



## 一、摘要

本研究目的在於探討糙薏仁對糖尿病大白鼠脂質及糖代謝的影響。以 S.D.(Sprague Dawley)系統之雄性大白鼠為實驗動物，由皮下注射 streptozotocin (STZ) (60mg/kg B.W.)的方式，以誘發糖尿病。實驗週數為九週，分成三組，分別是① Corn starch ② Dehulled adlay ③ Rice，實驗期間採自由飲水、攝食的方式。實驗結果發現，糙薏仁會降低糖尿病大白鼠中游離脂肪酸的含量及增加脂肪組織重量與體脂比。至於血糖的變化上，在實驗第四週時糙薏仁組明顯比玉米粉組有較低的血糖，但到第九週時血糖仍有下降的趨勢，但在統計上則無顯著差異。從耐糖實驗中亦顯示攝食糙薏仁的糖尿病大白鼠具有良好的耐糖能力。在血漿分析方面，糙薏仁組與精白米組皆較玉米粉組會明顯降低血漿中總膽固醇的含量。三組不同飲食相較之下，以糙薏仁組最能顯著降低 VLDL-C+LDL-C 的含量，並明顯提高 HDL-C/TC 的比值。另外，糙薏仁組與精白米組皆同樣會明顯降低血漿中三酸甘油酯含量。而在肝臟方面，無論是攝食糙薏仁或精白米的糖尿病大白鼠都具有較大的肝重，但在肝體比方面三組則無顯著差異，以及明顯增加肝臟中總膽固醇的含量，並且提高肝臟中脂質合成酵素 G-6-P DHase 的總肝活性。關於糖代謝的影響，攝食糙薏仁的糖尿病大白鼠會顯著降低血漿中乳酸以及肝臟中肝糖的含量，同時顯著提升糖代謝酵素 Hexokinase 與 Phosphofructokinase(PFKase)的總肝活性以及 G-6-Pase 的比活性。

關鍵字：糙薏仁，糖尿病大白鼠，脂質，血糖

## Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of dehulled adlay on lipid and carbohydrate metabolism in streptozotocin (STZ)-induced diabetic rats. Male S.D. rats were used as experimental animal model and were made diabetic status by intravenous injection of 60 mg per kg of streptozotocin. The experiment was done for nine weeks and the experimental animals were divided into 3 groups: (1) corn starch (2) dehulled adlay (3) rice. The results of experiment showed that dehulled adlay significantly increased the adipose tissue weight and decreased plasma free fatty acid levels in diabetic rats. In the fourth week, dehulled adlay had lower plasma glucose levels than corn starch groups, but no significant difference was observed among the three dietary groups in the ninth week. The diabetic rats fed dehulled adlay had better ability of glucose tolerance. In addition, dehulled adlay significantly reduced plasma total cholesterol level. Rats fed the dehulled adlay had lower plasma VLDL-C+LDL-C levels, and higher HDL-C/TC ratio. Moreover, significantly decreased plasma triglyceride level were found in dehulled adlay group and rice group. Liver hexokinase, G-6-Pase and PFKase activities was significantly increased in rats fed the dehulled adlay diet, but liver glycogen content was decreased.

**Key words :** dehulled adlay, diabetic rats, plasma glucose, plasma cholesterol

## 二、緣由與目的

薏苡為禾本科一年生之草本植物，學名為 *Coix lachryma-job* L. var.

mayuen Stapf, 日文名為鳩麥(ハトムギ), 英文名為 adlay 或 job's tears, 薏苡種實經過脫殼後為糙薏仁, 糙薏仁再經過碾白後的種仁為精白薏仁, 俗稱薏仁或薏米。薏仁自古以來為我國傳統的食療材料, 根據神農本草經和本草綱目等漢藥書籍記載, 具有健胃、利尿、消炎、止痛與抗痙攣等功能。在近代科學的研究中初步發現薏仁也具有提昇免疫能力、抗腫瘤、降血糖及降血脂等功效。然而, 有關薏仁會降低血糖與血脂質的機制尚未明瞭。

近幾年來, 隨著人們生活型態的改變及西方文化的入侵, 國人的飲食型態日趨於高油脂、高蛋白質、低纖維與低碳水化合物的飲食, 相對地罹患心血管疾病與糖尿病等慢性疾病有逐年增加的趨勢。目前糖尿病的罹患率高居國人十大死因之一, 其死亡原因常常是因為併發腦中風、冠狀動脈疾病與高血脂症等疾病所引起的。而糖尿病是一種慢性的及長期的血糖過高症, 所有的患者均會表現出葡萄糖耐性不良 (Impaired glucose tolerance), 臨床症狀為多尿、多渴、多吃、酮酸尿 (ketoneuria) 以及體重下降, 主要是因為糖尿病患者本身胰島素的分泌量不足或者是胰島素接受器的異常, 導致糖代謝的異常, 使得血液中葡萄糖濃度的上升。然而, 由於身體細胞無法利用糖類以獲得正常代謝所需的能量, 造成體內肌肉與脂肪組織的分解, 進而引起血脂質與肝脂質的增加, 所以糖尿病患者易伴隨著脂質及蛋白質的代謝異常, 其中又以併發高脂血症為最常見。

有鑑於此, 為了解糙薏仁對糖尿

病大白鼠脂質與醣類代謝的影響。本論文共計有兩個實驗, 皆以 S.D. (Sprague Dawley) 系統之雄性大白鼠為實驗動物, 經由皮下注射 streptozotocin (60mg/kg B.W.) 的方式, 來誘發糖尿病。實驗期為九週, 比較糙薏仁與常用的兩種碳水化合物 (玉米粉、精白米), 對於糖尿病大白鼠生理功能的影響有何差異性。以期能確切明瞭糙薏仁是否具有調節糖尿病大白鼠血糖與血脂質的功用。

### 三、結果與討論

#### 一、對糖尿病大白鼠體重、臟器重量的影響

正常大白鼠在誘發糖尿病後的一週內, 可清楚發現玉米粉組的體重會因 STZ 的注射, 其體重略有下降, 糙薏仁組與精白米組的體重則無明顯的上升或下降。在整個實驗期間, 可明顯觀察到玉米粉組的糖尿病大白鼠體型較小, 飲水量與排尿量則顯著多餘其他兩組, 而自實驗的第四週起至實驗結束時, 糙薏仁組的體重明顯高於玉米粉組, 而較精白米組高但無顯著的差異。顯示糙薏仁組的糖尿病大白鼠有較良好的生長。

在肝臟組織方面, 本實驗發現攝食糙薏仁與精白米的糖尿病大白鼠有較大的肝重, 但由於糙薏仁組與精白米組有較高的生長體重, 故換算成肝體比時, 三組飲食間則無顯著的差異。另外, 在脂肪組織方面, 發現糙薏仁組較其他兩組有較多的脂肪組織重量以及脂體比。有研究指出不論是正常或糖尿病大白鼠, 長期給予高直鏈澱粉 (amylose) 有較高枝鏈澱粉 (amylopectin) 飲食有明顯減少葡萄糖

結合到脂肪細胞(adipocytes)的含量與胰島素刺激葡萄糖氧化作用，並且減少脂肪細胞的直徑(Kabir et al., 1998)。由一般成分得知，糙薏仁為含約 96.6%的高枝鏈澱粉(amylopectin)的穀類，故推測糙薏仁飲食可能會提高周邊組織對胰島素的 sensitivity 以促進葡萄糖的利用，並且增加胰島素刺激脂肪細胞對葡萄糖的吸收(uptake)，減少脂肪動員的現象。

## 二、對耐糖的影響

實驗至第八週時，即進行口服葡萄糖耐量實驗(oral glucose tolerance test)，給予灌食每公斤體重 1 克的葡萄糖量，並於 0、30、60 及 120 分鐘時測量血漿葡萄糖濃度，觀察其變化情形。結果顯示，玉米粉組在灌食後第 60 分鐘時，血糖濃度達最高，而糙薏仁組與精白米組則在灌食後第 30 分鐘時，有最高的血糖濃度，之後平緩下降。而在灌食後的第 60 及 120 分鐘時，糙薏仁組較玉米粉組明顯有降低血糖的濃度，由整個耐糖曲線圖的變化，可清楚看出糙薏仁組的糖尿病大白鼠具有較好的耐糖能力。

然而，糙薏仁較其他兩種碳水化合物含有較多的粗蛋白(15.6%)與粗脂肪(9.4%)的含量。飲食中蛋白質和脂肪的含量會減少胃腸蠕動(gastric motility)和碳水化合物的吸收速率(absorption rate)，因此降低餐後(post-prandial)血糖含量(Jenkins et al., 1983a)。除此之外，不論在正常或糖尿病或高胰島素症的哺乳類動物，在攝食高枝鏈澱粉含量的飲食後半小時內，血糖值上升較快，且胰島素分泌量較多(Behalld and Howe., 1995)。所以推測攝食糙薏仁可減緩糖尿病大白

鼠餐後血糖上升的速度，可能是因為(1)糙薏仁含有較多的蛋白質與脂質能減少胃腸的蠕動與吸收；(2)本身所含的膳食纖維能延緩胃與小腸的排空；(3)為高枝鏈澱粉，可能會促進餐後胰島素的分泌，因此具有降低餐後血糖濃度的功用。

## 三、對糖代謝的影響

血漿中葡萄糖含量變化情形如圖 2-3 所示，實驗至第四週時，明顯發現三組飲食中以糙薏仁組最能顯著降低血糖的含量，達到統計上的差異( $p < 0.05$ )，並隨著飼養天數的增加，三組的血糖含量也會逐漸的增加，而致實驗結束時，發現三組飲食中仍以糙薏仁組有最低的血糖含量，但無統計上的差異( $p > 0.05$ )。顯示三種碳水化合物中以糙薏仁最具有降低糖尿病大白鼠血糖濃度的作用。根據 Takahashi 等人(1986)的研究指出，薏仁含有某些多醣類物質(coixans A, B, C)，具有降低血糖的作用，其成分中主要的單糖為 rhamnose, arabinose, xylose, mannose, galactose, glucose。另外，Ramos 等人(1992)以兔子為實驗，比較 12 種降血糖植物，結果發現糙薏仁雖然不是降血糖最為顯著的飲食，但是薏仁具有緩和血糖上升的作用，其降血糖效果約 7.5%。果糖胺(fructosamine)是葡萄糖與白蛋白結合之產物，其半衰期為二至三週，可作為長期評估血糖濃度的指標。為了追蹤長期血糖的變化，在實驗第九週時測定血漿中果糖胺的濃度，結果發現糙薏仁組明顯低於玉米粉組，而較精白米組有下降但無統計上的差異。

本實驗發現糙薏仁會降低血漿中乳酸的含量，並且明顯降低肝臟中肝

糖的含量。由以上結果可知糖尿病大白鼠在攝食糙薏仁後，可能會加速體內對於葡萄糖的利用及氧化，因此血糖濃度會明顯下降，同時肝臟也會分解肝內儲存的肝糖來平衡血糖濃度。

進一步分析肝臟中糖代謝酵素 (Hexokinase, Glucose-6-phosphatase, Phosphofructokinase) 活性的變化，其中 Hexokinase 與 Phosphofructokinase 為 glycolysis 的 key enzyme (irreversible)。而本實驗中發現糙薏仁組會明顯提高整個肝臟中 Hexokinase 和 Phosphofructokinase 的總活性，顯示糙薏仁可能會促進糖尿病大白鼠的糖解作用。另一方面，本時實驗發現糙薏仁組有較低的 glucose-6-phosphatase (G-6-Pase) 的比活性，而 glucose-6-phosphatase 是 microsomal 的酵素，它會將 glucose-6-phosphate 轉化成 free glucose，主要是從肝臟組織中釋放出葡萄糖，為平衡血糖的重要酵素，也可行 glycolysis 產生能量。故推測攝食糙薏仁的糖尿病大白鼠體內對於血糖的利用率會比較好。

#### 四、對血脂質的影響

一般而言，動物體對於飲食膽固醇的吸收有限，故在本實驗飼料中給予 0.5% 膽固醇之外，再額外添加 0.3% 膽酸來促進膽固醇的吸收，以探討高脂高膽固醇的條件下，三種碳水化合物對糖尿病大白鼠膽固醇的代謝。由實驗結果得知，於實驗第四週時，糙薏仁組與精白米組皆較玉米粉組有明顯降低血漿中膽固醇的含量，經過長時間飼養後，即到了實驗第九週時，可發現糙薏仁組較精白米組更能降低血漿中膽固醇的含量，然而，兩者與

玉米粉組相較之下，精白米組有明顯降低血膽固醇約 39%，而糙薏仁組則更顯著降低約 58%。分析血漿中脂蛋白膽固醇的含量，亦發現三組中以糙薏仁組最能顯著降低 VLDL-C 與 LDL-C 的含量，其次為精白米組，並且糙薏仁組也最能顯著提升 HDL-C/TC 的比值。

由於糖尿病患者無法利用葡萄糖作為能量的來源，因此會促進脂肪組織的分解，釋放出游離脂肪酸於循環中，進入肝臟行  $\beta$ -oxidation，造成大量的 acetyl-CoA 往酮體生成路線進行，產生大量酮體作為能量利用，因此血漿游離脂肪酸含量常作為判斷是否有脂肪動員的現象。本實驗結果發現三組飲食中，糖尿病大白鼠在攝食糙薏仁後有明顯降低血漿游離脂肪酸的含量以及明顯增加脂肪組織重量，同時又能顯著降低血漿中  $\beta$ -hydroxybutric acid ( $\beta$ -HBA) 的含量，顯示糙薏仁對於糖尿病大白鼠之糖代謝可能具有良好的影響，以及具有抑制脂肪動員的現象。

#### 五、對肝臟脂質的影響

由實驗結果發現，攝食糙薏仁與精白米的糖尿病大白鼠皆較玉米粉組有較多的肝臟總膽固醇、游離膽固醇與膽固醇酯的含量，以及皆有較玉米粉組會明顯增加肝臟中膽固醇酯對總膽固醇 (cholesterol ester/ total cholesterol; CE/TC) 的比值，顯示糙薏仁組與精白米組可能會提升糖尿病大白鼠肝臟中 ACAT (acyl-CoA: cholesterol acyl transferase)，將膽固醇轉換成膽固醇酯並儲存起來，因此使得肝臟中膽固醇酯的含量增加。由實驗結果得知，糖尿病大白鼠在攝食三

種不同飲食後，糙薏仁組與精白米組有明顯提升整個肝臟中 G-6-P DHase 的總活性，而在 Malic enzyme 的活性方面，三種飲食皆無顯著的差異。

#### 四、自評

從實驗結果來看，我們發現糙薏仁會明顯抑制糖尿病所引起的脂肪動員，並且有效的降低血脂質。值得注意的是糙薏仁也會影響血糖與肝臟糖代謝酵素。綜合以上結果，我們認為糙薏仁對糖尿病大白鼠對糖尿病大白鼠的脂質代謝與糖代謝都有正面的影響，但其機制需要更進一步的探討。

#### 五、參考文獻

1. 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。
2. Behall, K. M. and Howe, J. C. (1995) Effect of long-term consumption of amylose vs. amylopectin starch on metabolic variables in human subjects. AM. J. Clin. Nutr. 61: 334-340.
3. Jenkins, D. J. A., Wolever, T. M. S., Jenkins, A. L., Thorne, M. J. Lee, R., Kalmusky, J., Reichert, R. and Wong, G. S. (1983a) The glycaemic index of foods tested in diabetic patients: a new basis for carbohydrate exchange favouring the use of legumes. Diabetologia 24: 257-264.
4. Jenkins, D. J. A., Wolever, T. M. S., Leens, A. R, Gassull, M. S., Haisman, P., Dilawari, J., Goff, D. V., Metz, G. L. and Alberti, K. G. M. M. (1978) Dietary fibers, fiber analogues and glucose tolerance importance of viscosity. Br. Med. J.

- 1: 1392-1394.
5. Kabir, M.m Rizkalla, S. W., Champ, M., Luo, J., Boillet, J., Bruzzo, F. and Slama, G. (1998) Dietary amylose-amylopectin starch content affects glucose and lipid metabolism in adipocytes of normal and diabetic rats. F. Nutr. 128: 35-43.
6. Park, Y., Suzuki, H., Lee, Y. S., Hayakawa, S. and Wada, S. (1988) Effect of coix on plasma, liver, components in the rat fed on lard- or soybean oil-cholesterol diet. Biochem. Med. Meta. Biol. 39: 11-17.
7. Sjodin, P. B., Nyman, M.E., Anderson, L. A. N. and Jagerstad, M. I. (1985) Binding of C-14 labelled food mutagens by dietary fiber in vivo. J. Food Sci. 50: 1-5.
8. Turley, S. D., Daggy, B. P. and Cietary, T. M. (1991) Cholesterol-lowering action of psyllium mucilliod in the hamster: its possible mechanism of action. Metabolism 40: 1063-1073.

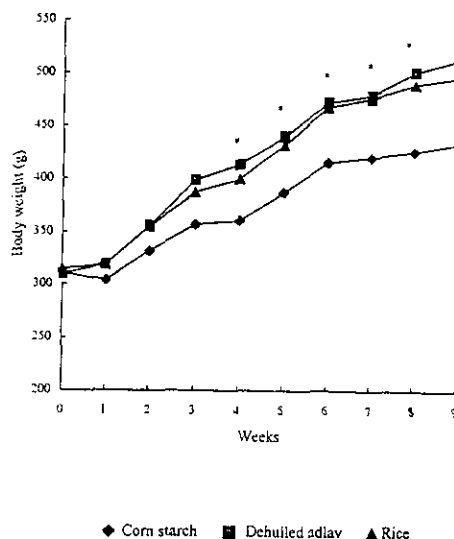


圖 1-1、糖尿病大白鼠餵食不同飼料後體重的變化情形  
Fig. 1-1 Changes of body weight in diabetes mellitus rats fed different experimental diets.

\* Significantly different from corn starch dietary group ( $P < 0.05$ )

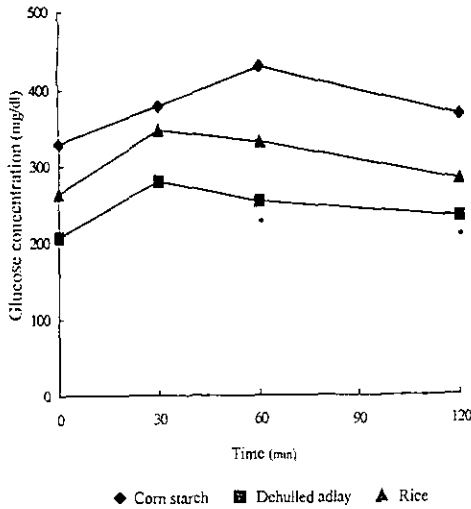


圖 1-2. 耐糖實驗中糖尿病大白鼠餵食不同的飼料後血糖濃度的變化。

Fig. 1-2 Changes of plasma glucose concentration in diabetic rats fed different experimental diet after oral glucose tolerance test

\*Significantly different from corn starch dietary group ( $P < 0.05$ )

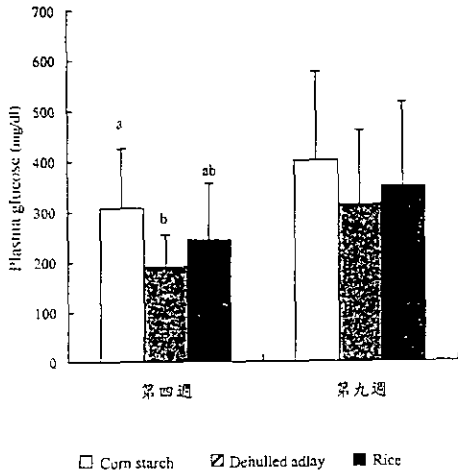


圖 1-3. 糖尿病大白鼠餵食不同實驗飼料第四週與第九週，血漿中葡萄糖含量的變化。

Fig. 1-3 Changes of plasma glucose levels in diabetic rats fed different experimental diets for the 4nd and 9nd week<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Results are expressed as mean  $\pm$  SD for 7-8 rats in each dietary group. Values in the same column with the different superscript letter are significantly different ( $p < 0.05$ )

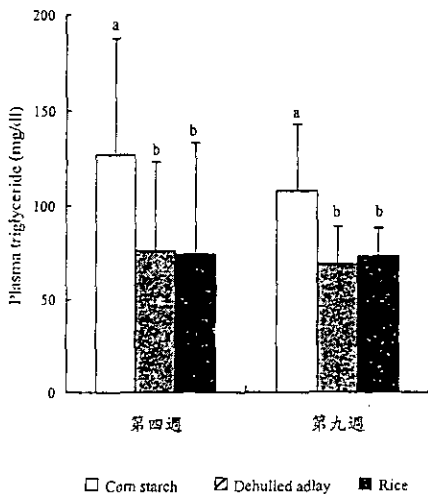


圖 1-4. 糖尿病大白鼠餵食不同實驗飼料第四週與第九週，血漿中三酸甘油酯含量的變化。

Fig. 1-4 Changes of plasma triglyceride levels in diabetic rats fed experimental diets for the 4nd and 9nd week<sup>1</sup>.

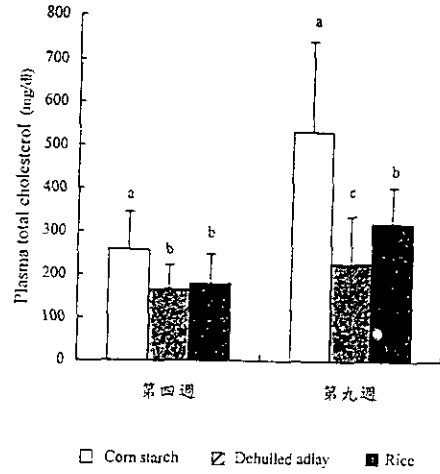


圖 1-5. 糖尿病大白鼠餵食不同實驗飼料第四週與第九週，血漿中總膽固醇含量的變化。

Fig. 1-5 Changes of plasma total cholesterol levels in diabetes mellitus rats fed different experimental diets for the 4nd and 9nd week<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Results are expressed as mean  $\pm$  SD for 7-8 rats in each dietary group. Values in the same column with the different superscript letter are significantly different ( $p < 0.05$ )

表 1-2. 糖尿病大白鼠餵食不同實驗飼料九週後血漿中乳酸和果糖胺含量的變化。

Table 1-2 Changes of plasma lactate and fructosamine levels in diabetic rats fed different experimental diets for 9 weeks.<sup>1</sup>

Diet <sup>2</sup>	Lactate (mg/dl)	Fructosamine (mmole/L)
Corn starch	51.5 $\pm$ 18.7 <sup>a</sup>	2.21 $\pm$ 1.02 <sup>a</sup>
Dehulled adlay	36.7 $\pm$ 7.8 <sup>b</sup>	1.71 $\pm$ 0.56 <sup>b</sup>
Rice	45.8 $\pm$ 9.8 <sup>a</sup>	1.82 $\pm$ 0.96 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup>Results are expressed as mean  $\pm$  SD for 7-8 rats in each dietary group. Values in the same column with the superscript letter are significantly different ( $p < 0.05$ )

<sup>2</sup>See Table 2-1.

表 1-4. 糖尿病大白鼠餵食不同實驗飼料九週後血漿中游离脂肪酸和 $\beta$ -羟基丁酸含量的變化。

Table 1-4 Changes of plasma free fatty acid and  $\beta$ -hydroxybutyric acid ( $\beta$ -HBA) levels in diabetic rats fed different experimental diets for 9 weeks.<sup>1</sup>

Diet <sup>2</sup>	Free fatty acid (nEq/L)	$\beta$ -HBA (mg/dl)
Corn starch	1.05 $\pm$ 0.26 <sup>a</sup>	7.3 $\pm$ 2.1 <sup>a</sup>
Dehulled adlay	0.57 $\pm$ 0.11 <sup>b</sup>	5.5 $\pm$ 1.6 <sup>b</sup>
Rice	0.68 $\pm$ 0.18 <sup>b</sup>	6.7 $\pm$ 2.5 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup>Results are expressed as mean  $\pm$  SD. for 7-8 rats in each dietary group. Values in the same column with the superscript letter are significantly different ( $p < 0.05$ )

<sup>2</sup>See Table 2-1.

表 1-8. 糖尿病大白鼠餵食不同實驗飼料 9 週後，肝臟中葡萄糖-6-磷酸酶活性的變化。

Table 1-8 Changes of liver glucose-6-phosphatase (G-6-Pase) activities in diabetic rats fed different experimental diets for 9 weeks.<sup>1</sup>

Diet <sup>2</sup>	G-6-Pase		
	(unit/mg protein)	(unit/g liver)	(unit/total liver)
Corn starch	262.9 $\pm$ 21.8 <sup>a</sup>	25.6 $\pm$ 3.1 <sup>a</sup>	667.1 $\pm$ 43.6
Dehulled adlay	214.5 $\pm$ 19.0 <sup>b</sup>	20.2 $\pm$ 2.3 <sup>b</sup>	678.2 $\pm$ 64.5
Rice	240.3 $\pm$ 23.6 <sup>ab</sup>	21.3 $\pm$ 3.7 <sup>ab</sup>	700.6 $\pm$ 77.8

<sup>1</sup>Results are expressed as mean  $\pm$  SD. for 8 rats in each dietary group. Values in the same column with the different superscript letter are significantly different ( $p < 0.05$ )

表 1-1、糖尿病大白鼠飼食不同實驗飼料九週後組織臟器重量的變化。

Table 1-1. Changes of tissues weight in diabetic rats fed different experimental diets for 9 weeks.<sup>1</sup>

Diet <sup>2</sup>	Liver			Kidney			Adipose tissue		
	(g)			(g/100g B.W)					
Corn starch	26.4± 3.4 <sup>a</sup>	3.6± 0.4	12.5± 6.2 <sup>b</sup>	6.4± 0.4	0.9± 0.1	2.5± 0.9 <sup>b</sup>			
Dehulled adlay	33.5± 2.6 <sup>a</sup>	3.8± 0.5	22.1± 6.3 <sup>a</sup>	6.8± 1.1	0.8± 0.2	4.0± 1.0 <sup>a</sup>			
Rice	32.8± 3.4 <sup>a</sup>	3.9± 0.4	17.1± 9.9 <sup>ab</sup>	7.1± 0.8	0.8± 0.2	2.8± 1.2 <sup>b</sup>			

<sup>1</sup> Results are expressed as mean ± SD, for n=7-8 rats per each dietary group. Values in the same column with the different superscript letter are significantly different (p<0.05).

<sup>2</sup> See Table 2-1.

表 1-3、糖尿病大白鼠飼食不同實驗飼料九週後血漿中脂蛋白膽固醇含量的變化

Table 1-3. Changes of plasma lipoprotein-cholesterol in diabetic rats fed different experimental diets for 9 weeks.<sup>1</sup>

Diet <sup>2</sup>	VLDL-C + LDL-C		HDL-C		HDL-C / TC	
	(mg/dl)		(mg/dl)			
Corn starch	439.5± 128.5 <sup>a</sup>		32.8± 7.1		0.08± 0.04 <sup>c</sup>	
Dehulled adlay	161.6± 56.6 <sup>c</sup>		35.5± 2.1		0.17± 0.06 <sup>a</sup>	
Rice	273.5± 65.1 <sup>b</sup>		33.9± 3.0		0.13± 0.05 <sup>b</sup>	

<sup>1</sup> Result are expressed as mean± SD for n=7-8 rats in each dietary group. Value in the same column with the different superscript letter are significantly different (p<0.05).

<sup>2</sup> See Table 2-1.

表 1-5、糖尿病大白鼠飼食不同實驗飼料九週後肝臟中總膽固醇、三酸甘油酯和磷脂質含量的變化。

Table 1-5. Changes of liver total cholesterol, triglyceride and phospholipid levels in diabetic rats fed different experimental diets for 9 weeks.<sup>1</sup>

Diet <sup>2</sup>	Total cholesterol		Triglyceride		Phospholipid	
	(mg/g liver)	(g/liver)	(mg/g liver)	(g/liver)	(mg/g liver)	(g/liver)
	Corn starch	131.6± 9.4 <sup>b</sup>	3.5± 0.5 <sup>b</sup>	71.5± 19.4	1.8± 0.6 <sup>b</sup>	35.5± 2.1
Dehulled adlay	161.6± 17.0 <sup>a</sup>	5.4± 0.8 <sup>a</sup>	77.8± 25.1	2.4± 0.7 <sup>a</sup>	36.7± 2.3	1.2± 0.1 <sup>a</sup>
Rice	170.3± 20.0 <sup>a</sup>	5.8± 0.7 <sup>a</sup>	72.9± 20.3	2.3± 0.7 <sup>a</sup>	36.9± 3.4	1.3± 0.2 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Results are expressed as mean± SD, for n=8 rats per each dietary group. Values in the same column with the superscript letter are significantly different (p<0.05).

<sup>2</sup> See Table 2-1.

表 1-6、糖尿病大白鼠飼食不同實驗飼料九週後肝臟中游离膽固醇、膽固醇酯含量與膽固醇酯對總膽固醇的比值

Table 1-6. Changes of liver free cholesterol, cholesteryl ester levels and the ratio of cholesteryl ester to total cholesterol (CE / TC) in diabetic rats fed different experimental diets for 9 weeks.<sup>1</sup>

Diet <sup>2</sup>	Free cholesterol		Cholesterol ester		CE / TC	
	(mg/g liver)	(g/liver)	(mg/g liver)	(g/liver)	(mg/g liver)	(g/liver)
	Corn starch	25.2±1.8 <sup>a</sup>	0.67±0.09 <sup>b</sup>	106.3±11.2 <sup>b</sup>	2.8±0.5 <sup>b</sup>	0.81±0.02 <sup>b</sup>
Dehulled adlay	23.7±3.1 <sup>ab</sup>	0.79±0.10 <sup>a</sup>	137.9±19.4 <sup>a</sup>	4.6±0.8 <sup>a</sup>	0.85±0.03 <sup>a</sup>	0.85±0.03 <sup>a</sup>
Rice	22.9±2.1 <sup>b</sup>	0.80±0.17 <sup>a</sup>	147.3±22.3 <sup>a</sup>	5.0±0.6 <sup>a</sup>	0.86±0.02 <sup>a</sup>	0.86±0.02 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Results are expressed as mean± SD for n=8 rats per each dietary group. Values in the same column with the superscript letter are significantly different (p<0.05).

<sup>2</sup> See Table 2-1.

表 1-7、糖尿病大白鼠飼食不同實驗飼料 9 週後肝臟中六碳糖激酶、磷酸果糖激酶活性的變化

Table 1-7. Changes of liver hexokinase, phosphofructokinase (PFKase) activities in diabetic rats fed different experimental diets for 9 weeks.<sup>1</sup>

Diet <sup>1</sup>	Hexokinase			PFKase		
	(unit/mg protein)	(unit/g liver)	(unit/total liver)	(unit/mg protein)	(unit/g liver)	(unit/total liver)
	Corn starch	90.5± 18.0	8.7± 1.4	228.6± 53.5 <sup>b</sup>	82.3± 18.2 <sup>a</sup>	7.9± 1.3 <sup>a</sup>
Dehulled adlay	97.1± 12.4	8.8± 1.1	295.2± 46.9 <sup>a</sup>	80.6± 16.4 <sup>ab</sup>	7.2± 1.2 <sup>ab</sup>	241.3± 34.7 <sup>a</sup>
Rice	90.4± 12.5	8.2± 0.7	286.5± 54.7 <sup>a</sup>	68.3± 11.8 <sup>b</sup>	6.2± 1.0 <sup>b</sup>	219.2± 62.2 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup> Results are expressed as mean± SD, for 8 rats per each dietary group. Values in the same column with the superscript letter are significantly different (p<0.05).

<sup>2</sup> See Table 2-1.

<sup>1</sup> unit=n mole NADPH decrease/min; <sup>2</sup> unit=u mole NADPH decrease/min.



表 1-9. 糖尿病大白鼠餵食不同實驗飼料九週後，肝臟中葡萄糖-6-磷酸去氫酶、蘋果酸酶活性的變化。  
 Table 1-9. Changes of liver glucose - 6 - phosphate dehydrogenase (G - 6 - P DHase), malic enzyme activities in diabetic rats fed different experimental diets for 9 weeks.<sup>1</sup>

Diet <sup>2</sup>	G-6-P DHase			Malic enzyme		
	(unit %mg protein)	(unit % g liver)	(unit % liver)	(unit %mg protein)	(unit % g liver)	(unit %/liver)
Corn starch	140.0 ± 40.5	1.4 ± 0.4	37.2 ± 16.2 <sup>b</sup>	119.6 ± 37.2	0.48 ± 0.15	12.8 ± 5.1
Dehulled adlay	152.2 ± 31.6	1.5 ± 0.3	51.2 ± 12.2 <sup>a</sup>	111.2 ± 30.0	0.44 ± 0.12	15.0 ± 4.8
Rice	157.1 ± 55.8	1.6 ± 0.5	55.2 ± 13.0 <sup>a</sup>	96.8 ± 17.8	0.39 ± 0.07	13.3 ± 2.7

<sup>1</sup> Results are expressed as mean ± SD. for 8 rats per each dietary group. Values in the same column with the superscript letter are significantly different ( p < 0.05 ).

<sup>2</sup> See Table 2-1.

<sup>3</sup> unit = n mole NADPH increase / min ; <sup>4</sup> unit = u mole NADPH increase / min

<sup>5</sup> unit = n mole NADPH decrease / min ; <sup>6</sup> unit = u mole NADPH decrease / min