

피부노화 방지에 이용되는 천연물의 종류 및 추출연구 동향

곽호석*, 전영상**

동양미래대학교 바이오융합공학과 교수*, 신한대학교 첨단소재공학과 교수**

Trends in Extraction Research and Types of Natural Substances Used for Skin Aging Prevention

Ho Seok Kwak*, Youngsang Chun**
Associate Professor, Dongyang-mirae University*
Assistant Professor, Shinhan University**

요 약 노인인구 증가와 피부미용에 관해 관심이 커지고 천연물에 대한 과학적 고찰의 전문화는 천연소재에 대한 활용 증가로 이어지고 있다. 본 논문은 천연원료를 피부노화 경감 소재로 활용한 문헌의 추출법 및 경감능을 기반으로 천연물의 종류, 추출물의 기능성 및 추출 기술을 조사하였다. 천연물 유래 기능성 소재의 피부노화 경감에 대한 직접적 영향을 평가하기 위해 콜라겐에 미치는 영향 중 Procollagen 합성능과 MMP-1 경감능을 기반으로 추출물의 기능성을 판단하였다. 각 천연물은 위의 평가법을 이용한 문헌 중 식물, 한약재 및 녹조류로 구분하여 각 원료로부터 기능성 소재의 확보를 위한 추출 기술과 주요 결과를 서술한다. 이에 따라 피부노화 완화를 위한 기능성 소재의 추출 기술과 연구 동향을 제공하여 천연물 활용 연구 분야에 신속한 접근을 제공한다.

주제어 항노화, 피부보호, 콜라겐, 천연물, 추출, 생물소재

Abstract The increase in the elderly population and growing interest in skin beauty, alongside specialized scientific examination of natural substances, have led to a rise in the utilization of natural materials. This paper investigates the types of natural substances, the functionality of extracts, and extraction technologies based on the literature that utilizes natural ingredients to mitigate skin aging. To directly assess the impact of functional materials derived from natural products on skin aging mitigation, the functionality of the extracts was determined based on their ability to synthesize Procollagen and reduce MMP-1. Each natural product is categorized into plants, herbal medicines, and microalgae in the literature utilizing the above evaluation methods. This paper describes the extraction technologies for securing functional materials from each ingredient and the main outcomes, providing trends in research on extraction technologies for functional materials aimed at alleviating skin aging

Key Words Anti-aging, Skin care, Collagen, Natural product, Extraction, Biomaterials

본 연구는 2023년 동양미래대학교 교내 학술연구지원사업의 지원을 받아 수행되었음

Received 27 Mar 2024, Revised 08 Apr 2024

Accepted 12 Apr 2024

Corresponding Author: Youngsang Chun
(Shinhan University)

Email: chunys@shinhan.ac.kr

ISSN: 2466-1139(Print)

ISSN: 2714-013X(Online)

© Industrial Promotion Institute. All rights reserved. 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.

1. 서론

인간의 수명이 연장되면서 건강에 대한 관심의 증가는 자연스럽게 피부 미용에 대한 관심으로 이어져 피부 개선을 위해 화장품, 보충제 등 다양한 제품들이 등장하며 수요가 점차 증가하고 있다. 인간의 피부는 인체의 약 16%를 차지하고 있으며, 가장 바깥쪽으로부터 표피, 진피, 피하조직으로 구성되어 있고, 표피는 케라티노사이트, 멜라노사이트, 면역 및 지각 관련 세포로 구성되어 있으며 외부로부터 자극과 병원균의 침입을 방지하고, 체온, 수분, 지질 성분을 유지하는 역할을 한다. 진피의 경우에는 콜라겐 이외에도 엘라스틴, 히알루론산 등을 포함하며 피부의 구조와 기능을 유지하는 역할을 담당한다[1, 2].

콜라겐은 인체를 구성하는 성분 중 가장 많은 요소 중 하나인 교원섬유로 진피, 인대, 뼈, 연골, 근막, 혈관 등 결합조직에 광범위하게 분포하고 있다[3]. 현재까지 28종의 콜라겐이 발견되었으며, 그 중 인체에서 발견되는 콜라겐은 5종으로 알려져 있다[4]. 특히, 피부에서 발견되는 대부분의 콜라겐은 제1형 콜라겐으로 진피층의 약 90%를 차지하며, 힘줄, 장기, 뼈 및 치아의 성분으로도 사용되고, 이외에도 약 10% 정도의 제3형 콜라겐과 미량의 제2형과 제4형 콜라겐이 피부 조직을 구성하고 있다[5-8]. 따라서 피부 내 콜라겐의 합성과 분해는 피부의 구조와 기능을 유지하는 데 핵심적인 과정으로 작용하며 이러한 과정에 변화가 생기면 피부의 노화가 가속화될 수 있다.

피부의 노화는 크게 내인성 노화(Intrinsic aging)와 광노화(Photoaging)로 구분되며, 내인성 노화의 경우, 1) 생리적 기능이 저하되면서 진피층 내 세포외기질이 손상되거나 파괴되면서 발생하는데, 세포외기질을 구성하는 콜라겐과 엘라스틴의 양이 감소하며 피부의 탄력과 신축성이 떨어져 피부 주름을 발생시키고, 피부 처짐 현상을 초래한다. 2) 섬유아세포의 콜라겐 합성이 감소하며 피부의 두께가 얇아지고 탄력성을 잃어 피부 노화를 가속화하는 요인으로 작용한다[9]. 3) 세포외기질 내에서 콜라겐 분해효소인 MMPs (Matrix metalloproteinase)의 활성이 증가하며 콜라겐 분해가 촉진되어 피부의 매끄러움과 보습 기능이 저해되며, 주름과 피부 건조 현상을 유발시킨다. 마지막으로

4) 노화로 인한 성장호르몬의 감소는 피부의 회복력을 저하시키고, 세포의 대사활동을 감소시켜 피부의 노화를 가속화한다[10-12].

광노화는 자외선 노출에 의한 피부 노화의 형태로 내인성 노화와 달리 외부 환경적 요인에 의해 가속화되는 현상으로 가장 큰 특징은 피부 잔주름과 색소침착을 유발하는 것이다. 자외선 A(320~400nm)는 지표면에 도달하는 대부분의 자외선 영역으로 피부의 상피나 진피층의 세포외기질을 파괴하거나 피지의 아실잔기를 산화시켜 피부노화를 유도한다. 자외선 B(290~320 nm)는 대부분 오존층과 대기층에서 흡수되어 약 10% 정도만 지표면에 도달하지만 DNA 손상을 통해 피부암 유발과 활성산소 생성을 증가시키며 피부의 홍진을 유발하는 등 광노화에 가장 큰 영향을 주는 자외선 영역이다[13, 14]. 자외선에 노출될 경우, 피부 내 콜라겐과 엘라스틴이 약화될 뿐 아니라, MMPs의 활성화로 인해 콜라겐 붕괴가 가속화되고, DNA가 손상되어 AP-1 (Activator protein 1) 활성인자를 증가시키며 염증반응을 포함하여 피부노화를 유발한다[15, 16].

피부노화 방지용 천연물 유래 추출물은 산업적 활용을 높이기 위한 연구가 다수 보고되고 있다. 그러나 기능성 물질의 확보를 위한 추출법 확립의 어려움 및 낮은 추출 효율은 개선의 여지가 있다. 본 연구에서는 피부 콜라겐의 구조, 합성 및 분해 과정을 기반으로 내인성 노화 또는 광노화로부터 피부 손상을 방지하기 위해 활용할 수 있는 천연원료 관련 문헌들을 조사하였다. 특히 천연소재의 종류를 중심으로 정리하였으며, 활용된 추출 과정 및 추출물이 피부에 미치는 영향을 평가하였다. 최신 문헌을 중심으로 피부노화를 방지하고, 손상된 피부를 개선할 수 있는 방안을 살펴보기 위해 2015년부터 2024년 현재까지 국내외 천연원료 추출물 연구 결과들을 “천연물”, “추출”, “콜라겐”을 중심 키워드로 입력하여 진행하였다.

2. 이론적 배경

2.1 콜라겐 구조

콜라겐은 생체 조직의 구조적 뼈대를 이루는 주요 단백질로 글리신, 프롤린, 하이드록시 프롤린이 α -chain (-Gly-Pro-Hyp-)의 형태를 이루며, COL1A1 및

COL1A2 유전자로부터 발현되는 두 개의 $\alpha 1$ 체인과 하나의 $\alpha 2$ 체인이 반복되어 형성되는 3중 나선 구조 (Triple helix) 구조로 구성된다. 이 구조는 글리신의 작은 크기 덕분에 가능하며, 프롤린과 하이드록시 프롤린의 고리 구조는 3중 나선 구조의 안정성을 더욱 강화한다. 콜라겐의 안정성과 강도는 프롤린과 라이신의 하이드록실화에 의해 강화되며 이 과정에서 비타민 C는 조효소로 중요 역할을 하며 콜라겐의 합성과 기능 유지에 필수적으로 요구된다. 이러한 복잡한 구조와 생화학적 상호작용은 콜라겐이 생체 내에서 다양한 역할을 수행할 수 있게 하는 기반이 된다[17, 18].

2.2 피부 콜라겐의 합성 과정

피부 콜라겐의 합성은 진피층 내 섬유아세포에서 시작되며, 복잡하고 정밀하게 조절되는 생화학적 과정을 통해 진행된다. 특히, 피부 콜라겐의 핵심인 제1형 콜라겐의 경우, COL1A1 및 COL1A2 유전자의 발현으로 생성되는 mRNA로부터 콜라겐의 전구체인 프로콜라겐이 합성되는 것으로 시작된다. 합성된 프로콜라겐은 세포 내에서 여러 수정 과정을 거치는데, 프롤린과 라이신이 하이드록실화를 통해 각각 하이드록시 프롤린과 하이드록시 라이신으로 변환되며, 이는 콜라겐의 구조적 안정성과 강도를 증가시키는 데 중요 역할을 하고, 이 과정에서 비타민 C, 산소, Fe^{2+} , α -ketoglutarate, 실리콘 등의 조효소들이 요구된다. 비타민 C와 실리콘은 프롤린과 라이신의 하이드록실화를 촉진하는 효소인 PH (Prolyl hydroxylase)와 LH (Lysyl hydroxylase)를 활성화시키고, 최대 활성을 유지하는 역할도 수행한다[19-22]. 또, 프로콜라겐은 글리코실화를 통해 특정 라이신 잔기에 당 분자가 추가되기도 하며, 세포 외부로 분비된 후, 프로콜라겐에서 비콜라겐 부위들이 제거되면서 콜라겐 분자들이 서로 가교 결합을 형성하고 성숙된 형태의 콜라겐 섬유가 형성된다[23].

2.3 피부 콜라겐의 분해 과정

피부 내 콜라겐의 분해 과정은 주로 Collagenase와 Elastinase에 의해 진행된다. 이 과정에서 중요 역할을 하는 것은 MMPs로 Collagenase 활성을 증가시키

는 동시에 콜라겐 합성을 억제한다[24, 25]. MMPs는 피부의 각질형성세포 및 섬유아세포를 포함한 다양한 세포에서 분비되며 Collagenase, Gelatinase, Stromelysin, Matrilysin, Membrane type-MMP (MT-MMP) 등 다양한 형태로 존재하고, 자외선, 종양, 성장인자 등 다양한 자극으로부터 과발현되어 암, 염증 등의 질병을 유발하는 데도 영향을 준다. 특히 MMP-1은 제1형 및 제3형 콜라겐을 분해하는 주요 효소이며, 후속 분해 과정은 MMP-3, MMP-9에 의해 추가적으로 진행되어 결국 피부의 주름 생성과 피부 건조를 유발한다. 또 TNF- α (Tumor necrosis factor)와 AP-1과 같은 활성화인자는 MMPs를 활성화를 통해 피부노화를 촉진한다[26-28].

2.4 천연소재

인류 역사에서 천연물은 식품과 의약품 등의 분야에 널리 사용되고 있으며 많은 천연물이 그 자체로 의약품 질로 쓰이거나 새로운 의약품질 개발의 근간이 되고 있다. 천연 활성 성분은 다양한 생활 과정에서 중요한 역할을 하며 국제적인 수요와 시장 규모는 지속적으로 증가하는 추세로 많은 연구 관심을 끌고 있다. 적절한 방법을 사용하여 천연자원에서 생리활성화합물을 추출하는 것은 식품 및 제약 분야의 주요 연구 분야이다. 특히 추출은 식물재료에서 성분을 분리하는 핵심 방법이다. 현재 많은 연구자들이 식물에서 발견되는 특정 화합물을 얻기 위해 다양한 규모(실험실, 파일럿 및 상업용)에서 다양한 추출 기술을 사용하고 있다. 본질적으로 천연 2차 대사산물인 이러한 생리활성 화합물은 다양한 추출 방법을 통해 잎, 줄기, 뿌리, 씨앗, 꽃, 과일과 같은 식물의 다양한 부분에서 공급된다. 이러한 화합물에 대한 수요는 자연성과 안전성에 대한 인식으로 인해 증가하고 있으며 화장품, 식품, 농업 및 제약을 포함한 여러 산업 분야에서 인기를 얻고 있다. 또한 이러한 생리활성화합물은 항균, 항균, 항염증, 노화 방지 및 항암 특성을 포함하여 인간과 동물에 대한 광범위한 건강상의 이점으로 알려져 있다.

광범위한 범위를 포괄하는 고체-액체추출(SLE) 방법은 식물원료 및 미생물로부터 천연물의 초기제에 널리 활용된다. SLE 기술은 일반적으로 전통적 방법과 현대적 방법으로 분류된다. Soxhlet 추출, 침출, 삼

출, 터보추출(고속혼합) 및 초음파 처리와 같은 전통적인 SLE 방법은 수십 년 동안 사용되어 왔다. 오랫동안 적용되었음에도 불구하고 이러한 방법은 시간이 많이 걸리고 환경에 유해한 용매가 많이 필요하다는 비판을 받는 경우가 있다. 반면, 초임계 유체 추출(SFE), 마이크로파 보조 추출(MAE), 가압용매 추출(PSE)과 같은 최신기술은 고체 매트릭스에서 분석 물질을 추출하는 속도와 효율성이 인정받고 있다. 이러한 새로운 방법은 추출 기술 분야의 발전을 보이나 산업적 활용을 위해 대량화 및 고효율 추출 방법에 확립을 위해서 다양한 연구가 진행되고 있다.

2.5 천연물 유래 추출물의 피부노화 평가법

활성산소(reactive oxygen species, ROS)는 노화의 주요 원인으로 사료되는 생물학적 산화작용의 산물로 생성된 물질이다. 체내에서 지속적으로 산화 손상을 유발하여 세포 사멸을 유도하는 등 세포기능 손상에 영향을 미치므로 활성산소를 억제하는 것은 피부노화를 경감시키는 방법이다. 체내 ROS 레벨을 낮추는 다양한 방법 중 천연추출물은 섭취 및 외용제로 적용되도록 개발되고 있다. 추출물 기반 천연항산화제는 고비용 및 생산기술의 어려움이 있지만 합성 물질 대비 규제 및 안전성에 대한 장벽이 상대적으로 낮게 평가되므로 활발한 연구가 필요하다. 천연 항산화제로는 tocopherol, lecithin, cephalin, polyphenol, ascorbic acid 등과 flavonoids 계열의 색소들이 잘 알려져 있다. 이 물질들을 포함한 천연추출물의 기능성 평가로는 총 폴리페놀 함량측정, 총 플라보노이드 측정으로 유효성분 예측이 가능하다. 또한, in vitro 실험에서 2,2'-azinobis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH)를 통한 자유라디칼 소거능이 매우 대표적이다. 그러나 추출물의 기능성 평가결과는 피부노화 완화에 비례적으로 긍정적 영향을 미치지 않는 연구도 존재하므로 본 연구는 천연물 유래 추출물이 직접적으로 콜라겐에 미치는 영향에 집중하기 위해 콜라겐 합성과 콜라겐 분해억제에 영향을 미치는 기작을 평가하는 procollagen 합성과 MMP-1 억제능을 기반으로 문헌을 분석하였다.

3. 연구의 내용

3.1 연구 방법 및 범위

연구는 천연물 유래추출물이 피부노화에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수행되었다. 특히 천연물 유래 기능성 물질 추출방법과 이의 콜라겐 합성 및 콜라겐 분해의 연구 동향을 분석한다. 천연물 연구가 활발한 국내연구를 중심으로 천연물 연구에 대한 자료를 기술하기 위해 한국학술지인용색인을 기반하여 2015년부터 2024년까지의 국내외 문헌들을 수집하고 분석하였다. 검색은 “천연물”, “추출”, “콜라겐”이 제목에 포함된 내용을 바탕으로 진행되었다.

3.2 천연소재 추출 방법과 피부노화 영향 연구

천연물의 범위는 자연에서 얻어지는 식물, 동물, 광물 및 미생물과 이의 대사산물을 포함한다. 천연물에 대한 인식이 역사적으로 풍부한 동아시아 국가는 의약품도로 활용되었고 이에 대한 관심도 높다. 인체에 유용한 천연물은 알칼로이드 계열을 주로 지니며 추출을 통해 이용되고 있다. 본 연구의 천연물 유래 추출물은 국내의 문화적 인식을 바탕으로 식물, 한약재 및 녹조로 구분하였다.

3.2.1 식물유래 천연소재

비파나무(*Eriobotrya japonica*)는 장미과(Rosaceae)의 상록소 교목으로 중국이 원산지이며 한국, 중국 등에서 주로 재배되고 있다[30]. 비파나무는 flavonoids, sesquiterpene glycosides, phenylpropanoids 등의 화합물을 함유하고 있다고 보고되었다[31]. 특히 페놀화합물인 클로로겐산(chlorogenic acid) 및 네오클로로겐산(neochlorogenic acid) 등은 항염증, 항당뇨, 항암효과 등의 생리활성을 가지고 있다고 보고되었다[32]. 비파나무잎을 이용한 효소추출물은 21.76%의 필수아미노산을 함유하여 우수한 항산화 활성을 나타내었다. 또한, 효소추출물은 Pro-collagen 생성량을 36% (100µg/ml 추출물첨가), 52% (500µg/ml 추출물첨가) 각각 향상시켜 피부 노화 경감에 효능이 있음이 밝혀졌다[30]. 천연물에 존재하는 대사산물 추출을 높이기 위해 효소추출의 시도는 다수의 에탄올 추출연

〈Table 1〉 Extraction method for obtaining natural functional extracts and skin aging reduction efficacy of materials

Category	Material	Preparation of extract	Result
Plants	<i>Eriobotrya japonica</i> Leaf (비파나무) [30]	1. The citric acid solution was adjusted to a pH of 3.0~4.0 for acid treatment. 2. Pepsin was reacted for 18 hours at 50°C 3. The product was isolated through ethanol to prepare the powder.	The enzyme extract enhanced the production of Pro-collagen by 36% (with the addition of 100µg/ml of extract) and 52% (with the addition of 500µg/ml of extract), respectively.
	<i>Salvia microphylla</i> [33]	1. The powder (100g) was immersed in 70% ethanol (100ml) at room temperature for 24 hours. 2. The solvent was removed from the product to prepare the powder.	1. The extract enhanced the synthesis of Pro-collagen by 140% at a concentration of 200µg/ml. 2. The extract inhibited MMP-1 activity by 65.36% at a concentration of 200µg/mL.
	<i>Lysimachia christinae</i> (금전초) [34]	1. 5 kg of powder was immersed twice for 2 hours each in 6L of 95% ethyl alcohol at 65°C, yielding 1080 g of ethyl alcohol extract. 2. The ethyl alcohol extract was immersed in distilled water followed by ultrasonic treatment. 3. Diethyl ether was added, and the mixture was subjected to ultrasonic extraction for 1 hour, repeated three times. 4. Butanol saturated with water was added, and the mixture was extracted for 2 hours, repeated three times, to obtain 781 g of supernatant. 5. Isopropyl alcohol (500 ml) was added, and the mixture was subjected to ultrasonic extraction for 2 hours, repeated three times, followed by reduced pressure concentration to yield 152 g.	The ethanol extract inhibited MMP-1 activity by 53.7% at a concentration of 100µg/ml.
	<i>Tagetes erecta</i> L. (메리골드) [36]	1. Each sample was immersed in 70% ethanol and distilled water at 10 times its weight for 72 hours at room temperature.	1. The extract increased collagen production by 25% at a concentration of 100 µg/mL. 2. The extract inhibited MMP-1 activity by 58% at a concentration of 100µg/mL.
	<i>Calendula officinalis</i> L. (카렌듈라) [36]	2. The solvent from the supernatant was removed through reduced pressure concentration to prepare the powder.	1. The extract increased collagen production capability by 7% at a concentration of 100µg/mL. 2. The extract inhibited MMP-1 activity by 28% at a concentration of 100µg/mL.
	<i>Prunus yedoensis</i> Flowers (왕벚나무꽃) [35]	1. Cherry blossom flowers weighing 2 kg were immersed in 30L of 70% (v/v) ethanol at room temperature for 72 hours. 2. The extract was prepared by reduced pressure concentration, yielding 320.3 g.	The extract enhanced the synthesis of Pro-collagen by 20.8% at 1µg/mL, 39.8% at 10 µg/mL, and 1.8% at 100µg/mL, respectively.
	<i>Cassia obtusifolia</i> L. seed (결명자 씨앗) [37]	1. The powder was immersed in 70% ethanol for 5 hours at 60°C. 2. A 10% NaHCO ₃ aqueous solution was added to the extract, followed by high-temperature stirring, and then the solvent was removed through reduced pressure concentration to prepare the powder.	The extract inhibited MMP-1 activity by 77% at a concentration of 12.5µg/mL.
	<i>Rhododendron branchycarpum</i> (만병초) [38]	1. The powder, weighing 795.3 g, was immersed in 1L of 80% ethanol at room temperature for 48 hours. 2. The extract was concentrated under reduced pressure and lyophilized, then fractionated using n-hexane, ethyl acetate, and n-butanol to obtain fractions.	

Category	Material	Preparation of extract	Result
		3. Each fraction was concentrated and lyophilized to prepare the powder.	
	<i>Lonicera japonica</i> (인동덩굴) [39]	1. Clematis stem, weighing 100g, was extracted with 1000g of 70% ethanol using ultrasonic extraction for 30 minutes followed by cold soaking for 24 hours. 2. The same process was repeated twice, followed by concentration under reduced pressure. 3. The concentrated extract was placed in 1L of distilled water and fractionated in sequence with hexane, ethyl acetate, and butanol to prepare the fractions.	The ethyl acetate fraction at 50µg/mL and the butanol fraction at 200µg/mL inhibited MMP-1 activity.
	<i>Tradescantia reflexa</i> (자주달개비) [40]	1. Purple Echinacea (30 g) was extracted three times with 300 mL of 80% methanol for 24 hours each time. 2. The extract was then prepared by concentration under reduced pressure and lyophilization.	The extract enhanced Pro-collagen synthesis by 28.0% at 25µg/mL, 32.6% at 50µg/mL, 48.6% at 100µg/mL, and 58.9% at 200 µg/mL, respectively. The extract inhibited MMP-1 activity by 34.6% at 50µg/mL, 30.0% at 100µg/mL, and 49.1% at 200µg/mL, respectively.
	<i>Calamagrostis arundinacea</i> (실새풀) [41]	1. Yarrow (20g) was extracted at room temperature for 48 hours with either hot water or 500 mL of 70% methanol. 2. The extract was then concentrated under reduced pressure and lyophilized to prepare the powder.	The hot water extract and methanol extract inhibited MMP-1 activity by 41.6% and 36.8%, respectively, at a concentration of 100µg/mL.
Herbal medicine	<i>Panax ginseng</i> (고려인삼 화퇴) [45]	1. 5 kg of powder was immersed twice for 2 hours each at 65°C in 6L of 95% ethyl alcohol, yielding 1080 g of ethyl alcohol extract. 2. The ethyl alcohol extract was immersed in distilled water followed by ultrasonic treatment. 3. Diethyl ether was added, and the mixture was subjected to ultrasonic extraction for 1 hour, repeated three times. 4. Butanol saturated with water was added, and the mixture was extracted for 2 hours, repeated three times, to obtain 781 g of supernatant. 5. Isopropyl alcohol (500 ml) was added, and the mixture was subjected to ultrasonic extraction for 2 hours, repeated three times, followed by reduced pressure concentration to yield 152 g.	1. The addition of the extract at 0.00004 wt% enhanced the synthesis of Pro-collagen by 36%. 2. The extract inhibited MMP-1 activity by 10.3% at 0.025% and by 8.52% at 0.05 %, respectively.
	<i>Morinda officinalis</i> (파극천) [43]	1. The powder was extracted three times in distilled water for 4 hours each time. 2. The extract was treated under high temperature and pressure, followed by concentration under reduced pressure and lyophilization to prepare the extract.	The high temperature and pressure extract inhibited MMP-1 activity by 16% compared to the regular extract at 100µl/well.
	<i>Acanthopanax cortex</i> (오가피순) [44]	1. The powder (3g) was extracted at room temperature for 24 hours in 100 mL of methanol. 2. The extract was then concentrated under reduced pressure and redissolved in DMSO for preparation.	The extract inhibited the activity of MMPs by approximately 40% at a concentration of 50µg/mL.
Microalgae	<i>Dunaliella salina</i> [49]	1. The powder (30g) was extracted at room temperature for 3 hours with 700 mL of 70% ethanol. 2. After preparation through reduced pressure concentration and lyophilization, it was dissolved in DMSO for use.	
	<i>Mychonastes</i> sp. 249 [50]	1. <i>Mychonastes</i> sp. 249 (1g) was extracted in 20 mL of distilled water for 30 minutes at 60°C using ultrasonic extraction. 2. The supernatant of the extract was prepared.	The extract inhibited MMP-1 activity by 57.2% at a concentration of 1.0mg/ml.

구와 유사한 피부노화 경감효과를 보인다. 북미 원산의 핫립세이지(*Salvia microphylla*) 70% 에탄올 추출물은 200 μ g/ml에서 Pro-collagen의 합성을 140% 향상시키고 MMP-1 활성을 65.36% 억제하였다[33]. 금전초(*Lysimachia christinae* Hance) 에탄올 추출물은 100 μ g/ml에서 MMP-1 활성을 53.7% 억제하였고, 왕벚나무꽃 에탄올추출물은 Pro-collagen 합성량을 20.8% (1 μ g/mL), 39.8% (10 μ g/mL), 1.8% (100 μ g/mL) 각각 향상시켰다[34, 35]. 꽃, 뿌리, 줄기, 잎, 열매로 구성된 식물의 구조에서 각각의 꽃 유래 에탄올 추출물들은 효소 활용추출물보다 간단한 공정에도 불구하고 피부노화 억제에서 유의미한 결과가 분석되었다. 특히 에탄올 추출법은 열수 추출보다 효과적인 기능이 관찰된다. 금전초 열수 추출물은 에탄올 추출물과 100 μ g/ml에서 각각 60.8%와 55.2%로 유사한 ROS 레벨이 측정되었으나, 피부노화 경감에서는 현저히 낮게 나왔다. 이는 추출을 위한 용매의 세포벽 투과와 유효성분의 화학적 상호작용에 의한 차이로 사료된다. 에탄올 추출물의 효과적인 결과는 다수 분석되며 피부노화 분야 이외에도 천연소재의 기능성 추출물 확보에서 주요 추출 방법으로 보고되고 있다[36-41].

3.2.2 한방원료 유래 천연소재

지구상에서 이용되고 있는 식물종은 약 20만 종에 달하지만, 그중 소수만이 식용으로 인정받고 있다. 한국에서는 약 900여 종의 잠재적인 약용식물이 발견되었다. 다양한 생물활성 화합물이 풍부한 식용식물과 전통 한의학에서 사용되는 자원을 포함하는 한약재이다. 역사적으로 식단의 일부로 사용되거나 다양한 질병의 치료에 사용되었으나, 그 효능은 엄격한 과학적 근거가 부재하여 활용잠재력은 다소 제한적이다[42]. 그러나 최근 건강에 대한 의식이 높아지면서 동양의학에서 주로 사용되는 이러한 전통 한국 의학 자원에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 꼭두서니과에 속하는 다년생식물의 뿌리인 파극천(*Morinda officinalis*)은 한방에서 주요 이용된다. 기존에 보고된 유효성분들에 의하여 항바이러스, 항박테리아, 항암 활성 및 지방 세포분해에도 관여하는 것으로 확인되었다[43]. 피부노화 경감연구에서, 파극천 고온고압 추출물은 100 μ l/well에서 열수 추출물 대비 MMP-1 활성

억제 효율을 16% 향상시켰다[44]. 고온 고압에 의한 추출법의 진보는 열수 추출물 대비 총 페놀 및 플라보노이드 함량이 50% 이상 증가함으로써, MMP-1의 발현 상을 변화시켰다. 오가피(*Acanthopanax cortex*)는 동양권에서 신경통, 이뇨, 및 고혈압에 탁월하여 생약제로 사용됐다. 연구에 따르면, 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량이 높아 활성산소 제거에 우수하다고 보고되어 있다[46]. 오가피 메탄올 추출물은 50 μ g/ml에서 MMPs 활성을 약 40% 억제함이 보고되었다[47]. 또한, 흰털 오가피잎 추출물로 처리는 세포 내의 superoxide dismutase 및 catalase 활성을 증가에 관한 연구가 밝혀져 있다[48]. 오가피 순 내 항산화 활성이 우수한 페놀성 화합물은 산화에 따른 스트레스 억제로 피부보호에 탁월하다. 기능성 물질을 풍부하게 함유하여 긴 사용 역사를 지닌 한약재는 피부노화 경감연구에서 보고되는 주요 원료이다. 식물원료와 유사하게 유기용매 추출물은 탁월한 결과가 보고되고 있으며 고온고압 추출법과 같은 추출 기술의 진보는 산업적 활용 측면에 다가서고 있음이 확인된다.

3.2.3 녹조류

미세조류는 크기가 일반적으로 2~200 μ m 사이인 작은 단세포생물로, 원핵성이거나 진핵성의 특성이 있다. 미세조류를 활용하는 데 있어서의 장점은 광합성에 의한 성장 능력에 있다. 이는 다양한 환경조건에서도 빠르게 증식할 수 있게 하며, 기존 생태계를 해치지 않으면서도 유용한 물질들을 지속해서 공급할 수 있도록 한다. 현재, 스피룰리나(*Spirulina*), 두날리엘라(*Dunaliella*), 클로렐라(*Chlorella*)와 같은 미세조류 종들은 카로티노이드와 지질과 같은 고부가가치 물질을 생산하는 데 사용되고 있다[49]. 이러한 물질들은 식품첨가제, 화장품, 건강식품, 의약품 등 다양한 산업에서 핵심 성분으로 활용되고 있다. 두날리엘라 살리나(*Dunaliella salina*) 에탄올 추출물은 50~100 μ g/ml에서 MMP-1에 대한 발현량을 양성 대조군(epigallocatechin gallate)과 유사하게 감소시켜 피부노화 경감에 탁월한 효능을 보였다[50]. 초음파 추출 기술은 기존 용매 추출 대비 신속한 추출 시간, 용매의 접근성 향상에 의한 추출 효율 향상, 저온 운전 및 용매 사용성의 감소 등에 의해 진보된 기술로 주목받고 있다.

Myconastes sp. 249의 초음파 추출물은 80% 감소한 추출 시간으로 준비되며, 12.5 μ g/mL에서 MMP-1 활성을 77% 억제했음이 확인되었다[51]. 상대적으로 저농도의 투입으로 우수한 피부노화 경감효과를 나타내어 용매 추출법보다 초음파 추출은 목적효과를 뚜렷이 높이는 추출 기술로 사료된다.

4. 결론

식물 또는 동물 등의 천연물에서 추출한 물질을 원재료로 하는 제품은 합성 물질보다 적은 독성, 역사적인 안전성과 유효성에 의해 신약 개발 과정보다 비용 절감, 시간 절약, 및 상대적으로 높은 기능적 성공률을 기대할 수 있다. 본 연구에서 살펴본 다양한 사례들을 통해 천연소재 추출물은 피부노화 방지에 직접적인 영향을 미치는 이로운 물질로 판단된다. 이에 따라 천연소재를 활용하고자 많은 천연물로부터 기능성 물질을 효율적으로 확보하기 위하여 열수 및 용매를 이용한 추출법이 주로 활용되고 있다. 또한 추출 기술의 진보는 전통적인 용매 추출법부터 최신의 마이크로파 활용법 및 가압 용매법 등이 제안되고 있다. 진보된 기술들을 통해 식품 및 제약산업은 선도적으로 추출법에 관한 기술을 확보하고 있으며 더 나아가 정제 기술의 진보는 상업적 활용에 이르고 있다.

본 논문은 11종의 식물, 3종의 한약 및 2종의 미세조류를 활용한 추출 기술 및 기능성에 대한 정보를 제공하고 있다. 다수의 출판된 연구들은 다양한 기술을 통해 추출물을 확보함으로써 산업적 활용을 위한 접근의 제한점을 유추할 수 있다. 따라서 천연물 유래 추출물의 활용을 높이기 위하여 1) 각 천연물의 생물학적 및 물리적 특성에 대한 정밀한 조사와 공급 안정성에 대한 조사가 선행된 후 추출 기술을 확보해야 한다. 또한, 2) 확보된 추출 기술을 기반으로 비용 효율성 및 보건/안전을 고려한 안정한 용매 선정과 조건을 설정하여 대량생산이 가능해야 한다. 노인 인구의 증가에 의한 피부노화 방지 제품 시장의 성장이 예상되므로 고기능성 천연소재의 확보와 효율적 추출 공정 확립은 더욱 활발히 진행되어야 한다.

참고문헌

- [1] Babara A. Gilchrest MD, "Skin aging and photo-aging: An overview", *Journal of the American Academy of Dermatology*, 21(3), 610-613, 1989.
- [2] Nami, Kim, Bonsuk, Goo, Seongkye, Lee, Euiil, Hwang, Seunggho, So, Jaeho, Do, "Effect of Korean red ginseng on collagen biosynthesis and MMP-I activity in human dermal fibroblast", *Journal of Ginseng Research*, 31(2), 86-92, 2007.
- [3] Hee-Sun Han, Song-Ja Bae, Mihyag Kim, "Effects of *Porphyra tenera* extracts on formation of collagen cross-ling in ovariectomized rats", 33(2), 324-330, 2004.
- [4] JF Bateman, SR Lamande, JAM Ramshaw. "Collagen Superfamily. In: Comper WD, editor. *Extracellular Matrix*", 2nd ed. Harwood Academic Publishers GmbH, Amsterdam, Netherlands. 22-67. 1996.
- [5] J. C. Fantone, P. A. Ward, "Role of oxygen-derived free radicals and metabolites in leukocyte dependent inflammatory reaction". *The American Journal of Pathology*, 107(3), 397-418, 1982.
- [6] K. J. Davies, M. E. Delsignore, S. W. "Protein damage and degradation by oxygen radical". *Journal of Biological Chemistry*, 262(20), 9902-9907, 1987.
- [7] Keum Ju Park, Seing Hee Park, Jae Ki Kim, "Anti-wrinkle Activity of *Acanthopanax senticosus* extract in Ultraviolet B-induced Photoaging", *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 39(1), 42-46, 2010.
- [8] Jung-Min Yoo, Yeo-Kin Kang, Hyeong-Bae Pyo, Eui-Su Choung, "Anti-wrinkle effects of Korean rice wine cake on human fibroblast", *Journal of Life Science*, 20(12), 1838-1843, 2010.
- [9] J. Parrado, M. Bourgria, A. Ayala, A. Castano, A. Machado, "Effects of aging on the various steps of protein synthesis: Fragmentation of elongation factors 2". *Free Radical Biology & Medicine*, 26(3-4), 362-370, 1999.
- [10] E. Yang, R. Jong, S. Kan,g, "The Effects of Genistein on the Proliferation and Type I pN Collagen Synthesis in Aged Normal HumanFibroblasts", *Micro-*

- biol. Biotechnol. Lett., 35(4), 316–324, 2007.
- [11] G.J. Fisher, G.J. Datta, H.S. Talwar, Z.Q. Wang, J. Varani, S. Kang, J. J. Voorhees, “Molecular basis of sun-induced premature skin aging and retinoid antagonism”. *Nature*, 379, 335–339, 1996.
- [12] Kang S, Chung JH, Lee JH, Fisher GJ, Wan YS, Duell EA, Voorhees JJ. Topical N-acetyl cysteine and genistein prevent ultraviolet-light-induced signaling that leads to photoaging in human skin in vivo. *J. Invest. Dermatol.*, 120, 835–841, 2003.
- [13] G.J. Clydesdale, G.W. Dandie, H.K. Mueller, Ultraviolet light induced injury: Immunological and inflammatory effects, *Immunol. Cell Biol.*, 79(6), 547, 2001.
- [14] E.J. Kim, M.K. Shim, R. Jeong, A. Kim, “Anti-photoaging Effects of Fermented Soybean (Bio-Peptide®)”, *J. Soc. Cosmet. Scientists Korea*, 45(1), 27–36, 2019.
- [15] J. Yang and C. Kwak, “Inhibitory effect of *Aralia elata* ethanol extract against skin damage in UVB-exposed human keratinocytes and human dermal fibroblasts”, *J. Nutr. Health.*, 49(6), 429, 2016.
- [16] H. J. Kim, K. S. Kim, and D. I. Kim, “Inhibitory effects of *Lespedeza cuneata* ethanol extract on ultraviolet-induced photo aging”, *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41(11), 1540, 2012.
- [17] Paul S. “Fish bone chemistry and ultrastructure: Implications for taphonomy and stableisotope analysis”, *J. Archaeol. Sci.*, 38, 3358–3372, 2011.
- [18] Y. J. Kim, Y. Yoon, “Regulation of Col1A1 and MMP1 Expression by Taurine, Major Component of Oyster, in Human Dermal Fibroblasts”, *Asian J. Beauty Cosmetol*, 11(2), 393–397, 2013.
- [19] P. Elsner, D. Wilhelm, H. I. “Maibach, Mechanical properties of human forearm and vulvar skin”, *Br J Dermatol*, 122, 607–614, 1990.
- [20] D. J. Prockop, R. A. Berg, K. I. Kivirikko, J. Uitto, “Intracellular steps in the biosynthesis of collagen, Biochemistry of Collagen”, In: Ramachandran GN, Reddi AH, editor. Plenum Press, New York; 1976. 163–273.
- [21] Jemec G, Jemec B, Jemec BIE. The effect of superficial hydration the mechanical properties of human skin in vivo. *Plast Reconstr Surg.*, 85, 100–103, 1990.
- [22] S. R. Pinnell, S. Murad, D. Darr, “Induction of collagen synthesis by ascorbic acid. A possible Mechanism”, *Arch Dermatol*, 123, 1684–1686, 1987.
- [23] J. E. Kim, J. Lee, H. Kim, J. Kim, Y. Cho, “Effect of Vitamin C, Silicon and Iron on Collagen Synthesis and Break-Down Enzyme Expression in the Human Dermal Fibroblast Cell (HS27)”, *Korean J. Nutr.*, 42(6), 505–515, 2009.
- [24] J. J. Cho, G. K. Lee, B. K. Cho, J. D. Choi, “Isolation and characterization of elastase inhibitor from *Areca catechu*”, *J. Soc. Cos. Sci. Kor.*, 26, 23–27, 2000.
- [25] J.S. Hwang, “The effects of retinoids on Crabp II mRNA induction and collagen synthesis in human dermal fibroblast”, *J. Soc. Cos. Sci. Kor.*, 23, 9–14, 1997.
- [26] B. J. Kim, B. K. Jo and J. H. Kim. “A promising new anti-wrinkle ingredient: Pericarpium castaneae extracts”, *J. Soc. Cos. Sci. Kor.*, 10, 56–62, 1999.
- [27] C. W. Lee, H. B. Pyo, Y. H. Cho and S. M. Park. “Effect of Korean black soybean seed on the cellular proliferation and the production of type III collagen in skin fibroblast”, *J. Soc. Cos. Sci. Kor.* 24, 31–38, 1998.
- [28] S.K. Park, M.Y. Chang, Y.D. Kim, B.Y. Jeong, Y.H. Won, J.J. Kim and S.H. Kang. “Changes of facial wrinkle after topical application of on emulsion containing medimin A”, *J. Soc. Cos. Sci. Kor.* 25, 22–29, 1999.
- [30] J. Kang, S. Hyun, H. Kim, D. Yoo, H. Choi, I Lee, “Antioxidant and pro-collagen synthesis activities of the *Eriobotrya japonica* leaf extract using enzyme”, *Asian J. Beauty Cosmetol.*, 21(2), 263–270, 2023.
- [31] Yue-xian Wu, Tun-yu Jian, Han Lv, Xiao-qin Ding, Yuan-yuan Zuo, Bing-ru Ren, Jian Chen, Wei-lin Li, “Antitussive and expectorant properties of grow-

- ing and fallen leaves of loquat (*Eriobotrya japonica*”, Revista Brasileira de Farmacognosia, 28(2), 239–242, 2018.
- [32] H. Cory, S. Passarelli, J. Szeto, M. Tamez, J. Mattei, “The role of polyphenols in human health and food systems: A mini-review”, Front. Nutr., 21(5) 87, 2018.
- [33] H. M. Jo, I. H. Choi, “A study on antioxidant, pro-collagen synthesis and MMP-1 inhibitory activities of *Salvia microphylla* extract”, Asian J. Beauty Cosmetol., 21(4), 665–674, 2023.
- [34] J. Kim, Y. Choi, H. K. Kim, Y. Jang, “Collagen synthesis ability and inhibitory effect of MMPs in keratinocytes of *Lysimachia christinae* Hance extract”, J. Korean Applied Sci. Tech., 37(4), 820–829, 2020.
- [35] S.Y. Park, S.J. Lee, “The Effects of *Prunus yedoensis* Flowers Biorenovate Extract on Collagen Synthesis and Expression in Human Dermal Fibroblasts”, J. Invest Cosmetol., 16(4), 323–330, 2020.
- [36] E. Park, S. Kim, S. J. Moon, “The Effects of Marigold (*Tagetes* L.) Extract and Calendula (*Calendula officinalis* L.) Extract on Collagen Growth and MMP-1 Expression in Human Dermal Fibroblasts”, KOCS, 34(4), 769–777, 2017.
- [37] J. Kang, I. Lee, “Anti-inflammatory and matrix metalloproteinase-1-inhibitory effects of the *Cassia obtusifolia* L. seed extract on particulate matter-induced skin”, Asian J. Beauty Cosmetol., 19(3), 355–363, 2021.
- [38] J. Lee, S. Park, S. Kang, “c-Jun/MMP-1 Inhibitory Effect of *Rhododendron brachycarpum* via Reactive Oxygen Species (ROS) Regulation”, J. Invest. Cosmetol., 13(4), 313–319, 2017.
- [39] Y. Jeong, J. Y. Lee, J. Ko, “Inhibitory Effect of *Lonicera japonica* Extract on MMP-1 Production in Human Dermal Fibroblast”, J. Soc. Cos. Sci. Kor., 46(1), 67–72, 2020.
- [40] J. Hwang, H. Baik, B. Park, Y. C. Kim, “Anti-aging Efficacy of *Tradescantia reflexa* Methanol Extract in Human Dermal Fibroblasts”, 11(1), 25–32, 2015.
- [41] H.S. Heong, D.H. Lee, M. Lee, T. Heo, D.W. Kim, “Anti-aging and anti-inflammatory activities of the extracts of *Calamagrostis arundinacea*”, Journal of Life Science, 31(3) 298–304, 2021.
- [42] J. Kim, H. Sohn, “Skin Whitening and Anti-Wrinkle Effects of Extract from Jubak of Oriental Herbal Liquor”, J. Korean Soc. Food Sci. Nutr, 43(11), 1695–1700, 2014.
- [43] C.J. Krishna, P. Singh, R.T. Pardasani, “Chemical components of the roots of *Tectona grandis* and *Gmelina arborea*”, 32(1), 71–75, 1977.
- [44] J. W. Kang, J. Y. Oh, J. Bae, J. Kim, K. Lee, H. Pyo, “Effects of Autoclaved *Morinda officinalis* Root Extract on the Suppressive Efficacy of MMP-1 Enzyme”, J. Soc. Cos. Sci. Kor., 41(1), 35–43, 2015.
- [45] Y. Kim, S. Ko, “Inhibition of MMP-1 Expression and Collagen Synthesis Activity of Ultrasonication Processed Ginseng Flower Buds Extract”, Nat. Prod. Sci., 46(2), 154–159, 2015.
- [46] S.J. Choi, S. Lee, K. Kim, D.H. Joo, S. Shin, J. Lee, H.K. Lee, J. Kim, S.B. Kwon, M.J. Kim, K.J. Ahn, I. An, S. An, H.J. Cha, “Biological effects of rutin on skin aging”, International Journal of Molecular Medicine, 38(1), 201.,
- [47] H. Lee, S. Hong, H. Heo, H. Choe, H. Jeong, J. Lee, “Protective Effects of Methanol Extract from *Acanthopanax cortex* Shoots against Photoaging in Human Skin Fibroblast”, J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 48(3), 385–389, 2019.
- [48] T. Pattananandecha, S. Apichai, J. Julsrigival, M. Ungsurungsie, S. Samuhasaneetoo, P. Chulasiri, P. Kwankhao, S. Pitiporn, F. Ogata, N. Kawasaki, C. Saenjum, “Antioxidant activity and anti-photoaging effects on UVA-irradiated human fibroblasts of rosmarinic acid enriched extract prepared from *Thunbergia laurifolia* leaves”, 11, 1648, 2021.
- [49] S. Choi, H. Park, J. Lee, “Isolation of *Chlorella vulgaris* mutants producing high pildid and their characterization”, Appl. Chem. Eng., 26(5), 533–537, 2015.
- [50] J. Joo, J. Seok, I. Hong, N. Kim, E. Choi, “Inhibitory

Effects of *Dunaliella salina* Extracts on Thermally-Induced Skin Aging”, *J. Soc. Cos. Sci. Kor.*, 42(1), 57-64, 2016.

- [51] J.W. Hong, H.Y. Suh, Y.S. Oh, J.H. Park, M.H. Kang, Y.H. Kim, Z. Kim, K.J. Yim, K.W. Kim, “Enhancement of Collagen Synthesis through the Regulations of MMP-1, COL1A1, and SMAD-3 by Extract of the Freshwater Microalgae *Mychonastes* sp. 249”, *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 52(2), 203-209, 2013.

곽 호 석 (Kwak, Ho-Seok)



- 2017년 2월: 고려대학교 화공생명공학과 (공학박사)
- 2017년 3월~2017년 8월: 고려대학교 융합화공시스템연구소 연구교수
- 2017년 9월~현재: 동양미래대학교 바이오융합공학과 부교수
- 관심분야: 미세조류, 바이오소재, 배양공정, CO₂ 저감
- E-mail: hskwak@dongyang.ac.kr

전 영 상 (Chun, Youngsang)



- 2022년 2월: 고려대학교 화공생명공학과 (공학박사)
- 2022년 3월~2023년 2월: 동양미래대학교 바이오융합공학과 조교수
- 2023년 3월~현재: 신한대학교 첨단소재공학과 조교수
- 관심분야: 바이오매스, 기능성소재, 효소공정, 탄소재료
- E-mail: chunys@shinhan.ac.kr