

우렁쟁이 추출물의 항산화 및 리파아제 저해활성 효과

권태형^{1,2} · 김진기² · 김태완² · 이진욱¹ · 김준태¹ · 서현주² · 김민정² · 김충곤¹ · 전득산¹ · 박년호^{1*}
¹경북해양바이오산업연구원, ²안동대학교 식품생명공학과

Antioxidant and Anti-lipase Activity in *Halocynthia roretzi* Extracts

Tae-Hyung Kwon^{1,2}, Jin-Ki Kim², Tae-Wan Kim², Jin-Wook Lee¹, Jun-Tae Kim¹, Hyun-Ju Seo²,
Min-Jeong Kim², Choong-Gon Kim¹, Deuk-San Jeon¹, and Nyun-Ho Park¹

¹Gyeongbuk Institute for Marine Bio-Industry

²Food Science and Biotechnology Major, Andong National University

Abstract *Halocynthia roretzi* is one of the most important cultured marine species on the southern coast of Korea. Samples were extracted using methanol (ME), ethanol (EE) and water (WE) to evaluate the antioxidant activities and anti-lipase activity in *Halocynthia roretzi* extracts. Antioxidant potentials of the samples were determined by poly-phenol content, flavonoid content, free radical scavenging activity, reducing potential, and chelating activity. The ME showed significant scavenging activity (1176 µg/mL IC50 for DPPH, and 895 µg/mL IC50 for ABTS assay). The IC50 for lipase inhibition activity was 12,021, 6,004, and 14,979 µg/mL in the ME, EE, and WE, respectively. In conclusion, *Halocynthia roretzi* extracts exhibited antioxidant activities and anti-lipase activity. These results suggest that *Halocynthia roretzi* extracts can be potentially used as a source of antioxidant and antiobesity agents.

Keywords: *Halocynthia roretzi*, lipase inhibition, antioxidant, total polyphenol content

서 론

해양 환경은 지구의 약 70% 이상을 차지하고, 육상과 달리 고온, 고염, 고압 등의 극한 환경을 포함하며, 지구상에 존재하는 생물의 약 80% 이상이 서식하고 있다. 우렁쟁이는 세계적으로 약 2,000여종이 알려져 있고, 계통 분류학상 척추동물과 무척추동물의 중간 위치인 원색동물의 미색류에 속하며, 모래, 산호, 조개껍데기, 바위 등에 부착하여 고착생활을 한다. 최근 동해안과 남해안을 중심으로 우렁쟁이의 양식기술이 보급되어 그 생산량이 증가추세에 있으며, 우렁쟁이의 성분은 다양한 생리활성을 가지고 있으며 면역력을 향상시키거나 대사 작용을 촉진시키는 약리활성을 가지고 있어 점차 그 관심이 높아지고 있다(1-3).

식품을 저장하거나 유통에 있어 지질 산화는 식품 품질 저하의 주요 원인이며(4) 산화생성물은 인체에 심각한 위해요인으로 보고되고 있다(5). 이러한 요인의 예방 및 문제해결을 위하여 다양한 해양 생물로부터 항산화 활성에 관한 연구가 증가하고 있다. Heo 등은 감태에 효소 처리하여 항산화 효과를, Yuan 등은 식용이 가능한 해양식물을 이용하여 항산화 효능 및 생리적 효과에 대하여 보고하였다. 또한 최근에 생리활성 물질의 광범위한 연구로 인해 그 가치가 매우 높아 의약품이나 식품저장의 연장 및 고부가가치에 대한 연구개발이 늘어나고 있다(6-8).

한편 비만은 신체 에너지 요구량보다 영양 과잉 섭취에 의해 주로 일어나며, 만성적인 산화적 스트레스 상태로 알려져 있고 합병증 발생등과 밀접한 관련이 있다. 생활수준이 향상 되고 사회가 서구화 되면서 비만의 수가 급격하게 증가하였고 최근 성인병 발병률이 증가하면서 많은 치료제품을 개발하기 위한 연구가 진행되고 있다. 식이 요법이 중요시 되면서 장기간 복용하여 인체에 독성이 없는 기능성 식품에 대한 많은 연구가 진행되고 있으나 천연식물 및 해양생물로부터 지방 분해 억제에 관한 연구는 미비한 실정이다(9-11). 해양생물은 비타민, 무기질, 식이섬유가 풍부한 식품으로 산성식품의 소비가 많은 현대인의 생체 균형을 유지시키는 기능을 가진 자원이다. 그러나 이러한 기능성을 가진 해양생물임에도 불구하고 육상생물에 비해 식품 산업에서의 활용은 낮은 편이다.

우렁쟁이에 관한 연구는 우렁쟁이 껍질을 활용한 무지개 송어의 품질향상(12,13)과 식품성분에 관한 연구(14), 우렁쟁이의 화학적 조성, 우렁쟁이 냄새 성분의 전구체 및 생성 기구에 대한 연구, 가공적성 및 색소 성분, 우렁쟁이로부터 *E. coli* 균의 항균 효과를 위한 항균물질의 분리 및 정제에 관한 연구(1)가 발표되었다. 우렁쟁이의 품질 향상 및 정미성분, 양식방법, 성분 분석 등은 많이 연구되었으나 산업적인 이용이나 생리활성에 대한 연구보고는 거의 없다.

따라서 본 연구에서 우렁쟁이 추출물의 항산화 효과 및 리파아제 저해 효과를 *in vitro*에서 확인하여 고부가 및 기능성 식품 소재로서의 가능성을 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

시료 준비

시료는 경북 울진군에 위치한 왕돌초 영어 조합 법인 (Uljin,

*Corresponding author: Nyun-Ho Park, Gyeongbuk Institute for Marine Bio-Industry, Uljin, Gyeongbuk 767-813, Korea
Tel: 82-54-780-3452
Fax: 82-54-780-3469
E-mail: pnh863660@gimb.or.kr
Received February 28, 2011; revised April 15, 2011;
accepted April 22, 2011

Korea)에서 구입하였으며 시료를 흐르는 물에 세척한 후 동결건조(Ishin, Bucheon, Korea) 하였다. 동결건조된 샘플은 분쇄기를 이용하여 분쇄한 후 에탄올, 메탄올, 물 100 mL에 우렁쟁이 분말 시료를 각각 10 g씩 첨가하고 실온에서 24시간 140 rpm으로 교반한 후 4°C에서 10분 8000×g으로 원심분리 하였다. 이 과정을 2회 진행하여 얻어진 상등액은 감압 농축기로 농축한 후 동결건조하여 시료로 사용하였다. 시료는 -80°C에서 보관하였다. DPPH 및 Folin's reagent, lipase, diethylene glycol 등의 시약은 Sigma사(Sigma Chem. Co., St. Louis, MO, USA)에서 구입하였으며 흡광계는 Multiskan spectrum (Thermo, Vantaa, Finland) 및 분광광도계(V-630 Bio spectrophotometer, Jasco, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다.

폴리페놀 및 플라보노이드 함량

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis 방법(15)에 따라 측정하였고, 각각의 용매 추출물을 시료로 사용하였다. 시료 0.5 mL에 2N Folin reagent 0.5 mL를 첨가하고, 3분 후 10% Na₂CO₃용액 0.5 mL를 첨가하였다. 이 혼합액을 상온에서 1시간 동안 정지한 후 분광광도계로 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 총 폴리페놀 함량은 gallic acid(Sigma Chemical Co.)로 표준곡선을 작성하여 mg/mL로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 시료 0.2 mL에 diethylene glycol 2 mL과 1N NaOH 0.2 mL를 첨가하여, 37°C에서 1시간 동안 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였고, 표준물질인 naringin에 의한 검량선을 이용하여 산출하였다(16).

DPPH radical 소거능 활성

전자공여능(EDA: electron donating ability)은 Blois의 방법(17)을 변형하여 측정하였다. 각 시료용액 1 mL에 0.2 mM의 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 0.5 mL 넣고 교반한 후 10분간 방치한 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 시료 용액의 첨가군과 무첨가군의 흡광도 감소율로 나타냈다.

$$\% \text{ inhibition} = \left(1 - \frac{\text{시료첨가군의 흡광도} - \text{공시험의 흡광도}}{\text{무첨가군의 흡광도}} \right) \times 100$$

ABTS radical 소거능 활성

ABTS radical을 이용한 항산화력은 ABTS scavenging activity 방법(18)으로 측정하였다. 7 mM 2,2-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS; Sigma Chemical Co.)에 2.45 mM potassium persulfate(Sigma Chemical Co.)를 첨가하여 혼합한 후 상온 암소에서 반응시켰다. 24시간 동안 ABTS⁺을 형성시킨 후 734 nm에서 흡광도 값이 0.70-0.90이 되도록 ethanol로 희석하였다. 희석 용액 100 μL에 시료 50 μL를 첨가하여 5분 동안 반응 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 항산화력은 다음 식에 의해 구하였다.

$$\% \text{ inhibition} = \left(1 - \frac{\text{시료첨가군의 흡광도} - \text{공시험의 흡광도}}{\text{무첨가군의 흡광도}} \right) \times 100$$

환원력

시료의 환원력 측정은 Oyaizu의 방법(19)으로 측정하였다. 시료 1 mL에 1% potassium ferricyanide 1 mL을 혼합하여 50°C에서 20분 동안 반응시키고, 10% trichloroacetic acid(Sigma Chemical Co.) 1 mL을 첨가하였다. 혼합물을 4°C에서 10분 동안 8000×g으로 원심 분리한 후, 상등액 1 mL에 증류수 1 mL과 0.1% 염화철 용액 0.1 mL을 첨가하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

금속 봉쇄력

시료 0.2 mL에 2 mM iron(II) chloride(Sigma Chemical Co.) 용액 0.01 mL과 5 mM ferrozine(Sigma Chemical Co.) 용액 0.02 mL을 첨가하고 상온에서 20분 동안 반응시킨 후 562 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 시료 대신에 증류수를 첨가하여 동일 방법으로 측정하였다.

리파아제 저해 활성

리파아제 저해 활성은 Kim 등의 방법(20)에 따라 측정하였다. Porcine pancreatic lipase 0.3 mg에 10 mM MOPS/1 mM EDTA (pH 6.8) 30 μL를 분주하고 100 mM Tris-HCl/5 mM CaCl₂(pH 6.8) 850 μL를 첨가하여 enzyme buffer를 준비하였다. Enzyme buffer에 시료 100 μL를 첨가하여 37°C에서 15분간 반응시켰다. 반응 후 10 mM p-NPB(Sigma Chemical Co.) 20 μL를 첨가하여 혼합시켜 다시 37°C에서 15분 동안 반응시켰다. p-NPB가 p-nitrophenol로 가수분해 된 정도를 400 nm에서 흡광도를 측정하였다.

결과 및 고찰

폴리페놀 및 플라보노이드 함량

식물계에 많이 존재하는 페놀 화합물은 다양한 구조와 분자량을 가지며 이에 따라 이화학적 성질 및 생리적 기능도 다양하게 나타나는 것으로 보고되고 있다(7). 이들은 phenolic hydroxyl기를 가지기 때문에 거대한 분자들과 결합하고 항산화효과 등의 생리활성도 가진다. 시료의 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 측정한 결과를 Table 1에 나타냈다. 폴리페놀의 경우 메탄올 추출물은 30.51 mg/g으로 가장 낮은 물 추출물에 비해 약 1.5배 높았으며 에탄올 추출물의 경우 28.58 mg/g으로 측정되었다. 플라보노이드 함량은 에탄올 추출물이 10.60 mg/g으로 가장 높은 값을 보였고, 물 추출물의 1.30 mg/g에 비해 약 9배 정도 높았다. 이는 Choi 등(21)이 보고한 해양식물 지층이 용매 추출물의 항산화 활성에서 메탄올 및 에탄올 추출물이 물 추출물에 비해 폴리페놀 함량이 높다는 보고와 유사하며, Lee 등(22)이 보고한 지층이 추출물의 항산화 효능 측정에서 에탄올 추출물이 물 추출에 비해 활성이 높다는 보고와 동일한 것으로 생각된다.

DPPH radical 소거능 활성

DPPH는 항산화 물질에 의하여 환원 되어 탈색되는 안정한 자유 라디칼로서 항산화 물질의 항산화 효과 측정 시 많이 사용되는 방법이다.

시료의 DPPH 소거능을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 메탄올 추출물의 IC₅₀값은 1176.99 μg/mL, 에탄올 추출물이 1515.85 μg/mL, 물 추출물이 2242.08 μg/mL로 측정되었으며 메탄올 추출물은 물 추출물 보다 2배정도 높았다. Jo 등(23)의 연구에서 우렁쟁이의 항산화 효과 중 DPPH 라디칼 소거활성의 IC₅₀값이 50 mg/mL로 측정된 것에 비해 이번 연구에서는 물 추출물의 경우 약 2배 이상 높게 측정되었으며 에탄올과 메탄올 추출물의 경우 약 3배 이상 높은 효능을 보였다. 이는 Apostolidis의 연구에서(11) 보고 된 폴리페놀 함량의 증가에 따라 항산화 효능, α-glucosidase 및 α-amylase의 함량이 증가하는 것과 유사하며, Heo와 Jeong 등의 연구에서(6,24) 감태와 조릿대 잎차의 항산화 활성 측정에서 에탄올이 물 추출물 보다 폴리페놀함량 및 플라보노이드 함량이 높고 그에 따라 DPPH 라디칼 소거능 활성 측정에서 항산화 효능이 높게 측정되었다. 이는 본연구와 유사한 경향을 가지고 있는 것으로 사료된다. 또한 Choi 등(21)은 지층이

Table 1. Contents of total polyphenol and total flavonoid from *Halocynthia roretzi*

	TPC ¹⁾ (mg/g)	TFC ²⁾ (mg/g)
EE ³⁾	28.58	10.6
ME ⁴⁾	30.51	8.0
WE ⁵⁾	20.00	1.3

¹⁾TPC: total polyphenol content

²⁾TFC: total flavonoid content

³⁾EE: ethanol extract

⁴⁾ME: methanol extract

⁵⁾WE: water extract

를 용매별로 분획하여 항산화 활성을 측정된 결과 메탄올 층에서 DPPH 소거능 활성이 가장 높았고 이는 폴리페놀 함량과의 연관성이 있는 것으로 보고하였다.

ABTS radical 소거능 활성

시료의 ABTS 라디칼 소거능을 측정된 결과는 Table 2와 같고, DPPH 라디칼 소거능과 유사한 경향을 나타냈다. 메탄올 추출물이 다른 추출물 보다 높았으며 50 µg/mL의 농도에서 약 31.31%의 값을 나타냈다. IC50값의 경우 물 추출물이 1051.62 µg/mL, 에탄올 추출물이 978.95 µg/mL, 메탄올 추출물이 895.07 µg/mL이었고 DPPH 라디칼 소거능 보다 많은 차이를 보이지 않았지만 메탄올 추출물이 가장 높았다. ABTS법의 경우 항산화력이 DPPH 라디칼 소거능 보다 다소 높았던 보고와 유사하다(25-27). DPPH는 자유라디칼을 ABTS는 양이온 라디칼을 소거하는 방법으로서 두 반응이 기질과 반응물에 대한 결합정도가 다르게 나타남으로서 약간의 활성차이가 있는 것으로 보고되고 있다(23). Lee 등은 항산화효능의 정도는 식물의 종류 및 이들에 함유되어 있는 유효성분의 종류와 추출방법에 따라 현저한 차이가 난다는 결과와 유사하다(28). 식품이나 천연물 중에 지방산화 억제 능력을 보유한 물질은 radical에 의한 노화 질병 등에 도움이 되며 최근에 식품 및 화장품 등의 재료로 많이 이용되고 있다. 위의 실험결과 우렁쟁이의 경우 항산화 효과가 높았으며 기능성 식품의 다양한 용도로 활용이 높을 것으로 사료된다.

환원력

환원력 측정은 ferric-ferricyanide 혼합물이 수소를 공여하여 Fe²⁺로 전환하는 값을 흡광도로 나타내는 방법이며 시료의 환원력을 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. Ascorbic acid를 사용하여 대조군으로 이용하였다. Ascorbic acid 비례 활성은 낮았지만 물 추출물이 1,000 µg/mL의 농도에서 26.4%의 활성을 보였고 메탄올 추출물이 31.7%, 에탄올 추출물이 32.2%로 가장 높은 활성을 보였다. 환원력은 철 이온에 대한 항산화력을 측정하는 지표로 많이 사

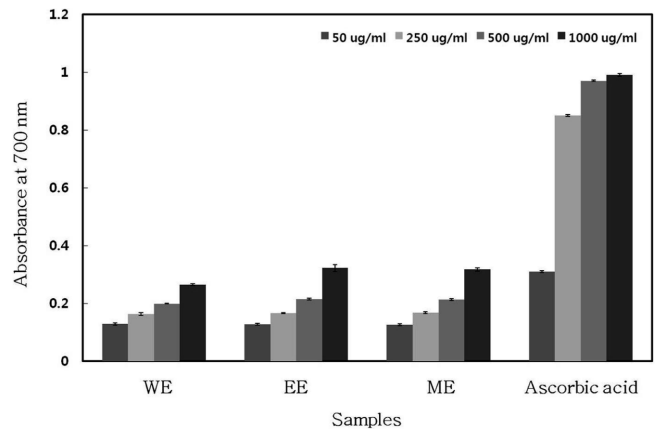


Fig. 1. Reducing power ability of extract from *Halocynthia roretzi*. IC50: The concentration of sample required for 50% inhibition (µg/mL)

용되고 있고 일반적으로 DPPH 라디칼 소거능이나 ABTS 라디칼 소거능 활성과 비슷한 경향을 보이는 것으로 보고되고 있으며 항산화 물질의 작용이 연쇄반응 개시의 방해, 전이 금속 물질의 결합, 과산화물질의 분해, 연속적 수소제거의 방해, 라디칼 소거능과 연관이 있기 때문으로 보고되고 있다(23). Choi 등(21)은 지층이 용매 추출물의 항산화 활성에서 용매별에 따라 활성의 차이는 다소 다른 것으로 보고하고 있으나, DPPH 소거능 활성이나 SOD 유사 활성에서 높은 용매 추출물이 환원력 또한 높은 활성을 가지는 것으로 보고하고 있으며, 이는 위의 연구에서도 유사한 것으로 나타났다. Sa 등(29)은 국내산 수수 품종에 따른 전자공여능 및 환원력을 측정하여 비교하였을 때 활성의 성향이 유사한 것으로 보고하였으며 Jeong 등(24)은 조릿대 잎차의 영양성분 분석 및 기능성 평가에서 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능 및 환원력 측정된 결과 농도 의존적으로 증가 하는 것으로 보고하였다. 위의 결과는 다른 항산화력의 측정 결과와 비슷한 경향을 보였고 에탄올 추출물에서 환원력 함량이 높은 것으로 측정되었다.

금속봉쇄력

Fe, Cu, Co, Ni, Sn 등과 같은 산화 환원이 용이한 금속이나 이들의 금속염은 지질 산화 과정에서 촉매로 작용할 수 있는 금속이다. 특히 일부 식품에 함유되어 있는 Fe²⁺나 Cu²⁺ 등은 hydroxyl radical(-OH)과 superoxide radical(O²⁻) 등의 생성을 촉진하여 식품의 지질산화를 가속화 시키게 된다. 이러한 금속에 대한 봉쇄 효과는 금속 촉매제로 인한 free radical의 생성을 억제함으로써 지질산화를 방지할 수 있는 능력을 측정하는 지표로 이용

Table 2. Antioxidant activity and lipase inhibition activity of extract from *Halocynthia roretzi*

Sample	DPPH radical scavenging activity IC50 ¹⁾ (µg/mL)	ABTS radical scavenging activity IC50 (µg/mL)	Chelating effect IC50 (µg/mL)	Lipase inhibition activity IC50 (µg/mL)
EE	1515.85±0.49	978.95±0.16	912.56±0.05	6004.76±0.03
ME	1176.99±0.63	895.07±0.07	1447.96±0.09	12021.56±0.05
WE	2242.08±0.15	1051.62±0.21	394.65±0.17	14979.54±0.02
Control	10.00±0.16	8.76±0.11	23.56±0.11	0.48±0.12

¹⁾IC50: The concentration of sample required for 50% inhibition

DPPH, ABTS control: Ascorbic acid

Chelating effect control: EDTA

Lipase inhibition activity control: Orlistat

된다(30). 시료의 금속봉쇄력을 측정한 결과는 Table 2와 같았으며 EDTA 첨가군을 대조군으로 사용하였다. 금속봉쇄력의 경우 물 추출물에서 가장 높은 활성을 보였으며 다른 항산화력이 높았던 메탄올 추출물은 가장 낮은 효능을 보였다. 물 추출물의 IC50값은 394.65 µg/mL, 메탄올 추출물은 1447.96 µg/mL로 측정되었다.

리파아제 저해 활성

리파아제 저해 활성을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 식이로 섭취된 지방의 분해 및 흡수는 장내 낮은 pH에 의한 물리 화학적인 지방 변화와 여러 가지 효소 작용이 동반되는 매우 복잡한 경로를 거쳐 진행된다. Pancreatic lipase는 triacylglycerol을 2-monoacylglycerol과 두 분자의 fatty acid로 분해하는 효소로서(10), 본 연구에서는 각 시료의 지방분해 저해 효과를 측정하기 위해 사용하였다. 그 결과 에탄올 추출물에서 가장 높은 효능을 보였으며 IC50 값이 6004.76 µg/mL로 물 추출물과 메탄올 추출물의 14979.54, 12021.56 µg/mL 보다 약 2배 이상의 활성을 나타냈다. 현재 지방 분해 억제제로 사용 중인 orlistat는 화학약품으로서 부작용을 초래할 수 있어 천연물로부터 탐색이 필요한 실정이며 그로 인해 다양한 소재에서 비만 예방 및 치료제로서의 가능성에 관하여 많은 연구가 보고되고 있다. Jang과 Jeong(10)은 포도씨 추출물에서 리파아제 저해 활성을 보고하였으며, 천연식물의 경우 순수하게 정제된 후에는 소화효소 저해 활성이 높아지는 것으로 보고하고 있는데 해양생물에서 지방분해 저해 효소 및 탄수화물 대사에 관련하여 연구는 미비하다. 이는 차후 연구에서 고부가 가치 식품 및 산업화를 위한 분리정제로 효능을 높일 경우 해양생물의 특징인 대량 생산 및 천연자원이라는 이점을 이용하여 비만 예방 및 고부가 가치 식품으로서 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 동해안에 서식하는 우렁쉥이의 식품산업의 소재와 기능성을 알아보기 위하여 우렁쉥이 추출물을 이용하여 이 들로부터 활성산소종의 소거활성, 즉 항산화제와 비만 예방의 효능제로서 생리활성을 살펴보고자 하였다. 우렁쉥이의 에탄올, 메탄올, 물 추출물을 이용하여 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 측정한 결과 에탄올 추출물과 메탄올 추출물이 물 추출물보다 약 1.5배 높게 나타났고 플라보노이드 함량 또한 약 8배 이상 높게 나타났다. 항산화 효능을 측정한 결과 DPPH 라디칼 소거능에서는 메탄올 추출물이 1176.99 µg/mL로 가장 높았으며 물 추출물에 비해 약 2배정도 높은 효능을 보였다. ABTS 라디칼 소거능 활성을 측정한 결과 875.07 µg/mL로 메탄올 추출물이 가장 높은 효능을 보였고 DPPH 라디칼 소거능 활성과 유사한 경향을 보였다. 환원력 측정은 메탄올 추출물 31.7%, 에탄올 추출물 32.2% 그리고 물 추출물 26.4%의 순으로 나타났으며 금속 봉쇄력의 경우는 물 추출물이 가장 높은 활성을 보였다. 폴리페놀 함량이 높은 물질이 항산화 효능과의 상관관계가 있음을 알 수 있었고 지방 분해 측정 결과 에탄올 추출물이 6004.76 µg/mL, 메탄올 추출물이 12021.56 µg/mL로 측정되었으며 에탄올 추출물에는 지방 분해 억제 효과가 있는 것으로 생각된다. 결과적으로 우렁쉥이는 항산화 효과와 비만예방 개선과 다양한 식품 소재로의 활용 가능성이 있을 것으로 사료되며, 이러한 결과가 실제로 체내에서 적용되는지는 *in vivo* 연구를 통하여 살펴볼 필요가 있는 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부에서 지원하는 지역연계기술개발사업으로 경북해양바이오산업연구원에서 연구되었습니다. 연구 지원에 깊은 감사를 드립니다.

문 헌

- Kim SK, Choi KS, Son SM. Isolation and purification of natural antimicrobial peptides from Munggae, *Halocynthia roretzi*. Food Eng. Prog. 11: 54-59 (2007)
- Lim JH, Jung KS, Lee JS, Jung ES, Kim DK, Kim YS, Kim YW, Park DH. The study on antimicrobial and antifungal activity of the wild seaweeds of jeju island. J. Soc. Cosmet. Scientists Korea 34: 201-207 (2008)
- Lee KH, Hong BI, Choi BD, Kang SJ, Ruck JH, Jung BC. Utilization of pigments and tunic components of ascidian as an improved feed aids for aquaculture. J. Korean Fish Soc. 31: 423-428 (1998)
- Tseng YC, Xiong YL, Webster CD. The preservation of the quality of the muscle in the frozen australian red claw crayfish (*Cebrax quadricarinatus*) by prestorage anti-oxidant dipping treatments. Int. J. Food Sci. Tech. 40: 841-848 (2005)
- Proctor PH, Reynolds ES. Free radicals and disease in man. Physiol Chem. Phys. Med. NMR. 16: 175-195 (1984)
- Heo SJ, Park EJ, Lee KW, Jeon YJ. Antioxidant activities of enzymatic extracts from brown seaweeds. Bioresource Technol. 96: 1613-1623 (2005)
- Heo SJ, Park PJ, Park EJ, Kim SK, Jeon YJ. Antioxidant activity of enzymatic extracts from a brown seaweed *Ecklonia cava* by electron spin resonance spectrometry and comet assay. Eur. Food Res. Technol. 221: 41-47 (2005)
- Yuan YV, Walsh NA. Antioxidant and antiproliferative activities of extracts from a variety of edible seaweeds. Food Chem. Toxicol. 44: 1144-1150 (2006)
- Liu R, Zhang JZ, Liu WC, Kimura Y, Zheng YN. Anti-obesity effects of protopanaxdiol types of ginsenosides isolated from the leaves of American ginseng (*Panax quinquefolius L.*) in mice fed with a high-fat diet. Fitoterapia 81: 1079-1087 (2010)
- Jang YS, Jeong JM. Antioxidative effect and digestive enzyme inhibition of grape seed extract(GSE). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 783-788 (2010)
- Apostolidis E, Lee CM. In vitro potential of *Ascophyllum nodosum* phenolic antioxidant-mediated α -glucosidase and α -amylase inhibition. J. Food Sci. 75: H97-H102 (2010)
- Yook HS, Kim JO, Choi JM, Kim DH, Cho SK, Byun MW. Changes of nutritional characteristics and serum cholesterol in rats by the intake of dietary fiber isolated from ascidian (*Halocynthia roretzi*) tunic. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32: 474-478 (2003)
- Choi BD, Kang SJ, Lee KH. Quality improvement of rainbow trout with pigments and enzymatic hydrolysates of ascidian (*Halocynthia roretzi*) tunic. J. Korean Fish Soc. 29: 345-356 (1996)
- Oh KS, Kim JS, Heu MS. Food constituents of edible ascidians *Halocynthia roretzi* and *Pyura michaleseni*. J. Korean Food Sci. Technol. 29: 955-962 (1997)
- Folin O, Denis W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. J. Biol. Chem. 12: 239-249 (1912)
- NFRI. Manuals of quality characteristic analysis for food quality evaluation (2). National Food Research Institute, Skuba, Japan. p. 61 (1990)
- Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 181: 1199-1200 (1958)
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Bio. Med. 26: 1231-1237 (1999)
- Oyaizu M. Studies on products of browning reaction: antioxidant

- activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn. J. Nutr.* 44: 307-315 (1986)
20. Kim JH, Kim HJ, Park HW, Youn SH, Choi DY, Shin CS. Development of inhibitors against lipase and α -glucosidase from derivatives of monascus pigment. *FEMS Microbiol. Lett.* 276: 93-98 (2007)
 21. Choi SY, Kim SY, Hur JM, Choi HG, Sung NJ. Antioxidant activity of solvent extracts from *Sargassum thunbergii*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 35: 139-144 (2006)
 22. Lee SJ, Song EJ, Lee SY, Kim KBWR, Yoon SY, Lee CJ, Jung JY, Park NB, Kwak JH, Park JG, Kim JH, Choi JI, Lee JW, Byun MW, Ahn DH. Effects of γ -irradiation on antioxidant, antimicrobial activities, and physical characteristics of *sargassum thunbergii* extract. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42: 431-437 (2010)
 23. Jo JE, Kim KH, Yoon MH, Kim NY, Lee C, Yook HS. Quality characteristics and antioxidant activity research of *Halocynthia roretzi* and *Halocynthia aurantium*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 1481-1486 (2010)
 24. Jeong CH, Choi SG, Heo HJ. Analysis of nutritional components and evaluation of functional activities of sasa borealis leaf tea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 40: 586-592 (2008)
 25. Li H, Choi YM, Lee JS, Park JS, Yeon KS, Han CD. Drying and antioxidant characteristics of the *shiitake* (*Lentinus edodes*) mushroom in a conveyer-type far-infrared dryer. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 36: 250-254 (2007)
 26. Ji EJ, Yoo KM, Park JB, Hwang IK. Preparation of citron peel tea containing Yuza (*Citrus junos* SIEB ex TANAKA) and its antioxidant characteristics. *Korean J. Food Cookery Sci.* 24: 460-465 (2008)
 27. Woo KS, Song SB, Ko JY, Seo MC, Lee JS, Kang JR, Oh BG, Nam MH, Jeong HS, Lee JS. Antioxidant components and antioxidant activities of methanolic extract from adzuki beans (*Vigna angularis* var. nipponensis). *Korean J. Food Sci. Technol.* 42: 693-698 (2010)
 28. Lee SH, Kim KN, Cha SH, Ahn GN, Jeon YJ. Comparison of antioxidant activities of enzymatic and methanolic extracts from *Ecklonia cava* stem and leave. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 35: 1139-1145 (2006)
 29. Sa YJ, Kim JS, Kim MO, Jeong HJ, Yu CY, Park DS, Kim MJ. Comparative study of electron donating ability, reducing power, antimicrobial activity and inhibition of α -glucosidase by sorghum bicolor extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42: 598-604 (2010)
 30. Yoo MY, Kim SK, Yang JY. Characterization of an antioxidant from sporophyll of *undaria pinnatifida*. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* 32: 307-311 (2004)