

고려인삼과 장뇌삼의 페놀성 성분 비교 연구

유 병 삼 · 이 호 재 · † 변 상 요
아주대학교 공과대학 화학·생물공학부
(접수 : 2000. 1. 22., 게재승인 : 2000. 2. 21.)

Differences in Phenolic Compounds between Korean Ginseng and Mountain Ginseng

Byoung Sam Yoo, Ho Jae Lee, and Sang Yo Byun†

School of Chemical Engineering and Biotechnology, College of Engineering, Ajou University, Kyunggi 442-749, Korea

(Received : 2000. 1. 22., Accepted : 2000. 2. 21.)

Differences in phenolic compounds were observed between cultured and mountain ginsengs. Cinnamic acid and p-hydroxybenzoic acid in Korean mountain ginseng and Chinese mountain ginseng were much higher than those in Korean ginseng. Contents of the esculetin in Korean cultured ginseng and Korean mountain ginseng were higher than that in Chinese mountain ginseng. The highest contents of esculetin in Korean mountain ginseng was 47.2 $\mu\text{g/g}$. Contents of the ferulic acid and caffeic acid in red colored Korean mountain ginseng were higher than any other ginseng.

Key Words : Korean ginseng, mountain ginseng, phenolic compounds

서 론

인삼의 비사포닌계 성분들 중 지용성 성분들에 대한 약리효능 결과들이 발표되면서 이들 성분들에 대한 관심이 높아지고 있다. 그 중 페놀성 성분들은 인체노화와 관계되는 지질과산화 억제 활성 성분으로서 중요성을 갖고 있다. 그 예로 maltol, salicylic acid, vanillic acid 등과 같은 페놀성 성분은 지질과산화를 유도하는 ferric ion(Fe^{3+})과 안정한 착화합물(chelates)을 형성하여 Fe^{3+} 를 불활성화시킴으로써 항산화활성(antioxidant activity)을 나타낸다는 보고가 있다(1). 1978년 홍삼으로부터 maltol이 처음 분리 보고된 이후 지금까지 한국산 고려인삼으로부터 10여 종 이상의 페놀성 성분들이 확인되었다(2). 특히 위 등(3)은 Krygier 등의 방법에 기초를 둔 추출법을 이용하여 백삼의 에테르 및 에칠아세테이트 가용성 산성분획으로부터 ferulic acid, caffeic acid, gentisic acid, p-hydroxybenzoic acid를 순수분리하여 보고하였다. 이들 성분들은 다량의 인삼시료의 추출물로부터 크로마토그래피에 의해 정제된 후 NMR, MS 등의 방법으로 그 화학구조가 확인되었고 TLC, HPLC, GC 등의 방법으로 분석되었다. 그러나 이들 성분들이 포함된 추출분획물에는 유기산과 지방산등도 같이 포함되어 추출될 가능성이 크므로 정량 분석이 매우 어려운

상태이다.

본 연구에서는 한국산 재배인삼, 장뇌산삼, 그리고 중국산 장뇌산삼을 재료로 하여 페놀성 성분들의 함량을 정량적으로 비교 조사하였다. 시료로 사용된 장뇌산삼이란 인공적으로 재배인삼의 종자나 묘삼을 산림속에 심어 야생조건하에서 재배하여 얻은 인삼을 지칭한다(4). 이와 같은 장뇌산삼은 약리활성면에서 일반 재배인삼보다 효과가 더 높은 것으로 알려져 있다. Mizuno 등(5)은 장뇌산삼과 재배인삼에서 추출한 열수 추출물을 이용하여 림프구(lymphocytes)의 유사분열능력을 비교 조사한 결과 장뇌산삼의 경우 일반 재배인삼보다 림프구의 유사분열 능력을 더욱 촉진시킨다고 보고하였는데, 이는 장뇌산삼이 재배인삼보다 면역활성에 대한 약리효과가 더욱 높다는 것을 간접적으로 증명하는 결과였다. 한편, 재료로 사용된 인삼들은 모두 *Panax ginseng* C.A. Meyer라는 종에 속하며, 이 종은 특히 한국 및 일본, 중국, 소련의 지역들이 포함된 북동 아시아 지역에 서식하는 것으로 알려져 있다. 그러나 한국산 고려인삼이 중국산 및 일본산과 식물학적으로 동일 인삼 종(species)에 속하지만, 약리활성과 활성 성분들에 대해서는 같다고 말할 수 없다. 최근 한국, 중국, 일본의 재배인삼을 수집하여 DNA 지문법인 RAPD(random amplified polymorphic DNA) 분석기술을 이용하여 상호 유연관계를 조사한 결과, 한국산 재배인삼과 중국, 일본 지역의 재배인삼과는 유전적으로 먼 유연관계를 나타내는 것으로 보고되었다(6). 그리고 약리활성면에서 볼 때, 중국의 약물서적등에 의하면 고려인삼이 중국인삼보다 약성이 더 강한 것으로 기술되어 있는 경우가 많고, 따라서 중국인들조차 한국산 고려인삼을 더 선호하는 경향을 보이고 있다. 또한 재배인삼과 장뇌산삼의 약리활성 차이를

† Corresponding Author : School of Chemical Engineering and Biotechnology, College of Engineering, Ajou University, Kyunggi 442-749, Korea

Tel : 0331-219-2451, Fax : 0331-214-8918

E-mail : sybyun@madang.ajou.ac.kr

배경으로 이들간의 화학 성분의 차이점을 조사하고자 하였다. 민간에서 수행되는 한약 처방전에서 장뇌산삼은 천연자연산삼 다음으로 인삼들 중에서 그 효능을 인정받고 있다. 그런데 이들 장뇌산삼은 보통 5년에서 6년 동안의 재배기간을 갖는 일반 재배인삼과는 달리 10년 이상의 성장기간을 갖으며, 야생상태에서 성장하므로 성장동안의 소실될 확률이 높으므로 수요량에 비교하여 공급량이 매우 낮은 상태에 있다. 따라서 유통시장가격이 일정치 않고 매우 높아 한약재로서 사용하기가 어려운 형편이며, 이러한 문제점들 때문에 장뇌산삼에 대한 약리활성 및 성분 연구가 미진한 상태에 머물러 있는 것이다. 또 한편으로 중국산 장뇌산삼이 한국산 장뇌산삼과 외관상으로 매우 유사한 형태를 갖고 있기 때문에 이러한 점을 악용하여 저렴한 가격으로 수입되어 들어온 중국산 장뇌산삼을 한국산 장뇌산삼으로 속여 불법적으로 유통시키는 사례가 빈번한 실정이다. 이는 현재 인삼 유통망을 매우 혼란스럽게 만들고 있으며, 결국 소비자들에게 모든 부담이 돌아가고 있는 것이다. 이번 연구에서는 여러 가지 인삼 성분들 중 페놀성 성분을 비교 대상 성분으로 선정하고, 한국산 재배인삼과 장뇌산삼, 그리고 중국산 장뇌산삼에 포함된 이들 성분들을 정량적으로 분석하여 그 차이점을 조사하였다. 또한, 연구 결과에 따라서 한국산 장뇌산삼을 차별화 할 수 있는 기준을 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

시료 및 시약

재배인삼은 강원도 홍천의 6년근 홍삼포와 충청도 음성의 5년근 백삼포 수확현장에서 직접 구입하였고, 한국산 장뇌산삼과 중국산 장뇌산삼은 약 15년의 수령을 갖는 것으로 강원도 춘천에 소재한 판매 업체에서 구입하였다. 한국산 장뇌산삼은 강원도 인제 지역에서 채취된 것이고, 중국산 장뇌산삼은 연변지역에서 채취된 것이다(Figure 1). 페놀성 성분 추출에 사용된 모든 추출용매는 EP급 시약을 사용하였고, 페놀성 성분들의 TMS 유도체화 반응에 사용되는 N,O-bis(trimethylsilyl)-acetamide(BSA)와 페놀산 표준품들은 Sigma사 제품을 사용하였다.

페놀성 성분의 추출

Free 상태의 페놀성 성분들과 다당체에 ester 형태로 결합되어 있는 페놀성 성분들은 Krygier 등(7)의 방법에 준하는 Figure 2와 같은 추출조건에 따라 개별적으로 추출을 하였다. 종류별로 건조된 백삼 분말 0.5 g을 70%-methanol과 70%-acetone이 1:1 (v/v)로 혼합된 용매 60 mL를 이용하여 초음파 분쇄기로 실온에서 1.5시간 동안 추출을 하였다. 고형물과 분리된 추출액은 45℃ 이하에서 감압 증류하여 수층으로 농축된 후, 6N-HCl을 이용하여 pH 2로 산성화시켰다. 다음으로 hexane으로 유리 지방산들을 추출하고, diethyl ether-ethyl acetate(DE/EA, 1:1, v/v) 혼합용매를 사용하여 유리상태의 페놀성 성분들을 추출하였다. 남아있는 수층은 다당체에 ester 형태로 존재하는 페놀성 성분들을 추출하기 위해 4N-NaOH를 첨가한 후 질소기류하에서 4시간 동안 가수분해 반응을 시킨다. 반응이 완료된 후 pH 2로 산성화시키고, hexane과 diethyl ether-ethyl acetate(1:1, v/v) 혼합용매를 차례로 사용하여 ester 형태의 페놀성 성분들을 추출한다. 모든 추출단계는 연속공정으로 최종 페놀성 분획물을 얻을 때까지 수행되었

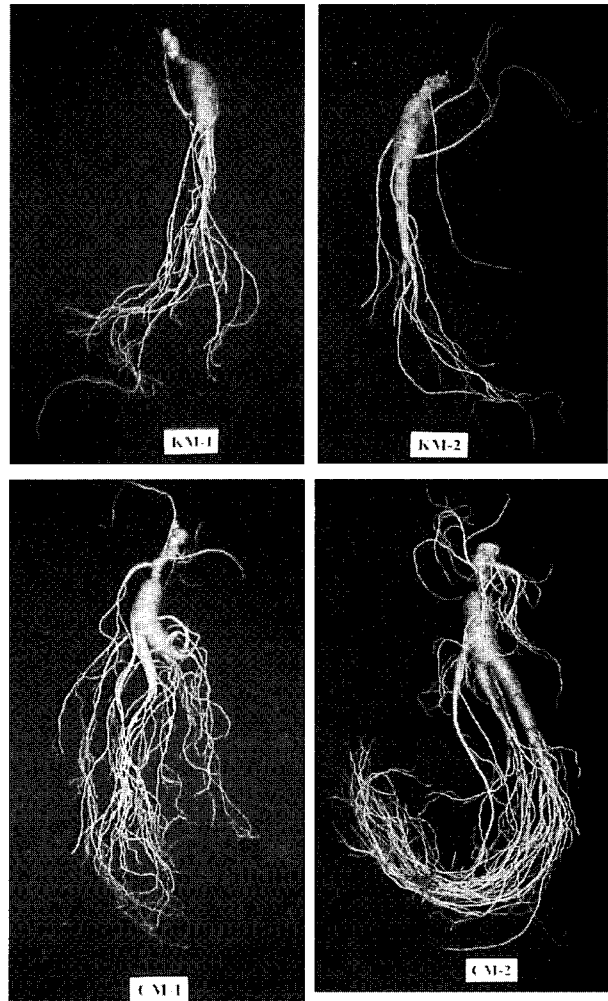


Figure 1. Appearance of 15-year-old Korean mountain-ginseng and Chinese mountain-ginseng(KM : Korean mountain ginseng, CM : Chinese mountain ginseng).

고, 최종 페놀성 추출물은 성분 분석 전까지는 냉동고에서 보관하였다.

페놀성 성분의 분석

페놀성 성분들의 대표적인 정량 분석에는 HPLC와 GLC 방법이 있다. 본 연구에서 시료로 사용된 장뇌산삼의 경우 한정된 시료 확보 문제가 있었다. 그래서 미량의 성분 분석이 가능하고, 다양한 종류의 식물유래 페놀성 성분들을 분석하기에 용이한 GLC 방법을 분석방법으로 이용하게 되었다. 본 연구에 앞서 일반 재배인삼을 시료로 사용하여 소량(건조중량 0.5 g)의 초기 추출시료에서 얻은 페놀성 성분 추출물에서도 정량분석이 가능한지를 먼저 조사한 후, 추출조건과 분석방법을 최적화 하였다. 추출된 페놀성 분획물은 질소 기류 하에서 완전히 건조 시킨 후, BSA 100 μL를 첨가하여 80℃ 반응온도에서 15분간 반응시켜 TMS 유도체를 제조하였다. TMS 유도체화된 페놀성 성분들은 FID detector를 이용한 gas-liquid chromatography(Model DS6200, DONAM, Korea)로 측정되었고, 분석용 컬럼은 EC-5(SE-54, 30 m length×0.25 mm I.D., Altech) 모세관 컬럼을 사용하였다. 분석조건은 injector와 detector 온도를 각각 260℃와 290℃로 하였

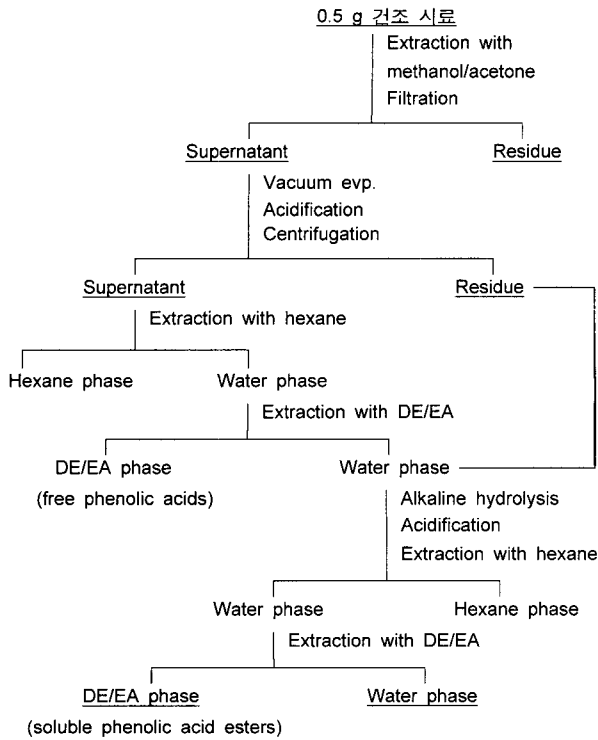


Figure 2. Schematic diagram for the extraction and separation of the free and esterified phenolics in ginseng.

고, 오븐 온도는 100℃에서 260℃까지 4℃/min의 승온조건을 유지하는 온도 프로그램을 사용하였다. 이동 기체로 질소를 사용하였고, split ratio는 1 : 10으로 고정하여 분석하였다.

결과 및 고찰

인삼 종류별 페놀성 성분의 총함량 비교

한국산 재배인삼과 장뇌산삼, 그리고 중국산 장뇌산삼에 포함된 페놀성 성분을 추출하여 총함량을 서로 비교하였다. 지금까지 보고되어온 인삼에서 그 존재가 확인된 페놀성 성분들인 maltol, salicylic acid, cinnamic acid, p-hydroxybenzoic, vanillic acid, gentisic acid, protocatechuic acid, syringic acid, p-coumaric acid, esculetin, ferulic acid, caffeic acid 등을 기준으로 하여 비교 분석하였다. Maltol은 모든 종류의 인삼에서 검출되지 않았는데, 그 원인은 maltol의 경우 홍삼의 증숙과정중 열처리에 의해 2차적으로 생성되는 홍삼특유의 성분으로서, 본 연구에서 사용된 인삼시료들은 생체상태이므로 당연한 결과였다. 총 페놀성 성분의 함량은 Figure 3과 같이 모든 시료에서 큰 차이를 나타내지 않았고, 단지 5년근 재배인삼인 U에서 다소 낮은 수준의 함량을 나타내었다. 재배인삼의 경우 재배기간동안 유기질비료를 공급한다는 점에서 장뇌산삼에 비교하여 상대적인 페놀성 성분의 함량이 더 많을지도 모른다는 예상과는 다른 결과였다. 박 등(8)의 연구보고서에 의하면, 년근별 홍삼의 총 페놀산 함량을 비교한 결과 년수에 따라 함량이 증가하다가 5년근 및 6년근 홍삼에서는 함량에 큰 변화를 나타내지 않았는데, 이번 연구에서도 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 특히 장뇌산삼의 경우에서도

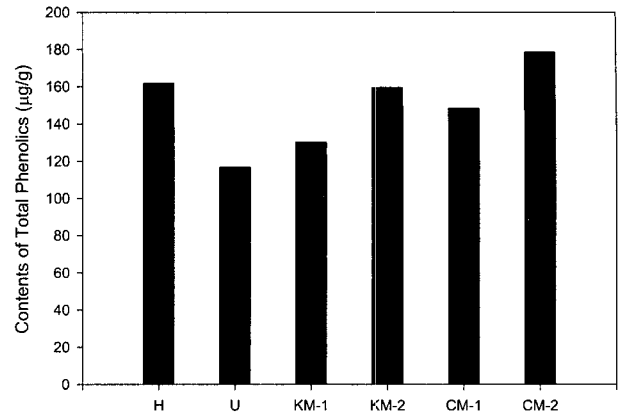


Figure 3. Contents of total phenolics in various ginsengs(H: cultured *Panax ginseng* in Hongchun, U: cultured *Panax ginseng* in Umseong, KM-1 and KM-2: Korean mountain ginseng in Injae, CM-1 and CM-2: Chinese mountain ginseng in Yunbyun).

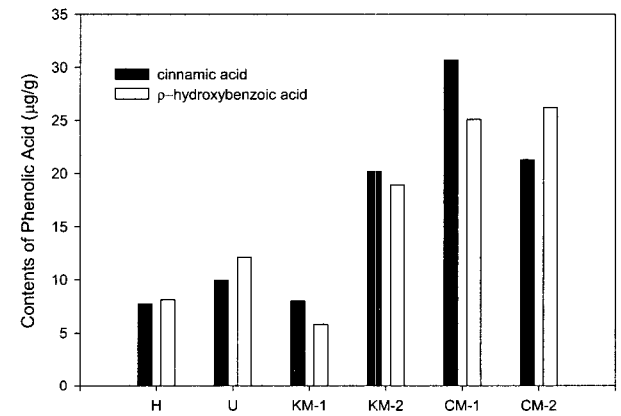


Figure 4. Contents of cinnamic acid and p-hydroxybenzoic acid contents in various ginsengs(H: cultured *Panax ginseng* in Hongchun, U: cultured *Panax ginseng* in Umseong, KM-1 and KM-2: Korean mountain ginseng in Injae, CM-1 and CM-2: Chinese mountain ginseng in Yunbyun).

큰 변화가 없었는데, 이런 결과는 인삼이 완전한 성체로 성장한 후에는 생체내의 총 페놀성 성분에 대한 함량변화가 일어나지 않는 특성이 있다고 생각된다.

개별적인 페놀성분에 대한 함량 비교

(1) 종류별 인삼에서 cinnamic acid와 p-hydroxybenzoic acid에 대한 함량 비교

12종류의 조사대상 페놀성 성분들에서 cinnamic acid와 p-hydroxybenzoic acid는 한국산 장뇌산삼인 KM-2와 중국산 장뇌산삼인 CM-1과 CM-2에서 재배인삼보다 더 높은 수준의 함량을 나타내었다(Figure 4). Cinnamic acid의 경우 CM-1에서 30.7 µg/g으로 가장 높은 함량을 나타내었는데, 두 종류의 재배인삼보다 3~4배 높은 수준이었다. p-hydroxybenzoic acid의 경우 CM-1과 CM-2에서 각각 25.1과 26.2 µg/g의 함량을 나타내었고, 두 종류의 재배인삼보다 2~3배 높은 수준이었다. 인삼에 함유된 cinnamic acid와 p-hydroxybenzoic acid의 약리효능에 대한 연구 결과는 아직 보고된 바 없지만, 이번 연구 결과에서 재배인삼과

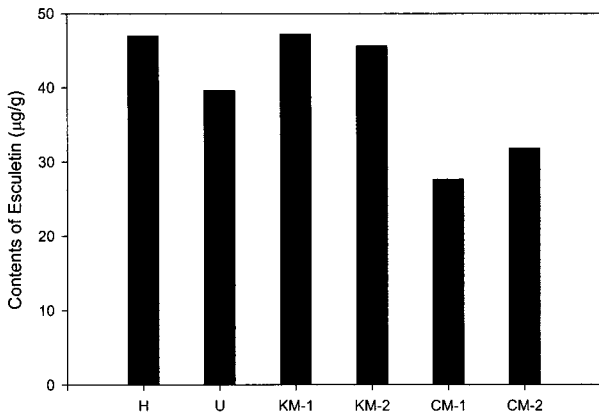


Figure 5. Contents of esculetin in various ginsengs(H: cultured *Panax ginseng* in Hongchun, U: cultured *Panax ginseng* in Umseong, KM-1 and KM-2: Korean mountain ginseng in Injae, CM-1 and CM-2: Chinese mountain ginseng in Yunbyun.

장뇌산삼을 서로 구별할 수 있는 함량 차이를 보였으므로, 약리 효능면에서 재배인삼보다 더 우수하다는 장뇌산삼의 연구를 위해서 앞으로 이들 두 종류의 성분들은 좀더 연구되어야 할 필요가 있을 것이다.

(2) 종류별 인삼에서 esculetin에 대한 함량 비교

Esculetin은 모든 인삼종류에서 높은 수준의 함량을 나타내는 페놀성 성분으로 분석되었다. KM-1의 경우 47.2 µg/g으로 가장 높은 함량을 나타내었고, 특히 중국산 장뇌산삼보다 한국산 재배인삼과 장뇌산삼에서 더 높은 수준의 함량을 나타내었다 (Figure 5). 특히 Esculetin은 자외선의 흡수를 위한 필터 제작에 사용되는 성분으로 알려져 있다. 이러한 관점에서 생각해 볼 때, 재배환경 요인들 중 하나인 일조량에 매우 민감한 인삼에서 중요한 생체대사 물질로 고려된다. 또한 재배환경이 매우 다른 한국산 재배인삼 및 장뇌산삼과 중국산 장뇌산삼을 서로 구별할 수 있는 함량 차이로 나타난 이번 실험결과가 위의 고찰사항과 다소 연관성이 있다고 생각된다. 그리고 한국산 인삼과 중국산 인삼을 서로 구별할 수 있는 기준 성분으로도 활용될 수 있다고 생각된다.

(3) 종류별 인삼에서 Ferulic Acid와 Caffeic Acid에 대한 함량 비교

한국산 장뇌산삼인 KM-2에서 ferulic acid와 caffeic acid의 함량은 각각 7.6과 13.4 µg/g으로 다른 종류의 인삼보다 높은 수준을 나타내었다(Figure 6). 이들 중 caffeic acid의 경우 쥐의 간 microsome에서의 효소적, 비효소적 반응에 의한 지질과산화물 강하게 억제하는 화합물질로 판명되었고(9), 여러 가지 페놀성 성분들 중 비교적 높은 비율로 존재하는 성분이다. 그러나 인삼으로부터 페놀성 성분의 추출과정 동안 caffeic acid는 다른 화합물질로 전환되기 쉬워 정량적인 함량분석에 어려움이 있었다. 그리고 위 두 성분의 페놀산이 KM-2에서만 특별히 높게 나타난 원인으로 최초의 시료상태를 고려해볼 필요가 있었다. KM-2의 경우 외부 표면에 약간의 적변 현상이 있었는데, 이러한 인삼의 적변화 현상은 인삼의 재배과정에서 해결해야 할 문제로 남아있는 상태이다. 인삼의 적변화 현상에 대한 여러 가지 원인이 거

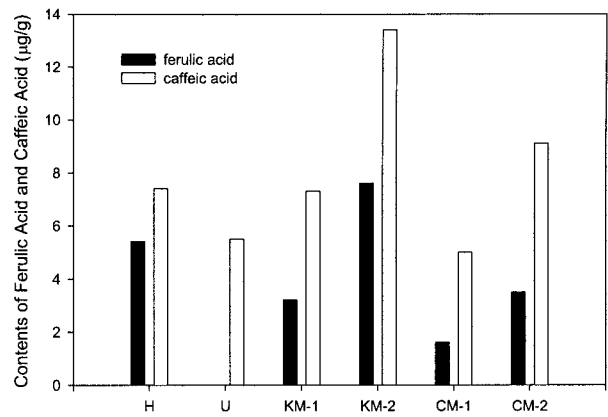


Figure 6. Contents of ferulic acid and caffeic acid in various ginsengs(H: cultured *Panax ginseng* in Hongchun, U: cultured *Panax ginseng* in Umseong, KM-1 and KM-2: Korean mountain ginseng in Injae, CM-1 and CM-2: Chinese mountain ginseng in Yunbyun.

론되어 왔는데, 주된 원인은 나쁜 생육환경 때문이라고 말할 수 있다. 그리고 적변산 관련 물질에 관해서 정 등(10)은 적변산 표피에 페놀성 성분의 함량과 철의 함량이 높다고 하였는데, 여러 가지 페놀성 성분들 중 인삼의 적변화와 관련 성분으로서 ferulic acid와 caffeic acid에 대한 고찰이 좀더 필요할 것으로 생각된다.

종류별 인삼에서 Free 상태와 Ester 상태의 페놀성 성분에 대한 함량 비교

인삼에 포함되어 있는 페놀성 성분들은 조직 내에서 화학적인 상태에 따라 크게 두 가지의 경우로 구분될 수 있다. 즉, 다른 화합물에 결합되어있지 않은 free 상태와 당 등에 결합되어있는 ester 상태 두 가지의 형태로 존재한다(11). 인삼의 페놀성 성분에 관련된 현재까지의 연구결과들에서는 두 가지 형태의 성분을 서로 구분하여 발표한 경우가 없었다. 본 연구에서는 인삼의 식물화학적 차이와 재배환경 등이 두 가지 상태의 페놀성 성분의 함량조성에 어떠한 영향을 미치는지 조사하였다. 종류별 인삼에 포함되어 있는 페놀성 성분들을 free와 ester 상태의 페놀성 성분으로 각각 추출하여 함량을 분석하였다. 그리고 ester 상태의 총 페놀성 성분 함량에 대한 free 상태의 총 페놀성 성분 함량 비를 비교하여 보았다(Figure 7). 장뇌산삼이 재배인삼보다 더 낮은 함량 비인 0.15에서 0.25의 값으로 나타났는데, 이것은 ester 상태의 페놀성 성분들이 free 상태의 페놀성 성분보다 더 높게 존재한다는 것을 의미한다. 연령이 재배인삼보다 약 2.5배 더 오래된 장뇌산삼에서 얻은 위의 결과를 고려해 볼 때, 인삼의 연령이 오래 될수록 그 내부에 포함된 ester 상태의 페놀성 성분의 함량이 비례적으로 증가한다고 생각된다. 또한, Figure 2에서 총 페놀성 성분 함량이 인삼종류에 따라 큰 차이가 없었던 결과와 위의 결과를 관련지어 생각해 보면, 인삼의 연령이 증가하면서 free 상태의 페놀성 성분은 ester 상태의 페놀성 성분으로 전환된다고 짐작할 수 있다.

요 약

한국산 재배인삼과 장뇌산삼 그리고 중국산 장뇌산삼에 포함

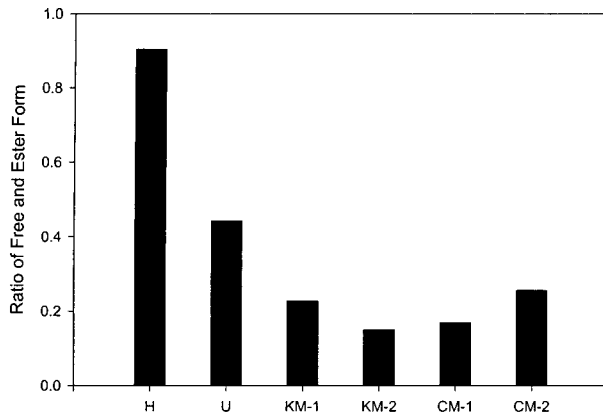


Figure 7. Ratio of free-form phenolics contents to ester-form phenolics contents in various ginsengs(H: cultured *Panax ginseng* in Hongchun, U: cultured *Panax ginseng* in Umseong, KM-1 and KM-2: Korean mountain ginseng in Injae, CM-1 and CM-2: Chinese mountain ginseng in Yunbyun.

되어 있는 총 페놀성 성분 함량에는 큰 차이가 없었다. 그러나 개별적인 페놀성 성분들의 함량에서는 몇 가지 특징적인 경향을 나타내었다. Cinnamic acid와 p-hydroxybenzoic acid는 재배인삼보다 장뇌산삼에서 각각 3~4배, 2~3배 더 높은 함량을 나타내었다. Esculetin은 한국산 재배인삼과 장뇌산삼에서 중국산 장뇌산삼보다 더 높은 함량 수준을 나타내었는데, KM-1의 경우 47.2 $\mu\text{g/g}$ 로 가장 높았다. Ferulic acid와 caffeic acid의 경우 KM-2에서 가장 높은 수준을 나타내었는데, 인삼의 적변현상에 관련된 성분으로 사료된다. Ester 상태의 총 페놀성 성분 함량은 장뇌산삼에서 재배인삼보다 3~4배 더 높았다.

*Panax ginseng*에 포함되어 있는 페놀성 성분들은 완전한 성장 연령이 지난 후에는 총 함량에 있어서 큰 차이를 나타내지 않았지만, 개별적인 페놀성 성분 함량과 존재 형태에 있어서는 서식 지별 또는 재배방법 등에 따라 구분되는 함량차이를 나타내었다.

감 사

본 연구는 한국학술진흥재단의 선도연구자지원(과제번호 : KRF-99-041-E00379)에 의해 수행되었으며 연구비 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

- Han, B. H., M. H. Park, and Y. N. Han (1985), Studies on the Antioxidant Components of Korean Ginseng-(V); The Mechanism of Antioxidant Activity of Maltol and Phenolic Acids, *Korean Biochem. J.*, **18**(4), 337-340.
- Han, B. H., M. H. Park, L. K. Woo, and Y. N. Han (1979), Antioxidant Components of Korean Ginseng, *Korean Biochem. J.*, **12**(1), 12-33.
- Wee, J. J., J. N. Heo, and M. W. Kim (1996), Analysis of Phenolic Components in Korean Red Ginseng by GC/MS, *Korean J. Ginseng Sci.*, **20**(3), 284-290.
- Park, M. K (1993), Korean Ginseng, pp.7-16, Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, Taejon.
- Mizuno, M., J. Yamada, and H. Terai (1994), Differences in Immunomodulating Effects Between Wild and Cultured *Panax ginseng*, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, **200**(3), 1672-1678.
- Park, S. Y., C. S. Shin, E. M. Shin, J. S. Jo, and Y. P. Lim (1995), Studies on the Genetic Diversity Among *Panax* Species and *Panax ginseng* Using Random Amplified Polymorphic DNA(RAPD) Analysis, *Acta Horticulturae*, **390**, 177-183.
- Krygier, K. f. Sosulski, and L. Hogge (1982), Free, Esterified and Insoluble-Bound Phenolic Acids : I. Extraction and Purification Procedure, *J. Agric. Food Chem.*, **30**, 330-334.
- Park, K. H. and J. D. Park (1995), Comparison Study on the Components and Efficacy of Ginseng on Age, *Annual Report of Korean Ginseng & Tobacco Research Institute*, pp. 85-107.
- Kim, M. W., J. D. Park, and J. J. Wee (1988), Efficacy Part, *Annual Report of Korea Ginseng & Tobacco Research Institute*, p. 127.
- Chung, Y. R., S. H. Ohh, I. H. Lee, and C. S. Park (1985), Studies on the Biological and Chemical Properties of Rusty Ginseng Root and its Causal Mechanism, *Korean J. Ginseng Sci.*, **9**(1), 24-35.
- Van Sumere, C. F. (1989), Phenols and Phenolic Acids, In *Methods in Plant Biochemistry vol. 1*, J. B. Harborne, Eds., p. 29, Academic Press, London.