

## 鐵含量對洋菜品質的影響

王文亮·陳聰松

### Effect of Iron Content on the Agar Quality

Wen-Liang Wang and Tsong-Song Chen

Iron content of raw *Gracilaria* were between 280 to 3,000 mg/l ( on the dry basis ) with high variation. The iron content ratio of agar to raw material for *G. lichenoides* and *G. confervoides* were 33 - 58 % and 70 - 90 % respectively. Iron which was contained originally in *Gracilaria* would not effect on the agar color, but highly effect on when a iron contained in extract water used (  $n = 7$  ,  $r = 0.84$  ) .

Correlation coefficient (  $n = 38$  ) between iron content and whiteness, Lightness, a value, b value,  $a \times 100/b$  value of agar product were - 0.59, - 0.57, 0.69, 0.029, 0.71 respectively. A two-way ANOVA was carried out, taking consider of pH value, breaking force, deformation, iron content, color, whiteness of agar, the best result of chelating agent was treatment No. 5, which composed with hexametaphosphate 70 %, tripolyphosphate 15% and pyrophosphate 15%, while No. 3, in which tripolyphosphate treated only was worse than control ( blank ) .

Color of agar product will be change to brown when iron added into agar extract more than a level of 50 mg/l. Neither the agar product of which the iron content was less than the level of 4 mg/l in water extract, nor the agar product which possessed high moisture content and stored at higher temperature was browning in color in this study.

### 前 言

洋菜品質的判定，除了膠強度 ( jelly strength ) 和柔韌性 ( deformation ) 外，成品的白度 ( whiteness ) 是直接影響消費者購買的重要因素。

洋菜剛製成時大多經過漂白，色澤較白，但經過半年至1年就漸帶褐色，尤其在梅雨期褐變化就非常顯著，據研究<sup>(1)</sup>主要原因為糖與胺基酸所造成的褐變反應 ( Maillard reaction )，以及鐵、錳含量多的洋菜變色度較大<sup>(1)(2)</sup>。關於 Maillard 反應的研究較多<sup>(1)</sup>，而有關鐵含量與色澤關係的研究則甚少，本試驗乃探討龍鬚菜原藻中，抽出用水鐵含量與洋菜成品色澤與鐵含量之關係，並究明金屬封鎖劑之效果。

### 材料與方法

一原藻：前往洋菜加工廠及養殖場收集菊花種 ( *Gracilaria lichenoides* ) 及野生種 ( *Gracilaria confervoides* ) 龍鬚菜，經洗滌、剔除雜物後乾燥成精選藻備用。

二洋菜粉之製備：

稱取精選藻 100 g 放於 2 ℓ 燒杯中，加 1.5 ℓ 5% NaOH Saln'，置於  $90 \pm 2^\circ\text{C}$  流動水浴內施行鹼處理 2 小時後，用自來水沖洗 5~6 次，每次約浸漬 10 分鐘，再逐漸加 5%  $\text{CH}_3\text{COOH}$  同時攪拌，直到 pH 降至 4.8 在 30 分鐘內不再上昇為止。經放置 1 夜後再以 5%  $\text{CH}_3\text{COOH}$  調至 pH 4.8，用 250 ml 純水或含不同鐵量的水在不銹鋼鍋內抽出洋菜質，抽出時間在 20~60 分鐘，以藻體潰爛為度。

抽出之洋菜膠以 12,000 r.p.m. 遠心 2 分鐘後再以尼龍布過濾，冷卻後置於  $-20^\circ\text{C}$  冷凍櫃中 2 天，以流水的方式解凍，在乾燥機內以  $30^\circ\text{C}$ ，3 m/s 的風速乾燥。

乾燥後之洋菜粉碎使通過 0.5 mm 篩孔做為供試樣品。

### 三鐵含量之測定：

取上述精選藻通過 1.0 mm 篩孔，洋菜粉則取上述供試樣品，兩者均精稱 3 g 左右置坩堝中，經碳化後以  $550^\circ\text{C}$  灰化 8 小時，隔夜後加 1 ml 濃硝酸，繼續以  $550^\circ\text{C}$  灰化 4 小時，冷卻至室溫加 5.0 ml 濃鹽酸，攪拌溶解後放置 30 分鐘，加 5 ml 純水後，吸出用 TOYO 5C 濾紙過濾，洗滌並定至 50 ml 標綫做為供試液。

將供試液與標準液 (5、10、20、40、60、80、100 mg/ℓ) 同時用 IL257 型原子吸光儀，在 248.3 nm 波長處測定吸光度。

同時精確稱取精選藻及洋菜粉各 2 g 左右，用  $110^\circ\text{C}$  恒溫乾燥至恒量以測定水分含量。鐵含量均以無水物計算。

### 四色度及白度之測定：

取洋菜粉樣品 3 g，用 TOKYO DENSHOKU TC-1500 MC 型色差儀測定 L、a、b 值及白度。

### 五破裂力 (Breaking force) 及柔軟性 (Deformation) 之測定：

取洋菜粉 1.5 g 加熱 (附迴流冷却器) 溶於 90 ml 純水中，煮沸 30 分鐘後倒出置於直徑 4.8 cm 高 5.2 cm 之 150 ml 燒杯中，隨即加 10 ml 處理母液及 0.5 ml 標準鐵液 (表 5) 攪拌，待凝固後加 20 ml 水，置於  $20^\circ\text{C}$  恒溫箱中 1 夜，測定前將水傾去，隨即以 SUN KAGAKU M-1051 型物性測定器 (Rheometer) 在洋菜凝膠中心周圍測取 3 點數據。

### 六貯藏試驗及金屬封鎖劑添加試驗：

取洋菜粉以不同金屬封鎖劑及不同鐵含量作雙向處理，製成 1.5% 洋菜凝膠，如上法測定色度、白度、破裂力、柔軟性後，經凍結、解凍乾燥製成粉末，作為貯藏用樣品。

將上述樣品置於塑膠袋中，置於  $37^\circ\text{C}$  恒溫箱中，每隔 1 星期取出測定其色度及白度。

七所用試藥均為 AA 級，純水採用 1 千萬歐姆—公分以上的電阻，坩堝及玻璃器具均先用鹽酸浸漬後再用純水沖洗備用。鐵標準液用西德 MERCK 公司製  $\text{FeCl}_3$  Titrisol 稀釋至適當濃度。標準液製備時每 45 ml 加 5 ml 濃鹽酸 (合計 50 ml)。

八 pH：洋菜膠溶液冷卻至  $70^\circ\text{C}$  以下以 pH 計測定之。

## 結果與討論

### 一鐵回收率測定：

依據鐵熱解 (Pyrolysis) 成  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  之曲綫<sup>(2)</sup>知  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  在  $470^\circ\text{C}$  至  $1000^\circ\text{C}$  都很穩定，即達成熱平衡 (Thermobalance) 不再熱解，但為了兼顧附著在坩堝壁，底的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  易於被  $\text{HCl}$  抽取及龍鬚菜精選藻易於灰化，採用  $550^\circ\text{C}$  作為灰化溫度。

坩堝中僅加入標準鐵溶液之回收率如表 1，較標準鐵溶液加入含有龍鬚菜精選藻 (Size 1.0 mm) 者 (表 2) 為高，這可能是因為扣除精選藻所含鐵量時所造成的誤差，因各濃度之回收率稍有不同，故

下面有關鐵含量之數據均依其濃度範圍除以精選藻的回收率來校正。

由於原子吸光儀使用時，不同時間測定時標準鐵溶液之吸光度值會有位移現象，所以測定時均與標準鐵溶液一起測吸光度，以降低誤差。

表1 標準鐵溶液之回收率

Table 1 Recovery test for iron determination (without *Gracilaria*)

Recovery 重複 Replicate	標準鐵含量 Standard Fe (mg)				
	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
1	2.09	4.02	5.85	7.96	9.82
2	2.07	3.98	5.96	7.98	9.78
3	2.02	3.99	6.02	7.96	9.85
4	2.08	4.04	6.05	7.98	9.88
$\bar{x}$	2.06	4.01	5.97	7.97	9.83
%	103.00	100.20	99.50	99.60	98.30

表2 將標準鐵溶液加入精選藻中之回收率

Table 2 Recovery test for iron determination (with *Gracilaria*)

Recovery 重複 Replicate	標準鐵含量 Standard Fe (mg)				
	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
1	1.97	3.83	5.74	7.65	9.46
2	1.97	3.84	5.78	7.62	9.50
3	1.97	3.86	5.72	7.64	9.48
$\bar{x}$	1.97	3.84	5.75	7.64	94.80
%	98.50	95.80	95.80	95.50	94.80

### 二龍鬚菜精選藻之含鐵量及其洋菜粉製含鐵量與色度之關係：

在本試驗中洋菜粉製品之含鐵量與白度之相關係數為  $-0.59$ ，與  $L$  值為  $-0.57$ ，與  $a$  值為  $0.69$ ，與  $b$  值為  $0.029$ ，與  $(a/b) \times 100$  為  $0.71$  ( $n=38$ )。也就是與紅色度/黃色度值比較有關係，而與白度的負相關關係僅為  $-0.59$ ，乃受亮度 ( $L$  值) 的影響。筆者認為鐵含量與白度之負相關甚低，與解凍時溶出色素的多寡、遠心分離後過濾時微細藻體顆粒殘留量關係甚大，惜在本試驗中未能進一步探明。

由表 3 知本省產野生種與菊花種龍鬚菜之鐵含量在  $280 \sim 300 \text{ mg/l}$  之間變異性甚大，尤其是野生種 No. 4 和菊花種 No. 3 採自台南市塩水溪附近，鐵含量均相當高，可能受工業區廢水排出之影響。

洋菜製品之鐵含量佔精選藻之百分比，野生種為  $70 \sim 90\%$ ，而菊花種則為  $33 \sim 58\%$ ，可能係種特異性所致。

此項調查顯示洋菜製品之鐵含量與色度之間，相關關係  $r = 0.56$  ( $n=8$ )，顯然藻中所含原來的鐵並不是影響顏色最主要的因素。

表3 龍鬚菜精選藻、洋菜成品之含鐵量與洋菜色度之關係  
Table 3 Relationship among iron content of selected *Gracilaria*, of agar product and color difference of agar product

種類 Species	精選藻 Selected <i>Gracilaria</i> 鐵 毫克/公斤	洋菜 Agar (B) Fe mg/ℓ	$\frac{(B)}{A} \times 100$	洋菜色度 Color $a \times 100/b$	產地 Growing district	
野 生 種 <i>G. confervoides</i>	1	1007.6	706.1	70.08	8.97	不明 unknown
	2	986.5	899.9	91.22	5.69	" "
	3	285.8	212.0	74.81	3.82	王功 WANG KUNG
	4	2980.1	2139.6	71.80	21.54	台南 TAINAN
菊 花 種 <i>G. lichenoides</i>	1	825.9	289.9	35.10	11.28	不明 unknown
	2	1291.4	430.6	33.34	19.70	東港 TUNG KUNG
	3	1056.0	452.3	42.83	12.69	台南 TAINAN
	4	751.6	442.1	58.82	4.17	不明 unknown

### 三抽出用水之鐵濃度與洋菜製品顏色之關係：

抽出洋菜成分所用的水鐵濃度增加，洋菜成品所含鐵量也有增加的趨勢，其相關關係  $r = 0.98$  ( $n = 7$ )；而洋菜成品之鐵含量與色度 ( $a \times 100/b$ )，白度之相關關係分別為  $r = 0.84$  與  $r = -0.39$  ( $n = 7$ )。

吾人可以推測抽出用水鐵含量已明顯影響到色度之理由，為在高溫中水中之自由鐵會促進糖一胺基的褐變反應<sup>(4)</sup>以及鐵本身的顏色，而原來藻體所含鐵大部分並非自由鐵 (Free iron)。解凍雖然能流出大部分的褐色色素及部分自由鐵，可是自由鐵仍會殘留在洋菜製品中，繼續扮演觸媒 (Catalyst) 的角色。

### 四雙向變異分析試驗：

本試驗之第1向分為6組 (groups)，1組對照區及5組處理區 (表5)，第2向分為4組，分別含0、5、50、500 mg Fe/ℓ。

經雙向處理後之pH值如表6所示，含鐵濃度較高者其pH較低係因所添加鐵標準液為溶在0.1 N鹽酸中FeCl<sub>3</sub>之型態所致。各金屬封鎖劑處理組之pH值則受所添加各處理母液pH的影響，但各組之最低pH值需在安全界限值 (一般為pH 4.2~4.6) 以上，才不致破壞膠強度。

各種金屬封鎖劑需先確認對破裂力及柔韌性不會有不良的影響，才有利用的價值，由表7可知第1向第1組 (2 Na-EDTA)，不但不會降低破裂力，反而有增加的現象，其與各處理區之差異很顯著 ( $0.001 < P < 0.01$ ) (表8)，而對照組與處理組間、聚合磷酸鹽處理組間、鐵處理組

表4 洋菜抽出用水鐵含量與顏色之關係

Table 4 Relationship between iron concentration in extract in water and color difference in agar product

抽出用水 Extract water Fe mg/ℓ	Fe mg/ℓ	洋菜成品 Agar product			Whiteness
		a	b	a × 100 / b	
0	442.1	1.9	10.7	17.76	54.0
2	561.9	1.1	9.7	11.34	59.5
4	707.7	2.0	10.7	18.69	58.4
5	733.3	2.0	10.5	19.05	56.8
6	808.0	2.2	10.8	20.37	56.5
8	938.2	2.4	10.8	22.22	50.5
10	1225.6	3.0	11.4	26.32	54.6

表5 第1向處理所用母液之濃度及pH值

Table 5 pH and concentration of the stock solution\*

No.	組別 Groups	mg / ℓ	pH
0	Non-treatment ( control )	—	—
1	2Na - EDTA	1,000	4.79
2	Na - hexametaphosphate	5,000	6.22
3	Na - tripolyphosphate	5,000	9.46
4	Na - hexametaphosphate 85 %	5,000	6.90
	Na - pyrophosphate 15 %		
5	Na - hexametaphosphate 70 % <sup>(3)</sup>	5,000	7.35
	Na - tripolyphosphate 15 %		
	Na - pyrophosphate 15 %		

\* Dilution 10 times during treatment

間及組與組之交感 ( Interaction ) 均無顯著差異 (  $P > 0.05$  )。

柔韌性之變異較大，第1向除了第3組 ( Na - tripoly phosphate ) 外，各處理組均較對照組提高 ( 表9 )，聚合磷酸鹽處理組間有顯著差異 (  $0.01 < P < 0.05$  )，主要在第2組與其他3組 ( 3、4、5 ) 處理組間有很顯著的差異 (  $0.001 < P < 0.01$  ) ( 表10 )，顯示Na-hexametaphosphate有顯著提高柔韌性的效果。對照組與處理組間、EDTA處理組與重合磷酸鹽處理組間、鐵處理組間及組與組交感間均無顯著差異 ( 表10 )。

由表11、12可看出第1向處理間，除了對照組與金屬封鎖劑處理組間有很顯著的差異 (  $0.001 < P < 0.01$  ) 外，EDTA組對聚合磷酸鹽處理組間、各聚合磷酸鹽處理組之間均無顯著差異 (  $P > 0.05$  )，顯示各種金屬封鎖劑均有顯著封鎖自由鐵的效果。

表6 雙向處理後 pH 值之變化  
Table 6 Variation of pH value after two-way treatment

組 別 Groups Fe mg/ℓ	0	1	2	3	4	5
0	6.88	5.28	5.62	7.73	5.98	6.26
5	6.81	5.24	5.64	7.64	5.96	6.22
50	6.77	5.09	5.50	7.54	5.91	6.18
500	5.29	4.54	4.96	6.86	5.45	5.78

表7 雙向處理後破裂力之變化  
Table 7 Variation of breaking force after two-way treatment

組 別 Groups	0	1	2	3	4	5	Σ
0	377	427	373	330	317	383	
	327	473	337	357	297	363	
	283	437	330	340	303	323	
	Σ 987	1337	1040	1027	917	1069	6377
	$\bar{x}$ 329	446	347	342	306	356	2126
5	313	457	343	390	333	347	
	337	453	340	373	337	377	
	263	507	367	353	307	327	
	Σ 913	1417	1050	1116	977	1051	6524
	$\bar{x}$ 304	472	350	372	326	350	2174
50	330	410	290	380	373	383	
	360	433	300	272	323	387	
	300	420	337	300	343	353	
	Σ 990	1263	927	952	1039	1123	6294
	$\bar{x}$ 330	421	309	317	346	374	2097
500	373	410	277	373	373	380	
	453	437	310	358	350	400	
	353	473	327	357	333	387	
	Σ 1179	1320	914	1088	1056	1167	6724
	$\bar{x}$ 393	440	305	363	348	389	2238
Σ	4069	5337	3931	4183	3989	4410	25919
$\bar{x}$	1356	1779	1311	1394	1326	1469	8635

表8 雙向處理後洋菜膠破裂力變異分析  
Table 8 ANOVA of breaking force after two-way treatment

變因 Source of variation	自由度 df	平方和 SS	均方 MS	F值 Fs
次組, Subgroups	23	149659.66	6506.94	
A ( columns ; treatment )	5	115420.07	23084.0	5.90 ***
control vs treatment	1	2075.01	2075.01	0.53 ns
EDTA vs polyphosphate	1	32643.20	36264.23	10.22 **
among polyphosphate	3	3923.50	1307.83	0.41 ns
B ( Rows ; Fe concentration )	3	5926.49	1957.50	0.50 ns
A × B ( 交感, Interaction )	15	28313.10	1877.54	0.48 ns
機差, Error	48	187946.99	3915.56	
合計, Total	71	337606.65		

$F_{0.05}(1,48) = 4.04$ ,  $F_{0.01}(1,48) = 7.20$ ,  $F_{0.001}(1,48) = 12.29$   
 $F_{0.05}(3,48) = 2.80$ ,  $F_{0.001}(5,48) = 4.94$ ,  $F_{0.05}(15,48) = 1.88$

表9 雙向處理後柔韌性之變化  
Table 9 Variation of deformation after two-way treatment

組別 Groups	0	1	2	3	4	5	Σ
0	2.1	1.7	2.5	1.9	2.4	2.2	
	1.7	1.7	2.4	1.4	1.4	1.8	
	2.0	2.4	2.6	1.6	1.7	1.7	
	Σ 5.8	5.8	7.5	4.9	5.5	5.7	35.2
	$\bar{x}$ 1.9	1.9	2.5	1.6	1.8	1.9	11.6
5	1.7	1.6	2.4	2.5	1.8	1.7	
	1.9	1.8	2.5	1.5	2.0	2.2	
	1.7	2.0	2.0	1.8	2.0	2.3	
	Σ 5.3	5.4	6.9	5.8	5.8	6.2	35.4
	$\bar{x}$ 1.8	1.8	2.3	1.9	1.9	2.1	11.8
50	2.0	1.9	2.6	1.4	2.0	2.0	
	1.8	2.1	2.4	1.6	1.9	1.7	
	2.0	1.8	2.2	2.1	2.0	2.0	
	Σ 5.8	5.8	7.2	5.1	5.9	5.7	35.5
	$\bar{x}$ 1.9	1.9	2.4	1.7	2.0	1.9	11.8
500	1.6	1.6	2.1	2.4	1.7	1.6	
	1.8	1.9	2.5	1.5	1.9	1.9	
	1.5	1.6	2.3	1.6	1.7	2.2	
	Σ 4.9	5.1	6.9	5.5	5.3	5.7	33.4
	$\bar{x}$ 1.6	1.7	2.3	1.8	1.8	1.9	11.1
Σ	21.8	22.1	28.5	21.3	22.5	23.3	139.5
$\bar{x}$	7.2	7.3	9.5	7.0	7.5	7.8	46.3

表 10 雙向處理後洋菜膠柔韌性變異分析  
Table 10 ANOVA of deformation after two-way treatment

變 因 Source of variation	自 由 度 df	平 方 和 SS	均 方 MS	F 值 F <sub>s</sub>
次組, Subgroups	23	3.64	0.16	
A ( columns ; treatment )	5	2.95	0.59	7.87***
control vs treatment	1	0.08	0.08	1.07 ns
EDTA vs polyphosphate	1	0.08	0.08	1.07 ns
among polyphosphate	3	0.885	0.295	3.93 *
treatment 2 vs 3, 4, 5	1	0.80	0.80	10.67 **
B ( Rows ; Fe concentration )	3	0.17	0.057	0.76 ns
A × B ( 交感, Interaction )	15	0.52	0.035	0.47 ns
機差, Error	48	3.59	0.075	
合計, Total	71	7.23		
F <sub>0.01</sub> ( 3, 48 ) = 4.22				

表 11 雙向處理後洋菜成品含鐵量的變化  
Table 11 Variation of iron content in agar product after two-way treatment

組 別 Groups	0	1	2	3	4	5	Σ
0	172.0	74.8	103.8	120.5	115.4	117.9	703.9
5	161.6	121.2	96.6	132.9	129.1	109.1	750.5
50	234.8	261.5	136.4	143.9	129.6	120.5	1026.7
500	545.5	340.7	223.2	200.9	204.8	194.5	1709.6
Σ	1113.9	798.2	559.5	598.2	578.9	542.0	4190.7

在第 2 向鐵標準液處理組間，對照組對鐵處理組間有顯著差異，對照組、5 mg/l 對 50 mg/l 組、500 mg/l 組間則有非常顯著的差異 (  $P < 0.001$  )，500 mg/l 組對對照組、5 mg/l 組、50 mg/l 組間也有非常顯著的差異 (  $P << 0.001$  )。由這種結果吾人可以說洋菜成品所含鐵量會因添加的鐵量增加而增加，當外加濃度超過 50 mg/l 時鐵含量會很顯著的增加。

色度方面，第 1 向處理除了 EDTA 組對聚合磷酸鹽組完全沒有區別 (  $P \gg 0.05$  ) 外，對照組對處理組、Na-tripolyphosphate 組對其他 3 組 ( 2、4、5 ) 聚合磷酸鹽處理組均有很顯著的區別，顯示對色度而言 Na-tripolyphosphate 是一種不良的處理劑 ( 表 13 )，而其他 4 種金屬封鎖劑均有降低色度的效果，尤以第 5 組為最佳。

在第 2 向鐵處理組方面，對照組對鐵處理組及 500 mg/l 組對 5 mg/l 組、50 mg/l 組均有很顯著的差異 (  $0.001 < P < 0.01$  ) ( 表 14 )，顯示高濃度鐵的添加對色度有很大的影響，尤其是在 50 mg/l 以上時色度又增加許多 ( 表 13 )。

表 12 雙向處理後洋菜粉鐵含量變異分析  
Table 12 ANOVA of iron content in agar after two-way treatment

變因 Source of variation	自由度 df	平方和 SS	均方 MS	F 值 Fs	
次組, Subgroups	23	170181.84			
A (columns ; treatment)	5	62668.69	12553.74	3.15	*
control vs treatment	1	51779.61	51779.61	13.0	**
EDTA vs polyphosphate	1	10693.13	10693.13	2.68	ns
among polyphosphate	3	442.05	147.35	0.04	ns
B (Rows ; Fe concentration)	3	107513.15	35337.72	8.87	**
0 vs 5, 50, 500	1	26262.50	26262.50	6.59	*
0, 5 vs 50, 500	1	68469.49	68469.49	17.18	***
500 vs 0, 5, 50	1	97365.49	97365.49	24.44	***
among treatment	2	81250.65	40625.32	10.23	**
機差, Error	15	59765.85			
合計, Total	38	229947.69			

$F_{0.05}(5,15) = 2.90$ ,  $F_{0.01}(5,15) = 4.56$ ,  $F_{0.05}(1,15) = 4.54$

$F_{0.01}(1,15) = 8.68$ ,  $F_{0.001}(1,15) = 16.59$ ,  $F_{0.01}(3,15) = 3.29$

$F_{0.001}(3,15) = 9.34$ ,  $F_{0.05}(1,15) = 4.54$ ,  $F_{0.01}(2,15) = 6.36$

$F_{0.001}(2,15) = 11.34$

由表 15 可看出第 1 向處理組以 Na-tripolyphosphate 較對照組之白度為低外，其餘各組均有提高白度的效果，尤以第 5 組為最佳，其次為第 2 組。變異分析之結果 (表 16) 除了第 5 組對第 1、2、4 三組為不顯著 ( $P > 0.05$ ) 外，對照組對處理組 ( $0.001 < P < 0.01$ ) 處理組間 ( $P < 0.001$ ) 及第 3 組對其他 4 組處理組 (1、2、4、5) 均有非常顯著的差異 ( $P < 0.001$ )。

第 2 向鐵處理間有很顯著的差異 ( $P < 0.001$ )，可是對照組對 5 mg/l、50 mg/l、500 mg/l 組無顯著差異 ( $P > 0.05$ )，而鐵處理組間却有很顯著差異 ( $P < 0.001$ )。亦即經此雙向處理後立即測定洋菜膠之白度時，白度依鐵濃度之增加而降低是有意義的。

#### 互貯藏試驗：

除上述測定外，另各取 4.5g 洋菜粉樣品以 37°C 恒溫貯藏 11 週，每隔 1 週測定 1 次，樣品的水分含量在 16~18% 之間。一般推測<sup>(1)</sup>褐變反應在洋菜抽出時就產生，不過解凍時大部分的色素被流出，剩餘少部分的色素被漂白劑所漂白，當洋菜置於高顯度之下致褐變反應活性增加，或經長期貯藏漂白劑逐漸失效，洋菜的色度就會增加。

在本試驗中並未使用漂白劑，洋菜之水分含量也比通常 (12~14%) 為高，雙向各組本身間之色度與白度變化均無顯著差異 ( $n=12$ ,  $P < 0.05$ )，顯示鐵含量、高水分含量及高氣溫在貯藏試驗中都不是影響洋菜粉褐變的主因。

表 13 雙向處理後洋菜膠色度 a/b 值之變化

Table 13 Variation of a/b value after two-way treatment

組 別 Groups	0	1	2	3	4	5	$\Sigma$
0	0.95	1.12	0.79	1.38	1.08	0.73	
	1.09	0.79	0.82	1.26	1.10	0.39	
	1.20	1.00	1.08	1.23	0.96	0.65	
	$\Sigma$ 3.24	2.91	2.69	3.87	3.14	1.77	17.62
	$\bar{x}$ 1.08	0.79	0.90	1.29	1.05	0.59	5.88
5	1.33	1.21	1.48	1.00	1.17	1.10	
	1.39	0.78	1.00	1.71	1.22	0.64	
	1.47	0.88	1.22	1.38	0.82	0.67	
	$\Sigma$ 4.19	2.87	3.70	4.09	3.21	2.41	20.47
	$\bar{x}$ 1.40	0.96	1.23	1.36	1.07	0.80	6.82
50	1.20	1.17	1.40	1.21	1.22	0.86	
	1.40	0.79	1.28	1.60	1.22	1.05	
	1.60	1.32	1.31	1.59	0.96	0.81	
	$\Sigma$ 4.20	3.28	3.99	4.40	3.40	2.72	21.99
	$\bar{x}$ 1.40	1.09	1.33	1.47	1.13	0.91	7.33
500	1.82	1.71	1.31	1.26	1.37	1.12	
	2.05	1.45	1.53	1.90	1.42	1.11	
	2.05	1.43	1.34	1.77	1.15	0.85	
	$\Sigma$ 5.92	4.59	4.18	4.93	3.94	3.08	26.64
	$\bar{x}$ 1.97	1.53	1.39	1.64	1.31	1.03	8.87
$\Sigma$	17.55	13.65	14.56	17.29	13.69	9.98	86.72
$\bar{x}$	5.85	4.55	4.85	5.76	4.56	3.33	28.90

表 14 雙向處理後洋菜膠色度變異分析  
Table 14 ANOVA of a/b value after two-way treatment

變因 Source of variation	自由度 df	平方和 SS	均方 MS	F 值 Fs
次組, Subgroups	23	6.23	0.271	
A ( columns ; treatment )	5	3.24	0.648	17.56***
control vs treatment	1	0.33	0.33	8.92 **
EDTA vs polyphosphate	1	0.00	0.00	0.00 ns
treatment 3 vs 2, 4, 5	1	0.43	0.43	11.62 **
treatment 5 vs 2, 4	1	0.31	0.31	8.38 **
B ( Rows ; Fe concentration)	3	0.37	0.79	21.41***
0 vs 5, 50, 500	1	0.40	0.40	10.81 **
500 vs 5, 50	1	0.36	0.36	9.73 **
A × B ( 交感, Interaction )	15	0.62	0.041	1.11 ns
機差, Error	48	1.77	0.037	
合計, Total	71	8.00		

F<sub>0.001</sub> ( 3,48 ) = 6.39

表 15 雙向處理後洋菜白度之變化  
Table 15 Variation of whiteness after two-way treatment

組別 Groups	0	1	2	3	4	5	Σ
0	30.4	31.8	31.7	31.2	31.8	32.3	
	32.8	32.0	33.3	30.7	31.8	32.3	
	31.5	31.7	32.1	30.8	31.8	33.2	
	Σ 94.7	95.5	97.1	92.7	95.4	97.8	573.2
	$\bar{x}$ 31.2	31.8	31.9	30.9	31.8	32.6	190.2
5	31.0	32.0	31.8	31.0	31.7	32.3	
	31.2	31.4	31.7	30.1	31.5	32.5	
	30.4	31.5	32.0	28.9	31.7	32.3	
	Σ 92.6	94.9	95.5	90.0	94.9	97.1	565.0
	$\bar{x}$ 30.9	31.7	31.8	30.0	31.7	32.4	188.5
50	30.4	31.8	31.3	30.1	31.5	32.1	
	31.4	31.6	31.7	30.2	31.4	32.6	
	30.4	31.6	32.0	29.7	31.7	31.7	
	Σ 92.2	95.0	95.0	90.0	94.6	96.4	563.2
	$\bar{x}$ 30.7	31.7	31.8	30.0	31.6	32.1	187.9

		30.0	31.4	31.7	29.9	31.5	31.2	
		30.1	31.2	31.6	28.7	31.8	32.0	
		30.2	31.3	31.4	31.0	31.5	32.0	
500	$\Sigma$	90.3	93.9	94.7	89.6	94.8	95.2	558.5
	$\bar{x}$	30.1	31.3	31.6	29.9	31.6	31.7	186.2
<hr/>								
	$\Sigma$	369.8	379.3	382.3	362.3	379.7	386.5	2259.9
	$\bar{x}$	122.9	126.5	127.1	120.8	126.7	128.8	752.8

表 16 雙向處理後洋菜膠白度變異分析  
Table 16 ANOVA of whiteness after two-way treatment

變因 Source of variation	自由度 df	平方和 SS	均方 MS	F 值 Fs
次組, Subgroups	23	41.41	1.80	
A ( columns ; treatment )	5	33.18	6.64	25.54
control vs treatment	1	1.97	1.97	7.57
among treatment	4	9.20	2.30	8.85
treatment 3 vs 1, 2, 4, 5	1	8.39	8.39	32.27
treatment 5 vs 1, 2, 4	1	0.77	0.77	2.96
B ( Rows ; Fe concentration )	3	6.26	2.09	8.04
0 vs 5, 50, 500	1	0.89	0.89	3.42
among treatment	2	70.46	23.49	90.33
A × B ( 交感, interaction )	15	1.97	0.13	0.50
機差, Error	48	12.63	0.26	
合計, Total	71	54.04		

$F_{0.001} ( 4, 48 ) = 5.50$

### 結 論

- 一、本試驗中洋菜粉之含鐵量與白度、亮度、a 值、b 值及  $a \times 100 / b$  值之相關係數分別為 0.59、-0.57、0.69、0.029、0.71 (  $n = 38$  )。亦即紅色度/黃色度與洋菜粉鐵含量之關係最大。
- 二、本省產野生種與菊花種龍鬚菜之鐵含量在 280 ~ 3,000 mg/l 之間。
- 三、洋菜製品鐵含量佔精選藻之百分比，野生種為 70 ~ 90%，而菊花種則為 33 ~ 58%，可能係種特異性所致。
- 四、抽出洋菜所用的水其含鐵量與洋菜粉之色度 (  $a \times 100 / b$  )、白度之相關係數分別為  $r = 0.84$  與  $r = -0.39$  (  $n = 7$  )。同時洋菜製品中之含鐵量也隨抽出用水之含鐵量增加而增加。
- 五、綜合 pH 值、破裂力、柔韌性、洋菜成品鐵含量、色度、白度等雙向變異分析數據，金屬封鎖劑在本試驗中以第 5 組，即 hexa metaphosphate 70%、tripolyphosphate 15%、pyrophosphate 15% 之配方最為有效。
- 六、可能因為 pH 值的影響，第 3 組 ( tripolyphosphate ) 與對照區比較會加深色度及降低白度。

七鐵添加量超過 50 mg/ℓ 以上時，對色度有顯著的加深。

八洋菜本身鐵含量與色度關係較抽出水鐵含量為小，而低鐵含量、高水分含量及高氣溫都不是洋菜褐變的主因。

### 謝 辭

本試驗之完成得力於劉鴻偉先生之協助及台灣洋菜公司與東茂洋菜公司免費提供樣品，此外本所陳秘書茂松先生提供寶貴經驗一併誌謝。

### 參考文獻

- 1 林 金雄、岡崎彰夫共著 ( 1970 ). 寒天ハンドブック，光琳書院，489 - 495 .
- 2 C. Duval ( 1963 ). *Inorganic Thermogravimetric Analysis 2 nd ed.* Elsevier Publishing Co. New York .
- 3 陳茂松 ( 1974 ). 洋菜製造法—以龍鬚菜為原料—，台灣省水產試驗所，水產資料，37, 23- 25 .
- 4 野中順三九等共著 ( 1976 ). 新版水產食品學，恒星社厚生閣版，144 - 145 .