



RRPD89070077 (7.P)

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

※※※

※ 水產甲殼類廢棄物製備之幾丁質類物質在水處理、食品、 ※

※ 農業、化工、醫藥之應用—膳食幾丁聚醣及幾丁寡醣對脂質 ※

※ 代謝及腸道生理之影響 (2/3) ※

※※※

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC 89-2313-B-019-046-A24

執行期限：87年8月1日至90年7月31日

計畫主持人：江 孟 燦

執行單位：國立台灣海洋大學食品科學系

中華民國 89 年 8 月 9 日

## 一、中文摘要

為了解幾丁聚醣在添加聚醣後對於正常及糖尿病大白鼠血脂質、血糖及腸道生理之影響，以 48 隻 13 週雄性 SD 大白鼠為實驗動物，分成四組分別為：(1) Cellulose non-diabetic group；(2) Chitosan non-diabetic group；(3) Chitosan+Inulin non-diabetic group；(4) Cellulose diabetic group；(5) Chitosan diabetic group；(6) Chitosan+Inulin diabetic group；實驗共進行 7 週，實驗期間採自由飲水攝食的方式。實驗結果發現，在正常大白鼠方面幾丁聚醣組及幾丁聚醣添加菊糖組會明顯有較低的體重及脂肪組織重量；而在糖尿病大白鼠方面，幾丁聚醣組及幾丁聚醣添加菊糖組則會有較高的體重，但在脂肪組織重量上並無明顯差異。血脂質的變化方面，幾丁聚醣及幾丁聚醣添加菊糖皆會顯著性的降低正常及糖尿病大白鼠血清總膽固醇濃度。值得注意的是，幾丁聚醣及幾丁聚醣添加菊糖組之糖尿病大白鼠血清膽固醇濃度下降之程度分別高達 81%及 75%，而血清 TBARS 濃度也明顯降低，而以幾丁聚醣添加菊糖組最低。在肝臟脂質方面，無論在正常及糖尿病大白鼠方面，幾丁聚醣及幾丁聚醣添加菊糖組皆會明顯降低肝臟三酸甘油酯及膽固醇含量，並提升肝臟 TBARS 濃度。而在糖尿病大白鼠方面，幾丁聚醣添加菊糖則較幾丁聚醣組有較高的三酸甘油酯與膽固醇含量，以及較低的肝臟 TBARS 濃度。在血糖濃度方面，幾丁聚醣及

幾丁聚醣添加菊糖組並不影響正常大白鼠血糖的濃度，但卻會分別降低糖尿病大白鼠血糖濃度達 49%及 46%。此外，無論正常或糖尿病大白鼠，攝食幾丁聚醣及幾丁聚醣添加菊糖後皆會增加盲腸重量及小腸長度。有趣的是，攝食幾丁聚醣會提升正常大白鼠盲腸 pH 值，但此種現象並未表現在糖尿病大白鼠上，而無論正常或糖尿病大白鼠，攝食幾丁聚醣添加菊糖後皆會明顯降低盲腸的 pH 值。綜合以上結果得知幾丁聚醣不論在正常或糖尿病大白鼠皆有降低血膽固醇的功能，而對於糖尿病大白鼠而言，幾丁聚醣不但有助於脂質代謝，對糖代謝也有很大的改善。而菊糖的添加則有助於降低腸道 pH 值，並減少糖尿病大白鼠體內脂質的過氧化作用。

**關鍵字：**幾丁聚醣，菊糖，膽固醇，盲腸，糖尿病大白鼠

## Abstract

To investigate the effect of chitosan on plasma lipids and intestinal physiology in normal and diabetic rats with inulin supplementation, male Sprague Dawley (SD) rats were used as experimental animals and divided into six groups. There are (1) Cellulose group (CE) (2) Chitosan group (CS) (3) Chitosan with inulin supplementation group (CSI) (4) Diabetic cellulose group (DCE) (5) Diabetic chitosan group (DCS) (6) Diabetic Chitosan with inulin supplementation group (DCSI). The experiment was done for 7 weeks.

Significantly decreased plasma total cholesterol, VLDL-cholesterol and LDL-cholesterol were observed in normal and diabetic rats fed a chitosan diet. In addition, chitosan significantly decreased plasma glucose and free fatty acid levels in diabetic rats. Although chitosan significantly increased cecum pH value, lower cecum pH value was observed in normal rats fed a chitosan diet after inulin supplementation. Higher lipid peroxide value was observed in rats fed the CS diet or DCS diet when compared with those fed the CE diet. However, inulin treatment significantly decreased the liver lipid peroxide value. Results from this study suggest that chitosan may affect the plasma lipids, liver lipids, liver peroxidation and cecum pH value in normal and diabetic rats, and inulin supplementation may regulate the lipid metabolism and intestine physiology in rats fed a diet containing chitosan.

**Key words :** chitosan, cholesterol, inulin, cecum, diabetic rats

## 二、緣由與目的

近幾年來，隨著人們生活型態的改變及西方文化的入侵，國人的飲食型態日漸趨向於高油脂、高蛋白及低纖維飲食，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。目前糖尿病已高居台灣十大死亡原因之第五位，而事實上腦中風、冠狀動脈疾病之發生，有很多也與病人具有糖尿病病史有很大的關係。因此糖尿病在目前公共衛生的立場上，已

經造成一個很大的問題。

根據我們過去幾年的研究報告指出。幾丁聚醣無論在正常或由 STZ 所誘發之糖尿病大白鼠上，皆具有明顯降低血膽固醇濃度及改善糖代謝的效果(余, 1999)，而在高膽固醇飲食下，亦具有促進膽固醇排泄，降低肝臟膽固醇堆積的作用(Chiang et al., 2000)。但是大白鼠攝食幾丁聚醣卻會提升盲腸 pH 值，提高糞便中 Mucinase 及  $\beta$ -glucuronidase 活性。Fukuda 等人(1991)指出大白鼠攝食幾丁聚醣並不會增加膽汁酸的排泄，但會提升腸道 pH 值並增加二次膽汁酸 Lithocholic acid 及 Deoxycholic acid 的含量。而腸道中二次膽汁酸的增加則被認為是促使大腸癌產生的一種促進劑(Nagengast et al., 1995)。此外，在雞的研究中發現，攝食幾丁聚醣會降低盲腸中短鏈脂肪酸的含量，其原因可能與腸內細菌不易利用幾丁聚醣有關。由於腸道內 pH 值的提升會促進腸內腐敗菌的增生並產生對人體有害之代謝產物，因此單純攝食幾丁聚醣可能不利於腸道生理，所以在幾丁聚醣攝取的同時，如何降低腸道的 pH 值是一個值得我們注意且相當重要的課題。

菊糖為  $\beta(2 \rightarrow 1)D$  fructans 所聚合而成的低分子量聚合物，具有與膳食纖維相似的功能，其廣泛存於日常生活常見的蔬菜水果，如韭蔥、洋蔥、蘆筍等。由於菊糖在腸道中容易被腸內細菌發酵而產生短鏈脂肪酸，例如乙酸、丙酸及丁酸等，進而降低腸道之 pH 值。Gibson 等人(1995)指出菊糖會選擇性促進 bifidobacteria 的增生，抑制其他腐敗菌的生長。因此我們推測幾丁聚醣在有菊糖的添加下，

除了具有改善脂質代謝與糖代謝之外，亦可能會降低腸道的 pH 值。使得腸道維持一個較健康的環境。

本研究將以 SD 大白鼠為實驗動物，分成正常及由 STZ 所引起之糖尿病大白鼠兩種動物模式，來探討幾丁聚醣及幾丁聚醣添加菊糖對於大白鼠脂質代謝、糖代謝及腸道生理的影響。

### 三、結果與討論

大白鼠經過七週的飼養後發現，正常大白鼠的體重及脂肪組織重量。而在糖尿病大白鼠方面，幾丁聚醣與幾丁聚醣添加菊糖則有較高的體重，但在脂肪組織重量上則無明顯差異，因此推測攝食幾丁聚醣可能能夠明顯減少正常大白鼠攝食過多的高脂及高膽固醇飲食所引起之脂肪組織肥大。而在糖尿病大白鼠方面，我們推測由於皮下注射高劑量 STZ(60mg/kg B.W)，導致體內 insulin 濃度所剩不多，無法抑制脂肪組織的分解，加上飼養週數長達 7 週，所以無論在控制組或幾丁聚醣飲食組中的脂肪組織重量上，到實驗最後都是減少到一個最低值。但是大白鼠攝食幾丁聚醣或幾丁聚醣添加菊糖則可能會減少體蛋白的分解(血清中 Creatinine 濃度明顯減少)。因此有較高的體重。

另一方面，大白鼠攝食幾丁聚醣七週後，在正常大白鼠方面並不會影響血清中葡萄糖濃度，但在糖尿病大白鼠方面，控制組血清葡萄糖濃度高達  $552 \pm 105.0$  mg/dl，而幾丁聚醣與幾丁聚醣添加菊糖皆會明顯降低血清葡萄糖(分別為  $279.2 \pm 68.2$ ;  $298.5 \pm 74.7$ )。此外，攝食幾丁聚醣飲食在大白鼠血

清中游離脂肪酸及 Creatinine 皆有較低的濃度。由以上結果顯示攝食幾丁聚醣能增加糖尿病大白鼠體內對於葡萄糖的利用，因此能減少脂肪組織及體蛋白的分解。

在血脂質方面，不論在正常或糖尿病大白鼠方面，攝食幾丁聚醣會明顯降低血清總膽固醇、游離膽固醇及磷脂質濃度，但是在三酸甘油脂濃度方面，則無顯著差異。而從 lipoprotein profile 中發現，不論在正常或糖尿病大白鼠方面，攝食幾丁聚醣與幾丁聚醣添加菊糖皆會明顯降低 VLDL-C 及 LDL-C 濃度，但皆會明顯提升 HDL-C 濃度。除此之外，在雖然在正常大白鼠方面，各組在血清 TBARS 濃度並無明顯差異，但是攝食幾丁聚醣會明顯降低糖尿病大白鼠血清 TBARS 濃度。值得我們注意的是菊糖的添加，會使得血清 TBARS 濃度降低至與正常大白鼠相接近的濃度。換句話說，攝食幾丁聚醣添加菊糖後，除了能夠降低糖尿病大白鼠血清總膽固醇、增加 HDL-C 之外，也能抑制脂質過氧化作用，因此對於預防心血管疾病上可能具有很大的幫助。

在肝臟脂質及脂質過氧化濃度方面，我們發現不論在正常或糖尿病大白鼠方面，攝食幾丁聚醣之大白鼠，其肝臟膽固醇及三酸甘油酯含量皆會明顯下降，而肝臟 TBARS 濃度則是明顯上升，值得我們注意的是在糖尿病大白鼠方面，攝食幾丁聚醣添加菊糖之後其肝臟脂質含量會明顯高於單純攝食幾丁聚醣之大白鼠。有趣的是，攝食幾丁聚醣添加菊糖後，肝臟 TBARS 濃度會明顯低於單純攝食幾丁聚醣之大白鼠。Chiang 等人指出幾

丁聚醣會增加肝臟 TBARS 濃度，可能與肝臟維生素 E 及膽固醇含量的降低有關。

在腸道方面，不論在正常或糖尿病大白鼠方面，攝食幾丁聚醣皆會明顯增加盲腸總重、盲腸壁重及小腸長度，而幾丁聚醣添加菊糖之後則是更加明顯。此外，糖尿病大白鼠皆比正常大白鼠有較高的盲腸總重、盲腸壁重及小腸長度。

在正常大白鼠方面，我們發現單純攝食幾丁聚醣飲食會明顯提升盲腸 pH，而幾丁聚醣添加菊糖之後，其盲腸 pH 值便顯著性的降低。而糖尿病大白鼠方面，由於注射 STZ 改變小腸絨毛型態造成吸收不良，而未經吸收的醣類與蛋白質進入盲腸發酵，所以攝食幾丁聚醣並沒有明顯提升盲腸的 pH 值，但是幾丁聚醣添加菊糖之後，仍舊會明顯降低盲腸 pH 值。推測可能與腸內細菌雖然不易利用幾丁聚醣，但由於菊糖在腸道中容易被腸內細菌發酵而產生短鏈脂肪酸，進而降低盲腸的 pH 值。因此推測添加菊糖可能會改善糖尿病大白鼠的腸道功能。

綜合以上結果得知，幾丁聚醣不論在正常或糖尿病大白鼠皆有降低血膽固醇的功能，而對於糖尿病大白鼠而言，幾丁聚醣不但有助於脂質代謝，對糖代謝也有很大的改善。而菊糖的添加則有助於降低腸道 pH 值，並減少糖尿病大白鼠體內脂值的過氧化作用。

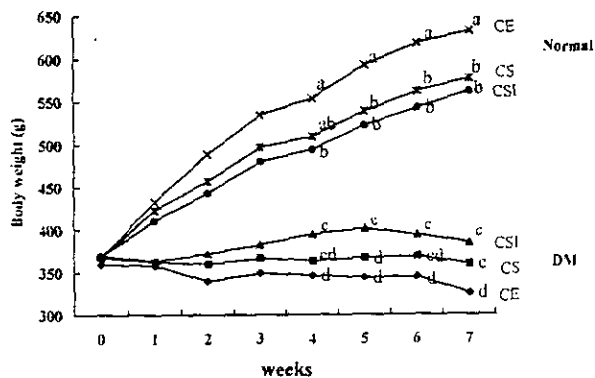
#### 四、自評

從本研究的結果來看，我們發現幾丁聚醣雖然會明顯下降血漿脂

質，但也會增加肝臟脂質氧化。除此之外，幾丁聚醣也會增加盲腸 pH 值，改變腸道生理，此種現象不但會發生在正常大白鼠，對糖尿病大白鼠而言更是明顯。值得注意的是，我們發現菊糖的添加有助於改善幾丁聚醣在腸道 pH 值及肝臟的脂質氧化情形。

#### 五、參考文獻

- Chiang, M. T., Yao, S. T. and Chen, H. C.: Effect of dietary chitosans with different viscosity on plasma lipids and lipid peroxidation in rats fed on a diet enriched with cholesterol. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 64 (5): 965-971. (2000)
- Fukada, Y., Kimura, K. and Ayaki, Y.: Effect of chitosan feeding on intestine bile acid metabolism in rats. *Lipids.* 26: 395-399. (1991)
- Nagengast, F. M., Grubben, M. J. A. L. and Vanmunster, I. P.: Role of bile acid in colorectal carcinogenesis. *European J. Cancer.* 31A: 1067-1073. (1995)
- Gibson, G. R., Beatty, E. R., Wang, X. and Cummings, J. H.: Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. *Gastroenterology.* 108: 975-982. (1995)
- 姚賢宗，1998，短期或長期攝食幾丁聚醣對大白鼠脂質代謝的影響。國立台灣海洋大學水產食品科學系碩士論文。
- 余嘉萱，1999，幾丁聚醣對 STZ 所誘發之糖尿病大白鼠脂質及碳水化合物代謝之影響。國立台灣海洋大學食品科學系碩士論文。



圖一、大白鼠飼食不同實驗飼料七週後體重的變化

Fig 1. Changes of body weight in normal and STZ-induced diabetic rats fed different experimental diets for seven weeks. Results are expressed as mean±S.D for eight rats in each dietary group. Significantly different from each dietary group with different superscript letters at  $p<0.05$ .

Table 1 Effect of dietary chitosan on body weight and tissue weight in rats

	Normal			DM		
	CE	CS	CSI	CE	CS	CSI
Body weight (g)	607.7±10.8 <sup>a</sup>	555.0±12.2 <sup>b</sup>	535.2±11.5 <sup>b</sup>	315.1±17.4 <sup>d</sup>	346.6±33.3 <sup>c</sup>	366.0±20.6 <sup>c</sup>
Liver weight (g)	30.4±5.3 <sup>a</sup>	17.0±3.6 <sup>c</sup>	15.2±2.9 <sup>cd</sup>	25.2±2.5 <sup>b</sup>	13.9±0.6 <sup>d</sup>	16.4±2.1 <sup>c</sup>
Liver weight 100g B.W	5.0±0.4 <sup>a</sup>	3.0±0.5 <sup>c</sup>	2.8±0.4 <sup>c</sup>	8.0±0.7 <sup>a</sup>	4.0±0.4 <sup>d</sup>	4.5±0.4 <sup>c</sup>
Adipose tissue (g)	38.7±11.1 <sup>a</sup>	22.9±5.9 <sup>b</sup>	21.6±5.2 <sup>b</sup>	3.0±1.4 <sup>c</sup>	3.5±1.7 <sup>c</sup>	3.8±1.3 <sup>c</sup>
Adipose tissue 100g B.W	6.3±1.2 <sup>a</sup>	4.1±0.8 <sup>b</sup>	4.0±0.9 <sup>b</sup>	0.9±0.3 <sup>c</sup>	1.0±0.4 <sup>c</sup>	1.0±0.3 <sup>c</sup>

Results are expressed as mean±S.D for eight rats in each dietary group. Values in the same row with the different superscript letters are significantly different ( $P<0.05$ ).

Table 2 Effect of dietary chitosan on cecum weight, pH, small and large intestine length in rats

	Normal			DM		
	CE	CS	CSI	CE	CS	CSI
Cecum weight (g)	2.2±0.4 <sup>a</sup>	3.3±0.7 <sup>c</sup>	5.3±1.4 <sup>a</sup>	6.3±2.6 <sup>b</sup>	10.4±4.2 <sup>a</sup>	12.3±1.6 <sup>a</sup>
Cecum weight 100g B.W	0.4±0.1 <sup>a</sup>	0.6±0.1 <sup>d</sup>	1.0±0.3 <sup>c</sup>	2.0±0.7 <sup>b</sup>	3.0±1.2 <sup>a</sup>	3.4±0.6 <sup>a</sup>
Cecum wall weight (g)	0.5±0.1 <sup>a</sup>	0.9±0.1 <sup>b</sup>	1.3±0.3 <sup>a</sup>	2.3±0.6 <sup>b</sup>	3.0±0.9 <sup>ab</sup>	3.6±0.6 <sup>a</sup>
Cecum wall weight 100g B.W	0.09±0.01 <sup>a</sup>	0.16±0.03 <sup>d</sup>	0.24±0.05 <sup>c</sup>	0.73±0.22 <sup>b</sup>	0.88±0.35 <sup>ab</sup>	0.97±0.16 <sup>a</sup>
Cecum pH	6.8±0.1 <sup>a</sup>	7.2±0.1 <sup>a</sup>	6.4±0.2 <sup>d</sup>	7.0±0.2 <sup>b</sup>	6.9±0.2 <sup>b</sup>	6.5±0.2 <sup>d</sup>
Small intestine (cm)	136.4±8.1 <sup>d</sup>	156.5±6.4 <sup>c</sup>	158.0±11.5 <sup>c</sup>	176.7±20.4 <sup>b</sup>	216.7±15.8 <sup>a</sup>	231.5±31.3 <sup>a</sup>
Small intestine 100g B.W	22.6±2.0 <sup>c</sup>	28.3±2.5 <sup>b</sup>	29.7±2.9 <sup>b</sup>	56.2±6.7 <sup>a</sup>	63.1±9.1 <sup>a</sup>	63.4±9.1 <sup>a</sup>
Large intestine (cm)	18.1±2.6 <sup>c</sup>	18.1±1.5 <sup>c</sup>	22.5±1.9 <sup>b</sup>	20.8±6.5 <sup>a</sup>	22.3±4.0 <sup>a</sup>	25.4±4.3 <sup>a</sup>
Large intestine 100g B.W	3.0±0.4 <sup>d</sup>	3.3±0.4 <sup>c</sup>	4.2±0.4 <sup>b</sup>	6.6±2.0 <sup>a</sup>	6.5±1.3 <sup>a</sup>	6.9±1.2 <sup>a</sup>

Results are expressed as mean±S.D for eight rats in each dietary group. Values in the same row with the different superscript letters are significantly different ( $P<0.05$ ).

Table 3 Plasma parameters

	Normal			DM		
	CE	CS	CSI	CE	CS	CSI
Glucose (mg/dL)	176.2±15.6 <sup>a</sup>	172.6±18.9 <sup>a</sup>	170.3±8.4 <sup>a</sup>	552.3±105.0 <sup>b</sup>	279.2±68.2 <sup>b</sup>	298.5±74.7 <sup>b</sup>
NEFA (m eq/L)	0.7±0.1 <sup>b</sup>	0.5±0.1 <sup>c</sup>	0.6±0.1 <sup>b</sup>	1.2±0.2 <sup>a</sup>	0.7±0.2 <sup>b</sup>	0.7±0.2 <sup>b</sup>
TBARS (n mole/mL)	7.1±0.7 <sup>a</sup>	8.2±2.8 <sup>a</sup>	7.4±1.9 <sup>a</sup>	17.8±3.7 <sup>a</sup>	11.3±2.3 <sup>b</sup>	8.1±1.9 <sup>c</sup>
GOT (Karmen unit)	81.3±30.7 <sup>a</sup>	52.7±11.8 <sup>b</sup>	51.5±10.0 <sup>b</sup>	78.9±26.5 <sup>a</sup>	62.6±19.7 <sup>ab</sup>	53.1±8.7 <sup>b</sup>
GPT (Karmen unit)	65.4±11.7 <sup>ab</sup>	29.8±8.0 <sup>c</sup>	26.1±8.1 <sup>c</sup>	74.7±17.3 <sup>a</sup>	48.8±17.4 <sup>b</sup>	50.8±13.8 <sup>b</sup>
Lactate (mg/dL)	21.9±3.6 <sup>a</sup>	20.4±9.0 <sup>ab</sup>	17.1±4.0 <sup>b</sup>	17.5±3.3 <sup>b</sup>	19.3±3.8 <sup>ab</sup>	16.4±3.4 <sup>b</sup>
Creatinine (mg/dL)	0.7±0.1 <sup>d</sup>	0.6±0.0 <sup>a</sup>	0.6±0.0 <sup>a</sup>	1.6±0.5 <sup>a</sup>	0.9±0.1 <sup>b</sup>	0.8±0.1 <sup>c</sup>

Results are expressed as mean±S.D for eight rats in each dietary group. Values in the same row with the different superscript letters are significantly different ( $P<0.05$ ).

Table 4 Effect of dietary chitosan on plasma lipids in rats

	Normal			DM		
	CE	CS	CSI	CE	CS	CSI
	(mg/dL)					
Total cholesterol	203.2±67.3 <sup>a</sup>	92.7±18.1 <sup>a</sup>	82.7±17.1 <sup>a</sup>	1529.2±349.3 <sup>a</sup>	281.0±124.5 <sup>b</sup>	375.6±187.9 <sup>b</sup>
Free cholesterol	48.1±11.0 <sup>b</sup>	21.8±4.2 <sup>d</sup>	20.4±4.9 <sup>d</sup>	480.2±134.4 <sup>a</sup>	103.1±59.2 <sup>b</sup>	107.3±54.2 <sup>b</sup>
Triglyceride	93.4±20.8 <sup>b</sup>	104.1±32.2 <sup>b</sup>	98.7±23.4 <sup>b</sup>	158.5±70.0 <sup>b</sup>	164.2±37.9 <sup>a</sup>	127.8±84.4 <sup>ab</sup>
Phospholipid	139.5±19.7 <sup>c</sup>	111.6±28.7 <sup>d</sup>	106.6±21.4 <sup>c</sup>	592.1±156.1 <sup>a</sup>	226.8±106.8 <sup>b</sup>	197.1±81.3 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Results are expressed as mean±S.D for eight rats in each dietary group. Values in the same row with the different superscript letters are significantly different (P<0.05)

Table 5 Effect of dietary chitosan on plasma lipoprotein cholesterol concentration in rats

	Normal			DM		
	CE	CS	CSI	CE	CS	CSI
	(mg/dL)					
VLDL-cholesterol	138.5±63.8 <sup>b</sup>	46.5±14.0 <sup>c</sup>	34.6±14.6 <sup>c</sup>	876.4±216.0 <sup>a</sup>	127.7±70.0 <sup>b</sup>	191.3±124.8 <sup>b</sup>
LDL-cholesterol	41.4±13.1 <sup>c</sup>	14.7±4.2 <sup>d</sup>	15.7±4.6 <sup>d</sup>	634.4±150.8 <sup>a</sup>	120.1±58.8 <sup>b</sup>	156.7±74.3 <sup>b</sup>
HDL-cholesterol	23.2±4.5 <sup>b</sup>	31.6±4.6 <sup>a</sup>	32.3±8.1 <sup>a</sup>	18.4±5.2 <sup>a</sup>	33.1±7.3 <sup>a</sup>	27.6±4.1 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup>Results are expressed as mean±S.D for eight rats in each dietary group. Values in the same row with the different superscript letters are significantly different (P<0.05)

Table 6 Effect of dietary chitosan on plasma lipoprotein triglyceride concentration in rats

	Normal			DM		
	CE	CS	CSI	CE	CS	CSI
	(mg/dL)					
VLDL-triglyceride	75.8±20.3 <sup>b</sup>	85.4±31.8 <sup>b</sup>	75.0±23.7 <sup>b</sup>	110.3±68.1 <sup>ab</sup>	143.4±35.2 <sup>a</sup>	107.8±79.9 <sup>ab</sup>
LDL-triglyceride	7.4±2.2 <sup>c</sup>	6.3±3.0 <sup>c</sup>	10.9±3.5 <sup>b</sup>	40.3±6.4 <sup>a</sup>	13.4±4.0 <sup>b</sup>	12.6±2.6 <sup>b</sup>
HDL-triglyceride	10.0±1.6 <sup>a</sup>	9.3±1.9 <sup>a</sup>	11.4±2.8 <sup>a</sup>	7.9±2.3	7.5±1.1 <sup>a</sup>	7.5±2.7 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Results are expressed as mean±S.D for eight rats in each dietary group. Values in the same row with the different superscript letters are significantly different (P<0.05)

Table 7 Effect of dietary chitosan on liver lipids levels in rats

	Normal			DM		
	CE	CS	CSI	CE	CS	CSI
<b>Cholesterol</b>						
(mg/g liver)	157.7±19.4 <sup>a</sup>	32.6±11.2 <sup>b</sup>	29.3±15.5 <sup>b</sup>	148.2±30.9 <sup>a</sup>	23.7±11.7 <sup>c</sup>	42.1±19.8 <sup>b</sup>
(mg/liver)	4917.8±810.3 <sup>a</sup>	543.1±193.7 <sup>c</sup>	480.3±277.4 <sup>cd</sup>	3779.3±941.9 <sup>b</sup>	330.1±156.8 <sup>d</sup>	705.1±366.4 <sup>c</sup>
<b>Triglyceride</b>						
(mg/g liver)	66.2±13.5 <sup>a</sup>	44.9±7.4 <sup>b</sup>	44.3±17.2 <sup>b</sup>	39.6±7.7 <sup>b</sup>	18.0±7.6 <sup>d</sup>	28.6±9.4 <sup>c</sup>
(mg/liver)	2106.8±670.2 <sup>a</sup>	716.6±184.3 <sup>c</sup>	712.2±344.3 <sup>bd</sup>	945.8±138.7 <sup>b</sup>	250.8±110.0 <sup>d</sup>	476.4±180.9 <sup>c</sup>
<b>Phospholipid</b>						
(mg/g liver)	23.1±5.1 <sup>c</sup>	26.8±3.6 <sup>b</sup>	27.2±2.4 <sup>b</sup>	30.5±3.3 <sup>a</sup>	22.7±0.9 <sup>c</sup>	22.0±2.4 <sup>c</sup>
(mg/liver)	680.7±124.3 <sup>a</sup>	447.3±74.3 <sup>b</sup>	413.1±67.9 <sup>b</sup>	753.4±105.4 <sup>a</sup>	315.7±21.2 <sup>d</sup>	358.7±24.9 <sup>c</sup>

<sup>1</sup>Results are expressed as mean±S.D for eight rats in each dietary group. Values in the same row with the different superscript letters are significantly different (P<0.05)

Table 8 Effect of dietary chitosan on liver TBARS concentration in rats

	Normal			DM		
	CE	CS	CSI	CE	CS	CSI
Liver TBARS	28.4±7.7 <sup>a</sup>	62.5±10.5 <sup>b</sup>	58.7±18.3 <sup>b</sup>	34.8±8.6 <sup>a</sup>	96.0±32.7 <sup>a</sup>	58.0±13.6 <sup>b</sup>
	(n mole/g liver)					

<sup>1</sup>Results are expressed as mean±S.D for eight rats in each dietary group. Values in the same row with the different superscript letters are significantly different (P<0.05)