

## 홍삼 페놀성 성분의 GC/MS 분석

위재준\*, 허정남, 김만욱

한국인삼연초연구원  
(1996년 11월 25일 접수)

## Analysis of Phenolic Components in Korean Red Ginseng by GC/MS

Jae Joon Wee, Jeong Nam Heo and Man Wook Kim

Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, Taejon 305-345, Korea

(Received November 25, 1996)

**Abstract :** To identify phenolic components known to exist in Korean ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) by GC/MS, three derivatization methods were employed for their analyses. First, phenolic components in ether soluble acidic fraction prepared from Korean red ginseng powder were trimethylsilylated. Secondly, phenolic acids in the same fraction were esterified with diazomethane, followed by trimethylsilylation. Thirdly, acidic components in ginseng powder were extracted and esterified concurrently by methanolic sulfuric acid, followed by fractionation of phenolic components with Silica Sep-Pak<sup>®</sup> and trimethylsilylation. All phenolic components found in ginseng except gentisic acid were identified by retention times and mass spectrums of standards. Besides, 5 phenolic components including salicyl alcohol and 1-H-indole-2-carboxylic acid were first identified from Korean red ginseng by GC/MS.

**Key words :** Korean red ginseng, phenolic component, derivatization method, GC/MS.

## 서 론

인삼에 대한 현대 과학적 연구가 시작된 이래 항스트레스<sup>1,2)</sup>, 항당뇨<sup>3,4)</sup>, 항암<sup>5,6)</sup>, 항피로<sup>7)</sup> 등 수 많은 약리효능이 보고되었고, 사포닌 배당체<sup>8)</sup>, 알칼로이드<sup>9)</sup>, 폴리아세칠렌<sup>10)</sup>, 웨타이드<sup>11)</sup> 등 수 많은 화학성분의 화학구조가 보고되었다. 한편 인삼중 페놀성 성분은 노화억제 유효 활성성분으로 관심의 대상이 되어 한동<sup>12)</sup>에 의해 지질과산화 억제 활성이 강한 홍삼의 에테르 가용성 산성 분획으로부터 maltol(3-hydroxy-2-methyl-γ-pyrone)이 분리된 이래, 수삼으로부터 salicylic acid, vanillic acid, p-coumaric acid가 분리되었고<sup>13)</sup>, 그 후 저자는<sup>14)</sup> DPPH(α-α-diphenyl-β-picrylhydrazyl) 소거 활성이 강한 백삼의 에테르 및 에

칠아세테이트 가용성 산성분획으로부터 추가로 ferulic acid, caffeic acid, gentisic acid, p-hydroxybenzoic acid를 순수분리하여 보고하였다. 이와 같이 수삼, 백삼, 홍삼을 통틀어서 순수분리를 통하여 존재가 증명된 페놀성 성분은 총 8종이다. 이들은 대개 다양한 인삼시료의 추출물로부터 각종 크로마토그라피에 의해 순수한 상태로 분리되어 NMR, MS 등 분광학적 방법에 의해 그 화학구조가 확인되었으나, 이들 성분의 정량분석에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

페놀성 성분의 분석법으로 paper chromatography<sup>15)</sup>, TLC<sup>16)</sup>, HPLC<sup>17)</sup>, GC<sup>18)</sup> 등 여러 가지 방법이 보고되었는데, 최근 박 등<sup>19)</sup>은 시중 백삼을 시료로 하여 8종의 방향족 산성 성분을 trimethylsilylation(TMS화)하고 GC로 분석하여 보고한 바 있다. 저자 등<sup>20)</sup>도 백삼의 에테르 가용성 산성분획을 TMS화 또는 methylolation하고 capillary 컬럼을 사용하여 GC/MS분석하

\*To whom correspondence should be addressed.

여 보고한 바 있는데 앞에서 언급한 인삼에서 분리된 폐놀성 성분들 중 일부만이 확인되었다. 그 원인을 고찰한 결과 에테르 가용성 산성 분획에는 폐놀성 성분외에 각종 유기산 또는 지방산이 혼입되어 있으므로 한 종류의 컬럼에서 한가지 유도체 방법으로는 모든 폐놀성 성분을 동시에 단일 성분 피크로 분석하는 것이 어렵다고 사료되었다. 따라서, 본 연구에서는 먼저 GC 컬럼은 SPB-1 fused silica capillary로 고정하고 유도체 방법을 달리하여 홍삼중 폐놀성 성분을 분석한 결과 방법에 따라 상호 보완적인 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료 및 시약

인삼은 한국 담배인삼공사에서 제조한 홍삼, 양삼 30자(*Panax ginseng* C.A. Meyer)를 인삼 판매상에서 구입하여 사용하였다. N,O-bis(Trimethylsilyl) trifluoroacetamide(BSTFA)와 아세토니트릴(Silylation Grade)은 미국 Pierce사 제품을 사용하였고, p-Toluenesulfonyl-N-methyl-N-nitosamide와 caffeic acid, ferulic acid 등의 폐놀산 표준품은 일본 동경화성공업(주) 제품을, Silica Sep-Pak 카트리지는 Waters사 제품을 사용하였다. 메탄올, 에칠 에테르등의 추출용매류는 EP급을 정제없이 사용하였다.

### 2. 에테르 가용성 산성 분획의 분리

홍삼 분말 50 g에 80% 메탄올 500 ml를 가하고 80°C에서 3회 환류추출, 농축하여 추출물을 얻은 다음, 중류수 500 ml에 분산시키고 에칠 에테르 500 ml로 3회 추출하였다. 추출액을 합치고 감압 농축기로 부피를 200 ml로 줄인 다음, 1 N-NaOH 200 ml로 추출하였다. 이 알칼리 용액의 pH를 3.0으로 낮춘 다음 에칠 에테르 200 ml로 3회 추출, 농축하여 에테르 가용성 산성분획을 얻었다. 잔사를 메탄올로 최종 25 ml로 하여 폐놀성 성분 분석시료로 사용하였다(Fig. 1).

### 3. 홍삼 폐놀성 성분의 유도체 조제

#### (1) TMS화

에테르 가용성 산성분획중 일부를 반응용기에 취하여 질소기류하에서 건고시킨 후 아세토니트릴과 BSTFA를 가하고 80°C heating block에서 15분간 반응시켜 TMS 유도체를 조제하였다.

### (2) Diazomethane의 조제

미국 Aldrich사의 Diazoald Kit를 사용하여 96% 메탄올에 녹인 KOH 용액(0.4 g/10 ml)에 에테르에 녹인 p-Toluenesulfonyl-N-methyl-N-nitosamide 8% 액(2.14 g/30 ml)을 가하여 diazomethane을 조제하였다.<sup>21</sup>

### (3) Methylation과 TMS화

에테르 가용성 산성분획중 일부에 diazomethane을 기포가 멈출 때까지 가하여 카르복실기를 methylation한 후 질소기류 하에서 전고시킨다. 다시 BSTFA를 가하고 80°C heating block에서 15분 반응시켜 폐놀기를 TMS화하였다.

### 4. 황산-메탄올에 의한 추출, 분획 및 유도체 조제

홍삼분말 10 g에 12% 황산-메탄올 50 ml을 기하고 상온에서 24시간 진탕하여 시료중 폐놀산, 유기산, 지방산 등 산성 성분을 추출과 동시에 methylation하였다(Fig. 2). 추출액을 여과하고 잔사에 메탄올 20 ml을 가하여 세척하고 여액에 합친다. 이 용액에 중류수 200 ml를 가한 후, 에칠 에테르 100 ml로 3회 추

Red ginseng powder (50 g)

| - extd. with 500 ml of 80% MeOH at 80°C  
(3 times)

80% MeOH extract

| - suspended in 500 ml of water  
- extd. with 500 ml of ethyl ether (3 times)

Aqueous layer      Ether layer

| - evaporated to 200 ml of volume  
- extd. with 200 ml of 1 N-NaOH

1 N-NaOH layer

| - acidified to pH 3.0  
- extd. with 200 ml of ethyl ether  
(3 times)

Aqueous layer      Ether layer

| - concentrated and  
dissolved in 25 ml of  
MeOH

Ether soluble acidic fr.

**Fig. 1.** Schematic diagram for extraction and fractionation of acidic components from Korean red ginseng powder.

출, 농축하여 에스테르화된 산성분획(esterified acidic fraction)을 얻었다. 이것을 디클로로메탄에 용해하고 50 ml로 하여 분석시료로 사용하였다. 이 시료 중 지방산 메칠 에스테르를 제거하기 위하여 일부를 취하여 Silica Sep-Pak 카트리지에 넣고 20% 에테르/n-헥산 3 ml 및 에칠파세테이트 3 ml로 차례로 용출시켜 분획 I 및 분획 II로 각각 분리하였다. 이 중 분획 II를 BSTFA를 사용하여 TMS화 하였다. linoleic acid와 vanillic acid의 메칠 에스테르 유도체를 같은 방법으로 용출시킨 후 GC로 분석하였을 때 분획 I은 linoleic acid가 주된 용출물이었고 분획 II를 TMS화하여 분석하였을 때 vanillic acid가 주성분인 점으로 보아 분획 II를 페놀산 분석시료로 사용하였다.

### 5. GC/MS 분석

위에서와 같이 유도체화된 시료를 SPB-1 fused silica capillary 컬럼( $0.25\text{ mm} \times 30\text{ m}$ )이 장착된 영국 FISONS사의 MD-800을 사용하여 GC/MS 분석하였다. GC조건은 초기온도  $80^{\circ}\text{C}$ (3분 유지)에서  $150^{\circ}\text{C}$ 까지 분당  $6^{\circ}\text{C}$ 씩 승온,  $180^{\circ}\text{C}$ 까지  $3^{\circ}\text{C}$ 씩 승온하고 최종  $280^{\circ}\text{C}$ 까지 분당  $6^{\circ}\text{C}$ 씩 승온시켰다. MS는 70 eV에서 Electron Impact Mode로 분석하였다. 성분의 동정은

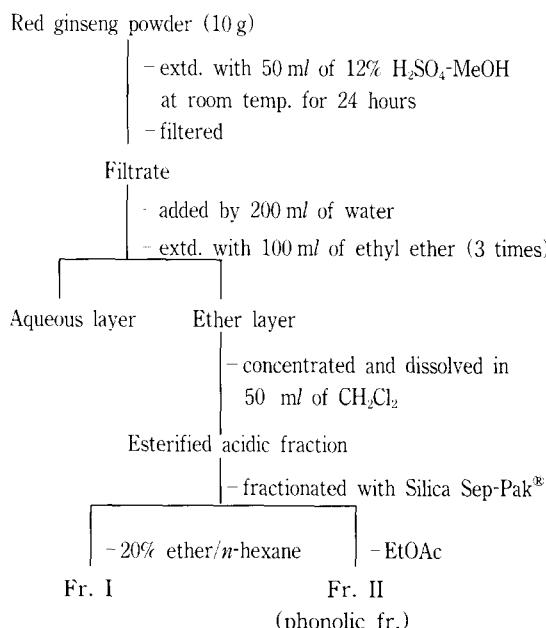
표준품의 머무름 시간(retention time)과 질량스펙트럼을 대조하여 행하였고 그 밖의 새로운 성분의 동정은 Wiley와 Nist Library Search를 이용하였다.

### 결과 및 고찰

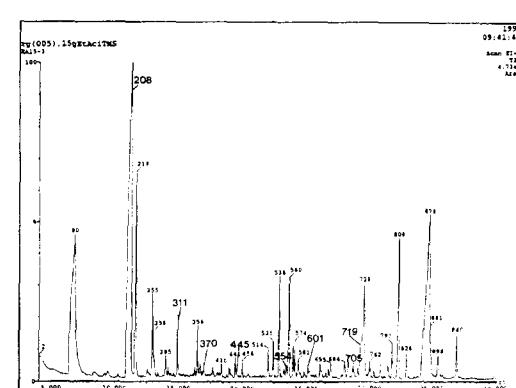
GC를 이용하여 페놀산을 분석할 경우, ethylation<sup>22</sup>, TMS화<sup>23~25</sup> 등의 방법이 보고되어 있는데, 본 연구에서는 TMS화하거나 methylation과 TMS화를 병용하였다.

#### 1. TMS화에 의한 홍삼의 페놀성 성분의 분석

홍삼 에테르 가용성 산성분획을 TMS화하여 GC/MS 분석한 결과, 지금까지 인삼에 존재하는 것으로 알려진 8 종의 페놀성 성분중 maltol을 비롯하여 p-hydroxybenzoic acid, vanillic acid (3-methoxy-4-hydroxybenzoic acid), p-coumaric acid(p-hydroxycinnamic acid) 등 4종의 페놀성 성분만이 머무름 시간과 질량스펙트럼이 표준품과 일치하는 것으로 나타났다(Fig. 3, Table 1). 그 밖의 페놀성 성분은 같은 머무름 시간에서 피크가 나타났어도 그 질량스펙트럼은 표준품과 일치하지 않았다. 이것은 페놀성 성분의 피크가 다른 방해물질의 피크와 분리되지 않았거나 다른 물질에 의해 상대적 농도가 매우 낮기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 유도체 방법을 달리 하여 페놀성 성분과 중첩되어 있는 물질의 성질을 바꿈으로써 분리가 가능해 질 수 있겠고 또는 시료의 전처리 과정에서 방해물질을 최대한 제거하여 목적



**Fig. 2.** Schematic diagram for preparation and fractionation of esterified acidic fraction from Korean red ginseng powder.

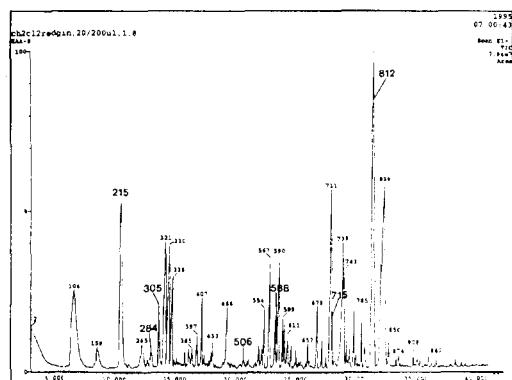


**Table 1.** Mass spectra obtained by GC/MS of trimethylsilyl derivatives of acidic components in ether soluble acidic fraction from Korean red ginseng powder

Spec No.	Identity	m/z (relative intensity %)
208	maltool <sup>a</sup>	183(100), 153(75), 111(38), 99(39), 167(20), 198(M <sup>+</sup> , 9)
311	salicyl alcohol(o-hydroxybenzyl alcohol) <sup>a</sup>	253(33), 179(30), 147(35), 268(M <sup>+</sup> , 30), 209(20)
356	p-hydroxybenzyl alcohol <sup>a</sup>	179(100), 147(30), 268(M <sup>+</sup> , 48), 253(42)
358	3-methoxy-4-hydroxybenzaldehyde <sup>a</sup>	194(60), 209(30), 224(M <sup>+</sup> , 19), 179(10)
370	cinnamic acid	205(100), 131(95), 161(70), 103(65), 220(M <sup>+</sup> , 30)
445	p-hydroxybenzoic acid <sup>a</sup>	267(20), 223(18), 193(12), 282(M <sup>+</sup> , 5), 120(55)
554	vanillic acid <sup>a</sup>	297(100), 195(90), 210(80), 267(70), 223(45), 312(M <sup>+</sup> , 50)
601	3,4-dihydroxyphenethyl alcohol <sup>a</sup>	267(100), 193(68), 103(10), 281(20), 370(M <sup>+</sup> , 24)
633	tetradecanoic acid	117(55), 285(52), 129(42), 132(20), 300(M <sup>+</sup> , 3)
705	p-coumaric acid <sup>a</sup>	219(95), 293(93), 249(60), 308(M <sup>+</sup> , 59), 179(20)
719	1H-indole-2-carboxylic acid	299(60), 117(50), 129(43), 132(21), 213(13)
783	palmitoleic acid	117(92), 311(23), 319(20), 236(7)
808	palmitic acid	117(100), 313(82), 145(33), 201(10), 269(5), 328(M <sup>+</sup> , 10)
940	linoleic acid	117(32), 337(30), 262(15), 135(16), 178(10), 352(M <sup>+</sup> , 3)

<sup>a</sup> Phenolic components.

성분의 농도를 높힘으로써 정확한 질량스펙트럼을 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 또한 BSTFA, HMDS(hexamethyldisilazane)등 TMS화 시약에 따른 영향도 고려해야 할 과제이다. Fig. 3에 나타난 60여종의 피크 각각의 질량 스펙트럼을 Wiley와 Nist Library와 비교 검색하여 동정한 결과 앞에서 언급한 페놀성 성분외에 salicyl alcohol, p-hydroxybenzyl alcohol, 3-methoxy-4-hydroxybenzaldehyde, 3,4-dihydroxyphenethyl alcohol 등 페놀성 성분이 동정되었는데, 이들은 인삼에서 GC/MS에 의해 처음으로 동정된 성분들이다. 또한 페놀산의 전구체인 cinnamic acid도 동정되었다. 그 외에 식물의 성장 호르몬의 일종인 1H-indole-2-carboxylic acid도 인삼에서 처음으로 동정되었다. p-hydroxybenzyl alcohol은 Cucurbita moschata의 씨에서 분리된 바 있고 indoleacetic acid oxidase의 cofactor로 알려져 있다.<sup>26)</sup> 3,4-dihydroxyphenethyl alcohol은 Forsythia suspensa의 과일에 glucoside 형태로 존재한다고 알려져 있으나<sup>27)</sup> 인삼에서 동정되기는 처음이다. 에테르 가용성 산성분획에는 위의 페놀성 성분외에 linoleic acid와 palmitic acid가 주 피크로 확인되었고 그외에 tetradecanoic acid, palmitoleic acid도 동정되었다. 이와 같이 홍삼 에테르 가용성 산성분획중에 함유된 다량의 지방산 또는 유기산등이 페놀성 성분

**Fig. 4.** Total ion chromatogram of trimethylsilyl derivatives of methylated acidic components in ether soluble acidic fraction from Korean red ginseng powder.

과의 분리를 방해하는 것으로 사료된다.

## 2. Methylation 및 TMS화에 의한 홍삼의 페놀성 성분의 분석

홍삼의 에테르 가용성 산성분획을 methylation한 다음 계속해서 TMS화하여 GC/MS 분석한 결과 salicylic acid(2-hydroxybenzoic acid), p-coumaric acid 및 ferulic acid(3-methoxy-4-hydroxycinnamic acid) 등 3종의 페놀산이 표준품과 대비하여 확인되었다. 이외에 새로이 4-hydroxy-3-methoxy-

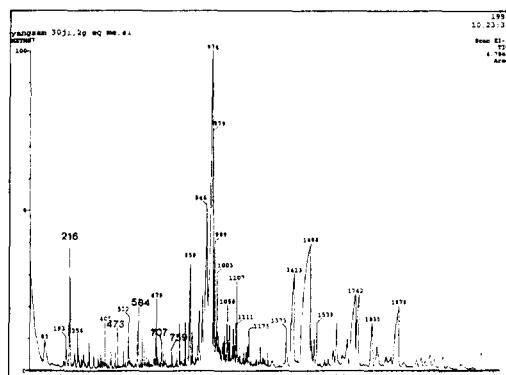
**Table 2.** Mass spectra obtained by GC/MS of trimethylsilyl derivatives of methylated acidic components in ether soluble acidic fraction from Korean red ginseng powder

Spec No.	Identity	m/z (relative intensity %)
215	malic acid	175(97), 113(93), 133(82), 219(57), 159(53), 191(22)
265	2,4-furandicarboxylic acid	153(100), 184(M <sup>+</sup> , 33), 121(22), 93(12)
284	cinnamic acid	131(100), 151(73), 103(60), 162(M <sup>+</sup> , 45), 123(20)
305	salicylic acid <sup>a</sup>	209(100), 179(50), 161(30), 135(25), 193(15), 224(M <sup>+</sup> , 1)
321	cis-aconitic acid	153(100), 184(92), 156(90), 125(67), 141(30), 216(M <sup>+</sup> , 1)
407	citric acid	215(100), 153(45), 231(46), 291(15), 247(23), 185(18)
506	4-hydroxy-3-methoxy cinnamic acid acetate <sup>a</sup>	208(100), 177(71), 145(60), 250(10)
588	p-coumaric acid <sup>a</sup>	195(100), 210(92), 165(44), 90(28), 181(26), 250(M <sup>+</sup> , 9)
691	palmitoleic acid	194(36), 152(28), 236(25), 162(15), 268(M <sup>+</sup> , 4)
711	palmitic acid	143(74), 227(45), 129(30), 270(M <sup>+</sup> , 25), 171(23), 185(23), 199(22)
715		149(100), 250(52), 219(18), 280(M <sup>+</sup> , 16), 265(11)
772	ferulic acid <sup>a</sup>	143(16), 178(8), 185(6), 234(5), 241(5), 284(M <sup>+</sup> , 3)
812	heptadecanoic acid	109(77), 123(37), 135(29), 150(28), 164(19), 263(15), 294(M <sup>+</sup> , 14)
	linoleic acid	

<sup>a</sup> Phenolic components.

cinnamic acid acetate가 인삼에서 처음으로 GC/MS로 동정되었다(Fig. 4, Table 2). 이 중 salicylic acid, ferulic acid, 4-hydroxy-3-methoxycinnamic acid acetate는 앞에서와 같이 TMS화만 하여 분석하였을 때는 동정할 수 없던 것이다. 그러나 TMS화에 의해 동정되었던 salicyl alcohol, p-hydroxybenzyl alcohol, 3-methoxy-4-hydroxybenzaldehyde, 3,4-dihydroxyphenethyl alcohol 또는 1H-indole-2-carboxylic acid는 이 방법으로 동정되지 않았다. 그 외에 malic acid, 2,4-furandicarboxylic acid, cis-aconitic acid, citric acid 등 4종의 유기산 및 linoleic acid 외 3종의 지방산이 동정되었다(Table 2). 이 중 cis-aconitic acid는 citric acid, malic acid 등과 더불어 Krebs cycle acids의 일종인데 citric acid와 malic acid가 식물계에 널리 분포하는 반면에<sup>28)</sup> cis-aconitic acid는 흔치 않은 tricarboxylic acid로서 인삼에서 비교적 고농도로 존재하는 것으로 밝혀지기는 이번이 처음이다. furandicarboxylic acid는 1913년 Powder 등<sup>29)</sup>이 Phaseolus multiflorus의 뿌리에서 3-furoic acid를 분리한 이래 많은 유도체들의 구조가 보고되어 있는데, 그 중 2,4-furandicarboxylic acid가 인삼에서 동정되기는 처음이다.

### 3. 황산-메탄올 추출물의 분획 및 TMS화에 의한



**Table 3.** Mass spectra obtained by GC/MS of TMS-derivatized components in the esterified acidic fraction II prepared from sulfuric acid-methanol extract of Korean red ginseng powder

Spec No.	Identity	m/z (relative intensity %)
216	malic acid	175(52), 113(50), 133(41), 159(20), 219(16), 191(9)
421	citric acid	215(100), 153(60), 231(52), 247(25), 291(17)
473	vanillic acid <sup>a</sup>	224(100), 193(53), 239(52), 254(M <sup>+</sup> , 29), 165(8)
584	p-coumaric acid <sup>a</sup>	250(M <sup>+</sup> , 100), 235(72), 203(56), 219(43), 102(15), 175(10)
707	ferulic acid <sup>a</sup>	250(100), 280(M <sup>+</sup> , 47), 219(27), 265(26), 131(17), 191(8)
759	caffeic acid <sup>a</sup>	219(100), 338(M <sup>+</sup> , 29), 191(13), 307(4), 147(4), 131(3)
1413	stigmasterol	129(64), 255(29), 159(24), 394(17), 355(10), 484(M <sup>+</sup> , 10)
1498	β-sitosterol	129(100), 357(33), 396(27), 145(26), 381(15), 255(12), 486(M <sup>+</sup> , 10)
1742	oleanolic acid	203(100), 189(40), 320(21), 133(15), 482(10), 585(5), 600(M <sup>+</sup> , 3)

<sup>a</sup> Phenolic components.

들수 있겠는데 이 중 페놀산의 GC/MS 분리동정을 용이하게 하고자 Silica Sep-Pak 카트리지를 이용하여 지방산등 저극성 물질(분획 I)을 제거하였다. 상대적으로 극성이 높은 분획 II에 함유된 성분들은 분자내에 적어도 1~2개의 알콜기 또는 페놀기를 가진 극성물질들로서 TMS화 한 후 GC/MS로 분석한 결과, 인삼의 주요 페놀산인 vanillic acid, p-coumaric acid, ferulic acid, caffeic acid(3,4-dihydroxy-cinnamic acid)가 확인되었는데, 이 중 caffeic acid는 앞의 두 방법에 의해서는 동정할 수 없었던 것이다 (Fig. 5, Table 3). 이와 같이 하여 앞에서 언급한 세 가지의 유도체화 또는 분획방법에 의해 지금까지 인삼으로부터 순수분리에 의해 그 존재가 확인된 바 있는 총 8종의 페놀성 성분 중 gentisic acid(2,5-dihydroxybenzoic acid)를 제외한 7종을 GC/MS에 의해 그 머무름 시간 및 질량스펙트럼으로 확인할 수 있었다. 그 외에 분획 II에서 malic acid 와 citric acid 등 유기산 및 다량의 stigmasterol, β-sitosterol, oleanolic acid를 확인하였다. 이 중 β-sitosterol은 배당체의 형태로 Takahashi 등<sup>31</sup>에 의해 분리되어 보고된 바 있다. 한편 oleanolic acid는 ginsenoside R<sub>a</sub>의 aglycone으로서 분획 II에서 다량 발견됨으로써 본 연구방법을 이용하여 ginsenoside R<sub>a</sub>의 함량을 간접적으로 비교할 수 있음을 시사해 주었다.

## 요 약

인삼으로부터 지금까지 순수분리를 통하여 그 존-

재가 확인된 페놀성 성분의 GC/MS 분석을 위하여, 첫째, 홍삼분말의 80% 메탄올 추출물로부터 분획된 에테르 가용성 산성 분획성분을 직접 TMS화하거나, 둘째, 이 분획을 먼저 diazomethane으로 methylation하고 난 후 TMS화하거나, 셋째, 홍삼분말중 산성성분을 12% 황산-메탄올 용액으로 직접 추출과 동시에 methylation한 후 Silica Sep-Pak<sup>k</sup>으로 페놀산을 분획하고 나서 TMS화한 다음 GC/MS로 분석하였다. 위의 세가지 방법에 의해 인삼에서 알려진 총 8종의 페놀성 성분중 gentisic acid를 제외한 7종을 표준품의 retention time 및 질량스펙트럼에 의해 확인할 수 있었고, 그 밖에 salicyl alcohol와 4종의 페놀성 성분 및 1H-indole-2-carboxylic acid를 인삼에서 GC/MS로 처음으로 동정하였다.

## 인 용 문 헌

- Hiai, S., Yokoyama, H. and Oura, H. : *Proc. 3rd Int'l Ginseng Symp.*, Seoul, Korea, p. 77 (1980).
- Brekhman, I. I and Dardymov, I. V. : *Lloydia* **32**, 46 (1969).
- Yokozawa, T., Kobayashi T., Oura, H. and Kawashima, Y. : *Wakan Yaku Gakkaishi* **1**, 22 (1984).
- Waki, I., Kyo, H., Yasuda, M. and Kimura, M. : *J. Pharm. Dyn.* **5**, 547 (1982).
- Hwang, W. I. and Cha, S. M. : *Proc. 2nd Int'l Ginseng Symp.*, Seoul, Korea, p. 43 (1978).
- 이선희, 황우익 : 고려인삼학회지 **10**, 141 (1986).

7. Saito, H., Yoshida, Y. and Takagi, K. : *Japan. J. Pharmacol.* **24**, 119 (1974).
8. 森田俊信: アジア産 Panax(ニンジン)属 植物の化學的研究, 廣島大學院 醫學 系研究科 分子藥學系 博士學位論文, p. 6 (1986).
9. 박종대: 인삼 알칼로이드 분획의 성분에 관한 연구, 성균관대학교 박사학위 논문 (1986).
10. 김신일: 인삼의 항암성분에 관한 연구, 충남대학교 박사학위논문 (1988).
11. Gstirner, F. and Vogt, H. J. : *Archiv der Pharmazie* **299**, 936 (1966).
12. Han, B. H., Park, M. H., Woo, L. K., Woo, W. S. and Han, Y. N. : *Proc. 2nd Int'l Ginseng Symp.*, Seoul, Korea, p. 13 (1978).
13. Han, B. H., Park, M. H. and Han, Y. N. : *Arch. Pharm. Res.* **4**, 53 (1981).
14. 위재준: 인삼의 항산화 및 조혈활성 분획성분의 분리 및 동정, 서울대학교 박사학위논문 (1989).
15. Arai, S., Suzuki, H., Fujimaki, M. and Sakurai, Y. : *Agric. Biol. Chem.* **30**, 364 (1966).
16. Stahl, E. : *Thin-Layer Chromatography*, Springer-Verlag, Berlin, p. 689 (1969).
17. Marwan, A. G. and Nagel, C. W. : *J. Food Sci.* **47**, 774 (1982).
18. Maga, J. A. and Lorenz, K. : *J. Sci. Food Agric.* **25**, 797 (1974).
19. 박만기, 박정일, 김경호, 한상범, 한병훈: 약학회지 **38**, 389 (1994).
20. 김만우, 위재준: 고려인삼학회지 **9**, 54 (1985).
21. Schlenk, H. and Gellerman, J. L. : *Anal. Chem.* **32**, 1433 (1960).
22. Salomonsson, A., Theander, O. and Aman, P. : *J. Agric. Food Chem.* **26**, 830 (1978).
23. Kallio, H. and Markela, E. : *J. Food Sci.* **47**, 1466 (1982).
24. Krygier, K., Sosulski, F. and Hogge, L. : *J. Agric. Food Chem.* **30**, 330 (1982).
25. Horvat, R. J. and Senter, S. D. : *J. Agric. Food Chem.* **28**, 1292 (1980).
26. Buckingham, J. (ed.) : *Dictionary of Organic Compounds* Vol. III, Chapman and Hall, London, p. 3003 (1982).
27. Buckingham, J. (ed.) : *Dictionary of Natural Products* Vol. II, Chapman and Hall, London, p. 1780 (1994).
28. Harborne, J. B. : *Phytochemical Method*, Chapman and Hall, London, p. 132 (1973).
29. Buckingham, J. (ed.) : *Dictionary of Natural Products* Vol. II, Chapman and Hall, London, p. 2451 (1994).
30. Dickes, G. J. and Nicholas, P. V. : *Gas Chromatography in Food Analysis*, Butterworths, London-Boston, p. 66 (1978).
31. Takahashi, M., Isoi, K., Yoshikura, M. and Osugi, T. : *Yakugaku Zasshi* **81**, 771 (1961).