

누룩 종류를 달리하여 담금한 탁주 술덧의 휘발성 향기성분

한은혜 · 이택수 · 노봉수 · 이동선*
서울여자대학교 식품 · 미생물공학과, *화학과

Volatile Flavor Components in Mash of *Takju* Prepared by Using Different *Nuruks*

Eun-Hey Han, Taik-Soo Lee, Bong-Soo Noh, Dong-Sun Lee*

Department of Food and Microbial Technology,

*Department of Chemistry, Seoul Women's University

Abstract

Volatile flavor components in the mash of *takjus* prepared by using different *nuruks* such as *Mucor racemosus nuruk*, *Rhizopus japonicus nuruk*, *Aspergillus oryzae nuruk*, *Aspergillus kawachii nuruk* and *nuruk* (Korean-style bran koji), were identified by using GC and GC-MS. Twenty alcohols, 26 esters, 10 acids, 10 aldehydes and 6 others were found in the mash of *takju* after 16 days of fermentation. *Takju* by *Aspergillus oryzae nuruk* had the most various components of volatile flavor. Fifty-four flavor components including ethanol, 2-methyl-1-propanol, 3-methyl-1-butanol, 1-hexanol, 2,3-butadienol (D,L), benzeneethanol, acetic acid ethyl ester, succinic acid diethyl ester, butanoic acid monoethyl ester, acetic acid and benzene acetic acid 4-acetyloxy-3-methyl ethyl ester were usually detected in all the treatments. The relative peak area of volatile components was as follows: alcohol (71.28~90.23%), ester (0.66~9.05%), acid (0.2~0.6%) and aldehyde (0.02~0.09%). Specially, 1-pentanol and hexanoic acid ethyl ester were high in *takju* made of *nuruk* (Korean-style bran koji). 1-Hexanol, 1-dodecanol, acetic acid and 1,2-benzene-dicarboxylic acid diphenyl ester were high in *takju* made of *Mucor racemosus nuruk*. 4-Acetyloxy, 3-methyl benzeneacetic acid phenyl ester, 2-methyl-1-propanol, 3-methyl-1-butanol, succinic acid diethylester, butanoic acid monoethyl ester and butanoic acid were higher content in *takju* by *Rhizopus japonicus nuruk*. Acetic acid ethyl ester, pentanoic acid and 3-methyl butanoic acid were high in *takju* that was made of *Aspergillus oryzae nuruk*. 1-Butanol was high in *takju* by *Aspergillus kawachii nuruk*.

Key words: *takju*, mash fermentation, volatile component

서 론

탁주는 특유의 지미와 청량미가 있는 알코올 함량 2~8%의 술로써 감미, 산미, 신미, 고미, 삼미의 5미가 고루 조화되어 있으며 약주, 소주 등과 함께 우리 나라 전통적인 발효 주류이다^(1,2). 농주, 가주, 막걸리로도 불리는 탁주는 찹쌀, 멥쌀 등의 곡류와 누룩으로 빻어 발효하여 그대로 걸러서 음용하므로 생효모, 비타민 B 군, 필수아미노산인 lysine 등이 함유되어 다른 술보다 영양학적으로 우수한 주류이다^(2,3). 탁주는 담금 후 누룩 중의 미생물에 의한 효소작용으로 원료성분이 분해되어 생성되는 당분, 아미노산, 유기산 등의 맛성분과

효모나 젖산균 등의 미생물에 의한 알코올 발효로 향미 성분이 생성되어⁽⁴⁾ 색과 함께 탁주의 품질이 조화를 이룬다. 재래누룩에는 *Aspergillus oryzae*, *Rhizopus tritici*, *Monascus purpureus*, *Saccharomyces*, *Torula*, *Willa*, 젖산균, 고초균 등의 미생물이 생육하고 이중 *Aspergillus*속 곰팡이와 *Rhizopus*속 곰팡이가 많으며, 시판누룩에는 *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger Mut. kawachii*, *Rhizopus*속, *Mucor*속, *Monascus*속, *Saccharomyces cerevisiae*, 젖산 간균, 젖산 구균, 고초균 등이 생육하며 이들 미생물 중 *Aspergillus oryzae*가 주 미생물인 것으로 보고되었다⁽⁵⁾. 이와 같이 누룩에는 여러 종류의 미생물이 생육하므로 탁주담금에 사용하는 누룩의 종류에 따라 이들 미생물에 의한 효소활성, 유기산 생산력 및 알코올 발효력 등이 상이하여 탁주의 맛, 향기, 색 등의 품질 차이가 예상된다. 탁주제조에

Corresponding author: Taik-Soo Lee, Department of Food and Microbial Technology, Seoul Women's University, 126 Kongleung-dong, Nowon-gu, Seoul 139-774, Korea

사용하는 전분질원료· 누룩·용수·용기에 따라 탁주의 주질이 차이가 있으나 이중 누룩의 영향이 가장 크다.

탁주의 품질면에서 맛 성분과 함께 향기는 중요한 성분이나 유리당, 아미노산, 유기산 등의 맛성분에 관한 연구가 대부분이었다⁽⁶⁻¹⁰⁾. 탁주의 휘발성 향기성분으로는 전분질 원료를 달리하여 담금한 탁주술덧의 휘발성 향기성분⁽⁴⁾, 멧쌀탁주 술덧의 발효과정 중 휘발성 향기성분에 관한 보고⁽¹¹⁾가 있을 뿐 누룩 종류를 달리하여 담금한 탁주의 휘발성 향기성분에 관한 연구는 전혀 없는 실정이다. 저자 등은 전보⁽¹²⁾에서 누룩종류를 달리하여 담금한 탁주술덧의 품질 특성에 대하여 보고한 바 있다. 본 연구에서는 재래누룩, *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus kawachii*, *Rhizopus japonicus*, *Mucor racemosus* 균을 접종하여 만든 누룩으로 담금한 각 탁주술덧의 휘발성 향기 성분을 GC, GC-MS로 분석 동정한 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

누룩제조

전보⁽¹²⁾에서 언급한 방법대로 누룩을 제조하여 탁주 담금에 사용하였다. 즉 통밀을 거칠게 파쇄한 것과 파쇄하지 않은 통밀을 10:3의 비율로 섞고 40% 물을 가해 혼합하였다. 800 g씩 포에 싸서 누룩틀에 넣고 원형으로 성형하여 *Mucor racemosus*, *Rhizopus japonicus*, *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus kawachii*의 멧쌀 종균을 2 g씩 표면에 접종하였고, 재래누룩은 성형한 그대를 각각 25°C 배양실에서 14일간 별도 배양한 후 15일간 자연건조시켜 누룩을 제조하였다.

탁주제조

멧쌀 2 kg을 5시간동안 물에 침지한 후 물을 빼고 고압증기 솥에 넣어 121°C 40분간 증자하여 30°C로 방냉하였다. 25 L들이의 유리병(24×24×32 cm)에 물 6 L와 분쇄한 각 누룩 800 g을 혼합하여 미리 만들어 둔 수국에 냉각시킨 증자 멧쌀과 주모 600 mL를 가해 혼합시켜 24°C의 항온실에서 16일간 발효시켰다⁽¹²⁾.

휘발성 향기성분

술덧 100 mL를 냉동원심분리기를 이용해 0~10°C에서 8000 rpm으로 10분간 원심분리하고 상등액을 Whatman No. 2로 여과하여 시료로 사용하였다. 유리칼럼(2.0 cm×10.0 cm, 80 mesh)에 다공성 중합체인 polyvinyl benzene (porapak-Q, 50~80 mesh, Waters) 4.0 g을 충전하여 탈이온수 70 mL로 습윤시킨 다음 시료

를 흘려서 다공성 중합체에 흡착시킨 후 용출용매인 methylene chloride (Sigma Chem. Co.) 80 mL를 사용하여 유기성분을 용출하였다. 추출액 내의 물층은 무수황산나트륨으로 제거한 후 수욕조에서 Kuderna-Danish장치를 이용하여 600 µL가 될 때까지 농축하였다⁽⁴⁾. 이 농축액 0.2 µL를 극성 column (Fused silica capillary CBP 20)을 사용하여 GC (Shimadzu GC 17A)로 분석했으며, 이 때 flame ionization detector와 mass spectrometric detector를 각각 검출기로 사용하였다. 휘발성 향기성분의 측정을 위한 GC와 GC-MS (Shimadzu QP 2000A/GC 14A) 작동 조건은 Table 1과 같다. GC분석에 의하여 분리된 각 peak 성분의 동정은 표준물질의 머무름 시간 및 GC-MS에 의한 mass spectrum을 토대로 하여 컴퓨터에 수록된 NIST library로 검색한 자료와 표준물질과 비교하여 동정하였다. 이때 ethanol, 3-methyl-1-butanol(iso-amylalcohol), succinic acid diethyl ester, benzeneethanol, 2-methyl-1-propanol(isobutanol), acetic acid, butanoic acid, acetaldehyde 등의 물질을 표준물질로 사용하였으며 이들 물질의 단용

Table 1. Operating condition of GC and GC-MS for analyses for volatile compounds

GC	Shimadzu GC 17A
Column	PEG fused silica, capillary (CBP20)
Length	25 m
I.D.	0.32 mm
Film thickness	0.25 µm
Injector	220°C
Detector (FID)	220°C
Oven program	
Initial	35°C (2 min)
Rate (1st step)	1.5°C/min
Final	40°C (0 min)
Rate (2nd step)	8°C/min
Final	210°C (20 min)
Carrier gas (N ₂)	
Flow rate	1 mL/min
Split ratio	50:1
Sample size	0.2 µL
GC-MS	QP 2000A with GC 14A
Column	PEG fused silica capillary (CBP20) 0.22 mm i.d. × 25 m, 0.25 µm
Oven program	40°C (2 min) → 8°C/min → 210°C (15 min)
Injector	220°C
Ion source temperature	250°C
EI ionization voltage	70 eV
Carrier gas	He (2.0 mL/min)
Split ratio	100:1
Sample size	1.0 µL
NIST library	

또는 혼합물로 표준 크로마토그램을 구하였다.

결과 및 고찰

누룩 종류를 달리한 멥쌀탁주 술덧의 향기성분은 고

체상 추출법으로 추출, 농축한 후 극성 column (CBP 20)을 이용하여 GC와 GC-MS로 분석하였다. 분석결과 얻어진 크로마토그램은 Fig. 1과 같고 동정된 향기 성분은 Table 2와 같다. 발효 16일의 탁주술덧에서 알코올 20종, 에스테르 26종, 산 10종, 알데히드 10종, 기

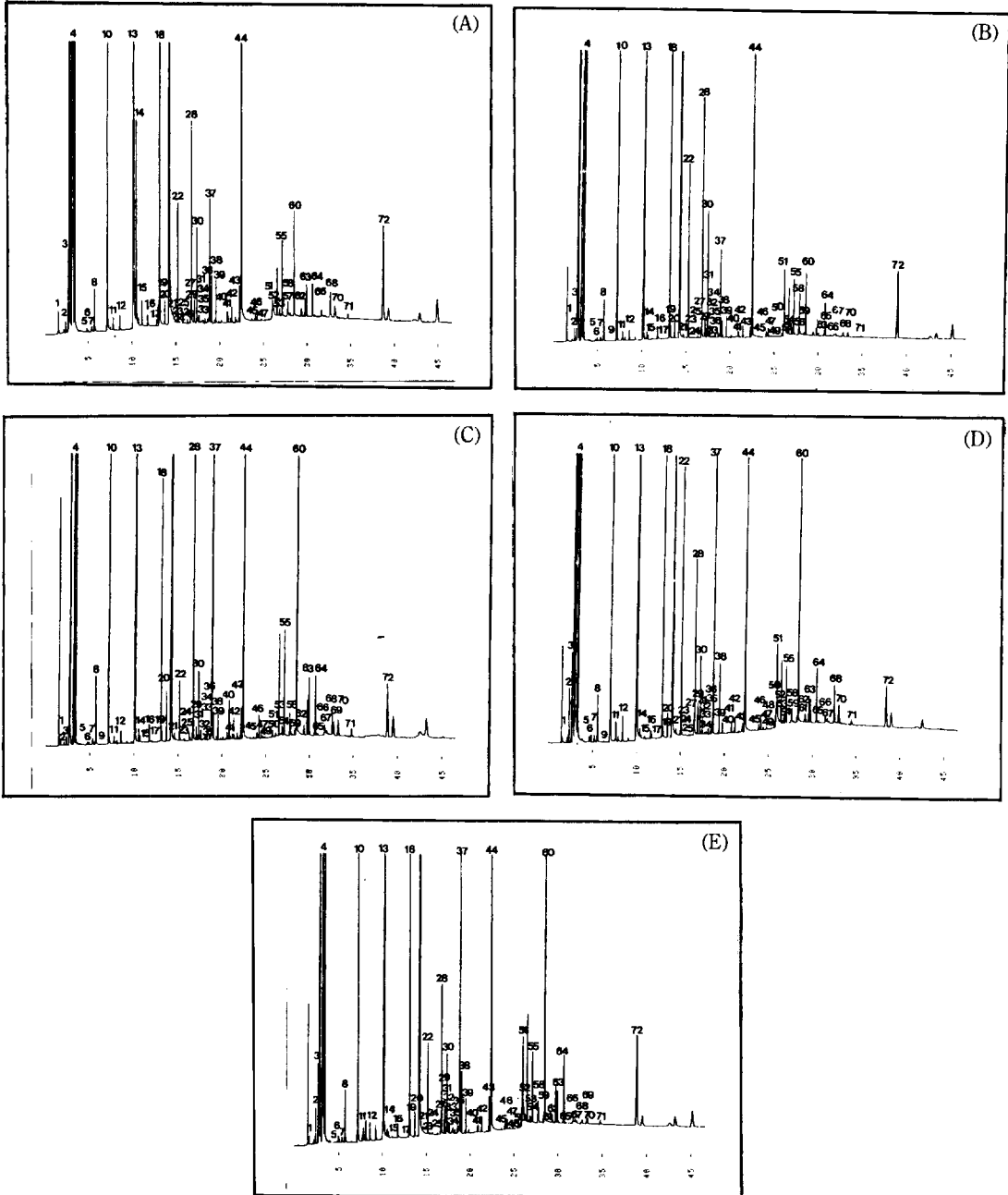


Fig. 1. GC chromatogram of volatile compounds in the mash of *takju*. A: *nuruk* (Korean-style bran koji), B: *Mucor ra-cemosus nuruk*, C: *Rhizopus japonicus nuruk*, D: *Aspergillus oryzae nuruk*, E: *Aspergillus kawachii nuruk*.

타 6종 등 모두 72종의 휘발성 향기성분이 검출되었다. 휘발성 향기성분의 종류는 재래식 누룩구 60종, *Mucor racemosus* 누룩구와 *Aspergillus kawachii* 누룩구 64종, *Rhizopus japonicus* 누룩구 67종, *Aspergillus oryzae* 누룩구 술덧에서 68종으로 확인되었다. 동정된 향기성분 중 ethanol, benzeneethanol, 3-methyl-1-butanol,

acetic acid ethyl ester, succinic acid diethyl ester, acetic acid, acetaldehyde, butyrolactone 등 54종의 향기성분이 모든 시험구에서 공통으로 검출되었다. 휘발성 향기성분의 면적비율(peak area%)은 알코올류 71.28~90.23%, 에스테르류 0.66~9.05%, 산류 0.20~0.60%, 알데히드류 0.02~0.09%으로 나타났다. 동정된 20종의 알코올

Table 2. Volatile compounds of *takju* prepared using different *nuruks*

unit (peak area %)

Peak No.	Volatile compounds	Kinds of <i>Takju</i>				
		A	B	C	D	E
Alcohol						
4	Ethanol	81.489	77.085	55.151	70.339	84.127
8	1-Propanol	0.036	0.071	0.125	0.044	0.042
10	2-Methyl-1-propanol	0.443	0.647	1.201	0.477	0.203
12	1-Butanol	0.010	0.007	0.009	0.007	0.017
13	3-Methyl-1-butanol	3.794	2.939	6.077	2.775	2.285
15	1-Pentanol	0.018	0.002	0.004	trace ²⁾	0.005
18	1-hexanol	0.718	0.948	0.351	0.466	0.214
20	3-Ethoxy-propanol	0.014	0.023	0.075	0.019	0.014
23	1-Heptanol	0.001	0.001	0.005	0.005	0.001
28	2,3-Butanediol(D,L)	0.107	0.278	0.428	0.113	0.087
29	3-Methyl-2-hexanol	0.019	0.034	0.026	0.030	0.020
30	2,3-Butanediol(meso)	0.055	0.139	0.094	0.041	0.041
31	1,2-propanediol	0.005	0.017	0.018	0.010	0.006
32	4-Methyl-2-hexanol	- ¹⁾	0.004	0.005	0.005	-
44	Benzeneethanol	3.214	4.249	7.772	3.373	2.992
51	1-Dodecanol	0.032	0.180	0.024	0.068	0.122
56	2-Methyl-hexanol	-	0.003	-	-	-
58	1,2,3-Propanetriol	0.015	0.085	0.086	0.007	0.020
63	Ethanol, 2,2-oxy, bis-dipropanoate	0.025	0.014	0.132	0.076	0.029
67	1-Phenyl-1,2-ethanediol	-	0.008	0.016	0.006	0.008
Acid						
22	Acetic acid	0.073	0.238	0.085	0.145	0.053
34	Butanoic acid	0.003	0.005	0.096	0.005	0.003
36	3-Methyl butanoic acid	0.006	0.002	0.004	0.009	0.006
39	Pentanoic acid	0.022	0.026	0.036	0.046	0.019
43	Hexanoic acid	0.023	0.016	0.075	0.043	0.025
46	Octanoic acid	0.007	0.011	0.012	0.012	0.006
61	Benzoic acid	-	-	-	0.002	0.001
66	Phenyl propanoic acid	0.008	0.007	0.029	0.010	0.005
68	Ethyl benzoic acid	0.030	0.013	0.057	0.014	0.004
71	1,2-Benzenedicarboxylic acid	0.006	0.005	0.034	0.020	0.007
Aldehyde						
1	Acetaldehyde	0.001	0.003	0.003	0.004	0.005
2	Isobutyl aldehyde	0.005	0.014	0.005	0.012	0.013
24	Furfural	0.002	0.003	0.012	0.001	0.001
25	Benzaldehyde	0.001	0.001	0.006	0.002	0.001
41	p-Ethyl benzaldehyde	0.004	0.007	0.008	0.009	0.004
45	o-Ethoxy benzaldehyde	0.006	0.010	0.018	0.012	0.007
47	3-Methoxy benzaldehyde	0.001	0.003	trace	0.004	0.002
49	3-Phenyl 2-propanal	-	0.004	0.005	0.005	-
50	p-Ethoxy benzaldehyde	-	0.006	0.015	0.008	0.004
54	Benzaldehyde, 3-(phenylmethoxy)	-	0.009	0.019	0.009	0.004

Table 2. Continued

Peak No.	Volatile compounds	Kinds of Takju				
		A	B	C	D	E
Ester						
3	Acetic acid, ethyl ester	0.040	0.035	0.010	0.286	0.035
5	Propanoic acid, ethyl ester	0.003	0.005	0.006	0.006	0.002
6	Acetic acid, n-propyl ester	0.002	0.006	0.005	0.005	0.005
7	Butanoic acid, ethyl ester	0.010	0.014	0.021	0.011	0.008
9	Isoamyl formate	-	0.001	0.001	0.001	-
14	Hexanoic acid, ethyl ester	0.114	0.014	0.020	0.008	0.005
16	Butanoic acid, pheyl ester	0.008	0.020	0.031	0.034	0.010
17	Heptanoic acid, ethyl ester	0.002	0.003	0.002	0.005	0.001
19	Propanoic acid, 2-hydroxy, ethyl ester	0.017	0.020	0.018	0.013	0.010
21	Octanoic acid, ethyl ester	0.003	0.010	0.012	0.004	0.003
26	Nonanoic acid, ethyl ester	0.001	-	-	-	-
27	Pentanoic acid, 2-hydroxy, 4-methyl ethyl ester	0.008	-	0.003	0.001	0.002
37	Succinic acid, diethyl ester	0.070	0.110	3.571	0.855	0.329
40	2-Oxo, propanoic acid, ethyl ester	0.005	0.008	0.053	0.006	0.004
42	Acetic acid, 2-phenyl ethyl ester	0.008	0.016	0.037	0.014	0.009
53	1-Butanoic acid, 3-methyl, buthyl ester	0.006	0.010	0.254	0.008	0.004
55	Benzeneacetic acid, 2-propenyl ester	0.047	0.077	0.193	0.066	0.044
57	Decanoic acid, ethyl ester	0.003	-	-	-	-
59	Benzeneacetic acid, 4-methyl, phenyl ester	-	0.008	1.330	0.007	0.003
60	Butanoic acid, monoethyl ester	0.071	0.092	2.589	0.642	0.405
62	Benzeneacetic acid, α -hydroxy, ethyl ester	0.010	-	0.047	0.034	0.011
64	Ethanedioic acid, diethyl ester	0.033	0.009	0.161	0.008	0.068
65	1,2-Benzenedicarboxylic acid, diprophenyl ester	-	0.070	0.007	0.004	-
70	Methyl phenidate	0.019	0.016	0.067	0.031	0.010
72	Benzene acetic acid, 4-acetyloxy, 3-methyl ethyl ester	0.170	0.271	0.403	0.153	0.162
Others						
33	4-Hydroxy-3-hexanone	0.003	0.005	0.011	0.004	-
35	Butyrolactone	0.003	0.005	0.009	0.004	0.005
38	3-Methylthio-1-propanone	0.030	0.024	0.044	0.0034	0.039
48	N-Methyl octane amine	-	-	-	0.001	0.002
52	2-Ethyl phenol	0.017	-	-	0.025	0.003
69	N-(2-Phenylethyl) acetamide	-	-	0.040	-	0.004
	Compound non-identifiend	9.058	11.699	18.846	19.008	8.367
	Total	100	100	100	100	100

¹⁾-: no detection.

²⁾trace: peak area % <0.001.

A: Takju made from *nuruk* (Korean-style bran koji).

B: Takju made from *Mucor racemosus nuruk*.

C: Takju made from *Rhizopus japonicus nuruk*.

D: Takju made from *Aspergillus oryzae nuruk*.

E: Takju made from *Aspergillus kawachii nuruk*.

중 ethanol은 면적비율이 55.151~84.127%로 가장 높았고 benzeneethanol, 3-methyl-1-butanol, 2-methyl-1-propanol, 1-hexanol, 2,3-butanediol, 1-propanol의 면적 비율도 높은 편에 속하였다. 시험구별로 살펴보면 재래 누룩구는 ethanol의 면적비율이 비교적 높은 편이나 알코올 종류는 17종으로 가장 적었다. 타 시험구에 비하여 1-pentanol은 높은 것으로 나타났다. *Mucor race-*

mosus 누룩구는 알코올류가 20종으로 가장 많았으며 1-hexanol, 3-methyl-2-hexanol, 2,3-butanediol (meso), 1-dodecanol의 면적비율이 타시험구에 비하여 높았다. *Rhizopus japonicus* 누룩구의 술덧은 ethanol의 면적 비율은 타시험구에 비하여 낮았으나 1-propanol, 2-methyl-1-propanol, 2,3-butanediol, 3-methyl-1-butanol, 3-ethoxy-1-propanol, benzeneethanol의 면적비율이 시험구 중

가장 높았다. *Aspergillus oryzae* 누룩구의 술덧에서는 1-heptanol이 다소 높았다. *Aspergillus kawachii* 누룩구 술덧은 알코올류의 총면적 비율이 90.23%로 시험구 중 가장 높았으나 타시험구보다 1-butanol 만 높았다.

탁주의 향미성분은 원료, 누룩, 주모 및 담금 후 술덧 중에 생육하는 각종 미생물의 발효작용으로 생성된다. Embden-Meyerhof Parnas (EMP)경로⁽¹³⁾에 의해 효모 발효로 당으로부터 생성되는 ethanol은 함량(8.2~12.6%)과 면적 비율이 높아 탁주 알코올의 주성분으로 나타났다. Benzeneethanol은 ethanol 다음으로 면적 비율이 높으며 맥주의 방향족 알코올 성분중 가장 중요한 향기성분⁽¹⁴⁾이고 멧쌀탁주⁽¹¹⁾와 전통민속주⁽¹⁵⁾에도 함유되어 있다. 퓨젤유는 3-methyl-1-butanol, 2-methyl-1-propanol, 1-propanol 성분의 순으로 면적비율이 높았다. *Rhizopus japonicus* 누룩구에서는 이들 세 종류의 알코올류가 시험구 중 현저히 높았다.

2-Methyl-1-propanol의 함량이 3-methyl-1-butanol보다 높으면 맥주의 관능상 품질이 저하되는 것으로 보고되었으나⁽¹⁴⁾ 본 실험 탁주에서는 어느 시험구나 3-methyl-1-butanol의 함량이 2-methyl-1-propanol보다 현저히 높았다. 다가알코올의 1,2,3-propanetriol (glycerol)은 일본청주^(16,17)에도 존재하는 성분으로 본 실험의 *Mucor racemosus*와 *Rhizopus japonicus* 누룩구의 술덧에서 면적비율이 상당히 높게 나타났다. *Rhizopus japonicus* 누룩구에서 면적비율이 높은 2,3-butanediol이나 *Mucor racemosus* 누룩구에서 높게 나타난 1-dodecanol은 맥주⁽¹⁴⁾나 청주⁽¹⁷⁾에서도 함량이 다소 높은 알코올류이다. 1-Hexanol은 풀 냄새나 coconut향⁽¹⁴⁾으로 멧쌀 탁주⁽¹¹⁾, 맥주⁽¹⁴⁾, 청주⁽¹⁷⁾ 및 일본 소주⁽¹⁸⁾에서 검출되었는데 본 실험의 탁주 술덧에서 모두 확인되었으며, *Mucor racemosus* 누룩구가 타시험구보다 높았다. 이외에 면적비율이 낮은 1-pentanol, 1-butanol, 1-heptanol은 맥주나 청주에서 검출된 성분으로 보고되었다. 에스테르류는 면적비율은 낮으나 주류의 향미에 알코올보다 중요한 향기성분이다⁽¹⁴⁾. Acetic acid ethyl ester, succinic acid diethyl ester, benzeneacetic acid, 2-propenyl ester, butanoic acid monoethyl ester, benzeneacetic acid, 4-acetyloxy 3-methyl ester는 탁주 술덧에서 에스테르중 면적 비율이 높은 것으로 나타났다. 재래누룩구 술덧은 에스테르류의 면적 비율이 0.66%로 시험구 중 가장 낮았다. Hexanoic acid ethyl ester의 면적비율은 다른 시험구보다 높았고 타시험구에 존재하지 않는 nonanoic acid ethyl ester와 decanoic acid ethyl ester가 검출되었다. *Mucor racemosus* 누룩구의 술덧에서는 1,2-benzenedicarboxylic acid dipropenyl ester의 면

적비율이 높았으나 타시험구에 존재하는 benzeneacetic acid, α -hydroxy, ethyl ester와 pentanoic acid, 2-hydroxy 4-methyl ethyl ester가 검출되지 않았다. *Rhizopus japonicus* 누룩구의 술덧은 에스테르류의 면적비율이 9.05%로 시험구 중 가장 높았다. *Rhizopus japonicus* 누룩구술덧에서는 특히 succinic acid diethyl ester, butanoic acid monoethyl ester 및 benzeneacetic acid, 4-methyl phenyl ester의 면적비율이 타시험구보다 현저히 높았다. *Aspergillus oryzae* 누룩구 술덧은 acetic acid ethyl ester의 면적비율이 0.286%로 타시험구보다 높았다.

Aspergillus kawachii 누룩구 술덧은 에스테르류의 면적비율이 전반적으로 타시험구보다 낮았다. 본 실험에서 검출된 향미 성분중 에스테르류는 그 종류가 다양하나 이중 ethyl ester 류가 17종으로 가장 많았다. 과일향의 acetic acid ethyl ester⁽¹⁴⁾는 본 실험의 모든 탁주에서 검출되었으나 이 등⁽¹¹⁾의 멧쌀 탁주보다 면적비율이 낮은 것으로 나타났다. Acetic acid ethyl ester는 우리나라 전통 민속 소주, 맥주, 일본 소주의 주요 에스테르성분이나 농도가 높으면 오히려 고미의 원인이 되는 향미로 알려져 있다^(14-15,18). 본 탁주 술덧에서 에스테르 중 면적비율이 높은 편인 succinic acid diethyl ester는 맥주⁽¹⁴⁾, 청주⁽¹⁹⁾에서도 존재하며 주류의 품질면에서 좋은 향으로 보고되었다⁽²⁰⁾. 면적비율은 높지 않으나 모든 시험 탁주 술덧에서 검출된 사과향의 octanoic acid ethyl ester, hexanoic acid ethyl ester 및 벌꿀향의 acetic acid 2-phenyl ethyl ester는 맥주의 향미에 영향을 주는 주요 에스테르 성분으로 보고되어 있으며 멧쌀 탁주와 청주에도 존재한다^(11,19). Nonanoic acid ethyl ester는 맥주에서도 검출되나⁽¹⁴⁾ 고량주와 같은 고체 발효방식에서 발효시 박테리아가 관여하면 그 함량이 높아지는 것으로 보고되어 있으며⁽¹⁸⁾, 본 실험 탁주에서는 재래누룩구에서만 확인되었다. 이외에 멧쌀탁주⁽¹¹⁾, 맥주⁽¹⁴⁾ 및 청주⁽¹⁹⁾에서 검출된 hexanoic acid ethyl ester, propanoic acid ethyl ester, acetic acid *n*-propyl ester, butanoic acid ethyl ester, butanoic acid phenyl ester, heptanoic acid ethyl ester가 본 실험의 탁주에서 검출되었다. 산류의 총면적비율은 에스테르보다 낮으며 *Rhizopus japonicus* 누룩구에서 높았고, *Aspergillus kawachii* 누룩구 술덧은 낮았다. Acetic acid는 *Mucor racemosus* 누룩구에서, butanoic acid는 *Rhizopus japonicus* 누룩구에서, 3-methyl butanoic acid와 pentanoic acid는 *Aspergillus oryzae* 누룩구에서 각각 면적비율이 높은 것으로 나타났다. Acetic acid는 자극 취를 나타내는 산미이며 효모와 젖산균의 작용

으로 생성되는 산화생성물로서^(21,22) 모든 시험구에서 면적비율이 높아 탁주의 주 휘발성 산미성분으로 추측된다. *Rhizopus japonicus* 누룩구에서 면적비율이 높은 hexanoic acid와 *Aspergillus oryzae* 누룩구에서 높게 나타난 pentanoic acid는 청주에서도 검출된⁽²²⁾ 휘발성산이나 불쾌한 향기 성분으로 알려져 있다⁽²⁰⁾. Butanoic acid는 낙산균의 발효로 생성되는 불쾌한 산패취⁽²⁰⁾로 본 실험의 *Rhizopus japonicus* 누룩구에서는 acetic acid 보다 면적비율이 높았으나 타시험구는 면적비율이 낮았다. 이 외에 청주에서 검출된 3-methyl butanoic acid, octanoic acid와⁽²²⁾ 맥주에서 검출된 benzoic acid 및 phenyl propanoic acid도⁽¹⁴⁾ 본 실험 탁주에서 시험구에 따라 검출되었으나 면적 비율은 낮았다. 알데히드류는 산보다 면적비율이 더 낮았다. Iso-butyl aldehyde와 o-ethoxy benzaldehyde는 *Mucor racemosus* 누룩구와 *Rhizopus japonicus* 누룩구의 술덧에서 면적비율이 높았다. 알데히드류 중 효모발효, 열화학반응 등에 의하여 생성되는 자귀취의 acetaldehyde^(14,18), 알몬드유의 향인 benzaldehyde⁽²⁴⁾ 및 녹색꽃 냄새의 iso-butyl aldehyde는⁽¹⁴⁾ 본 실험 모든 탁주에서 검출되었으나 면적비율이 비교적 낮은 편이다. *Rhizopus japonicus* 누룩구에서 높은 비율로 나타난 furfural은 5탄당, 6탄당으로부터 생성되나⁽²⁵⁾ 증류시 가열에 의한 열화학 반응으로도 생성되며⁽¹⁸⁾ 가열하지 않은 청주⁽²⁴⁾나 맥주⁽¹⁴⁾에도 존재한다.

알코올, 산, 알데히드, 에스테르 외에 본 실험에서 확인된 성분으로는 4-hydroxy-3-hexanone, butyrolactone, 3-methylthio-1-propanone, N-methyl octane amine, 2-ethyl phenol, N-(2-phenylethyl) acetamide 등이 있으며 이 중 butyrolactone과 3-methylthio-1-propanone는 모든 시험구에서 존재하였고 맥주⁽¹⁴⁾에서도 검출된 성분이다. 본 실험의 결과는 이 등⁽¹¹⁾의 맷쌀 탁주 술덧보다 그 종류가 많았으나 본 실험에서 검출된 성분 중 ethanol, 2-methyl-1-propanol, benzeneethanol, 3-methyl-1-butanol, acetic acid ethyl ester, succinic acid diethyl ester, acetic acid, butyric acid, acetaldehyde 등 20종은 이 등⁽¹¹⁾의 보고와 공통된 향기 성분이었다. 그러나 1-butanol, 1-pentanol, butanoic acid ethyl ester, hexanoic acid ethyl ester, butanoic acid phenyl ester, heptanoic acid ethyl ester, furfural, butyrolactone 등 52종은 본 실험 탁주 술덧에서만 검출되었다. 이상의 실험 결과와 같이 누룩 종류를 달리하여 담금한 탁주 술덧에서 72종의 향기성분중 54종이 공통의 성분으로 나타났으나 향기 성분의 면적비율이나 주 peak의 향기성분이 시험구마다 차이를 보여 각 탁주 술덧의 향미도 다른

것으로 추측된다. 따라서 양질의 원료와 용수의 선정, 누룩 제조법의 개선, 주모육성, 발효관리등의 조절로 향미가 조화된 고품질의 탁주를 제조할 필요가 있다고 본다.

요 약

GC와 GC-MS를 사용하여 발효 16일 후 탁주술덧의 휘발성 향기성분으로 alcohol 20종, ester 26종, acid 10종, aldehyde 10종, 기타 6종 등 모두 72종이 검출되었다. *Aspergillus oryzae*구는 68종으로 가장 많았고 재래누룩구의 술덧은 60종으로 적었다. 72종의 휘발성 향기성분 중 54종의 향기성분이 모든 시험 구에서 공통으로 검출되었다. 휘발성 향기성분의 면적비율은 alcohol류 71.28~90.23%, ester류 0.66~9.05%, acid류 0.20~0.60%, aldehyde류 0.02~0.09%순으로 나타났다. 시험구에 따라 차이가 있으나 ethanol, 2-methyl-1-propanol, 3-methyl-1-butanol, 1-hexanol, 2,3-butadienol(D, L), benzeneethanol, acetic acid ethyl ester, succinic acid diethyl ester, butanoic acid monoethyl ester, acetic acid 그리고 benzene acetic acid 4-acetyloxy-3-methyl ethyl ester 등의 면적 비율이 높아 본 실험 탁주 술덧의 휘발성 향기 주성분으로 나타났다. 재래 누룩구는 1-pentanol, hexanoic acid ethyl ester의 면적비율이 다른 시험구보다 높았고, *Mucor racemosus* 누룩구는 1-hexanol, 1-dodecanol, 1,2-benzenedicarboxylic acid dipropenyl ester, acetic acid가, *Rhizopus japonicus* 누룩구는 2-methyl-1-propanol, 3-methyl-1-butanol, benzeneethanol, succinic acid diethyl ester, butanoic acid monoethyl ester, 4-methyl benzeneacetic acid phenyl ester, butanoic acid의 면적 비율이 타 시험구보다 각각 높았다. *Aspergillus oryzae*구는 acetic acid ethyl ester, 3-methyl butanoic acid, pentanoic acid가 높았으며 *Aspergillus kawachii*구에서는 1-butanol이 높았다.

문 헌

1. 김찬조, 김교창, 김도영, 오만진, 이석건, 이수오, 정순택, 정지훈 : 발효공학. 선진문화사, 서울, p.79 (1990)
2. 이서래 : 한국의 발효 식품. 이화여대 출판부, 서울, p. 197 (1986)
3. 이계호 : 한국약주 탁주의 특성과 신기술, 주류산업의 현황과 신기술개발. 국제 주류심포지움의 프로시딩, p. 51 (1994)
4. 이주선, 이택수, 박성오, 노봉수 : 원료를 달리하여 담금한 탁주술덧의 향기성분, 한국식품과학회지, 28, 316 (1996)
5. 김상순 : 한국전통식품의 과학적 고찰. 숙명여자대학교

- 출판부, 서울, p.57 (1985)
6. 정지훈 : 원료를 달리하는 탁주 숙성원료 중의 유기산 및 당류의 소장에 관한 연구. 한국농화학회지, **8**, 39 (1967)
 7. 김찬조 : 한국 주류성분에 관한연구 (제2보) paper chromatography에 의한 탁주중의 유리아미노산의 검색. 한국농화학회지, **9**, 59 (1978)
 8. 한용석, 이기중 : 한국산 우량곡자 및 효모 중의 아미노산에 관하여(제1보). 공업연구서, **10**, 119 (1960)
 9. 최선희, 김옥경, 이명환 : 가스크로마토그래피에 의한 재래주 발효 중 알코올과 유기산 분석. 한국식품과학회지 **24**, 272 (1992)
 10. 홍순우, 하영철, 민경희 : 탁주 및 탁주원료의 화학성분과 그 변화에 관한 연구. 한국미생물학회지, **8**, 107 (1970)
 11. 이주선, 이택수, 최진영, 이동선 : 뭍쌀 탁주 술덧의 발효 과정 중 휘발성 향기 성분. 한국농화학회지, **39**, 249 (1996)
 12. 한은혜, 이택수, 노봉수, 이동선 : 누룩 종류를 달리하여 담금한 탁주 발효과정 중 술덧의 품질특성. 한국식품과학회지, **29**, 555 (1997)
 13. 하덕모 : 발효공학. 문운당, 서울, p.98 (1992)
 14. 熊田順一 : 醸造成分, Beer(醱酵香氣成分). 日本醸造協會雜誌, **71**, 819 (1976)
 15. 인혜영, 이택수, 이동선, 노봉수 : 전통 방법으로 담금한 소주 제조중의 휴켈류 및 향기성분. 한국식품과학회지, **28**, 235 (1996)
 16. 화학대사전 편집위원회 : 화학대사전(일본) 3th ed., p. 110 (1964)
 17. 原昌道 : 清酒成分覽 (alcohol). 日本醸造協會雜誌, **62**, 1195 (1967)
 18. 西谷尙道 : 醸造成分, 本格焼酒(製品成分). 日本醸造協會雜誌, **72**, 15 (1977)
 19. 布川太郎 : 清酒成分覽(ester). 日本醸造協會雜誌, **62**, 854 (1967)
 20. Merck Index: *An Encyclopedia of Chemicals, Drugs and Biochemical* Merck Co. Inc. (USA) p.220, p.1271, p. 1416 (1992)
 21. 森口繁弘, 石上有造 : しょうゆ成分一覽(有機酸). 日本醸造協會雜誌, **62**, 854 (1967)
 22. 夢沼誠 : 清酒成分一覽(有機酸). 日本醸造協會雜誌, **61**, 841 (1967)
 23. 國武直之 : 양조성분, Beer(有機酸および脂質) 日本醸造協會雜誌, **71**, 753 (1976)
 24. 太脇京子 : 清酒成分一覽(carbonyl化合物). 日本醸造協會雜誌, **62**, 1097 (1967)
 25. 박원기 : 한국식품사전. 신광출판사, 서울, p.447 (1991)

(1997년 2월 11일 접수)