

編號：CCMP96-RD-001

中藥材輻射滅菌對包裝材料功能性質影響 研究

馮臨惠

國立宜蘭大學

摘 要

本計畫之目的是針對中醫藥委員會所公告必須有完整的包裝標示之中藥材，選擇其中10種（大黃、山楂、川芎、丹參、白芍、白果、杏仁、柴胡、陳皮及黃芩等）進行包裝適當性的探討，以利於研訂適合中藥材用鈷六十加馬射線照射的包裝方式，提供民眾優良的中藥材。針對中醫藥委員會所公告必需包裝標示之54種中藥材及27種飲片已收集包括產品的主要成分、產品的大小尺寸與形狀、儲存方法、生藥及飲片的圖樣等資料。在收集彙整國內、外有關中藥材包裝與保存條件之研究發展文獻技術資料方面，發現有關中藥材的包裝與保存條件之學術研究資料非常有限。中草藥材變質的現象與原因可分為蟲蛀等十種。中藥材飲片傳統均採用麻袋、PP編織袋、木箱、紙箱等大劑量包裝，包裝的規格雜亂無章，沒有統一的標準，藥材飲片保存品質難以保證。有關單一藥材的保存的細部條件（如環境溫度、濕度等）的資料則非常有限，大部分的書籍僅就保存的條件僅僅說明“置通風乾燥處”或再加上“防蟲蛀”或“防霉”等。少數特殊的藥材飲片會列有特殊的保存要求。針對10種中藥材飲片進行包裝適當探討，試驗結果顯示：目前中藥房市售中藥材飲片的包裝方式，除散裝外，以塑膠袋裝及紙盒加裹包塑膠膜包裝為主。其中單層或積層的塑膠袋包裝防潮較佳。但單獨以紙盒包裝則無法提供產品所需的保護性，會導致產品發霉腐敗。由十種中藥材的等溫吸濕曲線及現有產品的水活性測試結果分析，用單層聚烯烴塑膠袋包裝已經足夠隔絕外界水氣的入侵。若以鈷六十加馬射線照射滅菌適當的控制原料的總微生物數量，則可以有相當的保存期限。此外，對於含有油脂的中藥材則應考慮使用具有氣體阻隔性的積層塑膠袋（如Nylon/LLDPE、Nylon/ EVOH/LDPE類），並適當的使用吸氧劑小包，可以延緩中藥材的油耗味，若要完全防止中藥材的泛油現象，低溫冷藏貯藏仍是較佳的方法。以10kGy及30kG照射市售常用的柔軟性塑膠包裝材料，結果顯示影響有限。

關鍵詞：中藥材、包裝、加馬線滅菌

Number:CCMP96-RD-001

Study on the Effect of Irradiation on Functional Properties of Packaging Materials for Chinese Medicine Herbs

Lin-Huei A. Ferng
National I-Lan University

ABSTRACT

The objective of this work is to investigate the present status of packaging and storage conditions for those traditional Chinese medicine herbs (CMHs) required to have completed packaging and labeling which is proclaimed by the committee on Chinese Medicine and Pharmacy, Department of Health. Ten of those traditional CMHs, including Rhei Rhizoma, Crataegus Fructus, Ligustici Rhizoma, Salvia miltiorrhizae Radix, Paeoniae Radix Alba, Ginkgo biloba, Armeniacae Semen, Bupleurum spp., Citri Reticulatae Pericarpium, Scutellariae Radix which had been studied about the effects of gamma irradiation on microbial contamination, were selected to study the suitability of packaging for irradiation processing by gamma ray. Twenty commercial monolayer and multilayer flexible packaging materials were chosen to study the effect of irradiation on mechanical property, and appearance as well. Gamma irradiation was performed in a 30,000 Ci cobalt-60 hot cell at the Nuclear Science and Technology Development Center, National Tsing Hua University. Specimens were exposed to two doses of gamma irradiation (10 and 30 kGy). The result of investigation revealed there are two major commercial packaging for the ten CMHs, paperboard box with shrink wrapping and plastic bags with monolayer or multilayer film. The box packaging could not offer properly protection for the content causing molding and deterioration. The bags were more suitable to package the CMHs. The studies on the water activity and sorption isotherm of those CMHs showed the monolayer polyolefin film is enough to prevent the permeating of water vapor from outer environment. Therefore, with suitable dose of gamma irradiation to control the load of microbial of CMHs, the shelf life of the product should be extended with simply packaging. However, for the CHMs

with high oil content the gas barrier multilayer plastic bag, such as Nylon / LLDPE or Nylon/ EVOH / LDPE should be used to prevent oil oxidation of the content. The limit effect was showed on the on mechanical property, and appearance of commercial plastic films irradiated by gamma irradiation (10 and 30 kGy).

Keywords: Chinese medicinal herbs, packaging, gamma-ray irradiation

壹、前言

中藥材主要來自天然植物、動物及礦物，除作為醫療用途外，國內消費者也以中藥材為膳食補養的食材。藥材因原產地處理不良，或在包裝、運輸、貯存過程中不當措施造成品質劣變或微生物污染，影響藥材之使用功能。微生物滋生會造成藥材成分耗損而降低療效，甚至微生物產生毒素，影響藥材之安全性。因此，藥材從栽種的環境、採收後處理、包裝後的儲藏等過程可能都會影響中藥材之安全品質。目前國內中藥材並無特定規定的包裝貯藏條件，廠商多半以簡易包裝方式儲存與流通，尋求最適化的中藥材包裝和貯存條件對維持藥材品質而言是重要課題⁽¹⁰⁾。由於，國內有關中藥材包裝貯藏方面的技術資料甚缺，對於每種中藥材的保存條件也僅簡易記載，不利後續有關包裝中藥材發展推廣工作的需要。

包裝是一種重要的保存技術。包裝的發展與人類對食品保存的需求有非常密切的關連。自古人類就面對許多食物的競爭者：動物、昆蟲及微生物都會造成食物的損失與消耗。且這些損失從食物的種植、收穫、儲藏、運輸直到銷售都會發生的。特別是由微生物引起的；食物受到它們的污染不祇是腐敗、長霉或變質，有些微生物還會引起疾病甚至死亡。許多資料也顯示在發展中國家，收穫的農產品由於缺乏正確的包裝，平均損耗達20到25%，情形嚴重的區域甚至達一半以上。世界的可耕地面積十分有限，要有充份的糧食供應日漸增加的人口，以改善食品包裝與增加農業生產進行比較，良好的食品包裝會是一個較節省的“增加供應量”的途徑^(2,4,7)。選擇適當的包裝系統必須由包裝功能角度探討。包裝的功能包括盛裝、保護、溝通等基本功能。此外為達成或提高生產作業的效率也必須要有“生產”功能。又由於社會與顧客的期望又加上“環境保護”、“安全衛生”及“便利性”等其他商業經濟相關的功能。隨著消費者的要求漸漸增加，可應用的科技亦日益進步，包裝系統在現代社會經濟的角色與功能自然也更加增多。根據英國包裝協會(The UK Institute of Packaging)提供的三種對包裝之定義：包裝是一個為使生產完成的產品可以運輸、分配、儲藏、銷售及使用之協調完整的系統。其次，包裝是一種可以確保產品在良好的使用狀況及最少的花費成本之下，安全的運送到最終使用的消費者手中的工具。第三；包裝是一項技術／經濟綜合體，目標指向在應用最少的運銷成本仍然達到最大的銷售效果及最高的利潤。綜合而言，包裝系統的選擇必須兼顧盛裝、保護、溝通、生產與經濟等多方面的角度。^(2,4,7,21)

輻射照射用於食品之保存已被多數國家承認是一種食品加工及保存方法，食品在新鮮狀態或加工包裝後照射，可以在不需加熱或添加防腐劑的條件，延長食品的保存期限。中醫藥委員會多年來已委辦過許多計畫研究探討輻射滅菌的技術可行性，目前已進入研究最低輻射劑量標準及滅菌量產評估的階段，藉以提高中藥材之運銷貯藏品質^(12,19)。有關中藥材之包裝材料應用現況及包裝材料經輻射照射對材質之影響亦著手進行初步的探討。但對於整體包裝系統的適用性及經濟性評估仍待補強。為了全面提昇中藥材品質及加強源頭管理，中醫藥委員會於九十二年提出建構中藥用藥安全環境五年計畫，並於九十三年一月開始執行。冀以能切實維護臺灣每年數百萬中草藥消費者之用藥安全，這項計畫的推動是我國中醫藥邁向品質保證的一大里程碑。可確保我國製藥品質及技術的成熟，以大幅提振藥廠整體形象，有助於提昇國際競爭力，帶動生技

製藥產業及中藥用藥安全產業之發展，把中草藥發展成高產值之產業^(11,19)。中國大陸是我國重要的中藥材進口地區，進口藥材除提供國人使用，亦可於加工增值後出口至歐美國家。為確保進口藥材之品質及國人之用藥安全，同時因應加工中藥材在出口時所必須面對外國之相關檢驗規範，建立我國的中藥材樣品採集、處理、檢驗標準程序，中醫藥委員會也推動中藥材利用輻射滅菌技術處理，以提高藥材之品質的研究計畫。並已完成數十種中藥材輻射滅菌需求劑量的研究。在歐美許多國家利用輻射照射技術處理食品、藥草之滅菌、滅蟲均已行之有年，並訂定核可照射劑量。如中國大陸、加拿大、法國、比利時、挪威，波蘭與南斯拉夫之許可劑量為10kGy，丹麥與荷蘭為15kGy、美國為30kGy，韓國核可人參照射之劑量為7kGy - 美國食品藥物管理局(FDA)於1986年通過兩項食品照射法規，其中指出乾燥或脫水的芳香蔬果植物，如香辛料及蔬菜調味料，可使用30kGy之劑量進行處理。同時FDA也認為經低劑量照射之食品是安全的，不需毒性試驗。國外已有許多草藥及肉桂、豆蔻等香料與醫療用品、藥物（如抗生素等），及多項牛肉、果泥，菇類食品、及中藥材進行輻射照射滅菌之研究。國內亦有、蝦粉、雞丁、牛肉粉、豬肉粉及大蒜等食物以輻射滅菌保存之研究^(12,13,14,16,17,20)。吳孝芸(2004)研究包裝存放對赤芍、白芍及延胡索之品質影響；結果顯示，延胡索經10kGy的加馬射線照射並不會嚴重減少其指標成分corydaline的含量，因此延胡索應可利用加馬射線照處理，照射完後可採真空或非真空包裝；但是白芍和赤芍經10kGy的加馬射線照射會影響其指標成分的含量，建議尋求另外適當包裝保存的方法⁽¹²⁾。此報告顯示中藥材來源複雜多樣，所具有的有效成份又各自不同，必須藉由專業的研究發展，建立

適合於個別藥材輻射滅菌保存的包裝系統。利用輻射照射技術處理食品之滅菌的研究已有多多年，相關的研究文

獻也很多⁽²⁰⁾。但是，關於輻射照射處理對包裝材料性質影響的研究則相當有限。在國內食品工業發展研究所曾進行電子射線(electron beam)對塑膠包裝材料強度影響的研究。近年來，由於照射食品已被美國FDA認為經低劑量照射是安全的，不需毒性試驗。在歐美的有關輻射照射處理對包裝材料性質影響研究也較為增加。包裝材料，尤其是塑膠材質，受輻射照射技術處理會產生物理與化學的變化。有些變化會直接影響到產品包裝的功能品質^(1,3,8,9)，必須列入產品輻射照射處理之包裝設計的考慮因素。這類塑膠包裝材料由照射產生的變化受到包裝材料化學結構、添加物（抗氧化劑、安定劑、色料）、製程歷史、照射條件（照射劑量、照射速率）及照射環境氣體成分（主要為氧氣）因素的影響^(1,2,8,9)。氧氣促進包裝材料的氧化連鎖反應，進而產生過氧化氫、醇、一氧化碳、二氧化碳及各類含氧的低分子量化合物。因而，形成包裝材料的異味（不良氣味，off-flavors）。有時也會伴隨產生氫氣、甲烷及其他碳氫化合物。適當的選擇包裝材料或照射條件與環境可以有效地降低這些問題的發生⁽¹⁾。美國FDA對輻射滅菌用的包裝材料訂定有要求的規範：US CFR 21§179.45⁽⁵⁾，這項規範核准於1960，主要是以塑膠單層材料為主。目前，食品界使用的市售材料大都為多層的積層材料。近年來也有研究探討電子射線照射對柔軟多層包裝材料性質的影響，所有的試驗材料經5、20及100 kGy照射均會產生異味與裂解產物，並造成風味問題。但試驗也證明包裝材料的結構與氣體透過性質均沒有顯著性的差異變化⁽⁶⁾。另韓國的研究也顯示PS、PC、PA-6及PVC受到5-200kGy的加馬射線照射會產生微量的單體殘留⁽⁵⁾。本計畫之目標是對中醫藥委員會所公告必須有完整的包裝標示之54

種中藥材飲片及27種中藥材，選擇其中10種中藥材優先進行包裝適當性的探討，研訂適合中藥材用鈷六十加馬射線照射的包裝方式，以延長保存期限，提供民眾優良的中藥材。

貳、材料與方法

一、材料

(一) 中藥材

1. 大黃片：*(Rheum officinale Baillon)* 蓼科 *Polygonaceae* 植物。
2. 山楂：*(Crataegus pinnatifida BUNGE)* 薔薇科植物山楂之乾燥成熟果實。
3. 川芎：*(Ligustici Rhizoma)* 傘形科多年生草本之根莖。
4. 丹參：*(Salvia miltiorrhiza Bge)* 為唇形科多年生草本植物丹參的根及根莖。
5. 白芍：*(Paeoniae lactiflorae Pall.)* 為毛茛科植物芍藥(*Paeonia lactiflora Pall.*)的乾燥根。
6. 白果：*(Ginkgo biloba Linn)* 為銀杏科，屬落葉喬木的種子。
7. 杏仁：*(Prunus armeniaca L.)* 為薔薇科植物山杏(*P. armeniaca L. var. ansu MAXIM.*)乾燥成熟種子。
8. 柴胡：*(Bupleurum chinense DC.)* 為繖形科 (*Umbelliferae*)。狹葉柴胡(*Bupleurum scorzonerifolium Willd.*) (南柴胡) 及柴胡(*Bupleurum chinense DC.*) (北柴胡) 與其他同屬植物之根部。
9. 陳皮：*(Citri Reticulatae Pericarpium)* 為本品係芸香科(*Ruceae*)植物福橘(*Citrus reticulate Blanco*)及同屬近緣植物的乾燥成熟果皮。
10. 黃芩：*(Scutellaria Radix)* 為唇形科植物黃芩(*Scutellaria barica-lensis GEORGI*)及同屬近約植物之乾燥根。

所有藥材均購自宜蘭地區中藥店。

- (二) 包裝材料 柔軟性塑膠及積層包裝材料，係由國內包裝材料製造商三櫻企業股份有限公司及聯盟包裝公司代為收集常用的食品包裝材料，材料結構與組成詳表一。其中有兩種單層塑膠袋則購自宜蘭地區超級市場。

二、方法

(一) 基本貯存性質分析

1. 水分含量：取定量樣品於105℃乾燥箱乾燥至恆重，計算之。
2. 水活性：
3. 等溫吸濕曲線測定：

將中藥材置放在內有各種試藥飽和溶液之乾燥罐，於室溫(25℃)下，待水分達到平衡後，測定中藥材水分含量，以圖形表示出其吸濕曲線。所用試藥為：氯化鋰(LiCl, $A_w=0.11$)，氯化鎂($MgCl_2$, $A_w=0.33$)，碳酸鉀(K_2CO_3 , $A_w=0.44$)，硝酸鎂($Mg(NO_3)_2$, $A_w=0.52$)，氯化鈉(NaCl, $A_w=0.75$)，氯化鉀(KCl, $A_w=0.85$)，硫酸鉀(K_2SO_4 , $A_w=0.97$)，磷酸鈉(Na_3PO_4 , $A_w=0.98$)。

(二) 包裝材料性質分析

1. 拉張強度(Tensile strength)：本試驗包裝材料性質測定，若有註明外，均採用美國材料實驗協會(American Society for Testing and Materials, ASTM)，拉張強度使用ASTM D882標準方法。
2. 延伸度(Elongation)：採用ASTM D882標準方法。
3. 蒸發殘渣；蒸餾水，60℃，30分鐘。（食品器具、容器及包裝衛生標準之一般規定）。
4. 顏色(Lab)：使用色差計(Hunter color meter)，以四個方向測定樣品之Hunter L（亮度）、a（+紅色度、-綠色度）、b（+黃色度、-藍色度），探討照射是否影響其之外觀色澤。每一樣品進行4重複之測量。

(三) 加馬輻射照射

1. 輻射源及輻射劑量率測定：樣品照射於清華大學原子科學技術發展中心同位素組之三萬居里鈷六十照射熱室中進行。照射劑量範圍係參考文獻及個人先前對中藥材輻射照射滅菌之研究成果，訂為10 kGy 及30 kGy（劑量率為5kGy/h）。輻射劑量測定以硫酸亞鐵水溶液劑量計(Frick's dosimeter)進行。其成份包括0.001 M $FeSO_4$ ，0.001 M NaCl 及含飽和空氣之0.8 N硫酸水溶液。因輻射能之作用使亞鐵離子(Fe^{2+})氧化成鐵離子(Fe^{3+})，以304 nm 或224 nm 光譜通過劑量計溶液 分析鐵離子的濃度測量之。此系統測量之劑量範圍較大，誤差較小(1~2%)。且若以0.01 M之 $CuSO_4$ 加入硫酸亞鐵溶液中，因銅離子的還原作用減少溶氧之消耗，可使劑量範圍增至 10^5 Gy。
2. 包裝材料輻射照射：

包裝材料來源分列如表一。對每樣品進行鈷六十照射熱，置於距離射源特定距離之照射架上，照射架以每分鐘10轉旋轉，使照射樣品得到均勻的輻射劑量率，照射溫度為室溫（ $25\pm5^\circ C$ ）樣品經不同照射時間取樣，以得到所需之照射劑量。

參、結果

一、市售中藥材包裝適當性的探討

(一) 市售中藥材包裝現況 為瞭解中醫藥委員會所公告必需包裝標示之中藥材及飲片的基本資料，針對天麻、續斷、玄參、木瓜、牡丹皮、赤芍、乾薑、澤瀉、黃柏、香附、天南星、川烏、草烏、三稜、桔梗、何首烏、蒼朮、枳實、枳殼、細辛、黃連、升麻、延胡索、石菖蒲、玉竹、百部、知母、厚朴、桑白皮、葛根、骨碎補、鎖陽、豬苓、羌活、獨活、川木香、雞血藤、射干、薑黃、白鮮皮、龍膽草、藁本、秦艽、天門冬、麥門冬、遠志、麻黃、沒藥、乳香、巴豆、桃仁、杏仁、川木通及粉防己等54種中藥材及茯苓、山藥、百合、白果、黃耆、白朮、當歸、熟地黃、白芍、紅棗、甘草、川芎、檀香、肉桂、杜仲、黨參、烏梅、山楂、黃芩、陳皮、柴胡、丹參、大黃、防風、小茴香、半夏及番瀉葉等27種中藥飲片，收集包括產品的主要成分、產品的大小尺寸與形狀、儲存方法、生藥及飲片的圖樣等資料製成Power-point的投影片計512頁，作為瞭解中藥材包裝的基礎。中藥材保存與包裝技術資料彙編的第15頁到至97頁。

在收集彙整國內、外有關中藥材包裝與保存條件之研究發展文獻技術資料方面，發現有關中藥材的包裝與保存條件之學術研究資料非常有限。有關中藥材包裝與保存之條件散見於中藥材炮製學的章節之中，茲將所收集書籍及網路資料彙集整理：中藥材保存與包裝技術資料彙編的第1頁到至14頁。其中，中草藥材變質的現象與原因可分為十種，包括：蟲蛀、發霉、變色、泛油、散氣、風化、潮解溶化、粘黏、失潤及腐敗等。

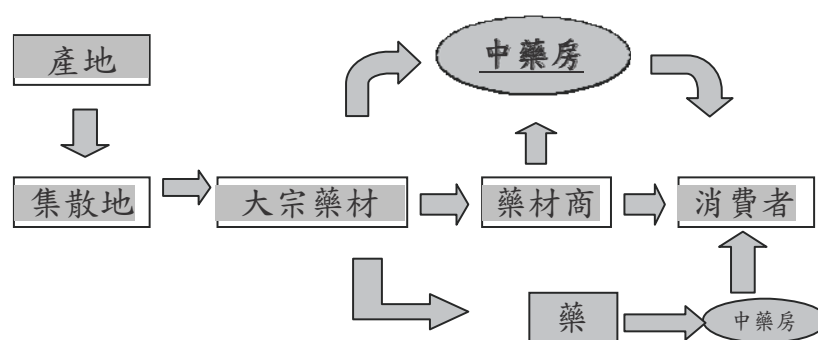
中藥及其炮製品的貯藏保管是一門綜合性科學。因為，中藥材性質複雜，品種繁多，貯藏保管技術要求較複雜且技術性較高。茲將所有收集的資料，按照採收後加工處理與儲存、傳統的儲藏保管法、不同性質中藥材的傳統貯藏法、新加工及包裝技術的應用及中國大陸飲片包裝發展現況等五項分列於附件。

資料中也顯示中藥材飲片傳統均採用麻袋、PP編織袋、木箱、紙箱等大劑量包裝，包裝的規格雜亂無章，沒有統一的標準，藥材耗損、飲片污染，甚至霉變、蟲蛀等現象時有發生，使中藥材飲片品質難以保證。進一步分析有關單一藥材的保存條件的細部條件（如環境溫度、濕度等）的資料則非常有限，大部分的書籍僅就

保存的條件僅僅說明“置通風乾燥處”或再加上“防蟲蛀”或“防霉”等。少數特殊的藥材或飲片（如巴豆霜）會列有特殊的保存要求。考量其原因是：自古中藥材都是以“乾燥”為主要的保存技術，延用多年為一種有效且務實的方法。有些炮製加工的方法（如蜜煉），以食品保存技術的角度來看，均是以控制產品的“水活性” (water activity) 為主。就包裝保存技術而言，包裝中藥材或飲片要得到適當的保存期限，只要包裝前將產品加工調整到適當的水活性，再藉包裝阻隔控制水分的遷移（防潮），就可以達到保存之目標。

因此，為瞭解國內市售中藥材飲片包裝的現況，於宜蘭地區中藥房購買小包裝的市售中藥材飲片，包括大黃、山楂、川芎、丹參、白芍、白果、杏仁、柴胡、陳皮及黃芩等十種。藥材重量均為600公克。其包裝方式（如圖一）主要以單層及積層的聚烯烴塑膠袋為主（計八種），塑膠袋的尺寸（表二）近似，長度介於18~30cm，寬度介於17~26cm。紙盒裝的有大黃、川芎與白果。紙盒尺寸也近似，僅高度差異。其中白果有乾濕兩種，包裝方式也不相同，乾的白果以紙盒包裝，濕的白果則以積層塑膠袋包裝。由目前市售中藥材的流程（如下圖）及所收集的中藥材包裝現

況可知，中藥材及飲片包裝不論是由工廠源頭直接包裝或中藥盤商自行再包裝，包裝方式均以實用為主，包裝簡單且款式單調，標示已包含法令的要求但與食品標示比較仍為含糊不清。就中藥材及飲片包裝的保存功能設計與規劃而言，仍有相當發展的空間。



(二) 市售中藥材的水分活性及等溫吸濕曲線測定

根據中醫藥委員會的資料選定十種已有照射保存條件資料的中藥材：白芍，白果，黃芩，杏仁，川芎，山楂，柴胡，陳皮，丹參及大黃等，就產品的性質、產品的形狀及儲存環境與方法進行較詳細的保存技術資料收集，並進行市售藥材實體測試及保存特性試驗

分析。結果如下：

1. 白 芍




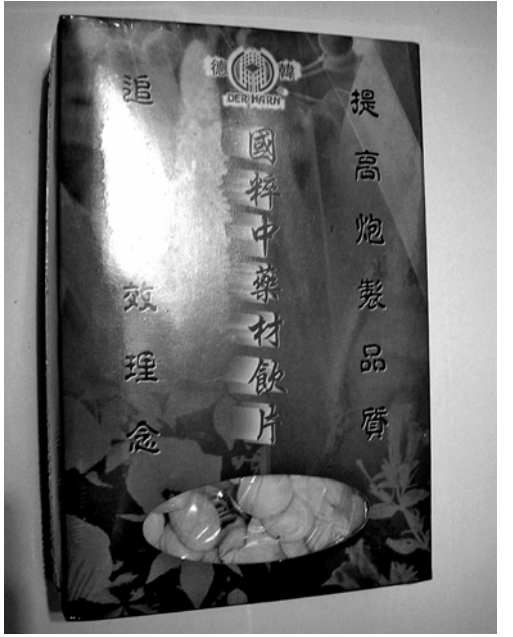
- (1) 產品的性質：成分：主要含有芍藥苷(Paeoniflorin)、芍藥花苷(Paeonin)、牡丹酚(Paeonol)、白芍藥苷(Albiflorin)、苯甲酰芍藥苷(Benzoylpaeoniflorin)、羥基芍藥苷(Oxypaeoniflorin)、芍藥吉峇(Paeoniflorigenone)。另含苯甲酸(Benzonic acid)、 β -穀甾醇(β -Sitosterol)、沒食子鞣質(Gallotannin)、Pedunculagin、Eugenin等鞣質成份以及揮發油、胡蘿蔔苷、蔗糖等。
- (2) 產品的形狀；藥材性狀：(A)白芍：為類圓形的薄片，表面類白色或淡紅棕色，片面平滑，角質樣，形成層環明顯，射線放射狀。質堅脆。氣微，味微苦、酸。(B)炒白芍：表面微黃色，偶見焦斑。(C)酒白芍：表面微黃色，微有酒香氣。飲片性狀：飲片為橫切、斜切或縱切橫片，厚約1mm，切斷面平滑，角質，類白色或微紅色，形成層環紋明顯。射線類白色、較寬。味微苦而酸。炒白芍顯焦黃色；焦白芍顯棕黑色，具焦氣。白芍為近圓形或橢圓形的薄片，表面類白色或微帶棕紅色，片面平滑，角質樣，有明顯的環紋和放射狀紋理。周邊淡棕紅色或粉白色，有皺紋。質堅脆。氣微，味微苦酸。酒白芍呈微黃色，微有酒氣。炒白芍表面微黃色，偶見有焦斑。有焦香氣。醋白芍呈微黃色，微有醋香氣。土炒白芍呈土黃色，微有焦土氣。
- (3) 儲存環境與方法：白芍應貯藏於乾燥、通風的庫房中，嚴防受潮。如含水量過高，應通風攤晾，使水分發散。在梅雨季節，容易生霉、發熱、變色及蟲蛀，應經常檢查翻曬。翻曬時，直置於溫和陽光下，忌烈日。如發紅或蟲蛀，可先噴霧水氣在表皮上，以硫磺燻2~4小時，再置於弱陽光下曬乾。

(4) 市售藥材實體測試

品名	長(cm)	寬(cm)	高(cm)	密度(g/mL)	鬆密度(g/mL)	形狀
白芍	2.15±0.20	1.93±0.22	0.1±0.01	0.853	0.31	近圓形或橢圓形的薄片(微黃色)

白芍	散裝	包裝	總生菌數(CFU/g)
水活性	0.72	0.71	1.5×10 ³
水分含量(%)	7.90±0.28	12.39±0.01	

(5) 樣品與包裝相片

	
藥房散裝藥材	市售包裝藥材
	
市售包裝(一)	市售包裝(二)

2. 白 果

- (1) 產品的性質：成分：種子含少量氰苷(Cyanophoric)，赤霉素(Gibberellin)和動力精樣(Cytokinin-like)物質。內胚乳中分離2種核糖核酶，一般組成為：蛋白質 6.4%，脂肪 2.4%，碳水化合物 36%，鈣 10mg，磷 218 μ g，核黃素(Riboflavine) 50 μ g以及多種胺基酸。外種皮含銀杏黃素(Ginkgetin)、異銀杏黃素(Isoginkgetin)、白果酸(Ginkgolic)、氫化白果酸(Hydroginkgolic acid)、氫化白果亞酸、白果酚(Ginkgol)和白果醇(Ginnol)以及天門冬素(Asparagine)、甲酸、丙酸、丁酸、辛酸、二十九烷醇-10等。

- (2) 產品的形狀：藥材性狀：本品倒卵或橢圓形，略扁，兩頭稍尖，長徑1.7-3.3厘米，短徑1-1.7厘米。外殼（種皮）白或灰

白色，平滑堅硬，邊緣有二稜線盤繞，一端有小長方形突起物。殼內有長扁圓形種仁，剝落時一端有淡棕色薄膜。種仁淡黃或黃綠色，粉質，中心有空隙。氣微，味甘微苦澀。飲片性狀：(1)白果仁：本品略呈橢圓形，一端稍尖，另端鈍，長 1.5~2.5cm，厚約 1cm。表面黃白色或淡棕黃色，平滑，具 2~3 條稜線。中種皮（殼）骨質、堅硬。內種皮膜質，種仁寬卵球形或橢圓形，一端淡棕色，另一端金黃色，橫斷面外層黃色，膠質樣，內層淡黃色或淡綠色，粉性，中間有空隙。無臭，味甘，微苦。(2)炒白果仁：表面黃色至黃棕色，可見焦斑，氣香。





(3) 儲存環境與方法：置通風乾燥處。

(4) 市售藥材實體測試

品名	長(cm)	寬(cm)	高(cm)	密度(g/mL)	鬆密度(g/mL)	形狀
白果	1.85±0.17	1.17±0.11	0.9±0.05	0.947	0.69	呈橢圓形，一端稍尖，另端鈍(黃白色)

白果	散裝	包裝	總生菌數(CFU/g)
水活性	0.95	0.94	9.5×10
水分含量(%)	34.11±0.68	30.91±1.08	

(5) 樣品與包裝相片

	
藥房散裝藥材	市售包裝藥材
	
市售包裝(一)	市售包裝(二)

3. 黃 芩



- (1) 產品的性質：成分：含多種黃酮類成份，主要有黃芩元(Baicalein)、黃芩苷(Baicalin)、漢黃芩苷(Wogonoside)、漢黃芩素(Wogonin)。此外尚含 β -穀甾醇、豆甾醇、苯甲酸。
- (2) 產品的形狀：藥材性狀：呈圓錐形，多扭曲，長 5~25cm，直徑 1~3cm，表面棕黃色或深黃色，上部較粗糙，有扭曲的縱皺或不規則網紋，下部有順紋和細皺，具側根殘痕，頂端有莖痕或殘留莖基。質硬而脆，易折斷，斷面黃色，中間紅棕色；老根中間呈暗棕色或棕黑色，枯朽狀或已成空洞。氣微，味苦。飲片性狀：(A)黃芩片：為長條形、圓形或不規則，直徑 0.5~2(~3)cm，長至 15cm，厚 1mm。切面黃色或深黃色，具放射狀紋理，中間紅棕色或呈棕黑色枯朽狀。周邊棕黃色或深黃色，具縱向皺紋或不規則網紋與疣狀根痕。質硬而脆，易折斷，氣微，味苦。(B)酒黃芩片：形如黃芩片，表面深黃色或棕黃色，略有酒氣。(C)黃芩炭：形如黃芩片，表面黑褐色，斷面中心棕黃色。
- (3) 儲存環境與方法：置通風乾燥處，防潮。

(4) 市售藥材實體測試

品名	長(cm)	寬(cm)	高(cm)	密度(g/mL)	鬆密度(g/mL)	形狀
黃芩	6.23±0.73	0.94±0.15	0.23±0.08	0.859	-	為長條形、圓形或不規則(切面黃綠色或深黃綠色)

黃芩	散裝	包裝	總生菌數(CFU/g)
水活性	0.60	0.56	2.2×10 ⁵
水分含量(%)	9.00±0.18	8.32±0.29	

(5) 樣品與包裝相片

	
藥房散裝藥材	市售包裝藥材

	
市售包裝(一)	市售包裝(二)

4. 杏 仁

- (1) 產品的性質：成分：種子含脂肪油約 50%。苦杏仁苷 (Amygdalin) 約 3%，水解生成氫氰酸、苯甲醛。苦杏仁酶 (Emulsin)，苦杏仁苷酶 (Amygdalase)，櫻葉酶 (Prunase)，連囊素酶 (Allantoinase)，乳糖酶。在熱水或醇中煮沸即被破壞。另含有維生素 B1 及 Δ^24 -膽甾醇，雌性酮 (Estrone)， γ -雌二醇 (γ -Estradiol)。
- (2) 產品的形狀：藥材性狀：扁心臟形，長 1-1.7 厘米，寬 0.8-1.2 厘米，厚 0.5-0.8 厘米。基部圓形，左右不對稱，頂端尖。種皮薄，紅棕色，有不規則縱紋及基部合點處射出之多數紋理，頂端有珠孔，下方邊緣具短線形種臍，種脊自種臍沿邊延伸至合點。表面有細微顆粒狀突起，除去種皮及菲薄胚乳，具二片大形淺黃白色子葉。胚根及胚莖介二子葉尖端，子葉接合面常有空隙。氣微，味稍苦。飲片性狀：(A) 苦杏仁：呈扁心形，種皮薄，棕色至暗棕色，內有白色子葉 2 片，富油性，味苦。(B) 燂苦杏仁：為心形的乳白色種仁，特異香氣濃，味苦。(C) 炒苦杏仁：為心形的淡黃白色種仁，特異香氣濃，味苦。(D) 苦杏仁霜：為棕黃色乾燥薄片狀物，具杏仁的特異香氣。


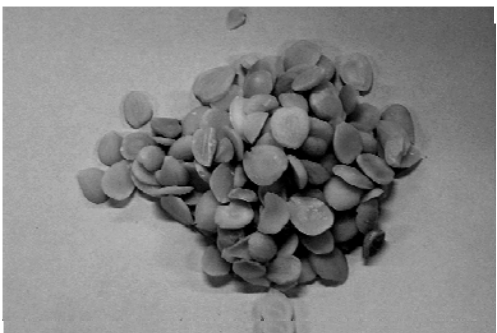

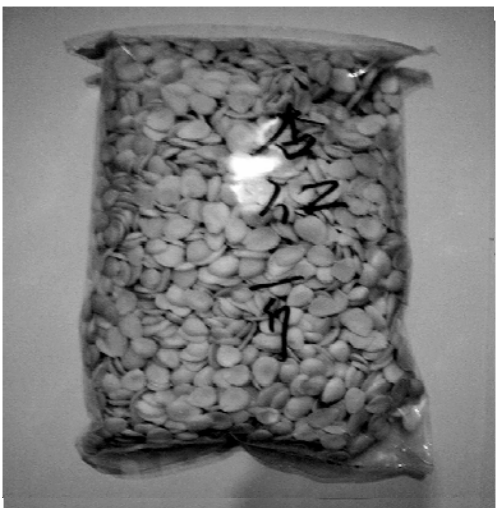
(3) 儲存環境與方法：置陰涼乾燥處，防蛀。

(4) 市售藥材實體測試

品名	長(cm)	寬(cm)	高(cm)	密度(g/mL)	鬆密度(g/mL)	形狀
杏仁	1.19±0.09	0.97±0.13	0.1±0.01	0.719	0.51	扁心臟形(乳白色)

杏仁	散裝	包裝	總生菌數(CFU/g)
水活性	0.66	0.51	1.14×10^3
水分含量(%)	4.78 ± 0.29	2.65 ± 0.44	

(5) 樣品與包裝相片

	
藥房散裝藥材	市售包裝藥材
	
市售包裝(一)	市售包裝(二)

5. 川 芎

- (1) 產品的性質：成分：含揮發油、阿魏酸 (Ferulic acid)，以及 4-羥基-3-丁基酞內酯(4- Hydroxy- 3- butylphthalide)、川芎酞內酯(Senkyunolide)、槁本內酯(Ligustilide)、川芎嗪(Tetra-methyl- pyrazine)、川芎酚(Chuanxiongol)、瑟丹酸(Sedanic acid)等。
- (2) 產品的形狀：藥材性狀：呈不規則結節狀拳形團塊，直徑 2~7cm。表面黃褐色，粗糙皺縮，有多數平行隆起的輪節，其頂端有凹陷的類圓形莖痕，下側及輪節上有多數小瘤狀根痕。質堅實，不易折斷。斷面黃白色或灰黃色，可見波狀環紋或不規則多角形的紋理（形成層），散有黃棕色的小油點（油室）。氣濃香，味苦辛，稍有麻舌感，微回甜。以個大質堅實、斷面色黃白、油性大、香氣濃者為佳。飲片性狀：(A)川芎片：為不規則片狀，形如蝴蝶者，俗稱“蝴蝶片”，直徑 1.5~1.7cm，厚 2~4mm。切面光滑，黃白色或灰黃

色，具波狀環紋（形成層）或有隱現不規則的筋脈紋，散有黃棕色小油點（油室）；周邊黃褐色或棕褐色，粗糙不整齊，多深缺刻，有時可見鬚根痕、莖痕及環節。質堅硬。具特異香氣，味苦辛，稍有麻舌感，微回甜。(B)酒川芎：形如川芎片，色略深，偶見焦斑。略有酒氣。

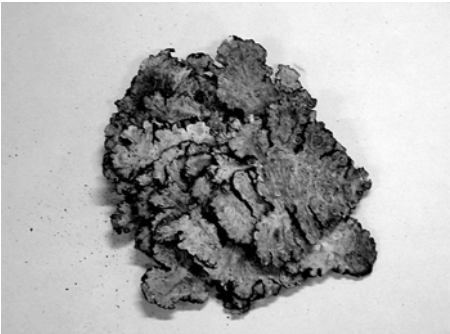



(3) 儲存環境與方法：宜在 30℃ 以下置陰涼乾燥處，防蛀。

(4) 市售藥材實體測試

品名	長(cm)	寬(cm)	高(cm)	密度(g/mL)	鬆密度(g/mL)	形狀
川芎	5.86±0.65	4.14±0.83	0.1±0.01	0.558	0.32	呈不規則蝴蝶片狀(黃白色或灰黃色，不規則的筋脈紋，散有黃棕色小油點)

川芎	散裝	包裝	總生菌數(CFU/g)
水活性	0.69	0.65	6.3×10 ²
水分含量(%)	13.48±1.06	10.56±0.17	

(5) 樣品與包裝相片

	
藥房散裝藥材	市售包裝藥材
	
市售包裝(一)	市售包裝(二)



6. 山 楂

- (1) 產品的性質：成分：含金絲桃苷、態果糖、維生素 C、維生素 B6、維生素 B2 等。
- (2) 產品的形狀：藥材性狀：完整果實近球形或梨形，直徑 1~2.5 cm，表面鮮紅至深紅色，有光澤，密布灰白色細斑點，頂端有宿存花萼，基部有果柄殘痕。商品為圓形片，皺縮不平，直徑 1~2.5cm，厚 0.2~0.4cm，外皮紅色，具皺紋，有灰白小斑點。果肉深黃色至淺棕色。中部橫切片具 5 粒淺黃色果實，但核多脫落而中空。有的片上可見短而細的果梗或花萼殘跡。氣微清香，味酸、微甜。飲片性狀：橫切成 3~5 毫米厚，卷縮不平，果肉深黃至淺棕色，切面具五~六粒淡黃色種子，質軟。氣微清香，味酸微甜。(A)炒山楂：果肉黃褐色，偶見焦斑。氣清香，味酸，微甜。(B)焦山楂：表面焦褐色，內部黃褐色。氣清香，味酸，微甜。
- (3) 儲存環境與方法：置乾燥處，防霉，防蛀。
- (4) 市售藥材實體測試

品名	長(cm)	寬(cm)	高(cm)	密度(g/mL)	鬆密度(g/mL)	形狀
山楂	2.45±0.26	2.17±0.23	0.42±0.13	0.768	0.27	近球形片狀，果肉黃褐色，偶見焦斑

山楂	散裝	包裝	總生菌數(CFU/g)
水活性	0.66	0.61	2.0×10
水分含量(%)	16.07±0.43	14.26±0.83	

(5) 樣品與包裝相片

	
藥房散裝藥材	市售包裝藥材



市售包裝(一)

市售包裝(二)

7. 柴 胡

- (1) 產品的性質：成分：揮發油，柴胡皂苷 a、b、c、d 及柴胡皂苷元，油酸，亞麻酸，棕櫚酸，硬脂酸， α -菠菜甾醇，及白芷素，槲皮素。
- (2) 產品的形狀：藥材性狀：本品為不規則的厚片。表面黑褐色或淺棕色，切面皮部棕紅色，顯纖維性，皮部淺棕色，木部黃白色。氣微香，味微苦。飲片性狀：同藥材。
- (3) 儲存環境與方法：置通風乾燥處。
- (4) 市售藥材實體測試

品名	長(cm)	寬(cm)	高(cm)	密度(g/mL)	鬆密度(g/mL)	形狀
柴胡	5.48±0.93	0.44±0.09	0.22±0.08	0.697	0.12	不規則長條狀。表面黑褐或淺棕色，切面皮部棕紅色，纖維木部黃白色

柴胡	散裝	包裝	總生菌數(CFU/g)
水活性	0.72	0.71	1.15×10 ³
水分含量(%)	7.90±0.28	12.39±0.01	

(5) 樣品與包裝相片

	
<p>藥房散裝藥材</p>	<p>市售包裝藥材</p>
	
<p>8. 陳皮 市售包裝(一)</p>	<p>市售包裝(二)</p>

- (1) 產品的性質：成分：含揮發油類：約2%~4%。油主要成分為石旋檸檬酸烯(D-Limonene，80% 以上)、檸檬醛等。另含黃酮類：橙皮苷(Hesperidin)、橘皮素(Tangeretin)、新橙皮苷(Neohesperidin)、川陳皮素(Neobiletin)、二氫川陳皮素(Citromitin)等。
- (2) 產品的形狀：藥材性狀：陳皮為弧形絲片，長4~8cm，寬2~3mm，厚1~1.5mm。切面類白色或淡黃白色。外表面橙紅色或紅棕色，久貯色較深，有細皺紋及凹下的點狀油室，內表面淡黃白色，粗糙，附有黃白色或黃棕色筋絡狀維管束。質稍硬而脆。氣香，味辛苦。炒陳皮外表面顏色加深帶火色，內表面黃色。質脆易碎。氣香，味辛苦。飲片性狀：(A)

陳皮；完整果皮瓣狀，厚實，外表金黃色，粗糙，有凹下油腺，內面色白，有細小色筋絡，不易剝落。體柔，潤澤，易折，剝成數瓣，基部相連。氣芳香，味苦。(B)廣陳皮：剝成整齊三瓣，基部相連。外表棕紫或淺紅色，粗糙，皺縮，有多數大油點，對光照視，油點更加透明清淅。內面類白色，小麻點多。質稍柔軟，不易折。氣香濃，味辛甘略苦。(C)橘皮：形狀不一，厚1-1.5厘米，外表鮮橙紅色，有光澤，油點細小而凹入，內面類白色，海綿狀，維管束殘痕隱約可見，質堅而脆，香氣微，味苦。商品規格：用火烘乾稱坑皮，皮薄絡多，個小，氣味濃烈，形狀不定，內部外部皮分開，僅留內皮稱橘白。依外皮顏色、大小分錄為一級廣陳皮、二級廣陳皮、三級廣陳皮。

(3) 儲存環境與方法：易霉蛀，宜貯於陰涼乾燥處。

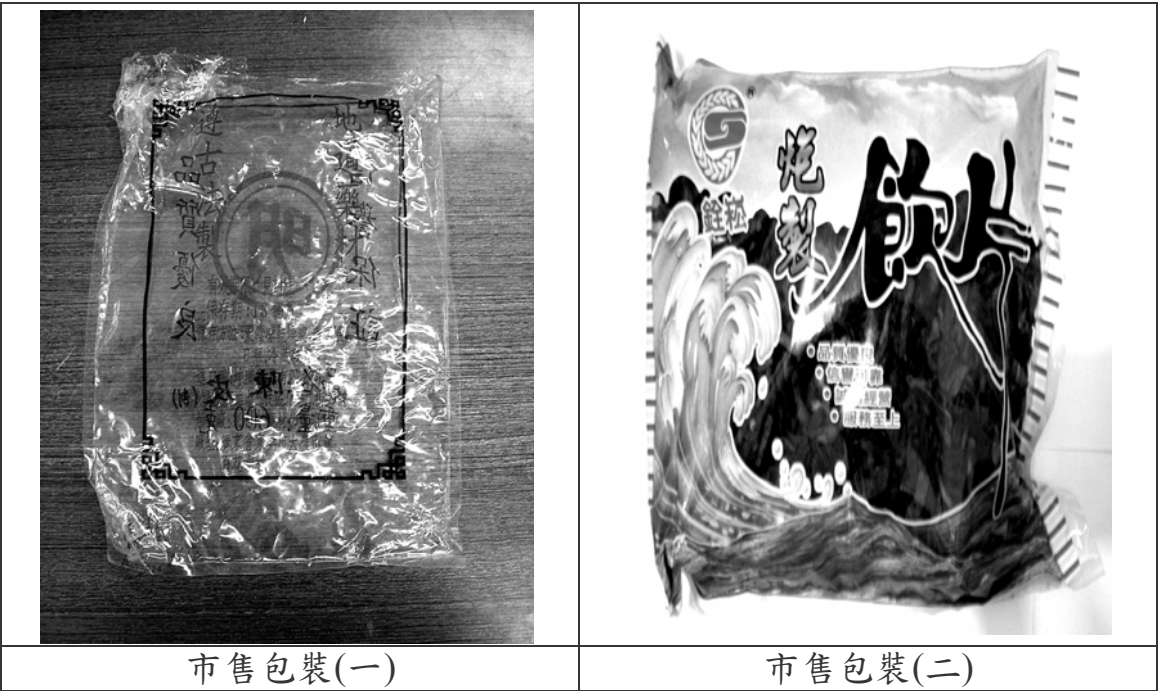
(4) 市售藥材實體測試

品名	長(cm)	寬(cm)	高(cm)	密度(g/mL)	鬆密度(g/mL)	形狀
陳皮	3.12±1.11	0.41±0.07	0.1±0.01	0.740	-	弧形絲片(黑色)

陳皮	散裝	包裝	總生菌數(CFU/g)
水活性	0.60	0.45	6.5×10
水分含量(%)	9.65±0.12	7.81±0.06	

(5) 樣品與包裝相片

	
藥房散裝藥材	市售包裝藥材



9. 丹 參



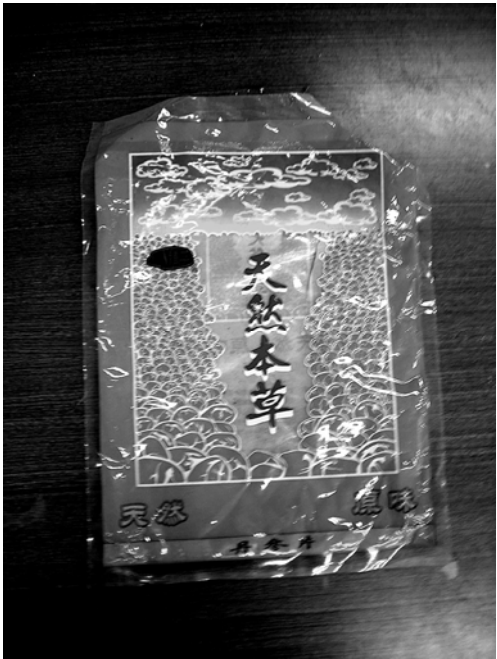

- (1) 產品的性質：成分：根含呋喃並菲醌類色素丹參酮 I (Tanshinone I)、丹參酮 II A(Tanshinone II A)、丹參酮 II B(Tanshinone II B)、隱丹參酮(Cryptotanshinone)、異丹參酮 I (Isotanshinone I)、異丹參酮 II (Isotanshinone II)、丹參新酮(Miltirone)、異隱丹參酮(Isocryptotanshinone)。另含丹參醇甲 I (Tanshinol I)和丹參醇 II (Tanshinol II)。此外尚含維生素 E。
- (2) 產品的形狀：藥材性狀：本品根頂部有殘留莖基，根長圓柱形，微曲，有支根、鬚根，表面棕紅至磚紅色，具粗糙縱皺或栓皮，老根表面作鱗片狀剝落。質脆易折，斷面帶角質或纖維性，皮部紫黑或磚紅色，木部灰黃或黃白色。氣弱，味甘微苦。飲片性狀：本品為厚片。表皮磚紅色，切面皮部棕紅色，木部紫褐色，可見黃白色點狀維管束。氣微，味微苦澀。
- (3) 儲存環境與方法：置通風乾燥處。

(4) 市售藥材實體測試

品名	長(cm)	寬(cm)	高(cm)	密度(g/mL)	鬆密度(g/mL)	形狀
丹參	5.33±0.53	0.87±0.17	0.1±0.01	0.820	0.30	厚片。表皮磚紅色，切面皮部棕紅色，木部紫褐色，可見黃白色點狀維管束

丹參	散裝	包裝	總生菌數(CFU/g)
水活性	0.64	0.60	4.1×10^4
水分含量(%)	9.59 ± 0.37	11.19 ± 0.35	

(5) 樣品與包裝相片

	
藥房散裝藥材	市售包裝藥材
	
市售包裝(一)	市售包裝(二)

10. 大 黃

- (1) 產品的性質：成分：蒽醌苷及游離蒽醌衍生物，後者包括大黃酸(Rhein)、大黃素(Emodin)、大黃酚(Chrysonhanol)、蘆薈大黃素(Aloe-emodin)、大黃素甲醚(Physcion)等。
- (2) 產品的形狀：藥材性狀：為圓形或半圓形，馬蹄形、腰鼓或不規則橢圓形，長3-17cm，直徑3-10cm。未去除外表者，表面棕褐色有疙瘩狀隆起，有橫皺紋及縱溝。質堅實，有的中心稍松軟，不易折斷，橫切片淡紅棕色或黃棕色，可見星點狀錦紋，稍顯油性。刮去粗皮者，呈黃或紅棕色，有類白色網狀，或菊花形星點。氣清昏特殊，味苦澀。並使

唾液染成黃色。酒黃炭，呈黑色。(A)北大黃：蛋吉：呈圓錐形或腰鼓形，長5-17cm，直徑3-10cm，去除外皮者，外表面黃棕色或紅棕色，有類白色菱形的網狀紋理和菊花狀螺旋形“星點”，一端常有繩孔。質堅實，不易折斷，斷面排列成環狀。無清香氣，味苦而微澀。中吉：圓柱形，長5-12cm，直徑3-10cm。表面黃棕色，有網狀紋理及刀削痕。質堅實，斷面黃棕色，顆粒性，具放射狀紋理，髓部星點環列。無清香氣，味苦澀。蘇吉：不規則圓柱形，長4-10cm，直徑3-8cm。表面黃棕色，體重質堅，斷面淡紅棕色或黃棕色，具放射狀紋理及明顯環紋，髓部有星點環列或散在的顆粒。無清香氣，味苦而微澀。小吉：短圓柱形，長3-7cm，直徑2-5cm。表面呈棕色，質堅略重，斷面呈棕色或淡紅棕色，具放射狀紋理及環紋。無清香氣，味苦而微澀。蛋吉片：為縱切成瓣的半圓形塊，一面微凸，另一面較平坦，直徑8-15cm。表面黃棕色，斷面淡紅棕色或黃棕色，具放射狀紋理及明顯環紋，髓部有環列的星點和散在的顆粒。無清香氣，味苦而澀。水根：呈長圓錐形或長條形，長4-12cm，直徑1.5-2.0cm。表面棕色或黃褐色，間有未除盡的栓皮。質堅而脆，易折斷，往面淡紅色或黃褐色，具放射狀紋理。無清香氣，味苦微澀。(B)南大黃：呈類圓柱形，一端稍大，形如馬蹄，長5~15cm，直徑3~10cm，表面黃褐色或黃棕色，有微量的棕色線紋，質較疏杯，易折斷，斷面黃褐色，富纖維性，多有孔隙，星點斷續排列成環狀。氣微清香，味澀而苦。均以質堅實、稍有油性、氣清香、味苦而微澀者為佳。飲片性狀：(A)大黃片：為類圓形或不規則形厚片，厚2-4cm，直徑3-10cm，斜切片長達15cm，切面黃棕色或黃褐色，顆粒性；若為根莖則髓部較大，其中有星點環列鍋散在，放射狀維管束不明顯；若為根則木質部發達，具明顯的放射狀紋理，射線紅色，無髓，無星點。周邊黃棕色至紅棕色，可見類白色網狀紋理或殘存有紅棕色至黑棕色外皮。質輕脆，易折斷。無清香氣，味苦而微澀，嚼之粘牙，有沙粒感。(B)酒大黃：形如大黃片，表面深褐色，偶有焦斑。略有酒香。(C)熟大黃：形如大黃片，表面黑褐色。有特異香氣，味微苦。(D)醋大黃：形如大黃片，表面深棕色至棕褐色，偶有焦斑。略有醋香。(E)大黃炭：形如大黃片，表面焦黑色，

斷面焦褐色。質輕而脆，易折斷。無臭，味微苦。(F)清寧片：為圓形厚片，直徑約 1.2cm，厚 2mm，表面呈黑色，質細而堅硬。具特異香氣。


(3) 儲存環境與方法：置通風乾燥處，防潮，防蛀。

(4) 市售藥材實體測試

品名	長(cm)	寬(cm)	高(cm)	密度(g/mL)	鬆密度(g/mL)	形狀
大黃	6.54±1.28	4.45±0.79	0.28±0.04	0.551	-	為類圓形或不規則形厚片，外表面黃棕色或紅棕色

大黃	散裝	包裝	總生菌數(CFU/g)
水活性	0.72	0.64	1.75×10 ²
水分含量(%)	11.96±0.55	10.72±0.84	

(5) 樣品與包裝相片

	
藥房散裝藥材	市售包裝藥材
	
市售包裝(一)	市售包裝(二)

為瞭解中藥材包裝的合適性，測試與基本保存性相關的中藥材之天然性質。由於中藥材之尺寸分析可知包裝中藥材大都為薄片型植物的片狀物或球狀的乾燥果實（表三與表四）。其樣品的水分含量及水活性測試結果如表五。實驗結果顯示：除濕式白果以外，中藥材的水活性均低於0.7，屬於中及低水活性物品。在食品產業中，以適當地控制食品中的水活性來延長食品的保存性質已廣為接受。業界也藉由加工處理、或者加入適當的添加物改變食品的水活性。在食品科學界，食品水活性高低對食品的組成、保存、應用和營養的影響，仍然是一個很重要的研究議題。水活性(Water Activity, AW)是指在密閉空間中（如包裝袋內），某一種產品的平衡蒸氣壓與相同溫度純水飽和蒸氣壓的比值。所以，純水的水活性等於1.0。水活性測定產物的可以自由進出的水分子，而這類水分子，對微生物的生殖和存活是必需的。大部份生鮮食品的水活性是0.99，加工食品可添加糖或鹽降低水活性至0.95-0.75，烘烤的穀物（如燕麥片，水分含量10%）水活性降至0.75-0.65，脫水食品（水果乾、肉乾，水分含量15-20%）水活性降至0.65-0.60。而大部分的細菌、酵母菌、黴菌及耐滲透壓酵母菌生長的最低水活性需求，分別為0.90、0.87、0.80和0.60。因此這些食品仍然有機會讓微生物繁殖造成腐敗。可是如果將加工食品的水活性降至0.5以下，如乾麵條（水分含量12%，水活性0.5）、香辛料（水分含量10%，水活性0.5）、餅乾與麵包粉（水分含量3-5%，水活性0.3）及奶粉（水分含量2-3%，水活性0.2），這種水活性條件微生物已不再增殖。低水活性食品的保存期限因此延長，不會產生微生物腐敗的現象⁽⁷⁾。

由於每種產品當在某一水活性時就有相對的水分含量。在研究產品的保存性，常用相同溫度條件下，產品的水分含量與水活性為變因，繪製曲線，被稱為等溫吸濕曲線(Sorption Isotherm)。任何產品的等溫吸濕曲線可用來判斷產品包裝後，產品水分含量與保存性的關係。十種市售中藥材測試的等溫曲線，在室溫25℃，如圖二。結果顯示：若以水活性0.75為界，大部份的水分含量為10%附近，但杏仁雖然水分含量不高(4.54%)，但若再吸收少量的水分，即有機會發霉或腐敗。乾白果也有類似的結果。反觀含糖量較高的中藥材，如山楂或陳皮，雖然水分含量高(20.58%，19.96%)，若適當的控制環境的相對濕度，產品不再進一步吸水，仍可以有適當的保存期限。

二、鈷六十加馬射線照射市售柔軟性包裝材料性質影響之探討

(一) 市售柔軟性包裝材料現況 為瞭解市售柔軟性包裝材料的現況，測試未照射市售柔軟性

塑膠包裝材料的機械特性，其結果如表六與表七。由於包裝薄膜在製造的加工方向會影響其機械性質，因此，抗拉強度及伸長率都有兩組資料：縱向為機械加工的方向(machine direction, MD)及橫向為橫越機械方向(traverse direction, TD)。其中，低密度聚乙烯(low density polyethylene, LDPE)、高密度聚乙烯(high density polyethylene, HDPE)、線性低密度聚乙烯(linear low density polyethylene, LLDPE)、延伸聚丙烯(oriented polypropylene, OPP)、聚丙烯(cast polypropylene, CPP)、聚對苯二甲酸二乙酯(polyester, PET)、尼龍(Nylon, PA)及半透明的玻璃紙(glassine)為常用的單層塑膠或紙的包裝材料。而OPP/PP、Nylon/LDPE、Nylon/EVOH/LDPE及PP/PE均為常用的多層食品包裝材料。其中，乙烯醇共聚物(ethylene vinyl alcohol, EVOH)為常用的良好氣體阻隔包裝材料。

(二) 鈷六十加馬射線照射對包裝材料強度的影響 為瞭解鈷六十加馬射線照射對包裝材料機械強度的影響，將

上述的材料送到清華大學原子科學技術發展中心同位素組之三萬居里鈷六十照射熱室中進行鈷六十加馬射線照射。照射劑量為10 kGy及30 kGy（劑量率為5kGy/h）。並將已照射的材料測試機械性質。結果如表三與表五。為比對不同劑量照射對機械性質的影響，又表八與表十之測定值與未照射的測定值計算平均值的差異百分比，正質表示強度增加，負值代表強度降低，結果如表九與表十一。比較不同照射劑量對不同包裝材料的影響可知：除了O-nylon以外，10kGy照射對包裝材料的影響十分有限。而30kGy照射對多層材料機械性質的影響較為明顯。但就使用的觀點而言，30kGy以下的照射對包裝材料的機械性質並沒有太大的影響。此結果與研究學者Goulas et al.(2003)的結果相似，「整體而言，30kGy照射之塑膠多層材料的機械性質與未照射的薄膜沒有太大的差異。」

(三) 鈷六十加馬射線照射對包裝材料顏色及衛生安全的影響 為瞭解鈷六十加馬射線照射對包裝材料顏色及衛生安全的影

響，使用色差計(Hunter color meter)，以四個方向測定樣品之亮度(L)、紅色度(+a)、綠色度(-a)、黃色度(+b)、藍色度(-b)，探討照射是否影響其之外觀色澤。每一樣品進行4重複之測量。由於大部分的包裝材料均為透明或半透明，測試是一塊標準白板為背景(標準白

板的背景值為 $L = 92.94$ 、 $a = -1.26$ 、 $b=1.17$)，測試後再減去背景值作為比較的依據。結果如表十二、十三及十四。結果顯示：不同照射劑量對塑膠包裝材料亮度、綠色度(-a)及黃色度(+b)的影響均不顯著。

為瞭解鈷六十加馬射線照射對包裝材料衛生安全的影響，由於中藥材大都為乾燥物，依據食品器具、容器及包裝衛生標準之一般規定，進行 60°C 蒸餾水浸泡30分鐘蒸發殘渣的測試。結果顯示（表十五）：30kGy以下照射後，蒸發殘渣會隨照射劑量的增加而增加，但最高值仍未超過標準規定的30ppm。因此，低劑量照射對衛生安全方面影響有限。但由於，蒸發殘渣會隨照射劑量的增加而增加，對於儲存後的影響仍待後續試驗釐清。

肆、討論

一、市售中藥材包裝適當性的探討

經分析現有市售產品使用的包裝材料及測試十種中藥材的基本保存性質，可瞭解目前市售中藥材的包裝方式與食品產業的包裝方式相比較仍為相當的簡單。有些產品僅以簡單的紙盒加裹包塑膠膜包裝是不適當的。因為，這種包裝是無法提供產品所需的保護性，產品極可能吸收大氣的潮氣（水分），而使其水活性超過0.8，也因此提供微生物可以生長的環境，而導致產品發霉腐敗。其餘，大部份的產品以簡單的單層或積層的塑膠袋包裝，若產品的水活性控制得宜，又沒有其他的劣變因素（例如油脂氧化等），這種包裝材料的選擇是非常實際的。中藥材自古即以乾燥成低水活性的產品得以長期保存，由十種中藥材的等溫吸濕曲線及現有產品的水活性分析，簡易實用的聚乙烯或聚丙烯塑膠袋包裝隔絕外界的水氣入侵已經足夠。若可以適當的控制原料的總微生物數量（例如以鈷六十加馬射線照射滅菌），以及控制包裝製程的環境條件（如相對濕度、空氣中微生物量、溫度、工作人員衛生條件等），則可以有相當的保存期限。此外，對於含有油脂的中藥材（如杏仁等）則應考慮使用具有氣體阻隔性的積層塑膠袋（如Nylon/LLDPE、Nylon/EVOH/LDPE類），並適當的使用吸氧劑小包，可以延緩中藥材的油耗味，若要完全防止中藥材的泛油現象，低溫冷藏貯藏仍是較佳的方法。

二、鈷六十加馬射線照射市售柔軟性包裝材料性質影響之探討

鈷六十加馬射線照射12種市售柔軟性包裝材料的試驗結果顯示10 kGy的照射處理對於包裝材料的機械性質、顏色與衛生安全性均沒有顯著性的影響。30kGy的照射處理對於O-Nylon的機械性質有影響。30 kGy的的照射處理也提高熱水萃出的蒸發殘渣總量接近食品包裝衛生安全法規的上限(30ppm)。若包裝中藥材的照射劑量比照許多食品照射滅菌的10 kGy界限，即或有少量產品需以30 kGy以下的劑量照射。目前的塑膠包裝材料之機械性質，顏色與整體蒸發殘渣均可滿足中藥材鈷六十加馬射線照射滅菌的要求。

然而，目前的資料雖然顯示六十加馬射線照射市售柔軟性包裝材料性質影響有限，但包裝材料的仍包括許多單體、殘留溶劑、塑膠添加物等物質，六十加馬射線照射對於這些物質的影響，仍有待進一步的深入探討。

伍、結論與建議

中藥材主要來自天然植物、動物及礦物，除作為醫療用途外，國內消費者也以中藥材為膳食補養的食材。藥材因原產地處理不良，或在包裝、運輸、貯存過程中不當措施造成品質劣變或微生物污染，影響藥材之使用功能。微生物滋生會造成藥材成分耗損而降低療效，甚至微生物產生毒素，影響藥材之安全性。因此，藥材從栽種的環境、採收後處理、包裝後的儲藏等過程可能都會影響中藥材之安全品質。目前國內中藥材並無特定規定的包裝貯藏條件，廠商多半以簡易包裝方式儲存與流通，對維持藥材品質常有問題發生。由於，中藥除基原不同，其採收、加工、炮製、包裝、運輸與貯存環境或防腐劑的添加等，均可能造成各中藥材中微生物含量之差異。進口中藥材污染可能原因為藥材攜帶產地之微生物、運輸途中外來之微生物污染、再加上運輸與貯存過程微生物繼續滋生所致。由十種中藥材的等溫吸濕曲線及現有產品的水活性分析，簡易實用的聚乙烯或聚丙烯塑膠袋包裝隔絕外界的水氣入侵已經足夠。若能在藥材乾燥或炮製後，適當的控制原料的總微生物數量及水活性在0.5以下，並控制包裝製程的環境條件（如相對濕度50%以下、空氣中微生物量、溫度、工作人員衛生條件等），則可避免長途運輸中微生物大量滋生，可以延長產品保存期限、保持藥材品質。輻射滅菌在室溫進行，無須添加任何物質，可於藥材包裝後再進行滅菌，可以避免包裝時之二次污染，且鈷六十加馬照射不會誘發放射性物質，故為中藥材滅菌、滅蟲及長期保存最好的方法，有必要研發推廣。

若可以此外，對於含有油脂的中藥材（如杏仁等）則應考慮使用具有氣體阻隔性的積層塑膠袋（如Nylon/LLDPE、Nylon/EVOH/LDPE類），並適當的使用吸氧劑小包，可以延緩中藥材的油耗味，若要完全防止中藥材的泛油現象，低溫冷藏貯藏仍是較佳的方法。由本實驗結果建議中藥材樣品以加馬線滅菌所需的包裝材料為：若含油量不高的中藥材可使用具有防潮性（水氣透過性低）的單層聚烯烴塑膠袋包裝即可。對於含油量較高或容易產生變色或泛油的中藥材建議使用防潮與防透氣（氣體與水氣透過率均低）的積層包裝材料（如不透明的PET / 鋁箔Al foil / LDPE / EVA或透明的Nylon / EVOH / LDPE）。對於希望用紙盒包裝的產品，仍建議中藥材用適當塑膠袋包裝後再裝入紙盒。由於包裝材料涉及產品的生產成本，本研究由產品貯存性質角度探討所需的基本包裝期提能供業界進行中藥材加馬線滅菌，及行政單

位研訂中藥材加馬線滅菌貯存照射劑量法規之參考，確保中藥的衛生安全，提高中藥之經濟效益。

誌謝

本研究計畫承蒙行政院衛生署中醫藥委員會，計畫編號CCMP96-RD-001提供經費贊助，使本計畫得以順利完成，特此誌謝。

陸、參考文獻

1. Goulas, A.E., Riganakos, K., and Kontominas, M.G. 2003. Effect of ionizing radiation on physicochemical and mechanical properties of commercial multi-layer coextruded flexible plastics packaging materials. *Radiation Physics and Chemistry*. 68: 865-872.
2. Hanlon, J.F. 1992. *Handbook of Package Engineering*. (2nd Ed). Technomic Publishing Company. Lancaster, PA 17604, U.S.A.
3. Komolprasert, V. Diel, T., and Sadler, G. 2006. Gamma irradiation of yellow and blue colorants in polystyrene packaging materials. *Radiation Physics and Chemistry*. 75: 149-160.
4. Mathlouthi, M. 1994. *Food Packaging and preservation*. Blackie Academic & Professional. London.
5. Park, G.Y., Cho, S.Y., Jeon, D.H., Kwak, I.S., Lee, K.H., and Park, H.J. 2006. Formation of monomer residues in PS, PC, PA-6 and PVC upon γ -irradiation. *Radiation Physics and Chemistry*. 75: 1055-1059.
6. Riganakos, K.A., Koller, W.D., Ehlermann, D.A.E., Bauer, B., and Kontominas, M.G. 1999. Effect of ionizing radiation on properties of monolayer and multi-layer flexible food packaging materials. *Radiation Physics and Chemistry*. 54: 527-540.
7. Robertson, G.L. 1992. *Food Packaging : Principles and Practice*. Marcel Dekker, Inc. New York.
8. Stoffers, N. H., Linssen, J.P.H., Franz, R., and Welle, F. 2004. Migration and sensory evaluation of irradiated polymers. *Radiation Physics and Chemistry*. 71: 203-206.
9. Welle, F., Mauer A., and Franz, R. 2002. Migration and sensory changes of packaging materials caused by ionizing radiation. *Radiation Physics and Chemistry*. 63: 841-844.
10. 行政院衛生署中醫藥委員會，公告「天麻等54種進口及市售中藥材飲片，其標籤或包裝應標示事項公告」日期：95年7月17日，公告文號：署授藥字第0950002163號。
11. 行政院衛生署中醫藥委員會，建構中藥用藥安全環境五年計畫，93/1/1-97/12/31。
12. 吳孝芷，包裝與存放對赤芍、白芍與延胡索之品質影響的研究，中醫藥年報，2004；22(6)41-64。
13. 吳家駒，楊瑞森，生薑之照射處理，食品科學，1994；21(6)：485-494。

14. 吳家駒，錢明賽，牛肉粉、豬肉粉與雞肉粉之照射，核子科學，1998；35：404。
15. 吳家駒，錢明賽，楊瑞森，郭俊源，1996，照射蒜頭推廣工作，核子科學，1996；33(1)：52-57。
16. 吳家駒，錢明賽，蝦粉、丁香魚與雞丁之照射，核子科學，1999；36(2)：122-133。
17. 周鳳英，花粉加馬線照射，核子科學，1998；35：165。
18. 周鳳英，鈷六十輻射除滅花粉中微生物之研究，植物病理學會刊，1999：7：23。
19. 周鳳英，鍾曉萍，衛元耀，陳崇哲，張咸國，1999，枸杞鈷六十輻射滅菌，核子科學，1999；36：302-308。
20. 陳如茵，蔡美珠，吳家駒，錢明賽，利用調氣包裝及加馬照射延長截切蔬菜之貯藏期限，食品科學，1999：26(4)：361-370。
21. 馮臨惠，如何選擇適當的包裝系統，中藥產品儲存包裝標示研討會，2006/09/09。

柒、圖、表

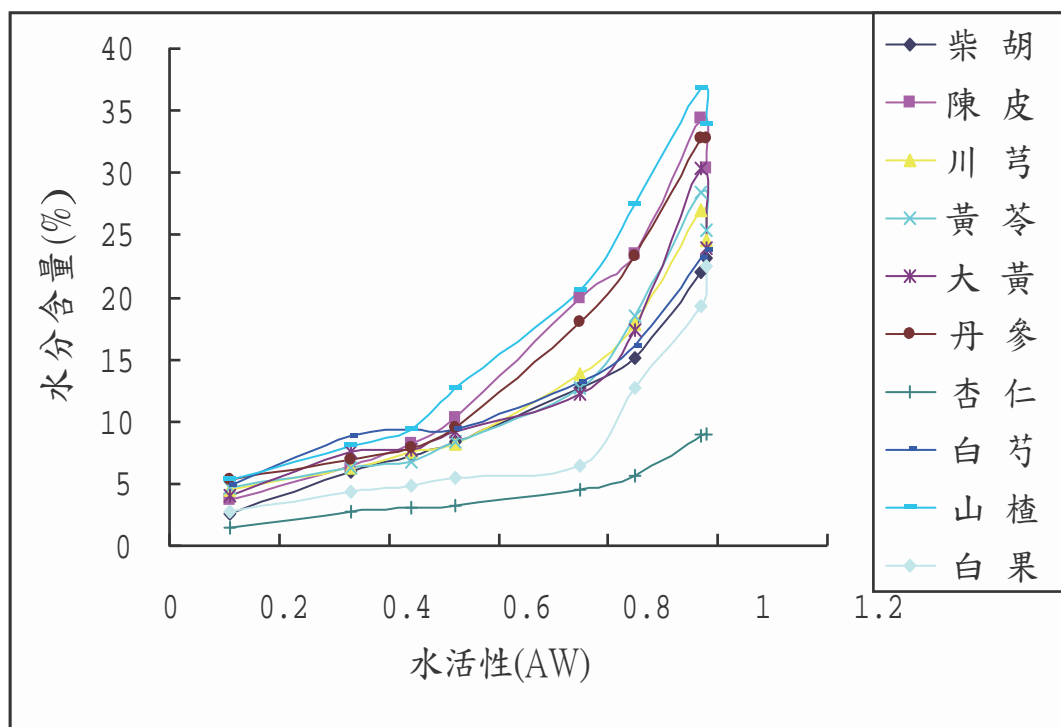


塑膠袋大黃片



紙盒裝白果

圖一、市售中藥材的飲片與其包裝



圖二 不同中藥材的等溫吸濕曲線

表一、市售常用的柔軟性塑膠包裝材料
材料結構與組成

1	LDPE
2	HDPE
3	LLDPE
4	OPP
5	CPP
6	PET
7	ONY
8	格拉新紙
9	OPP/CPP
10	NY/PE
11	NY/EVOH/m-LLDPE
12	CPP/CPP/LLDPE+m-LDPE

表二、市售中藥材包裝容器尺寸

單位：cm

品名	長	寬	高	
白芍	27.6	19.8	—	紙盒、塑膠袋
丹參	32.9	23.9	—	塑膠袋
杏仁	25.8	17.7	—	塑膠袋
山楂	29.5	22.8	—	塑膠袋
柴胡	34.4	26.7	—	塑膠袋
陳皮	25.8	18.8	—	塑膠袋
黃芩	33.8	26.1	—	塑膠袋
大黃	20.8	15.8	9.5	紙盒、塑膠袋
白果	20.1	15.4	3.3	紙盒、塑膠袋
川芎	21.6	13.6	6.7	紙盒

表三、市售中藥材基本尺寸分析

單位：cm、n=10

品名	長	寬	厚度(高)
白芍	2.15±0.20	1.93±0.22	0.1±0.01
白果	1.85±0.17	1.17±0.11	0.9±0.05
丹參	5.33±0.53	0.87±0.17	0.1±0.01
杏仁	1.19±0.09	0.97±0.13	0.1±0.01
川芎	5.86±0.65	4.14±0.83	0.1±0.01
山楂	2.45±0.26	2.17±0.23	0.42±0.13
柴胡	5.48±0.93	0.44±0.09	0.22±0.08
陳皮	3.12±1.11	0.41±0.07	0.1±0.01
黃芩	6.23±0.73	0.94±0.15	0.23±0.08
大黃	6.54±1.28	4.45±0.79	0.28±0.04

表四、市售中藥材性狀描述

品名	性 狀
白芍	近圓形或橢圓形的薄片（微黃色）
白果	呈橢圓形，一端稍尖，另端鈍（黃白色）
丹參	本品為厚片。表皮磚紅色，切面皮部棕紅色，木部紫褐色，可見黃白色點狀維管束
杏仁	扁心臟形（乳白色）
川芎	呈不規則蝴蝶片狀（黃白色或灰黃色，現不規則的筋脈紋，散有黃棕色小油點）
山楂	近球形片狀，果肉黃褐色，偶見焦斑 不規則的長條狀。表面黑褐色或淺棕色，
柴胡	切面皮部棕紅色，顯纖維性，皮部淺棕色，木部黃白色
黑陳皮	弧形絲片（黑色）
綠黃芩	為長條形、圓形或不規則（切面黃綠色或深黃綠色）
大黃	為類圓形或不規則形厚片，外表面黃棕色或紅棕色

表五、市售中藥材基本保存性質分析

	白芍	白果	黃芩	杏仁	川芎
水活性	0.71	0.94	0.56	0.51	0.65
水分含量(%)	12.39±0.01	30.91±1.08	8.32±0.29	2.65±0.44	10.56±0.17
	山楂	柴胡	陳皮	丹參	大黃
水活性	0.61	0.57	0.45	0.60	0.64
水分含量(%)	14.26±0.83	8.48±0.20	7.81±0.06	11.19±0.35	10.72±0.84

(n=3)

表六、市售單層柔軟性包裝材料的特性表

材料名稱	抗拉強度(kgf/cm ²)		伸長率(%)		厚度(mm)
	縱向(MD)	橫向(TD)	縱向(MD)	橫向(TD)	
LDPE	148 ± 9.1	296 ± 28	657 ± 26	149 ± 23	0.039 ± 0.002
HDPE	808 ± 106	521 ± 120	355 ± 88	503 ± 101	0.016 ± 0.002
LLDPE	428 ± 34	427 ± 42	655 ± 39	823 ± 36	0.044 ± 0.001
OPP	225 ± 38	145 ± 26	22 ± 6	122 ± 32	0.019 ± 0.000
CPP	414 ± 44	355 ± 75	660 ± 53	760 ± 81	0.044 ± 0.001
PET	1568 ± 190	1800 ± 293	40 ± 16	80 ± 33	0.012 ± 0.001
ONY	2325 ± 336	2495 ± 460	100 ± 15	105 ± 22	0.014 ± 0.000
格拉新紙	754 ± 56	377 ± 11	2 ± 0.2	7 ± 0.4	0.026 ± 0.001

(n=10)

表七、市售多層柔軟性包裝材料的特性表

材料名稱	抗拉強度(kgf/cm ²)		伸長率(%)		厚度(mm)
	縱向(MD)	橫向(TD)	縱向(MD)	橫向(TD)	
OPP/PP	553 ± 52	888 ± 127	85 ± 15	18 ± 5	0.052 ± 0.002
Nylon/PE	373 ± 52	382 ± 17	444 ± 42	484 ± 16	0.117 ± 0.002
Nylon/EVOH/PE	480 ± 39	461 ± 58	454 ± 26	429 ± 47	0.150 ± 0.003
PP/PE	376 ± 26	398 ± 45	828 ± 48	814 ± 66	0.098 ± 0.001

(n=10)

表八、不同照射劑量對市售單層柔軟性包裝材料特性的影響

樣品名稱	照射劑量	抗拉強度(kgf/cm ²)		伸長率(%)		厚度(mm)
		MD	TD	MD	TD	MD
LDPE	0kGy	148 ± 9.1	296 ± 28	657 ± 26	149 ± 23	0.039 ± 0.002
	10kGy	174 ± 25	325 ± 13	678 ± 43	129 ± 19	0.036 ± 0.003
	30kGy	169 ± 13	304 ± 14	663 ± 42	149 ± 18	0.035 ± 0.002
HDPE	0kGy	808 ± 106	521 ± 120	355 ± 88	503 ± 101	0.016 ± 0.002
	10kGy	787 ± 51	512 ± 79	392 ± 37	540 ± 63	0.016 ± 0.001
	30kGy	631 ± 104	530 ± 52	378 ± 82	590 ± 53	0.017 ± 0.001
LLDPE	0kGy	428 ± 34	427 ± 42	655 ± 39	823 ± 36	0.044 ± 0.001
	10kGy	437 ± 22	435 ± 33	656 ± 16	835 ± 26	0.043 ± 0.001
	30kGy	410 ± 27	394 ± 24	635 ± 29	808 ± 29	0.043 ± 0.001
OPP	0kGy	225 ± 38	145 ± 26	22 ± 6	122 ± 32	0.019 ± 0.000
	10kGy	253 ± 27	99 ± 37	28 ± 6	63 ± 39	0.019 ± 0.000
	30kGy	217 ± 18	121 ± 4	22 ± 3	111 ± 6	0.019 ± 0.000
CPP	0kGy	414 ± 44	355 ± 75	660 ± 53	760 ± 81	0.044 ± 0.001
	10kGy	406 ± 57	367 ± 103	553 ± 150	815 ± 57	0.043 ± 0.001
	30kGy	409 ± 34	380 ± 73	638 ± 41	794 ± 77	0.044 ± 0.002
PET	0kGy	1568 ± 190	1800 ± 293	40 ± 16	80 ± 33	0.012 ± 0.001
	10kGy	2192 ± 240	1980 ± 150	76 ± 20	106 ± 17	0.011 ± 0.000
	30kGy	1599 ± 305	1979 ± 343	62 ± 29	68 ± 31	0.012 ± 0.000
O-Nylon	0kGy	2325 ± 336	2495 ± 460	100 ± 15	105 ± 22	0.014 ± 0.000
	10kGy	1913 ± 427	1754 ± 500	82 ± 26	59 ± 26	0.014 ± 0.000
	30kGy	1301 ± 159	1116 ± 131	54 ± 18	34 ± 13	0.015 ± 0.000
格拉新紙	0kGy	377 ± 11	754 ± 56	7 ± 0.4	2 ± 0.2	0.026 ± 0.001
	10kGy	382 ± 15	759 ± 68	6 ± 0.5	2 ± 0.2	0.027 ± 0.001
	30kGy	371 ± 20	724 ± 71	5 ± 0.8	1 ± 0.2	0.026 ± 0.001

(n=10)

表九、不同照射劑量對市售單層塑膠包裝材料特性的影響（百分比）

樣品名稱	照射劑量	抗拉強度(kgf/cm ²)		伸長率(%)	
		MD	TD	MD	TD
LDPE	10kGy	18%	10%	3%	-13%
	30kGy	14%	3%	1%	0%
HDPE	10kGy	-3%	-2%	10%	7%
	30kGy	-22%	2%	6%	17%
LLDPE	10kGy	2%	2%	0%	1%
	30kGy	-4%	-8%	-3%	1%
OPP	10kGy	12%	-32%	27%	-48%
	30kGy	-4%	-17%	0%	-9%
CPP	10kGy	-2%	3%	-16%	7%
	30kGy	-1%	7%	-3%	4%
PET	10kGy	40%	10%	90%	33%
	30kGy	2%	10%	55%	-15%
O-Nylon	10kGy	-18%	-30%	-18%	-44%
	30kGy	-44%	-55%	-46%	-68%
格拉新紙	10kGy	1%	1%	-14%	0%
	30kGy	-2%	-4%	-29%	-50%

表十、不同照射劑量對市售多層柔軟性包裝材料特性的影響

樣品名稱	照射劑量	抗拉強度(kgf/cm ²)		伸長率(%)		厚度(mm)
		MD	TD	MD	TD	MD
OPP/CPP	0kGy	553 ± 52	888 ± 127	85 ± 15	18 ± 5	0.052 ± 0.002
	10kGy	490 ± 63	856 ± 176	70 ± 23	22 ± 10	0.052 ± 0.001
	30kGy	427 ± 57	784 ± 84	63 ± 19	18 ± 3	0.053 ± 0.001
Nylon/PE	0kGy	373 ± 52	382 ± 17	444 ± 42	484 ± 16	0.117 ± 0.002
	10kGy	364 ± 42	338 ± 31	446 ± 30	472 ± 34	0.116 ± 0.003
	30kGy	293 ± 31	270 ± 27	428 ± 56	423 ± 40	0.117 ± 0.002
Nylon/EVOH/PE	0kGy	480 ± 39	461 ± 58	454 ± 26	429 ± 47	0.150 ± 0.003
	10kGy	458 ± 30	483 ± 41	457 ± 21	450 ± 31	0.154 ± 0.001
	30kGy	402 ± 34	428 ± 18	407 ± 36	421 ± 18	0.151 ± 0.004
PP/PE	0kGy	376 ± 26	398 ± 45	828 ± 48	814 ± 66	0.098 ± 0.001
	10kGy	342 ± 32	444 ± 27	776 ± 47	898 ± 38	0.097 ± 0.002
	30kGy	294 ± 57	370 ± 84	715 ± 104	816 ± 138	0.099 ± 0.001

表十一、不同照射劑量對市售多層塑膠包裝材料特性的影響（百分比）

樣品名稱	照射劑量	抗拉強度(kgf/cm ²)		伸長率(%)	
		MD	TD	MD	TD
OPP/CPP	10kGy	-11%	-4%	-18%	22%
	30kGy	-23%	-12%	-26%	0%
Nylon/PE	10kGy	-2%	-12%	0%	-2%
	30kGy	-21%	-29%	-4%	-13%
Nylon/EVOH/PE	10kGy	-5%	5%	1%	5%
	30kGy	-16%	-7%	-10%	-2%
PP/PE	10kGy	-9%	12%	-6%	10%
	30kGy	-22%	-7%	-14%	0%

表十二、不同照射劑量對市售塑膠包裝材料亮度(L)的影響

	背景為標準白板之測試平均值			扣除標準板之計算值		
	0 kGy	10 kGy	30 kGy	0 kGy	10 kGy	30 kGy
LDPE	90.34	90.30	90.33	-2.59	-2.64	-2.60
HDPE	92.22	91.74	91.55	-0.71	-1.19	-1.39
LLDPE	90.55	90.38	90.56	-2.39	-2.56	-2.38
OPP	90.52	90.33	90.29	-2.41	-2.61	-2.65
CPP	90.55	90.36	90.87	-2.39	-2.57	-2.07
PET	86.76	88.44	88.76	-6.18	-4.50	-4.18
ONY	90.08	89.76	89.73	-2.86	-3.18	-3.21
格拉新紙	91.50	92.15	92.39	-1.43	-0.79	-0.55
OPP/CPP	90.61	90.23	87.36	-2.33	-2.71	-5.58
Ny/PE	86.67	85.75	87.50	-6.27	-7.18	-5.43
Nylon/EVOH/PE	-	-	-	-	-	-
PP/PE	86.96	90.30	90.32	-5.98	-2.64	-2.62

表十三、不同照射劑量對市售塑膠包裝材料綠色度(-a)的影響

a值	背景為標準白板之測試平均值			扣除標準板之計算值		
	0 kGy	10 kGy	30 kGy	0 kGy	10 kGy	30 kGy
LDPE	-1.30	-1.48	-1.38	-0.05	-0.23	-0.12
HDPE	-1.97	-1.41	-1.38	-0.71	-0.15	-0.12
LLDPE	-1.60	-1.51	-0.74	-0.34	-0.25	0.52
OPP	-1.69	-1.65	-1.45	-0.44	-0.39	-0.20
CPP	-1.66	-1.48	-1.55	-0.40	-0.22	-0.29
PET	-1.48	-1.44	-1.54	-0.23	-0.19	-0.28
ONY	-1.63	-1.40	-1.43	-0.38	-0.14	-0.17
格拉新紙	-1.46	-1.56	-1.65	-0.20	-0.31	-0.39
OPP/CPP	-1.80	-1.40	-1.69	-0.55	-0.14	-0.43
Ny/PE	-1.64	-1.59	-1.40	-0.38	-0.33	-0.15
Nylon/EVOH/PE	-	-	-	-	-	-
PP/PE	-1.42	-1.42	-1.49	-0.16	-0.16	-0.23

表十四、不同照射劑量對市售塑膠包裝材料黃色度(+b)的影響

b值	背景為標準白板之測試平均值			扣除標準板之計算值		
	0 kGy	10 kGy	30 kGy	0 kGy	10 kGy	30 kGy
LDPE	1.23	1.36	1.32	0.06	0.19	0.15
HDPE	1.68	1.26	1.32	0.51	0.08	0.15
LLDPE	1.38	1.55	1.33	0.21	0.38	0.15
OPP	1.66	1.45	1.45	0.48	0.28	0.27
CPP	1.46	1.64	1.31	0.29	0.46	0.14
PET	1.86	1.66	1.85	0.69	0.49	0.67
ONY	1.66	1.41	1.63	0.49	0.23	0.46
格拉新紙	2.00	2.01	2.37	0.83	0.84	1.20
OPP/CPP	1.80	1.48	1.92	0.63	0.31	0.75
Ny/PE	1.88	2.80	1.78	0.70	1.63	0.60
Nylon/EVOH/PE	-	-	-	-	-	-
PP/PE	1.57	1.68	2.41	0.39	0.50	1.24

表十五、不同照射劑量對市售塑膠包裝材料蒸發殘渣的影響
蒸餾水60°C 30min蒸發殘渣(ppm)

	0 kGy	10 kGy	30 kGy
LDPE	9.5±2.12	17.5±6.36	19.5±6.36
HDPE	12±2.83	13±1.41	21±6.36
LLDPE	8±1.41	10±4.24	19.5±6.36
OPP	7.5±4.95	15.5±0.71	20±16.97
CPP	12.5±0.71	15±4.24	22±11.31
PET	6.5±0.71	15±4.24	16±5.66
ONY	14.5±2.12	16.5±3.54	18±7.07
格拉新紙	15.5±0.71	20.5±9.19	18±7.07
OPP/CPP	8.5±1.41	19.5±3.54	27.5±3.54
Ny/PE	13±8.49	18±7.07	18.5±7.78
Nylon/EVOH/PE	-	-	-
P/PE	8.5±4.95	18.5±4.95	24±4.95

(n=3)

