

# 『乳酸菌腸道保健機制』研討會暨 台灣乳酸菌協會2006年會員大會

## 海藻寡糖的乳酸菌發酵及產品開發

國立臺灣海洋大學食品科學系  
潘崇良教授

2006年11月03日於國立臺灣大學凝態科學暨物理學館



石花菜



紫菜



海菜



龍鬚菜

## 臺灣地區藻類

石花菜、龍鬚菜、青海菜、紫菜等均含豐富的碳水化合物、蛋白質、維生素、及礦物質等營養成分，一般被認為是營養價值高的食品

藻類含有大量多醣，如

- (1) 褐藻酸鹽 (alginate)
- (2) 海藻質 (fucoidan)
- (3) 紅藻膠 (carrageenan)
- (4) 洋菜 (agar)

可應用於食品、藥品及其他多種用途

## 藻類也逐漸被發現

- (1) 降低老鼠的高血壓及血膽固醇
- (2) 治療甲狀腺腫
- (3) 抗腫瘤
- (4) 抗凝血
- (5) 生物鹼
- (6) 抗胃潰瘍
- (7) 抗菌
- (8) 抗氧化
- (9) 抗致突變等功能

## 藻類現有利用型態

### 食用產品

石花菜及龍鬚菜為製造洋菜的原料

龍鬚菜做為養殖九孔的飼料、

魚排堡添加物質及龍鬚菜飲料

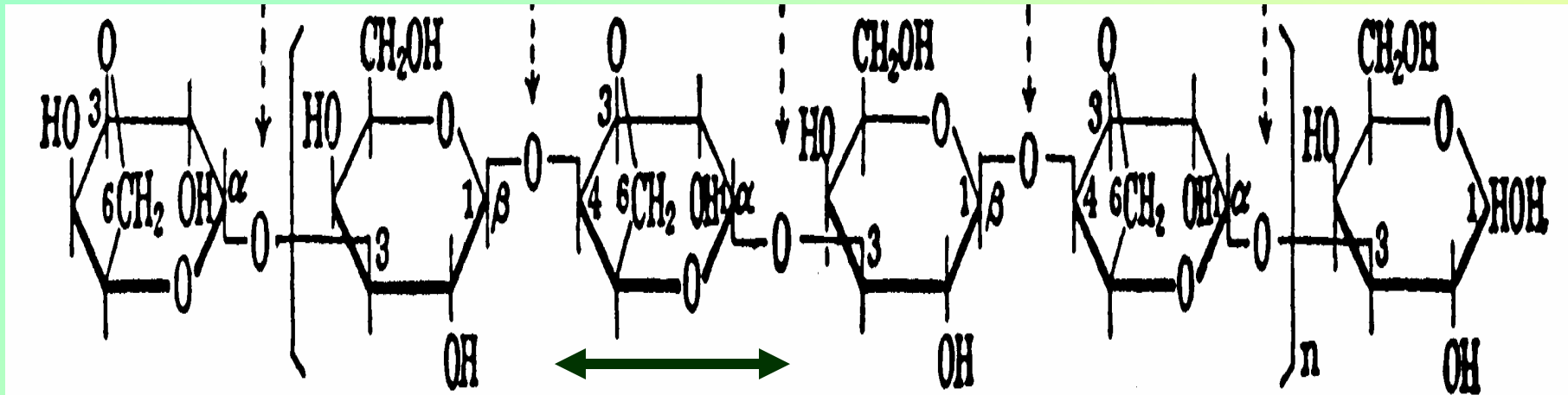
其餘的利用方式或型態並不多見

洋菜結構可分為兩部分

中性洋菜 (agarose)

酸性洋菜 (agaropectin)

**D-Galactose**



**3,6-Anhydro-L-Galactose**

**The basic structure of agarose.**

**(Araki, 1956)**

(A) 液化



*Pseudomonas vesicularis*  
MA103

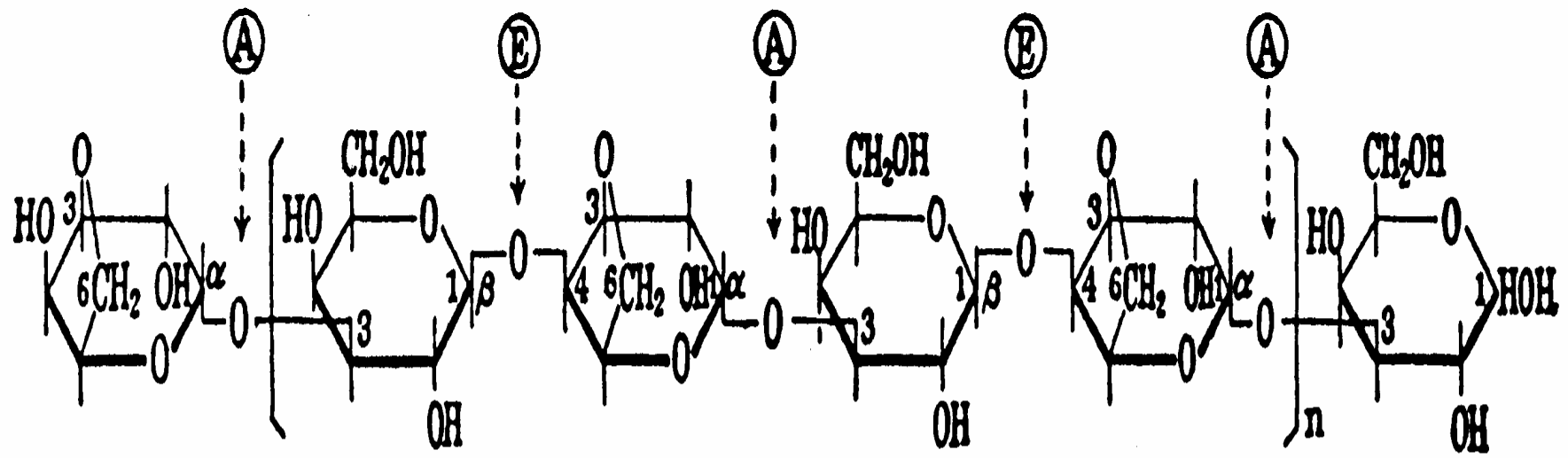
(B) 軟化



*Aeromonas salmonicida*  
MAEF108

Colonies of (A) *Pseudomonas vesicularis* MA103 (B) *Aeromonas salmonicida* MAEF108 on marine agar 2216 plate after 48 hr incubation.

(吳, 1999)



← 3,6-Anhydro-L-galactose → ← D-Galactose → ← 3,6-Anhydro-L-galactose → ← D-Galactose → ← 3,6-Anhydro-L-galactose → ← D-Galactose →

← Agarobiose → ← Agarobiose → **α-agarase**

← Neoagarobiose → ← Neoagarobiose → ← Neoagarobiose → **β-agarase**

Ⓐ: the position cleaved by acid. **α-agarase**  
 Ⓔ: the position cleaved by enzymes. **β-agarase**

## The digested mechanism of agarose by agarase. (Araki, 1956)

經 agarase 分解海藻萃取多醣所得寡醣  
已知具有許多生理活性

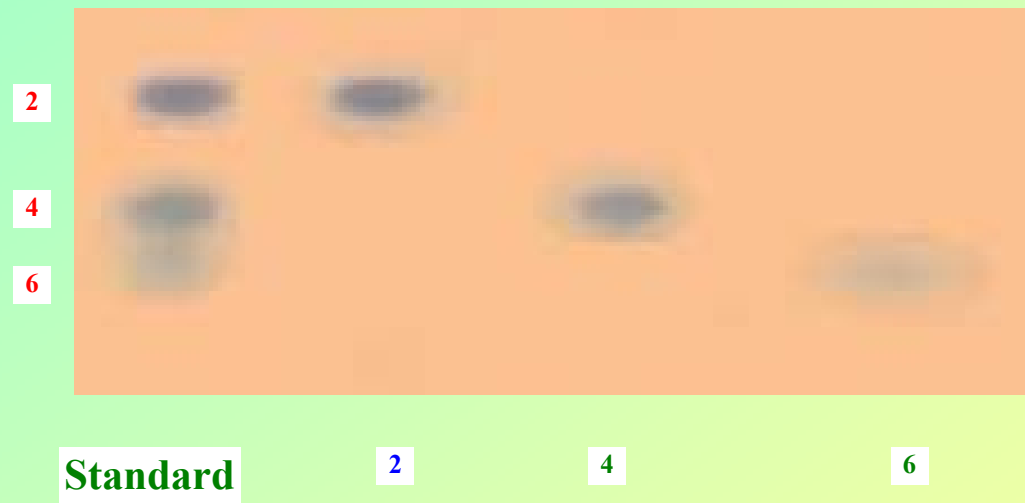
(1) 體外及體內實驗能刺激巨噬細胞活性

(2) 降低小鼠總膽固醇含量

(3) Agarooligosaccharides 具免疫調節能力

(4) Neoagarobiose 具有吸濕能力以及讓

B16 murine melanoma cells 變白效果



新洋菜二糖、新洋菜四糖、及新洋菜六糖之薄層色層分析法。

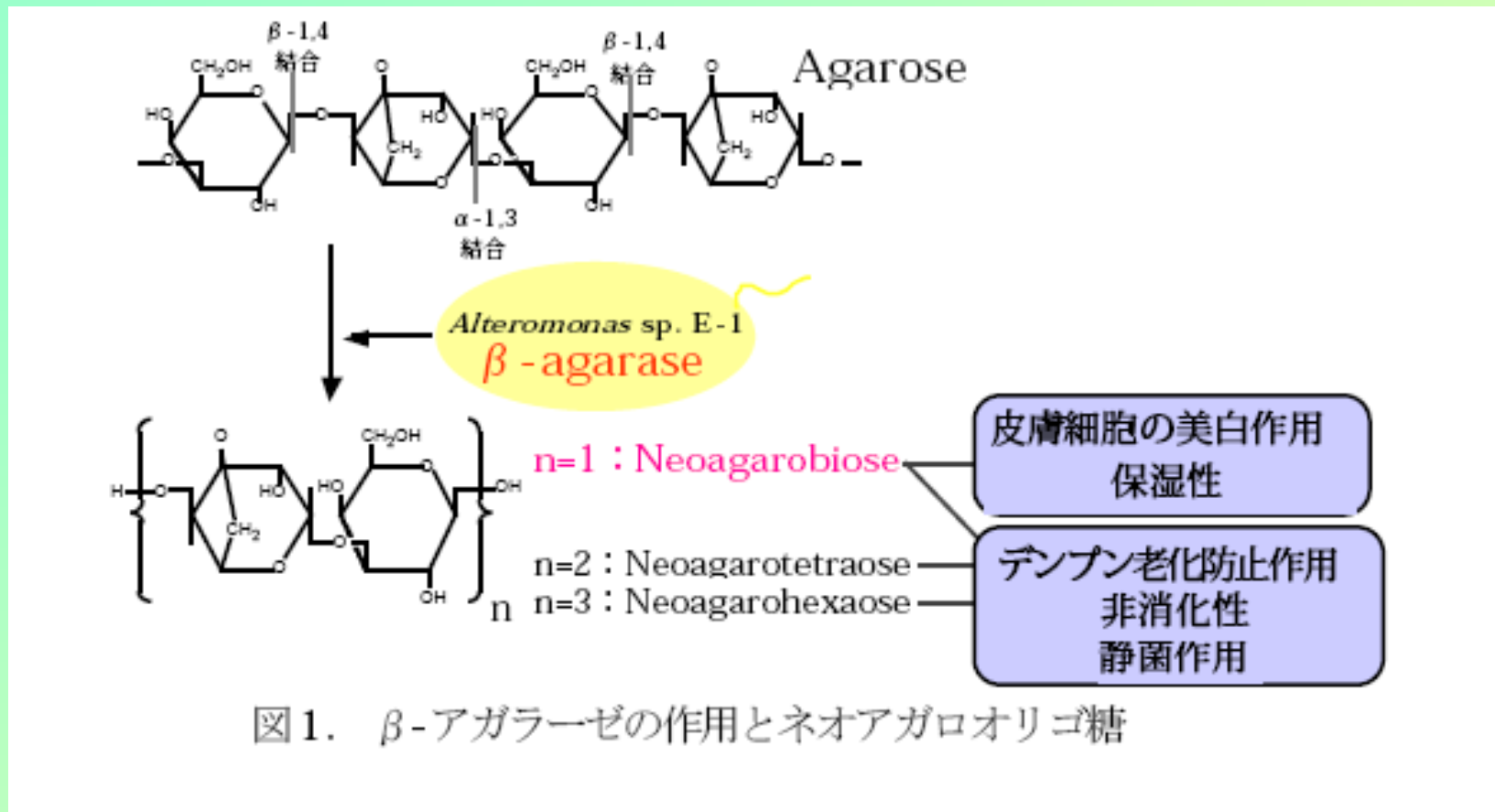


図1.  $\beta$ -アガラーゼの作用とネオアガロオリゴ糖

### 龍鬚菜寡糖商品化價值及市場潛力：

分離源自龍鬚菜多醣經以專有酵素水解所得之海藻寡糖：  
 neoagarobiose (新洋菜二糖)、neoagarotetrose (新洋菜四糖)、  
 neoagarohexaose (新洋菜六糖) 等neoagarooligosaccharides

。可供做化妝品美白保濕、抗菌防腐、以及促進益生菌生長之  
益生物質與特殊膳食纖維等保健功能食品生產之用。

品名	市售價格	<u>製成相當於 Sigma</u> <u>成品驗證方法</u>
----	------	-------------------------------------

---

新洋菜二糖 (neoagarobiose)	7,000 NTD/g (校內價格)	GPC (S200), HPLC, NMR
--------------------------	-----------------------	-----------------------

新洋菜四糖 (neoagaotetraose)	380,000 NTD/g (Sigma price, 友和公司)	GPC (S200), HPLC, NMR
----------------------------	---	-----------------------

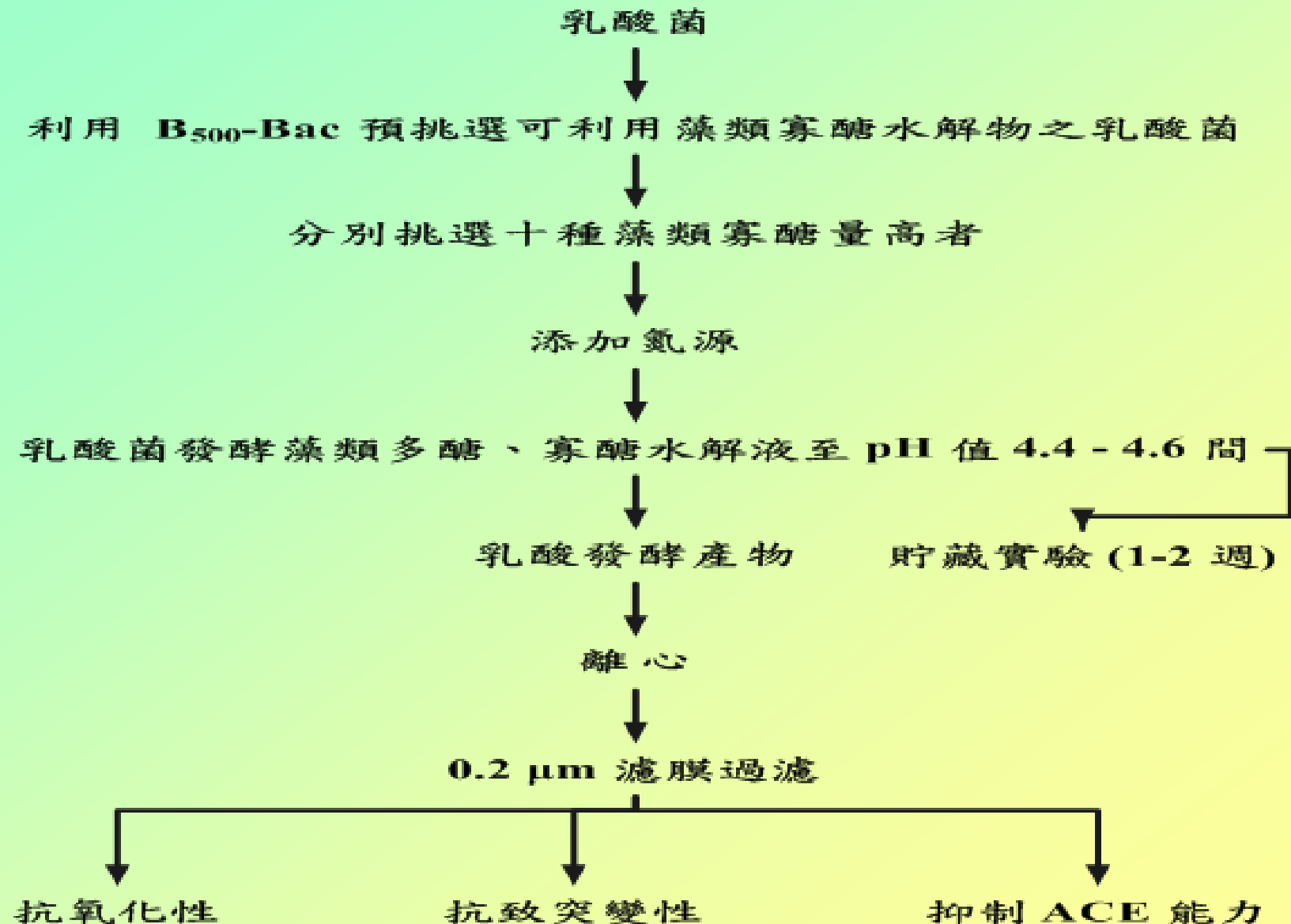
新洋菜六糖 (neoagarohexaose)	128,000 NTD/g (Sigma price)	GPC (S200), HPLC, NMR
----------------------------	--------------------------------	-----------------------

---

藻類多醣水解液之  
乳酸發酵及其乳酸發酵產物  
生理活性探討

# 實驗流程

藻類寡糖水解液之乳酸發酵及其  
乳酸發酵產物生理活性探討



**Bac, Bacto™ agar from Difco;**  
**Bit, Bitek™ agar from Difco;**  
**Him, Agar powder, Bacteriological from HiMedia;**  
**Oxo, Agar Bacteriological (Agar No. 1) from Oxoid;**

**Gua, Guanghui agar;**  
**Hui, Huiguang agar.**

**Gel, Gra, Mon, and Por represent APEs derived from**  
***Gelidium sp.*, *Gracilaria sp.*, *Mon. nitidum*, and *Por. dentate*, respectively.**

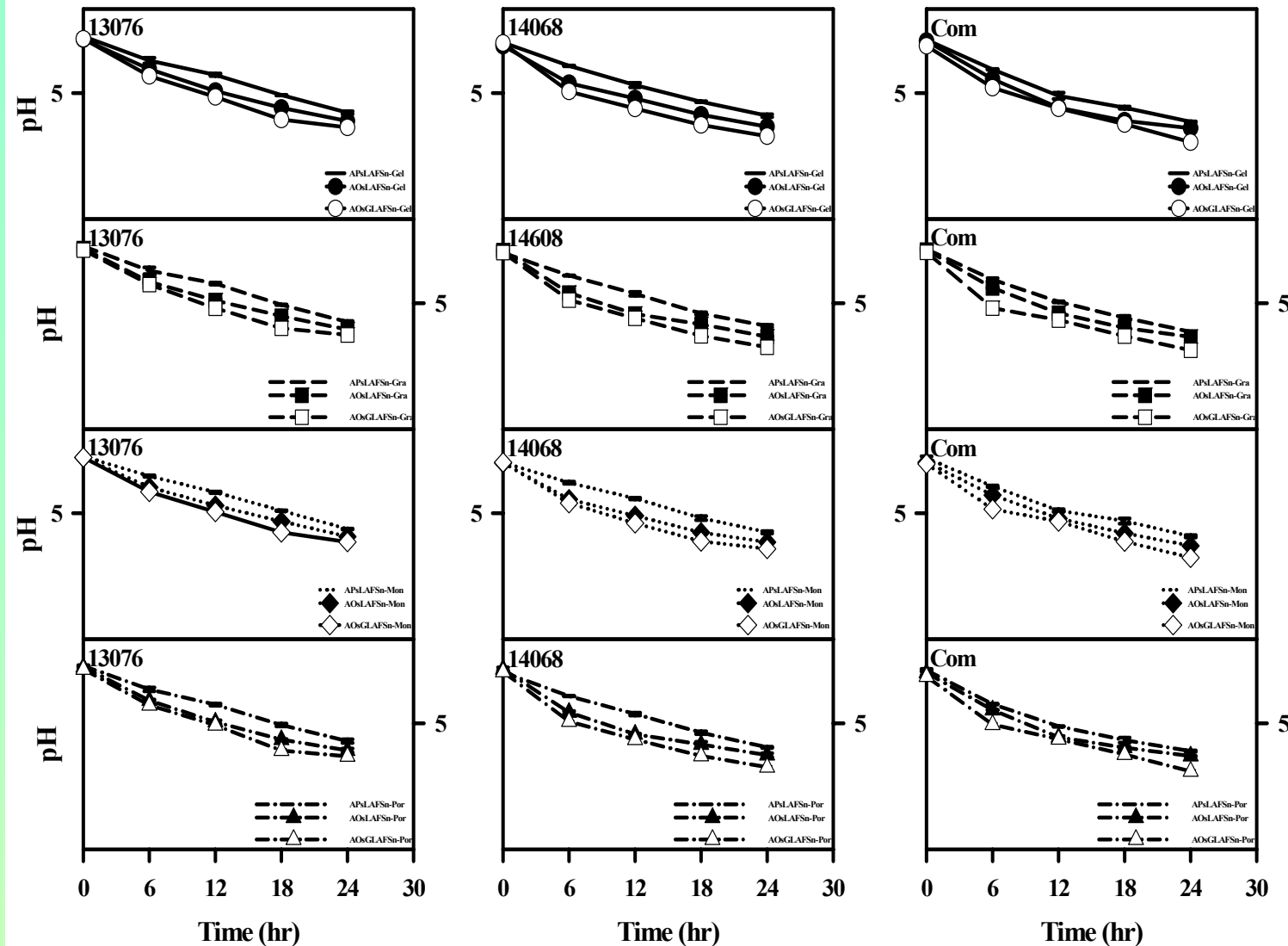
**APsLAFSn,**  
**agar polysaccharide lactic acid fermentation solution;**

**AOsLAFSn,**  
**agar oligosaccharide lactic acid fermentation solution;**

**AOsGLAFSn,**  
**agar oligosaccharide plus galactose lactic acid fermentation solution.**

# 實 驗 結 果

## 乳酸發酵



pH - 隨發酵時間  
增加而下降  
TA, OD<sub>600nm</sub>,  
and LAB counts

-  
隨發酵時間  
增加而上升

pH 下降率, TA  
上升率 -

隨貯藏時間  
及還原糖量  
增加而上升

LAB 殘存率 -  
隨貯藏時間  
及還原糖量  
增加而減少

圖 4-3、(1) 4 種藻類多醣乳酸發酵基質、(2) 4 種藻類寡醣乳酸發酵基質、  
或 (3) 藻類寡醣及半乳糖乳酸發酵基質，以乳酸菌 BCRC13076 及/或  
BCRC14068 發酵期間之 pH 值變化。

# 抗氧化性

## Results of six antioxidative properties of 90 lactic acid fermentation products

項目	最高		最低	
還原力	AOsLAFP-Him (14068)	40.3 ± 0.2 µg/mL AARPE*	APsLAFP-Por (14068)	10.1 ± 0.4 µg/mL AARPE
清除 DPPH 自由 基能力	APsLAFP-Por (14068)	79.6 ± 1.0%	AOsGLAFP-Bit (14068)	4.7 ± 2.5%
螯合亞鐵離子能力	AOsGLAFP-Por (14068)	97.3 ± 0.7%	APsLAFP-Him (14068)	16.2 ± 2.1%
抑制血紅素催化亞 麻油酸自氧化能 力	AOsGLAFP-Por (13076)	128.7 ± 1.3%	APsLAFP-Gua (14068)	3.2 ± 5.5%
過氧化氫清除效應	AOsGLAFP-Bac (13076 and 14068)	95.6 ± 0.6%	APsLAFP-Mon (13076 and 14068)	33.5 ± 0.9%
羥基自由基清除效 應 (去氧核糖降 解法)	APsLAFP-Mon (13076 and 14068)	71.5 ± 2.2%		0.0 ± 0.0%

\* : AARPE: ascorbic acid reducing power equivalent.

# 抗致突變性

**Antimutagenicity of 90 lactic acid fermentation products to Salm. typhimurium  
TA98 or TA100 without S9 mixture or with S9 mixture**

<b>項目</b>	<b>最高</b>		<b>最低</b>	
<b>-S9 Mixture</b>				
<b>TA98</b>	<b>AOsGLAFP-Him (13076)</b>	<b>100%</b>	<b>AOsGLAFP-Gel (14068)</b>	<b>33%</b>
<b>TA100</b>		<b>97%</b>	<b>APsLAFP-Gra (13076)</b>	<b>33%</b>
<b>+S9 Mixture</b>				
<b>TA98</b>		<b>98%</b>		<b>4%</b>
<b>TA100</b>		<b>99%</b>	<b>APsLAFP-Por (13076 and 14068)</b>	<b>25%</b>

# 對 ACE 活性抑制能力

## Results of ACE inhibitory of 90 lactic acid fermentation products

最高		最低	
<b>AOsGLAFP-Mon (14068)</b>	<b>56.1 ± 5.3%</b>	<b>APsLAFP-Gra (13076 and 14068)</b>	<b>0.7 ± 6.4%</b>

表、以乳酸菌 BCRC13076 及/或 BCRC 14068 發酵所得 (1) 6 種洋菜多醣乳酸發酵產物、(2) 6 種洋菜寡醣乳酸發酵產物、或 (3) 6 種洋菜寡醣及半乳糖乳酸發酵產物對 ACE 之抑制能力

**Table. ACE inhibitory of (1) six APsLAFP, (2) six AOsLAFP, or (3) six AOsGLAFP fermented with LAB BCRC13076 and/or BCRC14068**

Strain	Fermentation product	Inhibition (%)					
		Bac***	Bit	Him	Oxo	Gua	Hui
13076	APsLAFP**	5.2 ± 3.2 <sup>e</sup>	10.3 ± 3.0 <sup>ef</sup>	18.9 ± 2.0 <sup>cd</sup>	19.3 ± 1.5 <sup>cd</sup>	6.0 ± 2.0 <sup>e</sup>	13.7 ± 0.7 <sup>cd</sup>
	AOsLAFP	29.2 ± 5.3 <sup>c</sup>	20.8 ± 3.2 <sup>cd</sup>	26.9 ± 7.7 <sup>bc</sup>	9.7 ± 4.9 <sup>ef</sup>	13.9 ± 4.2 <sup>e</sup>	16.7 ± 2.1 <sup>c</sup>
	AOsGLAFP	22.4 ± 5.3 <sup>cd</sup>	24.9 ± 7.4 <sup>bc</sup>	13.7 ± 3.9 <sup>de</sup>	15.1 ± 7.7 <sup>de</sup>	27.3 ± 5.9 <sup>cd</sup>	26.8 ± 8.1 <sup>b</sup>
14068	APsLAFP	4.7 ± 5.6 <sup>e</sup>	5.1 ± 4.3 <sup>f</sup>	13.8 ± 2.0 <sup>de</sup>	18.9 ± 4.9 <sup>cd</sup>	14.2 ± 6.7 <sup>e</sup>	11.8 ± 8.1 <sup>cd</sup>
	AOsLAFP	27.5 ± 5.1 <sup>cd</sup>	41.7 ± 2.2 <sup>a</sup>	19.6 ± 4.5 <sup>cd</sup>	16.2 ± 2.2 <sup>de</sup>	46.1 ± 2.2 <sup>a</sup>	32.4 ± 6.6 <sup>b</sup>
	AOsGLAFP	47.4 ± 1.0 <sup>a</sup>	28.9 ± 2.0 <sup>b</sup>	35.8 ± 9.6 <sup>ab</sup>	34.7 ± 3.5 <sup>a</sup>	39.3 ± 3.6 <sup>ab</sup>	46.8 ± 3.0 <sup>a</sup>
13076 and 14068	APsLAFP	19.6 ± 4.3 <sup>d</sup>	13.2 ± 3.3 <sup>cd</sup>	3.9 ± 5.4 <sup>e</sup>	3.9 ± 4.0 <sup>f</sup>	10.3 ± 5.4 <sup>e</sup>	4.6 ± 7.7 <sup>d</sup>
	AOsLAFP	22.3 ± 2.7 <sup>cd</sup>	20.0 ± 7.8 <sup>cd</sup>	32.7 ± 5.7 <sup>ab</sup>	25.0 ± 2.7 <sup>bc</sup>	33.6 ± 3.4 <sup>bc</sup>	31.4 ± 4.2 <sup>b</sup>
	AOsGLAFP	38.3 ± 4.2 <sup>b</sup>	37.9 ± 0.8 <sup>a</sup>	39.3 ± 3.2 <sup>a</sup>	27.1 ± 1.4 <sup>b</sup>	23.4 ± 4.5 <sup>d</sup>	36.4 ± 3.2 <sup>b</sup>

表、以乳酸菌 BCRC13076 及/或 BCRC 14068 發酵所得 (1) 4 種藻類多醣乳酸發酵產物、(2) 4 種藻類寡醣乳酸發酵產物、或 (3) 4 種藻類寡醣及半乳糖乳酸發酵產物對 ACE 之抑制能力

Table. ACE inhibitory of (1) four APsLAFP, (2) four AOsLAFP, or (3) four AOsGLAFP fermented with LAB BCRC13076 and/or BCRC14068

Strain	Fermentation product	Inhibition (%)			
		Gel***	Gra	Mon	Por
13076	APsLAFP**	8.2 ± 0.0 <sup>e</sup>	16.3 ± 3.7 <sup>cd</sup>	7.3 ± 4.1 <sup>d</sup>	15.0 ± 2.0 <sup>bc</sup>
	AOsLAFP	18.1 ± 3.5 <sup>cd</sup>	17.6 ± 2.1 <sup>cd</sup>	23.1 ± 1.6 <sup>c</sup>	24.1 ± 3.7 <sup>ab</sup>
	AOsGLAFP	36.6 ± 6.6 <sup>b</sup>	20.5 ± 0.8 <sup>c</sup>	21.5 ± 3.0 <sup>c</sup>	23.4 ± 4.5 <sup>ab</sup>
14068	APsLAFP	9.4 ± 0.7 <sup>de</sup>	12.2 ± 3.1 <sup>d</sup>	8.7 ± 7.7 <sup>d</sup>	8.3 ± 5.5 <sup>c</sup>
	AOsLAFP	21.1 ± 0.8 <sup>c</sup>	44.6 ± 2.2 <sup>a</sup>	34.8 ± 0.0 <sup>b</sup>	15.2 ± 3.7 <sup>bc</sup>
	AOsGLAFP	38.7 ± 7.8 <sup>b</sup>	20.2 ± 4.0 <sup>c</sup>	<b>56.1 ± 5.3<sup>a</sup></b>	28.3 ± 12.5 <sup>a</sup>
13076 and 14068	APsLAFP	48.4 ± 11.0 <sup>a</sup>	0.7 ± 6.4 <sup>e</sup>	7.8 ± 5.3 <sup>d</sup>	8.9 ± 11.4 <sup>c</sup>
	AOsLAFP	22.7 ± 1.6 <sup>c</sup>	22.7 ± 3.1 <sup>c</sup>	31.4 ± 3.4 <sup>b</sup>	27.3 ± 3.4 <sup>ab</sup>
	AOsGLAFP	26.6 ± 2.1 <sup>c</sup>	34.6 ± 2.9 <sup>b</sup>	36.4 ± 5.3 <sup>b</sup>	19.6 ± 5.7 <sup>abc</sup>

# 結 論

1. *Ent. faecalis* BCRC13076 及/或 *Lact. rhamnosus* BCRC14068 可發酵利用含 beef extract 及 yeast extract 氮源之 90 種乳酸發酵基質，於發酵 24 hr 後 pH 值皆降至 4.6 以下。
2. 90 種乳酸發酵液置於40C 下貯藏 1 及 2 週後，pH 值下降率與可滴定酸度上升率，隨貯藏時間和還原糖量增加而增加，乳酸菌殘存率隨貯藏時間和還原糖量增加而下降。

# 結 論

3. 以乳酸菌 BCRC13076 及/或 BCRC 14068 發酵所得 90 種乳酸發酵產物，在 6 種抗氧化性測試上，除清除 DPPH 自由基效應隨還原糖量增加而減少外，其餘 5 種抗氧化測試結果，則大多隨還原糖量上升而提高。
4. 以乳酸菌 BCRC13076 及 BCRC14068 發酵額外添加半乳糖之藻類寡糖水解液乳酸發酵基質，所得 30 種乳酸發酵產物，於 4 項抗致突變性測試中，所呈現之抗致突變性皆大於 50%。
5. 90 種乳酸發酵產物在抑制 ACE 活性能力上，以海菜寡糖 Mon 及半乳糖為發酵基質，經乳酸菌 BCRC14068 發酵後，所得乳酸發酵產物可達到抑制 50% ACE 活性結果。此項結果可能係因乳酸菌所分泌蛋白酶及胜肽酶，分解培養基中蛋白質所產生的生物活性胜肽具有抑制 ACE 活性。

# 材料與方法

原料：由蔡震壽老師實驗室提供  
來自金門縣水產養殖試驗所的樣品



海帶:為褐藻門、游孢子綱、海帶目、海帶科的藻類

學名: *Laminaria* spp.

俗名: (中) 海帶、昆布

(英) Kelp ; Kumbu

# 乳酸菌

傳統優格乳酸菌：*Lactobacillus (Lb.) bugarius*  
BCRC 10696、*Streptococcus (Str.) thermophilus*  
BCRC 12268 (1 組)；

產胞外黏性物質 (extracellular adhesive substance, EAS) 乳酸菌：*Lb. plantarum* BCRC 10069、*Lb. plantarum* BCRC 12250、*Lactococcus (Lc.) lactis* BCRC 12315 (10069-12250、10069-12315、12250-12315，共 3 組)；

非產 EPS 乳酸菌：*Lb. rhamnosus* BCRC 14068 和  
*Enterococcus (En.) faecalis* BCRC 13076 (1 組)

# 海帶乳酸發酵液之製備與分析

海帶寡單醣水解液經離心  
(7500 x g, 30 min)，再經  
熱處理 (90°C, 30 min) 後  
取出，置於 37°C 下恆溫備用

海帶寡單醣水解液之發酵試驗

1. 接種菌株篩選
2. 接種菌量：3%，5% (v/v)
3. 添加氮源：yeast extract, peptone

於發酵期間 0、4、6、8、12 小時  
監測

1. pH 值
2. 可滴定酸度
3. 還原醣量
4. 微生物含量：好氣性生菌數  
及乳酸菌菌數

獲得製備  
海帶乳酸發酵液  
最適之生產條件

# 海帶乳酸發酵液之生理活性探討

海帶乳酸發酵液  
(發酵至 pH = 4.4-4.6)

## 抗氧化活性

1. 清除 DPPH 自由基能力
2. 螯合亞鐵能力
3. TEAC

## 安氏試驗法

1. 菌株基因型態之確認
2. 毒性試驗
3. 致突變性試驗
4. 抗致突變性試驗

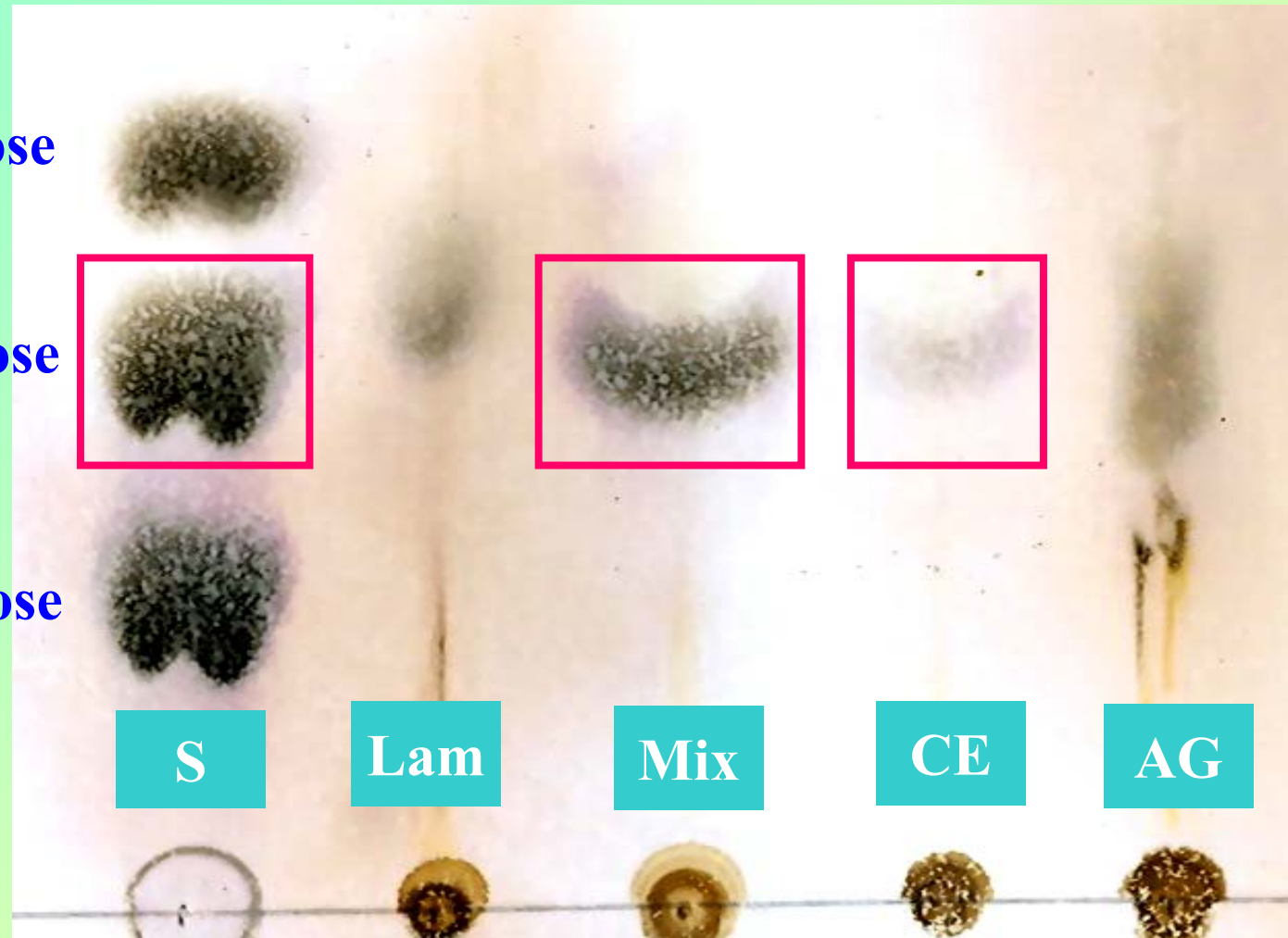
## 置於 4°C 冷藏

- 0、3、7、10 天  
進行儲藏試驗
1. pH 值
  2. 可滴定酸度
  3. 乳酸菌菌數

galactose

lactose

neoagarohexaose



圖六、2% (w/v) 海帶熱水萃取多醣液 (Lam) 經 1 unit/mL Cellulase (CE)、Agarases (MAEF108-agarases 和 MA103-agarases) (AG)、 $\beta$ -Galactosidase (GA)、 $\alpha$ -Amylase (AM) 或 5 units/mL Cellulase 及 5 units/mL Agarases (MAEF108-agarases 和 MA103-agarases) (MIX) 分解後所得水解液之薄層色層分析圖。

表二、3% (v/v) 乳酸菌醃發酵海帶熱水萃取多醣液 (Lam) 及海帶寡單醣水解液 (L-Lam) 在 37°C 發酵過程中 pH 值、可滴定酸度、還原醣含量與好氣性生菌及乳酸菌菌數變化

Starter <sup>2</sup>	Sample <sup>3</sup>	Ft <sup>4</sup> (h)	pH	Titratable acidity (%)	Reducing sugar (mg/mL)	Microbial counts <sup>5</sup> (log CFU/mL)	
						LAB	APC
14068 + 13076	Lam	0	6.70	0.005	0.08	7.04	6.68
		4	5.55	0.013	0.07	7.31	7.17
		6	5.21	0.015	0.07	7.61	7.39
		8	4.84	0.019	0.07	7.73	7.55
	L-Lam	0	6.99	0.014	1.31	7.39	7.28
		4	5.12	0.036	1.10	7.84	7.79
		6	4.71	0.038	1.06	8.01	7.89
		8	4.44	0.052	1.06	8.05	7.86
10069 + 12250	Lam	0	6.66	0.006	0.07	7.30	7.27
		4	5.24	0.014	0.06	7.86	7.78
		6	4.94	0.017	0.07	7.91	7.85
		8	4.67	0.019	0.06	7.88	7.81
	L-Lam	0	6.93	0.014	1.29	7.28	7.24
		4	4.70	0.044	1.05	8.19	8.15
		6	4.16	0.056	0.98	8.36	8.33
		8	3.89	0.080	0.90	8.32	8.22
10069 + 12315	Lam	0	6.63	0.006	0.08	7.48	7.45
		4	5.18	0.015	0.06	7.98	7.93
		6	4.99	0.017	0.06	8.15	8.05
		8	4.71	0.018	0.07	8.00	7.95
	L-Lam	0	6.80	0.018	1.29	7.43	7.47
		4	4.28	0.056	0.97	8.45	8.34
		6	4.11	0.064	0.94	8.43	8.47
		8	3.98	0.073	0.94	8.23	8.20

The data are mean ± SD of three samples.

表三、5% (v/v) 乳酸菌醃發酵海帶熱水萃取多醣液 (Lam) 及海帶寡單醣水解液 (L-Lam) 在 37°C 發酵過程中 pH 值、可滴定酸度、還原醣含量與好氣性生菌及乳酸菌菌數變化

Starter <sup>2</sup>	Sample <sup>3</sup>	Ft <sup>4</sup> (h)	pH	Titratable acidity (%)	Reducing sugar (mg/mL)	Microbial counts <sup>5</sup> (log CFU/mL)	
						LAB	APC
14068 + 13076	Lam	0	6.62	0.006	0.11	7.40	7.29
		4	5.16	0.014	0.07	7.77	7.65
		6	4.87	0.021	0.07	7.81	7.66
		8	4.57	0.022	0.07	7.55	7.54
	L-Lam	0	6.65	0.014	1.47	7.40	7.30
		4	4.72	0.043	1.24	7.87	7.69
		6	4.55	0.052	1.24	7.76	7.72
		8	4.31	0.065	1.24	7.91	7.86
10069 + 12250	Lam	0	6.49	0.007	0.09	7.50	7.57
		4	5.14	0.014	0.07	7.93	7.80
		6	4.78	0.020	0.07	8.05	7.90
		8	4.53	0.023	0.07	7.89	7.83
	L-Lam	0	6.40	0.017	1.44	7.69	7.60
		4	4.39	0.057	1.18	8.18	8.18
		6	4.00	0.079	1.10	8.36	8.34
		8	3.84	0.103	1.04	8.41	8.38
10069 + 12315	Lam	0	6.36	0.008	0.10	7.69	7.60
		4	5.13	0.017	0.07	8.11	8.12
		6	4.72	0.021	0.07	8.00	8.00
		8	4.50	0.024	0.07	7.96	7.96
	L-Lam	0	6.11	0.020	1.43	7.80	7.70
		4	4.08	0.071	1.10	8.22	8.27
		6	3.97	0.082	1.06	8.25	8.21
		8	3.91	0.092	1.09	8.20	8.17

The data are mean ± SD of three samples.

雖然5%的接種菌量可以使發酵時間縮短，但是還原醣的利用及乳酸菌菌數的結果顯示，因為 pH 值變動過快，使得乳酸菌的生長受到 pH 值抑制，故還原醣的利用率及乳酸菌菌數上反而較 3% (v/v) 接種菌量之組別為低。

# 抗氧化試驗

表八、發酵海帶熱水萃取多醣液及海帶寡單醣水解液對螯合亞鐵離子能力之測定

Starter <sup>1</sup>	Sample <sup>2</sup>	Fe <sup>2+</sup> chelating effect (%) <sup>3</sup>	Equivalent EDTA (ppm)
Non-starter	Lam	<b>79.85 ± 3.88<sup>b</sup></b>	<b>60.38 ± 2.95<sup>b</sup></b>
	L-Lam	<b>117.52 ± 9.21<sup>a</sup></b>	<b>89.07 ± 7.01<sup>a</sup></b>
14068 + 13076 (3%)	Lam	15.33 ± 1.75 <sup>cde</sup>	11.26 ± 1.33 <sup>cde</sup>
	L-Lam	13.11 ± 0.84 <sup>cdef</sup>	9.57 ± 0.64 <sup>cdef</sup>
14068 + 13076 (5%)	Lam	<b>18.68 ± 3.86<sup>c</sup></b>	13.81 ± 2.94 <sup>c</sup>
	L-Lam	9.32 ± 1.34 <sup>efg</sup>	6.68 ± 1.02 <sup>efg</sup>
10069 + 12250 (3%)	Lam	15.85 ± 3.03 <sup>cde</sup>	11.65 ± 2.31 <sup>cde</sup>
	L-Lam	6.84 ± 0.65 <sup>fg</sup>	4.79 ± 0.49 <sup>fg</sup>
10069 + 12250 (5%)	Lam	16.64 ± 7.66 <sup>cd</sup>	12.25 ± 5.84 <sup>cd</sup>
	L-Lam	<b>2.96 ± 0.77<sup>g</sup></b>	1.84 ± 0.59 <sup>g</sup>
10069 + 12315 (3%)	Lam	14.92 ± 2.56 <sup>cde</sup>	10.95 ± 1.95 <sup>cde</sup>
	L-Lam	6.73 ± 0.59 <sup>fg</sup>	4.71 ± 0.45 <sup>fg</sup>
10069 + 12315 (5%)	Lam	9.98 ± 1.85 <sup>defg</sup>	7.18 ± 1.41 <sup>defg</sup>
	L-Lam	4.74 ± 0.71 <sup>g</sup>	3.19 ± 0.54 <sup>g</sup>

The data are mean ± SD of three samples.

表九、發酵添加 0.5% (w/v) yeast extract or peptone 之海帶寡單醣水解液對螯合亞鐵離子能力之測定

Starter <sup>1</sup>	Sample <sup>2</sup>	Fe <sup>2+</sup> chelating effect (%) <sup>3</sup>	Equivalent EDTA (ppm)
Non-starter	+ YE	<b>134.94 ± 0.40<sup>a</sup></b>	<b>102.33 ± 0.31<sup>a</sup></b>
	+ P	<b>127.55 ± 3.37<sup>b</sup></b>	<b>96.70 ± 2.57<sup>b</sup></b>
14068 + 13076 (3%)	+ YE	<b>17.41 ± 2.60<sup>fg</sup></b>	<b>12.84 ± 1.98<sup>fg</sup></b>
	+ P	<b>52.77 ± 2.63<sup>d</sup></b>	<b>39.76 ± 2.00<sup>d</sup></b>
14068 + 13076 (5%)	+ YE	<b>20.45 ± 3.09<sup>f</sup></b>	<b>15.15 ± 1.59<sup>f</sup></b>
	+ P	<b>50.80 ± 6.85<sup>d</sup></b>	<b>38.26 ± 5.22<sup>d</sup></b>
10069 + 12250 (3%)	+ YE	<b>11.72 ± 0.96<sup>ghi</sup></b>	<b>8.50 ± 0.73<sup>ghi</sup></b>
	+ P	<b>37.29 ± 1.50<sup>e</sup></b>	<b>27.97 ± 1.14<sup>e</sup></b>
10069 + 12250 (5%)	+ YE	<b>8.74 ± 0.98<sup>i</sup></b>	<b>6.23 ± 0.75<sup>i</sup></b>
	+ P	<b>41.72 ± 4.72<sup>e</sup></b>	<b>31.35 ± 3.59<sup>e</sup></b>
10069 + 12315 (3%)	+ YE	<b>15.76 ± 4.67<sup>fgh</sup></b>	<b>11.59 ± 3.57<sup>fgh</sup></b>
	+ P	<b>76.15 ± 3.44<sup>c</sup></b>	<b>57.56 ± 2.62<sup>c</sup></b>
10069 + 12315 (5%)	+ YE	<b>10.85 ± 2.06<sup>hi</sup></b>	<b>7.85 ± 1.56<sup>hi</sup></b>
	+ P	<b>76.20 ± 3.32<sup>c</sup></b>	<b>57.60 ± 2.53<sup>c</sup></b>

The data are mean ± SD of three samples.

表十、發酵海帶熱水萃取多醣液及海帶寡單醣水解液對 DPPH 自由基之清除效應

Starter <sup>1</sup>	Sample <sup>2</sup>	DPPH scavenged <sup>3</sup> (%)	Equivalent ascorbic acid (ppm)
Non-starter	Lam	3.14 ± 0.82 <sup>abc</sup>	4.96 ± 0.80 <sup>abc</sup>
	L-Lam	2.53 ± 1.46 <sup>bc</sup>	4.36 ± 1.43 <sup>bc</sup>
14068 + 13076 (3%)	Lam	3.58 ± 1.49 <sup>ab</sup>	4.39 ± 1.47 <sup>ab</sup>
	L-Lam	2.96 ± 0.29 <sup>abc</sup>	4.05 ± 0.28 <sup>abc</sup>
14068 + 13076 (5%)	Lam	<u>4.60 ± 1.35<sup>a</sup></u>	6.75 ± 1.32 <sup>a</sup>
	L-Lam	<u>1.63 ± 0.25<sup>c</sup></u>	3.29 ± 0.25 <sup>c</sup>
10069 + 12250 (3%)	Lam	2.95 ± 1.29 <sup>abc</sup>	3.76 ± 1.28 <sup>abc</sup>
	L-Lam	3.44 ± 0.29 <sup>abc</sup>	4.52 ± 0.28 <sup>abc</sup>
10069 + 12250 (5%)	Lam	2.80 ± 0.26 <sup>abc</sup>	4.99 ± 0.25 <sup>abc</sup>
	L-Lam	2.88 ± 0.72 <sup>abc</sup>	4.52 ± 0.71 <sup>abc</sup>
10069 + 12315 (3%)	Lam	4.06 ± 1.35 <sup>ab</sup>	4.86 ± 1.34 <sup>ab</sup>
	L-Lam	3.21 ± 0.47 <sup>abc</sup>	4.30 ± 0.47 <sup>abc</sup>
10069 + 12315 (5%)	Lam	3.22 ± 1.26 <sup>abc</sup>	5.40 ± 1.23 <sup>abc</sup>
	L-Lam	3.42 ± 0.89 <sup>abc</sup>	5.05 ± 0.88 <sup>abc</sup>

The data are mean ± SD of three samples.

表十一、發酵添加 0.5% (w/v) yeast extract or peptone 之海帶寡單醣水解液對 DPPH 自由基之清除效應

Starter <sup>1</sup>	Sample <sup>2</sup>	DPPH scavenged <sup>3</sup> (%)	Equivalent ascorbic acid (ppm)
Non-starter	+ YE	14.90 ± 0.19 <sup>cde</sup>	12.59 ± 0.32 <sup>cde</sup>
	+ P	13.33 ± 0.46 <sup>de</sup>	9.91 ± 0.78 <sup>de</sup>
14068 + 13076 (3%)	+ YE	17.89 ± 0.72 <sup>abc</sup>	17.71 ± 1.22 <sup>abc</sup>
	+ P	18.88 ± 0.52 <sup>a</sup>	19.42 ± 0.73 <sup>a</sup>
14068 + 13076 (5%)	+ YE	15.02 ± .16 <sup>cde</sup>	12.81 ± 0.26 <sup>cde</sup>
	+ P	18.51 ± 5.42 <sup>ab</sup>	18.78 ± 7.21 <sup>ab</sup>
10069 + 12250 (3%)	+ YE	16.12 ± 1.64 <sup>abcd</sup>	14.68 ± 2.81 <sup>abcd</sup>
	+ P	17.66 ± 1.12 <sup>abc</sup>	17.32 ± 1.92 <sup>abc</sup>
10069 + 12250 (5%)	+ YE	14.85 ± 0.20 <sup>cde</sup>	12.51 ± 0.33 <sup>cde</sup>
	+ P	15.30 ± 0.78 <sup>bcde</sup>	13.28 ± 1.34 <sup>bcde</sup>
10069 + 12315 (3%)	+ YE	17.84 ± 0.88 <sup>abc</sup>	17.63 ± 1.51 <sup>abc</sup>
	+ P	19.23 ± 1.02 <sup>a</sup>	20.01 ± 1.75 <sup>a</sup>
10069 + 12315 (5%)	+ YE	16.34 ± 1.94 <sup>abcd</sup>	15.07 ± 3.33 <sup>abcd</sup>
	+ P	12.51 ± 0.99 <sup>e</sup>	8.50 ± 1.69 <sup>e</sup>

The data are mean ± SD of three samples.

表十二、發酵海帶熱水萃取多醣液及海帶寡單醣水解液對 TEAC 之測定

Starter <sup>1</sup>	Sample <sup>2</sup>	ABTS <sup>·+</sup> scavenged <sup>3</sup> (%)	Equivalent Trolox (mM)
Non-starter	Lam	8.39 ± 0.60 <sup>ef</sup>	0.29 ± 0.02 <sup>ef</sup>
	L-Lam	14.76 ± 0.37 <sup>a</sup>	0.49 ± 0.01 <sup>a</sup>
14068 + 13076 (3%)	Lam	6.41 ± 2.35 <sup>f</sup>	0.23 ± 0.07 <sup>f</sup>
	L-Lam	6.76 ± 0.57 <sup>f</sup>	0.24 ± 0.02 <sup>f</sup>
14068 + 13076 (5%)	Lam	6.60 ± 0.37 <sup>f</sup>	0.24 ± 0.01 <sup>f</sup>
	L-Lam	6.65 ± 0.42 <sup>f</sup>	0.24 ± 0.01 <sup>f</sup>
10069 + 12250 (3%)	Lam	10.01 ± 0.28 <sup>cde</sup>	0.34 ± 0.01 <sup>cde</sup>
	L-Lam	10.94 ± 3.20 <sup>bcd</sup>	0.37 ± 0.10 <sup>bcd</sup>
10069 + 12250 (5%)	Lam	9.50 ± 0.32 <sup>de</sup>	0.33 ± 0.01 <sup>de</sup>
	L-Lam	12.21 ± 1.88 <sup>bc</sup>	0.41 ± 0.06 <sup>bc</sup>
10069 + 12315 (3%)	Lam	11.46 ± 0.79 <sup>bcd</sup>	0.39 ± 0.02 <sup>bcd</sup>
	L-Lam	15.28 ± 0.75 <sup>a</sup>	0.51 ± 0.02 <sup>a</sup>
10069 + 12315 (5%)	Lam	12.58 ± 1.05 <sup>b</sup>	0.42 ± 0.03 <sup>b</sup>
	L-Lam	16.81 ± 0.50 <sup>a</sup>	0.56 ± 0.02 <sup>a</sup>

The data are mean ± SD of three samples.

表十三、發酵添加 0.5% (w/v) yeast extract or peptone 之海帶寡單醣水解液對 TEAC 之測定

Starter <sup>1</sup>	Sample <sup>2</sup>	ABTS <sup>·+</sup> scavenged <sup>3</sup> (%)	Equivalent Trolox (mM)
Non-starter	+ YE	73.14 ± 1.20 <sup>cd</sup>	2.31 ± 0.04 <sup>cd</sup>
	+ P	78.98 ± 1.26 <sup>a</sup>	2.49 ± 0.04 <sup>a</sup>
14068 + 13076 (3%)	+ YE	62.60 ± 2.19 <sup>g</sup>	1.98 ± 0.07 <sup>g</sup>
	+ P	75.92 ± 1.55 <sup>abc</sup>	2.39 ± 0.05 <sup>abc</sup>
14068 + 13076 (5%)	+ YE	65.94 ± 1.17 <sup>f</sup>	2.08 ± 0.04 <sup>f</sup>
	+ P	75.57 ± 0.95 <sup>abc</sup>	2.38 ± 0.03 <sup>abc</sup>
10069 + 12250 (3%)	+ YE	67.15 ± 4.07 <sup>ef</sup>	2.12 ± 0.13 <sup>ef</sup>
	+ P	74.26 ± 1.63 <sup>bc</sup>	2.34 ± 0.05 <sup>bc</sup>
10069 + 12250 (5%)	+ YE	67.86 ± 2.37 <sup>ef</sup>	2.14 ± 0.07 <sup>ef</sup>
	+ P	77.78 ± 2.57 <sup>ab</sup>	2.45 ± 0.08 <sup>ab</sup>
10069 + 12315 (3%)	+ YE	67.13 ± 1.48 <sup>ef</sup>	2.12 ± 0.05 <sup>ef</sup>
	+ P	77.14 ± 1.86 <sup>ab</sup>	2.43 ± 0.06 <sup>ab</sup>
10069 + 12315 (5%)	+ YE	69.97 ± 2.00 <sup>de</sup>	2.21 ± 0.06 <sup>de</sup>
	+ P	78.56 ± 0.91 <sup>a</sup>	2.48 ± 0.03 <sup>a</sup>

The data are mean ± SD of three samples.

# 抗致突變能力

表十六、海帶寡單醣水解液及其乳酸菌發酵產物對 *Sal. typhimurium* TA100 之致突變性評估

Starter <sup>1</sup>	Sample <sup>2</sup>	His <sup>+</sup> revertants/plate <sup>3</sup>	
		-S9 mix	+S9 mix
	Spontaneous revertants	99 ± 7 <sup>abc</sup>	116 ± 7 <sup>abc</sup>
Non-starter	L-Lam	110 ± 15 <sup>ab</sup>	82 ± 11 <sup>d</sup>
14068 +	L-Lam	90 ± 6 <sup>bc</sup>	114 ± 15 <sup>abc</sup>
13076	L-Lam + YE	86 ± 12 <sup>c</sup>	137 ± 12 <sup>ab</sup>
10069 +	L-Lam	82 ± 12 <sup>c</sup>	97 ± 18 <sup>cd</sup>
12250	L-Lam + YE	97 ± 7 <sup>abc</sup>	126 ± 13 <sup>ab</sup>
10069 +	L-Lam	115 ± 13 <sup>a</sup>	110 ± 12 <sup>bc</sup>
12315	L-Lam + YE	101 ± 12 <sup>abc</sup>	99 ± 13 <sup>cd</sup>

The data are mean ± SD of three samples.

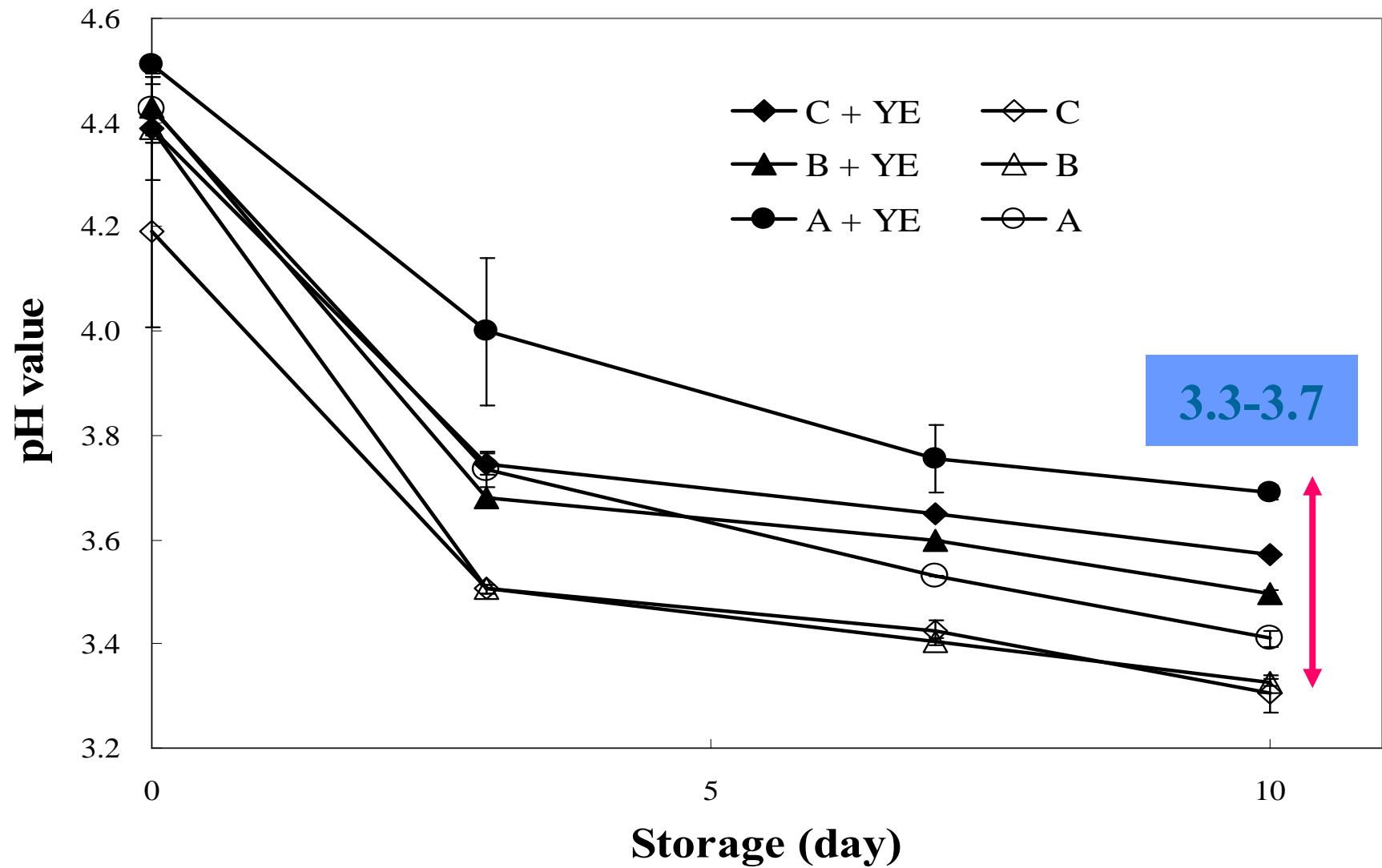
表十七、海帶寡單醣水解液及其乳酸菌發酵產物對 4NQO 和 B[a]P 之抗致突變性評估

Starter <sup>1</sup>	Sample <sup>2</sup>	His <sup>+</sup> revertants/plate (inhibition, %) <sup>3</sup>	
		4NQO	B[a]P (+ S9 mix)
	Spontaneous revertants	77 ± 4	77 ± 4
	Control	247 ± 20	247 ± 27
Non-starter	L-Lam	169 ± 27 (46.2 <sup>a</sup> )	184 ± 7 (36.9 <sup>a</sup> )
14068 +	L-Lam	199 ± 4 (28.3 <sup>ab</sup> )	185 ± 29 (36.3 <sup>a</sup> )
13076	L-Lam + YE	214 ± 14 (19.8 <sup>b</sup> )	193 ± 23 (31.4 <sup>ab</sup> )
10069 +	L-Lam	191 ± 16 (33.4 <sup>ab</sup> )	198 ± 16 (28.5 <sup>ab</sup> )
12250	L-Lam + YE	204 ± 12 (25.7 <sup>ab</sup> )	214 ± 22 (19.3 <sup>ab</sup> )
10069 +	L-Lam	176 ± 30 (42.0 <sup>ab</sup> )	192 ± 10 (32.0 <sup>ab</sup> )
12315	L-Lam + YE	200 ± 19 (27.9 <sup>ab</sup> )	225 ± 20 (12.6 <sup>b</sup> )

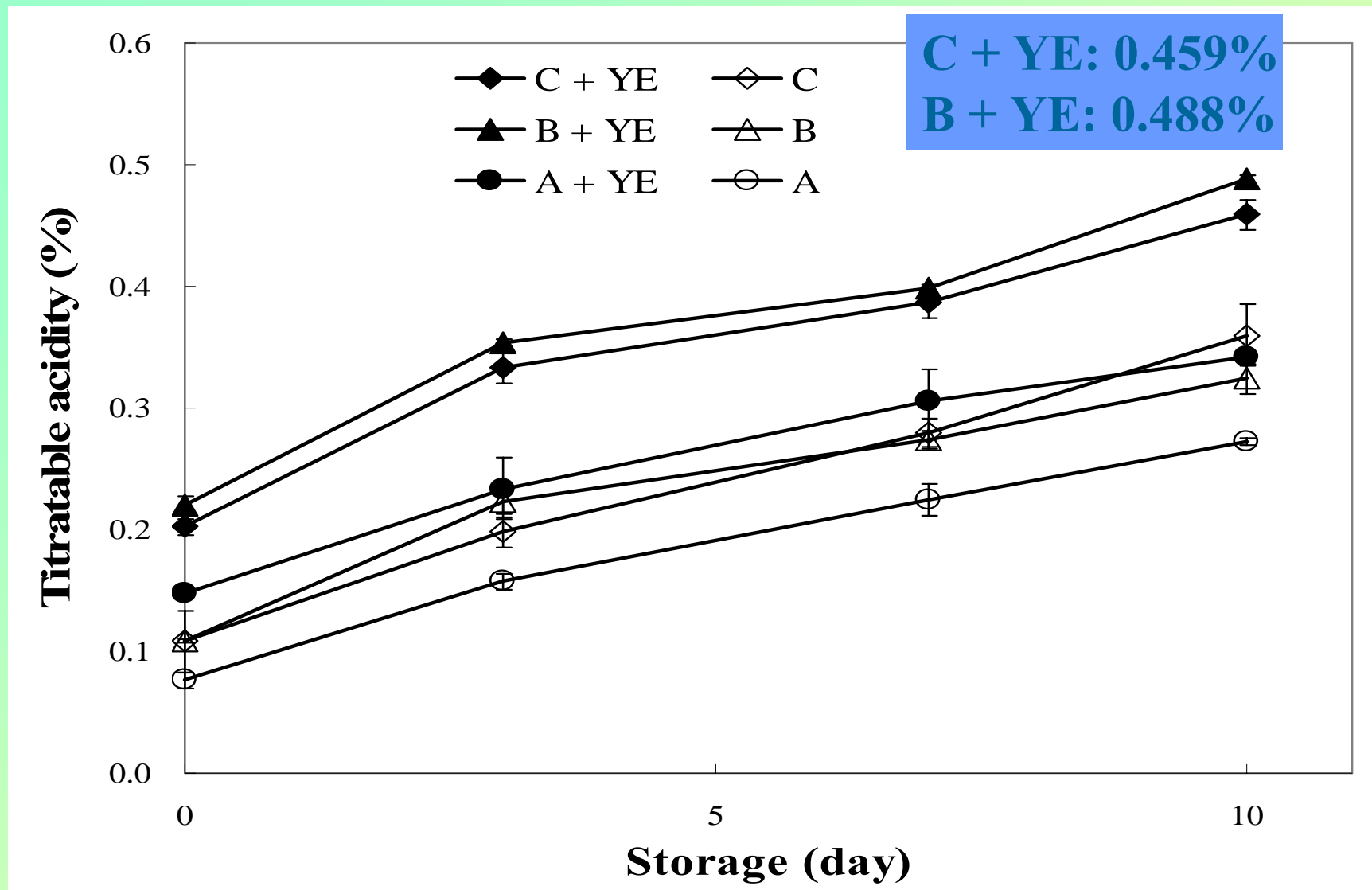
The data are mean ± SD of three samples.

Wang *et al.* (2002a) 提出蜂蜜中寡單醣類具抗致突變性物質，但濃度須在 1 mg/mL 以上。且葡萄糖及果糖較蔗糖及麥芽糖等雙醣對 Trp-p-1 誘導 TA98 之突變性，更具有抑制效果。此現象似乎可與實驗結果相呼應，經分解酵素降解之 L-Lam 中具有之單醣、雙醣，經過乳酸菌的發酵作用而減少，其抗致突變率亦隨下降。

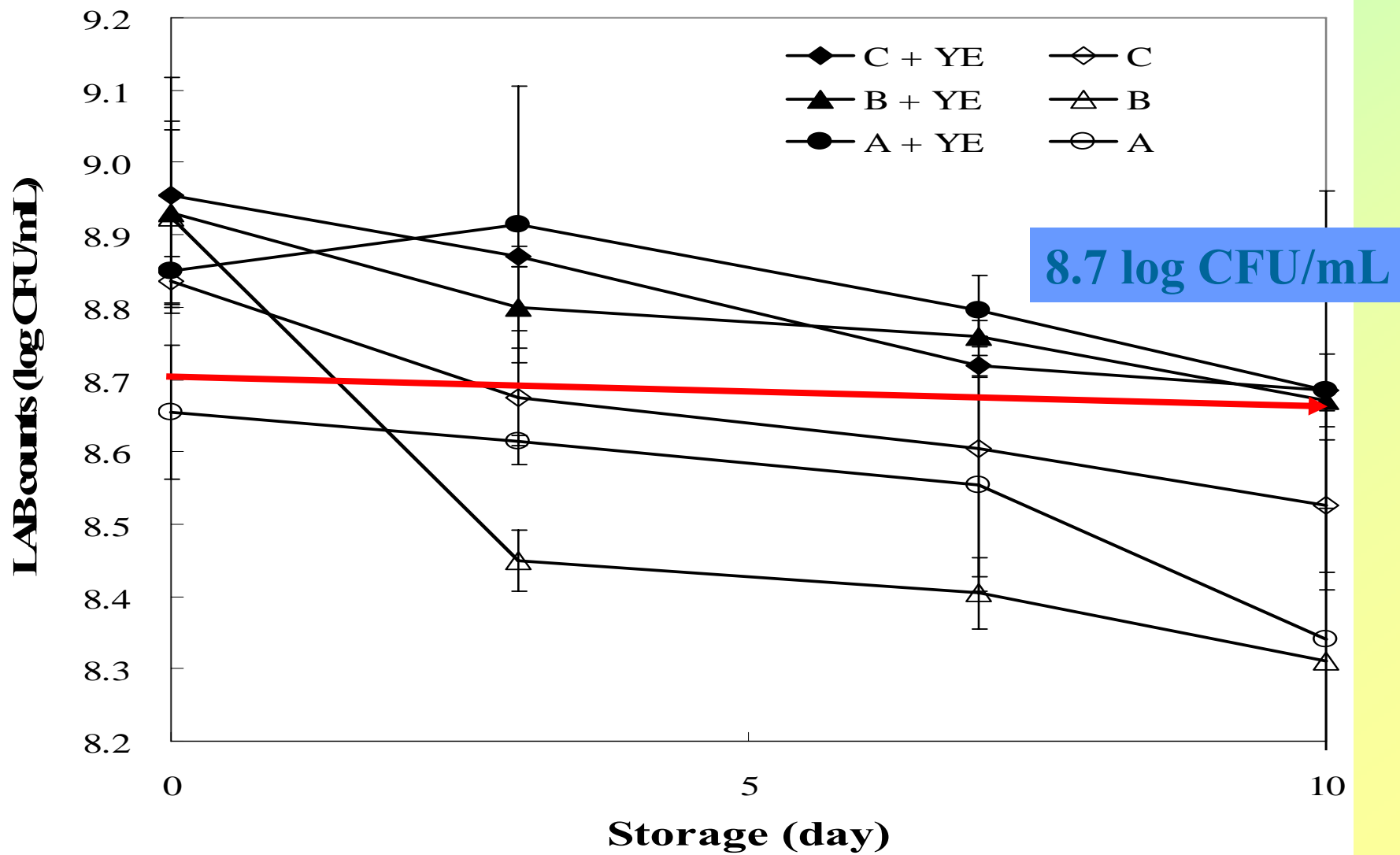
# 儲藏試驗



圖十、乳酸菌醱發酵海帶寡單醣水解液於 4°C 儲藏期間之 pH 值變化。



圖十一、乳酸菌醱發酵海帶寡單醣水解液於 4°C 儲藏期間之可滴定酸度變化。



圖十二、乳酸菌醃發酵海帶寡單醣水解液於 4°C 儲藏期間之乳酸菌菌數變化。

# 結 論

1. 以相同酵素活性單位的  $\beta$ -Galactosidase、 $\alpha$ -Amylase、Agarases (MAEF108-Agarases 和 MA103-agarases)、或 Cellulase 降解 2% (w/v) Lam，所得還原糖量及薄層色層分析之結果以 Cellulase 水解最佳，其次為 Agarases。
2. 由膠體過濾層析可知，Lam 經 5 units/mL Agarases (MAEF108-agarases 和 MA103-agarases) 及 Cellulase 水解後所得寡單糖中，糖類分子量範圍介於新洋菜六糖到小於雙糖之間。
3. 以 *Lb. plantarum* BCRC 10069 和 *Lc. lactis* BCRC 12315 發酵 L-Lam，3 小時後即可達到 pH 4.6 以下，可滴定酸度為 0.056% 或 0.071%，乳酸菌數 8.45 log CFU/mL 亦較其他組別為高。

# 結 論

4. 以 *Lb. plantarum* BCRC 10069 和 *Lb. plantarum* BCRC 12250 接種菌量 3% 或 5% (v/v) 發酵添加 YE 之 L-Lam，4 小時後達 pH 4.6 以下，可滴定酸度為 0.153% 以上，乳酸菌數 8.87 log CFU/mL 為最高。
5. 在螯合亞鐵離子方面則以 *Lb. plantarum* BCRC 10069 和 *Lb. plantarum* BCRC 12250 發酵添加 peptone 之組別可得相當於 57.56 ppm EDTA 之螯合能力；在清除 DPPH 自由基方面，添加氮源發酵組別清除能力皆有提高，但各組間沒有顯著差異；在 TEAC 方面，各組間亦為發酵添加 peptone 組別清除自由基能力較高。

## 結 論

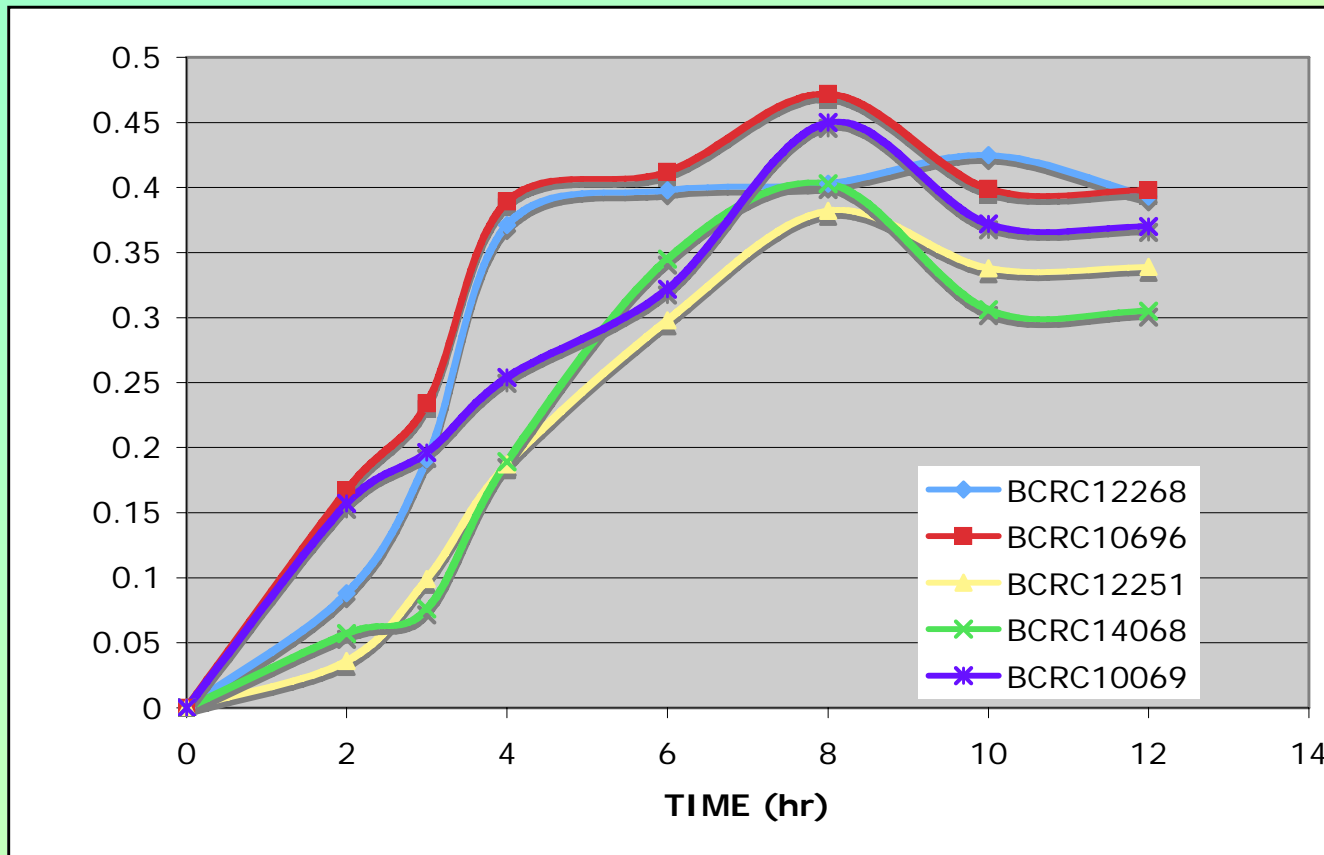
6. 未經發酵之 L-Lam 其對於 4NQO 所誘導 *Sal. typhimurium* TA100 突變抑制率為 46.2%，而對於 B[a]P 則為 36.9%，略高於海帶發酵產物，且添加 YE 為氮源之發酵產物，其相對於發酵 L-Lam，突變抑制率皆為略低。
7. 於 4°C 儲藏下，6 組海帶寡單醣水解液及添加氮源之海帶寡單醣水解液，其 pH 值會隨著儲藏時間的增加而持續下降，且經 10 天儲藏後，發酵添加 YE 之組別，乳酸菌數可維持在 8.7 log CFU/mL。

海菜、龍鬚菜、或紫菜多醣  
洋菜酶水解物做為  
乳酸發酵碳源的探討及應用

海菜、龍鬚菜、或紫菜多醣agarases水解液  
於添加 yeast extract 以及 beef extract 做為氮源後，

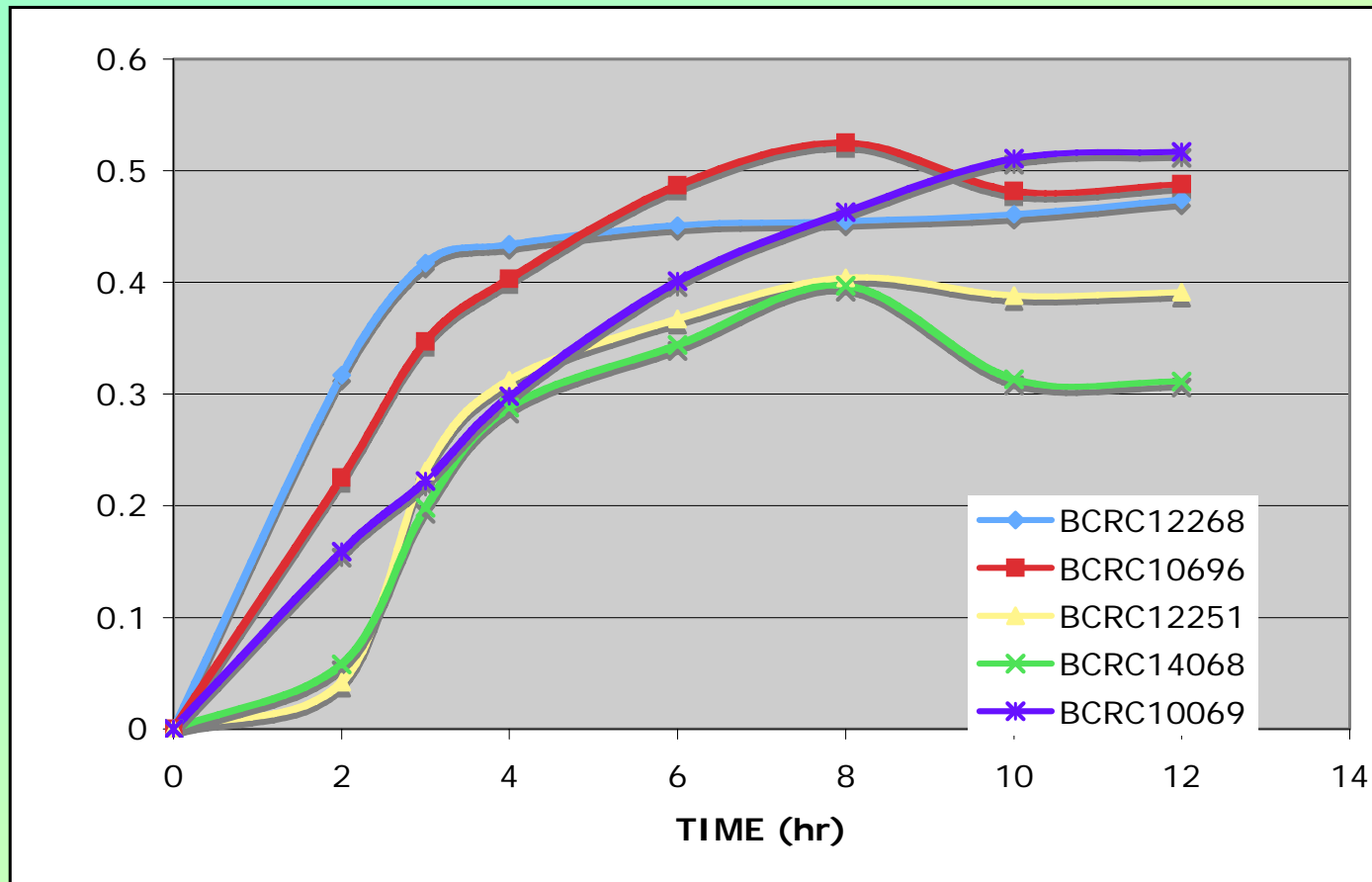
分別接種 1% *Lb. plantarum* BCRC12251 和  
BCRC10069、*Lb. rhamnosus* BCRC14068、*Lb.*  
*acidophilus* BCRC10696、或 *Streptococcus thermophilus*  
BCRC12268

在 37°C 下進行培養，並測定 OD<sub>600nm</sub>、pH 值、  
及利用薄層色層分析法(TLC)分析發酵前後簡單醣類變化



## Growth of different LAB by utilizing *Monostroma nitidum* MAEF-108 agarase lysate as carbon source.

以海菜寡多醣水解液做為乳酸發酵的主要碳源，各乳酸菌株皆可利用，但是乳酸菌所能利用有限，因此生長情況不若以龍鬚菜多寡醣為主要碳源的組別。



## Growth of different LAB by utilizing *Gracilaria* sp. MAEF-108 agarase lysate as carbon source.

以龍鬚菜寡多醣水解液做為乳酸發酵的主要碳源，各乳酸菌株皆可利用，BCRC12268 於第 4 小時達到最大菌量，而 BCRC10696 則可持續利用龍鬚菜寡多醣，於第 8 小時可達最大菌量。

**The pH values of *Monostroma nitidum* and *Gracilaria* sp. lysates  
fermented by different LAB**

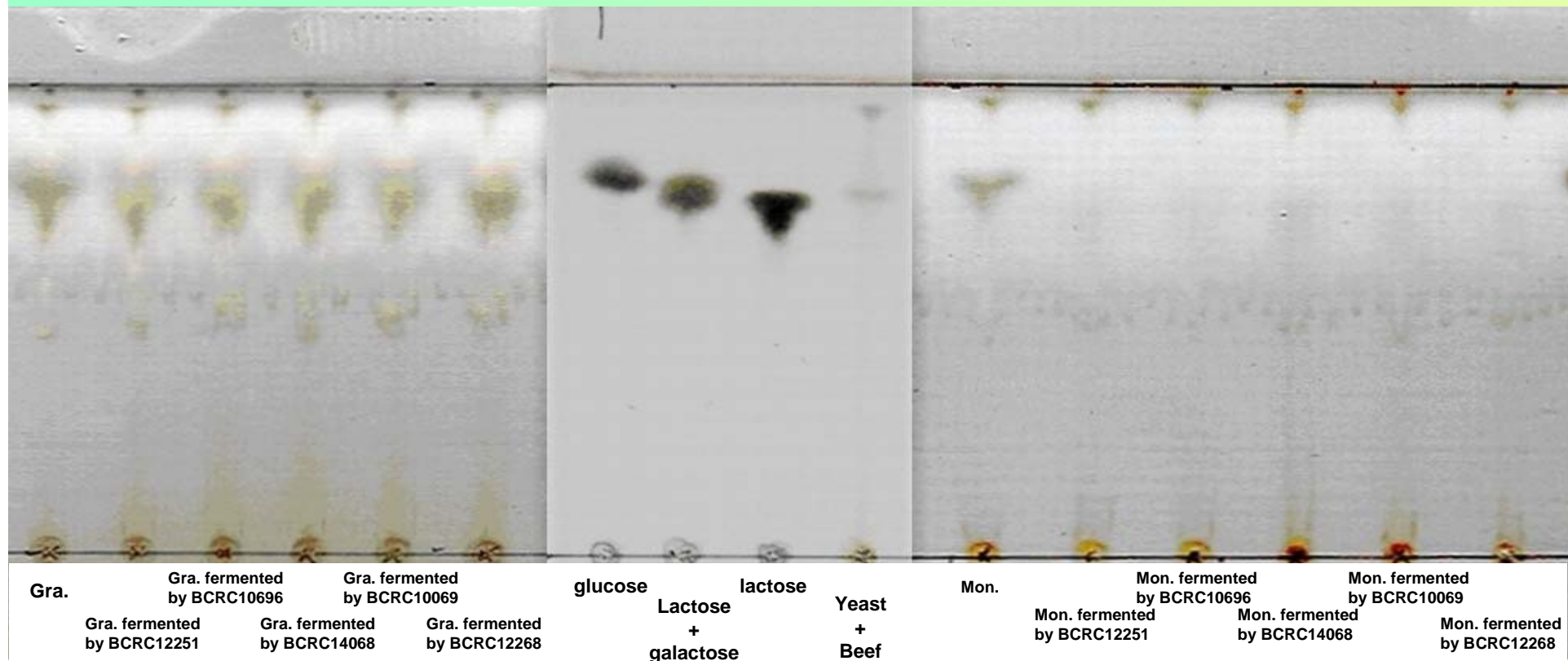
LAB strains	Carbon source	Initial pH	<sup>4</sup> Final pH
BCRC 12268	<sup>1</sup> <i>Monostroma nitidum</i>	6.50	5.38
	<sup>2</sup> <i>Gracilaria</i> sp.	6.49	5.29
	<sup>3</sup> Galactose	6.63	4.41
BCRC 10696	<sup>1</sup> <i>Monostroma nitidum</i>	6.50	5.37
	<sup>2</sup> <i>Gracilaria</i> sp.	6.49	5.30
	<sup>3</sup> Galactose	6.63	4.54
BCRC 12251	<sup>1</sup> <i>Monostroma nitidum</i>	6.50	5.03
	<sup>2</sup> <i>Gracilaria</i> sp.	6.49	5.04
	<sup>3</sup> Galactose	6.63	4.53
BCRC 14068	<sup>1</sup> <i>Monostroma nitidum</i>	6.50	5.12
	<sup>2</sup> <i>Gracilaria</i> sp.	6.49	5.10
	<sup>3</sup> Galactose	6.63	4.11
BCRC 10069	<sup>1</sup> <i>Monostroma nitidum</i>	6.50	5.40
	<sup>2</sup> <i>Gracilaria</i> sp.	6.49	5.31
	<sup>3</sup> Galactose	6.63	4.50

<sup>1</sup> 1% *Monostroma nitidum* MAEF-108 agarase lysate.

<sup>2</sup> 1% *Gracilaria* sp. MAEF-108 agarase lysate (Sigma).

<sup>3</sup> 1% Galactose (Sigma).

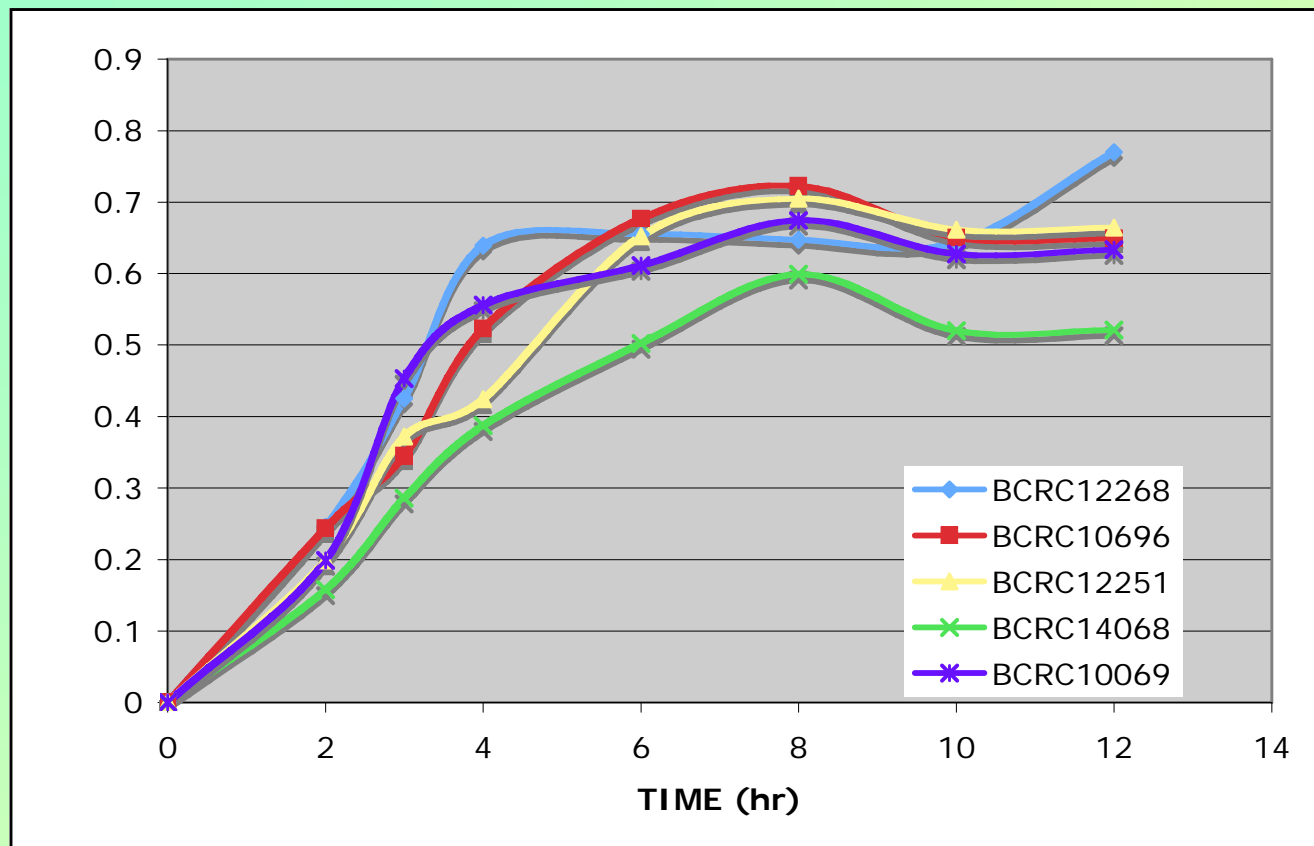
<sup>4</sup> 8 hours of fermentation.



**Fig. 1. Changes of saccharide compositions among adding different algal polysaccharide lysates (*Monostroma nitidum* and *Gracilaria* sp.) after fermentation by 5 LABs.**

以海菜或龍鬚菜多寡醣水解液做為乳酸發酵主要碳源，發酵 8 小時之後，可使 5 株 LAB 測試菌株生長產酸，雖然未能迅速降至 pH 4.6 以下。

利用薄層色層分析法 (TLC) 分析以海菜或龍鬚菜水解物做為發酵碳源的醣類成分變化。結果顯示，經過乳酸發酵後以 TLC 分析其中醣類，發現海菜以及龍鬚菜水解物中的醣類被代謝利用，推測的發酵產物應為使培養基 pH 下降的有機酸，但是其組成仍須進一步的鑑定。



**Growth of different LAB by utilizing *Porphyra* sp. MAEF-108 agarase lysate as carbon source.**

[以紫菜寡多醣水解液做為乳酸發酵的主要碳源，各乳酸菌株皆可利用，BCRC12268 於第 4 小時，即可生長至穩定期。]

## The pH values of *Porphyra* sp. lysates fermented by different LAB

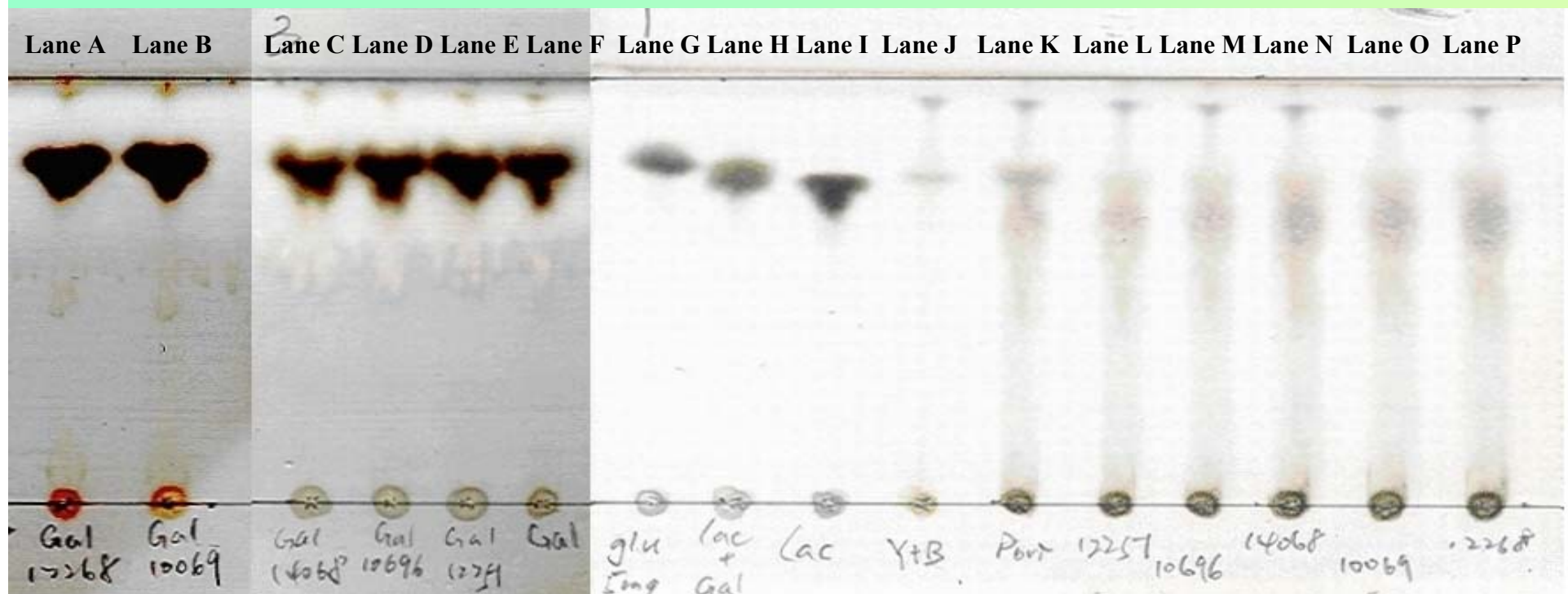
LAB strains	Carbon source	Initial pH	<sup>3</sup> Final pH
BCRC 12268	<sup>1</sup> <i>Porphyra</i> sp.	6.69	5.04
	<sup>2</sup> Galactose	6.63	4.41
BCRC 10696	<sup>1</sup> <i>Porphyra</i> sp.	6.69	5.04
	<sup>2</sup> Galactose	6.63	4.54
BCRC 12251	<sup>1</sup> <i>Porphyra</i> sp.	6.69	4.95
	<sup>2</sup> Galactose	6.63	4.53
BCRC 14068	<sup>1</sup> <i>Porphyra</i> sp.	6.69	4.97
	<sup>2</sup> Galactose	6.63	4.11
BCRC 10069	<sup>1</sup> <i>Porphyra</i> sp.	6.69	5.08
	<sup>2</sup> Galactose	6.63	4.50

<sup>1</sup> 1% *Porphyra* sp. MAEF-108 agarase lysate

<sup>2</sup> 1% Galactose (Sigma)

<sup>3</sup> 8 hours of fermentation

以紫菜多寡糖水解液做為乳酸發酵之主要碳源，發酵 8 小時之後，可使以上 5 株 LAB 生長產酸，雖然未能降至 pH 4.6 以下，但是由於能夠利用紫菜寡多糖，因此具有做為 prebiotics 的潛力。



**Fig.3. The TLC profile of fermented conditions of 5 different LAB by using D-galactose and *Porphyra* sp. hot water extract lysate as carbon source**

The spots from left to right are A: D-galactose fermented by BCRC12268; B: D-galactose fermented by BCRC10069; C: D-galactose fermented by BCRC14068; D: D-galactose fermented by BCRC10696; E: D-galactose fermented by BCRC12251; **F: D-galactose;** **G: glucose;** **H: Lactose and D-galactose;** **I: Lactose;** **J: yeast extract + beef extract;** K: lysate of *Porphyra*; L: lysate of *Porphyra* fermented by BCRC12251; M: lysate of *Porphyra* fermented by BCRC10696; N: lysate of *Porphyra* fermented by BCRC14068; O: lysate of *Porphyra* fermented by BCRC10069, and P: lysate of *Porphyra* fermented by BCRC12268.

結果顯示，發酵 8 小時後，所有的乳酸菌組別均產酸使 pH 降低，但是未能到達 pH 4.6 以下。

利用 TLC 分析發酵前後的醣類變化，發酵後紫菜寡多醣水解物中類似雙醣以下的醣類被利用產生有機酸，唯需進一步鑑定。紫菜水解物中仍有較大分子量物質無法被上述 5 株乳酸菌發酵利用。

## 結論與未來展望

海帶、石花菜、海菜、龍鬚菜、與紫菜的多醣agarases水解液中的部分簡單醣類組成物均可被上述乳酸菌代謝利用，故未來擬繼續開發為兼具probiotics與 prebiotics 的保健食品的應用生產。

藻類多醣水解液中未能被所測試乳酸菌發酵利用者，未來具將繼續探討做為膳食纖維或具抗病毒等面向的應用潛力。