

밤꽃의 휘발성 화합물 특성

김연순 · 박은령* · 김경수*

조선대학교 가정교육과
*조선대학교 식품영양학과

Volatile Components of Chestnut (*Castanea crenata* Sieb. et Zucc.) Flower

Youn-Soon Kim, Eun-Ryong Park* and Kyong-Su Kim**

Dept. of Home Economics Education, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

*Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

Abstract

Volatile flavor components in chestnut (*Castanea crenata* Sieb. et Zucc.) flower were collected by SDE method using the mixture of n-pentane and diethylether as an extract solvent and were identified by GC-FID and GC/MS. A total of 122 components including 35 alcohols, 5 hydrocarbons, 20 terpene and derivatives, 7 ketones, 24 aldehydes, 12 esters, 4 acids, 3 furans, and 2 miscellaneous were identified from total volatile extract of chestnut. Alcohols were comprise 36.58% of volatile extract and dominant constituents and the main components of flower volatiles were 1-phenylethanol (18.6%), (*E*)-geraniol, tricosane, heneicosane, benzyl alcohol, acetophenone and 2-phenylethanol as aromatic alcohols and odd carbon hydrocarbons. Especially 1-phenylethanol and acetophenone would be applicable to the markers to ascertain floral origin of chestnut honey. The powerful animal and floral notes of chestnut flower were characterized by compounds including nonanal.

Key words: chestnut, volatile, 1-phenylethanol, acetophenone, animal note

서론

벌꿀은 기호성 천연 감미료로서 비록 양적으로는 미량이지만 다양한 휘발성 향기성분을 함유하고 있어 꿀 특유의 독특한 풍미를 부여하는데 크게 기여하고, 각종 향기성분이 다양한 양상을 보이고 있으며, 단일 밀원에서 생산되는 꿀에도 각기 다른 여러 종류의 휘발성 방향성분이 함유되어 있다(1).

농산물은 꿀의 꽃 근원을 증명하기 위한 전형적인 marker를 찾는 데 더욱 더 흥미를 가지게 되었다. 전통적으로 꿀의 밀원과 생산지의 결정은 현미경 관찰에 의한 분석으로 꿀에 존재하는 화분 분석에 의해 수행되었다(2,3). 이와 같은 분석은 경험이 많은 분석자를 필요로 하며, 많은 시간을 요하며 숙련된 능력과 판단에 의존하는(4) 주관적인 분석방법이다(5). 현재 일반적으로 물리화학적 파라메타들 또는 단독 화분 분석은 꿀의 꽃 기원을 증명하기에는 충분하지 않다(6). 그러므로 최근에 좀 더 광범위하고 정확한 판단을 위한 수많은 다른 방법들이 요구되고 있으며, 휘발성 방향성분은 꿀의 관능적인 품질과 생산지의 판단을 가능케 하는 꿀의 가장 전형적인 특징들 중의 하나이다(7-9). 이러한 휘발성 화합물이 꿀의 꽃 기원을 증명하기에 충분하다고 보고되어져 왔고, 따라서 이러한 화합물들의 동정은 이미 몇몇의 unifloral types에

대해 보고되어져 왔다(10-14). 하지만 꿀의 품질을 검지하기 위한 marker로서의 휘발성 화합물의 연구가 이루어졌을 뿐(1,15-17) 꿀의 밀원이 되는 꽃과의 상관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다.

밤나무(*Castanea crenata*)는 참나무과에 속하는 낙엽교목으로 1년생 가지에 꽃이 피고 전분과 탄수화물을 다량 함유한 열매가 맺으며(18), 주로 잎과 꽃을 대상으로 하여 항산화, 항균활성에 대한 연구가 다양하게 이루어지고 있다(18-22). 밤꽃은 암수한그루에서 5-6월에 개화하며 특징적인 animal note와 sweet odor를 가지고 있으므로(23), 본 연구에서는 국내산 벌꿀의 품질평가 시 중요한 평가 지표가 되는 휘발성 성분을 품질평가의 marker로 하고자 밤꽃의 밀원이 되는 밤꽃을 시료로 하여 휘발성 향기성분을 분석하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 밤꽃 시료는 개화기인 2002년 6월에 광주에 밤 산지에서 채취하여 -70°C deep freezer(MDF-U40365, Sanyo, Japan)에 동결저장하면서 분석용 시료로 사용하였다.

*Corresponding author. E-mail: kskim@mail.chosun.ac.kr
Phone: 82-62-230-7724. Fax: 82-62-224-8880

휘발성 성분 추출

밤꽃은 SDE(Simultaneous steam distillation and extraction apparatus, Normschliff Werätebau, Germany) 장치를 사용하여 Schultz 등의 방법에 따라(24) 휘발성 향기성분을 분리하였다. 밤꽃 100 g을 Milli Q water 1 L와 혼합하여 blender(MR350CA, Braun, Germany)로 분쇄하였다. 이를 1 N NaOH 용액으로 pH 6.5까지 보정하고, 정량분석을 위해 내부표준물질로서 n-butylbenzene 1 µL를 첨가하여 이를 휘발성 향기성분의 추출용 시료로 사용하였다. 휘발성 향기성분의 추출은 개량된 SDE 장치에서 재증류한 n-pentane과 diethylether 혼합용매(1:1, v/v) 200 mL을 사용하여 상압 하에서 2시간 동안 추출하였다. 이 추출액에 무수 Na₂SO₄를 가하여 수분을 제거하였다. 향기성분의 유기용매 분획구는 Vigreux column(Normschliff Werätebau, Germany)을 사용하여 약 2 mL까지 농축하고 GC용 vial에 옮긴 후 질소가스 기류 하에서 0.2 mL까지 재농축하여 GC-FID와 GC/MS의 분석시료로 하였다.

휘발성 성분 분석

SDE 방법으로 추출, 농축된 정유를 gas chromatography(GC)와 gas chromatography/mass spectrometry(GC/MS)에 의하여 분석하였다. GC는 FID가 부착된 Hewlett-Packard 5890 II Plus(Hewlett Packard, USA)를, column은 DB-Wax(60 m×0.25 mm i.d., 0.25 µm film thickness, J & W, USA)를 사용하였고, temperature program은 40°C에서 3분간 유지한 후, 150°C까지 2°C/min 속도로 승온시킨 후, 4°C/min으로 200°C까지 승온시켰다. Injector와 detector의 온도는 각각 250°C, 300°C이며, carrier gas는 helium을 사용하여 유속은 1.0 mL/min으로 하고 시료는 1 µL를 주입하였고 split ratio는 20:1로 하였다. 또한 GC chromatogram에서 확인된 탄소수 7부터 30까지 n-alkane 표준물질의 머무름 시간을 basic program에 입력하여, integrator로부터 각 화합물의 retention index를 구하여 화합물의 동정에 필요한 자료로 사용하였다.

휘발성 향기성분 동정 및 정량

화합물 동정에 사용한 GC/MS는 Shimadzu GC/MS QP-

5000(Shimadzu, Japan)을 이용하였으며 시료의 이온화는 electron impact ionization(EI) 방법으로 행하였다. GC/MS 분석조건은 위에서 설명된 것과 동일한 column과 온도조건으로 설정하였으며, ion source temperature는 230°C, ionization voltage를 70 eV 그리고 분석할 분자량의 범위(m/z)는 41~350으로 하여 분석하였다.

분석된 각 휘발성 향기성분의 mass spectral data의 mass spectrum library(WILEY 139, NIST 12와 NIST 62)와 mass spectral data book(25,26)의 spectrum과의 일치, 추출물의 GC-FID 분석에 의한 각 휘발성 향기성분의 retention index와 문헌상의 retention index(27-29) 및 본 실험실에서 구출된 Lab-RI data와의 일치 그리고 표준물질의 분석 data를 비교, 확인하여 동정하였다. 동정된 휘발성 향기성분의 상대적 정량은 내부 표준물질로 첨가한 n-butylbenzene과 각 화합물의 peak area를 비교하여 성분들의 함유량을 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{Component content (mg/kg)} = \frac{B\% \times 1000 \text{ g}}{A\% \times 100 \text{ g}} \times \text{SG}$$

SG: Specific gravity of n-butylbenzene (99+%) (0.860 (20/20°C))

A%: peak area of n-butylbenzene

B%: peak area of components

결과 및 고찰

SDE 장치에 의해 추출하고 GC-FID에 의한 retention index와 GC/MS에 의한 mass spectral data의 비교분석에 의해 밤꽃의 밀원이 되는 밤꽃의 휘발성성분을 확인하여 total ion chromatogram은 Fig. 1에 그리고 성분을 확인한 결과를 Table 1에, 확인된 성분들 중 각 관능기 그룹의 상대적 함량(relative area %)를 Table 2에 나타내었다.

밤꽃의 휘발성성분을 분석한 결과 총 122종 화합물이 확인되었으며, 휘발성성분의 조성은 전체 향기성분 중 alcohol류가 35종(45.07%)으로 가장 높은 함량을 보였으며, 그 다음으로 15종의 hydrocarbon류(20.60%), 20종의 terpene류와 유도체

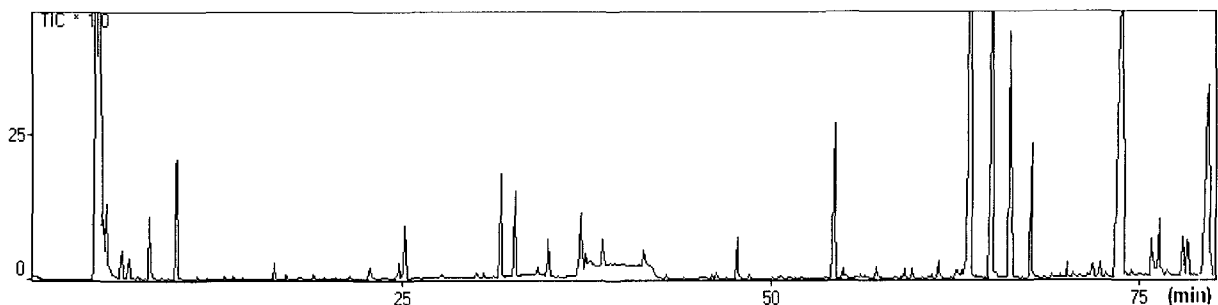


Fig. 1. Total ion chromatogram of volatile flavor components from chestnut flower extract.

Column, DB-Wax (60 m×0.25 mm i.d., 0.25 µm film thickness, J & W); carrier gas, helium 1 mL/min; split ratio, 1:20; temperature program, 40°C (3 min) - 2°C/min - 150°C - 4°C/min - 220°C (5 min).

Table 1. Volatile flavor components identified in chestnut flower extract

No.	RT	RI ¹⁾	Compound	Peak area %	mg/kg	No.	RT	RI ¹⁾	Compound	Peak area %	mg/kg
1	5.08	698	Acetaldehyde	0.83	2.493	62	42.98	1485	(E)-Linalool oxide	0.07	0.218
2	5.29	719	Cyclohexane	0.04	0.120	63	44.17	1502	Pentadecane	0.02	0.069
3	5.38	728	Ethyl isopropyl ether	0.03	0.076	64	46.05	1532	Benzaldehyde	0.07	0.224
4	6.11	792	Octane	0.24	0.717	65	46.37	1537	2-Nonanol	0.14	0.414
5	6.61	820	Ethyl formate	0.24	0.704	66	47.03	1548	(E)-2-Nonenal	0.04	0.119
6	6.75	828	2-Propanone	0.02	0.059	67	47.76	1559	Linalool	0.76	2.270
7	6.88	834	3-Octene	0.02	0.050	68	48.56	1571	Octanol	0.09	0.283
8	7.70	871	Butanal	0.02	0.069	69	50.16	1594	(E,Z)-2,6-Nonadienal	0.01	0.043
9	8.00	884	Ethyl acetate	0.89	2.659	70	50.52	1599	Hexadecane	0.03	0.080
10	8.13	890	Diethylacetal	0.03	0.081	71	50.76	1603	Caryophyllene	0.08	0.235
11	8.20	893	Nonane	0.02	0.062	72	51.26	1612	Dodecanal	0.05	0.144
12	8.73	911	2-Methylbutanal	0.01	0.028	73	52.22	1628	(E)-2-Octen-1-ol	0.03	0.081
13	8.87	916	3-Methylbutanal	0.01	0.037	74	53.77	1654	(E)-2-Decenal	0.04	0.114
14	9.22	927	Dichloromethane	0.02	0.050	75	54.37	1663	Acetophenone	4.69	14.002
15	9.79	944	Ethanol	2.38	7.122	76	54.94	1672	Nonanol	0.20	0.602
16	10.1	952	2-Ethyl furan	0.02	0.065	77	55.17	1676	Ethyl benzoate	0.05	0.145
17	10.33	959	Ethyl propanoate	t ²⁾	0.010	78	56.12	1691	(Z)-Citral	0.12	0.353
18	11.15	980	Pentanal	0.06	0.175	79	56.39	1695	(E)-2-Nonen-1-ol	0.06	0.174
19	11.88	998	Decane	0.03	0.079	80	57.25	1711	α -Terpineol	0.25	0.734
20	13.62	1035	2-Butenal	0.04	0.125	81	58.90	1742	Benzyl acetate	0.01	0.028
21	14.32	1049	Propanol	0.02	0.062	82	59.12	1746	(E)-Citral	0.19	0.558
22	14.75	1057	Ethyl 2-methylbutanoate	0.01	0.034	83	59.50	1753	Azulene	0.01	0.036
23	16.38	1085	Hexanal	0.32	0.970	84	59.67	1756	α -Farnesene	0.18	0.531
24	17.23	1099	2-Methyl-1-propanol	0.08	0.231	85	60.30	1767	Geranyl acetate	0.02	0.065
25	18.22	1116	3-Pentanol	0.02	0.056	86	60.95	1779	Epoxy linalool	0.06	0.184
26	19.05	1130	2-Pentanol	0.08	0.242	87	61.44	1788	Methyl salicylate	0.38	1.131
27	19.23	1133	(E)-2-Pentenal	0.01	0.024	88	62.60	1811	2-Pinen-10-ol	0.16	0.470
28	19.77	1142	2-Methyl-4-pentenal	0.01	0.025	89	62.73	1814	2-Acetylphenol	0.16	0.466
29	20.61	1155	Butanol	0.01	0.034	90	63.00	1820	Nerol	0.16	0.478
30	21.34	1166	β -Myrcene	t	0.014	91	63.14	1823	Ethyl salicylate	0.07	0.223
31	21.53	1169	1-Penten-3-ol	0.03	0.090	92	63.63	1835	1-Phenylethanol	18.6	55.505
32	22.75	1186	2-Heptanone	t	0.015	93	64.03	1844	β -Damascenone	0.04	0.116
33	22.90	1189	Heptanal	0.22	0.646	94	65.10	1868	(E)-Geraniol	12.1	36.179
34	23.66	1199	Dodecane	0.01	0.043	95	65.31	1873	β -Citronellol	0.09	0.276
35	23.86	1202	4-Methyl-2,3-dihydrofuran	0.01	0.034	96	65.42	1875	Guaiacol	0.05	0.136
36	24.02	1204	(Z)-3-Hexenal	0.02	0.055	97	66.30	1895	Benzyl alcohol	6.11	18.242
37	24.74	1216	2-Methyl-1-butanol	0.08	0.240	98	66.46	1898	Nonadecane	0.18	0.540
38	24.85	1218	3-Methyl-1-butanol	0.25	0.750	99	67.50	1927	Tetradecanal	0.01	0.027
39	25.22	1224	(E)-2-Hexenal	1.06	3.173	100	67.72	1933	2-Phenylethanol	2.65	7.918
40	25.74	1232	2-Hexanol	0.01	0.037	101	69.14	1972	Heptanoic acid	0.05	0.150
41	25.97	1235	2-Pentyl furan	0.01	0.039	102	69.68	1986	1-Phenyl-1-propanol	0.07	0.215
42	26.47	1243	Ethyl 2-methyl-2-butenolate	0.02	0.051	103	70.18	2000	Eicosane	0.22	0.645
43	26.88	1249	γ -Terpinene	t	0.014	104	70.94	2022	Phenol	0.05	0.143
44	27.31	1255	(E)- β -Ocimene	0.01	0.029	105	71.09	2026	p-Menta-1,8-dien-7-ol	0.03	0.080
45	27.79	1262	Pentanol	0.05	0.153	106	71.55	2040	Tridecanol	0.09	0.266
46	29.48	1285	α -Terpinolene	0.01	0.029	107	71.88	2049	Nerolidol	0.21	0.617
47	30.05	1292	3-Hydroxy-2-butanone	0.09	0.265	108	72.29	2061	3-Phenyl-2-propenal	0.07	0.204
48	30.59	1300	Tridecane	0.05	0.163	109	72.46	2066	3-Phenyl-1-propanol	0.27	0.805
I.S.	31.76	1318	Butylbenzene	2.88	-	110	72.80	2075	Octanoic acid	0.08	0.236
49	32.67	1332	2-Heptanol	1.77	5.281	111	73.92	2110	Heneicosane	6.43	19.196
50	33.50	1344	6-Methyl-5-hepten-2-one	0.01	0.033	112	74.59	2135	2-Hexadecanone	0.09	0.278
51	34.96	1365	Hexanol	0.72	2.143	113	75.10	2154	Ethyl cinnamate	0.04	0.123
52	35.63	1375	(Z)-3-Hexen-1-ol	0.02	0.077	114	75.92	2184	Nonanoic acid	0.74	2.208
53	36.88	1392	4-Octanol	0.01	0.033	115	76.11	2191	Isoeugenol	0.17	0.508
54	37.12	1395	(E)-3-Hexen-1-ol	1.30	3.896	116	76.31	2198	Guaiol	0.12	0.366
55	37.44	1399	Nonanal	0.54	1.624	117	76.48	2204	Docosane	1.01	3.010
56	38.58	1418	(E)-2-Hexen-1-ol	0.49	1.476	118	76.65	2210	Agarospinol	0.07	0.216
57	39.50	1432	2-Octanol	0.03	0.102	119	78.04	2254	α -Eudesmol	0.76	2.268
58	41.08	1457	(Z)-Linalool oxide	0.06	0.182	120	78.35	2264	β -Eudesmol	0.72	2.140
59	41.42	1462	Acetic acid	0.51	1.528	121	79.75	2308	Tricosane	8.41	25.131
60	41.92	1469	Octyl acetate	0.04	0.109	122	79.88	2311	3-Phenyl-2-propen-1-ol	0.46	1.375
61	42.09	1472	Furfural	0.03	0.075						

¹⁾Retention index. ²⁾Trace.

Table 2. Relative content of volatile components identified in chestnut flower extract

Functional group	Number	Relative area %
Alcohols	35	45.07
Hydrocarbons	15	20.60
Terpene and derivatives	20	19.55
Ketones	7	6.09
Aldehydes	24	4.69
Esters	12	2.18
Acids	4	1.70
Furans	3	0.05
Miscellaneous	2	0.06

(19.55%), 7종의 ketone류(6.09%), 24종의 aldehyde류(4.69%), 12종의 ester류(2.18%), 4종의 acid류(1.70%), 3종의 furan류(0.05%)와 기타 화합물(0.06%) 순으로 구성되어 있음이 확인되었다. 가장 다량 동정되었던 35종의 alcohol류 화합물 중에서 1-phenylethanol(18.6%)이 전체 alcohol류 면적의 절반 이상을 구성하고 있었으며, 이어서 benzyl alcohol(6.11%), 2-phenylethanol(2.65%) 등의 순이며, 대부분 방향족 alcohol류가 높은 함량을 나타내었다. Hydrocarbon류들 중에서 밤꽃의 wax 성분으로부터 기인되는 것(23)으로 생각되는 tricosane과 heneicosane 등의 straight chain의 탄화수소들 또한 다량 동정되었다.

Yamaguchi와 Shibamoto(23)에 의해 일본산 밤꽃의 향기 성분 중 aromatic alcohol류가 57.80%로 높은 함량을 보이며 주요 성분으로는 1-phenylethanol(31.80%)과 2-phenylethanol(12.20%)이었다고 보고하였으며, 본 실험결과 성분 구성과 유사하였다. 또한 1-phenylethanol은 꽃향이나 balsamic note를 가지고 있으며 보통의 essential oils류에서는 발견되지 않는 화합물로 Yamaguchi와 Shibamoto에 의해 정의되었다(23). Guyot 등(17)은 밤꽃에서 88~218 ppm 농도의 1-phenylethanol을 동정하고 이 화합물이 acetophenone의 환원에 의한 산물이라고 추정하였으며, 또한 방향성 alcohol류가 매우 높은 flavor threshold(100~500 ppm)를 가지기 때문에, 1-phenylethanol은 다른 방향족 alcohol류 화합물과 상승작용을 한다고 보고하였다. Radovic 등(7)은 9종의 unifloral 밤꽃을 분석한 결과, 2-methylidihydrofuranone과 더불어 밤꽃의 floral origin(밀원)을 확인할 수 있는 marker로써의 1-phenylethanol의 가능성을 제시하였다.

Guyot 등(17)에 의해 최고 121 ppm까지 확인된 acetophenone은 밤꽃 밀원을 구별할 수 있는 특성성분으로 보고되었으며, Devon과 Scott(30)은 acetophenone이 shikimic acid 대사 산물로서, 그리고 hydroxy-substituted aromatic acid로부터 효소적 반응에 의해 phenylpropane 대사 동안에 형성된다고 보고하였다(31). 수용액에서 0.2 ppb에 해당하는 odor 역가를 지니는 acetophenone은 밤꽃의 향에 기여한다고 예상되는 강력한 휘발성분이며, 일반적으로 "animal floral과 담배잎을 희미하게 연상시키는 냄새"로 설명되지만(32), sniffing 실험에서 "vegetable" note로 감지되었다(17). 또한 본

연구와 다른 추출방법과 용매를 사용한 연구자들(7,17,23)에 의해 acetophenone과 함께 다량 동정되었던 2-aminoacetophenone 등의 유도체 화합물들은 본 연구에서는 동정되지 않았다.

20여종의 terpene류 화합물은 소량의 β -myrcene, γ -terpinene, (*E*)- β -ocimene, α -terpinolene의 monoterpene 화합물과 fresh floral note를 발현하는 linalool 등 terpene 유도체인 monoterpene alcohol류 9종이 확인되었으며, 이 중에서 (*E*)-geraniol이 12.1%로 가장 다량 함유되어 있었으며 linalool 또한 타 화합물보다 다량 분석되었다. 다양한 종류가 분석된 monoterpene 화합물에 비해 sesquiterpene 화합물은 caryophyllene과 α -farnesene 이외에 sesquiterpene alcohol류 5종만이 소량 확인되었다.

2-Ethylfuran, furfural 등과 같은 당의 비효소적 갈변으로부터 생성된 고농도의 furan-관련 화합물이 소량 동정되었다. 본 실험에서 동정된 3-hydroxy-2-butanone, furfural, 2-acetylfuran 등과 같은 burnt odor(탄냄새)를 제공하는 일부 화합물들은 휘발성분 추출시 증류 동안에 가열에 의해 생성된 것으로 생각되며, Yamaguchi와 Shibamoto(23)는 이 oil을 강한 특징적인 animal note로 특징지었다.

시료의 분쇄과정 중 효소 불활성화 처리를 하지 않았기 때문에 풀냄새(green note)로 특징지어지는 고농도의 C₆ lipid peroxidation product류 즉 hexanal, (*E*)-2-hexenal, hexanal 등의 생성이 확인되었다(33-35). 또한 많은 지방족 alcohol, aldehyde 그리고 acid들이 동정되었다. 그 중에서 nonanal은 매우 강하고 확산성이 강한 fatty-floral과 cucumber odor로써 특징지어지는 화합물이다(36).

밤꽃 추출물의 휘발성분에는 밤꽃의 밀원을 판단할 수 있게끔 하는 marker로써 사용가능성을 지닌 다량의 1-phenylethanol과 acetophenone이 주성분으로 구성되어 있으며, 밤꽃의 향은 소량의 nonanal 등의 화합물에 기인한 특징적으로 강한 동물취와 꽃향이 혼합된 형태의 향 특성을 가지는 것으로 판단되었다.

요 약

밤꽃의 밀원이 되는 밤꽃에서 SDE 추출법과 GC-FID 및 GC/MS 분석방법으로 122종의 휘발성 성분을 분리·동정하였다. 밤꽃의 휘발성분 조성은 전체 향기성분 중 alcohol류가 36.58%로 가장 높은 함량을 보였으며, 그 다음으로 15종의 hydrocarbon류, 20종의 terpene류와 유도체, 7종의 ketone류, 24종의 aldehyde류, 12종의 ester류, 4종의 acid류, 3종의 furan류와 2종의 기타 화합물 순으로 구성되어 있음이 확인되었다. 밤꽃 휘발성분의 주성분은 전체 peak area의 18.6%를 구성하는 1-phenylethanol과 (*E*)-geraniol, tricosane, heneicosane, benzyl alcohol, acetophenone, 2-phenylethanol 등으로 방향족 alcohol과 홀수탄소로 구성된 포화탄화수소들

이었다. 밤꽃 추출물의 휘발성분에는 밤꽃의 밀원을 판단할 수 있게끔 하는 marker로써 사용가능성을 지닌 1-phenyl-ethanol과 acetophenone이 주성분으로 구성되어 있으며, 밤꽃의 특징적인 강한 동물취와 꽃향이 혼합된 형태의 향 특성은 nonanal 등에 기인한다고 판단되었다.

감사의 글

이 논문은 2002년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었습니다.

문헌

1. Kang KH. 1998. Volatile flavor components of chestnut honey produced in Korea. *Agric Chem Biotech* 41: 84-88.
2. Maurizio A. 1975. Microscopy of honey. In *A comprehensive survey*. Honey EC, ed. Heinmann, London. Vol 2, p 240-257.
3. Sawyer RW. 1975. Melissopalynology in the determination of the geographical and floral origin of honey. *J Association of Public Analysts* 13: 64-71.
4. Howells VW. 1969. Some reflections on the pollen analysis of honey. *J Association of Public Analysts* 7: 88-93.
5. Gonnet M, Vache G, Le Goût du Miel. 1984. *Union Nationale d'Apiculture Française*. Paris. p 186.
6. Oddo LP, Piazza MG, Sabatini AG, Accorti M. 1995. Characterization of unifloral honeys. *Apidologie* 26: 453-465.
7. Radovic BS, Careri M, Mangia A, Musci M, Gerboles M, Anklam E. 2001. Contribution of dynamic headspace GC/MS analysis of aroma compounds to authenticity testing of honey. *Food Chemistry* 72: 511-520.
8. Careri M, Mangia A, Barbieri G, Bolzoni L, Virgili R, Parolari G. 1993. Sensory property relationships to chemical data of Italian-type dry-cured ham. *J Food Sci* 58: 968-972.
9. Virgili R, Parolari G, Bolzoni L, Barbieri G, Mangia A, Careri M, Spagnoli S, Panari G, Zannoni, M. 1994. Sensory-chemical relationships in Parmigiano-Reggiano cheese. *Lebensm Wiss U-Technol* 27: 491-495.
10. Steeg E, Montag A. 1988. Aroma-relevant minor components of honey. Part I. Aromatic carboxylic acids and their esters. *Dtsch Lebensm-Rdsch* 84: 103-108.
11. Steeg E, Montag A. 1988. Aroma-relevant minor components of honey. Part II. Organoleptic decomposition products of aromatic carboxylic acids and glycosidically bound aromatic compounds. *Dtsch Lebensm-Rdsch* 84: 147-150.
12. Tan ST, Holland PT, Wilkins AL, Molan PC. 1988. Extractives from New Zealand honeys. I. White clover, Manuka, and Kanuka unifloral honeys. *J Agric Food Chem* 36: 453-460.
13. Wilkins AL, Lu Y, Tan ST. 1993. Extractives from New Zealand honeys. 4. Linalool derivatives and their components from Nodding Thistle (*Carduus nutans*) honey. *J Agric Food Chem* 41: 873-878.
14. Bouseta A, Scheirman V, Collin S. 1996. Flavor and free amino acid composition of lavender and eucalyptus honeys. *J Food Sci* 61: 683-694.
15. Bonaga G, Giumanini AG, Gliozzi G. 1986. Chemical composition of chestnut honey: Analysis of the hydrocarbon frac-

- tion. *J Agric Food Chem* 34: 319-326.
16. Bonaga G, Giumanini AG. 1986. The volatile fraction of chestnut honey. *J Apic Res* 25: 113-120.
17. Guyot C, Bouseta A, Scheirman V, Collin S. 1998. Floral origin markers of chestnut and lime tree honeys. *J Agric Food Chem* 46: 625-633.
18. Lee YS, Seo KI, Shim KH. 1999. Antimicrobial activities of chestnut flower extracts (*Castanea crenata*). *Korean J Postharvest Sci Technol* 6: 104-109.
19. Jeong CH, Hur JY, Shim KH. 2002. Chemical components, antioxidative and antimicrobial activities of chestnut (*Castanea crenata*) leaves. *Korean J Food Preser* 9: 234-239.
20. Choi YH, Kim JH, Kim MJ, Han SS, Rim YS. 2000. Antioxidative compounds in leaves of *Castanea crenata* S. et Z. *Korean J Medicinal Crop Sci* 8: 373-377.
21. Lee CW, Kim HS. 1976. A study of antifungal activity with *Castanea crenata* Flos. *Korean J Dermatology* 14: 91-95.
22. Lee YS, Park JC, Sim KH. 1996. Separation, purification and identification of biological activities of the chestnut flower. Abstract No PN-75 presented at '96 Meeting of the Institute of Korean Society of Food Science and Nutrition. Busan, Korea.
23. Yamaguchi K, Shibamoto T. 1980. Volatile constituents of the chestnut flower. *J Agric Food Chem* 28: 82-84.
24. Schultz TH, Flath RA, Mon TR, Enggling SB, Teranishi R. 1977. Isolation of volatile components from a model system. *J Agric Food Chem* 25: 446-449.
25. Robert PA. 1995. *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy*. Allured Publishing Co, Illinois.
26. Stehagen E, Abrahamsom S, McLafferty FW. 1974. *The Wiley/NBS registry of mass spectral data*. John Wiley and Sons, New York.
27. Davies NW. 1990. Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and Carbowax 20M phases. *J Chromatogr* 503: 1-24.
28. Sadtler Research Laboratories. 1986. *The sadtler standard gas chromatography retention index library*. Sadtler, Philadelphia.
29. van den Dool H, Kratz PDA. 1963. A generalization of the retention index system including system including linear temperature programmed gas liquid partition chromatography. *J Chromatogr* 11: 463-471.
30. Devon TK, Scott AI. 1975. Acetogenins, shikimates and carbohydrates. In *Handbook of naturally occurring compounds*. Academic Press, New York. Vol I.
31. Häusler M, Montag A. 1990. Modified Girard-T method for the isolation of aroma relevant carbonyl compounds from honey. *Dtsch Lebensm-Rdsch* 86: 103-106.
32. Arctander S. 1969. *Perfume and flavor chemicals*. Det Hof-fensbergske Etablissement, Copenhagen. Vol I.
33. Grosch W. 1990. The flavour of fruit. In *Food flavors*. Morton LD, MacLeod AJ, eds. Elsevier, Amsterdam. Part A, p 325.
34. Harold WG. 1989. *Flavor chemistry of lipid foods*. The American oil chemists' society, Illinois. p 98.
35. Olias JM, Perez AG, Rios JJ, Sanz LC. 1993. Aroma of virgin olive oil biogenesis of the "green" odor notes. *J Agric Food Chem* 41: 2368-2373.
36. Arctander S. 1969. *Perfume and flavor chemicals*. Det Hof-fensbergske Etablissement, Copenhagen.

(2003년 4월 14일 접수; 2003년 7월 28일 채택)