

* Corresponding author: asmerjai@hotmail.com

พืชอาหารสัตว์เพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาบคุณภาพดี นอกจากนั้นการผลิตพืชหมักหรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหมักเพื่อการค้า ยังเป็นที่ต้องการสำหรับเกษตรกรรายย่อยที่ขาดวัสดุและอุปกรณ์ รวมถึงแรงงานในการทำพืชหมักเอง ดังนั้นการเข้าใจกระบวนการหมักและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารเสริมที่เหมาะสม อาจจะทำให้การทำพืชหมักในเขตร้อนประสบความสำเร็จหรือเป็นที่แพร่หลายได้ ในการรวบรวมเอกสารงานวิจัยครั้งนี้ เพื่อเพิ่มทางเลือกในการใช้สารเสริมที่มีคุณสมบัติช่วยปรับปรุงคุณภาพการหมัก รวมถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพในตัวสัตว์ด้วย

กระบวนการหมัก

การทำพืชอาหารสัตว์หมักเป็นการรักษาคุณภาพพืชสดในรูปแบบการหมัก กระบวนการหมักเกิดขึ้นตามธรรมชาติโดยจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่บนส่วนต่างๆ ของพืช (epiphytic microbial) มีบทบาทในการหมัก แต่ในกระบวนการหมักที่จะให้พืชหมักมีคุณภาพแท้จริงนั้น ขึ้นอยู่กับแบคทีเรียกรดแลคติก (lactic acid bacteria) ที่มีในพืชเอง (epiphytic lactic acid bacteria) ซึ่งเป็นแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกภายใต้สภาพไร้ออกซิเจน ทำให้ค่า pH ในพืชหมักลดลง มีผลทำให้จุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ต้องการลดจำนวนลง เนื่องจากไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีความเป็นกรดได้ ถ้าปริมาณกรดแลคติกที่ผลิตได้มีมาก แบคทีเรียกรด

แลคติกเองก็จะหยุดการเจริญเติบโตด้วยเช่นกัน ทำให้พืชหมักเข้าสู่สภาวะคงที่ แบคทีเรียหยุดการใช้สารอาหารในพืชเพื่อการเจริญเติบโต ทำให้เหลือปริมาณสารอาหารในพืชหมักมากขึ้น ลดการสูญเสียโภชนา เช่น โปรตีน ในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) (McDonald et al., 1991) แบคทีเรียกรดแลคติกที่พบในพืชหมักมี 2 กลุ่มตามผลผลิตที่ได้จากการใช้น้ำตาล คือกลุ่ม Homofermentative และกลุ่ม Heterofermentative ดังแสดงใน Table 1 (McDonald et al., 1991) ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการผลิตพืชหมักให้มีคุณภาพดีนั้น พืชวัตถุดิบที่นำมาหมักควรมีปริมาณวัตถุแห้งในพืชหมักร้อยละ 30-40 มีปริมาณน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 2 ของ น้ำหนักสด และมีแบคทีเรียกรดแลคติกที่ติดมากับใบพืช (Ohmomo et al. 2002) โดยทั่วไปปริมาณน้ำตาลในพืชเขตร้อนมีปริมาณค่อนข้างต่ำและต่ำกว่าในเขตนหนาว (Catchpoole and Henzell, 1971) นอกจากนั้นจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกในพืชอาหารสัตว์เขตร้อน ยังมีจำนวนน้อยกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ที่อาศัยอยู่ เช่น ยีสต์ และเชื้อรา (Cai et al., 1994; Ohmomo et al., 2002; Yahaya et al., 2004a) ทำให้ไม่สามารถแข่งขันกับจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ใช้น้ำตาลที่มีอยู่ในปริมาณจำกัดในการผลิตกรดแลคติกได้ ปริมาณกรดแลคติกที่ผลิตได้จึงไม่เพียงพอต่อการรักษาสภาพพืชหมัก

Table 1 Examples of lactic acid bacteria species found in silage.

Genus	Glucose fermentation	Morphology	Species
<i>Lactobacillus</i>	Homofermentative	Rod	<i>L. acidophilus</i> , <i>L. casei</i> <i>L. plantarum</i> , <i>L. salivarius</i>
	Heterofermentative	Rod	<i>L. brevis</i> , <i>L. buchneri</i> <i>L. fermentum</i>
<i>Pediococcus</i>	Homofermentative	Coccus/tetrad	<i>P. acidilacti</i> , <i>P. pentosaceus</i> <i>P. damnosus (cerevisiae)</i>
<i>Enterococcus</i>	Homofermentative	Coccus	<i>E. faecalis</i> , <i>E. faecium</i>
<i>Lactococcus</i>	Homofermentative	Coccus	<i>L. lactis</i>
<i>Streptococcus</i>	Homofermentative	Coccus	<i>S. bovis</i>
<i>Leuconostoc</i>	Heterofermentative	Coccus	<i>L. mesenteroides</i>

Source: McDonald et al. (1991).

การใช้สารเสริมมีทั้งการใช้สารเคมีและสารชีวภาพ เป็นสารเสริมพืชหลัก เพื่อกระตุ้นหรือส่งเสริมกระบวนการหมัก โดยเฉพาะภายใต้สภาวะที่ไม่เหมาะสม การใช้สารเสริมชีวภาพ เช่น แบคทีเรีย และเอนไซม์ เป็นที่นิยมมากกว่าการใช้สารเคมี เนื่องจากมีความปลอดภัยในการนำไปใช้ ไม่ทำลายภาชนะที่บรรจุหรือถึงหมัก ไม่มีสารตกค้างหรือเป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม และถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ การเติมเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกเป็นสารเสริมหลักในพืชหมักที่เป็นที่นิยมทั่วโลก ไม่เพียงแต่ความสะดวกและปลอดภัยในการใช้เท่านั้น แต่การเติมเชื้อตั้งต้นอาจช่วยในการควบคุมการเกิดจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการหมักด้วย ซึ่งการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มนี้จะทำให้เกิดการใช้น้ำตาลอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ผลิตกรดแลคติกในปริมาณมาก และค่า pH ของระบบลดลงอย่างรวดเร็ว รวมถึงประสิทธิภาพในการลดการสูญเสียเมื่อสัมผัสอากาศ และเพิ่มประสิทธิภาพในสัตว์ ซึ่งแบคทีเรียกรดแลคติกที่ใช้เป็นเชื้อตั้งต้นที่เหมาะสมควรมีคุณสมบัติดังนี้ (Weinberg and Muck, 1996)

1. จัดอยู่ในกลุ่ม Homofermentative lactic acid bacteria
2. สามารถแข่งขันกับแบคทีเรียที่อิงอาศัยในพืชได้และเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว
3. ผลิตกรดแลคติกปริมาณมากในเวลาอันสั้น
4. ทนทานต่อความเป็นกรด
5. สามารถเจริญเติบโตในอุณหภูมิที่สูงถึง 50 °C และในวัตถุดิบที่มีความชื้นต่ำ

อย่างไรก็ตาม เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ผลิตเพื่อการค้ามีราคาค่อนข้างแพง มีขั้นตอนการนำไปใช้ที่ยุ่งยาก ซึ่งต้องปฏิบัติตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต เชื้อมีอายุในการเก็บรักษาต้องระมัดระวังในการปนเปื้อน และถ้าไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำ เชื้อเหล่านี้ก็ไม่มีผลต่อคุณภาพพืชหมัก ด้วยเหตุนี้การใช้

เทคโนโลยีการเติมเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก เพื่อเป็นเชื้อเริ่มต้นในกระบวนการหมัก จึงไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลายในแถบเขตร้อน

แบคทีเรียกรดแลคติกที่มีในพืช

แบคทีเรียกรดแลคติกที่มีในพืช (epiphytic lactic acid bacteria) มีจำนวนผันแปรตามชนิดของพืช แปลงพืช และฤดูกาล เป็นต้น ซึ่งจะอิงอาศัยอยู่บนผิวด้านนอกในส่วนต่างๆของพืช เช่น ลำต้น ใบ ดอก เป็นต้น และพบในส่วนของใบพืชน้อยกว่าในส่วนที่เป็นโครงสร้างของดอกและผล และมีจำนวนเพิ่มขึ้นเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น (Greenhill, 1964; Cai et al., 1994) ส่วนหน้าที่ของแบคทีเรียกลุ่มนี้ในพืชยังไม่ทราบแน่ชัด แต่จะพบแบคทีเรียกลุ่มนี้เป็นปริมาณมากในบริเวณส่วนที่มีแผลฉีกขาด ซึ่งเป็นไปได้ว่าแบคทีเรียกลุ่มนี้อาจจะป้องกันพืชจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคในพืชได้ (Visser et al., 1986) จากการศึกษาจำนวนจุลินทรีย์ที่พบในส่วนต่างๆของพืชที่นิยมนำมาทำเป็นพืชหมัก โดย Cai et al. (1994) พบว่าจุลินทรีย์ที่อิงอาศัยอยู่บนส่วนต่างๆของพืช (epiphytic microbial) พบมากในส่วนที่เป็นโครงสร้างของดอก โดยจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกมีปริมาณต่ำกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น เช่น aerobic bacteria ยีสต์ และรา นอกจากนั้นจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีรูปร่างกลม (Lacto-cocci) มีแนวโน้มสูงกว่าพวกที่มีรูปร่างท่อน (Lactobacilli) (Table 2) โดยเฉพาะจีโนส *Leuconostoc* ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม Heterofermentative มีปริมาณมากที่สุด (Cai et al., 1994) จำนวนของแบคทีเรียกรดแลคติกที่อิงอาศัยในพืชขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย รวมถึงปริมาณแสง อัลตราไวโอเลต อุณหภูมิ และสารอาหารที่เพียงพอ การเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียจะเกิดเมื่อสัมผัสกับของเหลวจากเซลล์พืช (plant sap) ที่ปล่อยออกมา (Visser et al., 1986)

Table 2 Distribution of lactic acid bacteria on different organs of forage crops and grasses.

Forage crops and grasses	Lacto-cocci ^{a)}				Lactobacilli				Aerobic bacteria				Mold and yeast			
	Stem	Leaf	FS ^{b)}	avg.	Stem	Leaf	FS	avg.	Stem	Leaf	FS	avg.	Stem	Leaf	FS	avg.
Corn	7.8x10 ⁴	5.3x10 ⁴	7.4x10 ⁶	2.5x10 ⁶	4.4x10 ³	4.9x10 ³	7.5x10 ⁴	2.8x10 ⁴	3.2x10 ⁷	6.2x10 ⁸	3.2x10 ⁷	2.2x10 ⁸	8.9x10 ⁵	3.2x10 ⁵	3.7x10 ⁷	1.2x10 ⁷
Sorghum	5.1x10 ⁴	4.7x10 ⁴	6.5x10 ⁵	2.5x10 ⁵	4.1x10 ³	3.5x10 ³	6.6x10 ³	4.7x10 ³	5.6x10 ⁶	1.0x10 ⁸	5.6x10 ⁶	3.7x10 ⁷	3.5x10 ⁵	2.5x10 ⁵	6.3x10 ⁶	2.3x10 ⁶
Alfalfa	6.5x10 ³	6.9x10 ³	4.5x10 ⁴	1.9x10 ⁴	3.5x10 ²	3.0x10 ²	4.5x10 ²	3.6x10 ²	3.3x10 ⁶	9.2x10 ⁶	3.3x10 ⁶	5.2x10 ⁶	9.5x10 ⁴	8.6x10 ⁴	7.9x10 ⁶	2.6x10 ⁶
Red clover	7.1x10 ³	4.5x10 ²	9.3x10 ³	5.6x10 ³	6.1x10 ²	5.3x10 ²	7.6x10 ²	6.3x10 ²	1.4x10 ⁶	3.7x10 ⁷	1.4x10 ⁶	1.3x10 ⁷	2.2x10 ⁵	9.6x10 ⁴	3.7x10 ⁶	1.3x10 ⁶
Italian ryegrass	2.3x10 ²	3.8x10 ²	7.6x10 ³	2.7x10 ³	6.3x10 ²	3.7x10 ²	7.6x10 ²	3.5x10 ²	2.5x10 ⁵	1.8x10 ⁷	2.5x10 ⁵	6.1x10 ⁶	5.4x10 ⁴	7.6x10 ⁴	2.1x10 ⁶	7.4x10 ⁵
Oats	4.3x10 ²	5.6x10 ²	1.2x10 ³	7.2x10 ²	4.1x10 ²	6.3x10 ²	5.2x10 ²	2.0x10 ²	8.3x10 ⁵	1.6x10 ⁶	8.3x10 ⁵	1.0x10 ⁶	6.3x10 ⁴	6.1x10 ⁴	3.5x10 ⁵	1.5x10 ⁵
Guineagrass	2.6x10 ³	8.3x10 ²	9.2x10 ³	4.2x10 ³	3.6x10 ²	5.2x10 ²	2.5x10 ²	1.1x10 ²	1.2x10 ⁶	1.6x10 ⁷	1.2x10 ⁶	6.1x10 ⁶	9.9x10 ⁴	1.5x10 ⁵	3.2x10 ⁶	1.1x10 ⁶
Paddy rice	4.3x10 ³	5.7x10 ²	6.3x10 ³	3.7x10 ³	4.3x10 ²	5.0x10 ²	6.4x10 ²	5.2x10 ²	5.2x10 ⁵	6.5x10 ⁶	5.2x10 ⁵	2.5x10 ⁶	7.2x10 ⁵	5.2x10 ⁵	3.9x10 ⁶	1.7x10 ⁶

¹⁾Including streptococci, enterococci, leuconostocs and pediococci.

²⁾Flower and spikelet.

Modified from Cai et al. (1994).

หลังจากการเก็บเกี่ยวพืชเพื่อทำพืชหมัก ปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีในพืชหมักจะเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงของชนิดจุลินทรีย์ด้วย โดยแบคทีเรียพวกใช้ออกซิเจนจะถูกแทนที่ด้วยกลุ่มที่สามารถเจริญได้ในสภาพที่มียอกซิเจนเล็กน้อยหรือพวกที่ไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งเป็นพวกแบคทีเรียแกรมบวก เช่น *Leuconostoc* *Lactobacillus* *Pediococcus* *Bacillus* และ *Clostridium* อย่างไรก็ตามในพืชหมัก *Clostridium* สามารถเจริญเติบโตได้ในกรณีที่พืชที่นำมาหมักมีความชื้นสูง หรือกระบวนการผลิตกรดเกิดขึ้นได้ช้า (Woolford, 1984) การทำให้เกิดกระบวนการหมักกรดแลคติก อย่างรวดเร็ว เป็นกระบวนการหมักที่ซับซ้อนมาก โดยอาศัยจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีในปริมาณน้อยเปลี่ยนเป็นแบคทีเรียที่มีบทบาทหลักในกระบวนการหมัก นอกจากนั้นความรู้เกี่ยวกับสภาพแวดล้อม เชื้อเริ่มต้น อุณหภูมิ ค่า pH และการควบคุมสภาพบรรยากาศ เป็นปัจจัยที่สำคัญในปัจจุบัน เพื่อปรับปรุงกระบวนการหมักกรดแลคติกในพืชหมัก

การใช้แบคทีเรียกรดแลคติกสายพันธุ์เพื่อการค้า

พืชหมักที่มีคุณภาพดีขึ้นอยู่กับค่า pH ในการป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อ *Clostridia* และ enterobacteria และความรวดเร็วในการเกิดกระบวนการหมัก มีการเติมเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกในพืชก่อนการหมัก เพื่อเพิ่มปริมาณให้สามารถแข่งขันกับจุลินทรีย์ชนิดอื่นได้ ปริมาณเชื้อที่แนะนำให้เติมคือ 10^5 - 10^6 cfu/กรัมพืชสด (McDonald et al., 1991; Weinberg and Muck, 1996) ในปัจจุบันมีการศึกษาการใช้เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ผลิตเพื่อการค้า สำหรับเป็นสารเสริมในพืชหมักเพิ่มขึ้น เนื่องจากการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับการผลิตเชื้อให้มีประสิทธิภาพ (Weinberg and Muck, 1996) เชื้อที่ผลิตส่วนใหญ่คือ เชื้อ *L. plantarum* ซึ่งเป็นจัดอยู่ในกลุ่ม Homofermentative strains เป็นสายพันธุ์หลัก ที่พบทั้งในพืชหมักและพืชวัตถุดิบ คุณสมบัติของสายพันธุ์แบคทีเรียค่อนข้าง

ผันแปรแม้กระทั่งในสปีชีส์เดียวกัน แบคทีเรียกรดแลคติกสายพันธุ์เพื่อการค้าบางสายพันธุ์จึงไม่เหมาะสมกับการทำพืชหมักในเขตร้อน ซึ่งอาจเกิดจากสภาพที่ไม่เหมาะสม เช่น การเติมเชื้อที่มีปริมาณน้อยกว่า 10^5 - 10^6 cfu/กรัมพืชสด หรือการที่พืชวัตถุดิบมีปริมาณน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 2 ในพืชสด (Ohmomo et al., 2002) ซึ่งจะทำให้การเติมเชื้อไม่ประสบความสำเร็จ นอกจากนั้นเมื่อคำนึงถึงความคงสภาพเมื่อสัมผัสอากาศแล้ว (aerobic stability) พบว่าบางครั้งการเติมเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ประกอบด้วยกลุ่ม Homofermentative มีผลทำให้ความคงสภาพเมื่อสัมผัสอากาศลดลง Weinberg et al. (1993) พบว่าการเติมแบคทีเรียกรดแลคติกกลุ่ม Homofermentative ทำให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการเมื่อสัมผัสอากาศของธัญพืชหมักเพิ่มขึ้น แต่คุณภาพถั่วหมักมีสภาพคงที่ ซึ่งน่าจะเกิดจากปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ที่เหลืออยู่สูงหลังการหมัก รวมถึงปริมาณกรดแลคติก และปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ (volatile fatty acids) ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการสูญเสียในสภาพอากาศ เพราะคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้และกรดแลคติกเป็นสารอาหารสำหรับยีสต์และเชื้อรา ส่วนกรดไขมันที่ระเหยได้จะยับยั้งเชื้อเหล่านี้ เนื่องจากการเติมเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกกลุ่มนี้ไม่สามารถป้องกันหรือลดการเกิดความสูญเสียหลังมีอากาศเข้าในกระบวนการหมัก จึงมีการศึกษาถึงวิธีการใหม่ขึ้น ในปัจจุบันการใช้แบคทีเรียกรดแลคติกกลุ่ม Heterofermentative เป็นสารเสริม ยกตัวอย่างเช่น *Lactobacillus buchneri* ที่ผลิตกรดอะซิติกในปริมาณสูง ทำให้ยับยั้งการเจริญเติบโตของยีสต์และเชื้อราได้ ซึ่งสามารถปรับปรุงพืชหมักให้มีความคงสภาพเมื่อสัมผัสอากาศได้ (Ranjit et al., 2002; Kung et al., 2003)

ปัจจุบันมีการให้ความสนใจในการเติมเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกในกระบวนการหมักในการทำพืชหมักเขตร้อน เนื่องจากการพบว่าการเติมแบคทีเรียกรดแลคติกในกระบวนการหมักจะช่วยให้การหมักเกิดขึ้นรวดเร็ว และพืชหมักที่ได้มีคุณภาพดี (Weinberg et al., 1993)

แต่บางรายงานพบว่า การเติมเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก ให้ประโยชน์ไม่มากนัก (Zhang et al., 1997) ซึ่ง Mo and Saue (1988) ได้แนะนำว่าสายพันธุ์ที่ใช้ อาจไม่เหมาะสมกับพืชทุกชนิดหรือทุกสภาพแวดล้อม เช่น ในเขตร้อน ซึ่งสายพันธุ์ที่ใช้ส่วนใหญ่ นำมาจากต่างประเทศในเขตนานว บางครั้งสายพันธุ์หรือเชื้อที่นำมาเติมไม่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ (Ohmomo et al., 2002) โดยเฉพาะในเมืองไทยซึ่งมี อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 35-40°C และเมื่อทำการหมัก ช่วงแรกของการหมักอุณหภูมิภายในถังหมักอาจจะสูง ถึง 45°C หรือมากกว่านี้ ซึ่งอุณหภูมิที่สูงนี้จะทำให้ คุณภาพพืชหมักไม่ดีและลดประสิทธิภาพการหมัก ของแบคทีเรียกรดแลคติก Ohmomo et al. (2004) ทำการศึกษาการใช้เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ผลิต เพื่อการค้าจากประเทศญี่ปุ่นในการทำพืชหมักใน ประเทศไทย พบว่าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่เติม สามารถปรับปรุงคุณภาพการหมักของพืชหมักที่ อุณหภูมิ 30°C แต่ไม่มีผลต่อคุณภาพพืชหมักเมื่อทำ การหมักที่อุณหภูมิ 45°C เห็นได้จากพืชหมักที่ได้มีค่า pH สูงขึ้น และมีปริมาณกรดแลคติกลดลง การศึกษา การคัดเลือกเชื้อที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม เมืองไทย พบว่ายังมีรายงานน้อย จากการศึกษาของ สุณีย์และคณะ (2543) พบว่าการคัดเลือกเชื้อแบคทีเรีย กรดแลคติกสายพันธุ์พื้นเมืองจากพืชหมักและอาหารหมัก เพื่อเป็นสารเร่งทางชีวภาพสำหรับการทำพืชหมัก พบว่าเชื้อที่ได้มีผลทำให้ค่า pH ของพืชหมักลดลง และ เพิ่มปริมาณกรดแลคติก แต่ให้ผลผลิตกรดอะซิติก ค่อนข้างสูง เพราะฉะนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะศึกษา ถึงการใช้แบคทีเรียกรดแลคติกที่มีความเหมาะสม หรือสามารถทำให้เกิดกระบวนการหมักอย่างมี ประสิทธิภาพ ภายใต้สภาพแวดล้อมในเขตร้อน

การใช้แบคทีเรียกรดแลคติกที่มีในน้ำพืชหมัก

การใช้แบคทีเรียกรดแลคติกที่มีในน้ำพืชหมัก (fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria,

FJLB) เป็นสารเสริมพืชหมักทางเลือกชนิดหนึ่ง มีแนว ความคิดมาจาก Ohshima et al. (1997) โดยการนำ พืชวัตถุดิบทำพืชหมักมาปั่นผสมน้ำ และกรองด้วยผ้า ขาวบาง นำน้ำพืชที่ได้ไปเติมน้ำตาลเพื่อเป็นอาหาร ในการกระตุ้นเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิดนี้ บ่มทิ้ง ไว้ในสภาพไร้อากาศเป็นเวลา 2 วัน ก่อนนำมาใช้เป็น สารเสริมในพืชหมัก สภาวะไร้ออกซิเจนเป็นสภาพ ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มนี้ โดยเฉพาะ ซึ่งจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆที่พบในส่วนของพืช ไม่สามารถเจริญเติบโตในสภาวะไร้ออกซิเจนได้ ทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโต เพิ่มจำนวนแข่งขันกับ แบคทีเรียกรดแลคติก จากการศึกษาการเพิ่มจำนวน แบคทีเรียกรดแลคติกในน้ำพืชหมักที่ทำจากพืชอาหาร สัตว์เขตร้อนของ Bureenok et al. (2006) พบว่า ภายหลังการบ่ม น้ำพืชหมักที่ได้มีปริมาณแบคทีเรีย กรดแลคติกที่เพิ่มขึ้น จากเดิมที่มีอยู่ในน้ำพืชสด (plant juice) 10^4 cfu/ml เป็น 10^7 - 10^8 cfu/ml (Table 3) ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอต่อการใช้เป็น สารเสริม (McDonald et al., 1991; Weinberg and Muck, 1996) น้ำพืชหมักที่เตรียมได้ควรใช้ภายใน 2-3 วัน ภายหลังจากการบ่ม เนื่องจากพบว่ามีกรเจริญ เติบโตของเชื้อรา (Masuko et al., 2002) น้ำตาล เป็นแหล่งของสารอาหารของแบคทีเรียกรดแลคติกใน การทำน้ำพืชหมัก การเติมกลูโคสสามารถเพิ่มจำนวน แบคทีเรียกรดแลคติกและปรับปรุงคุณภาพพืชหมัก ได้ดีกว่าการเติมกากน้ำตาลและซูโครสตามลำดับ (Bureenok et al., 2005b) ส่วนการเติมกากชาเขียว ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว สามารถเพิ่มจำนวนแบคทีเรีย กลุ่มนี้ในน้ำพืชหมักที่ทำจากหญ้าไรต์ได้ (Bureenok et al., 2007) ซึ่งอาจเกิดจากกากชาเขียวมีส่วนประกอบ ของแมงกานีส ซึ่งมีรายงานว่า เป็นสารกระตุ้นการเจริญ เติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติก และมีรายงานการใช้ เกลือแมงกานีสในได้กรอกหมักและแต่งกวาดอง (Daeshel et al., 1987)

Table 3 Characteristics of plant juice and fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) made from tropical crops.

Species	Plant juice		FJLB	
	pH	LAB ^{1/}	pH	LAB
Guinea (<i>Panicum maximum</i> Jacq.)	5.88	1.2x10 ⁴	3.69	1.9x10 ⁸
Napier (<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach)	5.98	1.3x10 ⁴	4.06	8.5x10 ⁷
Rhodes (<i>Chloris gayana</i> Kunth)	5.81	1.2x10 ⁴	3.80	1.0x10 ⁸
Transvala (<i>Digitaria eriantha</i> cv. Transvala)	5.90	2.1x10 ⁴	3.72	7.7x10 ⁷
Paragrass (<i>Brachiaria mutica</i>)	6.18	1.4x10 ⁴	3.35	1.6x10 ⁸

^{1/} LAB = lactic acid bacteria expressed as colony forming unit per milliliter (cfu/ml).

Source: Bureenok et al. (2006).

ผลของของแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีในน้ำพืชหมักต่อคุณภาพพืชหมัก

จากการศึกษาผลการเติมน้ำพืชหมักเป็นสารเสริมในพืชเขตนาว ในประเทศญี่ปุ่น พบว่า การเติมน้ำพืชหมักปรับปรุงคุณภาพการหมักของถั่วอัลฟาลฟาหมักให้คงที่ เมื่อเปรียบเทียบกับกรเติมเชื้อ *L. casei* โดยที่ปริมาณความชื้น อายุของพืช และอุณหภูมิในการเก็บรักษาพืชหมักไม่มีผลต่อถั่วอัลฟาลฟาหมักที่เสริมด้วยน้ำพืชหมัก การทำน้ำพืชหมักสามารถเตรียมจากพืชชนิดอื่นได้ แต่ได้แนะนำว่าควรเตรียมจากพืชชนิดเดียวกันกับที่จะใช้ทำพืชหมัก เพราะในพืชชนิดเดียวกันมีแนวโน้มที่จะมีจุลินทรีย์ชนิดเดียวกัน (Ohshima et al., 1997) ซึ่ง Weinberg and Muck (1996) ได้แนะนำว่า การใช้เชื้อสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้จากพืชชนิดเดียวกับที่ทำพืชหมักเป็นเชื้อตั้งต้นที่มีความเหมาะสมที่สุด ซึ่งการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มนี้ แล้วนำไปเติมในพืชวัตถุดิบที่จะหมักชนิดเดียวกัน จะทำให้การทำงานของจุลินทรีย์เป็นไปในทางส่งเสริมกันในพืชเขตนาวปริมาณที่แนะนำให้ใช้ คือ ร้อยละ 0.25 ต่อน้ำหนักวัตถุดิบสด ส่วนการศึกษาในการทำเป็นสารเสริมในพืชหมักเขตร้อน ซึ่งเป็นพืชที่มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมในการทำพืชหมักเมื่อเปรียบเทียบกับพืชเขตนาว (Catchpoole and Henzell, 1971) Tamada et al. (1999) รายงานว่า การเติมน้ำพืชหมัก

ในหญ้าเนเปียร์สามารถปรับปรุงคุณภาพการหมักและให้ผลเหมือนกับการเติมเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ผลิตเพื่อการค้า เนื่องจากในพืชอาหารสัตว์เขตร้อนมีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกบนพืชจำนวนน้อยกว่าในพืชอาหารสัตว์เขตนาว (Cai et al., 1994) Bureenok et al. (2005a) ได้ทำการทดลองถึงปริมาณการเติมน้ำพืชหมักและพบว่าปริมาณน้ำพืชหมักที่ควรเติมคือ ร้อยละ 1 ต่อน้ำหนักวัตถุดิบสด จากการรวบรวมผลการศึกษาของการเติมน้ำพืชหมักต่อคุณภาพการหมักเปรียบเทียบกับกรใช้สารเสริมชนิดต่างๆ ดังแสดงใน Table 4 พบว่าการเติมน้ำพืชหมักในกระบวนการหมักถั่วอาหารสัตว์ สามารถปรับปรุงคุณภาพการหมักได้ เป็นที่ทราบกันว่า การทำถั่วอาหารสัตว์หมักมักไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากถั่วอาหารสัตว์มีปริมาณ buffering capacity สูง ทำให้ค่า pH ของถั่วอาหารสัตว์หมักลดต่ำได้ยาก แต่จากรายงานของ Nishino and Uchida (1999) พบว่าการเติมน้ำพืชหมักมีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพการหมักในถั่วลูเซียนหมัก โดยการลดค่า pH เพิ่มปริมาณกรดแลคติก และลดปริมาณ NH³-N เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริมและกลุ่มที่เติมน้ำตาลซูโครส ส่วนการศึกษาในถั่วพินาโรหมักของ Yahaya et al. (2004a) พบว่าถั่วพินาโรหมักที่เติมสารเสริมน้ำพืชหมักมีคุณภาพการหมักที่ดี เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ใช้

สารเสริม นอกจากนี้การศึกษาในพืชอาหารสัตว์เขตร้อนพบว่า การเติมน้ำพืชหมักเพียงอย่างเดียวทำให้สามารถลดค่า pH และเพิ่มปริมาณกรดแลคติกของพืชหมักได้ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริม แต่ให้ผลผลิตกรดแลคติกน้อยกว่าสารเสริมที่เป็นแหล่งน้ำตาล เช่น กลูโคส และ กากน้ำตาล (Shao et al., 2004; Bureenok et al., 2010; 2011) และเมื่อศึกษาการใช้ น้ำพืชหมักร่วมกับสารเสริมที่เป็นแหล่งของน้ำตาล พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณกรดแลคติกให้สูงขึ้นใกล้เคียงกับกลุ่มที่เติมแหล่งของน้ำตาล ซึ่งอาจเนื่องมาจากพืชอาหารสัตว์เขตร้อนมีปริมาณ WSC ค่อนข้างต่ำ (Smith, 1973; Yahaya et al., 2004a; Bureenok et al., 2005b) เมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำตาลในพืชหมัก ทำให้แบคทีเรียกรดแลคติกในน้ำพืชหมักสามารถผลิตกรดแลคติกได้มากขึ้น และคงเหลือปริมาณ WSC ในพืชหมักสูง (Bureenok et al., 2010) แต่ปริมาณกรดแลคติกและปริมาณ WSC ที่สูงในพืชหมัก อาจกระตุ้นให้เกิดการสูญเสียความคงสภาพของพืชหมักหลังจากสัมผัสอากาศ เนื่องจากยีสต์และเชื้อราที่เจริญเติบโตหลังจากมีอากาศเข้าสู่ถังหมัก

สามารถใช้สารเหล่านี้เป็นอาหารในการเพิ่มจำนวน ทำให้พืชหมักสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการอย่างรวดเร็ว มีรายงานว่าปริมาณของกรดอะซิติกในพืชหมักสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของยีสต์ได้ (Weinberg et al., 1996) จะเห็นได้ว่าการเติมน้ำพืชหมักเพียงอย่างเดียว ให้ผลผลิตกรดอะซิติกที่ค่อนข้างสูง (Nishino and Uchida, 1999; Shao et al., 2004) ซึ่งอาจช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดังกล่าวได้นอกจากนั้น Huisden et al. (2009) ได้แนะนำว่าการเติมเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกผสมระหว่างกลุ่ม Homofermentative และกลุ่ม Heterofermentative สามารถปรับปรุงพืชหมักให้มีความคงสภาพหลังสัมผัสอากาศได้ เนื่องจากน้ำพืชหมักประกอบด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งสองกลุ่ม และจากการศึกษาการเติมกากชาเขียวในน้ำพืชหมักและนำไปใช้เป็นสารเสริมพบว่า มีแนวโน้มที่จะลดการสูญเสียคุณภาพหญ้าไรต์หมักในสภาพมีออกซิเจนได้ (Bureenok, 2006) ดังนั้นการเติมน้ำพืชหมักเป็นสารเสริมอาจช่วยปรับปรุงคุณภาพพืชหมักให้มีความคงสภาพหลังการเปิดใช้ได้

Table 4 Fermentation quality of silages treated with various additives.

Silages	Additives	pH	LA	AA				BA	NH3-N			Sources
				(g/kg DM)					(g/kg TN)			
Lucern	None	5.71	a	1.03	d	15.2	b	101.0	a	221.0	a	Nishino and Uchida (1999)
	2% Sucrose	4.95	b	31	c	12.3	b	97.2	a	170.0	b	
	0.25% FJLB	4.34	c	67.6	b	52.6	a	13.2	b	124.0	c	
	FJLB+sucrose	4.03	c	98.4	a	26.8	b	2.1	b	89.1	c	
Tinaroo	None	5.69	a	32.8	b	24.5	b	1.1		131.1	a	Yahaya et al. (2004a)
	5% FJLB	4.19	b	44.2	a	29.2	a	0		90.4	b	
Guinea	None	4.58	d	18.7	a	13.6	bc	12.5	c	88.4	bc	Shao et al. (2004)
	FJLB*	4.17	c	21.7	ab	14.2	c	3.7	ab	92.6	c	
	0.1% Sorbic acid (S)	4.19	c	32.7	bc	8.5	ab	5.1	b	70.6	ab	
	1% Glucose (G)	3.86	ab	61.8	c	9.1	abc	1.2	a	53.0	a	
	FJLB+S	4.00	b	38.6	c	9.5	abc	1.1	a	86.9	bc	
	FJLB+G	3.85	ab	44.4	cd	11.5	abc	0.3	a	70.5	ab	
	S+G	3.72	a	55.4	de	7.4	a	1.2	a	65.5	a	
	FJLB+S+G	3.79	a	55.2	de	7.4	a	0.1	a	62.5	a	
Napier	None	3.96	a	49.3	c	10.9	b	16.1	a	72.9		Bureenok et al. (2010)
	1% FJLB	3.72	b	79.3	ab	9.2	b	5.9	b	63.0		
	5% Molasses	3.75	b	94.4	a	20.8	a	7.7	b	67.8		
	5% Casava meal	3.73	b	69.9	bc	7.2	c	2.7	b	66.6		
Ruzi	None	4.08	a	53.1	d	26.5		9.8	a	121.7	a	Bureenok et al. (2011)
	5% Molasses (Mo)	3.81	b	127.9	a	23.7		9.9	a	103.9	b	
	1% FJLB	4.03	a	73.3	c	19.8		0	b	109.5	b	
	Mo+FJLB	3.84	b	108.2	b	21.1		0.1	b	91.5	b	

FJLB = fermented of epiphytic lactic acid bacteria, LA = lactic acid, AA= acetic acid, BA = butyric acid, NH₃-N = ammonia-nitrogen, TN = total nitrogen.

ผลของแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีในน้ำพืชหมักต่อคุณค่าทางโภชนาและประสิทธิภาพในสัตว์

จากการศึกษาถึงคุณค่าทางโภชนาและถั่วลูเซินหมักของ Nishino and Uchida (1999) พบว่าการเติมสารเสริม น้ำพืชหมักร่วมกับพืชโครสในถั่วลูเซินหมัก (*Medicago sativa* L) สามารถเพิ่มปริมาณการย่อยได้ของวัตถุดิบในหลอดทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับ การเติมพืชโครสเพียงอย่างเดียว ส่วน Yahaya et al. (2004b) พบว่าเมื่อเสริมหญ้าเนเปียร์หมักด้วยน้ำพืชหมัก หญ้าเนเปียร์หมักที่มีปริมาณโปรตีนหยาบสูง และมีปริมาณเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด และลิกนินต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับ

กลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริมและกลุ่มที่เติมกรดอะซิติก และมีปริมาณการย่อยได้ของวัตถุดิบและเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางในกระเพาะรูเมนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริม ซึ่งค่าการย่อยได้ของโภชนาที่สูงกว่า อาจเนื่องมาจากความแตกต่างในด้านคุณค่าทางโภชนาในหญ้าเนเปียร์หมัก (Table 5) ส่วน Bureenok et al. (2010) พบว่าการเติมน้ำพืชหมักในกระบวนการหมักหญ้าเนเปียร์ มีผลทำให้ปริมาณเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางสูงกว่าพืชหมักที่ได้จากการเสริมกากน้ำตาลและมันเส้นสด ซึ่งอาจเนื่องมาจากปริมาณที่เพิ่มขึ้นของกากน้ำตาลและมันสดในหญ้าเนเปียร์หมัก จึงทำให้สัดส่วนของเยื่อใยลดลง

Table 5 Nutritive value and ruminal degradability of elephant grass and subsequent silages.

	Elephant grass	Elephant silages					
	Prior to ensiling	None		5% FJLB		5% Acetic acid	
Dry matter (g/kg)	245	229		232		238	
Crude protein (g/kg DM)	91	96	c	104	a	89	b
Neutral detergent fiber (g/kg DM)	608	596	a	577	c	579	b
Acid detergent fiber (g/kg DM)	380	391	b	371	c	397	a
Acid detergent lignin (g/kg DM)	88	95	b	88	c	111	a
In situ rumen degradability							
DM disappearance (%)							
Washing loss (a)	12.15	14.25	b	15.05	a	14.35	b
Insoluble but slowly degradable (b)	42.25	35.72	b	50.86	a	38.43	b
Degradation rate of b (c)	0.08	0.08	b	0.09	a	0.08	b
Total degradability (a+b)	54.40	49.97	b	65.91	a	52.78	ab
Undegradable fraction (%)	45.6	50.04	a	34.09	a	47.23	ab
Effective degradability (%)	54.45	50.02	b	65.96	a	52.83	ab
NDF disappearance (%)							
Washing loss (a)	0.02	0.02	b	0.04	a	0.01	a
Insoluble but slowly degradable (b)	44.3	48.96	b	53.74	a	50.68	ab
Degradation rate of b (c)	0.3	0.28	b	0.34	a	0.31	ab
Total degradability (a+b)	44.32	48.97	b	53.78	a	50.69	ab
Undegradable fraction (%)	55.68	51.03	a	46.22	b	49.31	ab
Effective degradability (%)	44.37	49.02	b	53.83	a	50.74	ab

Values in the same row followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$).

Effective degradability in the rumen (assuming rate of passage of $0.05/h^{-1}$).

Modified from Yahaya et al. (2004b).

จากการทดสอบในตัวสัตว์ Cao et al. (2002) ทำการศึกษาการย่อยได้ของถั่วอัลฟัลฟาหมักเสริมด้วยน้ำพืชหมักในโคนมเจาะกระเพาะ พบว่าค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ เยื่อใย และไนโตรเจน ฟรีเอ็กแทรกซ์ในโคที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนหมักที่มีถั่วอัลฟัลฟาหมักที่เสริมด้วยน้ำพืชหมักร่วมกับการทำให้เหี่ยวหรือตัดสดก่อนการหมักสูงกว่าการให้ถั่วอัลฟัลฟาที่ทำให้เหี่ยวก่อนหมัก และพบว่าทำให้ปริมาณกรดโพรพิโอนิกของของเหลวในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Takahashi et al. (2005) ที่พบว่าการเติมน้ำพืชหมักในการหมักต้นข้าวทั้งต้นที่ระยะเมล็ดแก่ ร่วมกับการทำให้เมล็ดข้าวแตก สามารถเพิ่มปริมาณการย่อยได้ในส่วนที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อใยในแกะ และมีปริมาณกรดโพรพิโอนิกของของเหลวในกระเพาะรูเมนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริม ซึ่งสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้กรดโพรพิโอนิกเป็นสาร

ตั้งต้น (precursor) ในการสังเคราะห์น้ำตาลกลูโคส (Van Soest, 1994) ส่วนการเปรียบเทียบกับสารเสริมที่มีในท้องถิ่น ในประเทศไทย Bureenok et al. (2010) พบว่าโคนมเจาะกระเพาะมีปริมาณการกินได้วัตถุแห้งของหญ้าเนเปียร์หมักที่เสริมด้วยน้ำพืชหมักต่ำกว่าการเสริมด้วยกากน้ำตาล แต่สูงกว่าการเสริมด้วยมันเส้นบดหรือไม่ใช้สารเสริม นอกจากนั้น Bureenok et al. (2011) ยังได้ศึกษาถึงการใช้น้ำพืชหมักและการเสริมร่วมกับกากน้ำตาลในหญ้าที่หมัก พบว่าการใช้สารเสริมไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ในโคนมเจาะกระเพาะ ส่วนค่าการย่อยได้ของโปรตีนในหญ้าที่หมักที่เสริมด้วยน้ำพืชหมักเพียงอย่างเดียวสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริม แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่เสริมด้วยกากน้ำตาลและการเสริมร่วมกัน และการเสริมน้ำพืชหมักมีแนวโน้มทำให้สัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกของของเหลวในกระเพาะรูเมนต่ำกว่า

กลุ่มอื่น (Table 6) ในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ได้ที่เกิดขึ้นในตัวสัตว์ยังไม่ชัดเจน ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าแบคทีเรียกรดแลคติกในน้ำพืชหมักมีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติก (probiotic) จากรายงานของ Weinberg et al. (2003) พบว่าแบคทีเรียกรดแลคติกที่เติมในพืชหมัก สามารถผ่านจากพืชหมักและมีชีวิตในของเหลวของกระเพาะรูเมน (rumen fluid) ได้ โดยทำให้ค่า pH ของของเหลวในกระเพาะรูเมนสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียกรดแลคติกที่รอดชีวิตเหล่านี้ สามารถที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และส่งผลต่อการทำงานของกระเพาะรูเมน นอกจากนี้ Weinberg et al. (2007) ยังได้ศึกษาถึงผลของการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกต่อการย่อยได้ของโภชนะในห้องปฏิบัติการของข้าวสาลีและข้าวโพดหมัก และพบว่าภายหลังการบ่มที่ 24 ชม. ในห้องปฏิบัติการ แบคทีเรียกรดแลคติกบางชนิดมีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณการย่อยได้ของ

วัตถุดิบ และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลางได้

ผลของน้ำพืชหมักต่อคุณภาพอาหารหมักอื่นๆ

จากการศึกษาของ Bureenok et al. (2004) พบว่าการเติมน้ำพืชหมักในอาหารผสมครบส่วนหมัก (total mixed ration silage) สำหรับสุกร ทำให้อาหารหมักที่ได้มีค่า pH ต่ำ แต่มีปริมาณของกรดแลคติกสูงและไม่พบการเกิดเชื้อรา และพบว่าปริมาณการกินได้เพิ่มขึ้น ส่วนการใช้สารเสริมน้ำพืชหมักในของอาหารผสมครบส่วนหมักในอาหารโคนม ทำให้กระบวนการหมักเข้าสู่สภาวะคงที่เร็วขึ้น มีผลต่อการลดค่า pH และปริมาณ $\text{NH}_3\text{-N}$ ในอาหารผสมครบส่วนหมัก โดยแนะนำให้การเติมน้ำพืชหมักเพื่อเป็นเชื้อตั้งต้นอย่างน้อยร้อยละ 0.25 ต่อน้ำหนักวัตถุดิบในกระบวนการหมัก เพื่อปรับปรุงคุณภาพการหมักและคุณค่าทางโภชนาของอาหารผสมครบส่วนหมัก (เสมอใจและคณะ, 2552)

Table 6 Effect of silage additives on voluntary feed intake, nutrient digestibility and rumen fermentation characteristics in cows fed ruzigrass silages.

Items	CO	MO	FJLB	MO-FJLB	SEM ^{1/}
Silage DM intake					
% BW	0.66	0.78	0.64	0.63	0.07
g/kg BW ^{0.75}	30.96	36.65	29.84	29.24	3.44
Total intake					
% BW	2.13	2.2	2.01	1.98	0.07
g/kg BW ^{0.75}	98.81	102.17	92.52	91.7	2.89
Apparent digestibility, g/kg					
DM	768.9	774.9	783.6	744.9	12.49
OM	790.4	795.9	803.7	767.3	11.49
CP	764.7	b 783.2	ab 803.3	a 782.0	ab 10.24
NDF	520.0	549.3	539.1	451.5	44.17
ADF	522.4	547.5	547.0	459.7	39.26
Ruminal pH	6.47	bc 6.27	c 6.71	ab 6.84	a 0.10
Rumen VFA, mol/100 mol					
Acetic acid (C2)	69.59	69.43	69.95	68.29	3.90
Propionic acid (C3)	20.29	20.89	21.45	22.81	3.24
Butyric acid (C4)	10.80	9.09	8.59	8.89	1.29
C2:C3	3.43	3.37	3.26	2.99	0.74

Values in the same row followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$).

CO = no additives, MO = treated with molasses (5% of fresh matter), FJLB = treated with fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (1% of fresh matter), MO-FJLB = treated molasses (5% of fresh matter) and FJLB (1% of fresh matter).

^{1/}SEM = standard error of the mean.

Source: Bureenok et al. (2011).

สรุปและข้อเสนอแนะ

การเตรียมน้ำพืชหมักเพื่อเป็นสารเสริมพืชหมักสามารถเตรียมได้จากพืชวัตถุดิบที่นำมาหมัก และควรใช้ภายใน 2-3 วันหลังการบ่ม การใช้ น้ำพืชหมักสามารถปรับปรุงคุณภาพพืชหมักเขตร้อน โดยพืชหมักที่ได้มีค่า pH ต่ำ ปริมาณกรดแลคติกสูง และมีปริมาณกรดบิวทิริกน้อย เมื่อเทียบกับสารเสริมชนิดอื่น นอกจากนั้น การเสริม น้ำพืชหมัก ทำให้พืชหมักเข้าสู่สภาวะคงที่เร็วกว่าสารเสริมชนิดอื่น ทำให้เหลือคุณค่าโภชนะของพืชหมักสูง ส่งผลให้เพิ่มประสิทธิภาพการนำไปใช้ในสัตว์ อีกทั้งขั้นตอนในการทำ น้ำพืชหมักไม่ยุ่งยาก เกษตรกรเสียค่าใช้จ่ายในส่วนของกากน้ำตาลที่นำมาเป็นอาหารสำหรับเชื้อแบคทีเรียซึ่งใช้ในปริมาณที่น้อยมาก การเตรียมน้ำพืชหมักเกษตรกรสามารถจัดเตรียมเองได้ตลอดเวลา เป็นการเตรียมเชื้อแบคทีเรียเริ่มต้นในกระบวนการหมักที่ทำได้ในระดับครัวเรือน ซึ่งเกษตรกรสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อตั้งต้นในกระบวนการหมักอาหารหยาบอย่างอื่นได้อีก เช่น การหมักเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร นอกจากนั้นยังสามารถใช้ทดแทน EM ที่เกษตรกรใช้ในการเป็นเชื้อตั้งต้นในกระบวนการหมักต่างๆ ซึ่งต้องมีการจัดซื้อ ดังนั้นการทำ น้ำพืชหมักน่าจะมีเหมาะสมกับเกษตรกรไทยในส่วนของราคาค้นทุนการผลิต ความสะดวกในการนำไปใช้ และไม่ต้องมีความชำนาญในการปฏิบัติมากนัก

เอกสารอ้างอิง

- เสมอใจ บุรีนอก, เฉลิมพล เยื้องกลาง, ไกรสิทธิ์ วสุเพ็ญ, ศศิพันธ์ วงศ์สุทราवास, คำสอน สีสะอาด, และ Yasuhiro Kawamoto. 2552. การใช้แบคทีเรียกรดแลคติกในน้ำพืชหมักเป็นเชื้อตั้งต้นในอาหารผสมครบส่วนหมัก. แก่นเกษตร 37:245-254.
- สุนีย์ นิธิสินประเสริฐ, ทองเลียน บัวจุม, สุรัชย์ แซ่เล่า, ธีรวิทย์ ทับทอง, รติกร ชัตรทอง, และ อำนาจ เจริญรัตน์. 2543. การคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกสายพันธุ์พื้นเมืองเพื่อใช้เป็นสารเร่งทางชีวภาพสำหรับการหมักไซเลจ. ว.วิทย มข. : 31-43.
- Bureenok, S. 2006. Studies on fermented juice of the epiphytic lactic acid bacteria as a tropical grass silage additive. Ph.D Thesis, The United Graduate School of Agricultural Science, Kagoshima University, Japan.
- Bureenok, S., S. Enokawa, T. Namihira and Y. Kawamoto. 2004. Effect of fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) on the fermentative quality of TMR silage for swine. In: Proceedings of the 50th of Japanese Society of Grassland Science.
- Bureenok, S., M. Tamaki, Y. Kawamoto and T. Nakada. 2007. Additive effects of green tea on fermented juice of the epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) and the fermentative quality of Rhodesgrass silage. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 20: 920-924.
- Bureenok, S., T. Namihira, Y. Kawamoto and T. Nakada. 2005a. Additive effects of fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria on the fermentative quality of guineagrass (*Panicum maximum* Jacq.) silage. Grassl. Sci. 51: 243-248.
- Bureenok, S., T. Namihira, M. Tamaki, S. Mizumachi, Y. Kawamoto and T. Nakada. 2005b. Fermentative quality of guineagrass silage by using fermented juice of the epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) as a silage additive. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 18 : 807-811.
- Bureenok, S., T. Namihira, S. Mizumachi, Y. Kawamoto and T. Nakada. 2006. The effect of epiphytic lactic acid bacteria with or without different byproduct from defatted rice bran and green tea waste on napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schumacher) silage. J. Sci. Food Agric. 86: 1073-1077.
- Bureenok, S., W. Homsai, A. Lukkananukool, C. Yuangklang, K. Vasupen and Y. Kawamoto. 2010. Effects of Napiergrass silages treated with various additives on feed intake, digestibility and rumen fermentation characteristics. In: Proceedings of the 14th AAAP Congress. The Asian-Australasian Association of Animal Production Societies, 22-28 August 2010, Pingtung, Taiwan.
- Bureenok, S., W. Suksombat and Y. Kawamoto. 2011. Effects of the fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) and molasses on digestibility and rumen fermentation characteristics of ruzigrass (*Brachiaria ruziziensis*) silages. Livest. Sci. (accepted).

- Cai, Y., S. Ohmomo and S. Kumai. 1994. Distribution and lactate fermentation characteristics of lactic acid bacteria on forage crops and grasses. *J. Japan Grassl. Sci.* 39: 420-428.
- Cao, L., M. Goto, S. Karita, Y. Yamamoto, Y. Deguchi, S. Urakawa, Y. Maekawa, Y. Kawamoto and T. Masuko. 2002. Effect of fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria on the fermentation quality of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) silage and its energy and nitrogen utilization by dry cows. *Grassl. Sci.* 48: 227-235.
- Catchpoole, V. R. and E. F. Henzell. 1971. Silage and silage-making from tropical herbage species. *Herb. Abst.* 41: 213-221.
- Daeschel, M.A., R.E. Anderson and H. P. Fleming. 1987. Microbial ecology of fermenting plant materials. *FEMS Microbiol. Rev.* 46: 357-367.
- Greenhill, W. L. 1964. Plant juices in relation to silage fermentation I. The role of the juice. *J. Br. Grassl. Soc.* 19: 30-37.
- Huisden, C.M., A.T. Adesogan, S.C. Kim and T. Ososanya. 2009. Effect of applying molasses or inoculants containing homofermentative or heterofermentative bacteria at two rates on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *J. Dairy Sci.* 92: 690-697.
- Kung, L. Jr., C. C. Taylor, M. P. Lynch and J. M. Neylon. 2003. The effect of treating alfalfa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86: 336-343.
- Masuko, T., Y. Hariyama, Y. Takahashi, L. Cao, M. Goto and M. Ohshima. 2002. Effect of addition of fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria prepared from timothy and orchardgrass on fermentation quality of silages. *Grassl. Sci.* 48: 120-125.
- McDonald, P., A.R. Henderson and S.J.E. Heron. 1991. *The Biochemistry of silage* 2nd Ed. Chalcombe Publications, Marlow, England.
- Mo, M. and O. Saue. 1988. Recent developments in feed conservation. In: *Proceedings of the 12th Gen Meet European Grassland Federation*, Dublin.
- Nishino, N. and S. Uchida. 1999. Laboratory evaluation of previously fermented juice as a fermentation stimulant for lucerne. *J. Sci. Food Agric.* 79: 1285-1288.
- Ohmomo, S., O. Tanaka, H.K. Kitamoto and Y. Cai. 2002. Silage and microbial performance, old story but new problems. *Jpn. Agric. Res. Q.* 36: 59-71.
- Ohmomo, S., M. Odai, P. Pholsen, S. Nitinprasert, D. Kraykaw and S. Hiranpradit. 2004. Effect of a commercial inoculant on the fermentation quality of ABP silage in Thailand. *Jpn. Agric. Res. Q.* 38: 125-128.
- Ohshima, M., E. Kimura and H. Yokota. 1997. A method of making good silage from direct cut alfalfa by spraying previously fermented juice. *Anim. Feed Sci. Technol.* 66: 129-137.
- Ranjit, N. K., C. C. Taylor and L.Jr. Kung. 2002. Effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation, aerobic stability and nutritive value of maize silage. *Grass and Forage Sci.* 57: 73-81.
- Shao, T., N. Ohba, M. Shimojo and Y. Masuda. 2004. Effects of adding glucose, sorbic acid and pre-fermented juice on the fermentation quality of guineagrass (*Panicum maximum* Jacq.) silages. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 17: 808-813.
- Smith, D. 1973. The nonstructural carbohydrates. In *chemistry and biochemistry of Herbage* (Ed. G.W. Butter and R.W. Bailey) Academic press, New York. 1:105-155.
- Takahashi, T., K. Horiguchi and M. Goto. 2005. Effect of crushing unhulled rice and the addition of fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria on the fermentation quality of whole crop rice silage, and its digestibility and rumen fermentation status in sheep. *Anim. Sci. J.* 76: 353-358.
- Tamada J., H. Yokota, M. Ohshima and M. Tamaki. 1999. Effect of additives, storage temperature and region difference of ensiling on the fermentation quality of napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schum.) silage. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 12: 28-35.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd ed., Cornell Univ. Press, Ithaca, New York.

- Visser, R., W.H. Holzapfel, J.J. Bezuidenhout and J.M. Kotze. 1986. Antagonism of lactic acid bacteria against phytopathogenic bacteria. Appl. Environ. Microbiol. 52: 552-555.
- Weinberg, Z.G., G. Ashbell, A. Azrieli and I. Brukental. 1993. Ensiling peas, ryegrass and wheat with additives of lactic acid bacteria and cell wall degrading enzymes. Grass Forage Sci. 48: 70-78.
- Weinberg, Z.G., O. Shatz, Y. Chen, E. Yosef, M. Nikbahat, D. Ben-Ghedalia and J. Miron. 2007. Effect of lactic acid bacteria inoculants on in vitro digestibility of wheat and corn silages. J. Dairy Sci. 90: 4754-4762.
- Weinberg, Z.G. and R.E. Muck. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. FEMS Microbiol. Rev. 19: 53-68.
- Weinberg, Z.G., R.E. Muck and P.J. Weimer. 2003. The survival of silage inoculant lactic acid bacteria in rumen fluid. J. Appl. Microbiol. 94: 1066-1071.
- Woolford, M. 1984. The silage Fermentation. Marcel Dekker, Inc. p 350.
- Yahaya, M. S., M. Goto, W. Yimiti, B. Smerjai and Y. Kawamoto. 2004a. Additives effects of fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria and acetic acid on silo fermentation and ruminal degradability of tropical elephant grass. J. Anim. Vet. Adv. 3: 115-121.
- Yahaya, M. S., M. Goto, W. Yimiti, Y. Gamo Y., W. Kim, S. Karita, B. Smerjai, Y. Kawamoto and S. Ogawa. 2004b. Epiphytic microbiota on tropical Tinaroo legume (*Neonotonia wightii*) as revealed by denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) and scanning electron microscopy (SEM) and their effects on silage fermentation and ruminal degradability. J. Anim. Vet. Adv. 3: 339-347.
- Zhang, J.G., S. Kumai, R. Fukumi and Y.K. Fu. 1997. Effects of lactic acid bacteria and cellulose additives at different temperatures on the fermentation quality of corn (*Zea mays* L) and guineagrass (*Panicum maximum* Jacq) silages. Acta Pratacult Sinica 6: 66-75.