

# 電子會刊

# 創刊號

2024年09月 NO. 1 期



社團法人福爾摩沙  
硒健康產業推展協會

Grand Selenium Health Association, GSHA

No.1, SEP. 2024

# CONTENTS

03 理事長的話

05 總顧問的話

08 榮譽顧問的話

10 副理事長的話

13 總編輯的話

## 硒健康專題

15 飲食中微量元素硒對人體健康的影響

23 奈米硒提升免疫調節對抗肺癌的潛力

28 可敘述之生理功能例句研究：營養素「硒」之抗氧化功能

36 硒蛋白分析技術之概況

41 二林鎮富硒農產品之介紹與發展

50 秘書長的話

52 理監事與顧問群



# 「硒」望起航，攜手共創健康未來

社團法人福爾摩沙硒健康產業推展協會 理事長 溫政翰

2024 年 2 月，台灣第一個以研究及推廣硒 ( Se ) 微量元素的「社團法人福爾摩沙硒健康產業推展協會」正式成立，由我出任首屆理事長，備感榮幸。我投入生物醫藥研發產業領域多年，身為大健康產業的一員，除了在臨床醫學細胞治療領域上為人類謀福祉，更希望宣揚正確的保健觀念，讓人們從日常生活就為健康打好基礎。

硒 ( Selenium, Se ) 是人體必需的微量元素，雖然其醫學研究可追溯至 200 多年前，但直到 70 年代才確定為人體所需元素，近年來世界衛生組織(WHO)更證實硒是人類和動物生存的必需微量元素。硒被譽為「自由基的清道夫」，其抗氧化力是維生素 E 的 735 倍，許多國際學術機構也陸續發表關於硒與疾病相關的研究；此外，硒也是重金屬毒物的天然解毒劑，具有抵禦化學性致癌的功能。硒的好處雖多，但因人體無法自行合成硒，需要從食物攝取，但在自然界中硒多以無機形式存在，人體無法直接吸收，天然食物中瘦肉、海產、南瓜等雖含有人體可吸收的硒元素，但含量較少，因此如何吃對硒、補充硒極為重要。

台灣人營養來源豐富多元，大多數國人應不至於有硒元素缺乏的情況，然而由於飲食不均衡、生活壓力大、加上病菌及環境污染嚴重等原因，體內的硒元素是否有足夠？根據專家學者研究，許多處於亞健康狀態的人，長年受小病纏身，卻又找不出原因，就可能是硒攝取不足所導致。

為此，在台灣大學前校長楊泮池院士、南良集團總裁蕭登波先生、台灣癌症基金會執行長賴基銘教授醫師等多位重量級產學醫界人士發起下，福爾摩沙硒健康產業推展協會應運而生，在產學界攜手推動下，為協會奠定厚實的基礎，在推動硒健康產業發展的道路上，更加充滿信心。協會宗旨在致力推動硒相關的科學研究和技術發展，希冀為台灣找出硒產業發展的契機，矢志成為台灣硒健康產業與政府之間的橋樑，爭取政府對硒產業的支持與鼓勵，推動相關法規政策的

制定和完善，並促進硒健康產業相關技術在各領域的應用。

放眼世界各國皆開始關注硒元素產業，以中國為例，疫情過後更積極推動國內健康產業發展，帶動富硒產業的需求，並扶植富硒產品的研發、建構完整產業鏈，也逐步規範硒元素的檢驗標準及流程；中國的富硒成功經驗也提供寶貴的借鑒，未來將在協會的努力下，結合台灣生技研發產業的優勢，透過科技創新研發富硒農產品、制定檢驗標準與認證機制，建立與第三方單位合作的硒相關檢驗與認證體系，計劃推動全民健康檢查項目中加入硒含量檢測，從多元面相推動台灣硒健康產業的蓬勃發展。

當前國家核心戰略產業中，生技醫藥業正處於快速發展階段，不僅是台灣經濟飛昇的潛力動能，更承載著對人類健康的深切關懷。身為硒健康協會理事長，我對硒元素產業的未來充滿期待與願景，臺灣的生醫政策與時俱進，在推動新一代產業成長的過程中，透過跨部會的協力推動，強化硒健康產業大方向、擬定相關政策或法規、建構硒健康產業聚落、擘劃完整的硒健康產業生態系，是協會的成立初衷與期許。

展望未來，我們希望以『科學』為基礎，透過推動硒元素的應用技術，深化硒在生物醫學領域的地位，並加強與國際間的合作，提升臺灣在全球硒產業鏈中的地位。我深信透過產官學研的攜手共創，將能為臺灣的生醫產業擘劃嶄新的未來。

# 精準健康，科學補硒

福爾摩沙硒健康產業推展協會 總顧問 **楊泮池**

本人深感榮幸能夠在協會電子會刊的創刊號中，與各位一同探討一個極具前景且關乎全民健康的重要議題——硒，這個被譽為「生命微量元素」的奇蹟元素。

硒的科學研究自 207 年前首次發現以來，已經眾多文獻報導支持並取得了重大進展。從 1970 年代開始，硒被確認為人體所需的微量元素，並迅速成為生物醫學領域研究的焦點。如今，硒不僅在抗氧化、抗炎和抗癌等方面展示了其強大的生物學功能，更在提升人體免疫力、解毒和防止重金屬中毒等方面表現卓越。硒的這些功能，使其成為精準健康的重要組成部分，而這也正是我一直以來致力推廣的健康理念。

## 硒與精準健康的聯繫

精準健康的核心在於對每個人獨特的生理、遺傳和環境因素進行全面了解，以制定個性化的健康管理方案。硒，作為人體必需的微量元素，其代謝水平和需求量在不同人群之間存在顯著差異。如何根據個體的健康狀況、生活環境及飲食習慣，精準地補充硒，將是實現精準健康的重要環節。

正如理事長溫政翰先生在序言中所提到的，硒的抗氧化能力是維生素 E 的 735 倍，被譽為「自由基的清道夫」，其對抗氧化壓力的效果顯著。同時，硒對於預防癌症、保護心血管健康及增強免疫系統具有無可替代的作用。這些功能，使硒成為精準健康中的關鍵元素之一。然而，由於人體無法自行合成硒，我們只能依賴外部的食物或補充劑來攝取足量的硒。因此，科學文獻與實驗的支持和精準的硒，並將其融入日常健康管理中，是我們當前和未來面臨的重要課題。

## 科學補硒的重要性

在日常生活中，如何科學地補硒，並在不過量的前提下達到最佳的健康效果，是一個需要廣泛普及的知識。台灣人飲食習慣的多樣性，確保了我們大部分人能

夠從食物中獲取足夠的硒。然而，現代生活中的種種壓力、不健康的飲食習慣，以及環境污染等因素，使得許多人的硒攝取量不足，這也是許多人處於亞健康狀態的潛在原因之一。

作為協會總顧問，我一直認為，推動科學補硒的普及，應該從教育和科學研究入手。協會的成立，正是為了填補這一領域的空白，通過專家學者的共同努力，讓更多人了解硒的重要性，並學會如何在日常生活中科學地補充硒。我們的電子會刊，將成為這一過程中的重要平台，為大家提供最新的硒研究動態和健康管理資訊，並推廣科學精準補硒的健康理念。

## 產官學研的協力推動

福爾摩沙硒健康產業推展協會的成立，集結了產、官、學、研四方力量，為台灣硒健康產業的發展奠定了堅實基礎。理事長溫政翰先生、南良集團總裁蕭登波先生、台灣癌症基金會執行長賴基銘教授醫師等業界翹楚的加入，彰顯了我們協會的影響力與發展潛力。這些專家領袖的共同努力，將推動硒健康產業在台灣的發展，並促使台灣成為全球硒研究與應用的領導者之一。

中國的富硒產業經驗為我們提供了寶貴的借鑒。我們可以從中學習，並結合台灣在生物技術和健康產業上的優勢，推動本地硒產業的發展。在科技創新和產業鏈整合的基礎上，協會將促進硒元素在農業、醫療、食品等領域的應用，並推動相應的檢測標準和認證體系的建立。我們還計劃將硒含量檢測納入全民健康檢查項目，已提供醫療人員的診斷參考，這將有助於全面提升台灣人民的健康水準。

## 展望未來

當前，台灣生技醫藥產業正在快速成長，而硒元素的應用正逐步成為這一領域的重要組成部分。硒健康產業的發展，不僅僅是為了推動經濟增長，更重要的是為了提升人類健康水準，改善生活質量。這也是我作為協會總顧問，所矢志推動的目標。

在未來，我們將繼續秉持精準健康的理念，促進硒在各領域的應用，並通過協會平台，與國際間的專家、研究機構及產業界展開更深入的合作。我們的目標

不僅僅是推動台灣健康產業的發展，更希望通過「錫」，讓台灣為全球的健康事業貢獻力量。讓我們攜手共進，共同迎接一個更加健康、美好的未來。

謝謝大家！

## 硒的未來：健康促進與精準醫療的關鍵

福爾摩沙硒健康產業推展協會 榮譽顧問 蕭登波

我非常榮幸受邀撰寫電子創刊號序言，並見證福爾摩沙硒健康產業推展協會的成立，這標誌著台灣健康產業的一個新里程碑，將硒這一微量元素的應用與精準醫療相結合，展現了我們對健康促進的前瞻性思維。隨著醫療技術的迅速進步，精準醫療已成為全球健康產業的主流趨勢，這種醫療模式強調個體化治療，根據每個人的基因、環境和生活方式特徵來量身訂做治療方案，這大大提高了治療的精準度和效果。在這個背景下，預防勝於治療的觀念變得尤為重要。預防不僅是減少疾病的發生，更是提高整體健康水平的關鍵策略。這種策略不僅僅適用於疾病的防治，更是應用於日常生活中的健康維護。

硒作為人體必需的微量元素，雖然需求量不高，但對人體健康的影響卻不容忽視，它是多種抗氧化酶的關鍵組成部分，特別是在谷胱甘肽過氧化酶和硫氧還蛋白還原酶這些抗氧化系統中，硒是不可或缺的組成元素，能夠有效中和自由基，降低細胞的氧化壓力。此外，硒在免疫系統中扮演著重要角色，參與白細胞的功能調節，並增強身體對病原體的抵抗力。硒在抗炎、抗氧化和免疫調節方面的多重功能，使它成為現代健康促進中的重要元素。

在當前這個日益注重預防和健康維護的時代，通過合理補充硒，提升人體抗氧化能力，增強免疫系統功能，已經成為重要的健康管理策略，硒能夠幫助抵禦有害的自由基，減少氧化壓力，從而延緩衰老並降低疾病風險。針對癌症和心血管疾病的研究，硒在防治過程中的潛在作用和效果已經受到廣泛關注。此外，硒的作用範圍不僅限於健康促進，它還被認為在人體代謝和細胞內信號傳導中發揮著重要作用。

福爾摩沙硒健康產業推展協會的成立，無疑是推動硒相關研究和應用的重要一步。我們將看到更多與硒相關的健康產品和解決方案進入市場，從而造福更多人群。我也期望這個平台能促進產學合作，推動硒的研究與應用，最終實現健康

促進與疾病預防的雙重目標。透過更深入的研究和更廣泛的應用，硒有望成為未來預防醫學中不可或缺的一部分。本人作為協會的榮譽顧問，我深感責任重大，也充滿了期待。未來，我們將攜手更多專家學者，致力於硒在健康促進方面的廣泛應用，推動整體國民健康水平的提升。在此，恭賀福爾摩沙硒健康產業推展協會正式成立，願協會蒸蒸日上，推動硒產業發展，造福社會健康，開創健康產業的新篇章！

# 硒健康產業的新展望— 推動台灣富國利民的產業鏈

福爾摩沙硒健康產業推展協會 副理事長 賴基銘

硒 (Se) 是維持人體正常生理機能不可或缺的微量元素。如何優化硒的攝取量以預防硒缺乏或硒過量引起的相關的疾病，已被認為是現今醫療保健的重要議題。

硒元素於 1817 年由瑞典化學家 Jons Jakob Berzelius 首次發現，但直到 140 年後 Klaus Schwartz 和 Clavin Foltz 發現膳食中的硒具有保護大鼠免於肝壞死的效用，人們才察覺硒對於人體保健的潛力。目前已知硒具有抗氧化、抗癌、抗衰老以及增強免疫力等多種功效。硒的特性之一是它以硒半胱氨酸 (selenocysteine, 一種罕見的第 21 個胺基酸) 的形式結合於硒蛋白中。目前已發現 25 種人類硒蛋白，其中大多數是穩定人體氧化還原狀態的重要抗胺氧化酶。

硒在自然界中主要以三種形式存在：單體硒、無機硒和有機硒。主要的有機硒化物有硒半胱氨酸，甲硒胺酸 (L-selenomethionine), 和硒-甲硒胺酸 (Selenomethylselenocysteine)，主要的無機硒化物有硒酸鹽 (selenates)、亞硒酸鹽 (selenites) 和 selenides (例如  $H_2Se$ 、 $HSe^-$ ) 等。單體硒的吸收和利用有限。與無機硒相比，有機硒的毒性相對較低，對人類產生毒性的閾值劑量各為 (無機硒  $16 \mu g/day$ ) 與 (有機硒  $260 \mu g/day$ )。人類獲取硒的主要途徑是透過攝食富含硒的動植物產品，通常是穀物、酵母和肉類蛋白質中的甲硒胺酸，以及在大蒜和花椰菜等植物的硒-甲硒胺酸。缺乏硒可導致多種疾病，包括心肌梗塞、神經損傷、免疫力低下等。在中國大陸發生克山氏症、大骨節病 (Keshan and Kashin-Beck diseases) 的缺硒地區，每日硒攝取量不足  $11 \mu g$ ；而富硒地區—恩施的硒平均攝取量為每天  $550 \mu g$ 。然而，有研究認為每天硒攝取量超過  $400 \mu g$  將導致慢性毒性。由於安全攝取量範圍較窄，富硒蔬菜的每日食用量亦須謹慎考量。

硒對人體健康的作用之中，最被關心的是其對抗癌症的效用，也存在著許多的爭議。曾有人體試驗 (Nutritional Prevention of Cancer Trial, NPC) 指出，補充硒 (200  $\mu\text{g}/\text{day}$ , 來自酵母硒) 可能有降低癌症風險的效果，值得更進一步地確認。但之後的大規模臨床試驗 Selenium and Vitamin E Cancer Prevention Trials (SELECT) 卻指出補充硒 (200  $\mu\text{g}/\text{day}$ , 甲硒胺酸) 並無預防健康男性前列腺癌的效用。有報導分析許多臨床試驗結果後指出，補充硒並沒有降低整體癌症發生率或死亡率。儘管如此，該報導也認為需要更多的研究來評估硒是否可以改變特定基因背景或營養狀況個體的癌症風險，並探討各種形式的硒可能產生的不同效用。有評論指出上述兩個臨床試驗 (NPC 和 SELECT) 結果不同的可能原因之二為，NPC 試驗所使用的酵母硒可能比 SELECT 試驗使用的甲硒胺酸更有效，以及 NPC 試驗是針對血漿硒濃度偏低的男性進行研究，補充硒可能只降低這類個體的前列腺癌風險。因此這些爭議也未完全否定硒的抗癌潛力，如何進一步嚴謹地研究食材中更有效的硒化物，以及其對特定基因背景或營養狀況個體的效用，將是硒健康產業後續努力的方向。

蔬菜中的有機硒化物除了甲硒胺酸之外，存在於大蒜、洋蔥和綠花椰菜等許多植物中的硒-甲硒胺酸天然有機硒化合物，已在動物實驗顯現有效的化學預防活性，且被認為可能是酵母硒中具強效化學預防作用的硒化物。除此之外，食材中亦可能存在著其它作用更佳的硒化物待被開發利用，進而以先進的農業富硒技術增加其含量。而隨著近來奈米技術的進展，藉由物理、化學、生物性等方式合成奈米硒粒子，以期增進效益並降低毒性，也成為另一新興策略。

除了化學預防，硒化物亦可能有增進抗癌藥物療效的潛力。我們先前的研究發現，併用血中可達濃度的酵母硒與魚油 (天然三酸甘油酯型，TG-Form) 可產生消除癌幹細胞的表徵並逆轉其抗藥性的加乘作用，除了值得進一步開發其臨床應用潛力，也顯示併用其他營養素以和硒化物產生加乘作用 (synergism)，亦是開發其應用於癌症輔助治療潛力的良策。另一方面，目前血漿硒濃度的檢測並不普及，價錢也不斐。為探討補充硒對特殊基因背景與營養狀況群體的保健效益，除了研發更有效硒化物以及其組合之外，建立精準檢測食材中特定硒化物以及血

漿硒濃度的方法並將其普及化，也將是未來硒健康產業發展成為富國利民的產業鏈的配套要件。

期勉本協會成員能群策群力，推動以下的進展---

1. 研究食材中更有效的硒化物，進而以先進的農業富硒技術增加其含量。
2. 研發硒化物與其他營養素的加乘保健作用組合，並探討其分子機轉。
3. 建立精準檢測食材中特定硒化物以及血漿硒濃度的方法，並將其普及化。
4. 探討上述產品對特定基因背景或營養狀況個體的效用。

## 總編輯的話

福爾摩沙硒健康產業推展協會 常務理事 方俊民

硒是人類和動物健康必須之關鍵微量元素，為推動硒元素相關的研究，並加速臺灣在硒產業之技術及發展，社團法人〈福爾摩沙硒健康產業推展協會〉於民國 113 年 2 月 2 日正式核准設立，其宗旨是以科學研究為基礎，並作為發展硒產業的後盾。有鑑於此，本協會也發行刊物來介紹硒元素的科學知識，及在農業、生技、食品、醫療、紡織、環保等等諸多產業之應用。

本創刊號收集五篇文章，分別由蔡美玲、曾士傑、林佺德、廖尉斯、蔡詩傑領銜撰寫，內容包括〈飲食中硒元素對人體健康的影響〉、〈奈米硒提升免疫調節對抗肺癌的潛力〉、〈可敘述之生理功能例句研究：營養素「硒」之抗氧化功能〉、〈硒蛋白分析技術之概況〉以及〈二林鎮富硒農產品之介紹與發展〉。雖然有許多報導關於硒元素的功能，例如抗氧化、免疫調節、維持甲狀腺功能及減少癌症和心血管疾病風險等多個方面，但硒的安全量和有毒量之間的界限很小，而且食物中硒的含量差異頗大，如何在臺灣訂定硒攝取量的準則，亟需要更廣泛且深入的研究。

近年的研究指出藉由奈米技術將硒元素奈米化後，奈米硒可以逆轉腫瘤細胞抑制免疫的微環境，因此如何有效利用奈米硒調節免疫的功能，值得深入研究。以治療非小細胞肺癌為例，可以運用奈米硒來配合傳統化療、標靶分子藥物或抗體免疫治療。而進一步的臨床實驗才可能驗證奈米硒在藥物動力學的結果以及在各種治療中的角色。

坊間對食品及相關產品的標示或宣傳廣告，常有涉及不實、易生誤解、或誇大醫療效能，為防止這類行為，衛生福利部食品藥物管理署訂有法規，規定可以用來敘述之生理功能的詞句。然而在 2023 年以前，與「硒」相關之詞句仍付之闕如，嚴重影響社會大眾對「硒」的認知和相關產品之推廣。林佺德先生的文章中，探討如何申請「硒有助於抗氧化，抵抗氧化壓力」這些生理功能例句，以及

被官方批准的要件。此案例是美商賀寶芙公司聯合十家知名食品公司，類舉美國商會白皮書、硒營養素之安全評估報告文獻、硒營養素之生理功能相關研究報告、硒抗氧化功能之法規文獻研究，而後透過公學會成功申請硒抗氧化功能性相關的廣告可用的詞句。

隨著硒產品蓬勃發展，對食物、保健食品和醫藥中的硒元素、硒化合物、硒胺基酸、以及硒蛋白之檢驗也越來越重要。本刊以硒蛋白為例，介紹其定性與定量分析的技術，尤其是結合高效液相層析儀和電灑串聯質譜儀的分析方法。期待未來有更多的學者與從業人員能投入相關研究，協助台灣制訂出自己的硒物質的分析標準與操作技術。

蔡詩傑鎮長更在本刊分享彰化縣二林鎮農友與奈米科技公司跨領域合作的歷程，展現這幾年開發富硒的紅龍果、雞蛋、肉雞等農產品之成果，證明奈米硒具有低毒性與高吸收率的優點。富硒紅龍果的果肉口感及甜度與對照組相當，但富硒紅龍果的外觀飽滿且顏色鮮艷，賣相很好。另一方面，餵食富硒飲水的土雞，比對照組的體重、生長速度、健康狀態和存活率都較優，尤其在禽痘流行期間，展現出顯著的免疫力。

本刊作為推展硒健康產業之橋梁，希望獲得各方讀者的熱烈回響，並歡迎來稿賜教。

# 飲食中微量元素硒對人體健康的影響

蔡美玲 Tsai, Mei-Ling

國立高雄大學水產食品科學系教授

Email: mltsai@nkust.edu.tw

## 摘要

硒 (Selenium, Se) 是人體必需的微量礦物質，對健康至關重要，在身體中硒與胺基酸結合以硒蛋白的形式存在，具有結構和酶的功能。硒作為抗氧化劑及產生活性甲狀腺激素的催化劑，是免疫系統正常運作所必需的重要營養素，可以弱化病毒的侵襲。硒不僅會影響精子活力，也可以降低流產的風險，而產生不良情緒可能與缺乏硒有關。在某些地區，增加硒攝取量會降低罹患癌症的風險。儘管較高的硒水平對氧化壓力和發炎相關的疾病有明顯的益處，但硒與心血管疾病風險的關聯，其研究結果尚待進一步驗證。

## 一、前言

礦物質是膳食中重要的無機成分，天然存在但人體無法合成，需要從食物中取得。目前已知的礦物質有 4000 多種，但其中有 16 種礦物質被認為是飲食中必不可缺的營養素，需要有少量來維持人體正常功能、生長及維護身體組織。其中硒 (Selenium, Se) 是對人體健康至關重要的微量元素之一，在許多生理代謝過程中發揮著不可或缺的作用，尤其在抗氧化、抗炎、抗癌、抗病毒及抗菌等方面均顯示出其影響力<sup>[1]</sup>。1979 年中國的科學家注意到，黑龍江克山縣的兒童與年輕婦女所患的心臟病可用硒來預防，至此硒對人體健康的必要性才獲得確認<sup>[2]</sup>。

## 二、硒的生物功能

目前已鑑定出約 35 種硒蛋白，雖然具體作用仍未完全明瞭，但已知功能的硒蛋白如表一所示<sup>[3]</sup>。其中被研究最為透徹的功能是參與抗氧化防衛系統，硒在這些酶中充當氧化還原中心，也就是擔任麩胱甘肽過氧化酶 (Glutathione

peroxidase, GPx)、硫氧化還原蛋白 (Thioredoxin) 和硒蛋白 P 的結構成份<sup>[4,5]</sup>。硒依賴性巯基甘肽過氧化物酶家族，可摧毀高度活性的過氧自由基，將過氧化氫還原，並將有害的脂質和磷脂氫過氧化物轉化為無害的水和醇，這一過程有助於維持細胞膜的完整性，保護前列環素 (Prostacyclin) 的產生，並減少對脂質、脂蛋白和 DNA 的進一步氧化損傷，從而降低動脈粥狀硬化與癌症等疾病風險<sup>[6,7]</sup>；硫氧化還原蛋白酶 (Thioredoxin reductase) 參與還原 DNA 合成中的核苷酸，幫助調節細胞內的氧化還原；硒的另外一項重要功能是甲狀腺素脫碘酶 (Iodothyronine deiodinase) 的成份，參與甲狀腺素代謝<sup>[8]</sup>。

表一、 已知硒蛋白中硒的營養功能<sup>[3]</sup>

硒蛋白	功能
穀胱甘肽過氧化物酶 (GPx1、GPx2、GPx3、GPx4)	抗氧化酶：去除過氧化氫、脂質和磷脂氫過氧化物（從而維持膜完整性、調節類二十烷酸合成、改變發炎、對脂質、脂蛋白和DNA等生物分子進一步氧化損傷傳播的可能性）
(精子) 粒線體囊硒蛋白	保護發育中的精子細胞免受氧化損傷，並隨後聚合成成熟精子穩定性/運動性所需的結構蛋白。
碘甲狀腺原氨酸脫碘酶 (三種亞型)	由甲狀腺素 T4 產生活性甲狀腺激素 T3 並調節其水平
硫氧還蛋白還原酶 (可能有三種亞型)	DNA 合成中核苷酸的減少；抗氧化系統的再生；維持細胞內氧化還原狀態，對細胞活力和增殖至關重要；透過轉錄因子與 DNA 結合的氧化還原控制來調節基因表現。
硒磷酸合成酶, SPS2	硒磷酸鹽 ( 硒代半胱氨酸的前驅物 ) 的生物合成所需，因此也是硒蛋白合成所需的。
硒蛋白P	存在於血漿中並與內皮細胞相關。似乎可以保護內皮細胞免受過氧亞硝酸鹽的損害。
硒蛋白W	肌肉功能所需。
攝護腺上皮硒蛋白 (15kDa)	發現於前列腺腹側上皮細胞。似乎具有氧化還原功能 (類似於 GPx4) 。
DNA 結合精子細胞硒蛋白 (34kDa)	穀胱甘肽過氧化物酶樣活性。存在於胃和精子的細胞核中，可以保護發育中的精子。
18 kDa 硒蛋白	重要的硒蛋白，存在於腎臟和大量其他組織。缺硒時保存。

### 三、 硒對人體健康的影響

#### (一) 對免疫系統及病毒感染的影響

硒對免疫反應具有非特異性的重要作用，對於化學趨化 (Chemotaxis)、吞噬細胞 (Phagocytes) 以及呼吸爆發 (Respiratory burst) 等活動都至關重要。在巨噬細胞活性方面，硒能夠減少內部病原體的複製，增加巨噬細胞的數量及其

吞噬潛力；此外，硒還能影響適應性免疫，包括 T 細胞和 B 細胞活化功能，並且硒也能通過調節免疫細胞的氧化狀態來影響發炎反應<sup>[9]</sup>。

## (二) 硒在腸道系統中的作用

硒在腸道系統中也發揮重要作用，透過影響腸道微生物群和宿主免疫系統的關聯來維持腸道免疫力。補充硒能夠刺激上皮細胞的分化和增殖，調節腸道的穩定性，進而增強免疫防禦功能。並且通過影響腸道微生物群的結構功能，間接影響腸道健康與免疫反應<sup>[10,11]</sup>。

## (三) 硒可預防心血管問題

富含硒的人類飲食有助於健康的心臟和心血管系統<sup>[12]</sup>，透過減輕體內發炎和氧化壓力來降低心臟病發作的風險，否則可能導致動脈內壁斑塊積聚，引起動脈粥狀硬化，而動脈增厚可能會導致心臟病<sup>[13]</sup>。

## (四) 硒有益甲狀腺健康

硒有助於保護甲狀腺免受細胞氧化損傷，並有助於甲狀腺激素的釋放，從而調節人體的生長和發育<sup>[14]</sup>。因此，硒有利於甲狀腺的正常功能<sup>[15]</sup>。

## 四、人體對硒的需求量

對於人類來說，建議日常硒的補充量為 55-75 微克，且不得超過 400 微克的最大限量<sup>[16]</sup>。硒的安全量和有毒量之間的界限很小，並且在許多地區尚未標準化，硒的建議膳食攝取量，並會因年齡、性別、懷孕和哺乳期的不同而有異，例如孕婦或哺乳期婦女每日需要的硒含量比其他婦女高 9%及 27%<sup>[17]</sup>。

值得注意的是，食物中硒的含量差異頗大，取決於種植作物或飼養動物的土壤，因此食品中的硒濃度在全球各地存在差異，例如，美國的硒攝取量超過 90 微克/天，委內瑞拉為 326 微克/天，而在一些歐洲國家，硒的濃度低於建議值，約為 30 微克/天<sup>[18,19]</sup>。中國、紐西蘭及歐洲和俄羅斯的某些地區，土壤和食品中的硒含量較低，因此這些地區的人們需要更高的硒補充量來維持健康<sup>[20,21]</sup>。

## 五、硒的吸收和儲存

食物中的硒大多與含硫胺基酸，如半胱胺酸 (Cystein, Cys) 和甲硫胺酸 (Methionine, Met) ，結合在一起而形成硒代半胱胺酸 (SeCys) 和硒代甲硫胺酸 (SeMet) 等有機硒化合物 [22]，此形式的有機硒主要在小腸吸收。飲食中的硒吸收率可達 50-100%，與其他微量礦物質不同，硒吸收率並不受體內存量的影響，而且硒平衡主要靠糞便及尿液排泄 [23]，其吸收與體內平衡無關。

硒吸收後在血液中與運送蛋白結合，分別送到目標細胞和組織，人體內硒濃度最高的地方是肝臟、胰臟、肌肉、腎臟和甲狀腺等。在組織內，硒代甲硫胺酸是硒的儲存庫，而硒代半胱胺酸中的硒才是具有生物活性。

硒在環境中以有機和無機形式存在，其無機形式包括硒化物 ( $\text{Se}^{2-}$ )、元素態硒 ( $\text{Se}^0$ )、亞硒酸鹽 ( $\text{Se}^{4+}$ ) 和硒酸鹽 ( $\text{Se}^{6+}$ ) [24]。植物和穀物對無機形式的硒吸收較好，而哺乳動物則能更有效率地利用有機形式的硒進行代謝 [25,26]；此外，硒和維生素 E 具有協同作用，在維生素 E 的存在下，硒能夠更有效的被吸收 [27]。

## 六、 硒缺乏的疾病

硒的最佳來源是海鮮、肉類及穀類等，特定食物的硒含量如表二所示 [27]。植物從土壤中吸收硒，因此土壤中的硒含量直接影響植物和動物的健康，在一些硒含量低的地區，硒缺乏對人類和動物健康造成了很大的影響，在火山地區和酸性土壤中，硒的可用性通常較低，這是因為這些土壤中的硒可能被鐵或鋁等元素絡合，使植物難以吸收 [28]。因此在這些地區的牲畜中，如羊和小牛，經常出現缺硒相關的疾病，如生殖障礙、生長抑制和白肌病 (影響心臟和骨骼肌的肌病) [29]。在中國的克山病和大骨節病，克山病是一種地方性心肌病變，大骨節病則是一種變形性關節炎，雖然這些疾病與硒缺乏有關，但也可能受到其他致病因素的影響。這些情況皆顯示，硒缺乏會對健康造成影響，但需要綜合考慮各種環境和營養因素。

表二、 特定食物的硒含量<sup>[27]</sup>

食物	硒含量 (µg/g)
巴西堅果	0.2–512
酵母菌	500–4000
麵包	0.09–0.20
魚肉	0.06–0.63
蛋	0.09–0.25
雞肉	0.15
牛肉	0.01–0.73
豬肉	0.27–0.35
綠色花椰菜	0.012
牛奶	0.01–0.06
巧克力	0.04
肝臟	0.3–0.4
牛腎	1.45

## 七、 結語

總結以上，硒作為必需的微量元素，在維持人體健康方面具有不可或缺的作用，其功能涵蓋了抗氧化、免疫調節、維持甲狀腺功能及減少癌症和心血管疾病風險等多個方面，然而，硒的攝取需適量，過量或不足都會對健康產生負面影響。鑑於全球不同地區土壤和食物中的硒含量差異，針對不同人群及地域制定合適的硒攝取標準尤為重要。未來仍需進一步探討硒與各類疾病之間的具體關聯，以便更好地指導健康飲食和疾病預防策略。

## 八、 參考資料與註釋

- [1] Pecoraro BM, Leal DF, Frias-De-Diego A, Browning M, Odle J, Crisci E: The health benefits of selenium in food animals: a review. *J Anim Sci Biotechnol* 13(1):58, 2022
- [2] Levander OA, Beck MA: Interacting nutritional and infectious etiologies of Keshan disease. Insights from coxsackie virus B-induced myocarditis in mice deficient in selenium or vitamin E. *Biol Trace Elem*

Res 56(1):5, 1997

- [3] Rayman MP: The importance of selenium to human health. *Lancet* 356(9225):233, 2000
- [4] Spallholz JE, Boylan LM, Larsen HS: Advances in understanding selenium's role in the immune system. *Ann N Y Acad Sci* 587:123, 1990
- [5] Allan CB, Lacourciere GM, Stadtman TC: Responsiveness of selenoproteins to dietary selenium. *Annu Rev Nutr* 19:1, 1999
- [6] Hsu CH, Liao YD, Pan YR, Chen LW, Wu SH, Leu YJ, Chen C: Solution structure of the cytotoxic RNase 4 from oocytes of bullfrog *Rana catesbeiana*. *J Mol Biol* 326(4):1189, 2003
- [7] Neve J: Selenium as a risk factor for cardiovascular diseases. *J Cardiovasc Risk* 3(1):42, 1996
- [8] Olivieri O, Girelli D, Azzini M, Stanzial AM, Russo C, Ferroni M, Corrocher R: Low selenium status in the elderly influences thyroid hormones. *Clin Sci (Lond)* 89(6):637, 1995
- [9] Hoffmann PR, Berry MJ: The influence of selenium on immune responses. *Mol Nutr Food Res* 52(11):1273, 2008
- [10] Silva-Junior FP, Machado AA, Lucato LT, Barbosa ER: Resolution of MRI findings of copper deficiency myeloneuropathy in a patient with Wilson's disease. *Arq Neuropsiquiatr* 72(3):255, 2014
- [11] Adadi P, Barakova NV, Muravyov KY, Krivoschapkina EF: Designing selenium functional foods and beverages: A review. *Food Res Int* 120:708, 2019
- [12] Dennert G, Horneber M: Selenium for alleviating the side effects of chemotherapy, radiotherapy and surgery in cancer patients. *Cochrane*

Database Syst Rev 2006(3):CD005037, 2006

- [13] Farrokhian A, Bahmani F, Taghizadeh M, Mirhashemi SM, Aarabi MH, Raygan F, Aghadavod E, Asemi Z: Selenium Supplementation Affects Insulin Resistance and Serum hs-CRP in Patients with Type 2 Diabetes and Coronary Heart Disease. *Horm Metab Res* 48(4):263, 2016
- [14] Schomburg L: Selenium, selenoproteins and the thyroid gland: interactions in health and disease. *Nat Rev Endocrinol* 8(3):160, 2011
- [15] Drutel A, Archambeaud F, Caron P: Selenium and the thyroid gland: more good news for clinicians. *Clin Endocrinol (Oxf)* 78(2):155, 2013
- [16] Silva Junior EC, Wadt LHO, Silva KE, Lima RMB, Batista KD, Guedes MC, Carvalho GS, Carvalho TS, Reis AR, Lopes G, Guilherme LRG: Natural variation of selenium in Brazil nuts and soils from the Amazon region. *Chemosphere* 188:650, 2017
- [17] Hossain A, Skalicky M, Brestic M, Maitra S, Sarkar S, Ahmad Z, Vemuri H, Garai S, Mondal M, Bhatt R, Kumar P, Banerjee P, Saha S, Islam T, Laing AM: Selenium Biofortification: Roles, Mechanisms, Responses and Prospects. *Molecules* 26(4) 2021
- [18] Kieliszek M, Blazejak S: Selenium: Significance, and outlook for supplementation. *Nutrition* 29(5):713, 2013
- [19] Fairweather-Tait SJ, Bao Y, Broadley MR, Collings R, Ford D, Hesketh JE, Hurst R: Selenium in human health and disease. *Antioxid Redox Signal* 14(7):1337, 2011
- [20] Avery JC, Hoffmann PR: Selenium, Selenoproteins, and Immunity. *Nutrients* 10(9) 2018
- [21] Stoffaneller R, Morse NL: A review of dietary selenium intake and selenium status in Europe and the Middle East. *Nutrients* 7(3):1494,

2015

- [22] Khanam A, Platel K: Bioaccessibility of selenium, selenomethionine and selenocysteine from foods and influence of heat processing on the same. *Food Chem* 194:1293, 2016
- [23] Hadrup N, Ravn-Haren G: Absorption, distribution, metabolism and excretion (ADME) of oral selenium from organic and inorganic sources: A review. *J Trace Elem Med Biol* 67:126801, 2021
- [24] Oropeza-Moe M, Wisloff H, Bernhoft A: Selenium deficiency associated porcine and human cardiomyopathies. *J Trace Elem Med Biol* 31:148, 2015
- [25] Lv L, Zhang H, Liu Z, Lei L, Feng Z, Zhang D, Ren Y, Zhao S: Comparative study of yeast selenium vs. sodium selenite on growth performance, nutrient digestibility, anti-inflammatory and anti-oxidative activity in weaned piglets challenged by *Salmonella typhimurium*. *Innate Immun* 26(4):248, 2020
- [26] Mahima, Verma AK, Kumar A, Rahal A, Kumar V, Roy D: Inorganic versus organic selenium supplementation: a review. *Pak J Biol Sci* 15(9):418, 2012
- [27] Kieliszek M: Selenium(-)Fascinating Microelement, Properties and Sources in Food. *Molecules* 24(7) 2019
- [28] Kieliszek M, Blazejak S: Current Knowledge on the Importance of Selenium in Food for Living Organisms: A Review. *Molecules* 21(5) 2016
- [29] Abutarbush SM, Radostits OM: Congenital nutritional muscular dystrophy in a beef calf. *Can Vet J* 44(9):738, 2003

# 奈米硒提升免疫調節對抗肺癌的潛力

曾士傑 Tseng, S.-Ja

成功大學藥理所

Email: z11302016@ncku.edu.tw

電話: 06-2353535 ext. 5469

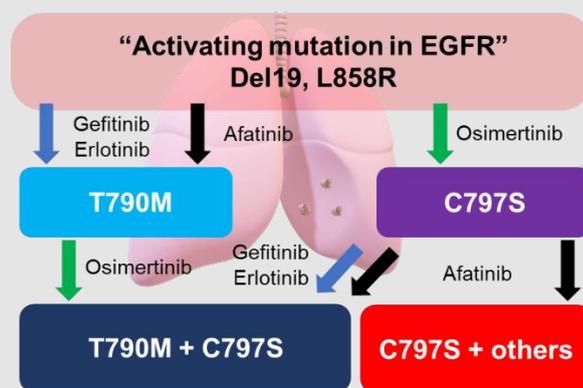
## 摘要

肺癌 (Lung cancer) 高居全世界癌症致死率第一名，其中非小細胞肺癌 (Non-small cell lung cancer) 占了大部分的案例。亞洲區域之非小細胞肺癌病人中，有相當高比例為由表皮生長因子受體 (Epidermal growth factor receptor) 突變所導致，現今臨床使用標靶藥物來治療非小細胞肺癌，經常遭遇到抗藥性的問題。雖然使用免疫治療抗體比傳統化療或標靶分子藥物對治療非小細胞肺癌有較佳之效果，無奈這種免疫療法目前只對一小部分非小細胞肺癌患者具有治療效果。硒 (Selenium) 是生物體中必需的微量元素，對生物體的神經、內分泌、生殖等系統都扮演重要的角色，近年的研究指出藉由奈米技術將硒奈米化後，奈米硒 (Nano-selenium) 更能夠提升自體免疫能力。如何有效利用奈米硒來結合目前治療癌症的方式，將成為大眾關注的焦點。

## 一、前言

根據 2024 年所發表對 2022 年全球癌症的統計數據 (Global cancer statistics 2022)，在 185 個國家的 36 種癌症類別中，肺癌 (Lung cancer) 仍高居全世界癌症致死率第一名<sup>[1]</sup>，而且 85% 的肺癌患者屬於非小細胞肺癌 (Non-small cell lung cancer, NSCLC)<sup>[2,3]</sup>。尤其值得注意，在亞洲區域的非小細胞肺癌患者有超過 40–55% 是因為表皮生長因子受體 (Epidermal growth factor receptor, EGFR) 突變所導致<sup>[2,4]</sup>。現今臨床批准的標靶治療藥物，如第一代的藥物艾瑞莎 (Gefitinib)、得舒緩 (Erlotinib)、第二代藥物妥復克 (Afatinib)、

和第三代藥物泰格莎 (Osimertinib) 等，都是 EGFR 的酪胺酸激酶抑制劑 (Tyrosine kinase inhibitor, TKI)，但使用酪胺酸激酶抑制劑於臨床治療肺癌經常因為表皮生長因子受體突變，而遭遇到抗藥性的問題，導致無法有效治療非小細胞肺癌<sup>[2,4]</sup>。又根據台灣健保資料，肺癌高居台灣健保癌症支出費用第一名，約超過 50% 的肺腺癌病人接受第一代或第二代 EGFR-TKI 治療後會產生抗藥突變<sup>[2]</sup>。雖然病人可以選擇第三代 EGFR-TKI 藥物繼續治療，但也面臨到另一個抗藥突變的威脅 (圖一)<sup>[2]</sup>。



圖一、使用酪胺酸激酶抑制劑於臨床治療肺癌，但經常因為表皮生長因子受體突變，而遭遇到抗藥性的問題<sup>[2]</sup>。

相對於使用藥物毒殺癌細胞，我們身體的免疫系統也可以找出不正常的癌細胞，而將其消滅；然而癌細胞也會利用免疫檢查點 (Immune checkpoint) 來躲過免疫系統所引導的 T 細胞毒殺作用<sup>[5]</sup>。細胞程序死亡蛋白-1 (Programmed cell death-1, PD-1) 是一個重要的免疫檢查點分子，其主要存在於周邊組織和腫瘤微環境中的成熟毒性 T 淋巴細胞上<sup>[6,7]</sup>；而細胞程式死亡-配體 1 (Programmed cell death 1 ligand 1, PD-L1) 為 PD-1 的主要配體，它與 PD-1 的結合可以抑制 T 細胞的活化。由於肺癌細胞大量表現 PD-L1<sup>[2]</sup>，來和 T 細胞的 PD-1 蛋白結合以抑制 T 細胞的活性，使得癌細胞得以從免疫引導的破壞系統中逃脫。為此，臨床上已有數種可標靶 PD-1 或 PD-L1 的抗體應用於治療非小細胞肺癌中，且比傳統化療或標靶分子藥物具有較佳之治療效果；可惜這種免疫療法目前只對一小部分非小細胞肺癌患者具有治療效果<sup>[2]</sup>。

## 二、奈米硒增強免疫能力

硒 (Selenium) 是生物體中必需的微量元素，在生物體內參與許多重要的生理過程。硒更是調節免疫功能的元素，可以逆轉腫瘤細胞抑制免疫的微環境<sup>[8]</sup>。體內各種硒蛋白與身體的代謝、抗氧化及免疫功能等都有相關，是維持生物體健康的必要成分。經臨床證實，硒蛋白可以促進免疫細胞的生長和活性，並增強生物體的免疫力。近年因奈米技術的成熟發展，而開創了應用奈米硒 (Nano-selenium) 的新領域。相較於硒元素，奈米硒的物理和化學性質明顯改變，更容易被生物體所吸收和利用，並且能發揮硒元素和硒蛋白所特有的功能。

有關硒元素與抗癌免疫力之間關係的研究仍有限，特別是硒如何影響免疫系統和對抗癌症免疫力的機制尚未完全清楚。有文獻指出奈米硒可以有效地調節來自癌症患者的自然殺手細胞 (Natural killer cell) 和腫瘤細胞，以增進自然殺手細胞的免疫治療效果<sup>[9]</sup>。同時，奈米硒也能調節自然殺手細胞和腫瘤細胞膜上表達 PD-1 與 PD-L1 的能力，並降低免疫細胞的損耗。除此之外，奈米硒可以誘導介白質-15 (Interleukin-15) 的產生和抑制細胞凋亡，來活化自然殺手細胞並延長其在體內的存留時間<sup>[9]</sup>。此外，奈米硒能有效促進自然殺手細胞對腫瘤深部區域的滲透能力。在這些作用的背後學理主要是奈米硒進入細胞後，逐漸代謝為硒半胱氨酸 (Selenocysteine, SeCys) 和硒胱氨酸 (Selenocystine, SeCys<sub>2</sub>)，再藉由調節自然殺手細胞和腫瘤細胞中多種硒蛋白的表達和其他代謝作用，來活化調節免疫細胞並重新塑造腫瘤微環境。也有文獻指出硒對免疫系統的影響是多層面，例如調節細胞激素 (Cytokine) 或影響巨噬細胞 (Macrophage)、嗜中性球 (Neutrophil)、T 細胞和 B 細胞等的活性<sup>[8]</sup>。

### 三、 結論

奈米硒具有潛在的治療應用，特別是在抗癌、抗發炎和抗感染的治療方面，因而受到相當關注。如果能運用奈米硒的特點，針對治療肺癌，尤其是對於標靶治療產生抗藥基因的肺癌患者，更顯得特別有意義。然而運用奈米硒仍需要面對一些臨床挑戰，例如證實奈米硒在各種治療中的角色，如何提升奈米硒於生物體內的穩定性，如何促進奈米硒更精準傳遞到肺癌腫瘤範圍，並防止脫靶影響。總之，奈米硒的抗癌能力值得深入研究，這需要了解更多關於肺癌治療方面的臨床結果，以便理解其背後的科學義涵，也可進一步與目前臨床治療肺癌的方式 (藥

物及免疫療法) 合併使用。

#### 四、參考資料

- [1] Bray F, Laversanne M, Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Soerjomataram I and Jemal A. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians* 2024;74(3):229-63.
- [2] Liao Z-X, Huang K-Y, Kempson IM, Li H-J, Tseng SJ and Yang P-C. Nanomodified strategies to overcome EGFR-tyrosine kinase inhibitors resistance in non-small cell lung cancer. *Journal of Controlled Release* 2020;324:482-92.
- [3] Bareschino MA, Schettino C, Rossi A, Maione P, Sacco PC, Zeppa R and Gridelli C. Treatment of advanced non small cell lung cancer. *Journal of Thoracic Disease* 2011;3(2):122-33.
- [4] Liao Z-X, Kempson IM, Hsieh C-C, Tseng SJ and Yang P-C. Potential therapeutics using tumor-secreted lactate in nonsmall cell lung cancer. *Drug Discovery Today* 2021;26(11):2508-14.
- [5] Ou D-L, Tseng S-J, Kempson IM, Hsu C-L, Yang P-C and Liao Z-X. Enhanced targeting and immune activation of tumor microenvironment by nanomodified anti-PD1 in liver cancer. *Advanced Therapeutics* 2021;4(6):2100048.
- [6] Andreu-Saumell I, Rodriguez-Garcia A, Mühlgrabner V, Gimenez-Alejandre M, Marzal B, Castellsagué J, Brasó-Maristany F, Calderon H, Angelats L, Colell Set al. CAR affinity modulates the sensitivity of CAR-T cells to PD-1/PD-L1-mediated inhibition. *Nature Communications* 2024;15(1):3552.
- [7] Li T, Xu D, Ruan Z, Zhou J, Sun W, Rao B and Xu H.

Metabolism/immunity dual-regulation thermogels potentiating immunotherapy of glioblastoma through lactate-excretion inhibition and PD-1/PD-L1 blockade. *Advanced Science* 2024;11(18):2310163.

- [8] Razaghi A, Poorebrahim M, Sarhan D and Björnstedt M. Selenium stimulates the antitumour immunity: Insights to future research. *European Journal of Cancer* 2021;155:256-67.
- [9] Liu T, Xu L, He L, Zhao J, Zhang Z, Chen Q and Chen T. Selenium nanoparticles regulates selenoprotein to boost cytokine-induced killer cells-based cancer immunotherapy. *Nano Today* 2020;35:100975.

# 可敘述之生理功能例句研究： 營養素「硒」之抗氧化功能

林份德 Lin, Yih-Der

美商賀寶芙公共事務部北亞區處長

Email: alexli@herbalife.com

電話: 0983-785006

## 摘要

硒 (Selenium) 是重要的維生素與礦物質之一，但在 2023 年前掌管全國人民健康福祉之衛生福利部食品藥物管理署 (以下略稱「食藥署」) 所主管的法規「食品及相關產品標示宣傳廣告涉及不實誇張易生誤解或醫療效能認定準則第四條附件二」之得敘述之生理功能詞句，與「硒」相關之詞句卻付之闕如，實屬罕見！無論「硒」對人體生理功能如何重要，如果食品公司無法對該營養素做合法正確的表述，將嚴重影響社會大眾對「硒」的認知和相關產品之推廣。

為求機能性食品能以科學實證達到廣告詞句多元化、合法化，美商賀寶芙公司多年來透過美國商會白皮書，建言政府採取有效措施，而後亦接受食藥署建議，透過公學會並聯合十家知名食品公司，進行「一般營養素可敘述之生理功能例句申請」，從 2015 年來，僅維生素 C、蛋白質、鋅、鉻等少數營養素之例句得以通過，2023 年官方亦首次批准「硒有助於抗氧化，抵抗氧化壓力」之生理功能例句，不啻是民間食品公司得推廣硒營養素之一大勝利與契機。

## 一、前言

硒 (Selenium) 是人體中必需的營養素之一，人體無法自行合成，需從食物中攝取，但可惜地是如此重要的礦物質元素，在民國 112 年前食品公司在臺灣並無法在產品上宣稱其抗氧化功效，直到美商賀寶芙公司成功申請通過<sup>[1]</sup>，得

以在「食品及相關產品標示宣傳廣告涉及不實誇張易生誤解或醫療效能認定準則第四條附件二」之得敘述之生理功能詞句，增列「[硒有助於抗氧化，抵抗氧化壓力](#)」<sup>[2]</sup>。

為何官方批准的產品宣稱功能例句對產業界如此重要？在 2017 年食品藥物研究年報對「健康宣稱之規範及管理制度」論文<sup>[3]</sup>，有以下精闢的見解（本文直接引用）。

- (一) 2012 年至 2017 年全球營養保健品市場平均複合成長率可達 6.3%，市規模約為 2,048 億美元。
- (二) 有消費者人均收入及健康意識提高為市場成長之關鍵，購買保健食品觀念逐漸普及亦為刺激成長之重點，而保健食品「健康宣稱 (Health claims) 常被消費者作為選擇產品之參考。
- (三) 先進國家，當然包括臺灣，除參考國際食品法典委員會 (Codex Alimentarius Commission) 準則為基礎外，並視其國情、文化、產業型態及飲食習慣等因素，訂有不同之管理制度。根據本文，我國「一般營養素可敘述之生理功能」營養素數量僅 22 項 (2017 年尚未涵蓋硒)，低於大陸、日本、韓國、新加坡、美國及歐盟等國家(地區)，故參酌新加坡、歐盟開放外界提案之制度，於 2015 年 1 月 22 日公告「食品標示宣傳或廣告詞句涉及誇張易生誤解或醫療效能之認定基準 [一般營養素可敘述之生理功能例句] 建議程序」，由提案人檢具「修訂建議書」、「營養素之安全評估報告文獻」、「營養素之生理功能相關研究報告文獻資料」及「國外官方公布之營養素生理功能宣稱資料」等資料，由食品藥物管理署提送依食品安全衛生管理法第 4 條第 4 項規定設置之「食品廣告標示諮議會」審議，通過者最終由衛生福利部公告施行。

爰此，我們可清楚理解並非生物化學或營養科學教科書上，甚或科學期刊之廣為認可之生理功能，即可化身文字運用於食品產品廣告文案中，事實上主管機關須負責監管，嚴格把關相關廣告詞句。與此同時，衛生福利部國民健康署經 2023 年 12 月 15 日立法院通過之「營養及健康飲食促進法」授權下<sup>[4]</sup>，應確保

國民之健康飲食及推廣營養教育。「硒」營養素長期被忽略的嚴峻情況，是否就此改進優化？值得後續觀察。

## 二、 硒營養素安全性之文獻研究

誠如國人對飲食的正確觀念，講求營養素或機能成分功效之前，應先確認安全性。故本公司遞交食藥署申請案，首篇即是「營養素之安全評估報告文獻」，共選錄六篇重要文獻，本文僅以其中三篇摘要為例說明如下。

- (一) 摘錄 Hathcock 所著作<sup>[5]</sup>之 2014 年 Vitamin and Mineral Safety 第三版，第 163 頁到 170 頁，提到五點硒之安全性分析：(1) 根據先前的臨床試驗，連續 8-10 年每日攝取 200  $\mu\text{g}$  的硒，人體並不會產生不良反應。(2) 如果將硒的每日攝取量增加至 750  $\mu\text{g}$  時，人體不會產生不良反應，但血漿硒與紅血球硒比率將會增加。作者表示比率的增加不是發生不良反應，而是體內對於硒的代謝已達到飽和的狀態。當硒的每日攝取量高於 910  $\mu\text{g}$  時，指甲、皮膚、神經系統以及牙齒會呈現異常。(3) 美國國家醫學院 (Institute of Medicine, IOM) 規定硒的上限攝取量 (Upper limit, UL) 為 400  $\mu\text{g}/\text{天}$ ；不良效應之劑量 (No-observed-adverse effect level, NOAEL) 為 800  $\mu\text{g}/\text{天}$ 。(4) 歐盟委員會食品科學委員會 (European Commission Scientific Committee on Food, ECSCF) 規定硒的上限攝取量為 300  $\mu\text{g}/\text{天}$ ；未觀察到不良效應之劑量為 850  $\mu\text{g}/\text{天}$ 。Expert Group on Vitamins and Minerals (EVM) 認為硒的可觀察到不良效應之最低劑量為 910  $\mu\text{g}/\text{天}$ ；總攝取量之上限為 450  $\mu\text{g}/\text{天}$ ；補充劑之上限攝取量是 350  $\mu\text{g}/\text{天}$ 。
- (二) 從 2020 年 Reja 等人臨床實驗針對總共 2782 人 (介於 20-74 歲，並患有非酒精性脂肪肝之患者) 的研究<sup>[6]</sup>指出，晚期肝纖維化的風險與血清硒水平呈負相關，且此現象在老年人或女性族群較為顯著。而隨著硒的攝取量增加，死亡率有下降的趨勢。此篇研究結果表示非酒精性指脂肪肝 (Non Alcoholic Fatty Liver Disease, NAFLD) 患者，可能藉由攝取硒而有效預防肝纖維化。
- (三) 加拿大衛生部 (Health Canada)<sup>[7]</sup> 建議大於 19 歲之成人，硒的最低攝取

量為 3.5  $\mu\text{g}/\text{天}$ ；最高攝取量為 200  $\mu\text{g}/\text{天}$ 。硒的建議膳食攝取量 (Recommended Dietary Allowance, RDA) 訂為 55  $\mu\text{g}/\text{天}$  (大於 19 歲之成人)·懷孕婦女 60  $\mu\text{g}/\text{天}$ ·哺乳婦女 70  $\mu\text{g}/\text{天}$ 。

### 三、 硒抗氧化功能之科學文獻研究

本研究案之第二部份聚焦於「硒營養素之生理功能相關研究報告」，共選錄十篇重要文獻，本文也僅以其中四篇摘要為例說明如下。

- (一) 根據 Perri 等專家在 2022 年的實驗結果<sup>[8]</sup>指出，針對 481 位 60-74 歲健康成年人，每天口服富含硒的酵母，劑量分別為 100、200、300  $\mu\text{g}$  硒，五年的人體試驗時間，結果判斷攝取硒可提升麩胱甘肽過氧化酵素 (Glutathione peroxidase, GPx) 活性，而達到抗氧化的效果，所以根據本篇研究可證明攝取硒酵母 6 個月就可以達到抗氧化的效果。
- (二) Hasani 等研究人員<sup>[9]</sup>對 20 位健康成人採用口服硒，劑量 200  $\mu\text{g}/\text{天}$ ，進行一週研究，結果顯示受測者可通過攝取硒來增加總抗氧化能力 (Total antioxidant capacity, TAC) 和麩胱甘肽過氧化酵素的含量，同時也降低血漿丙二醛 (Plasma malonaldehyde, MDA) 等等，來減少氧化壓力並產生抗氧化反應。
- (三) 2019 年 Asemi 研究團隊<sup>[10]</sup>，對 79 位阿茲海默症患者每天營養補充硒 200  $\mu\text{g}$ ，進行 12 週隨機、雙盲、臨床對照試驗，患者生化指標中的總麩胱甘肽 (Glutathione, GSH) 含量有顯著增加。還原型麩胱甘肽主要的功能是位於細胞內進行抗氧化的作用。因此，根據此篇文獻可得知口服硒是有助於抗氧化效果。
- (四) 依據 2009 歐盟食品安全局 (European Food Safety Authority, EFSA) 的科學實證建議書<sup>[11]</sup>，從這份全面性評估報告，官方建議硒營養參考值 (Nutrient reference values, NRV) 為每日 55  $\mu\text{g}$ 。過往的研究已有許多資料證明，硒是有抗氧化效果的，其機制是硒透過麩胱甘肽過氧化物酶 (GPx) 以及硫氧還蛋白還原酶 (Thioredoxin reductases) 等抗氧化酵素參與進行抗氧化反應來保護 DNA、蛋白質和脂質。

#### 四、 硒抗氧化功能之法規文獻研究

硒的抗氧化功能性，除了學術界透過科學研究成果，展現明確的一致性外，與此同時，各國政府亦透過嚴謹的審查程序，批准各式各樣與硒抗氧化功能性相關的廣告宣稱詞句，本文僅節選四先進國家之公告例句。

- (一) 加拿大食品檢驗局 (Canadian Food Inspection Agency)<sup>[12]</sup>在 2019 年通過，大於 14 歲族群建議膳食攝取量每人每天達到 70  $\mu\text{g}$ ，但攝取量上限訂為每人每天 400  $\mu\text{g}$ ，當達此標準，則得以宣稱補充硒，可以 (1) 「作為膳食抗氧化劑參與防禦氧化壓力的蛋白質的形成 (Dietary antioxidant involved in the formation of a protein that defends against oxidative stress)」；(2) 「作為膳食抗氧化劑 (Dietary antioxidant)」；(3) 「有助於抵抗氧化壓力 (Helps protect against oxidative stress)」。
- (二) 2019 年新加坡食品局 (Singapore Food Agency, SFA)<sup>[13]</sup>認為每 100 克固體食品含超過 9  $\mu\text{g}$  的硒或每 100 毫升液體食品含超過 4.5  $\mu\text{g}$  的硒，即可宣稱該食品之硒有助於保護細胞以避免受到氧化壓力 (Selenium contributes to the protection of cells from oxidative stress)。
- (三) 歐洲執行委員會 (European Commission, EU) 之歐洲食品安全局<sup>[14]</sup>，於 2021 年通過每 100 克固體食品中硒含量大於 15% 營養參考值 (NRV) 或每 100 毫升飲料食品中硒含量大於 7.5% NRV (硒的 NRV 為 4.5  $\mu\text{g}/\text{天}$ )，則該食品得以廣告宣稱「硒有助於保護細胞以避免受到氧化壓力」。
- (四) 澳洲紐西蘭食品標準法<sup>[15]</sup>規定當每份食品中硒之含量大於建議膳食攝取量 10% (硒之建議膳食攝取量為 55  $\mu\text{g}/\text{天}$ )，得宣稱該食品之硒「對於保護細胞免受某些類型的自由基破壞是必要的 (Necessary for cell protection from some types of free radical damage)」。

#### 五、 結論

近年來人民所得提高，臺灣社會經過新冠疫情，大眾對健康新知及機能性保健營養食品等等的渴求，已達高峰；然而「硒」營養素在臺灣社會的熟悉度，

卻仍遠不如其他營養素。因此將硒的營養科學理論進一步深化於實務，透過政府法規「一般營養素可敘述之生理功能例句申請程序辦法」，增列「食品及相關產品標示宣傳廣告涉及不實誇張易生誤解或醫療效能認定準則」之得敘述之生理功能詞句，確實能幫助各食品公司得以合法宣導富含硒之產品。本文拋磚引玉，介紹「[硒有助於抗氧化，抵抗氧化壓力](#)」詞句申請成功的案例，殷殷期盼越來越多先進願意加入此公益行列，保障消費者知的權益，也促進硒產業之創新，以提供更多優良富硒食品。

## 六、參考資料與註釋

- [1] 中華民國衛生福利部食品藥物管理署。(2023)。主旨：有關貴公司提出「食品及相關產品標示宣傳廣告涉及不實誇張易生誤解或醫療效能認定準則【一般營養素可敘述之生理功能例句】」增列「鋅(Zinc)」及「硒(Selenium)」得敘述之生理功能詞句之修訂建議案，復如說明段，請查照。公函發文字號：FDA 企字第 1120027911 號，中華民國 112 年 12 月 22 日。
- [2] 中華民國法務部。(2024)。食品及相關產品標示宣傳廣告涉及不實誇張易生誤解或醫療效能認定準則(2024 修正版)，修正日期民國 113 年 5 月 8 日，<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=L0040140>
- [3] 吳怡萱、黃維生、謝碧蓮、遲蘭慧。(2017)。健康宣稱之規範及管理制度。食品藥物研究年報，8: 271-278。
- [4] 中華民國衛生福利部國民健康署。(2023)。立法院三讀通過「營養及健康飲食促進法」建構營養及健康飲食支持環境促進國人營養健康，政府新聞公告，民國 112 年 12 月 15 日，<https://www.hpa.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=4705&pid=17749>
- [5] Hathcock, J. N. (2014). *Vitamin and Mineral Safety. (3rd ed.)*. Washington, D.C. : Council for Responsible Nutrition, page 163-170. (<https://www.crnusa.org/sites/default/files/files/resources/CRN-SafetyBook-3rdEdition-2014-fullbook.pdf>)

- [6] Reja, M., Makar, M., Visaria, A., Marino, D., & Rustgi, V. (2020). Increased serum selenium levels are associated with reduced risk of advanced liver fibrosis and all-cause mortality in NAFLD patients: National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) III. *Annals of Hepatology*, 19(6), 635-640. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S166526812030079X>)
- [7] Health Canada (2018). *Multi-vitamin/mineral supplements monograph*. ([https://webprod.hc-sc.gc.ca/nhp/id-bdipsn/atReq.do?atid=multi\\_vitmin\\_suppl&lang=eng](https://webprod.hc-sc.gc.ca/nhp/id-bdipsn/atReq.do?atid=multi_vitmin_suppl&lang=eng)) page 36-36 of the link retrieved.
- [8] Perri, G., et al. (2022). Long-Term Selenium-Yeast Supplementation Does Not Affect Bone Turnover Markers: A Randomized Placebo-Controlled Trial. *Journal of Bone and Mineral Research*, 37(11), 2165-2173. (<https://doi.org/10.1002/jbmr.4703>)
- [9] Hasani, M., et al. (2019). Effect of selenium supplementation on antioxidant markers: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Hormones*, 18, 451-462. (<https://link.springer.com/article/10.1007/s42000-019-00143-3>)
- [10] Tamtaji, O. R., Heidari-Soureshjani, R., Mirhosseini, N., Kouchaki, E., Bahmani, F., Aghadavod, E., Tajabadi-Ebrahimi, M., & Asemi, Z. (2019). Probiotic and selenium co-supplementation, and the effects on clinical, metabolic and genetic status in Alzheimer's disease: A randomized, double-blind, controlled trial. *Clinical nutrition* (Edinburgh, Scotland), 38(6), 2569–2575. (<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.11.034>)
- [11] EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). (2009).

Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to selenium and protection of DNA, proteins and lipids from oxidative damage (ID 277, 283, 286, 1289, 1290, 1291, 1293, 1751), function of the immune system (ID 278), thyroid function (ID 279, 282, 286, 1289, 1290, 1291, 1293), function of the heart and blood vessels (ID 280), prostate function (ID 284), cognitive function (ID 285) and spermatogenesis (ID 396) pursuant to Article 13 (1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal*, 7(10), 1220. (<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2009.1220>)

- [12] Canadian Food Inspection Agency. (2019, October). Health claims on food labels: Selenium. Retrieved October 31, 2019, from <https://inspection.canada.ca/food-labels/labelling/industry/health-claims-on-food-labels/eng/1392834838383/1392834887794?chap=9>
- [13] Singapore Food Agency. (2019, April). A Guide to Food Labeling and Advertisements, page 36, Selenium claim. Retrieved April, 2019, from [aguidetofoodlabellingandadvertisements.pdf \(sfa.gov.sg\)](http://www.sfa.gov.sg/aguidetofoodlabellingandadvertisements.pdf)
- [14] European Commission, European Food Safety Authority. (2021, May). Consolidated text: Commission Regulation (EU) No 432/2012 of 16 May 2012 establishing a list of permitted health claims made on foods, other than those referring to the reduction of disease risk and to children's development and health (Text with EEA relevance) Text with EEA relevance, Selenium claim, Retrieved May 17, 2021, from [EUR-Lex - 02012R0432-20210517 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/eur-lex-content/summary/?uri=CELEX:32012R0432-20210517-EN-20210517)
- [15] Food Standards Australia New Zealand (FSANZ). (2017, September). Australia New Zealand Food Standards Code – Transitional Variation

2015 (Proposal P1037 – Amendments associated with Nutrition Content & Health Claims), Selenium. Retrieved September 7, 2017 from [Federal Register of Legislation - Australia New Zealand Food Standards Code – Schedule 4 – Nutrition, health and related claims](#)

# 硒蛋白分析技術之概況

廖尉斯 Liao, Wei-Ssu

國立台灣大學化學系教授

Email: [wsliaochem@ntu.edu.tw](mailto:wsliaochem@ntu.edu.tw)

## 摘要

含硒添加物在日常飲食中越來越普遍，而硒化合物在食物、保健食品，以及醫藥等領域的實際應用也逐漸引起大眾的重視與興趣。雖然這類化合物的重要性以及普遍性日趨明顯，但國內學界與業界對於這些有機會添加於飲食中物質的實際作用與功能尚在研究初期階段，尤其在相關物種的分析技術開發更是鮮有著墨。在這篇短評論中，筆者將以簡單白話的方式介紹對於硒化合物進行分析的技術，並著重在與食品添加以及醫藥較為相關的硒蛋白分析來作簡介。希望給讀者對於硒蛋白分析技術有初步的了解，並期待能吸引更多相關從業人員投入相關研究領域之探究與技術開發。

## 一、 硒蛋白概述

硒 (Selenium, Se) 在化學週期表中為 VIA 族元素，與同族中較為一般民眾常知的硫 (Sulfur, S) 元素具有相似的物性與化性。硒是人體中必需的微量元素之一，在體內某些特定的生化機轉中扮演重要的角色。常見的硒化合物可分為無機硒和有機硒兩大類，所謂無機硒係指硒的鹽類化合物，常見如硒酸鹽 (Selenate,  $\text{SeO}_4^{2-}$ ) 與亞硒酸鹽 (Selenite,  $\text{SeO}_3^{2-}$ )；而有機硒則是硒與其它含碳化合物結合而成之有機化合物，一般生物體中常見者為甲硒胺酸 (Selenomethionine, 簡稱 SeMet) 與硒半胱胺酸 (Selenocysteine, 簡稱 SeCys)<sup>[1]</sup>。

所謂硒蛋白質 (Selenoprotein) 指的是含有硒元素之蛋白質成分，存在於動、植物的體內，因為硒與硫有相似的物性與化性，所以可取代胺基酸中的硫。

目前已知硒蛋白質在人體內具有諸多益處，除了能抵抗自由基並增強代謝外，還能預防動脈硬化。而硒是甲狀腺製造荷爾蒙與麩胱甘肽過氧化酶 (Glutathione peroxidase) 的重要元素，若缺乏硒則會導致荷爾蒙無法順利生成，造成細胞被自由基破壞，因此適量補充硒便有助於維護甲狀腺機能。此外，硒蛋白具有抗氧化能力，因此可以維護皮膚，防止老化；硒蛋白也會參與維生素 C 和其他分子之氧化還原，同時具有調節免疫反應等功能<sup>[2-5]</sup>。由於硒蛋白質在人體關鍵生理機轉中扮演的角色，其作為食品添加、保健營養品補充，以及醫藥開發等潛力已逐漸受到重視。

## 二、 硒化合物之分析技術

目前常用於定量硒化合物的方法有感應電漿耦合質譜法 (Inductively coupled plasma mass method)、離子交換層析法 (Ion-exchange chromatography)、原子吸收光譜法 (Atomic absorption method) 和原子放射螢光法 (Atomic fluorescence method)。感應電漿耦合質譜法是使用氬氣電漿將樣品中的硒化合物進行離子化，再以硒的荷質比進行定量。離子交換層析法是利用管柱中的填充物來捕捉樣品中的陰離子化合物，再定量出其中的硒含量。原子吸收光譜法和原子放射螢光法則是將樣品經由霧化、乾燒、原子化等步驟，再以吸收或是螢光的方法定量樣品中的硒化合物<sup>[6-9]</sup>。因為硒化合物有無機硒離子和有機硒分子兩種型態，若在面對真實樣品分析時，使用上述四種方法僅能得知硒化合物的總含量，無法確認樣品中的硒究竟是以無機亦或有機硒的狀態存在。若是樣品中具有有機硒化合物，更難以得知這些有機硒分子的化學結構。

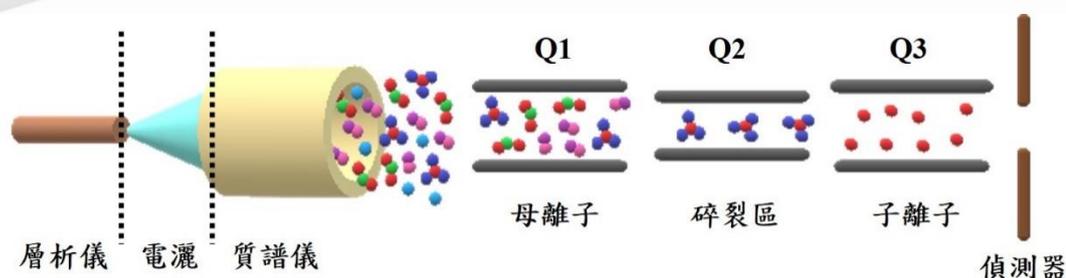
針對未知樣品中硒化合物的定性與定量分析，會推薦選擇適合的層析技術，利用樣品的物化特性先進行初步分離。層析技術中所採用的分離管柱多元，需視欲分析樣品的品項與種類來預先選擇，而一般挑選的基準則是根據欲分析目標物的化學結構、親疏水性質與特定官能基團來判定。

在進行初步層析分離後，樣品中的雜質可被大量排除，而目標分析物則會被集中在特定的管柱基質區塊中，接著進行的步驟會是使用適當的分析儀器來判定樣品中的化合物種類。分析儀器種類眾多，能和層析管柱直接連結的技術也不

少，而針對硒化合物結構的直接判定，此處則會推薦使用質譜儀來執行，因為這裝置具有高效能自動化，且能提供良好訊雜比與質量分析對比等重要功能。連結質譜儀以進行真實樣品分析的操作，對於未知硒化合物的定性、定量分析會是較為有效率的選擇。

高效液相層析儀 (High performance liquid chromatography) 是以高壓的方式推動微量樣品和溶劑進入層析管柱中，當樣品含有多種的目標分析物時，藉由相異分析物與層析管柱填充物的表面官能基交互作用力之不同，有效地分離和識別真實樣品中不同的目標分析物。目前已知高效液相層析儀可以用來成功分離真實樣品中的硒酸根離子 ( $\text{SeO}_4^{2-}$ )、亞硒酸根離子 ( $\text{SeO}_3^{2-}$ )、硒氰酸根離子 ( $\text{SeCN}^-$ )、甲基硒酸 ( $\text{CH}_3\text{SeO}_2\text{H}$ )、硒代胱氨酸 ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_4\text{N}_2\text{Se}_2$ ) 和甲硒胺酸 ( $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{NO}_2\text{Se}$ )<sup>[10]</sup>，所以使用高效液相層析儀作為分離未知硒化合物的處理會是一項有效率的方法。

對於推測有機硒分子的化學結構，使用電灑串聯質譜儀 (Electrospray ionization tandem mass spectrometry) 則會是一個較好的選擇。串聯質譜儀是由三個串聯的四極柱質量分析器 (Quadrupole mass analyzer) 組成，在操作過程中，第一個四極柱可以篩選出特定荷質比的母離子；待分析物進到第二個四極柱時，母離子可被進行碎裂而生成子離子；最後再由第三個四極柱篩選出特定荷質比的子離子，以確認最終之分析物的質量。使用此方法可藉由前後兩個質量分析器來篩選特定荷質比的母離子和子離子，如下圖一所示。因此可以推測有機硒分子的化學結構，同時可提高偵測樣品中有機硒分子的靈敏度和精確性。



圖一、高效液相層析串聯式質譜儀的示意圖

總括來說，結合高效液相層析儀和電灑串聯質譜儀的分析能力，應可有效進行分離真實樣品混合物中的無機硒離子和有機硒分子。接著再藉由質譜儀可篩選特定荷質比的帶電荷分子，便可藉由質譜儀的特性，用於有效定量真實樣品中的有機硒分子，並推知其化學結構。

### 三、 硒蛋白分析之展望

近年來含硒產品正蓬勃發展，市場上對於硒蛋白質及硒胺基酸的分析需求日漸上升，然而台灣的產學界針對這類化合物的定性與定量分析技術卻相對缺乏。目前文獻上所能找尋到的方法開發以及實驗結果多半依賴國外所制定之參考標準，在台灣本地尚未開發出可信賴之分析技術。筆者認為這恰巧是研究相關領域的絕佳契機，若能在國內自行建立分析硒產品的技術和檢定標準，並成功制訂出認證系統，對於日漸重要的含硒產品之開發、檢驗，以及品管將會有相當大的助益。期待未來有更多的學者與從業人員能投入相關研究，協助台灣制訂出自己的硒蛋白質分析標準與操作技術，不僅在學術上有機會發現新的硒化合物或找到新的應用，對產業端也會有持續推進的動力。

### 四、 參考資料與註釋

- [1] 衛生福利部國民健康署，「國人膳食營養素參考攝取量及其說明」第七版，硒，營養生化生理功能，駱菲莉、陳語辛。
- [2] Kryukov GV, Castellano S, Novoselov SV, Lobanov AV, Zehtab O, Guigó R, Gladyshev VN. Characterization of mammalian selenoproteomes. *Science*. 2003 300:1439-43.
- [3] Castellano S, Gladyshev VN, Guigó R, Berry MJ. SelenoDB 1.0 : a database of selenoprotein genes, proteins and SECIS elements. *Nucleic Acids Res*. 2008;36:332-8
- [4] Behne D, Kyriakopoulos A. Mammalian selenium-containing proteins. *Annu Rev Nutr*. 2001;21:453-73.
- [5] Ehrenreich A, Forchhammer K, Tormay P, Veprek B, Bock A.

Selenoprotein synthesis in *E. coli*. Purification and characterization of the enzyme catalyzing selenium activation. *Eur J Biochem.* 1992; 206:767-73.

- [6] Yang, R.; Li, Q.; Zhou, W.; Yu, S.; Liu, J., Speciation analysis of selenium nanoparticles and inorganic selenium species by dual-cloud point extraction and ICP-MS determination. *Anal. Chem.* 2022, 94, 16328-16336.
- [7] Liu, Y.; Li, C.; Luo, X.; Han, G.; Xu, S.; Niu, F.; Hu, X.; Wu, H.; Zhang, H., Characterization of selenium-enriched mycelia of *Catathelasma ventricosum* and their antihyperglycemic and antioxidant properties. *J. Agric. Food Chem* 2015, 63, 562-8.
- [8] Sun, M.; Liu, G.; Wu, Q., Speciation of organic and inorganic selenium in selenium-enriched rice by graphite furnace atomic absorption spectrometry after cloud point extraction. *Food Chem.* 2013, 141, 66-71.
- [9] Smrkolj, P.; Stibilj, V., Determination of selenium in vegetables by hydride generation atomic fluorescence spectrometry. *Anal. Chim. Acta* 2004, 512, 11-17.
- [10] Gosetti, F.; Frascarolo, P.; Polati, S.; Medana, C.; Gianotti, V.; Palma, P.; Aigotti, R.; Baiocchi, C.; Gennaro, M. C., Speciation of selenium in diet supplements by HPLC-MS/MS methods. *Food Chem.* 2007, 105, 1738-1747.

# 二林鎮富硒農產品之介紹與發展

蔡詩傑 Tsai, Shih-Chieh

彰化縣二林鎮鎮長

Email: n1211301@ms36.hinet.net

電話: 0933-173479

## 摘要

在新冠肺炎 (COVID-19) 肆虐後，如何強化免疫力、抵抗病毒侵襲，成為民眾關心的新課題，這也顯示民眾對於健康保健意識的提升。硒作為生命元素之一，對人體神經、內分泌、生殖等系統至關重要，因此，如何有效補充硒元素將成為機能性食品新的關注焦點。

富含硒的農產品，不單具有前述的保健功能，同時也突顯出市場區隔。藉由奈米技術應用於農業生產，已經驗證出富硒農產品的生產可行性，可以提升農產品的附加價值與市場競爭力。未來，台灣農產品可望藉此在激烈的市場競爭中脫穎而出，創造出新的商機。

## 一、前言

硒 (Selenium) 是人體中必需的微量元素之一，它可以構成人體內的第 21 個胺基酸：硒半胱胺酸 (Selenocysteine)<sup>[1]</sup>。硒半胱胺酸能夠組成 25 種功能性硒蛋白質及酵素，並且在這些蛋白質和酵素中擔任重要的活化中心<sup>[2]</sup>。人體必須透過食物攝取來補充硒元素<sup>[3]</sup>，適量的硒在人體內具有多種重要功能，包括保護心血管健康、促進代謝、支持甲狀腺功能、維護皮膚健康、預防骨質疏鬆症、及增強免疫系統等。缺乏硒可能引發心血管疾病 (例如克山症)<sup>[4]</sup>、免疫功能下降、生長發育遲緩、甲狀腺功能失調，以及男性生育能力下降等<sup>[5]</sup>。因此，保持適當的硒攝取量有助於維持體內多項系統的正常運作。

硒元素在自然界中存在兩種主要形式：無機硒和有機硒，兩者在吸收效率和毒性上有明顯的差異。

(一) 無機硒：無機硒的代表性物質包括亞硒酸鈉 (Sodium selenite)，這類形式的硒在人體內的吸收效率較低，約為 50% 左右，同時其毒性較高。為此，日本自 1993 年起就明文禁止在食品和飼料中添加亞硒酸鈉，以保障民眾的健康。

(二) 有機硒：有機硒的代表性物質包括硒蛋胺酸（或稱甲硒胺酸 Selenomethionine）。有機硒的毒性相對較低，且有較高的吸收效率，約為 80% 左右。在動植物體內，有機硒可以依循甲硫胺酸 (Methionine) 合成蛋白質及代謝的過程，參與硒蛋白之合成及代謝途徑。

## 二、富硒農產品之價值

自 1817 年瑞典科學家首次發現硒元素，人類最初係將其視為一種潛在的致病物質，因此對硒的使用都持謹慎態度，避之唯恐不及。然而，直到 1935 年在中國發現了克山症<sup>[4]</sup>，這種心肌病變與缺乏硒元素相關，這才引起人們探究硒在人體健康中潛在的功能。大量的研究結果顯示富含硒的農產品具有多樣價值，主要包括以下幾個方面：

(一) 健康價值：硒有助於抗氧化、減緩骨質流失、清除自由基、活化免疫系統、降低心血管疾病發生之風險等作用<sup>[3]</sup>。

(二) 營養價值：硒是人體重要的微量元素之一，適量補充能預防心血管疾病與調整甲狀腺功能<sup>[3]</sup>。根據衛生福利部國民健康署訂定的「國人膳食營養素參考攝取量」所載，健康成年人每天的硒攝取量為 55 微克，懷孕、哺乳婦女則應增加攝取到 60 及 70 微克<sup>[6]</sup>。

(三) 環境價值：適量的硒添加劑可以改善土壤健康，促進植物生長，增強作物的抗病性。

總之，富硒農產品不僅對消費者的健康、土壤的改質及植物的生長都有重要的益處，又因為富硒農產品其獨特的營養價值而具有市場競爭力。富含硒的產品能夠吸引更多的消費者，並在全球市場上形成差異化優勢。

### 三、 二林鎮發展富硒農產品之歷程

紅龍果於全台種植面積逾 2,500 公頃，產量逾 6 萬公噸，主要產地分布於南投、彰化、屏東及台南等地，而二林鎮即為彰化地區最大產區，佔全縣產量 6 成以上。然而產品在國內市場銷售時，常因產量過剩導致價格不如預期；在外銷市場競爭時，則遇到其他國家如馬來西亞、越南等以低價策略競爭。面對此一局面，台灣除改善儲運技術及拓展國外市場外，更好的方法就是做出市場區隔。將奈米技術運用在農業領域上，例如提升紅龍果的附加價值，就是將農業導入科技趨勢的第一步。

2020 年 1 月 8 日，二林鎮公所 (以下稱本所) 與鑫鼎奈米科技公司簽署合作備忘錄 (MOU)，這是本所首次促成在地農友與奈米科技公司的跨領域合作，其目標是將奈米科技應用於農業生產中，以提高農產品的硒含量。首波試驗選定將奈米硒 (Se NPs) 應用在生產雞蛋、肉雞和紅龍果上。



二林鎮長蔡詩傑與鑫鼎奈米科技股份有限公司董事長王證鼎簽署合作備忘錄 (2020.1.8)。

#### 四、實驗成果

奈米硒相比於有機硒具有極低毒性與高吸收效率等優勢。本實驗先將有機硒奈米化後，並將其製成奈米硒膠體水溶液，這樣的技術可以促進吸收，改善食品的原有特性，並強化其有效成分的功效。實驗結果如下：

(一) 富硒雞蛋：這次實驗中，將奈米硒添加到蛋雞的飲水中，對雞蛋和雞隻本身的硒含量進行了檢測和比較。以下是硒含量的具體數據：

- 1、 雞蛋：添加前 0.29 ppm；實驗後 0.42 ppm。
- 2、 雞肌肉 (雞肉)：實驗後 0.29 ppm。
- 3、 雞肝：實驗後 0.92 ppm。

(二) 富硒土雞：本次實驗將同批剛孵出的土雞分為實驗組和對照組，並在實驗組的飼料中添加了奈米硒，以觀察其對雞隻生長和存活率的影響。經過飼養 2 個月之後，實驗結果的具體數據比較如下：

- 1、 存活率：實驗組存活率 94%，對照組存活率 84%，實驗組比對照組的存活率高出 10%。
- 2、 平均重量：實驗組平均重量 3.1 台斤，對照組平均重量 2.4 台斤，實驗組比對照組的體重增加逾 30%。

在此次實驗期間，飼養場的雞群恰巧遭遇了禽痘的侵襲<sup>[7]</sup>，而飼料中添加了奈米硒的實驗組雞隻也展現出顯著增強的免疫力，能夠有效對抗病毒感染。此外，從雞隻的體型和收成速度來看，實驗組明顯優於對照組，這反映了奈米硒對於促進雞隻生長和健康的積極影響。再者，從外觀上觀察，實驗組的雞冠大小和顏色的鮮紅度也較對照組為佳，這也可反映出實驗組雞隻的整體健康狀態獲得改善。



二林鎮長蔡詩傑媒合在地農民與鑫鼎奈米科技研究團隊之間的合作，進行富硒農產品的栽種和  
 養殖實驗（2020.1.8）

(三) 富硒紅龍果：這次的實驗針對培植富硒紅龍果進行了研究，將實驗組栽種在添加適量奈米硒的土壤中，與對照組的實驗結果比較如下：

- 1、 土壤含硒量比較：實驗組土壤含硒量 3.95 ppm，對照組土壤含硒量 0.316 ppm，就含量差異而言，實驗組比對照組高出 12 倍之多。
- 2、 果肉外觀與口感比較：就果實外觀而言，實驗組外觀果粒飽滿、顏色鮮艷，較對照組表現較佳；就果肉外觀而言，兩者果肉外觀相似，無顯著差異；口感及甜度上，兩者則相差無幾，表現一致。
- 3、 果肉含硒量比較：實驗組果肉含硒量：0.12 ppm，對照組果肉含硒量 0 ppm，就含量差異觀之，實驗組比對照組含量超出甚多<sup>[8]</sup>。



彰化縣應用智慧農業成果發表會上，彰化縣縣長王惠美與二林鎮鎮長蔡詩傑共同展示富硒紅龍果 (2020.9.30)。



彰化縣應用智慧農業成果發表會展示富硒紅龍果 (2020.9.30)

## 五、二林鎮發展富硒農產品之方向

為將富硒農產品的理論進一步深化於實務，本所與安博奈米科技股份有限公司（以下簡稱安博奈米）於 2022 年 4 月 12 日簽訂合作備忘錄，媒合在地農友與安博奈米合作種植富硒紅龍果，這次合作擴大了富硒紅龍果的種植面積達到 2 公頃，利用獨特仿生奈米技術（Bionic Nano Technology, 簡稱 BNT）改良種植技術，成功達成種植目標，可明顯提升產品鑑別度。



二林鎮鎮長蔡詩傑與安博奈米科技研究團隊正式簽署了一份合作備忘錄，旨在推動在地農民在富硒紅龍果的栽種和生產實驗領域與科技業跨界合作（2022.4.12）。

此一亮眼成績也同時發表於 2022 年 9 月 30 日彰化縣應用智慧農業成果發表會中。未來將根據政府推動智慧農業與精準農業的政策指導，以奈米科技核心技術為基礎，持續推動產官農三方合作的模式，為台灣農業帶來更多創新與轉型的可能性。

## 六、 結論

近年來，在全球人口老化和新興病毒威脅下，民眾更為關心健康和長壽議題。機能性食品因其特定的保健效果而受到關注，隨著科技的不斷進步和應用，農業生產可以更精確地控制和管理，從而提高產量、減少浪費，同時保持環境的可持續性。這種科技帶領農業的創新不僅滿足了市場對健康和高品質食品的需求，還有助於農民的收益和地方經濟的發展。

因此，研發富硒農產品的努力，代表著向未來食品生產和消費趨勢邁出重要的一步，為台灣農業帶來新的契機和競爭優勢，同時也有助於全球食品安全和健康的提升。

## 七、 參考資料與註釋

- [1] 林勻熙，硒 8 大功效：保護心血管、延緩老化...10 大硒食物排行一次看！過量恐致 6 副作用，良醫健康，2023.12.21。  
<https://health.businessweekly.com.tw/article/ARTL003012519>
- [2] 邱齡禎、謝永宏，台灣研發硒元素新藥核可上市，藥師週刊電子報 2018 年第 2063 期，<https://www.taiwan-pharma.org.tw/weekly/2063/2063-4-2.htm>
- [3] 陳渝仁，身體不能少了「硒」！專家說明怎麼吃才對。Health & Hope (Heho)，2021.7.17。 <https://heho.com.tw/archives/1829>
- [4] 克山症 (Keshan disease) 是一種以心肌病變為主的疾病，亦稱地方性心肌病。1935 年首先在黑龍江省克山縣發現，故以克山病命名。據調查，該病區的土壤、水質和糧食中缺乏某些人體需要的微量元素如硒、鉬、鎂等或有關的營養物質，從而干擾了心肌代謝，引起心肌受損而罹病。醫 砭，疾病庫。<https://yibian.hopto.org/db/?illno=57>
- [5] 關注度大提升的「硒」有營養素！缺硒？如何補充？PMC 百醫生技，2022.6.14。 <https://www.pmclifego.com.tw/zh-TW/blogs/column/109969>

- [6] 衛生福利部國民健康署，健康主題，健康生活，營養及健康飲食，國人膳食營養素參考攝取量專區，「國人膳食營養素參考攝取量」第八版\_總表，2022.10.20。  
<https://www.hpa.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=4248&pid=12285>
- [7] 禽痘，皮膚型多發於無毛部皮膚（如雞冠），痘呈白色丘疹或壞死、糜爛、結痂而脫落。黏膜型則發生於鼻腔、口腔、氣管內，病雞無法採食、飲水、呼吸困難，甚至窒息死亡，死亡率約 50-60%。獸醫科技資訊網。  
[https://vettech.nvri.gov.tw/view.php?theme=web\\_structure&subtheme=&id=1627&font-size=m](https://vettech.nvri.gov.tw/view.php?theme=web_structure&subtheme=&id=1627&font-size=m)
- [8] 邱群倫，2020 鑫鼎奈米與彰化縣二林鎮公所富硒農產品成果發表之 PPT 簡報。

## 秘書長的話

福爾摩沙硒健康產業推展協會 秘書長 **邱群倫**

在這個充滿挑戰與機遇的時代，我們迎來了協會電子會刊的創刊號。作為協會的秘書長，我非常榮幸能與大家分享這個重要的時刻。回顧過去幾個月來的籌備工作，我深感硒健康產業在未來發展中的巨大潛力。協會的成立，象徵著我們致力於推動硒元素研究、應用與產業發展的決心，也標誌著一個全新健康時代的開啟。

硒作為人體不可或缺的微量元素，雖然在日常生活中不易被察覺，但其重要性不容忽視。理事長溫政翰先生、總顧問楊泮池教授、榮譽顧問蕭登波總裁及副理事長賴基銘醫師在序言中已經深入闡述了硒在抗氧化、抗癌以及提升免疫力等方面的關鍵作用。作為協會的一員，我們有責任推動大眾對硒元素的認識與理解，並促進硒健康產業的蓬勃發展。

協會的使命在於將硒的應用推廣至更廣泛的領域，並推動相關技術的創新與發展。這不僅是為了提升台灣的硒研究水準，更是為了促進全民健康。在這個過程中，我們強調科學補硒的重要性，並致力於建立一套完善的硒檢測與認證機制，以確保消費者能夠安全、有效地補充硒。

隨著全球對硒元素的關注度日益提高，各國都在積極推動相關研究與產業發展。我們將結合台灣在生物醫藥及健康產業上的優勢，通過科技創新，推動富硒產品的研發與應用，並逐步構建起屬於台灣的硒健康產業生態系。

同時注重與國際間的合作，來強化台灣硒產業在全球的競爭力，透過與其他國家和地區的專家學者交流經驗，希望能夠吸取他們的成功經驗，將其轉化為本地的發展動力。此外，我們也將積極爭取政府對硒產業的支持，推動相關政策的制定和法規的完善，為硒健康產業的長遠發展奠定穩固基礎。

協會的成立，是產、官、學、研協力推動的結果。我們的成功，離不開理事

長、總顧問、理監事及各位專家學者的支持與努力，更離不開會員們的積極參與。未來，協會將繼續凝聚各方力量，共同推動硒健康產業的發展。我相信，通過我們的共同努力，硒健康的理念將深入人心，硒產業也將迎來更加光明的未來。

## 理監事與顧問群

- ◆ 理事長：和迅生命科學股份有限公司 溫政翰 董事長
- ◆ 總顧問：中央研究院/工業技術研究院 楊泮池 院士
- ◆ 榮譽顧問：南良集團 蕭登波 總裁
- ◆ 副理事長：財團法人台灣癌症基金會 賴基銘 前執行長
- ◆ 常務理事：臺灣大學 方俊民 名譽教授/化學系特聘講座教授
- ◆ 常務理事：美商賀寶芙北亞區 政府事務部 林侑德 處長
- ◆ 理事：和迅生命科學股份有限公司 黃濟鴻 總經理
- ◆ 理事：彰化縣二林鎮 蔡詩傑 鎮長
- ◆ 理事：聯亞生技開發股份有限公司 林春文 董事長特助
- ◆ 理事：寶林生技股份有限公司 蕭文湧 董事長
- ◆ 理事：台灣科技大學 材料科學與工程系 朱瑾 講座教授
- ◆ 理事：高雄科技大學 海洋科技發展處 蔡美玲 處長/教授
- ◆ 候補理事：寰宇生物科技股份有限公司 曾國棠 董事長
- ◆ 候補理事：中正大學 化工系 周盈年 助理教授
- ◆ 候補理事：成功大學 醫學院藥理學科暨藥理學研究所 曾士傑  
副教授

- ◆ 常務監事：中華無抗養殖聯盟協會 黃建忠 理事長
- ◆ 監事：佛光大學 研究發展處 賴宗福 研發長
- ◆ 監事：中原大學 化學系 蔡祐輔 教授
- ◆ 候補監事：臺灣大學 化學系 廖尉斯 教授



社團法人福爾摩沙

硒健康產業推展協會 版權所有。

TEL : +886-921-207-508

E-MAIL : GSHA1120058917@GMAIL.COM

會址 : 330 桃園市桃園區大德一街 96 號 10 樓

通訊地址 : 338 桃園市蘆竹區經國路 898 號 10 號



台內團字號第1120058917號

Grand Selenium Health Association, GSHA