



Research Article

Aging-induced variation in quality of *yakju* prepared using different commercial yeasts

효모를 달리한 약주의 숙성 시 품질 변화

Jeong Sil Choi¹, Ji-Eun Kang², Seok-Tae Jeong^{1*}

최정실¹ · 강지은² · 정석태^{1*}

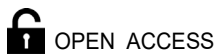
¹Fermented Food Science Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju 55365, Korea

²Planning & Coordination Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju 55365, Korea

¹국립농업과학원 농식품자원부 발효가공식품과, ²국립농업과학원 기획조정과

Abstract This study demonstrated the effects of different commercially available *Saccharomyces cerevisiae* yeasts i.e., Fermivin[®], La Parisienne, Songcheon, Ottogi, and Chungmoo, on the variation in the quality of *yakju* samples under accelerated aging (45°C, 14 d). The analyses of physicochemical properties of the *yakju* samples were performed for, soluble solid content (°Brix), pH, total acid content (% as acetic acid), alcohol (v/v%), volatile acid (mg/L), reducing sugar content (mg/mL), amino acidity (mL), brownness (A₄₃₀), and hunter color value before and after aging. By comparing the results, significant differences in the properties of the *yakju* samples before and after aging were observed. The *yakju* sample fermented with wine-yeast Fermivin[®] exhibited no significant change in color after aging; furthermore, the reducing sugar content (1.20±0.01-1.32±0.03 mg/mL) and amino acidity (4.06±0.07-4.80±0.04 mL) of this sample were lower than those of the other samples. The yeast of Fermivin[®] resulted in a negligible residual sugar content owing to complete fermentation, thereby minimizing the variation in quality during aging. The using of different yeasts for fermentation induced significant differences in the contents of organic acid, free nitrogenous components, and volatile components before and after aging. The obtained results indicated that the properties of *yakju* such as odor and browning, could be regulated based on the type of yeast used for fermentation.

Keywords commercial yeasts, rice *yakju*, quality change, accelerated, aging



OPEN ACCESS

Citation: Choi JS, Kang JE, Jeong ST. Aging-induced variation in quality of *yakju* prepared using different commercial yeasts. Korean J Food Preserv, 29(1), 84-96 (2022)

Received: August 30, 2021
Revised: October 06, 2021
Accepted: October 19, 2021

***Corresponding author**
 Seok-Tae Jeong
 Tel: +82-63-238-3615
 E-mail: jst@korea.kr

Copyright © 2022 The Korean Society of Food Preservation. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

발효는 미생물에 의해 유기 화합물이 분해되어 알코올과 유기산, 탄산가스 등이 되면서 풍미가 변화되는 공정으로 주류는 효모에 의한 대표적인 발효제품이라 할 수 있다. 특히, 효모에 의해서는 알코올 생성뿐 아니라 유기산 등 여러 가지 대사산물과 각종 향기성분이 생성되어 맛과 향기 등 품질에 영향을 미친다(Hong 등, 2018; Seo 등, 2015). 우리나라의 전통주 중 약주는 찹쌀이나 멥쌀과 같은 곡류를 원료로 하고 누룩을 사용하여 발효시킨 후 술덧을 맑게

거른 술로, 발효 중 당화와 알코올 발효가 동시에 일어나며 누룩 유래 미생물에 의해 생성된 당류, 유기산, 아미노산 휘발성 향기성분 등이 함유되어 있다(Kang 등, 2015). 주류의 숙성은 풍미를 향상시켜 부가가치를 높이려고 세계적으로 유명한 대부분의 주류에서 진행되어 왔다. 우리나라에서도 숙성을 통하여 약주의 품질을 증대시키려는 시도가 있었다(Noh 등, 2014). 그렇지만, 주류의 숙성은 당과 아미노산에 의한 마이알 반응에 의해 변색이나 이취를 내기도 하고 아미노산에 의한 인돌 및 할망 화합물이나 폴리설파이드 화합물 등을 생성하기도 한다. 특히, 숙성 전 주류의 상태에 따라 숙성 후의 품질이 좌우되는데(Choi 등, 2020; Noh 등, 2014), 지금까지는 약주의 원료인 쌀의 도정도를 달리 하거나 약주 발효 시 프로테아제 활성을 억제함으로써 품질의 변화를 최소화하려는 연구가 진행된 바 있다(Choi 등, 2020; Chun 등, 2012; Noh 등, 2014). 과실주의 경우, 원료의 특성이 품질에 크게 영향을 미치며, 효모의 종류에 따라 숙성 후의 품질의 차이를 보인다고 하였다(Lee 등, 2013; Lee 등, 2016; Roh 등, 2012). 효모를 달리한 약주에서 pH, 산도와 같은 품질뿐만 아니라 향미 성분의 차이를 보였다(Shin 등, 1999). 또한, 시판 효모를 달리한 약주의 품질 특성에서도 많은 차이를 보였다(Choi 등, 2018). 이와 같이 효모에 의해서 생긴 품질의 차이가 숙성에 의해 약주의 품질이 더 달라질 것이라 추측된다. 따라서 본 연구에서는 시판되고 있는 여러 가지 효모를 이용하여 약주를 제조한 후 숙성 전·후의 차이를 비교하여서 효모의 종류가 약주의 숙성 후 품질에 어떤 영향을 미치는지를 조사하였으며 그 결과를 보고하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험 재료

본 실험에 사용한 쌀은 강원도 철원군 갈말농협 미곡 종합처리장에서 생산된 오대쌀 백미(Galmal Agricultural Cooperative, Cheolwon, Korea)이다. 발효제는 오대쌀 백미로 제조한 쌀누룩을 사용하였고, 분말상의 황국용 중국 *Aspergillus oryzae*(Chungmoo Fermentation Co., Wooslan, Korea)(20×10^9 /g, 수분함량 10% 이하)을 사

용하여 제조하였다. 효모는 시중에서 유통되고 있는 5가지의 효모, *Saccharomyces cerevisiae* 오투기 효모(Ottogi Co., Ltd., Anyang, Korea), *Saccharomyces cerevisiae* 송천 효모(Songcheon yeast development Institute, Cheongyang, Korea), *Saccharomyces cerevisiae* 라빠르장(Societe Industrielle Lesaffre, Marcq-Baroeul, France), *Saccharomyces cerevisiae* 충무 효모(Chungmoo Fermentation Co., Ulsan, Korea), 및 *Saccharomyces cerevisiae* 퍼미빈(DSM Food Specialties, B.V., Heerlen, Netherlands)을 사용하여 약주 제조 하루 전에 배양하여 사용하였다. 즉, YPD 액체배지(Becton, Dickinson & company, Sparks, MD, USA) 5 mL에 각각의 효모를 1 백금이 접종하고 진탕배양기(SI 600R, Lab companion Com, Daejeon, Korea) 30°C, 100 rpm에서 1일 동안 배양하였다.

2.2. 약주 담금 및 숙성 약주 제조

쌀 1 kg을 깨끗하게 씻어서 1시간 동안 수침한 다음, 1시간 동안 물빼기를 수행하였다. 쌀을 증자기(MS-30, Yaegaki Food & System Inc., Himeji, Japan)에 넣고 김이 올라 오기 시작한 후부터 40분간 수증기를 더 가해 고두밥을 제조하였다. 5 L 유리병에 총 전분질 원료(쌀과 쌀누룩)의 180% 물(2.7 L), 수침 전 백미 무게기준 50%의 쌀누룩(500 g)과 증자미를 넣었다. 효모는 전 배양액으로부터 효모수를 측정하여 처리구간에 동일한 생균수가 되도록 접종하였다(1.5×10^8 cells/g). 용기의 상부를 랩으로 막고 위에 뚜껑을 가볍게 닫은 후 랩과 용기 뚜껑을 포함한 총 무게를 측정하였다. 발효는 25°C 수목조상(Fermenter, Dasol Scientific Co., Hwaseong, Korea)에서 하였다. 매일 1회 유사한 시간에 잘 저어주며 총 무게를 측정하여 증발 무게를 기록하였다. 무게 편차가 2 g 미만일 때까지(10일) 발효하였다. 발효가 끝나면 4°C에서 7,000 rpm (9,280 × g force)으로 30분간 원심분리(Hitachi CR22G III, Hitachi Co., Ltd., Tokyo, Japan)하여 상층액을 약주로 사용하였다. 이후 약주의 숙성을 가속화하기 위해 45°C 배양기(DS-80-3, Dasol Scientific Co., Suwon, Korea)에서 14일간 저장한 후 숙성 약주로 사용하였다.

2.3. 약주의 숙성 전·후 품질 특성 분석

효모를 달리한 약주의 숙성 전·후 품질 특성 분석은 국제 청 주류분석 규정을 따랐다(National Tax Service Liquors License Support Center, 2014). pH는 pH 미터기 (Orion 3 Star Benchtop pH meter, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)로 측정하였다. 총 산은 시료 10 mL를 취하여 100 mL용 삼각플라스크에 넣고 0.1 N 수산화나트륨용액으로 pH 8.2가 될 때까지 적정하여 그 값을 아세트산으로 환산하여 나타내었다. 가용성 고형분(°Brix) 함량은 디지털 굴절계(PR-201, Atago Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 알코올 함량은 시료 100 mL를 증류 및 냉각 장치에 연결하여 가열하여 증류액을 약 80 mL 이상 받고 100 mL까지 증류수로 정용하였다. 증류액을 잘 혼합한 다음 주정계(Dongmyeong, Seoul, Korea)를 사용하여 눈금을 읽고 주정분 온도 환산 표로서 15°C로 보정하여 알코올 농도(% , v/v)로 나타내었다. 휘발산 함량은 알코올 분석용 증류액 30 mL를 취하여 삼각플라스크에 넣고 0.01 N 수산화나트륨용액으로 pH 8.2가 될 때까지 적정하여 소비된 0.01 N 수산화나트륨을 아세트산으로 환산하여 표시하였다. 환원당은 Dinitrosalicylic acid(DNS)법(Luchsinger과 Comesky, 1962)을 변형하여 측정하였다. 즉, 희석된 여과액을 1 mL에 DNS 시약 3 mL를 가하여 water bath(B-490, BUCHI, Flawil, Switzerland)에서 5분간 가열시킨 후 급냉하고 여기에 증류수 5 mL를 첨가하여 분광광도계(JP/U-2000 spectrophotometer, Hitachi Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 샘플의 당 농도는 포도당을 표준물질로 사용하여 상기의 방법으로 작성한 표준곡선으로부터 환산하였다. 아미노산도는 시료 10 mL를 100 mL 삼각플라스크에 취한 다음, 페놀프탈레인 지시약 2-3 방울을 가하여 0.1 N NaOH 용액으로 옅은 분홍색이 나올 때까지 적정하였다. 여기에 중성포르말린 용액 5 mL를 넣어 원래의 색이 나오게 한 후 다시 0.1 N NaOH 용액으로 옅은 분홍색이 나올 때까지 적정하여 소비된 용액의 양(mL)으로 표시하였다. 갈색도는 여과(0.45 μ m, Merk Millipore Ltd., Carrigtwohill, Cork, Ireland)후 분광광도계 (JP/U-2000 spectrophotometer, Hitachi Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 430 nm에서 측정하여 나타내

었다. 색도는 색차계(Hunterlab Ultra Scan Pro, Hunters Associates Laboratory, Inc., Reston, VA, USA)를 이용하여 명도(lightness, L), 적색도(redness, a), 황색도(yellowness, b), 및 색차(ΔE)값을 측정하여 나타내었다. 이때 표준 L, a, b 값은 각각 99.99, 0.02, -0.01이었고, ΔE 는 다음과 같은 식으로 계산되었다.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

2.4. 유기산 함량 측정

유기산은 dual pump로 구성된 고성능액체크로마토그래피(HPLC, LC-20A, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하였으며 post column 방법으로 분석하였다. 유기산 분석용 column은 Shodex RSpack KC-G(6.0 mm×50.0 mm) guard column에 RSpack KC-811(8.0 mm×300 mm, Showa Denko Co., Tokyo, Japan) 2개를 연결하여 사용하였다. Pump A의 이동상은 3 mM perchloric acid를 사용하였으며, flow rate는 0.8 mL/min, column oven의 온도는 63°C로 하였다. Column을 통과해 나온 분리물은 pump B의 이동상(0.2 mM bromothymol blue(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA), 15 mM Na₂HPO₄(Sigma Chemical Co.), 2 mM NaOH와 반응한 후 UV 440 nm에서 검출하였다. 이때 pump B의 flow rate는 1.0 mL/min, 반응온도는 30°C로 하였다. 시료는 여과(0.2 μ m, Merk Millipore Ltd., Carrigtwohill, Cork, Ireland) 후 사용하였다. 유기산 표준물질은 증류수에 용해시켜 10-22 mg/10mL 범위의 표준용액을 조제하여 peak area로부터 검량선을 작성하여 정량하였다.

2.5. 유리 아미노산 및 유리 질소 화합물 함량 측정

유리 아미노산 및 유리 질소 화합물은 아미노산 자동 분석기(L-8900, Hitachi Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하였다. 시료 5 mL에 5% 트리클로로초산(trichloroacetic acid, Junsei Chemical Co., Ltd., Tokyo, Japan) 5 mL를 첨가한 후 원심분리(4°C, 12,000 ×g, 15 min)하였다. 상층액을 회수한 다음 0.02 N 염산으로 5배 희석하고 여과(0.2 μ m, Merk Millipore Ltd., Carrigtwohill, Cork,

Ireland)한 것을 분석하였으며, 분석조건은 제조사의 매뉴얼을 따랐다. 즉, PF#2622(4.6×60 mm, Hitachi Co., Ltd., Tokyo, Japan) 칼럼을 사용하였으며 칼럼 오븐의 온도는 57℃, 반응장치의 온도는 136℃로 설정하였고 발색에는 닌히드린(ninhydrin, Wako pure chemical Industrial, Ltd., Osaka, Japan) 용액을 사용하였다.

2.6. 휘발성 향기성분

휘발성 향기성분은 가스크로마토그래피(GC2010, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 분석하였다. 분석용 칼럼은 HP-INNOWAX(60 m×0.25 mm I.d.×0.25 μm film thickness, J&W Scientific, Agilent Co., Santa Clara, CA, USA)를 사용하였으며 검출기(Flame Ionization Detecor, FID)로 검출하였다. 칼럼 오븐의 온도는 45℃(5분 정지), 5℃/min 승온, 100℃(5분), 10℃/min 승온, 200℃(10분)로 프로그램하였다. Carrier gas는 N₂ 가스를 사용하였으며 유속은 22.0 cm/sec(linear velocity), split ratio는 50:1로 설정하였고 주입기의 온도는 250℃, 검출기의 온도는 280℃로 하였다. 시료는 여과(0.2 μm, Millipore Co., Cork, Ireland)한 다음 바로 주입하였다.

휘발성 향기성분의 표준물질은 아세톤에 용해시켜 50-500 mg/100mL 범위의 표준용액을 조제하여 peak area로부터 검량선을 작성하여 정량하였다.

2.7. 통계분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며, 평균±표준편차로 표시하였다. 통계분석은 SPSS 프로그램 26.0 버전을 이용하여 품질 특성에 대하여 처리구간의 유의적인 차이를 알아보기 위해 일원분산분석(One-way ANOVA)을 실시하였다. 시료 간 유의적인 차이가 있을 경우, $\alpha=0.05$ 수준에서 Duncan의 다중범위 검정을 실시하였다. 또한, 숙성 전·후의 품질 특성 차이를 알아보기 위해 대응 표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 효모별 약주의 숙성 전·후 품질

효모별 약주의 숙성 전·후의 품질 특성은 Table 1에 나타내었다. 알코올 함량은 숙성 전 약 16%에서 숙성 후 17-18%로 약간 증가하였지만 효모별로 유의적인 차이를 나타

Table 1. Physicochemical properties of *yakju* prepared by different commercial yeasts before and after aging

		OT ¹⁾	SC	LA	CM	FE
pH	Before	4.39±0.04 ^{2)bc3)}	4.44±0.01 ^{ab}	4.45±0.01 ^{ab}	4.51±0.02 ^a	4.33±0.09 ^c
	After	4.60±0.01 ^{ab}	4.65±0.03 ^a	4.52±0.14 ^{bc}	4.67±0.02 ^a	4.43±0.03 ^c
	t-value	-13.75 ^{**4)}	-9.09 [*]	-0.80	-10.47	-1.66
Total acid (%, w/v)	Before	0.29±0.01 ^a	0.27±0.01 ^b	0.27±0.01 ^b	0.27±0.01 ^b	0.29±0.01 ^a
	After	0.30±0.00 ^a	0.27±0.00 ^c	0.26±0.00 ^d	0.27±0.00 ^c	0.28±0.00 ^b
	t-value	-1.73	-1.00	1.00	-1.00	0.76
Soluble solid (°Brix)	Before	11.67±0.06 ^a	9.83±0.06 ^d	10.20±0.00 ^c	10.80±0.00 ^b	10.13±0.06 ^c
	After	12.77±0.06 ^a	11.00±0.10 ^c	10.90±0.10 ^c	11.90±0.10 ^b	10.03±0.06 ^d
	t-value	-190.53 ^{***}	-35.00 ^{**}	-12.12 ^{**}	-19.05 ^{**}	29.00 ^{**}
Alcohol (%, v/v)	Before	16.60±0.60	16.53±0.31	16.67±0.31	16.03±0.12	16.67±0.12
	After	18.45±0.78	18.45±0.49	17.73±0.31	17.60±0.12	17.75±0.21
	t-value	-2.53	-13.67 [*]	-6.00	-8.50	-21.00 [*]
Volatile acid (mg/L)	Before	45.53±1.50 ^c	34.33±7.07 ^d	34.53±5.41 ^d	73.60±7.71 ^a	61.60±1.22 ^b
	After	44.87±2.89 ^c	32.80±0.40 ^d	29.53±0.31 ^e	65.73±0.70 ^a	55.07±1.01 ^b
	t-value	0.36	0.37	1.59	1.92	5.29 [*]

(continued)

		OT ¹⁾	SC	LA	CM	FE
Reducing sugar (mg/mL)	Before	19.87±0.24 ^a	3.87±0.17 ^d	5.88±0.08 ^c	12.19±0.13 ^b	1.20±0.01 ^e
	After	22.00±0.74 ^a	0.75±0.07 ^d	5.75±0.19 ^c	13.56±0.35 ^b	1.32±0.03 ^d
	t-value	-6.21 [*]	26.30 ^{**}	0.90	-7.08 [*]	-5.13 [*]
Amino acidity (mL)	Before	4.96±0.08 ^c	4.78±0.03 ^d	5.13±0.12 ^b	5.48±0.03 ^a	4.06±0.07 ^e
	After	5.71±0.01 ^c	5.85±0.03 ^b	5.72±0.03 ^c	6.26±0.04 ^a	4.80±0.04 ^d
	t-value	-15.67 ^{**}	-40.00 ^{**}	-10.09 [*]	-20.12 ^{**}	-23.06 ^{**}

¹⁾OT, SC, LA, CM, and FE means *yakju* prepared by *Saccharomyces cerevisiae* yeast ottogi, songcheon, la parisinne, chungmoo, and fermivin, respectively.

²⁾All values are mean±standard deviation (n=3).

^{3)a-e}means in a row by different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at p(0.05).

⁴⁾Asterisks indicate significant differences between before and after aging of *yakju* made from commercial yeasts (p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, respectively).

내지 않은 반면, 페미빈(FE) 효모 약주는 숙성 전과 후에 유의적으로 증가하는 경향을 나타냈다. 알코올 함량을 제외한 다른 품질 특성에서는 효모별로 그리고 숙성 전과 후에 유의적으로 차이를 나타냈다. pH는 숙성 전 4.33-4.51, 숙성 후는 4.43-4.65로 모든 시료에서 숙성 후 증가하는 경향을 보였다. 숙성 전이나 숙성 후 모두 송천(CM) 효모 약주의 pH가 유의적으로 높은 반면, pH가 유의적으로 낮은 페미빈(FE) 효모 약주가 총산 함량은 유의적으로 높았다. 이는 약주 발효과정에서 생기는 다양한 유기산의 영향을 받게 되는 것으로 사료된다. 숙성 전과 숙성 후를 비교하였을 때는 pH가 오투기(OT) 효모, 송천(SC) 효모 약주가 유의적으로 증가함을 알 수 있었다. 그렇지만 총산 함량은 차이가 없었다. 반면, 가용성 고형분과 환원당 함량 및 아미노산도에서는 숙성 전·후에 유의적으로 차이를 나타냈다. 페미빈(FE) 효모 약주가 환원당에서 현저히 낮은 함량을 보이고 있지만 그에 비해 알코올 함량은 유의적인 차이를 나타내지 않는 것으로 보아 드라이 타입의 약주를 제조할 때 적합할 것으로 사료된다. 갈색도와 색차(ΔE)는 오투기(OT) 효모를 사용한 약주가 숙성 전·후에 가장 높게 나타났고 전·후의 차이에서도 유의적으로 큰 변화를 나타냈다(Table 2). 이는 숙성 전 오투기(OT) 효모를 사용한 약주에서 환원당 함량이 많아 숙성 후에도 영향을 미친 것으로 사료된다. 또한, 페미빈(FE) 효모를 사용했을 때 숙성 전·후의 차이가 아미노산도와 색도에서 가장 적은 변화를 나타냈고 페미빈(FE) 효모 약주가 숙성 후 이취가 가장 적었다(data not

shown). 이는 환원당 함량이 가장 낮은 것으로 보아 다른 효모에 비해 당을 비교적 잘 이용한 완전 발효가 일어났다고 보며, 또한 효모의 아미노산도는 페미빈(FE) 효모 약주가 가장 낮았다. 아미노산은 효모의 영양원으로 이용되며 향기 성분으로 변화되지만 지나치면 좋지 않은 영향을 미친다고 한다(Jeon 등, 2014). 그러므로 페미빈(FE) 효모 약주가 숙성 기간 중에 품질 변화를 적게 일으킨 것으로 판단된다.

3.2. 효모별 약주의 숙성 전·후 유기산 함량

원료나 미생물의 발효작용으로 생성되는 유기산은 약주의 산미에 영향을 주는 주요성분이다(Jin 등, 2007). 유기산 중 젖산과 구연산은 주류발효에 적합한 pH를 제공할 뿐 아니라 청량감과 부드러운 신맛을 주는 역할을 한다고 알려졌다(Lee 등, 2009). 효모를 달리한 약주에서 검출된 유기산은 사과산, 젖산, 구연산, 호박산 등이었다(Table 3). 그 중 가장 많은 함량을 나타낸 것은 젖산이었으며, 감칠맛을 나타내는(Kim 등, 2009) 호박산은 오투기(OT) 효모를 사용한 약주가 숙성 전 27.52 ppm으로 가장 높게 나타났으며 숙성 후에도 마찬가지로 증가하여 가장 높은 40.20 ppm을 나타냈다. 송천(SC) 효모 약주에서도 숙성 전과 숙성 후를 비교할 때 숙성 후 유의적으로 증가하는 것을 알 수 있었다. 페미빈(FE) 효모 사용 시 사과산 함량과 젖산 함량도 높게 나타났으며 특히 사과산 함량은 숙성 후 유의적으로 증가하였다. 대부분, 유의적이든 아니든 숙성에 의해 젖산을 제외하고 유기산의 함량은 증가하는 것으로 나타났다.

Table 2. Color properties of *yakju* prepared by different commercial yeasts before and after aging

		OT ¹⁾	SC	LA	CM	FE
Brownness (A ₄₃₀)	Before	0.16±0.00 ^{2)a3)}	0.13±0.00 ^c	0.13±0.00 ^c	0.15±0.00 ^b	0.10±0.00 ^d
	After	0.58±0.00 ^a	0.34±0.01 ^d	0.39±0.00 ^c	0.42±0.00 ^b	0.26±0.00 ^e
	t-value	-72.75 ^{***4)}	-24.19 ^{**}	-76.00 ^{***}	-80.00 ^{***}	-46.00 ^{***}
L	Before	98.16±0.01 ^e	98.53±0.02 ^c	98.61±0.00 ^b	98.21±0.01 ^d	98.83±0.00 ^a
	After	92.19±0.01 ^e	95.74±0.04 ^b	94.96±0.01 ^c	94.45±0.01 ^d	96.45±0.00 ^a
	t-value	1,034.03 ^{***}	232.70 ^{***}	1,096.00 ^{***}	426.72 ^{***}	412.23 ^{***}
a	Before	-1.64±0.02 ^d	-1.50±0.01 ^b	-1.55±0.01 ^c	-1.49±0.02 ^b	-0.87±0.01 ^a
	After	-1.49±0.02 ^a	-2.41±0.02 ^e	-2.26±0.01 ^c	-2.29±0.01 ^d	-2.02±0.01 ^b
	t-value	-17.39 ^{**}	157.62 ^{***}	122.98 ^{***}	138.56 ^{***}	199.19 ^{***}
b	Before	10.72±0.01 ^a	9.11±0.02 ^d	9.16±0.01 ^c	9.93±0.01 ^b	6.02±0.02 ^e
	After	30.34±0.01 ^a	18.97±0.02 ^d	21.79±0.01 ^c	24.79±0.01 ^b	13.70±0.01 ^e
	t-value	-5,884.00 ^{***}	-2,956.00 ^{***}	-1,263.00 ^{***}	-2,229.50 ^{***}	-528.34 ^{***}
ΔE	Before	11.01±0.00 ^a	9.36±0.00 ^d	9.40±0.00 ^c	10.21±0.00 ^b	6.21±0.00 ^e
	After	31.37±0.01 ^a	19.61±0.01 ^d	22.49±0.02 ^c	25.53±0.01 ^b	14.31±0.01 ^e
	t-value	-6,109.00 ^{***}	-3,074.00 ^{***}	-1,309.00 ^{***}	-2,653.50 ^{***}	-557.25 ^{***}

¹⁾OT, SC, LA, CM, and FE means *yakju* prepared by *Saccharomyces cerevisiae* yeast ottogi, songcheon, la parisinne, chungmoo, and fermivin, respectively.

²⁾All values are mean±standard deviation (n=3).

^{3)a-e}means in a row by different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

⁴⁾Asterisks indicate significant differences between before and after aging of *yakju* made from commercial yeasts (*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, respectively).

Table 3. The content of organic acid of *yakju* prepared by different commercial yeasts before and after aging (mg/L)

		OT ¹⁾	SC	LA	CM	FE
Malic acid	Before	28.40±1.19 ^{2)b3)}	41.71±13.29 ^b	42.31±13.86 ^b	2.80±0.82 ^c	74.42±1.48 ^a
	After	36.65±4.13 ^c	67.38±0.38 ^b	65.18±2.39 ^b	22.21±4.43 ^d	90.73±2.58 ^a
	t-value	-2.20	-2.66	-1.99	-5.23	-20.99 ^{*4)}
Lactic acid	Before	124.76±21.88 ^{abc}	88.50±3.38 ^c	121.64±27.70 ^{bc}	137.88±15.94 ^{ab}	169.80±5.49 ^a
	After	101.94±9.56 ^b	98.86±2.67 ^b	96.97±0.27 ^b	166.74±10.52 ^a	163.15±4.37 ^a
	t-value	1.03	-2.42	1.27	-7.53	8.38
Citric acid	Before	4.68±0.21 ^b	2.74±0.95 ^b	10.43±1.99 ^a	6.03±3.08 ^{ab}	5.50±0.62 ^b
	After	5.77±2.82	15.12±1.33	9.95±2.40	9.27±5.01	7.29±1.17
	t-value	-0.51	-46.60 [*]	0.16	-2.37	-4.55
Succinic acid	Before	27.52±0.46 ^a	22.31±0.39 ^{ab}	17.45±8.20 ^{bc}	10.26±0.04 ^c	16.52±1.00 ^{bc}
	After	40.20±1.48 ^a	33.85±0.71 ^a	34.53±1.25 ^a	37.30±4.83 ^a	18.67±9.51 ^b
	t-value	-17.60 [*]	-14.76 [*]	-3.48	-7.99	-0.29

¹⁾OT, SC, LA, CM, and FE means *yakju* prepared by *Saccharomyces cerevisiae* yeast ottogi, songcheon, la parisinne, chungmoo, and fermivin, respectively.

²⁾All values are mean ± standard deviation (n=3).

^{3)a-d}means in a row by different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

⁴⁾Asterisks indicate significant differences between before and after aging of *yakju* made from commercial yeasts (*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, respectively).

3.3. 효모별 약주의 숙성 전·후 유리 아미노산 및 유리 질소 화합물

효모별 약주의 숙성 전·후 유리 아미노산 및 유리 질소 화합물의 함량은 Table 4에서 나타내었다. 검출된 아미노산 및 유리 질소 화합물의 총 함량은 1,576.41-2,990.84 ppm이었고 효모별로 유의적인 차이를 나타냈다. 효모 종

류에 따라 그리고 아미노산 종류에 따라 숙성 전·후로도 유의적인 차이를 보이기도 하였다. 특히, 전과 후에서 유의적으로 가장 많은 함량을 가지고 있는 총무(CM) 효모 사용 약주는 전과 후의 차이에서는 유의적인 차이가 없었다. 그렇지만, 퍼미빈(FE) 사용 약주에서는 유의적으로 가장 적은 함량이었지만 숙성 후에는 유의적으로 증가하는 것으로 나타

Table 4. Free nitrogenous components of *yakju* prepared by different commercial yeasts before and after aging (mg/L)

		OT ¹⁾	SC	LA	CM	FE
Alanine	Before	351.91±2.67 ^{2)a3)}	236.23±0.76 ^d	256.53±2.28 ^c	304.72±5.52 ^b	227.29±6.55 ^d
	After	344.19±5.76 ^a	298.08±7.96 ^b	287.55±4.38 ^{bc}	353.37±1.21 ^a	276.63±9.45 ^c
	t-value	3.53	-10.04	-6.59	-10.22	-24.07 ⁴⁾
Arginine	Before	28.91±0.30 ^a	28.94±0.35 ^a	26.48±0.23 ^b	20.80±0.29 ^c	3.97±0.20 ^d
	After	51.81±0.44 ^c	66.96±1.05 ^a	58.43±1.52 ^b	49.40±1.96 ^c	40.62±2.31 ^d
	t-value	-228.71 ^{**}	-38.20 ^{**}	-25.76 [*]	-24.17 [*]	-24.07 [*]
Aspartic acid	Before	117.93±0.11 ^a	103.13±0.23 ^c	108.00±1.01 ^b	119.71±0.28 ^a	60.45±1.48 ^d
	After	117.10±1.94 ^d	129.08±3.24 ^b	123.61±1.97 ^c	141.69±0.44 ^a	82.72±0.48 ^e
	t-value	0.63	-12.23	-7.39	-43.21 [*]	-16.07 [*]
Cysteine	Before	2.81±1.85 ^e	34.63±0.42 ^d	72.22±0.75 ^a	49.44±2.04 ^c	61.97±1.18 ^b
	After	58.50±1.24 ^c	76.35±2.79 ^a	64.34±1.39 ^b	68.78±0.41 ^b	59.30±2.22 ^c
	t-value	-25.50 [*]	-24.92	5.22	-11.19	3.65
Glutamic acid	Before	206.26±2.55 ^b	198.98±3.16 ^c	205.40±2.61 ^{bc}	214.69±0.63 ^a	116.95±2.91 ^d
	After	208.02±4.93 ^{bc}	295.11±27.68 ^a	252.95±4.99 ^{ab}	279.23±1.33 ^a	178.27±31.54 ^c
	t-value	-0.33	-5.54	-8.85	-46.49 [*]	-2.52
Glycine	Before	153.54±1.21 ^a	116.88±0.88 ^d	128.05±0.95 ^c	144.67±3.52 ^b	92.70±2.38 ^e
	After	147.14±2.71 ^b	146.65±3.03 ^b	142.55±2.01 ^b	165.21±0.59 ^a	114.82±1.92 ^c
	t-value	2.31	-10.77	-6.94	-7.07	-69.03 ^{**}
Histidine	Before	64.50±0.51 ^a	57.75±0.28 ^b	57.05±0.95 ^b	63.78±0.08 ^a	40.73±0.62 ^c
	After	69.29±2.07 ^c	83.53±4.56 ^a	75.51±2.00 ^b	83.54±0.02 ^a	65.33±0.13 ^c
	t-value	-4.35	-8.51	-8.83	-290.84 ^{**}	-46.41 [*]
Isoleucine	Before	125.29±0.07 ^a	81.74±0.26 ^c	101.31±1.22 ^b	106.65±8.40 ^b	63.72±0.62 ^d
	After	115.67±1.54 ^b	129.43±3.88 ^a	108.75±2.03 ^b	117.82±0.52 ^b	88.96±7.30 ^c
	t-value	9.23	-18.63	-3.24	-1.77	-4.51
Leucine	Before	248.90±1.46 ^a	181.45±0.60 ^d	205.52±2.23 ^c	235.02±8.98 ^b	115.62±2.86 ^e
	After	237.35±3.85 ^c	253.67±7.22 ^b	228.72±4.67 ^c	267.78±0.61 ^a	173.19±5.67 ^d
	t-value	6.82	-15.44 [*]	-4.76	-4.83	-29.07 [*]
Lysine	Before	184.12±2.35 ^a	182.84±3.89 ^a	183.22±2.11 ^a	168.02±0.42 ^b	117.35±2.89 ^c
	After	183.88±2.77 ^c	227.14±6.21 ^a	216.18±5.32 ^{ab}	204.58±0.53 ^b	152.58±6.83 ^d
	t-value	0.79	-27.00 [*]	-6.28	-53.95 [*]	-5.13

(continued)

		OT ¹⁾	SC	LA	CM	FE
Methionine	Before	69.64±0.92 ^b	43.27±0.04 ^c	64.54±0.56 ^b	82.69±9.45 ^a	42.39±0.69 ^c
	After	60.42±1.36 ^{cd}	74.45±2.11 ^b	57.12±0.94 ^d	83.14±0.25 ^a	64.80±5.09 ^c
	t-value	29.41 [*]	-21.28 [*]	6.99	-0.07	-7.20
Phenyl alanine	Before	196.10±0.47 ^a	134.96±0.64 ^c	168.03±1.60 ^b	179.75±23.40 ^{ab}	99.07±1.99 ^d
	After	183.63±2.16 ^{bc}	210.35±7.42 ^a	166.09±3.17 ^{cd}	193.08±0.44 ^{ab}	152.62±14.84 ^d
	t-value	10.43	-15.73 [*]	0.58	-0.79	-5.90
Proline	Before	222.90±0.85 ^b	178.59±1.00 ^c	182.46±0.96 ^c	263.46±2.53 ^a	171.65±9.88 ^c
	After	216.60±4.52 ^b	215.67±3.12 ^b	204.98±7.30 ^b	303.99±0.34 ^a	206.17±8.94 ^b
	t-value	2.43	-12.72	-3.86	-19.94 [*]	-52.19 [*]
Serine	Before	118.80±0.16 ^b	107.67±0.81 ^c	116.06±0.81 ^b	132.19±0.03 ^a	76.42±2.52 ^d
	After	117.56±2.99 ^d	141.11±1.89 ^b	134.76±2.23 ^c	155.65±1.40 ^a	110.37±0.14 ^e
	t-value	0.56	-43.47 [*]	-8.69	-23.24 [*]	-20.21 [*]
Threonine	Before	75.94±0.07 ^b	68.51±1.10 ^d	70.65±0.53 ^c	81.26±0.55 ^a	48.31±1.20 ^e
	After	78.30±2.23 ^d	95.96±1.22 ^b	90.59±1.29 ^c	99.92±0.86 ^a	74.18±1.51 ^e
	t-value	-1.55	-340.51 ^{**}	-15.53 [*]	-84.27 ^{**}	-118.43 ^{**}
Tyrosine	Before	206.86±0.78 ^a	139.60±1.17 ^c	168.92±2.30 ^b	197.12±20.70 ^a	115.52±2.23 ^c
	After	195.19±1.90 ^b	219.24±7.21 ^a	173.54±3.58 ^c	214.57±0.63 ^{ab}	161.84±15.01 ^c
	t-value	14.67	-18.65 [*]	-1.11	-1.16	-5.13
Valine	Before	221.39±2.45 ^a	120.04±0.15 ^d	134.11±1.06 ^c	158.17±4.34 ^b	86.62±2.27 ^e
	After	158.35±3.15 ^b	177.35±5.26 ^a	154.28±2.78 ^b	182.18±0.68 ^a	137.51±1.30 ^c
	t-value	128.11 ^{**}	-15.85 [*]	-7.43	0.93	-74.47 ^{**}
γ -Amino butyric acid	Before	40.13±0.67 ^b	39.24±0.07 ^b	46.85±0.52 ^a	29.77±4.24 ^c	35.71±0.91 ^b
	After	34.79±0.03 ^b	49.29±4.49 ^a	40.64±0.71 ^b	26.91±0.10 ^c	39.96±4.43 ^b
	t-value	10.72	-3.12	7.10	0.93	-1.13
Total free nitrogenous content	Before	2,635.93±6.56 ^a	2,054.42±10.40 ^c	2,295.37±22.66 ^b	2,551.87±90.23 ^a	1,576.41±42.14 ^d
	After	2,577.79±45.59 ^b	2,889.41±98.25 ^a	2,580.60±52.28 ^b	2,990.84±7.58 ^a	2,179.88±27.65 ^c
	t-value	2.11	-13.44 [*]	-5.38	-6.35	-58.90 [*]

¹⁾OT, SC, LA, CM, and FE means *yakju* prepared by *Saccharomyces cerevisiae* yeast ottogi, songcheon, la parisinne, chungmoo, and fermivin, respectively.

²⁾All values are mean \pm standard deviation (n=3).

^{3)a-e}means in a row by different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

⁴⁾Asterisks indicate significant differences between before and after aging of *yakju* made from commercial yeasts (^{*}p<0.05, ^{**}p<0.01, ^{***}p<0.001, respectively)

났다(p<0.05). 또한, 송천(SC) 효모 사용 약주에서도 숙성 후에 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다(p<0.05). 술에서의 아미노산은 맛, 색, 향 등에 관여한다(Noh 등, 2014). 맛에

있어서 아미노산 중 아스파르트산과 글루탐산은 감칠맛에 관여하고 알라닌, 글리신, 라이신, 프롤린, 세린, 트레오닌은 단맛에, 아르기닌, 히스티딘, 이소류신, 루신, 메티오닌, 페

닐알라닌, 트레오닌, 발린은 쓴맛에 관여한다고 알려져 있다 (Noh 등, 2014). 특히, 송천(SC) 효모 약주에서는 이런 쓴맛을 나타내는 아미노산의 대부분이 숙성 후 증가하는 것으로 나타났다. 술에서의 아미노산 함량에 대한 최적치는 아직 밝혀진 바가 없지만 아미노산이 적으면 맛이 가볍고 많으면 잡미가 증가해서 품질을 저하시킨다(Noh 등, 2014). 또한, 향에 관여하는 아미노산은 퓨젤유나 에스테르 등의 향기성분으로 변화하게 된다고 보고된 바 있다(Park 등, 2016).

3.4. 효모별 약주의 숙성 전·후 휘발성 향기성분

탁주나 약주의 향기성분은 누룩 미생물이나 효모에 의해 생성된다. 그중 효모가 생성하는 향기 성분으로는 알코올류, 카르보닐 화합물, 유기산, 에스테르, 함황화합물 등이다 (Lee 등, 2015). 시판 효모를 달리한 약주에서도 알코올류, 산류, 에스테르류, 함황화합물(DMDS) 등이 검출되었다 (Table 5). 알코올류 중 1-옥타놀의 함량이 모든 처리구에서 가장 높은 함량을 나타냈으며 숙성 후에도 증가하는 경

Table 5. Volatile components of *yakju* prepared by different commercial yeasts before and after aging (mg/L)

		OT ¹⁾	SC	LA	CM	FE
1-Hexanol	Before	190.34±8.76 ^{2)a3)}	26.60±3.40 ^c	23.33±0.74 ^c	145.63±17.10 ^b	42.10±3.47 ^c
	After	201.56±27.73 ^a	26.52±2.63 ^{bc}	7.53±0.23 ^c	7.18±0.27 ^c	48.55±1.22 ^b
	t-value	-0.44	0.02	23.06 ^{*4)}	11.64	-4.06
1-Octanol	Before	1,175.88±83.68 ^a	744.42±74.05 ^{bc}	667.50±127.77 ^c	1,227.47±0.93 ^a	894.25±26.42 ^b
	After	1,445.95±105.20 ^{ab}	948.00±289.16 ^c	1,809.51±278.53 ^a	1,522.52±48.29 ^a	997.84±40.09 ^{bc}
	t-value	-17.75 ^{*2)}	-1.34	-10.71	-8.48	-10.72
1-Octen-3-ol	Before	0.00±0.00 ^d	2.02±0.00 ^c	2.63±0.12 ^b	3.14±0.06 ^a	0.00±0.00 ^d
	After	0.00±0.00 ^b	2.96±0.45 ^a	2.55±0.61 ^a	2.58±0.67 ^a	0.00±0.00 ^b
	t-value	-	-2.94	0.22	1.06	-
2-Butanol	Before	0.00±0.00 ^b	412.76±144.68 ^a	529.73±39.20 ^a	492.74±3.87 ^a	509.90±40.23 ^a
	After	0.00±0.00 ^b	344.81±40.05 ^a	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	46.58±65.87 ^b
	t-value	-	0.52	19.11 [*]	179.83 ^{**}	25.55 [*]
2-Octanol	Before	0.00±0.00 ^d	3.83±0.33 ^c	5.28±0.06 ^b	9.22±0.32 ^a	5.12±0.06 ^b
	After	3.22±1.51 ^d	36.26±1.18 ^c	194.85±4.83 ^a	168.30±18.38 ^b	53.60±3.91 ^c
	t-value	-3.03	-30.31 [*]	-56.17 [*]	-12.45	-17.86 [*]
2-Phenyl alcohol	Before	253.62±20.81	287.66±27.36	268.83±11.79	238.91±19.25	261.55±0.26
	After	287.17±25.51	346.12±18.56	350.49±18.77	288.82±44.98	308.25±30.09
	t-value	-1.02	-9.39	-16.56 [*]	-2.74	-2.18
Acetic acid	Before	520.97±14.12 ^b	209.23±1.80 ^d	215.66±16.37 ^d	662.49±4.27 ^a	428.83±4.17 ^c
	After	554.70±21.60 ^b	239.92±52.78 ^c	843.12±89.78 ^a	757.57±1.24 ^a	459.46±3.52 ^b
	t-value	-6.38	-0.85	-12.09	-24.44 [*]	-5.63
Carproic acid	Before	11.85±1.65 ^c	13.16±1.07 ^{bc}	14.18±0.58 ^{bc}	20.62±0.98 ^a	14.94±0.82 ^b
	After	8.60±3.17	13.76±0.46	13.38±1.76	9.84±3.74	8.04±5.49
	t-value	3.02	-0.56	0.95	5.53	1.55
DMDS	Before	38.85±6.84 ^a	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b
	After	5.85±0.64 ^a	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b
	t-value	7.52	-	-	-	-

(continued)

		OT ¹⁾	SC	LA	CM	FE
Ethyl acetate	Before	14.48±5.87	9.95±4.45	11.09±1.00	7.32±2.64	9.29±1.96
	After	9.98±6.55	13.93±1.76	7.03±0.69	9.29±3.83	6.25±0.06
	t-value	9.38	-0.90	3.39	-2.34	2.26
Ethyl carprate	Before	13.32±5.20	6.08±1.50	5.60±1.16	10.00±0.05	8.74±0.90
	After	21.71±0.54 ^a	10.81±1.70 ^d	17.40±2.53 ^b	15.58±0.25 ^{bc}	12.15±0.41 ^{cd}
	t-value	-2.06	-2.09	-12.30	-27.90 [*]	-9.90
Ethyl lactate	Before	56.89±8.51 ^b	34.73±5.32 ^{cd}	42.78±8.99 ^{bc}	110.23±3.99 ^a	22.16±7.08 ^d
	After	33.00±0.85 ^b	26.76±4.68 ^b	72.75±2.87 ^a	66.39±1.06 ^a	7.20±0.12 ^c
	t-value	4.41	17.53 [*]	-3.58	21.18 [*]	2.94
Ethyl laurate	Before	17.27±1.85 ^a	8.52±0.14 ^b	1.77±0.14 ^c	4.25±3.56 ^{bc}	8.38±0.84 ^b
	After	14.20±3.00	8.86±0.61	9.43±0.17	13.24±2.75	9.81±0.37
	t-value	0.90	-1.00	-383.00 ^{**}	-15.75 [*]	-1.67
Ethyl myristate	Before	98.51±4.47 ^a	54.86±0.24 ^c	49.64±3.47 ^c	52.08±1.37 ^c	68.56±6.03 ^b
	After	77.35±1.28 ^a	59.03±9.29 ^b	49.10±0.95 ^{bc}	44.22±0.77 ^c	53.24±2.16 ^{bc}
	t-value	9.36	-0.62	0.30	18.08 [*]	5.60
Ethyl palmitate	Before	66.89±4.06 ^a	21.71±2.77 ^c	22.37±5.05 ^c	41.84±3.51 ^b	28.54±3.97 ^c
	After	51.82±1.78 ^a	23.50±2.95 ^c	31.70±1.14 ^b	34.61±2.05 ^b	22.73±0.15 ^c
	t-value	3.65	-0.44	-2.13	1.84	2.15
Ethyl phenyl acetate	Before	60.77±2.55 ^a	27.14±2.14 ^c	22.65±5.20 ^c	50.53±1.15 ^b	43.53±3.71 ^b
	After	72.87±8.63 ^a	34.71±11.40 ^c	66.61±10.17 ^{ab}	60.67±0.82 ^{ab}	47.09±0.92 ^{bc}
	t-value	-2.82	-1.16	-12.51	-44.09 [*]	-1.81
Furfural	Before	15.37±1.78 ^a	2.73±0.06 ^{bc}	2.49±0.23 ^c	4.77±0.06 ^b	0.00±0.00 ^d
	After	18.75±1.37 ^a	3.31±0.12 ^d	8.78±0.63 ^b	7.74±0.31 ^{bc}	4.66±2.43 ^{cd}
	t-value	-1.52	-16.71 [*]	-22.46 [*]	-74.25 ^{**}	-2.71
Iso-amyl alcohol	Before	91.00±17.86 ^b	119.74±26.17 ^b	189.14±12.33 ^a	42.99±3.57 ^c	35.23±0.54 ^c
	After	217.40±57.82	401.96±119.24	323.11±32.31	379.60±84.89	247.06±20.09
	t-value	-4.47	-4.29	-9.48	-5.38	-15.32 [*]
Iso-butanol	Before	60.58±11.69	87.53±17.88	106.36±44.84	36.03±2.48	31.93±0.47
	After	156.66±45.91	345.55±114.72	295.11±23.78	350.90±87.37	201.08±9.50
	t-value	-3.97	-3.77	-3.89	-4.96	-26.49 [*]
Iso butyric acid	Before	801.84±69.85 ^a	566.37±53.82 ^b	504.18±95.87 ^b	846.63±0.83 ^a	646.47±22.70 ^b
	After	948.18±68.05 ^{abc}	709.82±218.62 ^{bc}	1,209.41±178.93 ^a	1,048.75±3.70 ^{ab}	698.94±19.65 ^c
	t-value	-115.23 ^{**}	-1.23	-12.01	-63.06 [*]	-24.29 [*]
Iso caproic acid	Before	38.55±5.01	56.32±5.88	51.55±9.29	47.34±1.33	39.15±1.15
	After	39.55±3.71	64.98±17.25	58.45±9.09	51.59±2.97	41.82±2.50
	t-value	-1.09	-1.08	-49.29 [*]	-1.40	-2.80

(continued)

		OT ¹⁾	SC	LA	CM	FE
Iso valeric acid	Before	29.77±1.60 ^a	15.25±0.80 ^c	13.71±0.72 ^c	24.94±2.32 ^b	14.38±2.54 ^c
	After	40.40±1.28 ^a	17.11±0.08 ^c	31.00±5.28 ^b	26.65±1.55 ^b	14.15±0.86 ^c
	t-value	-47.22 [*]	-3.00	-5.36	-3.15	0.20
n-Butanol	Before	7.91±1.71 ^{ab}	9.56±2.06 ^a	12.77±5.08 ^a	2.33±0.25 ^b	1.70±0.03 ^b
	After	9.70±2.22 ^b	23.74±6.43 ^a	10.03±0.71 ^b	11.64±2.38 ^b	3.68±0.10 ^b
	t-value	-4.97	-4.59	0.67	-5.01	-22.00 [*]
n-Butyric acid	Before	210.55±9.84 ^a	98.38±1.23 ^c	92.16±7.53 ^{cd}	125.71±1.60 ^b	78.34±4.62 ^d
	After	142.97±0.02 ^a	102.46±15.11 ^c	127.17±9.56 ^{ab}	117.91±0.52 ^{bc}	72.42±0.19 ^d
	t-value	9.70	-0.35	-24.31 [*]	10.19	1.90
n-Propanol	Before	137.26±26.47	90.40±22.37	105.44±41.77	68.07±36.02	29.16±1.09
	After	296.15±68.27	204.87±59.24	247.96±18.76	277.65±47.08	131.09±2.56
	t-value	-5.38	-4.39	-3.33	-3.57	-98.48 ^{**}
Valeric acid	Before	472.43±3.26 ^a	184.30±26.11 ^d	164.47±14.19 ^d	360.16±12.83 ^b	299.99±10.83 ^c
	After	536.59±63.91 ^a	250.68±60.18 ^b	489.46±77.45 ^a	470.50±8.39 ^a	330.44±2.75 ^b
	t-value	-2.96	-2.76	-7.27	-7.35	-3.17

¹⁾OT, SC, LA, CM, and FE means *yakju* prepared by *Saccharomyces cerevisiae* yeast ottogi, songcheon, la parisinne, chungmoo, and fermivin, respectively.

²⁾All values are mean±standard deviation (n=3).

^{3)a-d}means in a row by different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

⁴⁾Asterisks indicate significant differences between before and after aging of *yakju* made from commercial yeasts (*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, respectively).

향을 보였다. 에스테르류는 술의 향미에 중요한 향기성분으로(Lee 등, 2007) 원료에 존재하는 지질로부터 생성된 지방산이 술덧에서 효모에 의해 생성된다(Lee 등, 2015). 효모별 약주의 향기성분 중 에스테르류에서는 ethyl acetate, ethyl carprate, ethyl laurate 등이 검출되었다. ethyl acetate 경우, 숙성 전·후 효모에 따라 유의미한 차이를 보이지 않았으며 전과 후의 차이도 없었다. 청주의 경우, 살균하지 않고 저장하게 되면 저장온도가 높을수록 저장일수가 길수록 이취성분이 증가하게 되는데 그 이취 성분들 중 하나가 이소 발레르산이다. 이것은 이소 아밀 알코올이 산화되어 생기게 된다(Yamashita 등, 1999). 사용한 시판 효모 중 오투기(OT) 효모 사용 약주가 다른 약주에 비해 많은 양을 생성했을 뿐 아니라 저장 후에도 유의적으로 증가하는 것을 알 수 있었다. 아세트산은 자극취와 산미를 가지고 있으며 세균이나 효모에 의해서 발효 중 생성되는 산화생성물이다(Lee 등, 2007). 모든 처리구에서 높은 함량

을 냈으며 특히 송천(CM) 효모 약주에서 가장 많은 양을 냈으며 저장 후에도 유의적으로 증가하였음을 알 수 있었다. 단무지 냄새 또는 유황 냄새라고 하는 DMDS (Dimethyldisulfide)는 거의 생성되지 않았다. 방향을 내는 프루프랄은 송천(SC) 효모, 라바르장(LA) 효모, 송천(CM) 효모 약주에서 저장 후 유의적으로 증가함을 알 수 있었다. 반면, 오투기(OT) 효모 약주는 다른 처리구에 비해 저장 전 많은 양이 검출되었지만 저장 후에 더 이상 증가하지 않음을 알 수 있었다.

4. 요약

서로 다른 시판 효모가 약주의 숙성 중 품질 변화에 미치는 영향을 조사하기 위하여 시판되고 있는 *Saccharomyces cerevisiae* 효모 5종, 오투기(OT) 효모, 송천(CM) 효모, 라바르장(LA) 효모, 충무(CM) 효모, 및 페미빈(FE) 효모를

이용한 약주를 제조하였으며 숙성 전·후의 품질 특성을 비교하였다. 그 결과, 환원당 함량은 오투기(OT) 효모 약주가 다른 처리구보다 높았으며, 숙성 후에도 유의적으로 높았다. 알코올 함량은 효모별로 유의적인 차이가 없었다. 또한, 아미노산도는 송천(CM) 효모 약주가 다른 처리구에 비해 유의적으로 높았으며 숙성 후에도 유의적으로 높았다. 색에 있어서도 효모별로 유의적인 차이를 보였으며, 숙성 전 brownness가 높았던 오투기(OT) 효모 약주가 숙성 후에도 높은 수치를 나타냈으며 가장 작은 수치를 보인 퍼미빈(FE) 효모 약주는 변화도 크지 않음을 알 수 있었다. 이같이 시판 효모에 따라 약주의 품질 특성이 달라진다는 것을 알 수 있었고 숙성에 의한 품질 변화가 숙성 전의 품질 특성에 따라 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 국립농업과학원 농업과학기술 연구 개발 사업(과제번호: PJ009464)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Kang JE. Data curation: Choi JS, Kang JE. Formal analysis: Choi JS. Methodology: Choi JS, Kang JE. Validation: Jeong ST. Writing - original draft: Choi JS. Writing - review & editing: Choi JS, Jeong ST.

Ethics approval

This article does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

ORCID

Jeong Sil Choi (First author)

<https://orcid.org/0000-0002-9036-0047>

Ji-Eun Kang

<https://orcid.org/0000-0001-8194-7455>

Seok-Tae Jeong (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0001-9997-2763>

References

- Choi JS, Kang JE, Jeong ST. Quality changes of *Yakju* prepared from rice with different degrees of milling (DOM) due to accelerated aging. *Korean J Food Sci Technol*, 52, 415-422 (2020)
- Choi JS, Park YD, Kim CW, Jeong ST. Characteristics of *Yakju* fermented using different commercial yeasts. *Korean J Food Preserv*, 25, 715-721 (2018)
- Chun A, Kim DJ, Yoon MR, Oh SK, Choi IS, Hong HC, Kim YG. Effect of milling degree on the physicochemical and sensory quality of *Sogokju*. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 136-142 (2012)
- Hong SY, Jeong WJ, Lee HY, Lee JH, Hwang CE, Kim SC, Joo OS, Cho KM. Changes in yeast diversity and volatile flavor compounds during fermentation of mugwort sugar extracts. *Korean J Food Preserv*, 25, 863-873 (2018)
- Eon HJ, Yu JC, Kim GW, Kong HS. Quality characteristics of *Takju* by yeast strain type. *Korean J Food Nutr*, 27, 971-978 (2014)
- Jin TY, Kim ES, Eun JB, Wang SJ, Wang MH. Changes in physicochemical and sensory characteristics of rice wine, *Yakju* prepared with different amount of red yeast rice. *Korean J Food Sci Technol*, 39, 309-314 (2007)
- Kang JE, Kim JW, Choi HS, Kim CW, Yeo SH, Jeong ST. Quality characteristics of rice and rice starch-based *Yakju*. *Korean J Food preserv*, 22, 353-360 (2015)
- Kim HR, Kwon YH, Jo SJ, Kim JH, Ahn BH. Characterization and volatile flavor components in glutinous rice wines prepared with different yeasts of *Nuruks*. *Korean J Food Sci Technol*, 41, 296-301 (2009)
- Lee H, Lee TS, Noh BS. Volatile flavor components

- in the mashes of *Takju* prepared using different yeasts. *Korean J Food Sci Technol*, 39, 593-599 (2007)
- Lee HY, Lee HY, Kwon HJ, Park JS, Ahn MS, Jeong ST, Yi JH. Comparison of quality characteristics of 'Cheonghyang' wine fermented with different commercial yeasts. *J East Asian Soc Diet Life*, 26, 543-549 (2016)
- Lee JK, Moon SH, Bae KH, Kim JH, Choi HS, Kim TW, Jeong C. *Distilled Spirits*. Kwangmoonkag Publishing Co, Paju, Korea, p 367-386 (2015)
- Lee TJ, Hwang DY, Lee CY, Son HJ. Changes in yeast cell number, total acid and organic acid during production and distribution processes of *Makgeolli*, traditional alcohol of Korea. *Korean J Microbiol*, 45, 391-396 (2009)
- Lee Y, Kim JC, Hwang KT, Kim DH, Jung CM. Quality characteristics of black raspberry wine fermented with different yeasts. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 42, 784-791 (2013)
- Luchsinger WW, Comesky RA. Reducing power by the dinitrosalicylic acid method. *Anl Biochem*, 4, 346-347 (1962)
- National Tax Service Liquors License Support Center. *Analysis Regulations of Alcoholic Beverages*. NTS, NTS Instructions 2024 (2014)
- Noh JM, Kang JE, Choi JH, Jeong ST, Choi HS. Changes in physicochemical properties of *Yakju* prepared by accelerated aging without protease. *Korean J Food Sci Technol*, 46, 702-709 (2014)
- Park MJ, Kim HK, Choi KK, Koo BY, Lee SK. Fermentation characteristics of *Makgeolli* containing Aronia (*Aronia melanocarpa*, Black chokerberry). *Korean J Food Sci Technol*, 48, 27-35 (2016)
- Roh HI, Chang EH, Jeong ST, Jahng KY. Characteristics of fermentation and wine quality. *Korean J Food Preserv*, 15, 317-324 (2008)
- Seo DJ, Yeo SH, Mun JY, Jung WJ, Cho YS, Baek SY. Characteristics of yeast with low temperature adaption for *Yakju* brewed. *Korean J Food preserv*, 22, 908-914 (2015)
- Shin KR, Kim BC, Yang JY, Kim YD. Characterization of *Yakju* prepared with yeasts from fruits 1. Volatile components in *Yakju* during fermentation, 2. Quality characteristics of *Yakju* during fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 28, 794-804 (1999)
- Yamashita N, Motoyoshi T, Nishimura A. Purification and characterization of isoamyl alcohol oxidase ("mureka"-forming enzyme). *Biosci Biotechnol Biochem*, 63, 1216-1222 (1999)