

# 알긴산의 化學的 組成 및 그 物性에 관한 研究

## (1) 감태 알긴산의 우론산 組成

金 東 洙 · 朴 榮 浩  
釜山産業大學校 食品科學科 釜山水產大學 食品工學科

### Uronic Acid Composition, Block Structure and Some Related Properties of Alginic Acid

#### (1) Uronic Acid Composition of Alginic Acid from *Ecklonia cava*

Dong-Soo KIM

Department of Food Science and Nutrition, Pusan Sanub University  
Namgu, Pusan, 608 Korea

and

Yeung-Ho PARK

Department of Food Science and Technology, National Fisheries University of Pusan,  
Namgu, Pusan, 608 Korea

The seasonal and portional variation in the composition of uronic acid of alginic acid from *Ecklonia cava* was investigated. The sample was collected from the coast of Ieechun Illkwangmyun, Yangsangun, Kyungnam, Korea, in the period of January to December in 1982. In seasonal variation of the content of alginic acid, the range of variation was larger in the frond than in the stipe. It was the highest content in between February to April, and the lowest in between August to October, and the content was more in the stipe than in the frond. The uronic acid ratio(M/G ratio) was varied seasonally in a relationship with the variation of the alginic acid content. The maximum M/G ratio appeared in the period of December to March and minimum May to August, and the average values of the M/G ratios in the periods were 3.08, 2.64 in the frond and 2.91, 1.39 in the stipe, respectively. Additively a year mean values were 3.22 in the frond and 2.18 in the stipe.

### 緒 論

褐藻類의 細胞膜 또는 細胞間物質로 含有되어 있는 多糖類인 알긴산은 獨特한 物理化學的인 特性을 지니고 있어, 食品工業, 織物工業, 醫藥用, 用水處理, 塗料工業 등에 널리 사용되고 있으며, 또한 새로운 用途開發을 위한 研究도 많이 進行되고 있다.

우리나라 海岸에 分布되어 있는 褐藻類는 46屬 95種으로 調査報告되고 있고 (Kang, 1966), 알긴산 含有量에 있어서도 30種이 平均 26%以上으로 높다고 하며(李 등, 1968), 이 중 미역, 툫, 다시마 등의 주

要 褐藻類는 1981年度 年間 總生産量이 30,861톤에 달하고 있다(水産年鑑, 1982).

褐藻類의 알긴산 含量은 原藻의 種類, 採取時期, 產地 및 藻體部位 등에 따라 變動하며(Cottrell과 Kovacs, 1977) 우리나라産 褐藻類의 알긴산 含量의 變動에 대하여도 이미 報告된 바 있다. (朴, 1969; 金과 朴, 1975).

最近의 研究에 의하면 알긴산은  $\beta$ -D-mannuronic acid 와  $\alpha$ -L-guluronic acid 가  $\beta$ -1,4 結合을 하고 있는 直鎖狀의 共重合體로서 이들 우론산의 組成比는 原藻의 種類, 採取時期, 產地, 藻體部位 및 알긴산

의 抽出方法 等에 따라 다르며, 이러한 알긴酸의 化學的組成의 變化는 增粘性, 이온交換能, 膠形成能, 保水性 및 皮膜形成能 等과 같은 物性에 크게 影響을 미친다고 한다(田淵, 1978). 그러나 이에 관한 研究은 아직 充分히 解明되어 있지 않고, 특히 우리나라產 褐藻類의 알긴酸에 대하여는 더욱 그러하다.

本研究에서는 우리나라產 褐藻類의 알긴酸에 대한 尿酸 組成을 밝히고자, 月別로 1年間 同一場所에서 採取한 試料를 試料로 하여 採取時期別 藻體部位別 變化를 分析檢討하였다.

## 材料 및 方法

### 1. 試料

試料海藻는 慶南 梁山郡 日光面 伊川里 伊洞 앞바다의 一定한 場所에서 1982年 1月부터 12月까지의 12個月間, 每月 7~10일에 採取한 검태(*Ecklonia cava* Kjellman)를 使用하였으며, 採取直後 海水로 세척하여 實驗室로 運搬하여 다시 수도물로써 모래, 흙 等 挾雜物을 除去하면서 잘 세척하여 風乾하여 藻體를 約 2×2 cm 크기로 切斷하여 共檢試料瓶에 保存하였다. 供試時의 水分含量은 18.1~24.7% 이었다.

### 2. 實驗方法

#### (1) 一般成分

水分은 100~105°C에서 常壓加熱乾燥法으로 測定하였고, 粗灰分은 直接灰化法으로 하였으며, 粗蛋白質은 Kjeldahl 常法으로 定量하였다.

#### (2) 原藻中의 알긴酸의 定量

脫炭酸法(MacCredy 等, 1946; 原田, 1964 Iso 等 1978)을 一部改良하였다. 즉 試料中의 알긴酸 이의의 炭酸가스 發生物質을 제거할 目的으로 原田(1964)의 方法으로 前理處하였으며, 脫炭酸은 Iso 等(1978)의 方法으로 實施하였다.

##### ① 試料의 前處理

乾燥試料를 約 0.3×0.3 cm 크기로 細切하여 約 2 g 精秤하고 水洗후 100 ml 의 alkaline ethanol(80% ethanol 에 炭酸소오다를 加하여 0.1N 의 alkali 濃度로 한 것)을 加하여 70~80°C에서 1時間 浸漬處理하는 것을 3回 反復한 後, 다시 藻體를 0.3 N 鹽酸으로써 70°C에서 1時間 浸漬處理하였다.

##### ② 脫炭酸處理 및 定量操作

前處理를 마친 藻體는 Fig. 1과 같은 裝置에 넣어 濃鹽酸으로 加熱分解시켜 脫炭酸處理를 하였다.

裝置內의 通氣를 위하여 (j)를 aspirator 에 連結하고 吸入되는 空氣는 soda lime 管(a)와 黃酸을 넣은 洗氣瓶(b)를 通過하도록 하였다. 藻體中의 알긴酸을 19% 鹽酸으로 加熱分解시켜 炭酸가스를 發生시켰으며, 發生한 炭酸가스는 亞鉛粒子を 채운 두개의 trap 즉, pretrap(f)(35 mmφ×70 mm) 및 U字型 trap(g)(10 mmφ×500 mm)을 通過시켜 炭酸가스와 함께 混入되는 微量의 鹽化水素를 完全히 除去시킨 後吸收管(h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub>)內의 수산화나트륨溶液에 吸收시켰다.

脫炭酸處理를 마친後 吸收管(h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub>)의 수산화나트륨溶液(0.25 N 溶液을 100 ml 씩 채운 것)은 0.5 N 鹽酸으로 滴定하였으며, blank test를 하여 炭酸가스를 求하고 이로부터 알긴酸量을 算定하였다.

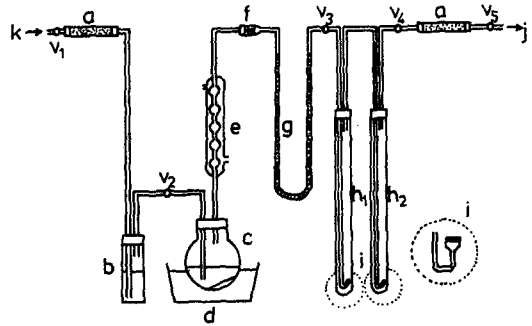


Fig. 1. Apparatus for determination of CO<sub>2</sub> evolved from alginic acid by hydrolyzing with 19% HCl (a) soda-lime tube(40 mmφ, 300 mm), (b) washer(contained with H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), (c) reaction vessel(200 ml round-bottomed, long-necked flask), (d) oil bath, (e) condenser (250 mm Liebig condenser), (f) pre-trap (filled with zinc powder), (g) trap(filled with zinc powder, 10 mmφ, 500 mm), (h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub>) absorption column(20 mmφ, 500 mm), (i) sintered glass filter, and (v<sub>1</sub>-v<sub>5</sub>) valves.

##### (3) 알긴酸나트륨의 製造

高橋法(1951) 및 西澤과 千源法(1979)에 準하여 다음과 같이 하였다. 즉, 乾燥試料 10 g을 0.025% 黃酸 400 ml 에 1時間洗滌한 다음 藻體에 1% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液 400 ml 를 加하여 65°C의 恆溫水槽에서 5時間 攪拌하면서 알긴酸을 抽出하였다. 이 抽出液에 1~1.5 l 의 물을 加하여 희석한 다음 濾布로써 濾過하

고 濾液에 2倍量의 methanol을 加하여 알긴산나트륨을 응고 沈澱시켰다. 이것을 濾過하여 얻은 알긴산나트륨 겔을 95% methanol로써 4回洗淨脫水한 後 50°C의 熱風乾燥器에서 乾燥하고 磨碎하여 粉末로 하였다.

粉末 알긴산나트륨을 純水에 녹여 methanol로 沈澱시키는 操作을 2回 反復한 다음 methanol과 ether로써 각각 洗滌하여 精製하였다.

(4) Gas chromatography (GLC)에 의한 알긴산나트륨의 尿酸組成分析

알긴산나트륨의 加水分解는 Fischer와 Dörfel法(1955)으로, 中和, 還元 및 TMS化는 Perry와 Hulyalkar法(1965)에 準하여 實施하였다.

① 加水分解

알긴산나트륨 50 mg을 精秤하여 80% 尿酸溶液을 0.5 ml 加하고 20°C에서 18시간 放置하였다. 6.5 ml의 蒸溜水를 添加하여 2N 尿酸溶液이 되도록 희석한 후 試驗管에 마개를 하여 100°C 熱湯中에서 5時間 加熱하였다.

② 中和

加水分解한 試料를 冷却하여 蒸溜水로써 25 ml로 한 후 5 ml를 取하여 蒸溜水를 적당량 添加한 후 BaCO<sub>3</sub>를 添加하여 65°C 恒溫槽에서 10分間 攪拌하여 中和시켰다.

③ 還元

中和시킨 試料를 濾過하여 그 濾液에 NaBH<sub>4</sub>를 50 mg 添加하여 室溫에서 1時間 放置하여 aldonic acid로 還元시켰다. 또 過剩의 NaBH<sub>4</sub>를 除去하기 위하여 Amberlite IR-120(H<sup>+</sup>)을 2 g 添加한 다음, 이것을 다시 Amberlite IR-120(H<sup>+</sup>)이온交換樹脂가 채워진 (約 6 ml) column(12 mmφ×350 mm)에 通過시켰다.

流出液 및 蒸溜水로 洗滌한 洗液을 합쳐서 減壓濃縮하였으며, 다시 methanol 100 ml를 添加하여 眞空蒸發器에서 乾固시키는 操作을 5回 反復하여 生成되는 boric acid를 휘발성 methyl borate로 蒸發시켜 除去하였다. 殘渣에 濃鹽酸 0.5 ml를 添加하여 溶解시키고 減壓濃縮하여 乾固시켜 aldono-lactone으로 하였다.

④ Trimethylsilyl(TMS)誘導體化

aldono-lactone 形態로 된 試料에 hexamethyldisilazane(0.1 ml), trimethylchlorosilane(0.1 ml) 및 pyridine(1.0 ml)을 添加하고 室溫에서 15分間 흔들어

混合反應시킨 後, 35°C 以下에서 濃縮시켜 pyridine을 除去하고 chloroform(1 ml)을 添加하여 그 上層液을 GLC 分析試料(注入量, 1~1.5 μl)로 하였다.

⑤ GLC의 操作條件

GLC操作條件은 Table 1과 같이하였다.

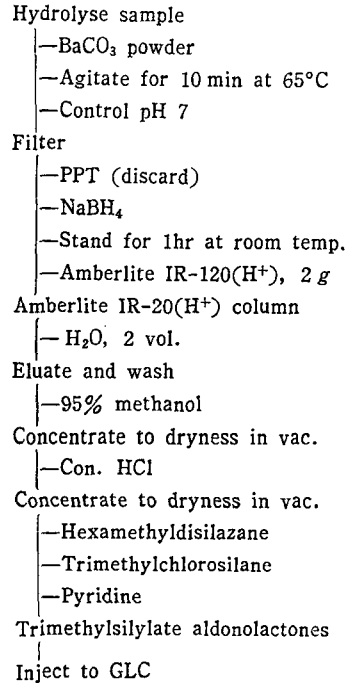


Fig. 2. Procedure for GLC analysis of uronic acid of alginic acid

Table 1. Conditions for GLC analysis of uronic acid in alginic acid

Gas chromatograph	Shimadzu GC 4BPTF
Column	0.3 mm i. d. × 2.0 m, glass
Packing material	5% SE 30 on 100-200 mesh Shimalite W
Column temperature	190°C
Detector temperature	230°C by FID
Chart speed	5 mm/min
Flow rate	25 ml/min
Carrier gas	N <sub>2</sub>

結果 및 考察

1. 藻體成分組成的 季節的 變化

감태의 部位別에 따른 各成分含量的 最高, 最低 및 年平均值를 表示하면 Table 2와 같다. 또한 各成分含量的 月別變化는 Fig. 3에 表示한 바와 같다.

Table 2. Proximate composition and contents of alginic acid in seaweed(dry weight)

Species	Part of seaweed	Total ash			Crude protein			Alginic acid		
		Max.	Min.	Average	Max.	Min.	Average	Max.	Min.	Average
<i>Ecklonia cava</i>	stipe	29.0	15.1	23.2	13.0	11.8	12.3	31.0	22.8	25.7
	frond	25.7	17.5	21.7	14.5	10.8	12.8	28.8	15.0	22.1

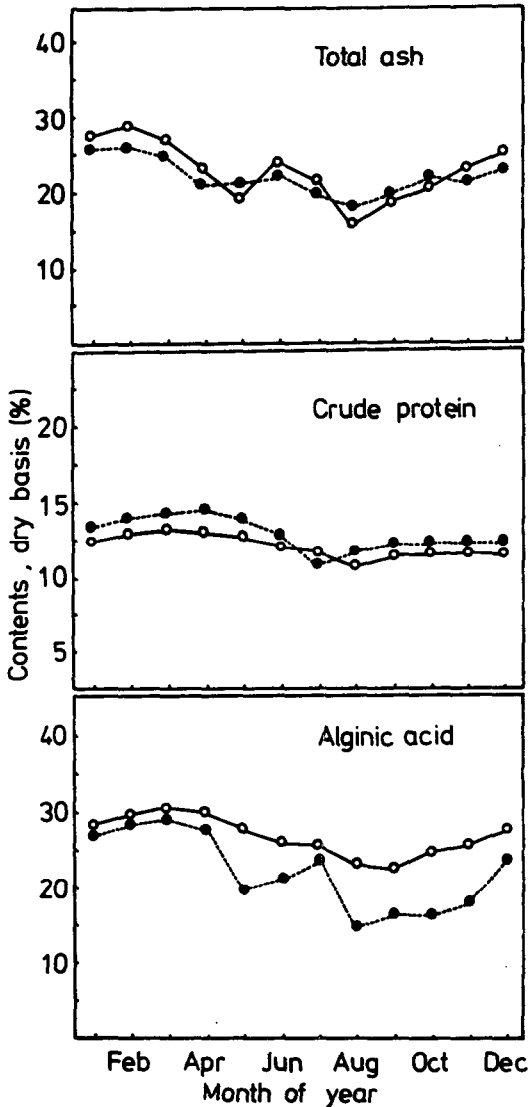


Fig. 3. Seasonal variation of the contents of total ash, crude protein and alginic acid in the frond (●—●) and the stipe(○—○) of *Ecklonia cava*

藻體部位別에 따른 各成分含量의 變化를 보면 灰分에 있어서는 根莖部가 最高 29.0%, 最少 15.1%이며, 葉狀部가 最高25.7%, 最少 17.5%로써 그 變

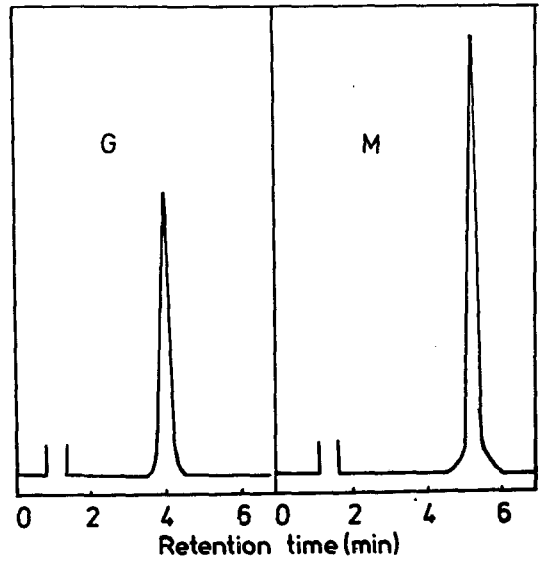


Fig. 4. Gas chromatogram of the TMS derivatives prepared from authentic aldono lactones of D-mannuronic(M) and L-guluronic acid(G)

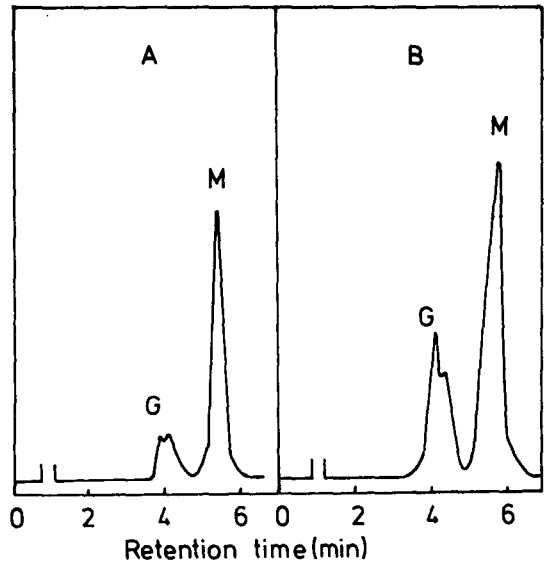


Fig. 5. Gas chromatogram of mannuronic acid and guluronic acid in alginic acids from the frond(A) and the stipe(B) of *Ecklonia cava*

化幅이 다소 크게 나타났으며, 粗蛋白質에 있어서는 根莖部가 最高 13.0%, 最少 11.8%, 葉狀部가 最高 14.5%, 最少 10.8%로써 그 變化幅이 적었다. 알긴산에 있어서는 根莖部가 最高 31.0%, 最少 22.8%이며, 葉狀部에 있어서는 最高 28.8%, 最少 15.0%로 나타났다. 한편, 藻體部位別에 따른 알긴산含量的 差異를 보면, 葉狀部보다 根莖部가 많이 含有되어 있는 傾向을 나타내고 있는데 이러한 事實은 Black(1948a, b, c, d, e; 1949; 1950)과 朴(1969) 등의 研究結果에서도 볼 수 있다.

한편 試料別 成分含量的 季節的 變化를 보면, 灰分의 경우 冬季에는 最高值를 나타내고 夏季에는 減少하는 傾向이 있으며 粗蛋白質의 경우도 이와 비슷한 樣相을 보였다. 알긴산含量的 年中變化는 葉狀部가 根莖部보다 그 變化幅이 크고 冬季에는 높고 夏季에는 낮은 傾向을 나타내었다.

## 2. 알긴산의 우론산 組成

試料로 使用한 감태로부터 抽出한 알긴산의 우론산 組成, 즉 D-mannuronic acid(M), L-guluronic acid(G)의 比(M/G比)를 GLC에 의하여 分析하였다. D-mannuronic acid와 L-guluronic acid의 標準物質의 gas chromatogram은 Fig.4와 같다. 2월에 採取한 감태 葉狀部와 根莖部 알긴산의 우론산 組成을 分析한 것을 Fig.5에 나타내었는데, 標準物質로 同定한 結果 chromatogram 上的 3個의 peak 中 첫번째 peak가 L-guluronic acid이고 마지막 peak가 D-mannuronic acid에 該當하였다. 그러나 L-guluronic acid peak에 隣接하여 未同定의 peak가 나타났으며 이것은 Sato(1976), Isikawa와 Nisizawa(1981)의 研究報告에서도 지적되고 있다. 이 未同定의 peak는 高溫多濕한 곳에 長期保管한 D-mannuronic acid의 標準品의 gas chromatogram 上에도 나타났는데, 本

實驗에서는 同定하지 못하여 M/G比를 求하기 위한 面積計算에는 包含시키지 않았다.

감태에서 抽出한 알긴산의 M/G比를 gas chromatogram 上的 peak 面積으로부터 求한 結果는 Table 3과 같다. 단, M/G比의 計算에 있어서 M/G\*比는 Haug와 Larsen(1962)이 提案한 補正值인 0.66을 곱한 값인데, 이것은 두 uronic acid의 加水分解時 수반되는 相異한 파괴율을 감안한 補正值이다.

全般的인 M/G比는 葉狀部에서 抽出한 알긴산이 根莖部의 것에 비하여 높은 값을 나타내었다. 또한 M/G比의 季節的인 變化를 보면 葉狀部 알긴산의 경우 年中 2회의 極大期를 나타내었는데, 最大值를 나타낸 時期는 10~11月이고, 最少值를 나타낸 時期는 7月이었다.

한편, 根莖部 알긴산에 있어서는 1월에 最大值를 나타내고, 7월에 最少值를 나타내는 變化를 보였다. 이러한 M/G比의 季節的인 變化는 大體的으로 알긴산含量的 季節的인 變化와 관련성이 있는 듯 보이며, 藻體의 急速한 成長期에는 減少하고 완만한 伸長期에는 增加한다고 할 수 있다.

佐藤과 丹原(1980)은 다시마 藻體를 外層部와 內層部로 나누어 分析한 結果, 色을 띄는 外層部에는 cellulose와 함께 細胞膜成分으로서 L-guluronic acid가 풍부하고 白色을 띄는 內層部에는 細胞間物質로서 D-mannuronic acid가 많이 含有된다고 報告하였다

이러한 事實등으로 미루어 볼 때 秋冬節에는 光合成作用으로 生成된 D-mannuronic acid가 貯藏物質로서 內層部에 많이 蓄積되어 M/G比가 높고, 春夏節이 되어 急速한 成長期 및 胞子放出期가 되면 原形質形成을 위하여 D-mannuronic acid가 藻體內的 polymannuronic acid-5-epimerase와 같은 酵素의 作用으로 L-guluronic acid로 轉換되어 M/G比가 減少

Table 3. Seasonal variation in the M/G ratios of alginic acid from *Ecklonia cava*

Part of seaweed		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Average
Fronde	M(%)	74.75	85.42	85.99	84.94	83.71	81.03	59.18	83.66	83.63	87.18	86.56	78.68	81.23
	G(%)	25.25	14.58	14.01	15.06	16.29	18.97	40.82	16.34	16.37	12.82	13.44	21.32	18.77
	M/G	2.96	5.86	6.14	5.64	5.14	4.27	1.45	5.12	5.11	6.80	6.44	3.69	4.89
	M/G*	1.95	3.87	4.05	3.72	3.39	2.82	0.95	3.38	3.37	4.48	4.23	2.44	3.22
Stipe	M(%)	85.78	77.12	80.00	70.93	70.15	68.15	57.27	71.99	77.83	77.83	80.77	80.92	74.90
	G(%)	14.22	22.88	20.00	29.07	29.85	31.85	42.73	28.01	22.17	22.17	19.23	19.08	25.11
	M/G	6.03	3.37	4.00	2.44	2.35	2.14	1.34	2.57	3.51	3.51	4.20	4.24	3.31
	M/G*	3.98	2.22	2.64	1.61	1.55	1.41	0.89	1.70	2.32	2.32	2.77	2.80	2.18

M/G\*: corrected the M/G ratios multiplied by 0.66 that was derived from Haug procedure(1962)

할 것으로 推察된다.

Haug 와 Larsen(1962)이 노르웨이産 褐藻類알긴酸의 M/G 比를 調査報告한 것을 보면, *Laminaria hyperborea*의 根莖部 알긴酸은 0.37, 葉狀部 알긴酸은 1.28을 나타내어, 葉狀部가 根莖部보다 M/G 比가 높다는 점은 本實驗의 結果와도 一致하는 傾向을 나타내고 있다. 또 *Laminaria digitata*의 경우 1月과 6月에 採取한 경우 M/G 比는 各各 1.68과 1.58로써 採取時期에 따른 變化幅은 本實驗의 경우보다는 적었다.

Tanaka 等(1968)이 北美沿岸産 褐藻類 19種類에 대하여 M/G 比를 調査한 結果, 原藻의 種類에 따라 상당히 다른 값을 보이고 있음을 報告하고 있다. 그 가운데 代表的인 것 4種類만 예를 들어보면 *Laminaria digitata*의 葉狀部 1.76, *Macrocystis pyrifera* 2.37, *Fucus endentatus* 4.78, *Hedophyllum sessile* 6.69와 같이 M/G 比가 原藻에 따라 相異한 값을 가지는데, 本實驗에서 얻은 結果值보다는 다소 그 幅이 크다고 생각된다.

### 結論 및 要約

우리나라産 褐藻類의 알긴酸에 대한 尿酸組成을 밝히고자 慶南 梁山郡 日光面 伊川里 伊洞 沿岸의 一定한 場所에서 月別로 1年間 採取한 樣本로 부터 抽出한 알긴酸을 試料로 하여 季節別, 藻體部位別에 따른 尿酸의 組成을 分析檢討하였다.

알긴酸含量의 年中變化는 2~4월에 最大含量을 나타내고 8~10월에 最少含量을 보였으며, 藻體部位別에 따른 알긴酸含量은 根莖部가 葉狀部보다 높았으며, 季節의 變化幅은 葉狀部가 根莖部보다 큰 傾向이었다.

알긴酸의 尿酸 組成比(M/G 比)의 變化는 大體의으로 冬季에 M/G 比가 높고, 夏季에 낮은 傾向을 나타내었다. 最大·最少期の M/G 比 平均値는 各各 葉狀部 알긴酸은 各各 3.08, 2.64이였으며 根莖部 알긴酸은 各各 2.91, 1.39이였다. 또한 葉狀部 및 根莖部 알긴酸의 M/G 比 年平均値는 各各 3.22, 2.18로써 葉狀部가 根莖部보다 높게 나타났다.

### 謝 辭

本 研究에 있어서 함께 參與 協助해 주신 釜山水産大學 食品工學科 食品保藏學 實驗室 여러분들에게

眞心으로 感謝드립니다.

### 文 獻

- Black, W.A.P. 1948 a. Seasonal variation in the chemical constitution of some British *Laminariales*. Nature, 161-174.
- Black, W.A.P. 1948 b. Seasonal variation in chemical constitution of some of the sublittoral seaweeds common to Scotland. I. *Laminaria cloustoni*. J. Soc. Chem. Ind.(London) 67, 165-168.
- Black, W.A.P. 1948 c. Seasonal variation in chemical constitution of some of the sublittoral seaweeds common to Scotland. II. *Laminaria digitata*. J. Soc. Chem. Ind.(London) 67, 169-172.
- Black, W.A.P. 1948 d. Seasonal variation in chemical constitution of some of the sublittoral seaweeds common to Scotland. III. *Laminaria saccharina* and *Saccorhiza bulbosa*. J. Soc. Chem. Ind.(London) 67, 172-176.
- Black, W.A.P. 1948 e. Seasonal variation in chemical composition of some of the littoral seaweeds common to Scotland. I. *Ascophyllum nodosum*. J. Soc. Chem. Ind.(London) 67, 355-357.
- Black, W.A.P. 1949. Seasonal variation in chemical composition of some of the littoral seaweeds common to Scotland. II. *Fucus serratus*, *Fucus vesiculosus*, *Fucus spiralis* and *Pelvetia canaliculata*. J. Soc. Chem. Ind. (London) 68, 183-189.
- Black, W.A.P. 1950 a. The seasonal variation in weight and chemical composition of the common British *Laminariaceae*. J. Mar. Bid. Assoc. 29, 45-72.
- Black, W.A.P. 1950 b. Effect of the depth of immersion on the chemical constitution of some of the sublittoral seaweeds common to Scotland. J. Soc. Chem. Ind.(London) 69, 161-165.
- Cottrell, I.W. and P. Kovacs. 1977. Algin. Food Colloids, AVI Pub. Co. Inc., Westport, pp.

알긴산의 化學的 組成 및 그 物性에 관한 研究

- 438-463.
- Danak, Y., Deirdre, W.E. and S.C. Skorina. 1968. Studies on inhibition of intestinal absorption of radioactive strontium. VII. Relationship of biological activity to chemical composition of alginates obtained from north American seaweeds. The Canadian Medical Association Journal 99, 169-175.
- Fischer, F.G. and H. Dörfel. 1955. The polyuronic acids of brown algae. Part I. Z. Physiol. Chem. 302, 186-203.
- 原田悠三. 1964. アルギン酸製造に関する基礎的研究. 1. 褐藻中のアルギン酸定量法の検討, 日水學誌 30, 141-146.
- Haug, A. and B. Larsen. 1962. Quantitative determination of the uronic acid composition of alginates. Acta.Chem. Scand. 16(8), 1908-1918.
- Ishikawa, M. and K. Nisizawa. 1981. Polymannuronic acid 5-epimerase activities in several brown algae and its localization in frond. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 47(7), 889-893.
- Iso, N., H. Mizno, N. Onda, T. Saito, N. Aoyama and A. Yokoyama. 1978. Solution properties of sodium alginate from brown seaweeds living along the coast of Japan-II. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 44(12), 1375-1379.
- Kang, J.W. 1966. On the geographical distribution of marine algae in Korea. Bull. Pusan Fisheries College 7(1, 2).
- 金章亮・朴榮浩. 1975. 褐藻類의 알긴산含量에 관한 研究. 釜山水産大研報 15(1, 2), 27-35.
- 李敏載・鄭英昊・洪淳佑・河永士. 1968. 알긴산原藻에 관한 研究. 科學技術 1, 56-72.
- MacCredy, R.M., H.A. Swenson and W.D. MacLay. 1946. Determination of uronic acids. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 18, 290-291.
- 西澤一俊・千源光雄. 1979. 藻類研究法, 共立出版, 東京, pp.622-624.
- 朴榮浩. 1969. 褐藻類의 알긴산含量의 季節的인 變化에 關하여, 韓水誌 2(1), 71-82.
- Perry, M.B. and R.K. Hulyalkar. 1965. The analysis of hexuronicacids in biological materials by gas-liquid partition chromatography. Canad. J. Bioche. 43, 573-584.
- Sato, S., Y. Miyata and S. Kunitomi. 1976. Physical properties of "Narutowakame" and its alginates and metal contents. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 42(3), 337-341.
- 佐藤孜郎・丹原敬子. 1980. 昆布藻體の内・外層組織の金屬組成および多糖類組成. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 46(6), 749-756.
- 水産年鑑. 1982. 1981年度 月別 海藻製品生産實績, 韓國水産振興會, pp.104-105.
- 田淵徳一. 1978. アルギンとその利用. New Food Industry 20(9), 34-41.
- 高橋武雄. 1951. 海藻工業産業圖書出版, 110-111, 115-124, 377-380.