

Antioxidant and Antiobesity Activity of Natural Color Resources

Cho-Rong Hwang¹, Hyun-Min Tak¹, Min-Jung Kang¹, Hwa-Jin Suh², Oh-Oun Kwon² and Jung-Hye Shin^{1*}

¹Namhae Garlic Research Institute, Gyeongnam 668-812, Korea

²Gyeongbuk Natural Color Industry Institute, Gyeongbuk 770-060, Korea

Received April 7, 2014 / Revised May 27, 2014 / Accepted June 10, 2014

This study investigated the antioxidant and antiobesity activity of extract powders from the following natural color resources: *Polygonum indigo*, Black locust, Cochineal, Catechu, Grape, Tesu flower, Henna, Chrysanthemum, Sandalwood Red, Himalayan Rhubarb, and Madder. Total phenol content was the highest in Catechu extract, at 348.25 mg/g. DPPH, ABTS radical scavenging activity and ferric reducing antioxidant power (FRAP) were also higher in Catechu extract. Bleaching inhibition activity in the β -carotene linoleic acid system was the highest in Black locust extract, as was α -Glucosidase inhibition activity. α -Amylase inhibition activity was the highest in Catechu extract. Trypsin inhibition activity of Black locust extract was greater than 60%, and α -chymotrypsin inhibition activity of Catechu extract was greater than 40%. Lipase inhibition activity was the highest Black locust extract, at 52.73%. Viability of 3T3-L1 cells was not affected by treatment with extracts at concentrations of 1.25~25 μ g/ml. Lipid accumulation in the 3T3-L1 cells was the lowest following treatment with Catechu extract, at 55.8%, and this extract also inhibited adipocyte differentiation. These results suggest that the Catechu and Black locust extracts have high antioxidant and antiobesity activities and can be useful ingredients in functional foods.

Key words : Antiobesity, antioxidant activity, lipid accumulation, natural color resource

서론

최근 자연친화적인 생활과 환경에 대한 관심이 높아지면서 직물염색에만 활용이 국한되었던 천연색소가 식품, 화장품, 비누, 모발 염색 및 페인트 등 다양한 소재로서 이용되고 있으며, 더욱이 합성색소의 발암성과 인체에 독성을 갖는 등 안전성이 제기됨에 따라 안전성과 생리학적 기능성을 가진 천연식물 유래의 색소 소재에 대한 관심이 더욱 증대되고 있다[5]. 천연색소 이용에 관한 연구로서 홍국, 홍화, 코치닐 및 치자 색소를 이용한 립메이크업 개발 연구[30], 명계껌질 카로티노이드를 이용한 화장품 원료 가능성 평가 연구[49], 천연색소를 이용한 색한지 개발 연구[20], 천연색소를 첨가한 음료[14], 소스[16], 식빵[39], 동치미 관련 연구[25] 등이 보고되어 있다. 그러나 이러한 활용 가능한 천연색소 소재들의 생리 기능성에 관한 실증적 연구가 뒷받침되지 못하고 있는 실정이므로 이에 대해 좀 더 체계적인 연구가 필요하다.

천연색소는 동식물체에 널리 존재하는 것으로서 안토시아닌계 색소인 적자색과 흑색계열, 카로티노이드계 색소인 황색

계열, 클로로필계 색소인 녹색계열, 플라보노이드계의 황색계열로 크게 나눌 수 있는데[6], 최근 이들 색소 성분의 다양한 생리활성이 규명됨에 따라 식품소재로 이들을 이용하기 위한 연구들이 추진되고 있다. 적자색을 띠는 안토시아닌 색소는 우수한 항산화성을 지닌 기능성 물질로서 항암, 항바이러스 및 면역증강 등에 효과가 있는 것으로 보고되어 있고[8, 26], β -카로틴, 라이코펜 등과 같은 카로티노이드 색소는 비타민 A로서의 작용 및 전립선암을 예방하며[13], 것으로부터 추출한 클로로필 색소 또한 강력한 항산화 효과를 가지는 것으로 보고되고 있다[45].

본 연구에서 사용한 천연색소 소재로 쪽(*Polygonum indigo*, *Persicaria tinctorium*)은 인디고라 불리는 불용성의 청색 색소로서 쪽에 함유된 인디고 및 인디루빈 물질은 항균 및 항암효과가 있다[1]. 아카시나무(Black locust, *Robinia pseudoacacia* L.)는 탄닌 성분이 다량 함유되어 있어 식용뿐 아니라 염료, 잉크, 약품 등 다양한 소재로 이용되고 있으며, 코치닐(Cochineal, *Dactylopius coccus costa*)은 선인장에 기생하는 연지충 암컷에서 얻는 붉은색 동물성 색소로서 카르민산을 주성분으로 하여 식품착색료 및 화장품 원료로 이용되는 것으로 알려져 있다[17]. 아선약(Catechu, *Uncaria gambir Roxburgh*, *Acacia catechu*)은 주색소인 카테콜 탄닌의 산화반응에 의해 생성되는 갈색 효소 중합체로 황색포도상구균 및 폐렴균에 대한 항균활성이 뛰어나며[35], 아선약의 폴리페놀류 성분들은 항암, 콜레스테롤 저하 및 해독작용 등에도 효능을 가지는 것으로 보고[36]되어 있다. 포도(Grape, *Vitis vinifera* L.)과피는

*Corresponding author

Tel : +82-55-860-8947, Fax : +82-55-860-8960

E-mail : whanbee@hanmail.net

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

대표적인 안토시아닌 색소의 주원료로 향산화, 항균 및 체내 지질 개선에 효능이 있으며[2, 46], 국화(*Chrysanthemum*, *Chrysanthemum morifolium* Ramat flower)로 부터 추출한 색소 성분은 경구 독성 및 피부자극에 의한 부작용을 일으키지 않아 천연염료로 두루 사용되고 있는 것으로 알려져 있다[29]. 그 외에도 천연색소로 주로 사용하는 태수(*Tesu flower*, *Butea Frondosa* *Butea monosperma*), 헤나(*Henna*, *Lawsonia inermis* L.), 붉은백단향(*Sandalwood red*, *Pterocarpus santalinus*), 대황(*Himalyan rhubarb*, *Rheum rhubarbarum* L.), 서양쪽두서니(*Madder*, *Rubia akane* Nakai) 등 색소 11종에 대하여 향산화 및 항비만 활성을 비교 분석함으로써 향후 고부가 가치의 식품소재 및 비만 치료제 개발을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료 및 추출물의 제조

천연색소 소재로 쪽, 아카시아, 코치닐, 아선약, 포도과피, 태수, 헤나, 국화, 붉은백단향, 대황, 서양쪽두서니는 한약건재 상에서 건조된 것을 구입하여 시료로 사용하였다.

천연식물 소재로부터 색소 성분을 분리하고, 추출물을 제조하기 위하여 각각의 건조 시료 1 kg에 catalase (Biotouch® CAT200, AB Enzymes, Finland) 및 alcalase (Alcalase®, Novozymes, Denmark)를 1% 농도로 첨가하고 10 l의 물을 넣어 45°C에서 10시간 동안 반응시킨 후 80°C로 조절된 추출기(Cosmos660, Kyungseo, Korea)를 이용하여 2시간 동안 추출 하였다. 그 후 추출물을 여과하여 농축기(rotavapor R-220, Buchi, Switzerland)로 농축한 다음 분무건조기를 이용하여 분말화해 실험용 시료로 사용하였다.

총 페놀 함량 측정

총 페놀 함량은 Folin-Denis법[12]에 따라 각 추출물 1 ml에 Foline-Ciocalteau 시약 1 ml를 넣고 3분 후 10% Na₂CO₃ 용액 1 ml씩을 가한 후 혼합하여 실온의 암실에서 1시간 정지한 다음 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid (Sigma Co., USA)를 사용하여 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 검량선으로부터 총 페놀 함량을 계산하였다.

DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성 측정

DPPH 라디칼 소거활성은 Blois [4]의 방법에 따라 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)에 대한 전자공여 활성으로 나타내었다. 즉, 추출물과 DPPH 용액(5 mg/100 ml methanol)을 동량으로 혼합한 다음 실온에서 20분간 반응시킨 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다.

ABTS [2,2-azinobis-(3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulphonate)] 라디칼 소거활성은 Re 등[41]의 방법에 따라 7 mM의 ABTS 용액에 potassium persulfate를 2.4 mM이 되도록 용해시킨

다음 암실에서 12~16시간 동안 반응시킨 후 415 nm에서 흡광도가 1.5가 되도록 증류수로 조정된 ABTs 용액을 사용하였으며, ABTs 용액에 동량의 시료액을 혼합하여 실온에서 10분간 반응시켜 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 라디칼 소거활성은 시료 무침가구에 대한 시료침가구의 흡광도비로 계산하여 그 활성이 50% 감소되는데 필요한 시료의 농도(inhibition concentration, IC₅₀, µg/ml)로서 표기하였다.

β-carotene linoleic acid system을 이용한 항산화 활성 측정

β-carotene 10 mg을 chloroform 10 ml에 용해시킨 후 linoleic acid 40 mg 및 tween-40 400 mg을 혼합하고 40°C에서 감압 농축하여 chloroform을 제거하였다. 잔류 emulsion에 3차 증류수를 가하여 100 ml로 만든 다음 기질액으로 사용하였다. 시료 20 µl 및 기질액 200 µl를 반응시킨 다음 490 nm에서 흡광도를 측정하고, 37°C에서 30분 반응시킨 후에 한번 더 흡광도를 측정하였으며, 대조구는 시료대신 증류수를 사용하였다. 계산식은 [1-(시료구 감소율/대조구 감소율)]×100을 사용하였으며 IC₅₀값으로 최종 표기하였다[34].

FRAP(Ferric Reducing Antioxidant Power)법에 의한 환원력 측정

FRAP법에 의한 항산화 활성은 Benzie와 Strain [7]의 방법에 따라 300 mM acetate buffer (pH 3.6), 40 mM HCl에 용해한 10 mM TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine) 용액 및 20 M ferric chloride를 각각 10:1:1 (v/v/v)의 비율로 혼합하여 37°C의 수욕상에서 가온한 것을 FRAP 기질액으로 사용하였다. 96 well plate에 시료액 40 µl, FRAP 기질액 100 µl 및 증류수 40 µl를 차례로 혼합하여 37°C에서 4분간 반응 시킨 후 593 nm에서 흡광도를 측정하였으며, ferrous sulfate를 표준물질로 하여 얻은 표준검량선으로부터 계산하였다.

효소 저해활성 측정

α-glucosidase 저해활성 측정

Watanabe & Kawabata [50]의 방법에 따라 10 mg/ml 농도의 시료액 10 µl를 0.7 unit/ml α-glucosidase 효소액 50 µl와 혼합하여 405 nm에서 반응전의 흡광도를 측정하였다. 5분간 실온에 방치하고 기질액 5 mM pNPG (p-nitrophenyl-α-glucopyranoside) 50 µl를 가하여 37°C에서 5분간 반응시킨 후, 다시 흡광도를 측정하여 반응전후의 흡광도 값 변화로부터 효소 저해활성을 계산하였다.

α-amylase 저해활성 측정

Pancreatin 기원의 α-amylase 저해활성은 Lim 등[32]의 방법을 변형하여 시료액 50 µl에 1 unit/ml의 α-amylase 효소액 250 µl와 50 mM potassium phosphate buffer (pH 6.9) 250 µl를 혼합하여 37°C에서 10분간 반응시킨 후 0.5% starch를

500 μ l 가하여 다시 37°C에서 10분간 반응시켰다. 반응액에 48 mM DSN (3,5-dinitrosalicylic acid, 30% potassium sodium tartrate in 0.5 M NaOH) 발색시약 500 μ l를 넣고 100°C에서 15분간 끓여 반응을 중지시킨 후 냉각하고 증류수를 3 ml를 가하여 희석시켰다. 이때 각 blank로는 효소액 첨가 후 기질을 넣기 전에 DNS 발색시약을 먼저 넣은 것을 사용하였다. 반응액은 540 nm에서 흡광도를 측정하여 각 blank와의 차이를 구한 후 대조군과 비교하여 저해율을 계산하였다.

Trypsin 저해활성 측정

Trypsin 저해활성은 Jang와 Jeong [19]의 방법에 따라 0.01%가 되도록 10 mM sodium acetate buffer (pH 7.5)에 용해한 trypsin 0.015 ml에 시료액 0.185 ml을 혼합하여 37°C에서 10분간 반응시켰다. 여기에 3% azocasein 0.8 ml을 첨가하여 37°C에서 30분간 더 반응시킨 뒤 110 mM trichloroacetic acid (TCA) 1.0 ml을 첨가하여 반응을 정지시켰다. 상온에서 15분간 반응액을 정지하여 단백질을 침전시키고 10,000 \times g에서 20분간 원심분리한 뒤 상등액 1.2 ml에 1 N NaOH 1.4 ml을 혼합하여 440 nm에서 흡광도를 측정하여 각 blank와의 차이를 구한 후 대조군과 비교하여 저해율을 계산하였다.

α -Chymotrypsin 저해활성 측정

α -Chymotrypsin 저해활성은 0.01% α -chymotrypsin 0.04 ml에 시료액 0.16 ml을 혼합하여 37°C에서 10분간 반응시킨 뒤 3% azocasein 0.8 ml을 첨가하여 37°C에서 30분간 다시 반응시켰다. 여기에 110 mM TCA 1.0 ml을 첨가하여 반응을 정지시킨 다음 10,000 \times g에서 20분간 원심분리하여 얻어진 상등액 1.2 ml에 1 N NaOH 1.4 ml을 혼합한 후 440 nm에서 측정된 흡광도 값을 대조군과 비교하여 저해율을 계산하였다[19].

Lipase 저해활성 측정

Lipase 저해효과 측정은 Saisuburamaniyan 등[47]의 방법을 변형하여 시료액 0.25 ml에 800 unit/ml lipase 0.5 ml과 0.05 M potassium phosphate buffer (pH 6.5) 0.5 ml을 혼합하여 37°C에서 15분간 전 처리한 후 10% isoctane에 용해시킨 olive oil 1.25 ml을 첨가하여 37°C에서 20분간 반응시켰다. Acetone 5 ml로 반응을 정지시킨 후 5% cupric acetate 1 ml을 첨가하여 혼합한 뒤 상온에서 정지시킨 다음 상층액 1 ml을 취해 720 nm에서 흡광도를 측정하여 대조군과 비교해 저해율을 계산하였다.

3T3-L1 세포에서 항비만 활성 측정

세포배양 및 분화

실험에 사용된 지방전구세포인 3T3-L1 세포는 American type culture collection (ATCC, USA)에서 분양받아 10% bovine calf serum (BCS, Hyclone, USA), 1% penicillin/streptomycin (Sigma, USA)을 첨가한 DMEM (Gibco, Germany) 배지를 사용하여 37°C, 5% CO₂ 조건에서 배양하였다. 3T3-L1

세포가 confluent한 상태가 되면 10% fetal bovine serum (FBS, Hyclone, USA), 1 μ M dexamethasone (Sigma, USA), 0.5 mM methylisobutylxanthine (IBMX, Sigma, USA), 10 μ g/ml insulin (Gibco, USA)을 포함하는 DMEM 배지로 교환한 후 3일 동안 지방세포 분화를 유도하였다. 그 후 2일 간격으로 10% FBS, 1% penicillin/streptomycin, 10 μ g/ml의 insulin이 포함된 DMEM 배지를 이용하여 각 시료 추출물을 2.5 μ g/ml의 농도로 처리한 다음 분화가 완성되는 시점에서 insulin을 포함하지 않은 DMEM 배지로 교환하여 분화시켰다.

3T3-L1 세포에 대한 세포독성 및 지방축적율 평가

시료 추출물이 3T3-L1 세포의 생존율에 미치는 영향을 확인하기 위해 MTT (3-(4,5-dimethylthiazole-2-yl)-2,5-di-phenyl-tetrazolium bromide) assay 수행하였다. 96 well plate에 3T3-L1 세포를 5 \times 10⁴ cells/well 농도로 37°C, 5% CO₂ 조건에서 24시간 배양한 후 각 시료 추출물을 농도별(1.25~25 μ g/ml)로 처리하여 24시간 동안 다시 배양하였다. 그 후 5 mg/ml의 MTT 시약을 10 μ l씩 처리하여 2시간 동안 배양시킨 후 상층액을 제거하고 dimethyl sulfoxide (DMSO, AMEESCO, USA)를 100 μ l 넣어 10분간 교반한 다음 ELISA reader기를 이용하여 570 nm에서 흡광도를 측정하였다.

3T3-L1 세포에 대한 시료 추출물의 지방세포 분화 억제 효과는 Oil red-O staining법으로 측정하였다. 분화된 세포를 먼저 PBS로 세척한 다음 10% formalin으로 1시간 동안 고정하였다. 고정액을 제거하고 60% isopropanol로 2회 세척한 후 Oil red-O solution를 첨가하여 20분간 실온에서 염색하였다. 염색된 세포는 100% isopropanol을 첨가하여 염색된 지방을 추출한 다음 ELISA reader를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계처리

각 실험은 3~5회 반복 실험한 결과에 대하여 SPSS 12.0을 사용하여 통계처리 하였으며, 각각의 시료에 대해 평균 \pm 표준편차로 나타내었다. 각 시료군에 대한 유의차 검정은 분산분석을 한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple test에 따라 분석하였다.

결과 및 고찰

천연색소 소재 중 총 페놀 함량

페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물의 하나로 구조와 분자량이 다양하며, phenolic hydroxyl기를 가지기 때문에 단백질을 비롯한 다른 거대 분자들과 쉽게 결합하여 항산화, 항염증, 항암 및 항고혈압 등의 여러 생리적 기능을 나타내는 것으로 보고된 바 있다[27].

천연색소로 사용되는 식물류의 총 페놀 함량을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 천연색소 중 아신약 추출물이 348.25 mg/g

Table 1. Total phenolic contents of various color resource from natural plants

Samples	Color	Total phenolic contents
Polygonum indigo (<i>Persicaria tinctorium</i>)	Blue	3.26±0.12 ^A
Black locust (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	Yellow	193.56±1.60 ^I
Cochineal (<i>Dactylopius coccus costa</i>)	Red	62.88±1.03 ^F
Catechu (<i>Uncaria gambir</i> Roxburgh)	Brown	348.23±0.74 ^J
Grape (<i>Vitis vinifera</i> L.)	Purple	76.18±0.37 ^G
Tesu flower (<i>Butea Frondosa Butea monosperma</i>)	Yellow	58.48±0.70 ^E
Henna (<i>Lawsonia inermis</i> L.)	Yellow	30.64±0.21 ^C
Chrysanthemum (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat flower)	Brown	33.91±0.63 ^D
Sandalwood red (<i>Pterocarpus santalinus</i>)	Brown	3.23±0.18 ^A
Himalyan rhubarb (<i>Rheum rhabarbarum</i> L.)	Yellow	79.58±1.62 ^H
Madder (<i>Rubia akane</i> Nakai)	Yellow	11.12±0.55 ^B

Each value represents mean ± SD, n=3.

^{A-J}Means with different superscript in the same column are significantly different at $p < 0.05$.

으로 가장 높게 정량되었으며, 다음으로 아카시아 193.56 mg/g, 대황 79.58 mg/g 및 포도과피 76.18 mg/g 추출물 순으로 높게 나타났다. 코치닐과 태수 추출물은 각각 62.88 mg/g 및 58.48 mg/g이었으며, 쪽과 붉은백단향 추출물은 각각 3.23 mg/g과 3.26 mg/g으로 매우 낮은 함량이었다.

Woo 등[51]은 항산화 활성을 나타내는 천연소재 중 캐모마일, 각시취 및 기생초 등에서 22.5~74.0 mg/g의 폴리페놀이 함유되어 있음을 보고하였으며, Park 등[38]은 지유, 진피, 천련자 등 7종의 약용식물의 총 페놀함량을 측정된 결과 1.9~31.5 mg/g을 나타내었다고 보고하였다. 이들 결과와 본 연구 결과를 비교하여 볼 때 아선약, 아카시아, 대황 및 포도과피 추출물 등의 페놀함량이 더 높은 것으로 나타났다. 또 천연색소로 사용되는 빈랑자 추출물의 총 페놀 함량이 9.66 mg/g이었다는 연구결과[9]와 비교할 때 본 연구의 아선약 추출물의 총 페놀함량이 월등히 높음을 알 수 있다.

한국에 자생하는 약용식물의 경우 총 페놀 함량이 30 mg/g 이상이면 뛰어난 항산화 활성을 나타낸다고 하였는데[18], 본 연구의 아선약, 아카시아, 대황 및 포도과피 등의 천연색소 추출물은 30 mg/g 이상의 총 페놀을 함유하고 있어 상당한 항산화 활성을 보일 것으로 추측되며, 인체 내 생리활성의 증강에도 유익할 것으로 사료된다.

천연색소 소재의 항산화 활성

Table 2와 같이 다양한 천연염색 원료 식물에 대한 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성을 IC₅₀값으로 측정된 결과, DPPH 라디칼 소거활성은 아선약과 아카시아 추출물이 각각 34.32 µg/ml 및 67.48 µg/ml로 높은 라디칼 소거활성을 나타내었으며, 다음으로 포도과피와 태수 추출물 순으로 IC₅₀값은 각각 158.78 µg/ml 및 281.86 µg/ml이었다. 반면에 쪽, 코치닐 및 붉은백단향 추출물의 IC₅₀값은 고농도로 라디칼 소거활성이

Table 2. Antioxidant activity of various color resource from natural plants

(IC₅₀, µg/ml)

Samples	Radical scavenging activity		Antioxidant activity in β-carotene linoleic acid system
	DPPH	ABTS	
Polygonum indigo	7728.14±695.35 ^E	8805.97±307.82 ^F	16525.76±156.06 ^F
Black locust	67.48±2.79 ^{AB}	51.75±0.38 ^B	36.23±3.98 ^A
Cochineal	983.27±66.21 ^D	1210.49±49.83 ^D	153.12±7.40 ^{AB}
Catechu	34.32±1.74 ^A	19.66±0.50 ^A	107.06±18.24 ^A
Grape	158.78±20.02 ^{ABC}	125.81±8.69 ^{AB}	265.90±3.83 ^{AB}
Tesu flower	281.86±20.41 ^{ABC}	168.08±5.60 ^{AB}	103.47±6.15 ^A
Henna	413.24±4.55 ^{ABC}	259.04±7.19 ^B	5698.43±129.23 ^D
Chrysanthemum	437.19±9.43 ^{BC}	255.21±6.04 ^B	184.50±23.90 ^{AB}
Sandalwood Red	7853.59±395.57 ^E	5940.84±63.71 ^E	12493.65±497.35 ^E
Himalyan Rhubarb	522.42±10.68 ^C	129.76±3.34 ^{AB}	430.92±13.52 ^B
Madder	1004.37±36.41 ^D	954.53±21.61 ^C	785.28±20.72 ^C

IC₅₀ value in the concentration of sample required for 50% inhibition.

Each value represents mean ± SD, n=4.

^{A-F}Means with different superscript in the same column are significantly different at $p < 0.05$.

매우 낮은 것으로 나타났다.

ABTS 라디칼 소거활성은 DPPH 라디칼 소거활성과 유사한 경향으로 아선약 추출물의 IC₅₀값이 19.66 µg/ml로 가장 활성이 높았다. 다음으로 아카시아(51.75 µg/ml), 포도과피(125.81 µg/ml), 대황(129.75 µg/ml) 및 태수(168.08 µg/ml) 추출물의 순이었다. 헤나와 국화 추출물의 IC₅₀값은 각각 259.04 µg/ml 및 255.21 µg/ml로 비슷한 활성을 나타내었다.

Labuza [33]는 일반적으로 천연식물에 함유된 페놀 화합물은 유해한 라디칼에 수소를 공여하여 라디칼을 제거함으로써 체내의 산화를 억제하게 되는데, 총 페놀 함량이 높을수록 항산화 활성이 증가되는 것으로 보고하였다. Boo 등[6]은 식물성 천연색소원의 전자공여능을 측정된 결과, 총 페놀 함량이 높았던 적양배추, 양파껍질, 포도과피, 오디 색소 추출물 등에서 높은 소거활성이 있음을 보고하였다. Kim 등[26]은 검정콩에서 분리한 안토시아닌 색소의 DPPH 라디칼 소거능을 측정된 결과, α-토코페롤과 유사한 항산화력을 가지며, 특히 안토시아닌의 함량이 높을수록 DPPH 라디칼 소거활성이 증가됨을 보고하였는데, 상기의 보고들로 미루어 볼 때, 본 실험의 천연색소들이 지닌 라디칼 소거활성도 총 폴리페놀 함량이 기여하는 바가 큰 것으로 생각된다.

β-carotene linoleic acid system을 이용한 항산화 활성 측정법은 β-carotene의 황색이 lipid peroxy radical (LOO·)의 첨가에 의하여 탈색 되는 정도를 측정함으로써 산화 정도를 측정하는 방법이다[11]. 다양한 천연식물로부터 추출한 색소성분이 β-carotene linoleic acid system계에서 항산화 활성에 미치는 영향을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 천연색소 중 아카시아 추출물의 항산화 활성이 가장 높으며, 다음으로 태수, 아선약, 코치닐, 국화 추출물 순으로 활성이 우수하였다.

항산화 활성이 좋다고 알려진 블루베리와 라즈베리 추출물의 β-carotene 탈색방지 효과는 10 mg/ml 농도에서 각각 53.80%와 36.41%였으며[21], 유자과피 열수 추출물은 10,000 µg/ml 농도에서 24.40~38.17%의 활성을 나타내었다고 보고되어 있는데[43], 본 연구의 아카시아, 태수 및 아선약 추출물 등은 이들 추출물에 비해 활성이 월등히 높음을 알 수 있다.

천연색소 소재의 FRAP(Ferric Reducing Antioxidant Power)법에 의한 환원력

500 µg/ml 농도로 조절된 천연색소 식물류의 항산화 활성을 FRAP법으로 측정된 결과는 Table 3과 같다. 식물체의 환원력은 페놀화합물의 함량에 비례하며[48], FRAP법에 의한 환원력도 시료의 총 페놀 함량이 높을수록 활성이 높다고 보고되어 있는데[31], 본 연구에서도 총 페놀의 함량이 높았던 아선약(937.27 µM) 및 아카시아(781.71 µM) 추출물의 활성이 타 시료에 비해 월등히 높았다. 특히 아선약 추출물은 포도과피, 태수 및 대황 추출물에 비해서는 약 2배 이상 높은 활성을 나타내었다. 이에 비해 쪽, 붉은백단향 및 서양꽃두서니 추출

Table 3. Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) of various color resource from natural plants (FeSO₄·7H₂O eq µM)

Samples	FRAP
Polygonum indigo	2.19±0.54 ^A
Black locust	781.71±5.68 ^H
Cochineal	90.03±6.99 ^C
Catechu	937.27±9.93 ^I
Grape	447.68±4.45 ^G
Tesu flower	317.90±4.10 ^F
Henna	164.56±2.89 ^D
Chrysanthemum	168.80±2.19 ^D
Sandalwood red	3.00±0.20 ^A
Himalyan rhubarb	249.24±8.52 ^E
Madder	61.50±1.68 ^B

Each value represents mean±SD, n=4

^{A-I}Means with different superscript in the same column are significantly different at *p*<0.05.

물은 항산화 활성이 낮았다.

Oh와 Imm [37]은 포도과피로부터 추출한 색소 추출물을 FRAP법으로 항산화능을 평가한 결과, 800 µM 이상의 높은 항산화 활성이 있는 것으로 보고하였는데, 본 실험의 포도과피 추출물은 447.68 µM로 낮은 결과였다. 한편, Jeon 등[22]의 보고에서 참취 추출물은 500 µg/ml 농도에서 581 µM의 FRAP 활성을 나타내었으며, Ryu 등[42]은 개뽕속의 잎과 줄기 추출물을 1000 µg/ml 처리시 각각 133.56 µM과 78.76 µM의 FRAP 값을 보인다고 보고한 바 있다.

천연색소 소재의 탄수화물 소화효소 저해효과

α-glucosidase 및 α-amylase 저해효과 측정을 위해 색소원료 식물류 중 아선약, 아카시아, 포도과피, 태수, 헤나 및 대황 추출물과 대표적인 혈당강화제로 시판되고 있는 acarbose를 비교한 결과는 Table 4와 같다. α-glucosidase에 대한 저해효과를 측정된 결과, 모든 추출물에서 acarbose (16.06%)보다 높은

Table 4. α-Glucosidase and α-amylase inhibition activity of various color resource from natural plants

Samples	α-Glucosidase	α-Amylase
Catechu	81.49±0.60 ^E	64.53±0.98 ^E
Black locust	93.93±0.01 ^F	60.74±0.13 ^D
Grape	73.82±1.73 ^D	51.32±0.12 ^C
Tesu flower	30.51±0.53 ^C	27.33±0.45 ^A
Henna	19.78±0.07 ^B	25.74±2.45 ^A
Himalyan rhubarb	72.28±1.55 ^D	49.35±0.22 ^B
Acarbose	16.06±0.15 ^A	48.15±0.35 ^B

Treatment concentration of sample: 10 mg/ml

Each value represents mean±SD, n=5.

^{A-E}Means with different superscript in the same column are significantly different at *p*<0.05.

활성을 나타내었는데, 특히 아카시아 추출물이 93.93%로 가장 높은 저해율을 보였으며, 다음으로 아선약이 81.49%, 포도과피는 73.82%, 대황은 72.28%로 활성이 높았고, 헤나는 19.78%로 가장 활성이 낮았다.

α -amylase에 대한 저해효과를 측정한 결과, 아선약 추출물이 64.53%로 가장 높은 저해율을 나타내었으며, 다음으로 아카시아, 포도과피 및 대황 추출물 순으로 acarbose보다 높은 수준이었다. 반면, 태수와 헤나 추출물은 30% 미만으로 acarbose보다도 저해 활성이 낮았다.

시판되고 있는 acarbose는 장기간 복용할 경우 일부 환자에 있어서 복부팽만감, 구토, 설사 등 부작용을 나타낼 수 있어 그 사용이 제한되어, 이에 부작용이 적은 천연물로 부터 혈당 강하제를 찾으려는 연구가 활발히 진행되고 있는데, 그 예로 Park 등[40]은 10 mg/ml 농도의 비타민나무 부위별 추출물로 α -amylase 및 α -glucosidase에 대한 억제효과를 측정한 결과, α -amylase는 잎 추출물이 54.7%, α -glucosidase는 줄기 추출물이 93%의 높은 억제율을 나타낸 것으로 보고하였다. Hwang & Han [15]은 조릿대 용매분획별 추출물의 α -amylase 및 α -glucosidase 저해활성을 측정한 결과, 에틸아세테이트층에서 각각 56.31% 및 48.46%로 가장 높았다고 보고하였다.

본 연구 결과 acarbose보다 활성이 우수한 아선약과 아카시아 추출물은 탄수화물의 소화과정에서 α -amylase와 α -glucosidase에 의한 단당류 생성을 저해함으로써 식사 후 혈당이 급격히 상승하는 등의 증상에 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

천연색소 소재의 단백질 및 지방 소화효소 저해효과

식물류 색소원료의 trypsin, α -chymotrypsin 및 lipase에 대한 저해효과를 측정한 결과는 Table 5와 같다. Trypsin에 대한 저해활성은 아카시아 추출물이 61.48%로 가장 높았고, 다음으로 아선약 추출물에서 56.83%의 저해활성을 나타내었다. 포도과피와 헤나 추출물은 40% 미만, 태수와 대황 추출물은 10% 미만으로 낮은 활성을 나타내었다. α -chymotrypsin의 저해활

Table 5. Trypsin, α -chymotrypsin and lipase inhibition activity of various color resource from natural plants (%)

Samples	Trypsin	α -chymotrypsin	Lipase
Catechu	56.83±1.56 ^D	40.47±2.13 ^D	5.36±0.49 ^B
Black locust	61.48±3.17 ^E	17.67±0.47 ^A	52.73±1.16 ^F
Grape	25.76±1.86 ^B	24.73±0.27 ^B	37.30±1.29 ^E
Tesu flower	5.11±0.95 ^A	ND	23.90±0.67 ^D
Henna	33.02±2.00 ^C	32.64±4.71 ^C	21.01±0.81 ^C
Himalyan rhubarb	7.26±2.70 ^B	ND	1.39±0.49 ^A

Treatment concentration of sample: 10 mg/ml
Each value represents mean ± SD, n=5.

^{A-F}Means with different superscript in the same column are significantly different at $p < 0.05$.

ND: Not detected

성은 trypsin 저해활성과 상이한 경향으로 아선약 추출물이 40.47%로 가장 높았고, 다음으로 헤나 추출물이 32.64%였다. 반면 아카시아 추출물은 20% 미만으로 활성이 낮아 포도과피 추출물보다도 활성이 낮았다.

Bitou 등[3]은 페놀성 물질은 효소나 단백질과 공존할 때 수소결합과 같은 상호작용을 통해 강한 복합체를 만들어 침전함으로써 효소의 활성을 저해한다고 보고하였다. Jung 등[23]은 감태 추출물의 trypsin 저해활성을 측정한 결과, 5 mg/ml 농도에서 76%로 positive control로 사용한 soybean trypsin inhibitor와 유사한 활성을 보였는데, 이는 페놀화합물 및 수용성 물질 등에 의한 것으로 보고하였다. 상기의 연구보고로 미루어 볼 때, 본 실험의 결과에서 단백질 분해 저해 활성도 페놀 함량이 높았던 시료에서 그 활성이 높았다. 따라서 색소원료 중 아카시아와 아선약추출물은 trypsin과 α -chymotrypsin과 같은 단백질 분해효소를 저해함으로써 체내에서 분해되는 단백질의 양을 감소시켜, 과잉으로 흡수되는 단백질의 양을 제한하여 체중조절에 영향을 줄 것으로 생각된다.

식물류 색소원료의 pancreatic lipase의 저해활성을 측정한 결과 아카시아 추출물이 52.73%로 유의적으로 가장 높은 저해 활성을 나타내었으며, 다음으로 포도과피가 37.30%로 나타났다. 태수와 헤나 추출물은 각각 21.01%와 23.90%로 비슷한 활성을 나타내었으며, 아선약과 대황 추출물은 10% 미만으로 활성이 낮았다.

Kim 등[28]은 지층이 에탄올 및 물 추출물의 lipase 저해활성을 측정한 결과, 12.72~37.37% 범위로 나타났으며, Jung 등[24]은 감태 물 추출물을 1~5 mg/ml로 처리하여 lipase 저해 활성을 측정한 결과 19~54%의 범위를 나타낸 것으로 보고하였다. Bitou 등[3]은 54종의 해조류 중 27종의 해조류가 43~100%의 lipase 저해활성을 가지는 것으로 확인하였는데, 이는 해조류에 포함되어 있는 tannin과 같은 폴리페놀 화합물에 의한 것으로 보고하였다.

3T3-L1 세포를 통한 천연색소 소재의 항비만 활성 측정

3T3-L1 세포에 대한 천연식물 색소 원료의 세포독성을 평가한 결과는 Table 6과 같다. 각 시료 추출물을 농도별로 처리한 결과 1.25 μ g/ml 농도에서는 대조군과 비교하여 94.4~115.5%의 생존율을 보였고, 2.5 μ g/ml 농도에서는 84.2~101.9%의 생존율을 보여 처리 농도가 증가함에 따라 세포의 생존율이 약간 감소하는 경향이였다. 고농도인 25 μ g/ml 농도에서는 아선약, 태수 및 헤나 추출물은 90% 이상의 생존율을 나타내었으나, 아카시아, 포도과피 및 대황 추출물의 세포 생존율은 90% 미만으로 여타 시료에 비해 낮았다. 이 결과를 토대로 3T3-L1 세포에 대한 시료의 처리 농도는 2.5 μ g/ml 미만이 적합할 것으로 판단되어 지방세포 분화 억제 측정을 위한 시료의 농도로 결정하였다.

3T3-L1 세포에 대한 천연색소 시료 추출물의 지방 축적율

Table 6. Cell viability of 3T3-L1 mature adipocytes treated with various color resource from natural plants

Samples	Sample concentration (µg/ml)				
	Control	1.25	2.5	12.5	25.0
Catechu	100±1.7	107±10.4	101.9±6.5	99.1±5.3	97.6±4.3
Black locust	100±8.3*	94.4±3.1*	84.2±8.5*	81.7±9.8*	81.1±8.8*
Grape	100±7.5	105.5±8.6	89.4±10.7*	88.4±11.8*	85.9±14.0*
Tesu flower	100±6.0	115.5±12.3*	100.6±7.9	98.7±10.0	95.7±10.3
Henna	100±7.5	109.2±11.3*	94±14.0	91.5±11.6*	90.3±12.6*
Himalyan rhubarb	100±3.9	97.9±5.9	94±6.9*	92±9.0*	89.8±9.0*

Means with * mark in the same column are significantly different of compared with control and natural color resource extracts (1.25~25 µg/ml) at $p < 0.05$.

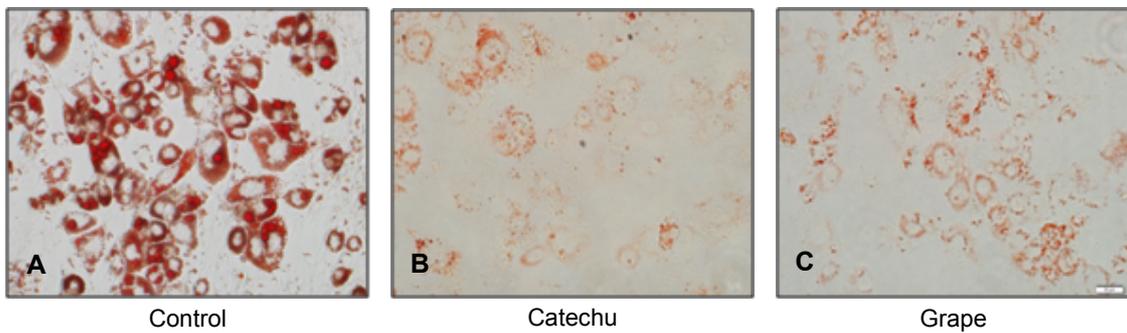


Fig. 1. Effect of control (A) and of catechu (B) and grape (C) extracts on differentiation and adipogenesis in adipocytes.

을 평가한 결과(Table 7) 아선약 추출물이 55.8%로 가장 낮아 지방세포 분화 억제 효과가 가장 높았고, 다음으로 포도과피 추출물이 74.6%로 억제 효과가 높게 측정되었다. Fig. 1과 같이 Oil red-O staining 결과에서도 아선약과 포도과피 추출물에서 염색된 지방의 수가 크게 감소됨을 확인할 수 있었다. 반면, 헤나와 대황 추출물의 경우 대조군 보다 축적율이 높아 효과가 없는 것으로 나타났다.

Shin 등[44]은 삼백초 추출물을 75 µg/ml로 처리한 지방세포의 중성지방 양을 측정된 결과, 중성지방이 최대 75% 이상 감소되는 것으로 보고하였으며, Choi 등[10]은 지방세포에 참취 추출물을 10~100 µg/ml로 처리하였을 때 대조군과 비교

하여 농도 의존적으로 중성지방이 감소됨을 확인하였는데, 중성지방은 precursor fibroblast에서부터 지방세포로의 분화과정에서 생성되며, PPAR γ 및 C/EBP α 와 같은 중요한 adipogenic transcription factor들에 의해 조절되는 것으로 알려져 있다. 본 실험의 아선약 및 포도과피 추출물은 이들 추출물에 비해 활성이 더 높은 것으로 생각되며 이와 관련된 전사 인자 및 단백질 발현에 관련된 연구가 더 진행되어야 할 것으로 여겨진다.

References

1. Adachi, J., Mori, Y., Matsui, S., Takigami, H., Fujino, J., Kitagawa, H., Miller, C. A., Kato, T., Saeki, K. and Matsuda, T. 2001. Indirubin and indigo are potent aryl hydrocarbon receptor ligands present in human urine. *J Biol Chem* **276**, 31475-31478.
2. An, B. J. 2001. Effect of inhibition on glucosyltransferase and antimicrobial activity of polyphenol fraction of gallnut and red grape husk. *Korean J Food Preserv* **8**, 217-223.
3. Bitou, N., Ninomiya, M., Tsujita, T. and Okuda, H. 1999. Screening of lipase inhibitors from marine algae. *Lipids* **34**, 441-445.
4. Blois, M. S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* **181**, 1199-1200.
5. Boo, H. O., Shin, J. S., Hwang, S. J., Bae, C. S. and Park, S. H. 2012. Antimicrobial effects and antioxidative activities of the cosmetic composition having natural plant pigments.

Table 7. Lipid accumulation rate of 3T3-L1 mature adipocytes treated with various color resource from natural plants

Samples	Lipid accumulation rate (%)
Control	100±1.4
Catechu	55.8±19.7*
Black locust	92.6±5.2*
Grape	74.6±3.5*
Tesu flower	97.8±15.5
Henna	107.9±6.2*
Himalyan rhubarb	126.4±2.7*

Means with * mark in the same column are significantly different of compared with control and natural color resource extracts(2.5 µg/ml) at $p < 0.05$.

- Korean J Plant Res* **25**, 80-88.
6. Boo, H. O., Hwang, S. J., Bae, C. S., Park, S. H. and Song, W. S. 2011. Antioxidant activity according to each kind of natural plant pigments. *Korean J Plant Res* **24**, 105-112.
 7. Benzie, I. F. F. and Strain, J. J. 1996. The ferric reducing ability of plasma(FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal Biochem* **239**, 70-76.
 8. Chung, M. G. and Lim, J. D. 2012. Antioxidant, anticancer and immune activation of anthocyanin fraction from *Rubus coreanus* Miquel fruits (Bokbunja). *Korean J Med Crop Sci* **20**, 259-269.
 9. Cho, E. A., Cho, E. H., Choi, S. J., Park, K. H., Kim, S. Y., Jeong, Y. J., Ku, C. S., Ha, B. J., Jang, D. I. and Chae, H. J. 2011. Screening of anti-wrinkle resource from herbal medicinal extracts and stability test of its cosmetic products. *Korean J Med Crop Sci* **19**, 126-135.
 10. Choi, J. H., Park, Y. H., Lee, I. S., Lee, S. P. and Yu, M. H. 2013. Inhibition of adipogenesis in 3T3-L1 adipocytes with ethanol extracts of *Saururus chinensis*. *Korean J Food Sci Technol* **45**, 356-363.
 11. Choi, J. I., Kim, Y. J., Kim, J. H., Song, B. S., Yoon, Y., Byun, M. W., Kwon, J. H., Chun, S. S. and Lee, J. W. 2009. Antioxidant activities of the extract fractions from *suaeda japonica*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **38**, 131-135.
 12. Gutfinger, T. 1981. Polyphenols in olive oils. *JAOCS* **58**, 966-968.
 13. Hwang, E. S. and Bowen, P. E. 2004. Effects of tomatoes and lycopene on prostate cancer prevention and treatment. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **33**, 455-462.
 14. Hwang, Y., Lee, K. K., Jung, G. T., Ko, B. R., Choi, D. C., Choi, J. S. and Eun, J. B. 2004. Manufacturing of watermelon beverage added with natural color extracts. *Korean J Food Sci Technol* **36**, 226-232.
 15. Hwang, J. Y. and Han, J. S. 2007. Inhibitory effects of *Sasa borealis* leaves extracts on carbohydrate digestive enzymes and postprandial hyperglycemia. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **36**, 989-994.
 16. Han, G. J., Shin, D. S., Cho, Y. S. and Lee, S. Y. 2007. Development of Baikkimchi sauce using natural color. *Korean J Food Sci Technol* **39**, 39-43.
 17. Han, M. H. 2000. Dyeing of silk fabrics by cochineal extracts. *J Korean Soc Dyers Finishers* **12**, 51-59.
 18. Heo, S. L., Jung, M. J., Kim, M. K. and Wang, M. H. 2007. Antioxidative activities and tyrosinase inhibitory effects of Korean medicinal plants. *J Appl Biol Chem* **50**, 115-119.
 19. Jang, Y. S. and Jeong, J. M. 2010. Antioxidative effect and digestive enzyme inhibition of grape seed extract (GSE). *J Korean Soc Food Sci Nutr* **39**, 783-788.
 20. Jang, H. M., Nam, H. J., Go, I. H. and Choi, T. H. 2011. Manufacture of colored hanji for interior materials from natural pigments (part 1). *J Korean TAPPI* **43**, 36-46.
 21. Jeong, C. H., Choi, S. G. and He, H. J. 2008. Analysis of nutritional compositions and antioxidative activities of Korean Commercial Blueberry and Raspberry. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **37**, 1375-1381.
 22. Jeon, S. M., Lee, J. Y., Kim, H. W., Lee, Y. M., Jang, H. H., Hwang, K. A., Kim, H. R. and Park, D. S. 2012. Antioxidant activity of extracts and fractions from *Aster scaber*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **41**, 1197-1204.
 23. Jung, S. A., Kim, B. W. E., Kim, M. J., Kim, D. H., Sun, W. C., Kim, H. J., Jung, D. H., Jung, H. Y., Kim, T. W., Cho, Y. J. and Ahn, D. H. 2012. Trypsin inhibitory activity of water extracts from *Ecklonia cava* as affected by temperature and pH. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **41**, 840-845.
 24. Jung, J. Y., Kim, K. B. W., Lee, C. J., Kwak, J. H., Kim, M. J., Kim, D. H., Sun, W. C., Kim, T. W. and Ahn, D. H. 2011. Inhibitory effect of *Ecklonia cava* extracts against lipase activity and stability effect of temperature and pH on their activity. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **40**, 969-974.
 25. Kim, M. H. 2012. Optimal conditions for extraction of anthocyan from *Celosia cristata* L., *Brassica juncea* czerniak et coss, *Beta vulgaris* L. for manufacture of color Dongchim. *Korean J Food Culture* **27**, 686-694.
 26. Kim, Y. H., Kim, D. S., Woo, S. S., Kim, H. H., Lee, Y. S., Kim, H. S., KO, K. O. and Lee, S. K. 2008. Antioxidant activity and cytotoxicity on human cancer cells of anthocyanin extracted from Black Soybean. *J Crop Sci Biotechnol* **53**, 407-412.
 27. Kim, E. Y., Baik, I. H., Kim, J. H., Kim, S. R. and Rhyu, M. R. 2004. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* **36**, 333-338.
 28. Kim, D. H., Kim, B. W. E., Kim, M. J., Sun, W. C., Jung, S. A., Kim, H. J., Jung, D. H., Kim, T. W., Cho, Y. J. and Ahn, D. H. 2012. Effects of heat, pH, and gamma irradiation treatments on lipase inhibitory activity of *Sargassum thunbergii* ethanol extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **41**, 566-570.
 29. Kwon, J. K., An, I. J., Lee, J. S., Kim, H. R., Park, H. S., Kim, D. C., Choi, B. J., Lee, K. M., Park, Y. J. and Jung, J. Y. 2012. Acute oral toxicity and skin irritation studies on natural dyes extracted from *Chrysanthemum*. *J Fd Hyg Safety* **27**, 188-193.
 30. Lee, D. W., Kim, Y. H., Jung, E. J., Lee, S. G. and Pyo, H. B. 2013. A study for polyol-in-oil type lip makeup cosmetics with natural pigments. *J Soc Cosmet Sci Korea* **39**, 65-73.
 31. Lee, H. R., Jung, B. R., Park, J. Y., Hwang, I. W., Kim, S. K., Choi, J. U., Lee, S. H. and Chung, S. K. 2008. Antioxidant activity and total phenolic contents of grape juice products in the Korean market. *Korean J Food Preserv* **15**, 445-449.
 32. Lim, C. S., Li, C. Y., Kim, Y. M., Lee, W. Y. and Rhee, H. I. 2005. The inhibitory effect of *Cornus walteri* extract against α -amylase. *J Korean Soc Appl Biol Chem* **48**, 103-108.
 33. Labuza, T. P. 1971. Kinetics of lipid oxidation in foods. *CRC Crit Rev Food Technol* **2**, 335-405.
 34. Miller, H. E. 1971. A simplified method for the evaluation of antioxidants. *JAOCS* **18**, 439-45.
 35. Nam, K. Y. and Lee, J. S. 2010. Dyeability and functionality of catechu (Part I)-Characteristics of catechu and dyeing properties of cotton. *Korean J Human Ecolo* **19**, 699-707.
 36. Nam, K. Y. and Lee, J. S. 2010. Dyeability and functionality of catechu (Part II)-Dyeing properties of protein fiber with catechu. *Korean J Human Ecolo* **19**, 709-717.
 37. Oh, J. K. and Imm, J. Y. 2005. Effect of amino acids addition

- on stability and antioxidative property anthocyanines. *Korean J Food Sci Technol* **37**, 562-566.
38. Park, H. J., Kang, S. A., Lee, J. Y. and Cho, Y. J. 2012. Antioxidant activities of extracts from medicinal plants. *Korean J Food Preserv* **19**, 744-750.
39. Park, I. D. and Jeon, E. R. 2006. Sensory Characteristics of bread prepared with the addition of natural pigment powders. *Korean J Food Cookery Sci* **22**, 140-146.
40. Park, Y. H., Lim, S. H., Ham, H. J., Jeong, H. N., Lee, K. J., Kim, K. H. and Kim, S. M. 2010. Comparison of biological activities of extracts from different parts of Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* **39**, 976-979.
41. Re, R., Pellegrini, N., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* **26**, 1231-1237.
42. Ryu, J. H., Lee, S. J., Kim, M. J., Shin, J. H., Kang, S. K., Cho, K. M. and Sung, N. J. 2011. Antioxidant and anticancer activities of *Artemisia annua* L. and determination of functional compounds. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **41**, 509-516.
43. Shin, J. H., Lee, S. J., Seo, S. K., Cheon, E. W. and Sung, N. J. 2008. Antioxidant activity of hot water extract from Yuza (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) peel. *J Life Sci* **18**, 1745-1751.
44. Shin, O. S., Shin, Y. H., Lee, K. H., Kim, G. Y., Kim, K. H., Park, J. K., Ahn, J. I. and Song, K. Y. 2012. Inhibition of adipogenesis in 3T3-L1 adipocytes with ethanol extracts of *Saururus chinensis*. *KSBB J* **27**, 381-386.
45. Song, E. S., Jeon, Y. S. and Cheigh, H. S. 2001. Antioxidative effect of chlorophylls and carotenoids in mustard leaf Kimchi activity. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **30**, 421-425.
46. Song, Y. O., Lee, S. J., Park, H. J., Jang, S. H., Chung, B. Y., Song, Y. M., Kim, G. S. and Cho, J. H. 2013. Hepatoprotective effect of *Schisandra chinensis* on high-fat diet-induced fatty liver in rats. *Korean J Vet Serv* **36**, 45-52.
47. Saisubramanian, N., Krithika, L., Dileena, K. P., Sivasubramanian, S. and Puvanakrishnan, R. 2004. Lipase assay in soils by copper soap colorimetry. *Anal Biochem* **330**, 70-73.
48. Tabart, J., Kevers, C., Pincemail, J., Defraigne, J. O. and Dommes, J. 2009. Comparative antioxidant capacities of phenolic compounds measured by various tests. *Food Chem* **113**, 1226-1233.
49. Ticar, B., Rohmah, Z., Bat-Erdene, M., Park, S. H. and Choi, B. D. 2013. Evaluation of antioxidant and anti-inflammatory activities of ascidian tunic carotenoids as a source of color cosmetics. *KSBB J* **28**, 36-41.
50. Watanabe, J. and Kawabata, J. 1997. Isolation and identification of α -glucosidase inhibitors from Tochu-Cha. *Biosci Biotechnol Biochem* **61**, 177-178.
51. Woo, J. H., Shin, S. L., Chang, Y. D. and Lee, C. H. 2009. Screening for antioxidant effects of aerial part extracts obtained from sixteen compositae species. *Flower Res J* **17**, 271-278.

초록 : 천연색소 소재의 항산화 및 항비만 활성

황초롱¹ · 탁현민¹ · 강민정¹ · 서화진² · 권운운² · 신정혜^{1*}

(¹(재)남해마늘연구소, ²(재)경북천연염색산업연구원)

천연색소로 사용되는 식물류 11종(쪽, 아카시아, 코치닐, 아선약, 포도과피, 태수, 헤나, 국화, 붉은백단향, 대황, 서양쪽두서니)의 생리활성 규명을 위해 열수 추출 분말을 제조하여 항산화 및 항비만 활성을 비교 분석하였다. 총 페놀 함량은 아선약 추출물이 348.23 mg/g으로 가장 높았다. DPPH, ABTS 라디칼 소거능 및 FRAP법에 의한 환원력도 아선약 추출물의 활성이 가장 높았다. β -carotene linoleic acid system을 이용한 항산화 활성은 아카시아 추출물이 가장 높았다. 소화효소 저해 효과를 측정 한 결과, α -glucosidase 저해 활성은 아카시아 추출물이 93.93%로 가장 높았고, α -amylase 저해 활성은 아선약 추출물이 64.53%로 가장 높았다. Trypsin 저해 활성은 아카시아 추출물이 60% 이상으로 가장 높았고, α -chymotrypsin 저해 활성은 아선약 추출물이 40% 이상으로 가장 높았다. Lipase 저해 활성은 아카시아 추출물이 52.73%로 가장 높았다. 3T3-L1 세포에 대한 지방 축적률은 아선약 추출물이 55.8%로 가장 낮아 지방세포 분화 억제 효과가 큰 것으로 나타났다. 결론적으로 식물류 색소원료의 중 아선약 추출물과 아카시아 추출물은 높은 항산화 활성을 나타내었으며, 탄수화물, 단백질 및 지방 분해효소 저해에도 상당한 효과를 가지는 것으로 나타났는데, 이러한 결과는 페놀 함량과 상관관계가 높은 것으로 판단된다. 특히 아선약 추출물의 경우 지방세포 분화 억제를 통해 항비만 활성을 나타내는 것으로 판단이 되며 그와 관련된 메커니즘 연구는 좀 더 진행되어야 할 것으로 사료된다.