

多醣預處理對冷凝除濕乾燥花椰菜品質之影響¹

吳宗諺^{2,4} 蔡淑珍² 黃禮棟³

摘 要

吳宗諺、蔡淑珍、黃禮棟。2012。多醣預處理對冷凝除濕乾燥花椰菜品質之影響。台灣農業研究 61:330-342。

本研究利用冷凝除濕乾燥機進行花椰菜 (*Brassica oleracea var. italica*) 乾燥，探討花椰菜經多醣 (5% 麥芽糊精 + 5% 蔗糖、10% 麥芽糊精 + 10% 蔗糖、5% β -環狀糊精 + 5% 蔗糖、10% β -環狀糊精 + 10% 蔗糖) 預處理後，營養成分變化情形和復水後品質的影響。結果顯示，多醣處理會延緩花椰菜組織中水分流失，降低乾燥過程中組織收縮的程度，其中又以 5% 麥芽糊精 + 5% 蔗糖預處理的脫水花椰菜效果最好。雖然多醣預處理能使脫水花椰菜維持較佳的色澤和復水後的品質，不過在預處理過程中卻會造成花椰菜原本養分的流失，包括了蛋白質、粗脂肪和粗纖維含量都流失了約 31-40%，而大部分的巨量和微量礦物質含量則流失了約 35-56%，另外總酚含量和抗氧化能力也減少了約 25-50%。結果中發現當浸泡較高濃度的麥芽糊精、 β -環狀糊精會導致礦物質流失的情形較明顯。相同的也降低了總酚含量，和氧自由基吸收能力 (ORAC) 值，較高濃度的多醣浸泡處理會降低脫水花椰菜的抗氧化能力。而經多醣預處理的脫水花椰菜，復水率和質地都比未經多醣處理的對照組好，其中又以 5% 麥芽糊精 + 5% 蔗糖呈現較佳的品質，多醣預處理有助於提升脫水花椰菜復水後之新鮮度和咀嚼性。因此可利用冷凝除濕乾燥技術搭配多醣預處理製作脫水花椰菜，以延長盛產時花椰菜的儲藏時間，降低農民經濟損失。

關鍵詞：脫水花椰菜、冷凝除濕乾燥機、多醣。

前 言

花椰菜 (*Brassica oleracea var. italica*)，屬於十字花科芸薹屬甘藍類的一、二年生作物，英文名為 Cauliflower。花椰菜在台灣屬於冬季大宗蔬菜，2009 年種植面積約為 2976 ha，主

要分布於彰化縣、嘉義縣、高雄縣和雲林縣等縣市，其中以彰化埔鹽鄉栽培面積 645 ha 最高 (農糧署農情報告資源網)。花椰菜整年均價以 8-10 月的價格最高，11 月到次年 2 月價格最低，在冬季容易造成產量過盛的問題，經常

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2673 號。接受日期：101 年 10 月 25 日。
2. 本所農業化學組聘用助理研究員、副研究員。台灣 台中市。
3. 本所農業工程組研究員。台灣 台中市。
4. 通訊作者，電子郵件：chung_yen@tari.gov.tw；傳真機：(04)23302805。

會造成價格崩盤。而花椰菜具有豐富營養素，例如維生素 A、C 和 E、葉酸和具有抗氧化和預防癌症的多種植物性化學成分，如類胡蘿蔔素 (Carotenoids)、類黃酮素 (Flavonoids)、硫配醣體 (Glucosinolates)、異硫氰酸鹽 (Isocyanates)、多酚類 (Phenols) 等 (Nestle 1998)。因此當產量過盛的時候，可以利用乾燥技術製成脫水花椰菜，經脫水後的花椰菜具有特殊的風味及香氣，又可保留營養成分，更能延長花椰菜的儲藏時間，減少產量過盛對農民產生經濟的衝擊。

大多數農產品在市場販售是以新鮮樣式來販賣，沒有經過初級或 2 級加工，通常面臨農產品貨架期較短、易腐敗、價格較低，或是市場競爭力較低的情況。乾燥是食品最基本的儲藏方式，它能延長售貨期，減少重量和體積以降低運送成本和減少儲存空間。乾燥水果和脫水蔬菜在食品工業上是一種耗能較高的加工方式，因此如何提高乾燥效率、維持產品品質和減少採收後損失，是乾燥技術研發最重要的部分。蔬果乾燥的方式有日光乾燥 (solar drying)、空氣對流乾燥 (convective air drying)、冷凍乾燥 (freeze drying)、噴霧乾燥 (spray drying)、滲透脫水 (osmotic dehydration)、箱型棚架式和流動層乾燥 (cabinet and bed drying) (Maskan 2000)。一般民眾自製乾燥蔬菜都採用日光乾燥，而熱風乾燥則是大部分小型加工廠常採用的乾燥方式，不過此方式成品所呈現出外觀、色澤和風味會比較差。利用冷凍乾燥所製成的乾燥蔬菜，品質較佳，不過其花費的能源和成本也相對較高，無法符合一般小型加工用。

而蔬果乾燥過程中，會導致蔬果結構、質地和物化性質的改變，而這些改變將直接影響到最終乾燥成品的品質好壞 (Dadali *et al.* 2008)。一般乾燥機主要都是控制熱風溫度，有些則會加裝風速控制器，利用熱空氣對流加

快乾燥速率，但是很少有控制乾燥室中濕度變化的乾燥機。如能有效的控制乾燥室裡的溼度，將能縮短乾燥的時程，及提高產品之品質。Chiang (2002) 利用冷凝除濕乾燥機於茶葉乾燥上，結果顯示乾燥品質比連續式自動乾燥機佳，且可縮短乾燥時間的效果。Huang *et al.* (2002) 研究採用冷凝除濕乾燥於蓮花茶上，發現其色澤及感官評價明顯的優於傳統乾燥方法。所以利用冷凝除濕乾燥機於製作乾燥蔬果，具有品質佳和節能的優點。

蔬果乾燥前有時會經過多醣預處理，例如塗覆馬鈴薯澱粉、玉米澱粉、褐藻酸鈉、幾丁質和麥芽糊精等，能控制組織內水分的流失，得到較佳品質 (Khin *et al.* 2006, 2007)，大分子多醣會縮短脫水乾燥的時間，這是因為多醣會減少蔬果組織間的滲透壓梯度，不過有研究也指出多醣預處理會影響到產品的營養成分 (Lazarides & Mavroudis 1996)。

所以本研究將利用冷凝除濕乾燥機進行花椰菜之乾燥，探討花椰菜經多醣預處理後品質變化情形和復水後品質之差異情形，開發最符合經濟效益及高品質之脫水花椰菜方法，未來將可提供農民作為生產優質脫水花椰菜之另一參考。

材料與方法

樣品製備

本試驗材料選用花椰菜 80 號品種，樣本 3 重複，經不同殺菁時間 (20、40、60、80、100、120、140 秒) 後，測試過氧化酶活性，找出最適殺菁時間。之後，再將殺菁後之花椰菜分別浸泡四種不同溶液，包括 5% 麥芽糊精 + 5% 蔗糖 (處理 1)、10% 麥芽糊精 + 10% 蔗糖 (處理 2)、5% β -環狀糊精 + 5% 蔗糖 (處理 3)、10% β -環狀糊精 + 10% 蔗糖 (處理 4)，浸泡 30 分鐘後瀝乾，接著進入冷凝除濕乾燥機，乾燥條件如下：溫度 30–42°C，風速為

60 m/s，乾燥 24 小時。乾燥後成品存放於 4°C 備用。

一般組成成分分析

粗蛋白測定：精秤磨粉 0.2 g 的樣品，以 Kjeldahl 法，定出總氮量 (N)，粗蛋白質含量以 N% 乘 6.25 表示之 (Williams 1984)。

粗脂質測定：精秤磨粉樣品 1.0 g，至於圓筒濾紙中，先於烘箱中以 100–105°C，2–3 小時，塞上脫脂棉，利用自動油脂萃取裝置 (Soxtec System HT 1043, Extraction Unit, Tecator Co., DK)，於 95°C 油浴下，以乙醚連續萃取 1.5 小時後，取下鉛杯吹乾乙醚，烘箱乾燥直至恆重 (Williams 1984)。

粗纖維測定：精秤磨粉 1.0 g，依 Williams (1984) 方法，利用粗纖維測定裝置 (Tecator, Fibertec System I) 測定。

礦物質含量測定：取 1 g 磨粉樣本置於乾鍋中，添加 5 mL 之 95% 酒精，點火燃燒使其初步碳化，再移至高溫灰化爐中灰化。灰化後之樣品冷卻後，加入 5 mL 之 3 N HCl 於水浴槽加熱 10 分鐘使其溶解，冷卻後以 0.2 N HCl 稀釋至 50 mL，過濾後以感應耦合電漿-原子發射光譜分析儀 (Inductively coupled Plasma-Atomic Emission Spectrophotometer, ICP-AES, Jobin-Yvon JY38 Type III, France) 測定礦物質元素含量。

游離糖、總醣含量測定：精秤 0.1 g 磨粉樣本，游離糖測定於 85–90°C 熱水浴中以 80% 乙醇迴流加熱萃取 30 分鐘，離心取出上清液，重複萃取 4 次，混合全部上清液並以玻璃棉濾紙去除殘渣後，以 80% 乙醇稀釋定量後測定之。總醣則將 0.1 g 乾粉樣品經 0.7 N HCl 隔水加熱迴流水解 2 小時，離心取出上清液，重複萃取 2 次，合併全部上清液並以玻璃棉濾紙去除殘渣後，以去離子水稀釋定量後測定之。游離糖和總醣之樣液以酚-硫酸法測定萃取液之六碳糖含量 (DuBois *et al.* 1956)。

過氧化酵素活性測定 (POD)：取新鮮花椰菜約 60 g，經不同時間殺菁 (沸水) 後，秤取 20 g 殺菁後花椰菜樣本，加入 100 mL 0.1 M 檸檬酸鈉緩衝液 (pH 5.0) 以均質機攪打 2 分鐘後過濾。加入 0.4 mL 3 mM H₂O₂ 及 0.4 mL 10 mM *o*-phenylenediamine (OPD)，置於 50°C 恆溫水浴 5 分鐘，再加入 25 μL 4N HCl 終止酵素反應，於波長 445 nm 測其吸光值。

方程式：A = εbc。A：吸光值 (OD445)；ε：氧化型 OPD 消光係數 = 11100 M⁻¹cm⁻¹；b：氧化型 OPD 濃度 (M)；c：液層厚度 (cm)。

復水品質分析

復水比 (R_f)：R_f = m_f / m_g，m_f 為復水後瀝乾重；m_g 為脫水食品乾重。

物性測定

採用物性分析儀 (Stable Micro System, Texture Analyzer, Model TA.XT-Plus, UK) 及截切探頭 (Blade Set, HDP/BSW) 進行截切試驗，以 Warner Bratzler Blade 為截切刀具，截切速率 4.0 mm/秒，截切距離 25 mm。統一以復水後之脫水花椰菜樣品中段為截切點，以最大剪切力代表硬度 (N)、梯度面積代表韌度 (g/秒)、剪切平均力值代表新鮮度 (g) 和剪切平均功代表咀嚼性 (g × 秒)，樣品測定 3 重複，取其平均值。

乾燥花椰菜色澤之測定

將乾燥花椰菜以色差計 (Tokyo Denshoku, color analyzer Tc-1500 Sx-II, Japan) 分別測定 L、a、b 之值，每朵乾燥花椰菜測定 3 點。L 值表示花椰菜乾之明亮度，再以 tan⁻¹ (b/a) 計算出色相角度 (hue angle)，藉此表示脫水花椰菜色相之變化，彩度 (Chroma) 則利用 (a² + b²)^{1/2} 方程式算出 Chroma 值，此數值越高表示色彩越濃。

總酚含量測定

精秤脫水花椰菜粉末 5 g，經熱水萃取 30

分鐘，取濾液 0.5 mL，加入 1 mL Folin-Ciocalteu 試劑震盪混合，靜置 3 分鐘再加入 0.1 mL 10% Na_2CO_3 ，室溫下靜置 2 小時，以 765 nm 測吸光值。配置不同濃度 gallic acid 製作檢量線，計算總酚含量 (Chung *et al.* 2005)。

Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) 氧自由基吸收能力分析

試驗方法參考 Ou *et al.* (2001)。於 96 孔微量盤中依序加入脫水花椰菜熱水萃取後之濾液 25 μL ，Fluorescein 50 μL 及 2,2'-azobis (2-amidino-propane) dihydrochloride (AAPH) 25 μL ，抗氧化物標準品 (Trolox 約 0–100 μM) 後震盪 8 秒，反應溫度 37 $^{\circ}\text{C}$ 。於激發波長和散射波長分別為 485 nm 及 528 nm 下，每隔 2 分鐘記錄螢光強度值。

統計分析

實驗所得之數據以 SAS 統計分析軟體進行變方分析 (analysis of variance, ANOVA)，以最小顯著差異性測驗 (least significant difference test, LSD test)，比較不同處理之樣品平均值間之差異。

結 果

不同殺菁時間對過氧化酵素 (POD) 活性之影響

生鮮花椰菜的 POD 活性為 11.32 (unit/g) (圖 1)，隨著在沸水下 ($98 \pm 2^{\circ}\text{C}$) 殺菁 40 秒後，活性下降至 1.98 (unit/g)，隨著殺菁時間至 140 秒後，POD 活性降至 0.38 (unit/g)，接近不活化。不過因為隨著殺菁時間的增加，花椰菜的質地軟化情形也會越來越嚴重，當進行乾燥時組織也容易收縮，較無法維持原有的體積。由圖 2 可發現殺菁 40 秒之脫水花椰菜其整體外觀較佳，殺菁 20 秒氧化酶活性仍有 4.58 (unit/g)，外觀褐變較嚴重；而殺菁 60 秒的脫水花椰菜則收縮程度都比殺菁 20、40 秒來的大，因此本試驗的殺菁時間將選擇 40 秒。

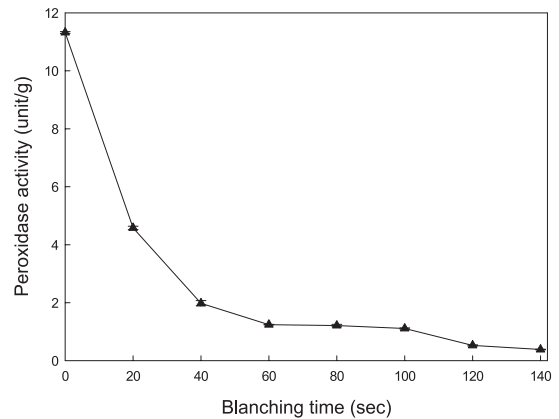


圖 1. 花椰菜之過氧化酶在 $98 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 不同殺菁時間下活性的變化。

Fig. 1. Change in peroxidase (POD) activity of cauliflower during blanching at $98 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

不同預處理對花椰菜乾燥過程水活性變化情形和外觀之影響

花椰菜分別經 5% 麥芽糊精 + 5% 蔗糖 (處理 1)、10% 麥芽糊精 + 10% 蔗糖 (處理 2)、5% β -環狀糊精 + 5% 蔗糖 (處理 3)、10% β -環狀糊精 + 10% 蔗糖 (處理 4)，浸泡 30 分鐘後，進行冷凝除濕乾燥。乾燥過程中水活性變化情形可由圖 3 中發現，未經預處理的對照組其水活性下降的速度較快，組織內水分流失的情形較劇烈，因此其收縮的情形較其他處理明顯 (圖 4)，且花蕾乾燥後較容易因碰撞掉落。處理 1 和 2 之水活性下降的速度較為緩和，且外觀也較對照組完整。而經浸泡 β -環狀糊精之處理 3 和 4，則在乾燥約 6、7 小時時出現水活性些為上升的趨勢，其水分流失受到 β -環狀糊精塗覆於組織上，阻礙了水分移動，且其乾燥後之花椰菜外觀會黏附 β -環狀糊精，雖然也可減緩止乾燥過程中收縮的情形，但整體外觀較麥芽糊精處理的 1、2 差。不過在花蕾部分，由圖 4 中可以發現有預處理的花蕾，經乾燥後可維持較佳的外觀，收縮程度較小，也不易在乾燥過程中脫落。

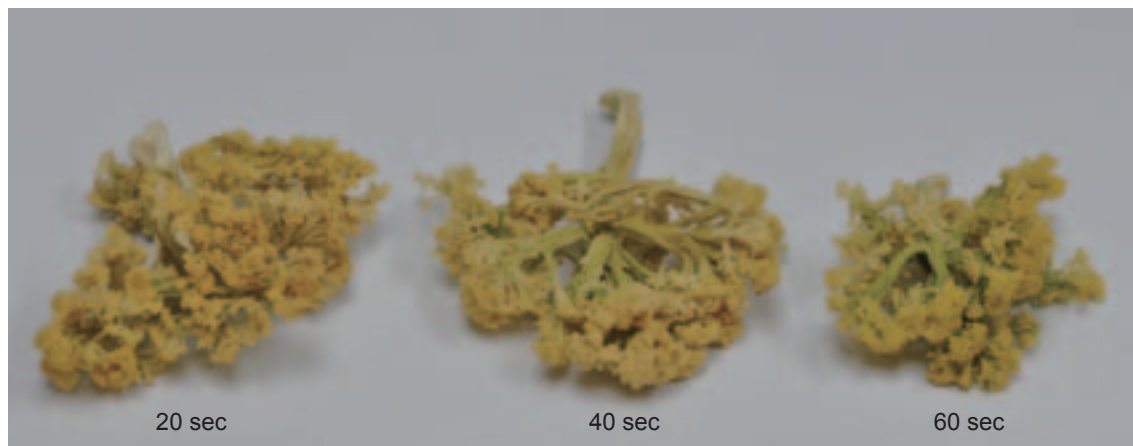


圖 2. 不同時間殺菁處理之脫水花椰菜外觀。

Fig. 2. The appearance of dehydrated cauliflower with different blanching time.

圖 5 是乾燥後花椰菜莖部組織細胞之 SEM 圖，控制組組織細胞收縮情形較經預處理的嚴重，以處理 1 的組織細胞收縮程度較小，能於復水時得到較佳的外觀。而經 β -環狀糊精處理之 3、4，雖然 β -環狀糊精也能維持細胞孔

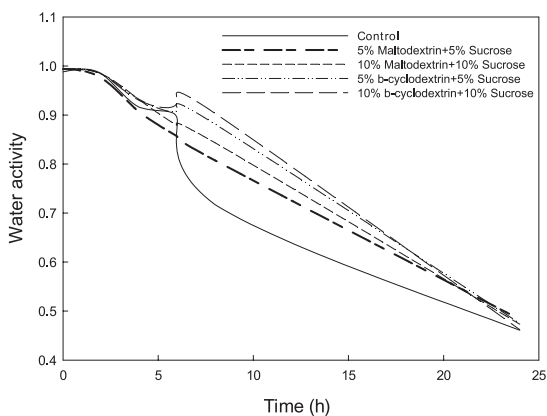


圖 3. 不同預處理之花椰菜在乾燥過程中水活性的變化情形。

Fig. 3. Change in water activity of cauliflower by different pretreatments during the drying process.

隙，但其效果並沒有較麥芽糊精預處理的效果好，且發現細胞孔隙有些會被 β -環狀糊精填

滿，可能造成復水時候水分較難進入，因此脫水花椰菜之預處理以處理 1 的效果最好，處理 2 次之。

不同預處理之脫水花椰菜組成分差異

經不同預處理再乾燥後之脫水花椰菜的粗脂肪含量都比對照組低，尤其以 10% β -環狀糊精處理的含量最低，浸泡麥芽糊精處理比 β -環狀糊精之對粗脂肪含量損失較少。而粗纖維和蛋白質一樣經浸泡後皆會流失，且至少流失 15% 以上。另外總糖和游離糖含量則呈現增加趨勢，因為經麥芽糊精、 β -環狀糊精、和蔗糖浸泡後會附著於花椰菜上，而導致總糖和游離糖含量上升。

不同預處理對脫水花椰菜之礦物質含量影響

當殺菁後之花椰菜經四種不同浸泡預處理後，由表 2 得知經浸泡處理會導致礦物質流失，在巨量礦物質中，S、P、Ca、K、Mg 流失量約為 35–42%，而 Na 流失量最多，達 56%。另外在微量礦物質 (表 3) 含量，則以 Mn、Zn、B 流失的比較嚴重。結果顯示當浸泡濃度較高的麥芽糊精、 β -環狀糊精會導致礦物質流失的情形較明顯。

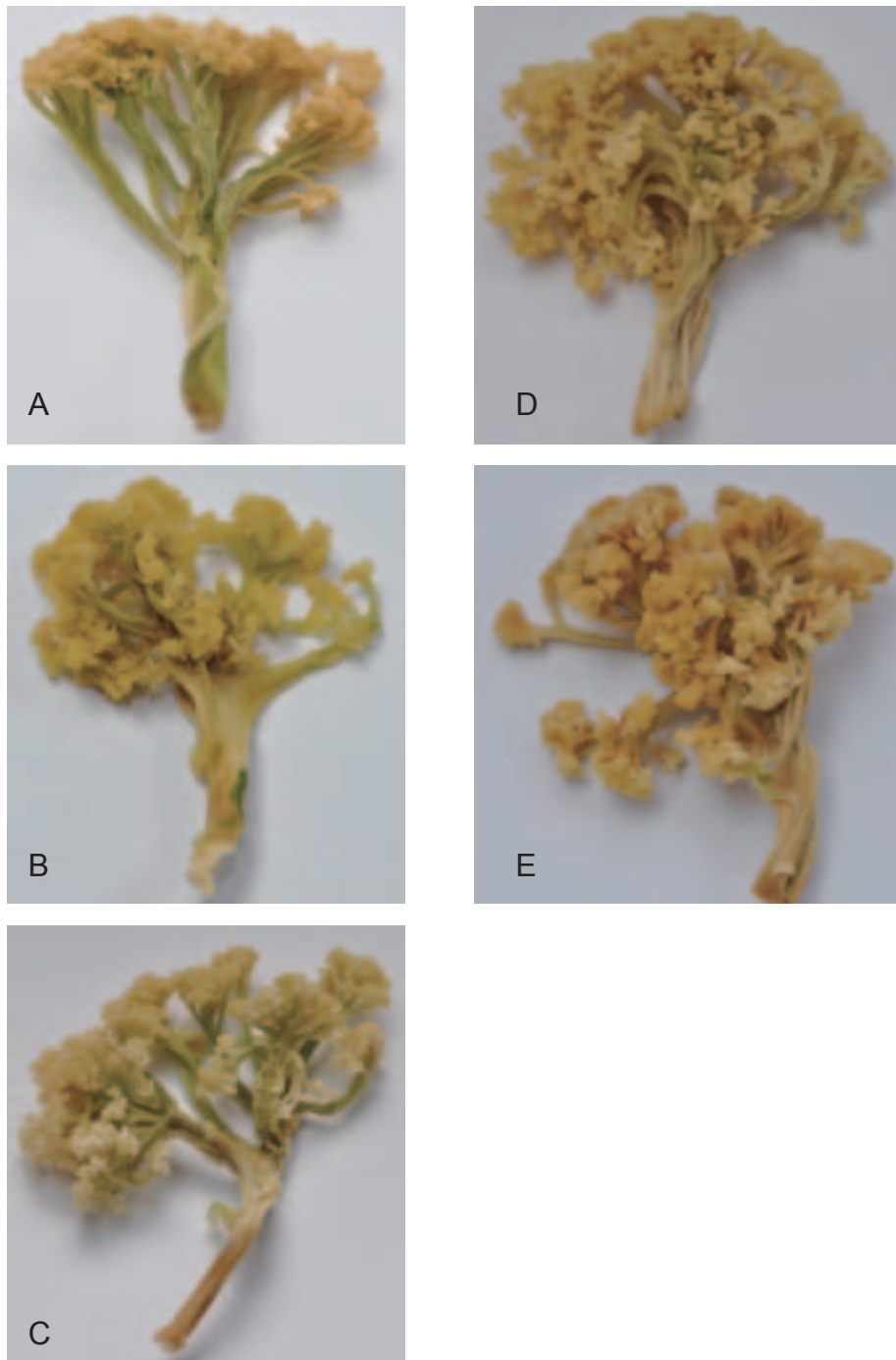


圖 4. 不同預處理之脫水花椰菜外觀。

Fig. 4. The appearance of dehydrated cauliflower by different pretreatments. (A) Control; (B) 10% Maltodextrin + 10% Sucrose; (C) 10% β -Cyclodextrin + 10% Sucrose; (D) 5% Maltodextrin + 5% Sucrose; (E) 5% β -Cyclodextrin + 5% Sucrose.

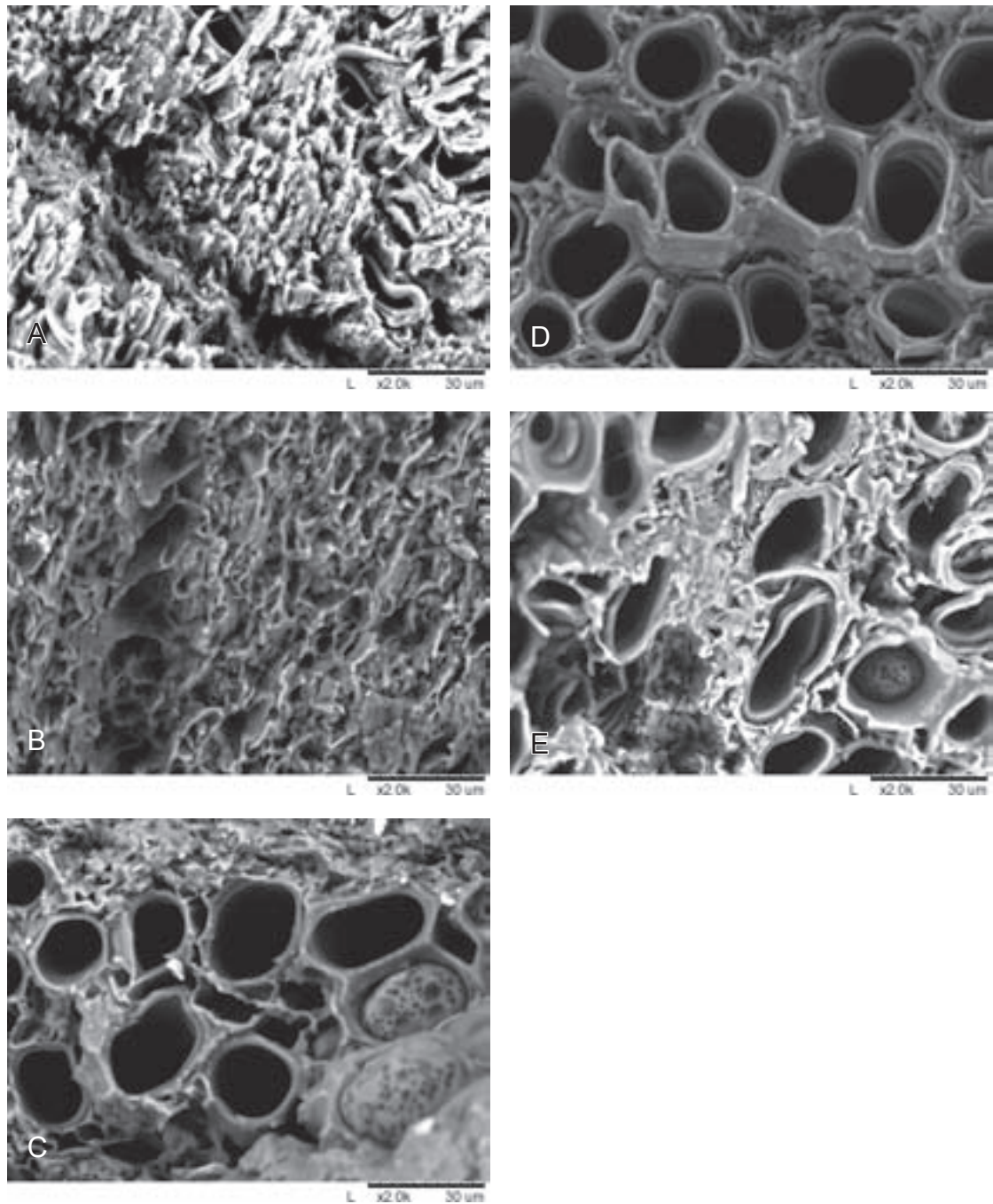


圖 5. 經不同預處理脫水花椰菜之組織 SEM 圖。

Fig. 5. SEM image of dehydrated cauliflower by different pretreatments. (A) Control; (B) 10% Maltodextrin + 10% Sucrose; (C) 10% β -Cyclodextrin + 10% Sucrose; (D) 5% Maltodextrin + 5% Sucrose; (E) 5% β -Cyclodextrin + 5% Sucrose.

不同預處理對脫水花椰菜色澤之影響

觀察不同前處理對脫水花椰菜明亮度 (L) 之變化情形 (表 4)，以處理 1 和 4 方式能維持較佳的亮度，其餘的處理和對照組的並沒有顯著性差異，而 a、b 值在各處理間差異並不大。在色相方面，有經前處理的花椰菜乾其色相顯著高於對照組，色澤偏綠。彩度則沒有顯著性差異，不過經麥芽糊精處理的脫水花椰菜，其彩度較高一點。

不同預處理之脫水花椰菜復水後質地之比較

復水率代表脫水花椰菜在料理過程中回復的情形，由表 5 結果中可以得知以 5% 麥芽糊精 + 5% 蔗糖預處理的復水率 (recovery ratios) 最佳，而經 β -環狀糊精預處理的其復水效果都較差。另外物性測定結果，經預處理後復水後硬度值 (hardness) 都高於對照組，在韌度 (toughness) 上則無顯著差異；新鮮度 (freshness) 則以 5% β -環狀糊精預處理其新鮮度較佳，其次則為 5% 麥芽糊精，濃度較高的麥芽糊精 (10%) 新鮮度則是最差的，因此以 β -環狀糊精和 5% 麥芽糊精預處理花椰菜，有助於提升乾燥復水後之新鮮度。相同的結果呈現在咀嚼性 (chewiness) 上，不過整體看來以 5% 麥芽糊精 + 5% 蔗糖呈現較佳的質地品質。

不同預處理之脫水花椰菜其總多元酚含量和 ORAC 值之比較

從表 6 中可發現總酚含量經過預處理後，總酚含量會流失，且麥芽糊精或環狀糊精濃度高的流失更多，大約損失了 50%。這結果也和抗氧化力 ORAC 值相符，以對照組抗氧化能力最高 ($2225.64 \pm 57.53 \mu\text{M Trolox}$)，5% 麥芽糊精和 5% β -環狀糊精次之，同樣的濃度較高的麥芽糊精和 β -環狀糊精預處理後的脫水花椰菜其抗氧化能力相對於對照組下降約 50%。

討 論

本試驗藉由冷凝除濕乾燥的方式，探討經

不同前處理方式對乾燥花椰菜品質之影響，Chiang (2002) 和 Huang *et al.* (2002) 利用冷凝除濕乾燥於蓮花茶和茶葉上，結果顯示其品質及茶水色澤皆顯著優於傳統乾燥方法，且乾燥時間較傳統乾燥短。而本研究利用冷凝除濕乾燥方式乾燥花椰菜只要 24 小時就能將水活性降至 A_w 0.5 以下，傳統花椰菜乾製作方式是利用日光乾燥，則須要較長的時間，且亦受微生物污染，所製成的脫水花椰菜品質較差。因此將冷凝除濕乾燥機應用於蔬果乾燥產業上，可兼顧乾燥蔬果品質又能減少能源的消耗。

通常乾燥之前的預處理會增進乾燥產品的品質和增加乾燥的效率 (Jha & Prasad 1996)，一般採用的前處理包括了殺菁、浸漬和亞硫酸鹽處理。研究指出花椰菜在 0.5% CaCl_2 沸水中殺菁 15 分鐘能避免組織軟化，不過色澤還是會變暗 (Hoogzand & Doesburg 1961)，而其他研究顯示抑制蔬菜中過氧化酶的活性則可以維持較佳的乾燥色澤 (Kadam *et al.* 2006)。但由試驗結果得知，雖然殺菁能降低過氧化酶的活性，減少酵素性褐變的程度，但過度的殺菁則會造成組織過度軟化，及影響乾燥後的外觀。因此如何選擇最適的殺菁時間，是乾燥蔬果的第一關鍵步驟。此外，經過預處理的花椰菜之營養成分會在殺菁和浸泡過程中部分流失，這是因為加熱和浸泡會導致蛋白質變性和脂質皂化，致使營養素溶出 (Alejandro *et al.* 2005)。針對維持脫水花椰菜品質來說，在不流失太多營養成分的前提下是可以接受的。

乾燥蔬果品質的好壞及復水的快慢，是衡量脫水蔬果食品復原性的兩大指標，日本專利 (JP58-40037) 使用多醣溶液預處理磨菇，可使磨菇在短時間內復原，這是由於在乾燥前將多羥基化合物 (如蔗糖、甘油等) 進行預處理於蔬果中，待多羥基化合物滲透進入蔬果組織中，再進行乾燥，如此將使復水後的脫水蔬菜具有良好的組織重建性。Jiang *et al.* (2000) 探

表 1. 不同預處理之脫水花椰菜組成分之比較

Table 1. Comparison of components in dehydrated cauliflower by different pretreatments

Treatment	Crude fat (% wt/wt)	Crude fiber (% wt/wt)	Crude protein (% wt/wt)	Total carbohydrate (% wt/wt)	Free sugar (% wt/wt)
Control	3.0 ± 0.1 a ^{z,y}	9.3 ± 0.1 a	23.3 ± 0.2 a	23.4 ± 0.3 e	17.6 ± 0.1 e
5% Maltodextrin + 5% Sucrose	2.7 ± 0.1 b	7.4 ± 0.1 c	17.8 ± 0.1 b	48.2 ± 0.3 a	27.0 ± 0.2 c
10% Maltodextrin + 10% Sucrose	2.3 ± 0.0 c	6.8 ± 0.2 d	15.9 ± 0.1 c	34.0 ± 0.2 c	29.5 ± 0.2 a
5% β-Cyclodextrin + 5% Sucrose	2.1 ± 0.0 d	7.9 ± 0.1 b	18.1 ± 0.1 b	31.0 ± 0.1 d	24.0 ± 0.1 d
10% β-Cyclodextrin + 10% Sucrose	1.7 ± 0.0 e	6.4 ± 0.1 e	14.5 ± 0.2 d	36.9 ± 0.1 b	28.5 ± 0.1 b

^z Data on dry weight basis. Mean ± standard error (*n* = 3).^y Means in a column with different letter were significantly different at 5% level by LSD test.

表 2. 不同預處理之脫水花椰菜巨量礦物質含量之比較

Table 2. Contents of macro minerals in dehydrated cauliflower by different pretreatments

Treatment	S (mg/100 g)	P (mg/100 g)	Na (mg/100 g)	K (mg/100 g)	Ca (mg/100 g)	Mg (mg/100 g)
Control	243.1 ± 17.5 a ^{z,y}	267.8 ± 6.2 a	386.7 ± 10.0 a	2642.6 ± 48.4 a	260.1 ± 6.2 a	158.0 ± 2.8 a
5% Maltodextrin + 5% Sucrose	189.6 ± 4.7 b	201.3 ± 4.3 b	252.0 ± 4.8 b	1932.2 ± 33.2 b	180.3 ± 3.0 c	123.1 ± 1.6 b
10% Maltodextrin + 10% Sucrose	158.7 ± 2.5 c	170.6 ± 1.3 cd	215.0 ± 8.8 c	1517.6 ± 15.4 d	174.9 ± 1.8 c	103.1 ± 1.0 c
5% β-Cyclodextrin + 5% Sucrose	168.8 ± 7.6 bc	181.6 ± 3.6 c	179.3 ± 6.9 d	1868.3 ± 38.8 b	203.0 ± 3.8 b	120.9 ± 1.8 b
10% β-Cyclodextrin + 10% Sucrose	159.0 ± 8.7 c	163.0 ± 2.7 d	169.6 ± 5.6 d	1655.1 ± 48.1 c	170.8 ± 2.9 c	103.0 ± 0.8 c

^z Data on dry weight basis. Mean ± standard error (*n* = 3).^y Means in a column with different letter were significantly different at 5% level by LSD test.

表 3. 不同預處理之脫水花椰菜微量礦物質含量

Table 3. Contents of trace minerals in dehydrated cauliflower by different pretreatments

Treatment	Fe (mg/100 g)	Mn (mg/100 g)	Cu (mg/100 g)	Zn (mg/100 g)	B (mg/100 g)
Control	6.2 ± 0.8 a ^{z,y}	2.6 ± 0.0 a	0.3 ± 0.0 ab	3.8 ± 0.0 a	2.0 ± 0.0 a
5% Maltodextrin + 5% Sucrose	5.3 ± 0.1 ab	2.0 ± 0.0 b	0.3 ± 0.0 ab	2.5 ± 0.1 b	1.7 ± 0.0 b
10% Maltodextrin + 10% Sucrose	4.5 ± 0.0 b	1.5 ± 0.0 c	0.3 ± 0.0 bc	2.2 ± 0.1 bc	1.5 ± 0.1 c
5% β-Cyclodextrin + 5% Sucrose	6.5 ± 0.1 a	1.3 ± 0.0 d	0.3 ± 0.0 a	2.5 ± 0.1 b	1.7 ± 0.0 bc
10% β-Cyclodextrin + 10% Sucrose	4.7 ± 0.1 b	1.6 ± 0.0 c	0.3 ± 0.0 c	2.2 ± 0.1 c	1.3 ± 0.0 d

^z Data on dry weight basis. Mean ± standard error (*n* = 3).^y Means in a column with different letter were significantly different at 5% level by LSD test.

表 4. 不同預處理對脫水花椰菜色澤之影響

Table 4. Changes in color of dehydrated cauliflower by different pretreatments

Treatment	L value ^z	a	b	Hue angle (H ⁰)	Chroma
Control	36.5 ± 2.9 c ^{y,x}	4.3 ± 1.0 a	16.9 ± 1.0 bc	75.6 ± 3.1 b	17.5 ± 0.9 ab
5% Maltodextrin + 5% Sucrose	42.0 ± 3.7 ab	3.4 ± 0.6 ab	18.3 ± 1.2 ab	79.5 ± 1.8 a	18.7 ± 1.2 a
10% Maltodextrin + 10% Sucrose	40.0 ± 3.7 bc	3.4 ± 1.0 ab	18.8 ± 1.2 a	80.3 ± 2.8 a	19.2 ± 1.3 a
5% β-Cyclodextrin + 5% Sucrose	40.0 ± 4.3 bc	2.6 ± 1.4 b	16.0 ± 1.5 c	80.8 ± 4.30 a	16.4 ± 1.6 b
10% β-Cyclodextrin + 10% Sucrose	44.9 ± 3.6 a	2.8 ± 0.8 b	17.3 ± 1.4 abc	80.9 ± 2.3 a	17.6 ± 1.5 ab

^z L value: the lightness indicates how light or dark a color is. a: describes the red/green dimension of a color. b: describes the yellow/blue dimension of a color. Hue angle (H⁰): the hue angle refers to the name of the color and identifies its position on the color wheel. Chroma: Chroma describes the color saturation; how strong or weak a color is.

^y Data on dry weight basis. Mean ± standard error (n = 3).

^x Means in a column with different letter were significantly different at 5% level by LSD test.

表 5. 不同預處理之脫水花椰菜復水後質地之比較

Table 5. Changes in textures of rehydrated cauliflower by different pretreatments

Treatment	Recovery ratios ^z (%)	Hardness (N)	Toughness (g/sec)	Freshness (g)	Chewiness (g · sec)
Control	6.3 ± 0.3 b ^y	13.6 ± 1.6 b	360.6 ± 101.0 a	713.5 ± 180.8 bc	3030.1 ± 602.9 b
5% Maltodextrin + 5% Sucrose	7.1 ± 0.1 a	22.7 ± 5.0 ab	350.0 ± 49.9 a	1557.1 ± 466.0 ab	3742.9 ± 295.9 ab
10% Maltodextrin + 10% Sucrose	5.4 ± 0.0 d	15.2 ± 0.8 b	289.7 ± 52.5 a	446.3 ± 33.4 c	1644.5 ± 179.0 c
5% β-Cyclodextrin + 5% Sucrose	5.9 ± 0.1 bc	25.8 ± 3.4 a	301.6 ± 21.4 a	2007.7 ± 215.2 a	5945.0 ± 558.9 a
10% β-Cyclodextrin + 10% Sucrose	5.4 ± 0.1 cd	21.9 ± 3.0 ab	245.6 ± 68.9 a	1442.1 ± 320.3 ab	3919.2 ± 1620.3 ab

^z Data presented were means ± standard error (n = 3).

^y Means in a column with different letter were significantly different at 5% level by LSD test.

表 6. 不同預處理之脫水花椰菜其總多元酚含量和 ORAC 值之比較

Table 6. Total phenolic content and antioxidant ability of dehydrated cauliflower by different pretreatment

Treatment	Total phenolic (mg/g)	Trolox (μM)
Control	2.65 ± 0.0 a ^{z,y}	2225.64 ± 33.2 a
5% Maltodextrin + 5% Sucrose	1.37 ± 0.0 b	1557.68 ± 26.6 c
10% Maltodextrin + 10% Sucrose	1.23 ± 0.0 c	1349.64 ± 7.4 d
5% β-Cyclodextrin + 5% Sucrose	1.37 ± 0.0 b	1651.72 ± 21.1 b
10% β-Cyclodextrin + 10% Sucrose	1.24 ± 0.0 c	1159.57 ± 9.5 e

^z Data presented were means ± standard deviation (n=3).

^y Means in a column with different small letters were significantly different (p < 0.05).

討 β-環狀糊精應用於製作脫水蔬菜，結果呈現以 β-環狀糊精、蔗糖、食鹽混合液預處理蔬菜，其乾燥後品質具有含水量高、復水性佳、口感脆嫩的優點。當 β-環狀糊精溶液濃度超過 20% 時易析出結晶，造成乾燥後外觀不佳。而本研究結果卻發現使用 5% β-環狀糊精於花椰菜乾燥前之預處理，會造成結晶的析出，因

此選擇 β-環狀糊精應用於花椰菜乾燥前的預處理，會導致產品外觀不佳，且復水率低於麥芽糊精處理組和對照組。Wang *et al.* (2004) 則使用麥芽糊精於番茄復水中，研究結果顯示以 15% 麥芽糊精濃度較佳，且加入糖、鹽的混合液可提高預處理滲透壓及脫水番茄的含水率，經麥芽糊精預處理有助於改善其嫩度，和本試

驗結果相符。實驗證實經 5% 麥芽糊精預處理可得到外觀較佳的脫水花椰菜，且在復水後均有較佳的硬度和新鮮度，也有不錯的咬感。雖然 β -環狀糊精預處理後的花椰菜，在物性上也顯現出對提升復水後花椰菜質地有幫助，不過當使用 5、10% 的 β -環狀糊精則在花椰菜表面出現白色結晶粉末的現象，會造成脫水花椰菜成品外觀不佳，因此花椰菜乾燥前的預處理建議不選用 β -環狀糊精。

經預處理的脫水花椰菜的抗氧化能力也會稍微下降，由於總多元酚是屬於水溶性，在浸泡過程中會造成流失，致使花椰菜的 ORAC 值也呈現降低的趨勢。因此乾燥前的預處理最重要的是殺菁和浸泡時間的選擇，主要是因殺菁時間太短無法有效抑制過氧化酶的活性，若浸泡和殺菁時間太長則造成營養成分的流失和質地過度軟化。

冷凝除濕乾燥能有效的節省乾燥的時程，再搭配 5% 麥芽糊精 + 5% 蔗糖不會造成花椰菜細胞水分快速流失，能有效控制細胞組織質地皺縮的情形，提升脫水花椰菜及復水後整體的品質。對於面臨花椰菜盛產時期造成價格崩盤時，本加工方式能提供花椰菜加工處理的另一選擇，未來亦可評估利用於其他水果乾燥的可行性，且復水後是否能保持原來口感，這將是解決盛產時期蔬果及延長售架期的方法之一。

引用文獻 (Literature cited)

- Alejandro, A. S., F. H. Emmanuel, T. Juscelino, G. S. Franciso, and G. M. Felipe. 2005. Resistant starch-rich powders prepared by autoclaving of native and lintnerized banana starch- partial characterization. *Starch/Stärke*. 57:405–412.
- Chiang, Y. T. 2002. A Study on the Applying of Low Humidity Dryers for Tea Making. Master Thesis, Department of Agricultural Machinery Engineering, National Chung Hsing University. Taichung. 127 pp. (in Chinese with English abstract)
- Chung, Y. C., S. J. Chen, C. K. Hsu, C. T. Chang, and S. T. Chou. 2005. Studies on the antioxidative activity of *Graptopetalum paraguayense* E. Walther. *Food Chem.* 91:419–424.
- Dadali, G., E. Demirhan, and B. Özbek. 2008. Effect of drying conditions on rehydration kinetics of microwave dried spinach. *Food Bioprod Process.* 86:235–241.
- DuBois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28:350–356.
- Hoogzand, C. and J. J. Doesburg. 1961. Effect of blanching on texture and pectin of canned cauliflower. *Food Technol.* 15:160.
- Huang, R. C., J. C. Peng, K. H. Chang, Y. X. Wu, and J. J. Huang. 2002. The effects of different drying methods on lotus flowers drying characteristics and sensory evaluation. *J. Agric. and For.* 51:67–81. (in Chinese with English abstract)
- Jha, S. N. and S. Prasad. 1996. Determination of processing conditions for Gorgon Nut (*Euryale ferox*). *J. Agric. Eng. Res.* 63:103–111.
- Jiang, C. H., L. L. Wang, Z. H. Liang, Y. B. Li, and L. I. Zhu. 2000. Study on application of β -cyclodextrin in dehydrated vegetables. *Food Sci. Technol.* 2:38–40. (in Chinese with English abstract)
- Kadam, D. M., D. V. K. Samuel, and R. Parsad. 2006. Optimisation of pre-treatments of solar dehydrated cauliflower. *J. Food Eng.* 77:659–664.
- Khin, M. M., W. Zhou, and C. O. Perera. 2006. A study of the mass transfer in osmotic dehydration of coated potato cubes. *J. Food Eng.* 77:84–95.
- Khin, M. M., W. Zhou, and C. O. Perera. 2007. Impact of process conditions and coatings on the dehydration efficiency and cellular structure of apple tissue during osmotic dehydration. *J. Food Eng.* 79:817–827.
- Lazarides, H. N. and N. E. Mavroudis. 1996. Kinetics of osmotic dehydration of a highly shrinking vegetable tissue in a salt-free medium. *J. Food Eng.* 30:61–74.
- Maskan, M. 2000. Microwave/air and microwave finish drying of banana. *J. Food Eng.* 44:71–78.
- Nestle, M. 1998. Broccoli sprouts in cancer prevention. *Nutr. Rev.* 56:127–130.

- Ou, B., M. Hampsch-Woodill, and R. L. Prior. 2001. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent as probe. *J. Agric. Food Chem.* 49:4619–4626.
- Wang, H., W. T. Xue, and S. J. Li. 2004. Study on application of rehydrated tomatoes in Xinjiang. *Sci. Technol. Food Ind.* 4:84–85. (in Chinese with English abstract)
- Williams, S. 1984. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 14th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington. 1141 pp.

The Effects of Polysaccharide Pretreatments on the Qualities of Condensation Dehumidification Drying Cauliflower¹

Tsung-Yen Wu^{2,4}, Shwu-Jene Tsai², and Li-Duhng Huang³

Abstract

Wu, T. Y., S. J. Tsai, and L. D. Huang. 2012. The effects of polysaccharide pretreatments on the qualities of condensation dehumidification drying cauliflower. *J. Taiwan Agric. Res.* 61:330–342.

This experiment was to evaluate the effect of polysaccharide on the qualities of cauliflower during dehydration. Cauliflower were pretreated with a mixture of polysaccharide (maltodextrin or β -cyclodextrin, 5 or 10%) and sucrose (5 or 10%), and then dehydrated using a dryer with condensation dehumidification. The nutritional compositions and antioxidant activity of dry products as well as the quality characteristics after rehydration were determined. The pretreatment of polysaccharides prevented rapid water loss and shrinkage from drying resulting in a better color performance for dry products. However, the immersion in polysaccharide solution also resulted in a higher nutrient losses of dry cauliflower than those of untreated ones, such as 31–40% losses in protein, crude fat and crude fiber, 35–56% losses in most of macro and trace elements, and 25–50% reduction in total phenolics and antioxidant activity (ORAC). The higher the concentrate of maltodextrin and β -cyclodextrin, the more the losses of element contents, total phenolics and antioxidant activity in dry cauliflower. When evaluating the characteristics of rehydrated products, cauliflower pretreated with polysaccharide possessed better rehydration ratio and texture (freshness and chewing) after rehydration than control. Overall, pretreatment with 5% maltodextrin and 5% sucrose was suggested for dehydration of cauliflower since it performed the best qualities of dry and rehydrated products. Conclusively, the condensation dehumidification drying technology combining with pretreatment of polysaccharide could be successfully applied in the production of dehydrated cauliflower.

Key words: Dehydrated cauliflower, Condensation dehumidification dryer, Polysaccharide.

-
1. Contribution No. 2673 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: October 25, 2012.
 2. Respectively, Assistant Researcher and Associate Researcher, Agriculture Chemistry Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
 3. Researcher, Agricultural Engineering Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
 4. Corresponding author, e-mail: chung_yen@tari.gov.tw; Fax: (04)23302805.