

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告
幾丁聚醣之單、雙醣衍生物合成與理化特性之探討

Physical and chemical properties of mono- and disaccharide chitosan derivatives

計畫編號：NSC 89-2313-B-002-083

執行期限：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

主持人：李錦楓 執行機構名稱：台灣大學食品科技研究所

一、摘要

本研究的目的是利用還原性烷基化作用使不同的單醣、雙醣與幾丁聚醣分子中葡萄糖胺單元之胺基發生共價鍵結，藉由單醣或雙醣分子上的多羥基的親水性來改善幾丁聚醣的溶解性質，並且探討水溶性幾丁聚醣雙醣衍生物的抑菌作用。結果發現幾丁聚醣與不同種類單醣進行還原性烷基化反應的衍生物中只有幾丁聚醣果糖衍生物能溶於中性溶液 (pH7)，其他三種幾丁聚醣單醣 (葡萄糖、半乳糖和葡萄糖胺) 衍生物則不能溶於中性溶液。幾丁聚醣與不同種類雙醣進行還原性烷基化反應的衍生物中，三種幾丁聚醣雙醣衍生物皆能溶於中性溶液 (pH7)，甚至鹼性溶液中 (pH>8)。

在酸性溶液中的抑菌試驗方面，幾丁聚醣乳糖衍生物與酸溶性幾丁聚醣可降低 *Escherichia. coli* 2 log cycle，兩者對 *E. coli* 生長的抑制效果在統計上沒有顯著的差異。幾丁聚醣乳糖衍生物可完全抑制 *Staphylococci. aureus*。

在水溶性幾丁聚醣雙醣衍生物的抑菌試驗方面，針對 *Bacillus cereus* 及 *S. aureus* 的生長，水溶性幾丁聚醣麥芽糖衍生物抑制效果最好，濃度為 1000ppm 可以降低 *B. cereus* 7 log cycle 及完全抑制 *S. aureus* 的生長；針對 *E. coli* 及 *Salmonella* spp. 的生長，水溶性幾丁聚醣纖維雙醣衍生物抑制效果最佳，濃度為 1500ppm 可以降低 *E. coli* 9 log cycle 及降低 *Sal. spp.*

8 log cycle。

關鍵詞：幾丁聚醣單醣衍生物、幾丁聚醣雙醣衍生物、還原性烷基化作用、抑菌

Abstract

In this study reductive alkylation was used as a procedure for covalent attachment of monosaccharides and disaccharides to the primary amine group of chitosan. Solubilization was improved by introducing suitable hydrophilic moieties onto the chitosan backbone, and were discuss antimicrobial activities. The results that chitosan fructose derivative was soluble in pH 7 solution, but the other three kinds chitosan monosaccharides (glucose、galactose、glucosamine) derivatives were not soluble in pH 7 solution. Chitosan disaccharide derivatives were soluble in pH 7 solution and were even soluble in pH > 8 solution.

The antimicrobial activities of chitosan lactose derivative and chitosan against *E. coli* under acidic solution were similar, and they could reduce 2 log cycles. Chitosan lactose derivative could inhibit the growth of *S. aureus* incompletely under acidic solution.

The antimicrobial activities of water soluble chitosan maltose derivative against *B. cereus* and *S. aureus* were most distinctive, and when the concentration was 1000 ppm, it

could reduce 7 log cycles of *B. cereus* and inhibit the growth of *S. aureus* incompletely. The antimicrobial activities of water soluble chitosan cellobiose derivative against *E. coli* and *Sal. spp* were the best, when 1500 ppm was used, it could reduce 9 log cycles of *E. coli* and reduce 8 log cycles of *Sal. spp*.

Keywords:chitosan monosaccharide derivatives 、 chitosan disaccharide derivatives 、 reductive alkylation 、 antimicrobial activity

二、計畫緣由與目的

幾丁質主要是由 N-乙醯葡萄糖胺 (N-acetyl-D-glucosamine) 以 β -1,4 糖苷鍵結而成的聚合分子;經部分去乙醯作用可製成幾丁聚糖。幾丁質對一般的溶劑抗性大,不溶解、化學反應性低,這是由於幾丁質的乙胺醯 (aminoacetyl) 基容易產生分子間或分子內的氫鍵而形成很強的結晶結構所引起。一般改善幾丁質、幾丁聚糖溶解性質的方法包括:物理及化學法,利用酸水解及剪力的作用來降解幾丁聚糖 (Austin *et al.*, 1981);酵素水解法,利用 lysozyme, chitinase 及 glycosidase 來降解幾丁質,而幾丁聚糖則要用 chitosanase 及 cellulase 來降解其分子量 (Otakara, 1987);化學修飾法,主要因為幾丁聚糖之胺基容易與其他的基團發生化學反應,利用接上親水性基團之原理來修飾 (Rinaudo *et al.*, 1992)。

本研究的目的是利用化學修飾法合成幾丁聚糖衍生物,以改善幾丁聚糖的溶解性質,以還原性烷基化作用使不同的單糖、雙糖與幾丁聚糖分子中葡萄糖胺單元之胺基發生共價鍵結,藉由單糖或雙糖分

子上的多羥基的親水性來改善幾丁聚糖的溶解性質。探討幾丁聚糖單、雙糖衍生物的抑菌作用。

三、結果與討論

(一)幾丁聚糖與不同種類單糖進行還原性烷基化反應

由膠體滴定法所測定游離胺基含量來推算幾丁聚糖單糖衍生物的去乙醯度,與未反應前幾丁聚糖的去乙醯度比較可得知幾丁聚糖與單糖反應的程度亦即單糖的取代程度,去乙醯度愈低表示單糖的取代程度愈高。

表一中,幾丁聚糖葡萄糖衍生物的溶液穩定性,幾丁聚糖葡萄糖衍生物的去乙醯度為 40-50%時可溶於微酸性 pH 值溶液 (pH6-7),但當幾丁聚糖葡萄糖衍生物的去乙醯度降至 30-40%時,只能溶於 pH<6 的溶液。幾丁聚糖半乳糖衍生物的溶液穩定性,幾丁聚糖半乳糖衍生物的去乙醯度為 40-50%和 50-60%時只能溶於 pH<6 的溶液。而幾丁聚糖葡萄糖衍生物的去乙醯度為 40-50%時尚可溶於微酸性 pH 值溶液 (pH6-7)。由此結果顯示,半乳糖與葡萄糖互為 C4 epimer 而半乳糖的 OH group 與幾丁聚糖更容易產生的鍵結,導致幾丁聚糖半乳糖衍生物的溶液穩定度比幾丁聚糖葡萄糖衍生物的溶液穩定度差。幾丁聚糖葡萄糖胺衍生物的溶液穩定性,幾丁聚糖葡萄糖胺衍生物的去乙醯度為 40-50%、50-60%和 60-70%時可溶於微酸性 pH 值溶液 (pH6-7)。由此結果可以推論,葡萄糖胺的 OH group 可以改善幾丁聚糖的溶解性質。幾丁聚糖果糖衍生物的溶液穩定性,幾丁聚糖果糖衍生物的去乙醯度為 40-50%時可溶於中性溶液 (pH7),但是當溶液的 pH 值接近 7.3 時,幾丁聚糖果糖衍生物會有白色膠體懸浮物析出。由此結果可以推

論，果糖的 OH group 可以改善幾丁聚糖的溶解性質，且改善效果比其他三種單糖(葡萄糖、半乳糖和葡萄糖胺)好。果糖與胺基鍵結的位置在第二個碳原子上，推測因為鍵結的不同，使果糖的 OH group 與幾丁聚糖的鍵結較少，較多的 OH group 可以與水分子產生鍵結，以達到利用果糖的 OH group 來修飾幾丁聚糖改善其溶解性質的目的。

幾丁聚糖與單糖產生鍵結後，因為單糖分子小，其 OH group 與幾丁聚糖上葡萄糖胺的距離短容易產生鍵結，導致幾丁聚糖單糖衍生物分子內和分子間的氫鍵增多，以致於幾丁聚糖接上單糖後雖然單糖的 OH group 可以改善幾丁聚糖的溶解性，但仍只能溶於酸性 pH 值溶液，而且產物會隨去乙酰度的下降而溶液的 pH 值也下降。

圖一為幾丁聚糖果糖衍生物的產率，幾丁聚糖與果糖經還原性烷基化反應後，幾丁聚糖果糖衍生物的產率明顯的上升，而且隨反應時間之增長而逐漸上升，在統計上均有顯著的差異。

(二)幾丁聚糖與不同種類雙糖進行還原性烷基化反應

1. 乳糖(Lactose)

如圖二所示，幾丁聚糖與乳糖經還原性烷基化反應後，幾丁聚糖乳糖衍生物的去乙酰度明顯的下降，而且隨反應時間之增長、乳糖添加量之增加而逐漸降低。但是乳糖的添加量為 2%、3%和 4%進行還原性烷基化反應 6 小時之後，幾丁聚糖乳糖衍生物的去乙酰度明顯的下降，但是反應 6-12 小時幾丁聚糖乳糖衍生物的去乙酰度會有上升的情形。

表二是幾丁聚糖乳糖衍生物的溶液穩定性，幾丁聚糖乳糖衍生物的去乙酰度為 50-60%、40-50%、30-40%和 20-30%時

皆可溶於中性 pH 值溶液(pH7)，甚至可溶解在鹼性的溶液(pH>8)，由此結果發現，幾丁聚糖與乳糖進行還原性烷基化反應所產生的衍生物可以大大的改善幾丁聚糖的溶解性質。

圖三為幾丁聚糖乳糖衍生物的產率，幾丁聚糖與乳糖經還原性烷基化反應後，幾丁聚糖乳糖衍生物的產率明顯的上升，而且隨反應時間之增長而逐漸上升，在統計上均有顯著的差異，產率最高可達 88.5%。由此結果可知，添加 1%的乳糖即可改善幾丁聚糖的溶解性質，而且也可以得到良好的產率。

2. 麥芽糖(Maltose)

如圖四所示，幾丁聚糖與麥芽糖經還原性烷基化反應後，幾丁聚糖麥芽糖衍生物的去乙酰度明顯的下降，而且隨反應時間之增長、麥芽糖添加量之增加而逐漸降低，在統計上均有顯著的差異。

表三是幾丁聚糖麥芽糖衍生物的溶液穩定性，幾丁聚糖麥芽糖衍生物的去乙酰度為 40-50%、30-40%和 20-30%時皆可溶於中性溶液(pH7)，甚至可溶解在鹼性的溶液(pH>8)，由此結果發現，麥芽糖的 OH group 對於幾丁聚糖與麥芽糖發生鍵結產生的衍生物具有修飾的作用，可以改善幾丁聚糖的溶解性質。

圖五為幾丁聚糖麥芽糖衍生物的產率，幾丁聚糖與麥芽糖經還原性烷基化反應後，幾丁聚糖麥芽糖衍生物的產率隨反應時間之增長而明顯上升，在統計上均有顯著的差異，產率最高可達 91%。

3. 纖維雙糖(Cellobiose)

如圖六所示，幾丁聚糖與纖維雙糖經還原性烷基化反應後，幾丁聚糖纖維雙糖衍生物的去乙酰度明顯的下降，添加 1%的纖維雙糖反應 6 小時後幾丁聚糖纖維雙糖衍生物的去乙酰度已降到 35.5%，而且

隨反應時間的增長及纖維雙糖添加量之增加而逐漸降低。

表四是幾丁聚糖纖維雙糖衍生物的溶液穩定性，結果與幾丁聚糖麥芽糖衍生物的溶解性質相似，幾丁聚糖纖維雙糖衍生物的去乙酰度為 30-40%和 20-30%時皆可溶於中性溶液(pH7)，甚至可溶解在鹼性的溶液(pH>8)，由此結果發現，纖維雙糖的 OH group 對於幾丁聚糖與纖維雙糖發生鍵結可以改善幾丁聚糖的溶解性質。

圖七為幾丁聚糖纖維雙糖衍生物的產率，幾丁聚糖與纖維雙糖經還原性烷基化反應後，幾丁聚糖纖維雙糖衍生物的產率隨反應時間之增長而明顯上升，在統計上均有顯著的差異，產率最高可達 87.5%。

(三)在酸性溶液中幾丁聚糖雙糖衍生物的抑菌試驗

1. 幾丁聚糖雙糖衍生物在酸性溶液中對 *E. coli* 生長的影響

由表五可知，酸溶性幾丁聚糖在 6 小時培養期間可降低 *E. coli* 2 log cycle；在酸性溶液中的幾丁聚糖乳糖衍生物在 6 小時培養期間亦可降低 *E. coli* 2 log cycle，其抑制效果與酸溶性幾丁聚糖在統計上沒有顯著的差異。

2. 幾丁聚糖雙糖衍生物在酸性溶液中對 *S. aureus* 生長的影響

由表六可知，酸溶性幾丁聚糖在 6 小時培養期間對於 *S. aureus* 的生長在統計上沒有顯著的抑制效果；在酸性溶液中的幾丁聚糖乳糖衍生物在 6 小時培養期間亦可完全抑制 *S. aureus*，其抑制效果與酸溶性幾丁聚糖在統計上有顯著的差異。

由表五與表六的結果顯示，幾丁聚糖乳糖衍生物在酸性溶液中對 *E. coli* 和 *S. aureus* 的生長均有良好的抑制效果，尤其針對 *S. aureus*，濃度為 500ppm 培養 6 小時後即可完全抑制。推測原因為：(1) 幾

丁聚糖乳糖衍生物溶解性質的改善有助於與細菌菌體接觸的機會，而增加其抑菌的效果；(2) 在酸性溶液中幾丁聚糖乳糖衍生物仍有殘餘帶正電的游離胺基存在，會干擾細胞膜表面，導致細胞內物質洩漏，乃至於死亡。

(四)水溶性幾丁聚糖雙糖衍生物的抑菌試驗

1. 水溶性幾丁聚糖雙糖衍生物對 *B. cereus* 生長的影響

由圖八可知，水溶性幾丁聚糖雙糖衍生物在 6 小時培養期間可有效的抑制 *B. cereus* 的生長，而且隨著幾丁聚糖雙糖衍生物濃度的上升抑菌效果也愈好，在統計上均有顯著的差異；其中以幾丁聚糖麥芽糖衍生物的抑制效果最佳，可降低 *B. cereus* 7 log cycle。

2. 水溶性幾丁聚糖雙糖衍生物對 *S. aureus* 生長的影響

由圖九可知，水溶性幾丁聚糖雙糖衍生物在 6 小時培養期間可有效的抑制 *S. aureus* 的生長，在統計上均有顯著的差異；其中又以幾丁聚糖麥芽糖衍生物的抑制效果最佳，濃度 1000ppm 的幾丁聚糖麥芽糖衍生物在 6 小時培養期間可完全抑制 *S. aureus* 的生長。

3. 水溶性幾丁聚糖雙糖衍生物對 *E. coli* 生長的影響

由圖十可知，水溶性幾丁聚糖雙糖衍生物在 6 小時培養期間可有效的抑制 *E. coli* 的生長，在統計上均有顯著的差異；其中又以幾丁聚糖纖維雙糖衍生物的抑制效果最佳，在 6 小時培養期間可降低 *E. coli* 9 log cycle。

4. 水溶性幾丁聚糖雙糖衍生物對 *Sal. spp.* 生長的影響

由圖十一可知，水溶性幾丁聚糖雙糖衍生物在 6 小時培養期間可有效的抑制

Sal. spp. 的生長，在統計上均有顯著的差異；其中又以幾丁聚醣纖維雙醣衍生物的抑制效果最佳，在 6 小時培養期間可降低 *E. coli* 8 log cycle。

四、計畫成果自評

(一)幾丁聚醣與不同種類單醣進行還原性烷基化反應

本實驗所使用的單醣包括：葡萄糖、果糖、半乳糖及葡萄糖胺，其價格高低為：葡萄糖胺>半乳糖>果糖>葡萄糖；實驗發現幾丁聚醣與添加 1%果糖進行 6 小時反應後，去乙酰度為 40-50%時，幾丁聚醣果糖衍生物可溶於中性溶液 (pH7)，而且產率可達 57.4%，但是當 pH 值接近 7.3 時，幾丁聚醣果糖衍生物會有白色膠體懸浮物析出；可知果糖的 OH group 可以改善幾丁聚醣的溶解性質。

(二)幾丁聚醣與不同種類雙醣進行還原性烷基化反應

本實驗所使用的雙醣包括：乳糖、麥芽糖及纖維雙醣，其價格高低為：纖維雙醣>乳糖>麥芽糖；實驗發現幾丁聚醣與添加 1%麥芽糖進行 12 小時反應後，去乙酰度為 40-50%時，幾丁聚醣麥芽糖衍生物可溶於中性溶液 (pH7)，甚是鹼性溶液 (pH>8)，其產率可達 63%；可知麥芽糖的 OH group 可以改善幾丁聚醣的溶解性質。而且水溶性幾丁聚醣麥芽糖衍生物濃度為 1000ppm 可以有效的抑制 *S. aureus* (完全抑制)、*B. cereus* (降低 7 log cycle)、*E. coli* (降低 6 log cycle) 及 *Sal. spp.* (降低 5 log cycle) 的生長。

五、參考文獻

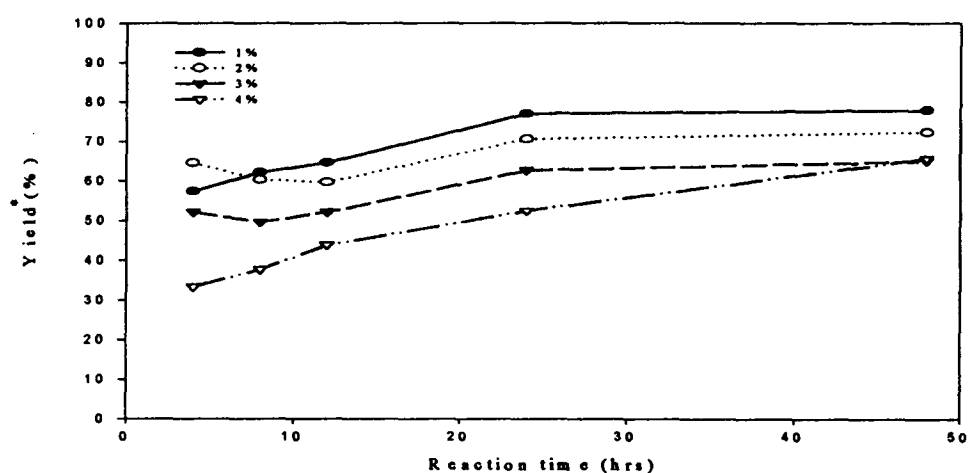
- 蔡政芳、林文源、李錦楓, 1993, 不同去乙酰度幾丁聚醣的抑菌作用及其滋味, 中華生質能源學會會誌, 12(1,2):74。
- Aiba, S. 1989. Studies on chitosan : 2. Solution stability and reactivity of partially N-acetylated chitosan derivatives in aqueous media. *Int. J. Biol. Macromol.* 11:249-252.
- Austin, P. R., Brine, C. J., Castle, J. E., and Zikakis, J. P. 1981. Chitin: new facets of research. *Science.* 212: 749-753.
- Borch, R. F., Bernstein, M. D. and Durst, H. D. 1971. The cyanohydrinborate anion as a selective reducing agent. *Journal of the American Chemical Society.* 12: 2897-2904.
- Dung, P. I., Mials, M., Rinaudo, M. and Desbrieres, J. 1994. Water soluble derivatives obtained by controlled chemical modifications of chitosan. *Carbohydr. Polym.* 24:209-214.
- Otakara, A. 1987. In The development and application of chitin and chitosan, Industrial Technology Association. Tokyo. pp. 161-178.
- Rinaudo, M., Dung, P. L. and Milas, M. 1992. A new and simple method of synthesis of carboxymethylchitosans. In Advance in Chitin and Chitosan. ed. by Brine, C. J., Sandford, P. A. and Zikakis, J. P. Elsevier Applied Science. London and New York. pp. 516-525.
- Yalpani, M., Johnson, F. and Robinson, L. E. 1992. Antimicrobial activity of some derivatives. In Advances in Chitin and Chitosan. ed. by Brine, C. J., Sandford, P. A. and Zikakis, J. P. Elsevier Applied Science, London and New York. pp. 543-548.

表一、幾丁聚醣單醣衍生物的溶液穩定性。

Table 1. The solution stability of chitosan monosaccharide derivatives.

	Acidic solution pH<6	Dilute acidic solution pH6-7	Neutral solution pH7	Basic solution pH>8
Glucose DD:40-50% ^a	+	+	-	-
Glucose DD:30-40%	+	-	-	-
Galactose DD:50-60%	+	-	-	-
Galactose DD:40-50%	+	-	-	-
Glucosamine DD:60-70%	+	+	-	-
Glucosamine DD:50-60%	+	+	-	-
Glucosamine DD:40-50%	+	+	-	-
Fructose DD:40-50%	+	+	+	-

a : the degree of deacetylation (DD) in chitosan monosaccharide derivatives.

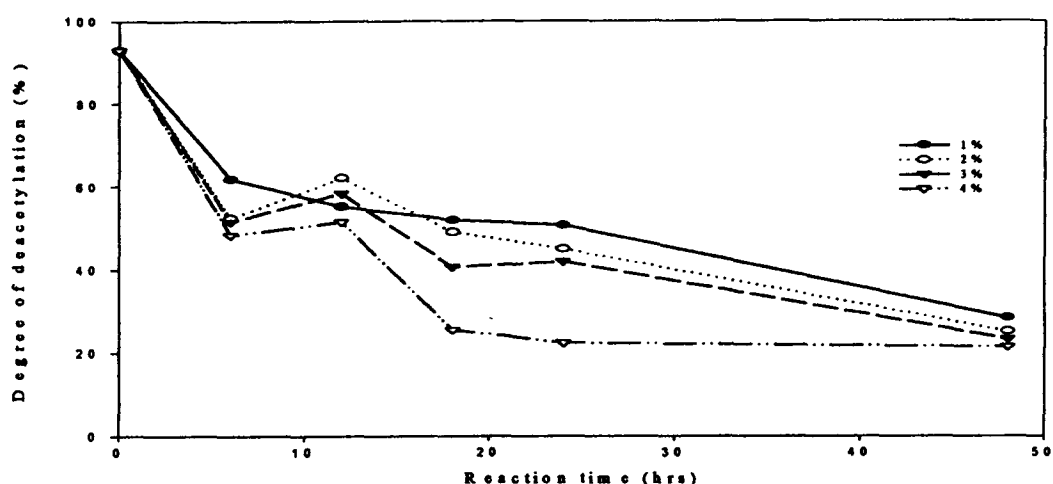


圖一、果糖不同的添加量對幾丁聚醣果糖衍生物產率的影響。

Fig. 1. Effect of the different concentration of fructose on the yield of chitosan fructose derivatives.

The chitosan fructose derivatives were prepared from 1% chitosan and 1-4% fructose by reductive alkylation.

* yield = the weight of product / the weight of chitosan and fructose



圖二、乳糖不同的添加量對幾丁聚醣乳糖衍生物去乙酰度的影響。

Fig. 2. Effect of the different concentration of lactose on the degree of deacetylation in chitosan lactose derivatives.

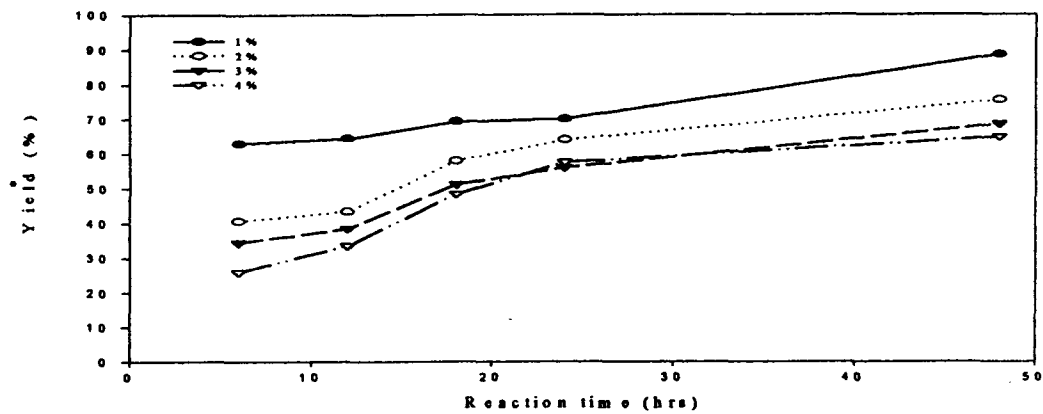
The chitosan lactose derivatives were prepared from 1% chitosan and 1-4% lactose by reductive alkylation.

表二、幾丁聚醣乳糖衍生物的溶液穩定性。

Table 2. The solution stability of chitosan lactose derivatives.

	Acidic solution pH<6	Neutral solution pH7	Basic solution pH>8
Lactose DD:50-60% ^a	+	+	+
Lactose DD:40-50%	+	+	+
Lactose DD:30-40%	+	+	+
Lactose DD:20-30%	+	+	+

a : the degree of deacetylation (DD) in chitosan lactose derivative.

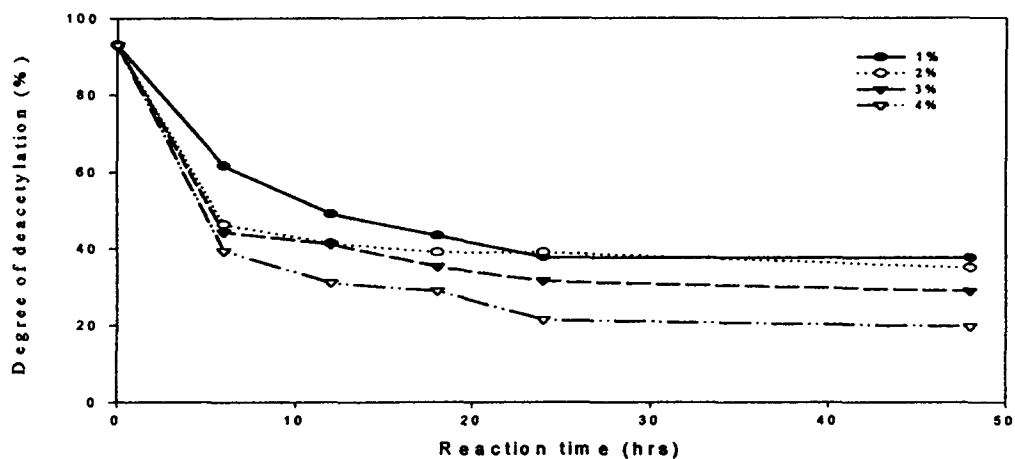


圖三、乳糖不同的添加量對幾丁聚醣乳糖衍生物產率的影响。

Fig. 3. Effect of the different concentration of lactose on the yield of chitosan lactose derivatives.

The chitosan lactose derivatives were prepared from 1% chitosan and 1-4% lactose by reductive alkylation.

*yield = the weight of product / the weight of chitosan and lactose



圖四、麥芽糖不同的添加量對幾丁聚醣麥芽糖衍生物去乙酰度的影响。

Fig. 4. Effect of the different concentration of maltose on the degree of deacetylation in chitosan maltose derivatives.

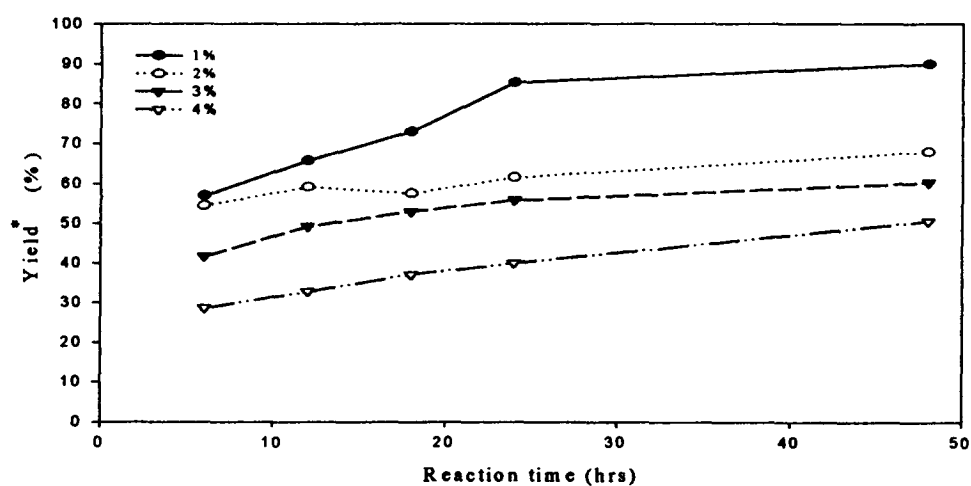
The chitosan maltose derivatives were prepared from 1% chitosan and 1-4% maltose by reductive alkylation.

表三、幾丁聚醣麥芽糖衍生物的溶液穩定性。

Table 3. The solution stability of chitosan maltose derivatives.

	Acidic solution pH<6	Neutral solution pH7	Basic solution pH>8
Maltose	+	+	+
DD:40-50% ^a			
Maltose	+	+	+
DD:30-40%			
Maltose	+	+	+
DD:20-30%			
Maltose	+	+	-
DD:<20%			

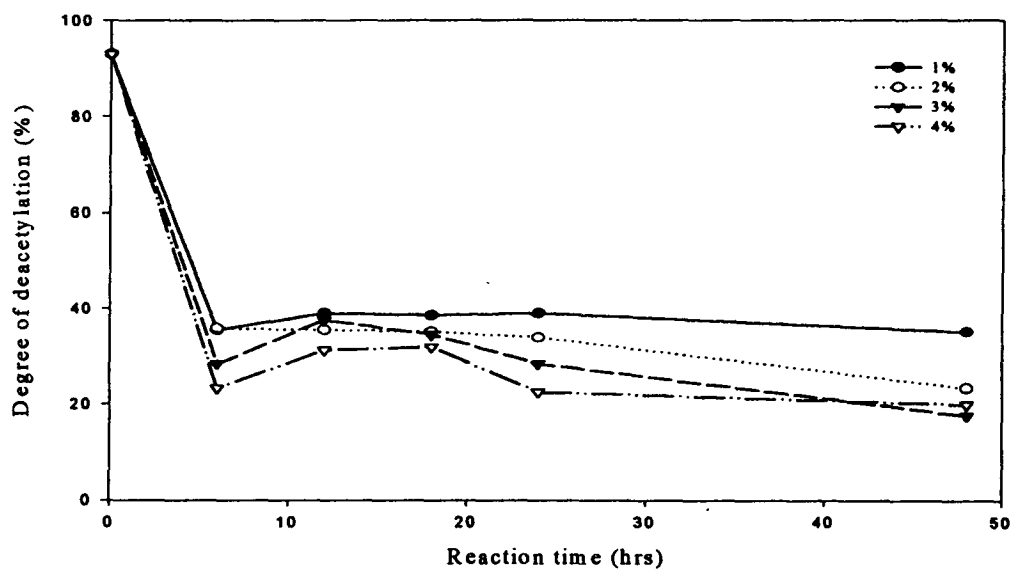
a : the degree of deacetylation (DD) in chitosan maltose derivative.



圖五、麥芽糖不同的添加量對幾丁聚醣麥芽糖衍生物產率的影響。

Fig. 5. Effect of the different concentration of maltose on the yield of chitosan maltose derivatives.

The chitosan maltose derivatives were prepared from 1% chitosan and 1-4% maltose by reductive alkylation.



圖六、纖維雙糖不同的添加量對幾丁聚糖纖維雙糖衍生物去乙酰度的影響。

Fig. 6. Effect of the different concentration of cellobiose on the degree of deacetylation in chitosan cellobiose derivatives.

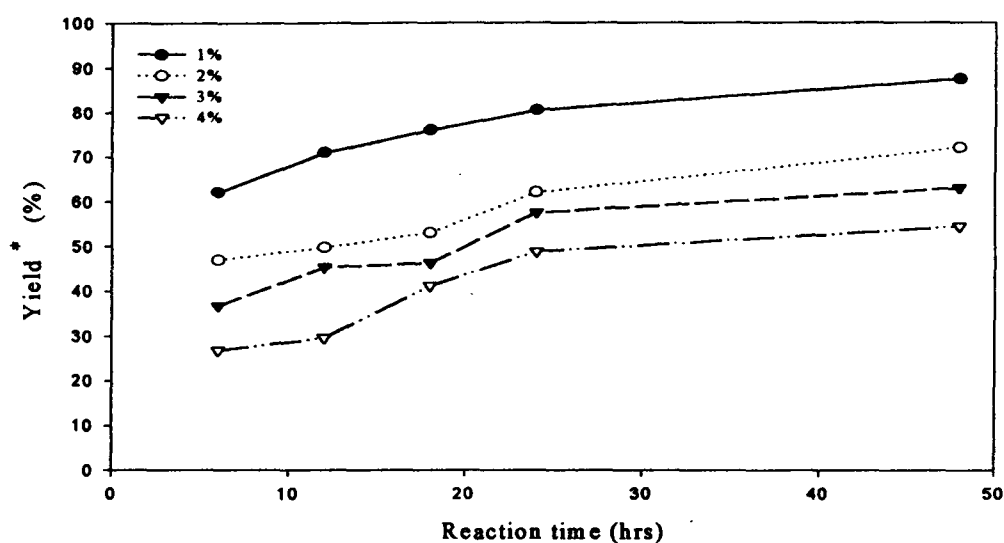
The chitosan cellobiose derivatives were prepared from 1% chitosan and 1-4% cellobiose by reductive alkylation.

表四、幾丁聚糖纖維雙糖衍生物的溶液穩定性。

Table 4. The solution stability of chitosan cellobiose derivatives.

	Acidic solution pH<6	Neutral solution pH7	Basic solution pH>8
Cellobiose DD:30-40% ^a	+	+	+
Cellobiose DD:20-30%	+	+	+
Cellobiose DD:<20%	+	+	-

a : the degree of deacetylation (DD) in chitosan cellobiose derivative.



圖七、纖維雙糖不同的添加量對幾丁聚糖纖維雙糖衍生物產率的影響。

Fig. 7. Effect of the different concentration of cellobiose on the yield of chitosan cellobiose derivatives.

The chitosan cellobiose derivatives were prepared from 1% chitosan and 1-4% cellobiose by reductive alkylation.

*yield = the weight of product / the weight of chitosan and cellobiose

表五、幾丁聚糖雙糖衍生物在酸性溶液中對 *Escherichia coli* 生長的影响。

Table 5. Effect of chitosan disaccharide derivatives under acidic solution (pH6.0) on the growth of *Escherichia coli*.

	Change of population (Log CFU/mL)*
Chitosan	-2.73 ^{a**}
DD:>90% ^A	
Lactose	-2.75 ^a
DD:50-60% ^B	
Maltose	-1.47 ^b
DD:40-50%	
Cellobiose	-0.10 ^c
DD:30-40%	

*Population increased "+", Population decreased "-"

**Means with the same letter on the same column were not significant difference (p>0.05) by Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

A : the degree of deacetylation (DD) in chitosan is >90%.

B : the degree of deacetylation (DD) in chitosan disaccharide derivatives.

表六、幾丁聚糖雙糖衍生物在酸性溶液中對 *Staphylococcus aureus* 生長的影响。

Table 6. Effect of chitosan disaccharide derivatives under acidic solution (pH6.0) on the growth of *Staphylococcus aureus*.

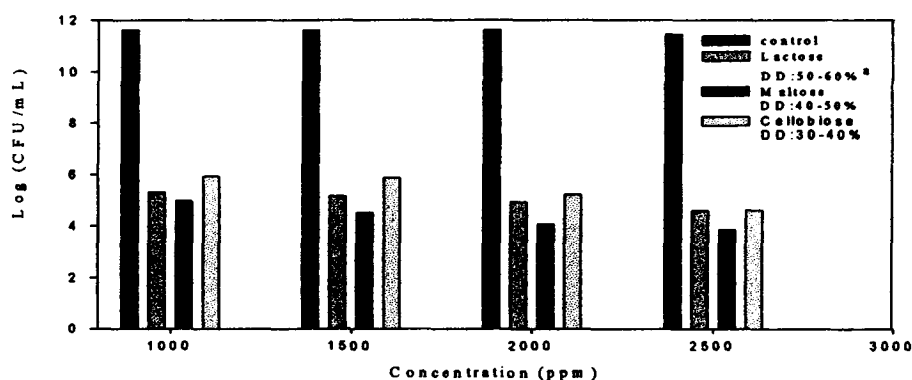
	Change of population (Log CFU/mL)*
Chitosan	-0.25 ^{ca}
DD:>90% ^A	
Lactose	-5.18 ^a
DD:50-60% ^B	
Maltose	-0.28 ^c
DD:40-50%	
Cellobiose	-1.67 ^b
DD:30-40%	

*Population increased "+", Population decreased "-"

**Means with the same letter on the same column were not significant difference (p>0.05) by Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

A : the degree of deacetylation (DD) of chitosan is >90%.

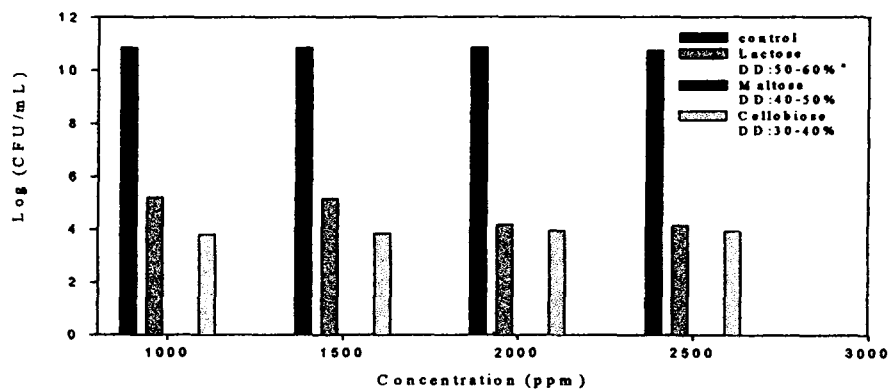
B : the degree of deacetylation of chitosan disaccharide derivatives.



圖八、不同濃度的水溶性幾丁聚糖雙糖衍生物對 *Bacillus cereus* 生長影响。

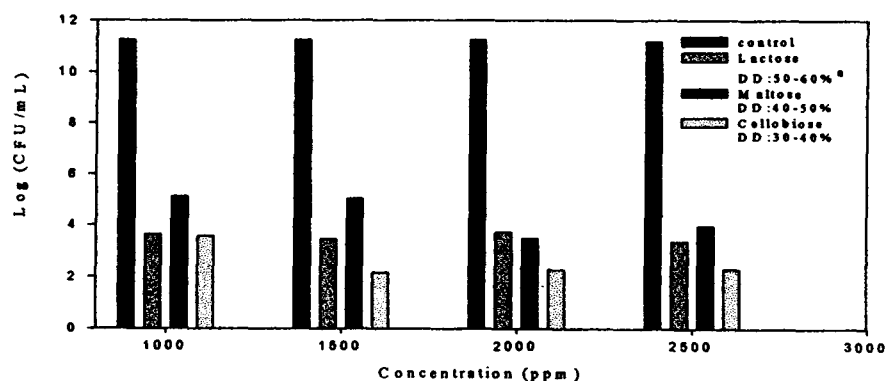
Fig. 8. Effect of water soluble chitosan disaccharide derivatives with different concentration on the growth of *Bacillus cereus*.

a : the degree of deacetylation (DD) in chitosan disaccharide derivatives.



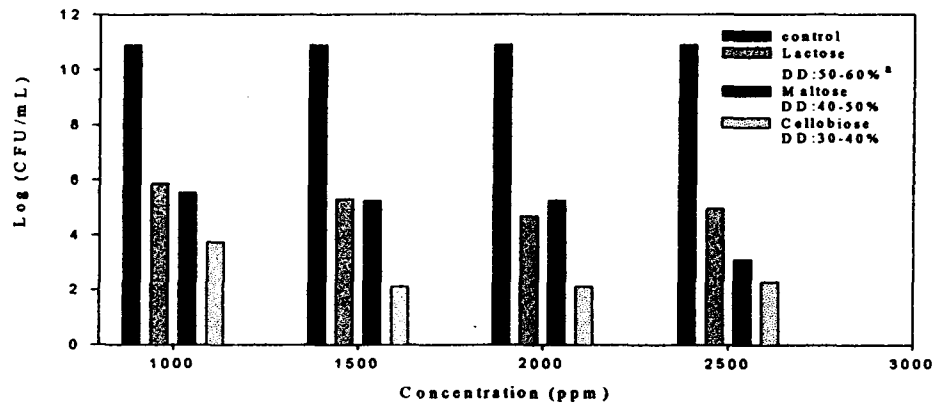
圖九、不同濃度的水溶性幾丁聚糖雙糖衍生物對 *Staphylococcus aureus* 生長的影响。

Fig. 9. Effect of chitosan disaccharide derivatives with different concentration on the growth of *Staphylococcus aureus*.
a : the degree of deacetylation of chitosan disaccharide derivatives.



圖十、不同濃度的水溶性幾丁聚糖雙糖衍生物對 *Escherichia coli* 生長的影响。

Fig. 10. Effect of chitosan disaccharide derivatives with different concentration on the growth of *Escherichia coli*.
a : the degree of deacetylation of chitosan disaccharide derivatives.



圖十一、不同濃度的幾丁聚糖雙糖衍生物對 *Salmonella* spp. 生長的影响。

Fig. 11. Effect of chitosan disaccharide derivatives with different concentration on the growth of *Salmonella* spp..

a : the degree of deacetylation of chitosan disaccharide derivatives.