

## Purge와 Trap Headspace Sampler를 이용한 녹차의 휘발성 성분

이재곤 · 권영주 · 장희진 · 박재진 · 김옥찬 · 최영현

한국인삼연초연구원 화학부

### Volatile Components of Green Tea(*Camellia sinensis* L. var. Yabukita) by Purge and Trap Headspace Sampler

Jae-Gon Lee, Young-Ju Kwon, Hee-Jin Chang, Jae-Jin Kwag,  
Ok-Chan Kim and Young-Hyun Choi

Div. of Chemistry, Korea Ginseng and Tobacco Research Institute

#### Abstract

Volatile components of green tea were isolated by purge and trap headspace method and were analyzed by GC and GC/MSD. And then headspace volatiles were compared with volatiles isolated by simultaneous distillation-extraction(SDE) method. A total of 99 components were identified in the green tea volatile components, from which 88 components were identified in the headspace volatiles, contained 20 alcohols, 30 hydrocarbons, 21 aldehydes, 10 ketones, 2 acids and 5 miscellaneous components. The major components were low boiling components, such as methyl butanal(3.1%), 1-penten-3-ol(5.48%), 2-penten-1-ol(2.89%), hexanal(5.77%), heptanal(1.90%), and were 2,4-heptadienal(4.28%), linalool (2.27%), 2,6-dimethyl cyclohexanol(2.57%),  $\alpha$ -pinene(1.52%), caryophyllene (1.70%), and carbonyl compounds, such as  $\alpha$ -ionone(2.62%),  $\beta$ -ionone (2.98%),  $\beta$ -cyclocitral(2.0%). On the other hand SDE volatiles, from which 64 components were identified, contained 16 alcohols, 16 hydrocarbons, 15 aldehydes, 10 ketones, 3 acids and 4 miscellaneous components. The major components were alcohols, such as, benzyl alcohol(3.79%), linalool(9.52%), terpineol (2.16%), geraniol(2.75%), nerolidol (6.50%), ketones, such as  $\alpha$ -ionone(1.77%),  $\beta$ -ionone (4.80%), geranyl acetone(1.82%) and acids, such as hexanoic acid(1.45%), nonanoic acid (1.11%).

Key words : green tea, headspace volatiles

## 서 론

식품에서 향기는 맛, 색깔, 조직감 등과 함께 품질을 평가하는데 매우 중요한 요소 중의 하나인데 향에 대한 연구는 사람의 감각에 의한 관능적 특성에 관한 연구와 함께 향기의 특성을 좌우하는 휘발성 성분의 조성을 분석하는 분석기술적인 면이 중요한 의미를 갖는다.

Headspace 분석법은 휘발성 성분을 실온에서 불활성 기체를 이용하여 휘발시켜 Tenax GC, active carbon, silica gel 같은 흡착제에 흡착시킨 후 추출 및 농축 단계를 거치지 않고 바로 GC에 주입시키는 방법<sup>1,2)</sup>으로 식품 등의 휘발성 성분 분리에 비교적 많이 쓰이는 방법들인 수증기증류법<sup>3)</sup>, 용매추출법<sup>4,5)</sup>, 동시증류추출(simultaneous distillation-extraction, SDE)법<sup>6,7)</sup> 등에 비해 미량 성분 및 저비점 성분의 분석이 용이하고 열에 의한 내용성분의 변화가 없으며 용매를 사용하지

않아 용매와의 2차 반응이 일어나지 않는 장점이 있는 것으로 알려져 있어<sup>8,9)</sup> 특히 쌀<sup>10)</sup>과 같은 곡물류, 잎담배<sup>11~13)</sup>, 과일류<sup>14,15)</sup>, 육류<sup>16)</sup>, 생선류<sup>17)</sup>, 유제품<sup>18,19)</sup>, 건과류<sup>20)</sup> 등 가열하면 성분의 변화가 일어날 수 있는 물질들의 향기성분 연구에 많이 이용되어져 왔다. Headspace 분석법은 휘발성 성분을 포집하는 방법에 따라 크게 세가지로 분류되는데<sup>21)</sup> 밀폐된 용기안에 정지상태로 놓여있는 시료에서 운동을 가하지 않은 자연상태로 휘발된 성분들을 분리하는 static headspace법, 시료를 교반기로 교반시켜 휘발된 성분들을 질소 등의 기체로 밀어내어 흡착제에 흡착시키는 dynamic headspace법과 가장 최근에 개발된, 시료를 기체로 purging시켜 휘발되는 성분들을 흡착제에 흡착시키는 purge와 trap headspace법이 있다.

녹차(*Camellia sinensis* L. var. Yabukita)는 최근 들어 소비가 급격히 늘어나고 있는 기호유료 중의 하나

로 맛 뿐만 아니라 그 향에 의해 품질이 판단되어지는데 녹차의 향기 성분에 관한 연구는 주로 일본에서 많이 연구되어져 왔으며<sup>22-31)</sup> 山西<sup>32)</sup>에 의해 총설로도 보고된 바 있다. 국내에서는 최<sup>33)</sup>가 시중에 시판되는 녹차의 휘발성 성분을 감압증류법을 이용하여 42개의 향기 성분을 분석한 것 이외에는 아직까지 연구된 바 없다.

본 실험에서는 국내에서 재배된 녹차의 휘발성 성분을 purge 와 trap headspace 방법을 이용하여 분리한 후 GC 및 GC /MSD로 확인하고 또한 휘발성 성분 분리에 비교적 자주 이용되는 동시증류추출(SDE) 방법에 의해 분석된 휘발성 성분과 조성비를 비교하였기에 그 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 재 료

본 연구에서 사용한 녹차는 전라남도 보성지역에서 재배된 복은차 2번차를 1996년 7월 중순에 수확한 것으로 수집하여 휘발성 성분 분석시료로 하였다.

휘발성 성분을 포집하는 흡착제로는 2,6-diphenyl-*p*-phenylene oxide를 base로 하는 Tenax GC에 graphited carbon이 30% 포함된 미국 Altech제 Tenax GR을 사용하였으며 그 외 시험에 사용한 시약은 특급 시약을 사용하였다.

### 2. 휘발성 성분의 추출

#### 1) Purge와 trap headspace법

녹차 30g을 Fig. 1에 나타낸 것처럼 온도가 일정하게 유지되는 purging column에 넣고 질소 기체를 분당 50ml의 유속으로 24시간 동안 불어 넣어 휘발되는 성분을 Tenax GR에 흡착시켜 휘발성 성분 분석시료로 하였다. 이때 질소 기체의 수분이 시료로 유입되는 것을 방지하기 위해 액체질소 trap을 사용하였고 환류냉각기를 부착하여 Tenax trap에 수분이 흡착되는 것을 방지하였다. 흡착된 휘발성 성분을 탈착시켜 GC /MSD에 주입시키는 장치로는 일본 Japan Analytical Industry사가 제작한 JHS-100A 모델을 사용하였으며 탈착 온도는 358℃, 탈착 및 GC에 주입되는 시간은 5초로 하였다.

#### 2) 동시증류추출(SDE)법

녹차 200g에 증류수 1.5ℓ를 가하여 Schultz 등<sup>34)</sup>의 방법에 따라 개량된 SDE(Likens & Nickerson type simultaneous distillation and extraction)장치를 사

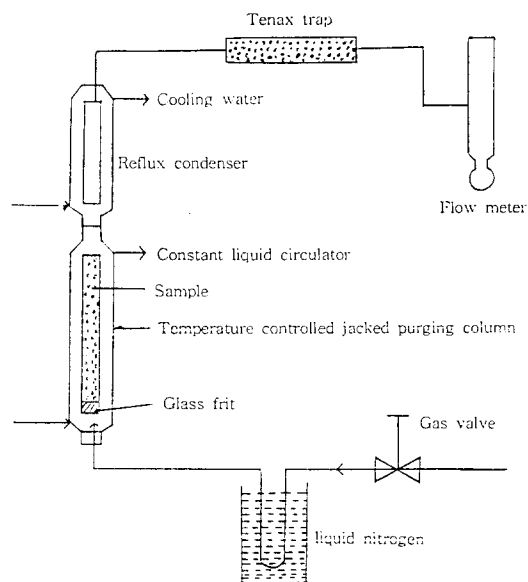


Fig. 1. Schematic diagram of the purge and trap headspace trapping method.

용하여 상압하에서 2시간 동안 휘발성 성분을 추출하였다. 이 때 추출 용매로는 diethyl ether 50ml를 사용하였고 추출액은 무수 황산나트륨으로 탈수, 여과한 후 30℃에서 감압 농축하여 분석시료로 하였다.

### 3. 휘발성 성분의 분석

분리된 휘발성 성분은 미국 Hewlett Packard사 모델 HP5890 /5970B GC /MSD를 사용하여 분석하였다. Headspace법으로 분리된 휘발성 성분의 분석조건으로는 column은 Ultra2(50m × 0.2mm i.d) fused silica capillary를 사용하였고 온도는 -30℃에서 3분간 유지한 후 50℃까지 분당 10℃로 승온시키고 50℃에서 3분간 유지한 후 230℃까지 2℃ /min의 속도로 승온하고 230℃에서 50분간 유지하였다. Injector 및 interface의 온도는 270℃, ionizing voltage는 70eV로 하였고 운반기체로는 helium을 유량 0.8ml /min로 하여 사용하였다.

SDE법에 의해 얻어진 휘발성 성분의 분석조건은 column 온도는 50℃에서 3분간 유지한 후 230℃까지 2℃ /min의 속도로 승온하고 230℃에서 50분간 유지하였다. 시료의 주입량은 0.2μl를 split mode(split ratio = 100 : 1)로 하였으며 그 외 분석조건은 위와 동일하게 하였다. 각 성분은 GC /MSD에 의해 얻어진 total ion chromatogram에서 각 성분의 mass spectrum을

표준 mass spectrum과 비교하고 표준품과 머므름 시간을 비교하여 확인하였다.

### 결과 및 고찰

녹차에서 headspace법과 SDE법에 의해 분리된 휘발성 성분의 total ion chromatogram을 Fig. 2에 나타내었고 확인된 성분은 Table 1과 같다.

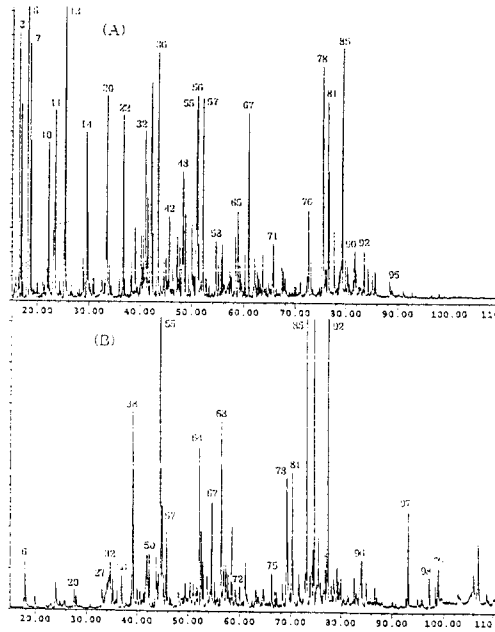


Fig. 2. Total ion chromatogram of volatile components isolated from green tea by purge and trap headspace trapping method(A) or simultaneous distillation-extraction(B).

Table 1. Compounds identified from green tea volatiles

Peak <sup>a)</sup> No.	Compounds	Peak area(%)	
		Headspace <sup>b)</sup>	SDE <sup>c)</sup>
1	Acetic acid	0.41	— <sup>d)</sup>
2	2-Butenal	0.14	—
3	3-Methylbutanal	1.63	—
4	2-Methylbutanal	1.47	—
5	1-Butanol	0.12	—
6	1-Penten-3-ol	5.48	1.03
7	Pentanal	2.10	—
8	2-Ethyl furan	0.89	—
9	Pentanol	tr	0.12
10	2-Pentenal	1.33	tr <sup>e)</sup>
11	2-Penten-1-ol	2.89	0.89
12	Octane	0.46	—
13	Hexanal	5.77	0.21

14	2-Hexenal	1.70	tr
15	3-Hexen-1-ol	0.88	tr
16	Ethyl benzene	tr	—
17	Hexanol	0.27	—
18	1,3-Dimethyl benzene	0.19	tr
19	1,4-Dimethyl benzene	0.12	—
20	Heptanal	1.90	0.32
21	2,4-Hexadienal	0.08	—
22	$\alpha$ -Pinene	1.52	—
23	Camphene	0.21	—
24	2-Heptenal	0.34	—
25	Benzaldehyde	0.70	0.47
26	Heptanol	0.13	0.12
27	Hexanoic acid	—	1.45
28	Sabinene	0.54	—
29	1-Octen-3-ol	0.29	—
30	$\beta$ -Pinene	0.65	—
31	Phenol	0.20	—
32	6-Methyl-5-hepten-2-one	1.91	1.23
33	2-Pentyl furan	1.13	0.35
34	Octanal	0.82	0.30
35	1-Phellandrene	tr	—
36	2,4-Heptadienal	4.28	0.62
37	$\alpha$ -Terpinene	0.13	tr
38	Benzyl alcohol	0.17	3.79
39	Cymene	0.35	tr
40	Limonene	0.32	0.15
41	$\beta$ -Terpinene	0.13	—
42	2,2,6-Trimethyl cyclohexanone	0.95	—
43	Phenylacetaldehyde	0.39	0.45
44	2-Octenal	0.53	—
45	$\gamma$ -Terpinene	0.22	—
46	3,5,5-Trimethyl-2- cyclohexen-1-one	0.44	0.21
47	Octanol	0.65	0.83
48	3,5-Octadien-2-one(E,E)	1.39	1.26
49	2-Methylbenzaldehyde	0.15	tr
50	Linalool oxide cis	0.77	0.70
51	Linalool oxide trans	0.71	0.71
52	<i>trans</i> -Ocimene	—	0.23
53	3,5-octadien-2-one(E,Z)	0.21	0.63
54	Undecane	0.19	—
55	Linalool	2.27	9.52
56	Nonanal	2.06	0.97
57	2,6-Dimethyl cyclohexanol	2.57	1.21
58	Phenylethylalcohol	0.69	0.24
59	$\alpha$ -Cyclocitral	—	0.11
60	2,6-Nonadienal	0.41	0.12
61	Benzoic acid	0.18	—
62	Borneol	0.24	—
63	Ethylbenzaldehyde	0.31	0.20
64	Terpineol	0.20	2.16
65	Hydroxymethyl benzoate	0.97	1.36
66	1,3-Cyclohexadiene-1- carboxaldehyde	0.36	0.63
67	$\beta$ -Cyclocitral	2.0	1.63

(continued)

Table 1. Continued

Peak <sup>a)</sup> No.	Compounds	Peak area(%)	
		Headspace <sup>b)</sup>	SDE <sup>c)</sup>
68	Geraniol	0.27	2.75
69	Bornyl acetate	0.28	—
70	Nonanoic acid	—	1.11
71	Tridecane	0.43	tr
72	Indole	—	0.45
73	$\alpha$ -Cubebene	0.10	—
74	1-Tetradecene	0.14	tr
75	$\beta$ -Damascenone	0.18	0.47
76	Tetradecane	0.74	0.50
77	Junipene	0.17	0.29
78	$\alpha$ -Ionone	2.62	1.77
79	<i>trans</i> -Caryophyllene	1.70	0.86
80	$\beta$ -Cubebene	0.28	—
81	Geranyl acetone	1.97	1.82
82	2,3,5,8-Tetramethyl decane	1.22	—
83	$\alpha$ -Humulene	0.65	0.64
84	Calalene	0.11	0.28
85	$\beta$ -Ionone	2.98	4.80
86	Farnesene	0.42	0.51
87	Aromadendrene	0.48	—
88	BHT	—	5.76
89	$\gamma$ -Cadinene	0.30	0.33
90	$\delta$ -Cadinene	0.67	—
91	Dibenzofuran	0.33	—
92	Nerolidol	0.48	6.50
93	Hexadecane	0.18	0.48
94	$\delta$ -Selinene	—	0.44
95	Benzophenone	0.18	—
96	$\beta$ -Eudesmol	—	1.63
97	6,10,14-Trimethyl-2- pentadecanone	—	1.37
98	Farnesylacetone	—	0.65
99	Hexadecanoic acid	—	0.87

a) : Numbers refers to Fig. 2

b) : Purge and trap headspace method

c) : Simultaneous distillation-extraction method

d) : not detected

e) : peak area% less than 0.1%

Table 1에 나타난 것처럼 녹차에서 분리된 휘발성 성분으로부터 표준품과의 mass spectrum 및 GC 머브름 시간의 비교에 의해 headspace법으로는 88종, SDE법으로는 64종의 모두 99종의 성분을 확인하였다. 확인된 성분을 기능기별로 나누어 보면 headspace법에서는 terpene alcohol 화합물을 포함하는 alcohol 성분들이 20종, hydrocarbon 화합물이 30종, aldehyde 21종, ketone 10종, acid 2종 및 기타 성분이 5종으로 나타났고 SDE 법에서는 alcohol 16종, hydrocarbon 16종, aldehyde 15종, ketone 10종, acid 3종 및 기타 성분 4종으로 나타났다. Peak area%에 의한 양적인 면을 비

교하여 보면 headspace법으로 분리된 휘발성 성분에서는 3-methyl butanal(1.63%), 2-methyl butanal(1.47%), 1-penten-3-ol(5.48%), 2-penten-1-ol(2.89%), pentanal(2.10%), hexanal(5.77%), 2-hexenal(1.70%), heptanal(1.90%)의 비점이 낮은 화합물과 2,4-heptadienal(4.28%), linalool(2.27%), nonanal(2.06%), 2,6-dimethyl cyclohexanol(2.57%) 외에  $\alpha$ -pinene(1.52%), caryophyllene (1.70%) 등의 hydrocarbon 화합물과  $\beta$ -cyclocitral(2.0%),  $\alpha$ -ionone (2.62%), 및  $\beta$ -ionone(2.98%) 등의 carbonyl 화합물이 주요 성분으로 확인되었다. 확인된 88종의 성분 중에서 주요 성분들을 SDE법에서 확인된 성분과 비교하여 보면 1-penten-3-ol, 2-penten-1-ol, 3-hexen-1-ol(0.88%) 및 2,4-heptadienal 등의 성분들이 SDE에서 분리된 휘발성 성분에서 보다 특히 높게 나타났는데 이들 성분들은 녹차의 저장시 그 양이 크게 증가하는 것으로 알려져 있다<sup>23)</sup>. 또한 hexanal, 2-hexenal, 3-hexen-1-ol, hexanol 등 탄소수 6개의 aldehyde 및 alcohol 성분들은 비점이 낮고 강한 풋내를 갖는 것으로 알려져 있는데<sup>35,36)</sup> 이들 성분들 역시 Table 1에 나타난 것처럼 SDE법에서 보다는 비교적 양이 많았으며 이들은 저장 또는 가공중에 불포화 지방산이 지질 분해요소인 lipoxygenase의 작용에 의해 주로 생성되는 것으로 알려져 있다<sup>37)</sup>. 30종이 확인된 hydrocarbon 화합물 역시 headspace 성분에서 더 많은 양이 함유되어 있는 것으로 나타났는데 이들은 주로 pinene, camphene, limonene, terpinene 등 탄소수 10개인 monoterpene 화합물과  $\alpha$ -cubebene, caryophyllene, calalene, farnesene, cadinene 등 탄소수 15개의 sesquiterpene 화합물이었으며 이들은 monoterpene 화합물이 부드럽고 woody, piney, fruity한 향 특성을 갖는 반면에 sesquiterpene 화합물들은 향이 약한 것으로 알려져 있다<sup>35, 36)</sup>. 그 외에 주요 성분으로 확인된 화합물인 linalool은 꽃 향기를 갖는 것으로 알려져 있고<sup>35, 36)</sup> carotene의 광산화 분해생성물로 알려진<sup>38)</sup>  $\beta$ -cyclocitral,  $\alpha$ -ionone,  $\beta$ -ionone,  $\beta$ -damascenone 등의 carbonyl 화합물은 꽃 및 꿀 냄새를 갖는 것으로 알려져 있으며<sup>35, 36)</sup> 이들 성분 역시 저장중에 증가하는 것으로 알려져 있다<sup>23)</sup>. SDE법으로 추출된 휘발성 성분에서는 모두 64종의 화합물이 확인되었는데 이들은 headspace법에서 주요 성분으로 확인된 비점이 낮은 화합물보다는 benzyl alcohol(3.79%), linalool(9.52%), terpineol (2.16%), geraniol (2.75%), nerolidol(6.50%) 등의 terpene alcohol 화합물과  $\alpha$ -ionone (1.77%),  $\beta$ -ionone(4.80%), geranyl acetone

(1.82%) 등의 ketone 화합물, hexanoic acid(1.45%), nonanoic acid(1.11%) 등의 acid 화합물이 주요 성분으로 확인되었다. 확인된 alcohol 성분 중에서 특히 linalool, geraniol, nerolidol 등 꽃 냄새를 갖는<sup>35)</sup> 성분들이 headspace법으로 추출된 휘발성 성분에서 보다 높게 나타났고 또한 저장 및 가공중에 비산화산촉매 반응에 의해 linalool에서 생성되는 것으로 알려진 terpineol 역시 높게 나타났다<sup>39)</sup>. 반면에 1-butanol, 1-penten-3-ol, 2-penten-1-ol, 3-hexen-1-ol, hexanol, 1-octen-3-ol 등 비점이 낮은 alcohol 성분들은 확인이 되지 않거나 headspace에서 분리된 휘발성 성분에서 보다 낮았으며 3-methyl butanal, 2-methyl butanal, pentanal, 2-pentenal, hexanal, 2-hexenal, heptanal, 2-heptenal 등 비점이 낮고 강한 풋내를 갖는 aldehyde 성분들 역시 확인이 되지 않거나 headspace법과 비교하여 미량 성분으로 확인되었다. 또한 hydrocarbon계 화합물 역시 특히 monoterpene 화합물 경우 SDE에서 분리된 휘발성 성분에서는 limonene, ocimene을 제외하고는 거의 확인할 수 없었다.

## 요 약

Purge 와 trap headspace sampler를 사용하여 녹차의 휘발성 성분을 추출, 확인한 후 성분조성을 동시증류추출장치로 추출된 성분과 비교하였다.

Headspace법으로는 88개 성분을 확인하였으며 methyl butanal(3.1%), 1-penten-3-ol(5.48%), 2-penten-1-ol(2.89%), hexanal(5.77%), heptanal (2.24%) 등의 비교적 비점이 낮은 성분들과 2,4-heptadienal(4.28%), linalool (2.27%), nonanal(2.06%), 2,6-dimethyl cyclohexanol(2.57%) 및  $\alpha$ -pinene (1.52%), caryophyllene(1.70%) 등의 hydrocarbon 화합물,  $\beta$ -cyclocitral (2.0%),  $\alpha$ -ionone(2.62%),  $\beta$ -ionone(2.98%) 같은 carbonyl 화합물이 주요 휘발성 성분으로 확인되었다. SDE법으로는 64개의 성분을 확인하였으며 저비점 성분들보다는 benzyl alcohol(3.79%), linalool(9.52%), terpineol(2.16%), geraniol(2.75%), nerolidol(6.50%) 등의 alcohol 성분들과  $\alpha$ -ionone(1.77%),  $\beta$ -ionone(4.80%), geranyl acetone(1.82%) 등의 ketone 화합물, hexanoic acid(1.45%), nonanoic acid (1.11%) 등의 acid 화합물이 주요 성분으로 확인되었다.

## 참고문헌

1. Werkhoff, P. and Bretschneider, W. : Dynamic headspace Gas Chromatography: concentration of volatile components after thermal desorption by intermediate cryofocusing in a cold trap, *J. Chromatogr.*, **405**, 87-98(1987).
2. Nunez, A. J. and Maarse, H. : Headspace methods for volatile components of grapefruit, *Chromatographia*, **21**, 44(1986).
3. Kobayashi, S. : A study of steam distillation, *香料*, **129**, 65-72(1980).
4. Hardy, P. J. : Extraction and concentration of volatiles from dilute aqueous and aqueous-alcoholic solution using trichlorofluoromethane, *J. Agric. Food Chem.*, **17**, 656(1969).
5. Marais, J. and Hountman, A. C. : Quantitative gas chromatographic determination of specific esters and higher alcohols in wine using freon extraction, *Am. J. Enol. Vitic.*, **30**, 250(1979).
6. Godefroot, M., Sandra, P. and Verzere, M. : New method for quantitative essential oil analysis, *J. Chromatogr.*, **203**, 323(1981).
7. Nickerson, G. B. and Likens, S. T. : Gas chromatographic evidence for the occurrence of hop oil components in beer, *J. Chromatogr.*, **21**, 1(1966).
8. Werkhoff, P. and Bretschneider, W. : Dynamic headspace gas chromatography: concentration of volatile components after thermal desorption by intermediate cryofocusing in a cold trap, *J. Chromatogr.*, **405**, 99-106(1987).
9. Charalambous, G. : "Analysis of food and beverages" headspace volatiles, Academic Press, N.W.,(1978).
10. Tsugita, T., Kurata, T. and Kato, H. : Volatile components after cooking rice milled to different degrees, *Agric. Biol. Chem.*, **44**, 835-840(1980).
11. Sakaki, T., Niino, K., Sakuma, H. and Sugawara, S. : Analysis of tobacco headspace volatiles using Tenax GC or active carbon, *Agric. Biol. Chem.*, **44**, 3121-3128(1984).
12. Andersen, R. A., Hamilton-kemp, T. R., Loughrin, J. H., Hughes, C. G., Hildebrand, D. F. and Sutton, T. G. : Green leaf headspace volatile from *Nicotiana tabacum* lines of different trichome morphology, *J. Agric. Food Chem.*, **36**, 295-299(1988).
13. Loughrin, J. H., Hamilton-kemp, T. R., Andersen, R. A. and Hildebrand, D. F. : Headspace compounds from *Nicotiana tabacum* and related species, *J. Agric. Food Chem.*, **38**, 455-460(1990).
14. Chu-chin Chen., May-chien Kuo., Hwang, L. S., Wu, S. B. and Chung-may Wu. : Headspace components of passion fruit juice, *J. Agric. Food Chem.*, **30**, 1211-1215(1982).
15. Flath, R. A., Light, D. M., Jang, E. B., Mon, T. R. and John, J. O. : Headspace examination of volatile emissions from ripening papaya, *J. Agric. Food Chem.*, **38**, 1060-1063(1990).
16. Vercellotti, J. R., Kuan, J. W., Liu, R. A., Legendre, M. G., Angelo, A. J. and Dupuy, H. P. : Analysis of volatile heteroatomic meat flavor principles by purge-and-trap/gas chromatography-mass spectrometry, *J. Agric. Food Chem.*, **35**, 1030-1035

- (1987).
17. Milo, C. and Grosch, W. : Detection of odor defects in boiled cod and trout by gas chromatography-olfactometry of headspace sample, *J. Agric. Food Chem.*, **43**, 459-462(1995).
  18. Vallejo-cordoba, B. and Nakai, S. : Using a simultaneous factor optimization approach for the detection of volatiles in milk by dynamic headspace gas chromatographic analysis, *J. Agric. Food Chem.*, **41**, 2378-2384(1993).
  19. Arora, G., Cormier, F. and Lee, B. : Analysis of odor-active volatiles in cheddar cheese headspace by multidimensional GC/MS/sniffing, *J. Agric. Food Chem.*, **43**, 748-752(1995).
  20. Buckholz, L. L., Withycombe, D. A. and Daun, H. : Application and characteristics of polymer adsorption method used to analyze flavor volatiles from peanuts, *J. Agric. Food Chem.*, **28**, 760-765(1980).
  21. 杉尺博 : 食品の分析-新しい展開(1), *日本食品工業學會誌*, **35**(8), 564-572(1988).
  22. Yamaguchi, K. and Shibamoto, T. : Volatile constituents of green tea, Gyokuro, *J. Agric. Food Chem.*, **29**, 366-370(1981).
  23. Hara, T. and Kubota, E. : Changes in aroma components of green tea after storage, *Nippon Nogeikagaku Kaishi.*, **56**(8), 625-630(1982).
  24. Hara, T. and Kubota, E. : Changes in aroma components of green tea during the firing process, *Nippon Nogeikagaku Kaishi.*, **58**(1), 25-30(1984).
  25. Kato, M., Omori, M., Obata, Y. and Saijo, R. : Partial purification and characterization of  $\beta$ -carotene bleaching enzyme in fresh tea leaves, *Nippon Nogeikagaku Kaishi.*, **58**(10), 999-1004(1984).
  26. 大崎和彦, 島田貢 : 嗜好飲料-tea, cocoa and coffee, *香料*, **153**, 105-114(1987).
  27. Kubo, I., Muroi, H. and Himejima, M. : Antimicrobial activity of green tea flavor components and their combination effects, *J. Agric. Food Chem.*, **40**, 245-248(1992).
  28. Kubo, I. and Morimitsu, Y. : Cytotoxicity of green tea flavor compounds against two solid tumor cells, *J. Agric. Food Chem.*, **43**, 1626-1628(1995).
  29. Muroi, H. and Kubo, I. : Combination effects of antibacterial compounds in green tea flavor against *Streptococcus mutans*, *J. Agric. Food Chem.*, **41**, 1102-1105(1993).
  30. Shimoda, M., Shigematsu, H., Shiratsuchi, H. and Osajima, Y. : Comparison of the odor concentrates by SDE and adsorptive column method from green tea infusion, *J. Agric. Food Chem.*, **43**, 1616-1620(1995).
  31. Shimoda, M., Shigematsu, H., Shiratsuchi, H. and Osajima, Y. : Comparison of volatile compounds among different grades of green tea and their relations to odor attributes, *J. Agric. Food Chem.*, **43**, 1621-1625(1995).
  32. 山西貞 : 茶の香氣, *日本農藝化學會誌*, **49**(9), 63-71(1975).
  33. 최성희 : 한국산 시판녹차의 향기성분에 관한 연구, *한국식품과학회지*, **23**(1), 98-101(1991).
  34. Schultz, T. H., Flath, R. A., Mon, T. R., Egging, S. B. and Teranishi, R. : Isolation of volatile components from a model system, *J. Agric. Food Chem.*, **25**, 446-449(1977).
  35. Arctander, S. : *Perfume and flavor chemicals*, The author, Montclair, (1969).
  36. Furia, T. E. and Bellanca, N. : *Fenaroli's handbook of flavor ingredients*, 2nd ed., CRC Press, Cleveland, (1975).
  37. Kim, Y. H., Kwag, J. J., Kwon, Y. J. and Yang, K. K. : Influence of isolation method on the composition of apricot (*Prunus armeniaca* var. *ansu* Max.) flavor, *Korean J. Food Sci. Technol.*, **22**(5), 543-548(1990).
  38. Fujimori, T., Kasuga, R., Kaneko, H. and Noguchi, M. : Neutral volatile components of burley tobacco, *Beitrag zur Tabakforschung Int.*, **9**, 317-325(1978).
  39. 광재진, 김도연, 이근희 : 금플의 휘발성 향기성분, *한국식품과학회지*, **24**(5), 423-427(1992).

---

(1997년 2월 20일 접수)