

알긴산의 化學的 組成 및 그 物性에 관한 研究

(4) 외틀개모자반 및 팽생이모자반의 알긴산

金 東 洙 · 朴 榮 浩

釜山産業大學校 食品工學科, 釜山水產大學 食品工學科
(1985년 1월 20일 수리)

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

(4) On Alginic Acid from *Myagropsis myagroides* Fensholt and *Sargassum horneri* C. Agardh

Dong-Soo KIM

Department of Food Science and Technology, Pusan Sanub University,
Nam-gu, Pusan, 608 Korea

and

Yeung-Ho PARK

Department of Food Science and Technology, National Fisheries University of Pusan,
Nam-gu, Pusan, 608 Korea
(Received January 20, 1985)

In the previous papers (Kim and Park, 1984 a, b; 1985 a), we have reported on alginic acid from *Ecklonia cava* and *Sargassum ringgoldianum*. The seasonal variation in the composition of uronic acids and their block structures of alginic acid from *Myagropsis myagroides* Fensholt and *Sargassum horneri* C. Agardh (collected from Iee Chun village on the coast of Ilgwang-myon, Yansan-gun, Kyungnam, Korea, in the period of January to December in 1982) are investigated, and their relationship between the chemical composition and some related properties are discussed in this study.

One year average contents of alginic acid were 25.2% in the *M. myagroides* and 26.5% in the *S. horneri*, and one year average values of M/G ratios were 1.97 in the *M. myagroides* and 1.38 in the *S. horneri*. The value of *M. myagroides* was largest in the period of December to April, and smallest in May to June and October to November. The value of *S. horneri* was largest in January and smallest in March to April. The proportion of alternating, M and G block in *M. myagroides* were 18.4%, 40.4%, and 41.2%, and those in *S. horneri* 9.8%, 33.3% and 56.9%, respectively.

The higher viscosity showed the value of 45.3 cP in *M. myagroides* (in November), and 26.0 cP in *S. horneri* (in January), respectively. Furthermore, the dependence on temperature of *M. myagroides* alginic acid was also larger in November, that of *S. horneri* alginic acid in June. Ion exchange ability of *M. myagroides* alginic acid was highest in November and the exchange amounts were Pb^{2+} 4.4, Cu^{2+} 1.8, Zn^{2+} 2.5 and Co^{2+} 2.0 meq/g. Na-Alg., and the ability of *S. horneri* alginic acid was highest in June and the amounts were Pb^{2+} 4.5, Cu^{2+} 2.2, Zn^{2+} 2.4 and Co^{2+} 2.1 meq/g. Na-Alg. The affinity with metallic ions appeared higher in order of $Pb^{2+} > Cu^{2+} > Zn^{2+} > Co^{2+}$, and the exchange ability assumed to relate with the block ratio of uronic acid.

緒 論

褐藻類의 알긴산 함량은 原藻의 종류, 채취시기, 산지 및 藻體部位 등에 따라 변동하여 (Cottrell과 Kovacs, 1977), 韓國產 褐藻類의 알긴산 함량의 변동에 대하여도 이미 보고된 바 있다(朴, 1969; 金과 朴, 1975).

前報(金과 朴, 1984 a, b; 1985 a)에서는 韓國產 褐藻類인 감태 및 큰잎모자반의 알긴산에 대한 우론산 조성 및 분자블럭배열상태를 조사하고 이들이 粘性 및 金屬이온交換能 등 物性에 미치는 영향을 검토·보고 하였다.

본 연구에 있어서는 前報에 이어 팽생이모자반 및 외톨개모자반의 알긴산에 대한 化學的 組成 및 그 物性を 분석·검토하였다.

材料 및 方法

1. 試 料

시료 海藻는 慶南 梁山郡 日光面 伊川里 伊洞 연안의 일정한 장에소서 채취하였고, 외톨개모자반 (*Myagropsis myagroides* Fensholt)은 1982년 1~6월과 10~12월, 팽생이모자반(*Sargassum horneri* C. Agardh)은 동년 1~6월중 매월 7~10일에 채취한 것을 사용하였으며, 연중 海藻의 소멸기에는 시료 채취가 곤란하여 분석에 사용할 수 없었다.

시료는 채취 직후 海水로 세척하여 실험실로 운반하고 다시 수도물로서 모래, 흙, 등 협잡물을 제거하면서 잘 세척하여 동결한 후 藻體를 약 2×2 cm 크기로 절단하여 共腔시료병에 보존하였다. 供試時의 수분함량은 18.4~23.1% 이었다.

2. 방 법

일반성분, 알긴산의 정량, 알긴산나트륨의 제조 및 우론산 조성의 분석은 前報(金과 朴, 1984 a)와 같이 하였고, NMR에 의한 우론산 블럭배열 분석, 점

도 및 금속이온교환능 측정은 前報(金과 朴, 1984 b)와 같이 하였다.

結果 및 考察

1. 藻體成分組成的 季節的 變化

외톨개모자반 및 팽생이모자반의 각 성분 함량의 최고, 최저 및 연평균치를 표시하면 Table. 1과 같다. 또한 각 성분함량의 월별 변화는 Fig. 1과 같다.

각 성분 함량의 변화를 보면 회분에 있어서는 외톨개모자반이 최고 28.5%, 최소 18.2%이며, 팽생이모자반이 최고 28.1%, 최소 22.7%로서 그 변화 양상은 비슷하였다. 조단백질에 있어서는 외톨개모자반이 최고 15.0%, 최소 9.1%, 팽생이모자반이

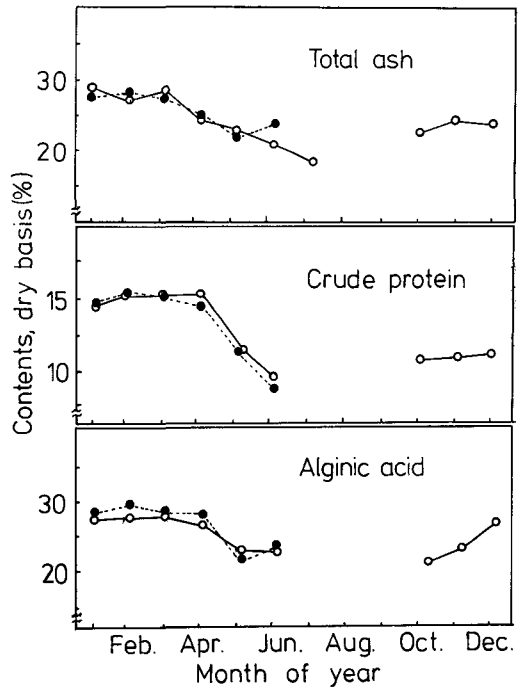


Fig. 1. Seasonal variations of total ash, crude protein and alginic acid contents in *M. myagroides* (○—○) and *S. horneri* (●—●).

Table. 1. Proximate compositions of alginic acid in seaweed (dry basis)

Species	Part of seaweed	Total ash			Crude protein			Alginic acid		
		Max.	Min.	Average	Max.	Min.	Average	Max.	Min.	Average
<i>Myagropsis myagroides</i>	Whole	28.5	18.2	24.1	15.0	9.1	13.5	27.6	22.5	25.2
<i>Sargassum horneri</i>	Whole	28.1	22.7	24.8	15.6	8.7	12.4	29.3	21.0	26.5

최고 15.6%, 최소 8.7% 이었다. 알긴산에 있어서는 외톨개모자반이 최고 27.6%, 최소 22.5%이었고, 평생이모자반이 최고 29.3%, 최소 21.0%이며 연평균 함량은 외톨개모자반, 평생이모자반이 각각 25.2%, 26.5% 이었다. 또한 이러한 각 성분의 계절적인 변화는 Black (1948 a, b, c, d, e; 1949; 1950)과朴 (1969) 등의 연구 결과와도 비슷한 양상을 보였다.

2. 알긴산의 우론산 組成

시료 海藻로부터 추출한 알긴산의 우론산 조성, 즉 D-mannuronic acid (M), L-guluronic acid(G)의 비(M/G比)를 GLC에 의하여 분석하였다.

Table. 2는 M/G比를 gas chromatogram 상의 peak 면적으로부터 구한 결과를 나타낸 것이며 M/G比의 계산에 있어서 M/G比는 Haug와 Larsen(1962)이 제안한 보정치인 0.66을 곱한 값인데 이것은 두 우론산의 가수분해시 수반되는 상이한 파괴율을 감안한 값이다. 외톨개모자반에 있어서는 최소치를 나타내는 시기는 5~6월, 10~11월 이었으며 최대치를 나타내는 시기는 12~1월이었으며 연평균 M/G比는 1.97이었다. 평생이모자반의 경우는 3~4월에 최소치를 1월에 최대치를 나타내었으며 연평균 M/G比는 1.38이었다. 이러한 M/G比의 계절적 변화는 알긴산 함량의 계절적 변화와 관련성이 있는 듯 보이며 알긴산 함량이 높은 시기에는 M/G比가 높고 알긴산 함량이 감소하는 시기에는 M/G比도 낮은 경향을 나타내었다.

佐藤과 丹原(1980)은 다시마 藻體에 대하여 분석한 결과 藻體 외층부에는 세포막 성분으로서 cellulose와 함께 L-guluronic acid 함량이 풍부하고 내층부에는 세포간물질로서 D-mannuronic acid가 풍부하

였다고 보고하였다. 이런 사실로 미루어 볼 때 冬節은 광합성작용으로 생성된 D-mannuronic acid가 내층부에 많이 축적되어 있어 M/G比가 높고 급속한 성장기 및 포자 방출기가 되면 원형질 형성을 위하여 D-mannuronic acid가 藻體內的 효소작용으로 L-guluronic acid로 전환되어 M/G比가 감소할 것으로 생각된다.

Haug와 Larsen(1962)이 노르웨이산 褐藻類 알긴산의 M/G比를 조사 보고한 것을 보면 *Laminaria digitata*의 경우 1월과 6월에 채취한 것이 각각 1.68, 1.58로서 채취 시기에 따른 변화폭은 본 실험의 경우보다 적었다. 前報(金과 朴, 1984 a, 1985)의 감태 알긴산의 연평균 M/G*比는 根莖部와 葉狀部가 각각 2.18 및 3.22, 큰잎모자반 알긴산의 根莖部 및 葉狀部 M/G*比는 각각 1.85 및 2.28인데 비하여 외톨개모자반 및 평생이모자반의 연평균 M/G*比는 각각 1.97, 1.38로 나타났다.

3. 우론산 블럭 配列比

시료 海藻로부터 추출한 알긴산을 Penman과 Sanderson(1972)의 방법에 준하여 부분 산가수분해시켜 alternating block으로 된 heteropolymer 획분인 가용부와 D-mannuronic acid block(M block)과 L-guluronic acid block(G block)으로 구성된 homopolymer 획분인 불용부로 분리하고 가용부 및 불용부를 phenol-sulfuric acid 법으로 정량하고, 또 NMR에 의하여 분석한 불용부의 M/G block比로부터 알긴산의 alternating, M, G block의 배열비를 구하여 Table 3, 4에 나타내었다.

외톨개모자반의 알긴산의 경우는 M/G比가 높은 2월 시료는 M block이 G block에 비하여 높으나 M/G

Table 2. Seasonal variations in the M/G ratios alginic acid from *M. myagroides* and *S. horneri*

Soecies	Part of seaweed		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Average
<i>M. myagroides</i>	Whole	M(%)	84.15	80.81	80.77	78.36	56.33	44.13	—	—	—	45.05	54.96	84.26	67.65
		G(%)	15.85	19.19	19.23	21.64	43.67	55.87	—	—	—	54.95	45.04	15.74	32.35
		M/G	5.31	4.21	4.20	3.62	1.29	0.79	—	—	—	0.82	1.22	5.35	2.98
		M/G*	3.50	2.78	2.77	2.39	0.85	0.52	—	—	—	0.54	0.81	3.53	1.97
<i>S. horneri</i>	Whole	M(%)	75.37	69.51	60.94	62.26	68.25	64.41	—	—	—	—	—	—	66.79
		G(%)	24.63	30.49	39.06	37.74	31.75	35.59	—	—	—	—	—	—	33.21
		M/G	3.06	2.28	1.56	1.65	2.15	1.81	—	—	—	—	—	—	2.09
		M/G*	2.02	1.50	1.03	1.09	1.42	1.20	—	—	—	—	—	—	1.38

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

The M/G* ratio of commercial products that were determined to compare was 2.19.

Table 3. M/G block ratios of algrnic acid

Source	M/G* ratio	M/G block ratio			
		B/A*	B/C*	Average	
<i>Myagropsis myagroides</i> Whole	Feb.	2.78	1.61	2.21	1.91
	May	0.85	0.61	0.84	0.72
	Nov.	0.81	0.65	0.73	0.69
<i>Sargassum horneri</i> Whole	Feb.	1.20	0.54	0.64	0.59
	Jun.	1.50	0.52	0.64	0.58
Commercial product		2.16	1.58	1.84	1.71

*: The ratio of peak B(mannuronic acid H-1) to peak A(guluronic acid H-1) or peak B to peak C (guluronic acid H-5) represents the M/G block ratio obtained by NMR spectroscopy.

Table 4. Proportions of M, G and alternating block in alginic acid

Source	Block type(%)	Block type(%)		
		Alternating	M	G
<i>Myagropsis myagroides</i> Whole	Feb.	17.9	53.9	28.2
	May	19.9	33.5	46.6
	Nov.	17.5	33.7	48.8
	Average	18.4	40.4	41.2
<i>Sargassum horneri</i> Whole	Feb.	9.8	33.9	56.3
	Jun.	10.0	32.6	57.4
	Average	9.8	33.3	56.9
Commercial product		22.1	49.2	28.7

비가 낮은 5월과 11월의 경우는 G block이 M block 보다 높게 나타나 월별에 따라 그 비가 逆轉되는 것을 볼 수 있었다. 팽생이모자반의 경우는 M block 이 G block 보다 낮았으며 평균적으로 보면 외톨개모자반은 alternating, M, G block이 각각 18.4%, 40.4%, 41.2%, 팽생이모자반은 각각 9.8%, 33.3%, 56.9%로 나타났다. M/G* 비와 M block 비와의 상관관계를 보면 외톨개모자반의 경우 2, 5, 11월 시료의 M/G 비는 각각 2.78, 0.85, 0.81 인데 비하여 M block 비는 53.9%, 33.5%, 33.7%로 나타났고, 팽생이 모자반에 있어서는 2, 6월 시료의 M/G* 비는 1.50, 1.20 인데 비하여 M block 비는 33.9%, 32.6%로써 다소 관련성이 있는 것으로 보인다.

4. 粘度와 溫度依存性

시료 해조로부터 추출한 알긴산의 1% 수용액의 25°C에 있어서의 점도를 측정 한 결과를 Table 5에 나타내었다.

외톨개모자반의 경우 11월에 최고치(45.3 cP)를 보였고 2~4월에는 감소하였다가 다시 증가하는 양상을 나타내었고, 팽생이모자반의 경우는 1월에 최고

치(26.0 cP)를 나타내었다. 외톨개모자반의 경우 2월 및 11월 시료의 M/G* 비가 각각 2.78, 0.81, M block 비가 각각 53.9%, 33.7%로써 M/G* 비 및 M block 비가 낮은 11월 시료의 경우가 점도가 높게 나타났다. 팽생이모자반의 경우는 2월 및 6월 시료의 M/G 비가 각각 1.50, 1.20, M block 비가 각각 33.9%, 32.6%로써 6월의 경우가 2월의 시료보다 점도가 낮았다. 따라서 알긴산 수용액의 점도는 M/G 비 및 M block 비와 관련성이 있는 것으로 생각된다.

알긴산나트륨 1% 수용액의 점도에 미치는 온도의 영향에 대하여 조사한 결과는 Fig. 2, 3과 같다.

Fig. 2는 2, 5, 11월에 채취한 외톨개모자반 알긴산에 대하여 15~45°C 범위에서 점도 변화를 조사한 것인데 온도의존성이 가장 큰 것은 11월 시료이었다. 5월과 11월 시료는 M/G* 비 및 M block 비는 서로 비슷하지만 온도의존성은 11월의 경우가 더욱 큰 이유는 alternating block 비가 5월보다 더 적기 때문이 아닌가 생각된다. 즉, alternating block 비, M block 비, M/G 비가 적을수록 점도는 증가할 것으로 예상된다. Fig. 3은 팽생이모자반의 경우를 나타낸 것인데, 6월의 시료가 2월 보다 온도의존성이 큰 것으로 나타났다.

Table 5. Seasonal variation in viscosity of 1% sodium alginate solution from *M. myagroides* and *S. horneri* at 25°C

Species	(unit : cP)											
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
<i>M. myagroides</i>	29.5	18.0	14.6	13.4	26.5	34.4	—	—	—	24.6	45.3	43.0
<i>S. horneri</i>	26.0	5.4	6.5	8.4	24.3	22.0	—	—	—	—	—	—

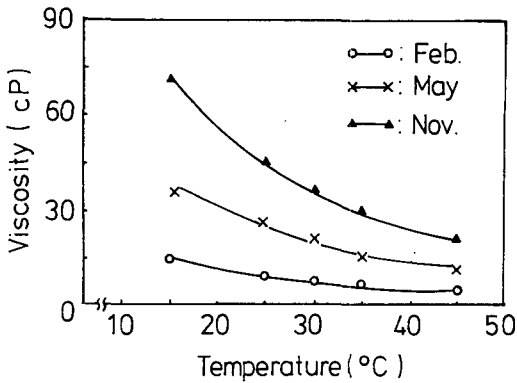


Fig. 2. Effect of temperature on the viscosity of alginate solution from *M. myagroides*.

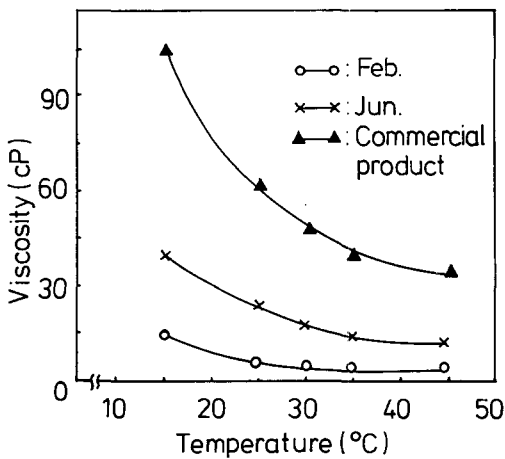


Fig. 3. Effect of temperature on the viscosity of alginate solution from *S. horneri*.

Ree와 Welsh(1977)는 알긴산 분자내의 M block은 ribbon 狀으로 펼쳐져 있으며 여러 겹 포개져 있지만 G block은 굴곡이 있는 이중의 egg-box 형태를 취하고 있기 때문에 이들의 block 比에 따라 용액내의 2차적 3차적 구조가 달라지는 것으로 인하여 점도에 영향을 미치게 되는 것으로 보고 하고 있고, 高橋(1977)는 수용액중의 알긴산 분자의 형태는 鎖狀분

자가 糸毬狀의 덩어리로 존재하며 이들의 구성단위 분자에 1 개씩의 $-COO^-$ 의 전리기가 존재하고 있어 온도가 상승하면 수용액 중의 알긴산 분자의 해리도가 증가하여 $-COO^-$ 기 상호간의 정전척력이 증가하여 굴곡상태가 늘어져 펴지게 됨으로 용액의 점도가 감소한다고 하였다. 따라서 M/G 比 및 이들의 block 比는 알긴산 분자 형태의 대략적인 지표가 될 수 있어 점도와 관련성이 있을 것으로 생각된다.

5. 金屬이온 交換能

시료 海藻로부터 추출한 알긴산을 0.06 N 농도의 각종 질산염 용액(Cu^{2+} , Pb^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+})에 넣어 실온(20~22°C)에서 교반하여 금속 이온을 치환시켜 각종 금속염을 침전시키고 용액을 분리하여 pH 4에서 용액 중의 미교환 금속 이온을 0.01 M EDTA 용액으로 전위차 적정에 의하여 정량하고 표준용액으로 구한 검량곡선을 이용하여 금속이온교환량을 meq/g. Na-Alg 로 나타내었다. 그 결과는 Fig. 4, 5와

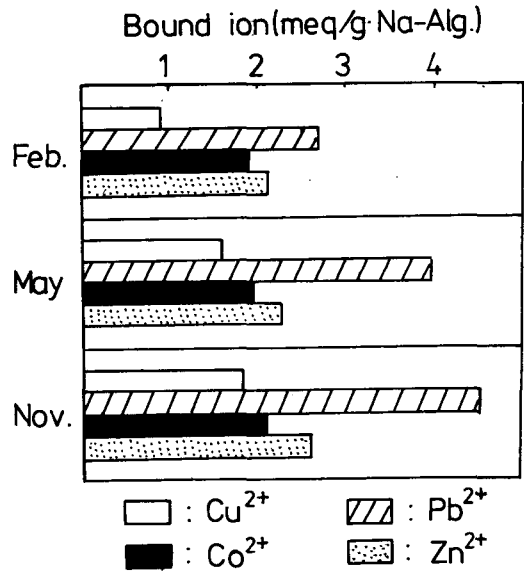


Fig. 4. The contents of metal ion bound with sodium alginate from *M. myagroides* in 0.06 N nitrate solution at pH 4. G block : 28.2% (Feb.), 46.6%(May), 48.8%(Nov.)

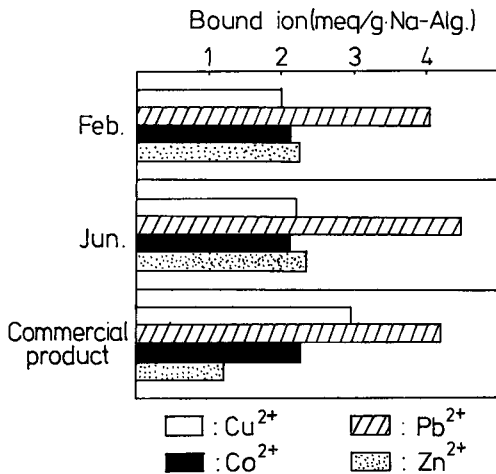


Fig. 5. The contents of metal ion bound with sodium alginate from *S. horneri* and commercial products in 0.06 N nitrate solution at pH 4. G block : 56.3% (Feb.), 57.4% (Jun.), 28.7% (commercial)

같다.

의틀개모자반에서 추출한 알긴산의 금속이온교환량은 G block 比가 가장 큰 11월 시료가 Pb²⁺ 4.4 meq/g. Na-Alg, Cu²⁺ 1.8 meq/g. Na-Alg., Zn²⁺ 2.5 meq/g. Na-Alg., Co²⁺ 2.0 meq/g. Na-Alg. 로서 가장 컸으며 2월 시료가 가장 낮았다. 또한 금속이온과의 친화력은 Pb²⁺>Cu²⁺>Zn²⁺>Co²⁺의 순이었다. 팽생이모자반에서 추출한 알긴산의 금속이온교환량은 6월 시료가 Pb²⁺ 4.5 meq/g. Na-Alg., Cu²⁺ 2.2 meq/g. Na-Alg., Zn²⁺ 2.4 meq/g. Na-Alg., Co²⁺ 2.1 meq/g. Na-Alg. 로서 2월에 비하여 다소 크게 나타났다. 대체적으로 보아 금속이온교환량은 분자 block 比와 관련성이 있는 것 같았다. Haug(1961 a, b)는 알긴산의 분자조성과 해리도와의 관계를 조사하였는데 L-guluronic acid가 풍부한 알긴산은 D-mannuronic acid가 풍부한 알긴산보다 해리도가 크다고 보고하였는데 본 실험의 결과에서도 이러한 사실을 추정할 수 있었다.

要 約

韓國産 褐藻類에서 추출한 알긴산의 우론산 조성 및 그 물성은 조사하고자 前報에 이어 팽생이모자반 및 의틀개모자반을 시료로 하여 채취 시기별에 따른 변화물 분석 검토하였다.

알긴산의 연평균 함량은 의틀개모자반과 팽생이모자반이 각각 25.2%, 26.5%이었으며, 연평균 M/G 比는 의틀개모자반이 1.97, 팽생이모자반이 1.38이었다. 또한 M/G 比의 연중 변화를 보면 의틀개모자반의 경우 최대치는 12~1월, 최소치는 5~6월, 10~11월에 나타났다. 팽생이모자반의 경우는 1월에 최대치를 3~4월에 최소치를 나타내었다. 우론산 블록 배렬비에 있어서는 alternating, M, G block이 의틀개모자반의 경우는 각각 18.4%, 40.4%, 41.2%, 팽생이모자반의 경우는 각각 9.8%, 33.3%, 56.9%로 나타났다.

의틀개모자반 알긴산의 점도는 11월 시료가 45.3 cP 로서 가장 높았으며, 팽생이모자반의 경우는 1월에 최고치 26.0 cP를 나타내었다. 또한 점도의 온도 의존성은 의틀개모자반의 경우는 11월 시료가 가장 컸으며 팽생이모자반의 경우는 6월 시료가 2월보다 다소 크게 나타났다. 금속이온교환량은 의틀개모자반의 경우 11월 시료가 가장 컸으며 그 교환량은 Pb²⁺ 4.4, Cu²⁺ 1.8, Zn²⁺ 2.5, Co²⁺ 2.0 meq/g. Na-Alg. 이었다. 팽생이모자반의 경우는 6월 시료가 2월 시료에 비하여 크게 나타났는데 그 교환량은 Pb²⁺ 4.5, Cu²⁺ 2.2, Zn²⁺ 2.4, Co²⁺ 2.1 meq/g. Na-Alg. 이었다. 대체적으로 보아 금속이온교환능은 우론산의 블록비와 관련성이 있는 것으로 보인다.

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. C. Inc., Westport. pp. 438-463.
- Haug, A. 1961 a. Dissociation of alginic acid. Acta. Chem. Scand., 15(4), 950-952.
- Haug, A. 1961 b. The affinity of some divalent metals to different types of alginates. Acta. Chem. Scand. 15, 1974-1975.
- Haug, A. and B. Larsen 1962. Quantitative determination of the uronic acid composition of alginates. Acta. Chem. Scand. 16(8). 1908-1918.
- 金東洙 · 朴榮浩. 1984 a. 알긴산의 化學的 組成 및 그 物성에 관한 研究. (1) 감태 알긴산의 우론산 組成. 韓水誌 17(5), 391-397.
- 金東洙 · 朴榮浩. 1984 b. 알긴산의 化學的 組成 및 그 物성에 관한 研究. (2) 감태 알긴산의 우론산 분리비 및 그 物性. 韓水誌 17(6), 492-498.
- 金東洙 · 朴榮浩. 1985 a. 알긴산의 化學的 組成 및 그 物성에 관한 研究. (3) 큰잎모자반의 알긴산. 韓水誌 18(1), 29-36.
- 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.
- 朴榮浩. 1969. 褐藻類의 알긴산含量的 季節的인 變化에 關하여. 韓水誌 2(1), 71-82.
- Penman, A. and G. R. Sanderson. 1972. A method for the determination of uronic acid sequence in alginates. Carbohydrate Res., 25, 273-282.
- Rees, D. A. and E. J. Welsh. 1977. Secondary and tertiary structure of polysaccharides in solutions and gels. Angew. Chem. Int. Ed. Engl. 16, 214-224.
- 佐藤孜郎 · 丹原敬子. 1980. 昆布藻體の内 · 外層組織의 金屬組成および多糖類組成. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., 46(6), 749-756.
- 高橋武雄. 1977. 總合食料工業, 恆星社厚生閣版, 東京, pp.885-892.