

接種乳酸桿菌對水稻穀粒青貯品質之影響⁽¹⁾

陳柏佑⁽²⁾ 侯金日⁽²⁾ 盧啟信⁽³⁾ 林正斌⁽⁴⁾⁽⁵⁾

收件日期：108 年 3 月 7 日；接受日期：108 年 4 月 26 日

摘 要

本試驗以臺南區農業改良場嘉義分場提供之臺中秈 17 號 (TCS17) 水稻品種之穀粒為材料，探討添加畜產試驗所恆春分所提供之不同乳酸桿菌 (*Lactobacillus* spp.) 對水稻穀粒青貯料之營養成分與發酵品質的影響，以供草食動物食用芻料之參考。將試驗水稻穀粒青貯調製 30 及 60 天後，分析其粗蛋白質、水溶性碳水化合物、中洗纖維、酸洗纖維、澱粉與磷、鉀及鎂等。青貯發酵品質之分析項目包括酸鹼值 (pH) 與乳酸、乙酸、丁酸等有機酸含量，並計算費氏品質評分 (Flieg's scores)。結果顯示，接種乳酸桿菌在進行青貯 30 天後的水稻穀粒青貯料之 pH 值 3.8 顯著 ($P < 0.05$) 低於只噴水不添加乳酸菌之對照組之 pH 4.4，接種處理亦顯著提高乳酸含量至 1.1%，並抑制丁酸之產生，故所有接種乳酸菌處理之 Flieg's scores 評定為優良之 80 分以上，其中 ST15 乳酸菌品系的處理可達 89 分，大幅高於對照組之 23 分；青貯 60 天的處理亦有相同的結果。因此，為提升水稻穀粒青貯料品質，建議可接種乳酸桿菌 ST15 品系後青貯，可獲得優良的水稻穀粒青貯料。

關鍵詞：稻穀青貯料、乳酸桿菌、費氏青貯品質評分。

緒 言

水稻 (*Oryza sativa* L.) 為亞洲國家主要的糧食作物，含有大量碳水化合物，提供熱量來源。臺灣位於亞熱帶與熱帶季風氣候區，氣候非常適合水稻生長，1975 年水稻栽培面積達到最高峰為 790,248 公頃，平均產量 3,156 公斤 / 公頃 (臺灣農業年報, 1977)，2016 年水稻種植面積為 273,837 公頃，平均產量 5,798 公斤 / 公頃 (行政院農業委員會, 2017)，種植比 1975 年的減少了將近 65.3%。國人的稻米食用量亦由 1975 年之 130.39 公斤 / 年 / 人，降低至 2016 年之 44.48 公斤 / 年 / 人，減少 65.9% (農業統計資料查詢, 2018)，但單位面積產量卻由 1977 年之 3,156 公斤 / 公頃提升至 2016 年的 5,798 公斤 / 公頃，但由於國民所得增加、飲食習慣改變，導致水稻有生產過剩問題。政府為了照顧種植水稻的農民收入，持續辦理收購價格較糧商高之「保價收購制度」，導致每年發生公糧爆倉的現象，儲存的公糧在大量卻無處銷售的情況下，時常超過保存期限，導致過期且低品質的公糧只能碾碎，並以市價三分之一之低價釋出。近年來由於石化能源逐漸枯竭，世界主要穀物出口國例如美國，已將部分農地改種植能源作物，再加上地球環境的劇烈變遷，導致穀物產量大幅減少，帶動全球穀物與國內飼料價格上揚，所以未來勢必得提高國內糧食和飼料的自給率，維持國家糧食的穩定供應。

青貯 (ensiling) 為一種保存芻料的方式，主要目的為保存芻料營養，使能長期供應餵飼草食動物。青貯料主要的保存原理是在厭氧 (anaerobic) 的環境下，厭氧性微生物利用發酵性碳水化合物 (fermentable carbohydrate)，產生包含乳酸 (lactic acid, LA) 等揮發性有機酸，最後這些有機酸會降低青貯料的 pH 值，並抑制雜菌的生長，減少物質與能量的損失 (Ki *et al.*, 2009)。乳酸菌 (lactic acid bacteria, LAB) 在濕潤的芻料作物之保存過程中相當重要，特別是同質發酵 (homofermentative) 乳酸菌會將一分子葡萄糖分解成兩分子乳酸；而異質發酵 (heterofermentative) 乳酸菌只能

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2609 號。

(2) 國立嘉義大學農藝學系。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所飼料作物組。

(4) 行政院農業委員會畜產試驗所技術服務組。

(5) 通訊作者，E-mail：jbilin@mail.tlri.gov.tw。

將一分子葡萄糖轉變成一分子乳酸，並伴隨著乙酸、乙醇和二氧化碳等副產物；除此之外，酵母菌能將一分子葡萄糖分解成兩分子乙醇及兩分子二氧化碳；酪酸菌則分解醣類與乳酸鹽成酪酸，因為酪酸無法降低青貯料的 pH 值，而且乳酸被分解，故青貯料的 pH 值將無法降低。如果在發酵過程中同質發酵乳酸菌佔優勢，將可減少能量損失和蛋白質降解 (Nishino *et al.*, 2004)。而水稻穀粒在青貯過程中，添加不同比例水分 (陳等, 2016) 及穀粒破裂程度不同 (陳等, 2019) 均會影響青貯品質的好壞。

為了創造國產農產品的多元化利用，並建立優良水稻穀粒青貯料調製方法，本研究的主要目的為利用水稻品種 (系) 之穀粒為材料，評估接種乳酸菌對其青貯發酵品質的影響，以評估水稻穀粒供作草食動物芻料之參考。

材料與方法

I. 材料來源

- (i) 水稻品種：由行政院農業委員會臺南區農業改良場嘉義分場提供之臺中秈 17 號 (TCS17) 水稻穀粒，水分含量為 14%。
- (ii) 乳酸菌菌種：行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所提供之 ST3 (*Lactobacillus alimentarius* BCRC19669)、ST12 (*Lactobacillus plantarum* subsp. *plantarum* BCRC19667)、ST15 (*Lactobacillus plantarum* subsp. *plantarum* BCRC19668) 冷凍菌粉。

II. 青貯料之製作方法

- (i) 乳酸菌的準備：取 300 μ L 二次活化之菌液接種於 300 mL 滅菌之 MRS Broth，置於 35°C 恆溫靜置培養 24 小時後，利用分光光度計測量波長 600 nm 下之吸光值，再參照 log CFU 與 OD 600 生長曲線之迴歸方程式，添加蒸餾水將菌液稀釋為 1×10^8 CFU/mL 備用。
- (ii) 青貯製程：將水稻穀粒置入輕便型粉碎機 (DJ-4S, 原泰奇機械, 臺灣) 中，瞬間開關 3 次將穀粒切斷，秤取 60 g 碾碎穀粒材料並加入 40 mL 蒸餾水後接種 1 mL 之稀釋菌液，並分為青貯 30 天與 60 天兩種開封日期，每種開封日期之處理有：未接種乳酸菌 (CKW)、接種 ST3 (ST3)、接種 ST12 (ST12)、接種 ST15 (ST15)、接種三菌株之等量混合菌液 (MIX) 及添加 5 g 上一批 CKW 之穀粒青貯料 (乳酸含量為 0.24%、乙酸含量為 0.96%) (JO) 等 6 種處理，每處理 3 重複，利用深槽式真空封口包裝機 (J-V002D, New Diamond Vac, 臺灣) 封口，密封後貯存於室溫下 (23 – 33°C) 開始封存，於青貯後第 30 與第 60 天開封取樣。

III. 青貯品質分析

青貯樣品於開封後立即取樣，測量鮮重並同時取 10 g 新鮮青貯料測定酸鹼值、有機酸及 Flieg's scores (許等, 1995; Flieg, 1938) 分析。

- (i) 酸鹼度測定：將 10 g 新鮮青貯料加蒸餾水 100 mL，利用均質機 (Osterizer Listed 564A, Oster, USA) 打碎過濾後以酸鹼度計測定 (pH/Ion meter, SP-2500, SUNTEX Company, 臺灣)。
- (ii) 有機酸分析：利用濾紙 (No.5B 110 mm, Advantec, Japan) 過濾測定酸鹼值的濾液，再利用針筒過濾器進行第二次的過濾，冰存於 4°C 冰箱備用。以針筒吸取 10 μ L 濾液打入高效能液相層析儀 (high performance liquid chromatography, HPLC, HITACHI Pump L-2130, Japan)，測定乳酸等揮發性脂肪酸含量，移動相為 95% 50 mM 磷酸二氫鉀 (potassium dihydrogen phosphate) 與 5% 乙腈 (acetonitrile) 之混和物，流速 1 mL/min，偵測器為 UV detector (HITACHI Diode Array Detector L-2450, Japan)，波長為 210 nm，分離管柱為 Thermo Aquasil C18, 250 \times 4.6 mm。

IV. 芻料化學成分分析

取青貯料於 80°C 下烘乾 48 小時，秤其乾重後，利用輕便型粉碎機 (DJ-4S, 原泰奇機械, 臺灣) 磨粉後，進行植體成分分析，分析方法依 AOAC 所述分析粗蛋白質 (crude protein, CP)、水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrate, WSC)、酸洗纖維 (acid detergent fiber, ADF) 及中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF) 等。磷含量以鉬藍法比色測定 (Olsen and Dean, 1965)，鉀及鎂含量以原子吸光儀測定 (Thomas, 1985)。

V. 統計分析

本試驗之全部測定資料，包括各青貯品質指標：pH 值、乳酸、乙酸、丁酸、乳酸、乙酸與丁酸含量總和；營養成分含量：乾物率、水溶性碳水化合物、澱粉、粗蛋白質、磷、鉀、鎂，利用 SAS 統計軟體 (SAS, Version 9.1, 2004) 進行 ANOVA 分析及最小顯著性測驗 (t-test)，比較上述各種特性在不同處理間之差異。

結 果

I. 接種乳酸菌後對水稻穀粒青貯料營養成分之影響

表 1 為接種乳酸桿菌後對臺中秈 17 號穀粒青貯料營養成分之變方分析表，不同乳酸菌處理極顯著影響乾物質率 (DM)、粗蛋白 (CP) 含量、水溶性碳水化合物 (WSC) 含量、中洗纖維 (NDF) 含量、酸洗纖維 (ADF) 含量及鎂含量 ($P < 0.01$)；乳酸桿菌處理亦顯著影響水稻穀粒青貯料之鉀含量 ($P < 0.05$)。顯示在製作水稻穀粒青貯料時，接種乳酸桿菌與否，將影響最後的水稻穀粒青貯料之化學品質。青貯期顯著影響水稻穀粒青貯料之澱粉含量 ($P < 0.05$)；青貯期亦極顯著影響粗蛋白與鉀及鎂含量 ($P < 0.01$)。此外乳酸菌處理與青貯期在中洗纖維含量方面有極顯著交互效應 ($P < 0.01$)。

表 1. 接種乳酸菌對臺中秈 17 號水稻穀粒青貯料營養成分之變方分析

Table 1. ANOVA of nutrition contents of Taichung Sen 17 rice grain silage inoculated with lactic acid bacteria

Source	DF [#]	Mean Square								
		DM	CP	WSC	NDF	ADF	Starch	P	K	Mg
LAB treatment (L)	5	17.19**	0.41**	2.03**	17.95**	1.13**	0.19	0.0220	0.0037*	0.0003**
Month (M)	1	0.002	0.61**	0.38	6.30	0.59	0.63*	0.0009	0.0321**	0.0002**
L × M	5	0.06	0.15	0.23	21.49**	0.22	0.24	0.0173	0.0012	0.00004
Error	24	0.19	0.06	0.35	4.36	0.29	0.10	0.0236	0.0012	0.00001

[#] DF, degree of freedom; DM, dry matter; CP, crude protein; WSC, water soluble carbohydrate; NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber; P, phosphorus; K, potassium; Mg, magnesium; LAB, lactic acid bacteria.

*,** Significant different was at 5% and 1% levels, respectively.

青貯期為 30 天時，所有接種乳酸菌處理之乾物質含量皆顯著高於對照組 (CKW) (表 2)；青貯期為 60 天時，接種 ST15 乳酸菌處理顯著高於對照組，且添加上一批水稻穀粒青貯料處理 (JO) 的乾物質含量亦顯著低於對照組，顯示對水稻穀粒接種乳酸菌，在青貯後可保持較多的乾物質；對照組之乾物質有可能是因敗壞分解，而較低於接種乳酸菌的處理。所有接種乳酸菌處理之粗蛋白質及水溶性碳水化合物含量低於對照組，可能原因為接種乳酸菌與微生物數量增加，因此消耗較多之蛋白質與碳水化合物。青貯 30 天時，所有接種乳酸菌處理之中洗纖維含量低於對照組，且乳酸桿菌品系 ST3 與 ST15 處理顯著高於只添加水的對照組；當青貯期延長為 60 天時，三個菌株混合菌液 (MIX) 組處理與添加上一批水稻穀粒青貯料處理之中洗纖維含量顯著高於對照組。青貯 30 天時，接種 ST3 與 ST15 乳酸桿菌處理之酸洗纖維含量顯著低於 JO 處理與對照組處理。青貯 30 天時，對照組與 JO 處理之澱粉含量顯著高於接種乳酸桿菌品系 ST12 處理；青貯 60 天時，對照組與接種 ST15 處理之澱粉含量顯著高於接種品系 ST3。礦物質含量方面，青貯 30 天時，所有添加物處理的鉀及鎂含量顯著低於對照組，如對照組中鉀含量為 0.60% 但所有處理組則介於 0.50 – 0.54% 達顯著性差異，鎂含量於對照組為 0.01%，其餘處理組為 0.07 – 0.08% 亦達顯著性差異；當青貯期延長為 60 天，各處理間鉀含量無顯著差異。在鎂含量方面，所有添加物處理組之鎂含量顯著低於對照組，當青貯期延長為 60 天時也有類似的趨勢，且 30 及 60 天均達顯著性差異。

II. 接種乳酸菌對臺中秈 17 號水稻穀粒青貯料中有機酸含量之影響

接種乳酸菌對臺中秈 17 號水稻穀粒青貯品質之變方分析 (表 3)，顯示接種乳酸桿菌處理極顯著影響 pH 值、乳酸含量、乙酸含量、丁酸含量與乳酸、乙酸、丁酸含量之總和及費氏青貯品質評分，且乳酸與貯存天數亦達極顯著差異 ($P < 0.01$)；不同青貯時間顯著影響乙酸含量 ($P < 0.05$)，且在乳酸含量與乳酸、乙酸、丁酸含量之總和有極顯著之影響 ($P < 0.01$)；乳酸菌處理與不同青貯期在乙酸含量則有顯著交互效應 ($P < 0.05$) (表 3)。青貯 30 天時所有接種乳酸菌處理之乳酸含量顯著高於對照組與添加上一批稻穀粒之青貯料處理；青貯 60 天時仍是接種乳酸菌處理有較高的乳酸含量 (圖 1 上)，其中品系 ST12 處理 60 天後，其乳酸可達 1.45%；30 天亦可達 1.3%，顯示接種乳酸菌可使穀粒青貯料乳酸發酵程度增加，而品系 ST12 處理 60 天的效果較佳。接種乳酸菌對臺中秈 17 號水稻穀粒青貯料乙酸含量之影響 (圖 1 下)，青貯 30 天時所有添加物處理之乙酸含量均顯著低於對照組之 0.9% 乙酸含量，且添加上一批水稻穀粒青貯料之 MIX 處理之乙酸含量與接種乳酸菌處理幾乎無顯著

差異；雖然青貯 60 天時對照組、品系 ST12 與 ST15 處理之間無顯著差異，但仍可看出添加處理有較低乙酸含量的趨勢（圖 1 下）。接種乳酸菌對臺中秈 17 號水稻穀粒青貯料丁酸含量之影響（圖 2 上），只有對照組、添加上一批水稻穀粒青貯料（JO）處理與青貯 30 天之 ST12 處理檢測出含有丁酸，其餘接種乳酸菌處理皆無檢測出丁酸，顯示接種乳酸菌可大幅降低丁酸的產生（圖 2 上）。接種乳酸菌對臺中秈 17 號水稻穀粒青貯料乳酸、乙酸與丁酸含量總和之影響（圖 2 下），青貯 30 天與 60 天添加乳酸桿菌品系 ST12 處理與 ST15 處理與其他處理相比有較高之有機酸含量。

表 2. 接種乳酸菌對臺中秈 17 號水稻穀粒青貯料營養成分之影響

Table 2. Effects of lactic acid bacteria inoculation on the nutrition contents of Taichung Sen 17 rice grain silage

Ensiling day	Treatment	DM [#]	CP	WSC	NDF	ADF	Starch	P	K	Mg
		---- % ----	----- % of DM -----							
30	CKW	50.54 ^b	5.56 ^a	3.01 ^a	26.40 ^{ab}	16.16 ^{ab}	15.67 ^a	1.052 ^a	0.599 ^a	0.099 ^a
	ST3	51.17 ^a	4.89 ^{bc}	2.11 ^{bc}	22.43 ^c	15.26 ^c	15.48 ^{ab}	1.053 ^a	0.517 ^b	0.071 ^b
	ST12	51.67 ^a	4.76 ^c	1.34 ^d	23.77 ^{bc}	15.05 ^c	15.16 ^b	1.021 ^a	0.542 ^b	0.074 ^b
	ST15	51.72 ^a	4.80 ^c	1.51 ^{cd}	22.32 ^c	15.49 ^{bc}	15.50 ^{ab}	1.046 ^a	0.542 ^b	0.077 ^b
	MIX	51.33 ^a	4.98 ^{bc}	1.88 ^{bcd}	24.35 ^{bc}	15.52 ^{bc}	15.46 ^{ab}	1.030 ^a	0.515 ^b	0.076 ^b
	JO	47.139 ^c	5.37 ^{ab}	2.46 ^{ab}	28.48 ^a	16.45 ^a	15.85 ^a	1.025 ^a	0.504 ^b	0.074 ^b
	LSD	0.62	0.49	0.70	3.17	0.67	0.50	0.058	0.044	0.008
60	CKW	50.63 ^b	5.19 ^a	3.04 ^a	26.69 ^a	15.72 ^{ab}	16.13 ^a	0.981 ^a	0.618 ^a	0.084 ^a
	ST3	51.14 ^{ab}	4.42 ^c	1.69 ^b	22.55 ^{abc}	15.96 ^{ab}	15.45 ^b	1.259 ^a	0.615 ^a	0.071 ^b
	ST12	51.33 ^{ab}	4.66 ^{bc}	1.72 ^b	24.98 ^{ab}	15.42 ^b	15.86 ^{ab}	0.999 ^a	0.576 ^a	0.074 ^b
	ST15	51.68 ^a	5.03 ^{ab}	1.43 ^b	26.36 ^{ab}	15.78 ^{ab}	16.14 ^a	0.979 ^a	0.611 ^a	0.074 ^b
	MIX	51.54 ^{ab}	4.80 ^{abc}	1.39 ^b	19.65 ^c	15.96 ^{ab}	15.60 ^{ab}	0.977 ^a	0.589 ^a	0.073 ^b
	JO	47.34 ^c	4.71 ^{bc}	1.80 ^{ab}	22.49 ^{bc}	16.63 ^a	15.54 ^{ab}	0.973 ^a	0.567 ^a	0.069 ^b
	LSD	0.92	0.41	1.31	4.19	1.17	0.62	0.382	0.075	0.008

[#] DM, dry matter; CP, crude protein; WSC, water soluble carbohydrate; NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber; P, phosphorus; K, potassium; Mg, magnesium; CKW, just adding water; ST3, *Lactobacillus alimentarius*; ST12, *Lactobacillus plantarum* subsp. *plantarum*; ST15, *Lactobacillus plantarum* subsp. *plantarum*; Mix, mix ST3, ST12, ST15; JO, contain 5 g of the rice grain silage (the lactic acid and acetic acid concentration was 0.2404% and 0.9645%, respectively) from prior batch.

^{a, b, c, d} Means in the same ensiling day within the same column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

表 3. 接種乳酸菌對臺中秈 17 號水稻穀粒青貯料 pH 值及揮發性脂肪酸含量之變方分析

Table 3. ANOVA of pH value and contents of volatile fatty acids of Taichung Sen 17 rice grain silage inoculated with lactic acid bacteria

Source	DF [#]	Mean Square					
		pH	Lactic acid	Acetic acid	Butyric acid	L + A + B	Flieg's score
LAB treatment (L)	5	0.38 ^{**}	0.746 ^{**}	0.082 ^{**}	0.18000 ^{**}	0.723 ^{**}	3,821.4 ^{**}
Month (M)	1	0.04	0.439 ^{**}	0.029 [*]	0.00034	0.144 ^{**}	93.4
L × M	5	0.01	0.024	0.015 [*]	0.00026	0.012	88.4
Error	24	0.01	0.038	0.005	0.00419	0.020	94.0

[#] DF, degree of freedom; pH, pH value; L + A + B, sum of lactic acid, acetic acid and butyric acid; LAB, lactic acid bacteria.

^{*}, ^{**} Significant different was at 5% and 1% levels, respectively.

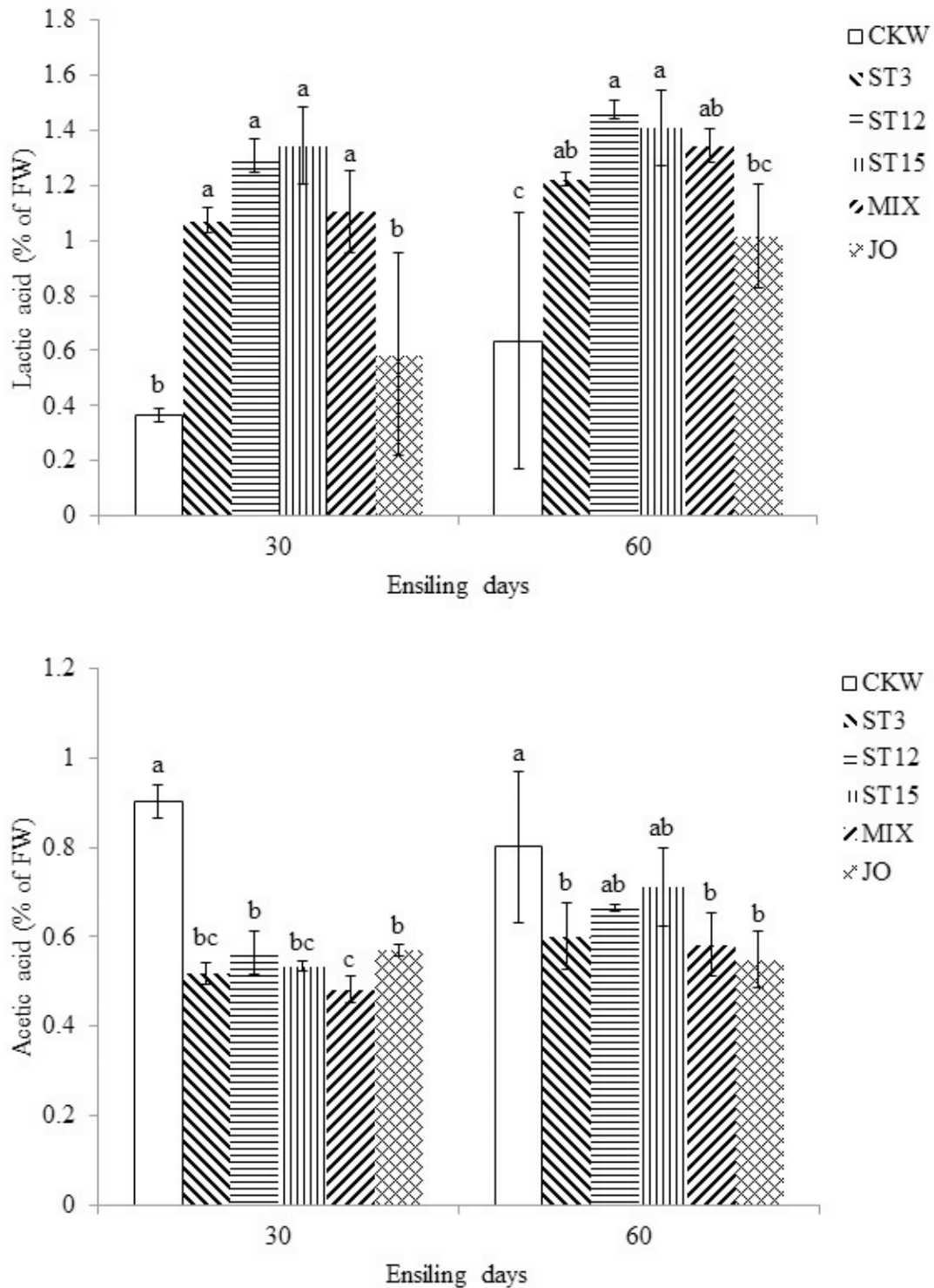


圖 1. 接種乳酸菌對臺中秈 17 號水稻穀粒青貯料乳酸 (上)、乙酸 (下) 含量之影響。

Fig. 1. Effects of lactic acid bacteria inoculation on the lactic acid (up) and acetic acid (down) contents of Taichung Sen 17 rice grain silage.

CKW, adding water; ST3, *Lactobacillus alimentarius*; ST12, *Lactobacillus plantarum* subsp. *plantarum*; ST15, *Lactobacillus plantarum* subsp. *plantarum*; Mix, mix ST3, ST12, ST15; JO, contain 5 g of the rice grain silage (the lactic acid and acetic acid concentration was 0.24% and 0.96%, respectively) from prior batch. a, b, c Means in the same ensiling day with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

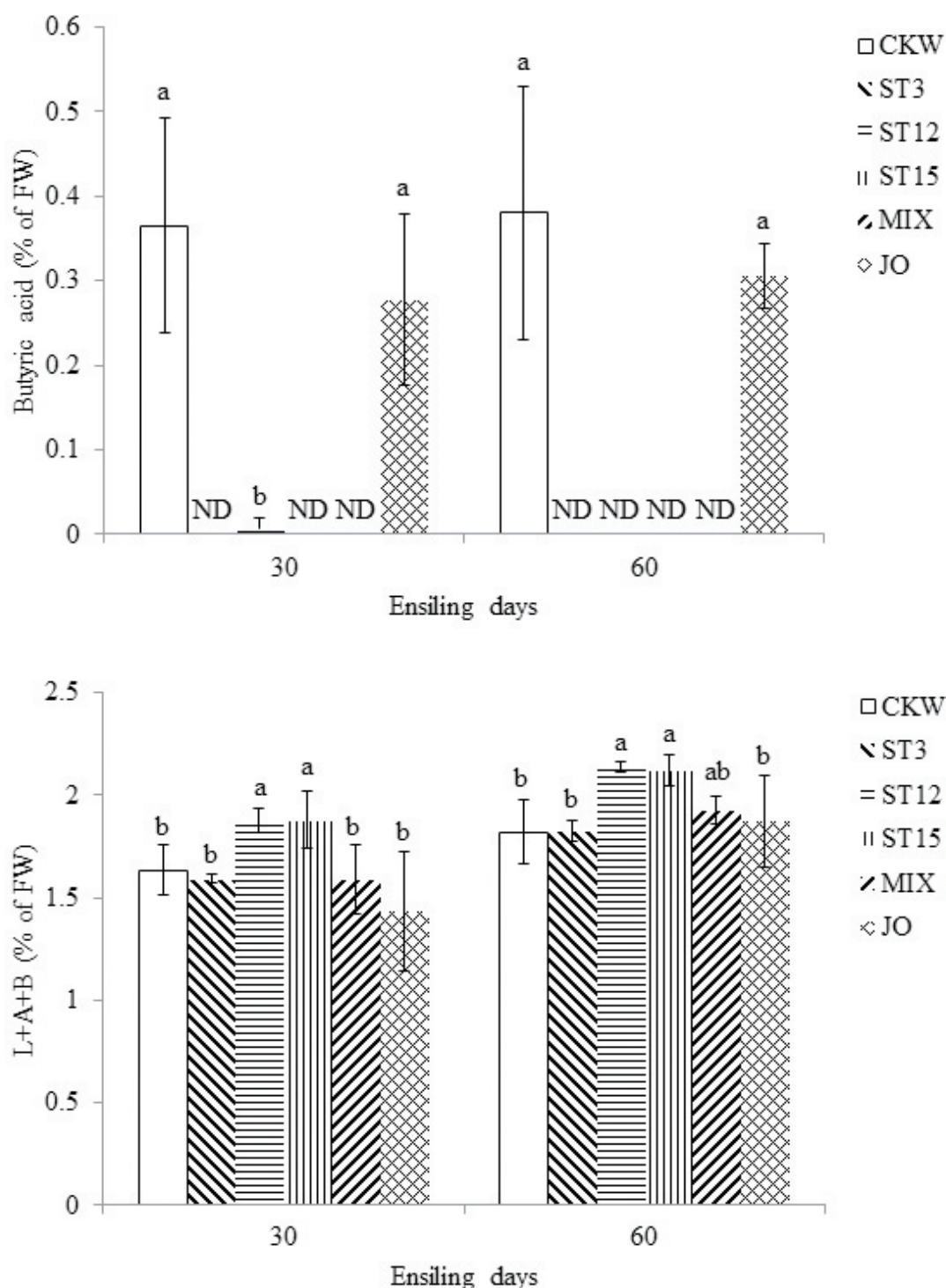


圖 2. 接種乳酸菌對臺中秈 17 號水稻穀粒青貯料丁酸 (上) 及乳酸、乙酸與丁酸含量總和 (下) 之影響。

Fig. 2. Effects of lactic bacteria inoculation on butyric acid (up) and sums of lactic acid, acetic acid and butyric acid contents (down) of Taichung Sen 17 rice grain silage.

CKW, adding water; ST3, *Lactobacillus alimentarius*; ST12, *Lactobacillus plantarum* subsp. *plantarum*; ST15, *Lactobacillus plantarum* subsp. *plantarum*; Mix, mix ST3, ST12, ST15; JO, contain 5 g of the rice grain silage from prior batch; ND, no detect. a, b Means in the same ensiling day with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

接種乳酸菌對臺中秈 17 號水稻穀粒青貯料 Flieg's scores 之影響，顯示在青貯 30 天時所有接種乳酸菌處理之 Flieg's scores 顯著高於 CKW 與 JO 處理 (圖 3 上)，如青貯 30 天則之對照組 Flieg's scores 約為 22 分，JO 處理約為 Flieg's scores 35 分，其餘處理均可達 80 分以上，顯示如果在製作水稻穀粒青貯料時接種乳酸菌，在青貯 30 天時其青貯品質已達到 Flieg's scores 品質「良好」等級，且青貯 60 天有相同之結果。

接種乳酸菌對臺中秈 17 號水稻穀粒青貯料 pH 值之影響，顯示青貯 30 天時 CKW 有最高的 pH 值 4.45，所有添加物處理 pH 值約 3.8 左右，皆顯著低於 CKW (圖 3 下)；在 60 天時所有接種乳酸菌處理的 pH 值顯著低於 CKW 組之 pH 4.4，因添加上 JO 處理之 pH 值些微降低，只剩下接種 ST3 處理與 JO 處理有差異，顯示接種乳酸桿菌品系 ST3、ST12、ST15 及 MIX 組合均可促使穀粒青貯料 pH 值降低並穩定青貯品質。

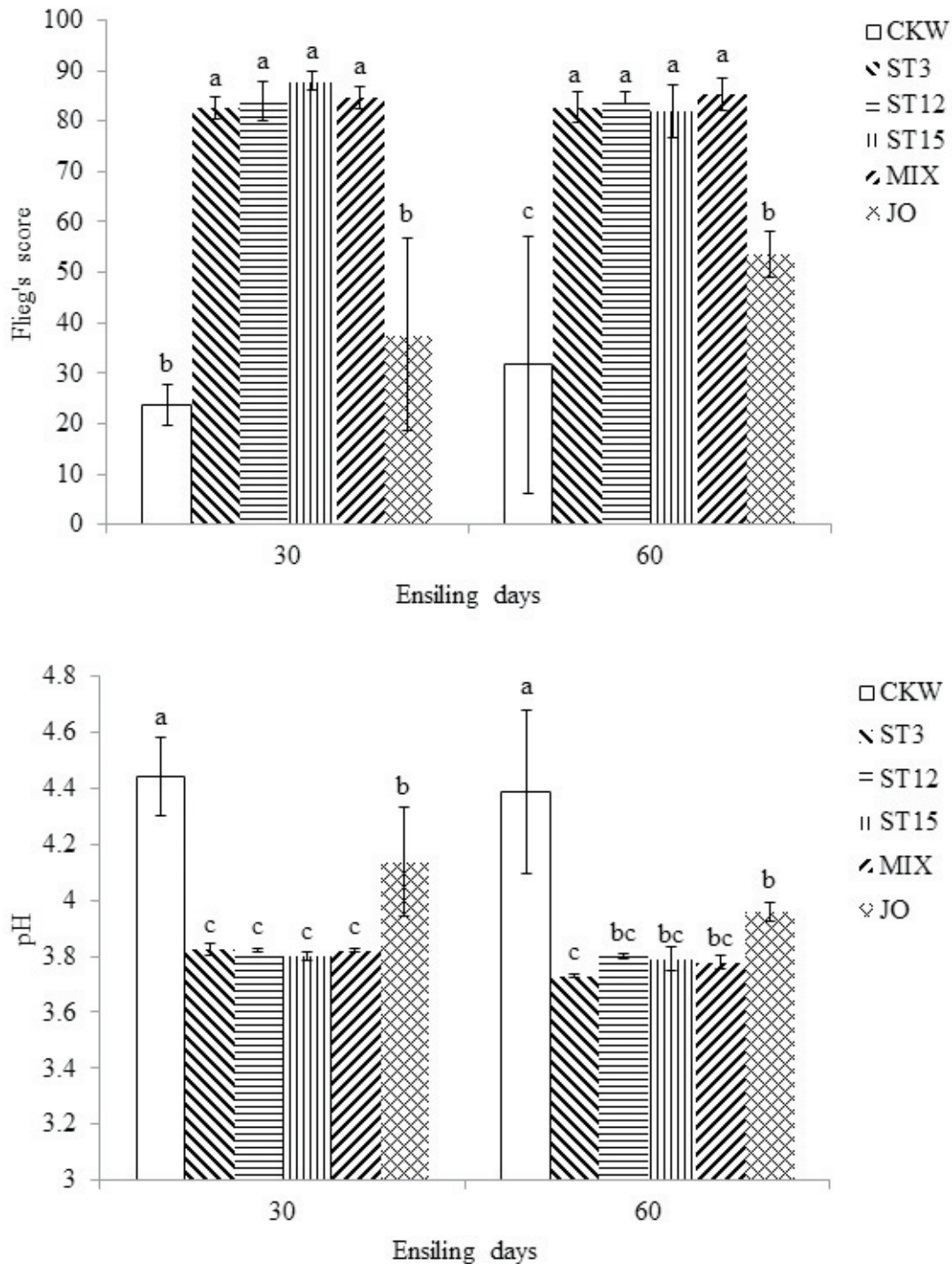


圖 3. 接種乳酸菌對臺中秈 17 號水稻穀粒青貯料 Flieg's scores (上) 及 pH 值 (下) 之影響。

Fig. 3. Effects of lactic acid bacteria inoculation on the Flieg's scores (up) and pH value (down) of Taichung Sen 17 rice grain silage.

CKW, adding water; ST3, *Lactobacillus alimentarius*; ST12, *Lactobacillus plantarum* subsp. *plantarum*; ST15, *Lactobacillus plantarum* subsp. *plantarum*; Mix, mix ST3, ST12, ST15; JO, contain 5g of the rice grain silage from prior batch. a, b, c Means in the same ensiling day with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

討 論

在製作青貯料時，無不以成本為考量的因素之一，在眾多添加物中，因添加乳酸菌可使青貯料中的乳酸菌數增多，成為較優勢的菌種，使封存後之青貯料乳酸含量增加，pH 值迅速降低並抑制丁酸的產生。其中，乳酸菌種類與接種的濃度皆為需要進行試驗的項目。以全株水稻為例，如將收穫的全株水稻材料直接進行青貯，通常只能獲得依照 Flieg's scores 品質分級之「可接受」(Flieg's scores 40 – 60 分)等級之青貯料(王及陳，2008；Maruyama *et al.*, 2005; Sung *et al.*, 2011)。學者亦曾以水稻穀粒添加至 20% 水分含量，則水稻穀粒青貯料可達 Flieg's scores 50 – 78 分(陳等，2016)。陳等(2019)亦指出水稻穀粒破裂程度能降低水稻穀粒青貯料之 pH 值、增加有機酸含量、提高發酵程度。Tohno *et al.* (2012) 使用四個乳酸桿菌 (*Lactobacillus plantarum* subsp. *plantarum*) 進行全株水稻青貯料試驗，結果顯示雖然四個乳酸菌皆為相同亞種 (subspecies) 菌株，但其品系特性 (strain-dependent) 仍然有差異，並提出應該依材料選擇適合的菌株接種到材料中，才可維持高品質青貯料。本研究使用乳酸菌為行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所從青貯料、醃漬食品、酸乳、水果、堆肥及動物糞便中分離之優良乳酸菌：ST3、ST12 與 ST15，且在王等(2014)水稻全株青貯料試驗中有良好之添加效果。經過乳酸菌生長曲線試驗顯示，其生長速率由快至慢分別為 ST12 > ST15 > ST3，如果能更快速的生長表示其能更快的產生大量的乳酸，ST12、ST15 處理的乳酸含量與乳酸、乙酸與丁酸含量總和略高於 ST3 處理，推測這生長速率的差異可能會造成接種不同菌株處理間青貯品質的差異。無論在青貯 30 天或 60 天皆可以觀察到接種乳酸菌處理之粗蛋白含量、水溶性碳水化合物與中纖維含量低於只添加水的對照組(表 2)。陳等(2000)指出，青貯過程中於發酵期時，微生物發酵會造成乾物質 3 – 8% 損失。此等結果亦與王及陳(2014)分析青刈玉米青貯後其乾物質呈現下降的結果一致。本試驗接種乳酸菌處理之 pH 值皆至 4.0 以下，顯示雖然接種乳酸菌消耗些許營養成分，但會增加水稻穀粒青貯料之發酵程度。造成 pH 下降之因素為顯著提高的乳酸含量，且因為生長速率的差異可能導致 ST12、ST15 處理的乳酸含量與乳酸、乙酸與丁酸含量總和略高於 ST3 處理(圖 1、圖 2)。這些快速且大量的乳酸也確實抑制了丁酸菌的生長，所以在接種乳酸菌處理的水稻穀粒青貯料中，檢測不到丁酸含量(圖 4)。因為接種乳酸菌處理之乳酸含量高、丁酸含量低，參照許等(1995)整理之 Flieg's scores 評分表，所有接種乳酸菌處理之費氏青貯品質評分皆為優良之 80 分以上，顯示乳酸菌為提升並穩定水稻穀粒青貯品質的必要因素。本試驗將水稻穀粒接種乳酸菌後青貯 30 天，可降低水稻穀粒青貯料的 pH 值、增加乳酸含量並抑制丁酸的產生，此與 Uegaki *et al.* (2010)、Inoue *et al.* (2013) 提出將水稻穀粒粉碎並添加乳酸菌進行青貯，能有效地提高水稻穀粒青貯料發酵品質之論點符合。

結 論

本研究旨在探討水稻穀粒青貯料的製作方法，並以其營養成分變化與有機酸含量多寡，探討其發酵結果，並改善其發酵品質。接種乳酸菌處理後，可以增加水稻穀粒青貯料之乳酸含量，並抑制丁酸的產生。因此，為了調製優良水稻穀粒青貯料，可接種乳酸菌後再進行封裝，青貯 30 天後則可獲得費氏青貯品質評分 80 分以上之優良水稻穀粒青貯料。

誌 謝

本試驗期間承臺南區農業改良場嘉義分場提供水稻品種、畜產試驗所恆春分所提供乳酸菌品系及畜產試驗所飼料作物組前組長許福星博士及成游貴博士之建議，謹申萬分謝忱。

參考文獻

- 王紓愍、陳嘉昇。2008。成熟度、接種處理與青貯保存時間對全株水稻青貯品質的影響。畜產研究 41：153-162。
- 王紓愍、陳嘉昇。2014。堆積、裝填密度與貯存時間對玉米青貯發酵品質及開封後穩定性的影響。畜產研究 47：187-194。
- 王紓愍、游翠鳳、陳嘉昇。2014。接種篩選乳酸菌對水稻全株青貯發酵品質的影響。畜產研究 47：17-24。
- 行政院農業委員會。2017。中華民國 105 年農業統計年報：稻米。臺北市。p. 24。

- 行政院農業委員會。2018。農業統計資料查詢。agric.coa.gov.tw。
- 臺灣農業年報。1977。光復後歷年主要農作物生產情形比較。農復會。臺北市。p. 4。
- 許福星、成游貴、李美珠。1995。芻料作物生產及利用。臺灣省畜產試驗所專輯第 25 號。臺南市。p. 28。
- 陳嘉昇、張定偉、王紓愍、成游貴。2000。牧草品質與品質快速測定。行政院農業委員會畜產試驗所專輯第 72 號。臺南市。p. 11。
- 陳柏佑、侯金日、盧啟信、林正斌。2016。水稻穀粒添加不同水分含量之影響。畜產研究 49：278-284。
- 陳柏佑、侯金日、盧啟信、林正斌。2019。粉碎水稻穀粒對青貯發酵品質之影響。中華民國雜草學會會刊(刊印中)。
- Flieg, O. 1938. A key for the evaluation of silage samples. Futterbau und Gierfutterbereitung 1: 112-128.
- Inoue, H., M. Tohno, H. Kobayashi, M. Matsuo, Y. Kojima, T. Ibuki and R. Uegaki. 2013. Effects of moisture control, addition of glucose, inoculation of lactic acid bacteria and crushing process on the fermentation quality of rice grain silage. Grassland Sci. 59(2): 63-72.
- Ki, K. S., M. A. Khan, W. S. Lee, H. J. Lee, S. B. Kim, S. H. Yang, K. S. Baek, J. G. Kim and H. S. Kim. 2009. Effect of replacing corn silage with whole crop rice silage in total mixed ration on intake, milk yield and its composition in Holsteins. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 22: 516-519.
- Maruyama, S., I. Yokoyama, H. Asai, S. Sakaguchi, T. Ohtani, H. Yokota and K. Kita. 2005. Influence of ripening stages on the quality of whole crop silage and grain silage of fodder rice. Asian-austral. J. Anim. Sci. 18(3): 340-344.
- Nishino, N., H. Wada, M. Yoshida and H. Shiota. 2004. Microbial counts, fermentation products, and aerobic stability of whole crop corn and a total mixed ration ensiled with and without inoculation of *Lactobacillus casei* or *Lactobacillus buchneri*. J. Dairy Sci. 87(8): 2563-2570.
- Olsen, S. R. and L. A. Dean. 1965. Phosphorus. In: Method of Soil Analysis. part 2. eds Black, C. A.. Am. Soc. Agrono. Inc., Madison, Wisconsin, pp. 1035-1048.
- Thomas, G. W. 1985. Exchangeable cation. In: Method of Soil Analysis. part 2. eds Page, A. L.. Am. Soc. Agron0. Inc., Madison, Wisconsin. pp. 159-165.
- SAS Institute. 2004. SAS for Windows, version 9.1. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Sung, G. C., J. B. Lin, S. R. Chung, J. C. Lo and T. L. Chen. 2011. Evaluating silage quality of rice genotypes for forage use. Crop, Environ. Bioinf. 8(1): 39-44.
- Tohno, M., H. Kobayashi, K. Tajima and R. Uegaki. 2012. Strain-dependent effects of inoculation of *Lactobacillus plantarum* subsp. *plantarum* on fermentation quality of paddy rice (*Oryza sativa* L. subsp. *japonica*) silage. FEMS Microbiol. Lett. 337(2): 112-119.
- Uegaki, R., K. Shigeta, M. Ogawa, H. Kobayashi, M. Tohno and Y. Cai. 2010. Effect of processing on fermentative quality of forage rice plants as rice soft grain silage. Nihon Chikusan Gakkaiho 81: 353-362. (In Japanese with English abstract.)

Effect of *Lactobacillus* spp. inoculation on the silage quality of rice (*Oryza sativa* L.) grain ⁽¹⁾

Bo-You Chen ⁽²⁾ Chin-Jin Hou ⁽²⁾ Chi-Hsin Lu ⁽³⁾ and Jeng-Bin Lin ⁽⁴⁾⁽⁵⁾

Received: Mar. 7, 2019; Accepted: Apr. 26, 2019

Abstract

In order to improve the problem of sale public stock rice grains as feeds source which had been stored for a long time and the quality of grains became bad. The grains of Taichung Sen 17 (TCS17) were ensiled for 30 and 60 days used to investigate the influence of lactic acid bacteria (*Lactobacillus* spp.) inoculated for rice grain ensiling to provide information for ruminant farmers. The nutrition contents analysis of rice grain silage were determined 30 and 60 days after ensiling, respectively. Analysis included crude protein (CP), water soluble carbohydrate (WSC), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), starch and phosphorous, potassium and magnesium of mineral content. The pH value and the volatile fatty acid i.e. lactic acid, acetic acid and butyric acid were determined. The results showed that the pH 3.8 of inoculated with *Lactobacillus* spp. was lower than pH 4.4 of control with water (CKW) treatment. The lactic acid reached to 1.1% and inhibited the butyric acid to produce when *Lactobacillus* spp. was inoculate to grain before ensiling. The pH value and Flieg's scores of rice grain silage were about 3.80 and 80 points 30 days after ensiling, respectively. The Flieg's scores of grain silage inoculated with line ST15 of *Lactobacillus* spp. was 89 points higher than that of CKW treatment with 23 points. Results of ensiling for 60 days of all treatments were the same as those of ensiling for 30 days. The results suggested that inoculation with *Lactobacillus* spp. on ensiling could effectively enhance the quality of rice grains silage .

Key words: Rice grain silage, *Lactobacillus* spp., Flieg's scores.

(1) Contribution paper No. 2609 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Department of Agronomy, National Chyiai University, Taiwan, R.O.C.

(3) Forage Crops Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(4) Technical Service Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(5) Corresponding author, E-mail: jblin@mail.tlri.gov.tw.