

해조류를 이용한 해수소금 제조기법 및 성분분석

이승원 · 김현주 · 문덕수 · 정동호 · 최학선
한국해양연구원 해양시스템기술연구본부

Manufacturing Process and Component Analysis of Seawater Salt Using Seaweeds

SEUNG-WON LEE, HYEON-JU KIM, DEOK-SOO MOON, DONG-HO JUNG AND HARK-SUN CHOI
Maritime & Ocean Engineering Research Institute, KORDI, Daejeon, Korea

KEY WORDS: Deep ocean water 해양심층수, Strong acidic electrolyzed water 강산성수, Strong alkaline electrolyzed water 강알칼리성수, Seaweeds 해조, Salt 소금

ABSTRACT: In this research, we have developed a manufacturing process for seawater salt by horizontal spray drying technique using the deep ocean water and seaweed(sea tangle). Deep ocean water, strong acidic electrolyzed water and strong alkaline electrolyzed water were used as extraction solvent of seaweed. Sodium content in seaweed extract solution by strong alkaline electrolyzed water was 1.63 (mg/g), which was 3.5 times lower than of seaweed extract by strong acidic electrolyzed water. Major mineral content(Na, K, Ca) in seawater salt by deep ocean water were higher than strong acidic electrolyzed water and strong alkaline electrolyzed water. On the contrary, Mg contents in seawater salt by deep ocean water were lower than strong acidic electrolyzed water and strong alkaline electrolyzed water. Based on the results of seawater salt production using seaweed, it is possible to make low-salt efficiently.

1. 서 론

소금은 인간이 생존하기 위해 없어서는 안 될 필수적인 자원이며, 이를 구하기 위한 노력은 아주 오래 전부터 이루어져 왔으며 지금도 계속되고 있다. 21세기에 들어서 생활수준의 향상과 함께 성인병, 퇴행성질환, 대사성질환 등이 증가함에 발맞추어 약물에 의한 치료 못지않게 질병의 예방 및 치료 효능을 갖는 기능성 식품에 대한 필요성이 증가하고, 건강을 우선시하는 경향이 강해지면서 좋은 소금에 대한 욕구가 강해지고 있다.

현재, 소금은 다양한 방법으로 제조되고 있으며, 식용 소금은 KS규격에 따라 천일염과 정제염으로 구분되고, 정제염은 다시 기계적으로 대량생산되는 기계염과 가열공정을 거친 가공염(구운소금, 볶은소금, 생금, 죽염)으로 구분되며, 외국에서 수입된 암염 등이 있다(문덕수 등, 2006). 소금의 제조와 그 특성에 관한 연구는 극히 미미하여 돌소금의 생산구조(Jeong, 1998)와 정제염에 관한 연구, 소금종류별 무기물 조성(Jo and Shin, 1998), 중금속 함량(Park et al., 2000; Hwang, 1988), 외형구조에 대한 부분적인 연구(Ha and Park, 1998) 등이 있을 뿐이다.

천일염의 경우 해양의 이용도가 높아지면서 연안 오염요인이 증가하여 소금에서 중금속과 같은 유해물질 오염의 가능성이 높아 지고 있다(Hwang, 1988; Hong et al., 1996).

정제염의 경우 Ca과 Mg 같은 미네랄을 거의 함유하지 못하는 문제(Park et al., 1987) 등이 제기되고 있다.

미네랄의 대표적인 공급원이라 할 수 있는 해조류는 육상식물보다 다종다량의 무기질이 함유되어 있으며(Nisizawa et al., 1987; Indegaard and Minsaas, 1991), 특히 해조류는 해수 중에 있는 미네랄 중 특정원소를 선택해서 축적하는 성질이 있기 때문에 조체 성장 및 생명유지에 필요한 미네랄이 풍부하다(Yamamoto et al., 1984). 미네랄 가운데 칼슘과 마그네슘은 뼈와 치아의 형성 및 유지, 칼륨과 나트륨은 근육과 신경의 균형조절, 철은 산소운반, 인은 에너지 대사과 효소의 활성화 등 인체에 매우 중요한 생리기능을 담당하는 불가결한 물질로 부족 시에는 장애를 초래한다(McCarron and Morris, 1985; Committe on Diet & Health, 1989).

해양심층수는 태양광이 도달하지 않는 수심 200m 이상의 깊은 곳에 존재하여 연중 안정된 저온을 유지하고 있으며 유기물이나 병원균 등이 거의 없다. 또한 해양식물의 생장에 필수적인 영양염류가 풍부하고 미네랄 조성이 양호한 무한정의 해수자원이다. 이러한 심층수의 특성을 이용해서 일본, 미국 등에서는 에너지, 식품, 담수화, 수산업, 의료, 농업 등 다양한 산업분야에 활용하고 있다. 국내에서는 최근 들어 심층수 개발이

교신저자 이승원 : 강원도 고성군 오호리 245-7

033-630-5020 fukusei@moeri.re.kr

진행 중이며, 동시에 산업분야에 활용하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다(김현주, 2002; 정동호 등, 2004).

본 연구에서는 해양심층수의 식품분야 활용을 위한 시도로써, 연안 오염요인이 증가하여 소금에서 중금속과 같은 유해물질 오염 가능성이 높아짐에 따라 청정성과 영양성을 높인 고기능성 소금을 원하는 소비자들의 요구를 충족시키기 위한 일환으로, 고혈압, 동맥경화 및 대장암 등의 예방효과가 있는 다시마와 해양심층수의 청정성, 부영양성 및 미네랄성을 이용한 고품질 해수소금의 제조기법을 모색하고, 제조된 해수소금의 성분분석을 통해 그 특성을 조사하였다.

2. 본 론

2.1 재료

본 실험에 사용된 갈조류인 다시마(sea tangle, *Laminaria japonica*)는 거진시장(산지 : 강원도 고성군 근해역)에서 건조된 것을 구입하였다. 건조다시마를 1cm×1cm의 크기로 세절한 후 흐르는 수도수에 2회 이상 세척하여 용출된 염분기를 우선 제거한 후 해조류 추출실험에 이용하였다. 추출실험의 추출용매로는 해양심층수 원수 및 농축수 그리고 해양심층수를 촉매제로 이용한, 강전해수 생성기를 사용하여 제조한 강산성수와 강알칼리성수를 이용하였다. 강원도 고성 해역 수심 300m 이하의 해양심층수를 이용하여 생산된 해수소금은 연안표층 해수를 이용한 천일염에 비하여 청정성을 확보할 수 있었다. 특히 해수담수화 과정에서 부산물로 생산되는 미네랄 농축수는 일반 해수를 활용하는 것보다 소금생산에 있어 훨씬 경제적이다.

2.2 해조추출실험

추출용매 (원수, 강산성수, 강알칼리성수) 1L에 다시마를 넣고 50~60℃에서 3시간 가열하였다. 추출 후에는 체반에 걸러서 고형물은 버리고 추출된 용액만을 취하여 여과 한 후 해조추출물은 TDS(Total dissolved solids), pH, NaCl 및 전도도 측정 실험에 사용하고, 일반성분, 식이섬유, 당류, 비타민A 및 아미노산 함량측정은 한국식품연구원에 의뢰하였다. 각 해조추출물에 3배량의 농축수를 혼합하여 해수소금제조에 이용하였다.

2.3 제염방법

해수소금의 성질은 제조 방법에 따라 달라진다. 제염과정에서 무엇을 얼마나 남길 것인가 하는 것이 제염기술의 핵심이라 할 수 있다. 더 나아가서 무엇을 어떻게 없앨 것인가 하는 것은 제염기술의 고도화를 위한 과제이기도하다.

소금의 제조법에는 천일염법, 기계염법, 재제염법 및 기공염법 등이 있다. 이러한 전통적인 소금제조법은 최근 연안역의 오염에 따른 품질문제나 기계염이 미네랄을 거의 함유하지 못하는 문제 등이 제기되고 있다. 이로부터 현대적인 건조기법을 이용한 고품질 소금제조가 모색되어 왔으며 본 연구에서는 상온순간결정 제염법인 분무건조법을 활용하여 소금을 제조하였고 제조된 소금은 무기질과 미량금속 함량측정에 이용하였다.

분무건조법은 용액 또는 반죽 상태의 혼합물을 노즐이나 미립화 장치를 통해 작은 액적으로 분무하여 뜨거운 건조매질과 접촉시켜 건조된 상태의 분말, 과립 등을 만드는 방법이다. 분무건조법은 접촉 면적이 넓고 건조시간이 짧아 열에 민감한 물질의 건조에 적합하며 건조된 물질의 크기, 밀도 등의 최종상태를 조절하기 쉬운 이점이 있어 미네랄소금 생산에 적합하다.

2.4 해수소금의 무기질 및 미량금속 함량측정

소금의 무기질 측정 및 중금속 함량의 측정은 수평분무식 소금을 각각 일정량을 취하여 탈이온수로 적절히 희석하여 무기질 함량 및 미량금속 함량(Na, Mg, Ca, K, B, Cu, Fe, Li, Si, Zn, V, Co, Rb, Ba, Pb, Mo, Se, Cd, Cs, U, P, Mn, Ge, As, Ni, Ga, Hg)을 측정하였다. Na, Mg, Ca, K 측정용 소금은 각 소금 0.001g을 탈이온수 100ml에 녹여 희석한 후, 이것을 다시 100배 희석하여 시료로 사용하였고, 다른 원소 측정용 소금은 각 소금 0.001g을 탈이온수 100ml에 녹여 희석하여 시료로 사용하였다. 무기질 및 미량금속 함량 측정을 위하여 유도 결합 플라즈마 질량분석기(Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry, Elan DRC II, Perkin Elmer)을 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 해조추출물의 성분분석

해조추출에 사용된 추출용매의 성분분석은 Table 2에 나타내었다. TDS함량에서 강산성수와 강알칼리성수는 2.1 및 1.15를 나타내 강산성수에서 강알칼리성수보다 조금 높은 결과를 얻었다. pH의 경우에는 강전해수 생성기를 사용하였으므로 예측된 결과를 얻을 수 있었다. 해양심층수 농축수의 염화나트륨 함량은 44.0%로 일반적인 해양심층수의 염화나트륨 함량보다 조금 높은 결과를 보였으며, 강산성수는 2.11%, 강알칼리수는

Table 1 Analysis condition of ICP-MS for mineral and heavy metal contents in edible seaweeds

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 solvent

Parameter	Concentrate water	Deep ocean water	Strong acidic electrolyzed water	Strong alkaline electrolyzed water
TDS (ppt)	43.23	30.85	2.10	1.15
pH	8.75	7.78	1.90	13.10
NaCl (mg/g)	44.00	32.50	2.11	1.11
ED (ms/cm)	57.0	46.0	3.60	2.04

1.11%을 보여주었다. 과거 전도도(EC) 측정결과 해양심층수 원수 (46.0) 보다 농축수 (57.0)의 경우가 높게 나타났으며, 전도도에서 강산성수 및 강알칼리성수는 3.60 및 2.04로 강산성수에서 높게 나타났다.

소금제조에 사용된 해조추출물의 성분분석은 Table 3과 4에 나타내었다. TDS함량의 경우 해양심층수 원수로 추출한 경우 32.90ppt, 강산성수와 강알칼리성수가 각각 3.77ppt 및 2.51ppt를 나타내었고, 이것은 심층수 원수 30.85ppt를 강전해수생성기를 통해 강산성수와 강알칼리수가 생성되므로, 수치가 확연히 차이가 있는 것으로 판단된다. pH의 경우 원수는 8.09로 가열하기전의 해양심층수 원수의 pH 7.78보다 다소 높게 나타났으며, 강산성수, 강알칼리성수 각각 4.28, 8.43로 심층수원수의 경우 8.09로 약알칼리성으로 변화한 것을 볼 수 있으며, 강산성수 역시 pH 4.28로 약산성으로 변화하였고, 강알칼리수의 경우 8.43으로 약알칼리성으로 변화하였다. 해양심층수 원수의 염화나트륨 함량은 보통 32.50%이나 원수 해조추출물의 염분은 71.12%로 가열에 의한 결과로 생각되며, 강산성수는 5.83%, 강알칼리수는 1.63%을 보여주었다. 전도도 측정결과 원수 해조추출물이 50.00, 강산성수 및 강알칼리성수 해조추출물은 6.35 및 4.38을 나타냈다. NaCl의 경우 TDS와 같이 해양심층수원수에서 확연히 높은 값을 보였으며, 강산성수의 경우 강알칼리성수에 비해 수치가 높게 나타나, 강산성수에서 강알칼리성수보다 추출을 촉진하는 것으로 사료된다. 또한 전기전도도의 경우도 TDS와 NaCl의 결과와 마찬가지로 나타났다.

해조추출물의 수분함량은 원수추출물이 96.82%, 강산성수 추출물이 99.00%, 강알칼리성수 추출물이 99.92%로 원수추출물의 수분함량이 가장 적었으며, 단백질 함량에서는 원수추출물, 강산성수추출물, 강알칼리성수추출물이 각각 0.03%, 0.04%, 0.03%로 비슷한 수준이었으나 회분함량과 식이섬유 함량은 원수추출물에서만 각각 2.69% 및 0.10%를 나타냈다. 17종의 아미노산함량을 측정한 결과 아스파르트산만이 검출되었고 원수추출물, 강산성수추출물, 강알칼리성수추출물에서 각각 11.2mg/g, 13.5mg/g, 12.1mg/g 이었다.

Table 3 Component analysis of seaweed extract (I)

Parameter	Concentrate water	Deep ocean water	Strong acidic electrolyzed water	Strong alkaline electrolyzed water
TDS (ppt)	43.46	32.90	3.77	2.51
pH	7.72	8.09	4.28	8.43
NaCl (mg/g)	47.41	71.12	5.83	1.63
ED (ms/cm)	56.00	50.00	6.35	4.38

Table 4 Component analysis of seaweed extract (II)

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

3.2 해수소금의 무기질 함량

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 7.3~7.56 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 Sherrington, 1990).

본 실험에서 실시한 해수소금제조에서 얻어진 소금의 주요미네랄의 ICP분석 결과는 Table 5와 같다. 대조구인 농축수만으로 제조한 소금은 나트륨 다음으로 칼슘의 함량이 많았으며, 다음으로 마그네슘의 함량이 높게 나타났다. 반면 일반 바닷물 농축액에서 건조된 소금에서는 나트륨, 마그네슘, 칼륨의 순서로 나타난 이전의 보고와 차별된 결과가 나타났다(김동한 등, 2004). 나트륨의 경우 농축수에 비해서도 원수로 추출한 해조소금에서 가장 높게 나타났으며, 강알칼리수로 추출한 해수소금에서 19%로 가장 낮게 나타났으나, 마그네슘의 경우 강알칼리수로 추출한 해조소금에서 8.3%로 다른 실험구에 비해 두

Table 5 The contents of major minerals in seaweed salt

Parameter (%)	Concentrate water	Deep ocean water	Strong acidic electrolyzed water	Strong alkaline electrolyzed water
Na	24.7	30.2	25.4	19.0
Mg	3.4	3.0	3.2	8.3
K	2.0	3.2	2.5	2.9
Ca	7.7	8.3	8.4	7.4

Table 6 The contents of minor minerals in seaweed salt

Parameter (ppm)	Concentrate water	Deep ocean water	Strong acidic electrolyzed water	Strong alkaline electrolyzed water
B	57.31	77.45	72.19	73.86
Si	26.70	13.65	26.46	24.85
P	1.68	78.53	74.50	44.28
Mn	1.01	0.65	0.52	0.41
Fe	17.56	10.70	12.40	14.47
Ni	2.82	1.92	1.80	1.38
Zn	9.48	4.94	6.07	5.14
Se	1.13	1.09	1.26	1.69

배 넘게 나타났다. 칼륨에서는 이전의 논문에서와 같이 대조구에 비해 해수소금에서 함량이 높은 것을 알 수 있다(김동한 등, 2004). 나트륨을 제외하고는 원수에서 추출한 해조소금과 강산성수에서 추출한 해조소금에서 비슷한 경향을 보였다.

제조된 해수소금 내에 미량 미네랄성분 분석은 Table 6에서 나타내었다. 가장 큰 수치를 보인 것은 붕소로, 심층수 농축수로 제조된 소금의 경우 57.31ppm, 원수와 강산성수, 강알칼리성수로 추출 제조된 해수소금에서는 70ppm 이상으로 나타났다. 또한 인의 경우 원수와 강산성수로 제조된 해수소금에서 높은 수치를 나타냈으나, 대조구에서는 1.68ppm으로 무려 40 배 이상의 차이로 나타났다. 니켈의 경우와 아연의 경우는 대조구에서는 다른 구에 비해 두 배 가량 높은 수치로 나타났으나, 역시 미량이었다. 주요 미네랄 성분 분석 결과와 미량 미네랄 성분에 있어서도 해양심층수 원수와 강산성수로 추출 제조된 해수소금에서 비슷한 경향을 보였다. 이러한 결과는 다른 연구에서 보고된 해수소금의 망간, 아연, 니켈 등에서 보다 조

금 높은 값을 보이고 있었다(김동한 등, 2003; 2004). 이것은 건조방법의 차이뿐만 아니라 해양심층수에 보다 풍부한 미네랄 성분이 포함되어 있기 때문인 것으로 판단된다.

해양심층수의 식품분야 활용을 위한 시도로서 수행된 본 연구에서 고혈압, 동맥경화 및 대장암 등의 예방효과가 있는 다시마와 해양심층수의 청정성, 부영양성 및 미네랄성을 이용한 고품질 해수소금 제조가능성을 얻을 수 있었다. 현재 시중에서 판매되고 있는 소금제품의 고염농도를 우려한 저염소금에 대한 필요성이 커지고 있으며, 본 연구에서 제조된 해수소금의 성분분석 결과는 저염소금 및 기능성을 보유한 고부가가치의 소금제품 제조 가능성을 보여주었다고 판단되며, 해조류 및 해양심층수의 특성이라고 할 수 있는 미네랄과 식품으로의 이용 가능성에 대한 좀 더 구체적인 조사 연구가 필요하다고 생각된다.

후 기

본 연구는 해양수산부의 지원으로 수행된 '해양심층수 다목적 개발' 연구결과 중 일부임을 밝히며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 김동한, 이상복, 임종환 (2004). "해조소금의 제조에 관한 연구", 한국식품학회지, 제36권, 제6호, pp 937-942.
- 김동한, 임종환, 이상복 (2003). "해조소금의 성분 특성에 관한 연구", 한국식품학회지, 제35권, 제1호, pp 62-66.
- 김현주 (2002). "해양심층수 자원의 개발 및 이용에 대하여" 대한조산학회지, 제39권, 제4호, pp 123-128.
- 문덕수, 김현주, 신필권, 정동호 (2005). "수평분무식 해양심층수 소금의 성분 특성", 한국수산학회지, 제38권, 제1호, pp 65-69.
- 임영근, 최진석, 김동수 (2006). "기장산과 완도산 식용해조류 중의 미네랄 함량", 한국수산학회지, 제39권, 제1호, pp 16-22.
- 정동호, 김현주, 박한일 (2004). "수치해석적 방법을 통한 해양심층수 취수용 유연 라이저의 거동 해석에 관한 연구", 한국해양공학회지, 제18권, 제4호, pp 15-22.
- Committee on Diet & Health (NRC) (1989). "In Diet and Health. National Academy Press", Washington D.C., pp 347-366.
- Gaman, P.M. and Sherrington, K.B. (1990). "Mineral elements and water", In: The Science of Food. 3rd ed. Permon Press., England, pp 103-115.
- Ha, J.O. and Park, K.Y. (1998). "Comparison of mineral contents and external structure of various salts", Kor. J. Food Sci. Nutr., Vol 27, pp 413-418.
- Hong, K.T., Lee, J.Y. and Jang, B.K. (1996). "Heavy metal contents of marketing salts and bay salts by heating",

- Kor. J. Sanit. 11, pp 79-84.
- Hwang, S.H. (1988). "A study on the heavy metal contents of common salts in Korea", Kor. J. Env. Health. Soc., Vol 14, No 1, pp 73-86.
- Indegaard, M. and Minsaas, J. (1991). Animal and human nutrition. In: Seaweed Resources in Europe: uses and potential. Guiry, M.D. and G. Blunden, eds. John Wiley & Sons Ltd., England, pp 21-64.
- Jeong, K.J. (1998). "The production system of Tol salt at Guom village in Cheju island", Geogr. J. Korea, Vol 32, pp 87-104.
- Jo, E.J. and Shin, D.H. (1998). "Study on the chemical compositions of sun-dried, refined, and processed salt produced in Chonbuk area", J. Food Hyg. Safety, Vol 13, pp 360-364.
- McCarron, D.A. and Morris, C.D. (1985). "Blood pressure response to oral calcium in persons with mild to moderate hypertension", Ann. Inter. Med., Vol 103, pp 825-831.
- Nisizawa, K., Noda, H., Kikuchi, R. and Watanabe, T. (1987). "The amin seaweeds in Japan", Hydrobiologia, Vol 151, pp 5-29.
- Park, J.W., Kim, S.J., Kim, S.H., Kim, B.H. and Kang, S.G. (2000). "Determination of mineral and heavy metal contents of various salts", Kor. J. Food Sci. Technol., Vol 32, pp 1442-1445.
- Park, R.S., Kim, S.J. and Lee, L.H. (1987). "Survey on sodium content of low salt diet at 27 hospitals", Kor. J. Nutr., Vol 10, pp 38-43.
- Yamamoto, T., Otsuka, K. and Okamoto, K. (1984). "Character of each element on its distribution in seaweeds", Hydrobiologia, Vol 510, pp 116-117.

2007년 3월 28일 원고 접수

2007년 8월 7일 최종 수정본 채택