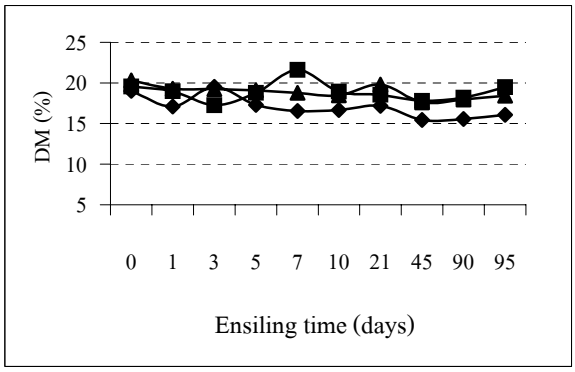
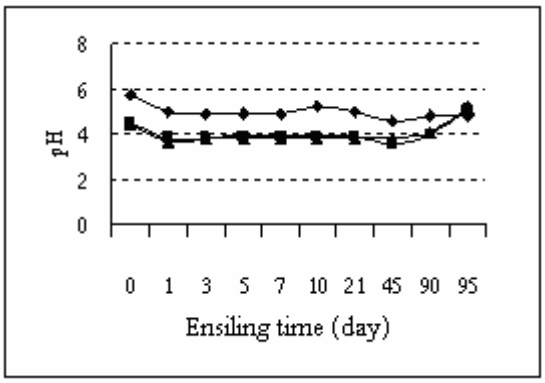
1. วัตถุแห้ง (dry matter; DM) พบว่าไซเลจที่หมักโดยใช้กากน้ำตาลและกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเป็นสารเสริมมี DM สูงกว่าไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ($P<0.05$) ซึ่งเป็นผลมาจากกากน้ำตาลมี DM สูง (71.2%) จึงทำให้ไซเลจดังกล่าวมี DM สูงด้วย (Man and Wictorsson, 2004) ด้านผลของระยะเวลาในการหมัก ปรากฏว่า ปริมาณ DM ลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักยาวนานขึ้น โดยเฉพาะไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ แต่การลดลงค่อนข้างมีความแปรปรวน สอดคล้องกับรายงานของ Bolsen *et al.* (1992), Whiter and Kung (2001) และ Hill *et al.* (2001) ที่ระบุว่า DM ของไซเลจมีค่าแปรปรวนอยู่ในช่วงแคบ ๆ อาจเกิดจากจุลินทรีย์เปลี่ยนน้ำตาลหรือผลิตภัณฑ์จากการหมักในไซเลจให้เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ ซึ่งมีการสูญเสียวัตถุแห้งในรูปของพลังงานความร้อนและแก๊ส (Woolford and Pahlow, 1998; Muck, 1996) สำหรับช่วงการทดสอบความทนต่อสภาพอากาศ พบว่า DM มีค่าสูงขึ้นซึ่งอาจเกิดจากการระเหยของน้ำ ในไซเลจ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ DM แสดงภาพที่ 21



ภาพที่ 21 ผลของหัวเชื้อสำเร็จต่อปริมาณวัตถุแห้งของไซเลจที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน

2. พีเอช ไซเลจที่หมักโดยใช้กากน้ำตาล และกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเป็นสารเสริมมีพีเอช ต่ำกว่าไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ($P<0.05$) พีเอชลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 1-3 วันแรกของการหมัก จากนั้นจึงมีค่าค่อนข้างคงที่จนกระทั่งถึงภายหลังการทดสอบความทนต่อสภาพอากาศจึงมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ภาพที่ 22) พีเอชที่ลดลงอย่างรวดเร็วในไซเลจกลุ่มที่หมักโดยใช้กากน้ำตาลและกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเป็นสารเสริมเกิดจากการมีปริมาณสับสเตรทและปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกพอเพียง ทำให้มีการผลิตกรดแลคติกออกมาได้เร็ว เนื่องจากกรดชนิดนี้มีความแรงมากกว่ากรดอินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ในไซเลจจึงส่งผลให้ค่าพีเอชต่ำลงจนกระทั่งอยู่ในระดับที่

สามารถยับยั้งการเติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติกเอง พีเอชจึงค่อนข้างคงที่หรือผันแปรเล็กน้อยตลอดระยะเวลาในการหมัก Kung (1998) รายงานว่าพีเอชเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของไซเลจที่สำคัญโดยเฉพาะไซเลจที่มีความชื้นสูง ไซเลจคุณภาพดีมีพีเอชอยู่ระหว่าง 3.5-4.2 (Tjandraatmadja, 1989) หรืออาจจะสูงถึง 3.5-4.5 ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและสารเติมแต่งที่ใช้ในการหมัก (Keskin *et al*., 2005)



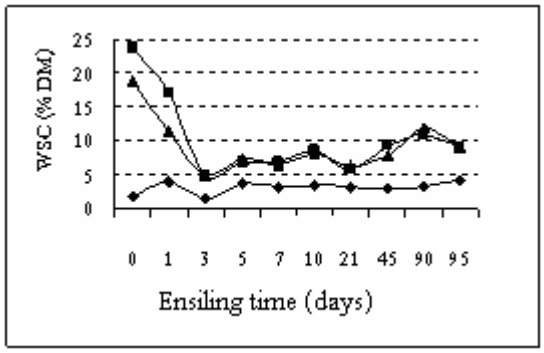
ภาพที่ 22 ผลของหัวเชื้อสำเร็จต่อค่าพีเอชของไซเลจที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน

ไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล
ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล +หัวเชื้อสำเร็จ

จะเห็นว่าไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ แม้ว่าค่าพีเอชจะต่ำลงภายหลังการหมักได้เพียง 1 วัน แต่ยังคงสูงกว่าระดับพีเอชในไซเลจคุณภาพดีทั่วไป ซึ่งอาจเป็นเพราะการมีสับสเตรทโดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ไม่พอเพียงต่อความต้องการของแบคทีเรียกรดแลคติก ทำให้ไม่สามารถผลิตกรดออกมาในปริมาณที่มากพอต่อการทำให้ค่าพีเอชต่ำลง ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ Bolsen *et al*.. (1992) ซึ่งพบว่าการหมักไซเลจจากถั่วอัลฟัลฟา (alfalfa) และข้าวบาร์เลย์โดยการเสริมน้ำตาลเดกซ์โทรส (dextrsoe) 2% และน้ำตาลเดกซ์โทรส 2% ร่วมกับหัวเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก ทำให้พีเอชลดลงมากกว่าการหมักโดยไม่ใช้สารเสริมอย่างมาก ($P<0.01$) เช่นเดียวกับรายงานของ Meeske *et al.* (1998) ที่ระบุว่า การหมักไซเลจจากข้าวโพดโดยเสริมหัวเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกผสม (*L. plantarum, L. bulgaricus, และ L. acidophillus*) อัตรา 10^6cfu/g ของพืชสด ทำให้ไซเลจมีพีเอชต่ำกว่าการไม่เสริมหัวเชื้อชัดเจน ($P<0.05$) นอกจากนี้ การศึกษาโดย Filya *et al.* (2000), Whiter and Kung JR. (2001) และ Hristov and McAllister (2002) ก็ได้ผลการทดลองในลักษณะเดียวกัน คือไซเลจที่หมักโดยเสริมหัวเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกมีพีเอชต่ำกว่าการไม่เสริมหัวเชื้อ Muck (1996) รายงานว่า พีเอชในไซเลจที่ต่ำ (pH ≤4) จะทำให้โปรตีนในพืชไม่ถูก

ย่อยสลายเป็น Non protein solution ในขณะเดียวกันการเก็บรักษาไซเลจที่มีพีเอชต่ำภายใต้สภาพไร้อากาศจะป้องกันการเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดความสูญเสียคุณภาพของไซเลจได้ (Woolford and Pahlow, 1998) ดังนั้นการใช้กากน้ำตาลและกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเสริมในพืชก่อนการหมักจึงเป็นวิธีการช่วยรักษาคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ได้

3. คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ (Water soluble carbohydrate; WSC) พบว่า ไซเลจที่หมักโดยใช้กากน้ำตาล และกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อจุลินทรีย์เป็นสารเสริมมีปริมาณ WSC สูงกว่าไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติอย่างชัดเจน ($P<0.01$) เนื่องจากกากน้ำตาลมีองค์ประกอบของ WSC สูงโดยมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดประมาณ 46% (Curtin, 1983) ปริมาณ WSC ในไซเลจที่หมักโดยใช้สารเสริมถูกใช้ไปอย่างรวดเร็วในช่วง 3-5 วันแรกของการหมัก สอดคล้องกับการศึกษาของ Kent *et al*. (1989) และ Hill *et al*. (2001) ทั้งนี้เกิดจากในวันแรกของการหมักไซเลจมีพีเอชค่อนสูงทำให้แบคทีเรียกรดแลคติกเติบโตและแสดงกิจกรรมได้ดี จึงส่งผลให้น้ำตาลถูกใช้อย่างรวดเร็ว จากนั้นปริมาณ WSC มีค่าค่อนข้างคงที่จนกระทั่งถึงวันที่ 45 ของการหมักจึงมีระดับสูงขึ้น เนื่องจากช่วงดังกล่าวไซเลจมีพีเอชต่ำ มีความเข้มข้นของกรดสูงทำให้เกิดกระบวนการ Hydrolysis และได้ผลิตภัณฑ์เป็น WSC เกิดขึ้น นอกจากนี้ ในช่วงดังกล่าวจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในไซเลจมีการเติบโตช้า ทำให้ WSC ถูกใช้เพียงเล็กน้อย จึงสะสมได้มากเมื่อระยะเวลาการหมักยาวนานขึ้น ปริมาณ WSC ลดลงอีกเล็กน้อยในช่วงหลังการทดสอบความทนต่อสภาพอากาศเป็นเวลา 5 วัน เนื่องจากเชื้อที่เติบโตได้ดีในสภาพที่มีอากาศโดยเฉพาะยีสต์และราเส้นใยจะใช้คาร์โบไฮเดรตนี้ในการเติบโตได้รวดเร็ว ทำให้ระดับ WSC ลดต่ำลงอีก สำหรับไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติมีปริมาณ WSC ต่ำ และมีระดับค่อนข้างคงที่ตลอดระยะการทดลอง แสดงว่าสารอาหารดังกล่าวถูกใช้อย่างจำกัด สอดคล้องกับรายงานของ Aminah *et al*. (2004) ที่ระบุว่าพืชอาหารสัตว์เขตร้อนส่วนใหญ่มีองค์ประกอบดังกล่าวต่ำจึงยากต่อการหมักให้ได้ไซเลจคุณภาพดี McDonald (1981) รายงานว่าวัตถุดิบที่นำมาหมักควรมี WSC ไม่ต่ำกว่า 6-12% จึงจะทำให้ไซเลจมีคุณภาพดี Harrison *et al.* (1989) รายงานว่า การที่น้ำตาลถูกใช้อย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการหมักแต่ยังเหลือปริมาณมากเมื่อสิ้นสุดการทดลองแสดงถึงการมีประสิทธิภาพการหมักที่ดี ดังนั้นการใช้กากน้ำตาลและกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเป็นสารเสริมในการหมักไซเลจครั้งนี้จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการหมักได้ชัดเจน การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ WSC ในพืชที่หมักกลุ่มต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 23

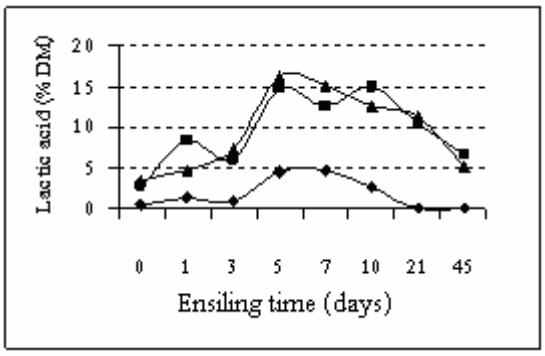


ภาพที่ 23 ผลของหัวเชื้อสำเร็จต่อปริมาณ WSC ของไซเลจที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน

ไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล
ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล +หัวเชื้อสำเร็จ

4. กรดแลคติก กรดชนิดนี้มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการรักษาคุณภาพของไซเลจ เนื่องจากเป็นกรดที่มีความแรงมากกว่ากรดอินทรีย์ชนิดอื่น ๆ (Muck, 1996) ไซเลจที่มีความเข้มข้นของกรดแลคติกสูงจะมีค่าพีเอชต่ำซึ่งจะไปยับยั้งการเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อไซเลจ การทดลองครั้งนี้ พบว่าชนิดของไซเลจ ระยะเวลาในการหมัก และอิทธิพลร่วมของปัจจัยดังกล่าวมีผลชัดเจนต่อปริมาณกรดแลคติกที่เกิดขึ้นในไซเลจ ($P<0.01$) ไซเลจที่หมักโดยใช้กากน้ำตาล และกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเป็นสารเสริมมีปริมาณกรดแลคติกไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่มีปริมาณสูงกว่าไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ($P<0.05$) เนื่องจากไซเลจดังกล่าวมี WSC ต่ำ ทำให้แบคทีเรียกรดแลคติกเติบโตและสร้างกรดแลคติกได้น้อย เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Bolsen *et al.* (1992) ซึ่งพบว่าทั้งไซเลจจากถั่วอัลฟัลฟาและไซเลจจากข้าวโพดที่หมักโดยเสริมน้ำตาลเดกซ์โทรสร่วมกับหัวเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกเติบโตมีปริมาณกรดแลคติกสูงกว่าไซเลจที่หมักแบบปรกติและไซเลจที่หมักโดยเสริมน้ำตาลเดกซ์โทรสเพียงอย่างเดียว ด้านระยะเวลาในการหมักต่อปริมาณกรดแลคติกในไซเลจ พบว่าปริมาณกรดจะสูงขึ้นรวดเร็วภายหลังการหมักได้เพียงวันเดียว และสูงขึ้นจนกระทั่งมีระดับคงที่ภายหลังการหมักได้เพียง 5 วัน แต่มีค่าลดลงชัดเจนภายหลังการหมักไปแล้ว 21 และ 45 วัน ($P<0.05$) โดยเฉพาะไซเลจกลุ่มที่หมักโดยวิธีปรกติซึ่งไม่สามารถวัดปริมาณกรดแลคติกได้ที่ระยะการหมักดังกล่าว (ภาพที่ 24) อาจเกิดจากกรดชนิดนี้ถูกเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ อันเป็นผลมาจากข้อจำกัดในการเก็บรักษา (Seale *et al.*, 1986) อย่างไรก็ตามจากรายงานผลการทดลองที่ผ่านมา (Whiter and Kung, JR., 2000; Meeske and Basson, 1998; Hill *et al.*, 1998) แสดงให้เห็นว่าปริมาณกรดแลคติกในไซเลจมีค่าค่อนข้างแปรปรวนเมื่อระยะการหมักยาวนานขึ้น Muck (1993) รายงานว่าปริมาณกรดแลคติกที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและคงที่ในไซเลจจนกระทั่งถึงเวลาการนำไปเลี้ยงสัตว์เป็นตัวบ่งชี้ถึงผลสำเร็จของการหมักไซเลจโดยใช้สาร

เสริม แสดงว่า การเสริมกากน้ำตาล และกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จช่วยทำให้การหมักไซเลจประสบผลสำเร็จมากขึ้น

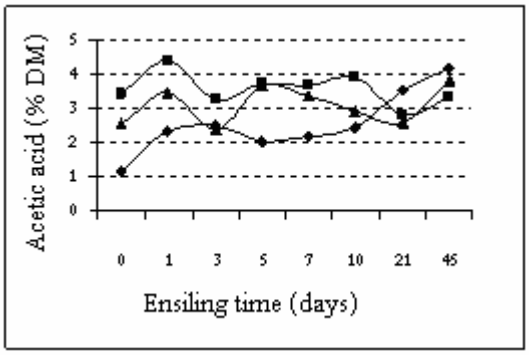


ภาพที่ 24 ผลของหัวเชื้อสำเร็จต่อปริมาณกรดแลคติกของไซเลจที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน

ไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล
ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล +หัวเชื้อสำเร็จ

5. กรดอะซิติก กรดชนิดนี้ในไซเลจส่วนใหญ่ถูกผลิตขึ้นโดยจุลินทรีย์จำพวก *Acetobacter* spp. ซึ่งเพิ่มขึ้นมากในช่วง 2-3 วันแรกของการหมัก (Oude Elferink *et al.*, 2004) พืชที่มีความชื้นสูง ประกอบกับการหมักที่ไม่ถูกต้องจะเป็นเหตุให้มีปริมาณกรดอะซิติกสูง ทำให้มีการสูญเสียวัตถุแห้งและพลังงานในไซเลจ นอกจากนี้ยังทำให้ความน่ากินของไซเลจลดลง การทดลองครั้งนี้ พบว่าพืชที่หมักโดยใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมมีปริมาณกรดอะซิติกสูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับไซเลจที่หมักโดยใช้กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเป็นสารเสริม ($P>0.05$) เนื่องจากกากน้ำตาลเป็นสับสเตรทที่ดีสำหรับใช้ผลิตกรดอะซิติกโดยจุลินทรีย์กรดอะซิติกที่อาจปะปนมากับพืชตามธรรมชาติก่อนการหมัก โดยเฉพาะในช่วงแรกของการหมักที่ยังคงมีออกซิเจนพอเพียง และมีพีเอชค่อนข้างสูง ทำให้จุลินทรีย์ดังกล่าวเปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรดอะซิติก และเมื่อกระบวนการหมักยุติลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยในถุงหมักจึงทำให้ระดับกรดอะซิติกยังคงอยู่จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ผลการทดลองครั้งนี้เกิดขึ้นในลักษณะเดียวกับการศึกษาของ Harrison *et al.* (1989), Hill *et al.* (2001) และ Meeske and Basson (1998) แต่ตรงกันข้ามกับผลการศึกษาในอีกหลายรายงานซึ่งพบว่าไซเลจที่หมักปรกติมีปริมาณกรดอะซิติกสูงกว่าไซเลจที่หมักโดยใช้สารเสริม (Whiter and Kung, JR., 2001; Filya *et al*., 2000) สำหรับผลของระยะเวลาในการหมักต่อปริมาณกรดอะซิติกที่เกิดขึ้น พบว่าไซเลจทุกกลุ่มมีปริมาณกรดอะซิติกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากทำการหมักได้เพียง 1 วัน จากนั้นไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาลและเสริมกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จมีระดับกรดดังกล่าวค่อนข้างคงที่จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ในขณะที่กลุ่มที่

หมักโดยวิธีปรกติยังคงมีระดับของกรดอะซิติกเพิ่มขึ้นหลังระยะการหมักที่ 21 และ 45 วัน เนื่องจากไซเลจในกลุ่มนี้ยังคงมีพีเอช ค่อนข้างสูง ทำให้จุลินทรีย์บางชนิด เช่น เอนเทอโรแบคทีเรีย และคลอสตริเดียมเติบโตและสร้างกรดอะซิติกจากผลิตภัณฑ์ของการหมัก เช่น กรดอะมิโน รวมทั้งน้ำตาลที่ยังเหลือในไซเลจขึ้นมาได้ภายใต้สภาวะทีมีอากาศจำกัด (Schlegel, 1987) สอดคล้องกับรายงานของ Filya *et al*. (2000) ซึ่งระบุว่าในสภาวะที่มีออกซิเจนลดลงแบคทีเรียกรดแลคติกจำพวก Homolactic fermentation จะลดลงในขณะที่พวก Heterolactic fermentation จะเพิ่มขึ้น ทำให้มีการผลิตกรดแลคติกและกรดบิวทีริกเพิ่มขึ้น การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าชนิดของไซเลจ ระยะเวลาในการหมัก และอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยมีผลชัดเจนต่อปริมาณกรดอะซิติกที่เกิดขึ้น ($P<0.01$) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดดังกล่าวแสดงในภาพที่ 25

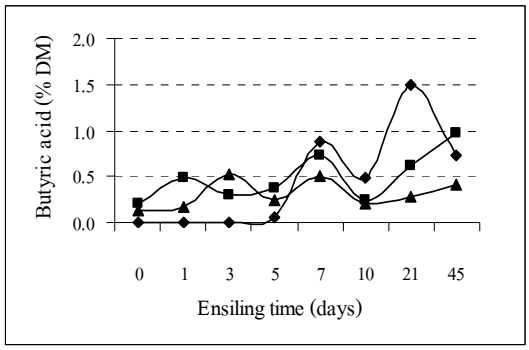


ภาพที่ 25 ผลของหัวเชื้อสำเร็จต่อปริมาณกรดอะซิติกของไซเลจที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน

ไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล
ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล +หัวเชื้อสำเร็จ

6. กรดบิวทีริกและกรดโปรปีโอนิก เกิดจากการหมักของจุลินทรีย์จำพวกคลอสตริเดียม ซึ่งใช้ผลิตภัณฑ์จากการหมักเป็นสับสเตรท (Woolford and Pahlow, 1998) ไซเลจคุณภาพดีอาจตรวจไม่พบกรดเหล่านี้หรือตรวจพบได้ในปริมาณเล็กน้อยโดยเฉพาะกรดบิวทีริกซึ่งไม่ควรมีเกิน 0.5% ของวัตถุแห้ง (Tjandraatmadja, 1989) ไซเลจที่มีปริมาณกรดบิวทีริกสูงแสดงถึงกระบวนการหมักที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งจะส่งผลให้คุณค่าทางโภชนะและความน่ากินลดลง (Kung and Shaver, 1997) ผลการทดลองนี้ พบว่า ไซเลจที่หมักโดยใช้กากน้ำตาล และกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเป็นสารเสริมมีปริมาณกรดบิวทีริกค่อนข้างสูงตลอดระยะการทดลอง ส่วนไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติมีปริมาณกรดบิวทีริกสูงขึ้นเมื่อระยะการหมักยาวนานขึ้น โดยทั่วไปจุลินทรีย์กลุ่มคลอสตริเดียมที่ผลิตกรดบิวทีริกมักเติบโตได้ดีภายใต้สภาพไร้อากาศและมีพีเอชค่อนข้างเป็นกลาง ดังนั้นในไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติซึ่งแม้ว่าระยะการหมักยาวนานขึ้นแต่มีค่าพีเอชสูง จึงทำให้เชื้อดังกล่าวเติบโต

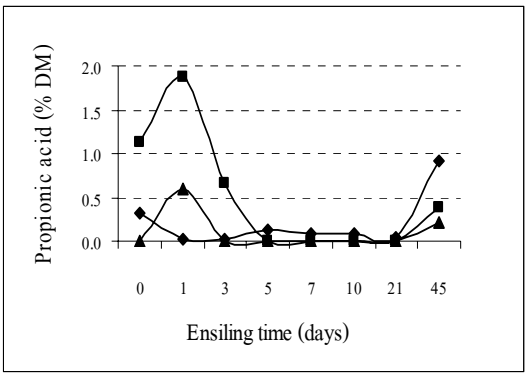
และเปลี่ยนผลิตภัณฑ์จากการหมักไปเป็นกรดบิวทีริกได้ ทำให้ปริมาณกรดสูงขึ้น ส่วนไซเลจกลุ่มที่หมักโดยใช้กากน้ำตาล และกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเป็นสารเสริมมีปริมาณกรดบิวทีริกค่อนข้างสูงตั้งแต่ช่วงแรกของการหมัก อาจเกิดจากจุลินทรีย์จำพวก Saccharolytic clostridium หมักน้ำตาลเฮกโซส และกรดแลคติกให้เป็นกรดบิวทีริก ในขณะที่จุลินทรีย์กลุ่ม Proteolytic clostridium สามารถเปลี่ยนกรดอะมิโน Valine และ Leucine ในไซเลจหรือในสารเสริมให้เป็นกรดบิวทีริกได้ (Woolford and Pahlow, 1998) จึงทำให้มีกรดบิวทีริกเกิดขึ้นได้ค่อนข้างมาก ปริมาณกรดบิวทีริกที่เกิดขึ้นในไซเลจแสดงดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 ผลของหัวเชื้อสำเร็จต่อปริมาณกรดบิวทีริกของไซเลจที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน

ไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล
ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล +หัวเชื้อสำเร็จ

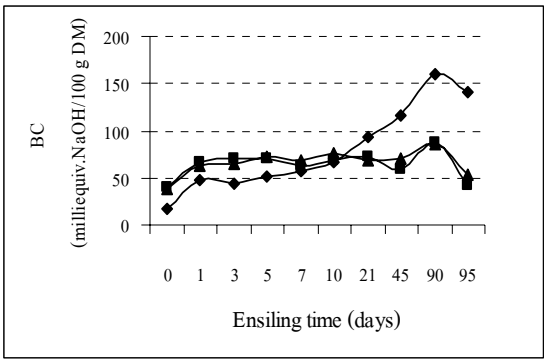
สำหรับกรดโปรปิโอนิกซึ่งตรวจพบปริมาณเล็กน้อย อาจเกิดจากการมีเชื้อจุลินทรีย์จำพวก Proteolytic clostridium เปลี่ยนกรดอะมิโนประเภท Alanine ซึ่งอาจมีจำกัดในพืชอาหารสัตว์และสารเสริมให้เป็นกรดโปรปิโอนิก (Woolford and Pahlow, 1998) จึงทำให้กรดดังกล่าวมีความเข้มข้นต่ำ และตรวจไม่พบในไซเลจบางกลุ่ม ซึ่งถือเป็นข้อได้เปรียบของการหมักพืชอาหารสัตว์ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดโปรปิโอนิกในไซเลจแสดงดังภาพที่ 27



ภาพที่ 27 ผลของหัวเชื้อสำเร็จต่อปริมาณกรดโปรปิโอนิกของไซเลจที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน

ไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล
ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล +หัวเชื้อสำเร็จ

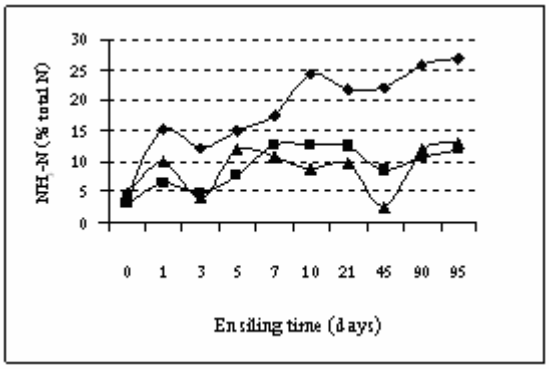
7. บัฟเฟอริงคาปาซิตี (buffering capacity; BC) พืชอาหารสัตว์มีค่า BC สูงจะทำให้ยากต่อการหมัก เนื่องจากสับสเตรทจะถูกใช้เพื่อผลิตกรดโดยเฉพาะกรดแลคติกจำนวนมากจึงจะทำให้พีเอชของไซเลจลดลงในระดับที่พอเพียงต่อการรักษาคุณภาพของไซเลจ ในขณะที่ถ้า BC ในไซเลจมีค่าสูงก็จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชได้ยากเช่นกัน ผลการทดลองครั้งนี้พบว่าชนิดของไซเลจ ระยะเวลาในการหมัก และอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยมีผลอย่างยิ่งต่อค่า BC ($P<0.01$) ไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติมีค่า BC สูงกว่าไซเลจที่หมักโดยใช้กากน้ำตาลและกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเป็นสารเสริมชัดเจน ($P<0.05$) ค่า BC สูงขึ้นรวดเร็วในช่วง 1-3 วันแรกของการหมัก และยังคงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง จากนั้นจึงลดลงในช่วงการทดสอบความคงทนต่อสภาพอากาศ การเพิ่มขึ้นของค่า BC เมื่อระยะการหมักยาวนานขึ้นเป็นผลมาจากกรดอินทรีย์ในพืชสด เช่น Malic, Succinic, Malonic และ Glyceric ซึ่งมีค่าBC ต่ำถูกเปลี่ยนเป็นกรดอินทรีย์ในไซเลจซึ่งมีค่า BC สูงขึ้น โดยเฉพาะกรดกรดบิวทีริกและกรดอะซิติก (Playne and McDonald, 1966) เป็นที่น่าสังเกตว่าไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติมีค่า BC สูงขึ้นมากตั้งแต่วันที่ 45 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง อาจเกิดจากไซเลจดังกล่าวมีปริมาณกรดบิวทีริกและกรดอะซิติกสูงขึ้น ส่วนค่า BC ที่ต่ำลงชัดเจนหลังจากเปิดถุงให้ไซเลจสัมผัสกับอากาศเป็นเวลา 5 วัน เกิดจากแบคทีเรียมีการเติบโตและสร้างกรดแลคติกขึ้น ทำให้สัดส่วนของกรดแลคติกต่อกรดอะซิติกสูงขึ้น ค่า BC จึงต่ำลง อย่างไรก็ตาม Hill *et al.* (2001) พบว่าไซเลจกลุ่มที่หมักโดยเสริมหัวเชื้อมีค่า BC สูงกว่าไซเลจกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นผลมาจากการมีปริมาณกรดบิวทีริกสูงกว่ากลุ่มควบคุมนั่นเอง การเปลี่ยนแปลงของค่า BC ในไซเลจกลุ่มต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 28



ภาพที่ 28 ผลของหัวเชื้อสำเร็จต่อค่า BC ของไซเลจที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน

ไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล
ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล +หัวเชื้อสำเร็จ

8. แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ปริมาณ NH_3-N ในไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติสูงกว่าไซเลจที่หมักโดยใช้กากน้ำตาล และกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเป็นสารเสริมอย่างมาก ($P<0.01$) เนื่องจากพีเอชของไซเลจกลุ่มแรกมีค่าค่อนข้างสูง ทำให้กระบวนการย่อยสลายโปรตีนเกิดขึ้นมาก ผลที่ตามมาคือเชื้อจุลินทรีย์จำพวกคลอสตริเดียมบางชนิดจะเปลี่ยนกรดอะมิโนให้เป็นแอมโมเนียขึ้น (Muck, 1996; Kung, 1997) โดยทั่วไปไซเลจที่มีคุณภาพดีควรมีปริมาณ NH_3-Nไม่เกิน 10%ของไนโตรเจนทั้งหมด (Tjandraatmadja, 1989) ซึ่งใกล้เคียงกับระดับ NH_3-N ของไซเลจที่หมักโดยใช้กากน้ำตาล และกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเป็นสารเสริมในการทดลองครั้งนี้ ในขณะที่ปริมาณ NH_3-N ในไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติมีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนดมาก สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Meeske *et al.* (1999) ซึ่งพบว่าการหมักไซเลจจากหญ้า *Digitaria eriantha* โดยเสริมหัวเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทำให้ปริมาณ NH_3-N ต่ำกว่าไซเลจกลุ่มควบคุม เป็นที่น่าสังเกตว่า หากพีเอชของไซเลจใกล้เคียงกันจะทำให้ปริมาณ NH_3-N มีค่าใกล้เคียงกันด้วย (Bolsen *et al.*, 1992; McAllister *et al.*, 1998; Whiter and Kung, 2001) ด้านระยะเวลาในการหมักพบว่ามีผลอย่างยิ่งต่อปริมาณ NH_3-N ($P<0.01$) โดยค่าดังกล่าวสูงขึ้นชัดเจนเมื่อทำการหมักได้ 1 วันในไซเลจกลุ่มที่หมักโดยวิธีปรกติ จากนั้นจึงค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการหมักยาวนานขึ้น ในขณะที่ไซเลจที่หมักโดยใช้กากน้ำตาลและกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเป็นสารเสริมมีปริมาณ NH_3-N สูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อทำการหมักได้ 1 วัน และเมื่อระยะเวลาการหมักยาวนานออกไปก็ไม่ทำให้ค่าดังกล่าวเปลี่ยนแปลงมากนัก (ภาพที่ 29) แสดงให้เห็นว่าการใช้กากน้ำตาลและกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเป็นสารเสริมในการหมักไซเลจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการหมักได้ชัดเจน

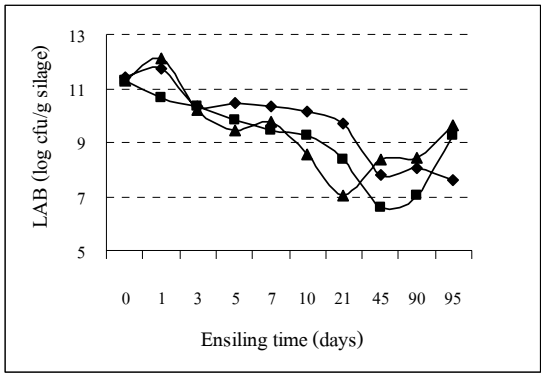


ภาพที่ 29 ผลของหัวเชื้อสำเร็จต่อปริมาณ NH_3-N ของไซเลจที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน

ไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล
ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล +หัวเชื้อสำเร็จ

9. แบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic acid bacteria; LAB) ภายใต้สภาวะขาดอากาศและมีสับสเตรทพอเพียง กรดแลคติกจะถูกผลิตขึ้นโดยแบคทีเรียกรดแลคติก ทำให้ค่าพีเอชของไซเลจลดลงอย่างรวดเร็ว ผลการทดลองครั้งนี้พบว่าไซเลจกลุ่มควบคุมมีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกสูงที่สุด รองลงมาได้แก่กลุ่มที่หมักด้วยกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จ ส่วนไซเลจกลุ่มที่หมักด้วยกากน้ำตาลมีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกต่ำที่สุด ($P<0.01$) ด้านระยะเวลาในการหมักต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกพบว่าไซเลจทุกกลุ่มมีปริมาณเชื้อดังกล่าวไม่แตกต่างกันในวันแรกของการหมัก แม้กระทั่งกลุ่มที่มีการเสริมหัวเชื้อสำเร็จในพืชก่อนการหมักก็ตาม อาจเกิดจากแบคทีเรียกรดแลคติกของหัวเชื้อที่เสริมลงไปผลิตสารบางอย่างไปยับยั้งแบคทีเรียกรดแลคติกที่ปนเปื้อนมากับพืชก่อนการหมัก ทำให้ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมดต่ำลง (Bolsen *et al.*, 1992) การลดลงของปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกในการทดลองครั้งนี้เกิดขึ้นเช่นเดียวกับการศึกษาของ Hristov and McAllister (2002) ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกในไซเลจทุกกลุ่มเพิ่มขึ้นภายหลังการหมักเพียง 1 วัน จากนั้นจึงค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองในไซเลจกลุ่มที่หมักโดยวิธีปรกติ ขณะที่ไซเลจกลุ่มที่มีการเสริมกากน้ำตาลและกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จมีอัตราการลดลงที่มากกว่า อีกทั้งยังพบว่าแบคทีเรียกรดแลคติกมีปริมาณสูงขึ้นภายหลังการเปิดถุงไซเลจออกสู่อากาศ ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกที่ลดลงแตกต่างกันในไซเลจ กลุ่มต่าง ๆ เป็นผลมาจากการมีระดับพีเอชที่แตกต่างกัน Muck (1996) รายงานว่าไซเลจที่มีพีเอชต่ำกว่า 5 จะทำให้การเติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติกส่วนใหญ่ถูกยับยั้ง ดังนั้นไซเลจกลุ่มที่หมักโดยวิธีปรกติซึ่งมีค่าพีเอชค่อนข้างสูงจึงมีแบคทีเรียกรดแลคติกมาก สำหรับการลดลงของแบคทีเรียกรดแลคติกตามระยะเวลาการหมักที่ยาวนานขึ้น นอกจากจะเป็นผลมาจากค่าพีเอชที่ต่ำแล้วยังเกี่ยวข้องกับ

ปริมาณน้ำตาลในไซเลจซึ่งลดต่ำลงอย่างรวดเร็วในช่วง 3 วันแรกของการหมักในกลุ่มที่หมักโดยใช้สารเสริม ในขณะที่ระดับน้ำตาลในไซเลจกลุ่มที่หมักโดยวิธีปรกติมีค่าต่ำตั้งแต่เริ่มการหมักซึ่งเป็นข้อจำกัดในการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์นี้อีกทางหนึ่ง ผลดังกล่าวทำให้แบคทีเรียกรดแลคติกมีอัตราการเติบโตต่ำกว่าอัตราการตาย ส่งผลให้ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกลดลงอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับรายงานของ Whiter and Kung (2001), Bolsen *et al*. (1992) และ Meeske *et al.* (1999) อย่างไรก็ตาม หลังการเปิดถุงไซเลจ ออกสู่อากาศเป็นเวลา 5 วัน พบว่าไซเลจกลุ่มที่หมักโดยใช้สารเสริมมีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกสูงขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการมีพีเอชเพิ่มขึ้นในระดับที่แบคทีเรียกรดแลคติกสามารถเติบโตได้ ทำให้เชื้อดังกล่าวมีปริมาณเพิ่มขึ้น ในขณะที่ไซเลจกลุ่มที่หมักโดยวิธีปรกติมีพีเอชสูง มีปริมาณน้ำตาลต่ำและมีอากาศมาก สภาวะดังกล่าวไม่เหมาะสมต่อการเติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติกจึงทำให้มีปริมาณลดลง การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกในไซเลจ กลุ่มต่าง ๆ ที่ระยะการหมักยาวนานขึ้นแสดงดังภาพที่ 30

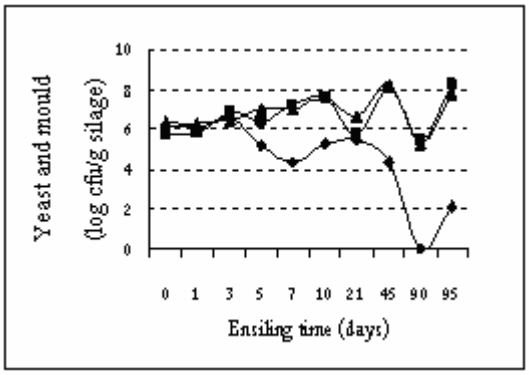


ภาพที่ 30 ผลของหัวเชื้อสำเร็จต่อปริมาณ LAB ของไซเลจที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน

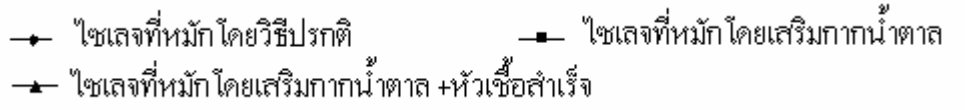
ไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล
ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล +หัวเชื้อสำเร็จ

10 ยีสต์และราเส้นใย ยีสต์ส่วนใหญ่เจริญได้ดีภายใต้สภาพที่มีอากาศ แต่บางชนิดก็สามารถเจริญได้ภายใต้สภาพที่มีอากาศจำกัด ในสภาพไม่มีอากาศยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอธานอล และคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ในสภาพที่มีอากาศยีสต์จะเปลี่ยนกรดแลคติกไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ทำให้ไซเลจมีค่าพีเอชสูงขึ้น (Schlegel, 1987) ส่วนราเส้นใยโดยปกติจะเจริญอยู่ส่วนผิวหน้าของไซเลจ ซึ่งนอกจากจะมีผลเสียโดยทำให้คุณค่าทางโภชนะและความน่ากินของไซเลจต่ำลงแล้วยังทำให้มีผลเสียต่อสุขภาพของคนและสัตว์อีกด้วย (May, 1993) ผลการทดลองครั้งนี้พบว่าไซเลจที่หมักโดยใช้กากน้ำตาลและกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเป็นสาร

เสริมมีปริมาณยีสต์และราเส้นใยไม่แตกต่างกัน (P>0.05) แต่มีปริมาณสูงกว่าไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติชัดเจน เนื่องจากไซเลจ 2 กลุ่มแรกมีปริมาณน้ำตาลสูงกว่า ซึ่งโดยทั่วไปยีสต์และราเส้นใยมักใช้น้ำตาลมากกว่าผลิตภัณฑ์จากการหมักเป็นแหล่งคาร์บอนในการเติบโต (Woolford and Pahlow,1998) ยีสต์และราเส้นใยมีปริมาณค่อนข้างคงที่เมื่อระยะเวลาในการหมักยาวนานขึ้น แต่ลดลงอย่างมากเมื่อทำการหมักได้ 90 วัน ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากการมีระดับกรดอะซิติกสูง เพราะกรดชนิดนี้ทำให้อัตราการอยู่รอดของเชื้อยีสต์ลดลง (Oude Elferink *et al.*, 2004) อย่างไรก็ตาม การทดลองครั้งนี้ไม่สามารถวัดปริมาณกรดอะซิติกในตัวอย่างไซเลจที่อายุการหมักนี้ได้เนื่องจากตัวอย่างเสียหาย แต่อาจเชื่อมโยงกับค่า BC ได้ โดยค่าดังกล่าวจะสูงขึ้นเมื่อมีปริมาณกรดอะซิติกสูงขึ้น (Playne and McDonald, 1966) ซึ่งที่ระยะการหมักในช่วงนี้ ไซเลจมีค่า BC สูงที่สุด หลังจากเปิดถุงหมักให้ไซเลจสัมผัสกับอากาศเป็นเวลา 5 วัน พบว่าปริมาณยีสต์และราเส้นใยกลับเพิ่มสูงขึ้นอีกอย่างมากเนื่องจากไซเลจยังคงมีปริมาณ WSC สูง มีปริมาณอากาศมาก และมีค่าพีเอชสูงขึ้น ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเติบโตของยีสต์และราเส้นใย สอดคล้องกับรายงานของ Meeske *et al.* (1999) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณยีสต์และราเส้นใยในไซเลจกลุ่มต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 31

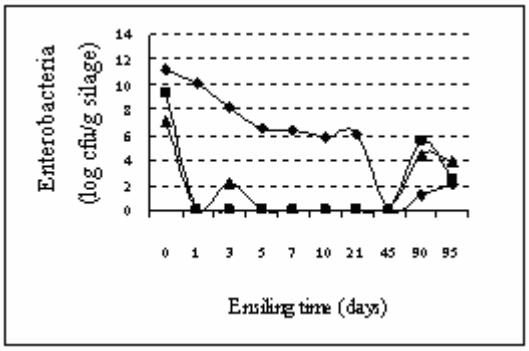


<u>ภาพที่ 31</u> ผลของหัวเชื้อสำเร็จต่อปริมาณยีสต์และราเส้นใยของไซเลจที่ระยะการหมักแตกต่างกัน



11. เอนเทอโรแบคทีเรีย เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการในไซเลจเนื่องจากจะไปแข่งขันการใช้น้ำตาลกับแบคทีเรียกรดแลคติกซึ่งจะทำให้ปริมาณน้ำตาลไม่เพียงพอต่อการสร้างกรดแลคติกที่จะทำให้ค่าพีเอชต่ำลง นอกจากนี้จุลินทรีย์เหล่านี้ยังย่อยสลายโปรตีนซึ่งนอกจากจะทำให้มีคุณค่าทางโภชนะต่ำแล้วยังอาจก่อให้เกิดสารประกอบที่เป็นพิษ เช่น Biogenic amines (Woolford, 1984) โดยทั่วไปจะพบเชื้อชนิดนี้มากในช่วง 5 วันแรกของการหมัก หลังจากนั้นจำนวนเชื้อจะลดลงอย่าง

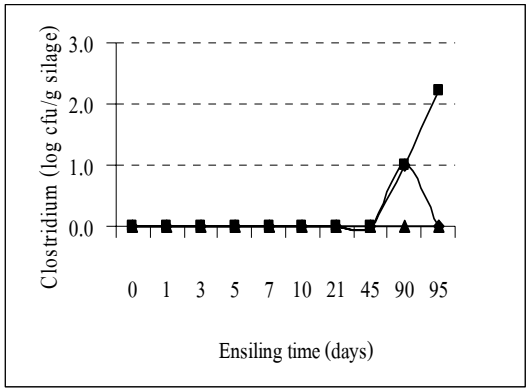
มากเนื่องจากสภาพการขาดอากาศและมีค่าพีเอชต่ำลง (Woolford and Pahlow, 1998) ผลการทดลองครั้งนี้พบว่าไซเลจที่หมักโดยใช้กากน้ำตาลและกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเป็นสารเสริมมีปริมาณเอนเทอโรแบคทีเรียลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งไม่สามารถตรวจพบได้ที่ความเข้มข้น 10^{-2}cfu/g ของไซเลจ ภายหลังการหมักเพียง 1 วัน แล้วคงปริมาณไปจนกระทั่งการหมักไปได้ 45 วัน จากนั้นปริมาณเชื้อในไซเลจกลุ่มดังกล่าวจะสูงขึ้นอีกภายหลังการหมักเป็นเวลา 90 วัน และช่วงการเปิดถุงให้ไซเลจสัมผัสกับอากาศนาน 5 วัน ส่วนไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ปริมาณเอนเทอโรแบคทีเรียจะค่อย ๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งการหมักได้ 45 วัน จึงตรวจพบเชื้อชนิดนี้เพียงเล็กน้อย หรือตรวจไม่พบที่ 10^{-2} cfu/g ของไซเลจ การลดลงของปริมาณเอนเทอโรแบคทีเรียในลักษณะดังกล่าวนี้เกิดขึ้นเช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Meeske and Basson (1998) และ Whiter and Kung, JR. (2001) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้สารเสริมในการหมักไซเลจทำให้ปริมาณเอนเทอโรแบคทีเรียลดลงได้รวดเร็วและมากกว่าการไม่ใช้สารเสริม Muck (1996) รายงานว่า เอนเทอโรแบคทีเรียมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นกรดอะซิติก ดังนั้นถ้าไซเลจมีจุลินทรีย์กลุ่มนี้มากก็จะเป็นเหตุให้มีค่าพีเอชสูง และเมื่อไซเลจมีค่าพีเอชสูงภายใต้สภาพที่ไม่มีอากาศหรือมีอากาศเล็กน้อยจะส่งผลให้เชื้อเอนเทอโรแบคทีเรียมีการเจริญต่อไปได้ซึ่งจะเป็นผลลบต่อคุณภาพของไซเลจ ผลการทดลองครั้งนี้จะเห็นว่าเมื่อระยะการหมักยาวนานขึ้นถึง 90 วันและช่วงหลังการทดสอบความคงทนต่อสภาพอากาศของไซเลจ ปริมาณเชื้อชนิดนี้จะสูงขึ้น อาจเป็นผลมาจากการมีอากาศเนื่องจากข้อจำกัดของถุงหมักและการมีอากาศมากขึ้นในช่วงการทดสอบการทนต่อสภาพอากาศ ประกอบกับการมีค่าพีเอชที่ค่อนข้างสูงในช่วงนี้จึงทำให้ปริมาณเชื้อชนิดนี้กลับมาเติบโตได้อีก การเปลี่ยนแปลงของปริมาณเอนเทอโรแบคทีเรียในไซเลจกลุ่มต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 32



ภาพที่ 32 ผลของหัวเชื้อสำเร็จต่อปริมาณเอนเทอโรแบคทีเรียของไซเลจที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน

— ไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ — ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล
— ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล +หัวเชื้อสำเร็จ

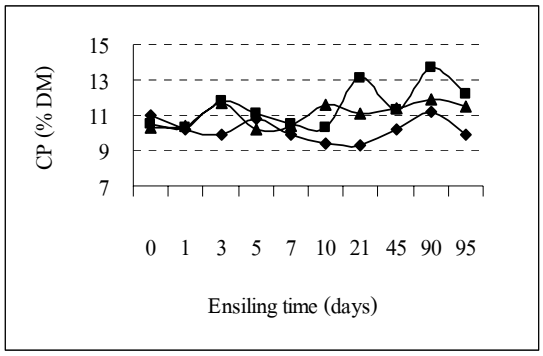
12. คลอสตริเดียม เป็นจุลินทรีย์ที่เติบโตได้ดีภายใต้สภาพไร้อากาศ และมีพีเอชเป็นกลาง การรักษาไซเลจให้มีพีเอชต่ำจะช่วยยับยั้งการเติบโตของเชื้อชนิดนี้ได้ คลอสตริเดียมจะเปลี่ยนน้ำตาลและกรดอะมิโนให้เป็นกรดบิวทีริกและสารเอมีนต่าง ๆ ซึ่งไม่ต้องการในไซเลจ (Woolford and Pahlow, 1998) โดยปรกติไซเลจจะมีปริมาณเชื้อชนิดนี้ต่ำกว่าเชื้อชนิดอื่นๆ เช่นเดียวกับผลการทดลองครั้งนี้ซึ่งตรวจไม่พบเชื้อคลอสตริเดียมที่อัตราการเจือจางที่ 10^{-2}cfu/g ของไซเลจ ยกเว้นในช่วงหลังการทดสอบความทนต่อสภาพอากาศซึ่งมีปริมาณเพียงเล็กน้อย เนื่องจากไซเลจมีค่าพีเอชที่สูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอสตริเดียมในไซเลจกลุ่มต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 33



ภาพที่ 33 ผลของหัวเชื้อสำเร็จต่อปริมาณคลอสตริเดียมของไซเลจที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน

ไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล
ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล +หัวเชื้อสำเร็จ

13. โปรตีนรวม (crude protein; CP) พบว่าไซเลจที่หมักโดยใช้กากน้ำตาล และกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกเป็นสารเสริมมี CP สูงกว่าไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ($P<0.05$) อาจเนื่องจากกากน้ำตาลมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบประมาณ 3% (Curtin, 1983) ดังนั้นไซเลจที่มีการเสริมกากน้ำตาลจึงมี CP สูงขึ้น อย่างไรก็ตาม รายงานการศึกษาทีผ่านมาส่วนใหญ่ พบว่าไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ และหมักโดยการเสริมหัวเชื้อไม่ทำให้ปริมาณ CP แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Kent *et al.*, 1989; Meeske and Basson, 1998) ด้านระยะเวลาในการหมัก พบว่าไม่มีผลทำให้ปริมาณ CP ในไซเลจเปลี่ยนแปลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Hill *et al.* (2001) ซึ่งพบว่าการเสริมหัวเชื้อ *Steptomyces acromogenes* ในพืชก่อนการหมักไม่ทำให้ปริมาณ CP เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อระยะเวลาในการหมักยาวนานถึง 60 วัน การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ CP ของไซเลจกลุ่มต่าง ๆ แสดงในภาพที่ 34

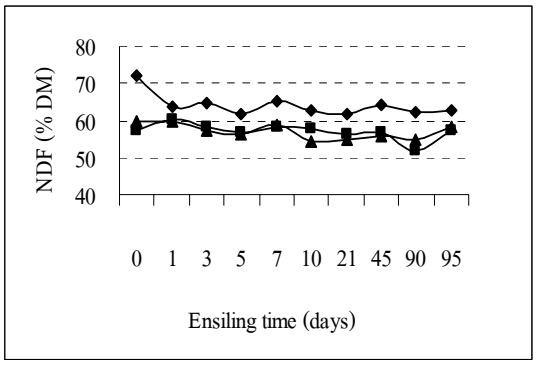


ภาพที่ 34 ผลของหัวเชื้อสำเร็จต่อปริมาณโปรตีนรวมของไซเลจที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน

ไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล
ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล +หัวเชื้อสำเร็จ

14. ปริมาณผนังเซลล์ (neutral detergent fiber; NDF) ประกอบไปด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน ซิลิก้า คิวติน และโปรตีนที่ติดอยู่กับผนังเซลล์ (อังคณา และ ดวงสมร, 2532) โภชนะส่วนนี้สัตว์กระเพาะรวมใช้ประโยชน์ได้ค่อนข้างมากโดยผ่านกระบวนการของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน แต่มีข้อจำกัดในการย่อยโดยน้ำย่อยหรือเอนไซม์จากตัวสัตว์ ดังนั้นไซเลจที่ดีจึงควรมีปริมาณ NDF ต่ำ ผลการทดลองครั้งนี้ พบว่าไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติมี NDF สูงกว่าไซเลจที่หมักโดยใช้กากน้ำตาล และกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเป็นสารเสริม ทั้งนี้เกิดจากไซเลจที่หมักโดยใช้สารเสริม มีพีเอชต่ำลงในระดับที่จะรักษาสภาพของไซเลจไว้ได้รวดเร็ว ประกอบกับกากน้ำตาลไม่มีองค์ประกอบของ NDF ทำให้ไซเลจดังกล่าวมีปริมาณ NDF ต่ำ ในขณะที่ไซเลจกลุ่มที่หมักโดยวิธีปรกติจุลินทรีย์จะใช้น้ำตาลซึ่งเป็นส่วนประกอบของเซลล์พืชในการเติบโตและแสดงกิจกรรม ทำให้เหลือปริมาณของ NDF ในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Keskin *et al.* (2005) ซึ่งพบว่าการเสริมยูเรียร่วมกับกากน้ำตาล 4%ในพืชก่อนการหมักทำให้ปริมาณ NDF ในไซเลจลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เช่นเดียวกับรายงานของ Hill *et al.* (2001) และ Man and Wiktorsson (2005) ที่แสดงให้เห็นว่าการเสริมกากน้ำตาลในพืชก่อนการหมักไซเลจทำให้ปริมาณ NDF ลดลง อย่างไรก็ตาม ผลดังกล่าวเกิดขึ้นในทางตรงกันข้ามกับการศึกษาของ Meeske *et al.* (2002) ที่พบว่า ปริมาณ NDF ในไซเลจกลุ่มที่เสริมหัวเชื้อไม่แตกต่างไปจากไซเลจปรกติ ซึ่งแสดงถึงเยื่อใยไม่ถูกย่อย เช่นเดียวกับการศึกษาของ Moshtaghi Nia and Wittenberg (1999) ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้หัวเชื้อ และหัวเชื้อร่วมกับเอนไซม์ย่อยสลายในการหมักไซเลจจากบาร์เลย์ซึ่งไม่ทำให้ปริมาณ NDF แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ ยังมีรายงานจำนวนมากที่แสดงให้เห็นว่า การเสริมหัวเชื้อในการหมักไซเลจไม่ทำให้ปริมาณ NDF ลดลง (McAllister *et al.*, 1998; Meeske *et al.*, 1999) สำหรับระยะเวลาในการ

หมักพบว่า ปริมาณ NDF ลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักยาวนานขึ้น Hill *et al.* (2001) รายงานว่า ไซเลจที่เสริมหัวเชื้อ *Steptomyces. achromogenes* มีปริมาณ NDF ลดลงในระยะเวลาของการหมัก 60 วัน ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีปริมาณไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการย่อยสลายโดยเอนไซม์ Extracellular peroxidase และ Hemicellulase ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นหัวเชื้อ การเปลี่ยนแปลงปริมาณ NDF ใน ไซเลจกลุ่มต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 35

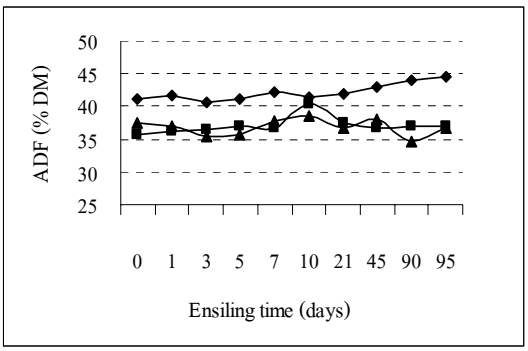


ภาพที่ 35 ผลของหัวเชื้อสำเร็จต่อปริมาณ NDF ของไซเลจที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน

ไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล
ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล +หัวเชื้อสำเร็จ

15. ปริมาณลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber; ADF) ประกอบไปด้วย เซลลูโลส ลิกนิน เคราติน ซิลิก้า และ สารประกอบไนโตรเจนที่มีลิกนินแทรกอยู่ (อังคณา และ ดวงสมร, 2532) ADF ถูกย่อยได้ยากโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของสัตว์ ดังนั้นเมื่ออาหารหยาบมีปริมาณ ADF สูงขึ้นจึงหมายถึงอาหารหยาบนั้นมีคุณภาพต่ำลง ผลการทดลองครั้งนี้พบว่าไซเลจที่หมักโดยใช้กากน้ำตาล และกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเป็นสารเสริมมีปริมาณ ADF ต่ำกว่าไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ($P<0.01$) ซึ่งมีเหตุผลเช่นเดียวกับปริมาณ NDF ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว คือ พืชที่หมักโดยใช้สารเสริมมีพีเอชต่ำลงในระดับที่จะรักษาสภาพของไซเลจไว้ได้ดีกว่าพืชที่หมักโดยวิธีปรกติ ประกอบกับน้ำตาลที่เป็นส่วนประกอบในเซลล์พืชถูกจุลินทรีย์ชนิดต่างๆนำไปใช้ทำให้เหลือส่วนที่เป็น ADF ในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น และการที่กากน้ำตาลไม่มีองค์ประกอบของ ADF จึงทำให้ส่วนประกอบนี้ในไซเลจที่หมักโดยใช้สารเสริมมีค่าต่ำ สำหรับผลของระยะเวลาในการหมักต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ ADF พบว่า ไซเลจกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาลมีปริมาณ ADF ที่ค่อย ๆ สูงขึ้นตลอดระยะเวลาในการหมัก เช่นเดียวกับการศึกษาของ Hill *et al.* (2001) ที่พบว่า ADF ของไซเลจทั้งกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมหัวเชื้อมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการ

หมักยาวนานออกไปถึง 60 วัน ปริมาณ ADF ในไซเลจแต่ละชนิดที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน แสดงดังภาพที่ 36



ภาพที่ 36 ผลของหัวเชื้อสำเร็จต่อปริมาณ ADF ของไซเลจที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน

ไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล
ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล +หัวเชื้อสำเร็จ

3.4 ผลของหัวเชื้อสำเร็จต่อการสลายได้ของวัตถุแห้งของไซเลจในกระเพาะรูเมน

เนื่องจากยังไม่ทราบแน่ชัดว่ากรรมวิธีการหมักและอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานออกไปจะส่งผลต่อคุณภาพโดยเฉพาะการสลายได้ของวัตถุแห้งของไซเลจหรือไม่ ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงศึกษาถึงการสลายได้ของวัตถุแห้งในหญ้าสด และไซเลจชนิดต่าง ๆ รวมทั้งระดับพีเอช และความเข้มข้นของNH_3-Nในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับอาหารหยาบแตกต่างกัน โดยนำหญ้าเนเปียร์แคระที่มีอายุ 75-90 วัน และไซเลจที่หมักแตกต่างกัน 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 หมักแบบปรกติ (S-1), กลุ่มที่ 2 หมักโดยเสริมกากน้ำตาล 3.6% (S-2), และกลุ่มที่ 3 หมักโดยเสริมกากน้ำตาล 3.6%ร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จ 10^6 cfu/กรัมของพืชสด (S-3) ที่ระยะการการหมัก 0, 3, 7, 21, 45, 90 และ 95 วัน มาหาการสลายได้ของปริมาณวัตถุแห้ง ซึ่งได้ผลการทดลอง ดังนี้

1. ความเข้มข้นของ NH_3-N และ พีเอชในกระเพาะรูเมน

ความเข้มข้นของ NH_3-N และ พีเอชในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับอาหารหยาบกลุ่มต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ปริมาณ NH_3-N และพีเอช ในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับอาหารหยาบกลุ่มต่าง ๆ

พารามิเตอร์	ชนิดของอาหารหยาบ				ระยะเวลาหลังให้อาหารข้น (ชั่วโมง)			ระดับนัยสำคัญของปัจจัย[1/]		
	หญ้าสด	S-1	S-2	S-3	0	4	8	ชนิดของหญ้า	ระยะเวลา	อิทธิพลร่วม
NH_3-N (mg%)	16.356	13.145	8.878	16.117	16.908[a]	10.093[b]	13.871[ab]	ns	*	ns
pH	6.652	6.637	6.438	6.671	6.466[b]	6.640[a]	6.692[a]	ns	**	ns

[1/] ns = P>0.05, * = P<0.05, ** =P<0.01

[abc]อักษรกำกับในแถวนอนภายใต้ปัจจัยหลักในพารามิเตอร์เดียวกันต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

1.1 NH_3-N

NH_3-N เป็นแหล่งไนโตรเจนที่จะถูกนำไปใช้สังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยทั่วไป NH_3-Nในกระเพาะรูเมนของสัตว์เหล่านี้ได้จากการสลายโปรตีนและกรดอะมิโน ซึ่งในกรณีของสัตว์เลี้ยงที่ให้ผลผลิตทางเศรษฐกิจอาจจะมีโภชนะดังกล่าวไม่พอเพียง จึงมีการเสริมแหล่งไนโตรเจนอื่น ๆ ลงไปในอาหารสัตว์ซึ่งต่อมาจะถูกเปลี่ยนเป็นโปรตีนโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ปริมาณ NH_3-N ในกระเพาะรูเมนปกติอยู่ในช่วง 3-8 mg% ซึ่งจะทำให้การสังเคราะห์โปรตีนได้ผลดี (เทอดชัย, 2532) การทดลองครั้งนี้ พบว่าปริมาณ NH_3-N ในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้าสดและไซเลจที่หมักโดยใช้กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเป็นสารเสริมมีค่าสูงกว่าปริมาณ NH_3-N ที่เหมาะสมดังรายงานที่กล่าวข้างต้นและสูงกว่าโคที่ได้รับไซเลจปกติและไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง (P>0.05)

อย่างไรก็ตาม Grummer *et al*. (1984) พบว่า ปริมาณ NH_3-N ในช่วง 4.8-17.3 mg% ไม่มีผลต่อการสลายได้ของไนโตรเจน และวัตถุแห้งของอาหาร ในขณะที่ เทอดชัย (2532) รายงานว่าปริมาณ NH_3-N ที่สูงขึ้น ไม่ส่งผลให้จุลินทรีย์สังเคราะห์โปรตีนได้มากขึ้นแต่อย่างใด ผลของระยะเวลาหลังการให้อาหารข้นต่อปริมาณ NH_3-N ในกระเพาะรูเมนของโค พบว่าโคที่ได้รับหญ้าสดและไซเลจทุกชนิดมีปริมาณ NH_3-N หลังการได้รับอาหารข้นสูงขึ้น แต่จะลดต่ำลงเมื่อเวลา

ยาวนานออกไปประมาณ 4 ชั่วโมง จากนั้นจึงมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยที่เวลาหลังให้อาหารข้น 8 ชั่วโมง ($P<0.05$) ยกเว้นโคที่ได้รับไซเลจที่หมักโดยเสริมด้วยกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จที่มีค่าสูงขึ้นมากในเวลาดังกล่าว Grummer *et al.* (1984) รายงานว่าปริมาณ NH_3-N จะลดลงจาก 46 mg% เหลือเพียง 3 mg%หลังจากโคได้รับอาหารที่เสริมยูเรียในเมล็ดธัญพืชหรือหญ้าหมักเมื่อระยะเวลาหลังให้อาหารยาวนานออกไป แสดงให้เห็นว่า โปรตีนหรือสารประกอบไนโตรเจนถูกสลายให้เป็นแอมโมเนียได้เร็วในกระเพาะรูเมน จากนั้นแอมโมเนียจะถูกนำไปใช้ และบางส่วนจะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะเข้าสู่กระแสเลือด การที่ปริมาณ NH_3-N สูงขึ้นเล็กน้อยหลังให้อาหารข้นที่เวลา 8 ชั่วโมงในการศึกษาครั้งนี้ เป็นผลจากการให้อาหารหยาบเพิ่มในช่วงเวลาประมาณ 13 นาฬิกา ซึ่งเป็นการปฏิบัติเพื่อให้โคได้รับอาหารหยาบเต็มที่ ปริมาณ NH_3-N ในกระเพาะรูเมนของโคทดลองแสดงในตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ปริมาณ NH_3-Nในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้าสดและไซเลจที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

หญ้าสดและไซเลจ	NH_3-N (mg%)		
	ระยะเวลาหลังให้อาหารข้น (ชั่วโมง)		
	0	4	8
หญ้าสด	20.265	14.085	14.718
ไซเลจกลุ่มที่ 1	16.803	9.050	13.583
ไซเลจกลุ่มที่ 2	10.833	7.318	8.485
ไซเลจกลุ่มที่ 3	19.733	9.918	18.700
CV (%)	35.37	55.48	65.82

1.2 พีเอช

โดยทั่วไปของเหลวในกระเพาะรูเมน (ruminal fluid; RF) มีพีเอชอยู่ระหว่าง 5.5-7.0 ความผันแปรของพีเอชขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณอาหารที่สัตว์กิน การทดลองครั้งนี้พบว่า RF ของโคที่ได้รับอาหารหยาบชนิดต่าง ๆ มีระดับพีเอชไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดย มีค่าอยู่ระหว่าง 6.26-6.86 Tucker (2000) รายงานว่าพีเอชของ RF ที่มีค่าประมาณ 6.1 จะมีผลทำให้การย่อยสลายอาหารเยื่อใยได้ดี จากผลการทดลองนี้จึงอาจกล่าวได้ว่าระดับพีเอช

ของ RF ของโคทดลองอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อสภาวะการย่อยอาหาร การที่พีเอชของRF มีค่าต่ำในช่วงแรกหลังการให้อาหารเช้า ($P<0.01$) เกิดจากการให้โคได้รับอาหารข้น จากนั้นค่าพีเอชเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและคงระดับจนกระทั่งถึงเวลาก่อนการให้อาหารตอนเย็น จะเห็นว่าพีเอชเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบ ๆ เนื่องจากโคได้รับอาหารข้นในปริมาณจำกัด (0.5 %BW) แต่ได้รับหญ้าสดหรือหญ้าหมักเต็มที่ทำให้โคผลิตน้ำลายออกมาจำนวนมากในขณะเคี้ยวอาหารและเคี้ยวเอื้อง ซึ่งน้ำลายนี้จะถูกกลืนลงสู่กระเพาะรูเมน และเนื่องจากน้ำลายมีสมบัติเป็นบัพเฟอร์สูง จึงไปต้านการเปลี่ยนแปลงพีเอชของ RF ได้มาก ทำให้พีเอช มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมาก ดังตารางที่ 27

ตารางที่ 27 พีเอช ในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้าสดและไซเลจที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

หญ้าสดและไซเลจ	พีเอช		
	ระยะเวลาหลังให้อาหารข้น (ชั่วโมง)		
	0	4	8
หญ้าสด	6.58	6.56	6.82
ไซเลจกลุ่มที่ 1	6.43	6.86	6.62
ไซเลจกลุ่มที่ 2	6.26	6.43	6.62
ไซเลจกลุ่มที่ 3	6.59	6.71	6.72
C.V. (%)	2.68	4.19	4.86

2. การสลายได้ของวัตถุแห้งของอาหารทดลอง

การสลายได้ของวัตถุแห้งของอาหารทดลองแสดงในตารางที่ 28

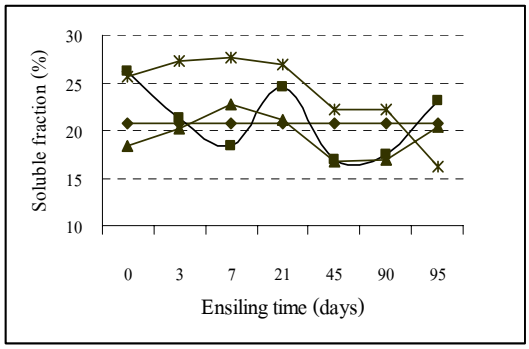
2.1 Soluble fraction (a) เป็นค่าที่จุดตัดแกน Y ในการพลอตกราฟการสลายได้ที่เวลาการบ่มตัวอย่างในกระเพาะรูเมน 0 ชั่วโมง ถ้าหาก a มีค่าสูงแสดงถึงการมีส่วนที่ละลายได้ง่ายและส่วนที่เป็นอนุภาคขนาดเล็กซึ่งสามารถหลุดรอดออกจากถุงไนล่อนได้จำนวนมาก การทดลองครั้งนี้พบว่าหญ้าสดและหญ้าหมักทุกชนิดมีค่า a ค่อนข้างสูงและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นเดียวกับระยะเวลาการหมักที่ยาวนานออกไปของหญ้าหมักแต่ละชนิดก็ไม่ส่งผลให้ค่า a แตกต่างกัน (ภาพที่ 37) การที่ค่า a ของไซเลจกลุ่มต่าง ๆ ที่ระยะการหมักแตกต่างกันมีค่าสูงแสดงถึงส่วนที่ไม่ละลายน้ำของหญ้าดังกล่าวจะถูกย่อยในกระเพาะรูเมนได้เร็ว ซึ่งอาจเกิดจากหญ้า

หมักถูกย่อยบางส่วนโดยสภาพความเป็นกรดของพืชหมักเอง รวมทั้งการมีสภาพแวดล้อมในกระเพาะรูเมน ทั้งระดับ NH_3-N และค่าพีเอชที่เหมาะสมซึ่งรายงานไว้แล้วตอนต้น อย่างไรก็ตาม ค่า a ในการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับค่า a ของหญ้าเนเปียร์ที่หมักแบบต่าง ๆ ซึ่งศึกษาโดย องอาจ (2545) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 16.66-24.16%

ตารางที่ 28 การสลายได้ของวัตถุแห้งของหญ้าสดและไซเลจกลุ่มต่าง ๆ ที่ระยะการหมักแตกต่างกัน

	การสลายได้ (%)					
ชนิดของหญ้า	a	b	c	P	ED[1/]	Lag Phase (h)
หญ้าสด	20.65	49.6[b]	0.021[b]	67.53[c]	46.09[d]	1.866[c]
ไซเลจกลุ่มที่ 1	21.09	52.63[b]	0.036[a]	76.72[b]	51.88[c]	5.765[b]
ไซเลจกลุ่มที่ 2	19.44	60.76[a]	0.037[a]	80.20[a]	59.21[a]	9.579[a]
ไซเลจกลุ่มที่ 3	24.02	55.81[b]	0.04[a]	79.83[a]	57.94[b]	5.184[b]
อายุการหมัก (วัน)						
0	22.73	53.74	0.034	76.46	52.38	5.591[ab]
3	22.32	53.21	0.037	75.53	54.04	4.285[bc]
7	22.35	52.75	0.034	75.10	54.63	7.807[a]
21	23.26	53.47	0.032	76.73	54.90	3.332[c]
45	19.13	53.66	0.035	72.78	53.45	5.351[ab]
90	19.25	55.97	0.031	75.21	53.44	7.268[a]
95	20.06	55.37	0.034	75.42	53.62	5.550[ab]
อิทธิพลของชนิดหญ้า	ns	*	*	*	**	**
อิทธิพลของอายุการหมัก	ns	ns	ns	ns	ns	**
อิทธิพลร่วม	ns	ns	ns	ns	**	**

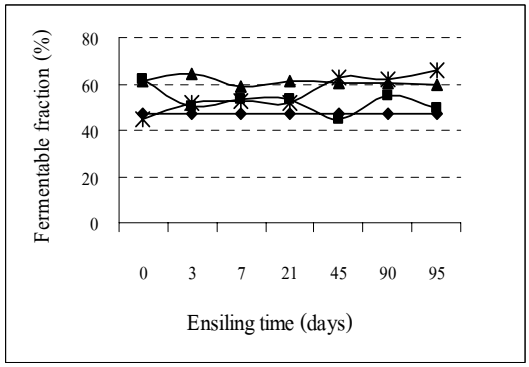
หมายเหตุ a = Soluble fraction, b = Fermentable fraction, c = Degradation rate,
P = Potential degradability, ED = Effective degradability
[1/] เมื่ออัตราการไหลผ่านของอาหารในกระเพาะรูเมน = 0.02 h^{-1}
ns = P>0.05, * = P<0.05, ** = P<0.01,
[abc] อักษรกำกับในแถวตั้งภายใต้อิทธิพลหลักเดียวกันแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 37 ปริมาณส่วนที่ละลายได้ของหญ้าสดและไซเลจกลุ่มต่าง ๆ ที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน

หญ้าสด ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล
ไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล +หัวเชื้อสำเร็จ

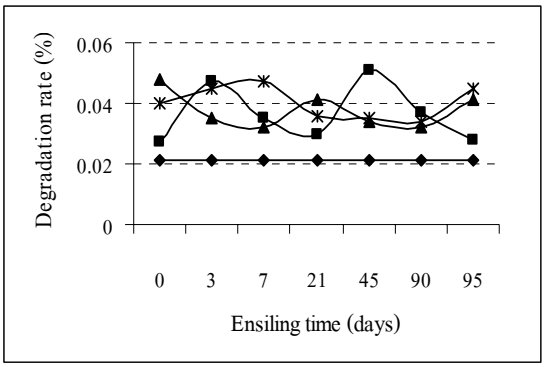
2.2 Fermentable fraction (b) เป็นส่วนที่ไม่ละลายแต่จะถูกหมักหรือถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ดังนั้นการสลายได้ของวัตถุแห้งส่วนนี้นอกจากจะขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารทดลองแล้วยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมภายในกระเพาะรูเมนด้วย ซึ่งเป็นผลมาจากการให้อาหารและการจัดการเป็นหลัก ค่า b ของไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาลมีค่าสูงกว่าไซเลจกลุ่มอื่น ๆ ($P<0.05$) ในขณะที่ ค่า b ของหญ้าสดมีแนวโน้มต่ำกว่าไซเลจทุกกลุ่ม (ภาพที่ 38) ทั้งนี้อาจเกิดจากหญ้าหมักมีโครงสร้างของเซลล์ที่เกาะกันได้อย่างเหนียวแน่นน้อยกว่าหญ้าสด ซึ่งง่ายต่อการย่อยโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ด้านระยะเวลาการหมักพบว่าไม่มีอิทธิพลใด ๆ ต่อการสลายได้ของวัตถุแห้งของส่วนที่หมักได้ ($P> 0.05$)



ภาพที่ 38 ปริมาณส่วนที่หมักได้ของหญ้าสดและไซเลจกลุ่มต่าง ๆ ที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน

หญ้าสด ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล
ไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล +หัวเชื้อสำเร็จ

2.3 Degradation rate (c) เป็นอัตราการสลายตัวของส่วนที่หมักได้ในกระเพาะรูเมนผล การทดลองพบว่า หญ้าสดมีค่า c ต่ำกว่าไซเลจทุกชนิด ในขณะที่ไซเลจที่หมักโดยวิธีต่าง ๆ มีค่าไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ส่วนระยะเวลาในการหมักและอิทธิพลร่วมของชนิดอาหารหยาบและระยะเวลาในการหมักไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า c (P>0.05) การที่ค่า c ของไซเลจทุกชนิดสูงกว่าหญ้าสดอาจเนื่องจากไซเลจถูกย่อยสลายบางส่วนก่อนที่จะถูกย่อยในกระเพาะรูเมน ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Man and Wiktorsson (2004) ซึ่งพบว่าหญ้ากินนีที่หมักโดยวิธีปรกติและหมักโดยเสริมกากน้ำตาล 6% ทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงกว่าหญ้าที่ไม่ได้ทำการหมัก (P>0.05) อย่างไรก็ตาม องอาจ (2545) พบว่าหญ้าเนเปียร์ซึ่งหมักโดยกรรมวิธีต่าง ๆ มีค่า c ไม่ต่างจากหญ้าเนเปียร์ที่ไม่ได้ทำการหมัก (P>0.05) ยกเว้นหญ้าเนเปียร์ที่หมักโดยเสริมมันเส้น 5% ซึ่งทำให้ค่า c สูงกว่าหญ้าหมักกลุ่มอื่น ๆ และหญ้าเนเปียร์ที่ไม่ได้ทำการหมัก (P<0.05) การเปลี่ยนแปลงค่า c ของหญ้าเนเปียร์สดและหญ้าเนเปียร์หมักในการทดลองครั้งนี้แสดงดังภาพที่ 39

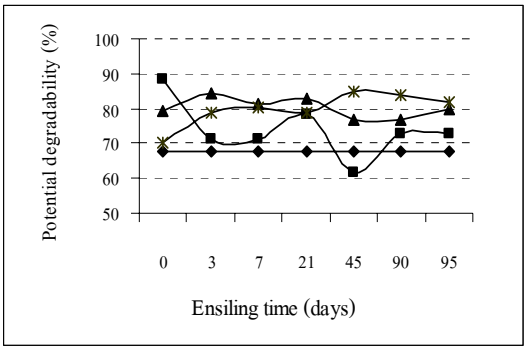


ภาพที่ 39 อัตราการสลายตัวของส่วนที่หมักได้ของหญ้าสดและไซเลจกลุ่มต่าง ๆ ที่ระยะเวลาการหมักแตกต่าง กัน

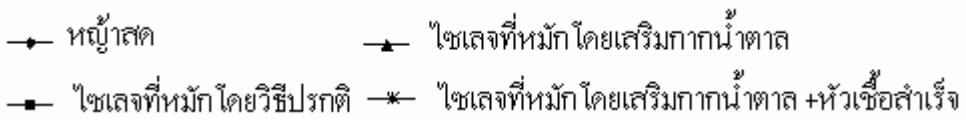
หญ้าสด
ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล
ไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ
ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล +หัวเชื้อสำเร็จ

2.4 Potential degradability (P) เป็นผลรวมของค่า a และ b ถ้าค่านี้สูง แสดงถึงอาหารถูกสลายในกระเพาะรูเมนได้มาก การทดลองครั้งนี้พบว่าหญ้าสดมีค่า P ต่ำที่สุด รองลงมาได้แก่ไซเลจที่หมักแบบปรกติ ในขณะที่ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาลมีค่าสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากไซเลจที่หมักโดยใช้กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเป็นสารเสริม (P>0.05) การที่หญ้าสดและไซเลจที่หมักปรกติมีค่าดังกล่าวต่ำกว่าไซเลจที่หมักโดยใช้สารเสริม เนื่องจากมีค่า a ใกล้เคียงกัน แต่มีส่วนที่ถูกสลายในกระเพาะรูเมนต่ำกว่า จึงทำให้ค่า P ต่ำตามไปด้วย เช่นเดียวกับระยะเวลาในการหมักซึ่งไม่มีอิทธิพลต่อค่า P เนื่องจากค่า a และ b ต่างก็ไม่มีผลกระทบจากระยะเวลาการหมัก

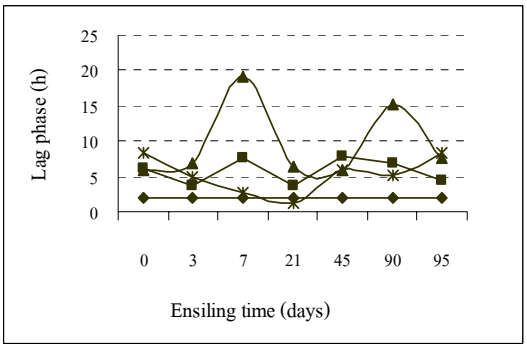
ดังนั้น ค่า P จึงเกิดขึ้นในลักษณะเดียวกับค่า a และ b (ภาพที่ 40) ผลการทดลองครั้งนี้พบว่า P มีค่าค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับการศึกษาของ องอาจ (2545) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 65.09-67.75% อาจเกิดจากอาหารที่ใช้เลี้ยงโคทดลองครั้งนี้เป็นชนิดเดียวกับอาหารทดลอง นอกจากนี้ สภาพแวดล้อมในกระเพาะรูเมนโดยเฉพาะระดับ NH_3-N และ พีเอช ยังมีความเหมาะสมต่อการย่อยสลายอาหารประเภทเยื่อใย จึงทำให้ P มีค่าสูงกว่า อย่างไรก็ตาม การสลายได้ของวัตถุแห้งส่วนนี้ในหญ้าเนเปียร์ยังมีค่าต่ำกว่าหญ้ากินนีสีม่วง ซึ่งมีค่าสูงกว่า 100% (วิทยา และ คณะ, 2547)



ภาพที่ 40 Potential degradability ของหญ้าสดและไซเลจกลุ่มต่าง ๆ ที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน



2.5 Lag phase (LP) เป็นช่วงเวลาการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมก่อนการย่อยสลายอาหารของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ระยะนี้เริ่มตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0 ของการบ่มตัวอย่างอาหารในกระเพาะรูเมนจนกระทั่งถึงเวลาที่เป็นจุดเปลี่ยนของเส้นโค้งแบบตัวเอสของค่า b เนื่องจากค่านี้ขึ้นอยู่กับลักษณะเส้นโค้งซึ่งปรับตามค่าการสลายได้จริงของอาหารหรือวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมน จึงทำให้มีค่าเป็น 0 ได้ ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า LP ของไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาลมีค่าสูงที่สุด ในขณะที่หญ้าสดมีค่าต่ำที่สุด ส่วนไซเลจที่หมักปรกติ และไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จมีค่า LP ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ทั้งอิทธิพลหลัก และอิทธิพลร่วมมีผลต่อค่า LP อย่างมาก โดยที่ระยะการหมักที่ 21 วันจะทำให้ LP มีค่าต่ำที่สุด ในขณะที่ระยะการหมักที่ 7 วัน มีค่าสูงที่สุด อย่างไรก็ตาม ค่าดังกล่าวอยู่ในช่วงที่รายงานโดย Ørskov and McDonald (1979) ซึ่งอาหารหยาบมีค่า LP อยู่ระหว่าง 6-8 ชั่วโมง (ภาพที่ 41)



ภาพที่ 41 Lag phase ของหญ้าสดและไซเลจกลุ่มต่าง ๆ ที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน

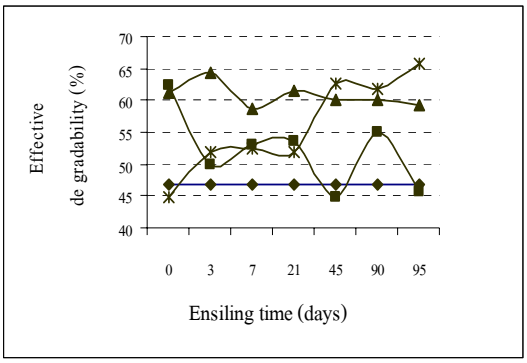
หญ้าสด ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล
ไซเลจที่หมักโดยวิธีปรกติ ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล +หัวเชื้อสำเร็จ

2.6 Effective degradability (ED) ค่านี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาของอาหารที่อยู่ในกระเพาะรูเมน ถ้าอาหารอยู่ในกระเพาะรูเมนนานซึ่งหมายถึงมีอัตราการไหลผ่านของอาหารในกระเพาะรูเมน (fractional outflow rate, K) ต่ำจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ ED มีค่าสูง ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าไซเลจที่หมักโดยใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมมีค่า ED สูงที่สุด ($P<0.05$) รองลงมาได้แก่ ไซเลจที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จ ไซเลจที่หมักปรกติและหญ้าสดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59.207, 57.943, 51.882 และ 46.088% ตามลำดับ ED ของวัตถุแห้งในหญ้าสดและไซเลจกลุ่มต่าง ๆ ในการทดลองนี้มีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับค่า ED ของวัตถุแห้งของหญ้าเนเปียร์หมักที่ศึกษาโดยองอาจ (2545) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 55.60-59.19% และ 35.1% ตามลำดับ ($K=0.02\ h^{-1}$) ทั้งนี้อาจจะเกิดจากการเลี้ยงสัตว์ทดลองด้วยอาหารชนิดเดียวกับอาหารที่ทดลองและสภาวะในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายอาหารเยื่อใย เช่นเดียวกับการอธิบายมาแล้วในตอนต้น ค่า ED ของวัตถุแห้งในหญ้าสดและหญ้าหมักชนิดต่าง ๆ ที่อายุการหมักแตกต่างกันแสดงดังภาพที่ 42

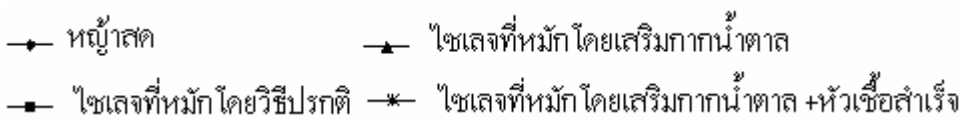
3.5 ผลของของไซเลจต่อการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนม

เนื่องจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการแสดงให้เห็นว่า ไซเลจที่ดีมีคุณค่าทางโภชนะที่สำคัญไม่แตกต่างไปจากหญ้าสดก่อนทำการหมัก แต่ข้อมูลด้านผลกระทบต่อการให้ผลผลิตของสัตว์ที่ได้รับไซเลจเป็นอาหารหยาบหลักยังมีจำกัดมากในประเทศไทย ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีการเปรียบเทียบการให้ผลผลิตน้ำนมของโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าสดและไซเลจที่หมักแตกต่างกัน 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 หมักแบบปรกติ (S-1), กลุ่มที่ 2 หมักโดยเสริมกากน้ำตาล 3.6% (S-2), และกลุ่มที่ 3 หมัก

โดยเสริมกากน้ำตาล 3.6%ร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จอัตรา 10^6 cfu/g ของพืชสด (S-3) ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้



<u>ภาพที่ 42</u> ประสิทธิภาพการสลายได้ของหญ้าสดและไซเลจกลุ่มต่าง ๆ ที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน



3.5.1 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของอาหารหยาบ

องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของหญ้าสดและไซเลจกลุ่มต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 29 จะเห็นว่า หญ้าสด และไซเลจกลุ่มต่าง ๆ มี DM ค่อนข้างต่ำ โดยทั่วไป DM ในพืชก่อนการหมักควรมีไม่ต่ำกว่า 22% (Frank *et al*., 1986) ไซเลจที่มี DM ต่ำมักเกิดความสูญเสียในรูปของของเหลวที่ไหลออกจากพืช (seepage) และมีการเติบโตของจุลินทรีย์จำพวกคลอสตริเดียม ซึ่งก่อให้เกิดกรดบิวทีริกขึ้น ทำให้ไซเลจมีความน่ากินลดลง (Kunkle and Chambliss, 2002) นอกจากนี้ กรดบิวทีริกยังทำให้ไซเลจมีพีเอชสูงซึ่งจะส่งเสริมการเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดความเสียหายตามมา (Kung and Shaver, 1997) ไซเลจกลุ่มที่ 1 มีพีเอชสูงกว่ากลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 เนื่องจากไซเลจ 2 กลุ่มหลังมีการเสริมกากน้ำตาล ซึ่งเป็นอาหารที่ดีในการผลิตกรดแลคติก ไซเลจทุกกลุ่มในการทดลองครั้งนี้มีพีเอชสูงกว่าพีเอชในไซเลจคุณภาพดีทั่ว ๆ ไป ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 3.8-4.2 แสดงว่า ไซเลจเหล่านี้มีประสิทธิภาพในการหมักต่ำ อย่างไรก็ตาม ความไม่คงทนต่อสภาพอากาศในช่วงการนำไปเลี้ยงสัตว์ก็ทำให้ไซเลจมีพีเอชสูงขึ้นได้ (Kung and Shaver, 1997)

ด้านความเข้มข้นของ NH_3-N พบว่าไซเลจปรกติมีค่าสูงกว่าไซเลจกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 เนื่องจากไซเลจดังกล่าวมีพีเอชสูง ทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายโปรตีนโดยเอนไซม์ในเซลล์

ของพืชในกองไซเลจสูงด้วย กระบวนการดังกล่าวจะหยุดลงเมื่อพีเอชในกองไซเลจลดลงเหลือประมาณ 4 (Woolford and Pahlow, 1998) สำหรับคุณค่าทางโภชนะ พบว่าหญ้าสดมีปริมาณ NDF และADF ต่ำกว่าไซเลจทุกกลุ่ม ในขณะที่มีปริมาณ CP สูงกว่า เนื่องจากหญ้าสดที่ตัดให้สัตว์กินในการทดลองครั้งมีอายุน้อยกว่าหญ้าสดที่ตัดเพื่อการทำไซเลจ ส่วนไซเลจกลุ่มที่ 3 มี CP ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับไซเลจกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 อาจเกิดจากการเสริมหัวเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากจุลินทรีย์ดังกล่าวมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูงถึง 12-15% (บุษบา, 2540)

ตารางที่ 29 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของหญ้าสด และไซเลจที่ใช้ทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี	หญ้าสด และไซเลจ			
และคุณค่าทางโภชนะ	หญ้าสด	S-1	S-2	S-3
วัตถุแห้ง (%)	21.58	18.62	20.20	18.59
พีเอช	-	5.18	4.82	4.62
BC (milliequiv.NaOH/100g DM)	13.95	59.15	54.88	59.61
NH_3-N (% total N)	-	11.95	4.36	6.10
คุณค่าทางโภชนะ (% DM)				
NDF	68.43	78.68	75.01	74.91
ADF	49.54	56.06	52.48	54.43
CP	8.10	6.21	6.82	7.66

3.5.2 ปริมาณอาหารที่กินและการให้ผลผลิตของโคทดลอง (ตารางที่ 30)

3.5.2.1 ปริมาณอาหารที่กินได้ พบว่าปริมาณการกินอาหารหยาบกลุ่มต่าง ๆของโคทดลองในสภาพสดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่หากพิจารณาการกินได้ในรูปของ DM พบว่าปริมาณการกินได้ของโคแต่ละกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กล่าวคือโคทดลองกินหญ้าสดได้มากกว่าไซเลจกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 3 ชัดเจน แต่ไม่แตกต่างกับปริมาณการกินได้ในไซเลจกลุ่มที่ 2 จะเห็นว่าโคกินไซเลจกลุ่มต่าง ๆ ได้น้อย เนื่องจากไซเลจดังกล่าวมี DM ต่ำ รวมทั้งกรดอินทรีย์ในไซเลจก็เป็นปัจจัยจำกัดในการกินได้ของสัตว์อีกด้วย (Harris *et al*.,1966) สอดคล้องกับรายงานของ McCarric *et al.* (1966) และ Orth and Kaufmann (1966) ซึ่งพบว่าการเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนตเพื่อให้ไซเลจมีสภาพเป็นกลางทำให้

สัตว์กินไซเลจได้มากขึ้น ด้านปริมาณอาหารข้นที่โคกินได้ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง (P>0.05) เนื่องจากการให้อาหารข้นแก่โคในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดตามปริมาณน้ำนมที่แม่โคผลิตได้ การให้น้ำนมของแม่โคที่ได้รับอาหารหยาบกลุ่มต่าง ๆ มีปริมาณไม่แตกต่างกัน ดังนั้นปริมาณอาหารข้นที่แม่โคได้รับจึงไม่แตกต่างกัน สำหรับปริมาณอาหารทั้งหมดในรูป DM ที่โคได้รับ พบว่าโคกลุ่มที่เลี้ยงด้วยหญ้าสดมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ เนื่องจากโคกลุ่มนี้กินอาหารหยาบในรูป DM ได้มากกว่ากลุ่มอื่น ๆ โดยปรกติโคที่อยู่ในระยะการให้น้ำนม 2 เดือนครึ่ง - 6 เดือน จะกินอาหารในรูป DM ได้สูงที่สุด (Kellems and Church, 1998) แต่การกินได้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของอาหารหยาบ โดยอาหารหยาบคุณภาพดีมาก ดี เกือบดี และปานกลาง โคจะกิน ได้ 3.0, 2.5, 2.0 และ 1.5% ของน้ำหนักตัวตามลำดับ (พรศรี, 2531)

3.5.2.2 ผลผลิตน้ำนม พบว่าโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าสดให้ผลผลิตน้ำนมปรกติ และน้ำนมที่ปรับไขมัน 4% (4%FCM) สูงกว่าโคกลุ่มที่เลี้ยงด้วยไซเลจแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าสดกินอาหารในรูป DM ได้มากกว่าโคที่เลี้ยงด้วยไซเลจ Meeske *et al.* (2002) รายงานว่าโคที่ได้รับไซเลจที่หมักโดยใช้กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อจุลินทรีย์ให้ผลผลิตน้ำนมได้ค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับโคที่ได้รับไซเลจปกติ เนื่องจากโคกลุ่มแรกกินอาหารในรูป DMได้มากกว่าในขณะที่ Kent *et al.* (1989) พบว่าโคที่เลี้ยงด้วยไซเลจปรกติให้ผลผลิตน้ำนมมากกว่าโคที่เลี้ยงด้วยไซเลจที่เสริมหัวเชื้อจุลินทรีย์เล็กน้อย (P>0.05) ซึ่งเป็นผลจากโคกลุ่มที่ได้รับไซเลจปรกติกินอาหารในรูป DM ได้มากกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยไซเลจที่หมักโดยเสริมหัวเชื้อจุลินทรีย์ จะเห็นได้ว่าปริมาณอาหารในรูป DM มีบทบาทค่อนข้างมากต่อการให้ผลผลิตน้ำนมของโคทดลอง การทดลองนี้นอกจากโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าสดจะกินอาหารในรูป DM ได้มากกว่าโคที่เลี้ยงด้วยไซเลจแล้วคุณค่าทางโภชนะโดยเฉพาะโปรตีนของหญ้าสดยังมีระดับสูงกว่าไซเลจอีกด้วย ทำให้โคกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารหยาบดังกล่าวให้น้ำนมค่อนข้างมากกว่าโคกลุ่มอื่น ๆ Nickerson (1995) กล่าวว่า อาหารเป็นที่ปัจจัยสำคัญยิ่งต่อปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนม การจัดการด้านอาหารจึงมีผลต่อความผันแปรของปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนมมากกว่าปัจจัยอื่น ๆ โดยเฉพาะสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นและความสมดุลของระดับโปรตีนและพลังงานในอาหาร

ตารางที่ 30 ผลของอาหารหยาบกลุ่มต่าง ๆ ต่อปริมาณอาหารที่กินและการให้ผลผลิตน้ำนมของโค

ลักษณะที่ศึกษา	ชนิดของอาหารหยาบ				
	หญ้าสด	S-1	S-2	S-3	C.V. (%)
น้ำหนักเริ่มการทดลอง (กก.)	451.58	450.53	449.00	456.15	1.13
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กก.)	450.70	451.15	448.15	450.28	1.35
น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง (กก.)	-0.88	0.62	-0.85	-5.87	19.79
ปริมาณอาหารที่กิน (กก./ตัว/วัน)					
อาหารหยาบสด	37.13	30.36	32.05	28.83	13.36
อาหารหยาบแห้ง	8.16[a]	5.75[b]	6.45[ab]	5.30[b]	17.78
อาหารข้น (fed basis)	3.54	3.24	3.43	3.53	10.16
อาหารข้น (DM basis)	3.11	2.85	3.02	3.11	10.15
อาหารทั้งหมด (DM basis)	11.28[a]	8.60[b]	9.47[b]	8.40[b]	10.75
อาหารหยาบ:อาหารข้น (DM basis)	2.87	2.05	2.19	1.76	20.02
วัตถุแห้งที่กินได้ (% ของน้ำหนักตัว)	2.49[a]	1.92[b]	2.12[b]	1.87[b]	10.02
ผลผลิตน้ำนมที่แท้จริง (กก./ตัว/วัน)	8.69	7.28	7.59	7.54	14.09
ผลผลิตน้ำนมที่ปรับไขมัน 4 % (กก./ตัว/วัน)	9.66	7.93	8.54	8.28	13.02
องค์ประกอบของน้ำนม (%)					
โปรตีน	3.24	3.31	3.30	3.18	4.89
ไขมัน	4.90	4.61	4.84	4.75	3.96
แลคโตส	4.50	4.59	4.12	4.85	14.05
ของแข็งทั้งหมด	13.48	13.23	13.07	13.14	5.08
ของแข็งไม่รวมไขมัน	8.62	8.58	8.23	8.38	6.55
ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตน้ำนม 1 กก.(บาท)[1/]					
น้ำนมที่แท้จริง					
อาหารข้น	2.83	3.25	3.20	3.11	8.58
อาหารทั้งหมด	7.97	7.57	7.45	7.03	11.94
น้ำนมที่ปรับไขมัน 4 % (4% FCM)					
อาหารข้น	2.72	3.07	3.02	3.16	7.26
อาหารทั้งหมด	6.83	6.89	6.90	6.68	11.65

[ab]อักษรกำกับในแถวนอนเดียวกันแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1/] อาหารข้น และอาหารหยาบ กิโลกรัมละ 7.49 บาท และ 1 บาท ตามลำดับ

3.5.2.3 องค์ประกอบของน้ำนม โคที่เลี้ยงด้วยอาหารหยาบกลุ่มต่าง ๆ มีองค์ประกอบของโปรตีน ไขมัน แลคโตส ของแข็งทั้งหมด และของแข็งทั้งหมดไม่รวมไขมันในน้ำนมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

โปรตีน(protein) ปริมาณโปรตีนในน้ำนมผันแปรอยู่ในช่วง 0.1-0.7% (Gravert, 1987) โปรตีนจากจุลินทรีย์เป็นแหล่งของกรดอะมิโนที่สำคัญในการสังเคราะห์โปรตีนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ดังนั้นปัจจัยใด ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อการเติบโตของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนย่อมมีผลกระทบต่อปริมาณโปรตีนในน้ำนมด้วย (สุทธิศักดิ์, 2546) การทดลองครั้งนี้ พบว่าโคที่ได้รับหญ้าสด ไซเลจ กลุ่มที่ 1, 2 และ 3 ให้ผลผลิตน้ำนมที่มีโปรตีนเท่ากับ 3.24, 3.31, 3.30 และ 3.18% ตามลำดับ (P>0.05) จะเห็นว่าปริมาณโปรตีนในน้ำนมของโคทุกกลุ่มมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดโดยกรมปศุสัตว์ซึ่งไม่ควรต่ำกว่า 3.5% (มาตรฐานฟาร์ม พ.ศ. 2542) อาจเป็นผลมาจากการจำกัดอาหารข้นซึ่งให้โคได้รับตามสัดส่วนของน้ำนมที่แม่โคสามารถผลิตได้ รวมทั้งการที่โคกินอาหารหยาบได้ในปริมาณค่อนข้างต่ำ อาจทำให้โคได้รับสารอาหารไม่เพียงพอที่จะนำไปใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนในน้ำนม ส่งผลให้ระดับโปรตีนในน้ำนมของโคต่ำลง นอกจากนี้การที่น้ำหนักของโคทดลองไม่เพิ่มขึ้นในช่วงการทดลองตามระยะเวลาการให้น้ำนมที่ยาวนานขึ้นนั้น แสดงถึงการมีสภาพร่างกายที่ผอม ซึ่งโคที่มีสภาพร่างกายผอมจะมีปริมาณโปรตีนในน้ำนมต่ำลง (สุทธิศักดิ์, 2546)

ไขมัน (fat) พบว่า ไขมันในน้ำนมของโคทุกกลุ่มในการทดลองครั้งนี้มีค่าค่อนข้างสูง โดยเฉพาะโคที่ได้รับหญ้าสด มีแนวโน้มทำให้องค์ประกอบของไขมันในน้ำสูงกว่าโคกลุ่มที่ได้รับไซเลจ ทั้งนี้เกิดจากสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่โคได้รับมีค่าสูง Lean (1987) รายงานว่า ปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่อปริมาณไขมันในน้ำนม คือ สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นในสูตรอาหารที่โคได้รับอาหารที่มีสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นสูงจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดอะซิติก และกรดบิวทีริกต่อกรดโปรปิโอนิคในกระเพาะรูเมนสูง ซึ่งทั้งกรดอะซิติกและกรดบิวทีริกนี้เป็นสารเริ่มต้น (precursor) ในการสังเคราะห์ไขมันในน้ำนม ดังนั้นโคกลุ่มที่กินหญ้าสดซึ่งมีสัดส่วนการกินอาหารหยาบต่ออาหารข้นสูงจึงมีองค์ประกอบของไขมันในน้ำนมค่อนข้างสูงกว่าโคกลุ่มอื่น ๆ

แล็กโทส (lactose) ระดับแล็กโทสในน้ำนมของโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าสด และไซเลจกลุ่มที่ 1, 2, และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56, 4.59, 4.12 และ 5.10% ตามลำดับ

(P>0.05) ใกล้เคียงกับปริมาณแล็กโทสในน้ำนมของโคลูกผสมพันธุ์ขาว-ดำในประเทศไทยที่รายงานโดยประวีร์ และ คณะ (2545) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.5-4.6% แล็กโทสเป็นองค์ประกอบที่มีบทบาทในการรักษาสมดุลความดันออสโมติกในเซลล์กลั่นสร้างน้ำนม ดังนั้นองค์ประกอบนี้จึงไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง (Gravert,1987) อย่างไรก็ตาม ปริมาณแล็กโทสจะลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะการให้น้ำนมยาวนานขึ้น (Lean, 1987)

ของแข็งทั้งหมด (total solid) ประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นโปรตีน แล็กโทส ไขมัน และแร่ธาตุ ซึ่งรวมแล้วมีประมาณ 13% ของน้ำนม (สุเมธ, 2538) การทดลองครั้งนี้พบว่าโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าสด ไซเลจกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 ให้ผลผลิตน้ำนมที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่แตกต่างกัน (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.48, 13.23, 13.07 และ 13.14% ตามลำดับ จะเห็นว่าโคที่กินหญ้าสดให้น้ำนมที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับโคที่กินไซเลจ เนื่องจากองค์ประกอบของของแข็งทั้งหมดในน้ำนมส่วนใหญ่เป็นไขมัน โปรตีน และแล็กโทส ซึ่งโคที่กินหญ้าสดให้น้ำนมที่เป็นองค์ประกอบเหล่านี้โดยรวมค่อนข้างสูงจึงทำให้ของแข็งในน้ำนมสูงตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำนมของโคในการศึกษาครั้งนี้มีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำนมที่รายงานโดย สมภพ (2539) และประวีร์ และคณะ (2545) ซึ่งมีค่าขององค์ประกอบดังกล่าวโดยเฉลี่ยเพียง 12.86% และ 12.49% ตามลำดับ

ของแข็งไม่รวมไขมัน (solid not fat) น้ำนมของโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าสด ไซเลจกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 มีของแข็งไม่รวมไขมันเฉลี่ยเท่ากับ 8.62, 8.58, 8.23 และ 8.38% ตามลำดับ (P>0.05) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 738-2530) และองค์การอาหารและยา (ประกาศฉบับที่ 26 พ.ศ. 2522) กำหนดให้น้ำนมต้องมีของแข็งไม่รวมไขมันไม่ต่ำกว่า 8.50% ในขณะที่มาตรฐานฟาร์ม พ.ศ. 2542 ของกรมปศุสัตว์ได้กำหนดให้องค์ประกอบดังกล่าวในน้ำนมมีไม่ต่ำกว่า 8.40% ซึ่งจะเห็นว่าโคที่กินไซเลจกลุ่มที่ 2 และ 3 มีองค์ประกอบนี้ในน้ำนมต่ำกว่ามาตรฐานจากทุกหน่วยงาน เนื่องจากน้ำนมจากโคที่ได้รับอาหารหยาบจากไซเลจกลุ่มที่ 2 มีปริมาณแล็กโทสในน้ำนมต่ำ ในขณะที่โคที่ได้รับอาหารหยาบจากไซเลจกลุ่มที่ 3 มีปริมาณโปรตีนในน้ำนมค่อนข้างต่ำ ส่งผลให้ของแข็งไม่รวมไขมันต่ำลงไปด้วย

3.5.3 ต้นทุนการผลิต

หากพิจารณาจากต้นทุนการผลิตเฉพาะค่าอาหารข้นต่อการให้น้ำนม 1 กิโลกรัม ทั้งในสภาพการให้น้ำนมที่แท้จริง และการให้น้ำนมที่ปรับไขมัน 4% จะพบว่าโคที่กินหญ้าสดมีต้นทุนค่อนข้างต่ำ เนื่องจากโคกลุ่มนี้กินอาหารหยาบได้มากกว่าโคกลุ่มที่กินไซเลจ และเนื่องจากอาหารหยาบมีราคาต่ำกว่าอาหารข้น ดังนั้นปริมาณน้ำนมที่โคซึ่งได้รับหญ้าสดผลิตได้จึงเป็นผลจากอาหารหยาบในสัดส่วนที่สูง ส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารข้นต่ำลง ในขณะที่โคกลุ่มที่ได้รับไซเลจมีปริมาณอาหารหยาบที่กินได้ใกล้เคียงกัน จึงทำให้ต้นทุนค่าอาหารข้นใกล้เคียงกันด้วย อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาจากต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดต่อการผลิตน้ำนม 1 กิโลกรัม พบว่าโคกลุ่มที่ได้รับไซเลจกลุ่มที่ 3 มีค่าค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เกิดจากโคกลุ่มนี้กินอาหารทั้งหมดได้น้อย แต่ให้ผลผลิตน้ำนมทั้งปริมาณน้ำนมที่แท้จริง และปริมาณน้ำนมที่ปรับไขมัน 4%ใกล้เคียงกับโคที่ได้รับอาหารหยาบอื่น ๆ จึงทำให้ต้นทุนดังกล่าวต่ำลง แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แสดงให้เห็นว่า การเลี้ยงโครีดนมที่อยู่ในระยะการให้นมตอนกลางด้วยไซเลจที่หมักโดยใช้กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จเป็นสารเสริมเป็นแนวทางที่จะช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น สุขภาพของโค ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ และปัจจัยการผลิตอื่น ๆ

สรุป

Lactobacillus pentosus KUB-ST10-1 เป็นแบคทีเรียกรดแลคติกที่ทำให้การหมักเสร็จสิ้นโดยเร็ว และทำให้ไซเลจมีความทนต่ออากาศสูง จึงทำการศึกษาเพื่อผลิตเป็นหัวเชื้อสำเร็จในการหมักไซเลจ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

การเพาะเลี้ยง *L. pentosus* KUB-ST10-1ในสูตรอาหารพื้นฐานที่มีการแทนที่แหล่งไนโตรเจนและคาร์บอนด้วยยูเรียและกากน้ำตาลที่ปริมาณต่าง ๆ พบว่าเชื้อเติบโตได้ดีที่สุดในสูตรที่มียูเรียและกากน้ำตาลเท่ากับ 1% และ 5% โดยมีปริมาณเซลล์สูงสุดเฉลี่ย 11.089 log cfu/ml ในขณะที่การแทนที่แหล่งไนโตรเจนและคาร์บอนด้วยน้ำแช่ข้าวโพดและกากน้ำตาลปริมาณต่าง ๆ เชื้อเติบโตได้ดีเมื่อใช้น้ำ แช่ข้าวโพดและกากน้ำตาล เท่ากับ 5% และ 9% แต่ไม่แตกต่างไปจากสูตรที่มีน้ำแช่ข้าวโพด 9-11% ในทุกปริมาณของกากน้ำตาล ($P>0.05$) โดยมีปริมาณเซลล์สูงสุดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 11.597-12.001 log cfu/ml สำหรับการเพาะเลี้ยงในน้ำหมักวุ้นมะพร้าว พบว่าเชื้อเติบโตได้ดีเช่นกัน โดยมีปริมาณเซลล์สูงสุด เท่ากับ 11.706 log cfu/ml ดังนั้นจึงเลือกใช้น้ำหมักวุ้นมะพร้าวเป็นอาหารเพาะเลี้ยงในการทดลองต่อไป การเพาะเลี้ยงแบบเบ็ดเสร็จในถังหมักขนาด 2 ลิตร (50 rpm, 37˚C) โดยผันแปรพีเอชในอาหารทดลองตั้งแต่ 5.5-7.0 ปรากฏว่าเชื้อเติบโตได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

การทำแห้งเชื้อแบบพ่นฝอยในระดับห้องปฏิบัติการโดยใช้นมผงพร่องมันเนย 20% (W/V) ในเซลล์แขวนลอย ผันแปรอุณหภูมิอากาศเข้า 3 ระดับ คือ 110, 120 และ 130 ˚C และอุณหภูมิอากาศออก 3 ระดับ คือ 60, 70 และ 80˚C ปรากฏว่า เชื้อมีอัตราการรอดชีวิตสูงสุด (76.49%) เมื่อใช้อุณหภูมิอากาศเข้าเท่ากับ 130˚C และอุณหภูมิอากาศออกเท่ากับ 80˚C แต่ไม่มีความแตกต่างไปจากการทำแห้งในกลุ่มทดลองอื่น ๆ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์มีความชื้นลดลงเมื่อใช้อุณหภูมิอากาศออกที่สูงขึ้น ($P<0.05$) และเพื่อลดต้นทุนการผลิตหัวเชื้อในการผลิตระดับนำร่อง จึงศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของนมผงพร่องมันเนยต่อมอลโทเดกซ์ทริน และปริมาณวัตถุแห้งในเซลล์แขวนลอยก่อนทำแห้งแบบพ่นฝอย ซึ่งพบว่าการใช้นมผงพร่องมันเนยต่อมอลโทเดกซ์ทรินในอัตราส่วน 75:25 (w/w) และปรับปริมาณวัตถุแห้งในเซลล์แขวนลอยเป็น 19%(w/v) จะได้ผลได้ของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับกลุ่มทดลองอื่น ๆ แต่เซลล์มีอัตราการรอดชีวิตสูงกว่า

การใช้กรดแอสคอร์บิก 0, 0.5 และ 1.0% ร่วมกับโมโนโซเดียมกลูตาเมต 0, 1, 2 และ 3% เป็นสารป้องกันเซลล์โดยเติมลงในเซลล์แขวนลอยก่อนทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่าผลิตภัณฑ์ในกลุ่มทดลองต่าง ๆ มีอัตราการรอดชีวิตของเซลล์ภายหลังการทำแห้งไม่แตกต่างกัน (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.37-3.94% การศึกษาผลของอุณหภูมิและสารป้องกันเซลล์ในการเก็บรักษาต่ออัตราการรอดชีวิตของเซลล์ในผลิตภัณฑ์ พบว่าอุณหภูมิ ปริมาณโมโนโซเดียมกลูตาเมต และอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิและปริมาณโมโนโซเดียมกลูตาเมต เป็นปัจจัยที่มีผลชัดเจนต่อการรอดชีวิตของเซลล์ในช่วงการเก็บรักษาที่ 150 วัน (P<0.01) การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4°C ทำให้เซลล์มีอัตราการรอดชีวิตสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C (9.3750 vs 0.0020%) การใช้โมโนโซเดียมกลูตาเมต 2% เป็นสารป้องกันเซลล์ทำให้อัตราการรอดชีวิตของเซลล์สูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างไปจากการใช้ที่ระดับ 3%อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่กรดแอสคอร์บิกระดับต่าง ๆ ไม่มีผลต่ออัตราการรอดชีวิตของเซลล์ สำหรับอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิและระดับโมโนโซเดียมกลูตาเมตต่ออัตราการรอดชีวิตของเซลล์ ปรากฏว่าการใช้โมโนโซเดียมกลูตาเมต 2% เป็นสารป้องกันเซลล์และเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4°C ทำให้อัตราการรอดชีวิตของเซลล์สูงสุด (20.145%) ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิเดียวกันแต่ไม่ใช้โมโนโซเดียมกลูตาเมตเป็นสารป้องกันเซลล์ทำให้อัตราการรอดชีวิตของเซลล์ไม่แตกต่างไปจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ในทุกระดับของการใช้โมโนโซเดียมกลูตาเมตเป็นสารป้องกันเซลล์ (P>0.05)

การศึกษาคุณภาพของไซเลจที่หมักโดยเสริมหัวเชื้อทั้งในรูปของการใช้หัวเชื้อสดและหัวเชื้อสำเร็จชนิดผง รวมทั้งการศึกษาถึงปริมาณกลูโคสที่เติมลงในพืชก่อนการหมัก ปรากฏว่าการเสริมหัวเชื้อลงในพืชก่อนการหมักปริมาณ 10^5-10^7 cfu/g ของพืชสด ไม่ทำให้ลักษณะทางการหมักที่สำคัญของไซเลจแตกต่างกัน (P<0.05) แต่ดีกว่าไซเลจกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมหัวเชื้อในปริมาณ 10^4 cfu/g ของพืชสดชัดเจน (P<0.05) ในขณะที่การเสริมกลูโคสปริมาณ 2-3% ของพืชสดก่อนการหมักก็ไม่ทำให้ลักษณะทางการหมักแตกต่างกัน แต่ดีกว่าการไม่เสริมกลูโคส และการเสริมกลูดคสเพียง 1% สำหรับผลการเสริมหัวเชื้อสำเร็จในพืชก่อนการหมักต่อคุณภาพไซเลจ พบว่าทั้งลักษณะทางการหมักและคุณค่าทางโภชนะที่สำคัญของไซเลจกลุ่มที่เสริมหัวเชื้อสำเร็จดีกว่าไซเลจกลุ่มควบคุม (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างไปจากไซเลจกลุ่มที่มีการเสริมกากน้ำตาล 3.6% ของพืชสด (P>0.05) ด้านการสลายได้ของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนของโค พบว่าไซเลจที่หมักด้วยหัวเชื้อสำเร็จมีค่าการสลายได้สูงกว่าไซเลจกลุ่มควบคุมและหญ้าสด (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างกับไซเลจกลุ่มที่หมักโดยเสริมกากน้ำตาล 3.6 % เพียงอย่างเดียว (P>0.05) อย่างไรก็ตาม การศึกษาการเลี้ยงโคด้วยหญ้าสดและไซเลจกลุ่มต่าง ๆ พบว่าโคทดลองให้ผลผลิตน้ำนมทั้งในด้านปริมาณและ

องค์ประกอบไม่แตกต่างกัน (P>0.05) แต่ไซเลจที่หมักโดยเสริมหัวเชื้อสำเร็จมีแนวโน้มทำให้ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดต่อการผลิตน้ำนมที่ปรับไขมัน 4% ต่ำกว่าอาหารหยาบกลุ่มอื่น ๆ