

염생식물의 기능 - 통통마디(*S.hrbacea*)의 항산화능 -

김종배[†] · 최선남 · 최규홍 · 임성한* · 채숙진
([†] 군산대학교 · *주식회사 효성)

Functional Components of Holophyte - Antioxidant substances in *Salicornia herbacea* L. -

Jong-Bae KIM[†] · Sun-Nam CHOE · Kyu-Hong CHOE · Seong-Han LIM* · Suk-Jin CHAI
[†] Kunsan National University, *Hyosung Corporation

(Received April 28, 2007 / Accepted July 12, 2007)

Abstract

This study was to investigate the chemical content and antioxidant activity by the part of *Salicornia herbacea* as part of using *Salicornia herbacea* as materials of functional foods. On a basis of the materials, this study was to clarify the nutritional excellence, chemical composition, and antioxidant activity of *Salicornia herbacea*. From the result of this research above, it may be summed up as follows.

The *Salicornia herbacea* used in the experiment contained the moisture and crude fiber in the stalks a lot, and the protein, fat, and ash in the branches more. As to the content of free amino acid, the content of arginine took in the branches and stems most.

Then, it contained threonine, glycine, tryptophan, valine, isoleucine, and lysine, etc. in the branches a lot. Also, it contained threonine, glutamic acid, tyrosine tryptophan alanine, and isoleucine in the stalks a lot. It was shown to be contained of essential amino acids like isoleucine, leucine, threonine, valine, methionine, lysine, phenylalanine, and tryptophan in the branches and steams more.

As to the content of fatty acid in *Salicornia herbacea*, it found out that it contained the unsaturated fatty acid more than the saturated fatty acid. It took the content of eicosenoic acid(20:1) in the branches and stalks most. And then, it contained linoleic acid(18:2), pehtadecenoic acid(15:1), palmitic acid(16:0), and oleic acid(18:1), etc. a lot.

As to the antioxidant activity in *Salicornia herbacea* using the DPPH radical, it was shown to be existed in the largest antioxidant activity when the concentration of methanol extract from *Salicornia herbacea* was 1 mM. There was higher antioxidant activity than 100 ppm BHT used as control plot when the concentration of methanol extract from the stalks was 100 μ M.

From the result of experiment above, *Salicornia herbacea* contained the essential amino acid a lot. It will be possible to be used as natural antioxidants because it has excellent

[†] Corresponding author : 063-469-1824, jbkim@kunsan.ac.kr

* 이 연구는 군산대학교 수산과학연구소 학술연구비 지원에 의하여 수행되었음

antioxidant effect. Therefore, this researcher concludes that it will be available in using it as materials of functional foods.

Key words : Functional component, Antioxidant activity, Salicornia herbacea

I. 서론

식물 중에는 바닷가, 염전 주위 등 염기(鹽氣)가 있는 곳에서 서식하는 식물들이 있는데 이를 염생식물(halophyte)이라 한다. 이러한 식물들은 소금기가 있는 땅에서 사는 식물들로서 토양의 염분농도가 높아 일반 육상식물이 생육할 수 없는 지역에 생육하며, 바닷가와 내륙에서는 염분이 있는 호숫가와 암염(巖鹽)이 있는 지대에서 잘 자라는 식물을 말한다. 생육하고 있는 지대의 수분 정도에 따라서 건염생 식물(乾鹽生植物)과 습염생 식물(濕鹽生植物)로 구분하지만, 모두 세포 안에 많은 소금기가 들어 있어 삼투압이 높기 때문에 토양 용액의 침투가 높을 때도 물을 빨아들일 수 있는 특색이 있다. 이들 염생식물은 우리나라에 16과 40여종이 보고되고 있으며(임, 인터넷자료), 특히 서남해안 갯벌의 상부 지역에 그 군락이 잘 발달하여 있다. 대표적인 종으로는 통통마디(*Salicornia herbacea*), 갯질경(*Limonium tetragonum*), 통보리사초(*Carex kobomugi*), 나문재(*Suaeda aspragoide-s*), 칠면초(*Suaeda japonica*), 해홍나물(*Suaeda maritima*) 등이 있으며 이 중 통통마디(*Salicornia herbacea*)는 습염생 식물로서 명아주과에 속하고 우리나라 서해안과 울릉도 바닷가에서 잘 자라는 일년초(一年草)로서 그 모양이 통통하고 마디마디가 튀어나와서 우리말로 통통마디라고 부른다. 통통마디의 줄기는 마디가 많고 두드러지며 가지는 2~3번 갈라져서 마주 난다. 가지는 다육질로 비대하고 진한 녹색이며 잎은 없고, 키는 10~40cm쯤 자라고 꽃은 6~8월 가지 끝에 녹색으로 보일 듯 말 듯 피며, 열매는 10월에 납작하고 까맣게 익는다. 통통마디는 봄부터 여름까지 녹색이다가 가을이 되면 진한 빨

강색으로 물든다. 통통마디는 염류 농도가 높은 갯벌에서 자라기 때문에 삼투압을 견디기 위해 식물체내에 육상 식물보다 높은 염류를 저장한다. 최근 보고에 의하면 Na 성분뿐만 아니라 Ca, K, Mg, Fe, Zn 성분들이 통통마디에 고농도로 존재하는 것으로 알려졌다(Min et al. 2002).

통통마디가 생산되는 지역에서는 통통마디의 독특한 짠맛과 구전되어온 다양한 생리적 효능 때문에 전라남도 해남 지역에서는 생나물의 형태로 식용하고 있으며 황해도 지방에서는 시력저하, 소화불량, 위장병, 간염, 신장병 등에 민간요법으로 사용되어 왔으나 그 약효를 입증할 만한 과학적 근거는 찾아볼 수 없었다. 그러나 최근에 변비 개선 효과 및 다이어트 목적의 기능성 식품으로 개발하려는 시도가 있었고, 기능성 식품 개발 및 생리활성 물질 추출 이용 등 그 이용범위가 점차 확대되고 있는 추세이나, 아직까지 국내에서는 재배가 이루어지고 있지 않고 자연채취에 의존하고 있다. 염생식물에 관한 연구로는 주로 염생식물의 생리적 기작 및 생태적 특성 관련 연구(Hong et al. 1970; Kim et al. 1975; Kim, 1980; Kim et al. 1982; Kim et al. 1983; Kim et al. 1985; Ihm et al. 1986; Kim et al. 1986; Min et al. 1989; Kim, 1991; Ihm et al. 1995; Min, 1998)와 간척지 토양에서의 내염성이 강한 수도 작물, 화훼작물, 전작물 등의 재배 관련연구(Jeong et al. 1984; Ho et al. 1991; Choi et al. 1991; Kim et al. 1993; Lee, 1991; Chung, 1991)가 대부분이었으나 최근에는 통통마디의 MeOH 추출물을 실험동물에 투여했을 때 혈중 콜레스테롤 및 혈중 지질이 감소하였다는 보고(Jo et al. 2002)와 통통마디 추출물의 항산화 효과에 대한 보고(Han et al. 2003, Park et al. 2004), 그리고 당뇨를 유발한 쥐에 통통마디를 첨가한 사료를 섭취시킨

결과 당뇨에 의한 체중 감소현상을 억제하고 혈당강하효과와 혈청 총 지질과 중성지방 저하 효과가 있다는 보고가 있다(Bang et al. 2002).

이러한 통통마디는 우리나라에서는 아직 대중에게 널리 알려져 있지 않지만 일부 지역에서는 식용하고 있고 통통마디가 갖고 있는 화학성분의 특성 때문에 기능성 식품소재로서 이용할 수 있는 가치가 있다고 사료된다.

따라서 본 연구에서는 통통마디를 기능성 식품소재로 활용하기 위한 기초적 자료를 얻고자 통통마디의 화학성분과 그 특성을 조사하고 통통마디 추출물의 항산화 효과에 대한 실험을 하고 그 결과를 보고한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

2004년 6월 초 충남 보령시 오천항 주변에서

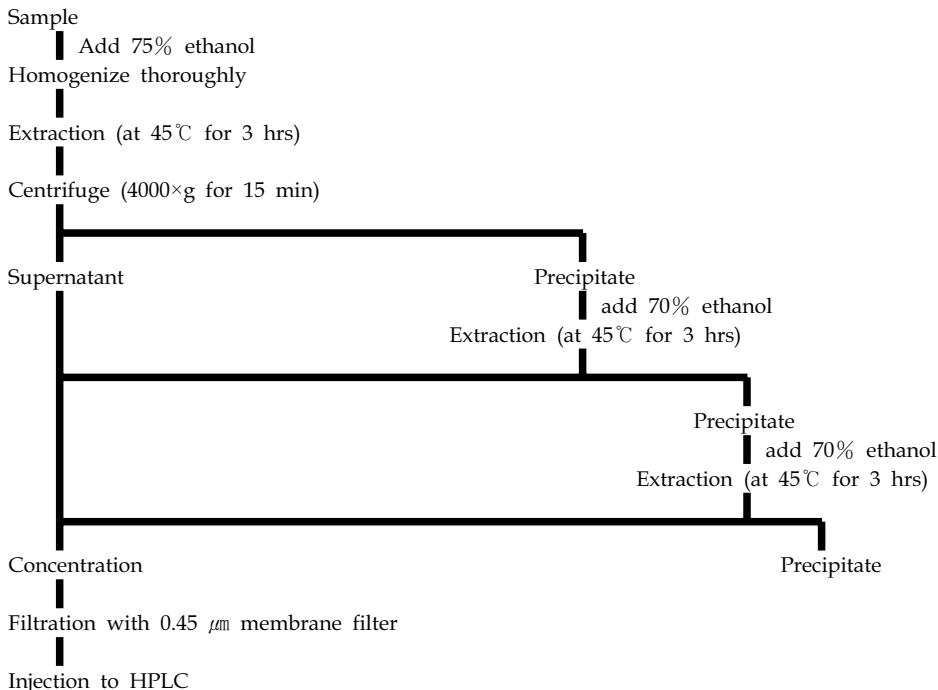


Fig. 1. The flow sheet of sample treatment for the determination of free amino acid.

채집한 통통마디를 수돗물에 3번 수세하여 이 물질을 제거하고, 가지와 줄기 부위로 분리하여 60°C dry oven에서 24시간 건조하고 분쇄하여 시료로 사용하였다.

2. 화학성분 분석

가. 일반성분

통통마디의 일반성분은 A. O. A. C.법(1995)에 준하여, 수분측정은 상압가열건조법, 회분은 직접 회화법으로, 조단백질은 Kjeldahl법(Kjeltec system, Tecator 1026), 조지방은 Soxhlet법(Soxtec system HT, Tecator)으로 측정하였다. 조섬유는 A. O. A. C. 표준법에 따라 DOSI-FIBER system으로 측정하였다.

나. 유리아미노산

유리아미노산은 Kohara 등(1997)의 방법에 의하여 Fig. 1와 같이 전처리 한 것을 Table 1과 같은 분석조건으로 HPLC (waters, USA)로 분석하였다.

Table 1. Operating conditions for amino acid analysis

| | |
|--------------------|--|
| Instrument | Waters™ 486 Tunable Absorbance Detector(λ 250nm) 510 Pump |
| Column | AccQ · Tag™ Column(3.9×150mm) |
| Column temperature | 37°C |
| Flow rate | 1.0 ml/min. |
| Chart speed | 1 cm/min. |
| Injection volume | 20 μ l |
| Solvent | A : AccQ · Tag™ Eluent A B : 60% acetonitrile |

다. 지방산

지방산은 Folch 등(1957)의 방법에 의하여 Fig 2와 같이 전처리 한 것을 Table 2와 같은 분석조건으로 GC(HP 6890 series GC system)로 분석하였다.

라. 항산화성분 추출

시료 3 g를 80% 메탄올수용액 100 ml에 넣고 80°C water bath에서 20분간 환류추출한 후 여과하였다. 잔사는 같은 조작으로 3회 반복 추출하고, 추출액을 모두 합하여 30°C에서 감압 농축하

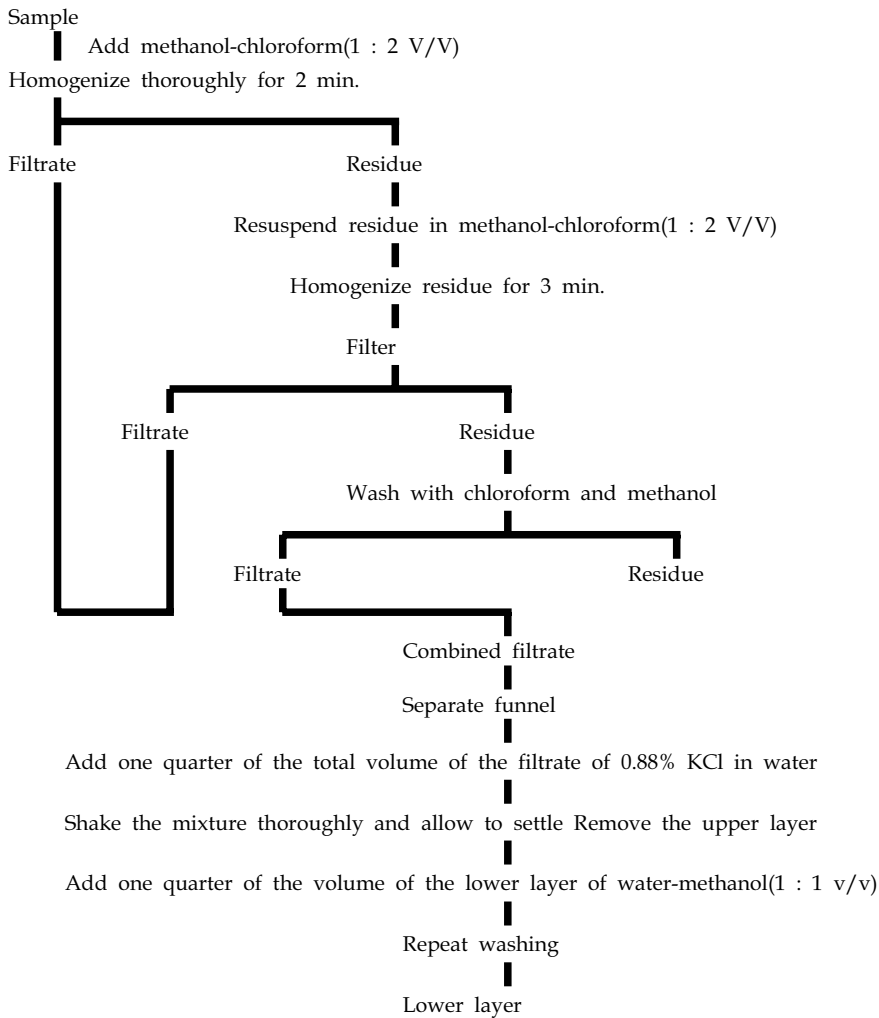


Fig 2. The flow sheet of sample treatment for the determination of fatty acid contents.

여 메탄올을 제거한 후 잔사를 증류수 100 ml에 용해하였다. 여기에 같은 양의 chloroform을 가하고 진탕하여 가용성 물질을 추출 제거(3회) 시킨 후 같은 양의 ethylacetate로 진탕하여 ethylacetate 층에 항산화 물질을 이행시켜 추출(3회)하였다.

감압 농축하여 ethylacetate를 제거하고 잔사를 메탄올 5 ml에 용해하여 시료로 하였다(신, 1998).

마. 수소공여능 측정

시료에 대한 수소공여능은 α, α' -diphenyl- β -picrylhydrazine(DPPH)의 환원성을 이용하여 517 nm에서 UV/Vis-spectrophotometer로 측정하였다. 즉 500 μ M DPPH 용액을 517 nm에서 흡광도가 0.95~0.99사이가 되도록 조정하였다. 이 DPPH 용액 3ml에 시료 100 μ M, 1 mM 용액 1ml를 가하고 2~3초 동안 vortex mixer로 혼합한 후 517 nm에서 흡광도 변화를 5분간 측정하여 분당 흡광도 변화율(Δ Abs/min)을 구하고 factor 100을 곱하여 항산화 활성도로 나타냈다. 대조구로는 100 ppm BHT를 사용하였다(신, 1998).

Table 2. Operating conditions for fatty acid analysis

| | |
|--------------------|------------------------------|
| Instrument | HP 6890 Series GC System |
| Column | Omegawax 250TM(30.0×0.25 mm) |
| Detector | FID |
| Column temperature | 150°C(5 min)~1.5°C/min~220°C |
| Carrier gas | Helium |
| Flow rate | 1.0 ml/min |

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 일반성분

통통마디의 일반성분 함량은 Table 3 과 같다.

수분의 함량은 가지 91.46%, 줄기 90.19%로 가지의 수분함량이 약간 높았고, 조단백질은 가지의 수분함량이 약간 높았고, 조지방은 가지 0.19%, 줄기 0.26%이고, 조섬유는

가지 1.51% 줄기 0.68%로 가지의 조섬유 함량이 약 두 배 높았다. 회분은 가지 3.23%, 줄기 3.24%로 함량의 차이가 없었다. 민 등(2002)은 통통마디의 조단백질이 가지 1.7%, 줄기 2.0%, 조지방이 가지 0.2%, 줄기 0.3%, 조회분이 가지 4.7%, 줄기 6.1%로 보고하였는데 대체적으로 본 연구결과 보다 그 함량이 높게 나왔다. 특히 조단백질과 조회분은 줄기에서 약 2배정도 높았다. 이는 수분의 함량이 차이이기 때문인 것으로 사료된다. 민 등(2002)의 보고에서는 가지 90.9%, 줄기 73.9%로 본 연구에서보다 그 함량이 적었다.

Table 3. Proximate composition of *S. herbacea* (%)

| Items | Branch | Stem |
|---------------|--------|-------|
| Moisture | 91.46 | 90.19 |
| Crude protein | 0.97 | 1.04 |
| Crude fat | 0.19 | 0.26 |
| Crude fiber | 1.51 | 0.68 |
| Ash | 3.23 | 3.24 |

2. 유리 아미노산

통통마디의 유리 아미노산 함량은 Table 4 에 나타내었다.

통통마디의 가지에는 10007.11mg/100g, 줄기에는 9309.13 mg/100g의 아미노산이 함유되어 있었다. 가지에는 arginine (8242.71 mg/100g), threonine (663.64 mg/100g), glycine (211.49 mg/100g), tryptophan (187.34mg/100g), valine (138.40 mg/100g), isoleucine (82.87 mg/100g), lysine (73.62 mg /100g) 등의 순으로 많이 존재하였고, 줄기에는 arginine (8262.91 mg/100g), threonine (398.91mg/100g), glutamic acid (138.80 mg/100g), tyrosine (70.32 mg/100g), tryptophan (61.50 mg/100g), alanine (51.66 mg/100g), isoleucine (48.20 mg/100g) 등이 많이 존재하였다. 이들 아미노산은 전체 유리 아미노산의 95.93%(가지), 97.03%(줄기)을 차지하였다.

Table 4. Amino acid composition of *S. herbacea* (mg/100g)

| Amino acids | Branch | Stem |
|---------------|----------|---------|
| Aspartic acid | 44.65 | 34.66 |
| Serine | 47.39 | 39.59 |
| Glutamic acid | 3.45 | 138.80 |
| Glycine | 211.49 | 7.27 |
| Histidine | 4.09 | 2.03 |
| Tryptophan | 187.34 | 61.50 |
| Arginine | 8242.71 | 8262.91 |
| Taurine | 16.34 | 13.55 |
| Threonine | 663.64 | 398.91 |
| Alanine | 63.49 | 51.66 |
| Proline | 50.06 | 37.84 |
| Cystine | 40.55 | 24.91 |
| Tyrosine | 3.19 | 70.32 |
| Valine | 138.40 | 4.79 |
| Methionine | 8.78 | 9.90 |
| Lysine | 73.62 | 37.18 |
| Isoleucine | 82.87 | 48.20 |
| Leucine | 70.11 | 38.00 |
| Phenylalanine | 54.94 | 27.11 |
| TAA | 10007.11 | 9309.13 |
| EAA | 1279.70 | 625.59 |
| EAA/TAA | 12.79 | 6.72 |

TAA : total amino acid
EAA : essential amino acid

대부분의 유리 아미노산은 가지와 줄기에서 그 함량 차이가 크게 없었으나 glutamic acid는 가지에는 100g당 3.45mg, 줄기에는 100g당 138.80 mg으로 줄기가 약 40배가량 많았고, tyrosine은 가지에는 100g당 3.19 mg, 줄기에는 100g당 70.32mg으로 줄기가 약 22배가량 많았다. 그러나 glycine은 가지에는 100g 당 211.49 mg, 줄기에는 100g 당 7.27 mg으로 가지가 약 30배가량 많았고, valine은 가지가 100g당 138.40 mg, 줄기가 4.79 mg으로 가지가 약 28배가량 많았다. 이러한 결과는 통통마디의 아미노산 구성에는 부위별로 차이가 있음을 알 수 있다.

민(2002) 등은 통통마디에서 가지에는 glutamic acid, aspartic acid, leucine, isoleucine, 줄기에는

lysine, isoleucine, glutamic acid, valine, aspartic acid 등이 많이 함유하고 있다고 보고하고 있어 본 연구 결과와 다소 차이를 보였다. 또한 cystine은 가지와 줄기에서 검출되지 않았다고 하였는데 본 연구에서는 cystine이 가지(40.55 mg/100g)와 줄기(24.91 mg/100g)에서 검출되었다. 이와 같은 차이는 통통마디 뿐만 아니라 모든 식물의 화학적 성분은 동일종의 식물이라 하더라도 자생지의 주변 환경, 토양 및 채취시기 등에 따라서 구성 아미노산의 종류와 그 함량에 차이가 있기 때문인 것으로 사료된다.

통통마디에는 valine, leucine, isoleucine, threonine, phenylalanine, methionine, lysine, tryptophan과 같은 필수 아미노산의 함량이 총 아미노산 대비 가지는 12.79%, 줄기는 6.72%를 차지하고 있었다. 이들 필수아미노산의 함량은 F. A. O.가 정한 표준단백질 중의 필수아미노산의 함량과 비교해 볼 때 통통마디의 가지 중에 tryptophan(가지, 187.34 mg/100g), threonine(가지, 663.64 mg/100g)는 각각 2배, 3배가량 많았다. 이는 옥수수나 쌀에 부족한 tryptophan을 보충해 줄 수 있는 tryptophan 결핍증인 pellagra병을 예방할 수 있으므로 제한아미노산의 보충 소재로서 이용 가능성이 있다고 사료된다.

3. 지방산

통통마디의 지방산 분석의 결과는 Table 5에 나타내었다.

통통마디의 지방산에는 포화지방산보다는 불포화지방산의 함량이 높았다. 통통마디의 가지에는 eicosenoic acid(45.81%), pentadecenoic acid(17.90%), linoleic acid(17.75%), palmitic acid(9.46%), oleic acid(2.87%), stearic acid(1.84%), heptadecanoic acid(1.36%) 등이 많이 함유되어 있었고, 줄기에는 eicosenoic acid (37.94%), pentadecenoic acid (24.04%), linoleic acid (19.27%),

palmitic acid (8.49%), oleic acid (4.22%) 등이 많이 함유되어 있었다. 조(2001) 등의 보고에 의하면 통통마디에 linolenic acid, palmitic acid, linoleic acid가 많이 함유되어 있다고 보고하고 있다. 그러나 본 연구에서는 linolenic acid가 함유됨을 발견할 수 없었으므로 이 점을 제외하고는 대체적으로 유사한 경향이였다.

Table 5. fatty acid composition of *S. herbacea* (area %)

| fatty acid | Branch | Stem |
|--------------------------|--------|-------|
| Undecanoic acid(11:0) | -1) | 0.26 |
| Tridecanoic acid(13:0) | 0.51 | 0.81 |
| Myristic acid(14:0) | 0.19 | 0.37 |
| Pentadecenoic acid(15:1) | 17.90 | 24.04 |
| Palmitic acid(16:0) | 9.46 | 8.49 |
| Palmitoleic acid(16:1) | 0.48 | 0.83 |
| Heptadecanoic acid(17:0) | 1.36 | 0.49 |
| Heptadecenoic acid(17:1) | 0.30 | 0.46 |
| Stearic acid(18:0) | 1.84 | 0.79 |
| Oleic acid(18:1) | 2.87 | 4.22 |
| Linoleic acid(18:2) | 17.75 | 19.27 |
| Eicosenoic acid(20:1) | 45.81 | 37.94 |
| Eicosadienoic acid(20:2) | 0.55 | 0.57 |
| Docosadienoic acid(22:2) | 0.52 | 0.57 |
| Lignoceric acid(24:0) | 0.46 | 0.89 |
| Total | 100 | 100 |

1) Not detected.

4. DPPH에 대한 수소공여능

항산화제는 free radical과 반응하므로 이와 같은 DPPH의 성질을 이용하여 통통마디 메탄올 추출물의 항산화능을 합성항산화제인 BHT와 비교하여 그 결과를 Table 6에 나타내었다.

통통마디 메탄올 추출물을 1 mM, 100 μ M의 농도로 첨가하여 DPPH의 소거 효과를 측정한 결과 통통마디 가지의 메탄올 추출물은 1 mM 일 때 8.32, 100 μ M 일 때 0.58, 통통마디 줄기의 메탄올 추출물은 1 mM 일 때 7.74, 100 μ M 일 때 2.8, 100ppm BHT는 1.72로 통통마디 메탄올

추출물에는 1 mM 일 때는 가지의 메탄올 추출물이 100 μ M 일 때는 줄기의 메탄올 추출물이 항산화 효과가 높게 나왔다. 이러한 결과로 통통마디의 메탄올 추출물에는 상대적으로 강한 항산화 물질을 함유하고 있음을 알 수 있었다. 이는 한(2003) 등이 통통마디가 돈육의 지방질의 산화를 억제하는데 큰 효과가 있고 BHT에 필적할 만한 항산화 효과가 있다고 보고하였는데 본 연구와 일치하였다. 박 등(2004)은 통통마디에서 항산화 물질을 분리 및 동정한 결과 quercetin 3-O- β -D-glucopyranoside와 isorhamnetin 3-O- β -D-glucopyran-oxide로 결정이 되었고 항산화 효능이 있다고 보고하였는데 본 연구에서도 항산화 효능이 좋아 박 등(2004)의 보고에서와 같은 물질이라고 생각되며, 기능성 식품 소재로서 통통마디의 이용 가능성이 크고 천연 항산화 물질로서 가능성이 있다고 사료된다.

Table 6. DPPH radical scavenging of *S. herbacea*

| Addition | Antioxidative activity (Δ Abs/min \times 100) |
|------------------------|---|
| 1mM GB1) extract | 8.32 |
| 1mM GS2) extract | 7.74 |
| 100 μ M GB extract | 0.58 |
| 100 μ M GS extract | 2.8 |
| 100ppm BHT | 1.72 |
| Blank | 0.06 |

1)GB : glasswort branch

2)GS : glasswort stem

IV. 요약

통통마디(*S. herbacea*)는 시력저하, 소화불량, 위장병, 간염, 신장병 등 생리적 효능이 구전되어 오지만 그 약효를 입증할 만한 과학적 근거는 찾아볼 수 없었다. 이에 통통마디를 기능성 식품 소재로 활용하기 위한 기초적 자료를 얻고자 통통마디의 화학 성분과 그 특성을 조사하고 항산화 효과를 측정한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 통통마디의 일반성분을 보면 수분(가지 91.46%, 줄기 90.19%), 조단백질(가지 0.97%, 줄기 1.04%), 조지방(가지 0.19%, 줄기 0.26%), 회분(가지 3.23%, 줄기 3.24%), 조섬유(가지 1.51%, 줄기 0.68%)이었으며 대체로 수분과 조섬유를 제외한 모든 성분의 함량이 줄기가 높았다.

2. 통통마디의 유리 아미노산 함량은 가지에는 10007.11 mg/100g, 줄기에는 9309.13 mg/100g의 아미노산이 함유되어 있었다. 통통마디에는 필수 아미노산의 함량이 총 아미노산 대비 가지는 12.79%, 줄기는 6.72%이었다. 특히 tryptophan, threonine는 F. A. O.의 기준에 비해 가지에서 각각 2배, 3배가량 높게 함유되어 있었다. 이는 통통마디가 제한아미노산 식품에 보충 소재로서 이용 가능성이 있음을 시사한다.

3. 통통마디의 지방산에는 포화지방산보다는 불포화지방산이 많이 함유되어 있었다. 통통마디의 가지에는 불포화 지방산이 약 80% 함유되어 있고, 줄기에는 불포화 지방산이 약 74% 함유되어 있었다.

4. 항산화제는 free radical과 반응하므로 이와 같은 DPPH의 성질을 이용하여 통통마디 메탄올 추출물의 항산화능을 합성항산화제인 BHT와 비교한 결과 통통마디 가지의 메탄올 추출물 1 mM(8.32)과 줄기의 메탄올 추출물 1 mM(7.74), 100 μ M (2.8)에서 100ppm BHT(1.72)보다 높은 항산화 활성이 있음을 확인하였다.

V. 참고 문헌

김영석 · 허무룡 · 박중춘(2001). 통통마디(*Salicornia herbacea* L.)의 인공상토 재배 시 해수농도별 생육 및 무기성분 흡수에 미치는 영향, 원예과 학기술지 19(3), 342~347.
 민병미(1998). 한국서해안의 해안식생에 대하여. 해양연구 20(2) 167~178.
 박시형 · 김관수(2004). 통통마디에서 항산화 물질의 분리 및 동정, 한국응용생명화학학회지 47(1),

120~123.
 방미애 · 김현아 · 조영자(2002). Streptozotocin - 유발당뇨쥐에서 함초첨가 식이의 항당뇨 및 항산화 효과, 한국식품영양과학회지 31(5), 840~846.
 신두호(1998). 뽕잎에 함유된 항산화성 물질, 한국유화학회지 10(3), 27~31.
 이병모 · 심상인 · 이상각 · 강병화 · 정일민 · 김광호(1999). 내염성에 대한 염생식물과 비염생식물의 생리반응, 한국환경농학회지 18(1), 61~65.
 이봉호 · 문윤호 · 정병춘 · 김관수 · 류수노(2002). 염생식물 나문재의 생육특성과 이용가능성, 한국국제농업개발학회지 14(2), 87~93.
 이희정 · 김유아 · 안중웅 · 이범중 · 문성기 · 서영완(2004). 염생식물로부터 Peroxynitrite 와 DPPH 라디칼 소거 활성 검색, 한국생물공학회지 19(1).
 임병선. 서남해안 갯벌 오염물질 정화능력. <http://bric.postech.ac.kr>.
 임병선 · 이점숙(1986). 염습지 환경변화에 대한 통통마디와 칠면초의 적응, 환생지 4, 15~25.
 조영철 · 안중훈 · 이경식, 통통마디를 이용한 식품개발에 관한 연구-1. 통통마디의 자생지별 성분특성 및 음료개발, 전라남도수산시험연구소 자원연구과.
 조영철 · 이경식 · 전송미 · 변도성(2002). 토양염분 · 시비 조건에 따른 통통마디 생장 및 발아 특성, 한국약용작물학회지, 10(2), 100~108.
 한승관 · 김선민(2003). 폐염전에서 채취한 함초 (*Salicornia herbacea*)의 항산화 효과, 한국식품영양과학회지 32(2), 207~210.
 Hong S.W, · Hah Y.C. · Chio Y.K.(1970). Ecological studies of the certain halophytes on the high saline soil. Korean Journal of Botany 13, 25~32.
 Ihm B.S. · Lee J.S. · Woo J.C. · Kwak A.K.(1995). Adjustment of three halophytes to changes of NaCl concentrations. Bulletin of Institute of Littpral Environment, Mokpo National University Vol. 12, 1~10.
 Kim C.S.(1991). Physiological mechanism of halophytes, '91 Rural Development Administration Symposium 17, 100~123.
 Kim J.H. · Min B.M., Ecological studies on the

- halophytes communities at western and southern coast in Korea(III)(1983). On the soil properties, species diversity and mineral cycling in reclaimed soil in Incheon, Korean Journal of Botany 26, 53~71.
- Kim J.H. · Ryu B.T.(1985). Energy flow in a coastal salt marsh ecosystem. Korean J. Ecol 8(3), 153~161.
- Kohara T. · Suzuki R. and Iwami Y.(1997). Hand-book of food analysis, Kenbeisha, Tokyo, p.87.
- Min B.M. · Kim J.H. · Kimura M. · Kikuchi E. · Suzuki T. · Takeda S. · Kurihara Y.(1989). Soil and plant community of reclaimed lands on the west coast of Korea, Ecological Review 21, 245~257.
- A. O. A. C.(1995). "Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists, 16th Edition" Edited by Patricia A. Cunniff. Association of Official Analytical Chemists, Virginia, U. S. A.
- Min J.G. · Lee D.S · Kim T.J · Park J.H · Cho T.Y · Park D.I.(2002. Chemical Composition of *Salicornia Herbacea* L. J. Food Sci. Nutr. 7(1), 105~107.
- Seo K.I. · Lee S.W. · Yang K.H.(1999). Antimicrobial and Antioxidative Activities of *Corni Fructus* Extracts. Korean J. POSTHARVEST SCI. TECHNOL. 6(1), 99~103.