สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การหมักไซเลทจากเศษข้าวโพดฝักอ่อน เศษข้าวโพดหวาน ผสมกับยีสต์ที่เหลือทิ้งจากการผลิตไวน์

(Silage Fermentation in Baby Corn and Sweet Corn Residuals by Yeast Recovered from Wine Production)

จัดทำโดย

นายจิรายุทธ	โฉมส อาด	รหัสนักศึกษา	47040802
นางสาวพิมพ์ดนึง	คำพุทธ	รหัสนักศึกษา	47040816
นางสาวศุภลักษณ์	เกิดหนู	รหัสนักศึกษา	47040827

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ดร. วราวุฒิ ครูส่ง

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

ปพ.
ก537ก
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 85407
วัน,เดือน,ปี 11 พ.ย. 2551

b 12009684
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ผู้จัดทำ-เรียบเรียง จิรายุทธ โฉมสอาด ศุภลักษณ์ เกิดหนู พิมพ์คนึง คำพุทธ
ปัญหาพิเศษเรื่อง การหมักไซเลท จากเศษข้าวโพดฝักอ่อน เศษข้าวโพดหวาน ผสมกับยีสต์ที่เหลือทิ้งจากการผลิตไวน์
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.วราวุฒิ ครูส่ง
สาขาวิชา เทคโนโลยีการหมัก
คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ไซเลท (silage) หรือ หญ้าหมัก คือ พืชอาหารสัตว์ต่าง ๆ ที่นำมาเก็บถนอมไว้ในสภาพอวบน้ำ ในภาชนะปิดที่ป้องกันอากาศจากภายนอกจนเกิดการหมัก ซึ่งจะช่วยทำให้คุณค่าทางอาหารของพืชเหล่านั้นคงอยู่ สามารถถนอมไว้ใช้ได้ในช่วงที่ขาดแคลนหญ้าสด โครงงานนี้จึงได้ศึกษาการทำหญ้าหมัก (corn silage) โดยนำเศษข้าวโพดอ่อน เปลือกข้าวโพดหวาน และตะกอนยีสต์ ซึ่งเป็นเศษวัตถุดิบที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม มาทดลองหมักร่วมกัน เพื่อให้ได้หญ้าหมักที่มีคุณภาพดีและมีปริมาณโปรตีนสูง โดยทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมกับการหมักพบว่า การหมักโดยใช้อัตรา ส่วนระหว่าง เศษข้าวโพดอ่อน : เศษข้าวโพดหวาน ในอัตรา 25:75 โดยมีการเติมกากน้ำตาล 0.5% ของน้ำหนัก และเติมตะกอนยีสต์ 2% ของน้ำหนักให้ผลการหมักที่รวดเร็วและให้ผลดีที่สุด เมื่อเปรียบ เทียบกับการหมักแบบธรรมชาติ (ไม่มีการเติมกากน้ำตาลและยีสต์) และการหมักที่สภาวะอื่นๆ

จิรายุทธ โฉมสอาด
พิมพ์คนึง คำพุทธ
ศุภลักษณ์ เกิดหนู
นักศึกษา

(รศ.ดร.วราวุฒิ ครูส่ง)
อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ในปัจจุบันความต้องการข้าวโพดฝักอ่อนเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบป้อนโรงงานอุตสาหกรรมข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุกระป๋องเพิ่มมากขึ้นอย่างมาก เนื่องจากปริมาณการส่งออกข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุกระป๋องเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีแนวโน้มที่จะส่งออกเพิ่มขึ้นทุกปี

เศษข้าวโพดฝักอ่อนจากการคัด ตัดแต่ง และเศษข้าวโพดหวานเป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานยังคงคุณค่าทางสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ ส่วนตะกอนของยีสต์ที่เหลือทิ้งจากการหมักไวน์มีคุณค่าทางโภชนาการสูง การที่นำเศษของเหลือทั้งสองชนิดนี้มาหมักเป็น Silage จะช่วยทำให้คุณค่าทางอาหารของพืชเหล่านั้นคงอยู่ สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นกว่าการนำไปใช้สด ดังนั้น โครงงานนี้จึงได้ศึกษาการทำหญ้าหมัก (corn silage) โดยนำเศษข้าวโพดอ่อน เปลือกข้าวโพดหวาน และตะกอนยีสต์ ซึ่งเป็นเศษวัตถุดิบที่เหลือทิ้งจากโรงานอุตสาหกรรม มาทดลองหมักร่วมกัน เพื่อให้ได้หญ้าหมักที่มีคุณภาพดีและมีปริมาณโปรตีนสูง ทั้งนี้ยังเป็นการนำวัตถุดิบเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การนำเสนอโครงงานปัญหาพิเศษ เรื่อง การหมักไซเลทจากเศษข้าวโพดฝักอ่อน เศษข้าวโพดหวานผสมกับยีสต์ที่เหลือทิ้งจากการผลิตไวน์ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วราวุฒิ ครูส่ง ซึ่งให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา คอยให้คำแนะนำปรึกษา รวมทั้งแก้ไขรายงานฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงงานอุตสาหกรรมสำหรับ ปริญญาตรีประจำปี 2550 ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนที่ใช้ในการดำเนินงานโครงการนี้ ขอขอบคุณ บริษัทไวน์วิเศษ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ ทางด้านวัตถุดิบในการทำการทดลอง ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และที่สำคัญขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ที่เป็นกำลังใจในการทำงาน รวมทั้งสนับสนุนทางการศึกษามาโดยตลอด

นายจิรายุทธ โฉมสอาด
นางสาวพิมพ์คนึง คำพุทธ
นางสาวศุภลักษณ์ เกิดหนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
คำนำ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 ผลพลอยได้และคุณค่าทางอาหารของข้าวโพดฝักอ่อน	2
2.2 หญ้าหมัก (Silage)	
2.2.1 ปัจจัยที่ควบคุมคุณภาพของหญ้าหมัก	6
2.2.2 การเปลี่ยนแปลงระหว่างระหว่างการหมัก	9
2.2.3 ลักษณะที่ดีของหญ้าหมัก	10
2.2.4 วิธีการทำหญ้าหมัก	12
2.2.5 ขั้นตอนการทำหญ้าหมัก	13
2.2.6 ข้อดีและข้อเสียของหญ้าหมัก	15
2.3 ข้าวโพดหมัก (Corn silage)	16
2.4 ความเสี่ยงของระดับไนโตรเจนที่มีในข้าวโพด	19
2.5 ตะกอนเซลล์ยีสต์จากการหมักไวน์	19
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	23
3.1 วัดถุดิบ	23
3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี	23
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ทดลอง	
3.3.1 อุปกรณ์	23
3.3.2 เครื่องมือ	24
3.4 สถานที่ดำเนินการ	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

3.5 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง 25
บทที่ 4 ผลการทดลอง 29
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 39
ภาคผนวก 40
เอกสารอ้างอิง 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลการศึกษาคุณค่าด้านต่างๆ ของผลพลอยได้ของการปลูกข้าวโพดฝักอ่อน	3
2	ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมอยู่ตามส่วนต่างๆ ของข้าวโพดฝักอ่อน	4
3	คุณค่าของส่วนเหลือจากพืชต่างๆ	4
4	คุณค่าจากส่วนเหลือของข้าวโพดหวานและข้าวโพดฝักอ่อน	5
5	แสดงปริมาณกรด แอลกอฮอล์ และ pH ในการหมัก haylage และ consilage	11
6	การเปลี่ยนแปลงกระบวนการหมักของข้าวโพดหมัก (corn silage)	17
7	องค์ประกอบทางเคมีของผนังเซลล์ยีสต์ *S. cerevisiae*	20
8	ปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตของยีสต์สายพันธุ์ *S. cerevisiae* เมื่ออายุมากขึ้น	21
9	ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในเซลล์ของยีสต์สายพันธุ์ S. cerevisiaeที่เลี้ยงด้วยกากน้ำตาล	22
10	ปริมาณโปรตีนในหญ้าหมักที่ใส่ยีสต์และไม่ใส่ยีสต์ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)	37

ภาคผนวก

1	การเปลี่ยนแปลงความชื้น กรดแลคติก และเชื้อแบคทีเรียแลคติก (LAB) ในระหว่างการหมักเปลือกข้าวโพดที่ผ่านการแช่น้ำ 3 5 และ 7 นาที ณ อุณหภูมิห้อง	
2	การเปลี่ยนแปลงความชื้น กรดแลคติก และเชื้อแบคทีเรียแลคติก (LAB) ในระหว่างการหมัก silageจากเศษข้าวโพดฝักอ่อนและเปลือกข้าวโพดในอัตราส่วนต่างๆ โดยใช้เปลือกข้าวโพดหวานที่ผ่านการแช่น้ำ 3 5 และ 7 นาที ณ อุณหภูมิห้อง	
3	การเปลี่ยนแปลงความชื้น กรดแลคติก และเชื้อแบคทีเรียแลคติก (LAB) ในระหว่างการหมัก Silage จากการเติมปริมาณกากน้ำตาล 0 , 0.5 , 1 และ 1.5 % โดยใช้เปลือกข้าวโพดหวานที่ผ่านการแช่น้ำ 5 นาที และเศษข้าวโพดฝักอ่อน ต่อเปลือกข้าวโพดหวานในอัตราส่วน 25:75 ทำการหมัก ณ อุณหภูมิห้อง	
4	การเปลี่ยนแปลงความชื้น กรดแลคติก และเชื้อแบคทีเรียแลคติก (LAB) ในระหว่างการหมัก Silage ด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมจากข้อ 1.3 โดยเติมยูเรีย ปริมาณ 0 0.5 และ 1% ของ น้ำหนัก silage ทำการหมัก ณ อุณหภูมิห้อง	
5	การเปลี่ยนแปลงความชื้น กรดแลคติก และเชื้อแบคทีเรียแลคติก (LAB) ในระหว่างการหมัก Silage ด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมจากข้อ 1.3 โดยเติมตะกอนยีสต์ปริมาณ 0%, 1%, 2%, 3%, 4% และ 5% ของน้ำหนัก silage ทำการหมัก ณ อุณหภูมิห้อง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 การเปลี่ยนแปลงความชื้น กรดแลคติก และเชื้อแบคทีเรียแลคติก (LAB) ในระหว่างการหมัก Silage ด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมจากข้อ 2 ที่มีการเติมตะกอนยีสต์ 2% ของน้ำหนัก และไม่เติมตะกอนยีสต์ โดยขยายขนาดของการหมักในถังพลาสติกขนาด 1ฟุต x 2 ฟุต x 1ฟุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	การเก็บต้นข้าวโพดที่เหลือจากการเก็บเกี่ยว และนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์	2
2	การใช้เครื่องหั่นสับหญ้าสด	13
3	การนำหญ้าสดที่หั่นแล้วใส่ถุงพลาสติก	13
4	หญ้าสดที่ถูกอัดแน่นในถุงและปิดปากถุงแล้ว	14
5	การเก็บหญ้าหมักในภาชนะที่มิดชิด	14
6	ภาพตัดขวางของข้าวโพดแสดงให้เห็นเส้นน้ำนมและส่วนประกอบของข้าวโพด	16
	ผลการทดลอง	
1	ปริมาณกรดแลคติก ในระหว่างการหมัก silage เปลือกข้าวโพดที่ผ่านการแช่น้ำ 3 5 และ 7 นาที ในอัตราส่วนข้าวโพดอ่อน : เปลือกข้าวโพดหวาน 50 : 50	29
2	ปริมาณเชื้อแลคติก (LAB) ในระหว่างการหมัก silage เปลือกข้าวโพดที่ผ่านการแช่น้ำ 3 5 และ 7 นาที ณ อุณหภูมิห้อง ในอัตราส่วนข้าวโพดอ่อน : เปลือกข้าวโพดหวาน 50 : 50	30
3	ปริมาณกรดแลคติก ในการหมัก Silage จากเศษข้าวโพดฝักอ่อนและเปลือกข้าวโพดหวาน ในอัตราส่วนต่างๆ โดยใช้เปลือกข้าวโพดหวานที่ผ่านการแช่น้ำ 5 นาที	30
4	ปริมาณเชื้อแลคติก (LAB) ในการหมัก Silage จากเศษข้าวโพดฝักอ่อนและเปลือกข้าวโพตหวานในอัตราส่วนต่างๆ โดยใช้เปลือกข้าวโพดหวานที่ผ่านการแช่น้ำ 5 นาที	31
5	ปริมาณกรดแลคติกในระหว่างการหมัก Silage จากการเติมกากน้ำตาลที่ความเข้มข้น 10 % ปริมาณ 0 0.5 1 และ 1.5 % ของน้ำหนัก silage	32
6	ปริมาณเชื้อแลคติก (LAB) ในระหว่างการหมัก Silage จากการเติมกากน้ำตาลที่ความเข้มข้น 10 % ปริมาณ 0 0.5 1 และ 1.5 % ของน้ำหนัก silage	32
7	ปริมาณกรดแลคติกในการหมัก Silage จากการเติมยูเรีย ปริมาณ 0 0.5 และ 1% ของน้ำหนัก silage	33
8	ปริมาณเชื้อแลคติก (LAB) ในการหมัก Silage จากการเติมยูเรีย ปริมาณ 0 0.5 และ 1% ของน้ำหนัก silage	33
9	ปริมาณกรดแลคติกในระหว่างการหมัก Silage จากการเติมตะกอนยีสต์ ปริมาณ 0 1 2 3 4 และ 5% ของน้ำหนัก silage	34
10	ปริมาณเชื้อแลคติก (LAB) ในระหว่างการหมัก Silage จากการเติมตะกอนยีสต์ ปริมาณ 0 1 2 3 4 และ 5% ของน้ำหนัก silage	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11	ปริมาณกรดแลคติกในระหว่างการหมัก Silage ที่มีการเติมตะกอนยีสต์2% ของน้ำหนัก และ ไม่เติมตะกอนยีสต์ โดยขยายขนาดของการหมักในถังพลาสติก ขนาด 1 ฟุต x 2 ฟุต x 1 ฟุต	36
12	ปริมาณเชื้อแลคติก (LAB) ในระหว่างการหมัก Silage ที่มีการเติมตะกอนยีสต์ 2% ของน้ำหนัก และ ไม่เติมตะกอนยีสต์ โดยขยายขนาดของการหมักในถังพลาสติก ขนาด 1 ฟุต x 2 ฟุต x 1 ฟุต	36
13	ลักษณะของ Silage ที่ได้จากการหมักเศษข้าวโพดหวานและเปลือกข้าวโพดหวาน โดยขยายขนาดของการหมักในถังพลาสติกขนาด 1 ฟุต x 2 ฟุต x 1 ฟุต เติมปริมาณตะกอนยีสต์ : (ก) และ (ข) control ; (ค) และ (ง) 2% ของน้ำหนัก silage	37
14	ลักษณะของของเชื้อแบคทีเรียแลคติกที่เจริญใน silage ที่ได้จากการหมักเศษข้าวโพดหวานและเปลือกข้าวโพดหวาน โดยขยายขนาดของการหมักในถังพลาสติกขนาด 1 ฟุต x 2 ฟุต x 1 ฟุต เติมปริมาณตะกอนยีสต์ 2% ของน้ำหนัก silage	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันความต้องการข้าวโพดฝักอ่อนเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบป้อนโรงงานอุตสาหกรรมข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุกระป๋องเพิ่มมากขึ้นอย่างมาก เนื่องจากปริมาณการส่งออกข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุกระป๋องเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีแนวโน้มที่จะส่งออกเพิ่มขึ้นทุกปี

โดยเศษข้าวโพดฝักอ่อนจากการคัด ตัดแต่ง และเศษข้าวโพดหวานเป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานยังคงคุณค่าทางสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ ดังนั้นการที่นำเศษของเหลือทั้งสองชนิดนี้มาหมักเป็น Silage จะทำให้สามารถช่วยเก็บรักษาได้นานขึ้นกว่าการนำไปใช้สด ส่วนตะกอนของยีสต์ที่เหลือทิ้งจากการหมักไวน์มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จึงน่าที่จะสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนและเสริมคุณค่าอาหารให้กับ Silage ที่ผลิตขึ้นได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำเศษข้าวโพดฝักอ่อนซึ่งเป็นของเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรมาเพิ่มมูลค่าโดยนำมาผลิตเป็น หญ้าหมัก ใช้เป็นอาหารสัตว์
2. เพื่อนำตะกอนยีสต์ซึ่งเป็นของเหลือใช้จากการหมักไวน์มาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยนำมาเสริมโปรตีนให้หญ้าหมักที่ผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผลพลอยได้และคุณค่าทางอาหารของข้าวโพดฝักอ่อน

เศษเหลือของข้าวโพดฝักอ่อนที่เหลือจากการนำฝักสดไปจำหน่ายในลักษณะสดและอุตสาหกรรมบรรจุกระป๋อง จากรายงานสถิติพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดฝักอ่อนทั่วประเทศ ปี พ.ศ. 2532 – 2533 ประมาณ 144,693 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2534) ทำให้มีผลิตผลพลอยได้เป็นส่วนต้นใบ หลังเก็บฝักแล้ว และส่วนเปลือกของฝักข้าวโพดอ่อนอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคได้ดีโดยเศษเหลือนี้ประกอบด้วยลำต้น 80 เปอร์เซ็นต์และเปลือก 20 เปอร์เซ็นต์ (Suriyajantratong and Tungnipone, 1980)

เกษตรกรจะมีรายได้จากการขายต้นข้าวโพด เปลือกและไหมและช่อดอกตัวผู้โดยสามารถนำไปใช้เลี้ยงวัวนมได้เป็นอย่างดี ผู้เลี้ยงวัดนมจะรับซื้อต้นสดจากแปลงข้าวโพดที่เกษตรกรเก็บเกี่ยวแล้วในราคาไร่ละ300-400 บาท สำหรับช่อดอกตัวผู้ที่ถอดทิ้ง ขายได้ในราคา 70-80 บาทต่อไร่ต่อครั้ง ต้นข้าวโพดสดและเปลือกมีคุณค่าทางอาหาร โดยเฉพาะโปรตีนที่เป็นประโยชน์ถึงร้อยละ 13.2 และมีเยื่อใย สูงถึงร้อยละ 34.8 ซึ่งคุณค่าทางอาหารดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกับคุณค่าทางอาหารที่ได้จากหญ้าขนสด และยังช่วยให้ระบบย่อยอาหารของวัวทำงานดีขึ้น

ภาพที่ 1 การเก็บต้นข้าวโพดที่เหลือจากการเก็บเกี่ยว และนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์
(ที่มา http://web.ku.ac.th/agri/cornxx/corn15.htm)

การนำผลพลอยได้ดังกล่าวมาศึกษาคุณค่าด้านต่างๆของบุญล้อมและคณะ อิทธิพล และกมล แสดงดังตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาคุณค่าด้านต่างๆ ของผลพลอยได้ของการปลูกข้าวโพดฝักอ่อน

ส่วนประกอบ	เปลือกและไหม[1]	ต้นข้าวโพดหลังเก็บฝัก[2]	ต้นข้าวโพดหลังเก็บฝัก[3]
วัตถุแห้ง(%)	14.10	26.40	22.7
โปรตีน	11.30	4.4-5.7	5.73
ไขมัน	2.80	16-1.8	1.80
สารเยื่อใย	17.80	26.3-26.5	26.50
เถ้า	6.60	6.2	6.20
คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้	60.50	59.9-61.4	59.90

หมายเหตุ 1 บุญล้อม (2531)

2 อิทธิพล (2528)

3 กมล (2531)

ที่มา : ดัดแปลงจากบุญล้อม (2531) อิทธิพล (2528) และกมล (2531)

นอกจากนั้นการศึกษาของ สุนันทา(2531) ยังพบว่า ส่วนของเปลือกและไหม สามารถนำมาหมักไว้ใช้ในการเลี้ยงสัตว์ โดยทำการหมักไว้ในหลุมหมักเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ ซึ่งพบว่าเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนมีวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและเถ้า เท่ากับ 11.6 ,13.2 , 4.4 ,34.8 และ 6.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ นอกจากธาตุอาหารหลักที่ข้าวโพดฝักอ่อนดูดเข้าไปแล้วสะสมอยู่ตามส่วนต่างๆของข้าวโพด คำนวณจากผลผลิตที่เป็นผักสดทั้งเปลือก 100 กิโลกรัม แสดงดังตารางที่ 2 และ ธีรเดช (2534) ได้รายงานการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของส่วนเหลือเปรียบเทียบพืชต่างๆ เพื่อใช้เลี้ยงขุนโค แสดงดังตารางที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมอยู่ตามส่วนต่างๆ ของข้าวโพดฝักอ่อน (คำนวณจากผลผลิตข้าวโพดสดทั้งเปลือก 100 กิโลกรัม

ส่วนของข้าวโพดอ่อน	ธาตุอาหาร (กิโลกรัม)		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
เฉพาะฝักอ่อน	2.37-2.92	0.46-0.52	1.46-1.62
เปลือกหุ้มฝัก	1.12-1.62	0.25-0.33	0.85-1.19
ต้นและใบ	0.69-1.66	0.11-0.14	0.34-1.02
รวม	4.18-6.20	0.82-0.99	2.75-3.82

ที่มา : สุนันทา (2531)

ตารางที่ 3 คุณค่าของส่วนเหลือจากพืชต่างๆ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)

ส่วนประกอบที่มา	ฟางข้าว	ต้นข้าวโพดหวาน	ต้นข้าวโพดฝักอ่อน	ต้นถั่วลิสงแห้ง
วัตถุแห้ง	85.98	22.75	26.44	95.89
โปรตีน	2.26	9.06	4.36	14.16
คาร์โบไฮเดรตละลายน้ำได้	40.18	47.59	61.36	45.12

ที่มา : ธีรเดช (2534)

นอกจากนี้การศึกษาของราเชนทร์ และคณะ (2536) ยังพบว่าเปลือกและไหมของข้าวโพดฝักอ่อน มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง crude protein ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ร้อยละ 15.4 , 11.4 , 1.214 และ 1.919 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่พบในเปลือกและไหมของข้าวโพดหวาน แต่ในส่วนต้นของข้าวโพดฝักอ่อนมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง crude protein ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ร้อยละ 20.9 , 11.2 , 10.4 และ 1.047 ตามลำดับ และการวิเคราะห์ค่า ADF (acid detergent fiber) ปรากฏว่าเปลือกและไหมของข้าวโพดฝักอ่อนมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวโพดหวาน แต่เมื่อพิจารณาในส่วนลำต้นพบว่า ต้นข้าวโพดหวานมีโภชนาการสูงกว่าต้นข้าวโพดฝักอ่อน (พิจารณาในด้านการนำไปเป็นอาหารสัตว์) และในปี พ.ศ. 2537 ราเชนทร์และคณะ (2537) ได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างส่วนต้นของข้าวโพดฝักอ่อนหลังเก็บฝัก ในแปลงปลูกของเกษตรกรรวมทั้งสุ่มเก็บตัวอย่าง เปลือกหุ้มฝัก ไหมและซังของข้าวโพดหวาน เพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการสำหรับเป็นอาหารสัตว์ โดยมีค่าต่างๆที่วิเคราะห์ได้ แสดงดังตารางที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 คุณค่าจากส่วนเหลือของข้าวโพดหวานและข้าวโพดฝักอ่อน

เศษเหลือในส่วนต้น+ใบ	ข้าวโพดหวาน	ข้าวโพดฝักอ่อน
วัตถุแห้ง	27.1	20.9
โปรตีนรวม	9.4	11.2
ฟอสฟอรัส	0.679	0.400
โพแทสเซียม	1.760	1.047
แคลเซียม	0.219	0.231

ที่มา : ราเชนทร์และคณะ (2537)

จินดา และคณะ (2541) ได้วิจัยการใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดหวานโดยได้ทดลอง การใช้ซังข้าวโพดหวานสด ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากโรงงานแปรรูปทำซุปข้าวโพดกระป๋องเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโครีดนมเปรียบเทียบกับการใช้หญ้าสดผสมเปลือกข้าวโพดหวาน (1:1)ในช่วงฤดูแล้ง ผลการทดลองปรากฏว่าการใช้ซังข้าวโพดหวานเป็นอาหารหยาบเปรียบเทียบกับการให้หญ้าสดผสมเปลือกข้าวโพดหวาน(1:1) มีผลทำให้ผลผลิตน้ำนม ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารไม่แตกต่างกัน และไม่มีผลต่อส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนม มีต้นทุนค่าอาหารในการผลิตน้ำนม 1 กิโลกรัมต่ำกว่าการใช้หญ้าสดผสมเปลือกข้าวโพดหวาน

(ที่มา : www.dld.go.th/nutrition/exhibision/RESEARCH/research_full/2541/R4101.doc)

จากคุณค่าทางอาหารของข้าวโพดฝักอ่อนดังกล่าว จะเห็นว่าสมควรนำเศษข้าวโพดฝักอ่อนมาทดลองใช้เป็นวัตถุดิบทางอุตสาหกรรมในการผลิต silage(หญ้าหมัก) เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ นับว่าเป็นการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุกระป๋องมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หญ้าหมัก (Silage)

หญ้าหมัก หมายถึง พืชอาหารสัตว์ต่าง ๆ ที่นำมาเก็บถนอมไว้ในสภาพอวบน้ำ ในภาชนะปิดที่ป้องกันอากาศ จากภายนอกจนเกิดการหมัก ซึ่งจะช่วยทำให้คุณค่าทางอาหารของพืชเหล่านั้นคงอยู่ สามารถถนอมไว้ใช้ได้ใน ช่วงที่ขาดแคลนหญ้าสด พืชอาหารสัตว์ที่นำมาใช้ในการหมักได้มาจากพืชอาหารสัตว์ที่มีอยู่มากมายในช่วงฤดูฝน ซึ่งเจริญงอกงามดี และมีปริมาณมากเกินพอสำหรับสัตว์เลี้ยง (ที่มา : http://www.doae.go.th/LIBRARY/html/detail/gferm/gferm.html)

2.2.1 ปัจจัยที่ควบคุมคุณภาพของหญ้าหมัก

(ที่มา http://www.dld.go.th/pvlo_cnt/plant/plant12.doc.)

ในการทำหญ้าหมัก มีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้อง และมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีและคุณสมบุติทางกายภาพต่างๆ ของพืชสดเมื่อทำการเป็นพืชหมัก ดังนั้นเพื่อให้ได้พืชหมักที่มีคุณภาพสูงจะต้องคำนึงถึงปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ชนิดของพืชที่เหมาะสมในการทำหญ้ามักควรเลือกพืชที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งหรือน้ำตาลสูงพอสมควรเพื่อเป็นอาหารให้แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติคเจริญโดยเร็วเป็นการป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์พวกอื่นที่ทำให้รสและกลิ่นของพืชหมักด้อยคุณภาพเจริญเติบโตได้ ลักษณะของต้นพืชควรมีลำต้นแน่นเพื่อลดช่องอากาศภายในให้น้อยที่สุดถ้าใช้พืชที่มีลำต้นกลวงทำพืชหมักจะต้องพยายามทำให้ปล้องแตกและอัดให้แน่นเพื่อไล่อากาศออกให้มากที่สุดและควรเลือกพืชที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูง เช่น ข้าวโพดข้าวฟ่าง เศษเหลือจากการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนก็สามารถนำมาทำหญ้าหมักได้ดี เช่นกัน

2. เวลาในการตัดพืชมาทำหญ้าหมัก หมายถึง อายุของพืชที่เหมาะสมไม่แก่และไม่อ่อนจนเกินไปโดยตัดในช่วงที่พืชให้ผลผลิตสูง พร้อมทั้งยังมีคุณค่าทางอาหารเพียงพอทั้งโปรตีน แร่ธาตุ และวิตามิน ตัวอย่างเช่น ข้าวโพด ควรจะตัดทำพืชหมักในระยะเมล็ดกำลังเป็นน้ำนม และก่อนที่จะเริ่มแข็งตัวถ้าเป็นข้าวฟ่างควรตัดเมื่อใกล้จะมีดอกอายุประมาณ 10-11 สัปดาห์ จนถึงระยะติดเมล็ดอ่อนๆ สำหรับหญ้าอื่นๆ ควรตัดในระยะเริ่มออกดอก อายุของหญ้าที่จะตัดทำหญ้าหมักไม่แน่นอนแต่ควรสังเกตได้จากเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งต้องไม่ต่ำกว่า 25%และไม่สูงกว่า35 %

3. ความยาวของท่อนพืช เนื่องจากหญ้าหมักต้องอยู่ในสภาพสุญญากาศ ดังนั้นการตัดหรือสับพืชให้เป็นชิ้นจะมีผลต่อการอัดแน่นเพื่อไล่อากาศออก ความยาวของท่อนพืชจะเป็นเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดพืช การที่ต้องตัดพืชเป็นท่อนสั้นๆนั้น ก็เพื่อที่จะช่วยใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอัดแน่นในถังหมักทำได้ง่ายและทำได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งเพื่อให้น้ำตาลถูกปล่อยออกมาได้เร็ว ซึ่งจะช่วยให้เกิดกรดแลคติคเร็วขึ้น เป็นผลดีต่อคุณภาพของหญ้าหมัก

4. ระดับความชื้น บุญฤา(2528) และ สายัณห์ (2540)ได้กล่าวไว้ว่าระดับความชื้นที่เหมาะสมในพืชโดยปกติแล้วพืชที่จะนำไปหมักมีความชื้นอยู่ระหว่าง 65-70 เปอร์เซ็นต์ถ้าพืชแห้งเกินไปจะอัดให้แน่นได้ยาก ทำให้มีอากาศหลงเหลือค้างอยู่มาก เป็นผลให้เกิดเชื้อราได้ง่ายพืชหมักที่มีความชื้นต่ำจะทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ที่สร้างกรดลดลงด้วยดังนี้ถ้าหากพืชแห้งมากไป อาจแก้ไขโดยพยายามตัดเป็นท่อนสั้น ๆ หรือใช้น้ำพรมก่อนบรรจุลงในหลุมหรือถังหมัก ในทางตรงข้ามถ้าพืชที่นำมาหมักมีความชื้นมากเกินไปโอกาสที่จะทำให้หญ้าหมักมีคุณภาพลดลงก็มีมากขึ้นอาจทำให้หญ้าหมักมีลักษณะเป็นเมือกหรือเปรี้ยวจัดเกินไป และจะดึงเอาธาตุอาหารในพืชหมักออกมาด้วย ทำให้สูญเสียกรดและธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อสัตว์

5. การกำจัดอากาศออกจากหลุมหมักในการทำหญ้าหมักมีหลักสำคัญอยู่ที่จะต้องทำให้เกิดกรดแลคติคให้เร็วที่สุดและมากที่สุด เพราะเป็นกรดที่รักษาคุณภาพของพืชหมักเป็นตัวช่วยป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ชนิดอื่นเจริญขยายจำนวนขึ้น ต้นพืชสดเมื่อตัดมาใหม่ ๆ เซลล์ของพืชในถังหมัก และคายคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและความร้อนออกมา ถ้ายังมีอากาศอยู่ภายหลังเซลล์พืชตายแล้ว พวกเชื้อราและยีสต์จะเจริญขึ้น ทำให้หญ้าหมักมีคุณภาพไม่ดี ฉะนั้น การอัดพืชให้แน่นและการปิดให้มิดชิด จึงมีความจำเป็นในการทำหญ้าหมักอยู่มาก

6. สารช่วยหมักเป็นพวกสารหรือวัตถุอื่นที่ใส่เพิ่มคุณภาพของหญ้าหมักหรือรักษาหญ้าหมักให้อยู่ในสภาพหมักดอง นอกจากปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวแล้ว การที่จะทำให้เกิดกรดแลคติคเร็วและมากนั้นพืชหรือหญ้าที่จะนำมาทำหญ้าหมักจะต้องมีระดับน้ำตาลที่เพียงพอถ้าหากว่าพืชขาดคุณสมบัติข้อนี้ ควรเติมสารช่วยหมัก เช่น กากน้ำตาล เมล็ดพืชบด มันเส้นบด หรือกรดชนิดต่างๆ

ตัวอย่างการศึกษาของสายชิมและนวลมณี(2535) ได้ทดลองหมักต้นและเศษเหลือของข้าวโพดฝักอ่อนเสริมด้วยใบกระถิน เพื่อเป็นอาหารโคนม พบว่า การผสมใบกระถิน 10-20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าวัตถุแห้งรวม ไขมัน เยื่อใยรวม เถ้าและไนโตรเจนฟรีเอกซ์แพด สูงกว่าการหมักต้นข้าวโพดอ่อนที่ไม่ผสมใบกระถิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. กากน้ำตาล จะใช้ใส่ในหญ้าหมักที่จะทำจากพืชที่มีระดับน้ำตาลต่ำ เพราะน้ำตาลในกากน้ำตาลนี้แบคทีเรียสามารถใช้เป็นอาหารและเปลี่ยนไปเป็นกรดแลกติกได้ง่าย นอกจากนี้ กากน้ำตาลยังทำให้หญ้าหมักมีรสชาติน่ากิน และช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารของหญ้าหมักด้วย ปริมาณกากน้ำตาลที่จะใช้ผสมในหญ้าหญ้าหมักขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ใช้ทำหญ้าหมัก ถ้าหากเป็นข้าวโพด ข้าวฟ่างที่ตัดในระยะที่เหมาะสมจะมีจำนวนน้ำตาลเพียงพอไม่จำเป็นต้องเติม แต่ถ้าเป็นพืชหญ้าทั่วไปควรใช้กากน้ำ ตาลประมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ยิ่งถ้าหากหญ้าหมักที่มีพืชตระกูลถั่วปนอาจต้องใช้กากน้ำตาลถึง10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ขึ้นอยู่กับว่ามีพืชตระกูลถั่วผสมอยู่มากน้อยแค่ไหน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความอ่อนแก่ของพืช คือ พืชอ่อนตัวต้องใช้กากน้ำตาลมาก พืชแก่ใช้กากน้ำตาลน้อยลง

8. เมล็ดพืชบด มันสำปะหลังบด การใช้เมล็ดพืช (เมล็ดข้าวโพด เมล็ดข้าวฟ่าง) และมันสำปะหลังบด จะใช้ในอัตรา 5-10 เปอร์เซนต์ของพืชหมักจะช่วยในการทำงานของแบคทีเรียในการสร้างกรดที่จำเป็นในการรักษาคุณภาพของหญ้าหมักเกิดขึ้นได้อย่างเพียงพอ และช่วยลดความชื้นของพืชหมักที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงเกินไป ตลอดจนช่วยเพิ่มคุณค่าของอาหารและเพิ่มความน่ากินของพืชหมักด้วย

9. กรดชนิดต่างๆ เป็นการเติมเพื่อรักษาสภาพของพืชหมักให้มีกรดที่ช่วยถนอมพืชได้ทันทีและให้มีการหมักที่ เหมาะสมโดยการเติมกรดลงไปในพืชหมักโดยตรง กรดที่นิยมใช้ คือ กรดฟอร์มิคเนื่องจากมีฤทธิ์กัดกร่อนน้อยมากใช้ในอัตราประมาณ 2.25 ลิตรต่อน้ำหนักสดของพืช 1 ตัน หญ้าหมักที่ได้จากการเติมกรดจะมีรสชาติไม่ดีเหมือนเดิมกากน้ำตาลหรือพวกเมล็ดธัญพืชบด

ตัวอย่างของการเติมจุลินทรีย์กลุ่มแลคติก(Lactic acid bacteria - LAB) ต่อคุณภาพของพืชหมัก โดย อารีรัตน์(2546) ได้รวบรวมข้อมูลและผลงานวิจัยในเขตอบอุ่นระหว่างปี 1999-2003 จำนวน 9 ฉบับ พบว่า LAB ที่นิยมใช้สำหรับพืชหมักได้แก่ *Lactobacillus buchneri*, *L. plantarum*, *Streptococcus faecium* และ *Pediococcus pentosaceus* ในปริมาณตั้งแต่ $1x10^5$ ถึง $1x10^6$ cfu/g ของพืชสด LAB ที่ให้ผลดีที่สุดคือ *Lactobacillus buchneri* ในระดับ $2\text{-}4x10^5$ cfu/g ของพืชสด โดยมีผลทำให้จำนวนเชื้อราและยีสต์ลดลงน้อยกว่า 2 cfu/g ของพืชหมัก ส่วนโปรตีนหยาบและวัตถุแห้งมีแนวโน้มสูงขึ้น ส่งผลให้มีการสูญเสียวัตถุแห้งน้อยลง มีความคงสภาพเมื่อสัมผัสกับอากาศนานขึ้นมากกว่า 480 ชั่วโมง และเมื่อนำไปเลี้ยงสัตว์ พบว่าทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัตว์มีการกินได้ของวัตถุแห้ง มีการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของสัตว์สูงกว่าสัตว์ที่เลี้ยงด้วยพืชหมักที่ไม่มีการเติม LAB

อย่างไรก็ตาม ยังพบว่าในบางงานทดลองที่ใช้ชนิด LAB ต่างกันในปริมาณเท่ากันในพืชชนิดเดียวกัน หรือใช้พืชต่างชนิดกัน แต่ชนิดและปริมาณของ LAB เหมือนกัน ให้ผลที่แตกต่างกัน ดังนั้น อาจสรุปได้ว่าการที่จะเลือกใช้ชนิด LAB และในระดับใดนั้น ควรจะต้องพิจารณาถึงชนิด ปริมาณแป้ง น้ำตาล และวัตถุแห้งของพืชที่นำมาหมักร่วมด้วย

(ที่มา http://www.agri.ubu.ac.th/seminar/masterstu/Lactic_Acid_Bacteria.htm)

2.2.2 การเปลี่ยนแปลงระหว่างระหว่างการหมัก (ณัฏฐิกา,2548)

เมื่อบรรจุพืชอาหารสัตว์ลงในภาชนะหรือหลุมแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของพืชอาหารสัตว์โดยสามารถแบ่งได้ 2 กระบวนการ คือ กระบวนการที่ไม่ต้องการออกซิเจน กระบวนการดังกล่าวจะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับการทำงานของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ปริมาณอากาศที่ยังหลงเหลืออยู่ภายหลังการนำพืชเข้าหลุมหมักหรือภาชนะหมัก และองค์ประกอบของพืชที่นำมาทำพืชหมัก เช่น ปริมาณน้ำตาล ความชื้น เป็นต้น

กระบวนการใช้ออกซิเจน (Aerobic Process)

เมื่อนำพืชอาหารสัตว์ที่ยังสดอยู่เข้ามาหมักในหลุมหมัก หลังจากทำการปิดหลุมหมักหรือภาชนะแล้ว อากาศบางส่วนที่ยังหลงเหลืออยู่ซึ่งจะถูกเซลล์ของพืชและแบคทีเรียบางชนิดใช้ในกระบวนการหายใจอยู่ระยะเวลาหนึ่งจนกว่าอากาศจะหมดไปในการหายใจของเซลล์พืชจะใช้คาร์โบไฮเดรตและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และความร้อนออกมาดังสมการ

$$CHO + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O + heat$$

นอกจากนี้ในต้นพืชที่มีเชื้อแบคทีเรียอยู่หลายชนิด แต่ละชนิดจะมีบทบาทที่แตกต่างกัน ฉะนั้นในขณะที่ยังมีอากาศอยู่ แบคทีเรียพวกที่ต้องการออกซิเจน(aerobic bacterial) จะเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตไปเป็นกรดต่างๆ เช่น กรดอะซิติก (acetic acid) กรดโปรปีโอนิก (Propionic acid)และกรดแลคติก(Lactic acid) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนจุลินทรีย์ในกลุ่มยีสต์ (Yeast)และรา (Mold) จะเพิ่มจำนวนมากขึ้นจนอากาศถูกใช้ไปหมด จุลินทรีย์ดังกล่าวก็จะไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้อีกและจะตายลงในที่สุดแต่เอนไซม์ต่างก็ยังทำงานได้ตามปกติและจะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์และสารอื่น (McDonald *et al.*,1991)

กระบวนการที่ไม่ต้องการออกซิเจน (Anaerobic Process)

เมื่ออากาศหรือออกซิเจนถูกใช้หมดไป กระบวนการที่ไม่ต้องการอากาศจะเกิดขึ้นโดยการทำงานของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศ (anaerobic bacterial) เช่น กลุ่ม Homofermentative lactic bacteria ได้แก่ *Lactobacilli* และ *Streptococci* และกลุ่ม Heterofermentative lactic bacteria จะทำงานต่อ และผลที่ได้คือ กรดแลคติก (Lactic acid) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะมีประมาณ 1-1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักพืชหมักสด และมี pH ประมาณ 4.2 หรือต่ำกว่านั้น การทำงานของแบคทีเรียพวกนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาล ถ้ามีปริมาณน้ำตาลมากและอยู่ในสภาพ Anaerobic จะทำให้เกิดกรดแลคติกเร็วขึ้น ดังสมการ

Glucose Lactic acid

$$C_6H_2O_6 \longrightarrow 2(C_3H_6O_3)$$

เชื้อจุลินทรีย์บางชนิดสามารถเปลี่ยนกรดแลคติกไปเป็นกรดบิวทีริก ดังสมการ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้แม้ว่าค่าความเป็นกรด-ด่างจะลดลงเหลือ 4.2 เพราะฉะนั้นการทำให้เกิดกรดแลคติกเร็วที่สุด จะช่วยระงับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียพวก Clostridium และทำให้หญ้าหมักยังคงสภาพที่สัตว์สามารถนำไปใช้ต่อไปได้ (สายัณห์,2540)

Lactic acid Butyric acid

$$2(C_3H_6O_3) \xrightarrow[\text{Saccharomylytic bacterai}]{} C_4H_8 + 2H_2O + 2CO_2$$

2.2.3 ลักษณะที่ดีของหญ้าหมัก

หญ้าหมักที่ดี ควรมีลักษณะ ดังนี้

1. สี หญ้าหมักที่ดีควรมีสีเขียมแกมเหลือง ถ้าปรากฏเป็นสีน้ำตาลไหม้หรือดำแสดงว่าเกิดความร้อนมากเกินไปในขณะหมัก ทำให้สารอินทรีย์สลายตัวเป็นการสูญเสีย ซึ่งถ้าหญ้าหมักเป็นสีดำไม่ควรนำไปใช้เลี้ยงสัตว์
2. กลิ่น หญ้าหมักที่ดีจะมีกลิ่นหอมเปรี้ยวอ่อนๆ คล้ายผลไม้ดอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เนื้อหญ้าหมัก จะต้องไม่เป็นเมือก ไม่เละ เอามือถูเนื้อไม่หลุดออก ไม่มีราหรือส่วนที่บูดเน่าถ้ามีสีขาวๆ เป็นเส้นกระจายบนหญ้าหมัก แสดงว่าเกิดราทำให้คุณภาพของหญ้าหมัก
4. ความชื้น ควรอยู่ระหว่าง 65-70 เปอร์เซ็นต์ หากมีความชื้นสูงกว่านี้พืชหมักจะเปรี้ยวมากและเกิดการสูญเสียโภชนะออกมากับของเหลว ทดสอบโดยบีบหญ้าหมักด้วมือถ้ามีน้ำเหลวๆ ไหลออกมาแสดงว่า มีความชื้นมากเกินไป ถ้าความชื้นน้อยเกินไปทำให้แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติคลดลง ทำให้หญ้าหมักเสียได้ง่าย
5. ความเป็นกรด ควรมีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.5-4.2 โดยมีกรดแลคติคอยู่มากกรดอะซีติคเป็นส่วนน้อย และไม่ควรมีกรดบิวทีริคหรือให้มี น้อยที่สุด หญ้าที่ดีไม่ควรเปรี้ยวจัดเกินไป Breirem and Ulvesli (1960) รายงานว่า หญ้าหมักที่มีคุณภาพดีควรสัดส่วนของกรดต่างๆ ดังนี้

   กรดแลคติค 1.5-2.5 เปอร์เซ็นต์
   กรดอะซีติค 0.5-0.8 เปอร์เซ็นต์
   กรดบิวทีริค <0.1 เปอร์เซ็นต์

จากการวิเคราะห์กระบวนการหมักสามารถแสดงปริมาณกรด แอลอฮอล์ และ pH ในการหมัก haylage และ consilage ให้ได้ silageที่มีคุณภาพดี ดังแสดงใน ตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณกรด แอลกอฮอล์ และ pH ในการหมัก haylage และ consilage

สิ่งที่เกิดในกระบวนการหมัก	หญ้าหมัก(haylage)	ข้าวโพดหมัก(consilage)
pH	<5	<4
กรดแลคติค ,% of DM	2-6	5-10
กรดอะซีติค,% of DM	<2.5	<3.0
กรดบิวทีริค ,% of DM	<0.25	<1.0
กรดแลคติค / กรดอะซีติค	>2:1	>3:1
เอทานอล,% of DM	<1.0	<3.0
แอมโมเนีย N ,% of CP	<12.0	<7.0

หมายเหตุ DM = Dry matter น้ำหนักแห้ง

CP = Crude protein โปรตีนหยาบ

(ที่มา : http://www.vigortone.com/06-13%20Silage%20Fermentation.pdf)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 วิธีการทำหญ้าหมัก (ที่มา http://www.dld.go.th/pvlo_cnt/plant/plant12.doc.)

การทำหญ้าหมัก มีรูปแบบหลุมหมัก หรือภาชนะที่บรรจุพืชหมักแบบต่างๆกัน ดังนี้

1. หลุมหมักแบบราง โดยขุดเป็นรางลึกลงในดินพื้นเป็นดินหรือเทคอนกรีตให้มีความลาดเทเล็กน้อย เพื่อระบายความเหลวออกได้ง่าย หลุมหมักแบบรางมีประสิทธิภาพในการเก็บสูง การสูญเสียของหญ้าหมักอาจจะน้อยเพียง 5 % เท่านั้น
2. หลุมหมักแบบกำแพงคอนกรีต เป็นหลุมหมักแบบที่ไม่ต้องขุดลงในดินเพราะสำหรับบริเวณใต้ดินสูงลักษณะเป็นรางยาว ฝาผนังคอนกรีต
3. หลุมหมักแบบปล่องโดยก่อคอนกรีตเป็นรูปทรงกระบอกอยู่บนดินมักมีความสูงเป็นสองเท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางปัจจุบันไม่นิยมใช้
4. หลุมหมักแบบท่อ เป็นบ่อที่ขุดลงไปในดิน ไม่เหมาะสำหรับบริเวณที่มีน้ำใต้ดินสูง
5. ถุงหมักแบบสุญญากาศ เป็นถุงที่ทำจากพลาสติก ถ้าเป็นถุงขนาดใหญ่ต้องสูบอากาศออกภายหลังบรรจุหญ้าเต็มแล้ว สะดวกในการปฏิบัติและการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์แต่ข้อเสียที่ถุงหมักจะฉีกขาดเนื่องจากคุณภาพไม่ดี นอกจากนี้ยังถูกแมลงและสัตว์กัดทำลาย
6. แบบม้วนก้อน เป็นการทำหญ้าหมัก โดยใช้เครื่องอัดหญ้าเป็นม้วนก้อนและพันด้วยแถบพลาสติกรอบก้อนหญ้า ซึ่งมีความหนาประมาณ 4-6 ชั้น
7. แบบบรรจุในภาชนะจากผลพลอยได้ของโรงงานอุตสาหกรรมเป็นการทำหญ้าหมักโดยนำถังพลาสติก ถังน้ำมัน ถังกระดาษแข็ง หรือภาชนะใดๆที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆมาบรรจุหญ้าแล้วอัดให้แน่นปิดฝาให้สนิทเพื่อให้อยู่ในสภาพสุญญากาศ
8. แบบกองบนพื้น โดยปูพลาสติกบนพื้นเรียบ นำหญ้ามากองบนพลาสติกโดยทำเป็นสันขอบตามความกว้าง ยาว ของพลาสติก นำหญ้ามาวางส่วนที่เหลือตรงกลางพลาสติก ย่ำให้แน่นเมื่อเต็มชั้นแล้วจึงนำหญ้ามากองเป็นขอบชั้นต่อไป โดยขอบชั้นถัดไปให้วางเหลื่อมเข้าไปในกอง เติมหญ้าให้เต็มชั้นที่สองย่ำให้แน่นเหมือนชั้นแรก ทำไปเรื่อยๆ จนได้กองสูงพอประมาณ จึงนำพลาสติกมาคลุมปิดกองหญ้าสอดชายเข้าไปใต้พลาสติกที่ปูรองพื้นไว้ทำคันดินโดยรอบกอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ขั้นตอนการทำหญ้าหมัก

สำหรับขั้นตอนการทำหญ้าหมักสามารถแบ่งได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การตัดหญ้าหรือพืชสด ตัดหญ้าในระยะที่เหมาะสมและควรหั่นหญ้าให้ขนาด 2-3 เซนติเมตร เพื่อที่จะช่วยให้การอัดหญ้าได้แน่น

ภาพที่ 2 การใช้เครื่องหั่นสับหญ้าสด

(ที่มา : http://www.thaicattle.com/plant/plant15.php)

ขั้นตอนที่ 2 การบรรจุลงหลุม หรือภาชนะสำหรับหมัก การบรรจุหญ้าลงหลุมหรือภาชนะจำเป็นต้องอัดหญ้าให้แน่นโดยใช้คนขึ้นเหยียบย่ำให้แน่นหรือถ้าเป็นหลุมขนาดใหญ่ใช้รถแทรกเตอร์วิ่งทับไปมาหลายครั้งจนแน่นเป็นรูปหลังเต่า ในกรณีที่มีการเติมสารช่วยกันหมักเสริม เช่น กากน้ำตาล เมล็ดธัญพืช หรือกรดต่างๆ จะต้องคลุกเคล้ากันให้ทั่วหรือผสมทำเป็นชั้นๆ สลับกับหญ้าจนเต็มหลุมและถ้าหากพืชที่นำมาใช้หมักแห้งเกินไปต้องพรมน้ำให้มีความชุ่มชื้นที่เหมาะ สม

ภาพที่ 3 การนำหญ้าสดที่หั่นแล้วใส่ถุงพลาสติก

(ที่มา : http://www.thaicattle.com/plant/plant15.php)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 การกลบหลุม หรือการปิดภาชนะบรรจุ เมื่อบรรจุหญ้าเต็มหลุม หรือเต็มภาชนะที่บรรจุ และอัดหญ้าแน่นแล้วจะต้องปิดหลุม หรือ ปิดภาชนะที่บรรจุให้สนิท เพื่อป้องกันอากาศซึมเข้าและฝนชะล้าง ในกรณีที่เป็นหลุมขนาดใหญ่ควรใช้ผ้าพลาสติกคลุมก่อนแล้วจึงใช้วัสดุต่างๆ กดทับบนผ้าพลาสติกอีกชั้นหนึ่ง

ภาพที่ 4 หญ้าสดที่ถูกอัดแน่นในถุงและปิดปากถุงแล้ว

(ที่มา : http://www.thaicattle.com/plant/plant15.php)

ขั้นตอนที่ 4 การเก็บและเปิดใช้หญ้าหมัก ภายหลังจากการกลบหลุมหรือปิดภาชนะแล้วเก็บทิ้งไว้ 3-4 สัปดาห์ ก็จะทำให้ได้หญ้าหมักที่สมบูรณ์ สามารถเปิดและนำไปใช้ได้ ถ้าเปิดหลุมหมักทิ้งไว้นานๆ หญ้าหมักที่ไม่ได้นำออกมาใช้จะเกิดการสูญเสีย

ภาพที่ 5 การเก็บหญ้าหมักในภาชนะที่มิดชิด

(ที่มา : http://www.thaicattle.com/plant/plant15.php)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หญ้าหมักโดยทั่วไปมีราคาอยู่ที่ประมาณ 20-30 ดอลลาร์ต่อตัน ซึ่งราคาขึ้นอยู่กับชนิดและความชื้นของหญ้าหมัก (5/12/1999) (ที่มา : http://ucce.ucdavis.edu/files/filelibrary/2193/)

ข้อดีและข้อเสียของหญ้าหมัก

ข้อดีของหญ้าหมัก

1. สามารถทำได้ทุกฤดูกาล
2. สามารถใช้ทุกส่วนของต้นพืชให้เป็นประโยชน์ ส่วนของลำต้นที่แข็ง เมื่อหมักแล้วจะอ่อนนุ่มสัตว์ชอบกิน
3. ใช้พื้นที่ในการเก็บรักษาน้อย
4. หญ้าหมักมีลักษณะอวบน้ำ สัตว์ชอบกิน
5. การสูญเสียโดยการร่วงหล่นของใบพืช จากการทำหญ้าหมักมีน้อย จึงสามารถรักษาธาตุอาหารต่างๆ ไว้ได้สูงกว่าหญ้าแห้ง
6. ลดอันตรายจากอัคคีภัย ในการเก็บเมื่อเทียบกับหญ้าแห้ง
7. สามารถรักษาได้นานเป็นปีๆ โดยคุณค่าทางอาหารไม่ลดลง ถ้าหากมีการปฏิบัติอย่างดี

ข้อเสียของหญ้าหมัก

1. ต้องมีความรู้ความชำนาญในการทำหญ้าหมัก
2. เปลืองแรงงานและลงทุนมากกว่าการทำหญ้าแห้ง
3. ขาดวิตามินดี
4. เป็นราเสียหายง่าย เมื่อเปิดหลุมแล้ว
5. เนื่องจากหญ้าหมักมีฤทธิ์เป็นกรดจึงทำลายภาชนะที่เป็นโลหะได้.

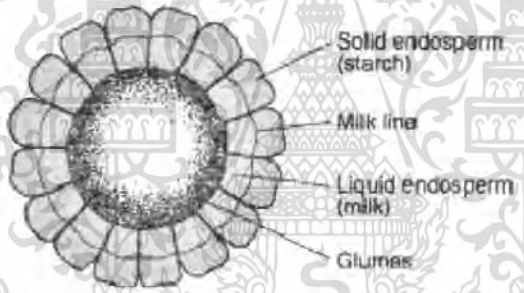
(ที่มา : http://www.dld.go.th/pvlo_cnt/plant/plant12.doc)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ข้าวโพดหมัก (Corn silage)

แต่เดิมการทำหญ้าหมักนั้นใช้ข้าวโพดพันธุ์ใดก็ได้ที่เก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสม ซึ่งมักจะให้สัดส่วนของแป้งสูง แต่อาจไม่เหมาะสมในส่วนของเยื่อใยและแป้งที่ย่อยได้ (starch digestibility) ในระยะหลังจึงได้มีการใช้ข้าวโพดพันธุ์ที่ปลูกสำหรับทำหญ้าหมักโดยเฉพาะ เพื่อเพิ่มในส่วนของเยื่อใยและแป้งที่ย่อยได้ ในต่างประเทศมีการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเพื่อทำหญ้าหมัก นอกจากนี้ยังมีการศึกษาระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมต่อคุณภาพหญ้าหมักด้วย
(ที่มา : http://www.doa.go.th/fieldcrops/corn/oth/002.pdf)

จากการศึกษาของ Bal *et al.*(1977) พบว่าการตัดต้นข้าวโพดที่เหมาะสมในการทำพืชหมักคือ เมื่อเส้นน้ำนมอยู่ระหว่าง 1/4 – 2/3 ของเมล็ด ความชื้น 65 เปอร์เซ็นต์ เพราะจะทำให้ผลผลิตน้ำนมสูงที่สุด (รอยต่อของส่วนที่เป็นน้ำและส่วนที่เป็นแป้งของเมล็ดเรียกเส้นน้ำนม หรือ Milk line) สังเกตเส้นน้ำนมได้จากภาพที่ 3



ภาพที่ 6 ภาพตัดขวางของข้าวโพดแสดงให้เห็นเส้นน้ำนมและส่วนประกอบของข้าวโพด
ที่มา : http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/dairy/as1253w.htm

การเปลี่ยนแปลงระหว่างระหว่างการหมักของข้าวโพดหมัก (cornsilage) ก็แบ่งเป็น 2 กระบวนการดังที่ได้กล่าวข้างต้น ซึ่งแสดงในตารางที่ 6 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงกระบวนการหมักของข้าวโพดหมัก (corn silage)

Figure 1. The process of corn silage fermentation.

aerobic phase	anaerobic phase				stable phase
day 1	day 2	day 3	days 4-7	days 8-21	after day 21
Cell respiration produces CO_2, heat and water.	Fermentation begins, producing acetic acid. Heating process slows.	Lactic acid production begins. Acetic acid production continues.	Lactic acid produced. Temperature drops.	Lactic acid produced. Silage pH drops and becomes stable.	Bacterial fermentation stops. Silage preserved until re-exposed to oxygen.
temp					
70 F	95 F		80 to 85 F		Silage cools to ambient temperature.
pH					
6.0	5.0	4.0			4.0

ที่มา : http://www.utextension.utk.edu/publications/spfiles/sp434d.pdf

ข้าวโพดเป็นพืชที่เหมาะจะนำมาหมักเพราะ

1. ให้ผลผลิตสูง ประมาณ 4-5 ตัน/ไร่ มีเนื้ออาหารมาก โปรตีนประมาณ 7% มี TDN ประมาณ 62%
2. มีแป้งและน้ำตาลอยู่สูง จุลินทรีย์ใช้เปลี่ยนให้เป็นกรดแลคติกได้ดี
3. มีแบคทีเรียพวกแลคโตบาซิลัส ที่ช่วยในการหมักติดมากับต้นพืชมาก ทำให้การหมักได้ผลดี มีกรดแลคติคเกิดขึ้นมาก

การทำข้าวโพดหมักสำหรับเกษตรกรรายย่อย รายกลางหรือรายใหญ่

สำหรับเกษตรกรรายย่อย

1. ปลูกข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 3,5
2. ตัดระยะเมล็ดเป็นแป้ง ของเมล็ด
3. หั่นต้นและฝักข้าวโพดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 1-2 ซม.
4. บรรจุในถุง 2 ชั้น อัดให้แน่นดูดอากาศออก มัดปากถุงชั้นใน แล้วเย็บปากถุงชั้นนอกแยกจากชั้นใน หรือบรรจุลงใน ถังซึ่งทำด้วยขอบข่อต่อกัน 3-4 ชั้น ด้านในฉาบด้วยซีเมนต์เพื่อกันอากาศเข้า อัดข้าวโพดให้แน่นโดยใช้คนเหยียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

85407

5. คลุมด้วยพลาสติกให้มิดชิด ปิดทับด้วยยางรถยนต์หรือถุงทราย หรือมัดโดยวิธีเดียวกันในถังซีเมนต์ขนาดใหญ่ขึ้น เช่น 2*3*1.5

สำหรับรายกลางหรือรายใหญ่

- ปูพื้นลานซีเมนต์ด้วยพลาสติกใสที่ต่อกันเป็นผืนขนาด 8*12 เมตร หั่นต้นข้าวโพดด้วยเครื่องให้เป็นชิ้นเล็กขนาด 1-2 ซม. เกลี่ยข้าวโพดให้ทั่วกองเหลือชายพลาสติกไว้โดยรอบด้านละ 50 ซม.
- ใช้รถแทรกเตอร์บดทับให้แน่นทำเป็นชั้นๆ จนสูงตามต้องการแต่ละกองอาจได้ข้าวโพดประมาณ 40 ตัน
- นำพลาสติกหนาสีดำต่อกันด้วยกาวแบบพิเศษ ให้เป็นผืนใหญ่คลุมทับทั้งกอง แล้วจับชายพลาสติกทั้ง 2 ชั้น (บนและล่าง) ม้วนเข้าด้วยกันให้รอบกองโดยใช้ท่อ PVC เป็นแกนทับด้วยยางรถยนต์เก็บไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 3 สัปดาห์หรือนานเท่าที่ต้องการ

(ที่มา : http://www.dld.go.th/pvlo_pyu/knowledge/corn.html)

- การเติมสารช่วยหมัก พวก NPN (Non-protein nitrogen) ได้แก่ ยูเรีย จะช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนรวมให้ ข้าวโพดหมัก จากงานวิจัยที่มหาวิทยาลัย Tennesee แสดงให้เห็นว่า การใช้ยูเรีย 10 ปอนด์ต่อ silage 1 ตัน เป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ silage มีประสิทธิภาพ (ที่มา : http://www.utextension.utk.edu/publications/spfiles/sp434d.pdf)
- ราเป็นสิ่งที่พบเจอบ่อยในไซโล ราขาวและราสีเทาเกิดจากการที่มีอากาศเข้าไปในไซโลซึ่งอาจทำให้เกิดการสร้างสารพิษแก่สัตว์ที่กินได้ ราที่รู้จักกันในชื่อ monascus เป็นสาเหตุที่ทำให้หญ้าหมักจับตัวกันเป็นก้อน ราชนิดนี้มีสีขาวบริเวณรอบนอกและมีสีแดงตรงกลาง แต่วัว ที่กินราพวกนี้เข้าไปยังไม่มีรายงานว่าได้รับพิษจากราที่กินเข้าไป

(ที่มา : http://extension.missouri.edu/explore/agguides/crops/g04590.htm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ความเสี่ยงของระดับไนโตรเจนที่มีในข้าวโพด

ข้าวโพดเป็นพืชที่มีปริมาณไนโตรเจนสูง เมื่อข้าวโพดมีความชื้นที่เพียงพอ และได้รับอุณหภูมิที่เหมาะสม มันจะมีการใช้ไนโตรเจนสำหรับการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อถึงฤดูแล้ง ข้าวโพดจะมีการดึงไนโตรเจนกลับเข้ามาในรูปของไนเตรทซึ่งเนื้อเยื่อของพืชไม่สามารถใช้ไนเตรทในการเจริญเติบโตได้ ดังนั้นจึงเกิดการสะสมไนเตรทขึ้นภายในข้าวโพด ถ้าสัตว์บริโภคข้าวโพดอาหารสัตว์เหล่านี้ จะทำให้สัตว์ได้รับไนเตรทมากเกินไป เป็นผลให้สัตว์แท้งและตายได้ โดยระดับของไนเตรทที่สูงที่สุดในข้าวโพดจะอยู่ในระยะฤดูฝนและเริ่มเข้าสู่ฤดูแล้ง
(ที่มา : http://www.ext.vt.edu/news/periodicals/livestock/aps-02_09/aps-140.html)

2.5 ตะกอนเซลล์ยีสต์จากการหมักไวน์

ในการหมักไวน์ นั้นจะใช้เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* โดยอาศัยกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี เปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ (ประกายแก้ว และ สว่างพงษ์ , 2550) *S. Cerevisiae* Sc.90 ซึ่งเป็นยีสต์ที่อยู่ใน Family Saccharomycetaceae บทบาทที่สำคัญของยีสต์สายพันธุ์นี้คือ มีความสามารถในการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สำหรับแอลกอฮอล์จะใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในอุตสาหกรรมทำเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์เป็นส่วนผสม เช่น เบียร์และสุรา เป็นต้น ส่วนในกระบวนการผลิตขนมปัง ผลที่ต้องการคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แอลกอฮอล์กลายเป็นผลที่ทิ้งไป (waste) นอกจากนี้ยังพบว่าในยีสต์มีปริมาณโปรตีนและวิตามินต่างๆมาก จึงทำให้ยีสต์มีความสำคัญในการนำมาใช้เป็นอาหารอีกด้วย (พิไลพรรณ พงษ์พูล 2521: 144)(ที่มา : http://www.geocities.com/bannar_lo/detail2.html)

ยีสต์ *S. cerevisiae* M30 เป็นยีสต์สายพันธุ์หนึ่งของ *S. cerevisiae* ซึ่งกลายพันธุ์ (mutant) เกิดจาก spontaneous mutation แยกจากการหมักเอทานอลโดย *S. cerevisiae* Sc 90 ในโรงงานสุราอยุธยา (จรูญ, 2523 และ 2524 , นงพงา , 2530) และเป็นสายพันธุ์หนึ่งที่มีปริมาณโปรตีนทั้งหมดภายในเซลล์สูงกว่าสายพันธุ์ตกตะกอนอื่นๆ ยกเว้นสายพันธุ์ AM 12 และ N1 (รัฐดา , 2539) เป็นยีสต์สายพันธุ์ที่สามารถดกตะกอนเมื่อมีการเจริญเติบโต ซึ่ง ประพันธ์(2531) ซึ่งง่ายต่อการแยกเซลล์ออกจากอาหารที่ใช้เลี้ยง ทำให้การเก็บเกี่ยวผลผลิตเป็นไปอย่างไม่สิ้นเปลือง

ตะกอนของเซลล์ยีสต์ ที่ได้จากการหมักไวน์เสร็จสิ้นในแต่ละครั้งจัดเป็นวัตถุดิบที่มีความน่าสนใจ เนื่องจาก ตะกอนของเซลล์ยีสต์ เหล่านี้จัดเป็นวัสดุเหลือทิ้ง จากการหมักไวน์ซึ่งต้องปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ผลเสียที่ตามมานอกจากน้ำเสียแล้ว บางแห่งยังส่งกลิ่นรบกวนประชาชนที่อาศัยอยู่ริมฝั่งแล้วยังส่งผลให้ปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ ไม่สามารถเจริญเติบโตได้เพราะปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง อีกทั้งน้ำเสียเหล่านั้น ไม่สามารถใช้น้ำในการเพาะปลูกของชาวไร่ชาวนาได้(ประภา , 2521) ดังนั้นจึงสมควรยิ่งที่เราจะหันมาสนใจและทำการศึกษา เพื่อแก้ปัญหานี้โดยนำ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตะกอนยีสต์ที่จัดเป็นวัสดุเหลือทิ้ง จากการหมักไวน์นำมาใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบร่วม กับเศษข้าวโพดฝักอ่อน ในการผลิตหญ้าหมักเพื่อเป็นอาหารสัตว์

องค์ประกอบทางเคมีของผนังเซลล์ยีสต์คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งของผนังเซลล์มีค่า ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของผนังเซลล์ยีสต์ *S. cerevisiae*

องค์ประกอบ	ร้อยละน้ำหนักแห้งของผนังเซลล์
ไนโตรเจน (Nitrogen)	2.1
ฟอสเฟต (Phosphate)	0.31
ไลปิด (Lipid)	8.5
โปรตีน (Protein)	13.0
ไคติน (Chitin)	1.0
ไคโตแซน (Chitosan)	1.0
กลูแคน (Glucan)	28.8
แมนแนน (Mannan)	31.0

ที่มา : รพีพร คำรัตน์ (2542) " การดูดซับโลหะหนักโดยใช้กากยีสต์จากโรงงานเบียร์" ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

จากการวิเคราะห์ทางเคมีของผนังเซลล์ยีสต์ และผนังเซลล์ยีสต์ S. cerevisiae Simmons P. & Singleton I . (อ้างใน รพีพร คำรัตน์ 2542: 19) ได้กล่าวถึงอัตราส่วนระหว่างโปรตีนกับคาร์โบไฮเดรต (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) ของยีสต์ที่มีอายุ 24 ชั่วโมง กับยีสต์ที่มีอายุ 96 ชั่วโมง มีค่า 0.90 และ 0.51 ตามลำดับ ส่วนผนังเซลล์ยีสต์จะพบว่าเมื่อเซลล์ยีสต์มีอายุมากขึ้น ปริมาณโปรตีนจะลดลง แต่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตของยีสต์สายพันธุ์ *S. cerevisiae* เมื่ออายุมากขึ้น

ส่วนประกอบ	ร้อยละของน้ำหนักแห้ง	
	อายุ 24 ชั่วโมง	อายุ 96 ชั่วโมง
1.ผนังเซลล์ (Cell walls)		
-โปรตีน (Protein)	15.7 ± 1.7	10.9 ± 2.1
- คาร์โบไฮเดรต	82.6 ± 4.5	90.9 ± 1.8
-แมนแนน (Mannan)	38.6 ± 2.1	39.8 ± 0.8
- กลูแคน (Glucan)	43.0 ± 2.3	43.9 ± 1.1
-ไคติน (Chitin)	1.0 ± 0.1	1.3 ± 0.1
- อัตราส่วนระหว่าง โปรตีนคาร์โบไฮเดรต	0.19	0.12
2.เซลล์ (Whole cell)		
- โปรตีน (Protein)	36.6 ± 2.0	28.7 ± 1.3
- คาร์โบไฮเดรต	40.7 ± 3.6	56.3 ± 1.9
- อัตราส่วนระหว่างโปรตีนกับ คาร์โบไฮเดรต	0.90	0.51

ที่มา : รพีพร คำรัตน์ (2542) " การดูดซับโลหะหนักโดยใช้กากยีสต์จากโรงงานเบียร์" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

จากตารางที่ 8 จะพบว่าทั้งเซลล์ยีสต์และผนังเซลล์จะประกอบด้วยสารอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ซึ่งยีสต์สายพันธุ์ *S. cerevisiae* ที่ใช้กากน้ำตาลเป็นแหล่งอาหาร จะประกอบด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันปริมาณมาก แหล่งโปรตีนจากยีสต์จะมีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับโปรตีนจากพืช มีกรดอะมิโนหลายชนิด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดอะมิโนที่มีความจำเป็นสำหรับร่างกาย ดังแสดงใน ตารางที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในเซลล์ของยีสต์สายพันธุ์ S. cerevisiaeที่เลี้ยงด้วยกากน้ำตาล

กรดอะมิโน	ปริมาณ (กรัม /16 กรัมไนโตรเจน)
ไลซีน (Lysine)	8.2
วาลีน (Valine)	5.5
ลิวซีน (Leucine)	7.9
ไอโซลิวซีน (Isoleucine)	5.5
ธรีโอนีน (Threonine)	4.8
เมทธัยโอนีน (Methionine)	2.5
ฟีนีลอะลานีน (Phenylalanine)	4.4
ซีสทีน (Cystein)	1.6
ทริปโตเฟน (Tryptophan)	1.2
ฮีสติดีน (Histidine)	4.0
ไธโรซีน (Tyrosine)	5.0
อาร์จินีน (Arginine)	5.0

ที่มา : สมคิด รื่นภาควุฒิ (2521) " การคัดเลือกสายพันธุ์ยีสต์เพื่อผลิตเป็นอาหารสัตว์โดยใช้วัตถุดิบประเภทแป้ง"
วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

1. เปลือกข้าวโพดหวาน
2. ข้าวโพดฝักอ่อน
3. ตะกอนยีสต์
4. กากน้ำตาล

3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

1. Alcohol 95%
2. Alcohol 70%MRS broth
3. Agar
4. $CaCO_3$
5. Urea
6. NaOH
7. NaCl
8. Phenolphthalein
9. conc. Sulfuric acid
10. CuSO4
11. K2SO4
12. Bromcresol green
13. Methyl red
14. Boric acid

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ทดลอง

3.3.1 อุปกรณ์

1. กระบอกตวงขนาด 100 ml.
2. กระบอกตวงขนาด 1000 ml.
3. จานเพาะเชื้อ (plate)
4. ฟลาสก์ (flask) 250 ml.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ถุงพลาสติกร้อน
6. หนังยาง
7. แท่งแก้วคนสาร(stirring rod)
8. แท่งแก้วรูปตัวแอล
9. ขวดใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ
10. บิวเรต
11. stand
12. moisture can
13. descicater
14. thong
15. หม้อสแตนเลส
16. ช้อนตักสาร
17. ที่ใส่หลอดทดลอง (Rack)
18. ตะเกียงแอลกอฮอล์
19. กระบอกน้ำกลั่น
20. ไฟแช็ค
21. หลอดทดลอง (test tubes) ขนาด 16×150 พร้อมฝา
22. glass beads
23. Kjeldahl flask

3.3.2 เครื่องมือ

1. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
2. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
3. Autoclave
4. Stomacher
5. Candle jar
6. เครื่องปั่นเหวี่ยง (vortex)
7. เตาแก๊ส
8. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
9. ตู้ปลอดเชื้อ (laminar flow)
10. เครื่องย่อยโปรตีน
11. เครื่องกลั่นโปรตีน Buchi รุ่น B-316

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 สถานที่ดำเนินการ

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการหมัก โครงการอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษากระบวนการผลิต silage จากเศษข้าวโพดฝักอ่อนและเศษข้าวโพดหวานที่เหมาะสม เพื่อให้ได้สูตรการผลิตหญ้าหมักที่มีคุณภาพดี

1.1 Preliminary study

นำเปลือกข้าวโพดหวานซึ่งตากแห้งมาผ่านการปรับความชื้นโดยอาศัยการแช่น้ำ ในเวลา 3 5 และ 7 นาที ตามลำดับ จากนั้นทำการศึกษาเศษข้าวโพดฝักอ่อนต่อเศษข้าวโพดหวานที่แช่น้ำ 3 5 7 นาทีตามลำดับ ใน อัตราส่วน 50 : 50 โดยน้ำหนักรวมเท่ากับ 200 กรัม ทำอย่างละ 2 ซ้ำ โดยทำการหมักโดยบรรจุในถุงพลาสติกหนา ขนาด 6 นิ้ว x 9 นิ้ว อัดให้แน่น ไล่อากาศออกให้หมดแล้วจึงปิดปากถุง ด้วยหนังยาง บ่มไว้ที่อุณภูมิห้อง เป็นเวลาประมาณ 9 วัน บันทึกผลการทดลองทุก 3 วัน โดยติดตามการสร้างกรด (ในรูปกรดแลกติก ; AOAC,2000) ปริมาณความชื้น (AOAC,2000) พร้อมทั้งติดตาม การเจริญของแบคทีเรียแลคติก (LAB; Lactic acid bacteria) โดย วิธี Spread Plate Technique บนอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS medium ที่เติม $CaCO_3$ 0.5% บ่มไว้ใน Candle Jar ที่อุณหภูมิห้อง

1.2 อัตราส่วนของเศษข้าวโพดฝักอ่อนและเศษข้าวโพดหวานที่เหมาะสมต่อการหมัก silage

ทำการศึกษาในอัตราส่วนของเศษข้าวโพดฝักอ่อนต่อเศษข้าวโพดหวานเท่ากับ 25:75 50:50 75:25 และ 0:100 ทำ การหมักโดยบรรจุในถุงพลาสติกขนาด 6 นิ้ว x 9 นิ้ว อัดให้แน่น ไล่อากาศออกให้หมดแล้วจึงปิดปากถุง บ่มไว้ที่อุณภูมิห้องเป็นเวลาประมาณ 2 สัปดาห์ ทำการติดตามผลเช่นเดียวกับข้อ 1.1

1.3 ปริมาณกากน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการหมัก silage จากเศษข้าวโพดฝักอ่อนและเศษข้าวโพดหวาน

เตรียมส่วนผสมของเศษข้าวโพดฝักอ่อนและเศษข้าวโพดหวานในอัตราที่เหมาะสมจากข้อที่ 1.2 คลุกส่วนผสมด้วยสารละลายกากน้ำตาลความเข้มข้น 10% ในปริมาณ 0 0.5 1.0 และ 1.5%ของน้ำหนักsilage ทำการหมักและวิเคราะห์เช่นเดียวกับ ข้อ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ปริมาณยูเรียที่เหมาะสมต่อการหมัก silage จากเศษข้าวโพดฝักอ่อนและเศษข้าวโพดหวาน

เตรียมส่วนผสมของเศษข้าวโพดฝักอ่อนต่อเศษข้าวโพดหวานในอัตราส่วนที่เหมาะสมจากข้อ 1.2 คลุกส่วนผสมด้วยสารละลายกากน้ำตาลความเข้มข้น10%ในปริมาณที่เหมาะ สมจากข้อ 1.3เติมยูเรียในปริมาณ 0% 0.5% 1.0% ทำการหมักและวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 1.1

2. การใช้ตะกอนยีสต์จากการหมักไวน์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการหมัก silage จากเศษข้าวโพดฝักอ่อนและเศษข้าวโพดหวาน

เตรียมส่วนผสมของเศษข้าวโพดฝักอ่อนต่อเศษข้าวโพดหวานในอัตราส่วนที่เหมาะสมจากข้อ 1.2 คลุกเคล้าส่วนผสมด้วยสารละลายกากน้ำตาลความเข้มข้น 10% ในปริมาณที่เหมาะสมจากข้อ 1.3 ทำ การทดลองดังนี้

- เติมยูเรียในปริมาณที่เหมาะสมจากข้อ 1.4 เพื่อใช้เป็น control
- เติมตะกอนยีสต์แทนยูเรียในปริมาณ 0% 1% 2% 3% 4% และ 5% ของน้ำหนัก silage

ทำการหมักและวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 1.1

4. การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของ silage จากเศษข้าวโพดฝักอ่อนและเศษข้าวโพดหวานทั้งที่ใช้ และไม่ได้ใช้ตะกอนยีสต์

เตรียมส่วนผสมของเศษข้าวโพดฝักอ่อนต่อเศษข้าวโพดหวานในอัตราส่วนที่เหมาะสมทั้งหมดจากข้อ 3 โดยขยายขนาดของการหมักในถังพลาสติกขนาด 1 ฟุต x 2 ฟุต x 1 ฟุต ทำการหมักและวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 1.1 ทำการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ Proximate analysis (AOAC,2000) เมื่อสิ้นสุดการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

การเตรียมตัวอย่างเจือจาง

1. ใช้ปากคีบจุ่มแอลกอฮอล์แล้วลนไฟฆ่าเชื้อคีบตัวอย่างแล้วใช้กรรไกรที่ลนไฟฆ่าเชื้อแล้วตัดตัวอย่างเป็นชิ้นเล็ก ๆ โดยสุ่มตัดตัวอย่างที่ตำแหน่งต่าง ๆ ให้ทั่งถึง
2. ชั่งตัวอย่างอาหารใส่ถุงพลาสติกที่ปราศจากเชื้อ 10 กรัม
3. ใส่น้ำเกลือสำหรับเจือจาง 90 มิลลิลิตร แล้วนำไปเข้าเครื่อง stomacher นาน 30 วินาทีจะได้ตัวอย่างที่มีระดับการเจือจางเป็น 1:10 หรือ 10^{-1}

การหาปริมาณของแบคทีเรียกรดแลคติก

1. ทำตามวิธีเตรียมตัวอย่างเพื่อนำมาเจือจางเริ่มต้นแล้วทำการเจือจางเป็นลำดับโดยเจือจางตัวอย่าง
   วันที่ 0 ที่ระดับการเจือจาง 10^{-1}, 10^{-2}และ 10^{-3}
   วันที่ 3 ที่ระดับการเจือจาง 10^{-3}, 10^{-4} และ 10^{-5}
   วันที่ 6,9,….. ที่ระดับการเจือจาง 10^{-4}, 10^{-5}และ10^{-6}
2. ใช้ ปิเปตดูดตัวอย่างแต่ละระดับความเจือจาง ใส่ลงในเพลทที่มี MRS agar + 0.5% $CaCO_3$ เพลทละ 0.1 มิลลิลิตรระดับความเจือจางละ 2 เพลท
3. ใช้แท่งแก้วรูปตัวแอลเกลี่ยตัวอย่างที่เจือจางแล้วบนผิวหน้าอาหารให้กระจายทั่ว
4. นำเพลทไปบ่มเพาะเชื้อใน candle jar ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน แล้วนับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น บันทึกผล

การหาปริมาณกรดในรูปกรดแลคติก

1. ชั่งตัวอย่าง 5 กรัมใส่ถุงพลาสติก เติมน้ำกลั่นต้ม(น้ำไล่คาร์บอนไดออกไซด์) 50 มิลลิลิตร
2. ตีปั่นตัวอย่างด้วยเครื่อง Stomucher
3. แยกส่วนที่เป็นของเหลวและของแข็งจากกัน
4. นำส่วนที่เป็นของเหลวมาไทเทรตหากรดโดยใช้ NaOH ความเข้มข้น 0.1 N บันทึกปริมาณ NaOH ที่ใช้และนำมาคำนวณหากรดโดย คิดในรูปกรดแลคติก

วิธีการคำนวณ

$$\text{ค่าความเป็นกรดทั้งหมด} = \frac{(V)(N)(Eq.Wt._{acid})(100)}{(1000)(v)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย V = ปริมาตรสารละลายมาตรฐาน NaOH

N = นอร์แมลที่แท้จริงของสารละลายมาตรฐาน NaOH

v = ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้

Eq.Wt. = น้ำหนักสมมูลย์ lactic = 90

การหาปริมาณความชื้น

1. หาน้ำหนักของ moisture can โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน desicator นำออกมาชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. ชั่งตัวอย่าง โดยใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียด 4 ตำแหน่ง ประมาณ 2 กรัม
3. นำตัวอย่างที่ชั่งแล้ว มาอบที่105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมงนำออกมาชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียด 4 ตำแหน่ง บันทึกผล

การหาปริมาณโปรตีน

1. ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม เติมตัวเร่ง 7-10 กรัม เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 15-25 มิลลิลิตร ใส่ boiling chip 2-3 ลูก ใส่ในหลอดย่อยโปรตีน
2. นำหลอดย่อยโปรตีนประกอบเข้ากับเครื่องย่อย จนได้สารละลายใสหรือสีฟ้าใน ปล่อยให้เครื่องดูดควันจนหมด ทิ้งไว้ให้เย็น
3. นำหลอดตัวอย่างที่ย่อยแล้วมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่นโปรตีน เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32% กับน้ำกลั่นในปริมาณที่เครื่องกลั่นแต่ละเครื่องกำหนด ใช้บอริกเข้มข้น 2% เป็นตัวจับแอมโมเนีย ตวงบอริก 2% ปริมาณ 60 ml. ใส่ในฟลาสก์ขนาด 500 ml. หยด mixed indicator 2-3 หยด จะได้สารสีส้มแดงใส รอจนกลั่นเสร็จ
4. การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในตัวอย่าง

$$\%Nitrogen = \frac{(A-B)\times nHCl\times 14}{Wt.sample\times 1000}\times 100$$

$$\%\,\mathrm{Pr}\,otein = \%Nitrogen\times 6.25$$

เมื่อ

A = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง

B = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตกับ blank

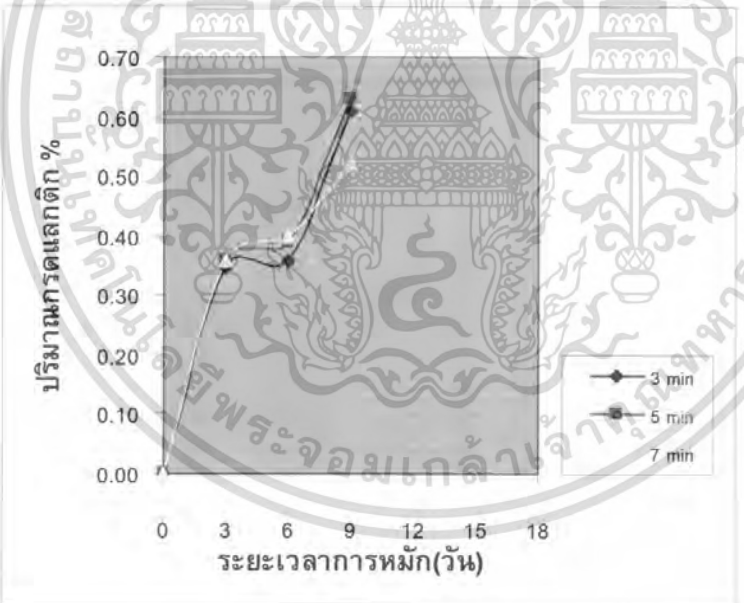
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

1. ศึกษากระบวนการผลิต silage จากเศษข้าวโพดฝักอ่อนและเศษข้าวโพดหวานที่เหมาะสมเพื่อให้ได้สูตรการผลิตหญ้าหมักที่มีคุณภาพดี

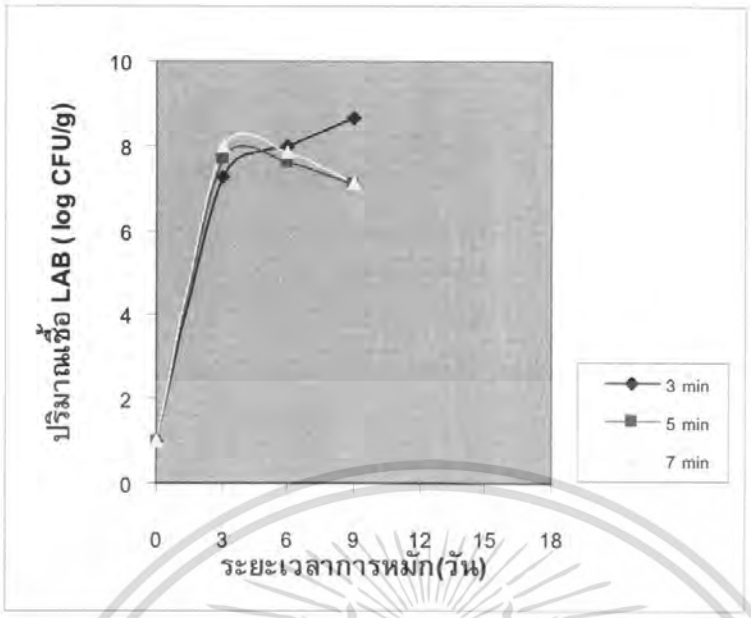
1.1 Preliminary study

ผลการทดลองที่ได้แสดงในภาพที่ 1 และ 2 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเชื้อแบคทีเรียแลคติก ที่ตรวจนับได้นั้นมีจำนวนที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาจากปริมาณกรดแลคติกพบว่า เมื่อทำการแช่เปลือกข้าวโพดหวานเป็นเวลา 5 นาที แล้วนำมาหมักจะมีปริมาณกรดแลคติกสูงกว่า 3 นาที และ 7 นาที อย่างไรก็ตามระดับความชื้นของไซเลทมีความใกล้เคียงกัน โดยมีค่าระหว่าง 85.0 – 88.5 % ดังนั้นจึงเลือกใช้การแช่เปลือกข้าวโพดหวานเวลา 5 นาที มาใช้ในการศึกษา



ภาพที่ 1 ปริมาณกรดแลคติก ในระหว่างการหมัก silage เปลือกข้าวโพดที่ผ่านการแช่น้ำ 3 5 และ 7 นาที ในอัตราส่วนข้าวโพดอ่อน : เปลือกข้าวโพดหวาน 50 : 50

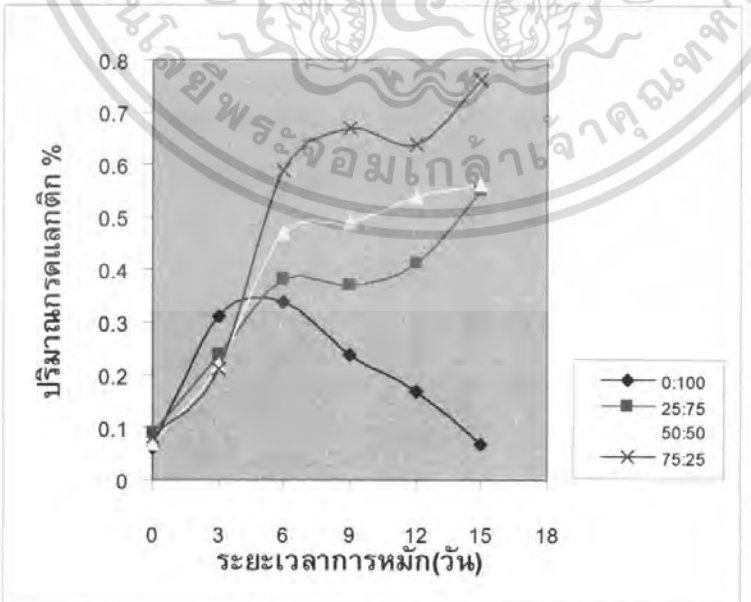
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 ปริมาณเชื้อแลคติก (LAB) ในระหว่างการหมัก silage เปลือกข้าวโพดที่ผ่านการแช่น้ำ 3 5 และ 7 นาที ณ อุณหภูมิห้อง ในอัตราส่วนข้าวโพดอ่อน : เปลือกข้าวโพดหวาน 50 : 50

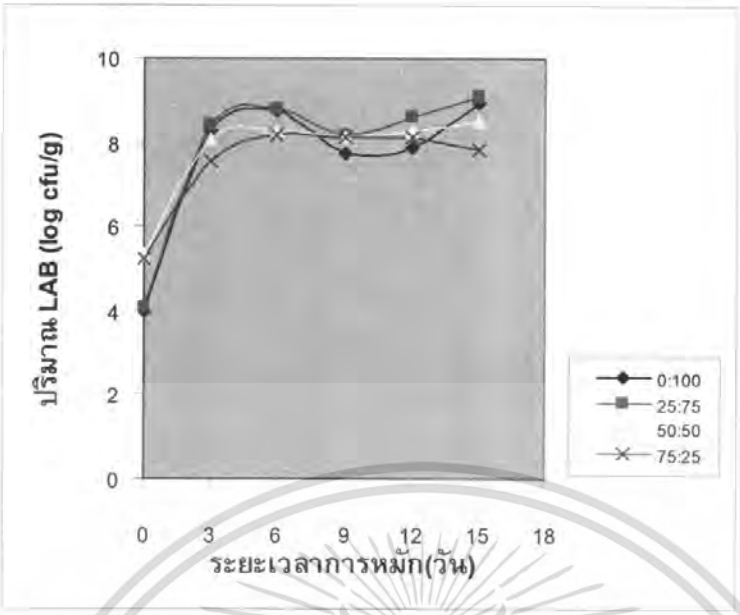
1.2 อัตราส่วนระหว่างเศษข้าวโพดอ่อน : เปลือกข้าวโพดหวานที่เหมาะสมในการหมัก Silage

ผลการหมัก Silage แสดงในภาพที่ 3 และ 4 เมื่อใช้ข้าวโพดฝักอ่อนในปริมาณที่สูงขึ้น จะทำให้ความชื้นเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากผลของความชื้นในข้าวโพดฝักอ่อนเป็นหลัก



ภาพที่ 3 ปริมาณกรดแลคติก ในการหมัก Silage จากเศษข้าวโพดฝักอ่อนและเปลือกข้าวโพดหวาน ในอัตราส่วนต่างๆ โดยใช้เปลือกข้าวโพดหวานที่ผ่านการแช่น้ำ 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



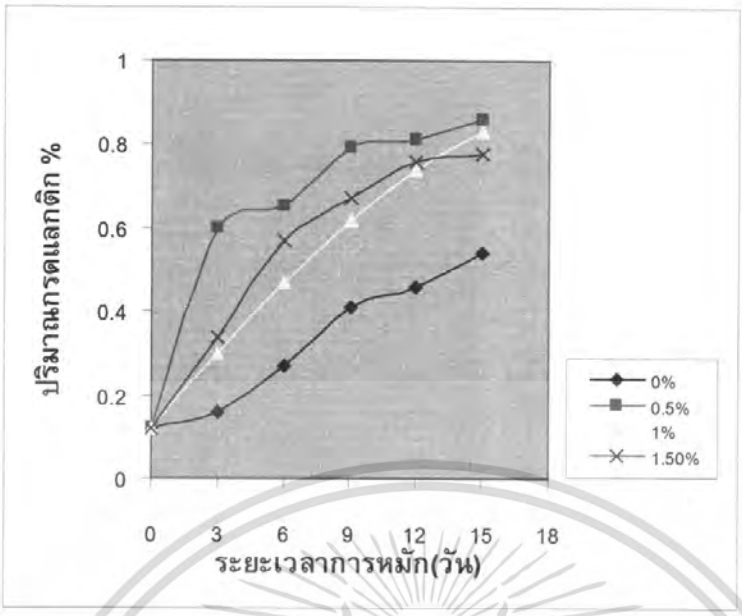
ภาพที่ 4 ปริมาณเชื้อแลคติก (LAB) ในการหมัก Silage จากเศษข้าวโพดฝักอ่อน และเปลือกข้าวโพดหวานในอัตราส่วนต่างๆ โดยใช้เปลือกข้าวโพดหวานที่ผ่านการแช่น้ำ 5 นาที

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงปริมาณของกรดแลคติก ความชื้นและปริมาณเชื้อ LAB ใน Silage พบว่า อัตราส่วนข้าวโพดฝักอ่อนต่อเปลือกข้าวโพดหวาน เท่ากับ 25 : 75 และ 50 : 50 ให้ผลที่ดีใกล้เคียงกัน จึงได้เลือกใช้ อัตราส่วน 25 : 75 ในการทดลองขั้นต่อไป

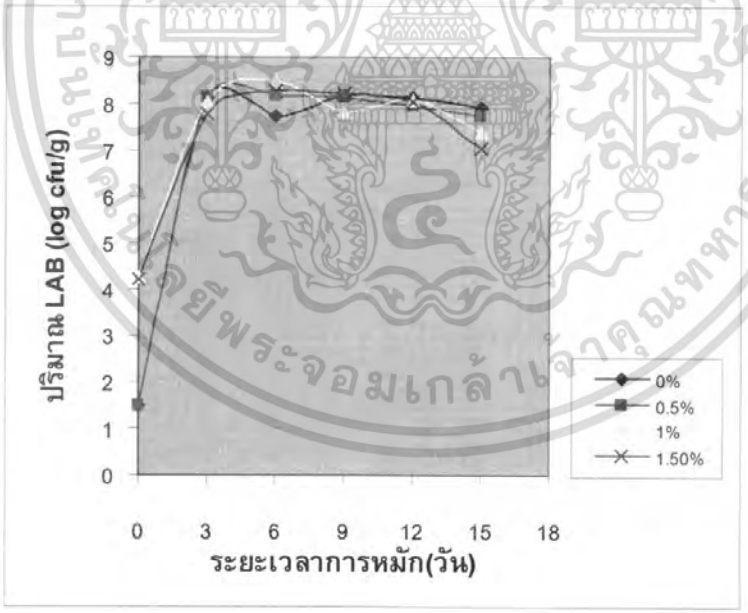
1.3 ปริมาณกากน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการหมัก Silage จากเศษข้าวโพดฝักอ่อนและเศษข้าวโพดหวาน

ผลการหมักแสดงในภาพที่ 5 และ 6 เมื่อเติมกากน้ำตาลความเข้มข้น 10% ลงไป ไม่ส่งผลให้ความชื้นของ silage แตกต่างกันมากนัก โดยเฉลี่ยมีความชื้นประมาณ 80 % มีปริมาณเชื้อแลกติก (LAB) ใกล้เคียงกับคือ $10^7 - 10^8$ CFU/g แต่ส่งผลให้ปริมาณกรดในกระบวนการหมักเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับ control (ไม่เติมกากน้ำตาล) โดยพบว่า ปริมาณกากน้ำตาลที่เหมาะสมคือ 0.5% ของน้ำหนักไซเลททั้งหมด ซึ่งส่งผลให้มีการสร้างกรด 0.86 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 ปริมาณกรดแลคติกในระหว่างการหมัก Silage จากการเติมกากน้ำตาลที่ความเข้มข้น 10 % ปริมาณ 0 0.5 1 และ 1.5 % ของน้ำหนัก silage

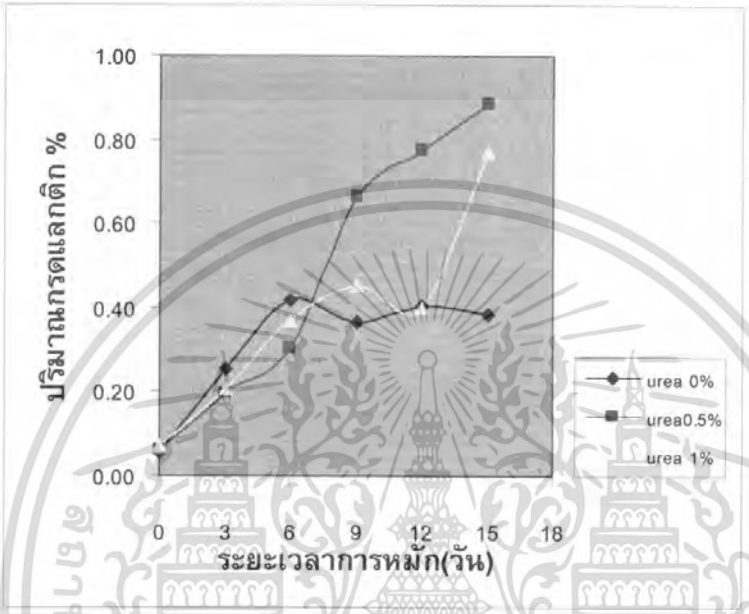


ภาพที่ 6 ปริมาณเชื้อแลคติก (LAB) ในระหว่างการหมัก Silage จากการเติมกากน้ำตาลที่ความเข้มข้น 10 % ปริมาณ 0 0.5 1 และ 1.5 % ของน้ำหนัก silage

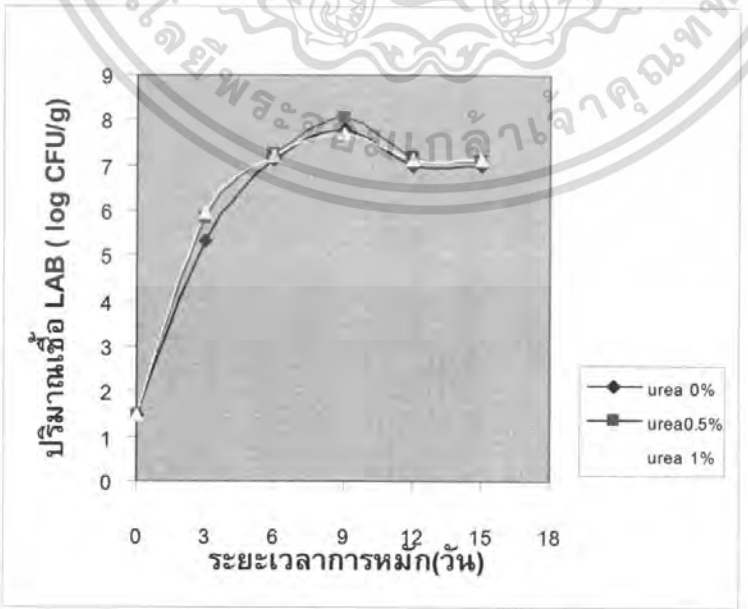
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ปริมาณยูเรียที่เหมาะสมต่อการหมัก Silage จากเศษข้าวโพดฝักอ่อนและเศษข้าวโพดหวาน

ผลการหมักแสดงในภาพที่ 7 และ 8 เมื่อเติมยูเรีย 0.5% ของน้ำหนักทำให้ปริมาณกรดแลกติกเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณยูเรียเป็น 1% พบว่าปริมาณกรดแลกติกลดลงจนเกือบใกล้เคียงกับ control (ไม่เติมยูเรีย) ส่วนความชื้น และปริมาณเชื้อแลกติก(LAB) ที่ตรวจวิเคราะห์ได้มีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 7 ปริมาณกรดแลคติกในการหมัก Silage จากการเติมยูเรีย ปริมาณ 0 0.5 และ 1% ของน้ำหนัก silage

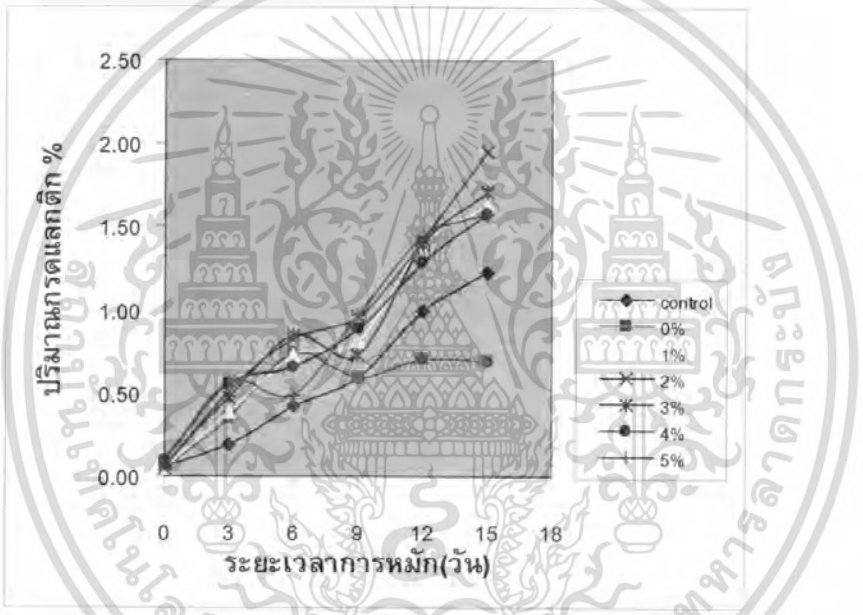


ภาพที่ 8 ปริมาณเชื้อแลคติก (LAB) ในการหมัก Silage จากการเติมยูเรีย ปริมาณ 0 0.5 และ 1% ของน้ำหนัก silage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

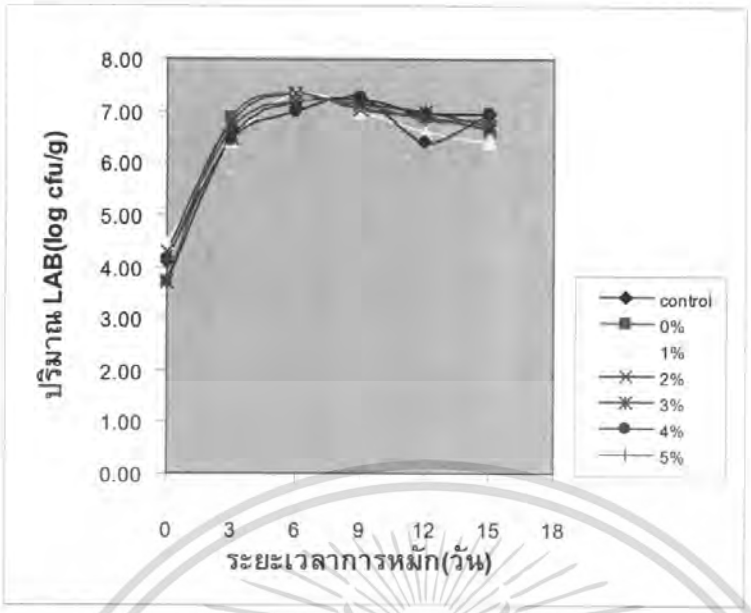
2. การใช้ตะกอนยีสต์จากการหมักไวน์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการหมัก Silage จากเศษข้าวโพดฝักอ่อนและเศษข้าวโพดหวาน

ผลการหมักแสดงในภาพที่ 9 และ 10 พบว่า การเติมตะกอนยีสต์ปริมาณต่างๆ กันนั้นไม่ส่งผลต่อความชื้นของ silage มากนัก คือมีความชื้นที่ใกล้เคียงกันอยู่ที่ 73 – 80 % เช่นเดียวกันกับปริมาณเชื้อแลกติก (LAB) ซึ่งมีปริมาณ $10^6 - 10^7$ CFU/g (ลักษณะของเชื้อดังแสดงในภาพที่ 14) การเติมตะกอนยีสต์ทำให้ปริมาณกรดแลกติกที่ได้มากกว่า silage ที่มีการเติมยูเรียและไม่เติมยูเรีย (เติมกากน้ำตาล) โดย ไซเลทที่เติมตะกอนยีสต์ 2% ของน้ำหนักไซเลททั้งหมดมีปริมาณกรดแลกติกมากที่สุด คือ 1.95 ซึ่งเป็นลักษณะที่ดี ของไซเลท โดยลักษณะของไซเลทที่ได้แสดงใน ภาพที่ 13



ภาพที่ 9 ปริมาณกรดแลคติกในระหว่างการหมัก Silage จากการเติมตะกอนยีสต์ ปริมาณ 0 1 2 3 4 และ 5% ของน้ำหนัก silage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



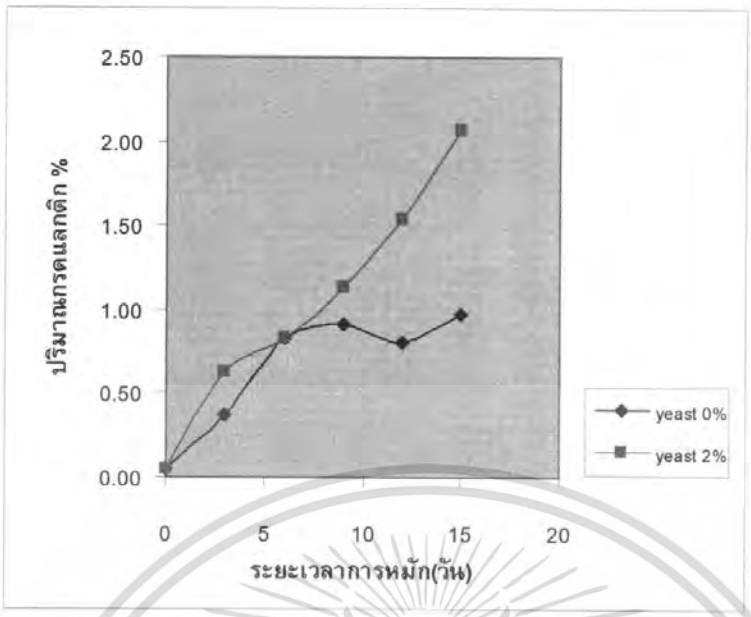
ภาพที่ 10 ปริมาณเชื้อแลคติก (LAB) ในระหว่างการหมัก Silage จากการเติมตะกอนยีสต์ ปริมาณ 0 1 2 3 4 และ 5% ของน้ำหนัก silage

3. การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของ Silage จากเศษข้าวโพดฝักอ่อนและเศษข้าวโพดหวาน ทั้งที่ใช้และไม่ได้ใช้ตะกอนยีสต์

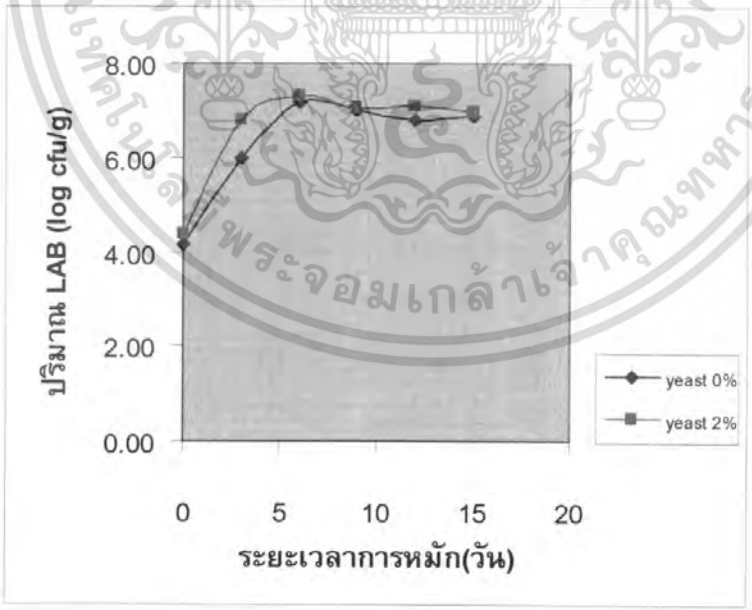
ผลการหมักแสดงในภาพที่ 11 และ 12 พบว่าผลจากการหมักในปริมาณที่มากขึ้นเปรียบเทียบระหว่างเติมตะกอนยีสต์ 2% และ control นั้น silage มีความชื้นและปริมาณเชื้อแลกติก (LAB) ที่ใกล้เคียงกันคือ 70 – 80 % และ 10^7 ตามลำดับส่วนปริมาณกรดนั้นการเติมตะกอนยีสต์ยีสต์ทำให้ silage มีปริมาณกรดมากกว่าการไม่เติมตะกอนยีสต์

เมื่อเสร็จสิ้นการหมัก (15 วัน) ได้ทำการเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์โปรตีนพบว่า corn silage ที่มีการเติมตะกอนยีสต์มีปริมาณโปรตีน (crude protein) 10.69 % ของน้ำหนักแห้ง มากกว่า corn silage ที่ไม่มีการเติมตะกอนยีสต์ซึ่งมีปริมาณโปรตีน (crude protein) 9.56 % ของน้ำหนักแห้ง ดังแสดงในตารางที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11 ปริมาณกรดแลคติกในระหว่างการหมัก Silage ที่มีการเติมตะกอนยีสต์ 2% ของน้ำหนัก และ ไม่เติมตะกอนยีสต์ โดยขยายขนาดของการหมักในถังพลาสติกขนาด 1 ฟุต x 2 ฟุต x 1 ฟุต



ภาพที่ 12 ปริมาณเชื้อแลคติก (LAB) ในระหว่างการหมัก Silage ที่มีการเติมตะกอนยีสต์ 2% ของน้ำหนัก และ ไม่เติมตะกอนยีสต์ โดยขยายขนาดของการหมักในถังพลาสติกขนาด 1 ฟุต x 2 ฟุต x 1 ฟุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ปริมาณโปรตีนในหญ้าหมักที่ใส่ยีสต์และไม่ใส่ยีสต์ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)

สูตรหญ้าหมัก	โปรตีน (%)
ไม่เติมยีสต์	9.56
เติมยีสต์ 2%	10.69

ภาพที่ 13 ลักษณะของ Silage ที่ได้จากการหมักเศษข้าวโพดหวานและเปลือกข้าวโพดหวาน โดยขยายขนาดของการหมักในถังพลาสติกขนาด 1 ฟุต x 2 ฟุต x 1 ฟุต เติมปริมาณตะกอนยีสต์ : (ก) และ (ข) control ; (ค) และ (ง) 2% ของน้ำหนัก silage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 14 ลักษณะของของเชื้อแบคทีเรียแลคติกที่เจริญใน silage ที่ได้จากการหมักเศษข้าวโพดหวานและเปลือกข้าวโพดหวาน โดยขยายขนาดของการหมักในถังพลาสติกขนาด 1 ฟุต x 2 ฟุต x 1 ฟุต เติมปริมาณตะกอนยีสต์ 2% ของน้ำหนัก silage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่า สภาวะที่เหมาะสมคือ การหมักโดยใช้ อัตราส่วนระหว่าง เศษข้าวโพดอ่อน : เศษข้าวโพดหวาน ในอัตรา 25:75 โดยมีการเติมกากน้ำตาล 0.5% ของน้ำหนัก และเติมตะกอนยีสต์ 2% ให้ผลการหมักที่ดีที่สุด และมีปริมาณโปรตีนที่สูงกว่าการหมักโดยไม่มีการเติมตะกอนยีสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2534. รายงานสถิติการปลูกพืชผักเพื่อการส่งออก ปี 2532 – 33. 260 หน้า.

จรูญ คำนวนตา กณิษฐา สังคะหะ วิชชุพร ว่องสุวรรณเลิศ จรัญ เจตนะจิตร. 2526. การคัดเลือกสายพันธุ์ยีสต์เพื่อหมักแอลกอฮอล์.วารสารชมรมผู้หมักแอลกอฮอล์แห่งประเทศไทย.ปีที่ 2 ฉบับที่ 2

ณัฏฐิกา บูรณะคงคาตรี . 2548 . อิทธิพลของคุณภาพน้ำทิ้งและการใช้ปุ๋ยต่อองค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดฝักอ่อนหมัก.วิทยานิพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . กรุงเทพฯ ,หน้า 25-50

นงพงา คุณจักร . 2530 . การปรับปรุงความทนเค็มของยีสต์ที่ผลิตเอทานอลโดยวิธีโปรโตพลาสฟิวชั่น . วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . กรุงเทพ ฯ .

ประกายแก้ว และ สว่างพงษ์ , 2550 การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์น้ำต้มข้าวโพดปัญหาพิเศษสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง . กรุงเทพฯ , หน้า 4

ประพันธ์ ปันเถิน .2531. ปัจจัยบางประการที่มีอิทธิพลต่อการตกตะกอนของยีสต์ตกตะกอนที่ผลิตเอทานอล วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .กรุงเทพฯ, หน้า 3 –19

ประภา เฟื่องฟูพงษ์ และคณะ . 2525 . การใช้ยีสต์และราในการกำจัดของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อใช้เป็นอาหารที่มีโปรตีนสูง . สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพ

รพีพร คำรัตน์ . 2542 . การดูดซับโลหะหนักโดยใช้กากยีสต์จากโรงงานเบียร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

รัฐดา จันทร์กลิ่น .2539. การปรับปรุงพันธุกรรมและการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเลี้ยง *S. cerevisiae*เมทไธโอนีนภายในเซลล์สูง.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . กรุงเทพ ฯ

สมคิด รื่นภาควุฒิ .2521. การคัดเลือกสายพันธุ์ยีสต์เพื่อผลิตเป็นอาหารสัตว์ โดยใช้วัตถุดิบประเภทแป้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กมล เลิศรัตน์.2531.การปลูกข้าวโพดฝักอ่อนในภาคอีสาน,น.61-64.ในข้าวโพดอุตสาหกรรม. ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ.

บุญล้อม ชีวิอิสระกุล.2531.ก.สมรรถภาพในการผลิตและการย่อยได้ของแกะที่ได้รับต้นข้าวโพดหลังเก็บฝักหมักร่วมกับข้าวโพดบดเปรียบเทียบกับหญ้าขนสด.ในรายงานการประชุมสัมมนาทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิชาการโครงการอาหาร สัตว์ไทย-เยอรมัน เรื่อง "การใช้วัสดุในท้องถิ่นเป็นอาหารสัตว์" คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญฤา วิไลพร.2528.พืชอาหารสัตว์เขตร้อนและการจัดการ.ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น,ขอนแก่น.

ราเชนทร์ ถิรพร,สมชัย ลิ่มสกุล,สุชุม โชติช่วงมณีรัตน์,โกศล เกิดโภคทรัพย์และสุพจน์ เฟื่องฟู พงศ์.2536.รายงานผลการทดลองโครงการวิจัย ศ.3.1 โครงการเขตกรรมข้าวโพดข้าวฟ่าง และการบำรุงรักษาดินให้ถูกต้อง.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ.

ราเชนทร์ ถิรพร , เอกภพ เสตะพันธุ , ทวีศักดิ์ ภู่หลำ และสมหมาย สิริสลุง.2537.คุณค่าทางโภยชนะอาหาร สัตว์จากส่วนเหลือของผลิตข้าวโพดอุตสาหกรรม.เอกสารเสนอการประชุมทางวิชาการพืชผักแห่งชาติ ครั้งที่ 13 ณ โรงแรมเชียงใหม่ฮิลล์ จังหวัดเชียงใหม่ วันที่ 30 มีนาคม – 2 เมษายน 2537. (อัดสำเนา)

Breirem, K. O. Ulvesli. 1960. Ensiling methids. Herb. Abstr. 30(1) : 1 – 8 .

Suriyajantratong. W. and Vipa Tungnipone. 1980. chemical composition of some waste for use as animal feed. Animal Report of National Buffalo Research and Development Project. p. 190 – 199.

"แลคติคแอซิดแบคทีเรีย" ทางเลือกใหม่ในการเพิ่มคุณภาพของพืชหมัก http://www.agri.ubu.ac.th/seminar/masterstu/Lactic_Acid_Bacteria.htm 23/4/50

ประวัติความเป็นมาของโรงงาน agro-no http://www.agro-on.com 18/4/50

มาตรฐานข้าวโพดฝักอ่อน http://web.ku.ac.th/agri/cornxx/corn12.htm 20/4/50

ผลพลอยได้จากการปลูกข้าวโพดฝักอ่อน http://web.ku.ac.th/agri/cornxx/corn15.htm 20/4/50

หญ้าหมัก http://www.doae.go.th/LIBRARY/html/detail/gferm/gferm.html 20/4/50

การทำหญ้าหมัก http://www.thaicattle.com/plant/plant15.php 25/4/50

การใช้ซังข้าวโพดหวานเป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนม www.dld.go.th/nutrition/exhibision/RESEARCH/research_full/2541/R4101.doc 19/4/50

ตะกอนยีสต์จากการผลิตสุรา http://www.geocities.com/bannar_lo/detail2.html 26/4/50

การทำหญ้าหมัก http://www,doa.go.th/fieldcrops/corn/oth/002.pdf 19/4/50

การทำข้าวโพดหมัก http://www.dld.go.th/pvlo_pyu/knowledge/corn.html 25/4/50

หญ้าหมักhttp://www.dld.go.th/pvlo_cnt/plant/plant12.doc. 19/4/50

Corn silage management http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/dairy/as1253w.htm 19/4/50

Corn silage www.utextension.utk.edu/publications/spfiles/sp434d.pdf 23/4/50

Silage fermentation analysis http://www.vigortone.com/06-13%20Silage%20Fermentation.pdf 23/4/50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Process in fermentation of corn silage http://ucce.ucdavis.edu/files/filelibrary/2193/) 23/4/50

Making quality corn silage http://www.ext.vt.edu/news/periodicals/livestock/aps-02_09/aps-140.html 25/4/50

Corn silage http://extension.missouri.edu/explore/agguides/crops/g04590.htm) 23/4/50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

การวิเคราะห์โปรตีนด้วยเครื่อง Buchi รุ่น B-316

วิธีเตรียมตัวอย่างสำหรับย่อย

1. น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้

ถ้าเป็นของแข็ง N > 5% 0.5 กรัม

N < 5% 1.0 กรัม

ถ้าเป็นของเหลง 10 มิลลิลิตร

2. ตัวเร่ง catalysts

Missouri (1:8 ของ $CuSO_4/K_2SO_4$) 7 กรัม

3. เติม conc.Sulfuric acid 15 ml.

4. glass beads 2 เม็ด

วิธีการใช้เครื่องย่อยโปรตีน

1. นำตัวอย่างที่เตรียมได้มาต่อกับเครื่องย่อย
2. หมุนปุ่ม heater ไปที่หมายเลข 8 เพื่อทำการย่อยเป็นเวลา 45 นาที ถึง 1 ชั่งโมง(จะได้สารละลายเป็นสีฟ้าใสหรือสีเขียวใส
3. ปล่อยให้เครื่องทำการดูดไอกรดจนหมด รอให้เย็น
4. นำไปทำการกลั่น

วิธีการใช้เครื่องกลั่น

การเตรียมสารละลาย

1. เตรียม NaOH 32% และน้ำกลั่นใส่ถังสำหรับ NaOH และน้ำกลั่นไว้
2. กรณีที่ใช้กรดบอริค เป็นตัวจับก๊าซแอมโมเนีย เตรียมบอริค 2 %
3. mixed indicator (สำหรับใส่ลงใน boric acid 2% จำนวน 2-3) เตรียมจาก
   a) เตรียม 0.1% bromcresol green ในแอลกอฮอล์ 95%
      เตรียม 0.1% methyl red ในแอลกอฮอล์ 95%
   b) นำ 1% Bromocresol green จำนวน 10 ml. ผสมกับ 0.1% methyl red จำนวน 1 ml.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้เครื่องกลั่น

1. นำหลอดตัวอย่างที่ผ่านการย่อยแล้วเติมน้ำกลั่นแล้วเติมน้ำกลั่น 50 ml. ไปวางที่ด้านซ้ายของเครื่องโดยมี tube holder
2. กดปุ่ม power
3. กดปุ่ม NaOH เพื่อเติม NaOH 32% ลงไป 60 ml.
4. ตั้งเวลา 3-5 นาที
5. หมุนปุ่ม Aspiration ไปที่ yes
6. นำฟลาสก์ที่ใส่ boric 2% ไปรอรับส่วนที่จะกลั่นได้
7. กด start
8. เมื่อครบเวลาหมุนปุ่มไปที่ drain เพื่อทิ้งน้ำ
9. ทำการล้างเครื่องทุกครั้งเมื่อก่อน- หลังใช้งานโดยใช้น้ำกลั่นเปล่า ปริมาตร 120 ml. แทนตัวอย่างทำการกลั่นโดยไม่ต้องเติมสาร NaOH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลการทดลอง

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงความชื้น กรดแลคติก และเชื้อแบคทีเรียแลคติก(LAB) ในระหว่างการหมักเปลือกข้าวโพดที่ผ่านการแช่น้ำ 3 5 และ 7 นาที ณ อุณหภูมิห้อง

ตัวอย่างเปลือกข้าวโพดที่แช่น้ำ	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ความชื้น (%)	กรดแลคติก (%)	เชื้อ LAB (CFU/g)
3 นาที	0	85.00	0.00	0
	3	86.90	0.35	1.95×10^7
	6	86.80	0.36	9.95×10^7
	9	86.20	0.61	4.34×10^8
5 นาที	0	85.00	0.00	0
	3	85.10	0.36	5.15×10^7
	6	88.50	0.39	4.25×10^7
	9	86.30	0.63	1.20×10^7
7 นาที	0	85.00	0.00	0
	3	85.10	0.36	9.40×10^7
	6	87.90	0.40	6.85×10^7
	9	86.20	0.52	1.34×10^7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงความชื้น กรดแลคติก และเชื้อแบคทีเรียแลคติก(LAB) ในระหว่างการหมักsilageจากเศษข้าวโพดฝักอ่อน และเปลือกข้าวโพดในอัตราส่วนต่างๆโดยใช้เปลือกข้าวโพดหวานที่ผ่านการแช่น้ำ 3 5 และ 7 นาที ณ อุณหภูมิห้อง

อัตราส่วนเศษข้าวโพดฝักอ่อนต่อ เปลือกข้าวโพดหวาน	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ความชื้น (%)	กรดแลคติก (%)	เชื้อ LAB (CFU/g)
0 : 100	0	82.97	0.06	1.00×10^{4}
	3	78.16	0.31	1.85×10^{8}
	6	83.10	0.34	5.50×10^{8}
	9	78.34	0.24	5.60×10^{7}
	12	78.34	0.17	7.80×10^{7}
	15	79.26	0.07	8.40×10^{8}
25 : 75	0	78.46	0.09	1.20×10^{4}
	3	57.64	0.24	2.45×10^{8}
	6	84.56	0.38	6.40×10^{8}
	9	83.52	0.37	1.50×10^{8}
	12	83.52	0.41	4.20×10^{8}
	15	83.11	0.55	1.20×10^{9}
50 : 50	0	82.04	0.07	2.10×10^{5}
	3	84.78	0.22	1.20×10^{8}
	6	85.60	0.47	1.90×10^{8}
	9	88.92	0.49	1.30×10^{8}
	12	87.80	0.54	1.80×10^{8}
	15	88.64	0.56	3.40×10^{8}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนเศษข้าวโพดฝักอ่อนต่อ เปลือกข้าวโพดหวาน	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ความชื้น (%)	กรดแลคติก (%)	เชื้อ LAB (CFU/g)
75 : 25	0	86.20	0.08	1.80×10^5
	3	89.50	0.21	3.40×10^7
	6	91.29	0.59	1.40×10^8
	9	90.28	0.67	1.30×10^8
	12	90.28	0.64	1.30×10^8
	15	99.19	0.76	7.00×10^7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของความชื้น กรดแลคติก และเชื้อแบคทีเรียแลคติก (LAB) ในระหว่างการหมัก Silage จากการเติมปริมาณกากน้ำตาล 0 , 0.5 , 1 และ 1.5 % โดยใช้เปลือกข้าวโพดหวานที่ผ่านการแช่น้ำ 5 นาที และเศษข้าวโพดฝักอ่อนต่อเปลือกข้าวโพดหวานในอัตราส่วน 25:75 ทำการหมัก ณ อุณหภูมิห้อง

ปริมาณ molasses (%w/w)	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ความชื้น (%)	กรดแลคติก (%)	เชื้อ LAB (CFU/g)
0	0	64.45	0.12	< 30
	3	73.93	0.16	$1.3x10^8$
	6	81.48	0.27	$5.2x10^7$
	9	81.97	0.41	$1.5x10^8$
	12	80.41	0.46	$1.3x10^8$
	15	79.53	0.54	$8.5x10^7$
0.5	0	80.37	0.12	< 30
	3	78.04	0.60	$1.4x10^8$
	6	78.93	0.65	$1.5x10^8$
	9	82.86	0.79	$1.4x10^8$
	12	83.26	0.81	$8.7x10^7$
	15	79.01	0.86	$5.6x10^7$
1	0	62.03	0.12	$1.8x10^4$
	3	63.72	0.30	$1.1x10^8$
	6	65.90	0.47	$2.9x10^8$
	9	65.48	0.62	$6.7x10^7$
	12	67.38	0.74	$1.25x10^8$
	15	68.67	0.83	$2.5x10^7$
1.5	0	76.20	0.12	$1.7x10^4$
	3	84.12	0.34	$5.9x10^7$
	6	82.74	0.57	$1.9x10^8$
	9	81.38	0.67	$1.7x10^8$
	12	82.31	0.76	$1.1x10^8$
	15	80.49	0.78	$1.1x10^7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงความชื้น กรดแลคติก และเชื้อแบคทีเรียแลคติก (LAB) ในระหว่างการหมัก Silage ด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมจากข้อ 1.3 โดยเติมยูเรีย ปริมาณ 0 0.5 และ 1% ของน้ำหนัก silage ทำการหมัก ณ อุณหภูมิห้อง

ปริมาณ urea (%w/w)	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ความชื้น (%)	กรดแลคติก (%)	เชื้อ LAB (CFU/g)
0	0	75.54	0.06	<30
	3	74.97	0.26	2.15×10^5
	6	79.36	0.42	1.29×10^7
	9	82.84	0.36	6.14×10^7
	12	78.70	0.41	1.02×10^7
	15	79.76	0.38	1.02×10^7
0.5	0	80.09	0.06	<30
	3	81.73	0.20	6.65×10^5
	6	79.61	0.30	1.88×10^7
	9	85.84	0.66	1.11×10^8
	12	80.55	0.78	1.41×10^7
	15	83.16	0.89	1.14×10^7
1	0	54.21	0.07	<30
	3	66.09	0.21	8.75×10^5
	6	65.90	0.37	1.65×10^7
	9	72.49	0.45	5.10×10^7
	12	61.10	0.40	1.38×10^7
	15	68.14	0.77	1.38×10^7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 การเปลี่ยนแปลงความชื้น กรดแลคติก และเชื้อแบคทีเรียแลคติก (LAB) ในระหว่างการหมัก Silage ด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมจากข้อ 1.3 โดยเติมตะกอนยีสต์ปริมาณ 0%,1%, 2%, 3%, 4%และ 5% ของน้ำหนัก silage ทำการหมัก ณ อุณหภูมิห้อง

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ความชื้น (%)	กรดแลคติก (%)	เชื้อ LAB (CFU/g)
เติมยูเรีย 0.5%	0	68.40	0.06	$1.3x10^4$
	3	77.56	0.20	$4.6x10^6$
	6	82.47	0.42	$1.6x10^7$
	9	82.95	0.60	$1.7x10^7$
	12	81.82	1.00	$9.1x10^6$
	15	75.76	1.22	$8.6x10^6$
ไม่เติมยีสต์	0	77.44	0.05	$5.0x10^3$
	3	78.83	0.35	$7.1x10^6$
	6	73.91	0.74	$2.2x10^7$
	9	74.59	0.59	$1.2x10^7$
	12	85.04	0.70	$7.0x10^6$
	15	59.96	0.69	$4.8x10^6$
เติมยีสต์ 1%	0	75.47	0.05	$2.8x10^4$
	3	79.22	0.39	$2.6x10^6$
	6	76.05	0.73	$2.2x10^7$
	9	76.00	0.81	$9.3x10^6$
	12	77.03	1.40	$3.8x10^6$
	15	77.07	1.63	$2.6x10^6$
เติมยีสต์ 2%	0	72.56	0.05	$2.0x10^4$
	3	73.84	0.51	$6.1x10^6$
	6	81.06	0.83	$2.2x10^7$
	9	80.97	0.96	$1.1x10^7$
	12	79.28	1.42	$7.8x10^6$
	15	81.15	1.95	$4.2x10^6$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ความชื้น (%)	กรดแลคติก (%)	เชื้อ LAB (CFU/g)
เติมยีสต์ 3%	0	67.35	0.07	$5.0x10^3$
	3	69.10	0.47	$3.1x10^6$
	6	69.19	0.85	$1.6x10^7$
	9	68.05	0.73	$1.4x10^7$
	12	71.99	1.39	$9.8x10^6$
	15	66.60	1.71	$5.4x10^6$
เติมยีสต์ 4%	0	57.35	0.10	$1.4x10^4$
	3	60.19	0.56	$2.8x10^6$
	6	58.11	0.66	$1.0x10^7$
	9	55.69	0.89	$1.8x10^7$
	12	57.24	1.29	$2.6x10^6$
	15	67.60	1.58	$8.6x10^6$
เติมยีสต์ 5%	0	80.60	0.10	$1.4x10^4$
	3	82.67	0.57	$4.6x10^6$
	6	76.85	0.48	$1.6x10^7$
	9	75.58	0.97	$1.4x10^7$
	12	79.94	1.45	$6.8x10^6$
	15	78.90	1.58	$6.9x10^6$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความชื้น กรดแลคติก และเชื้อแบคทีเรียแลคติก (LAB) ในระหว่างการหมัก Silage ด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมจากข้อ 2 ที่มีการเติมตะกอนยีสต์ 2% ของน้ำหนัก และ ไม่เติมตะกอนยีสต์ โดยขยายขนาดของการหมักในถังพลาสติก ขนาด 1ฟุต x 2 ฟุต x 1ฟุต

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ความชื้น (%)	กรดแลคติก (%)	เชื้อ LAB (CFU/g)
เติมยีสต์ 0%	0	70.74	0.04	$1.4x10^4$
	3	80.13	0.37	$9.5x10^5$
	6	76.41	0.83	$1.5x10^7$
	9	74.16	0.91	$10x10^7$
	12	83.24	0.80	$6.4x10^6$
	15	82.76	0.97	$7.9x10^6$
เติมยีสต์ 2%	0	79.26	0.05	$2.3x10^4$
	3	73.03	0.62	$6.1x10^6$
	6	82.16	0.83	$2.2x10^7$
	9	78.97	1.13	$1.1x10^7$
	12	81.08	1.54	$1.3x10^7$
	15	80.56	2.06	$9.7x10^6$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้