

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 芝麻粕中 lignans 及其相關化合物之探討(3/3)

計畫編號：NSC89-2313-B-002-210

執行期間：89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

主持人：孫璐西 國立台灣大學 食品科技研究所

### 一、中文摘要

本年度研究目的在探討未炒焙芝麻粕 lignan glycosides 粗萃出物之降血糖功效及其經酵素水解及酸水解處理後之組成分與抗氧化性變化。實驗結果顯示，在第一階段 *in vivo* 急性試驗中，芝麻粕 lignan glycosides 粗萃出物以 1.0g/kg body weight 的劑量灌食正常 Sprague-Dawley 大白鼠，同時進行口服葡萄糖耐受性試驗，結果顯示實驗組在第 30 分鐘的血漿葡萄糖值比對照組顯著降低，但第 90、120 分鐘血糖值反而較對照組為高，而胰島素濃度以及血糖變化曲線下面積則沒有差異存在，顯示芝麻粕 lignan glycosides 粗萃出物急性給予可以減緩血糖上升速度，但作用應不在於改善胰島素敏感性，可能是延緩腸胃道中糖分吸收，所以才需要較長的時間以回復血糖。第二階段 *in vivo* 長效性試驗則發現果糖餵食大白鼠經芝麻粕 lignan glycosides 粗萃出物 1.0g/kg body weight/day 補充後，可以促進三酸甘油酯的代謝，改善高血壓、空腹高胰島素血症與肝臟氧化壓力上升的情形，但對整體胰島素阻抗現象改善效果並不顯著。

將 10 mg 未炒焙芝麻粕 lignan glycosides 粗萃出物以 7 mg cellulase 及 6 mg  $\beta$ -glucosidase 於 50 °C 下進行酵素水解 48 小時，水解後之粗萃出物有較佳之 DPPH 自由基清除效果。在水解物用量為 100  $\mu$ g/ml 濃度時，其清除效果較未水解前增加 2.12 倍。另一方面，以 0~2N HCl 進行酸水解試驗，在 0.5N HCl 水解 30 分鐘時，具有最佳之 DPPH 自由基清除效果，在水解物用量為 100  $\mu$ g/ml 時，其清除效果較未水解前增加

1.55 倍。無論酵素性水解或鹽酸水解，其抗氧化效果之增加，可能皆為水解後產生 sesaminol 之故。

關鍵詞：抗氧化、芝麻、芝麻粕、芝麻酚、降血糖、胰島素、酸水解、酵素水解、lignan glycosides、sesaminol、sesaminol diglucoside、sesaminol monoglucoside、sesaminol triglucoside

### 二、緣由與目的

芝麻自古以來即被東方民族當作保健食品，「神農本草經」中記載芝麻之多種功效，近幾年來已陸續被證實。芝麻之所以備受矚目，主要原因在於其含有獨特的 lignans 類相關化合物，如：sesamin、sesamol、sesaminol、pinoselin 及 lignan glycosides 等化合物<sup>(1,2)</sup>。具有抗氧化、降低膽固醇、清除體內自由基、防止高血壓、增強肝功能及預防癌症等功效<sup>(3-5)</sup>。Sesamol 在製油過程中，易轉變為 sesamol、sesaminol、sesamol dimer，其中 sesamol 及 sesaminol 經證實為相當有效的天然抗氧化劑<sup>(6)</sup>。然而無論在炒焙或未經炒焙芝麻粕中，二者含量均極微，芝麻粕中之抗氧化物質主要為 lignan glycosides<sup>(7)</sup>。

目前對於芝麻在降血糖與改善胰島素作用的研究極少，但基於芝麻具有良好的抗氧化活性，且愈來愈多的研究指出高血糖、胰島素阻抗的產生似乎與氧化壓力上升有關<sup>(8)</sup>。

國內大部份芝麻油之製造乃先經炒焙後再以壓榨方式提油，一般而言，炒焙溫度較高時，芝麻油香味較濃，但炒焙後之芝麻粕呈焦苦味且蛋白質變性嚴重，因此幾乎皆作為飼料或肥

料用<sup>(9)</sup>。在芝麻粕之研究，曾有學者針對其 lignans 組成份及其抗氧化性加以探討<sup>(3)</sup>，但尚未有針對芝麻炒焙過程中抗氧化性變化、未炒焙芝麻粕抗氧化物質來源、lignan glycosides 是否具降血糖功效及芝麻粕所含 lignan glycosides 經酵素處理及酸水解處理後之組成分與抗氧化性之探討。因此本計劃將分三年探討芝麻炒焙過程中 lignans 及 lignan glycosides 之變化情形，及其對抗氧化能力和其降血糖之功效，並將探討如何增進芝麻粕中之機能性成分含量，以期改善芝麻粕利用價值偏低之情形。

本計畫上年度(第二年度)已探討了 lignans 及 lignan glycosides 之區分及活性之探討。本年度則將進行未炒焙芝麻粕 lignan glycosides 粗萃出物之降血糖功效及其經酵素水解及酸水解處理後之組成分與抗氧化性探討。

### 三、結果與討論：

#### 1. 芝麻粕 lignan glycosides 粗萃出物對血糖及胰島素敏感性之影響

##### (1) 急性試驗 - 探討急性灌食芝麻粕 lignan glycosides 粗萃物對大白鼠葡萄糖耐受性的影響

當正常大白鼠進行口服葡萄糖耐受性試驗的同時給予芝麻粕 lignan glycosides 粗萃物 1.0g/kg BW 的劑量(圖一)，結果發現 LG 組於第 30 分鐘的血漿葡萄糖值比 C 組顯著降低(圖一 A)，顯示此樣品降低了血糖的上升速率。由此部分觀察到的結果進一步推測，芝麻粕 lignan glycosides 粗萃物具有兩種可能的作用，一是干擾或減緩葡萄糖的吸收，另一是改善胰島素的敏感性，促進體內組織細胞對血液中葡萄糖的利用。然而由於兩組的胰島素濃度變化沒有顯著差異，以及 LG 組第 90、120 分鐘血糖值反而明顯較 C 組來得高(圖一 A)，因此認為芝麻粕 lignan glycosides 粗萃物對於血糖的影響主要應不在於胰島素作用能力的改善。

##### (2) 長效性試驗 - 探討連續灌食芝麻粕 lignan glycosides 粗萃出物八週對高果糖餵飼大

#### 白鼠模式誘發胰島素阻抗的影響

實驗中以高果糖餵飼大白鼠八週，可造成血壓上升、血漿三酸甘油酯和胰島素濃度增加，並且肝臟 TBARS 也有增加的情形(表一)。因此實驗證實利用長期高果糖的飲食，可成功誘發大白鼠產生高血壓、高三酸甘油酯血症、高胰島素血症和胰島素阻抗等現象，類似於 Reaven 所提出的“X 症候群”一群相關臨床症狀<sup>(10)</sup>。而芝麻粕 lignan glycosides 粗萃出物的補充則可顯著改善高血壓、空腹高胰島素血症，降低空腹血漿中三酸甘油酯含量(表一)。

根據本實驗的研究顯示，芝麻粕 lignan glycosides 粗萃出物減緩高血壓發生的原因，並非完全來自於改善胰島素阻抗與高胰島素血症的發生，因其對胰島素阻抗的改善效果不如血壓明顯。Si 等人<sup>(11)</sup>以一降血脂藥物 bezafibrate 對果糖模式大鼠進行研究，發現此 bezafibrate 不僅可以降低血中三酸甘油酯，也可以改善高血壓，但是對於血中胰島素濃度沒有顯著影響，顯示果糖模式動物中的脂質代謝異常對高血壓有更大的影響力。本實驗亦指出芝麻粕 lignan glycosides 粗萃出物可降低空腹血漿三酸甘油酯，改善高血壓，因此脂質代謝的紊亂可能的確在果糖模式誘發高血壓的產生過程中扮演一重要角色。

於第七週進行的口服葡萄糖耐受性試驗當中(圖二)，我們觀察到 F 組有空腹高胰島素血症的現象，但此時 FLG 組並沒有改善這種情況。飼養八週犧牲後，FLG 組空腹血漿胰島素濃度就有比 F 組顯著降低(表一)，改善了高胰島素血症。由於同樣是動物禁食 12 小時後的空腹血液，不同點是飼養週數上有兩週的差別，所以可能有時間上的效應。若飼養期繼續加長，芝麻粕 lignan glycosides 粗萃出物可能對果糖模式大鼠有更顯著的影響。

#### 2. 芝麻粕 lignan glycosides 粗萃出物 Sesaminol triglycoside 及 sesaminol diglycoside 純化物以醇

## 素水解處理之變化及其對抗氧化性之影響

由上年度實驗結果得知，lignan glycosides 抗氧化效果並不佳，為增加芝麻粕利用性，本研究嘗試多種酵素水解後，發現即使是不同微生物來源之相同酵素，也有極不同的水解效果，實驗中以 cellulase 結合  $\beta$ -glucosidase 混合使用，可以得到最好之水解效果。

### (1)Lignan glycosides 粗萃出物之酵素水解

圖三為不同酵素水解時間及溫度下，lignan glycosides 粗萃出物之 lignans、lignan glycosides 含量變化圖。實驗中將 10 mg 之芝麻粕 lignan glycosides 粗萃出物以 6 mg 之  $\beta$ -glucosidase 及 7 mg 之 cellulase 水解 0~48 小時，測定其 sesaminol triglucoside、sesaminol diglucoside、sesaminol monoglucoside 及 sesaminol 之變化。圖 A 為 sesaminol triglucoside 含量之變化，在未水解前，sesaminol triglucoside 含量為 72.14 mg/g crude extract，經水解 8 小時後，無論是 37

水解者或是 50 水解者，其 sesaminol triglucoside 皆僅剩些微含量，其值分別為 1.50 及 1.19 mg/g crude extract。由此可見，sesaminol triglucoside 極易受酵素作用而水解，水解 24 小時後，sesaminol triglucoside 幾乎消失不見。圖 B 為 sesaminol diglucoside 含量之變化，未水解前 sesaminol diglucoside 含量為 3.53 mg/g crude extract，在水解 8 小時後，sesaminol diglucoside 含量明顯增加許多，於 37 水解者，其含量 (21.95 mg/g crude extract) 大於 50 水解者 (9.93 mg/g crude extract)；酵素水解超過 8 小時後，sesaminol diglucoside 含量則逐漸下降，於水解 48 小時後，sesaminol diglucoside 也僅剩些微含量。圖 C 為 sesaminol monoglucoside 含量之變化，此趨勢與圖 B 有些類似。圖 D 為 sesaminol 含量之變化，在未水解前並不存在，隨著水解時間之增加，sesaminol 含量則逐漸增加，於 50 水解者，其 sesaminol 含量大於 37 水解者，在水解 48 小時後，sesaminol 含量在 37 水解者及 50 水解者分別為 15.20 及 17.93 mg/g

crude extract。在酵素水解過程中，sesaminol triglucoside 呈急劇下降趨勢，sesaminol diglucoside 及 sesaminol monoglucoside 呈先上升後下降之趨勢，而 sesaminol 則呈逐漸上升之趨勢。

將 lignan glycosides 粗萃出物在不同水解時間及溫度下之酵素水解物，測其 DPPH 自由基清除效果，可得圖四之結果。未水解者其 DPPH 自由基清除效果最差，在 100  $\mu$ g/ml 濃度時，其自由基清除效果僅為 14.78%。無論是 37 或是 50 水解者，自由基清除能力皆隨水解時間之增加而增加；於 50 水解者，自由基清除效果優於 37 水解者。圖五為不同濃度及溫度下，以酵素水解 lignan glycosides 粗萃出物對其 DPPH 自由基清除效果之影響，同樣的也是以於 50 水解者，自由基清除效果優於 37 水解者；各酵素使用量中，清除效果最佳者為以 6 mg 之  $\beta$ -glucosidase 及 7 mg 之 cellulase 水解者，其清除能力為 46.04%，較未水解者之 14.8% 增加 2.12 倍。

### (2) Sesaminol triglucoside 及 sesaminol diglucoside 純化物之酵素水解

將本研究自行製備之 sesaminol triglucoside 及 sesaminol diglucoside 純化物依粗萃出物相同之酵素添加量加入純化物中，於 50 進行 48 小時之水解試驗，其水解後之 HPLC 變化圖如圖六所示，圖 C 為 sesaminol triglucoside 之酵素水解產物，圖 D 為 sesaminol diglucoside 之酵素水解產物，兩者之圖譜極為類似，皆包括有 sesaminol diglucoside、sesaminol monoglucoside 及 sesaminol。由圖中可看出，(一)sesaminol triglucoside 極易受酵素水解，(二)sesaminol triglucoside 及 sesaminol diglucoside 純化物之酵素水解程度不及粗萃出物，在圖 C 及 D 中，均含有 sesaminol diglucoside 及 sesaminol monoglucoside。

圖七為 sesaminol triglucoside、sesaminol diglucoside 及其酵素水解物之 DPPH 自由基清

除效果，在未水解前，兩者之自由基清除效果極差，經酵素水解後，自由基清除效果明顯提昇。分析此二者之 sesaminol 含量，發現在 sesaminol triglucoside 水解物中含有 218.95 mg/g 水解物之 sesaminol；而 sesaminol diglucoside 之水解物中則含有 215.51 mg/g 水解物之 sesaminol，此高含量之 sesaminol 使得二者之酵素水解物具有極佳之 DPPH 自由基清除效果。

### 3. 芝麻粕 lignan glycosides 粗萃出物 Sesaminol triglucoside 及 sesaminol diglucoside 純化物之酸水解處理後之變化及其對抗氧化性之影響

#### (1) Lignan glycosides 粗萃出物之酸水解

實驗中以 0~2N HCl 於沸水浴中水解芝麻粕 lignan glycosides 粗萃出物，粗萃出物水解後之 DPPH 自由基清除效果如圖八所示，HCl 濃度在 0.05~1N 之間，可增進 DPPH 自由基清除效果，其中效果較佳者為 0.1N HCl 及 0.5N HCl 水解者。各水解條件中，效果最佳者為以 0.5N HCl 水解 30 分鐘者，在水解物用量為 100 µg/ml 濃度時，DPPH 自由基清除效果較未水解前增加 1.55 倍；而 HCl 濃度為 2N 時，DPPH 自由基清除效果反而較未水解前為差，可能是過度水解使得抗氧化物質被破壞，因此使得抗氧化能力下降。

#### (2) Sesaminol triglucoside 及 sesaminol diglucoside 純化物之酸水解

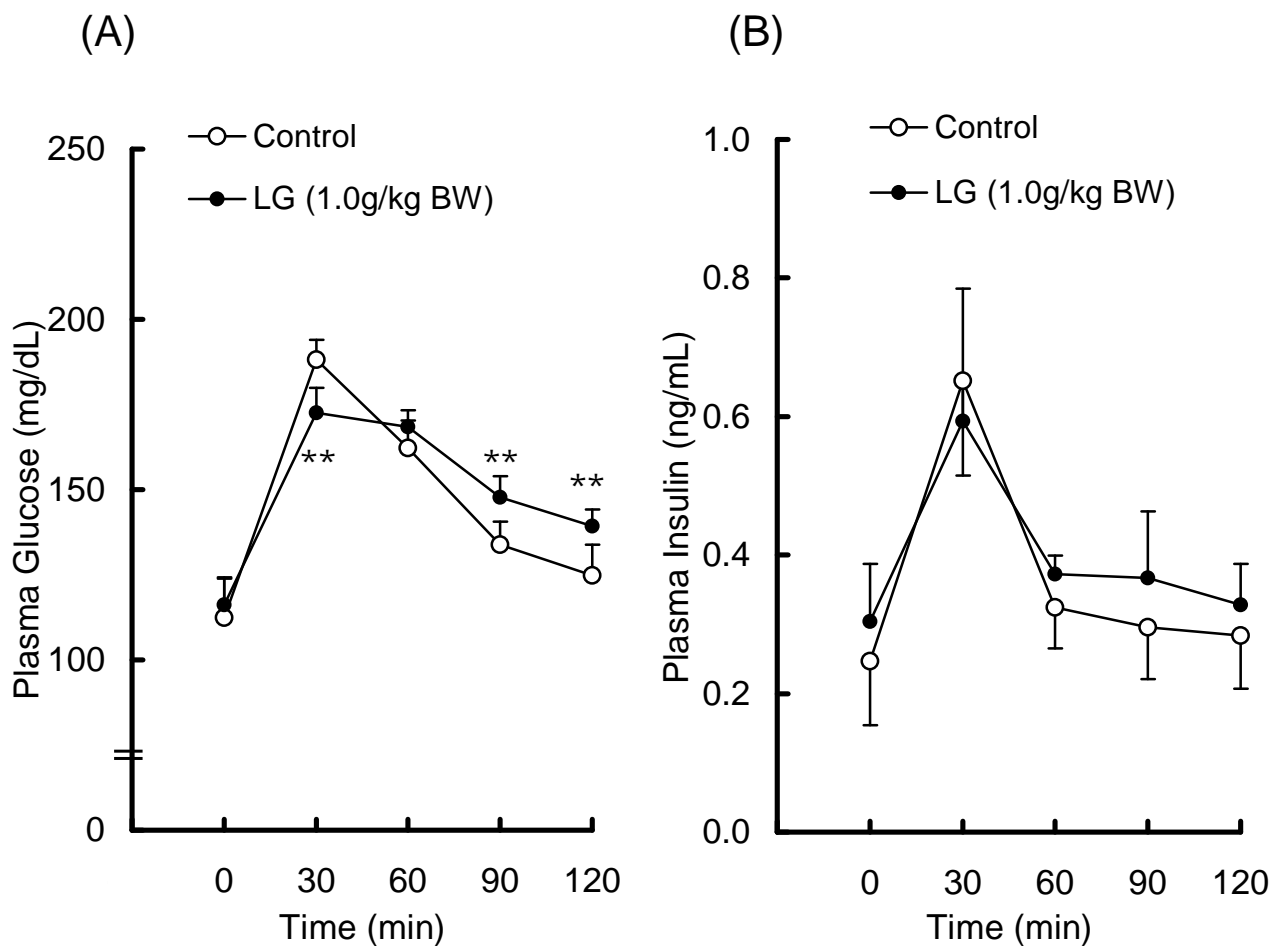
由圖九中可看出 sesaminol triglucoside 及 sesaminol diglucoside DPPH 自由基清除效果極差，而當以 0.5N HCl 水解 30 分鐘後，在 100 µg/ml 使用濃度時，sesaminol triglucoside 自由基清除效果由原先未水解之 8.68% 增加至水解後之 41.46%，sesaminol diglucoside 更由 4.51% 增加至 84.77%。進一步分析其鹽酸水解物組成，可得如圖十之結果。圖 A 為 sesaminol triglucoside 純化物之 HPLC 圖譜，圖 C 為經 0.5N HCl 水解 30 分鐘後之圖譜，由圖中可看出其水解產物有 sesaminol diglucoside、sesaminol

monoglucoside、sesaminol 及其異構物和一些未知化合物，圖 B 為 sesaminol diglucoside 純化物之 HPLC 圖譜，圖 D 為經 0.5N HCl 水解 30 分鐘後之圖譜，其水解產物便單純許多，主要有 sesaminol monoglucoside 及 sesaminols，在 sesaminols 中有 3 個 peak，分別為 peak a、peak b 及 peak c，此 3 個 peak 皆為 sesaminols (以日本福田教授提供之 sesaminols 確認之)。Sesaminol 在酸性環境中，會發生分子內轉換 (interconversion) 現象，而形成其他立體異構物 (stereoisomer)，其三種異構物分別為 6-episesaminol、2-episesaminol 及 (+)disesaminol，四種 sesaminols 中，以 sesaminol 及 6-episesaminol 較為安定，2-episesaminol 及 (+)disesaminol 較不穩定<sup>(12-13)</sup>。在本實驗中，peak a 推測為 sesaminol、而 peak b 及 peak c 各屬於哪種 sesaminol 異構物，有待進一步確認，將圖 C 與圖 D 中之 sesaminols 波峰面積總和代入 sesaminol 含量標準曲線中，可求出 sesaminol 含量。Sesaminol triglucoside 純化物之 0.5N HCl 水解產物中含有 74.06 mg sesaminols/g 水解物；而 sesaminol diglucoside 純化物之 0.5N HCl 水解產物中含有 185.34 mg sesaminols/g 水解物，而圖九中，sesaminol 具有極佳之 DPPH 自由基清除效果，但 sesaminol monoglucoside 效果卻很差，由此可解釋為何 sesaminol diglucoside 經 0.5N HCl 水解後，其自由基清除效果遠大於 sesaminol triglucoside 經 0.5N HCl 水解者。

## 四、參考文獻

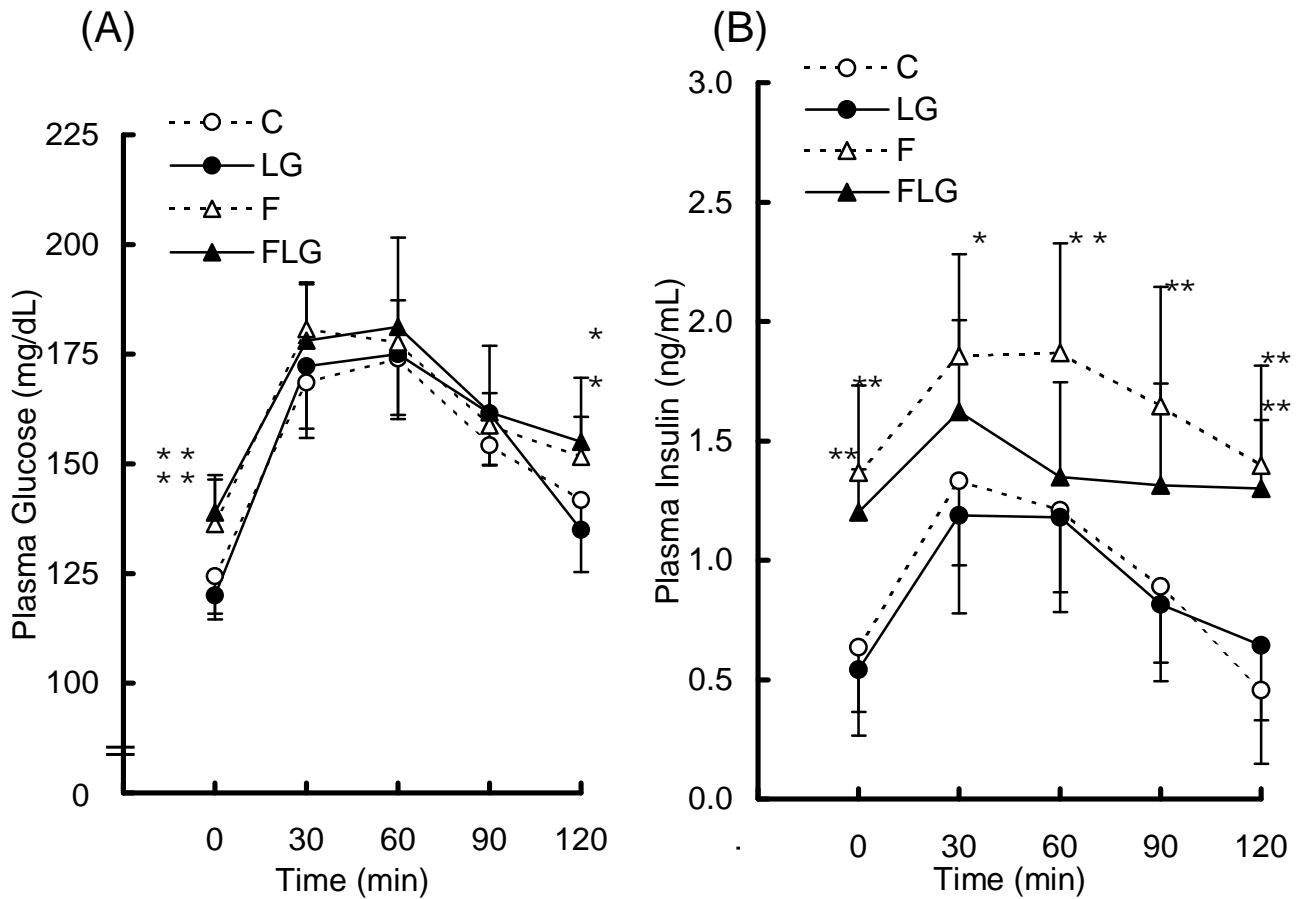
1. Namiki, M. 1995. The chemistry and physiological functions of sesame. *Food Reviews International*. 11:281-329.
2. 並木滿夫. 1996. 機能性研究 新展開. *食科學*. 218:18-25.
3. 栗山健一和無類井建夫. 1996. 配糖體 脂質過酸化抑制效果. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*. 70:161-167.

- 4.Hirose, N., Inoue. T., Nishihara, K., Sugano, M., Akimoto,K., Shimizu, S. and Yamada, H. 1991.Inhibition of cholesterol absorption and synthesis in rats by sesamin. *Journal of Lipid Research*. 32:629-638.
- 5.秋元健吾和清水昌. 1997. 成份生理活性-- 代謝體內抗酸化中心 --. *New Food Industry*. 39(3)25-31.
- 6.Fukuda, Y., Nagata, M., Osawa, T. and Namiki, M. 1986. Chemical aspects of the antioxidative activity of roasted sesame seed oil and the effect of using the oil for frying. *Agric. Biol. Chem*. 50:857-862.
- 7.福田靖子和並木滿夫. 1988. 食品科學 . *Nippon Shokuhin Kogyo gakkai*. 35:552-562.
- 8.Ceriello, A. 2000. Oxidative stress and glycemic regulation. *Metabolism* 49: 27-29 (suppl. 1).
- 9.楊永本. 1986. 芝麻之加工與利用. *食品工業*. 18(10)45-46.
- resistance in human disease. *Diabetes* 37: 1595-1607.
- 11.Si, X., Webb, R. C. and Richey, J. M. 1999. Bezafibrate, an anti-hypertriglyceridemic drug, attenuates vascular hyperresponsiveness and elevated blood pressure in fructose-induced hypertensive rats. *Can. J. Physiol. Pharmacol*. 77: 755-762.
- 12.Kang, M. H., Katsuzaki, H. and Osawa, T. 1998. Inhibition of 2,2'- Azobis (2,4-dimethyl valeronitrile)- induced lipid peroxidation by sesaminols. *Lipid*. 33: 1031-1036.
- 13.Nagata, M., Osawa, T., Namiki, M., Fukuda, F. and Ozaki, T. 1987. Stereochemical structures of antioxidative bisepoxyignans, sesaminol and its isomers, transformed from sesamolin. *Agric. Biol.Chem*. 51:1285-1289.
- 10.Reaven, G. M. 1988. Role of insulin



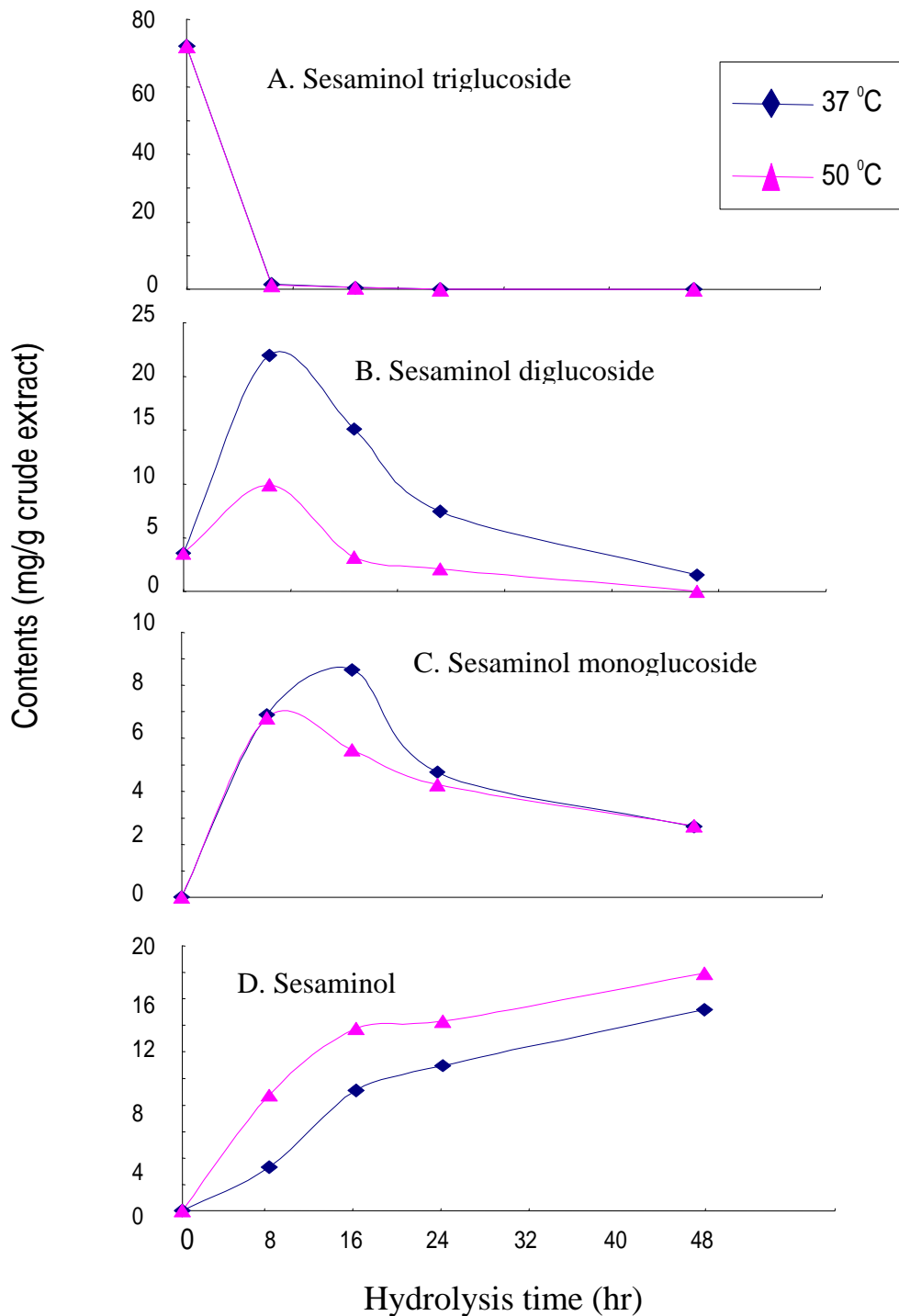
圖一、急性灌食芝麻粕 lignan glycosides 粗萃物(1.0g/kg BW)並進行口服葡萄糖耐受性試驗之大白鼠血漿葡萄糖(A)及胰島素(B)濃度變化

Fig 1. Effect of sesame meal lignan glycosides crude extract (1.0g/kg BW) on plasma glucose (A) and insulin (B) concentrations in an oral glucose challenge. Data are mean  $\pm$  SD of six rats in each group. \*\*  $p < 0.01$  compared with the Control group.



圖二、大白鼠於第七週進行口服葡萄糖耐受性試驗之血漿葡萄糖(A)與胰島素(B)濃度之變化

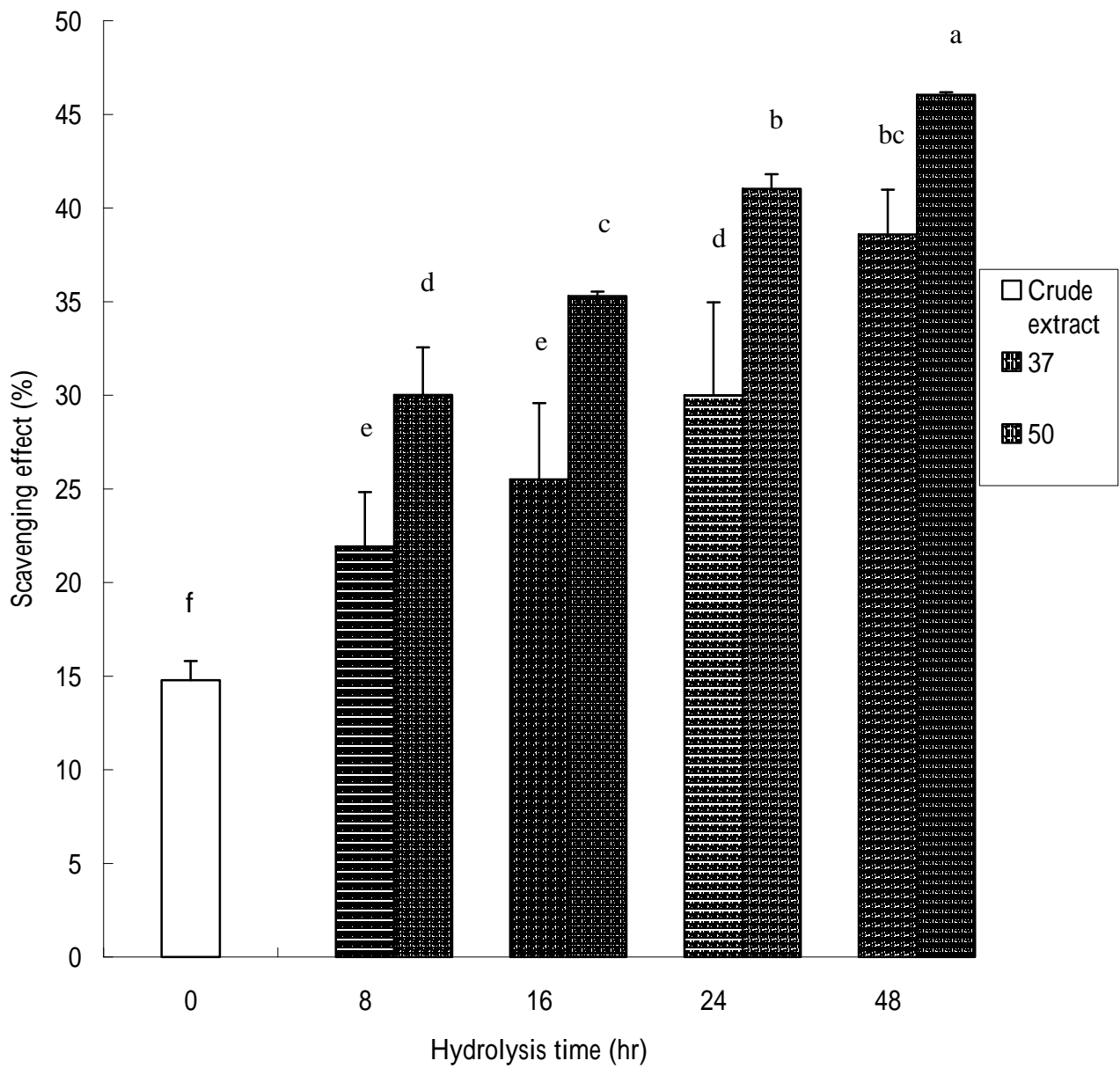
Fig 2. Plasma glucose (A) and insulin (B) responses in rats to an oral glucose tolerance test performed at the end of the second week of dietary manipulation. Values are expressed as mean  $\pm$  SD. n=8. \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$  compared with group C.



圖三. 在不同溫度及時間下，以酵素水解lignan glycosides粗萃出物對其 sesaminol triglucoiside, sesaminol diglucoiside, sesaminol monoglucoiside 及sesaminol含量之影響

Fig. 3. Effect of enzyme hydrolysis temperature and time on sesaminol triglucoiside, sesaminol diglucoiside, sesaminol monoglucoiside and sesaminol contents of lignan glycosides crude extract.

\* Hydrolysis condition: 10 mg lignan glycosides crude extract (dissolved in 2 ml acetic acid buffer, 20 mM, pH4.5) hydrolyzed with 6 mg  $\beta$ -glucosidase and 7 mg cellulase.

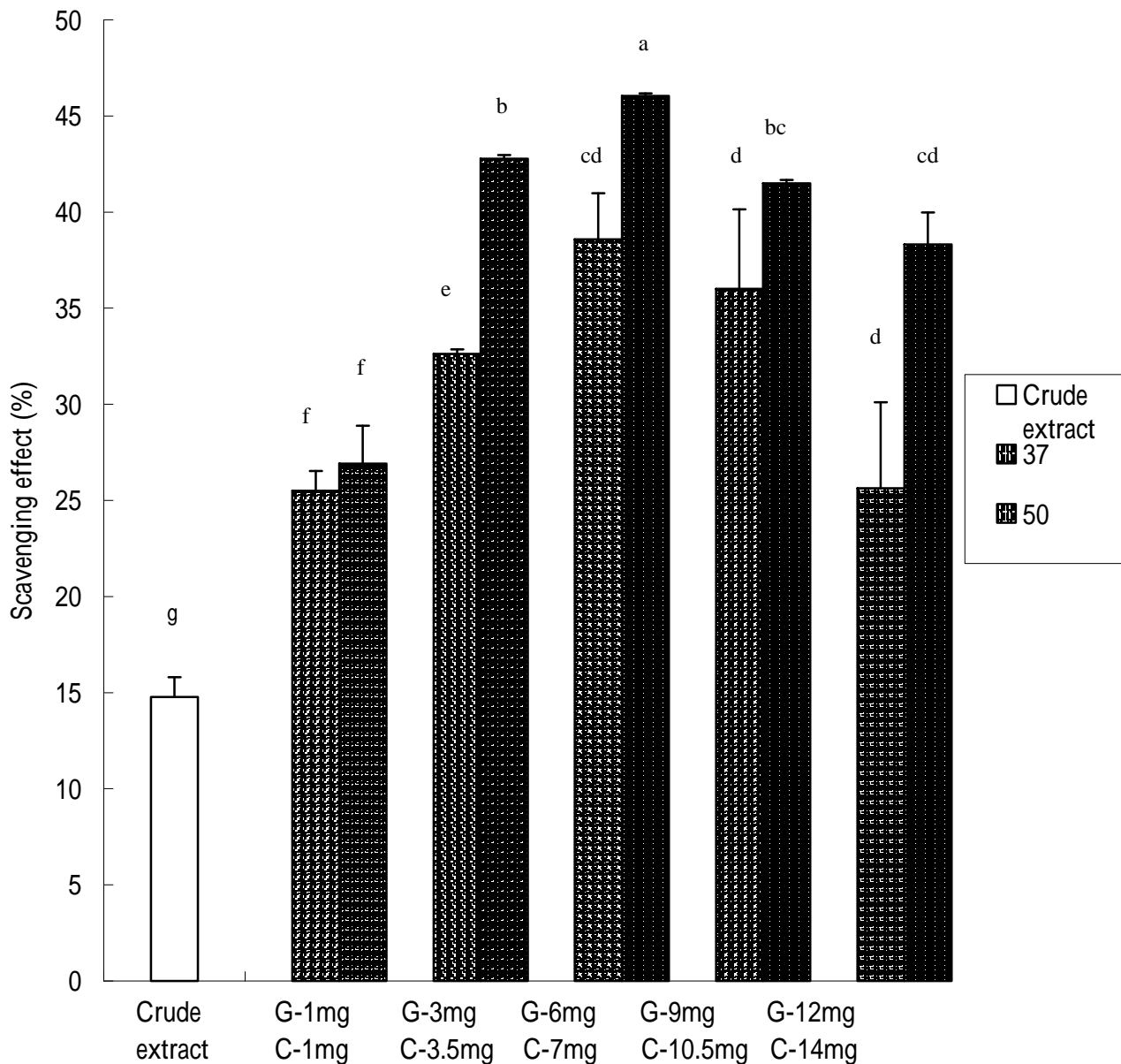


圖四. 在不同溫度及時間下,以酵素水解lignan glycosides粗萃出物對其DPPH自由基清除效果之影響

Fig. 4. Effect of enzyme hydrolysis temperature and time on DPPH scavenging effects of lignan glycosides crude extract.

\* Hydrolysis condition: same as described in Fig. 1.

\*\* Sample concentration: 100 ug/ml



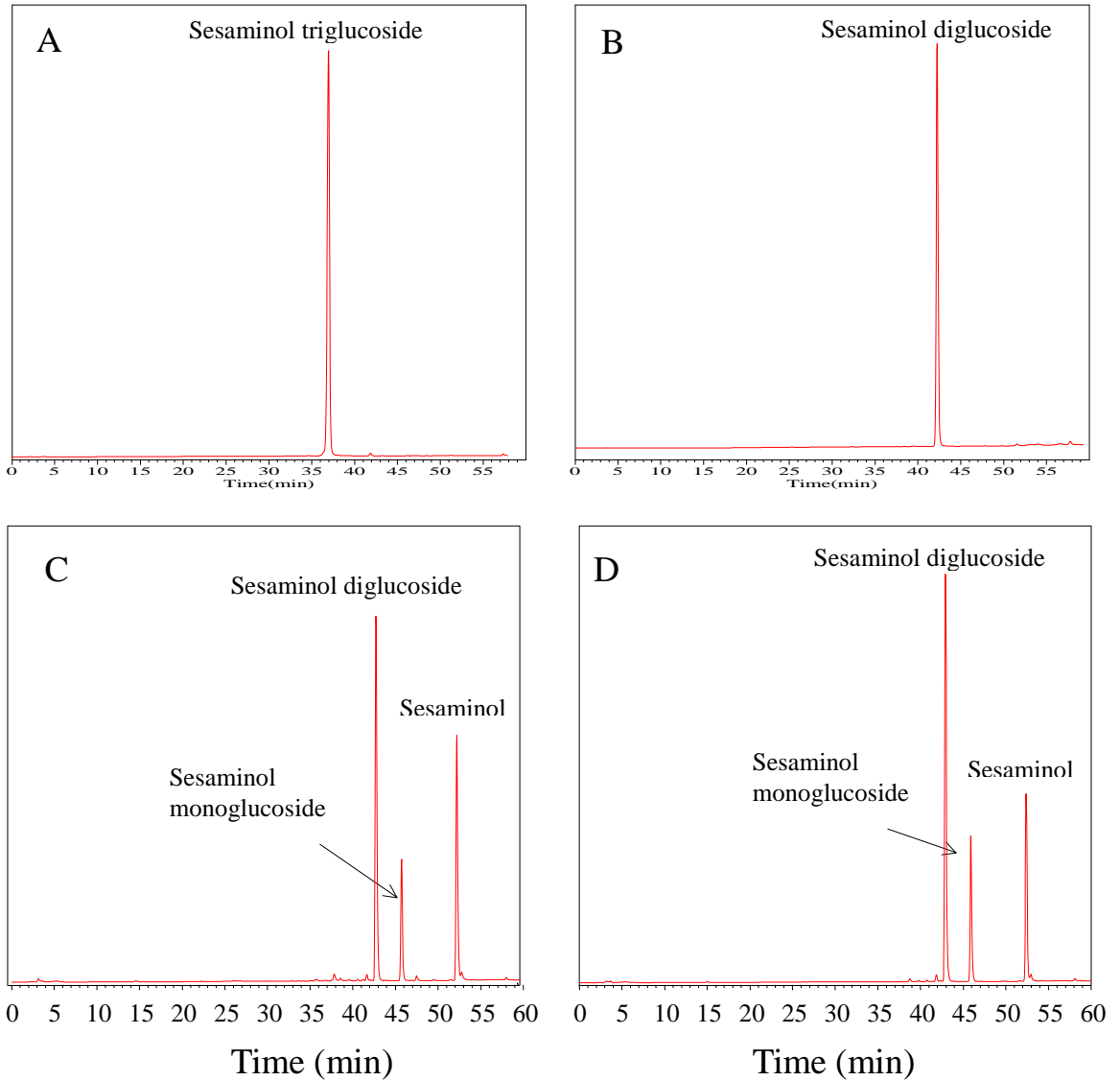
圖五. 在不同酵素濃度及溫度下,以酵素水解lignan glycosides粗萃出物對其DPPH自由基清除效果之影響

Fig. 5. Effect of enzyme concentration and hydrolysis temperature on DPPH scavenging effects of lignan glycosides crude extract.

\* Hydrolysis condition: 10 mg lignan glycosides crude extract (dissolved in 2 ml acetic acid buffer, 20 mM, pH4.5) hydrolyzed with different amounts of enzyme and temperature hydrolyzed for 48hr.

\*\* G: - glucosidase; C: cellulase

\*\*\* Sample concentration: 100 ug/ml



圖六. Sesaminol triglucoside, sesaminol diglucoside純化物及其酵素水解物之HPLC圖譜

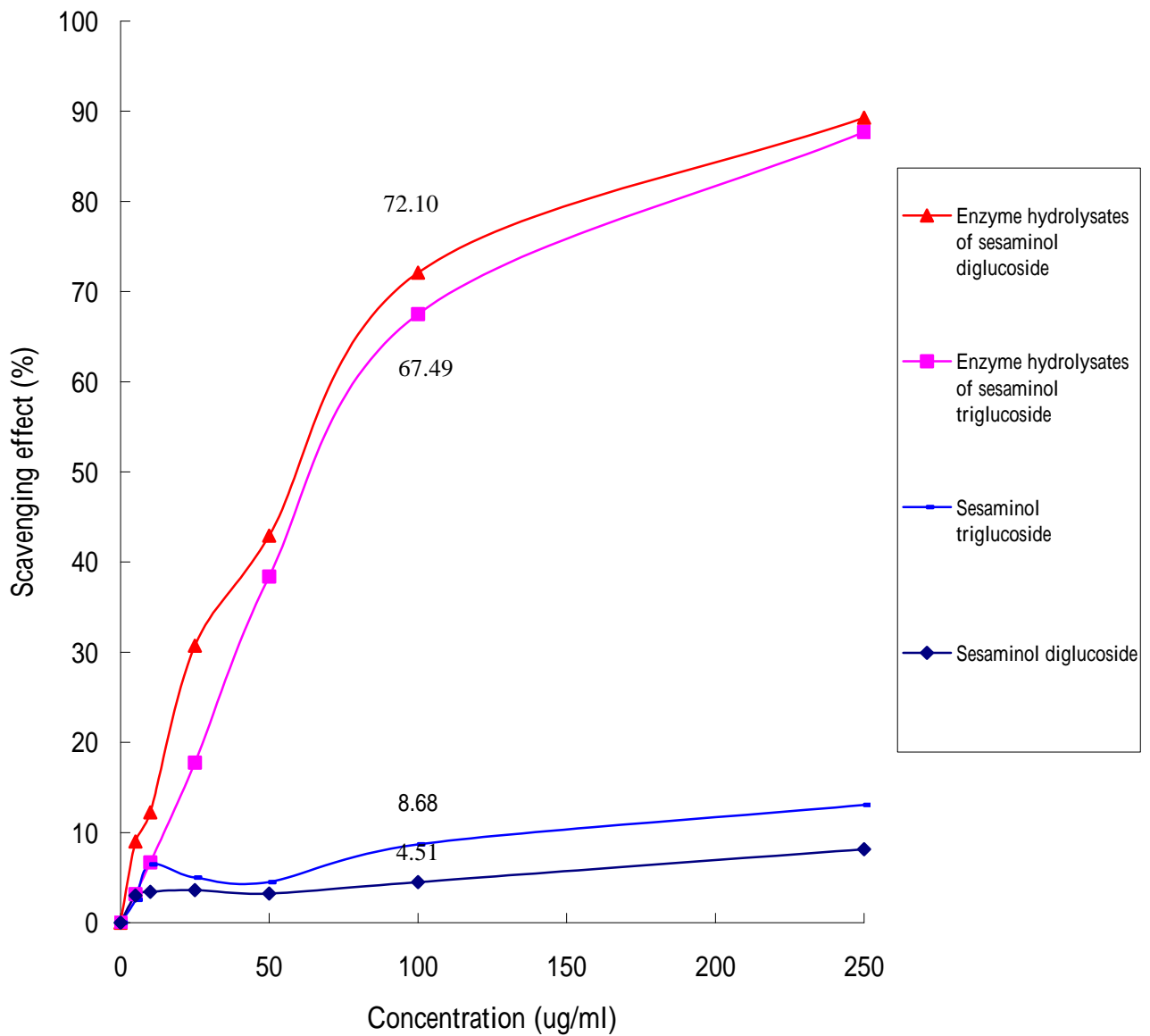
Fig. 6. HPLC chromatograms of sesaminol triglucoside, sesaminol diglucoside and their enzyme hydrolysates.

A. Sesaminol triglucoside standard; B. Sesaminol diglucoside standard

C. Enzyme hydrolysates of sesaminol triglucoside

D. Enzyme hydrolysates of sesaminol diglucoside

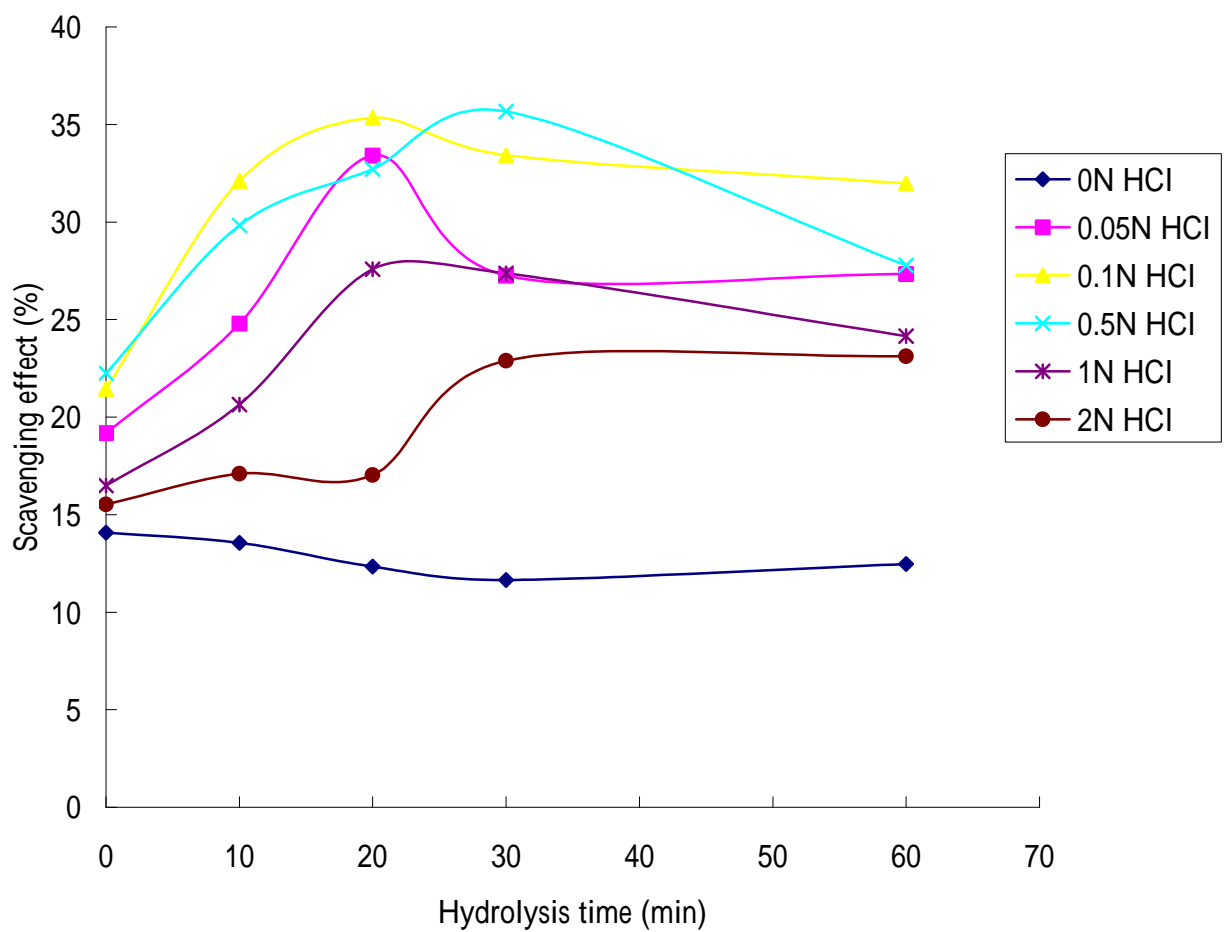
\* Hydrolysis condition: 5 mg sesaminol triglucoside or sesaminol diglucoside (dissolved in 1 ml acetic acid buffer, 20 mM, pH4.5) hydrolyzed with 3 mg  $\beta$ -glucosidase and 3.5 mg cellulase at 50 °C for 48 hour..



圖七. Sesaminol triglucoiside, sesaminol diglucoiside 純化物及其酵素水解物之 DPPH 自由基清除效果

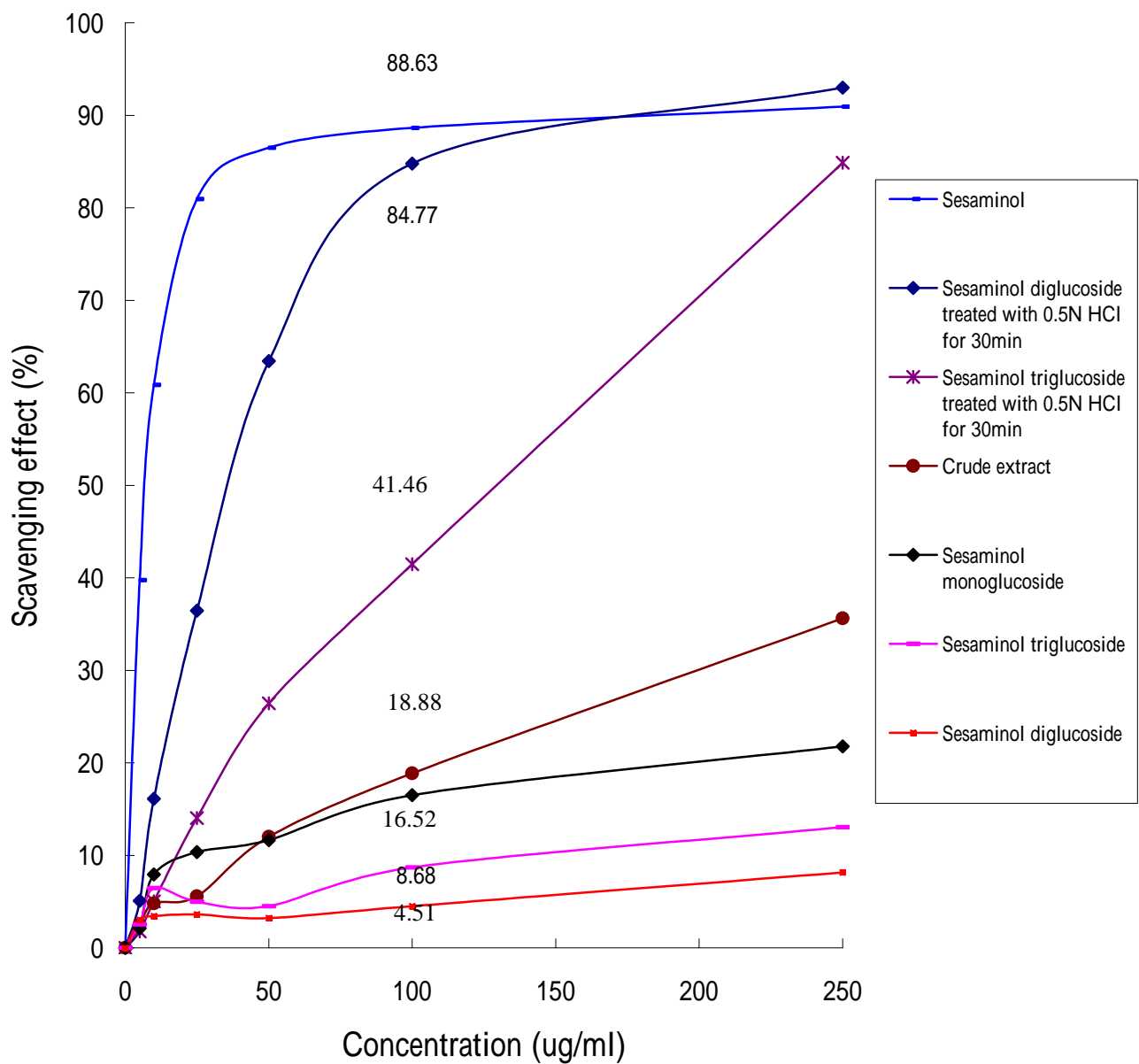
Fig. 7. DPPH radical scavenging effects of sesaminol triglucoiside, sesaminol diglucoiside and their enzyme hydrolysates.

\* Hydrolysis condition: 5 mg sesaminol triglucoiside or sesaminol diglucoiside (dissolved in 1 ml acetic acid buffer, 20 mM, pH4.5) hydrolyzed with 3 mg -glucosidase and 3.5 mg cellulase at 50 for 48 hour.



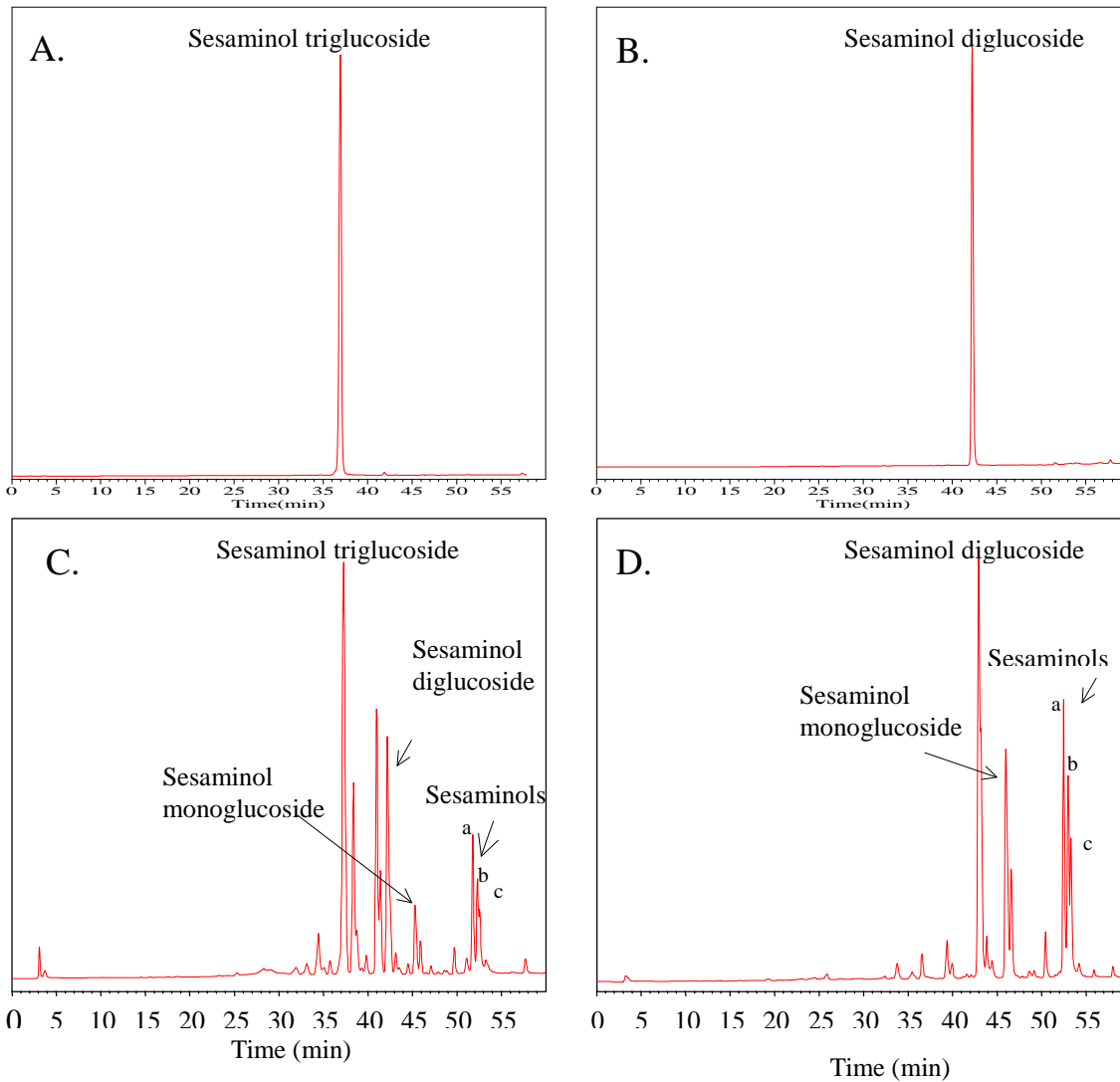
圖八. 鹽酸水解對芝麻粕lignan glycosides粗萃出物  
DPPH自由基清除效果之影響

Fig. 8. Effect of hydrochloric acid hydrolysis on DPPH scavenging effects of  
lignan glycosides crude extract.



圖九. Sesaminol triglucoiside, sesaminol diglucoiside純化物及其 0.5N HCl水解物之DPPH自由基清除效果

Fig. 9. DPPH radical scavenging effects of sesaminol triglucoiside, sesaminol diglucoiside and their 0.5N HCl hydrolysates.



圖十. Sesaminol triglucoside, sesaminol diglucoside純化物及其0.5N HCl  
水解物之HPLC圖譜

Fig. 10. HPLC chromatograms of sesaminol triglucoside, sesaminol diglucoside and their 0.5N HCl hydrolysates.

- A. Sesaminol triglucoside standard; B. Sesaminol diglucoside standard  
 C. Hydrolysates of sesaminol triglucoside treated with 0.5N HCl for 30min  
 D. Hydrolysates of sesaminol diglucoside treated with 0.5N HCl for 30min

表一、大白鼠飲食處理八週後之體重、空腹血漿葡萄糖、胰島素與三酸甘油酯濃度、收縮壓以及肝臟 TBARS 濃度

Table1. Body weight, fasting plasma glucose, insulin, triglyceride concentrations, systolic blood pressure and hepatic TBARS in rats at the end of a 8-week dietary manipulation <sup>1, 2, 3</sup>

Group	Body weight (g)	Glucose (mg/dL)	Insulin (ng/mL)	Triglyceride (mg/dL)	SBP (mmHg)	Hepatic TBARS (nmol MDA/g liver)
C	492± 65	114.9± 12.6	0.42± 0.18	85.7± 17.0	115.6± 6.1	4.03± 0.37
LG	501± 41	118.4± 6.3	0.63± 0.28	72.9± 12.3	117.3± 5.1	3.48± 1.42
F	452± 35	121.5± 9.2	1.10± 0.36 <sup>**</sup>	143.8± 44.4 <sup>**</sup>	134.8± 4.7 <sup>**</sup>	4.96± 0.68 <sup>**</sup>
FLG	460± 56	120.8± 8.0	0.78± 0.36 <sup>*#</sup>	112.3± 31.0 <sup>#</sup>	120.0± 5.3 <sup>##</sup>	4.43± 0.59

1. Rats of the group C were fed regular Purina Chow ; LG, regular Purina Chow with lignan glycosides crude extract supplementation ; F, high-fructose diet alone ; FLG, high-fructose diet with lignan glycosides crude extract supplementation.

2. Values are expressed as mean ± SD. n=7~8.

3. \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$  compared with group C. #  $p < 0.05$ , ##  $p < 0.01$  compared with group F.