

Total Phenols, Flavonoid Contents, and Antioxidant Activity of *Spirodela polyrhiza* Extracts

Won-Yeong Song and Jeong-Hwa Choi*

Department of Food Nutrition, International University of Korea, Jinju 52833, Korea

Received September 26, 2016 / Revised November 14, 2016 / Accepted November 16, 2016

We investigated the antioxidant activities of water and ethanol extracts from *Spirodela polyrhiza* (SP) through *in vitro* assays. The total phenolic contents of SP water and ethanol extracts were 52.75-293.4 and 60.12-398.4 mg/g, respectively. The total flavonoid content of SP ethanol extract (38.25-159.4 mg/g) was higher than that of SP water extract (38.25-67.75 mg/g). The water and ethanol extracts from SP scavenged the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical and 2,2'-azino-di-2-ethyl-benzothiazoline sulfonate (ABTS) radical in a dose-dependent manner in the concentration range of 100 - 2,500 µg/ml. The DPPH radical scavenging activity of the SP ethanol extract (2.87%-59.5%) was higher than that of the water extract (4.12%-81.52%). The IC₅₀s of the DPPH radical scavenging activity of water and ethanol extracts were 2,100 and 1,034 µg/ml respectively. The ABTS radical scavenging activities of SP water and ethanol extracts were 8.30%-83.16% and 13.11%-8.34% respectively. The IC₅₀s of the ABTS radical scavenging activity of SP water and ethanol extracts were 798.7 and 457.1 µg/ml, respectively. The reducing power activities of SP water and ethanol extracts were 0.055-1.122 and 0.140-1.428, respectively (500-4,000 µg/ml). The soybean lipoxygenase (SLO) radical scavenging activities of SP water and ethanol extracts were 157.7%-168.0% and 148.0%-169.4%, respectively. These results suggest that the water and ethanol extracts of SP may be useful as a potential antioxidant.

Key words : Antioxidant, DPPH radical, flavonoid, phenol, *Spirodela polyrhiza*

[서 론]

급속한 경제 성장은 인간의 평균수명을 증가시켰으며, 삶의 질의 향상과 함께 건강에 대한 관심의 증가로 특히 노화의 원인이 되는 인자들에 대한 관심 또한 지속적으로 증가시키고 있다. 노화와 함께 질병을 일으키는 원인들은 다양하게 존재하지만 그 중에서도 생체 내에서 생리활성 과정 중에 생성되기도 하고, 오염물질이나 바이러스 등에 노출되거나 약물, 스트레스 등의 요인에 의하여 생성되기도 하는 활성산소종 (reactive oxygen species; ROS)은 화학적인 활성이 매우 높아서 주위에 있는 생체분자인 세포막을 이루는 지질이나 단백질 등에 반응함으로써 이들 생체분자를 공격하여 정상적인 기능을 차단하게 된다[1]. 결국 활성산소종은 산화스트레스를 일으키고 이에 따라 DNA 손상, 암, 파킨슨병, 당뇨병, 심혈관계 질환 및 염증반응 등 여러 질병과 노화를 일으키게 된다[2]. 이에 따라 인간의 체내에는 활성산소종을 조절할 수 있는 방어계를 가지고 있어 생체 내 제어가 가능하나 활성산소종이

과다하게 생성되거나 항산화시스템의 균형이 깨지게 되면 노화 및 여러 질병을 유발할 수 있다[3]. 그러므로 생체 내 노화 및 질병을 예방하기 위하여 항산화시스템의 조절은 중요하게 작용되어진다. 그리하여 최근에는 이러한 유해한 활성산소를 제거하기 위한 항산화시스템의 효과적인 조절을 위해 생리활성물질 탐색을 부작용이 적은 천연소재에서 찾고자 수많은 연구들이 되어오고 있다[4-6].

부평초(Lemnae Herba)는 개구리밥과에 속하는 일년생 부유성 수생식물로 식물체는 잎처럼 넓은 도란형을 가지고 있으며 논이나 연못의 물위에 2~6개씩 모여 특이한 번식방법을 가지고 군생하며 우리나라에는 전국적으로 자생하고 있다. 또한 이는 수면에 떠 있는 작은 풀로 개구리밥의 전초를 부평초라고도 한다. 부평초의 생리활성 성분으로는 개구리밥의 전초에 flavonoid, anthocyanin 및 tannin 등이 있으며[7], sterol의 campesterol, β-sitosterol, flavones-O-glycoside의 apigenin-7-O-β-D-glucoside, luteolin-7-O-β-D-glucoside 등이 함유되어 있다고 보고 되었다[8, 9]. 또한 엽록소, 초산칼륨 및 엽록소 등의 성분도 알려져 있는데, 이는 한방작용으로 강심작용과 해혈작용 효과와 함께 면역 및 항암효과가 있는 것으로 보고되었다[10]. 최근에는 수련과의 여러해살이 수생식물인 연잎 추출물의 항산화 효과 및 마름의 열매로 한해살이풀로서 연못 등에 자라는 능실 추출물 및 그 분획물이 노화억제에 효과가 있다는 보고가 있었다[11-13].

따라서 본 연구에서는 여러 생리활성 성분이 있음에도 불

*Corresponding author

Tel : +82-55-751-8326, Fax : +82-55-751-8205

E-mail : jhappychoi@hanmail.net

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.

구하고 많은 연구들이 이루어 지지 않은 수생식물의 일종인 부평초 또한 항산화 효능이 있는 천연식물로서의 활용가능성을 검토하기 위하여 부평초의 열수 및 에탄올 추출물을 이용하여 페놀 및 플라보노이드 함량을 측정하고 항산화 효능을 검증하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용한 부평초는 전라남도 담양군 담양읍에서 채배된 것을 사용하였다. 부평초 추출물은 부평초를 세척 후 잘게 자른 다음 건조하여 각 용매에 추출하여 사용하였다. 항산화력 측정에 사용한 시약은 1,1-dipicryl-2-picrylhydrazyl, 2,2-azinobis-(3-ethylbenzo-6-sulphonate), potassium persulfate, potassium ferricyanide, TCA 용액, Folin-Ciocalteu, aluminum nitrate, potassium acetate, soybean lipoxygenase 등의 시약을 사용하였다.

부평초 추출물의 제조

부평초의 열수추출물은 부평초 50 g의 원료무게 대비 20배의 물 1 l를 가한 후 95℃에서 5시간 추출하였고, 부평초의 에탄올 추출물은 부평초 50 g의 원료무게 대비 20배의 80%의 에탄올을 1 l를 가한 후 상온에서 3일간 추출하여, 각각의 추출액을 진공농축기(EYELA, Japan)로 10 brix가 될 때까지 농축하였다. 각각의 농축액은 동결 건조시킨 후 60 mesh가 되게 분쇄하여 각각 실험할 농도로 희석하여 사용하였다.

총 페놀 함량

총 페놀 함량은 Folin-Denis법[12]에 따라 각 추출물 1 ml에 Folin-Ciocalteu 시약 및 10% Na₂CO₃용액을 각 1 ml씩 차례로 가한 다음 실온에서 1시간 정치시킨 후 ELISA reader (VERSA, USA)를 사용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid를 사용하여 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 검량선으로부터 총 페놀 함량을 산출하였다.

총 플라보노이드

총 플라보노이드 함량은 Moreno 등의 방법[15]에 따라 추출물 0.5 ml에 10% aluminum nitrate 및 1 M potassium acetate를 각 0.1 ml, ethanol 4.3 ml를 차례로 가하여 혼합하고 실온에서 40분간 방치시킨 후 ELISA reader (VERSA, USA)를 이용하여 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin을 표준물질로 하여 얻은 검량선으로부터 총 플라보노이드 함량을 산출하였다.

DPPH radical 소거능 측정

DPPH radical 소거능은 Blois 법[16]을 변형하여 측정하였

다. 각각의 농도 별 시료 1 ml에 1,1-dipicryl-2-picrylhydrazyl (DPPH, 5 mg/100 ml methanol) 2 ml를 혼합하여 실온에서 10분 반응시킨 후 ELISA reader (VERSA, USA)를 사용하여 525 nm에서 측정하였다. 이를 3회 반복 실험을 통해 얻은 결과를 백분율(%)로 나타내었다.

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

ABTS radical 소거능 측정

Re 등의 방법[17]을 변형하여 측정하였다. 7 mM ABTS [2,2-azinobis-(3-ethylbenzo-6-sulphonate)] 용액 50 ml에 potassium persulfate를 2.4 mM이 되도록 용해시켜 암실에서 12-16시간 동안 반응시킨 후 415 nm에서 흡광도가 1.5가 되도록 증류수로 희석시킨 ABTS 용액 3 ml에 시료 0.5 ml를 가한 후 ELISA reader (VERSA, USA)를 사용하여 415 nm에서 흡광도를 측정하였으며 이를 3회 반복 실험을 통해 얻은 결과를 백분율(%)로 나타내었다.

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

환원력 측정

Oyaizu의 방법[18]에 따라 시료액 1 ml에 200 mM 인산 완충액(pH 6.6) 및 1%의 potassium ferricyanide 각 1 ml를 차례로 가한 다음 50℃의 수욕 상에서 20분간 반응시켰다. 여기에 10% TCA용액을 1 ml가하여 5,000 rpm에서 10분간 원심 분리한 후 얻은 상층액 1 ml에 증류수 및 0.1%의 ferric chloride 각 1 ml를 가하여 혼합시킨 후 ELISA reader (VERSA, USA)를 사용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 시료의 환원력은 흡광도 값으로 나타내었다.

Soybean lipoxygenase activity

Koshihara 등의 방법[19]에 따라 부평초 추출물을 측정하였다. 시료 20 µl를 0.1 M Tris-HCl buffer에 잘 혼합하여 20 µl soybean lipoxygenase를 첨가하여 25℃에서 5분 동안 반응시킨 후 50 µl linoleic acid solution을 첨가하여 234 nm에서 3분 동안 흡광도의 변화를 측정하였다. 활성도는 시료를 첨가하지 않은 대조군의 흡광도에 대한 sample 흡광도의 감소를 백분율(%)로 나타내었다.

통계처리

본 연구의 실험 결과들은 3회 반복 측정하여 평균값±표준편차로 나타내었으며, 모든 자료의 통계처리는 SPSS (Statistical Package for Science, version 18.0 SPSS Inc, Chicago, IL, USA)를 사용하여 처리하였다. 각 실험 농도 별 표준차이를 검증하기 위해 분산분석을 수행하였으며, 유의성이 발견된 경

우 Tukey's HSD test [20]에 의해 농도 간의 유의성을 분석하였다.

결과 및 고찰

총 페놀 및 플라보노이드 함량

페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있으며, 특히 식물의 고유의 색깔을 띠게하며, 식품의 짙은맛과 쓴맛과 같은 특유한 맛을 내기도 한다[21]. 이러한 페놀성 물질은 최근에 활성산소를 제거하는 항산화 작용, 항암작용과 같은 생리활성을 나타낸다고 보고되었다[22]. 또한 이러한 페놀성 물질인 플라보노이드도 생체 내에서 활성산소의 생성 및 전파를 억제하는데 관여하여 free radical이나 electrophiles의 소거효과와 함께 노화방지에 대한 효능을 나타내었다[23]. 따라서 총 페놀함량 및 페놀성 화합물인 플라보노이드 함량의 측정은 free radical을 소거하는 항산화 활성도에 중요한 인자로 작용할 수 있다. 부평초의 열수추출물과 에탄올추출물의 농도, 100 µg/ml 부터 2500 µg/ml에서 총 페놀함량의 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 열수추출물은 각 농도에서 52.75~293.4 mg/g, 에탄올추출물은 60.12~398.4 mg/g으로 에탄올추출물의 모든 농도에서 유의하게 더 높은 페놀함량이 관찰되어졌다. 총 플라보노이드 함량의 경우 열수추출물은 38.25~67.75 mg/g, 에탄올추출물은 38.25~159.4 mg/g으로 250 µg/ml의 농도에서부터 열수추출물에 비해 에탄올추출물에서 유의적으로 높은 플라보노이

드 함량이 측정되어졌다. Lee 등[24]의 연구의 연구에 의하면 부평초와 같은 수생식물의 한 종류인 연잎은 열수추출물에서 0.088 mg/ml, 70% 에탄올 추출물에서 0.761 mg/ml로 연잎 또한 열수추출물에 비해 에탄올추출물에서 더 높은 페놀함량을 나타내었다. Heo 등[25] 또한 수생식물인 홍련꽃과 잎의 열수추출물과 에탄올추출물에서 페놀 및 플라보노이드 함량을 측정하였는데, 열수추출물에 비해 에탄올추출물에서 높게 나타났다. Kim 등[3]은 여러 자생식물 가운데 개구리밥의 메탄올 추출물로 페놀 및 플라보노이드 함량을 관찰하였는데, 각각 146.05 mg/g, 63.27 mg/g으로 본 실험결과와 유사한 범위 안에 있었으며, 다른 수생식물이 비해 다소 높은 페놀 및 플라보노이드 함량을 가지고 있는 것으로 보아 부평초는 높은 항산화 효능을 나타내리라 사료된다.

DPPH radical 소거능

DPPH는 짙은 보라색을 띠는 비교적 안정한 free radical로서 항산화 성분과 반응하게 되면 보라색이 무색으로 변하게 되는 특성을 가지고 있어 항산화 활성을 쉽게 검증 가능하므로 다양한 천연소재로부터 항산화 물질의 전자공여능을 측정하는데 많이 이용되어지고 있다[23]. 부평초 추출물을 용매별로 DPPH radical 소거능을 관찰한 결과는 Table 1과 같다. 양성대조군으로는 수용성 항산화제로 알려진 ascorbic acid가 사용되었다(Table 1). 부평초 열수추출물 및 에탄올추출물 모두에서 농도가 증가할수록 DPPH radical 소거능이 증가되었

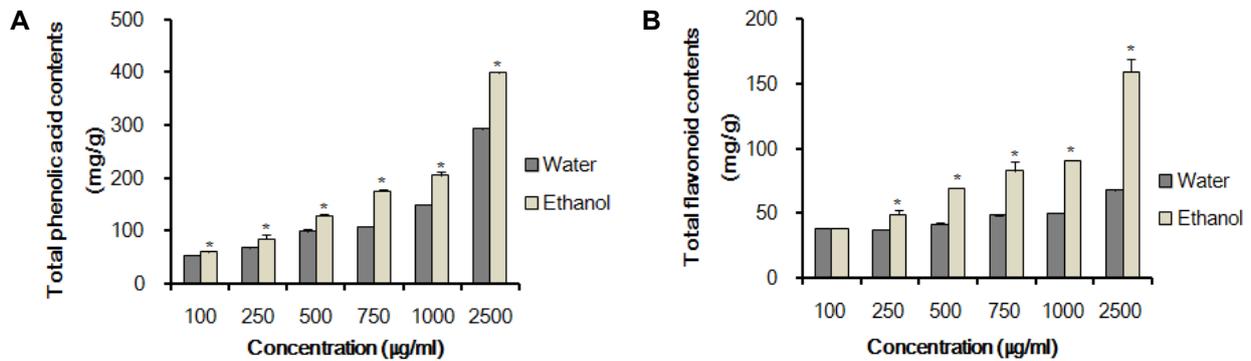


Fig. 1. Total phenolic contents (A) and total flavonoid contents (B) of extracts from *Spirodela polyrhiza*. All values in Figure are mean±standard deviation. *Significant difference at $p < 0.05$ by Tukey's test.

Table 1. DPPH radical scavenging activity of extracts from *Spirodela polyrhiza*

Conc. (µg/ml)	100	250	500	750	1,000	2,500	IC ₅₀ ¹⁾ (µg/ml)
Water	2.87±0.12 ^c	6.31±0.66 ^c	13.03±0.45 ^c	14.56±0.07 ^c	26.09±0.87 ^c	59.50±0.16 ^c	2100
Ethanol	4.12±0.35 ^b	10.49±0.13 ^b	21.44±0.32 ^b	35.18±0.90 ^b	48.32±1.00 ^b	81.52±0.96 ^b	1034
Ascorbic acid	53.83±0.03 ^a	94.68±0.01 ^a	94.75±0.03 ^a	94.87±0.03 ^a	94.75±0.0 ^a	94.81±0.06 ^a	92.88

All values in Table are mean ± standard deviation.

^{a-c}Values with a column with different superscripts are significantly different at $p < 0.05$ by Tukey's test.

¹⁾The values indicate 50% decrease of DPPH radical.

다. 열수추출물의 경우는 각각의 농도, 100 µg/ml부터 2,500 µg/ml에서 2.87%~59.5%의 소거효과를 보였으며, 에탄올 추출물의 경우 4.12%~81.52%의 소거능으로 열수추출물에 비해 유의적으로 더 높은 활성을 나타내었다. 특히, 2,500 µg/ml의 농도에서 부평초의 에탄올추출물은 양성대조군으로 사용된 ascorbic acid의 소거능과 유사하게 높은 활성을 보였다. 또한 DPPH radical을 50% 억제 하는데 필요한 부평초의 농도, IC₅₀에서 열수추출물과 에탄올추출물이 각각 2,100 µg/ml, 1034 µg/ml로 약 2배 정도 에탄올추출물이 높은 활성을 가지고 있음을 알 수 있었다. Kwon 등[26]의 연구에서는 여러 수생관속 식물의 메탄올추출물에서 DPPH radical 소거능을 측정 한 결과 이삭물수세미는 40% 이상, 마름은 70% 이상의 활성을 나타내었던 반면 가래과에 속하는 식물들은 10%에 미치지 못하는 활성도를 나타내었다. 다른 수생식물들과 비교하여 부평초는 비교적 높은 DPPH radical 소거능을 나타내는 결과로 미루어 우수한 활성효과를 가진다고 사료된다. 또한 Park과 Lee [27]의 보고에서와 같이 페놀성 물질의 함유량이 증가되어 질수록 높은 항산화 활성을 가진다는 연구와 일치하는 결과를 나타내었다.

ABTS radical 소거능

ABTS radical은 potassium persulfate와의 반응으로 생성된 peroxide radical 의 ABTS가 항산화성 물질에 의해 제거되면서 청록색이 탈색되어지는 것을 이용하여 항산화능의 차이에 의해 청록색이 탈색되는 정도를 흡광도 수치로 나타낸다. DPPH radical 소거능의 경우에는 유리라디칼이 소거되어지는 것을 이용하는 반면, ABTS radical 소거능은 양이온인 라디칼이 소거되어지는 것을 이용한다[28]. 부평초의 용매별 추출

물의 ABTS radical 소거능을 비교한 결과는 Table 2와 같다. 양성대조군으로는 지용성 항산화제로 알려진 α-토코페롤이 사용되었다(Table 2). 부평초 열수추출물과 에탄올추출물을 각각 100 µg/ml부터 2,500 µg/ml까지 측정 한 결과 열수추출물의 경우, 100 µg/ml부터 2,500 µg/ml의 농도범위에서 8.30%~83.16%의 소거효과를 보였으며, 에탄올 추출물의 경우 13.11%~80.34%의 소거능으로 열수추출물에 비해 1,000 µg/ml의 농도까지 유의적으로 더 높은 활성이 나타났다. 2,500 µg/ml의 농도범위에서는 열수 및 에탄올 추출물 모두 α-토코페롤의 소거능과 같이 높은 소거능을 보였다. 또한 IC₅₀은 열수추출물 및 에탄올추출물에서 각각 798.7 µg/ml, 457.1 µg/ml로 나타났다. Park 등[29]의 연구에 의하면 수생식물의 연꽃뿌리의 95% 에탄올 추출물에서 ABTS radical 소거능을 측정 한 결과, 양성 대조군으로 사용된 ascorbic acid 만큼 소거되는 것이 관찰되었다. 이 연구에서 연꽃 뿌리에 함유된 폴리페놀 성분이 radical 소거에 관여하였으리라는 보고와 같이 본 실험에 사용된 부평초 또한 페놀 및 플라보노이드 등의 성분이 ABTS radical 소거능에 탁월하게 작용하였으리라 기대된다.

환원력

활성산소 및 유리기에 전자를 공여하는 능력을 환원력이라 하는데, 이는 ferricferricyanide (Fe³⁺) 혼합물이 수소를 공여하여 유리라디칼을 ferrous (Fe²⁺)의 안정된 상태로 전환한다[30]. 부평초의 용매별 추출물로 이러한 환원력을 측정 한 결과는 Table 3과 같다. 양성대조군으로는 수용성 항산화제로 알려진 ascorbic acid가 사용되었다(Table 3). 부평초 열수추출물과 에탄올추출물을 각각 500 µg/ml부터 4,000 µg/ml까지 측정 한 결과 열수추출물에 경우, 0.055~1.122의 환원력을 보였고, 에

Table 2. ABTS radical scavenging activity of extracts from *Spirodela polyrhiza*

Conc. (µg/ml)	100	250	500	750	1,000	2,500	IC ₅₀ ¹⁾ (µg/ml)
Water	8.30±0.17 ^c	20.42±0.51 ^c	41.27±1.73 ^c	46.95±0.81 ^c	73.01±0.52 ^c	83.16±0.09 ^c	798.7
Ethanol	13.11±0.31 ^b	29.73±0.43 ^b	54.69±0.95 ^b	73.65±0.99 ^b	83.73±0.07 ^b	80.34±0.05 ^b	457.1
α-tocopherol	60.64±5.22 ^a	92.32±3.21 ^a	92.68±2.73 ^a	92.44±2.65 ^a	92.33±1.63 ^a	91.34±2.11 ^a	82.45

All values in Table are mean ± standard deviation.

^{a-c}Values with a column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Tukey's test.

¹⁾The values indicate 50% decrease of ABTS radical.

Table 3. Reducing power activity of extracts from *Spirodela polyrhiza*

Conc. (µg/ml)	500	750	1,000	2,500	3,000	4,000
Water	0.055±0.002 ^c	0.073±0.001 ^c	0.220±0.001 ^c	0.687±0.002 ^c	0.857±0.006 ^c	1.122±0.001 ^c
Ethanol	0.140±0.004 ^b	0.271±0.007 ^b	0.568±0.006 ^b	0.818±0.008 ^b	1.049±0.004 ^b	1.428±0.006 ^b
Ascorbic acid	0.798±0.01 ^a	1.811±0.01 ^a	2.507±0.01 ^a	2.963±0.02 ^a	2.977±0.03 ^a	2.989±0.02 ^a

All values in Table are mean ± standard deviation.

^{a-c}Values with a column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Tukey's test.

탄올추출물의 경우 0.140~1.428의 환원력을 나타내었다. 환원력의 경우, DPPH, ABTS radical 소거능을 나타내었던 농도인 열수추출물, 100 µg/ml 및 250 µg/ml에서 환원력이 나타나지 않았으며, 에탄올추출물에서는 250 µg/ml에서만 0.015 정도의 환원력을 나타내었다(data not shown). Jeong 등[31]의 연구에 의하면 부평초와 같이 수생식물인 백련잎과 뿌리, 그리고 홍련잎과 뿌리의 부탄을 분획물에서 높은 환원력을 나타내었다고 보고한 결과는 본 실험과 유사한 결과를 나타내었다. 또한 주변의 습지나 강변 혹은 밭가에 자생하는 소리쟁이 추출물은 tannin, flavonoid 및 emodin, anthraquinone 등과 같은 페놀성분이 함유되어 있어, 환원력을 나타내었는데[32], 본 연구에 사용된 부평초의 성분인 tannin 및 여러 flavonoid, anthocyanin 성분들 또한 이러한 환원력에 기여하였으리라 사료된다.

Soybean lipoxygenase activity

부평초 추출물의 항산화 효과를 미루어, 부평초가 항염증의 기능에도 관여하는 지 관찰하기 위하여 피부 트러블, 알레르기 및 아토피와 같은 염증성 피부질환을 유발시켜 피부 노화를 촉진하는 효소로 알려져 있는 soybean lipoxygenase activity (SLO)을 측정하였다[33]. SLO 저해 활성을 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 부평초 열수추출물과 에탄올 추출물을 각각 100 µg/ml부터 2,500 µg/ml까지 측정한 결과 열수추출물에 경우 157.7~168.0%의 SLO 저해 활성이 보였고, 에탄올추출물의 경우 148.0~169.4%의 항염증 효과를 보였다. Jang 등[32]의 연구에 의하면 초피나무 잎, 줄기, 뿌리 추출물은 500 µg/ml 농도에서 10~50% 정도의 항염증 효과를 나타내었고, 앞서 연구한 선행연구에서 우리는 조릿대 추출물에서 500 µg/ml의 농도에서 80~100%의 소거능을 관찰하였다[23]. 본 연구의 부평초 추출물의 농도, 500 µg/ml에서는 열수추출물에서 163.5%, 에탄올추출물에서 152.3%을 나타낸 것으로 미루어 다른 식물들에 비해 보다 높은 항염증 효과가 기대되어지며, 부평초는 항산

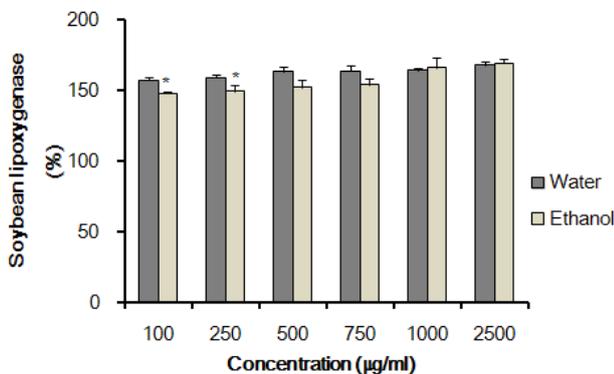


Fig. 2. Soybean lipoxygenase (SLO) scavenging activity of extracts from *Spirodela polyrhiza*. All values in Figure are mean±standard deviation. *Significant difference at $p < 0.05$ by Tukey's test.

화 기능과 더불어 항염증에 관여할 수 천연 식물소재로서 활용가치가 있음이 사료된다.

감사의 글

본 논문은 2016학년도 한국국제대학교 교내연구비의 지원에 의하여 이루어진 것임.

References

1. Aruoma, O. I., Kaur, H. and Halliwell, B. 1991. Oxygen free radicals and human diseases. *J. R. Soc. Health* **111**, 172-177.
2. Anwar, F., Shaheen, N., Shabir, G., Ashraf, M., Alkharfy, K. M. and Gilani, A. H. 2013. Variation in antioxidant activity and phenolic and flavonoid contents the flowers and leaves of Ghaneri (*Lantana camara* L.) as affected by different extraction solvents. *Int. J. Pharmacol.* **9**, 442-453.
3. Kim, E. J., Choi, J. Y., Yu, M. R., Kim, M. Y., Lee, S. H. and Lee, B. H. 2012. Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plants. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **44**, 337-342.
4. Hyun, M. R., Lee, Y. S. and Park, Y. H. 2011. Antioxidative activity and flavonoid content of *Chrysanthemum zawadskii* flowers. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* **29**, 68-73.
5. Chang, Y. S., Choi, U., Shin, D. H. and Shin, J. I. 1992. Synergistic effect of *Rhus javanica* Linne ethanol extract containing several synergist. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **24**, 149-153.
6. Suh, J. H., Paek, O. J., Kang, Y. W., Ahn, J. E., Yun, J. S., Oh, K. S., An, Y. S., Park, S. H. and Lee, S. J. 2013. Study on the antioxidant activity in the various vegetables. *J. Fd. Hyg. Safety* **28**, 337-341.
7. Suh, S. S. and Shin, J. S. 1969. Studies on phytosterols. *Yakhakhoe Chi* **13**, 144-146.
8. Wallace, J. W. 1975. Biosynthetic studies on flavones and C-glycosylflavones: B-ring oxidation patterns. *Phytochemistry* **14**, 1765-1768.
9. Harborne, J. B. 1986. The natural distribution in angiosperms of anthocyanins acylated with aliphatic dicarboxylic acids. *Phytochemistry* **25**, 1887-1894.
10. Ahn, Y. S., Seong, N. S., Ham, I. H. and Choi, H. Y. 2004. Study on the effect of medicinal herbs used as Bu-pyung (*S. polyrhiza* and *L. paucicostata*) on immune and anti-cancer. *Kor. J. Herbology* **19**, 117-127.
11. Yoo, D. H., Joo, D. H., Lee, S. Y. and Lee, J. Y. 2015. Antioxidant effect of *Nelumbo nucifera* G. leaf extract and inhibition of MITF, TRP-1, TRP-2, and tyrosinase expression in a B16F10 melanoma cell line. *J. Life. Sci.* **25**, 1115-1123.
12. Zhu, M. Z., Wu, W., Jiao, L. L., Yang, P. F. and Guo, M. Q. 2015. Analysis of flavonoids in Lotus (*Nelumbo nucifera*) leaves and their antioxidant activity using macroporous resin chromatography coupled with LC-MS/MS and antioxidant biochemical assays. *Molecules* **20**, 10553-10565
13. Nam, J. J., Lee, K. E., Park, J. E., Moon, S. J. and Youm,

- J. K. 2014. Inhibitory effect of fractionated *Trapa Japonica* extracts on UVB-induced skin photoaging. *J. Soc. Cosmet. Sci. Korea* **40**, 321-330.
14. Folin, O. and Denis, W. 1912. On phosphotungsticphosphomolybdic compounds as color reagent. *J. Biol. Chem.* **12**, 239-243.
 15. Moreno, M. I., Isla, M. I., Sampietro, A. R. and Vattuone, M. A. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J. Ethnopharmacology* **71**, 109-114.
 16. Blois, M. S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* **181**, 1199-1200.
 17. 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. Biol. Med.* **26**, 1231-1237.
 18. Oyaizu, M. 1986. Studies on products of browning reactions antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn. J. Nutr.* **44**, 307-315.
 19. Koshihara, Y., Neichi, T., Murota, S., Lao, A., Fujimoto, Y. and Tatsuno, T. 1984. Caffeic acid is a selective inhibitor for leukotriene biosynthesis. *Biochim. Biophys. Acta.* **792**, 92-97.
 20. Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1990. Principles and procedures of statistics. McGraw Hill, New York, NY, USA.
 21. Kim, I. W., Shin, D. H. and Choi, U. 1999. Isolation of antioxidative components from the bark of *Rhus verniciflua* S. screened from some Chinese medicinal plants. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **31**, 855-863.
 22. Lee, S. O., Lee, H. J., Yu, M. H., Im, H. G. and Lee, I. S. 2005. Total polyphenol contents and antioxidant activities of methanol extracts from vegetables produced in Ullung island. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **37**, 233-240.
 23. Song, W. Y., Byeon, S. J. and Choi, J. H. 2015. Anti-oxidative and anti-inflammatory activities of *Sasa borealis* extracts. *Journal of Agriculture & Life Sciences* **49**, 145-154.
 24. Lee, K. S., Oh, C. S. and Lee, K. Y. 2006. Antimicrobial effect of the fractions extracted from a lotus (*Nelumbo nucifera*) leaf. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **35**, 219-223.
 25. Heo, B. G., Park, Y. S., Hou, W. N., Im, M. H., Park, Y. J., Kim, H. J., Sin, J. S. and Cho, J. Y. 2008. *In vitro* assay on physiological activities of flower and leaf extracts of red lotus. *Kor. J. Sci. Technol.* **26**, 331-337.
 25. Kwon, S. H., Na H. R., Jung, J. D., Baek, N. I., Park, S. K. and Choi, H. K. 2012. A comparison of radical scavenging activity and cyanobacteria growth inhibition of aquatic vascular plants. *Kor. J. Limnol.* **45**, 11-20.
 26. Park, S. J. and Lee, H. Y. 2015. Component analysis and antioxidant activity of *Wasabi japonica* Matsum leaves. *Kor. J. Med. Crop. Sci.* **23**, 207-213.
 27. Miller, N. J., Rice-Evans, C., Davies, M. J. and Gopinathan, V. 1993. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clin. Sci.* **84**, 407.
 28. Park, G., Sim, Y., Lee, W., Sung, S. H. and Oh, M. S. 2016. Protection on skin aging mediated by antiapoptosis effects of the water lily (*Nymphaea Tetragona Georgi*) via reactive oxygen species scavenging in human epidermal keratinocytes. *Pharmacology* **97**, 282-293.
 29. Sa, Y. J., Kim, J. S., Kim, M. O., Jeong, H. J., Yu, C. Y., Park, D. S. and Kim, M. J. 2010. Comparative study of electron donating ability, reducing power, antimicrobial activity and inhibition of α -glucosidase by *Sorghum bicolor* extracts. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **42**, 598-604.
 30. Jeong, C. H., Son, K. B., Kim, J. H., Kang, S. K., Park, E. Y., Seo, K. I. and Shim, K. H. 2010. Antioxidant and anticancer activities of lotus (*Nelumbo nucifera*) leaf and root. 2010. *Kor. J. Food Preserv.* **17**, 131-138.
 31. Jeong, K. S. 2012. A Study on antioxidant activity of ethanol extract from *Rumex crispus* and metal adsorptivity of it's root. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* **13**, 934-940.
 32. Jeong, J. M. 2008. Antioxidative and antiallergic effects of Aronia (*Aronia melanocarpa*) extract. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **37**, 1109.
 33. Jang, M. J., Rhee, S. J., Cho, S. H., Woo, M. H. and Choi, J. H. 2006. A Study on the antioxidative, anti-inflammatory and anti-thrombogenic effects of *Zanthoxylum piperitum* DC. extract. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **35**, 21-27.

초록 : 부평초 추출물의 페놀 및 플라보노이드 함량 분석 및 항산화 활성

송원영 · 최정화*

(한국국제대학교 식품영양학과)

본 연구에서는 부평초의 열수추출물과 에탄올추출물간의 항산화 효과를 비교하기 위해 100~2,500 µg/ml의 부평초의 농도를 이용하여 *in vitro* 실험으로 관찰하였다. 먼저 부평초 추출물을 농도별로 총 페놀 함량을 측정한 결과, 열수추출물에서 52.75~293.4 mg/g 그리고 에탄올추출물에서 60.12~398.4 mg/g의 함량이 관찰되었고, 플라보노이드 함량에서는 열수추출물(38.25~67.75 mg/g)에 비해 에탄올추출물(38.25~159.4 mg/g)에서 유의적으로 높게 나타났다. DPPH radical 소거능은 열수추출물(2.87~59.5%)과 에탄올추출물(4.12~81.52%)으로 농도 의존적으로 높은 활성을 나타내었고, 에탄올추출물은 열수추출물에 비해 유의적으로 더 높은 소거능이 관찰되어졌다. ABTS radical 소거능을 비교한 결과는 열수추출물에서 8.30~83.16%, 에탄올추출물에서 13.11~80.34%로 농도 의존적인 높은 소거 활성을 나타내었다. 부평초 추출물의 IC₅₀값을 비교한 결과 DPPH, ABTS radical에서 각각 열수추출물의 경우, 2,100 µg/ml, 798.7 µg/ml으로 나타났고, 에탄올추출물의 경우에는 1,034 µg/ml, 457.1 µg/ml으로 나타났다. 환원력은 500~4,000 µg/ml의 농도에서 관찰되어 졌는데, 열수추출물에서 0.055~1.122, 에탄올 추출물에서 0.140~1.428로 농도가 증가될수록 높은 활성을 보였으며, 에탄올추출물이 열수추출물에 비해 유의적으로 더 높은 환원력을 나타내었다. 또한 항염증 효능을 관찰하기 위한 SLO를 측정한 결과는 열수추출물에서 157.7~168.0% 그리고 에탄올추출물에서 148.0~169.4%의 감소율을 나타내었다. 이러한 결과로 미루어 부평초의 용매에 따른 추출물은 항산화 효과에 뛰어난 활성을 나타낼 뿐만 아니라, 항염증에도 관여할 수 있음이 사료되어지며, 항산화 효능에 대한 천연식물소재로서의 이용가치가 기대되어진다.