

## 해양심층수를 이용한 다시마 추출물의 두부응고제 특성

이승원·김현주·문덕수·김아리·정인학<sup>1</sup>  
 한국해양연구원, <sup>1</sup>강릉대학교 해양생명공학부

### Characteristics of Tofu Coagulants Extracted from Sea Tangle Using Treated Deep Ocean Water

Seung Won LEE, Hyeon Joo KIM, Deok Soo MOON,  
 Ah Ree KIM and In Hak JEONG<sup>1</sup>

Korea Ocean Research & Development Institute, <sup>1</sup>Faculty of Marine Bioscience and  
 Technology, Gangneung National University, Gangneung 210-702, Korea

We investigated the characteristics of various Tofu coagulants extracted from sea tangle using treated deep ocean water (DOW) as the solvents. The coagulants were typical solutions extracted from sea tangle using raw DOW and strongly electrolyzed acidic (SAC) or alkaline (SAK) water. The total dissolved solids (TDS), NaCl and electric conductivity were increased in the coagulant solution extracted by SAC than the others. In the coagulant solutions extracted by acidic electrolyzed solvent, aspartic acid content (13.5 mg/100 g) was higher than others (11.2 and 12.1 mg/100 g). The Tofu obtained using coagulants extracted with treated DOW had the water contents ranging from 79.55% to 80.04%. The contents of crude protein (12.1 g/ 100 g) and Na, Ca, K and Mg were relatively higher than general Tofu commercially available. Therefore, coagulant solutions extracted from sea tangle using treated DOW can be used to develop natural high-grade tofu for practical use.

Key words: Deep ocean water, Tofu coagulant, Sea tangle

#### 서 론

최근 들어 건강에 대한 관심이 높아지면서 미네랄의 역할과 대사, 주요 급원 및 효과적 이용법 등, 그 중요성이 대두되고 있다 (Mabeau and Fleurence, 1993; Ruperez, 2002). 식품 중에 존재하는 미네랄은 무기형태와 유기형태로 존재하는데, 칼슘, 인, 마그네슘 등은 뼈와 치아의 주요 구성성분이며, 인, 칼슘, 철, 유황 등은 여러 가지 생리 기능을 갖는 유기화합물의 구성분이 되고, 근육, 혈액소 등 연조직의 주요성분이다. 미네랄은 인체 내 혈액의 pH를 7.30-7.56 수준으로 유지시키는 완충작용, 소화액 또는 체액의 산성 또는 알칼리성 조절작용, 체액의 삼투압 조절과 용해성 부여 기능, 근육 및 신경조직의 흥분 및 진정 작용, 대사 관여 효소의 활성화 및 효소 반응의 촉진 작용 등 많은 생리적 기능을 지니고 있다 (Gaman and Saherrington, 1990).

최근 과다한 영양섭취 및 비균형성 음식으로 인한 비만이나 성인병에 대처하기 위한 건강식품으로 각광받는 두부는 우리나라 주요 전통음식 중 하나이다 (IAF, 2005). 두부는 대두를 분쇄하고 가열하여 가용성분들을 추출하고, 비지와 두유로 분리한 후 이중 두유에 Ca, Mg, Al 등의 염화물 또는 황산염 등의 응고제를 첨가하여 두유 가용성분 중 단백질을 침전, 응고시킨 후 탈수 성형한 것이다 (Oh, 2002). 우리나라에서

가장 많이 쓰이고 있는 응고제인 황산칼슘은 대부분이 중국에서 수입하여 사용하고 있다. 그러나 이들 화학응고제는 건강 가장 많이 쓰이고 있는 응고제인 황산칼슘은 대부분이 중국에 관심이 높은 소비자들에게 우려의 대상이 되고 있고, 화학 응고제 대신 천연간수를 요구하게 되었다 (IAF, 2005).

이러한 두부 응고제에 대한 연구로는 화학응고제의 양 및 종류 (Lee and Hwang, 1994; Lu et al., 1980; Park and Hwang, 1994)와 허브를 첨가하여 제조한 두부의 품질 특성 (Jeon and Kim, 2006), 두부 제조시 해조류 첨가 효과 (Beak et al., 1996), 응고제로서 해수사용이 두부의 물리적 특성에 미치는 영향 (Yoon and Lee, 1997), 해양자원을 이용한 두부응고제 개발 연구 (Oh, 2002) 등 다양한 연구가 진행되고 있다.

최근 들어 국내에서 해양심층수개발이 진행 중이며, 산업 분야에 활용하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 해양심층수는 영양염류가 풍부하고, 미네랄 조성이 양호한 무한정의 해수자원으로서, 청정성과 안정성을 지닌다 (Jung et al., 2004)

이에 본 연구는 두부를 응고하기 위하여 통상적으로 사용하는 인공 화학물질이 아닌 해양심층수를 이용하고 또한 약리적 생리 활성물질을 함유하는 다시마를 이용 해양심층수로 추출한 다시마추출물을 천연응고제로 이용하였다. 이를 통해 해양심층수를 이용한 다시마 추출물의 성분을 분석하고 그 추출물을 두유와 반응시켜 두부응고제로서의 특성을 규명하고자 수행하였다.

\*Corresponding author: fukusei@moeri.re.kr

## 재료 및 방법

### 재 료

강원도 고성군에서 생산·제조된 건조된 다시마를 구매하여 실험에 이용하였으며, 추출용매로는 여과해양심층수와 강전해수인 강산성수와 강알칼리성수를 이용하였다. 강전해수는 해양심층수를 촉매로 하여 강전해수생성기 (CEP-003, JET, Japan)에 의해 생성된 것으로 해양심층수를 3.2%로 하여 이용되었다.

### 다시마추출

다시마는 염분제거를 위해 수돗물로 2회 세척하여 각각의 용액, 즉 해양심층수 원수, 강산성수, 강알칼리성수에 첨가하여 50-60℃에서 3시간동안 추출하였다. 이렇게 추출된 용액은 40 μm로 여과하여, 총고형물질농도 (Total Dissolved Solids, TDS)와 pH, NaCl 그리고 전도도를 측정하였으며, 일반성분과 식이섬유 및 아미노산 함량 측정은 한국식품연구원에 의뢰하였다. 또한 무기질 함량 및 미량 금속 함량을 측정하기 위해 유도결합플라즈마 질량분석기 (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, Elan DRC II, Perkin Elmer)를 이용하여 분석하였다 (Table 1).

### 두부응고제

다시마추출물은 두부제조를 위한 응고제로 사용하기 위해 염분농도를 고려하여 염분농도가 3.2% 이상이 되도록 해양심층수의 농축수를 첨가하였으며, 그 혼합된 용액을 두부응고제 실험에 사용하였다. 두부 제조는 강원도 강릉시 강릉초당 두부에서 시행되었다.

제조된 두부는 한국식품연구원에 의뢰하여 식품공전 실험방법에 따른 일반성분 분석 및 HPLC를 통해 아미노산함량을 분석하였고, Sun Neo meter Compact (Sun scientific co. LTD)를 통해 경도를 측정하였다. 또한 무기질 함량은 강릉대학교 공동실험실습관에 의뢰하여 원자흡수분광광도계 (Atomic Absorption Spectrometer, A Analyst 100)로 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 용 매

실험에 사용된 용매에 대한 각종 농도는 Table 2로 나타내었으며, 용매의 미네랄 성분은 Table 3과 같다. 강전해수 중 강산성수에서 TDS, NaCl, 전도도 모두 강알칼리성수에 비해 높게 나타났으며, 미네랄 성분은 큰 차이가 없었다.

### 다시마추출물

해양심층수를 이용하여 추출된 다시마 추출물의 각종 농도는 Table 4에서와 같다. TDS의 경우는 원용매와 비교했을 때 거의 큰 차이 없이 일정하게 증가되었으며, pH는 중성에 가까워지는 것으로 나타났다. 다른 용매에 비해 강알칼리성수에서는 큰 폭으로 증가하지 않는 것으로 나타났으며, 반면 강산성수는 모든 농도에서 용매에 비해 두 배 정도 증가된 것으로 나타났다.

Table 1. Analysis condition of ICP-MS for mineral metal contents

Model	Elan DRC II
Instrument	Inductively coupled Plasma - Mass Spectrometry
Gas	Ar Gas
RF Power	1450 W
Nebulizer gas flow rate	1.03 L/min
Coolant gas flow rate	15 L/min
Auxiliary gas flow rate	1.50 L/min
Plasma gas flow rate	18.00 L/min
Calibration curve	0.1, 1, 10, 100 ppm

Table 2. Component analysis of solvents

Parameter	Deep ocean water	Strong acidic electrolyzed water	Strong alkaline electrolyzed water
TDS (ppt)	30.85	2.1	1.15
pH	8.91	1.9	13.10
NaCl (g/L)	27.00	2.11	1.11
Conductivity (mS/cm)	46.00	3.6	2.04

Table 3. Components of major mineral in solvents

Parameter	Deep ocean water	Strong acidic electrolyzed water	Strong alkaline electrolyzed water
Na (g/100 g)	1.39	0.05	0.05
Mg (g/100 g)	0.19	0.01	0.01
K (g/100 g)	0.14	0.01	0.01
Ca (g/100 g)	0.10	0.01	0.01

Table 4. Component analysis of sea tangle extract (I)

Parameter	Deep ocean water	Strong acidic electrolyzed water	Strong alkaline electrolyzed water
TDS (ppt)	32.90	3.77	2.51
pH	8.09	4.28	8.43
NaCl (g/L)	59.09	5.83	1.63
Conductivity (mS/cm)	50.00	6.35	4.38

Table 5. Component analysis of sea tangle extract (II)

Parameter	Deep ocean water	Strong acidic electrolyzed water	Strong alkaline electrolyzed water
Moisture (g/100 g)	96.82	99.0	99.92
Crude protein (g/100 g)	0.03	0.04	0.03
Ash (g/100 g)	2.69	-	-
Fiber (g/100 g)	0.10	-	-
Aspartic acid (mg/100 g)	11.2	13.5	12.1

수분의 경우는 강전해수에서 높게 나타났고, 조단백의 경우는 미량이나마 강산성수에서 0.04 g/100 g으로 나타났다 (Table 5). 회분은 해양심층수 원수에서 2.69 g/100 g으로 나타났으며, 다른 용매를 이용한 추출물에서는 나타나지 않았고, 식이섬유 역시 마찬가지였다. 반면 아스파르트산은 강산성수를 용매로 이용한 추출물에서 13.5 mg/100 g로 다른 추출물에 비해 높게 나타났다.

미네랄 함량에 있어서는 Table 6에 나타내었다. 추출 전 용매와 비교하였을 때, 마그네슘의 함량 변화는 없었으며, 칼슘 역시 거의 함량 변화가 없었다. 반면, 나트륨은 모든 실험구에서 미세하게 증가하였으나, 칼륨에서는 해양심층수 원수에서는 0.44 g/100 g, 강전해수에서는 0.18 g/100 g과 0.17 g/100 g로 나타났다. 본 시료에서도 Im et al. (2006)의 연구와 같이 다시마추출물의 미네랄함량은 전반적으로 칼륨의 함량이 가장 우세하였고, 나트륨, 칼슘, 마그네슘 순으로 함량을 나타내었다. 그러나 추출물의 전체적인 함량으로 보면, 해양심층수에 함유하고 있는 미네랄 성분으로 인해 나트륨, 칼륨, 마그네슘, 칼슘 순으로 높게 나타났다.

#### 두부응고제

해양심층수와 다시마추출물을 이용한 두부응고제로서 제조된 두부에 대한 일반성분분석은 Table 7로 나타내었다. 모든 실험구에서 수분에서는 큰 차이 없이 나타났으며, 회분은 해양심층수 원수를 이용한 다시마추출 응고제에서 가장 낮은 함량을 보였으나, 반면 식이섬유에서는 가장 높은 함량을 나타내었다. 또한 조단백 함량은 해양심층수 원수를 이용한 두부에서는 12.09 g/100 g 강산성수와 강알칼리성수에서는 12.11 g/100 g, 11.64 g/100 g의 함량을 보였다. 이러한 결과는 Yoon and Lee (1997)의 연구에서 해수를 이용하였을 때, 8.2 g/100 g로 나타났던 결과보다 모든 실험구에서 높게 나타났으며, 화학응고제인  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 에서 5.61, 5.84, 5.77 g/100 g이라는 보고가 있었다 (Oh, 2002). 화학응고제에 비해 조단백 함량은 해양심층수를 이용한 해조응고제가 2배 넘는 함량 차이를 볼 수 있었다. 강산성수에서 경도는  $137.80 \text{ kg/cm}^3$ 으로 나타났으며 이것은 해양심층수원수와 강알칼리성수가 각각  $116.1 \text{ kg/cm}^3$ ,  $119.7 \text{ kg/cm}^3$ 로 나타난 것에 비해 높은 값을 보였다. 이것은 두부가 산에 의해 등전점에서 침전하는 성질로 나타난 결과로 사료된다 (Park and Hwang, 1994).

해양심층수의 성질을 다르게 이용하여 제조한 두부의 미네랄 성분을 Table 8에 나타내었다. 모든 실험구에서 칼슘의 함량이 0.54-0.58 g/100 g로 비슷한 함량을 보였다. Oh (2002)에 따르면 천연응고제에 비해 화학응고제를 이용하였을 때 0.186 g/100 g, 0.126 g/100 g으로 나타났으나 본 연구에서는 해양심층수를 이용한 응고제가 화학응고제에 비해서 약 4-5 배 칼슘이 높은 함량을 보였다. 또한 나트륨과 칼륨, 마그네슘 함량 역시 이전의 다른 연구에 비해 높게 나타났고, 이것은 해수를 사용하였을 경우 나트륨과 칼륨의 함량이 높다는 보고 (Chang and Murray, 1949)와 같은 경향으로 나타났다.

Table 6. Components of major mineral in sea tangle extract

Parameter	Deep ocean water	Strong acidic electrolyzed water	Strong alkaline electrolyzed water
Na (g/100 g)	1.42	0.06	0.06
Mg (g/100 g)	0.19	0.01	0.01
K (g/100 g)	0.44	0.19	0.18
Ca (g/100 g)	0.05	0.01	0.01

Table 7. Component analysis of Tofu

Parameter	Deep ocean water	Strong acidic electrolyzed water	Strong alkaline electrolyzed water
Water (g/100 g)	79.76	80.04	79.55
Crude protein (g/100 g)	12.09	12.11	11.64
Ash (g/100 g)	0.79	0.84	0.86
Fiber (g/100 g)	2.33	2.00	2.13
Sugars (g/100 g)	0.00	0.25	0.15
Aspartic acid (mg/100 g)	1,575.24	1,343.30	1,382.87
Hardness ( $\text{kg/cm}^3$ )	116.10	137.80	119.70

Table 8. Components of major minerals in Tofu

Parameter	Deep ocean water	Strong acidic electrolyzed water	Strong alkaline electrolyzed water
Na (g/100 g)	1.48	1.23	1.40
Mg (g/100 g)	0.86	0.61	0.50
K (g/100 g)	0.49	0.42	0.50
Ca (g/100 g)	0.55	0.54	0.58

해양심층수를 이용하여 다시마추출을 통해 제조된 두부 응고제를 이용한 두부가 화학응고제를 이용한 두부에 비해 미네랄 함량이 높았으며, 단백질 함량 역시 높은 것으로 나타났다. 미네랄 함량은 나트륨, 마그네슘, 칼슘, 칼륨 순으로 나타났는데, 이것은 이전의 해조두부의 결과 (Beak et al., 1996)인 마그네슘, 칼슘, 칼륨, 나트륨 순으로 높게 나타난 것과 다른 결과를 가져왔다.

해양심층수의 성질을 달리하여 다시마 추출 용액을 첨가하여 두부 응고제로 이용한 결과, 다른 이전의 응고제보다 우수하게 나타났으며, 그중에서도 강산성수로 추출하여 두부응고제로 이용하였을 때, 두부 응고제로서 가장 양호하였다. 이러한 결과는 두부 제조에서 해양심층수를 이용한 다시마 추출물이 천연응고제로서 이용 가능성을 보였다. 특히 해양심층수에 함유된 미네랄 성분과 다시마에 함유된 생리활성물질로 두부 내에 미네랄 함량이 높게 나타나는 장점을 보여, 앞으로 이러한 장점을 살려 다른 식품분야에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구는 해양수산부의 지원으로 수행된 ‘해양심층수 다목적 개발’ 연구결과 중 일부임을 밝히며, 연구비 지원에 감사드립니다. 또한 두부 제조 시, 도움을 주신 강릉초당두부에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- Baek, S.H., K.H. Kang and S.N. Choe. 1996. Effect of sea tangles added in preparation of Tofu. *J. Food Nutr.*, 9, 529-535.
- Chang, I.C.L. and H.C. Murray. 1947. Biological value of protein and the mineral, vitamin and amino acid content of soymilk and cure. *Cereal Chem.*, 26, 297-332.
- Gaman, P.M. and K.B. Sherrington. 1990. Mineral elements and water. In: *The Science of Food*. 3rd ed. Permon Press, England, 103-115.
- Im, Y.G., J.S. Choi and D.S. Kim. 2006. Mineral contents of edible sea tangles collected from Gijang and Wando in Korea. *J. Kor. Fish. Soc.*, 39, 16-22.
- Inistry of Agriculture and Forestry. 2005. Study on functional Tofu made with coagulant extracted from traditional herb sources. *Agricultural R & D Report*, 1-193.
- Jeon, M.K. and M.R. Kim. 2006. Quality characteristics of Tofu prepared with hubs. *J. Kor. Food Cook. Sci.*, 22, 30-36.
- Jung, D.H., H.J. Kim and H.I. Park. 2004. A study on the behavior of flexible riser for upwelling deep ocean water by a numerical method. *J. Ocean Eng. Tech.*, 18, 15-22.
- Lee, H.J. and I.K. Hwang. 1994. Textural characteristics and microstructure of soybean curds prepared with different coagulants. *J. Kor. Soc. Food Sci.*, 10, 284-288.
- Lu, J.Y., E. Carter and A. Chung. 1980. Use of calcium salts for soybean curd preparation. *J. Food Sci.*, 45, 32-34.
- Mabeau, S. and J. Fleurence. 1993. Sea tangle in food products: Biochemical and nutritional aspects. *Trends Food Sci. Technol.*, 4, 107-107.
- Oh, H.E. 2002. The development of tofu coagulant with marine resource. Master's Thesis, Sejong University, Korea, 1-31.
- Park, C.K. and I.K. Hwang. 1994. Effects of coagulant concentration and phytic acid addition on the contents of Ca and P and rheological property of soybean courd. *J. Food Sci. Technol.*, 26, 355-358.
- Ruperz, P. 2002. Mineral content of edible marine sea tangles. *Food Chem.*, 79, 23-26.
- Yoon, J.R. and W.J. Lee. 1997. Effect of sea water as a coagulant on the physical properties of Tofu. *J. East Coast. Res.*, 7, 42-51.

---

2007년 3월 27일 접수  
2007년 6월 14일 수리