

## 전통누룩에서 분리한 효모 88-4로 제조한 술의 증류 특성

이대형\* · 이용선 · 서재순 · 원선이 · 조창휘 · 박인태 · 김태완<sup>1</sup> · 김재호<sup>1</sup>

경기도농업기술원 작물연구과, <sup>1</sup>한국식품연구원 우리술연구팀

## Qualities of distilled liquor using *Saccharomyces cerevisiae* 88-4 separated from traditional *Nuruk*

Dae-Hyoung Lee\*, Yong-Seon Lee, Jae-Soon Seo, Seon-Yi Won, Chang-Hui Cho, In-Tae Park, Tae-Wan Kim<sup>1</sup>, and Jae-Ho Kim<sup>1</sup>

Gyeong gi-do Agricultural Research Extension Services  
<sup>1</sup>Brewing Research Team, Korea Food Research Institute

**Abstract** This study reviews the manufacturing characteristics of distilled liquor prepared using *Saccharomyces cerevisiae* 88-4 separated from traditional *Nuruk*. From analysis of soju mash (sool-dut) during the fermentation process, 17.2% of alcohol was detected in the final fermentation with succinic acid present at the highest level (7,164.3±85.2 ppm). From the analysis of alcohol content in different distillation conditions, distillation condition No. 6 showed the lowest amount of alcohol (29.6±0.0%), whereas distillation condition No. 4 showed the highest amount (59.9±0.1%). *n*-propanol has been detected at the highest level in distilled liquor under conditions No. 1 and 4, each being 163.4±18.3 and 174.0±0.1 ppm, respectively. Isobutanol showed a tendency similar to *n*-propanol. Distilled liquor in conditions No. 1 and 4 has shown the highest acetaldehyde level, each being 303.4±4.5 and 325.4±13.1 ppm, respectively. After distillation, 14 volatile substances were found in common, with isoamyl alcohol present at the highest levels in all the distilled liquors. Distillation conditions No. 3, 5, 6, and 7 have shown high levels of isobutanol that emits a banana-like fragrance and ethyl octanoate that emits a pleasant fruity and floral fragrance.

**Keywords:** distilled soju, *Ipguk*, *Nuruk*, yeast

## 서 론

우리나라의 전통 소주 제조법은 일본 원정을 목적으로 한반도에 진출한 원나라에 의해서 전래된 것으로 추정되고 있다. 문헌에 소주가 기록된 것은 “고려사”로 고려시대부터 이미 소주를 음용하는 풍속이 널리 퍼져 있었다고 본다. 고려시대에서 비롯되어 조선시대를 지나는 동안 과정이나 방법에 있어서는 큰 변화가 없었으나 일본 강점기를 거치면서 1916년 주세법의 시행세칙이 나오면서 주막이나 식당에서 소주를 제조하여 판매하는 것이 금지되었고 양조의 기업화가 이루어지기 시작했다(1). 1961년 정부의 양곡정책으로 소주제조에 쌀 사용이 금지되면서 증류식 소주의 맥이 단절되었으나 1991년 쌀 사용이 허용되면서 안동소주, 문배주, 옥로주, 이강주 등이 생산되기 시작하였다(2).

전통 소주는 쌀 또는 다양한 곡류와 누룩으로 빻어 발효시킨 뒤 증류시킨 증류주이기 때문에 곡류 원료나 증류 방법 및 소줏고리의 형태에 따라 맛과 향기에 독특한 차이가 있다. 전통 소주

의 품질은 발효 과정 중 효모 또는 누룩과 같은 미생물의 영향을 받을 수 있으며 효모는 알코올, 카보닐 화합물, 유기산, ester, 아민과 같은 향기성분을 주로 만들어 낸다. 소주 발효과정에서 생성되는 퓨젤유와 방향족 화합물들은 소주의 향기에 가장 큰 역할을 한다(3). 그 동안 우리나라의 증류주에 대한 연구로는 Cho 등(4)이 국내와 일본에서 쓰이는 스테인리스 감압증류기 대신에 유럽을 포함한 대다수의 증류주를 만드는 나라에서 쓰이는 구리 증류기를 이용하여 증류기의 종류에 따른 향기성분과 증류 효율 등의 품질특성을 밝혔고, 효모의 선택에 따라 제품의 맛과 품질에 미치는 영향에 관한 연구가 있었다. 또한 증류주 제조 시 압력, 환류비 및 충전물의 유무분획 등 증류조건을 달리하여 획득한 성분의 특성을 분석한 결과도 보고 되고 있다(5). 또한 Lee 등(6)은 증류기 재질과 여과 방법이 증류식 소주의 주요 향기성분에 미치는 영향을 조사하였으며, Jeong과 Seo(7)는 현재 보편적으로 사용되고 있는 스테인리스 감압 증류기와 전통 소줏고리를 사용한 소주의 휘발성 성분을 비교하여 증류식 소주의 퓨젤유 및 휘발성 성분의 특성에 관해 조사하였다. Yi 등(8)과 Kim 등(9)은 당화제로 쓰이는 누룩의 종류에 따른 증류주의 이화학적 특성 중 알코올 함량과 pH, 총산 함량 등을 비교하고 증류 방법에 따른 알데하이드류와 푸르푸랄류, ester류의 검출량을 측정하였다.

현재 국내에서의 증류주 관련 연구는 증류기 재질과 증류 방법에 따른 연구가 대부분이었고 최근 증류주의 품질 향상을 위한 효모 선발 연구(10)등이 시도되었다. 하지만 효모 연구는 기존 시판효모를 기반으로 한 연구가 대부분으로 증류주용 효모를

\*Corresponding author: Dae Hyoung Lee, Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Hwasung, Gyeonggi 18388, Korea  
Tel: 82-31-229-5763  
Fax: 82-31-229-5962  
E-mail: leedh2@gg.go.kr  
Received January 23, 2017; revised March 13, 2017;  
accepted March 16, 2017

자연계에서 분리하고 이것을 이용한 증류주 연구는 전무한 상황이다. 따라서 본 연구는 An과 Kim(11)의 특허 결과인 전통 누룩으로부터 분리한 향미 증진용 효모를 이용한 증류주의 제조특성에 관한 연구를 통해 우리나라 현대 증류식 소주의 품질 향상을 검토하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 사용 균주

본 실험에 사용한 소주 제조용 원료미는 2013년에 생산되어 시중에 시판된 오대쌀(Odae, *Oryza sativa* L.) 제품을 구매하여 15°C에 보관하며 바로 실험에 사용하였다. 발효제 입국(*Aspergillus luchuensis*, sp 150)은 조은곡식(Choeun-goksik Co. Ltd, Hwaseong, Korea)에서 구입하여 사용하였다. 주모 제조를 위한 효모 (누룩으로부터 분리한 *Saccharomyces cerevisiae* 88-4)는 한국식품연구원으로부터 분양 받은 액체 YEPD (yeast extract 2%, peptone 1%, dextrose 2%) 배지에서 30°C, 48시간 배양 후 사용하였으며 일반 분석용 시약은 특급을 사용하였다.

### 술덧 제조

입국을 이용한 술덧은 국제청 제조방법을 변형하여(12) 제조하였다. 즉, 밀술용기에 시판 입국 6.92 kg과 물 8.31 L, 88-4 효모 14 mL ( $3.6 \times 10^8$  CFU/mL)을 첨가하여 25°C에서 5일 동안 발효시켜 밀술을 제조하였다. 이후 덧술 담금을 위해 쌀 23 kg를 세척하고 2시간 동안 침지한 후 1시간 동안 물 빼기를 하였다. 물 빼기가 끝난 쌀은 30분 동안 증자 한 후 30°C로 냉각하였으며 밀술용기에 담고 물 42.69 L와 혼합하여 10일간 25°C에서 발효시켜 소주 제조에 필요한 술덧을 제조하였다.

### 술덧 증류

제정 과정을 통해 술지게미를 제거한 후 일반적으로 사용하고 있는 감압 증류 조건인 압력 -60, -50 cmHg 및 증류 온도(50, 60°C), 초류커트 (0, 7%), 본류커트 (30%, 50%) 등 8가지의 다양한 조건에서 증류를 진행하였다(Table 1).

### 술덧 주류분석

술덧의 물리화학적 성질에서 에탄올 함량은 원심분리한 각각의 발효액을 수증기 증류한 다음 주정계로 측정하였다. pH는 pH meter (781pH/Ion meter, Metrohm Merisau, Switzerland)로 측정

**Table 1. Distillation condition distilling the mash made with separated *Saccharomyces cerevisiae* 88-4**

Condition No.	Pressure (cmHg)	Distilling temperature (°C)	Head cut (%)	Body cut (%)
1	-60 <sup>1)</sup>	60	0	30
2	-50	60	7	30
3	-60	50	0	50
4	-50	50	0	30
5	-50	60	0	50
6	-50	50	7	50
7	-60	60	7	50
8	-60	50	7	30

<sup>1)</sup>Pressure unit conversion: -60 cmHg (-0.08 Mpa), -50 cmHg (-0.067 Mpa)

하였으며 총산은 시료 10 mL에 나프탈렌(naphthalene)을 2-3방울 가하여 0.1 N NaOH 용액으로 담녹색이 나타날 때까지 중화 적정하여 그때까지 소비된 NaOH의 양을 호박산(succinic acid)으로 환산하여 표시하였으며 휘발산도는 알코올 농도 측정에 사용한 증류액 10 mL을 취한 후, 나프탈렌을 2-3방울 가하여 0.01 N NaOH용액으로 담녹색이 나타날 때까지 중화 적정하여 그때까지 소비된 NaOH의 양을 초산으로 환산하여 표시하였다(12). 환원당 함량은 DNS (3,5-dinitrosalicylic acid)가 환원되어 생성된 3-amino-5-nitrosalicylic acid의 흡광도를 UV/VIS 분광광도계(Diod-Array) HP 8453 (Hewlett Packard, Palo-alto, CA, USA)으로 550 nm에서 측정하였다(13). 별도로 포도당 15-300 µg을 함유하는 표준용액의 검량선을 작성하여, 시료 중의 환원당량(mg/mL)을 구하였다.

### 유기산 함량

유기산은 시료를 0.45 µm membrane filter를 사용하여 여과한 후 HPLC (Agilent 1100 series UV/VIS detector, Folsom, CA, USA)로 분석하였다. 유기산의 분석용 column으로는 Aminex Hpx-87H (Bio-rad, Hercules, CA, USA)를 사용하였으며 검출파장은 210 nm, 오븐(oven)의 온도는 35°C, 유속은 0.6 mL/min 조건에서 분석하였다(14).

### Fusel alcohol 및 유해물질

증류주의 fusel alcohol와 유해성분 분석은 flame ionization detector (FID)가 장착된 gas chromatography (GC, Agilent 7830 series, Folsom, CA, USA)를 사용하였다. GC 분석에 의하여 분리된 각 peak 성분은 표준물질의 머무름 시간과 비교하여 동정하였다. 이때 사용한 표준물질 (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)은 이들 물질의 단용 또는 혼합물로 표준 크로마토그램을 구하였다. 휘발성 성분의 분리를 위해 column은 DB-WAX (30 m×0.53 mm I.d., 1 µm film thickness, J&W Scientific, Folsom, CA, USA)를 사용하였다. Oven의 온도는 45°C에서 2분간 유지한 후, 10°C/min 속도로 230°C까지 온도를 올려 230°C에서 4.5분간 유지하였다. Carrier gas (He)의 유속은 4 mL/min로 유지하였다. GC injector와 detector 온도는 각각 240°C로 설정하여 시료 1.0 µL를 split ratio 20:1로 주입하였다(15).

### 휘발성 향기성분 분석

휘발성 향기성분은 시료 20 mL을 50 mL 유리 vial에 담아 알루미늄 캡을 이용하여 capping 후 solid phase microextraction (SPME) 방법을 이용하여 분석하였다. 시료를 70°C에서 20분간 평형 시킨 후 100 µm polydimethylsiloxane이 코팅된 fiber를 이용하여 20분간 향을 포집하여 Stabilwax DA column (30 m×0.25 mm I.d., 0.25 µm film thickness: Restek Corp., Bellefonte, PA, USA)이 장착된 mass selective detector (MSD)를 이용하여 분석하였다. 사용된 GC의 oven 온도는 40°C에서 2분간 유지 후 200°C까지 5°C/min의 속도로 상승시켰으며 200°C에서 5분간 유지시켰다. Injector 온도는 250°C로 하였으며, carrier gas로 helium을 사용하였다. MSD 조건은 capillary direct interface temperature 250°C, ion source temperature 230°C, electron ionization voltage 70 eV, mass range 45-550 a.m.u, 그리고 scan rate 2.2 scan/sec 였고 휘발성 화합물 동정은 mass spectra와 aroma properties를 비교하여 확인하였다(16).

### 관능평가

증류 후 숙성 없이 진행한 증류주의 관능평가는 증류수를 이

용해 알코올 함량이 25%가 되도록 물로 희석하여 관능 분석시료로 사용하였다. Lee 등(17)이 일부 변형한 대한민국 우리술 품평회 증류식 소주 관능평가법 및 평가표를 증류주 관능 경험이 있는 경기도농업기술원 패널 9명을 대상으로 실시하였다. 관능검사는 제조된 증류주에 대한 향, 맛 등에 대해 기호도를 1-9점의 척도로 표시하게 한 후 그 평균값을 구하여 향과 맛을 고려한 종합적인 기호도는 가장 싫다 1, 가장 좋다 9의 점수로 표시하였다.

**통계처리**

처리구는 3반복으로 수행하여 평균과 표준편차로 표현하였으며 이화학적 특성의 분석결과에 대한 통계처리는 SAS 프로그램 (Statistical Analysis System, SAS version 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 5% 유의수준에서 분석하였으며 Duncan's multiple range test로 각각의 변수에 대한 영향을 분석하였다.

**결과 및 고찰**

**증류주용 술덧 발효 분석**

효모 88-4를 이용한 증류주용 술덧 담금의 발효 분석 결과는 Fig. 1과 같다. 알코올은 1단 담금 5일까지 일반적인 술덧 발효 양상을 보였으며 2단 담금 후 투입된 원료와 급수의 영향으로 2.4%까지 떨어진 후 2일 후에 8.3%까지 최종 발효 시에는 17.2%로 측정되었다. 총산은 입국을 이용하여 발효한 1단 발효 4일에 1.73%의 높은 산도를 나타내었으며 쌀만 투입한 2단 발효 담금 후에는 0.21%로 떨어졌고 2단 2일부터 0.29%로 상승 한 이후에는 큰 변화 없이 유지되면서 최종 발효 시 0.42%로 측정되었다. 이것은 입국에서 유래되어 나온 다양한 유기산들이 산도에도 영향을 미쳤기 때문으로 생각된다(18). 휘발산도는 1단 담금 서는 약 0.39%로 매우 높다가 2단 담금 시 원료가 투입된 후에는 0.19%까지 떨어졌고 다시 상승하였다가 발효가 진행되면서 서서히 낮아져서 최종 발효 시에는 0.12%로 측정되었다.

환원당의 경우 1단 발효 초기에는 0.21 mg/mL이었으며 5일차에는 1.39 mg/mL로 큰 변화가 없었다. 이후 2단 발효 1일에는 10.33 mg/mL이었으며 이후 지속적으로 감소하여 2단 10일에는 0.76 mg/mL로 발효를 끝마쳤으며 발효 최종일에 낮은 포도당 함

량을 나타낸 것으로 보아 완전 발효가 된 것을 알 수 있다.

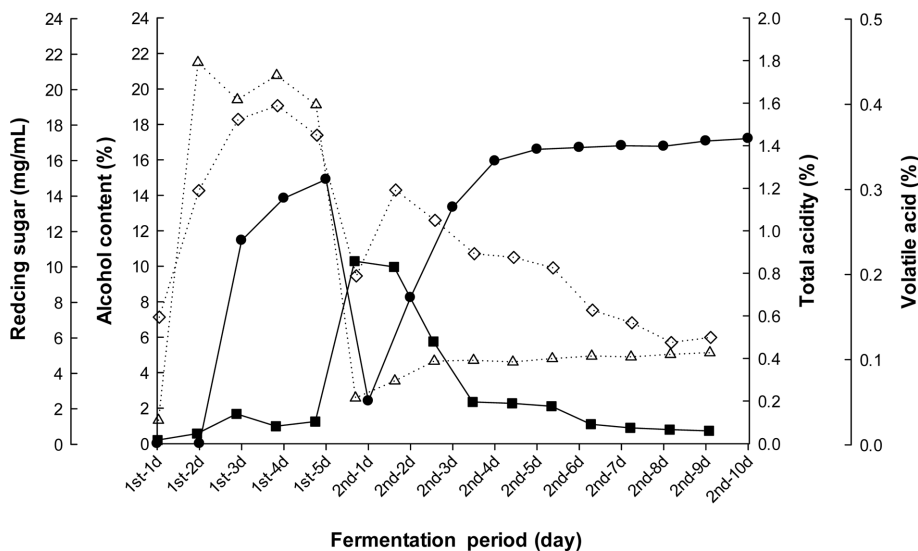
**증류주용 술덧 유기산 분석**

다음으로 술덧의 유기산 변화를 살펴본 결과는 Fig. 2와 같다. 입국 술덧에서 succinic acid는 1단 발효 5일에 13,836.3±75.2 ppm으로 최고 값을 나타내었다가 2단 담금 직후 감소한 이후로 발효기간 동안 지속적으로 상승하기 시작하여 최종 발효 시 가장 높은 7,164.7±85.2 ppm을 나타냈다. 발효 종료 시를 기준으로 succinic acid 다음으로 많은 것은 citric acid, malic acid 순으로 1,995.4±124.3 ppm과 420.7±19.0 ppm을 나타내었다. Citric acid는 입국 제조 시 *Asp. luchuensis*에 의해 citric acid가 생산된다고 보고된 연구결과와 일치하는 것이며(15) 이러한 입국이 다량 들어간 입국 술덧에서 citric acid가 높게 측정된 것으로 추측된다. 또한 젖산(lactic acid)은 가장 적은 5.2±1.8 ppm을 나타내었다. 젖산의 경우 발효 2단 1일차에 1.6±0.2 ppm에서 발효 2단 10일에는 45.4±2.6 ppm으로 조금 증가하였으며 반대로 malic acid는 발효일수가 증가할수록 함량이 감소하였다. 일반적인 입국이 첨가된 막걸리의 경우 malo-lactic fermentation (MLF)은 알코올 발효 후 *Lactobacillus* sp.와 *Leuconostoc* sp. 등과 같은 특정 유산균에 의해 일어나는 발효로서 이로 인하여 malic acid가 lactic acid로 전환되는 것으로 알려져 있는데(19) 본 실험에서 제조한 술덧 또한 초기에는 malic acid의 함량이 높았으나 발효시간이 지날수록 malic acid의 함량은 감소하면서 상대적으로 lactic acid의 함량은 증가하였다.

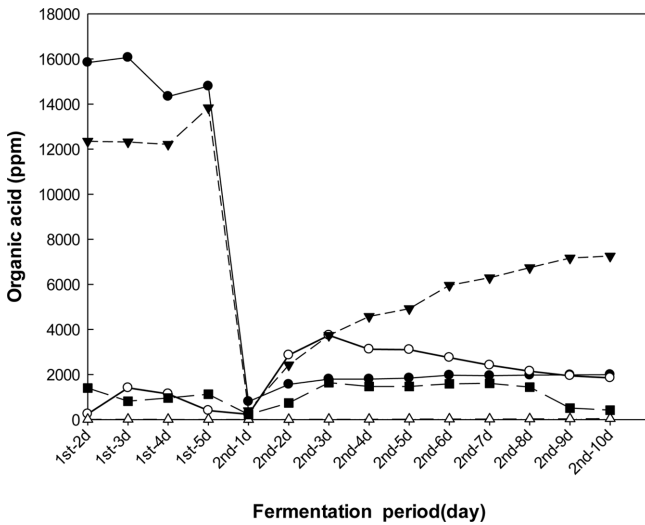
**증류 방법에 따른 증류주의 기본 성분 분석**

다양한 조건에서의 증류 방법에 따른 증류주 기본성분 중 알코올, 휘발산도, pH, 아세트산 분석결과는 Table 2와 같다. 증류 조건에 따른 알코올 분석 결과 압력 -50 cmHg, 증류온도 50°C, 초류 컷트 7%, 본류 컷트 50% (증류 조건 6)는 초기 알코올이 가장 낮은 29.6±0.0% 였으며 압력 -50 cmHg, 증류온도 50°C, 초류 컷트 0%, 본류 컷트 30% (증류 조건 4)은 가장 높은 59.9±0.1%였다.

증류 조건에 따른 휘발산도는 0.27±0.06-0.80±0.00 mL로 차이가 있었으며 다음으로 pH를 살펴본 결과 증류조건에 따라



**Fig. 1.** Changes of alcohol content (●), total acidity(△), volatile acid (◇) and reducing sugar (■) during fermentation of mash made with *Saccharomyces cerevisiae* 88-4



**Fig. 2. Changes of organic acid during fermentation of mash made with *Saccharomyces cerevisiae* 88-4.** ●: citric acid, ○: malic acid, ▼: succinic acid, ■: acetic acid, △: lactic acid

4.99±0.12-5.83±0.13으로 나타났으며 초류 7%를 받아서 제거한 후 본류 50%를 받은 6번과 7번 조건에서 4.93±0.04, 4.99±0.12로 낮은 pH를 나타내었다. 증류조건에 따른 초산의 함량은 초류를 7% 컷트한 후 본류를 50% 컷트한 6, 7번 증류 조건에서 높은 28.3±1.5와 31.1±0.5 ppm이 검출 되었으며 이 결과로 보아 초산은 본류의 후반부에 많이 증류되어 나오는 것을 알 수 있다(20). 비슷한 결과로 초류를 7% 컷트한 후 본류를 30% 컷트한 2, 8번 조건에서도 두 번째로 높은 11.6±0.2과 26.0±0.4 ppm의 초산이 검출 되었다.

**증류 방법에 따른 증류주 fusel alcohol 분석**

대부분의 증류식 소주에 함유되어 있는 주요한 향기 성분은 ester류(예: 초산과 알코올이 결합한 초산 ester류)와 지방산 ester 들이며 소주 발효과정에서는 알코올 외에 퓨젤유(고급알코올)가 생성된다(3). 이 퓨젤유 성분은 미량만으로도 소주의 풍미를 좌우하는 중요한 성분으로 이러한 성분들이 소주의 향기에 가장 큰

역할을 한다. 특히 *n*-propanol, isobutanol, isoamyl alcohol이 향기 성분에 있어 중요한 역할을 한다(21).

증류방법에 따른 증류주 fusel alcohol 분석결과는 Table 3과 같다. 증류 후 *n*-propanol 분석 결과는 초류를 버리지 않고 본류를 30%를 받은 1, 4번 조건 증류주에서 가장 높은 163.4±18.3, 174.0±0.1 ppm이 측정되었으며 다음으로 초류컷트 없이 본류 만 50%를 받은 3, 5번 조건 증류주가 141.6±0.4, 143.7±0.3 ppm, 초류 7%를 버린 후 본류를 30% 받은 2, 8번 조건 증류주에서 134.5±1.6, 141.3±0.4 ppm으로 3, 5번 증류주 조건과 유사한 값을 나타내었다. 초류 7%를 버린 후 본류를 50% 받은 6, 7번 조건 증류주의 경우 가장 낮은 122.9±0.3, 122.6±0.7 ppm의 *n*-propanol 이 측정되었다. 이것은 Lee 등(22)의 입국을 이용한 감압 증류 시 대부분의 *n*-propanol이 초기에 증류되어 나온다는 실험 결과와 유사하였다.

Isobutanol의 경우도 *n*-propanol과 유사하였는데 증류조건에서 압력과 온도에 상관없이 초류를 버리지 않고 본류를 30%를 받은 1, 4번 조건 증류주에서 가장 높은 234.5±28.2, 231.7±1.0 ppm의 isobutanol이 측정되었다. 다음으로 3, 5번 조건 증류주가 156.7±0.5, 160.6±0.9 ppm, 2, 8번 조건 증류주에서 154.0±4.1, 179.6±1.6 ppm 으로 3, 5번 조건 증류주와 유사하였다. 반면 6, 7 번 조건 증류주의 경우 가장 낮은 95.6±1.4, 105.3±2.5 ppm의 isobutanol이 측정되었다. Isoamyl alcohol 역시 *n*-propanol, isobutanol과 유사한 경향을 보였으며 본류를 30%를 받은 1, 4번 조건 증류주에서 가장 높은 8870.5±81.8, 1,008.7±6.8 ppm이 측정되었으며 6, 7번 조건 증류주가 경우 가장 낮은 330.8±2.5, 328.7±10.4 ppm의 isoamyl alcohol이 측정되었다. 또한 주류 중의 고급 알코올 함량은 isoamyl alcohol>isobutanol>*n*-propanol로 구성되는데 본 시험도 비슷한 결과를 나타내었다(2).

**증류 방법에 따른 증류주 유해성분 분석**

단식증류기로 증류하여 만든 증류식 소주는 aldehyde, fusel alcohol, furfural 등 향미 성분이 많고 원료에 따라 독특한 풍미를 갖는다(23). 입국 증류주의 acetaldehyde, methanol과 furfural의 3가지 유해 물질에 대한 분석 결과는 Table 4와 같다. Acetaldehyde는 증류조건에서 압력과 온도에 상관없이 초류컷트 없이 본류를 30%를 받은 1, 4번 조건 증류주에서 가장 높은 303.4±4.5,

**Table 2. Alcohol, volatile acid, pH, and acetic acid in distilled liquors obtained on distillation conditions**

No. Analysis	1	2	3	4	5	6	7	8
Alcohol (%)	57.6±0.0 <sup>c</sup>	45.0±0.1 <sup>b</sup>	40.3±0.1 <sup>b</sup>	59.9±0.1 <sup>c</sup>	40.0±0.3 <sup>b</sup>	29.6±0.0 <sup>a</sup>	29.9±0.1 <sup>a</sup>	46.5±0.1 <sup>b</sup>
Volatile acid (%)	0.27±0.06 <sup>a</sup>	0.40±0.00 <sup>b</sup>	0.50±0.00 <sup>bc</sup>	0.27±0.06 <sup>a</sup>	0.60±0.00 <sup>cd</sup>	0.70±0.00 <sup>d</sup>	0.80±0.00 <sup>d</sup>	0.50±0.00 <sup>bc</sup>
pH	5.78±0.08 <sup>c</sup>	5.58±0.07 <sup>c</sup>	5.25±0.13 <sup>b</sup>	5.83±0.13 <sup>c</sup>	5.20±0.02 <sup>b</sup>	4.93±0.04 <sup>a</sup>	4.99±0.12 <sup>a</sup>	5.37±0.04 <sup>b</sup>
Acetic acid (ppm)	11.75±2.84 <sup>a</sup>	21.62±3.18 <sup>c</sup>	15.65±3.79 <sup>a</sup>	16.39±1.28 <sup>ab</sup>	17.56±1.21 <sup>b</sup>	28.29±1.50 <sup>d</sup>	31.08±3.52 <sup>d</sup>	25.95±2.35 <sup>c</sup>

Each value is expressed as mean±SD (n=3).

<sup>a-d</sup>)Different letters show significant difference by Duncan's multiple range test at p<0.05.

**Table 3. *n*-propanol, iso-butanol and isoamyl alcohol in distilled liquors obtained on distillation conditions**

No. Compound	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>n</i> -propanol (ppm)	163.4±18.3 <sup>d</sup>	134.5±1.6 <sup>b</sup>	141.6±0.4 <sup>bc</sup>	174.0±0.1 <sup>d</sup>	143.7±0.3 <sup>c</sup>	122.9±0.3 <sup>a</sup>	122.6±0.7 <sup>a</sup>	141.3±0.4 <sup>bc</sup>
Isobutanol (ppm)	234.5±28.2 <sup>d</sup>	154.0±4.1 <sup>c</sup>	156.7±0.5 <sup>c</sup>	231.7±1.0 <sup>d</sup>	160.6±0.9 <sup>c</sup>	95.6±1.4 <sup>a</sup>	105.3±2.5 <sup>b</sup>	179.6±1.6 <sup>c</sup>
Isoamyl alcohol (ppm)	870.5±81.8 <sup>c</sup>	520.4±26.9 <sup>b</sup>	571.7±3.9 <sup>b</sup>	1008.7±6.8 <sup>d</sup>	596.9±3.8 <sup>b</sup>	330.8±2.5 <sup>a</sup>	328.7±10.4 <sup>a</sup>	590.7±3.8 <sup>b</sup>

Each value is expressed as mean±SD (n=3).

<sup>a-d</sup>)Different letters show significant difference by Duncan's multiple range test at p<0.05.

**Table 4. Acetaldehyde, methanol and furfural in distilled liquors obtained on distillation conditions**

No. Compound	1	2	3	4	5	6	7	8
Acetaldehyde (ppm)	303.4±4.5 <sup>e</sup>	84.3±2.8 <sup>b</sup>	178.0±25.7 <sup>d</sup>	325.4±13.1 <sup>e</sup>	168.7±21.5 <sup>d</sup>	65.7±0.7 <sup>a</sup>	66.3±1.3 <sup>a</sup>	105.5±1.9 <sup>c</sup>
Methanol (ppm)	340.8±8.4 <sup>d</sup>	38.3±3.1 <sup>b</sup>	147.1±21.1 <sup>c</sup>	355.4±17.0 <sup>d</sup>	133.3±10.3 <sup>c</sup>	11.8±1.7 <sup>a</sup>	9.6±0.3 <sup>a</sup>	29.5±3.8 <sup>b</sup>
Furfural (ppm)	0.0±0.0 <sup>a</sup>	0.2±0.0 <sup>a</sup>	0.0±0.0 <sup>a</sup>	0.0±0.0 <sup>a</sup>	0.1±0.0 <sup>a</sup>	0.1±0.0 <sup>a</sup>	0.0±0.0 <sup>a</sup>	0.0±0.0 <sup>a</sup>

Each value is expressed as mean±SD ( $n=3$ ).

<sup>a-e</sup>) Different letters show significant difference by Duncan's multiple range test at  $p < 0.05$ .

**Table 5. Volatile compounds obtained on distillation conditions (Unit: peak area%)**

No.	RT	Compound	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1.07	Acetaldehyde	0.01 <sup>1)</sup>	- <sup>2)</sup>	-	-	-	-	-	-
2	2.28	Ethanol	96.37	95.23	91.36	97.08	91.61	85.33	88.22	95.28
3	4.33	<i>n</i> -Propanol	0.03	0.02	-	0.03	-	-	-	0.03
4	6.35	Isobutyl alcohol	0.10	0.19	0.66	0.44	0.52	0.42	0.45	0.30
5	7.42	<i>n</i> -Butanol	-	-	-	-	-	-	-	-
6	9.34	Isoamyl alcohol	1.07	0.77	1.09	0.79	1.17	1.12	1.01	0.79
7	9.81	Hexanoic acid	0.05	-	0.23	0.04	-	0.09	0.08	0.01
8	16.72	Ethyl octanoate	0.58	1.65	2.61	0.40	2.46	4.23	4.56	1.54
9	20.66	Decanoic acid	0.49	0.54	1.50	-	1.27	1.07	0.98	0.73
10	27.45	2-phenylethyl acetic	0.05	0.19	0.25	0.05	0.17	0.83	0.53	0.13
11	28.33	Dodecanoic acid	0.06	0.14	0.08	0.04	0.08	1.16	0.30	0.14
12	30.02	Phenylethyl Alcohol	0.03	0.23	0.31	0.03	0.47	1.08	0.87	0.14
13	33.45	Ethyl myristate	0.03	0.03	0.02	0.01	0.05	1.18	0.55	0.05
14	38.15	Ethyl palmitate	0.28	0.09	0.08	0.03	0.30	1.50	0.70	0.07
		Others	0.85	0.91	1.81	0.00	1.90	1.98	1.76	0.78
		Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

<sup>1)</sup> Average of relative percentage of total peak area.

<sup>2)</sup> Not detected.

325.4±13.1 ppm이 측정되었다. Acetaldehyde는 알코올 발효의 부산물로서 미량으로 생성되는 자극취의 휘발성분이며 증류할 때 가열에 의해 술덧 중 아미노산과 당분이 반응하여 2차적으로 acetaldehyde나 isovaleraldehyde 등 여러 종류의 알데히드가 생성된다(24). 본 연구에서 측정된 aldehyde 수치는 시판 주류의 기준(15)인 700 ppm (소주, 위스키, 브랜디, 일반 증류주)보다 낮은 것이었으며 특히 시험에 사용된 증류주가 희석을 하지 않은 원주로 알코올이 각각 57.6, 59.9%로 매우 높으므로 이를 시판 증류주의 농도로 희석할 경우 acetaldehyde 농도는 더욱 낮아질 것이다.

다음으로 3, 5번 조건 증류주가 178.0±25.7, 168.7±21.5 ppm, 2, 8번 조건 증류주에서 84.3±2.8, 105.5±1.9 ppm으로 초류커트 없이 분류만 50% 받은 3, 5번 조건 증류주와 유사하였다. 반면 6, 7번 조건 증류주의 경우 가장 낮은 65.7±0.7, 66.3±1.3 ppm의 acetaldehyde가 측정되었다.

Methanol 역시 acetaldehyde와 비슷한 경향을 보였는데 methanol은 원료의 펙틴질에서 유래하는 것으로 알려져 있으며, 통상적으로 고구마 또는 과실을 원료로 하는 주류에 많이 함유되어 있다(16). 본 실험에서 낮은 methanol 수치를 나타낸 것은 쌀을 주원료로 했기 때문으로 생각된다. 1, 4번 조건 증류주에서 가장 높은 340.8±8.4, 355.4±17.0 ppm이 측정되었으며 6, 7번 조건 증류주에서 가장 낮은 11.8±1.7, 9.6±0.3 ppm이 검출되었다. 하지만 이것은 국제청에서 제시하고 있는 methanol 허용치 기준인 500 ppm에 비해 낮은 수치였다(12).

Furfural은 술지게미 중에 탄수화물 (전분, 당분, 펜토산 등)의 가열 분해 시 산과 가열에 의해서 생성되며 열을 많이 받는 증

류 말기에 증가한다. 보통은 증류할 때 술덧을 여과하지 않고 증류하거나 증류 끝 부분(후류)에 증류로 인해 술덧의 양이 줄어들면서 탄 냄새가 나고 furfural 성분이 많아져 자극취를 유발하므로 소주에 바람직하지 않다고 알려져 있다(24). 이러한 furfural은 모든 조건에서 거의 생성되지 않았다. 감압 증류의 경우에 술덧의 비점이 낮아 가열에 의한 휘발성 성분 변화가 없었던 것으로 생각되며 Lee 등(6)의 입국을 이용한 감압증류에서 furfural이 생성되지 않는다는 실험결과와 동일했다.

#### 증류 방법에 따른 증류주의 향기성분 분석

증류 방법에 따른 증류주의 향기성분 분석결과는 Table 5와 같다. 술의 향기성분은 원료에 의해서도 좌우되지만 본질적으로는 누룩미생물이나 효모에 의해서 생성된다. 이 중 대부분의 증류식 소주에 함유되어 있는 주요한 성분은 ester류(예: 초산과 알코올이 결합한 초산 ester류)와 지방산 ester 들이며 소주 발효과정에서는 알코올 외에 퓨젤유(고급알코올)가 생성된다. 이 퓨젤유 성분은 미량만으로도 소주의 풍미를 좌우하는 중요한 성분으로 이러한 성분들이 소주의 향기에 가장 큰 역할을 한다(24). 증류 직후 공통적으로 14개의 휘발성분이 확인되었다. 증류주 전체적으로 높은 분석 수치를 나타낸 것은 ethanol을 제외하고는 비점이 낮은(8) 감압증류에서 검출되어지는 isoamyl alcohol이었다. 또한 부분적으로 초류 커트와 상관없이 분류를 50% 받은 3, 5, 6, 7번 증류 조건에서 달콤한 향을 나타내는 isobutyl alcohol, pleasant fruit과 floral 향을 내는 ethyl octanoate, 달콤하면서 견과류의 향 특성을 나타내는 decanoic acid이 검출되었다(17,22). 또한 장미향

Table 6. Sensory evaluation of distilled liquors produced on distillation conditions

No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Sensory attribute								
Color	7.0±0.0 <sup>ab</sup>	6.7±0.8 <sup>ab</sup>	5.3±0.8 <sup>a</sup>	7.3±0.8 <sup>ab</sup>	5.7±1.0 <sup>a</sup>	6.0±1.1 <sup>a</sup>	6.0±1.1 <sup>a</sup>	8.7±0.8 <sup>bc</sup>
Alcohol flavor	5.8±1.0 <sup>ab</sup>	6.7±0.8 <sup>c</sup>	5.0±0.2 <sup>a</sup>	5.0±0.2 <sup>a</sup>	4.8±1.0 <sup>a</sup>	6.2±1.3 <sup>c</sup>	4.5±0.8 <sup>a</sup>	4.8±1.0 <sup>a</sup>
Flavor	5.5±1.5 <sup>ab</sup>	4.7±0.8 <sup>a</sup>	4.3±1.0 <sup>a</sup>	5.7±1.6 <sup>ab</sup>	4.8±1.6 <sup>a</sup>	4.5±0.8 <sup>a</sup>	3.8±1.0 <sup>a</sup>	4.5±1.8 <sup>a</sup>
Taste	5.0±1.3 <sup>a</sup>	4.3±1.8 <sup>a</sup>	3.7±1.6 <sup>a</sup>	4.7±0.8 <sup>a</sup>	4.5±1.2 <sup>a</sup>	4.5±1.9 <sup>a</sup>	4.2±2.0 <sup>a</sup>	3.8±1.3 <sup>a</sup>
Swallowing	4.5±1.2 <sup>a</sup>	4.7±0.8 <sup>a</sup>	4.0±1.7 <sup>a</sup>	4.7±2.0 <sup>a</sup>	4.7±1.0 <sup>a</sup>	4.2±1.6 <sup>a</sup>	4.2±2.0 <sup>a</sup>	5.2±1.3 <sup>a</sup>
Overall acceptance	5.8±0.9 <sup>ab</sup>	5.2±1.0 <sup>a</sup>	4.5±0.8 <sup>a</sup>	5.3±1.5 <sup>a</sup>	5.0±0.6 <sup>a</sup>	4.5±0.8 <sup>a</sup>	4.3±0.8 <sup>a</sup>	4.8±1.6 <sup>a</sup>

Each value is expressed as mean±SD ( $n=3$ )

<sup>a-c</sup>) Different letters show significant difference by Duncan's multiple range test at  $p<0.05$

으로 원료 중의 phenylalanine으로부터 유래되며, 맥주의 방향족 알칼 성분 중 가장 중요한 향기성분으로 알려져 있는 phenylethyl alcohol과 분류를 할 수 없는 물질들이 다른 조건보다 높게 검출되었다(17,22). 다음으로 초류 컷트와 상관없이 분류를 30% 받은 1, 2, 4, 8번 증류 조건에서는 꽃 향기처럼 좋은 향을 내는 *n*-propanol(14)이 약하게 검출되었으며 50%를 받은 조건에서는 검출이 되지 않았다. 이것으로 보아 증류 시 증류 수율 및 증류 시간에 따른 향기성분의 차이가 큰 것을 알 수 있었다. 또한 본 증류주의 향기성분은 Lee 등(6)의 입국으로 제조한 술의 21개 휘발 성분 보다는 적었는데 이것은 발효 방법 차이에 의한 향기 성분의 변화로 추측되며 향기 패턴은 본 시험과 유사한 결과를 보였다.

#### 증류 방법에 따른 증류주의 관능검사

증류방법에 따른 증류주의 관능평가 결과는 Table 6과 같다. 증류가 끝난 후 숙성없이 알코올을 25%로 조정하여 관능평가를 실시한 결과 1번 조건이 전체적인 기호도와 종합적 평가(5.8±0.9)에서 가장 좋은 평가를 받았으며 두 번째로 1번과 같은 조건에서 압력만 -50 cmHg 이었던 4번 조건이 종합적 평가(5.3±1.5)가 좋았다. 또한 반대로 분류를 50%를 받은 증류주인 3번, 6번 7번 조건이 낮은 관능평가를 보였다. 이것은 분류 30%만 받은 조건은 전체적으로 높은 알코올을 기본으로 증류 시에 후류를 적게 받으면서 후류에서 생성되는 부정적인 aldehyde류(12)의 향기성분들을 받지 않았기 때문으로 생각되며 관능평가가 낮았던 조건인 분류 50%를 받은 것은 후류에서 생성되는 각종 가스나 aldehyde류 및 유황 화합물을 받으면서 관능에 부정적인 영향을 미친 것으로 추측된다.

일반적으로 증류 직후의 증류주는 자극적인 냄새와 맛의 향미가 거칠어서 음용하기가 어렵지만 숙성을 통해 향미성분의 산화적 조건하에서 자극적인 가스 취 성분인 휘발성의 aldehyde와 유황 화합물이 없어지고 ester류가 생성되면서 방향이 증가된다고 알려져 있으며 특히 향아리 숙성 과정 중 총산의 증가, pH의 상승, 총 ester 및 총 aldehyde의 감소는 물이나 에탄올이 향아리 벽면에서 휘발에 따른 농축효과, 저비점 성분의 휘산, 알칼리 금속과 알칼리 토금속의 향아리로부터의 용출, ester류의 가수분해, 불포화지방산류의 산화분해 등으로 관능이 변한다고 알려져 있다 (3). 추가적으로 지속적인 숙성 시험을 통해 향기성분의 변화 및 관능 변화를 살펴봐야 할 것으로 생각된다.

#### 요 약

본 연구에서는 전통 누룩으로부터 분리한 효모를 이용한 증류주의 제조특성을 검토하였다. 발효 마지막 날의 술덧 분석결과

알코올은 최종 발효 시에는 17.2%를 나타내었다. 유기산은 succinic acid가 최종 발효 시 가장 높은 7,164.7±85.2 ppm을 나타내었고 다음으로 입국에서 유래된 citric acid가 1,995±124.3 ppm로 높게 검출되었다. 증류 조건에 따른 알코올 분석 결과 초류를 7% 버리고 분류를 50%까지 받아 증류 수율이 낮은 증류 조건 6이 알코올이 가장 낮은 29.6±0.0%였으며 분류만 30% 받은 증류 조건 4가 가장 높은 59.9±0.1%였다. *n*-propanol 분석 결과는 1, 4번 조건 증류주에서 가장 높은 163.4±18.3, 174.0±0.1 ppm이 측정되었고 isobutanol의 경우에도 *n*-propanol과 유사한 경향을 보였으며 1, 4번 조건 증류주에서 가장 높은 234.5±28.2, 231.7±1.0 ppm이 측정되었다. Acetaldehyde는 1, 4번 조건 증류주에서 가장 높은 303.4±4.5, 325.4±13.1 ppm이 측정되었다. 증류 직후 공통적으로 14개의 휘발성분이 확인되었고 증류주 전체적으로 높은 분석 결과를 나타낸 것은 isoamyl alcohol이었다. 초류 컷트와 상관없이 분류를 50% 받은 3, 5, 6, 7 번 증류 조건에서 달콤한 향을 나타내는 isobutyl alcohol, pleasant fruit과 floral 향을 내는 ethyl octanoate 높게 검출되었다. 증류 후 관능결과로는 1번 조건이 전체적인 기호도와 종합적 평가(5.8±0.9)에서 가장 좋은 관능평가를 받았다.

#### 감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 고부가 식품기술개발사업(312011-05-1-HD020)의 지원으로 수행한 연구결과물의 일부로서 이에 감사드립니다.

#### References

- Jang JH. History of Korean tradition liquor. Korean J. Diet. 4: 271-274 (1989)
- An BH. Research status of traditional liquors. Bull. Food Technol. 7: 42-47 (1994)
- FACT. Woorisool Treasure House. 1th ed. Foundation of agri. Tech. Commercialization & Transfer, Suwon, Korea. pp. 1-343 (2008)
- Cho HC, Kang SA, Choi SI, Cheong C. Quality characteristics of fruit spirits from a copper distillation apparatus. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 42: 743-752 (2013)
- Min YK, Yun HS, Jeong HS, Jang YS. Changes in compositions of liquor fraction distilled from Samil ju with various conditions. Korean J. Food Sci. Technol. 24: 440-446 (1992)
- Lee DH, Lee YS, Cho CH, Park IT, Kim JH, Ahn BH. The qualities of liquor distilled from ipguk (koji) or nuruk under reduced or atmospheric pressure. Korean J. Food Sci. Technol. 46: 25-32 (2014)
- Jeong YJ, Seo JH. Volatile compounds of potato soju produced

- by different distillation condition. Korean J. Food Preserv. 19: 433-437 (2012)
8. Yi HC, Moon SH, Park JS, Jung JW, Hwang KT. Volatile compounds in liquor distilled from mash produced using koji and nuruk under reduced or atmospheric pressure. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 880-886 (2010)
  9. Kim MS, Lee YH, Kim IY, Eom TK, Kim SH, Jo NM, Yu SR, Jeong YH. Physicochemical characteristics of Korean traditional spirits brewed with *Phellinus linteus* by different Nuruks. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 42: 880-886 (2010)
  10. Choi SI, Kang SA, Cheong C. Yeast selection for quality optimization of distilled spirits. J. Korea Academia-Industrial 14: 3887-3896 (2013)
  11. An BH, Kim TH. Flavor promoted distilled spirit using yeast *Saccharomyces cerevisiae* 88-4. Korea Patent. 10-2015-0052555 (2015)
  12. TSINTSA. Textbook of alcoholic beverage-making. Technical Service Institute, National Tax Service Administration, Seoul, Korea (1997)
  13. Lee DH, Kim JH, Lee JS. Effect of pears on the quality and physiological functionality of makgeoly. Korean J. Food Nutr. 22: 606-611 (2009)
  14. Kwon YH, Jo SJ, Kim JH, Ahn BH. Fermentation characteristics and volatile compounds in yakju made with various brewing conditions: Glutinous rice and pre-treatment. Korean J. Microbiol. Biotechnol. 38: 46-52 (2010)
  15. So MH, Lee YS, Noh WS. Changes in microorganism and main components during *takju* brewing by a modified *nuruk*. Korean Food Nutr. 12: 226-232 (1999)
  16. Kim HR, Lee AR, Kwon YH, Lee HJ, Jo SJ, Kim JH, Ahn BH. Physicochemical characteristics and volatile compounds of glutinous rice wines depending on the milling degrees. Korean J. Food Sci. Technol. 42: 75-81 (2010)
  17. Lee DH, Jung JW, Lee YS, Seo JS, Park IT. Fermentation characteristics for preparation of distilled liquor made of mixed grains. Korean J. Food Sci. Technol. 42: 75-81 (2010)
  18. In HY, Lee TS, Lee DS, Noh BS. Volatile components and fusel oils of sojues and mashes brewed by Korean traditional method. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 235-240 (1995)
  19. Kwon YH, Lee AR, Kim HR, Kim JH, Ahn BH. Quality properties of makgeolli brewed with various rice and koji. Korean J. Food Sci. Technol. 45: 70-76 (2013)
  20. Bae SM. Distilled soju production technology. Wogok Pub. Co., Seoul Korea. pp.166-306 (2001)
  21. Bae SM, Jung SY, Jung IS, Ko HJ, Kim TY. Effect of the amount of water on the yield and flavor of Korean distilled liquor based on rice and corn starch. J. East Asian Soc. Dietary Life 13: 439-446 (2003)
  22. Lee DH, Jung JW, Lee YS, Seo JS, Park IT, Kim JH, Ahn BH. Quality Characteristics of distilled liquor produced using ipguk (koji) during aging, Korean J. Food Sci. Technol. 46: 694-701 (2014)
  23. Song YO. Quality characteristics of traditional soju (distilled liquor) depending on different sources of koji. MS Thesis, Seoul National University of Technology, Seoul, Korea (2010)
  24. TSINTSA. Alcoholic Liquors Quality Technic of Field. Technical Service Institute, National Tax Service Administration, Seoul, Korea (2008).