

<단 보>

열수 추출 미역액의 정상유동특성에 관한 연구

최 희 숙 · 오 성 훈
안산공과대학 식품공학과

Studies on the Steady Shear Flow Properties of Sea Mustard Aqueous Extracts

Hee-Sook Choi and Sung-Hoon Oh

Dept. of Food Engineering, Ansan College of Technology, Ansan, 425-792, Korea

Abstract

For the purpose of investigation to the food processing fitness of the sea mustard aqueous extracts, the steady shear flow have been measured over a wide range of shear rate using a Brookfield digital viscometer(SPDL21). The rheological behaviors of the sea mustard aqueous extracts which were extracted at 100°C for 2 hours exhibited pseudoplastic behavior with yield stress. In the test of the relationship between temperature and apparent viscosity of samples at 10 rpm decreased along with the increment of temperature. The sea mustard aqueous extracts appeared greatly temperature dependent characteristics($E_a = 1.51$ kcal/mole).

Key words : steady shear flow, sea mustard aqueous extracts, pseudoplastic behavior.

서 론

대표적인 식용 해조류의 하나인 미역(*Undaria pinnatifida*)은 극동아시아에서 서식하는 갈조류로서 우리나라 해안에서 광범위하게 분포되어 있으며 미역은 전통 산후식품 또는 병약자의 건강을 회복하는 영양식으로 중요할 뿐만 아니라 조리한 미역국 등은 특유의 부드러운 맛과 점성이 있어 조미의 역할로서도 중요한 식품으로 오랫동안 섭취해 온 해조류 식품이다.

한편 육상 식품의 전분이 인체의 주 에너지원으로 이용되는 것과는 달리 해조류의 탄수화물은 인체의 소화기관 내에서 분해되지 않고 그대로 배설되는 것으로 알려져 있기 때문에 영양적 가치가 무시되었다. 그러나 최근에는 해조 다당류 특히 alginate, fucoidin 등의 중금속 및 방사능 물질의 체외 배출, 혈중 cholesterol의 혈관내의 침착 방지 등 상승억제효과¹⁻⁶⁾, 정장 작용⁷⁾, 대장염의 억제효과 등⁸⁾ 식이 섬유유의 효능이 밝혀짐에 따라 건강식품으로서의 가치가 재평가되고

있다.

해조류의 주성분은 다당류가 건물량 기준으로 40~60% 가량 들어 있으며 Fansharve 등⁹⁾은 미역과 같은 해조류의 탄수화물이 alginate, laminarin, fucoidin, mannitol이라 하였고 이들의 함량은 alginate가 17~30%, laminarin 0~9.8%, mannitol은 6.7~16.7%로 계절에 따라 변한다¹⁰⁾고 하였으며 미역의 점성(유동특성)에 영향을 미치는 성분으로 알려져 있다.

유동특성에 관한 연구로 김 등¹¹⁾은 여러 가지 첨가제에 의한 algin 용액의 유동특성에 관한 보고가 있으며 Phillips 등¹²⁾은 algin은 수용액 상태에서 유리 카르복실기의 반응성이 크기 때문에 용액의 pH나 온도, 내용성분의 종류와 농도에 따라서 점성이 달라지거나 겔을 형성하게 된다고 하였다.

따라서 본 연구는 미역 성분을 효율적으로 추출하여 여러 가지 가공 또는 조미식품에 이용할 수 있는 식품 소재면에서, 특히 음료의 가공이나 개발에 기초 자료로 사용하기 위하여 회전속도, 온도를 달리하여 미역 추출액의 점성(유동특성)을 조사하고자 하였다.

* Corresponding author : Hee-Sook Choi

실험 재료 및 방법

1. 재 료

본 실험에 사용된 미역은 생산지가 완도로서 잘 건조된 미역(*Undaria pinnatifida*)을 시중에서 구입하여 mixer(FM-700W, Hanil)를 이용하여 미세하게 마쇄한 뒤 100mesh로 통과시킨 다음 잘 혼합하여 냉장고에 보관하여 시료로 사용하였다.

2. 제조방법

유동특성을 측정하기 위한 미역 추출액의 제조는 100 mesh를 통과한 분말미역 무게의 13배 되게 물을 가한 후 100°C에서 2시간 항온수조교반기로 낮은 속도로 교반하면서 가열하였다. 가열한 분산액은 10,000 rpm에서 20분간 원심분리(Sorvall SS-3 automatic centrifuge, DuPont, U.S.A.)하여 상등액을 3점의 cheese cloth로 여과한 액을 미역 추출액으로 하였다.

3. 점도 측정

미역 추출액의 점도 측정은 Brookfield viscometer (Model-DV I, Brookfield Engineering Labs., U.S.A.)를 사용하였다. 일반적인 유동특성을 측정하기 위하여 45 ml의 추출액을 직경 3.5 cm, 높이 7.5 cm인 원형 용기에 넣어 20°C항온에서 spindle No. 21인 small sample adapter를 사용하였으며 회전속도는 0.5~100 rpm으로 2분간 회전시키면서 전단응력을 측정하였고 온도의 의존성을 조사하기 위하여 시료농도(3~3.5%)를 일정하게 하고 시료온도를 10~90°C로 하여 각 온도에서 전단속도를 0.5~100 rpm까지 변화시키면서 겔보기 점도를 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 미역 추출액의 유동 특성

미역 추출액의 유동 특성을 밝히고자 회전속도를 달리하면서 100°C에서 2시간 열수 추출한 미역 추출액(고형분 농도 3.2%)의 전단응력, 전단속도, 겔보기 점도 등 정량적인 관계를 얻은 결과는 Table 1과 같다. 회전속도가 0.5, 1, 2.5, 5 rpm일 때 구해진 전단속도는 0.320, 0.929, 1.588, 4.92 sec⁻¹임을 알 수 있었다. 회전속도가 증가할수록 점도는 감소하는 경향을 보였고 특히 0.5 rpm에서의 겔보기점도는 1,600 cps였으며 100 rpm에서는 292 cps로 약 5.5배 감소하였다.

Fig. 1은 전단속도에서 일정한 평형값에 도달하였을 때의 겔보기 점도와 전단속도의 관계를 나타낸 것으로 전단속도가 증가할수록 점도가 감소하였고 Fig. 2

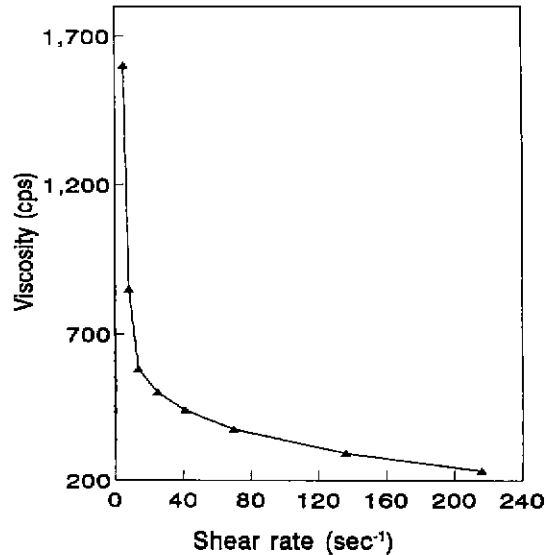


Fig. 1. Changes in viscosity of aqueous extracts from sea mustard as a function of shear rates.

Table 1. Rheological parameters of sea mustard aqueous extracts at various speed of rotation

Rotation speed(rpm)	Torque (% full scale)	Shear stress (dyne/cm ²)	Viscosity (cps)	Torque (dyne/cm)	Shear rate (sec ⁻¹)
0.5	1.6	5.12	1,600	11,499	0.320
1.0	1.9	7.90	850	13,655	0.929
2.5	2.9	13.50	580	20,842	1.588
5.0	4.9	24.60	500	35,216	4.920
10.0	8.8	40.90	440	63,246	9.295
20.0	14.9	69.80	373	107,086	18.713
50.0	29.1	136.00	292	209,142	46.575
100.0	46.4	216.00	232	333,477	93.103

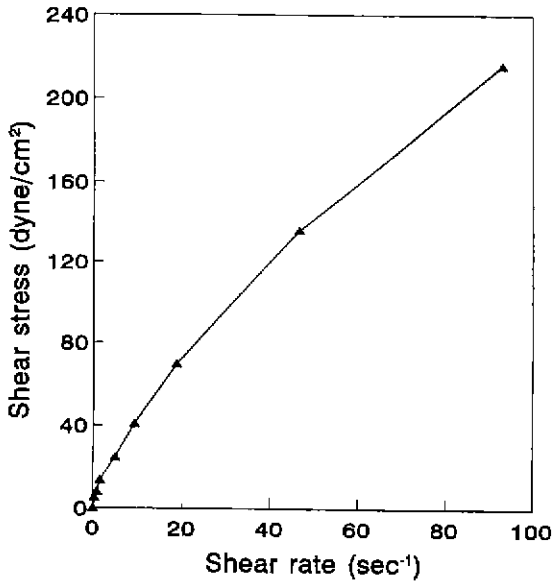


Fig. 2. Changes in shear stress as a function of the shear rate of aqueous extracts prepared from sea mustard.

와 같이 전단응력 비율에 따라 전단 속도가 빠르게 증가하여 전형적인 pseudoplastic 성질(의가소성)을 보여 주는 유체¹³⁾임을 알 수 있었다. 이는 김 등¹¹⁾이 알긴산의 유동특성에 관한 연구에서 알긴산 0.4%농도까지는 회전속도가 증가할수록 점도가 증가하여 dilatant형 유체의 특성을 나타내었고 0.5% 이상의 농도에서는 오히려 점도가 낮아져 pseudoplastic형 유체의 특성을 보였다고 한 보고와 비교할 때 약간 다른 경향을 보였다.

2. 온도의 영향

미역 추출액의 온도 의존성을 알아보기 위하여 온도 10~90°C, 전단속도 10, 50, 100 rpm에서 겔보기 점도를 구한 결과는 Table 2와 같다. 겔보기 점도는 온도가 증가할수록 빠르게 반비례적으로 감소하는 경향을 나타내어 10°C에서의 점도는 605 cps이었던 것이 90°C에서는 40 cps로 약 15배 감소하였으며 전단응력의 경우 10°C에서 55.8 dyne/cm² 이었던 것이 90°C에서 3.72 dyne/cm²로 감소하였으며 회전속도가 빨라질수록 점도는 증가하였다.

한편 Fig. 3은 겔보기 점도와 절대온도의 역수를 나타낸 것으로 여기서 log η 과 절대온도의 역수는 직선 관계가 성립하였으며 미역 추출액의 겔보기 점도에 대한 온도 의존성은 $\log \eta = \frac{\Delta E}{2303RT} + B$ 의 Andrade 점도식¹⁴⁾으로 표시할 수 있음을 알 수 있었다.

직선의 기울기로부터 Andrade 점도식을 적용하여

Table 2. Viscosity of sea mustard aqueous extracts at various temperature

Temp. (°C)	Rotation speed (rpm)	Torque (% full scale)	Viscosity (cps)	Shear stress (dyne/cm ²)
10	10	12.1	605	55.8
	50	38.8	390	181
	100	56.4	284	261
20	10	7.8	390	36.3
	50	26.8	268	125
	100	46.4	232	216
40	10	4.2	210	20.0
	50	16.1	160	74.4
	100	29.3	147	138
50	10	3.3	165	15.3
	50	12.6	126	58.6
	100	23.2	116	108
70	10	2.0	100	9.30
	50	7.7	76	34.9
	100	14.5	72.5	67.4
90	10	0.8	40	3.72
	50	3.2	33	15.3
	100	7.0	34.5	32.1

계산한 유동의 활성화에너지는 1.51 kcal/mole이었다. 이것은 변 등¹⁵⁾이 온도 25~55°C, 전단속도 0.323 sec⁻¹에서 의가소성인 고추장의 유동 활성화에너지인 1.0 kcal/mole 보다 큰 값을 보였으며, 과일 푸레 등의 1.2

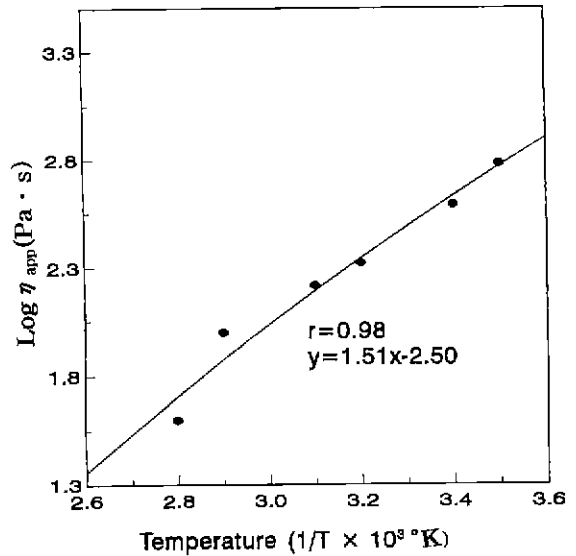


Fig. 3. Temperature dependence on the viscosity of aqueous extracts from sea mustard prepared at 100°C for 2 hours.

Table 3. Viscosity of sea mustard aqueous extracts at various concentration

Concentration(%)	Rotation speed(rpm)	Viscosity (cp)					
		10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
2	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	50	5.0	3.0	3.0	2.0	0.0	0.0
	100	5.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5
4	10	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	50	14.0	8.0	8.0	6.0	4.0	3.0
	100	14.0	8.5	7.5	6.0	4.0	3.0
6	10	35.0	20.0	20.0	15.0	0.0	0.0
	50	32.0	20.0	18.0	13.0	10.0	7.0
	100	28.8	20.0	17.0	13.0	9.5	7.0
8	10	65.0	45.0	40.0	30.0	20.0	15.0
	50	56.0	42.0	35.0	26.0	20.0	15.0
	100	53.0	41.0	33.5	25.5	19.0	14.5
10	10	130	90.0	70.0	55.0	40.0	30.0
	50	115	81.0	62.0	47.0	35.0	25.0
	100	108	78.0	59.5	45.0	33.5	24.5

~1.9 kcal/mole의 활성화 에너지¹⁶⁾와 비교할 때 비슷하여 유동에 대한 온도 의존성이 있음을 지적해 주고 있다.

3. 농도의 영향

미역 추출액의 농도 의존성을 알아보기 위하여 미역 추출액의 수용성 고형분 농도를 2~10%, 온도 10~60°C, 전단속도 10, 50, 100 rpm에서 겔보기 점도를 구한 결과는 Table 3과 같다. 겔보기 점도는 낮은 농도에서는 완만하게, 높은 농도에서는 급격히 증가함을 보여 주었으며 회전속도가 증가함에 따라 증가하였다. 미역추출액의 온도를 20°C, 농도 2%, 회전속도 100 rpm에서 겔보기 점도는 3.5 cps에서 78 cps 로 22배 증가하는 것으로 나타났다.

이는 加藤 등¹⁷⁾에 의하면 미역에 함유된 당류중 알긴산이 95% 이상을 차지하고 이 중 보수력 등 질적 변화에 관여하는 수용성 알긴산은 10% 정도를, 중합도나 가용화와 같은 양적 증대에 관여하는 불용성 알긴산은 90%를 차지하여 가열에 의하여 불용성 알긴산의 용출이 상당히 증가하기 때문으로 사료된다. 또한 김 등¹¹⁾은 알긴 수용액의 점도변화에서 회전속도에 관계없이 알긴산의 농도가 증가할수록 용액의 점도는 증가하여 본 결과와 유사하였다.

요 약

미역 추출액의 식품가공 적성을 검토하기 위하여

Brookfield digital viscometer(SPDL21)를 사용하여 전단속도를 달리하면서 정상유동특성을 조사하였다. 100°C, 2시간 열수 추출한 미역 추출액의 유동특성을 측정된 결과는 항복응력을 가진 pseudoplastic 거동을 나타내었다. 유동특성과 온도의 관계를 알기 위하여 온도 변화에 따라서 겔보기점도와 1/T의 관계를 도식한 결과 겔보기 점도는 회전속도 10 rpm에서 온도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으며 활성화 에너지는 1.51 kcal/mole로서 온도의 의존성이 있는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Trowell, H. C.: Definition of dietary fiber and hypotheses that it is a protective factor in certain diseases, *J. Clin. Nutri.*, 29, 417 (1976).
2. Spiller, G. A and Amen, R. J.: Dietary fiber in human nutrition, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 7, 39 (1976).
3. 桐山修入: 植物 センイ의營養學的效果, *化學と生物*, 18, 95 (1980)
4. Scala, J. : *Fiber, Food Tech.*, 28, 34 (1974).
5. Eastwood, M. A., Smith, A. N., Michell, W. D. and Princhar J. L. : *Cereal Foods World*, 22, 12 (1977).
6. Mercurio, K. C. and Behm, P. A.: Effect of Fiber Type and Level on mineral excretion transit time and intestinal history, *J. Food Sci.*, 46, 1462 (1981).
7. 福井克任, 桶口勝, 水口和彦, 印南敏: 微小纖維狀セル

- ローズ(M.F.C.)およびその糖類混合物の物性, 日本栄養食糧學會誌, 39, 201 (1965).
8. 太田静行: ワカメ. *New Food Industry*, 29(12), 33 (1987).
 9. Fansharve. R. S., Percival, E. : Carbohydrates of Cladostephus. *J. Sci. Food Agr.*, 9, 241 (1958).
 10. 이중화, 조한옥 : 해조류의 산업적 이용(제1보) 해조류의 일반 성분 및 무기질, *수도역사대 논문집*, 6, 325.
 11. 김나미, 박명환, 전병선, 박채규, 양재원 : 여러 가지 식품첨가제에 의한 algm 용액의 유동특성, *한국식품영양학회지*, 12(2), 204 (1999).
 12. Phillips, G. O., Williams, P. A. and Wedlock, D. S. : Gums and stabilisers for the food industry 4, Gelation of Ionic Polysaccharides, IRL Press, Washington D. C., 119 (1987).
 13. Muller, H. G. : An Introduction to Food Rheology, Heinemann, London,(1973).
 14. Andrade, E. N. Da C. : Viscosity and plasticity, Chemical Publishing Company, Brooklyn, (1951).
 15. 변유량, 이신영, 이상규, 유주현, 권윤중 : 고추장의 유동 특성에 관한 연구, *한국식품과학회지*, 12(1), 18 (1980).
 16. Saravacos, G. D. : Effect of temperature on viscosity of fruit juices and purees, *J. Food Sci.*, 35, 122 (1970).
 17. 加藤節子, 佐藤牧郎: ワカメ海體の煮熟に伴う不溶性アルギン酸の可溶化と性状の變化, *日食工誌*, 31(4) 236 (1984).

(2000년 2월 18일 접수)