

素食者的維生素D來源—照光處理蕈菇

農試所鳳山分所 楊淑惠 洪千雅

一、前言

依據國際環保組織「地球之友歐洲, Friends of the Earth Europe」2014年出版的「Meat Atlas: facts and figures about the animals we eat」報告推估，全球約有 3.75 億、約5%的素食 (vegetarian) 人口；台灣基於宗教、風俗及飲食等多元特性，據 Worldatlas 報導，素食人口比例約在12%左右 (約280萬人)(2)。維生素D 是營養素，也一種具有多重生理作用的荷爾蒙 (pleiotrophic hormone)，在自然界中有多種形式，動物性食物來源的維生素D_3 (又稱為膽鈣化醇, cholecalciferol)，植物性食物來源的維生素D_2 (又稱為麥角鈣化醇, ergocalciferol)，兩者為營養形式的維生素D無生理活性。經由肝臟內的25-羥化酶 (25- hydroxylase) 代謝為25-羥基維生素D25-羥基維生素D (25-hydroxyvitamin D), 25(OH)D，也稱為鈣二醇 (calcidiol) 為血液循環中主要的維生素D形式，再藉由循環被帶至腎臟，經由腎臟內的1α-羥化酶轉化為1,25-羥基維生素 D (1, 25-dihydroxyvitamin D，1,25(OH)2D)，是實際具有生理活性的維生素D。目前作為評估身體維生素D狀態的依據為血清中的25(OH)D指數，就對骨骼健康而言，美國國家科學院 (National Academies) 醫學所 (Institute of Medicine, IOM) 建議 25(OH)D 應在20 ng/ml以上 (=50 nmol/L)；美國內分泌協會(Endocrine society)、國際骨質疏鬆基金會 (International Osteoporosis Fundation, IOF) 等則建議年長者至少應在30 ng/mL以上，臨床醫師以20-30 ng/mL以下為缺乏狀態 (4,5)。

二、國外維生素D蕈菇生產概況

維生素D來源，一是皮膚接受充足的太陽紫外線照射而自行合成，二是食物攝取，包含動物性來源，含油脂的魚類、雞蛋、紅肉、肝臟等及植物性來源，經過日光照射的野生菇、日曬的乾燥菇或人工紫外線光照射處理的蕈菇類；因為蕈菇中含有大量的麥角固醇 (ergosterol) 成分，經過紫外光照射可將其轉化合成維生素D_2 (5)。

作　　者：楊淑惠副研究員
連絡電話：07-7310191-408

現行的菇類生產模式，菇類種植在高濕度的室內環境，生長過程不會受到陽光照射，並不會自然生產維生素D。文獻研究顯示，在相同的光照強度(1.08 J /cm^2) 下處理洋菇，傳統UVB燈具照射10-30分鐘，可產生1008 IU D_2/100g 鮮重；用太陽光照射2.5 小時，可產生918 IU D_2/100 g鮮重(6)，且紫外線技術生產的維生素 D 蘑菇已經被認為是安全的，適合引入市場(7,8)。利用太陽光或連續紫外光來處理蘑菇，產生維生素 D_2 所需的暴露時間大約為幾分鐘到幾小時，這對商業化生產維生素D蘑菇來說，所需時間太長並不實用。脈衝紫外光 (pulsed light) 是一種利用廣譜 (100-800 nm) 和高強度脈衝的技術，提供相同紫外光照射劑量所需的時間，與傳統UVB紫外光相比較，使用脈衝紫外光所需的時間要短的得多，以洋菇轉換生產相同含量維生素D_2為例，使用傳統UV-B燈處理需10-15min；使用脈衝紫外光處理則只需1.0 sec。美國、愛爾蘭、荷蘭和澳大利亞的一些大型商業蘑菇農場，將新鮮蘑菇暴露在脈衝紫外光照射下，產生至少 400-800 IU D2/100 g 鮮重，可以為消費者提供50-100% 的每日所需維生素 D(3)。

三、規劃國產維生素D蕈菇生產流程

國產常見的食用蕈菇，包括洋菇(*Agaricus bisporus*)、金針菇 (*Flammulina velutipes*)、秀珍菇 (*Pleurotus ostreatus*)、杏鮑菇 (*Pleurotus eryngii*)、鴻喜菇 (*Hypsizigus marmoreus*)、珊瑚



圖一、維生素D生鮮蕈菇脈衝紫外光照光處理流程。

菇 (*Pleurotus citrinopileatus*)、白木耳 (*Trmella fuciformis*)、香菇 (*Lentinula edodes*)、木耳 (*Auricularia polytricha*) 等等產量、品質穩定，依據110年農業統計年報，菇類總產量43,498公噸，包括洋菇4,306公噸、香菇4,551公噸、金針菇22,503公噸，總產值為90億元。為保持維生素D蕈菇的新鮮度，以高強度的脈衝光技術生產含維生素D的蕈菇，就時間及流程上更具效率。依照菇類集貨場的作業流程，於出貨前，將生鮮蕈菇放入脈衝光照射區，依標準照光流程進行脈衝光處理，蕈菇放置大盤，批次照光 (圖一) 後，裝盒、封膜；或蕈菇直接放入小盒盤，置入照射區，照光後封膜，維生素D蕈菇的終端產品 (圖二)。

四、照光處理維生素D蕈菇成分

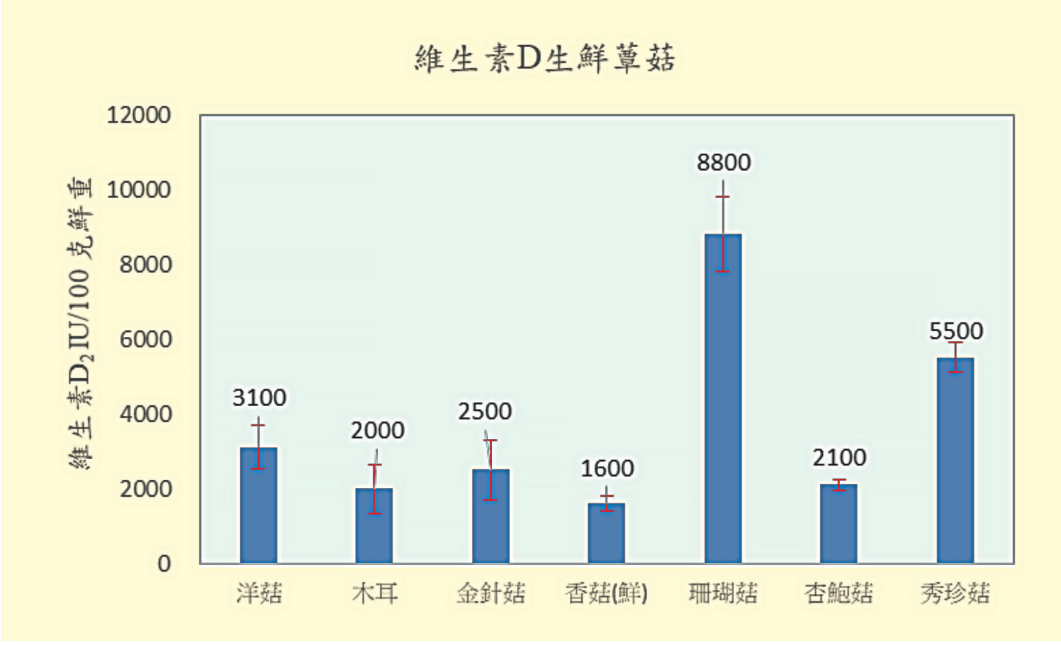
分析國產生鮮蕈菇的維生素D_2含量顯示，只有「木耳」含少量維生素D_2，約200-800 IU/100 g鮮重；其他生鮮蕈菇的含量極少，低於8 IU/100 g 鮮重。脈衝紫外光照光處理蕈菇的維生素D_2含量，每100克的生鮮維生素D蕈菇，維生素D_2含量約為1,600 IU-8,800 IU/100 g鮮重；如鮮食香菇維生素D_2含量1,600 ± 150 IU/100 g鮮重；珊瑚菇含量8,800 ± 220 IU/100 g鮮重，國內菇類種類多樣，經標準光照處理流程，其轉化成維生素D_2的量，因菇類的外形、大小、色澤、受光照面積等的不同，含量差異頗大 (圖三)。由分析結果顯示，食用一份 100 克的國產維生素D蕈菇，可以為消費者提供 100% 的每日所需的維生素 D。冷藏試驗也顯示，維生素D蕈菇於5-8℃冷藏存放3週，其維生素D_2含量無顯著變化。

蕈菇的主要糖類成分包括蔗糖、葡萄糖及果糖，果糖為洋菇、珊瑚菇及鮮食香菇的主要糖類含量占80% - 95%；蔗糖為杏鮑菇、金針菇及秀珍菇的主要糖類含量占70% - 90%；木耳主要糖類為葡萄糖，未測得其他糖類，不同菇類的糖類成分差異很大，研究顯示經照光處理後蕈菇糖類含量略有變動 (圖四)，但統計上不具差異性 ($p > 0.05$)。蕈菇的有機酸成分包括蘋果酸、

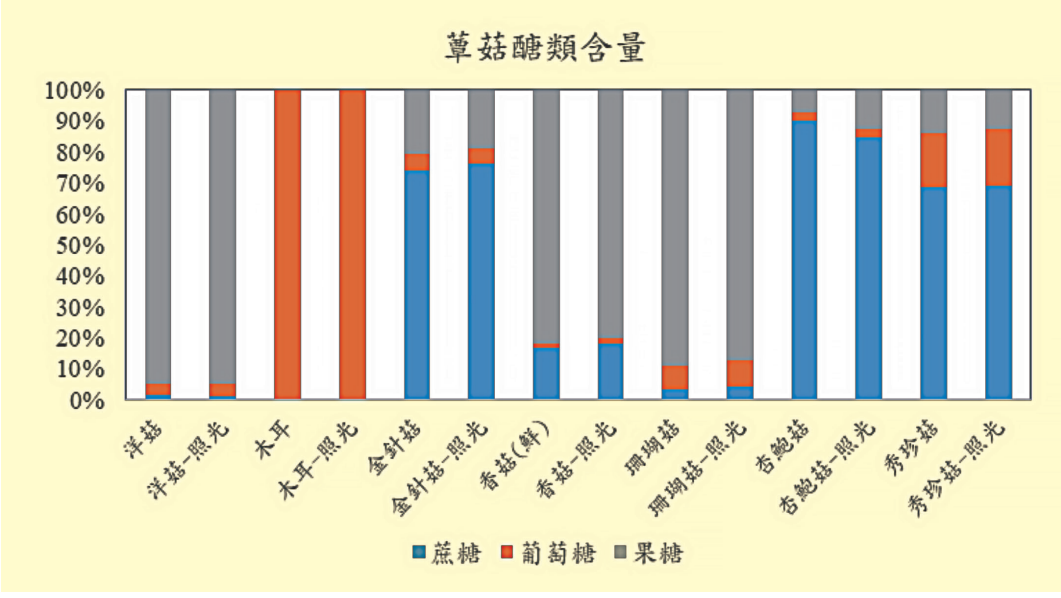


圖二、脈衝紫外光照光處理國產維生素D生鮮蕈菇。

異丁酸 (isobutyric acid) 、焦谷氨酸 (L-Pyroglutamic acid)、檸檬酸、莽草酸 (shikimicacid)及延胡索酸 (Fumaric Acid) 等，蘋果酸含量占27.1% - 75.1%、異丁酸含量占13.9% - 58.1%為菇類的主要有機酸成分，分析顯示經照光處理後蕈菇有機類酸含量略有變動 (圖五)，但統計上不具差異性 ($p > 0.05$)。上述二項結

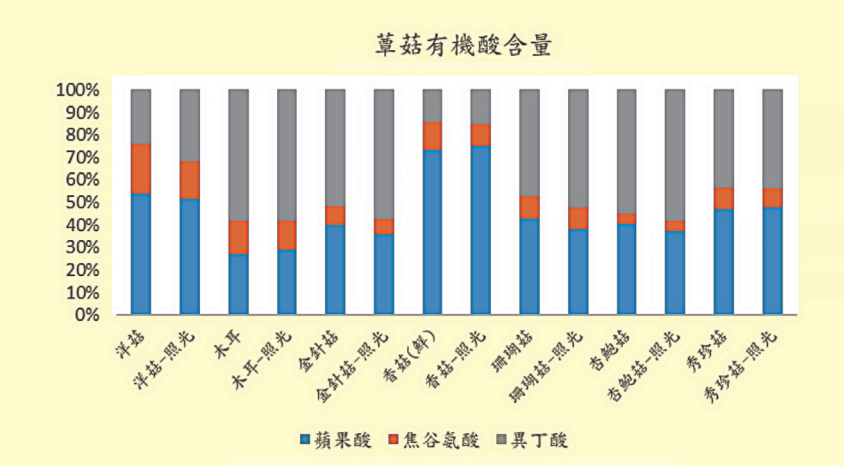


圖三、脈衝紫外光照光處理生鮮蕈菇之維生素D_2含量。

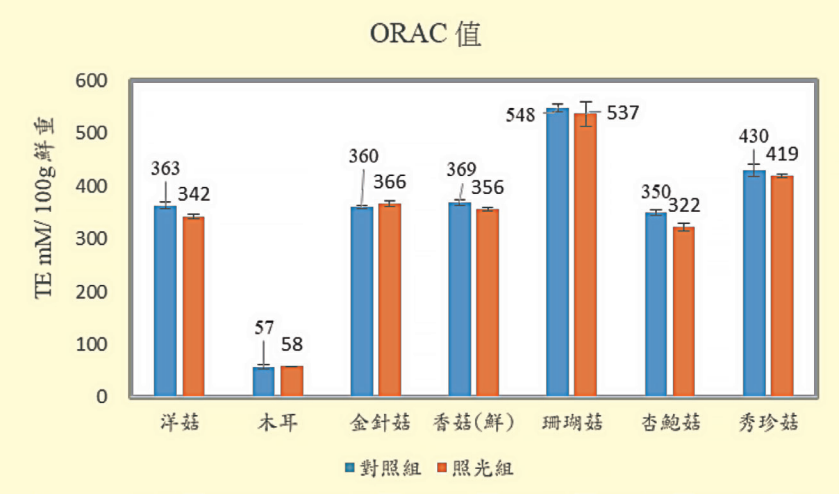


圖四、脈衝紫外光照光處理生鮮蕈菇之醣類含量變化。

果顯示生鮮蕈菇經過脈衝光照射，對主要成分無顯著影響，可保有生鮮菇的品質；蕈菇的抗氧化力以ORAC值表示，數值愈高顯示抗氧化力愈強，珊瑚菇ORAC值548 ± 8.0 TE mM/ 100g 鮮重，抗氧化力相對高，其他試驗菇類的ORAC值342 ± 4.0 TE mM/ 100g至430 ± 12 TE mM/ 100g，不同菇種生鮮蕈菇的ORAC值差異很大，試驗顯示經照光處理後蕈菇ORAC值略有變動 (圖六)，但統計上不具差異性 ($p > 0.05$)，結果顯示脈衝光照射，對蕈菇機能性無顯著影響。



圖五、脈衝紫外光照光處理生鮮蕈菇之有機酸含量變化。



圖六、脈衝紫外光照光處理生鮮蕈菇之抗氧化力變化。

五、展望

依據國民健康署公告之研究計畫，「國民營養狀況變遷調查報告 102-105」成果報告顯示，國人從飲食中攝取的脂溶性營養素缺乏最嚴重的是維生素D及維生素E。衛生福利部國民健康署106年發布的國人營養素參考攝取量，維生素D建議攝取量，0至50歲成人每天為10 μg (400 IU)，51歲以上為15 μg(600 IU)。國人維生素D的攝取狀況普遍偏差，僅男性 1-6 歲、男性 19-44 歲、女性 2 個月-6 歲者的維生素D平均攝取量達「國人膳食營養素參考攝取量 (Dietary Reference Intakes, DRIs)」建議量，其他年齡層的男女性均未達建議攝取量(1)，男性青年 (13-44 歲) 和壯年 (45 歲以上) 不足比率分

別為近 60% 及 40%；女性不足比率分別為達 80% 及60%，僅2%以下的女性血清中維生素D高於標準。上述研究報告顯示國人維生素D營養攝取顯著不足。

國人維生素D不足的可能原因，認為亞熱帶國家陽光充足，日曬充足的地區不會有維生素D缺乏的問題。但對於人類來說，紫外線照在皮膚上能夠合成維生素D，也可能傷害皮膚增加皮膚病變的風險。將蕈菇採收後利用人工紫外光照射，就可以產生大量的維生素D_2，成為「維生素D蕈菇」，是新鮮的營養食材，也是素食者攝取維生素D的唯一新鮮食材來源。

有關消費者攝食維生素D_2蕈菇後，在人體實際的生物利用率等研究，有研究文獻顯示，受試者食用400 IU維生素D_2可在體內轉換成約0.03 ng/mL 25(OH)D (9)。國內相關報告尚不充足，需要產官學人力投入，持續累積資訊，供消費者參考。後續藉由加工萃取技術，生產高濃度維生素D_2營養補充品的研究也將持續進行，期能有效提升國產蕈菇的產值及利用率。

六、參考文獻

潘文涵。2016。國民營養狀況變遷調查報告 102-105成果報告。

經濟部研究發展委員會。2020。國內外經濟情勢分析-專論-素食經濟崛起。

Cardwell, G., J. F. Bornman, A. P. James, and L. J. Black. 2018. A Review of Mushrooms as a Potential Source of Dietary Vitamin D. Nutrients. 10(10):1498-1508.

Hossein-nezhad A, Holick MF. Vitamin D for health: a global perspective. 2013. Mayo Clin Proc. 88:720–755.

Nigwekar SU, Bhan I, Thadhani R. Ergocalciferol and cholecalciferol in CKD. 2012. Am J Kidney Dis. 60:139–156.

Mau, J.L., Chen, P.R. and Yang, J.H. 1998. Ultraviolet irradiation increased vitamin D2 content in edible mushrooms. J. Agric. Food Chem. 46:5269–5272.

Simon, R. R., K. M. Phillips, R. L. Horst, I.C. Munro. 2011. Vitamin D mushrooms: Comparison of the composition of button mushrooms (Agaricus bisporus) treated post-harvest with UVB light or sunlight. J. Agri. Food Chem. 59:8724–8732.

Simon, R. R., J. F. Borzelleca, H. F. DeLuca, and C. M. Weaver. 2013. Safety assessment of the post-harvest treatment of button mushrooms (Agaricus bisporus) using ultraviolet light. Food Chem Toxi. 56:278-289.

Urbain1, P., F. Singler, G. Ihorst, H. K. Biesalski, and H. Bertz. 2011. Bioavailability of vitamin D2 from UV-B-irradiated button mushrooms in healthy adults deficient in serum 25-hydroxyvitamin D: a randomized controlled trial Euro. J. Clin. Nutr. 65: 965–971.