

누룩 유래 효모의 종류에 따른 증류주의 품질 특성

이애란 · 강선희 · 김혜련 · 이장은 · 이은정 · 김태완*
한국식품연구원 우리술연구팀

Quality characteristics of distilled spirits by different nuruk-derived yeast

Ae-Ran Lee, Sun-Hee Kang, Hye-Ryun Kim, Jang-Eun Lee, Eun-Jung Lee, and Tae-Wan Kim*
Korean Alcoholic Beverage Research Team, Korea Food Research Institute

Abstract This study aimed to select a yeast strain for optimizing the quality of distilled spirits. The brewing and distilling properties of 4 KFRI (Korea Food Research Institute) yeasts (Y88-4, Y98-4, Y172-6, Y192-4) and 2 industry yeasts (C1, C2) were compared. For investigating the possibility of using these strains on an industrial scale, diverse analytical methods were applied to assess parameters associated with distilled spirit quality such as alcohol content, pH, total acidity, and soluble solid content. After 11 days of fermentation, the alcohol strength obtained using six yeast strains reached 13.9-16.4% (v/v), while pH was 3.9-4.0, and total acid was 0.40-0.52%. To compare GC-MSD Volatile flavor components, all the distilled spirit samples were diluted to 20% (v/v) alcohol strength. Seven fusel alcohols, 26 esters, 2 acids, and 3 miscellaneous compounds were detected in the distilled spirits. Y88-4 had the most abundant volatile flavor component and scored the highest overall preference in sensory evaluation. After analyzing the various properties of yeasts, strain Y88-4 was finally selected as the best strain for producing distilled spirits.

Keywords: yeast, distilled spirits, brewing, nuruk, traditional alcoholic beverages

서 론

우리나라 전통 증류식 소주는 고려 시대부터 전승되어 왔으며 쌀, 보리, 밀 등의 곡류 원료와 누룩 등의 발효제를 사용하여 발효한 후 소주고리를 이용하여 증류하였다. 주류를 포함하여 전통적인 방법에 의한 발효식품 제조는 원료자체에 있는 미생물에 의존한 형태였다. 발효식품이 제품화 되면서 고품질의 발효식품을 개발하기 위한 연구가 활발히 진행되어 잡균에 의한 오염방지와 향미의 개선, 높은 발효력, 제품의 표준화 등을 위하여 단일 균을 접종하여 발효시킨 발효식품이 개발되었고 이에 따라 품질 향상을 위한 우수한 발효 미생물의 확보가 중요시되었다. 효모는 알코올 발효에 관여하는 주요 발효미생물로 효모가 생성하는 주된 향기성분 중 대부분의 증류식 소주에 함유되어 있는 에스테르류는 소주발효 과정에서 알코올 외에 퓨젤유를 생성하여 소주의 풍미를 결정하는 중요한 성분이 된다(1). 현재 국내 주류시장은 자체보유 효모를 사용하는 소수의 업체를 제외한 대부분이 효모생산 업체에서 생산하는 동일한 양조효모에 의존하고 있어(2) 주류의 품질이 획일화된 경향이 있다. 경쟁력 있는 주류생산을 위해서는 알코올 발효의 기본이 되는 유용한 미생물 자원의 확보 및 특성조사가 필수적이다. 2011년 이후 국내 막걸리의 시장 점유율이 높아짐

에 따라 막걸리용 효모 선발 등 발효미생물에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 전통누룩으로부터 효모를 분리하고 알코올 발효력이 우수한 균주를 선발하여 최적배양 조건을 확립하였고(3), 여러 지역에서 전통막걸리를 수집하고 효모를 분리하여 발효특성과 발효에 따른 미생물 군집 변화를 관찰하였으며(4,5), 구기자 등을 첨가한 고품질 막걸리 제조에 적합한 효모를 선발하고(6), 막걸리의 발효 기간 및 저장 기간에 따른 품질의 특성과 미생물의 변화를 연구하는(7,8) 등 막걸리의 품질향상을 위한 발효미생물 관련 연구가 활발히 진행되었다. 증류식 소주의 술덧은 재료나 발효 과정이 막걸리의 담금과 유사하여 막걸리관련 효모를 주로 사용하고 있지만 특색 있고 경쟁력이 높은 증류식 소주를 제조하기 위해서는 증류식 소주용 효모의 개발이 불가피하다. 현재 우리나라 증류식 소주에 대한 연구로는 감압과 상압으로 증류한 술의 특성을 비교한 연구(1), 증류 및 여과 방법을 달리한 증류식 소주의 품질특성연구(9), 구리증류기를 이용한 과일 증류주의 품질 특성연구(10), 증류식 소주의 급수변화에 따른 수율 및 향미에 관한 연구(11), 시판 증류식 소주의 관능적 분석에 관한 연구(12) 등 증류 방법과 기존제품에 대한 연구는 보고되고 있지만 우리나라 전통 증류식 소주 제조를 위한 효모선발 연구는 부족한 실정이다. 본 연구에서는 증류주의 제조에 적합한 증류식 소주 전용효모를 선발하고 선발된 효모와 시판 소주효모의 발효 및 증류 특성을 비교 분석함으로써 선발효모의 상품화 가치를 평가하고 더불어 고품질 증류주 제조에 기여하고자 한다.

재료 및 방법

효모동정

효모의 동정은 18s rDNA sequencing 방법을 이용하여 실시하

*Corresponding author: Tae-Wan Kim, Korean Alcoholic Beverage Research Team, Korea Food Research Institute, Seongnam 13539, Korea
Tel: +82-31-780-9368
Fax: +82-31-780-9320
E-mail: ktwco@kfri.re.kr
Received April 7, 2017; revised June 14, 2017;
accepted June 19, 2017

였다. 순수분리가 확인된 균주 각각의 whole genomic DNA를 분리한 후 PCR (C 1000DNA thermal cycler, Bio-Rad, CA, USA)을 이용하여 증폭하였다. Ribosomal DNA (rDNA)의 complete internal transcribed spacer (ITS) 영역의 염기서열을 ITS1 (TCCG-TAGGTGAACCTGCGG)과 ITS4 (TCCTCCGCTTATGATATGC) 프라이머(primer)를 이용하여 증폭하였고 PCR 조건은 95°C에서 5분, 94°C에서 45초, 55°C에서 1분, 72°C에서 1분, 72°C에서 10초의 사이클을 총 35회 반복하였다. PCR product의 분석은 ABI 3730XL DNA Analyzer (Applied Biosystems, Carlsbad, CA, USA) sequencing기계를 이용하였다. 분석된 염기서열을 BioEdit sequencing 프로그램을 이용하여 alignment 시킨 후 그 결과를 NCBI의 data base와 비교하여 동정하였다.

담금 및 발효

담금 용 백미는 칠원오대쌀(Cheolwononghyup, Cheolwon, Korea)을 사용하였고, 발효제로는 조은곡식(Hwaseong, Korea)에서 구입한 입국을 사용하였다. 실험에 사용된 효모는 전통누룩에서 분리한 보유 효모 중 알코올 발효력이 높았던 Y88-4, Y98-4, Y172-6, Y192-4를 사용하였으며, 소주효모로 사용되고 있는 두 종류의 효모(C1, C2)를 일본양조협회에서 분양받아 대조군으로 사용하였다. 밀술은 입국 513 g에 718 mL의 물을 가하고 효모배양액(10^8 CFU/mL) 10 mL과 함께 잘 섞은 후 25°C에서 5일간 발효시켰다. 효모배양액은 입국배지에 효모를 0.1% 접종한 후 30°C에서 24-36시간 배양하여 사용하였다. 담금은 밀술에 증자미 1,436 g과 1,744 mL의 물을 가하여 25°C에서 11일간 발효시켰다.

발효액의 분석

당도는 당도계(Pocket PAL1, ATAGO, Kyoto, Japan)를 이용하여 측정하였고, pH는 pH meter (D-51, Horiba Ltd., Kyoto, Japan)를 사용하여 측정하였으며 산도는 시료 10 mL에 0.1% 페놀프탈레인(phenolphthalein)을 지시약으로 하여 발효액의 경우 0.1 N 수산화소듐 (NaOH)용액으로 적정하여 소비된 용액의 양을 아세트산(acetic acid)으로 환산하여 표시하였다. 아미노산도는 주류 분석 규정에 따라 검체 10 mL를 취하여 페놀프탈레인 지시약 몇 방울을 가하고 0.1 N 수산화소듐으로 담홍색이 될 때까지 중화한 후 여기에 중성포르말린용액 5 mL를 가하여 유리된 산을 0.1 N 수산화소듐으로 담홍색이 될 때까지 적정하여 소비된 용액의 양을 글리신으로 환산하여 백분율로 나타내었다(13). 알코올 함량은 발효액 100 mL과 약 100 mL의 증류수를 250 mL의 삼각 플라스크에 넣고 증류기에 연결 하여 증류한 후 증류액이 70-80 mL이 되면 증류를 중지하고 증류액에 물을 가하여 100 mL로 정용한 다음 잘 흔들어 덴시미터(densimeter, DMA 4500A, Anton Paar GmbH, Austria)을 이용하여 알코올함량을 측정하였다. 유기산은 Bio-5rex resin을 사용하여 전처리한 시료를 0.45 μ m membrane filter를 사용하여 여과한 후 Agilent 1260 HPLC/DAD (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)로 분석하였다. 분석용 칼럼으로 ZORBAX SB-Aq (4.6 mm \times 150 mm \times 5 μ m film thickness: Agilent)를 사용하였으며 detection wave-length/window 210/8 nm를 사용하여 분석하였다. 오븐(oven)의 온도는 35°C였으며 사용된 용매는 20 mM 인산완충용액(aqueous phosphate buffer) pH 2.0/아세토나이트릴(acetonitrile)=99/1 (v/v) 였고 흐름속도는 1.0 mL/min였다.

발효액의 증류

발효액 2,000 mL를 감압 증류법을 이용하여 증류하였다. 냉각능률을 올리기 위하여 직선이던 기존 리비히 냉각기의 내관을 스프링 모양으로 둥글게 제작하여 사용하였다. 증류관내 압력은 110 \pm 20 mmHg였고, 발효액 온도는 50-60°C, 냉각수 온도는 4°C를 유지하도록 설정하였으며, 증류액 유출 온도는 25°C를 넘지 않도록 하였다. 목적 본류의 알코올 함량은 45%가 되도록 하였다.

증류액 휘발성 향기성분 분석

증류액의 알코올 함량이 20% (v/v)가 되도록 희석한 후 SPME (solid phase microextraction) 방법을 이용하여 휘발성 향기성분을 분석하였다. 시료 5 mL을 60°C에서 20분간 평형 시킨 후 50/30 μ m DVB/CAR/PDMS (divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane) (Supelco, Bellefonte, PA, USA)이 코팅된 fiber를 이용하여 40분간 향을 포집하여 Stabilwax-DA column (30 m \times 0.25 mm I.d. \times 0.25 μ m film thickness: Restek Corp., Bellefonte, PA, USA)이 장착된 Hewlett-Packard 7890A GC/HP-5973N mass selective detector (MSD) (Hewlett-Packard Co., Palo Alto, CA, USA)를 이용하여 분석하였다. 사용된 GC의 오븐 온도는 60°C에서 5분간 유지 후 200°C까지 3°C/min의 속도로 상승시켰으며 주입구(injector) 온도는 250°C, 운반가스(carrier gas)로 헬륨(helium)을 사용하였다. MSD 조건은 capillary direct interface temperature 250°C, ion source temperature 230°C, ionization voltage 70 eV, mass range 33-350 a.m.u. 그리고 scan rate 2.2 scan/sec를 이용하였다. 휘발성 향기 성분의 동정은 retention indices (RI), 질량스펙트럼(mass spectra)과 aroma properties를 비교하여 확인하였다.

관능검사

증류액의 관능검사는 한국식품연구원 우리술연구팀의 훈련된 30-40대 패널 9명(여자 5명, 남자 4명)을 대상으로 2회 반복하여 진행하였으며 증류액의 알코올 함량이 20%가 되도록 희석하여 향에 대한 기호도를 9점 척도로 표시하였고 관능검사 결과의 통계처리는 SPSS statistics (ver. 20, SPSS, Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하고 평균값은 One-way analysis of variance (ANOVA)로 비교하여 Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

효모의 1차 선발 및 동정결과

증류식 소주제조에 적합한 효모를 선발하기 위하여 본 연구원 내에 보관 중인 누룩에서 분리한 300개의 효모를 대상으로 알코올 발효능 실험을 진행하였고, 300개의 효모 중 높은 알코올 발효능을 보인 4개의 균주(Y88-4, Y98-4, Y172-6, Y192-4)를 1차 선발하였다. 1차 선발된 4 균주와 시판 소주효모 2종(C1, C2)의 18S rRNA 염기서열을 이용한 동정결과 *Saccharomyces cerevisiae* 로 동정되었다(Table 1).

발효액의 분석

발효액의 알코올 변화를 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 담금 1일째 Y88-4의 경우 4.8 \pm 0.1%로 가장 높은 알코올 함량을 나타냈고, 이후 서서히 증가하여 최종 발효 시에는 14.1 \pm 0.1%의 알코올 함량을 나타냈다. Y98-4는 발효 4일째 12.0 \pm 0.1%로 높은 알코올

Table 1. Identification of yeast from traditional Nuruk

Yeast No.	Nearest neighbor strain	Similarity (%)	Accession number	Data base
Y88-4	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	99	EF620858	gb
Y98-4	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	98	JN093142	gb
Y172-6	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	98	DQ347487	gb
Y192-4	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	99	KC254083	gb
C1	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	99	KC515364	gb
C2	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	99	KC183726	gb

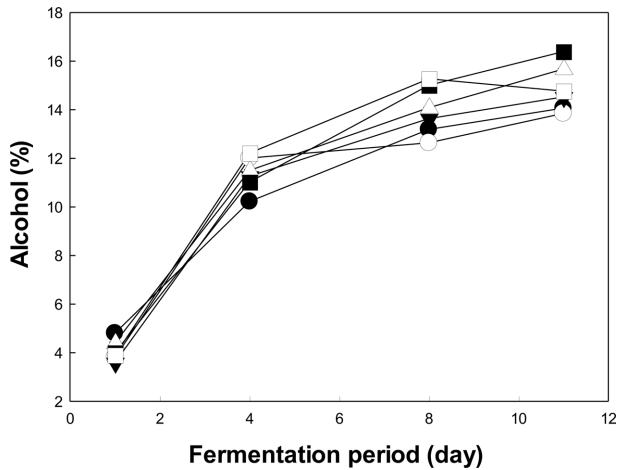


Fig. 1. Changes of alcohol content during fermentation of mash made with various yeast strains. ●: Y88-4, ○: Y98-4, ▼: Y172-6, ▽: Y192-4, ■: C1, □: C2

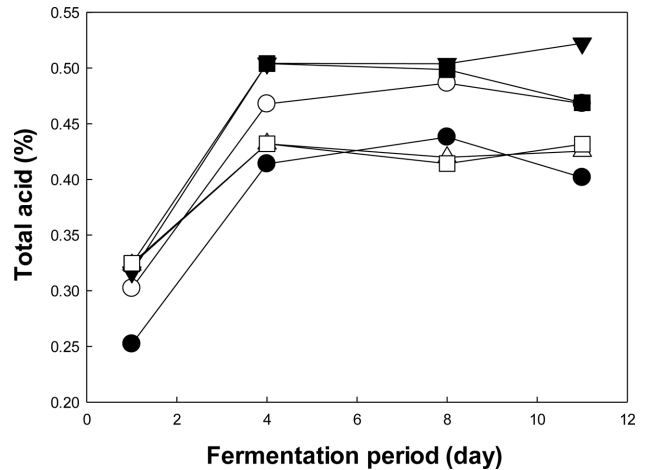


Fig. 3. Changes of total acid during fermentation of mash made with various yeast strains. ●: Y88-4, ○: Y98-4, ▼: Y172-6, ▽: Y192-4, ■: C1, □: C2

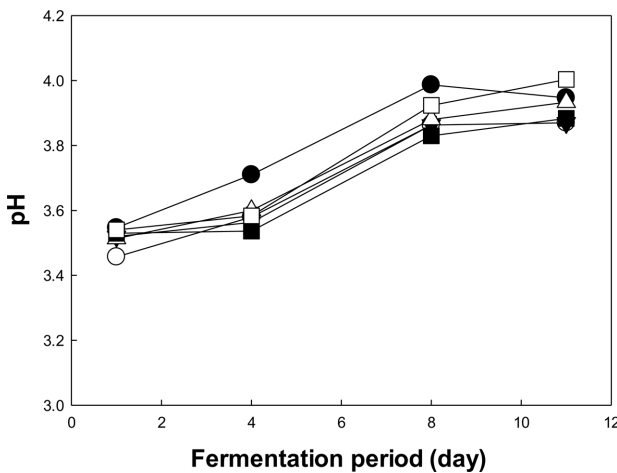


Fig. 2. Changes of pH during fermentation of mash made with various yeast strains. ●: Y88-4, ○: Y98-4, ▼: Y172-6, ▽: Y192-4, ■: C1, □: C2

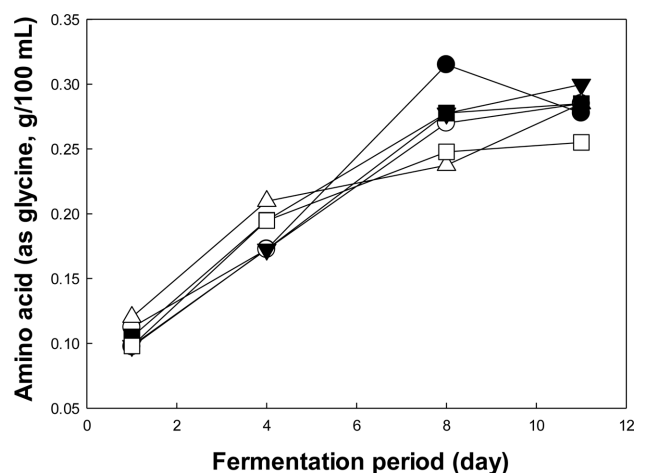


Fig. 4. Changes of amino acid during fermentation of mash made with various yeast strains. ●: Y88-4, ○: Y98-4, ▼: Y172-6, ▽: Y192-4, ■: C1, □: C2

함량을 나타냈지만 이후 더디게 증가하여 최종발효 시 13.9±0.1%로 알코올 함량이 가장 낮게 나타났다. 대조군인 소주효모 C1은 발효 초기 알코올 함량은 4.0±0.1%였지만 최종 발효 시 16.4±0.01%로 가장 높은 알코올 함량을 나타내었다. 발효액의 정상 발효 유무를 나타내는 지표가 되는 pH (Fig. 2)와 총산(Fig. 3)의 함량은(14) 모든 실험구 및 대조군에서 각각 pH 3.9-4.0, 0.40-0.52 g/100 mL로 나타났다. 이는 시판 중인 막걸리의 pH가 3.6-4.7, 산도는 0.28-0.57 g/100 mL의 범위를 나타낸다고 보고한 Park 등(15)의 연구결과로 미루어 볼 때 정상적인 발효가 진행된 것으로 판

단된다. 유리당, 유기산과 함께 발효액의 맛을 결정하는 중요한 요소로 작용하며(9), 술의 감칠맛을 부여하는(16) 아미노산 함량 (Fig. 4)은 모든 실험구와 대조군이 초기 0.10-0.12 g/100 mL에서 발효가 진행됨에 따라 대체로 증가하여 0.26-0.30 g/100 mL로 나타났다고 가용성 고형분(Bx) (Fig. 5)은 모든 실험구와 대조군이 담금 1일째 5.9-7.3 °Bx에서 발효 4일째 12.8-17.8 °Bx로 증가한 뒤 발효가 진행됨에 따라 감소하였으며 대체로 알코올 함량이 높을 수록 가용성 고형분의 함량은 낮게 나타났다.

발효액의 신맛을 나타내는 주요한 성분이며 미량으로 존재할

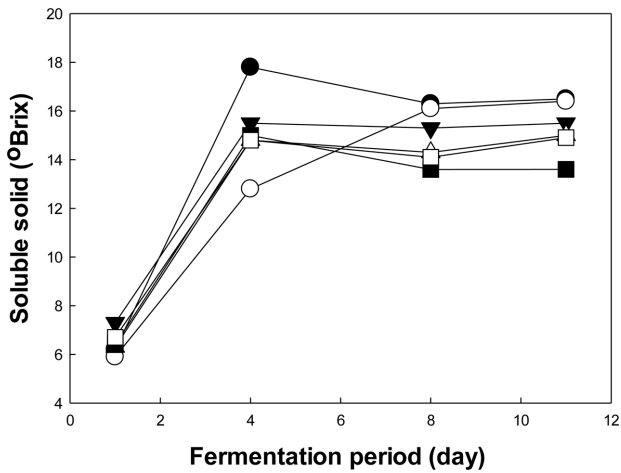


Fig. 5. Changes of soluble solid during fermentation of mash made with various yeast strains. ●: Y88-4, ○: Y98-4, ▼: Y172-6, ▽: Y192-4, ■: C1, □: C2

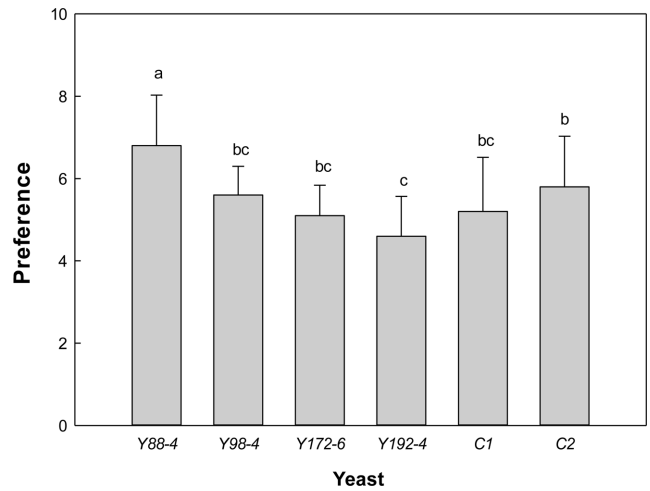


Fig. 6. Preference of distilled spirits made with various yeast strains. ^{a-c}Mean values with different superscripts in a column differ significantly ($p < 0.05$).

시 발효액의 맛과 향을 높이는 역할을 하는 유기산(17)의 변화를 살펴본 결과는 Table 2와 같다. 유기산 표준물질로 사용한 옥살산(oxalic acid), 말산(malic acid), 젖산(lactic acid), 시트르산(citric acid), 석신산(succinic acid) 및 아세트산(acetic acid) 중에서 옥살산의 경우 Y98-4와 C2에서 발효 말 각각 0.27 ± 0.02 mg/mL,

0.28 ± 0.03 mg/mL이 검출되었고 말산은 Y88-4를 제외한 모든 실험구 및 대조군에서 최종 발효 시 0.22 ± 0.23 - 0.49 ± 0.02 mg/mL로 나타났다. 젖산은 C2호모가 발효 말 0.56 ± 0.03 mg/mL로 가장 높게 나타났다. 알코올 발효 시 *Lactobacillus* sp. 와 같은 특정 유산균에 의하여 말산이 젖산으로 전환되는데 이는 산도의 감소와

Table 2. The organic acid content of during fermentation of mash made (mg/mL)

Organic acid	Fermentation period (day)	Yeast No.					
		Y88-4	Y98-4	Y172-6	Y192-4	C1	C2
Oxalic acid	1	ND ¹⁾	ND	ND	ND	ND	ND
	4	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	8	ND	0.25 ± 0.03 ²⁾	ND	ND	ND	0.21 ± 0.02
	11	ND	0.27 ± 0.02	ND	ND	ND	0.28 ± 0.03
Malic acid	1	ND	ND	0.09 ± 0.02	0.08 ± 0.00	0.11 ± 0.02	ND
	4	ND	ND	ND	0.25 ± 0.03	0.38 ± 0.03	ND
	8	ND	0.41 ± 0.00	0.48 ± 0.02	0.33 ± 0.03	0.50 ± 0.18	0.16 ± 0.12
	11	ND	0.39 ± 0.02	0.45 ± 0.06	0.41 ± 0.21	0.49 ± 0.02	0.22 ± 0.23
Lactic acid	1	0.05 ± 0.02	0.04 ± 0.29	ND	0.01 ± 0.32	ND	ND
	4	0.37 ± 0.02	0.47 ± 0.02	0.19 ± 0.03	0.06 ± 0.09	0.04 ± 0.03	0.63 ± 0.02
	8	0.43 ± 0.02	0.36 ± 0.04	0.12 ± 0.02	0.07 ± 0.06	0.11 ± 0.02	0.42 ± 0.02
	11	0.37 ± 0.07	0.31 ± 0.08	0.09 ± 0.00	0.3 ± 0.03	0.14 ± 0.02	0.56 ± 0.03
Citric acid	1	1.49 ± 0.01	1.24 ± 0.08	2.1 ± 0.07	2.07 ± 0.04	2.12 ± 0.02	1.92 ± 0.02
	4	1.76 ± 0.05	1.72 ± 0.06	1.92 ± 0.03	1.87 ± 0.03	1.93 ± 0.11	1.85 ± 0.03
	8	1.99 ± 0.01	2.05 ± 0.02	2.34 ± 0.01	2.09 ± 0.01	2.24 ± 0.03	1.79 ± 0.01
	11	2.25 ± 0.25	1.99 ± 0.08	2.24 ± 0.07	2.08 ± 0.04	2.18 ± 0.03	1.76 ± 0.02
Succinic acid	1	0.33 ± 0.14	0.32 ± 0.13	0.21 ± 0.11	ND	0.21 ± 0.01	0.04 ± 0.02
	4	0.48 ± 0.02	0.65 ± 0.04	0.40 ± 0.26	0.37 ± 0.04	0.45 ± 0.00	0.68 ± 0.03
	8	ND	0.94 ± 0.00	0.66 ± 0.19	0.56 ± 0.03	0.75 ± 0.00	1.04 ± 0.15
	11	1.03 ± 0.00	1.0 ± 0.06	0.69 ± 0.00	0.82 ± 0.16	0.83 ± 0.03	1.23 ± 0.12
Acetic acid	1	1.00 ± 0.15	0.77 ± 0.10	0.82 ± 0.03	0.75 ± 0.06	0.61 ± 0.05	0.65 ± 0.11
	4	0.74 ± 0.18	0.55 ± 0.03	1.95 ± 0.08	1.45 ± 0.07	1.00 ± 0.00	0.87 ± 0.00
	8	1.51 ± 0.02	0.71 ± 0.00	1.40 ± 0.00	0.69 ± 0.03	1.14 ± 0.03	0.71 ± 0.09
	11	1.09 ± 0.21	0.95 ± 0.00	1.42 ± 0.03	1.58 ± 0.00	1.87 ± 0.00	1.64 ± 0.12

¹⁾Not detected

²⁾Mean±SD of 3 replications.

Table 3. Volatile compound in distilled spirits (Unit: peak area %)

	RT	Compound	88-4	98-4	172-6	192-4	C1	C2
1	3.484	Ethyl acetate	1.86 ¹⁾	0.95	2.72	2.03	2.56	1.39
2	4.663	Ethyl alcohol	32.97	40.15	46.56	50.26	51.82	51.72
3	6.522	2-Methyl propyl acetate	0.07	0.03	0.09	-	0.08	-
4	7.287	Ethyl butyrate	0.07	-	-	0.05	0.06	-
5	7.497	n-Propanol	0.21	0.51	0.61	0.14	0.10	0.37
6	9.715	Isobutanol	0.65	0.94	1.01	0.74	0.85	0.65
7	10.145	Isoamyl acetate	1.88	1.48	2.22	2.04	3.79	2.41
8	11.742	1-Butanol	- ²⁾	0.08	-	-	-	-
9	12.17	Dodecane	0.02	0.02	0.03	0.03	-	-
10	13.810	amyl alcohol	5.23	6.81	7.66	8.73	9.22	8.45
11	14.318	Ethyl caproate	2.60	1.24	1.20	1.36	2.18	1.46
12	17.999	Ethyl enantate	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04
13	18.619	Isobutyl caproate	0.03	0.03	-	-	-	-
14	19.598	3-Ethoxy-1-propanol	-	0.04	0.02	-	-	-
15	19.933	2-Nonanone	0.10	0.04	0.07	0.09	0.07	0.08
16	21.586	Ethyl caprylate	18.92	12.92	11.42	11.17	14.79	12.59
17	22.060	Acetic acid	0.16	0.25	0.38	0.28	0.11	0.14
18	22.242	Isopentyl caproate	0.17	0.13	0.10	0.10	0.09	0.08
19	24.215	Propyl caprylate	0.05	0.06	0.04	0.02	-	0.03
20	24.749	Ethyl pelargonate	0.05	0.06	0.06	0.06	0.04	0.06
21	25.214	Isobutyl caprylate	0.09	0.06	0.03	-	-	-
22	26.685	2-Undecanone	0.03	-	-	0.02	-	-
23	27.931	Ethyl caprate	10.46	8.00	5.06	4.05	3.19	3.58
24	28.430	Isoamyl octanoate	0.33	0.27	0.12	0.08	0.03	0.06
25	29.042	Ethyl succinate	0.05	0.09	0.11	0.10	0.11	0.08
26	31.174	Isobutyl decanoate	0.13	0.13	0.03	-	-	-
27	32.109	Ethyl benzeneacetate	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
28	32.930	Phenethyl acetate	3.66	2.94	2.64	2.20	3.76	2.26
29	33.681	Ethyl laurate	7.96	7.23	3.01	1.95	0.21	0.97
30	34.117	Isoamyl decanoate	0.75	0.67	0.29	0.22	-	0.08
31	35.376	Phenylethyl alcohol	1.39	1.66	1.77	2.91	2.55	4.10
32	35.841	Propyl caprate	0.02	0.02	-	-	-	-
33	36.609	Isobutyl laurate	0.03	0.02	-	-	-	-
34	38.938	Ethyl myristate	7.23	9.07	8.63	7.58	1.76	5.22
35	39.281	Isoamyl laurate	0.03	0.03	0.02	-	-	-
36	43.679	Ethyl palmitate	2.63	3.83	3.95	3.67	2.57	4.09
37	49.287	Ethyl oleate	0.07	0.13	0.07	0.05	-	0.04
	Total		100	100	100	100	100	100

¹⁾Average of relative percentage of total peak area.

²⁾Not detected.

함께 주질의 부드러움을 강화시키고 풍미를 개선하며 발효 중 미생물학적 안전성을 높여준다(18). 발효액의 안정적인 발효에 영향을 주는 시트르산은(19) 모든 실험구에서 다른 유기산보다 가장 높은 함량을 나타냈고 그 중에서 Y88-4가 2.25 mg/mL로 가장 높게 나타났다. 석신산은 C2 효모가 발효말 1.23±0.12 mg/mL로 가장 높았다. 다량 존재하게 되면 발효과정에서 알코올성분의 산화로 인해 초산발효단계로 진행되어 발효액의 품질을 저하시키는 요인으로(17) 향미에 좋지 않은 영향을 주는 아세트산은 소주 효모 C1과 C2에서 각각 1.87±0.00, 1.64±0.12 mg/mL로 다른 효모에 비해 높게 나타났다.

증류액의 휘발성 향기성분

증류주의 향기성분은 품질지표로써 중시되며(20), 특히 양조 효

모에 의해 알코올, 에스터, 아민 등의 화합물을 생성시켜 향기성분에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(1). 증류액의 휘발성 향기 성분 분석결과는 Table 3과 같다. 37개의 휘발 성분이 확인되었고 작용기별로 분류하면 알코올류 7종, 에스터류 26종, 산(acid)류 1종, 기타 3종이었다. 높은 area %를 나타낸 것은 에틸알코올(ethyl alcohol), 카프릴산에틸(ethyl caprylate), 아밀알코올(amylic alcohol) 등이다. 미량만으로도 증류주의 풍미를 좌우하며 향기성분에 있어 중요한 역할을 하는 고급 알코올류인 노말프로판올(n-propanol), 아이소부탄올(isobutanol)은 Y172-6이 0.61%area, 1.01%area로 다른 효모에 비해 높았으며 맥주의 방향족 알코올 성분 중 가장 중요한 향기 성분인 페닐에틸알코올(phenylethyl alcohol)(21,22)은 대조군으로 사용한 시판소주 효모인 C2가 4.1%area, Y192-4가 2.91%area였다. 에스터류는 적은 양만 존재하

나, 미량의 향기성분으로도 향미기여도가 알코올, 알데하이드류(aldedide) 보다 커서 관능에 중요한자로 작용하는 것으로 알려져 있다. 과일향으로 묘사되는 아세트산에틸(ethyl acetate)은 C1이 2.56%area로 가장 높고, Y98-4가 0.95%area로 가장 낮게 나타났다. 바나나향으로 묘사되는 아세트산아이소아밀(isoamyl acetate)은 C1이 3.79%area로 가장 높고, Y98-4가 1.48%area로 가장 낮게 나타났다. 특히 Y88-4로 담금한 증류식 소주에서 에틸알코올이 가장 낮게 나타났으나, 파인애플향으로 묘사되는 달콤한 과일향을 나타내는 카프릴산에틸, 신선한 과일향을 나타내는 카프론산에틸(ethyl caproate), 장미향으로 묘사되는 카프르산에틸(ethyl caprate) 등이 다른 실험구 및 대조군에 비해 높은 비율을 나타냈다. 이들 에스터 물질은 낮은 문턱 값으로 소량으로도 소주에 향긋하고 좋은 향을 주는 것으로 알려져 있다(20,23).

증류액의 향기호도 조사

증류액의 알코올 함량이 20%가 되도록 희석하여 향에 대한 기호도를 9점 척도로 표시한 결과 Y88-4, C2, Y98-4, C1, Y172-6, Y192-4 순으로 Y88-4가 6.80±1.23의 점수로 유의적으로 가장 높은 기호도를 나타냈고 Y192-4가 4.60±0.74의 점수로 가장 낮은 기호도를 나타냈다. Y88-4향기호도 조사에서 가장 높은 선호도를 보였고 증류액의 휘발성 향기성분 중 소량으로도 향긋하고 좋은 향을 주는 카프릴산에틸, 카프론산에틸, 카프르산에틸 등의 에스터 물질이 다른 실험구 및 대조군에 비해 높은 비율로 나타난 Y88-4균주가 증류식소주 제조에 가장 적합한 효모라고 판단 된다.

요 약

본 연구는 우리나라 전통 증류식 소주 제조를 위한 최적의 효모를 선발하는 데 목적을 두고 누룩에서 분리한 효모와 시판 소주효모의 발효 및 증류 특성을 비교 분석하였다. 분리한 4개의 균주(Y88-4, Y98-4, Y172-6, Y192-4)와 대조구로 사용한 시판 소주효모 2종(C1, C2)은 *Saccharomyces cerevisiae*로 동정되었다. 발효액의 최종 알코올 함량은 13.9±0.1-16.4±0.01%로 C1효모가 가장 높은 알코올 함량을 나타냈고 6개의 실험구의 pH와 총산의 함량은 각각 pH 3.9-4.0, 0.40-0.52 g/100 mL로 정상적인 발효가 진행된 것으로 판단되며 아미노산 함량은 초기 0.10-0.12 g/100 mL에서 발효가 진행됨에 따라 대체로 증가하여 0.26-0.30 g/100 mL로 나타났다. 유기산의 변화는 옥살산의 경우 Y98-4와 C2에서 발효 말 각각 0.27±0.02, 0.28±0.03 mg/mL 검출되었고 말산은 Y88-4를 제외한 모든 실험구 및 대조군에서 최종 발효 시 0.22±0.23-0.49±0.02 mg/mL로 나타났다. 젖산은 C2효모가 발효 말 0.56±0.03 mg/mL로 가장 높게 나타났고, 발효과정 중 주요 유기산으로 감칠맛과 관련 있는 석신산은 C2효모가 발효 말 1.23±0.12 mg/mL로 가장 높았다. 발효액의 품질지하와 관련 있는 아세트산은 소주효모 C1과 C2에서 각각 1.87±0.00, 1.64±0.12 mg/mL로 다른 효모에 비해 높게 나타났다. 증류액의 휘발성 향기성분분석 결과 37개의 휘발성분이 확인되었고 작용기별로 분류 하면 알코올류 7종, 에스터류 26종, 산류 1종, 기타 3종이었다. 높은 area%를 나타낸 것은 에틸알코올, 카프릴산에틸, 아밀알코올 등이다. 증류액의 향기호도 조사결과 Y88-4>C2>Y98-4>C1>Y172-6>Y192-4 순으로 나타났다. 효모의 특성조사를 통해 풍부한 휘발성 성분을 함유하고 있으며 향기호도 조사에서 가장 높은 선호도를 보인 Y88-4가 증류식 소주 제조에 적합한 효모라고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 고부가가치 식품기술개발사업(312011-5)의 지원으로 수행한 연구결과 일부로서 이에 감사드립니다.

References

- Lee DH, Lee YS, Cho CH, Park IT, Kim JH, Ahn BH. The qualities of liquor distilled from *ipguk (koi)* or *nuruk* under reduced or atmospheric pressure. *Korean J. Food Sci. Technol.* 46: 25-32 (2014)
- Kim HR, Ahn BH. Screening and selection of yeasts for *makgeolli*. *Food Sci. Ind.* 44: 12-17 (2012)
- Kang HR, Lee AR, Kwon YH, Kim JH, Kim HR, Ahn BH. Optimization of culture conditions for the yeast and analysis of qualities of *makgeolli* brewed with the yeast isolated from Korean traditional *nuruk*. *Kor. J. Mycol.* 40: 204-209 (2012)
- Jeon JM, Jang MK, Lee SJ, Park SH, Kim MH, Sohn JH, Lee HS, Lee DG, Lee SH. Variations of Properties and microbial community during fermentation of *makgeolli*s by isolated yeasts from traditional *makgeolli*s. *J. Life Sci.* 23: 796-803 (2013)
- Min JH, Baek SY, Lee JS, Kim HK. Changes of yeasts and bacterial flora during the storage of Korean traditional *makgeolli*. *Kor. J. Mycol.* 39: 151-153 (2011)
- Kim YH, Joo JI, Lee BC, Kim HH, Lee JS. Screen of a novel yeast for brewing of gugija leaf *makgeolli* and optimal alcohol fermentation condition. *Kor. J. Mycol.* 41: 167-171 (2013)
- Kwon YH, Lee AR, Kim JH, Kim HR, Ahn BH. Changes of physicochemical properties and microbial during storage of commercial *makgeolli*. *Kor. J. Mycol.* 40: 210-214 (2012)
- Kwon SJ, Ahn TY, Sohn JH. Analysis of microbial diversity in *makgeolli* fermentation using PCR-DGGE. *J. Life Sci.* 22: 232-238 (2012)
- Lee YH, Eom TK, Cheong C, Cho HC, Kim IY, Lee YS, Kim MS, Yu SR, Jeong YH. Quality characteristics of spirits by different distillation and filtrations. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 2012-2018 (2013)
- 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)
- 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)
- Lee SJ, Park CS, Kim HK. Sensory profiling of commercial Korean distilled soju. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44: 648-652 (2012)
- Choi SI, Kang SA, Cheong C. Yeast selection for quality optimization of distilled spirits. *J. Korea Acad. Ind. Coop. Soc.* 14: 3887-3896 (2013)
- Lee YJ, Yi HC, Hwang KT, Kim DH, Kim HJ, Jung CM, Choi YH. The qualities of *makgeolli* (Korean rice wine) made with different rice cultivars, milling degrees of rice, and *nuruks*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 1785-1791 (2012)
- Park CW, Jang SY, Park EJ, Yeo SH, Kim OM, Jeong YJ. Comparison of the quality characteristics of commercial *makgeolli* type in South Korea. *Korean J. Food Preserv.* 18: 884-890 (2011)
- Kim JY, Yi YH. pH, acidity, color, amino acids, reducing sugars, total sugars, and alcohol. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42: 727-732 (2010)
- Woo SM, Shin JS, Seon JH, Yeo SH, Choi JH, Kim TY, Jeong YJ. Quality characteristics of brown rice *takju* by different *nuruks*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 301-307(2010)
- Lee SJ, Kim JH, Jung YW, Park SY, Shin WC, Park CS, Hong SY, Kim GW. Composition of organic acids and physiological functionality of commercial *makgeolli*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 206-212 (2011)
- Kim DR, Seo BM, Noh MH, Kim YW. Comparison of tempera-

- ture effects on brewing of *makgeolli* using uncooked germinated black rice. *KSBB J.* 27: 251-256 (2012)
20. 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.* 26: 750-758 (1994)
21. Lee DH, Jung JW, Lee YS, Seo JS, Park IT, Kim TY, Kim JH, Ahn BH. Quality characteristics of distilled liquor produced using *ipguk* (*Koji*) during aging. *Korean J. Food Sci. Technol.* 46: 694-701 (2014)
22. 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.* 46: 446-455 (2014)
23. Choi HS, Kim EG, Kang JE, Yeo SH, Jeong ST, Kim CW. Effect of organic acids addition to fermentation on the brewing characteristics of soju distilled from rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 47: 579-585 (2015)