



## Quality characteristics of barley-*Makgeolli* fermented from yeast Y204 with different fermented agents

Sun Hee Kim, Ji-Young Mun, Joo-Yeon Kim, So Young Kim, Soo-Hwan Yeo\*  
*Fermented and Processed Food Science Division, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Korea*

### 발효제를 달리한 효모 Y204로 빻은 보리 막걸리의 품질 특성

김순희 · 문지영 · 김주연 · 김소영 · 여수환\*  
 농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 발효가공식품과

#### Abstract

In this study, we compared the quality characteristics of barley-*Makgeolli* prepared with different *nuruk* fermentation starters for *Saccharomyces cerevisiae* Y204 at various temperatures (15, 20 and 25°C) and for different fermentation periods. The pH of the barley-*Makgeolli* produced by the *nuruk* of *A. oryzae* 75-2 (AO) was in the 6.4-4.9 range, which is significantly different to that (3.7-3.3) of the barley-*Makgeolli* produced using the *nuruk* of *A. luchuensis* 74-5 (AL). Barley-*Makgeolli* exhibited 0.2% acidity when prepared using AO, and 0.8% with AL. The amino-acid content increased on the second day of fermentation and was smoothly maintained to the end of the fermentation period, except when fermented at 25°C. The sugar content of AO *Makgeolli* was significantly higher than that of AL *Makgeolli*. *Saccharomyces cerevisiae* Y204 showed good alcohol fermentation (15-16%) at 25°C for both AO and AL barley-*Makgeolli*. The malic acid content of the organic acids increased with increasing fermentation temperature and the citric acid content was the highest in AL barley-*Makgeolli* when fermented at low temperature. The aroma component patterns of each barley *Makgeolli* was able to predict the diversity of each flavor pattern on the basis of differences in the AO and AL fermentation groups and temperature. Therefore, barley-*Makgeolli* produced by Y204 is expected to exhibit superior quality due to the good alcohol producing ability of the Y204 yeast.

Key words : starter, *nuruk*, barley-*Makgeolli*, fermentation, quality

#### 서 론

전통적으로 빻어 온 우리 고유의 막걸리는 누룩곰팡이 및 효모에 의한 병행발효 공정을 거치면서 술덧의 구성성분과 새로운 생성물로 인하여 소주와 맥주 등과 달리 생체 내 신진대사에 관여하는 생리활성물질이 함유되어 있어 영양학적으로 우수하다(1). 막걸리는 지역에 따라 사용하는 전분질 원료(찹쌀, 멥쌀, 보리쌀, 현미, 옥수수, 고구마,

밀 등)가 다양하고 발효제인 곡자(누룩)를 첨가하여 발효시킨 것으로 술덧을 혼탁하게 제성한 대표적인 전통주이다(2-4). 이는 단맛, 신맛, 쓴맛, 매운맛과 청량감이 있고 다른 시판 주류보다 알코올 도수가 비교적 낮은 6% 정도이지만, 주세법 개정을 통한 12-18%의 프리미엄 막걸리도 출시되고 있다(5,6). 최근, 소비자 만족도를 향상시키기 위한 일환으로 영양이나 기능성을 고려한 다양한 잡곡류 또는 과일 원료 즉, 조, 수수, 팥, 흑미, 현미, 찹쌀, 고구마 등과 감, 석류, 포도, 블루베리, 오미자, 꾸지뽕, 크랜베리, 아로니아 등의 부재료를 이용한 주류 연구가 활발히 이루어지고 있지만 보리를 이용한 막걸리 연구는 저조한 실정이다.

한편, 잡곡류의 대표 품종인 보리(*Hordeum vulgare* L.)는 쌀과 함께 우리나라의 주곡 농산물로 알려져 있으며 쌀과 달리 보리만이 갖는 특성이 있다. 국내에서 생산되는 보리

\*Corresponding author. E-mail : yeobio@korea.kr  
 Phone : 82-63-238-3609, Fax : 82-63-238-3843  
 Received 16 July 2019; Revised 20 August 2019; Accepted 04 September 2019.  
 Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

는 추운 겨울철부터 재배하기 때문에 다른 작물에 비해 병충해가 심하지 않아 농약을 살포할 필요성이 거의 없기 때문에 무공해 식량자원으로 그 가치가 높다. 또한 보리는 백미에서 부족하기 쉬운 단백질(9.5-11.8%)은 물론 비타민 B와 나이아신이 쌀에 비해 1.5-2배 이상 함유되어 있다. 한국인들에게 부족하기 쉬운 철과 칼슘 함량은 쌀보다 각각 5배, 8배나 높고 당분은 쌀의 81.6%에 비해 보리는 7.7%로 거의 없다. 섬유질은 쌀의 16배로 많은 양의 식이섬유를 함유하고 있다(7). 따라서 당뇨병, 뇌졸중, 고혈압, 변비, 비만증 등 성인병을 예방할 수 있는 무공해 건강식품으로 인기가 높은 주곡이다.

막걸리는 전분질 원료(8,9)와 누룩 종류(10), 효모의 종류(11)에 따라 독특한 풍미가 결정된다. 많은 연구자들은 막걸리의 품질과 표준화를 위하여 우수한 특성을 가진 종균 개발에 노력하고 있다. 이와 더불어 본 연구에서는 농촌진흥청 발효가공식품과에서 개발한 토착 발효종균 (*Aspergillus oryzae* 75-2와 *Aspergillus luchuensis* 74-5)을 이용하여 발효제(12)를 제조하고 보리 막걸리 제조에 사용할 효모는 본 연구실에서 확보한 알코올 생성능이 우수하고 풍미가 풍부한 *Saccharomyces cerevisiae* Y204를 이용하여 보리 막걸리의 품질 특성을 조사하였다. 본 연구는 시판 막걸리의 원료 다양성과 주질을 개선하기 위한 기초자료로서 막걸리의 품질 고급화에 기여하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료, 균주 및 시약

본 연구에 사용된 잡곡류인 보리는 흰찰쌀보리 (Huinchalssal-bori, Gunsan, Korea)를 구입하여 사용하였고, 발효제인 쌀누룩은 국립농업과학원 발효가공식품과에서 보관한 산 생성능이 우수한 *Aspergillus luchuensis* 74-5(AL, KACC No. 93235P)와 우수한 액화효소의 기능을 가진 *A. oryzae* 75-2(AO, KACC No. 93236P) 종균을 Malto extract agar(MEA, Beton, Dickinson and company(BD), Sparks, MD, USA) 배지에 계대배양한 후, 4°C에 보관하면서 사용하였다. 효모는 본 연구실에서 강원도 평창군의 전통 발효식품들로부터 분리한 알코올 생성능이 우수하고 풍부한 풍미를 자아내는 *Saccharomyces cerevisiae* Y204(KACC No. 93237P) 건조효모를 사용하였고 대조구로는 유럽에서 수입하여 국내 양조산업에 많이 사용하는 *Saccharomyces cerevisiae* Fermivin(Lallemand, Denmark) 건조효모를 사용하였다(13). 분석용 시약(Sigma-Aldrich Co., MO, USA)은 특급을 사용하였다.

### 보리 막걸리 제조를 위한 알코올 발효조건

곰팡이 종균별 제조한 쌀누룩(AL *nuruk*과 AO *nuruk*)(12)

과 효모(Y204)를 이용하여 보리 막걸리를 제조하였다. 밀술은 각각의 종균별 쌀누룩 300 g에 당수한 담금수를 600 mL(가수량 200%)를 넣고 건조효모 종균 Y204를 0.01% 넣어 2일간 발효시켜 밀술로 사용하였다. 제조한 밀술의 술덧 전량에 고두밥(흰찰쌀보리) 300 g과 담금수 600 mL를 넣어 보리 막걸리를 제조하였다. 이때 발효 온도별(15, 20 및 25°C)로 나누어서 8일간 막걸리 발효를 진행하였다. 발효과정 중 2일 간격으로 각각의 보리 막걸리 시료를 채취하여 이화학적 특성과 유기산 및 당류분석들을 수행하였다.

### 보리 막걸리의 pH, 적정산도 및 아미노산도 특성

발효 중인 보리 막걸리 술덧의 품질 특성을 규명하기 위해, pH는 시료 30 mL를 취하여 pH meter (Orion 3 star, Thermo scientific Co. MA, USA)로 측정하였다. 보리 막걸리의 적정산도 측정은 막걸리 시료 15 mL를 취하여 여과지로 여과한 검체 10 mL를 100 mL 삼각 플라스크에 취한 다음, 0.5% phenolphthalein(Sigma-Aldrich, San Francisco, CA, USA) 지시약을 2-3방울 떨어뜨리고 0.1 N-NaOH로 적정될 때까지 중화 적정하였으며 소비된 NaOH 양에 0.009를 곱하여 lactic acid의 양으로 환산하여 막걸리 시료 중의 총산을 측정하였다(14). 아미노산도는 여과지로 여과한 검체 10 mL에 0.5% phenolphthalein 지시약을 2-3방울 떨어뜨린 후, 0.1 N-NaOH로 적정한 다음, 여기에 중성포르말린 용액 5 mL를 가하여 유리된 산을 0.1 N-NaOH로 적정하여 담홍색이 될 때까지 소비된 0.1 N-NaOH의 mL수로 표시하였다(15).

### 당도 측정

보리 막걸리 술덧의 당도는 당도계(T400321 model, Atago Co., Tokyo, Japan)를 사용하였고, 당도는 보리 막걸리 술덧을 8,000 rpm에서 15분 원심분리(KUBOTA 6200, Kubota Co., Ltd., Tokyo, Japan)한 상등액을 사용하였다.

### 막걸리의 알코올 함량

발효 술덧 내의 알코올 함량은 막걸리 술덧을 부직포로 조여과하여 얻어진 여액 100 mL에 증류수 100 mL를 넣어 혼합한 후 증류하였다. 증류액을 약 80 mL 받은 후, 증류수를 넣어 100 mL로 정용하고 증류액의 온도를 15°C로 보정한 다음 주정계(NTS Liquots Licence Aid Center, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다.

### 유기산 분석

각각의 술덧 10 mL를 취하여 0.2 µm membrane filter (Millipore Co., Cork, Ireland)로 여과한 후, 유기산을 분석하였으며 HPLC(LC-20A Prominence, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)을 사용하고, 칼럼은 TSK gel ODS-100V 5 µM (4.6×25 cm, TOSOH Co., Nanyo, Japan), 이동상은 8 mM

perchloric acid를 사용하였으며 유량은 1.0 mL/min, 주입량은 10  $\mu$ L, 측정은 UV (440 nm)를 사용하여 보리 막걸리의 유기산을 분석하였다.

### 전자코에 의한 다중항기패턴 분석

제조한 보리 막걸리의 다중 항기성분 분석은 0.5 mL을 10 mL Vial(Ls-Phs-Psck GmbH, Langerwehe, Germany)에 넣고, 40°C에서 30분간 500 rpm 으로 교반하여 전자코(Fast GC based HRACLES flash Electronic nose. Alpha Mos, AMcombi PAL, France)를 이용하여 측정하였다. 시료 분석에는 두 개의 칼럼이 부착된 HRACLES E-nose(DB5 apolar and DB1701 Slightly polar)와 Flame Ionization Detector(FID)로 검출하였다. 주입량은 Syringe type(5.0 mL - HS)으로 칼럼 온도가 25°C로 유지된 상태에서 칼럼 헤드 압력 1.0 psi로 주입하였다. 분석 시 주입기의 온도는 200°C, detector 200°C로 하고 주입기 압력은 1.0 psi, 검출기 압력을 39.0 psi로 하였다. 검출된 피크에 따라 차이를 0.900 이상과 RSD 20% 미만의 sensor를 선택하여 alpha Mos software (version 12.3)를 이용하여 2종류 곰팡이로 제조한 쌀누룩으로 빻은 보리 막걸리의 서로 다른 온도별(15, 20, 25°C)에 따른 주성분 분석(Principal Component Analysis, PCA) 패턴을 조사하였고, 이에 대한 적합도( $R^2$ )와 예측능력( $Q^2$ )은 SPSS statistics(ver. 18.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)의 판별 분석법(Discriminant Function Analysis)으로 조사하였다. 시료분석 전 Kovats(Custom Alkanes Blend Standard)를 이용하여 C<sub>6</sub>-C<sub>16</sub>까지의 피크 값을 얻어 Standard로 이용하였다.

### 통계처리

통계처리는 SAS(Statistical Analysis System, v7.1, SAS Institute, INC., Cary, NC, USA)에 의한 일원분산분석(ANOVA)에 의해 검증하였으며, Duncan's multiple range test로  $p < 0.05$  수준에서 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 발효제별 발효기간에 따른 보리 막걸리의 이화학적 특성

2종류 곰팡이로 제조한 쌀누룩을 이용하여 서로 다른 온도조건(15, 20, 25°C)에서 발효기간별(0, 2, 4, 6, 8일)로 제조한 보리 막걸리의 pH 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 담금 직후, pH는 AO *nuruk*을 사용한 술덧(Fig. 1(B))은 pH 6.4-4.9로, AL *nuruk*을 사용한 술덧(Fig. 1(A))은 pH 3.7-3.3으로 큰 차이를 보였다. 이는 쌀누룩에 포함된 *A. luchuensis* 74-5 백국균이 생산한 구연산 때문이라고 생각한다(16). 발효시간에 따른 pH 변화는 2일부터 감소하였다. *S. cerevisiae* Y204 효모 종균에 의한 pH 변화는 대조구(Fermivin)와 유의

적인 차이를 나타내지 않았다. 일반적으로 주류의 pH는 발효 중 생성되는 다양한 유기산의 영향을 받으며, 발효 및 알코올 변화의 지표로 이용된다(17). 한편 발효 후기에 pH가 약간 증가하는 경향을 보이는 것은 효모에 의한 알코올 발효가 진행되면서 생성된 유기산과 알코올이 반응하여 ester등과 같은 향미성분 형성 등에 이용되므로 pH가 증가하는 것으로 보인다(18,19).

발효제별 서로 다른 온도조건에서 발효기간에 따른 산도 변화는 pH가 감소하는 시점에서 급격히 증가하기 시작하였다. 산도는 막걸리의 풍미와 보존성에 영향을 주는 중요한 성분 중의 하나이다(20,21). 곰팡이 종균별 제조한 보리 막걸리의 산도는 담금 직후에 황국균인 *A. oryzae* 75-2(AO *nuruk*)를 사용한 술덧은 0.2%이고, AO *nuruk*에 비해 산 생성능이 강한 백국균(AL *nuruk*)을 사용한 술덧은 0.8%로 큰 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ). AO *nuruk*를 사용한 술덧의 산도는 2일째 0.8% 급격히 상승하다가 발효 8일째까지 완만한 수준을 유지했는데 이는 서로 다른 온도(15, 20, 25°C) 조건에서도 동일하였다. 접종된 효모 Y204와 대조균인 시판 효모(Fermivin)와는 거의 차이가 없었다. AL *nuruk*를 사용한 술덧은 발효기간에 따라 산도가 꾸준히 상승하였고, 발효 20°C와 25°C에서는 효모 Y204에 의한 산도가 대조구(Fermivin)보다 높은 수준으로 상승하였다. 보리 막걸리에 함유된 산도는 담금 직후에는 원료 중의 유기산이 주로 관여하지만 발효가 점차 진행되면서 젖산이나 효모의 발효로 생성되는 유기산의 영향으로 인해 산도가 점차 증가된다는 것은 Han 등(19)이 보고한 것과 본 연구 결과가 유사하였다. 이렇게 생성된 유기산이 알코올 등과 반응하여 에스테르와 같은 향미성분의 형성 등에 이용되면 후기에는 총산 함량이 감소된다는 보고(19)가 있지만 본 연구에서는 그러한 결과가 도출되지 않았다. 산도가 증가함에 따라 pH가 감소(pH 3.64-3.38)되지 않은 것은 술덧의 미생물과 효모의 발효작용으로 단백질과 유기산 등이 분해되어 생성된 아미노산이 증가되어 완충작용을 했기 때문이라 생각한다(22). 최근, 식약처는 과일 등 유기산을 다량 함유한 원료를 활용하여 소비자 기호에 맞는 다양한 제품 개발이 가능하도록 탁주(막걸리), 약주, 청주의 총산 규정(식품의 기준 및 규격)을 폐지하는 개정안을 행정 예고(19.4.30.) 하였다.

### 발효제별 발효기간에 따른 보리 막걸리의 아미노산도 변화

술의 영양학적 가치뿐만 아니라 술이 가지는 양조학적 특성인 향, 맛, 주질에 기여하는 것이 아미노산이다(23). 아미노산도는 원료에 포함된 단백질이 acidic protease와 기타 peptidase 등의 효소작용에 의해 유리된 아미노산을 측정할 수치로서 분해된 아미노산은 발효 중 효모의 영양원으로 이용되어 고급 알코올 및 에스테르 등의 향기성분으로 분해되기 때문에 적당량의 유리 아미노산은 주류에 감칠맛을 부여하여 기호도에 긍정적인 영향을 주지만 지나치게

아미노산이 많이 생성되면 느끼한 맛을 내어 주질을 떨어뜨린다(24). 곰팡이 종균을 달리한 2종류 쌀누룩으로 제조한 보리 막걸리의 서로 다른 온도조건에서 발효기간에 따른

아미노산도 변화를 Table 1에 나타내었다. 종균별 제조한 보리 막걸리의 아미노산도는 AL *nuruk*과 AO *nuruk*을 사용한 술덧에서 효모 Y204의 아미노산도가 15°C와 20°C에서

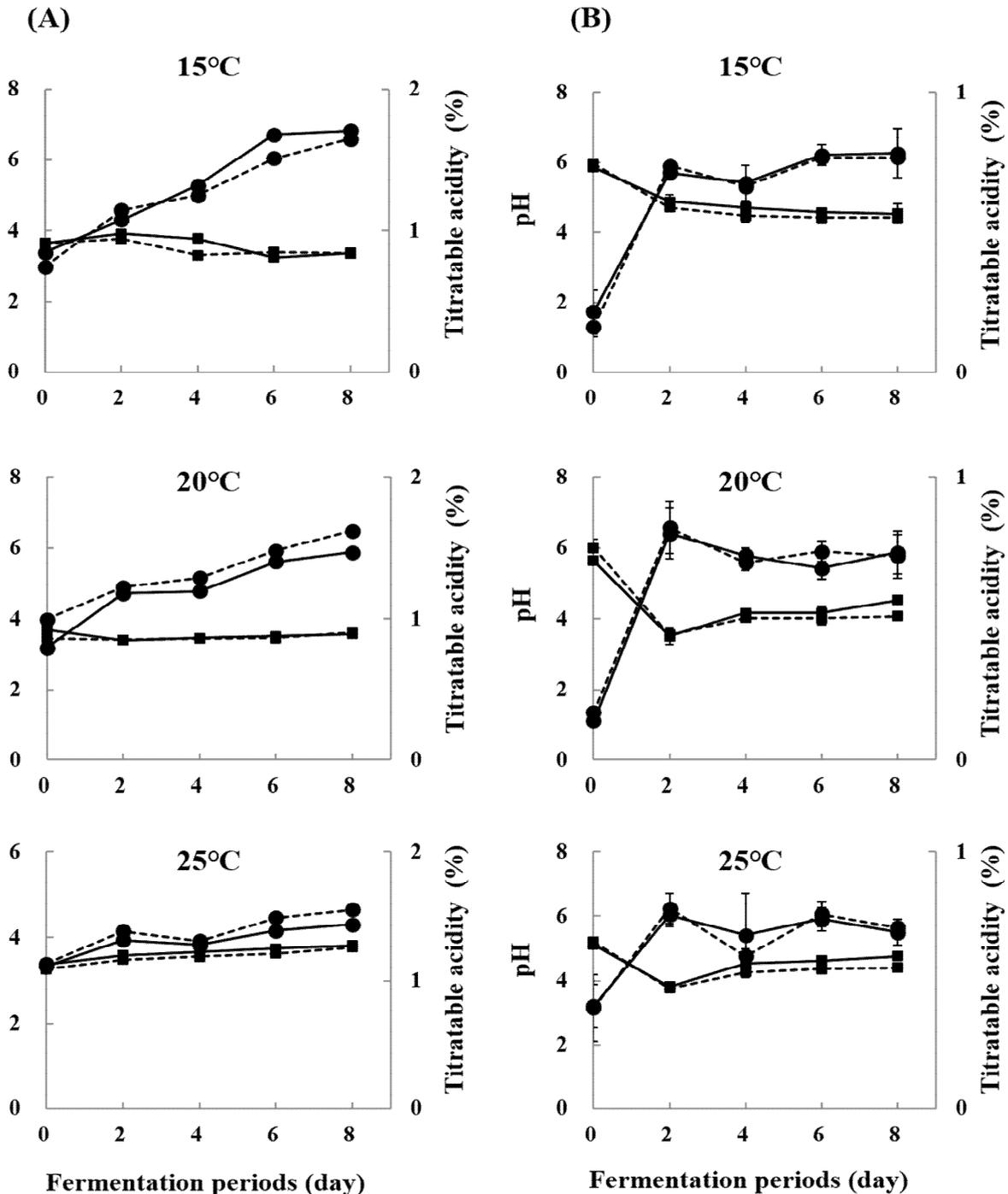


Fig. 1. Changes in pH and titratable acidity of barley-Makgeolli by different fermentation agent *nuruk* of Y204 according to the various fermentation temperature and period.

(A) shows the pH and titratable acidity changes of the fermentation agent AL *nuruk* (B) shows the pH and titratable acidity changes of the fermented agent AO *nuruk*. The straighted lines represent the changes of pH and titratable acidity for Fermivin. The dashed lines show the changes of pH and titratable acidity for Y204. Data are presented as the mean for 3 independent experiments. Error bars indicate SD ( $p < 0.05$ ). ■, pH; ●, Titratable acidity.

**Table 1. Changes in amino acidity of barley-*Makgeolli* by different fermentation agent *nuruk* of Y204 according to the fermentation temperature and period**

Fungal nuruk <sup>1)</sup>	F.T <sup>2)</sup> (°C)	Sample	Fermentation periods (day, %)				
			0	2	4	6	8
AL	15	Control <sup>3)</sup>	0.00±0.00	1.86±0.15 <sup>b4)</sup>	2.56±0.50 <sup>a</sup>	3.07±0.36 <sup>a</sup>	3.06±0.00 <sup>a</sup>
		Y204	0.00±0.00	2.18±0.60 <sup>a</sup>	2.26±0.48 <sup>a</sup>	2.20±0.12 <sup>a</sup>	2.29±0.26 <sup>a</sup>
	20	Control	0.00±0.00	1.93±0.45 <sup>a</sup>	2.15±0.07 <sup>a</sup>	2.51±0.25 <sup>a</sup>	2.37±0.30 <sup>a</sup>
		Y204	0.00±0.00	1.47±0.03 <sup>c</sup>	1.85±0.12 <sup>b</sup>	2.26±0.09 <sup>a</sup>	2.15±0.18 <sup>a</sup>
	25	Control	0.00±0.00	2.30±0.43 <sup>b</sup>	3.30±0.09 <sup>a</sup>	3.74±0.29 <sup>a</sup>	3.65±0.57 <sup>a</sup>
		Y204	0.00±0.00	1.55±0.15 <sup>c</sup>	2.85±0.07 <sup>ab</sup>	3.17±0.06 <sup>a</sup>	2.78±0.31 <sup>b</sup>
AO	15	Control	0.00±0.00	2.33±0.32 <sup>a</sup>	2.65±0.16 <sup>a</sup>	2.69±0.47 <sup>a</sup>	2.68±0.40 <sup>a</sup>
		Y204	0.00±0.00	1.84±0.14 <sup>b</sup>	2.22±0.29 <sup>ab</sup>	2.05±0.22 <sup>b</sup>	2.77±0.62 <sup>a</sup>
	20	Control	0.00±0.00	2.15±0.67 <sup>b</sup>	2.03±0.03 <sup>b</sup>	2.41±0.24 <sup>b</sup>	3.31±0.26 <sup>a</sup>
		Y204	0.00±0.00	1.93±0.24 <sup>a</sup>	1.96±0.45 <sup>a</sup>	1.93±0.45 <sup>a</sup>	3.03±1.23 <sup>a</sup>
	25	Control	0.00±0.00	1.82±0.18 <sup>d</sup>	2.50±0.38 <sup>c</sup>	3.83±0.17 <sup>b</sup>	4.66±0.51 <sup>a</sup>
		Y204	0.00±0.00	1.53±0.20 <sup>b</sup>	1.99±0.04 <sup>b</sup>	3.18±0.15 <sup>a</sup>	3.15±0.61 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>AL: *Aspergillus luchuensis* 74-5, AO: *A. oryzae* 75-2

<sup>2)</sup>F.T: fermentation temperature.

<sup>3)</sup>Symbols: Control, *S. cerevisiae* Fermivin; Y204, *S. cerevisiae* Y204.

<sup>4)</sup>Means with different letters in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ) by duncan's multiple range test. All values are triplicate determination. Results are shown as mean±SD.

평균 1.93-2.23%로 유지되었고 25°C에서는 평균 2.46-2.59%인 반면에 대조구인 Fermivin을 사용한 보리 막걸리는 발효온도가 낮은 조건(15°C-20°C)에서는 평균 2.24-2.59%를, 높은 온도(25°C)에서는 평균 3.2-3.25%로 아미노산도가 높게 나타났다(Table 1). 일반적으로 발효 초기(2일)에 급격히 증가한 아미노산도가 25°C를 제외하고는 발효 종료일까지 완만하게 유지되는 것은 Im 등(25)이 보고한 결과와 비슷하다. 아미노산도가 3.0 이하일 때, 주류에 느끼한 맛은 없을 것으로 보고하고 있다(26).

#### 발효제별 발효기간에 따른 보리 막걸리의 당도와 알코올 함량 변화

2종류 쌀누룩으로 제조한 보리 막걸리의 서로 다른 온도 조건에서 발효기간에 따른 당도 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 술덧 담금 직후 당도를 분석한 결과, 액화효소 기능이 우수한 AO(Fig. 2(B)) 술덧이 11.73-13.4 °Brix로 AL(Fig. 2(A)) 술덧 7.8-10.7 °Brix보다 유의적으로 높았다. 황국균인 AO 75-2 보리 막걸리 술덧은 발효 2일째 모든 온도에서 16.67-23.3 °Brix로 최고의 함량을 나타내었고, 4일째 급격히 감소하기 시작했다. 백국균인 AL 74-5 술덧의 당도는 발효 4일째 모든 온도에서 10.57-20.9 °Brix로 높았으며 발효 6일째 급격히 감소하였다. 발효기간에 따른 2종류 보리 막걸리의 당도를 분석한 결과, 첨가된 당이 효모에 의해 소비되기 때문에 당의 이용 속도에 차이가 있음을 알 수 있다(27). 대조구인 시판 효모(Fermivin)에 비해 전체적으로 *S. cerevisiae* Y204의 당도는 약 1배정도 낮았다. 이

것으로 보아 본 연구에 사용한 Y204 효모는 당 이용 속도가 대조구에 비해 빠르다는 것을 알 수 있었고, 저온(15°C)보다는 좀 더 높은 중온(25°C)에서 당 이용 속도가 빠르다는 것을 알 수 있다. 종균별 제조한 쌀누룩으로 빚은 보리 막걸리의 당도 변화는 발효 2일까지 증가하다가 이후에 급격히 감소하는 것은 Kim 등(21)의 연구 보고와 일치하였다. 또한 Jin 등(18)의 보고한 당화 amylase 작용으로 원료의 전분질은 당분으로 분해되고 동시에 효모의 영양원이나 발효기질로 이용되므로 발효 후기에는 당도가 감소되는 것을 알 수 있다.

한편, 본 연구 결과 당 함량이 급격하게 감소하는 발효 4일째 이후, 술덧의 알코올 함량이 가장 크게 증가했다(Fig. 2). 막걸리의 주질을 결정하는 중요한 요소 중 하나가 효모의 알코올 생성능이다. 알코올 발효는 당분을 에탄올과 CO<sub>2</sub>로 분해한 것으로 담금 후 기포 발생의 유무로 알코올 발효가 진행되고 있음을 알 수 있다(20,21). 발효제별 서로 다른 온도조건에 따른 발효기간별의 보리 막걸리 술덧의 알코올 함량 변화는 Fig. 2에 나타내었다. 저온인 15°C에서 AL(Fig. 2(A)) 술덧의 효모 Y204의 발효에 의한 알코올이 13.2%로 AO(Fig. 2(B)) 술덧의 알코올 11.3%보다 약 1.2배 생성능이 높았다. 20°C의 경우, AL 술덧(14.37%)보다 AO 술덧(15.13%)의 알코올 발효가 유의적으로 높았고 25°C에서 발효한 2종류의 보리 막걸리는 15-16% 알코올을 생산하지만 대조구와 뚜렷한 차이는 보이지 않았다. 따라서 저온보다는 발효온도가 높을수록 알코올 발효가 빨리 진행되었으며, 사용한 *S. cerevisiae* Y204는 백국(AL)과 황국(AO)의

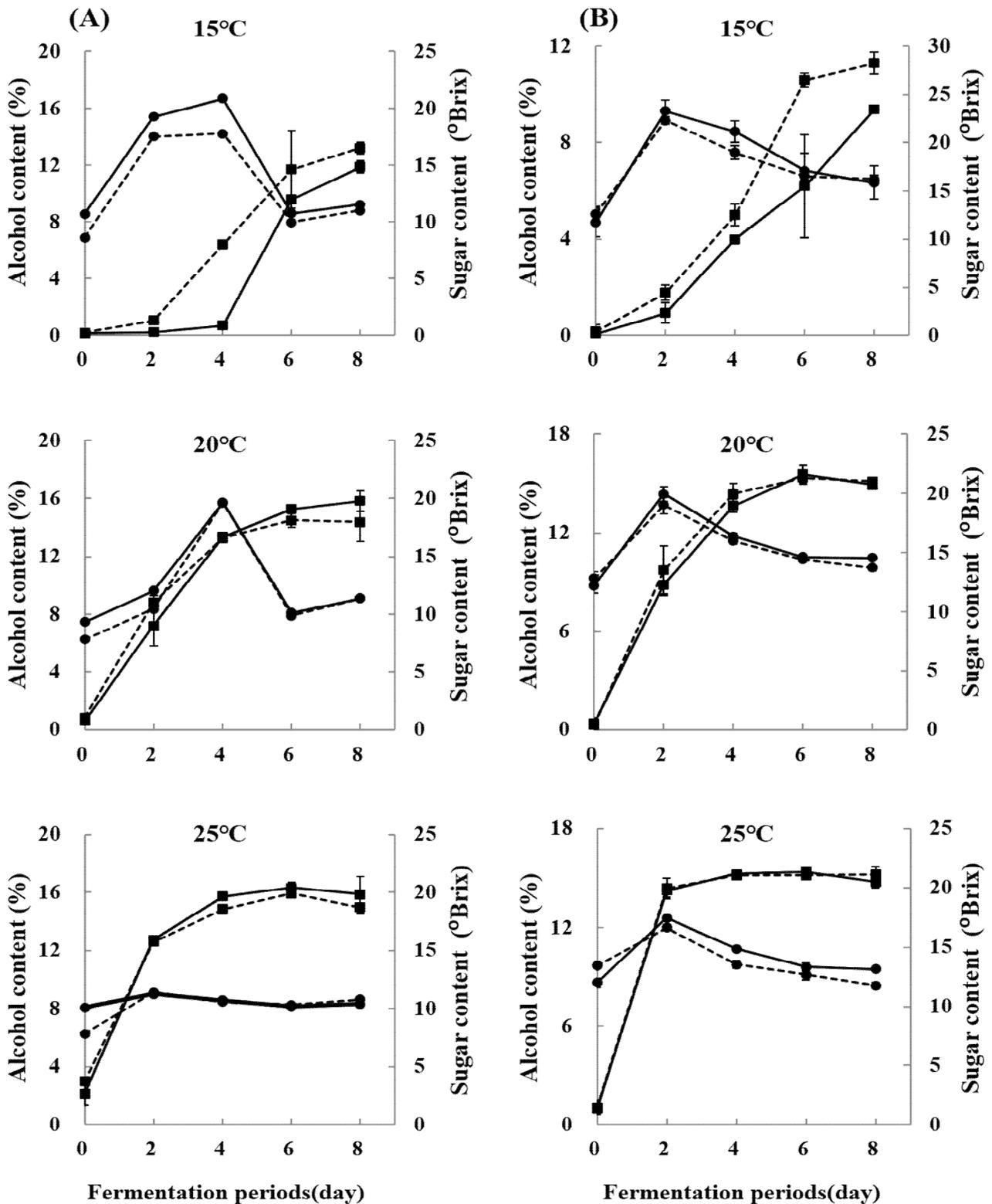


Fig. 2. Changes in contents of alcohol and sugar of barley-Makgeolli by different fermented agent nuruk of Y204 according to the various fermentation temperature and period.

(A) shows the alcohol and sugar content changes of the fermentation agent AL nuruk (B) shows the alcohol and sugar content changes of the fermentation agent AO nuruk. The straighted lines represent the changes of alcohol and sugar content for Fermivin. The dashed lines show the changes of alcohol and sugar content for Y204. Data are presented as the mean for 3 independent experiments. Error bars indicate SD ( $p < 0.05$ ). ■, Alcohol content; ●, Sugar content.

**Table 2. The content of organic acids in barley-*Makgeolli* by fermented agent AL *nuruk* of Y204 according to the various fermentation temperature and period**

F.T <sup>1)</sup> (°C)	Yeast <sup>2)</sup>	Organic acid	Fermentation period (day, mg/100 mL)				
			0	2	4	6	8
15	Control	Malic acid	8.19±0.84 <sup>3)</sup>	22.42±0.84 <sup>d</sup>	46.69±0.89 <sup>c</sup>	80.17±0.89 <sup>a</sup>	59.62±0.69 <sup>b</sup>
		Lactic acid	n.d <sup>4)</sup>	n.d	10.89±1.11 <sup>c</sup>	38.00±0.28 <sup>a</sup>	25.57±0.79 <sup>b</sup>
		Acetic acid	1.44±0.15 <sup>d</sup>	9.47±0.09 <sup>c</sup>	9.33±0.14 <sup>c</sup>	31.23±0.89 <sup>a</sup>	20.15±0.86 <sup>b</sup>
		Citric acid	132.17±1.05 <sup>e</sup>	294.16±1.05 <sup>b</sup>	240.76±1.07 <sup>d</sup>	493.01±1.00 <sup>c</sup>	253.07±1.23 <sup>c</sup>
		Succinic acid	n.d	3.90±0.21 <sup>c</sup>	n.d	59.44±0.77 <sup>a</sup>	34.28±0.73 <sup>b</sup>
		Fumaric acid	n.d	2.74±0.40 <sup>a</sup>	2.19±0.30 <sup>b</sup>	n.d	2.39±0.41 <sup>ab</sup>
		Propionic acid	2.32±0.43 <sup>c</sup>	12.78±0.56 <sup>a</sup>	9.10±0.69 <sup>b</sup>	n.d	3.09±0.12 <sup>c</sup>
		Total	144.12	345.47	318.95	701.85	398.16
	Y204	Malic acid	8.38±0.75 <sup>c</sup>	27.20±0.39 <sup>c</sup>	33.69±0.95 <sup>b</sup>	24.59±1.09 <sup>d</sup>	71.28±0.76 <sup>a</sup>
		Lactic acid	n.d	3.98±0.15 <sup>d</sup>	15.95±0.75 <sup>c</sup>	17.31±0.90 <sup>b</sup>	56.54±0.85 <sup>a</sup>
		Acetic acid	1.01±0.12 <sup>d</sup>	17.65±0.91 <sup>b</sup>	1.31±0.12 <sup>d</sup>	15.24±0.35 <sup>c</sup>	59.81±1.00 <sup>a</sup>
		Citric acid	129.07±0.12 <sup>c</sup>	392.43±1.42 <sup>a</sup>	348.79±1.10 <sup>b</sup>	253.75±1.04 <sup>d</sup>	293.70±0.89 <sup>c</sup>
		Succinic acid	n.d	3.39±0.16 <sup>d</sup>	21.12±0.89 <sup>b</sup>	14.87±0.18 <sup>c</sup>	33.36±0.88 <sup>a</sup>
		Fumaric acid	n.d	3.22±0.23 <sup>a</sup>	n.d	n.d	1.83±0.73 <sup>b</sup>
Propionic acid		3.18±0.31 <sup>b</sup>	11.59±0.76 <sup>a</sup>	n.d	n.d	1.16±1.05 <sup>c</sup>	
Total		141.63	459.46	420.87	325.75	517.67	
20	Control	Malic acid	7.29±0.36 <sup>c</sup>	70.61±0.94 <sup>a</sup>	25.06±1.21 <sup>d</sup>	50.93±0.97 <sup>b</sup>	47.66±0.96 <sup>c</sup>
		Lactic acid	n.d	31.41±0.90 <sup>b</sup>	19.03±0.98 <sup>c</sup>	40.93±0.96 <sup>a</sup>	42.02±0.99 <sup>a</sup>
		Acetic acid	2.72±0.17 <sup>d</sup>	18.90±0.79 <sup>c</sup>	n.d	27.87±1.04 <sup>b</sup>	36.93±1.04 <sup>a</sup>
		Citric acid	99.64±0.93 <sup>c</sup>	331.08±1.01 <sup>b</sup>	337.29±1.06 <sup>a</sup>	280.97±0.96 <sup>c</sup>	263.38±0.85 <sup>d</sup>
		Succinic acid	n.d	27.35±0.91 <sup>b</sup>	27.25±1.10 <sup>b</sup>	48.31±1.10 <sup>a</sup>	4.03±0.18 <sup>c</sup>
		Fumaric acid	n.d	2.26±0.37 <sup>a</sup>	n.d	n.d	1.52±0.51 <sup>b</sup>
		Propionic acid	1.49±0.48 <sup>bc</sup>	5.66±0.68 <sup>a</sup>	n.d	2.35±0.67 <sup>b</sup>	0.94±0.82 <sup>cd</sup>
		Total	111.14	487.27	408.63	451.36	396.48
	Y204	Malic acid	7.42±0.57 <sup>c</sup>	59.47±0.68 <sup>b</sup>	41.37±1.08 <sup>d</sup>	67.66±0.40 <sup>a</sup>	53.14±1.13 <sup>c</sup>
		Lactic acid	1.30±0.01 <sup>c</sup>	35.32±0.93 <sup>d</sup>	46.40±0.79 <sup>a</sup>	41.56±1.00 <sup>b</sup>	37.18±0.84 <sup>c</sup>
		Acetic acid	5.20±0.31 <sup>d</sup>	9.30±0.18 <sup>c</sup>	n.d	50.90±0.56 <sup>b</sup>	61.34±1.11 <sup>a</sup>
		Citric acid	114.08±0.96 <sup>c</sup>	313.35±0.94 <sup>c</sup>	349.77±1.01 <sup>b</sup>	396.11±1.18 <sup>a</sup>	244.46±1.23 <sup>d</sup>
		Succinic acid	1.44±0.09 <sup>c</sup>	17.89±0.88 <sup>b</sup>	20.83±0.95 <sup>a</sup>	0.27±0.12 <sup>d</sup>	1.29±0.16 <sup>cd</sup>
		Fumaric acid	n.d	2.47±0.42 <sup>a</sup>	n.d	2.28±0.50 <sup>a</sup>	2.21±0.43 <sup>a</sup>
Propionic acid		2.57±0.59 <sup>d</sup>	4.95±1.04 <sup>c</sup>	n.d	6.78±0.78 <sup>b</sup>	8.66±0.55 <sup>a</sup>	
Total		132.01	442.74	458.37	565.55	408.28	
25	Control	Malic acid	17.06±0.29 <sup>c</sup>	52.71±0.76 <sup>c</sup>	64.56±0.67 <sup>b</sup>	78.20±0.47 <sup>a</sup>	40.61±0.81 <sup>d</sup>
		Lactic acid	n.d	27.93±0.99 <sup>c</sup>	38.37±1.06 <sup>b</sup>	53.37±0.88 <sup>a</sup>	38.87±1.01 <sup>b</sup>
		Acetic acid	4.28±0.50 <sup>c</sup>	n.d	n.d	40.46±0.92 <sup>a</sup>	30.38±0.64 <sup>b</sup>
		Citric acid	239.96±0.98 <sup>d</sup>	282.84±0.91 <sup>c</sup>	316.80±1.11 <sup>b</sup>	319.82±1.01 <sup>a</sup>	237.82±1.07 <sup>c</sup>
		Succinic acid	0.62±0.14 <sup>c</sup>	28.11±0.99 <sup>b</sup>	n.d	n.d	53.50±0.78 <sup>a</sup>
		Fumaric acid	1.75±0.41 <sup>a</sup>	2.32±0.51 <sup>a</sup>	2.34±0.45 <sup>a</sup>	1.83±0.72 <sup>a</sup>	2.02±0.69 <sup>a</sup>
		Propionic acid	6.53±0.48 <sup>b</sup>	5.00±0.81 <sup>c</sup>	4.64±0.75 <sup>c</sup>	5.23±0.34 <sup>c</sup>	16.15±0.86 <sup>a</sup>
		Total	270.20	398.91	426.72	498.90	419.34
	Y204	Malic acid	33.24±0.74 <sup>d</sup>	54.81±0.88 <sup>b</sup>	87.83±0.89 <sup>a</sup>	89.20±1.09 <sup>a</sup>	42.92±1.04 <sup>c</sup>
		Lactic acid	10.07±1.06 <sup>c</sup>	53.51±0.62 <sup>c</sup>	109.85±1.05 <sup>a</sup>	106.66±0.77 <sup>b</sup>	37.27±0.93 <sup>d</sup>
		Acetic acid	28.27±0.35 <sup>b</sup>	n.d	n.d	29.02±0.54 <sup>b</sup>	67.06±0.61 <sup>a</sup>
		Citric acid	275.67±0.92 <sup>d</sup>	288.65±5.07 <sup>c</sup>	384.48±1.01 <sup>a</sup>	346.23±6.18 <sup>b</sup>	245.68±0.79 <sup>c</sup>
		Succinic acid	n.d	23.50±0.69 <sup>b</sup>	1.15±0.14 <sup>d</sup>	4.00±0.81 <sup>c</sup>	47.54±0.76 <sup>a</sup>
		Fumaric acid	1.65±0.24 <sup>b</sup>	2.62±0.09 <sup>a</sup>	1.88±0.51 <sup>ab</sup>	1.85±0.54 <sup>ab</sup>	1.90±0.59 <sup>ab</sup>
Propionic acid		6.92±0.42 <sup>a</sup>	3.08±0.41 <sup>c</sup>	7.61±0.80 <sup>a</sup>	7.72±0.71 <sup>a</sup>	5.44±0.57 <sup>b</sup>	
Total		355.83	426.17	592.80	584.68	447.80	

<sup>1)</sup>F.T: Fermentation temperature<sup>2)</sup>Control: *Saccharomyces cerevisiae* Fermivin, Y204: *S. cerevisiae* Y204<sup>3)</sup>Means with different letters in the same row are significantly different (p<0.05) by duncan's multiple range test.<sup>4)</sup>Not detected

**Table 3. The content of organic acids in barley-*Makgeolli* by fermented agent *AO nuruk* of Y204 according to the various fermentation temperature and period**

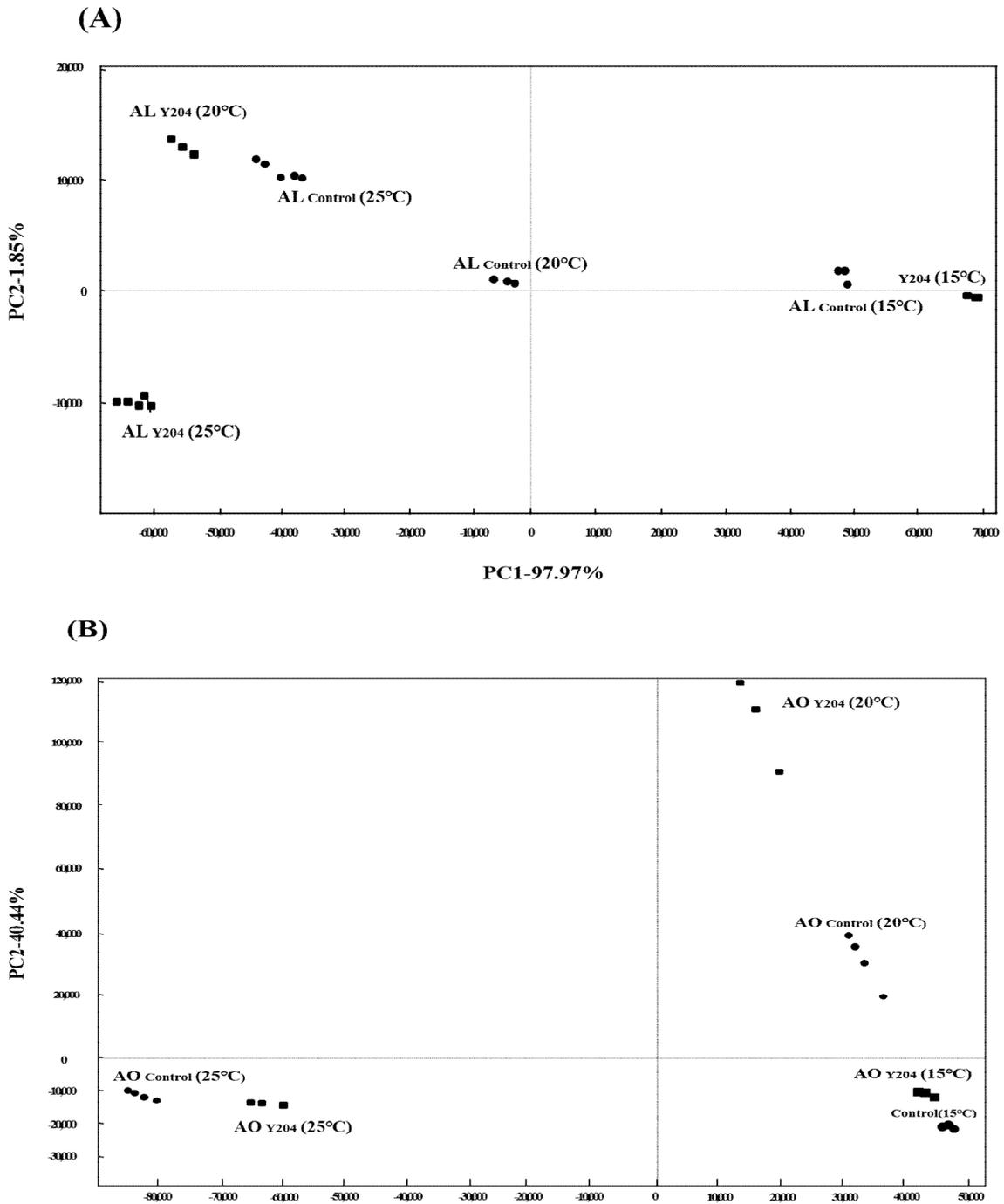
F.T <sup>1)</sup> (°C)	Yeast <sup>2)</sup>	Organic acid	Fermentation period (day, mg/100 mL)				
			0	2	4	6	8
15	Control	Malic acid	6.12±0.3 <sup>a</sup>	5.33±0.45 <sup>b</sup>	3.30±0.65 <sup>c</sup>	4.98±0.21 <sup>b</sup>	1.50±0.11 <sup>d</sup>
		Lactic acid	1.05±0.08 <sup>d</sup>	1.57±0.10 <sup>d</sup>	5.99±0.02 <sup>c</sup>	58.95±1.03 <sup>a</sup>	22.84±0.72 <sup>b</sup>
		Acetic acid	3.29±0.40 <sup>d</sup>	6.26±0.37 <sup>c</sup>	7.10±0.21 <sup>b</sup>	n.d	10.64±0.37 <sup>a</sup>
		Citric acid	13.11±0.90 <sup>b</sup>	11.35±0.66 <sup>c</sup>	8.83±0.04 <sup>d</sup>	25.61±0.98 <sup>a</sup>	5.75±0.14 <sup>c</sup>
		Succinic acid	0.29±0.06 <sup>c</sup>	1.32±0.09 <sup>d</sup>	4.82±0.71 <sup>c</sup>	34.34±0.89 <sup>a</sup>	10.95±0.46 <sup>b</sup>
		Fumaric acid	1.82±0.49 <sup>a</sup>	1.66±0.55 <sup>a</sup>	n.d	1.72±0.62 <sup>a</sup>	n.d
		Propionic acid	1.12±0.89 <sup>bc</sup>	2.06±0.61 <sup>b</sup>	2.03±0.86 <sup>b</sup>	5.01±0.78 <sup>a</sup>	n.d
		Total	26.81	29.55	32.07	130.61	51.69
	Y204	Malic acid	8.95±0.22 <sup>a</sup>	6.06±0.54 <sup>b</sup>	6.25±0.40 <sup>b</sup>	10.08±0.95 <sup>a</sup>	8.96±0.73 <sup>a</sup>
		Lactic acid	1.08±0.27 <sup>d</sup>	1.30±0.21 <sup>d</sup>	1.98±0.21 <sup>c</sup>	4.47±0.20 <sup>a</sup>	3.34±0.39 <sup>b</sup>
		Acetic acid	1.11±0.50 <sup>d</sup>	10.74±0.59 <sup>c</sup>	12.05±0.52 <sup>c</sup>	20.39±1.00 <sup>a</sup>	18.48±1.03 <sup>b</sup>
		Citric acid	22.56±0.78 <sup>a</sup>	12.24±0.35 <sup>b</sup>	8.04±1.12 <sup>d</sup>	11.51±0.50 <sup>b</sup>	9.11±0.50 <sup>c</sup>
		Succinic acid	1.55±0.34 <sup>d</sup>	0.98±0.49 <sup>d</sup>	4.55±0.32 <sup>c</sup>	11.24±0.90 <sup>a</sup>	9.17±0.95 <sup>b</sup>
		Fumaric acid	1.77±0.43 <sup>b</sup>	2.54±0.67 <sup>a</sup>	n.d	n.d	n.d
Propionic acid		2.60±0.41 <sup>a</sup>	2.04±0.31 <sup>b</sup>	n.d	n.d	n.d	
Total		39.61	35.89	32.88	57.69	49.06	
20	Control	Malic acid	7.10±0.47 <sup>c</sup>	5.77±0.70 <sup>d</sup>	7.48±0.52 <sup>c</sup>	11.01±0.30 <sup>b</sup>	28.19±0.39 <sup>a</sup>
		Lactic acid	n.d	3.53±0.03 <sup>c</sup>	96.53±0.78 <sup>a</sup>	4.26±0.26 <sup>c</sup>	19.81±0.53 <sup>b</sup>
		Acetic acid	3.62±0.28 <sup>c</sup>	2.09±0.50 <sup>d</sup>	11.97±0.98 <sup>a</sup>	5.11±0.30 <sup>b</sup>	n.d
		Citric acid	16.32±0.91 <sup>b</sup>	8.62±0.11 <sup>c</sup>	4.61±0.26 <sup>d</sup>	4.13±0.32 <sup>d</sup>	19.12±0.41 <sup>a</sup>
		Succinic acid	2.04±0.10 <sup>c</sup>	8.78±0.59 <sup>b</sup>	4.56±0.45 <sup>d</sup>	7.00±0.29 <sup>c</sup>	39.49±0.80 <sup>a</sup>
		Fumaric acid	1.97±0.50 <sup>b</sup>	n.d	n.d	n.d	2.91±0.92 <sup>a</sup>
		Propionic acid	1.27±0.29 <sup>b</sup>	n.d	n.d	n.d	2.84±0.50 <sup>a</sup>
		Total	32.33	28.79	125.16	31.51	112.34
	Y204	Malic acid	11.08±0.30 <sup>c</sup>	34.63±0.66 <sup>b</sup>	10.27±0.86 <sup>c</sup>	48.84±0.90 <sup>a</sup>	35.18±0.84 <sup>b</sup>
		Lactic acid	6.29±0.51 <sup>d</sup>	12.15±0.44 <sup>c</sup>	2.49±0.35 <sup>c</sup>	33.41±0.60 <sup>a</sup>	24.45±0.85 <sup>b</sup>
		Acetic acid	2.03±0.48 <sup>d</sup>	n.d	5.03±0.27 <sup>b</sup>	53.82±0.93 <sup>a</sup>	3.50±0.18 <sup>c</sup>
		Citric acid	20.43±1.04 <sup>b</sup>	8.55±0.54 <sup>c</sup>	4.53±0.08 <sup>d</sup>	24.28±0.52 <sup>a</sup>	20.96±1.03 <sup>b</sup>
		Succinic acid	1.27±0.38 <sup>c</sup>	8.84±0.28 <sup>c</sup>	7.63±0.52 <sup>d</sup>	29.43±0.58 <sup>a</sup>	22.22±1.11 <sup>b</sup>
		Fumaric acid	1.77±0.54 <sup>b</sup>	n.d	n.d	2.73±0.39 <sup>a</sup>	2.55±0.54 <sup>a</sup>
Propionic acid		1.66±0.35 <sup>a</sup>	n.d	n.d	1.37±0.64 <sup>a</sup>	1.23±0.23 <sup>a</sup>	
Total		44.54	64.16	29.94	193.89	110.09	
25	Control	Malic acid	4.10±0.10 <sup>d</sup>	19.30±0.84 <sup>b</sup>	5.36±0.52 <sup>d</sup>	51.19±0.96 <sup>a</sup>	7.94±1.05 <sup>c</sup>
		Lactic acid	1.76±0.10 <sup>c</sup>	9.56±0.11 <sup>b</sup>	2.81±0.12 <sup>d</sup>	41.25±1.05 <sup>a</sup>	6.11±0.22 <sup>c</sup>
		Acetic acid	5.66±0.12 <sup>b</sup>	3.95±0.39 <sup>c</sup>	1.43±0.16 <sup>d</sup>	58.91±0.60 <sup>a</sup>	0.74±0.61 <sup>c</sup>
		Citric acid	9.68±0.31 <sup>b</sup>	9.51±0.28 <sup>b</sup>	2.27±0.10 <sup>d</sup>	22.64±0.86 <sup>a</sup>	5.98±0.14 <sup>c</sup>
		Succinic acid	0.93±0.30 <sup>d</sup>	12.97±0.99 <sup>a</sup>	7.61±0.50 <sup>c</sup>	1.77±0.54 <sup>c</sup>	9.09±0.20 <sup>b</sup>
		Fumaric acid	1.62±0.51 <sup>b</sup>	n.d	n.d	2.98±0.61 <sup>a</sup>	n.d
		Propionic acid	1.53±0.88 <sup>b</sup>	n.d	n.d	2.53±0.52 <sup>a</sup>	n.d
		Total	25.28	55.28	19.48	181.27	29.87
	Y204	Malic acid	11.30±0.52 <sup>c</sup>	15.69±0.90 <sup>b</sup>	11.68±0.49 <sup>c</sup>	51.19±0.98 <sup>a</sup>	8.98±1.01 <sup>d</sup>
		Lactic acid	4.01±0.11 <sup>d</sup>	8.45±0.44 <sup>c</sup>	9.98±0.42 <sup>b</sup>	41.25±0.53 <sup>a</sup>	8.06±0.39 <sup>c</sup>
		Acetic acid	17.87±1.04 <sup>b</sup>	8.58±0.13 <sup>d</sup>	11.15±0.17 <sup>c</sup>	58.91±1.00 <sup>a</sup>	9.41±0.04 <sup>d</sup>
		Citric acid	25.38±1.11 <sup>a</sup>	6.37±0.58 <sup>c</sup>	7.34±0.34 <sup>c</sup>	22.64±0.93 <sup>b</sup>	6.56±0.33 <sup>c</sup>
		Succinic acid	5.12±0.22 <sup>a</sup>	3.25±0.09 <sup>b</sup>	5.26±0.48 <sup>a</sup>	1.77±0.62 <sup>c</sup>	4.70±0.69 <sup>a</sup>
		Fumaric acid	2.00±0.51 <sup>b</sup>	n.d	n.d	2.98±0.39 <sup>a</sup>	n.d
Propionic acid		1.83±0.18 <sup>b</sup>	n.d	n.d	2.53±0.48 <sup>a</sup>	n.d	
Total		67.51	42.33	45.41	181.27	37.71	

<sup>1)</sup>F.T: Fermentation temperature<sup>2)</sup>Control: *Saccharomyces cerevisiae* Fermivin, Y204: *S. cerevisiae* Y204<sup>3)</sup>Means with different letters in the same row are significantly different (p<0.05) by duncan's multiple range test.<sup>4)</sup>Not detected

어떠한 발효제를 사용하여도 알코올 발효가 잘 진행되는 것을 알 수 있다.

**발효제별 발효기간에 따른 보리 막걸리의 유기산 변화**  
 막걸리 발효에 관여하는 효모와 유산균은 막걸리 술덧으

로 다양한 유기산을 생성(25)하면서 맛과 품질을 결정하는 중요한 역할을 한다(28). 2종류 발효제(AL 74-5과 AO 75-2)와 효모로 발효기간 및 온도별 제조한 보리 막걸리의 유기산을 HPLC로 분석한 결과, malic, lactic, acetic, citric, succinic, fumaric 및 propionic acid로 7종류의 유기산이 확인



**Fig. 3. Principal component analysis of changes in the pattern of multiple volatile components for barley-*Makgeolli* by electronic nose.**

(A) shows the analysis of changes by AL *nuruk* of Y204 according to the various fermentation temperature. (B) shows the changes by AO *nuruk* of Y204 according to the various fermentation temperature. ●, control (Fermivin); ■, Y204.

되었다(Table 2와 3). 백국(AL, Table 2)과 황국(AO, Table 3) 발효제에 Y204 효모로 빚은 보리 막걸리와 대조구로 사용한 수입산 Fermivin 효모로 빚은 보리 막걸리는 저온(15°C)에서 25°C까지 발효온도가 높아질수록 부드러운 신맛을 내는 malic acid 함량이 증가하는 경향을 나타내었다. 반면에 AL로 빚은 보리 막걸리는 높은 발효온도(25°C)보다 저온발효(15°C)에서 막걸리의 맛에 영향을 미치는 citric acid가 다른 유기산보다 많이 검출(129.07-493.01 mg/100 mL) 된 반면에 25°C에서 발효한 막걸리에서 lactic과 acetic acid 함량이 증가하였다. 따라서 황국(AO 75-2) 발효제로 빚은 술덧보다 백국(AL 74-5) 술덧의 유기산 함량이 높았으며 대조구인 수입산 효모(Control, *S. cerevisiae* Fermivin)보다는 국산 효모종균인 *S. cerevisiae*로 발효한 보리 막걸리의 유기산 함량이 1-1.3배 높게 나타났(Table 2).

#### 발효제별 발효기간에 따른 보리 막걸리의 향기패턴 분석

국산 토착 곰팡이 종균(*A. luchuensis* 74-5 및 *A. oryzae* 75-2)으로 제조한 2종류 발효제(AL *nuruk* 및 AO *nuruk*)로 빚은 보리 막걸리의 발효기간 및 온도조건에 따른 다중향기패턴 분석을 Fig. 3에 나타내었다. AL *nuruk*으로 빚은 보리 막걸리의 전자코 주성분 분석(Principal Component Analysis, PCA) 패턴은 Fig. 3A에 나타내었다. 제1주성분 값의 기여율(proportion)이 97.97%로 발효온도에 따른 향기패턴이 PC1의 방향으로 구분되었다. 제1주성분의 양의 방향에 15°C가 위치했으며, 20°C 및 25°C는 제1주성분의 음의 방향에 위치하면서 향기성분 패턴이 집약적이지 않고 넓게 분포하고 있는 것을 볼 수 있다. AL 종균으로 빚은 보리 막걸리의 서로 다른 온도 그룹들에 대한 PCA 모델은 R<sup>2</sup>값이 0.99, Q<sup>2</sup>값이 0.88로 통계적 유의성을 보였다. 한편, AO 종균으로 빚은 보리 막걸리의 전자코 PCA 패턴은 Fig. 3B에 나타내었다. 제1주성분 값의 기여율은 59.24%로 각 발효 온도 간의 향기패턴이 AL 종균으로 빚은 보리 막걸리와의 확연히 차이를 확인하였다. 발효 20°C는 제2주성분 값의 0과 120,000 사이에 분포하면서 저온인 15°C와 함께 제1주성분의 양의 방향에 위치했고, 25°C는 제1주성분의 음의 방향에 위치했다. AO 종균으로 빚은 보리 막걸리의 서로 다른 온도 그룹들에 대한 PCA 모델은 R<sup>2</sup>값이 0.99, Q<sup>2</sup>값이 0.94로 높은 통계적 유의성을 보였다. 발효제(AL *nuruk* 및 AO *nuruk*)를 달리한 국산 효모(Y204)로 빚은 보리 막걸리의 서로 다른 온도에 따른 PCA 향기성분을 활용한 다양한 막걸리 제품 개발이 가능할 것으로 여겨지며, 추가적으로 보리 막걸리의 향기성분의 종류 등이 규명되어야 할 것이다.

#### 요 약

본 연구에서는 알코올 생성능이 우수하고 풍미가 풍부한

*S. cerevisiae* Y204에 대한 서로 다른 2종류 곰팡이 종균(AO 75-2, AL 74-5)으로 만든 발효제로 발효기간(0-8일) 및 온도(15, 20 및 25°C)별로 빚은 보리 막걸리의 품질 특성을 비교하였다. 황국(AO 75-2)으로 빚은 막걸리의 pH는 6.4-4.9로 백국(AL 74-5) 술덧의 pH는 3.7-3.3로 사용한 곰팡이 종균에 따라 큰 차이를 보였다. 제조한 보리 막걸리의 산도를 살펴본 결과, AO는 0.2%이고 AL은 0.8%로 황국 발효제보다 백국 발효제로 빚은 막걸리 산도가 4배 높은 것이 확인되었다. 알코올 발효 2일부터 급격히 증가한 아미노산도가 25°C를 제외하고는 발효 종료일까지 완만하게 유지되었으며 특히, 막걸리 발효온도에 따라 발효제별 사용한 Fermivin과 *S. cerevisiae* Y204의 아미노산도 함량의 차이가 뚜렷하였다. 당도는 AO 술덧이 AL 술덧보다 유의적으로 높았으며 대조구인 Fermivin보다 *S. cerevisiae* Y204 효모가 술덧에 잔존하는 당 소비가 빨랐다. 황국(AO)과 백국(AL) 발효제에 Y204 효모종균으로 25°C에서 발효한 보리 막걸리는 대조구로 사용한 수입산 과실주 제조용 Fermivin 효모와는 유의적인 차이를 보이지 않았으며 알코올 생산능도 15-16%로 수입산 효모를 대체할 수 있을 것으로 여겨진다. 검출된 유기산은 15°C에서 25°C로 발효온도가 높아질수록 malic acid 함량이 증가하는 경향을 보였다. 반면에 저온발효(15°C)한 AL 술덧은 다른 유기산보다 citric acid 함량이 가장 높게 나타났다. 보리 막걸리 향기성분 패턴은 AL *nuruk*과 AO *nuruk* 발효제별 온도에 따른 차이가 있어 향기성분의 다양성을 예측할 수 있었다. 2종류 곰팡이 종균으로 제조한 발효제(황국, 백국)에 *S. cerevisiae* Y204로 빚은 보리 막걸리의 주질 특성을 조사한 것으로 향후, 침체된 국내 막걸리 시장 및 신제품 개발에 도움을 줄 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

이 논문은 농촌진흥청 농업과학기술개발사업(과제번호: PJ01248302)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

#### References

1. Lee TS, Han EH (2001) Volatile flavor components in mash of *Takju* prepared by using *Aspergillus oryzae Nuruks*. Korean J Food Sci Technol, 33, 366-372
2. Kim GM, Jung WJ, Shin JH, Kang MJ, Sung NJ (2011) Preparation and quality characteristics of *Makgeolli* made with black garlic extract and *Sulgidduk*. J Korean Soc Food Sci Nutr, 40, 759-766
3. Woo SM, Shin JS, Seong JH, Yeo SH, Choi JH, Kim

- TY, Jeong YJ (2010) Quality characteristics of brown rice *Takju* by different *Nuruks*. J Korean Soc Food Sci Nutr, 39, 301-307
4. Lee HS, Park YS, Bai DH (2014) Quality characteristics of *Makgeolli* (rice wine) fermented with *Koji* by starch types. Food Eng Prog, 18, 215-221
  5. Park CS, Lee TS (2002) Quality characteristics of *Takju* prepared by wheat flour *Nuruks*. Korean J Food Sci Technol, 34, 269-302
  6. Kim BH, Eun JB (2012) Physicochemical and sensory characteristics of *Makgeolli* with pomegranate (*Punica granatum* L.) juice concentrate added. Korean J Food Sci Technol, 44, 417-421
  7. Seog HM (2010) Physicochemical characterization of barley. Food Culture, 3, 302-305
  8. Lee JS, Lee TS, Park SO, Noh BS (1996) Flavor components in mash of *Takju* prepared by different raw materials. Korean J Food Sci Technol, 28, 316-323
  9. Han EH, Lee TS, Noh BS, Lee DS (1997) Volatile flavor components in mash of *Takju* prepared by using different *Nuruk*. Korean J Food Sci Technol, 29, 563-570
  10. So MH, Lee YS, Han SH, Noh WS (1999) Analysis of major flavor compounds in *Takju* mash brewed with a modified *Nuruk*. Korean J Food & Nutr, 12, 421-426
  11. Kim HR, Kwon YH, Jo SJ, Kim JH, Ahn BH (2009) Characterization and volatile flavor components in glutinous rice wines prepared with different yeasts of *Nuruks*. Korean J Food Sci Technol, 41, 296-301
  12. Kim SH, Mun JY, Kim SY, Yeo SH (2018) Quality characteristics of glutinous rice-*Makgeolli* fermented with Korean yeast (SC Y204 and Y283) isolated from *Nuruk*. Korean J Food Preserv, 25, 874-884
  13. Roh HI, Chang EH, Joeng ST, Jahng KY (2008) Characteristics of fermentation and wine quality. Korean J Food Preserv, 15, 317-324
  14. Lee CH, Tae WT, Kim GM, Lee HD (1991) Studies on the pasteurization conditions of *Takju*. Korean J Food Technol, 23, 44-51
  15. Joung EJ, Paek NS, Kim YM (2004) Studies on Korean *Takju* using the by-product of rice milling. Korean J Food Nutr, 17, 199-205
  16. So MW, Lee YS, Noh WS (1999) Changes in microorganisms and main components during *Takju* brewing by a modified *Nuruk*. J Food Nutr, 12, 226-232
  17. Song JC, Park HJ, Shin WC (1997) Change of *Takju* qualities by addition of cyclodextrin during the brewing and aging. Korean J Food Sci Technol, 29, 895-900
  18. Jin TY, Wang MH, Yin Y, Eun JB (2008) Effect of *Cirus junos* peel on the quality and antioxidant activity of traditional rice wine, *Jinyangju*. J Korean Soc Food Sci Nutr, 37, 76-82
  19. Han EH, Lee TS, Noh BS, Lee DS (1997) Quality characteristics in mash of *Takju* prepared by using different *nuruk* during fermentation. J Korean Food Sci Technol, 29, 555-562
  20. Lee SM, Lee TS (2000) Effect of roasted rice and defatted soybean on the quality characteristics of *Takju* during fermentation. J Nat Sci, 12, 71-79
  21. Kim JY, Sung KW, Bae HW, Yi YH (2007) pH, acidity, color, reducing sugar, total sugar, alcohol, and organoleptic characteristics of puffed rice powder added *Takju* during fermentation. Korean J Food Sci Technol, 39, 266-271
  22. Kim CJ (1968) Microbiological and enzymological studies on *Takju* brewing. J Korean Soc Appl Biol Chem, 10, 69-100
  23. Yu H, Ding YS, Mou SF (2003) Direct and simultaneous determination of amino acids and sugars in rice wine by high-performance anion-exchange chromatography with integrated pulsed amperometric detection. J Chromatogr, 57, 721-728
  24. Cheong C, Rhee IS, Lee SK, Kang SA (2008) A study on the qualitative properties of traditional sake using allbanggae. J Korean Soc Food Sci Nutr, 37, 784-791
  25. Im CY (2012) Quality characteristics of persimmon *Makgeolli* on the processing forms of added persimmon and containing persimmon. MS Thesis, Kyungpook National University, Korea, p 2-6
  26. Choi JH, Jeon JA, Jung ST, Park JH, Park SY, Lee CH, Kim TJ, Choi HS, Yeo SH (2011) Quality characteristics of *Seoktanju* fermented by using different commercial *Nuruks*. Korean J Microbiol Biotechnol, 39, 56-62
  27. Ji SH, Han WC, Lee JC, Kim BW, Jang KH (2009) Fermentation characteristics of moru wine fermented with *Rose rugosa* Thun. Korean J Food Sci Technol, 41, 186-190
  28. Lee YJ, Yi HC, Hwang KT, Kim DH, Kim HJ, Jung CM, Choi YH (2012) 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