

폐염전에서 채취한 함초(*Salicornia herbacea* L.)의 항산화 효과

한승관[†] · 김선민

동신대학교 생물자원산업화지원센터

Antioxidative Effect of *Salicornia herbacea* L. Grown in Closed Sea Beach

Seung-Kwan Han[†] and Sun-Min Kim

Biotechnology Industrialization Center, Dongshin University, Naju 520-714, Korea

Abstract

This study was designed to investigate the antioxidative effect of glasswort (*Salicornia herbacea* L.) grown in closed sea beach. To compare antioxidant effects of glasswort plant parts, dried ground leaves, stems, and roots of glasswort were exploited for investigation of antioxidant activity. Antioxidant activity for the samples was investigated by Rancimat and TBA method. The oxidative stability determined by the Rancimat technique showed a variation in antioxidative index (AI) between the different plant parts, ranging from 1.0 to 3.6. Oxidative stability from ground stem sample of glasswort harvested in the closed sea beach was the highest, and followed by leaf and root. Stem had higher oxidative stability than ascorbic acid. Antioxidative effects of glasswort were increased in dose-dependent manners, and antioxidant activity by addition of glasswort with same amount to 4% oil was similar to the activity of ascorbic acid. Specially, 8~10% glasswort addition to oil showed similar antioxidative effect to 1% α -tocopherol.

Key words: glasswort (*Salicornia herbacea* L.), TBA value, Rancimat, antioxidative effect

서 론

통통마디(*Salicornia herbacea*, glasswort)는 우리나라 남해안과 서해안 간척지 바닷가의 염습지에서 자생하는 명아주과에 속하는 일년초(一年草)로서 우리말로 통통마디 또는 함초라고 부른다. 갯벌식물인 함초는 다량의 염분을 체내에 축적하고 있을 뿐만 아니라 Mg, Ca, Fe, 그리고 K 등의 천연 미네랄을 다량 함유하는 식물로 고염습 지역에서 생육이 가능하고 염류를 흡수하여 체내에 저장하는 능력을 가지고 있다.

Levitt는 해안 염습지는 토양의 낮은 water potential, 이온의 독성, 영양염류의 불균형 및 이들의 상호 복합적인 요인이 작용하여 식물의 성장을 억제한다고 하였다(1). 이러한 요인들에 대한 적응이 필요하기 때문에 염생식물이 생육하기 위해서는 낮은 osmotic potential을 유지하는 것이 가장 중요하다(2,3). 따라서 염생식물의 대부분은 토양의 염분농도 증감에 따라 삼투조절능력을 갖는 것으로 보고되었다(4,5).

Min은 함초의 특성이 체내에 축적되는 축적형 식물로서 염습수에 있어 다육질 형태가 된다고 하였다(6). Lee와 Ihm은 함초의 염농도 처리에 따른 생존율 적용범위가 넓기 때문에 내염율이 높다고 하였다(7).

이러한 특성을 가진 함초는 일본에서는 천연기념물로 지

정되어 있고 유럽에서는 어린줄기를 샐러드로 만들어 먹기도 하나 우리나라에서는 대중에게 널리 알려지지 않고 일부 지역에서만 식용하고 있다. 그러므로 함초는 식용재배 및 기능성 식품소재로서 활용할 수 있는 가능성을 가지고 있다.

따라서, 본 연구에서는 함초를 기능성식품소재로 활용하기 위해 화학성분 특성을 조사하고 식용 가능한 기능성 식품 및 가공방법의 일환으로 항산화 효과에 대한 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 함초(*Salicornia herbacea* L.)는 전남 무안군 운남면 일대의 폐염전에서 채취하였다. 채취한 함초는 흐르는 물로 세척하고 세척수를 대략 제거한 후 부위별(잎, 줄기, 뿌리)로 구분하여 각각 온풍 건조(in dry oven 60°C, 24 hrs) 및 동결 건조한 것을 실험에 사용하였다. 죽염 및 천일염은 CJ사 제품, BHT는 Junsei사 제품을 구입 사용하였다.

돈육의 준비

실험에 사용된 돈육은 도살 후 4°C 냉장고에 저장된 랜드

[†]Corresponding author. E-mail: han@bic.re.kr
Phone: 82-61-336-3110. Fax: 82-61-336-3118

Table 1. Proximate compositions of *Salicornia herbacea* L.

Samples ¹⁾	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Crude fiber (%)	Ash (%)
CSBL-D	5.41 ± 0.50	1.99 ± 0.01	1.70 ± 0.04	73.92 ± 0.06	24.80 ± 0.33
CSBS-D	5.81 ± 0.04	0.93 ± 0.03	0.85 ± 0.02	73.80 ± 0.09	16.02 ± 0.90
CSBR-D	5.91 ± 0.43	0.61 ± 0.02	0.37 ± 0.11	73.02 ± 0.05	7.42 ± 0.65
CSBL-F	4.60 ± 0.37	1.96 ± 0.01	1.76 ± 0.07	73.44 ± 0.11	26.18 ± 0.80
CSBS-F	4.90 ± 0.14	0.93 ± 0.04	0.92 ± 0.06	73.99 ± 0.14	13.02 ± 0.48

¹⁾CSBL-D, dry oven leaves of glasswort in closed sea beach; CSBS-D, dry oven stems of glasswort in closed sea beach; CSBR-D, dry oven roots of glasswort in closed sea beach; CSBL-F, freeze dryer leaves of glasswort in closed sea beach; CSBS-F, freeze dryer stems of glasswort in closed sea beach.

레이스의 대퇴부 육을 사용하였다. TBA 실험을 위해 폐염전 함초와 BHT를 1%씩 첨가하고 75°C에서 1시간 동안 온탕가열 후 흐르는 물에 냉각시켰다. 그후 5°C 온도에서 14일간 저장하면서 실험에 사용하였다.

동결건조

폐염전 함초의 잎과 줄기 부분을 Vacuum Free-Dryer(SF-DSM24L, Samwon Freeze engineering Co.)를 이용해 -60°C에서 68시간 동결건조시켰다.

일반성분의 분석

수분은 105°C 상압가열건조법(Moisture analyzer, MB45, OHAUS, USA), 조단백질은 Micro-Kjeldahl법 (Kjeldahl/Nitrogen analyzer, K-424/B-324, BUCHI, Switzerland), 조지방은 Soxhlet 추출법(Universal extraction system, B-811, BUCHI, Switzerland), 조회분은 550°C 직접 회화법, 조섬유는 H2SO4-NaOH법(Fibercap system, 2022, Foss Tecator, USA)으로 AOAC 표준법에 따라 분석하였다(8).

TBA가 측정

Witte 등의 방법에 의해 시료 10 g을 homogenizer에서 20% trichloroacetic acid(TCA)용액 25 mL를 첨가하여 2분간 14,000 rpm으로 균질화하였다(9). 이 현탁액을 measuring flask에 넣어 증류수로 100 mL가 되게 희석하여 교반한 다음 Whatman No.1 filter paper로 여과하였다. 여과한 액중 5 mL를 취해서 0.005 M 2-TBA시약(0.005 M) 5 mL와 혼합하여 test tube에 넣었다. 이 tube 뚜껑을 닫고 혼합한 후에 실온 냉암소에서 15시간 동안 방치한 후 UV-VIS spectro photometer(UV 1650, Shimadzu, Tokyo, Japan)에서 530 nm의 파장에서 흡광도를 측정하여 계산하였다. 계산방법은 다음과 같다.

$$TBA(MDA \text{ mg}/1000 \text{ g}) = \text{흡광도} \times 5.2$$

유지산화 안정도(Rancimat) 분석

Rancimat 743(METROHM AG, CH-9101 Herisau, Switzerland)을 이용하여 reaction vessel에 시료 유지를 3.0 g 취한 후 120°C로 조절된 aluminum heating block 상에서 시간당 20 L의 여과된 공기를 주입하여 산화시켰다. 이때 발생하는 휘발성 산화 생성물을 60 mL의 증류수가 들어 있는 absorption vessel에 이행시켜 전기전도도의 변화에 따라 자동

적으로 산출된 유도기간으로 항산화 정도를 측정하였다(10). Antioxidative index(AI)는 항산화제 첨가구의 유도기간/무첨가구의 유도기간을 나타낸 것이다.

결과 및 고찰

일반성분 함량

함초의 부위별 및 건조방법별 일반성분 함량은 Table 1과 같다. 수분함량은 dry oven으로 온풍건조한 뿌리(CSBR-D)가 5.91%로 가장 높게 나타났다. 건조방법에 따른 수분함량은 온풍건조한 것이 동결건조한 것보다 높게 나타났다. 조단백질 함량은 온풍 건조한 잎(CSBL-D)이 1.99%로 가장 높았으며, 조지방 함량은 동결건조한 잎(CSBL-F)이 1.76%로 가장 높게 나타났다. 조섬유 함량은 동결건조한 줄기(CSBS-F)가 73.99%로 가장 높았으며, 조회분 함량은 잎 부분이 다른 부위보다 높았으며, 동결건조한 잎(CSBL-F)이 26.18%로 가장 높게 나타났다.

지방산패도(TBARS)

함초의 항산화 정도를 나타내기 위해 TBA 방법으로 실험을 실시하였다. 각각 부위별 및 건조방법에 따른 함초의 항산화 정도를 Table 2에 나타내었다. 저장기간이 증가됨에 따라 TBARS치가 증가하고 있다. 5°C에서 14일간 저장하는 동안 BHT가 가장 항산화 효과가 좋았으며, 동결건조한 잎(CSBL-F)이 다음으로 좋았다. 저장기간이 증가됨에 따라 죽엽이나 천일염을 첨가한 시료는 TBARS치가 증가하는 반면 함초의

Table 2. Changes of TBARS in *Salicornia herbacea* L. during storage at 5°C (unit: MDA mg/kg)

Samples ¹⁾	Storage (days)		
	0	7	14
CSBL-D	0.047	0.055	0.084
CSBS-D	0.044	0.080	0.096
CSBR-D	0.044	0.057	0.084
CSBL-F	0.042	0.066	0.071
CSBS-F	0.032	0.049	0.084
BHT	0.027	0.051	0.057
Sea salt	0.084	0.450	0.536
Bamboo salt	0.077	0.489	0.498
Blank	0.054	0.431	0.475

¹⁾See the legend of Table 1.

있이나 줄기를 첨가한 시료는 BHT와 비슷한 지방 산패 억제 효과를 보였다. 전반적으로 함초는 죽염 및 천일염보다 10 배 이상의 항산화 효과를 나타냈다.

Salicornia herbacea L.의 유지산화안정도(Rancimat)

함초의 유지 산화 억제 효과를 알아보기 위해 유지산화안정도를 측정하였다. 시판되는 라드에 함초 2%를 첨가한 후, Rancimat 743(METROHM AG, CH-9101 Herisau, Swiss)을 이용하여 실험하였다. Rancimat는 conductivity가 급격하게 증가되는 시점까지를 유도기간으로 계산하여 항산화 정도를 측정하였다. Fig. 1은 라드에 미치는 건조방법에 따른 항산화 효과를 나타냈다. 함초의 항산화 효과에서 천연 항산화 물질인 ascorbic acid가 가장 유지산화안정도가 길게 나타났으며, 폐염전 함초 잎을 동결시킨 것(CSBL-F)이 그 다음으로 높게 나타났다. 이것은 함초가 유지산화 안정도에 크게 기여하는 것을 의미하며, 항산화 효과가 있는 것을 나타냈다.

Fig. 2는 부위별 폐염전 함초의 항산화 정도를 비교한 결과이다. 폐염전 줄기를 온풍 건조시킨 것(CSBS-D)이 가장 높은 항산화 효과를 나타냈다. 온풍건조한 함초에서는 잎 > 뿌리 순으로 유지산화 안정도를 보였으며, 동결건조한 함초는 잎 > 줄기 순으로 항산화 효과를 나타냈다. 반면, 구운 소금(roasted salt)은 산화를 촉진하였다.

Fig. 3은 폐염전 함초의 농도에 따른 항산화 효과를 나타낸 것이다. 함초의 농도가 증가됨에 따라 항산화 효과가 증가되는 것을 볼 수 있다. 그런데 함초의 농도가 8% 이상일 때는 유지산화안정도가 비례적으로 증가하지는 않았다. Lee 등(11)은 해조류, 특히 톨파래에서 추출한 수용성 항산화제는 기존의 합성 항산화제인 BHT나 tocopherol에 필적할 만한 항산화 능력을 보였는데 특히 농도가 증가함에 따라 그 효과가 증가하여 0.8 mg/mL 수준에서 최대의 효과를 나타내고 그

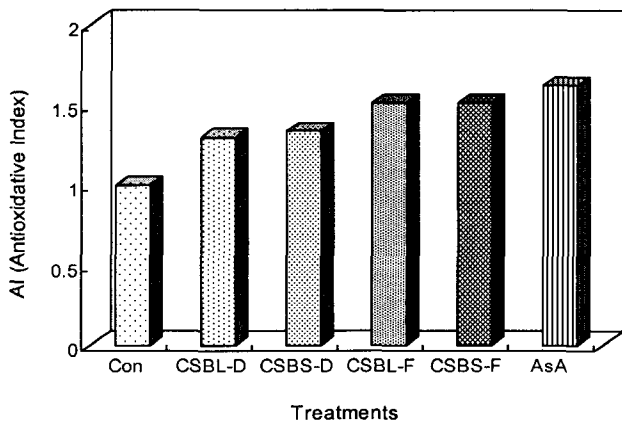


Fig. 1. Antioxidative effect of *Salicornia herbacea* L. dried by different methods.

Con, control; CSBL-D, dry oven leaves of glasswort in closed sea beach; CSBS-D, dry oven stems of glasswort in closed sea beach; CSBL-F, freeze dryer leaves of glasswort in closed sea beach; CSBS-F, freeze dryer stems of glasswort in closed sea beach; AsA, ascorbic acid.

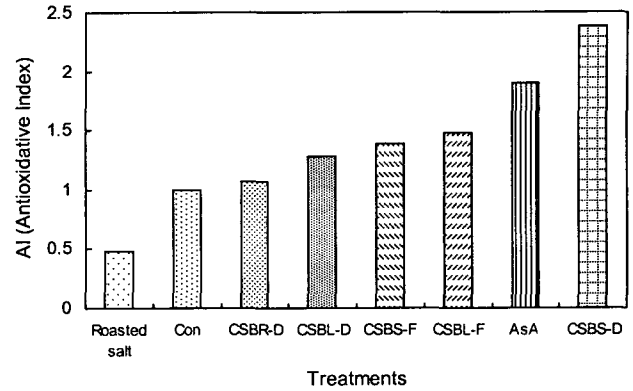


Fig. 2. Antioxidative effect of the each part of *Salicornia herbacea* L. on lard.

Con, control; CSBR-D, dry oven roots of glasswort in closed sea beach; CSBL-D, dry oven leaves of glasswort in closed sea beach; CSBS-F, freeze dryer stems of glasswort in closed sea beach; CSBL-F, freeze dryer leaves of glasswort in closed sea beach; AsA, ascorbic acid; CSBS-D, dry oven stems of glasswort in closed sea beach.

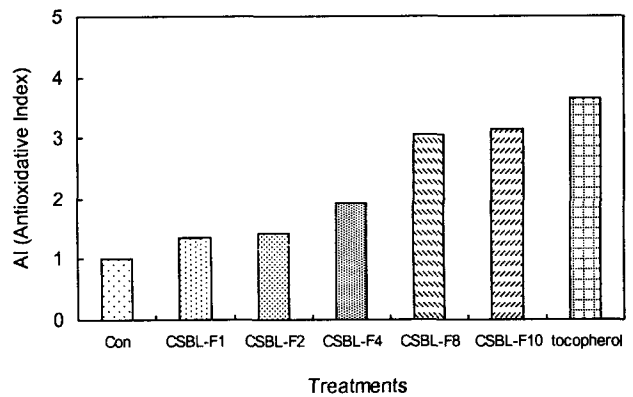


Fig. 3. Antioxidative effect of the additive content of *Salicornia herbacea* L. on lard.

Con, control; CSBL-F1, 1% freeze dryer leaves of glasswort in closed sea beach; CSBL-F2, 2% freeze dryer leaves of glasswort in closed sea beach; CSBL-F4, 4% freeze dryer leaves of glasswort in closed sea beach; CSBL-F8, 8% freeze dryer leaves of glasswort in closed sea beach; CSBL-F10, 10% freeze dryer leaves of glasswort in closed sea beach; tocopherol, α -tocopherol.

이상의 농도로 사용하는 경우에는 항산화 효과가 더 이상 증가하지 않는 것으로 보고하였다. 본 연구에서도 폐염전 함초 잎을 동결 건조시킨 시료를 8% 이상 첨가했을 때는 항산화 효과가 크게 증가하지 않았다. 결과적으로 시료의 10% 함초를 첨가한 것은 천연 항산화제인 α -tocopherol을 1% 첨가한 것과 비슷한 항산화 효과를 보였다. 이러한 결과는 함초가 기능성 식품소재로서 사용 가능성을 암시하였다고 사료된다.

요 약

폐염전에서 채취한 함초의 항산화 효과를 알아보기 위해 식육에 함초를 첨가하여 5°C에서 저장기간 14일 동안의 TBARS치를 살펴보았다. 그 결과 동결건조한 잎(CSBL-F)

이 BHT 다음으로 높은 항산화 효과를 보였다. 유지산화 안정도를 측정한 결과에서 구운소금(roasted salt)은 산화를 촉진 하였으나 온풍건조한 줄기(CSBS-D)는 ascorbic acid보다 높은 항산화 효과를 나타냈다. 이것은 단시간의 유지산화안정에는 동결건조하는 쪽이, 장기간의 산화 안정에는 온풍건조하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 특히, 시료에 대한 함초의 함량이 증가됨에 따라 유지산화 억제 효과가 증가함을 나타냈는데 시료의 10% 함초를 첨가한 것은 천연 항산화제인 α -tocopherol을 1% 첨가한 것과 비슷한 항산화 효과를 나타냈다. 이것은 폐염전 함초가 천연 항산화 물질로서 가능성이 있음을 시사한다.

문 헌

1. Levitt S. 1972. *Responses of plant to enviromental stresses*. Academic press, New York.
2. Kramer PJ. 1969. *Plants and soil water relationships: A monodern synthesis*. McGraw Hill Book Company, New York. p 207-212.
3. Epstein E. 1972. *Mineral nutrition of plant: principles and perspectives*. John Wiley and Sons, New York.
4. McNulty ID. 1985. Rapid osmotic adjustment by a succulent halophytes to saline shock. *Plant Physiol* 78: 100-103.
5. Flowers TJ, Troke PF, Yeo AR. 1997. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Ann Rev Plant Physiol* 28: 89-121.
6. Min BM. 1990. On the accumulation of minerals with the plant species in a reclaimed land. *K J Ecology* 13: 9-18.
7. Lee JS, Ihm BS. 1988. Studies on the vegetation of the salt marsh in the southwestern coast of Korea. *K J Ecology* 11: 175-192.
8. AOAC. 1984. *Official methods of analysis*. 14th ed. Association of official analytical chemists, Washington DC. p 31.
9. Witte VC, Krause GF, Bailey ME. 1970. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J Food Sci* 35: 582-587.
10. Kajimoto G, Nakamura M, Yamaguchi M. 1995. Changes in oraganic acid components o volatile degradation products during oxidation of oil, and effects of organic acid on increased conductivity determined by the Rancimat method. *J Japanese Nutrition & Food* 50: 223-227.
11. Lee BH, Choi BW, Chun JH, Yu BS. 1996. Extraction of water soluble antioxidants from seaweeds. *J Korean Ind & Eng Chemistry* 7: 1069-1077.

(2002년 10월 23일 접수; 2003년 3월 10일 채택)