

전통누룩에서 분리한 효모 88-4로 제조한 술의 증류방법에 따른 숙성기간 중 품질 특성

이대형^{1,*} · 강희윤¹ · 서재순¹ · 원선이¹ · 김태완² · 김재호²
¹경기도농업기술원 작물연구과, ²한국식품연구원 우리술연구팀

Charateristics upon aging period of dependng on distillation method using *Saccharomyces cerevisiae* 88-4 isolated from traditional *Nuruk*

Dae-Hyoung Lee^{1,*}, Heui-Yun Kang¹, Jae-Soon Seo¹, Seon-Yi Won¹, Tae-Wan Kim², and Jae-Ho Kim²

¹Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services
²Brewing Research Team, Korea Food Research Institute

Abstract The current study reviews the manufacturing characteristics, upon aging, using different distillation methods with *Saccharomyces cerevisiae* 88-4 isolated from traditional *Nuruk*. The alcohol content slightly decreased at 180 days of aging period, under the conditions: -60 cmHg, distilling temperature 50°C, head cut 7%, and body cut 30%. The alcohol content decreased by 2.2% at: -50 cmHg, distilling temperature 60°C, head cut 7%, and body cut 30%. From 2-thiobarbituric acid (TBA) analysis, the TBA values were not found to change significantly in most of the alcohols, but increased at conditions of: -60 cmHg, distilling temperature 60°C, head cut 7%, and body cut 50% and -50 cmHg, distilling temperature 50°C, head cut 7%, and body cut 50%, when initial alcohol levels were low. According to n-propanol, iso-butanol, and isoamyl alcohol analysis, with increasing aging period, the n-propanol and isoamyl alcohol content did not change, although that of iso-butanol decreased. The flavor components showed different results based on the aging period. Results of sensory evaluation showed no significant difference based on aging. The sensory evaluation test was continued for 180 days at a condition of: -60 cmHg, distilling temperature 60°C, and body cut 50%, which had the best overall evaluation (5.8±0.9).

Keywords: distillation, *Nuruk*, yeast, aging

서 론

소주는 불에 태운 술이라는 뜻으로서 중국에서 처음 사용되었으며 우리나라에는 원나라 때 전래된 것으로 추정된다. 문헌에 소주가 기록된 것은 '고려사'로 고려 시대에 왕실로부터 널리 민간에 퍼져 나갔다. 고려 시대에 비롯되어 조선시대를 지나는 동안 과정이나 방법에 있어서는 큰 변화가 없었으며 조선시대에는 소주를 주로 쌀로 만들었다(Lee 등, 2015).

일본 강점기에는 일본에서 주정 생산이 시작되었고 희석식 소주가 만들어졌다. 1916년 주세법의 시행체제가 나오면서 주막이나 식당에서 소주를 제조하여 판매하는 것이 금지되었고 술 발효의 기업화가 이루어지기 시작했다. 1961년 정부의 양곡정책으로 소주제조에 쌀 사용이 금지되면서 증류식 소주의 맥이 단절되었으나 1991년 쌀 사용이 허용되면서 안동소주, 문배주, 옥로주, 이강주 등이 생산되기 시작하였다(An, 1994).

1970년대 이후 알코올 함량이 낮은 희석식 소주의 급격한 소비량 증가와 더불어 상대적으로 알코올 함량이 높으며 곡류취, 누룩취 등 향미성분이 강한 증류식 소주의 생산량과 소비량은 점차 감소되었다. 오늘날 대부분의 공장에서 제조하고 있는 희석식 소주는 연속식 증류기를 사용하여 95% 정도의 알코올을 20-35%로 희석하여 향미의 특징이 적으며, 일부 업체에서 소주고리나 동고리를 이용하여 제조하는 증류식 소주는 원료나 발효과정에서 생성되는 각종 알코올 대사산물 중의 휘발성 물질을 많이 함유하여 희석식 소주에 비하여 특수한 향미가 강한 것이 특색이다(Kim 등, 2008).

증류주는 증류 직후 아세트알데하이드 등 끓는점이 낮은 성분이 많아 향이 자극적이고 맛도 조화롭지 못하다. 개방상태에서는 이 가스를 제거하는데 약 1개월이 소요되며, 밀폐 탱크저장에서는 휘젓기나 통을 바꾸는 방법으로 가스를 제거한다. 또는 저장 통을 통하여 술을 숙성시키면서 이러한 결정이 제거되어 부드러운 술로 변하게 된다(TSINTSA, 1997).

증류주의 숙성과 관련된 연구로는 Hong 등(1999)이 한국산 참나무 편을 사과와 딸기 증류주에 숙성시킨 후 향기성분을 비교 분석한 실험과 Kim(2013)이 효모 종류에 따른 배 증류주의 숙성기간별 품질특성을 비교한 실험, Park(2007)이 보리 증류주 개발을 위한 발효조건과 참나무 첨가에 따른 증류주의 숙성효과를 분석한 실험이 있다. 하지만 효모를 사용한 증류주 숙성에 관한 논문은 미흡한 실정이며 대부분은 과일 증류주의 숙성과 오크통 숙

*Corresponding author: Dae Hyoung Lee, Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Hwasung, Gyeonggi 18388, Korea
Tel: +82-31-229-5784
Fax: +82-31-229-5962
E-mail: leedh2@gg.go.kr
Received June 29, 2018; revised August 2, 2018;
accepted August 2, 2018

성에 관련된 내용들이다.

본 연구에서는 전통 누룩에서 분리한 *Saccharomyces cerevisiae* 88-4 (Lee 등, 2017)로 제조한 술의 증류방법에 따른 숙성기간 중 품질 특성 연구를 통해 우리나라 증류식 소주의 품질 향상을 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

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

술덧 제조 및 증류

본 실험에 사용한 술덧은 밀술용기에 시판 입국 6.92 kg과 물 8.31 L, *S. cerevisiae* 88-4 14 mL (3.6×10^8 CFU/mL)을 첨가하여 25°C에서 5일 동안 발효시켜 밀술을 제조하였다. 이후 덧술 담금을 위해 쌀 23 kg을 세척하고 2시간 동안 침지한 후 1시간 동안 물 빼기를 하였다. 물 빼기가 끝난 쌀은 30분 동안 증자한 후 30°C로 냉각하였으며 밀술 용기에 담고 물 42.69 L와 혼합하여 10일간 25°C에서 발효시켜 소주 제조에 필요한 술덧을 제조하였다(Lee 등, 2017).

술덧의 증류는 제성 과정을 통해 술덧에서 술지게미를 제거한 후 일반적으로 사용하고 있는 감압 증류 조건인 압력(-60, -50 cmHg), 증류 온도(50, 60°C), 초류커트(0, 7%)와 본류커트(30, 50%) 등 8가지의 다양한 조건에서 증류를 진행하였다(Table 1). 이후 알코올 함량은 따로 조절을 하지 않고 원주 그대로를 향아리에 동일한 양을 담아 20°C 암실에서 180일간 보관하면서 숙성기간별로 시료를 채취하여 분석 시료로 사용하였다.

숙성 증류주의 일반 주류 분석

숙성 중 에탄올 함량의 변화는 100 mL의 증류주를 메스실린더로 분주 후 주정계로 측정하였다. 휘발산도는 알코올 농도 측정

에 사용한 증류액 10 mL를 취한 후, 나프탈렌 용액을 2-3방울 가하여 0.01 N 수산화소듐 용액으로 담녹색이 될 때까지 중화 적정하여 그때까지 소비된 수산화소듐의 양을 아세트산으로 환산하여 표시하였다(TSINTSA, 2008). 유기산 중 아세트산의 함량은 시료를 0.45 µm membrane filter를 사용하여 여과한 후 고성능 액체크로마토그래피(high-performance liquid chromatography, Agilent 1100 series UV/VIS detector, Folsom, CA, USA)로 분석하였다(So 등, 1999). 유기산의 칼럼으로는 Aminex Hpx-87H (Bio-rad, Hercules, CA, USA)를 사용하였으며 이동상 용매는 0.008 N 황산을 유속 0.6 mL/min로 주입하였다. 칼럼 오븐의 온도는 35°C였으며 검출 파장은 210 nm였다. 2-싸이오바비트루산(2-thiobarbituric acid, TBA)의 측정은 시료 10 mL에 0.5%의 2-싸이오바비트루산을 함유한 50% 에탄올 수용액 2 mL를 가해서 혼합하고, 70°C에서 40분간 가열 후 바로 실온까지 냉각해서 적갈색으로 발색한 색도를 530 nm에서 측정하였다(Lee 등, 2017).

숙성 증류주 퓨젤 알코올(fusel alcohol) 및 향기성분 분석

증류주의 퓨젤 알코올(fusel alcohol) 분석은 FID (Flame ionization detector)가 장착된 고성능 가스 크로마토그래피(gas chromatography, GC, Agilent 7830 series, Folsom, CA, USA)를 사용하였다. GC 분석에 의하여 분리된 각 피크 성분은 표준물질의 머무름 시간과 비교하여 동정하였다. 이때 사용한 표준물질(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)은 노말프로판올, 아이소부탄올, 아이소아밀알코올이었으며, 이들 물질의 표준 크로마토그램을 구하였다. 휘발성 성분의 분리를 위해 칼럼은 DB-WAX (30 m×0.53 mm I.d, 1 µm film thickness, J&W Scientific, Folsom, CA, USA)를 사용하였다. 오븐의 온도는 45°C에서 2분간 유지한 후, 10°C/min 속도로 230°C까지 승온시킨 후 230°C에서 4.5분간 유지하였다. 운반기체(carrier gas)인 헬륨의 유속은 4 mL/min로, 주입구(injector)와 검출기(detector)의 온도는 각각 240°C로 설정하여 시료 1.0 µL를 분리 비율 20:1로 주입하였다(So 등, 1999).

휘발성 향기성분은 시료 20 mL를 50 mL 유리 병에 담아 알루미늄 캡을 이용하여 capping 후 고체상 미량추출(solid phase microextraction, SPME) 방법을 이용하여 분석하였다. 시료를 70°C에서 20분간 평형화시킨 후 100 µm 폴리다이메틸실록세인(polydimethylsiloxane)이 코팅된 섬유를 이용하여 20분간 향을 포집하여 Stabilwax DA column (30 m×0.25 µm I.d, 0.25 µm film thickness, Restek CORP., Bellefonte, PA, USA)이 장착된 질량분석기(mass selective detector, MSD)를 이용하여 분석하였다. 사용된 GC의 오븐 온도는 40°C에서 2분간 유지 후 200°C까지 5°C/min의 속도로 상승시켰으며 200°C에서 5분간 유지시켰다. 주입구(Injector) 온도는 250°C, 운반기체(carrier gas)로 헬륨(helium)을 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 질량 스펙트럼과 방향 성질을 비교하여 확인하였다(Kim 등, 2010).

감각 평가

증류주의 감각 평가는 증류수를 이용해 알코올 함량이 25%가 되도록 물로 희석하여 관능 평가용 시료로 사용하였다. Lee 등(2010)의 방법을 일부 변형시켜 증류주 감각평가 경험이 있는 경기도농업기술원 패널 9명을 대상으로 실시하였다. 감각 검사는 제조된 증류주에 대한 향, 맛 등에 대해 기호도를 1-9점의 척도로 표시하게 한 후 그 평균값을 구하며 향과 맛을 고려한 종합

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

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

⁾Pressure unit conversion: -60 cmHg (-0.08 Mpa), -50 cmHg (-0.067 Mpa)

적인 기호도는 가장 싫다 1, 가장 좋다 9의 점수로 표시하였다.

통계분석

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

결과 및 고찰

증류주의 숙성 기간별 일반성분 분석

S. cerevisiae 88-4를 이용한 증류주의 숙성 기간에 따른 알코올, 휘발산도, 유기산(acetic acid) 분석결과는 Table 2와 같다. 증류 조건에 따른 알코올분석 결과, 압력 -60 cmHg, 증류온도 60°C, 초류 컷트 7%, 분류 컷트 50% (조건 4)는 초기 알코올이 가장 낮은 28.9±0.1%였으며 압력 -50 cmHg, 증류온도 50°C, 초류 컷트 0%, 분류 컷트 30% (조건 5)은 가장 높은 59.9±0.1%였다. 각 조건에 따른 숙성 기간 180일까지의 알코올은 조금씩 감소하여 조건 8의 경우 2.2%, 조건 1의 경우는 0.4%의 알코올이 감소하였다. 이것은 자연적인 알코올 휘발에 의한 것으로 생각된다. 휘발산도의 변화를 살펴본 결과 증류 0일차의 증류 조건에 따른 휘발산도는 0.27-0.80 mL로 차이가 있었으며 이후 모든 조건에서 휘발산도가 상승하는 경향을 보였다. 이것은 에스터의 가수분해에 의한 산성 물질의 증가와 함께 물이나 에탄올이 증발하여 산성 물질이 농축되기 때문으로 생각된다(Lee 등, 1994). 증류조건

에 따른 아세트산의 함량은 초류를 7% 컷트한 후 분류를 50% 컷트한 5, 6번 조건에서 높은 31.08±0.52와 28.29±1.50 ppm이 검출되었다. 이것으로 보아 아세트산은 분류의 후반부에 많이 증류되어 나오는 것을 알 수 있다. 비슷한 결과로 초류를 7% 컷트한 후 분류를 30% 컷트한 2, 8번 조건에서도 두 번째로 높은 25.95±2.35과 21.62±3.18 ppm의 아세트산이 검출되었다. 숙성 기간이 증가함에 따라 아세트산은 조금씩 상승하는 경향을 보였는데 이것은 에탄올이 산화되면서 유기산이 생성되어 증가한다는 Bae 등(2003)의 유기산 연구 결과와 유사하였다.

숙성 기간에 따른 2-싸이오바비트루산(TBA) 분석결과는 Table 3과 같다. TBA는 일반적으로 유지의 산화 정도를 알아보는 데 사용되며 증류주에서는 증류 시 술덧에서 넘어온 지방성분들의 저장 중 변화를 살펴보는 지표성분으로 사용된다(Lee 등, 1994). 0일차에 분류컷트 30%인 2, 3, 5번 조건에서 0-6.57로 낮은 TBA 값을 나타내었으며 분류컷트 50%인 1, 4, 6, 7번 조건에서 11.15-33.65로 높은 TBA 값을 나타내었다. 이것은 일반적으로 술덧에 있던 불포화지방산은 증류를 통해 증류주로 넘어오기 때문으로 (TSINTSA, 2008) 분류 함량이 50%인 1, 4, 6, 7번 조건이 분류 컷트 30%보다 증류 시간이 길어서 불포화지방산이 오랜 기간 증류되기 때문으로 생각된다. 이것은 Bae(2001)의 증류식 제조기술에 서술한 지방산 16가지 성분 중에 8가지 성분이 용기에 의한 숙성 과정 중에 TBA 값이 증가된다는 결과와 유사한 것이다. 또한 숙성이 진행되면서 대부분의 증류주에서 TBA 값은 큰 변화가 없었으나 초기 알코올 농도가 낮았던 5, 6번은 90일까지 증가 한 후 180일에는 감소하였다. TBA의 증가조건은 저장 알코올 도수가 낮거나, 저장온도가 높거나, 직사광선에 노출되었을 때

Table 2. Change of alcohol, volatile acid and acetic acid during aging period of distilled liquors made with *Saccharomyces cerevisiae* 88-4

Condition No.	Aging period (days)	Analysis								
		1 ¹⁾	2	3	4	5	6	7	8	
Alcohol (%)	0	40.3±0.1 ^b	46.5±0.1 ^b	57.6±0.0 ^c	28.9±0.1 ^a	59.9±0.1 ^c	29.6±0.0 ^a	40.0±0.3 ^b	45.0±0.1 ^b	
	90	40.2±0.0 ^b	45.7±0.2 ^b	56.9±0.1 ^c	27.9±0.1 ^a	59.3±0.0 ^c	29.2±0.2 ^a	39.7±0.1 ^b	43.7±0.1 ^b	
	180	39.1±0.1 ^b	44.9±0.2 ^b	55.8±0.3 ^c	27.2±0.1 ^a	58.5±0.1 ^c	28.3±0.1 ^a	38.6±0.2 ^b	42.8±0.2 ^b	
Volatile acid (%)	0	0.50±0.00 ^{bc}	0.50±0.00 ^{bc}	0.27±0.06 ^a	0.80±0.00 ^d	0.27±0.06 ^a	0.70±0.00 ^d	0.60±0.00 ^{cd}	0.40±0.00 ^b	
	90	1.17±0.06 ^c	0.67±0.06 ^a	0.97±0.06 ^b	1.37±0.25 ^{cd}	1.17±0.06 ^c	1.37±0.25 ^{cd}	1.17±0.58 ^c	1.07±0.06 ^{bc}	
	180	1.80±0.00 ^b	1.73±0.06 ^b	1.73±0.04 ^{ab}	2.00±0.00 ^c	1.60±0.00 ^a	2.03±0.06 ^c	1.83±0.06 ^b	1.63±0.06 ^a	
Acetic acid (ppm)	0	15.65±3.79 ^a	25.95±2.35 ^c	11.75±2.84 ^a	31.08±3.52 ^d	16.39±1.28 ^{ab}	28.29±1.50 ^d	17.56±1.21 ^b	21.62±3.18 ^c	
	90	17.62±1.85 ^a	31.67±2.46 ^c	15.21±2.04 ^a	40.70±2.34 ^d	20.10±3.79 ^{ab}	35.75±2.92 ^{cd}	18.93±1.92 ^a	24.15±1.92 ^b	
	180	19.41±3.14 ^a	28.21±3.78 ^c	16.64±2.32 ^a	46.00±4.52 ^d	22.59±2.56 ^{ab}	33.97±4.56 ^{cd}	22.18±3.24 ^{ab}	27.19±3.52 ^c	

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

¹⁾Table 1 distillation condition

^{a-d)}Different letters show significant difference by Duncan's multiple range test at *p*<0.05.

Table 3. Change of 2-thiobarbituric acid (TBA) during aging period of distilled liquors made with *Saccharomyces cerevisiae* 88-4

Aging period (days)	Condition No.	Analysis							
		1 ¹⁾	2	3	4	5	6	7	8
0		13.89±7.39 ^{de}	0.00±0.00 ^a	1.57±0.65 ^b	11.15±2.21 ^d	6.57±3.23 ^c	32.57±1.75 ^f	33.65±10.95 ^f	16.89±1.49 ^e
90		13.19±2.65 ^d	1.02±1.89 ^b	0.00±0.00 ^a	21.25±1.26 ^e	6.44±0.76 ^c	45.49±1.09 ^f	21.52±0.90 ^e	6.36±1.84 ^c
180		1.40±0.12 ^b	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	15.67±1.04 ^d	9.36±2.03 ^c	0.00±0.00 ^a

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

¹⁾Table 1 distillation condition

^{a-f)}Different letters show significant difference by Duncan's multiple range test at *p*<0.05.

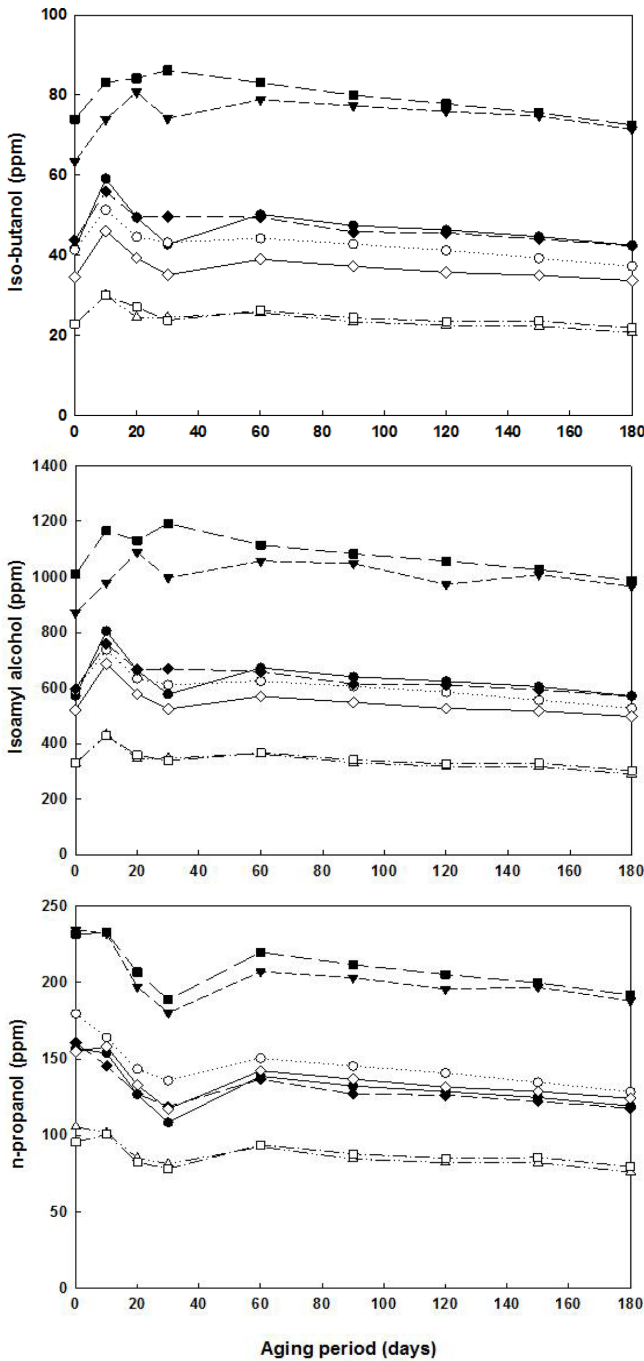


Fig. 1 Fusel alcohol during aging period of distilled liquors made with *Saccharomyces cerevisiae* 88-4. ●: Condition No. 1, ○: Condition No. 2, ▼: Condition No. 3, △: Condition No. 4, ■: Condition No. 5, □: Condition No. 6, ◆: Condition No. 7, ◇: Condition No. 8. Each value is expressed as mean±SD (n=3).

로 증류주 안에 지방산이 산화되는 조건으로 알려져 있으며 5, 6 번 조건은 알코올이 낮아서 지방의 산화가 지속적으로 일어나 90 일까지 증가된 후 지방이 지속적으로 분해되어 마지막 180일에는 낮아진 것으로 생각된다. 반면 다른 증류주들은 40% 이상의 고도주로 불포화지방산의 산화가 쉽게 일어나지 않은 것으로 생각된다.

증류주의 숙성 기간별 퓨젤 알코올(fusel alcohol) 분석

증류주의 숙성 기간에 따른 퓨젤 알코올 노말프로판올(P), 아이소뷰탄올(B), 아이소아밀알코올(A) 분석결과는 Fig. 1과 같다. 증류주의 증류 직후 노말프로판올 분석 결과는 초류를 버리지 않고 본류를 30%를 받은 3, 7번 증류주에서 가장 높은 163.36, 173.96 ppm이 측정되었으며 초류 7%를 받은 후 본류를 50% 받은 5, 6번 조건의 경우 가장 낮은 122.61, 122.86 ppm의 노말프로판올이 측정되었다. 이것은 Lee 등(2014a)의 입구를 이용한 감압 증류시 초기 증류주에 대부분의 노말프로판올이 증류되어 나온다는 실험결과와 유사하였으며 이후 숙성 기간이 증가함에 따른 노말프로판올 변화는 크지 않았다.

아이소뷰탄올의 경우에도 노말프로판올과 유사한 경향을 보였는데 압력과 온도에 상관없이 초류를 버리지 않고 본류를 30%를 받은 3, 7번 증류주에서 가장 높은 234.46, 231.66 ppm의 아이소뷰탄올이 측정되었다. 초류 7%를 받은 후 본류를 50% 받은 5, 6번 조건의 경우 가장 낮은 105.65, 95.64 ppm의 아이소뷰탄올이 측정되었다. 이것은 Lee 등(2014a)의 실험결과와 비슷한 결과로 초류 컷트를 하지 않은 증류주에서 높은 아이소뷰탄올이 나온 것도 확인할 수 있었다. 숙성 기간이 증가함에 따라 아이소뷰탄올은 감소하는 경향을 나타내었는데 Bac(2001)의 연구에서 기술한 항아리에서의 숙성은 통기성과 관련이 있어서 휘발성이 큰 아이소뷰탄올은 휘산함으로써 감소한다는 것과 유사한 결과다.

아이소아밀알코올 역시 노말프로판올, 아이소뷰탄올과 유사한 경향을 보였으며 본류를 30%를 받은 3, 7번 증류주에서 가장 높은 870.53, 1008.73 ppm이 측정되었고 초류 7%를 받은 후 본류를 50% 받은 5, 6번 조건의 경우 가장 낮은 328.75, 330.79 ppm의 아이소아밀알코올이 측정되었다. 이후 숙성 기간이 증가함에 따른 아이소아밀알코올 분석결과는 큰 변화가 없었다.

소주의 향미는 노말프로판올, 아이소뷰탄올, 아이소아밀알코올의 함유비율이 제품의 특징을 결정짓는데 중요한 역할을 하며 (Bac 등, 2003) 일반적인 증류주 A/B 비율인 아와모리 소주의 1.1-1.8, 다른 증류식 소주의 2-4, 위스키의 1-2, 브랜드의 3-6중 증류식 소주나 브랜드와 비슷한 비율(FACT, 2008)인 3.1-4.4사이를 나타낸 것으로 보아 제품의 특징이 소주나 브랜드와 비슷할 것으로 생각된다. A/P의 비율은 증류 조건에 따라 약 2.7-5.8 사이의 비율로 차이가 크지 않았으나 일반적인 쌀로 만든 증류주의 1.9-4.6보다 약간 높은 결과였다. B/P의 경우 역시 0.8-1.4로 일반적인 쌀 증류주의 0.9-2.7과 비슷하였으며 숙성기간이 증가함에 따라 큰 변화는 없었다.

증류주의 숙성 기간별 향기성분 분석

증류주 숙성 기간에 따른 향기 성분 변화 분석은 Table 4와 같다. 1번 증류주의 도데칸산은 숙성 기간이 지나면서 증가하였으며 노말프로판올 역시 아주 소량이나마 숙성 기간에 따라 조금씩 증가하였으며 2번 증류주는 옥탄산에틸은 숙성 기간 동안 감소하였으며 아이소뷰틸알코올, 도데칸산, 페닐에틸알코올은 숙성 기간에 따라 변화가 없었다. 3번 증류주의 경우 -60 cmHg 압력에 증류온도를 60°C로 초류를 제거하지 않고 본류만 30%를 받은 것으로 초류 성분의 다양한 향기 성분들이 증류주로 유입되었을 것으로 생각한다. 위스키 향이 나는 아이소아밀알코올은(Lee 등, 2014a) 증류 0일차 이후에 조금 증가하는 경향을 보였으며 달콤하면서 견과류의 향 특성을 나타내는 데칸산(Kwon 등, 2010)는 조금 감소하는 경향을 나타내었다. 과일 향과 꽃잎 향 그리고 oil 향 특성을 나타내는 도데칸산과 꽃 향기처럼 좋은 향을 내는

Table 4. Volatile compounds obtained distilled liquor made with *Saccharomyces cerevisiae* 88-4

(Unit: peak area %)

NO.	RT ¹⁾	Aging period (days) Compound ²⁾	0								180							
			1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1.07	Acetaldehyde	- ³⁾	-	0.01	-	-	-	-	-	0.05	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.04
2	2.28	Ethanol	91.36	95.28	96.37	88.22	97.08	85.33	91.61	95.23	91.33	91.47	92.45	84.55	95.20	87.50	90.57	92.42
3	4.33	n-Propanol	-	0.03	0.03	-	0.03	-	-	0.02	0.28	0.04	0.25	0.00	0.04	0.07	0.00	0.26
4	6.35	Isobutyl alcohol	0.66	0.30	0.10	0.45	0.44	0.42	0.52	0.19	0.89	0.53	0.85	0.24	0.68	0.46	0.71	0.59
5	7.42	1-Butanol	-	-	-	-	-	-	-	0	0.02	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.02	
6	9.34	Isoamyl alcohol	1.09	0.79	1.07	1.01	0.79	1.12	1.17	0.77	1.49	2.03	2.28	1.66	2.26	2.07	2.13	1.60
7	9.81	Hexanoic acid	0.23	0.01	0.05	0.08	0.04	0.09	-	-	0.25	0.02	0.03	0.01	0.00	0.02	0.02	0
8	16.72	Ethyl octanoate	2.61	1.54	0.58	4.56	0.40	4.23	2.46	1.65	2.22	1.30	0.54	6.11	0.30	4.15	2.21	1.35
9	20.66	Decanoic acid	1.50	0.73	0.49	0.98	-	1.07	1.27	0.54	1.80	1.93	0.21	2.15	0.35	2.02	1.29	2.22
10	27.45	Acetic acid, 2-phenylethyl ester	0.25	0.13	0.05	0.53	0.05	0.83	0.17	0.19	0.23	0.20	0.25	0.51	0.08	0.40	0.15	0.26
11	28.33	Dodecanoic acid	0.08	0.14	0.06	0.30	0.04	1.16	0.08	0.14	0.20	0.18	0.23	0.62	0.10	0.30	0.50	0.24
12	30.02	Phenylethyl Alcohol	0.31	0.14	0.03	0.87	0.03	1.08	0.47	0.23	0.18	0.12	0.22	0.75	0.04	0.60	0.25	0.15
13	33.45	Ethyl myristate	0.02	0.05	0.03	0.55	0.01	1.18	0.05	0.03	0.03	0.06	0.14	0.45	0.11	0.32	0.02	0.11
14	38.15	Ethyl palmitate	0.08	0.07	0.28	0.70	0.03	1.50	0.30	0.09	0.09	0.05	0.62	0.60	0.04	0.62	0.65	0.35
		Others	0.85	0.91	1.81	0.78	0.85	1.76	1.90	0.78	0.91	0.39	0.96	2.52	1.91	2.33	1.49	1.44
		Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

¹⁾Retention Time (min)

²⁾Peaks were identified by NIST mass spectral library search.

³⁾Not detected

노말프로판올은(Lee 등, 2014b) 숙성 기간에 따라 조금씩 증가하였다. 페닐에틸알코올은 장미향으로 원료 중의 페닐알라닌으로부터 유래되며(Lee 등, 2014b), 맥주의 방향족 알콜 성분 중 가장 중요한 향기성분으로 알려져 있는데, 본 실험에서는 숙성 기간에 따라 조금씩 증가하였다. 4번 증류주는 후류를 받은 조건으로 옥탄산에틸가 후류에서 많이 나오는 것을 알 수 있었다. 아이소뷰틸알코올, 팔미트산에틸은 숙성 기간이 증가하면서 상승하였으며 옥탄산에틸, 아세트산, 페닐에틸알코올은 변화가 없었다.

5번 증류주는 증류 0일차에는 옥탄산에틸이 가장 높았고 아이소아밀알코올과 데칸산이 높은 비율을 나타내었으며 숙성 기간 중에 증가하였다. 아이소뷰틸알코올, 팔미트산에틸, 아세트산은 숙성 기간이 증가하면서 변화가 없었다. 6번 증류주도 아이소뷰틸알코올, 데칸산은 숙성 기간 동안 증가하였으나 대부분의 향기 성분들은 감소하는 경향을 나타내었다. 7번 증류주의 경우도 데칸산, 도데칸산, 아세트산은 숙성 기간이 지나면서 증가하였다. 8번 증류주의 경우 과일 향과 꽃잎 향 그리고 oil 향 특성을 나타내는 도데칸산은 숙성 기간이 지나면서 큰 변화가 없었으며 꽃향기처럼 좋은 향을 내는 노말프로판올 숙성 기간에 따라 감소하였다.

이러한 향기 성분 분석에서 중요한 것은 향기의 비율 보다는 향기의 강도이기 때문에 여기에서 높은 함량을 차지했다고 해서 주요 향기 성분으로 볼 수는 없을 것이며 이러한 이유로 향기 성분 분석 결과에서는 큰 차이가 없어도 관능에서는 차이를 나타낼 수도 있다(Lee 등, 2002).

증류주의 숙성 기간별 감각 검사

증류주의 숙성 기간별 감각 평가 결과는 Table 5와 같다. 증류 직후에는 3번 조건이 전체적인 기호도와 종합적 평가(5.8±0.9)에서 가장 좋은 감각 평가를 받았으며 두 번째로 3번과 같은 조건에서 압력만 -50 cmHg이었던 7번 조건이 감각(5.3±1.5)이 좋았

다. 3번, 7번 조건의 경우 초류에서 많이 생산되는 에스터, 알데하이드, 퓨젤유(고급알코올)등의 향기 성분(FACT, 2008)을 끊지 않았기에 다른 증류 조건 보다 향과 맛이 좋았던 것으로 생각되며 알코올 도수는 40%로 내외로 일반적인 양조장의 감압증류시 생산되는 알코올 농도와 비슷하기에 감각에서도 선호도가 높게 나타난 것으로 생각된다(TSINTSA, 1997).

향기성분 분석 결과와 비교하면 3번 조건의 경우 위스키 향이 나는 아이소아밀아코올과 꽃 향기처럼 좋은 향을 내는 노말프로판올이 180일에 2.28%, 0.25%로 다른 증류주 보다 높았으며 과일 향과 꽃잎 향의 도데칸산도 높게 검출되었기에 다양한 향을 갖는 증류주이기에 기호도가 높은 것으로 생각된다.

이후 숙성 기간에 따라 관능 결과에는 큰 차이 없이 증류 초기의 관능 결과가 숙성 180일 까지 이어졌으며 숙성 기간을 별도로 두지 않아도 될 것으로 생각된다. 이것은 제조방법으로 입국을 사용하였으며 증류방식은 감압증류를 이용하였기에 향기 성분이 다양하거나 많지 않기에(TSINTSA, 2008) 숙성 기간 동안 맛의 변화가 크지 않은 것으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 전통누룩에서 분리한 *S. cerevisiae* 88-4를 이용하여 제조한 술의 증류방법에 따른 숙성 기간 중 품질 변화를 검토하고자 하였다. 8가지 조건에 따른 숙성 기간 180일까지의 알코올은 조금씩 감소하여 조건 8 (압력 -50 cmHg, 증류 온도 60°C, 초류 7%, 본류 30%)의 경우 2.2%, 조건 1 (압력 -50 cmHg, 증류 온도 50°C, 초류 0%, 본류 50%)의 경우는 0.4%의 알코올이 감소하였다. 2-싸이오마비트루산(TBA) 분석결과 숙성이 진행되면서 대부분의 증류주에서 TBA 값은 큰 변화가 없었으나 초기 알코올 농도가 낮았던 5 (압력 -60 cmHg, 증류 온도 60°C, 초류 7%, 본류 50%), 6 (압력 -50 cmHg, 증류 온도 50°C, 초류

Table 5. Quantitative description analysis (QDA) profile during aging period of distilled liquors made with *Saccharomyces cerevisiae* 88-4

Aging period (days)		0							
Sensory evaluation	Condition No.	1 ¹⁾	2	3	4	5	6	7	8
	Color		5.3±0.8 ^a	8.7±0.8 ^c	7.0±0.0 ^{ab}	6.0±1.1 ^a	7.3±0.8 ^b	6.0±1.1 ^a	5.7±1.0 ^a
Alcohol flavor		5.0±0.2 ^a	4.8±1.0 ^a	5.8±1.0 ^{ab}	4.5±0.8 ^a	5.0±0.2 ^a	6.2±1.3 ^a	4.8±1.0 ^a	6.7±0.8 ^c
Flavor		4.3±1.0 ^a	4.5±1.8 ^a	5.5±1.5 ^{ab}	3.8±1.0 ^a	5.7±1.6 ^b	4.5±0.8 ^a	4.8±1.6 ^a	4.7±0.8 ^a
Taste		3.7±1.6 ^a	3.8±1.3 ^a	5.0±1.3 ^b	4.2±2.0 ^{ab}	4.7±0. ab	4.5±1.9 ^{ab}	4.5±1.2 ^{ab}	4.3±1.8 ^{ab}
Swallowing		4.0±1.7 ^a	5.2±1.3 ^a	4.5±1.2 ^a	4.2±2.0 ^a	4.7±2.0 ^a	4.2±1.6 ^a	4.7±1.0 ^a	4.7±0.8 ^a
Overall acceptance		4.5±0.8 ^{ab}	4.8±1.6 ^{ab}	5.8±0.9 ^b	4.3±0.8 ^a	5.3±1.5 ^{ab}	4.5±0.8 ^{ab}	5.0±0.6 ^{ab}	5.2±1.0 ^{ab}
Aging period (days)		90							
Sensory evaluation	Condition No	1	2	3	4	5	6	7	8
	Color	6.8±0.4 ^b	5.3±1.4 ^a	6.3±1.0 ^{ab}	5.8±0.8 ^a	6.0±0.6 ^{ab}	5.3±1.5 ^a	6.7±0.8 ^b	6.2±1.0 ^{ab}
Alcohol flavor	5.7±0.5 ^a	5.3±1.2 ^a	5.7±0.8 ^a	5.7±0.5 ^a	5.3±0.8 ^a	5.2±0.4 ^a	5.0±1.1 ^a	5.2±1.2 ^a	
Flavor	4.3±1.6 ^a	4.8±1.0 ^a	4.8±1.3 ^a	4.5±1.8 ^a	5.0±1.1 ^a	4.7±1.9 ^a	4.8±1.9 ^a	4.2±1.6 ^a	
Taste	4.2±1.6 ^a	4.3±1.1 ^a	4.3±1.8 ^a	3.7±1.5 ^a	4.5±1.0 ^a	3.7±1.5 ^a	3.7±1.5 ^a	4.3±1.6 ^a	
Swallowing	4.2±1.6 ^a	3.7±1.1 ^a	4.8±1.6 ^a	3.7±1.8 ^a	4.2±1.6 ^a	3.3±1.4 ^a	3.7±1.5 ^a	3.7±1.4 ^a	
Overall acceptance	5.0±1.1 ^{ab}	4.5±1.2 ^{ab}	5.8±1.0 ^a	4.3±1.2 ^a	5.0±1.1 ^{ab}	4.5±1.4 ^{ab}	4.5±1.0 ^{ab}	4.7±0.8 ^{ab}	
Aging period (days)		180							
Sensory evaluation	Condition No	1	2	3	4	5	6	7	8
	Color	5.8±1.3 ^a	6.0±1.0 ^a	6.4±0.5 ^a	6.0±1.0 ^a	5.8±1.3 ^a	5.6±1.5 ^a	6.2±0.8 ^a	6.2±0.8 ^a
Alcohol flavor	5.0±0.0 ^a	5.4±1.1 ^{ab}	6.2±1.1 ^b	5.4±1.1 ^{ab}	5.8±0.8 ^{ab}	5.6±0.5 ^{ab}	5.2±1.1 ^{ab}	5.2±0.4 ^{ab}	
Flavor	5.2±0.8 ^{ab}	5.2±0.4 ^{ab}	5.4±1.1 ^{ab}	5.2±0.4 ^{ab}	5.2±0.4 ^{ab}	5.0±0.0 ^{ab}	5.4±0.5 ^{ab}	5.4±0.5 ^{ab}	
Taste	4.4±0.5 ^{ab}	4.8±0.8 ^{ab}	5.0±1.2 ^{ab}	4.4±0.5 ^{ab}	5.2±0.8 ^b	4.0±0.7 ^{ab}	4.6±1.3 ^a	5.0±1.0 ^{ab}	
Swallowing	4.0±1.0 ^a	4.4±0.5 ^{ab}	5.0±1.2 ^{ab}	4.2±0.8 ^{ab}	5.2±0.8 ^b	4.6±0.9 ^{ab}	4.8±0.8 ^{ab}	5.2±0.8 ^b	
Overall acceptance	4.6±0.9 ^{ab}	4.8±0.8 ^{ab}	5.8±1.1 ^b	4.6±0.9 ^{ab}	5.2±0.4 ^{ab}	4.4±0.9 ^a	5.0±0.7 ^{ab}	5.2±0.8 ^{ab}	

¹⁾Table 1 distillation condition^{a-c)}Different letters show significant difference by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

7%, 본류 50%)변은 증가하였다. 노말프로판올(P), 아이소부탄올(B), 아이소아밀알코올(A) 분석결과 이후 숙성 기간이 증가함에 따른 노말프로판올 변화는 크지 않았으며 숙성 기간이 증가함에 따라 아이소부탄올은 감소하였으며 아이소아밀알코올은 변화가 없었다. 증류주의 숙성 기간별 향기성분은 각 증류주의 숙성에 따라 다양한 결과를 나타냈으며 조건 3 (압력 -60 cmHg, 증류 온도 60°C, 초류 0%, 본류 30%) 증류주의 경우 위스키 향이 나는 아이소아밀알코올은 증류 0일차 이후에 조금 증가하였으며 달콤하면서 견과류의 향 특성을 나타내는 데칸산은 조금 감소하였다. 감각 검사 결과 숙성 기간에 따라 감각 결과에는 큰 차이 없었으며 종합적 평가(5.8±0.9)가 가장 좋았던 3번 증류주의 감각 결과가 숙성 180일까지 이어졌다.

감사의 글

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

References

- An BH. Research status of traditional liquors. Bull. Food Technol. 7: 42-47 (1994)
- Bae SM. Distilled soju production technology. Wogok Pub. Co., Seoul Korea. pp. 166-306 (2001)
- 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)
- FACT. Woorisool Treasure House. 1th ed. Foundation of Agri. Tech. Commercialization & Transfer, Suwon, Korea. pp. 1-343 (2008)
- Hong Y, Park SK, Choi EH. Flavor characteristics of Korean traditional distilled liquors produced by co-culture *Saccharomyces* and *Hansenula*. Kor. J. App. Microbiol. Biotechnol. 27: 236-245 (1999)
- Kim YG. Quality characteristics of distilled spirits during aging period using pear, PhD thesis, Seoul Venture University, Seoul, Korea. pp. 1-75 (2013)
- Kim HR, Jo SJ, Lee SJ, Ahn BH. Physicochemical and sensory characterization of a Korean traditional rice wine prepared from different ingredients. Korean J. Food Sci. Technol. 40: 551-557 (2008)

- 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)
- Kwon YH, Jo SJ, Kim HR, Kim JH, Ahn BH. Fermentation characteristics and volatile compounds in *yakju* made with various brewing conditions; glutinous rice and pre-treatment. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.* 38: 46-52 (2010)
- Lee DH, Jung JW, Lee YS, Seo JS, Park IT. Fermentation characteristics for preparation of distilled liquor made of mixed grains. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42: 75-81 (2010)
- Lee DH, Jung JW, Lee YS, Seo JS, Park IT, Kim JH, Ahn BH. Quality characteristics of distilled liquor produced using *Ipguk (koji)* during aging. *Korean J. Food Sci. Technol.* 46: 694-701 (2014a)
- Lee DH, Lee YS, Seo SJ, Won SY, Cho CH, Park IT, Kim TW, Kim JH. Qualities of distilled liquor using *Saccharomyces cerevisiae* 88-4 separated from traditional *Nuruk*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 49: 279-285 (2017)
- Lee JK, Moon SH, Bae KH, Kim JH, Choi HS, Kim TW, Joung C. Distilled spirits. Kwangmoonka Pub. Co., Gyeonggido, Korea. pp. 17-44 (2015)
- Lee DS, Park HS, Kim K, Lee TS, Noh BS. Gas chromatographic and mass spectrometric determination of alcohol homologues in the Korean folk sojues (distilled liquor). *J. Korean Chem. Soc.* 38: 640-652 (1994)
- Lee DH, Park IT, Lee YS, Seo JS, Jung JW, Kim TW, Kim JH, Ahn BH. Quality characteristics by aging container and period of the distilled liquor with fermented wine used with *nuruk*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 1579-1587 (2014b)
- Lee GH, Young S, Chang YI, Jeong JH, Chang KS, O MJ. Identification of character-impact aroma compounds and comparisons of sensory attributes of traditional Korean medicinal rice wines brewed with functional herbal powders or extracts. *J. Food Sci. Nutr.* 7: 405-410 (2002)
- Park CM. Optimization of alcohol fermentation and aging conditions for a development of a distilled alcoholic beverage using barley grains. Kyungpook national university, Kyungpook, Korea. p. 1-38 (2007)
- So MH, Lee YS, Noh WS. Changes in microorganism and main components during *takju* brewing by a modified *Nuruk*. *Korean Food Nutr.* 12: 226-232 (1999)
- TSINTSA. Textbook of alcoholic beverage-making. Technical Service Institute, National Tax Service Administration, Seoul, Korea (1997)
- TSINTSA. Alcoholic liquors quality technic of field. Technical Service Institute, National Tax Service Administration, Seoul, Korea (2008).