

# 국내 재배 수수를 활용한 액상발효 술덧 제조 및 증류식 소주의 특성

## Characteristics of Liquid Fermentation Mash and Distilled Liquor Prepared Using Sorghum

최현진<sup>1</sup>

Hyun Jin Choi  
전북대학교  
식품공학과

권예슬<sup>1</sup>

Ye Seul Kwon  
전북대학교  
식품공학과

김현주<sup>2</sup>

Hyun Ju Kim  
국립한국농수산대학교  
농수산융합학부

최한석<sup>2\*</sup>

Han-Seok Choi  
국립한국농수산대학교  
농수산융합학부

<sup>1</sup> Department of Food Science and Technology, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

<sup>2</sup> Department of Agriculture and Fisheries Convergence, Korea National University of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea

### ABSTRACT

This study aimed to establish a liquid fermentation process to increase the alcohol productivity of distilled *soju* using domestically grown sorghum. After preparing mash with different ratios of sorghum and rice, the optimal amount of raw material was determined, and sorghum pretreatment methods, enzyme types, and modified *nuruk* were tested. The soluble solids (°Brix) of the saccharification solution ranged from 3.00 to 25.20 for bacterial  $\alpha$ -amylase and 4.20 to 20.80 for fungal  $\alpha$ -amylase. Bacterial  $\alpha$ -amylase was more suitable for starch saccharification. At 20% sorghum and 80% rice mash, the alcohol content was 15.11%, showing that soluble solids and alcohol content increased with higher rice content. When puffed sorghum was used with bacterial  $\alpha$ -amylase, alcohol content rose to 16.55%, showing puffed sorghum is suitable for fermentation without a separate saccharification process. In mash with 20% puffed sorghum and 80% rice, adding modified *nuruk* resulted in alcohol contents of 16.73% and 16.28%, respectively, for groups with and without *nuruk*. The alcohol content of the distillate after vacuum distillation showed a similar trend, suggesting modified *nuruk* has little effect on alcohol productivity and requires further research. When modified *nuruk* was added, alcohol and esters increased, but sulfur compounds, which are perceived as off-odors, also rose. Therefore, it is better not to use modified *nuruk* in distilled *soju* made with sorghum. In conclusion, the process using 20% puffed sorghum, 80% rice, and bacterial  $\alpha$ -amylase is deemed feasible for improving the productivity of distilled *soju* through liquid fermentation with puffed sorghum and enzymes.

**Keywords:** Sorghum, Liquid fermentation, Puffed sorghum, Alcohol, Distilled *soju*

Received Sep. 5. 2024  
Revised Sep. 23. 2024  
Accept Sep. 23. 2024

\*Correspondence

Han-Seok Choi  
coldstone@korea.kr



## 서론

국내 증류주 산업은 지난 10년간(2011-2020) 희석식 소주, 위스키, 브랜드의 소비는 크게 감소하였지만, 증류식 소주와 일반 증류주 소비량이 증가함에 따라(KOSIS 2021) 원료의 수입 의존도와 더불어 국내산 원료를 사용하는 것에 관한 관심이 증대되고 있다. 소비량 측면에서 희석식 소주를 제외하고, 고량주, 보드카, 럼, 진, 데킬라와 같은 일반증류주의 소비량이 가장 높는데, 이 중 87.3%를 수입에 의존하고 있는 것이 실정이다. 그 중 꼬치, 양갈비 등 중국음식의 인기로 소비자의 관심이 증대되고 있는 고량주는 수입량이 7만 1천 톤으로 일반증류주에서 가장 많은 수입량을 나타내고 있으며(KCS 2021), 이는 고량주를 포함하여 국산 원료를 활용한 증류주의 산업화를 통해 국내산 수수의 안정적인 소비처 확보가 시급하다고 판단되는 지표이기도 하다.

수수(*Sorghum bicolor* L. Moench, sorghum)는 쌀, 밀, 옥수수, 보리와 더불어 세계 5대 곡물로써 폭넓게 재배되고 있고(Hancock, 2000), 전 세계 생산량의 30%는 식용으로 소비되고 있으며, 나머지는 사료, 주정, 산업용으로 이용되고 있다(Dykes et al., 2005). 수수의 가장 특징적인 기능성은 페놀산 함량이 많은 것인데(Ko et al., 2013), 이밖에도 식이섬유, 플라보노이드류 등 기능성 성분이 많이 함유되어 있어 항산화 활성 및 항돌연변이 활성, 콜레스테롤 생합성 관련 효소인 HMG-CoA reductase 활성 억제 등 다양한 생리 활성 기능을 가지고 있다(Chae et al., 2006; Ha et al., 1998; Kim et al., 2018). 이처럼 다양한 효능이 있는 수수의 수요를 증대시키면서 부가가치를 향상시킬 수 있는 쿠키(Ryu et al., 2012), 빵(An et al., 2014), 발효주(Park et al., 2022) 가공 등에 관한 연구가 진행되어 오고 있으나, 수수를 활용한 증류식 소주 등에 대한 연구는 미비한 실정이다.

수수는 주로 고량주 제조에 사용되는데, 일반적으로 고량주 제조에서 분쇄한 수수를 찌서 냉각하고, 누룩과 효모, 물 등을 첨가하여 발효하는 고체발효 방식을 활용한다(Shin et al., 2022). 고체발효 방식에서 수수를 찌고, 냉각하는 데 이용되는 설비와 시간, 에너지 비용, 노동력 등이 요구되는 단점이 있어, 액상발효 방식을 활용하여 설비와 노동력, 에너지 비용 등의 절감과 알코올 생산성이 증대된 공정 확립이 필요하다.

본 연구에서는 국내 재배 수수 소비를 촉진하며, 수수

를 활용한 액상 발효 공정 확립을 통해 증류주의 생산성 향상 가능성을 확인하고, 그 술덧의 품질 특성과 증류식 소주의 특성을 비교 분석하였다.

## 연구방법

### 재료 및 사용 균주

본 실험에서 술덧 제조에 사용한 수수는 동안메 수수를 구입하여 사용하였고, 쌀은 강원도지역에서 재배된 신동진 쌀을 구입하여 사용하였다. 개량누룩은 주식회사 한국효소(Hwaseong, Korea)에서 구매하여 사용하였으며, 술덧 제조에 사용한 효소제 amylet BT2, Diazyme FA, Diazyme®X4, Prozyme 2000p는 (주)비전바이오킴(Songpa-gu, Seoul, Korea)에서 구입하였다. 효모는 실험실에서 분리하여 보관 중인 *Saccharomyces cerevisiae* N9(Choi et al., 2014)을 YPD 배지(BD Difco, New Jersey, USA)에 접종하고, 30°C에서 48시간 전배양한 후 사용하였다.

### 수수 활용 증류주를 위한 당화액 및 술덧 제조

수수와 쌀을 룰밀(Kyungchang, Seoul, Korea)을 사용하여 1.5mm 이하로 거칠게 분쇄하였다. 팽화 수수는 수분함량이 12~14%인 메수수를 과일압력제조기(SYP-4506, Shinyoung Mechanics CO., LTD, Korea)를 사용해 250°C에서 130-150bar 이하로 팽화한 후, 분쇄하여 사용하였다. 습식 분쇄한 수수 또는 팽화 수수 분말과 쌀을 함량별로 첨가한 처리구에 약 70°C로 데운 물을 원물 대비 180% 첨가한 후 교반하면서  $\alpha$ -amylase, gluco-amylase, protease, 개량누룩을 처리구별로 각각 첨가하여 68°C로 조절된 수욕 상에서 12시간 동안 교반하여 당화액을 만들었다. 위에서 제조한 당화액을 30°C로 냉각 후 전배양 효모를 전체 양의 1% 첨가하여 술덧을 제조하였다. 발효는 30°C로 조절된 수욕 상에서 8일간 진행하였고, 매일 1회 교반해 주었다.

### 이화학 성분 분석

술덧의 이화학 성분 분석은 국세청 주류분석규정(National Tax Service Liquors License Support Center, 2014)

에 따라 분석하였다. 알코올 함량을 측정하기 위해 각 시료 100mL에 증류수 70mL를 혼합하여 증류한 뒤, 증류액을 약 80mL 받고 증류수로 100mL까지 정용한 후, 알코올 측정계(DMA 101, Anton Paar Co., Graz, Austria)로 측정하였다.

pH는 시료 10mL를 취하여 pH meter(Orion Star A214, Thermo scientific Co., Waltham, MA, USA)를 이용하여 3회 반복하였다.

총산은 시료 10mL를 취하여 혼합 지시약 [0.2g Bromothymol Blue(Sigma Chemical Co.), 0.1g Neutral Red(Sigma Chemical Co.)을 95% ethyl alcohol (Samchun, Seoul, Korea) 300mL에 용해)을 약 2-3방울 떨어뜨린 다음 0.1N NaOH(Samchun, Seoul, Korea)로 중화 적정하고, acetic acid로 환산하여 표시하였다.

총아미노산은 시료 10mL에 혼합 지시약(Bromothymol Blue와 Neutral Red)을 2-3방울 넣고, 0.1N NaOH 용액으로 시료가 담록색이 될 때까지 중화시킨 후 중성 formalin용액(Biosesang, Gyeonggi-do, Korea) 5mL를 첨가하였다. 여기에 0.1N NaOH 용액으로 시료가 담홍색이 될 때까지 적정한 후 그 수치를 glycine 함량으로 환산하여 나타내었다.

## 휘발성 성분 분석

향기성분 분석을 위해 증류된 원주에 물로 알코올 함량을 25%로 조절한 증류식 소주를 사용하였다. 소주용 시료 30mL에 dichloromethane(Sigma Aldrich, Missouri, St. Louis, USA) 6mL를 첨가하여 분배시킨 후 하층액을 회수하여, 0.45 $\mu$ m Syringe filter(Nylon, Sartorius AG)로 여과하였다(Kishimoto et al., 2006).

휘발성 향기성분은 gas chromatography(Nexis GC-2030, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 분석하였다. 분석용 column은 fused silica capillary 30m  $\times$  0.32 mm  $\times$  0.25 $\mu$ m film thickness(Nukol™, Supelco, Bellefonte Co., PA, USA)를 사용하였다. Column oven의 온도는 50 $^{\circ}$ C(5분), 분당 3 $^{\circ}$ C씩 승온하여 200 $^{\circ}$ C(5분)로 프로그램을 설정하였다. Carrier gas(N<sub>2</sub>)의 유속은 24.2cm/sec(linear velocity), split ratio 20:1로 설정하였다. Injector의 온도는 250 $^{\circ}$ C, detector는 FID를 사용하였으며, 온도는 280 $^{\circ}$ C로 하였다. 분석에 사용한 표준시약은 Sigma Aldrich 사의 제품을 사용하였으며, 정량은 외표

준방법으로 하였다.

## 증류

술덧을 110mmHg의 압력하에서 감압증류하였으며, 회전 증발농축기(R-114, BÜCHI Labortechnik AG, Switzerland)를 개조하여 사용하였다. Receiving flask쪽에 튜빙을 연결하여 용량이 측정 가능한 드로핑 편넬을 부착하였다. 수욕의 온도는 80 $^{\circ}$ C로 하였고, 회전은 50rpm으로 조정하여 증류하였다. 술덧을 증발용 수기에 넣고 진공이 걸리면 증발용 수기를 수욕에 넣어 증류를 시작하였다. 이 후 증류액이 드로핑 편넬로 넘어오기 시작하여 드로핑 편넬에 모인 증류액이 술덧의 40%가 받아지면 증류를 종료하고 원주로 사용하였다. 이 후 특성을 평가하기 위하여 알코올을 측정하였다.

## 통계처리

통계는 SPSS 프로그램(Version 12.0, SPSS, Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA) 후 유의차가 있는 항목에 대하여는 독립표본 t-test 및 Duncan's multiple range test로  $p < 0.05$  수준에서 시료 간의 유의차를 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 수수와 쌀의 함량과 효소제 종류를 달리한 술덧의 이화학적 특성 비교

수수와 쌀의 함량을 달리하여 제조한 당화액의 가용성 고형분 함량과 이를 활용한 술덧의 이화학적 특성을 Table 1에 제시하였다.

당화액의 가용성 고형분 함량( $^{\circ}$ Brix)은 세균성 알파 아밀레이스를 첨가하였을 때 3.00-25.20, 곰팡이성 알파 아밀레이스에서는 4.20-20.80의 범위로 나타났고, 가용성 고형분은 탄수화물이 분해되어 당으로 전환되는 지표(Lee et al., 2004)로 대조구인 쌀 100% 당화액보다 수수 20%와 쌀을 80% 첨가하여 당화한 당화액에서 25.20으로 유의적으로 가장 높게 나타났다. 수수 첨가량이 증가할수록 가용성 고형분 함량이 낮아지는 경향을 보아, 탄수화물이

**Table 1. Quality characteristics of saccharified liquid and mash using sorghum and rice**

Sorghum added(%)		Saccharified liquid	Mash				
		Soluble solid (°Brix)	pH	Alcohol (%)	Total acid (% acetic acid)	Amino acidity (% glycine)	Soluble solid (°Brix)
100	Bacterial	3.00±0.00 <sup>j</sup>	5.08±0.00 <sup>b</sup>	1.04±0.07 <sup>i</sup>	0.31±0.00 <sup>b</sup>	0.05±0.01 <sup>c</sup>	2.60±0.00 <sup>i</sup>
	Fungal	4.20±0.01 <sup>i</sup>	5.35±0.01 <sup>a</sup>	1.36±0.02 <sup>h</sup>	0.26±0.00 <sup>e</sup>	0.03±0.00 <sup>de</sup>	2.20±0.00 <sup>j</sup>
80	Bacterial	8.20±0.01 <sup>h</sup>	4.76±0.01 <sup>c</sup>	4.15±0.05 <sup>f</sup>	0.27±0.01 <sup>d</sup>	0.02±0.01 <sup>e</sup>	3.10±0.00 <sup>h</sup>
	Fungal	9.70±0.00 <sup>g</sup>	4.52±0.01 <sup>e</sup>	3.53±0.02 <sup>g</sup>	0.37±0.00 <sup>a</sup>	0.04±0.01 <sup>d</sup>	3.20±0.00 <sup>g</sup>
50	Bacterial	17.40±0.00 <sup>e</sup>	4.14±0.02 <sup>i</sup>	9.51±0.01 <sup>d</sup>	0.29±0.00 <sup>c</sup>	0.01±0.00 <sup>f</sup>	5.40±0.00 <sup>e</sup>
	Fungal	14.20±0.01 <sup>f</sup>	4.36±0.01 <sup>g</sup>	7.34±0.00 <sup>e</sup>	0.29±0.01 <sup>c</sup>	0.03±0.01 <sup>d</sup>	4.70±0.00 <sup>f</sup>
20	Bacterial	25.20±0.00 <sup>a</sup>	4.62±0.03 <sup>d</sup>	15.11±0.03 <sup>b</sup>	0.27±0.02 <sup>d</sup>	0.05±0.01 <sup>bc</sup>	7.00±0.00 <sup>c</sup>
	Fungal	19.40±0.00 <sup>d</sup>	4.45±0.01 <sup>f</sup>	11.56±0.02 <sup>c</sup>	0.24±0.00 <sup>f</sup>	0.06±0.00 <sup>b</sup>	6.20±0.00 <sup>d</sup>
0	Bacterial	24.10±0.00 <sup>b</sup>	3.98±0.01 <sup>i</sup>	16.40±0.04 <sup>a</sup>	0.22±0.00 <sup>g</sup>	0.06±0.00 <sup>b</sup>	11.47±0.06 <sup>a</sup>
	Fungal	20.80±0.00 <sup>c</sup>	4.26±0.01 <sup>h</sup>	17.04±0.02 <sup>a</sup>	0.17±0.01 <sup>h</sup>	0.14±0.01 <sup>a</sup>	8.80±0.00 <sup>b</sup>

All values are Mean±SD (n=3).

<sup>a-j</sup> means with different superscripts in the same column are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

분해가 정상적으로 이루어지지 않은 것으로 판단되었다.

술덧의 알코올 함량(%)은 1.04-17.04로 수수가 첨가된 술덧에서는 세균성 알파 아밀레이스를 첨가한 수수 20% + 쌀 80% 처리구에서 15.11로 가장 높았다. 쌀의 함량이 증가할수록 술덧의 알코올 함량이 유의적으로 증가하는 것은 효소에 의해 전분질 원료가 당분으로 분해됨과 동시에 효모의 영양원 또는 발효 기질로 이용되므로 알코올 생산에 영향(Lee et al., 2017)을 주기 때문에 알코올 도수가 높아지면서 잔당이 낮아진 것으로 판단되며, 수수를 단독으로 사용하면 가용성 고형분 함량이 낮아지는 경향을 보여 탄수화물의 분해가 정상적으로 이루어지지 않는다고 생각되어 액상 발효 술덧에 적합하다고 보기 어렵다.

특히 수수 20%와 쌀 80%를 혼합하여 사용하는 것이 알코올 생산성이 높을 것으로 판단된다. 이러한 경향은 두 종류의 알파 아밀레이스에서 동일하게 나타났다. 세균성 알파 아밀레이스와 곰팡이성 알파 아밀레이스는 서로 특성이 다르고, 온도에 대한 저항력이 달라 이용되는 방식이 약간씩 다르며, 세균성 아밀레이스가 일반적으로 곰팡이성 아밀레이스와 비교하였을 때, 고온에서 잘 작용하는 것으로 알려져 있어(Han, 1975), 당화 시 곰팡이성 아밀레이스보다 액화가 잘 진행된 것으로 판단된다.

이로 인해 알파 아밀레이스 종류에 따른 알코올 생산성은 세균성 알파 아밀레이스를 사용한 시료에서 조금 더 높은 경향을 보이고 있으며, 세균성 알파 아밀레이스 효소제를 이용하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

### 수수 전처리 방법과 효소제 종류를 달리한 술덧의 이화학적 특성

당화액 제조를 통한 수수 첨가량에 따른 술덧의 알코올 생산성은 확인하였으나, 당화 공정을 거치지 않고 일반적인 발효법으로 생 수수를 사용하게 되면 교반이나 당화 등 전분 분해에 어려움이 있어 발효가 정상적으로 이루어지지 않는다.

수수를 팽화한 뒤 효소제를 첨가한 술덧 제조 방법을 Table 2에 제시하였으며, 그 술덧의 이화학적 특성을 비교 분석한 결과를 Table 3에 나타내었다. 팽화한 수수를 분쇄하여 효소제를 넣고 술덧을 제조하였을 때, 세균성 알파 아밀레이스를 사용한 처리구 2에서 알코올 함량이 16.55%로 유의적으로 높게 나타났으며, 동일한 함량으로 팽화한 수수에서의 알코올 함량 15.11%와 대비하여 약 1.10배 증가하였다. 즉, 알코올 생산성이 기존 수수 100%와 팽화 수수 20%를 비교하였을 때 15.91배 증가하는 경

**Table 2. Manufacturing method based on puffed sorghum and enzyme type**

	Sample manufacturing
Common	Crushed puffed sorghum 1kg, water 2L
1	Glucoamylase 4,000ppm
2	Bacterial $\alpha$ -amylase(2,000ppm) + Glucoamylase(2,000ppm) + protease(200ppm)
3	Fungal $\alpha$ -amylase(2,000ppm) + Glucoamylase(2,000ppm) + protease(200ppm)
4	Fungal $\alpha$ -amylase(2,000ppm) + Glucoamylase(2,000ppm) + modified <i>nuruk</i> (0.2%)

**Table 3. Physiochemical composition of fermentation mash with enzyme added by type to puffed sorghum**

	1	2	3	4
pH	4.16±0.01 <sup>d</sup>	5.04±0.01 <sup>a</sup>	4.80±0.01 <sup>b</sup>	4.32±0.01 <sup>c</sup>
Alcohol (%)	12.52±0.02 <sup>d</sup>	16.55±0.04 <sup>a</sup>	16.26±0.02 <sup>b</sup>	16.11±0.02 <sup>c</sup>
Total acid (% acetic acid)	0.59±0.00 <sup>a</sup>	0.35±0.00 <sup>n</sup>	0.43±0.00 <sup>b</sup>	0.65±0.00 <sup>a</sup>
Amino acidity (% glycine)	0.02±0.00 <sup>d</sup>	0.11±0.00 <sup>a</sup>	0.07±0.00 <sup>b</sup>	0.05±0.00 <sup>c</sup>
Soluble solid (° Brix)	12.5±0.0 <sup>a</sup>	10.4±0.0 <sup>c</sup>	10.4±0.0 <sup>c</sup>	10.6±0.1 <sup>b</sup>

All values are Mean±SD (n=3).

<sup>a-d</sup> means with different superscripts in the same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

The descriptions for 1-4 are the same as those described in Table 2.

향을 보였다.

따라서 팽화 수수를 사용하여 술덧을 제조하게 되면, 당화 공정과 수수 증자 공정 등을 따로 거치지 않아도 알코올 생산성이 확보되기 때문에 인건비 및 에너지 비용을 절감하는 것에 효과적(Choi et al., 2021)이며, 세균성 알파 아밀레이스를 사용하는 것이 알코올 생산성 확보에 보다 더 도움이 되는 것으로 판단된다.

### 개량누룩 첨가 유무를 달리한 팽화 수수 함량별 술덧 및 증류액의 품질 특성

#### 개량누룩 첨가 유무를 달리한 팽화 수수 함량별 술덧의 이화학적 특성

팽화 수수 20% + 쌀 80% 처리구에 개량누룩 첨가 여부를 달리하여 제조한 술덧의 이화학 성분 분석 결과를 Table 4에 나타내었다. 선행연구의 결과로 개량누룩의 효소제 영향을 받아 알코올 함량이 증가하는 경향을 보였기 때문에 본 실험에서도 개량누룩의 유무에 따라 알코올 생산성에 차이가 있는지를 확인하고자 하였으며, 개량누룩을 첨가한 술덧의 알코올 함량은 16.73%이고, 첨가하지 않은 술덧의 알코올 함량은 16.28%로 개량누룩을 첨가하여 제

조한 술덧이 유의적으로 높은 알코올 함량을 나타냈으나, 차이는 1% 미만으로 개량누룩 유무에 따른 알코올 생산성 차이는 크지 않은 것으로 판단된다.

아미노산 함량은 개량누룩 첨가시 유의적으로 높은 경향을 나타내는 경향을 보였는데, 이는 단백분해효소와 전분분해효소 등이 복합된 발효제인 개량누룩의 작용(Lee et al., 2014)으로 단백분해효소의 영향을 받아 높게 나타난 것으로 설명된다.

#### 개량누룩 첨가 유무를 달리한 팽화 수수 함량별 감압 증류액의 알코올 함량 비교

팽화 수수 20% + 쌀 80% 처리구에 개량누룩 첨가 여부를 달리하여 제조한 술덧의 감압 증류액의 알코올 함량을 Table 5에 나타냈다. 감압 증류액의 알코올 함량은 개량누룩을 첨가한 처리구는 38.16%, 첨가하지 않은 처리구는 39.58%로 나타났으며, 개량누룩을 첨가하지 않은 처리구가 1.04배 더 높았다.

Table 4에 제시한 술덧의 알코올 함량과 감압증류액의 알코올 함량이 동일한 경향을 나타냈으며, 큰 차이를 보이지 않는 것으로 보아 팽화 수수 술덧을 제조할 때 개량누룩의 첨가는 알코올 생산성과 증류식 소주의 품질 특성에

**Table 4. Physical and chemical properties depending on the addition of modified *nuruk* to 20% puffed sorghum and 80% rice mash**

	Mash made with 20% puffed sorghum and 80% rice				
	pH	Alcohol (%)	Total acid (% acetic acid)	Amino acidity (% glycine)	Soluble solid (° Brix)
Modified <i>nuruk</i> added	4.30±0.01	16.73±0.01	0.38±0.00	0.30±0.00	8.63±0.06
Modified <i>nuruk</i> not added	4.10±0.01	16.28±0.01	0.28±0.00	0.04±0.00	7.36±0.06
<i>t</i> -value	43.84***	94.05***	216.42***	-151.00***	24.50***

All values are Mean±SD (n=3).

\*\*\*p<0.001.



**Table 5. Alcohol content in the distillate made with 20% puffed sorghum and 80% rice depending on the addition of modified *nuruk***

	Distillate made with 20% puffed sorghum and 80% rice
	Alcohol (%)
Modified <i>nuruk</i> added	38.16±0.03
Modified <i>nuruk</i> not added	39.58±0.01
<i>t</i> -value	-81.83***

All values are Mean±SD (n=3).  
\*\*\* $p < 0.001$ .

큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으나, 추가적인 연구는 필요할 것으로 판단된다.

### 개량누룩 첨가 유무를 달리한 팽화 수수 함량별 증류식 소주의 향기성분

팽화 수수 20% + 쌀 80% 처리구에 개량누룩 첨가 여부를 달리하여 제조한 증류식 소주의 향기성분을 Table 6에 나타내었다.

향기성분 분석 결과, 고급알코올류 중 탁주, 맥주, 청주 등에서 중요한 향기 성분으로 평가되며(Lee et al., 1998; Lee et al., 2014), 미량으로 풍미에 큰 영향을 미치는 퓨

**Table 6. Content of volatile compounds (mg/L) in the distillate (alcohol 25%, v/v) made with 20% puffed sorghum and 80% rice depending on the addition of modified *nuruk***

Compound	Modified <i>nuruk</i> added	Modified <i>nuruk</i> not added	<i>t</i> -value
1-Propanol	13.45±0.21	7.71±0.03	46.87***
Isobutanol	137.25±1.74	70.35±0.32	65.50***
1-Butanol	0.91±0.11	0.75±0.06	2.21 <sup>NS</sup>
Isoamyl alcohol	354.00±4.37	362.69±1.73	-3.20*
Furfuryl alcohol	0.31±0.01	0.32±0.01	-1.23 <sup>NS</sup>
Phenethyl alcohol	33.29±0.50	15.42±0.11	60.46***
Butyric acid	1.94±0.01	1.94±0.01	0.00***
Valeric acid	2.01±0.07	1.84±0.03	3.87*
Isovaleric acid	1.59±0.01	1.94±0.04	-14.70***
Hexanoic acid	1.30±0.01	ND	225.17***
Heptanoic acid	ND	ND	-
Octanoic acid	0.91±0.02	0.86±0.04	1.94 <sup>NS</sup>
Nonanoic acid	0.89±0.07	ND	22.02***
Ethyl acetate	44.03±2.93	17.92±1.34	14.04***
Ethyl butyrate	ND	ND	-
Ethyl valerate	ND <sup>b</sup>	ND	-
Isoamyl acetate	2.40±0.04	1.78±0.00	26.85***
Ethyl hexanoate	0.61±0.01	0.56±0.01	6.12**
Ethyl heptanoate	ND	0.50±0.01	-86.60***
Ethyl lactate	5.54±0.05	2.60±0.03	87.33***
Ethyl octanoate	1.31±0.01	1.18±0.01	15.92***
Ethyl nonanoate	ND	ND	-
Dimethyl sulfide	ND	ND	-
Dimethyl disulfide	ND	ND	-
Dimethyl trisulfide	1.50±0.02	ND	129.90***
Furfural	1.67±0.08	1.56±0.10	1.49 <sup>NS</sup>
Methionol	0.31±0.06	0.33±0.00	-0.58 <sup>NS</sup>
2,3-Butanediol	6.44±0.03	6.51±0.05	-2.95*
2-Methylpyrazine	0.74±0.02	0.37±0.01	28.66***
2-Phenylacetate	0.41±0.04	0.31±0.02	3.87*

All values are Mean±SD (n=3).

ND: not detected.

<sup>NS</sup> $p > 0.05$ , \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ .

젤유 성분인 isoamyl alcohol은 바나나향을 내는 것으로 알려져 있으며(Choi et al., 2003), 개량누룩을 첨가한 처리구에서는 354.00mg/L, 첨가하지 않은 처리구에서는 362.69mg/L의 농도로 개량누룩을 첨가하지 않은 처리구에서 더 높은 함량을 나타냈다.

에스테르 화합물은 증류식 소주에서 중요한 향미 물질로, 주로 꽃향과 과일 향을 나타내며(Choi et al., 2015), 에스테르 화합물의 함은 각각 53.89, 24.54mg/L로 나타났다. 고급 지방산 에스테르는 일반적으로 탄소수가 12 이상으로 향미특성이 거의 없는 것으로 알려져 있고, 술의 방향성을 가지는 물질은 10 이하의 저급 지방산 에스테르로 보고되어 있는데(Zhao et al., 2009), 그 중 ethyl acetate의 함량이 다른 에스테르 화합물과 비교하면 상대적으로 높은 경향을 보였다.

휘발성 유기산은 술의 향기 특성에서 부정적인 향미 특성에 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데(Lee et al., 2014), 그 중 버터의 산패취와 유사한 향을 가지고 있는(Kwon et al., 2024) butyric acid는 1.94mg/L로 동일하여 차이가 없었다. 황화합물의 경우, 개량누룩을 첨가하지 않은 처리구에서 낮게 나타나는 경향을 보였다.

따라서 팽화 수수 20% + 쌀 80% 처리구에 개량누룩 첨가 유무를 달리하여 제조한 술덧과 감압 증류한 증류액의 알코올 함량에서 큰 차이가 없었으며, 향기성분에서도 큰 특징적인 차이를 나타내지 않았다. 국내 재배 수수 활용 증류주 생산성을 향상시키기 위한 팽화 수수와 효소제를 활용하면 액상 발효 및 증류식 소주 제조가 가능할 것으로 판단된다.

## 적 요

본 연구에서는 국내 재배 수수를 활용한 증류식 소주를 제조하고자 알코올 생산성이 증대된 액상 발효 제조공정을 확립하고자 하였다. 수수와 쌀을 함량별로 달리하여 술덧을 제조 후 수수와 쌀의 첨가량을 설정하였고, 수수의 전처리 방법과 효소제 종류, 개량누룩 첨가 여부를 달리하여 술덧을 제조하여 액상 발효 제조공정을 확립하였다.

수수와 쌀의 함량을 달리한 당화액의 가용성 고형분 함량(Brix)은 세균성 알파 아밀레이스를 첨가하였을 때, 3.00-25.20과 곰팡이성 알파 아밀레이스에서는 4.20-20.80의 범위로 세균성 알파 아밀레이스를 첨가하는 것이 전분 원료 당화에 적합할 것으로 판단되며, 당화액을 이용

한 술덧에서도 수수 20% + 쌀 80%가 첨가된 처리구가 15.11%로 유의적으로 높은 알코올 함량을 보여 쌀의 함량이 증가할수록 당화액의 가용성 고형분과 술덧의 알코올 함량 증가에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

또한 수수를 팽화한 후 세균성 알파 아밀레이스를 포함한 효소제를 넣고 술덧을 제조하였을 때 알코올 함량이 16.55%로, 팽화 전 수수 대비 증가하는 경향을 보이면서 당화 공정을 따로 거치지 않는 액상 발효에 적합하다고 판단된다.

팽화 수수 20% + 쌀 80% 처리구에 개량누룩 첨가 여부를 달리하여 술덧을 제조하였을 때 알코올 함량이 첨가된 처리구와 첨가하지 않은 처리구에서 각각 16.73%와 16.28%로 유의적으로 높은 알코올 함량을 나타냈지만, 알코올 함량에서 1% 이상의 큰 차이를 보이지 않았고, 술덧을 감압증류한 증류액의 알코올 함량도 동일한 경향을 나타내 팽화 수수 술덧 제조시 개량누룩 첨가가 알코올 생산성에 미치는 영향은 없는 것으로 나타나, 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

개량누룩의 첨가 유무에 따라 증류식 소주의 고급알코올류, 에스테르류에서 차이를 보였으나, 증류주의 이취로 인식되는 황화합물 함량이 개량누룩 첨가시 높게 나타나, 팽화 수수를 활용한 증류식 소주 제조시 개량누룩을 첨가하지 않는 것이 적합할 것으로 판단된다.

결론적으로, 세균성 알파 아밀레이스를 처리하여 제조한 팽화 수수 20% + 쌀 80%를 첨가한 술덧과 이를 감압 증류한 증류액의 알코올 함량에서 큰 차이는 없었으며, 향기성분을 분석한 결과, 감압 증류한 증류액의 품질에서도 큰 차이가 나타나지 않았기 때문에, 팽화 수수와 효소제를 활용하여 증류식 소주 생산성을 향상시키기 위한 액상 발효 제조가 가능할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. 류복미, 최선미, 송연주, 제선주, 김창순 (2012) 통곡 찰수수가루 첨가 쿠키의 품질 특성. 한국식품영양과학회 학술대회발표집.
2. 안지은, 고봉경 (2014) 수수를 첨가한 발효 식빵의 물성에 미치는 xylanase의 영향. 동아시아식생활학회 학술발표대회논문집, 서울.
3. 한문희 (1975). 효소산업의 현황과 전망. 한국과학기술연구소 응용생화학연구실. p. 103.

4. Choi JY, Lee TS. 2003. Characteristics of volatile flavor compounds in Kochujang prepared with commercial enzyme during fermentations. *Journal of the Korean society of Agricultural Chemistry and Biotechnology*. 46:207-213.
5. Chae KY, Hong JS. 2006. Quality characteristics of Sulgidduk with different amounts of waxy sorghum flour. *Korean Journal of Food and Cookery Science*. 22:363-369.
6. Choi HS, Kim EG, Kang JE, Yeo SH, Jeong ST, Kim CW. 2015. Effect of organic acids addition to fermentation on the brewing characteristics of soju distilled from rice. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 47(5):579-585.
7. Choi HS, Lim BJ, Lee GS, Park EB, Jeong JM. 2021. Development of technology for commercialization of raw rice fermented distillation type soju using domestic raw materials and native microorganisms. Report of MAFRA. MAFRA 11-1543000-003418-01.
8. Dykes L, Rooney LW, Waniska RD, Rooney WL. 2005. Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53:6813-6818.
9. Ha TY, Cho IJ, Lee SH. 1998. Screening of HMG-CoA reductase in-hibitory activity of ethanol and methanol extract from cereal and regumes. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 30:224-229.
10. Hancock JD. 2000. Value of sorghum and sorghum co-products in diets for livestock. In: Wayne Smith, C., Fredericksen, R.A. (Eds.), *Sorghum: origin, history, technology, and production* pp. 731-749.
11. Ko JY, Woo KS, Kim JI, Song SB, Lee JS, Kim HY. 2013. Effects of quality characteristics and antioxidant activities of dry noodles with added sorghum flour by characteristics of endosperm. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 42:1227-1235.
12. Lee SM. 2014. Volatile compounds analysis of commercial fermentation starters and fermented liquors according to the manufacturing process. MS Thesis Sejong University, Seoul, Korea.
13. Kim SK, Jung GH, Lee JE, Lee BK, Woo KS. 2018. Changes in phys-icochemical characteristics of sorghum among different varieties and at different harvest stages after heading. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 50: 260-266.
14. Korea Customs Service (KCS). 2021. Statistics on Trade, Import and Export Trade Statistics. <http://unipass.customs.go.kr>
15. Korean Statistical Information Service. 2022. Ship-ment Status of Regional Specialty Liquor by Liquor And Region(10.2.2). National Tax Statistics. [https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=133&tblId=TX\\_13301\\_A197&conn\\_path=I2](https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=133&tblId=TX_13301_A197&conn_path=I2)
16. Kwon YS, Choi HJ, Kim MS, Choi HS. 2024. Pro-duction of non-steamed rice-distilled soju via independent two-step fermentation. *Korean Journal of Food Science and technology*. 56(2):278-284.
17. Lee TS, Choi JY. 1998. Volatile flavor components in takju fermented with mashed glutinous rice and barley rice. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 30:638-643.
18. Lee SH, Park HJ, Han GJ, Cho SM, Rhie SG. 2004. A study of the nutritional composition of the dandelion by part (*Taraxacum officinale*). *The Korean Journal of Community Living Science*. 15:57-61.
19. Lee DH, Jung JW, Lee YS, Seo JS, Park IT. 2014. Fermentation characteristics for preparation of distilled liquor made of mixed grains. *Korean Journal of Food Science and Technology* 46(4): 446-455.
20. Lee SA, Kim GW, Hwnag ES, Shim JY. 2014. Stability of anthocyanin pigment in aromia makgeolli. *Food Engineering Progress*. 18: 374-381.
21. Lee SK, Park JY, Park HY, Choi HS, Cho DH, Oh



- SK, Kim HJ. 2017. Evaluation of quality characteristics of beer by addition of rice rate. *Food Science and Preservation*. 24(6): 758-763.
22. Park HJ, Eom HJ, Kwon NR, Kang HJ, Kim JH. 2022. Quality characteristics of korean traditional wines with different amounts of sorghum and corn. *The Korean Journal of Food and Nutrition* 35(5): 369-377.
23. Shin JY, Kang HY, Lim BR, Choi HS. 2022. Characteristics of solid-state fermentation mash and distilled liquor prepared using sorghum variety 'Chengpung'. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*. 32(1), 46-52, 10.17495/easdl.2022.2.32.1.46
24. Zhao Y, Xu Y, Li J, Fan W, Jiang W. 2009. Profile of volatile compounds in 11 brandies by headspace solid phase microextraction followed by gas chromatography mass spectrometry. *Journal of Food Science*. 74(2), C90-C99.