บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเลี้ยงสัตว์ในปัจจุบันกำลังได้รับการสนใจเป็นอย่างมากนอกเหนือจากการปลูกพืชแล้วการเลี้ยงสัตว์ยังเป็นอาชีพหนึ่งที่สามารถทำรายได้ให้แก่เกษตรกรทั้งเป็นรายได้หลักและรายได้เสริม โดยปัจจุบันประเทศไทยนอกจากจะเลี้ยงสัตว์เพื่อบริโภคภายในประเทศแล้ว ยังสามารถส่งเป็นสินค้าออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศทำรายได้ปีละหลายพันล้านบาท ถึงอย่างไรก็ตามการเลี้ยงสัตว์โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัตว์เคี้ยวเอื้องอาทิเช่นโคเนื้อ โคนม แพะ แกะ และกระบือให้ดีนั้นประกอบด้วยปัจจัยหลักที่สำคัญได้แก่ พันธุ์ อาหารและการจัดการ โดย 60-70 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการผลิตสัตว์นั้นจะมาจากต้นทุนของอาหาร นอกจากนี้แล้วเมื่อประมาณ 2 ปี ที่ผ่านมาประเทศไทยได้มีการหันมาเจรจาในระดับทวิภาคีเพื่อให้เกิดการเปิดเสรีทางการค้าเพิ่มมากขึ้นทั้งนี้เพื่อเป็นกลยุทธ์ในการบุกตลาดการค้าระหว่างประเทศ หลายประเทศก็ได้มีความพยายามในการเจรจาการค้าในระดับทวิภาคี เพื่อจัดตั้งเขตการค้าเสรีอาทิเช่นประเทศไทยได้จัดตั้งเขตการค้าเสรีกับประเทศออสเตรเลีย(FTA)ซึ่งจะมีผลกระทบโดยตรงต่อวิถีชีวิตของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมและโคเนื้ออย่างมากคือประเทศไทยจะต้องนำเข้าผลิตภัณฑ์จากนมและเนื้อวัวสดแช่แข็งจากออสเตรเลียซึ่งมีต้นทุนในการผลิตต่ำกว่า ทั้งนี้เพราะในสัญญาให้มีการลดภาษีสินค้าทางการเกษตรให้เหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ ในช่วง 20 ปีข้างหน้านับจากปีพุทธศักราช 2548 เป็นต้นไปในขณะที่ปัจจุบันเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตในประเทศกับต่างประเทศคู่ค้า พบว่าสูงกว่าประเทศคู่ค้ามากดังนั้นในช่วง 20 ปีต่อจากนี้นักวิจัยและเกษตรกรจะต้องหาแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตให้ได้ทัดเทียมกับต่างประเทศเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันกับต่างประเทศ

นอกจากนี้แนวโน้มความต้องการผลผลิตจากการเลี้ยงปศุสัตว์โดยเฉพาะเนื้อสัตว์ชี้ให้เห็นว่าประเทศกำลังพัฒนาปริมาณความต้องการบริโภคเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องนับตั้งแต่ปี1983 ถึง 1993 เพิ่มขึ้น 5.4% ในขณะที่ประเทศพัฒนาแล้วเพิ่มขึ้นเพียง 1% และคาดการปริมาณความต้องการบริโภคเนื้อในอีก 20 ปีข้างหน้า จากข้อมูลสถิติและแนวโน้มความต้องการบริโภคเนื้อดังกล่าวข้างต้น ชี้ให้เห็นว่าการผลิตปศุสัตว์โดยเฉพาะโคนม กระบือ โคเนื้อและน้ำนมยังเป็นที่ต้องการเพื่อสนับสนุนปริมาณความต้องการบริโภคเนื้อและน้ำนมที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆของประชากรโลก ลักษณะการเพิ่มขึ้นทั้งปริมาณนำเข้าและปริมาณส่งเนื้อและ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ผลิตภัณฑ์เนื้อชี้ให้เห็นว่าปริมาณความต้องการบริโภคเนื้อทั้งภายในและภายนอกประเทศเพิ่มขึ้นการเพิ่มขึ้นนี้ปัจจัยหนึ่งมาจากประชากรของโลกเพิ่มขึ้นทำให้ความต้องการอาหารเพิ่มมากขึ้นเมื่อมองในแง่ของการแข่งขันการแย่งอาหารระหว่างมนุษย์กับสัตว์ เมื่อประชาการมนุษย์เพิ่มขึ้นนั้นในส่วนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยเฉพาะโคนมน่าจะเกิดขึ้นน้อยที่สุดเพราะสัตว์ดังกล่าวกินพืช หรือ วัสดุเศษเหลือที่มนุษย์ไม่สามารถกินได้ ดังนั้นการเลี้ยงหรือผลิตโคนมเพื่อผลิตเนื้อเพื่อการบริโภคที่เพิ่มขึ้นจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมและน่าพัฒนาอย่างยิ่ง โดยปัจจุบันรัฐบาลได้มีนโยบายส่งเสริมการสร้างเศรษฐกิจพอเพียงแก่ชุมชนและเกษตรกรทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรผู้เลี้ยงโคและกระบือซึ่งมีอยู่มากมายในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งควรได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนตลอดจนการให้ความรู้ในด้านการนำใช้วัตถุดิบอาหารท้องถิ่นเพื่อเป็นอาหารสัตว์เพื่อช่วยในการลดต้นทุนการผลิตและเป็นการสร้างรายได้หลักและรายได้เสริมให้แก่เกษตรเกษตรกรสามารถดำรงชีพอยู่ได้ด้วยตนเองและอยู่ได้อย่างเศรษฐกิจพอเพียง

โดยทั่วไปพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่การปลูกพืชเศรษฐกิจหลักได้แก่ ปลูกข้าวและมันสำปะหลังเพื่อเป็นอาชีพหลัก-รองสำหรับด้านการผลิตปศุสัตว์สัตว์นั้นที่สำคัญได้แก่เลี้ยงโคและกระบือที่มีอยู่มากมายทั้งนี้อันเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่มีความเหมาะสมทั้งแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่พอเพียง อย่างไรก็ตามจากที่ผ่านมาได้มีการศึกษาวิจัยมากมายถึงแนวทางการนำใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ท้องถิ่นเพื่อเพิ่มมูลค่าและลดต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งมันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการปลูกมากมายในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นพืชที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งหัวและใบเพื่อเป็นอาหารสัตว์ทั้งเป็นแหล่งของโปรตีนและพลังงานตลอดจนช่วยในการกำจัดพยาธิในระบบทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง นอกจากนี้ผลผลิตของกากมันสำปะหลังที่ได้จากโรงงานผลิตแป้งมันและโรงงานแปรรูปมันสำปะหลังในแต่ละปีพบว่ามีปริมาณมากจึงควรมีการศึกษาพัฒนาและแปรรูปเพื่อเป็นอาหารสัตว์เพื่อลดต้นทุนการผลิตสัตว์ อีกทั้งเพื่อสนับสนุนและส่งเสริมเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังทางอ้อม ซึ่งปัจจุบันการเลี้ยงโคนมในเมืองไทยมีการขยายเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพราะมีความต้องการบริโภคน้ำนมเพิ่มขึ้นทุกปี อีกทั้งนโยบายของรัฐบาลได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรมีการเลี้ยงโคนมเพิ่มมากขึ้น โดยได้มีการบรรจุไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 5, 6 และ 7 อย่างเด่นชัดเพื่อที่จะส่งเสริมธุรกิจด้านโคนมและลดการนำเข้าซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาองค์ความรู้ในด้านอาหารโคนมให้มากยิ่งขึ้น เนื่องจากอาหารนับได้ว่าเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อประสิทธิภาพการให้ผลผลิตน้ำนม

ตลอดจนผลตอบแทนความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ โดยจุดประสงค์หลักของการพัฒนาการผลิตในด้านอาหารโคนมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตในประเทศไทยนั้นจำเป็นต้องเน้นการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นที่หาซื้อได้ง่ายและมีราคาถูก

ทฤษฎีหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

- เทคโนโลยีชีวภาพกระเพาะหมักรูเมน (rumen biotechnology) มีศักยภาพสูงในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของอาหารหยาบคุณภาพต่ำและเศษเหลือทางการเกษตร และปรับเปลี่ยนระบบนิเวศวิทยาจุลินทรีย์รูเมน (rumen microbial ecosystem)
- การผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยเฉพาะการผลิตโคนมในประเทศไทยจะยังผลกำไรและมีความถาวรภาพ (sustainability) ได้โดยการใช้วัตถุดิบอาหารท้องถิ่นที่มีอยู่มากมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต
- การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ในท้องถิ่น เทคนิคการแปรรูป เทคนิคการเพิ่มศักยภาพในการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ในท้องถิ่น โดยเฉพาะข้าวโพดหมักยูเรียสามารถเป็นการเพิ่มศักยภาพการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ภายในท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพและถาวรภาพ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สัตว์เคี้ยวเอื้องมีวิวัฒนาการและพัฒนาการที่มีความเฉพาะตัว ในการที่มีระบบการหมักของพืชอาหารสัตว์ในกระเพาะหมัก(รูเมน) โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของเชื้อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แบคทีเรีย โปรโตซัวและเชื้อรา ซึ่งจะผลิตผลผลิตสุดท้ายที่สำคัญให้กับสัตว์คือ กรดไขมันที่ระเหยได้ (volatile fatty acids, VFAs) จุลินทรีย์โปรตีน (microbial protein, MP) และไวตามินรวม (vitamin B complex) โดยพื้นฐานแล้วจุลินทรีย์ในรูเมนจะไม่มีความต้องการใช้ประโยชน์จากเปปไทด์ สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบคุณภาพต่ำที่มีโปรตีนต่ำ ซึ่งอาหารเหล่านี้ทั้งมนุษย์และสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนั้นแล้วสัตว์เคี้ยวเอื้องยังสามารถลดพิษจากสารพิษในอาหาร(phytotoxins)โดยอาศัยกลไกการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ในรูเมน

เทคโนโลยีชีวภาพรูเมนหมายถึง การประยุกต์ใช้ประโยชน์ (application) ขององค์ความรู้ของกระบวนการหมักในรูเมน โดยการปรับเปลี่ยนนิเวศวิทยารูเมนให้เหมาะสม สามารถ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จำแนกชนิดของจุลินทรีย์ (แบคทีเรีย) โดยหลักการจุลินทรีย์วิทยาโมเลกุลรูเมน (rumen microbial molecular)เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการหมักของอาหารหยาบในรูเมนและผลผลิตในสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไป ซึ่งแหล่งอาหารหยาบมีอยู่จำนวนมากในระบบการเกษตรในประเทศที่กำลังพัฒนาหรืออยู่ในเขตร้อน และจากรายงานของ Cunningham (1990) ได้เน้นย้ำถึงความจำเป็นและความสำคัญในการใช้ประโยชน์ของเทคโนโลยีชีวภาพในการผลิตสัตว์เพื่อเพิ่มปริมาณอาหารโดยเฉพาะอาหารโปรตีนเพื่อเลี้ยงประชากรโลกซึ่งอาศัยอยู่ในประเทศที่กำลังพัฒนาไม่ใช่ในประเทศที่พัฒนาแล้ว ดังนั้นมีความจำเป็นและท้าทายในการศึกษาวิจัยถึงแนวทางการใช้เทคโนโลยีชีวภาพในรูเมน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการหมักและความสามารถในการลดสารพิษในพืชอาหารสัตว์ ในการผลิตอาหารโปรตีนจากสัตว์ทั้งในรูปเนื้อและน้ำนมที่มีคุณภาพต่อไป

นิเวศวิทยาจุลินทรีย์รูเมน ประกอบไปด้วยชนิดของแบคทีเรียที่สำคัญหลักอย่างน้อย 30 ชนิด (species) และมีความเข้มข้น 10^{10}-10^{12} เซล/มล ของของเหลวในรูเมน มีโปรโตซัว 40 ชนิด (species) มีความเข้มข้น 10^{5}-10^{7} เซล/มล ของของเหลวรูเมน และมีเชื้อรา 5 ชนิด (sapecies) และมีเชื้อรา 5 ชนิด (species) และมีความเข้มข้นน้อยกว่า 10^{5} เซล/มล ของของเหลวในรูเมน ชื่อแบคทีเรียนับว่ามีบทบาทและความสำคัญมากกว่าโปรโตซัวและเชื้อราต่ออัตราและขอบเขตของการย่อยสลายของอาหารการผลิตกรด VFAs และจุลินทรีย์โปรตีน กรด VFAs จะถูกดูดซึมผ่านพนังของรูเมนเป็นส่วนใหญ่ (~85%) เพื่อใช้เป็นแหล่งหลักของพลังงานส่วนจุลินทรีย์โปรตีน ไขมัน และ คาร์โบไฮเดรทของจุลินทรีย์ตลอดจนส่วนของโภชนะของอาหารที่เหลือ จะไหลผ่านออกจากรูเมนเข้าสู่กระเพาะอาหารส่วนล่าง โดยเฉพาะที่ลำไส้เล็กเพื่อการย่อยสลายและการดูดซึมใช้ในตัวสัตว์ต่อไป (Orpin and Joblin, 1997 ; Stewart et al., 1997; Williams and Coleman, 1997)

แบคทีเรียในรูเมนสามารถแบ่งตามลักษณะของการเป็นอยู่ในนิเวศวิทยารูเมนได้ 5 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มแบคทีเรียที่อาศัยอย่างอิสระในของเหลวในรูเมน
2. กลุ่มแบคทีเรียที่เกาะติดอย่างหลวม ๆ กับอนุภาคของอาหารในรูเมน
3. กลุ่มแบคทีเรียที่เกาะติดอย่างติดแน่น กับอนุภาคของอาหารในรูเมน
4. กลุ่มแบคทีเรียที่เกาะติดอยู่กับผนังด้านในของรูเมน
5. กลุ่มแบคทีเรียที่เกาะติดผนังลำตัวของโปรโตซัวและเชื้อรา (sporangia)

ในสภาวะการให้อาหารปกติ แบคทีเรียในกลุ่มที่ 2 และ 3 จะมีมากที่สุดคือ 75% และจะสามารถผลิตน้ำย่อยในรูเมนชนิด endoglucanase (88%), xylanase (91%), amylase (70%), protease (75%) ส่วนแบคทีเรียในกลุ่มที่ 1 จะมีประชากรน้อยและผลิตน้ำย่อยได้ประมาณ 20-30% และแบคทีเรียกลุ่มที่ 4 และ 5 นั้นจะมีประชากรน้อยมากและผลิตน้ำย่อยได้ประมาณ 1% ของประชากรทั้งหมด (Minato et al., 1993; Williams and Strachan, 1984)

2.1 รูเมนทำหน้าที่เป็นอ่างหมักและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานของรูเมน

รูเมนมีบทบาทและหน้าที่ที่สำคัญในการเกิดกระบวนการหมักอาหารเพื่อสังเคราะห์ผลผลิตสุดท้ายให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เพื่อใช้ประโยชน์ในกระบวนการเมทธาโบลิซึมในร่างกายและการให้ผลผลิตต่างๆ ดังนั้นรูเมนจะต้องมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมไม่ว่าจะเป็นค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมน (rumen pH) และความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) จะส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ต่างๆ เช่น แบคทีเรีย, โปรโตซัว และเชื้อรา โดยผลผลิตสุดท้ายที่สำคัญที่ได้จากกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนได้แก่ กรดไขมันที่ระเหยได้ (VFAs), แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N) จุลินทรีย์โปรตีนกรดไขมันที่ระเหยได้ที่สำคัญได้แก่ อะซิเตรท (C2) โพรพิออเนท (C3) และบิวทีเรท (C4) เป็นแหล่งของสารตั้งต้นที่สำคัญที่ร่างกายสัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์เพื่อสังเคราะห์พลังงานในรูปกลูโคสโดยอาศัยกระบวนการกลูโคนีโอจีนีซีส และกระบวนการสังเคราะห์ไขมันในสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไปในขณะที่ (NH_3-N) นับได้ว่าเป็นแหล่งของไนโตรเจนที่สำคัญสำหรับจุลินทรีย์ในกระบวนการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนเพื่อเป็นแหล่งของโปรตีนที่สำคัญสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์และกระบวนการดูดซึมสารประกอบเหล่านี้จากรูเมนเพื่อไปใช้ประโยชน์ได้แก่ ชนิดของอาหาร ตลอดจนสัดส่วนระหว่างอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่สัตว์ได้รับ พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของประชากรจุลินทรีย์และรูปแบบของกระบวนการหมักในรูเมน โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ในเขตร้อนและเขตอบอุ่นจะมีความแตกต่างกันมากในเรื่องของคุณภาพส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนและกระบวนการหมักโภชนะต่างๆด้วย มากไปกว่านั้นระบบการจัดการในด้านการให้อาหารสัตว์ที่แตกต่างกันยังมีผลต่อการพัฒนาการของนิเวศวิทยารูเมนด้วยในเขตอบอุ่นนั้นส่วนใหญ่สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับอาหารข้นในระดับสูงซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสภาวะ rumen pH เป็นกรดมากยิ่งขึ้นและอาจส่งผลให้เกิดภาวะอะซิโดซีสได้ (Slyter, 1976) ซึ่งกรดไขมันที่ระเหยได้ก็มีส่วนในการทำให้ rumen pH ลดลงแต่กรดแลคติกจะมีผลต่อความเป็นกรดในรูเมนมากกว่า (Burin and Britton, 1986) ซึ่งปัจจัยจากชนิดอาหารที่สัตว์ได้รับนั้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง

ของ rumen pH มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่สัตว์ได้รับอันจะส่งผลต่อปริมาณการหลั่งน้ำลายและการเคี้ยวเอื้องของสัตว์รวมทั้งการสังเคราะห์TVFAsและจำนวนประชากรจุลินทรีย์ด้วย (Kauffman, 1975; Erfle et al., 1982) นอกจากนี้ Van Vessel and Russell (1996) และ Lana et al. (1998) รายงานว่าในแกะที่ได้รับ Timothy hay ในระดับต่ำมีผลทำให้ความเป็นกรด-ด่าง (rumen pH) ลดลงจากระดับ 6.5 เป็น 5.7 และการสังเคราะห์ TVFAs, C2, C3, C4 และการสังเคราะห์เมทเธน (CH_4) รวมทั้งประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนก็แตกต่างกันไปด้วยสำหรับแกะที่ได้รับเฮย์เป็นอาหารเพียงอย่างเดียว พบว่ามีความเข้มข้นของ TVFAs เท่ากับ 78 mM และสัดส่วน C2, C3 และ C4 มีค่าเท่ากับ 59, 13, 6 mM ตามลำดับ สภาวะ rumen pH เท่ากับ 6.5 และความเข้มข้นของ NH3-N เท่ากับ 8 μM ซึ่งสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่เหมาะสมคือ 60: 40

สำหรับค่าสหสัมพันธ์ (correlation coefficients, r^2) ระหว่างสภาวะ rumen pH และ TVFAs, สัดส่วนระหว่าง C2:C3 และ (NH_3-N) เท่ากับ 0.73, 0.82 และ 0.65 ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่าเมื่อสภาวะ rumen pH ลดต่ำลงอันเนื่องมาจากการเพิ่มระดับอาหารข้น ส่งผลต่อการสังเคราะห์ CH4 ลดลง แต่ในขณะเดียวกันพบว่า ประสิทธิภาพย่อยได้ของเยื่อใยอยู่ในระดับต่ำจะเห็นได้ว่าสภาวะ rumen pH มีผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงชนิดของจุลินทรีย์ที่อยู่ในรูเมน การศึกษาถึงบทบาทการทำงานของจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถทำได้หลายวิธี เช่น pure culture หรือ mixed culture เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากสารอาหารต่างๆ (Wallace, 1979, 1996)

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 Erdman et al. (1986) และ Odle and Schaefer (1987) พบว่าระดับความเข้มข้นของ (NH_3-N) ที่เหมาะสมนั้นจะมีผลต่อประสิทธิภาพการย่อยอาหารหยาบมากกว่าการย่อยสลายอาหารพวกธัญพืช โดยความเข้มข้นของ (NH_3-N) ภายในเซลล์ จุลินทรีย์จะมีความสัมพันธ์กับระดับความเข้มข้นของ (NH_3-N) ภายในกระเพาะหมัก และส่งผลถึงประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนที่ลดลงถ้าหาก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

(NH_3-N) ในรูเมนต่ำกว่า 5 mg/dl และคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยสลายได้ในรูเมนลดต่ำลง และพบว่าระดับของ ภายใน(NH_3-N) เซลล์จะสูงกว่าภายนอกเซลล์อย่างน้อย 1.6 mg/dl (Russell and Strobe, 1987) Song and Kennelly (1990) รายงานว่าโคเนื้อที่ได้รับอาหารหยาบหมักมีผลทำให้ระดับของ (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 (Rihani et al., 1993) ส่วนโคเนื้อที่อยู่ในช่วงการให้ผลผลิตและได้รับถั่วอัลฟาฟ่าหมัก พบว่าระดับของ อยู่ในช่วง 1(NH_3-N) 8.7-22.9 mg/dl และยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด (BUN) อยู่ในช่วง 15.0-20.4 mg/dl ส่วนปริมาณผลผลิตเนื้ออยู่ในช่วง 31.1 - 32.7 kg/hd/d (Robinson et al., 1991)

2.2 นิเวศวิทยารูเมนและกระบวนการหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารหยาบเขตร้อน

สัตว์เคี้ยวเอื้องโดยทั่วไปในเขตร้อนได้รับอาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำและผลพลอยได้ทางการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟางข้าว (Wanapat, 1985; Doyle et al., 1986; Devendra, 1992; Wanapat, 1990, 1999) โดย Preston and Leng (1985) พยายามที่จะนำแหล่งวัตถุดิบเหล่านี้มาใช้ในระบบการผลิตสัตว์เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการผลิต Leng (1999) กล่าวว่ากลยุทธ์ที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเนื้อขึ้นอยู่กับการนำใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ภายในท้องถิ่นและเกษตรกรรายย่อยสามารถนำมาใช้ได้ ดังนั้นกลยุทธ์ในการปรับเปลี่ยนนิเวศวิทยารูเมนจึงเป็นเรื่องที่สำคัญมากเช่น การนำใช้ non-protein nitrogen (NPN) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในรูเมน (rumen by-pass protein) ตลอดจนการสังเคราะห์ VFAs เพื่อเป็นการเพิ่มสัดส่วน P/E ในระดับที่เหมาะสม

ในสภาวะที่โคเนื้อที่ได้รับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบอย่างเต็มที่ พบว่าปริมาณการกินได้เฉลี่ยประมาณ 1.5–2.5 %BW (Wanapat, 1985)ในฟางข้าวมีคาร์โบไฮเดรทชนิดที่เป็นโครงสร้างเป็นองค์ประกอบหลัก โดยมีเยื่อใยNDF, ADF, ADL ประมาณ 70-75, 50-55 และ 5-10 ตามลำดับ ส่วนโปรตีนหยาบ (CP) จะมีอยู่ในระดับต่ำประมาณ 2-4 เปอร์เซ็นต์และมีอัตราการย่อยสลายในรูเมนได้ต่ำทำให้ retention time ในรูเมนนานขึ้น(Wanapat, 1985; Wanapat, 1999; Hart and Wanapat, 1992) ส่งผลถึงปริมาณการกินได้ทั้งหมด มากไปกว่านั้นประสิทธิภาพการสังเคราะห์ C2, C3 และ C4 ก็มีแนวโน้มต่ำเช่นเดียวกันมีค่าประมาณ 50, 12,

และ 4 mole/100 mole ตามลำดับ ในขณะที่ระดับของ (NH_3-N) ในรูเมนมีค่าต่ำกว่า 3 mg/dl และ rumen pH เท่ากับ 6.5 (Hart and Wanapat, 1990)

การเปลี่ยนแปลงของรูปแบบกระบวนการหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับผลพลอยได้ทางการเกษตรเป็นอาหารหยาบหลักตลอด 24 ชั่วโมง กระบือปลักที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักทำการสุ่มเก็บตัวอย่างที่ 6 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร พบว่า rumen pH ค่อนข้างคงที่อยู่ในช่วง 6.5-6.7 ในขณะที่ (NH_3-N) มีระดับที่ต่ำกว่า 5 mg/dl ส่วน VFAs, C2, C3 และ C4 มีค่าค่อนข้างคงที่แต่มีความเข้มข้นค่อนข้างต่ำ (Hart and Wanapat, 1990) จากการศึกษาวิจัยของ Wanapat et al. (1999) ได้ทำการเปรียบเทียบรูปแบบของกระบวนการหมักในโคเนื้อและกระบือปลัก ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างที่ 6 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร พบว่า rumen pH, (NH_3-N), TVFAs มีค่าค่อนข้างคงที่ แต่ในโคเนื้อและกระบือปลักที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักมีค่าค่อนข้างต่ำ แต่จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อสัตว์ทั้งสองกลุ่มได้รับฟางหมักยูเรียเป็นอาหารหยาบหลัก แสดงให้เห็นว่าบทบาทของรูเมนสามารถปรับเปลี่ยนได้โดยใช้กลยุทธ์ในด้านอาหาร มากไปกว่านั้นพบว่า จุลินทรีย์ในรูเมนของกระบือปลักมีจำนวนประชากรสูงกว่าในโคเนื้อ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง cellulolytic, amylolytic และ proterolytic bacteria และนอกจากนี้ยังพบว่าทั้งโคเนื้อและกระบือปลักที่ได้รับฟางหมักยูเรียเป็นอาหารมีจำนวนประชากรแบคทีเรียที่สำคัญเพิ่มขึ้น Wanapat et al. (1999a) ทำการศึกษาถึงรูปแบบของกระบวนการหมักในโคเนื้อและกระบือปลักตลอด 24 ชั่วโมง พบว่าในรูเมนของโคเนื้อและกระบือปลักที่ได้รับฟางข้าวมีค่า rumen pH และอุณหภูมิค่อนข้างคงที่อยู่ในช่วง 6.5-6.7 และ 38-39 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของ C2, C3 และC4 มีความเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อยทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเยื่อใย นอกจากนี้พบว่า ระดับ (NH_3-N) มีค่าค่อนข้างคงที่แต่ความเข้มข้นค่อนข้างต่ำ คือน้อยกว่า 5 mg/dl แต่พบว่าเมื่อโคเนื้อและกระบือปลักได้รับฟางหมักยูเรียเป็นอาหารทั้ง(NH_3-N), VFA, C2, C3 และ C4 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าชนิดของอาหารที่สัตว์ได้รับนั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบกระบวนการหมักในรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง มากไปกว่านั้นระดับของ(NH_3-N) เป็นข้อจำกัดที่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพของกระบวนการหมัก โดยการทำงานของจุลินทรีย์ต่างๆในรูเมนนั่นเอง

2.3 บทบาทของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารหยาบคุณภาพต่ำ

ในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารหยาบคุณภาพต่ำมีระดับ (NH_3-N) อยู่ในช่วง 5-20 mg% (Boniface et al., 1986; Perdok and Leng, 1989) ในขณะที่ Chanthai et al. (1989) รายงานว่าในโคเนื้อและกระบือปลักที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักมีระดับ (NH_3-N) เท่ากับ 2 mg%

แต่จะเพิ่มสูงขึ้นถึง 9 mg% เมื่อได้รับฟางข้าวหมักยูเรียเป็นอาหารหยาบหลัก นอกจากนี้แล้วได้มีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนต่อประสิทธิภาพของกระบวนการหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง พบว่าจะมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของประชากรจุลินทรีย์ ตลอดจนปริมาณการกินได้ประสิทธิภาพการย่อยได้และประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนโดย Perdok and Leng (1989) พบว่าเมื่อระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น 15-30 mg% ทำให้ปริมาณการกินได้และประสิทธิภาพการย่อยได้ของอาหารเพิ่มขึ้นและหากมีการเพิ่มขึ้นของระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนสูงถึง 30 mg% มีผลต่อการลดลงของสัดส่วนระหว่าง C2+C4/C3 จำนวนประชากรซูโอสปอร์เพิ่มขึ้นและยังมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนจาก 17 เป็น 47 เปอร์เซ็นต์ (Kanjanapruthipong and Leng, 1998) นอกจากนี้ Wanapat and Pimpa (1999)รายงานว่า เมื่อระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระบือปลักที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก พบว่าเมื่อระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นในช่วง 13.6 -33.4 mg/dl มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของนิเวศวิทยาของกระเพาะหมัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มขึ้นของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดประชากรโปรโตซัวและปริมาณของอนุพันธ์พิวรีนที่ขับออกมากับปัสสาวะตลอดจนปริมาณการกินได้ทั้งหมดและประสิทธิภาพการย่อยได้ แสดงให้เห็นว่าระดับ (NH_3-N) ที่เหมาะสมนั้นควรมีค่าตั้งแต่ 15 mg/dl ขึ้นไป

นอกจากนี้แล้ว Nguyen and Preston (1999) พบว่า ในกระบือปลักที่ได้รับฟางข้าว และหญ้าสดเป็นอาหารหยาบมีค่า (NH_3-N) ประมาณ 5-6 mg/dl และเพิ่มขึ้นประมาณ 8-18 mg/dl เมื่อมีการเสริมด้วย ฟางหมักยูเรีย urea-molasses cake และ Sesbania leaf และส่งผลต่อจำนวนประชากรแบคทีเรีย โปรโตซัว และ ปริมาณการกินได้ที่เพิ่มขึ้นด้วย

2.4 การปรับเปลี่ยนนิเวศวิทยารูเมนโดยกลยุทธ์การเสริมอาหาร

โคที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักมีผลทำให้สัดส่วนโปรตีนและพลังงาน(P/E) มีค่าต่ำ การเสริมด้วยวัตถุดิบอาหารที่มีในท้องถิ่น เช่น มันเส้น และกากเมล็ดฝ้ายร่วมกับการให้ฟางข้าวพบว่าสามารถทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน และสัดส่วนโปรตีนต่อพลังงาน (P/E) เพิ่มขึ้น (Paengkoum, 1997) และเมื่อทำการเสริมอาหารก้อนที่มีองค์ประกอบของกากน้ำตาลและยูเรียก็เป็นอีก กลยุทธ์หนึ่งที่มีการนำใช้ในเขตร้อน Krebs and Leng (1984) รายงานว่า การเสริม urea-molasses block สามารถเพิ่มประสิทธิภาพรูเมนและผลผลิตน้ำนมในกระบือพันธุ์ Murrah ที่ได้รับผลพลอยได้ทางการเกษตร มากไปกว่านั้นสามารถลดปริมาณการใช้อาหารข้นเสริมได้ (Kunju, 1986)

นอกจากนี้ได้มีการปรับปรุงอาหารที่มีคุณภาพสูงที่เรียกว่าอาหารก้อนและ/หรืออัดเม็ดคุณภาพสูง (HQFB/ P) โดยมีส่วนประกอบที่เป็นวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่น แหล่งพลังงานที่สำคัญได้แก่ กากน้ำตาล, รำอ่อน, มันเส้น แหล่งของ NPN ได้แก่ ยูเรีย แหล่งของ rumen-by pass protein ได้แก่ กากเมล็ดฝ้าย, กากเบียร์, มันเฮย์สับ และแหล่งแร่ธาตุที่สำคัญต่างๆ ได้แก่ กำมะถัน โซเดียม และฟอสฟอรัส การให้เสริมสามารถทำได้หลายลักษณะเช่น การให้เสริมตามปริมาณที่จะจัดหาได้ และอาจจะให้ในลักษณะเลียกินที่เรียกว่า on-top supplementation (Wanapat et al., 1996, 1999) นอกจากนี้ (Wanapat et al., 1996) พบว่าเมื่อเสริม HQFB/P ร่วมกับฟางหมักยูเรียในโครีดนมทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารได้ดีขึ้นส่งผลให้ปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้นด้วยและสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตค่าอาหารข้นได้ลดลง (Wanapat et al., 1999)

จากการศึกษาวิจัยในประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยเวียดนาม โดย Vu et al. (1999) โดยการเสริมอาหารก้อน-ยูเรีย (UMMB) ในโคนมที่เลี้ยงในเกษตรกร พบว่าการเสริม UMMB หรือ การใช้ฟางหมักยูเรียในโครีดนมนั้น สามารถเพิ่มผลผลิตน้ำนม และไขมันนมได้เป็นอย่างดี และมากไปกว่านั้นสามารถเพิ่มสมรรถภาพของระบบสืบพันธุ์ เช่น วงรอบการเป็นสัด วงรอบการตั้งท้อง รวมทั้งระยะเวลาการตกลูกด้วย คล้ายคลึงกับการศึกษาโดย Plaizier et al. (1999) ในประเทศ Tranzania เมื่อมีการเสริมอาหารก้อน (UMMB) ในโครีดนม พบว่าผลผลิตน้ำนมและปริมาณการกินได้ของเฮย์เพิ่มขึ้นและผลกำไรที่ได้ก็เพิ่มขึ้นด้วย จากการศึกษาร่วมกันกับเกษตรกรในเขตศูนย์รวมนม 6 แห่งในเขตภาคอีสานของประเทศไทย โดยการเสริมอาหารก้อนคุณภาพสูงร่วมกับการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นมีผลทำให้ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนมเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (Wanapat et al., 1999)

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta*, Crantz) เป็นพืชหัวที่มีการปลูกอย่างกว้างขวางในพื้นที่เขตร้อนและพื้นที่กึ่งเขตร้อน และสามารถเจริญได้ดีในสภาพดินร่วนปนทราย (sandy loam) ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีฝนตกน้อย รวมทั้งอุณหภูมิสูงจึงมีการปลูกเพื่อเป็นแหล่งรายได้ของเกษตรกรในหลายๆประเทศ โดยหัวมันจะมีระดับของพลังงานสูงแต่มีระดับโปรตีนต่ำและสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในกระบวนการหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ส่วนของใบมันสามารถใช้เป็นแหล่งของโปรตีน โดยทำการเก็บเกี่ยวพร้อมกับการเก็บหัวมันอย่างไรก็ตามปริมาณการกินได้และความสามารถในการย่อยได้อาจต่ำ เนื่องจากมีระดับของคอนเด้นท์แทนนินส์(condensed tannin, CT) สูง (Reed et al., 1982; Onwuka, 1992)

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
PA RAPHAT MUHASADAKHAM UNIVERSITY

การเก็บมันทั้งต้นในช่วงต้นของการเจริญเติบโต (3 เดือนหลังปลูก) เพื่อผลิตมันเฮย์สามารถลด CT ลงได้ และมีระดับของโปรตีน (25% ของวัตถุแห้ง) อันเป็นผลให้เพิ่มคุณค่าทางโภชนะได้สูงยิ่งขึ้น (Wanapat et al,. 1997)

2.5 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะ

มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีการสะสมอาหารในส่วนรากโดยส่วนใหญ่จะประกอบด้วยแป้งเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยได้ง่ายสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนะพบว่า แป้งมัน มันเส้น มันอัดเม็ด เปลือกมัน กากมันสำปะหลัง มีระดับของโปรตีนต่ำ แต่มีส่วนของแป้งหรือพลังงานสูง (เมธา และคณะ, 2538)และนอกจากนี้ เมธา และฉลอง (2533) รายงานว่า จากการนำส่วนของใบมันสำปะหลังไปตากแห้ง พบว่าสามารถใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับการเลี้ยงสัตว์ได้เป็นอย่างดีโดยเฉพาะการใช้ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนะต่าง ๆ ในระดับสูง โดยเฉพาะเป็นแหล่งโปรตีนเสริม มีวัตถุแห้ง (dry matter, DM) 90% และมีโภชนะต่าง ๆ เมื่อคิดเป็นวัตถุแห้ง พบว่า มีโปรตีนที่ย่อยได้ (digestible protein, DP) 18.3% โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (total digestible nutrient, TDN) 56% โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) 24.7% อีเธอร์เอ็กซ์แทรกท์ (ether extract, EE) 5.9% เยื่อใยหยาบ (crude fiber, CF) 17.3% โภชนะที่ไม่ใช่ไนโตรเจน (nitrogen free extract, NFE) 44.2% เถ้า(Ash) 7.9% แคลเซียม (calcium, Ca) 1.5% ฟอสฟอรัส (phosphorus, P) 0.4% เยื่อใย NDF (neutral detergent fiber) 29.6% และ เยื่อใย ADF (acid detergent fiber) 24.1%

2.6 การปลูก การเก็บเกี่ยว และการจัดทำมันเฮย์

จากการศึกษาของ Wanapat et al. (1997, 2000a, 2000b, 2000c, 2000d) ได้แสดงถึงรายละเอียดในการปลูกและการจัดทำมันเฮย์ไว้ โดยการปลูกมันสำปะหลังสำหรับการทำมันเฮย์มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้ประโยชน์ได้ของมันสำปะหลังทั้งต้นโดยมีหัวมันเป็นผลพลอยได้ ในช่วงต้นของการศึกษา โดย Wanapat et al. (1997) ได้แสดงให้เห็นว่าการปลูกมันสำปะหลังที่ระยะ 60 x 40 ซม. ระหว่างแถวและทำการปลูกถั่วพุ่มหรือกระถินแซมเพื่อเพิ่มความสมบูรณ์ของดินและถั่วพุ่มสามารถใช้เป็นทั้งอาหารของมนุษย์และของสัตว์ได้(food–feed) โดยเริ่มต้นเก็บเกี่ยวที่อายุ 3 เดือน และเก็บหลังจากนั้นในทุก 2 เดือน โดยทำการหักส่วนต้นเหนือจากพื้นดินประมาณ 10 ซม. และนำไปทำการตากแดดหรือทำการสับก่อนตากแดดเพื่อให้มีระดับวัตถุแห้งที่ 75 – 85% โดยใช้ระยะเวลาตากอาจจะเป็น 2 – 3 วัน แต่เมื่อทำการสับจะช่วยลดระยะเวลาของการตากแดดลงที่สำคัญคือตากให้ใบแห้งกรอบและส่วนของก้านและลำต้นเริ่มเหี่ยว (wilted) ในการตากแดดจะสามารถลดปริมาณของ

กรดไฮโดรไซยานิก (HCN) ได้ถึง 90% และจะเพิ่มความน่ากินและอายุการเก็บได้มากขึ้น นอกจากนั้นแล้ว ยังสามารถจัดทำมันเฮย์ในรูปแบบอัดฟ่อน โดยใช้กล่องหรือเครื่องอัดฟาง เพื่อสะดวกในการจัดเก็บได้อีกด้วยการปลูกพืชตระกูลถั่วแซมมันสำปะหลังเช่นถั่วพุ่มหรือกระถิน ช่วยในการปรับปรุงและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและยังเป็นอาหารสำหรับเกษตรกรอีกด้วย ขณะเดียวกันส่วนที่เหลือสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารเสริมสำหรับสัตว์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงหน้าแล้ง (Wanapat et al, 1999; Polthanee et al. 2001) นอกจากนั้นระยะเวลาการปลูกและความถี่ในการตัดมีผลต่อผลผลิตเพื่อการผลิตมันเฮย์ (Petlum et al. 2001) และรูปแบบของการปลูก การยกร่องและไม่ยกร่องร่วมทั้งการใส่ปุ๋ยมีผลต่อการให้ผลผลิตมันเฮย์เช่นกัน (Poungchompoo et al., 2001)

2.7 การเสริมสารอินทรีย์โซเดี่ยมดีแอลมาเลทร่วมกับอาหารข้นที่มีมันเส้นเป็นองค์ประกอบในสูตร

มาเลท (*malate*) เป็นสารอนุพันธ์ที่ประกอบด้วยคาร์บอน 4 ตัวและกลุ่มคาร์บอกซิล 2 กลุ่ม หรือที่เรียกโดยทั่วไปว่า *four – carbon dicarboxylic acid* และซึ่งพบได้โดยทั่วๆไปในเนื้อเยื่อของเซลล์ของจุลินทรีย์ภายในส่วนของไมโทรคอนเดรียและมีความสำคัญโดยเป็นสารอินเตอร์มีเดียตในวัฏจักรเครบ (*the citric acid cycle : TCA cycle*) (Chesworth et al., 1998) และแบคทีเรียส่วนใหญ่ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะรูเมนจะอาศัยวัฏจักร TCA cycleในกระบวนการสังเคราะห์ซัคซิเนตและโพรพิออเนตและในขณะเดียวกัน จุลินทรีย์ก็จะอาศัยมาเลทเพื่อเป็นสารอินเตอร์มีเดียตในกระบวนการสังเคราะห์ซัคซิเนตและโพรพิออเนตด้วย(Gottschalk, 1986) และในสภาวะที่สัตว์ได้รับอาหารพลังงานประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างในระดับสูงจะส่งผลให้เกิดกรดแลคติกเพิ่มขึ้นและสภาวะภายในกระเพาะรูเมนมี pH ต่ำซึ่งจะมีผลกระทบต่อจุลินทรีย์แกรมลบส่วนใหญ่ซึ่งไม่สามารถดำรงชีพในสภาวะที่ภายในกระเพาะรูเมนมี pH ต่ำ และส่งผลให้ประชากรของจุลินทรีย์ลดลงอย่างรวดเร็ว (Hungate, 1966) ซึ่งจุลินทรีย์แกรมบวกที่ทำหน้าที่สร้างกรดแลคติกที่สำคัญได้แก่ *Steptococcus bovis* และ *Lactobacillus spp.* (ฉลอง, 2541) และในสภาวะที่เกิดกรดแลคติกเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจุลินทรีย์ไม่สามารถนำไปใช้ได้หมด จะส่งผลให้เกิดปัญหาภาวะ acidosis ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Nocek, 1997) นอกจากนี้พบว่ามาเลทมีบทบาทในการเพิ่มการนำใช้กรดแลคติกของแบคทีเรีย *Selenemonas ruminantium* ได้มากขึ้นทำให้ระดับของ pH ไม่ลดต่ำมากเกินไปอันเนื่องมาจากระดับของกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นเมื่อสัตว์ได้รับอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรทที่ไม่เป็นโครงสร้าง *non structural carbohydrate* และช่วยให้ป้องกันภาวะการเกิดอะซิโดซีสในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

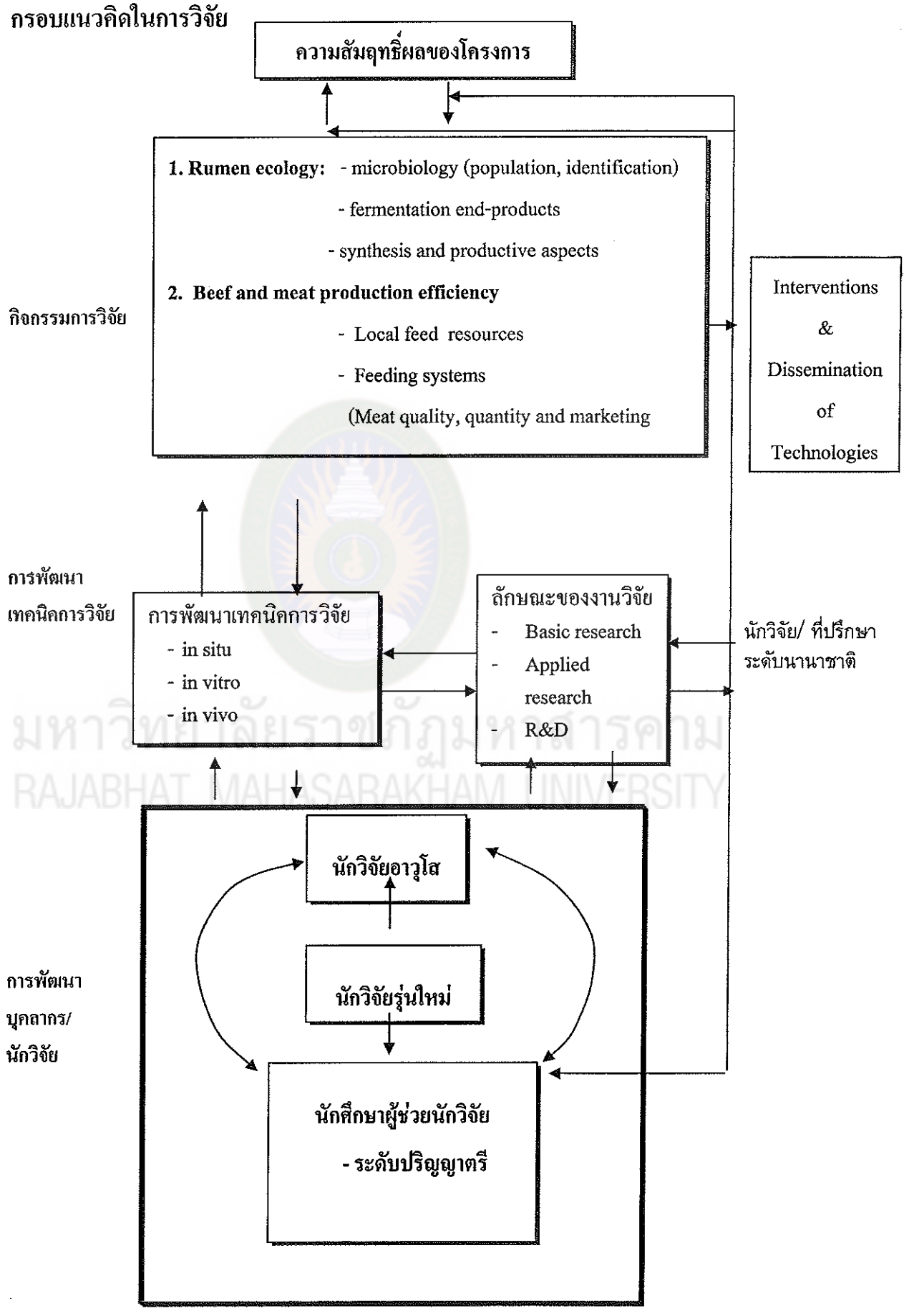
(Martin, 1998) แต่อย่างไรก็ตามจากการรายงานของ Nisbet and Martin (1994) รายงานว่าระดับความเข้มข้นของโซเดียมระหว่าง 25-100 mM ร่วมกับการใช้ malate 10 mM จะมีผลช่วยกระตุ้นให้การนำใช้ L-lactate ของจุลินทรีย์กลุ่ม Selenomonas ruminantium HD4 ได้สูงขึ้น โดยระดับของมาเลทที่เสริมควบคู่ในระดับ 10 mM

ซึ่งผลที่ได้สามารถบอกถึงความสัมพันธ์ของ L-malate และโซเดียมซึ่งมีบทบาทร่วมกัน นอกจากนี้ Khampa and Wanapat (2005) ศึกษาทดลองการเสริมระดับสารอินทรีย์โซเดี่ยมดีแอลมาเลทในอาหารข้นที่มีมันเส้นเป็นองค์ประกอบในระดับสูง พบว่าระดับการเสริมสเดี่ยมที่แตกต่างกันมีผลต่อประสิทธิภาพกระบวนการหมักแตกต่างกัน ซึ่งสามารถรักษาความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะหมักและเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนในกระเพาะรูเมน ซึ่งเป็นอีกลู่ทางในการเพิ่มการนำใช้ มันสำปะหลัง(มันเส้น)เพื่อเป็นอาหารสัตว์ได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

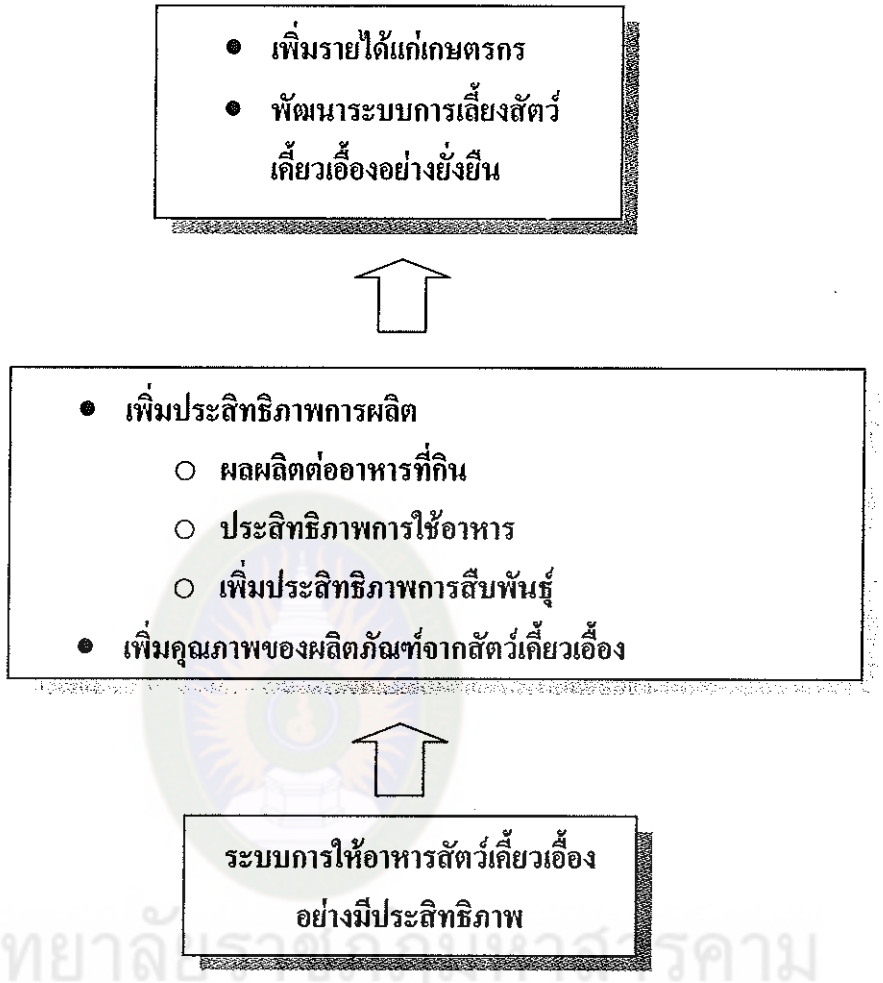
ดังนั้นจึงมีความจำเป็นและท้าทายอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาถึงแนวทางการพัฒนาการใช้การนำใช้มันเส้นหมักยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ร่วมกับสารมาเลทหมักในกากน้ำตาลต่อประสิทธิภาพกระบวนการหมักและการให้ผลผลิตทั้งในรูปเนื้อตลอดจนเพื่อจะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประยุกต์ใช้ในการเพิ่มคุณภาพอาหารสัตว์ในเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อตลอดจนเพื่อส่งเสริมการแปรรูปและพัฒนาคุณภาพอาหารสัตว์ในระดับอุตสาหกรรมต่อไปในอนาคต

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

กรอบแนวคิดในการวิจัย



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

แผนภาพการวิจัยทางด้านโภชนศาสตร์ที่มีผลกระทบต่อการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง