

연(蓮) 잎과 뿌리의 항산화 및 항암활성

정창호 · 손기봉 · 김진희 · 강선경 · 박은영 · 서권일¹ · 심기환[†]
경상대학교 응용생명과학부 · 농업생명과학연구원, ¹순천대학교 식품영양학과

Antioxidant and Anticancer Activities of Lotus (*Nelumbo nucifera*) Leaf and Root

Chang-Ho Jeong, Ki-Bong Son, Jin-Hee Kim, Sun-Kyung Kang,
Eun-Young Park, Kwon-Il Seo¹ and Ki-Hwan Shim[†]
Division of Applied Life Sciences, Institute of Agriculture Life Sciences, Graduate School,
Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea
¹Department of Food and Nutrition, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea

Abstract

To obtain basic data on the use of lotus as a raw material in functional food, antioxidant and anticancer activities of the leaf and root were investigated. Total flavonoid and total phenolic contents, at 12.84 mg/g and 24.33 mg/g respectively, were higher in white lotus leaf (WLL) than in any other part of the plant. The radical-scavenging activity of different tissues of lotus, measured in the DPPH radical-scavenging assay, increased with higher concentrations of solvent fractions. The butanol fraction of white lotus leaf showed the highest DPPH radical-scavenging activity. The reducing power of fractions increased in a dose-dependent manner. The butanol fraction of WLL had the greatest reducing power, and showed strong antioxidant activity in the linoleic acid system, and high-level inhibition of tyrosinase. Fractions from lotus were also capable of scavenging nitrite, depending on the concentration of the fractions. Butanol fractions of the leaf of white and red lotus scavenged 95.61% and 92.15% of available nitrite, respectively, when used at 1 mg/mL concentrations. Butanol fractions from leaf of white and red lotus exhibited the strongest inhibitory effects on human lung and colon cancer cells.

Key words : lotus, antioxidant, anticancer activity

서 론

삶의 질 향상으로 건강에 대한 관심이 높아졌으나, 지나치게 서구화된 식문화 및 식습관으로 인하여 비만인구 증가 및 심혈관계 질환 등의 만성질환이 증가하고 있는 추세이다. 현재 수많은 식품소재들의 건강증진효능 및 질병예방 효과가 밝혀지면서 소비자들은 과거 식품이 갖는 영양소 공급을 위한 1차적 기능을 넘어 식품의 생리활성 측면에 대한 관심이 증대되고 있다(1). 인체의 노화와 질병을 유발하는 free radical은 인체 내에서 정상적인 대사과정 중 생물

학적 반응으로 형성되며, 세포와 조직에 해로운 독성을 일으켜 여러 가지 질병을 유발하는 것으로 알려져 있다(2). 이러한 유해 free radical을 억제하는 생리작용으로는 산화성 free radical에 전자를 공여하여 산화를 억제하는 전자공여작용과 superoxide dismutase (SOD)와 유사한 역할을 하여 superoxide anion radical을 정상상태의 산소로 전환시켜 주는 역할을 하는 것으로 알려져 있는 SOD 유사활성이 있다(3). 따라서 이러한 작용을 하는 연의 유효물질들을 섭취함으로써 인해 산화적 장애 방어, 노화 억제 및 각종 질병을 예방하는 효과를 기대할 수 있을 것으로 예상된다.

연(*Nelumbo nucifera* G.)은 인도와 중국을 중심으로 열대, 온대의 동부아시아를 비롯한 한국, 일본 등에 널리 분포하는 고생대의 식물로 일반적으로 불교에서 신성시한 식물로

[†]Corresponding author. E-mail : khshim@gnu.ac.kr,
Phone : 82-55-751-5479, Fax : 82-55-753-4630

용도에 있어서는 꽃은 관상용과 차제로 이용하여 왔으며, 잎과 뿌리는 식용하여 왔다. 연은 꽃의 색깔을 보고 꽃의 색이 하얀색을 띄는 것을 백련, 붉은 색을 띄는 것을 홍련이라 구분하고 있으며, 한방에서 잎은 하엽(荷葉)이라 하여 해열, 해독작용에 사용하였고, 종자와 과육은 강장, 지혈약, 야뇨증, 부인병, 뿌리는 해열독, 소어혈(消瘀血), 일체혈증(一切血症), 요혈(尿血), 장출혈 및 지혈에 사용하여 왔다(4,5). 연근은 BC 300년경에 인도에서 중국을 거쳐 우리나라에 도입되었으며, 옛날에는 불교와 밀접한 관계가 있어 주로 관상용으로 연꽃을 이용하였으나 근대에 이르러 비대경(연뿌리)을 식용으로 많이 이용하게 되었다. 연근은 일본에서 기호도가 높은 작물이며, 우리나라에서 재배되는 연근이 생산성과 가격 면에서 우위를 점하고 있어 수출유망작물 중의 하나로 재배면적이 증가하고 있는 추세이다(6). 연근의 주성분은 전분이며 이외에 비타민과 무기질 함량이 높아서 예부터 생체로 먹거나 조리시 아삭아삭한 입촉감이 있어 주로 정과(正果)나 조림 등으로 식용되어 왔지만(7), 지금까지 다양하게 사용되지 않고 방치되어 있는 유용한 천연전분 자원의 하나라고 할 수 있다. 또한 미국 등지에서는 각종 식물의 전분이 제빵, 비스킷, 소오스, 주스 등의 원료로 쓰이고 있으며, 연근 전분도 유아, 병약자, 노인 등의 특수 식이에 수요가 늘고 있다(8).

연에 대한 연구로는 연근 분말 첨가가 식빵 반죽 및 된장의 품질에 미치는 영향(9,10), 연잎의 지질저하 효과(4,11), 연의 부위별 항산화(12-14), 항균(15), 인슐린 작용 및 분비에 미치는 영향(16) 및 연잎차 제조와 그 품질특성에 관한 연구(17)가 보고되어 있다. 그러나 아직까지 국내에서는 연을 백련과 홍련으로 나누어 잎과 뿌리의 항산화 및 항암 활성에 관한 체계적인 연구는 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 경남 함양군 향림숲 일원에서 생산되고 있는 홍련과 백련을 잎과 뿌리로 구분하여 항산화 및 항암효과를 검토함으로써 지금까지 식품에 사용되고 있는 합성 항산화제를 대체할 수 있는 가능성을 검토하였으며, 또한 항암효과를 나타내는 기능성 식품을 개발하기 위한 기초자료로 이용하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료 및 추출물 조제

본 실험에 사용한 백련 및 홍련(*Nelumbo nucifera* G.)은 경남 함양군 향림숲 일대에서 재배되고 있는 것을 채취한 것으로 각 부위별 추출물의 조제는 음건, 세절한 분말시료에 ethanol을 시료 대비 1 : 10(w/v)의 비율로 혼합하여 환류 냉각하면서 3회 반복하여 추출하였다. 이 추출액을 No. 2 여과지(Whatman International Limited, Kent, England)로 여과하여 매회 여과한 여액을 혼합하고 rotary vacuum

evaporator (N-N series, EYELA Co., Tokyo, Japan)로 45°C에서 농축하여 클로로포름, 부탄올 및 물의 용매를 이용하여 용매분획 한 후 농축하여 냉장고에 보관하면서 각 실험에 사용하였다. 항산화 및 항암실험에 사용한 시약인 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl, potassium ferricyanide, trichloroacetic acid, ferric chloride, linoleic acid, tyrosinase는 Sigma사(St Louis, MO, USA), fetal bovine serum, RPMI 1640, 0.25% trypsin-EDTA는 GIBCO사(Grand Island, N.Y., USA) 제품을 사용하였으며, 그 외 시약은 특급 및 일급시약을 사용하였다.

총 플라보노이드 화합물 분석

연 잎과 뿌리의 총 플라보노이드 화합물의 함량을 분석하기 위하여 각 용매별로 추출한 후 추출액 1 mL에 diethylene glycol 10 mL, 1 N 수산화나트륨 1 mL를 넣고 진탕한 후 37°C에서 1시간 방치하여 UV-spectrophotometer (Shimadzu UV-1601, Japan)로 420 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 나린진으로 작성한 검량곡선에 준하여 함량을 환산하였다(18).

총 페놀릭 화합물 분석

연의 부위별 총 페놀릭 화합물의 함량을 분석하기 위하여 60% ethanol 추출액 0.1 mL에 증류수 3 mL, 0.016 M potassium ferricyanide ($K_3Fe(CN)_6$) 1 mL, 0.01 M ferric chloride ($FeCl_3 \cdot 0.1N HCl$)용액 1 mL를 넣고 혼합한 후 15분간 방치하고, 안정제(H_2O : 1% gum arabic : 85% phosphoric acid = 3 : 1 : 1, v/v/v) 5 mL 첨가한 후 UV-spectrophotometer (UV-1601, Shimadzu Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 몰식자산(gallic acid)으로 작성한 검량곡선으로 함량을 환산하였다(19).

DPPH 라디칼 소거활성

여러 농도의 추출물 1 mL에 에탄올로서 1.5×10^{-4} M 농도가 되게 한 DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl)용액 4 mL 씩을 vortex로 균일하게 혼합한 다음 실온에서 30분간 방치한 후 517 nm에서 흡광도(optical density, O.D.)를 측정하였다(20).

환원력

여러 농도의 추출물 2.5 mL에 sodium phosphate buffer (2.5 mL, 200 mM, pH 6.6)와 1% potassium ferricyanide (2.5 mL)를 혼합시킨 후 혼합물을 50°C에서 20분 동안 incubation 시킨 다음 trichloroacetic acid (2.5 mL, 10%, w/v)를 첨가하여 650 × g에서 10분간 원심분리하였다. 원심분리한 상정액(5 mL)에 탈이온수(5 mL)와 1% ferric chloride 1 mL를 첨가시킨 후 UV-spectrophotometer (UV-1601, Shimadzu Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다(21).

자동산화 억제활성

Cap test tube에 추출물(1 mL), linoleic acid(0.13 mL), 99.8% ethanol 용액(10 mL) 및 0.2 M phosphate buffer 용액 (pH 7.0, 10 mL)을 첨가한 뒤 증류수를 이용하여 총 부피 25 mL가 되도록 조정하여 반응용액으로 사용하였다. 각 반응용액은 40°C에서 incubation 시킨 뒤 0.2 mL를 취하여 75% ethanol 용액(9.4 mL), 30% ammonium thiocyanate 용액 (0.2 mL) 20 mM ferrous chloride-3.5% HCl 용액(0.2 mL)을 가하고 정확히 3분 후에 500 nm에서 흡광도를 측정하였다(22).

Tyrosinase 저해 활성

Tyrosinase에 대한 저해활성은 tyrosinase에 의해 생성되는 DOPAchrome의 축적량을 흡광도로 측정하는 방법으로, 먼저 96 well plate에 0.1 M phosphate buffer (pH 6.5) 150 μ L를 넣는다. 그리고 여기에 1.5 mM L-tyrosine (0.1 M phosphate buffer, pH 6.5) 25 μ L, sample solution 15 μ L를 넣은 후 마지막으로 1,100 unit/mL에 해당하는 mushroom tyrosinase (0.05 M phosphate buffer, pH 6.5) 7 μ L를 첨가하여 37°C에서 10분간 반응시킨 다음 생성되는 DOPAchrome의 양을 microplate reader (680, Bio-rad Co., Japan)를 사용하여 흡광도 490 nm에서 측정하였다(23).

아질산염 소거 활성

아질산염 소거 활성측정은 Kang 등(3)과 Kato 등(24)의 방법에 따라 1 mM NaNO₂ 용액 1 mL에 시료를 첨가하고, 여기에 0.1 N HCl 및 0.2 M citrate buffer를 사용하여 반응용액의 pH를 1.2, 4.0 및 6.0으로 조절하여 반응용액의 최종 부피를 10 mL로 하였다. 이 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액을 1 mL씩 취하여 2% 초산용액 5 mL, Griess(30% acetic acid로 각각 조제한 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1 : 1 비율로 혼합한 것, 사용직전 조제) 0.4 mL를 가하여 잘 혼합한 다음 실온에서 15분간 방치시킨 후 UV-spectrophotometer (UV-1601, Shimadzu Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산염의 양을 산출하였다. 이때 대조구는 Griess 시약 대신 증류수 0.4 mL를 가하여 상기와 같은 방법으로 실험하였으며, 아질산염 소거 활성은 시료를 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우의 아질산염 백분율(%)로 나타내었다.

암세포 성장 억제효과

본 실험에 사용한 암세포주는 인체 폐암세포주인 A549와 결장암세포주인 SW620로 한국세포주은행으로부터 분양받아 10% fetal bovine serum (FBS)를 첨가한 RPMI 1640 배지를 첨가하여 37°C, 5% CO₂ incubator에서 계대 배양하

면서 실험에 사용하였다. Monolayer로 자란 암세포주를 0.25% trypsin-EDTA용액으로 처리하여 single cell로 만든 후 최종 세포농도가 5×10^4 cells/mL가 되도록 희석하여 48 well plate에 각 well당 450 μ L씩 분주한 다음 37°C, 5% CO₂ incubator에서 24시간 동안 배양한 후, 버섯 배양액 및 균사체 추출물을 첨가하고 48시간 배양한 후 세포증식 정도를 SRB방법에 의하여 측정하였다(25).

통계처리

통계처리는 Window 용 SAS 8.0 version을 이용하여 분산분석(analysis of variance)을 실시하였으며, Duncan의 다중범위검정법(Duncan's multiple range test)으로 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

총 플라보노이드 및 페놀릭 화합물 함량

연의 부위별 총 플라보노이드 화합물 함량을 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 백련잎과 홍련잎에서 각각 12.84 mg/g 및 12.50 mg/g을 함유하고 있었으며, 백련근 0.204 mg/g, 홍련근 0.102 mg/g 순으로 함유되어 있었다. Kim 등(26)은 연꽃 근경(연근)에 관한 성분연구를 한 결과 quercetin 및 kaempferol 등의 플라보노이드 화합물이 존재한다고 보고하였다. 백련잎, 백련근, 홍련잎 및 홍련근의 총 페놀릭 화합물의 함량을 분석한 결과 백련잎 24.33 mg/g 및 백련근 5.13 mg/g이 함유되어 있었으며, 홍련잎 23.25 mg/g 및 홍련근 4.92 mg/g이 함유되어 있었다. Choi 등(17)은 연의 부위별 80% 에탄올 추출물의 총 페놀릭 함량을 측정한 결과 잎, 줄기 및 뿌리에서 각각 164.97, 73.95 및 29.76 mg/g으로 잎에서 가장 높았으며, 잎의 80% 에탄올 추출물을 용매별

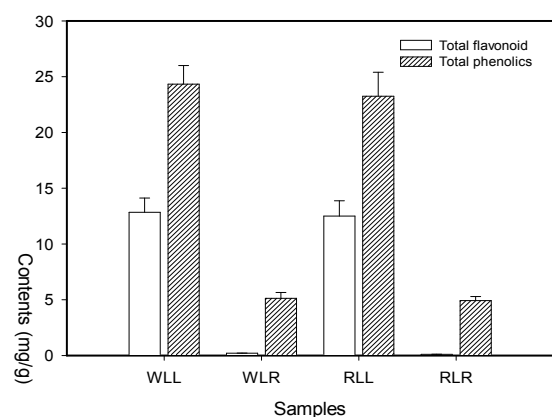


Fig. 1. Total flavonoids and phenolics content of lotus.

WLL : White lotus leaf, WLR : White lotus root, RLL : Red lotus leaf, RLR : Red lotus root.

로 분획한 분획물의 총 페놀릭 함량을 측정된 결과 부탄올 분획물에서 341.39 mg/g으로 가장 높았으며, 에틸아세테이트, 물, 클로로포름 및 핵산 분획물 순으로 나타났다고 보고하였다. 페놀릭 화합물들은 항산화, 항염증, 항암작용 및 뇌신경세포 보호 작용 등 여러 작용이 알려져 있으며(27), 의약품 개발에 밝은 전망을 나타내는 대표적인 물질이라 할 수 있다.

DPPH radical 소거 활성

백련 및 홍련 잎과 뿌리의 각 용매 분획물을 이용하여 DPPH radical 소거 활성을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 즉, 백련잎 부탄올 분획물 농도 1 mg/mL에서 96.61%로 가장 높은 DPPH radical 소거 활성을 보였으며, 물 및 클로로포름 분획물 순이었고, 백련근도 농도의존적인 경향을 보였다. 또한 홍련잎에서도 부탄올 분획물에서 가장 높은 DPPH radical 소거활성을 보여 농도 1 mg/mL에서 94.21% 소거활성을 보였고, 홍련근도 동일한 경향이였다. 특히 백련잎 부탄올 분획물은 positive control로 사용된 ascorbic

acid와 유사한 DPPH 라디칼 소거활성을 보여 기능성 식품의 소재로 활용가능성이 매우 높을 것으로 생각된다. Lee 등(12)은 연잎 에탄올 추출물을 각종 용매로 분획하여 그 분획물을 이용한 DPPH radical 소거활성을 측정된 결과 에틸아세테이트 분획물에서 RC 50값이 4 µg/mL로 가장 높은 DPPH radical 소거활성을 나타내었다고 보고하여 본 실험 결과와 유사한 결과를 보였다.

환원력

연의 부위별 각 용매 분획물을 1 mg/mL의 농도로 Fe³⁺에서 Fe²⁺로 금속이온을 환원시키는 환원력을 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. 백련잎의 부탄올 분획물에서 3.99로 가장 높은 환원력을 나타내었고, 다음으로 홍련잎 3.85, 백련근 2.36, 홍련근 1.55 순으로 환원력을 나타내었다. 또한 positive control로 사용한 ascorbic acid는 1 mg/mL의 농도에서 7.80의 환원력을 나타내어 ascorbic acid보다는 낮은 환원력을 보였지만 연잎 부탄올 분획물은 높은 환원력을 보였다(data not shown). 이는 백련 및 홍련 잎과 뿌리의 부탄올 분획물에

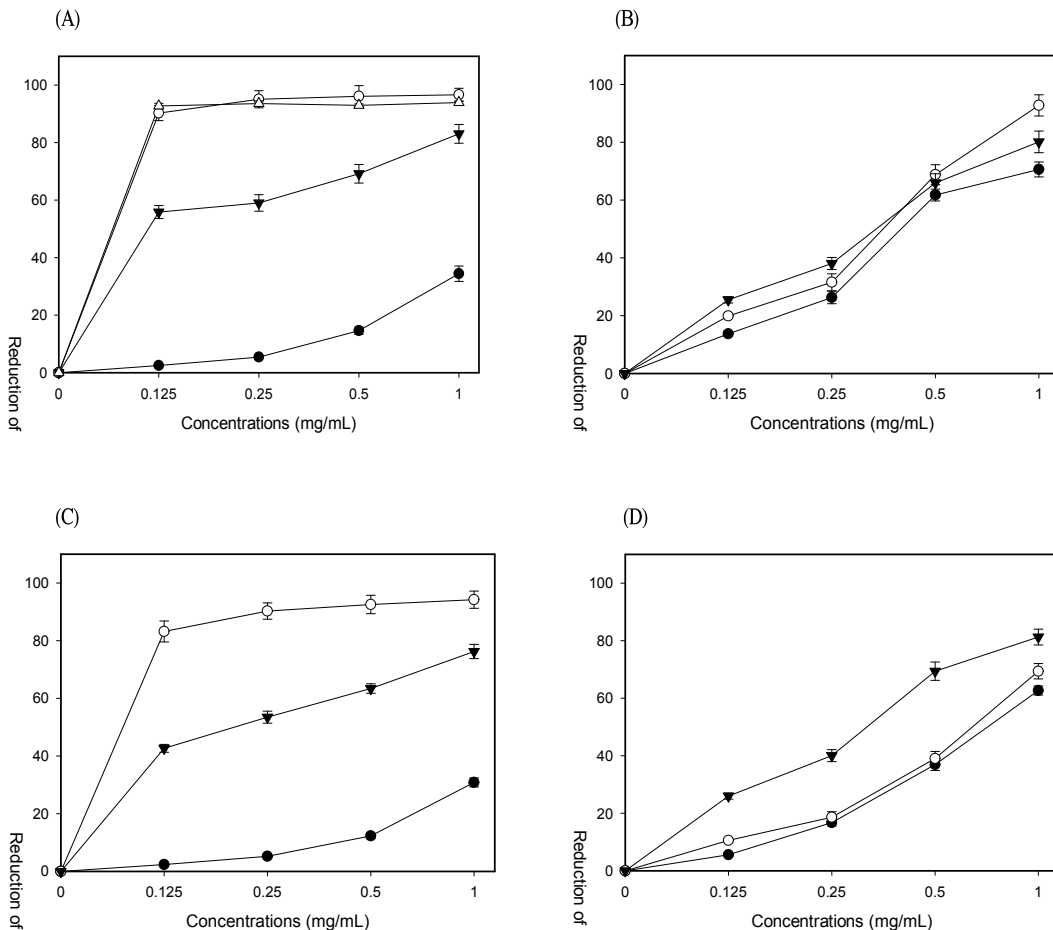


Fig. 2. DPPH radical scavenging activities of various solvent fractions from WLL(A), WLR(B), RLL(C), and RLR(D).

See the legends of Fig. 1. ● : Chloroform fr., ○ : Butanol fr., ▼ : Water fr., △ : Ascorbic acid.
 WLL : White lotus leaf, WLR : White lotus root, RLL : Red lotus leaf, RLR : Red lotus root.

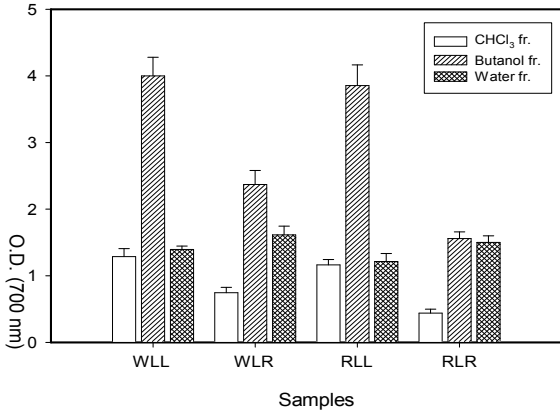


Fig. 3. Reducing power of various solvent fractions from ethanol extract of lotus at a concentration of 1 mg/mL.

WLL : White lotus leaf, WLR : White lotus root, RLL : Red lotus leaf, RLR : Red lotus root.

부탄올 분획물에 비하여 낮은 환원력을 나타내었다. Wu 등(28)은 연잎 메탄올 추출물을 이용하여 환원력 뿐만 아니라 hydroxy radical 및 free radical 소거활성을 측정된 결과 매우 강한 항산화 효과를 나타내었다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사한 결과를 나타내었다.

자동산화 억제력

식품이나 생체 막에 존재하는 지질의 산화를 방지하기 위하여 백련잎, 백련근, 홍련잎 및 홍련근의 각종 용매 분획물을 이용하여 linolenic acid의 과산화 억제효과를 측정된 결과는 Fig. 4와 같다. 백련잎 용매분획물의 경우 용매분획물을 첨가하지 않은 대조구의 경우 저장 96시간 까지 급격하게 지질의 산화가 진행된 반면 용매 분획물을 첨가한 시료에서는 대조구에 비하여 과산화지질의 생성을 억제하는 결과를 보였다. 특히 부탄올 분획물에서 농도 1 mg/mL에

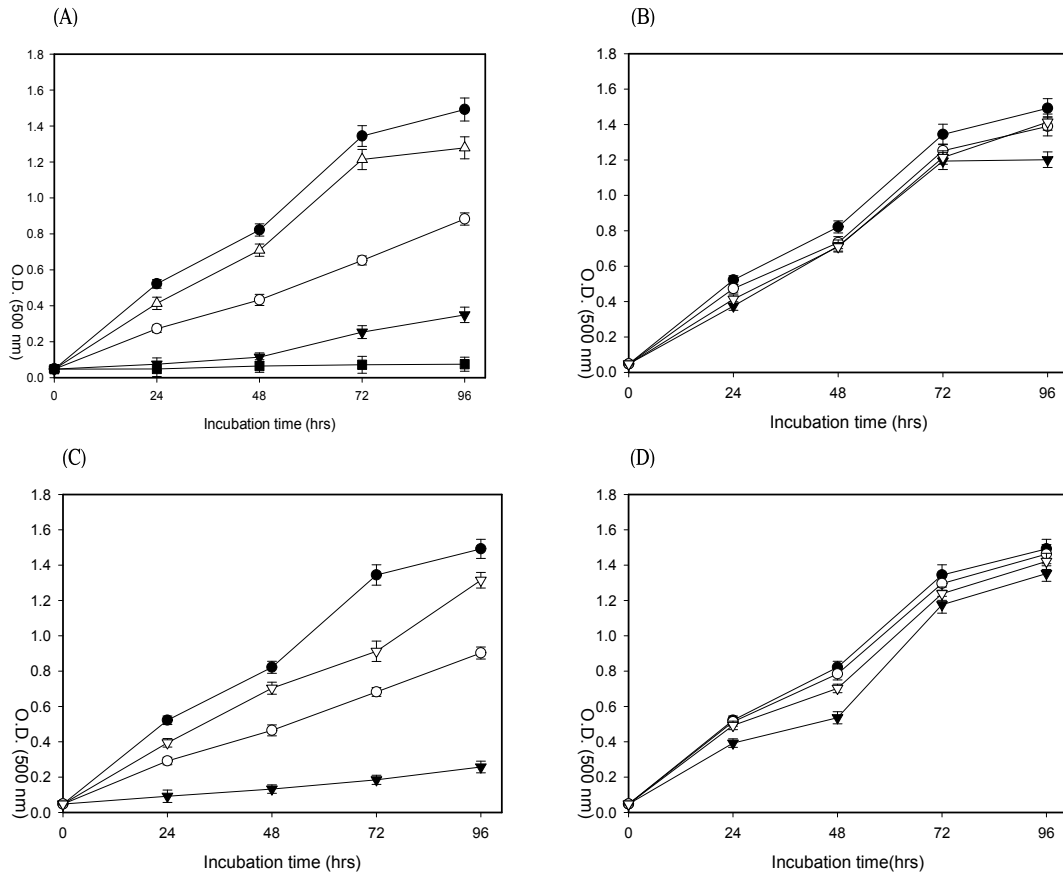


Fig. 4. Antioxidative activities of various solvent fractions from ethanol extract of WLL(A), WLR(B), RLL(C), and RLR(D) on linoleic acid at a concentration of 1 mg/mL. See the legends of Fig. 1.

● : Control, ○ : Chloroform fr., ▼ : Butanol fr., ▽ : Water fr., ■ : α-Tocopherol.
WLL : White lotus leaf, WLR : White lotus root, RLL : Red lotus leaf, RLR : Red lotus root.

는 플라보노이드, 탄닌 등과 같은 폴리페놀화합물이 많이 함유되어 있기 때문에 높은 환원력이 나타났다고 생각되며, 클로로포름과 물 분획물에서도 환원력을 나타내었지만

서 저장 96시간까지 과산화 지질의 생성을 매우 강하게 억제하는 것으로 나타났으며, 또한 부탄올 분획물보다 큰 효과를 나타내지 않았으나 클로로포름 분획물도 지질의

산화를 억제하는 것으로 나타났다. 그러나 백련근의 각종 용매분획물에서는 대조구와 비교하여 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 홍련잎도 백련잎의 용매분획물과 동일하게 부탄올 분획물에서 강력한 과산화지질의 생성을 억제하는 것으로 나타났으나 홍련근은 과산화지질의 생성을 억제하지 못하였다. Kim 등(4)과 Shin과 Han(11)은 연잎을 각각 햄스터와 흰쥐에 식이를 하여 지질저하 효과를 측정한 결과 고지혈증을 억제하는 활성이 있는 유용한 자원임을 확인하였고, 혈청의 콜레스테롤 및 중성지질 함량을 조절해주고 지질 대사를 촉진하므로 식품으로 성인병의 예방과 장기적인 복용에 의한 효과가 있을 것으로 보고하여 본 실험의 결과와 유사한 결과를 보였다.

Tyrosinase 저해 활성

백련 및 홍련 잎과 뿌리의 각 용매 분획물을 이용하여 멜라닌 합성 억제에 미치는 영향을 조사하기 위하여 tyrosinase의 활성 억제 효과를 *in vitro* 방법으로 측정한 결과 백련잎과 홍련잎의 부탄올 분획물 농도 1 mg/mL에서 각각 80.99%와 75.26%의 저해활성을 보였으며, 다음으로 백련잎과 홍련잎의 물 분획물에서 각각 69.53%와 52.37%의 tyrosinase저해활성을 보였다(Fig. 5). 그러나 클로로포름 분획물 및 백련근과 홍련근에서는 tyrosinase 저해활성이 매우 미약하였다. Kim 등(26)은 연꽃 근경에 관한 성분연구를 한 결과 nuciferin, pronuciferin, dehydronuciferine, lieusine, isoliensine, neferin 등의 alkaloid와 catechin, galocatechin, quercetin, kaempferol 등의 flavonoid 및 tryptophan, aspagagin, tyrosine 등의 amino acid가 발견되었다고 하여 위와 같은 성분들이 연잎에서도 많이 함유되어 있을 것으로 생각되며, tyrosinase 저해활성은 quercetin 및 kaempferol 과 같은 플라보노이드 화합물과 catechin과 같은 polyphenol 성 화합물에 의한 결과라 생각된다.

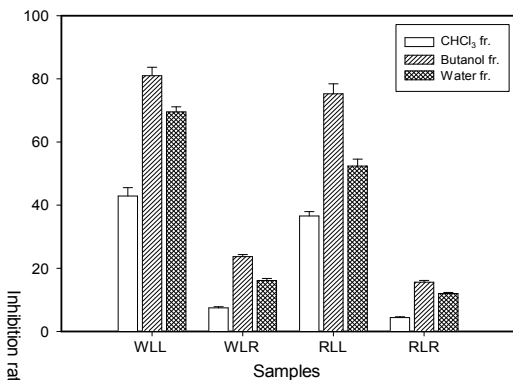


Fig. 5. Inhibitory effects of various solvent fractions from ethanol extract of WLL, WLR, RLL, and RLR on mushroom tyrosinase at a concentration of 1 mg/mL.

WLL : White lotus leaf, WLR : White lotus root, RLL : Red lotus leaf, RLR : Red lotus root.

아질산염 소거 활성

연의 부위별 각 용매 분획물을 이용하여 아질산염 소거 활성을 측정한 결과 백련잎, 백련근, 홍련잎 및 홍련근의 각종 용매 분획물 중 부탄올 분획물 농도 1 mg/mL에서 각각 95.61%, 92.15%, 82.76% 및 78.39%의 아질산염 소거 활성을 나타내었다(Fig. 6). Jung 등(29)은 연에서 총 7개의 잘 알려진 flavonoid 화합물을 분리하여 DPPH radical, ROS 저해능과 같은 항산화 활성과 peroxyntirite 소거활성을 측정한 결과 kaempferol과 그 배당체에서 매우 높은 활성을 나타내었다고 보고하였다. 위와 같이 부탄올 분획물에서 아질산염 소거활성이 높게 나타난 것을 폴리페놀화합물의 함량이 높았기 때문인 것으로 생각된다.

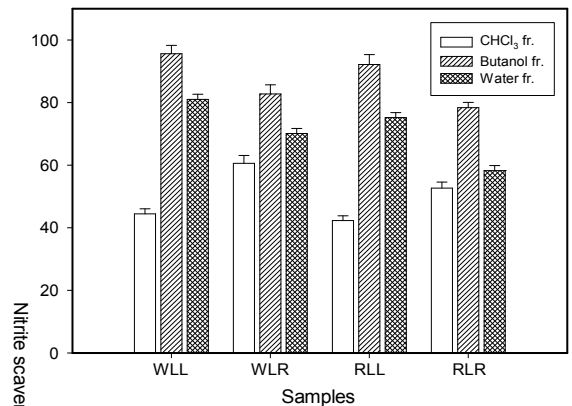


Fig. 6. Nitrite scavenging activities of various solvent fractions from ethanol extract of WLL, WLR, RLL, and RLR at a concentration of 1 mg/mL.

WLL : White lotus leaf, WLR : White lotus root, RLL : Red lotus leaf, RLR : Red lotus root.

항암 활성

백련 및 홍련 잎과 뿌리의 각 용매 분획물을 이용하여 폐암세포주와 결장암 세포에 대한 항암활성을 측정한 결과는 Fig. 7과 같다. 즉, 용매 분획물의 농도가 증가함에 따라 폐암 및 결장암세포의 성장률 또한 낮아짐을 알 수 있었고, 클로로포름 및 물 분획물에 비하여 폴리페놀 화합물의 함량이 높은 부탄올 분획물에서 가장 높은 항암활성을 나타내었다. 특히 백련잎과 홍련잎의 부탄올 분획물에서는 농도 500 µg/mL의 농도에서 22.33% 및 20.36%의 성장률을 나타내어 암세포성장억제가 매우 높게 나타났다. 그러나 클로로포름 및 물 분획물에서는 암세포의 성장을 크게 억제하지 못하였다. 따라서 연잎은 뿌리에 비하여 매우 높은 페놀릭 화합물, 항산화 및 항암활성을 나타내어 노화를 비롯한 각종 만성질환 예방과 관련된 건강기능성 식품소재로 매우 유용하게 활용될 것으로 판단된다.

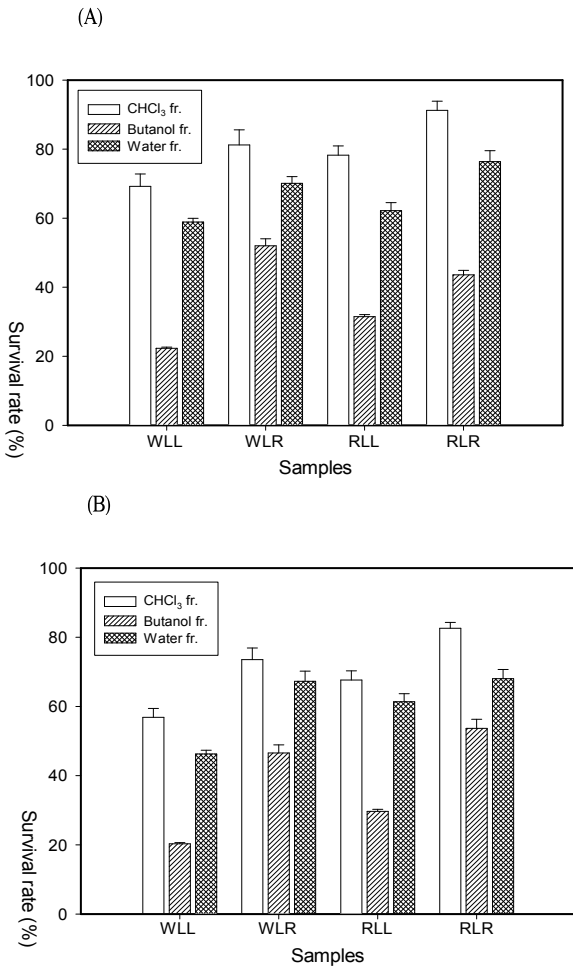


Fig. 7. Cytotoxicity of various solvent fractions from ethanol extract of WLL, WLR, RLL, and RLR against human lung(A) and colon cancer cell line(B) at a concentration of 1 mg/mL.

WLL : White lotus leaf, WLR : White lotus root,
RLL : Red lotus leaf, RLR : Red lotus root.

요 약

연을 새로운 기능성 식품의 재료로 활용하기 위하여 잎과 뿌리로 구분한 후 항산화 및 항암활성을 측정된 결과는 다음과 같다. 총 플라보노이드와 총 페놀릭 화합물은 백련잎에서 각각 12.84 mg/g 및 24.33 mg/g으로 높게 나타났다. 연의 부위별 DPPH radical 소거활성을 측정된 결과 분획물의 농도가 증가함에 따라 DPPH radical 소거활성이 증가하는 경향을 보였으며, 특히 백련잎의 부탄올 분획물에서 가장 높은 DPPH radical 소거활성을 보였다. 환원력도 분획물의 농도가 증가함에 따라 환원력이 증가하는 경향을 보였으며, 환원력 또한 백련잎의 부탄올 분획물에서 가장 높게 나타났다. Linoleic acid를 이용한 자동산화 억제활성을 실험한 결과 다른 분획물에 비하여 잎의 부탄올 분획물에서 가장 높은 과산화 억제활성을 나타내었고, tyrosinase 저해

활성 역시 잎의 부탄올 분획물에서 가장 높은 활성을 보였다. 연의 부위별 아질산염 소거활성을 측정된 결과 분획물의 농도가 증가함에 따라 아질산염 소거활성 역시 증가하는 경향을 보였으며, 특히 백련과 홍련잎 부탄올 분획물을 1 mg/mL의 농도로 첨가하였을 때 각각 95.61%와 92.15%의 높은 아질산염 소거활성을 보였다. 폐암세포와 결장암세포에 대한 생육억제활성을 측정된 결과 백련과 홍련잎의 부탄올 분획물에서 가장 높은 생육억제활성을 보였다.

참고문헌

- Park, S.H, Hwang, H.S. and Han, J.H. (2004) Development of drink from composition with medicinal plants and evaluation of its physiological function. Korean J. Nutr., 37, 364-372
- Folin, O. and Denis, W. (1912) On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. J. Biol. Chem., 12, 239-249
- Kang, Y.H., Park, Y.K. and Lee, G. (1996) The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. Korean J. Food. Sci. Technol., 28, 232-239
- Kim, S.B., Rho, S.B., Rhyu, D.Y. and Kim, D.W. (2005) Effect of *Nelumbo nucifera* leaves on hyperlipidemic and atherosclerotic bio F1B hamster. Kor. J. Pharmacogn., 36, 229-234
- Kim, C.M. (1998) Jungyakdaisajeon, Minjunggak. Seoul, p.5956-5959
- Kim, C.K., Chung, J.D., Lee, H.S., Kim, C.B., Yoon, J.T. and Choi, B.S. (1996) Effect of plant growth regulators on organogenesis of rhizome in mature embryo cultures of *Nelumbo nucifera*. Korean J. Plant Tissue Culture, 23, 195-198
- Ensminger, A.H., Ensminger, M.E., Konlander, J.E. and Robson, R.K. (1983) Food and Nutrition Encyclopedia, Pegus Press, p.244
- Yang, H.C., Kim, Y.H., Lee, T.K. and Cha, Y.S. (1985) Physicochemical properties of lotus root (*Nelumbo nucifera* G.) starch. J. Korean Agric. Chem. Soc., 28, 239-244
- Kim, Y.S., Chun, S.S., Jung, S.T. and Kim, R.Y. (2002) Effects of lotus root powder on the quality of dough. Korean J. Soc. Food Cookery Sci., 18, 573-578
- Park, I.B., Park, J.W., Kim, J.M., Jung, S.T. and Kang, S.G. (2005) Quality of soybean paste (Doenjang) prepared with lotus root powder. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 34, 519-523

11. Shin, M.K. and Han, S.H. (2006) Effects of lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertner) leaf powder on lipid concentrations in rats fed high fat diet rats. Korean J. Food Culture, 21, 202-208
12. Lee, K.S., Kim, M.G. and Lee, K.Y. (2006) Antioxidative activity of ethanol extract from lotus (*Nelumbo nucifera*) leaf. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 35, 182-186
13. Rai, S., Wahile, A., Mukherjee, K., Saha, B.P. and Mukherjee, P.K. (2006) Antioxidant activity of *Nelumbo nucifera* (sacred lotus) seeds. J. Ethnopharmacol., 104, 322-327
14. Choi, H.Y., Jung, K.H. and Shin, H.S. (2009) Antioxidant activity of the various extracts from different parts of lotus (*Nelumbo nucifera* Caertner). Food Sci. Biotechnol., 18, 1051-1054
15. Lee, K.S., Oh, C.S. and Lee, K.Y. (2006) Antimicrobial effect of the fractions extracted from lotus (*Nelumbo nucifera*) leaf. J. Korean Soc Food Sci. Nutr., 35, 219-223
16. Ko, B.S., Jun, D.W., Jang, J.S., Kim, J.H. and Park, S.M. (2006) Effect of *Sasa borealis* and white lotus roots and leaves on insulin action and secretion *In Vitro*. Korean J. Food Sci. Technol., 38, 114-120
17. Kim, D.C., Kim, D.W. and In, M.J. (2006) Preparation of lotus leaves tea and its quality characteristics. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem., 49, 163-164
18. Graham, H.D. (1992) Modified prussian blue assay for total phenolic compound. J. Agric. Food Chem., 40, 801-805
19. Jeong, C.H., Choi, S.G. and Heo, H.J. (2008) Analysis of nutritional components and evaluation of functional activities of *Sasa borealis* leaf tea. Korean J. Food Sci. Technol., 40, 586-592
20. Blois, M.A. (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature, 181, 1199-200
21. Yen, G.H. and Chen, H.Y. (1995) Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. J. Agric. Food Chem., 45, 27-32
22. Lee, J.Y., Hwang, W.I. and Lim, S.T. (2004) Antioxidant and anticancer activities of organic extracts from *Platycodon grandiflorum* A. De Candolle roots. J. Ethnopharmacol., 93, 409-415
23. Chen, Q.X. and Kubo, I. (2002) Kinetics of mushroom tyrosinase inhibition by quercetin. J. Agric. Food Chem., 50, 4108-4112
24. Kato, H., Lee, I.E., Chyen, N., Kim, S.B. and Hayase, F. (1987) Inhibitory of nitrosamine formation by nondiaryzable melanoidins. Agric. Biol. Chem., 51, 1333-1338
25. Skehan, P., Storeng, R., Scudiero, D., Monks, A., McMahon, L., Vistica, D., Warren, J.T., Bokesch, H., Kenney, S. and Boyd, M.R. (1990) New colorimetric assay for anticancer drug screening. J. National Cancer Inst., 82, 1107-1112
26. Kim, J.S., Cho, S.M., Kim, J.H. and Lee, M.W. (2001) Phenolic compounds from the node of lotus rhizome. Yakhak Hoeji, 45, 599-603
27. Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C, Jiménez L. (2004) Polyphenols: food sources and bioavailability. Am. J. Clin. Nutr., 79, 727-747
28. Wu, M.J., Wang, L., Weng, C.Y. and Yen, J.H. (2003) Antioxidant activity of methanol extract of the lotus leaf (*Nelumbo nucifera* Gertn.). Am. J. Chin. Med., 31, 687-698
29. Jung, H.A., Kim, J.E., Chung, H.Y. and Choi, J.S. (2003) Antioxidant principles of *Nelumbo nucifera* stamens. Arch. Pharm. Res., 26, 279-285

(접수 2009년 10월 9일, 채택 2010년 1월 22일)