

참마의 휘발성 풍미성분

이미순 · 최향숙

덕성여자대학교 식품영양학과

Volatile flavor components of *Dioscorea japonica*

Mie-Soon Lee and Hyang-Sook Choi

Department of Foods & Nutrition, Duksung Women's University, Seoul

Abstract

An attempt was made to determine the volatile flavor components of *Dioscorea japonica*. Essential oils from roots of the samples were isolated by simultaneous steam distillation-extraction(SDE) method using diethyl ether as solvent. Concentrated samples were analyzed by gas chromatography(GC) and combined gas chromatography-mass spectrometry(GC-MS). Fifty nine volatile flavor components, including 35 hydrocarbons, 5 aldehydes, 1 ketone, 9 alcohols, 2 esters, 3 acids and 4 miscellaneous ones were confirmed in the young roots of *Dioscorea japonica*. Forty two components, including 23 hydrocarbons, 2 aldehydes, 7 alcohols, 1 ester and 8 acids and 1 miscellaneous one were confirmed in the roots of mature stage. 8-3-Carene and dodecanoic acid were regarded as the most abundant components in young and mature roots respectively. The profile of volatile flavor components was markedly different in young and mature roots of *Dioscorea japonica*.

Key words: *Dioscorea japonica*, wild plants, volatile flavor components

서 론

참마(*Dioscorea japonica* Thunb.)는 마과(Dioscoreaceae)에 속하는 여러해살이 덩굴식물로서 땅속에 굽고 긴 둉이 뿌리를 가지고 있다. 전국 각지에 자생하지만 주로 산지의 덤불속이나 풀밭에서 흔히 발견된다⁽¹⁾. 근연 식물로는 마(*Dioscorea batatas* Decne), 등근마(*Dioscorea bulbifera* L.), 부채마(*Dioscorea nipponica* Makino), 각시마(*Dioscorea tenuipes* Fr. et Sav.), 단풍마(*Dioscorea quinqueloba* Thunb), 국화마(*Dioscorea septemloba* Thunb) 등이 있다⁽²⁾.

참마(*Dioscorea japonica* Thunb) 및 마(*Dioscorea batatas* Decne)의 뿌리줄기(擔根體, rhizophor)의 주피를 제거하여 꺼서 말린 것을 山藥이라고 하는데⁽³⁾ 山藥의 根莖에서 규명된 성분으로는 점액성분(mucilages), steroidal saponin, 전분, 피틴산(phytic acid), polyphenol oxidase 및 vitamin C 등이 있다⁽⁴⁾. 참마의 둉이 뿌리는 당뇨병, 폐결핵, 빈뇨증 및 신체가 허약할 때 약재로 많이 이용되는데, 자양, 익정(益精), 지사(止瀉) 등의 효능이 있고 폐와 비장에 이롭다고 알려져 왔다⁽⁵⁾. 괴경을 마셨을 때 음식에 혼합하거나 즙을 내어 식용하며, 전, 구이 및 찜 등으로

이용하기도 한다. 마쇄 후 갈색으로 변하므로 조리시 주의해야 한다.

최근 국민의 소득 수준이 향상됨에 따라 식생활에 있어서 기호식품이나 건강보조식품의 소비가 증가되어 국내에서 각종 산채류나 전통식품의 중요성에 대한 관심이 높아져 가고 있다. 이 중의 하나로 참마의 이용 및 가공이 점차 확대되고 있으며 이와 더불어 yam flour, yam flakes 등의 저장 중 이취 발생에 대한 문제가 제기되기도 하는데 이러한 문제에 대한 연구는 아직 체계적으로 이루어지지 않고 있으며 최근의 보고에 의하면 마의 지방산은 주로 linoleic acid와 palmitic acid로 구성되어 있다고 한다⁽⁶⁾. 미국 등지에서는 마전분을 제빵 산업에 이용하기 위하여 마의 물리적 성질, pasting 및 dough에 관한 성질들이 조사된 바 있다⁽⁷⁾. 이외에 참마에 관한 연구는 참마와 마를 대상으로 mucilage 정제⁽⁴⁾, 참마의 화학 성분 조사⁽⁸⁾, 일반성분 및 분말의 物性측정⁽⁹⁾ 등이 보고되었다. 그러나 참마의 휘발성 풍미성분을 다룬 연구는 전무한 실정이다.

참마의 휘발성 풍미성분은 참마에 함유된 다른 성분에 비하여 미량이지만 식품으로 이용시 풍미는 가장 중요한 관능적 특성이다. 참마는 주로 성숙한 뿌리가 식용 및 약용으로 쓰이는데 어린 뿌리도 연하고 부드러운 조직감 때문에 식품으로서의 이용 가치가 높으므로 본 연구에서는 성숙한 참마와 어린 참마의 뿌리를 대상으로 휘발성 풍미성분을 비교 분석하였다.

Corresponding author: Mie-Soon Lee, Department of Foods & Nutrition, Duksung Women's University, Ssang-mun-dong, Dobong-ku, Seoul 132-714, Korea

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 어린 참마는 1991년 10월 도봉산 주변에서 직접 채취하였고 성숙한 참마는 덩이뿌리가 땅속 1~2m로 뻗은 마과 식물의 특성때문에 채취가 어려워 강원도 홍천에서 채취된 자연산 참마를 경동시장에서 구입하였다. 참마는 일반적으로 성숙한 뿌리를 식용해 왔으나 어린 뿌리도 풋풋한 향과 부드러운 조직감 때문에 여러가지 조리법을 통하여 식용할수 있다고 사료되어 본 연구는 자연산의 어린 참마 및 성숙한 참마를 시료로 사용하였다. 참마는 뿌리를 식용하므로 뿌리부분을 4°C에 보관해두고 시료로供用하였다.

취발성 성분 추출

참마의 뿌리를 신선한 상태로 세 절한 후 Schultz 등⁽¹⁰⁾의 방법에 따라 연속증류추출장치(SDE)를 사용하여 상압하에서 2시간동안 수증기 증류를 하였다. 이 증류물을 diethyl ether로서 추출하여 ether층만을 취하여 무수황산나트륨으로 탈수시켰다. 40°C의 수욕상에서 회전농축기로 ether를 제거한 후 GC 및 GC-MS 분석시료로 사용하였다.

분석

얻어진 취발성 농축물은 GC/GC-MS를 이용하여 분석 및 확인하였다. GC는 Hewlett-Packard(HP) 5880A/gas chromatograph(GC) 및 integrator를 사용하였다. 본 실험에서 Supelcowax 10(30m×0.32 mm I.D.) fused silica capillary column이 분석에 이용되었으며 column은 50°C에서 5분간 유지한 다음 3°C/min 속도로 230°C까지 온도를 높여 30분간을 유지하였다. 검출기는 flame ionization detector(FID)가 사용되었고 검출기 및 주입구의 온도는 250°C로 유지하였다. 운반기체인 N₂가스는 유속

1.2 ml/min, split ratio 1:45로 주입하였다.

GC-MS 분석을 위하여는 Varian 3700 GC에 open split로 연결된 Finnigan MAT 212(MS)를 사용하였다. 본 실험에서는 DB-wax10(30m×0.32 mm I.D.) fused silica capillary column이 분석에 이용되었으며 이 column은 먼저 50°C에서 5분간 유지한 다음 3°C/min 속도로 220°C까지 온도를 높였다. MS 분석조건으로 ion source temperature는 250°C, ionization voltage(EI)는 70 eV, 그리고 ion source pressure는 1.2×10⁻⁵ torr이었다.

각 성분은 mass spectral data books^(11~13)의 mass의 spectrum과 GC에서 표준품과 무수름 시간의 비교에 의해 확인하였고 retention index(RI)⁽¹⁴⁾는 n-paraffin mixture(Supelco제, U.S.A)를 기준으로 하여 구하였다.

결과 및 고찰

연속증류추출장치(SDE)를 이용하여 어린 참마에서 추출된 취발성 성분의 gas chromatogram은 Fig. 1과 같다. 총 59개의 성분이 확인되었는데 확인된 성분들은 판능기별로 분류한 결과(Table 1) α-thujene을 포함한 탄화수소류 35종, n-pentanal을 포함한 알데히드류 5종, camphor를 포함한 케톤류 1종, linalool을 포함한 알콜류 9종, bornyl acetate를 포함한 에스테르류 2종, caproic acid를 포함한 유기산류 3종 및 기타 4종이었다.

상대적인 면적비는 탄화수소류 81.08%, 알데히드류 2.22%, 케톤류 0.08%, 알콜류 4.80%, 에스테르류 2.73%, 유기산류 0.24% 및 기타 3.17% 이었다. 어린 참마에서는 탄화수소 화합물의 비율이 높았으며, 가장 함량이 많은 성분은 GC-MS에 의해 잠정적으로 확인된 δ-3-carene(29.46%)이었다. δ-3-Carene은 공기에 노출되면 불안정하며 단냄새를 갖는다. 또한 래몬, 라임 및 스페아민트 같은 향을 제조하는데 주로 쓰이며, formaldehyde를 농축함으로서 향수 등을 제조하는 경우에 중간 물질로서

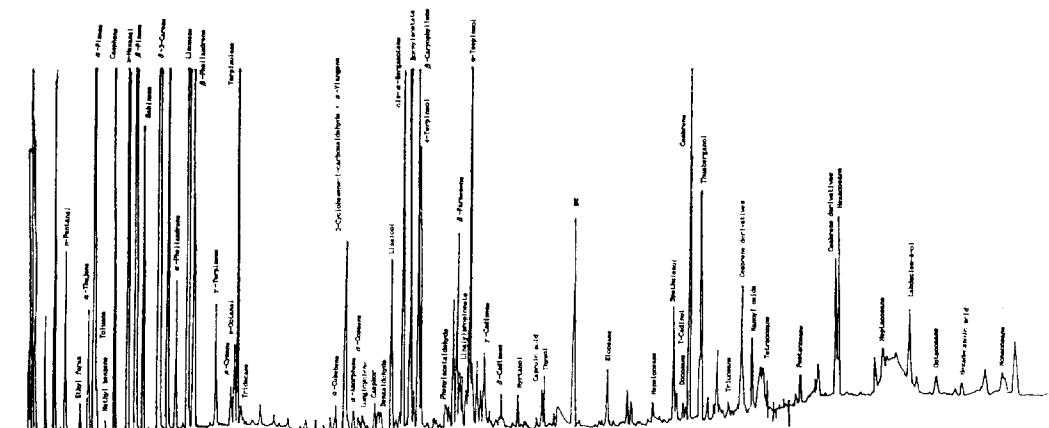


Fig. 1. Gas chromatogram of volatile flavor components from young roots of fresh *Dioscorea Japonica*

Table 1. Volatile flavor components of fresh *Dioscorea Japonica*

Compound	Peak area %		Identifi- cation	Compound	Peak area %		Identifi- cation
	Young roots	Mature roots			Young roots	Mature roots	
Hydrocarbons							
α -Thujene	0.29	--	A	n-Hexanal	1.57	--	A, B
α -Pinene	9.00	--	A, B	n-Octanal	0.21	--	A, B
Nonane	--	0.90	A, B	Benzaldehyde	0.07	0.08	A, B
Methyl benzene	0.20	0.14	A	Phenylacetaldehyde	0.06	0.23	A, B
Camphepane	2.04	--	A	(Total aldehydes)	(2.22)	(0.31)	
β -Pinene	13.69	0.91	A, B	Ketones			
Sabinene	0.77	--	A	Camphor	0.08	--	A, B
δ -3-Carene	29.46	--	A	(Total ketones)	(0.08)	(0.00)	
Myrcene	2.73	--	A	Alcohols			
α -Phellandrene	0.42	--	A, B	Linalool	0.53	0.12	A, B
Limonene	9.65	--	A, B	4-Terpineol	0.75	0.07	A
Dodecane	--	0.57	A, B	α -Terpineol	1.88	0.11	A, B
β -Phellandrene	1.12	--	A, B	Myrtanol	0.09	0.50	A, B
γ -Terpinene	0.32	--	A	Thymol	0.12	1.03	A, B
ρ -Cymene	0.10	0.39	A, B	Spathulenol	0.33	--	A
Terpinolene	2.79	--	A, B	T-Cadinol	0.05	--	A
Tridecane	0.05	0.04	A, B	Bezyl alcohol	--	0.30	A, B
Tetradecane	--	0.48	A, B	Thunberganol	0.71	0.08	A
α -Cubebene	0.09	0.18	A, B	Labdadien-8-ol	0.34	--	A
Pentadecane	--	0.15	A, B	(Total alcohols)	(4.80)	(2.21)	
3-Cyclohexene-1-carboxaldehyde + α -ylangene	0.90	--	A, B	Esters			
α -Amorphene	0.07	--	A	Bornyl acetate	2.62	0.18	A, B
α -Copaene	0.04	0.06	A, B	Linalyl propionate	0.11	--	A, B
Longicyclene	0.04	--	A, B	(Total esters)	(2.73)	(0.18)	
cis- α -Bergamotene	1.81	0.07	A	Acids			
Hexadecane	--	0.12	A, B	Caproic acid	0.10	0.12	A, B
β -Caryophyllene	2.83	--	A, B	Nonanoic acid	--	2.87	A, B
β -Farnesene	0.59	--	A	Decanoic acid	--	8.29	A, B
Heptadecane	--	0.14	A, B	Dodecanoic acid	--	43.99	A, B
γ -Cadinene	0.33	--	A	Tetradecanoic acid	--	12.96	A, B
δ -Cadinene	0.10	0.29	A, B	Pentadecanoic acid	--	0.33	A, B
Nonadecane	--	0.13	A, B	Unknown	0.07	--	
Eicosane	0.16	--	A, B	Hexadecanoic acid	0.07	0.61	A, B
Heneicosane	0.04	0.81	A, B	Octadecanoic acid	--	8.07	A, B
Docosane	0.04	--	A, B	(Total acids)	(0.24)	(77.24)	
Tricosane	0.06	0.43	A, B	Miscellaneous			
Tetracosane	0.23	0.75	A, B	Ethylfuran	0.06	--	A
Pentacosane	0.08	1.01	A, B	Manoyl oxide	0.19	--	A
Hexacosane	0.62	1.52	A, B	Cembrene	1.96	0.24	A
Heptacosane	0.10	1.72	A, B	Cembrene derivatives	0.96	--	A
Octacosane	0.12	1.30	A, B	(Total miscellaneous)	(3.17)	(0.24)	
Nonacosane	0.20	0.85	A, B				
(Total hydrocarbons)	(81.08)	(13.46)					
Aldehydes							
n-Pentanal	0.31	--	A, B				

A: Tentatively identified by mass spectral data, NBS Library Searching

B: Compared mass spectral data and retention times with those of authentic samples

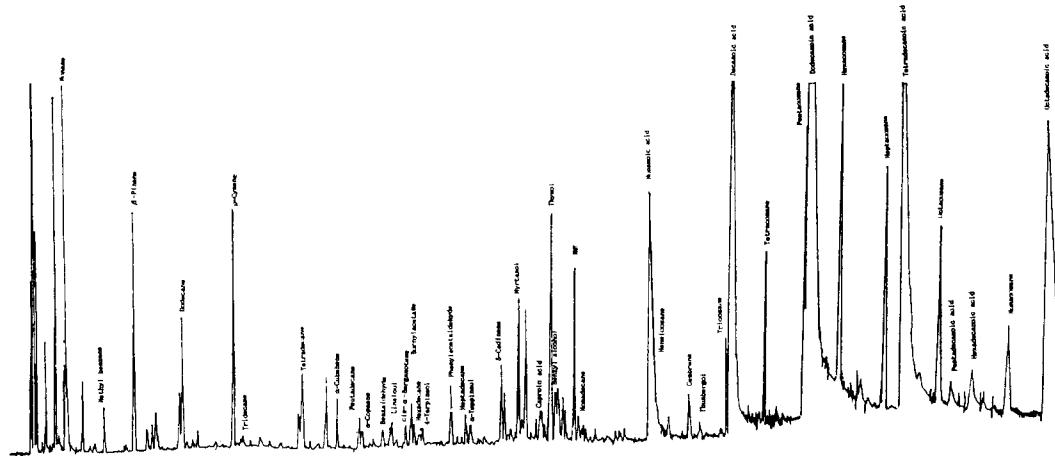


Fig. 2. Gas chromatogram of volatile flavor components from mature roots of fresh *Dioscorea Japonica*

이용된다⁽¹⁵⁾.

성숙한 참마의 휘발성 풍미성분을 GC로 분리한 gas chromatogram은 Fig. 2와 같다. 총 42개의 성분이 확인되었다. 이들을 관능기별로 분류한 결과(Table 1) nonane을 포함한 탄화수소류 23종, benzaldehyde를 포함한 알데히드류 2종, linalool을 포함한 알콜류 7종, bornyl acetate을 포함한 에스테르류 1종, caproic acid를 포함한 유기산류 8종 및 기타 1종이었다.

관능기별로 확인된 성분들의 총 peak area%를 살펴보면 탄화수소류 13.46%, 알데히드류 0.31%, 알콜류 2.21%, 에스테르류 0.18%, 유기산류 77.24% 및 기타 0.24%이었다. 가장 함량이 많은 성분은 dodecanoic acid(43.99%)로, 상업적으로는 laurostearic acid라고도 불리는데 강하지는 않으나 fatty-waxy odor를 지니기 때문에 버터향을 내는데에 이용된다⁽¹⁵⁾. tetradecanoic acid(12.96%), decanoic acid(8.29%) 및 octadecanoic acid(8.07%)도 비교적 다량 함유되어 있었다. 또한 항산화제인 butyrylated hydroxy toluene(BHT)은 두 시료 모두에서 확인되었으나 이것은 용매로 쓰인 diethyl ether에서 혼입된 것으로 추정된다.

확인된 성분들 중 상대적인 면적비가 1% 이상인 성분은 어린 참마에서 α -pinene, camphene, β -pinene, δ -3-carene, myrcene, limonene, β -phellandrene, terpinolene, cis- α -bergamotene, β -caryophyllene, n-hexanal, α -terpineol, bornyl acetate 및 cembrene, 성숙한 참마에서 pentacosane, hexacosane, heptacosane, octacosane, thymol, nonanoic acid, decanoic acid, dodecanoic acid, tetradecanoic acid 및 octadecanoic acid 이었다.

어린 참마의 경우 식물체의 향기 발현에는 그다지 크게 기여를 하지 않는 탄화수소류의 함량이 상당히 많았다. 식물체의 향기와 밀접한 관련이 있는 알데히드류, 알콜류 및 에스테르류의 함량도 성숙한 참마에서 보다는 높았다.

성숙한 참마는 어린 참마에 비해 고급 지방산의 함량이 월등히 높았다. 성숙한 참마보다 어린 참마에 확인된 휘발성 풍미성분의 종류가 많았으며, 성숙함에 따라 탄화수소류가 감소하고 유기산류의 함량이 증가하였다. 어린 참마에 가장 많이 함유된 휘발성 풍미성분으로 확인된 δ -3-carene은 성숙한 참마에서는 확인되지 않았다.

어린 참마에서는 확인되었으나 성숙한 참마에서는 확인되지 않은 성분 중 α -pinene은 소나무향을 연상시키는 물질로 인공적으로 레몬향을 낼 때 이용된다⁽¹⁵⁾. 또한 이것의 이성체인 β -pinene은 성숙한 참마에서도 확인되기는 하였으나 어린 참마에 더욱 다량 함유되어 있었다. Limonene은 오렌지, 레몬, tangerine과 같은 citrus 계통의 과실에서 주요 향기성분으로 알려져 있는데 어린 참마에는 비교적 다량 함유되어 있었으나 성숙한 참마에서는 확인되지 않았다.

성숙한 참마에서는 확인되었으나 어린 참마에서 확인되지 않은 성분은 주로 유기산류에 속하는데 유기산류의 경우 휘발성 유기산은 강한 향기를 지니고 있지만 본 실험에서 확인된 dodecanoic acid와 같은 고급 지방산의 경우는 미약한 waxy-odor, fatty-odor 및 꼼꽝이 냄새 이외에는 뚜렷한 향기를 지니고 있지 않기 때문에 신선한 식물체의 향기 발현에는 그다지 기여를 하지 못한다고 할 수 있다.

일부 terpene 화합물들은 절단(cutting)을 포함한 여러 가공 공정에 의하여 세포구조가 파괴(disruption)됨으로서 2차적으로 형성된다^(16,17). Engel 등⁽¹⁸⁾에 의하면 마쇄되지 않은 passion fruit에는 linalool, nerol, geraniol 및 α -terpineol이 유리형으로 존재하지 않고 결합형인 glycosidic form으로 존재한다고 한다. 숙성된 papaya에서 linalool은 glycosidic bound form으로 존재하는 것으로 간주되고 있으며, 세포가 파괴되면서 endogenous β -glu-

cosidase의 작용으로 유리형태의 linalool이 방출된다고 한다^[19]. 이 terpenoids 중 대부분의 monoterpene alcohol류는 hydroxylated linalool 유도체 및 monoterpene alcohol glycosides 같은 비휘발성 화합물들이 분해되어 생성된다고 보고되었다^[20].

참마의 덩이뿌리 자체는 뚜렷한 향기 특성이 없으나 절단 및 마쇄하였을 경우에는 강하지는 않으나 특유의 비릿한 향과 waxy-odor 및 곰팡이 냄새를 부여한다. 이러한 향은 기호도에 따라 약간의 거부감을 주기도 한다. 마쇄로 인해 glycosidic form의 terpene alcohol류가 분해되어 유리형태의 terpene alcohol이 생성되는 것은 주로 식물체의 잎이나 과실에서 일어나는 참마의 경우 마쇄시 향기를 내는 것은 이런 이유보다는 세포 파괴로 세포내에 존재하는 휘발성 성분들이 방출되는 것으로 생각되며 좀 더 연구되어야 할 것으로 사료된다.

어린 참마의 경우 성숙한 참마보다 알데히드류 및 알콜류의 비율이 더 높았고 그 종류도 다양하였다. 일반적으로 hexanal, 3Z-hexenal 및 2E-hexenal 같은 C₆ 화합물들은 신선한 식물체의 잎 또는 마쇄된 사과, 토마토 등에서 다량 발견되는 성분들로서 뜯내의 주 원인 물질들이다. 이러한 aliphatic C₆ 화합물들은 세포의 파괴 후에 일어나는 효소적 반응에 의하여 불포화 C₁₈ 지방산으로부터 형성된다고 알려져 있다. 즉 이 C₆ 화합물들은 lipoxygenase에 의해 linoleic acid 및 linolenic acid로부터 형성되며^[21], 김 등^[6]은 마의 지방산 조성을 조사한 결과 linoleic acid(octadecadienoic acid)와 palmitic acid(hexadecanoic acid)가 주성분임을 밝힌 바 있다.

마쇄하지 않은 신선한 어린 참마의 관능적 향 특성은 은은한 끗내외에 두드러진 특징은 없으며, 성숙한 참마의 경우도 거의 향기가 없다. 그러나 마쇄한 경우에는 어린 참마는 은은한 끗내 및 단내를, 성숙한 참마는 구수하면서도 비릿한 냄새와 더불어 곰팡이 냄새 및 waxy-odor를 부여한다. 또한 날것을 섭취할 경우 약간의 아리고 비릿하며 신맛을 남긴다. 연속증류추출장치로 상암하에서 2시간 수증기 증류한 후의 관능적 향 특성은 구수하고 은후하면서도 약간의 waxy-odor를 부여한다. 본 실험에서 이용한 상암증류방법인 SDE방법은 식물체의 정유성분을 포집하는데 보편적으로 쓰이는 방법이나 cooked flavor 생성이 우려되므로 신선한 상태의 참마에 대한 향기를 조사하기 위하여는 차후에 김암증류나 head space 방법을 병행하여 비교하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

이상에서 살펴본 바와 같이 참마는 성숙도에 따라 독특한 다른 풍미패턴을 나타낸다. 즉 확인된 성분수와 동일 성분간에도 양적인 측면에서 큰 차이를 보이고 있음을 알 수 있고 어린 참마에서 끗뚱한 내음을 부여하는 알데히드류, 알콜류 및 에스테르류의 함량이 성숙한 참마보다 많았고 성숙한 참마의 경우 식물체의 향기 발현에는 그다지 기여하지 않으나 미약한 waxy-odor를 내는 고급 지방산의 함량이 많은 것으로 나타났다.

요 약

야생식용식물인 참마뿌리의 성숙도에 따른 휘발성 풍미성분을 분석하기 위해 SDE 방법으로 정유성분을 분리한 다음 GC 및 GC-MS를 이용하여 성분을 확인하였다. 어린 참마뿌리에서는 탄화수소류 35종, 알데히드류 5종, 케톤류 1종, 알콜류 9종, 에스테르류 2종, 유기산류 3종 및 기타 4종이 확인되었고, 성숙한 참마뿌리에서는 탄화수소류 23종, 알데히드류 2종, 알콜류 7종, 에스테르류 1종, 유기산류 8종 및 기타 1종이 확인되었다. 어린 참마에서 탄화수소류, 알데히드류, 알콜류 및 에스테르류의 함량이 더 많았고 끗뚱한 내음이 더 강한 것으로 나타났으며 성숙한 참마에서는 고급 지방산의 함량이 상당히 많은 것으로 나타났다.

감사의 말

본 연구는 한국과학재단 목적기초 연구비 지원(과제 번호 90-0800-04)에 의한 “한국산 야생식물자원의 가치 및 효능 탐색” 과제의 일환으로 수행되었으며 연구비 지원과 이울리 원고를 세밀하게 수정해 주신 동덕여대 윤석권 교수님께 깊이 감사드립니다.

문 헌

1. 이창복 : 대한식물도감. 향문사, p225(1985)
2. 강정현 : 한국산 마과(Dioscoreaceae) 마속(Dioscorea)의 *Enantiophyllum* 절과 *Stenophora* 절 식물의 계통분류학적 연구. 성신여자대학교 대학원 석사학위논문(1993)
3. 한대석 : 生藥學. 동명사, p159(1989)
4. 한용남, 한승례, 이인란 : 산야 점액성분의 정체와 함량 분석에 관한 연구. 한국생약학회지, 21(4), 274(1990)
5. 윤국영, 장준근 : 몸에 좋은 산야초. 석오출판사, p334 (1989)
6. 김용선, 김상순, 김철재, 권중호 : 한국산 마, 고구마 및 감자 지질성분에 관한 비교 연구. 한국식품과학회 제 51 차 학술발표회 초록(1993)
7. Ciacco, C.F. and D'appollonia, B.L.: Characterization of starches from various tubers and their use in bread-baking. *Cereal Chem.*, 54(5), 1096(1977)
8. 지형준, 김현수, 이숙연 : 한국산 약용식물의 화학성분 검색(IV). 한국생약학회지, 13(4), 163(1982)
9. 도정애 : 한국산 산야류의 생약학적 연구. 한국생약학회지, 15(1), 30(1984)
10. Schultz, T.H., Flath, R.A., Mon, T.R., Eggling, S.B. and Teranishi, R.: Isolation of volatile components from a model system. *J. Agric. Food Chem.*, 25, 446(1977)
11. Heller, S.R. and Milne, G.W.A.: EPA/NIH mass spectral data base, U.S. Department of Commerce, Washington, D.C.(1978)
12. Stehagen, E., Abrahamsen, S. and McLaugherty, F.W.: Registry of mass spectral data. John Wiley and sons, N.Y.(1974)
13. Tennings, W. and Shibamoto, T.: Qualitative analysis of flavor and fragrance volatiles by glass capillary gas

- chromatography. Academic Press, N.Y.(1980)
14. Kovat, E.: Gas chromatographic characterization of organic substances in the retention index system. *Advan. Chromatog.*, 1, 229(1965)
 15. Arctander, S.: *Perfume and flavor chemicals*. Montclair, N.Y.(1969)
 16. Heidlas, J., Lehr, H., Idstein, H. and Schreier, P.: Free and bound terpene compounds in papaya(*Carica papaya* L.) fruit pulp. *J. Agric. Food Chem.*, 32, 1020 (1984)
 17. Fennema, O.R., Chang, W.H. and Lii, C.Y.: *Role of chemistry in the quality of processed food*. Food & Nutirtion Press Inc., Westport, CT., USA., p127(1986)
 18. Engel, K.H. and Tressel, R.: Formation of aroma components from nonvolatile precursor in passion fruit. *J. Agric. Food Chem.*, 31, 998(1983)
 19. Heidlas, J., Lehr, M., Idstein, H. and Schreier, P.: Free and bound terpene compounds in papaya(*Carica papaya*, L.) fruit pulp. *J. Agric. Food Chem.*, 32, 1020 (1984)
 20. Winterhalter, P. : Bound terpenoids in the juice of the purple passion fruit(*Passiflora edulis* Sims). *J. Agric. Food Chem.*, 38(2), 452(1990)
 21. Schreier, P. and Lorenz, G.: Formation of "green-grassy"-notes in disrupted plant tissue: Characterization of the tomato enzyme systems. In *Flavor '81*, Schreier, P.(Ed). Walter de Gruyter, Berlin. p495(1981)

(1993년 11월 16일 접수)