

防止山藥切口黴菌生長之處理技術¹

劉啟祥²

摘要

本試驗探討山藥禮盒包裝導致切口發黴現象之原因，並研究常溫保存與所需作業時間短之山藥切口處理技術。山藥禮盒包裝導致切口發黴的主要原因應為包裝環境內相對濕度大於 75% 所致，而與溫度的影響無關。試驗材料經風乾 6 小時後，於包裝內直接添加 400g 之乾燥劑，可有效降低切口之發黴現象，但此方法較不適合實際使用。若使用 2% 油酸鈉配合 75% 酒精與 1% 次氯酸鈉處理山藥切口，亦可有效降低包裝內之發黴現象，並且具有所需之作業時間較短，不受氣候條件限制等優點。

（關鍵字：山藥、油酸鈉、採收後病害）

前言

山藥 (*Dioscorea* spp.) 是一種多年生蔓性植物，主要的食用部位為地下塊莖，山藥依塊莖形狀可以區分為圓形、掌狀、長形及塊狀等。山藥是花蓮地區重要且著名的農特產品，本地區農民將品質優良之山藥產品配合精美的禮盒包裝，不僅高貴體面，也可說是農產品商品化的代表。由於長形山藥塊莖較長，生長長度甚至可達 1 公尺以上，為了配合禮盒包裝的需要，往往需將塊莖截為數段，造成山藥塊莖上的傷口。若此切口處未待完全癒合即行包裝，則十分容易導致山藥切口處產生發黴現象，造成消費者不良的印象；特別是在節慶前數日所出現的山藥禮盒訂單，更易因作業時間之不足導致產品品質的降低。改進山藥產品包裝以提高競爭力，被認為是山藥產業調適發展方向、增強競爭力的作為之一（鄭 2001）。因此，有必要針對山藥禮盒包裝所需應用之處理技術進行研究，以期協助產業發展。

山藥切口之病原菌以青黴菌 (*Penicillium* spp.)、麴黴菌 (*Aspergillus* spp.) 與根黴菌 (*Rhizopus* spp.) 為主（范、黃 1995），屬於常見的黴菌種類。黴菌是一些「絲狀真菌」的統稱，在自然界的分佈範圍極為廣泛，土壤、水域、空氣與動植物體內外均有其存在之紀錄（沈 2003），而在蔬菜水果的採收後處理作業之中，真菌則是無法避免必定會存在的病害（Sommer et al., 2002）。上述各屬之黴菌普遍存在於空氣之中，傳播途徑以傷口感染為主（Snowdon, 1991）。而有關於山藥的貯存與保鮮技術，國內目前已有相關之研究可供參考採行，例如可使用癒傷處理與適當的貯存溫度以延長山藥的保存時間（林 陳 2002；張 2000），或搭配低溫貯存使用真空包裝（黃、范 1995）或乙烯吸收劑（張 2000）等方法。但由於禮盒包裝的利用方式，較不適合於低溫下保存或販售；並且因為存在著收到訂單之後需短時間大量供貨的特殊條件，則需要較長作業時間（4-8 日）之癒傷處理亦較不適用。故本試驗即以供禮盒包裝之山藥為試驗對象，進行常溫保存與作業時間較短之山藥處理技術之研究，並以農民慣行採用之連續風乾 6 小時之方法為對照組，研究相關技術之效果及可行性。

¹ 花蓮區農業改良場研究報告第 181 號。

2. 花蓮區農業改良場助理研究員。

材料與方法

一、試驗材料：

供試品種為長形山藥花蓮三號品種 (*Dioscorea batatas* Decne)，由花蓮縣新城鄉山藥產銷班購得，為上年度採收後貯存於 5℃ 低溫環境中之山藥產品，並經選取品質優良者為試驗材料。

二、試驗項目及方法：

(一) 山藥包裝切口發黴原因之探討

模擬農民慣行之作業模式，將山藥塊莖自冷藏庫中取出並切取適當長度之後，使用電扇連續風乾 6 小時，之後直接裝入瓦楞紙材質之禮盒中，該禮盒外型大小為 33×18×6 cm，正面有 192cm² 之鏤空部位以硬質透明塑膠隔絕，該塑膠上並有 3 個直徑 1.25cm 之圓孔可供通氣；山藥於禮盒內之排放以單層為主，藉由山藥本身之體積互相倚靠呈粗略之固著，不另添加固定用材料，每禮盒包裝內裝有山藥 6-7 支，總重約 3 台斤。禮盒包裝完畢後，另於包裝盒底部黏貼透明膠帶用以加固。本試驗處理之山藥禮盒包裝共計 5 盒。另取相同數量之山藥材料相同處理後未予包裝，放置於同一未控溫之室內環境中。包裝盒內與盒外並放置溫度紀錄器 (HOBO HTI-39, 美國) 與濕度紀錄器 (HOBO SRHA02, 美國) 各 1 具，以紀錄相關環境內溫濕度之變化情形。於包裝後四日觀察包裝內外之山藥切口發黴情形，並讀取紀錄器內溫濕度資料。

(二) 乾燥劑處理對山藥切口之影響

將塊莖自冷藏庫中取出並切取適當長度之後，使用電扇連續風乾 6 小時，之後包裝於禮盒之中，並於禮盒內頂部與底部分別添加 100g 或 200g 之袋裝乾燥劑 (螢光化學, 台灣)，其吸濕介質為矽膠 ($\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ silica gel)，吸濕後不膨脹並能保持乾燥狀態，無毒、無腐蝕性，裝於不織布袋中；每盒山藥禮盒包裝內共計添加 200g 或 400g 之乾燥劑。包裝分別於試驗開始後第四日與第七日開啟，調查包裝內各山藥材料的切口狀況，並以切口之發黴面積分級表示；每處理五重複，每重複為一盒山藥包裝。

(三) 油酸鈉加酒精處理對山藥切口之影響

將塊莖自冷藏庫中取出，待山藥溫度恢復至常溫時，將山藥塊莖切成包裝所需之適當長度之後，切口經表面消毒 5 秒鐘 (75% 酒精, 內含 1% 次氯酸鈉)，再迅速沾浸油酸鈉 (sodium oleate, 日本試藥, 日本) 溶液 3 秒鐘 (75% 酒精, 內含 1% 次氯酸鈉與 2% 油酸鈉)，陰乾後裝入前述之包裝禮盒中。另進行試驗材料經表面消毒後沾浸 2% 油酸鈉水溶液之處理、試驗材料經表面消毒後沾浸 75% 酒精 (內含 1% 次氯酸鈉) 溶液之處理以及山藥材料切成適當長度後即行包裝之對照組。包裝禮盒於試驗開始後第四日開啟，調查包裝內各山藥材料的切口狀況，並以切口之發黴面積分級表示；每處理五重複，每重複為一盒山藥包裝。

結果與討論

一、山藥包裝切口發黴原因之探討

山藥經禮盒包裝四日後調查發現，包裝內之山藥切口均產生發黴之現象，而未包裝者則未有明顯之病原菌生長之現象（圖一），因此可以認為導致發黴的原因在於山藥產品是否有包裝。而在包裝內外環境溫濕度變化之調查結果可以發現，包裝外之溫度變化隨著每日日夜週期之變化而改變，包裝內之溫度變化也有類似現象，但是溫度改變之發生時間較包裝外的溫度變化延後約 6 小時發生，並且包裝外的溫度變化幅度較為劇烈 - 其最高溫 31.12℃，最低溫 25.17℃，溫差為 5.95℃；而包裝內環境之溫度變化幅度則較小，其最高溫為 30.23℃，但發生時間是在包裝後 10 秒鐘之初期，若包裝內環境穩定後之最高溫則為 29.49℃，最低溫為 25.53℃，溫差為 3.96℃，顯示包裝內環境之溫度變化是維持在一相對較平穩的狀態（圖二）。而圖三之結果則顯示，包裝外部環境濕度之變化趨勢仍與日夜週期之變化有關，日間相對濕度較低而夜間較高，調查期間包裝外部環境之平均相對濕度為 72.61%。而包裝內相對濕度初期較包裝外濕度為低，但隨著貯存時間之增加，包裝內相對濕度之含量亦由初期之 70% 逐漸上升，在包裝 28.5 小時之後升高至 80%，在包裝 92 小時之後上升至 90% 以上，並且相對濕度之增加速率在此時有一明顯的提高；調查期間包裝內部之平均相對濕度含量為 81.65%。

在試驗期間觀察山藥切口之病原菌以青黴菌、麴黴菌與根黴菌為主，另亦曾觀察到毛黴菌 (*Mucor* spp.) 之生長，病原菌種類和范與黃 (1995) 之報告相類似。由於病原菌普遍存在於空氣之中，而包裝材料並無法提供有效的隔絕效果，因此無法阻止黴菌於山藥切口上的感染；並且因為包裝材料的影響，提供包裝內部穩定增加的較高濕之環境（圖三），有利於黴菌的生長繁殖（圖一）。因為檢視調查期間的溫度變化可以發現，無論是包裝內外，其溫度皆保持在 25℃ 至 31℃ 之間，由於大多數黴菌生長適溫為 15℃ 至 40℃ (Adaskaveg et al., 2002)，而前述溫度仍屬黴菌生長的適溫範圍之內，故由包裝所產生的溫度改變應不至於造成黴菌生長如此明顯的差異。而包裝內部的相對濕度含量不僅較高，而且呈現穩定增加的趨勢；而微生物在越潮濕的環境下，將會生長的越良好，而若環境相對溼度低於臨界值，則將會導致生長之停止 - 以黴菌而言，在環境相對溼度低於 75% 時，通常將會停止生長 (Burton, 1982)。由圖三之調查結果顯示，試驗期間包裝外部平均相對濕度低於 75%，而包裝內部則高於 75%，故此山藥切口因包裝所產生的發黴現象，應該是由於包裝內部環境的持續的高相對濕度含量所導致。張 (2000) 在山藥長期貯存的調查中亦曾發現，山藥切口表面濕度高者較易發黴，而切口乾爽，濕度低者，病媒不易滋生；而 Snowdon (1991) 亦曾指出，山藥採收後的貯存環境，應保持通風良好，可減少因微生物生長所導致的腐爛，此皆可視為相對濕度影響之佐證。

二、乾燥劑處理對山藥包裝切口之影響

表一之試驗結果顯示，於山藥包裝內添加乾燥劑，可明顯降低山藥切口之發黴現象。包裝內添加 200g 之乾燥劑，在處理後第四日其切口發黴指數於包裝頂部為 3.81，於包裝底部則為 4.38，雖仍有明顯之發黴情形，但其程度已低於對照組(指數分別為 4.86 與 5.00)；若添加

400g 乾燥劑處理者，則未發現有發黴之情形。在包裝後第七日，添加乾燥劑 200g 處理與對照組兩者，皆有嚴重之發黴情形發生，其發黴指數皆為 5.00。而添加乾燥劑 400g 處理者，仍維持明顯降低的發黴現象，僅於部分樣品切口產生發黴情形，並且程度較不嚴重，包裝頂部發黴指數為 0.12，而包裝底部為 0.18。

將環境中相對濕度的含量降低，可使微生物的生長停止。在包裝內添加乾燥劑可降低山藥切口的發黴程度，但必須添加 400g 以上才具有實際明顯之效果（表一）。雖然直接添加乾燥劑為一相對方便快捷之方法，但因為山藥本身仍為活體，具有呼吸、蒸散等生理作用，加以僅經風乾 6 小時處理，切口並未完全癒合，導致山藥本身持續的水分逸散減低了乾燥劑的效果，形成若使用的乾燥劑用量不足（200g），將無法有效抑制黴菌生長之現象。但在山藥包裝內添加 400g 之乾燥劑，不僅將增加生產成本的支出，並且因為 400g 乾燥劑之體積相對於山藥禮盒包裝而言並不算很小，因此也會造成若干操作上的不方便；而足量的乾燥劑也容易造成山藥切口因過份乾燥導致的皺縮現象，不利於產品外觀與消費者印象。再者於添加乾燥劑之前，山藥仍須經 6 小時風乾之處理，並無明顯之縮短作業時間之影響。因此，在包裝禮盒內添加 400g 乾燥劑的方法雖可有效抑制黴菌生長，但可能並不適用於實際操作上使用。

三、油酸鈉加酒精處理對山藥包裝切口之影響

山藥使用油酸鈉配合 75% 酒精處理，可以明顯降低或者完全避免包裝內山藥切口之發黴現象（包裝後第四日）；其次為單純使用 75% 酒精或油酸鈉處理者，同樣具有明顯降低發黴比率之效果，但此二種處理之試驗結果與油酸鈉配合酒精、次氯酸鈉處理的結果之間，亦存有明顯之差異，而未處理者則仍無法避免切口發黴之現象；上述各處理之影響結果並不會因位於包裝盒底部或頂部而有所差別（表二）。此一結果亦顯示，在對山藥切口發黴現象之減抑作用之中，油酸鈉與 75% 酒精皆分別扮演重要之角色。油酸鈉（sodium oleate）之分子式為 $C_{17}H_{33}COONa$ ，外觀為白色帶黃色之塊狀物質，一般當作乳化劑或展著劑使用（賴、賴 1994），油酸鈉也為「食品添加物使用範圍及用量標準」法規規定之食品添加物種類之一，可於果實及果菜之表皮被膜用，可視實際需要適量使用。75% 酒精具有滅菌清潔之效果，而包含次氯酸鈉在內的氯化物，則已被廣泛使用於水果的採收後處理作業之中，是一種最有效的、價廉的且無殘留的方法，用以降低使用水、未受傷的水果表面與所使用設備上的微生物污染（White, 1992）。

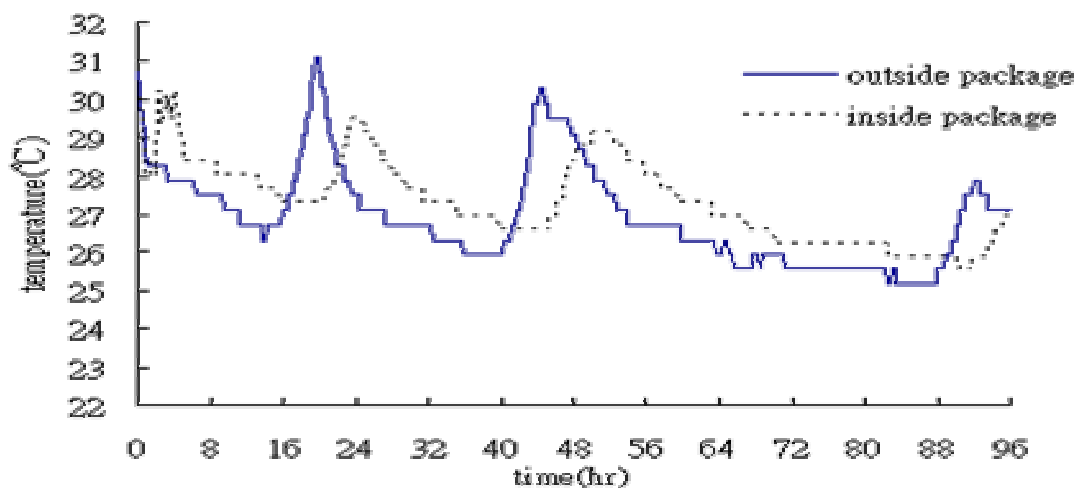
在本試驗中，油酸鈉與酒精、次氯酸鈉等材料之可能作用為在山藥切口形成之後，使用 75% 酒精配合 1% 次氯酸鈉進行切口表面消毒，將在傷口形成時即藉由空氣傳播感染的病原菌污染降低或排除，接著迅速於山藥切口表面酒精未揮發之前，使用 2% 之油酸鈉進行切口表面之被膜，而為持續維持切口表面的清潔，油酸鈉之溶劑則應使用內含 1% 次氯酸鈉之 75% 酒精。藉由油酸鈉形成的被膜效果，減緩酒精的蒸散，延長酒精清潔滅菌之效果，形成類似酒精保鮮劑的抑菌保鮮效果；而在試驗後續的觀察結果也可發現，病原菌不僅出現時間較為延後，並且生育速度亦明顯降低，顯示於山藥切口上形成被膜，可能也具有隔絕的效果，可以減低病原菌的著生與後續發育。若單獨使用油酸鈉未配合酒精與次氯酸鈉處理，雖具有

被膜之效果降低病原菌生長，但因無法降低山藥切口之病原菌污染，故無法十分有效的保存產品。而單獨使用酒精與次氯酸鈉之處理，則可能因其揮發速度較快，無法達到較長時間的保存效果；而試驗材料之所以選用酒精之考量，部分原因亦取其揮發快速，能夠縮短處理作業所需時間。簡言之，使用酒精與次氯酸鈉處理，降低山藥切口形成時的切口表面病原菌密度，並配合油酸鈉處理，延長酒精、次氯酸鈉之保存效果，並且於切口表面形成被膜，減緩後續病原菌的著生與生育，藉以達到保存產品之目的。



圖一、山藥以禮盒包裝在室溫貯放 4 日後切面之發黴情形（上為未裝盒之對照組，下為包裝組）

Fig. 1. Growth of mold on the cut surface of yam packed in gift box and kept at room temperature for 4 days. (upper : unpacked control, lower : packed)

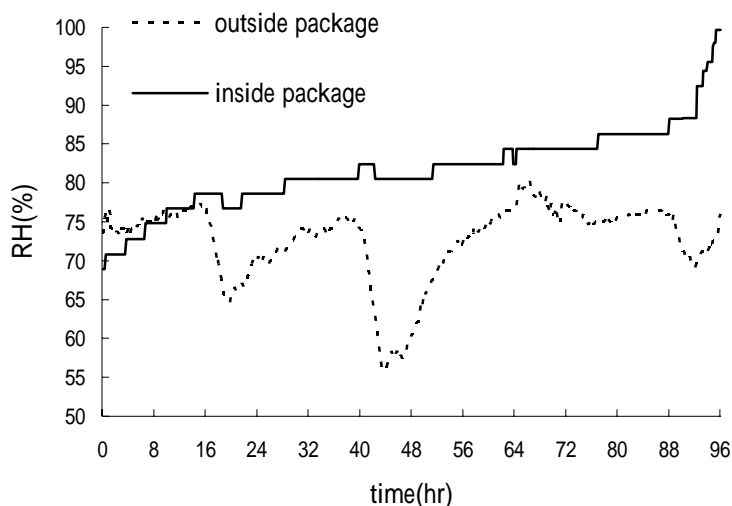


圖二、山藥禮盒包裝在室溫貯放期間內部及外部之溫度變化

Fig. 2. Records of temperature change inside and outside gift-packed yam during storage at room temperature.

改進產品包裝，可以提高產品之商品價值。然現行之山藥包裝處理採用連續風乾之作業方式，不僅無法有效減抑山藥切口之病原菌生長，並且所需作業時間較長，而若逢陰雨、終昏等氣候時段，則其處理效果更會受到影響。本試驗使用油酸鈉配合酒精、次氯酸鈉處理之作業模式，不僅可以有效減抑山藥包裝內切口發黴之現象，並且所需成本較乾燥劑為低，操

作省時 - 所需作業時間為 2 至 2.5 小時，主要為山藥材料自冷藏庫取出後恢復至常溫並去除冷凝水所需的時間；不受氣候條件與操作時段的限制，相較於慣行法僅限於上午操作、陰雨天效果差、不利於短時間大量供貨等限制，有著明顯的改進。而為確保處理之效果，處理場所、刀具等設備應使用 75% 酒精消毒清潔，以降低病原菌的污染。使用油酸鈉配合 75% 酒精、1% 次氯酸鈉處理之方式，目前尚未有相關之研究報告可供參考研究，而針對此一作業方式對於癒傷處理後山藥保存之影響，值得進一步研究。



圖三、山藥禮盒包裝在室溫貯放期間內部及外部之濕度變化

Fig. 3. Records of relative humidity change inside and outside gift-packed yam during storage at room temperature.

表一、山藥禮盒包裝中加入乾燥劑對山藥切口發黴程度之影響

Table 1. Effect of putting desiccant inside the package box on the fungal growth score of the cut surface of yam.

Treatments	Fungal growth score			
	Top		Bottom	
Desiccant	Day 4		Day 7	
200 g	3.81±0.55 ^x	4.38±0.39	5.00±0.00	5.00±0.00
400 g	0.00±0.00	0.00±0.00	0.12±0.33	0.18±0.53
CK	4.86±0.32	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00

^x 0 : no fungal infection

1 : 0 5% of the cut surface infected

2 : 5 10% of the cut surface infected

3 : 10 25% of the cut surface infected

4 : 25 50% of the cut surface infected

5 : 50 100% of the cut surface infected

表二、油酸鈉加酒精處理對禮盒包裝山藥室溫中貯放四日後切口發黴現象之影響

Table 2. Effect of sodium oleate plus alcohol treatment on the fungal infection score of the cut

surface of yam packed in gift box and stored at room temperature for 4 days.

Treatment	Fungal growth score	
	Top	Bottom
2% sodium oleate in 75% Ethanol and 1% NaOCl	0.43±0.53 ^x	0.86±0.69
2% sodium oleate in distilled water	2.20±0.45	2.86±0.84
1% NaOCl in 75% Ethanol	1.96±0.42	2.39±0.73
No treatment	4.52±0.37	5.00±0.00

^x the same as table 1.

參考文獻

- 1.沈萍 2003 微生物學 p.42 五南圖書出版社 台北.
- 2.林棟梁 陳鴻彬 2002 山藥保鮮貯藏及利用 台南區農業專訊 39:19-21.
- 3.范美玲 黃鵬 1995 真空包裝、氯化鈣及抗氧化劑對長形山藥塊莖保鮮之影響 花蓮區農業改良場研究彙報 11:23-30.
- 4.張燦如 2000 山藥採收後處理與貯藏之研究 桃園區農業改良場研究彙報 43:13-19.
- 5.黃鵬 范美玲 1995 長形山藥塊莖保鮮技術 花蓮區農業專訊 14:12-14.
- 6.鄭貴珠 2001 山藥生產成本與收益分析 農業世界 215:60-63.
- 7.賴滋漢 賴業超 1994 食品科技辭典 p. 2230 富林出版社 台中 台灣.
- 8.Adaskaveg, J.E., H. Forster, and N.F. Sommer. 2002. Principles of postharvest pathology and management of decays of edible horticultural crops. p. 163-195. In: Kader, A.A. (eds.) Postharvest Technology of Horticultural Crops. 3rd ed. University of California Agriculture and Natural Resources Publication 3311.
- 9.Burton, W.G. 1982. Post-harvest physiology of food crops. p.258. Longman Inc. USA.
- 10.Sommer, N.F., R.J. Fortlage, and D.C. Edwards. 2002. Postharvest diseases of s elected commodities. p.197. In: Kader, A.A. (eds.) Postharvest Technology of Horticultural Crops. 3rd ed. University of California Agriculture and Natural Resources Publication 3311.
- 11.Snowdon, A.L. 1991. A colour atlas of post-harvest diseases & disorders of fruits & vegetables. Volume 2 : Vegetables. p.382-390. Wolfe Scientific Ltd. England.
- 12.White, G.C. 1992. Handbook of chlorination and alternative disinfectants 3rd ed. New York: Van Nostrand Reinhold. 1,308pp. Cited in Adaskaveg, et al., 2002.