

갯사상자(*Cnidium japonicum*) 추출물의 항산화성 및 생리활성

김지윤 · 이연지 · 김원석¹ · 문수경² · 김용태*

군산대학교 식품생명공학전공, ¹신라대학교 제약공학과, ²경상국립대학교 식품영양학과/농업생명과학연구원

Antioxidant and Physiological Activities of Different Solvent Extracts of *Cnidium japonicum*

Ji-Youn Kim, Yeon-Ji Lee, Won-Suk Kim¹, Soo-Kyung Moon² and Yong-Tae Kim*

Department of Food Science and Biotechnology, Kunsan National University, Gunsan 54150, Republic of Korea

¹Department of Pharmaceutical Engineering, Silla University, Busan 46958, Republic of Korea

²Department of Food and Nutrition/Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea

Cnidium japonicum a biennial plant belonging to the family *Umbelliferae*, is a halophyte that grows in high-salinity areas of coastal sand dunes and sandy shores. This study was conducted to investigate the constituents, antioxidant activities, and physiological activities of *C. japonicum*. Mineral analyses revealed that potassium, sodium, calcium, and magnesium were the most prevalent minerals in *C. japonicum*. We used 80% ethanol, 80% methanol, and distilled water as solvents to prepare extracts from *C. japonicum* tissues, and the obtained extraction yields ranged between approximately 26% and 32%. Among the three extracts, the ethanol and methanol extracts had higher total polyphenol and flavonoid levels than the water extracts did. The antioxidant activities of methanol extracts were the highest among the various solvent extracts of *C. japonicum* as was the elastase/collagenase inhibitory activity. In contrast, the ethanol extract exhibited the highest tyrosinase inhibitory activity. Furthermore, the methanol extract possessed over 80% BACE1 (β -secretase) inhibitory activity at a final concentration of 20 μ g/mL. Therefore, these results indicate that methanol and ethanol extracts of *C. japonicum* may be useful as antioxidant and functional substances in food and pharmaceutical material.

Keywords: Antioxidative activity, *Cnidium japonicum*, General component, Halophyte, Physiological activity

서론

염생식물은 염류가 함유된 토지에서 생육할 수 있는 식물로써 해안의 사구 혹은 염습지, 내륙의 염사막 등 염분의 농도가 계속해서 변화하는 독특한 환경에서 염에 내성을 갖고 잘 생육하는 식물이다(Ko, 2008). 토양 성분이 주로 모래이며 강한 태양 광으로 인해 건조한 상태로 사막처럼 온도 변화가 크고 고농도의 염류가 존재하는 환경에서 생육하는 대부분의 염생식물들은 염류를 축적하고 하나의 적응 방식을 공유하며 염분에 대한 저항력을 가지고 있는 식물로 알려져 있다(Moon et al., 2008). 이러한 식물들은 염분에 의한 다양한 스트레스를 견딜 수 있는 방어 체계를 가지고 있어 특이적인 생리활성 물질을 내포할 가

능성이 높으나, 해안사구라는 한정된 지역 내에서 자생하고 있어 천연물로서 활용도가 잘 알려지지 않은 실정이지만(Shim et al., 2002; Ko, 2008), 우리나라 해안에는 16과 46종의 염생식물(Halophyte)이 자생하고 있다(Park, 2006). 최근 삶의 질에 대한 관심이 높아지면서 건강을 유지하기 위한 식생활 및 성인병을 비롯한 노화 및 암 등을 예방하기 위해 항산화 및 생리기능성을 갖는 천연생리활성 물질에 대한 관심이 점차 높아지고 있다. 이에 따라, 동·식물을 비롯한 다양한 생물 유래 천연 생리활성 물질에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(Cho and Choi, 2010; Lee et al., 2016, 2020b). 천연물 유래 생리활성물질에 관한 연구의 대부분은 육상생물로부터 많이 이루어져 왔는데 그 연구대상의 한계와 환경 오염 등으로 인하여 최근에는 특유의

*Corresponding author: Tel: +82. 63. 469. 1824 Fax: +82. 63. 469. 7448

E-mail address: kimyt@kunsan.ac.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0310>

Korean J Fish Aquat Sci 55(3), 310-318, June 2022

Received 21 March 2022; Revised 19 April 2022; Accepted 26 April 2022

저자 직위: 김지윤(대학원생), 이연지(대학원생), 김원석(교수), 문수경(교수), 김용태(교수)

대사과정과 독특한 생육 환경으로 인하여 다양한 생리활성물질을 가지고 있는 해양생물이 육상생물의 대체자원으로 주목받고 있다(Byun and Kim, 2005; Lee, 2011; Lee et al., 2021).

갯사상자(*Cnidium japonicum*)는 산형화목 산형과의 해안사구에서 자라는 두해살이풀에 속하며, 뿌리는 1개가 길게 들어가며 굵고 사상자에 비해 잎이 두껍다. 줄기는 위로 자라지 않고 지면에 붙어 방사상으로 뻗으면서 자라나며 식물 전체에 독특한 향기가 있다(Kim, 2013). 갯사상자의 한국의 주요 분포지는 동해안의 해안사구와 남부지역의 남해안과 서해안의 해안사구에 자라난다(Kim, 2013). 갯사상자의 유사종인 사상자는 우리나라 전역의 산야에 자생하는 식물로 산형과에 속하며 초본성 약초로 전체에 털이 분포하고 어린 순은 나물로 먹고 열매는 약용으로 이용하는 것으로 알려져 있다. 사상자의 약리효과로는 항원충작용, 항암작용, 간세포 보호작용 및 수렴성 소염약 등의 다양한 생리활성을 나타내는 것으로 연구되어 있다(Nam et al., 2019). 그러나 해안 사구에서 자라는 염생식물의 일종인 갯사상자에 대한 항산화성 및 생리기능성에 관한 연구는 아주 미미한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 수분이 적고 염분이 다량 함유된 해안사구라는 특수한 환경에서 서식하는 염생식물인 갯사상자의 성분을 분석하고, 항산화성 및 생리기능성을 구명하기 위하여 증류수, 에탄올 및 메탄올을 용매로 사용하여 갯사상자 추출물을 제조해 이화학적 특성, 항산화활성 및 생리활성을 측정하여 기능성식품 및 의약품 소재로서의 활용 가능성을 비교·검토하였다.

재료 및 방법

실험 재료 및 시약

본 실험에 사용된 갯사상자(*C. japonicum*)는 제주도 해안가 연안에서 2021년 4월에 채취하여 실험실로 운반한 후 흐르는 물로 수세하여 염분과 협잡물을 제거한 다음 자연 건조한 후 전체를 분쇄기(FM700SS; Hanil, Seoul, Korea)로 곱게 분쇄하여 시료의 성분분석 및 추출물 제조에 사용하였다.

항산화활성 및 생리활성을 측정하기 위하여 Folin-Ciocalteu's reagent, gallic acid, quercetin, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, vitamin C, mushroom tyrosinase, 3,4-dihydroxy-L-phenylalanine (L-DOPA), kojic acid, angiotensin I-converting enzyme (ACE), hippuryl-his-leu (HHL) acetate salt, captopril, acetylthiocholine iodide (ATC), 5,5'-dithio-bis-2-nitrobenzoic acid (DTNB), porcine pancreatic elastase, acetylcholinesterase 및 β -secretase (BACE1) assay kit 등은 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. Yeast α -glucosidase, p -nitrophenol- α -glucopyranoside는 Wako Chemical Co. (Kanagawa, Japan)에서 구입하여 사용하였다. 그 밖의 모든 시약은 분석용 특급 시약을

구입하여 사용하였다.

일반성분 분석

갯사상자의 일반성분은 AOAC (1990)법에 따라 수분함량은 105°C 상압건조법, 조회분은 550°C 건식회화법, 조지방은 Soxhlet 추출법으로 분석하였다. 조단백질은 Kjeldahl법을 개량한 방법인 봉산에 의한 암모니아 포집법에 따라 정량하였다. 탄수화물 함량은 고형분의 총량에서 수분, 회분, 단백질 및 지방의 함량을 뺀 값으로 나타내었다. 모든 분석은 3회 이상 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

무기질 분석

시료의 무기질 함량은 군산대학교 친환경분석연구센터에 의뢰하여 유도결합 플라즈마방출분광기(ICP-OES, iCAP-7400DUO; Thermo Scientific Inc., Waltham, MA, USA)로 분석하였다. 즉, 테프론 분해용기에 시료 0.3 g을 취하여 10 mL의 황산과 질산 혼합액(1:1)을 가한 다음 시료가 완전히 분해될 때까지 microwave digestion system에서 가열하였다. 가열 분해한 시료를 증류수로 최종 50 mL로 정용한 것을 0.45 μ m syringe filter (PVDF, Futecs)로 여과한 후, 이를 유도결합 플라즈마방출 분광기로 분석하였다. 무기질 농도는 아래의 식, Sample mineral contents (mg/100 g)=[(Sample ppm-Blank ppm)×dilution rate]/10에 의하여 구하여 각 무기질의 농도 (mg/100 g sample)로 나타내었다.

추출물의 제조

갯사상자의 분말을 3가지 용매(증류수, 80% ethanol, 80% methanol)를 사용하여 갯사상자 추출물을 각각 제조하였다. 증류수를 용매로 사용한 추출은 갯사상자 50 g에 증류수를 시료 대비 20배의 양을 첨가하여 autoclave (121°C)에서 3시간 동안 가열 추출하였다. 유기 용매를 사용한 추출은 80% EtOH과 80% MeOH를 추출 용매로 사용하여 시료 50 g에 각 추출용매를 시료 대비 20배의 양으로 첨가하여 50°C에서 24시간 동안 shaking incubator (120 rpm)에서 추출하였다. 각 용매별로 추출한 갯사상자 추출물을 원심분리기(SUPRA 30K; Hanil)에서 원심분리(1,800 g, 30분)하여 상등액을 여과지(No. 1; Whatman, Maidstone, UK)로 여과한 후 여액을 회수하였다. 얻어진 각각의 추출물을 감압 농축기로 유기용매를 제거하여, 동결 건조한 후에 -20°C 냉동고에 보관하면서 각종 실험에 사용하였다. 모든 추출물은 적절한 양을 저울에 달아 증류수(증류수 추출물) 및 DMSO (EtOH 및 MeOH 추출물)로 용해하여 항산화성 및 생리활성 측정 시료로 사용하였다. 갯사상자 추출물의 수율은 각 추출물의 건량을 시료 건량으로 나누어 백분율로 나타내었다.

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 측정

갯사상자 추출물의 총 폴리페놀 함량 측정은 Folin-Denis 법

을 약간 변형한 Shetty et al. (1995)의 방법에 준하여 수행하였다. 각 시료(1 mL)에 95% 에탄올 용액 1 mL와 증류수 5 mL를 넣어 혼합한 후 50% Folin-Ciocalteu reagent 0.5 mL를 넣고 실온에서 5분간 반응시켰다. 여기에 5% Na_2CO_3 용액 1 mL를 가한 후 실온·암소에서 1시간 동안 반응시킨 후 분광광도계(Optizen Pop; KLAB, Seoul, Korea)를 이용하여 파장 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준검량곡선은 gallic acid를 표준물질로 사용하여 시료의 총 폴리페놀 함량을 산출하였고 gallic acid equivalents (mg GAE/g extract)로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량은 Moreno et al. (2000)의 방법을 약간 변형하여 아래와 같이 측정하였다. 각 시료 용액(0.5 mL)에 1.5 mL, 95% ethanol을 혼합한 다음 0.1 mL, 10% aluminum nitrate와 0.1 mL, 1 M potassium acetate를 차례로 가하여 혼합한 후 실온에서 3분간 반응시킨 다음 증류수 2.8 mL를 가하여 혼합한 후 실온에서 30분간 반응시킨 후 파장 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin을 표준물질로 사용하여 동일한 방법으로 작성된 표준 곡선으로부터 총 플라보노이드 함량으로 환산하였고, quercetin equivalents (mg QE/g extract)로 나타내었다.

항산화 활성 측정

ABTS radical 소거능은 ABTS⁺ radical decolorization assay (Re et al., 1999) 방법을 이용하여 측정하였다. 7.4 mM의 ABTS와 2.6 mM potassium persulfate를 동량 혼합하여 실온·암소에서 24시간 동안 방치하여 radical을 형성시킨 다음 실험 직전에 ABTS 용액을 734 nm에서 흡광도가 1.000 ± 0.030 (mean \pm SD)가 되도록 phosphate-buffered saline (pH 7.4)으로 희석하여 사용하였다. 추출물 50 μL 에 ABTS 용액 950 μL 를 첨가하여 암소에서 10분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하여 계산식, ABTS^+ radical scavenging ability (%) = $[(\text{Control}_{734} - \text{Sample}_{734}) / \text{Control}_{734}] \times 100$ 에 의하여 활성을 산출하였다. IC₅₀ value (half maximal inhibitory concentration value)는 50%의 ABTS⁺ radical 소거활성을 나타내는 시료의 농도(mg/mL)로 정의하였다. IC₅₀ value는 nonlinear regression analysis software (Prism 9; GraphPad, CA, USA)를 이용하여 구하였다. 시료의 산화방지 활성을 측정하기 위하여 자유라디칼인 DPPH를 사용한 라디칼 소거활성의 측정법은 Lee et al. (2017)의 방법에 따라 측정하였다. 각 시료액(1.5 mL)에 동량의 0.4 mM DPPH radical ethanolic solution (1.5 mL)과 혼합하고, 37°C에서 30분간 반응시킨 후, 파장 516 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 아래의 계산식, DPPH radical scavenging ability (%) = $[(\text{Control}_{517} - \text{Sample}_{517}) / \text{Control}_{517}] \times 100$ 에 의하여 활성을 산출하였으며, IC₅₀ value (mg/mL)는 50%의 DPPH 소거활성을 나타내는 시료의 농도(mg/mL)로 정의하였다. 이때, 대조구는(Control₅₁₇)는 시료용액 대신 탈 이온수를 가하여 측정된 흡광도를 나타내었다.

각 시료의 아질산염 소거활성은 1 mM NaNO_2 용액 1 mL에 소정 농도의 시료 1 mL를 첨가하고 여기에 0.1 N HCl (pH 1.2) 용액을 사용하여 반응용액의 pH를 각각 1.2로 조정한다. 다음 반응용액의 부피를 10 mL로 하였다. 이렇게 한 다음 37°C에서 1시간 반응시켜 얻은 반응용액을 각각 1 mL씩 취하고 여기에 2% 초산용액 5 mL를 첨가한 다음 Griess 시약(30% 초산으로 각각 조제한 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1로 혼합) 0.5 mL를 가하여 잘 혼합시킨 다음 실온에서 15분간 방치시킨 후 분광광도계를 사용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산염을 구하였다. 대조구는 Griess 시약 대신 증류수를 0.5 mL를 가하여 상기와 동일하게 행하였다. 아질산염 소거작용은 시료를 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우의 백분율로 나타내었다. {아질산염 소거활성(%) = $[1 - (A - C) / B] \times 100$; A, 1 mM nitrite 용액에 시료를 첨가한 흡광도; B, 1mM nitrite 용액의 흡광도; C, 시료의 흡광도}. IC₅₀ value (mg/mL)는 50%의 아질산염 소거활성을 나타내는 시료의 농도(mg/mL)로 정의하였다.

환원력(reducing power)은 Lee et al. (2020a)의 방법으로 측정하였다. 각 시료용액(1 mL)에 1 mL의 0.2 M sodium phosphate 완충액(pH 6.6)과 1 mL의 1% (w/v) potassium ferricyanide를 차례로 가하여 혼합한 후, 50°C의 항온수조에서 20분 동안 반응시켰다. 이 반응액에 1 mL의 10% (w/v) trichloroacetic acid를 가하여 반응을 정지시킨 후 원심분리(1,890 g, 10분)하였다. 상층액 1.5 mL에 1.5 mL의 증류수와 0.3 mL의 0.1% (w/v) ferric chloride 용액을 혼합하여, 10분 동안 실온에서 정지한 후, 파장 700 nm에서 흡광도를 측정하여 환원력으로 나타내었으며, 흡광도가 높을수록 환원력이 큰 것을 의미한다. EC₅₀ value (half maximal effective concentration value)는 흡광도 값이 0.5를 나타내는 시료의 농도(mg/mL)로 정의하였다.

FRAP (ferric reducing antioxidant power)에 의한 환원력 측정은 Benzie and Strain (1996)의 방법을 사용하여 측정하였다. 300 mM acetate buffer (pH 3.6), 40 mM HCl에 용해한 10 mM 2,4,6-tripyridyl-s-triazine 및 20 mM $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 를 각각 10:1:1 (v/v/v)의 비율로 혼합하여 FRAP 시약을 제조하였다. 이어서 여러 가지 농도의 시료액 0.15 mL와 3.0 mL의 FRAP 시약을 혼합하여 37°C에서 5분간 반응시킨 후 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 를 표준물질로 사용하여 동일한 방법으로 얻은 표준 검량선으로부터 FRAP value (mM)를 계산하였다.

Tyrosinase 저해활성 측정

각 시료의 tyrosinase 저해활성은 Iida et al. (1995)의 방법을 다소 수정하여 다음과 같이 측정하였다. 300 μL 의 시료용액은 900 μL 의 mushroom tyrosinase (50 Unit/mL)와 1.5 mL의 50 mM phosphate buffer (pH 6.8)을 혼합하여 실온에서 30분 동안 전 단계 반응을 실시한 후, 300 μL 의 10 mM L-DOPA 용액

을 가하여, 파장 475 nm에서 20분 동안 1분 간격으로 생성되는 dopachrome의 흡광도를 모니터링하면서 측정하였다. Tyrosinase 저해활성(%)은 다음 식, Tyrosinase inhibitory activity (%)=[(Control₄₇₅-Sample₄₇₅)/Control₄₇₅] \times 100을 통하여 계산하였다. 여기서 대조구(Control₄₇₅)는 시료 대신 증류수를 가하여 측정된 흡광도를 의미하였다.

Elastase 저해활성 측정

각 시료의 elastase 저해활성은 Kraunsoe et al. (1996)의 방법을 다소 수정한 Lee et al. (2021)의 방법에 따라 측정하였다. Porcine pancreatic elastase를 반응용액(50 mM Tris-HCl buffer, pH 8.2)에 녹여 1 U/mL로 제조하여 효소용액으로 사용하였고, 기질용액은 N-succinyl-Ala-Ala-Ala-p-nitroniline (0.5 mM)을 동일한 반응용액에 녹여서 제조하였다. 100 μ L의 시료용액은 125 μ L의 elastase (1 U/mL)와 650 μ L의 반응용액을 혼합하여 실온에서 10분 동안 전 단계 반응을 실시한 후, 125 μ L의 0.5 mM 기질용액을 가하여 405 nm에서 0분에서의 흡광도를 측정된 후 다시 25°C에서 10분간 반응한 후의 흡광도를 측정하였다. 대조군(C)은 시료 대신 buffer 용액을 사용하였다. Elastase 저해 활성도는 계산식은 Elastase inhibitory activity(%)=[1-{S(OD 10 min-OD 0 min)/C(OD 10 min-OD 0 min)}] \times 100에 의하여 산출하였다.

Collagenase 저해활성 측정

각 시료의 collagenase 저해활성은 Barrantes and Guinea (2003)의 방법을 다소 수정하여 다음과 같이 측정하였다. Collagenase를 50 mM Tris-HCl buffer (pH 7.5), 10 mM CaCl₂ and 0.4 M NaCl)에 녹여 0.2 U/mL로 제조하여 효소용액으로 사용하였고, 기질용액은 2 mM N-[3(2-furyl)acryloyl]-Leu-Gly-Pro-Ala을 동일한 완충용액에 녹여서 제조하였다. 30 μ L의 시료용액은 30 μ L의 collagenase (0.2 U/mL)와 90 μ L의 반응용액(100 mM Tris-HCl buffer, pH 7.5, 10mM CaCl₂)을 혼합하여 실온에서 10분 동안 정치한 후, 60 μ L의 2 mM 기질용액을 첨가하여 25°C에서 20분동안 2분 간격으로 340 nm에서 흡광도를 측정하였다. Collagenase 저해활성(%)은 다음 식, Collagenase inhibitory activity(%)=(1-Sample₃₄₀/Control₃₄₀) \times 100을 통하여 계산하였다. 여기서 대조구(Control₃₄₀)는 시료 대신 증류수를 가하여 측정된 흡광도를 의미하였다.

AChE 저해 활성 측정

각 시료의 AChE 저해 활성은 Ellman et al. (1961)의 방법을

다소 수정하여 아래와 같이 측정하였다. 96 well plate에 100 mM phosphate buffer (pH 8.0) 50 μ L, 시료 용액 25 μ L, AChE (0.25 U/mL) 25 μ L를 첨가하여 잘 혼합한 뒤 실온에서 10분간 정치한 다음, 10 mM DTNB 125 μ L와 75 mM acetylthiocholine iodide 25 μ L를 첨가하여 파장 412 nm에서 10분간 흡광도를 측정하여 증가된 흡광도 변화를 계산하였다. 효소 활성의 저해정도는 다음 식, Acetylcholinesterase inhibitory activity(%)=[100-(ST/CT)] \times 100과 같이 산출하였다(ST, 시료 존재 하에서의 반응속도; CT, 시료 무첨가구의 초기반응속도).

BACE1 저해활성 측정

각 시료의 BACE1 (β -secretase) 효소활성은 fluorescence resonance energy transfer (FRET)-based β -secretase (BACE1) assay kit (Sigma-Aldrich)을 사용하여 측정하였다. 일반적인 저해활성은 black 96-microwell plate에 fluorescent assay buffer (78-X μ L, 50 mM sodium acetate, pH 4.5), BACE1 substrate (20 μ L, 50 μ M MOCAC-SEVNLDAEFRK(Dnp)RR), 시료용액(X μ L) 및 BACE1 효소(2 μ L, 0.3 unit/ μ L)를 순서대로 첨가하여 섞은 후 37°C에서 2시간 반응시킨 다음 microplate reader (Infinte F200; Tecan, Männedorf, Switzerland)를 사용하여 Ex 320/Em 405 nm에서 형광강도를 측정하였다. BACE1활성의 저해정도는 다음 식, BACE1 inhibitory activity(%)=[100-(SF/CF)] \times 100과 같이 산출하였다(SF, 시료 존재 하의 형광강도; CF, 시료 무첨가구의 형광강도).

통계처리

실험 결과는 SPSS 22.0 package program (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)으로 통계처리 하여 3회 측정된 값의 평균 \pm 표준편차로 나타내었다. 각 시료 간의 유의성 검정은 분산분석(ANOVA)을 한 후 P<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test에 따라 분석하여 시료 간 유의적 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

갯사상자의 일반성분 및 무기질 함량

갯사상자의 일반성분 분석 결과는 Table 1과 같다. 갯사상자의 일반성분을 측정된 결과, 수분함량은 9.77%, 조단백질은 14.13%, 조회분은 12.95%, 조지방은 3.95%, 탄수화물은 59.20%로 나타났다. 갯사상자의 일반성분을 비교해보면 조단백질과 조회분의 경우 10% 이상의 함량을 나타냈지만 조지방의 경우는 낮은 함량을 나타냈다. 염생식물의 경우는 일반적인

Table 1. Proximate composition of *Cnidium japonicum* (% , dry weight basis)

Sample	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash	Carbohydrate ²
<i>Cnidium japonicum</i>	9.77 \pm 0.16 ¹	14.13 \pm 0.12	3.95 \pm 0.05	12.95 \pm 0.02	59.20 \pm 0.08

¹Values are mean \pm SD (n=3). ²Carbohydrate contents are calculated as the differences between total weight and the sum of crude protein, crude lipid, moisture and ash.

로 탄수화물을 제외하고 조회분 함량이 높지만 조지방 함량은 낮은 것으로 알려져 있는 것과 같이 갯사상자의 일반성분도 유사한 경향을 보이는 것으로 확인되었다(Yang, 2011; Lee et al., 2021).

갯사상자의 무기질 함량을 분석한 결과는 Table 2에 나타내었다. 갯사상자의 나트륨(Na), 마그네슘(Mg), 칼륨(K), 칼슘(Ca), 망간(Mn), 철(Fe), 구리(Cu) 및 아연(Zn)의 함량을 각각 분석한 결과, 칼륨이 2,436 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 나타냈고 그 다음 순으로는 나트륨 978 mg, 칼슘 519 mg, 마그네슘 285 mg, 철 70 mg, 아연 5 mg, 망간 2 mg, 구리 1 mg으로 나타났다. 염생식물은 갯벌, 사구 및 내륙의 염습지의 염분이 풍부한 땅에서 자라는 내염성 식물로 각종 미네랄이 다량 함유되어 있는 것으로 알려져 있다. Yang (2011)은 염생식물의 종류에 따라 염도 및 미네랄 함량 차이가 크지만, 육상식물에 비해서는 전체적으로 나트륨 함량이 높고 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 등의 미네랄 함량이 높게 나타나는 것으로 보고하였다. 갯사상자의 무기질 함량은 Yang (2011) 과 Lee et al. (2021)의 보고와 유사하게 칼륨, 나트륨, 칼슘 및 마그네슘 함량이 다른 미네랄 함량보다 월등히 많이 함유되어 있는 것으로 확인되었다.

갯사상자 추출물의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

갯사상자에 함유되어 있는 생리활성물질 및 유용성분을 대량 획득하기 위하여 80% EtOH, 80% MeOH 및 증류수를 추출 용매로 사용하여 각각의 갯사상자 추출물을 제조하였다. 갯사상자 추출물의 수율 결과는 Table 3과 같다. 갯사상자의 각 용매 추출물의 수율은 EtOH를 사용한 추출물은 26.48%, MeOH를 사용한 경우에는 27.35%, 증류수를 사용한 추출조건에서는 31.96%로 나타났다. 각 용매에 따른 갯사상자 추출물의 수율을 비교하면 증류수>MeOH>EtOH 추출물 순으로 수율이 높은 것으로 확인되었다. 염생식물의 추출용매에 따른 추출물에 대한 수율을 비교한 연구보고에 의하면 갯씀바귀는 EtOH, MeOH 및 증류수를 추출 용매로 사용한 경우 추출물에 따른 수율 차이는 거의 나타나지 않았으나, 모래지치의 경우 추출용매에 따라

약 7% 정도의 추출 수율 차이가 있는 것으로 보고 되어있어 염생식물의 종류에 따라 추출 수율에 영향을 미치는 것으로 생각된다(Kim et al., 2021; Lee et al., 2021).

갯사상자 추출물들의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 측정된 결과는 Table 3에 나타내었다. EtOH을 용매로 사용한 추출물의 총 폴리페놀 함량은 21.79 mg/g이고, MeOH 추출물은 22.14 mg/g이었으며, 증류수 추출물은 15.66 mg/g로 확인되었다. 즉, 갯사상자 추출물의 폴리페놀 함량은 MeOH>EtOH>증류수 순으로 총 폴리페놀 함량이 높게 나타났다. 서해안 지역에서 자생하는 28종의 염생식물에 관한 연구에 의하면 염생식물의 종류에 따라 총 폴리페놀 함량이 11.7–145.6 mg/g인 것으로 알려져 있다. 그 중 수송나물 14.3 mg/g, 칠면초 19.8mg/g, 갯씀바귀 62.4 mg/g, 통통마디 67.5 mg/g, 해당화 145.6 mg/g으로 확인되어 염생식물의 종류에 따라 총 폴리페놀 함량 차이가 많이 나는 것으로 보고되어있다(Yang, 2011; Kim et al., 2021). 다양한 염생식물과 갯사상자의 총 폴리페놀 함량을 비교해 보면 갯사상자의 폴리페놀 함량(15.7–22.1 mg/g)은 염생식물 중에서 비교적 폴리페놀 함량이 낮은 부류에 속하는 것으로 확인되었다.

한편, 각종 용매에 따라 추출한 갯사상자 추출물의 총 플라보노이드 함량을 측정된 결과, EtOH 추출물은 7.19 mg/g이고 MeOH 추출물은 5.95 mg/g, 증류수 추출물은 4.24 mg/g으로 확인되었다. 따라서 갯사상자는 EtOH>MeOH>증류수 추출물 순으로 높은 플라보노이드를 함유하고 있는 것으로 확인되었다. 염생식물 중 갯메꽃, 모래지치, 순비기나무 및 해당화의 잎과 줄기의 총 플라보노이드 함량은 14.7–38.1 mg/g 및 2.5–6.6 mg/g으로 염생식물의 잎에서 높은 총 플라보노이드를 함유하고 있는 것으로 알려져 있고(Kim and Cha, 2017), 갯씀바귀 EtOH 추출물의 총 플라보노이드 함량은 113.9 mg/g으로 보고 되어 있다(Kim et al., 2021).

갯사상자 추출물의 항산화 활성

갯사상자의 추출 용매에 따른 항산화 활성을 비교하기 위해

Table 2. Mineral contents of *Cnidium japonicum*

(mg/100 g)

Sample	Na	Mg	K	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn
<i>Cnidium japonicum</i>	978.07±5.23 ¹	285.54±7.72	2436.57±126.32	519.90±70.08	2.14±0.08	70.65±2.40	1.00±0.02	5.96±0.11

¹Values are mean±SD (n=3).

Table 3. Comparison of the extraction yields, total polyphenolic and flavonoid contents of various solvent extracts from *Cnidium japonicum*

Sample	Yield (%)	Total polyphenolic content (mg GAE/g) ¹	Total flavonoid content (mg QE/g) ²
80% EtOH extract	26.48	21.79±0.55 ^{a,3,4}	7.19±0.22 ^a
80% MeOH extract	27.35	22.14±0.53 ^a	5.95±0.08 ^b
Water extract	31.96	15.66±0.58 ^b	4.24±0.09 ^c

¹GAE, gallic acid equivalent mg/g. ²QE, quercetin equivalent mg/g. ³Value are mean±SD (n=3). ⁴Means with different letters in a column are significantly different at P<0.05 by Duncan's multiple range test.

여 EtOH, MeOH 및 증류수를 용매로 사용한 갯사상자 추출물의 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거활성, nitrite 소거활성, 환원력 및 FRAP를 측정한 결과를 Table 4에 나타내었다. 갯사상자 추출물의 ABTS 라디칼 소거활성(IC₅₀)을 측정한 결과, EtOH 추출물은 0.74 mg/mL, MeOH 추출물은 0.76 mg/mL, 증류수 추출물은 1.30 mg/mL로 나타나, ABTS 라디칼 소거활성은 갯사상자의 경우 EtOH>MeOH>증류수 추출물 순으로 높은 것으로 확인되었다. 갯사상자의 EtOH 및 MeOH 추출물의 ABTS 라디칼 소거활성(IC₅₀)은 유사하였으나 증류수 추출물의 IC₅₀ 값은 EtOH 및 MeOH 추출물의 소거활성에 비하여 IC₅₀ 값이 약 2배 높은 것으로 나타나, ABTS 라디칼 소거활성이 낮은 것으로 확인되었다. 따라서 EtOH 및 MeOH을 사용한 갯쌈바귀 추출물에서 항산화 물질이 더 많이 추출되는 것으로 판단된다.

각 추출용매 별 갯사상자 추출물의 DPPH 라디칼 소거활성(IC₅₀)을 측정한 결과 EtOH 추출물은 6.59 mg/mL이고, MeOH 추출물은 6.18 mg/mL, 증류수 추출물은 10.79 mg/mL로 나타났다. DPPH 라디칼 소거활성은 MeOH>EtOH>증류수 추출물 순으로 높은 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 양성 대조군인 ascorbic acid의 DPPH 라디칼 소거활성(IC₅₀, 0.14 mg/mL)에 비하여 갯사상자 추출물은 약 1/50의 낮은 활성을 나타내었다. 다양한 염생식물 중에서 수송나물, 통통마디, 사테풀, 갯메꽃, 해당화, 갯쇠보리 등은 최종농도 0.1 mg/mL에서 DPPH 라디칼 소거활성 60% 이상의 높은 활성을 나타내는 것으로 알려져 있어 갯사상자는 염생식물 중에서 DPPH 라디칼 소거활성은 낮은 부류에 속하는 것으로 확인되었다(Yang, 2011; Jiratchayamaethasakul et al., 2020).

갯사상자 추출물의 nitrite 소거활성(IC₅₀)을 측정한 결과 EtOH 추출물은 15.27 mg/mL, MeOH 추출물은 11.78 mg/mL, 증류수 추출물은 45.83 mg/mL로 나타났다. 따라서 갯사상자의 경우 MeOH 추출물이 다른 용매에 비하여 약 1.3-3.9 배 이상의 높은 nitrite 소거활성을 나타내는 것으로 확인되었다. 한편, 각 추출용매(EtOH, MeOH, 증류수)에 따른 갯사상자 추출물의 환원력(EC₅₀)을 분석한 결과 EtOH 및 MeOH 추출물의 환원력은 각각 0.65 및 0.57 mg/mL이었으나 증류수 추출물의 환원력은 0.81 mg/mL로 나타났다. 따라서 갯사상자

추출용매에 따른 환원력의 차이는 작은 것으로 생각된다. 갯사상자 추출물의 FRAP 분석 결과, EtOH 추출물은 0.26 mM, MeOH 추출물은 0.33 mM, 증류수 추출물은 0.16 mM로 확인되었다. 갯사상자의 FRAP values는 MeOH>EtOH>증류수 순으로 FRAP value가 높았다. 하지만 갯사상자의 추출물들은 양성 대조군인 ascorbic acid (11.67 mM) 보다 약 1/50 전후로 낮은 것으로 확인되었다. 이상의 갯사상자 추출물의 항산화활성 결과를 종합해보면 MeOH 및 EtOH을 사용한 추출물에서 높은 항산화활성이 나타났으나, 증류수를 추출용매로 사용한 추출물에서는 유기용매로 추출한 추출물에 비하여 항산화활성의 낮은 것으로 확인되었다. 염생식물의 갯쌈바귀 및 모래지치 EtOH 추출물의 항산화 활성과 갯사상자 EtOH 추출물의 각종 항산화 활성을 비교해 보면 모래지치>갯쌈바귀>갯사상자 순으로 항산화 활성이 높은 것으로 확인되었다(Lee et al., 2021; Kim et al., 2021).

갯사상자 추출물의 tyrosinase, elastase 및 collagenase 저해 활성

갯사상자 추출물의 피부 미백 및 노화에 관련이 있는 것으로 알려진 tyrosinase, elastase 및 collagenase 저해활성에 대한 비교·분석 결과는 Table 5와 같다. 각 추출용매 별 갯사상자 추출물의 tyrosinase 저해활성을 다양한 농도에서 측정한 결과, EtOH 추출물의 tyrosinase 저해활성(IC₅₀)은 75.9 µg/mL이고, MeOH 추출물은 97.2 µg/mL, 증류수 추출물은 205.6 µg/mL로 확인되어, tyrosinase 저해활성은 EtOH>MeOH>증류수 순으로 높은 것으로 확인되었다. 따라서 갯사상자는 추출용매에 따라 tyrosinase 저해활성은 약 1.3-2.7배 차이가 나는 것으로 확인되었다. Tyrosinase는 피부의 표피 기저층에 존재하는 멜라노사이트에서 tyrosine을 산화시켜 멜라닌의 생성을 촉진시키는 효소로서 이들의 활성 억제에는 피부 미백과 노화 방지에 매우 중요한 것으로 알려져 있다(Choi et al., 2011). 따라서 피부의 멜라닌 색소 침착 제어 및 억제와 밀접한 관련이 있는 tyrosinase 저해제는 화장품 분야에서 관심이 증가하는 추세이다. 최근 다양한 염색식물에 관한 연구에 따르면 모래지치, 갯끈풀, 해홍나물, 나문재, 가는갯능쟁이 및 갯기름나무의 추출

Table 4. Antioxidant activities of various solvent extracts from *Cnidium japonicum*

Sample	ABTS (IC ₅₀ , mg/mL) ¹	DPPH (IC ₅₀ , mg/mL)	NO (IC ₅₀ , mg/mL)	Reducing power (EC ₅₀ , mg/mL) ²	FRAP value (mM)
80% EtOH extract	0.74±0.04 ^{b,3,4}	6.59±0.08 ^b	15.27±0.27 ^b	0.65±0.00 ^b	0.26±0.01 ^c
80% MeOH extract	0.76±0.01 ^b	6.18±0.18 ^b	11.78±0.51 ^b	0.57±0.01 ^c	0.33±0.02 ^b
Water extract	1.30±0.01 ^a	10.79±0.73 ^a	45.83±3.49 ^a	0.81±0.01 ^a	0.16±0.01 ^d
Ascorbic acid	0.06±0.00 ^d	0.14±0.01 ^d	0.69±0.01 ^d	0.01±0.00 ^d	11.67±0.01 ^a

¹The 50% inhibitory concentration (IC₅₀) values (mg/mL) were calculated from a log dose inhibition curve. ²EC₅₀ value for reducing power is expressed as the effective concentration at which the absorbance is 0.5. ³Values are mean±SD (n=3). ⁴Means with different letters in a column are significantly different at P<0.05 by Duncan's multiple range test. ABTS, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt; DPPH, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl; NO, Nitric oxide; FRAP, Ferric reducing antioxidant power.

물 1 mg/mL에서 약 50–60% tyrosinase 저해활성이 있는 것으로 보고되어 있고(Jiratchayamaethasakul et al., 2020), 갯쌈바귀의 EtOH 추출물에서는 0.4 mg/mL에서 50% 저해활성을 나타낸다고 보고되어있다(Kim et al., 2021). 본 연구 결과와 위의 염생식물의 tyrosinase 저해활성을 비교해보면 갯사상자는 최종농도 75.9 µg/mL에서 50%의 tyrosinase 활성을 저해하므로 염생식물 중에서 tyrosinase 저해활성이 매우 뛰어난 부류에 속하는 것으로 확인되었다. 갯사상자 추출물의 elastase 저해활성을 측정할 결과, EtOH 추출물의 저해활성(IC₅₀)은 1.06 mg/mL, MeOH 추출물은 0.77 mg/mL, 증류수 추출물은 1.93 mg/mL로 확인되어 MeOH>EtOH>증류수 추출물 순으로 elastase 저해활성이 높은 것으로 나타났다. Elastase는 피부의 진피 내 피부 탄력을 유지하는 기질 단백질인 elastin의 분해에 관여하여, 피부의 주름 및 탄력성 소실 등을 유발시키는 단백질 가수분해효소로 알려져 있어 elastase 저해활성물질은 피부의 주름을 개선하는 효과가 있어 기능성 화장품 원료로 주목받고 있다(Lee, 2015). 다양한 염생식물의 생리활성에 관한 연구에서 통통마디, 지체, 모래지치, 갯끈풀, 해당화 및 취명아주 추출물 등은 1 mg/mL 농도에서 53–78%의 elastase 저해활성이 있는 것으로 보고되어 있고(Jiratchayamaethasakul et al., 2020), 갯쌈바귀의 EtOH 추출물은 0.16 mg/mL 농도에서 elastase 활성을 50% 저해한다고 보고되어있다(Kim et al., 2021). 따라서 본 연구에서 수행한 갯사상자 추출물의 elastase 저해활성과 다양한 염생식물의 elastase 저해활성을 비교하였을 때, 갯사상자 MeOH 추출물은 염생식물 중 높은 부류에 속하는 것으로 판단된다. 한편, 갯사상자 추출물의 피부노화 및 주름생성 억제력을 확인하기 위하여 collagenase 저해활성을 측정할 결과, EtOH 추출물의 저해활성(IC₅₀)은 2.80 mg/mL, MeOH 추출물은 1.98 mg/mL, 증류수 추출물은 3.56 mg/mL로 확인되어 갯사상자 MeOH>EtOH>증류수 추출물 순으로 collagenase 저해활성이 높은 것으로 확인되었다. Collagen은 피부 진피층을 구성하는 extracellular matrix (ECM) 단백질의 주요 구성성분으로 ECM 단백질 전체의 90%를 차지하며 피부의 형태와 강도를 유지하는 역할을 한다. 또한, collagen은 다양한 ECM 단백질인 elastin, fibronectin, fibrillin, integrin 등과 가교결합을

만들기 때문에 collagen 분해가 일어나면서 가교결합이 끊기게 되어 진피층의 부피가 줄어들고 주름이 발생하게 된다(Go et al., 2020). Collagenase는 collagen을 분해하는 단백질 가수분해효소로 피부의 collagen을 특이적으로 분해하여 주름 생성을 촉진한다.

갯사상자 추출물의 AChE 및 BACE1 저해 활성

갯사상자 추출물에 대한 뇌의 acetylcholine 농도 유지 관련 연관성을 확인하기 위하여 갯사상자 추출물의 AChE 저해활성을 측정하여 그 결과를 Table 5에 나타내었다. 각 갯사상자 추출물의 AChE 저해활성을 다양한 농도에서 측정한 결과, EtOH 추출물의 AChE 저해활성(IC₅₀)은 1.80 mg/mL이고, MeOH 추출물은 1.72 mg/mL, 증류수 추출물은 12.92 mg/mL로 측정되어, 갯사상자 AChE 저해활성은 MeOH>EtOH>>증류수 추출물 순으로 높은 것으로 확인되었다. 알츠하이머 환자의 뇌에는 신경전달물질인 acetylcholine 함량이 정상인에 비해 50% 이하로 감소하는 경향이 있는 것으로 알려져 있는데, AChE의 활성이 증가하면 acetylcholine을 분해해 그 농도를 감소시키고 일련의 반응을 통해 신경세포가 손상되어 기억력 손상이 유발된다고 알려져 있다(Talesa, 2001). 따라서 뇌에서 acetylcholine 농도 유지는 인지기능개선 효과와 상관관계가 있는 것으로 보고되어 있다(Kim et al., 2021). 염생식물의 AChE 저해활성에 관한 연구에 따르면, 큰비속 EtOH 추출물(0.01 mg/mL)은 30.2%, 갯쌈바귀 EtOH 추출물(1 mg/mL)은 63.7%의 AChE 저해활성을 나타낸다고 보고 되어있다(Jeon et al., 2012; Kim et al., 2021).

갯사상자 추출물에 대한 BACE1 (β-secretase) 저해활성을 측정할 결과는 Table 5와 Fig. 1에 나타내었다. 알츠하이머병의 원인 중 하나인 이상 단백질 축적설은 β-amyloid (Aβ)라는 펩타이드가 과도하게 만들어져 뇌세포에 축적되어 발생하는 신경퇴행성 뇌질환으로 Aβ는 amyloid precursor protein이 β-secretase와 γ-secretase라는 효소에 의해 절단되어 생성되는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2002). 본 연구에서는 갯사상자 추출물의 Aβ 생성 억제력을 확인하기 위하여 다양한 추출물의 BACE1 저해활성을 측정하여 알츠하이머병의 예방 효과를 검토하였다. 각 갯사상자 추출물의 BACE1 저해활성을 다

Table 5. Physiological activities of various solvent extracts from *Cnidium japonicum*

Sample	Tyrosinase (IC ₅₀ , µg/mL) ¹	Elastase (IC ₅₀ , mg/mL)	Collagenase (IC ₅₀ , mg/mL)	AChE (IC ₅₀ , mg/mL)	BACE1 (IC ₅₀ , µg/mL)
80% EtOH extract	75.87±12.91 ^{bc,2,3}	1.06±0.11 ^b	2.80±0.58 ^{ab}	1.80±0.03 ^b	3.09±0.53 ^c
80% MeOH extract	97.20±15.47 ^b	0.77±0.13 ^c	1.98±0.13 ^b	1.72±0.22 ^b	0.78±0.04 ^c
Water extract	205.60±93.96 ^a	1.93±0.08 ^a	3.56±1.21 ^a	12.92±0.98 ^a	105.03±2.50 ^a
Positive control ⁴	2.12±0.08 ^c	0.001±0.00 ^d	0.007±0.00 ^c	0.022±0.00 ^c	7.85±0.64 ^b

¹The 50% inhibitory concentration (IC₅₀) values (µg/mL or mg/mL) were calculated from a log dose inhibition curve. ²Values are mean±SD (n=3). ³Means with different letters in a column are significantly different at P<0.05 by Duncan's multiple range test. ⁴Positive controls for tyrosinase, elastase, collagenase, AChE and BACE1 were used kojic acid, quercetin, epigallocatechin gallate (EGCG), tacrine and STA-200 (H-Lys-Thr-Glu-Glu-Ile-Ser-Glu-Val-Asn-Sta-Val-Ala-Glu-Phe-OH), respectively.

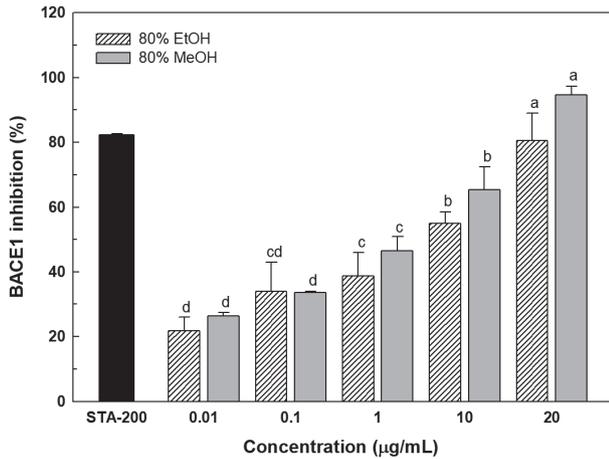


Fig 1. BACE1 inhibitory activities of EtOH and MeOH extracts from *Cnidium japonicum*. STA-200 (H-Lys-Thr-Glu-Glu-Ile-Ser-Glu-Val-Asn-Sta-Val-Ala-Glu-Phe-OH; final concentration at 200 µM) was used as a positive control. The results were determined at the final concentration of the above, respectively. Values are mean±SD (n=3). Means with different letters in a column are significantly different at P<0.05 by Duncan's multiple range test.

양한 농도에서 측정된 결과, EtOH 추출물의 BACE1 저해활성(IC₅₀)은 3.09 µg/mL이고, MeOH 추출물은 0.78 µg/mL, 증류수 추출물은 105.03 µg/mL로 확인되어, BACE1의 저해활성은 MeOH>EtOH>>증류수 순으로 높은 활성을 나타내었다 (Table 5). Fig. 1에 나타난 것과 같이 갯사상자 MeOH 및 EtOH 추출물의 BACE1 저해활성은 각 추출물의 농도 의존적인 경향을 보였다. 특히, MeOH 및 EtOH 추출물을 최종농도 20 µg/mL에서 BACE1 저해활성을 측정된 결과 양성 대조군인 STA-200 (200 µM) 보다 높은 활성을 보였다. 치매 예방 및 치료제 개발을 위한 BACE1의 저해물질은 다양한 농림수산물 유래 천연소재 및 기존의 화합물 등을 활용한 물질 탐색을 비롯한 생리의학적 연구가 다양하게 진행되고 있다(Lee et al., 2021). 그 예로서 감태, 검둥 감태 및 톳 등의 해조류 추출물에서 약 80% 이상의 높은 BACE1 저해활성이 확인되었고(Son et al., 2016; Lee et al., 2020b), 염생식물인 모래지치의 추출물(0.5 mg/mL)에서도 80%의 높은 BACE1 저해활성을 내포하고 있는 것으로 보고하였다(Lee et al., 2021).

본 연구에서는 염생식물인 갯사상자의 이화학적 특성을 분석하고 다양한 추출물을 제조하여 항산화활성 및 생리활성을 측정하였다. 갯사상자 무기질의 분석 결과 칼륨, 나트륨, 칼슘 및 마그네슘 함량이 높고, 각 추출물의 총 폴리페놀은 함량은 15.66–22.14 mg GAE/g, 총 플라보노이드 함량은 4.24–7.19 mg QE/g으로 항산화물질이 함유되어 있는 것을 확인하였다. 갯사상자 추출물의 여러 가지 항산화활성을 측정된 결과 갯사상자 MeOH 추출물에서 가장 높은 항산화 활성이 검출되었

다. 한편, 갯사상자의 다양한 생리활성을 측정된 결과, EtOH 추출물에서 tyrosinase 저해 활성이 가장 높았으나, elastase 및 collagenase 저해활성은 MeOH 추출물에서 가장 높은 것으로 확인되었다. 갯사상자 추출물의 항치매 관련 가수분해효소인 AChE 및 BACE1의 저해활성을 측정된 결과, 갯사상자 MeOH 추출물에는 AChE 및 BACE1에 대한 높은 저해활성을 내포하고 있는 것으로 나타났다. 이상의 연구 결과에서 갯사상자는 tyrosinase 및 BACE1 저해활성을 포함한 다양한 생리활성이 확인되어 기능성식품 및 의약품의 천연소재로서 활용 가능하리라 판단되어 추가적인 연구가 필요하다고 생각된다.

사 사

이 논문은 해양수산기술지역특성화사업(20170353)과 한국연구재단(NRF-2021R111A3043692; NRF-2017R1D1A3B03029803)의 지원을 받아 수행된 연구사업입니다.

References

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official methods of analysis. In: Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Arlington, VA, U.S.A., 777-788.

Benzie IFF and Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Anal Biochem* 239, 70-76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>.

Barrantes E and Guinea M. 2003. Inhibition of collagenase and metalloproteinases by aloins and aloe gel. *Life Sci* 72, 843-850. [https://doi.org/10.1016/S0024-3205\(02\)02308-1](https://doi.org/10.1016/S0024-3205(02)02308-1).

Byun HG and Kim SK. 2005. Development of physiological activity and health functional materials of seaweed. *Susanyeon-gu* 22, 1-10.

Cho EK and Choi YJ. 2010. Physiological activities of hot water extracts from *Ecklonia cava* kjellman. *J Life Sci* 20, 1675-1682. <https://doi.org/10.5352/JLS.2010.20.11.1675>.

Choi JH, Kim JS, Jo BS, Kin J, Park HJ, An BJ, Kim M and Cho YJ. 2011. Biological activity in functional cosmetic purple sweet potato extracts. *Korean J Food Preserv* 18, 414-422. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2011.18.3.414>.

Ellman GL, Courtney KD, Andres V Jr and Featherstone RM. 1961. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem Pharmacol* 7, 88-90. [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(61\)90145-9](https://doi.org/10.1016/0006-2952(61)90145-9).

Go YJ, Kim YE, Kim HN, Lee EH, Cho EB, Sultanov A, Kwon SI and Cho YJ. 2020. Inhibition effect against elastase, collagenase, hyaluronidase and anti-oxidant activity of thinning Green ball apple. *J Appl Bioll Chem* 63, 43-50. <https://doi.org/10.3839/jabc.2020.006>.

Iida K, Hase K, Shimomura K, Sudo S, Kadota S and Namba T. 1995. Potent inhibitors of tyrosinase activity and melanin biosynthesis from *Rheum officinale*. *Planta Med* 61, 425-

428. <https://doi.org/10.1055/s-2006-958129>.
- Jeon MJ, Kim M, Jang HJ, Lee SW, Kim JH, Kim HS and Lee SH. 2012. Whitening effect of *Hizikia fusiformis* ethanol extract and its fractions. *J Life Sci* 22, 889-896. <https://doi.org/10.5352/JLS.2012.22.7.889>.
- Jiratchayamaethasakul C, Ding Y, Hwang O, Im ST, Jang Y, Myung SW, Lee JM, Kim HS, Ko SC and Lee SH. 2020. *In vitro* screening of elastase, collagenase, hyaluronidase, and tyrosinase inhibitory and antioxidant activities of 22 halophyte plant extracts for novel cosmeceuticals. *Fish Aquat Sci* 23, 6. <https://doi.org/10.1186/s41240-020-00149-8>.
- Kim EG. 2013. Halophytes of Korea. Nature and Ecology Press, Seoul, Korea, 190-191.
- Kim JS, Lee YJ, Kim JY, Choi JW, You SJ and Kim YT. 2021. Comparison of antioxidant and physiological activities of various solvent extracts from *Ixeris repens*. *Korean J Fish Aqua Sci* 54, 742-750. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0742>.
- Kim SS and Cha HC. 2017. Comparison of the total phenolic and flavonoid contents and antioxidant activities of four kinds of sand dune plants living in Taean, Korea. *Korean J Plant Res* 30, 8-16. <https://doi.org/10.7732/kjpr.2016.30.1.008>.
- Kim YT, Downs D, Wu S, Dashti A, Pan Y, Zhai P, Wang X, Zhang XC and Lin X. 2002. Enzymic properties of recombinant BACE2. *Eur J Biochem* 269, 5668-5677. <https://doi.org/10.1046/j.1432-1033.2002.03277.x>.
- Ko JM. 2008. Identification of flavonoids and plant regeneration of coastal sand dune plants via *in vitro* culture. Ph.D. Dissertation, Dankook University, Yongin, Korea.
- Kraunsoe JA, Claridge TD and Lowe G. 1996. Inhibition of human leukocyte and porcine pancreatic elastase by homologues of bovine pancreatic trypsin inhibitor. *Biochemistry* 35, 9090-9096. <https://doi.org/10.1021/bi953013b>.
- Lee SH. 2011. Current status and prospect of nutraceuticals from marine algae. *Bull Food Technol* 24, 165-175.
- Lee SY. 2015. Analysis of skin mechanism and an application for functional cosmetic from red bean (*Phaseolus angularis*) shell extract. Ph.D. Dissertation, Hoseo University, Asan, Korea.
- Lee YJ, Kim WS, Jeon YJ and Kim YT. 2020a. Physicochemical properties and antioxidant activities of the yanggaeng containing *Hizikia fusiformis* powder. *Korean J Fish Aquat Sci* 53, 588-596. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0588>.
- Lee YJ, Jeon YJ and Kim YT. 2020b. Comparison of antioxidant and physiological activities of various solvent extracts from *Hizikia fusiformis*. *Korean J Fish Aquat Sci* 53, 886-893. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0886>.
- Lee YJ, Kim WS, Lee BJ, Jeon YJ and Kim YT. 2017. Quality characteristics and antioxidant activities of gruel Containing *Saccharina japonica* powder. *Korean J Fish Aquat Sci* 50, 707-713. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0707>.
- Lee YJ, Kim JY, Kim WS and Kim YT. 2021. Antioxidant and physiological activities of different solvent extracts from *Messerschmidia sibirica*. *Korean J Fish Aquat Sci* 54, 938-947. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0938>.
- Lee YJ, Lim SY, Kim WS and Kim YT. 2016. Processing and quality characteristics of glutinous barley gruel containing *Hizikia fusiformis*. *Korean J Fish Aquat Sci* 49, 310-316. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2016.0310>.
- Moon YG, Song CY, Yeo IK, Kim GY and Heo MS. 2008. Antibacterial activities of *Suaeda maritima* extract. *J Life Sci* 18, 776-781. <https://doi.org/10.5352/JLS.2008.18.6.776>.
- Moreno MI, Isla MI, Sampietro AR and Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71, 109-114. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(99\)00189-0](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(99)00189-0).
- Nam GH, Wee JH, Kim SY, Baek JY and Kim YM. 2019. Inhibitory effect of the ethanol extract of *Torilis Japonica* decandolle on adipocyte differentiation in 3T3-L1 cells. *J Life Sci* 29, 1016-1022. <https://doi.org/10.5352/JLS.2019.29.9.1016>.
- Park JW. 2006. Antioxidative activities and active compounds in the roots of turkestan rose (*Rosa rugosa* Thunberg var. *rugosa*). Ph.D. Dissertation, Mokpo National University, Mokpo, Korea.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M and Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Bio Med* 26, 1231-1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3).
- Shetty K, Curtis OF, Levin RE, Witkowsky R and Ang V. 1995. Prevention of vitrification associated with *in vitro* shoot culture of oregano. (*Origanum vulgare*) by *Pseudomonas* spp. *J Plant Physiol* 147, 447-451. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)82181-4](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)82181-4).
- Shim HB, Seo SM and Choi BH. 2002. Floristic survey of salt marshes and dunes on Gyeonggi bay in Korea. *Korean J Environ Biol* 20, 25-34.
- Son HJ, Um MY, Kim I, Cho S, Han D and Lee C. 2016. *In vitro* screening for anti-dementia activities of seaweed extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45, 966-972. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2016.45.7.966>.
- Talesa VN. 2001. Acetylcholinesterase in Alzheimer's disease. *Mech Ageing Dev* 122, 1961-1969. [https://doi.org/10.1016/S0047-6374\(01\)00309-8](https://doi.org/10.1016/S0047-6374(01)00309-8).
- Yang X. 2011. Biological activities of various halophytes and structure elucidation of antioxidative compounds in *Suaeda japonica*. M.S. Thesis, Mokpo University, Mokpo, Korea.