

투석과 건조방법이 다시마(*Laminaria japonica*) 알긴산의 물성에 미치는 영향

임영선 · 유병진*
강릉대학교 식품과학과

Effects of Dialysis and Various Drying Methods on Physical Properties of Alginates Prepared from Sea Tangle, *Laminaria japonica*

Yeong Seon LIM and Byeong Jin YOU*
Department of Food science, Kangnung National University,
Gangnung 210-702, Korea

To investigate the physical properties of sea tangle (*Laminaria japonica*) alginates, extracted by the Mexican process, the effects of extracting time and drying methods on intrinsic viscosities, MWs and DPs of alginates were examined. The MWs of alginates before and after dialysis decreased with increase of extracting time. The MWs before dialysis were lower than those after dialysis. The ash contents before dialysis decreased with increase of extracting time. After dialysis the ash contents of the alginates showed 10.4-10.9% of those, which were little affected by extracting time. In the ash composition after dialysis, the sodium content was 4.4 g/100 g, 90% of total ash content. The ash contents, the intrinsic viscosities, the average molecular weight and the DPs of the alginates dried by AD before dialysis were higher than those by VF. The ash and uronic acid contents of alginates after dialysis showed 10.6-10.9% and 88.1-88.9%, respectively. But the intrinsic viscosities, the MWs and DPs of the alginates after dialysis gradually decreased by following dry methods. The decreased order was ADAD, ADVF, VFAD, VFVF. The coefficient of determination between MWs and DPs in the alginates having more than 300 kDa was 0.999.

key word: *Laminaria japonica* alginates, Molecular weight, Drying method, Dialysis

서 론

Alginates는 갈조류의 세포벽을 구성하는 다당류로서 Ca^{++} , Mg^{++} 및 Ba^{++} 에 의하여 겔을 형성하는 성질이 있으며 D-mannuronic acid와 L-guluronic acid가 1,4-glycosidic linkage를 통하여 선상으로 결합되어있는 것(Haug et al., 1967)으로 알려져 있다. 또한 alginates는 독특한 물리화학적 특성을 지니고 있어 여러 가지 생리적 효과를 나타내는 것으로 알려져 이에 대한 연구가 많이 보고되었다. Alginates의 생리적 효과는 중금속의 체외배출작용(Harrison et al., 1966; Haug, 1959; 1961), 이온교환반응에 의한 혈압상승억제작용(Armstrong et al., 1977; Brussard et al., 1981; Gardey et al., 1978; Kennedy et al., 1978; Kimura et al., 1993; Wright et al., 1979), 혈중 콜레스테롤 저하작용(Hideki et al., 1993; Kobayashi et al., 1997), 혈당강화작용(Fujiki et al., 1994; Hajime et al., 1994), 정장 및 변비개선작용(Suzuki et al., 1993), 장내유해미생물의 증식억제작용(Hidaka et al., 1986) 및 항종양성(Fujihara and Nagumo, 1993) 등으로 알려져 있다.

Alginates의 분자량은 겔형성능(Grant et al., 1973), 용액상태의 유체거동(Sime, 1990), bile acid의 결합능(You et al., 1997)

및 생리활성(Kobayashi et al., 1997)에 영향을 주기 때문에 사용용도에 따라 분자량을 조절하여 생산하는 것이 산업적으로 매우 중요하다. 특히 alginates의 생리효과는 분자량의 크기와 점도에 따라 크게 영향을 받는 것(Kobayashi et al., 1997; You et al., 1997)으로 알려져 있다. Alginates의 분자량은 추출 원조의 생육장소, 계절 및 부위 등에 따라 변화하고(Haug, 1964; Haug and Lasen, 1962), 추출방법과 정제법에 의해 달라진다(You and Lim, 2003; You et al., 2004)고 보고되어 있다. 그러므로 본 연구는 Mexican process (Chapman, 1980)로써 alginates를 추출할 때 추출 시간과 건조하는 방법을 달리 하였을 때 alginates의 물리적 성질의 변화를 측정하였다.

재료 및 방법

Alginates의 추출·투석 및 건조

Alginates는 Mexican process (Chapman, 1980)를 수정한 방법인 You et al. (1997)의 방법으로 추출하였다. 즉, 다시마 건조분말(60 mesh)에 50배(w/v)의 0.5% Na_2CO_3 용액을 가하여 60°C 진탕 수조에서 각각 1.5, 3.0, 6.0 및 12.0 시간동안 추출하고 메탄올로 침전하여 sodium alginates를 제조한 후 메탄올로써 2회 수세하였다. 수세된 alginates는 탈이온수에 1% 되도록 녹이고, 이 용액을 투석막(Sigma Co. D0655, mw

*Corresponding author: ybjin@kangnung.ac.kr

cut off; 13,000)을 이용하여 투석하였고, 투석 외액은 투석내용물의 200배 량의 탈이온수에 넣고 자석 교반기 위에서 교반하면서 투석하였으며 최초 6시간 이후에 외액을 갈아주고 그 이후에는 12시간마다 갈아주었다. Alginates의 건조는 stainless steel로 제작된 30°의 경사면에 얹어 놓고 25°C, 풍속 2 m/sec의 공기로 건조하는 풍건(air drying, AD)과 진공동결 건조(vacuum freeze drying, VF)방법을 이용하였다. 특히 투석과 건조조건을 조합하여 alginates의 시료를 4종류 조제하였다. 즉, 투석전 AD로 건조한 시료를 투석 후 AD (ADAD)와 VF (ADVF)로 각각 건조한 alginates 시료 2종과 투석전 VF로 건조한 alginates를 투석한 후 AD (VFAD)와 VF (VFVF)로 각각 건조한 시료 2종으로 실험하였다.

점도측정 및 평균분자량(MW) 계산

Alginates 용액의 점도와 MW 측정은 전보(You and Lim, 2003)에 서술한 방법에 따라 측정 계산하였다. 즉, 고유점도는 Mark-Houwink (Mitchell and Ledward, 1986) 식을 이용한 Mancini et al. (1996)이 제시한 식을 사용하여 MW를 계산하였다.

Uronic acid량, 환원당, 수분, 회분 및 미량금속의 정량

Uronic acid와 환원당 함량은 전보(You and Lim, 2003)에 서술한 방법에 의하여 정량하였다. 미량금속의 정량은 AOAC (1995)법에 따라 시료를 건식 회화하여 HCl과 HNO₃로 용해시킨 후 원자분광광도계(Perkin Elmer PK-300, U.S.A.)로 측정하였다.

중합도(degree of polymerization, DP) 계산

Alginates의 DP는 Hirst et al. (1964)의 방법에 따라 uronic acid 함량에 대한 환원당 함량의 비로써 계산하였다.

겉보기 점도, MW 및 DP의 상관관계

측정된 alginates용액의 겉보기점도 변화율(slope of apparent viscosity, SAV), MW 및 DP의 상관관계는 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리하여 95% 유의수준에서 SPSS Program (SPSS Inc., 2001)으로 수식화 하였다.

결과 및 고찰

추출시간과 투석이 alginates의 물성에 미치는 영향
추출시간과 투석이 alginates의 고유점도와 분자량에 미치는 영향을 Table 1에 나타내었다. Alginates 용액의 고유점도를 측정하여 계산한 투석 전과 후의 alginates의 MW는 추출시간이 경과함에 따라 점차 감소하였다. 그리고 alginates의 MW에 있어서 투석전이 투석후보다 낮게 나타나는 것은 투석막의 분자량 cut off가 12,000 Da임을 고려하면 저분자의 alginates가 투석에 의해서 제거되어져 분자량 12,000 Da 이상의 alginates만 남기 때문임을 알 수 있다. 또한 투석전의 분자량에 대한 투석후의 분자량 비율이 추출시간에 따라 점차 감소하는 것으로 나타났다. 이것은 추출시간이 증가함에 따라 투석후의 alginates 분자량이 계속 감소하고 있는 것을 미루어 보면, 분자량이 12,000 Da 이상인 alginates는 추출된 후에 Na₂CO₃에 의해 12,000 Da 이하의 alginates로 분해되는데 분해되는 속도가 다시마 조체로부터 분자량 12,000 Da 이상의 alginates가 추출되는 속도보다 빠르다는 것을 의미한다.

추출시간과 투석이 alginates의 회분함량, uronic acid 함량 및 DP에 미치는 영향을 Table 2에 나타내었다. 투석전 alginates의 회분함량은 1.5시간 추출하였을 경우 35.1%이었으며 12.0시간의 경우 32.6%에 나타내어 추출시간이 증가함에 따라 점차 감소하였으나 투석 후에는 추출시간에 관계없이 10.4-10.9%를 나타내었다. 특히 투석전에 32.6-35.1%이었던 것이 투석 후에는 10.4-10.9%를 나타내 투석전 회분함량의 1/3 정도를 나타내었다. Uronic acid에 있어서는 1.5시간 추출할 경우 64.3%를 보였으나 추출시간이 증가함에 따라 다소 증가하여 12.0시간 동안 추출한 경우에 67.2%를 나타내었다. 하지만 추출시간의 증가에 따른 uronic acid의 증가량은 크지 않기 때문에 경제성을 고려하는 것이 산업적인 측면에서 강조되어야 할 것이다. 투석 후의 uronic acid의 함량은 추출시간에 상관없이 88.3-88.7%를 나타내어 투석전보다 23% 이상 높았는데 이것은 투석에 의하여 금속이 제거되었기 때문으로 생각된다. DP의 변화에 있어서 투석과는 상관없이 추출시간이 증가함에 따라 감소하였다.

Table 3은 다시마 분말로부터 6시간 동안 alginates를 추출하

Table 1. Molecular weights of alginates prepared by various extracting times

Extracting time (hr)	Dialysis	Intrinsic viscosity (dL/g)	MW (kDa)	MW ratio ¹ (%)
1.5	before	631±19 ^{o2}	419± 3 ^o	17.6±0.2 ^a
	after	7,031±22 ^a	2,385±14 ^a	
3.0	before	539±25 ^f	281± 4 ^f	13.8±0.6 ^b
	after	4,131±14 ^b	2,018± 7 ^b	
6.0	before	474±20 ^g	215±12 ^g	12.5±0.8 ^{bc}
	after	2,208±32 ^c	1,721±16 ^c	
12.0	before	413±13 ^h	111± 7 ^h	11.8±0.5 ^c
	after	1,365±17 ^d	936± 9 ^d	

¹The MW ratio expressed the percent (%) ratio of MW before dialysis to MW after dialysis.

²All data (mean±SE of dry basis with five replications) with difference superscripts are significantly difference at p<0.05.

Table 2. Physical characteristics of alginates prepared by various extracting times

Extracting time (hr)	Dialysis	Ash (%)	Uronic acid (%)	DP ¹
1.5	before	35.1±0.4 ^{a2}	64.3±0.8 ^c	2,158±15 ^e
	after	10.9±0.1 ^d	88.5±0.8 ^a	12,292±73 ^a
3.0	before	34.3±0.3 ^b	65.2±0.5 ^c	1,446±22 ^f
	after	10.8±0.1 ^d	88.4±0.3 ^a	10,400±36 ^b
6.0	before	33.9±0.5 ^b	65.8±0.6 ^{bc}	1,106±64 ^g
	after	10.4±0.4 ^d	88.7±0.7 ^a	8,870±81 ^c
12.0	before	32.6±0.3 ^c	67.2±0.3 ^b	570±35 ^h
	after	10.9±0.2 ^d	88.3±0.7 ^a	4,824±47 ^d

¹The DP indicates was expressed the ratio of reducing sugar content (g/100 g) to uronic acid content (g/100 g).

²All data (mean±SE of dry basis with five replications) with difference superscripts are significantly difference at p<0.05.

Table 3. The content of minerals in alginates extracted for 6 hr at 60°C

Dialysis	Sodium	Potassium	Calcium	Magnesium	Ash content
before	24.1±0.6 (71.1) ^{1a}	5.5±0.3 (16.2) ^b	3.3±0.4 (9.7) ^c	0.6±0.1 (1.8) ^d	33.9±0.5 (100.0)
after	9.4±0.7 (90.4) ^a	0.6±0.1 (5.8) ^b	0.3±0.0 (2.9) ^b	<0.05 (<0.5) ^b	10.4±0.4 (100.0)

All superscripts in horizontal column (mean±SE with five replications) are significantly difference at p<0.05.

¹The numbers (%) of parenthesis were expressed the ratio of each mineral content to total content.

였을 때 투석 전후의 회분 조성을 분석한 것이다. 투석전의 회분함량은 33.9%이었으나 투석 후에는 10.4%를 나타내어 투석 조작을 통하여 alginates의 회분이 대량 제거된다는 것을 알 수 있다. 투석전에는 Na의 양이 24.1 g/100 g으로 전체 회분의 71.1%를 차지하는 가장 많은 양을 보였고 다음으로 많은 양을 나타낸 것은 K로서 5.5 g/100 g으로 16%를 보였다. 그리고 Ca는 3.3 g/100 g으로 전체의 9.7%를 나타내었으며 Mg는 0.6 g/100 g으로 전체회분의 1.8%를 보였다. 투석 후에는 Na가 9.4 g/100 g으로 전체 회분의 90.4%를 차지하고 있었다. 이와 같이 투석 후 Na가 alginates 전체회분의 대부분을 차지하는 것은 주로 uronic acid의 carboxyl group과 결합하여 존재하기 때문으로 생각되며, sodium alginates의 정제도가 90% 이상임을 나타내고 있다.

투석전후의 건조방법이 alginates의 물성에 미치는 영향

다시마분말로부터 alginates를 추출한 뒤 추출된 alginates의 투석전후에 AD와 VF하였을 때 alginates의 성질을 Table 4에 나타내었다. 투석전 AD와 VF의 회분함량 차이는 14.9%로 VF 때가 훨씬 높았다. 이와 같이 AD의 회분함량이 VF의 경우보다 낮은 것은 AD의 경우 건조시키기 위한 stainless steel 건조판에 alginates를 퍼두면 건조판의 경사면을 따라 수분이 흘러내릴 때 용해되어진 회분이 같이 제거되었기 때문이다. AD의 경우가 VF보다 uronic acid의 함량이 낮은 것은 회분함량의 차이 때문으로 여겨진다. 고유점도, MW 및 DP의 값을 보면 AD의 경우가 VF보다 모두 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 회분함량차이가 고유점도에 영향준다는 보고(You et al., 2004)를 고려하면 실제 alginates MW은 AD와 VF 모두

비슷하지만 회분함량 때문에 고유점도 측정에 영향을 주므로 고유점도로부터 계산한 MW이 차이를 나타내기 때문으로 생각되지만, 고유점도와는 상관없는 DP값도 AD의 경우가 VF보다 높게 나타난 것은 AD의 경우 건조 중에 alginates의 중합 또는 축합의 화학반응이 일어나 분자량이 커지기 때문으로 생각된다. 이를 뒷받침해주는 결과는 건조방법을 달리하여 투석 전과 후의 회분함량, MW 및 DP 값에서 알 수 있다. 즉, 투석 전에 AD와 VF로써 각각 건조한 alginates를 투석 후 각각 AD와 VF로써 건조하였을 경우 건조방법과는 상관없이 회분함량 10.6-10.9%, uronic acid 함량 88.1-88.9%로 비슷하게 나타났지만, 고유점도, MW 및 DP는 투석 전후의 건조방법에 따라 차이가 났다. ADAD로 건조하였을 경우 MW과 DP가 각각 3,000 kDa와 15,464로 가장 높았으며, ADVF로 건조한 alginates 경우 각각 2,208 kDa와 8,870으로 그 다음 순이었다. VFAD로 건조했을 경우 MW과 DP는 각각 934 kDa과 4,871이었으며, VFVF일 경우 각각 344 kDa와 1,774로 가장 낮았다. 이것은 AD로 건조할 경우가 VF로 건조 때보다 건조 중에 alginates분자사이의 중합 및 축합반응이 활발하게 일어난다는 것을 말해준다.

건조방법이 겔보기점도에 미치는 영향 및 MW와 DP의 상관관계

투석 전후의 건조방법을 달리하여 건조한 alginates 용액의 농도에 따른 겔보기점도의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 투석 전 AD의 SAV (slope of apparent viscosity) 경우가 7.305로 VF의 5.990보다 높은 값을 나타내었다. 그리고 ADAD일 경우 SAV가 8.512로 가장 높았으며, ADVF의 경우가 8.441, VFAD의 경우가 8.202, VFVF의 경우가 7.631 순이었다. 이와 같이

Table 4. Characteristics of alginates prepared for 6 hours by various drying methods and purifying conditions

Drying method		Ash (%)	Uronic acid (%)	Intrinsic viscosity (dL/g)	DP	MW (kDa)	MW ratio ¹ (%)
before dialysis	after dialysis						
AD ³	-	33.9±0.5 ^{b2}	65.8±0.6 ^b	474±20 ^e	1,106±64 ^e	215±12 ^e	- ⁷
VF ⁴	-	47.8±0.3 ^a	51.3±0.6 ^c	73± 4 ^f	170±12 ^f	33± 2 ^f	-
AD	VF	10.9±0.3 ^c	88.9±0.4 ^a	2,208±32 ^b	8,870±81 ^b	1,721±16 ^b	12.5±0.8 ^a
AD	AD	10.6±0.2 ^c	88.1±0.3 ^a	6,629±26 ^a	15,464±87 ^a	3,000±17 ^a	7.2±0.5 ^c
VF	VF	10.6±0.3 ^c	88.7±0.6 ^a	502± 8 ^d	1,774±36 ^d	344± 7 ^d	9.6±0.6 ^b
VF	AD	10.8±0.2 ^c	88.2±0.7 ^a	1,365±91 ^c	4,813±56 ^c	934±11 ^c	3.5±0.3 ^d

¹The MW ratio expressed the percent (%) ratio of MW before dialysis to MW after dialysis.

²All data (mean±SE of dry basis with five replications) with difference superscripts in vertical column are significantly difference at p<0.05.

³Air flow rate was 2.0 m/sec, air temperature was 35°C in air drying. ⁴Freeze drying.

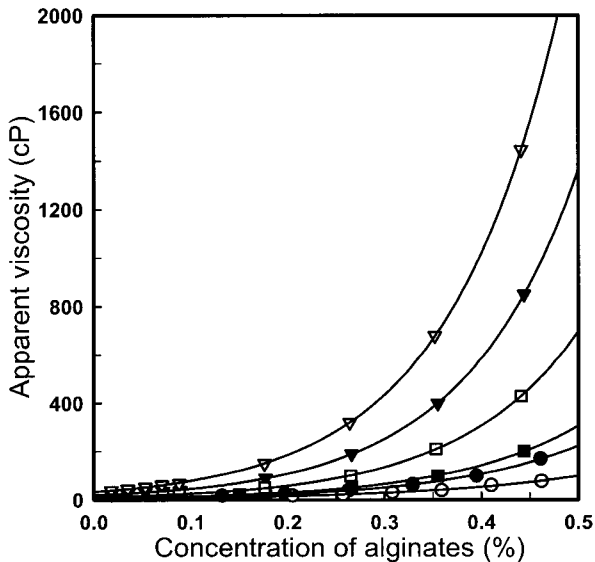


Fig. 1. Changes of apparent viscosity in alginates prepared by various drying methods.

- Air drying before dialysis (AD):
y=5.797 exp (7.305x), r²=0.998
- Vacuum freeze drying before dialysis (VF):
y=4.941 exp (5.990x), r²=0.994
- ▼ Air drying before dialysis, vacuum freeze drying after dialysis (ADVF):
y=20.032 exp (8.441x), r²=0.999
- ▽ Air drying before dialysis, air drying after dialysis (ADAD):
y=33.876 exp (8.512x), r²=0.999
- Vacuum freeze drying before dialysis, vacuum freeze drying after dialysis (VFVF):
y=6.743 exp (7.631x), r²=0.999
- Vacuum freeze drying before dialysis, air drying after dialysis (VFAD):
y=11.556 exp (8.202x), r²=0.999

투석 전후 alginates 건조방법에 따라 SAV 값의 감소하는 순서는 Table 4에 나타낸 DP와 MW의 순서와 같으므로 건조 중에 축합, 중합반응이 일어난다는 것을 알 수 있었다. 또한 건조방법 중 AD가 VF보다 중합 및 축합반응이 잘 일어난다는 것을

알 수 있었다.

Fig. 2는 MW와 DP와의 상관관계를 나타낸 그림이다. You et al. (2004)은 분자량 300 kDa 이하의 alginates에 있어서 MW와 DP와의 상관관계를 나타낸 것이며 본 연구에서의 결과와 비교하였다. 두 곳에서 모두 MW와 DP의 상관관계는 매우 높으며 회귀직선의 기울기가 0.194로 같은 값을 나타내어 분자량이 300 kDa 이하와 그 이상의 분자량 모두는 DP로서 MW를 계산하여도 무리가 없을 것으로 생각되었다.

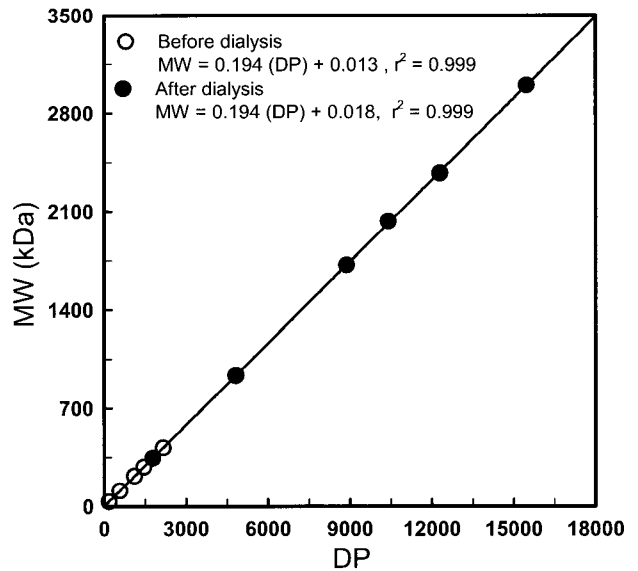


Fig. 2. Relationship between of DP and MW in alginates prepared with various extracting time and by various drying method.

참 고 문 헌

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Chapter 44, pp. 3.
Armstrong, B., A.J. Van Merwyk and H. Coates. 1977.

- Blood pressure in seventh-day adventist vegetarians. *Am. J. Epidemiol.*, 105, 444-449.
- Brussard, J.H., J.M.A. Van Raaij, M. Stasse-Wolthuis, M.B. Katan and J.G.A.J. Hautvast. 1981. Blood pressure and diet in normotensive volunteers: Absence of an effect of dietary fiber, protein, or fat. *Am. J. Clin. Nutr.*, 34, 2023-2029.
- Chapman, D.J. 1980. Algin and alginates. In: *Seaweeds and their Uses*, Chapman, V.J. ed. Chapman and Hall, New York, pp. 194-225.
- Ducan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *B. Biometrics*, 11, 1-42.
- Fujihara, M. and T. Nagumo. 1993. An influence of the structure of alginate on the chemotectic activity of macrophages and the antitumor activity. *Carbohydrate Res.*, 243, 211-215.
- Fujiki, K., H. Matsuyama and T. Yano. 1994. Protective effect of sodium alginates against bacterial infection in common carp, *Cyprinus carpio* L.J. *Fish Dis.*, 17, 349-354.
- Gardey, T., P.G. Burstyn and T.G. Taylor. 1978. Fat induced hypertension in rabbits. I. The effects of fibre on the blood pressure increase induced by coconut oil. *Proc. Nutr. Soc.*, 37, 97A.
- Grant, G.T., E.R. Morris, D.A. Rees, P.J.C. Smith and D. Thom. 1973. Biological interactions between polysaccharides and divalent cations: egg box model. *FEBS Lett.* 32, 195-198.
- Hajime, O., S. Yasushi, Y. Kanto, U. Isamu and K. Koichi. 1994. Possible antitumor promoting properties of marine algae and *in vitro* activity of wakame seaweed extract. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 56, 994-999.
- Harrison, G.E., E.R. Humphreys, A. Sutton and H. Shephard. 1966. Strontium uptake in rats on alginate-supplemented diet. *Science*, 152, 655-656.
- Haug, A. 1959. Ion exchange properties of alginate fractions. *Acta Chem. Scand.*, 13, 1250-1251.
- Haug, A. 1961. The affinity of some divalent metals to different types of alginates. *Acta Chem. Scand.*, 15, 1794-1795.
- Haug, A. 1964. Composition and properties of alginates. Rept. 30, Norwegian Institute of Seaweed Reserch, Trondheim, Norway.
- Haug, A. and B. Larsen. 1962. Quantitative determination of the uronic acid composition of alginates. *Acta Chem. Scand.*, 16, 1908-1918.
- Haug, A., B. Larsen and O. Smidsrød. 1967. Studies on the sequence of the uronic acid residues in alginic acid. *Acta Chem. Scand.*, 21, 691-704.
- Hedeki, O., S. Jitsuo and K. Yoshinari. 1993. Direct control of the constituents ratio in a wide range in alginate produced by *Azobacter vinelandii*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 57, 332-336.
- Hidaka, H., T. Eida, T. Takizawa, T. Tokuzawa and Y. Tashiro. 1986. Effect of fructooligosaccharide on intestinal flora and human health. *Bifido. Microbiology*, 5, 37-50.
- Hirst, E. L., E. Percival and J. K. Wold, 1964. The structure of alginic acid. Part IV. Partial hydrolysis of the reduced polysaccharide. *J. Chem. Soc.*, 8, 1493-1499.
- Kennedy, M., P.G. Burstyn and D.R. husbands. 1978. Fat induced hypertension in rabbits. 2. The effects of feeding diets containing high concentrations of safflower oil & palm oil. *Proc. Nutr. Soc.*, 37, 98A.
- Kimmura, T., K. Takahashi, Y. Ueda, H. Obika, Y. Kobayashi and K. Tsuji. 1993. Effects of the primary structure of alginate on fecal excretion of sodium in rats. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, 67, 1177-1183.
- Kobayashi, N., Y. Kanazawa, S. Yamabe, K. Iwata, M. Nishizawa, T. Yamagishi, O. Nishikaze and K. Tsuji. 1997. Effects of depolymerized sodium alginate on serum total cholesterol in healthy women with a high cholesterol intake. *J. Home Econ. Japan*, 48, 255-230.
- Mancini, M., M. Moresi and F. Sappino. 1996. Rheological behaviour of aqueous dispersions of algal sodium alginates. *J. Food Engineer.*, 28, 283-295.
- Mitchell, J.R. and D.A. Ledward. 1986. *Functional Properties of Food Macromolecules*. Elsevier Applied Science Publication, London, pp. 78.
- Sime, W.J. 1990. Alginates. In: *Food Gels*, Harris, P. Elsevier, London, pp 53-78.
- SPSS, Inc. 2001. *Sigma Plot 7.0 for window*, SPSS. Inc., 233 South Wacker Drive, Chicago, USA.
- Suzuki, T., K. Nakai, Y. Yoshie, T. Shirai and T. Hirano. 1993. Digestibility of dietary fiber in brown alga, kombu, by rats. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59, 879-884.
- Wright, A., P.G. Burstyn and M.J. Gibney. 1979. Dietary fibre and blood pressure. *Br. Med. J.*, 2, 1541-1543.
- You, B.J. and Y.S. Lim. 2003. Effects of extracting and drying method on physical properties of alginates from sea tangle, *Laminaria japonica*. *J. Kor. Fish. Soc.*, 36, 340-345.
- You, B.J., Y.S. Lim, I.H. Jeong and K.H. Lee. 1997. Effect of extraction conditions on bile acids binding capacity *in vitro* of alginate extracted from seatangle

(*Laminaria* spp.) J. Kor. Fish. Soc., 30, 31-38.

1-6.

You, B.J., Y.S. Lim and H.S. Ryu. 2004. Effects of hot water treatment and dialysis on measuring the average molecular weight of alginates. J. Kor. Fish. Soc., 37,

2005년 6월 22일 접수
2005년 8월 20일 수리