

강진향(*Dalbergia odorifera* T.CHEN) 에탄올 추출물로부터 항산화 활성물질의 구조동정

최 응 · 김인원¹ · 백남인² · 신동화^{1,*}

서해대학교 호텔조리영양과
¹전북대학교 응용생물공학부(농업과학기술연구소)
²경희대학교 생명과학부 한방재료공학

Identification of Antioxidative Components from Ethanol Extracts of *Dalbergia odorifera* T.CHEN

Ung Choi, In-Won Kim¹, Nam-In Baek² and Dong-Hwa Shin^{1,*}

Department of Hotel Culinary Arts and Nutrition, Sohae College
¹Faculty of Biotechnology (Food Science and Technology Major), Chonbuk National University
²Department of Life Science, Oriental Medical Materials and Processing, Kyunghee University

The chloroform layer from 75% ethanol extract of *Dalbergia odorifera* T.CHEN showed strong antioxidative activity on lard and palm oil as tested by Rancimat method. Antioxidative active compound isolated and identified by silica gel column chromatography, thin layer chromatography, mass spectrophotometer, ¹H-NMR and ¹³C-NMR was identified as mucronulatol (3(R&S)-3,7-Dihydroxy-2',4-dimethoxyisoflavan). Results of Rancimat method revealed the induction period of Mucronulatol increased longer than those of synthetic antioxidant, BHA and BHT, at the same concentration. Mucronulatol combined with δ -tocopherol (200 ppm), and with ascorbic acid (200 ppm) and citric acid (200 ppm) on lard and palm oil, respectively, showed strong synergistic effects.

Key words: *Dalbergia odorifera* T.CHEN, antioxidative activity, mucronulatol

서 론

식품 첨가물로서의 산화방지제 개발을 위한 연구는 유지 식품의 산패 억제뿐만 아니라 최근 각종 질병 및 노화 등에 활성산소 및 과산화물이 직접적인 원인으로 작용한다는 사실⁽¹⁾이 밝혀지면서 이들 원인물질에 관여하는 항산화제를 질병 억제 및 치료제로서의 용도를 확인하려는 연구^(2,3)가 많이 이루어지고 있다. 일반적으로 butylated hydroxytoluene(BHT), butylated hydroxyanisole(BHA), tertiary butyl hydroquinone(TBHQ), propyl gallate(PG) 등의 합성 항산화제는 천연 항산화제보다 그 항산화력이 우수하여 상업적으로 많이 사용되고 있으나, 이들 합성 항산화제는 소비자들의 의식향상과 합성 첨가물의 안전성에 대한 염려⁽⁴⁾로 그 선호도가 감소하고 있다. 따라서 적은 양으로도 항산화 효과를 발휘하고, 대상

식품에 잘 녹으며, 이취나 색을 주지 않고 가공조건에 안정적인 그리고 안전성이 확보된 천연물 기원의 항산화제를 개발하려는 노력이 많이 시도⁽⁵⁻⁸⁾되었다. 예를 들면 옷나무 에탄올 추출물의 클로로포름 분획물에서 같은 농도의 BHT, BHA와 비교시 항산화활성이 우수한 물질을 분리⁽⁹⁾·동정⁽¹⁰⁾하였으며, 이 결과는 Lim 등⁽¹¹⁾에 의해 재확인 되었다. 이러한 시도들을 통해 로즈마리(*Rosemarinus officinalis*)와 세이지(*Salvia officinalis*)같은 천연 항산화제가 개발⁽¹²⁻¹⁴⁾되었으며, 상업적으로 이용되고 있다. 대부분의 생리활성을 가지는 물질들은 그 천연물질의 색소나 휘발성 향기 성분으로 항산화활성⁽¹⁵⁾ 외에 항암⁽³⁾, 항미생물⁽¹⁶⁾ 등의 작용을 가지고 있는 것으로 알려져 있으며, 그 성분들에 대한 활성 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 항산화활성을 갖는 물질들의 라디칼 활성 제어 효과에 대한 연구^(17,18)가 많이 이루어져 왔다.

한약재로 이용되는 강진향⁽¹⁹⁾은 콩과에 속하는 약재로 한 방에서는 진통(鎮痛), 지혈(止血)의 목적으로 사용되고 있는데 강진향의 에틸아세테이트 가용성획분에서 분리한 2'-o-methoxyisoliquiritigenin이 수종의 인체 암세포에 대하여 강한 항암활성이 있다고 보고⁽²⁰⁾되었다. 본 실험에서는 이와 같이 여러 가지 효능과 함께 민간에서도 널리 식용하고 있는 강

*Corresponding author : Dong-Hwa Shin, Faculty of Biotechnology (Food Science and Technology Major), Chonbuk National University, Dukjin-Dong, Chonju, Chonbuk 561-756, Korea
Tel: 82-63-270-2570
Fax: 82-63-270-2572
E-mail: dhshin@moak.chonbuk.ac.kr

진향 추출물을 대상으로 항산화활성을 갖는 물질을 분리, 동정하고 항산화 활성을 확인함으로써 새로운 항산화제로서 사용할 수 있는 가능성을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험의 주재료인 강진향은 전주 소재 한약상에서 건조된 상태의 것을 구입, 분쇄하여 사용하였다. 항산화 실험에 사용한 유지는 항산화제가 첨가되지 않은 팜유와 돈지를 (주)농심에서, 대두유 및 옥배유는 시판품(동방유량)을 구입하여 냉동(-75°C)보관하며 사용하였다.

사용시약 및 기기

Ascorbic acid, citric acid, δ -tocopherol, butylated hydroxyanisole(BHA) 및 butylated hydroxytoluene(BHT)는 Sigma사(USA) 제품, TLC plate(silica gel 60 F₂₅₄, 두께 0.2 mm)와 silica gel 60(70~230 mesh)은 Merck사(USA) 제품을, 그리고 용매 및 기타시약은 특급 또는 1급품을 사용하였다. Rancimat 679(METHROHM AG, CH-9100 Herisau, Switzerland)를 이용하여 유지의 유도기간을 측정하였고, 순수 분리된 물질의 동정을 위하여, Electron Impact/Mass(ZEOL JMS-AX505WA, Japan), ¹H-NMR(400 MHz), ¹³C-NMR(100 MHz) (ZEOL JNM-LA400, Japan)을 사용하였다.

항산화 활성 물질의 순수분리

강진향(700 g) 75% 에탄올 추출물(65 g)을 용매 극성 정도에 따라 순차 분획하여 항산화 활성을 확인한 결과 클로로포름 층이 다른 층에 비해 항산화 효과가 높고, 첨가량이 증가함에 따라 그 효과도 비례적으로 상승하여 이후 실험에서도 더 이상 순차 분획을 행하지 않고 에탄올 추출물에 클로로포름을 바로 가해 클로로포름 층을 얻고 이로부터 활성물질을 분리하였다.

클로로포름 층(18 g)을 silica gel(700 g)을 이용하여 클로로포름 : 메탄올(30 : 1)로 현탁, 충전된 column(5.5×57 cm)에서 메탄올 비율을 단계적으로 증가시키는(30 : 1 → 6 : 1, v/v) step-wise 용출법으로 분리하여 15개의 획분(D1~D15)을 얻었고 이 중에서 활성이 우수한 D7로부터 항산화 활성 물질 분리를 시도하였다.

획분 D7은 다시 n-헥산 : 에틸아세테이트 : n-부탄올(7 : 3 : 1 → 6 : 5 : 2, v/v) 용매계로 silica gel column chromatography(55 g)하여 9개의 소획분(D7-1~D7-9)을 얻었고, 획분 D7-5는 다시 n-헥산 : 에틸아세테이트 : 메탄올(4 : 3 : 0.5, v/v) 용매계로 silica gel column chromatography(40 g)하여 3개의 획분(D7-5-1~D7-5-3)을 얻었으며, 이 중에서 항산화 효과가 있는 D7-5-3의 구조를 확인하였다.

Silica gel column chromatography하여 분리된 각 획분은 silica gel 60 F₂₅₄ TLC plate에 spotting한 후 column chromatography시 용출용매와 같은 용매계로 전개하여 UV(254 nm, 365 nm) 흡수양상 및 20% 황산용액을 분무하여 발색시 나타나는 spot의 R_f값에 따라 column chromatography 용출물을 분취하여 항산화활성을 측정하였다.

Rancimat을 이용한 유도기간 측정

Rancimat을 이용하여, 김 등⁹⁾의 방법에 준하여 Antioxidant Index(AI: 각 항산화제를 첨가한 실험구의 유도기간을 무첨가구의 유도기간으로 나눈 값)로 항산화력을 측정, 비교하였다. 즉 Rancimat 반응용기에 해당 기질유지 2.5 g을 취한 후 활성측정 농도의 분획물을 첨가하고 sonicator로 3분간 균질화하여 기질유지에 충분히 분산시켜 120±0.1°C의 aluminum heating block상에서 시간당 20 L의 공기를 주입하여 산화시켰다. 이때 발생하는 휘발성 산화생성물을 70 mL의 증류수가 들어있는 absorption vessel에 이행시켜 double platinum foil electrode와 recorder에 의해 conductivity 정도를 측정, 자동 기록된 chart에서 반응 개시의 conductivity로부터 conductivity가 급격히 증가되는 시점까지를 유도기간(IP, induction period)으로 계산하여 각 추출물의 항산화 정도를 측정하였고, 동시에 추출물을 첨가하지 않은 것을 대조구로 하여 항산화 정도를 비교하여 AI로 표시하였다.

$$AI = \frac{\text{식물 추출물을 첨가한 유지의 유도기간}}{\text{유지 자체의 유도기간}}$$

Synergistic effect

순수 물질로 분리된 항산화 원인 물질의 농도별 처리구에 synergist로서 ascorbic acid, citric acid, δ -tocopherol을 각각 200 ppm 첨가하여 돈지, 팜유, 대두유, 옥배유를 기질로 하여 synergistic effect 활성을 시험하였다.

결과 및 고찰

강진향 클로로포름 분획물로부터 분리한 D7-5-3의 구조 결정

D7-5-3 획분은 silica gel TLC에서 전개 시켰을 때에 장파장(365 nm) 및 단파장(254 nm) 자외선의 흡수특성을 나타내었고, 10% 황산 수용액을 분무하고 가열하였을 때 황색으로 발색되었다. ¹³C-NMR(100 MHz, CDCl₃) spectrum에서 산소, 수소 및 다른 탄소가 결합한 벤젠탄소의 signal이 관측되었고(Fig. 1), oxy-methylene과 methoxy 탄소의 signal, 탄소와 수소로만 이루어진 methylene 및 methine 탄소의 signal이 각각 확인되었다. 이와 같은 TLC의 자외선 흡수 및 발색특성, 그리고 ¹³C-NMR 결과로부터 D7-5-3 획분은 flavonoid 화합물로 추정되었다. 더욱이 ¹H-NMR spectrum(400 MHz, CDCl₃) (Fig. 1)에서도 벤젠환 유래의 signal과 oxy-methylene, methoxy, methylene, methine 유래의 signal들이 관측되어 flavonoid 화합물임이 확인되었다. 이 화합물의 EI/MS spectrum에서는 molecular ion peak가 m/z 302에서 관측되어 분자량이 302로 결정되었다(Fig. 2). 한편, 강진향에서 분리된 20여종의 화합물 중 분자량이 302인 flavonoid 화합물은 isoflavan 화합물인 mucronulatol과 3(R)-5'-methoxyvestitol 2개뿐이다. D7-5-3은 ¹H-NMR에서 geminal coupling하는 벤젠탄소가 관측되었으므로 mucronulatol과 유사하였다.

물질을 더욱 순도 높게 정제하고, 아울러 구조에 관한 정보를 얻기 위하여 D7-5-3을 아세틸화하였다. 얻어진 아세틸 화물의 ¹³C-NMR(100 MHz, CDCl₃) 및 DEPT spectrum(Fig.

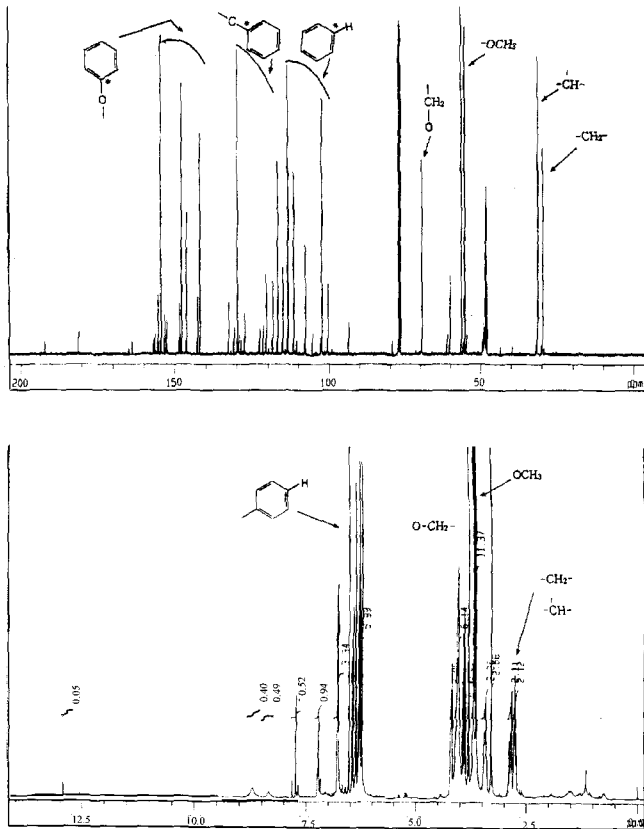


Fig. 1. ¹H-NMR and ¹³C-NMR spectra of D7-5-3 isolated from CHCl₃ fraction of *Dalbergia odorifera* T. CHEN (400 and 100 MHz, CD₃OD).

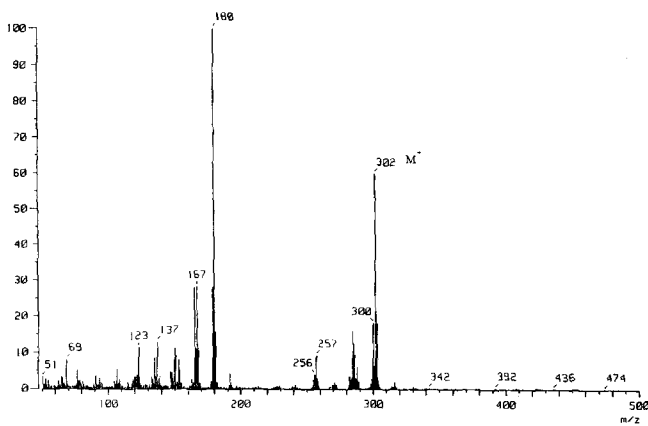


Fig. 2. EI/MS spectrum of D7-5-3 isolated from CHCl₃ fraction of *Dalbergia odorifera* T. CHEN.

3)에서 mucronulatol의 diacetate에 해당하는 탄소 signal들이 모두 관측되었으나, 비슷한 chemical shift를 갖는 signal들이 중복되어 나타난 사실로부터 부제탄소인 3번 탄소의 입체구조가 R, S인 입체 이성질체가 혼합되어 있는 것을 알 수 있었다. ¹H-NMR spectrum(400 MHz, CDCl₃)(Fig. 4)에서도 mucronulatol의 diacetate에서 유래한 signal들이 관측되었는데, ¹³C-NMR 또는 ¹H-NMR spectrum에서의 signal들의 intensity로부터 2개의 이성질체는 4:3의 비율로 존재함이 확인되었다. 이상의 결과를 문헌^(21,22)과 비교, 검토함으로써 강

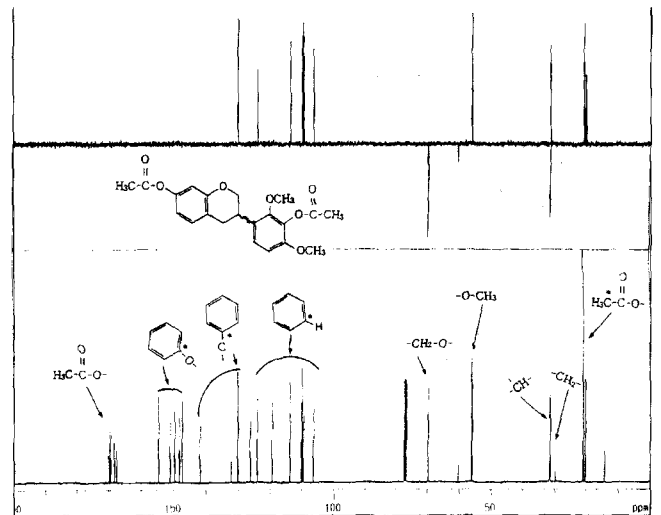


Fig. 3. DEPT and ¹³C-NMR spectra of acetylated D7-5-3 prepared from CHCl₃ fraction of *Dalbergia odorifera* T. CHEN (CDCl₃).

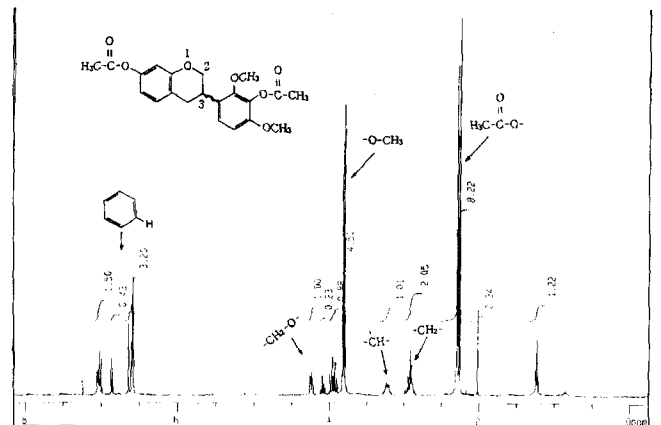


Fig. 4. ¹H-NMR spectrum of acetylated D7-5-3 prepared from CHCl₃ fraction of *Dalbergia odorifera* T. CHEN (CDCl₃).

진향에서 분리한 항산화 활성물질은 mucronulatol(3(R&S)-3',7'-dihydroxy-2',4-dimethoxyisoflavan)로 동정되었다.

강진향에서 분리한 mucronulatol에 대한 각종 synergist의 상승 효과

강진향 에탄올 추출물의 클로로포름층을 silica gel column chromatography, thin layer chromatography하여 최종적으로 분리한 mucronulatol(D7-5-3) 희분의 항산화력은 돈지에 200 ppm 적용시 AI는 3.82로 이는 돈지에 같은 농도로 적용한 δ-tocopherol(6.22), BHA(3.75), BHT(2.76)⁽²³⁾의 결과와 비교해 보면, δ-tocopherol에 비해서는 떨어지지만, 상업용으로 많이 사용되고 있는 BHA, BHT에 비하면 항산화 활성이 우수함을 알 수 있다.

한편 mucronulatol의 항산화력을 보다 상승시킬 수 있는 synergist를 찾기 위해 몇 가지 가능한 화합물을 첨가하여 항산화 효과를 비교하였다.

먼저, mucronulatol(200 ppm)을 단독으로 돈지, 팜유, 대두

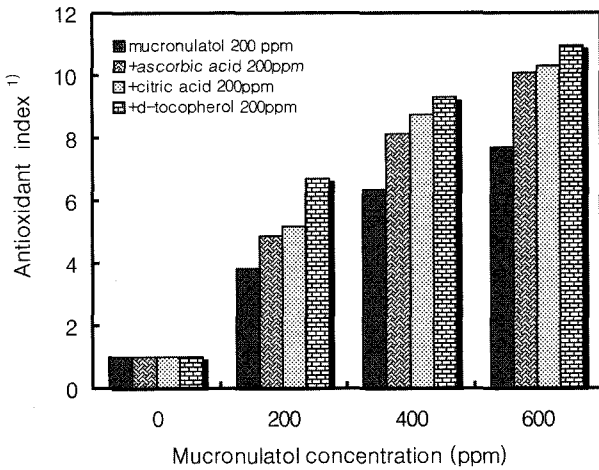


Fig. 5. Synergistic effect of several synergists on antioxidative activity of mucronulatol isolated from CHCl₃ layer of *Dalbergia odorifera* T. CHEN on lard.

¹⁾AI (antioxidant index) was expressed as induction period of oil containing isolated component/induction period of natural oil. Induction period of oil was determined by Rancimat test at 120°C. Isolated component and synergists were added and aerated at 20 L(air)/h.

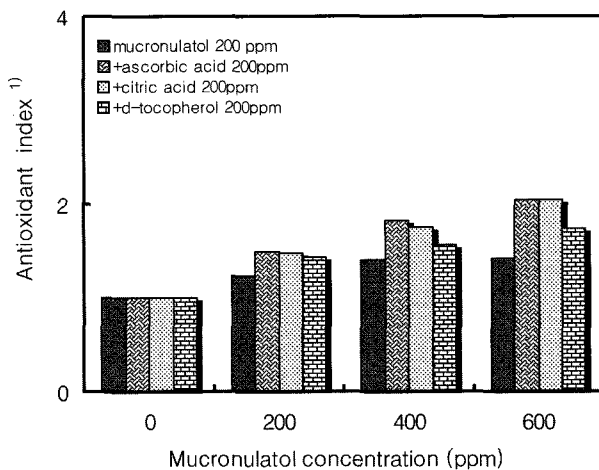


Fig. 6. Synergistic effect of several synergists on antioxidative activity of mucronulatol isolated from CHCl₃ layer of *Dalbergia odorifera* T. CHEN on palm oil.

¹⁾Refer to the foot note of Fig. 5.

유, 옥배유에 첨가하여 유지의 산화안정성을 본 결과, AI는 각각 3.82, 1.22, 1.21, 1.07이었다. Mucronulatol의 농도별 처리구에 synergist 후보물질로서 ascorbic acid, citric acid, δ-tocopherol를 각각 200 ppm씩 첨가한 후 이를 돈지, 팜유, 대두유 및 옥배유에 첨가하여 유지의 산화안정성을 비교한 결과는 Fig. 5-Fig. 8과 같다.

Fig. 5에서 보면 각 처리구에서 모두 상승효과를 나타내었는데 혼용효과를 보기 위해 첨가한 δ-tocopherol(200 ppm)과 mucronulatol(600 ppm) 처리구의 AI가 10.97로 항산화 효과가 가장 뛰어났으며, 그 다음으로는 mucronulatol(600 ppm)에 citric acid(200 ppm)나 ascorbic acid(200 ppm)를 첨가한 처리구의 AI는 각각 10.29, 10.16을 나타내었다.

또한 팜유에서 mucronulatol에 대한 synergist 효과를 비교

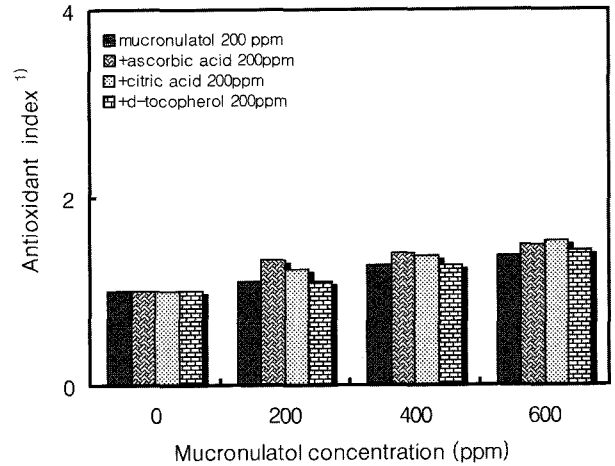


Fig. 7. Synergistic effect of several synergists on antioxidative activity of mucronulatol isolated from CHCl₃ layer of *Dalbergia odorifera* T. CHEN on soybean oil.

¹⁾Refer to the foot note of Fig. 5.

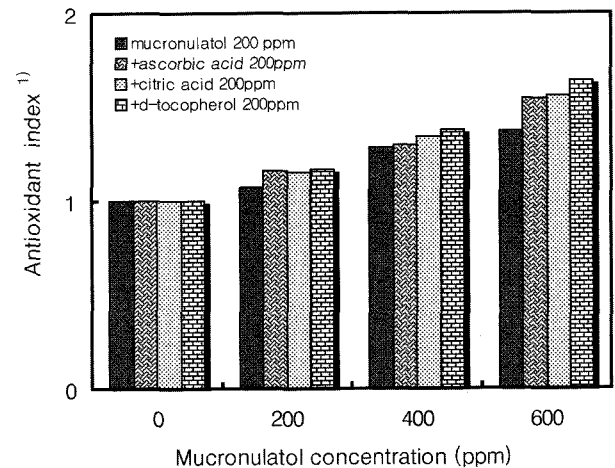


Fig. 8. Synergistic effect of several synergists on antioxidative activity of mucronulatol isolated from CHCl₃ layer of *Dalbergia odorifera* T. CHEN on corn oil.

¹⁾Refer to the foot note of Fig. 5.

한 결과는 Fig. 6과 같다. Fig. 6에서 보면 돈지의 경우와 달리 ascorbic acid나 citric acid를 첨가한 첨가구가 상승효과를 나타내었다. Mucronulatol(600 ppm)에 이들 synergist(200 ppm)를 첨가했을 때 무첨가구시 AI 1.42에서 AI 2.04를 나타내어 무첨가구 대비 60%의 항산화 개선 효과를 나타내었는데, 돈지에 첨가했을 때 우수한 항산화 효과를 나타내었던 δ-tocopherol은 무첨가시 AI 1.42에서 AI 1.74를 나타내어 ascorbic acid, citric acid보다 항산화 효과가 뒤떨어졌다.

또 대두유와 옥배유에서 mucronulatol에 대한 synergist 효과를 비교한 결과(Fig. 7, 8)를 보면 synergist 첨가에 따른 상승효과가 뚜렷이 나타나지 않아 이들 유지에서 mucronulatol의 synergist 첨가에 따른 상승효과는 기대할 수 없었다. 이는 유지의 기질 차이에 따른 항산화제의 효과가 다르다는 것^(24,25)을 확인할 수 있었으며, 식물성유에는 토코페롤을 주로 하는 자연 항산화제들이 상당량 함유된 반면에 동물성지방에는 자연 항산화제들이 거의 존재하지 않는다는 사실⁽²⁶⁾로 미루어

불 때 식물유에서는 항산화 활성 물질의 효과가 낮다고 판단되었다. 추후 분리된 항산화 물질과 각종 synergist 첨가에 의한 복잡한 식품 기질에서의 산화지연 실험을 통해 상업적인 이용을 검토할 예정이다.

요 약

강진향(*Dalbergia odorifera* T.CHEN)은 콩과에 속하는 한약재로 한방에서는 진통(鎮痛), 지혈(止血)의 목적으로 사용되어 왔다. Rancimat method로 항산화 활성이 인정된 강진향 75% 에탄올 추출물의 클로로포름 층을 가지고 항산화 활성 물질을 확인하기 위하여 silica gel chromatography와 thin layer chromatography로 물질을 분리하고, mass spectrometer, ¹H-NMR 및 ¹³C-NMR을 통해 순수물질을 동정하였다. 순수 분리된 물질은 flavonoid 화합물 중 isoflavan 골격을 가지는 mucronulatol(3(R&S)-3',7-dihydroxy-2',4-dimethoxyisoflavan)로 동정되었다. 이 물질에 대한 ascorbic acid, citric acid 및 δ -tocopherol과의 synergist 효과를 비교하기 위해 돈지, 함유, 대두유, 옥배유를 기질로 하여 Rancimat 방법으로 시험한 결과, 돈지에 대해서는 mucronulatol(600 ppm)만 처리시 AI가 7.71, δ -tocopherol(200 ppm)과의 병용시 AI가 10.97로 약 1.5배의 상승효과가 있었으며, 식물성 유지인 팜유에 대해서는 mucronulatol(600 ppm)만 처리시 AI가 1.42, ascorbic acid(200 ppm), citric acid(200 ppm) 첨가시 AI가 각각 2.04, 2.04로 약 1.5배의 상승효과를 보였으며, 대두유와 옥배유에 대해서는 뚜렷한 상승효과를 보이지 않았다.

감사의 글

이 논문은 '98년도 농림기술개발 연구과제 및 과학기술부·한국과학재단 지정, 전라북도 지원 지역협력연구센터인 전북대학교 바이오식품 소재 개발 및 산업화 연구센터의 연구비 지원에 의해 연구되었음.

문 헌

- Okezie, I.A. Free radicals, oxidative stress and antioxidants in human health and disease. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 75: 199-212 (1998)
- Suzuki, Y., Kondo, Y., Himeno, S., Nemoto, K., Akimoto, M. and Imura, N. Role of antioxidant system in human androgen-independent prostate cancer cells. *The Prostate.* 43: 144-149 (2000)
- Owen, R.W., Giacosa, A., Hull, W.E., Haubner, R., Spieglhalder, B. and Bartsch, H. The antioxidant/anticancer potential of phenolic compounds isolated from olive oil. *Eur. J. Cancer.* 36: 1235-1247 (2000)
- Verhagen, H., Schilderman, P.A. and Kleinjans, J.C. Butylated hydroxyanisole in perspective. *Chemico-Biological Interactions.* 80: 109-134 (1991)
- Suh, H.J., Lee, J.M., Cho, J.S., Kim, Y.S. and Chung, S.H. Radical scavenging compounds in onion skin. *Food Res. Int.* 32: 659-664 (1999)
- Kim, Y.S. and Shin, D.H. Effect of *Rhus verniciflua* Stokes on the oxidative stability of fried potato chips during storage. *Food Sci. Biotechnol.* 10: 418-422 (2001)
- Kalt, W., McDonald, J.E. and Donner, H. Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity of processed lowbush blueberry products. *Food Chem. Toxicol.* 65: 390-393 (2000)
- Yun, B.S., Lee, I.K., Kim, J.P. and Yoo, I.D. Two *p*-terphenyls from mushroom *Paxillus panuoides* with free radical scavenging activity. *J. Microbiol. Biotechnol.* 10: 233-237 (2000)
- Kim, I.W., Shin, D.H. and Choi, U. Isolation of antioxidative components from the bark of *Rhus verniciflua* Stokes screened from some chinese medicinal plants. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 855-863 (1999)
- Kim, I.W., Shin, D.H. and Baek, N.I. Identification of antioxidative components from ethanol extracts of *Rhus verniciflua* Stokes. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 1654-1660 (1999)
- Lim, K.T., Hu, C. and Kitts, D.D. Antioxidant activity of *Rhus verniciflua* Stokes ethanol extract. *Food Chem. Toxicol.* 39: 229-237 (2001)
- Cuvellier, M.E., Berset, C. and Richard, H. Use of new test for determining comparative antioxidative activity of BHA, BHT, α and β -tocopherols and extracts from rosemary and sage. *Sciences des Aliments.* 10: 797-810 (1991)
- Djarmati, Z., Jankov, R.M., Schwirtlich, E., Djulinac, B. and Djordjevic, A. High antioxidant activity of extracts obtained from sage by supercritical CO₂ extraction. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 68: 731-734 (1991)
- Pokorny, J., Nguyen, H.T.T. and Korczak, J. Antioxidant activities of rosemary and sage extracts in sunflower oil. *Nahrung* 3: 176-182 (1997)
- Hong, S.G., Kang, B.J., Kang, S.M. and Cho, D.W. Antioxidative effects of traditional Korean herbal medicines on AAPH induced oxidative damage. *Food Sci. Biotechnol.* 10: 183-187 (2001)
- Cheah, P.B. and Gan, S.P. Antioxidative/antimicrobial effects of galangal and α -tocopherol in minced beef. *J. Food Prot.* 63: 404-407 (2000)
- Lee, H.J. and Koh, K.H. Antioxidant and free radical scavenging activities of Korean wind. *Food Sci. Biotechnol.* 10: 566-571 (2001)
- Gaulejac, N.S.C. Glories, Y. and Vivas, N. Free radical scavenging of effect anthocyanins in red wines. *Food Res. Int.* 32: 327-333 (1999)
- Shin, M.K. Coloured Limsangbonchohak. Namsandang, Seoul, Korea (1986)
- Park, J.D., Lee, Y.H., Baek, N.I., Kim, S.I. and Ahn, B.Z. Isolation of antitumor agent from the heartwood of *Dalbergia odorifera*. *Korean J. Pharmacogn.* 26: 323-326 (1995)
- Seoul National University Natural Products Research Institute. Traditional Oriental Medicines Database. Seoul systems CO., LTD. (1996)
- Harbone J.B. and Baxter, H. *Phytochemical Dictionary*. Burgess Science Press, Basingstoke, England (1995)
- Choi, U. Development of new natural antioxidant from *Dalbergia odorifera* T.CHEN and *Caesalpinia sappan* L. and food application. Ph. D. thesis, Chonbuk National Univ., Chonju, Chonbuk, Korea (1998)
- Frankel, E.N., Huang, S.W. and Aeschbach, R. Antioxidant activity of green teas in different lipid system. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 74: 1309-1315 (1997)
- Frankel, E.N. Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality. *Food Chem.* 57: 51-55 (1996)
- Button, G.W. and Ingold, K.I. Autooxidation of biological molecules. 1. The antioxidant activity of vitamin E and relating chain-breaking phenolic antioxidants in vitro. *J. Am. Chem. Soc.* 106: 6472 (1981)

(2002년 7월 31일 접수; 2002년 9월 5일 채택)