

Direct Headspace Sampling 방법을 이용한 당근의 휘발성 Terpenoids 분석에 관한 연구

박 신* · 박 용 · 류장발 · 박상규

대구대학교 자연자원학부

초 록: 고품질 당근을 육성하기 위한 연구의 일환으로 당근의 휘발성 terpenoids를 GC 분석으로 측정하였다. 여러가지 휘발성 terpenoids 표준물질을 DHS(direct headspace sampling)방법으로 검출한 결과 α -pinene, β -pinene, β -myrcene, α -terpinene, limonene, γ -terpinene, terpinolene 의 7가지 성분이 명확히 분리되었으나, α -phellandrene은 β -myrcene으로부터 분리되지 않았다. 또한 terpinen-4-ol, bornyl acetate, α -bisbolol 등 비등점이 높은 물질은 검출되지 않았다. 검출된 7가지 terpenoids 성분의 표준곡선은 결정계수(r^2)가 전부 0.99 이상으로서 고도로 유의한 표준곡선이었다. DHS 방법을 통한 본실험의 재현성을 측정한 결과, α -pinene, β -pinene, β -myrcene, limonene, γ -terpinene, terpinolene, total terpenoids의 변이계수(C.V.)가 각각 6.8, 6.8, 8.4, 7.1, 3.8, 10.1, 7.1%로 3.8~10.1%의 범위를 나타내었다. 세계적으로 많이 재배되는 당근 65품종에 대한 α -pinene, β -pinene, β -myrcene, α -terpinene, limonene, γ -terpinene, terpinolene, total terpenoids를 측정된 결과, 각각 0.28~2.48 ppm, 0.35~1.87 ppm, 0.56~1.51 ppm, 0 ppm, 0.59~1.84 ppm, 0.87~3.33 ppm, 5.15~35.81 ppm, 9.07~42.30 ppm으로서 품종에 따라 상당한 차이를 보였다. Total terpenoids 의 경우 65품종 중 5품종(7.7%)이 10 ppm미만이고, 15품종(23.1%)이 10~11.99 ppm, 14품종(21.5%)이 12~13.99 ppm, 9품종(13.8%)이 14~15.99 ppm, 10품종(15.4%)이 16~17.99 ppm, 4품종(6.2%)이 18~19.99 ppm, 5품종(7.7%)이 20~29.99 ppm, 3품종(4.6%)이 30 ppm 이상이었다. 전반적으로 일본에서 육성된 품종이 구미에서 육성되어 보급되고 있는 품종들에 비해 total terpenoids 함량이 낮은 편이었다.(1997년 10월 6일 접수, 1997년 11월 3일 수리)

서 론

당근은 각종 비타민이나 미네랄을 대부분 함유하고 있는데 특히 동물의 간과 맞먹을 정도로 비타민 A를 다량 함유하고 있으며, 칼슘, 철분 등의 알칼리 생성원소가 많아 대표적인 알칼리성 식품이다.¹⁾

당근의 효능 가운데 최근에 밝혀진 것은 항암작용, 노화방지 및 각종 성인병의 예방이다.²⁻⁵⁾ 오염된 대기, 흡연, 중금속, 농약 등 환경오염물질에 의해 생성되거나 인체내의 대사과정에서 생성되어 세포를 손상시키는 유해물질인 활성산소는 암이나 노화를 촉진하며 각종 성인병의 원인이 된다. 베타카로틴, 비타민 C, 비타민 E 는 항산화작용으로 이러한 활성산소의 활동을 억제시키는 작용을 하는데, 당근은 베타카로틴 뿐만아니라 비타민 C, 비타민 E도 동시에 다량 함유하고 있어 항암, 노화방지, 각종 성인병의 예방에 효과가 있다.

최근 당근의 섭취는 요리 형태로 뿐만아니라 주스, 근채스프 등 다양한 식이요법이 개발 보급되고 있는데,⁵⁾ 당근 섭취시 기호성에 문제가 되는 역겨운 기름냄새는 휘발성 terpenoids 성분으로서⁶⁻⁸⁾ 특히 어린이들이 당근주스를 선호하지 않는 이유 중의 하나이다. 따라서 고품질의 당근 품종개발을 위해서는 베타카로틴의 함량이 높고 휘발성 ter-

penoids의 함량이 낮은 당근 계통을 육성해야 한다.⁹⁾

Terpenoids의 함량이 낮은 당근 계통을 선별하기 위해서는 terpenoids의 정량적 분석기술의 확립이 필수적이라 할 수 있는데, terpenoids의 정량분석시 중요한 점은 첫째 적은 양의 당근 시료로 정량분석을 할 수 있어야 하며(특히 개체 선별시), 둘째 분석 시간이 짧아야 개체선발을 위한 다수의 시료를 처리할 수 있으며, 셋째 재현성이 높아야 한다는 점이다. 휘발성 terpenoids 분석에 관한 연구로는 휘발성 terpenoids 성분이 높은 당근은 역겨운 기름냄새를 일으킨다는 것을 Heatherbell 등⁶⁻⁷⁾이 보고한 이래 여러 가지 방법에 의해 휘발성 terpenoids를 분석하는 연구가 이루어져 왔다. 예를 들면 동시 증류-추출방법(simultaneous distillation-extraction method, SDE),¹⁰⁾ 흡착에 의한 Tenax-GC trap method,^{11,12)} 그리고 용매추출에 의한 DE(direct solvent extraction)방법¹³⁾ 등이 시도되어 왔다. 그러나 이러한 방법들은 대부분 수 kg 정도의 많은 양의 시료를 필요로 하거나(SDE), 추출 및 분석에 많은 시간이 소요되며(SDE, Tenax-GC trap), 특히 재현성이 높지 못하다는(SDE, Tenax-GC trap, DE) 단점이 있다. Yoo 등^{14,15)}은 이러한 단점을 보완하여 direct headspace sampling(이하 DHS) 방법을 보고하였는데, 단지 비등점이 높은 물질은 GC상에서 검출되지 않는다는 점은 있으나 육종을 위한

찾는말 : carrot, volatile, terpenoids, direct headspace sampling method

*연락처자

terpenoids 분석에는 가장 적합한 방법이라 할 수 있다.

본 연구는 carotenoids의 함량이 높으며,¹⁶⁾ terpenoids의 함량이 낮은 당근 1대잡종의 품종개발을 위한 과제의 일부로서, Yoo 등^{14,15)}의 DHS 방법을 일부 개선하여 휘발성 terpenoids를 분석한 결과, 현재까지의 방법 중 가장 간편하면서 빠르고 재현성이 높은 결과를 얻었으며, 이를 기초로 미국, 유럽, 일본 및 우리나라에서 재배되고 있는 당근 65품종에 대한 terpenoids를 분석하였기에 이에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

실험재료

실험의 재현성을 위해 사용한 재료는 시중에서 구입한 제주산 월동당근 중 200 g 이상의 것을 선별하여 사용하였으며, 국내외 당근품종의 terpenoids 함량 비교를 위한 재료는 Wisconsin 대학교의 Dr. Simon 을 비롯한 국내외 당근 연구자 및 회사로부터 분양받아 본대학에서 보관중인 당근을 사용하였다.

시료전처리 및 GC분석

당근으로부터 휘발성 terpenoids 성분을 분석하기 위한 방법은 Yoo 등^{14,15)}에 의한 DHS 방법을 일부 개선하여 실시하였다. 당근시료는 분석에 사용하기 전 냉장고에 보관하였으며, 냉장보관된 당근시료는 분석하기 전날 밤 24°C의 항온기에 넣어 하루밤동안 보관 후 terpenoids 성분을 분석하였다. 시료 전처리는 2~4개의 당근뿌리 중간부위로부터 100 g을 취해 2 cm 이하의 크기로 자른 후, internal standard인 5% acetone 500 μ l 및 24°C의 H₂O 100 ml와 함께 food blender (Samsung MC-1200W Model)에 넣어 2.5분간 혼합하였다. 이때 food blender의 뚜껑에 있는 구멍은 종이테이프로 붙여 terpenoids 성분이 새는 것을 막아 주며, blending 후 테이프를 제거하고 yellow micropipet tip을 꼽은 후, tip을 통해 syringe를 넣어 headspace gas 시료 1 ml를 취한다. 시료는 FID가 장착된 GC(Hewlett packard, Model 6890)에 주입되었으며, 이때 분석조건은 다음과 같다. Injector; packed inlet with septum purge, column; glass column(2 mm ID and 250 cm long) packed with 8% Carbowax 1500 on Chromosorb WAW-HMDS 80/100 mesh, detector; FID, injector and detector temperature; 250°C, flow rate(N₂ gas); 30 ml/min, oven temperature; 초기 50°C로 0.5 min, 10°C/min의 속도로 130°C까지 승온, total running time; 8.5 min.

표준곡선의 작성

Terpenoids의 표준곡선을 작성하기 위해 α -pinene, β -pinene, β -myrcene, α -terpinene, limonene, γ -terpinene, terpinolene 의 7가지 terpenoids 혼합물을 internal standard인 acetone 에 녹여 10, 100, 500, 1000 ppm 의 농도로 제조하였다. Terpenoids 혼합물 2 ml와 증류수(24°C) 198 ml를 food blender에 넣고 2.5분간 blending한 후, 1 ml의

headspace gas 시료를 GC로 분석하여 각 terpenoids 성분 에 대한 표준곡선을 작성하였다. 이때 각 terpenoids 성분의 농도는 0.1, 1, 5, 10 ppm이다.

재현성 실험

본실험의 재현성(reproducibility)을 알아보기 위해 200 g 이상의 제주산 당근시료 3개를 각각 세로로 4등분한 후, 각 당근 개체로부터 1개 조각씩을 모아 4개의 조합을 만들었다. 각 조각의 중간부위로부터 동일한 무게(33.3 g)가 취해져, 각 조합은 100 g으로서 DHS방법으로 terpenoids를 정량하였다. 4개의 시료조합으로부터 구한 terpenoids 성분의 평균(mean), 표준편차(standard deviation), 변이계수(coefficient of variance)를 계산하여 재현성을 조사하였다.

국내외 당근 품종의 terpenoids함량 비교

국내외 당근품종의 terpenoids 함량 비교를 위한 당근 시료는 현재 세계적으로 많이 재배되고 있는 65품종을 사용하였는데, 세계적인 당근 전문 육종회사인 화란의 Bejo사의 27품종, Asgrow사 등 미국의 22품종, 다끼이사 등 일본의 14품종이며, 우리나라의 당근으로는 홍농의 무쌍 등 2품종이다. 시료는 전남 해남군 서울종묘연구소 계통육성포장에서 96년 8월말부터 9월초까지 파종하여 노지에서 월동시킨 후 97년 2월 22일 채취하였다.

결과 및 고찰

Terpenoids 표준물질의 확인

α -pinene, β -pinene, β -myrcene, α -terpinene, limonene, γ -terpinene, terpinolene, α -phellandrene, terpinen-4-ol, bornyl acetate, α -bisbolol 등 여러 가지 terpenoids 표준시료를 각각 만들어, 위에서 언급한 DHS방법으로 분석한 결과는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 α -pinene, β -pinene, β -myrcene, α -terpinene, limonene, γ -terpinene, terpinolene 의 7가지 성분이 명확히 분리되었으나, α -phellandrene은 β -myrcene으로부터 분리되지 않았다. 또한 terpinen-4-ol, bornyl acetate, α -bisbolol 등 비등점이 높은 물질도 검출되지 않았는데 이는 많은 시료를 측정하기 위해 GC running time을 8.5분으로 제한했기 때문이다. 이러한 결과는 Yoo 등^{14,15)}이 DHS 방법을 사용한 결과와 정확히 일치한다. 본실험에서 DHS 방법으로 휘발성 terpenoids를 분석하였을 때 시료당 전처리 시간을 포함하여 20분 정도 소요되었는데, 이는 SDE,¹⁰⁾ Tenax-GC trap 방법^{11,12)} 등이 시료당 수시간의 전처리 및 분석 시간을 요한다는 사실과 비교하여 상당히 효과적인 방법이라 할 수 있다. 특히 고품질 당근의 품종개발과 같이 단시간에 대량의 시료를 개체선별하는 경우 가장 효과적인 방법이라고 할 수 있다.

Terpenoids 표준곡선

앞서 분리된 7가지 terpenoids 성분의 표준곡선을 int-

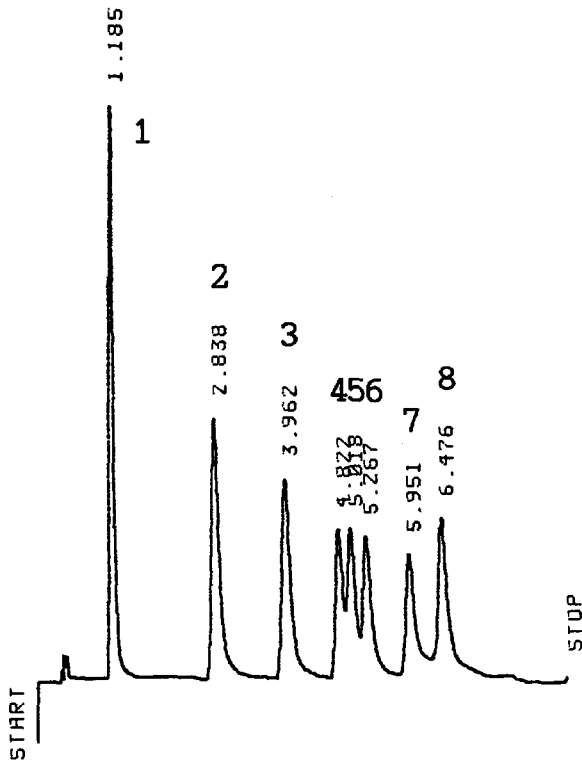


Fig. 1. GC chromatogram of volatile terpenoids with retention times(min.) and their corresponding peaks. 1, standard acetone; 2, α -pinene; 3, β -myrcene; 4, β -myrcene; 5, α -terpinene; 6, limonene; 7, γ -terpinene; 8, terpinene.

ernal standard 방법으로 작성하였다. 0.1, 1, 5, 10 ppm 농도에서 검출된 각 terpenoids 성분의 peak area 를 internal standard인 acetone의 peak area로 나누어 이를 response factor(Y)로 하였으며, 각 성분의 농도를 X로 하여 구한 결정계수(coefficient of determination)와 회귀계수는 Table 1과 같은 바, 각 성분의 결정계수(r^2)는 전부 0.99 이상으로서 고도로 유의한 직선회귀방정식이라고 할 수 있으며, 이는 DHS 방법에 의한 terpenoids 분석이 상당히 정확할 것이라는 것을 암시하고 있다. 각 terpenoids 성분에 대한 표준곡선의 추정회귀방정식은 α -pinene; $Y = 0.4963X - 0.0556$, β -pinene; $Y = 0.4267X - 0.1117$, β -myrcene; $Y = 0.2499X - 0.0899$, α -terpinene; $Y = 0.2979X -$

Table 1. Correlation between the concentration(ppm) of each volatile terpenoid(X) and its response factor(Y)^a.

Compound	Coefficient of determination(r^2)	Regression coefficient(b)
α -Pinene	0.9962	0.4963
β -Pinene	0.9975	0.4267
β -Myrcene	0.9969	0.2499
α -Terpinene	0.9972	0.2979
Limonene	0.9969	0.2921
γ -Terpinene	0.9948	0.1758
Terpinolene	0.9951	0.1286

^apeak area of each volatile terpenoid/ peak area of internal standard (acetone)

Table 2. Consistency of the direct headspace sampling method in measuring volatile terpenoids in carrots grown in Cheju.

Terpenoid	Amount(ppm) ^a				Mean (ppm)	s ^b	C.V. (%) ^c
	1	2	3	4			
α -Pinene	0.82	0.73	0.70	0.75	0.75	0.050	6.8
β -Pinene	1.24	1.09	1.08	1.09	1.13	0.077	6.8
β -Myrcene	0.72	0.66	0.59	0.60	0.64	0.054	8.4
α -Terpinene	0	0	0	0	0	0	-
Limonene	0.64	0.61	0.61	0.54	0.60	0.042	7.1
γ -Terpinene	1.86	1.82	1.84	1.98	1.88	0.072	3.8
Terpinolene	6.27	5.48	4.95	5.35	5.46	0.554	10.1
Total	11.55	10.39	9.77	10.31	10.51	0.748	7.1

^afour replications from three roots

^bstandard deviation

^ccoefficient of variance(CV) = (standard deviation/mean) \times 100(%)

0.1001, limonene; $Y = 0.2921X - 0.0982$, γ -terpinene; $Y = 0.1758X - 0.0739$, terpinolene; $Y = 0.1286X - 0.0453$ 와 같다.

재현성 실험

본실험을 통해 정량분석한 당근의 terpenoids 성분 측정이 과연 얼마나 정확한지, 그 재현성을 측정하기 위하여 제주산 당근 3개를 세로로 4등분한 후, 4개 조합을 만들어 각각의 terpenoids 성분을 분석, 변이계수를 측정된 결과는 Table 2에 나타난 바와 같이 매우 높은 재현성을 나타내었다. α -pinene, β -pinene, β -myrcene, limonene, γ -terpinene, terpinolene, total terpenoids의 변이계수가 각각 6.8, 6.8, 8.4, 7.1, 3.8, 10.1, 7.1%로 3.8~10.1%의 범위를 나타내었는데, 이는 Yoo 등¹⁴⁾이 각각 9.2, 14.9, 4.7, 12.9, 2.8, 6.9, 6.3%로 2.8~14.9%의 범위를 보인 것보다 전반적으로 좋은 결과를 나타내었다. 특히 Yoo 등¹⁵⁾은 α -pinene 및 β -pinene의 경우 1 ppm 이상이면 역겨운 기름냄새가 난다고 하여 low terpenoids의 당근품종 선발시 α -pinene, β -pinene 그리고 total terpenoids를 기준으로 하였는데, α -pinene 및 β -pinene의 경우 각각 6.8, 6.8%로 Yoo 등¹⁴⁾에 의한 9.2, 14.9% 보다 높은 재현성을 보인 것은 물론, Simon 등¹¹⁾의 의한 headspace Tenax-GC trap 방법의 50, 45%, SDE 방법의 22, 28% 보다 훨씬 재현성이 높은 결과를 나타내었다. 따라서 본 방법에 의한 terpenoids의 정량 분석은 아주 신속하면서도 정확성이 높은 방법으로서, 육종과 같이 단시간에 많은 시료를 처리할 때 비등점이 높은 물질의 검출없이도 이용할 수 있는 효과적인 방법이라고 할 수 있다.

국내외 당근 품종의 terpenoids 함량 비교

세계적으로 많이 재배되는 당근 65품종에 대한 terpenoid 분석 결과는 Table 3~5에 제시한 바와 같이 품종에 따라 상당한 차이를 보였다. α -pinene의 경우 범위가 0.28~2.48 ppm, 평균이 0.63 ppm으로 품종에 따라 최대 8.9배의 차이를 보였는데(Table 3) 65품종 중에서 58품종(89.2%)이 1 ppm 미만이었으며(Table 5), β -pinene은 범위 0.35~1.87

Table 3. The range of individual and total terpenoid content in worldwide 65 carrot cultivars grown in Haenam. (unit : ppm)

Terpenoid	Netherlands Bejo co.	U.S.A lines	Japan lines	Korea lines
α -Pinene	0.35-2.48	0.28-1.66	0.30-0.70	0.48-0.93
β -Pinene	0.42-1.87	0.35-0.72	0.47-1.35	0.59-0.59
β -Myrcene	0.56-1.51	0.64-1.49	0.60-0.88	0.70-0.74
α -Terpinene	0	0	0	0
Limonene	0.59-1.82	0.66-1.84	0.59-0.87	0.69-0.70
γ -Terpinene	0.87-2.97	1.01-3.33	1.35-2.64	1.21-1.61
Terpinolene	5.54-26.57	6.11-35.81	5.15-12.18	7.53-8.39
Total terpenoids	9.14-34.89	9.44-42.30	9.07-16.83	11.25-12.92
Total lines	27	22	14	2

Table 4. Distribution of total terpenoid content in worldwide 65 carrot cultivars grown in Haenam.

Range (ppm)	No. of lines			
	Netherlands Bejo company	U.S.A lines	Japan lines	Korea lines
<10	1	1	3	
10-11.99	9	2	3	1
12-13.99	5	5	3	1
14-15.99	4	2	3	
16-17.99	4	4	2	
18-19.99	1	3		
20-29.99	2	3		
>30	1	2		
Total lines	27	22	14	2

ppm, 평균 0.62 ppm으로 품종에 따라 최대 5.3배의 차이를 보였으며, 전체 65품종 중에서 62품종(95.4%)이 1 ppm 미만이었다. β -myrcene은 범위가 0.56~1.51 ppm 평균이 0.82 ppm, α -terpinene은 평균이 0 ppm, limonene은 범위가 0.59~1.84 ppm 평균이 0.87 ppm, γ -terpinene은 범위가 0.87~3.33 ppm 평균이 1.61 ppm으로 상대적으로 변이가 적었다. Terpinolene의 경우 terpenoids의 주성분으로서 전체 terpenoids의 약 60~80%를 차지하였는데 범위가 5.15~35.81 ppm, 평균이 11.05 ppm으로서 품종에 따라 최대 7.0배의 차이를 보였다. Total terpenoids의 경우 Table 3~4에 나와 있는 바와 같이 범위가 9.07~42.30 ppm, 평균이 15.59 ppm으로 품종에 따라 최대 4.7배의 차이를 보였는데, 화란 Bejo사의 Nippon, 미국 Eagle사의 ESB0056, 일본 다끼이사의 향양2호와 이나리5촌 및 우에끼사의 석복 등 5품

종(7.7%)이 10 ppm미만이고, 15품종(23.1%)이 10~11.99 ppm, 14품종(21.5%)이 12~13.99 ppm, 9품종(13.8%)이 14~15.99 ppm, 10품종(15.4%)이 16~17.99 ppm, 4품종(6.2%)이 18~19.99 ppm이었다. 또한 20~29.99 ppm이 5품종으로써 전체의 7.7%, 30 ppm 이상도 3품종으로써 전체의 4.6%를 나타내었다. 일본에서 육성된 14품종의 total terpenoids 함량은 10 ppm 미만이 3품종(21.4%), 10~13.99 ppm이 6품종(42.9%), 14~17.99 ppm이 5품종(35.7%)으로 나타나, 평균이 12.70 ppm으로 구미에서 육성되어 보급되고 있는 품종들에 비해 total terpenoids 함량이 낮은 편이었다. 우리나라 품종인 흥농의 무쌍 등 2종도 total terpenoids의 평균이 12.09 ppm으로 구미 품종에 비해 낮은 편이었다. Table 5는 각 나라별 당근 품종의 α -pinene 및 β -pinene의 함량을 나타낸 것인데, α -pinene의 경우 대체로 1 ppm 미만이었으며 특히 일본 품종이 0.2~0.79 ppm의 범위로 비교적 낮은 편이었고 화란 품종은 1 ppm 이상이 27 품종 중 5품종으로써 높은 편이었다. β -pinene의 경우 역시 65품종 중 62품종이 1 ppm 미만이었으며 미국 품종이 0.2~0.79 ppm으로써 비교적 낮은 편이었다.

감사의 글

이 논문은 1996년도 농림수산부의 농림수산특정연구과제 연구비에 의하여 연구된 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 유태종(1982) 식품카르텔, p.74, 박영사, 서울.
2. Weisburger, H.H. (1991) Nutritional approach to cancer prevention with emphasis on vitamins, antioxidants, and carotenoids. *Amer. J. Clin. Nutr.* **35**, 226S-237S.
3. Bendich, A. (1994) Recent advances in clinical research involving carotenoids. *Pure Appl. Chem.* **66**, 1017-1024.
4. 식생활개선국민운동(1996), 월간식생활, **14(3)**, P73-75, 서울신문사.
5. 식생활개선국민운동(1996), 월간식생활, **14(9)**, P73-75, 서울신문사.
6. Heatherbell, D. A., R. E. Wrolstad and L. M. Libbey (1971) Carrot volatiles. 1. Characterization and effect of

Table 5. Distribution of α - and β -pinene in worldwide 65 carrot cultivars grown in Haenam.

Range (ppm)	α -Pinene				β -Pinene			
	Netherlands Bejo co.	U.S.A lines	Japan lines	Korea lines	Netherlands Bejo co.	U.S.A lines	Japan lines	Korea lines
0.2-0.39	2	4	3			3		
0.4-0.59	17	15	9	1	12	13	5	2
0.6-0.79	2		2		12	6	6	
0.8-0.99	1	1		1	2		1	
1.0-1.99	2				1		2	
2.0-2.99	3	2						
Total lines	27	22	14	2	27	22	14	2

- canning and freezing drying. *J. Food Sci.* **36**, 219-224.
7. Heatherbell, D. A. and R. E. Wrolstad (1971) Carrot volatiles. 2. Influence of variety, maturity and storage. *J. Food Sci.* **36**, 225-227.
 8. Simon, P. W., C. E. Peterson and R. C. Lindsay (1980) Genetic and environmental influences in carrot flavor. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **105(3)**, 416-420.
 9. 박용, 1997. 고품질 및 내병충성 당근1대잡종 품종개발. 농림수산부 연구보고서.
 10. Burrery, R. G., R. M. Seifert, D. G. Guadagni, D. R. Black and L. C. Ling (1968) Characterization of some volatile constituents of carrots. *J. Agric. Food Chem.* **16(6)**, 1009-1015.
 11. Simon, P. W., R. C. Lindsay and C. E. Peterson (1980) Analysis of carrot volatiles collected on porous polymer traps. *J. Agric. Food Chem.* **28(3)**, 549-552.
 12. Simon, P. W., C. E. Peterson and R. C. Lindsay (1982) Genotype, soil, and climate effect on sensory and objective components of carrot flavor. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **107(4)**, 44-648.
 13. Senalik, D. and P. W. Simon (1987) Quantifying intra-plant variation of volatile terpenoids in carrot. *Phytochemistry.* **26(7)**, 1975-1979.
 14. Yoo, K. S., L. M. Pike and B. K. Hamilton (1994) A method for measuring volatile terpenoids in carrots using the direct headspace sampling technique.
 15. Yoo, K. S., L. M. Pike and B. K. Hamilton (1994) Evaluation of breeding stock and male-sterile A and B lines for volatile terpenoids.
 16. 박용, 박상규, 류장발, 박신 (1997) 국내의 당근 품종의 carotene과 당의 성분량 비교. 대구대 과학기술논문집. **4**

Studies on Measuring Volatile Terpenoids in Carrots Using the Direct Headspace Sampling Method

Shin Park*, Yong Park, Jang Bal Ryu, and Sang Gyu Park(Division of Natural Resources, Taegu University, Kyungbook, 713-714, Korea)

Abstract : Volatile terpenoids of carrots were measured by the direct headspace sampling method(DHS) with gas chromatography as a study for the breeding of high quality carrots. Using this method, 7 terpenoids such as α -pinene, β -pinene, β -myrcene, α -terpinene, limonene, γ -terpinene, and terpinolene were clearly separated. However α -phellandrene was not clearly separated from β -myrcene. In addition to this, higher boiling point compounds such as terpinen-4-ol, bornyl acetate, and α -bisbolol were not found. The coefficients of determination(r^2) for the 7 terpenoids were higher than 0.99 and the standard curves were highly significant. Four replicated samples using this method demonstrated great reproducibility; the coefficient of variation (C.V.) for α -pinene, β -pinene, β -myrcene, limonene, γ -terpinene, terpinolene, and total terpenoids were 6.8, 6.8, 8.4, 7.1, 3.8, 10.1, 7.1%. Sixty five carrot cultivars bred worldwide were evaluated for the 7 terpenoids and total terpenoids; the range for α -pinene, β -pinene, β -myrcene, α -terpinene, limonene, γ -terpinene, terpinolene, and total terpenoids were 0.28~2.48 ppm, 0.35~1.87 ppm, 0.56~1.51 ppm, 0 ppm, 0.59~1.84 ppm, 0.87~3.33 ppm, 5.15~35.81 ppm, and 9.07~42.30 ppm, respectively. Big differences in each terpenoid and total terpenoids were found among cultivars. On the total terpenoids of the 65 cultivars, 5 cultivars(7.7%) contained less than 10 ppm, 15 cultivars (23.1%) 10~11.99 ppm, 14 cultivars(21.5%) 12~13.99 ppm, 9 cultivars(13.8%) 14~15.99 ppm, 10 cultivars(15.4%) 16~17.99 ppm, 4 cultivars(6.2%) 18~19.99 ppm, 5 cultivars(7.7%) 20~29.99 ppm, and 3 cultivars(4.6%) were higher than 30 ppm. Generally, cultivars developed in Japan contained less total terpenoids than cultivars developed in Europe and America.

Key words : carrot, volatile terpenoids, direct headspace sampling method

* Corresponding author