

# 黑米、蕎麥與全穀薏仁於血糖與血脂代謝調節之作用機制與人體功效評估

陳裕星<sup>1\*</sup>、黃琇<sup>2</sup>

## 前言

根據國家發展委員會推估，2026 年我國老人人口占總人口比率將達 20.8%，接近聯合國定義的超高齡 (super-aged) 國家 (老人人口占 21%)，至 2036 年更將達 28%，進入極高齡 (ultra-aged) 國家。依據國民健康局 2013 年「中老年身心社會生活狀況長期追蹤調查」顯示，八成以上 (86.3%) 老人自述至少有一種經醫師診斷慢性病，47.3% 的老人同時患有 3 項或更多的慢性病，這些慢性病主要類型包括高血壓、糖尿病、心臟病等心血管疾病問題 (賈等，2018)，在患有第二型糖尿病者中，同時呈現顯著較高的失智症風險 (Hsiao et al., 2025)。

在國人健康方面，依據衛福部統計資料顯示，我國成人過重及肥胖率於 2013-2014 年達 43.0%，2007-2010 年四年間與肥胖直接相關的健保支出達 2,400 億元，對國家健保支出造成極大的負擔，針對肥胖的問題，國民健康署所研擬的政策方向包括調整國人飲食習慣，建議國人多食用全穀類穀物、減少食用精緻餐點、糕餅及多運動等 (衛生福利部國民健康署 2019，2022)。

1. 農業部臺中區農業改良場

2. 國立陽明交通大學醫學生物技術暨檢驗學系

\*通訊作者(ychen@tcdares.gov.tw)



## 全穀食物與健康

### 1. 全穀的定義

全穀是指稻米、小麥、玉米、薏仁等各種穀物中全部可食用的部分，由麩皮、胚乳和胚芽等 3 部分組成。根據歐盟 2005-2010 年的健康全穀計畫 (the HEALTHGRAIN EU project, [www.healthgrain.eu](http://www.healthgrain.eu)) 定義，全穀是指穀物在去除外部不可食用的結構組織，如種殼、外穎 (hull and husk) 之外的全部可食部位，不論是以完整粒、碎粒、穀物片或磨粉等不同加工方式呈現，其胚乳、胚芽和麩皮組成成分比例和原本完整穀物的組成相同。如果因為食品安全和品質考量，可允許去除 2-10% 的麩皮 (Poutanen *et al.*, 2008)。

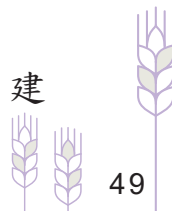
### 2. 全穀的種類

為了讓歐盟各國的農業及食品業者對於全穀的栽培、加工與食品標示有一致的用語和見解，在歐盟的健康穀物聯盟 (HEALTHGRAIN Consortium) 定義下，全穀的穀物種類包括禾本科穀物如稻米、大麥、小麥、玉米、小米、薏仁、燕麥、黑麥、高粱、野生稻等；非禾本科的假穀物 (pseudograins) 如蕎麥、藜麥也列入其中。但是排除了油料作物如大豆、花生及芝麻、堅果種子等，也不含豆科作物如紅豆、綠豆、扁豆及鷹嘴豆等。

### 3. 全穀與健康研究

全穀類食物被認為具有多種健康益處，根據一項納入的 23 項人體試驗的系統性回顧研究中，有令人信服的證據顯示，全穀類攝取與第二型糖尿病及大腸直腸癌的風險呈反向關係，此外，增加全穀類攝取可能降低結腸癌及心血管死亡率的風險 (Tieri *et al.*, 2020)。整體而言，全穀類攝取對某些疾病 (尤其是高盛行率的代謝性疾病) 可能具有正面影響。

全穀也是攝取膳食纖維的較佳方式，世界衛生組織 (WHO) 建



議民眾每天要攝取 25 公克以上總膳食纖維，荷蘭及德國則均推薦每日需攝取 30 公克以上的膳食纖維，其來源包括全穀食物及蔬菜水果等。

## 黑米、蕎麥與全穀薏仁之成分與保健功效

### 1. 黑米

在全穀食品中，糙米無疑是最重要的主食種類，在各種糙米品種中，黑米則受到相當的矚目。黑米除了糙米中含有的膳食纖維、穀維素 (oryzanol)、多酚、維生素 E (包含 tocopherols、tocotrienols) 等，另外含有豐富的類黃酮與花青素，被視為是富含機能性成分的食材，許多研究顯示黑米在抗氧化、抗發炎、免疫調節、預防癌症與阿茲海默症均扮演重要角色 (Jang *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2023)。

國內學者以花蓮及彰化的黑米為材料，以 3T3-L1 細胞試驗，添加黑米的醇萃取物具有抑制脂質堆積的效果，可顯著提升 pAMPK/AMPK 和 pACC/ACC 蛋白質表現，抑制脂肪酸的合成，具有抗肥胖的效果 (Feng *et al.*, 2022)。

第二型糖尿病為身體細胞對胰島素敏感度降低，產生「胰島素阻抗」使血糖無法被細胞正常吸收，因此改善胰島素阻抗是治療糖尿病重要的方向。據估計大約 75% 的餐後血糖由肌肉吸收，其中 GLUT4 蛋白促進血糖吸收轉運至肌肉，被認為是治療 T2D 的重要標的 (Sutandar *et al.*, 2023)。在 C2C12 肌肉細胞試驗中加入黑米萃取物，可以促進細胞生長以及葡萄糖吸收，同時透過調節蛋白質的磷酸化如 pIRS-1/IRS-1, pAMPK/AMPK、pAkt/Akt、pERK/ERK 並導引 GLUT4 等來調節葡萄糖代謝 (Feng *et al.*, 2022)。

### 2. 蕎麥

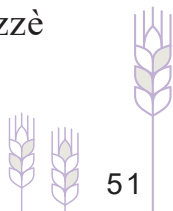
蕎麥為蓼科蕎麥屬一年生草本植物，自古即為重要糧食與藥食



兼用植物。早在唐代《千金方》、《食治》等書已有蕎麥藥用記載，《本草綱目》亦記載其「性屬甘味降氣、寬腸沉積、泄痢帶濁」。蕎麥快速生長、百日內可收穫，適合冬季作物輪作，亦能用於有機農業間作以抑制雜草，並為優良蜜源。隨著功能性食品研究的發展，蕎麥的營養與機能性成分，尤其是芸香苷受到廣泛關注。

蕎麥主要栽培種可分為普通種蕎麥 (common buckwheat) *Fagopyrum esculentum* Moench，另一為韃靼種蕎麥 (Tatary buckwheat) *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn。韃靼種因種實具苦味，俗稱苦蕎，其種子芸香苷含量極高，可達 14,000ppm；相較之下，普通種蕎麥又稱甜蕎，為多數國家主要栽培種類，但芸香苷含量較低 (Fabjan *et al.*, 2003)。營養組成方面，蕎麥種子含約 60% 醣類、11% 蛋白質、2% 脂肪、10% 纖維，並富含鎂、鈣、鉀、磷、鐵，以及少量維生素 B1、B2 與菸鹼酸。其蛋白質屬高水溶性 (10–13.1%)，且不含麩質 (gluten-free)，適合製作無麩質產品，亦適合減肥者食用。蕎麥胺基酸組成均衡，含有多種必需胺基酸如離胺酸 (lysine) (Kreft *et al.*, 2006)，其胺基酸值與藜麥 (quinoa) 同樣為 1，高於小麥 (0.47) 及稻米 (0.53)，是營養與保健兼具的優良作物。

蕎麥含有重要的黃酮類化合物，包括芸香苷 (rutin) 與槲皮素 (quercetin)。其中，芸香苷又稱「維他命 P」，能防治毛細血管脆弱性出血，具擴張與強化血管的作用，對動脈硬化、高血壓、冠狀動脈阻塞、毛細管性中風、視網膜出血等疾病具有顯著療效 (Kreft *et al.*, 2006)。研究顯示，蕎麥中的芸香苷與槲皮素具有  $\beta$ -glucosidase 抑制活性，分別為藥物阿卡波糖 (acarbose) 的 0.5 倍及 3 倍 (Inglett *et al.*, 2011)。由於阿卡波糖能延緩碳水化合物分解、減緩餐後血糖上升，蕎麥黃酮類代謝物也具備發展為輔助調節血糖產品的潛力。進一步研究發現，芸香苷與槲皮素可作用於 AP-1、NF- $\kappa$ B、C/EBP  $\delta$ 、MMP-2/-9、VEGF、caspases、Bcl-2、Bax 等基因路徑，展現抗氧化、抑制腫瘤血管新生與促進腫瘤細胞凋亡等多重功能 (Lazzè *et al.*, 2004; Afaq *et al.*, 2007)。





芸香苷具有預防在心血管疾病 (CVD) 的功效，包括抗氧化，可提升 GSH/GSSG 比值與超氧化物歧化酶 (SOD) 活性，降低脂質過氧化產物 MDA，維持血管內皮功能。抑制 AGEs 生成，降低糖尿病血管併發症 (Lazzè *et al.*, 2004)。具有抗發炎作用，可降低 IL-1 $\beta$ 、IL-6 等細胞激素，阻止動脈粥狀硬化進程 (Xu *et al.*, 2014)。

芸香苷在神經退化疾病也可能扮演重要角色在轉基因小鼠中，芸香苷可減少腦內  $\beta$ -澱粉樣蛋白 (A $\beta$ ) 寡聚體，提升空間記憶能力，並抑制神經發炎及膠質細胞活化 (Xu *et al.*, 2014)。於實驗性失智模型中，以 STZ 誘導大鼠產生糖尿病，芸香苷可顯著降低氧化壓力與發炎反應，改善學習記憶 (Javed *et al.*, 2012)。芸香苷可作用於大腦杏仁核 GABAA 受體，展現抗焦慮效果，且未觀察到副作用 (Hernandez-Leon *et al.*, 2017)。

蕎麥因不含麩質、高胺基酸價值與豐富芸香苷，在功能性食品開發上潛力巨大，可開發：

1. 無麩質產品：適合小麥過敏或乳糜瀉患者。
2. 血糖調控產品：利用芸香苷與槲皮素之  $\beta$ -glucosidase 抑制特性，開發糖尿病友善食品。
3. 抗老化與神經保健產品：基於芸香苷的抗氧化、抗發炎與神經保護作用，適合作為預防失智或維持心理健康的營養補充品。

### 3. 紅薏仁

薏仁屬於禾本科植物，種仁含有 13–16% 蛋白質，高於稻米與小麥，並含有豐富的必需胺基酸。國產紅薏仁因保留麩皮層，成分較進口精白薏仁更為完整。

薏仁種子含有豐富的營養與特殊機能性成分，國內學者曾介紹薏仁對健康的效益，包括免疫調節與抗過敏、調節血糖血脂、調節內分泌助孕、抗氧化清除自由基與輔助抗癌等 (陳等, 2019)。從多項人體試食試驗中顯示，攝取全穀薏仁對於高血脂動物具有調節血糖與血脂之功效，可以降低高血脂症倉鼠血漿膽固醇、血漿總脂質、



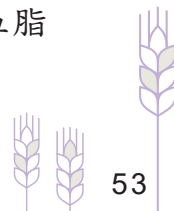
三酸甘油脂、降低密度脂蛋白膽固醇及血糖濃度，也可增加血漿高密度脂蛋白膽固醇濃度 (楊及蔡，1998；蔡等，1999)。楊等針對高血脂及高血糖病患進行人體試驗，也證實每天以 100g 煮熟薏仁或燕麥取代米飯，可以顯著改善病患血脂和血糖 (楊等，1998)。相對的燕麥雖然可以降低高血脂病患的血脂，但同時卻增加血糖達 20%，顯示薏仁對改善代謝症候群具有顯著療效且勝過燕麥。

近年的研究指出，薏苡多醣能作為益生質 (prebiotic)，促進次世代益生菌如艾克曼嗜黏菌 (*Akkermansia muciniphila*) 之生長，並抑制有害菌如腸道困難梭菌 (*Clostridioides difficile*)。此外，薏仁多醣還能增強腸道屏障功能，促進緊密連結蛋白與黏液分泌，進一步維持腸道健康 (Lee *et al.*, 2023)。以全穀薏仁搭配益生菌，對於改善血脂與脂肪肝，有顯著的效果，對餵食高脂高膽固醇的小鼠誘導脂肪肝之後，可以減少體脂肪重量、降低血脂、改善脂肪肝、脂肪肝發炎、具有減重效果、可改善腸道好菌 / 壞菌比例，增加腸道菌豐富度，改善腎功能且效果優於藥物 simvastatin (Chiou *et al.*, 2023)。

紅薏仁萃取物能夠顯著改善高脂飲食誘發的脂肪肝，其作用機制與 AMPK (AMP-activated protein kinase) 的活化有關。以人類肝細胞株進行試驗，添加薏仁萃取物可活化 AMPK，促進 AMPK 與 ACC 酵素磷酸化，抑制 SREBP-1C 與 FAS 基因表現，抑制脂質及膽固醇合成。同時活化 PPAR- $\alpha$ 、PPAR- $\delta$  基因表現，進一步促進脂肪酸  $\beta$ -氧化 (Chiang *et al.*, 2020)。同樣的萃取物在高脂高膽固醇誘導肥胖的小鼠試驗中，可降低血脂及肝臟中總膽固醇與三酸甘油酯堆積，改善肝臟損傷反應，並進一步調控血糖代謝，減輕胰島素阻抗。這些結果顯示紅薏仁具有保護肝臟、降低血脂及調控血糖的多重健康效益。

### 黑米、蕎麥與全穀薏仁之功效機制探討

在上述黑米、蕎麥與薏仁的研究文獻中，都呈現調節血糖血脂的效果，同時在黑米及薏仁也直接顯示與 AMPK 活化相關。



AMPK(5'-Adenosine monophosphate activated protein kinase) 是真核細胞能量恆定的關鍵調節酵素，被譽為細胞的「能量感應器」。當 ATP 消耗增加、細胞能量不足時，AMP/ATP 比值上升，AMPK 會被活化並磷酸化，促使細胞代謝途徑轉向能量產生與維持代謝平衡 (Martin et al., 2017)。

其主要作用可分為以下幾個層面：

#### (一)、促進能量生成

1. 促進葡萄糖代謝：活化 AMPK 可促進肌肉細胞 GLUT4 移位，增加葡萄糖攝取與利用，加強糖解作用。
2. 促進脂質代謝：AMPK 能促進脂肪酸  $\beta$ -氧化，減少三酸甘油酯和脂質堆積。
3. 粒線體功能：AMPK 活化能促進粒線體生合成，提升氧化磷酸化效率；並在生成過程中進行基因品質監控，藉由自噬 (autophagy) 清除受損粒線體，維持細胞健康。

#### (二)、抑制能量消耗路徑

在基因表現層面上，AMPK 可以抑制 SREBP-1c(Sterol Regulatory Element-Binding Protein 1c) 轉錄因子 (transcription factor) 的表現，進一步調降下游多種脂質代謝相關基因的表現，包括脂肪酸合成 (ACC、FAS) 與部分膽固醇合成基因，減少脂肪酸與膽固醇生成。

其他途徑：AMPK 能抑制蛋白質過度合成與糖質新生 (gluconeogenesis)，避免額外能量消耗。

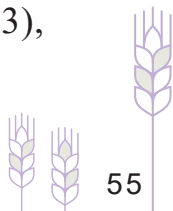
綜合上述促進葡萄糖與脂質代謝分解作用，AMPK 活化劑在動物試驗中呈現非常優異的調節血糖血脂效果，也有相當豐富的人工合成之化合物與專利，例如 AICAR、MK8722、PXL770、HL156A (IM156) 等，然而多有食用安全疑慮，迄今尚未有人工合成化合物成功開發為新藥，尚無成功上市案例。



此處所報導的黑米、蕎麥、薏仁，都直接或間接證實可促進 AMPK 的活化，同時改善血糖血脂的調節，並且是具有悠久食用歷史的食材，未來或可應用於延緩代謝功能下降、維持能量代謝穩定，並減緩與年齡相關的代謝疾病如胰島素阻抗、肥胖、肌少症、心血管疾病等。

## 參考文獻

- 王思涓 2002 薏苡籽實中特殊生理機能性成分的定量分析與比較 國立台灣大學食品科技研究所碩士論文 台北。
- 陳裕星、洪鈺雯、蘇致柔、楊啟裕 2019 全穀薏仁對餵與高脂高膽固醇飲食大鼠血液及肝臟脂質的影響 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究彙報 145:65-76
- 楊莉君、陳美櫻、許文音、白永河、喻小珠、蔡敬民 1998 薏仁對高血脂病患血脂質及血糖的影響 食品科學 25(6): 727-736。
- 楊莉君、蔡敬民 1998 薏苡對倉鼠血漿脂質的影響 食品科學 25(5): 638-650。
- 賈淑麗, 邱紋絹, & 陳潤秋. (2018). 慢性病防治現況與未來. 護理雜誌, 65(5), 13-19.
- 蔡敬民、楊莉君、許輝吉 1999 薏苡攝取可改善倉鼠因高油飲食所造成之肝臟脂質堆積 食品科學 26(3): 265-276。
- 衛生福利部國民健康署。2019。國民營養健康狀況變遷調查成果報告 2013-2016 年。
- 衛生福利部國民健康署。2022。國民營養健康狀況變遷調查成果報告 2017-2020 年。
- Afaq, F., Saleem, M., Krueger, C. G., Reed, J. D., & Mukhtar, H. 2007. Anthocyanin- and hydrolyzable tannin-rich pomegranate fruit extract modulates MAPK and NF- $\kappa$ B pathways and inhibits skin tumorigenesis in CD-1 mice. *International Journal of Cancer*, 113(3), 423-433.



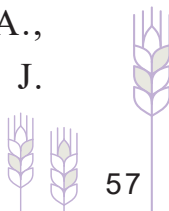


- Chen, X. Y., Zhou, J., Luo, L. P., Han, B., Li, F., Chen, J. Y., Zhu, Y. F., Chen, W. & Yu, X. P. 2015. Black rice anthocyanins suppress metastasis of breast cancer cells by targeting RAS/RAF/MAPK pathway. *Biomed. Res. Int.* 414250.
- Chiang, H., Lu, H. F., Chen, J. C., Chen, Y. H., Sun, H. T., Huang, H. C., ... & Huang, C. 2020. Adlay Seed (*Coix lacryma-jobi* L.) Extracts Exhibit a Prophylactic Effect on Diet-Induced Metabolic Dysfunction and Nonalcoholic Fatty Liver Disease in Mice. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2020:9519625.
- Chiou, W. C., Chang, B. H., Tien, H. H., Cai, Y. L., Fan, Y. C., Chen, W. J., ... & Huang, C. 2021. Synbiotic intervention with an adlay-based prebiotic and probiotics improved diet-induced metabolic disturbance in mice by modulation of the gut microbiota. *Nutrients*, 13(9), 3161.
- Fabjan, N., Rode, J., Košir, I. J., Wang, Z., Zhang, Z., & Kreft, I. 2003. Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) as a source of dietary rutin and quercitrin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(22), 6452–6455.
- Feng, S. Y., Wu, S. J., Chang, Y. C., Ng, L. T., & Chang, S. J. 2022. Stimulation of GLUT4 glucose uptake by anthocyanin-rich extract from black rice (*Oryza sativa* L.) via PI3K/Akt and AMPK/p38 MAPK Signaling in C2C12 Cells. *Metabolites*. 12: 856.
- Hernandez-Leon, A., González-Trujano, M. E., & Fernández-Guasti, A. 2017. The anxiolytic-like effect of rutin in rats involves GABAA receptors in the basolateral amygdala. *Behavioural Pharmacology*, 28(4), 303–312.
- Hsiao, C. Y., Hsieh, S. W., Yang, Y. H., & Hsieh, H. M. 2025. Longitudinal trends in dementia prevalence among individuals with type 2 diabetes in Taiwan (2009–2022). *Journal of Diabetes*



### Investigation.

- Inglett, G. E., Chen, D., Berhow, M., & Lee, S. 2011. Antioxidant activity of commercial buckwheat flours and their free and bound phenolic compositions. *Food Chemistry*, 125(3), 923–929.
- Jang, H. H., Park, M. Y., Kim, H. W., Lee, Y. M., Hwang, K. A., Park, J. H., Park, D. S., & Kwon, O. 2012. Black rice (*Oryza sativa* L.) extract attenuates hepatic steatosis in C57BL/6 J mice fed a high-fat diet via fatty acid oxidation. *Nutr. Metab.* 9: 27.
- Javed, H., Khan, M. M., Ahmad, A., Vaibhav, K., Ahmad, M. E., Khan, A., ... & Islam, F. 2012. Rutin prevents cognitive impairments by ameliorating oxidative stress and neuroinflammation in rat model of sporadic dementia of Alzheimer type. *Neuroscience*, 210, 340–352.
- Kreft, I., Fabjan, N., & Yasumoto, K. 2006. Rutin content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) food materials and products. *Food Chemistry*, 98(3), 508–512.
- Lazzè, M. C., Savio, M., Pizzala, R., Cazzalini, O., Perucca, P., Scovassi, A. I., ... & Bianchi, L. 2004. Anthocyanins induce cell cycle perturbations and apoptosis in different human cell lines. *Carcinogenesis*, 25(8), 1427–1433.
- Lee, B. H., Huang, S. C., Hou, C. Y., Chen, Y. Z., Chen, Y. H., Hazeena, S. H., & Hsu, W. H. 2023. Effect of polysaccharide derived from dehulled adlay on regulating gut microbiota and inhibiting *Clostridioides difficile* in an in vitro colonic fermentation model. *Food Chemistry*, 135410.
- Liu, D., Ji, Y., Zhao, J., Wang, H., Guo, Y., & Wang, H. 2020. Black rice (*Oryza sativa* L.) reduces obesity and improves lipid metabolism in C57BL/6J mice fed a high-fat diet. *J. Funct. Foods.* 64: 103605.
- Marin, T. L., Gongol, B., Zhang, F., Martin, M., Johnson, D. A., Xiao, H., Wang, Y., Subramaniam, S., Chien, S., & Shyy, J. Y. J.



2017. AMPK promotes mitochondrial biogenesis and function by phosphorylating the epigenetic factors DNMT1, RBBP7, and HAT1. *Sci. Signal.* 10: eaaf7478.
- Poutanen, K., Shepherd, R., Shewry, P. R., Delcour, J. A., Bjorck, I., & Van Der Kamp, J. W. 2008. Beyond whole grain: the European HEALTHGRAIN project aims at healthier cereal foods. *Cereal Foods World*, 53(1), 32-35.
- Sun, Q., Spiegelman, D., van Dam, R. M., Holmes, M. D., Malik, V. S., Willett, W. C., & Hu, F. B. 2010. White rice, brown rice, and risk of type 2 diabetes in US men and women. *Arch. Med.* 170: 961-969.
- Sutandar, V. H., Saleh, M. I., Maritska, Z. 2023. GLUT4 as a protein target for T2DM therapy with natural compounds. *Biol. Med. Nat. Prod. Chem.* 12: 289-293.
- Tieri, M., Ghelfi, F., Vitale, M., Vetrani, C., Marventano, S., Lafranconi, A., ... & Grosso, G. 2020. Whole grain consumption and human health: an umbrella review of observational studies. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 71(6), 668-677.
- Xu, P. X., Wang, S. W., Yu, X. L., Su, Y. J., Wang, T., Zhou, W. W., ... & Liu, R. T. 2014. Rutin improves spatial memory in Alzheimer' s disease transgenic mice by reducing A $\beta$  oligomer level and attenuating oxidative stress and neuroinflammation. *Behavioural Brain Research*, 264, 173–180.