

傳統 藥酒의 香氣成分 比較

鄭 址 炆·鄭 舜 澤*

全南大學校 食品工學科, *松源專門大學 食品營養科

(1987년 8월 30일 수리)

Comparison of the Aroma Components in the Korean Traditional Yakjus.

Ji-Heun Jung and Soon-Teck Jung*

Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Chonnam
National University, *Department of Food and Nutrition,
Song-Won Junior College, Kwangju, Korea

Abstract

Baikhaju, Nockpaju, Dongdongju and Chungmyungju of the traditional Yakjus — the native alcoholic beverage of Korea — with the different fermentation methods were brewed and the volatile odor components were analyzed by gas chromatography methods of headspace gas. The general constituent content in them was different a little, and formaldehyde, acetone, acetaldehyde, ethylacetate, ethylalcohol, n-propanol, iso-butanol, iso-amylalcohol, diacetyl and dimethyl sulfide were separated and quantified into the volatile aroma components. The contents of acetaldehyde, ethylacetate and n-propanol were 17~73ppm, and iso-amylalcohol were 418~925ppm. The contents of formaldehyde and acetone were 0~2.15ppm, and that of diacetyl and dimethyl sulfide were 0.032~1.012ppm, and 5~65ppb.

緒 論

韓國의 傳統藥酒는 쌀과 누룩으로 單釀 또는 二釀한 醃類의 常用藥酒로서 褐色을 띤 연노랑색으로 투명하며 釀造方法에 따라 多樣한 風味를 갖고 甘味와 酸味가 強한 10~20% 알코올을 含有한 술이다.¹⁾ 그러나 오랫동안 傳統藥酒의 製造가 斷絶되었으나 最近 傳統酒類의 發掘, 保存, 發展의 必要에 따라 傳統藥酒의 研究가 要求된다.²⁾ 傳統藥酒의 近代科學的 研究는 1920年代 醱酵劑와 醱酵過程分析, 製品分析으로 區分 試圖되었으나 그以後 中斷되어 最近의 研究로는 崔³⁾, 劉⁴⁾ 등의 報告가 있을 뿐이며 이전의 研究는 酒類中의 微生物動態, 酵素, 成分, 原料代替 및 貯藏에 關한 報告로서 營養, 味, 衛生에 중점을 둔 것으로 香에 關한 研究는 朴⁵⁾의

報告가 있을 뿐이다. 이는 香氣成分은 含量이 微量이며 化學反應力이 높아서 分離, 濃縮, 同定, 定量이 곤란하였기 때문이었으나 Bavoitto⁶⁾이 gas chromatography를 麥酒成分研究에 처음 導入한 후 香氣에 關한 微量成分에 대한 研究가 進展되었으며 香氣成分分析은 溶媒抽出法, 水蒸氣蒸溜法, 吸着法, N₂ 가스吹入 揮發法 등으로 香氣成分을 抽出 또는 溜出시켜 化學的 方法, LC, TLC, GC, GC-MS, UV 및 IR spectrometry 등의 方法으로 分離 確認되어 糖液醱酵液^{7,8)} wine⁹⁾, Palmino wine¹⁰⁾, Pinot noir wine^{11,12)} Port wine^{13,14)}, Muscat wine^{15,16)}, white Riesling wine¹⁷⁾, cider^{18,19)}, Flor sherry^{10,20)}, brandy²¹⁾, whisky²²⁾, rum²³⁾, 日本清酒²⁴⁾, 麥酒²⁵⁾ 등의 香氣成分이 同定되었고 fusel oil, C₆-aldehyde, C₆-alcohol, n-hexanal, acetaldehyde, diacetyl, acetoin, 2-acet-

olactate, 2-acetohydroxybutyrate, phenethyl acetate, ethylleucinate, N-iso amylacetamide, dimethyl sulfide, HDMF, vanillin, phenol 化合物, hydroxy-methylfurfural 等 麥酒, 淸酒, 포도주의 香氣形成에 特異한 影響을 주는 成分들의 檢索이 이루어져 香氣를 객관적으로 測定코자 하는 연구가 이루어졌다.

따라서 本研究에서는 韓國의 傳統藥酒中 甬쌀로만 釀造한 白霞酒, 二段담금에 甬쌀을 使用한 綠波酒, 甬쌀만을 使用하여 一段담금한 동동酒(浮蟻酒)와 甬쌀로만 二段담금한 淸明酒를 試驗釀造하여 이들 藥酒의 低沸點 揮發成分을 head space gas로 捕集²⁶⁾하여 同定定量하여 比較하였다.

材料 및 方法

1. 實驗材料

藥酒釀造用 쌀은 全羅南道 農村振興院平洞試驗場에서 1985年度 수확한 西南(Suwon No. 305)과 新鮮찰벼(Iri No. 355)를 分讓받아 도감을 8%로 도정하여 使用하였으며 누룩은 1986年度 수확하여 分쇄한 早光밀 4l當 *Saccharomyces coreanus* KFCC 11215, *Aspergillus kawachii* KFCC 1039, *Aspergillus oryzae* IFO 5239를 純粹培養한 液體培養液 400ml와 물 1.2l의 比로 반죽하여 20cmφ × 5cm로 成型하여 30日間 醱酵시킨후 分碎乾燥하여 使用하였다.

2. 實驗方法

傳統藥酒의 釀造 : 傳統藥酒의 製造方法²⁷⁾에 따라 白霞酒, 綠波酒, 동동酒, 淸明酒의 藥酒를 Fig. 1 Fig. 2와 같이 釀造하였으며 原料配合은 Table 1과 같이 하였다.

揮發香氣成分의 分析 : Kato²⁸⁾와 西谷²⁹⁾의 方法에 따라 試料藥酒 20ml를 200ml容 삼각후라스크에 取하고 교반장치된 50°C 水浴中에서 密封한채 30分間 가열한 후 發生한 headspace gas를 Hamilton gas tight syringe로 3ml 取하여 gas chromatograph에 注入하고 Table 2와 같이 定性 및 定量을 하였다. 定性과 定量을 위하여 formaldehyde, acetaldehyde, ethylacetate, acetone, acetic acid, methanol, ethanol, iso-butyl acetate, 2-methyl butyl alcohol, n-propanol, iso-butyl alcohol, 3-methyl butyl acetate, methyl caproate, iso-amyl alcohol, ethyl caproate, n-hexanal, n-amyl alcohol, phenethyl alcohol, cetyl alcohol등 19 標準物質의 1~800ppm 사이의 5가지 濃度系列을 만들어 試料와 같이 처리한 후 GC의 各成分 retention time과 peak area를 比較하여 定性하고 定量하였다. 市販中인 淸酒와 銘藥酒도 같이 처리하여 分析하였다.

Dimethyl sulfide와 diacetyl의 分析 : 各各 西谷³⁰⁾과 Dumont³¹⁾의 方法에 의하여 50°C에서 30分間 加溫하여 發生한 headspace gas를 GC에 注入하여 Table 3과 같이 分析하였으며 標準物質의 檢量線을 利用 定量하였다.

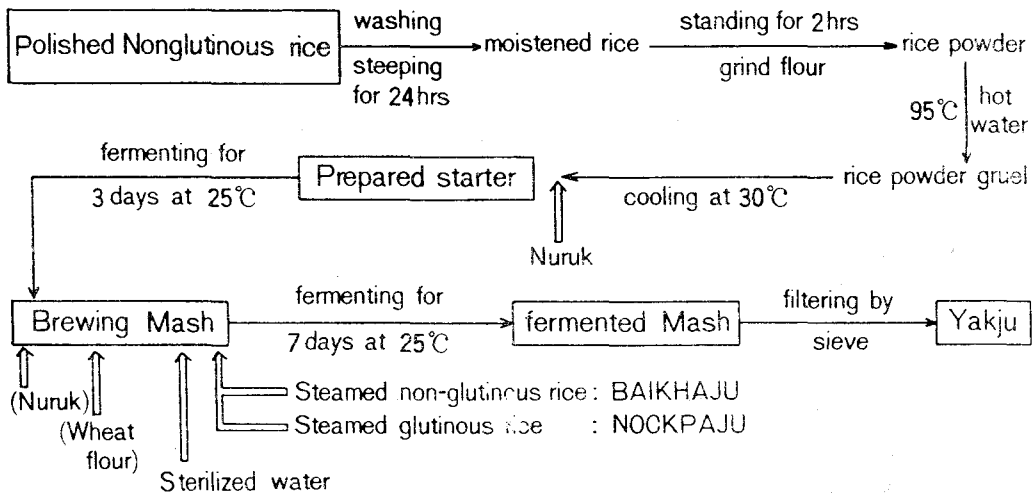


Fig. 1. Brewing method of Yakju of Baikhaju type and Nokpaju type

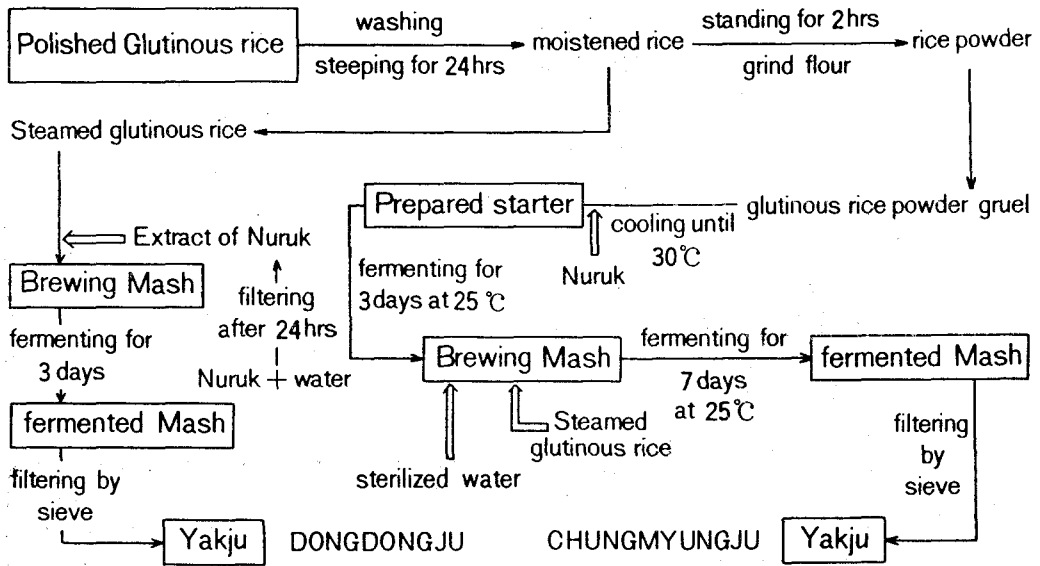


Fig. 2. Brewing method of Yakju of Dongdongju type and Chungmyungju type

Table 1. Formula of raw material of 4 types' Yakju

	Prepared starter				Brewing mash		
	Nonglutinous rice (g)	Glutinous rice (g)	Water (ml)	Nuruk (g)	Nonglutinous rice(g)	Glutinous rice (g)	Water (ml)
Baikhaju	300		600	90	600		600
Nockpaju	300		600	90		600	600
Dongdongju		900	1200	90			
Chungmyungju		300	600	90		600	600

Table 2. Operating conditions for GC analysis of lowboiling aroma compounds in Yakju

Instrument	: PYE UNICAM PU 4500 chromatograph(Phillips) equipped PYE UNICAM PU 4810 computing integrator(Phillips)
Detector	: FID
Column	: 10% Carbowax 20M on Chromosorb HP(100~120 mesh) glass column(3mmφ×2m)
Column temp.	: 60°C→130°C (4°C/min)
Injection temp.	: 140°C
Detector temp.	: 150°C
Carrier gas	: N ₂ gas 40ml/min

Table 3. Operating conditions for GC analysis of dimethyl sulfide and diacetyl

	Dimethyl sulfide	Diacetyl
Instrument	Hitachi K-53	Hitachi K-53
Detector	FPD	FID
Column	25% 1,2,3 Tris [2 cyanoethoxy] propane on Chromosorb P (80~100 mesh, treated AW-DMCS) glass column (3m/mφ ×2m)	8% TCEP on Chromosorb W (60~80mesh) glass column(3 m/mφ×2m)
Oven temp.	70°C	80°C
Injection temp.	100°C	80°C
Detector temp.	200°C	150°C
Carrier gas.	N ₂ gas 33ml/min	N ₂ gas 40ml/min

結 果 및 考 察

1. 低 沸 點 揮 發 成 分 含 量

藥 酒 의 低 沸 點 揮 發 成 分 을 分 析 하 기 위 하 여 試 料 藥 酒 를 50°C 에 서 30 分 間 加 溫 하 여 揮 發 시 킨 head-space gas 를 捕 集 하 여 分 析 한 GC chromatogram 은 Fig. 3 과 같 고 試 料 藥 酒 와 비 교 할 目 的 으 로 시 中 에 서 구 입 한 淸 酒 와 銘 藥 酒 의 GC chromatogram 은 Fig. 4 와 같 으 며 分 析 結 果 는 Table 4 와 같 다. 이 結 果 를 보 면 formaldehyde 는 綠 波 酒, 동 동 酒

淸 明 酒 에 서 비 슷 하 였 고 白 霞 酒 는 0.32ppm 으 로 현 저 하 게 낮 았 으 며 acetaldehyde 에 있 어 서 도 동 동 酒 와 淸 明 酒 는 62ppm 으 로 높 았 고 白 霞 酒 는 28ppm 으 로 가 장 낮 았 다. Aldehyde 는 중 요 한 관 능 요 소 로 써 香 氣 効 果 가 복 잡 하 며 특 히 短 鎖 인 acetaldehyde 는 그 値 가 높 아 야 한 다 고 하 였 다.¹⁸⁾

Acetone 은 白 霞 酒 에 서 는 檢 出 되 지 않 았 고 동 동 酒, 綠 波 酒 는 1~2ppm 微 量 定 量 되 었 으 며 ethylacetate 는 綠 波 酒 가 41.26ppm 으 로 가 장 많 고 白 霞 酒 에 서 17.84ppm 으 로 가 장 낮 았 다. 試 料 藥 酒 는 ethylacetate 이 외 의 저 비 점 ester 이 GC chromatogram 에 서 처 럼 혼 雑 만 檢 출 되 어 ester 의 種 類 가 다

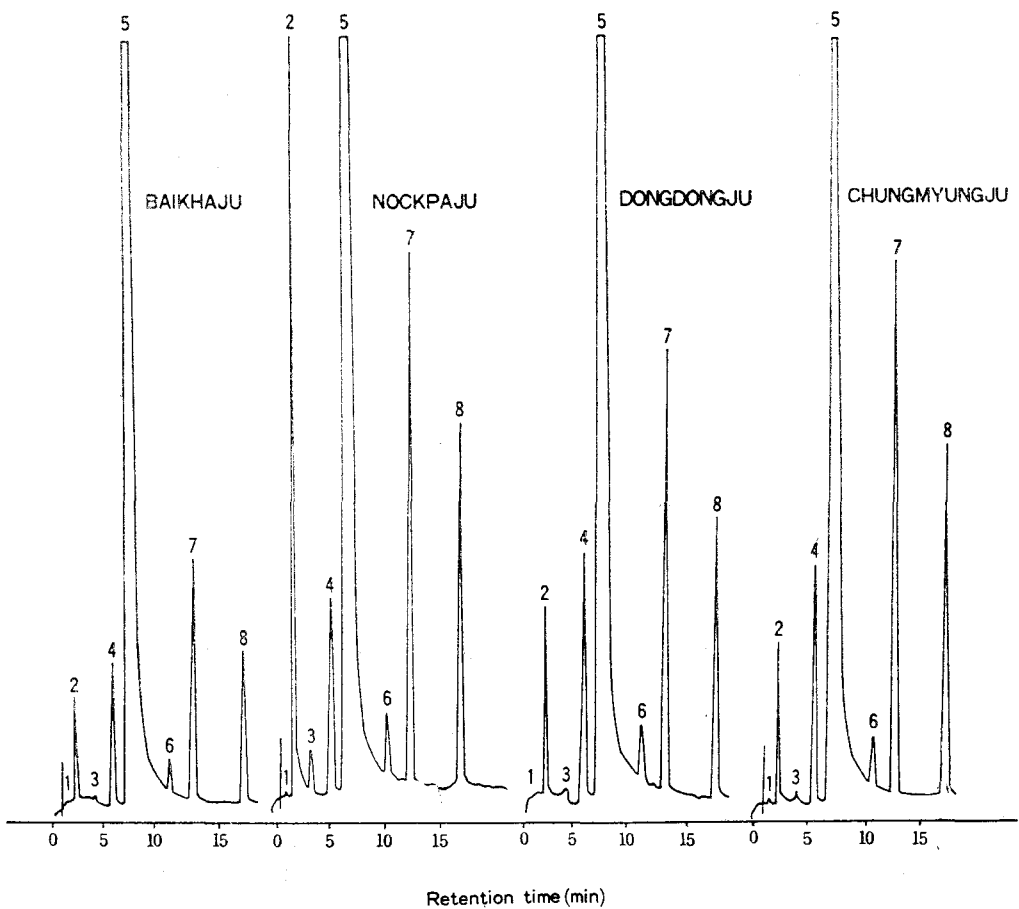


Fig. 3. Gas chromatogram of lowboiling volatile components of Baikhaju, Nockpaju, Dongdongju and Chungmyungju:

- | | | | |
|-----------------|-----------------|----------------|----------------------------------|
| 1. Formaldehyde | 2. Acetaldehyde | 3. Acetone | 4. Ethylacetate |
| 5. Ethanol | 6. n-Propanol | 7. iso-Butanol | 8. iso-Amylalcohol ¹⁾ |

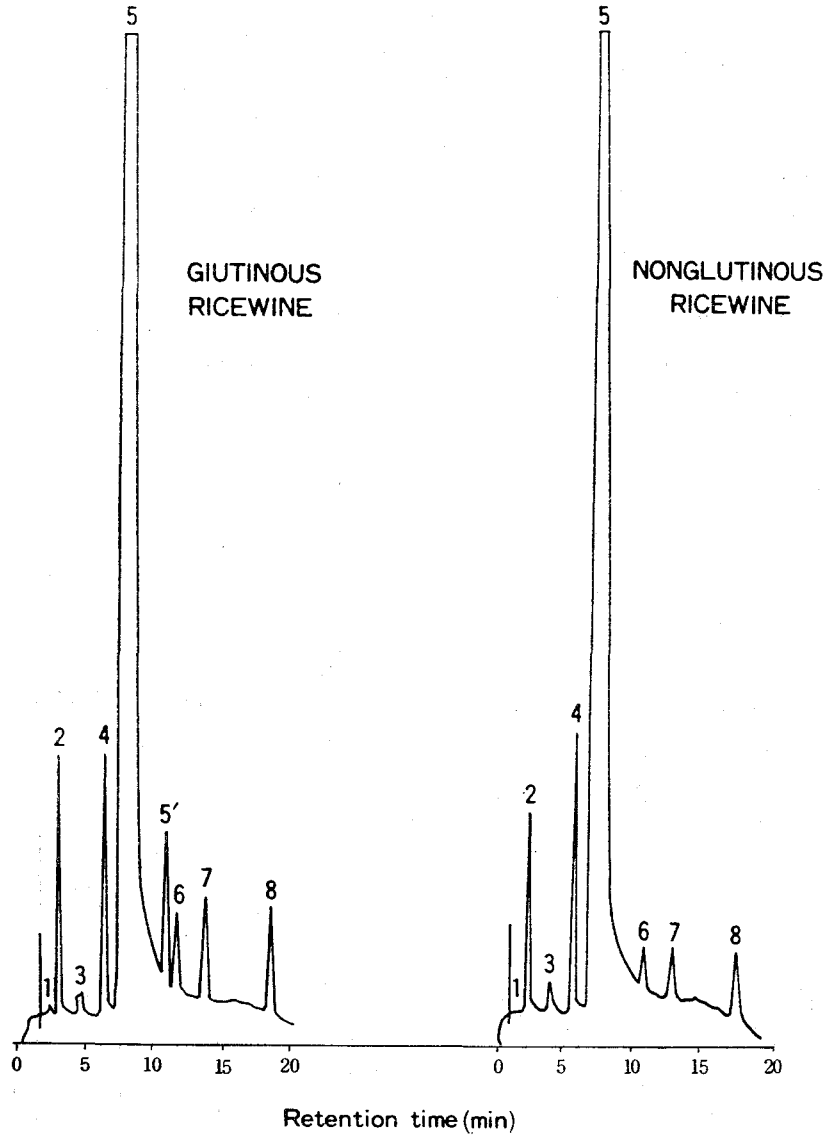


Fig. 4. Gas chromatogram of lowboiling volatile components of commercial wine made from glutinous rice (K) and nonglutinous rice (B):

- 1. Formaldehyde 2. Acetaldehyde 3. Acetone 4. Ethylacetate 5. Ethanol
- 6. n-Propanol 7. iso-Butanol 8. iso-Amyl alcohol 5'. iso-Butylacetate

양하지 못할 뿐더러 향기 기여도가 낮은 것으로 관찰되며 Suomalainen²³⁾은 ester의 형성은 acid와 alcohol의 비효소적 화학반응으로 설명되었으나 온도와 pH에 따라 ethylacetate 양에 차이가 있다고 하였으며 ester 생성에서 CoA는 필수 조효소이며 지방산의 활성화와 acetyl CoA 화합물 형성에 영향을 미친다고 하였으며 野白²²⁾은 ester의 생성은 배지중 高級脂肪酸과 밀접한 관계가 있어 不飽

和脂肪酸의 존재에 의하여 강한 阻害를 받는다고 하였는바 傳統藥酒의 제조시에 곡류의 最大吸水率 38%는 水浸時間 2~3時間에 達²³⁾할 수 있음에도 1~2日 水浸하는 것은 쌀을 물에 장시간 담금으로써 粘度를 증가시키고 쌀중의 不飽和脂肪酸을 변화시켜 ester의 生成量을 증가시키고 香味를 증가시키고자 하였던 것으로 사료된다.

Table 4. Lowboiling volatile components of head space gas in Yakju

		Baikhaju	Nockpaju	Dongdongju	Chungmyungju	Ricewine "B"	Ricewine "K"
Formaldehyde	ppm	0.32	0.84	0.72	0.65	0.92	0.61
Acetaldehyde	ppm	28.52	49.84	62.04	61.85	30.29	57.04
Acetone	ppm	—	2.15	1.01	0.09	0.82	1.01
Ethyl acetate	ppm	17.84	41.26	35.43	32.92	34.05	32.18
Ethyl alcohol	g/100ml	14.78	14.30	13.35	14.38	12.56	12.72
n-Propanol	ppm	50.84	73.74	50.95	68.30	30.44	72.54
iso-Butanol	ppm	72.12	168.92	130.48	194.21	12.56	24.72
iso-Amyl alcohol	ppm	418.14	870.55	713.27	925.04	94.18	129.04
iso-Butyl acetate	ppm	—	—	—	—	—	3.07
Dimethyl sulfide	ppb	5.0	20.0	65.0	42.0		
Diacetyl	ppm	1.012	0.246	0.905	0.032		

* Rice wine "B" is made from nonglutinous rice and rice wine "K" is made from glutinous rice. Both of them are the commercial refined rice wines.

2. Fusel oil 含量

藥酒中 n-propanol은 50~70ppm으로 거의 비슷하였으나 iso-butanol은 白霞酒가 72.12ppm으로 가장 낮았고 綠波酒, 淸明酒는 各各 168.92ppm, 194.21ppm으로 높았다. Fusel oil 중 가장 많은 성분은 iso-amyl alcohol로써 淸明酒가 925ppm으로 가장 많고 白霞酒가 418ppm으로 가장 낮았다. 藥酒中 fusel oil의 組成은 Table 5와 같이 iso-amyl alcohol이 77~80%를 차지하고 있으며 iso-butanol이 13~16%, n-propanol이 5~9%이었다. 淸明酒와 綠波酒는 fusel oil 量이 1,100ppm이었으며 동동酒는 890ppm이었고 白霞酒는 540ppm으로 가장 낮았다. Zee²¹⁾는 wine과 whisky의 主要香氣成分으로 n-propanol, iso-butanol, iso-amyl alcohol, n-amyl alcohol을 지적하였으며 良質의 brandy는 fusel oil의 含量이 높으면서도 n-propanol은 可能하면 적어야 한다고 한 것에 따르면 傳統

藥酒는 主要香氣成分을 고루 含有하고 있으며 淸明酒가 가장 良好하고 白霞酒가 가장 낮은 香味를 갖는 것으로 생각된다. Fusel oil은 酵母의 種類에 따라서도 그 組成이 크게 달라 Jerez 酵母는 fusel oil 중 n-propanol을 20.2%, M 酵母는 2.6% 生成하였으며 M 酵母는 amyl alcohol을 94.7%, Burgundy 酵母는 69.4% 生成한다는 報告²¹⁾와는 차이가 있었다.

3. Dimethyl sulfide 含量

엿살 藥酒인 白霞面에서 5ppb로 가장 적게 檢出되었으며 참살 藥酒인 동동酒에서 65ppb로 가장 높게 나타났다. 쌀로 釀造한 酒類中의 揮發性含黃化合物로 H₂S, dimethyl sulfide, dimethyl disulfide, methyl mercaptan, n-butyl mercaptan 등이 存在할 수 있으나²²⁾ dimethyl sulfide(DMS) 이외에는 檢出되지 않았으며 이들의 含量이 극히 微量일 지라도 低沸點으로 아주 낮은 odor threshold를 갖

Table 5. The composition of fusel oil in 4 types' Yakju

	n-Propanol (%)	i-Butanol (%)	i-Amyl alcohol (%)	Total amount of fusel oil (ppm)
Baikhaju	9.39	13.32	77.28	541.1
Nockpaju	6.62	15.09	78.21	1113.2
Dongdongju	5.69	14.58	79.72	894.7
Chungmeyngju	5.75	16.35	77.92	1187.55

고 反應力이 높아 다른 成分과 쉽게 二次化合物을 만들어 藥酒의 香味를 變化시킨다. 特히 DMS는 常溫貯藏古米를 사용하여 釀造할 때 甘臭, 靑臭라고 부르는 特異臭를 發生하여 酒質을 劣化시킨다.³⁵⁾ DMS는 原料中에 存在하는 S-methyl methionine(SMM)의 量에 따라 決定되며³⁶⁾ ale에서는 거의 檢出되지 않고 lager 麥酒에서만 檢出됨으로^{37,38)} 맥주의 香味를 決定하는 주요 成分으로 주목되어 含黃化合物의 含量으로 저장맥주의 香味豫測을 기도하였다. DMS는 麥芽의 건조과정과 酵母의 종류 및 開放醱酵과 密閉醱酵時에 각각 生成量이 달라 밀폐발효시에 거의 그 배량이 生成된다고 報告^{37,38)}하였으며 Dickenson³⁹⁾은 DMS 生成을 억제하기 위하여는 原料와 醱酵過程中 生成原因物質인 SMM의 生成을 억제하여야 한다고 하였다. DMS는 熱에 不安定하며 貯藏에 의하여 減少되어 14°C에서 3.5日 저장할 때 半減된다고 하였다.³⁹⁾ 試料藥酒中の DMS는 表에서와 같이 5~65ppb 生成되어 麥酒의 90~380보다 極微量 定量된 것은 原料米의 含黃化合物量이 보리보다 적고 藥酒醱酵가 開放醱酵인 것으로 생각된다.

4. Diacetyl 含量

白霞酒가 1.012ppm, 綠波酒 0.246ppm, 동동酒가 0.905ppm이었으며 淸明酒는 0.032ppm으로 藥酒의 種類에 따라 1:30의 현격한 含量差가 있었다. Diacetyl은 黃綠色을 띠는 低沸點(b.p. 88°C) 物質로 農釀製品의 芳香³⁹⁾이나 alcohol 醱酵中에도 酵母의 正常的인 醱酵副產物로 微量 生成된다. 그러나 과잉생성은 alcohol 醱酵中 *Pediococcus aerobacter*等 細菌에 의하여 malo-lactic fermentation 과정중 合成되기도 하고⁴⁰⁾ 醱酵終了前 압착여과할 때 pyruvic acid로 부터 生成된 α-ketolactic acid가 자동산화되어 生成된다.⁴¹⁾ 또한 dimethyl glycol에서 由來되기도 하며 2mol의 acetaldehyde가 acetoin으로 合成되고 acetoin이 酸化되어 生成⁴¹⁾된다고 하였다. 따라서 acetaldehyde 含量이 낮으면 diacetyl 量이 증가한다. Aldehyde 含量이 가장 낮은 白霞酒는 diacetyl이 가장 많았고 aldehyde가 많은 淸明酒는 diacetyl이 極微量이어서 같은 경향을 나타내었으나 여타의 경우 *Lactobacillus hiochii*등 젖산菌의 生理作用 영향이 큰 것으로 생각된다.

5. 日本淸酒 및 銘藥酒와의 比較

以上の 結果를 日本淸酒(B)와 참쌀로 제조하여 市販中인 銘藥酒(K)와 비교하기 위하여 分析한 B와 K의 GC chromatogram은 Fig. 4와 같으며 結果는 Table 4와 같다.

Formaldehyde와 acetaldehyde 등 aldehyde는 동동酒와 淸明酒는 銘藥酒(K)와 비슷한 水準이었고 白霞酒는 日本淸酒(B)와 비슷하였다. 銘藥酒(K)는 試料藥酒와 日本淸酒(B)에서 分離되지 않은 iso-butylacetate가 定量되었으며 淸酒와 銘藥酒의 iso-butanol과 iso-amyl alcohol 含量이 현저하게 낮아 淸酒에 있어서는 12.56ppm과 94.18ppm이었으며 銘藥酒는 24.72ppm과 129.04ppm이었다. 高級 alcohol의 含量에 있어 銘藥酒가 日本淸酒의 2배 정도이었으며 試料藥酒는 n-propanol보다 iso-butanol이 더 많았으나 日本淸酒와 銘藥酒는 n-propanol이 iso-butanol보다 2~3배 많이 定量되었다. 이것은 앞에서 고찰한 바와 같이 原料의 처리 과정과 발효방식의 차이인 것으로 생각된다. 日本淸酒에 있어서도 新酒와 古酒의 香氣成分에 差異⁴²⁾가 있으며 쌀의 도정비율이 크게 作用하고 單一菌株인 koji 사용에 의하여 成分組成이 비교적 안정되어 있으나 試料는 누룩사용 비율이 높고 담금 配合이 다양하여 香氣成分 含量에 차이가 있는 것으로 생각된다.

抄 錄

傳統藥酒인 白霞酒, 綠波酒, 동동酒, 淸明酒를 釀造하여 揮發性 香氣成分을 head space gas로 捕集하여 分析하였다. 香氣成分으로 formaldehyde, acetone, diacetyl, acetaldehyde, ethyl acetate, ethanol, propanol, iso-butanol, iso-amyl alcohol, dimethylsulfide가 分離 定量되었으며 acetaldehyde, ethyl acetate, n-propanol은 各酒品에 따라 17.84~73.74ppm으로 acetaldehyde는 동동酒가 62.04ppm, ethylacetate는 綠波酒가 41.26ppm, n-propanol은 綠波酒가 73.74ppm으로 가장 많았으며 iso-butanol과 iso-amyl alcohol은 淸明酒가 各各 194.21ppm, 925.04ppm으로 가장 높았으며 白霞酒는 72.12ppm 및 418.14ppm으로 가장 낮았다. Formaldehyde와 acetone은 0~2.15ppm으로 白霞酒에서는 acetone이 定量되지 않았다. Dimethyl sulfide의 含量은 酒品에 따라 5~65ppb로써 동동주가 65ppb로 가장 많았으며 diacetyl은 0.032~1.012ppm으로 酒品에 따라 差가 컸다.

參考文獻

1. 上野敏勇：朝鮮藥學會雜誌, 6 : 32 (1927)
2. 張智鉉：韓國食品研究文獻 總覽(1), p. 528.
韓國食品科學會, 서울 (1971)
3. 崔光洙：嶺南大學校 食自然論文集, 2 : 95 (1978)
4. Yu, T.J. and Chang, K.J.: Korean J. Food Sci. Technol., 13 : 307 (1981)
5. Park, M.Y.: Korean J. Applied Microbiol Beong., 3 : 24 (1975)
6. Bavisotto, V.S. and Roch, L.A.: Proc. Amer. Soc. Brew. Chem., 63 (1959)
7. Suomalainen, R. and Nykanen, L.: J. Inst. Brew., 72 : 469 (1966)
8. Williams, A.A., Tucknott, O.G. and Hollands, T.A.: Z. Lebensm. unters Forsch., 172 : 377 (1981)
9. Drawert, F. and Rapp, A.: Chromatographia, 1 : 446 (1968)
10. Brock, M.L., Kepner, R.E. and Webb, A.D.: Am. J. Enol. Victic., 35 : 151 (1984)
11. Brander, C.F., Kepner, R.E. and Webb, A.D.: Am. J. Enol. Victic., 31 : 69 (1980)
12. Kwan, W.O. and Kowolski, B.R.: Abstract 95. Agric. Food Chem. Sec. 177th Nat. Meeting, Am. Chem. Soc., Honolulu (1979)
13. Simpson, R.F.: J. Sci. Food Agric., 31 : 214 (1980)
14. Williams, A.A., Lewis, M.J. and May, H. V.: J. Sci. Food Agric., 34 : 311 (1983)
15. Etievant, P.X., Issanchou, S.N. and Bayonore, C.L.: J. Sci. Food Agric., 34 : 497(1983)
16. Etievant, P.X. and Bayonore, C.L.: J. Sci. Food Agric., 34 : 393 (1983)
17. Van Wyk, C.J., Kepner, R.E. and Webb, A.D.: J. Food Sci., 32 : 669 (1968)
18. Williams, A.A. and Tucknott, O.G.: J. Sci. Food Agric., 22 : 264 (1971)
19. Tucknott, O.G. and Williams, A.A.: J. Sci. Food Agric., 29 : 381 (1978)
20. Webb, A.D., Kepner, R.E. and Galetto, W. G.: Am. J. Enol. Victic., 15 : 1 (1964)
21. Zee, J.A., Simard, R.E., Carbillet, L. and Liber, E.: Lebensm. u. Technol., 17 : 54 (1984)
22. Kahn, J.H., Shipley, D.A., LaRoe, E.G. and Corner, H.A.: J. Food Sci., 34 : 587 (1969)
23. Suomalainen, R.: J. Inst. Brew., 77 : 164 (1971)
24. 日本釀造協會編：釀造成分一覽, 東京 (1977)
25. Meilgaard, M.C.: J. Agric. Food Chem., 30 : 1011 (1982)
26. Jennings, W.G., Wohleb, R. and Lewis, M.J.: J. Food Sci., 37 : 69 (1972)
27. Chong, S.T.: Song-won, 11 : 483 (1985)
28. Kato, H., Tsugita, T., Imal, T., Doi, Y. and Kurata, T.: Agric. Biol. Chem., 43 : 1351 (1979)
29. 西谷尙道：J. Inst. Brew.(JPN), 78 : 275(1983)
30. 西谷尙道：J. Inst. Brew. (JPN), 78 : 435 (1983)
31. Dumont, J.P.: In Progress in flavor reserch 1984, Adda, J. (ed.), Elsevier, N.Y. (1985)
32. 野白喜久雄：香料(JPN), 120 : 59 (1978)
22. Yang, H.C., Hong, J.S. and Kim, J.M.: Korean J. Food Sci. Technol., 14(2) : 141 (1982)
34. 難波康之祐：J. Soc. Brew. Japan, 75 : 791 (1980)
35. 難波康之祐：J. Soc. Brew. Japan, 75 : 469 (1980)
36. Dickenson, C.J.: J. Inst. Brew., 89 : 41(1983)
37. Sinclair, A., Hall, R.D., Thorburn, D. and Hayes, W.P.: J. Sci. Food Agric., 21 : 468 (1970)
38. Anderson, R.J., Clapperton, J.F., Crabb, D. and Hudson, J.R.: J. Inst. Brew., 81 : 208 (1975)
39. Lee, J.S., Kim, Y.B. and Ko, Y.T.: Korean J. Food Sci. Technol., 17 : 51 (1985)
40. Postel, W. and Meier, B.: Z. Lebensm. unters Forsch, 176 : 356 (1983)
41. Margalith, P. and Schwartz, Y.: Advanced Applied Microbiology., 12 : 46 (1970)
42. 高稿康次郎：J. Brew. Soc. Japan, 75 : 463 (1980)