

Gas Chromatography–Mass Spectrometry에 의한 향미 유전자원의 방향성 화합물 비교분석

김정순^{*,**} · 조점래^{***} · 곽재균^{*} · 김태산^{*} · 안상낙^{**,†} · 이석영^{*,‡}

*농촌진흥청 국립농업과학원 농업유전자원센터, **충남대학교 농학과, ***농촌진흥청 국립농업과학원 기획조정과

Comparison Analysis of Aromatic Compounds in the Aromatic Rice Germplasm by Gas Chromatography and Mass Spectrometry

Jeong–Soon Kim^{*,**}, Jum–Rae Cho^{***}, Jae–Gyun Gwag^{*}, Tae–San Kim^{*}, Sang–Nag Ahn^{**,†}, and Sok–Young Lee^{*,‡}

^{*}National Agrobiodiversity Center, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea

^{**}Department of Agronomy, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

^{***}Planning & Coordination Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea

ABSTRACT The volatile and semi-volatile compounds of 5 accessions of domestic scented and 25 accessions of introduced scented were extracted by solid phase micro-extraction (SPME) and analyzed by gas chromatography-mass spectrum (GC-MS). A total of 156 volatile and semi-volatile compounds were identified from 30 accessions of aromatic rice, including 32 alcohols, 25 acids, 25 ketones, 21 hydrocarbon, 18 esters, 16 aldehydes, 4 ethers, 5 amines, 2 phenols, 2 bases, and 8 miscellaneous compounds. By UPGMA/Neighbor-join tree analysis, the thirty accessions of aromatic rice could be classified into seven groups according to the major odor or aroma compounds. Group I included indica type of Basmati varieties. Group II and Group IV included japonica type introduced scented. Group III consisted only Hyangmibyeolho in domestic scented. Group V and Group VII included indica type of Basmati and non-Basmati varieties. Group VI included four of domestic scented of seven accessions excepted Basmati6129, Basmati 6311, and Seratus Malam.

Keywords : Aroma rice, GC-MS, SPME, volatile compounds, flavor, odor

쌀의 용도는 나라에 따라 다르며, 과거 5,000년의 쌀 재배 역사를 가진 우리나라는 대부분 밥을 지어먹는데 이용하고

있다. 최근의 국제 농업여건의 변화와 더불어 국내 농업여건도 커다란 변화에 봉착해 있는데, 국민 1인당 연간 쌀 소비량이 급격한 감소를 보이고 있으며(Korea National Statistical Office, 2008), 곡물자급도도 2003년 기준 26.9%로 매우 낮다(Park *et al.*, 2002; WTO, 2003). 특히 DDA(Doha development agenda)협상 결과에 따른 관세화약에 혹은 관세화에 따른 향후 쌀값 하락 전망 등 벼 재배농가들의 쌀생산 의욕이 크게 저하되며 더불어 벼 연구방향도 크게 변화하고 있다.

따라서 벼에 관한 연구의 방향도 밥용도의 양질다수성 벼 품종의 개발에서 유색미, 향미 등의 가공용 특수미의 품종 육성과 재배기술의 개발 및 쌀 가공 상품의 개발에 대한 연구가 추진되고 있다(Kim *et al.*, 1994; Park *et al.*, 1993; Kee *et al.*, 2000; Song *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2008a)

특히 향미는 취반시 팍콘과 같은 향이 발산되는 쌀로서 중국, 인도, 파키스탄 등 동남아시아 지역에서 오래전부터 재배하고 있는 고급미로 알려져 있다(Tripathi and Rao, 1979). 우리나라는 1970년대 이후부터 쌀이나 쌀밥의 특징적인 향기를 구명하는 연구가 수행되었으며(Lee *et al.*, 1991; Lee and Kim, 1999; Lee *et al.*, 2003), 1993년부터 ‘향미벼 1호’를 비롯한 향미품종을 육성 보급하게 되었고(Choi *et al.*, 1995) 다양한 향이나 찰성, 색깔을 갖는 향미품종을 개발 및 유전적인 연구가 진행되고 있다(Heu and Park, 1990; Park *et al.*, 1993; Kim *et al.*, 1994; Ahn *et al.*, 1992; Jeong *et al.*, 2002).

향미의 방향성 화합물에 관한 연구는 GC(Buttery *et al.*, 1986)와 GC-MS의 분석기법에 의하여 약 200여종 이상의 방향성 성분이 보고되었다(Ishitani and Fushimi, 1994; Tsugita

[†]Corresponding author: (Phone) +82-42-821-5728
(E-mail) ahnsn@cnu.ac.kr

[‡]Corresponding author: (Phone) +82-31-299-1821
(E-mail) lsy007@rda.go.kr <Received September 12, 2008>

et al., 1980; Yajima *et al.*, 1978; Lee and Son, 1991). 그 중에서도 roasty note로 알려진 α -pyrrolidone과 2-acetyl-1-pyrroline이 향미의 특징을 결정하는 것으로 알려져 있다 (Yajima *et al.*, 1979; Buttery *et al.*, 1983; Grosch and Schieberle, 1997; Lee and Kim, 1999; Moon *et al.*, 1996; Kim *et al.*, 2008c).

따라서 본 실험은 선행된 실험에서 농업적 형질이 우수하고(Kim *et al.*, 2008a, 2008b), 2-acetyl-1-pyrroline(2AP)의 함량이 높은(Kim *et al.*, 2008c) 향미유전자원을 선발하여 SPME 추출법으로 방향성 화합물을 추출하고 GC-MS로 각 자원이 가지는 방향성 물질을 비교분석 및 동정하여 향후

우수한 향미 품종 육성에 필요한 자료를 제공하고자 실시하였다.

재료 및 방법

실험재료

실험에 사용한 벼품종은 Table 1에 나타내었으며, 선행된 실험 결과, 농업적 형질(1,000립중, 출수기)이 우수하고 2AP함량이 높은 국내 육성 향미자원 5품종, 인디카형 도입 향미 자원 19품종 및 자포니카형 도입향미자원 6품종 GC-MS 분석에 이용하였다. 실험에 사용한 재료들은 2007년 농

Table 1. List of 30 accessions of aroma rice germplasms were selected based on their agronomic characteristics and 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) concentration.

	Accession Number	IT Number [†]	Varieties	Origin
Domestic aroma rice	WAR19	203705	Arahyangchal	Korea
	WAR17	191971	Hyangnambeo	Korea
	WAR18	191962	Hyangmibeo2ho	Korea
	WAR20	196276	Mihayangbeo	Korea
	WAR16	192023	Hyangmibeo1ho	Korea
Indica type of foreign aroma rice	WAR24	207636	Goolarath	Australia
	WAR23	102310	Seratus Malam	India
	WAR06	213081	Iranbeopshi	Iran
	WAR28	136185	TALLI	Nepal
	WAR82	155906	Basmati213C	Pakistan
	WAR09	207665	Basmati370	Pakistan
	WAR67	155925	Basmati5854	Pakistan
	WAR68	155927	Basmati5875	Pakistan
	WAR84	K056308	Chahora144	Pakistan
	WAR30	155899	Basmati107	Philippines
	WAR31	155915	Basmati405	Philippines
	WAR32	155924	Basmati5853	Philippines
	WAR33	155926	Basmati5874	Philippines
	WAR34	155930	Basmati6129	Philippines
	WAR37	155934	Basmati6141	Philippines
	WAR35	155932	Basmati6311	Philippines
	WAR36	155933	Basmati6313	Philippines
WAR59	000347	Binicol	Philippines	
WAR10	K037775	Jasmine85	USA	
Japonica type of foreign aroma rice	WAR21	043511	A-2	Butan
	WAR22	113892	A-3, Choh Chang	Butan
	WAR03	K037323	Jahyangna861	China
	WAR15	177080	Shiyayuine	Japan
	WAR26	165761	Daw Dam	Thailand
WAR14	K016876	415 X Ir352	Vietnam	

[†]Korean genebank's identity number (K- is means of temporary IT number)

촌진홍청 농업생명공학연구원 유전자원과 답작포장에서 재배, 수확하여 수분 함량이 15%가 되도록 음건시켜 4°C에 저장하여 실험에 사용하였다(Kim *et al.*, 2008b, 2008c).

방향성 화합물의 분리

공시재료 30품종을 실험실용 현미기(SY88-TH, Ssangyong, Incheon, Korea)로 탈영시켜 현미로 만든 다음 분쇄기로 5초 간 분쇄한 현미가루 200 mg을 1 mL screw cap vial에 넣고 0.75 mL 100% ethanol을 첨가하여 90°C Water bath에 30분간 가열하고 방향성 화합물을 추출하여 급냉한 후, 원심분리기에서 12,000 rpm으로 30초간 원심분리하여 상등액을 1 µL씩 분석에 이용하였다.

방향성 화합물의 분석

GC-MS는 불꽃이온화 검출기(Flame ionization detector, FID, Shimadzu, Japan)가 부착된 GC-QP2010 Plus(Shimadzu, Japan)를 사용하였으며, 분석용 column은 J & W DB-WAX (30 m × 0.25 mm I.d., 0.25 µm) capillary column을 사용하였으며, GC oven 온도는 40°C에서 1분간 유지한 다음 120°C까지 분당 9°C 속도로 온도를 올려 120°C에서 1분간 유지한 다음 230°C까지 분당 25°C 속도로 온도를 올려 5분간 유지하여 전체 oven의 run-time은 20.29분으로 하였다. 주입구(inlet-SSL)의 온도는 155°C, injection mode는 splitless이며 split flow는 10 mL/min이고 시간은 1분이었다. FID 검출기 온도는 300°C로 하여 분석하였고, carrier gas로는

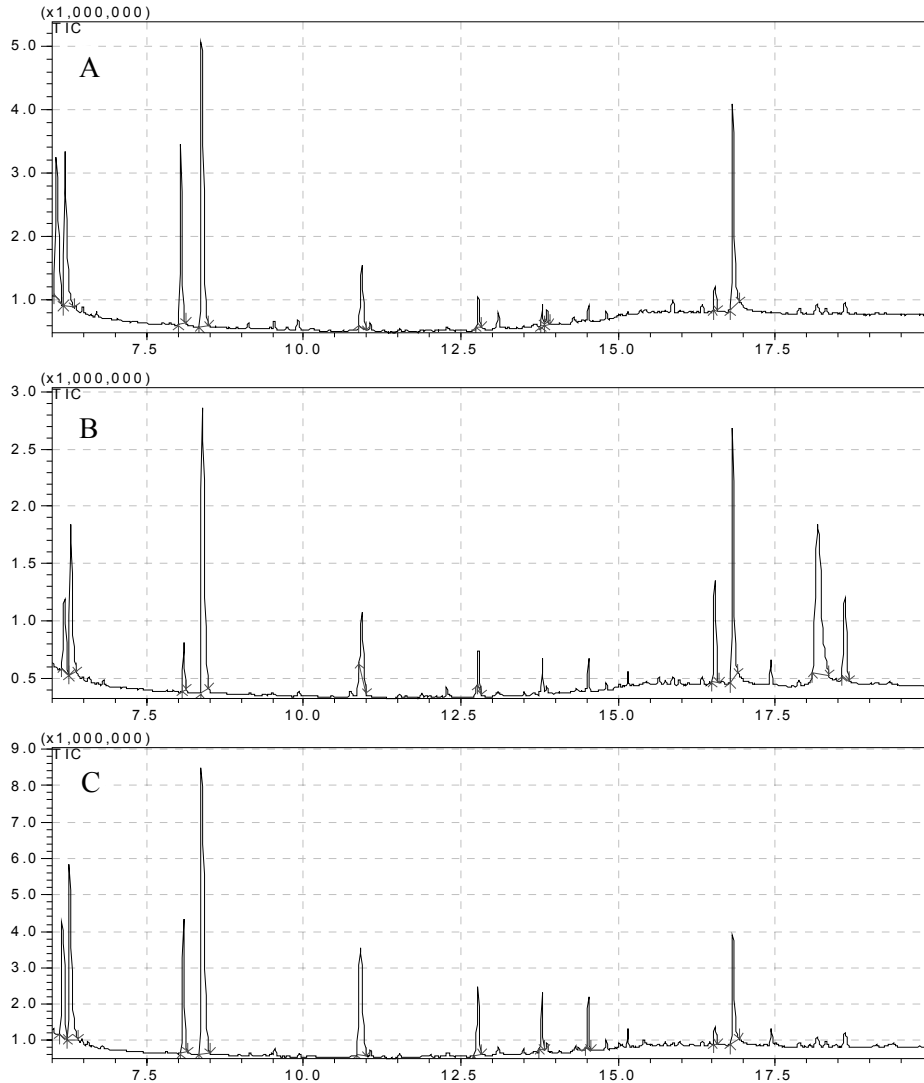


Fig. 1. A typical chromatograms of volatile constituents of domestic (A) and foreign aroma rice (indica type (B) and japonica type(C)) analyzed by GC-MS.

helium을 사용하여 1.29 mL/min의 유속이 되도록 조절하고 시료는 1 μ L씩 주입하고 split ratio는 1:10으로 하였다. 질량분석에 사용된 GC-MS 분석기기는 GC-MS(QP2010 Plus, Shimadzu, Japan)를 사용하며 시료의 이온화는 electron impact ionization(EI) 방법으로 하였다. GC-MS 분석조건은 ionization voltage를 70 eV로 하고, ion source temperature는 230 $^{\circ}$ C로 하였다. 또한 분석할 분자량의 범위(m/z)는 41-450으로 설정하여 Labsolution program(Shimadzu, GC-MS solution, ver 2.50)을 이용하여 각 peak의 성분을 확인하였다. Total ionization chromatogram(TIC)에 분리된 각 peak의 성분분석은 mass spectrum library(NISY21, NIST107, PEST-NCI, PESTICD, and WILEY7)와 mass spectrum data book의 spectrum과의 일치성을 비교하여 확인하였다.

통계분석

향미의 방향성 화합물의 조성에 따른 30품종에 대한 분류는 matrix 요소로서 GC-MS상에서 확인된 성분의 peak area(%)를 사용하여 상호 유연관계는 Wards minimum variance cluster analysis(Sakakibara *et al.*, 1990)를 근거로 하여 UPGMA/Neighbor-join tree 방법으로 기본 matrix를 만들어 분석하였고, 향미자원 품종간 방향성 화합물 출현빈도에 의한 유연관계를 PowerMarker v3.25(<http://www.powermarker.net>)를 이용해서 분석하였다.

결과 및 고찰

방향성 화합물 GC-MS분석

농업적 형질이 우수하고, 2AP 함량이 높은 국내 및 도입 향미 30자원의 분쇄된 현미로부터 방향성 화합물을 SPME 법으로 추출하여 GC-MS(Shimadzu, Japan)로 분석하여 얻은 total ion chromatograph은 Fig. 1과 같이 나타내었고, GC-MS를 이용하여 동정한 방향성 화합물의 성분은 향미 자원의 원산지 및 생태형(Ecotype)별로 분류하여 Table 2와 Table 3과 같이 나타내었다.

Table 2에서 GC-MS에서 검출된 5품종의 국내 육성 향미 자원에 대한 방향성 화합물의 수 및 품종별 total peak area에 대해 살펴보면, 평균 38개의 방향성 화합물이 검출되었으며, Hyangmibyelo1ho(WAR16)의 방향성 화합물은 36개로 국내 육성향미 자원 중 가장 적은 수가 검출되었고, Mihyangbyelo(WAR20)의 방향성 화합물은 41개로 국내 육성향미 자원 중 가장 많은 수가 검출되었다. 또한 국내 육성 향미 자원의 평균 total peak area는 61.08%이며, Hyangnambyelo(WAR17)가 51.59%로 가장 낮은 값을 보였으며, Mihyangbyelo

(WAR20)가 79.31%로 가장 높은 값을 보였다.

또한 6품종의 japonica type 도입 향미자원의 GC-MS에서 검출된 방향성 화합물의 수 및 total peak area에 대해 살펴보면, 평균 39개의 방향성 화합물이 검출되었으며, 원산지가 China인 Jahyangna861(WAR03)과 원산지가 Vietnam인 415 X Ir352(WAR14)의 방향성 화합물은 각각 36개로 japonica type도입 향미자원 중 가장 적은 수가 검출되었고, 원산지가 Japan인 Shiyayuine(WAR15)의 방향성 화합물은 45개로 japonica type 도입 향미자원 중 가장 많은 수가 검출되었다. 또한 japonica type 도입 향미자원의 평균 total peak area는 63.21%이며, Butan이 원산지인 A-3, Choh Chang(WAR22)가 40.95%로 가장 낮은 값을 보였으며, 또한 원산지가 Butan인 A-2(WAR21)는 81.86%로 가장 높은 값을 보였다.

GC-MS에서 검출된 국내 육성 향미자원과 도입 향미자원간의 방향성 화합물의 수 및 total peak area값은 큰 차이를 보이지 않았지만, 도입 향미자원이 다소 높은 값을 나타내었다. 이러한 결과는 국내 육성 향미자원은 2품종이 indica type이고 3품종은 japonica type이므로 도입향미자원과 생태형이 유사하고, 선행된 실험결과 향미의 방향성 화합물을 대표하는 2AP의 평균 함량이 도입 향미자원이 국내 육성 향미자원보다 높은 것으로 보고되었다(Kim *et al.*, 2008c).

Table 3에서 19품종의 indica type 도입 향미자원의 GC-MS에서 검출된 방향성 화합물의 수 및 total peak area(%)에 대해 살펴보면, 평균 39.6개의 방향성 화합물이 검출되었으며, USA가 원산지인 Jasmine85(WAR10)의 방향성 화합물은 26개로 가장 적은 수가 검출되었고, Pakistan이 원산지인 Basmati213C(WAR20)의 방향성 화합물은 53개로 가장 많은 수가 검출되었다. 또한 indica type 도입 향미자원의 평균 total peak area(%)는 72.78%이며, Philippines이 원산지인 Basmati5874(WAR33)가 33.78%로 가장 낮은 값을 보였으며, Australia가 원산지인 Goolarath(WAR24)가 98.75%로 가장 높은 값을 보였다.

GC-MS에서 검출된 향미자원의 방향성 화합물의 수와 total peak area(%)의 높고 낮음이 자원별로 서로 일치하지 않으나, indica type 도입 향미자원이 japonica type 도입 향미자원과 국내 육성 향미자원보다 높은 경향을 나타내었다.

Table 2와 Table 3에 나타난 30품종의 향미자원으로부터 얻은 GC-MS spectrum을 Mass Spectrum library(NISY21, NIST107, PEST-NCI, PESTICD, WILEY7)에서 검색한 결과를 나타낸 것이다. Table 2과 Table 3에서 30품종의 향미 자원에 대한 156종의 방향성 화합물 중 출현빈도가 50% 이상인 방향성 화합물을 원산지 및 생태형별로 살펴보았다.

Table 2. Continued.

R.T	Constituents	Types of volatile	Dometic (Peak area %)					Japonica type of foreign (Peak area %)					
			W16	W17	W18	W19	W20	W03	W14	W15	W21	W22	W26
15.444	1-Methyl-2-Pyrrolidinone	samine odor	1.5	-	-	-	-	-	0.95	-	1.22	-	-
15.446	Hexyl n-valerate	mangosteen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15.446	1-Indanone	unknown	-	0.22	-	-	-	-	-	1.32	-	-	
15.454	n-Octanoic acid	unknown	-	-	1.37	0.63	0.86	-	-	-	-	1.09	0.32
15.456	n-Tetradecanoic acid	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15.487	Ethylmyristate	waxy odor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15.550	1-Cyclohexyleicosane	wood smoke	1.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15.616	Dihydroxyacetone dimer	odor	-	-	-	-	-	-	0.9	-	-	-	1.31
15.652	1,3-Dihydroxy- 2-Propanone,	unknown	-	-	-	-	-	-	-	1.97	-	-	
15.878	6,10,14-Trimethyl-2-pentadecanone	volatile	-	-	-	-	-	0.88	0.63	1.47	0.6	-	0.69
15.975	n-Nonanoic acid	unknown	-	0.66	-	-	1.5	1.26	0.33	0.76	0.7	0.91	-
16.028	Ethylene glycol	odor	-	-	-	-	2.08	-	-	-	0.92	1.3	0.43
16.123	2-Butyl-1-Octanol	flavor	-	-	-	-	-	-	0.32	0.47	-	-	
16.163	Triglycolmonobutylether	unknown	-	-	-	-	-	-	-	0.63	-	-	
16.187	2-Octyl benzoate	unknown	-	-	-	0.09	-	-	-	-	-	-	
16.269	4-Ethenyl-2-methoxy-Phenol	smokey odor	0.68	0.21	-	-	-	0.44	-	1.17	-	0.77	0.44
16.351	Methyl palmitate	unknown	-	0.47	-	0.29	-	-	-	-	0.55	-	0.17
16.449	Hexadecanoic acid, ethylester	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16.546	Ethyl palmitate	waxy odor	2.55	-	-	-	2.18	1.77	0.95	1.9	1.82	1.7	1.01
16.691	3,5-Dihydroxy-2-methyl-5,6-dihydropyran-4-one	oak aroma	0.96	-	1.48	-	-	-	0.5	-	1.08	1.26	10.81
16.766	Octadec-9-enoic acid	odor	-	14.25	-	29.2	-	-	-	-	-	-	12.9
16.831	Glycerin	odoelwss	17.57	-	-	13.16	32.21	8.26	8.02	8.28	45.49	16.75	5.23
17.276	Alfol 14	unknown	-	-	-	-	-	-	-	0.34	-	-	
17.386	Citronellol	floral odor	-	-	-	-	-	-	-	0.24	-	-	
17.453	2,3-Dihydrobenzofuran	unknown	-	1.04	-	2.0	2.41	1.07	0.04	0.15	3.71	2.93	0.89
17.546	13-Heptadecyn-1-ol	zingiber	-	-	-	-	0.02	-	-	-	0.36	-	
17.651	3-(4-Hydroxybutyl)-2-methyl-Cyclohexanone	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17.698	Hydroquinone	aroma	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17.870	Retardex	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17.909	Benzoic acid	aroma	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.27
17.974	Methyl 9-octadecenoate	emollients	-	0.7	-	0.71	1.06	0.61	-	-	0.67	-	
17.982	Ethyl stearate	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17.982	Linoleic acid ethyl ester	unknown	-	-	-	-	-	-	0.04	-	-	-	
18.045	Lauric acid	faint odor	-	0.32	0.31	0.33	1.25	-	-	-	-	-	
18.162	Ethyl Oleate	unknown	1.13	1.24	-	0.81	2.35	1.01	-	-	-	-	
18.197	Palmitic acid	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
18.239	n-Hexadecanoic acid	unknown	0.33	-	-	-	-	-	8.57	-	11.47	0.78	20.27
18.379	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	unknown	0.72	0.52	-	-	1.78	1.18	-	-	-	-	
18.417	5-(hydroxymethyl)-2-Furancarboxaldehyde	unknown	-	-	-	-	1.28	-	-	-	-	-	
18.470	Benzophenone	rose-like odor	0.3	0.23	0.41	0.12	0.53	-	-	-	1.5	-	
18.535	Methyl ester 8,11-Octadecadienoic acid	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
18.619	Ethylesterlinoleic acid	unknown	-	-	1.44	0.78	-	-	0.71	-	-	-	0.51
19.012	Pentacarbonylmethylmanganese	unknown	-	-	15.18	-	0.09	-	0.19	24.85	1.7	-	
19.068	4-Methyl-2,5-dimethoxy benzaldehyde	unknown	-	-	-	-	1.52	-	-	-	0.17	-	
19.182	Vanillin	vanilla-like	0.23	-	-	-	-	0.06	0.37	0.51	0.21	-	1.48
19.213	2-Isononenal	orange aroma	0.5	-	-	0.03	0.17	-	0.09	-	-	-	0.12
19.228	Xanthine riboside	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19.244	5,5,6-Trimethyl-hept-3-en-2-one	unknown	0.12	-	-	-	-	-	0.17	0.14	-	-	
19.325	Linoleic acid ethyl ester	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19.333	9,12-Octadecadienoic acid	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19.348	2-Ethyl-2-(hydroxymethyl)-1,3-propanediol	faint odor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19.746	Nicotinamide	nicotinamide	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

R.T: retention time (min); W_: W is abbreviated from WAR_:-: Not detected in GC-MS spectrum. trace:

Table 3. Composition of 156 of volatile constituents of 19 accessions of Indica type of foreign aroma rice analyzed by GC-MS.

R.T	Constituents	Types of volatile	Indica type of foreign aroma rice (Peak Area %)																		
			W06	W09	W10	W23	W24	W28	W30	W31	W32	W33	W34	W35	W36	W37	W59	W67	W68	W82	W84
6.032	3-methyl-2-butanol	flavour	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.039	n-Hexanal	fruit flavour	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.17	-
6.062	2-Methylpentan-2-ol	toxic gas	-	-	-	-	-	-	-	-	0.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.168	Butyric acid	rancid butter odor	-	-	2.2	6.36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.187	Decamethyl-Cyclopentasiloxane	unknown	-	-	-	3.31	3.62	1.76	-	-	2.65	-	3.78	9.32	2.52	-	6.06	-	-	-	-
6.203	2-Methyl-2-pentanol	aroma	-	-	-	-	-	-	10.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.04	0.16	10.96
6.412	1-Methoxy-2-hydroxypropane	characteristic odour	7.42	-	0.02	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.04	0.01	-	0.02	-	-	-	-
6.478	n-Butanol	strong odor	0.05	-	0.09	-	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	0.07	-	-	-	-
6.580	Tetraethoxysilane	silicone	-	-	-	0.22	0.12	-	8.69	9.83	-	1.34	0.05	0.3	0.04	8.05	-	-	5.52	1.49	6.93
6.597	Silicicacidtrimethylsilylester	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-
6.654	2-Methyl-3-pentanol	medical aid	-	-	-	0.04	0.02	-	-	-	0.02	-	-	0.03	-	0.01	-	0.01	-	-	-
6.752	3-Hexanol	mowed grass odor	0.24	2.91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.772	4-Methyl-2-pentanol	unknown	0.21	-	0.08	0.16	0.11	-	-	-	-	-	-	0.16	0.33	-	-	0.08	-	3.06	0.06
6.831	2-Hexanol	mowed grass odor	-	-	-	-	-	0.07	2.54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.068	Crotonal	penetrating odor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.126	1,1-Diethoxy-2-butene	nicolet	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	4.59	-	-	-	-	-
7.200	2-Heptanone	fruity odor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.203	n-Heptanal	strong fruity odor	-	-	-	0.03	-	-	2.14	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	3.68	0.04	-
7.292	1,3-Propanediol	aliphatic polyesters	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.11	-	-	-	-	0.12
7.546	5-Octyn-3-ol	ketone	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.94	-	-	-	0.04	-
7.794	4-Ethoxy-2-pentanone	beer aroma	-	-	0.06	-	-	-	-	2.32	-	0.09	-	-	-	2.65	-	-	-	-	-
7.840	n-Pentanol	strong odor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.48	0.08	0.02
7.868	1,1-oxybis-Decane	unknown	-	-	-	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.904	3-Octadecyloxypropanol	unknown	-	-	-	-	0.07	-	-	-	0.05	-	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-
7.920	Diisodecyl ether	odorless	-	-	0.03	0.08	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-
7.966	n-Octadecane	unknown	-	-	-	-	-	2.72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	-
8.234	Carbonmonoxide	odorless	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.45	-	-	-	-	-	0.63	-	-
8.483	3-Hydroxy-2-butanone	pheromone	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.93	-	-
8.545	Acetylpentacarbonylmanganese	unknown	-	-	-	-	-	2.28	-	-	-	-	-	-	1.48	-	-	1.53	-	-	-
8.585	n-Octanal	odor	-	0.1	-	-	-	-	0.98	-	0.04	-	-	-	-	-	-	0.52	0.07	-	-
8.662	1-Hydroxy-2-Propanone	unknown	0.03	-	-	-	-	1.49	0.04	-	0.1	-	0.02	0.01	1.01	0.07	-	1.06	0.09	0.09	-
8.733	Hydroxyacetaldehyde	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.78	-	0.09	-	-
8.897	(Z)-2-Heptenal	unknown	-	0.18	-	-	-	-	-	-	0.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.902	Glycolic acid	flavoring agent	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.07	-	-	0.53	-	-	-
8.960	N,N-Dimethylformamide	odor	-	-	-	0.02	-	-	-	0.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.135	2-Acetyl-1-pyrroline	flavour	0.11	0.16	0.04	0.08	0.07	-	1.04	-	0.04	0.41	0.31	0.09	0.03	1.22	0.14	-	0.33	0.23	0.17
9.178	n-Hexanol	flavor	-	0.29	-	-	0.02	-	-	0.04	-	-	-	0.02	-	-	-	-	-	-	-
9.437	2,4,4-Trimethylbut-2-enolide	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.470	2,3,6-Collidine	heterocyclic aroma	-	-	-	-	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.481	2,4,6-Trimethylpyridine	unpleasant odor	-	-	0.05	0.11	-	-	-	0.04	-	0.06	0.12	-	-	0.19	-	-	-	-	-
9.542	Methoxy phenyl oxime	aromatic	0.07	0.06	-	-	0.1	-	0.08	0.04	0.07	-	0.36	0.09	0.04	0.4	-	-	-	-	0.03
9.742	2-Ethylhexyl acetate	sweet odor	-	-	-	0.03	0.02	-	-	-	-	-	-	0.07	0.01	-	0.02	-	-	-	-
9.896	n-Nonylaldehyde	unknow	0.19	0.12	0.03	-	-	0.1	-	-	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.926	n-Nonanal	odor	-	-	-	0.22	0.26	-	0.06	0.11	-	0.21	0.22	0.38	0.05	0.18	0.08	0.01	0.12	0.19	0.07
10.089	Nitrogen	odorless	-	-	-	-	-	-	2.05	5.65	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-
10.089	2-Propenoic acid, methyl ester	pungent odor	-	-	-	-	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.106	2,3-Epoxypropyl acrylate	characteristic odor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	0.21	0.14
10.187	Ethyl glycolate	unknown	-	-	-	-	-	0.06	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.11	0.08
10.471	(E)-2-Octenal	green odor	-	-	-	-	-	-	0.03	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	-
10.622	1-Octen-3-ol	odor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-
10.744	Glacial acetic acid	vinegar-like odor	0.88	0.17	-	0.33	0.37	-	0.22	0.66	0.27	0.93	0.39	0.54	0.11	0.79	0.21	0.12	0.53	1.37	0.79
10.880	Dodecamethylcyclohexasiloxane	odorless	11.72	9.67	5.72	0.08	6.95	8.06	-	-	6.52	-	-	8.63	4.54	-	13.89	0.45	-	-	0.01
10.896	4-Hydroxy-4-methyl-2-Pentanone	mild odor	-	-	-	-	-	-	-	0.07	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.977	Dimethoxydimethylsilane	volatile silicone	2.45	0.86	0.57	2.78	3.92	0.04	3.68	2.8	2.44	2.03	6.78	3.59	1.26	4.25	2.37	-	2.6	-	0.67
11.771	(S)-4-Ethynyl-1,3-Dioxolan-2-One	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	0.05
11.832	2-Oxo-pentanedioicacid	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	-	-	-
11.879	Benzaldehyde	almond odor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	-	0.05	0.01	-	-	-	-	-	-
11.960	Propanoic acid	pungent odor	0.13	-	0.07	-	-	-	-	0.19	0.07	0.24	0.09	0.11	-	0.18	-	-	0.11	0.3	0.13

Table 3. Continued.

R.T	Constituents	Types of volatile	Indica type of foreign aroma rice (Peak Area %)																		
			W06	W09	W10	W23	W24	W28	W30	W31	W32	W33	W34	W35	W36	W37	W59	W67	W68	W82	W84
12.045	Methanoic acid	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	-	-	-
12.078	(2S,3S)-(+)-2,3-Butanediol	odorless	-	-	-	0.42	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07	-	-	0.31	0.06
12.132	n-Octanol	odor	-	-	-	0.05	-	-	0.03	0.07	0.04	0.13	-	0.08	0.01	0.07	0.03	-	0.05	0.12	0.05
12.161	2,2,6-Trimethyl-Cyclohexanone	alcohol	-	-	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12.199	6-Methyl-octadecane	jasmin component	-	-	-	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12.218	Nickel tetracarbonyl	toxin	3.82	2.64	-	0.36	-	-	6.49	1.41	1.68	0.6	3.2	2.1	2.09	4.55	7.83	0.02	3.02	0.21	0.16
12.307	2,3-Butanediol	odorless	0.1	-	-	-	0.12	-	0.08	-	0.05	-	-	-	-	0.06	-	-	-	0.18	0.06
12.365	Ethyl tert-butyl ether	odor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	0.18	-	-	-	-	-	-	-
12.378	5-Methylfurfural	caramellic	-	-	-	-	-	-	0.04	0.04	-	-	-	-	-	0.05	-	-	-	0.1	0.04
12.383	2,6,8-Trimethyl-4-nonanone	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-
12.437	Propylene glycol	flavorings	0.05	-	-	0.04	0.02	-	-	-	-	-	0.09	0.07	0.03	-	0.04	0.03	-	-	0.1
12.442	R-(-)-1,2-propanediol	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12.844	n-Butanoic acid	putrid odor	-	-	-	-	-	-	-	0.06	-	-	-	-	-	0.05	-	-	-	-	0.11
12.858	Dodecane	mild aliphatic odor	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	-	0.09	-	0.02	-	-	-	-	-	-
12.956	γ -butyrolactone	weak odor	0.02	-	-	-	-	-	-	0.03	-	-	-	-	-	0.04	-	0.02	-	0.07	-
13.445	(S)-(-)-p-Menth-1-en-8-ol	green odor	-	-	-	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-
13.669	1-Eicosanol	flavor	0.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.34	-	-	-	-	-	-	-	-
13.679	n-Octadecanol	odor	-	-	-	-	0.16	-	-	-	-	0.19	-	0.18	-	-	-	-	-	-	-
13.703	n-Pentanoic acid	odor	-	-	-	-	-	-	0.13	0.18	-	0.59	-	-	-	0.13	-	-	-	0.52	-
13.744	Silicate anion tetramer	unknown	2.28	-	0.04	1.84	-	-	-	-	0.4	-	0.76	0.64	0.77	-	3.22	-	-	-	-
13.864	Naphthalene	odor	0.53	1.36	0.19	-	0.33	0.33	0.14	0.25	0.2	0.71	0.47	0.65	0.14	0.43	0.25	0.02	0.32	0.96	0.31
13.942	Hexamethylcyclotrisiloxane	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13.943	2-Ethylcyclohexanone	unknown	-	-	-	-	-	-	-	0.11	-	0.24	-	-	-	0.05	-	-	-	-	0.05
13.949	2-Methylcyclopentanone	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	0.12	0.31	-
14.017	3-ethyl-3-methyl-Decane	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07	-	-	-
14.018	2-(2-Butoxyethoxy)ethanol	faint odor	-	-	-	0.15	0.09	-	0.04	-	0.08	0.09	0.15	0.15	0.04	-	0.11	-	-	0.05	-
14.033	n-Hexanoic acid	unknown	0.51	0.05	0.1	0.21	0.27	-	0.21	0.58	0.18	-	-	-	0.04	-	0.09	0.03	0.59	1.77	-
14.105	(E,E)-2,4-Decadienal	fatty odor	-	0.31	-	-	-	-	-	0.06	0.132	0.28	0.25	-	-	-	-	-	-	0.65	-
14.259	4-Ethylcyclohexene	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	0.05	-	-	-
14.295	Ethyl ester 3-Pyridinecarboxylic acid	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14.296	Ethyl nicotinate	unknown	0.29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14.421	n-Heptadecylcyclohexane	unknown	-	-	-	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	-	-	-
14.441	n-Undecanol	odor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14.492	6,10-dimethyl-5,9-Undecadien-2-one	sweet-rose aroma	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-
14.592	1-[(1-ethylcyclohexyl)oxy]-2-Propanol	unknown	-	-	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-	-	-
14.593	Benzylalcohol	fruity odor	0.2	-	-	-	-	-	-	0.18	0.1	0.48	0.16	0.09	-	0.15	-	-	0.33	0.57	-
14.743	4-Methyl-2,6-di-tert-butylphenol	phenolic (slight)	-	0.29	0.21	-	-	-	-	-	0.23	-	0.19	0.26	-	-	-	-	-	-	-
14.796	n-Heptanoic acid	unknown	-	-	-	0.12	0.28	-	0.06	0.61	-	1.37	0.67	0.27	-	0.47	-	-	0.31	0.72	-
14.815	Butylhydroxytoluene	phenolic (slight)	-	-	-	-	0.2	0.55	-	-	-	-	-	-	0.04	-	0.28	-	-	-	-
14.834	Acrylamide	odorless	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	-	0.4	-	-	-
15.237	Oxybenzene	olive oil	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.248	Phenol	sweet tarry odor	-	-	-	-	-	0.4	-	-	0.35	-	-	-	-	-	0.23	-	0.37	-	0.32
15.254	4-Hydroxybenzenephosphonic acid	unknown	-	-	-	0.54	-	0.61	0.19	0.53	-	1.05	-	0.16	0.12	0.41	-	-	-	-	-
15.289	2-Methyl-1-cyclohexanone	minty odor	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.302	Hexadecamethylheptasiloxane	unknown	1.02	2.51	0.8	2.06	trace	2.14	trace	trace	1.26	trace	0.68	0.34	1.22	trace	5.21	0.06	-	-	-
15.332	2-Pentadecanone	flavouring agent	-	0.34	-	-	-	-	-	-	-	1.24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.337	n-OctadecanoicacidButylester	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.07	-	0.44	1.21	-	-	-
15.358	5-Methyl-5-propyl- Nonane	unknown	-	-	-	-	0.86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.444	1-Methyl-2-Pyrrolidinone	slight amine odor	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	0.68	-	-	-	-	0.19	-	-	-	-
15.446	Hexyl n-valerate	volatile mangosteen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.75	2.45	-
15.446	1-Indanone	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2	-	-	-	1.04	-	-	-	1.28	0.85
15.454	n-Octanoic acid	unknown	1.73	-	-	1.31	0.77	-	0.29	-	-	-	-	-	0.19	-	-	-	-	-	-
15.456	n-Tetradecanoic acid	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	0.47	-	-	-	0.59	-	-	-	-	-	-
15.487	Ethylmyristate	waxy odor	-	-	-	0.35	-	1.11	-	-	-	1.08	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15
15.550	1-Cyclohexyleicosane	wood smoke	-	-	-	-	-	0.66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.616	Dihydroxyacetone dimer	characteristic odor	-	0.87	0.59	-	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.3	-	-
15.652	1,3-Dihydroxy- 2-Propanone	unknown	-	-	-	-	-	-	0.45	1.4	-	2.87	-	-	-	1.21	-	-	1.65	-	0.67
15.878	6,10,14-Trimethyl-2-pentadecanone	volatile	-	1.07	-	-	-	1.37	0.72	1.37	0.95	2.27	1.29	1.34	0.24	0.63	-	-	0.76	2.35	1.31

Table 3. Continued.

R.T	Constituents	Types of volatile	Indica type of foreign aroma rice (Peak Area %)																		
			W06	W09	W10	W23	W24	W28	W30	W31	W32	W33	W34	W35	W36	W37	W59	W67	W68	W82	W84
15.975	n-Nonanoic acid	unknown	1.28	-	0.47	-	0.53	0.95	0.19	0.75	0.63	1.75	1.00	1.39	0.17	0.64	0.51	-	0.84	1.69	0.68
16.028	Ethylene glycol	odorous	1.49	-	-	1.04	-	-	0.07	0.09	-	0.11	-	1.71	-	0.07	-	5.87	0.13	0.21	0.62
16.123	2-Butyl-1-Octanol	flavor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16.163	Triglycolmonobutylether	unknown	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.48
16.187	2-Octyl benzoate	unknown	-	-	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16.269	4-Ethenyl-2-methoxy-Phenol	smokey odor	0.46	-	-	-	-	0.7	-	-	-	-	-	0.43	-	0.65	-	0.8	0.7	1.17	-
16.351	Methyl palmitate	unknown	-	-	-	-	0.48	1.12	-	-	0.71	-	-	0.91	0.84	-	0.51	-	-	-	-
16.449	Hexadecanoicacid, ethylester	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.46	-	-	-	-	-	-	-	-
16.546	Ethyl palmitate	waxy odor	-	1.29	-	4.49	9.55	5.63	0.19	1.12	5.96	2.31	-	2.46	-	-	5.88	-	0.78	1.79	1.98
16.691	3,5-Dihydroxy-2-methyl-5,6-dihydropyran-4-one	oak aroma	0.96	-	1.48	-	-	-	0.5	-	1.08	1.26	10.81	-	-	-	-	-	1.13	0.13	0.74
16.766	Octadec-9-enoic acid	odor	-	-	-	-	8.64	-	6.71	-	11.25	-	-	35.26	5.22	8.43	23.18	-	-	-	13.45
16.831	Glycerin	odorless	25.9	40.89	12.68	12.31	22.61	8.54	2.08	13.38	20.89	10.08	-	31.72	16.31	5.45	13.68	0.86	13.14	18.04	5.93
17.276	Alfol 14	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.32	-	-	-
17.386	Citronellol	floral odor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17.453	2,3-Dihydrobenzofuran	unknown	0.12	-	-	1.63	0.31	0.66	1.68	0.72	0.09	-	-	-	0.01	0.72	0.09	1.06	0.85	2.25	1.52
17.546	13-Heptadecyn-1-ol	zinger rhizobium	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.31	-	-	-	-	-
17.651	3-(4-Hydroxybutyl)-2-methyl-Cyclohexanone	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	0.43
17.698	Hydroquinone	aroma	-	-	-	-	0.11	-	-	-	0.47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17.870	Retardex	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	0.33
17.909	Benzoic acid	aroma	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4
17.974	Methyl 9-octadecenoate	emollients	0.75	0.04	0.22	0.48	0.52	0.61	-	-	0.55	-	0.92	1.06	0.25	-	0.4	-	-	-	-
17.982	Ethyl stearate	unknown	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	-	-	-	-	-	0.04	-	-	-	-
17.982	Linoleic acid ethyl ester	unknown	-	-	-	-	-	0.41	-	0.13	0.12	-	0.46	-	-	-	-	-	-	-	-
18.045	Lauric acid	faint odor	0.13	-	-	-	0.12	0.26	-	-	0.1	-	0.21	0.29	0.04	0.15	0.06	0.44	0.45	-	-
18.162	Ethyl Oleate	unknown	-	5.24	-	-	2.62	-	-	0.77	6.55	-	9.72	2.76	1.04	0.51	2.08	0.82	-	-	-
18.197	Palmitic acid	unknown	12.98	-	56.95	-	18.52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18.239	n-Hexadecanoic acid	unknown	-	-	-	-	-	28.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.55
18.379	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	unknown	-	-	-	-	0.71	-	-	-	0.65	-	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-
18.417	5-(hydroxymethyl)-2-Furancarboxaldehyde	unknown	-	-	-	-	-	-	-	0.39	-	0.33	-	-	-	0.52	-	0.83	1.37	-	2.43
18.470	Benzophenone	rose-like odor	0.32	-	-	0.43	-	0.88	-	-	0.12	-	-	-	-	-	0.29	-	-	-	-
18.535	Methyl ester 8,11-Octadecadienoic acid	unknown	-	-	-	-	-	0.13	-	-	-	-	-	-	0.13	0.48	0.31	-	-	-	-
18.619	Ethylesterlinoleic acid	unknown	-	0.68	0.28	5.21	2.87	5.69	-	-	4.48	-	7.6	1.33	0.59	-	1.51	-	0.67	1.81	2.19
19.012	Pentacarbonylmethylmanganese	unknown	-	-	-	-	-	4.99	0.04	-	0.13	-	-	-	-	-	-	-	6.33	29.33	0.08
19.068	4-Methyl-2,5-dimethoxy benzaldehyde	unknown	-	0.72	-	-	-	0.42	-	-	-	-	-	-	0.81	-	-	-	-	-	-
19.182	Vanillin	vanilla-like	0.17	-	-	0.33	-	0.63	0.69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.75	2.78	1.5
19.213	2-Isononenal	orangehoneyaroma	-	0.11	-	-	-	0.08	3.17	12.62	-	-	-	-	-	1.11	-	0.02	1.65	-	10.12
19.228	Xanthine riboside	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	1.87
19.244	5,5,6-Trimethyl-hept-3-en-2-one	unknown	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19.325	Linoleic acid ethylester	unknown	0.07	-	-	0.39	-	0.73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19.333	9,12-Octadecadienoic acid	odor	-	-	1.69	-	22.21	-	-	-	-	18.48	-	-	-	-	-	13.45	29.62	-	-
19.348	2-Ethyl-2-(hydroxymethyl)-1,3-propanediol	faint odor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.15	0.46
19.746	Nicotinamide	nicotinamide	-	-	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.09	-	-

R.T: retention time (min); W_: W is abbreviated from WAR_; -: Not detected in GC-MS spectrum. trace:

국내 육성 향미자원의 경우 5품종 중 4품종(80%) 이상에서 나타난 방향성 화합물은 2-acetyl-1-pyrroline 외 16종이었고, 3품종에서 나타난 방향성 화합물은 Butyric acid 외 12종이었다. Japonica type 도입 향미자원의 경우 6품종 중 5품종(83%) 이상에서 나타난 방향성 화합물은 2-acetyl-1-pyrroline 외 11종이었고, 3~4품종에서 나타난 방향성 화합물은 Tetraethoxysilane 외 20종이었다. Indica type 도입 향미자원의 경우 19품종 중 14품종(74%) 이상에서 나타난 방향성 화합물은 2-acetyl-1-pyrroline 외 9종이었고, 11~13품종

에서 나타난 방향성 화합물은 dodecamethyl-cyclohexiloxane 외 15종이었다. 특히, 2AP가 검출되지 않은 자원은 Basmati405 (WAR31), Basmati5854(WAR67) 자원이었다.

Kefford and Chadler(1970)에 의하면 향기성분 중에서 탄소수가 적은 저비점 화합물이나 탄소수가 많은 고비점 화합물은 냄새가 약하며, 8~15개의 탄소를 갖는 성분이 많이 휘발한다고 보고하였으며, benzene 핵을 갖는 방향족 화합물과 ester류는 일반적으로 좋은 냄새를 나타내고, 고급지방산은 냄새가 약하나 저급 지방산은 자극성 냄새가 나며, alcohol이

Table 4. A total 156 of volatile compounds extracted from 30 accessions of aroma rice germplasms and were classified by functional groups.

Functional group	Volatile compounds
Alcohol	aroma/odor (24) 2,3-Butanediol, (S)-p-Menth-1-en-8-ol, 1,3-Propanediol, n-Butanol, 13-Heptadecyn-1-ol, 1-Eicosanol, 1-Octen-3-ol, 2-Butyl-1-Octanol, 2-Hexanol, 3-Hexanol, n-Octanol, 2-Methyl-2-pentanol, 2-Methyl-3-pentanol, n-Pentanol, 2-Ethyl-2-(hydroxymethyl)-1,3-propanediol, Citronellol, 3-Methyl-2-butanol, Benzyl alcohol, Glycerin, n-Hexanol, n-Octadecanol, n-Undecanol, Propylene glycol, 2-Methylpentan-2-ol
	unknown (9) 1,2-Propanediol, 2-(2-Butoxyethoxy)ethanol, 3-Octadecyloxypropanol, 5-Octyn-3-ol, Alfol 14 1-[(1-ethynylcyclohexyl)oxy]-2-propanol, 3-Methyl-2-butanol, Ethylene glycol, 4-Methyl-2-pentanol,
Acid	aroma/odor (14) Butyric acid, 9,12-Octadecadienoic acid, Propanoic acid, Benzoic acid, Ethylesterlinoleic acid, Glycolic acid, Lauric acid, Methyl ester, 8,11-Octade-cadienoic acid, n-Butanoic acid, n-Hexadecanoic acid, n-Pentanoic acid, n-Tetradecanoic acid, n-Octadecanoic acid, Glacial acetic acid,
	unknown (9) 2-Oxo-pentanedioic acid, 4-Hydroxybenzenephosphonic acid, n-Hexanoic acid, n-Nonanoic acid, n-Octanoic acid, Ethyl ester 3-Pyridinecarboxylic acid, Methanoic acid, n-Heptanoic acid, Palmitic acid
Ketones	aroma/odor (12) 2-Acetyl-1-pyrroline, 1-Methyl-2-Pyrrolidinone, 2-Heptanone, 2-Pentadecanone, 2-Methyl-1-cyclohexanone, 4-Ethoxy-2-pentanone, 4-Hydroxy-4-methyl-Pentanone, Benzophenone, 6,10,14-Trimethyl-pentadecanone, 3,5-Dihydroxy-2-methyl-5,6-dihydropyran-4-one, Hydroquinone, γ -butyrolactone
	unknown (12) (S)-4-Ethenyl-1,3-dioxolan-2-one, 1-Hydroxy-2-Propanone, 1,3-Dihydroxy-2-propanone, 2-Methylcyclopentano, 2,6,8-Trimethyl- 4-nonanone, 2,6-Trimethyl-cyclohexanone, 2-Ethylcyclohexanone, 5,5,6-Tri-methyl-hept-3-en-2-one, 3-Hydroxy-2-butanone, 6,10-Dimethyl-5,9-undecadien-2-one, 1-Indanone, 3-(4-Hydroxybutyl)-2-methyl-cyclohexanone,
Hydrocarbons	aroma/odor (7) 1-Cyclohexyleicosane, Naphthalene, 6-Methyl-octadecane, Dodecane 1-Methoxy-2-hydroxypropane, Butyl hydroxy toluene, Oxybenzene
	unknown (13) Decamethylcyclopentasiloxane, 5-Methyl-5-propyl-nonane, 3-Ethyl-3-methyl-decane, 4-Ethylcyclohexene, 1,1-Diethoxy-2-butenen-Octadecane, 1,1-oxybis-Decane, Dimethoxydimethylsilane, Dodecamethylcyclohexasiloxane, Hexadecamethylheptasiloxane, Hexamethylcyclotrisiloxane, n-Heptadecylcyclohexane, Tetraethoxysilane,
Ester	aroma/odor (4) 2-Ethylhexyl acetate, Hexyl n-valerate, Ethyl palmitate, 2-Propenoic acid-methyl este
	unknown (12) Ethyl stearate, Hexadecanoicacid,ethylester, Ethyl glycolate, Linoleicacid-ethyl ester, Ethyl 9-octadecenoate, Methyl palmitate, 2-Octyl benzoate, Salicilic acid -trimethylsilylester, 2,3-Epoxypropyl acrylate, Ethyl nicotinate, Ethyl oleate, 9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-methyl ester
Aldehydes	aroma/odor (13) (E)-2-Octenal, (E,E)-2,4-Decadienal, (Z)-2-Heptenal, 2-Isononenal, Benzaldehyde, 5-Methyl-2-furfural, n-Octanal, Crotonal, Vanillin, n-Heptanal, n-Hexanal 5-(hydroxymethyl)-2-Furancarboxaldehyde, n-Nonanal
	unknown (3) n-Nonylaldehyde, 4-Methyl-2,5-dimethoxy, Hydroxyacetaldehyde
Ether	aroma/odor (2) 2,3-Dihydrobenzofuran, Ethyl tert-butyl ether
	unknown (2) Triglycolmonobutyl ether, Diisodecyl ether
Amine	aroma/odor (2) N,N-Dimethylformamide, 2,4,6-Trimethylpyridine
	unknown (3) Nicotinamide, 2,3,6-Collidine, Acrylamide
Phenol	aroma/odor (3) 4-Methyl-2,6-di-tert-butylphenol, Phenol, 4-Ethenyl-2-methoxy-Phenol
Base	unknown (2) Acetylpentacarbonylmanganese, Pentacarbonylmethylmanganese
The others	aroma/odor (2) Methoxy phenyl oxime, Dihydroxydimer
	unknown (8) Carbonmonoxide, 2,4,4-Trimethylbut-2-enolide, Xanthine riboside, Nickel tetracarbonyl, Silicate anion tetramer, Nitrogen, Retardex, 5,5,6-Trimethyl-hept-3-en-2-one

나 aldehydes류는 좋은 향을 낸다고 보고하였다.

Table 4는 30 품종의 향미자원에서 검출된 2AP의 156종의 방향성 화합물을 기능기(functional group)별로 분류하고, 각각의 방향성 화합물이 가지는 향의 종류(aroma/odor)를 제시하였다. 156종의 방향성 화합물은 10종류의 기능기로 분류되었고, 각 기능기별로 향에 관여하는 물질의 수를 살펴보면, alcohol류 24/33종(72.7%), acid류 14/23종(60.9%), ketone류 12/24종(50%), hydrocarbon류 7/20종(35%), ester류 4/16종(25%), aldehyde류 13/16종(81.3%), ether류 2/4종(50%), amine류 2/5종(40%) phenol류 3/3종(100%), base류 0/2종(0%), 기타 2/10종(20%)으로 분류되었다. 이들 10종류의 기능기를 구성하고 있는 방향성 화합물 중 50% 이상의 향성분을 가지는 기능기들을 살펴보면, alcohol류, aldehyde류, acid류, ether류, phenol류 순으로 나타났다.

Tsugita *et al.*(1980)은 pentanal, hexanal, acetone 등의 성분이 감소된 쌀밥은 관능검사시 낮은 평점을 받았다고 보고하였으며, Paule and Powers(1989)는 쌀의 바람직한 냄새와 hexanol은 부의 상관을 보여, Ironaka(1986)는 빵의 isobutyl aldehyde, propyl aldehyde, 2-butanone 화합물과 기호도는 유의한 정의 상관을 ethyl alcohol, isobutyl alcohol과는 부의 상관을 보였다고 보고하였다.

실험에서 검출된 방향성 화합물의 종류와 정확하게 일치하지 않으나, 유사한 결과들을 살펴보면, 다음과 같다. Kim *et al.*(1999)은 국내 향미, 유색미, 재래종의 현미로부터 GC-MS분석을 통해 65종의 방향성 화합물과 기능기별로는 aldehyde, ketone, alcohol, hydrocarbon, ester, acid, 및 기타로 구분하여 보고하였고, Lee and Kim(1999)도 국내 향미와 일반미로부터 61종의 방향성 화합물과 기능기별로는 aldehyde, ketone, alcohol, hydrocarbon, ester, acid, 및 기타로 구분하여 보고하였다. 또한 Song *et al.*(2000)은 향미는 아니지만 취반된 흑미로부터 n-pentane과 diethylether 혼합용액(1:1, v/v)을 사용, SDE 추출법으로 82~91종의 휘발성 향기성분을 추출하여 GC와 GC-MS분석을 통해 보고하였으며, 진도 흑미와 수원415호 각각에서 acid류와 alcohol류가 많은 양을 차지하였다고 보고하였다.

일반적으로 쌀밥의 향기성분은 carbonyl 화합물과 아미노산의 strecker분해와 지질의 자동산화에 의해 생긴 short chain carbonyl 화합물과 산에 의해 향기가 생성되고(Karahadian and Johnson, 1995; Maga, 1978), 취반하는 동안의 휘발성 향기 성분의 생성은 Maillard 반응과 지질의 열분해 반응에 의한 것으로 알려져 있다(Han *et al.*, 1998; Burrioni *et al.*, 1997). 이 밖에도 Yajima *et al.*(1978)에 의하면 밥의 중요한 향기 성분으로 지질의 산화에 의해 생성된 aldehyde, 지

방산의 β -oxidation에 의해 생성된 ketone에 관해 보고하였으며, Kim *et al.*(1992)은 aldehyde류와 alcohol류의 주성분인 hexanal과 hexanol은 풀잎향(green note)을 나타내며 불포화 지방산의 전구체로부터 lipoxygenase에 의한 가수분해를 통해 생성된다고 보고 하였고, Tsugita *et al.*(1983)은에 의하면 여러 가지 휘발성 화합물 중 hexanal, octanal, nonanal, decanal 등의 aldehyde가 취반된 쌀의 중요한 향으로 보고하였다.

GC-MS에서 검출된 5품종의 국내육성 향미자원에 대한 방향성 화합물의 수 및 품종별 total peak area에 대해 살펴보면, 평균 38개의 방향성 화합물이 검출되었으며, Hyangmibyeo1ho(WAR16)의 방향성 화합물은 36개로 국내 육성향미 자원 중 가장 적은 수가 검출되었고, Mihyangbyeo(WAR20)의 방향성 화합물은 41개로 국내 육성향미 자원 중 가장 많은 수였다. 또한 국내 육성 향미자원의 평균 total peak area는 61.1%이며, Hyangnambyeo(WAR17)가 51.6%로 가장 낮았고, Mihyangbyeo가 79.3%로 가장 높았다.

6품종의 도입 japonica 향미자원의 GC-MS에서 검출된 방향성 화합물의 수 및 total peak area에 대해 살펴보면, 평균 39개의 방향성 화합물이 검출되었으며, 중국 도입종인 Jahyangna861(WAR03)과 원산지가 Vietnam인 415 X Ir352(WAR14)의 방향성 화합물은 각각 36개로 도입 자포니카 향미자원 중 가장 적었고, 원산지가 일본인 Shiyayuine(WAR15)의 방향성 화합물은 45개로 도입 가장 많았다. 도입 자포니카 향미자원의 평균 total peak area는 63.2%이며, Bhutan이 원산지인 A-3, Choh Chang(WAR22)가 41.0%로 가장 낮은 값을 보였으며, A-2(WAR21)는 81.9%로 가장 높은 값을 보였다. GC-MS에서 검출된 국내 육성 향미자원과 도입 향미자원간의 방향성 화합물의 수 및 total peak area 값은 큰 차이를 보이지 않았지만, 도입 향미자원이 다소 높은 값을 나타내었다.

19품종의 도입 indica 향미자원에서 검출된 방향성 화합물의 수 및 total peak area(%)에 대해 살펴보면, 평균 39.6개의 방향성 화합물이 검출되었으며, 미국이 원산지인 Jasmine85(WAR10)의 방향성 화합물은 26개로 가장 적었고, Pakistan이 원산지인 Basmati213C(WAR82)의 방향성 화합물은 53개로 가장 많았다. 평균 total peak area(%)는 72.8%이며, Philippines이 원산지인 Basmati5874(WAR33)가 33.8%로 가장 낮은 값을 보였으며, Australia가 원산지인 Goolarath(WAR24)가 98.8%로 가장 높은 값을 보였다.

향미자원의 방향성 화합물의 수와 total peak area(%)의 높고 낮음이 자원별로 서로 일치하지 않으나, 도입 indica 향미자원이 도입 japonica 향미자원과 국내육성 향미자원보

다 높은 경향을 나타내었다.

156종의 방향성 화합물 중 생태형별로 출현빈도가 50% 이상인 방향성 화합물을 살펴보았다. 국내 육성 향미자원의 경우 5품종 중 4품종(80%) 이상에서 나타난 방향성 화합물은 2-acetyl-1-pyrroline 외 16종이었고, 3품종에서 나타난 방향성 화합물은 Butyric acid 외 12종이었다. 도입 japonica 향미자원의 경우 6품종 중 5품종(83%) 이상에서 나타난 방향성 화합물은 Glycerin 외 11종이었고, 3~4품종에서 나타난 방향성 화합물은 Tetraethoxy-silane 외 20종이었다. 도입 indica 향미자원의 경우 19품종 중 14품종(74%) 이상에서 나타난 방향성 화합물은 9,12-Octadecadienoic acid외 9종이었고, 11~13품종에서 나타난 방향성 화합물은 dodecamethyl-cyclohexailoxane 외 15종이었다. 특히, 2AP가 검출되지 않은 자원은 Basmati405(WAR31), Basmati5854(WAR67) 자원

이었다.

Kefford and Chadler(1970)에 의하면 향기성분 중에서 탄소수가 적은 저비점 화합물이나 탄소수가 많은 고비점 화합물은 냄새가 약하며, 8~15개의 탄소를 갖는 성분이 많이 휘발한다고 보고하였으며, benzene 핵을 갖는 방향족 화합물과 ester류는 일반적으로 좋은 냄새를 나타내고, 고급지방산은 냄새가 약하나 저급 지방산은 자극성 냄새가 나며, alcohol이나 aldehyder류는 좋은 향을 낸다고 보고하였다.

향미자원의 유연관계 분석

Fig. 2는 검출된 방향성 화합물의 출현 유무(0/1)를 기본 matrix로 하여, UPGMA/Neighbor-join tree(PowerMaker V. 3.25) 분석결과를 나타낸 것이다.

전체 30자원은 similarity index 0.04 수준에서 7개의 군

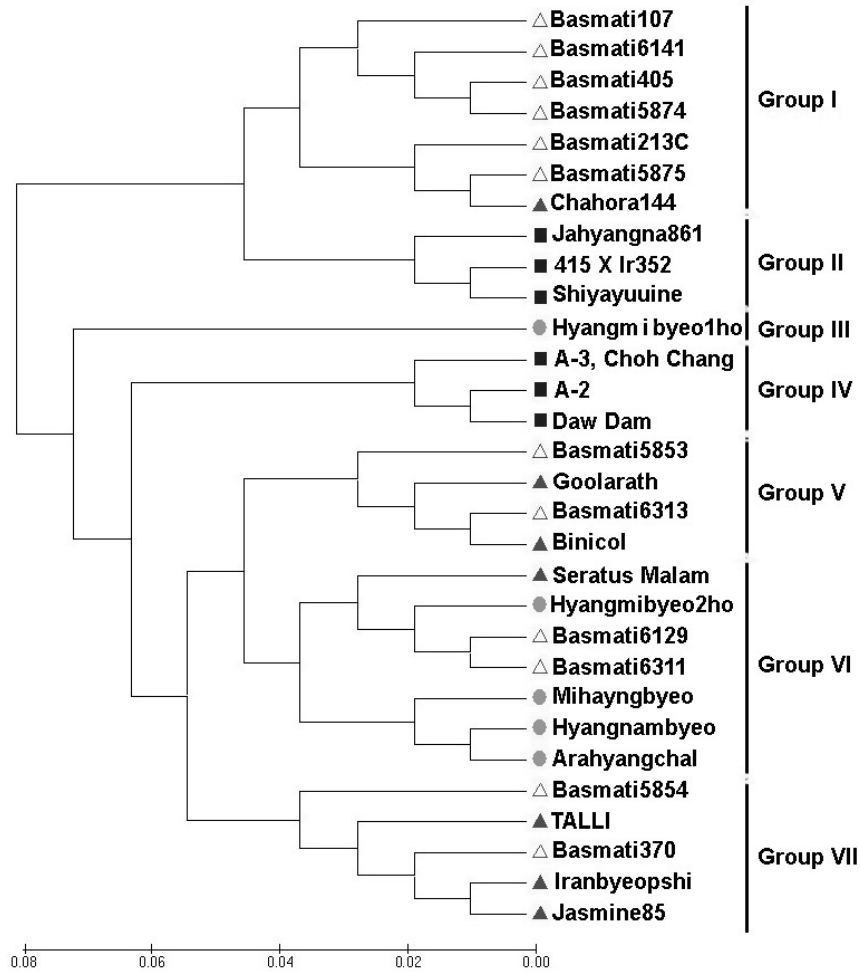


Fig. 2. Dendrogram of aroma rice accessions classified by semi partial R^2 value based on quantitative composition of volatile compounds. \triangle , Indica type Basmati varieties; \blacksquare , foreign Japonica aromatic rice; \bullet , domestic aromatic rice; \blacktriangle , foreign Indica aromatic rice.

으로 분류되었다. 제 I군에는 Basmati107 등 7개 품종이 속하였는데 이들은 모두 Basmati 계열 혹은 파키스탄이 원산지인 Chahora144였다. 제 II군에는 Jahyangna861, 415 x Ir352, Shiyayuuine 등 3개의 도입 자포니카 도입 향미자원이 속했다. 국내 육성종 통일형 향미인 Hyangmibyeo1ho가 유일하게 제 III 군에, Dawdam 등 도입 자포니카 향미자원 3계통이 제 IV군으로 분류되었다. 제 V군에는 도입 인디카 향미자원 4품종이 속했는데, 이들은 Basmati5853, Basmati6313, Binicol 그리고 호주 도입종인 Goolarath였다. 제 VI군은 7개 품종이 속했는데, 이들은 다시 크게 두개의 세군으로 분류될 수 있었다. VI-1에는 Basmati6129, Basmati6311, Selatus Malam 그리고 국내 육성 Hyangmibyeo2ho가 속했으며, VI-2에는 국내육성 자포니카 향미 3계통이 속했다. 제VII군에는 미국 육성종인 Jasmine 85 등 5개가 속했다. 지금까지 방향성 화합물의 유무 정보를 이용하여 향미자원의 품종군 분류를 시도한 연구는 없는 실정이다.

156개의 방향성 화합물의 유무에 의해 분류된 품종군의 분류는 몇몇 품종을 제외하고 생태형에 의한 분류 결과와 대체로 일치하는 경향을 보였다. 제 I군에는 Basmati 계열 품종이, 제 II군과 IV군에는 도입 japonica 향미계통이, 그리고 제 V 및 VII군에는 도입 indica 향미자원이 속했다. 주목할 점은 비록 세군으로 분류가 가능하였지만 국내육성 japonica 향미계통과 도입 indica 향미자원이 동일한 VI군으로 분류된 것과 국내육성 통일형 Hyangmibyeo1ho가 자매계통인 Hyangmibyeo2ho와 다른 군에 속한 점이다.

본 실험에서는 alcohol, aldehyde, acid, ether류 등의 휘발성 성분들의 비율이 품종별로 높았는데, 천연물의 향기는 수십 또는 수백개의 휘발성 성분들이 복합적으로 작용하여 발현하며(Chung and Lee, 1991; Tsugita *et al.*, 1980), 그 중 한두 가지의 성분만으로도 전체의 냄새를 결정하기도 한다고 알려져 있다(Kim, 1988). Han *et al.*(1998)은 밀의 품종간 향기성분의 차이를 구명한 실험에서 밀의 향기를 결정하는 지표 화합물은 알 수 없으나, 역가가 낮은 aldehyde, ketone, alcohol류 등의 휘발성 성분들이 복합적으로 작용하여 품종의 특징적인 차이를 나타내는 것으로 보고하였다.

30품종의 향미 유전자원의 방향성화합물 분석결과 국내육성 japonica 향미버는 다른 향미버 자원들과 근연도가 상대적으로 낮았고, 통일형인 Hyangmibyeo1, 2ho는 다른 인디카형들과 근연도가 비교적 높은 바, 이 결과를 이용, 향원 도입을 위해 유전적으로 다양한 자원들에 대한 정보의 확보가 가능할 것으로 사료된다.

또한 다양한 향 성분을 가진 향미자원을 육성하기 위해서는 우리나라에서 생육이 양호하며 농업적형질이 우수하고

2AP 등 방향성 화합물의 수와 함량이 가장 높은 자원을 선발하였던 바, 도입 자포니카형 자원 중에서는 A-2와 Daw Dam이 찰벼의 특성을 지니고 있어, 향후 향미찰벼를 육성하는 좋은 재료가 될 수 있을 것으로 사료된다. 도입 인디카계통의 자원 중에서는 Goolarath, Basmati5853, Binicol, Jasmin85, Chahora144 등 5 품종이 우수한 특성을 나타내어 향후 우수한 향미버 육성재료가 될 수 있을 것으로 사료된다.

적 요

국내 육성향미자원과 도입 향미 유전자원의 2AP 함량을 비교분석하여, 2AP 함량이 높고 농업적 형질이 우수한 자원을 30품종의 향미 유전자원에서 방향성 화합물을 SPME 추출법으로 추출하고 GC-MS로 각 자원이 가지는 방향성 화합물을 비교분석 및 동정하였다.

1. 3종류의 유기용매의 2AP 추출효율은 ethanol > acetone > methanol 순으로 확인되었으며, ethanol의 경우 30~90°C의 온도범위에서 3가지 유기용매 중 ethanol이 2AP 추출효과가 가장 뛰어났고, 특히 90°C에서 30분간 추출하였을 때 2AP 추출함량이 가장 높았고 추출 시간이 경과할수록 2AP의 함량이 감소하였다. 현미의 분쇄 정도에 따른 2AP 추출함량은 5초간 분쇄하였을 경우 가장 높았으며 분쇄 시간이 길어질수록 낮아지는 경향이였다.

2. 선발자원의 향에 대한 관능검사는 국내 향미자원 5품종 중 Hyangmibyeo1ho, Arnaghyangchalbyeo가 중간 정도의 향을 띄었고 인디카형 도입자원 19품종 중에서 11품종과 자포니카형 도입자원 6품종 중 2품종이 중간 이상의 향을 나타냈다.

3. 30품종의 평균 2AP함량은 국내 육성 향미자원이 도입 향미자원에 비해 낮았으며 도입자원에서는 인디카형이 자포니카형 보다 높은 2AP 함량을 나타내었다.

4. 156종의 방향성 화합물 기능기별로 분류하면 alcohol류 33종, acid류 23종, ketone류 24종, hydrocarbon류 20종, ester류 16종, aldehyde류 16종, ether류 4종, amine류 5종, phenol류 3종, base류 2종, 및 기타 10종으로 분류되었다.

5. 156종의 방향성 화합물 중 생태형별 출현빈도가 50% 이상인 방향성 화합물을 살펴보면, 국내육성 향미자원에서는 2-acetyl-1-pyrroline 외 28종, Japonica type 도입 향미자원에서는 9,12-octadecadienoic acid 외 31종, Indica type 도입 향미자원에서는 naphthalene 외 23종이였다.

6. GC-MS 분석결과 검출된 국내 육성 향미자원의 방향성 화합물의 수는 평균 38개(36~41개), 평균 total peak area

는 61.1%(51.6~79.3%)이었다. 도입 자포니카형 향미자원의 방향성 화합물의 수는 평균 39개(26~45개), 평균 total peak area는 63.2%(40.9~81.9%)이었다. 도입 인디카형 향미자원의 방향성 화합물의 수는 평균 39.6개(26~53개), 평균 total peak area는 72.8%(33.8~98.8%)이었다.

7. 30 품종으로부터 검출된 156종의 방향성 화합물의 출현 유무(0/1)를 기본 matrix로 하여, UPGMA/Neighbor-join tree 분석을 통해 분류한 결과, 7개의 그룹(Group I~VII)으로 나뉘어졌다. 각 그룹의 66% 이상의 자원에서 나타난 향(aroma/odor)성분을 살펴보면, alcohol, aldehyde, acid, ether 류 등의 휘발성 성분들의 비율이 품종별로 높았다.

따라서 본 실험의 결과는 대량의 향미 유전자원의 방향성 화합물에 대한 GC/GC-MS분석결과로, 향후 우수한 향미 품종 육성에 필요한 자료로 활용될 수 있다고 사료된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원의 2008년도 기본경상과제로 수행되었으며, 주저자의 박사학위논문 수행을 위해 산학연과정으로 도움을 받아 수행하였다.

인용문헌

- Ahn, S., C. N. Bollich, and S. D. Tanksley. 1992. RFLP tagging of a gene for aroma in rice. *Theor. Appl. Genet.* 84 : 825-828.
- Burroni, L. V., N. R. Grosso, N. R., and C. A. Guzman. 1997. Principal volatile components of raw, roasted and fried Argentinean peanut flavors. *J. Agric. Food Chem.* 45 : 3190-3192.
- Buttery, R. G., L. C. Ling, B. O. Juliano, and J. G. Turnbaugh. 1983. *J. Agric. Food Chem.* 31 : 823-826.
- Choi, Y. G., M. K. Kim, K. H. Jung, S. Y. Cho, H. P. Moon, B. T. Jun, H. C. Choi, N. G. Park, G. W. Kim, K. H. Hwang, Y. S. Kim, R. K. Park, and J. Y. Cho. 1995. An aromatic semi-dwarf lodging resistant rice variety "Hyangmi-byeo1ho". *Agricultural Science Reports of RDA, Korea.* 37(1) : 67-74.
- Chung, T. Y. and S. E. Lee. 1991. Volatile flavor components of Jindalrae flower. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* 34(4) : 344-352.
- Grosh, W. and P. Schieberle. 1997. Flavor of cereal products -A review. *Cereal Chem.* 74 : 91-97.
- Han, O. K., C. H. Cho, and J. C. Chae. 1998. Identification and evaluation of flavor components and their difference among wheat varieties. *Korean J. Breed.* 30 : 273-282.
- Heu, M. H. and S. Z. Park. 1990. Breeding Strategies for diversified rice uses. Symposium on determinants of international competitiveness and increasing of high quality and diversification of rice for consumer perception. The countermeasures to free import. pp. 41-58.
- Ironaka, Y. 1986. Relationship between sensory flavor evaluation and gas-chromatographic profiles of french bread. *Cereal Chem.* 63(4) : 369-372.
- Ishitani, K. and C. Fushimi. 1994. Influence of pre- and post-harvest conditions on 2-acetyl-1-pyrroline concentration in aromatic rice. *The Koryo.* 183 : 73-80.
- Jeong, O. Y., J. H. Lee, H. C. Hong, S. L. Kim, J. S. Paek, K. S. Lee, S. J. Yang, Y. T. Lee, D. S. Yang, and S. J. Kays. 2002. Volatile flavor components of aromatic versus non-aromatic rice varieties. *Korean J. Crop Sci.* 47 : 284-285.
- Karahadian, C. and K. A. Johnson. 1995. Analysis of headspace volatiles and sensory characteristics of fresh corn tortillas made from fresh masa dough and spray-dried masa flour. *J. Agric. Food Chem.* 41 : 791-799.
- Kee, H. J., S. T. Lee, and Y. K. Park. 2000. Preparation and quality characteristics of Korean wheat noodles made of brown glutinous rice flour with and without aroma. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32(4) : 799-805.
- Kefford, J. F. and B. V. Chandler. 1970. The chemical constituents of citrus fruits. Academic Press. N. Y.
- Kim, C. Y., J. C. Lee, Y. H. Kim, J. Y. Pyon and S. G. Lee. 1999. Volatile flavor components of scent, colored, and common rice cultivars in Korea. *Korean J. Crop Sci.* 44(3) : 181-185.
- Kim, J. H., K. R. Kim, J. J. Kim, and C. H. Oh. 1992. Comparative sampling procedures for the volatile flavor components of *Codonopsis lanceolata*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24 : 171-176.
- Kim, J. S., O. S. Park, J. R. Lee, S. N. Ahn, J. G. Gwag, T. S. Kim, and S. Y. Lee. 2008c. Quantification of 2-Acetyl-1-Pyrroline from the aroma rice germplasm by gas chromatography. *Korean J. Food Sci. Technol.* 40(5) : 516-521.
- Kim, J. S., S. N. Ahn, H. K. Kang, Y. H. Cho, J. G. Gwag, and S. Y. Lee. 2008a. Estimation of Physico-chemical Characteristics of domestic aroma rice and foreign aroma rice. *Korean J. Crop Sci.* 53(2) : 203-216.
- Kim, J. S., S. N. Ahn, Y. H. Cho, J. G. Gwag, T. S. Kim, J. R. Lee, and S. Y. Lee. 2008b. Estimation of agronomic characteristics of domestic aromatic rice germplasm and foreign aromatic rice germplasm in RDA Genebank, Korea. *Korean J. Crop Sci.* 53(3) : 261-272.
- Kim, Y. H. 1988. Studies on volatile flavor components and key compounds formation. Doctor's thesis in Chonbuk University.

- Kim, K. H., S. Y. Cho, H. P. Moon, and H. C. Choi. 1994. Breeding strategy for improvement and diversification of grain quality in rice. *Korea J. Breed.* 26(2) : 3-19.
- Korea National Statistical Office. Rice consumption per household in 2007. pp. 2-4. (<http://www.nso.go.kr>).
- Lee, B. Y., J. R. Son, M. Ushio, K. Keiji, and M. Akio. 1991. Changes of volatile components of cooked rice during storage at 70°C. *J. Korean Soc. Food Sci. Technol.* 23 : 610-613.
- Lee, K. B., D. K. Jun, and J. C. Chae. 2003. Effect of nitrogen fertilization on quality characteristics of rice grain and aroma-active compounds of cooked rice. *Korea. Korean J. Crop Sci.* 48(6) : 527-533.
- Lee, J. C. and Y. H. Kim. 1999. Comparison of volatile flavor components of Korean aromatic rice and nonaromatic rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nur.* 28(2) : 299-304.
- Maga, J. A. 1978. Cereal volatiles-A review. *Cereal Chem.* 26 : 175-178.
- Moon, H. I., J. H. Lee, and D. J. Lee. 1996. Analysis of volatile flavour components in aromatic rices using electronic nose system. *Korean J. Crop Sci.* 41 : 672-677.
- Park S. J., H. C. Choi, M. H. Heu, and H. J. Ko. 1993. Development of new rice varieties and techniques improving the palatability of cooked rice to increase the consumption of rice. (RDA special research report) pp. 88-143.
- Park, G. H., H. G. Hong, and J. R. Son. 2002. Production, current condition and market observation of foreign brand rice. Korea Rice Technical Working Group. 87-123. Rural Development Administration, Crop Experiment Station. pp. 41-58.
- Paule, C. M. and J. J. Powers. 1989. Sensory and chemical examination of aromatic and nonaromatic rices. *J. Agric. Food Chem.* 54(2) : 343-346.
- Sakakibara, H., J. Ide, I. Yajima, and K. Hayashi. 1990. Volatile flavor compounds of some kinds of dried and smoked fish. *Agric. Biol. Chem.* 54(1) : 9-16.
- Song, S. J., Y. S. Lee, and C. O. Rhee. 2000. Volatile flavor components in cooked black rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32(5) : 1015-1021.
- Tripathi, R. S. and M. J. B. K. Rao. 1979. Inheritance and linkage relationship of scent in rice. *Euphytica* 28 : 319-32.
- Tsugita, T., T. Kurata T. and H. Kato. 1980. Volatile components after cooking rice milled to different degree. *Agric. Biol. Chem.* 44(4) : 835-840.
- Tsugita, T., T. Kurata and H. Kato. 1983. Cooking flavor and texture of rice stored under different conditions. *Agric. Biol. Chem.* 47 : 543-549.
- Tsugita, T., T. Kurata and H. Kato. 1980. Volatile components after cooking rice milled to different degrees. *Agric. Biol. Chem.* 44 : 835-840.
- WTO. 2003. Negotiations on agriculture:First draft of modalities for further commitment. TN/AG/W/1/Rev.1.
- Yajima, I, T. Yanai, M. Nakamura, H. Sakakibara and K. Hayashi. 1979. Volatile flavor components of cooked Kaorimai-(Scented rice, *O. sativa japonica*). *Agric. Biol. Chem.* 43 : 2425-2429.
- Yajima, I., T. Yanai, M. Nakamura, H. Sakakibara and T. Habu. 1978. Volatile flavor components of cooked rice. *Agric. Biol. Chem.* 42 : 1229-1234.