

## 부위별 산뽕나무의 광보호효과 및 항산화 활성

사재훈 · 김영선<sup>1</sup> · 신인철 · 심태흠 · 왕명현<sup>1\*</sup>

강원도 보건환경연구원 식의약품분석과, <sup>1</sup>강원대학교 생명공학부

### Photoprotective Effect and Antioxidative Activity from Different Organs of *Morus Bombycis* Koidzumi

Jae-Hoon Sa, Ying-Shan Jin<sup>1</sup>, In-Cheol Shin, Tae-Heum Shim, and Myeong-Hyeon Wang<sup>1\*</sup>

Gangwon Research Institute of Health and Environment, Chuncheon, Kangwon-do 200-822, Korea

<sup>1</sup>Division of Biotechnology Kangwon National University, Chuncheon, Kangwon-do 200-701, Korea

**Abstract** – This study was investigated antioxidatve activity for the purpose of developing antioxidant from *Morus bombycis* Koidzumi. Antioxidant activities of four different organs of *Morus bombycis* Koidzumi such as fruit, leaf, stem, and root were examined by radical scavenging effect with 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH). 80% methanol extract from the stem showed strongly antioxidative activity and 80% ethanol extracts from the root, stem, and fruit had high antioxidative activity among 24 samples tested. The 80% ethanol extract has strong absorbency at UVA region (350 nm). The ethyl acetate (EtOAc) fraction exhibited antioxidative activity with IC<sub>50</sub> of 15.0 µg/ml similar to those of synthetic antioxidant, BHT. The EtOAc fraction has a good absorbency property as synthetic filter. In the absorbance of various extracts, the 80% ethanol and ethyl acetate extracts from the root of *Morus bombycis* Koidzumi showed higher absorbency at 285 nm. The ethyl acetate fraction from the root of *Morus bombycis* Koidzumi contained total phenolic compounds of 654.8 mg/100 g. These results indicate that phenolic compounds are the major was biological components in the root of *Morus bombycis* Koidzumi extracts. Considering these biological activities, the extracts of *Morus bombycis* Koidzumi showed a possibility to be used as a new material for natural antioxidants and substitutes for synthetic UV sunscreen agents.

**Key words** – *Morus bombycis* Koidzumi, antioxidant, photoprotective effect, DPPH radical scavenging activity, phenolic compound

생체내에서 산화제 공격과 항산화제 방어는 밀접하게 조화를 이루고 있다. 그러나 방어는 필연적으로 완벽하지 못하여, 지질, 단백질, 핵산 등의 생체구성 분자들은 산화제인 free radicals에 의해 계속적인 산화적 손상을 받으며, 나이와 더불어 산화반응 산물로 축적된다. 이와같이, 산화제에 의한 불균형이 노화 그 자체의 원인이 된다는 학설이 free radical 설이다.<sup>1-4)</sup> 나이, 자외선 등 내외적인 여러 가지 스트레스에 의해 일어나는 피부노화 현상은 피부두께의 변화와 함께 세포수 감소 및 피부 신진대사 저하, 생체결합수 손실을 비롯하여 콜라겐, 엘라스틴 등의 세포간 물질 감소로 인해 피부가 주름지고 거칠은 피부표면의 형태로 나타난다. 피부에 도달하는 태양광 스펙트럼은 UVB(280–320 nm),

UVA(320–400 nm), 가시광선 그리고 적외선으로 이루어진 복사선이다. UVB의 작용은 주로 표피에 제한되어 있으나 UVA보다 더 깊이 침투하여 단구 및 다형핵 세포의 침윤을 야기시킬 뿐만 아니라 진피의 미세 혈관에서 내피 세포 손상도 야기시킨다. 자외선의 파장과 세기는 활성산소와 긴밀한 관계가 있다.<sup>5)</sup> UVA 및 UVB 조사후 생체내에서 활성산소종은 높은 농도로 생성되며 이들 활성산소종은 세포 및 세포간질 성분인 결합조직을 손상시킨다는 간접적인 증거가 있다.<sup>6-9)</sup> 자외선에 노출되면 피부는 과잉의 활성산소가 생성되는 반면, 항산화효소와 글루타치온, 비타민 E, 비타민 C 및 유비퀴놀과 같은 항산화제는 감소한다. 자외선으로 생성된 활성산소는 피부의 효소적 그리고 비효소적 항산화 방어를 위태롭게 만든다. 결과적으로 산화적 스트레스는 세포 성분들에 대한 손상을 야기시키고 광노화를 촉진시킨다. 광노화 과정에서 활성산소종은 멜라닌 생성을 촉진

\*교신저자(E-mail) : mhwang@kangwon.ac.kr  
(FAX) : 033-241-6480

시키고 주름을 생성시키는 원인물질로 간주되고 있다.<sup>10)</sup>

최근 산산화 스트레스에 기인한 질병이 발생되고 있으며, 이와 관련하여 항산화 활성을 갖는 물질에 대한 탐색연구가 더욱 활발히 진행되고 있다. 현재 널리 사용되고 있는 항산화제는 BHT(butylated hydroxytoluene), BHA(butylated hydroxy anisole), TBHQ(2-tert-butyl hydroxyquinone) 같은 합성품인데, 이들을 50 mg/kg/day 이상의 고용량으로 장기간 복용시 지질대사의 불균형과 암을 유발시킬 수 있기 때문에 이들의 사용을 제한하고 있는 실정이다. 그러므로 이러한 합성 항산화제를 대체할 수 있는 우수한 항산화제의 개발이 매우 중요하다. 따라서 최근에는 각종 생약이나 식용식물 추출물 등에서 보다 안전하고 항산화 효과가 뛰어난 천연 항산화제를 개발하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다.<sup>11-18)</sup>

산뽕나무(*Morus bombycis* Koidzumi)는 뽕나무과에 속하는 식물로 낙엽활엽교목으로 잎은 난형 또는 난상 원형이며 밑은 일(-)자 모양 또는 심장형이고 끝은 뾰족하며 날카로운 톱니가 있고 엽병은 길이 5~25 mm로서 잔털이 있다. 꽃은 4-5월에 피고 과실은 장질로 구형 또는 타원형이며 7-8월에 자흑색으로 익는다. 뽕나무에 비해 주두가 씨방보다 길다. 근피를 상백피(桑白皮, Mori Cortex)라 하고 열매를 상심자(桑椹子) 혹은 상실(桑實)이라 한다. 뽕나무 잎에는 flavones, steroids, triterpenes, amino acids, vitamin 및 다량의 미네랄 성분이 존재하고 있으며, 또한 전통 생약으로 당뇨병을 예방·치료하며 갈증을 해소시키는 것으로 알려져 있다. 뽕잎은 갈습, 칼륨 등의 전해질과 pectin, cellulose 등의 식이섬유나 아미노산, protein 등이 풍부하고 봄부터 가을에 걸쳐 채취 가능하다는 제배적 이점을 가지고 있으며, 식품소재로서도 널리 이용될 가능성을 가지고 있다.

그럼으로, 본 연구에서는 부위별 산뽕나무를 대상으로 새로운 기능성 탐색의 일환으로 부위별 산뽕나무의 각종 추출물과 분획물을 이용하여 항산화활성과 광보호 효과에 대하여 연구하였다.

## 재료 및 방법

**재료** - 본 연구에 사용된 산뽕나무는 강원도내에서 자생하는 것을 부위별로 열매, 잎, 줄기 및 뿌리를 직접 채취하여 감별한 후, 잘 세척하고 잘게 세절한 다음, 음건시켜 냉장실에 보관하면서 본 실험에 사용하였다.

**용매 추출 및 분획** - 부위별로 산뽕나무를 음건 세절하여 분말로 분쇄후, 약 100 g 정도를 추출용기에 넣고, 에탄올(ethanol, EtOH), 메탄올(methanol, MeOH), 클로로포름(chloroform, CHCl<sub>3</sub>), 물(water, H<sub>2</sub>O), 80% 에탄올, 80% 메

탄올 등의 용매 2 L를 가하여 상온에서 3일간 교반 추출하였다. 추출하여 얻어진 용액을 여과한 후, 감압 농축하여 추출물을 얻은 다음 각각의 추출수율(%)을 계산하였다.

생리활성 부분을 보다 더 정제하기 위하여, 산뽕나무 뿌리를 대량으로 채취하여, 음건 세절 후, 분말화한 1 kg을 10 L의 80% 에탄올로 상온에서 3일간 2회 반복 추출하여 80% 에탄올 엑스(106.47 g)를 얻었다. 이 추출물을 물 10 L에 현탁한 후, 용매의 극성차에 따라서 헥산(n-hexane), 클로로포름(CHCl<sub>3</sub>), 에틸아세테이트(ethyl acetate, EtOAc), 부탄올(n-butanol, BuOH) 등으로 분획하였다. 분획된 각각의 용매혼합액을 감압 농축하여 hexane분획(3.85 g), CHCl<sub>3</sub>분획(2.52 g), EtOAc분획(2.89), BuOH분획(12.54) 및 H<sub>2</sub>O분획(64.13)을 얻은 후 분획물을 대상으로 생리활성을 탐색하였다.

**추출물 및 분획물에 대한 흡광도 측정** - 부위별 산뽕나무 추출물 및 뿌리 분획물에 대하여 항산화성 물질로 알려진 화합물들(protein, aromatic amine, phenol)의 용출 정도를 Hewlett Packerd사(Palo Alto, CA, USA)의 HP 8452A diode array spectrophotometer를 사용하여 285 nm에서 흡광도로 측정하였다.<sup>19)</sup> 시료는 0.1 mg/ml가 되게 추출물을 메탄올에 녹인 후, 흡광도를 측정하였다.

카로티노이드 함량은 추출물을 0.01% 농도로 메탄올에 녹인후, 450 nm에서 흡광도를 측정하여 그 함량을 측정하였다.<sup>20)</sup> 부위별 산뽕나무 추출물 및 뿌리 분획물의 갈색화 반응 생성물질의 농도를 나타내는 갈색도는 490 nm에서의 흡광도를 자외선/가시광선 분광광도계(Hewlett Packerd사의 HP 8452A diode array spectrophotometer)를 사용하여 흡광도를 측정하였다.<sup>19)</sup>

**총페놀성 화합물 함량** - 총페놀성 물질 함량은 Folin-Denis 방법에 따라 분석하였다.<sup>21)</sup> 즉, 추출물 혹은 분획물을 1.0 mg/ml 농도로 조제한 후, 75 ml의 증류수가 함유된 100 ml의 메스 플라스크에 1 ml씩 넣고 잘 혼합하여 Folin-Denis 시액 5 ml와 탄산나트륨 포화용액 10 ml를 차례로 넣은 다음 증류수로 100 ml 용량으로 채운다. 이것을 잘 혼합하여 실온에서 30분 방치한 후, UV/VIS 분광광도계로 760 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질은 tannic acid를 이용하였다.

**자외선 차단효과 측정** - 부위별 산뽕나무 추출물 혹은 분획물들의 농도를 0.1 mg/ml 농도로 제조한 후, 자외선 중파장대(UVB 280~320 nm, UV 308 nm) 및 장파장대(UVA 320~400 nm, 350 nm)에서 자외선/가시광선 분광광도계(Hewlett Packard사의 HP 8452A diode array spectrophotometer)를 사용하여 흡광도를 측정하였다.<sup>22)</sup> 자외선 차단력(E% cm)은 추출물 1% 농도시, 직경 1 cm의 UV cell에서의

흡광도로 정하였다.

산뽕나무 뿌리 80% 에탄올 추출물 및 에틸아세테이트 분획물을 농도별(0~100 mg/ml)로 제조하여 중파장대(UV 308 nm) 및 장파장대(UV 350 nm)에서의 흡광도를 측정하였다. UV spectrum은 추출물의 농도를 0.01%로 제조한 뒤, 파장 200~400 nm에서 측정하였다.

**DPPH 자유라디칼(free radical) 소거법에 의한 항산화 효과** - 추출물이나 분획물 등의 검체를 적당한 농도로 에탄올 혹은 메탄올에 희석한 용액 4 ml와 0.2 mM DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 1 ml씩을 vortex로 균일하게 혼합한 다음, 실온에서 30분간 방치한 후, 514 nm에서 흡광도를 측정하였다.<sup>23-26)</sup> 항산화 효과는 대조군에 대한 50% 흡광도의 감소를 나타내는 검체의 농도(IC<sub>50</sub>)로 표시하였다. 각 시료를 3회 반복 실시하여 평균하였다.

**결과 및 고찰**

산뽕나무(*Morus bombycis* Koidzumi)는 뽕나무과에 속하는 낙엽교목으로 동아시아에 주로 분포하고 있는데 우리나라에서는 전국 각지에서 자생하고 있다. 지금까지 뽕나무 혹은 꾸지뽕나무 등의 약리작용으로 항염증작용 및 항균작용, 항산화작용, 항당뇨작용, 고지혈증 억제작용 등이 일부 보고된 바 있으나, 아직까지 산뽕나무의 생리활성에 대한 체계적인 연구는 미비한 실정이다. 본 연구에서는 산뽕나무를 부위별로 열매, 잎, 줄기 및 뿌리로 세분하여 용매 추출물을 제조한 후 다각적인 생리활성을 탐색하였다. 즉, 총페놀성화합물의 함량, 카로티노이드계 화합물의 함량, 갈변물질의 함량, 자외선 차단효과 및 항산화효과를 탐색하였다. 항산화 효과 및 자외선 차단효과가 탁월한 산뽕나무 뿌리 추출물을 대상으로 활성물질을 보다 더 정제하기 위하여 극성차이에 따른 용매 분획물을 제조한 후, 각각의 분획물들에 대한 생리활성을 규명하였다.

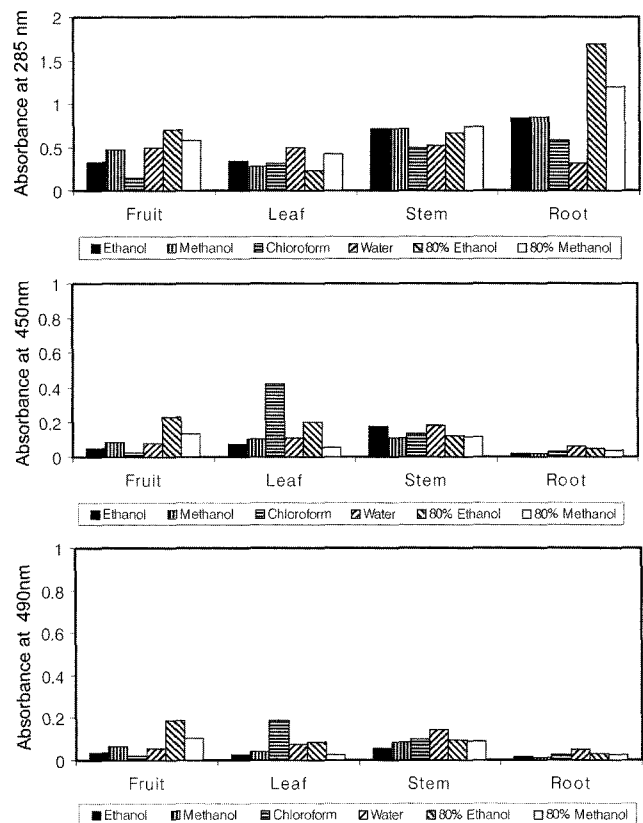
**산뽕나무 추출물의 흡광도** - 산뽕나무를 부위별로 각각 100 g을 용매 2L로 상온에서 3일간 추출한 후, 여과하여 감압 농축 후 추출수율을 구하였다. 열매 물 추출물이 29.0%로 추출수율이 가장 높았으며 그 다음이 잎 물 추출물과 열매 80% 메탄올 추출물로 각각 21.4, 19.2%로 나타났다. 용매별로는 물 > 80% 에탄올 > 80% 메탄올 > 메탄올 > 에탄올 > 클로로포름 순으로 주로 극성용매일수록 추출수율이 높게 측정되었다.

항산화성 물질로 알려진 화합물들(protein, aromatic amine 및 phenol 등)의 용출정도를 HP사의 HP 8452A diode array spectrophotometer를 사용하여 285 nm에서 측정하여 그 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 산뽕나무 뿌리의 80% 에탄올 추

출물이 1.687로 가장 높게 측정되었고 그 다음이 뿌리 80% 메탄올 추출물, 메탄올 및 에탄올 순으로 나타났다. 부위별로는 뿌리 > 줄기 > 열매 > 잎 순으로 자외선 흡광도가 높게 측정되는 것으로 보아서 주로 뿌리에 페놀성 화합물이 다량 함유되어 있을 것으로 추정된다.

대부분의 카로티노이드(carotenoids)는 450 nm 파장에서 높은 흡광계수(extinction coefficient)로 흡수하므로, 450 nm에서의 흡광도를 측정하여 그 함량을 추정할 수 있다. 부위별 산뽕나무 추출물의 카로티노이드계 화합물의 함량을 Fig. 1에 나타내었다. 잎 클로로포름 추출물이 0.424로 가장 높게 측정되었고, 그 다음이 열매 80% 에탄올 추출물, 잎 80% 에탄올 추출물이 0.231 및 0.198로 갈색도가 높게 측정되었다. 그외의 추출물들은 흡광도가 높지 않은 것으로 미루어 보아서 산뽕나무 추출물중 카로티노이드계 화합물은 소량 함유되어 있는 것으로 추정되었다.

산뽕나무 부위별 추출물들의 갈색도를 Fig. 1에 나타내었다. 산뽕나무 열매 80% 에탄올 추출물이 0.189로 다소 높게 측정되었고 그 다음이 잎 클로로포름 추출물과 줄기 물



**Fig. 1.** Absorbance of extracts obtained from *Morus bombycis* Koidzumi by using various solvents at 285, 450, and 490 nm. The absorbance is measured with a 0.01% solution in methanol over an optic path of 1 cm.

**Table I.** Contents of total phenolics in extracts obtained from *Morus bombycis* Koidzumi using various solvents

Extracts	Total phenolics (mg/100 g)			
	Fruit	Leaf	Stem	Root
Ethanol	196.8	115.0	327.7	334.6
Methanol	164.0	56.1	331.4	270.6
Chloroform	32.1	59.9	106.2	109.3
Water	254.9	451.6	414.4	198.5
80% Ethanol	503.7	236.2	537.6	388.9
80% Methanol	385.6	298.5	819.4	360.6

추출물로 각각 0.185 및 0.141로 측정되었다. 그 외의 추출물들은 대부분 흡광도가 0.1 이하로 매우 낮게 측정되는 것으로 보아서 산뽕나무 추출물에는 갈변물질을 거의 함유하지 않은 것으로 보여진다.

**산뽕나무 추출물의 총 페놀성화합물 함량** - 산뽕나무 부위별 추출물내에 들어 있는 추출고형분 100 g당 들어있는 총 페놀성 화합물(Total phenolic compounds) 함량을 Folin-Denis법에 따라 분석하였다. Table I에 나타난 바와 같이 줄기 80% 에탄올 추출물이 추출고형분 100 g당 819.4 mg으로 가장 높은 함량을 함유하고 있었으며 그 다음이 줄기 80% 에탄올 추출물(537.6 mg/100 g), 열매 80% 에탄올 추출물(503.7 mg/100 g) 순으로 총페놀성화합물을 함유하고 있는 것으로 분석되었다.

**산뽕나무 추출물의 자외선 차단효과** - 태양광선은 자외선 6%, 가시광선 49%, 적외선 45%의 구성으로 광선을 방사하고 있으며, 이들 광선중 특히 피부에 영향을 끼치는 것은 자외선이다. 자외선은 특성상 장파장대(UVA 320~400 nm), 중파장대(UVB 280~320 nm) 및 단파장대(UVC 280 nm 이하)로 구분하고 있다. 장파장(UVA 320~400 nm)은 피부표피의 환원 멜라닌을 산화하여 태워주고, 중파장대(UVB 280~320 nm)는 피부질환, 피부암 등을 유발하고, 단파장(UVC 280 nm 이하)은 대기와 오존층에 흡수되어 피부에 영향을 미치지 못하는 것으로 알려져 있다.

산뽕나무 추출물들의 자외선 차단효과를 Table II에 나타내었다. 자외선 중파장대(UVB 280~320 nm)에서는 뿌리의 80% 에탄올 추출물의 흡광계수가 150.5로 강력한 자외선 차단효과를 지니고 있었다. 그 다음으로 뿌리 80% 메탄올 추출물(108.5), 뿌리 메탄올 추출물(81.6), 뿌리 에탄올 추출물(80.1) 순으로 자외선 차단효과가 높게 측정되었다. 자외선 장파장대(UVA 320~400 nm)에서는 뿌리 80% 에탄올 추출물이 64.1로 가장 높게 측정되었으며 그 다음으로 뿌리 80% 메탄올 추출물(52.3), 열매 80% 에탄올 추출물(43.2), 뿌리 에탄올 추출물(40.9) 순으로 자외선 차단효과가 높게

**Table II.** UVA/UVB absorption properties of extracts obtained from *Morus bombycis* Koidzumi using various solvents

Extracts	E%cm <sup>1)</sup> at	E%cm <sup>1)</sup> at
	absorption 308 nm	absorption 350 nm
<b>Synthetic filter</b>		
Octyl methoxy cinnamate	924.4	16.9
Dioxybenzone	412.6	208.5
Oxybenzone	423.8	216.1
<b>Fruit</b>		
Ethanol	21.6	12.0
Methanol	37.1	19.6
Chloroform	10.8	6.4
Water	40.1	23.3
80% Ethanol	60.2	43.2
80% Methanol	48.3	31.4
<b>Leaf</b>		
Ethanol	25.6	16.1
Methanol	1.4	13.9
Chloroform	26.5	27.1
Water	40.5	27.4
80% Ethanol	18.8	16.8
80% Methanol	32.6	18.3
<b>Stem</b>		
Ethanol	65.4	34.3
Methanol	65.8	35.0
Chloroform	44.3	32.4
Water	43.3	32.6
80% Ethanol	60.7	31.7
80% Methanol	68.0	36.7
<b>Root</b>		
Ethanol	80.1	40.9
Methanol	81.6	39.2
Chloroform	44.2	19.6
Water	28.6	18.9
80% Ethanol	150.5	64.1
80% Methanol	108.5	52.3

<sup>1)</sup>The coefficient of extinction, E%cm, is the theoretical absorbance of a 1% solution over an optic path of 1 cm.

측정되었다. 부위별로는 뿌리 > 줄기 > 열매 > 잎 순으로 자외선 차단효과가 높게 나타났다. 산뽕나무 뿌리의 80% 에탄올 추출물은 매우 강력한 자외선 차단효과를 지니고 있기 때문에 자외선 차단효과를 지닌 기능성 화장품 원료로 개발할 가능성을 충분히 지닌 것으로 사료된다. 산뽕나무의 줄기 및 뿌리는 현재 식용이 가능하지 않기 때문에 기능성 화장품 원료로 사용한다면 잎이나 열매에 비하여 잘 활용되지 않는 산뽕나무 줄기 및 뿌리의 활용에 큰 도움을 줄

**Table III.** Antioxidant activity of extracts obtained from *Morus bombycis* Koidzumi on DPPH radical scavenging method

Extracts	Antioxidant activity (IC <sub>50</sub> <sup>1)</sup> : µg/ml			
	Fruit	Leaf	Stem	Root
Ethanol	114.3	90.5	50.0	61.4
Methanol	45.2	97.6	31.0	65.3
Chloroform	231.0	104.8	228.6	70.3
Water	28.6	42.9	57.1	108.2
80% Ethanol	28.6	109.5	26.2	35.9
80% Methanol	26.2	38.1	23.8	42.3

**Control antioxidants**

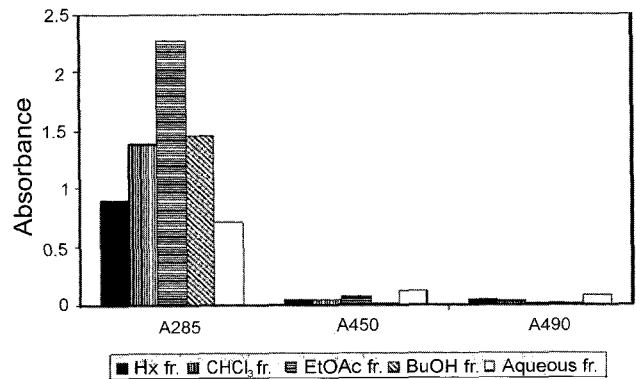
BHT	5.4
Vitamin-C	4.2
α-Tocopherol	3.3

<sup>1)</sup>Amount required for 50% reduction of DPPH (0.04 mM) after 30 min.

것으로 보여진다.

**산뽕나무 추출물의 항산화효과** - DPPH 라디칼 소거법에 의한 산뽕나무 추출물들의 항산화 효과를 Table III에 나타내었다. 산뽕나무 줄기 80% 메탄올 추출물의 항산화효과 (IC<sub>50</sub> : 23.8 mg/ml)가 가장 높게 측정되었다. 줄기 80% 에탄올 추출물(IC<sub>50</sub> : 26.2 mg/ml) 및 열매 80% 메탄올 추출물(IC<sub>50</sub> : 26.2 mg/ml)이 그 다음으로 항산화 효과가 높게 측정되었으며 열매 물 및 80% 에탄올 추출물(IC<sub>50</sub> : 28.6 mg/ml)도 매우 높은 항산화력을 나타내었다. 용매별로는 80% 메탄올 > 80% 에탄올 > 메탄올 > 물 > 에탄올 > 클로로포름 순으로 항산화 효과가 높게 측정되었으며 주로 극성 용매에서 항산화 활성이 높게 측정되었다. 모든 부위에서 유사한 항산화 활성을 나타내었으며, 열매 추출물에서도 높은 항산화 활성을 나타내었다. 항산화 활성이 높은 추출물들의 경우, 대부분 페놀성화합물의 함량이 높게 측정된 것으로 미루어 보아서, 이들 추출물들의 항산화효과는 페놀성 화합물들에 의한 영향일것으로 추정되는데, 산뽕나무의 추출물에서 항산화 작용이 강력하게 나타남을 확인하였다.

**산뽕나무 뿌리 용매 분획물들의 흡광도** - 산뽕나무 부위별 추출물들의 생리활성 탐색결과, 뿌리 추출물이 자외선 차단효과 및 항산화효과가 가장 탁월한 부위였기 때문에 산뽕나무 뿌리 추출물을 대상으로 용매 분획물을 제조하여 활성물질을 보다 더 정제한 후 다각적인 생리활성을 탐색하였다. 제조된 분획물의 추출수율을 분석한 결과, 물 분획물이 60.2%로 가장 많은 부분을 차지하였고, 클로로포름 분획물이 2.4%로 가장 적게 분획되었다. 이로 미루어 보아서 산뽕나무 뿌리의 80% 에탄올 추출물은 주로 물에 잘 녹는



**Fig. 2.** Absorbance of solvent fractionations from the root of *Morus bombycis* Koidzumi at 285, 450, and 490 nm. The absorbance is measured with a 0.01% solution in methanol over an optic path of 1 cm.

성질을 지닌 극성 계통의 물질이 다량 함유되어 있을 것으로 추정된다.

산뽕나무 뿌리 용매 분획물들의 285 nm, 450 nm, 490 nm에서의 흡광도를 Fig. 2에 나타내었다. 주로 285 nm에서 흡광도가 높게 측정되었는데, 특히 에틸아세테이트 분획물이 2.269로 매우 높게 측정되었고, 그 다음이 부탄올 분획물로 1.461로 측정되었다. 주로 카로티노이드계 화합물이 용출되는 450 nm에서의 흡광도는 모든 분획물에서 낮게 측정되었고, 또한 갈변물질이 주로 용출되는 490 nm에서의 흡광도도 매우 낮게 측정되었다. 이로 미루어 보아서 산뽕나무 뿌리 용매 분획물에는 주로 285 nm에서 강한 흡광을 나타내는 페놀계 계통의 화합물이 많이 함유되어 있을 것으로 추정되며, 285 nm에서 흡광을 나타내는 페놀계 화합물들이 생리활성을 나타내는 주된 물질일 것으로 판단되어진다.

**산뽕나무 뿌리 분획물의 총페놀성화합물 함량** - 산뽕나무 뿌리 분획물중 총페놀성화합물의 함량을 Table IV에 나타내었다. Table IV에 나타낸 바와 같이 에틸아세테이트 분획물이 100 g당 654.8 g으로 다량의 총페놀성화합물을 함유하고 있었으며 그 다음이 부탄올 분획물로 100 g당 409.2 g의 총페놀성화합물을 지니고 있는 것으로 확인되었다. 그 외의 분획물들은 다소 소량의 총페놀성화합물을 함유하고

**Table IV.** Contents of total phenolics in solvent fractionations from the root of *Morus bombycis* Koidzumi

(Unit : mg/100 g)

Fractions	Total phenolics
n-Hexane fr.	167.2
CHCl <sub>3</sub> fr.	98.6
EtOAc fr.	654.8
n-BuOH fr.	409.2
Aqueous fr.	295.9

**Table V.** UVA/UVB absorption properties of solvent fractionations from the root of *Morus bombycis* Koidzum

Fractions	E%cm <sup>1</sup> )at 308 nm	E%cm <sup>1</sup> )at 350 nm
<b>Synthetic filter</b>		
Dioxybenzone	412.6	208.5
Octyl methoxy cinnamate	924.4	16.9
Oxybenzone	423.8	216.1
n-Hexane fr.	73.8	33.8
CHCl <sub>3</sub> fr	116.3	46.8
EtOAc fr.	223.4	94.2
BuOH fr	151.0	84.1
Water fr	64.5	35.9

<sup>1</sup>)The coefficient of extinction, E%<sub>cm</sub>, is the theoretical absorbance of a 1% solution over an optic path of 1 cm.

있었다.

**산뽕나무 뿌리 용매 분획물의 자외선 차단효과** - 산뽕나무 뿌리 용매 분획물들의 자외선 차단효과를 Table V에 나타내었다. 에틸아세테이트 분획물의 경우 중파장대(308 nm)에서의 흡광계수가 223.4로 매우 높게 측정되었고 장파장대(350 nm)에서 94.2로 높게 측정되었다. 산뽕나무 뿌리 80% 에탄올 추출물보다 매우 높게 측정되는 것으로 보아서 자외선 차단효과를 나타내는 물질이 에틸아세테이트 분획물에서 주로 용출됨을 확인하였다. 그 다음이 부탄올 분획물로 중파장대에서의 흡광도는 151.0으로 높게 측정되었고 장파장대에서는 84.1로 측정되었다. 클로로포름 분획물에서도 자외선 차단효과가 각각 116.3 및 46.8로 매우 높게 측정되었다.

산뽕나무 뿌리 80% 에탄올 추출물 및 에틸아세테이트 분획물의 농도에 따른 자외선 차단효과를 Fig. 3에 나타내었다. 산뽕나무 80% 에탄올 추출물 및 에틸아세테이트 분획물의 농도에 의존하여 UV B 및 UV A 영역에서의 흡광도가 증가하였다. UV A 영역의 자외선보다 UV B 영역의 자외선 차단효과가 더 높게 나타났다.

산뽕나무 뿌리의 80% 추출물 및 에틸아세테이트 분획물은 UV B영역에서 높은 흡광도를 보이는 것으로 보아서 자외선 B 영역의 차단효과가 우수한 물질이 다량 함유되어 있음을 알 수 있었다. 이 결과로 미루어 보아서 산뽕나무 뿌리의 분획물에는 약간의 극성을 띤 천연의 자외선 차단제가 다량 함유되어 있음을 확인하였다.

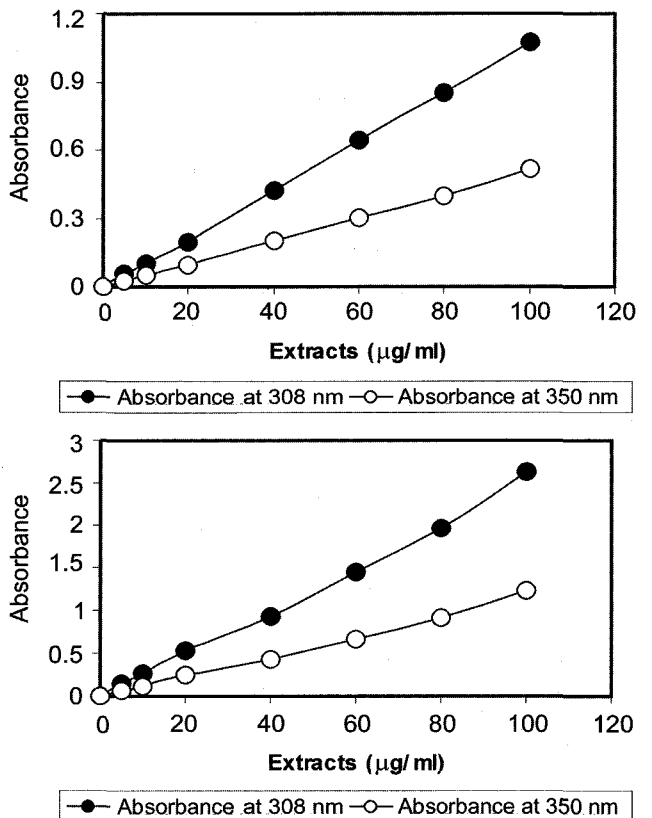
**산뽕나무 뿌리 용매분획물의 항산화효과** - DPPH 자유라디칼 소거활성에 의한 항산화 활성을 Table VI에 나타내었다. 에틸아세테이트 분획물의 항산화 활성(IC<sub>50</sub>: 15.0 µg/ml)이 가장 높은 항산화 활성을 나타내었으며 그 다음이 클로로포름 분획물(IC<sub>50</sub>: 25.0 µg/ml)이 높게 측정되었다. 모

**Table VI.** Antioxidant activity of solvent fractionations from the root of *Morus bombycis* Koidzumi on DPPH radical scavenging method

Fractions	Antioxidant activity (IC <sub>50</sub> <sup>1</sup> ) : µg
n-Hexane fr.	45.0
CHCl <sub>3</sub> fr	25.0
EtOAc fr.	15.0
n-BuOH fr.	57.5
Aqueous fr.	37.5
<b>Control antioxidants</b>	
BHT	5.4
Vitamin-C	4.2
α-Tocopherol	3.3

<sup>1</sup>)Amount required for 50% reduction of DPPH (0.04 mM) after 30 min.

든 분획물에서 항산화 효과가 나타났으며, 이로 미루어 보아서 극성 및 비극성 계통의 다양한 항산화제가 함유되어 있을 것으로 사료된다. 특히 에틸아세테이트 분획물의 경우 항산화 활성 뿐만 아니라 강력한 자외선 차단효과를 지니



**Fig. 3.** Concentration dependent UV B and UV A absorption properties of 80% ethanol extract and ethyl acetate fraction from the root of *Morus bombycis* Koidzumi.

고 있기 때문에 자외선 차단 및 피부보호 활성을 지닌 천연 기능성 화장품 원료로 매우 적합한 추출물로 사료된다.

## 요 약

산뽕나무의 생리활성 기능을 탐색하기 위하여 메탄올, 에탄올, 클로로포름, 80% 메탄올, 80% 에탄올 및 물 추출물을 조제하였고, 산뽕나무 뿌리의 80% 에탄올 추출물로부터 n-Hexane, CHCl<sub>3</sub>, EtOAc, n-BuOH 및 water 분획물을 제조하였다. 얻어진 추출물과 분획물에 대하여 DPPH 자유라디칼 소거법에 의한 항산화성 효과와 UVB 및 UVA 영역에서의 자외선 흡수 효과를 검토하였다. 산뽕나무 추출물의 수소전자공여능(IC<sub>50</sub>)을 측정된 결과, 추출물에서는 80% 메탄올 줄기 추출물, 80% 열매 추출물, 80% 뿌리 추출물, 80% 메탄올 잎 추출물에서 높은 항산화 활성을 나타내었다. 자외선 차단효과에서는 80% 에탄올 뿌리 추출물 및 80% 메탄올 추출물에서 매우 높은 자외선 흡수력이 높게 측정되었다. 항산화 효과 및 자외선 차단효능이 탁월한 산뽕나무 뿌리의 80% 에탄올 추출물을 대상으로 용매 분획물을 제조하였다. 에틸아세테이트 분획물(IC<sub>50</sub>: 15.0 µg/ml)이 가장 우수한 항산화 효과를 나타내었으며, 자외선 차단효과에서도 에틸아세테이트 분획물(E%cm: 223.4)이 자외선 B영역에서 매우 높은 흡수력을 나타내었다. 현재 산뽕나무 뿌리의 에틸아세테이트 분획물을 대상으로 활성물질의 분리 및 구조규명에 관한 연구를 진행중에 있다.

## 사 사

본 연구는 2003년도 농림기술관리센터 첨단기술개발사업 공모과제 연구비에 의해 이루어진 것이며 이에 감사드립니다.

## 인용문헌

1. Harman, D. (1956) Aging : a theory based on free radical and radiation chemistry. *J. Gerontol.* **11**: 298-300.
2. Richter, C., Park, J. W., and Ames, B. N. (1988) Normal oxidative damage to mitochondrial and nuclear DNA is extensive. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **85**: 6465-6467.
3. Oliver, C. N., Ahn, B. W., Moerman, E. J., Golgstein, S., and Stdtman, E. R. (1987) Age related changes in oxidized proteins. *J. Biol. Chem.* **262**: 5488-5491.
4. Brunk, U. T., Jones, C. B., and Sohal, R. S. (1992) A novel hypothesis of lipofuscinogenesis and cellular aging based on interactions between oxidative stress and autophagocytosis. *Mutat. Res.* **275**: 395-403.

5. Bryce, G. F. (1993) The effects of UV radiation on skin connective tissue. *In oxidative stress in Dermatology*, (J. Fuchs and L. Packer, eds), 105-125. Marcel Dekker, Inc., N. Y.
6. Black, H. (1987) Potential involvement of free radical reactions in ultraviolet light-mediated cutaneous damage. *Photochem. Photobiol.* **46**: 213-221.
7. Taira, H., Mimura, K., Yoneya, T., Hagi, A., Murakami, A., and Makino, K. (1992) Hydroxyl radical formation by UV-irradiated epidermal cells. *J. Biochem.* **111**: 693-695.
8. Dalle-Carbonare, M. and Pathak, M. A. (1992) Skin photosensitizing agents and the role of oxygen species in photoaging. *Photochem. Photobiol.* **14**: 105-124.
9. Jurkiewicz, B. A., Bissett, D. L., and Burtner, G. R. (1995) Effect of topically applied tocopherol on ultraviolet radiation-mediated free radical damage in skin. *J. Invest. Dermatol.* **104**: 484-488.
10. Witt, E. H., Motchnik, P., and Packer, L. (1993) Evidence for UV light as an oxidative stress in dermatology, (J. Fuchs and L. Packer, eds), 29-47. Marcel Dekker, Inc., N.Y.
11. Branen, A. L. (1975) Toxicological and biochemistry of butylated hydroxytoluene, butylated hydroxyanisole. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **52**: 59-63.
12. Fukuda, Y. and Nagata, M. (1986) Chemical aspects of the antioxidative activity of roasted sesame seed oil and the effect of using the oil for frying. *Agric. Biol. Chem.* **50**: 857-861.
13. Hudson, B. and Lewis, J. (1987) Polyhydroxyl flavonoid antioxidants for edible oil phospholipid as synergist. *Food Chem.* **19**: 537-541.
14. Omaye, S. T., Reddy, K. A., and Cross, C. E. (1977) Effect of butylated hydroxytoluene and other antioxidants on mouse lung metabolism. *J. Toxicol. Environ. Health* **3**: 829-836.
15. Lim, D. K., Choi, U., and Shim, D. H. (1996) Antioxidative activity of ethanol extract from Korean medicinal plants. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **28**: 83-89.
16. Kim, H. K., Kim, Y. E., Do, J. R., Lee, Y. C., and Lee, B. Y. (1995) Antioxidative activity and physiological activity of some Korean medicinal plants. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **27**: 80-85.
17. Cha, J. Y. and Cho, Y. S. (1999) Effect of potato polyphenolics on lipid peroxidation in rats. *J. Kor. Soc. Food Nutr.* **28**: 1131-1136.
18. Kim, M. H., Kim, M. C., Park, J. S., Park, E. J., and Lee, J. O. (1999) Determination of antioxidants contents in various plants used as tea materials. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **31**: 273-279.
19. 김지영, 맹영선, 이기영(1995) 다양한 용매를 이용한 대두 추출물의 항산화 효과. *Korean J. Food Sci. Technol.* **27**: 635-639.
20. 서영호, 김인종, 이안수, 민황기(1999) 찹옥수수외전자공여

- 작용과 페놀성화 Tocophrol 및 Carotenoids의 함량. *Korean J. Food Sci. Technol.* **31**: 591-585.
21. Bobin, M. F., Raymond, M., and Martini, M. C. (1994) UVA and UVB absorption properties of natural products. *Cosmetics & Toiletries* **109**: 63-70.
  22. 이기동, 김정숙, 배재오, 윤형식(1992) 속의 물추출물과 에테르추출물의 항산화 효과. *한국영양식량학회지* **21**: 17-22.
  23. 이미현, 정재홍, 오만진(1992) 도토리 gallic acid의 항산화성. *한국영양식량학회지* **21**: 693-700.
  24. 최홍식, 이정수, 문갑순, 박건영(1993) 양조간장에서 리한 갈색물질의 항산화성. *한국영양식량학회지* **22**: 565-569.
  25. 지청일, 변한석, 강진훈, 이태기, 김선봉, 박영호(1992) 식물대두유에 대한 향신료 추출물의 항산화작용. *한국영양식량학회지* **21**: 551-556.
  26. 여생규, 안철우, 이용우, 이태기, 박영호, 김선봉(1995) 녹차, 오롱차 및 홍차 추출물의 항산화 효과. *한국영양식량학회지* **24**: 299-304.

(2004년 6월 21일 접수)