

## 입국과 누룩으로 제조한 술의 감압과 상압증류 특성

이대형\* · 이용선 · 조창휘 · 박인태 · 김희동 · 김재호<sup>1</sup> · 안병학<sup>1</sup>  
경기도농업기술원 작물개발과, <sup>1</sup>한국식품연구원 우리술연구센터

### The Qualities of Liquor Distilled from *Ipguk (koji)* or *Nuruk* under Reduced or Atmospheric Pressure

Dae Hyoung Lee\*, Yong Sun Lee, Chang Hui Cho, In Tae Park, Jae-Ho Kim<sup>1</sup>, and Byung Hak Ahn<sup>1</sup>

Department of Crop Research, Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services

<sup>1</sup>Brewing Research Center, Korea Food Research Institute

**Abstracts** This study aimed to analyze the general ingredients and volatile compounds of *ipguk (koji)* and *nuruk soju* distilled under reduced pressure (RP) or atmospheric pressure (AP) conditions. After the secondary brewing process, *soju* made using *ipguk* had a final fermentation alcohol content of 18.0±0.6%, whereas *soju* made using *nuruk* reached 14.3±1.7%. The level of succinic acid was the highest in *ipguk soju* (7,685.33±34.97 ppm), but *nuruk soju* also showed a high level of succinic acid (5,945.79±76.30 ppm) after its final fermentation. In an analysis of fusel alcohol content, the level of n-propanol in *ipguk soju* (389.10-397.27 ppm) was similar under different RP (50 cm Hg and 60 cm Hg) and AP conditions (80°C and 90°C). Under RP and AP conditions, the isoamyl alcohol/isobutanol (A/B) ratio was similar, ranging from 1.32-1.35. In *ipguk soju* distilled under RP conditions of 50 cm Hg and 60 cm Hg, the amount of the toxic component, acetaldehyde, was 8.59 and 9.27 ppm, respectively. Under AP conditions, the amount of acetaldehyde in *ipguk soju* distilled at 80 and 90°C was 9.80 and 10.63 ppm, respectively, indicating that the amount of acetaldehyde did not differ depending on the distilling method used. These results suggest that the liquor distilled from the mash produced using *ipguk* under RP conditions may be of a higher quality.

**Keywords:** distilled *soju*, *ipguk*, *nuruk*, reduced pressure, atmospheric pressure

## 서 론

우리나라의 전통 소주제조는 고려시대에 비롯되어 조선시대를 지나는 동안 변화되었으며 양조과정이나 방법에 있어서는 뚜렷한 변화나 발전이 없었으며 1916년 주세법의 시행체척이 나오면서 양조의 기업화가 이루어지기 시작했다(1). 전통 소주는 곡류와 누룩으로 빚어 발효 시킨 뒤 증류시킨 증류주이기 때문에 다양한 곡류 원료나 증류 방법(증류 온도 및 증류주 커팅시점)에 따라 독특한 맛과 향기에 차이가 있으나, 양조가마다 제조 방법이 달라 전래의 제조법이 변형되기도 하고 재래의 품미가 소실되어 전통성이 사라지는 경향이 있다.

전통 소주의 품질은 누룩의 품질과 증류 조건 등에 따라 많이 영향을 받을 수 있다. 특히 누룩은 생곡류 자체가 함유하고 있는 효소와 여기에 자연 접종된 곰팡이와 효모 및 젖산균, 일반 세균 등의 기타 균류가 번식하여 각종 효소를 다량 생성한 발효 starter

의 일종으로, 제조 환경, 원료, 지역에 따라 독특한 품미와 양조 특성을 나타낸다(2-4). 특히 전통 소주의 원료가 되는 술덧(탁주)은 발효 과정 중 주로 누룩 중의 효소 작용으로 원료 성분이 분해되어 생성되는 당분, 아미노산, 유기산 등에 의한 맛 성분과 효모나 젖산균 등 미생물에 의한 발효로 휘발성 향미 성분이 생성된다(5). 또한 현대 증류식 소주에 사용되는 입국의 경우 곰팡이인 *Aspergillus luchuensis*가 내산성 당화 amylase와 maltase의 활성이 강력하고 유기산 생성력이 높아 탁주, 현대 증류식 소주 제조에 많이 사용하고 있다(6). 전통 소주를 제조할 때는 일반적으로 전통방식의 상압 증류법을 사용하여 증류하며 국내의 증류주 제조에 관한 연구 중 증류 방법에 관한 연구로는 증류조건에 따른 삼일주 증류액의 성분 변화(7)와 단식증류기를 사용한 전통주의 향미특성에 관한 연구(8-10) 등이 보고되었다. 제조 과정에서 원료, 미생물의 관리방법, 발효 상태 및 증류 조건, 저장 조건 등에 따라 증류주의 휘발성 향기 성분은 다양하며, 주로 감별사의 주관적 관능검사에 의존하여 맛과 향의 평가가 이루어지고 있다. 이러한 의미에서 증류주의 휘발성 향기 성분을 과학적으로 분석하는 것은 중요한 의의를 지닌다고 하겠다. 특히 증류주의 품질 수준을 평가하거나 제조 공정의 관리 또는 품질 개선에는 휘발성 향기 성분의 분석 자료가 매우 중요한 객관적 지표가 된다(11).

본 연구에서는 입국 또는 누룩을 사용하여 제조한 술덧에 있어 감압 또는 상압 조건에서 증류한 소주의 일반성분과 향기 성분을 분석하여 현대 증류식 소주의 특성을 검토하고자 하였다.

\*Corresponding author: Dae Hyoung Lee, Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Hwaseong, Gyeonggi 449-702, Korea

Tel: 82-31-229-5784

Fax: 82-31-229-5962

E-mail: leedh2@gg.go.kr

Received July 31, 2013; revised October 15, 2013;

accepted October 22, 2013

## 재료 및 방법

### 재료 및 사용균주

본 실험에 사용한 소주 제조용 원료미는 추청(기관 자체 재배, 2012)을 사용하였다. 발효제 입국(sp 150)은 동산(Dongsan, Yongin, Korea)에서 구입하여 사용하였고, 누룩은 상주곡자(sp 300)를 사용하였으며 정제효소는 데코자임제품(glucoamylase 92%,  $\alpha$ -amylase 8%, sp 30,000)을 구입하여 사용하였다. 주모 제조를 위한 효모는 *Saccharomyces cerevisiae* (LaParisienne, The Netherlands)를 사용하였으며 일반 분석용 시약은 특급을 사용하였다.

### 덧술 제조

입국을 이용한 술덧 제조는 국제청 제조방법을 변형하여(12) 제조하였다. 밀술용기에 입국 15 kg과 물 2.25 L, 구연산 60 g, 효모 10 g을 첨가하여 20°C에서 4일 동안 발효 시켜 밀술을 제조하였다. 1단 담금은 용기에 20 L 가수 후 밀술을 넣고 입국 13.5 kg을 술덧에 넣어 2일 동안 발효시켰다. 2단 담금은 증자한 쌀 34 kg, 정제효소 50 g, 물 52.5 L을 넣고 25°C에서 12일간 발효시켰다. 누룩을 이용한 술덧 제조는 논문에 제시되어 있는 안동소주 제조방법을 변형하여(13) 제조하였다. 백미 25 kg을 세미, 칩지, 증자, 냉각한 후, 물 60 L와 효모 50 g을 혼합한 후 누룩 14.25 kg을 첨가하여 20°C에서 15일 동안 발효시켜 소주 제조에 필요한 술덧을 제조하였다.

### 술덧 종류

제조 방법을 달리하여 제조한 술들을 제성을 통해 술지게미를 제거한 후 감압 증류법은 각각 압력 50, 60 cmHg의 조건에서 술덧 온도 60°C에서 증류를 진행하였으며 상압 증류법은 초기온도를 각각 80°C와 90°C로 시작하여 초류가 나올 때를 기준으로 95°C로 상승시켜 증류식소주를 제조하였다. 증류 분획은 초류는 전체 술덧의 3%를 채취하였으며 본류는 30%를 채취하였다. 이후 알코올 함량은 40%가 되도록 조정하여 분석시료로 사용하였다.

### 술덧 주류분석

술덧의 물리화학적 성질에서 에탄올 함량은 원심분리한 각각의 발효액을 수증기 증류한 다음 주정계로 측정하였다. pH는 pH meter (781 pH/Ion meter, Metrohm, Herisau, Switzerland)로 측정하였으며 총산은 시료 10 mL에 naphthalene을 2-3방울 가하여 0.1 N NaOH 용액으로 담녹색이 나타날 때까지 중화 적정하여 그때까지 소비된 NaOH의 양을 succinic acid로 환산하여 표시하였으며 휘발산도는 알코올 농도 측정에 사용한 증류액 10 mL을 취한 후, naphthalene을 2-3방울 가하여 0.01 N NaOH용액으로 담녹색이 나타날 때까지 중화 적정하여 그때까지 소비된 NaOH의 양을 acetic acid로 환산하여 표시하였다(12). 환원당 함량은 DNS가 환원되어 생성된 3-amino-5-nitrosalicylic acid의 흡광도를 UV/VIS spectrophotometer (Diod-Array) HP 8453 (Hewlett Packard, Palo Alto, CA, USA)으로 550 nm에서 측정하였다(14). 별도로 포도당 15-300  $\mu$ g을 함유하는 표준용액의 검량선을 작성하여, 검체중의 환원당량(mg/mL)을 구하였다.

### 유기산 함량

유기산은 시료를 0.45  $\mu$ m membrane filter를 사용하여 여과한 후 HPLC (Agilent 1100 series UV/VIS detector, Folsom, CA, USA)로 분석하였다(15,16). 유기산의 분석용 column으로는 Aminex Hpx-87H (Bio-rad, Hercules, CA, USA)를 사용하였으며 detection

wave-length/window는 210 nm, Oven의 온도는 35°C였으며 flow rate는 0.6 mL/min였다.

### 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 평형시킨 후 100  $\mu$ m polydimethylsiloxane이 코팅된 fiber를 이용하여 20분간 향을 포집하여 Stabilwax DA column (30 m length 0.25  $\mu$ m I.D.×0.25  $\mu$ m 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°C, carrier gas로 helium을 사용하였다. MSD 조건은 capillary direct interface temperature 250°C, ion source temperature 230°C, EI ionization voltage 70 eV, mass range 45-550 a.m.u, 그리고 scan rate 2.2 scan/s였고 휘발성 화합물 동정은 mass spectra와 aroma properties를 비교하여 확인하였다(17).

### 통계처리

이화학적 특성 분석결과에 대한 통계처리는 SAS 프로그램 (version 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA)를 이용하여 5% 유의수준에서 Duncan's multiple range test로 각각의 변수에 대한 영향을 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 증류주용 술덧 발효 분석

입국 술덧 담금의 일반성분 결과는 Fig. 1과 같다. 입국을 이용한 술덧에서는 2단 담금 직후부터 9.3±1.7%로 높은 알코올이 생성되었는데 이것은 밀술 및 1단 담금 과정 중에 생성된 에탄올의 영향으로 담금 직후 높은 알코올이 생성된 것으로 생각되며 이후에는 서서히 증가하여 최종 발효 시에는 18.0±0.6%의 높은 알코올이 생성되었다. 누룩 술덧에서는 담금 직후 1일부터 알코올이 1.9±1.6%로 낮게 생성되었으나 2-3일을 지나면서 6.9±2.6%에서 11.3±0.5%로 급상승하였으며 최종 발효 시에는 14.3±1.7%의 알코올이 생성되었다.

입국 술덧의 총산은 발효 1일에 0.39±0.02%에서 시작하여 최종 발효 12일에는 0.41±0.01%였으며 알코올과 비슷하게 발효 초기부터 높게 생성되었는데 이것은 입국에서 유래되어 나온 각종 유기산들에 의해서(13) 누룩으로 제조된 술들에 비해 높은 총산이 측정된 것으로 생각된다. 누룩 술덧의 총산은 발효 1-3일 차에 0.06±0.01%에서 0.15±0.02%로 상승한 후 큰 변화 없이 진행되었으며 최종 발효 시에는 0.16±0.01%를 생성하였다.

입국 술덧의 휘발산도는 발효 1일에 0.10±0.01%로 측정되었으며 발효 시에 조금씩 상승하여 최종 발효일에는 0.13±0.02%를 생성하였고 이때 휘발산도 역시 누룩 술덧보다 높게 측정되었는데 이것은 총산과 동일하게 입국에서 유래되어 나온 다양한 유기산들이 휘발산도에도 영향을 미쳤기 때문으로 생각된다. 누룩 술덧의 경우 발효 1일에 0.01±0.01%에서 3일 0.04±0.01%로 상승한 이후에는 최종 발효 시까지 비슷한 경향을 나타내었으며 최종 발효 시에는 0.04±0.0%를 생성하였다.

입국 술덧의 환원당의 경우 1일 차에 가장 높은 9.17±0.35 mg/mL을 나타내었으며 이후 서서히 감소하여 최종 발효 시에는

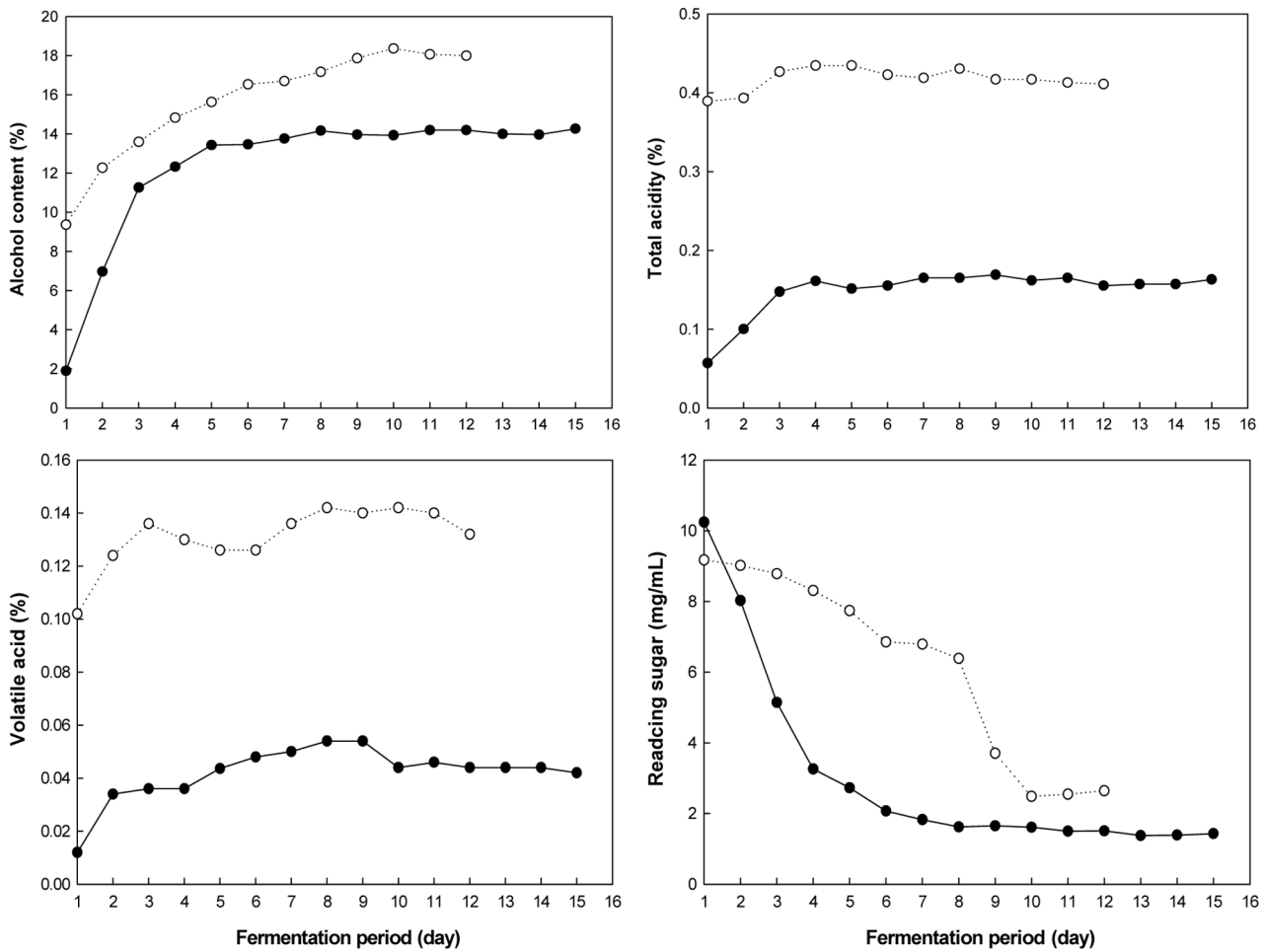


Fig. 1. Changes of alcohol content, total acidity, volatile acid and reducing sugar during fermentation of mash made with ipguk (koji) and nuruk. ○: ipguk (koji), ●: nuruk

2.65±0.32 mg/mL을 나타내었다. 누룩 술덧의 환원당의 경우 역시 1일 차에 가장 높은 10.24±0.19 mg/mL을 나타내었으며 이후 지속적으로 감소하여 최종 발효 시에는 1.43±0.22 mg/mL을 나타내었다. 입국, 누룩 술덧 모두 발효 최종일에 약 1-2 mg/mL 낮은 glucose 함량을 나타낸 것으로 보아 완전 발효가 된 것을 알 수 있다.

**증류주용 술덧 유기산 분석**

다음으로 술덧의 유기산 변화를 살펴본 결과는 Fig. 2와 같다. 입국 술덧에서는 succinic acid가 최종 발효 시 가장 높은 7,685.33±34.97 ppm을 나타냈으며 다음으로 citric acid, acetic acid 순으로 2,105.20±82.43 ppm과 90.39±15.36 ppm을 나타내었다. 입국 술덧에서 누룩 술덧보다 citric acid가 높게 생성된 것은 입국을 만들 때 사용하는 균주인 *Asp. luchuensis* 균주가 citric acid를 높게 생성되는 것으로 보고되고 있으며(18) 이러한 입국이 다량 들어간 입국 술덧에서 citric acid가 높게 측정된 것으로 생각된다. 또한 malic acid는 가장 적은 40.83±2.57 ppm을 나타내었다. 누룩 술덧에서도 succinic acid가 가장 많이 생성되었으며 발효 초기부터 지속적으로 상승하여 최종 발효 시 가장 높은 5,945.79±76.30 ppm을 나타냈으며 다음으로 malic acid, citric acid 순으로 88.17±12.50과 51.12±11.33 ppm이었으며 acetic acid는 가장 적은 3.37±1.97 ppm로 측정되었다.

**술덧 제조 방법별 증류주 일반 성분 분석**

입국과 누룩을 이용한 증류주의 일반성분 중 휘발산도, pH, acetic acid, 2-thiobarbituric acid (TBA) 분석결과는 Table 1과 같다. 입국 증류주의 경우 감압과 상압 조건에 따른 증류주의 휘발산도는 0.04-0.06%로 차이는 없었으며 누룩 증류주 역시 감압과 상압 증류주에서 휘발산도는 0.02-0.04%로 차이가 없었다. 다만 입국 증류주가 누룩 증류주에 비해 휘발산도가 높은 것은 발효 술덧의 경우와 마찬가지로 입국에서 유래되어 나온 다양한 유기산들에 의한 것으로 생각된다. 다음으로 pH의 경우 입국 증류주의 경우 감압, 상압 증류 모두 4.98-5.21로 비슷한 pH였으며 누룩 증류주는 감압 증류 50, 60 cmHg의 pH가 5.35, 4.89였다. 상압증류 80, 90°C에서는 5.16, 5.21으로 전체적으로 감압과 상압의 pH가 비슷하였다.

Acetic acid의 입국 증류주 함량은 감압증류 50, 60 cmHg 조건에서 5.63±0.79, 6.45±1.28 ppm과 상압 증류 80, 90°C 조건에서 5.02±0.84, 5.76±0.18 ppm이 검출되었으며 누룩 증류주의 경우 감압 증류 50, 60 cmHg에서 5.18±1.28, 4.38±1.69 ppm과 상압 80, 90°C에서 3.08±1.79, 4.19±1.98 ppm으로 감압증류주가 조금 낮은 함량을 보였다. 또한 누룩 증류주의 acetic acid 함량(3.37 ppm)이 입국 증류주(90.39 ppm) 보다 낮았는데 이것은 누룩 증류주의 술덧 자체 acetic acid 함량이 낮아 증류 시 증류되어 넘어오는 양이 적어 그 차이가 나는 것으로 생각된다.

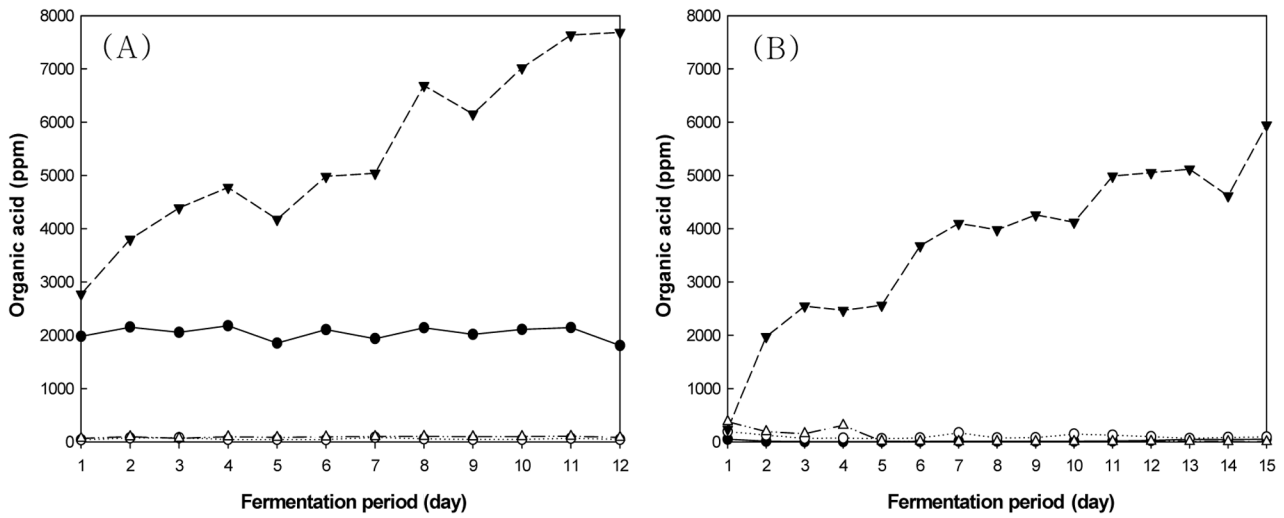


Fig. 2. Changes of organic acid during fermentation of mash made with *ipguk* (*koji*) (A) and *nuruk* (B). ●: Citric acid, ○: Malic acid, ▼: Succinic acid, △: Acetic acid

2-Thiobarbituric acid (TBA) 값은 증류주의 저장 관리의 지표로 사용되는 값으로 증류식 소주에 함유되어 있는 불포화지방산의 에틸에스테르가 저장 중에 산화되면서 생기는 유취를 측정해 산화도를 나타내는 지표다(19). 입국 증류주의 TBA는 감압 50, 60 cmHg이 39.65±3.13과 60.34±8.26의 낮은 분석값을 보인 반면 상압 증류 80, 90°C에서는 278.20±6.06과 259.07±4.84의 높은 분석값을 보였다. 그 이유로는 소주 발효과정에서는 알코올 외에 퓨젤유(고급알코올)가 생성되는데(20) 이 퓨젤유 성분이 증류시에 증류주로 넘어 가면서 소주의 향기 및 산화에 관여한다고 알려져 있으며 또한 상압 증류시 감압 증류보다 많은 퓨젤유 성분들이 증류된다고 알려져 있다(21). 이처럼 상압 증류시 술덧에 많은 퓨젤유 성분들이 증류되어 높은 TBA 값을 나타낸 것으로 생각된다. 누룩 증류주의 경우 TBA 분석결과는 입국 증류주와 비슷하게 상압 조건에서 낮게 측정되었으며 감압 조건에서는 입국 증류주보다 낮은 72.79±10.00과 71.82±2.87이 측정되었다.

**술덧 제조 방법별 증류주 fusel alcohol 분석**

단식증류기로 증류하여 만든 증류식 소주는 aldehyde, fusel alcohol, furfural 등 향미 성분이 많고 원료에 따라 독특한 풍미를 갖는다(8). 특히 fusel alcohol 중에서도 고급알코올류인 n-propanol (P), isobutanol (B), isoamyl alcohol (A)이 향기 성분에 있어 중요한 역할을 하며 양적인 구성 외에 n-propanol (P), isobutanol (B), isoamyl alcohol (A)의 함유비율(A/P비, A/B비, B/P비)

도 제품의 특징을 결정짓는데 중요한 역할을 한다(1).

입국 증류주의 경우 n-propanol 분석 결과 감압 50, 60 cmHg 조건에서 389.10±36.98, 396.63±24.40 ppm이 상압 80, 90°C 조건에서는 397.27±32.64, 394.99±30.58 ppm의 측정되었으며 isobutanol은 압력 50, 60 cmHg 조건에서 631.34±88.45, 664.89±29.39 ppm이 상압 80, 90°C 조건에서는 651.76±19.42, 659.29±24.25 ppm이 측정되었다. Isoamyl alcohol은 감압 50, 60 cmHg 조건에서 844.73±47.80, 877.73±90.93 ppm이 상압 80, 90°C 조건에서는 878.30±74.11, 877.13±86.89 ppm이 검출되었다. 특히 n-propanol, isobutanol, isoamyl alcohol이 누룩 증류주와 다르게 상압, 감압 증류에서 차이가 없이 비슷한 측정 값을 나타냈다. 입국 증류주의 A/B의 비율은 감압과 상압 모두 비슷한 1.32-1.35 비율이었으며 A/B비는 누룩사용이 적은 소주(태국 등의 인디카형쌀 사용)에서 비교적 낮은 값을 나타내는 반면 황곡을 사용하여 누룩사용량이 많은 것, 또는 발효물의 급수비율이 적은 소주에서 일반적으로 높게 나타나는 것으로 알려져 있다(20). 또한 Bae 등(1)의 쌀과 개량누룩을 이용한 증류주의 경우에서도 A/B의 비율은 급수율에 따라 1.618-2.875로 본 시험보다 높았으나 이것은 제조방법과 개량누룩의 차이로 생각된다. A/P의 비율 역시 감압과 상압 조건 모두에서 2.17-2.22의 비율을 나타내었으며 A/P비는 사탕수수, 감자 등의 과피를 가지는 원료에서 높게 나타나는 반면 도정한 곡물을 원료로 한 제품에서는 낮게 나타나는 것으로 알려져 있으며(20) 본 실험 결과도 유사하게 측정 되었다.

Table 1. Volatile acid, pH, acetic acid and TBA in distilled liquors from the mash made with *ipguk* (*koji*) and *nuruk* under reduced and atmospheric pressures

Analysis	<i>Ipguk</i>				<i>Nuruk</i>			
	RP <sup>1)</sup> 50 cmHg	RP 60 cmHg	AP 80°C	AP 90°C	RP 50 cmHg	RP 60 cmHg	AP 80°C	AP 90°C
Volatile acid (%)	0.04±0.01 <sup>c</sup>	0.04±0.00 <sup>cb</sup>	0.05±0.00 <sup>ab</sup>	0.06±0.01 <sup>a</sup>	0.02±0.01 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.01 <sup>a</sup>	0.04±0.02 <sup>a</sup>
pH	5.21±0.47 <sup>a</sup>	5.05±0.06 <sup>a</sup>	4.98±0.06 <sup>a</sup>	5.03±0.09 <sup>a</sup>	5.35±0.10 <sup>b</sup>	4.89±0.20 <sup>a</sup>	5.16±0.11 <sup>b</sup>	5.21±0.14 <sup>b</sup>
Acetic acid (ppm)	5.02±0.84 <sup>a</sup>	5.76±0.18 <sup>a</sup>	5.63±0.79 <sup>a</sup>	6.45±1.28 <sup>a</sup>	3.08±1.79 <sup>a</sup>	4.19±1.98 <sup>a</sup>	5.18±1.28 <sup>a</sup>	4.38±1.69 <sup>a</sup>
TBA	39.65±3.13 <sup>b</sup>	60.34±8.26 <sup>b</sup>	278.20±6.06 <sup>a</sup>	259.07±4.84 <sup>a</sup>	19.39±0.58 <sup>c</sup>	47.14±3.61 <sup>b</sup>	72.79±10.00 <sup>a</sup>	71.82±2.87 <sup>a</sup>

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

<sup>1)</sup>RP: Reduced pressure, AP: Atmospheric pressure

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

**Table 2. n-Propanol, isobutanol and isoamyl alcohol in distilled liquors from the mash made with *ipguk* (*koji*) and *nuruk* under reduced and atmospheric pressures**

Analysis	<i>Ipguk</i>				<i>Nuruk</i>			
	RP <sup>1)</sup>	RP	AP	AP	RP	RP	AP	AP
	50 cmHg	60 cmHg	80°C	90°C	50 cmHg	60 cmHg	80°C	90°C
n-Propanol	389.10 ±36.98 <sup>a</sup>	396.63 ±24.40 <sup>a</sup>	397.27 ±32.64 <sup>a</sup>	394.99 ±30.58 <sup>a</sup>	102.64 ±8.26 <sup>b</sup>	83.83 ±6.45 <sup>a</sup>	125.78 ±10.29 <sup>b</sup>	152.41 ±9.08 <sup>c</sup>
Isobutanol	631.34 ±38.45 <sup>a</sup>	664.89 ±29.39 <sup>a</sup>	651.76 ±19.42 <sup>a</sup>	659.29 ±24.25 <sup>a</sup>	1552.52 ±29.70 <sup>b</sup>	1538.16 ±80.37 <sup>b</sup>	1800.90 ±65.23 <sup>a</sup>	1723.43 ±96.35 <sup>a</sup>
Isoamyl alcohol	844.73 ±47.80 <sup>a</sup>	877.73 ±90.93 <sup>a</sup>	878.30 ±74.11 <sup>a</sup>	877.13 ±86.89 <sup>a</sup>	1334.38 ±83.22 <sup>a</sup>	1300.38 ±45.66 <sup>a</sup>	1322.46 ±55.16 <sup>a</sup>	1454.70 ±97.23 <sup>a</sup>

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

<sup>1)</sup>RP: Reduced pressure, AP: Atmospheric pressure

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

**Table 3. Acetaldehyde, methanol and furfural in distilled liquors from the mash made with *ipguk* (*koji*) and *nuruk* under reduced and atmospheric pressures**

Analysis	<i>Ipguk</i>				<i>Nuruk</i>			
	RP <sup>1)</sup>	RP	AP	AP	RP	RP	AP	AP
	50 cmHg	60 cmHg	80°C	90°C	50 cmHg	60 cmHg	80°C	90°C
Acetaldehyde	8.59±3.44 <sup>a</sup>	9.27±0.83 <sup>a</sup>	9.80±1.80 <sup>a</sup>	10.63±1.93 <sup>a</sup>	9.57±0.64 <sup>b</sup>	11.68±1.54 <sup>b</sup>	22.39±3.15 <sup>a</sup>	24.86±6.10 <sup>a</sup>
Methanol	0.95±0.37 <sup>a</sup>	1.22±0.49 <sup>a</sup>	1.36±0.65 <sup>a</sup>	1.23±0.40 <sup>a</sup>	4.14±2.43 <sup>a</sup>	3.65±1.67 <sup>a</sup>	4.69±1.55 <sup>a</sup>	5.21±1.83 <sup>a</sup>
Furfural	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	8.82±1.45 <sup>a</sup>	7.64±1.23 <sup>a</sup>	12.23±1.21 <sup>b</sup>	15.25±1.58 <sup>b</sup>	21.74±1.78 <sup>a</sup>	23.41±1.65 <sup>a</sup>

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

<sup>1)</sup>RP: Reduced pressure, AP: Atmospheric pressure

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

다음으로 B/P의 경우 역시 감압과 상압 조건 모두에서 1.62-1.68의 비율을 나타내었으며 쌀소주는 위스키에 비해 n-propanol (P)가 많고 isobutanol (B)가 매우적기 때문에 B/P비는 양주에 비해 낮은 특성이 있다고 알려져 있으며(20) 본 실험결과 역시 일반적인 B/P 범위인 0.9-2.7 안에 있었다.

누룩 증류주의 경우 n-propanol 감압 50, 60 cmHg 조건에서 102.64±8.26, 83.83±6.45 ppm이 상압 80, 90°C 조건에서는 125.78±10.29, 152.41±9.08 ppm이 측정되었으며 isobutanol은 감압 50, 60 cmHg 조건에서 1,552.52±29.70, 1,538.16±80.37 ppm이 상압 80, 90°C 조건에서는 1,800.90±65.23, 1,723.43±96.35 ppm이 측정되었다. Isoamyl alcohol은 감압 50, 60 cmHg 조건에서 1,334.38±83.22, 1,300.38±45.66 ppm이 상압 80, 90°C 조건에서는 1,322.46±55.16, 1,454.70±97.23 ppm이 측정되었으며 모든 측정 결과에서 상압 증류의 n-propanol, isobutanol, isoamyl alcohol이 감압 증류보다 높은 측정 값을 나타냈지만 A/P의 비율은 감압, 상압에서 큰 차이가 없는 8.05-10.04였으나 입국을 이용한 증류주의 2.17-2.22보다는 높은 비율이었다. 이것은 isoamyl alcohol이 누룩으로 제조한 술덧에 많이 검출 되는걸로 알려져 있으며(22) 본 실험 제조방법에서 누룩을 다량 사용하기에 제조한 누룩 증류주에서 isoamyl alcohol이 높게 나오는 걸로 유추할 수 있다.

**술덧 제조 방법별 증류주 유해물질 분석**

증류주에 있어서 유해물질은 중 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(20). 주류 중 aldehyde 규격 기준은 증류주인 소주, 위스키, 브랜디, 일반 증류주는 700 ppm 이하로 되어 있으며, 그 외의 주

류에는 규격 기준이 없다(18). Methanol은 원료의 펙틴질에서 유래하는 것으로 알려져 있으며, 통상적으로 고구마 또는 과실을 원료로 하는 주류에 많이 함유 되어 있다(19). Furfural은 술지게미 중에 탄수화물(전분, 당분, 펜토산 등)의 가열 분해시 산과 가열에 의해 생성되며 보통은 증류할 때 술덧을 여과하지 않고 증류하거나 증류 끝 부분(후류)에 증류로 인해 술덧의 양이 줄어들면서 탄 냄새가 나고 furfural 성분이 많아진다(20).

입국 증류주의 acetaldehyde, methanol, furfural 3가지 유해 물질에 대한 분석 결과는 Table 3와 같다. 감압 증류 50, 60 cmHg이 8.59±3.44, 9.27±0.83 ppm을 상압 증류 80, 90°C는 9.80±1.80, 10.63±1.93 ppm으로 분석 되어 증류 방법에 따른 acetaldehyde 차이는 없었다. Methanol은 감압, 상압 증류주 모두에서 0.95-1.36 ppm으로 아주 소량이 측정되었으며 furfural은 감압 증류 50, 60 cmHg 모두 검출이 되지 않았으며 상압 증류 80, 90°C는 8.82, 7.64 ppm이 검출되었다. 이것은 입국을 이용한 증류주의 술지게미에서 발효에 의해 glucose가 대부분 소비되었으며 또한 감압 증류를 통해 낮은 온도 증류에 의해 furfural이 생성이 안된 것으로 생각된다. 누룩 증류주는 감압 증류 50, 60 cmHg이 9.57±0.64, 11.68±1.54 ppm을 생성한 거에 비해 상압 증류 80, 90°C는 이보다 높은 22.39±3.15, 24.86±6.10 ppm을 생성하였다. 이것은 입국을 이용한 증류주의 acetaldehyde보다 높은 것으로 누룩이 쌀량 대비 약 50% 들어가는 제조방법으로 인해 술덧 중 누룩에서 유래되어 나온 아미노산과 쌀 전분 및 당분이 남은 상황에서 상압 증류의 높은 온도로 인해 acetaldehyde가 많이 생성된 것으로 생각한다. Methanol은 감압, 상압 증류주 모두에서 3.65-5.21 ppm이 측정되었으며 furfural은 증류 직후 감압 증류 50, 60 cmHg이 12.23±1.21, 15.25±1.58 ppm을 생성한 거에 비해 상압 증류 80, 90°C는 이보다 약간 높은 21.74±1.58, 23.41±1.65 ppm을 생성하였다.

**Table 4. Volatile compounds in distilled liquors from the mash made with *ipguk* (*koji*) under reduced and atmospheric pressures** (Unit: peak area%)

No.	RT	Compound	<sup>1)</sup> RP 50 cmHg	RP 60 cmHg	AP 80°C	AP 90°C
1	2.1	Acetaldehyde	0.01 <sup>2)</sup>	- <sup>3)</sup>	0.01	0.01
2	4.09	Ethanol	92.31	94.17	81.16	70.85
3	5.93	n-Propanol	0.01	0.01	0.08	0.12
4	7.29	Isobutyl alcohol	1.17	1.91	1.21	1.35
5	9.87	Isoamyl alcohol	2.84	2.61	3.25	3.77
6	10.36	Hexanoic acid, ethylester	0.03	0.01	0.03	0.03
7	13.43	Ethyl lactate	-	-	0.01	-
8	14.19	1-Propanol, 3-ethoxy-	0.01	0.01	0.01	0.01
9	15.65	Ethyl octanoate	0.38	0.10	0.52	0.97
10	20.66	Decanoic acid	0.71	0.52	1.98	2.95
11	21.1	Octanoic acid, 3-methylbutyl ester	0.01	0.02	0.04	0.06
12	21.59	Butanedioic acid, diethylester	0.01	-	0.01	0.01
13	23.26	Isobutyl decanoate	-	-	0.01	0.02
14	24.72	Acetic acid, 2-phenylethyl ester	0.07	0.04	0.15	0.23
15	25.18	Dodecanoic acid, ethylester	0.19	0.04	0.49	0.83
16	26.74	Phenylethyl Alcohol	0.08	0.07	0.08	0.05
17	29.33	Ethyl myristate	0.21	0.06	0.56	0.36
18	31.27	Pentadecanoic acid, ethyl ester	-	-	0.01	0.03
19	33.18	Ethyl palmitate	1.09	0.28	5.56	1.71
20	37.36	Octadodecanoic acid, ethyl ester	0.02	-	0.35	0.42
21	39.29	9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester	0.10	0.05	1.95	2.31
		Others	0.72	0.09	2.55	3.94
Total			100.00	100.00	100.00	100.00

<sup>1)</sup>RP: Reduced pressure, AP: Atmospheric pressure

<sup>2)</sup>Average of relative percentage of total peak area.

<sup>3)</sup>Not detected.

#### 술덧 제조 방법별 증류주 향기성분 분석

술의 향기성분은 본질적으로는 누룩미생물이나 효모에 의해서 생성되지만 소주원료에 의해서도 크게 좌우된다. 특히 양조효모가 생성하는 주된 향기성분은 알코올, 카르보닐 화합물, 유기산, 에스테르, 함황화합물, 아민 등이다. 이중 대부분의 증류식 소주에 함유되어 있는 주요한 성분은 에스테르류(예: 초산과 알코올이 결합한 초산에스테르류)와 지방산 에스테르 들이며 소주 발효 과정에서는 알코올 외에 퓨젤유(고급알코올)가 생성된다. 이 퓨젤유 성분은 미량만으로도 소주의 풍미를 좌우하는 중요한 성분으로 이러한 성분들이 소주의 향기에 가장 큰 역할을 한다(21). 특히 2-phenyl alcohol은 장미향을 가지고 있는 중간비점의 향기 성분으로 소주의 향기에 중요한 역할을 하고 있으며 초산에스테르, 특히 isoamyl acetate은 중요한 향기성분이며 isoamyl alcohol의 생성농도에 의존적이다. 초산이소아밀은 바나나향을 가지는 방향성분입니다. 또 다른 향기 성분인 ethyl caproate은 isoamyl acetate의 화려한 향기에 비해 묵직하고 중후한 향을 가지고 있는 것으로 알려져 있다(20).

입국 증류주의 향기성분 분석결과는 Table 4와 같다. 감압증류에서 높은 검출 결과를 나타낸 것은 isoamyl alcohol > isobutyl alcohol > ethyl palmitate > decanoic acid > ethyl myristate > ethyl octanoate > dodecanoic acid 순서 순이었다. 상압증류에서 높은 검출 순서를 나타낸 것은 ethyl palmitate > isoamyl alcohol > decanoic acid > 9,12-octadecadienoic acid > isobutyl alcohol > ethyl octanoate > dodecanoic acid > ethyl myristate > octadodecanoic acid 순으로 검출되었다. 입국을 이용한 증류주의 향기성분 분석결과

중 감압 증류와 상압 증류의 가장 큰 차이는 이중에서 가장 큰 특징은 whiskey 향이 나는 isoamyl alcohol이 감압증류가 적게 검출되었다는 것이다. 이것은 isoamyl alcohol은 비점이 낮은 물질로서(22) 상대적으로 증류 온도가 높은 상압 증류하였을 때 휘발되어 농축된 것으로 판단된다. 달콤하면서 견과류의 향 특성을 나타내는 decanoic acid는 감압 50, 60 cmHg이 0.71, 0.52%로 상압 80, 90°C의 1.98, 2.95% 보다 낮게 검출되었다. 상압보다 감압에서 높게 검출된 것은 isobutyl alcohol이며 이와 반대로 상압에서 더 높았던 것은 ester 중 부드러운 향을 나타내는 ethyl palmitate였다. 누룩을 이용한 증류주의 향기성분 분석결과는 Table 5와 같다. 감압증류와 상압증류 모두에서 높은 분석 결과를 나타낸 것은 isobutyl alcohol, isoamyl alcohol, decanoic acid, acetic acid, phenylethyl alcohol 등이다. 이것은 입국을 이용한 증류주의 향기성분과 약간 다른 것으로 특히 입국 증류주에서는 약간 불쾌취를 낼 수 있는 성분으로 알려진 octanoic acid가 높았던 반면 누룩에서는 자극취를 나타내는 산미의 acetic acid와 맥주의 방향족 알콜 성분 중 가장 중요한 향기성분인 phenylethyl alcohol이 더 검출되었다. 이중 whiskey 향이 나는 isoamyl alcohol은 감압, 상압 증류에서 큰 차이를 보이지 않았으나 가장 높은 비율로 측정되었으며 달콤하면서 견과류의 향 특성을 나타내는 decanoic acid 역시 감압 증류와 상압 증류시 큰 차이를 나타내지 않았다. 이외에 감압보다 상압에서 높은 검출 결과를 나타낸 것은 phenylethyl alcohol이었으며 감압 증류에서 높은 검출 결과는 acetic acid, ethyl palmitate 등이었다.

**Table 5. Volatile compounds in distilled liquors from the mash made with *nuruk* under reduced and atmospheric pressures**

(Unit: peak area%)

No.	RT	Compound	<sup>1)</sup> RP 50 cmHg	RP 60 cmHg	AP 80°C	AP 90°C
1	2.1	Acetaldehyde	<sup>3)</sup>	-	-	-
2	4.09	Ethanol	89.55 <sup>2)</sup>	89.34	92.75	92.10
3	5.93	n-Propanol	0.07	0.08	0.09	0.01
4	7.29	Isobutyl alcohol	0.67	0.86	0.81	0.34
5	9.87	Isoamyl alcohol	4.37	3.65	3.85	3.23
6	10.36	Hexanoic acid, ethylester	0.01	0.01	0.01	-
7	13.43	Ethyl lactate	0.02	0.01	0.02	0.02
8	14.19	1-Propanol, 3-ethoxy-	-	0.01	-	0.01
9	15.65	Ethyl octanoate	0.09	0.15	0.17	0.02
10	20.66	Decanoic acid	0.51	0.34	0.37	0.39
11	21.1	Octanoic acid, 3-methylbutyl ester	0.02	0.02	0.02	0.01
12	21.59	Butanedioic acid, diethylester	0.05	0.06	0.06	0.04
13	23.26	Isobutyl decanoate	0.01	0.01	-	-
14	24.72	Acetic acid, 2-phenylethyl ester	0.43	1.22	0.09	-
15	25.18	Dodecanoic acid, ethylester	0.08	0.03	0.03	0.01
16	26.74	Phenylethyl Alcohol	0.22	0.27	0.31	0.36
17	29.33	Ethyl myristate	0.05	0.02	0.01	0.01
18	31.27	Pentadecanoic acid, ethyl ester	-	-	-	-
19	33.18	Ethyl palmitate	0.31	0.29	0.05	0.02
20	37.36	Octadodecanoic acid, ethyl ester	0.03	0.01	-	-
21	39.29	9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester	0.02	0.01	-	-
		Others	3.49	3.63	1.34	3.41
		Total	100	100	100	100

<sup>1)</sup>RP: Reduced pressure, AP: Atmospheric pressure

<sup>2)</sup>Average of relative percentage of total peak area.

<sup>3)</sup>Not detected.

## 요 약

본 연구에서는 입국 또는 누룩을 사용하여 제조한 술에 있어 감압, 상압에서 증류한 소주의 일반성분과 향기 성분을 분석하여 증류식 소주의 특성을 검토하고자 하였다. 입국을 이용한 술덧에서는 최종 발효 시에 18.0±0.6%의 높은 알코올이 생성되었으며 누룩 술덧에서는 최종 발효 시 14.3±1.7%의 알코올이 생성되었다. 입국 술덧의 succinic acid가 최종 발효 시 가장 높은 7,685.33±34.97 ppm을 나타냈으며 누룩 술덧 역시 succinic acid가 가장 높은 5,945.79±76.30 ppm을 나타냈다. 다음으로 증류주의 휘발산도는 입국 증류주의 경우 감압과 상압 조건에 따른 증류주의 휘발산도는 0.04-0.06%로 차이는 없었다. TBA는 입국 증류주 감압 50, 60 cmHg이 39.65±3.13과 60.34±8.26의 낮은 분석값을 보인 반면 상압 증류 80, 90°C에서는 278.20±6.06과 259.07±4.84의 높은 분석값을 보였다. 증류주의 fusel alcohol 분석 결과는 입국 증류주의 경우 n-propanol이 감압 50, 60 cmHg 조건과 상압 80, 90°C 조건에서 389.10-397.27 ppm으로 비슷하게 측정되었으며 A/B의 비율은 감압과 상압 모두 비슷한 1.32-1.35 비율이었다. 유해물질은 중 acetaldehyde는 입국 증류주의 감압 50, 60 cmHg 조건에서 8.59, 9.27 ppm을 상압 증류 80, 90°C는 9.80, 10.63 ppm으로 분석 되어 증류 방법에 따른 차이는 없었다. Methanol은 감압, 상압 증류주 모두에서 0.95-1.36 ppm으로 아주 소량이 측정되었다. 입국 증류주의 향기성분 분석결과 중 감압증류에서 높은 검출 결과를 나타낸 것은 isoamyl alcohol > isobutyl alcohol > ethyl palmitate > decanoic acid > ethyl myristate > ethyl octanoate > dodecanoic

acid 순서 순이었다. 본 연구 결과 현대 증류식 소주에 품질을 향상시키기 위해서는 입국을 사용한 술덧을 감압 증류함으로써 증류식 소주의 품질을 향상시킬 수 있을 것으로 판단되며 이후 숙성 시험을 통해 증류주의 숙성 기간에 따른 품질 변화를 살펴봐야 할 것으로 생각된다.

## 감사의 글

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

## References

1. 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)
2. Kim HS, Yu TS. Volatile flavor components of traditional Korean *nuruk* produced by *nuruk* fungi. Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 28: 303-308 (2000)
3. Kim JH, Lee DH, Lee SH, Choi SY, Lee JS. Effect of *Ganoderma lucidum* on the quality and functionality of Korean traditional rice wine, yakju. J. Biosci. Bioeng. 97: 24-28 (2004)
4. Tsuyofhi N, Fudou R, Yamanaka S, Kozaki M, Tamang N, Thapa S, Tamang JP. Identification of yeast strains isolated from marcha in Sikkim, a microbial starter for amyolytic fermentation. Int. J. Food Microbiol. 99: 135-146 (2005)

5. Lee JS, Lee TS, Park SO, Noh BS. Flavor components in mash of takju prepared by different raw materials. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 316-323 (1996)
6. Kim CJ, Kim KC, Kim DY, Oh MJ, Lee SK, Lee SO, Chung ST, Chung JH. *Fermentation Technology*. Sunjinnunwhasa Pub. Co., Seoul, Korea. pp. 79-103 (1990)
7. Min YK, Yun HS, Jeong HS, Jang YS. Changes in compositions of liquor fractions distilled from *Samil-ju* with various distillation conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24: 440-446 (1992)
8. 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)
9. Lee KH. The production and market status of distilled liquor. *Korean J. Dietary Culture* 4: 301-309 (1989)
10. Hong Y, Park SK, Choi EH. Flavor characteristics of korean traditional distilled liquors produced by the co-culture of *Saccharomyces* and *Hansenula*. *Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 27: 236-245 (1999)
11. Lee DS, Park HS, Kim K, Lee TS, Noh BS. Determination and multivariate analysis of flavour components in the Korean folk sojues using GC-MS. *Korean J. Food Sci. Technol.* 20: 750-758 (1994)
12. Technical Service Institute, National Tax Service Administration. Textbook of alcoholic beverage-making. Technical Service Institute, National Tax Service Administration. Seoul, Korea. pp. 1-201 (1997)
13. In HY, Lee TS, Lee DS, Noh BS. Quality characteristics of soju mashes brewed by korean traditional method. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 134-140 (1995)
14. 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)
15. Kim JH, Lee JH, Kim HJ, Choi SY, Lee JS. Effects of barley koji and legumes on the quality and fibrinolytic activity of Korean traditional rice wine. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 1066-1070 (2003)
16. Kim LH, Park WS, Koo YH. Comparison of fermentation characteristics of Korean traditional alcoholic beverage with different input step and treatment of rice and *nuruk*. *Korean J. Dietary Culture* 11: 339-348 (1996)
17. 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)
18. So MH, Lee YS, Noh WS. Changes in microorganism and main components during *takju* brewing by a modified *nuruk*. *Korean J. Food Nutr.* 12: 226-232 (1999)
19. Bae SM. *Distilled Soju Production Technology*. Wogok Pub. Co., Seoul, Korea. pp. 166-306 (2001)
20. FACT. *Woorisool Treasure House*. Foundation of Agriculture Technology Commercialization & Transfer, Suwon, Korea. pp. 1-394 (2011)
21. Technical Service Institute. National Tax Service Administration. *Alcoholic liquors quality technic of field*. Technical Service Institute. National Tax Service Administration, Seoul, Korea. pp. 1-343 (2008)
22. 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)