

추출 및 건조방법이 다시마 (*Laminaria japonica*) 알긴산의 물성에 미치는 영향

유병진* · 임영선¹

강릉대학교 식품과학과, ¹강릉대학교 동해안해양생물자원센터

Effects of Extracting and Drying Method on Physical Properties of Alginates from Sea Tangle, *Laminaria japonica*

Byeong Jin YOU*, Yeong Seon LIM¹

Department of Food Science, Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea

¹East coastal Marine Bioresources Research Center (EMBRC), Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea

In order to choose the manufacturing method for extracting alginates from sea tangle, *Laminaria japonica*, three methods were applied. In Method I, alginates were extracted with NaOH solution from sea tangle powder and extracted alginates were precipitated and converted to alginic acid by CaCl₂ and HCl solution. Then alginic acid was converted to sodium alginates with Na₂CO₃ solution. Sodium alginates were precipitated with methyl alcohol and were resolved with hot water and this step was repeated three times. Method II was same to Method I except final step including that sodium alginates were precipitated and washed with methyl alcohol three times. Method III included that sodium alginates were extracted with Na₂CO₃ solution from sea tangle powder then sodium alginates were precipitated and washed with methyl alcohol three time. Extracting time increased with increasing extracted alginates amounts but increasing rates were below 0.4%/h. Alginates amounts recovered by Method III showed above 2 times more to those by Method I and II. Extracting time increased with increasing ash amount of sodium alginates but increasing rates were below 0.1%/h and that of sodium alginates extracted by Method III showed higher value (5%) than those by Method I and II. In the sodium alginates prepared by Method III, the amount of ash in alginates dried by air was 34.4%, that by vacuum freeze drying was 47.8%. Extracting time increased with decreasing average molecular weight (MW) and degree of polymerization (DP) of sodium alginates, MW and DP of alginates prepared by Method III were higher than those by Method I and II in same extracting time. Extracting time increased with decreasing rate of apparent viscosity change (SAV) of alginates solution, and SAV of alginates prepared by Method III showed higher value than those by Method I and II in same extracting time. SAV of alginates dried by air was higher than that by vacuum freeze drying. Relating equation among SAV MW and DP were $MW = 60.066 (SAV) - 93.950$, $DP = 309.760 (SAV) - 485.084$ and $MW = 0.914 (DP) + 0.213$.

Key words: *Laminaria japonica*, Alginates, Average molecular weight (MW), Viscosity, Degree of polymerization (DP)

서 론

갈조류의 세포막 또는 세포간 물질로 함유되어 있는 다당류인 alginates는 guluronic acid와 mannuronic acid로 구성되어 있으며 독특한 물리화학적 특성을 지니고 있어 여러 가지 생리적 효과를 나타내는 것으로 알려져 이에 대한 연구가 많이 보고되었다. Alginates는 중금속의 체외배출작용 (Haug, 1959, 1961; Harrison et al., 1966), 이온교환반응에 의한 혈압상승억제작용 (Armstrong et al., 1977; Gardey et al., 1978; Kennedy et al., 1978; Wright et al., 1979; Brussaard et al., 1981; Kimura et al., 1993), 혈중 콜레스테롤 저하작용 (Hideki et al., 1993; Kobayashi et al., 1997), 혈당강하작용 (Hajime et al., 1994; Fujiki et al., 1994), 정장 및 변비개선작용 (Suzuki et al., 1993), 장내유해미생물의 증식억제작용 (Hidaka et al., 1986) 및 항종양성 (Fujihara and Nagumo, 1993) 등과 같은 생리효과를 나타내고 있으므로 이를 이용한 건강식품개발 기술이 요구되는 실정

이다. Alginates를 건강식품의 원료로 사용함에 있어서 alginates의 수율과 물리화학적 성질에 미치는 영향을 고려하면 해조로부터 alginates를 추출하는 과정이 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 추출원조의 생육장소, 계절, 부위 및 추출방법 등에 따라 변화하고 (Haug and Lasen, 1962; Haug, 1964), 생산단가를 낮추어야하는 경제적 측면도 고려해야하므로 산업적으로 추출방법을 선택하는 것이 중요하다.

본 연구는 다시마 (*Laminaria japonica*)로부터 alginates를 산업적으로 추출하기 위한 추출방법을 선택할 목적으로 알긴산 추출방법에 따른 알긴산의 수율, 점도, 회분함량 및 분자량을 측정하였다.

재료 및 방법

Alginates의 추출 및 건조

*Corresponding author: ybjin@kangnung.ac.kr

Alginates의 추출은 3가지 방법으로 하였다. 즉, Chapman (1980)의 방법에 따라 다시마 (*Laminaria japonica*) 건조분말 (60 mesh)에 50배의 0.5% NaOH 용액으로 60°C 진탕 수조에서 일정시간 alginates를 추출하고 1 M CaCl₂로써 침전 회수하여 HCl용액으로 alginic acid로 전환시켰다. 여기에 0.5% Na₂CO₃ 용액을 가하여 다시 sodium alginates를 만들어 메탄올로 침전하고 열수에 녹이는 수세과정을 2회 반복하였다 (Method I). Method II는 I과 같이 추출하여 세정과정 중 열수에 녹이는 과정을 제외하고 메탄올로만 2회 수세하였다. Method III은 You et al. (1997)의 방법으로 다시마 건조분말 (60 mesh)에 50배의 0.5% Na₂CO₃ 용액을 가하여 60°C 진탕 수조에서 일정시간 동안 추출하고 메탄올로 침전하여 sodium alginates를 제조한 후 메탄올로서 2회 수세하였다. 추출된 alginates의 건조는 stainless steel로 제작된 30°의 경사면에 얹어 놓고 25°C, 풍속 2 m/sec의 공기로 건조하는 풍건과 진공동결 건조방법을 이용하였다.

점도측정 및 평균분자량 (MW) 계산

Alginates 용액의 고유점도는 Mancini et al. (1996)의 방법에 의하여 25°C 항온수조에서 Cannon-Fenske viscometer를 사용하여 추출된 alginates를 농도별 (0.05-0.8%)로 희석하여 상대점도를 측정하여 이로부터 아래 식을 이용하여 계산하였으며 고유점도와 분자량과의 관계를 나타낸 Mark-Houwink (Mitchell and Ledward, 1986)식을 이용한 Mancini et al. (1996)이 제시한 식(1)을 사용하여 평균분자량을 계산하였다. 겔보기 점도는 25°C로 조절된 이중 재킷 용기 내에 일정 농도로 조절된 alginates용액을 넣어 회전식 점도계 (Brookfield model 85-150-E, USA)를 사용하여 측정하였다.

$$\begin{aligned} \text{Relative viscosity } (\mu_{rel}) &= \mu / \mu_s \\ \text{Specific viscosity } (\mu_{sp}) &= (\mu - \mu_s) / \mu_s \quad \mu_{rel} - 1 \\ \text{Reduced viscosity } (\mu_{red}) &= (\mu - \mu_s) / C \cdot \mu_s - \mu_{sp} / C \\ \text{Intrinsic viscosity } ([\mu]) &= \lim_{C \rightarrow 0} (\mu_{sp} / C) \quad (\mu_{red}) / C \rightarrow 0 \end{aligned}$$

μ_s : 용매의 점도, μ : 용액의 점도, C: 용액의 농도

$$[\mu] = 1.228 \times 10^{-4} (\text{MW})^{0.963} \dots\dots\dots (1)$$

Uronic acid량, 환원당, 수분 및 회분의 정량

Alginates의 구성 성분인 uronic acid의 함량은 phenol-sulfuric acid법 (Dubois et al., 1956)으로 측정하였으며, 환원당 함량은 Somogy-Nelson (1992)법에 의하여 측정하였다. 수분과 회분은 AOAC (1990)에 의하여 정량하였다.

중합도 (DP; degree of polymerization) 계산

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

겔보기 점도, MW 및 DP의 상관관계

측정된 alginates용액의 겔보기점도 변화율 (SAV: slope of apparent viscosity), 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

추출방법과 추출시간이 alginates의 수율에 미치는 영향
추출방법과 추출시간이 alginates의 수율에 미치는 영향을 Table 1에 나타내었다. 추출시간에 따라 Method I과 II는 비슷한 alginates의 추출수율을 보였으나, Method III에 의해서 추출된 alginates는 Method I과 II보다 2배 이상 많이 추출되었다. 추출방법에 상관없이 alginates의 추출시간이 경과함에 따라 alginates의 추출량은 증가하였으나, 추출시간의 증가율에 비해 추출수율의 증가는 시간당 평균 0.4% 이하이므로 산업적으로 alginates를 추출할 경우, 경제성을 고려하면 가능한 추출시간을 단축하는 것이 바람직할 것으로 생각하여 6시간 추출이 경제적인 것으로 판단되었다. 그리고 Method I과 II보다 III의 추출수율이 2배 이상 높은 것은 Method I과 II의 추출과정 중 NaOH로서 sodium alginates를 추출하고 CaCl₂ 용액으로 침전시켜 회수할 때 일부 alginates가 회수되지 않고, 또한 calcium alginates를 HCl로 alginic acid 형태로 전환할 때와 alginic acid를 Na₂CO₃용액으로 다시 sodium alginates로 전환할 때 산과 알칼리에 의해 가수분해되어 겔화가 일어나지 않을 정도의 저분자화 되어 methanol 첨가에 의해서 침전되지 않고 소실되는 양이 많았기 때문으로 생각된다.

Table 1. The effects of extracting time on the yields (%)¹ of sodium alginates extracted from sea tangle, *Laminaria japonica* by various methods²

Extracting time (hr)	Extracting method		
	I	II	III
1.5	6.4±0.4	6.4±0.8	19.8±0.9
6.0	7.8±1.0	9.7±1.9	20.7±1.1
12.0	8.7±1.3	10.5±1.3	21.6±0.7

¹ The yield expressed the percent ratio of total sugar content of sodium alginates to sea tangle powder
² Refer to Material & Methods, mean±SE (n=5)

추출방법과 추출시간에 따른 alginates의 구성성분을 조사한 결과, 지방과 단백질은 0.4% 이하로 무시할 정도로 낮게 나타났으며, 회분의 함량은 Table 2와 같이 추출방법에 상관없이 추출시간이 길어짐에 따라 함량은 증가한 반면 증가율은 3% 이하로 크지 않았다. Method I과 II에 비하여 Method III의 회분함량이 각 추출시간에서 5% 정도 높게 나타났다. 이와

Table 2. Effects of extracting time on the ash contents (%) of sodium alginates prepared by different extracting method

Extracting time (hr)	Extracting method		
	I	II	III
1.5	26.9±0.1*	28.0±0.2	32.6±0.3
6.0	27.6±0.4	28.5±0.4	34.3±0.3
12.0	28.7±0.6	29.9±0.1	35.1±0.4

*Dry basis, mean±SE (n=5)

같은 결과는 Method I과 II는 sodium alginates 형태로 추출하여 HCl 용액으로 alginic acid로 전환하고 다시 Na₂CO₃ 용액으로 sodium alginates로 변환하는 과정에서 산과 알칼리에 의해서 alginates 일부가 쪼개지지 않을 정도로 저분자화 되어 수분, methanol과 함께 무기질이 유출되었기 때문으로 생각된다.

건조방법이 alginates의 수분, 회분 및 함량에 미치는 영향

건조방법이 alginates의 물리적 성질에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 추출수율이 가장 높은 Method III로 6시간 동안 추출한 alginates를 풍건한 것과 진공동결 건조한 alginates의 수분, 회분 및 uronic acid의 함량을 측정하여 Table 3에 나타내었다. 수분은 풍건한 alginates가 진공동결 건조한 alginates에 비해 5% 이상 많았으며, 회분함량은 풍건한 것이 진공동결

Table 3. Contents of moisture, ash and total sugar (%) in sodium alginates extracted for 6 hrs by Method III.

Drying method	Moisture	Ash	Uronic acid
Air drying	13.8±0.6*	34.3±0.3	65.8±0.6
Vacuum freeze drying	8.3±0.4	47.8±0.3	51.3±0.8

* Dry basis, mean±SE (n=5)

건조한 것에 비하여 13.5% 정도 낮은 값을 보여주었다. 이와 같이 진공동결 건조한 것보다 풍건한 것의 회분함량이 낮은 것은 건조할 때 30°의 경사면에서 alginates를 펼쳐놓기 때문에 경사면을 따라 함유되어 있던 수분이 흘러내리면서 무기질이 함께 빠져 나왔기 때문으로 생각된다. 추출된 alginates의 건조

공정은 건조방법에 따라 산업적으로 alginates의 생산단가에 큰 영향을 주기 때문에 가능한 풍건을 이용하여 alginates를 건조하는 것이 경제적인 것으로 생각된다. 회분함량과 금속이온의 종류는 alginates용액의 점도에 영향을 미치므로 (Oerther et al., 1999; Turquois and Gloria, 2000) alginates를 제조할 때 사용용도에 따라 회분함량을 조절할 수 있는 추출과 건조조건을 고려해야 할 것으로 생각된다. 또한 alginates의 함량은 풍건한 것이 진공동결 건조한 것보다 4.5% 정도 함량이 높은 것은 회분함량의 차이 때문으로 판단된다.

추출방법과 추출시간이 alginates의 MW와 DP에 미치는 영향

추출방법과 추출시간이 alginates의 MW와 DP에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 방법과 시간을 달리하여 추출된 alginates용액을 농도를 달리하여 비점도를 구하여 Mark-Houwink (Mitchell and Ledward, 1986)과 Mancini et al. (1996)이 제시한 상수를 이용하여 MW를 구한 결과와 DP를 Table 4에 나타내었다. 추출방법에 관계없이 추출시간이 길어짐에 따라 MW와 DP가 감소하는 경향을 보였으며, 추출방법에 있어서 추출시간이 같을 경우 Method I과 II에 비하여 Method III로 추출된 alginates의 MW와 DP가 훨씬 크게 나타났다. 이것은 다시마분말로부터 NaOH 용액으로 alginates를 추출하고 CaCl₂ 용액으로 회수하고 HCl로 alginic acid를 제조하고 다시 Na₂CO₃로 sodium alginates를 제조하는 과정에서 산과 알칼리에 의하여 alginates가 저분자화 되었기 때문으로 생각된다. 그리고 alginates의 추출수율이 가장 높았던 Method III에

Table 4. MW and DP of sodium alginates extracted by various methods. The MW indicates dalton. The DP was expressed the ratio of reducing sugar content (%) to uronic acid content (%).

Extracting time (hr)	Extracting method					
	I		II		III	
	MW	DP	MW	DP	MW	DP
1.5	1.779×10 ⁵	916	7.229×10 ⁴	372	4.183×10 ⁵	2,157
6.0	1.107×10 ⁵	570	1.655×10 ⁴	85	2.146×10 ⁵	1,106
12.0	1.045×10 ⁴	54	7.075×10 ³	36	2.107×10 ⁵	1,086

Table 5. The relationship of apparent viscosity and concentration of sodium alginates prepared from different extracting methods

Extracting time (hr)	Extracting Method					
	I		II		III	
	Equation	Coefficient of determination (r ²)	Equation	Coefficient of determination (r ²)	Equation	Coefficient of determination (r ²)
1.5	y = 14.417exp (3.553x)	0.994	y = 7.791exp (2.683x)	0.989	y = 11.508exp (7.382x)	0.992
6.0	y = 7.232exp (3.129x)	0.998	y = 7.723exp (2.039x)	0.996	y = 11.984exp (6.467x)	0.999
12.0	y = 6.075exp (1.977x)	0.986	y = 5.158exp (1.812x)	0.998	y = 13.3662exp (5.655x)	0.996

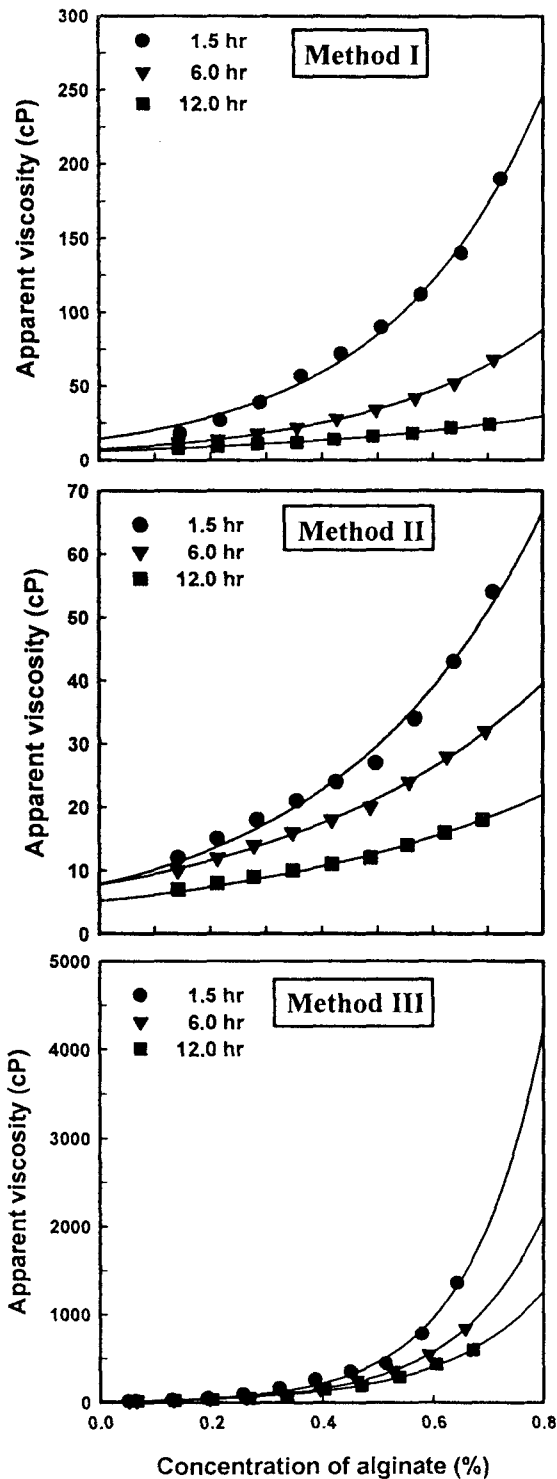


Fig. 1. Changes of apparent viscosity of sodium alginates prepared by extracting methods and times.

의해 6.0시간 추출된 alginates의 분자량은 1.5시간 추출하였을 때와는 2배 정도 차이 있지만, 12.0시간 추출하였을 때와는

큰 차이가 없었다. 그러므로 산업적으로 Method III로 20만 dalton 정도 분자량의 alginates를 추출할 경우 60°C에서 6시간 이상 추출할 필요가 없을 것으로 생각된다.

추출방법과 추출시간에 따른 겔보기점도의 변화

추출방법과 추출시간을 달리하여 추출한 alginates용액의 농도별 겔보기점도의 변화를 Fig. 1에, 수식화한 결과를 Table 5에 나타내었다. Method I에 의하여 추출된 alginates의 점도 변화에서 알 수 있듯이 1.5시간 추출한 경우, alginates의 농도에 따른 겔보기점도의 변화정도가 6.0 및 12.0의 경우보다 훨씬 큰 것은 Table 5에 겔보기점도를 수식화한 결과에서도 나타났다. 동일한 추출시간에서 겔보기점도 변화율 (SAV)은 Method III가 Method I, II보다 높은 값을 나타내었다. 또한 겔보기점도의 변화를 수식화한 결과 결정계수가 0.98 이상으로 매우 높아 본 실험의 결과로 나타난 수식을 이용하면, 동일한 추출조건에서 alginates의 농도별 겔보기점도의 예측이 가능할 것으로 생각된다.

건조방법이 alginates의 겔보기점도에 미치는 영향

Method III의 방법으로 6시간 추출한 alginates를 풍건 및 진공동결 건조하여 농도에 따른 겔보기점도의 결과를 Fig. 2에 나타내었다. Alginates 농도에 따른 겔보기점도의 변화량을 수식화하였을 때 풍건한 alginates의 SAV는 진공동결 건조한 것에 비하여 크게 나타났다. 이러한 결과를 미루어 보면, 풍건한 alginates는 건조 중에 여러 요인에 의하여 alginates분자들이 중합체를 이루기 때문에 겔보기점도가 증가하는 것으로 보여진다.

SAV, DP 및 MW의 상관관계

Fig. 1에서 나타낸 겔보기점도의 변화율을 측정함으로 alginates의 MW와 DP를 예측할 수 있도록 하기 위하여 SAV와 DP 및 MW의 상관관계를 Fig. 3에, 그리고 DP와 MW는 Fig. 4에 각각 나타내었다. Alginates의 SAV와 DP, SAV와 MW 상관관계는 각각 $DP = 309.760 (SAV) - 485.084$ 및 $MW = 60.066 (SAV) - 93.950$ 으로 수식화되었고, 상관계수도 0.886으로 높았다. MW와 DP와의 관계는 $MW = 0.914 (DP) + 0.213$ 이었으며, 상관계수는 0.999로 1.0에 매우 가까운 값을 보여 비점도 측정에 의해서 구해진 MW와 uronic acid, 환원당의 비율에 의해서 측정된 DP의 관계를 일차식으로 표현하는 것은 상관성이 매우 높음을 알 수 있었다. 그러므로 이 식을 이용하면 DP의 측정만으로 alginates의 MW를 구할 수 있으며, 또한 SAV를 측정하므로 MW와 DP의 예측이 가능할 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 한국과학재단지정 강릉대학교 2003년도 동해안 해양생물자원연구센터의 지원에 의한 것입니다.

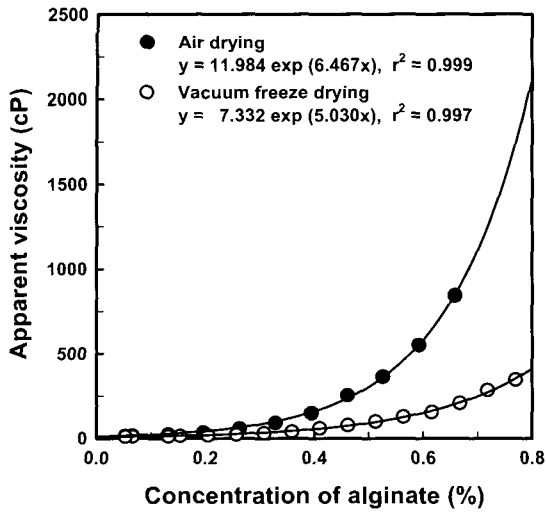


Fig. 2. Changes of apparent viscosity of sodium alginates extracted for 6 hrs from sea tangle by Method III.

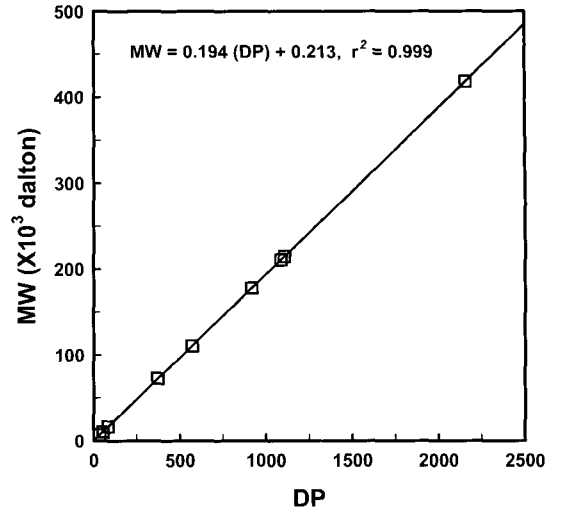


Fig. 4. Relationship between DP and MW in sodium alginates prepared by Method I, II and III.

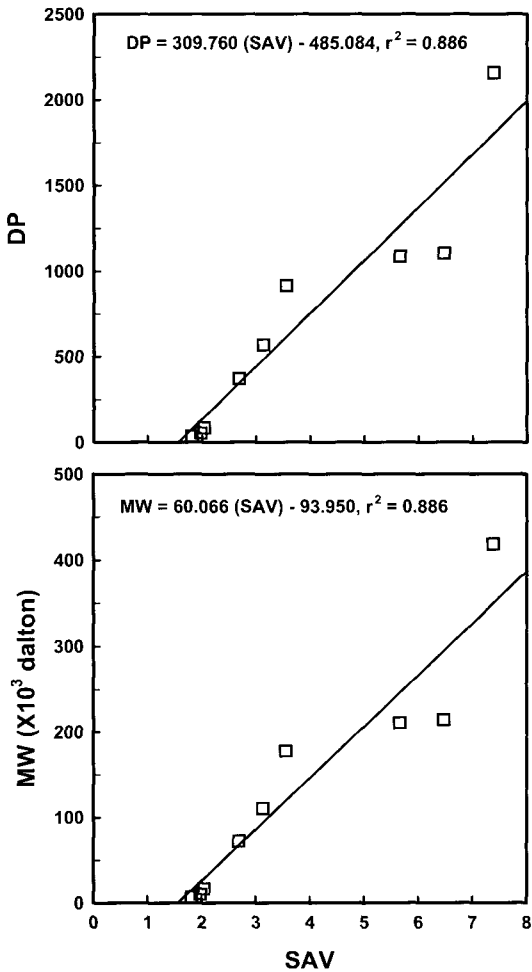


Fig. 3. Relationship of DP/SAV and MW/SAV in sodium alginates prepared by Method I, II and III.

참 고 문 헌

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, pp. 17.

Armstrong, B., A.J. Van Merwyk and H. Coates. 1977. Blood pressure in seventh-day advantist vegeterians. *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.

Dubois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers and F. Smith. 1956. Colarimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28, 350-357.

Ducan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *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. *Carbohydr. 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 hypertention in rabbits. I. The effects of fibre on the blood pressure increase induced by coconut oil. *Proc. Nutr. Soc.*, 37, 97A.
- 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. Biotech. 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 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.
- 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. Biotech. 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. Microbiol.*, 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 Eng.*, 28, 283-295.
- Mitchell, J.R. and D.A. Ledward. 1986. *Functional Properties of Food Macromolecules*. Elsevier Applied Science Pub., London, pp. 1-78.
- Oerther, S., H. Le Gall, E. Payan, F. Lapique, N. Presle, P. Hubert, J. Dexheimer, P. Netter and F. Lapique. 1999. Hyaluronate-alginate gel as a novel biomaterial: Mechanical properties and formation mechanism. *Biotech. Bioengin.*, 63, 206-215.
- Penman, A. and G.R. Sanderson. 1972. A method for the determination of uronic acid sequence in alginate. *Carbohydr. Res.*, 25, 273-282.
- Somogyi, M. and N. Nelson. 1952. Notes on sugar determination. *J. Biol. Chem.*, 195, 19-23.
- SPSS, Inc. 2001. *Sigma Plot 7.0 for window*, SPSS. Inc., 233 South Wacker Drive, Chicago, USA, Il 60606-6307.
- 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.
- Turquois, T. and H. Gloria. 2000. Determination of the absolute molecular weight averages and molecular weight distributions of alginates used as ice cream stabilizers by using multiangle laser light scattering measurements. *J. Agric. Food Chem.*, 48, 5455-5458.
- Wright, A., P.G. Burstyn and M.J. Gibney. 1979. Dietary fibre and blood pressure. *Br. Med. J.*, 2, 1541-1543.
- You, B.J., Y.S. Im, I.H. Jeong and K.H. Lee. 1997. Effect of extraction conditions on bile acids binding capacity in vitro of alginate extracted from sea tangle (*Laminaria* spp.). *J. Kor. Fish. Soc.*, 30, 31-38 (in Korean).

2003년 5월 30일 접수
2003년 8월 25일 수리