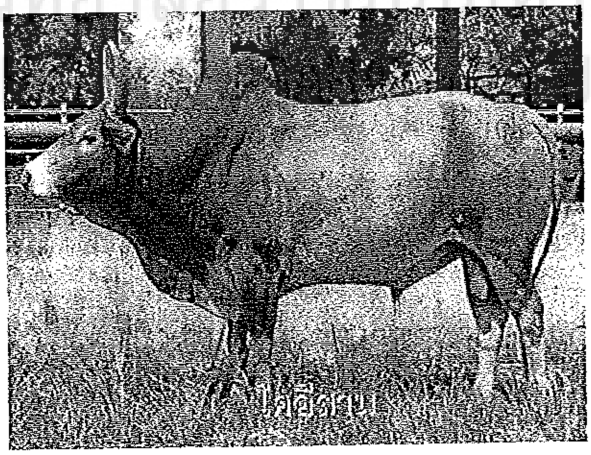
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Review Literature)

ปัจจุบันการเลี้ยงโคพื้นเมืองในเมืองไทยมีการขยายเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพราะมีความต้องการบริโภคเนื้อสูงขึ้น ซึ่งโคพื้นเมืองได้มีการเลี้ยงมาเป็นเวลานานแล้ว แต่ยังไม่ทราบแน่ชัดในสายพันธุ์ดั้งเดิมและประวัติความเป็นมาในอดีต โคพื้นเมืองจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละภูมิภาคของประเทศ ซึ่งกระจายอยู่ในทุกภาคของประเทศไทย ได้แก่ โคพื้นเมืองสายภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (โคอีสาน), ภาคกลาง (โคลาน), ภาคเหนือ (โคขาวลำพูน) และภาคใต้ (โคชน) โคพื้นเมืองจัดอยู่ในกลุ่มโคอินเดีย (*Bos indicus*) มีขนาดค่อนข้างเล็ก มีขนสั้นเกรียน โดยทั่วไปมีลำตัวสีน้ำตาลแกมแดง แต่อาจมีสีแตกต่างกันหลายสี เช่น ดำ แดง น้ำตาล ขาว เหลือง เป็นต้น หน้ายาว บอบบาง หน้าผากแคบ ตะโหนก (Hump) เล็ก เหนียงคอ (Dewlap) และหนังใต้ท้องไม่มากนัก ใบหูเล็ก นิสัยเปรียว ตื่นตกใจง่ายรักฝูง จดจำฝูงได้ดี มีความแข็งแรงทนทาน และอดทนมาก จึงเป็นโคสำหรับใช้งานโดยแท้จริง ทนทานต่อสภาพแวดล้อมอากาศร้อนชื้น โรคพยาธิและแมลงได้ดี มีความสามารถใช้อาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำ แต่มีลักษณะด้อยคือ การเจริญเติบโตต่ำ (กรมปศุสัตว์, 2554)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJAB... UNIVERSITY



ภาพที่ 1 โคพื้นเมืองภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (โคอีสาน)

ที่มา : กัลยา (2555)

การเลี้ยงสัตว์ในปัจจุบันกำลังได้รับการสนใจเป็นอย่างมากนอกเหนือจากการปลูกพืชแล้ว การเลี้ยงสัตว์ยังเป็นอาชีพหนึ่งที่สามารถทำรายได้ให้แก่เกษตรกรทั้งเป็นรายได้หลักและรายได้เสริม โดยปัจจุบันประเทศไทยนอกจากจะเลี้ยงสัตว์เพื่อบริโภคภายในประเทศแล้วยังสามารถส่งเป็นสินค้าออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศทำรายได้ปีละหลายพันล้านบาท อย่างไรก็ตามการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องอาทิ เช่นโคเนื้อ โคนม แพะ แกะ และกระบือ ให้ดีนั้นประกอบด้วย ปัจจัยหลักที่สำคัญได้แก่ พันธุ์ อาหารและ การจัดการ โดยต้นทุนการผลิต 60-70 เปอร์เซ็นต์นั้นมาจากอาหาร เนื่องจากอาหารนับได้ว่าเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อประสิทธิภาพการให้ผลผลิตตลอดจนผลตอบแทนความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ โดยจุดประสงค์หลักของการพัฒนาการผลิตในด้านอาหารโคพื้นเมืองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตในประเทศไทยนั้นจำเป็นต้องเน้นการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นที่หาซื้อได้ง่ายและมีราคาถูก โดยเฉพาะเศษเหลือทางการเกษตรที่มีอยู่ในท้องถิ่น เช่น มันสำปะหลัง เปลือกล้างมันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลัง ซึ่งนับได้ว่าเป็นเศษเหลือทางการเกษตรที่นำไปใช้ประโยชน์เพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ และยังจัดได้ว่าเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งที่ดีของพลังงาน และมีราคาถูก (Wanapat, 2000; Wanapat, 2003)

ดังนั้นนักวิจัยโภชนศาสตร์จึงได้ศึกษาพยายามใช้เศษเหลือทางการเกษตร เช่น มันสำปะหลัง เปลือกล้างมันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลัง เป็นอาหารหลักในสูตรอาหารสัตว์โดยมีบทบาทเป็นแหล่งของพลังงานทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีราคาแพง ทำให้มันสำปะหลังสามารถลดต้นทุนการผลิตสัตว์ได้ นอกจากนี้มันสำปะหลัง เปลือกล้างมันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลัง ยังถือเป็นคาร์โบไฮเดรตถูกย่อยได้เร็วในกระเพาะหมัก เมื่อสัตว์ได้รับในปริมาณระดับที่สูงและส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาวะที่เหมาะสมของกระเพาะหมักโดยทำให้เกิดสภาวะความเป็นกรดในกระเพาะมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้นิเวศวิทยาของจุลินทรีย์เปลี่ยนแปลงไปซึ่งในสภาวะที่ปกติเมื่อสัตว์ได้รับอาหาร และจุลินทรีย์ที่ย่อยอาหารอยู่ในกระเพาะจะสังเคราะห์เพื่อให้ได้ผลผลิตสุดท้ายได้แก่ กรดไขมันที่ระเหยได้ (Volatile Fatty Acid; VFA) จุลินทรีย์โปรตีน (Microbial Protein) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แก๊สมีเทน (CH_4) และ กรดแลคติก (Lactic Acid) ในสัดส่วนที่เหมาะสม (เมธา, 2533) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง VFA และ Microbial Protein ซึ่งมีความสำคัญสำหรับร่างกายสัตว์เพื่อจะนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างผลผลิตต่อไป แต่อย่างไรก็ตามในขบวนการย่อยอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตก็ทำให้เกิดกรดแลคติกเกิดขึ้นเช่นกัน ซึ่งเมื่อมีปริมาณการใช้คาร์โบไฮเดรตในระดับสูงๆ ก็จะส่งผลให้เกิดปริมาณของกรดแลคติกเพิ่ม มากขึ้นโดยเมื่อปริมาณของ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

กรดแลคติก เมื่อมีในระดับสูงและร่างกายสัตว์ไม่สามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันทีหรือใช้ได้ช้า ก็อาจส่งผลให้เกิดปัญหาที่ตามมา สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาภาวะการเกิดอะซิโดซีส ซึ่งเกิดขึ้นได้มากเมื่อสัตว์ได้รับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ถูกย่อยได้ง่ายเป็นองค์ประกอบในระดับสูงในอาหารสัตว์ เช่น มันสำปะหลัง โดยภาวะอะซิโดซีสเมื่อเกิดขึ้นจะส่งผลให้เกิดการสูญเสีย และอาจทำให้สัตว์ถึงตายได้เมื่อระดับของการเกิดรุนแรง ซึ่งมันสำปะหลังถือได้ว่าเป็นแหล่งของโภชนะของคาร์โบไฮเดรตที่สามารถถูกย่อยได้ง่าย เมื่อสัตว์ได้รับอาหารข้นที่มีมันสำปะหลัง (มันเส้น) เป็นองค์ประกอบในดับสูงจะมีผลให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะหมักทำการย่อยได้ผลผลิตสุดท้ายได้แก่ VFA, CO_2 และ CH_4 โดยเฉพาะ Lactic Acid เกิดขึ้นได้เร็ว ซึ่งเมื่อมีระดับของกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้น จะทำให้สภาพภายในกระเพาะหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำ ทำให้จุลินทรีย์แกรมลบส่วนใหญ่ไม่สามารถดำรงชีพอยู่ได้ (Hungate, 1966) ท้ายที่สุดจะทำให้ประชากรของจุลินทรีย์ลดลงอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม พบว่า ในกระเพาะหมักของสัตว์จะพบจุลินทรีย์บางกลุ่มที่สามารถใช้กรดแลคติกเพื่อนำใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตโพรพิออเนต (C_3)โดยใช้กรดแลคติกเพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนเพื่อนำไปสู่การสังเคราะห์พลังงาน และเพื่อการสังเคราะห์ผลผลิตของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะกลุ่ม *Selenomonas ruminantium* ซึ่งสามารถที่จะเจริญเติบโตได้โดยอาศัย Lactic Acid เพื่อใช้เป็นแหล่งของคาร์บอนในการดำรงชีพ และการสังเคราะห์ผลผลิตต่อไป (Martin *et al.*, 1999) แต่เมื่อมีระดับของกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้นและจุลินทรีย์ไม่สามารถที่จะดำรงชีพอยู่ได้ก็จะส่งผลให้มีโอกาสเกิดภาวะอะซิโดซีสเกิดขึ้นได้ และในปัจจุบันได้มีการศึกษา พบว่า มีสารอินทรีย์บางชนิดสามารถที่จะนำมาใช้ร่วมในสูตรอาหารสัตว์ที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายง่ายเป็นองค์ประกอบเพื่อลดการเกิดกรดแลคติก และช่วยลดปัญหาภาวะอะซิโดซีส ซึ่งได้แก่สารอินทรีย์ประเภทมาเลท ซึ่งได้มีการเสริมในอาหารสัตว์หรือที่พบเป็นองค์ประกอบในวัตถุดิบอาหารสัตว์ และพืชอาหารสัตว์ ซึ่งมีผลช่วยสามารถทำให้การนำใช้กรดแลคติกที่เกิดขึ้นถูกนำใช้โดยจุลินทรีย์ *Selenomonas ruminantium* ได้เพิ่มมากขึ้น และส่งผลให้สภาวะ pH ในกระเพาะหมักเพิ่มสูงขึ้นจึงช่วยทำให้สามารถลดปัญหาการเกิดภาวะอะซิโดซีสได้ลดลง (Martin *et al.*, 1999) ซึ่งมาเลทเป็นสารอนุพันธ์ที่ประกอบด้วยคาร์บอน 4 ตัว และกลุ่มคาร์บอกซิล 2 กลุ่ม หรือที่เรียกโดยทั่วไปว่า Four – carbon dicarboxylic acid และซึ่งพบได้โดยทั่วๆ ไปในเนื้อเยื่อของเซลล์ของจุลินทรีย์ภายในส่วนของไมโทรคอนเดรีย และมีความสำคัญโดยเป็นสารอินเตอร์มีเดียตในวัฏจักรเครบ (The Citric Acid Cycle : TCA Cycle) (Chesworth *et al.*, 1998) และแบคทีเรียส่วนใหญ่ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะรูเมนจะอาศัยวัฏจักร TCA Cycle ใน

กระบวนการสังเคราะห์ซัคซิเนตและโพรพิออเนตและในขณะเดียวกันจุลินทรีย์ก็จะอาศัยมาเลท เพื่อเป็นสารอินเตอร์มิเดียตในกระบวนการสังเคราะห์ซัคซิเนตและโพรพิออเนตด้วย ในสภาวะที่สัตว์ได้รับอาหารพลังงานประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างในระดับสูงจะส่งผลให้เกิดกรดแลคติกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สภาวะภายในกระเพาะรูเมนมี pH ต่ำ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อจุลินทรีย์แกรมลบส่วนใหญ่ซึ่งไม่สามารถดำรงชีพในสภาวะที่ภายในกระเพาะหมักมี pH ต่ำ และส่งผลให้ประชากรของจุลินทรีย์ลดลงอย่างรวดเร็ว (Hungate, 1966) ซึ่งจุลินทรีย์แกรมบวกที่ทำหน้าที่สร้างกรดแลคติกที่สำคัญได้แก่ *Streptococcus bovis* และ *Lactobacillus spp.* (ฉลอง, 2541) และในสภาวะที่เกิดกรดแลคติกเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจุลินทรีย์ไม่สามารถนำไปใช้ได้หมดจะส่งผลให้เกิดปัญหาภาวะอะซิโดซีสในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Nocek and Tamminga, 1997)

สัตว์เคี้ยวเอื้องมีวิวัฒนาการและพัฒนาการที่มีความเฉพาะตัวในการที่มีระบบการหมักของพืชอาหารสัตว์ในกระเพาะหมัก (รูเมน) โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา ซึ่งจะผลิตผลผลิตสุดท้ายที่สำคัญให้กับสัตว์คือ กรดไขมันที่ระเหยได้ Volatile Fatty Acids (VFAs) จุลินทรีย์โปรตีน Microbial Protein และไวตามินบีรวม (Vitamin B Complex) โดยพื้นฐานแล้วจุลินทรีย์ในรูเมนจะไม่มีความต้องการใช้ประโยชน์จากเพปไทด์แต่สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบคุณภาพต่ำที่มีโปรตีนต่ำ ซึ่งอาหารเหล่านี้ทั้งมนุษย์ และสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนั้นแล้วสัตว์เคี้ยวเอื้องยังสามารถลดพิษจากสารพิษในอาหาร (Phytotoxins)โดยอาศัยกลไกการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ในรูเมน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เทคโนโลยีชีวภาพในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

เทคโนโลยีชีวภาพรูเมนหมายถึง การประยุกต์ใช้ประโยชน์ (Application) ขององค์ความรู้ของกระบวนการหมักในรูเมน โดยการปรับเปลี่ยนนิเวศวิทยารูเมนให้เหมาะสม สามารถจำแนกชนิดของจุลินทรีย์ (แบคทีเรีย) โดยหลักการจุลินทรีย์วิทยาโมเลกุลรูเมน (Rumen Microbial Molecular) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการหมักของอาหารหยาบในรูเมนและผลผลิตในสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไป ซึ่งแหล่งอาหารหยาบมีอยู่จำนวนมากในระบบการเกษตรในประเทศที่กำลังพัฒนาหรืออยู่ในเขตร้อน และความสำคัญในการใช้ประโยชน์ของเทคโนโลยีชีวภาพในการผลิตสัตว์เพื่อเพิ่มปริมาณอาหาร โดยเฉพาะอาหาร โปรตีนเพื่อเลี้ยงประชากรโลกซึ่งอาศัยอยู่ในประเทศที่กำลังพัฒนา

นิเวศวิทยาจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก (รูเมน) ประกอบไปด้วยชนิดของแบคทีเรียที่สำคัญหลักอย่างน้อย 30 ชนิด (Species) และมีความเข้มข้น 10^{10}-10^{12} เซลล์/มล. ของของเหลวในรูเมนมีโปรโตซัว 40 ชนิด มีความเข้มข้น 10^{5}-10^{7} เซลล์/มล. ของของเหลวในรูเมน และมีเชื้อรา 5 ชนิด มีความเข้มข้นน้อยกว่า 10^{5} เซลล์/มล. ของของเหลวในรูเมน ซึ่งแบคทีเรียนับว่ามีบทบาทและความสำคัญมากกว่าโปรโตซัวและเชื้อราต่ออัตราและขอบเขตของการย่อยสลายของอาหาร การผลิตกรด VFAs และจุลินทรีย์โปรตีนโดยกรด VFAs จะถูกดูดซึมผ่านผนังของรูเมนเป็นส่วนใหญ่ (ประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์) เพื่อใช้เป็นแหล่งของพลังงาน ส่วนจุลินทรีย์โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรทของจุลินทรีย์ตลอดจนส่วนของโภชนะของอาหารที่เหลือจะไหลผ่านออกจากรูเมนเข้าสู่กระเพาะอาหารส่วนล่าง โดยเฉพาะที่ลำไส้เล็กเพื่อการย่อยสลายและการดูดซึมใช้ในตัวสัตว์ต่อไป

แบคทีเรียในรูเมนสามารถแบ่งตามลักษณะของการเป็นอยู่ในนิเวศวิทยารูเมนได้ 5 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มแบคทีเรียที่อาศัยอย่างอิสระในของเหลวในรูเมน
2. กลุ่มแบคทีเรียที่เกาะติดอย่างหลวม ๆ กับอนุภาคของอาหารในรูเมน
3. กลุ่มแบคทีเรียที่เกาะติดอย่างติดแน่น กับอนุภาคของอาหารในรูเมน
4. กลุ่มแบคทีเรียที่เกาะติดอยู่กับผนังด้านในของรูเมน
5. กลุ่มแบคทีเรียที่เกาะติดผนังลำตัวของโปรโตซัว และเชื้อรา (Sporangia)

ในสภาวะการให้อาหารปกติ แบคทีเรียในกลุ่มที่ 2 และ 3 จะมีมากที่สุดคือ 75 เปอร์เซ็นต์ และจะสามารถผลิตน้ำย่อยในรูเมนชนิด Endoglucanase (88 เปอร์เซ็นต์), Xylanase (91 เปอร์เซ็นต์), Amylase (70 เปอร์เซ็นต์), Protease (75 เปอร์เซ็นต์) ส่วนแบคทีเรียในกลุ่มที่ 1 จะมีประชากรน้อยและผลิตน้ำย่อยได้ประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์และแบคทีเรียกลุ่มที่ 4 และ 5 นั้นจะมีประชากรน้อยมากและผลิตน้ำย่อยได้ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ของประชากรทั้งหมด (Wanapat, 1990)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทบาทหน้าที่ของกระเพาะหมัก และปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานของจุลินทรีย์

รูเมนมีบทบาทและหน้าที่ที่สำคัญในการเกิดกระบวนการหมักอาหารเพื่อสังเคราะห์ผลผลิตสุดท้ายให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เพื่อใช้ประโยชน์ในกระบวนการเมทธาโบลิซึมในร่างกายและการให้ผลผลิตต่างๆ ดังนั้นรูเมนจะต้องมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมไม่ว่าจะเป็นค่าความ

เป็นกรด-ด่างในรูเมน (Rumen pH) และความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) จะส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ต่างๆ เช่น แบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา โดยผลผลิตสุดท้ายที่สำคัญที่ได้จากกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนได้แก่กรดไขมันที่ระเหยได้ (VFAs), แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) และจุลินทรีย์โปรตีน กรดไขมันที่ระเหยได้ที่สำคัญได้แก่ อะซิติค (C_2) โพรพิออนิค (C_3) และบิวทีริค (C_4) เป็นแหล่งของสารตั้งต้นที่สำคัญที่ร่างกายสัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์เพื่อสังเคราะห์พลังงานในรูปกลูโคสโดยอาศัยกระบวนการกลูโคนีโอจีนีซีส และกระบวนการสังเคราะห์ไขมันในสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไปในขณะที่ NH_3-N นับได้ว่าเป็นแหล่งของไนโตรเจนที่สำคัญสำหรับจุลินทรีย์ ในกระบวนการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนเพื่อเป็นแหล่งของโปรตีนที่สำคัญสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์และกระบวนการดูดซึมสารประกอบเหล่านี้จากรูเมนเพื่อไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ ชนิดของอาหาร ตลอดจนสัดส่วนระหว่างอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่สัตว์ได้รับ พบว่า มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของประชากรจุลินทรีย์ และรูปแบบของกระบวนการหมักในรูเมน โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ในเขตร้อน และเขตอบอุ่นจะมีความแตกต่างกันมากในเรื่องของคุณภาพส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนและกระบวนการหมักโภชนะต่างๆด้วย มากไปกว่านั้นระบบการจัดการในด้านการให้อาหารสัตว์ที่แตกต่างกันยังมีผลต่อการพัฒนาการของนิเวศวิทยารูเมนด้วยในเขตอบอุ่นนั้นส่วนใหญ่สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับอาหารข้นในระดับสูงซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสภาวะความเป็นกรด-ด่างในรูเมนทำให้เป็นกรดมากยิ่งขึ้น และอาจส่งผลให้เกิดภาวะอะซิโดซีสได้ ซึ่งกรดไขมันที่ระเหยได้ก็มีส่วนในการทำให้ความเป็นกรด-ด่างในรูเมนลดลงแต่กรดแลคติกจะมีผลต่อความเป็นกรดในรูเมนมากกว่า ซึ่งปัจจัยจากชนิดอาหารที่สัตว์ได้รับนั้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ ความเป็นกรด-ด่างในรูเมนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่สัตว์ได้รับอันจะส่งผลต่อปริมาณการหลั่งน้ำลาย และการเคี้ยวเอื้องของสัตว์รวมทั้งการสังเคราะห์ TVFAs และจำนวนประชากรจุลินทรีย์ด้วย นอกจากนี้ พบว่า ในแกะที่ได้รับ Timothy Hay ในระดับต่ำมีผลทำให้ความเป็นกรด-ด่างในรูเมนลดลงจากระดับ 6.5 เป็น 5.7 และการสังเคราะห์ TVFAs, C_2, C_3, C_4 และการสังเคราะห์ มีเทน (CH_4) รวมทั้งประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนก็แตกต่างกันไปด้วยสำหรับแกะที่ได้รับเฮย์เป็นอาหารเพียงอย่างเดียว พบว่า มีความเข้มข้นของ TVFAs เท่ากับ 78 mM และสัดส่วน C_2, C_3 และ C_4 มีค่าเท่ากับ 59, 13, 6 mM ตามลำดับ สภาวะความเป็นกรด-ด่างในรูเมน เท่ากับ 6.5 และความเข้มข้นของ NH_3-N เท่ากับ 8 μM ซึ่งสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่เหมาะสมคือ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

60: 40 สำหรับค่าสหสัมพันธ์ *(correlation coefficients, r^2)* ระหว่างสภาวะความเป็นกรด-ด่างในรูเมน และ TVFAs, สัดส่วนระหว่าง C_2:C_3 และ NH_3-N เท่ากับ 0.73 0.82 และ 0.65 ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่าเมื่อสภาวะ ความเป็นกรด-ด่างในรูเมนลดต่ำลงอันเนื่องมาจากการเพิ่มระดับอาหารข้นส่งผลต่อการสังเคราะห์ CH_4 ลดลง แต่ในขณะเดียวกันพบว่า ประสิทธิภาพย่อยได้ของเยื่อใยอยู่ในระดับต่ำจะเห็นได้ว่าสภาวะความเป็นกรด-ด่างในรูเมน ผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงชนิดของจุลินทรีย์ที่อยู่ในรูเมน การศึกษาถึงบทบาทการทำงานของจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถทำได้หลายวิธี เช่น Pure Culture หรือ Mixed Culture เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากสารอาหารต่างๆ (Wanapat and Pimpa, 1999)

นอกจากนี้แล้วระดับของ NH_3-N ก็มีความสำคัญต่อจุลินทรีย์เช่นเดียวกัน โดย Satter and Slyter (1974) ได้ทำการศึกษาโดยในระบบปิดโดย *In Vitro Technique* พบว่าจุลินทรีย์มีความต้องการ NH_3-N เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตที่ระดับ 4-5 mg/dl ในขณะที่ Wallace (1979) รายงานว่า Pectinolytic Bacteria มีจำนวนเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเสริมยูเรีย โดยแบคทีเรียเหล่านี้สามารถนำแอมโมเนียเข้าสู่เซลล์เพื่อใช้ประโยชน์โดยอาศัยกระบวนการ NAD-linked Glutamate Dehydrogenase ซึ่งถือได้ว่ากระบวนการหลักสำหรับจุลินทรีย์ทุกชนิดในการนำแอมโมเนียไปใช้ในการสังเคราะห์เซลล์ อย่างไรก็ตาม พบว่าระดับความเข้มข้นของ NH_3-N ที่เหมาะสมนั้นจะมีผลต่อประสิทธิภาพการย่อยอาหารหยาบมากกว่าการย่อยสลายอาหารพวกธัญพืช โดยความเข้มข้นของ NH_3-N ภายในเซลล์จุลินทรีย์จะมีความสัมพันธ์กับระดับความเข้มข้นของ NH_3-N ภายในกระเพาะหมัก และส่งผลถึงประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนที่ลดลงถ้าหาก NH_3-N ในรูเมนต่ำกว่า 5 mg/dl และคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยสลายได้ในรูเมนลดต่ำลง และพบว่าระดับของ NH_3-N ภายในเซลล์จะสูงกว่าภายนอกเซลล์อย่างน้อย 1.6 mg/dl Satter and Slyte (1974) รายงานว่า โคนมดรายที่ได้รับอาหารหยาบหมักมีผลทำให้ระดับของ NH_3-N ในของเหลวรูเมนเพิ่มขึ้น 15.7 mg/dl ส่งผลถึงจำนวนประชากรแบคทีเรียทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นและประสิทธิภาพของกระบวนการหมักด้วย นอกจากนี้ในแกะที่ได้รับ Citrus Pulp และ Italian Ryegrass Hay ที่มีระดับเยื่อใย Neutral Detergent Fiber (NDF) ประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ระดับของ NH_3-N ในรูเมนเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลทำให้ความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ ความเข้มข้นของ VFAs และประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนเพิ่มขึ้น ส่วนโคนมที่อยู่ในช่วงการให้ผลผลิต และได้รับถั่วอัลฟาหมัก พบว่าระดับของ NH_3-N อยู่ในช่วง 18.7-22.9 mg/dl และ ยูเรีย-ไนโตรเจน ในกระแสเลือด (BUN) อยู่ในช่วง 15.0-20.4 mg/dl ส่วนปริมาณผลผลิตน้ำนมอยู่ในช่วง 31.1 - 32.7 kg (Robinson *et al.*, 1991)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

นิเวศวิทยารูเมนและกระบวนการหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

สัตว์เคี้ยวเอื้องโดยทั่วไปในเขตร้อนได้รับอาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำและผลพลอยได้ทางการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟางข้าว (Wanapat *et al.*, 1999) โดย Preston and Leng, (1987) พยายามที่จะนำแหล่งวัตถุดิบเหล่านี้มาใช้ในระบบการผลิตสัตว์เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการผลิต Leng (1999) กล่าวว่ากลยุทธ์ที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมขึ้นอยู่กับการนำใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ภายในท้องถิ่น และเกษตรกรรายย่อยสามารถนำมาใช้ได้ ดังนั้นกลยุทธ์ในการปรับเปลี่ยนนิเวศวิทยารูเมนจึงเป็นเรื่องที่สำคัญมาก เช่น การใช้โปรตีนที่ไม่ใช่โปรตีนแท้ (Non-Protein Nitrogen; NPN) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในรูเมน (Rumen by-pass Protein) ตลอดจนการสังเคราะห์ VFAs เพื่อเป็นการเพิ่มสัดส่วนโปรตีนต่อพลังงาน (Protin/Energy; P/E) ในระดับที่เหมาะสม

ในสภาวะที่โค และกระบือ ที่ได้รับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบอย่างเต็มที่ พบว่าปริมาณการกินได้เฉลี่ยประมาณ 1.5–2.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว (Wanapat, 1999) ในฟางข้าวมีคาร์โบไฮเดรทชนิดที่เป็นโครงสร้างเป็นองค์ประกอบหลัก โดยมีเยื่อใย Neutral Detergent Fiber (NDF) Acid Detergent Fiber (ADF) Acid Detergent Lignin (ADL) ประมาณ 70-75, 50-55 และ 5-10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนโปรตีนหยาบ (CP) จะมีอยู่ในระดับต่ำประมาณ 2-4 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการย่อยสลายในรูเมนได้ต่ำทำให้ Retention Time ในรูเมนนานขึ้น ส่งผลถึงปริมาณ การกินได้ทั้งหมดมากไปกว่านั้นประสิทธิภาพการสังเคราะห์ C_2, C_3 และ C_4 ก็มีแนวโน้มต่ำเช่นเดียวกันมีค่าประมาณ 50, 12 และ 4 m/100 m ตามลำดับ ในขณะที่ระดับของ NH_3-N ในรูเมนมีค่าต่ำกว่า 3 mg/dl และความเป็นกรด-ด่างในรูเมน เท่ากับ 6.5 (Wanapat, 1990)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta*, Crantz)

เป็นพืชหัวที่มีการปลูกอย่างกว้างขวางในพื้นที่เขตร้อนและพื้นที่กึ่งเขตร้อน และสามารถเจริญได้ดีในสภาพดินร่วนปนทราย (Sandy Loam) ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีฝนตกน้อยรวมทั้งอุณหภูมิสูง จึงมีการปลูกเพื่อเป็นแหล่งรายได้ของเกษตรกรในหลายๆประเทศ โดยหัวมันจะมีระดับของพลังงานสูงแต่มีระดับโปรตีนต่ำและสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในกระบวนการหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ส่วนของใบมันสามารถใช้เป็นแหล่งของโปรตีนโดยทำการเก็บเกี่ยวพร้อมกับการเก็บหัวมัน อย่างไรก็ตามปริมาณการกินได้และความสามารถ

ในการย่อยได้ อาจต่ำเนื่องจากมีระดับของคอนเด้นท์แทนนินส์ (Condensed Tannin, CT) สูง (Reed *et al.*, 1982) การเก็บมันทั้งต้นในช่วงต้นของการเจริญเติบโต (3 เดือนหลังปลูก) เพื่อผลิตมันเฮย์สามารถลด CT ลงได้ และมีระดับของโปรตีน (25 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง) อันเป็นผลให้เพิ่มคุณค่าทางโภชนะได้สูงยิ่งขึ้น (Wanapat *et al.*, 1997)

องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะ

มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีการสะสมอาหารในส่วนรากโดยส่วนใหญ่จะประกอบด้วยแป้งเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยได้ง่ายสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์ จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนะ พบว่า แป้งมัน มันเส้น มันอัดเม็ด เปลือกมัน กากมันสำปะหลัง มีระดับของโปรตีนต่ำ แต่มีส่วนของแป้ง หรือพลังงานสูง (เมธา และคณะ, 2538) และนอกจากนี้ เมธา และคณะ (2538) รายงานว่า จากการนำส่วนของใบ มันสำปะหลังไปตากแห้ง พบว่าสามารถใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับการเลี้ยงสัตว์ได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะการใช้ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนะต่าง ๆ ในระดับสูง โดยเฉพาะเป็นแหล่งโปรตีนเสริมมีวัตถุแห้ง (Dry Matter, DM) 90 เปอร์เซ็นต์ และมีโภชนะต่างๆ เมื่อคิดเป็นวัตถุแห้ง พบว่า มีโปรตีนที่ย่อยได้ (Digestible Protein, DP) 18.3 เปอร์เซ็นต์ โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (Total Digestible Nutrient, TDN) 56 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนหยาบ (Crude Protein, CP) 24.7 เปอร์เซ็นต์ อีเธอร์เอ็กซ์แทรกท์ (Ether Extract, EE) 5.9 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยหยาบ (Crude Fiber, CF) 17.3 เปอร์เซ็นต์ โภชนะที่ไม่ใช่ไนโตรเจน (Nitrogen Free Extract, NFE) 44.2 เปอร์เซ็นต์ เถ้า (Ash) 7.9 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม (Calcium, Ca) 1.5 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส (Phosphorus, P) 0.4 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย NDF (Neutral Detergent Fiber) 29.6 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย ADF (Acid Detergent Fiber) 24.1 เปอร์เซ็นต์ และนอกจากนี้ Wanapat *et al.*, (2000) ศึกษาวิจัยโดยทำการเก็บมันทั้งต้น โดยหักเหนือจากพื้น 15-30 เซนติเมตร ที่อายุประมาณ 3 เดือน นำมาตากแห้งเพื่อผลิตมันเฮย์ (Cassava Hay, CH) พบว่า มีคุณค่าทางโภชนะสูง และเมื่อเปรียบเทียบกับ Alfalfa Hay และกากถั่วเหลือง (Soybean Meal) พบว่า มีส่วนประกอบของกรดอะมิโนในปริมาณที่สูงกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Methionine (Met) Isoleucine (Ile) และ Lysine (Lys) สอดคล้องกับ Reed *et al.*, (1982) ได้ทำการเปรียบเทียบกรดแอมมิโน Met Lys และ Thr ในใบมันสำปะหลังแห้งถั่วอัลฟัลฟาฟ่าแห้งและกากถั่วเหลือง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของใบมันเก็บเมื่ออายุ 3 เดือนมีค่า CP เท่ากับ 32 เปอร์เซ็นต์ CF เท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์ NDF เท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ และ ADF เท่ากับ 13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

พบว่า การเก็บผลผลิตใบมันตามการเก็บเกี่ยวเมื่ออายุประมาณ 10 เดือน จะได้ผลผลิต 1.3 ตัน แต่เมื่อมีการปลูกแบบวิธีใหม่ และเก็บเกี่ยวเมื่ออายุเริ่มต้นที่ 3 เดือน และทุก ๆ 2 เดือน จะได้ผลผลิต 5-8 ตัน โดยน้ำหนักสด หรือ ประมาณ 1.5-2.4 ตันต่อ 6.2 ไร่ โดยน้ำหนักแห้ง

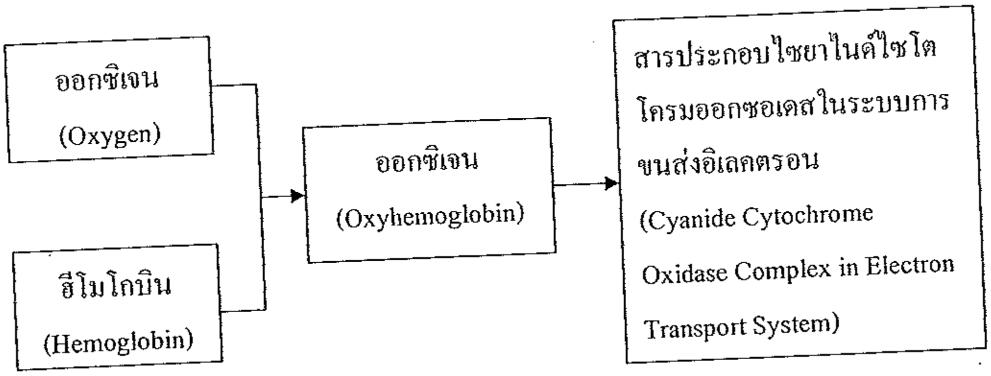
จะเห็นได้ว่า ในใบมันสำปะหลังตากแห้ง สามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนโดยมีระดับความเข้มข้นของโปรตีนหยาบในระดับสูง ปริมาณโปรตีนในใบมันสำปะหลังทั้งหมด 13 พันธุ์ พบว่า มีโปรตีนหยาบในใบเฉลี่ย 23.7 เปอร์เซ็นต์ (21.6-25.03 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง) ถือได้ว่าเป็นใบพืชที่มีโปรตีนสูง สามารถที่จะนำมาเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารสัตว์ทดแทนแหล่งโปรตีนที่มีราคาสูง เช่น กากถั่วเหลือง แต่การนำใช้ใบมันสำปะหลังเป็นแหล่งโปรตีนยังมีอยู่น้อย ซึ่งปริมาณ ใบมันสำปะหลังที่เป็นผลพลอยได้จากการปลูกมันสำปะหลังมีอยู่ในปริมาณที่มาก (เมธาและคณะ, 2538) โดยทำการเก็บเกี่ยวใบมันสำปะหลังเมื่ออายุ 6 เดือน โดยเก็บในส่วนล่างของต้น ประมาณครึ่งหนึ่ง สามารถเก็บใบมันแห้งได้ถึง 50 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ต่อการเก็บเกี่ยว 2 ครั้ง และเมื่อทำการเก็บเกี่ยวหัวมันที่อายุ 8 เดือนจะได้ปริมาณของใบมันทั้งหมดถึง 925 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็นใบมันแห้งมากถึง 308 กิโลกรัมต่อไร่ หรือประมาณ 2 ตันต่อ 6.2 ไร่

กลไกการออกฤทธิ์ของกรดไฮโดรไซยานิค

เกิดจากน้ำตาลกลูโคไซด์ ลินามาริน ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ลินามาเรส ความเป็นพิษของกรดไฮโดรไซยานิคคือการเพิ่มอัตราการหายใจ การกระตุ้นการเต้นของชีพจร ตอบสนองต่อการกระตุ้นน้อย มีการกระตุกของกล้ามเนื้อ การเกิดการกระตุ้นของกรดไฮโดรไซยานิคโดยสารโลหะ เช่น ทองแดง เหล็ก ตัวไซยาไนด์ (Cyanide) รวมตัวกับฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) เกิดเป็นสารประกอบไซยาโนฮีโมโกบิน (Cyanohemoglobin) ทำ ให้การขนส่งออกซิเจนต่ำ ในทางกลับกันกรดไซยาไนด์ (Cyanide) จับกับทองแดง ของไซโตรโครมออกซิเดส (Cytochromoxidase) ทำให้เกิดการยับยั้งของน้ำย่อยที่เกี่ยวข้องกับการออกซิเดชั่น (Oxidation) การขนส่งอิเลคตรอน (Electron Transport) ซึ่งเป็นสาเหตุของการชักกระตุกของกล้ามเนื้อ การเกิดความผิดปกติทางเคมีที่เกิดขึ้นจะกดประสาทที่ Medullar Center ทำให้ระบบการหายใจบกพร่อง และทำให้ตายได้ ซึ่งทำให้ 9 ขบวนการการหายใจของเซลล์ที่ถูกขัดขวาง ทำให้เกิดภาวะขาดออกซิเจนและปรากฏการณ์นี้ เรียกว่า เซลลูลาร์ไฮพ็อกเซีย (Cellular Hypoxia) หรือ ไซโตทอกซิคแอน๊อกเซีย (Cytotoxic Anoxia) ซึ่งไม่สามารถส่งออกซิเจนให้กับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขบวนการขนส่งอิเลคตรอน เป็นผลเนื่องจากการเกิดของสารประกอบไซยาไนด์ไซโตรออกซิเดส ดังแสดงในภาพที่ 2



แผนภาพที่ 1 แสดงขบวนการขัดขวางการหายใจของเซลล์จากสารพิษไซยาไนด์
ที่มา: ปิตุนาถ (2547)

วิธีการลดปริมาณของกรดไฮโดรไซยานิค

การแปรรูปมันสำปะหลังโดยการฝานหัวมันให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วผึ่งแดด อบ คั่ว ต้ม แช่น้ำ หรือหมัก สามารถลดปริมาณของ HCN ลงได้ ในจำนวนวิธีการแปรรูปเหล่านี้ การฝานมันให้เป็นแผ่นแล้วผึ่งแดดให้แห้ง เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุด เพราะอุณหภูมิของแสงแดด (ต่ำกว่า 70 องศาเซลเซียส) จะไม่ทำลายเอ็นไซม์เหมือนกับการอบ หรือ ต้มที่อุณหภูมิสูงเอ็นไซม์จึงสามารถทำปฏิกิริยากับไกลโคไซด์ได้นานกว่า และปลดปล่อย HCN ออกมาได้มากกว่าการอบหรือต้ม การตากมันสำปะหลังฝานบนลานตากให้ค่อยๆ แห้งอย่างช้าๆ จะช่วยปลดปล่อย HCN ออกไปได้มากกว่าทำให้มี HCN ในมันสำปะหลังแห้งต่ำกว่าการตากให้แห้งเร็ว (สาโรช, 2542) อย่างไรก็ตามมันสำปะหลังที่แห้งช้าจะมีสีดำคล้ำของสารประกอบ Phenols ที่เกิดจากการสลายตัวของแทนนินทำให้มันเส้นมีรสชาติไม่ชวนกิน และอาจลดอัตราการย่อยโภชนะในมันสำปะหลังลง นอกจากนั้น การอัดเม็ดมันสำปะหลังหรือการเก็บมันสำปะหลังไว้ในโกดังหลังจากแห้งแล้วเป็นเวลา 3-4 สัปดาห์ จะช่วยลดปริมาณ HCN ลงได้อีกกว่าเท่าตัว ระดับ HCN (Bound) ในมันสำปะหลังไทย เฉลี่ย 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมมันเส้น และ 14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในมันเม็ด ขณะที่ขีดสูงสุดของ HCN ในมันสำปะหลังที่จะนำเข้ากลุ่มประเทศยุโรปได้อยู่ที่ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม HCN ในมันสำปะหลังนอกจากจะถูกลดโดยการแปรรูปแล้ว ร่างกายสัตว์ยังสามารถขจัดพิษได้โดยที่เอ็นไซม์โรนาเดส (Rhodanese) ใน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เนื้อเยื่อต่างๆโดยเฉพาะในตับ ซึ่งจะเข้าทำปฏิกิริยาเคลื่อนย้ายกำมะถันจากไธโอซัลเฟต ($S_2O_3^-$) ไปให้ HCN ออกซิเจน (Oxygen) ฮีโมโกบิน (Hemoglobin) ออกซีฮีโมโกบิน(Oxyhemoglobin) สารประกอบไซยาไนด์ไซโตโครมออกซิเดสในระบบการขนส่งอิเลคตรอน (Cyanide Cytochrome Oxidase Complex in Electron Transport System) ภายใต้สภาพ Aerobic Condition เปลี่ยน HCN เป็นไธโอไซยาเนท (Thiocyanate) แล้วจึงขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะ ดังปฏิกิริยา

$$HCN + Na_2S_2O_3 \xrightarrow{\text{Rhodanese}} HSCN + Na_2SO_3$$

(คือ Sulfurtransferase)

แผนภาพที่ 2 ปฏิกิริยาการเคลื่อนย้ายกำมะถัน

ที่มา: ปิตุนาถ (2547)

กรดอะมิโนเมทไธโอนีน (Methionine) ในอาหารช่วยส่งเสริมปฏิกิริยาการขจัดพิษนี้ โดย ทำหน้าที่เป็นแหล่ง SH ที่ส่งให้ $S_2O_3^-$ อย่างต่อเนื่องนอกจากนั้นไวตามินบี 12 (Hydroxocobalamin) ก็สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับ CN^- เปลี่ยนไปเป็น Cyanocobalanin ซึ่งเป็นอีก รูปหนึ่งของไวตามินบี 12 ที่ใช้งาน จึงเป็นการช่วยขจัดพิษของ HCN อีกทางหนึ่ง ดังนั้นอาหารสูตรมันสำปะหลังจึงควรต้องเสริมเมทไธโอนีนและ B_{12} เพิ่มเติม เพื่อช่วยให้สัตว์ขจัดพิษ HCN ได้ดีขึ้น (ปิตุนาถ, 2547)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ระดับของกรดไฮโดรไซยานิคในผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง

มันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง จะผ่านกรรมวิธีการต้มให้เดือดที่อุณหภูมิสูงสามารถทำให้ลดปริมาณของกรดไฮโดรไซยานิกที่อยู่ในมันสำปะหลังได้ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ (Cooke and Maduagwu, 1978) นอกจากนี้การทำให้แห้งในกระบวนการขจัดน้ำออก (Dehydration) โดยใช้แสงแดด (Solar Radiation) พบว่าสามารถลดปริมาณของกรดไฮโดรไซยานิคในมันสำปะหลังได้ถึง 86 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้พันธะของ Cyanide ซึ่งผลิตกรดไฮโดรไซยานิคนั้นสามารถระเหยออกไปเมื่อได้รับความร้อนที่ 28 องศาเซลเซียส (Gomaz *et al.*, 1984) และจากการศึกษาของ Chinh *et al.*, (1992) พบว่าไม่สามารถตรวจพบปริมาณของกรดไฮโดรไซยานิคในกากมันสำปะหลัง

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณของกรดไฮโดรไซยานิคในผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง

Cassava/Product	Hydrocyanic acid content (ppm)
Fresh whole root	88.3-416.3
Fresh pulp	34.3-301.3
Fresh peel	364.2-814.7
Sundried whole root	23.1-41.3
Sundried pulp	17.3-26.7
Sundried peel	264.3-321.5
Oven-dried whole root	51.7-63.7
Oven-dried pulp	23.7-31.3
Oven-dried peel	666.8-1250.0
Dried cassava root meal*	-
Leaf silage*	14.6
Leaf meal*	18.7

ที่มา : Tewe and Lyayi (1989), * Nhi *et al.*, (2001)

ตารางที่ 2 ระดับความเป็นพิษโดยทั่วๆ ไปของกรดไฮโดรไซยานิค

ppm HCN (dry matter basis)	Interpretation
0-250	ความเป็นพิษอยู่ในระดับต่ำมาก
250-500	ความเป็นพิษอยู่ในระดับต่ำ
500-750	ความเป็นพิษอยู่ในระดับกลาง การแสดงอาการของสัตว์ยังไม่เป็นที่แน่ชัด
750-1,000	ระดับความเป็นพิษสูง เป็นอันตรายต่อตัวสัตว์
>1,000	ระดับความเป็นพิษสูงมาก เป็นอันตรายอย่างมากต่อตัวสัตว์

ที่มา : Sandage and Davis (1964)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 1 และ 2 พบว่าปริมาณของกรดไฮโดรไซยานิคที่มีอยู่ในมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์จะลดลงเมื่อผ่านกระบวนการที่ได้รับความร้อน นอกจากนี้จากการศึกษาของปริมาณของ Nhi *et al.*, (2001) ไม่พบปริมาณของกรดไฮโดรไซยานิคที่มีอยู่ในกากมันสำปะหลัง

การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

เกรียงศักดิ์ (2533) รายงานว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้รวมถึงค่าการย่อยได้ตลอดทางเดินอาหารของแป้งมันในมันเส้นมีค่าสูงกว่าข้าวเปลือกบดและปลายข้าว ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นค่าพลังงานแล้วมีค่าใกล้เคียงกับข้าวโพดที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหาร Wanapat *et al.*, (1995) ทำการศึกษาเปรียบเทียบถึงอัตราการย่อยสลายของแหล่งพลังงาน 4 ชนิด คือ ข้าวโพดป่น มันสำปะหลังเส้น ปลายข้าวและเปลือกข้าวบด พบว่า อัตราการย่อยสลายของอินทรียวัตถุในกระเพาะหมัก เรียงจากค่าสูงสุดคือ มันเส้น ข้าวโพดป่น ปลายข้าวและเปลือกข้าวบด ตามลำดับ แสดงให้เห็นผลดังกล่าวว่า แป้งที่เป็นองค์ประกอบหลักในมันเส้นสามารถใช้ประโยชน์ได้ดีในกระเพาะหมัก Wanapat *et al.*, (1995) ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ของแหล่งพลังงาน 4 ชนิด ได้แก่ มันเส้น กากน้ำตาล ข้าวโพด และปลายข้าว พบว่าการใช้ประโยชน์ของแหล่งพลังงานทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกันในด้านปริมาณการกินได้ของฟางข้าวรวมทั้งรูปแบบ ของกระบวนการหมักในกระเพาะหมักของกระบือทดลอง เมธา และคณะ (2534) ได้ทำการศึกษาการทดแทนมันเส้นในสูตรอาหาร กระบือปลักที่มีข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้น 75 เปอร์เซ็นต์ ในระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และได้รับฟางหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหารหยาบพบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรีย์วัตถุเพิ่มสูงขึ้นตามระดับการทดแทนมันเส้นในสูตรอาหารแต่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยโดยเฉพาะผนังเซลล์ (NDF) จะลดลงแต่ระดับของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน และกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดในกระเพาะหมักไม่แตกต่างกันส่วนรายงานการใช้มันสำหลังในโคนม Satter and Slyter (1974) ทำการศึกษาการใช้มันสำปะหลังในอาหารข้น 0, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารโคนมพบว่าระดับ pH ในกระเพาะหมักผลผลิต และองค์ประกอบของน้ำนมไม่มีความแตกต่างทางสถิติ นั่นคือสามารถใช้มันเส้นในสูตรอาหารโคนมได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และสามารถทดแทนได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์โดยไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักและผลผลิตทำให้สามารถลดต้นทุนได้มาก Brigstocke *et al.*, (1981) ศึกษาการใช้มันอัดเม็ด 40 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารข้นสำเร็จ สำหรับโคนมที่เลี้ยงด้วยหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบ พบว่า ปริมาณ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

น้ำนมเพิ่มขึ้นจาก 21.1 กิโลกรัมต่อวันเป็น 23.3 กิโลกรัมต่อวัน จึงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิตได้เป็นอย่างดี ดังนั้นการใช้มันเส้นเป็นแหล่งอาหารพลังงานทดแทนเมล็ดธัญพืชจึงเป็นแนวทางที่จะช่วยลดต้นทุนเรื่องวัตถุดิบอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรได้

ผลพลอยได้จากมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

1. ใบมันสำปะหลัง

ใบมันสำปะหลังเป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีโปรตีนสูงจากการนำส่วนของใบ กิ่งใบ นำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆแล้วนำไปตากแดดหรือหมัก กรณีนำไปหมักควรหมักให้ครบ 21 วัน ซึ่งจะทำให้มีโปรตีนสูง 15-17 เปอร์เซ็นต์ (ใบมันสำปะหลังที่ตัดจากต้นก่อนทำการเก็บหัวมัน) การนำใบมันสำปะหลังมาทำให้แห้งหรือหมักจะช่วยลดปริมาณไฮโดรไซยานิกลงระดับต่ำเพียง 0.3 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ซึ่งปลอดภัยสำหรับอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง (ระดับความเป็นพิษของไซยาไนด์ที่ทำให้โคตายมีค่าเท่ากับ 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัวสัตว์) (อภินันท์, 2550)

จากการรายงานของ จิราภรณ์ (2554) กล่าวว่า ในปีหนึ่งๆ ประเทศไทยสูญเสียโปรตีนในรูปของใบมันสำปะหลังปีละ 1 แสนตัน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) จึงวิจัยหาวิธีการทำลายสารพิษไซยาไนด์ เพื่อจะได้นำใบมันสำปะหลังมาใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับสัตว์ โดยมีจุดมุ่งหมายที่ง่าย และสะดวก เกษตรกรสามารถทำได้เองในระดับท้องถิ่นโดยใช้การหมักใบมันสำปะหลังเพื่อทำลายสารพิษไซยาไนด์กระทำได้ 2 วิธี คือ

1. หมักโดยใช้แบคทีเรียธรรมชาติโดยการนำเอาใบมันสำปะหลังมาทำให้ช้ำอัดให้แน่นในหลุม 3 วันเพื่อให้จุลินทรีย์ธรรมชาติที่ใช้อากาศน้อย (Facultative Bacteria) เจริญเติบโต การหมักแบบธรรมชาตินี้สามารถลดสารไซยาไนด์ได้ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อผึ่งแดดอีก 2 วัน (วันละประมาณ 7 ชั่วโมง) จะทำให้สารไซยาไนด์ลดลง ไปได้ประมาณ 94 เปอร์เซ็นต์โดยที่ปริมาณของโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตยังคงเดิม คือมีเท่าใบมันสด

2. หมักโดยใช้เชื้อราบริสุทธิ์ (Mold Inoculum) ใช้เวลา 7 วัน ได้คัดเลือกสายพันธุ์ของเชื้อราที่สามารถเจริญเติบโตโดยใช้ใบมันได้ และเป็นเชื้อราที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตอาหารซึ่งจะไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์ การหมักโดยใช้ราบริสุทธิ์นี้สามารถลดสารไซยาไนด์ได้ประมาณ 94 เปอร์เซ็นต์ เช่นกัน โดยปริมาณโปรตีนของ ใบมันหมักเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่คาร์โบไฮเดรตจะลดลงกว่าใบมันสด ใบมันที่หมักได้ที่แล้วอาจนำไปผสมกับอาหารเลี้ยงสัตว์โดยตรงหรือจะเก็บไว้ใช้ภายหลัง จากที่ทำให้แห้งโดยการผึ่งแดด

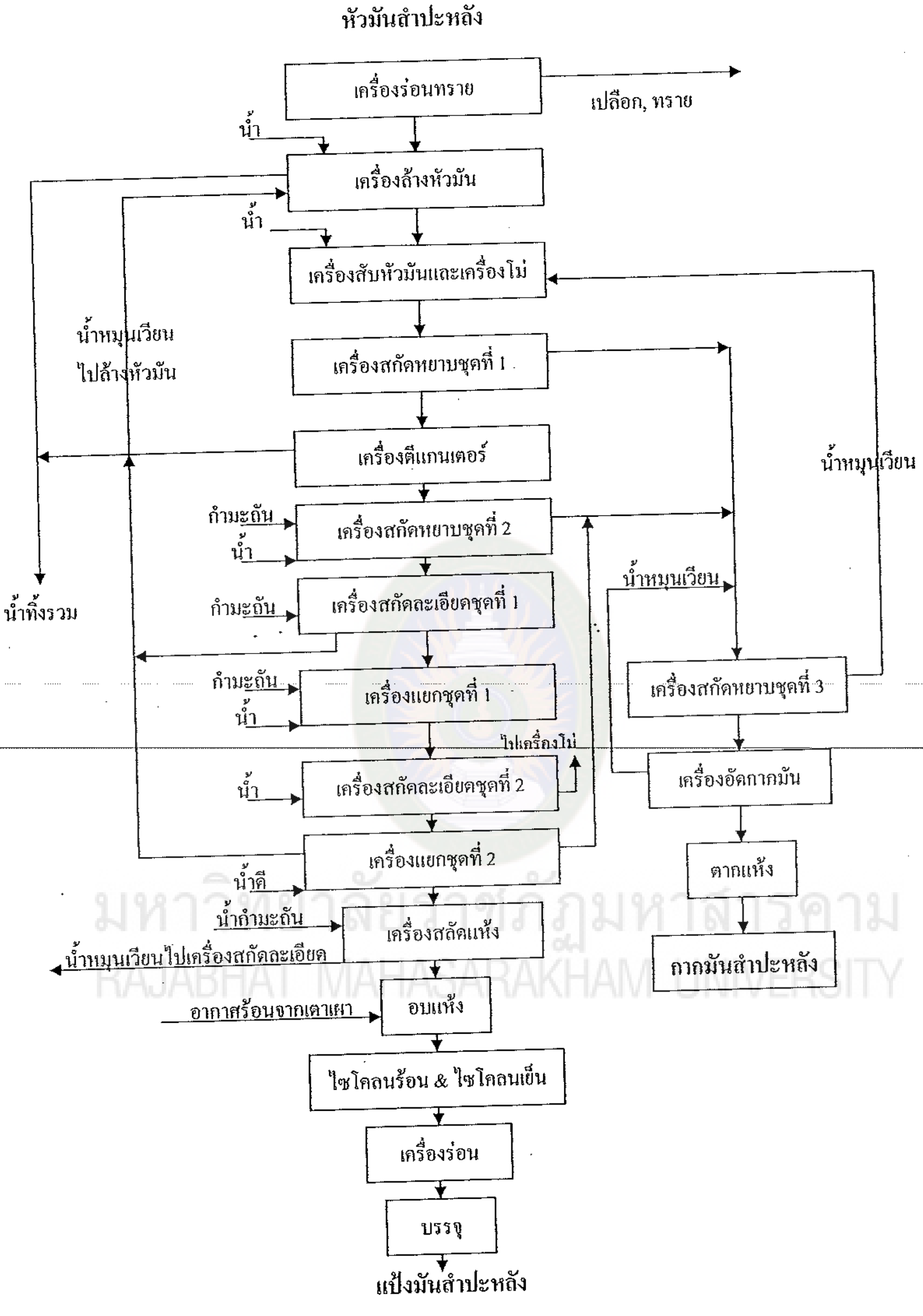
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ใบมันหมักตากแห้งที่ได้จากกรรมวิธีทั้ง 2 นี้ เมื่อนำไปเลี้ยงโคในระยะเติบโตปรากฏว่าได้ผลดีโดยใช้ใบมันแทนที่โปรตีนจากพืช เช่น ถั่วเหลือง ในสูตรอาหารได้สูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ และกระบือเจริญเติบโตได้ดีโดยไม่มีอาการเป็นพิษเนื่องจากไซยาไนด์ เมื่อคำนวณราคาโปรตีนที่ใช้ในอาหารจะลดต้นทุนได้จากเดิมประมาณ 2 บาท ต่อราคาโปรตีนที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนักกระบือ 1 กิโลกรัม

2. กากมันสำปะหลัง (Cassava pulp)

กากมันสำปะหลัง หมายถึง กากเนื้อมันสำปะหลังที่เหลือหลังสกัดแป้งออกไปแล้ว กากมันเป็นเศษเหลือจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมในด้านการส่งกลิ่นเน่าเหม็น และกากมันมีแนวโน้มที่จะมากขึ้นเพราะความต้องการพืชพลังงานมีมาก ซึ่งในขณะนี้กากมันสำปะหลังอาจจะเป็นตัวเลือกที่ดีที่สุด เพราะมีราคาต่ำสุดในมวลแหล่งวัตถุดิบพลังงาน สารพิษในมันสำปะหลัง คือ กรดไฮโดรไซยานิคโนเจเนติก กลูโคไซด์ (Cyanogenetic Glucosides) ที่มีชื่อว่า ลิ-นามาริน (Linamarin) และโลเทาสตราลิน (Lotaustalin) สารทั้งสองนี้ปกติไม่มีพิษมีมากตามหัวและใบมันสารนี้จะเป็นพิษเมื่อเนื้อเยื่อมันสำปะหลังถูกทำลาย สารทั้งสองจะรวมตัวกับน้ำโดยอาศัยเอนไซม์ลินาเรส หรือ เบตากลูโคซิเดส ในเนื้อเยื่อมันสำปะหลังกลายเป็นสารพิษในรูปกรดไฮโดรไซยานิก วิโรจน์ (2552) กล่าวว่าการนำมันสำปะหลังไม่ว่าอยู่ในรูปหัวมันสด ใบมันสด มาสับให้โคกินมีอันตรายถึงตายได้ทันทีหากให้กินในปริมาณมาก วิธีนำมาใช้ที่ถือว่าปลอดภัย 100 เปอร์เซ็นต์ คือการใช้ในรูปมันแห้งหรือมันหมัก ทั้งนี้เพราะการทำแห้งหรืออบแห้งจะทำให้สารกลูโคไซด์สลายตัวหมดความเป็นพิษ ส่วนการหมักนั้นจะทำให้ได้กรดอินทรีย์ ซึ่งในระหว่างนั้นจะเกิดสารไฮโดรไลส์สารกลูโคไซด์เป็นแก๊สไฮโดรไซยาไนด์ระเหยออกไปจากบ่อหมักก็หมดความเป็นพิษ กากมันเกิดจากกระบวนการสกัดเอาแป้งออก ซึ่งในระหว่างกระบวนการแยกแป้งจะมีการบดมันล้างมัน กรองน้ำ แป้งมัน บีบอัดน้ำแป้ง ซึ่งทุกขั้นตอนนี้ จะเป็นการละลายเอาสารกลูโคไซด์ซึ่งจะละลายน้ำดีมากออกไป ปริมาณสารพิษกรดไฮโดรไซยานิกจะเหลือประมาณ 10 – 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่องตามอายุการเก็บ การใช้ในรูปกากมันสดจึงใช้ได้ต่างกับการใช้หัวมันหรือมันสด

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



แผนภาพที่ 3 กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทย

ที่มา: กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล (2546)

กากมันสำปะหลังมีโภชนะที่ยังเหลืออยู่แม้จะผ่านกระบวนการบีบแป้งออกไปแล้วก็ตาม โภชนะที่หลงเหลืออยู่นั้นใกล้เคียงกับวัตถุดิบอาหารอื่นๆ ในขณะนี้กากมันดูจะเป็นตัวเลือกที่ดีสุดเพราะมีราคาต่ำสุด (0.05-0.75 บาทต่อกิโลกรัมน้ำหนักสดหรือ 2.5-4 บาทต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง) หากนำกากมันสดมาหมักโดยใช้เวลาประมาณ 20 วันจะพบว่ากากมันหมักมีค่าความเป็นกรดด่าง 3.2 pH และเมื่อนำไปวิเคราะห์ทางเคมี จะมีค่าน้ำหนักแห้ง 19.7 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 2.7 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.2 เปอร์เซ็นต์ (กองอาหารสัตว์, 2550) ซึ่งจะเห็นว่ายังมีคุณค่าทางโภชนาการสูงที่สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถนำไปใช้ได้ ดังแสดงใน (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนะของกากมันสำปะหลังกับวัตถุดิบอาหารต่างๆ

ชนิดมันสำปะหลัง	องค์ประกอบ (เปอร์เซ็นต์)								
	DM	CP	Fat	NDF	ADF	CF	Ash	NFC	pH
มันสำปะหลัง	90.0	2.21	0.45	10.72	5.74	4.45	3.66	82.96	-
กากมันสำปะหลังแห้ง	94.2	1.64	-	25.65	17.79	-	1.79	-	4.99
กากมันสำปะหลังสด	21.0	3.18	0.18	27.05	18.58	-	2.33	55.30	4.64
กากมันสำปะหลังหมัก	26.5	2.76	0.17	27.71	18.70	-	3.38	40.83	3.27
ปลายข้าว	87.9	7.74	1.11	-	-	0.55	1.42	-	-
เมล็ดข้าวโพด	89.2	11.2	3.97	79.38	8.32	3.66	2.07	3.28	-

ที่มา: Aina and Animo (1997)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

นอกจากนี้ยังมีกากแป้งมันสำปะหลังที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการแปรรูปเพื่อผลิตแป้งมัน ก็สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานผสมในสูตรอาหารสัตว์ได้ ซึ่งคุณค่าทางโภชนะของผลพลอยได้จากมันสำปะหลังดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลัง

คุณค่าทางโภชนะ (เปอร์เซ็นต์)	ใบมันสำปะหลังแห้ง/ป่น	ใบและยอดมันสำปะหลังแห้ง	ใบและยอดมันสำปะหลังหมัก	กากแป้งมันสำปะหลัง
ความชื้น	9.28	8.31	70.13	11.27
โปรตีนรวม	23.10	18.45	13.91	1.83
เยื่อใย	21.11	19.87	17.61	0.43
ไขมัน	7.24	5.22	11.02	10
เถ้า	5.72	8.24	9.67	3.64
โภชนะย่อยได้รวม	58	67.12	72.41	65-70

ที่มา : ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ชัยนาท (2553)

วิโรจน์ (2552) กล่าวว่า การนำใช้มันสำปะหลังไม่ว่าอยู่ในรูปหัวสด ใบมันสด นำมาสับให้โคกินมีอันตรายถึงตายได้ทันที หากให้กินในปริมาณมาก การใช้หัวและใบมันสำปะหลังมีวิธีนำมาใช้ถือว่าปลอดภัย 100 เปอร์เซ็นต์ คือการใช้ในรูปแห้ง หรือมันหมัก การใช้กากมันก็เช่นกันสามารถใช้ในรูปแห้งหรือหมักก็ได้ ทั้งนี้เพราะการทำให้แห้งจะทำให้ สารกลูโคไซด์สลายตัวหมดความเป็นพิษ ส่วนการหมักจะทำให้กรดอินทรีย์ซึ่งในระหว่างนั้นจะเกิดการไฮโดรไลส์เป็นแก๊สไฮโดรไซยาไนด์ระเหยออกจากบ่อหมักก็หมดความเป็นพิษ

กากมันเกิดจากกระบวนการสกัดเอาแป้งออกซึ่งในระหว่างการแยกแป้งจะมีกระบวนการต่างๆที่เกิดขึ้น ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะไปละลายเอากลูโคไซด์ออกมาได้มากถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไฮโดรไซยาไนด์จะหลงเหลือประมาณ 10-30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ Brigstocke *et al.*, (1981) กล่าวว่า ในปัจจุบันเราสามารถใช้กากมันแห้งในอาหารโคนมสูตรรวม (ทีเอ็มอาร์) สูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง) หากใช้ในรูปกากสดหรือหมักในอาหารผสมสำเร็จ (TMR) ได้สูงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง) โดยไม่เป็นผลเสียต่อการเจริญเติบโต การให้นม และการผสมติด ที่สำคัญกากมันสดหรือหมักแล้วสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตอาหารได้มาก เนื่องจากราคาของกากมันสดถูกเมื่อเปรียบเทียบกับมันสำปะหลัง ซึ่งสามารถใช้ทดแทนกันได้ ส่วนระดับการนำใช้ในสูตรอาหารทั้งในรูปอาหารข้น และสูตรอาหารผสมสำเร็จที่เหมาะสมในโคระยะต่างๆ ดังตารางที่ 5

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 5 ระดับเปอร์เซ็นต์สูงสุดของกากมันสำปะหลังแนะนำในสูตรอาหารโค

	กากมันแห้ง		กากมันสด/หมัก	
	อาหารข้น	อาหารผสมสำเร็จ	อาหารข้น	อาหารผสมสำเร็จ
ลูกโคนมก่อนหย่านม	15	10	-	-
ลูกโคหลังหย่านม	20	15	-	20
โครุ่นอายุ 1 ปี	40	30	-	40
โคตั้งท้อง	50	30	-	40
โครีดน้ำนม	60	40	-	50

ที่มา: Adegbola (1977)

จากการรายงานของ ผกาพรรณ (2551) กล่าวว่า เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นเศษเหลือจากการผลิตแป้งมีลักษณะเปียก มีความชื้นสูงประมาณ 75-80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทิ้งไว้ในสภาพให้สัมผัสกับอากาศจะมีเชื้อราเจริญเติบโตขึ้น ทำให้เกิดการบูดเน่า สีของกากมันสำปะหลังจะเปลี่ยนเป็นสีเทา - ดำ มีกลิ่นเหม็น ลักษณะไม่น่ากิน จึงได้ทำการศึกษาวิธีการเก็บรักษากากมันไว้ไม่ให้บูดเน่า พบว่า รูปแบบของการนำกากมันสำปะหลังมาใช้ในการเลี้ยงกระบือ ที่เหมาะสำหรับเกษตรกร คือ การหมักในสภาพไร้อากาศ โดยบรรจุในถุงพลาสติกหนาพอสมควร ผูกปากถุงให้แน่นมีอากาศหลงเหลืออยู่น้อยที่สุด เป็นเวลา 21 วัน สามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ได้ โดยทำการทดลองใช้กระบือ 15 ตัว สุ่มเข้าทดลองแบบ 2×2 แฟคทอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยกระบือทดลอง 3 กลุ่ม ได้รับการทดลองดังนี้ กลุ่มที่ 1 จำนวน 5 ตัว เลี้ยงในคอกเดี่ยวให้หญ้าสด (หญ้าขน) กินเต็มที่และเสริมอาหารกากแป้งมันเปียกหมักเต็มที่ และกลุ่มที่ 2 จำนวน 5 ตัว เลี้ยงในคอกเดี่ยว ให้หญ้าสดกินเต็มที่ และเสริมอาหารกากแป้งมันเปียกกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ เต็มที่กลุ่มที่ 3 จำนวน 5 ตัว เลี้ยงปล่อยแทะเล็มและเสริมกากแป้งมันเปียกหมักเต็มที่ พบว่า

1. กระบือที่ปล่อยเลี้ยงแทะเล็มในแปลงหญ้าร่วมกับได้รับกากแป้งมันสำปะหลังได้มากกว่ากระบือที่เลี้ยงในคอกประมาณ 2 เท่า (10.6 และ 4.9 กิโลกรัมต่อวัน) การเจริญเติบโตสูงกว่า 1.5 เท่า (0.53 และ 0.35 กิโลกรัม) แต่ใช้กากแป้งมันสำปะหลังหมักในการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม มากกว่ากระบือที่เลี้ยงในคอก 1.7 เท่า (30.1 และ 17.8 กิโลกรัม ตามลำดับ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. กระบือที่กินกากแป้งมันสำปะหลังหมักอย่างเดียวมีการเจริญเติบโตดีกว่ากระบือที่กินกากแป้งมันสำปะหลังร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ (เฉลี่ย 0.56 และ 0.33 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) ทั้งที่กินหญ้าสดและกากแป้งมันหมักในปริมาณใกล้เคียงกัน ซึ่งเท่ากับกระบือกลุ่มแรกใช้หญ้าสดและกากแป้งมันหมักในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม น้อยกว่ากลุ่มหลัง

3. กระบือกลุ่มที่ปล่อยให้แทะเล็มหญ้าและเสริมด้วยกากแป้งมันหมักอย่างเดียวมีการเพิ่มน้ำหนักตัวต่อกันสูงสุด (เฉลี่ย 0.69 กิโลกรัม) รองลงมาเป็นกระบือกลุ่มที่เลี้ยงในคอกเสริมด้วยกากแป้งมันหมัก ดังนั้น จึงสามารถใช้กากแป้งมันหมักเป็นอาหารเสริมในการเลี้ยงกระบือได้เป็นอย่างดี กระบือสามารถทดแทนการกินหญ้าที่มีไม่เพียงพอ ได้ด้วยการกินกากแป้งมันหมักเพิ่มขึ้นเพื่อการเจริญเติบโต

ซึ่งสอดคล้องกับ วรเทพ (2552) กล่าวว่า โคเนื้อที่เลี้ยงด้วยด้วยอาหารที่มีคุณภาพดีเพื่อส่งตลาดระดับสูงมีข้อจำกัดเกี่ยวกับแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีอยู่ในรอบปี และความผันแปรของราคาอาหารสัตว์ที่มีแต่ปรับตัวสูงขึ้น การขุนโคเนื้อจึงต้องลงทุนสูง ดังนั้น การดำเนินกิจการจึงจำกัดอยู่ในกลุ่มเกษตรกรที่มีฐานะทางการเงินดีหรือค่อนข้างดี ดังเช่น กลุ่มผู้เลี้ยงโคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน อย่างไรก็ตาม มีเกษตรกรรายย่อยอีกเป็นจำนวนมากที่สนใจเลี้ยงโคเนื้อพันธุ์กำแพงแสนซึ่งเป็นโคที่พัฒนาขึ้นมาในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน การใช้วัสดุอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าต่ำแต่มีปริมาณมากในรอบปี ราคาถูก และมีอยู่ในท้องถิ่น เช่นกากแป้งมันสำปะหลังซึ่งเป็นเศษเหลือจากโรงงานผลิตแป้งมัน น่าจะมีบทบาทช่วยลดต้นทุนการผลิตในการนำมาประกอบในอาหารเลี้ยงโค และเพื่อให้เป็นทางเลือกของเกษตรกรรายย่อยในการเลี้ยงโคกำแพงแสนอีกรูปแบบหนึ่ง จึงได้ทำการทดลองโดย ใช้โคเนื้อพันธุ์กำแพงแสนจำนวน 12 ตัว จัดเข้าการทดลองแบบจับคู่ สัตว์ทดลองสองกลุ่มมีอายุเมื่อเริ่มทดลอง 602 วัน และ 563 วัน ดังแสดงต่อไปนี้ สูตรที่ 1 หญ้าสด (หญ้าขน) และกากแป้งมันหมัก (อย่างเดียว) ให้กินเต็มที่และเสริมกากปาล์ม 0.5 กิโลกรัม สูตรที่ 2 หญ้าสดและกากแป้งมันหมัก (อย่างเดียว)ให้กินเต็มที่และเสริมกากปาล์ม 1.5 กิโลกรัม โดยการจัดการดังนี้ให้อาหารแต่ละสูตรกับโคที่จับคู่กัน ทำการสุ่มโคแต่ละคู่จัดให้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่คล้ายคลึงกันมากที่สุด แต่ละตัวอยู่ในคอกเดี่ยว ให้หญ้า 2 เวลา เช้า และบ่าย ส่วนกากแป้งมันหมักและกากปาล์มผสมรวมกันให้หลังให้หญ้าเวลาบ่ายแล้ว แร่ธาตุและน้ำเตรียมไว้ให้อย่างพอเพียงในคอก พบว่าดังนี้

1. สมรรถภาพการเจริญเติบโต โคที่ศึกษาเปรียบเทียบสองกลุ่มนี้น้ำหนักเริ่มทดลองใกล้เคียงกันคือ 193.18 กิโลกรัม ของกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 และ 194.03 กิโลกรัม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ของกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 โดยโคทั้งสองกลุ่มมีการเพิ่มน้ำหนัก 12.53 และ 37.52 กิโลกรัม คิดเป็นอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน 0.13 และ 0.40 กิโลกรัม ซึ่งความแตกต่างของการเจริญเติบโตของทั้งสองกลุ่มมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

2. ปริมาณอาหารที่กิน ตามที่ได้ให้อาหาร โปรตีน คือ กากปาล์มในระดับแตกต่างกัน 3 เท่าในสูตรอาหาร 2 สูตร คือ 0.5 และ 1.5 กิโลกรัมต่อวัน นั้น ปริมาณการกินได้จริงมีค่าเฉลี่ย 0.46 และ 1.39 กิโลกรัม/วัน สำหรับหญ้าและกากแป้งมันหมักที่ให้กินเต็มที่ ปริมาณที่โค 2 กลุ่มกินได้ต่อวันมีค่าใกล้เคียงกัน คือ กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 กินหญ้า 12.16 กิโลกรัม กากแป้งมันหมัก 6.07 กิโลกรัม กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 กินหญ้า 12.39 กิโลกรัม กากแป้งมัน 6.01 กิโลกรัม

3. ปริมาณอาหารที่ใช้เพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ผลการทดลองพบว่าหญ้าและกากแป้งมันหมักที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัวโค 1 กิโลกรัม ของโคสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โคกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 ต้องกินหญ้าถึง 101.34 กิโลกรัม กากแป้งมันหมัก 49.03 กิโลกรัม ในขณะที่โคที่ได้รับสูตรอาหารที่ 2 กินหญ้าเพียง 31.31 กิโลกรัม และกากแป้งมันหมัก 15.56 กิโลกรัม ส่วนกากปาล์มนั้น โคทั้งสองกลุ่มใช้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน คือ 3.88 และ 3.51 กิโลกรัม สำหรับโคที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

4. ต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัมได้คำนวณค่าอาหารสัตว์ที่ใช้จากวัสดุอาหารสัตว์ คือ หญ้า กิโลกรัมละ 0.50 บาท กากแป้งมันหมัก 0.23 บาทต่อกิโลกรัม กากปาล์ม 2.58 บาทต่อกิโลกรัม พบว่าโคกลุ่มที่ใช้อาหารสูตรที่ 2 มีต้นทุนค่าอาหารเลี้ยงโคให้โตขึ้น 1 กิโลกรัม น้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 ถึง 2.6 เท่า และความแตกต่างของต้นทุนค่าอาหารสัตว์ของโค 2 กลุ่มนี้ มีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามพบว่า การเลี้ยงโคขุนพันธุ์กำแพงแสนโดยให้กินหญ้าขนสดและกากแป้งมันหมักอย่างเดียวให้การเจริญเติบโตต่ำมาก นอกจากนี้ การเลี้ยงโคขุนพันธุ์กำแพงแสนโดยให้กินหญ้าขนสด และกากแป้งมันหมักเสริมด้วยกากปาล์ม 1.5 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ทำให้โคสามารถเจริญเติบโตได้ดีขึ้นและต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักโคใกล้เคียงกับการทดลองที่รายงานไว้ ดังแสดงในตารางที่ 2.6

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 6 สมรรถภาพการเจริญเติบโตและต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักของโคพันธุ์กำแพงแสน 2 กลุ่ม ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน

ลักษณะ	อาหารสูตร 1 หญ้า +กากมันหมัก + กากปาล์ม 0.5 กิโลกรัม	อาหารสูตร 2 หญ้า + กากมันหมัก + กากปาล์ม 1.5 กิโลกรัม	นัยสำคัญทางสถิติ
อายุเมื่อเริ่มทดลอง(วัน)	602	563	ns
ระยะเวลาทดลอง(วัน)	93	93	
น้ำหนักเริ่มต้น(กิโลกรัม)	193.18	194.03	ns
น้ำหนักสุดท้าย(กิโลกรัม)	205.72	231.55	**
น้ำหนักเพิ่มตลอดการทดลอง(กิโลกรัม)	12.53	37.52	**
น้ำหนักเพิ่มต่อวัน(กิโลกรัม)	0.13	0.40	**
อาหารที่กินต่อวัน(กิโลกรัม)			
หญ้า	12.16	12.39	ns
กากแป้งมันหมัก	6.07	6.01	ns
กากปาล์ม	0.46	1.39	**
อาหารที่กินเพื่อน้ำหนักเพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม (กิโลกรัม)			
หญ้า	101.34	31.31	**
กากแป้งมันหมัก	49.03	15.56	**
กากปาล์ม	3.88	3.51	ns
ต้นทุนอาหารต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม(บาท)	73.70	28.44	*

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** = ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P< 0.01)

ที่มา: วรเทพ (2552)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การใช้น้ำมันพืชในอาหารสัตว์

จากการรายงานของ โอสถ และยวงยศ (2544) ที่ทำการศึกษาถึง ผลของไขมันเคลือบต่อผลผลิตน้ำนมโคระยะ 3 สัปดาห์แรกของการให้นม ใช้โคนมพันธุ์ TMZ ของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ลำพญากลาง กรมปศุสัตว์ จำนวน 16 ตัว จัดแบ่งโคนมออกเป็นคู่ โดยที่โคนมแต่ละคู่จะมีน้ำหนักตัว อายุและผลผลิตน้ำนมใกล้เคียงกัน รวมทั้งเป็นโคนมที่ให้ลูกเท่ากันและมีระยะการให้นมใกล้เคียงกัน สุ่มโคนมแต่ละคู่ให้ได้รับอาหารทดลอง 2 สูตรคือ สูตรที่ 1 อาหารผสมเสร็จอัดก้อนที่มีน้ำมันปาล์ม 4% และสูตรที่ 2 อาหารผสมเสร็จอัดก้อนที่มี Hydrolyzed Animal Fat 4% พบว่า

1. น้ำหนักตัวของโคทดลอง

การทดลองนี้โคนมทดลองกลุ่มที่ 1 กินอาหารทดลองลดลงตามระยะเวลาทดลอง กล่าวคือ ช่วงวันที่ 1 และ 2 ของการทดลอง โคนมจะกินอาหารได้ใกล้เคียงกับโคนมทดลองกลุ่มที่ 2 แต่หลังจากวันที่ 3 ของการทดลอง โคจะกินอาหารลดลงตามลำดับ เป็นผลให้ปริมาณน้ำนมและน้ำหนักตัวโคลดลงอย่างรวดเร็วจึงจำเป็นต้องหยุดการเก็บข้อมูลการทดลองของโคนมทดลองกลุ่มที่ 1 เมื่อดำเนินการทดลองได้ 7 วัน

น้ำหนักตัวของโคนม เมื่อเริ่มทดลองโคนมที่ได้รับอาหารที่มีน้ำมันปาล์มมีน้ำหนักตัวใกล้เคียง(P>0.05)กับโคนมที่ได้รับอาหารที่มีไขมัน Hydrolyzed Animal Fat (394.75 VS 389.12 กิโลกรัมต่อตัว) ผลการทดลองพบว่าน้ำหนักตัวของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีน้ำมันปาล์มเป็นเวลา 1 สัปดาห์ จะมีค่าลดลงคือน้ำหนักตัวเปลี่ยนแปลงจาก 394.75 กิโลกรัมต่อตัว เหลือเพียง 380.50 กิโลกรัมต่อตัว แต่น้ำหนักตัวของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีไขมัน Hydrolyzed Animal Fat เป็นเวลา 3 สัปดาห์ จะเปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อยคือ เมื่อเริ่มทดลองโคนมมีน้ำหนักตัว 389.12 กิโลกรัมต่อตัว และเมื่อสิ้นสุดการทดลองโคนมมีน้ำหนักตัว 387.50 กิโลกรัมต่อตัว การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีไขมัน Hydrolyzed Animal Fat จากการทดลองนี้ให้ผลแตกต่างจากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวจากรายงานของ Satter and Roffler (1975) and Moe (1985) ซึ่งอ้างโดย NRC (1988) ที่รายงานว่าน้ำหนักตัวของโคนมจะลดลงต่ำสุดประมาณ 8 สัปดาห์หลังคลอด การที่น้ำหนักตัวของโคนมที่ได้จากการทดลองนี้มีค่าแตกต่างนั้นอาจเนื่องจากโคนมที่ใช้ในการทดลองนี้มีผลผลิตนมต่ำ (ประมาณ 10 กิโลกรัมต่อวัน) จึงมีความต้องการโภชนะสำหรับการสร้างน้ำนมน้อยกว่าเป็นผลถึงน้ำหนักตัวที่ลดลงน้อยกว่าดังกล่าว

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. ปริมาณอาหารที่กิน

ปริมาณอาหารที่กินของโคนมแสดงไว้ในตารางที่ 2.7 ผลการทดลองพบว่า ปริมาณอาหารที่กินของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีน้ำมันปาล์มในช่วงสัปดาห์ที่ 1 จะมีค่าต่ำกว่า($P<0.01$) ปริมาณอาหารที่กินของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีไขมัน Hydrolyzed Animal Fat (8.38 VS 11.59 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) และค่าปริมาณอาหารที่กินของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีไขมัน Hydrolyzed Animal Fat ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 3 และเฉลี่ยตลอดการทดลองมีค่าเท่ากับ 13.36, 13.57 และ 12.84 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ปริมาณอาหารที่กินของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีน้ำมันปาล์มใช่วงสัปดาห์ที่ 1 มีค่า 2.16 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว และปริมาณอาหารที่กินของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีไขมัน Hydrolyzed Animal Fat เฉลี่ยตลอดการทดลองมีค่า 3.31 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว การที่ปริมาณอาหารที่กินของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีน้ำมันปาล์มมีค่าต่ำกว่าปริมาณอาหารที่กินของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีไขมัน Hydrolyzed Animal Fat นั้นเป็นผลเนื่องจากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนย่อยเยื่อใยได้ลดลง ซึ่งสัมพันธ์กับรายงานของ Church (1979) และรายงานของ Devendra and Lewis (1974) ที่พบว่า การเติมไขมันในสูตรอาหารโคมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ จะลดประสิทธิภาพการย่อยเซลลูโลสของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนและทำให้การกินได้ของอาหารลดลง ซึ่งผลนี้จะเห็นได้ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานของอาหารที่กินของโคผลผลิตนม 10.6 กิโลกรัมต่อวันจะมีค่าต่ำกว่าค่าพลังงานที่โคต้องการ (25,100 และ 21,800 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) แต่โคนมไม่สามารถปรับปริมาณการกินได้ของอาหารให้มากขึ้นเท่ากับความต้องการของร่างกายสัตว์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3. ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (Feed Conversion Ratio, FCR)

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมของโคนม ผลการทดลอง พบว่า ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีน้ำมันปาล์มในช่วงสัปดาห์ที่ 1 มีค่าดีกว่า (ต่ำกว่า) ($P<.05$) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีไขมัน Hydrolyzed Animal Fat (0.98 และ 0.83) และค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีไขมัน Hydrolyzed Animal Fat ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 และ 3 และเฉลี่ยตลอดการทดลองมีค่า 0.98, 0.95 และ 0.91 ตามลำดับ การที่ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีน้ำมันปาล์มดีกว่า (มีค่าต่ำกว่า) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีไขมัน Hydrolyzed Animal Fat เนื่องจากโคนมมีการดึงเอาโภชนะต่างๆที่

สะสมไว้ในร่างกายมาผลิตเป็นน้ำนมซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณอาหารที่กินที่ลดลงและน้ำหนักตัวที่ลดลงมากจาก 394.75 กิโลกรัม เหลือเพียง 380.50 กิโลกรัมในเวลา 7 วัน

4. ต้นทุนค่าอาหาร

ต้นทุนค่าอาหารของโคนม ผลการทดลอง พบว่า ต้นทุนค่าอาหารของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีน้ำมันปาล์มในช่วงสัปดาห์ที่ 1 มีค่าต่ำกว่า ($P<0.01$) ต้นทุนค่าอาหารของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีไขมัน Hydrolyzed Animal Fat (9.35 และ 5.13 บาทต่อน้ำนม 1 กิโลกรัม) ถึงแม้ว่าต้นทุนค่าอาหารของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีน้ำมันปาล์มจะมีค่าต่ำกว่าแต่โคนมจะมีปริมาณน้ำนม และน้ำหนักตัวลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากโคนมกินอาหารลดลงทุกวันและจำเป็นต้องหยุดการบันทึกข้อมูลเมื่อทดลองได้ 1 สัปดาห์ สำหรับต้นทุนค่าอาหารของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีไขมัน Hydrolyzed Animal Fat ในช่วงสัปดาห์ที่ 2, 3 และเฉลี่ยตลอดการทดลองมีค่า 9.34 9.10 และ 8.69 บาทต่อน้ำนม 1 กิโลกรัม ตามลำดับ การที่ต้นทุนค่าอาหารของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีน้ำมันปาล์มมีค่าต่ำกว่าต้นทุนค่าอาหารของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีไขมัน Hydrolyzed Animal Fat เนื่องจากโคนมที่ได้รับอาหารที่มีน้ำมันปาล์มมีราคาของน้ำมันปาล์มถูกกว่าราคาของไขมัน Hydrolyzed Animal Fat (110 และ 29 บาทต่อกิโลกรัม) และโคนมยังได้รับโภชนะจากอาหารไม่เพียงพอจึงมีการดึงเอาโภชนะที่สะสมในร่างกายมาสร้างเป็นน้ำนมซึ่งสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวที่ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 1 สัปดาห์แรกของการทดลอง

การผลิตจุลินทรีย์โปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงนั้นจะต้องจัดสภาวะต่างๆ ให้เหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ เช่น แหล่งคาร์บอน แหล่งไนโตรเจน แหล่งฟอสฟอรัส ความเป็นกรด ด่าง และอุณหภูมิ เป็นต้น

1. แหล่งคาร์บอนและพลังงาน จุลินทรีย์หลายชนิดใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน เชื้อยีสต์ส่วนมากจะใช้น้ำตาลที่สามารถหมักได้ เช่น D-glucose, D-fructose และ D-mannose ได้ดีบางชนิดก็สามารถใช้แป้ง (Starch) ได้ เช่น *E.fibuligera* บางชนิดก็ใช้อินซูลิน (Insulin)ได้ เช่น *Fabospora fragilis* บางชนิดก็ใช้น้ำตาลเพนโตส (Pentose) ได้นอกจากนี้บางชนิดยังใช้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้

2. แหล่งไนโตรเจน ยีสต์ต้องการแหล่งไนโตรเจนเพื่อใช้ในการสร้างโปรตีนของตนเองแหล่งไนโตรเจนที่มียีสต์นำมาใช้ได้มีหลายชนิด ยีสต์ทุกชนิดใช้แอมโมเนียมซัลเฟต

เป็นแหล่งไนโตรเจนได้ส่วนแอมโมเนียฟอสเฟตโมโน และไดแอมโมเนียนฟอสเฟต แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต แอมโมเนียมคาร์บอเนต แอมโมเนียมทาต์เตรท และยูเรียนั้น ยีสต์หลายชนิดใช้ได้ดี อย่างไรก็ตามในการผลิตยีสต์เพื่อเป็นอาหารเสริมโปรตีนส่วนมากนิยมใช้สารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตหรือยูเรีย (สมคิด, 2521)

3. แหล่งฟอสฟอรัส ยีสต์ต้องการแหล่งฟอสฟอรัสเพื่อใช้ในการสร้างพลังงานเซลล์ ยีสต์สามารถดูดซึมสารโปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตได้ดีกว่าไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต นอกจากนี้ยังมีสารอาหารอื่นๆ ที่ยีสต์ต้องการในปริมาณต่ำ ได้แก่ แร่ธาตุต่างๆ เพื่อเป็นโคแฟคเตอร์ของเอนไซม์หลายชนิด เช่น แมกนีเซียม โคบอลท์ โมลิบดินัม ทองแดง และสังกะสี เป็นต้น นอกจากนี้ยีสต์ยังต้องการ Growth Factor บางชนิด เช่น Biotin, Pentotinic Acid, Enositone, Thiaminm, Nicotinic Acid, Pyridoxinc, และ Pholic Acid เป็นต้น (Imrie and Vlitos, 1973)

4. ความเป็นกรดด่าง (pH) ของอาหารยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ดีในอาหารที่มีความเป็นกรดมากกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่นปกติ pH ที่เหมาะสมในการเจริญของยีสต์ทั่วๆไปจะอยู่ระหว่าง 4.5-5.5 อย่างไรก็ตาม pH ที่เหมาะสมในการเจริญของยีสต์แต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไป เช่น *C. ulilis* pH ที่เหมาะสมในการเจริญ คือ 4.5-5.0 ส่วน *E. fibuligera* pH ที่เหมาะสมในการเจริญคือ 6.0 เป็นต้น

5. อุณหภูมิ ยีสต์ส่วนใหญ่เจริญได้ดีระหว่างอุณหภูมิ 20-30 °C แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญของยีสต์แต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ตัวอย่าง เช่น *E. fibuligera* เมื่อเลี้ยงร่วมกับ *S. Cerevisiae* แบบวิธี Symba Yeast Process โดยใช้มันเส้น 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้งเป็นแหล่งวัตถุดิบอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญ คือ 35 องศาเซลเซียส (วิชชุพร, 2523)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การเพิ่มโปรตีนในมันสำปะหลังด้วยจุลินทรีย์

มันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ดีแหล่งหนึ่งเช่นเดียวกับข้าวโพดและปลายข้าวแต่เนื่องจากมันสำปะหลังมีปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์จึงได้มีการศึกษาเพื่อพัฒนาการเพิ่มโปรตีนมันสำปะหลังด้วยจุลินทรีย์

สวัสดิ์และคณะ (2516) ได้ศึกษาถึงการหมักมันเส้นโดยมีองค์ประกอบของอาหารที่ใช้ในการศึกษาดังนี้ คือ ใช้มันเส้นเป็นแหล่งคาร์บอนในปริมาณ 75 กิโลกรัม ทำการเติมยูเรียลงไป 8 กิโลกรัม น้ำตาลแดง 2 กิโลกรัมแล้วใช้จุลินทรีย์จากมูลกระบือสดๆ เติมลงไปอีก 4

กิโลกรัม เติมน้ำ 150 กิโลกรัม ทำการหมักเป็นเวลา 7 วัน พบว่าสามารถผลิตโปรตีนได้ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยมีแอมโมเนียโปรตีนประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อทำการหมักต่อเป็นเวลา 30 วัน พบว่าจะได้ปริมาณโปรตีนรวม (Crude Protein) เพิ่มขึ้นเป็น 14.20 เปอร์เซ็นต์ โดยเป็นแอมโมเนียโปรตีนประมาณ 6.16 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาในปี 2517 ได้ทำการศึกษาต่อโดยเปลี่ยนแหล่งวัตถุดิบเป็นมันสำปะหลังบดทำการหมักโดยใช้เชื้อยีสต์จากลูกแป้งเหล็ก และมีการเติมแอมโมเนียมซัลเฟต 7.67 เปอร์เซ็นต์ เป็นแหล่งไนโตรเจน จากการศึกษา พบว่า ปริมาณโปรตีนที่ได้เพิ่มขึ้นน้อยมาก คือเมื่อทำการหมักได้ 35 วัน ปริมาณโปรตีนรวมเพิ่มขึ้นจาก 2.15 เปอร์เซ็นต์ เป็น 8.04 เปอร์เซ็นต์ และเป็นโปรตีนจริง (True Protein) เพียง 3 เปอร์เซ็นต์

เชิดชัย (2528) ได้ทำการศึกษาถึงยีสต์ชนิดต่างๆ เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนในมันสำปะหลังอาหารที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยมันสำปะหลัง 10 กรัม น้ำ 150 ลิตร ยูเรีย 0.5 กรัม และโปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.5 กรัม ทำการหมักเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลของการศึกษาพบว่าการใช้ยีสต์ 2 ชนิดผสมกัน คือ *Candida utilis* กับ *Schwanniomyces alluvius* ได้ผลดีที่สุด คือ ได้โปรตีนสูงถึง 49.69 เปอร์เซ็นต์ และได้ผลผลิตสูงถึง 41 เปอร์เซ็นต์

วิชัย (2523) ได้อธิบายถึงการเพิ่มโปรตีนจากมันสำปะหลังด้วยจุลินทรีย์ไว้ว่าเมื่อนำมันสำปะหลังสดสับมาผสมกับยูเรีย 2 เปอร์เซ็นต์ แล้วทำการหมักด้วยเชื้อรา *Rhizopus nigrican* อย่างเดียวและหมักด้วยเชื้อรา *Rhizopus nigrican* ร่วมกับ *Saccharomyces cerevisiae* พบว่า การหมักมันสำปะหลังด้วยเชื้อราอย่างเดียวได้โปรตีน 2.48 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมันสำปะหลังที่หมักด้วยเชื้อราร่วมกับยีสต์ได้ปริมาณโปรตีน 12.04 เปอร์เซ็นต์ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเชื้อยีสต์ได้ใช้น้ำตาลจากการย่อยสลายมันสำปะหลังโดยเชื้อรา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Eggum (1970) ได้ทดลองเลี้ยงหนูด้วยอาหารที่สกัดจากโปรตีนของมันสำปะหลัง 3 สายพันธุ์ พบว่าค่าการย่อยได้ของโปรตีนในมันสำปะหลังในหนูมีค่าประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ และถ้านำมันสำปะหลังไปต้ม ค่าการย่อยได้ก็จะลดลงเนื่องจากความร้อนและคุณค่าทางชีวภาพของโปรตีนจะมีความแปรปรวนสูง โดยจะขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดอะมิโนเมทไธโอนีน โดยถ้าเสริมเมทไธโอนีนที่สกัดได้จากจุลินทรีย์จะทำให้คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีนเพิ่มจาก 49 เปอร์เซ็นต์ เป็น 80 เปอร์เซ็นต์ และถ้าผสมปลาป่นลงไปในมันสำปะหลังจะทำให้คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีนของอาหารผสมนี้สูงเป็น 73 เปอร์เซ็นต์ และได้ทำการศึกษาพบอีกว่า การเสริมเมทไธโอนีนที่สกัดได้จากจุลินทรีย์จะทำให้ค่าการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนเพิ่มเป็น 58.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากเดิมจะมีค่าเพียง 36.4 เปอร์เซ็นต์

Adegbola (1978) ศึกษาว่าการเสริมไลซีนที่สกัดได้จากจุลินทรีย์ลงในมันสำปะหลังที่ใช้เป็นอาหารสุกร 0.2 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยให้สุกรมีการเจริญเติบโตดีขึ้น การเสริมไลซีนนี้มีความสำคัญในลักษณะทางกายภาพ และความน่ากินของมันสำปะหลังที่ใช้เป็นอาหาร และพบว่าการเสริมโซเดียมซัลเฟตในระดับ 0.3 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ปริมาณการกินอาหารและอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าพวกที่กินอาหารที่ไม่ได้การเสริมโซเดียมซัลเฟต และยังพบว่าถ้าเสริมทั้งไลซีนและโซเดียมซัลเฟตจะช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพและอาหารที่กินให้ดีขึ้น

Okafor (1987) ได้ทำการศึกษาพบว่าเชื้อ *Lactobuillus delbruckii, L. corneformis,* และ *Saccharomyces* spp.สามารถผลิตไลซีนได้ปริมาณมากจึงนิยมนำมาใช้หมักมันสำปะหลัง โดย พบว่า เชื้อเหล่านี้มีความสามารถในการสร้างไลนามาเรส อะไมเลส และไลซีนในปริมาณสูงในการหมักมันสำปะหลังทั้งแบบใช้เชื้อเดี่ยว ๆ และแบบเชื้อผสมทั้งการหมักแบบ Dewater และ Underwater โดยเมื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณไลซีน และไซยาไนด์ในแป้งหมักเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก พบว่าจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถลดปริมาณไซยาไนด์ลงไปได้มาก โดยเฉพาะการหมักแบบ Underwater โดยใช้เชื้อผสมที่การหมักที่ 24 ชั่วโมง ปริมาณไซยาไนด์ในกลุ่มควบคุม (ไม่ได้ใส่เชื้อ) มี 3.06 ไมโครกรัมต่อกรัมในการหมักแบบ Dewater และ 4.24 ไมโครกรัมต่อกรัม ในการหมักแบบ Underwater ส่วนในกลุ่มที่ใช้เชื้อผสมเชื้อเหล่านี้ทำให้ปริมาณไซยาไนด์ลดลงถึง 150 เปอร์เซ็นต์ ที่ 1.96 ไมโครกรัมต่อกรัม ในการหมักแบบ Dewater และ 300 เปอร์เซ็นต์ ที่ 1.43 ไมโครกรัมต่อกรัม ในการหมักแบบ Underwater และพบว่าไลซีนปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการหมักไปเรื่อย ๆ ซึ่งการหมักโดยใช้เชื้อเดี่ยวๆ พบว่าเชื้อยีสต์จะสร้างไลซีนได้ดีที่สุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Oyewole (1990) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างยีสต์กับ Lactic acid bacteria ในการหมักมันสำปะหลัง โดยได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง *C. krusei* กับ *Lactobacillus plantarum* พบว่ายีสต์นั้นจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของ Lactic acid bacteria โดยการให้สารวิตามินที่พวก Lactic Acid Bacteria ต้องการนำไปใช้ในการเจริญเติบโต และพบว่ายีสต์จะมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแป้งให้กลายเป็น Simple Sugars ซึ่ง Simple Sugars ที่ได้นี้จะถูก Lactic Acid Bacteria นำไปใช้ในการเจริญ เมื่อ Lactic Acid Bacteria เหล่านี้มีการเจริญเติบโตก็จะมีการสร้างกรดแลคติคออกมาทำให้สภาวะในการหมักมันสำปะหลังมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น

Oyewole (2001) ศึกษา พบว่า หลังทำการหมักมันสำปะหลังไปประมาณ 12 ชั่วโมงจะพบยีสต์ 6 สายพันธุ์ในมันสำปะหลังที่เราทำการหมักไว้แต่ยีสต์เหล่านี้จะไม่พบในหัวมัน

สำปะหลังที่เราทำการเก็บเกี่ยวมา โดยยีสต์ทั้ง 6 สายพันธุ์นี้ได้แก่ *Candid krusei, C tropicalis, Pichia satoi, Saccharomyces cerevisiae, P. anomala,* และ *Zygosaccharomyces balii* และเมื่อทำการหมักมันสำปะหลังต่อไปเรื่อย ๆ จำนวนของยีสต์ก็จะเพิ่มมากขึ้นแต่ก็จะมียีสต์บางกลุ่มที่มีจำนวนลดลงเรื่อยๆ ซึ่งหลังจากการหมักผ่านไป 36 ชั่วโมง พบว่า *Pichia satoi, S. cerevisiae,* และ *P. anomala* จะหายไป คาดว่าเป็นเพราะสภาพความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นส่วนยีสต์ที่จะพบได้ตลอดระยะเวลาของกระบวนการหมักมีอยู่ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *C.krusei, C. tropicalis,* และ *Z. balii* และเมื่อทำการศึกษาถึงเอนไซม์ที่มียีสต์เหล่านี้สร้างขึ้นก็พบว่ายีสต์เหล่านี้ทุกตัวจะสามารถสร้างเอนไซม์อะไมเลสได้ทำให้ยีสต์เหล่านี้สามารถใช้มันสำปะหลังในการเจริญได้ โดยยีสต์ดังกล่าวจะมีคุณสมบัติเป็น Amyloytic yeasts และจะมี *Z. balii* เพียงชนิดเดียวเท่านั้นที่สามารถสร้างเอนไซม์ Polygalacturonase ได้ และ *C. krusei* ก็จะเป็นเพียงชนิดเดียวเท่านั้นที่สามารถสร้างเอนไซม์ไลนามาเรสได้

การใช้เชื้อยีสต์เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์

เนื่องจากยีสต์อุดมไปด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และวิตามินบี จึงทำให้ผู้บริโภคได้รับสารอาหารจากยีสต์ แต่ถ้าบริโภคในลักษณะที่ยังมีชีวิตอยู่ ยีสต์จะดูดซึมวิตามินและกรดอะมิโนจากร่างกายผู้บริโภค โดย พบว่า วิตามินบีในลำไส้ของสัตว์เลี้ยงถูกด้วยนมจะลดลง (Bhattacharjee, 1970) นอกจากนี้คน และสัตว์ชั้นสูงไม่มีเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารที่จะย่อยสลายผนังเซลล์ของยีสต์ได้แต่สัตว์บางชนิด เช่น ไก่ หมู วัว ควาย และปลาบางชนิด มีเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายผนังเซลล์ของยีสต์ได้ ดังนั้น การที่จะให้ได้รับคุณค่าทางอาหารจากการบริโภคยีสต์ต้องทำให้ยีสต์ตายและย่อยผนังเซลล์ออกก่อน ซึ่งมีหลายวิธีได้แก่ การใช้ความร้อนสูงในระหว่างการอบแห้ง การใช้กระบวนการออโตไลซิส (Autolysis), พลาสโมไลซิส (Plasmolysis), และไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ทั้งสามกระบวนการนี้เป็นวิธีที่ใช้เตรียมสารสกัดยีสต์ (Yeast Extract) ที่ใช้ค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ไม่เหมาะที่จะใช้เตรียมยีสต์เป็นอาหารสัตว์ยีสต์นอกจากจะมีคุณค่าทางอาหารมากมาย แต่ถ้าผู้บริโภคได้รับยีสต์มากเกินไปจะก่อให้เกิดโรคไขข้ออักเสบในคนได้ เนื่องจากยีสต์มีกรดนิวคลิอิคสูง กรดนิวคลิอิคจะถูกเมตาโบไลซ์เป็นกรดยูริค ในร่างกายคนไม่มีเอนไซม์ยูริเคส (Uricase) ที่จะย่อยสลายกรดยูริคให้กลายเป็น Allantoin ดังนั้นเกลือยูเรตจึงตกตะกอนตามข้อต่อ และเนื้อเยื่อภายในร่างกาย แต่สัตว์บางชนิด เช่น สุกร โค และไก่ มีเอนไซม์ยูริเคสที่สามารถย่อยสลายกรดยูริคได้ (Tannenbaum and Wang, 1975)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ยีสต์ *(Saccharomyces cerevisiae)*

ยีสต์ เป็นจุลินทรีย์พวกยูคาริโอต เซลล์ยีสต์ส่วนใหญ่มีรูปร่างกลม หรือรี นอกจากนี้อาจมีรูปร่างเป็นรูปถั่ว รูปทรงกระบอก สามเหลี่ยม หรือยาวเป็นสาย ขนาดของยีสต์แตกต่างกันในแต่ละชนิด ลักษณะเด่นของยีสต์คือ เป็นพวกเซลล์เดียวและมีหน่อ มีปริมาณโปรตีนภายในเซลล์สูง โดยเฉลี่ยมีประมาณ 47-50 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้งโดยอาจอยู่ในรูปเอนไซม์ ที่ติดผนังเซลล์ มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยวิธีการแตกหน่อ (นิรนาม, 2552) ยีสต์มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์ได้ โดยหลักการทำงานของยีสต์ หรือ "เบเกอร์ ยีสต์" (Baker Yeast) ที่ใส่ให้ขนมปังฟู เนื่องมาจากยีสต์ที่ใส่ลงไปมีการใช้น้ำตาลในแป้งขนมปัง หรือที่เรียกกันว่า "โด" (Dough) เป็นอาหาร และระหว่างที่มันกินอาหารมันก็จะหายใจเอาออกซิเจนเข้าไป และหายใจเอาคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา และเมื่อเอาแป้งไปอบ ก๊าซที่มันคายออกมาก็ผุดขึ้นมาระหว่างเนื้อขนมปังทำให้เกิดรูพรุนจนฟูขึ้นมา

นอกจากนี้ ยีสต์ที่ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ มีอยู่ 2 ชนิด คือ ชนิดแรกเป็นยีสต์ที่ตายแล้วกับชนิดหลังเป็นยีสต์มีชีวิต การใช้ยีสต์ที่ตายแล้วเป็นเพียงการเพิ่มคุณค่าทางอาหารสัตว์ แต่การใช้ยีสต์มีชีวิตในอาหาร ยีสต์จะสามารถเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ในกระเพาะและระบบทางเดินอาหารของสัตว์ โดยยีสต์ใช้อาหารพวกคาร์โบไฮเดรตและเยื่อใยแล้วขับถ่ายอาหารที่ประกอบด้วยสารพวกโปรตีน ไวตามิน แร่ธาตุออกมา ซึ่งสัตว์สามารถย่อยและใช้ประโยชน์ได้ รวมทั้งตัวเซลยีสต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อถูกย่อยสลายจะได้สารอาหารโปรตีนเพิ่มขึ้นด้วย (วิศิษฐิพร, 2532) นอกจากนี้ Jonewell (1993) รายงานว่ายีสต์ชนิด *Saccharomyces cerevisiae* ประกอบด้วยเอนไซม์จำนวนมาก บางส่วนถูกขับออกมาในลำไส้และช่วยเสริมเอนไซม์ที่มีอยู่แล้วในทางเดินอาหาร จึงช่วยให้เพิ่มอัตราการย่อยได้ ทำให้การกินอาหารเพิ่มขึ้น ผลที่ได้คือการเพิ่มน้ำหนักหรือผลผลิต ช่วยสนับสนุนสมดุลของจุลชีพในลำไส้หากมีการให้อย่างสม่ำเสมอ ด้วยเหตุนี้ ยีสต์หลายชนิดจึงถูกนำมาใช้ในสัตว์กระเพาะ รวมจนถึงปัจจุบัน สำหรับการศึกษาการใช้ยีสต์ในสัตว์กระเพาะเดี่ยว มีผู้ทำการวิจัยไว้ไม่มาก ข้อมูลการใช้ยีสต์ในอาหารสัตว์ประเภทต่าง ๆ จัดทำขึ้นในต่างประเทศซึ่งสภาพแวดล้อมอุณหภูมิตลอดจนคุณภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์แตกต่างกันไป ดังนั้นจึงเหมาะสมที่จะใช้สำหรับเป็นอาหารเสริมโปรตีน การใช้ยีสต์ในอาหารสัตว์นั้นส่วนใหญ่ใช้ในรูปอาหารเสริมโปรตีนในปัจจุบันมีการใช้แพร่หลายมากขึ้น ทั้งในสัตว์เคี้ยวเอื้อง สัตว์ปีก ตลอดจนสัตว์เลี้ยงในบ้าน อีกทั้งยีสต์ยังมีโภชนะที่สามารถแสดงให้เห็นได้ดังแสดงในตารางที่ 7

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 7 แสดงองค์ประกอบทางโภชนะของยีสต์

องค์ประกอบางโภชนะ	เปอร์เซ็นต์
โปรตีน	42.00
ไขมัน	2.20
เยื่อใย	1.10
เถ้า	8.60
แคลเซียม	0.50
ฟอสฟอรัส	1.20
ไลซีน	3.62
เมทไธโอนีน	0.70
เมทไทโอนีน+ซีสทีน	1.20
ทริปโตฟาน	0.50
ทรีโอนีน	2.45

ที่มา : อุทัย (2553)

การเติมยีสต์ลงในอาหารสัตว์นั้นจะมีผลคล้ายกับการเติมยาปฏิชีวนะในแง่ของการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ และกระตุ้นการเจริญเติบโตของสัตว์ และเนื่องจากสารเสริมชีวนะเป็นแบคทีเรียที่ได้จากธรรมชาติ จึงไม่มีผลในการสร้างการดื้อยาในเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ และปลอดจากการเหลือสารพิษตกค้างในผลิตภัณฑ์จากสัตว์ สารเสริมชีวนะแท้จริงแล้วเป็นจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ ซึ่งมีอยู่ตามธรรมชาติแล้วส่วนหนึ่งในทางเดินอาหาร พบว่าจุลินทรีย์เหล่านี้มีความสามารถในการต่อต้านการเกาะของเชื้อจุลินทรีย์ใหม่บนผนังลำไส้ โดยกระบวนการที่เรียกว่า Competitive Exclusion หรือ Colonization Resistance ซึ่งเป็นกลไกการต่อต้านการเกาะของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดใหม่ โดยจุลินทรีย์เดิม นอกจากจะขัดขวางการเข้าเกาะของจุลินทรีย์ที่เป็นโทษโดยตรงแล้ว จุลินทรีย์เดิมในทางเดินอาหารยังผลิตสารซึ่งเป็นพิษต่อเชื้อจุลินทรีย์ที่เข้าไปใหม่ เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ กรดน้ำดีอิสระ เช่น Deoxycholic Acid ซึ่งสารเหล่านี้ช่วยป้องกันการเข้าเกาะ ของเชื้อจุลินทรีย์ใหม่ที่เป็นโทษส่วนใหญ่ (นิรนาม, 2551)