

大麥片之可溶性纖維對於降低高膽固醇血症倉鼠血清中膽固醇之功效評估

Effects of Barley-derived Soluble Fiber on Lowering Serum Cholesterol in Hypercholesterolemic Hamsters

章慶堅¹

摘要

目的：於飼料中以富含 β -glucan 的大麥片以取代部分之可溶性纖維，觀察動物實驗模式評估血清中脂肪、脂蛋白及肝臟的脂蛋白濃度以及是否有脂肪肝的影響。**方法：**實驗採用倉鼠 (Hamster)，分成控制組與實驗組 (600g、1200g、3000g 劑量之大麥片於飼料中) 共四組，每組為雄鼠 10 隻，實驗基礎飼料為添加 0.5% 膽固醇的高油脂飼料。實驗為期 8 週 (第 0 週犧牲一批作為基準，第四週、第八週分別犧牲動物)，取其血液、肝臟樣本分析脂質及脂蛋白濃度的差異性。**結果：**血清樣本分析，控制組與實驗組之總膽固醇濃度 (TC) 之差異，分別為 -12%，-8.7%、-10.7%；三酸甘油酯濃度 (TG) 之差異，1200g 與 3000g 劑量大麥片組分別為 -40.3%、-17.6%。高密度脂蛋白 - 膽固醇 (HDL-C) 濃度，控制組與實驗組無差異性，但是低密度脂蛋白 - 膽固醇 (LDL-C)，則有顯著差異，分別為 -12.3%，-13%、-11.2%。肝臟樣本分析，控制組與實驗組於低密度脂蛋白 - 膽固醇 (LDL-C) 有差異性，分別為 -40%、-33%、-38.8%。高密度脂蛋白 - 膽固醇 (HDL-C)，只有 1200g 劑量大麥片組為 +114.3%，其餘 2 組則無顯著性差異。**結論：**由實驗結果顯示，在飼料當中添加不同劑量的大麥片，可以降低高膽固醇血症之倉鼠之血清中總膽固醇 (TC)、三酸甘油酯 (TG) 與低密度脂蛋白 - 膽固醇 (LDL-C)。於肝臟中，高密度脂蛋白 - 膽固醇 (HDL-C) 與低密度脂蛋白 - 膽固醇 (LDL-C)，則有不同程度的影響。

關鍵詞： β -glucan、高膽固醇血症、高密度脂蛋白 - 膽固醇 (HDL-C)、低密度脂蛋白 - 膽固醇 (LDL-C)、三酸甘油酯 (TG)。

¹ 臺北城市科技大學 運動健康與休閒系，講師



壹、前言

根據美國國家膽固醇教育活動指南 (NCEP,2002) 指出，約有 30% 之美國人有潛在性高血清膽固醇濃度，血脂肪包括總膽固醇含量 (total cholesterol)、低密度脂蛋白 - 膽固醇 (LDL-C)，及三酸甘油酯 (TG) 是主要導致冠狀動脈硬化症。任何 LDL- 膽固醇濃度超過 100 mg /dL 則會出現動脈硬化罹患風險提升。研究發現提高 LDL- 膽固醇濃度造成冠狀動脈硬化斑不穩定，而降低 LDL- 膽固醇濃度則穩定硬化斑且減少急性冠狀動脈症的可能性，所以降低血清膽固醇可以降低冠心症的罹患率。

膳食纖維對於膽固醇的代謝影響，在國外已經被研究 (Anderson J.W.,and Tietzen-Clark J. ,1986)(Kritchevsky D. ,1987) ，其中大麥與燕麥均具有大量的 β -glucan 可溶性纖維成份，可降低總膽固醇及低密度脂蛋白，但是對於三酸甘油酯 (TG) 則無明顯差異，這是米飯或麵粉所沒有的 (McIntosh G.H.,Whyte J,McArthur R.and Nestet

P.J.,1991) 。若是給予中度高膽固醇血症 (mildly hypercholesterolemic) 病人，每天分別為 1.5、3.0 公克 β -glucan 為期六週，發現總膽固含量有明顯下降，但在低密度脂蛋白則無明顯組間差異。在中度高度膽固醇血症的體重過重成年人飲食中，給予每一天 1.5 公克、3.0 公克之 β -glucan，連續 6 週後結果發現膽固醇含量有明顯下降，但是在 LDL- 膽固醇則無明顯組間差異 (Charlton K.E.,et al.,2012) 。當飲食中含大量 β -glucan 被指出可以減緩胃的排空，消化，及吸收 (Schneeman B.O. ,1998) ，造成提升膽酸，中性固醇的排除、膽固醇的分解作用，以及降低膽固醇與脂肪的吸收 (Lia A., Hallmans G.,and Sandberg A.S., 1995)(Marlett J.A. ,1997) 。

雖然，燕麥對於抗高血脂症的功效，已經廣泛被拿來研究，相對於大麥則較少討論，甚致對膽固醇控制效果也不一致 (Kim S.Y., Song H.J. and Lee Y.Y., 2006)(Wood P.J. ,2007) ，歸納其中的原因可能是 β -glucan 劑量、

β -glucan 分子大小，膳食纖維的組成，食物製備的方式...等。我們因此認為藉由隨機控制實驗，來分析大麥對於血清脂質的影響效果，有其必要性。

貳、方法

一、動物實驗

動物實驗必須經過本校動物中心審查通過後才可執行。實驗採用倉鼠 (Hamster) 6 週齡雄鼠，購自樂斯科 (Lasco) 生物科技有限公司。每組動物 10 隻。實驗基礎飼料為 AIN-93M (American Institute of nutrition 1993) 添加 0.5% 膽固醇的高油脂飼料，如表一。本實驗分成控制組與實驗組 (低劑量 :600g、中劑量 :1200g、高劑

量 :3000g 之大麥片)，泰山股份有限公司開發之大麥片，添加於飼料中。實驗期 8 週 (第 0 週犧牲一批作為基準，第四週、第八週分別犧牲動物)，取其血液、肝臟並且收集糞便進行分析。實驗必須記錄每隻動物之體重改變與平均每日飼料攝取量。

二、血脂質測定指標

包括血清 (或血漿) 三酸甘油酯 (TG)、總膽固醇 (TC)、高密度脂蛋白膽固醇 (HDL-C) 和低密度脂蛋白膽固醇 (LDL-C) 值。動物實驗另應依受試樣品調節血脂功效之可能作用機制，加測其肝臟 (糞便) 三酸甘油酯和膽固醇，以了解受試樣品是否會造成肝脂肪的堆積。

表一、每日餵食的基礎飼料

飼料 (g/6 公斤)	正常	高膽固醇	一倍大麥	二倍大麥	五倍大麥
Dextrinized Corn Starch	930	858	761.2	664.4	374.1
Sucrose	600	570	505.7	441.4	248.5
Corn Starch	2794.2	2652	2352.9	2053.7	1156.4
Soy bean oil	240	600	580.8	561.6	504
cacein	840	780	703.2	626.4	396
cellulose	300	300	254.4	208.8	72
mineral	210	210	210	210	210
vitamin	60	60	60	60	60
cholin bitartrate	15	12	12	12	12
cysteine	10.8	6	6	6	6
cholesterol	0	30	30	30	30
BHT	0.05	0.12	0.12	0.12	0.12
大麥	0	0	600	1200	3000



三、生化檢驗

收集受試者禁食 8 小時之靜脈血，經前處理取得之適量血清，進行基本血液生化值分析。血脂值方面測量：總膽固醇 (TC)、三酸甘油酯 (TG)、低密度脂蛋白 - 膽固醇 (LDL-C)、及高密度脂蛋白 - 膽固醇 (HDL-C)，其測定方法如下：

血清三酸甘油酯 (Serum triglycerol; TG): 利用酵法 (GPO-PAP)，取 10 μ L 三酸甘油酯試劑，37 $^{\circ}$ C 水浴 5 分鐘，使酵素水解血清中三酸甘油酯，最後使用分光光度計於波長 500nm 下測定，與標準品比對，經計算後可得 TG 的濃度。

血清總膽固醇 (Serum total cholesterol; TC)：採用 Enzymatic colorimetric method，取 10 μ L 血清加入 1,000 μ L 膽固醇試劑，以 37 $^{\circ}$ C 水浴 5 分鐘，以膽固醇酯解酶將膽固醇酯水解分解成為膽固醇及游離脂肪酸，再以膽固醇氧化酵素氧化氫，再經由過氧化酵素催化下作用，可產生紅色化合物，於 500nm 波長下測定其吸光度，

與標準品比對，經換算得知血清總膽固醇的濃度。

血清高密度脂蛋白膽固醇 (Serum HDL-C)：利用酵素作用及比色測定之原理，先取定量的血清加入適當的沉澱劑，將乳糜微粒 (Chylomicrons)、VLDL 及 LDL 沉澱，作用完全之後將其離心，取定量上清液並加入測定膽固醇之試劑，在波長 500nm 下測定吸光值與標準品比對，經計算後可得 HDL-C 的濃度。

血清低密度脂蛋白膽固醇 (Serum LDL-C)：利用酵素作用及比色測定之原理，取定量之血清加入適當的沉澱劑將 LDL 沉澱，作用完全之後將其離心，取定量上清液並加入測定膽固醇之試劑，在波長 500nm 下測其吸光值，與標準品比對，經計算後，再用總膽固醇值扣除上清液膽固醇值，即可得 LDL-C 的濃度。

其他血液生化檢查：另外其他相關的生化指標測定包括：肝功能檢查為麩胺酸草醯乙酸轉胺酶 (Glutamate oxaloacetate transaminase; GOT) 和 麩

胺酸丙酮酸轉胺酶 (Glutamate pyruvate transaminase;GPT) , 腎功能指標為 BUN 和肌酸酐 (creatinine) 、血清白蛋白、禁食血糖等 , 以利用血液生化自動分析儀器分析。

四、統計方法：

實驗數值以平均值 \pm 標準誤差表示 , 以 SAS 套裝軟體 (8.2 版) 進行數據之分析。利用單因子變異數分析法 (one-way analysis of variance , one way ANOVA) 進行分析是否有差異 , 若有差異再以費氏最小顯著差異檢定 (Fisher's least significant difference test) , 作進一步比較組間的差異 , 以 $p < 0.05$ 表示有統計上之差異。

參、結果

本實驗最後共 36 隻實驗鼠完成 8 週的實驗。餵食不同飼料組對於血清中之總膽固醇 (TC) 、三酸甘油酯 (TG) 、低密度脂蛋白 - 膽固醇 (LDL-C) 與肝臟中的高密度脂蛋白 - 膽固醇 (HDL-C) 、低密度脂蛋白 - 膽固醇 (LDL-C) 之影響 (表

二) 及添加大麥片 (低、中、高劑量) 於高膽固醇 (0.5 % 膽固醇) 飼料中的實驗組 , 結果發現於血清中總膽固醇濃度 , 均相較控制組有明顯下降 (分別為 -12%、-8.7%、-10.7% , $p < 0.05$) 。三酸甘油酯則在中、高的大麥片劑量組較控制組有顯著減少 (分別為 -40.3%、-17.6% , $p < 0.05$) , 而大麥片低劑量組則下降不明顯 (表二) 。各組相較於控制組之高密度脂蛋白 - 膽固醇濃度 , 則無顯著性差異 , 但對於低密度脂蛋白 - 膽固醇濃度而言 , 實驗組與控制組有差異性 (分別為 -12.3% , -13%、-11.2% , $p < 0.05$) (表二) 。

由實驗的數據 , 發現在肝臟中之高密度脂蛋白 - 膽固醇 (HDL-C) 濃度 , 只有大麥片中劑量組與控制組有顯著升高 (+114.3% , $p < 0.05$) (表三) 。而低密度脂蛋白 - 膽固醇 (LDL-C) 濃度則各劑量組均與控制組有明顯下降趨勢 (分別為 -40%、-33%、-38.8% , $p < 0.05$) (表三) 。



表二、血清中 TC、TG、HDL-C、LDL-C 濃度

	TC(n)	TG(n)	HDL-C(n)	LDL-C(n)
Control	288.61±31.30(8)	140.03±17.84(6)	10.01±0.93(8)	155.03±18.82(8)
低劑量	253.93±12.51(8)*	130.93±15.51(7)	9.38±2.33(8)	136.03±8.94(8)*
中劑量	263.62±7.70(7)*	83.63±11.04(8)*	9.33±1.86(6)	134.82±7.04(8)*
高劑量	257.74±22.34(6)*	115.41±33.94(7)*	10.14±1.95(7)	137.64±8.12(8)*

* 表示 $p < 0.05$

表三、肝臟中 HDL-C、LDL-C 濃度

	HDL-C(n)	LDL-C(n)
Control	2.84±1.22(8)	108.32±7.54(6)
低劑量	3.61±1.13(8)	65.04±13.12(8)*
中劑量	6.04±2.92(6)*	72.53±12.83(8)*
高劑量	4.43±2.21(8)	66.34±9.23(8)*

* 表示 $p < 0.05$

肆、討論

由實驗結果顯示，在飼料當中添加不同劑量的大麥片，可以降低高膽固醇血症之倉鼠之血清中總膽固醇 (TC)、三酸甘油酯 (TG) 與低密度脂蛋白 - 膽固醇 (LDL-C)。於肝臟中，高密度脂蛋白 - 膽固醇 (HDL-C) 與低密度脂蛋白 - 膽固醇 (LDL-C)，則有不同程度的影響。Talati R. et al., (Talati R., Baker W. L., Pabilonia M. S., White C. M., and Coleman C.I., 2009) 研究指出，由大麥分離出之 β -glucan 對於人體總固醇、LDL 膽固醇及三酸甘油酯有下降情形，但相較於高密度脂蛋白則沒有顯著

的差異，同樣 Behall K.M. et al., (Behall K. M, Scholfield D. J, and Hallfrisch J. 2004) 將大麥添加在健康飲食上的實驗亦有相似結果，而且，大麥的膳食纖維較小麥的膳食纖維，對於調降高膽固醇血症病人的血膽固醇效果更具明顯。

Frank j. et al., (Frank J, Sundberg B, Kamal-Eldin A, Vessby B, and Åman P ,2004) 與 Smith K.N. et al., (Smith K.N., Queenan K.M., Thomas W., Fulcher R.G. and Slavin J.L., 2008) 於 β -glucan 之不同大小分子量的性質研究中，所謂大分子 - β -glucan (High molecular Weight: HMW) 及 小

分子 β -glucan(Low molecular weight:LMW) 對血脂質濃度、胰島素與葡萄糖濃度的影響，發現兩者對於調節高膽固醇血症患者並無明顯差異。但也有結果不一致情形，例如 Keenan J.M. (Keenan J.M.,Goulson M., Shamllyan T., Knutson N.,Kolberg L. and Curry L. ,2007), 在不同劑量 (3 公克 ; 5 公克) 大麥之低分子量 β -glucan(LMW- β -glucan) 與高分子量 β -glucan(HMW- β -glucan) 對血脂肪的影響，其結果為 5 公克之 HMW 組與 LMW 組對 LDL-C 分別為 -15%、- 13% ; 3g 之 HMW 組與 LMW 組對 LDL-C 則均只下降 9% ，但對膽固醇、HDL-C 則二組均無明顯差異。

以動物做為實驗模式的研究，Wilson T.A.(Wilson T.A.et al.,2004) 將大麥的 β -glucan 經由酵素分解，產生分解之 β -glucan 與未經分解之大分子 β -glucan，分別給予已經餵養高血膽固醇飼料之倉鼠 (Syrian Golden F (1)B hamsters) ，

發現血漿中總膽固醇 (TC) 與非 - 高密度脂蛋白 - 膽固醇 (non-HDL-cholesterol) 在兩組中均有減少，但高密度脂蛋白 - 膽固醇 (HDL-C) 則無差異。主動脈的膽固醇酯在分解- β -glucan 組較低，在糞便中之中性固醇含量是兩組均有增加趨勢，而只有分解之 β -glucan 組之膽固醇排除有增加情形 (Wilson T. A. et al.,2004) ，結果證明了大麥的高分子與低分子 β -glucan 均有膽固醇活性降低情形。至於 β -glucan 對膽固醇活性降低之能力，則大麥與燕麥的效果並無差異性 (Delaney B. et al.,2003) 。

大麥能夠使膽固醇在血液中濃度降低，是由於其穀類麩皮中含有可溶性纖維 β -glucan 物質，而 β -glucan 可降低血漿中膽固醇的臨床實驗有 (Braaten, J. T. et al.,1994) (Onning, G. et al.,1999) 以及用動物作為實驗模式的有 (Jonnalagadda, S.S.,Thye, F.W. and Robertson, J.L. ,1993) (Kahlon TS, Chow FI, Sayre RN, Betschart AA,1992)



(Zhang J.X.,1994)(Yokoyama W.H., Knuckles B.E., Stafford A.and Inglett G. ,1998)(German B. et al.,1996) 。本實驗以大麥做為 β -glucan 的來源，做為評估對於高膽固醇血症倉鼠之血清膽固醇的影響。由實驗結果指出，攝取大麥組之血清中總膽固醇濃度有下降，但與大麥劑量則無組間差異，這與國外學者 (Wilson T. A. et al.,2004) (Delaney B .et al.,2003) 有相同結果。 β -glucan 能抑制腸道對膽固醇的吸收與代謝，以及增加膽固醇的粘滯性由糞便排除 (Judd P.A. and Truswell A. S. ,1981)(Rieckhoff D., Trautwein E.A., Malkki Y.and Ebersdobler H. F. ,1999)(Illman R.J. and Topping D.L. ,1985) 。血清中三酸甘油酯在實驗組中亦有下降情形，尤其是中劑量組比高劑量組下降量大，分別是 -40.7% 與 -17.57% 。有學者認為血漿中之 TC 的下降，是由於血漿中的 TG 與非 - 高密度脂蛋白 - 膽固醇 (non-

HDL-C) 濃度下降的關係 (Illman R.J. et al.,1991)(Qureshi A.A., Burger W.C., Peterson D.M. and Elson C.E. ,1986)(Jonnalagadda S.S., Thye F.W. and Robertson J.L. ,1993)(Kahlon T.S., Chow F.I., Knuckles B.E. and Chiu M.M. ,1992) 。

血清中高密度脂蛋白 - 膽固醇 (HDL-C) 含量，實驗組相較於控制組則發現有降低情形但不顯著，與國外研究 Keenan J.M. et al., 與 Wilson T.A. et al., 等研究認為 β -glucan 不會影響血清中 HDL-C 的效果相符，但是與 Behall K. et al., 結果不一致，可能的原因是實驗期間不夠久且劑量不相同所導致。另外，在本實驗結果指出，實驗組之血清中低密度脂蛋白 - 膽固醇 (LDL-C) 有明顯下降，是與國外一些相關研究結果相符合。

肝臟中的高密度脂蛋白 - 膽固醇 (HDL-C) 濃度，只有中劑量大麥組相較控制組有明顯增加情形。低密度脂蛋白 - 膽固醇 (LDL-L) 濃度，實驗組均有顯著下降，可能原因是可溶性

纖維被認為可以抑制內生性膽固醇的產生 (Yokoyama W.H. et al.,1998)(Delaney B. et al.,2003)。

綜合上述結果，攝取大麥是可以降低血脂質作用機制觀點來看，多攝取可溶性纖維可以降低膽固醇含量，包括增加膽酸、中性固醇的排除、增加 LDL-C 代謝及減少脂肪吸收。可溶性纖維可增加腸胃道中物質的粘滯性，導致胃腸排空延緩、營養吸收率下降與干擾微粒的形成。過去研究發現可溶性纖維在直腸中被發酵，產生短鏈脂肪酸被吸收與可能會抑肝臟膽固醇的合成 (Qureshi A.A. et al.,1986)。另外，大麥含有大量的植物固醇與 β -glucan，可能對於固醇的吸收、合成機制及膽酸的排除有所影響 (Jenkins D.J.A., Spadafora P.J., Jenkins A.L., and Rainey-Macdonald C.G. ,1993)(Andersson M., Ellegård L.,and Andersson H.,2002)。

攝取富含大麥的食物及其可溶性纖維，明顯可以改善心血管疾病的

危險因子，這些結果顯示健康危害因子可以透過食物與營養的攝取且不用改變熱量的攝取而加以改善。大量 β -glucan 的攝取，可以降低血清中總膽固醇、三酸甘油酯與低密度脂蛋白 - 膽固醇濃度，這結果證明改變飲食習慣以大量攝取全穀類食物包括大麥之 β -glucan 可以降低罹患心血管疾病的危險因子。

伍、參考文獻

- Anderson J.W, and Tietzen-Clark J. (1986) Dietary fiber: hyperlipidemia, hypertension and coronary heart disease. *Am J Gastroenterol.* 81 (10):907-919.
- Andersson M, Ellegård L, and Andersson H.(2002) Oat bran stimulates bile acid synthesis within 8 h as measured by 7α -hydroxy-4-cholesten-3-one. *Am J Clin Nutr* 76:1111- 6.
- Behall K. M, Scholfield D. J, and Hallfrisch J. (2004) Diets



- containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. *Am J Clin Nutr* 80:1185–93.
- Braaten, J. T., Wood, P. J., Scott, F. W., Wolynetz, M. S., Lowe, M. K., Bradley-White, P. and Collins, M. W. (1994) Oat β -glucan reduces blood cholesterol concentration in hypercholesterolemic subjects. *Eur. J. Clin. Nutr.* 48:465–474
- Charlton K. E., Tapsell L. C., Batterham M. J., O'Shea J., Thorne R., Beck E., Tosh S. M. (2012) Effect of 6 weeks' consumption of β -glucan-rich oat products on cholesterol levels in mildly hypercholesterolaemic overweight adults. *Br J Nutr.* 107:1037–1047
- Delaney B, Nicolosi RJ, Wilson TA, Carlson T, Frazer F, Zheng GH, Hess R, Ostergren K., Haworth J. and Knutson N. (2003) β -Glucan fractions from barley and oats are similarly antiatherogenic in hypercholesterolemic Syrian golden hamsters. *J. Nutr.* 133: 468–495
- Delaney B, Nicolosi RJ., Wilson TA., Carlson T., Frazer S, Zheng GH, Hess R, Ostergren K, Haworth J and Knutson N (2003) Beta-Glucan Fractions from Barley and Oats Are Similarly Antiatherogenic in Hypercholesterolemic Syrian Golden Hamsters. *J. Nutr.* 133: 468–495
- Frank J, Sundberg B, Kamal-Eldin A, Vessby B, and Åman P (2004) Yeast-Leavened Oat Breads with High or Low Molecular Weight β -Glucan Do Not Differ in Their Effects on Blood Concentrations of Lipids, Insulin, or Glucose in

- Humans. *J. Nutr.* 134: 1384–1388
- German B, Xu R, Walzem R., Kinsella JE, Knuckles B, Nakamura M and Yokoyama W. (1996) Effects of dietary fats and barley fiber on total cholesterol and lipoprotein cholesterol distribution in plasma of hamsters. *Nutr. Res.* 16: 1239–1249.
- Illman RJ. and Topping DL. (1985) Effects of dietary oat bran on faecal steroid excretion, plasma volatile fatty acids, and lipid synthesis in rats. *Nutr. Res.* 5: 839–846.
- Illman RJ., Topping DL., Dowling K, Trimble RP, Russell GR. and Storer GB. (1991) Effects of solvent extraction on the hypocholesterolaemic action of oat bran in the rat. *Br J Nutr.* 65: 435–443.
- Jenkins DJA, Spadafora PJ, Jenkins AL, and Rainey-Macdonald CG. (1993) Fiber in the treatment of hyperlipidemia. In: Spiller GA, ed. CRC handbook of dietary fiber in human nutrition. Ann Arbor, MI: CRC Press, 419–38.
- Jonnalagadda, SS., Thye, FW. and Robertson, JL. (1993) Plasma total and lipoprotein cholesterol, liver cholesterol and fecal cholesterol excretion in hamsters fed fiber diets. *J. Nutr.* 123: 1377–1382.
- Judd PA. and Truswell A S. (1981) The effects of rolled oats on blood lipids and fecal steroid excretion in man. *Am. J. Clin. Nutr.* 34: 2061–2067.
- Kahlon TS, Chow FI, Sayre RN, Betschart AA (1992) Cholesterol-lowering in hamsters fed rice bran at various levels, defatted rice bran and rice bran oil. *J Nutr.* 122(3):513-9
- Keenan JM, Goulson M, Shamliyan



- T, Knutson N, Kolberg L and Curry L (2007) The effects of concentrated barley beta-glucan on blood lipids in a population of hypercholesterolaemic men and women. *Br J Nutr.* 98(2):445.
- Kim SY, Song HJ and Lee YY, (2006) Biomedical issues of dietary fiber β -glucan. *J Korean Med Sci.* 21(5):781-789.
- Kritchevsky D. (1987) Dietary fiber and lipid metabolism. *Int J Obes.* 11(Suppl. 1):S33-S43.
- Lia A, Hallmans G, and Sandberg AS, (1995) Oat beta-glucan increases bile acid excretion and a fiber-rich barley fraction increases cholesterol excretion in ileostomy subjects. *Am J Clin Nutr.* 62(6):1245-1251.
- Marlett JA. (1997) Sites and mechanism for the hypocholesterolemic actions of soluble dietary fiber sources. *Adv Exp Med Biol.* 427:109-121.
- McIntosh GH, Whyte J, McArthur R, and Nestet PJ (1991) Barley and wheat foods: influence on plasma cholesterol concentrations in hypercholesterolemic men. *Am J Clin Nutr* 53:1205-9
- National Cholesterol Education Program (NCEP). (2002) Third Report of the NCEP Expert Panel on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). *National Heart Lung and Blood Institute*:1-284.
- Onning, G., Wallmark, A., Persson, M., Akesson, B., Elmstahl, S. and Oste, R. (1999) Consumption of oat milk for 5 weeks lowers serum cholesterol and LDL cholesterol in free-living men with moderate hypercholesterolemia. *Ann. Nutr.*

- Metab. 43*: 301–309.
- Qureshi AA, Burger WC, Peterson DM. and Elson CE. (1986) The structure of an inhibitor of cholesterol biosynthesis isolated from barley. *J. Biol. Chem. 261*: 10544–10550.
- Rieckhoff D., Trautwein EA., Malkki Y. and Ebersdobler H F. (1999) Effects of different cereal fibers on cholesterol and bile acid metabolism in the Syrian Golden hamster. *Cereal Chem. 76*: 788–795.
- Schneeman BO. (1998) Dietary fiber and gastrointestinal function. *Nutr Res. 18*(4):625-632.
- Smith KN, Queenan KM, Thomas W, Fulcher RG and Slavin JL (2008) Physiological effects of concentrated barley beta-glucan in mildly hypercholesterolemic adults. *J. Am College Nutr. Vol.27*, No.3, 434-440
- Talati R., Baker W. L., Pabilonia M. S., White C. M., and Coleman C.I.(2009) The Effects of Barley-Derived Soluble Fiber on Serum Lipids . *Ann Fam Med 7*: 157-163.
- Wilson T A., Nicolosi R J, Delaney B, Chadwell, K , Moolchandani V, Kotyla T, Ponduru S, Zheng GH, Hess R, Knutson N, Curry L, Kolberg L, Goulson M, and Ostergren K (2004) Reduced and High Molecular Weight Barley β -Glucans Decrease Plasma Total and non-HDL-Cholesterol in Hypercholesterolemic Syrian Golden Hamsters. *J. Nutr. 134*(10):2617-22.
- Wood PJ. (2007) Cereal β -glucans in diet and health. *J Cereal Sci. 46*:230-238.
- Yokoyama WH., Knuckles BE., Stafford A. and Inglett G. (1998) Raw and processed



oat ingredients lower plasma cholesterol in the hamster. *J. Food Sci.* 63: 713–715.

Zhang JX., Lundin E, Reuterving CO, Hallmans G, Stenling R., Westerlund E. and Aman P (1994) Effects of rye bran, oat bran and soya-bran fibre on bile composition, gallstone formation, gall-bladder morphology and serum cholesterol in Syrian golden hamsters. *Br J Nutr.* 71: 861–870.

Effects of Barley-derived Soluble Fiber on Lowering Serum Cholesterol in Hypercholesterolemic Hamsters

Ching-Chien Chang¹

Abstract

Purpose: As an animal experimental model created for observation, barley flakes containing high level of β -glucan were used to replace part of the soluble fiber in animal feed to assess its effects on serum lipids and lipoproteins, lipoproteins in liver, and fatty liver. **Method:** Hamsters were divided into a total of four groups: one control group and three experimental groups (feed containing 600g, 1200g and 3000g of barley flakes, respectively). Ten male hamsters were assigned per group, and the basal feed is the high-fat diet containing 0.5% cholesterol. The experiment was conducted for 8 weeks (a group of hamsters was sacrificed at week 0 as the baseline, and the remaining animals were sacrificed at week 4 and week 8). Blood and liver samples were collected for analysis of differences in the concentrations of lipids and lipoproteins. **Result:** Serum sample analysis indicated that the differences in total cholesterol (TC) concentration between the control and experimental groups were -12%, -8.7% and -10.7%, respectively; the differences in triglyceride (TG) concentration of the 1200g and 3000g group were -40.3% and -17.6%, respectively. No significant difference was observed in the concentration of high-density lipoprotein-cholesterol (HDL-C) between the control and experimental groups, whereas significant differences in the concentration of low-density lipoprotein-cholesterol (LDL-C) were found between the groups, -12.3% , -13% and -11.2% , respectively. Liver sample analysis showed that the differences in LDL-C level between the control and three experimental groups were -40%, -33% and -38.8%, respectively, and the differences were significant. Moreover, only the 1200g group showed a significant difference in the concentration of HDL-C (+114.3%) and no significant differences were observed in the remaining two groups. **Conclusion:** According to the results, the addition of different levels of barley flakes to the feed can lower serum TC, TG and HDL-C concentrations in hamsters with hypercholesterolemia. In addition, barley flakes have different effects on HDL-C and LDL-C levels in the liver.

Key Words: β -glucan, hypercholesterolemia, high density lipoprotein-cholesterol (HDL-C), low density lipoprotein-cholesterol (LDL-C), triglycerides (TG)

¹ Lecturer, Department of Leisure and Recreation Management, Taipei Chengshih University of Science and Technology