

갯씀바귀(*Ixeris repens*) 추출물의 항산화성 및 생리활성

김주성^{1,2} · 이연지¹ · 김지윤¹ · 최지원¹ · 유선재³ · 김용태^{1*}

¹군산대학교 식품생명공학전공, ²중앙대학교 식품공학과, ³군산대학교 환경공학과

Comparison of Antioxidant and Physiological Activities in Various Solvent Extracts of *Ixeris repens*

Joo-Sung Kim^{1,2}, Yeon-Ji Lee¹, Ji-Youn Kim¹, Ji-Won Choi¹, Sun-Jae You³ and Yong-Tae Kim^{1*}

¹Department of Food Science and Biotechnology, Kunsan National University, Gunsan 54150, Korea

²Department of Food Engineering, Chung-Ang University, Anseong 17546, Korea

³Department of Environmental Engineering, Kunsan National University, Gunsan 54150, Korea

Ixeris repens is a type of halophyte that grows in high salinity sands found in coastal sand dunes and sandy shores. This study was conducted to investigate the contents, antioxidant potency, and physiological activities of *I. repens*. In analyses of general composition, carbohydrate, protein, ash, and moisture content were 57.42%, 10.48%, 11.99% and 10.29%, respectively. Potassium, calcium, sodium, and magnesium were its most prevalent minerals. The solvents used to extract *I. repens* were 70% ethanol, 80% methanol, and distilled water. Among the resultant extracts, ethanol and methanol extracts displayed higher total polyphenol and flavonoid contents than the water extract. ABTS (IC₅₀, 0.12 mg/mL) and FRAP (0.77 mM) radical scavenging activity were highest in the water extract, while methanol extract exhibited the strongest DPPH radical scavenging activity (IC₅₀, 1.32 mg/mL), NO scavenging activity (IC₅₀, 4.10 mg/mL), and reducing power (EC₅₀, 0.14 mg/mL). Tyrosinase, elastase, and α -glucosidase inhibitory activities were highest in the ethanol extract. The ethanol extract also possessed the most potent acetylcholinesterase inhibitory activity. These results indicate that *I. repens* may be useful as an antioxidant, and a functional substance in food and pharmaceutical materials.

Keywords: Antioxidative activity, General component, Halophyte, *Ixeris repens*, Physiological activity

서론

현대 한국인을 비롯한 아시아인들의 식품섭취 경향은 서구화된 식습관으로 인해 비만, 고혈압, 뇌경색 등의 질병 발생률이 증가하는 추세이며 어린아이들에게도 소아비만이 발생하여 성 조숙증으로 이어진다(Cho and Choi, 2010). 이러한 성인병을 비롯한 노화 및 암 등을 예방하기 위해 항산화 및 생리기능성을 갖는 천연 생리활성 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, 2020). 이러한 생리활성물질에 관한 연구의 대부분은 육상생물로부터 많이 이루어져 왔는데 그 연구대상

의 한계와 환경 오염 등으로 인하여 최근에는 특유의 대사과정과 독특한 생육 환경으로 인하여 다양한 생리활성물질을 가지고 있는 해양생물이 육상생물의 대체자원으로 주목받고 있다(Byun and Kim, 2005; Lee, 2011; Hwang et al., 2013).

염생식물은 해수와 민물이 공존하는 바닷가 해안사구 혹은 염습지 등의 염분의 농도가 계속해서 변화하는 독특한 환경에서 염에 내성을 갖고 잘 생육하는 식물이다. 이러한 식물들은 염분에 의한 다양한 스트레스를 견딜 수 있는 방어 체계를 가지고 있어 특이적인 생리활성 물질을 내포할 가능성이 높다. 염생식물의 일종인 갯씀바귀(*Ixeris repens*)는 쌍떡잎식물 초롱꽃목 국화과의 여러해살이풀에 속하며 잎의 길이와 지름이 약 3-5 cm 인 염생식물이다. 주로 아시아 해안사구와 모래해변에서 많이

*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.2021.0742>

Korean J Fish Aquat Sci 54(5), 742-750, October 2021

Received 15 September 2021; Revised 17 October 2021; Accepted 18 October 2021

저자 직위: 김주성(대학원생), 이연지(대학원생), 김지윤(대학원생), 최지원(대학원생), 유선재(교수), 김용태(교수)

분포하고 있고, 한국에서는 동·서해안 및 제주도에 많이 서식하고 있다. 일반 씹바귀는 오래전부터 뿌리와 잎을 나뭇잎의 형태로 식용하여 왔다(Yook, 1997). 주로 김치나 샐러드 형태로 식용되고, 민간요법에서는 건위, 진정, 소염제, 식욕증진, 이뇨, 종창 등의 한약재로서 이용되어 왔으며, 생즙은 당뇨병이나 간장병과 같은 성인병 치료에도 사용하였다(Lee et al., 2009). 씹바귀에 대해서는 성분 분석(Soka, 1985; Seto et al., 1986), 항돌연변이성(Kim, 1995), 항암활성 효과(Kim et al., 2002b), 생리활성(Kim et al., 2002a) 및 쓴맛(Lim, 1996) 등에 대한 연구가 보고되어 있으나 해안사구에서 자라는 갯씀바귀에 대한 항산화 및 생리활성 관련 연구는 미미한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 수분이 부족하고 염분이 다량 함유된 해안사구에 서식하는 염생식물인 갯씀바귀의 항산화성 및 생리활성을 구명하기 위하여 갯씀바귀를 증류수, 에탄올 및 메탄올을 용매로 사용하여 갯씀바귀 추출물을 제조하여 이화학적 특성, 항산화활성 및 생리활성을 비교 분석하여 항산화 및 생리활성 소재개발의 기초자료로 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료 및 시약

본 실험에 사용된 갯씀바귀(*Ixeris repens*)는 2020년 6-7월 충청남도 서천군 연안에서 채취하여 실험실로 운반한 후 흐르는 물로 수세하여 염분과 협잡물을 제거한 다음 자연 건조한 후 전체를 분쇄기(FM700SS; Hanil, Seoul, Korea)로 곱게 분쇄하여 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, acetylcholinesterase (AChE), acetylthiocholine iodide (ATC), 5,5'-dithio-bis-2-nitrobenzoic acid (DTNB) 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

갯씀바귀의 일반성분은 AOAC법(AOAC, 1990)에 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 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 membrane filter로 여과한 후, 이를 유도결합플라즈마방출 분광기로 분석하였다. 무기질의 농도(mg/100 g sample)는 100 g의 시료에 대한 mg으로 환산하여 나타내었다.

갯씀바귀 추출물의 제조

갯씀바귀 분말을 각각 3가지 용매(증류수, 70% ethanol, 80% methanol)를 사용하여 갯씀바귀 추출물을 제조하였다. 증류수를 용매로 사용한 추출은 갯씀바귀 50 g에 증류수를 시료 대비 20배의 양을 첨가하여 autoclave (121°C)에서 3시간 동안 가열 추출하였다. 유기 용매를 사용한 추출은 70% ethanol과 80% methanol을 추출 용매로 사용하여 시료 50 g에 각 추출용매를 시료 대비 20배의 양으로 첨가하여 25°C에서 24시간 동안 shaking incubator (120 rpm)에서 추출하였다. 각 용매별로 추출한 갯씀바귀 추출물을 원심분리기(SUPRA 30K; Hanil)에서 원심분리(1,800 g, 30분)하여 상등액을 여과지(Whatman no.1)로 여과한 후 여액을 회수하였다. 얻어진 각각의 추출물을 감압 농축하고, 동결건조한 후에 -20°C 냉동고에 보관하면서 각종 실험에 사용하였다.

색도 측정

각 추출물의 색도는 색차계(JC801; Color Techno System Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 L (명도), a (적색도) 및 b (황색도)값을 측정하였다. 시료 당 3회 반복하여 측정된 뒤 그 평균값을 나타내었다. 측정 시 사용한 표준 백색판(calibration plate)은 L값이 96.5, a값은 -0.13, b값은 -0.05이었다.

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 측정

갯씀바귀 추출물의 총 폴리페놀 함량 측정은 Folin-Denis 법을 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% 에탄올을 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 라디칼 소거활성은 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 μ L에 ABTS 용액 950 μ L를 첨가하여 암소에서 10분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하여 계산식, $ABTS \text{ 라디칼 소거활성}(\%) = \frac{(\text{Control}_{734} - \text{Sample}_{734})}{\text{Control}_{734}} \times 100$ 에 의하여 활성을 산출하였다. IC_{50} value (half maximal inhibitory concentration value)는 50%의 ABTS 라디칼 소거활성을 나타내는 시료의 농도(mg/mL)로 정의하였다.

시료의 산화방지 활성을 측정하기 위하여 자유라디칼인 DPPH를 사용한 라디칼 소거활성의 측정은 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, $DPPH \text{ 라디칼 소거활성}(\%) = \frac{(\text{Control}_{517} - \text{Sample}_{517})}{\text{Control}_{517}} \times 100$ 에 의하여 활성을 산출하였으며, IC_{50} value (mg/mL)는 50%의 DPPH 소거활성을 나타내는 시료의 농도(mg/mL)로 정의하였다. 이때, 대조구는(Control_{517})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 조정하는 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 구하였

다. 대조구는 Griess시약 대신 증류수를 0.5 mL를 가하여 상기와 동일하게 행하였다. 아질산염 소거작용은 시료를 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우의 백분율로 나타내었다. 아질산염 소거활성($\%$) = $\frac{1 - (A - C)/B}{1} \times 100$, (A, 1 mM nitrite 용액에 시료를 첨가한 흡광도; B, 1 mM nitrite 용액의 흡광도; C, 시료의 흡광도). IC_{50} value (mg/mL)는 50%의 아질산염 소거활성을 나타내는 시료의 농도(mg/mL)로 정의하였다.

환원력(reducing power)은 Oyaizu (1988)의 방법을 일부 수정한 Lee et al. (2017)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 ferricyanide을 차례로 가하여 혼합한 후, 50°C의 항온수조에서 20분 동안 반응시켰다. 이 반응액에 1 mL의 10% (w/v) trichloroacetic acid (TCA)를 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. EC_{50} 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 TPTZ (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 시료용액의 tyrosinase 저해활성은 Iida et al. (1995)의 방법을 다소 수정하여 다음과 같이 측정하였다. 300 μ L의 시료용액은 900 μ L의 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 μ L의 10 mM L-DOPA 용액을 가하여, 파장 475 nm에서 20분 동안 1분 간격으로 생성되는 dopachrome의 흡광도를 모니터링하면서 측정하였다. Tyrosinase 저해활성($\%$)은 다음 식, $Tyrosinase \text{ 저해활성}(\%) = \frac{(\text{Control}_{475} - \text{Sample}_{475})}{\text{Control}_{475}} \times 100$ 을 통하여 계산하였다. 여기서 대조구(Control_{475})는 시료 대신 증류수를 가하여 측정된 흡광도를 의미하였다.

Elastase 저해활성 측정

Elastase 저해활성은 Kraunsoe et al. (1996)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 50 mM Tris-HCl buffer (pH 8.2) 90 μ L에 시료

10 µL와 elastase (1 unit/mL) 50 µL를 넣고 잘 혼합한 뒤 실온에서 10분간 정치한 다음 기질인 0.5 mM N-succinyl-Ala-Ala-Ala-p-nitroaniline 50 µL를 첨가하여 파장 415 nm에서 20분 동안 1분 간격으로 흡광도를 측정하였다. Elastase 저해활성은 다음의 식, Elastase inhibition activity (%)=[1-S(OD_{20 min}-OD_{0 min})/C(OD_{20 min}-OD_{0 min})]×100으로 계산하였다(S, 시료 첨가구의 흡광도; C, 시료 대신 DW 첨가구의 흡광도).

α-Glucosidase 저해활성 측정

각 시료의 α-glucosidase 저해활성은 Watanabe et al. (1997)의 chromogenic assay법에 따라 p-nitrophenol glucoside를 이용하여 측정하였다. Yeast α-glucosidase를 반응용액(100 mM phosphate buffer, pH 7.0, 0.2% bovine serum albumin 및 0.02% Na₂N₃)에 녹여 0.7 U/mL로 제조하여 효소용액으로 사용하였고, 기질용액은 p-nitrophenyl-α-glucopyranoside (5 mM)을 동일한 반응용액에 녹여서 제조하였다. 반응은 효소용액 100 µL와 시료용액 20 µL를 well에 넣고 혼합하여 405 nm에서 흡광도(time zero)를 측정하였다. 실온에서 5분간 incubation한 다음, 기질용액 100 µL를 첨가하여 실온에서 5분간 incubation한 후 흡광도를 측정하여 증가된 흡광도 변화를 계산하였다. 이때 실험의 대조군으로는 α-glucosidase 저해제로 알려진 acarbose를 사용하였다. 효소활성의 저해정도는 다음의 식, α-glucosidase inhibitory activity (%)=[1-(Sample₄₀₅/Control₄₀₅)]×100에 따라 산출하였으며, control은 시료 무첨가구의 흡광도 변화 값을 나타내었다.

AChE 저해 활성 측정

각 시료의 AChE 저해 활성은 Ellman (1961)의 방법을 다소

수정하여 측정하였다. 96 well plate에 100 mM phosphate buffer (pH 8.0) 50 µL, 시료 용액 25 µL, AChE (0.25 Unit/mL) 25 µL를 첨가하여 잘 혼합한 뒤 실온에서 10분간 정치한 다음, 10 mM DTNB 125 µL와 75 mM acetylthiocholine iodide 25 µL를 첨가하여 파장 412 nm에서 10분간 흡광도를 측정하여 증가된 흡광도 변화를 계산하였다. 효소활성의 저해정도는 다음의 식, Acetylcholinesterase inhibitory activity(%)=[100-(ST/CT)]×100과 같이 산출하였다(ST, 시료 존재 하에서의 반응속도; CT, 시료 무첨가구의 초기반응속도).

통계처리

실험 결과는 SPSS 22.0 package program (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)으로 통계처리하여 3회 측정된 값의 평균±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

갯솜바귀의 일반성분 및 무기질 함량

갯솜바귀의 일반성분 분석 결과는 Table 1과 같다. 시료는 전복 부안군 해안가에서 채취하여 수세한 다음 자연 건조하여 분쇄기로 곱게 분쇄하여 일반성분 분석에 사용하였다. 그 결과, 갯솜바귀의 수분함량은 10.29%, 조단백질은 10.84%, 조지방은 9.46%, 조회분은 11.99%, 탄수화물은 57.42%로 나타났다. 영양성분의 경우 일반적으로 탄수화물을 제외하고 조회분 함량이 높지만 조지방 함량은 적은 것으로 알려져 있으나(Yang, 2011), 갯솜바귀의 경우 조회분, 조단백질 및 조지방 함량은 큰 차이가

Table 1. Proximate composition of *Ixeris repens* (%)

Sample	Moisture	Ash	Crude protein	Crude lipid	Carbohydrate
<i>Ixeris repens</i>	10.29±0.14 ¹	11.99±0.03	10.84±0.02	9.46±1.22	57.42±1.07

¹Values are mean±SD (n=3).

Table 2. Mineral contents of *Ixeris repens* (mg/100 g)

Sample	Na	Mg	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	K
<i>Ixeris repens</i>	343.63±13.40 ¹	320.40±9.06	571.98±41.13	8.56±0.21	5.57±0.09	0.54±0.02	3.38±0.08	2255.11±123.20

¹Values are mean±SD (n=3).

Table 3. Comparison of the extraction yields and color values of various solvent extracts from *Ixeris repens*

Sample	Yield (%)	Color value		
		Lightness (L)	Redness (a)	Yellowness (b)
70% EtOH extract	33.76	67.43±0.07 ^{b,1,2}	15.41±0.06 ^a	82.97±0.13 ^a
80% MeOH extract	33.82	74.11±0.03 ^a	12.72±0.02 ^c	52.96±0.02 ^c
Water extract	32.77	64.60±0.07 ^c	14.59±0.04 ^b	63.03±0.02 ^b

¹Value are mean±SD (n=3). ²Means with different letters in a column are significantly different at P<0.05 by Duncan's multiple range test.

없이 유사한 것으로 확인되었다. 갯씀바귀의 무기질 함량을 분석한 결과는 Table 2에 나타내었다. 갯씀바귀 100 g에 함유되어 있는 나트륨(Na), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 망간(Mn), 철(Fe), 구리(Cu), 아연(Zn) 및 칼륨(K)의 함량을 분석한 결과, 칼륨이 2,255.11 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내었다. 두번째로 높은 함량은 칼슘으로 571.98 mg이고, 세번째 이하는 나트륨 343.63 mg, 마그네슘 320.40 mg, 망간 8.56 mg, 철 5.57 mg, 아연 3.38 mg, 구리 0.54 mg 순으로 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 비해 전체적으로 나트륨 함량이 높고 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 등의 미네랄 함량이 높게 나타나는 것으로 보고하였다. 갯씀바귀의 무기질 함량 측정 결과, Yang (2011)의 보고와 유사하게 칼륨, 칼슘, 나트륨 및 마그네슘 함량이 다른 미네랄 함량보다 월등히 많이 함유되어 있는 것으로 확인되었다.

갯씀바귀 추출물의 수율 및 색도

갯씀바귀에 함유되어 있는 생리활성물질 및 유용성분을 대량 획득하기 위해 70% EtOH, 80% MeOH 및 증류수를 추출 용매로 사용하여 각각의 갯씀바귀 추출물을 제조하였다. 갯씀바귀 추출물의 수율 및 색도 측정 결과는 Table 3과 같다. EtOH를 사용한 갯씀바귀 추출물의 수율은 33.76%, MeOH를 사용한 경우에는 33.82%, 증류수를 사용한 고온고압 추출조건에서는 32.77%로 나타났다. 각 용매에 따른 갯씀바귀 추출물의 수율을 비교하면 추출용매에 따른 차이는 없는 것으로 확인되었다. 갯씀바귀 추출물의 색도를 비교·분석한 결과, 명도를 나타내는 L (lightness)값의 경우 EtOH 추출물과 증류수 추출물의 경우 각각 67.43 및 64.60으로 낮은 경향을 나타냈으나, MeOH 추출물은 74.11로 3가지 추출물 중 가장 높은 값을 보였으며, 각 첨가량 간에 유의적인 차이를 보였다($P < 0.05$). 적색도를 나타내는 a (redness)값은 EtOH 추출물이 15.41로 가장 높았고, MeOH 추출물이 12.72로 가장 낮았다. 또한 황색도를 나타낸 b (yellowness)값은 MeOH 추출물이 52.96으로 가장 낮았으나, EtOH 및 증류수 추출물은 82.97 및 63.03으로 높은 값을 나타내었다. 이러한 결과는 해조류 추출물 제조 시 추출 방법 및 추출 용매에 따라 해조류에 함유되어 있는 다양한 천연 색소 및 생리활성물질의 용출 유무 및 용출량의 차이에 따라 각 추출물의 색도에 영향을 미친다는 보고와 일치하는 것으로 생각된다(Lee et al., 2017, 2020).

갯씀바귀 추출물의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

갯씀바귀 추출물 제조 시 추출 용매를 달리한 추출물들의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량을 측정한 결과는 Table 4와 같다. 갯씀바귀를 70% EtOH로 추출한 갯씀바귀 추출물의 총

폴리페놀 함량은 56.57 mg GAE/g이고, 80% MeOH 갯씀바귀 추출물은 62.36 mg GAE/g, 증류수 갯씀바귀 추출물은 49.08 mg GAE/g로 확인되었다. 즉, 갯씀바귀 추출물의 폴리페놀 함량은 MeOH>EtOH>증류수 추출물 순으로 총 폴리페놀 함량이 높게 나타났다. Yang (2011)의 서해안 지역에서 자생하는 28종의 염생식물에 관한 연구에 의하면 염생식물의 종류에 따라 총 폴리페놀 함량이 11.7-145.6 mg GAE/g인 것으로 알려져 있다. 그 중에서 해당화가 145.6, 갯질경 117.5, 비쭉 96.5, 씬바귀 59.7 mg GAE/g으로 높은 폴리페놀을 함유하고 있는 것으로 보고되어져 있다(Yang, 2011). 이와 같이 염생식물이 일반 육상식물보다 페놀성 화합물의 함량이 높은 경향을 나타내는 것은 염생식물이 고염 환경에서 염스트레스에 적응하고 자신을 보호하려는 목적으로 페놀성 화합물과 같은 기능성이 우수한 2차 대사산물을 다량 함유하고 있기 때문인 것으로 추정되고 있다(Yang, 2011). 한편, 플라보노이드는 주로 anthocyanidins, flavonols, flavones, catechins 및 flavanones 등으로 구성되어 있고 그 구조에 따라 특정 플라보노이드는 항산화 및 다양한 생리활성을 갖고 있는 것으로 알려져 있다(Middleton and Kandaswami, 1994). 각종 용매에 따라 추출한 갯씀바귀 추출물의 총 플라보노이드 함량을 측정한 결과, 70% EtOH 추출물과 80% MeOH 추출물은 각각 113.85 mg QE/g 및 102.05 mg QE/g으로 높은 플라보노이드 함유량을 나타냈으나, 증류수 추출물은 69.40 mg QE/g으로 다른 추출용매에 비하여 상대적으로 낮은 함유량을 나타내었다. 따라서 갯씀바귀 추출물 제조 시 추출용매에 따른 총 플라보노이드 함량은 추출 용매에 따라 유의적인 차이가 있는 것으로 생각된다. 염생식물 중 갯메꽃, 모래지치, 순비기나무 및 해당화의 잎과 줄기의 총 플라보노이드 함량은 14.7-38.1 및 2.56-6.6 mg QE/g으로 염생식물의 잎에서 높은 총 플라보노이드를 함유하고 있는 것으로 알려져 있다(Kim and Cha, 2017). 따라서 갯씀바귀의 총 플라보노이드 함량을 위 4종의 염생식물과 비교해 보면 갯씀바귀의 총 플라보노이드 함량이 월등히 높은 것으로 나타났다.

갯씀바귀 추출물의 항산화 활성

갯씀바귀 추출물의 추출 용매에 따른 항산화 활성을 비교하

Table 4. Total polyphenol and flavonoid contents of various solvent extracts from *Ixeris repens*

Sample	Total polyphenol (mg GAE/g) ¹	Total flavonoid (mg QE/g) ²
70% EtOH extract	56.57±1.17 ^{b,3,4}	113.85±6.67 ^a
80% MeOH extract	62.36±1.18 ^a	102.05±2.16 ^b
Water extract	49.08±1.26 ^c	69.40±2.44 ^c

¹GAE, gallic acid equivalent mg/g. ²QE, quercetin equivalent mg/g. 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.

기 위하여 70% EtOH, 80% MeOH 및 증류수를 사용한 갯씀바귀 추출물의 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거활성, nitrite 소거활성, 환원력 및 FRAP를 측정된 결과를 Table 5에 나타내었다. 갯씀바귀 추출물의 ABTS 라디칼 소거활성(IC₅₀)을 측정된 결과, EtOH 추출물은 0.40 mg/mL, MeOH 추출물은 0.21 mg/mL, 증류수 추출물은 0.12 mg/mL로 나타나, ABTS 라디칼 소거활성은 증류수>MeOH>EtOH 추출물 순으로 높은 것으로 확인되었다. 특히 증류수 추출물은 positive control인 ascorbic acid (IC₅₀, 0.30 mg/mL)와 비교하여 약 2.5배 높은 ABTS 라디칼 소거활성을 내포하고 있는 것으로 확인되었다.

각 추출용매 별 갯씀바귀 추출물의 DPPH 라디칼 소거활성(IC₅₀)을 측정된 결과 EtOH 추출물은 1.47 mg/mL이고, MeOH 추출물은 1.31 mg/mL, 증류수 추출물은 2.02 mg/mL로 나타나, DPPH 라디칼 소거활성은 MeOH>EtOH>증류수 추출물 순으로 높은 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 positive control인 ascorbic acid의 DPPH 라디칼 소거활성(IC₅₀, 0.13 mg/mL)에 비하여 약 1/10이하의 낮은 활성인 것으로 확인되었다. 다양한 염생식물 유래 MeOH 추출물(0.2 mg)의 DPPH 라디칼 소거활성은 염생식물의 종류에 따라 1.4-87.5%로 소거활성의 차이가 많은 것으로 알려져 있다(Yang, 2011). 다양한 염생식물 중에서 수송나물, 통통마디, 사테플, 갯메꽃, 해당화, 갯쇠보리 등은 최종농도 0.1 mg/mL에서 DPPH 라디칼 소거활성60% 이상의 높은 활성을 나타내는 것으로 알려져 있다(Jiratchayamaethasakul et al., 2020).

갯씀바귀 추출물의 nitrite 소거활성(IC₅₀)을 측정된 결과 EtOH 추출물은 4.19 mg/mL이고, MeOH 추출물은 4.10 mg/mL, 증류수 추출물은 5.91 mg/mL로 나타나, positive control인 ascorbic acid (IC₅₀, 0.69 mg/mL)와 비교하여 약 1/6 전후의 nitrite 소거활성이 존재하는 것으로 확인되었다. 한편, 각 추출용매(MeOH, EtOH, 증류수)에 따른 갯씀바귀 추출물의 환원력(EC₅₀)을 분석한 결과 EtOH 및 MeOH 추출물의 환원력은 0.14 mg/mL로 동일하였으나, 증류수 추출물은 0.18 mg/mL로 약간 낮은 활성을 보였다. 또한 FRAP 분석에서는 EtOH 추출물은 1.17 mM, MeOH 추출물은 0.97 mM, 증류수 추출물은 0.77

mM로 확인되어, 갯씀바귀의 FRAP values는 EtOH>MeOH>증류수 추출물 순으로 FRAP value가 높았다. 더구나 갯씀바귀 EtOH 추출물은 FeSO₄ (FRAP value, 1.00 mM) 보다 높은 것으로 확인되었다. 이상의 갯씀바귀의 항산화 활성 결과를 종합해보면 ABTS 라디칼 소거활성은 증류수 추출물; DPPH 라디칼 소거활성 및 nitrite 소거활성은 MeOH 추출물; 환원력은 EtOH 및 MeOH 추출물; FRAP value는 EtOH 추출물이 가장 높은 것으로 나타났으나, 추출용매에 따른 항산화 활성의 차이는 크지 않은 것으로 확인되었다.

갯씀바귀 추출물의 tyrosinase 및 elastase 저해 활성

갯씀바귀 추출물의 tyrosinase 및 elastase 저해활성에 대한 비교·분석 결과는 Table 6과 같다. 각 추출용매 별 갯씀바귀 추출물의 tyrosinase 저해활성을 다양한 농도에서 측정된 결과, 70% EtOH 추출물의 tyrosinase 저해활성(IC₅₀)은 0.40 mg/mL이고, 80% MeOH 추출물은 2.14 mg/mL, 증류수 추출액은 1.75 mg/mL로 확인되어, tyrosinase 저해활성은 EtOH>증류수>MeOH 추출물 순으로 높은 것으로 확인되었다. 특히 EtOH 추출물은 MeOH 및 증류수 추출물에 비하여 tyrosinase 저해활성(IC₅₀) 농도가 약 1/5 전후로 위의 3가지 용매 추출물 중에서 저해활성이 가장 높은 것으로 나타났다. Tyrosinase는 피부의 표피 기저층에 존재하는 멜라노 사이트에서 tyrosine을 산화시켜 멜라닌의 생성을 촉진시키는 효소로서 이들의 활성 억제는 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 의학 및 화장품 분야에서 관심이 증가하는 추세이다. 최근 다양한 염생식물에 관한 연구에 따르면 모래지치, 갯끈풀, 해홍나물, 나문재, 가는갯능쟁이 및 갯기름나무의 추출물 1 mg/mL에서 약 50-60% tyrosinase 저해활성이 있는 것으로 보고되어 있다(Jiratchayamaethasakul et al., 2020). 갯씀바귀와 다양한 염생식물의 tyrosinase 저해활성을 비교해보면 갯씀바귀 EtOH 추출물은 최종농도 0.4 mg/mL에서 50%의 tyrosinase 활성을 저해하므로 매우 높은 저해활성을 가지고 있는 것으로 생각된다.

Table 5. Antioxidant activities of various solvent extracts from *Ixeris repens*

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)
70% EtOH extract	0.40±0.01 ^{a,3,4}	1.47±0.07 ^b	4.19±0.29 ^b	0.14±0.00 ^b	1.17±0.10 ^a
80% MeOH extract	0.21±0.01 ^b	1.31±0.03 ^c	4.10±0.67 ^b	0.14±0.00 ^b	0.97±0.01 ^b
Water extract	0.12±0.00 ^c	2.02±0.10 ^a	5.91±0.10 ^a	0.18±0.00 ^a	0.77±0.01 ^c
Ascorbic acid	0.30±0.01	0.13±0.01	0.69±0.01	0.02±0.00	1.00±0.01 ⁵

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. ⁵The positive control for FRAP was used FeSO₄. 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.

갯씀바귀 추출물의 elastase 저해활성을 다양한 농도에서 측정한 결과, EtOH 추출물의 IC_{50} 는 0.16 mg/mL이고, MeOH 추출물에서는 0.17 mg/mL, 증류수 추출물은 0.24 mg/mL로 확인되어 EtOH > MeOH > 증류수 순으로 elastase 저해활성이 높은 것으로 나타났다. 따라서 갯씀바귀의 elastase 저해활성은 추출 용매에 따른 저해활성의 차이는 크게 나타나지 않는 것으로 확인되었다. Elastase는 피부의 진피 내 피부 탄력을 유지하는 기질 단백질인 elastin의 분해에 관여하며, 체내의 elastin을 분해하는 백혈구 과립 효소 중의 하나로 이상 조직에서는 활성이 높아져 조직 파괴의 직접적인 원인이 되며, 피부의 주름 및 탄력성 소실 등을 유발시키는 단백질 가수분해효소이다(Lee, 2014). 따라서 elastase 저해 활성 물질은 피부의 주름을 개선하는 효과가 있어 기능성 화장품 원료로 주목받고 있다. 연생식물 22종의 항산화 및 생리활성에 관한 연구에서 통통마디, 지체, 모래지치, 갯끈풀, 해당화 및 취명아주 6종의 추출물 1 mg/mL 농도에서 53-78%의 elastase 저해활성이 보고되었다(Jiratchaya-maethasakul et al., 2020). 따라서 갯씀바귀와 위의 연생식물의 elastase 저해활성을 비교해 보면 갯씀바귀의 elastase 저해 활성(IC_{50} , 0.16 mg/mL)은 매우 높은 부류에 속하는 것으로 나타났다.

갯씀바귀 추출물의 α -glucosidase 및 AChE 저해 활성

갯씀바귀 추출물의 당뇨병에 대한 상관 관계를 확인하기 위하여 EtOH, MeOH 및 증류수로 추출한 갯씀바귀 추출물(최종 농도, 0.9 mg/mL)의 α -glucosidase 저해 활성을 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. EtOH 추출물의 저해활성은 33.91%이었으나, MeOH 추출물은 11.47%, 증류수 추출물은 8.03%로 확인되어 EtOH > MeOH > 증류수 순으로 α -glucosidase 저해활성이 높은 것으로 나타났다. 당뇨병은 고혈당 상태가 지속되는 질환으로 이환율이 높고 고혈당 상태의 지속에 따른 다양한 합병증으로 인한 사망률이 높은 만성 퇴행성 대사 질환이다(Ali et al., 2017). α -Glucosidase는 소장 점막의 brush-border membrane에 존재하는 효소로 음식물 중의 전분을 포도당과 같은 단당으로 분해하는 역할을 담당하는 효소로 당뇨병의 핵

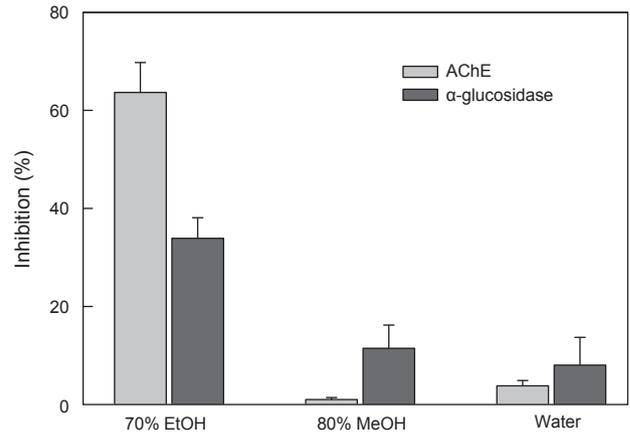


Fig. 1. Acetylcholinesterase (AChE) and α -glucosidase inhibitory activities of various solvent extracts from *Ixeris repens*. The values are expressed as the mean \pm SD (n=3 per group).

심적인 효소이다(Kim et al., 2014). 연생식물 중 해당화, 갯질경, 갯쭉 및 갯능쟁이 MeOH 추출물(1 mg)은 80-100%의 높은 α -glucosidase 저해활성을 갖고 있는 것으로 알려져 있으나 비쭉, 갯갓사초, 갯개미자리 및 순비기나무는 갯씀바귀 EtOH 추출물의 α -glucosidase 저해활성과 유사한 것으로 나타났다(Yang, 2011).

갯씀바귀 추출물에 대한 뇌의 acetylcholine 농도 유지 관련 연관성을 확인하기 위하여 EtOH, MeOH 및 증류수로 추출한 갯씀바귀 추출물의 AChE 저해활성을 측정하여 그 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 각 갯씀바귀 추출물 1 mg/mL의 최종 농도에서 AChE 저해활성을 측정된 결과, EtOH 추출물의 저해활성은 63.66%이었으나, MeOH 및 증류수 추출물의 저해활성은 1-4% 전후로 활성이 미미한 것으로 확인되었다. 치매의 한 종류인 알츠하이머병은 신경세포의 노화에 의한 신경퇴행성 뇌질환으로 현재까지 정확한 발병 기전과 원인이 밝혀져 있지 않지만, 알츠하이머병 환자의 뇌에는 신경전달 물질인 acetylcholine 함량이 정상인에 비하여 50% 이하로 감소하는 것으로 알려져 있다. AChE의 효소 활성이 증가하면 acetylcholine을 분해해 그 농도를 감소시키고 일련의 반응을 통해 신경세포의 손상을 초래하여 기억력 결핍을 유발한다고 알려져 있다(Talesa, 2001). 따라서 뇌에서 acetylcholine의 농도 유지는 인지기능개선 효과와 상관관계가 있는 것으로 보고되어 있다(Son et al., 2016). Jeon et al. (2012)의 해조류 28종 및 큰비속에 관한 연구에 따르면 각 해조류의 EtOH 추출물(0.01 mg/mL)의 AChE 저해활성을 측정된 결과, 큰비속의 저해활성이 30.2%, 김 26.6%, 쇠미역 25.3%, 참흙파래 23.4%, 감태 21.7%, 구멍쇠미역 20.4% 및 지충이 19.9%로 총 7종의 해조류가 20% 이상의 AChE 저해활성을 나타낸다고 보고하였다. 한편, Song et al. (2010)은 수수, 기장, 울무, 찹쌀, 적색미 등의 메탄올 추출물(1 mg/mL)은

Table 6. Tyrosinase and elastase inhibitory activities of various solvent extracts from *Ixeris repens*

Sample	Tyrosinase (IC_{50} , mg/mL) ¹	Elastase (IC_{50} , mg/mL)
70% EtOH extract	0.40 \pm 0.04 ^{c,2,3}	0.16 \pm 0.00 ^c
80% MeOH extract	2.14 \pm 0.15 ^a	0.17 \pm 0.01 ^b
Water extract	1.75 \pm 0.09 ^b	0.24 \pm 0.05 ^a

¹The 50% inhibitory concentration (IC_{50}) values (mg/mL) were calculated from a log dose inhibition curve. ²Values are mean \pm SD (n=3). ³Means with different letters in a column are significantly different at P<0.05 by Duncan's multiple range test.

AChE 활성을 40-60% 저해한다고 보고하였다. 따라서 각 추출물의 농도 및 AChE 저해활성을 고려하면 갯씀바귀 EtOH 추출물은 위의 큰비속 및 해조류 보다는 낮지만, 곡류 보다는 높은 AChE 저해활성 나타내는 것으로 확인되었다(Song et al., 2010; Jeon et al., 2012).

본 연구에서 해안사구에 서식하는 염생식물인 갯씀바귀의 이화학적 특성, 항산화성 및 생리기능성을 구명하기 위하여 갯씀바귀의 일반성분 및 무기질을 분석하고 갯씀바귀의 EtOH, MeOH 및 증류수 추출물을 제조하여 항산화활성 및 생리활성을 살펴보았다. 갯씀바귀의 무기질 함량 분석 결과 칼륨, 칼슘, 나트륨 및 마그네슘 함량이 높고, 각 추출물의 총 폴리페놀은 50-62 mg GAE/g, 총 플라보노이드는 69-114 mg QE/g로 항산화 물질이 다량 함유되어 있는 것으로 확인되었다. ABTS 라디칼 소거능 측정 결과 IC₅₀ 값이 증류수 추출물에서 0.12 mg/mL로 가장 활성이 높았고, DPPH 라디칼 소거능은 MeOH 추출물 (1.31 mg/mL)이 가장 높게 나타났다. NO (nitric oxide) 소거능 및 환원력은 EtOH 및 MeOH 추출물이 높았으나 FRAP 값은 증류수 추출물에서 높은 것으로 확인되었다. 갯씀바귀의 tyrosinase 및 elastase 저해활성(IC₅₀)을 측정한 결과, EtOH 추출물에서 각각 0.40 mg/mL 및 1.16 mg/mL로 가장 높게 나타났고, AChE 저해활성도 EtOH 추출물 1 mg/mL농도에서 63.66%로 가장 높은 것으로 확인되었다. 이상의 연구 결과에서 갯씀바귀는 우수한 항산화 활성을 가지는 것으로 사료되며, tyrosinase, elastase, AChE 및 α -glucosidase 저해활성도 EtOH 추출물이 가장 높은 것으로 나타났다. 따라서 갯씀바귀 EtOH 추출물은 피부 미백 및 주름 개선 효과 및 인지기능개선 효과가 있는 생리 기능성 물질이 존재할 가능성이 높으므로 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

사 사

이 논문은 2021년도 군산대학교 수산과학연구소 학술연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

References

- Ali MY, Kim DH, Seong SH, Kim HR, Jung HA and Choi JS. 2017. α -Glucosidase and protein tyrosine phosphatase 1B inhibitory activity of plastoquinones from marine brown alga *Sargassum serratifolium*. *Mar Drugs* 15, 368. <https://doi.org/10.3390/md15120368>.
- 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>.
- Byun HG and Kim SK. 2005. Development of physiological activity and health functional materials of seaweed. *Susan-yeon-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, Kim J, Park HJ, An BJ, Kim M and Cho YJ. 2011. Biological activity in functional cosmetic purple sweet potato extracts. *Kor 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, 88-95. [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(61\)90145-9](https://doi.org/10.1016/0006-2952(61)90145-9).
- Hwang ST, Kim SK, Na JG, Lee JS and Choi D. 2013. Isolation and characterization of expansion genes in a halophyte *Suaeda japonica*. *J Life Sci* 23, 182-189. <https://doi.org/10.5352/JLS.2013.23.2.182>.
- 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. <http://dx.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 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 PH, Kim MJ, Kim JH, Lee JS, Kim KH, Kim HJ, Jeon YJ, Heu MS and Kim JS. 2014. Nutritional and physiologically active characterizations of the sea squirt *Halocynthia roretzi* sikhae and the seasoned sea squirt. *Korean J Fish Aquat Sci* 47, 1-11. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0001>.
- Kim MJ, Kim JS, Cho MA, Kang WH, Jeong DM and Ham SS. 2002a. Biological activity of *Ixeris dentata* Nakai juice extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31, 924-930. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2002.31.5.924>.
- Kim MJ, Kim JS, Jeong DM, Ham SS and Yu CY. 2002b. Effect of antioxidant, antimutagenicity and anticancer of root extract from *Ixeris dentata* Nakai. *Korean J Med Crop Sci* 10, 222-229.
- Kim S. 1995. Inhibitory effects of *Ixeris dentata* on the mutagenicity of aflatoxin B1, N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine and the growth of MG-63 human osteosarcoma cells. *J Kor*

- Soc Food Nutr 24, 305-312.
- 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 KS, Kim GH, Kim HH, Kim ES, Park HM and Oh MJ. 2009. Physiological functionalities of tea thermally processed from *Ixeris dentata* root. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38, 496-501. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2009.38.4.496>.
- Lee SH. 2011. Current status and prospect of nutraceuticals from marine algae. *Bull Food Tech* 24, 165-175.
- Lee SY. 2014 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, Jeon YJ and Kim YT. 2020. Comparison of antioxidant and physiological activities of various solvent extracts from *Hizikia fusiformis*. *Korean J Fish Aqua 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, 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>.
- Lim S. 1996. A Sensory evaluation of the bitter compounds from *Ixeris dentata* Nakai. *J Korean Soc Food Cook Sci* 12, 115-121.
- Middleton E and Kandaswami C. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol* 48, 115-119.
- 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).
- Oyaizu N, Yasumizu R, Miyama-Inaba M, Nomura S, Yoshida H, Miyawaki S, Shibata Y, Mitsuoka S, Yasunaga K and Morii S. 1988. (NZW x BXSb) F1 mouse. A new animal model of idiopathic thrombocytopenic purpura. *J Exp Med* 167, 2017-2022. <https://doi.org/10.1084/jem.167.6.2017>.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang Min and Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad 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).
- Seto M, Miyase T and Fukushima S. 1986. Sesquiterpene lactones from *Ixeris dentata* Nakai. *Chem Pharm Bull* 34, 4170-4176. <https://doi.org/10.1248/cpb.34.4170>.
- 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).
- Soka T. 1985. Dictionary of Chinese drugs. In: Shanghai science technology Shogakukan, eds. Shogakukan Press, Tokyo, Japan, 2243-2246.
- 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>.
- Song JE, Song JH, Cho SM, Min GH and Lee JS. 2010. Nutritional characteristics and physiological functionality of antidementia acetylcholinesterase inhibitor-containing methanol extract from *Sorghum bicolor*. *Korean J Food Nutr* 23, 226-232.
- 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).
- Watanabe J, Kawabata J, Kurihara H and Niki R. 1997. Isolation and identification of α -glucosidase inhibitors from *Tochucha Eucommia ulmoides*. *Biosci Biotechnol Biochem* 61, 177-178. <https://doi.org/10.1271/bbb.61.177>.
- Yang X. 2011. Biological activities of various halophytes and structure elucidation of antioxidative compounds in *Suaeda japonica*. M.S. Thesis, Mokpo University, Mokpo, Korea.
- Yook C. 1997. Colored medicinal plants. Korea Academybook, Seoul, Korea, 588-589.