

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

030301

幾丁聚醣對鮭魚生魚片抑菌之研究

學校名稱：臺北市立龍門國民中學

作者： 國三 吳軍霆 國二 吳軍霈	指導老師： 李秀玉
---------------------------------	------------------

關鍵詞：幾丁聚醣、抑菌、鮭魚生魚片

摘要

鮭魚生魚片是許多消費者的最愛，但往往含菌量高而易引起食物中毒。閱讀研究報告得知，幾丁聚醣無毒可食用且具有抑菌效果，故本研究目的係探討如何應用幾丁聚醣於生魚片之抑菌。本研究共計進行六次實驗，獲致如下結論：

- 1.幾丁聚醣與幾丁寡醣於濃度 0.01%以上對生魚片即具有抑菌效果。
- 2.去乙醯度 96.7%之幾丁聚醣溶液與去乙醯度 85.3%之幾丁聚醣溶液對生魚片皆有抑菌效果，但差異不顯著。
- 3.物性差異方面，以彈性、耐嚼性、硬度及內聚力順位比較，以 DDA96.7 之高分子量幾丁聚醣(濃度 0.01%)最佳，低分子量幾丁聚醣(濃度 0.01%)次之。
- 4.色澤差異方面，除醋酸偏白色，其他無差異。
- 5.成本方面，以 1000 公斤之生魚片，所需幾丁聚醣或幾丁寡醣溶液成本皆在新台幣 11 元以下。

壹、研究動機

從七年級的生物課程我們開始認識細菌，學習到細菌的構造與生活方式等，我們對細菌產生了濃厚興趣，而鮭魚生魚片是我們的最愛，也是許多消費者的最愛，然而往往含菌量高，引起食物中毒的機率大增，新聞時有民眾吃太多生魚片造成腹瀉之報導。由研究報告得知，幾丁聚醣具有免疫調節、抗腫瘤、抑菌、降血膽固醇及降血壓等功能，無毒且可食用，故可應用於食品科學之研究[吳，2005]。

因此本研究擬探討如何應用幾丁聚醣的抑菌效果於生魚片之抑菌，以減少吃生魚片而引起因為細菌而導致食物中毒之情況。

貳、研究目的

本研究目的有三：

- 一、探討不同濃度之幾丁聚醣對生魚片之抑菌效果。
- 二、探討不同去乙醯度之幾丁聚醣對生魚片之抑菌效果。
- 三、探討如何應用幾丁聚醣於生魚片的抑菌。

參、研究設備及器材

一、設備與器材

本研究之設備與器材如表 1 所示。

表 1. 儀器設備

			
分光光度計 (spectrophotometer)	恆溫培養箱	無菌操作台	pH 值測定儀
			
純水機	震盪機	物性測定儀	石英管
			
離心管	磁石	微量吸管(Pipette)	電子秤
			
幾丁聚醣	幾丁寡醣	培養基	冰醋酸

二、藥品

本研究藥品主要有：

1. 幾丁聚醣與幾丁寡醣

- (1) 幾丁聚醣(需溶解於弱酸，0.5%醋酸溶解度 99%以上)：去乙酰化程度，Degree of Deacetylation，DDA，85.3%(分子量 280KDa)和 96.7%(分子量 300KDa)。

(2) 水溶性幾丁聚醣：DDA 85% (水溶處理前原料達 95%)，分子量 30KDa。

(3) 幾丁寡醣：水溶性，分子量 0.4-2KDa。

2.培養基

(1) LB 培養液(Lysogeny broth，LB)。

(2) 胰化酪蛋白大豆洋菜培養液(Tryptic Soy Broth，TSB)：較 LB 營養，第三次到第五次實驗採用此培養液。

(3) 胰化酪蛋白大豆洋菜培養基(Tryptic soy agar，TSA)。

3.其他

其他藥品有冰醋酸、氫氧化鈉(NaOH)及酒精等。

三、試品樣本

鮭魚生魚片。

肆、理論探討

一、幾丁質、幾丁聚醣與幾丁寡醣

幾丁質是一種 N-乙醯胺基葡萄糖之聚合物，由 10,000~30,000 個 N-乙醯葡萄糖胺 (N-acetyl-D-glucosamine) 聚合而成。幾丁質和幾丁聚醣並無明確定義，一般而言幾丁質和幾丁聚醣是以其去乙醯程度來區分[洪，2010]。

幾丁聚醣，亦稱為甲殼素(chitosan) 為天然蟹殼去除蛋白質與鈣質後純化而得到的糖胺聚合物，結構與纖維類似，屬於動物性纖維[黃，2010]，這些來自天然的生物體，無毒並具有生物可分解性及良好的生物反應性，可利用這些特性應用於食品添加物、健康食品、廢水處理、醫療材料及生物技術開發等[李，2012]。

幾丁寡醣(N-acetyl-chitooligosaccharides)為獨特生理活性的功能性低聚醣，因為幾丁聚醣分子量大，不溶於水，僅溶於部分有機酸中，在食品的應用仍有相當之限制，因此如能製備成較低分子量之水溶性幾丁寡醣，將可有效的提高其利用價值 [林，2007]。

二、幾丁聚醣抑菌機制

幾丁聚醣之抑菌機制為帶正電之陽離子會與細菌表面之陰離子的產生靜電交互作用 (electrostatic interaction)，改變細菌細胞膜的穿透性，造成細胞內外物質不正常的進出，而達到的抑菌作用；此外進入菌體後的幾丁聚醣會與 DNA 結合，並抑制 RNA 的合成達到抑制細菌生長的效果[李等，2012]。

三、幾丁聚醣的抑菌能力之影響因素

影響幾丁聚醣的抑菌能力之因素主要包括：不同的菌種、幾丁聚醣的去乙醯度、分子量、濃度、有機酸溶液、pH 值、金屬離子及界面活性劑等[陳，2001]。綜合各文獻本研究將幾丁聚醣的抑菌能力影響因素彙整整理如表 2 所示。

表 2. 幾丁聚醣抑菌能力影響因素彙整

細菌名稱	有效抑菌最低濃度	有效抑菌最低分子量	有效抑菌去乙醯度
乳酸菌(Lactobacillus casei)	0.1%	高於或等於 10 kDa	高去乙醯度 抑菌效果較佳
乳酸菌(Lactobacillus bulgarcus)	0.35%		
乳酸菌(Lactobacillus plantarum)	0.05%		
乳酸菌(Streptococcus faecium)	0.33%		
枯草菌(Bacillus subtilis)	0.02%	低分子量抑菌效果較佳	
大腸菌(Escherichia coil)	0.0075%	高分子量 抑菌效果較佳	
金黃色葡萄球菌 (Staphylococcus)	0.05%		
綠膿菌(Pseudomonas aeruginosa)	0.02%	低分子量 抑菌效果為佳	

本研究整理，資料來源:林，2007、吳，2009、宮，2008。

伍、研究過程與結果

本研究將等重生魚片以不同濃度與不同去乙醯度之幾丁聚醣與幾丁寡醣溶液浸泡處理，透過目測法、混濁度測定法以及菌落計數法觀察其抑菌效果，並進一步以目測法與物性測定儀測定探討浸泡於具有抑菌效果之不同去乙醯度高分子量、低分子量幾丁聚醣或幾丁寡醣後之色澤與彈性變化，並計算應用去乙醯度高分子量、低分子量幾丁聚醣或幾丁寡醣溶液於鮭

魚生魚片之成本。本研究透過實驗結果檢討實驗步驟，而設計下一次的實驗，本研究合計進行六次實驗，各實驗成果檢討因素與調整過程說明如下：

一、第一次實驗

(一)實驗設計

將等重生魚片以不同濃度與不同去乙醯度之幾丁聚醣與溶液浸泡處理，透過目測法、混濁度測定法以及菌落計數法觀察其抑菌效果。

(二)實驗步驟

1.配置溶液

- (1) 將稱量好的幾丁聚醣溶解於 2% 醋酸水溶液，然後以磁石攪拌至溶解。
- (2) 配置詳如表 3 之條件。

表 3. 第一次實驗條件

幾丁聚醣濃度 醋酸濃度 DDA	0.2% 2%	0.1% 2%	0.05% 2%	0.02% 2%
85.3%	#1	#2	#3	#4
96.7%	#5	#6	#7	#8
對照組	#9(水)	#10(2%醋酸)	#11(無)	#12(無/4°C)

2.生魚片的處理

將生魚片(10 克/片)分別放入以上的條件，浸泡 15 小時後，拍照觀察。

3.混濁度測定

- (1) 以 pH 值測定儀測定樣本之 pH 值(泡過上述條件之生魚片溶液)。
- (2) 加 3c.c.的 LB 及 100 μ l 之樣本至每一瓶試管。
- (3) 把試管移至恆溫培養箱(37°C，搖動模式)，放置 18 小時後，測定 OD600 值。

4.菌落計數法

- (1) 製作培養基：取 TSA，加適量水並且進行滅菌。將適量(約 10-15 毫升)滅完菌之培養基，分別充填於塑膠培養皿。

(2) 依次取浸泡過各條件溶液之生魚片各一，輕壓在培養皿上。

(3) 放置室溫(約 20 度)，拍照記錄，計算菌落。

(三)實驗結果

目測法、混濁度測定法以及菌落計數法實驗結果，除#9(水)、#11(無)、#12(無/4°C)外，都沒有菌產生。詳細說明如下：

1.攝影目測法實驗結果

攝影目測法實驗結果如表 4 所示：生魚片浸泡於溶液中達 15 小時後，脂肪部分被溶解生魚片成碎片。

表 4. 第一次實驗攝影目測結果

	第一天	第三天	第五天
#1 (DDA=85.3% , 0.2%)			
#2 (DDA=85.3% , 0.1%)			
#3 (DDA=85.3% , 0.05%)			
#4 (DDA=85.3% , 0.02%)			
#5 (DDA=96.7% , 0.2%)			

	第一天	第三天	第五天
#6 (DDA=96.7% , 0.1%)			
#7 (DDA=96.7% , 0.05%)			
#8 (DDA=96.7% , 0.02%)			
#9 (水)			
#10 (2%醋酸)			
#11 (無)			
#12 (無/4°C)			

2.混濁度測定法實驗結果

混濁度測定法之實驗結果如表 5 所示：除#9(水)為 1.732，其餘組別 OD600 值皆為 0；溶液 pH 值，除#9(水)為 5.95，其餘組別在 2.67 到 2.96 間。

表 5. 第一次實驗混濁度與 pH 值測定結果

OD 600 值除#9(水)為 1.732 外，其餘皆為 0。				
幾丁聚醣 DDA85.3%				
條件(濃度)	#1(0.2%)	#2(0.1%)	#3(0.05)	#4(0.02%)
pH 值	2.93	2.88	2.72	2.92
幾丁聚醣 DDA96.7%				
條件(濃度)	#5(0.2%)	#6(0.1%)	#7(0.05)	#8(0.02%)
pH 值	2.79	2.88	2.67	2.85
對照組	#9(水)		#10(2%醋酸)	
pH 值	5.95		2.96	

3. 菌落計數法實驗結果

菌落計數法實驗結果如表 6 所示：除#9(水)、#11(無)與#12(無/4°C)在第三天有菌落出現外，其餘各條件到第五天仍無菌落出現。

表 6. 第一次實驗菌落計數結果

條件	第一天	第三天	第五天
#9 (水)	0	 24	 52
#11 (無)	0	 34	 56
#12 (無/4°C)	0	 27	 49
除#9(水)、#11(無)、#12(無/4°C)其餘條件至第 5 天菌落數皆為 0。			

二、第二次實驗

(一)第一次實驗結果檢討與第二次實驗設計

第一次實驗除#9(水)、#11(無)、#12(無/4°C)外，都沒有菌產生，本研究檢討沒有菌產生之可能原因，依據各可能原因，調整第二次實驗之主要步驟，說明如下：

1. 第一次實驗除水外，各溶液 pH 值皆低於 5，因此第二次實驗步驟增加改以 NaOH 中和調整各溶液之 pH 值 5 以上。
2. 第一次實驗浸泡時間 15 小時太長，所以第二次實驗生魚片浸泡時間縮短，考量部分細菌生長速度快，處理生魚片的時間若能縮短則對生魚片的保鮮較好，因此本研究擇定以 5 分鐘為浸泡時間。
3. 第一次實驗之菌落培養溫度約 20 度可能太低，因此第二次實驗菌落培養改為恆溫培養箱(37 度)。
4. 第一次實驗之幾丁聚醣濃度較高，所以第二次實驗幾丁聚醣濃度改為 0.1%~0.0001%。

(二)實驗步驟

1.配置溶液

- (1) 將稱量好的幾丁聚醣溶解於 2% 醋酸水溶液，然後以磁石攪拌至溶解。
- (2) 配置詳如表 7 之條件，邊測 pH 值，邊加 NaOH 直到 pH>5 才停止。

表 7. 第二次實驗條件

幾丁聚醣濃度 醋酸濃度 DDA	0.1% 2%	0.01% 0.2%	0.001% 0.02%	0.0001% 0.002%
85.3%(有 NaOH)	#1	#2	#3	#4
85.3%(無 NaOH)	#5	#6	#7	#8
96.7%(有 NaOH)	#9	#10	#11	#12
96.7%(無 NaOH)	#13	#14	#15	#16
對照組	#17 (水)	#18 (NaOH 加醋酸溶液)	#19 (2%醋酸)	

2.生魚片的處理：除浸泡時間改為 5 分鐘，餘同第一次實驗。

3.混濁度測定法：同第一次實驗步驟。

4.菌落計數法：

(1)製作培養基：同第一次實驗。

(2)取有提高 pH 值之樣本 100 μ l 至培養皿 (NaOH 的 8 瓶、水和 NaOH 加醋酸)。

(3)以 L 型玻棒 90 度角為中心向為旋轉，放入 37 度恆溫培養箱中培養 18 小時。

(三)實驗結果

幾丁聚醣的抑菌性隨著濃度降低而降低；醋酸具有抑菌效果；部分樣本菌落數過多無法計算。詳細如下說明：

1.攝影目測結果:攝影目測結果如表 8 所示：無顯著差異。

表 8. 第二次實驗攝影目測結果

條件	有 NaOH	無 NaOH	條件	有 NaOH	無 NaOH
DDA=85.3% 0.1%	#1 	#5 	DDA=96.7% 0.1%	#9 	#13 
DDA=85.3% 0.01%	#2 	#6 	DDA=96.7% 0.01%	#10 	#14 
DDA=85.3% 0.001%	#3 	#7 	DDA=96.7% 0.001%	#11 	#15 
DDA=85.3% 0.0001%	#4 	#8 	DDA=96.7% 0.0001%	#12 	#16 

條件	有 NaOH	無 NaOH	條件	有 NaOH	無 NaOH
水	#17 		2% 醋酸	#18 	#19 

2.混濁度測定結果:混濁度測定結果如圖 1 所示：未經 NaOH 提高 pH 值溶液 OD600 值顯著高於經 NaOH 提高 pH 值溶液。DDA 96.7%與 85.3%之幾丁聚醣溶液 OD600 值差異不顯著。pH 值測定結果如表 9 所示。

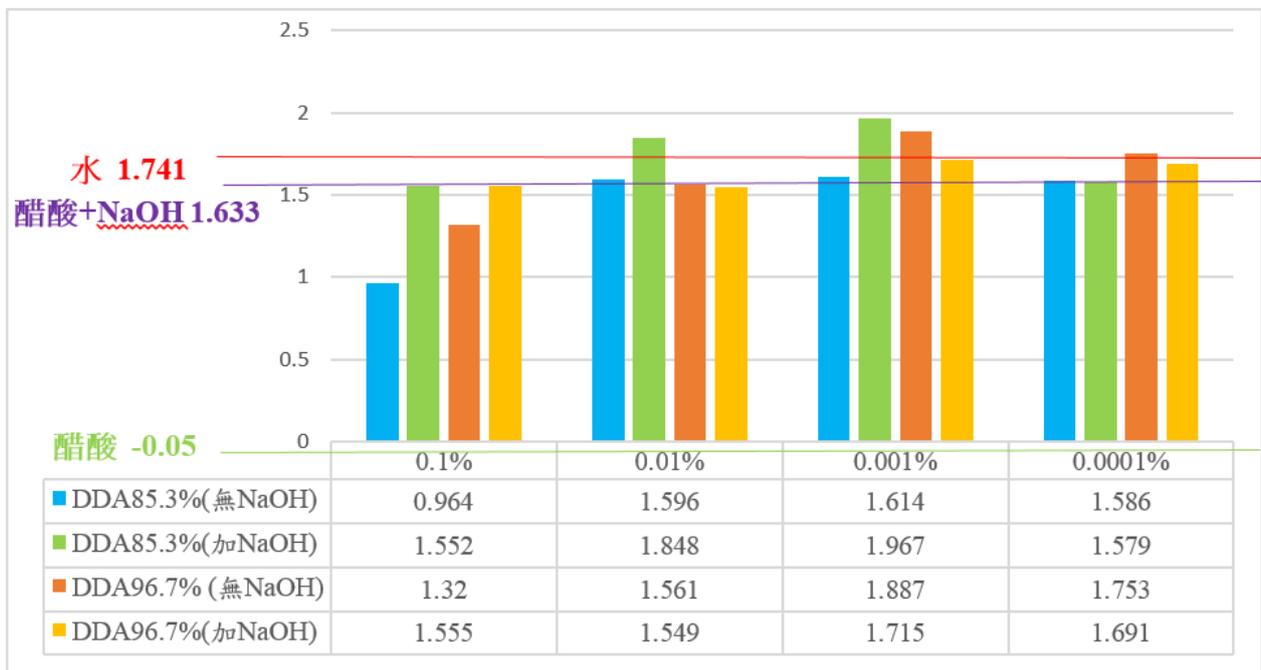


圖 1. 第二次實驗之混濁度測定結果

表 9. 第二次實驗之 pH 值測定結果

幾丁聚醣 DDA85.3%(有 NaOH)				
條件(濃度)	#1(0.1%)	#2(0.01%)	#3(0.001%)	#4(0.0001%)
pH 值	5.02	5.03	5.33	5.68
幾丁聚醣 DDA85.3%(無 NaOH)				
條件(濃度)	#5(0.1%)	#6(0.01%)	#7(0.001%)	#8(0.0001%)
pH 值	3.81	4.14	4.95	5.36
幾丁聚醣 DDA96.7%(加 NaOH)				
條件(濃度)	#9(0.1%)	#10(0.01%)	#11(0.001%)	#12(0.0001%)
pH 值	5.00	5.03	5.32	5.78
幾丁聚醣 DDA96.7% (無 NaOH)				

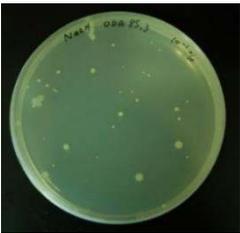
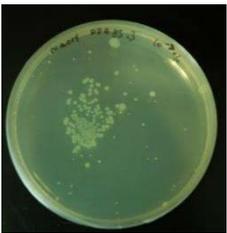
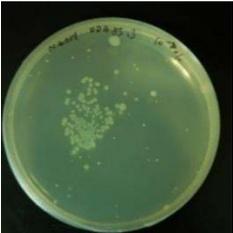
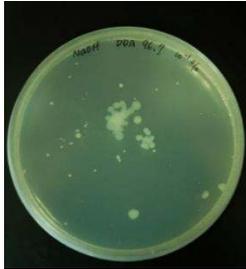
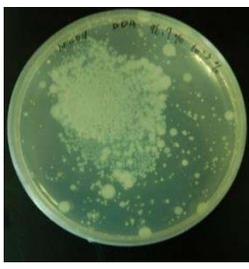
條件(濃度)	#13(0.1%)	#14(0.01%)	#15(0.001%)	#16(0.0001%)
pH 值	2.21	3.07	4.86	5.32
對照組	#17(水)	#18(醋酸+NaOH)	#19(醋酸)	
pH 值	5.95	5.00	2.60	

3.菌落計數法實驗結果

菌落計數法結果如表 10 及圖 2 所示：

- (1) 幾丁聚醣溶液與 2% 醋酸溶液對生魚片皆有抑菌效果，但何者為優並不顯著。
- (2) DDA 96.7% 與 85.3% 之幾丁聚醣溶液抑菌效果之差異不顯著。
- (3) 幾丁聚醣溶液濃度 0.01% 抑菌效果顯著，但至 0.001% 抑菌效果便不顯著。

表 10. 第二次菌落計數法實驗結果

DDA85.3%(有 NaOH)				
幾丁聚醣濃度	0.1%	0.01%	0.001%	0.0001%
醋酸濃度	2%	0.2%	0.02%	0.002%
條件	#1	#2	#3	#4
菌落數	 33	 102	 124	 207
DDA96.7%(有 NaOH)				
幾丁聚醣濃度	0.1%	0.01%	0.001%	0.0001%
醋酸濃度	2%	0.2%	0.02%	0.002%
條件	#9	#10	#11	#12
菌落數	 45	 121	 TNTC(407)	 223
對照組	水		2%醋酸+NaOH	
條件	#17		#18	
菌落數				

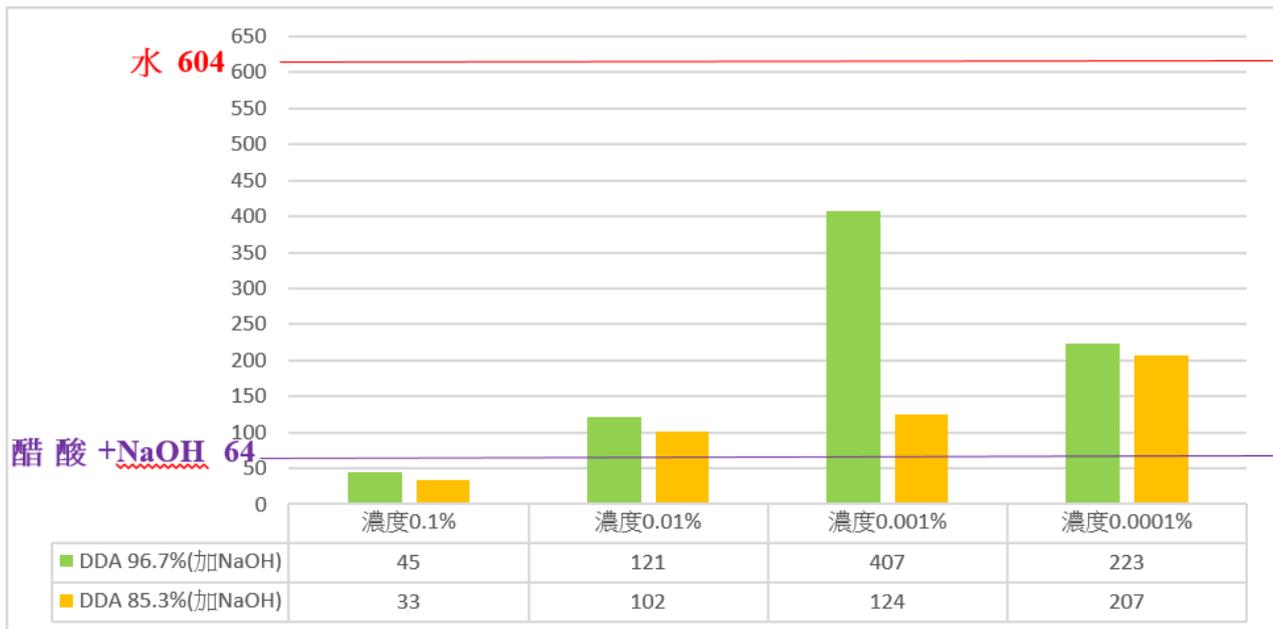
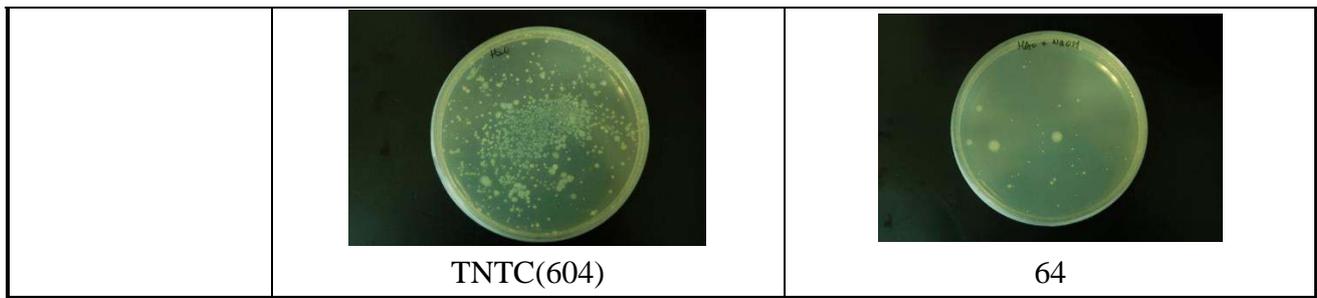


圖 2. 第二次菌落計數法實驗結果

三、第三次實驗

(一)第二次實驗結果檢討與第三次實驗設計

從第二次實驗結果發現第二次實驗步驟存在以下兩個問題，因此第三次實驗之主要步驟作以下調整：

- 1.部分培養皿菌落數超過 300(Too Numerous To Count, TNTC)，因此第三次實驗培養皿塗盤前進行序列稀釋 10^{-1} 、 10^{-2} 與 10^{-3} ，以 10^{-2} 與 10^{-3} 塗盤。
- 2.第二次實驗步驟中幾丁聚醣濃度稀釋時醋酸濃度也隨之被稀釋，且經由第二次實驗結果之對照組發現醋酸之抑菌效果也十分顯著，所以若醋酸濃度不固定，則無法判斷不同濃度之幾丁聚醣抑菌效果為幾丁聚醣濃度變化或者是醋酸之濃度變化所致，

因此第三次實驗希望調整以不具益菌效果之固定醋酸濃度溶解幾丁聚醣，為尋找該合適之醋酸濃度，進行以下兩測試：

- (1) 測試可溶解幾丁聚醣的最低醋酸濃度。
- (2) 測試醋酸對生魚片不具有抑菌效果的最低濃度，若第(1)點之濃度低於第(2)點知最低濃度，則表示第(1)點之醋酸濃度已無抑菌效果，因此溶解於該醋酸濃度之幾丁聚醣，便可確認幾丁聚醣本身之抑菌性，而不受醋酸之影響。

(二)實驗步驟

1.配置溶液

- (1)測試溶解幾丁聚醣之醋酸最低濃度，測試結果如表 11，最後應用序號 3。

表 11. 測試結果

序號	幾丁聚醣濃度	醋酸濃度	可否完全溶解	序號	幾丁聚醣濃度	醋酸濃度	可否完全溶解
1	1%	0.1%	否	4	2%	0.5%	否
2	0.1%	0.1%	是	5	5%	0.5%	否
3	1%	0.5%	是	最後應用的組別為序號 3			

- (2)配置詳表 12 之條件。

表 12. 第三次實驗條件

幾丁聚醣濃度 醋酸濃度	0.1% 0.05%	0.01% 0.05%	0.001% 0.05%	0.0001% 0.05%
DDA				
85.3%	#1	#2	#3	#4
96.7%	#5	#6	#7	#8
對照組	#9 水	#10 0.5%醋酸	#11 0.05%醋酸	#12 0.005%醋酸

2.生魚片的處理：將 1g 的生魚片浸泡於溶液 5 分鐘，用震盪機均勻攪拌，續列稀釋 10^{-1} 、 10^{-2} 和 10^{-3} ，取 10^{-2} 和 10^{-3} 塗盤。

3.混濁度測定：除取 10^{-3} 中 1ml 加入 9ml 培養液測定，餘同第二次實驗。

4.菌落計數法：同第二次實驗。

(三)實驗結果

所有條件，包含對照組水，混濁度測定法、菌落計數法的數據皆為 0。

1.混濁度測定結果:

混濁度測定結果如表 13 所示：包含對照組#9(水)，OD600 值皆為 0。

表 13. 第三次實驗之混濁度與 pH 值測定結果

包含對照組#9(水)，OD 600 值皆為 0。				
幾丁聚醣 DDA85.3%				
條件(濃度)	#1(0.1%)	#2(0.01%)	#3(0.001%)	#4(0.0001%)
pH 值	5.23	4.36	4.31	4.40
幾丁聚醣 DDA96.7%				
條件(濃度)	#5(0.1%)	#6(0.01%)	#7(0.001%)	#8(0.0001%)
pH 值	5.19	4.48	4.46	4.40
對照組	#9(水)	#10(0.5%醋酸)	#12(0.05%醋酸)	#13(0.005%醋酸)
pH 值(前)	6.54	3.63	4.35	5.42

2.菌落計數法實驗結果:各條件菌落數皆為 0。

四、第四次實驗

(一)第三次實驗結果檢討與第四次實驗設計

第三次實驗結果所有條件，包含對照組水，數值皆為 0，推測其可能因素有如下三點，第四次實驗各可能原因作以下調整：1.第三次實驗溶液稀釋可能過多，因此第四次實驗減少稀釋倍數為原液、 10^{-1} 、 10^{-2} ；2.第三次實驗的生魚片店的生魚片可能本身無菌，該部分以對照組水做確認；3.實驗步驟過程造成滅菌效果，所以第四次實驗增加大腸桿菌的菌液作為對照組以確認實驗過程中否會造成滅菌。

(二)實驗步驟

1.配置溶液：配置詳表 14 之條件。

表 14. 第四次實驗條件

幾丁聚醣濃度 醋酸濃度 DDA	1% 0.5%	0.1% 0.05%	0.01% 0.05%	
96.7%	#1	#2	#3	
85.3%	#4	#5	#6	
對照組	#7(水)	#8(0.5%醋酸)	#9(0.05%醋酸)	#10(0.005%醋酸)
	#11(0.5%醋酸加菌液)		#12(水加菌液)	

2.生魚片處理：除續列稀釋除取原液、 10^{-1} 、 10^{-2} ，餘同第三次實驗。

3.混濁度測定：除取 10^{-2} 外，餘同第二次實驗。

4.菌落計數法：同第二次實驗。

(三)實驗結果

除了#7(水)、#10(0.005%醋酸)、#11(0.5%醋酸加菌液)與#12(水加菌液)外，菌落數皆為 0。其中可由對照組#12(水加菌液)之 10^{-1} 菌落數為 TNTC， 10^{-2} 菌落數 41，可證前次實驗推論可能 3「實驗步驟過程造成滅菌效果」並不成立；而對照組#7(水)稀釋 10^{-1} 菌落數為 76，證明前次實驗推斷可能 2 生魚片不含菌並不成立。

此外，由#9(0.05%)醋酸的菌落數 0，#10(0.005%醋酸)在原液時菌落數為 9，皆低於對照於#7(水)稀釋 10^{-1} 菌落數為 76，可知醋酸濃度到 0.005%時抑菌效果雖較 0.05%醋酸差，但仍具有抑菌效果。

可溶解 1%幾丁聚醣的最低醋酸濃度為 0.5%，而醋酸至 0.005%皆仍具有抑菌效果，因此仍無法比較不同濃度與 DDA 幾丁聚醣溶液之抑菌效果的差異。

1.混濁度測定結果:混濁度測定結果如表 15 所示：除#11(0.5%醋酸加菌液)、#12(水加菌液)外，皆低於水。

表 15. 第四次實驗之混濁度測定結果

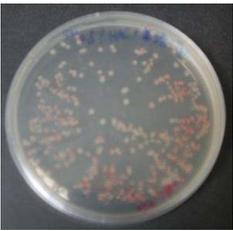
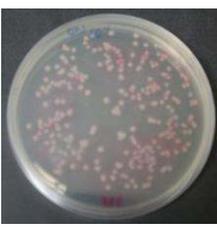
幾丁聚醣 DDA85.3%

條件(濃度)	#1(1%)	#2(0.1%)	#3(0.01%)			
OD 600 值(10^{-2})	0.017	0.022	0.009			
幾丁聚醣 DDA96.7%						
條件(濃度)	#4(1%)	#5(0.1%)	#6(0.01%)			
OD 600 值(10^{-2})	0.141	0.007	0.005			
對照組	#7 (水)	#8 (0.5%醋酸)	#9 (0.05%醋酸)	#10 (0.005%醋酸)	#11 (0.5%醋酸加菌液)	#12 (水加菌液)
OD 600 值(10^{-2})	0.726	0.002	0.018	0.385	0.932	1.135

註：橙色數值代表低於水之測定值；綠色為加菌液之對照組值。

2.菌落計數法實驗結果:菌落計數法結果如表 16 所示:除了水(#7)、#10(0.005%醋酸)、#11(0.5%醋酸加菌液)與#12(水加菌液)外，菌落數皆為 0。

表 16. 第四次實驗之菌落計數法結果

稀釋倍率 條件	原液	10^{-1}	10^{-2}
#7 (水)	 TNTC	 24	0
#10 (0.005%醋酸)	 TFTC(9)	0	0
#11 (0.5%醋酸加菌液)	 TNTC	 TNTC	 76

#12 (水加菌液)			
	TNTC	TNTC	41
其餘菌落數皆為 0			

五、第五次實驗

(一)第四次實驗結果檢討與第五次實驗設計

經由第四次實驗發現可溶解幾丁聚醣之醋酸之最低濃度仍具有抑菌性，因此無法比較幾丁聚醣與醋酸抑菌效果何者為佳，所以第五次實驗作以下調整：

- 1.單純以大腸桿菌液比較幾丁聚醣與醋酸抑菌效果之差異。
- 2.採用無需醋酸作為溶劑之水溶性幾丁聚醣(低分子量幾丁聚醣)與幾丁寡醣進行實驗以區別醋酸抑菌性之影響。

(二)實驗步驟

1.幾丁聚醣與醋酸抑菌效果之差異

- (1) 配置溶液：配置出 3 瓶詳如表 17 條件之溶液。

表 17. 幾丁聚醣與醋酸抑菌效果之差異條件

編號	條件
#1	1% , DDA96.7%之幾丁聚醣+0.5%醋酸
#2	0.5%醋酸
#3	二次水

- (2) 處理大腸桿菌

- A. 將大腸桿菌菌液(E.coil)，估計濃度 10^9 /ml 之液體培養於 TSB 24 小時。
- B. 以菌液 1ml 環境條件，比例作用 5 小時。

- (3) 菌落計數法：除進行三重複塗盤，餘同第二次實驗步驟。

2.水溶性幾丁聚醣與幾丁寡醣抑菌效果

(1) 配置溶液：配置詳表 18 之條件。

表 18. 水溶性幾丁聚醣與幾丁寡醣抑菌效果條件

濃度	1%	0.1%	0.01%	每個溶液均需稀釋 10 倍和加入 1 各生魚片。
藥品				
幾丁聚醣	#1	#2	#3	
幾丁寡醣	#4	#5	#6	
對照組	#7(水)		#8(水加菌液)	

(2)生魚片處理：除續列稀釋取原液與 10^{-1} ，餘同第三次實驗步驟。

(3)混濁度測定：除取 10^{-2} ，餘同第二次實驗。

(4)菌落計數法：同第二次實驗。

(二)實驗結果

1.幾丁聚醣與醋酸抑菌效果之差異實驗結果

溶於 0.05%醋酸 DDA96.7%的 1%幾丁聚醣的菌落數與 0.05%醋酸菌落數皆比水的菌落數少，故可推測幾丁聚醣與醋酸確實皆有抑菌效果；且再由溶於 0.05%醋酸 DDA96.7%的 1%幾丁聚醣的菌落數少於 0.05%醋酸菌落數可知幾丁聚醣的抑菌效果較醋酸為佳。將三重複數據去除離峰值取平均結果如表 19 所示。

表 19. 幾丁聚醣與醋酸抑菌效果之差異菌落計數法結果

稀釋倍率	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
條件					
#1(0.5% 醋酸 +1%DDA96.7% 之幾丁聚醣)	TNTC	TNTC	38.5 (22,55,132)	4.5 (4,5,10)	1 (0.1.2)
#2(0.5%醋酸)	TNTC	TNTC	TNTC	35(20.50.122)	5.5(5.6.9)
#3(二次水)		TNTC	TNTC	83(76.90.126)	7(6.8.16)

2.水溶性幾丁聚醣與幾丁寡醣抑菌效果

除對照組水的原液菌落數 25，加菌液原液 65 外，幾丁聚醣或寡醣的溶液菌落數皆為 0，顯示低分子量(30KDa) 幾丁聚醣與幾丁寡醣到濃度 0.01%仍有抑菌效果。

(1) 混濁度測定法:混濁度測定法結果如表 20 所示：除#6(0.01%)與#8(水加菌液)外

OD600 值皆低於水。

表 20. 水溶性幾丁聚醣與幾丁寡醣抑菌效果之混濁度測定法結果

水溶性幾丁聚醣			
條件(濃度)	#1(1%)	#2(0.1%)	#3(0.01%)
OD600 值	0.002	0.000	0.000
幾丁寡醣			
條件(濃度)	#4(1%)	#5(0.1%)	#6(0.01%)
OD600 值	0.031	0.000	0.957
對照組		#7(水)	#8(水加菌液)
OD600 值	0.355	0.973	

註：橙色數值代表低於水之測定值；綠色為加菌液之對照組值。

(2) 菌落計數法:菌落計數法結果如表 21 所示：除對照組水的原液菌落數 25，加菌液原液 65 外，幾丁聚醣或寡醣的溶液菌落數皆為 0。

表 21. 水溶性幾丁聚醣與幾丁寡醣抑菌效果菌落計數法結果

稀釋倍率	原液	稀釋倍率	原液	10^{-1}
條件		條件		
#7(水)		#8(水加菌液)		
	25		65	29
其餘菌落數皆為 0。				

六、第六次實驗

(一)實驗設計

經由前五次實驗結果顯示生魚片浸泡於濃度 0.01%以上不同去乙醯度之高分子量、水溶性幾丁聚醣或幾丁寡醣和 0.05%醋酸 5 分鐘後皆具有抑菌效果，因此進一步探討生魚片浸泡後之口感，惟口感因人而異，故本研究探討浸泡於前述五種溶液後之物性與色澤變化，並以進一步探討如何應用幾丁聚醣於生魚片的抑菌，以及從成本角度探討其應用性。其中物性變化以物性測定儀進行測試，雖然硬度、內聚力、彈性和耐嚼性改變後，

口感未必更差，但口感甚為主觀，因此本研究以最接近無(未浸泡溶液之生魚片)越接近之溶液為最佳。而考量生魚片大家應比較重視彈性，而不是軟爛的口感，因此本研究以彈性為最優先之比較指標，而後其次依序為耐嚼性、硬度與內聚力。此外，色澤變化原擬以色差儀進行測定，為經討論色澤係影響顧客之觀感，如顧客肉眼無法辨識之色澤差異，即無色澤變化便無此影響，因此本實驗有關色澤變化改採目測方式，而未再以色差儀進行測定。

(二)實驗步驟

1.配置溶液：配置詳表 22 之條件。

表 22. 第六次實驗條件

序號	條件	序號	條件
#1	高分子量幾丁聚醣(0.01% , DDA85.3)	#4	幾丁寡醣(0.01%)
#2	高分子量幾丁聚醣(0.01% , DDA96.7)	#5	醋酸(0.05%)
#3	水溶性幾丁聚醣(0.01%)	#6	無，未浸泡任何溶液

2.物性變化

(1) 電腦部分:設定如圖 3 之數值：

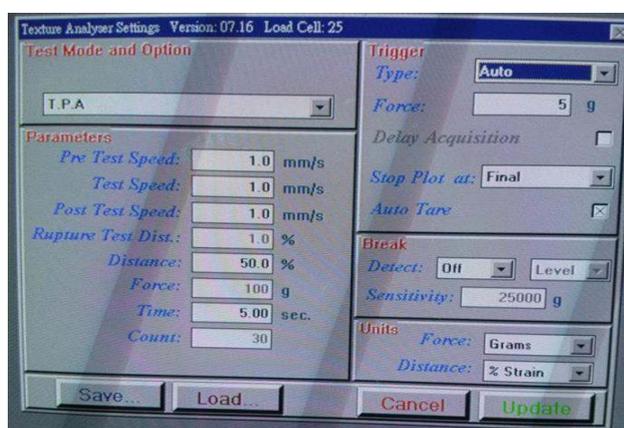


圖 3. 物性測定儀參數設定

(2) 將 18 片生魚片分三組浸泡於#1~#5 之條件 5 分鐘後取出與#6(無)生魚片，就位，執行物性測定儀測定，於 Texture Expert(電腦程式)測定畫面取得各數值。

2.色澤變化：由目測攝影方式判斷生魚片浸泡前後之色澤差異。

3.成本探討：將浸泡於#1~#5 溶液之生魚片秤重，浸泡 5 分鐘後再秤重。進行三重複。

(二)實驗結果

1.物性變化實驗結果

(1)各條件之三重複物性測定儀測定結果整理如表 23 所示。

表 23. 物性測定儀測定結果

Parameter		Force	Time	Distance	Area-FT	Force	Time	Distance	Area-FT
No		1	1	1	1:2	2	2	2	3:4
Units		gs	s	mm	gs	gs	s	mm	gs
#1(高分子量幾丁聚醣，0.01%，DDA85.3)	第一次	1024.0	4.3	4.25	1320.0	851.0	15.8	4.25	690.0
	第二次	1164.9	4.7	4.69	1427.0	976.7	17.1	4.69	748.9
	第三次	993.3	4.3	4.30	1091.0	794.8	15.9	4.29	531.2
#2(高分子量幾丁聚醣，0.01%，DDA96.7)	第一次		4.0	4.04	1079.0	704.5	15.1	4.04	483.6
	第二次	766.5	4.7	4.74	815.2	631.7	17.2	4.74	399.0
	第三次	697.3	4.0	3.96	663.0	550.9	14.9	3.96	351.6
#3(低分子量幾丁聚醣，0.01%)	第一次	859.0	3.6	3.60	918.6	674.1	13.8	3.60	413.7
	第二次		5.4	5.37	1489.0	677.3	19.1	5.37	127.0
	第三次	773.2	4.6	4.56	899.3	615.0	16.7	4.56	487.9
#4(幾丁寡醣，0.01%)	第一次	851.3	4.5	4.46	1048.0	674.8	16.4	4.46	542.8
	第二次	824.7	3.6	3.56	692.8	689.0	13.7	3.56	370.9
	第三次	537.8	4.3	4.28	606.8	440.3	15.9	4.28	295.4
#5(醋酸，0.05%)	第一次	961.6	3.8	3.78	1035.0	741.1	14.4	3.78	521.3
	第二次	796.0	4.5	4.45	956.1	654.1	16.4	4.45	479.6
	第三次	956.4	3.9	3.89	969.9	761.5	14.7	3.89	473.1
#6(無)	第一次	440.9	5.4	5.44	657.6	383.0	19.4	5.44	351.7
	第二次	562.4	4.1	4.14	579.8	469.0	15.4	4.14	325.1
	第三次	1279.3	3.8	3.83	1306.0	1050.9	14.5	3.83	728.6

(2) 依照表 24 說明計算各參數[孫等，2007；羅，2010]，計算結果如表 25 所示。

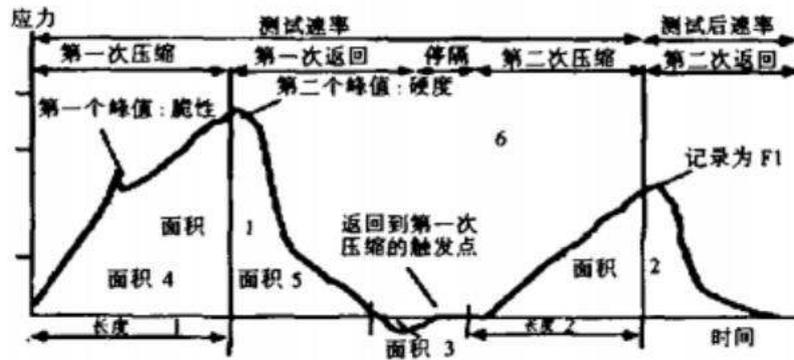


圖 4. 質地特徵曲線

表 24. 參數定義與計算說明

參數	定義與說明
硬 度 (Hardness)	第一次壓縮時的最大峰值，多數食品的硬度值出現在最大變形處，有些食品壓縮到最大變形處並不出現應力峰(食物變形所需之力)。
脆 性 (Factorability)	壓縮過程中並不一定都產生破裂，在第一次壓縮過程中若是產生破裂現象，曲線中出現一個明顯的峰，此峰值就定義為脆性。若第一次壓縮曲線中若是出現兩個峰，則第一個峰定義為脆性，第二個定義為硬度；若是只有一個峰值，則定義為硬度，無脆性值。
黏 性 (Adhesiveness)	第一次壓縮曲線達到零點到第二次壓縮曲線開始之間的曲線的負面積(圖 4 中的面積 3)，反映的是探頭由於測試樣品的粘著作用所消耗的功(食物與機器面附著時，使兩者分開所需的能量)。
內 聚 力 (Cohesiveness)	表示測試樣品經過第一次壓縮變形後所表現出來的第二次壓縮的相對抵抗能力，在曲線上表現為兩次壓縮所做正功之比(圖 4 中面積 2/面積 1)(食物變形致破壞以前所程承受的程度，即咬斷食物所需之能量)。
彈 性 (Springness)	樣品經過第一次壓縮以後能夠再恢復的程度。兩次壓縮測試之間的停隔時間對彈性的測定很重要，停隔時間越長，恢復的高度越大。彈性是用第二次壓縮中所檢測到的樣品恢復高度(長度 2)和第一次的壓縮變形量(長度 1)之比值來表示(食物變形後，能回復成原有高度的比例)。
耐 嚼 性 (Chewiness)	只用於描述固態測試樣品，數值上用硬度、內聚性和彈性的乘積表示。測試樣品不可能既是固態又是半固態，所以不能同時用咀嚼性和膠粘性來描述某一測試樣品的質構特性(將固體食物咀嚼至可吞下程度所需之力)。

表 25. 物性參數計算結果

參數		硬度 (Hardness)	內聚力 (Cohesiveness)	彈性 (Springness)	耐嚼性 (Chewiness)
#1(高分子量幾丁聚醣，0.01%，DDA85.3)	第一次	851.0	0.52	1.00	444.84
	第二次	976.7	0.52	1.00	512.58
	第三次	794.8	0.49	1.00	386.98

#2(高分子量幾丁聚醣，0.01%，DDA96.7)	第一次	704.5	0.45	1.00	315.75
	第二次	631.7	0.49	1.00	309.19
	第三次	550.9	0.53	1.00	292.15
#3(低分子量幾丁聚醣，0.01%)	第一次	674.1	0.45	1.00	303.59
	第二次	1013.0	0.46	1.00	469.21
	第三次	615.0	0.54	1.00	333.66
#4(幾丁寡醣，0.01%)	第一次	674.8	0.52	1.00	349.51
	第二次	689.0	0.54	1.00	368.87
	第三次	440.3	0.49	1.00	214.35
#5(醋酸，0.05%)	第一次	741.1	0.50	1.00	373.27
	第二次	654.1	0.50	1.00	328.11
	第三次	761.5	0.49	1.00	371.45
#6(無)	第一次	383.0	0.53	1.00	204.84
	第二次	469.0	0.56	1.00	262.97
	第三次	1050.9	0.56	1.00	586.28

(3) 依據表 25，去除離峰值後之兩數取平均，結果如表 26 所示。由表 26，硬度以 #3(低分子量幾丁聚醣，0.01%)最佳；、內聚力以#4(幾丁寡醣，0.01%)最佳；彈性各條條件，而耐嚼性則以#2(高分子量幾丁聚醣，0.01%，DDA96.7)最佳。考量生魚片大家應比較重視彈性，而不是軟爛的口感，因此本研究以彈性為最優先之比較指標，而後其次依序為耐嚼性、硬度與內聚力，以此順位比較，綜合而言，在五種溶液中以#2(高分子量幾丁聚醣，0.01%，DDA96.7)最佳，#3(低分子量幾丁聚醣，0.01%)次之。

表 26. 物性取平均後之差異比較

參數	硬度	差異百分比	內聚力	差異百分比	彈性	差異百分比	耐嚼性	差異百分比
#1(高分子量幾丁聚醣，0.01%，DDA85.3)	822.9	93.2%	0.50	-7.8%	1.00	0.0%	415.82	77.8%
#2(高分子量幾丁聚醣，0.01%，DDA96.7)	668.1	56.8%	0.47	-14.4%	1.00	0.0%	312.47	33.6%
#3(低分子量幾丁聚醣，0.01%)	644.6	51.3%	0.50	-9.4%	1.00	0.0%	318.62	36.2%
#4(幾丁寡醣，0.01%)	681.9	60.1%	0.53	-3.9%	1.00	0.0%	359.19	53.6%
#5(醋酸，0.05%)	741.1	74.0%	0.50	-8.1%	1.00	0.0%	373.27	59.6%

#6(無)	426.0	0.0%	0.55	0.0%	1.00	0.0%	233.91	0.0%
-------	-------	------	------	------	------	------	--------	------

2.色澤變化實驗結果：各條件之三重複色澤目測結果整理如表 27 所示，經由表 27 可知，各溶液浸泡後之生魚片色澤除醋顏色略淡外，其他無差異。

表 27. 色澤變化實驗結果

	第一次	第二次	第三次
#1(高分子量幾丁聚醣，0.01%，DDA85.3)			
#2(高分子量幾丁聚醣，0.01%，DDA96.7)			
#3(低分子量幾丁聚醣，0.01%)			
#4(幾丁寡醣，0.01%)			
#5(醋酸，0.05%)			
#6(無)			

3.成本探討實驗結果

各條件之三重複之重要測定結果整理如表 28 所示，表 28 之生魚片原重(克)與浸泡後重(克)兩欄係由實驗量測，而溶液重則為(生魚片)浸泡後重減去(生魚片)原重而得；每克生魚片所需溶液重量則為溶液重除以原重。

表 28. 生魚片所需溶液重要測量結果

條件	次數	原重(克)	後重(克)	溶液重	每克所需溶液
#1(高分子量幾丁聚醣，0.01%，DDA85.3)	第一次	11.95	12.2	0.25	0.021
	第二次	12.33	12.7	0.37	0.030
	第三次	12.39	12.90	0.51	0.041
#2(高分子量幾丁聚醣，0.01%，DDA96.7)	第一次	11.04	11.41	0.37	0.034
	第二次	13.03	13.26	0.23	0.018
	第三次	11.15	11.53	0.38	0.034
#3(低分子量幾丁聚醣，0.01%)	第一次	9.8	10.06	0.26	0.0265
	第二次	8.84	9.27	0.43	0.0486
	第三次	12.58	13.06	0.48	0.0382
#4(幾丁寡醣，0.01%)	第一次	12.74	13	0.26	0.020
	第二次	9.29	9.59	0.3	0.032
	第三次	10.72	11.18	0.46	0.043
#5(醋酸，0.05%)	第一次	8.91	9.2	0.29	0.033
	第二次	11.32	11.65	0.33	0.029
	第三次	10.74	11.04	0.30	0.028

依據表 28，每克生魚片所需溶液重去除離峰值後之兩數取平均；其中溶質單價由係訪查化學材料行之數據，而幾丁聚醣(高)DDA96.7%與幾丁聚醣(高)DDA85.3%以 0.05%醋酸為溶劑，故額外計算醋酸成本，而其他以二次水為溶劑，因二次水價格甚低，故忽略不計，依據以下計算公式得如表 29：

- (1) 溶質(成本)=每克生魚片 溶液重*濃度*溶質單價
- (2) 醋酸(成本)=每克生魚片*(1-濃度)*醋酸單價*醋酸濃度(0.05)
- (3) 合計=醋酸成本+溶液成本
- (4) 每千公斤成本(係指應用該溶液每 1000 公斤生魚片所需成本)=合計*10⁶

由表 32 可知儘管採用醋酸之成本最低，但以 1000 公斤之生魚片進行比較，無論採用高分子量、低分子量之幾丁聚醣或幾丁寡醣所需成本皆在新台幣 11 元以下，其成本皆甚低，可知從成本角度，應用幾丁聚醣或幾丁寡醣於生魚片之抑菌，是經濟可行的方案。

表 29. 成本實驗結果

溶質	濃度 (%)	平均溶液重(g)	溶質單價 (新台幣元 /g)	每單位重(g)生魚片消耗 (新台幣百萬分之一元)			每千公斤成本 (新台幣元)
				溶質	醋酸	合計	
#1(高分子量幾丁聚醣, DDA85.3)	0.01	0.026	1.6	4.07	0.89	4.97	4.97
#2(高分子量幾丁聚醣, DDA96.7)	0.01	0.034	1.6	5.41	1.18	6.59	6.59
#3(低分子量幾丁聚醣)	0.01	0.043	2.4	10.42	0	10.42	10.42
#4(幾丁寡醣)	0.01	0.038	1.6	6.02	0	6.02	6.02
#5(醋酸)	0.05	0.029	0.07	99.9	0	99.9	1.00

陸、討論

一、研究結果歸納

本研究六次實驗之研究結果與討論如表 30 所示：

表 30. 研究結果與討論

	結 果
第一次	1.由實驗結果可證實不同濃度與 DDA 之幾丁聚醣生魚片有抑菌效果。 2.惟不同濃度與不同 DDA 之抑菌效果的差異，因為菌落數與 OD600 值皆為 0，故無法得知。
第二次	本次實驗證實幾丁聚醣溶液在 0.01% 以上時有抑菌效果，惟因溶解幾丁聚醣溶液之醋酸亦有抑菌效果，而醋酸溶液亦隨著幾丁聚醣濃度稀釋時稀釋，故無法確認幾丁聚醣濃度變化對生魚片皆有抑菌效果之影響。
第三次	各條件包含水皆無菌，推測可能因素： 1.溶液稀釋過多。或 2.第三次實驗的生魚片店的生魚片本身無菌。或 3.實驗步驟過程造成滅菌效果。

	結 果
第 四 次	<p>1.對照組水加大腸桿菌菌液之 10^{-1} 菌落數為 TNTC，10^{-2} 菌落數 41，可證前次實驗推論可能 3「實驗步驟過程造成滅菌效果」並不成立；而對照組水稀釋 10^{-1} 菌落數為 76，證明前次實驗推斷可能 2 生魚片不含菌並不成立。</p> <p>2.0.05%的醋酸溶液菌落數 0，0.005%的醋酸溶液在原液時菌落數為 9，對照於水稀釋 10^{-1} 菌落數為 76，可知醋酸濃度到 0.005%時抑菌效果雖較 0.05%醋酸差，但仍具有抑菌效果。</p> <p>3.可溶解 1%幾丁聚醣的對低醋酸濃度為 0.5%，而由前點可知醋酸至 0.005%皆仍具有抑菌效果，故無法比較不同濃度與 DDA 幾丁聚醣溶液之抑菌效果差異。</p>
第 五 次	<p>1. 醋酸與幾丁聚醣抑菌效果差異實驗顯示：溶於 0.05%醋酸 DDA96.7%的 1%幾丁聚醣的菌落數與 0.05%醋酸菌落數皆比水的菌落數少，故可推測幾丁聚醣與醋酸確實皆有抑菌效果；且再由溶於 0.05%醋酸 DDA96.7%的 1%幾丁聚醣的菌落數少於 0.05%醋酸菌落數可知幾丁聚醣的抑菌效果較醋酸為佳。</p> <p>2. 水溶性幾丁聚醣與幾丁寡醣抑菌性實驗結果顯示除對照組水的原液菌落數 25，加大腸桿菌原液 65 外，幾丁聚醣或寡醣的溶液菌落數皆為 0，顯示低分子量(30KDa)幾丁聚醣與幾丁寡醣到濃度 0.01%仍有抑菌效果。</p>
第 六 次	<p>1. 硬度以#3(低分子量幾丁聚醣，0.01%)最佳；、內聚力以#4(幾丁寡醣，0.01%)最佳；彈性各條條件，而耐嚼性則以#2(高分子量幾丁聚醣，0.01%，DDA96.7)最佳。而考量生魚片大家應比較重視彈性，而不是軟爛的口感，因此本研究以彈性為最優先之比較指標，而後其次依序為耐嚼性、硬度與內聚力，以此順位比較，綜合而言，在五種溶液中以#2(高分子量幾丁聚醣，0.01%，DDA96.7)最佳，#3(低分子量幾丁聚醣，0.01%)次之。</p> <p>2. 經由色澤變化實驗結果顯示，各溶液浸泡後之生魚片色澤除醋顏色略淡外，其他無差異。</p> <p>3. 以 1000 公斤之生魚片進行比較，無論採用高分子量、水溶性之幾丁聚醣或幾丁寡醣所需成本皆在新台幣 11 元以下，其成本皆甚低，可知從成本角度，應</p>

結 果	
	用幾丁聚醣或幾丁寡醣於生魚片之抑菌，是經濟可行的方案。

二、實驗誤差之可能來源

1. 每片生魚片本來所含菌數的差異。
2. 第一次、第二次與第三、四、五、六次的生魚片來自不同生魚片店，第三次以後方固定同一家生魚片店。

柒、結論

經由本研究得知：

- 一、去乙醯度 96.7%之幾丁聚醣溶液與去乙醯度 85.3%之幾丁聚醣溶液對生魚片皆有抑菌效果，但其差異不顯著。
- 二、未經 NaOH 中和提高 pH 值之溶液抑菌效果顯著高於經 NaOH 中和提高 pH 值溶液之抑菌效果。
- 三、溶於 0.05%醋酸的 0.01%高分子量幾丁聚醣溶液與對生魚片仍有抑菌效果。
- 四、可溶解 1%高分子量幾丁聚醣之醋酸最低濃度為 0.05%。
- 五、醋酸到 0.005%對生魚片仍有抑菌效果。
- 六、1%幾丁聚醣溶於 0.05%的抑菌效果優於 0.05%醋酸。
- 七、水溶性幾丁聚醣與幾丁寡醣對生魚片到濃度 0.01%仍有抑菌效果。
- 八、物性變化方面，以彈性、耐嚼性、硬度及內聚力順位比較，以 DDA96.7 之高分子量幾丁聚醣(濃度 0.01%)最佳，低分子量幾丁聚醣(濃度 0.01%)次之。
- 九、色澤變化方面，浸泡於高分子量幾丁聚醣、水溶性幾丁聚醣與幾丁寡醣或醋酸後各之生魚片色澤除醋顏色呈現偏白色，其他條件則無差異。
- 十、成本方面，以 1000 公斤之生魚片進行比較，所需成本皆在新台幣 11 元以下，其成本皆甚低，可知應用幾丁聚醣或幾丁寡醣於生魚片之抑菌經濟可行。

綜上可知，幾丁聚醣與幾丁寡醣於 0.01%即對生魚片抑菌效果，又由醋酸 0.005%也有抑菌效果，和溶於醋酸之幾丁聚醣的抑菌效果優於醋酸本身，由此可推論，濃度 0.01%以上之

高分子量、低分子量幾丁聚醣或幾丁寡醣確實可應用於生魚片之抑菌，而且經濟可行，其中以 DDA96.7 之高分子量幾丁聚醣(濃度 0.01%)最佳，低分子量幾丁聚醣(濃度 0.01%)次之。

因此建議後續研究可進行如下實驗：

1. 以具有抑菌效果之濃度的高分子量與低分子量幾丁聚醣與幾丁寡醣，測試不同浸泡時間之生魚片之抑菌效果，確認浸泡時間是否可以比 5 分鐘更為縮短，更進一步減少生魚片抑菌處理時間。
2. 拜訪生魚片商家，訪談本研究實驗成果商家之看法以及請顧客進行官能品嘗，如有必要進一步設計與改善相關實驗，使研究成果更可落實應用。
3. 幾丁聚醣與幾丁寡醣除有抑菌功能外，研究顯示尚其他對人體有益之功能等，後續研究可以進而探討應用幾丁聚醣於生魚片對人體之影響。

捌、參考資料及其他

1. 江品毅(2012)，幾丁聚醣預處理聚乳酸纖維噴墨效果之研究，逢甲大學纖維與複合材料學系碩士論文。
2. 吳明和(2009)，不同分子量幾丁聚醣對枯草桿菌之抑菌性探討，大葉大學生物產業科技學系碩士在職專班。
3. 吳冠政(2005)，纖維素酶水解幾丁聚醣及其產物免疫活性評估，國立臺灣海洋大學食品科學系博士論文。
4. 李佩琪、許芳瑜、楊雯珺、詹錦豐(2012)，高分子水溶性幾丁聚醣的抗氧化及抑菌活性，弘光學報 67 期，p.1-8。
5. 李姿玟(2012)，香菇柄、巴西蘑菇、松杉靈芝殘渣製備糖幾丁聚醣之抗氧化性質評估，嘉南藥理科技大學保健營養系碩士論文。
6. 林宜泓(2007)不同分子量的幾丁聚醣對綠膿桿菌之抑菌作用研究，大葉大學生物產業科技學系碩士在職專班。
7. 林怡君(2007)，以酵素法產製之幾丁寡醣其特性及抑菌活性之研究，國立宜蘭大學食品科學系碩士班專題討論。
8. 洪紹育(2010)，利用不同吸附劑幾丁聚醣-氫氧化鐵、幾丁聚醣-淨水汙泥去除水中

之二價銅離子，嘉南藥理科技大學環境工程與科學系碩士論文。

9. 孫彩玲、田紀春、張永祥(2007)，TPA 盾構分析模式在食品研究中的應用，實驗科學與技術第 5 卷，第 2 期，p.1-4。
10. 宮紹凱(2008)，不同品系金黃色葡萄球菌與大腸桿菌對低分子量幾丁聚醣敏感差異性及抗菌機制之初步研究，國立宜蘭大學生物技術研究所碩士論文。
11. 張宗漢(2012)，利用不同黏土－幾丁聚醣吸附劑去除水中二價銅離子之研究，國立交通大學應用化學研究所博士論文。
12. 陳榮輝(2001)，幾丁質、幾丁聚醣的生產製造、檢測與應用，科學發展月刊，第二十九卷，第十期，p.776-787。
13. 黃筠嫻(2010)，服用幾丁聚醣對輕度高脂血症受試者膽固醇值之影響及幾丁聚醣對腸道細胞蛋白質體之研究，美和技術學院健康與生技產業研究所碩士論文。
14. 羅靖瑋(2010)，探討不同酵母來源對餐包品質之影響，中華文化大學農學院生活應用科學系碩士論文。

【評語】 030301

本研究擬測試不同濃度幾丁聚醣溶液對鮭魚生魚片的抑菌效果，具有應有生物機制解決生活問題之創意。此外，本作品也顯示同學們能從不同實驗中，發現問題並加以改進的科學態度。然而實驗數據的呈現可更加簡潔明確，實驗組裡的重複次數也應增加，以提升可靠度。此外，實驗的設計也應注意實用的可行性，例如將生魚片浸泡幾丁聚醣溶液，恐非一般生魚片消費者能接受的實施方式。