

堆積、裝填密度與貯存時間對玉米青貯料發酵品質及開封後穩定性的影響⁽¹⁾

王紓愍⁽²⁾⁽³⁾ 陳嘉昇⁽²⁾

收件日期：103 年 5 月 21 日；接受日期：103 年 7 月 21 日

摘 要

本試驗以實驗室規模青貯進行，目的在了解堆積、裝填密度與貯存時間對青割玉米青貯品質及開封後穩定性的影響。試驗共進行高密度 (D, 500 kg/m³)、低密度 (1/2D, 250 kg/m³)、堆積 24 小時高密度 (P + D) 和堆積 24 小時低密度 (P + 1/2D) 四種處理，以及 48 天與 168 天二個開封時間。結果顯示，所有處理開封時的青貯品質都為優良等級，但 pH 值與發酵產酸在處理間有顯著差異。堆積處理與低密度處理之 pH 值都較高，此外，低密度處理組的丁酸含量也較高，評分較低。延長貯存時間，乳酸含量降低，pH 值、乙酸及丁酸含量增加。以貯存 168 天的青貯料進行開封後穩定性調查顯示，隨青貯料接觸空氣的時間拉長，所有處理都出現溫度及 pH 值上升的現象，溫度的反應先於 pH 值，其中以 P+1/2D 處理的損壞發生時間明顯較其他處理提前。綜合上述，顯示堆積及低裝填密度等處理，增加材料與氧氣接觸時間，容易發生 pH 及丁酸含量較高的情形，即使開封時品質可接受，但隨貯存時間增長，品質劣化程度增加且開封後穩定性較差。

關鍵詞：玉米青貯、發酵品質、開封後穩定性。

緒 言

青割玉米消化率高、嗜口性佳，可供青飼或青貯，是重要的本土飼料之一。由合理利用的角度，良好的青貯不僅可以妥善保存青割玉米營養價值，並可做為穩定飼養及調節生產的工具，是目前改善本土飼料供應上一項必須重視的工作。

青貯是一項複雜且多變的過程，包含一連串的微生物消長及生化反應，而且各個反應間交互關連。依作業及反應特性一般可以將青貯過程分為四個主要階段：裝填（有氧期）、發酵（厭氧期）、貯存（穩定期）、及開封（餵飼期）。裝填期包括材料由收穫、處理至擠壓裝填，此時環境中有氧，主要活動的微生物為桿菌、醋酸菌 (acetic acid bacteria) 等好氣菌與酵母菌等，密封後，環境中氧氣濃度因植體及微生物呼吸快速降低，好氣菌的活動減弱，進入主要的厭氧發酵期，此時乳酸菌等兼氣或厭氧菌大量活動，產生乳酸、乙酸等有機酸使青貯料的 pH 值迅速下降，當 pH 值降低至多數微生物活動停止的狀態，即進入青貯的穩定期，這是發酵良好的青貯料可以長時間維持一定品質的原因，一直到開封利用，青貯料重新接觸空氣才會再開始下一波的大量微生物活動及物質分解 (Rotz and Muck, 1994)。材料的特性（含水率、水溶性碳水化合物、植體緩衝能力及表面菌相）會顯著影響青貯過程的微生物活性與生化反應，進而影響品質；調製作業的方式如細切度、擠壓方式、裝填速度及青貯容器也都會影響青貯品質 (Martin *et al.*, 2004)。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2125 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

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

除青貯調製過程對青貯品質的影響極大外，開封後穩定性是影響青貯利用效率的另一重要因素。酵母菌、黴菌、好氧細菌在厭氣環境下即已存在於青貯料中，但為休眠態，一旦青貯料接觸空氣時立即復甦並呼吸消耗剩餘之水溶性碳水化合物或發酵終產物，造成發熱、pH 值上升與養分流失。青貯料穩定性之差異極大，依條件而異，可短至數小時長至數週。相對於豆科青貯料，一般禾草、青割玉米及發酵程度較低的青貯料（如經甲酸等處理之青貯料）之穩定性低 (Rotz and Muck, 1994)。多數的研究顯示，開封後酵母菌等真菌群的增生是影響青貯穩定性之重要原因 (Woolford and Cook, 1978; Woolford *et al.*, 1982; Woolford and Wilkie, 1984)。

通常，適期收穫的青割玉米植體緩衝能力低、水分含量與水溶性碳水化合物含量適當，不須添加或接種即可以調製品質良好的玉米青貯料 (王及陳, 2005; Addah *et al.*, 2011; Rotz and Muck, 1994)，但在實際作業時常有許多因子或環境不易掌握，而造成分歧的青貯品質，國內青割玉米收穫特性變化對青貯品質的影響已見先前的研究 (王等, 2007)，但尚無調製條件對青割玉米青貯影響的討論。香腸袋及青貯槽是目前主要的作業方式，堆積（作業不及）及裝填密度不均為常見的現象，其影響值得探討。本研究利用實驗規模青貯進行堆積、裝填密度及貯存時間對青貯玉米發酵品質的影響，並於開封後不同時間觀察溫度、pH 值及揮發性脂肪酸的變化，提供青貯調製的參考。

材料與方法

- I. 材料：青割玉米臺南 19 號、臺南 21 號及臺農 3 號，分別由臺南區農業改良場朴子分場及農業試驗所提供。
- II. 栽培及收穫：種植於畜產試驗所恆春分所試驗田區，小區面積 $4 \times 3 \text{ m}$ ，行株距 $80 \times 15 \text{ cm}$ ，三區集，以臺肥二號 ($\text{N} : \text{P}_2\text{O}_5 : \text{K}_2\text{O} = 11 : 9 : 18$, 600 kg/ha) 為基肥，中耕培土再追施尿素 100 kg/ha ，9 月 18 日種植，12 月 18 日全區收穫。
- III. 青貯處理：處理包含堆積及二種裝填密度，共組成四種處理：低密度 ($1/2\text{D}$, 250 kg/m^3)、高密度 (D , 500 kg/m^3)、堆積加低密度 ($\text{P} + 1/2\text{D}$, 250 kg/m^3) 及堆積加高密度 ($\text{P} + \text{D}$, 500 kg/m^3)。收穫材料經機械細切後，混合均勻，先分為二部分，一部分直接青貯，另一部分於室外堆積 24 小時後 (P)，再進行青貯。每一部分青貯時再分為二組，進行二種密度處理： 250 kg/m^3 ($1/2\text{D}$) 及 500 kg/m^3 (D)，分別以小型油壓機將 2 或 4 kg 之材料擠入直徑 20 cm、高 25 cm 之塑膠管中，兩端以管蓋閉封，貯存於室溫下。貯存 48 天及 168 天後開封取樣，樣品保存於 -20°C 下，供青貯品質分析。
- IV. 取樣分析：青割及青貯樣品於青貯前或開封後立即取樣，樣品經 80°C 烘乾並磨粉，保存於 4°C 冷藏庫。分別測定各樣品之乾物率、水溶性碳水化合物含量。
- V. 水溶性碳水化合物含量測定：以 80% 的酒精於 80°C 下萃取三次，合併萃取液並定量，依 Morris (1948) 方法採 anthron 呈色法進行。每一樣品重複二次。
- VI. 青貯品質測定：乾物率為 70°C 下烘乾 48 小時之乾鮮重比。酸鹼值為 20 克新鮮青貯料加水 180 mL，打碎過濾後以酸鹼度計測定之值。乳酸、丁酸及乙酸之測定以氣體層析儀依 Jones and Kay (1976) 的方法進行。青貯評分 (Fleig's score) 為依青貯料中乳酸、乙酸與丁酸占總酸之當量百分比各自計分後總加，以評估青貯料之發酵品質，評分為 40 分以下青貯失敗、40 – 60 分為可接受、60 – 80 分為好的青貯、80 分以上為發酵優良的青貯。
- VII. 開封穩定性測定：青貯料開封後監測 (1) 溫度：連續監測青貯料開封後之溫度變化，記錄其溫度變化曲線及溫度上升高於環境溫度 2°C 之時間；(2) pH 值：每日取樣測定 pH 值，記錄 pH 值上升至 4.5 及 5 之時間。

結果與討論

表 1 為四種處理青貯前的乾物率及水溶性碳水化合物含量，各處理之乾物率介於 27.9% – 32.2% 間，堆積前後無顯著變化；水溶性碳水化合物含量方面，在低、高密度組分別為 13.4% 及 15.3%，堆積 24 小

時後含量明顯減少，分別降低至 9.0% (P + D) 及 9.8% (P + 1/2D)。試驗材料的含水率及水溶性碳水化合物含量均落於青貯的適當範圍。本試驗進行包括低密度 (1/2D)、高密度 (D)、堆積低密度 (P + 1/2D) 及堆積高密度 (P + D) 四種青貯處理及兩個開封時間 (48 天及 168 天) 的玉米青貯比較。圖 1、圖 2 為各種處理下的 pH 值、青貯評分及乙酸、乳酸及丁酸的變化情形。整體而言，本試驗的青貯發酵表現佳，發酵產物以乳酸為主，所有之青貯評分均屬優等，但處理間仍有差異。

表 1. 不同處理之青貯前青割玉米乾物含量與水溶性碳水化合物含量

Table 1. Dry matter contents and water soluble carbohydrate contents of forage corn in different treatment before ensiling

Treatment	Piled (hours)	0	0	24	24
	Density (kg/m ³)	250	500	250	500
Dry matter (%)		32.2 ± 1.2	27.9 ± 1.0	29.8 ± 0.5	29.6 ± 0.2
Water-soluble carbohydrates % (dry base)		13.4 ± 2.4	15.3 ± 0.6	9.0 ± 1.0	9.8 ± 2.3

由變方分析結果，主效應方面：堆積對 pH 影響顯著；裝填密度對 pH 值、丁酸及青貯評分效應顯著；貯存時間則除丙酸外，對其他青貯性狀的影響都顯著，且為最主要的變異成分；此外，少部分性狀呈現顯著的因子間交感 (表 2)。表 3 為各主效應的平均表現，堆積處理對發酵產酸及評分上的影響雖不顯著，但 pH 值顯著較高；裝填密度則在發酵產酸、pH 值及評分均有影響，低密度處理組的丁酸顯著增加，pH 值顯著提高，評分顯著較低；貯存時間的影響方面則清楚顯示，青貯品質隨貯存延長而降低。

表 2. 堆積、裝填密度及貯存時間處理對玉米青貯的變方分析

Table 2. ANOVA of pile, packing density and period of storage on pH and fermentation of corn silage

Source	DF	Mean square					
		pH	Acetic acid	Propionic acid	Butyric acid	Lactic acid	Score
Pile (P)	1	0.018**	0.003	0.002	0.0001	0.029	0.3
Packing density (D)	1	0.096**	0.001	0.001	0.0025**	0.011	90.3**
P × D	1	0.003	0.009*	0.001	0.0000	0.062	20.3
Period of storage (S)	1	0.354**	0.070**	0.001	0.0051**	1.477**	420.3**
P × S	1	0.021**	0.004	0.001	0.0002	0.003	2.3
D × S	1	0.000	0.000	0.002	0.0019**	0.010	72.3**
Error	9	0.001	0.002	0.002	0.0001	0.065	9.0

** Significant at 1% level.

* Significant at 5% level.

表 3. 堆積、裝填密度及貯存時間對玉米青貯料 pH 及發酵的影響

Table 3. The effects of pile, packing density and period of storage on pH and fermentation of corn silage

Treatment		pH	Acetic acid	Propionic acid	Butyric acid	Lactic acid	Score
-----% fresh weight-----							
Pile	0 hour	3.9 ^b	0.25	0.001	0.017	2.0	94.8
	24 hours	4.0 ^a	0.27	0.024	0.022	2.1	94.5
Packing density	250 kg/m ³	4.0 ^a	0.25	0.005	0.030 ^a	2.0	92.3 ^b
	500 kg/m ³	3.8 ^b	0.27	0.020	0.007 ^b	2.1	97.0 ^a
Period of storage	48 days	3.8 ^b	0.19 ^b	0.020	0.002 ^b	2.4 ^a	99.8 ^a
	168 days	4.1 ^a	0.32 ^a	0.005	0.037 ^a	1.7 ^b	89.5 ^b

^{a, b} Means in the same column with different superscripts differ (P < 0.05).

青貯 48 天，堆積對 pH 值、青貯評分及發酵產酸上的影響不明顯，但裝填密度對 pH 值有顯著影響，不論堆積與否，高密度組的 pH 值均低於低密度組，D 及 P + D 之 pH 值分別為 3.69 及 3.72，而 1/2D 及 P + 1/2D 則為 3.87 及 3.83。四種處理的乳酸當量百分比都在 90% 以上，評分均接近滿分，差異不大。堆積低密度處理之乙酸含量較直接處理高，高密度處理也有相似趨勢但二者差異未顯著。除低密度組有丁酸生成外，其餘各組均未檢出。青貯 168 天，所有處理的青貯評分均在 80 分以上，仍處於發酵良好的狀態，但相對青貯 48 天的結果，各處理之 pH 值均明顯增加、乳酸下降、乙酸及丁酸增加，顯示延長貯存時間，青割玉米的青貯品質下降，其中尤以低密度處理的下降幅度更為明顯 (圖 1、圖 2)。

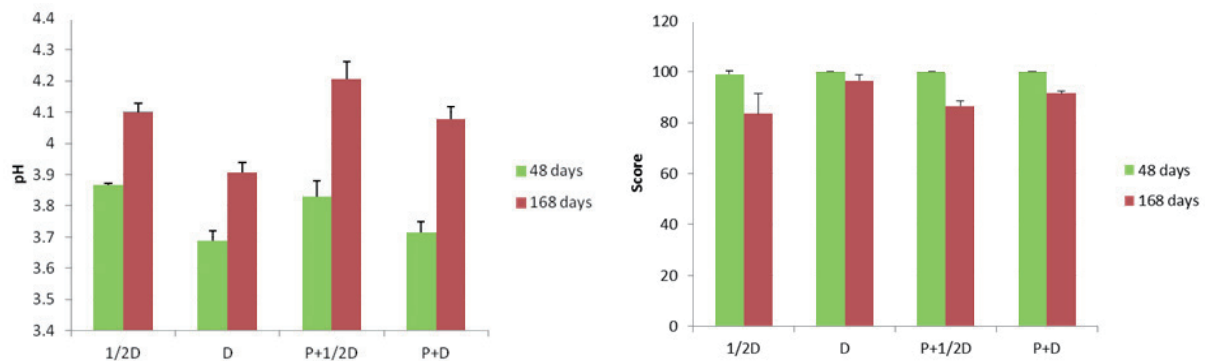


圖 1. 青貯密度、堆積及貯存時間對青割玉米青貯品質的影響。1/2D、D 分別代表青貯密度 250 kg/m³ 及 500 kg/m³，P 表堆積 24 小時。

Fig. 1. The effects of packing density, pile and storage period on quality of corn silage. 1/2D and D means packing density 250 kg/m³ and 500 kg/m³, P means piling up for 24 hours.

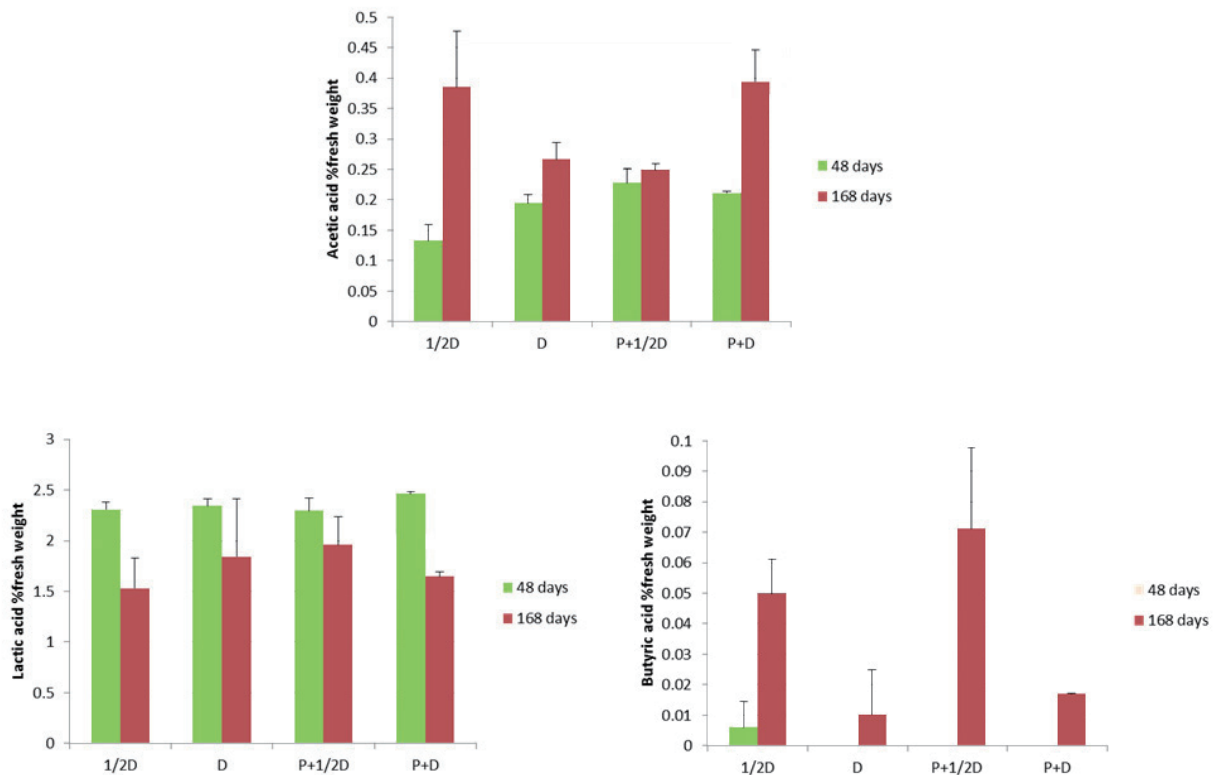


圖 2. 青貯密度、堆積及貯存時間對青割玉米青貯產酸的影響。處理代號說明如圖 1。

Fig. 2. The effect of packing density, pile and storage period on volatile fatty acid production. The treatments are the same as Fig. 1.

以貯存 168 天的青貯料進行開封後穩定性 (aerobic stability) 調查，結果見圖 3 及表 4。隨青貯料接觸空氣的時間拉長，所有處理都出現溫度及 pH 值上升的現象，溫度的反應先於 pH 值，1/2D 及 P + 1/2D 二個低密度處理在開封 2 天即達上升 2°C 的臨界標準，之後所有處理的溫度都超過臨界值，3 天時 P + 1/2D 處理的溫度明顯高於其他處理，4 天時其 pH 值也升至 6.0，顯著高於其他處理，表示 P + 1/2D 的開封後穩定性較差。表 4 為開封後揮發性脂肪酸變化情形，各處理沒有顯現規律的變化，然而隨著開封的時間變長，所有處理都發生乳酸含量下降及丁酸含量上升的現象，表示乾物質損失增加。

表 4. 堆積處理及不同裝填密度玉米青貯開封後的 pH 值與揮發性脂肪酸變化

Table 4. The pH value and volatile fatty acids in different treatment of corn silage after exposing to air

Treatment		Exposed to air	pH	Acetic acid	Lactic acid	Butyric acid
Pile	Density					
Hours	kg/m ³	Day	----- % fresh weight-----			
0	250	0	4.21 ± 0.06	0.25 ± 0.01	1.96 ± 0.28	0.07 ± 0.03
		2	4.25 ± 0.01	0.24 ± 0.01	1.61 ± 0.34	0.09 ± 0.06
		3	4.11 ± 0.02	0.22 ± 0.01	1.61 ± 0.17	0.13 ± 0.04
		4	4.23 ± 0.08	0.21 ± 0.03	1.42 ± 0.21	0.08 ± 0.04
0	500	0	4.10 ± 0.03	0.39 ± 0.09	1.53 ± 0.22	0.05 ± 0.01
		2	3.97 ± 0.05	0.42 ± 0.02	1.76 ± 0.10	0.01 ± 0.01
		3	3.97 ± 0.03	0.54 ± 0.03	1.60 ± 0.15	0.01 ± 0.01
		4	4.60 ± 0.31	0.29 ± 0.18	0.93 ± 0.46	0.14 ± 0.02
24	250	0	4.08 ± 0.04	0.39 ± 0.05	1.65 ± 0.05	0.02 ± 0.01
		2	4.29 ± 0.05	0.09 ± 0.09	1.35 ± 0.11	0.02 ± 0.01
		3	4.56 ± 0.35	0.13 ± 0.10	0.80 ± 0.35	0.05 ± 0.04
		4	5.99 ± 0.91	0.04 ± 0.01	0.34 ± 0.31	0.06 ± 0.06
24	500	0	3.91 ± 0.03	0.27 ± 0.03	1.84 ± 0.55	0.01 ± 0.02
		2	3.99 ± 0.03	0.30 ± 0.04	2.15 ± 0.10	0.01 ± 0.01
		3	3.97 ± 0.03	0.32 ± 0.09	2.07 ± 0.03	0.01 ± 0.01
		4	4.33 ± 0.27	0.18 ± 0.15	1.34 ± 0.40	0.02 ± 0.01

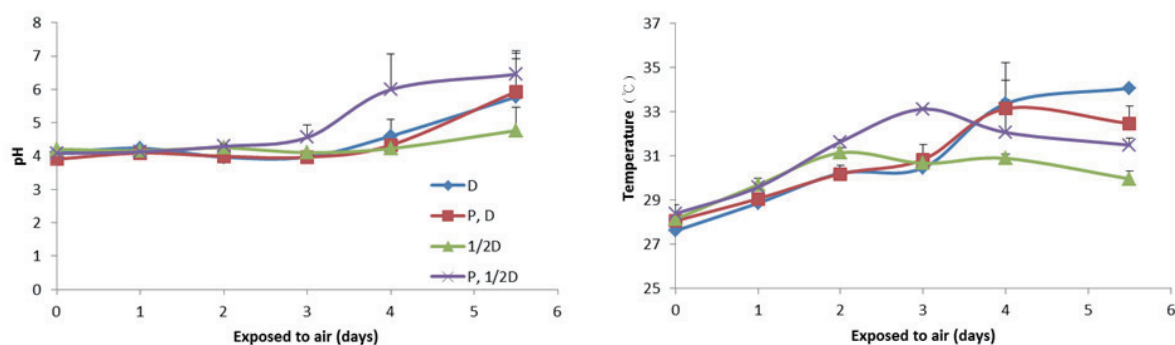


圖 3. 堆積及裝填密度對青割玉米青貯料開封後 pH 值及青貯溫度之影響。左為 pH 值變化，右為溫度變化。

Fig. 3. The effects of pile and density on pH and temperature of corn silage after exposed to air. Left: the variation of pH, right: the variation of temperature.

堆積是實際青貯作業時經常發生或難以避免的情況，通常會造成水溶性碳水化合物含量的降低，如本試驗結果。水溶性碳水化合物含量降低，可能進一步導致青貯品質不佳，但如果原本的水溶性碳水化合物量夠高，或由堆積過程的分解反應再釋出糖，則影響程度可能不明顯。此外，堆積還可能改變微生物相，然而其影響不容易了解，Potkański *et al.* (2010) 的研究即表示，青貯前的菌相差異不必然表現在青貯的發酵品質上，但是有可能影響開封後穩定性。

Martin *et al.* (2003) 及 Muck (2011) 指出氧氣是青貯品質的大敵，青貯時的微生物相、發酵狀態及開封穩定性明顯受環境內氧氣含量的影響，對於青割玉米這種開封穩定性不佳的材料而言，裝填密度的問題尤其重要。裝填密度低意謂容器內有較多的氣體空間，也就是青貯的有氧時期會拉長，其影響與堆積（延長作業時間）類似，主要是水溶碳水化合物含量降低及增加其他微生物對乳酸菌的競爭性。此外，低密度的另一項不利問題發生在開封，裝填密度不夠會使空氣快速入滲，先是酵母菌開始快速增長，分解乳酸，pH 值上升，然後黴菌與其他好氣微生物開始活動，造成青貯料的損壞，此外青貯料間也可能形成局部的無氧生態小區 (niches)，造成酪酸菌 (Clostridia) 活動旺盛，降低開封穩定性 (Muck, 2010)。Borreani and Tabacco (2014) 及 Orosz *et al.* (2013) 的研究也顯示，利用特殊的氧氣阻絕膜減少氧氣入滲可以有效穩定青貯品質及增加開封後穩定性。本試驗結果顯示，實驗室規模青貯即使在開封時的青貯品質良好，然隨著青貯時間延長或開封，均會明顯看到因堆積或密度不足造成的差異。

青貯是利用厭氧環境下的乳酸發酵進行芻料的保存，但是在厭氧環境下，除乳酸菌外，酪酸菌也會作用，只是活動較慢，由於酪酸菌活動需要較高的水活性，因此在材料的含水率較高的情形下，酪酸菌的活動會更為明顯 (Muck, 2011)。由本試驗結果，貯存時間由 48 天延長至 168 天，多數處理都有丁酸產生，且所有處理的乳酸含量都降低，乙酸含量提高，顯示在發酵穩定期仍有部份的微生物活動，且酪酸菌活性可能沒有完全抑制。另外，低密度及堆積處理在延長貯存時都出現更明顯的劣變，顯示拉長青貯有氧期也不利於青貯料的保存。此可能與微生物間的交互作用有關，由於有氧環境期長，造成酵母菌族群數量提高，貯存時間拉長時，乳酸含量會因酵母菌的作用減少，使局部 pH 值升高，則酪酸菌的活動就可能開始，但確定原因還須進一步的試驗。

本試驗結果顯示堆積及低裝填密度等處理，增加材料與氧氣接觸機會，容易發生 pH 及丁酸含量較高的情形，雖不必然使開封時品質降低至無可接受等級，但隨貯存時間增長，品質劣化程度增加且開封後穩定性較差。

參考文獻

- 王紓慤、陳嘉昇。2005。青割玉米非結構性碳水化合物含量變化之研究。畜產研究 38：1-10。
- 王紓慤、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。
- Addah, W., J. Baah, P. Groenewegen, E. K. Okine and T. A. McAllister. 2011. Comparison of the fermentation characteristics, aerobic stability and nutritive value of barley and corn silages ensiled with or without a mixed bacterial inoculant. *Can. J. Anim. Sci.* 91: 133-146.
- Borreani, G. and E. Tabacco. 2014. Improving corn silage quality in the top layer of farm bunker silos through the use of a next-generation barrier film with high impermeability to oxygen. *J. Dairy Sci.* 97: 1-12.
- Driehuis, F. 2013. Silage and the safety and quality of dairy foods: a review. *Agri. and Food Sci.* 22: 16-34.
- Johnson, L. M., J. H. Harrison, D. Davidson, W. C. Mahanna, K. Shinnors and D. Linder. 2002. Corn silage management: effects of maturity, inoculation, and mechanical processing on pack density and aerobic stability. *J. Dairy Sci.* 85: 434-444.
- Kung, Jr., L. 2010. Understanding the biology of silage preservation to maximize quality and protect the environment. In *Proceedings, 2010 California Alfalfa & Forage Symposium and Corn/Cereal Silage Conference*, Visalia, CA, 1-2 December, 2010.
- Martin, N. P., R. E. Muck and B. J. Holmes. 2004. Silage density and dry matter loss of bag and bunker silos. In *Proceedings, Idaho Alfalfa and Forage Conference*, 23-24 February 2004.

- Morris, D. L. 1948. Quantitative determination of carbohydrates with dry-wood's anthrone reagent. *Science* 107: 254-255.
- Muck, R. E. 2010. Silage microbiology and its control through additives. *R. Bras. Zootec.* 39: 183-191.
- Muck, R. E. 2011. The art and science of making silage. In: *Proceedings 2011 Western Alfalfa & Forage Conference*, Las Vegas, NV, 11-13 December, 2011.
- Noelia, S. 2010. Opportunities to improve corn silage quality in California. In: *Proceedings 2010 California Alfalfa & Forage Symposium and Corn/Cereal Silage Conference*, Visalia, CA, 1-2 December, 2010.
- Orosz, S., J. M. Wilkinson, S. Wigley, Z. Biro' and J. Gallo'. 2013. Microbial status, aerobic stability and fermentation of maize silage sealed with an oxygen barrier film or standard polyethylene film. *Agri. Food Sci.* 22: 182-188.
- Potkański1, A., J. Grajewski, M. Twarużek, M. Selwet, B. Miklaszewska, A. Błajet-Kosicka, M. Szumacher-Strabell, A. Cieślak and K. Raczowska-Werwińska1. 2010. Chemical composition, fungal microflora and mycotoxin content in maize silages infected by smut (*Ustilago maydis*) and the effect of biological and chemical additives on silage aerobic stability. *J. Anim. and Feed Sci.* 19: 130-142.
- 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.
- Woolford, M. K., K. K. Bolsen and L. A. Peart. 1982. Studies on the aerobic deterioration of whole-crop cereal silages. *J. Agric. Sci.* 98: 529-535.
- Woolford, M. K. and J. E. Cook. 1978. A note on the effect on the aerobic deterioration of maize silage of the manipulation of the microflora by means of antibiotics. *Anim. Feed Sci. Tech.* 3: 89-94.
- Woolford, M. K. and A. C. Wilkie. 1984. Investigations into the role of specific microorganisms in the aerobic deterioration of maize silage. *J. Agric. Sci.* 102: 97-104.

The effects of piling up, packing density and storage on fermentation quality and aerobic stability of corn silage⁽¹⁾

Shu-Min Wang ^{(2) (3)} and Chia-Sheng Chen ⁽²⁾

Received: May 21, 2014; Accepted: Jul. 21, 2014

Abstract

The purpose of this research is to investigate the effects of piling up, packing density and time of storage on fermentation quality and aerobic stability of corn silage by laboratory scale ensiling. Four ensiling treatments combining different packing density and piling up were conducted in this experiment and silos were opened and sampled for analysis on day 48 and day 168, separately. All treatments were in “good” score at the time of silo opening, but significant difference existed in volatile acid profile and pH value. Higher pH value was found in treatments of piling up and treatment of low packing density. Treatments of low packing density also had higher butyric acid content and lower silage score. Contents of lactic acid decreased and pH value, acetic acid, and butyric acid increased according to prolonging of storage time. Aerobic stability was investigated with silos opened on day 168. Temperature and pH value increased in all treatments according to time exposed to air, and increase of temperature was previous to increase of pH value. The combining treatment of piling and low density spoiled faster than the other treatments. The results indicated that piling up and low packing density prolonged the time of aerobic activity when ensiling and it was apt to raise pH value and butyric acid content. Though the silage quality might be acceptable at first, their quality would be getting worse according to storage time and also bad for aerobic stability.

Key words: Corn silage, Fermentation quality, Aerobic stability.

(1) Contribution No. 2125 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Hengchun Branch, COA-LRI, Pingtung 946, Taiwan, R.O.C.

(3) Corresponding author, E-mail: smwang@mail.tlri.gov.tw.