J. Fd Hyg. Safety
Vol. 25, No. 2, pp. 170~179 (2010)

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

함초와 칠면초의 이화학적 특성 조사연구

김지형* · 송재용 · 이제만 · 오세흥 · 이한정 · 최혜진 · 고종명 · 김용희
인천광역시보건환경연구원

A study on Physiochemical Property of *Salicornia herbaciea* & *Suaeda japonica*

Jihyeung Kim*, Jea Yong Song, Jea Man Lee, Se Heung Oh, Han Jung Lee, Hye Jin Choi, Jong Myeong Go, and Yong Hee Kim
Incheon Research Institute of Public Health and Environment
(Received February 24, 2010/Revised March 16, 2010/Accepted May 31, 2010)

ABSTRACT – This study was conducted to investigate for mineral contents, total polyphenol compounds, betaine, choline and DPPH free radical scavenging activity of halophyte. The mineral concentrations of *Salicornia herbacea* (top part) were Na 100,006 mg/kg, K 1,385 mg/kg, Mg 6,263 mg/kg, Ca 2,750 mg/kg, Fe 90.4 mg/kg, Mn 98.9 mg/kg, Zn 33.3 mg/kg, Cu 3.4 mg/kg respectively. And *Suaeda Japonica* (top part) were Na 85,332 mg/kg, K 710 mg/kg, Mg 7,005 mg/kg, Ca 4,344 mg/kg, Fe 1,434.9 mg/kg, Mn 119.1 mg/kg, Zn 19.2 mg/kg, Cu 2.7 mg/kg respectively. The betaine contents of *Salicornia herbacea* (top part) were 15.09 mg/g and *Suaeda Japonica* (top part) were 14.64 mg/g. The choline contents estimated by the DBAP-choline derivatives of *Salicornia herbacea* (top part) were 20.9 mg/100 g, *Salicornia herbacea* (root) were 23.4 mg/100 g, *Suaeda Japonica* (top part) were 23.1 mg/100g and *Suaeda Japonica* (root) were 23.8 mg/100 g. Total polyphenol compounds of *Salicornia herbacea* (top part) were high 36.0 mg/g in growth phase. The DPPH radical scavenging activities of methanol extract *Salicornia herbacea* (top part) were high 90.1% in growth phase. The frozen dried powder of *Salicornia herbacea* (top part) 1 g was equal to Quercetin 30.26 mg, Rutin 42.65 mg, TBHQ 20.32 mg, BHA 25.86 mg, BHT 40.75 mg, Ascorbic acid 22.86 mg in DPPH radical scavenging activities.

Key words: *Salicornia Herbaciea*, *Suaeda japonica*, mineral, Betaine, Choline, Total polyphenol compounds, DPPH free radical scavenging activity

함초(Salicornia herbacea) 및 칠면초(Suaeda japonica)는 명아주과에 속하는 식물로 이들 염생식물은 어릴 때 채취하여 나물로 식용한 예가 있으며, 씹히는 맛이 독특하다. 함초는 중국 의서인 '신농본초경'과 일본의 '대화초본'에 맛이 몹시 짜다고 하여 염초로 기록되어 있으며, 민간에서는 변비개선, 위장장애, 혈중콜레스테롤 및 지질감소, 피부병 등에 효과를 지닌 약초로 전해지고 있다[1]. 함초에는 나트륨, 칼슘, 칼륨, 마그네슘, 철 등 다양한 미네랄과 발린, 류신, 이소류신, 쓰레오닌, 메치오닌 등 아미노산 및 리놀렌산의 함량에 대한 보고가 있다[2-3]. 또한 함초의 추출물의 간암세포 성장 억제효과[4]와 함초의 효소가수분해물의 혈당 강하 및 혈청 지질항태 개선효과에 대한 보고[5]도 있다. 칠면초(*Suaeda japonica*)는 예부터 구황식물로 이용되기도 하고, 한방에서는 뿌리를 제외한 식물체 전체를 약재로 쓰는데, 해열효과가 있다고 알려져 있으며, 만조 때에 침수되는 낮은 지대부터 건조한 지역까지 그 생육지의 범위가 넓을 뿐 아니라 내염성이 강하며 장기간의 침수상태에서도 생육할 수 있는 대표적인 호염성 식물이다.

이와 같이 다양한 약리작용과 그에 따른 부가가치 창출이 기대되는 염생식물의 기초자료 연구가 필요하다. 본 연구에서는 인천연안에서 자생하는 염생식물 중 식용 가능한 것으로 알려진 함초와 칠면초를 중심으로 미네랄, 베타인, 콜린, 폴리페놀화합물의 함량 및 항산화활성에 대해 알아보고자 한다.

*Correspondence to: Jihyeung Kim, Incheon Research Institute of Public Health and Environment, 18-4Sinheung-dong 2st., Jung-gu, Incheon 400-036, Korea
Tel: +82-32-440-5454, Fax: +82-32-440-5493
E-mail: lucialh@korea.kr

재료 및 방법

시료

본 연구에서는 2009년 6월부터 10월까지 강화 석모도에

서 재배하는 함초와 강화 동막리 갯벌에 자생하는 칠면초를 채취하였다. 본 연구에서는 채취시기에 따라 6월 성장기, 8월 성숙기, 9~10월 수확기의 함초와 칠면초로 구분하고, 10월에 채취한 붉은 함초는 씨앗수확기로 구분하였다.

채취한 함초와 칠면초는 잎·줄기의 지상부와 뿌리 부위로 나누어 손질하여 세척하고, 냉동동결건조처리 후 분말로 하여 실험에 사용하였다. 냉동건조는 영하 72°C에 24시간 냉동한 후 동결건조기(OPERON Freeze Dryer)를 이용하여 영하 84°C에서 140시간동안 건조시켰다. 각 시료에 대해서 3번씩 반복실험을 하였다.

미네랄 분석

미네랄 성분은 "식품공전(2008), 제10.일반시험법, 11.미량영양성분시험법 1)무기성분"에 명시된 방법에 준하여 Na, K, Mg, Ca, Fe, Zn, Mn, Cu를 분석하였다[6]. 동결건조한 분말 시료에 질산 7 ml를 가한 후 테프론 가압용기에 넣고 극초단파 시료전처리장치(Microwave QWAVE 1000, Questro Technologies Corp.)를 사용하여 단계적으로 280°C까지 상승한 후, 90분 동안 산분해 후 물로 일정량으로 하여 유도결합플라즈마방출분광기(ICP, Inductively Coupled Plasma Spectrometer, Optima ICP-OES 2100DV, PerkinElmer)로 측정하였다.

베타인(Betaine) 분석

함초 분말을 증류수에 5%(w/v) 농도로 하여 40°C 항온수조에서 24시간 진탕한 후 12,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액을 얻고, Betaine 표준품(Fluka)은 물을 용매로 0.25 mg/g, 0.5 mg/g, 1.0 mg/g 농도로 하고, 이들을 모두 0.2 μl syringe filter로 여과하여 이 등[7]의 방법을 응용하여 분석하였다. 베타인 정량분석을 위한 HPLC/PDA system은 DIONEX HPLC pump (Model P680), Auto injector (Model ASI-100) 및 Photodiode Array detector (Model PDA-100)로 구성되어 있으며, 컬럼은 Spherisorb 5 ODS2 column (5 μm, 4.6 × 250 mm, waters)을 사용하였고, 이동상 용매는 13 mM sodium heptane sulfonic acid 와 5 mM Na_2SO_4가 혼합된 용매를 1N H_2SO_4 용액으로 pH 3.7로 조정하여 분석하였고, 유속은 0.8 ml/min, 시료주입량은 10 μl로 하여 200 nm에서 측정하였다.

콜린(Choline) 분석

김[8]의 방법을 적용하여 함초 분말 5 g을 Fig. 1과 같이 처리하고 acetonitrile 5 ml에 용해하여 유도체화 반응 시험용액으로 사용하였다.

Choline([2-hydroxyethyl] trimethylammonium chloride, sigma) 표준원액(200 ppm) 및 시험용액을 각각 1 ml씩 취하여 vial에 넣고 0.04% DBAP (2,4'-Dibromoaceto phenone, or 4-Bromophenacyl bromide) 시액 1 ml를 가하여 잘 혼합한 후, 30°C 수욕상에서 30분간 반응시켜 유도체화(DBAP-choline)한 후 HPLC로 분석하였다(Table 1 참조).

폴리페놀화합물(Total phenolic compounds)

총페놀성 물질 함량은 Folin-Denis 방법[9]에 따라 분석하였다. 함초와 칠면초 분말에 50% Ethanol을 가하여 5.0 mg/ml로 하여 2시간 진탕 추출한 후, 25 ml의 증류수가 함유된 50 ml 메스플라스크에 1 ml씩 넣고 잘 혼합하여 Folin-Denis 시액 2.5 ml와 탄산나트륨포화용액 5 ml를 차례로 넣은 다음 증류수로 50 ml 용량을 채운다. 이것을 잘 혼합하여 실온에서 30분 방치한 후 UV/VIS 분광광도계(UV-Visible Spectrophotometer, Varian Cary 3E)로 760 nm에서 흡광도를 측정하며, 표준물질은 Tannic acid를 이용하였다.

Free radical 소거활성 측정

DPPH에 의한 항산화 활성은 화합물이 DPPH radical에 전자를 공여함으로써 자유기를 소거하는 활성을 측정하는 것으로 DPPH (1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl : $C_{18}H_{12}N_5O_6$, FW : 394.32)를 메탄올에 희석하여 흡광도를 반복 측정하여 흡광도가 1인 농도를 선택하고, UV-Vis Spectrophotometer (Varian Cary 3E)를 이용하여 200~800 nm의 전구간 파장에서 Scanning한 결과 가장 강한 흡광도를 나타낸 516 nm에서 흡광도를 측정하였다.

염생식물의 DPPH에 대한 라디칼소거능은 CH_2Cl_2와 같

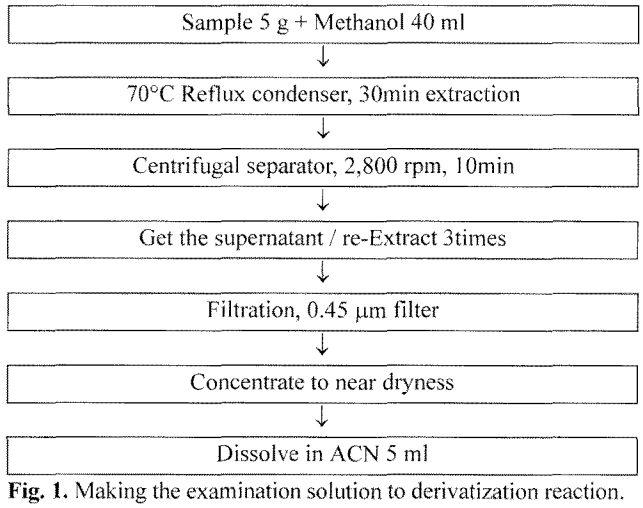

Fig. 1. Making the examination solution to derivatization reaction.

Table 1. HPLC operation conditions for DBAP-choline analysis

Instrument	Dionex HPLC/PDA system
Column	Capcellpak C_{18} Type MGII (5 μm, 4.6 × 150 mm, Shiseido)
Detector	UV-260 nm
Mobile phase	ACN : 0.02M KH_2PO_4 (60:40)
Flow rate	1.0 ml/min
Injection volume	10 μl

은 비극성 용매추출물의 경우 효과가 거의 없는 반면, 극성인 메탄올 추출물은 효과가 크다는 이 등[10]의 보고에 따라 분말시료에 메탄올을 가하여 1 mg/ml 농도로 조제하여 16시간 추출하고, 0.1 mM DPPH 용액 3 ml에 추출액 1 ml를 주입하고, 상온에서 30분 반응시킨 후 Free Radical 소거활성을 측정하였다. 또한 대조구로 합성산화방지제인 Quercetin Dihydrate ($C_{15}H_{10}O_7.2H_2O$), Rutin Hydrate ($C_{27}H_{30}O_{16}.XH_2O$), TBHQ (tert- butylhydroquinone;$C_{12}H_{14}O_2$), BHA (Butylated Hydroxyanisole;$C_{11}H_{16}O_2$), BHT (Butylated Hydroxytoluene; $C_{15}H_{24}O$) 및 Ascorbic acid ($C_6H_8O_6$)를 각각 0.1 mM 농도로 조제하여 비교하였다.

DPPH radical scavening activity(%)는 시료첨가구와 비첨가구의 흡광도차를 백분율로 표시하였다.

DPPH scavenging activity(%) = (1-시료첨가구 OD/비첨가구 OD) × 100

결과 및 고찰

미네랄

함초의 미네랄 성분에 대한 조사결과 Table 2와 Fig. 2에 나타냈다. Na, K는 칠면초보다 함초에 많고, Ca, Fe, Mn은 함초보다 칠면초에 많았으며, Mg, Zn, Cu는 함초와 칠면초에서 비슷한 결과를 보였다. 함초 잎·줄기 부위의 Na, Mg, Ca, K는 각각 평균 100,006 mg/kg, 6,263 mg/kg, 2,750 mg/kg, 1,385 mg/kg이며 함초 뿌리 부위는 각각 19,138 mg/kg, 1,766 mg/kg, 1,164 mg/kg, 1,260 mg/kg으로 잎·줄기 부위과 뿌리 부위보다 Na은 5.2배, Mg은 3.5배, Ca은 2.4배가 높았다. 칠면초의 잎·줄기 부위의 Na, Mg, Ca, K은 각각 평균 85,332 mg/kg, 7,005 mg/kg, 4,344 mg/kg, 710 mg/kg이며 칠면초 뿌리 부위는 각각 32,904 mg/kg, 2,005 mg/kg, 2,967 mg/kg, 599 mg/kg으로 잎·줄기 부위과 뿌리 부

Table 2. The range of mineral contents (mg/kg)

	Group		Growth	Maturity	Harvest	Seeds	mean
Na	Salicornia herbaciea	top part	105,100~114,800	116,700~128,100	82,960~93,640	76,810~79,270	100,006
		root	24,130~42,590	17,570~18,230	12,370~13,370	11,780~12,340	19,138
	Suaeda japonica	top part	91,120~101,300	75,010~85,490	67,160~93,960	-	85,332
		root	38,650~48,940	24,640~26,100	27,900~29,370	-	32,904
Mg	Salicornia herbaciea	top part	7,707~8,749	5,833~6,650	5,252~6,478	4,434~4,852	6,263
		root	1,829~3,440	1,806~1,967	1,144~1,282	1,231~1,384	1,766
	Suaeda japonica	top part	8,236~9,577	5,922~6,963	4,843~6,805	-	7,005
		root	1,828~2,408	1,636~1,858	2,007~2,254	-	2,005
Ca	Salicornia herbaciea	top part	2,892~3,396	2,783~3,310	2,211~2,850	2,180~2,395	2,750
		root	1,454~2,732	909~1,007	635~801	820~945	1,164
	Suaeda japonica	top part	5,009~5,975	4,112~5,007	2,456~3,831	-	4,344
		root	1,903~2,418	3,514~4,193	2,665~3,043	-	2,967
K	Salicornia herbaciea	top part	1,976~2,040	1,344~1,390	116~1,241	1,276~1,351	1,385
		root	437~856	1,596~1,638	1,407~1,455	1,290~1,306	1,260
	Suaeda japonica	top part	928~980	616~687	519~540	-	710
		root	576~771	565~605	506~538	-	599
Fe	Salicornia herbaciea	top part	65.2~67.5	72.8~79.3	136.3~149.0	228.9~250.1	90.37
		root	428.2~494.4	151.5~168.1	550.7~626.0	512.8~591.9	356.30
	Suaeda japonica	top part	512.8~591.9	2,227~2,550	1,364~1,534	-	1,434.87
		root	2,105~2,427	19,450~22,460	7,701~9,181	-	10,372.78
Mn	Salicornia herbaciea	top part	163.7~212.7	15.48~21.46	122.8~175.6	38.86~48.40	98.88
		root	65.09~145.0	14.97~19.24	41.9~56.36	13.39~16.58	45.31
	Suaeda japonica	top part	114.2~151.2	94.34~120.90	100.1~146.1	-	119.09
		root	89.2~361.2	138~1,794	3,011~3,961	-	1,675.29
Zn	Salicornia herbaciea	top part	25.48~32.29	23.82~53.18	19.61~29.28	39.42~44.77	33.25
		root	18.65~28.70	21.25~38.27	27.35~66.17	16.19~17.85	27.86
	Suaeda japonica	top part	16.26~19.02	19.41~25.25	16.45~18.74	-	19.23
		root	15.41~22.46	42.67~66.15	35.97~41.83	-	36.92
Cu	Salicornia herbaciea	top part	4.939~5.557	1.208~1.622	-	-	3.362
		root	5.531~6.354	0.451~2.966	0.616~1.385	-	2.995
	Suaeda japonica	top part	2.454~2.929	1.260~1.529	3.751~4.181	-	2.682
		root	3.798~6.114	8.127~17.84	8.243~9.915	-	8.409

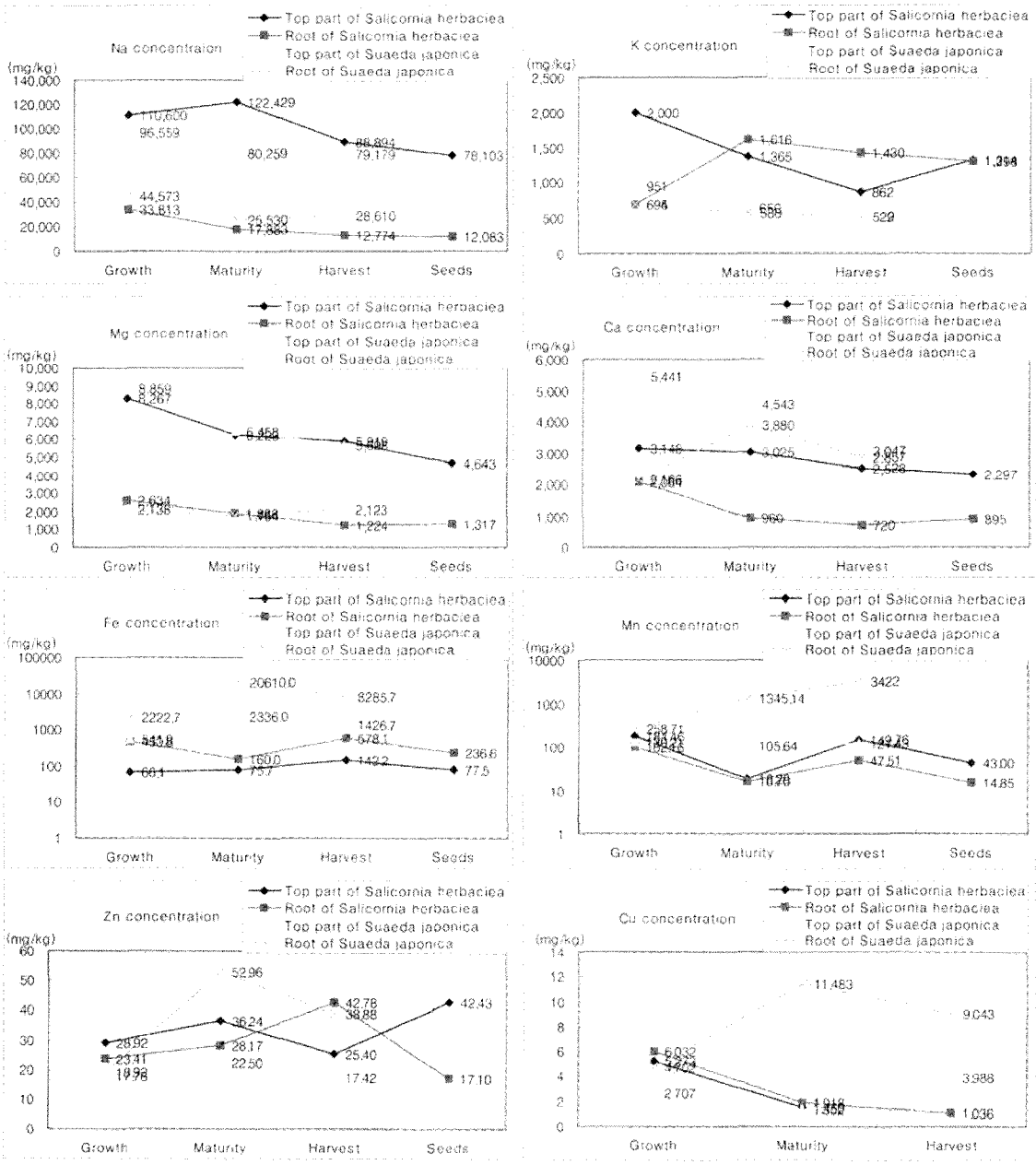

Fig. 2. Mineral contents of *Saliconia herbacea* and *Suaeda japonica.*

위보다 Na 2.6배, Mg 3.5배, Ca 1.5배 높게 나타났다. 한편 Fe, Mn, Zn, Cu는 잎·줄기 부위보다 뿌리 부위, 특히 칠면초 뿌리에 많이 함유되어 있었다. 칠면초 뿌리 부위의 Fe, Mn, Zn, Cu는 각각 평균 10,372.8 mg/kg, 1,675.3 mg/kg, 36.9 mg/kg, 8.4 mg/kg이며 잎·줄기 부위는 각각 1,434.9 mg/kg, 119.1 mg/kg, 19.2 mg/kg, 2.7 mg/kg으로 Fe는 7.2배, Mn은 14배, Zn은 1.9배, Cu는 3.1배 뿌리 부위에서 높게 나타났다. 함초 잎·줄기 부위의 Fe, Mn, Zn, Cu는 각각 평균 90.4 mg/kg, 98.9 mg/kg, 33.3 mg/kg, 3.4 mg/kg이며 뿌리 부위는 각각 356.3 mg/kg, 45.3 mg/kg, 27.9 mg/kg, 3.0 mg/kg으로 Fe는 3.9배 뿌리부위에서 높았고, Mn은 2.9배 잎·줄기 부위가 높았다.

함초는 갯벌과 염전 등 고농도의 염류 토양에서 자라는 내염성식물이기 때문에 바닷물 속에 포함되어 있는 각종 미네랄 성분이 다량 함유되어 있다고 알려져 있다[11]. 함초는 염 흡수에 있어서 체내에 Na이 K보다 많고, Na의 흡수가 빠르며 Na이 식물체내에 축적되는 축적형 식물로서 다육질 형태가 된다고 보고되었고[12], 염의 농도가 증가할수록 Na의 흡수량은 증가하고, K와 Ca의 흡수는 감소한다고 하였으며[13], 김영석 등[14]은 해수농도가 증가할수록 Na의 농도는 증가하고 K의 농도는 감소하는 경향을 보이며 Na, Mg, K는 6월에 가장 높고 Ca, P는 9월에 가장 높다고

보고하였다. 본 조사에서도 채취시기별로 부위별로 미네랄 성분에 차이를 보였다(Fig. 2 참조). 미네랄 성분 조성 비율은 전체적으로 Na이 가장 많았고 그 다음으로 Mg, Ca, K, Fe, Mn, Zn, Cu 순이었다. 차 등[1]은 Na, K, Mg, Ca, P 순으로 함초의 미네랄 성분 조성을 보고하였고, 함초를 잎, 줄기, 뿌리로 나누어 분석한 민 등[15]은 Na, K, Ca, Mg 순으로 잎 부위에서 1003.4 mg/100 g, 650.1 mg/100 g, 237.5 mg/100 g, 46.5 mg/100 g로 보고하였다. 신 등[16]은 Na, Ca, K, Mg에서 각각 2880 mg/100 g, 440 mg/100 g, 930 mg/100 g 및 256 mg/100 g 함유한 것으로 보고 하였는데 이와 같은 차이는 채취장소와 시기, 건조방법이 다르기 때문으로 보인다. 또한 각 성분의 함량이 기존 보고된 자료보다 본 조사에서 높은 것은 시료채취 지역과 시기의 차이, 자연건조와 동결건조처리의 차이에 기인하는 것으로 추측된다. Na은 함초 잎·줄기 부위와 칠면초 잎·줄기 부위에서 높았는데, 특히 성숙기 함초 잎·줄기 부위에서 122,429 mg/kg으로 가장 높았고, 이는 함초농사 초기에 바닷물 유입과 증발과정을 여러번 거치는 것과 관련이 있는 것으로 보이며, 뿌리 부위에서는 바닷물에 잠겨있는 칠면초가 함초보다 높았다. K는 성장기 함초 잎·줄기 부위에서 2,000 mg/kg으로 가장 높았고, 함초의 잎·줄기에서 시간이 흐를수록 감소하는 반면 뿌리 부위에서 증가하였고, 칠면초는 잎·줄기 및 뿌리가 비슷하였다. Mg은 함초와 칠면초에서 시기별·부위별로 비슷하게 함유되어 있으며, 성장기 잎·줄기 부위에서 함초 8.267 mg/kg, 칠면초 8.859 mg/kg으로 높았다.

Ca은 성장기 함초의 잎·줄기에 3,149 mg/kg, 성장기 칠면초의 잎·줄기에 5,441 mg/kg으로 함초보다 칠면초에 많이 함유되어 있었으며, 칠면초 뿌리 부위에서는 3,880 mg/kg로 성숙기에 가장 높았다. 함초 채취 시기별 미네랄 함량을 본 차 등[1]의 보고에서도 Na은 8월에 가장 높고, K는 6월에 가장 높게 나타나 본 조사와 동일한 경향을 보였다. Fe는 함초와 칠면초 모두 잎·줄기에 비해 뿌리에서 높았으며, 전 시기에 걸쳐 함초보다 칠면초의 함량이 높았으며, 특히 성숙기 칠면초 뿌리에서 20,610 mg/kg으로 매우 높게 나타났다. Mn은 함초는 잎·줄기 부위가 뿌리 부위보다 높고 칠면초는 뿌리 부위가 잎·줄기 부위에 비해 높으며, 시기별로 함초 잎·줄기와 뿌리, 칠면초 잎·줄기는 성숙기에 가장 낮은 반면 칠면초 뿌리는 시간이 흐를수록 증가하여 수확기에 3,422 mg/kg으로 가장 높게 나타났다. Zn은 성숙기 칠면초 뿌리에서 52.96 mg/kg으로 가장 높았고, 함초 잎·줄기 부위는 씨앗수확기에 42.43 mg/kg, 함초 뿌리 부위는 수확기에 42.78 mg/kg으로 높게 나타났다. Cu는 함초와 칠면초 모두 잎·줄기 부위보다 뿌리 부위에서 높았고, 특히 성숙기 칠면초 뿌리에서 11.48 mg/kg으로 가장 높게 나타났다.

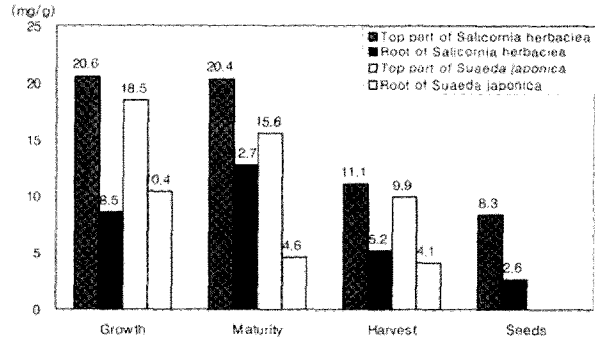

Fig. 3. The contents of betaine from *Saliconia herbacea* and *Suaeda japonica* extracts.

베타인(Betaine)

베타인은 간독성 저하 및 손상된 간세포 개선에 효과가 있으며[17], 생체내 생화학 반응에서 중요한 메틸 공여체로 작용하는데, 베타인은 콜린의 생체 내 최종 대사 산화물로 간에서 betaine- homocysteine methyltransferase 촉매하여 호모시스테인으로부터 메티오닌 생성을 위한 메틸 그룹 공여체로 작용한다[18]. 특히 최근 혈액순환관련 유발인자로 부각되고 있는 호모시스테인의 잠재적 독성 수준을 감소시켜 주는 것으로 연구되어 심혈관계 건강에 중요한 역할을 하는 영양소로 알려지고 있다. 함초와 칠면초를 시기별로 잎·줄기 부위와 뿌리 부위로 나누어 3회 반복 측정한 결과 평균값은 Fig. 3에 범위는 Table 3에 나타냈다. 함초 잎·줄기 평균은 15.09 mg/g, 함초 뿌리 평균은 7.27 mg/g, 칠면초 잎·줄기 평균은 14.64 mg/g, 칠면초 뿌리 평균은 6.35 mg/g이었다.

함초는 성장기(20.6 mg/g)부터 성숙기(20.4 mg/g)까지 잎·줄기부위에서 가장 높게 나타났고, 뿌리부위는 성숙기(12.7 mg/g)에 가장 높게 나타났다. 칠면초는 성장기 잎·줄기 부위(18.5 mg/g)가 가장 높게 나타났고 잎·줄기 부위와 뿌리 부위 모두 시간이 흐를수록 감소추세를 보였다. 잎·줄기부위와 뿌리부위를 모두 합한 경우 함초는 성장기에 29.1 mg/g, 성숙기에 33.1 mg/g으로 성숙기에 베타인

Table 3. The range of betaine contents (mg/g)

Group		Growth	Maturity	Harvest	Seeds	mean
Salicornia herbaciea	top part	19.0~21.6	18.3~22.3	10.0~12.3	7.1~9.5	15.09
	root	7.1~9.3	11.9~13.6	4.5~5.9	2.3~3.2	7.27
Suaeda japonica	top part	14.0~22.6	10.7~20.4	6.7~12.4	-	14.64
	root	9.5~12.4	2.9~6.0	3.1~4.8	-	6.35

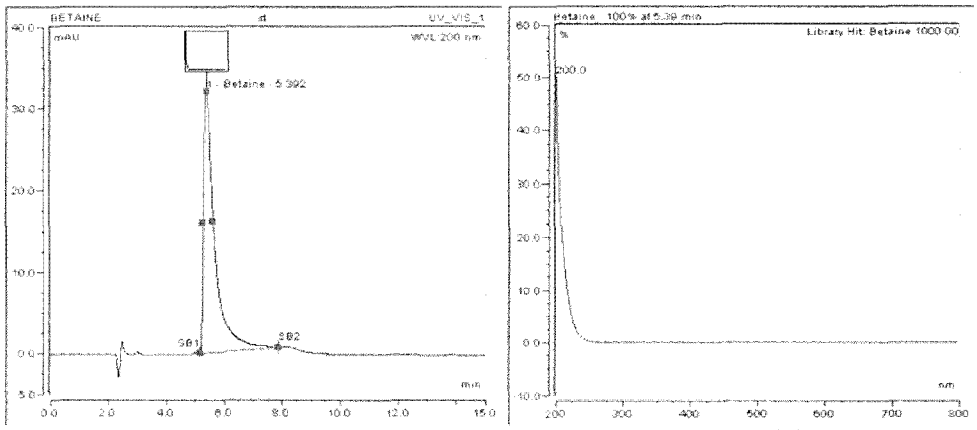

Fig. 4. Integration View and UV Spectra (PDA) of Betaine.

Table 4. The range of choline contents (mg/100 g)

Group		Growth	Maturity	Harvest	Seeds	mean
Salicornia herbaciea	top part	18.1~19.9	14.2~17.1	24.3~25.8	23.2~24.5	20.88
	root	23.9~24.6	18.8~20.1	24.3~26.3	24.2~24.8	23.39
Suaeda japonica	top part	23.8~24.2	23.6~24.5	21.0~21.6	-	23.12
	root	24.35~23.4	23.4~23.7	23.8~24.4	-	23.84

함량이 높게 나타났으며 칠면초는 성장기에 28.9 mg/g, 성숙기 20.1 mg/g으로 성장기에 높았다.

음건한 함초에서 베타인 함량을 분석한 차 등[1]은 6월, 8월 및 10월 채취 함초에서 각각 0.248%, 0.269%, 0.204% 수준으로 보고하였고, 음지 풍건한 함초 분말을 50% 메탄올에 10% 농도로 추출한 다음 이온교환수지 컬럼으로 정제한 후 PBPB시약으로 유도체화하여 UV-labelling 조작한 후 HPLC로 베타인을 측정한 이 등[19]은 4.85 mg/ml으로 보고하였다. 신 등[16]은 음지 풍건한 함초에서 888 mg/100 g의 베타인이 함유된 것으로 보고하였고 박 등[20]은 장명의 건구기자의 베타인 함량이 0.66~0.95%라고 보고하였으며, 박 등[21]은 잇바디돌김에서 100 g당 14.4~28.8 mg으로 보고하였다. 본 연구에서 기존 연구에서보다 함량이 높게 나타난 것은 함초 건조방법의 차이에 기인한 것으로 사료되며, 기존 연구에서는 음지 자연건조한 것이나, 수분이 많고 통통한 함초는 건조가 수월하지 않아 본 연구에서는 물성의 변화를 막기 위하여 채취한 즉시 세척하고 동결건조 처리한 것과 관련이 있는 것으로 추정된다.

HPLC/PDA로 분석한 베타인의 UV spectrum은 Fig. 4와 같고, 상관계수 $r^2 = 0.9999$이었다.

콜린(Choline)

콜린은 세포벽을 구성하고 있는 인지질과 신경전달성 아세틸콜린 내에서 발견되는 비타민 B 복합체에 속하는 수용성 필수영양소이다. 콜린은 체내에서 세포막의 구조유지와 신호전달, 아세틸콜린 합성, 메틸기 공급의 역할을 하는 것으로 알려져 있다[22-23]. 콜린은 빈혈치료제, 비타민 결핍증 치료제, 간질환 치료제 등으로 약품제제로 이용되고 있는데[8], 콜린 결핍이 일어나면, 인체에서는 간의 손상이 일어난다고 보고되고 있으며, 쥐에서는 간의 콜린과 콜린대사물의 농도가 감소하고, 간암의 발생증가 및 발암성분에 대한 감수성의 증가와 상관성이 있는 것으로 보고되고 있다[24].

함초와 칠면초의 메탄올 추출물을 DBAP-choline으로 유도체화하여 HPLC/PDA로 분석한 결과, 함초 잎·줄기 평균은 20.9 mg/100 g, 함초 뿌리 평균은 23.4 mg/100 g, 칠면초 잎·줄기 평균은 23.1 mg/100 g, 칠면초 뿌리 평균은 23.8 mg/100 g으로 나타났다(Table 4 참조). 함초의 경우 수확기(25.1 mg/100 g)에 가장 높고, 8월 성숙기에 잎·줄기(15.6 mg/100 g)와 뿌리(19.5 mg/100 g)에서 모두 가장 낮은 함량을 보였다(Fig. 5 참조). 베타인이 성숙기에 가장 높고 성장기 수확기 순으로 함량이 낮아지는 것과 반대의 경향을 보이며, 이는 베타인은 콜린이 산화되어 전환되기 때문으로 보인다. 칠면초 잎·줄기 부위는 수확기에 가장 낮고 뿌리 부위의 콜린 함량은 시기별로 차이가 없는 것으로 나타났다. 콜린 함량을 효소법으로 분석한 조 등[25]에 따르면, 두유 24.65 mg/100 g, 양송이 버섯 21.44 mg/100 g, 생고구마 21.98 mg/100 g, 대두 23.86 mg/100 g으로 보고하였고, 함초 및 칠면초에서 이와 비슷하게 함유하고 있는 것으로 보인다.

HPLC/PDA로 분석한 콜린의 UV spectrum은 Fig. 6과 같고, 상관계수 $r^2 = 0.9993$이다.

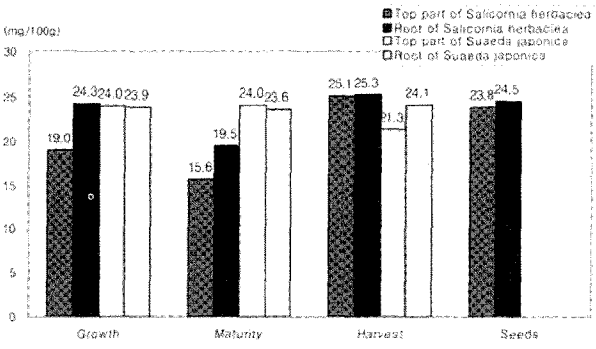

Fig. 5. The contents of choline from *Saliconia herbacea* and *Suaeda japonica* extracts.

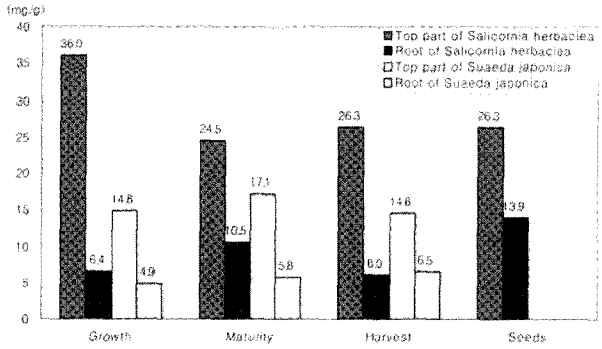

Fig. 7. The contents of total polyphenol compounds from *Salicornia herbacea* and *Suaeda japonica* extracts[ml].

폴리페놀화합물(Total polyphenol compounds)

페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물의 하나로써 다양한 분자구조와 분자량을 가진다. 이들은 phenolic hydroxyl (OH)기를 가지기 때문에 단백질 및 기타 거대분자들과 쉽게 결합하여, 항산화, 항암 등의 다양한 생리활성을 가진다[26].

시기별, 부위별 함초와 칠면초의 폴리페놀화합물의 평균은 함초 잎・줄기(28.3 mg/g), 칠면초 잎・줄기(15.5 mg/g), 함초 뿌리(9.2 mg/g), 칠면초 뿌리(5.7 mg/g) 순으로 조사되었다(Table 5 참조). 특히 함초는 6월 성장기 잎・줄기에서 총페놀화합물 함량이 36.0 mg/g으로 가장 높았고, 칠면초는 8월 성숙기 잎・줄기에서 높았으나, 시기별 차이는 크게 없는 것으로 보인다(Fig. 7). 폴리페놀화합물은 함초의 잎・줄기(28.3 mg/g)가 칠면초의 잎・줄기(15.5 mg/g)보다 1.8배 높았고, 함초의 뿌리(9.2 mg/g)가 칠면초의 뿌리(5.7 mg/g)보다 1.6배 높게 나타나 잎・줄기부위와 뿌리부위 모두 함초가 칠면초보다 1.6~1.8배 높았다. 차 등[1]은 음건한 함초의 폴리페놀화합물은 수용성 추출보다 에탄올 추출물에서 높으며, 특히 8월 함초에서 100 g당 1.158%로 보고하였다. 최 등[27]은 음건한 칠면초 분획추출물의 폴리페놀함량은 ethyl Acetate, Butanol, methanol 추출순으로 21.33 mg/g, 17.31 mg/g, 2.33 mg/g으로 추출용매에 따라 차이를 보고하였다. 순비기나무 줄기 추출물을 감압농축, 동결건조 처리한 주 등[28]은 에탄올 추출물의 폴리페놀함량이 176.34 mg/g으로 가장 많고 열수 추출물에서 171.17 mg/g, 물 추출물에서 122.01 mg/g으로 보고하였다. 문 등[29]은 건조

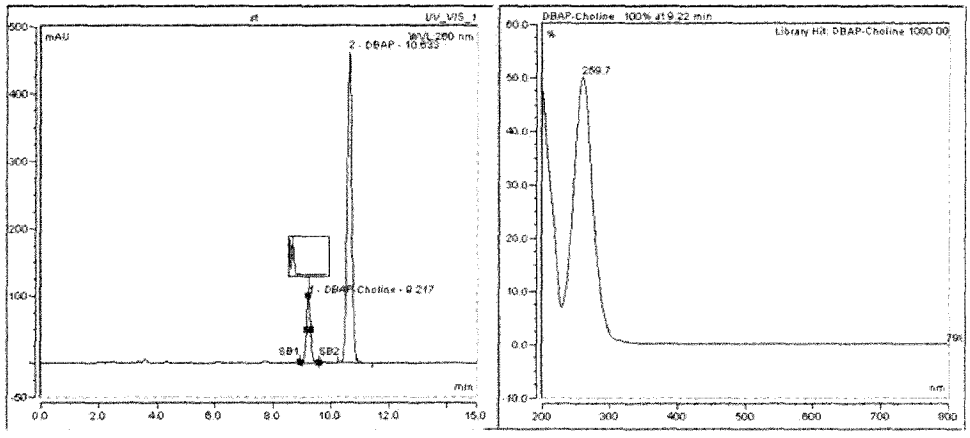

Fig. 6. Integration View and UV Spectra (PDA) of Choline.

Table 5. The range of total polyphenol compounds contents (mg/g)

Group		Growth	Maturity	Harvest	Seeds	mean
Salicornia herbaciea	top part	31.4~39.5	23.2~25.5	22.9~29.3	24.3~27.3	28.27
	root	5.2~7.1	9.6~11.8	5.6~6.1	7.8~17.0	9.20
Suaeda japonica	top part	14.6~15.1	16.3~18.5	12.7~16.2	-	15.51
	root	4.1~5.5	5.5~6.0	5.5~7.1	-	5.70

약용식물을 메탄올 추출하여 정향 10.31 mg/g, 목단 5.57 mg/g, 측백 4.74 mg/g, 계피 3.03 mg/g으로 보고하였다.

Free radical 소거활성 측정

항산화 활성 측정법으로 가장 많이 이용되고 있는 것은 DPPH free radical 소거능에 의한 간접적인 방법이다. DPPH는 비극성 용매에서보다 극성용매에서 비교적 안정한데 이는 DPPH 내의 질소원자와 알코올 간에 수소결합이 형성되기 때문으로 밝혀지고 있다[10].

조제한 0.1 mM DPPH는 일정시간동안 거의 변화 없이 보라색을 나타내나, 전자공여체로부터 전자나 hydrogen radical을 받으면 반응이 진행됨에 따라 점차 엷은 노란색을 나타내 흡광도 변화를 가져오게 된다. 이와 같은 DPPH의 특성을 이용하여 1 mg/ml 농도로 추출한 함초와 칠면초 추출물의 free radical 소거 효과를 측정하였다(Fig. 8 참조). 함초의 잎·줄기부위의 DPPH free radical 소거 효과가 월등히 높았고, 특히 6월 성장기 함초에서 90.1%로 가장 높았다. 성장기부터 수확기까지의 녹색 함초에 비해 씨앗수확기의 붉은 함초의 항산화력이 상대적으로 낮은 것으로 조사되었다. 함초 뿌리에서는 성숙기에 51.8%로 가장 높았고, 칠면초 잎·줄기 부위에서도 성숙기에 46.7%로 높았다. 칠면초 분획 추출물의 DPPH 라디칼에 대한 전자공여능을 측정한 최 등[27]은 butanol, ethyl acetate, methanol 및 water 추출물 순으로 77.46%, 74.43%, 47.99%, 27.70%의 라디칼 소거능을 보고하였다.

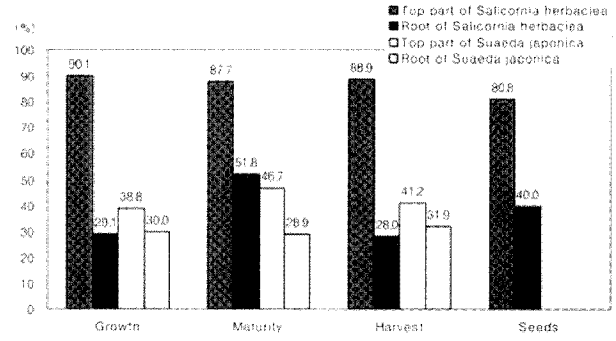

Fig. 8. Effect of Halophyte on DPPH free radical scavenging activity.

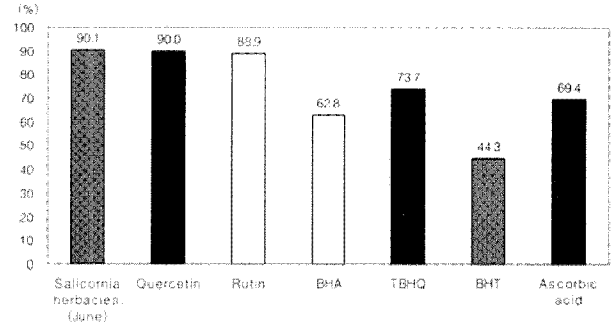

Fig. 9. Comparison of free radical scavenging effects.

성장기 함초 잎·줄기 부위 메탄올 추출물과 0.1 mM 농도로 조제한 합성산화방지제의 DPPH free radical 소거 효과를 비교한 결과, 산화방지제 중에서는 Quercetin이 90.0(%)로 가장 높았고, 성장기 함초(90.1%)와 비슷한 효과를 보였다(Fig. 9 참조). 0.1 mM DPPH에 대한 상용산화방지제 0.1 mM 용액의 Free radical 소거활성 측정결과는 Quercetin, Rutin, TBHQ, Ascorbic acid, BHA, BHT 순으로 항산화력이 강력함을 알 수 있었다. 따라서 농도환산하여, 6월 채취한 함초 잎·줄기 부위 동결건조한 분말 1 g은 TBHQ 20.32 mg, Ascorbic acid 22.86 mg, BHA 25.86 mg, Quercetin 30.26 mg, BHT 40.75 mg, Rutin 42.65 mg에 대응하는 항산화력을 가지고 있는 것을 알 수 있다.

요 약

본 연구는 유용 자원식물인 함초를 식품 및 식물자원으로서 이용가치를 높이는데 있어 그 기초자료로 활용하고자 인천연안 갯벌에서 채취하여 냉동동결건조·분쇄한 함초와 칠면초 분말 시료의 미네랄, 생리활성물질, 항산화 활성을 조사하였다.

1. Na, K는 칠면초보다 함초에 많고, Ca, Fe, Mn은 함초보다 칠면초에 많았으며, Na, K, Mg, Ca는 함초와 칠면초 모두 뿌리보다 잎·줄기에 많이 함유되어 있었다. 함초 잎·줄기 부위의 Na, K, Mg, Ca는 각각 평균 100,006 mg/kg, 1,385 mg/kg, 6,263 mg/kg, 2,750 mg/kg이며 함초 뿌리는 각각 19,138 mg/kg, 1,260 mg/kg, 1,766 mg/kg, 1,164 mg/kg으로 나타났다. 함초 잎·줄기의 Fe, Mn, Zn, Cu는 각각 평균 90.4 mg/kg, 98.9 mg/kg, 33.3 mg/kg, 3.4 mg/kg이며 뿌리는 각각 356.3 mg/kg, 45.3 mg/kg, 27.9 mg/kg, 3.0 mg/kg으로 나타났다.

2. 칠면초의 잎·줄기 부위의 Na, K, Mg, Ca은 각각 평균 85,332 mg/kg, 710 mg/kg, 7,005 mg/kg, 4,344 mg/kg이며 칠면초 뿌리 부위는 각각 32,904 mg/kg, 599 mg/kg, 2,005 mg/kg, 2,967 mg/kg으로 나타났다. Fe와 Mn은 칠면초 뿌리에 많이 함유되어 있으며, 칠면초 뿌리의 Fe, Mn, Zn, Cu는 각각 평균 10,372.8 mg/kg, 1,675.3 mg/kg, 36.9 mg/kg, 8.4 mg/kg이며 잎·줄기 부위는 각각 1,434.9 mg/kg, 119.1 mg/kg, 19.2 mg/kg, 2.7 mg/kg으로 나타났다.

3. 베타인의 함량은 함초 잎·줄기 평균 15.09 mg/g, 함초 뿌리 평균 7.27 mg/g, 칠면초 잎·줄기 평균 14.64 mg/g, 칠면초 뿌리 평균은 6.35 mg/g으로 나타났다.

4. 콜린은 DBAP-choline으로 유도체화하여 HPLC/PDA로 분석한 결과, 평균 함초 잎·줄기는 20.9 mg/100 g, 함초 뿌리는 23.4 mg/100 g, 칠면초 잎·줄기는 23.1 mg/100 g, 칠면초 뿌리는 23.8 mg/100 g으로 나타났다.

5. 폴리페놀화합물은 함초 잎·줄기(28.3 mg/g), 칠면초

잎·줄기(15.5 mg/g), 함초 뿌리(9.2 mg/g), 칠면초 뿌리(5.7 mg/g) 순으로 특히 6월 성장기 함초 잎·줄기에서 총페놀화합물 함량이 36.0 mg/g으로 가장 높았고, 잎·줄기부위와 뿌리부위 모두 함초가 칠면초보다 1.6~1.8배 높았다.

6. DPPH에 대한 항산화활성은 함초와 칠면초 추출물의 시료첨가구와 비첨가구의 흡광도차를 백분율로 표시하였고, 함초 잎·줄기부위의 DPPH free radical 소거 효과가 월등이 높았고, 특히 6월 성장기 함초 잎·줄기에서 90.1%로 가장 높았다.

7. 상용산화방지제의 DPPH free radical 소거 효과를 비교한 결과, 6월 채취한 함초 잎·줄기 부위를 동결·건조한 분말 1 g은 TBHQ 20.32 mg, Ascorbic acid 22.86 mg, BHA 25.86 mg, Quercetin 30.26 mg, BHT 40.75 mg, Rutin 42.65 mg에 대응하는 항산화력을 가지고 있다.

참고문헌

1. Cha, J.Y., Jung, J.J., Kim, Y.T., Seo, W.S., Yang, H.J., Kim, J.S., Lee, Y.S.: Detection of Chemical Charateristics in Hamcho (*Salicornia herbacea* L.) according to Harvest Periods, *Journal of Life Science*, **16**(4), 683-690 (2006).
2. Ihm, B. S. and J. S. Lee: The strategies of Salicornia herbacea and Suaeda japonic for coping with environmental fluctuation of salt marsh, Korean J. Environ. Biol. **4**, 15-25 (1986).
3. Jo, Y.C., Ahn, J.H., Chon, S.M., Lee, K.S., Bea, T.J. and Kang, D.S.: Studies on pharmacological effects of glasswort (Salicornia herbacea). Korean J. Medicinal Corp sci. **10**, 93-99 (2002)
4. Jung, B.M., Park, J.A. and Bae, J.S.: Growth Inhibitory and Quinone Reductase Induction Activities of *Salicornia herbacea* L. Fractions on Human Cancer Cell Line *in vitro*, *J Korean Soc Food Sci Nutr*, **37**(2), 148-153 (2008).
5. Kim, K.R., Choi, J.H., Woo, M.H., Kim, Y.H., and Choi, S.W.: Effects of Enzymatic Hydrolysates from Hamcho (*Salicornia herbacea* L.) on Blood Glucose and Serum Lipid Composition in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats, *J Korean Soc Food Sci Nutri*, **37**(2), 170-176 (2008).
6. Korean Food & Drug Adminstration, Food Code, pp.10-6-2~10-6-3 (2008).
7. Lee, C.H., Kim, I.H., Kim, Y.E., Oh, S.W., and Lee, H.J.: Determination of Betaine from *Saliconia herbacea* Journal of Korean Society of Food Science and Nutrition. **33**(9), 1584-1587 (2004).
8. kim, D.S.: Study on Instrumental Analysis of Biotin and choline in foods. KFDA research report (2003).
9. Official Methods of Analysis, 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., 158 (1980).
10. Lee, H.J., Kim, Y.A., Ahn, J.W., Lee, B.J., Moon, S.G., Seo, Y.W.: Screening of Peroxynitrite and DPPH Radical Scavenging Activities from Salt Marsh Plants, *Korean J. Biotechnol. Bioeng*, **19**(1), 57-61 (2004).
11. Attia F.M., A.A. Alsobayel, M.S. Kriadees, M.Y. Al-Saiady and M.S. Bayoumi: Nutrient composition and feeding value of *Salicornia bifelovii* Torr meal in broiler diats. Aminal Feed Sci. Teech. **65**, 257-263 (1997).
12. Min, B.M: On the accumulation of minerals with the plant species in a reclaimed land. *K. J. Ecology*, **13**, 9-18 (1990).
13. Grant, R.C., J.Lynch, A. Lauchli, and E. Epstein: Influx of Na^+, $K^+$and Ca^{2+} into roots of slat-stressed cotton seedlings. *Plant Physiol*, **83**, 510-516 (1987).
14. Kim, Y.S., Huh, M.R. and Park, J.C.: Effects of culture media and seawater on growth and mineral concentrations in glasswort (*Salicornia herbacea*), *Kor. J. Hort. Sci. & Technol*, **19**(3), september (2001).
15. Min, J.G., Lee, D.S., Kim, J.J., Park, J.H.: Chemical Composition of *Salicornia herbacea, J. Food Sci. Nutr.* **7**(1), 105-107 (2002).
16. Shin, K.S., Boo, H.O., Jeon, M.W., Ko, J.Y.: Chemical Components of Native Plant, *Salicornia herbacea* L., *Korean J. Plant. Res*. **15**(3), 216-220 (2002).
17. Kim, S.K., Kim, Y.C.: The effect of repeated betaine treatment on hepatotoxicity and cyrochrome P-450 dependent drug metabolizing enzyme system. *Yakhak Hoeji.* **40**, 440-450 (1996).
18. Perk, E.I. and Garrow. T.A.: Interaction between dietary methionine and methyl donor intake on rat liver betaine-homocysteine methyltransferase gene expression and organization of the human gene. J. Biol. CHem. **274**, 7816-7824 (1999).
19. Lee, C.H., Kim, I.H., Kim, Y.E., Oh, S.W. and Lee, H.J. : Determination of betaine from saliconia herbacea J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. **33**, 1584-1587 (2004).
20. Park, S.J., Park, W.J., Lee, B.C., Kim, S.D., Kang, M.H.: Antioxidative activity of different species *Lycium chinense* Miler extracts by harvest time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **35**, 1146-1150 (2006).
21. Park, C.K., Park, C.H., Park, J.N.: Extractive Nitrogenous Constituents and Their Monthly Variation of Fresh Laver *Porphyra dentata, J. Korean Soc. Food Sci. Nutri*, **30**(4), 579-588 (2001).
22. Jung, H.O., Kim, C.I., Lee, H.S., Jung, Y.J.: Estimation of Dietary Choline Intake of Korean by Gender, Age and Region, *Korean J. Nitri*. **38**(4), 320-326 (2005).
23. Best, C.H. and Huntsman, M.E.: The effects of components of lecithin upon deposition of fat in the liver. *J. Physiol*. **75**, 405-412 (1932).
24. Zeisel, S.H., Zola, T., daCosta, K. and Pomfret, E.A.: Effect of choline deficiency and S-adenosylmethionine and methionine concentration in rat river. *Biochem. J.* **259**, 725-729 (1989).
25. Cho, H.J., Na, J.S., Jung, H.O., Chung, Y.J.: Choline Contents of Korean Common Foods, *Korean J. Nitri,* **41**(5), 428-438 (2008).
26. Jung, M.S., Lee G.S. and Chae H.J.: *In vitro* biological activity assay of ethanol extract of Radish. Journal of Korean Society for Applied Biological Chemistry. **47**(1), 67-71 (2004).

27. Choi, J.I., Kim, Y.J., Kim, J.H., Song, B.S., Yoon, Y.H., Byun, M.W., Kwon, J.H., Chun, S.S. and Lee, J.W.: Antioxidant Activities of the Extract Fractions from *Suaeda japonica*, *J Korean Soc Food Sci Nutr.* **38**(2), 131-135 (2009).
28. Joo, E.Y., Lee, Y.S., and Kim, N.W.: Polyphenol Compound Contents and Physiological Activities in Various Extracts of the *Vitex rotundifolia* Stems, *Korean Soc Food Sci Nutr.* **36**(7), 813-818 (2007).
29. Moon, J.S., Kim, S.J., Park, Y.M.: Activities of antioxidation and alcohol dehydrogenase inhibition of methanol extracts from some medicinal herbs, *Korean J Food Preserv*, **11**, 201-206 (2004).