

以人工戳孔模擬破損探討半乾青貯膠膜包的保存問題⁽¹⁾

王紓愨⁽²⁾⁽³⁾ 陳嘉昇⁽²⁾

收件日期：112 年 8 月 2 日；接受日期：112 年 11 月 17 日

摘 要

半乾青貯是降低氣候對乾草調製干擾的重要調節手段，但半乾青貯在貯存期間發生膠膜破損的情形非常常見，且幾乎難以避免。因此，本研究以直徑 90 cm 的中型盤固草膠膜包為材料，進行人工模擬膠膜包破損試驗，測試不同處理情形下對膠膜包小破孔 (< 2 mm) 損壞的影響，以為現場應用的參考。試驗包括 3 個藥劑處理：對照（無藥劑）、乙酸及丙酸銨；4 個封孔處理時間：D0、D1、D3 及 D7 分別為戳孔後立即、1 天、3 天及 7 天處理；3 個貯存時間：戳孔後貯存 42、90 及 231 天，共計進行 16 個盤固草膠膜包。草包於不同貯存時間開封，調查戳孔處是否劣變或發黴，計算損壞百分率。結果顯示，戳孔膠膜包的損壞程度會因不同處理情況而異，對照組的損壞率高於乙酸及丙酸銨處理；草包損壞率有隨封孔處理時間及貯存時間延長而增加的趨勢，整體而言，戳孔後愈早封孔愈好，施用乙酸或丙酸銨再封孔較直接封孔佳，另貯放時間愈長膠膜包損壞的比例愈高。去除損壞部分後，半乾青貯料的發酵品質仍維持在良好或以上的等級，顯示封孔處理有利於保存。膠膜破損是應用半乾青貯一定會面臨的問題，由本試驗結果，良好半乾青貯膠膜包，破損即使 < 2 mm，仍造成盤固草膠膜損壞，及時封孔（1 週內）有助降低損壞。封孔加藥劑控損能力較佳，重封後應盡早利用，以減少長期貯存損失風險。

關鍵詞：盤固草、半乾青貯、破孔、乙酸、丙酸銨。

緒 言

乾燥與青貯發酵是保存牧草營養的二大方法，乾燥是目前國產盤固草最主要的調製方式，臺灣地處亞熱帶，雖然日照充足但不易維持曬草期間長時間的天氣穩定。相對而言，青貯調製的田間損失較低，可以避免牧草為了等待合適收穫乾燥時期而過度生長（老化），或減少田間作業時間，降低氣候不穩定之風險（Rotz and Muck, 1994; Ohmomo *et al.*, 2002），對穩定優質牧草產業的發展是不可或缺的重要技術。半乾青貯（haylage）又名草包青貯（baled silage, baleage）是一種介於乾草與青貯之間的調製方法，主要是將氣候條件無法乾燥至安全含水率以下的牧草，打包後包膜或裝袋青貯保存。半乾青貯調製的前半段作業方式與乾草調製相同，之後等待牧草萎凋至適合的含水率即打包、封膜、貯存，半乾青貯的含水率一般介於 40% — 60% 間，較一般青貯的 60% — 75% 間低，造成其發酵速度較慢、有氧時期較長、微生物相的反應也不盡相同（Bates *et al.*, 1989; Muck, 2013; Coblenz and Akins, 2018）。半乾青貯可以縮短牧草收穫後在田間的作業時間，減少由天候不穩定造成的損失，也適宜保存豆科或禾 / 豆混植之類較難乾燥的高營養牧草，同時良好的發酵不僅能有效保存牧草的營養價值，還可以提高適口性，增進動物採食（王等，2018；陳等，2020）。Borreani *et al.*（2007）的研究即表示利用半乾青貯調製可以提前在氣候不宜進行乾草調製時收穫牧草，且由等營養濃度的乳牛飼養試驗顯示，較乾草收穫提早 4 週收穫所調製半乾青貯的飼養表現優於乾草。但是由於半乾青貯包覆的膠膜為 PE 材質的可拉伸薄膜，很容易在操作、運輸及貯存期間發生破損，是半乾青貯應用上需要注意的問題。因此，本研究以直徑 90 cm 的中型盤固草膠膜包為材料，進行人工模擬膠膜包破損試驗，測試不同的處理情形下對膠膜包小破孔 (< 2 mm) 損壞的影響，以為未來應用的參考。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2771 號。

(2) 農業部畜產試驗所南區分所。

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

材料與方法

I. 半乾青貯膠膜包損壞改善試驗：

- (i) 試驗草包：盤固草來自畜產試驗所南區分所試驗區，於 107 年 7 月 10 日進行中型膠膜包製作（直徑 90 cm，乾物率 50% 左右，接種商業菌劑，包膜層數為 8 層），8 月 9 日以調製 1 個月的膠膜包進行人工穿孔模擬貯存期間的意外破孔。單顆草包平放在棧板上，以人為方式於草包側邊上平均刺出 24 個 < 2 mm 的小孔（6 條直行，每行 4 孔），深度約 0.5 cm（圖 1）。
- (ii) 處理：包含 2 種藥劑乙酸（acetic acid）、丙酸銨（ammonium propionate）及對照（無藥劑）3 種處理，及 4 個封孔時間：0 天、1 天、3 天及 7 天，每個膠膜包於戳孔後 0 天、1 天、3 天及 7 天進行前述處理，並以大約 5 cm^2 的膠帶（PVC tape, K. K. Converter Co.）平整封住洞口。每行為一種處理，處理方式如下：對照（直接封孔）、乙酸（由孔洞噴入約 1 ml 30% 乙酸後封孔）、丙酸銨（由孔洞噴入約 1 ml 30% 丙酸銨後封孔），各處理交錯進行，每一處理 2 重複（2 行）。每行 4 孔為 4 個封孔時間：0 天、1 天、3 天及 7 天，由上至下依序進行（圖 1）。共計處理 16 顆膠膜包，封孔處理時間為 8 月 9 日、10 日、12 日及 16 日。

II. 開封調查

- (i) 損壞調查：於戳孔處理後 42、90 及 231 天分別開封 4、4 及 8 個膠膜包，調查草包各處理的損壞情形，2 重複都未發黴或出現草色變深等損壞的情形，損壞率為 0%，其中 1 點出現損壞現象，記錄損壞率為 50%，若 2 點都出現損壞情形，則損壞率為 100%。調查完畢將表面受損部分全部去除，由各部分取樣混合為一樣品測定草包的青貯品質。
- (ii) 青貯發酵品質分析：乾物率為 70°C 下烘乾 48 小時之乾鮮重比。酸鹼值為 20 g 新鮮青貯料加水 180 mL，打碎過濾後以酸鹼度計（Toa pH meter model HM-20S, Japan）測定。乳酸、丁酸及乙酸之測定以氣體層析儀（Shimadzu GC-2014, Japan）依 Jones and Kay（1976）的方法進行。青貯評分（Flieg'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，以評估算青貯料之發酵品質，評分 40 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（許等，1995）。

III. 統計分析：試驗結果以 SAS 軟體（2002）之 GLM procedure 進行變方分析，主效因子為藥劑處理（Chemical）、封孔時間（Seal）及貯存時間（Storage），各主效應均為固定型，各處理平均值再以鄧肯氏多變域測驗（Duncan's Multiple Range Test）進行檢定，比較各處理平均值之間是否達差異顯著。



圖 1. 半乾青貯膠膜包的破損改善試驗。左：草包戳洞（ < 2 mm），中：藥劑處理與封孔，右：開封調查損壞比例。
 Fig. 1. The damage improvement experiment of pangola grass haylage. Left: poking small holes (< 2 mm) on haylage surface, Middle: reagent treatment and sealing, Right: investigation of damage situation.

表 1. 不同處理盤固草半乾青貯損壞率之變方分析

Table 1. Variation analysis of damage rate of pangola grass haylage with different treatments.

Source	DF	SS	MS	F	Pr > F
Chemical	2	2.11718750	1.05859375	10.42	<.0001
Seal	3	3.95182292	1.31727431	12.97	<.0001
Storage	2	3.98046875	1.99023438	19.60	<.0001
Chemical × Seal	6	1.21614583	0.20269097	2.00	0.0694
Chemical × Storage	4	0.27343750	0.06835938	0.67	0.6116
Seal × Storage	6	0.49348958	0.08224826	0.81	0.5637
Chemical × Seal × Storage	6	0.49348958	0.08224826	0.81	0.5637
Error	156	15.84375000	0.10156250		

DF: degree of freedom, SS: sum of square, MS: mean square

結果與討論

本試驗是以每個膠膜包相同處理的兩重複進行損壞率調查，結果如圖 2。膠膜包戳孔的損壞率會因不同藥劑處理、封孔時間及貯存時間而異，但同時可以觀察到多個處理的變異很大（圖 2），表示不同膠膜包間表現並不完全一致，推測可能與各個膠膜包本身的發酵狀態與表面菌相差異有關，確切原因仍待進一步釐清。由各種處理的變方分析結果顯示，藥劑、封孔時間及貯存三個主效應都為極顯著，但二因子及三因子交感均不顯著。平均而言，對照處理的損壞百分率為 62.5%，明顯高於乙酸及丙酸鉍處理的 39.8 及 40.6%，二種藥劑處理間差異不顯著；戳孔後立即封孔（D0）的損壞率 26.0% 顯著低於其他三處理，戳孔後 1 天封孔（D1）的損壞率為 45.8% 顯著優於戳孔後 3 天封孔（D3）的處理，D3 的平均損壞率為 65.6% 高於 D7 的 53.1%，但此二處理間的差異不顯著；隨貯存時間拉長盤固草半乾青貯膠膜包的損壞率上升，貯存 231 天的平均損壞率為 62.0% 顯著高於貯存 90 與 42 天的 31.3% 及 35.4%。貯存 90 天與 42 天間無顯著差異（圖 3）。表 2 為本試驗中所用盤固草膠膜包去除表面損壞後測定的發酵品質，結果顯示，膠膜包乾物率介於 46.2%—52.7% 間，pH 值介於 4.44—5.37 間，乳酸含量介於 1.11%—2.53% 青貯評分都在 77 以上，表示所用的每一試驗草包都製作良好，且封孔處理有助於品質保存。

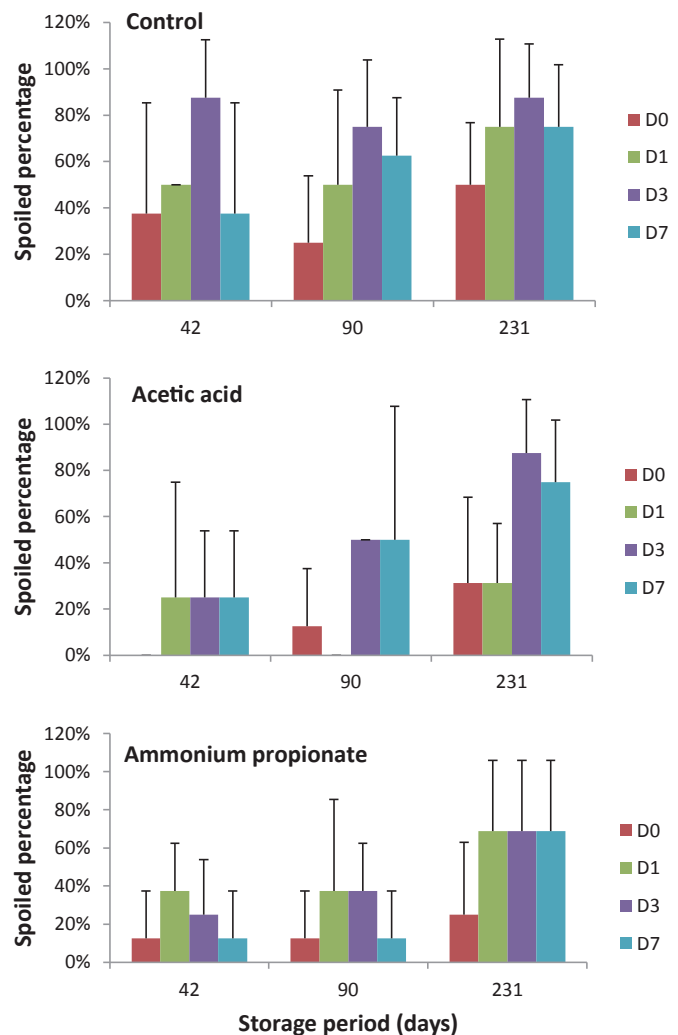


圖 2. 不同藥劑與封孔時間對戳孔處理盤固草半乾青貯膠膜包損壞百分比的影響。D0：戳洞後立即處理並封口、D1：戳洞後 1 天再進行處理及封口、D3：戳洞後 3 天再進行處理及封口、D7：戳洞後 7 天再進行處理及封口。
Fig. 2. The effect of reagent and sealing time on spoiled percentage of poked pangola grass haylage. D0: process reagent treatment and seal immediately after poking a hole, D1: process reagent treatment and seal after 1 day of poking a hole. D3: process reagent treatment and seal after 3 days of poking a hole, D7: process reagent treatment and seal after 7 days of poking a hole.

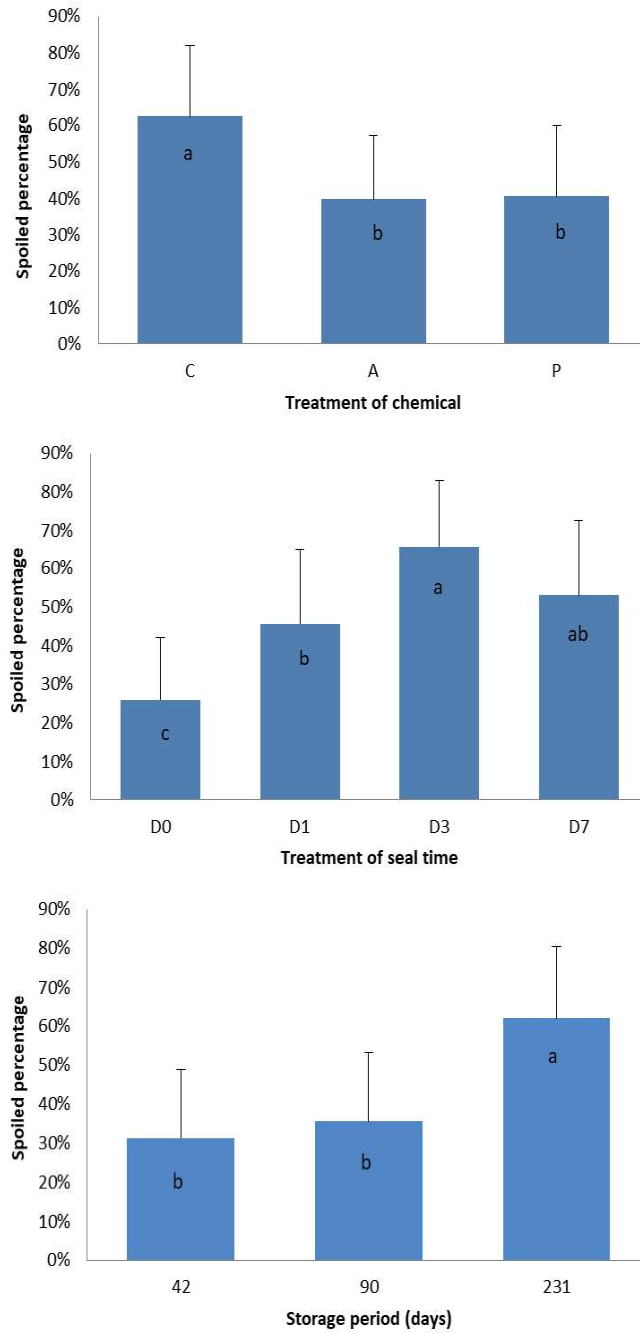


圖 3. 藥劑（上）、封孔時間（中）及貯存（下）對戳孔處理盤固草半乾青貯膠膜包損壞百分率的影響。C：對照（無藥劑）、A：乙酸處理、P：丙酸銨處理。D0、D1、D3、D7：封孔處理，說明如圖 2。

Fig. 3. The effect of reagent (up), seal time (middle) and storage (down) on spoiled percentage of poked pangola grass haylage. C: control (no reagent), A: acetic acid, P: ammonium propionate. D0, D1, D3, D7 description as fig. 2. Means with different letters differ ($P < 0.05$)

膠膜容易破損是半乾青貯調製利用上的重要缺點之一，不注意可能造成極大的乾物損失甚至無法利用，由 Coblenz and Akins (2018) 的回顧報告，以人為在膠膜刺穿 0、1、10 或 50 個小孔（直徑 3 mm）或 1 個大孔（直徑 21.2 mm）並保存 155 天，以模擬鳥類對膠膜包的損壞試驗發現，孔洞可能導致明顯的品質降低與可利用率的損失，而愛爾蘭農業與食品發展部（Agriculture and Food Development Authority, Teagasc）的資料，一個 3 mm 的小孔有可能造成半乾青貯料 8% 的損失，而一個 24 mm 的大洞可能造成 1/3 的半乾青貯料無法利用（Forristal, <https://www.teagasc.ie/media/website/rural-economy/farm-management/BaleHandling-1.pdf>），但是詳細的研究卻很少。

表 2. 去除損壞部分後，本試驗盤固草半乾青貯膠膜包之青貯發酵品質

Table 2. After removing damage part, the fermentation quality of panola grass haylage used in this study .

Item	Dry matter	pH	Score	Acetic acid	Propionic acid	Butyric acid	Lactic acid
	%			----- % dry base -----			
Mean	48.93	4.83	89	0.33	0.03	0.04	1.57
Min.	46.20	4.44	77	0.18	0	0	1.11
Max.	52.70	5.37	100	0.42	0.07	0.11	2.53

由本試驗結果，乙酸與丙酸銨處理有助於降低損壞率，可能與此二物質均具抑菌性有關。陳等（2019）與黃等（2020）的研究顯示，表面噴灑 3% 丙酸銨有助於抑制苜蓿與盤固草半乾青貯表面黴斑的發生。接種異質乳酸菌可以提高青貯開封穩定性並減少酵母菌與黴菌數量，與異質乳酸發酵可以產生較高的乙酸含量有關（Tabacco, *et al.*, 2011; Auerbach and Theobald, 2020）。Moon（1983）的研究發現乙酸鹽、乳酸鹽及丙酸鹽單獨或混合都可以抑制由青貯料分離出的數種耐酸酵母菌，其中尤以丙酸鹽的效果最佳。本試驗的結果乙酸與丙酸銨的效果相近，但僅由單一試驗結果尚難確認，未來可以進一步試驗確認，亦可以考慮進行修補膠膜包破孔的封孔保護劑開發。

半乾青貯與青貯同樣是以乳酸菌發酵產酸來抑制其他微生物的活動，因此，維持厭氧環境對維持牧草品質非常重要（Rotz and Muck, 1994; Ohmomo *et al.*, 2002; Coblenz and Akins, 2018），原則上草包損壞的風險應與空氣可以進出草包的時間成正比，由圖 3 結果，0 天—3 天期間符合前述原則，但 7 天封孔的損壞程度反而較 3 天來得低，確切的原因不明，需進一步試驗釐清。

貯放時間延長至 231 天的損壞率明顯提高，同時也會降低藥劑處理的效果。有關半乾青貯調製的指引與研究，幾乎都會強調草包應該打包至一定密度並立即或儘快包覆 6—8 層 PE 膜，密度較低、包覆不足的膠膜包的貯存性不佳（Nath *et al.*, 2018; Borowski *et al.*, 2021）。整體而言，破損為膠膜包不容易避免的問題，即使是極小的孔洞都可能造成品質劣化及乾物損失，應儘可能注意倉貯環境維護，避免鼠類或其他動物的破壞，並經常注意膠膜包貯放情況，發現破損立即修補，最好能輔以乙酸或丙酸銨等施用，同時儘快開封利用，以降低損失。

結 論

對調製良好的盤固草半乾青貯膠膜包，即使 < 2mm 的小孔仍可能會造成膠膜包的損壞，但如能在短時間內發現並封孔（1 週內），有助於降低損壞的程度；同時封孔並加藥劑處理（乙酸、丙酸銨）之損壞控制能力優於無藥劑處理。此外，破損膠膜重封後仍應儘早利用，以減少長時間貯存造成的損失風險。

參考文獻

- 王紓愨、游翠鳳、陳嘉昇。2018。接種菌株對苜蓿半乾青貯適口性的影響。畜產研究 51(4)：286-292。
- 陳嘉昇、王紓愨、游翠鳳。2020。盤固草半乾青貯捆包前淋雨及乾物率對山羊適口性的影響。畜產研究 53(3)：141-148。
- 陳筱薇、黃孝義、張友義、白崇智、史歲元、李婕伶、石芳其、林佑諭、劉智宏、丘昀融、陳莘惠、游翠鳳、劉信宏、王紓愨、陳嘉昇、王翰聰、陳靜宜、徐濟泰。2019。添加乳酸菌複方與丙酸銨抑制盤固草半乾青貯草捆製作過程發霉之效果。中國畜牧學會會誌 48(1)：1-15。
- 黃孝義、陳筱薇、劉智宏、楊岫秀、游翠鳳、劉信宏、王紓愨、陳嘉昇、徐濟泰。2020。複合型青貯添加物對於國產苜蓿、盤固草半乾青貯品質以及泌乳羊生產表現之影響。中國畜牧學會會誌 49(3)：197-222。
- 許福星、盧啟信、成游貴、卜瑞雄、鄭俊哲。1995。芻料作物青貯調製。台灣省畜產試驗所專輯第 41 號。
- Auerbach, H. and P. Theobald. 2020. Additive type affects fermentation, aerobic stability and mycotoxin formation during air exposure of early-cut rye (*Secale cereale* L.) silage. *Agronomy* 10: 1432.
- Bates, D. B., W. E. Kunkle, T. E. Dawson, A. Berthe, S. C. Denham, C. G. Chambliss, R. C. Cromwell, J. G. Wasdin, and D. L. Wakeman. 1989. Round bale silage — A forage harvesting alternative. p. 45-50, in Proc. 38th Annual Beef Short Course. Univ. Florida, Gainesville, FL.
- Borowski, S., J. Kaszkowiak, and E. Dulcet. 2021. How to harvest haylage bales in sustainable agriculture. *Appl. Sci.* 11: 11508.

- Borreani, G., D. Giaccone, A. Mimosi, and E. Tabacco. 2007. Comparison of hay and haylage from permanent alpine meadows in winter dairy cow diets. *J. Dairy Sci.* 90: 5643-5650.
- Coblentz, W. K. and M. S. Akins. 2018. Silage review: recent advances and future technologies for baled silages. *J. Dairy Sci.* 101: 4075-4092.
- Jones, D. W. and J. J. Kay. 1976. Determination of volatile fatty acid C1-C6 and lactic acid in silage juice. *J. Sci. Food Agric.* 27: 1005-1014.
- Moon, N. J. 1983. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetate, lactate and propionate and their synergistic mixtures. *J. Appl. Bacteriol.* 55: 454-460.
- Muck, R. E. 2013. Recent advances in silage microbiology. *Agr. Food Sci.* 22: 3-15.
- Nath, C. D., M. A. Neres¹, K. C. Scheidt, L. dos S. Bersot, S. M. M. Sunahara, J. R. W. Sarto, J. R. Stangarlin, S. D. Gomes, M. J. Sereno, and A. P. Perin. 2018. Characterization of Tifton 85 bermudagrass haylage with different layers of polyethylene film and storage time. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 31(8):1197-1204.
- Ohmomo, S., O. Tanaka, H. K. Kitamoto, and Y. Cai. 2002. Silage and microbial performance, old story but new problems. *JARQ* 36: 59-71.
- 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, p828-868.
- SAS. 2002. SAS ver. 9.0. Statistical Analysis Institute, Inc., Cary. N.C. USA.
- Tabacco, E., S. Piano, A. Revello-Chion, and G. Borreani. 2011. Effect of *Lactobacillus buchneri* LN4637 and *Lactobacillus buchneri* LN40177 on the aerobic stability, fermentation products, and microbial populations of corn silage under farm conditions. *J. Dairy Sci.* 94: 5589-5598.

Discussion on the preservation of pagolagrass haylage by manual poking simulation of film-damage ⁽¹⁾

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

Received: Aug. 2, 2023; Accepted: Nov. 17, 2023

Abstract

Haylage is an important adjustment method to reduce the interference of climate on hay processing, but the film damage of haylage during storage is very common and almost unavoidable. Therefore, in this study, a diameter of 90 cm medium-sized pangola grass haylage was used as the material, and each haylage bale was artificially poked 24 holes (< 2 mm) to simulate the film damage that usually happened. A total of 16 bales were used to investigate the effect of different reagents, seal time and storage on the damage rate of these small holes in the haylage. The 3 reagent treatments were control (no reagent), acetic acid and ammonium propionate. The 4 seal times D0, D1, D3 and D7 were sealed immediately, 1 day, 3 days and 7 days respectively after poking and reagent treatment. The storage periods were 42, 90 and 231 days after poking. The results showed that the damage rate of poking holes were different by different treatments. The spoiled percentage of control was higher than the other two reagent treatments (acetic acid and ammonium propionate). The spoiled percentage increased as seal time and storage period increased. Generally, the hole was sealed sooner and stored shorter the result was better. Using acetic acid or ammonium propionate then seal was better than control. After removing the spoiled part, the fermentation quality of these haylage was still kept at a good level which means the treatments used in this study were effective on haylage conservation.

Key words: pangola grass, haylage, poking damage, acetic acid, ammonium propionate.

(1) Contribution No. 2771 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Southern Region Branch, MOA-TLRI, Pingtung 94644, Taiwan, R. O. C.

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