

마(*Dioscorea batatas* DECNE) 점질 다당류의 물성(物性) 및 열적 특성에 관한 연구

최은미 · 구성자

경희대학교 식품영양학과
(1996년 6월 14일 접수)

The Study on Rheological and Thermal Properties of Yam Mucopolysaccharides

Eun-Mi Choi and Sung-Ja Koo

Department of Food & Nutrition, Kyung-Hee University, Seoul 130-701, Korea
(Received June 14, 1996)

요 약

산마와 재배마에서 점질다당류(mucopolysaccharides)를 추출하여 리올러지 및 열특성을 연구하였다. D.I.W에서 산마와 재배마 점질다당류의 고유점도($[\eta]$)는 각각 16.1 dl/g, 25.1 dl/g이고 pH 7일때 최대값을 나타내었고, 염을 가했을 때 $[\eta]$ 가 급격히 감소하다가 일정한 값을 나타내었으며, urea 용액에서 NaCl, MgCl₂ 용액에서보다 $[\eta]$ 가 높았다. 마 점질다당류의 chain stiffness는 0.050이고 Overlap parameter는 산마와 재배마 점질다당류가 각각 0.06 g/dl, 0.04 g/dl였다. 마 점질다당류는 shear rate가 증가함에 따라 겔보기 점도가 감소하였고 농도가 증가함에 따라 yield stress와 점조성 지수는 증가하고 shear index가 감소하는 가소성 유동체였다. 산마 점질다당류는 35°C까지 온도에 대하여 비교적 안정하였지만 그 이상의 온도에서는 겔보기 점도가 급격히 감소하였고 재배마 점질다당류는 온도가 증가할수록 겔보기 점도가 점차적으로 감소하였다. 겔보기 점도는 1가 염과 2가 염 사이에 큰 차이가 없었고 염농도가 증가함에 따라 겔보기 점도가 감소하였으나 urea를 첨가했을 때 겔보기 점도가 약간 감소하다가 다시 증가하는 것을 알 수 있었다. DSC로 산마와 재배마 점질다당류의 "true melting"을 측정했을 때 각각 92°C, 93°C였고, enthalpy는 67.06 cal/g, 75.83 cal/g였다. 질화에 소요된 enthalpy는 pH가 증가할수록 큰 값을 나타냈고, NaCl을 첨가했을 때 감소하다가 염농도 증가에는 영향을 받지 않았으며, Urea와 glycerol을 각각 첨가했을 때 D.I.W.에서보다 감소하였다. TGA로 열분해 현상을 측정했을 때, 분해 온도는 산마와 재배마 점질다당류가 각각 219~332°C, 229~341°C 범위였다

Abstract—The rheological and thermal properties of mucopolysaccharides extracted from wild and cultured yams were investigated. The intrinsic viscosity, $[\eta]$ of the wild and cultured yam mucopolysaccharides in deionized water was 16.1 dl/g, 25.1 dl/g, respectively. The highest intrinsic viscosity was obtained at pH 7 within the pH range of 4 to 11. At various salt concentration (0.0~0.1 M) the $[\eta]$ of yam mucopolysaccharides was decreased to 0.025 M and remained constant to 0.1 M. The $[\eta]$ in urea solution was higher than that of in NaCl and MgCl₂ solution. The chain stiffness parameter was 0.05 and the overlap parameters of wild and cultured yam mucopolysaccharides were 0.06 g/dl and 0.04 g/dl respectively. Yam mucopolysaccharides showed pseudoplastic flow. The apparent viscosity of yam mucopolysaccharides decreased as the temperature increased. The apparent viscosity in urea solution was higher than that in NaCl and MgCl₂ solutions. The thermal properties of yam mucopolysaccharides were investigated by Differential Scanning Calorimetry. The "true melting" temperatures of wild and cultured yam mucopolysaccharides were 92°C and 93°C, respectively. The melting enthalpies were 67.06 cal/g and 75.73 cal/g, respec-

tively. The enthalpy of yam mucopolysaccharides solution was increased as pH increased and increasing salt concentrations did not affect the enthalpy. In the presence of urea and glycerol the enthalpy was lower than that in D. I.W. The decomposition temperatures of wild and cultured yam mucopolysaccharides were in the range of 219~332°C and 229~341°C, respectively.

Keywords: yam mucopolysaccharides, rheology, thermal properties.

1. 서 론

마(Dioscorea batatas)는 예로부터 한방에서 자양, 강장, 강정, 폐결핵 등에 유효하게 이용되어왔고 소염, 해독, 진해, 거담, 이뇨, 신경통, 류머티즘에 효과가 있다고 알려져 있다[1]. 이러한 효능과 관계깊은 성분인 점질다당류는 mannan으로 이루어진 식이섬유가 대부분을 차지하며 단백질과 무기질, 소량의 glucose, fructose 등으로 이루어져 있어서 당뇨병이나 변비등에 상당한 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 이는 주로 acety화된 acetylmannan으로 mannose가 80% 이상 함유되어있으므로 항종양 활성, 항보체 활성, 면역증강 효과등과 같은 생리활성을 가진 것으로 예상된다[1-4]. 다당류의 특성은 화학적 성분 및 그 배열과 입체구조에 의존하며 수용액에서의 물성에 따라 그 응용이 결정되는데 이는 기초연구로서 의의가 크다[5]. 따라서 본 연구에서는 마를 기능성 식품으로 개발하고자 우선 마의 가공적성을 검토하기 위한 기초 연구로서 산마와 재배마에서 점질 다당류를 분리 정제하였으며, 물성 측정으로는 묽은 용액에서의 고유 점도(pH, 염농도 및 용매 의존성, chain stiffness), 농후한 용액에서의 steady shear viscosity(농도, 온도 및 염농도 의존성)와 Differential Scanning Calorimeter(DSC), Thermogravimetric Analyzer(TGA)를 이용한 열적인 특성을 비교 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 재 료

본 실험에 사용된 산마와 재배마(Dioscorea batatas DECNE)는 경동 시장에서 구입하였고 Fig. 1의 정제과정을 거쳐 점질다당류를 추출하였다.

2.2. 고유점도 측정

Circulating heater를 향한 수조에 부착시켜 25°C로

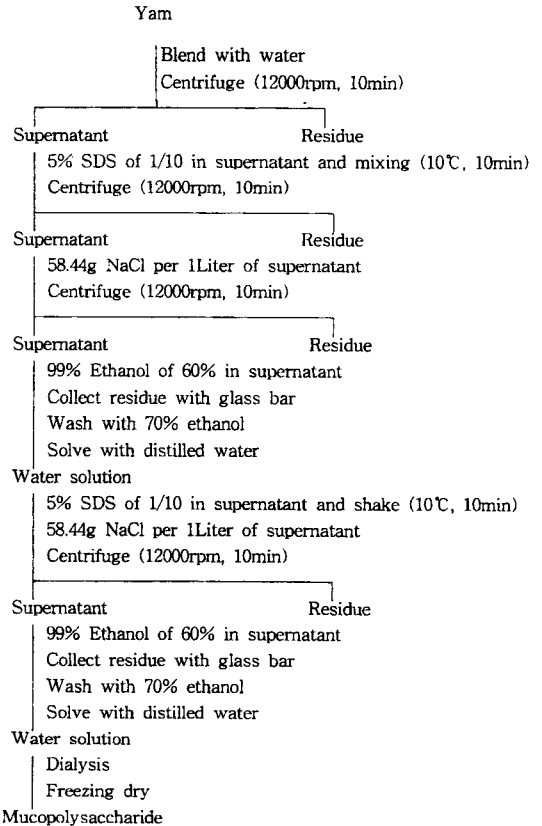


Fig. 1. Separation and purification procedure of mucopolysaccharide from yam. SDS: Sodium dodecyl sulfate.

유지하여 실험하려는 시료를 Calibrated Cannon Fenske capillary viscometer에 10 ml 채운 후 20분간 방치한 후에 고유 점도를 측정하였다.

pH에 따른 고유 점도의 변화를 측정하기 위해 pH 4~11의 범위에서 고유 점도를 측정하였으며 염농도의 의존성을 측정하기 위해 0~0.1 M 범위의 NaCl, MgCl₂, urea 용액에서 고유 점도를 측정하였다.

본 실험에 사용된 마 점질다당류의 농도는 상대 점도(relative viscosity)가 1.1~1.5 범위인 0.01~0.025

g/dl이었고 flowing time은 25~37 sec 범위였다. 고유 점도는 Huggins 방정식의 외삽법[6]에 의해 산출되었다.

$$\text{즉, } \eta_{sp}/C = [\eta] + k[\eta]^2 c$$

$$\text{여기서, } \eta_{sp} = \text{specific viscosity} = \frac{\text{viscosity of solution}}{\text{viscosity of solvent}} - 1$$

c = 마 점질다당류의 농도,

$[\eta]$ = intrinsic viscosity,

K = constant

2.3. Chain stiffness

Chain stiffness는 Smidsrod와 Haug 방정식[7]에 의해 계산되었다.

$$[\eta] = A_1 + B[\eta]_{0.1}^{1.3} C_s^{-1/2}$$

여기서, A_1 = 상수,

B = chain stiffness,

$[\eta]_{0.1}$ = 0.1 M NaCl에서 고유 점도,

C_s = 염 농도

2.4. Overlap parameter

Overlap parameter는 pH 7에서 고유 점도 값의 역수로하여 그 값을 얻었다.

$$Ch = 1/[\eta]$$

Ch = characteristic concentrationm,

$[\eta]$ = intrinsic viscosity

2.5. Steady shear viscosity 측정

Shear rate 의존성을 측정하기 위하여 Brookfield digital viscometer를 사용하여 1~200 sec⁻¹로 shear rate를 증가시켜 가면서 점도를 측정하였으며, 본 실험에 사용된 시료는 pH 7의 시료 농도 0.5 g/dl이었고 이때 온도는 25°C로 하였다.

Yield stress(Y)는 shear rate data를 이용하여 shear stress를 zero shear rate에 외삽하여 curve fitting함으로써 측정되었으며 yield stress는 Power law 방정식[8]에 의해 계산되었다.

$$\tau = Y + b\dot{\gamma}^n$$

τ = shear stress,

$\dot{\gamma}$ = shear rate,

b = 점조성 지수(consistency index),

s = shear index 또는 flow behavior index,

Y = yield stress

Steady shear viscosity에 대한 농도 의존성을 측정하기 위하여 시료 농도를 0.25~1 g/dl로 만들었고, 온도 의존성을 측정하기 위해 온도 범위를 15~75°C로 하였으며, 염첨가의 영향을 살펴보기 위해 염농도 0~0.1 M의 NaCl, MgCl₂, urea를 사용하였다.

2.6. DSC(Differential Scanning Calorimetry)에

의한 열적 특성

마 점질다당류의 결정상이 사라지는 점인 용점(melting temperature: Tm)을 측정하기 위해 시료를 hermetic aluminum pan에 넣고 sample encapsulating press를 이용하여 밀봉한 후 상온부터 350°C 범위로 질소 기류하에서 10°C/min로 가열하면서 측정하였으며, 이 때 온도와 전이 열량(transition enthalpy)은 표준 시료인 Indium(m.p.=156.6°C, heat of fusion=28.4 J/g)으로 보정하였다. 열적 전이 thermogram에서 나타나는 흡열 곡선(endothermic peak)의 면적을 계산하여 전이 열량을 측정하였고 개시 온도(onset temperature: To), 최고 온도(peak temperature: Tp), 완료 온도(conclusion temperature: Tc)를 얻었다.

마 점질다당류의 겔화에 의한 열적 전이(thermal transition) 측정은 DSC의 조건을 용점을 측정할때와 같은 조건으로 하고 가열 온도 범위만 상온에서 200°C까지로 하였다. 마 점질다당류 용액의 열적 특성에 대한 pH 의존성을 측정하기 위해 pH 4~11 buffer solution을 사용하였고, 염농도 의존성을 위해 0~0.1M 농도의 NaCl을 사용하였고 용매의 영향을 측정하기 위해 증류수(D.I.W.), 8 M urea와 10% glycerol을 사용하였다. 이 때 사용한 마 점질다당류의 농도는 1.5 g/dl로 하였다.

2.7. TGA(thermogravimetric analyzer)에 의한

열분해 현상

마 점질다당류의 열 안정성과 열분해 온도를 조사하기 위하여, TGA로 온도에 따른 마 점질다당류의 무게 감량을 측정하였다. 이 때 가열 속도는 10°C/min, 온도는 상온에서 450°C까지로 질소 기류하에서 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 마 점질다당류의 고유 점도

고유 점도($[\eta]$)는 다당류의 용액 성질을 밝히는 기본적인 요인으로서 다당류 사슬의 입체 구조와 관계되는 실험으로 묽은 용액에서 측정되며 단위는 dl/g으로 나타낸다 [8]. 고유 점도는 생물 고분자의 형태, 크기와 모양, 분자량, 용매와 다당류의 상호작용, chain stiffness, overlap parameter에 좋은 지표를 제공하며 묽은 용액에서 개개의 다당류가 차지하는 hydrodynamic volume으로도 표현된다(Table 1, 2).

Table 3은 보고된 여러 biopolymer들의 $[\eta]$ 를 나타낸 것이다. 매우 조밀한 molecular coil을 갖는 gum arabic과 amylose를 제외하고는 높게 나타났는데 이는 expanded coil 구조나 긴 rod와 같은 구조를 갖기 때문이다. 다른 다당류와 비교하였을 때 마 점질다당류의 $[\eta]$ 는 wellan, gellan과 비슷한 값을 나타내었다. 고유점도는 pH 7에서 가장 높았는데 이는 사슬들이 질서정연하게 형성한 single helix가 gel junction zone으로서 multiple helix를 형성하기 때문이며 강산, 강알칼리에서는 마 점질다당류 side chain의 하전된 oxalate groups 수가 변하므로 고유점도가 낮아진다. 염농도가 증가하면 염의 shielding effect에 의해 이러한 pH 효과는 감소하게 된다. NaCl, MgCl₂를 첨가한 경우 고유점도 값이 급격

Table 1. Intrinsic viscosity of yam mucopolysaccharides at pH 7 (unit: dl/g A: NaCl, B: urea, C: MgCl₂ solution)

Conc. of salt	Wild yam muco.			Cultured yam muco.		
	A	B	C	A	B	C
0.000	16.10	16.10	16.10	25.10	25.10	25.10
0.025	9.00	15.00	10.60	10.70	25.20	10.50
0.050	9.64	21.50	10.80	11.70	29.00	11.20
0.075	10.40	20.60	7.21	10.90	21.00	9.88
0.100	11.40	15.00	10.40	8.89	17.60	11.60

Table 2. Intrinsic viscosity of yam mucopolysaccharides at D.I.W.

pH	Wild yam muco.	Cultured yam muco.
4	6.37	11.00
7	16.10	25.10
9	8.80	15.00
11	7.07	12.60

히 감소하였고 0.025 M 이상의 농도에서는 거의 비슷한 고유점도를 보였다. 0.025 M 농도까지는 counter-ion이 마 점질다당류 side chain의 negative charge를 shield하여 charged groups 사이의 반발력이 감소하므로 분자의 수축이 일어나 고유 점도가 감소한 것이고, 그 이상의 염 농도에서는 반응할 수 있는 과량의 염 이온들로 인한 근접한 charged groups의 정전기적 반발에 의해 마 점질다당류 분자가 순간 확장됨으로서 고유 점도가 약간 증가하다가 일정한 수준을 유지하는데 0.025 M 농도 이상에서는 이온들이 이미 shield된 상태이므로 변화가 없는 것으로 생각된다. 그러나 urea는 NaCl나 MgCl₂보다 $[\eta]$ 가 상당히 높은 값을 나타냈는데 이는 urea가 마 점질다당류의 수소 결합을 잘라주므로 신장된 상태가 되어 고유 점도가 커진 것으로 생각되었다.

3.2. Chain stiffness parameter

다당류의 chain stiffness는 electrostatic repulsion에 의한 polyelectrolyte chains의 팽창 정도를 나타내며 backbone stiffness 비교에 사용된다. 보고된 생물 고분자들의 chain stiffness parameter B를 Table 4에 나타내었다. B가 작을수록 단단한 막대기 모양이며 더 stiff하고 extended chain 형태를 나타내므로 고유 점성도가 크지만 charge 상태나 분자 무게와는 무관하다[9]. 단순한 C-C 골격을 갖는 다가 전해질(polyelectrolytes)은 B값이 큰데, 1차 구조가 hallow helix conformation을 가지므로 구조가 조밀하여 고유 점도가 낮아지게 되고 더

Table 3. Intrinsic viscosity of some polysaccharides[5]

Biopolymers	Solvent	$[\eta]$ (dl/g)
Gum arabic	H ₂ O	0.13
Amylose	H ₂ O	0.60
Amylopectin	H ₂ O	1.27
Chitosan	Acetic acid	6.40
Hyaluronic acid	H ₂ O-NaCl	8.50
Alginate	0.1M NaCl	11.90
CMC*	0.005M NaCl	12.30
Wild yam muco.	H ₂ O	16.10
Wellan	H ₂ O	17.90
Gellan	H ₂ O	21.20
Cultured yam muco.	H ₂ O	25.10
Sodium alginate	H ₂ O	31.00
Zooglan	H ₂ O	167.00
Xanthan	H ₂ O	190.00

*CMC: carboxymethylcellulose

Table 4. Comparison of chain stiffness parameter B of yam mucopolysaccharides (wild type) to the other polymers[8, 12-14]

Polymer	B
Carboxymethylamylose	0.200
Chitosan	0.100
Hyaluronic acid	0.070
Yam mucopolysaccharides	0.050
Barley β -Glucan	0.050
Carboxymethylcellulose	0.050
Alginate	0.040
Sodium Pectinate	0.040
Gellan	0.030
Zooglan	0.025
Rhamsan	0.016
Welan	0.010
Xanthan	0.005

flexible한 chain임을 나타낸다. Side chain과 그들 사이의 intramolecular hydrogen bond가 있을 때도 분자의 stiffness는 증가한다. 본 연구에서 마 점질다당류의 chain stiffness parameter는 0.05로서 barley β -glucan, carboxymethylcellulose와 비슷한 값을 나타내었다.

3.3. Overlap parameter

본 연구에서 묽은 용액과 농후한 용액을 구분짓는 임계 농도는 산마 점질다당류가 0.06 g/dl, 재배마 점질다당류가 0.04 g/dl로서, 이 농도 이상에서 overlapping 이 일어남을 알 수 있었다.

3.4. Steady shear viscosity

마 점질다당류는 shear rate가 증가함에 따라 겔보기 점성도가 크게 감소하는 shear thinning 현상을 나타냈다(Fig. 2). 낮은 shear rate에서는 겔보기 점성도가 급격히 감소하였으나 shear rate가 높아질수록 겔보기 점성도는 일정하였다. 마 점질다당류의 농도를 0.25 g/dl로 하였을때 shear rate에 대한 shear stress를 Fig. 3에 나타내었는데 shear rate에 의존하는 pseudoplastic behavior를 나타내었고 겔보기 점도는 마 점질다당류의 농도가 높을 수록 큰 값을 나타내었다.

농도에 따른 yield stress(Y), 점조성 지수(b), 유체 거동 지수(s)는 power law 방정식에 의하여 산출되었으며 Table 5에 나타내었다. Yield stress는 불규칙한 형태에 의해 일어나는 분자 입자들의 물리적인 entanglement

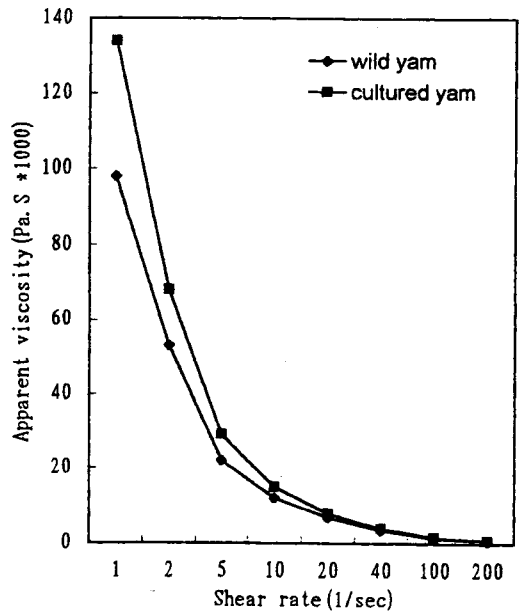


Fig. 2. Shear rate dependence of yam mucopolysaccharides at 25°C, 0.25 g/dl.

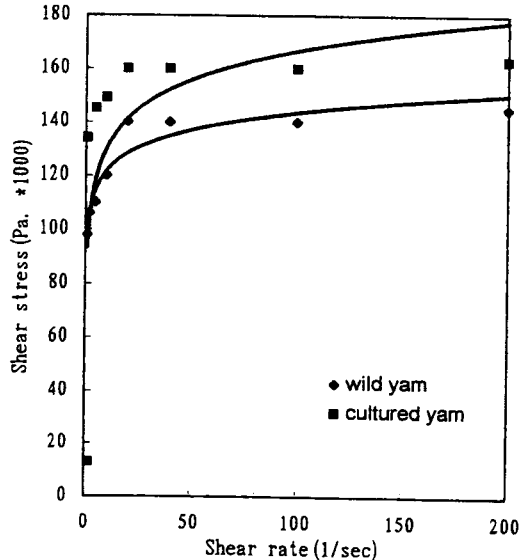


Fig. 3. Shear rate versus shear stress of yam mucopolysaccharides at 25°C, 0.25 g/dl.

와 분자간의 상호작용에 의해 일어나는 망상조직 형성에 기인하며 coating thickness, reducing drip, preventing flow를 측정하는데 중요하다. 마 점질다당류는 농도가 0.25 g/dl에서 1 g/dl로 증가함에 따라 yield

stress(Y)는 증가하였고 shear index(s)는 감소하였다. 15°C에서 75°C까지 온도를 증가시켰을때 산마 점질다당류는 35°C까지는 겔보기 점성도가 거의 변화하지 않으나 35°C에서 75°C로 온도가 상승되었을때 겔보기 점성도는 급격히 감소하는 것으로 보아 35°C까지는 점도가 높은 상태로 유지됨을 알 수 있었다. 반면, 재배마 점질다당류는 온도차에 따른 겔보기 점성도 감소폭은 크지 않았고 서서히 감소하였다. Rhamsan gum의 경우, Paul 등 [10]은 온도가 증가할때 겔보기 점성도가 일정하다가 90°C가 되면 급격히 감소하였다고 보고하였다. 또한 첨가한 NaCl, MgCl₂의 염농도가 증가함에 따라 겔보기 점도가 감소했고 수소결합을 잘라주는 urea를 첨가한 경우 NaCl나 MgCl₂보다 점도가 증가하였다.

3. 5. DSC에 의한 열적 특성

Table 5. Concentration dependence of yield stress (Y), consistency index (b), shear index (s), for yam mucopolysaccharides (A: wild yam, B: cultured yam)

Conc.(g/dl)	Y (Pa.)		b (Pa.sec)		s	
	A	B	A	B	A	B
0.25	1.0	3.4	100	132	0.076	0.04
0.50	2.6	5.3	116	149	0.068	0.04
0.75	3.5	7.6	134	157	0.038	0.036
1.00	3.9	11.0	149	162	0.035	0.028

Polymer의 용점은 온도를 가했을 때 마지막 결정상이 사라지는 점으로 정의되며, 이점을 지나게 되면 점성이 있는 용액이 되어 밀도, 굴절률, 열용량, 투명도 등에 변화가 나타난다[11] 산마 점질다당류의 용점은 92°C에서 나타났으며 엔탈피는 67.06 cal/g으로 측정되었고 재배마 점질다당류의 용점은 93°C에서 나타났으며 엔탈피는 75.83 cal/g으로 측정되었다(Fig. 4). Peak의 양상은 거의 비슷했으나 재배마의 peak 온도 범위와 엔탈피가 산마보다 약간 컸다. 이것은 재배마가 산마보다 입자의 결정성이 더 높아 melting에 필요한 에너지가 더 많이 요구됨을 나타낸다. 차[11] 등은 보리 β-glucan의 Tm이

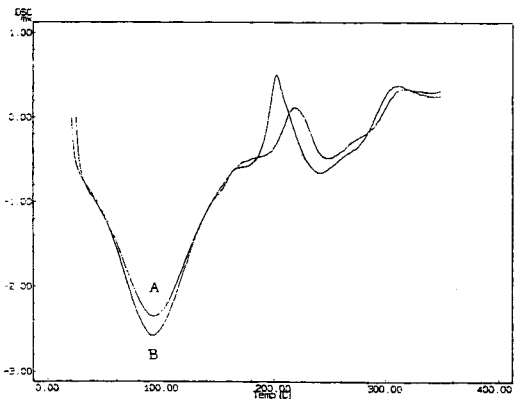


Fig. 4. DSC thermograms of Yam mucopolysaccharides. A: wild Yam muco, B: cultured Yam muco.

Table 6. DSC thermogram values of yam mucopolysaccharides solution (A: wild yam, B: cultured yam)

	Temperature of DSC transition						Enthalpy(cal/g)		
	Onset temperature(To)		Peak temperature(Tp)		Conclusion temperature(Tc)		A	B	
	A	B	A	B	A	B	A	B	
pH									
4	101.00	114.72	110.69	129.96	127.16	145.36	345.03	409.51	
7	103.82	119.47	126.76	132.21	140.33	147.57	421.71	430.44	
9	111.25	111.04	127.26	129.16	143.16	144.34	435.09	428.92	
11	100.91	106.79	124.41	123.93	138.74	138.50	434.53	429.12	
M-NaCl									
0.000	103.82	119.47	126.76	132.21	140.33	147.57	421.71	430.44	
0.025	113.75	107.27	131.23	130.04	143.80	143.37	393.14	405.75	
0.050	110.24	106.05	128.25	123.71	141.32	140.07	385.10	400.00	
0.075	106.68	111.04	129.13	126.74	142.56	140.54	399.66	394.69	
0.100	111.68	110.46	130.93	127.17	144.09	141.60	419.44	409.37	
Solvent									
D.I.W.	103.82	119.47	126.76	132.21	140.33	147.57	421.70	430.44	
8M-Urea	114.99	101.27	137.42	131.33	158.73	147.91	234.98	202.95	
10% Glycerol	104.82	107.46	129.76	129.00	143.84	143.38	339.91	333.79	

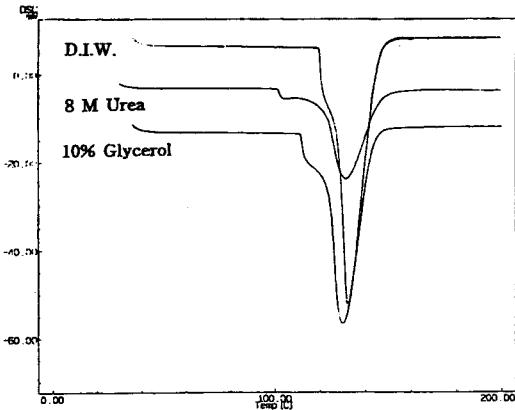


Fig. 5. DSC thermograms of cultured Yam mucopolysaccharides with various solvent at 1.5 g/dl, pH 7.

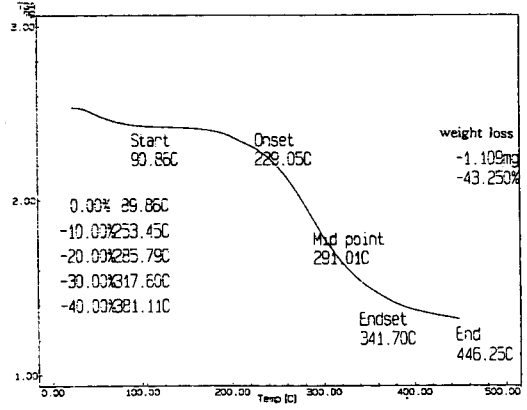


Fig. 6. Thermogram of cultured Yam mucopolysaccharides by TGA.

184°C에서 나타났다고 하였는데 이와 비교해 볼 때 마 점질다당류가 훨씬 낮은 온도에서 용해됨을 알 수 있었다.

Table 6은 pH, NaCl 농도, 용매 변화에 따른 마 점질다당류의 열적전이 흡열곡선의 측정값을 나타낸 것이다. 강산에서의 낮은 엔탈피(ΔH)는 중합체 형태의 입자들이 분해되어 oligomer 형태로 변하기 때문에 겔화에 이용된 에너지가 감소한 것으로 생각되었으며 알칼리성에서 ΔH 가 큰 것은 보다 많은 정도의 겔화가 일어남을 의미하고, pH 11에서 겔화 개시 온도(T_0)가 낮아져 겔화가 가장 빨리 시작됨을 알 수 있었는데, 이는 알칼리성인 경우 전분의 팽윤과 호화가 촉진된다는 이론과 일치됨을 나타내고 있다. NaCl을 첨가함에 따라 ΔH 가 감소하다 증가했는데, 마 점질다당류가 겔화될 때 저농도 염의 영향은 크지만 염농도 증가에는 영향을 받지 않는 것으로 나타났으며 이는 마 점질다당류의 고유 점도가 염을 가하지 않은 상태에서 가장 큰 값을 나타내다가 염을 가했을 경우 급격히 감소하고 염농도 증가에는 영향을 받지 않은 solution properties와 유사한 결과라고 사료된다. 용매의 효과를 보기 위하여 8M urea, 10% glycerol 및 증류수(D.I.W.)를 사용했을 때 ΔH 는 증류수에서 가장 컸고 urea 용액에서 가장 낮았다. urea는 마 점질다당류의 수소 결합을 잘라주는 역할을 하므로 결정 구조가 겔화되는데 소모되는 에너지가 감소하였음을 알 수 있었다(Fig. 5).

3.6. TGA에 의한 열분해 현상

TGA를 이용하여 온도 증가에 따른 마 점질다당류의

무게 감량을 정량적으로 측정하여 열적 안정성과 분해 온도를 측정하였는데 산마 점질다당류의 경우 219°C~332°C에서 무게 감량이 나타났고 재배마 점질다당류의 경우 229°C~341°C에서 무게 감량이 나타났다(Fig. 6).

감사의 글

본 논문은 1996년도 보건 의료기술 연구 개발 과제에 의해 수행한 연구결과 중의 일부로 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 이임선, "마의 생리활성물질의 특성 및 기능성", 경희대학교 박사학위논문, (1996).
2. Ohtani k. and Murakami k., "Structure of mannan fractionated from water soluble mucilage of nagaimo (*Dioscorea batatas* DECNE)", *Agric. Biol. Chem.*, **55**, 2413 (1991).
3. 신남희, "2-AF와 MNNG에 대한 마 식이섬유의 항돌연변이 효과" 경희대학교 대학원 석사학위논문, (1995).
5. Sung Ja Koo, "Structure and Rheological properties of Biopolymer solution", *Korean J. Soc. Food Sci.* **3**, 2 (1987).
6. Krigbam W. R. and Folory P. J., "Molecular Weight Dependence of the Viscosity of Polymer Solutions", *J. Polymer. Sci.*, **11**, 37 (1953)
7. Smidsrod O. and Haug A., "Estimation of the relative stiffness of the molecular chain in polyelectrolytes from measurements of viscosity at

- different ionic strengths", *Biopolymers*, **10**, 1213 (1971)
8. Testsuhiisa Nakamura, "Chain conformation of the extracellular polysaccharide produced by *Zoogloeogramigera*", MIT, 11-13 (1988)
 9. Lang E. R. and Kienzle-Sterzer C. A. "The Japanese society of chitin and chitosan", 34, (1982).
 10. Sandford P. A., Cottrel I. W. and Pettitt D. J. "Microbial polysaccharides", *Pure & Appl. Chem.*, **56**(7), 879 (1984).
 11. 차희숙, 김미옥, 구성자, "DSC에 의한 보리 β -Glucan의 열적 특성에 관한 연구", *식품과학회지*, **25**, 22 (1993).
 12. 김미옥, 차희숙, 구성자, "보리 β -Glucan의 리올로지 특성", *식품과학회지*, **25**, 15 (1993).
 13. 권혜숙, 구성자, "Pseudomonas elodea에 의해서 생산된 Gellan gum과 Agar의 Rheology 특성 비교 연구", *Korean J. Soc. Food Sci.* **4**, (1988).
 14. 이임선, "Alcaligenes에 의해서 생산된 Rhamsan gum의 리올로지 특성에 관한 연구", *Korean J. Soc. Food Sci.* **8** (1992).
 15. 박혜정, "Alcaligenes에 의해 생산되는 새로운 Hetero 다당류인 Wellan Gum과 Xanthan Gum의 Rheology 특성에 관한 연구", *유전공학 논문집*, **1**, 45 (1989).