

염석법에 의한 타라검 분획들의 분자량 및 리올로지 특성

김 경 이*

서일대학교 식품과학부 식품생명과학전공

Rheological Characteristics and Molecular Weight of Ammonium-Sulfate Fractions of Tara Gum

Kyeong-Yee Kim*

Department of Food Science and Biotechnology, Seoil University

Abstract This study aimed at characterizing the rheological properties and molecular weight of tara gum fractionated with ammonium sulfate. Tara gum was separated into six fractions (F1-F6) at different concentrations of ammonium sulfate, ranging from 12.21 to 28.67% (w/w). The yield of the tara gum fractions ranged between 4.98 and 17.47%, and their intrinsic viscosity ranged from 9.38 to 12.44 dL/g. The highest values of Huggins coefficient (k') and viscosity-molecular mass were observed in fraction F3. The shear viscosity of the tara gum fractions was measured by a cone-plate viscometer, clearly showing shear thinning behavior. Size-exclusion chromatography results showed that the molecular weight ranged between 635.42 and 776.71 kg/mol, and the F3 fraction exhibited higher values of molecular weight.

Keywords: tara gum, fractionation, intrinsic viscosity, shear thinning flow behavior, molecular weight

서 론

다당류들의 불균일성을 규명하기 위한 분획화하는 방법들은 정밀한 화학적 실험방법이 요구되고 분획량 수득률이 매우 낮아 극히 소수의 연구자들만 관심을 갖고 있는 실정이다. 갈락토마난(galactomannans)은 (1→4)-β-D-mannopyranosyl 골격에 (1→6)-α-D-galactopyranosyl 결사슬을 갖는 직선사슬로 구성된 다당류이며 (1,2), 마노스(mannose)와 갈락토스(galactose) 비율과 마난(mannan) 체인에 연결되는 갈락토스 잔여물의 분포 방식에 따라 다양한 종류들(3)이 존재하고 있다. 갈락토마난은 안정제, 강화제, 유화제 및 높은 점도를 이용한 겔화 시약 등으로 식품산업에 널리 이용(4-7)되며 불균일성 다당류로서 친수콜로이드성 물질로 알려져 있다(8). 갈락토마난은 많은 종류가 있으나 주로 사용되는 것으로는 콩과식물인 타라나무(caesalpinia spinosa)와 구아(cyamopsis tetragonolobus) 등의 종자들로부터 배유를 갈아서 추출한 로커스콩검(locust bean gum), 구아검(guar gum) 및 타라검(tara gum) 등이 있으며 약 백만이 넘는 높은 분자량 범위를 갖고 있다(9). 타라검은 마노스와 갈락토스의 비율이 3:1이며 다른 검들보다 갈락토스 치환체를 덜 가지고 있어 강한 점성을 나타내며 필름을 제조하는 과정에도 사용된다(10,11). 타라검이 사용되는 식품범위는 아이스크림, 치즈, 디저트, 과자류, 고기류 등(12)이고 물 분자와의 결합능력과 다른 고분자물질들과의 상호작용에 관한 연구들

(13,14)과 염을 첨가하여 겔 형성에 미치는 영향에 관한 연구들(15-18)이 진행되어져 오고 있으며 낮은 분자량을 갖는 다당류의 유연성을 위한 가소제(19-21)로 사용되는 경우가 많다. 다당류들의 분자량과 유동 성질에 관한 연구로는 넓은 분자량 분포도를 갖는 귀리와 보리에 황산암모늄 침전법을 이용하여 단순 물질로 분획한 후 분자량 분포도를 관찰한 연구(22)가 있으며 글루코마난 수용액의 유변학적인 행동을 관찰하기 위하여 점도와 점탄성을 측정하였고(23), 용해 온도함수로 부터 녹는 부분과 녹지 않는 부분을 결정(24) 연구들이 진행되어져 오고 있다. 글루코마난과 같은 복합물질들의 구조적 요인을 균일한 성분으로 나누어 분석하는 분획화(25,26)에 대한 연구가 진행되었으나 정밀한 실험 방법이 요구되어 소수의 연구자들만이 수행하고 있는 실정이다.

본 연구의 목적은 복합성인 친수콜로이드성 분자인 타라검을 분획화 하여 얻은 각 물질들에 대한 분자량 및 유변학적 성질을 측정하여 복합적 성질을 규명하고자 한다. 이를 바탕으로 분획된 물질을 사용하여 다양한 제품에 안정제 혹은 점성을 증가시키는 첨가제로서의 유용성을 높여서 사용범위가 크게 확대될 것으로 기대된다.

재료 및 방법

재료 및 시약

타라검(1,500 kg/mol, 갈락토스:마노스=1:3)은 Unipektin Ingredients AG (Eschenz, Switzerland)에서 구입하여 실험재료로 사용하였으며 그 외 사용한 시약은 황산암모늄(ammonium sulfate), 염산(hydrochloric acid), 염화바륨(barium chloride), 황산소듐(sodium sulfate), 아자이드화소듐(sodium azide), 25 mM-EDTA이었고 모든 시약은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. 또한 molecular weight cut-off (MWCO) 12,000-14,000,

*Corresponding author: Kyeong-Yee Kim, Department of Food Science and Biotechnology, Seoil University, Seoul 131-702, Korea
Tel: 82-2-490-7461
Fax: 82-2-490-7811
E-mail: kykim@seoil.ac.kr
Received January 18, 2015; revised March 5, 2015;
accepted March 16, 2015

지름 29 mm 규격인 투석막(No. 44146, Serya, Heidelberg, Germany)을 사용하였다.

황산암모늄을 이용한 분획

타라검 4.0 g을 1 L 증류수와 5 ppm 아자이드화소듐에 녹이고 먼저 한 시간 동안 실온에서 강하게 저어준 후 온도를 올려 90°C에서 1시간 동안 자석 교반기에서 교반 후 실온으로 방치하였다. 실험재료의 정제를 위하여 40,000×g, 20°C, 30분 동안 원심분리기를 사용하여 녹지 않은 부분을 제거하였고 녹지 않은 부분을 제거한 후 실제 분획과정에 사용된 무게는 3.2 g이었다. 정제된 맑은 용액에 25°C에서 황산암모늄을 서서히 가하면서 침전이 생길 때까지 관찰하고 방치 후 40,000×g, 20°C, 30분 동안 원심분리기를 사용하여 첫 번째 분획물인 침전물을 얻었다. 침전물을 90°C 증류수에 30분 동안 녹이고 25 mM EDTA 용액에서 98°C에서 20분 동안 담궈 놓고 세척한 투석막을 사용하여 황산이온이 검출되지 않을 때까지 탈 이온 수에서 하루 동안 투석시켰다. 황산이온이 남아있지 않은 것을 확인하는 방법으로 0.5 M Na₂SO₄ 2 mL와 6 M HCl 3-4방울을 넣고 산성을 확인한 후 1 M BaCl₂ 2-3방울을 넣고 흰색침전이 생기지 않는 것을 관찰하였다. 이 용액을 -50°C에서 1시간 동결시킨 후, 진공 냉동건조기(Kryomat Ruk 90, Lauda, Baden-Wuerttemberg, Germany)에서 48시간 건조시켜서 섬유모양의 흰색 분획물을 얻었고 이를 첫 번째 분획물인 F1으로 표기하였다. 남은 투명 액에 다시 암모늄염을 가하면서 침전, 여과, 투석, 동결건조의 반복과정(27)을 거치면서 6 개의 분획물(F1-F6)을 얻었고 수득량을 계산하였다.

유동 특성 분석

희석 우베로드 점도계(No. 53210, Lauda, Mainz, Germany)를 사용하여 용매를 점차적으로 첨가하여 농도를 희석 시켜가면서 0.02-0.05 g/dL 범위에서 타라검 분획물 들의 흐르는 시간을 측정하였다. 희석 우베로드 점도계를 측정하는 processor viscosity system에는 software module, burette plug-in unit, thermostat, viscometer holder가 장착되어 있다. 이때 사용한 점도계의 직경은 0.40 mm, constant K=0.01이었다. F1부터 F6 분획물 들의 시작농도 범위는 0.04032 g/dL에서 0.05130 g/dL이었다. 각 용액의 흐르는 시간과 증류수 흐르는 시간으로부터 희석 우베로드 점도계 기 매뉴얼에 사용되는 각각의 이론적 상수인 측정시간이 길어질수록 보정수치 값이 작아지는 Hagenbach Couette (HC) 상수를 사용하여 상대 점도와 비점도를 구하였다(28). 또한 부록필드 디지털 점도계(Model DV-Prime, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleboro, MA, USA)를 사용하여 점도를 측정하였다. 우선 버블측정기로 수평을 맞추고 토크값이 0이 나타나게 한 후 cone gap을 세팅 하였다. 타라검 분획물들 (F1-F6) 0.1 g과 증류수 10 mL를 시료 병에 넣고 온도를 90°C로 맞추었다. 충분히 녹인 후 물중탕에 시료 병을 넣어 온도를 25°C와 35°C로 유지시켰다. 시료 용기에 각 분별 용액을 0.5 mL를 넣고 시료 플레이트(sample plate)와 스피들(spindle) 간격은 0.013 mm로 유지하면서 일정한 간격으로 전단속도(shear rate) 0.10부터 100.0 s⁻¹에 따른 전단변형력(shear stress)을 측정하였다.

단백질 함량 측정

분광도계(Cary 400, Varian, Walnut Creek, CA, USA)로 소혈청 알부민(bovine serum albumin, BSA) 표준시약과 브래드포드(Bradford)용액을 사용(29)하여 분획물별로 용액을 제조하여 흡광도를 측정하였고 타라검의 단백질 농도(%)를 구하였다.

분자량 측정

타라검 분획물(F3-F6)에 대한 분자량 및 본성 점도를 측정하기 위하여 사용된 분석기기는 Viscotek TDA 302 (Viscotek, Huston, TX, USA)이며 VE 1121 pump, VE 7510 degasser, VE 5200 autosampler와 refractive index detector, single-angle light scattering detectors와 viscosity detector가 장착 되어있다. 용해 반응과정을 관찰하기 위하여 동결건조시킨 각 분획물을 85°C에서 용해시키고 녹지 않은 입자가 남아서 컬럼의 흐름을 막는 것을 방지하기 위하여 0.46 µm PVDF syringe filter로 여과시켰다. 회수율은 90시간 동안 측정된 값으로 $c_p=0.5$ mg/mL, $dn/dc=0.145$ 의 RI 피크면적에 기초를 둔 OmniSEC 프로그램(Omniseq AG, Daellikon, Switzerland)으로 계산되었으며 111.4-123.63% 사이에서 증가하는 흡수시간으로 측정되었다. 이로부터 본성 점도와 분자량은 Solomon-Gatesman 방법(24,30)을 이용하여 계산되었다. Ultrahydrogel column (7 µm×300 mm, Warwes, Milford, MA, USA), 용리액은 0.1 M-NaNO₃를 첨가한 3차 증류수, 표준물질과 보정물질로는 polyethylene oxide와 Pulluan P100 (Showa Denko, Tokyo, Japan)을 사용하였다.

결과 및 고찰

황산암모늄 양에 따르는 분획 침전물

타라검을 분획화시키기 위한 단계별로 첨가된 황산암모늄 농도((NH₄)₂SO₄, %)는 25°C에서의 포화용액 4.1 M과 비부피 0.54 mL/g, $d=1.77$ 을 이용하여 계산하였다(31). 염 이온이 복합물질 분자로부터 물 분자를 끌어당겨 복합분자의 화학활성도를 떨어뜨리는 성질로부터 분획화가 이루어 질 수 있는 비교적 높은 농도의 염을 이용하여 침전물을 얻었다(32). 타라검 분획화 실험과정을 거쳐 얻은 수득율은 F1 분획물의 11.16%부터 F6 분획물의 4.98%까지 총 70.70%이었고 Table 1에 나타내었다. 이로부터 분획화 과정 중에 침전과 용해를 거치면서 손실되는 부분이 29.30%임을 보였다. 첨가된 황산암모늄 농도에 따르는 누적되는 타라검의 침전물 양은 로커스트콩검의 황산암모늄 농도(33)에서 보다 좀 더 넓은 농도 범위에서 얻어졌다. 이는 타라검이 로커스트콩검보다 분자량이 커서 침전물이 더 넓은 범위의 황산암모늄 농도에서 얻어진 것으로 판단되었다.

본성 점도 및 Huggins 계수

타라검의 각 분획물 들의 흐르는 속도로부터 상대 점도(η_{rel})와 비 점도(η_{sp}) 값을 계산하여 환원 점도(η_{red})를 구하고 농도에 대한 환원 점도를 도시하여 Fig. 1에 나타내었다. 분획물들 간에 본성 점도 값들의 분포도가 서로 정확하게 다르게 나타난 현상으로부터 다당류 물질인 타라검의 분획이 잘 일어났음을 확인할 수 있었다. 농도가 영이 되도록 외삽하여 y절편 값으로부터 본성 점도($[\eta]$)를 구하여(34) Table 2에 나타내었고 그 값의 범위는 9.38-12.44 dL/g이었다.

Huggins equation

$$[\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} \eta_{red} \quad \eta_{red} = \eta_{rel} - \frac{1}{C} = k'[\eta^2]c + [\eta]$$

Kramer equation

$$[\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} \eta_{inh} \quad \eta_{inh} = \frac{\ln \eta_{rel}}{C} = k''[\eta]^2 c + [\eta]$$

고분자 물질의 용질-용매 간의 상호작용과 응집상태에 의존하

Table 1. Yield of ammonium-sulfate fractions of tara gum

Tara gum fractions	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ammonium-sulfate concentration (%)	12.21	13.94	17.02	20.55	25.46	28.67
Yield (%)	11.16	6.53	17.47	14.56	16.00	4.98

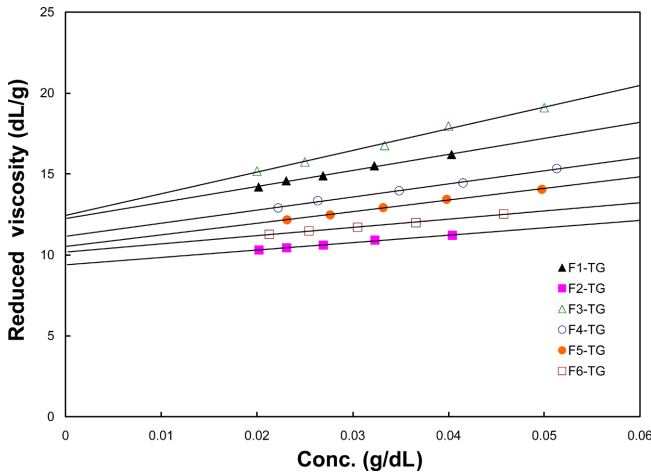


Fig. 1. Plot of reduced viscosity versus concentration of tara gum fractions for the determination of intrinsic viscosity. Linear regression of F1 fraction is $y=9.9169x+12.237$ $R^2=0.9961$, F2 fraction is $y=4.5744x+9.3805$ $R^2=0.9944$, F3 fraction is $y=13.383x+12.435$ $R^2=0.9947$, F4 fraction is $y=8.0997x+11.14$ $R^2=0.9970$, F5 fraction is $y=7.1815x+10.513$ $R^2=0.9971$, F6 fraction is $y=5.084x+10.168$ $R^2=0.9970$.

는 상태를 나타내는 Huggins 계수(k')값을 구하여 Table 2에 나타내었다. 점도 값이 클수록 k' 값이 커지는 경향을 보였으며 단백질을 함유한 F1, F2의 경우는 증가하는 비율이 좀 더 컸음을 알 수 있었다(35). Kramer 식으로부터 본성 점도 값을 구하여 Table 3에 나타내었고 Huggins 식에서 구한 본성 점도와 거의 근사한 값을 나타내었다.

전단 감소 특성

전단속도에 따르는 전단변형력을 측정하여 회전속도 변화량으로부터 타라검 분획물들의 겔보기 점도를 측정하여 그 값을 Fig. 2에 나타내었다. 전단속도 변화에 따라 일률적인 점도 값을 갖는 뉴턴흐름성질을 나타내지 않고 전단속도가 증가함에 따라 점도 값이 감소하는 특성을 가진 비뉴턴흐름성질인 전단 묽어짐(shear thinning) 현상을 나타냄을 알 수 있었다.

단백질 함량과 점도 현상

F1과 F2 타라검 분획물의 단백질 함량이 90.65-1.87%으로 F3-F6 분획물의 함량인 0.01-0.30%보다 비교적 높게 나타났다. 타라검의 6개 분획물의 본성 점도 값은 단백질을 비교적 많이 포함하고 있는 첫 번째 그룹인 2개의 분획물(F1과 F2)과 단백질을 거의 포함하고 있지 않은 두 번째 그룹인 4개의 분획물(F3, F4, F5, F6)에서 서로 다른 경향을 보였고 이를 Fig. 3에 나타내었다. 첨가된 황산암모늄양이 낮은데서 먼저 침전된 분획물이 높은 점도를 갖는 것이 일반적인 현상인데 본 실험에서는 단백질을 비교적 많이 함유하는 성분이 먼저 침전되어 이로 인한 물질 간의 분

Table 2. Intrinsic viscosity ($[\eta]$), Huggins coefficient (K') and viscosity molecular mass (Mv) of tara gum fractions

Tara gum fractions	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Intrinsic viscosity $[\eta]$ (dL/g)	12.24	9.38	12.44	11.14	10.51	10.17
Huggins coefficient K'	0.6623	0.5198	0.8655	0.6527	0.6498	0.4918
Viscosity molecular mass $Mv \times 10^{-6}$ (g/mol)	1.875	1.430	1.906	1.704	1.606	1.552

Table 3. Inherent viscosity (η_{inh}) of tara gum fractions obtained by Kramers equation

Tara gum fractions	Concentration (g/dL)	Flow time (s)	HC ¹⁾ coefficient (s)	η_{inh} (dL/g)
F1	0.040	155.46	0.412	12.468
	0.032	141.168	0.499	12.567
	0.027	131.892	0.572	12.514
	0.023	125.924	0.628	12.562
F2	0.020	121.304	0.676	12.479
	0.040	136.772	0.532	9.243
	0.032	127.456	0.613	9.342
	0.027	121.234	0.677	9.325
F3	0.023	117.100	0.726	9.346
	0.020	114.060	0.765	9.356
	0.050	183.602	0.295	13.403
	0.040	161.502	0.382	13.529
F4	0.033	146.614	0.463	13.310
	0.025	131.256	0.578	13.269
	0.020	122.910	0.659	13.254
	0.051	167.888	0.353	11.309
F5	0.041	150.442	0.440	11.314
	0.034	139.900	0.507	11.374
	0.026	127.344	0.600	11.433
	0.022	121.326	0.676	11.346
F6	0.049	159.708	0.390	10.651
	0.039	144.392	0.477	10.759
	0.033	134.524	0.550	10.751
	0.027	126.726	0.620	10.713
F6	0.023	120.862	0.681	10.717
	0.046	147.964	0.455	9.899
	0.036	135.478	0.542	9.939
	0.030	127.876	0.609	10.009
F6	0.025	121.810	0.671	10.068
	0.021	116.986	0.727	10.094

¹⁾HC (Hagenbach Coutte): The correction time is related to the respective theoretical constant in the manual of the instrument.

자 간 상호작용으로 판단되었다. 즉 분획물에서 마난 백본(backbone)의 비 치환체 사이에서의 분자 간 상호작용의 영향으로 F1과 F2 분획물이 더 낮은 본성 점도를 나타내었음을 알 수 있었다(29,33). 또한 각 분획물의 분자량 값을 구하기 위하여 다음 식에 대입하여 분획별 분자량 값을 계산(36)하여 Table 2에 나타내었다.

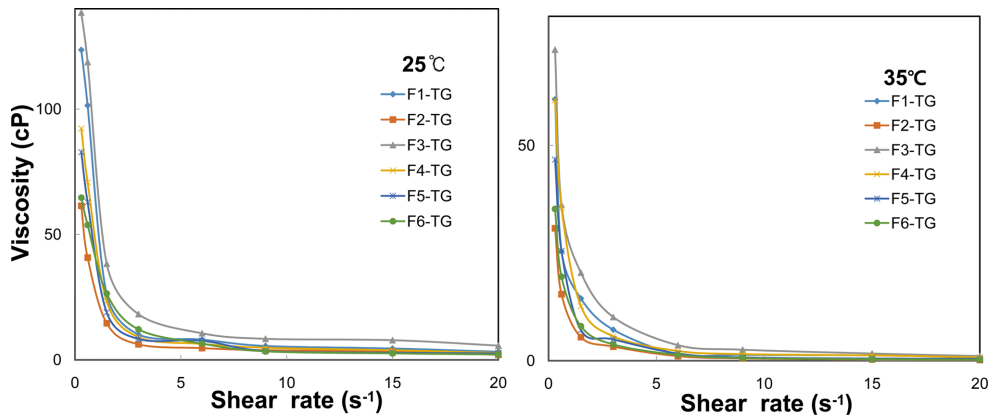


Fig. 2. Flow behaviors of tara gum fractions at 25 and 35°C.

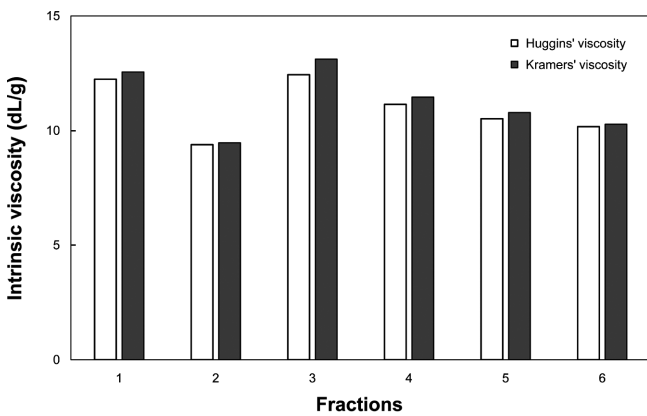


Fig. 3. Intrinsic viscosity of tara gum fractions obtained by Huggins and Kramer equations.

$$M_v^{0.98} = \frac{[\eta]}{(1 - a^{0.93})} \times 11.55 \times 10^{-6}, \quad a_{TG} = \frac{1}{(DS_{Gal})^{-1} + 1}$$

$$DS_{Gal} = [\%Gal / (100 - \%Gal)] = (Man / Gal)^{-1}$$

먼저 침전된 분획물이 높은 분자량을 갖는 것이 일반적인 현상인데 F1과 F2 분획물이 F3-F6 분획물보다 분자량이 낮게 나타났으며 이는 F1과 F2 분획물의 용액을 제조 할 때 높은 온도에서 용해시켰음에도 불구하고 용해도가 낮아 녹지 않은 입자가 분자량에 미친 영향으로 판단된다.

분자량 측정

단백질을 함유한 분획물 F1과 F2는 녹지 않은 입자로 인하여 size-exclusion chromatography (SEC)에 의한 분자량 측정에서 제

의 시켰고 황산암모늄 침전법으로 얻어진 4개의 타라검 분획물들(F3-F6)에 대하여 85°C에서의 용해도에 미치는 영향을 관찰하기 위한 실험을 90시간 실행하였다. 이 실험에서 얻은 직선 회귀직선을 표준상태로 활용하여 체류용량에 따른 크로마토그램을 얻었다. 4개의 분획물의 다당류는 6.0에서 9.0 mL에서 용리되었고 염 혹은 oligomeric sugar 성분은 10.0-11.0 mL에서 용리되었다. Oigomeric sugar 성분들은 타라검 수용액 상태의 추출물에 5% 질량에 포함되어 있는 포도당, 자일로스, 아라비노스, 람노스로 밝혀졌다(24). 이러한 분획별 크로마토그램은 분리가 일어난 후 용리하는 동안 굴절 지수 검출기에 나타난 값들이며 분획물에 따라 얻어진 SEC 용리 그래프에서 나타나는 차이들로부터 분자량 크기가 차별화 되는 것을 관찰할 수 있었다. SEC 분자량 측정에서 얻어진 중량평균 분자량, 수평균 분자량, 회전 반경 및 본성 점도 값을 Table 4에 나타내었다. Mw/Mn (Mw: 중량 평균 분자량, Mn: 수 평균 분자량)으로 부터 얻은 분자량 분포도는 평균 1.50으로 25°C에서 용해시킨 용액에 대한 값 1.10-1.30과 비교하여 비교적 높게 나타났다(24,25). 이는 높은 용해온도(85°C)에서 제조한 용액이 낮은 용해온도에서 제조한 용액에 비해 중량 평균분자량이 크게 나타남을 알 수 있었다. 회석 우베로드 점도 계로 측정된 각 분획물들의 본성 점도 값을 관찰한 결과, 값은 F3 분획물은 12.44 dL/g, F4 분획물은 11.14 dL/g, F5 분획물은 10.51 dL/g 그리고 F6 분획물은 10.17 dL/g이었고, SEC 측정 값 (IV)은 각각 10.93, 10.10, 9.33, 9.35 dL/g이었다. 두 가지 실험 방법으로 얻어진 분획화된 물질 순서대로 본성 점도 값을 비교한 결과 계산식과 프로그램의 영향으로 수치에는 약간의 차이가 있었으나 일률적으로 감소하는 경향과 분획물별로 서로 다른 값을 갖는 경향은 동일하게 일치하여 황산암모늄 양에 따르는 타라검 분획화가 구분되게 이루어졌음을 알 수 있었다. 이와 같이 황산암모늄의 용매화를 통하여 다당류를 분획화시킴으로써 분획 물질별로 분자량과 유변학적 성질을 파악할 수 있었다.

Table 4. Molecular weight determination of tara gum fractions by size-exclusion chromatography

Tara gum	Mw ¹⁾ (kg/mol)	Mn ²⁾ (kg/mol)	Mz ³⁾ (kg/mol)	IV ⁴⁾ (dL/g)	Concentration (g/mol)	Rh (nm)	Retention volume (mL)	dn/dc (mL/mg)	Recovery (%)
F3	776.71	495.78	1126.00	10.93	0.5	49.42	7.024	0.145	111.40
F4	698.63	468.39	984.73	10.10	0.5	46.58	7.088	0.145	120.21
F5	635.42	369.90	939.88	9.33	0.5	43.69	7.112	0.145	119.42
F6	658.52	318.04	952.74	9.34	0.5	44.17	7.079	0.145	123.63

¹⁾Mw: molecular weight, ²⁾Mn: molecular number, ³⁾Mz: z-average molecular weight, ⁴⁾Intrinsic viscosity

요 약

(1→4)-β-D-mannopyranosyl 골격에 (1→6)-α-D-galactopyranosyl 결사슬을 갖는 직선사슬로 구성된 다당류로 강한 점성을 나타내는 타라검을 황산암모늄 침전법을 사용하여 분획하였다. 황산암모늄 농도에 따라 얻어진 침전물을 원심분리 및 투석 후 동결상태에서 건조시켜서 첫 번째 분획물을 얻고 동일한 방법으로 각 단계별 분획물을 얻어 F1, F2, F3, F4, F5, F6으로 표기하였다. 각 분획물들의 묽은 농도범위 0.05 g/dL 이하에서 우베로드 점도계로 흐르는 시간을 측정하여 본성 점도를 구하였으며 그 값은 F1: 12.24, F2: 9.38, F3: 12.44, F4: 11.14, F5: 10.51, F6: 10.17 dL/g이었다. F1과 F2 분획물이 갖는 본성 점도는 기대 값보다 작았고 그 원인은 단백질 성분이 비교적 많이 포함되어 분자 간 상호작용으로 생긴 용해도에 미치는 영향으로 판단되었다. 또한 고분자 물질의 용질-용매간의 상호작용과 응집상태에 의존하는 상태를 나타내는 Huggins 계수(k')값을 측정한 결과 점도 값이 클수록 k'값이 커지는 경향을 나타내었다. 원뿔 평판 점도계로 걸보기 점도를 측정하여 전단속도가 증가함에 따라 점도가 감소하는 전단 묽어짐 현상을 확인하였다. SEC 측정으로 중량평균 분자량, 수 평균 분자량, 회전 반경 및 본성 점도 값들이 $c_p=0.5$ mg/mL, $dn/dc=0.145$ 의 RI 피크면적으로 계산되었다. 본성 점도 값은 F3:1 0.93, F4: 10.01, F5: 9.33, F6: 9.33 dL/g이었고 Mw: 658.52-776.71, Mn: 318.04-495.78 및 Mz: 952.74-1126.00 kg/mol이었다. 타라검 분획물들의 분자량과 유변학적 성질에 관한 연구로부터 화학물질에 대한 안정제 및 식품첨가제로서의 효과를 높이고 점성 강화제로 사용되는 범위가 확대될 것으로 기대된다.

References

1. Dey PM. Biochemistry of plant galactomannans. *Adv. Carbohyd. Chem. Bi.* 35: 341-376 (1978)
2. Daas PJH, Schols HA, De Jonh HHJ. On the galactosyl distribution og commercial galactomannans. *Carbohyd. Res.* 329: 609-619 (2000)
3. Mikkonen KS, Rita H, Helen H, Talja RA, Hyvonen L, Tenkanen M. Effect of polysaccharide structure on mechanical and thermal properties of galactomannan-based films. *Biomacromolecules* 8: 3198-3205 (2007)
4. Cui W, Eskin NAM, Biliaderis CG, Mazza G. Synergistic interactions between yellow mustard polysaccharades and galactomannans. *Carbohyd. Polym.* 27: 123-127 (1995)
5. Savitha Prashanth MR, Parvathy KS, Susheelamma NS, Harish Prashanth KV, Tharanathan RN, Cha A, Anilkumar G. Galactomannan esters-A simple, cost-effective method of preparation and characterization. *Food Hydrocolloid.* 20: 1198-1205 (2006)
6. Wu Y, Cui W, Eskin NAM, Goff HD. An investigation of four commercial galactomannans on their emulsion and rheological properties. *Food Res. Int.* 42: 1141-1146 (2009)
7. Wu Y, Li W, Cui W, Eskin NAM, Goff HD. A molecular modeling approach to understand conformation-functionality relationships of galactomannans with different mannose/galactose ratios. *Food Hydrocolloid.* 26: 359-364 (2012)
8. Chandrasekaran R, Radha A, Okuyama K. Morphology of galactomannans: An X-ray structure analysis of guaran. *Carbohyd. Res.* 306: 243-255 (1998)
9. Daas PJH, Schols HA, De Jongh HHJ. On the galactosyl distribution of commercial galactomannans. *Carbohyd. Res.* 329: 609-619 (2000)
10. Antoniou J, Liu F, Majeed H, Jamshaid Qazi H, Zhong F. Physicochemical and thermomechanical characterization of tara gum edible films: Effect of polyols as plasticizers. *Carbohyd. Polym.* 111: 359-365 (2014)
11. Da Silva MV, Delgado JMPQ, Goncalves MP. Impact of MG²⁺

and tara gum concentrations on flow and textural properties of WPI solutions and cold-set gels. *Int. J. Food Prop.* 13: 972-982 (2010)

12. Borzelleca JF, Ladu BN, Senti FR, Egle Jr JL. Evaluation of the safety of tara gum as a food ingredient. A review of the literature. *Int. J. Toxicol.* 12: 81-89 (1993)
13. Takahashi M, Hatakeyama T, Hatakeyama H. Phenomenological theory describing the behaviour of non-freezing water in structure formation process of polysaccharide aqueous solutions. *Carbohyd. Polym.* 41: 91-95 (2000)
14. Naoi S, Hatakeyama T, Hatakeyama H. Phase transition of logust bean gum-, tara gum- and guar gum- water systems. *J. Therm. Anal. Calorim.* 70: 841-852 (2002)
15. Resch JJ, Daubert CR. Rheological and physicochemical properties of derivatized whey protein concentrate powders. *Int. J. Food Prop.* 5: 419-434 (2002)
16. Bryant CM, McClements DJ. Influence of NaCl and CaCl₂ on cold-set gelation of heat-denatured whey protein. *J. Food Sci.* 65: 801-804 (2000)
17. Bryant CM, McClements DJ. Influence of xanthan gum on physical characteristics of heat-denatured whey protein solutions and gels. *Food Hydrocolloid.* 14: 383-390 (2000)
18. Marangoni AG, Barbut S, McGauley SE, Marcone M, Narine SS. On the structure of particulate gels-the case of salt-induced cold gelation of heat-denatured whey protein isolate. *Food Hydrocolloid.* 14: 61-74 (2000)
19. Mali S, Sakanaka LS, Yamashita F, Grossmann MVE. Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect. *Carbohyd. Polym.* 60: 283-289 (2005)
20. Haq MA, Hasnain A, Azam M. Characteritern of edible gum cordia film: Effect of plasticizers. *LWT-Food Sci. Technol.* 55: 163-169 (2014)
21. Sothornvit R, Krochta JM. Plasticizer effect on mechanical properties of β-lactoglobulin films. *J. Food Eng.* 50: 149-155 (2001)
22. Wang Q, Wood PJ, Huang X, Cui W. Preparation and characterization of molecular weigh standards of low polydispersity from oat and barley (1→3)(1→4)-β-D-glucan. *Food Hydrocolloid.* 17: 845-853 (2003)
23. Sittikijyothin W, Torres D, Goncalves MP. Modeling the rheological behaviour of galactomannan aqueous solutions. *Carbohyd. Polym.* 59: 339-350 (2005)
24. Pollard MA, Kelly R, Wahl C, Fischer P, Windhab E, Eder B, Amadó R. Investigation of equilibrium solubility of a carob galactomannan. *Food Hydrocolloid.* 21: 683-692 (2006)
25. Edwards ME, Marshall E, Gidley MJ, Grant Reid JS. Transfer specificity of detergent-solubilized fenugreek galactomannan galactosyltransferase. *Plant Physiol.* 129: 1391-1397 (2002)
26. Ruiz-Ángel MJ, Simó-Alfonso EF, Mongay-Fernández C, Ramis-Ramos G. Identification of leguminosae gums and evaluation of carob-guar mixtures by capillary zone electrophoresis of protein extracts. *Electrophoresis* 23: 1709-1715 (2002)
27. Izawa M, Kano Y, Koshino S. Relationship between structure and solubility of (1→3),(1→4)-β-D-glucan from barley. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 51: 123-127 (1993)
28. Izydorczyk MS, Billaderis CG, Macri LJ, MacGregor AW. Fractionation of oat (1→3), (1→4)-β-D-glucans and characterisation of the fractions. *J. Cereal Sci.* 27: 321-325 (1998)
29. Anderson DMW. Nitrogen conversion factors for the proteinaeous content of gums permitted as food additives. *Food Addit. Contam.* 3:231-234 (1986)
30. Wood PJ, Weisz J, Beer MU, Newman CW, Newman RK. Structure of (1→3)(1→4)-β-D-glucan in waxy and nonwaxy barley. *Cereal Chem.* 80: 329-332 (2003)
31. Izydorczyk MS, Billaderis CG. Gradient ammonium sulphate fractionation of galactomannans. *Food Hydrocolloid.* 10: 295-300 (1996)
32. Izydorczyk MS, Billaderis CG. Influence of structure on the physicochemical properties of wheat arabinoxylan. *Carbohyd. Polym.* 17: 237-247 (1992)
33. Kim KY, Lee EK. Physicochemical characteristics of galactomannan by fractionation to evaluate heterogeneity. *Korean J. Food*

- Sci. Technol. 45:428-433 (2013)
34. Andrade CT, Azero EG, Luciano L, Gonçalves MP. Solution properties of the galactomannans extracted from the seeds of caesalpinia pulcherrima and cassia javanica: comparison with locust bean gum. *Int. J. Biol. Macromol.* 26: 181-185 (1999)
35. da Silva JAL, Gonçalves MP. Studies on a purification method for locust bean gum by precipitation with isopropanol. *Food Hydrocolloid.* 4: 277-287 (1990)
36. McCleary BV, Clark AH, Dea IMC, Rees DA. The fine structures of carob and guar galactomannans. *Carbohydr. Res.* 139: 237-260 (1985)