

수송나물(*Salsola komarovii*)의 항산화, 항염 및 미백 활성

김민정¹, 김숙희², 이자복^{3*}

¹제주대학교 건강뷰티항장학과 교수, ²건국대학교 미래지식교육원 K뷰티산업융합학전공 교수, ³(주)엘파운더 연구소장

The Antioxidation Effect of *Salsola komarovii* Extract and Its Influence on Cell Bio activity

Min Jeong Kim¹, Sook-Hee Kim², Ja-Bok Lee^{3*}

¹Professor, Department of Beauty & Cosmetology, Jeju National University

²Professor, K-Beauty industry fusion, Konkuk Continuing Education Center, Konkuk University

³Chief Technology Officer, L.FOUNDER INC.

요약 수송나물은 동아시아에서 자생하는 염생식물로 바닷가와 같은 염분이 많은 토지에서도 생장이 가능한 식물이다. 전통적으로 수송나물은 식품으로서 사용되는 동시에 약용으로도 사용되었다. 본 연구는 수송나물의 화장품 원료로서의 가능성을 알아보기 위하여, 항산화 실험 및 세포실험을 실시하였다. 항산화능 측정을 위해 수송나물을 70% 에탄올로 추출물을 제조하였다. 항산화 측정에는 DPPH와 ABTS 법을 사용하였으며, 그 결과 각각의 실험에서 IC₅₀값이 186.10 mg/mL과 121.89 mg/mL로 나타났다. 동시에 폴리페놀 함량과 환원능 측정을 실시하였고, 그 결과 22.5%의 폴리페놀 함량과 28.4%의 환원능이 나타났다. 세포실험에서는 MTT 법을 사용하여 해당 추출물이 세포독성이 없음을 나타내었으며, 100 µg/mL 농도에서 항염능과 미백능을 나타내었다. 결과적으로 수송나물 추출물은 미백 및 항염능을 가진 화장품 소재로서 사용가능함을 확인하였다.

주제어 : 염생식물, 수송나물, 항염, 미백, 항산화

Abstract *S. komarovii* is halophyte that grows in soil or waters of high salinity, such as in saline semi-deserts, sloughs and seashores. Traditionally, *S. komarovii* has been used for food and medicinal purposes in Korea. *S. komarovii* was extracted in 70% ethanol to measure anti-oxidative activity using DPPH and ABTS assay. The IC₅₀ values of the *S. komarovii* extract against DPPH radicals and ABTS radicals were 186.10 mg/mL and 121.89 mg/mL. In addition, total polyphenol and reducing power were measured. The *S. komarovii* extract exhibited superior polyphenolic (22.5%) and antioxidant (28.4%) contents. Regarding cell bioactivity, MTT assay was conducted to reveal cytotoxicity of *S. komarovii* extract and showed the non-cytotoxicity of *S. komarovii* extract. Anti-inflammatory and skin whitening effects were measured at 100 µg/mL. Therefore, this study suggests that the *S. komarovii* extract can be used as a functional cosmetic product material.

Key Words : Halophyte, *Salsola komarovii*, Antiinflammation, Whitening, Antioxidant

1. 서론

모든 생물은 호흡과정을 통해 산소를 소모한다. 그 중 약 2-5%는 활성산소와 같은 자유 라디칼을 생성한

다. 자유 라디칼은 활성산소종(ROS, reactive oxygen species)와 활성질소종(RNS, reactive nitrogen species)로 나누어진다[1]. Superoxide anions (O₂⁻), hydroxyl radicals (·OH), singlet oxygen (¹O₂) 등은

*Corresponding Author : Ja-Bok Lee(hyunmins1@hanmail.net)

ROS에 속하며 nitric oxide (NO)와 nitrogen dioxide radical (NO \cdot)들은 RNS에 속한다[2].

이러한 free radical들은 protein, fatty acid, nucleic acid 등을 산화시켜 생체에 필수적인 생리활성 물질을 생성하게 된다[3,4]. 이러한 활성산소종(ROS, reactive oxygen species)은 생체 내에서 효소적 반응과 비효소적 반응으로 소거된다[5]. 항산화 효소로는 glutathione peroxidase (GSH-Px), glutathione reductase(GR), superoxide dismutase (SOD), catalase 등이 있으며, 항산화 물질의 경우 ascorbic acid, tocopherol, uric acid, albumin, bilirubin 등이 있다[6]. 하지만 환경적 영향으로 인한 과도한 free radical의 과도한 생성, 항산화 관련 대사과정의 문제, 효소적 항산화 반응에 관여하는 유전자적 손상 등으로 인해 free radical 소거 체계가 문제를 일으킬 수 있으며[7], 자가면역질환[8], 암 발생[9,10], 노화[11], 신경계 질환[12]을 일으킨다.

항산화능이 높은 식품을 섭취하여 체내의 free radical을 적정 수준으로 줄일 수 있으며, 이로 인한 질병도 예방이 가능하다. 이러한 이유로 항산화능을 가진 식품에 대한 연구가 집중되어 있다.

최근 식품뿐만 아니라 미용적 측면에서도 항산화능의 중요성이 대두되었다. 피부의 노화는 내인성 노화[13]와 외인성 요인[14]으로 나누어지며, 내인성 노화의 원인으로는 유전적 특성과 대사과정에 의한 세포 손상의 누적이 있으며[13], 외인성 노화의 원인으로는 자외선과 미세먼지, 환경적 오염 등이 있다[14]. 두 종류의 노화의 원인은 다양하나, 공통적으로 피부의 ROS 및 RNS를 생성하여 피부의 지질, 단백질, DNA 등에 손상을 입힌다는 공통점이 있으며, 이로 인해 피부 미용에서도 항산화 물질의 중요성이 대두되었다.

염생식물은 바닷가나 염염지대 같이 토양의 염분농도가 높아 일반 식물이 자라기 힘든 지역에 서식지를 형성하며, 세포 내부의 높은 삼투압을 통해 외부로 수분이 손실되는 것을 막으며, 외부에서의 수분을 흡수할 수 있다. 하지만 이러한 염분 농도의 변화는 생물에겐 스트레스로서 작용되며 염생식물 역시 이러한 염분 변화를 스트레스로 받아들이는 동시에 활성산소종을 축적한다[15]. 염생식물은 활성산소종을 높은 농도로 축적할 시 사멸하게 되는데 이를 막기 위해 높은 항산화 활성을 지닌 효소 및 성분을 합성한다. 이를 뒷받침하는 연구로 염생 식물인 *Hordeum marinum*과 같은

속이지만 일반 식물인 *H. vulgare* (보리)의 항산화능 비교 결과 염생식물인 *H. marinum*의 항산화능이 높았으며[16], 염생식물인 *Cakile maritima*와 일반식물의 항산화능 비교결과 일반식물에 비해 *C. maritima*의 항산화능이 높게 나왔다[17].

수송나물(*Salsola komarovii*)은 바닷가에서 자라는 염생식물로 우리나라 전역에 나며, 러시아, 일본, 중국 등에도 분포한다. 어린잎은 식용하고, 전초를 고혈압이나 위장병에 약으로 쓴다[18]. 이러한 생리학적 특징을 가졌음에도 수송나물을 비롯한 염생식물에 대한 연구는 미비한 실정이다. 이에 수송나물의 항산화능 및 항염, 미백능을 평가하여 화장품 원료로서의 가능성을 실험해 보았다.

2. 실험 방법

2.1 사용 시료 및 추출물

항산화 실험에 사용된 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS), ascorbic acid, ferric chloride, Folin-Ciocalteu reagent, gallic acid, manganese dioxide, phosphate buffered saline (PBS), potassium ferricyanide, sodium carbonate, trichloroacetic acid는 Sigma (USA)에서 구입하여 사용하였다.

세포 독성 실험에는 RAW 264.7, B16F10 cell line (한국세포주은행, 한국)을 사용하였다. 세포 배양에 사용된 배양액은 Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM, GE healthcare, USA), fetal bovine serum(FBS, Sigma, USA), penicillin- streptomycin solution(Sigma, USA)를 사용하였다.

실험에 사용된 수송나물 추출물은 MBRIS를 통해 국립해양생물자원관에서 분양받아 사용하였다. 수송나물 추출물은 충청남도 태안군 원북면 신두리에서 채취된 수송나물을 70% ethanol로 추출한 것을 사용하였다.

2.2 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH)

소거능 측정

DPPH assay는 천연물의 수용성 혹은 유기용매 추출물의 항산화 활성 측정법으로 널리 사용하는 방법이다[19]. 각 추출물은 25, 50, 100, 200, 400, 800 $\mu\text{g} / \text{mL}$

의 농도가 되도록 70% ethanol로 희석하여 사용하였다. DPPH는 95% ethanol에 희석하여 520 nm에서 흡광도가 0.6이 되도록 조정하였다. 추출물 용액 0.20 mL와 DPPH 용액 1.80 mL를 test tube에 주입 후 혼합하여 30분간 반응시켰다. 반응물은 UV-Vis Spectrophotometer (Ultrospec 3100 pro, GE Healthcare, USA)를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성 대조군으로는 ascorbic acid (Sigma, USA)를 사용하였다. DPPH radical scavenging activity는 시료첨가구와 무첨가구의 흡광도를 구하여 식 (1)과 같이 백분율로 표시하였다.

$$\text{Radical Scavenging Activity (\%)} = \left(\frac{OD_{520nm} \text{ of sample}}{OD_{520nm} \text{ of blank}} \right) \times 100 \quad (1)$$

2.3 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) radical 소거능 측정

ABTS assay는 천연물 추출물의 항산화 활성 측정 방법으로 널리 사용하는 방법이다[20].

각 추출물은 25, 50, 100, 200, 400, 800 $\mu\text{g} / \text{mL}$ 로 70% ethanol로 희석하여 사용하였다. ABTS는 2.5 mM 농도로 pH 7.40인 5 mM PBS에 희석한 뒤 oxidizing agent로서 manganese dioxide를 첨가하여 발색시켰다. 740 nm에서 흡광도가 0.6 이상이 되도록 발색이 되면 Whatman no. 2 filter paper를 이용하여 manganese dioxide를 제거한 후 흡광도가 0.6이 되도록 pH 7.40인 5 mM PBS으로 희석하였다. 추출물 용액 0.20 mL와 ABTS 용액 1.80 mL를 test tube에 주입 후 혼합하여 30분간 반응시켰다. 반응물은 UV-Vis Spectrophotometer (Ultrospec 3100 pro, GE Healthcare, USA)를 이용하여 740 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성 대조군으로는 ascorbic acid (Sigma, USA)를 사용하였다. ABTS radical scavenging activity는 시료첨가구와 무첨가구의 흡광도를 구하여 식 (2)와 같이 백분율로 표시하였다.

$$\text{Radical Scavenging Activity (\%)} = \left(\frac{OD_{740nm} \text{ of sample}}{OD_{740nm} \text{ of blank}} \right) \times 100 \quad (2)$$

2.4 Total phenolic content

천연물 추출물에는 다양한 antioxidant가 포함되어 있으며, 천연물의 종류에 따라 차이가 있으나

phenolic content가 차지하는 비율이 높다. 이러한 이유로 phenolic content의 양을 측정하여 추출물의 항산화능을 유추할 수 있다[21].

각 추출물은 2.5, 5.0, 10.0 mg/mL로 70% ethanol로 희석하여 사용하였다. NaCO_3 포화용액은 증류수에 과량의 sodium carbonate를 용해시킨 뒤, Whatman no. 2 filter paper를 이용하여 녹지 않은 sodium carbonate를 제거하였다. 추출물 0.02 mL와 Folin-Ciocalteu reagent 0.01 mL, sodium carbonate 포화용액 0.06 mL를 micro tube에 주입한 뒤 15분간 반응시켰다. 그 후 증류수 0.20 mL를 주입하여 원심분리 후 상층액을 분리하였다. 반응물은 UV-Vis Spectrophotometer (Ultrospec 3100 pro, GE Healthcare, USA)를 이용하여 740 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성 대조군으로는 gallic acid를 사용하였다.

2.5 Reducing power

Reducing power 측정은 선행연구의 방법으로 측정하였다[22].

각 추출물은 2.5, 5.0, 10.0 mg/mL로 70% ethanol로 희석하여 사용하였다. 추출물 0.05 mL와 sodium phosphate buffer (pH 6.6) 0.50 mL, 1% potassium ferricyanide 0.50 mL를 test tube에 주입한 뒤 50°C에서 20분간 반응시켰다. 그 후 10% trichloroacetic acid 2.00 mL를 주입하여 원심분리 후 상층액을 분리하였다. 그 후 상층액 0.10 mL와 0.1% ferric chloride 0.10 mL를 반응시켜 UV-Vis Spectrophotometer (Ultrospec 3100 pro, GE Healthcare, USA)를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성 대조군으로는 ascorbic acid를 사용하였다.

2.6 세포 독성 실험

세포 독성 실험은 아래와 같이 실험하였다.

DMEM 445 mL, FBS 50 mL, penicillin-streptomycin solution 5 mL을 혼합하여 배양액을 제조하였다. 추출물은 DMEM 배지를 용매로 하여 0.125, 0.25, 0.5, 1 mg/mL 농도로 제조하였다.

세포독성실험은 MTT assay를 이용하여 측정하였다. 96 well plate에 각 well 당 3.0×10^4 cell을

seeding하여 1일간 37°C, 5% CO₂조건에서 세포를 배양하였다. 배양 후 상층액을 회수한 뒤 DMEM 배지 180p와 추출물을 20p 주입하여 다시 2일간 배양하였다. 배양 후 상층액을 회수한 뒤 MTT solution을 100p씩 처리하여 4시간 동안 결정화시켰다. 그 후 MTT solution을 다시 제거한 뒤, DMSO 100p를 처리하여 결정화된 MTT를 다시 용해시켜, 560nm 흡광도를 통해 결정화된 MTT의 양을 측정하였다. MTT의 결정 생성은 NADH의 양과 비례하며, 생존한 세포수에 비례한다.

세포생존률의 계산은 식 (3)과 같이 계산하였다.

$$\text{Survival rate (\%)} = \left(\frac{OD_{550nm} \text{ of sample}}{OD_{550nm} \text{ of blank}} \right) \times 100 \quad (3)$$

2.7 Melanin 생성 억제능

Melanin 생성 억제능 실험에는 B16F10 cell을 사용하였다. 세포 배양에는 DMEM, FBS, penicillin-streptomycin solution을 사용하였으며, melanin 생성을 유도하기 위하여 α -melanocyte stimulating hormone(α -MSH, Sigma, USA)을 사용하였다. DMEM 470 ml, FBS 25 ml, penicillin-streptomycin solution 5 ml을 혼합하여 배양액을 제조하였다. 추출물은 DMEM 배지를 용매로 하여 0.125, 0.25, 0.5, 1 mg/mL 농도로 제조하였다.

96 well plate에 각 well 당 5.0×10^4 cell을 seeding하여 1일간 37°C, 5% CO₂조건에서 세포를 배양하였다. 배양 후 상층액을 회수한 뒤 α -MSH가 0.1 μ g/mL 농도로 첨가된 DMEM 배지 180p와 추출물을 20p 주입하여 다시 4일간 배양하였다. 배양 후 405 nm 흡광도를 측정하였다. 405 nm 흡광도는 생성된 melanin의 양과 비례한다.

Melanin 생성 억제능의 계산은 식 (4)와 같이 계산하였다.

$$\text{Melanine inhibition rate (\%)} = \left(1 - \frac{OD_{405nm} \text{ of sample}}{OD_{405nm} \text{ of blank}} \right) \times 100 \quad (4)$$

2.8 Nitric oxide 생성 억제능

Nitric oxide 생성 억제능 실험에는 RAW 264.7 cell을 사용하였다. 세포 배양에는 DMEM, FBS,

penicillin-streptomycin solution을 사용하였으며, 염증반응을 유도하기 위하여 lipopolysaccharide (Sigma, USA)를 사용하였다.

Nitric oxide 생성 억제능은 griess reagent를 이용하여 측정하였다. Griess reagent는 1% sulfanilamide (TCI, Japan)를 5% phosphoric acid (Junsei, Japan)에 녹인 것과 0.1% naphthylethylenediamine dihydrochloride (TCI, Japan)수용액을 1 : 1 비율로 혼합한 것을 사용하였다. DMEM 445 ml, FBS 50 ml, antibiotics 5 ml을 혼합하여 배양액을 제조하였다. 추출물은 DMEM 배지를 용매로 하여 0.125, 0.25, 0.5, 1 mg/mL 농도로 제조하였다.

96 well plate에 각 well 당 5.0×10^4 cell을 seeding하여 1일간 37°C, 5% CO₂조건에서 세포를 배양하였다. 배양 후 상층액을 회수한 뒤 LPS가 1 μ g/mL 농도로 첨가된 DMEM 배지 180p와 추출물을 20p 주입하여 다시 2일간 배양하였다. 배양 후 상층액 100p를 회수한 뒤 griess reagent를 100p씩 처리하여 15분간 동안 반응시켰다. 그 후 540 nm 흡광도를 측정하였다. 540 nm 흡광도는 생성된 NO의 양과 비례한다.

Nitric oxide 생성 억제능의 계산은 식 (5)와 같이 계산하였다.

$$\text{NOinhibition rate (\%)} = \left(1 - \frac{OD_{540nm} \text{ of sample}}{OD_{540nm} \text{ of blank}} \right) \times 100 \quad (5)$$

3. 결과 및 고찰

3.1 DPPH radical 소거능

DPPH는 비교적 안정한 상태의 free radical이며, 이를 이용하여 항산화력을 측정하는데 널리 이용하고 있다[23]. 여기서 free radical은 인체의 DNA, 단백질과 대사산물에 화학적 손상을 주며, 이러한 손상이 노화의 원인이 되는 것으로 알려져 있다[24].

수송나물의 DPPH radical scavenging activity를 보기 위해 수송나물 추출물을 희석하여 DPPH radical solution에 반응시켜 측정하였다. 수송나물 추출물의 DPPH radical scavenging activity를 측정한 결과, 추출물의 농도가 증가함에 따라 DPPH radical scavenging activity가 농도에 따라 증가하는 것을 Fig. 1, Table 1과 같이 확인하였다. 수송나물 추출물

은 25 $\mu\text{g/mL}$ 에서 $2.83 \pm 0.98\%$, 50 $\mu\text{g/mL}$ 에서 $12.56 \pm 1.10\%$, 100 $\mu\text{g/mL}$ 에서 $28.28 \pm 0.34\%$, 200 $\mu\text{g/mL}$ 에서 $54.11 \pm 0.16\%$, 400 $\mu\text{g/mL}$ 에서 $94.39 \pm 0.31\%$, 800 $\mu\text{g/mL}$ 에서 $98.23 \pm 0.44\%$ 의 radical scavenging activity를 보였다.

이를 기반으로 ascorbic acid의 EC_{50} 을 계산한 결과 12.50 $\mu\text{g/mL}$ 로 나타났으며 수송나물 추출물의 EC_{50} 을 계산한 결과 186.10 $\mu\text{g/mL}$ 로 나타났다.

이 수치는 선행연구[25]에서 동일한 염생식물인 가느겅쟁이의 추출물이 100 $\mu\text{g/mL}$ 에서 약 27%의 항산화능을 보인 것에 비해, 수송나물 추출물은 100 $\mu\text{g/mL}$ 에서 28.28%의 항산화능을 보여 선행연구에 비해 높은 수치를 나타내었다.

한편 다른 선행연구[26]에서 동일한 염생식물인 칠면초 추출물의 EC_{50} 이 350 $\mu\text{g/mL}$ 을 보인 것에 비해, 수송나물 추출물은 186.10 $\mu\text{g/mL}$ 의 EC_{50} 을 보여 선행연구에 비해 높은 수치를 나타내었다.

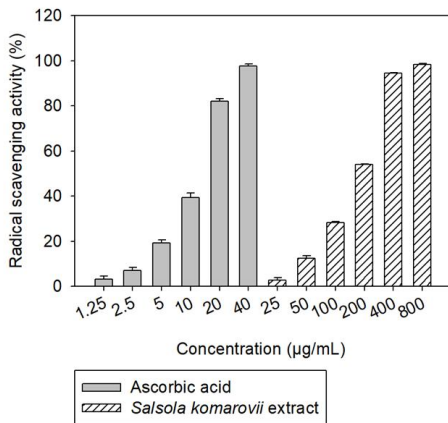


Fig. 1. DPPH radical scavenging activity of *Salsola komarovii* extract and ascorbic acid.

Table 1. Mean and standard deviation of DPPH radical scavenging activity of *Salsola komarovii* extract

Concentration ($\mu\text{g/mL}$)	RSA (%)	S.D
25 $\mu\text{g/mL}$	2.83	± 0.98
50 $\mu\text{g/mL}$	12.56	± 1.10
100 $\mu\text{g/mL}$	28.28	± 0.34
200 $\mu\text{g/mL}$	54.11	± 0.16
400 $\mu\text{g/mL}$	94.39	± 0.31
800 $\mu\text{g/mL}$	98.23	± 0.44

3.2 ABTS radical 소거능

ABTS 역시 비교적 안정한 상태의 free radical이며, DPPH보다 다양한 방법을 통한 radical 소거능을 측정할 수 있고, hydrophilic한 물질뿐 아니라 hydrophobic한 물질에도 적용이 가능하여 더욱 다양한 시료에 응용할 수 있다[27].

수송나물의 ABTS radical scavenging activity를 보기 위해 수송나물 추출물을 희석하여 ABTS radical solution에 반응시켜 측정하였다. 수송나물 추출물의 ABTS radical scavenging activity를 측정한 결과, 추출물의 농도가 증가함에 따라 ABTS radical scavenging activity가 농도에 따라 증가하는 것을 Fig. 2, Table 2에서 확인하였다. 수송나물 추출물은 25 $\mu\text{g/mL}$ 에서 $5.00 \pm 0.36\%$, 50 $\mu\text{g/mL}$ 에서 $13.89 \pm 0.97\%$, 100 $\mu\text{g/mL}$ 에서 $35.33 \pm 0.49\%$, 200 $\mu\text{g/mL}$ 에서 $81.28 \pm 0.21\%$, 400 $\mu\text{g/mL}$ 에서 $95.00 \pm 0.14\%$, 800 $\mu\text{g/mL}$ 에서 $97.35 \pm 0.64\%$ 의 radical scavenging activity를 보였다.

이를 기반으로 ascorbic acid의 EC_{50} 을 계산한 결과 13.56 $\mu\text{g/mL}$ 로 나타났으며 수송나물 추출물의 EC_{50} 을 계산한 결과 121.89 $\mu\text{g/mL}$ 로 나타났다.

수송나물 추출물의 DPPH assay 결과로는 100 $\mu\text{g/mL}$ 에서 28.28%의 radical scavenging activity를 보였으나, ABTS assay 결과로는 100 $\mu\text{g/mL}$ 에서 35.33%의 radical scavenging activity를 보여 DPPH assay에 비해 높은 수치를 나타내었다. 이러한 경향은 실험에 사용된 모든 농도 전반에서 동일한 경향을 보였다.

한편 DPPH를 이용해 측정한 ascorbic acid의 EC_{50} 은 12.50 $\mu\text{g/mL}$, 수송나물 추출물의 EC_{50} 은 186.10 $\mu\text{g/mL}$ 이었으나, ABTS를 이용해 측정한 ascorbic acid의 EC_{50} 은 13.56 $\mu\text{g/mL}$, 수송나물 추출물의 EC_{50} 은 121.89 $\mu\text{g/mL}$ 로 나타났다. Ascorbic acid의 EC_{50} 은 방법에 따라 8.48%의 차이가 있었으나 수송나물 추출물의 경우 34.50%의 차이가 있었다.

선행연구[26]에서 동일한 염생식물인 칠면초 추출물의 EC_{50} 이 680 $\mu\text{g/mL}$ 을 보인 것에 비해, 수송나물 추출물은 121.89 $\mu\text{g/mL}$ 의 EC_{50} 을 보여 선행연구에 비해 높은 수치를 나타내었다.

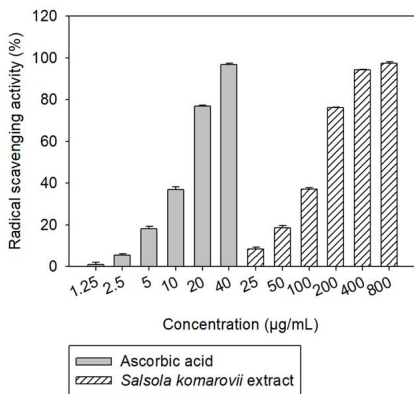


Fig. 2. ABTS radical scavenging activity of *Salsola komarovii* extract and ascorbic acid.

Table 2. Mean and standard deviation of ABTS radical scavenging activity of *Salsola komarovii* extract

Concentration (µg/mL)	RSA (%)	S.D
25 µg / mL	5.00 ± 0.36	0.36
50 µg / mL	13.89 ± 0.97	0.97
100 µg / mL	35.33 ± 0.49	0.49
200 µg / mL	81.28 ± 0.21	0.21
400 µg / mL	95.00 ± 0.14	0.14
800 µg / mL	97.35 ± 0.64	0.64

3.3 Total phenolic content

폴리페놀 화합물에 존재하는 hydroxyl group은 free radical의 중화시키는 수소이온을 공여하는 능력이 있으며, 폴리페놀의 함량이 증가할수록 항산화력이 증가하는 경향을 보인다[28,29]. 이러한 이유로 phenolic content의 양을 측정하여 추출물의 항산화능을 유추할 수 있다.

이러한 이유로 수송나물의 total phenolic content를 측정하였다. 수송나물 추출물의 ABTS radical scavenging activity를 측정한 결과, 추출물의 농도가 증가함에 따라 ABTS radical scavenging activity가 농도에 따라 증가하는 것을 Table 3에서 확인하였다. 수송나물 추출물은 0.25 mg/mL에서 0.051 ± 0.018 mg/mL, 0.50 mg/mL에서 0.122 ± 0.018 mg/mL, 1.00 mg/mL에서 0.228 ± 0.018 mg/mL의 total phenolic content를 보였다. 이를 환산하면 0.225 g gallic acid/g extract로 나타났다.

이 수치는 선행연구[25]에서 동일한 염생식물인 가는갯능쟁이의 추출물이 0.215 g gallic acid/g

extract의 total phenolic content를 보인 것에 비해, 수송나물 추출물은 0.225 g gallic acid/g extract의 total phenolic content를 보여 선행연구에 비해 4.65% 높은 수치를 나타내었다.

한편 다른 선행연구[26]에서 동일한 염생식물인 칠면초 추출물이 4.48%의 total phenolic content를 보인 것에 비해, 수송나물 추출물은 22.5%의 total phenolic content를 보여 선행연구에 비해 높은 수치를 나타내었다.

Table 3. Mean and standard deviation of total phenolic contents of *Salsola komarovii* extract

Concentration (mg/mL)	mg	S.D
0.25 mg / mL	0.051 ± 0.018	0.018
0.50 mg / mL	0.122 ± 0.018	0.018
1.00 mg / mL	0.228 ± 0.018	0.018

3.4 Reducing power

Reducing power은 항산화 물질의 radical quenching processes와 관련이 적다고 주장되었으나, 식물 추출물에 대한 실험의 경우 ABTS 및 total phenolic content와 유의미한 상관관계를 가져 다른 항산화능 측정 방법과 같이 유의미한 결과를 내는 것으로 나타났다[30].

이러한 이유로 수송나물의 reducing power를 측정하였다. 수송나물 추출물의 reducing power를 측정할 결과, 추출물의 농도가 증가함에 따라 A reducing power가 농도에 따라 증가하는 것을 Table 4에서 확인하였다. 수송나물 추출물은 0.25 mg/mL에서 0.067 ± 0.007 mg/mL, 0.50 mg/mL에서 0.147 ± 0.016 mg/mL, 1.00 mg/mL에서 0.290 ± 0.016 mg/mL의 total phenolic content를 보였다. 이를 환산하면 0.284 g ascorbic acid/g extract로 나타났다.

Table 4. Mean and standard deviation of total phenolic contents of *Salsola komarovii* extract

Concentration (mg/mL)	mg/mL	S.D
0.25 mg / mL	0.067 ± 0.007	0.007
0.50 mg / mL	0.147 ± 0.016	0.016
1.00 mg / mL	0.290 ± 0.016	0.016

3.5 세포 독성 측정

수송나물 추출물의 RAW 264.7과 B16F10 세포에 대한 세포 독성을 확인하고자 12.5, 25, 50, 100 μ g/mL의 농도 별로 처리하여 세포 독성 평가 결과를 나타내었다.

세포 생존율은 대조군을 100%로 보았을 때, RAW 264.7에서는 100 μ g/mL이하의 농도에서 100%이상의 생존율을 Table 5와 같이 확인하였다. 그리고 B16F10에서는 100 μ g/mL이하의 농도에서 100%이상의 생존율을 Table 5에서 확인하였다.

이 수치는 선행연구[31]에서 동일한 염생식물인 갯쭉 추출물이 100 μ g/mL에서 80% 정도의 cell viability를 보인 것에 비해, 수송나물 추출물은 100 μ g/mL에서 100% 정도의 cell viability를 나타내었다.

한편 다른 선행연구[32]에서 동일한 염생식물인 가느갯논쟁이 추출물이 100 μ g/mL에서 100% 정도의 cell viability를 보인 것과 같이, 수송나물 추출물 역시 100 μ g/mL에서 100% 정도의 cell viability를 나타내었다.

Table 5. Mean and standard deviation of cell viability of B16F10 and Raw 264.7 cell with *Salsola komarovii* extract

B16F10	Cell viability (%)		S.D
12.5 μ g/mL	99.65	±	2.76
25.0 μ g/mL	100.42	±	1.08
50.0 μ g/mL	104.43	±	1.38
100 μ g/mL	108.58	±	2.41
Raw 264.7	Cell viability (%)		S.D
12.5 μ g/mL	103.23	±	1.60
25.0 μ g/mL	102.95	±	1.64
50.0 μ g/mL	103.66	±	1.64
100 μ g/mL	101.97	±	1.29

3.6 Melanin 생성 억제능

수송나물 추출물의 B16F10 세포에 대한 melanin 생성 억제능을 확인하고자 12.5, 25, 50, 100 μ g/mL의 농도 별로 처리하여 melanin 생성 억제능을 나타내었다. 대조군으로서는 arbutin을 동일한 농도로 처리하여 melanin 생성 억제능을 나타내었다.

Melanin 생성 억제능은 melanocyte-stimulating hormone 처리군을 100%로 보았을 때, B16F10에서

는 100 μ g/mL 농도에서 85.56%의 melanin 생성을 Table 6에서 확인하였다. 한편 대조군으로 처리한 arbutin의 경우 100 μ g/mL 농도에서 81.65%의 melanin 생성을 보였다. 즉 수송나물 추출물은 arbutin의 78.69% 정도의 melanin 생성 억제능을 지니고 있으며 강한 미백능을 보여 미백 화장품으로서의 가능성을 보였다.

Table 6. Mean and standard deviation of melanin inhibitory activity of *Salsola komarovii* extract

	Melanin inhibitory activity (%)		S.D
12.5 μ g/mL	-0.98	±	1.16
25.0 μ g/mL	0.33	±	1.48
50.0 μ g/mL	7.70	±	1.77
100 μ g/mL	14.44	±	1.73

3.7 Nitric oxide 생성 억제능

수송나물 추출물의 Raw 264.7 세포에 대한 nitric oxide 생성 억제능을 확인하고자 12.5, 25, 50, 100 μ g/mL의 농도 별로 처리하여 nitric oxide 생성 억제능을 나타내었다.

Nitric oxide 생성 억제능은 lipopolysaccharide 처리군을 100%로 보았을 때, Raw 264.7에서는 100 μ g/mL 농도에서 94.43%의 nitric oxide 생성 억제능을 Table 7에서 확인하였다.

이 수치는 선행연구[32]에서 동일한 염생식물인 갯쭉 추출물이 100 μ g/mL에서 92.1% 정도의 nitric oxide 생성 억제능을 보인 것에 비해, 수송나물 추출물은 100 μ g/mL에서 94.34% 정도의 nitric oxide 생성 억제능을 나타내었다. 즉 2.2%p 높은 nitric oxide 생성 억제능을 나타내었다.

한편 다른 선행연구[32]에서 동일한 염생식물인 가느갯논쟁이 추출물이 100 μ g/mL에서 79.1% 정도의 nitric oxide 생성 억제능을 보인 것에 비해, 수송나물 추출물은 100 μ g/mL에서 94.34% 정도의 nitric oxide 생성 억제능을 나타내었다. 즉 15.2%p 높은 nitric oxide 생성 억제능을 나타내었다. 즉 수송나물 추출물은 강한 항염능을 보여 화장품 소재로서의 가능성을 보였다.

Table 7. Mean and standard deviation of nitric oxide inhibitory activity of *Salsola komarovii* extract

Nitric oxide inhibitory activity (%)		S.D	
12.5 $\mu\text{g/mL}$	24.00	±	0.77
25.0 $\mu\text{g/mL}$	49.07	±	0.70
50.0 $\mu\text{g/mL}$	87.00	±	1.63
100 $\mu\text{g/mL}$	94.34	±	0.49

4. 결론

기존 약용 및 식용으로 사용되는 수송나물의 화장품 원료로서의 가능성을 실험해 보기 위해 수송나물의 항산화능, 항염, 미백능을 평가하여 해 보았다.

DPPH를 통한 항산화능 측정 결과, 수송나물 추출물은 100 $\mu\text{g/mL}$ 에서 28.28%의 항산화능을 보였으며, 186.10 $\mu\text{g/mL}$ 의 EC_{50} 을 보였다.

ABTS를 통한 항산화능 측정 결과, 수송나물 추출물은 100 $\mu\text{g/mL}$ 에서 35.33%의 항산화능을 보였으며, 121.89 $\mu\text{g/mL}$ 의 EC_{50} 을 보였다.

Total phenolic content 측정 결과, 수송나물 추출물은 0.225 g gallic acid/g extract에 해당하는 total phenolic content를 함유하고 있으며, reducing power 측정 결과 0.284 g ascorbic acid/g extract에 해당하는 reducing power를 가지고 있었다.

세포 생존율은 사용된 RAW 264.7 세포와 B16F10 세포 모두에서 100 $\mu\text{g/mL}$ 이하의 농도에서 100%이상의 생존율을 보였다.

B16F10 세포를 통한 미백능 측정 결과, 수송나물 추출물은 arbutin의 78.69% 정도의 melanin 생성 억제능을 지니고 있으며 강한 미백능을 보여 미백 화장품으로서의 가능성을 보였다.

RAW 264.7 세포를 통한 항염능 측정 결과, 수송나물 추출물은 100 $\mu\text{g/mL}$ 에서 94.34% 정도의 nitric oxide 생성 억제능을 나타내었다.

이와 같은 결과를 종합해 볼 때 수송나물 추출물은 높은 항산화능을 지니고 있으며, 많은 phenolic content를 함유하고 있다. 이러한 항산화능과 phenolic content는 세포 내 ROS 생성 억제를 통한 미백 효과 및 항염효과를 나타낸 것으로 보인다. 이러한 이유로 수송나물 추출물은 미백 및 항염능을 가진 화장품 소재로서의 개발 가능성이 있을 것으로 사료되어 진다.

REFERENCES

- [1] H. Westerblad & D. G. Allen. (2011). Emerging roles of ROS/RNS in muscle function and fatigue. *Antioxidants & redox signaling*, 15(9), 2487-2499. DOI : 10.1089/ars.2011.3909
- [2] B. Fubini & A. Hubbard. (2003). Reactive oxygen species (ROS) and reactive nitrogen species (RNS) generation by silica in inflammation and fibrosis. *Free Radical Biology and Medicine*, 34(12), 1507-1516. DOI : 10.1016/S0891-5849(03)00149-7
- [3] S. K. Powers & M. J. Jackson. (2008). Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiological reviews*, 88(4), 1243-1276. DOI : 10.1152/physrev.00031.2007
- [4] E. Barbieri & P. Sestili. (2012). Reactive oxygen species in skeletal muscle signaling. *Journal of signal transduction*, 2012(1), 1-17. DOI : 10.1155/2012/982794
- [5] M. Hakiman & M. Maziah. (2009). Non enzymatic and enzymatic antioxidant activities in aqueous extract of different *Ficus deltoidea* accessions. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3(3), 120-131. DOI : 10.5897/JMPR.9000931
- [6] M. Koruk, S. Taysi, M. C. Savas, O. Yilmaz, F. Akcay & M. Karakok. (2004). Oxidative stress and enzymatic antioxidant status in patients with nonalcoholic steatohepatitis. *Annals of Clinical & Laboratory Science*, 34(1), 57-62.
- [7] L. Beneš, Z. Ďuračková & M. Ferenčík. (1999). Chemistry, physiology and pathology of free radicals. *Life sciences*, 65(18-19), 1865-1874. DOI : 10.1016/S0024-3205(99)00439-7
- [8] S. Srivastava, D. Singh, S. Patel & M. R. Singh. (2017). Role of enzymatic free radical scavengers in management of oxidative stress in autoimmune disorders. *International journal of biological macromolecules*, 101(1), 502-517. DOI : 10.1016/j.ijbiomac.2017.03.100
- [9] D. Dreher & A. F. Junod. (1996). Role of oxygen free radicals in cancer development. *European Journal of cancer*, 32(1), 30-38. DOI : 10.1016/0959-8049(95)00531-5
- [10] G. Ray, S. Batra, N. K. Shukla, S. Deo, V. Raina, S. Ashok & S. A. Husain. (2000). Lipid peroxidation, free radical production and

- antioxidant status in breast cancer. *Breast cancer research and treatment*, 59(2), 163-170.
DOI : 10.1023/A:1006357330486
- [11] W. A. Pryor. (1982). Free radical biology: xenobiotics, cancer, and aging. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 393(1), 1-22.
DOI : 10.1111/j.1749-6632.1982.tb31228.x
- [12] C. Mancuso, G. Scapagini, D. Curro, A. M. Giuffrida Stella, C. De Marco, D. A. Butterfield & V. Calabrese. (2007). Mitochondrial dysfunction, free radical generation and cellular stress response in neurodegenerative disorders. *Front Biosci*, 12(1), 1107-23.
DOI : 10.2741/2130
- [13] B. Poljšak, R. G. Dahmane & A. Godić. (2012). Intrinsic skin aging: the role of oxidative stress. *Acta Dermatovenerol Alp Pannonica Adriat*, 21(2), 33-36.
- [14] B. Poljšak & R. Dahmane. (2012). Free radicals and extrinsic skin aging. *Dermatology research and practice*, 2012(1), 1-4.
DOI : 10.1155/2012/135206
- [15] R. Ozgur, B. Uzilday, A. H. Sekmen & I. Turkan. (2013). Reactive oxygen species regulation and antioxidant defence in halophytes. *Functional Plant Biology*, 40(9), 832-847.
DOI : 10.1071/FP12389
- [16] B. Seckin, I. Turkan, A. H. Sekmen & C. Ozfidan. (2010) The role of antioxidant defense systems at differential salt tolerance of *Hordeum marinum* Huds. (sea barleygrass) and *Hordeum vulgare* L. (cultivated barley). *Environmental and Experimental Botany*, 69(1), 76-85.
DOI : 10.1016/j.envexpbot.2010.02.013
- [17] H. Ellouzi, K. Ben Hamed, J. Cela, S. Munne-Bosch & C. Abdely. (2011). Early effects of salt stress on the physiological and oxidative status of *Cakile maritima* (halophyte) and *Arabis thaliana* (glycophyte). *Physiologia Plantarum*, 142(1), 128-143.
DOI : 10.1111/j.1399-3054.2011.01450.x
- [18] National Institute of Biological Resources. (2020). *Salsola komarovii*. (Online). <https://species.nibr.go.kr/species/speciesDetail.do?ktsn=120000060683>.
- [19] M. S. Blois. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617), 1199-1200.
- [20] N. J. Miller & C. A. Rice-Evans. (1997). Factors influencing the antioxidant activity determined by the ABTS•+ radical cation assay. *Free radical research*, 26(3), 195-199.
DOI : 10.3109/10715769709097799.
- [21] V. L. Singleton & J. A. Rossi. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- [22] M. Oyaizu. (1986). Studies on products of browning reaction. *The Japanese journal of nutrition and dietetics*, 44(6), 307-315.
DOI : 10.5264/eiyogakuzashi.44.307
- [23] S. B. Kedare & R. P. Singh. (2011). Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *Journal of food science and technology*, 48(4), 412-422.
DOI : 10.1007/s13197-011-0251-1
- [24] V. N. Gladyshev. (2014). The free radical theory of aging is dead. Long live the damage theory!. *Antioxidants & redox signaling*, 20(4), 727-731.
DOI : 10.1089/ars.2013.5228
- [25] H. J. Jeong, H. J. Kim, E. S. Ju, C. S. Kong & Y. W. Seo. (2016). Antioxidant Effect of the Halophyte *Atriplex gmelinii*. *Korean Society for Biotechnology and Bioengineering Journal*, 31(4), 200-207.
DOI : 10.7841/ksbbj.2016.31.4.200
- [26] H. H. Park, S. C. Ko & W. K. Jung. (2016). Comparison of the Biological Activities of Electrodialysis-desalted Bioactive Compounds from the Halophyte *Suaeda japonica*. *Korean journal of fisheries and aquatic sciences*, 49(2), 124-130.
DOI : 10.5657/KFAS.2016.0124
- [27] Y. J. Choi, Y. J. Oh & D. S. Jeong. (2010). Radical Scavenging Activities of the Extracts from *Punica granatum* (Pomegranate) Peels. *The Journal of the Natural Science, SWINS*, 22, 111-117.
- [28] J. Imai, N. Ide, S. Nagae, T. Moriguchi, H. Matsuura & Y. Itakura. (1994). Antioxidant and radical scavenging effects of aged garlic extract and its constituents. *Planta medica*, 60(5), 417-420.
DOI : 10.1055/s-2006-959522
- [29] B. Halliwell, R. Aeschbach, J. Löliger & O. I. Aruoma. (1995). The characterization of antioxidants. *Food and Chemical Toxicology*, 33(7), 601-617.
DOI : 10.1016/0278-6915(95)00024-V
- [30] N. S. Rajurkar & S. M. Hande. (2011). Estimation of phytochemical content and antioxidant

activity of some selected traditional Indian medicinal plants. *Indian journal of pharmaceutical sciences*, 73(2), 146.
DOI : 10.4103/0250-474x.91574

- [31] J. G. Lee & S. H. Oh. (2008). Inhibitory Effects of *Artemisia fukudo* Makino Extracts for Nitric Oxide Generation in LPS- and Interferon- γ -stimulated RAW 264.7 Cells. *The East Asian Society of Dietary Life*, 18(2), 198-206.
- [32] H. J. Jeong, H. J. Kim, E. S. Ju, S. G. Lee, C. S. Kong & Y. W. Seo. (2017). Antiinflammatory Activity of Solvent-partitioned Fractions from *Atriplex gmelinii* C. A. Mey. in LPS-stimulated RAW264.7 Macrophages. *Journal of life science*, 27(2), 187-193.
DOI : 10.5352/JLS.2017.27.2.187

이 자 복(Jabok Lee)

[정회원]



- 2018년 2월 : 건국대학교 일반대학원 생물공학과(이학 박사)
- 2017년9월 ~ 현재 : (주)엘파운더 부설연구소 연구소장
- 2007년 3월 ~ 2015년 2월 : 국제대학교 뷰티코디네이션학과 외래교수
- 2017년 8월 ~ 현재 : 건국대학교 미래지식교육원 학점은행제 K뷰티산업융합학전공 외래교수
- 관심분야 : 피부과학, 바이오(유산균), 기능성화장품, 생물학, 기능성식품, 발효
- E-mail : hyunmins1@hanmail.net

김 민 정(Minjeong Kim)

[정회원]



- 2014년 2월 : 건국대학교 생물공학과 향장생물전공 (이학박사)
- 2007년 2월 : 한성대학교 뷰티예술학과(예술학석사)
- 2007년 9월 ~ 2013년 8월 : 한성대학교 뷰티예술학과 강사 및 주임교수
- 2015년11월 ~ 2018년 2월 : 제주대 화장품과 학연구센터 전임연구원 및 학술연구교수
- 2018년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 건강뷰티향 장학과 기금조교수
- 관심분야 : 뷰티웰니스, 테라피임상, 뷰티산업
- E-mail : skinbarrier@jejunu.ac.kr

김 속 희 (Sookhee Kim)

[정회원]



- 1998년 3월 : 일본 국립나라여자대학교 인간문화연구과(학술박사)
- 2002년 9월 ~ 2003년 8월 : 건국대학교 디자인문화대학 연구원
- 1999년 8월 ~ 2001년 8월 : 일본 리츠메이칸대학교 공학부 Jsps post-doc
- 2008년 3월 ~ 현재 : 건국대학교 미래지식교육원 학점은행제 K뷰티산업융합학전공 교수
- 관심분야 : 피부미용, 화장품 공학, 뷰티테라피, 기능성화장품 신소재
- E-mail : shkim33@konkuk.ac.kr