชน์ได้จริงต่ำ
- **รำละเอียด** เป็นส่วนที่หลงเหลือจากการขัดข้าว เช่นเดียวกันกับรำหยาบ ได้มาจากการขัดข้าวกล้องให้ขาวขึ้น ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว และคัพภะของเมล็ดข้าว รวมถึงอาจมีบางส่วนของเมล็ดข้าวติดมาด้วยจึงทำให้มีแป้งอยู่พอสมควร มีข้อแนะนำ

ในการใช้คือสามารถใช้รำข้าวในสูตรอาหารได้ถึง 10 เปอร์เซ็นต์

– **รำข้าวขาว** เป็นส่วนที่เกิดจากการขัดข้าวขาวที่มีผิวขรุขระให้เรียบขึ้น จึงมีส่วนของแป้งจากเมล็ดข้าวติดออกมาด้วย ทำให้มีสีขาวมากกว่ารำละเอียด มีส่วนของแป้งมากกว่ารำละเอียด มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย 63.93 เปอร์เซ็นต์

– **รำสกัดน้ำมัน** เป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันรำข้าว สามารถนำมาเป็นอาหารสัตว์ได้ โดยทั่วไปรำสกัดจะมีโปรตีนสูงกว่ารำละเอียด และมีกรดอะมิโนสูงขึ้นตามระดับของโปรตีนที่เพิ่มขึ้น แต่มีไขมันและพลังงานใช้ประโยชน์ได้ต่ำกว่ารำละเอียด รำสกัดน้ำมันมีความฟ่ามและเป็นฝุ่นสูง เมื่อใช้ในระดับที่สูงในอาหารจะทำให้อาหารเป็นฝุ่นมากขึ้น ดังนั้นเมื่อใช้ในระดับสูงในสูตรอาหาร จึงควรแก้ปัญหา เช่น ใช้อาหารในรูปอาหารอัดเม็ด หรือใช้กากน้ำตาลในสูตรอาหาร เพื่อเพิ่มความน่ากินและลดความเป็นฝุ่น เป็นต้น

ข้าวโพดและผลิตภัณฑ์จากข้าวโพด

ข้าวโพดเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สามารถนำมาใช้เลี้ยงโคได้ทุกส่วน ทั้งเมล็ด ลำต้น ใบ รูปแบบการใช้ข้าวโพดและผลพลอยได้จากข้าวโพดมีหลากหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับชิ้นส่วน เช่น ลำต้นและใบของต้นข้าวโพดหวานหรือต้นข้าวโพดฝักอ่อนสามารถนำไปใช้ในการหมักเพื่อเป็นอาหารหยาบสำหรับโคนมได้

เมล็ดข้าวโพด เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพสูง เมล็ดข้าวโพดมีข้อจำกัดสำคัญคือต้องบดเพราะเมล็ดข้าวโพดย่อยยาก นอกจากนี้หากทำการเอ็กซ์ทรูดข้าวโพดจะสามารถนำไปผสมอาหารได้ถึง 70-80 % โดยไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์

ฝุ่นข้าวโพด เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสีข้าวโพด แต่จะมีส่วนประกอบของกลีบเลี้ยงและผิวด้านนอกที่หุ้มเมล็ดบริเวณปลายคัพภะของเมล็ด เมล็ดแตกหักร่วมกับซังข้าวโพดประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ และในการใช้ฝุ่นข้าวโพดสามารถใช้ได้ถึงระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร

คอร์นกลูเตนมีล เป็นผลพลอยได้จากการทำแป้งข้าวโพดหรือไซรัป มีโปรตีนสูง 40–60 เปอร์เซ็นต์ โดยแป้งและรำจะถูกสกัดออกไป แต่หากไม่มีการสกัดรำออกมาจะเรียกว่าคอร์นกลูเต็นฟีด ซึ่งจะมีโปรตีนอยู่ในช่วง 20–25 เปอร์เซ็นต์

ผลิตภัณฑ์จากปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชสำหรับหีบเอาน้ำมันปาล์ม และจะได้ส่วนของกากปาล์มเป็นผลพลอยได้ในกระบวนการผลิตได้หลายชนิด เช่น กากเยื่อใยปาล์ม กากเมล็ดปาล์มน้ำมัน กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม กากผลปาล์มน้ำมัน และกากน้ำมันปาล์ม ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มมีคุณค่าทางอาหารสัตว์มากน้อยแตกต่างกัน และทุกชนิดสามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้แตกต่างกันตามชนิด ขนาด และระยะการให้ผลผลิตของสัตว์

กากเยื่อใยปาล์ม เป็นส่วนที่ได้จากเปลือกของปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบเอาน้ำมันออกแล้ว มีโปรตีน

12 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่ใช้เป็นเชื้อเพลิงโรงงาน การใช้กากปาล์มในสูตรอาหารข้นสามารถใช้ได้ในระดับ 10 – 20 เปอร์เซ็นต์

เนื้อในเมล็ดปาล์ม เป็นส่วนที่แยกเปลือกและกะลาออกแล้ว กากจะมีลักษณะแห้งแข็งหรืออาจเป็นผงละเอียด มีคุณค่าทางโภชนะสูง สามารถใช้ได้ในระดับ 15 – 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารข้น

2. วัตถุดิบแหล่งโปรตีน

วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งของโปรตีนมักมีราคาสูง การพิจารณานำไปใช้จึงส่งผลต่อต้นทุนค่าอาหารโดยตรง แหล่งของโปรตีนมี 4 แหล่ง คือ โปรตีนจากพืช โปรตีนจากสัตว์ กรดอะมิโนสังเคราะห์ และ NPN (Non Protein Nitrogen)

วัตถุดิบจากถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองจัดเป็นแหล่งของวัตถุดิบประเภทโปรตีนคุณภาพดีที่ได้จากพืช ซึ่งมีโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นเมื่อเทียบกับแหล่งของโปรตีนจากพืชชนิดอื่น

แต่ไม่นิยมนำเมล็ดดิบมาใช้เป็นอาหารสัตว์เพราะในเมล็ดถั่วเหลืองดิบมีสารพิษ (Trypsin inhibitor) ซึ่งจะไปยับยั้งการทำงานของน้ำย่อยกลุ่มทริปซิน มักใช้แทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ ผลผลิตจากเมล็ดถั่วเหลืองที่นำมาใช้ในอาหารสัตว์มี 2 แบบคือ

– ถั่วเหลืองเอ็กซ์ทรูดหรือถั่วเหลืองไขมันเต็ม (Extruded soybean หรือ Full fat soybean) ได้จากการนำเมล็ดถั่วไปทำให้สุก โดยไม่มีการสกัดไขมันออก แต่กรรมวิธีในการผลิตมีหลายวิธีจึงส่งผลทำให้มีคุณค่าทางโภชนะแตกต่างกันออกไป โดยมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบถึง 17 – 20 เปอร์เซ็นต์

– กากถั่วเหลือง เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง และเป็นแหล่งของโปรตีนที่มีคุณภาพสูง มีกรดอะมิโนจำเป็น มีระดับของโปรตีนอยู่ที่ 44 – 49 เปอร์เซ็นต์

กากเบียร์ เป็นผลพลอยได้จากการผลิตของอุตสาหกรรมเบียร์ ซึ่งมีอยู่ถึงร้อยละ 85 เปอร์เซ็นต์ของเศษเหลือจากกระบวนการผลิตเบียร์ ภายในกากเบียร์มี

สวนผสมหลักคือข้าวบาร์เลย์ซึ่งมีเยื่อใยสูง และมีโปรตีนร้อยละ 20 การใช้กากเบียร์ต้องคำนึงถึงเยื่อใย

กระถินป่น เป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น เนื่องกระถินเป็นพืชทนต่อทุกสภาพอากาศ มักมีการนำมาใช้ในเป็นแหล่งของอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้ได้ทั้งในรูปของสด ตากแห้ง และแบบหมัก แต่การนำมาใช้ควรมีการคำนึงถึงสารพิษที่สำคัญคือ มิโมซิน (Mimosine) แต่สารพิษนี้สามารถทำลายได้โดยการนำไปให้ความร้อนโดยการตากแดด ในสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้กระถินได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์

ปลาป่น เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมประมง ได้มาจากกระบวนการผลิตน้ำปลา หรืออาจเป็นปลาทั้งตัว โดยมักจะนำมาทำให้แห้งแล้วบดเพื่อนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนที่มีการไหลผ่านได้ดี มีแคลเซียม ฟอสฟอรัส และไอโอดีนสูง โดยทั่วไปนิยมใช้เป็นแหล่งโปรตีนเสริมมากกว่าเป็นแหล่งโปรตีนหลัก เนื่องจากมีราคาแพง และการใช้ปลาป่นในระดับสูงจะทำให้น้ำนมโคมีกลิ่นคาวปลา

ยูเรีย เป็นแหล่งของวัตถุดิบกลุ่มโปรตีนแต่จัดอยู่ในกลุ่มของโปรตีนที่ไม่ใช่โปรตีนแท้ (non–protein nitrogen, NPN) (เมธาและคณะ, 2547) และหากมีการใช้ยูเรียควรมีการใช้ในระดับที่ต่ำและควรใช้ร่วมกับวัตถุดิบในกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต เช่น มันเส้น เนื่องจากมีการสลายตัวได้รวดเร็วในกระเพาะหมักของโค

เอกสารอ้างอิง

เมธา วรรณพัฒน์, บิ่น จันจุฬา, ฉลอง วชิราภากร, ศักดิ์สิทธิ์ จันทร์ไทย, และ นิโรจน์ ศรสูงเนิน. 2547. ผลของระดับยูเรียและมันเส้นในสูตรอาหารข้นสำหรับโคนม. น. 239–254. ใน: การประชุมสัมมนาวิชาการเกษตรแห่งชาติ ประจำปี 2547 “ปศุสัตว์อาหารมาตรฐานโลก” (สาขาสัตวศาสตร์/สัตวบาล), 27–28 มกราคม 2547, โรงแรมโซฟิเทลราชาออคิด,ขอนแก่น.

วริยา โกสุม, นารีรัตน์ เจริญวัฒนสกุล, ยุวเรศ เรืองพานิช, สุกัญญา รัตนทับทิมทอง, และเสกสม อาตมางกูร. 2552. คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ของกากมันสำปะหลัง. น. 117 – 124. ใน: การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัย-เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49 สาขาสัตว์ วันที่ 17-20 มีนาคม 2552 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Cherdthong,A., B. Khonkhaeng,A. Seankamsorn, C. Supapong, M. Wanapat, N. Gunun, P. Gunun, P. Chanjula, and S, Polyorach. 2018. Effects of feeding fresh cassava root with high-sulfur feed block on feed utilization, rumen fermentation, and blood metabolites in Thai native cattle. Trop. Anim. Health Prod. 50:1365–1371.

บทที่ 2
สารพิษในวัตถุดิบอาหารสัตว์

สารพิษและสารยับยั้งการใช้โภชนะในอาหารสัตว์

สารพิษและสารยับยั้งการใช้โภชนะในอาหารสัตว์ คือสารในอาหารที่เป็นพิษต่อสัตว์ หรือสารยับยั้งการใช้โภชนะ (Feed inhibitor) หรือก่อให้เกิดโทษอื่นๆกับสัตว์เมื่อสัตว์กินเข้าไป มีที่มาจาก 2 แหล่งหลัก คือ **สารที่พืชสังเคราะห์ขึ้นเองโดยธรรมชาติ** เช่น กรดไฮโดรไซยานิกในมันสำปะหลัง มิโมซินในกระถิน แทนนินในข้าวฟ่าง เป็นต้น ส่วนอีกแหล่งหนึ่งมาจาก **การปนเปื้อนจากภายนอก** เช่น การปนเปื้อนยาฆ่าแมลงและโลหะหนัก สารพิษที่ผลิตโดยจุลินทรีย์โดยเฉพาะเชื้อราที่ปนเปื้อนหรือเจริญในวัตถุดิบในภายหลัง เป็นต้น ดังนั้นสารพิษในอาหารสัตว์จึงอาจเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ขั้นตอนการปลูกพืช การใส่ปุ๋ย การเก็บเกี่ยว การเก็บรักษาวัตถุดิบ รวมทั้งการผลิตและการเก็บ

รักษาอาหารผสมสำเร็จ โดยเฉพาะประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้นส่งผลให้มีการปนเปื้อนสารพิษและสารยับยั้งการใช้โภชนะในอาหารสัตว์โดยทั่วไป ดังนั้น การทราบข้อมูลที่รอบด้านจึงเป็นประโยชน์ต่อผู้เลี้ยงสัตว์เพื่อใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้อง

ความเป็นพิษ แหล่งที่พบ และวิธีการลดสารพิษหรือสารยับยั้งการใช้โภชนะที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ

1. กรดไฮโดรไซยานิก (Hydrocyanic acid, HCN) หรือกรดพรัสสิก (Prussic acid) พืชที่มีสารพิษนี้ ได้แก่ มันสำปะหลัง ข้าวฟ่าง หญ้าเพ็ก หญ้าซอกั้ม เป็นต้น ขณะที่ถั่วมะแฮะ กระถินณรงค์ ใบประดู่ หญ้าโคไร หญ้ารูซี่จะมีกรดไฮโดรไซยานิกในปริมาณน้อย มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีระดับของกรดไฮโดรไซยานิกสูงถึงประมาณ 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (กรมปศุสัตว์, 2538) อย่างไรก็ตามปริมาณสารพิษจะขึ้นอยู่กับอายุของพืชและส่วนของพืช เช่น ในใบมีมากกว่าลำต้นและหัว การลดปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกสามารถทำได้โดยการ

ตากแดดหรือการอบแห้ง รวมทั้งการหมัก ทั้งนี้กรดไฮโดรไซยานิกจะระเหยไปเพราะความร้อน

พิษจากกรดไฮโดรไซยานิกมีผลต่อระบบหัวใจและระบบทางเดินโลหิต ทำให้ออกซิเจนเข้าสู่เซลล์น้อยลง ทำให้กล้ามเนื้อขาดออกซิเจน สัตว์จะมีอาการหายใจขัด ตัวสั่น ชักกระตุกเป็นอัมพาตเฉียบพลันและหากสัตว์ได้รับเข้าไปในปริมาณมากอาจตายได้ภายใน 2–3 นาที ระดับต่ำสุดของกรดไฮโดรไซยานิกที่สามารถทำให้เกิดพิษต่อสัตว์คือ 2.32 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว และหากได้รับปริมาณ 4.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว จะทำให้เกิดพิษรุนแรง

2. **ไนเตรท (Nitrate)** ไนเตรทจะยังไม่เป็นพิษต่อสัตว์จนกว่าจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ (Nitrite) โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน พืชอาหารสัตว์ที่มีปริมาณไนเตรทสูงได้แก่ ข้าวฟ่าง เถามันเทศ ผักโขม ไมยราบ ใบทองหลาง ต้นข้าวโพด เป็นต้น โดยส่วนใหญ่จะสะสมอยู่ที่ลำต้นและใบ ไนเตรทที่สะสมอยู่ในพืชนี้ได้รับโดยตรงจากการดูดซึมสารประกอบไนโตรเจนจากดิน

และปุ๋ย ดังนั้นปริมาณการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจึงสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของไนเตรทที่สะสมในพืช ปัญหาของสารพิษจากไนเตรทจึงสามารถป้องกันได้โดยการลดการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนโดยเฉพาะในฤดูแล้ง หรือไม่ควรเก็บเกี่ยวพืชหากยังโตไม่เต็มที่เนื่องจากมีปริมาณของไนเตรทสูง นอกจากนี้การหมักพืชอาหารสัตว์อาจทำให้เกิดสารพิษกลุ่มไนโตรเจนนี้ได้หากกระบวนการหมักเกิดขึ้นอย่างไม่เหมาะสม ไนไตรท์เป็นพิษต่อสัตว์โดยตรงโดยจะทำให้ฮีโมโกลบินในเลือดไม่สามารถขนส่งออกซิเจนได้ เลือดจะมีสีน้ำตาลไหม้ ทำให้อวัยวะต่างๆ เช่น หัวใจ ตับ ม้าม ไต และปอดมีสีเปลี่ยนไป ร่างกายจะขาดออกซิเจน สัตว์จึงแสดงอาการเดินโซเซ หายใจเร็ว หอบ และอาจถึงตายได้ นอกจากนี้ไนไตรท์ยังยับยั้งการทำงานของวิตามินเอ ทำให้สัตว์แสดงอาการขาดวิตามินเอร่วมด้วย (พันทิพา, 2543) ปริมาณต่ำสุดของไนเตรทที่มีผลต่อโคและกระบือ คือ 88–100 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว การรักษาการเกิดพิษจากไนเตรทสามารถทำได้โดยการ

ให้สารละลาย Methylene blue ทางเส้นเลือด เพื่อไปทำให้ฮีโมโกลบินทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนได้ตามปกติ

3. ออกซาเลท (Oxalate) กรดออกซาลิก (Oxalic acid, $C_2H_2O_4$) เมื่อรวมตัวกับแร่ธาตุจะกลายเป็นผลึกออกซาเลต เช่น แคลเซียมออกซาเลต แมกนีเซียมออกซาเลต โพแทสเซียมออกซาเลต โซเดียมออกซาเลต ทำให้แร่ธาตุเหล่านี้ไม่สามารถถูกดูดซึมได้ในระบบลำไส้ของสัตว์ โดยเฉพาะแคลเซียมซึ่งเป็นแร่ธาตุที่สัตว์ต้องการ ในปริมาณมาก ในสัตว์เคี้ยวเอื้องมีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยและปลดปล่อยแร่ธาตุออกจากออกซาเลต พืชส่วนใหญ่มีออกซาเลตในปริมาณน้อยและไม่ถึงระดับที่เป็นพิษ พืชอาหารสัตว์ที่มีออกซาเลต เช่น ผักโขม กระถิน เป็นต้น

ระดับต่ำสุดของออกซาเลตที่จะส่งผลกระทบต่อโค-กระบือ คือ 685 กรัม/วัน ออกซาเลตนอกจากจะทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของแร่ธาตุลดลงแล้วยังเป็นพิษต่อสัตว์โดยตรงอีกด้วยโดยจะไประคายเคืองกระเพาะอาหารและลำไส้ ไตถูกทำลายและอาจเป็นนิ่วได้

4. มิโมซิน (Mimosine) เป็นสารประกอบคล้ายกรดอะมิโนเนื่องจากถูกสังเคราะห์มาจากกรดอะมิโนไลซีน พบมากในพืชตระกูลกระถิน (*Leucaena* spp.) และไมยราบ โดยในใบมีประมาณ 3.0–9.5% และลำต้นประมาณ 1.7–6.5% ของวัตถุแห้ง ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของกระถิน ความร้อนจากการตากแดด การอบหรือการหมักสามารถลดปริมาณมิโมซินลงได้มากกว่า 50% การเพิ่มเฟอรัสซัลเฟตในสูตรอาหารสามารถลดพิษจากมิโมซินได้

5. แทนนิน (Tannin) เป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่และโครงสร้างซับซ้อน เป็นสารประกอบโพลีฟีนิลชนิดหนึ่งซึ่งพบได้ในพืชหลายชนิด มีสถานะเป็นกรดอ่อน รสฝาด แทนนิน มี 2 ชนิด คือ คอนเดนส์แทนนิน (condensed tannins) หรือเรียกอีกอย่างว่าโปรแอนโทรไซยานิน (Proanthrocyanin) พบมากในเปลือกผลไม้เช่น มังคุด กล้วยและใบไม้บางชนิด เช่น ใบมะรุม แค เป็นต้น และสารไฮโดรไลซ์แทนนิน (hydrolysable tannins) คือแบบที่สามารถถูกแยกออกเป็นโมเลกุลเล็กๆได้ พบมากในข้าว

ฟ่าง ใบกระถิน และใบมันสำปะหลัง แทนนินมีคุณสมบัติตกตะกอนโปรตีน มีฤทธิ์ฝาดสมาน จึงใช้เป็นยารักษาโรคท้องเสียได้ และมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย แทนนินทำให้สัตว์กินอาหารลดลงเนื่องจากแทนนินมีรสขม ทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยและใช้โปรตีนและพลังงานลดลง อย่างไรก็ตามพบว่าคอนเดนซ์แทนนินมีประโยชน์เมื่อใช้ในระดับที่เหมาะสมในสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยมีผลทำให้โปรตีนไหลผ่านกระเพาะรูเมน (Rumen by-pass protein) เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดการผลิตแก๊สมีเทนซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานจากอาหาร

สารยับยั้งการใช้โภชนะที่เกิดจากการปนเปื้อน

ได้แก่สารพิษจากเชื้อรา (Mycotoxins) เป็นสารจำพวก Toxic secondary metabolites ที่สร้างขึ้นโดยเชื้อรา เมื่อมีอากาศและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมทั้งในแปลงปลูกและระหว่างการเก็บรักษา โดยเฉพาะในอาหารจำพวกเมล็ดธัญพืช ถั่ว และกากพืชสกัดน้ำมันต่างๆ สารพิษจากเชื้อราได้แก่

1. อะฟลาทอกซิน (Aflatoxin) เป็นสารพิษที่ผลิตจากเชื้อจุลินทรีย์ประเภทเชื้อรากลุ่ม *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* และ *A. nomius* แต่ส่วนใหญ่เกิดจากเชื้อราชนิด *Aspergillus flavus* ที่เจริญเติบโตอยู่บนเมล็ดธัญพืช เช่น ถั่วลิสงข้าวโพด ข้าวโอ๊ต ข้าวสาลี รวมถึงมันสำปะหลัง รำ เป็นต้น โดยเฉพาะในสภาวะการเก็บรักษาที่มีความชื้นสูงและอบอ้าว อะฟลาทอกซินมีสีเขียวหรือสีเขียวแกมเหลือง สามารถทนความร้อนสูง ทำให้ยากแก่การกำจัดออกจากอาหารเมื่อเกิดการปนเปื้อน นอกจากจะปนเปื้อนในอาหารสำหรับสัตว์แล้ว สารพิษอะฟลาทอกซินยังตกค้างในผลิตภัณฑ์จากสัตว์ด้วย โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์จากน้ำนม

สารพิษอะฟลาที่ทอกซิน พบมีอยู่ 4 ชนิด คือ B1, B2, G1 และ G2 โดยชนิด B1 มีความเป็นพิษรุนแรงมากที่สุด อะฟลาทอกซินเป็นพิษต่อร่างกายสัตว์โดยตรง โดยมีความไวต่อการจับกับสารชีวโมเลกุล เช่น โปรตีน DNA หรือ RNA ทำให้ไม่สามารถทำหน้าที่ตามปกติได้ ส่งผลให้เกิดการยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนและสาร

พันธุกรรม การเกิดพิษแบบเฉียบพลันจะแสดงอาการชักและตายภายใน 2-5 วันหลังจากได้รับสารพิษ มีจุดเลือดออกใต้ผิวหนังและอวัยวะภายใน ตับโตสีเหลืองซีดไต ตับอ่อนและม้ามขยายใหญ่ มีอาการบวมน้ำรอบหัวใจและน่อง ในขณะที่การเกิดพิษแบบเรื้อรังเซลล์ตับจะถูกทำลาย และมีโอกาสเปลี่ยนเป็นเซลล์มะเร็ง ระบบภูมิคุ้มกันลด เจ็บป่วยง่าย ซึม เบื่ออาหาร จึงส่งผลให้สัตว์เจริญเติบโตช้า ผลผลิตลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว ในคนยังพบว่าอะฟลาทอกซินเหนี่ยวนำให้เกิดโรคตับอักเสบ โรคตับแข็ง โรคสมองอักเสบ เซลล์หลอดลมและเซลล์ปอดผิดปกติ เนื่องจากอะฟลาทอกซินเป็นสารที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งจึงมีกฎหมายออกมาควบคุมปริมาณอะฟลาทอกซินที่มีในอาหารสัตว์ ระดับอะฟลาทอกซินที่เป็นพิษต่อโคเนื้อคือ 0.66-1.00 ppm และโคนม 1.50 ppm อย่างไรก็ตามเนื่องจากการปนเปื้อนอะฟลาทอกซินสามารถสังเกตและประเมินได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้น จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้วัตถุดิบอาหารที่ขึ้นราแล้วมีสีต่างๆ (สิริพันธุ์, 2553)

2. **โอคราทอกซิน (Ochratoxins)** สารพิษนี้สร้างโดยเชื้อรากลุ่ม Aspergillus โดยเชื้อรากลุ่ม Aspergillus นี้จะมีการสร้างสารพิษในที่อากาศร้อนชื้น และสารพิษ Ochratoxins นี้มีพิษต่อไต ตับ และเป็นสารก่อมะเร็งในระบบทางเดินปัสสาวะ

3. **ซีราลิโนน (Zearalenone)** เป็นสารพิษที่สร้างโดยเชื้อรา Fusarium graminearum ซึ่งมักพบในข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี และอาหารสัตว์ สารพิษนี้มีผลต่อฮอร์โมนเพศหญิง ทำให้สัตว์เกิดการแท้งลูกได้ ในมนุษย์มีรายงานว่าสารพิษนี้มีผลต่อเด็กผู้หญิงด้วย

4. **ฟูโมนิซิน (Fumonisins)** เป็นสารจำพวก polyalcohols ที่เกิดจากเชื้อรากลุ่ม Fusarium ที่สำคัญได้แก่ Fusarium moniliforme และ F. proliferatum

พบในข้าวโพด ข้าว และข้าวฟ่าง สารพิษกลุ่มนี้ที่มักพบตามธรรมชาติ ได้แก่ FmB1, FmB2 และ FmB3 สารพิษ Fumonisins เป็นสารก่อมะเร็ง ทำให้เกิดโรค Equeie Leukoenophulonalaeia (ELEM) กับม้าทำให้ม้

าเสียการทรงตัวและตายเนื่องจากสมอง ถูกทำลาย และทำให้เกิดโรค Porcine pulmonary edema (PPE) กับหมู

5. **ไตรโคทีซีน (Trichothecenes)** เป็นสารพิษที่เกิดจากเชื้อราหลายชนิด ที่พบตามธรรมชาติได้แก่ Deoxynivalinol, Nevalenol diacetoxyscirpenol และ T-2 toxin ส่วนมากพบในข้าวโพด ข้าวบาร์เลย์ ข้าวไรท์ และข้าวสาลี สารพิษกลุ่มนี้สามารถยับยั้งการสร้างโปรตีนและ DNA ความเป็นพิษของสารพิษกลุ่มนี้มีทั้งระดับเล็กน้อยไปจนถึงระดับรุนแรง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสูตรโครงสร้างทางเคมีของสารพิษนั้น ลักษณะอาการที่ได้รับสารพิษเข้าไปคือจะมีอาการคลื่นไส้ ไม่อยากอาหาร เม็ดเลือดผิดปกติ มีอาการตกเลือดในลำไส้

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2543. หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 1: โภชนะ(ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. 207 หน้า

สิริพันธุ์ จุลกรังคะ. 2553. โภชนศาสตร์เบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 314 หน้า

กรมปศุสัตว์. 2538. สารพิษในอาหารสัตว์. กลุ่มงานวิเคราะห์อาหาร.

บทที่ 3
ชนิดของอาหารโคนม

ชนิดและประเภทของอาหารโคนม จำแนกได้ ดังนี้

1. อาหารหยาบ (roughages) หรืออาหารเยื่อใย หมายถึง อาหารที่มีโภชนะต่อหน่วยน้ำหนักต่ำ มีเยื่อใยสูงกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาหารหยาบถือเป็นอาหารหลักของโคนม และสัตว์เคี้ยวเอื้องอื่นๆ ซึ่งมีความจำเป็นเพื่อเป็นอาหารสำหรับจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ภายในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการหมักย่อยอาหาร ช่วยกระตุ้นให้มีการเคี้ยวเอื้องและหลั่งน้ำลาย เป็นการปรับสมดุลของระบบนิเวศน์ในกระเพาะรูเมน ประเภทของอาหารหยาบมีดังนี้

1.1 อาหารหยาบสด (green roughages หรือ green forages) เป็นอาหารหยาบที่อยู่ในสภาพสด ได้แก่ พืชที่ตัดสดมาให้สัตว์กิน และพืชอาหารสัตว์ในทุ่งที่สัตว์เข้าไปแทะเล็ม อาหารหยาบสดประกอบด้วย

- ***พืชตระกูลหญ้า*** ได้แก่ หญ้าขน หญ้ากินนีสีม่วง หญ้าเนเปียร์ และหญ้ารูซี่ เป็นต้น

- ***พืชตระกูลถั่ว*** ได้แก่ ถั่วสไตโล ถั่วฮามาต้า ถั่วลาย หรือถั่วเซนโตรซีมา ถั่วซีราโตร เป็นต้น พืชตระกูลถั่วจะมีคุณค่าทางโภชนะ เช่น โปรตีน สูงกว่าพืชอื่น

- ***ผลพลอยได้ทางการเกษตร*** เป็นผลพลอยได้จากการเก็บเกี่ยวพืชในฤดูกาลต่างๆ ในสภาพสด เช่น ต้นและเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน ต้นข้าวโพดหวาน ยอดอ้อย เป็นต้น ซึ่งผลพลอยได้ทางการเกษตรเหล่านี้สามารถนำมาใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนมได้เช่นกัน

1.2 อาหารหยาบแห้ง (dry roughages หรือ dry forages) เป็นการเก็บถนอมอาหารสัตว์ให้อยู่ในรูปแห้ง โดยนำเอาอาหารหยาบสดมาทำให้แห้งด้วยการตากแดด 2–3 วัน ให้เหลือความชื้นไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในสภาพที่ไม่มีเชื้อรา จึงสามารถเก็บไว้ได้นาน เพื่อไว้ใช้ในยามขาดแคลนอาหารสัตว์ได้ เช่น หญ้าแห้ง (hay) นอกจากนี้อาหารหยาบแห้งยังรวมถึงผลพลอยได้ทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ต้นแห้งของถั่วต่างๆ

เปลือกหรือฝักข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยว และใบมันสำปะหลังตากแห้งหรือมันเฮย์ เป็นต้น

1.3 อาหารหยาบหมักหรือพืชหมัก (silage) เป็นการเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์ในหลุมหมักหรือบ่อหมักในสภาพไร้ออกซิเจน ทำให้พืชหมักมีความชื้น 65–75 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) ประมาณ 4.2 วัตถุประสงค์ของการหมักเพื่อเก็บรักษาพืชอาหารสัตว์ไว้ใช้ในยามขาดแคลนอาหาร ซึ่งสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานหลายปีถ้าไม่เปิดหลุมหมัก โดยการนำอาหารหยาบสดที่เก็บเกี่ยวในระยะที่มีคุณค่าทางอาหารสูง และมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตมากพอ นำมาสับให้มีขนาดเล็ก บรรจุอัดแน่นลงหลุมหมักหรือบ่อหมัก ปิดปากหลุมหมักให้สนิทแน่นป้องกันไม่ให้อากาศเล็ดลอดเข้าไปได้ กระบวนการหมักจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ในสภาพไร้ออกซิเจนภายในระยะเวลาประมาณ 21 วัน พืชอาหารสัตว์ที่นิยมนำมาหมักได้แก่ ข้าวโพด และต้นข้าวฟ่าง ซึ่งพืชเหล่านี้เมื่อนำมาหมักจะได้พืชหมักที่มีคุณภาพดีมาก นอกจากนี้อาจใช้พืชอาหาร

สัตว์ที่มีอยู่มากในช่วงฤดูฝน ซึ่งเจริญงอกงามดีและมีปริมาณมากเกินพอสำหรับเลี้ยงสัตว์เพื่อเก็บถนอมไว้ในใช้ในช่วงฤดูแล้งที่ขาดหญ้าสด เช่น หญ้าเนเปียร์ หญ้าขน หรือหญ้าอื่นๆ ที่มีลักษณะอวบน้ำ

2. อาหารข้น (concentrate) หมายถึง อาหารที่มีความเข้มข้นของโภชนะต่อหน่วยน้ำหนักสูง มีเยื่อใยต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ สัตว์สามารถย่อยได้ง่าย ถือเป็นอาหารเสริมสำหรับเป็นแหล่งพลังงาน โปรตีน แร่ธาตุและวิตามินสำหรับสัตว์ เพื่อให้สัตว์ได้รับสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต อาหารกลุ่มนี้อาจจะเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดเดียวหรือหลายชนิดประกอบกันเป็นสูตรอาหารเพื่อให้มีโภชนะพวกพลังงาน โปรตีน แร่ธาตุและวิตามินในปริมาณที่สัตว์ต้องการ ซึ่งประเภทของอาหารข้นจำแนกได้ดังนี้

2.1 อาหารให้พลังงาน อาหารฐานหรืออาหารหลัก (basal feed) คือ วัตถุดิบที่มีพลังงานสูงหรือมีคาร์โบไฮเดรตมาก มีโปรตีนต่ำ มีปริมาณโปรตีนรวม

(crude protein) น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ และมีเยื่อใยหยาบต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ ที่เรียกว่า “อาหารหลัก” เพราะเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในปริมาณมากถึง 50–80 เปอร์เซ็นต์ ในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ เพื่อให้สัตว์ได้รับพลังงาน ซึ่งวัตถุดิบอาหารประเภทนี้ได้จากวัตถุดิบหลายชนิด ดังนี้

- อาหารพลังงานจากพืช ได้แก่ ธัญพืช เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ปลายข้าว รำละเอียด และพืชหัว เช่น หัวมันสำปะหลัง (มันเส้น) เป็นต้น

- อาหารพลังงานจากสัตว์ เช่น ไขมันโค–กระบือ (tallow) ไขมันสุกร (lard) เป็นต้น

- อาหารพลังงานอื่นๆ เช่น กากน้ำตาล (molasses) กากมันสำปะหลัง กากเอทานอล (DDGS) เป็นต้น

2.2 อาหารเสริมโปรตีน (protein supplements) คือ วัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีน มีโปรตีนรวมตั้งแต่ 20 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป มักใช้ผสมกับอาหารพลังงานเพื่อยกระดับโปรตีนในอาหารพลังงานให้สูงขึ้น จนเพียงพอ

กับความต้องการของสัตว์ แหล่งของอาหารเสริมโปรตีน ได้แก่

- อาหารโปรตีนจากพืช ได้แก่ ผลพลอยได้จากขบวนการแปรรูปอาหารพลังงาน เช่น ส่าเหล้า ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมพืชน้ำมัน เช่น กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง กากมะพร้าว กากเมล็ดฝ้าย กากเมล็ดนุ่น กากเมล็ดปาล์มน้ำมัน กากเมล็ดยางพารา เป็นต้น ใบพืชต่างๆ คือ ใบกระถิน ใบมันสาปะหลัง ใบปอ เป็นต้น

- อาหารโปรตีนจากสัตว์ เช่น ปลาป่น เนื้อป่น เลือดป่น เครื่องในป่น ขนไก่ป่น หางนมผง เป็นต้น

- สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogen) ซึ่งนิยมใช้เป็นแหล่งเสริมไนโตรเจนให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้อง ได้แก่ ยูเรีย ไบยูเรท และมูลไก่แห้ง เป็นต้น ซึ่งสารประกอบที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ ยูเรีย เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายและมีราคาถูก เมื่อเทียบกับปริมาณโปรตีนที่ได้รับ แต่การใช้ยูเรียมีข้อจำกัด โดยเฉพาะในโคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูง เนื่องจากยูเรียให้เฉพาะไนโตเจน แต่ไม่ให้พลังงานแร่ธาตุ และวิตามิน

ดังนั้นการใช้ยูเรียในสูตรอาหารโคนมต้องคำนึงถึงความสมดุลของอาหารเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของโคด้วย (เมธา, 2533)

2.3 อาหารเสริมแร่ธาตุและไวตามิน (mineral and vitamin supplement) เป็นอาหารที่ให้สัตว์กินเพื่อเพิ่มแร่ธาตุและไวตามินให้กับสัตว์ ซึ่งเป็นอาหารที่มีปริมาณแร่ธาตุและไวตามินบางชนิดมากกว่าอาหารทั่วไป เช่น เกลือ กระดูกป่น เปลือกหอยป่น และยีสต์ เป็นต้น

3. อาหารผสมสำเร็จ (total mixed ration, TMR) อาหาร TMR หรือ complete Ration (CR) หรืออาหารผสมครบส่วน ที่ผลิตจากการนำอาหารหยาบและอาหารข้นมาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยต้องคำนวณสัดส่วนของอาหารทั้ง 2 ชนิด จากน้ำหนักแห้งให้ได้ตามความต้องการของโค แล้วนำไปเลี้ยงโคนม–โคเนื้อแทนการเลี้ยงแบบเดิม ซึ่งจะแยกการให้อาหารหยาบและอาหารข้นตามวิธีปกติที่ผู้เลี้ยงโคนมจะให้

อาหารหยาบ ตลอดทั้งวันแบบให้กินเต็มที่และให้อาหารข้นเสริมวันละ 1–2 ครั้ง/วัน ขณะรีดนม เป็นต้น ปัจจุบันเพื่อความสะดวกในการขนส่งและเก็บรักษามีการพัฒนารูปแบบอาหารผสมสำเร็จหลายรูปแบบทั้งในรูปอาหารผสมสำเร็จอัดเม็ด หรืออาหารผสมสำเร็จแบบหมัก เป็นต้น (วิโรจน์, 2546)

ลักษณะของอาหาร TMR มีลักษณะดังนี้

1. ประกอบด้วยอาหารหยาบและอาหารข้นในสัดส่วนที่เหมาะสม
2. คุณภาพของอาหารหยาบและอาหารข้นต้องมีคุณภาพดี
3. การกระจายตัวของอาหารหยาบ และอาหารข้นควรสม่ำเสมอทั่วถึง
4. โภชนะต่างๆ เพียงพอตามความต้องการของสัตว์

ประโยชน์ของอาหาร TMR

- ทำให้กระเพาะรูเมนของโค ใช้อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

- อาหารในกระเพาะรูเมนมีการย่อยได้ดีขึ้น
- ทำให้การดูดซึมอาหารไปใช้ประโยชน์ดีขึ้น
- ทำให้มั่นใจได้ว่าจะไม่เกิดป่วยเป็นโรคมีกรดในกระเพาะมากกับโค
- ทำให้โคสามารถแสดงศักยภาพการให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่
- ช่วยประหยัดแรงงานเกี่ยวกับการจัดการอาหารหยาบและสะดวกในการจัดการให้อาหาร

ข้อควรระวังในการใช้อาหาร TMR

- การให้โคกินอาหาร TMR อาจทำให้โคบางตัวได้รับโภชนะมาก หรือน้อยกว่าความต้องการ โดยเฉพาะพลังงาน และโปรตีน ทั้งนี้เนื่องจากการประกอบสูตร TMR มักใช้เพื่อเลี้ยงโคในระดับเฉลี่ยทั่วไป ดังนั้นโคที่มีความต้องการโภชนะต่ำกว่าค่าเฉลี่ยจะได้รับโภชนะมากกว่าความต้องการ ซึ่งอาจทำให้โคอ้วน และในทางกลับกันโคที่ให้ผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยจะได้รับไม่เพียงพอ

- อาหาร TMR อาจทำให้มีต้นทุนค่าอาหารสูงขึ้น เพราะมีการใช้เครื่องจักรกลเพื่อผสมอาหาร อัดเม็ดหรือบดวัตถุดิบ โดยเฉพาะอาหารหยาบ อย่างไรก็ตาม ราคาของ TMR จะต้องไม่แพงไปกว่าอาหารข้นโดยทั่วไป จึงจะทำให้ผู้เลี้ยงได้รับผลตอบแทนสูงสุด

- การผลิตอาหาร TMR ต้องคำนึงถึงแหล่งของเยื่อใยใน TMR ที่มีขนาดเหมาะสม โดยมีลักษณะเป็นเส้นใยที่สัตว์จะสามารถย่อยไปใช้ประโยชน์ได้ดี

- ในระหว่างการเตรียมอาหาร TMR อาจมีการสูญเสียโภชนะระหว่างการผลิต เช่น การอัดเม็ด หรือการหมัก โดยเฉพาะการหมักจะมีการทำลายโปรตีนและแป้งใน TMR ระหว่างการหมักโดยจุลินทรีย์ทำให้สัตว์ได้รับประโยชน์น้อยกว่าที่ประมาณการไว้

เอกสารอ้างอิง

ปิ่น จันจุฬา และเมธา วรรณพัฒน์. 2546. บทบาทของอาหารเยื่อใยต่อกระบวนการหมักในรูเมน ปริมาณการกินได้ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมในโครีดนม. วารสารโคนม. 20(1) (ต.ค. 45 –มี.ค. 46): 8–22.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัดฟันนี่พลับลิชชิ่ง, กรุงเทพมหานคร.

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2546. โคนม. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. พิมพ์ครั้งที่ 2.

บทที่ 4
การคำนวณและประกอบสูตรอาหารข้นอย่างง่าย

ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้วัตถุดิบเพื่อประกอบสูตรอาหารสัตว์

เพื่อให้สูตรอาหารข้นที่ได้มีคุณภาพดี มีความสมดุลของสารอาหารตามต้องการของสัตว์ มีราคาเหมาะสม ควรพิจารณาปัจจัย ดังนี้

1. แหล่งวัตถุดิบ วัตถุดิบควรหาได้ง่ายและมีปริมาณมากในท้องที่และมีใช้ตลอดทั้งปี โดยเฉพาะอาหารหลักซึ่งได้แก่ อาหารที่เป็นแหล่งพลังงานที่ต้องใช้ปริมาณมากในสูตรอาหาร แต่บางครั้งการคมนาคมที่สะดวกก็ทำให้สามารถเลือกใช้วัตถุดิบต่าง ๆ นอกท้องที่ได้ง่ายและราคาไม่สูงก็ควรนำมาพิจารณาด้วย

2. ราคา วัตถุดิบควรมีราคาถูกแต่คุณภาพดี อาหารสัตว์บางชนิดราคาขึ้นอยู่กับฤดูกาลผลิต ราคา

อาจถูกในบางฤดูกาล เช่น ข้าวโพดในช่วงปลายฝน และรำกับปลายข้าวจะมีราคาถูกในช่วงปลายหนาว

3. สารปนเปื้อน วัตถุดิบควรปราศจากสารพิษหรือสารปนเปื้อน วัตถุดิบที่มีสารพิษย่อมมีผลต่อการให้ผลผลิตของสัตว์

4. ความสม่ำเสมอของคุณภาพของอาหาร วัตถุดิบที่ใช้มีความสำคัญในการควบคุมคุณภาพของอาหารสัตว์ มิฉะนั้นจะต้อง ปรับสูตรอาหารอยู่บ่อย ๆ มีผลทำให้สัตว์ชะงักการกินอาหาร

การคำนวณสูตรอาหารสัตว์

การออกสูตรอาหารเป็นการคำนวณปริมาณวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่จะให้สัตว์กินในสัดส่วน ที่เหมาะสม เพื่อให้สัตว์ได้รับโภชนะครบตามความต้องการในการดำรงชีพและการให้ผลผลิต มีความจำเป็นต้องอาศัยข้อมูล พื้นฐาน และควรมีความรู้เบื้องต้นในการคำนวณสูตรอาหาร โดยสรุปดังนี้

1. ผู้ออกสูตรอาหารต้องทราบค่าความต้องการโภชนะของสัตว์เลี้ยงที่จะประกอบสูตรอาหาร เพื่อให้ถูกต้อง และตรงตามความต้องการเพื่อการดำรงชีพและเพิ่มระดับของการให้ผลผลิตของสัตว์

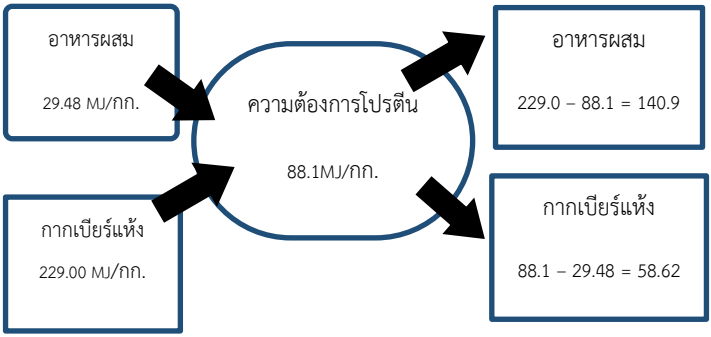
2. ผู้ออกสูตรอาหารต้องทราบรายการวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่จะนำมาประกอบสูตรอาหาร โดยควรเลือกวัตถุดิบที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น และมีในฤดูกาล ต้องทราบองค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบ

3. คำนวณหาสัดส่วนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ในสูตรต่อกิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้งของอาหาร

4. การตรวจสอบปริมาณโภชนะในสูตรอาหารที่คำนวณได้ว่าเพียงพอต่อความต้องการหรือไม่

5. เมื่อได้ส่วนประกอบของสูตรอาหารแล้ว ควรเปลี่ยนจากน้ำหนักแห้งเป็นน้ำหนักสด เพื่อสะดวกในการผสมอาหารสัตว์ การคำนวณสูตรอาหารสัตว์สามารถทำได้ 3 วิธี คือ

1. วิธีเพียร์สันสแควร์ (Pearson's square) ใส่ค่าความต้องการโภชนะของสัตว์ไว้ตรงกลางจากนั้น ใส่ค่าโภชนะ ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ 2 ชนิด ที่เลือกใช้ไว้ตรงมุมซ้ายบนและล่างของสี่เหลี่ยม อย่างละ 1 ชนิดแล้วนำค่าโภชนะของวัตถุดิบแต่ละตัวลบกับค่าโภชนะที่ต้องการแล้วใส่ค่าไว้มุมตรงข้าม สุดท้ายนำค่าที่ได้ คือสัดส่วนของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่ต้องใช้ในการผสมอาหารให้ได้ระดับโภชนะที่ต้องการ



ภาพที่ 4.1 วิธีการใช้เพียสันสแควร์

คำนวณเป็นค่าร้อยละ โดยรวมสัดส่วนวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้งหมด = 140.9 + 58.62 = 199.52 ส่วน

ดังนั้นอาหารผสมหลัก = (140.9 ÷ 199.52) x 100 = 70.62 %

กากเบียร์แห้ง = (58.62 ÷ 199.52) x 100 = 29.38 %

ข้อควรระวังในการใช้วิธี Pearson's square

ค่าโภชนะของวัตถุดิบที่เลือกใช้ และนำมาคำนวณโดยวิธี Pearson's square ต้องมีโภชนะสูงกว่าค่าโภชนะที่ต้องการ อย่างหนึ่งต่ำกว่าค่าโภชนะที่ต้องการอย่างหนึ่งตัวอย่างเช่น ต้องการโปรตีน 88.1 กรัม/กิโลกรัม ต้องใช้วัตถุดิบที่มี โปรตีนสูงกว่า 88.1 กรัม และวัตถุดิบที่มีโปรตีนต่ำกว่า 88.1 กรัม จึงจะนำมาคำนวณโดยวิธีนี้ได้

2. วิธีลองผิดลองถูก (Trial and error method)

เป็นวิธีที่ใช้เวลาในการคำนวณมาก และต้องคำนึงถึงระดับความต้องการรวมเสมอ แต่สามารถฝึกฝนและเรียนรู้ได้ด้วยตนเองเพื่อนำมาใช้ประกอบสูตรอาหารใช้เองภายในฟาร์ม ซึ่งจะคำนวณจากระดับโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิด

3. การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น KCF

ปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูปในการคำนวณสูตรอาหารมากมาย และหาซื้อได้ง่าย ราคาถูกมากขึ้น คนทั่วไปสามารถซื้อมาศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเอง หรือสร้างโปรแกรมเองโดยใช้ โปรแกรม Excel ซึ่งโปรแกรมสำเร็จรูปทั่วไป มีลักษณะของโปรแกรมที่ใช้ 2 ส่วน คือ ส่วนโปรแกรมในการคำนวณ ทำหน้าที่ในการคำนวณโดยใช้ข้อมูลดิบสามารถบอกปริมาณของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่ต้องการใช้ในสูตรอาหาร ระดับพลังงาน ปริมาณโปรตีนแร่ธาตุ และวิตามิน มีความเหมาะสม และราคาของอาหารที่คำนวณ ส่วนที่เป็นโปรแกรมข้อมูล ส่วนบรรจุข้อมูลเกี่ยวกับคุณค่าทางอาหารของวัตถุดิบต่างๆ ที่ใช้ รวมทั้งราคาที่ความเปลี่ยนแปลงให้มีความทันสมัยตลอด (วิโรจน์, 2546, 2557)

เอกสารอ้างอิง

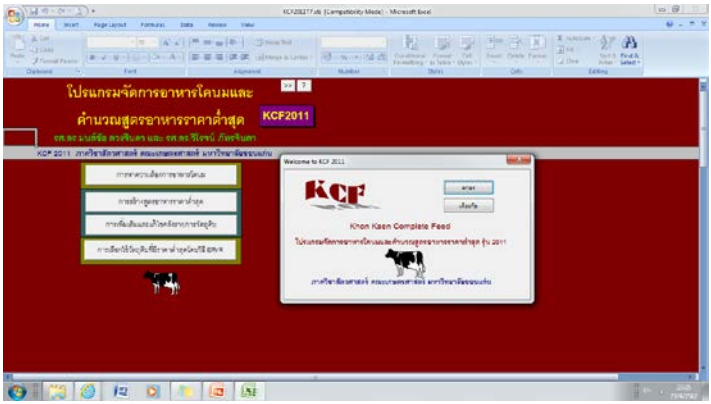
วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2546. โคนม. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. พิมพ์ครั้งที่ 2.

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2557. อาหารและฟาร์มโคนมสมัยใหม่. หน้าพิมพ์ครั้ง 1. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 502.

บทที่ 5
การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการคำนวณสูตรอาหารข้นสำหรับโคนมอย่างแม่นยำ

การคำนวณสูตรอาหารข้นสำหรับโคนมโดยใช้โปรแกรม KCF 2011

โปรแกรม KCF หรือ **Khon Kaen Complete Feed** เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการคำนวณสูตรอาหารข้น และอาหารผสมครบส่วน (TMR) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดย ศ.ดร.มนต์ชัย ดวงจินดา และ รศ.ดร.วิโรจน์ ภัทรจินดา โดยมีหลายเวอร์ชั่น ได้แก่ 2000 > 2006 > 2011



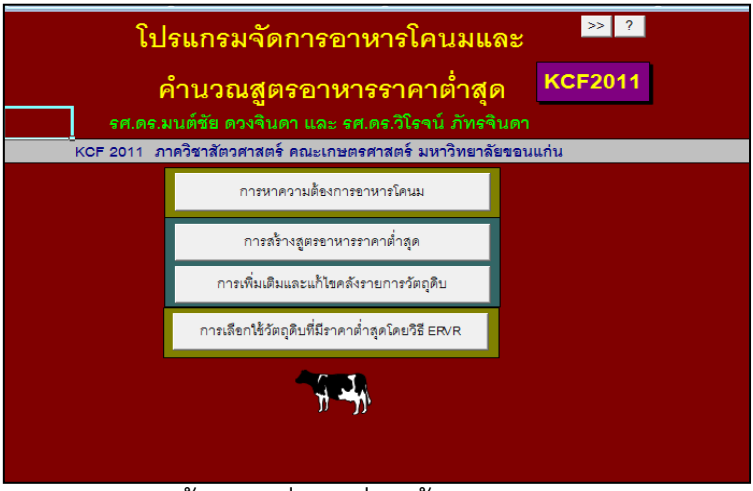
ภาพที่ 5.1 แสดงหน้าต่างของโปรแกรม KCF2011

ความต้องการระบบ

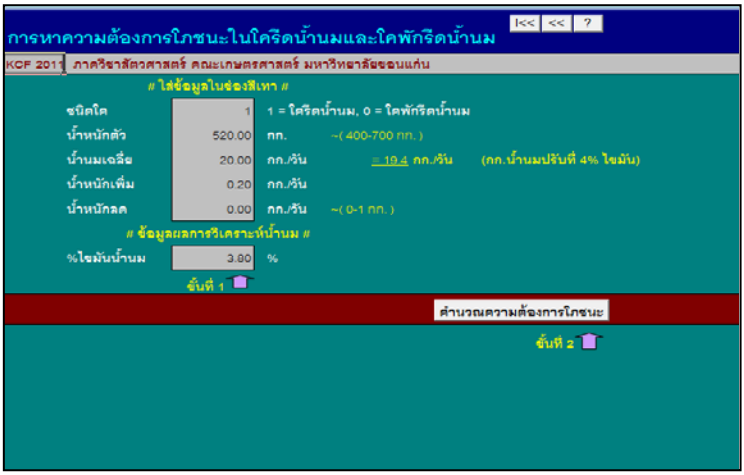
1. หน่วยประมวลผลกลาง (CPU): Pentium หรือสูงกว่า
2. หน่วยความจำ (RAM): อย่างน้อย 16 MB
3. ฮาร์ดดิสก์ (HD): ต้องการพื้นที่อย่างน้อย 1.8 MB
4. โปรแกรมสนับสนุน (Software): Window 7 และ Microsoft excel 2007 หรือสูงกว่า

ขั้นตอนการใช้โปรแกรม

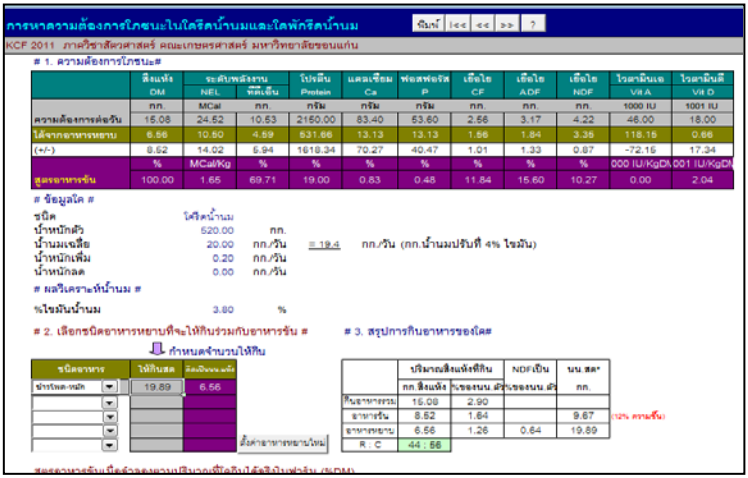
1. เปิดหน้าต่างโปรแกรม



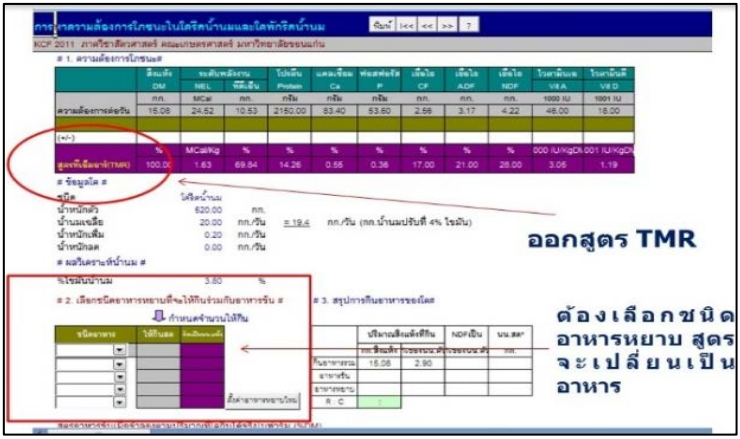
2. กรอกข้อมูลกลุ่มโคที่จะต้องการออกสูตร

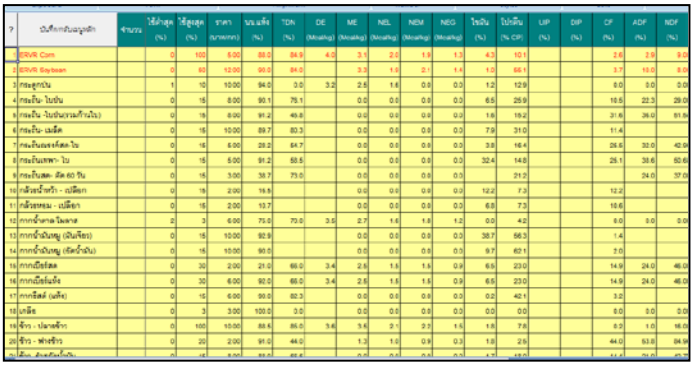


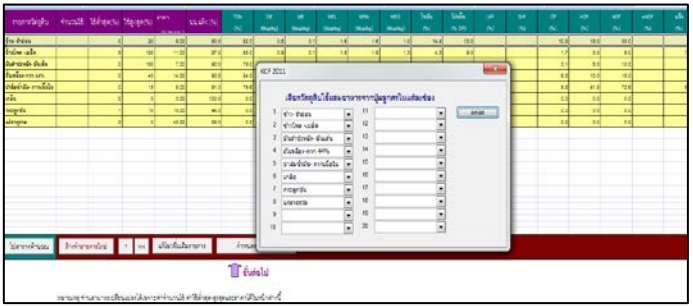
3. เลือกชนิดวัตถุดิบอาหารสัตว์



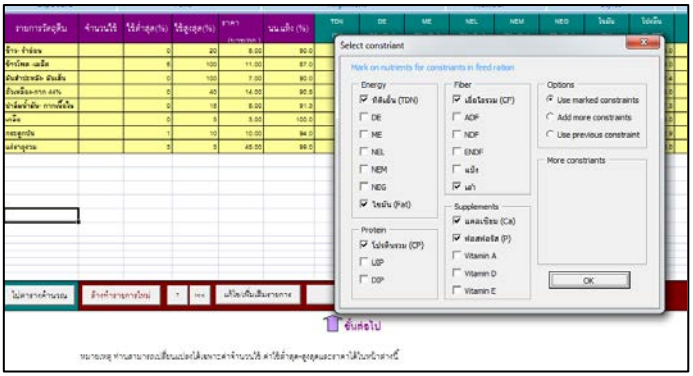
หากต้องการออกสูตรอาหาร TMR ต้องเลือกชนิดอาหารหยาบ

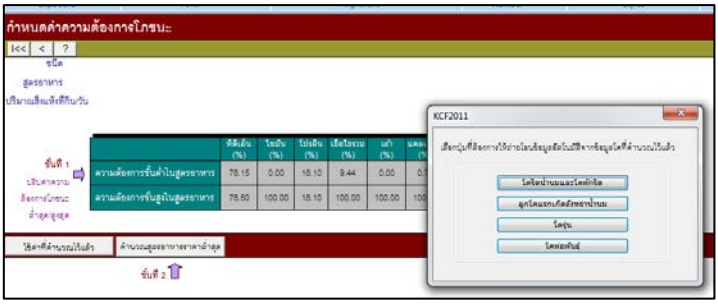


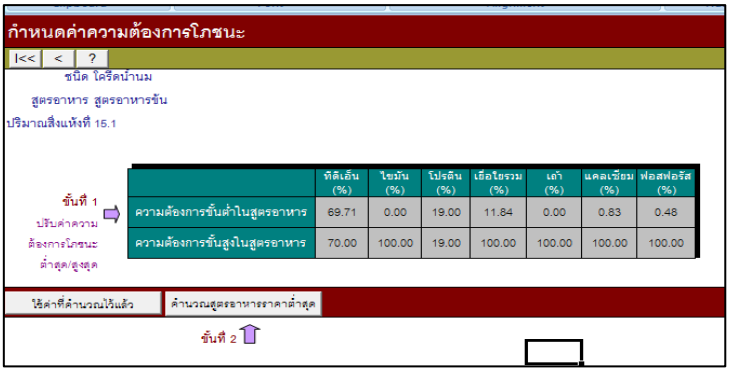




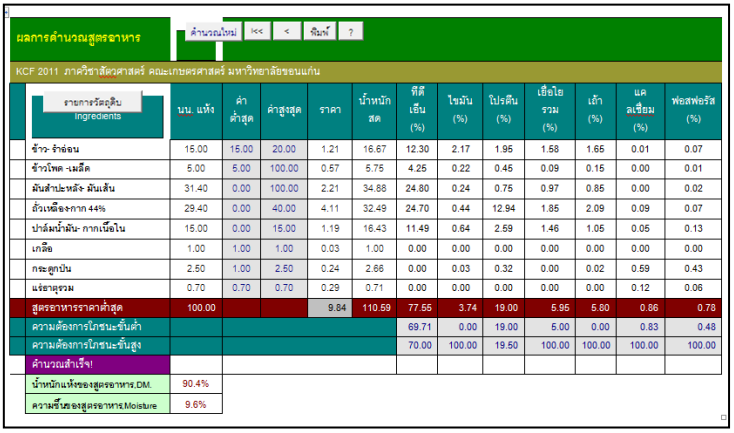
4. กำหนดค่าความต้องการโภชนะ



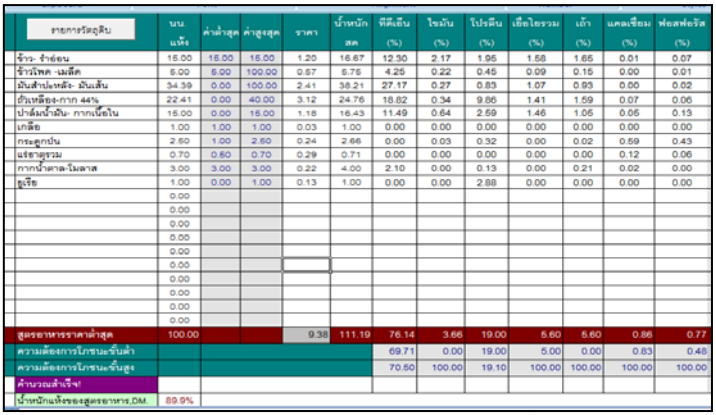




5. คำนวณสูตรอาหาร



รายการวัตถุดิบ ingredients	นน. แห้ง	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ราคา	น้ำหนักสด	ทีดีเอ็น (%)	ไขมัน (%)	โปรตีน (%)	เยื่อใยรวม (%)	เถ้า (%)	แคลเซียม (%)	ฟอสฟอรัส (%)
ข้าว- ร่ำอ่อน	15.00	15.00	20.00	1.21	16.67	12.30	2.17	1.95	1.58	1.65	0.01	0.07
ข้าวโพด -เมล็ด	5.00	5.00	100.00	0.57	5.75	4.25	0.22	0.45	0.09	0.15	0.00	0.01
มันสำปะหลัง- มันเส้น	31.40	0.00	100.00	2.21	34.88	24.80	0.24	0.75	0.97	0.85	0.00	0.02
ถั่วเหลืองกาก 44%	29.40	0.00	40.00	4.11	32.49	24.70	0.44	12.94	1.85	2.09	0.09	0.07
ปาล์มน้ำมัน- กากเนื้อใน	15.00	0.00	15.00	1.19	16.43	11.49	0.64	2.59	1.46	1.05	0.05	0.13
เกลือ	1.00	1.00	1.00	0.03	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
กระดูกป่น	2.50	1.00	2.50	0.24	2.66	0.00	0.03	0.32	0.00	0.02	0.59	0.43
แร่ธาตุรวม	0.70	0.70	0.70	0.29	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.06
สูตรอาหารราคาต่ำสุด	100.00			9.84	110.59	77.55	3.74	19.00	5.95	5.80	0.86	0.78
ความต้องการโภชนะขั้นต่ำ						69.71	0.00	19.00	5.00	0.00	0.83	0.48
ความต้องการโภชนะขั้นสูง						70.00	100.00	19.50	100.00	100.00	100.00	100.00
คำนวณสำเร็จ!												
น้ำหนักแห้งของสูตรอาหาร.DM.	90.4%											
ความชื้นของสูตรอาหาร.Moisture	9.6%											



รายการวัตถุดิบ	นน. แห้ง	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ราคา	น้ำหนัก สด	ทีดีเอ็น (%)	ไขมัน (%)	โปรตีน (%)	เยื่อใยรวม (%)	เถ้า (%)	แคลเซี่ยม (%)	ฟอสฟอรัส (%)
ข้าว- รำอ่อน	15.00	15.00	15.00	1.20	16.67	12.30	2.17	1.95	1.58	1.65	0.01	0.07
ข้าวโพด -เมล็ด	5.00	5.00	100.00	0.57	5.75	4.25	0.22	0.45	0.09	0.15	0.00	0.01
มันสำปะหลัง- มันเส้น	34.39	0.00	100.00	2.41	38.21	27.17	0.27	0.83	1.07	0.93	0.00	0.02
ถั่วเหลือง-กาก 44%	22.41	0.00	40.00	3.12	24.76	18.82	0.34	9.86	1.41	1.59	0.07	0.06
ปาล์มน้ำมัน- กากเนื้อใน	15.00	0.00	15.00	1.18	16.43	11.49	0.64	2.59	1.46	1.05	0.05	0.13
เกลือ	1.00	1.00	1.00	0.03	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
กระดูกป่น	2.50	1.00	2.50	0.24	2.66	0.00	0.03	0.32	0.00	0.02	0.59	0.43
แร่ธาตุรวม	0.70	0.60	0.70	0.29	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.06
กากน้ำตาล-โมลาส	3.00	3.00	3.00	0.22	4.00	2.10	0.00	0.13	0.00	0.21	0.02	0.00
ยูเรีย	1.00	0.00	1.00	0.13	1.00	0.00	0.00	2.88	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00											
	0.00											
	0.00											
	0.00											
	0.00											
	0.00											
	0.00											
	0.00											
	0.00											
สูตรอาหารราคาต่ำสุด	100.00			9.38	111.19	76.14	3.66	19.00	5.60	5.60	0.86	0.77
ความต้องการโภชนะขั้นต้ำ						69.71	0.00	19.00	5.00	0.00	0.83	0.48
ความต้องการโภชนะขั้นสูง						70.50	100.00	19.10	100.00	100.00	100.00	100.00
คำนวณสำเร็จ!												
น้ำหนักแห้งของสูตรอาหาร,DM.	89.9%											

รายงานการผสมอาหารในรูปน้ำหนักสด(As Fed)			
รายการวัตถุดิบ	นน.แห้ง (%)	นน.สด (%)	นน.สด 1000 กก
ข้าว- รำอ่อน	15.00	14.99	149.9
ข้าวโพด -เมล็ด	5.00	5.17	51.7
มันสำปะหลัง- มันเส้น	34.39	34.37	343.7
ถั่วเหลือง-กาก 44%	22.41	22.27	222.7
ปาล์มน้ำมัน- กากเนื้อใน	15.00	14.78	147.8
เกลือ	1.00	0.90	9.0
กระดูกป่น	2.50	2.39	23.9
แร่ธาตุรวม	0.70	0.64	6.4
กากน้ำตาล-โมลาส	3.00	3.60	36.0
ยูเรีย	1.00	0.90	9.0

ภาพที่ 5.2 ตัวอย่างสูตรอาหารที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม KCF 2011

ฐานข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์

วัตถุดิบอาหาร	ความชื้น	DM	CP	CF	NDF	ADF	OM	Ash
ใบมันสำปะหลัง	67.49	32.	32.0	12.0	48.9	22.9	88.	6.52
หญ้าเนเปียร์	49.20	50.	8.24	26.4	54.6	28.	87.3	12.6
ฟางข้าว	4.88	95.	3.62	62.3	67.7	48.5	80.7	14.2
มันเส้น	6.35	93.	3.15	–	29.0	14.6	87.7	4.43
รำละเอียด	7.94	92.	10.3	15.7	32.1	17.5	88.1	11.8
ข้าวโพดป่น	11.23	88.	11.1	2.75	42.6	25.6	98.	1.69
กากถั่วเหลือง	9.87	90.	45.3	4.47	27.6	8.34	93.	6.46
กากปาล์มรวม	31.28	68.	10.3	24.5	27.7	–	95.2	4.75
กากมะพร้าว	11.64	88.	11.3	18.0	26.	16.9	95.	4.36
ใบกระถินป่น	12.04	87.	21.2	25.2	27.9	19.2	92.1	7.89
กากเต้าหู้ตาก	12.79	87.	21.1	11.8	10.9	8.87	97.0	2.97
เปลือกสับปะรด	86.53	13.	5.27	17.5	14.5	5.82	94.4	5.52
แป้งเหง้า	8.12	91.	4.95	10.2	9.8	6.9	94.0	5.9
ถั่วเหลืองไขมัน	11.09	88.	36.	19.8	21.7	14.5	90.	9.15
เปลือกและซัง	5.42	94.	3.8	59.4	58.7	44.2	89.	10.4
เปลือกมันฝรั่ง	12.90	87.	18.2	31.8	30.	12.8	91.2	8.8
เปลือกมัน	13.44	86.	5.21	22.1	21.7	18.9	93.2	6.76
ต้นกล้วยสับ	94.79	5.2	3.8	24.9	52.8	33.	78.8	21.1

DM (dry matter) = วัตถุแห้ง, CP (crude protein) = โปรตีนหยาบ, CF (crude fiber) = เยื่อใยหยาบ, NDF (neutral detergent fiber) = เยื่อใยที่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง, ADF (acid detergent fiber) = เยื่อใยที่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด, OM (organic matter) = อินทรียวัตถุ, Ash = เถ้า