

水稻穀粒添加不同水分含量對青貯品質之影響⁽¹⁾

陳柏佑⁽²⁾ 侯金日⁽²⁾ 盧啟信⁽³⁾ 林正斌⁽³⁾⁽⁴⁾

收件日期：105 年 5 月 13 日；接受日期：105 年 6 月 13 日

摘 要

為解決國產芻料自給率偏低及水稻 (*Oryza sativa* L.) 公糧儲存後品質變差，而影響銷路問題。本試驗以五個水稻品種 (系) 之穀粒為材料，添加不同水分含量至 10、20、30 及 40%，評估其貯存 1 個月後穀粒青貯發酵的品質，以作為供草食動物食用芻料之參考。水稻穀粒青貯料的發酵品質分析項目，包括酸鹼值 (pH)、乳酸 (lactic acid)、乙酸 (acetic acid) 及丁酸 (butyric acid) 等有機酸含量。結果顯示，在 0% 與 10% 水分含量，所有水稻品種 (系) 穀粒青貯料之 pH 值皆大於 6.5，顯示添加 10% 水分只有輕微之發酵。當水分含量上升為 30% 與 40%，所有水稻品種 (系) 水稻穀粒青貯料之 pH 值皆降低至 5 以下。隨著水分含量上升，pH 值逐漸降低，但乳酸、乙酸、丁酸含量也逐漸升高，顯示水分含量是影響青貯發酵的關鍵因素之一。雖然高水分含量的水稻穀粒青貯料含有較高之有機酸含量，然而因其乳酸相對含量較低，乙酸與丁酸含量較高，致使其 Fleig's score 介於 20 至 35 分左右。因此，為提升水稻穀粒青貯品質，仍需進一步探討青貯製程技術之改進與添加物的效果，以作為調製優良穀粒青貯料之參考。

關鍵詞：水稻、穀粒青貯料、水分含量、青貯品質。

緒 言

水稻 (*Oryza sativa* L.) 是世界糧食作物之一，世界的總產量僅次於玉米 (FAO, 2015)。在高收入的亞洲國家如韓國和日本，平均每人稻米消費量已經下降，因為消費者喜愛的食物已經從水稻變成高成本的食品 (Maruyama *et al.*, 2005)。西元 2013 年臺灣國內糧食自給率僅約 33%，低於韓國的 41% 和日本的 39% (農林水產省, 2014; FAO, 2015)，而低的糧食自給率導致糧倉貯存許多舊的公糧，為了充分利用公糧，並增加稻農的收入，除了鼓勵國人多吃米食，亦要鼓勵優先種植可替代進口指定的作物，以減少對進口糧食的依賴。

在糧食自給率低的情形下，且為提供稻農穩定的收入，生產經濟動物飼料用之飼料水稻似乎是一個維持農民收入、保護水田環境及穩定芻料供應的方法。日本目前已將飼料水稻的研究分成兩種類型：全株青貯型 (whole crop silage type) 與穀粒利用型 (grain feed type) 飼料水稻。利用適當比例糙米替代日糧中的玉米去飼養家禽、畜，結果發現各項組合比率的調查性狀與全飼料玉米的對照組相比並無顯著差異 (李, 2013; 廖等, 2014; Miyaji *et al.*, 2012)。

青貯品質常因作物種類、收穫時期、水分含量及青貯製程而受影響 (Wilkinson, 1983; Fang *et al.*, 2011)。水是一切化學反應的基本介質，適當的水分可增加青貯料的緊密度，有助於達成無氧環境，青貯材料的水分含量會影響細菌總數和發酵率，水分不足會促使酵母菌及黴菌生長；水分過高則會延長發酵時間、並產生過多的有機酸，降低牲畜的採食量降低飼養價值，且水分太高容易有滲出液，造成搬運不便及養分流失 (McDonald and Henderson., 1991)，飼料發酵的日糧也能增加表面消化率、減少甲烷排放，進而減少能量的損失 (Cao *et al.*, 2010)。

為了創造國產農產品的多元化利用，本研究的主要目的是以水稻品種 (系) 之穀粒為材料，評估水分含量對其青貯發酵品質的影響，以作為草食動物芻料利用之參考。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2462 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) 通訊作者，E-mail：jblin@mail.tlri.gov.tw。

材料與方法

I. 青貯材料

利用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 10 號 (TCS10)、臺中秈 17 號 (TCS17)、南秈糯育 1021024 (NSGY1021024)、南秈育 1021028 (NSY1021028) 與南秈糯育 1021032 (NSGY1021032) 水稻之穀粒進行試驗。

II. 青貯試驗

調整水分含量：參考 Inoue *et al.* (2013) 調整發酵基質水分之方法，秤取 90 g 水稻穀粒加入 10 mL 蒸餾水為 10% 水分含量，秤取 80 g 水稻穀粒加入 20 mL 蒸餾水為 20% 水分含量，控制每個真空塑膠袋內容物重量為 100 克，依相同方法製作 30% 與 40% 水分含量，並以 0% 水分含量為對照組，每處理重複三次。利用真空包裝機 (New Diamond Vac, J-V002, Taiwan) 抽氣封口後，於室溫下貯存 60 天後開封取樣進行青貯品質分析。

III. 青貯品質分析

青貯 60 天後，取 10 g 樣品以 1000 mL 蒸餾水萃取 5 min，以酸鹼值測定儀 (pH/Ion meter, SP-2500, SUNTEX Company, Taiwan) 測定萃取液的 pH 值。萃取液過濾後利用高效能液態層析儀 (high performance liquid chromatograph, HPLC) (Diode Array Detector, L-2450, HITACHI, Japan) 測定乳酸 (lactic acid)、乙酸 (acetic acid)、丁酸 (butyric acid) 等揮發性脂肪酸含量，依青貯料中乳酸、乙酸、丁酸占測定乳酸、乙酸、丁酸三者總量之當量百分比進行評分，再將三項總加所得即為青貯品質評分 (Flieg's score) (臺灣省畜產試驗所，1995)，評分 40 以下表示青貯失敗、40 至 60 分為可接受、60 至 80 分為好的青貯、80 分以上為發酵優良的青貯 (許等，1995；陳等，2000)。

IV. 統計分析

本試驗之資料利用 SAS 統計軟體 (SAS, Version 9.1, 2004) 進行 ANOVA 分析及 T-test 評估各組處理間差異顯著性。

結 果

為了測試水分對水稻穀粒青貯品質的影響，並期望找出最適合青貯發酵的含水率，將五個水稻品種 (系) 穀粒青貯料調整水份含量，在青貯 60 天後檢測其青貯品質。結果顯示在 0% 與 10% 水分含量，所有水稻品種 (系) 穀粒青貯料之 pH 值皆大於 6.5，顯示添加 10% 水分只有輕微之發酵。20% 水分含量之 pH 值已顯著低於 0% 與 10% 水分含量，臺中秈 10 號、臺中秈 17 號與南秈育 1021028 之 pH 值已降低至 5.5 左右，惟南秈糯育 1021024 與南秈糯育 1021032 之 pH 值仍維持在較高的 6.5 左右，顯示 20% 水分含量對水稻穀粒青貯料可能為一臨界水分含量。當水分含量為 30% 與 40%，所有水稻品種 (系) 水稻穀粒青貯料之 pH 值皆降低至 5 以下，且與 0%、10% 及 20% 達顯著性差異 ($P < 0.05$) (圖 1)。

由於水分含量 0% 與 10% 的水稻穀粒青貯料只有輕微的發酵甚至未發酵，所以在有機酸方面，只測定 20% 至 40% 水稻穀粒青貯料中乳酸、乙酸及丁酸等有機酸含量。表 1 為不同水分含量對水稻穀粒青貯品質之變方分析表，表中顯示不同水稻品種 (系) 穀粒在 pH 值與乙酸含量達極顯著差異 ($P < 0.01$)，在乳酸含量方面則達顯著差異 ($P < 0.05$)；水分含量極顯著 ($P < 0.01$) 影響 pH 值、乳酸、乙酸、丁酸與青貯評分；則水分含量與不同水稻品種 (系) 的交感效應則對 pH 值與乙酸含量有極顯著影響 ($P < 0.01$)，對乳酸含量與青貯評分則有顯著差異 ($P < 0.05$)。

表 1. 不同水分含量對水稻穀粒青貯品質之變方分析表

Table 1. The ANOVA of rice grain silage at different moisture content

Source	DF	pH	Lactic acid	Acetic acid	Butyric acid	Flieg's score
		Mean Square				
Moisture content (M)	2	15.62**	0.090**	1.262**	0.112**	5,103.8**
Rice variety (V)	4	0.25**	0.017*	0.016**	0.002	179.3
M × V	8	0.21**	0.010*	0.013**	0.004	176.8*
Error	30	0.01	0.005	0.002	0.003	68.1
	44					

*, ** Significant difference at 5% and 1% levels, respectively.

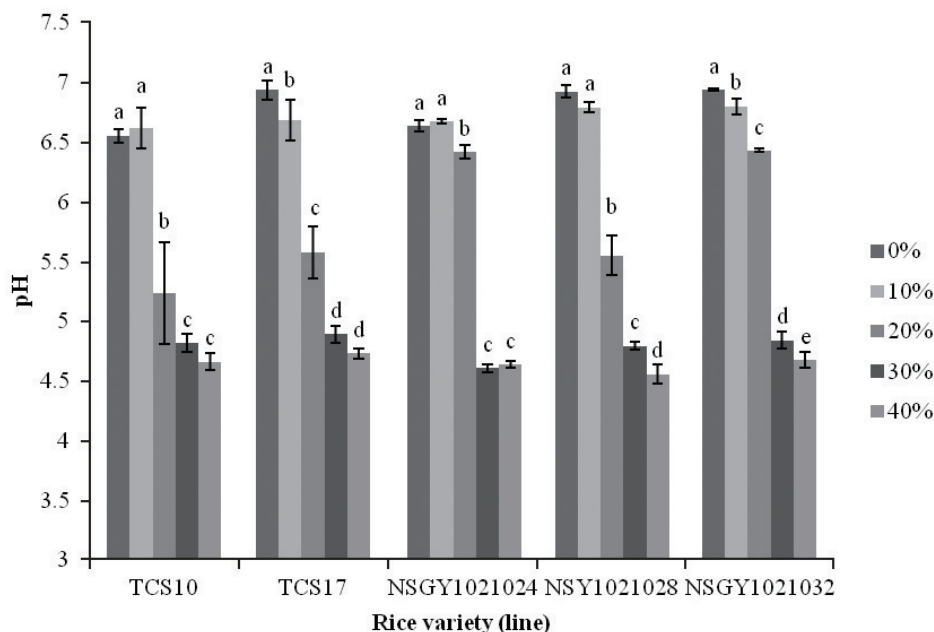


圖 1. 不同水分含量穀粒青貯料的 pH 值變化。

Fig. 1. The pH values of rice grain silage at different moisture content.

a, b, c, d, e Means in the same rice variety (line) with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

圖 2 為不同水分含量水稻穀粒青貯料的乳酸含量變化，結果顯示雖然臺中秈 10 號與臺中秈 17 號的乳酸含量在不同水分含量間無顯著差異，但以整體而言，低水分含量處理的乳酸含量較低，且隨著水分含量增加而乳酸有上升的趨勢。在所有處理中，40% 水分含量臺中秈 10 號的 0.306% 為最高之乳酸含量，最低乳酸含量為 20% 水分含量是南秈糯育 1021024 品系的 0.009%。

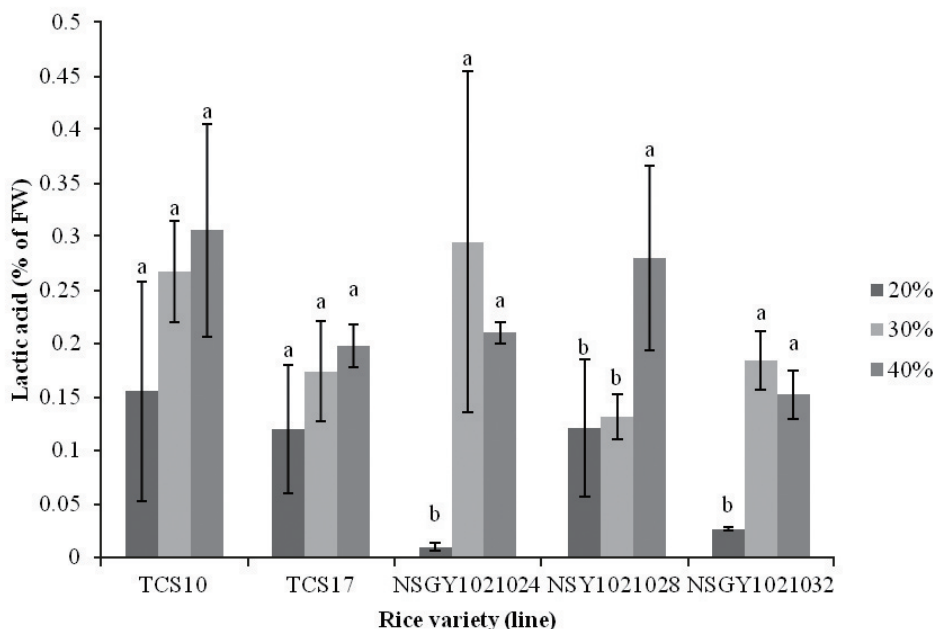


圖 2. 不同水分含量水稻穀粒青貯料乳酸含量之變化。

Fig. 2. The lactic acid content of rice grain silage at different moisture content.

a, b, c, d, e Means in the same rice variety (line) with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

當添加的水分含量為 20% 時，五個水稻品種 (系) 穀粒青貯料的乙酸含量皆顯著低於 30% 與 40% 水分含量，且除了南秈糯育 1021032 品系的 30% 與 40% 水分含量處理間的乙酸含量無顯著差異之外，其餘四個水稻品種 (系) 之 40% 水分含量處理的乙酸接顯著高於 30% 水分含量，顯示乙酸含量也有隨著水分含量上升的趨勢。最高的乙酸含量出現於 40% 水分含量南秈糯育 1021028 的 0.764% (圖 3)。

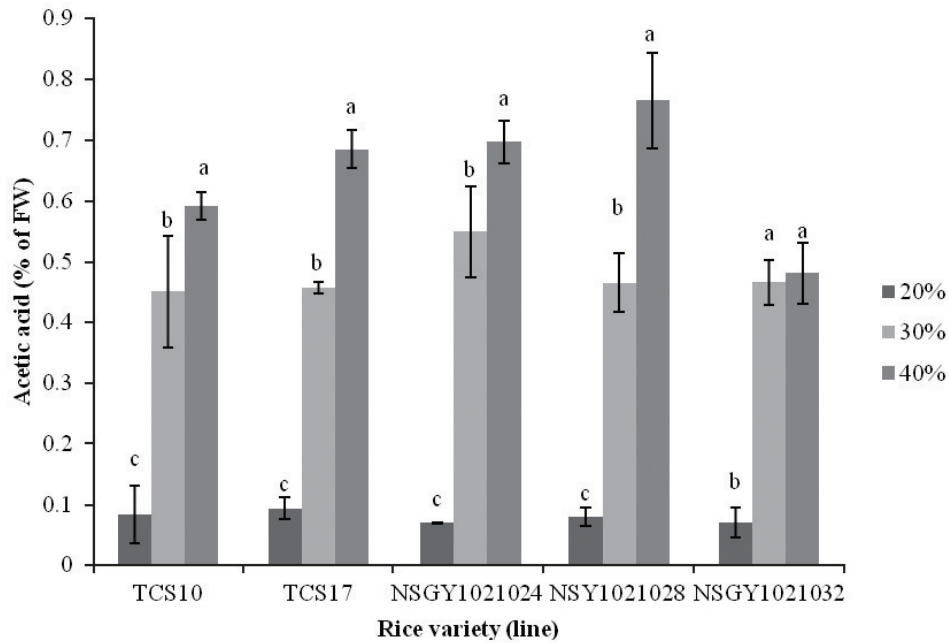


圖 3. 不同水分含量水稻穀粒青貯料乙酸含量之變化。

Fig. 3. The acetic acid content of rice grain silage at different moisture content.

a, b, c, d, e Means in the same rice variety (line) with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

圖 4 為不同水分含量水稻穀粒青貯料丁酸含量的變化，結果顯示在 20% 水分含量時只在南秈育 1021028 有檢出丁酸含量，其他四個水稻品種（系）穀粒青貯料則未檢測出丁酸。且丁酸與乳酸、乙酸有相同的增加趨勢，皆隨著水分含量上升，其中以 40% 水分含量南秈糯育 1021024 的 0.255% 為最高的丁酸含量。

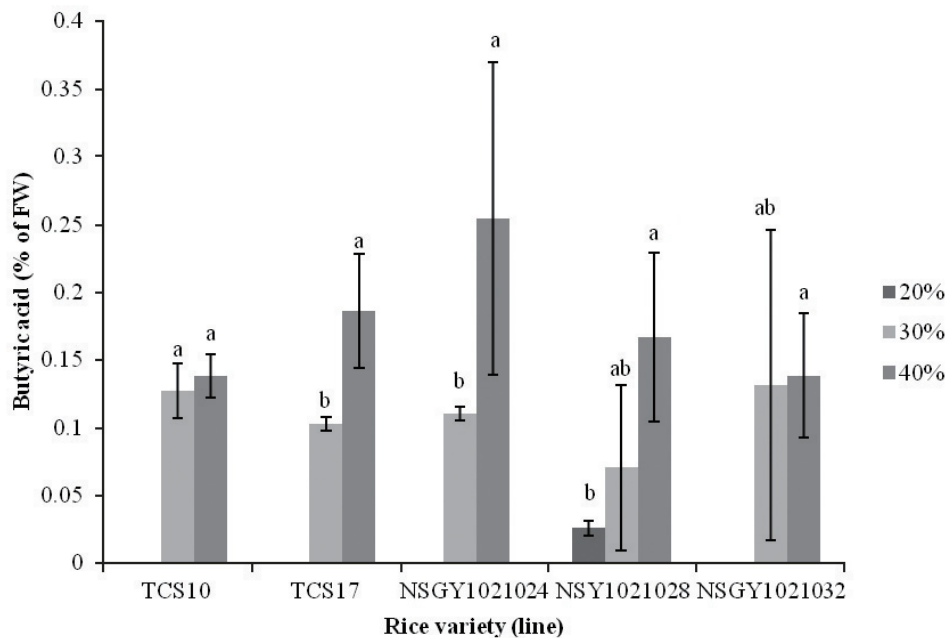


圖 4. 不同水分含量水稻穀粒青貯料丁酸含量之變化。

Fig. 4. The butyric acid content of rice grain silage at different moisture content.

a, b, c, d, e Means in the same rice variety (line) with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

如果青貯料中的乳酸含量越高、乙酸與丁酸含量越低，則該青貯料的青貯評分則越高，反之則越低，雖然南秈育 1021028 不同水分含量的水稻穀粒青貯評分無顯著差異，但是其他四個水稻品種（系）的 20% 水分含量穀粒青貯評分，皆顯著高於 30% 與 40% 水分含量。20% 水分含量的青貯評分約介於 50 分至 78 分，且青貯評分隨著水分含量增加而降低，在水分含量 30% 至 40% 時青貯評分界於 20 至 35 分左右（圖 5）。

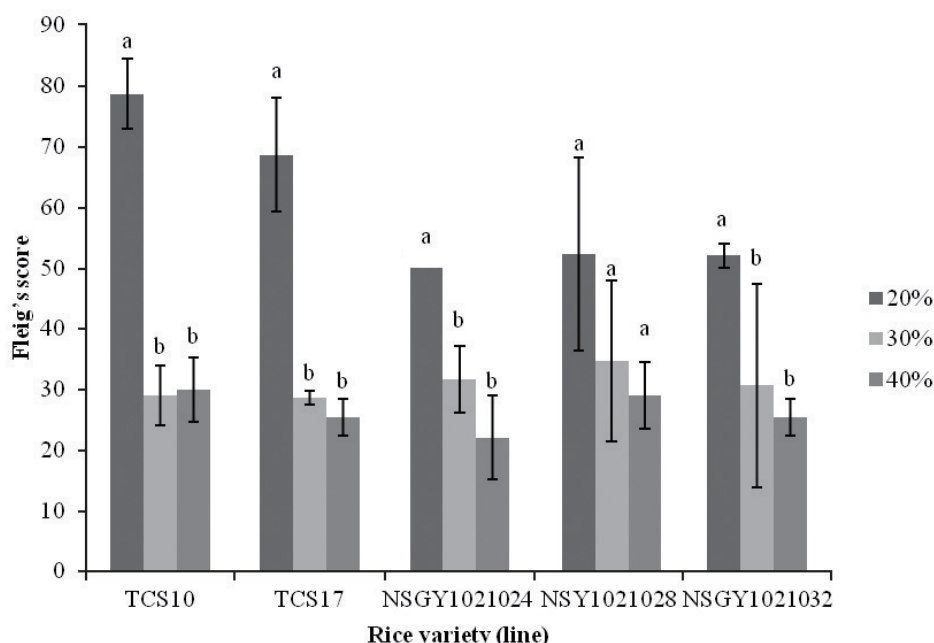


圖 5. 不同水分含量水稻穀粒青貯料青貯評分之變化。

Fig. 5. The Fleig's score of rice grain silage at different moisture content.

a, b, c, d, e Means in the same rice variety (line) with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

討 論

青貯為一複雜的發酵過程，其中青貯材料的水溶性碳水化合物含量、含水率皆有可能是影響發酵的重要因子。與其它青貯作物相比，水稻穀粒具有較低的水分含量，在完熟階段收穫的水稻穀粒水分含量低於 25.0% (Nagato *et al.*, 1964)，所以在製作水稻穀粒青貯料時，必須添加額外的水分來促使青貯發酵的進行。在水稻穀粒水分含量為 10% 時，pH 值皆為 6.5 以上，顯示青貯料中的有機酸含量甚少，青貯料只有輕微的發酵，當增加水稻穀粒的水分含量時，pH 值也隨之降低 (圖 1)。在表 1 亦顯示水分含量對 pH 值、乳酸、乙酸、丁酸與青貯評分有極顯著的影響，此與必須對水稻穀粒和糙米進行適當的控制水分含量才能進行發酵的論點相符 (Uegaki *et al.*, 2010; Inoue *et al.*, 2013)。水稻的穀粒有 71.8% 為碳水化合物，但其中大部分為澱粉 (Taira, 1990)，而在青貯過程中最為重要乳酸菌無法利用澱粉來產生乳酸。如果青貯材料在高水分與高糖分的條件下，青貯發酵的速度較快，產酸量也會較高，但若水溶性碳水化合物含量不足，則無法產生足夠的乳酸使青貯料之 pH 值下降，將可能發生丁酸發酵 (Rotz and Muck, 1994)。與國內狼尾草與青割玉米青貯料的發酵情況相比之下 (王等, 2000; 王等, 2002; 王等, 2007)，本試驗中水稻穀粒青貯料的乳酸含量與總酸量較低，當水分含量從 20% 增加至 40% 時，乳酸含量有些微增加的趨勢 (圖 2)。從圖 3 與圖 4 可以發現，高水分含量水稻穀粒青貯料的乙酸含量顯著較高，且 30% 與 40% 水分含量均有丁酸產生。雖然高水分含量水稻穀粒青貯料的 pH 值較低，但其相對乳酸含量較低、乙酸與丁酸含量較高，導致其 Fleig's score 介於 20 至 35 分左右 (圖 5)，在許等 (1995) 與陳等 (2000) 提出之觀點中 40% 水分含量的水稻穀粒青貯料為青貯失敗。另外也可以發現本試驗中有機酸含量的誤差值變異很大，顯示如果在製作水稻穀粒青貯料時，只有添加額外的水分，而未添加任何有益青貯發酵進行之添加劑，青貯品質將極不穩定。以全株水稻為例，王等 (2014) 認為，如將收穫的材料直接進行青貯通常無法獲得滿意的青貯料，其中的原因可能是水溶性碳水化合物含量不足，導致無法提供乳酸菌發酵的養份至足以抑制其他微生物活動。因此，日後仍需進一步探討添加物與青貯加工製程來改善水稻穀粒的青貯品質。

結 論

本試驗研究結果顯示，水分含量顯著影響水稻穀粒青貯料的發酵程度。雖然 40% 水分含量有最低 4.5 左右之 pH 值與較高的乳酸含量，但是其乙酸與丁酸含量亦較高，並導致此次的水稻穀粒青貯品質評分不佳。如何增加乳酸含量並降低乙酸與丁酸含量為日後研究方向，期望提升水稻穀粒青貯品質，增進農產品的價值。

誌 謝

本試驗承蒙行政院農業委員會臺南區農業改良場嘉義分場羅正宗分場長提供材料，謹致謝忱。

參考文獻

- 王紓愍、陳嘉昇、成游貴。2000。狼尾草品系水溶性碳水化合物含量與青貯品質之關係。畜產研究 33：352-361。
- 王紓愍、陳嘉昇、成游貴。2002。水溶性碳水化合物含量的變化對狼尾草青貯品質的影響。畜產研究 35：143-150。
- 王紓愍、陳嘉昇、游翠鳳、劉信宏。2007。種植期、收穫期及品種對青貯玉米發酵品質的影響。畜產研究 40：37-47。
- 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。
- 臺灣省畜產試驗所。1995。芻料作物青貯調整。臺灣省畜產試驗所專輯第 41 號。
- 李尚瑾。2013。飼料用水稻之選育及在肉雞飼糧之應用。國立中興大學農藝學系碩士論文。臺中。
- 陳嘉昇、張定偉、王紓愍。2000。牧草品質與品質的快速測定。行政院農業委員會畜產試驗所專輯第 72 號。
- 許福星、盧啟信、成游貴、卜瑞雄、鄭俊哲。1995。芻料作物青貯調製。臺灣省畜產試驗所專輯第 41 號。
- 農林水產省。2014。糧食自給率之類的其他國家和地區。http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/013.html。
- 廖宗文、施柏齡、范耕榛、楊璿菁、李恒夫、陳文賢、賴明信、李春芳。2014。飼糧中以不同比例糙米取代玉米對雜交肉豬生長性能及屠體品質之影響。臺灣農學會報 15(2)：221-232。
- Cao, Y., T. Takahashi, K. I. Horiguchi, N. Yoshida and Y. Cai. 2010. Methane emissions from sheep fed fermented or non-fermented total mixed ration containing whole-crop rice and rice bran. Anim. Feed Sci. Tech. 157(1): 72-78.
- Fang, J., M. Matsuzaki, H. Suzuki, C. Xu, Y. Cai, K. I. Horiguchi and T. Takahashi. 2011. Fermentation quality, digestibility and unhulled rice excretion of forage paddy rice silage prepared by different harvester types. Grassland Sci. 57: 23-27.
- Food and Agriculture Organization. 2015. FAOSTAT. On-line available at <http://faostat3.fao.org/home/index.html>.
- 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.
- 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: 340-344.
- McDonald, P. N. and H. S. Henderson. 1991. The Biochemistry of Silage. Chalcombe Publications, Bucks, pp. 1-340.
- Miyaji, M., H. Matsuyama, K. Hosoda and K. Nonaka. 2012. Effect of replacing corn with brown rice grain in a total mixed ration silage on milk production, ruminal fermentation and nitrogen balance in lactating dairy cows. Anim. Sci. J. 83(8): 585-593.
- Nagato, K., M. Ebata and M. Ishikawa. 1964. On the formation of cracks in rice kernels during wetting and drying of paddies. Jpn. J. Crop Sci. 33: 82-89. (In Japanese with English abstract.)
- Rotz, C. A. and R. E. Muck. 1994. Changes in forage quality during harvest and storage. In: Forage quality, evaluation and utilization. eds. Fahey, Jr. G. C., M. Collins, D. R. Mertens and L. E. Moser. American Society of Agronomy, Inc. Madison, pp. 828-868.
- SAS Institute, Inc. 2004. SAS user's guide: Statistics. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Taira, H. 1990. Quality and control of rice. In: Science of the Rice Plant 2 (Ed Matsuo T), Rural Culture Association, Tokyo, Japan, pp. 831-848.
- 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.)
- Wilkinson, J. M. 1983. Silage made from tropical and temperate crops. Part I. The ensiling process and its influence on feed value. World Anim. Rev. 45: 36-42.

Effects of silage quality with additional different moisture content on rice grains ⁽¹⁾

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

Received: May 13, 2016; Accepted: Jun. 13, 2016

Abstract

This study used the grain of five rice varieties (lines) to ensiling and assessed the silage quality. The fermentation quality analysis of rice grain silage included pH value, lactic acid, acetic acid and butyric acid. The results showed that of the additional moisture content both 0% and 10%, the pH value of all rice varieties (lines) grain silage are greater over 6.5. The 10% moisture content of rice grain silage only had a slightly fermented. When the moisture content increased to 30% and 40%, the pH values of all rice varieties (lines) rice grain silages are reduced to pH 5 or less. With the increased moisture content, the pH value was decreased. The lactic acid, acetic acid and butyric acid content were gradually increased. Our results showed that the moisture content is one of the key factors affecting the fermentation. Although the high moisture content rice grains silage had the higher content of organic acids than low moisture content, but the Fleig's score is between 20-35 scores because of its lower lactic acid and higher acetic acid and butyric acid. Further might be needed to research the silage addition and manufacturing process to improve the quality of rice grain silage.

Key words: Rice, Grain silage, Moisture content, Silage quality.

(1) Contribution No. 2462 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

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

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