

함초 씨앗의 화학적 특성과 아질산염 소거능 및 아세틸콜린에스터레이스 저해 효과

임금숙¹, 김란², 전경미³, 최현숙⁴, 조훈⁵, 고하영⁶, 최창남^{1*}

Chemical Properties and Nitrite Scavenging and Acetylcholinesterase Inhibitory Activities from *Salicornia herbacea* Seed

Geum-Sook Lim¹, Ran Kim², Kyung-Mi Jeon³, Hyun-Suk Choi⁴, Hoon Cho⁵, Ha-Young Koh⁶, and Chang-Nam Choi^{1*}

접수: 2013년 8월 28일 / 게재승인: 2013년 11월 5일
© 2013 The Korean Society for Biotechnology and Bioengineering

Abstract: This study was to investigate the chemical properties and nitrite scavenging and acetylcholinesterase inhibitory activities from *Salicornia herbacea* seed. The lactic acid content of seed was about 2.0 fold higher than that of stem. Among various free sugars, the maximum fructose of seed, glucose of

stem, and mannose contents of root were obtained, 176.3, 125.6, and 112.8 mg/100g, respectively. The maximum leucine content of seed among the essential amino acid was obtained, 853.7 mg/100g, which was about 3.0 or 6.0 folds higher than that of root or stem. In the case of glutamic acid of seed, it was 2,388.7 mg/100g, which was 5.6 or 9.8 folds higher than that of root or stem. The ratio of essential amino acid and total amino acid of seed was 30.14%. The γ -aminobutyric acid contents of seed, stem, and root were 43.87, 23.88, and 27.8 mg/100g, respectively. The catechin content of seed was an order of epigallocatechin (723.2 mg/100g) > epigallocatechingallate (654.3 mg/100g) > epicatechin (443.5 mg/100g) > galocatechin (314.1 mg/100g). Especially, the non-gallated catechins content was about 2.0 folds higher than that of gallated catechins content. The nitrite scavenging activity of seed increased from 38.7 to 65.9% when the hot-water extract content of seed at pH 1.2 increased from 1.0 to 5.0 mg/mL. However, it was decreased to 25.7% at pH 6. The acetylcholinesterase inhibitory activity of seed was increased from 13.2 to 44.6% when the extract content increased from 20 to 100 mg/mL. These results show that *S. herbacea* seed has a good potential to be used as a source of material or additive in cosmetics, food, and drug compositions.

¹전남대학교 일반대학원 향장품화학협동과정

¹Interdisciplinary Program of Perfume and Cosmetics, Chonnam National University, Graduate School, Gwangju 500-757, Korea
Tel: +82-62-530-1772, Fax: +82-62-530-1779
e-mail: cnchoi@chonnam.ac.kr

²원광보건대학교 허브테라피향장과정

²Department of Herb Therapy & Cosmetics, Wonkwang Health Science University, Iksan 570-750, Korea

³조선대학교 대학원 보완대체의학과

³Department of Complement Alternative Medicine, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

⁴충청대학교 식품영양식품화학부

⁴Faculty of Food and Nutrition, Chungcheong University, Cheongwon 363-729, Korea

⁵조선대학교 공과대학 응용화학소재공학과

⁵Department of Polymer Science & Engineering, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

⁶한국폴리텍대학 바이오캠퍼스 바이오품질관리과

⁶Department of Bio Quality Control, Bio Campus of Korea Polytechnic, Nonsan 320-905, Korea

Keywords: *Salicornia herbacea* seed, Chemical composition, Nitrite scavenging activity, Acetylcholinesterase inhibitory activity, Functional cosmetics

1. 서론

최근 세계적으로 건강에 대한 관심이 고조되면서 다양한 생리활성 물질의 탐색과 기능성 식품 및 의약품 개발에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이와 관련하여 우리나라에서는 생리활성 물질에 대한 연구로서 다양한 약리작용을 가지며 부가가치 창출이 기대되는 해양식물에 대한 관심이 날로 증대되고 있는 실정이다.

함초 (鹹草)는 명주아과 (chenopodiaceae)의 일년생 식물로 학명은 *Salicornia europaea*이며, 영식으로는 Jointed glasswort, 우리말로로는 통통하고 마디마다 튀어나온 풀이라 하여 ‘통통마디’라고 불린다. 바닷가와 염분이 있는 내륙 및 호수와 압염이 있는 지대에서 자라는 염생식물 (halophyte)로 우리나라에서는 서해안이나 남해안·제주도·울릉도·백령도 같은 섬지방의 바닷물이 닿는 해안이나 갯벌, 염전 주위에 무리지어 자생한다 [1]. 중국 의서인 ‘신농초본경’에서는 맛이 몹시 짜다고 해서 염초 (鹽草) 또는 함초 (鹹草)라 하였고 몹시 희귀하고 신령스러운 풀로 여겨 신초 (神草)라고도 하였으며, 일본의 의서인 ‘대화본초’에서도 염초, 복초 및 삼지 등의 이름으로 불로 장수하게 하는 풀이라고 적혀있다. 최근까지 세계적으로 약 1560여종이나 알려져 있고 짠맛 등을 이용한 음식의 재료로 사용되거나 의약품, 섬유, 맥주제조, 화학 산업에 널리 이용되어 중요한 경제적 가치를 지닌 식물로 주목 받고 있다 [2]. 세계 여러 나라에서는 샐러드 및 식재료 [3], 추출 기름 혹은 가축의 먹이로 사용하고 있다 [4]. 또한 민간에서는 암, 축농증, 관절염, 고혈압, 요통, 비만증, 치질, 당뇨병, 갑상선염, 천식, 번기 기관지염 및 간 질환 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있다 [5]. 함초에 대한 연구로는 Shin 등 [6]이 함초의 줄기를 이용하여 이화학적 조성과 미네랄 성분에 대하여 연구하였으며, Han과 Kim [7]은 폐염전에서 채취한 함초의 항산화효과 연구에서 10%의 함초 첨가가 천연 항산화제인 α -tocopherol 1%를 첨가한 것과 비슷한 항산화효과가 나타났다고 보고하였고, Son 등 [8]은 통통마디로부터 색소체 외막 단백질 유전자의 분리 및 발현분석에서 NaCl에 의해 발현이 증가되는 cDNA를 분리하여 ShoEP라고 명명하였으며, 이는 염분 스트레스 내성 기작에 직접적으로 관여한다는 사실을 보고하였다. 고콜레스테롤식이에서 항산화 방어 계에 미치는 영향, 항당뇨와 항고지혈증, 효소적 가수분해물의 혈당강하 및 혈청 지질 개선에 관한 연구가 이루어졌고, 최근에는 함초 분획물의 암세포 성장억제 및 암 예방물질 탐색에 사용되는 quinone reductase 활성유도 효과에 대한 연구도 보고되었다 [9]. 또한 함초가루의 혼합비율 최적화 연구를 통한 식품개발 [10], 함추추출물 발효액의 기능성에 관한 연구 [11], 간독성 개선 [12] 심혈관계질환 예방효능 및 함초의 약리효과 [13] 및 면역증강제로의 활용가능성에 관한 연구 [14] 등이 보고되었다. 그러나 현재 대부분의 연구는 함초줄기에 대해 많이 진행되었고, 함초 씨앗의 화학적 특성과 생물활성에 대한 연구는 아직 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 함초 씨앗의 화학적 특성을 검토하기 위

해 유기산, 미네랄, 유리당, 음이온, 아미노산 조성, 카테킨 및 카페인 함량을 분석하였고, 또한 함초씨앗의 열수추출물을 이용하여 아질산염 소거능 및 acetylcholinesterase저해 활성을 검토했다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시료

시료는 2011년 전남 해남 갯벌에서 채집한 함초의 줄기, 뿌리, 씨앗을 건조하여 시료로 사용하였다.

2.2. 유기산

시료 1 g과 증류수 50 mL를 삼각플라스크에 첨가하여 80°C 수조에서 4시간 가열한 다음 Whatman filter paper (No.2)로 여과하고, 여액을 rotary vacuum evaporater로 감압 농축한 후 증류수로 10 mL로 정용하여 HPLC (Dionex 600 Ion chromatography)로 분석하였으며, 분석 조건은 다음과 같다. 컬럼은 IonPac ICE-AS6 analytical, 이동상은 0.4 mM heptafluorobutyric acid, 검출기는 ED50 intergrated amperometry로 분석하였다.

2.3. 미네랄

시료 0.5 g과 HNO₃ (20%) 10 mL 및 60% HClO₄ (60%) 3 mL를 삼각플라스크에 첨가하여 투명해질 때까지 가열 후 HNO₃ (0.5 M) 50 mL로 정용하였다. 분석항목별 표준용액을 혼합하고 다른 vial에 8 mL씩을 취하여 표준용액으로 하였고, 대조구로 HNO₃ (0.5 M)을 사용하여 atomic absorption spectrophotometer로 분석하였다.

2.4. 유리당

시료 1 g과 에탄올 (80%) 50 mL를 삼각 플라스크에 첨가하여 75°C에서 5시간 가열한 다음 Whatman filter paper (No. 2)로 여과하고 여액을 rotary vacuum evaporator에서 감압 농축한 후 10 mL로 정용하여 HPLC (Dionex 600 Ion chromatography)로 분석하였으며 분석 조건은 다음과 같다. 컬럼은 Carbo Pac™- PA10 analytical, 이동상은 NaOH (200 mM) 와 NaOH (18 mM), 검출기는 ED50 intergrated amperometry로 분석하였다.

2.5. 음이온

시료 5 g을 증발접시에 첨가하여 24시간 동안 회화시킨 후 30분간 빙냉시키고 용액 (HCl:증류수 = 0.5:3.5) 4 mL과 증류수 10 mL를 가하여 수조상에서 가온하면서 회분을 용해시켰다. 상기 용액을 증류수로 100 mL로 정용하여 HPLC (Dionex 600 Ion chromatography)로 분석하였으며 분석 조건은 다음과 같다. 컬럼은 onPac CS-12A (4×250 mm), 이동상은 22 mN sulfuric acid, 검출기는 suppressed conductivity로 분석하였다.

2.6. 아미노산

시료 0.5 g과 HCl (6 N) 3 mL를 분해관에 첨가하여 탈기하고 121°C에서 24시간 가수분해시켰다. 여과 후 용액을 rotary vacuum evaporator로 감압 농축하여 sodium phosphate buffer (pH 7.0) 10 mL로 정용한 후 1 mL를 취하고 membrane filter (0.2 μM)로 여과한 다음 아미노산자동분석기 (Biochrom 20 (Pharmacia Biotech))로 분석하였으며 분석 조건은 다음과 같다. Buffer solution와 reagent는 각각 sodium phosphate buffer (pH 7.0)와 ninhydrin으로 분석하였다.

2.7. 카테킨 및 카페인

시료 5 g에 증류수 100 mL를 삼각 플라스크에 첨가하여 95°C 수욕상에서 환류 냉각 하에 2시간 동안 추출하였다. 추출물에 동량의 ethyl acetate를 첨가, 혼합한 후 ethyl acetate층의 분리, 추출을 3회 반복하였다. 이 추출물을 감압농축 후 시약 {sodium phosphate buffer (0.2 M, pH 3):methanol:D.W = 2:3:15, v/v} 10 mL에 완전히 용해시킨 후 membranefilter (0.45 μm)로 여과하여 HPLC (Agilent 1100 series, USA)를 이용하여 측정하였다. HPLC 분석조건은 다음과 같다. 검출기는 DAD로 280 nm, 컬럼은 ODS (25 mm × 4.9 mm, 5 μm), 이동상은 methanol:acetic acid:acetonitrile:H₂O (20:5:113:862 = v/v/v/v)로 분석하였다.

2.8. 아질산염 소거능

NaNO₂ (1 mM) 1 mL에 시료 0.2 mL를 삼각 플라스크에 첨가하고 여기에 HCl (0.1 N)과 citrate buffer (0.2 N)를 사용하여 반응용액의 pH를 1.2로 조정하고 반응용액의 부피를 5 mL로 조정한 후 37°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 이 반응용액을 0.5 mL씩 취하여 초산용액 2.5 mL를 첨가한 후, Griess 시약 (A:B = 1:1, A: 1% sulfanilic acid in 30% acetic acid, B: 1% naphthylamine in 30% acetic acid) 0.2 mL를 가하여 실온에서 15분간 방치시킨 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 아질산염 소거능 (%)은 시료용액의 첨가구와 무첨가구 사이의 흡광도 감소율로 나타내었다.

$$\text{아질산염 소거능 (\%)} = [1 - (A - C) / B] \times 100$$

A : 1 mM NaNO₂ 용액에 시료를 첨가하여 1시간 반응시킨 후의 흡광도

B : NaNO₂ 용액의 흡광도

C : 시료 자체의 흡광도

2.9. Acetylcholinesterase 저해 활성

Acetylcholinesterase (AChE) 저해 활성 측정은 acetylcholine iodide를 기질로 사용하는 Lee 등 [15]의 방법으로 측정하였다. 10배로 희석한 시료 30 μL에 phosphate buffer (100 mM, pH 8.0) 2.8 mL, AChE (0.25 U/mL) 30 μL, DTNB (39.6 mg of DTNB and 15 mg of sodium bicarbonate dissolved in 10 mL phosphate buffer pH 8.0) 100 μL를 넣고 혼합한 후, 25°C에서

5분간 반응시키고 substrate (108.35 mg of acetylthiocholine iodide in 5 mL of H₂O) 30 μL 넣고 30분간 실온에서 반응한 후, 412 nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{AChE 저해 활성 (\%)} = [1 - (A / B)] \times 100$$

A : 시료 첨가구의 흡광도

B : 시료 무첨가구의 흡광도

3. 결과 및 고찰

3.1. 유기산

Fig. 1은 함초의 씨앗, 줄기 및 뿌리의 유기산 조성의 결과이다. 씨앗에서는 lactic acid 농도가 1226.1 mg/100g로 가장 높았고, 그 다음으로 acetic acid (903.4 mg/100g) > oxalic acid (866.7 mg/100g) > citric acid (546.4 mg/100g) > malic acid (470.8 mg/100g) > tartaric acid (376.7 mg/100g) 순으로 나타났다. Succinic acid는 미량 검출되었다. 줄기에서는 oxalic acid 농도가 686.1 mg/100g으로 가장 높았고, lactic acid (586.4 mg/100g) > acetic acid (391.1 mg/100g) > malic acid (330.1 mg/100g) > citric acid (231.2 mg/100g) > tartaric acid (186.9 mg/100g) 순으로 나타났다. 뿌리에서도 oxalic acid가 1137.1 mg/100g으로 가장 높았고, 그 다음으로 lactic acid (901.7 mg/100g) > acetic acid (555.9 mg/100g) > citric acid (518.5 mg/100g) > malic acid (373.2 mg/100g) > tartaric acid (256.7 mg/100g) 순으로 나타났다.

3.2. 미네랄

Fig. 2는 함초의 씨앗, 줄기 및 뿌리의 미네랄 조성 결과이다. 씨앗에서는 Na이 3409.2 mg/100g으로 가장 높았고, 그 다음으로 K (2470.5 mg/100g) > Ca (1686.8 mg/100g) > Mg (461.8 mg/100g) > Fe (14.7 mg/100g) > Mn (1.7 mg/100g) 순으로 나타났다. 그러나 Zn 및 Cu의 농도는 1.0 mg/100g 이하였다. 줄기에서도 Na이 2011.1 mg/100g으로 가장 높았고, 그 다음으로 K (798.3 mg/100g) > Ca (167.0 mg/100g) > Mg (162.6 mg/100g)

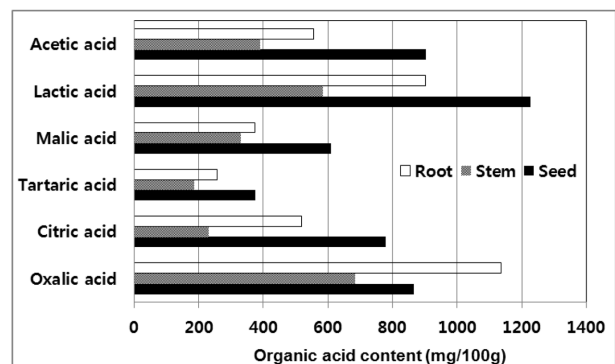


Fig. 1. Organic acids of *S. herbacea* seed, stem, and root.

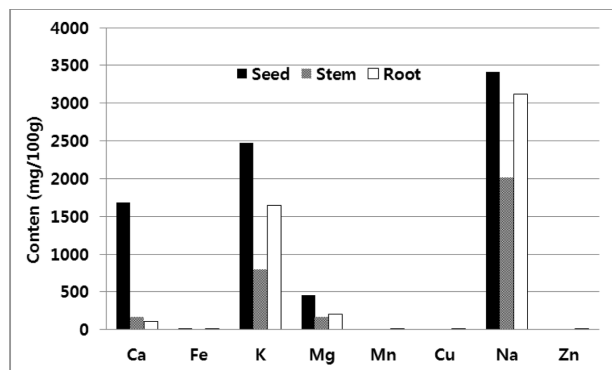


Fig. 2. Minerals of *S. herbacea* seed, stem, and root.

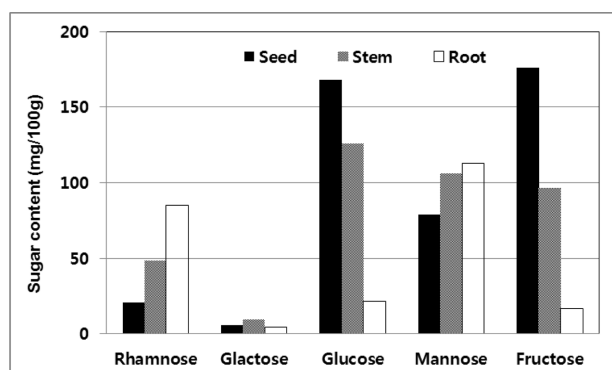


Fig. 3. Free sugars of *S. herbacea* seed, stem, and root.

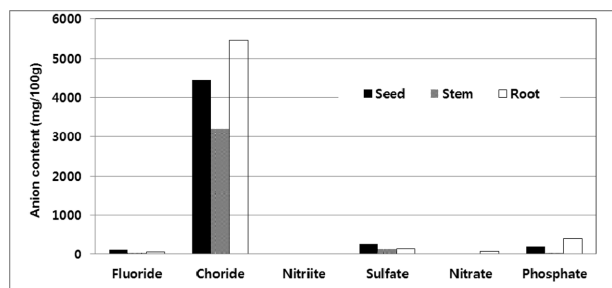


Fig. 4. Anions of *S. herbacea* seed, stem, and root.

100g > Fe (14.7 mg/100g) > Mn (1.2 mg/100g) 순으로 나타났으며, 뿌리의 경우에도 Na의 함량이 3120.2 mg/100g으로 가장 높았고 그 다음으로 K (1651.2 mg/100g) > Ca (108.1 mg/100g) > Mg (202.4 mg/100g) > Fe (9.3 mg/100g) > Zn (1.7 mg/100g) > Mn (1.2 mg/100g) > Cu (0.6 mg/100g) 순으로 나타났다.

3.3. 유리당

Fig. 3은 함초의 씨앗, 줄기 및 뿌리의 유리당 함량을 분석한 결과이다. 여러 유리당 중에서 씨앗에서는 fructose 농도가 176.3 mg/100g으로 가장 높았고, glucose (168.3 mg/100g) > mannose (78.9 mg/100g) > rhamnose (20.9 mg/100g) > galactose (5.8 mg/100g) 순으로 나타났다. 그러나 줄기의 경우 glu-

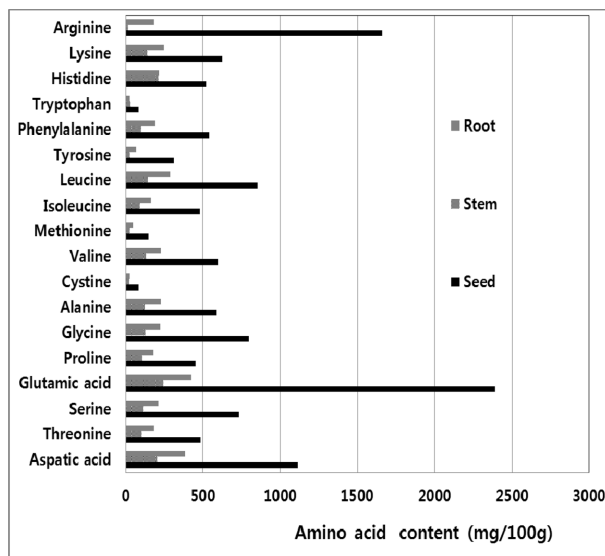


Fig. 5. Amino acids of *S. herbacea* seed, stem, and root.

cose 농도가 125.6 mg/100g으로 가장 높았고, 그 다음으로 mannose (106.3 mg/100g) > fructose (96.2 mg/100g) > rhamnose (48.6 mg/100g) > galactose (9.5 mg/100g) 순으로 나타났다. 또한 뿌리의 경우는 mannose가 112.8 mg/100g으로 가장 높았고, 그 다음으로 rhamnose (85.2 mg/100g) > fructose (16.8 mg/100g) > glucose (21.6 mg/100g) > galactose (4.3 mg/100g) 순으로 나타났다. 그러나 arabinose, ribose 및 maltose은 검출되지 않았다.

3.4. 음이온

Fig. 4는 함초의 씨앗, 줄기 및 뿌리의 음이온을 분석한 결과이다. 염소이온이 씨앗에서는 4447.8 mg/100g, 뿌리 부분에서는 5464.9 mg/100g으로 가장 높게 나타났다. Sulfate > phosphate > fluoride 순으로 음이온이 분석되었으며, Nitrite (NO₂⁻)의 경우는 모든 부분에서 검출되지 않았으나, Nitrate (NO₃⁻)의 경우 10 mg/100g 이하로 뿌리에서 미량 검출되었다. 또한 phosphate의 농도는 씨앗보다 뿌리에서 약 2.2배 높았다.

3.5. 아미노산

Fig. 5는 함초의 씨앗, 줄기 및 뿌리의 아미노산 함량을 분석한 결과이다. 분석한 결과 17종의 아미노산을 함유하고 있으며, 씨앗에서는 필수아미노산중에서 leucine이 853.7 mg/100g으로 가장 높았고, lysine (624.4 mg/g) > valine (596.3 mg/100g) > phenylalanine (539.4 mg/100g) > threonine (485.3 mg/100g) > isoleucine (482.0 mg/100g) > methionine (148.2 mg/100g) > tryptophan (85.3 mg/100g) 순으로 나타났다. 줄기의 필수아미노산 중에서는 leucine이 142.5 mg/100g으로 가장 높았고, 그 다음으로는 lysine (139.0 mg/g) > valine (132.1 mg/100g) > threonine (105.6 mg/100g) > phenylalanine (101.7 mg/100g) > isoleucine (92.5 mg/100g) > tryptophan (30.6 mg/100g) >

methionine (29.1 mg/100g) 순으로 나타났다. 뿌리의 경우에도 leucine이 286.5 mg/100g으로 가장 높았고, 다음으로 lysine (248.6 mg/100g) > valine (229.7 mg/100g) > phenylalanine (192.5 mg/100g) > threonine (183.1 mg/100g) > isoleucine (165.8 mg/100g) > methionine (48.9 mg/100g) > tryptophan (26.7 mg/100g) 순으로 나타났다.

비필수 아미노산 중에서는 씨앗에서 glutamic acid 농도가 2,388.7 mg/100g으로 가장 높았고 그 다음으로 arginine (1,658.4 mg/100g) > aspartic acid (1,116.5 mg/100g) > glycine (797.3 mg/100g) > serine (734.1 mg/100g) > alanine (588.5 mg/100g) > histidine (520.3 mg/100g) > proline (451.3 mg/100g) > tyrosine (312.7 mg/100g) > cystine (83.5 mg/100g) 순으로 나타났다. 줄기의 경우에도 glutamic acid 농도가 244.3 mg/100g으로 가장 높았고, 다음으로 histidine (212.8 mg/100g) > aspartic acid (206.3 mg/100g) > glycine (126.9 mg/100g) > serine (116.3 mg/100g) > alanine (122.8 mg/100g) > proline (107.3 mg/100g) 순으로 나타났으며, 다른 비필수 아미노산의 경우는 30 mg/100g 이하로 나타났다. 뿌리에서도 glutamic acid 농도가 425.6 mg/100g으로 가장 높았고, 그 다음으로 aspartic acid (384.2 mg/100g) > alanine (228.8 mg/100g) > glycine (222.6 mg/100g) > histidine (214.3 mg/100g) > serine (211.6 mg/100g) > arginine (183.2 mg/100g) > proline (182.0 mg/100g) > tyrosine (66.2 mg/100g) > cystine (25.6 mg/100g) 순으로 나타났다. 총 아미노산 함량의 경우 씨앗은 12,373.4 mg/100g, 줄기 1,979.4 mg/100g 및 뿌리 3,526.7 mg/100g으로 나타났다. 또한 씨앗, 줄기 및 뿌리의 총 아미노산에 대한 필수 아미노산 비율은 각각 30.14%, 39.08%, 39.19%으로 각각 나타났다.

필수 및 비필수아미노산 외에 기능성 아미노산으로 알려진 aminobutyric acid의 함량을 측정한 결과는 Table 1에 나타났다. α -aminoisobutyric acid와 β -aminoisobutyric acid 함량은 0.3 mg/100g이하로 나타났다. 그러나 γ -aminobutyric acid (GABA) 함량은 씨앗, 줄기, 및 뿌리 부분에서 각각 43.87 mg/100g, 23.88 mg/100g, 27.8 mg/100g으로 나타났다. 이는 오미자 (*Schizandra chinensis*)가 1480 mg/100g, 천궁 (*Cnidium officinale*) 310.0 mg/100g, 하수오 (*Polygonum multiflorum*) 540 mg/100g, 측백엽 (*Thuja orientalis*) 160 mg/100g, 원지 (*Polygala tenuifolia*) 70 mg/100g, 뽕잎 60 mg/100g, 오디 70 mg/100g, 상백피 170 mg/100g, 가시오가피 (*Eleutherococcus senticosus*) 90 mg/100g, 헛개나무 (*Hovenia dulcis*) 90 mg/100g 및 석창포 (*Acorus gramineus*) 100 mg/100g으로 측정된 것에 비하여 낮은 것으로 나타났다. 그러나 누에가루 10 mg/100g, 백복신 (*Poria cocos*) 20 mg/100g, 및 백강잠 40 mg/g으로 측정된 것

Table 1. Aminobutyric acids of *S. herbacaea* seed, stem, and root

Aminobutyric acids	Content (mg/100g)		
	Seed	Stem	Root
α -aminoisobutyric acid	0.07	0.08	0.04
β -aminoisobutyric acid	0.13	0.12	0.28
γ -aminobutyric acid	43.87	23.88	27.8

보다도 높은 것으로 나타났다 [16]. GABA는 식물과 미생물에서 생합성되는 비단백태 아미노산으로 사람의 신경계와 혈액에 주로 함유되어 있으며, 아세틸콜린이라 불리는 신경 전달 물질을 증가시켜 뇌기능을 촉진하는 주요한 물질이다 [16]. 특히 연골의 혈관 중추에 작용하여 우수한 혈압강화작용을 하는 것으로 알려졌다 [17]. 이상과 같이 함초에는 다양한 유리아미노산이 함유되어 있었으며, 함초의 부위에 따라 유리아미노산의 조성 및 함량의 차이가 나타났다. 따라서 함초의 꾸준한 섭취는 높은 GABA의 함량에 의한 고혈압을 예방할 수 있는 방법이 될 수 있으며, 나아가 함초씨앗의 항고혈압활성에 대한 지속적인 연구가 필요할 것이라고 사료된다.

3.6. 카테킨 및 카페인

카테킨은 맛, 색 및 향기 등에 큰 영향을 줄 뿐만 아니라 항산화, 항암작용, 항 돌연변이, 혈장콜레스테롤 상승억제, 혈관 기능개선, 혈압조절, 이뇨, 항균, 항충치, 항바이러스, 항궤양, 항알러지 효과와 매우 깊은 상관관계를 나타내고 있다고 알려져 있다 [18]. 함초 씨앗의 카테킨 및 카페인 함량을 측정한 결과는 Fig. 6과 같다. 여러 카테킨 중에서 epigallocatechin (EGC)이 723.2 mg/100g으로 가장 높았고, 그 다음으로 epigallocatechingallate (EGCG) (654.3 mg/100g) > epicatechin (EC) (443.5 mg/100g) > galocatechin (GC) (314.1 mg/100g) > epicatechingallate (ECG) (82.7 mg/100g) > galocatechingallate (GCG) (24.6 mg/100g) > catechingallate (CG) (12.5 mg/100g) 순으로 나타났다. Choi 등 [19]은 국내산 야생차인 녹차, 반발효차 및 홍차의 카테킨 함량을 측정한 결과 EGCG의 함량이 가장 높았으며, ECG, EC, EGC 순으로 낮았으며, 중발효차와 강발효차의 총 카테킨 함량은 녹차보다 현저하게 감소하였다고 보고하였다.

Jeong 등 [20]은 카페인 함량은 녹차, 보이차, 우롱차 및 홍차에서 각각 357.7 mg/100g, 304.0 mg/100g, 333.2 mg/100g 및 283.4 mg/100g으로 발효가 진행될수록 카페인의 함량이 감소하는 경향을 보였다고 보고하였다. Pilar Almajano 등 [21]은 각종 차 추출물의 카페인 함량을 분석한 결과 홍차와 녹차 열수추출물의 카페인 함량은 각각 447.2 mg/100g과

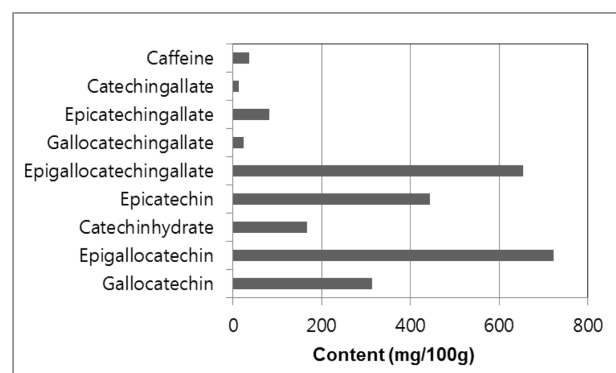


Fig. 6. Catechin and caffeine contents of *S. herbacaea* seed.

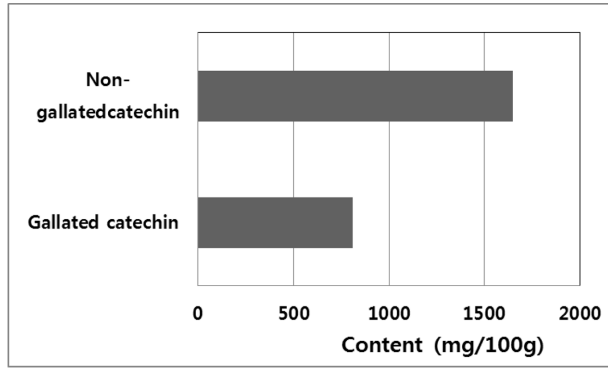


Fig. 7. Comparison of gallated and non-gallated catechin contents of *S. herbacea* seed.

515.3 mg/100g로 홍차보다 녹차 열수추출물에서 높은 함량을 보였다. 그러나 함초 씨앗의 경우는 카페인 함량은 35.6 mg/100g으로 나타났다. 쓰고 떫은맛의 정도를 나타내는 지표인 gallate형 카테킨과 non-gallate형 카테킨에 대해 gallate형 카테킨은 EGCG, ECG, GCG의 합으로 그리고 non-gallate형 카테킨은 EGC, EC, GC 및 C의 합으로 나타냈으며, Fig. 7에 나타난 바와 같이 non-gallate형 카테킨 함량이 1647.7 mg/100g으로 gallate형 카테킨 함량에 비해 약 2배 이상 증가한 수치였다. 그러나 일반적인 녹차의 경우는 gallate형 카테킨 함량이 non-gallate형 카테킨 함량에 비해 약 2배 이상 증가했다고 보고되었다 [22].

3.7. 아질산염 소거능 효과

육제품이나 수산가공품 등에 발색제로 첨가되는 질산염이나 아질산염은 육제품의 발색 및 육색의 안정화에 기여할 뿐만 아니라 *Clostridium botulinum*에 대한 정균작용 및 육류의 보수성과 결착성을 개선하는 중요한 역할을 한다 [22]. 그러나 이것을 식품첨가물로 섭취할 경우 위에서는 단백질 식품이나 의약품, 및 잔류 농약등에 존재하는 2급 및 3급 amine류와 반응하여 핵산이나 단백질 또는 세포내의 성분을 알칼리화함으로써 암을 유발하는 nitrosoamine을 생성한다 [23]. Fig. 8은 pH 변화에 따른 함초씨앗 열수 추출물의 아질산염 소거능의 결과이다. 아질산염 소거능은 pH 1.2에서 추출물 농도에 의존적으로 크게 증가하였고, 특히 농도가 1mg/mL에서 5 mg/mL로 증가할 경우 38.7%에서 65.9%로 증가하였다. 또한 pH 3의 조건에서는 추출물 농도가 1 mg/mL에서 5 mg/mL로 증가 경우 아질산염 소거능이 30.9%에서 55.6%로 증가하였다. 그러나 pH 6에서는 추출물 농도가 1 mg/mL에서 5 mg/mL로 증가할 경우 아질산염 소거능이 15.6% 증가하였다. Park 등 [24]은 산수유, 황기, 감초 추출물 1 mg/mL에서 각각 35%, 49%, 15%의 아질산염 소거능을 나타냈으며, Han 등 [25]은 민들레의 꽃, 잎, 뿌리, 전체 추출물 1 mg/mL에서 각각 47.3%, 47.1%, 41.5%, 30.0%의 소거 활성을 나타냈다고 보고하였다. 또한 Ju 등 [26]은 1 mg/mL에서 산조인이 86.4%, 꿀풀이 80.5%, 단삼이 50.7%, 감국 41.3%, 오가피

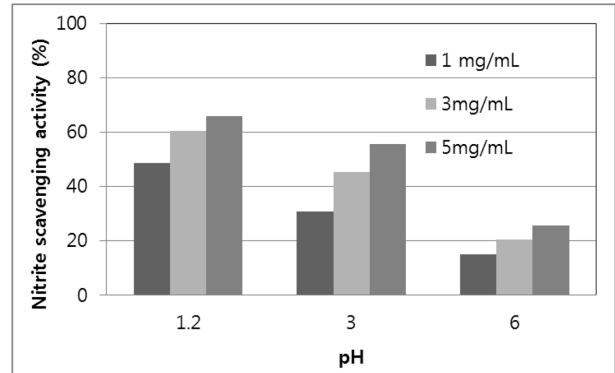


Fig. 8. Effect of *S. herbacea* seed extract and pH on nitrite scavenging activity.

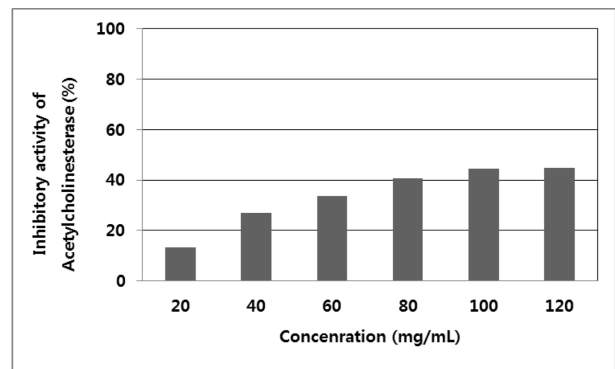


Fig. 9. Acetylcholinesterase inhibitory activity of *S. herbacea* seed extract.

65.1%의 아질산염 소거능이 나타났다고 보고하였다. 쇠비름 ethanol 추출물 2 mg/mL에서 39.3%의 소거능을 나타냈고 [27] 젓산 발효된 양파의 아질산염 소거능이 24.89%로 나타났다고 보고하였다 [28]. Kang 등 [29]은 phenolic acid, flavonoids, 기타 페놀성 물질의 아질산염 소거능을 측정된 결과 pH 1.2에서 caffeic acid, catechin, quercetin 등이 활성을 가지고 있다고 보고하였다. Cooney 등 [30]은 페놀성 물질이 니트로화 반응을 강력하게 억제한다고 하였는데, 함초의 씨앗의 높은 아질산염 소거능은 폴리페놀 함량에 기인한 것으로 판단된다.

3.8. Acetylcholinesterase (AChE) 저해 활성

뇌조직의 모든 신경세포에서 발견되는 신경전달물질로서 acetylcholine (ACh)은 시냅스 (synapse)와 시냅스 사이의 신경전달에 관계하는 중요한 신경전달물질로 알려져 있다. 뇌 신경계의 특정부위에서 ACh이 시냅스 전 말단에서 분비되면 그것이 시냅스 후 수용체와 결합하여 신경세포 사이의 자극을 전달한다. 그러나 제 2의 자극이 시냅스를 통해 전달하기 전에 제 1의 자극시에 분비된 ACh은 AChE에 의하여 가수분해 되어야 한다. 그런데 ACh의 함량과 합성효소로서 choline acetyltransferase (ChAT)의 활성이 대부분의 사람 및

설치동물에서 연령과 함께 감소하는 것으로 알려져 있다. 또한 AChE의 활성도 ACh와 마찬가지로 감소한다는 사실도 밝혀지고 있다 [31]. 특히 치매의 50% 이상을 차지하는 Alzheimer disease (AD) 환자의 경우 ChAT가 감소하는 경향을 나타내고 있으며 또한 AD환자의 치료에 있어 AChE를 억제해 체내의 ACh의 농도를 증가시키는 방법이 이용되고 있다 [32]. 따라서 본 연구에서는 함초씨앗의 AChE의 저해활성에 미치는 영향을 조사하였으며. 결과는 Fig. 9에 나타내었다. 열수추출물의 농도가 증가함에 따라 AChE에 대한 저해활성이 비례적으로 증가하는 경향을 보였으며, 특히 추출물 농도가 20 mg/mL에서 100 mg/mL로 증가할 경우 AChE의 저해활성은 13.2%에서 44.6%로 증가하였다. 그러나 120 mg/mL 이상의 농도의 경우 그 활성이 증가하지 않았다. Jeong 등은 녹차 추출물 1.0 g/mL의 농도에서 녹차에서 73.75%의 높은 AChE의 저해활성을 보였고, 우롱차 (56.25%), 보이차 (48.75%) 및 홍차 열수추출물 (41.25%) 순이었다고 보고했고. 또한 AChE의 저해활성이 플라보놀 및 카테킨의 함량과 관계가 있다고 보고했다 [20]. 황련 (*Coptis japonica*), 황백 (*Phellodendron amurense*), 오수유 (*Evodia officinalis*), 빈랑자 (*Areca catechu*), 후추 (*Piper nigrum*) 등의 추출물이 100 mg/mL에서 60% 이상의 AChE 농도 의존적으로 저해하는 보고가 있다 [32]. Bae 등은 붉나무 (*Rhus javanica*) 메탄올 (80%) 추출물의 효소에 대한 저해능은 62.5 mg/mL의 농도에서 68.8%의 우수한 저해활성을 나타내었으며, 에틸아세테이트층의 경우, 62.5 mg/mL에서 70.0 mg/mL 저해능을 나타내었고 IC₅₀ 값이 31.3 mg/mL 이하의 활성을 가지는 것으로 확인하였다 [33]. Choi 등 [34]은 메탄올 (70%)로 어성초를 추출하여 2.5 mg/mL에서 75.3%의 AChE 저해 활성을 나타낸다고 보고하였다. 그러나 당근, 산딸기와 고추나물의 전초 (whole plant) 추출물에서는 20~30% AChE 저해 활성을 보였으며 또한 식물 부위별 추출물의 AChE 저해 활성을 살펴본 결과 줄기 부위 추출물에서는 은행잎 나무가 32.1%, 잎 부위 추출물에서는 산철쭉이 33.9%, 열매부위 추출물에서는 선인장이 18.2%의 AChE 저해 활성을 나타냈다고 보고하였다. 이상의 결과는 새로운 acetylcholine성 약물 (cholinergic drug) 후보물질을 탐색하고 이들 효소 저해제의 치매 치료제로서의 가능성을 확인하기 위한 작용 기전 연구는 항치매 천연소재 개발에 중요한 자료가 될 것이라 사료된다.

4. 결론

함초 씨앗의 화학적 특성, 아질산염 소거능 및 acetylcholinesterase 저해 활성을 검토했다. 씨앗의 유기산 주성분은 lactic acid, oxalic acid, acetic acid이고 특히 lactic acid 함량은 줄기 부분에 비해 약 2.0배 증가하였다. 미네랄 주성분은 함초의 부위에 관계없이 Na, K, Ca 순이었다. 유리당 함량은 씨앗에서 fructose 농도가 176.3 mg/100g으로 가장 높았고 줄기의 경우는 glucose 농도가 125.6 mg/100g, 뿌리에서는 mannose가

112.8 mg/100g으로 가장 높았다. 필수 아미노산 중에서 leucine 함량의 가장 높았고, 비필수 아미노산 중에서는 glutamic acid가 가장 높았다. 씨앗, 줄기 및 뿌리의 총 아미노산에 대한 필수 아미노산 비율은 각각 30.14%, 39.08%, 39.19%으로 나타났다. γ -aminobutyric acid 함량은 씨앗, 줄기, 및 뿌리 부분에서 각각 43.87 mg/100g, 23.88 mg/100g, 27.8 mg/100g으로 나타났다. 여러 카테킨 중에서 epigallocatechin 723.2 mg/100g으로 가장 높았고 그 다음으로 epigallocatechingallate (654.3 mg/100g) > epicatechin (443.5 mg/100g) > gallicocatechin (314.1 mg/100g) 순으로 나타났다. 특히 non-gallate형 카테킨 함량이 gallate형 카테킨 함량에 비해 약 2배 이상 증가한 수 치였다. 함초 씨앗의 열수추출물의 아질산염 소거능이 pH 1.2에서 추출물 농도가 1 mg/mL에서 5 mg/mL로 증가할 경우 38.7%에서 65.9%로 증가하였다. 그러나 추출물이 pH 6에서는 아질산염 제거능은 15.6%만 증가하였다. 열수추출물의 AChE에 대한 저해활성은 추출물농도가 증가함에 따라 비례적으로 증가하였고, 특히 추출물 농도가 20 mg/mL에서 100 mg/mL로 증가할 경우 AChE의 저해활성은 13.2%에서 44.6%로 증가하였다. 이상의 결과로 함초의 씨앗은 식의약품 및 화장품 등 기능성소재로써 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

References

- Lee, H. J., Y. A. Kim, J. W. Ahn, B. J. Lee, S. G. Moon, and Y. W. Seo (2004) Screening of peroxynitrite and DPPH radical scavenging activities from salt marsh plants. *Kor. J. Biotechnol. Bioeng.* 19: 57-61.
- Rha, E. S. (2004) Utilization of halophyte for improving agricultural environment in China. *Kor. J. Plant Res.* 17:170-171.
- El, S. N. and S. Karakaya (2004) Radical scavenging and iron-chelating activities of some greens used as traditional dishes in Mediterranean diet. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 55: 67-74.
- Shay, G. (1990) Saline agriculture: Salt-tolerant plants for developing countries. pp.143-149. National academy press. Washington, USA.
- Park, S. H. and K. S. Kim (2004) Isolation and identification of antioxidant flavonoids from *Salicornia herbacea*. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 47: 120-123.
- Shin, K. S., H. O. Boo, M. W. Jeon, and J. Y. Ko (2002) Chemical components of native plant, *Salicornia herbacea* L. *Kor. J. Plant Res.* 15: 216-220.
- Han, S. K. and S. M. Kim (2003) Antioxidative effect of *Salicornia herbacea* L. grown in closed sea beach. *J. Kor. Soc. Food. Sci. Nutr.* 21: 207-210.
- Son, D. Y., N. Ermawati, J. Y. Cha, Y. S. Liang, M. H. Jung, D. J. Shin, B. H. Lee, and K. H. Lee (2004) Molecular cloning and characterization of outer envelope membrane protein from *Salicornia herbacea*. *J. Plant. Biotechnol.* 31: 273-278.
- Lee, J. T. and B. J. An (2002) Dection of physical activity of *Salicornia herbacea*. *Kor. J. Herb.* 17: 61-69.
- Jang, M. and S. J. E. Park (2006) Optimization of ingredient mixing ratio for preparation of sulgidduk with saltwort. *J. Kor. Soc.*

- Food Sci. Nutr.* 35: 641-648.
11. Song, T. C., C. H. Lee, Y. Kim, E. I. H. Kim, D. S. Han, and D. H. Yang (2007) The functionality of the saltwort (*Salicornia herbacea* L.) extract fermented juice. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 36: 395-399.
 12. Kim, S. K. and Y. C. Kim (1996) The effect of repeated betaine treatment on hepatotoxicity and cytochrome P-450 dependent drug metabolism enzyme system. *Yakhak Hoeji.* 40: 449-455.
 13. Jo, Y. C., J. H. Ahn, S. M. Chon, K. S. Lee, T. J. Bae, and S. K. Kang (2002) Studies of pharmacological effects of glasswort (*Salicornia herbacea* L.). *Kor. J. Medicinal Crop Sci.* 10: 93-99.
 14. Im, J. S., S. K. Lee, I. Y. Chang, H. C. Ha, Y. Lim, H. Y. Kim, K. H. Park, and S. P. Yoon (2006) Activation of macrophage by polysaccharide isolated from *Salicornia herbacea* L.. *Kor. J. Phys. Anthropol.* 19: 117-124.
 15. Lee, H. J., J. S. Kim, K. Y. Heo, K. B. Lee, I. K. Lee, and K. S. Song (1999) Inhibitory activities of Basidiomycetes on prolyl endopeptidase, acetylcholine esterase and coagulation. *J. Kor. Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* 42: 336-343.
 16. Jung, Y. S., S. J. Park, J. E. Kim, S. A. Yang, J. H. Park, J. H. Kim, K. H. Jhee, S. P. Lee and I. S. Lee (2012) A comparative study of GABA, glutamate contents, acetylcholinesterase inhibition and antiradical activity of the methanolic extracts from 10 edible plants. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 44: 447-451.
 17. Inoue, K., T. Shirai, H. Ochiai, M. Kasao, K. Hayakawa, M. Kimura, H. Sansawa (2003) Blood-pressure-lowering effect of a novel fermented milk containing γ -aminobutyric acid (GABA) in mild hypertensives. *Eur. J. Clin. Nutr.* 57: 490-495.
 18. Lee, L. S., J. D. Park, H. S. Cha, J. T. Kim, and S. H. Kim (2011) Physicochemical properties of shade-cultivated powdered green teas. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 43: 719-722.
 19. Choi, O. J. and K.H. Choi (2003) The physicochemical properties of Korean wild teas (green tea, Semi-fermented tea, and black tea) according to degree of fermentation. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 356-362.
 20. Jeong, C. H., S. T. Kang, O. S. Joo, S. C. Lee, Y. H. Shin, K. H. Shim, S. H. Cho, S. G. Choi, and H. J. Heo (2009) Phenolic content, antioxidant effect and acetylcholinesterase inhibitory activity of korean commercial green, puer, oolong, and black teas. *Kor. J. Food Preserv.* 16: 230-237.
 21. Pilar Almaja, M., R. Carb, J. Angel Lpez Jimnez, and M. H. Gordon (2008) Antioxidant and antimicrobial activities of tea infusions. *Food Chem.* 108: 55-63.
 22. Christiansen, L. N., R. B. Tompkin, A. B. Shaparis, T. V. Kueper, R. W. Johnston, D. A. Kautter, and O. J. Kolari (1974) Effect of sodium nitrite on toxin production by *Clostridium botulinum* in bacon. *Appl. Microbiol.* 27: 733-737.
 23. Macrae, R., R. K. Robinson, and M. J. Sadler (1993) Encyclopedia of food science food technology and nutrition. pp 3240-3249. Academic Press, New York, NY, USA.
 24. Park, C. H., D. H. Kim, and M. L. Kim (2008) Biological activities of extracts from *Corni fructus*, *Astragalus membranaceus* and *Glycyrrhiza uralensis*. *Kor. J. Herb.* 23: 93-101.
 25. Han, E. K., E. J. Jung, J. Y. Lee, Y. X. Jin, and C. K. Chung (2011) Antioxidative activity of ethanol extracts from different parts of *Taraxacum officinale*. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 56-62.
 26. Ju, J. C., J. H. Shin, S. J. Lee, H. S. Cho, and N. J. Sung (2006) Antioxidative activity of hot water extracts from medicinal plants. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 35: 7-14.
 27. Kim, M. J., S. J. Lee, R. J. Kim, B. Y. Jeong, and N. J. Sung (2011) Mineral content and antioxidants activity of *Portulaca oleracea*. *J. Life Sci.* 21: 1393-1400.
 28. Choi, Y. J., C. I. Cheigh, S. W. Kim, J. K. Jang, Y. J. Choi, Y. S. Park, H. Park, K. S. Shim, and M. S. Chung (2009) Selection of starter cultures and optimum conditions for lactic acid fermentation of onion. *Food Sci. Biotechnol.* 18: 1100-1108.
 29. Kang, Y. H., Y. K. Park, and G. D. Lee (1996) The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 28: 232-239.
 30. Cooney, R. V., P. D. Ross, and G. L. Bartolini (1986) N-nitrosation and N-nitratin of morpholine by nitrogen dioxide: Inhibition by ascorbate, glutathione and α -tocopherol. *Cancer Lett.* 35: 83-90.
 31. Choi, J. H., D. I. Kim, S. H. Park, S. J. Baek, N. J. Kim, W. K. Cho, K. J. Kim, and H. S. Kim (2004) Effects of pine needle ethyl acetate fraction on acetylcholine and its related enzymes in brain of rats. *Kor. J. Nutr.* 37: 95-99.
 32. Kim, J. S., Y. S. Kim, S. K. Kim, J. Heor, B. H. Lee, B. W. Choi, G. Ryu, E. K. Park, O. P. Zee, and S. Y. Ryu (2002) Inhibitory effects of some herbal extracts on the acetylcholinesterase *in vitro*. *Kor. J. Pharma.* 33: 211-218
 33. Bae, J. S., H. S. Lee, H. Y. Lee, B. H. Yoo, T. W. Kim, Y. H. Kim, and T. H. Kim (2012) Evaluation of acetylcholinesterase inhibitory and antioxidative activities of *Rhus javanica*. *Kor. J. Food Preserv.* 19: 751-756.
 34. Choi, J. H., M. Y. Kim, X. Cui, H. Jeon, D. K. Kim, J. P. Lim, and M. K. Lee (2002) Effect of several herbs on acetylcholinesterase enzyme activity. *Kor. J. Herb.* 17: 131-138.