

큰열매모자반(*Sargassum macrocarpum*) 추출물의 항산화 효과 및 세포 활성 효과

김숙희

건국대학교 미래지식교육원 학점은행제 K뷰티산업융합학전공 교수

Antioxidant activity and cell bioactivity of *Sargassum macrocarpum* extract

Sook-hee Kim

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

요약 본 연구에서는 큰열매모자반 추출물의 식품 및 화장품으로서 이용성을 평가하기 위해 항산화능 및 항염능, 항비만효과를 확인하였다. 항산화실험으로서 폴리페놀, 플라보노이드, DPPH, ABTS, NO, FRAP을 실시하였다. 폴리페놀의 경우 30.81 ± 1.12 mg/g으로 나타났다. 플라보노이드의 경우 25.72 ± 0.94 mg/g으로 나타났다. DPPH 실험에서는 6.746 mg ascorbic acid / g extract의 항산화능을 나타내었으며, ABTS 실험에서는 15.59 mg ascorbic acid / g extract의 항산화능을 나타내었으며, NO 실험에서는 6.781 mg ascorbic acid / g extract의 항산화능을 나타내었다. FRAP에서는 큰열매모자반 추출물의 1 mg이 ascorbic acid 4.573 ± 0.097 μ g의 환원력을 보였다. 한편 세포실험에서는 큰열매모자반 추출물이 세포독성이 없음을 보였으며, NO 생성 억제능의 경우 $25.95 \pm 0.85\%$ 의 염증 억제능을 보였으며, $29.75 \pm 2.35\%$ 의 지질 축적 억제능을 보여 큰열매모자반 추출물이 항염능, 항비만능을 가진 이너뷰티 제품 원료로서 사용가능함을 보였다. 향후 연구에서는 큰열매모자반이 포함하는 단일 물질들이 항산화, 항염, 항비만에 어떠한 기전으로 영향을 미치는지 연구할 필요가 있다.

주제어 : 큰열매모자반, 항비만, 항산화, 항염, 이너뷰티

Abstract In this study, the antioxidant and anti-inflammatory, anti-obesity properties, of *Sargassum macrocarpum* extracts were identified to assess the availability of *Sargassum macrocarpum* extracts as cosmetics and foods. To measure antioxidant activity, we conducted TPC, TFC, DPPH, ABTS, NO, FRAP. For polyphenols, 30.81 ± 1.12 mg/g was shown. Flavonoids showed 25.72 ± 0.94 mg/g. The DPPH experiment showed an antioxidant function of 6.746 mg ascorbic acid/g extract, the ABTS experiment showed an antioxidant function of 15.59 mg ascorbic acid/g extract, and the NO experiment showed an antioxidant function of 6.781 mg ascorbic acid/g extract. In FRAP, 1 mg of the *Sargassum macrocarpum* extract showed a reduction of 4.573 ± 0.097 μ g of ascorbic acid. In cytotoxicity experiments, *Sargassum macrocarpum* extracts showed a cell survival rate of more than 80% at all concentrations, and an inflammatory inhibition of $25.95 \pm 0.85\%$, and an lipid accumulation inhibition of $29.75 \pm 2.35\%$. These results indicate that *Sargassum macrocarpum* extract is available as an anti-inflammatory cosmetic and anti-obesity inner beauty material. In future studies, it is necessary to study how pure substances containing *Sargassum macrocarpum* extract affect antioxidants, anti-inflammatory and anti-obesity

Key Words : *Sargassum macrocarpum*, Anti-obesity, Antioxidant, Anti-inflammation, Inner beauty

*Corresponding Author : Sook-hee Kim(shkim816@hanmail.net)

Received June 27, 2021
Accepted August 20, 2021

Revised August 9, 2021
Published August 28, 2021

1. 서론

피부 화장품은 과거에는 화장품을 도포하여 피부의 부정적 특징을 가림으로서 아름답게 보이게 만드는 것이 목표였다면 현재는 피부를 생물학적으로 손상시킬 수 있는 여러 중금속, 병원성 박테리아와 바이러스와 같은 병원체, 외부 물리적 자극으로부터 피부를 보호하는 것이 목표가 되었다[1-3]. 즉 이러한 피부라는 하나의 기관을 건강한 상태로 유지시키는 것을 통해 아름다운 외모를 만드는 화장품이 대두되었다. 대표적인 예시로 기능성 화장품과 이너뷰티 제품이 있다. 기능성 화장품은 직접적으로 피부에 도포하여 피부에 건강한 효과를 노리는 제품이라면, 이너뷰티는 건강한 식품으로서 피부와 관련된 체내의 건강상태를 개선함으로써 외모를 개선시키는 것을 목적으로 한다.

이런 체내의 개선작용에서 가장 중요한 특성 중 하나는 항산화능이다. 항산화능은 자유라디칼을 제거하는 작용을 의미한다. 모든 세포는 에너지의 생성 과정에서 활성산소를 생성하며[4,5], 만들어진 자유 라디칼은 면역반응, 세포 분화 조절, 대사 물질 합성 등 세포에 필수적인 작용에 사용된다[6,7]. 하지만 염증반응이나 과도한 자외선 노출에 의해 과생성된 자유라디칼은 면역 질환, 암, 세포 노화 등 부정적 영향을 준다[6].

피부에서 활성산소는 주름 형성에 큰 역할을 한다. 주름은 피부 진피층의 콜라겐 합성이 감소하는 동시에 콜라겐의 붕괴 속도가 가속화 되어 생성된다. 이때 콜라겐 분해에는 matrixmetalloproteinase (MMP)이라는 효소가 작용하며, 자외선 노출, 활성산소종, 염증 유도 물질인 interleukin (IL)-1과 IL-6, 과산화지질 등이 MMP의 생성을 촉진시켜 주름을 생성시킨다[8]. 즉 염증에 관련된 지표 역시 이너뷰티에서 중요한 역할을 한다.

한편 이러한 염증은 비만에도 큰 영향을 준다. 비만과 염증은 서로 영향을 주는 관계로 비만환경의 근육은 염증을 유도하며 염증은 근육세포의 대사를 방해하여 비만이 되기 쉽게 유도한다[9]. 한편 이렇게 만들어진 염증은 피부에서도 작용하여 피부세포의 DNA 손상 및 피부암을 유도하기도 한다[10,11]. 이러한 이유로 항비만 역시 이너뷰티의 중요 요소 중 하나이다.

이러한 항비만, 항염, 항산화효과를 얻기 위해 사용되는 방법으로는 천연물 추출물을 이용한 방법이 있다.

본 연구에서는 큰열매모자반(*Sargassum macrocarpum*)의 추출물을 이너뷰티 제품에 사용하기 위해 큰열매모자반의 항산화능, 세포독성, 항염능을 알아보았다. 큰열매

모자반은 갈조류에 속하는 다년생 해조류로 북태평양 서안에 분포한다. 국내에서는 남해안과 제주도에 분포한다. 갈조류의 생리활성물질로는 크게 다당류, phenolic contents, phlorotannin, terpenoid, steroid 등이 있다[12].

갈조류의 세포벽은 주로 fucoidan, alginate, laminarin과 이들의 유도체로 이루어져 있으며 이 중 대표적인 갈조류의 유효성분인 fucoidan은 항암작용, 항염작용 등 다양한 작용을 나타낸다[13,14]. 이에 큰열매모자반 추출물의 이너뷰티 소재로서 활용가치를 확인하였다.

2. 실험 방법

2.1 추출물

본 실험에 사용한 큰열매모자반 추출물은 해양생명자원 통합정보시스템(Marine Bio Resource Information System, MBRIS)에서 분양받은 추출물을 사용하였다. 해당 추출물은 큰열매모자반을 70% ethanol로 추출하여 농축 및 동결건조를 통해 분말화시킨 것이다. 분양받은 분말은 항산화능 실험의 경우 70% ethanol로, 세포실험의 경우 dimethyl sulfoxide (DMSO, sigma)로 녹인 뒤 실험에 사용하였다.

2.2 폴리페놀 함량 측정

폴리페놀 함량 측정은 Folin-Denis법으로 실시하였다[15]. 큰열매모자반 추출물 1.0 mL와 Folin-Ciocalteu 시약 0.1 mL, 증류수 0.9 mL 혼합 후 5 분간 반응시켰다. 그 후 CaCO₃ (7%, w/v) 1.0 mL와 증류수 0.4 mL를 주입하였다. 30 분 후 765 nm에서의 흡광도를 측정하였다.

폴리페놀 농도는 gallic acid를 기준으로 환산하였다.

2.3 플라보노이드 함량 측정

플라보노이드 함량 측정은 aluminum colorimetric 방법으로 실시하였다[15]. 큰열매모자반 추출물 1.0 mL와 NaNO₂ (5%, w/v) 0.3 mL를 혼합 후 5 분간 반응시켰다. 그 후 AlCl₃ (2%, w/v) 0.5 mL를 주입하였다. 6 분 후 1 M NaOH 0.5 mL를 주입하였다. 10 분 후 510 nm에서의 흡광도를 측정하였다.

플라보노이드 농도는 quercetin을 기준으로 환산하였다.

2.4 DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH 소거능 측정은 Blois의 방법으로 실시하였다[16]. DPPH 용액은 70% ethanol에 녹인 뒤 517 nm에서의 흡광도를 측정하여 흡광도가 1.00이 되도록 희석하여 사용하였다. 큰열매모자반 추출물은 2 mg/mL으로 희석한 뒤 다단희석을 통해 다양한 농도로 희석한 큰열매모자반 추출물 1.0 mL와 DPPH 용액 1.0 mL를 혼합 후 30 분간 반응시켰다. 그 후 517 nm에서의 흡광도를 측정하였다.

실험결과는 ascorbic acid의 EC₅₀을 측정 후 비교하여 항산화능을 측정하였다.

2.5 ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS 소거능 측정은 Re의 방법으로 실시하였다[17]. ABTS 용액은 증류수에 7 mM으로 녹인 ABTS 용액에 2.45 mM 농도가 되도록 potassium persulfate 녹여 12 시간 뒤 734 nm에서의 흡광도를 측정하여 흡광도가 0.7이 되도록 희석하여 사용하였다. 큰열매모자반 추출물은 2 mg/mL으로 희석한 뒤 다단희석을 통해 다양한 농도로 희석한 큰열매모자반 추출물 1.0 mL와 ABTS 용액 1.0 mL를 혼합 후 30 분간 반응시켰다. 그 후 734 nm에서의 흡광도를 측정하였다.

실험결과는 ascorbic acid의 EC₅₀을 측정 후 비교하여 항산화능을 측정하였다.

2.6 NO 라디칼 소거능 측정

NO assay에서 실험방법은 Jagetia & Baliga의 방법을 변형하여 사용하였다[18]. Griess reagent는 1% sulfanilamide를 5% phosphoric acid에 녹인 것과 0.1% naphthylethylenediamine dihydrochloride 수용액을 1 : 1 비율로 혼합한 것을 사용하였다. NO 반응 생성 물질로는 0.1M sodium nitrite 용액을 사용하였으며, 이를 희석하여 흡광도가 1.0이 되도록 조정하여 사용하였다.

Sodium nitrite 용액 0.9 mL와 큰열매모자반 추출물은 2 mg/mL으로 희석한 뒤 다단희석을 통해 다양한 농도로 희석한 큰열매모자반 추출물 0.1 mL를 혼합 후 30 분간 실온에서 반응시켰다. 반응이 끝난 용액 중 상층액 0.1 mL와 griess reagent 0.1 mL를 혼합하여 15분간 반응시켰다. 그 후 540nm에서 흡광도를 측정하였다.

실험결과는 ascorbic acid의 EC₅₀을 측정 후 비교하여 항산화능을 측정하였다.

2.7 FRAP 측정

0.5 mg/mL 농도로 희석한 큰열매모자반 추출물 2.5 ml에 0.2 M sodium phosphate buffer (pH 6.6) 2.5 ml와 10% potassium ferricyanide 2.5 ml를 첨가하고 50°C에서 20분 동안 반응시킨 후, 10% trichloroacetic acid 2.5 ml를 넣어 반응을 종료하고 4,000 rpm에서 10 분간 원심 분리하여 상층액을 회수하였다. 회수한 상층액을 0.1% ferric chloride solution과 5:1 (v/v)로 반응시키고 700 nm에서 흡광도를 측정하여 환원력을 평가하였다.

FRAP은 ascorbic acid를 기준으로 standard curve를 작성하여 측정하였다.

2.8 세포 독성 측정

세포 독성 실험에는 RAW 264.7과 3T3-L1을 사용하였다. 세포의 배양에는 DMEM broth (GE healthcare, USA)와 fetal bovine serum (Sigma, USA), antibiotics (100X) (Sigma, USA)를 445:50:5 비율로 혼합하여 사용하였으며, 추출물은 DMSO에 용해시켜 처리하였다.

세포 독성의 측정에는 MTT assay를 실시하였다. 세포를 96 well plate에 1×10^4 cell/well 농도로 분주하여 24 시간 배양하였다. 배양이 끝난 후 100 μ g/mL부터 2배로 다단 희석한 큰열매모자반 추출물을 처리하여 48 시간 동안 배양하였다. 배양 완료 후 상층액은 제거한 뒤 MTT 용액(5 mg/mL)를 가해주고 다시 37°C, 5% CO₂의 배양기에서 결정화를 진행시켰다. 각 well에 생성된 결정은 DMSO로 녹여 540 nm 흡광도를 측정하였다. 실험은 이와 같은 방법으로 3회 반복하여 평균 및 표준편차를 계산하였다.

2.9 NO 생성 억제능 측정

NO 생성 억제능 실험에는 RAW 264.7을 사용하였다. 추출물과 LPS (lipopolysaccharide, Sigma, USA)은 DMSO에 용해시켜 처리하였다.

NO 생성 억제능 측정에는 griess reagent를 사용하였다. RAW 264.7을 96 well plate에 1×10^4 cell/well 농도로 분주하여 24 시간 배양하였다. 배양이 끝난 후 100 μ g/mL부터 2배로 다단 희석한 큰열매모자반 추출물과 1 μ g/mL LPS를 처리하여 48 시간 동안 배양하였다. 배양 완료 후 상층액 100 μ L와 griess reagent 100 μ L를 반응시켜 생강나무 꽃 발효액의 NO 생성 억제능을 측정하였다. 실험은 이와 같은 방법으로 3회 반복하여 평균 및 표준편차를 계산하였다.

2.10 지질 축적 억제능 측정

지질 축적 억제능 실험에는 3T3-L1을 사용하였다. 추출물과 insulin, DEX, IBMX는 DMSO에 용해시켜 처리하였다.

지질 축적 억제능 측정을 위해 3T3-L1을 96 well plate에 1×10^4 cell/well 농도로 분주하여 24 시간 배양하였다. 배양이 끝난 후 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 부터 2배로 다단 희석한 큰열매모자반 추출물과 10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ insulin, 0.1 mM DEX, 0.5 mM IBMX를 처리하여 48 시간 동안 배양하였다. 배양 완료 후 큰열매모자반 추출물과 10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ insulin이 함유된 배지를 주입하여 48 시간 동안 추가 배양한 뒤, 10% FBS 배지로 48시간 배양하여 세포의 분화를 유도하였다. 배양된 세포는 10% 포르말린을 이용하여 고정시킨 뒤 60% isopropanol을 이용해 세척한 뒤 Oil red O 용액을 처리하고 증류수로 세척한 뒤 100% isopropanol을 분주하여 Oil red O와 지방구를 용해시킨 뒤 560 nm 파장의 흡광도를 측정하여 지방구의 양을 측정하였다. 실험은 이와 같은 방법으로 3회 반복하여 평균 및 표준편차를 계산하였다.

3. 실험 결과

3.1 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

큰열매모자반 추출물의 폴리페놀 함량과 플라보노이드 함량을 계산한 결과는 Table 1과 같다. 폴리페놀의 경우 30.81 ± 1.12 mg/g으로 나타났다. 한편 플라보노이드의 경우 25.72 ± 0.94 mg/g으로 나타났다.

국내에서 식용으로 이용되는 해조류의 폴리페놀 함량과 플라보노이드 함량을 측정한 선행연구에서 파래가 8.97 mg/g로 가장 높은 폴리페놀 함량을 나타내었다. 이에 큰열매모자반 추출물은 파래에 비해 3.43배 많은 폴리페놀을 함유하고 있다. 한편 미역은 11.33 mg/g로 가장 높은 플라보노이드 함량을 보였다. 큰열매모자반 추출물은 미역의 1.65배 많은 플라보노이드를 함유하고 있다[19].

Table 1. Total polyphenol and flavonoid concentration of *Sargassum macrocarpum* extract

	Concentrate (mg/g)
Polyphenol	30.81 ± 1.12
Flavonoid	25.72 ± 0.94

3.2 DPPH 라디칼 소거능

큰열매모자반 추출물의 항산화능 측정을 위해 DPPH 라디칼 소거능을 계산한 결과는 Fig. 1과 같다. 항산화능 측정 전 ascorbic acid의 항산화 수치를 측정하였다. 이를 통해 얻어진 ascorbic acid의 EC_{50} 수치는 $6.227 \mu\text{g}/\text{mL}$ 였다.

한편 큰열매모자반 추출물의 경우 2 mg/mL로 희석한 뒤 다단희석하여 실험을 진행하였다. 실험 결과 2 mg/mL 농도에서 $92.81 \pm 1.40\%$, 1 mg/mL 농도에서 $54.11 \pm 0.74\%$, 0.5 mg/mL 농도에서 $27.17 \pm 1.41\%$, 0.25 mg/mL 농도에서 $12.56 \pm 0.98\%$, 0.125 mg/mL 농도에서 $6.74 \pm 0.43\%$ 의 DPPH 라디칼 소거능이 나타났다. 한편 이를 바탕으로 EC_{50} 을 계산하였으며 0.923 mg/mL란 결과를 얻었다[20].

국내에서 식용으로 이용되는 해조류의 항산화능을 측정한 연구에서 가장 높은 항산화능을 보인 해조류는 파래였다. 선행연구에서 1 mg/mL에서 실험한 결과에서 파래가 가장 높은 항산화능을 나타내었으며 35.95%의 라디칼 소거능을 나타내었다. 한편 본 연구에서는 54.11%로 비교한 해조류보다 높은 항산화능을 보였다[21].

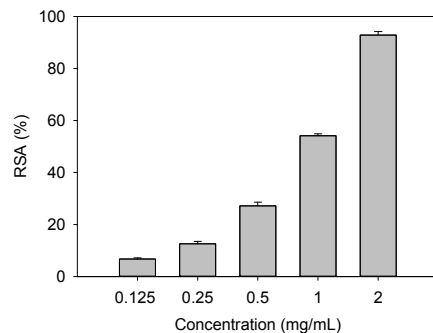


Fig. 1. DPPH radical scavenging activity of *Sargassum macrocarpum* extract
RSA, Radical scavenging activity

3.3 ABTS 라디칼 소거능

큰열매모자반 추출물의 항산화능 측정을 위해 ABTS 라디칼 소거능을 계산한 결과는 Fig. 2와 같다. 항산화능 측정 전 ascorbic acid의 항산화 수치를 측정하였다. 이를 통해 얻어진 ascorbic acid의 EC_{50} 수치는 $6.254 \mu\text{g}/\text{mL}$ 였다.

한편 큰열매모자반 추출물의 경우 2 mg/mL로 희석한 뒤 다단희석하여 실험을 진행하였다. 실험 결과 2 mg/mL 농도에서 $93.67 \pm 0.36\%$, 1 mg/mL 농도에서

94.16±0.69%, 0.5 mg/mL 농도에서 62.99±2.75%, 0.25 mg/mL 농도에서 29.87±2.10%, 0.125 mg/mL 농도에서 16.23±0.40%의 ABTS 라디칼 소거능이 나타났다. 한편 이를 바탕으로 EC₅₀을 계산하였으며, 0.401 mg/mL란 결과를 얻었다[20].

지중해에서 서식하는 갈조류의 항산화능을 측정한 연구와 비교시 가장 높은 항산화능을 보인 해조류는 개미역식였다. 선행연구에서 1 mg/mL에서 실험한 결과에서 개미역식이 가장 높은 항산화능을 나타내었으며 45.5%의 라디칼 소거능을 나타내었다. 한편 본 연구에서는 94.16%로 개미역식의 2.07배 높은 항산화능을 나타내었다[22].

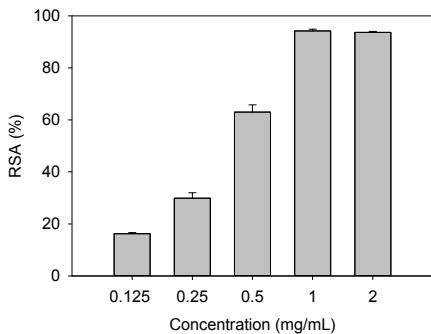


Fig. 2. ABTS radical scavenging activity of *Sargassum macrocarpum* extract
RSA, Radical scavenging activity

3.4 NO 라디칼 소거능

큰열매모자반 추출물의 항산화능 측정을 위해 NO 라디칼 소거능을 계산한 결과는 Table 2와 같다. 항산화능 측정 전 ascorbic acid의 항산화 수치를 측정하였다. 이를 통해 얻어진 ascorbic acid의 EC₅₀ 수치는 5.262 μg/mL였다[20].

Table 2. NO radical scavenging activity of *Sargassum macrocarpum* extract

Concentrate (mg/mL)	RSA (%)
0.125	8.81±0.82
0.25	15.58±0.49
0.5	32.27±0.70
1	64.26±0.96
2	82.93±1.57

RSA, Radical scavenging activity

한편 큰열매모자반 추출물의 경우 2 mg/mL로 희석한 뒤 다단희석하여 실험을 진행하였다. 실험 결과 2

mg/mL 농도에서 82.93±1.57%, 1 mg/mL 농도에서 64.26±0.96%, 0.5 mg/mL 농도에서 32.27±0.70%, 0.25 mg/mL 농도에서 15.58±0.49%, 0.125 mg/mL 농도에서 8.81±0.82%의 NO 라디칼 소거능이 나타났다. 한편 이를 바탕으로 EC₅₀을 계산하였으며 0.776 mg/mL란 결과를 얻었다.

3.5 FRAP

큰열매모자반 추출물의 FRAP과 ascorbic acid의 FRAP을 측정하여 이 둘을 비교하였다. 큰열매모자반 추출물의 경우 FRAP 측정 결과 0.193±0.009 으로 나타났으며 한편 ascorbic acid의 경우 0.422±0.008로 나타났다. 이를 바탕으로 큰열매모자반 추출물의 1 mg의 FRAP은 ascorbic acid 4.573±0.097 μg에 해당된다는 것을 알아내었다.

3.6 세포 독성

큰열매모자반 추출물의 세포 독성 측정을 위해 MTT assay를 이용한 세포독성을 측정한 결과는 Table 3과 같다. 큰열매모자반 추출물은 최종농도가 100 μg/mL가 되도록 희석한 뒤 다단희석하여 실험을 진행하였다.

Table 3. Cell survival rate of RAW 264.7 and 3T3-L1 with *Sargassum macrocarpum* extract

	Concentrate (μg/mL)	Cell survival rate (%)
RAW 264.7	Cont.	100.00±0.76
	12.5	97.82±1.04
	25	95.90±1.01
	50	92.01±0.93
	100	83.75±0.92
3T3-L1	Cont.	100.00±1.04
	12.5	98.45±1.54
	25	97.23±1.13
	50	94.00±1.34
	100	90.36±0.90

RAW 264.7 실험 결과 100 μg/mL 농도에서 83.75±0.92%, 50 μg/mL 농도에서 92.01±0.93%, 25 μg/mL 농도에서 95.90±1.01%, 12.5 μg/mL 농도에서 97.82±1.04%의 세포 생존률이 나타났다.

3T3-L1 실험 결과 100 μg/mL 농도에서 90.36±0.90%, 50 μg/mL 농도에서 94.00±1.34%, 25 μg/mL 농도에서 97.23±1.13%, 12.5 μg/mL 농도

에서 $98.45 \pm 1.54\%$ 의 세포 생존률이 나타났다.

ISO 10993-5의 기준에서 80% 이상의 세포 생존율을 나타낸 경우 독성이 없으므로 판단되며 이러한 기준으로는 실험된 RAW 264.7과 3T3-L1 모두 모든 실험 농도에서 세포독성이 나타나지 않은 것으로 나타났다.

3.7 NO 생성 억제능

큰열매모자반 추출물의 염증 억제능을 측정한 결과는 Table 4과 같다. 큰열매모자반 추출물은 최종농도가 $100 \mu\text{g}/\text{mL}$ 가 되도록 희석한 뒤 다단희석하여 실험을 진행하였다.

실험 결과 $100 \mu\text{g}/\text{mL}$ 농도에서 $25.95 \pm 0.85\%$, $50 \mu\text{g}/\text{mL}$ 농도에서 $12.32 \pm 1.12\%$, $25 \mu\text{g}/\text{mL}$ 농도에서 $4.91 \pm 0.69\%$, $12.5 \mu\text{g}/\text{mL}$ 농도에서 $3.46 \pm 0.67\%$ 의 NO 생성 억제율이 나타났다. 즉 농도에 비례하여 항염 능이 증가하는 것을 보였다.

갈조류에서 대표적인 항염 물질로는 fucoidan이 있다. Fucoidan은 갈조류의 세포벽에 존재하는 sulphated polysaccharide로 세포 실험을 통해 항염능이 보고되었다. 뿐만 아니라 갈조류에는 eicosapentaenoic acid, stearidonic acid와 같은 polyunsaturated fatty acid가 있어 항염작용을 나타낸다[23]. 선행연구에서는 이를 이용하여 모자반(*Sargassum fulvellum*) 추출물이 약 25% 가량의 염증 억제효과가 있음을 보여주었다[24]. 이는 큰열매모자반의 약 25%의 염증 억제효과와 유사하다.

Table 4. NO production rate of RAW 264.7 with *Sargassum macrocarpum* extract

Concentrate ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	NO production rate (%)
Cont. w/o LPS	11.49 ± 0.46
Cont. w LPS	100.00 ± 0.82
12.5	96.54 ± 0.67
25	95.09 ± 0.69
50	87.68 ± 1.12
100	74.05 ± 0.85

3.8 지방 생성 억제능

큰열매모자반 추출물의 비만 억제능을 측정한 결과는 Table 5과 같다. 큰열매모자반 추출물은 최종농도가 $100 \mu\text{g}/\text{mL}$ 가 되도록 희석한 뒤 다단희석하여 실험을 진행하였다.

실험 결과 $100 \mu\text{g}/\text{mL}$ 농도에서 $29.75 \pm 2.35\%$, $50 \mu\text{g}/\text{mL}$ 농도에서 $14.69 \pm 2.75\%$, $25 \mu\text{g}/\text{mL}$ 농도에서

$7.54 \pm 1.70\%$, $12.5 \mu\text{g}/\text{mL}$ 농도에서 $3.60 \pm 2.67\%$ 의 지방구 생성 억제율이 나타났다.

갈조류에서 대표적인 항염 물질로는 fucoxanthinol이 있다. Fucoxanthinol은 갈조류의 fucoidan의 분해 산물 중 하나이며 3T3-L1의 지방세포 분화를 억제시키는 효과가 있다[25]. 선행연구에서는 이를 이용하여 모자반(*Sargassum fulvellum*)의 에탄올 추출물이 약 30% 가량의 지방 축적 억제효과가 있음을 보여주었다[26]. 이는 큰열매모자반의 약 30%의 지방축적 억제효과와 유사하다.

Table 5. Lipid accumulation rate of 3T3-L1 with *Sargassum macrocarpum* extract

Concentrate ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	Lipid accumulation rate (%)
Cont.	100.00 ± 3.21
12.5	96.40 ± 2.67
25	92.46 ± 1.70
50	85.31 ± 2.75
100	70.25 ± 2.35

4. 결론

큰열매모자반 추출물의 항산화능 및 항염능을 확인하기 위하여 항산화능 실험과 세포를 이용한 항염능 실험을 실시하였다. 항산화능 실험에는 폴리페놀 농도 측정, 플라보노이드 농도 측정, DPPH 실험, ABTS 실험 NO 실험, FRAP 실험을 실시하였다. 폴리페놀의 경우 $30.81 \pm 1.12 \text{ mg}/\text{g}$ 으로 나타났다. 플라보노이드의 경우 $25.72 \pm 0.94 \text{ mg}/\text{g}$ 으로 나타났다. DPPH 실험에서는 $6.746 \text{ mg ascorbic acid} / \text{g extract}$ 의 항산화능을 나타내었으며, ABTS 실험에서는 $15.59 \text{ mg ascorbic acid} / \text{g extract}$ 의 항산화능을 나타내었으며, NO 실험에서는 $6.781 \text{ mg ascorbic acid} / \text{g extract}$ 의 항산화능을 나타내었다. FRAP에서는 큰열매모자반 추출물의 1 mg 이 $4.573 \pm 0.097 \mu\text{g}$ 의 환원력을 보였다.

한편 세포실험에서는 세포 독성 실험과 LPS로 유도된 염증에 대한 항염능, 항비만능을 알아보았다. 세포독성의 경우 낮은 세포독성을 보였으며, NO 생성 억제능의 경우 농도 의존적으로 염증을 감소시켰으며, $100 \mu\text{g}/\text{mL}$ 농도에서 $25.95 \pm 0.85\%$ 의 염증 억제능을 보였으며, $29.75 \pm 2.35\%$ 의 지질 축적 억제능을 보여 큰열매

모자반 추출물이 항염증 및 항비만능을 가진 이너뷰티 제품 원료로서 사용가능함을 보였다.

본 실험에서는 큰열매모자반 추출물은 실험적 결과로서 항산화, 항염, 항비만 등의 효과를 확인하였지만 향후 연구에서는 이에 대한 명확한 기전 및 큰열매모자반 추출물이 포함하는 단일 물질에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

REFERENCES

- [1] J. K. Salmon, C. A. Armstrong & J. C. Ansel. (1994). The skin as an immune organ. *Western journal of medicine*, 160(2), 146.
- [2] J. D. Bos. (1997). The skin as an organ of immunity. *Clinical and Experimental Immunology*, 107, 3-5.
- [3] P. Di Meglio, G. K. Perera & F. O. Nestle. (2011). The multitasking organ: recent insights into skin immune function. *Immunity*, 35(6), 857-869. DOI:10.1016/j.immuni.2011.12.003
- [4] E. Cadenas & K. J. Davies. (2000). Mitochondrial free radical generation, oxidative stress, and aging. *Free radical biology and medicine*, 29(3-4), 222-230. DOI:10.1016/S0891-5849(00)00317-8
- [5] G. Barja. (2014). The mitochondrial free radical theory of aging. *Progress in molecular biology and translational science*, 127, 1-27. DOI:10.1016/B978-0-12-394625-6.00001-5
- [6] M. Schieber & N. S. Chandel. (2014). ROS function in redox signaling and oxidative stress. *Current biology*, 24(10), R453-R462. DOI:10.1016/j.cub.2014.03.034
- [7] A. Ratz-Lyko, J. Arct & K. Pytkowska. (2012). Methods for evaluation of cosmetic antioxidant capacity. *Skin Research and Technology*, 18(4), 421-430. DOI:10.1111/j.1600-0846.2011.00588.x
- [8] H. Masaki. (2010). Role of antioxidants in the skin: anti-aging effects. *Journal of dermatological science*, 58(2), 85-90. DOI:10.1016/j.jdermsci.2010.03.003
- [9] W. C. Lim. (2020). Study on the role of AMPK on the obesity by inflammation. *Asian Journal of Physical Education of Sport Science(AJPSS)*, 8(3), 187-196.
- [10] M. Włodarczyk & G. Nowicka. (2019). Obesity, DNA damage, and development of obesity-related diseases. *International journal of molecular sciences*, 20(5), 1146. DOI:10.3390/ijms20051146
- [11] K. Karimi, T. H. Lindgren, C. A. Koch & R. T. Brodell. (2016). Obesity as a risk factor for malignant melanoma and non-melanoma skin cancer. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 17(3), 389-403. DOI:10.1007/s11154-016-9393-9
- [12] E. M. Balboa, E. Conde, A. Moure, E. Falqué & H. Domínguez. (2013). In vitro antioxidant properties of crude extracts and compounds from brown algae. *Food chemistry*, 138(2-3), 1764-1785. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.11.026
- [13] A. M. Gamal-Eldeen, E. F. Ahmed & M. A. Abo-Zeid. (2009). In vitro cancer chemopreventive properties of polysaccharide extract from the brown alga, *Sargassum latifolium*. *Food and Chemical Toxicology*, 47(6), 1378-1384. DOI:10.1016/j.fct.2009.03.016
- [14] S. Ananthi, H. R. B. Raghavendran, A. G. Sunil, V. Gayathri, G. Ramakrishnan & H. R. Vasanthi. (2010). In vitro antioxidant and in vivo anti-inflammatory potential of crude polysaccharide from *Turbinaria ornata* (Marine Brown Alga). *Food and chemical toxicology*, 48(1), 187-192. DOI:10.1016/j.fct.2009.09.036
- [15] A. Pękal & K. Pyrzynska. (2014). Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay. *Food Analytical Methods*, 7(9), 1776-1782. DOI : 10.1007/s12161-014-9814-x
- [16] M. S. Blois. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617), 1199-1200.
- [17] R. Re, N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang & C. Rice-Evans. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9-10), 1231-1237. DOI : 10.1016/S0891-5849(98)00315-3
- [18] G. C. Jagetia & M. S. Baliga. (2004). The evaluation of nitric oxide scavenging activity of certain Indian medicinal plants in vitro: a preliminary study. *Journal of Medicinal Food*, 7(3), 343-348. DOI: 10.4014/kjmb.1409.09006
- [19] C. S. Kwak, S. A. Kim & M. S. Lee. (2005). The Correlation of Antioxidative Effects of 5 Korean Common Edible Seaweeds and Total Polyphenol Content. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 34(8), 1143-1150. DOI:10.3746/jkfn.2005.34.8.1143
- [20] B. Alexander, D. J. Browse, S. J. Reading & I. S. Benjamin. (1999). A simple and accurate mathematical method for calculation of the EC50. *Journal of pharmacological and toxicological methods*, 41(2-3), 55-58. DOI:10.1016/S1056-8719(98)00038-0
- [21] Z. Demirel, F. F. Yilmaz-Koz, U. N. Karabay-Yavasoglu, G. Ozdemir & A. Sukatar. (2009). Antimicrobial and antioxidant activity of brown algae from the Aegean Sea. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 74(6), 619-628.

DOI:10.2298/JSC0906619D

- [22] H. A. Monsur. (2011). Anti-inflammatory compounds of macro algae origin: A review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(33), 7146-7154.
DOI:10.5897/JMPRX11.018
- [23] M. N. A. Khan, J. Y. Cho, M. C. Lee, J. Y. Kang, N. G. Park, H. Fujii & Y. K. Hong, Y. K. (2007). Isolation of two anti-inflammatory and one pro-inflammatory polyunsaturated fatty acids from the brown seaweed *Undaria pinnatifida*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(17), 6984-6988.
DOI:10.1021/jf071791s
- [24] L. Wang, H. W. Yang, G. Ahn, X. Fu, J. Xu, X. Gao & Y. J. Jeon. (2021). In Vitro and In Vivo Anti-Inflammatory Effects of Sulfated Polysaccharides Isolated from the Edible Brown Seaweed, *Sargassum fulvellum*. *Marine Drugs*, 19(5), 277.
DOI: 10.3390/md19050277
- [25] H. Maeda, M. Hosokawa, T. Sashima, N. Takahashi, T. Kawada & K. Miyashita. (2006). Fucoxanthin and its metabolite, fucoxanthinol, suppress adipocyte differentiation in 3T3-L1 cells. *International journal of molecular medicine*, 18(1), 147-152.
DOI:10.3892/ijmm.18.1.147
- [26] J. H. Oh & Y. K. Lee. (2015). Effects of Water and Ethanol Extracts from Four Types of Domestic Seaweeds on Cell Differentiation in 3T3-L1 Cell Line. *The East Asian Society of Dietary Life*, 25(6), 990-998.
DOI:10.17495/easdl.2015.12.25.6.990

김 숙 희(Sook-hee Kim)

[정회원]



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