บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มจำนวนมากขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2549 ประเทศไทยมีแพะทั้งสิ้น 324,150 ตัว เป็นแพะที่เลี้ยงกระจายอยู่ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้จำนวน 141,245 ตัว (กรมปศุสัตว์, 2550) ซึ่งในการผลิตแพะ การจัดการด้านอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญมากปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการให้ผลผลิตของแพะ ถึงแม้ว่าแพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องที่สามารถย่อยหญ้า ใบไม้ และพืชอาหารสัตว์ให้เป็นสารอาหารที่ร่างกายสามารถนำไปใช้เพื่อการดำรงชีพ สร้างน้ำนม และผลผลิตอื่นๆ แต่ในการผลิตแพะเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีควรมีการเสริมอาหารข้นเพื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ซาก (วินัย, 2542) และเนื่องจากต้นทุนค่าวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารข้น เช่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง และข้าวโพด เป็นต้น มีราคาค่อนข้างสูง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตแพะสูงตามไปด้วย จึงจำเป็นต้องหาวัตถุดิบชนิดอื่นที่มีคุณค่าทางโภชนะที่ใกล้เคียงกัน แต่มีราคาถูกกว่ามาใช้ทดแทน

มันสำปะหลัง *(Manihot esculenta,* Crantz.) เป็นพืชไร่ที่มีการปลูกมากในภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังได้มากติดอันดับ 1 ใน 5 ของโลก (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542) และส่วนใหญ่ผลิตเพื่อการส่งออกไปยังประเทศในสหภาพยุโรป ในปี พ.ศ. 2547-2548 ปริมาณการผลิตหัวมันสด ประมาณ 22,192,509 ตัน (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2547) ซึ่งมีปริมาณมากจนบางครั้งมีปัญหาในเรื่องราคามันสำปะหลังตกต่ำ มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบที่ให้พลังงานสูงแต่มีโปรตีนต่ำ และสามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้หลายรูปแบบ เช่น มันเส้น มันอัดเม็ด และมันหมัก เป็นต้น (จารุรัตน์, 2528) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในมันเส้น เมธาและฉลอง (2533) รายงานว่า มันเส้นประกอบด้วย วัตถุแห้ง (dry matter, DM) 88.3 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม (crude protein, CP) 2.1 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม (ether extract, EE) 0.7 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม (crude fiber, CF) 3.4 เปอร์เซ็นต์ และไนโตรเจนฟรีเอกแทรกซ์ (nitrogen free extract, NFE) 91.1 เปอร์เซ็นต์ โดยแป้งในมันเส้นมีคุณสมบัติที่ถูกย่อยสลายได้เร็วในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Wanapat, 2000) ซึ่งจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี ประกอบกับในพื้นที่ภาคใต้มีการนำมันเส้นและข้าวโพดจากภาคอื่นๆของประเทศมาผลิตเป็นอาหารข้น แต่เมื่อคิดราคาต่อกิโลกรัมแล้ว มันเส้นราคาต่ำกว่า

ข้าวโพด โดยมันเส้นราคากิโลกรัมละ 4.05 บาท ส่วนข้าวโพดราคาโรงงานอาหารสัตว์ กิโลกรัมละ 7.25 บาท (นิรนาม, 2548) และเมื่อเปรียบเทียบระดับพลังงานแล้วพบว่า มันเส้นให้พลังงานใกล้เคียงกับข้าวโพด ที่นิยมใช้เป็นแหล่งพลังงานหลักในสูตรอาหารข้น (เกรียงศักดิ์ และคณะ, 2533) ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาการใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารข้นที่ใช้เลี้ยงแพะ เพื่อหาแนวทางในการลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตแพะในภาคใต้

การตรวจเอกสาร

มันสำปะหลัง

มันสำปะหลัง มีชื่อเรียกแตกต่างกันตามภาษาท้องถิ่น เช่น manioc, yacca, tapioca และ mamdioca เป็นต้น ส่วนในประเทศไทยมีชื่อเรียกมันสำปะหลังในชื่อต่างๆ กัน ตามท้องถิ่นที่ปลูก เช่น ทางภาคอีสานเรียกว่า มันต้นเตี้ย ขณะที่ทางภาคใต้เรียกว่า มันเทศ โดยมันสำปะหลังอยู่ในวงศ์ (family) Euphorbiaceae สกุล (genus) Manihot เป็นพืชทรงพุ่ม ลำต้นตรง มีความสูงตั้งแต่ 1-5 เมตร ส่วนของใบมีลักษณะเป็นใบเดี่ยวแบบ palmate คือ ลักษณะคล้ายฝ่ามือ แต่ละใบมีแฉกเว้าลึก 3-9 แฉก และก้านใบยาว มีราก (root) เจริญเป็นหัวยาว 30-50 เซนติเมตร หลังจากปลูกประมาณ 2 เดือน จะเริ่มสะสมอาหารที่รากทำให้รากขยายใหญ่ขึ้นเป็นหัว มันสำปะหลังต้นหนึ่งๆ อาจมี 5-20 หัว และน้ำหนักหัวแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ภายในหัวมีแป้งสะสมอยู่ 10-30 เปอร์เซ็นต์ และมีสีของหัวแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ตั้งแต่ขาวครีมจนถึงเหลือง (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542) มันสำปะหลังเป็นพืชค้างปี อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 12-14 เดือน ให้ผลผลิตเฉลี่ย 2.6 ตันต่อไร่ (16.3 ตันต่อเฮกตาร์) ปริมาณการผลิตมันสำปะหลังทั่วโลกในปี 2001 ผลิตได้ประมาณ 162.3 ล้าน-ตัน โดยมีอัตราการผลิตเพิ่มขึ้น 0.34 เปอร์เซ็นต์ (FAO, 2001) มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการส่งออกมานาน โดยตลาดใหญ่อยู่ในกลุ่มประเทศในสหภาพยุโรป ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ และอิสราเอล ประเทศที่เป็นผู้ส่งออกหลักเป็นประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ไทย อินโดนีเซีย และเวียดนาม สำหรับประเทศไทยนั้นมันสำปะหลังมีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก เพราะมีพื้นที่ปลูกมากเป็นอันดับ 4 รองจากข้าว ข้าวโพด และยางพารา แหล่งที่ปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดคือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งมีพื้นที่ปลูกมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ เนื่องจากสามารถเจริญได้ดีในสภาพดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีฝนตกน้อย และอุณหภูมิสูง จังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดคือ จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ปลูกถึง 1.5 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2541)

รูปแบบของมันสำปะหลังที่ใช้เป็นอาหารสัตว์

มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีการสะสมอาหารในส่วนของราก หรือหัว (tuber) ในหัวมันสำปะหลังที่อยู่ในสภาพสดมีสารพิษ คือ กรดไฮโดรไซยานิก (hydrocyanic acid, HCN) ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์ แต่สามารถลดปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกในหัวมันสำปะหลังได้โดยการใช้ความร้อนหรือหมักโดยจุลินทรีย์ เมธา (2531) อ้างโดย ฉลอง และเมธา (2534) รายงานว่า ในหัวมันสำปะหลังสดมีกรดไฮโดรไซยานิก ประมาณ 390 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนำมาตากแห้งประมาณ 2-3 วัน ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกลดเหลือเพียง 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นระดับที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายหรือผลเสียต่อสัตว์ รูปแบบของมันสำปะหลังที่ใช้ในอาหารสัตว์อาจอยู่ในรูปของมันเส้น (cassava chips) ซึ่งได้จากการนำหัวมันสำปะหลังสดมาสับด้วยมือ หรือใช้เครื่องสับหัวมันสำปะหลังสดให้เป็นชิ้น หนาประมาณ 1-2 เซนติเมตร แล้วนำไปตากแดด 2-3 วัน ให้ความชื้นลดลงเหลือประมาณ 13-14 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ มันเส้นสามารถนำไปบดและอัดเป็นเม็ดให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ยาว 2 เซนติเมตร เรียกว่า มันอัดเม็ด (cassava pellet) ซึ่งช่วยให้เก็บรักษาได้นาน ลดฝุ่น และประหยัดค่าขนส่ง นอกจากวิธีตากแห้งแล้ว อาจนำหัวมันไปหมักทำเป็นมันสำปะหลังหมัก ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เป็นอาหารของมนุษย์ มันสำปะหลังที่นำมาใช้เลี้ยงสัตว์ไม่ว่าจะอยู่ในรูปมันเส้นหรือมันอัดเม็ดส่วนใหญ่ผ่านขั้นตอนการทำให้แห้งโดยใช้ความร้อน ซึ่งสามารถลดพิษของกรดไฮโดรไซยานิกได้ (จารุรัตน์, 2528)

องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังมีแป้งซึ่งเป็นส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่ายเป็นองค์ประกอบหลัก มันสำปะหลังที่นิยมใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องมี 2 ชนิด คือ มันเส้น และมันอัดเม็ด ซึ่งนิยมใช้เป็นแหล่งของพลังงาน (พานิช, 2535) ทรงศักดิ์ (2545) รายงานว่า องค์ประกอบทางเคมีของมันเส้นประกอบด้วย ความชื้น โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม เถ้า และแป้ง เท่ากับ 11.0, 2.3, 1.2, 2.7, 1.6 และ 81.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนมันอัดเม็ดประกอบด้วย ความชื้น โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม เถ้า และแป้ง 13.45, 2.25, 0.45, 3.94, 5.09 และ 74.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เมธา และคณะ (2538) อ้างโดย เมธา และคณะ (2547) รายงานว่า แป้งมัน มันเส้น มันอัดเม็ด เปลือกมัน และกากมันเส้นมีระดับโปรตีนรวมต่ำแต่มีส่วนของแป้งหรือพลังงานสูงซึ่งจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี เนื่องจากส่วนของแป้งในมันสำปะหลังประกอบด้วย

คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non structural carbohydrate, NSC) ซึ่งสามารถย่อยสลายได้เร็วในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (เมธา, 2533) โดยในแต่ละโมเลกุลของแป้งประกอบด้วยอะไมโลส (amylose) 20 เปอร์เซ็นต์ และอะไมโลเพคติน (amylopectin) 80 เปอร์เซ็นต์ (Sriroth *et al*., 1998) เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบแหล่งพลังงานอื่นๆ ที่นิยมนำมาใช้ในการประกอบสูตรอาหารข้น เช่น ข้าวโพด ซึ่งแป้งในข้าวโพดมีส่วนของอะไมโลส 24-28 เปอร์เซ็นต์ และอะไมโลเพคติน 72-76 เปอร์เซ็นต์ (International Starch Institute, 2001) อะไมโลสเป็นส่วนที่มีกลูโคส 200-300 โมเลกุล ต่อกันเป็นสายตรงด้วยพันธะไกลโคซิดิก (glycocidic bond) ชนิด α-1,4 linkage ส่วนอะไมโลเพคตินประกอบด้วยกลูโคสต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกชนิด α-1,4 linkage และยังมีแขนงต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกชนิด α-1,6 linkage ซึ่งอะไมโลเพคตินจะถูกย่อยในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ดีกว่าอะไมโลส (Akay *et al*., 2002) เอนไซม์อะไมเลส (amylase) จากแบคทีเรียกลุ่มที่ย่อยสลายเยื่อใยจะย่อยพันธะ α-1,4 linkage ในโมเลกุลของแป้งได้ผลผลิตคือ มอลโตส (maltose) ซึ่งประกอบด้วยกลูโคส 2 โมเลกุล ต่อกันด้วยพันธะ α-1,4 linkage ไอโซมอลโตส ซึ่งประกอบด้วยกลูโคส 2 โมเลกุล ต่อกันด้วยพันธะ α-1,6 linkage มอลโทไตรโอส (maltotriose) ซึ่งประกอบด้วยกลูโคส 3 โมเลกุล ต่อกันด้วยพันธะ α-1,6 linkage และ α-1,4 linkage และเดกทริน (dextrin) ซึ่งประกอบด้วยกลูโคสต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกชนิด α-1,6 linkage และ α-1,4 linkage (ศรีสกุล และรณชัย, 2539)

Vearsilp และ Mikled (2001) ได้ทำการศึกษาตำแหน่งที่มีการย่อยแป้งของมันสำปะหลังในสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยใช้โคที่เจาะกระเพาะและมีท่อใส่เข้าไปในลำไส้เล็กส่วนของดูโอดีนัม (duodenum) และไอเลี่ยม (ilium) พบว่า แป้งในมันสำปะหลังสามารถย่อยได้อย่างสมบูรณ์ตลอดทางเดินอาหาร โดยย่อยได้ในส่วนของกระเพาะรูเมน ลำไส้เล็ก และลำไส้ใหญ่ เท่ากับ 94, 5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนั้น จากการศึกษาค่าการย่อยสลายได้ (potential degradability) และค่าประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ (effective degradability) ของมันเส้นในกระเพาะรูเมน เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งพลังงานอื่นๆ Chanjula และคณะ (2003) รายงานว่า ค่าการย่อยสลายได้ และประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งของแหล่งพลังงานเรียงลำดับจากสูงสุดไปต่ำสุด คือ มันเส้น (99.3, 92.5 เปอร์เซ็นต์) มันเทศสีเหลือง (97.6, 87.9 เปอร์เซ็นต์) มันเทศสีขาว (97.5, 87.9 เปอร์เซ็นต์) มันเทศสีม่วง (97.2, 87.8 เปอร์เซ็นต์) รำละเอียด (87.5, 63.6 เปอร์เซ็นต์) กากมันสำปะหลัง (78.6, 63.0 เปอร์เซ็นต์) และข้าวโพด (81.7, 59.3 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ ส่วนค่าการย่อยสลายได้ และประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ของอินทรียวัตถุของแหล่งพลังงานทั้ง 7 ชนิดคล้ายกับค่าการย่อยสลายได้และประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง สอดคล้องกับการศึกษาของกฤตพล และคณะ (2534) อ้างโดย เมธา และคณะ (2547) ที่รายงานว่า

ค่าการย่อยสลายได้ของอินทรียวัตถุของแหล่งพลังงาน 4 ชนิดในกระเพาะรูเมน เรียงจากค่าสูงสุดไปต่ำสุด คือ มันเส้น ปลายข้าว ข้าวโพดป่น และข้าวเปลือกบด ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าแป้งซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในมันเส้นใช้ประโยชน์ได้ดีในกระเพาะรูเมน ในขณะที่ปลายข้าว ข้าวโพดป่น และข้าวเปลือกบดนั้น อาจจะถูกย่อยได้ดีที่ระบบทางเดินอาหารส่วนล่างโดยเฉพาะที่ลำไส้เล็ก นอกจากนั้น เกรียงศักดิ์ และคณะ (2533) ซึ่งได้ทำการศึกษาการย่อยได้ของอาหารที่ประกอบด้วยแป้งจากมันเส้น ข้าวเปลือกบด และปลายข้าว ในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของโคนม พบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ (coefficient digestibility) ของมันเส้นในกระเพาะรูเมน มีค่าสูงกว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของข้าวเปลือกบดและปลายข้าวในกระเพาะรูเมน (94, 93 และ 66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และยังพบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ตลอดทางเดินอาหารของมันเส้นสูงกว่าข้าวเปลือกบด และปลายข้าว (100, 99 และ 95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ซึ่งเมื่อคิดระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) พบว่า มันเส้นให้พลังงานใช้ประโยชน์ได้ 3.01 เมกะแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ใกล้เคียงกับข้าวโพดที่ให้พลังงานใช้ประโยชน์ได้ 3.29 เมกะแคลอรี่ต่อกิโลกรัมและนิยมใช้เป็นแหล่งพลังงานหลักในสูตรอาหารข้น ดังนั้น มันเส้นจึงจัดเป็นแหล่งของพลังงานที่สำคัญสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ที่จะนำไปใช้เป็นแหล่งของพลังงาน เพื่อผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้ (volatile fatty acid, VFA) และสามารถใช้ประโยชน์ได้สูงสุดเมื่อใช้ร่วมกับแหล่งของโปรตีนที่ย่อยสลายได้เร็ว ซึ่งส่งผลให้จุลินทรีย์ได้รับพลังงานและไนโตรเจนเพียงพอ ที่จะนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ต่อไป (Wanapat, 2000)

นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ภายในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีจุลินทรีย์มากมายหลายชนิด ซึ่งช่วยในการหมักย่อยอาหาร (เทอดชัย, 2540) โดยจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นพวกที่ไม่ต้องการออกซิเจน (obligate anaerobes) แต่อาจมีพวกที่สามารถใช้ออกซิเจนได้ (facultative anaerobes) อย่างไรก็ตามการมีระดับออกซิเจนสูงเกินไปอาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ได้เช่นกัน (เมธา, 2533) จุลินทรีย์เข้ามาอยู่ภายในตัวสัตว์ตั้งแต่อายุประมาณ 6 สัปดาห์ โดยติดมากับน้ำ อาหาร หรือสัมผัสกับสัตว์ใหญ่ ซึ่งจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน มี 3 ประเภทหลักๆ คือ แบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา โดยชนิดและสัดส่วนของจุลินทรีย์แต่ละประเภทอาจแปรผันได้ ขึ้นอยู่กับอาหารที่สัตว์เคี้ยวเอื้องกิน (บุญล้อม, 2541) ดังนี้

1. แบคทีเรีย มีประมาณ 1 พันล้านถึง 1 แสนล้านตัวต่อมิลลิลิตรของของเหลวจากกระเพาะรูเมน (10^9-10^{11} เซลล์ต่อมิลลิลิตรของของเหลวจากกระเพาะรูเมน) มีขนาด 0.3-50 ไมครอน การแบ่งประเภทของแบคทีเรียจะแบ่งตามการทำงานของแบคทีเรีย คือ พวกที่ใช้เซลลูโลส เฮมิ-เซลลูโลส แป้ง น้ำตาล โปรตีน ไขมัน รวมทั้งพวกที่สร้างมีเทน และสร้างแอมโมเนีย ซึ่งแบคทีเรียบางชนิดอาจทำหน้าที่ได้หลายอย่าง เช่น *Butyrivibrio fibrisolvens* สามารถย่อยสลายเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคติน ไขมัน และโปรตีนได้

2. โปรโตซัว มีขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรีย มีจำนวนประมาณ 1 ล้านตัวต่อมิลลิลิตรของของเหลวจากกระเพาะรูเมน (10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตรของของเหลวจากกระเพาะรูเมน) ชนิดและปริมาณโปรโตซัวมักแปรผันไปตามอาหารที่สัตว์เคี้ยวเอื้องกิน โดยถ้าให้อาหารข้นสูงจะมีโปรโตซัวมาก โปรโตซัวบางชนิดสามารถย่อยเยื่อใยได้เช่นเดียวกับแบคทีเรียและเชื้อรา โดยทั่วไปโปรโตซัวมักจะอยู่รวมกับแบคทีเรีย นอกจากนี้โปรโตซัวยังกินแบคทีเรีย แป้ง โปรตีน และคลอโรพลาสเป็นอาหารด้วย ซึ่งการกินดังกล่าวมีทั้งข้อดีและข้อเสีย เพราะมีรายงานว่า โปรโตซัวสามารถเก็บคาร์โบไฮเดรตไว้ในรูปของอะไมโลเพคติน เพื่อเป็นแหล่งพลังงานในยามขาดแคลนได้ ถ้าสัตว์ได้รับอาหารข้นสูง การเก็บแป้งและน้ำตาลไว้ในตัวโปรโตซัวสามารถลดความรุนแรงของการเกิดสภาพกรด (acidosis) ในกระเพาะรูเมนได้ อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่า การกำจัดโปรโตซัว (defaunation) จะทำให้ประชากรแบคทีเรียเพิ่มขึ้นและการย่อยเยื่อใยได้สูงขึ้น

3. เชื้อรา มีประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ซึ่งเชื้อราสามารถสร้างเอนไซม์ย่อยพันธะระหว่างเฮมิเซลลูโลสและลิกนินได้ ทำให้การใช้ประโยชน์จากเยื่อใยดีขึ้น นอกจากนั้น เชื้อรายังมีไรซอยด์ (rhizoid) ซึ่งมีลักษณะคล้ายรากไม้ โดยไรซอยด์จะแทงทะลุเข้าไปในผนังเซลล์ของพืช ทำให้เยื่อใยแตกออก แบคทีเรียสามารถเข้าไปย่อยเยื่อใยได้ดีขึ้น

ระบบนิเวศวิทยาที่เหมาะสมในกระเพาะรูเมน เป็นปัจจัยสำคัญต่อกระบวนการหมักย่อยอาหาร จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนและสัตว์เคี้ยวเอื้องมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกัน (symbiosis) เนื่องจากสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะรูเมน โดยจุลินทรีย์จะย่อยอาหารที่กินเข้าไป จนกระทั่งได้ผลผลิตสุดท้ายภายใต้สภาพไร้ออกซิเจน (anaerobic condition) ในสัตว์เคี้ยวเอื้องคาร์โบไฮเดรตจะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะรูเมนได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว และถูกสังเคราะห์ไปเป็นไพรูเวท (pyruvate) ซึ่งเป็นสารตัวกลางที่สำคัญในการสังเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยได้ ซึ่งเป็นผลผลิตสุดท้ายที่สำคัญ ได้แก่ กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก และอาจพบกรดวาลาริค (valeric acid) กรดไอโซวาลาริค (isovaleric acid) และกรดไอโซบิวทีริก ได้บ้างแต่ในปริมาณน้อย (นิรนาม, 2544) ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะในการทำงานของจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 6-7 และอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 39-40 องศาเซลเซียส

(เมธา, 2533) นอกจากนั้นระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เหมาะสม (10-30 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร) มีความสำคัญต่อการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ (Perdok and Leng, 1990) ซึ่งส่งผลให้จำนวนจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น การย่อยและการใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบดีขึ้น (Hoover and Stokers, 1991) ดังนั้นการประเมินปริมาณโปรตีนของจุลินทรีย์จึงมีความสำคัญในแง่การประเมินคุณภาพของอาหารที่สัตว์กิน การประกอบสูตรอาหาร และการประเมินสภาพการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การวัดปริมาณโปรตีนจากจุลินทรีย์ในอดีตทำได้ยากและซับซ้อน เนื่องจากต้องผ่าตัดสัตว์เพื่อเก็บตัวอย่างอาหารที่มาจากกระเพาะและไหลผ่านไปยังลำไส้เล็ก และยังต้องวัดปริมาณไนโตรเจนที่มาจากตัวสัตว์เอง (endogenous nitrogen) เช่น เซลล์ที่หมดอายุแล้วเพื่อให้ทราบปริมาณไนโตรเจนที่ได้มาจากอาหารที่สัตว์กิน (พรรัตน์, 2544) อย่างไรก็ตาม Rys และคณะ (1975) อ้างโดย Gonda และคณะ (1996) รายงานว่า อนุพันธ์พิวรีน ซึ่งได้แก่ ไฮโปแซนทีน (hypoxanthine) แซนทีน (xanthine) กรดยูริก (uric acid) และอะแลนโตอิน (allantoin) ในปัสสาวะของสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้เป็นดัชนีในการประเมินปริมาณโปรตีนที่ได้จากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ซึ่งสารอนุพันธ์พิวรีนทั้ง 4 ชนิด สามารถตรวจพบในปัสสาวะของ แกะ แพะ กวาง และลา ส่วนในปัสสาวะของโคและกระบือนั้น จะพบอะแลนโตอินและกรดยูริกเป็นหลัก ส่วนแซนทีนและไฮโปแซนทีนนั้นมีระดับต่ำมาก ดังนั้นในการวิเคราะห์ถือว่าไม่มีผลต่อองค์ประกอบของสารอนุพันธ์พิวรีนโดยรวม ซึ่งสารอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะเป็นผลมาจากสารพิวรีนของโปรตีนจากจุลินทรีย์ที่ถูกย่อยและดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด ตลอดทั้งถูกกรองผ่านไตออกมากับปัสสาวะ (exogenous source) และมีสารอนุพันธ์พิวรีนบางส่วนที่ได้จากการย่อยและดูดซึมจากแหล่งพิวรีนในเซลล์ของตัวสัตว์เอง (endogenous source) ปริมาณการขับออกของอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของสัตว์ พันธุ์สัตว์ แหล่งโปรตีน และระดับโปรตีนในอาหาร แหล่งพลังงานและระดับของพลังงานในอาหาร และปริมาณอาหารที่กินได้ ซึ่งส่งผลต่อการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ (โอภาส และทองสุข, 2547)

การใช้มันเส้น/มันอัดเม็ดเป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารข้นสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ผลการใช้มันเส้น/มันอัดเม็ดในอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และการเจริญเติบโตของโคเนื้อและกระบือ

Wanapat และคณะ (1996) ทำการศึกษาผลของการใช้มันอัดเม็ดเป็นแหล่งพลังงานในอาหารโคเนื้อลูกผสมบราห์มัน เพศผู้ตอน โดยให้โคได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีฟางข้าวเป็น

องค์ประกอบ 20 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นที่มีส่วนผสมของมันอัดเม็ดในระดับ 20, 32, 41 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ในปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เป็นเวลา 215 วัน พบว่า โคที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของมันอัดเม็ด 32 และ 41 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโต 670 และ 670 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มสูงกว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของมันอัดเม็ด 20 และ 50 เปอร์เซ็นต์ (640 และ 610 กรัมต่อวัน ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม การใช้มันอัดเม็ด 41 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารส่งผลให้โคมีเปอร์เซ็นต์ซาก (56.0 และ 58.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของมันอัดเม็ด 20 และ 32 เปอร์เซ็นต์ (43.8 และ 52.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สอดคล้องกับ Tudor และ Inkerman (1987) อ้างโดย เมธา และคณะ (2547) ซึ่งทำการทดลองโดยใช้มันอัดเม็ดทดแทนข้าวฟ่างในสูตรอาหารข้นสำหรับขุนโค พบว่า โคที่ได้รับมันเส้นในสูตรอาหาร มีน้ำหนักเพิ่มไม่แตกต่างกับโคที่ได้รับข้าวฟ่างในสูตรอาหาร อย่างไรก็ตาม การใช้มันเส้นเป็นแหล่งพลังงานต้องมีการปรับระดับของโปรตีน และเลือกใช้แหล่งของโปรตีนที่เหมาะสมเพื่อให้มีระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3–N) ที่สามารถถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมนได้ในอัตราเร็ว ซึ่งจะทำให้การใช้ประโยชน์จากพลังงานที่ถูกย่อยสลายในอัตราสูงเกิดประสิทธิภาพสูงสุด เช่น การใช้เนื้อและกระดูกบด (meat and bone meal, MBM) เป็นแหล่งโปรตีนร่วมกับยูเรีย เป็นต้น (Tudor and McGuigan, 1985) นอกจากนั้น เมธา และคณะ (2534) อ้างโดย เมธา และคณะ (2547) ได้ศึกษาการทดแทนมันเส้นในสูตรอาหารที่มีข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้น 75 เปอร์เซ็นต์ ในระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในกระบือปลักที่ได้รับฟางหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหารหยาบ พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ (neutral detergen fiber, NDF) ลดลง โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพดในระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ต่ำสุด (58.5 เปอร์เซ็นต์) แตกต่าง ($P<0.05$) จากกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพด 0, 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ (67.2, 66.9, 64.9 และ 61.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) แต่ระดับของความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย–ไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดในกระเพาะรูเมน ของกระบือทั้ง 5 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ผลการใช้มันเส้นในอาหารข้นสำหรับโคนมต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม

Sommart และคณะ (2000) ทำการศึกษาการใช้มันเส้นเป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้นสำหรับโคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ – ฟรีเชี่ยน (Holstein-Friesian) ในช่วงระยะให้นม

(ปริมาณน้ำนมเฉลี่ย 13.4±2.2 กิโลกรัมต่อวัน) โดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบ สุ่มให้โคได้รับอาหารข้นที่ใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพด 13.5, 27.0, 40.5 และ 54.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าโคทั้ง 4 กลุ่มมีปริมาณอาหารที่กิน (3.7, 3.6, 3.6 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และจากการเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน หลังจากให้อาหาร 4 ชั่วโมง พบว่า ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน (6.49, 6.57, 6.64 และ 6.66 ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์กรดอะซิติก (acetic acid, C_2) (64.80, 65.66, 61.76 และ 64.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และเปอร์เซ็นต์กรดโพรพิโอนิก (propionic acid, C_3) (20.50, 18.97, 23.95 และ 19.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 4 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P> 0.05$) ส่วนเปอร์เซ็นต์กรดบิวทีริก (butyric acid, C_4) ในกลุ่มที่ใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพด 54 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงสุด (12.63 เปอร์เซ็นต์) แตกต่างจากกลุ่มที่ใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพด 13.5, 27.0 และ 40.5 เปอร์เซ็นต์ (11.55, 11.96 และ 11.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่กลุ่มที่ใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหาร 54 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดในกระเพาะรูเมนต่ำสุด (106.54 มิลลิโมลต่อลิตร) แตกต่างจากกลุ่มที่ใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพด 13.5, 27.0 และ 40.5 เปอร์เซ็นต์ (109.02, 110.19 และ 111.09 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สำหรับปริมาณน้ำนมและปริมาณโภชนะในน้ำนมพบว่า โคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพด 13.5, 27.0, 40.5 และ 54.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณน้ำนมที่ปรับไขมันที่ 3.5 เปอร์เซ็นต์ (3.5% fat corrected milk, FCM) (14.3, 14.6, 13.7, 13.3 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ) และปริมาณไขมันนม (0.54, 0.53, 0.51 และ 0.50 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่กลุ่มที่ใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารในระดับ 40.5 และ 54 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาณน้ำนม (12.5 และ 12.1 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ) ปริมาณโปรตีนในนม (0.42 และ 0.42 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ) และปริมาณแลคโตสในนม (0.60 และ 0.56 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ) ต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพด 13.5 เปอร์เซ็นต์ (13.0, 0.43 และ 0.64 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ) และกลุ่มที่ใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพด 27 เปอร์เซ็นต์ (13.8, 0.47 และ 0.71 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

โอภาส และคณะ (2543) ศึกษาผลของการเสริมอาหารข้น ที่ใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพดบด ในสูตรอาหารโครีดนมลูกผสมโฮลสไตน์-ฟรีเชี่ยน โดยให้ได้รับหญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารหยาบ สุ่มให้โคได้รับอาหาร 3 ทรีทเมนต์ โดยใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพดบด 0, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า โคทั้ง 3 กลุ่มมีปริมาณการกินได้ทั้งหมด (15.2, 16.1 และ 16.1 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ หรือ 4.0, 4.2 และ 3.9 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และจากการสุ่มเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมนในช่วงเวลา 0-6 ชั่วโมงหลังให้อาหาร พบว่าโคทั้ง 3 กลุ่มมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมน (6.8, 6.5 และ 6.8 ตามลำดับ) ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (8.0, 7.4 และ 5.4 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และกรดไขมันที่ระเหยได้ ซึ่งประกอบด้วย กรดอะซิติก (47.5, 45.9 และ 48.2 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ) กรดโพรพิโอนิก (11.7, 10.8 และ 10.9 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ) กรดบิวทีริก (butyric acid) (7.6, 8.2 และ 7.0 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ) และกรดไอโซบิวทีริก (isobutyric acid) (0.35, 0.37 และ 0.32 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen, BUN) พบว่า กลุ่มที่ใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพด 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด (12.5 และ 12.2 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพด 0 เปอร์เซ็นต์ (16.7 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในส่วนขององค์ประกอบทางเคมีในน้ำนม พบว่า โคทั้ง 3 กลุ่มมีเปอร์เซ็นต์ไขมันนม (3.1, 3.6 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนม (3.2, 3.4 และ 3.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์น้ำตาลแลคโตส (5.1, 5.1 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมัน (9.0, 9.2 และ 8.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด (12.2, 12.8 และ 12.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังนั้นจึงสามารถใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพดในระดับ 25-50 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารสำหรับโครีดนมได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และองค์ประกอบของน้ำนม

ผลการใช้มันเส้นร่วมกับยูเรียในอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ กระบวนการหมัก และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโค

เนื่องจากมันเส้นมีแป้งที่ย่อยได้สูงเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบแหล่งพลังงานชนิดอื่นๆ การใช้มันเส้นเป็นแหล่งพลังงานจึงควรเสริมแหล่งของโปรตีนที่ย่อยสลายได้ง่ายหรือแหล่งของไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen, NPN) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์และการเพิ่มจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ (Mueller *et al*., 1978) โดยเฉพาะการใช้มันเส้นร่วมกับยูเรีย เนื่องจากยูเรียเมื่อเข้าสู่กระเพาะรูเมนจะถูกไฮโดรไลซ์ (hydrolyze) ด้วยเอนไซม์ยูริเอส (urease) จากแบคทีเรียอย่างรวดเร็วได้เป็นแอมโมเนีย ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มย่อยสลายเซลลูโลส (cellulolytic bacteria) จะใช้ไนโตรเจนจากแอมโมเนียร่วมกับพลังงานจากการหมักย่อยแป้งในมันเส้นเป็นหลักในการเจริญเติบโต การเพิ่มจำนวนประชากรและการสังเคราะห์โปรตีน

Chanjula และคณะ (2004) ทำการศึกษาผลของการปรับสมดุลความเหมาะสมของแหล่งพลังงานและโปรตีนในอาหาร ต่อปริมาณการกินได้ของโภชนะ กระบวนการหมัก จำนวนประชากรของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในโครีดนมพันธุ์โฮลสไตน์–ฟรีเชี่ยน ที่ได้รับฟางหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ แบบเต็มที่ เสริมมันสำปะหลังแห้งทั้งต้น (whole cassava hay) 1 กิโลกรัม น้ำหนักแห้งต่อตัวต่อวัน โดยสุ่มให้โคได้รับอาหารทดลอง 4 ทรีทเมนต์ คือ ทรีทเมนต์ที่ 1 อาหารข้นที่ประกอบด้วยข้าวโพด 55 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับยูเรีย 2 เปอร์เซ็นต์ ทรีทเมนต์ที่ 2 อาหารข้นที่ประกอบด้วยข้าวโพด 75 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับยูเรีย 3.0 เปอร์เซ็นต์ ทรีทเมนต์ที่ 3 อาหารข้นที่ประกอบด้วยมันเส้น 55 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับยูเรีย 3.3 เปอร์เซ็นต์ และทรีทเมนต์ที่ 4 อาหารข้นที่ประกอบด้วยมันเส้น 75 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับยูเรีย 4.5 เปอร์เซ็นต์ โดยให้โคได้รับอาหารข้นต่อปริมาณน้ำนมในสัดส่วน 1:2 พบว่า โคทั้ง 4 กลุ่มมีปริมาณการกินได้ (10.9, 11.1, 11.1 และ 10.7 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ) การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว (0.5, 0.6, 0.3 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (58.4, 60.8, 59.8 และ 62.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม (43.8, 49.1, 49.0 และ 50.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ (49.6, 52.1, 46.9 และ 49.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน (15.6, 20.0, 16.6 และ 18.1 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ) ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด (13.8, 14.4, 14.4 และ 17.0 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ) และความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในน้ำนม (milk urea nitrogen, MUN) (13.6, 16.9, 17.5 และ 17.7 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่เพิ่มขึ้นตามระดับของแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยจำนวนแบคทีเรีย (0.7, 0.6, 0.8, 0.7 x 10^{11} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) โปรโตซัว (3.0, 3.2, 3.4 และ 4.3 x 10^{5} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) และเชื้อรา (0.8, 1.1, 1.3 และ 0.9 x 10^{6} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) โดยวิธีนับตรง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังนั้นจึงสามารถใช้อาหารข้นที่มีมัน-เส้นเป็นแหล่งพลังงานในระดับ 55-75 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับยูเรีย 3-4.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหารโคนมได้โดยไม่ทำให้นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนเปลี่ยนแปลง หรือสมรรถภาพของสัตว์ด้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอาหารที่มีข้าวโพดเป็นส่วนประกอบหลัก

เมธา และคณะ (2547) ทำการศึกษาผลของระดับยูเรียและมันเส้นในสูตรอาหารข้นต่อสภาวะแวดล้อมในกระเพาะรูเมน โดยใช้โครีดนมลูกผสมโฮลสไตน์-ฟรีเชี่ยน ช่วงการให้นมที่ 2-3 ให้โคได้รับฟางหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ โดยให้กินแบบเต็มที่ เสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วยมันเส้น 40, 50, 60 และ 70 เปอร์เซ็นต์ และยูเรีย 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ความ

เป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนหลังจากให้อาหาร 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง อยู่ในช่วงปกติ (6-7) และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแอมโมเนีย–ไนโตรเจน ในกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 ชั่วโมง (7.9, 10.1, 8.9 และ 8.7 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ) และ 2 ชั่วโมง หลังให้อาหาร (10.8, 16.3, 15.2 และ 12.1 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในขณะที่ความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน หลังให้อาหาร 4 และ 6 ชั่วโมง และค่าเฉลี่ยรวมของความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ของกลุ่มที่ได้รับมันเส้น 60 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับยูเรีย 4 เปอร์เซ็นต์ (10.7, 11.2 และ 11.5 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ) และกลุ่มที่ได้รับมันเส้น 70 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ (11.2, 13.2 และ 12.1 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ) สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับมันเส้น 50 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับยูเรีย 2 เปอร์เซ็นต์ (8.5, 8.7 และ 10.9 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ) และกลุ่มที่ได้รับมันเส้น 40 เปอร์เซ็นต์ (9.7, 8.7 และ 9.3 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนั้น จากการตรวจนับค่าเฉลี่ยของจำนวนแบคทีเรีย (0.4, 0.5, 0.5 และ 0.7 x 10^{10} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) โปรโตซัว (3.5, 5.9, 3.6 และ 7.2 x 10^{5} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) และเชื้อรา (7.5, 18.6, 7.9 และ 13.2 x 10^{5} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) โดยใช้วิธีนับตรงจากของเหลวในกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังนั้นจึงสามารถใช้ยูเรียได้สูงถึง 4 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารที่มีมันเส้นเป็นแหล่งพลังงาน โดยไม่มีผลกระทบต่อความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของโค

สำหรับการศึกษาในโคเนื้อ สิทธิศักดิ์ และคณะ (2547) ได้ทำการศึกษาผลของการเสริมอาหารข้นที่มีมันเส้นเป็นส่วนประกอบในระดับสูงต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคเนื้อเพศผู้ โดยแบ่งโคออกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ให้ได้รับฟางหมักยูเรียเพียงอย่างเดียว กลุ่มที่ 2 เสริมอาหารข้น 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว กลุ่มที่ 3 เสริมอาหารข้น 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และกลุ่มที่ 4 เสริมอาหารข้น 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว โคทดลองทุกกลุ่มได้รับฟางหมักยูเรียแบบเต็มที่ เสริมอาหารข้นที่ประกอบด้วยมันเส้น 80 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับยูเรีย 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเสริมอาหารข้นในระดับที่สูงขึ้น ส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และยังส่งผลให้ประชากรของแบคทีเรียและเชื้อราลดลง แต่ประชากรโปรโตซัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนั้นยังส่งผลให้กลุ่มของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะการลดลงของกลุ่มแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลส ในส่วนสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ พบว่า โคกลุ่มที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งได้รับอาหารข้นเสริม มี

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (64.6, 66.3 และ 68.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อินทรียวัตถุ (68.8, 71.0 และ 72.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และโปรตีนรวม (77.7, 72.0 และ 71.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับโคกลุ่มที่ 1 ที่ไม่ได้รับอาหารข้นเสริม (51.4, 60.3 และ 44.6 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลส ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อได้รับการอาหารข้นเสริมในระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ดังนั้นอาหารข้นที่ประกอบด้วยมันเส้นในระดับสูง 80 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับยูเรีย 4 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้เสริมเป็นอาหารโคเนื้อได้สูงถึงระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

จากการศึกษาที่ผ่านมาทำให้ทราบว่า มันเส้นสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารโคเนื้อ โคนม และกระบือได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ การเจริญเติบโต และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาการใช้มันเส้นในอาหารแพะ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาผลของการใช้มันเส้นเป็นแหล่งพลังงานทดแทนแหล่งพลังงานอื่นๆ ที่มีราคาสูงในอาหารข้นสำหรับแพะ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตแพะและเพิ่มศักยภาพในการใช้ประโยชน์จากมันเส้นซึ่งเป็นวัตถุดิบในประเทศ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและสมดุลไนโตรเจนในแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพดในระดับต่างๆ
2. เพื่อศึกษากระบวนการหมักและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพดในระดับต่างๆ
3. เพื่อศึกษาการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ในแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพดในระดับต่างๆ