

# 원주의 증류 방식에 따른 증류식 소주의 이화학적 특성 연구

장영진<sup>1</sup>, 문세희<sup>1</sup>, 손은심<sup>2</sup>, 정철<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>서울벤처대학원대학교, <sup>2</sup>(주)요헤벳

## Study of physicochemical properties of distilled soju according to distillation method of raw alcohol

Young-Jin Jang<sup>1</sup>, Sae-Hee Moon<sup>1</sup>, Eun-Shim Son<sup>2</sup>, Chul Cheong<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Convergence Industry, Seoul Venture University

<sup>2</sup>Jochebed Co., Ltd.

**요약** 본 연구는 2023년 1월부터 2023년 7월까지 원주를 상압증류 방식과 감압도에 따른 감압증류 방식을 적용하여 제조한 증류식 소주의 이화학적 분석 및 향기 성분의 차이를 비교하고자 하였다. pH와 알코올 함량은 상압증류보다 감압증류에서 더 높게 나타났으며, 아미노산도는 감압증류에서 더 낮게 나타났다. 유기산을 분석한 결과 malic acid는 생성되지 않았으며, citric acid, lactic acid는 감압증류에서 더 높게 나타났으며, 감압도가 증가할수록 증가하였다. 향기성분을 분석한 결과 acetaldehyde의 경우는 상압증류에서 유의적으로 높게 검출되었으며 furfural은 감압증류에서 검출되지 않았다. 장미향을 부여하는 ethyl acetate, 버터향, 코코넛 향을 부여하는 ethyl lactate가 상압증류와 감압증류에서 검출되었다. 꽃향을 부여하는 2-phenyl ethanol(phenethyl alcohol)은 감압도가 증가할수록 높게 나타났다. 분석 결과를 종합하면, 감압증류로 제조한 증류주가 상압증류보다 이미이취 유발 성분(acetaldehyde, furfural, methanol 등)이 감소되어 증류주의 품질에 긍정적 영향을 미치는 것으로 보였다. 특히 감압 500mmHg에서 감압증류 시 이미이취 성분인 acetaldehyde, furfural, methanol의 농도가 가장 적은 농도로 검출되어 고품질의 증류식 소주 제조에 유리한 것으로 분석되었다.

**Abstract** This study aimed to compare the differences in the physicochemical properties and aroma components of distilled liquor prepared using normal-pressure distillation and reduced-pressure distillation according to the degree of pressure used. The study was conducted during the period January 2023 to July 2023. The pH and alcohol content were higher in reduced-pressure distillation than in normal-pressure distillation, and the amino acid content was lower in reduced-pressure distillation. An analysis of organic acids revealed that malic acid was not produced, and citric acid and lactic acid were found to be higher in reduced-pressure distillation and increased as the degree of reduced pressure increased. An analysis of the aroma components revealed that acetaldehyde was detected at significantly higher levels in normal-pressure distillation and furfural was not detected in reduced-pressure distillation. Ethyl acetate, which gives a rose scent, and ethyl lactate, which gives butter and coconut scents, were detected in normal-pressure distillation and reduced-pressure distillation. The quantum of 2-phenyl ethanol (phenethyl alcohol) which imparts a floral scent, increased as the degree of pressure reduction increased. Summarizing the results, reduced-pressure distillation appeared to have a positive effect on the quality of distilled liquor as the amounts of off-flavor-causing components (acetaldehyde, furfural, methanol, etc.) were reduced compared to distilled liquor produced under normal pressure.

**Keywords** : Distilled Liquor, Degrees of Pressure, Normal Pressure, Acetaldehyde, Sensory Evaluation

\*Corresponding Author : Chul Cheong(Seoul Venture Univ.)

email: chulcheong@hotmail.com

Received May 10, 2024

Accepted August 2, 2024

Revised July 12, 2024

Published August 31, 2024

## 1. 서론

증류식 소주는 우리나라의 전통 술로서 단식 증류기법을 이용하여 증류 후 제조하는 전통 증류주로서 연속식 증류기법을 통해 제조하는 희석식 소주와는 차별화되는 술이다[1]. 증류식 소주는 단식 증류기로 증류하기 때문에 아세트알데히드, 고급알코올, 에스터 등 향기 성분이 희석식 소주에 비해 풍부하고 원료의 특성을 나타내는 독특한 방향을 지닌다. 한편 증류 과정은 증류식 소주의 제조 과정 중 주류의 품질과 관능을 결정하는 중요한 공정이다[2]. 증류장치는 예전에는 토기로 만든 소주고리를 사용하였다. 이는 작은 규모의 생산규모에는 적합했지만, 생산량 증가와 산업 발달로 인하여 작업이 편리하고 증류 효율이 높은 구리 또는 스테인레스 재질로 만든 증류기를 사용하게 되었다[3]. 또한 가열 방법도 초창기에는 불로 끓이는 직화법이나 증탕법을 사용하다가 보일러를 사용하면서 스팀을 이용한 직접 또는 간접 가열방법이 주로 사용되고 있다. 직화법은 가열 온도가 높아 술덧이 고온의 영향으로 많은 방향 성분이 생성되고 벽면에 눌러 붙거나 타는 현상이 발생하는 경우가 많다. 그리고 증류 방식도 국가마다 제품마다 다르다. 원주의 증류 방식은 크게 단식 증류와 연속식 증류로 나눌 수 있다. 단식 증류는 가장 기본적인 증류 방식으로 비교적 간단하고 저렴한 방식이지만, 생산량이 적고 숙성 과정에 시간이 오래 걸려 고급 원주를 생산하는 데 적합하다. 연속식 증류는 단식 증류보다 효율적인 방식으로 단식 증류보다 생산량이 많고 효율적이지만, 설비 투자가 많이 필요하고 숙성 과정이 단순하여 저렴한 원주를 대량 생산하는 데 적합하다. 단식 증류도 증류시 압력의 조작 여부에 따라 감압증류식과 상압증류식으로 구분한다. 상압증류는 용액의 비등점까지 가열하여 증류하는 방식으로 대기압 하에서는 감압증류보다 비점이 높아 분해 또는 화학변화가 많이 일어나는 반면, 감압증류는 증류기를 밀폐하고 감압펌프를 통하여 압력을 낮추어 증류하는 방법으로 술덧의 끓는점이 낮아지게 된다[1]. 따라서 상압증류식보다 현저하게 낮은 온도에서 증류되어 물질의 분해 및 화학변화가 상대적으로 적어 상압증류식보다는 부드러운 타입의 증류식 소주의 제조에 적합하다. 대부분의 감압증류 압력은  $110 \pm 20$  mmHg 정도로서 증류가 시작되는 온도가  $40^\circ\text{C}$  내외, 증류가 완료되는 시점의 온도가  $50^\circ\text{C}$  내외이다[2]. 상압증류보다 증류 온도가 낮아서 증류관내의 술덧의 열에 의한 성분변화가 적고 고비점 성분의 함량이 적어 주질이 단순하지만 깨끗한 향취를 갖는 특징

이 있다.

감압증류 제품은 유취의 원인인 고급지방산이나 에스터류의 농도가 상압제품에 비해 현저히 낮다. 또 증류 중에 술덧이 늘어붙음으로 인하여 2차적으로 생성되는 푸르푸랄은 감압증류 제품에는 검출되지 않는 특성이 있다. 따라서 상압증류 제품과 감압증류 제품 간의 관능적 차이가 있으며 감압증류로 제조된 증류주는 열에 민감한 원료를 사용하는데도 적합하며, 맛이 부드럽고 깔끔한 특징을 나타낸다[4]. 그리고 감압증류 방식의 경우는 감압도가 증류주 품질 특성에 영향을 미칠 수 있다. 하지만 감압도에 따른 증류주의 연구는 매우 미흡하다. 한편 상압증류 제품은 일반적으로 원료 특유의 특징이 강해 맛이 진하며 위스키, 브랜디 등 유명 증류주는 동 증류기를 이용한 상압증류 방식을 이용하여 증류주를 제조한다[5]. 하지만 상압증류 방식의 경우는 증류과정 중에 강한 향취와 고온에 의한 탄내 등이 나타나는 것이 문제점이다.

현재 국내에서 증류식 소주를 제조하는 산업체의 경우 증류방식은 대부분 스테인레스 재질의 감압증류기를 사용하고 있지만 감압도에 따른 증류주의 품질 측면의 과학적인 데이터 역시 미미한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 원주를 상압증류와 감압도에 따른 감압증류방식으로 증류하여 증류주 품질특성을 심도있게 연구하고자 하였다. 특히 제조 현장에서 활용될 수 있는 감압도의 정도에 대한 휘발성 방향성분의 차이를 제시하고 이를 관능검사를 실시하여 기호도를 평가하여 우리나라 증류식 소주의 품질을 향상시킬 수 있도록 하고자 하였다.

## 2. 실험재료 및 방법

### 2.1 실험재료

본 실험에 사용된 원료는 국산쌀(도정율 90%)을 사용하였으며, 수분함량은 14.3 %였다. 누룩은 송학곡자(소울곡)를 구입하여 사용하였다. 종곡과 효모는 (주)화요에서 사용하고 있는 충무발효종곡(*Aspergillus luchuensis*)과 소주제조용 효모(종균협회 KCCM 12104, *Saccharomyces cerevisiae*)를 각각 사용하였다.

### 2.2 실험방법

본 연구에서는 증류방식을 상압단식증류와 감압단식증류로 구분하여 실험을 설계하였고, 감압단식증류의 경우는 감압이 증류주 품질에 미치는 영향을 연구하고자

감압 300 mmHg, 감압 500 mmHg, 감압 700 mmHg  
으로 감압을 적용하여 증류하였다.

### 2.2.1 담금 및 발효

쌀을 깨끗이 수세하고 18℃ 물에서 120분간 침지 후 30분간 물빼기 작업을 진행하였다(수질시 20mesh망 사용). 수질된 쌀을 찹술에 넣고 강증기(10분)-약증기(30분)-강증기(5분) 순서로 증자한 후 40℃까지 냉각하여 사용하였으며, 증미 수분함량 34.8%로 확인되었다. 발효는 현미 누룩 0.5 kg, 물 0.75 L, 구연산 2.2 mL, 효모 2 g을 첨가하여 5일간 25~28℃에서 발효시켜 밀술을 제조한 후, 쌀 누룩 3 kg, 물 6.6 L를 첨가하여 5일간 25~28℃에서 1단담금 하였다. 2단 담금은 현미 12 kg을 7~10회 세척한 후, 2시간 동안 물에 불리고 1시간 동안 물빼기를 한 다음 60분간 증자하고 28℃로 냉각시켜 1단 담금에 물 16.6 L와 함께 첨가하여 10일간 발효시켜 술덧을 완성하였다.

### 2.2.2 증류

술덧은 상압단식증류기와 감압단식증류기를 이용하여 증류하였다. 이때 상압증류는 대기압 상태에서 진행하였고, 감압증류는 감압 300 mmHg, 감압 500 mmHg, 감압 700 mmHg으로 감압을 적용하여 증류하였다. 감압 증류의 경우 초자기구를 사용하여 외부공기 유입을 완전히 차단한 후 전열기는 100℃로 셋팅한 후 진공펌프를 사용하여 증류기 내부 감압을 감압 300 mmHg, 감압 500 mmHg, 감압 700 mmHg으로 조정하여 증류액을 각각 채취하였다. 1회 증류 시간은 초류 유출시간까지 30~40분, 본류는 100~180분, 후류는 20~40분으로 총 150~250분 소요되었다. 상압증류의 경우 스테인리스 재질의 증류기를 사용하였으며, 가열매체는 술덧에 직접 스티름을 사용(스티름압력 0.25 kgf/cm<sup>2</sup>)하였다. 술덧온도 93℃에서 초류 유출을 시작으로 증류액을 채취하였다. 1회 증류시간은 초류 유출시간까지 30~40분, 본류는 회수비율별 30~160분으로 조절하고, 후류를 수득하는 실험군은 20~40분으로 총 80~240분이 소요되었다[6].

### 2.3 알코올 함량 측정

상압증류와 감압도에 따른 감압증류로 얻어진 각각의 증류주를 잘 흔들어 실온에서 주정계를 사용하여 그 표시도를 읽어 Gay-Lussac 표로서 15℃로 보정하여 알코올 함량을 측정하였다[7].

### 2.4 pH, 총산도, 아미노산도 측정

pH는 pH meter(Orion 3 star, Thermo Electron Co., Waltham, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. 총산도는 국제청주류면허지원센터 주류분석 규정에 따라 시료액 10 mL를 0.1 N NaOH로 pH 7.0까지 적정한 후 초산으로 환산하여 아래와 같이 백분율로 나타내었다[1].

$$\text{Total acidity (w/v\%)} = \frac{0.006 \times V \times f \times D}{s} \times 100$$

0.1 N NaOH 1 mL = 0.006 g CH<sub>3</sub>COOH  
V: 0.1 mol/L consumption of NaOH (mL)  
f: 0.1 mol/L factor of NaOH  
D: Dilution factor  
S: Sample volume (mL)

아미노산도는 총산을 측정한 시료에 formalin 용액 5 mL를 첨가한 다음 0.1 N NaOH로 적정한 값으로 나타내었다[1].

### 2.5 유기산

유기산은 2개의 펌프가 장착된 고성능 액체 크로마토그래피(High performance liquid chromatography, HPLC, LC-20A, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 분석하였다. 유기산 분석용 컬럼은 RSpak KC-811 (8.0×300 mm, Showa Denko Co., Tokyo, Japan) 2개를 Shodex Rspack KC-G (6.0×50.0 mm)에 연결하여 사용하였다. 펌프 A의 이동상은 3 mM 과염소산(perchloric acid)를 이용하였으며, 유속은 0.8 mL/min, 컬럼 오븐(column oven)의 온도는 63℃로 하였다. 컬럼을 통과한 분리된 생성물은 펌프 B의 이동상(0.2 mM bromothymol blue, 15 mM Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 2 mM NaOH)과 반응(30℃)한 후 UV 440 nm에서 검출하였다. 이때 펌프 B의 유량은 1.0 mL/min으로 설정하였다. 샘플은 여과(0.2 μm, Millipore Co., Cork, Ireland) 후 사용하였다.

### 2.6 향기 성분 분석

향기 성분은 증류주의 회수비율별로 수득한 증류액을 발효 및 증류과정에서 생성된 저비점 주요성분인 메탄올, 에틸아세테이트, 퓨젤유 등은 국제청주류면허지원센터 주류분석규정에 따라 증류주를 가스크로마토그래피(HP Agilent 7890 GC, Agilent Technologies, Fort Worth, TX, USA)를 이용하여 분석하였다[2].

## 2.7 관능검사

상압증류와 감압증류에 따른 증류주의 관능 평가를 위하여 증류식 소주 관능평가 경험이 있고 증류주에 친숙한 서울벤처대학원대학교 발효 양조학 전공 석박사 학위 과정 11명을 패널로 선정하였다. 증류식 소주의 향, 맛, 전반적 기호도에 대하여 7점 척도로 평가하여 평균과 표준편차로 나타내었다.

## 2.8 통계

수집된 자료는 SPSS 프로그램(SPSS Inc. ver.25.0)을 이용하여 각 실험군의 평균과 표준편차를 구하고, 시료 간의 차이 검증은 일원 배치 분산 분석(ANOVA)을 사용하였으며 Duncan's multiple range test에 따라  $p < 0.05$  수준에서 유의성을 검증하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 재래 누룩의 이화학 분석

재래 누룩의 감압도에 따른 pH를 비교해본 결과는 다음과 같다(Table 1). 감압도가 증가할수록 pH는 증가하는 것으로 나타났으며( $p < 0.05$ ), 총산도는 감소하는 것으

로 나타났다( $p < 0.05$ ). 감압도에 따른 재래 누룩의 알코올 함량을 비교해보면 감압 300 mmHg인 경우 44.9%로 가장 낮은 함량을 나타내었으며 감압 700 mmHg일 때 54.52%로 가장 많은 함량을 나타내었다( $p < 0.05$ ). 아미노산도는 3.23에서 3.42의 범위로 나타났으며, 상압보다 감압에서 아미노산도가 감소됨을 볼 수 있었다( $p < 0.05$ ).

### 3.2 재래 누룩의 감압도에 따른 유기산 성분

재래 누룩의 감압도에 따른 유기산의 함량과 증류에 대한 결과는 다음과 같다(Table 2).

Citric acid의 경우 감압도가 증가할수록 증가하였으며( $p < 0.05$ ), malic acid는 검출되지 않았다. Lactic acid의 경우 감압도에 따라 증가하였으며 감압 700 mmHg일 때 유의적으로 가장 높게 나타났다. 또한 상압과 감압 300 mmHg, 감압 500 mmHg 간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $p < 0.05$ ). Acetic acid는 감압도가 증가할수록 증가하였다( $p < 0.05$ ).

### 3.3 재래 누룩의 감압도에 따른 증류주 향기 성분

감압도에 따른 재래 누룩 시험구의 향기 성분 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 우선 일반성분의 분석 결과를 보면, acetaldehyde의 경우는 상압증류 시험구

Table 1. General components of distilled liquor according to the degree of pressure reduction of traditional Nuruk

Division	Normal pressure	the degree of pressure reduction		
		감압 300 mmHg	감압 500 mmHg	감압 700 mmHg
pH	4.22±0.93 <sup>b1)</sup>	4.31±0.11 <sup>ab</sup>	4.59±0.56 <sup>a</sup>	4.62±0.21 <sup>a</sup>
Total acidity(%)	0.32±0.09 <sup>a</sup>	0.28±0.01 <sup>a</sup>	0.22±0.05 <sup>b</sup>	0.19±0.02 <sup>b</sup>
Alcohol content(%)	47.29±3.59 <sup>b</sup>	44.91±1.6 <sup>c</sup>	50.01±3.01 <sup>b</sup>	54.52±4.32 <sup>a</sup>
Amino acidity(%)	3.42±0.05 <sup>a</sup>	3.23±0.01 <sup>b</sup>	3.27±0.03 <sup>b</sup>	3.24±0.03 <sup>b</sup>

\* Values with different letters in the same row were significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

\* Each value is expressed as mean±SD<sup>1)</sup>.

Table 2. Organic acids contents of distilled liquor according to the degree of pressure reduction of traditional Nuruk (ppm)

Division	Normal pressure	the degree of pressure reduction		
		300 mmHg	500 mmHg	700 mmHg
Citric acid	133.11±0.89 <sup>b1)</sup>	141.74±2.63 <sup>a</sup>	143.84±14.72 <sup>a</sup>	143.97±10.08 <sup>a</sup>
Succinic acid	13.30±4.78 <sup>a</sup>	11.20±17.81 <sup>c</sup>	12.05±9.27 <sup>b</sup>	12.05±1.73 <sup>b</sup>
Lactic acid	4176.77±336.62 <sup>b</sup>	4633.98±331.06 <sup>b</sup>	4670.95±326.55 <sup>b</sup>	6728.61±391.06 <sup>a</sup>
Acetic acid	43815±489.01 <sup>a</sup>	4261.94±331.06 <sup>b</sup>	43409.65±129.55 <sup>ab</sup>	44079.15±383.44 <sup>a</sup>

\* Values with different letters in the same row were significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

\* Each value is expressed as mean±SD<sup>1)</sup>

\* ND is not detected.

에서 72.50  $\mu\text{L/L}$ 로 나타나 감압증류 시험구에서보다 유의적으로 높게 검출되었으며( $p<0.05$ ), 감압도가 증가할수록 acetaldehyde의 농도는 낮아지는 것을 알 수 있었다( $p<0.05$ ). Yi 등[8]은 국과 개량 누룩으로 제조한 술덧을 감압으로 증류한 소주의 휘발성 성분을 연구하였는데 본 연구의 결과처럼 acetaldehyde를 포함한 일반성분이 감압에서 감소하는 것으로 나타났다. Methanol의 경우는 감압도에 관계없이 시험구간 유의적 차이가 없었다. Furfural과 acetic acid은 상압증류시에만 각각 11.70  $\mu\text{L/L}$ , 1.33  $\mu\text{L/L}$ 의 농도를 보였고, 감압증류시에서는 감압도에 관계없이 미검출되었다. Lee 등[6]의 연구에서도 Furfural 함량은 상압단식 증류하여 제조한 증류주에서 가장 높게 검출되었고 감압단식으로 증류한 증류주의 경우 furfural 검출되지 않아 본 연구결과와 유사함을 나타내었다. Furfural은 증류 시 술덧에 함유된 유리아미노산이 당, aldehyde, ketone류 등과 아미노카보닐(aminocarbonyl) 반응을 하면서 생성되는 화합물로 가열취(탄내)를 가지고 있다[11].

에스터의 경우는 총 12개 성분을 분석되었고 그 중에

감압도에 관계없이 장미향을 부여[9]하는 ethyl acetate가 가장 높은 농도를 보였다. 그 다음 왁스향을 부여하는 ethyl palmitate와 비누취, 열대과일향을 풍기는 ethyl pelargonate, 버터향, 코코넛 향을 부여하는 ethyl lactate가 그 뒤를 이었다. Ethyl acetate은 감압도와 상관없이 상압의 경우 194.42  $\mu\text{L/L}$ 으로 가장 많이 검출되었다( $p<0.05$ ). 그리고 methyl acetate, ethyl caproate, ethyl heptanoate, ethyl caprylate은 감압도에 상관없이 검출되지 않은 것으로 나타났다. 특히 ethyl pelargonate는 Yi 등[8]의 연구 결과와 같이 상압증류시에 감압증류시보다 2배 가량 높게 나타났다. 한편 고급알코올은 총 5개의 성분이 분석되었는데 그 중 증류주에 꽃향[10]을 부여하는 2-phenyl ethanol이 감압도가 증가할수록 높은 농도를 보였다. 특히 감압 700 mmHg일 때 가장 높은 농도를 나타내었다. 그다음 isobutyl alcohol, n-propyl alcohol, isoamyl alcohol이 그 뒤를 이었다. Kim 등[12]의 연구에서도 본 연구 결과에서처럼 감압증류로 제조된 증류주에서 2-phenyl ethanol 농도가 상압증류로 제조된 증류주보다 유의하게 높았다.

Table 3. Fragrance components of distilled liquor according to the degree of pressure reduction of traditional Nuruk ( $\mu\text{L/L}$ )

Division	Normal pressure	the degree of pressure reduction			
		300 mmHg	500 mmHg	700 mmHg	
General ingredients	Acetaldehyde	72.50±9.5 <sup>a1)</sup>	63.73±1.7 <sup>ab</sup>	54.50±15.6 <sup>b</sup>	38.31±3.9 <sup>c</sup>
	Methanol	21.65±1.5 <sup>ns2)</sup>	21.50±4.63	19.70±1.9	22.69±1.53
	Furfural	11.70±1.53	ND	ND	ND
	Acetic acid	1.33±0.08	ND	ND	ND
Ester	E. lactate	24.31±5.43 <sup>a</sup>	20.42±5.19 <sup>a</sup>	19.25±3.9 <sup>a</sup>	10.78±2.34 <sup>b</sup>
	E. pelargonate	41.23±4.48	25.16±8.71	ND	ND
	E. caprate	16.62±3.15	9.14±1.69	ND	ND
	Diethyl succinate	23.19±14.2	ND	ND	ND
	E. myristate	16.20±6.07	7.57±2.47	ND	ND
	E. acetate	194.42±61.3 <sup>a</sup>	165.85±15.1 <sup>b</sup>	128.6±21.4 <sup>c</sup>	156.5±24.6 <sup>b</sup>
	2-Phenyl ethyl acetate	2.83±0.66	ND	ND	ND
	E. palmitate	142.86±57.1 <sup>a</sup>	49.60±12.23 <sup>b</sup>	36.56±21.6 <sup>b</sup>	14.83±1.2 <sup>c</sup>
Total	461.6±102.4 <sup>a</sup>	277.74±88.8 <sup>b</sup>	147.85±68 <sup>b</sup>	182.14±80 <sup>b</sup>	
High quality alcohol	n-propyl alcohol	139.46±8.44 <sup>b</sup>	136.10±1.6 <sup>b</sup>	140.8±30.1 <sup>b</sup>	172.4±42.2 <sup>a</sup>
	Isobutyl alcohol	254.58±8.38 <sup>b</sup>	236.69±58.8 <sup>b</sup>	203.1±70.6 <sup>b</sup>	317.4±28.6 <sup>a</sup>
	n-butyl alcohol	4.97±0.95 <sup>b</sup>	5.31±1.51 <sup>ab</sup>	4.96±1.93 <sup>b</sup>	6.91±0.94 <sup>a</sup>
	2-phenyl ethanol	677.18±69.0 <sup>b</sup>	695.13±49.2 <sup>b</sup>	692±105.5 <sup>b</sup>	934±98.07 <sup>a</sup>
	Isoamyl alcohol	110.65±9.6 <sup>a</sup>	109.19±7.67 <sup>a</sup>	74.40±10.8 <sup>b</sup>	43.84±5.49 <sup>c</sup>
	Total	1,216.3±93.47 <sup>b</sup>	1,182.4±118.83 <sup>b</sup>	1,115±219.01 <sup>b</sup>	1,475±175.39 <sup>a</sup>

\* Values with different letters in the same row were significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple range test.

\* Each value is expressed as mean±SD<sup>1)</sup>

\* ND is not detected. <sup>2)</sup>ns is not significant.

Table 4. Sensory evaluation of distilled liquor according to the degree of pressure reduction of traditional Nuruk

Division	Normal pressure	the degree of pressure reduction		
		300 mmHg	500 mmHg	700 mmHg
Flavor	4.18±1.54 <sup>ab1)</sup>	5.17±1.16 <sup>ab</sup>	5.32±0.96 <sup>a</sup>	5.39±1.21 <sup>a</sup>
Taste	4.37±2.09 <sup>c</sup>	4.26±1.08 <sup>c</sup>	5.04±1.39 <sup>b</sup>	4.96±1.26 <sup>a</sup>
Sweetness	4.29±1.67 <sup>c</sup>	4.41±1.60 <sup>c</sup>	4.69±2.36 <sup>b</sup>	4.99±1.67 <sup>a</sup>
Bitter	4.09±1.29 <sup>c</sup>	4.49±1.63 <sup>b</sup>	5.22±3.01 <sup>a</sup>	5.25±2.32 <sup>a</sup>
Overall acceptability	4.42±2.05 <sup>b</sup>	4.23±1.91 <sup>b</sup>	5.07±2.00 <sup>a</sup>	5.04±2.12 <sup>a</sup>

\* Values with different letters in the same row were significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

\* Each value is expressed as mean±SD<sup>1)</sup>.

이는 감압증류가 낮은 증류 온도를 통해 열에 민감한 2-phenyl ethanol을 보존하기 때문으로 추측된다. 또한 고급 증류주에서는 2-phenyl ethanol 농도가 낮게 검출되는 경향이 있는데 이는 2-phenyl ethanol이 주로 곡물의 껍질 부분에 함유되어 있기 때문에, 껍질을 제거하거나 엄격하게 선별된 원료를 사용하고 여러 단계의 정제 과정을 거쳐서 제조되기 때문에 낮게 검출된다[13]. 그에 반해 본 연구에서처럼 재래 누룩 술덧을 이용한 증류주의 경우 2-phenyl ethanol 농도가 높게 검출되는 경향이 있는데 이는 재래 누룩에는 다양한 미생물이 포함되어 있고 이 중 일부 미생물은 2-phenyl ethanol을 생성하는 효소를 가지고 있기 때문이다[13].

전체적인 고급알코올의 농도를 보면 상압증류에서보다 감압 700 mmHg의 경우가 유의적으로 가장 많은 1,475.33±175.39  $\mu\text{L/L}$ 로 검출되었다.

Acetaldehyde는 pyruvic acid에서 alcohol로 변환되는 과정 중 alcohol의 생성이 중지되면서 축적되는 것으로 생각되고 있으며[7] 숙취의 원인물질 중 하나이기도 하기 때문에 함량을 낮추는 것이 소주품질에 도움이 된다. 또한 furfural은 증류주의 탄 냄새를 나타내는 지표 성분으로 휴류나 고온에서 증류하는 주류에 많이 검출된다[7]. 일반적으로 상압방식의 증류주가 감압방식에 비해 많이 검출되는 것으로 알려져 있으며, 발효가 불량하거나 후류를 지나치게 많이 받거나 증류 시간이 길어질 경우 증가하는 것으로 알려져 있다. 본 연구 결과 acetaldehyde는 감압도가 증가할수록 감소하였으며, furfural은 감압도에 상관없이 감압증류를 할 경우 검출되지 않았다[11].

### 3.4 관능검사

관능평가 결과(Table 4) 상압증류와 감압도에 따른 감압증류 방식을 이용한 증류식 소주의 전체기호도는 감

압도가 증가할수록 전체기호도가 증가함을 알 수 있었다. 감압 500 mmHg에 비해서 전체기호도와 맛에서 감압 700 mmHg이 약간 감소하는 경향이 있으나 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 향과 단맛, 쓴맛의 경우 상압증류에 비해서 감압증류가 증가함을 볼 수 있었고, 감압도가 증가할수록 증가함을 보였다. 이는 Lee 등 [6]의 연구에서도 상압에서의 증류보다 감압에서의 증류로 인하여 향기성분 및 유기산 성분이 많이 용출되어 증류식 소주의 품질에 영향을 미칠 것이라 하였으며, Cho와 Cheong[11]의 연구에서는 스테인리스 재질의 농축기를 사용하여 직접 열을 가하지 않으면서 압력을 낮추어 증류하는 방식인 감압증류 방식은 증류주의 가열취 및 탄내가 적고 휘발성이 큰 향기 성분이 유지된다는 장점을 가진다고 하여 본 연구 결과에서처럼 전체기호도가 상압증류에서보다 증가하였다고 하였다.

## 4. 요약 및 결론

본 연구는 상압증류 방식과 감압도에 따른 감압증류 방식으로 제조한 증류식 소주의 품질 특성을 비교하여 향후 고품질 증류주 제조의 품질 지표 기초자료로 활용하고자 하였다. 분석 결과는 다음과 같다. pH와 알코올 함량은 상압증류보다 감압증류에서 더 높게 나타났으며, 총산도는 감압도가 증가할수록 감소함을 보였다. 아미노산도는 3.23에서 3.42의 범위로 나타났으며, 상압증류보다 감압증류에서 아미노산도가 감소됨을 볼 수 있었다. 유기산의 경우 malic acid는 생성되지 않았으며, citric acid, lactic acid는 상압증류보다 감압증류에서 높게 나타났으며, 감압도가 증가할수록 증가함을 알 수 있었다. 향기 성분의 경우 acetaldehyde의 경우는 상압증류가 감압증류보다 유의적으로 높게 검출되었으며 furfural은

감압증류에서 검출되지 않았다. 장미향을 부여하는 ethyl acetate, 버터향, 코코넛 향을 부여하는 ethyl lactate가 상압증류와 감압증류에서 검출되었으며 상압증류에서 더 높게 검출됨을 알 수 있었다. methyl acetate, ethyl caproate, ethyl heptanoate, ethyl caprylate은 감압도에 상관없이 검출되지 않은 것으로 나타났다. 또한 증류주에 꽃향을 부여하는 2-phenyl ethanol이 감압도가 증가할수록 높은 농도를 보였다. 다시 말하면 향기 성분 분석을 통해서 상압증류와 감압증류에 따라 성분의 유의적 차이를 보여 증류주의 품질이 영향을 받는 것으로 분석되었다.

향기 패턴 분석, 관능 평가 결과 등을 종합하면, 감압증류로 제조한 증류주가 상압증류보다 이미이취 유발 성분(acetaldehyde, furfural, methanol 등)이 감소되어 증류주의 품질에 긍정적 영향을 미치는 것으로 보였다. 특히 관능검사 결과 감압 500 mmHg에서 가장 좋은 결과를 보여주었으며 2-페닐알코올은 감압 700 mmHg에서 가장 높고 300 mmHg과 500 mmHg은 두번째로 높았으나 이 두 감압도간에는 차이가 없었다. 이미이취 성분인 acetaldehyde, furfural, methanol의 농도는 감압 500 mmHg에서 가장 적은 농도로 검출되었다. 또한 제조 현장에서 감압 500 mmHg에서 증류시 700 mmHg보다 에너지 소비량이 20% 정도 적고 생산량은 약 10% 더 높다[14,15]는 점을 고려하여 감압 500 mmHg에서 감압증류하면 고품질의 증류식 소주 제조 및 경제적인 측면에서 유리한 것으로 분석되었다. 또한 더 나아가서 이후 숙성 시험을 통해 증류주의 숙성 기간에 따른 품질 변화를 살펴보아야 할 것으로 생각된다.

## References

- [1] S.H.Woo, E.S.Son, C.Cheong, "Sensory Profiling of Korean Distilled Soju - using the CATA Method", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 24, No.12, pp.211-223, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2023.24.12.211>
- [2] S.H.Moon, C.Cheong, "The Change of Components of Distilled Soju Using Different Fermentation Agents", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 19, No.8, pp.466-473, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.8.466>
- [3] G.H.Bae, S.H.Lee, C.Cheong, "Fermentation and Quality Characteristics of Korean Traditional Cheongju by Different Mashing Methods", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 17, No.8, pp.637-645, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.8.637>
- [4] Y.N.Kim, S.S.Kim, H.H.Yu, T.W.Kim, "Physicochemical and sensory properties of non-alcoholic red wine produced using vacuum distillation", *Korean Journal of Food Science and Technology*, Vol. 53, No.5, pp.593-600, 2021. DOI: <https://doi.org/10.9721/KJFST.2021.53.5.593>
- [5] H.C.Cho, S.A.Kang, S.I.Choi, Bae, S.H.Lee, C.Cheong, "Quality Characteristics of Fruit Spirits from a Copper Distillation Apparatus", *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol. 42, No.5, pp.743-752, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3746/jkfn.2013.42.5.743>
- [6] Y.H.Lee, T.K.Eom, C.Cheong, H.C.Cho, I.Y.Kim, Y.S.Lee, M.S.Kim, S.R.Yu, Y.H.Jeong, "Quality Characteristics of Spirits by Different Distillation and Filtrations", *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol. 42, No.12, pp.2012-2018, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3746/JKFN.2013.42.12.2012>
- [7] H.S.Choi, E.G.Kim, J.E.Kang, S.H.Yeo, S.T.Jeong, C.W.Kim, "Effect of Organic Acids Addition to Fermentation on the Brewing Characteristics of Soju Distilled from Rice", *Korean Journal of Food Science and Technology*, Vol. 47, No.5, pp.579-585, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.9721/KJFST.2015.47.5.579>
- [8] H.C.Yi, S.H.Moon, J.S.Park, J.W.Jung, K.T.Hwang, "Volatile compounds in liquor distilled from mash produced using Koji or Nuruk under reduced or atmospheric pressure", *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol. 39, No.6, pp.880-886. DOI: <https://doi.org/10.3746/jkfn.2010.39.6.880>
- [9] G.Y.Arrieta, L.L.Garcia, J.R.Perez, C.Lopez, I. Orriols, F.Lopez, "Aromatically enhanced pear distillates from Blanquilla and conference varieties using a packed column", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 61, No.20, pp.4936-4942, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf304619e>
- [10] S.Cortes, R.Rodriguez, J.M. Salgado, J.M. Dominguez, "Comparative study between Italian and Spanish grape marc spirits in terms of major volatile compounds", *Food Control*, Vol. 22, No.5, pp.673-680, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.09.006>
- [11] H.S.Cho, C.Cheong, "A Study of Optimal Conditions in Distillation for Production of Schisandra Chinensis Fruit Spirits", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 16, No.9, pp.6141-6151, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.9.6142>
- [12] B.C.Kim, Y.H.Kim, "Experimental Distillation of Ethanol-Propanol Mixture Using a Horizontal Column", *Korean chemical engineering research*, Vol. 51, No.1, pp.93-97, 2013. DOI: <https://doi.org/10.9713/kcer.2013.51.1.93>
- [13] B.C.Kim, Y.H.Kim, "The Qualities of Liquor Distilled from Ipguk (koji) or Nuruk under Reduced or Atmospheric

Pressure”, *Korean Journal of Food Science and Technology*, Vol. 46, No.1, pp.25-32, 2014.  
DOI: <https://doi.org/10.9721/KJFST.2014.46.1.25>

- [14] B.C.Kim, Y.H.Kim, “The Qualities of Liquor Distilled from Ipguk (koji) or Nuruk under Reduced or Atmospheric Pressure”, *Korean Journal of Food Science and Technology*, Vol. 46, No.1, pp.25-32, 2014.  
DOI: <https://doi.org/10.9721/KJFST.2014.46.1.25>
- [15] S.H. Moon, *A Study on the Characteristics of Distilled Soju according to the Mash Filtration and Vacuum Degree*, Doctoral’s thesis, Seoul Venture University, Department of Fermented Foods Science, Seoul, Korea, pp.5-30, 2019.

장 영 진(Young-Jin Jang)

[정회원]



- 1998년 2월 : 전북대학교 화학공업공학과(공학사)
- 2022년 2월 : 서울벤처대학원대학교 융합산업학과 발효식품·양조학 전공(경영학 석사)
- 2022년 3월 ~ 현재 : 서울벤처대학원대학교 융합산업학과 박사과정(발효식품·양조학 전공)
- 2024년 1월 ~ 현재 : 국제청 주류면허지원센터 기술지원과 과장
- 대한민국 우리술 품평회 심사위원

<관심분야>

양조학, 주류분석

문 세 희(Sae-Hee Moon)

[정회원]



- 1976년 2월 : 연세대학교 식품공학과(공학사)
- 2016년 2월 : 서울벤처대학원대학교 융합산업학과 발효식품·양조학 전공(경영학 석사)
- 2019년 2월 : 서울벤처대학원대학교 융합산업학과 발효식품·양조학 전공(경영학 박사)
- 2019년 1월 ~ 현재 : (주) 화요 대표이사

<관심분야>

양조학, 발효식품학

손 은 심(Eun-Shim Son)

[정회원]



- 1996년 2월 : 이화여자대학교 식품영양학과 졸업(이학사)
- 1999년 2월 : 이화여자대학교 식품영양학과 (이학석사)
- 2011년 2월 : 수원대학교 식품영양학과 (이학박사)
- 2006년 1월 ~ 2019년 12월 : 안산대학교 식품영양학과 겸임교수
- 2019년 8월 ~ 2020년 5월 : 네이처센스농업법인 연구소장
- 2020년 6월 ~ 2023년 04월 : ㈜리하베스트 연구소장
- 2023년 5월 ~ 현재 : ㈜요해벳 대표이사

<관심분야>

식품개발, 발효식품학, 관능검사

정 철(Chul Cheong)

[정회원]



- 1996년 2월 : 독일 뮌헨공대 식품학
- 2002년 2월 : 독일 베를린공대 생명공학과 (이학박사)
- 2006년 2월 ~ 현재 : 서울벤처대학원대학교 융합산업학과 교수
- 2010년 3월 ~ 현재 : 한국식품연구원 주류품질인증 심사위원
- 2022년 2월 ~ 현재 : 한국주류안전협회 부회장
- 2023년 2월 ~ 현재 : 한국식품과학회 양조분과위원회 간사

<관심분야>

양조학, 발효식품학, 커피학, 식초학