

全穀紅薏仁對高脂飲食小鼠代謝異常之影響¹

唐愷良^{2*}、何品諭³、林品萱³、陳裕星²、潘敏雄³

摘 要

隨著飲食西化與生活方式的改變，肥胖及代謝性疾病的發生率逐年攀升，開發具有調節脂質代謝與改善健康的天然功能性食品成為研究重點。本研究探討薏苡對於高脂飲食所誘導之肥胖小鼠的影響，並評估其對體重、血脂、肝功能及腸道菌群的調控作用。本研究以 4 週齡 C57BL/6 品系雄性小鼠為實驗對象，進行為期 20 週的自由取食試驗，並將小鼠分為正常飲食(ND)組、高脂飲食(HFD)組，與高脂飲食中添加 2% 紅薏仁(CL)組，以比較各組間的變化。結果顯示，CL 組小鼠體脂率、內臟脂肪重量顯著低於 HFD 組，肝臟脂質累積與肝損傷指數均有所改善。此外，薏仁有助於調節血脂異常，降低總膽固醇(TC)、三酸甘油酯(TG)及低密度脂蛋白(LDL)濃度，同時提升腸道有益菌 *Christensenellaceae* 之豐度。綜合結果顯示，全穀紅薏仁具有潛在的代謝調節功能，可作為預防及改善肥胖與代謝症候群的功能性食品。

關鍵字：全穀紅薏仁、脂質代謝、肝功能、腸道菌群、機能性食品

前 言

隨著都市化與經濟發展，臺灣民眾的飲食習慣逐漸趨向西化，高熱量、高糖分及高脂肪的飲食模式導致肥胖問題日漸嚴重。特別是紅肉、加工肉類及含糖飲料的攝取量顯著增加，而蔬菜、水果、堅果等高纖食物攝取不足，這樣的飲食變遷使得國民肥胖現象加劇(Chang *et al.*, 2017)。

111 年健康促進統計年報(衛生福利部, 2022)顯示，國人肥胖占比為 24.8%，肥胖所引發的健康風險不容忽視，尤其與慢性疾病的關聯性極高，包括高血壓、糖尿病及心血管疾病。近年來，臺灣代謝症候群的發生率持續攀升，肥胖者更易出現胰島素阻抗、高血壓及血脂異常，進而提升罹患心血管疾病的風險(Yeh *et al.*, 2021)。此外，研究指出，

¹ 農業部臺中區農業改良場第 1102 號研究報告。

² 農業部臺中區農業改良場助理研究員、研究員。

³ 國立臺灣大學食品科技研究所研究助理、碩士生、教授。

*通訊作者：唐愷良，Email: tkliang@tcdares.gov.tw

肥胖與腎臟疾病亦有密切關聯，特別是在中老年族群中，腰圍與三酸甘油酯/高密度脂蛋白比值(TG/HDL)可作為慢性腎病的潛在預測指標(Chen *et al.*, 2022)。

針對慢性病的治療，藥物與生活方式的調整是主要手段。當藥物療效有限時，飲食介入成為關鍵的非藥物治療策略。研究顯示，良好的飲食習慣對健康至關重要，特別是提升全穀食品的攝取，不僅能降低死亡風險，甚至可延緩失能並延長健康壽命(Zong *et al.*, 2016)。因此，增加全穀食品的攝取已成為全球健康飲食的重要趨勢之一。

薏苡(*Coix lacryma-jobi*)屬於禾本科植物，是臺灣中部的重要雜糧作物。其種仁，亦稱薏苡仁、薏仁或薏米，是一種藥食同源的食材，營養價值極高。在中醫理論中，薏仁具有健脾益胃、清熱利濕等功效，長期應用於治療水腫、風濕性關節炎、消化不良及婦科疾病(Yang *et al.*, 2013)。薏仁富含甲硫胺酸、白胺酸等必需胺基酸，與薏苡素、油脂、多醣類、多酚類、內醯胺類、黃酮類及植物鹼等多種生物活性成分。研究指出，薏仁具備多重保健功效，包括免疫調節、抗腫瘤、血糖與血脂調節、肝功能改善、腸道菌群調控及抗發炎等作用(Devaraj *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2024; Yu *et al.*, 2005)。

自 1982 年起，臺中區農業改良場開始從日本引進薏苡品種進行育種研究。目前，臺灣栽培的薏苡主要屬於馬援種(*Coix lacryma-jobi* var. *ma-yuen*)，其籽粒較小，與東南亞種植的大粒品種(*C. lacryma-jobi* var. *major*) 存在顯著差異。

薏仁麩皮富含油脂及生物活性成分，但進口薏仁因運輸時間較長，容易產生油脂酸敗及黃麴毒素污染，因此多經過精製去麩皮後以精白薏仁的形式販售。相較之下，國產紅薏仁由地區農會或合作社低溫保存，脫殼後仍保留麩皮層，完整保留營養價值，並具備更高的健康食品開發潛力。近年來，臺中區農業改良場針對全穀薏仁的代謝疾病調節功能展開多項試驗，陳等人(2019)的研究顯示，每日餵食 2 g/kg 的擠壓膨發熟化全穀薏仁漿，有助於改善高脂高膽固醇飲食大鼠的血脂與肝臟發炎指數。此外，紅薏仁酒萃物可有效提升高脂飲食小鼠的葡萄糖耐受性，並預防血脂異常、血糖失衡及非酒精性脂肪肝(Chang *et al.*, 2020)，同時可減輕結腸炎小鼠的腸道發炎與組織損傷(Lo *et al.*, 2022)。另有研究發現，薏仁作為益生元並搭配益生菌食用，可改善因飲食不當引起的代謝紊亂，並調整腸道菌相(Chiou *et al.*, 2021)。

本研究在前述基礎上進一步延伸，選用加工時間較短的擠壓膨發方式熟化紅薏仁，並採自由取食模式，以模擬人類日常攝取行為，減少強制餵食對動物行為與代謝的干擾。同時，本研究不僅聚焦於肥胖與高血脂等代謝症狀之改善，也進一步納入腸道菌群分析，以更全面地評估紅薏仁作為功能性食品在代謝調節上的潛力與應用價值。

材料與方法

一、試驗材料

全穀紅薏仁使用'台中 5 號'全穀紅薏仁，加工磨粉後以單軸擠壓機(C1 型，源創食品機械有限公司，台灣新北市)膨發熟化，擠壓出之全穀薏仁磨粉過 60 mesh 篩網備用。

二、動物試驗

本研究使用 4 週齡之 C57BL/6 品系雄性小鼠，實驗動物購自國家實驗動物中心(臺灣臺北市)，小鼠初始平均體重為 19-20 g，飼養於國立臺灣大學，動物飼育房溫度設定為 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，濕度 50%，並給予 12 小時光照循環環境。動物於適應飼養 1 週後投入試驗，每組 10 隻依體重均等隨機分為 3 組：

- (一)控制組(Normal Diet, ND)：使用美國 LabDiet 5001M 實驗鼠飼料，熱量 3.52 kcal/g。
- (二)高脂飼料組(High Fat Diet, HFD)：使用高脂飼料，含有 27%脂質(24%豬油及 3%玉米油)，總熱量 4.87 kcal。
- (三)薏仁組(*Coix lacryma-jobi*, CL)：使用高脂飼料，含有 27%脂質(24%豬油及 3%玉米油)，並加入佔飼料總重 2%之全穀紅薏仁，總熱量 4.9 kcal。

試驗為期 20 週，期間自由攝取飲水及飼料，每週記錄體重及攝食量，於第 20 週時進行犧牲。犧牲後拍照記錄小鼠外觀及內臟，收集小鼠糞便，並取血液、肝臟、腎臟及內臟脂肪，保存於 -80°C 以進行後續分析，部分組織進行組織切片。

三、測定項目

- (一)攝食量、食物利用率、體脂肪重量、體脂率及內臟重量：以電子磅秤進行測量。
- (二)血液生化指數分析：收集小鼠血液樣本後，以 3,500 rpm 速度於 4°C 離心 10 分鐘，取上層血清存放於 -80°C 冷凍櫃。血清指標包括天門冬胺酸轉氨酶(AST)、丙氨酸轉氨酶(ALT)、尿素氮(BUN)、肌酐(CREA)、三酸甘油酯(TG)、總膽固醇(TC)、高密度脂蛋白(HDL)、低密度脂蛋白(LDL)委託國家實驗動物中心進行檢測。
- (三)肝臟脂質分析：肝臟三酸甘油酯(Liver TG)採用 Cayman10010303 三酸甘油酯比色試劑盒進行分析；肝臟總膽固醇(Liver TC)採用 Abcam ab102515 膽固醇檢測試劑盒進行分析。
- (四)肝臟與脂肪組織切片：將犧牲小鼠的肝臟及性腺脂肪組織取出，切割至適當大小後放入包埋盒，浸泡於 10%福馬林(formaldehyde)進行固定。接著，將組織依序

浸泡於序列濃度酒精進行脫水處理，再以二甲苯(xylene)清洗。隨後，使用石蠟滲透組織並進行石蠟包埋切片，最後以 H&E 染色，以評估肝臟及脂肪組織的型態變化。

(五)腸道菌相分析：收集糞便後儲存於-80°C，使用 innuPREPS Stool DNA Kit 進行糞便微生物 DNA 的萃取與純化，萃取之樣品委託圖爾思生物科技有限公司(臺灣新北市)進行 16S rRNA 擴增子測序進行糞便微生物組分析。

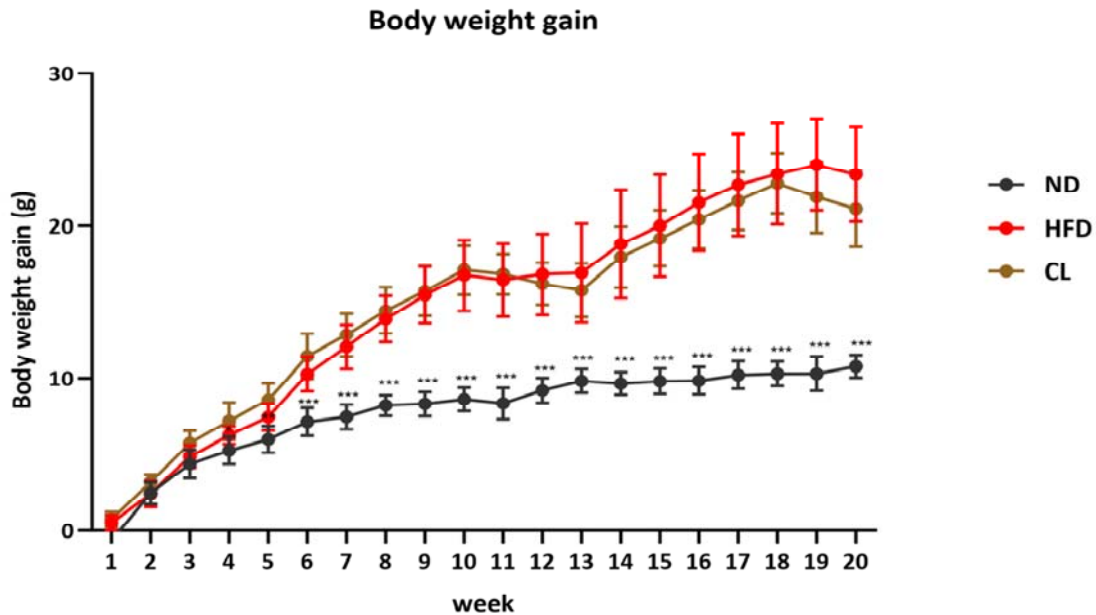
四、統計分析：

採用 R 統計軟體(4.3.3)進行單因子變異數分析(One-Way ANOVA)，並以最小顯著差異法 (Fisher's Protected Least Significant Difference Test, LSD test)進行事後檢定。數據以 Mean $\pm$ SD 表示， $p < 0.05$ 表示具有統計顯著差異。

結果與討論

一、薏仁對於高脂飲食小鼠體重與脂肪組織之影響

本研究採自由取食方式進行動物試驗，結果顯示小鼠每日平均攝取薏仁量為 0.052 g。根據體表面積比與攝食量推估，60 kg 成人每日約需攝取 12.65 g 薏仁達到有效劑量 (Nair & Jacob, 2016)，而薏仁作為常見糧食作物，此劑量在日常飲食中極易獲取。在動物試驗部分，試驗為期 20 週，實驗首週各組體重無顯著差異，但自第 5 週起，高脂飲食組的小鼠體重迅速增加，並顯著高於 ND 組。至第 20 週犧牲時，CL 組體重增幅為 21.11 ± 2.47 g，稍低於 HFD 組的 23.38 ± 3.10 g，惟未達統計顯著性(圖一)。此外，CL 組與 HFD 組的小鼠每日攝食量與食物效率比值差異亦不顯著，顯示本試驗劑量下，薏仁對體重控制的效果有限。(表一)



圖一、薏仁對於高脂飲食飼養之 C57BL/6 小鼠每週體重增加量之影響。

Fig. 1. Effects of job's tears on body weight gain in HFD-fed C57BL/6 mice.

*, **, *** represent the statistical differences between ND and HFD at $p < 0.05$, 0.01, and 0.001, respectively.

表一、薏仁對高脂飲食 C57BL/6 小鼠體重變化及食物效率之影響

Table 1. Effects of Job's tears on body weight and food efficiency in HFD-fed C57BL/6 mice

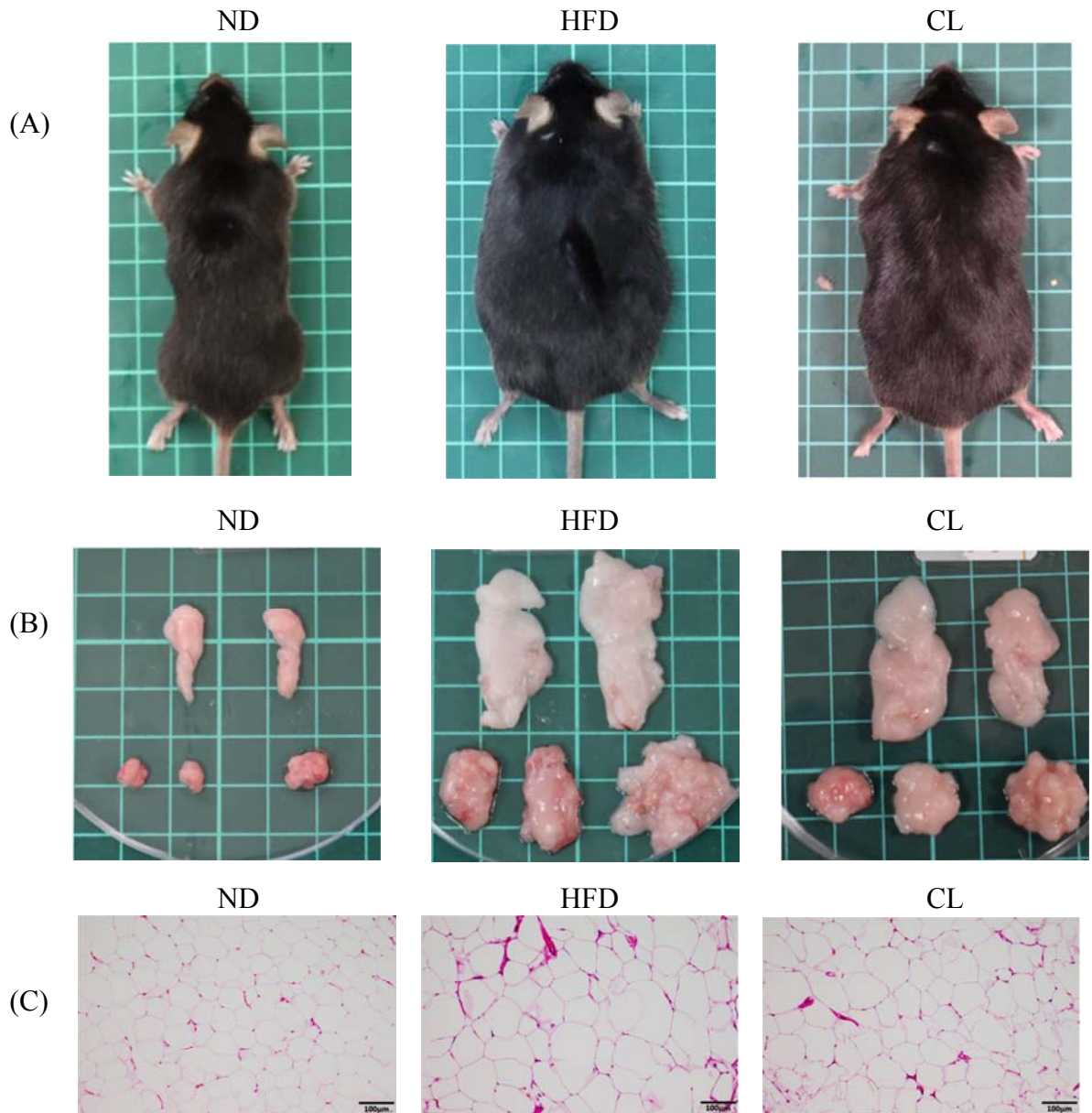
Group	ND	HFD	CL
Body weight			
Initial	20.19±0.76 ^a	20.40±1.07 ^a	20.30±1.14 ^a
End	30.96±0.51 ^b	43.44±3.21 ^a	41.41±2.73 ^a
Change(%)	10.78±0.73 ^b	23.38±3.10 ^a	21.11±2.47 ^a
Average intake			
Daily food intake(g)	3.69±0.36 ^a	2.67±0.25 ^b	2.60±0.21 ^b
Food calories(kcal/day)	12.99±1.27 ^a	13.00±1.21 ^a	12.74±1.04 ^a
Food efficiency ratio(%)	1.99±0.32 ^b	5.91±1.24 ^a	5.78±1.03 ^a

Data are expressed as mean ± SD.

Means with the same letters (a-c) within the same row were not significantly different at the 5% level according to the LSD test.

Food efficiency ratio: (body weight gain / total food intake)*100%.

高脂飲食會促進脂肪細胞肥大與增生，進而影響脂質代謝，導致三酸甘油酯(TG)累積(Engin, 2017)由犧牲後小鼠外觀照片可見(圖二，A)，HFD 組小鼠體型較 ND 組圓潤且主要肥大部位集中於腹部與臀部，而食用薏仁之 CL 組小鼠體型相較 HFD 組略瘦，但仍明顯較 ND 組圓潤。從小鼠脂肪組織外觀(圖二，B)可觀察到，高脂飲食組的小鼠脂肪組織體積明顯大於 ND 組，而攝取薏仁的 CL 組脂肪體積則略小於 HFD 組。與 ND 組相比，HFD 組小鼠的性腺脂肪(perigonadal fat)、腎周脂肪(retroperitoneal fat)、腸系膜脂肪(mesenteric fat) 重量皆顯著增加，內臟脂肪重量與體脂率亦顯著高於 ND 組。然而，CL 組的小鼠腎周脂肪、腸系膜脂肪、內臟脂肪及體脂率均顯著低於 HFD 組，顯示薏仁具有降低內臟脂肪蓄積的潛力(表二)。進一步透過性腺脂肪組織切片分析(圖二，C)發現，高脂飲食組小鼠的脂肪細胞尺寸明顯大於正常飲食組，而 CL 組小鼠的脂肪細胞尺寸則較 HFD 組小，呈現縮小趨勢，本結果與前人研究成果一致。Song 等人(2016)指出，每日餵食 100 mg/kg 薏仁水萃取物可使 HFD 小鼠體重顯著減輕，減少脂肪細胞大小，且對骨骼肌質量無顯著影響；Kim 等人(2015)則發現，薏仁可顯著抑制脂肪生成相關蛋白 PPAR γ 和 C/EBP α ，進而減少小鼠肥胖與脂肪堆積。此外，Cheng 等人(2022)透過人體試驗證實，每日攝取 60 g 去殼薏仁粉 6 週後，受試者的體脂與血脂顯著下降。綜合本研究與前人結果，薏仁可能透過多重生理機制影響脂質代謝與體重調控，並有作為預防與改善肥胖機能性食品之潛力。



圖二、薏仁對於高脂飲食小鼠外觀與內臟脂肪組織之影響。

Fig. 2. Effects of job's tears on the appearance and visceral fat tissue in HFD-fed C57BL/6 mice. (A) Representative photographs of mice at the end of week 20. (B) Representative photographs of perigonadal (left), mesenteric (right), and retroperitoneal (bottom) tissues. Both panels (A) and (B) were photographed on a measurement grid with 1 cm $\times$ 1 cm squares for visual reference of scale. (C) Representative image of H&E-stained perigonadal adipose tissue (200 $\times$ magnification; length of the scale on the right = 100 μ m).

表二、薏仁對高脂飲食大鼠脂肪組織重量之影響

Table 2. Effects of Job's tears on visceral fat weight in HFD-fed C57BL/6 mice

Group	ND	HFD	CL
Perigonadal fat(g)	0.37±0.04 ^b	2.12±0.43 ^a	1.75±0.35 ^a
Retroperitoneal fat(g)	0.13±0.02 ^c	1.23±0.11 ^a	0.73±0.14 ^b
Mesenteric fat(g)	0.12±0.01 ^c	1.26±0.31 ^a	0.56±0.20 ^b
Visceral fat(g)	0.62±0.06 ^c	4.60±0.21 ^a	3.04±0.5 ^b
Body fat ratio(%)	2.00±0.21 ^c	10.40±1.03 ^a	7.55±1.09 ^b

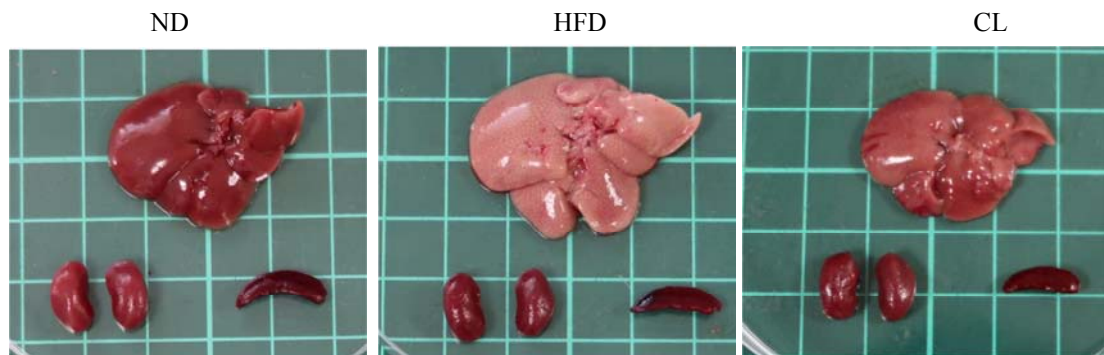
Data are expressed as mean ± SD.

Means with the same letters (a-c) within the same row were not significantly different at the 5% level according to the LSD test.

二、薏仁對於高脂飲食小鼠器官外觀、肝臟脂質與肝臟損傷指數之影響

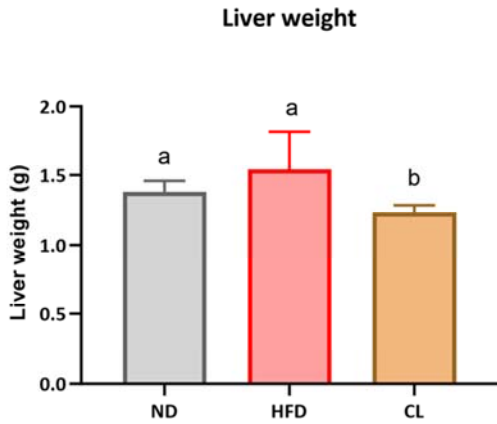
在毒理研究中，器官重量的分析是評估化合物是否具有潛在毒性的重要指標，異常增加或減少可能影響其功能並導致健康問題。高脂飲食會增加肝臟內脂肪累積，並導致腎臟脂毒性(lipotoxicity)，導致肝腎功能下降(Deji *et al.*, 2009)。脾臟為體內最大的淋巴器官，執行各種免疫功能，若免疫功能異常、造血功能異常及肝功能受損均可能會導致脾臟腫大(Mebius & Kraal, 2005)。

與 HFD 組相比，CL 組的小鼠肝臟體積較小且顏色較為鮮紅(圖三)，推測食用薏仁可減緩肝臟的脂肪浸潤。檢視各試驗組器官重量(圖四)，CL 組小鼠的肝臟重量、腎臟重量、脾臟重量皆顯著低於 HFD 組，初步判斷薏仁可能藉由減緩脂肪累積，減緩高脂飲食所造成之毒性。肝臟組織切片分析結果顯示(圖五)，HFD 組的肝臟細胞排列紊亂，出現大量白色脂肪空泡，顯示其肝臟存在脂肪浸潤現象，而 CL 組的肝臟脂肪空泡較少，切片結果與 ND 組相近，表明薏仁可能具有減緩肝臟脂質累積之功能。

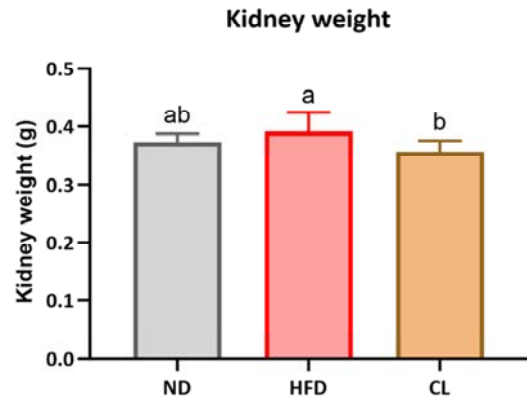


圖三、薏仁對於高脂飲食 C57BL/6 小鼠肝臟(上)、腎臟(左下)、脾臟(右下)外觀之影響。
Fig. 3. Effects of Job's tears on the appearance of the liver (upper), kidney (bottom left), and spleen (bottom right) in HFD-fed C57BL/6 mice. Organs were photographed on a measurement grid with 1 cm × 1 cm squares for visual reference of scale.

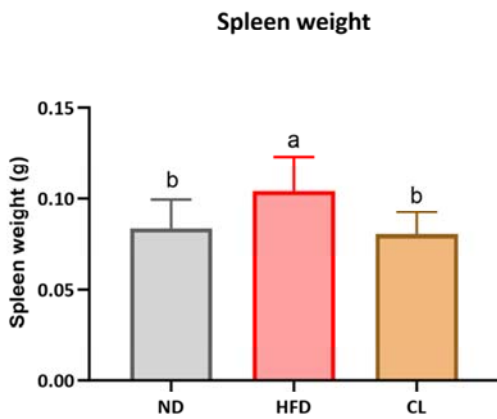
(A)



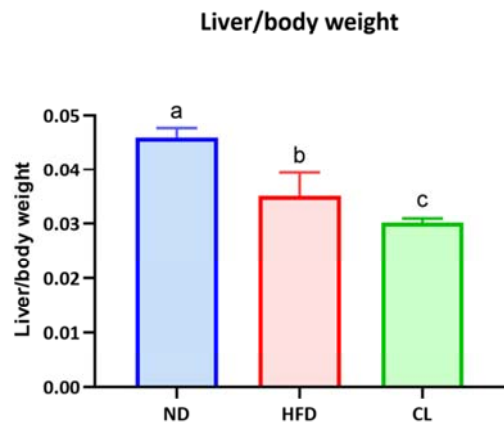
(B)



(C)

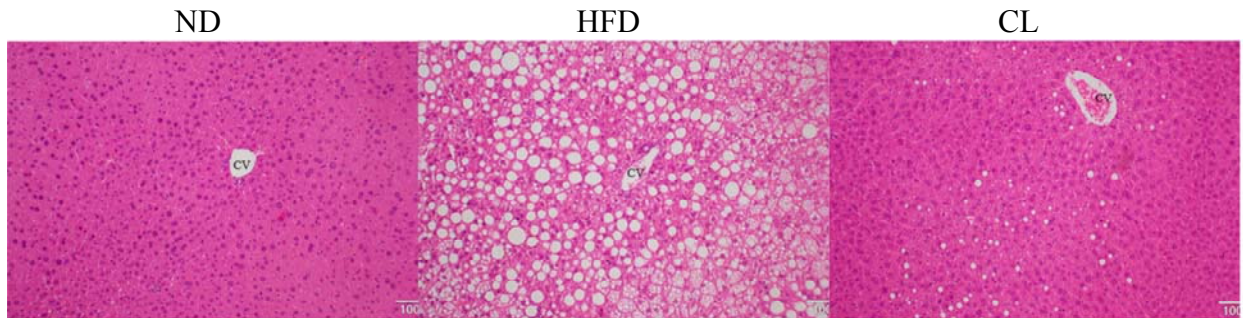


(D)



圖四、薏仁對於高脂飲食 C57BL/6 小鼠(A)肝臟、(B)腎臟、(C)脾臟重量與(D)肝臟/體重比值之影響。

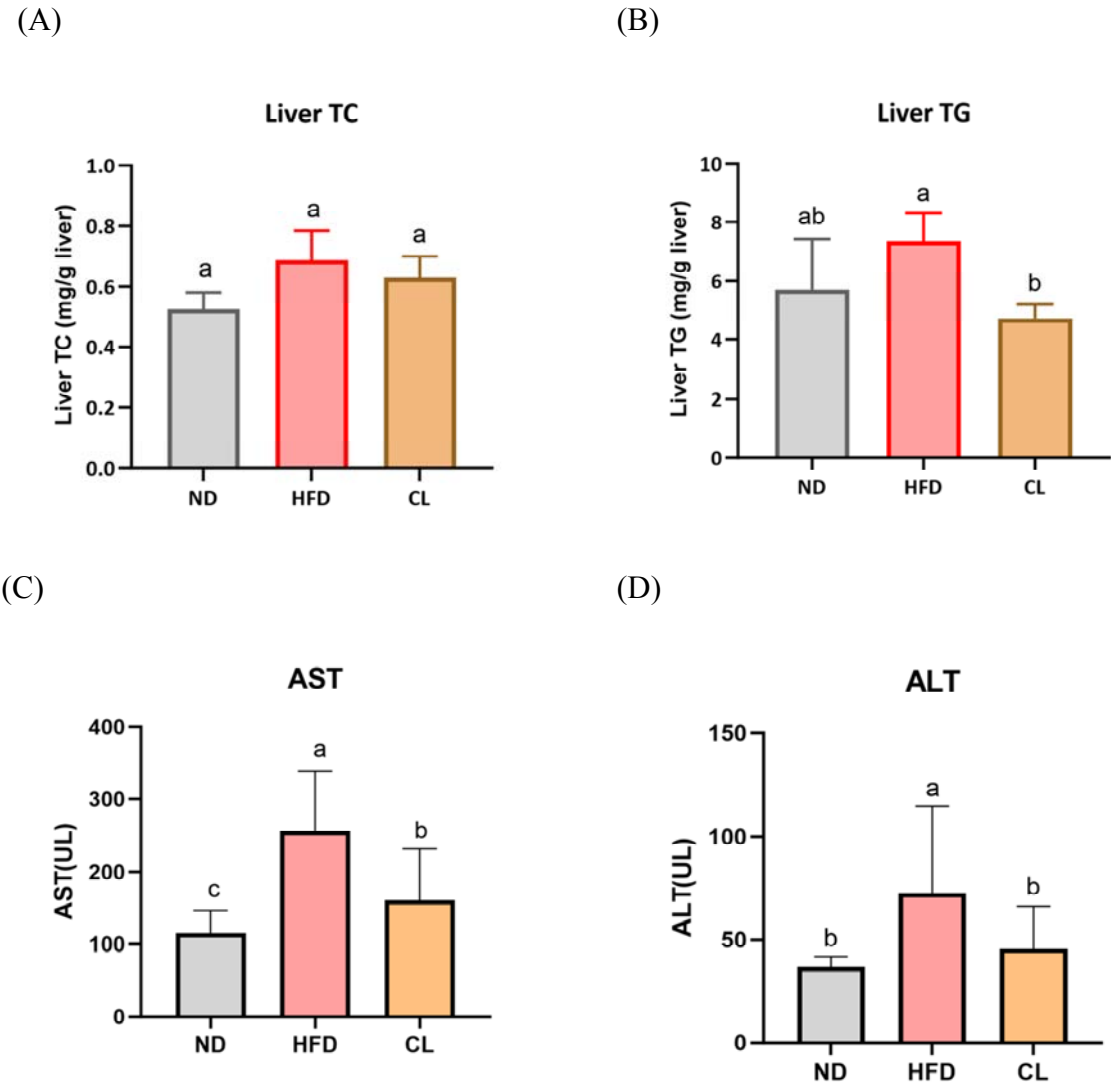
Fig. 4. Effects of Job's tears on the weight of (A)liver, (B)kidneys, (C)spleen, and (D)liver-to-body weight ratio in HFD-fed C57BL/6 mice. Data are expressed as mean $\pm$ SD. Means with the same letters (a-c) within the bars were not significantly different at the 5% level according to the LSD test.



圖五、薏仁對高脂飲食 C57BL/6 小鼠肝臟組織的影響。

Fig. 5. Effects of Job's tear on the liver histology in HFD-fed C57BL/6 mice. Representative photograph of H&E-stained liver tissue (200 $\times$ magnification; length of the scale on the right = 100 μ m). CV indicates the central vein at the center of the hepatic lobule.

由肝臟脂質檢測結果可發現(圖六，B)，小鼠食用薏仁可顯著降低肝臟 TG 濃度，顯示薏仁可能影響三酸甘油酯的代謝，進而改善高脂飲食引起的肝臟脂肪堆積。在肝臟損傷指數部分，於飼料中添加薏仁可顯著降低 AST，ALT 方面雖然數值有降低，但統計尚未有顯著差異(圖六，C、D)。Chiang 等人(2020)發現薏仁萃取物藉由調降 FAS 與 SREBP-1c 基因表現量減少小鼠肝臟脂質積累，並降低肝臟損傷指數。Gu 等人(2021)則指出，薏仁油可改善非酒精性脂肪肝大鼠的肝脂肪堆積與血脂異常，並透過抑制 p-AMPK/SePP1/apoER2 訊號途徑，減少肝臟脂質累積與氧化壓力。而薏苡多酚亦被發現可透過活化 AMPK/p-ACC 訊號，改善肝臟脂質代謝，並調節腸道菌相，進一步提升高脂飲食小鼠的代謝健康 (Ma *et al.*, 2022)。上述研究與本試驗結果相符合，顯示出薏仁對於肝臟的保健效果。



圖六、薏仁對於高脂飲食 C57BL/6 小鼠肝臟脂質與肝臟發炎指數的影響。

Fig. 6. Effects of Job's tear on (A)liver triglycerides, (B)liver cholesterol, (C)aspartate aminotransferase(AST), and (D)alanine aminotransferase(ALT) in HFD-fed C57BL/6 mice. Data are expressed as mean $\pm$ SD. Means with the same letters (a-c) within the bars were not significantly different at the 5% level according to the LSD test.

三、薏仁對於高脂飲食小鼠血液脂質與腎臟功能之影響

長期高脂飲食會導致血脂異常，造成 TG、TC 與 LDL 的增加。這些異常代謝指標被視為高血脂症(hyperlipidemia)的主要特徵，並且已被證實為心血管疾病(CVD)的獨立危險因子(Song *et al.*, 2015)。此外，TC/HDL 和 LDL/HDL 的比值比單一總膽固醇數值更能預測心血管疾病風險，較高的 TC/HDL 代表更高的 CVD 風險，而較高的 LDL/HDL 也與猝死(sudden cardiac death, SCD)有關(Arsenault *et al.*, 2009)。

本研究發現，HFD 的小鼠，其血清中的 TG、TC、HDL 及 LDL 濃度均顯著上升，顯示高脂飲食可能導致血脂異常。CL 組小鼠在血脂指標方面則呈現顯著改善，其中 TC 顯著下降至 160.44 ± 34.02 mg/dL，TG 降至 67.74 ± 10.80 mg/dL，LDL 亦降低至 28.01 ± 6.82 mg/dL，顯示薏仁可能有助於調節血脂，降低血脂異常風險(表三)。

本研究結果與先前文獻相符，Huang *et al.*(2021)以高脂飲食誘導高血脂倉鼠，並餵食薏仁麩皮萃取物，結果顯示該萃取物可顯著降低血清 TG、TC 及 LDL，並提升 HDL 水準。此外，蘇(1996)的人體試驗亦證實，連續攝取薏仁 4 週後，高血脂症患者的血漿 TC 降低 17.2%，TG 降低 28.2%，VLDL 及 LDL 顯著下降，而 HDL 則明顯上升，進一步支持薏仁對血脂調節的潛在益處。

BUN 和 CRE 是臨床上常用來評估腎功能的重要指標，BUN 是生物體代謝蛋白質的主要產物，當腎功能下降、尿液排泄減少時，血清中 BUN 的濃度會增加，CRE 是骨骼肌中肌酸的代謝產物，當腎功能惡化、腎小球過濾率下降時，血漿中肌酸酐的濃度也會增加(Salazar, 2014)。本研究中，CL 組小鼠的 BUN 與 CRE 濃度顯著低於 ND 組，但並未高於 HFD 組，顯示薏仁對腎功能未產生明顯促進作用。Imamura 等人(2021)指出，BUN 濃度降低可能與蛋白質攝取減少、肝功能受損或身體組成變化相關。因此，薏仁對腎功能之影響可能偏向中性，需進一步評估其對蛋白質代謝及肌肉質量之影響。

四、食用薏仁對腸道菌相之影響

高脂飲食會導致腸道菌群失衡，造成厚壁門(Firmicutes)與擬桿菌門(Bacteroidetes)之比值(F/B Ratio)升高(圖七，A)，進而影響能量代謝並促進肥胖，而 CL 組則顯示該比值下降，說明薏仁可能有助於改善腸道菌群失衡(Devaraj *et al.*, 2020)。與高脂飲食組相比，ND 組的 Muribaculacea 顯著較高，Muribaculacea 屬於 Bacteroidetes 門，主要透過發酵膳食纖維產生短鏈脂肪酸(SCFA)，如乙酸(acetate)、丙酸(propionate)和丁酸(butyrate)，這些代謝物有助於維持腸道屏障功能、減少發炎及調控能量代謝，並可改善肥胖、調節脂質代謝、降低胰島素阻抗，並與較健康的腸道微生物群相關(圖七，B 及圖八，A) (Zhu

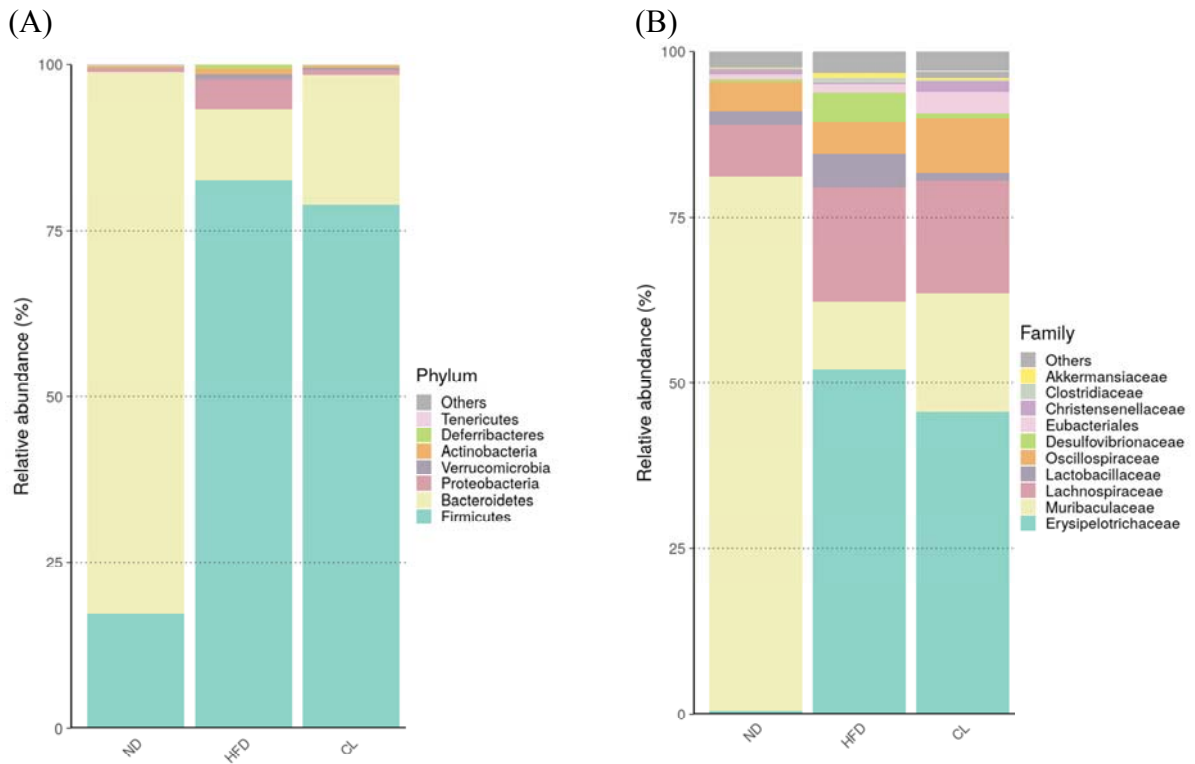
et al., 2024; Chiou *et al.*, 2021)。而與 HFD 組相比，CL 組的小鼠展現出更健康的腸道菌相，特別是 Christensenellaceae 這種有益菌的顯著增加(圖八，B)。前人研究顯示，高 Christensenellaceae 與較低的體脂、較好的血糖控制及較高的胰島素敏感性密切相關，可能透過代謝短鏈脂肪酸(SCFA)以及降低發炎來減少代謝症候群的風險。(Li *et al.*, 2020; Waters *et al.*, 2019; Ruaud *et al.*, 2020; Ignatyeva *et al.*, 2024)。綜合試驗結果顯示，薏仁作為功能性食品可能對腸道菌群具有調節作用，能有效改善因高脂飲食引起的代謝異常，並降低相關疾病之風險。

表三、薏仁對高脂飲食小鼠血液脂質、尿素氮與肌酸酐之影響

Table 3. Effects of Job's tears on serum lipid, blood urine and creatinine in HFD-fed C57BL/6 mice

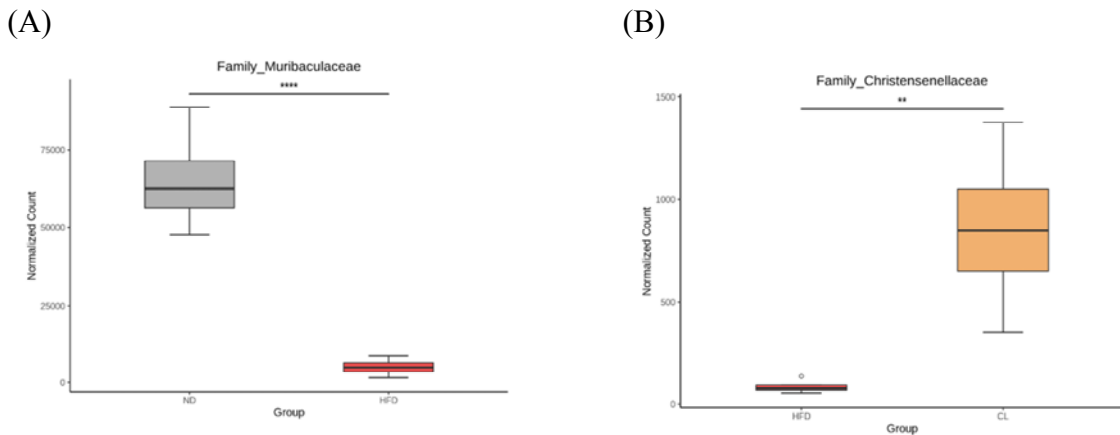
Group	ND	HFD	CL
TC(mg/dL)	89.40±10.81 ^c	213.10±33.42 ^a	160.44±34.02 ^b
TG(mg/dL)	89.61±30.89 ^b	119.09±31.98 ^a	67.74±10.80 ^c
HDL(mg/dL)	74.04±9.67 ^c	153.89±21.48 ^a	121.51±25.34 ^b
LDL(mg/dL)	7.78±1.55 ^c	40.38±9.02 ^a	28.01±6.82 ^b
LDL/HDL	0.11±0.02 ^c	0.26±0.03 ^a	0.23±0.03 ^b
TC/HDL	1.21±0.04 ^c	1.38±0.04 ^a	1.32±0.04 ^b
BUN(mg/dL)	35.35±3.41 ^a	26.79±3.63 ^b	23.90±5.00 ^c
CRE(mg/dL)	0.110±0.011 ^a	0.106±0.012 ^a	0.096±0.007 ^b

Data are expressed as mean±SD.
Means with the same letters (a-c) within the same row were not significantly different at the 5% level according to the LSD test.



圖七、薏仁對高脂飲食小鼠腸道菌相組成的影響。

Fig. 7. Effects of Job's tears on microbiota composition in HFD-fed C57BL/6 mice. The relative abundance of the top 10 gut microbiota in (A)Phylum classification and (B)Family classification.



圖八、薏仁對腸道菌群科(family)層級分類豐度的影響。

Fig. 8. Effects of Job's tears on the gut microbiota at the family Level. Comparison Between (A)ND and HFD, and (B)HFD and CL. The normalized abundance of the family based on metagenomeSeq analysis. Each box plot represents the median, interquartile range, minimum, and maximum values, $n = 4$ per group. *, **, *** represent the statistical differences between groups at $p < 0.05$, 0.01 , and 0.001 , respectively.

結 論

本研究探討薏仁對高脂飲食小鼠的影響，試驗結果指出，餵食薏仁可顯著降低小鼠內臟脂肪組織重量，特別是在腎周脂肪與腸系膜脂肪方面，並有效降低體脂率。此外，薏仁的攝取可改善血脂異常，包括降 TC、TG 及 LDL 濃度，顯示其對血脂調節具有潛在益處。

在肝功能方面，薏仁可顯著降低肝臟脂質累積，減少脂肪肝風險，並改善 AST 指數，顯示其可能減緩高脂飲食所導致的肝臟損傷。此外，腸道菌群分析顯示，薏仁能夠降低 Firmicutes / Bacteroidetes (F/B ratio) 比值，並增加 Christensenellaceae 菌群豐度，說明薏仁可能透過改變腸道微生物菌相，進一步發揮保健作用。

綜合上述研究結果，薏仁具有作為功能性食品的潛力，能夠改善小鼠因高脂飲食所導致的代謝異常，減少脂肪堆積並調節血脂。未來研究可進一步探討其機制、指標性成分，導入人體試驗並開發更為多元之薏仁加工品與食用方式，透過日常飲食增加薏仁攝取，或能有效降低國人代謝疾病風險，促進整體健康。

參考文獻

1. 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。臺中區農業改良場研究彙報，45，65-76。
2. 衛生福利部國民健康署。2022。18 歲以上人口體位分布。111 年健康促進統計年報。衛生福利部國民健康署。頁 103。
3. 蘇珮琪。1996。薏仁對高血脂症和糖尿病病患血漿脂質和血糖的影響。私立輔仁大學食品營養研究所碩士論文，臺北，臺灣。
4. Arsenault, B.J., Rana, J.S., Stroes, E.S.G., Després, J.P., Shah, P.K., Kastelein, J.J., Wareham, N.J., Boekholdt, S.M., Khaw, K.T., 2009. Beyond low-density lipoprotein cholesterol: respective contributions of non-high-density lipoprotein cholesterol levels, triglycerides, and the total cholesterol/high-density lipoprotein cholesterol ratio to coronary heart disease risk in apparently healthy men and women. *J. Am. Coll. Cardiol.* 55(1), 35-41.
5. Chang, H.C., Yang, H.C., Chang, H.Y., Yeh, C.J., Chen, H.H., Huang, K.C., Pan, W.H. 2017. Morbid obesity in Taiwan: Prevalence, trends, associated social demographics, and lifestyle factors. *PLoS One.* 12(2), e0169577.
6. Chen, I.J., Hsu, L.T., Lin, T.W., Chen, J.Y. 2022. Relationship between obesity-related parameters and chronic kidney disease in middle-aged and elderly populations in Taiwan: A community-based study. *Front. Nutr.* 9, 928910.
7. Chen, L., Xue, S., Dai, B., Zhao, H. 2022. Effects of coix seed oil on high-fat diet-induced obesity and dyslipidemia. *Foods.* 11(20), 3267.
8. 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. *Evid. Based Complement. Altern. Med.* 2020(1), 9519625.
9. 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.

10. Cheng, W.Y., Yeh, W.J., Ko, J., Huang, Y.L., Yang, H.Y. 2022. Consumption of dehulled adlay improved lipid metabolism and inflammation in overweight and obese individuals after a 6-week single-arm pilot study. *Nutrients*. 14(11), 2250.
11. Deji, N., Kume, S., Araki, S.-i., Soumura, M., Sugimoto, T., Isshiki, K., Chin-Kanasaki, M., Sakaguchi, M., Koya, D., Haneda, M., Kashiwagi, A., Uzu, T. 2009. Structural and functional changes in the kidneys of high-fat diet-induced obese mice. *Am. J. Physiol. Renal Physiol.* 296(1), 118-126.
12. Devaraj, R., Jeepipalli, S., Xu, B. 2020. Phytochemistry and health-promoting effects of Job's tears (*Coix lacryma-jobi*) - A critical review. *Food Biosci.* 34, 100537.
13. Engin, A. 2017. Fat cell and fatty acid turnover in obesity. *Obesity and Lipotoxicity*, 135-160.
14. Gu, L., Zhang, Y., Zhang, S., Zhao, H., Wang, Y., Kan, D., Zhang, Y., Guo, L., Lv, J., Hao, Q., Tian, X., Liu, C., Wang, S., Han, X. 2021. *Coix lacryma-jobi* seed oil reduces fat accumulation in nonalcoholic fatty liver disease by inhibiting the activation of the p-AMPK/SePP1/apoER2 pathway. *J. Oleo Sci.* 70(5), 685-696.
15. Huang, C.C., Lin, T.C., Liu, C.H., Hu, H.C., Yu, S.Y., Wu, S.J. Yen, M.H., Tsai, Y.H. Chang, F.R. 2021. Lipid Metabolism and its Mechanism Triggered by Supercritical CO₂ Extract of Adlay (*Coix lacryma-jobi* var. *ma-yuen* (Rom. Caill.) Stapf) Bran in High-Fat Diet Induced Hyperlipidemic Hamsters. *Front. Pharmacol.* 12, 785944
16. Ignatyeva, O., Tolyneva, D., Kovalyov, A., Matkava, L., Terekhov, M., Kashtanova, D., Zagainova, A., Ivanov, M., Yudin, V., Makarov, V., Keskinov, A., Kraevoy, S., Yudin, S. 2024. *Christensenella minuta*, a new candidate next-generation probiotic: Current evidence and future trajectories. *Front. Microbiol.*, 14, 1241259.
17. Kim, S.O., Yun, S.J., Jung, B., Lee, E.H., Hahm, D.H., Shim, I., Lee, H. J. 2004. Hypolipidemic effects of crude extract of adlay seed (*Coix lachryma-jobi* var. *mayuen*) in obesity rats fed a high-fat diet: Relations of TNF-alpha and leptin mRNA expressions and serum lipid levels. *Life Sci.* 75(12), 1391-1404.
18. Li, H., Peng, L., Yin, F., Fang, J., Cai, L., Zhang, C., Xiang, Z., Zhao, Y., Zhang, S., Sheng, H., Wang, D., Zhang, X., Liang, Z. 2024. Research on *Coix* seed as a food and medicinal resource, its chemical components and their pharmacological activities: A review. *J. Ethnopharmacol.* 319, 117309.

19. Li, X., Li, Z., He, Y., Li, P., Zhou, H., Zeng, N. 2020. Regional distribution of Christensenellaceae and its associations with metabolic syndrome based on a population-level analysis. *PeerJ*. 8, e9591.
20. Lo, H.C., Chen, Y.H., Wu, W.T. 2022. Ethanol extracts of rice bran and whole grain adlay seeds mitigate colonic inflammation and damage in mice with colitis. *Nutrients*. 14(18), 3877.
21. Ma, S., Yang, B., Shi, Y., Du, Y., Lv, Y., Liu, J., Liu, E., Xu, H., Deng, L., Chen, X. Y. 2022. Adlay (*Coix lacryma-jobi* L.) polyphenol improves hepatic glucose and lipid homeostasis through regulating intestinal flora via AMPK pathway. *Mol. Nutr. Food Res.* 66(23), 2200447.
22. Mebius, R. E, Kraal, G. 2005. Structure and function of the spleen. *Nature reviews immunology*. 5(8), 606-616.
23. Nair, A. B., Jacob, S. 2016. A simple practice guide for dose conversion between animals and human. *Journal of basic and clinical pharmacy*. 7(2), 27.
24. Ruaud, A., Esquivel-Elizondo, S., de la Cuesta-Zuluaga, J., Waters, J.L., Angenent, L.T., Youngblut, N.D., Ley, R. 2020. Syntrophy via interspecies H₂ transfer between *Christensenella* and *Methanobrevibacter* underlies their global co-occurrence in the human gut. *MBio*. 11(1), 10-1128.
25. Salazar, J. H., 2014. Overview of urea and creatinine. *Laboratory medicine*. 45(1), e19-e20.
26. Song, M.Y., Jung, H.W., Park, Y.K. 2016. Antiobesity effect of water extract of *Coix lacryma-jobi* var. *mayuen* in high-fat fed C57BL/6 mice. *J. Korean Med. Obes. Res.* 16(1), 27-35.
27. Song, Y., Yang, Y., Zhang, J., Wang, Y., He, W., Zhang, X., Zhu, J., Lu, Z. 2015. The apoB100/apoAI ratio is independently associated with the severity of coronary heart disease: A cross-sectional study in patients undergoing coronary angiography. *Lipids Health Dis.* 14, 1-9.
28. Waters, J.L., Ley, R. 2019. The human gut bacteria *Christensenellaceae* are widespread, heritable, and associated with health. *BMC Biol.* 17, 1-11.

29. Yang, H., Min, W., Bi, P., Zhou, H., Huang, F. 2013. Stimulatory effects of Coix lacryma-jobi oil on the mycelial growth and metabolites biosynthesis by the submerged culture of *Ganoderma lucidum*. *Biochem. Eng. J.*, 76, 77-82.
30. Yeh, T.L., Hsu, H.Y., Tsai, M.C., Hsu, L.Y., Hwang, L.C., Chien, K.L. 2021. Association between metabolically healthy obesity/overweight and cardiovascular disease risk: A representative cohort study in Taiwan. *PLoS One*. 16(2), e0246378.
31. Yu, Y.T., Lu, T.J., Chiang, M.T., Chiang, W.C. 2005. Physicochemical properties of water-soluble polysaccharide-enriched fractions of adlay and their hypolipidemic effect in hamsters. *J. Food Drug Anal.* 13(4), 7.
32. Zhu, F. 2017. Coix: Chemical composition and health effects. *Trends in Food Science & Technology*, 61, 160-175.
33. Zong, G., Gao, A., Hu, F. B., Sun, Q. 2016. Whole grain intake and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Circulation*, 133(24), 2370-2380.

Effects of Whole Grain Job's Tears on Metabolic Disorders in High-Fat Diet Mice¹

Kai-Liang Tang^{2*}, Pin-Yu Ho³, Pin-Xuan Lin³, Yu-Hsin Chen²
and Min-Hsiung Pan³

ABSTRACT

Westernization and changes in lifestyle, the incidence of obesity and metabolic diseases has been increasing annually. Developing natural functional foods that regulate lipid metabolism and improve health has become a key research focus. This study investigates the effects of job's tears (*Coix lacryma-jobi* var. *mayuan*) on obesity induced by a high-fat diet (HFD) in mice and evaluates its regulatory effects on body weight, blood lipids, liver function, and gut microbiota. C57BL/6 mice were subjected to a 20-week ad libitum feeding trial. The mice were divided into three groups: normal diet (ND), high-fat diet (HFD), and a high-fat diet supplemented with 2% job's tears (CL). The results showed that the CL group had significantly lower body fat percentage and visceral fat weight compared to the HFD group, with improvements in hepatic lipid accumulation and liver damage indices. Additionally, job's tears helped regulate lipid metabolism by reducing total cholesterol (TC), triglycerides (TG), and low-density lipoprotein (LDL) levels, while increasing the abundance of beneficial gut bacteria, such as *Christensenellaceae*. Overall, the results suggest that whole grain job's tears possesses potential metabolic regulatory functions and could be used as a functional food for the prevention and improvement of obesity and metabolic syndrome.

Key words: Whole grain job's tears, Lipid metabolism, Liver function, Gut microbiota, Functional foods

¹ Contribution No. 1102 from Taichung DARES, MOA.

² Assistant Researcher and Researcher of Taichung DARES, MOA.

³ Research Assistant, Master's student, Professor, Institute of Food Science and Technology, National Taiwan University.

* Corresponding Author: Kai-Liang Tang, Email: tkliang@tcdares.gov.tw